

方贵银 主编



制冷空调设备维修手册

HILENGKONGTIAOSHEBEI

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

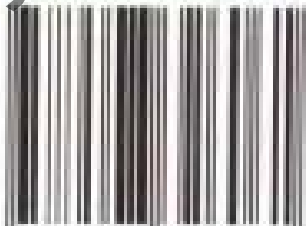


电工电子编辑二室

010-63416230

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

ISBN 7-5083-2606-7



9 787508 326061 >

定价：58.00 元

销售分类建议：电工电子技术/电工技术

制冷空调设备 维修手册

方贵银 主编

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书重点介绍了制冷空调装置类型与结构、自动控制系统以及制冷空调故障诊断和实用维修技术。为了方便广大读者，本书附录中还列出了制冷空调中常用单位换算以及部分制冷剂的压—焓图和湿空气的焓—湿图。

本书是一本难得的全面介绍制冷空调设备的图书。其系统性强、实用性强、通俗易懂。可供制冷空调中、高级工和维修技术人员学习和参考，也可作为制冷空调培训班的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷空调设备维修手册/方贵银主编. —北京: 中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-2606-7

I. 制... II. 方... III. 制冷—空气调节设备—维修—手册 IV. TB657.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 095537 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月北京第一次印刷

700 毫米 × 1000 毫米 B5 开本 31.625 印张 648 千字 1 插页

印数 0001—4000 册 定价 58.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，制冷空调技术在工农业生产、商业、交通、旅游、军事、科研和生活领域等各部门都得到了广泛的应用。由于制冷空调产品种类较多，功能各异，各地的制冷维修部门和广大专业的、业余的维修人员在维修工作中，迫切感到需要及时了解各种制冷空调装置的内部结构和正确的维修方法，为此，我们在总结实践经验和搜集有关资料的基础上编写了本手册。

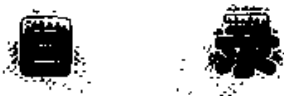
本书系统地阐述了制冷空调系统的主要部件结构与性能、节流膨胀装置和常用辅助部件、制冷空调装置类型与结构、制冷空调装置自动控制、制冷空调系统常见故障分析与排除以及制冷空调实用维修技术。其中，重点介绍了制冷空调装置类型与结构、自动控制系统以及制冷空调故障诊断和实用维修技术。为了方便广大读者，本书附录中还列出了制冷空调中常用单位换算以及部分制冷剂的压—焓图和湿空气的焓—湿图。

参加本书编写的人员还有李辉、李晓晶、张涌华、李平、许春宁。在编写本书时，我们参阅和引用了一些文献资料，在此对这些文献资料的作者表示诚挚的谢意。

限于编者的水平，书中难免有错误和缺点，敬请广大读者批评指正。

编者

获取更多资料



前言

第一章 制冷系统主要部件的结构与性能 1

第一节 制冷压缩机的结构	一、冷凝器	39
与性能	二、蒸发器	45
一、往复式活塞式压缩机	三、板式换热器	53
二、螺杆式压缩机	第三节 制冷空调系统节流膨胀	
三、滚动活塞式压缩机	装置	57
四、旋转滑片式压缩机	一、热力膨胀阀	58
五、涡旋式压缩机	二、热电膨胀阀	67
第二节 制冷空调系统冷凝器和	三、电子膨胀阀	68
蒸发器	四、毛细管	72

第二章 制冷空调装置类型与结构 80

第一节 电冰箱的类型与结构	一、轿车空调装置	111
一、蒸气压缩式制冷电冰箱	二、客车空调装置	120
二、吸收-扩散式电冰箱	三、货车空调装置	125
三、半导体制冷电冰箱	四、其他用途车的空调装置	127
第二节 空调器的类型与结构	第四节 蓄冷空调装置的类型	
一、窗式空调器	与结构	130
二、分体式空调器	一、水蓄冷空调系统	131
三、立柜式空调器	二、冰蓄冷空调系统	137
四、其他类型的空调装置	三、其他相变材料蓄冷空调系统	165
第三节 汽车空调装置的类型	四、蓄冷空调机组及其特性	172
与结构	五、冰蓄冷低温送风系统	178

第三章 制冷空调装置自动控制 187

第一节 电冰箱控制系统	二、电冰箱的典型控制电路	206
一、电冰箱控制系统中的主要	三、电冰箱新型控制技术	223
元器件	第二节 空调器控制系统	229

一、空调器电机	230	三、汽车空调系统温度控制	284
二、空调器的启动与保护装置	235	四、汽车空调中的真空控制	289
三、空调器温度控制器	238	五、汽车空调系统车速控制	296
四、空调器化霜控制器与压力 控制器	240	六、汽车空调控制电路	301
五、空调器遥控器	242	第四节 蓄冷空调系统自动 控制	322
六、空调器新型变频控制系统	245	一、蓄冷空调系统自动控制功能	322
七、空调器控制电路分析	253	二、蓄冷空调系统自动控制 系统组成	322
第三节 汽车空调控制系统	270	三、制冷机组控制	323
一、汽车空调基本控制元器件	270	四、蓄冷装置控制	323
二、汽车空调系统压力控制	280		
第四章 制冷空调系统常见故障的分析与排除	327		
第一节 电冰箱常见故障的分析 与排除	327	一、空调器常见故障分析方法	364
一、电冰箱常见故障的检查方法 与流程	327	二、空调器常见故障排除	364
二、电冰箱常见故障的排除	336	第三节 汽车空调常见故障分析 与排除	374
第二节 空调器常见故障分析 与排除	364	一、汽车空调故障诊断程序	375
		二、汽车空调常见故障排除	385
第五章 制冷空调实用维修技术	410		
第一节 常用维修设备、工具及其 操作使用方法	410	三、制冷系统抽真空	426
一、专用设备、仪表、工具及析 料配件	410	四、制冷系统加注润滑油	429
二、焊接操作技术	411	五、制冷系统充注制冷剂	433
三、常用仪表的使用方法	416	六、制冷系统的清洗及 排放空气	443
四、常用管道工具的操作要领	417	第三节 制冷空调装置维修 技术	445
第二节 制冷空调维修操作 技术	419	一、电冰箱、空调器维 修技术	445
一、制冷系统的吹污与气 密性检验	419	二、汽车空调维修技术	463
二、制冷系统检漏	421	三、蓄冷空调维修技术	475

附录 A 制冷空调常用单位换算 480

附录 B 湿空气的主要热物理参数 483

附录 C 常用制冷剂的压—焓图 486

参考文献 498

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第一节 制冷压缩机的结构与性能

制冷空调系统常用的压缩机有往复活塞式、滚动活塞式、旋转滑片式、螺杆式、涡旋式等几种型式。

往复活塞式压缩机容积效率低，零部件多，机器笨重，易损件多，机器振动大。但其制造工艺成熟，加工容易，成本低，系统简单。

回转式（包括螺杆式、滚动活塞式、旋转滑片式、涡旋式）压缩机没有往复运动，一般情况下不设气阀，因此零部件少，结构简单紧凑，易损件少，振动小；另外，其容积效率高。由于回转式压缩机工作表面多呈曲面形状，使加工工艺复杂，精度要求较高，故其成本较往复活塞式高。

一、往复活塞式压缩机

（一）往复活塞式压缩机的工作原理

如图 1-1 所示，当压缩机由电机驱动工作时，曲轴带动活塞下降。由图 1-1 (a) 可知，吸气阀片 4 被打开，制冷剂蒸气由进气通道 7 进入汽缸 6 和活塞 5 顶部组成的气腔容积内，这时排气阀片 2 紧贴在阀板 3 上，堵住排气孔，以免进气、排气串通。当气体充满汽缸 6 后，活塞 5 到达下止点时，曲轴继续转动而使活塞上升。由图 1-1 (b) 可知：活塞 5 这时已升到使排气阀片 2 打开的位置，被压缩的高压制冷剂蒸气由排气孔排到排气管道后再进入冷凝器冷凝放热。

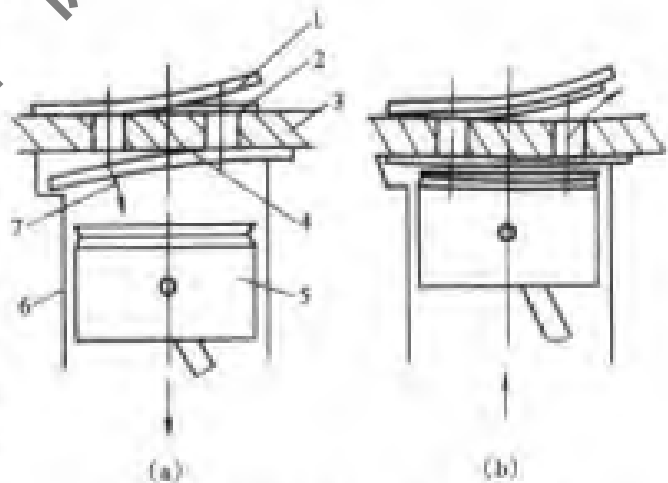


图 1-1 往复活塞式压缩机工作原理

(a) 吸气；(b) 排气

1—限位器；2—排气阀片；3—阀板；4—吸气阀片；
5—活塞；6—汽缸；7—进气通道

从图 1-1 中可知，在排气阀片 2 上面安装有限位器 1，限位器 1 的作用是防止排气阀片 2 被冲坏。当高压气体排出时，冲击排气阀片 2 并使其紧贴在限位器 1 上，限位器 1 的位置就是限制排气阀片 2 的最大位置。排气结束，曲轴又带动活塞 5 下

降，如此不断往复运动完成压缩过程。

(二) 往复活塞式压缩机的结构

往复活塞式压缩机是问世最早、技术较成熟、至今还广泛应用的一种压缩机机型，其单机功率范围约为 $0.1 \sim 150\text{kW}$ ，缸径为 $20 \sim 180\text{mm}$ ，汽缸数为 $2 \sim 16$ 个。压缩机转速在小型机中可达 3600r/min ，甚至更高（如变频压缩机），在大中型机中可达 1750r/min 。

按使用制冷剂来分，一般有氨压缩机和氟利昂压缩机两种。

按压缩机级数来分，有单级压缩机和双级压缩机两种。制冷剂蒸气在压缩机内只经过一次的压缩称为单级压缩机，制冷剂蒸气由低压到高压经过压缩机两次压缩称为双级压缩机。

按活塞作用方式来分，有单作用压缩机和双作用压缩机。单作用压缩机其制冷剂蒸气仅在活塞的一侧进行压缩；双作用压缩机，在活塞两侧可以轮流对制冷剂蒸气进行压缩，双作用压缩机的结构复杂，目前已很少采用。

按汽缸中心线的位置来分，有直立形、V形、W形、Y形、S形（扇形）、十字形等，如图 1-2 所示。直立型用 L 表示，有时可省略。

按压缩机密封方式来分，有开启式和封闭式，而封闭式又分为半封闭式和全封闭式。半封闭式表示符号为 B，全封闭式表示符号为 Q，开启式表示符号可省略。

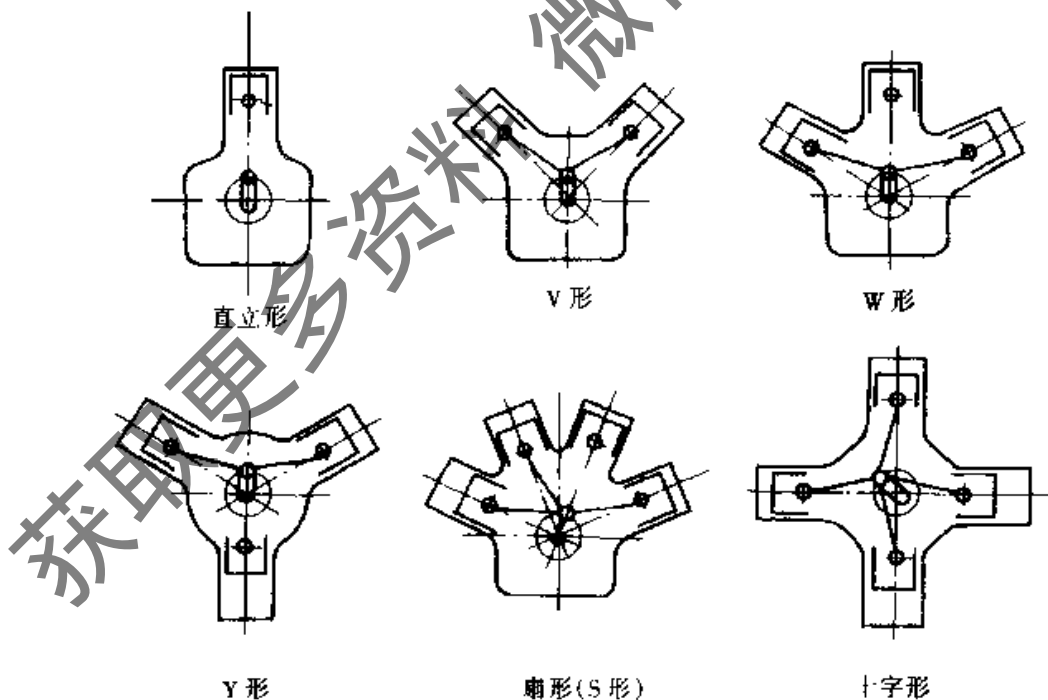


图 1-2 活塞式压缩机汽缸的不同布置形式

1. 开启式压缩机

如图 1-3 所示，压缩机曲轴功率输入端伸出机体之外，通过传动装置（带轮或联轴节）与原动机相连接。在伸出部位要用轴封装置防止轴段和机体间泄漏，



整个机器只要松开连接件后就可拆开维修，这种利用轴封装置的隔离作用，使原动机独立于制冷剂系统之外的压缩机结构形式称为开启式压缩机，其主要特点如下：

(1) 原动机独立于制冷剂系统之外，与制冷剂和润滑油不接触，对电机无耐制冷剂、耐油的要求。

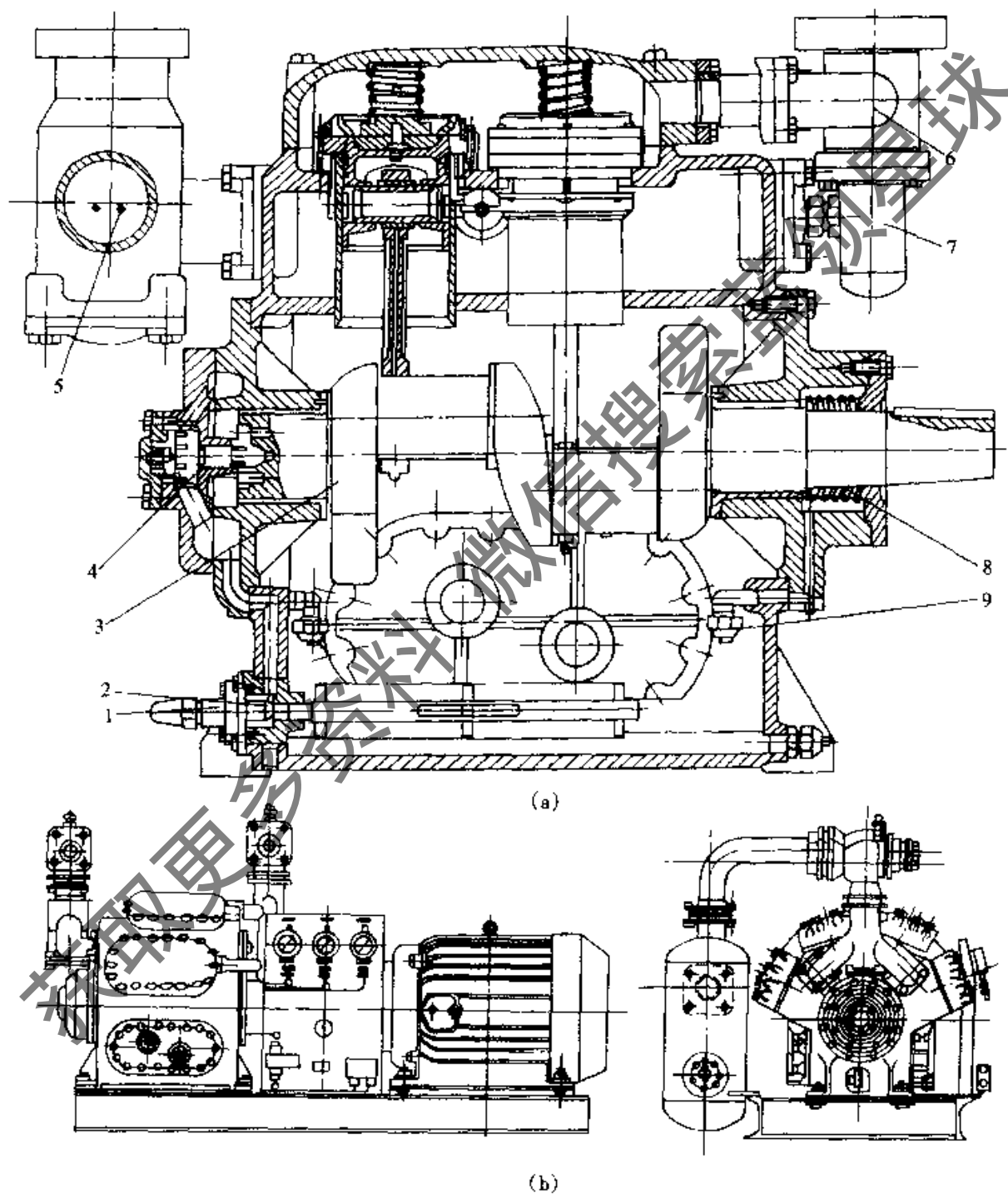


图 1-3 开启式压缩机的剖面及机组外形

(a) 剖面；(b) 外形

1—加油三通阀；2—滤油器；3—曲轴；4—液压泵；5—吸气滤网；

6—排气集管；7—安全阀；8—轴封；9—供油管

(2) 电机的冷却与制冷剂系统无关，压缩机暴露在大气中，使吸入制冷剂蒸气的过热度减少。

(3) 容易拆卸维修，电机的维修对制冷系统无影响。但是开启式压缩机具有质量重、体积大、占地面积多、工质和润滑油易泄漏及噪声大等缺点，主要用在大、中型空调机组上。

2. 半封闭式压缩机

半封闭式压缩机是将压缩机与电机共同密封在一个壳体内，壳体两段用螺栓、螺母连接，检修时可以分拆。这种压缩机电机的转子直接套在压缩机曲轴的直端上，取消了传动机构和轴封，使机组结构更加紧凑。图 1-4 所示为 4FS7B 型半封闭式制冷压缩机结构，这种压缩机属 70 系列，有 4 个汽缸，按扇形布置。

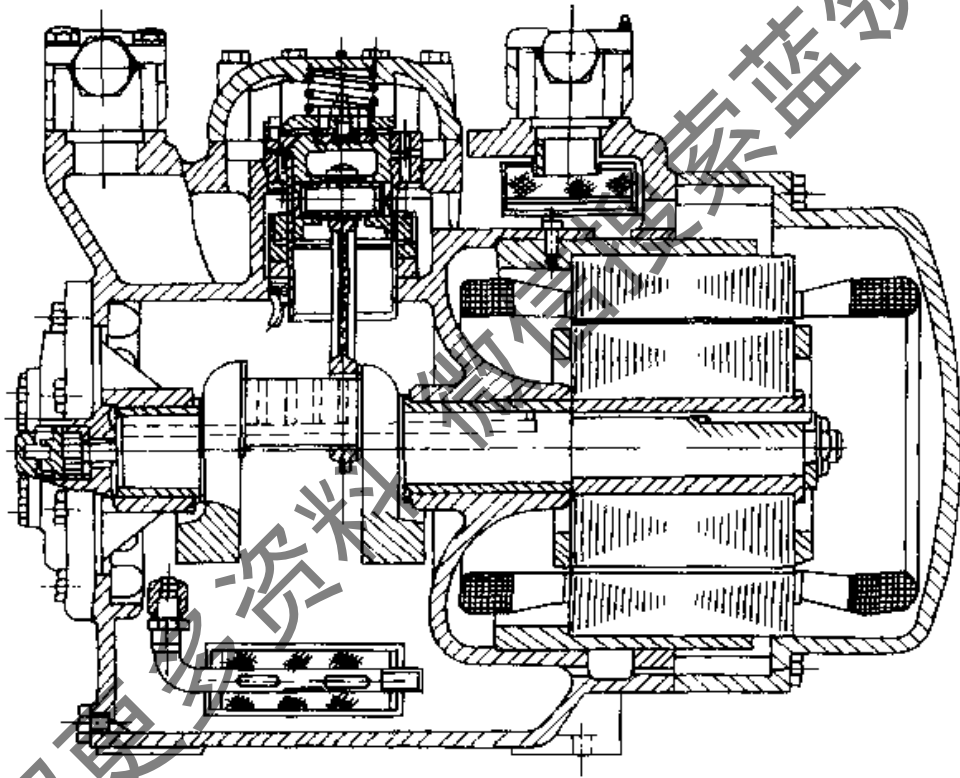


图 1-4 4FS7B 型半封闭式制冷压缩机结构

半封闭式和开启式压缩机在结构上最明显的区别是半封闭式电机的外壳和压缩机机体铸在一起的，相互间内腔连通，不需要安装任何轴封，消除了轴封处最易泄漏的缺点，并且还可以利用吸入的低温、低压制冷剂蒸气来冷却电机绕组，改善了电机的冷却条件，从而提高了电机的功率。半封闭式压缩机与电机共用一根轴连接，取消了传动用的联轴器，缩短了机组的轴向尺寸。

半封闭式压缩机所有运动部件全部密封在机壳内，运转时看不到曲轴的转向，所以，必须选择正反转均能供油的润滑液压泵，如月牙或转子内啮合齿轮液压泵。

此外，在半封闭式压缩机中，电机绕组直接与润滑油接触，所以，对润滑油电绝缘性能要求较高，电机绕组之间及绕组与机壳之间绝缘电阻通常应不小于 $1M\Omega$ ，

这种压缩机电机所选用的绝缘材料与通用电机的不同。半封闭式压缩机上的电机接线柱出头，也应当具有严格的密封性。

3. 全封闭式压缩机

压缩机与电机一起水平或垂直装置在一个密闭的、由上下两部分冲压而成的铁壳内，并焊接成一个整体。从外表看，只有压缩机的吸、排气管和充注管接头以及电机的引出线，这种型式的压缩机称为全封闭式压缩机。它比半封闭式压缩机的结构更紧凑、更轻、密封性更好。机组与壳体间设有减振装置，运转平稳，噪声低。它们的另一个特点是壳体好像一个气液分离器，能减少液击事故的发生；电机沉浸在低温制冷剂蒸气中，改善了电机的冷却条件，并提高了功率。

图 1-5 所示为全封闭往复活塞式压缩机结构，电机和压缩机都置于 3~4mm 的薄钢板冲压成形的壳体内，电机定子垂直固定在机体上，转子紧压在曲轴上，曲轴呈垂直安装位置，汽缸为卧式排列，曲轴支承在机体上，曲轴的回转运动通过连杆传给活塞变为往复运动，阀板上的吸气和排气阀片起到控制吸气、排气的作用。

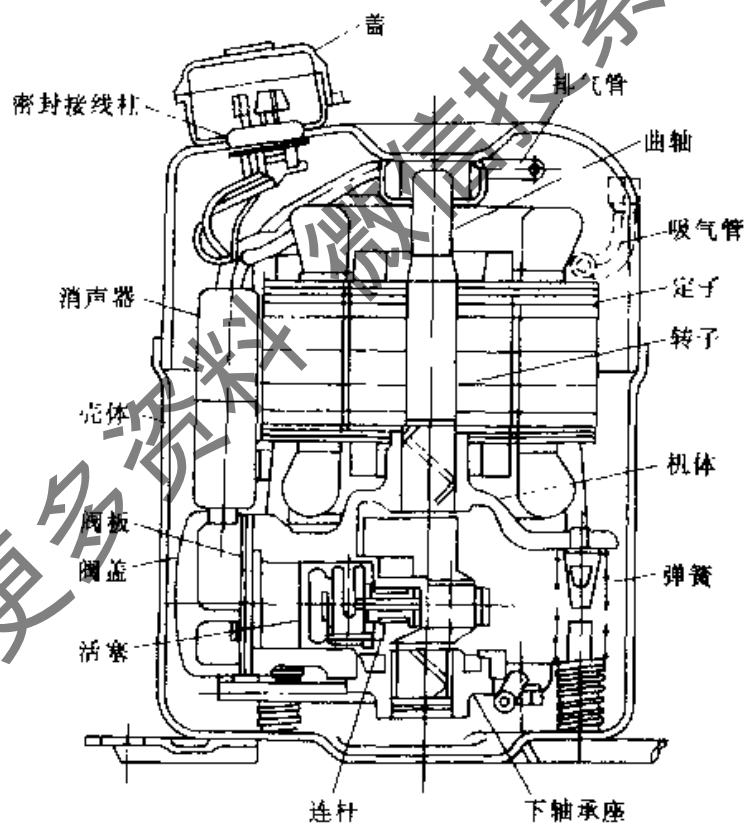


图 1-5 全封闭往复活塞式压缩机结构

这种压缩机一般均采用偏心压力输送润滑油，通过曲轴下端的偏心孔，在离心力的作用下，把润滑油送至各摩擦面。

往复活塞式压缩机主要由机体、曲柄连杆机构、气阀及其他零部件构成。

图 1-6 所示为 V 形两缸压缩机零件分解图，该压缩机是立式，机体为箱式。

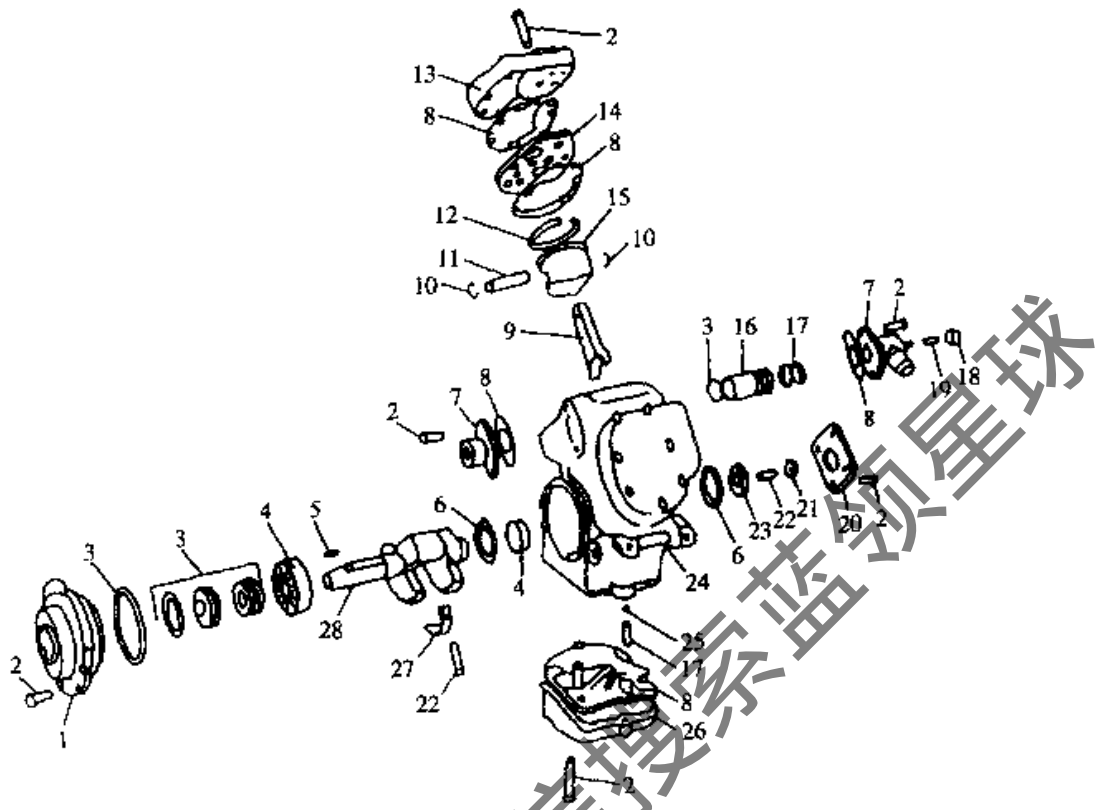


图 1-6 V形两缸压缩机零件分解图

- 1—机体；2—螺钉；3—密封件；4—轴承；5—键；6—垫片；7—法兰；8—密封垫片；
 9—连杆；10—卡环；11—活塞销；12—活塞环；13—汽缸头；14—阀板；15—活塞；
 16—阀门；17—弹簧；18—盖；19—阀芯；20—盖板；21—内转子；22—轴；23—外转
 子；24—汽缸体；25—钢珠；26—油盘；27—轴承盖；28—曲轴

1. 机体及其固定件

机体就是压缩机的机身，它是由汽缸体、曲轴箱和缸盖等部件组成。机体的几何形状复杂，加工面多，在工作时承受较大的流体压力和运动部件的惯性力。氟利昂制冷剂的渗透性极强，故必须采用强度高和密封性好的灰铸铁来铸造。

小型压缩机的机体一般都采用把汽缸体和曲轴箱铸成一体的整体结构（称为汽缸体曲轴箱结构）。该结构的优点是整个机体的刚度好，工作时变形小，因此，压缩机的磨损和耗功有所减少；其次，机体的配合面少，可以改善压缩机的密封性。

大中型压缩机的汽缸工作镜面不是直接和机体铸造一起的，而是另配有可单独装卸的汽缸套，这样做主要有以下优点：

(1) 汽缸套耗材少，可以采用优质材料或表面镀铬，来提高汽缸镜面的耐磨性。

(2) 如汽缸镜面磨损到超过允许范围，只要更换汽缸套，既可节省修理费用，又简单省时。

(3) 可以简化汽缸体曲轴箱的结构，便于铸造。

如图 1-7 所示，汽缸体上有 8 个安装汽缸套的孔座。吸气腔就是汽缸体的内

腔，当吸入蒸气通过吸气腔时可冷却汽缸套，散热条件好。排气腔在汽缸体上，吸、排气腔之间有隔板分开。汽缸体下部是曲轴箱，两侧有手孔。机体前后端开有两个轴承座孔，用以安装前后盖。

制冷压缩机的汽缸盖是起着对汽缸上部进行密封的作用，它和机体、假盖一起形成了高压蒸气的排气腔。

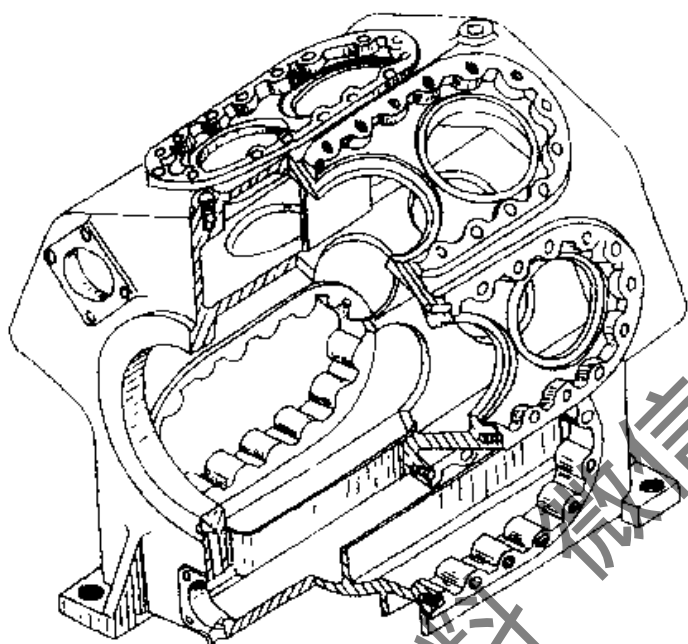


图 1-7 往复式压缩机的机体

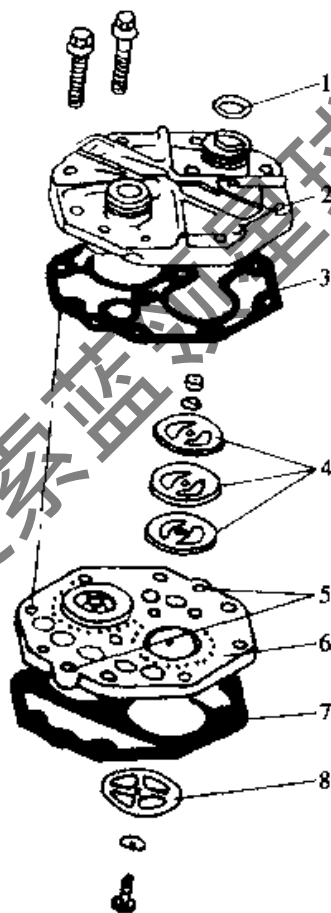


图 1-8 阀板分解图

1—备用阀门垫片；2—汽缸盖；3—汽缸盖垫片；4—排气阀；5—阀板耳；6—阀板；7—汽缸垫；8—吸气阀

氟利昂蒸气的渗透性很强，因此，在压缩机的各种盖板密封面处都要用密封垫片来密封。垫片材料有石棉橡胶板、纯铜板等。目前多采用厚度为 1mm 左右的石棉橡胶板。垫在汽缸面上的垫片，一般为 0.5mm，以缩小余隙容积。

2) 气阀

气阀是往复式压缩机中依次进行压缩、排气、膨胀、吸气四个过程的控制部件。它是活塞式压缩机中最易损坏的部件。气阀性能的好坏，直接影响压缩机的排气量、功率消耗、启动性能和运转可靠性。

如图 1-8 所示，在汽缸和汽缸盖之间装有阀板，阀板上布置有吸气阀和排气阀，汽缸盖和汽缸垫将吸气、排气腔隔开。吸气阀片控制着吸气孔，而排气阀片控制着排气孔。汽缸盖上设置有两个备用阀，一个供加灌制冷剂用，另一个留作备用排气阀门。这两个备用阀门平时用阀门盖密封好，以防水分和杂物进入压缩机内。

气阀的作用如同“活门”。当活塞向下运动时，汽缸腔内压力降低，达到低于吸气侧外压力时，外压力可克服吸气阀门的弹簧力而使吸气阀片打开，气体进入汽缸。而排气阀片则被弹簧力所关闭。当活塞向上运动时，汽缸腔内压力逐渐升高，至超过排气腔外界压力时，克服了排气阀片的弹簧力而使排气阀片打开，气体从汽缸中排出，这时，吸气阀片被关闭。如此不断工作，从蒸发器来的制冷剂蒸气不断被吸入，而被压缩成高压的制冷剂气体不断地被排入冷凝器。活塞每上下运动一次，气阀各启闭一次。如果转速为 1440r/min，则气阀在每秒钟内启闭达 24 次。阀片材料必须坚韧而又耐磨。

气阀有多种形式，主要随所用阀片的构造而异。下面介绍几种常见的气阀形式。

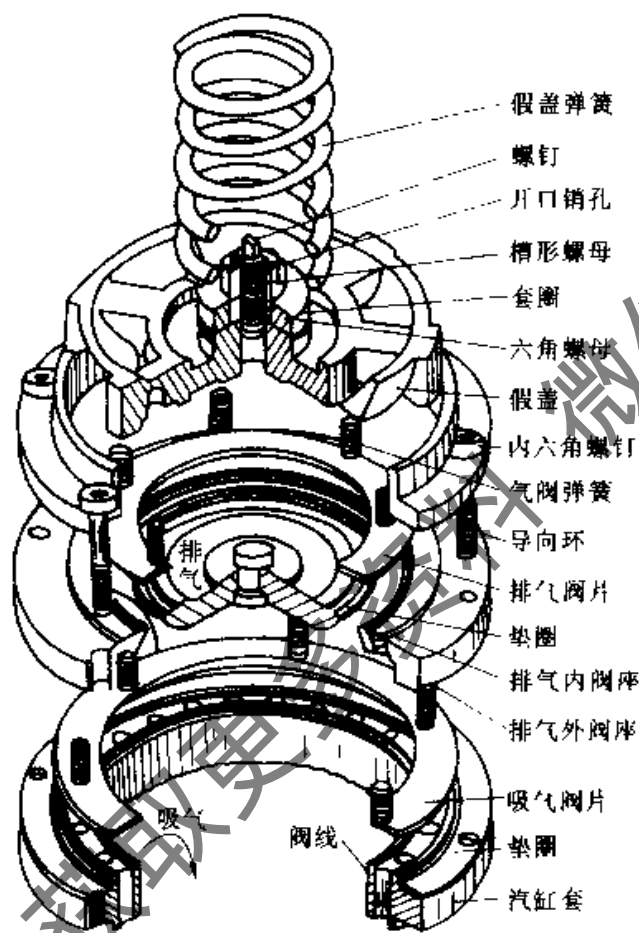


图 1-9 环状阀总成图

盖和排气内阀座一起是靠强有力的假盖弹簧紧紧地压在排气外阀座上，只有在发生液击现象时，假盖才会被抬起，让液体及时排出，防止液击事故的发生。排气阀的环形通道与活塞顶的形状相吻合，当活塞到达上止点位置时，盆形活塞顶伸入到环形通道内，使汽缸具有较小的余隙容积。

环状阀结构简单紧凑，工作较可靠，便于采用顶开吸气阀的办法来进行压缩机排量调节。但其阀片质量大，工作时冲击性强，因而只适用于 1500r/min 以下的压

(1) 环状阀。环状阀是目前应用最广泛的一种气阀，我国中小型压缩机系列中，凡是缸径在 70mm 以上的都采用此阀。如图 1-9 所示，环状阀的吸气阀片是在汽缸套的凸缘上，形成两圈凸出宽度为 1.5mm 的密封面，又称阀线。环状阀片在气阀关闭时就落在这两圈阀线上。阀线之间构成一环形凹槽，槽中有 30 个均匀分布的吸气孔与吸气腔相连通。吸气阀片上有 6 个气阀弹簧，排气外阀座的下端而就是吸气阀片的升程限制器。

排气阀的阀座分内、外阀座两部分，外阀座用螺钉与汽缸套一起紧固在机体上，而内阀座则用螺钉和槽形螺母与假盖固定在一起。排气阀也采用环状阀，它的两圈密封阀线分别做在内、外阀座上，一而一圈。排气阀片上也压有六个气阀弹簧，它的升程限制器就是假盖。在正常运转时，假



缩机中。

(2) 盘状阀。2F4.8 和 2F6.3 型压缩机常用这种气阀形式。如图 1-10 所示，

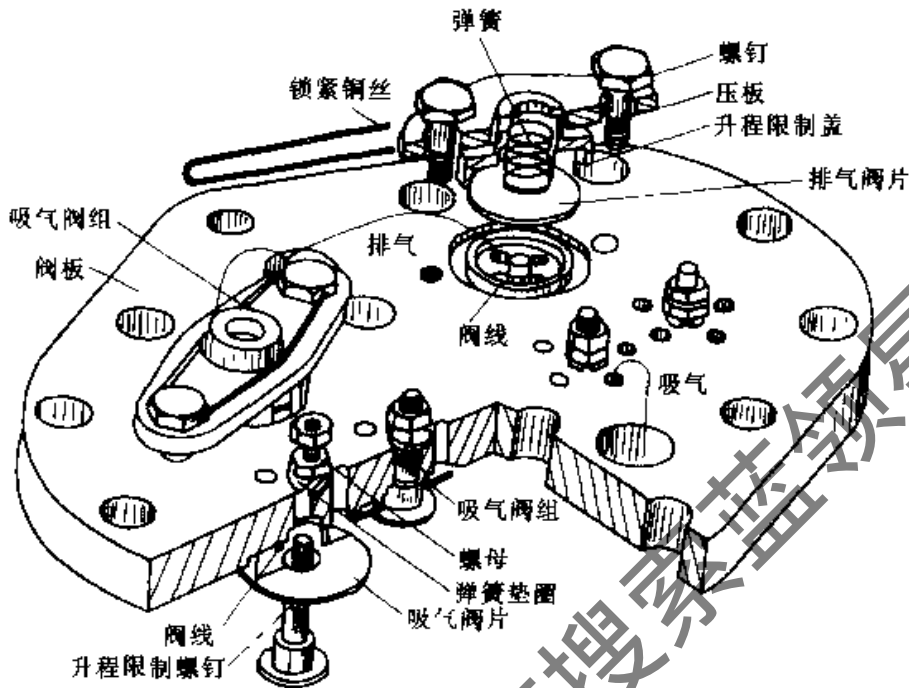


图 1-10 盘状阀总成

阀板的上部为排气阀，下面为吸气阀。吸气阀片没有弹簧，排气阀片则有一弹簧压住。这种阀板结构简单，加工方便。但它的通道截面小，工作时冲击力大，容易磨损，适用于转速较低的压缩机。

(3) 簧片阀。簧片阀的阀片像弹簧片一样，用弹性的薄钢片制成，阀片厚度约为 0.2mm。如图 1-11 所示，阀片的一端固定在阀板上，另一端是自由状态。工作时，它像钢琴中的簧片那样上下跳动。吸气阀片为舌形，它的一边是靠销钉定位面紧夹在阀板和汽缸体之间，另一边是自由端，它的舌尖部分是插在汽缸一面的相应凹槽中，凹槽的高度限制了簧舌的升程，是吸气阀的升程限制器，如图 1-12 所示。排气阀片呈弓形，它的升程限制器是向上翘曲的，其弯曲度和阀片开足时的弯曲形状相一致。

簧片阀阀片形状随阀板上气流通道

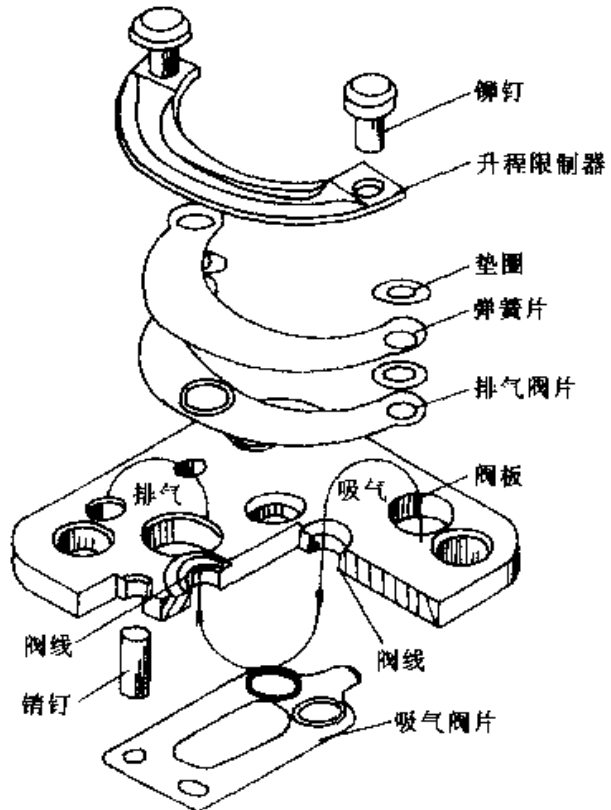


图 1-11 簧片阀的总成

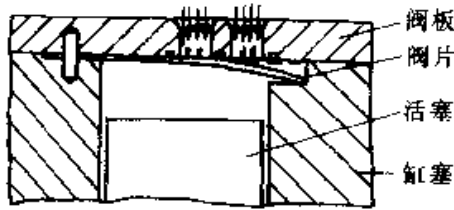


图 1-12 簧片阀的工作示意图

和阀片固定位置而异，如图 1-13 所示。图中上排为排气阀片，下排为吸气阀片，虚线所示为阀口位置。

簧片阀的特点是：结构简单，阀片质量轻，惯性小，启闭迅速，噪声小。但对阀片的材料和工艺要求较高。目前，高转速的小型全封闭压缩机都采用这种阀片结构。

3. 活塞、连杆、曲轴

它们是往复式压缩机中将曲轴的旋转运动转变为直线往复运动的主要运动部件。压缩机的输入功率大部分消耗于活塞对蒸气压缩的做功上，小部分消耗在各种机械摩擦以及辅助装置的驱动上，如润滑液泵。

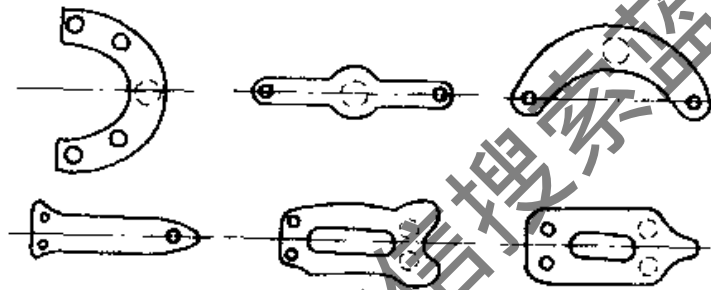


图 1-13 常见的几种阀片形状

(1) 活塞。它是压缩机的主要部件之一，小型压缩机的活塞结构都是圆筒形式，图 1-14 所示为活塞结构。整个活塞由顶部、环部、裙部和销座等四部分组成。顶部承受蒸气压力。环部开有环槽，其中放置气环和油环。活塞上有两道气环，借以造成汽缸壁与活塞之间的密封，避免汽缸内的高压气体漏入低压的曲轴箱内，另有一道刮油环，当活塞下行时，被刮下的润滑油经活塞里而流到曲轴箱内。高转速的全封闭压缩机的活塞上一般不装活塞环，它用缩小汽缸和活塞间的配合间隙的办法来减少蒸气泄漏量，以利于小缸径活塞的加工和装配的方便。裙部在汽缸中起导向作用并承受侧压力。销座安装活塞销，并通过它与连杆小头相连接。

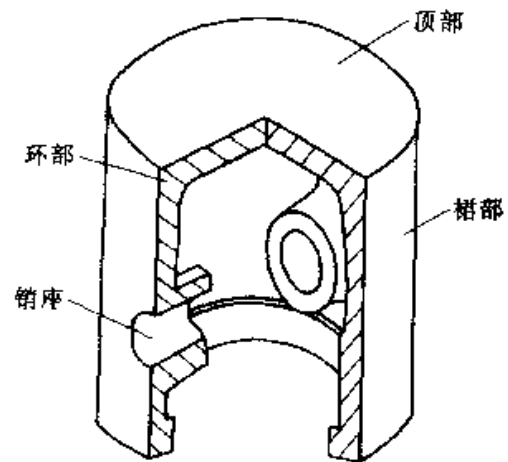


图 1-14 活塞结构

小缸径活塞顶是平的，在一些较大缸径的活塞顶部开有两个圆形凹坑，如图 1-15 所示。这是为了避免活塞在上止点位置与阀板上的吸气阀相碰而设置的，它可以保持尽量小的余隙容积。在安装这种活塞时，应注意两圆坑应朝向吸气阀侧，切勿弄错。

4FV7 和 8FS10 型压缩机的活塞顶部呈凹形 (图 1-16), 使活塞和内排气阀座的间隙减小, 从而减少余隙容积。

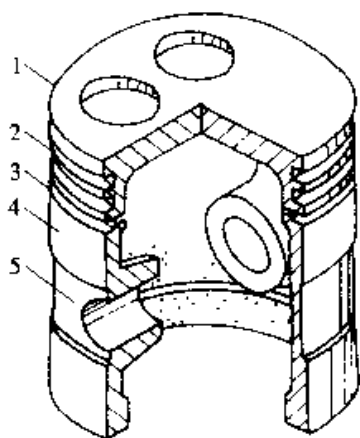


图 1-15 顶部开有两个圆形凹坑的活塞

1 顶部; 2—气环槽; 3—油环槽; 4 裙部; 5—销座

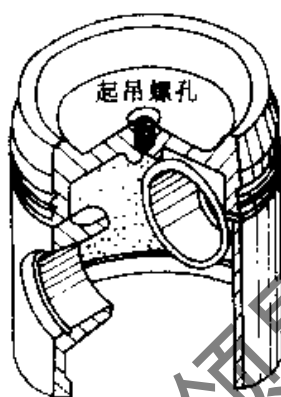


图 1-16 8FS10 型压缩机的活塞

(2) 连杆。它是活塞与曲轴的中间连接件, 它将曲轴的旋转运动转化为活塞的往复运动, 并把动力传给活塞对蒸气做功。因此, 连杆在曲轴与活塞之间起了桥梁作用。

连杆结构有剖分式和整体式两种, 如图 1-17 所示, 这主要是按连杆大头的结构形式来区分的。

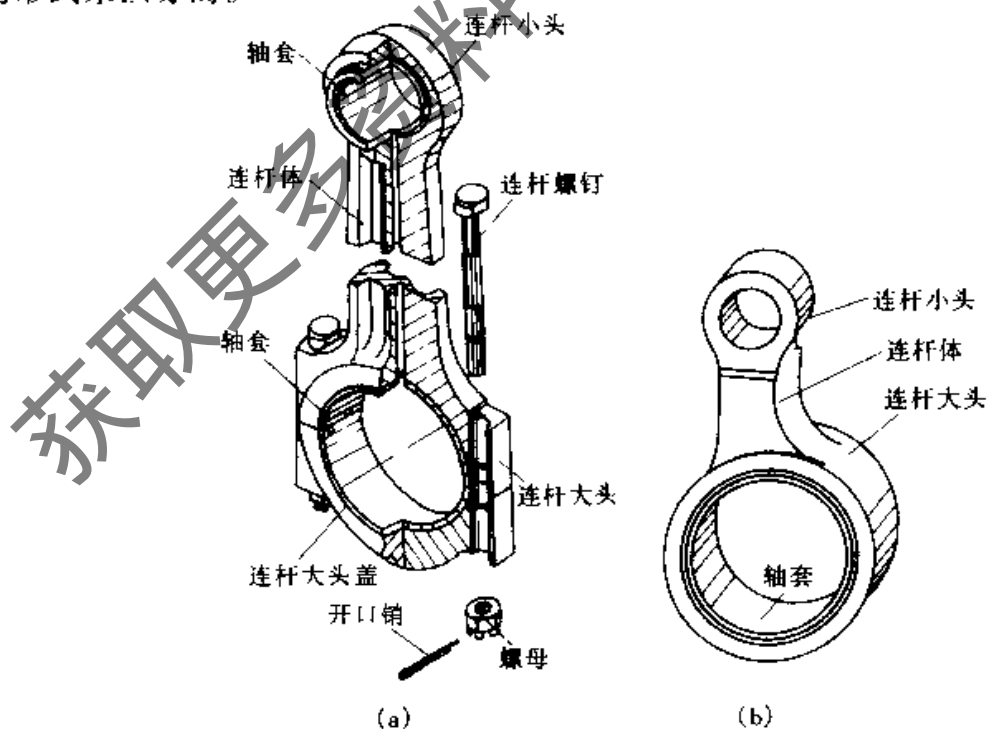


图 1-17 连杆的结构形式

(a) 剖分式; (b) 整体式

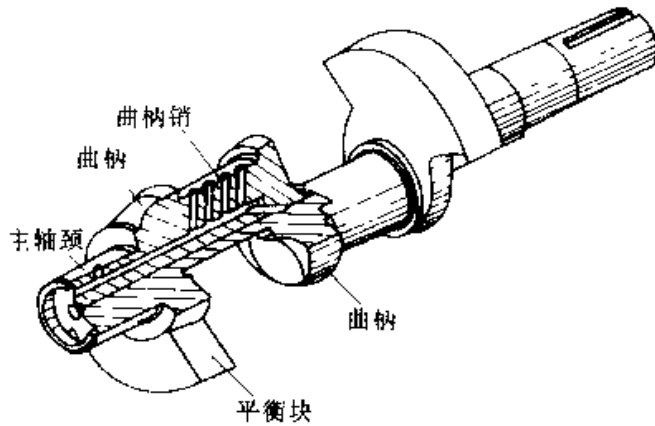


图 1-18 曲拐式曲轴

连杆轴套与连杆组合在一起加工的，所以，装配时切勿将连杆轴套任意调换。

(3) 曲轴。它是压缩机的重要部件，压缩机所消耗的全部轴功率是经曲轴输入的，要求有足够的强度、刚度和耐磨性。

曲轴常采用的结构有曲拐式和偏心式两种，如图 1-18 和图 1-19 所示。

曲拐式曲轴一般是双拐的，两拐互成 180° ，每个拐（曲轴颈）上装 1~4 根连杆。每个曲拐由主轴颈、曲柄和曲柄销三部分组成。主轴颈同主轴承相配合，曲柄销同连杆大头轴套相配合，曲柄是主轴颈与曲柄销，或者两相邻曲柄销之间的连接体。曲轴上有两块平衡块，压缩机工作时，它利用自身的离心力和离心力矩来平衡运动件重量所引起的惯性力矩，目的是减小压缩机的振动，同时可减轻曲轴主轴承上的负荷，减少轴承的磨损。

凡有液压泵的压缩机，其曲轴中都钻有油孔，通至主轴颈、曲轴颈和轴封器。

前后主轴承套入曲轴后，拧紧螺栓，曲轴在主轴承间应有一间隙，约为 $0.75 \sim 1.5\text{mm}$ 。若间隙过小，曲轴的热膨胀会咬坏主轴承的平面部分，则影响正常运转，若间隙过大，则会影响轴封的可靠性。

4. 轴封器

压缩机曲轴箱压力在空调工况时大于周围大气压好几倍，为防止压缩机内制冷剂向外泄漏或外界空气渗入系统，要求压缩机有严格的密封。开启式压缩机的功率输入端要伸出机外与传动件相连接。因此，在伸出轴与机件之间要设置轴封器。目前，我国采用的轴封器结构形式基本上有两种：波纹管式和弹簧式。

连杆小头一般是不剖分的，连杆小头与活塞销相配合的摩擦内圆表面通常都装有轴承衬套。

因大多数的曲轴是制成曲拐的形状，所以连杆大头大多是剖分式的，否则就无法装到曲柄销上去。而小型压缩机的曲轴一般都做成偏心轴的形状，因而可采用整体式的连杆，直接套上轴颈。

剖分式连杆的大头内孔是将连

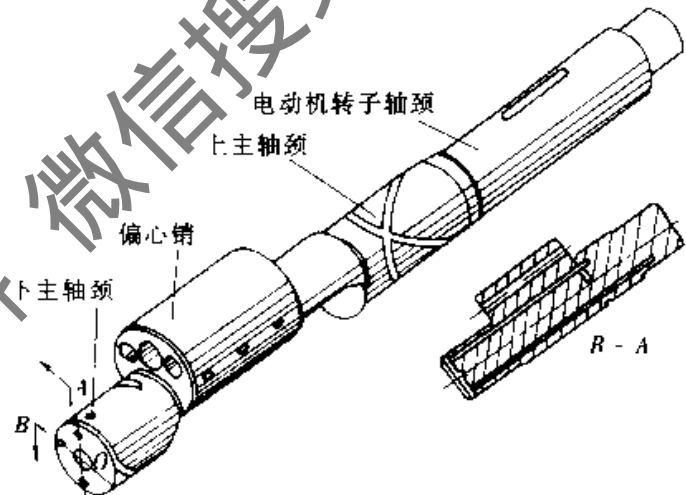


图 1-19 偏心轴

(1) 波纹管式轴封器。图 1-20 为波纹管式轴封器结构，常用于中小型压缩机密封。可自由伸缩的圆柱状波纹管的两端分别与摩擦环和压板锡焊连接。弹簧置于波纹管内，力图使波纹管伸长，压缩机运转时，轴封因压板被螺母紧固在轴肩上，因而与曲轴一起转动。整个轴封有两个密封面，一是摩擦环与压缩机前盖端平面间的滑动摩擦，属于动密封；另一个是压板与轴肩间的压紧密封，属于静密封。转动着的摩擦环靠弹簧力紧压在前盖端面上，而这两个接触面加工得很光滑平整，从而消除了泄漏间隙，保证了密封要求。

(2) 弹簧式轴封器。图 1-21 所示为弹簧式轴封器结构简图。整个轴封器有三个密封面：

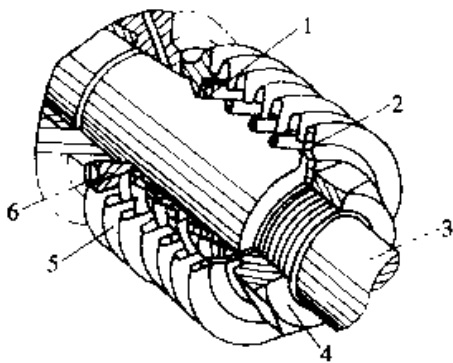


图 1-20 压缩机轴封器结构

1- 弹簧；2 压板；3 曲轴；
4- 螺母；5 波纹管；6-摩擦环

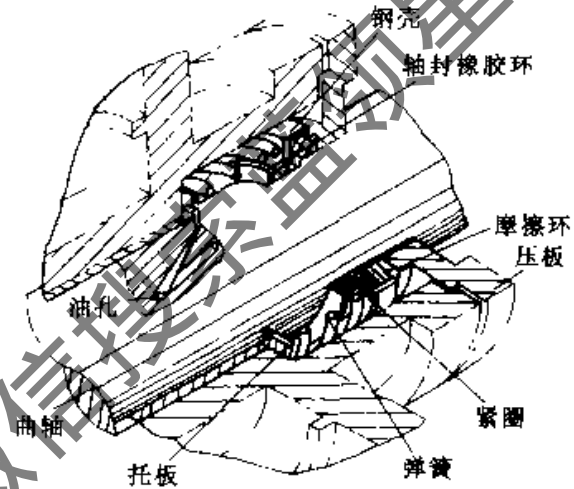


图 1-21 弹簧式轴封器结构简图

- 1) 动密封，压板固定，摩擦环转动。
- 2) 依靠弹簧力使轴封橡胶环和摩擦环压紧面达到密封。
- 3) 紧圈套在橡胶外圆上并一齐箍在轴上，橡胶产生的弹力使其密封。

必须将压板的摩擦面和摩擦环的摩擦面加以精细研磨，清洗后，再将这对摩擦面互相研磨，观察它是否贴合得很好，否则，必须返工。摩擦环不得有泄漏，但又不能套得过紧而产生使轴无法有轴向位移的弊病。轴封橡胶环及外圆上套的紧圈的松紧程度应适当。一般情况下，将整套轴封连压板一起推入后松手，轴封应能在弹簧力的作用下慢慢地向外弹出，若弹不出，说明箍得太紧，若弹出得很快，则说明箍得太松。

轴封装配时，先将托板套到主轴上，再套上已装妥的弹簧、轴封橡胶环、紧圈和钢壳，最后配上摩擦环，并装上压板。由于弹簧力的作用，使摩擦环和压板有紧密的接触，曲轴通过托板和橡胶的摩擦作用而带动整个轴封一起转动，在摩擦环和压板之间就产生“动密封”。在装配轴封时，首先应清洗干净，然后在轴封橡胶环的内圈和摩擦环之间加些清洁冷冻润滑油再成套装入。

(三) 往复式压缩机能量调节

当压缩机按照规定的温度工况运转时，它的制冷量是恒定不变的。在选用压缩

机时，为安全起见，一般总是选用制冷量比所需冷量偏大些的压缩机产品。实际上，季节的变化或环境温度的变化会影响设备的冷凝温度，使压缩机的产冷量有所改变。为保证制冷设备的制冷量能随时满足规定的蒸发温度的需要，就要对压缩机的能量进行调节，实际上就是对压缩机的输气量进行调节。

压缩机能量调节的方法主要有如下几种：压缩机间歇运行、变速调节、旁通调节、顶开吸气阀片汽缸卸载输气量调节。

1. 压缩机间歇运行

最简单的能量调节方法是压缩机间歇运行，使压缩机按时间的平均输出能适应制冷负荷变化的要求。频繁的启动停机会带来额外的能量损失，此法特别适用于大容量的多机并联机组，这时只需相应地停止一台或多台机组运行，即可使整机高效运行，启动电流不可过大，各压缩机均匀工作。另外，该方法只适用于小容量制冷压缩机，不适用于大容量压缩机。

2. 变速调节

改变压缩机的转速可以达到压缩机能量调节的目的，双速压缩机就是采用这种方法进行能量调节的。

压缩机制冷量是随其转速的增加而增加的，现代的压缩机均能在高转速下运行，从而减少了压缩机的体积。随着计算机和电子技术的迅速发展，出现了变频器驱动压缩机的新技术，实现了运转频率范围为 $18 \sim 150\text{Hz}$ 的连续无级调速，目前这种技术已在空调器中得到了推广应用。

3. 顶开吸气阀片汽缸卸载输气量的调节

这是多缸往复式压缩机中应用很广的一种输气量调节方法。它设法使压缩机中的一个或几个汽缸卸载，将所吸入的蒸气不被压缩和排出，从而相应地减少了通向冷凝器的输气量。实现汽缸的卸载可以采取顶开并保持吸气阀打开的方法，图1-22所示为往复式压缩机卸载和能量调节装置工作原理，图1-23为顶开往复式压缩机吸气阀的能量调节机构。由图1-22可知，该卸载机构主要由液

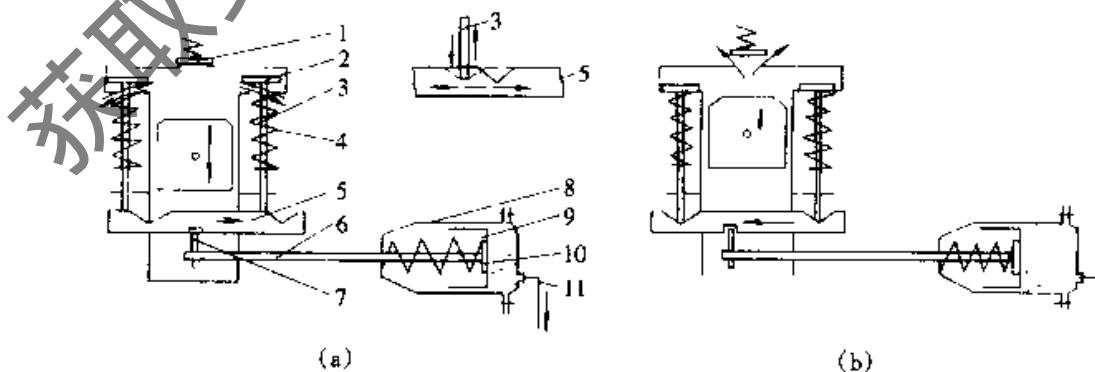


图1-22 往复式压缩机卸载和能量调节装置

(a) 卸载状态；(b) 工作状态

- 1 排气阀；2—吸气阀片；3—吸气阀片顶杆；4—顶杆复位弹簧；5—转动环；6—推杆；7—传动杆；8—卸载液压缸；9—油活塞；10—弹簧；11—液压缸进排油管

压缸进排油管 11、卸载液压缸 8、油活塞 9、弹簧 10、推杆 6、转动环 5、吸气阀片顶杆 3 等组成。在系统中设有能量控制阀与润滑液压泵油路相通，以控制卸载液压缸 8 的工作。压缩机开始启动时，油压尚未建立，能量控制阀无压力油供给卸载液压缸 8，油活塞 9 在弹簧 10 作用下连同推杆 6 一起向右移动，如图 1-22 (a) 所示，推杆 6 又通过传动杆 7 带动汽缸外的转动环 5 转动。因此，坐落在转动环 5 斜槽底部的顶杆便沿斜面上升至斜槽顶部，顶开吸气阀片，汽缸处于卸载状态。在压缩机启动时卸载，称为卸载启动。

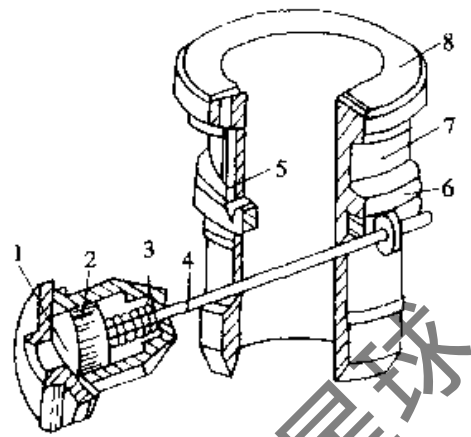


图 1-23 顶开往复式活塞式
压缩机吸气阀的能量调节机构

1—液压缸；2—油活塞；3—弹簧；4—拉杆；5—顶杆；6—转动环；7—顶杆弹簧；8—吸气阀片

压缩机启动后，油压逐步建立，能量控制阀将压力油供给卸载液压缸，使油活塞克服弹簧力连同推杆一道左移推动转动环，使坐落在转动环斜槽顶部的吸气阀顶杆落至斜槽底部，吸气阀片便落在阀线上，汽缸则转入工作状态，如图 1-22 (b) 所示。如果在压缩机运转过程中，制冷量显得过大，则通过卸载能量调节机构的反向动作，吸气阀片即被顶杆重新顶起 [见图 1-22 (a) 的状态]。这时汽缸卸载，改变压缩机的输气量，以达到调节制冷量的目的。这种卸载机构中，通常采用一个卸载液压缸（油活塞、推杆机构）控制两个汽缸的工作。一般每个汽缸有 6 个吸气阀片顶杆，相应转动环上有 6 个斜槽。为配合阀片顶杆的动作，每根顶杆上装一个复位弹簧。

还有一种结构是在阀板上提供旁通通道，当卸载时，使汽缸中的蒸气在压缩行程中由旁通孔不经过排气阀而流回吸气腔。

汽缸卸载也可以采取堵住（不让吸气）直接进入汽缸的方法来实现，由于汽缸中没有气体流动损失，所以，此法比上述的吸气旁通法效率要高。图 1-24 所示为德国比泽尔公司半封闭压缩机输气量调节结构，图 1-24 (a) 表示该汽缸处于卸载状态，这时线圈 1 通电，铁心 2 吸起，打开高压通道 3，使控制活塞 7 紧紧堵住阀板上的制冷剂入口，阻止了汽缸的吸气。要恢复汽缸的工作 [见图 1-24 (b)]，只需切断线圈电路，高压通道 3 关闭，控制活塞 7 被弹簧抬起，打开了吸入口通道，汽缸即可进行正常的吸气。

二、螺杆式压缩机

螺杆式压缩机属于容积式回转压缩机，它用一对螺杆（即阴、阳转子）的回转运动来造成螺旋状齿型空间的容积变化，以进行气体的压缩。阴转子的齿沟相当于汽缸，阳转子的齿相当于活塞，由阳转子带动阴转子做回转运动，使两者相互啮合的空间容积不断变化，将制冷剂蒸气吸入，经过压缩机压缩达到一定压力后排出。

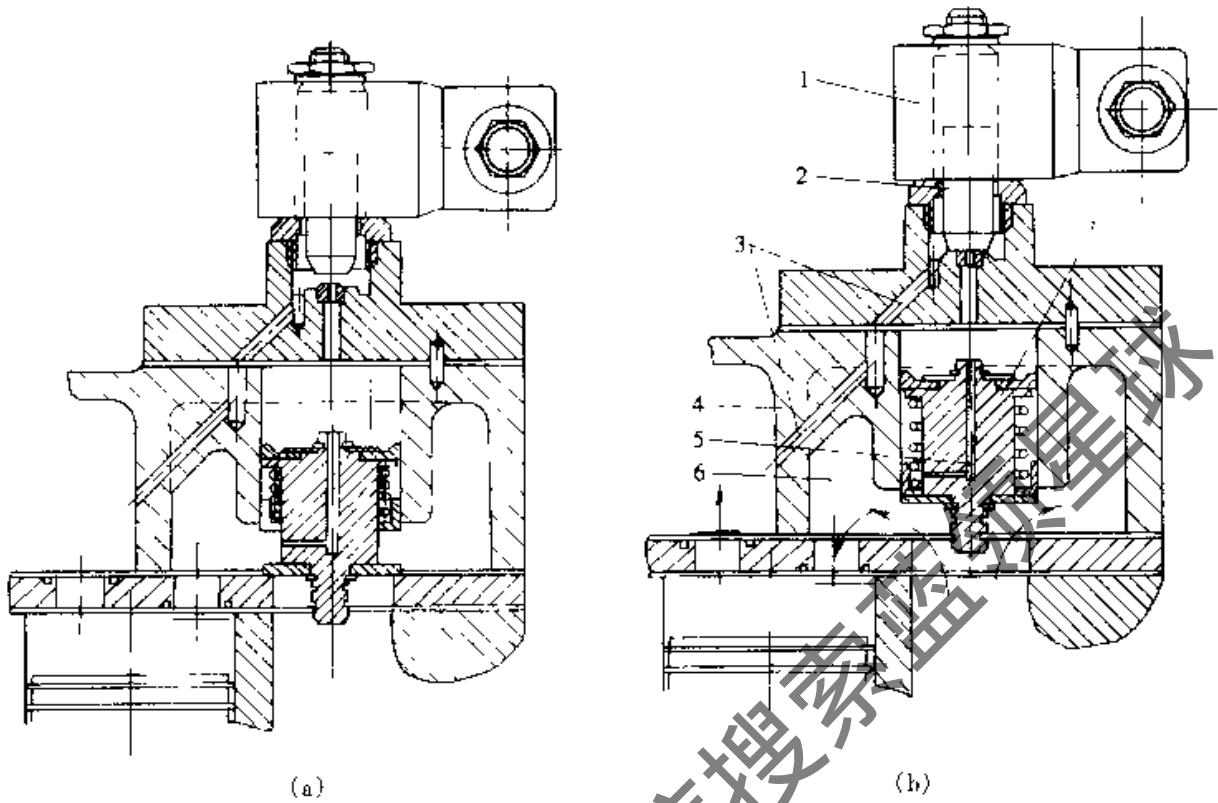


图 1-24 德国比洋尔公司半封闭压缩机输气量调节结构图

(a) 汽缸卸载, (b) 汽缸工作

1—线圈; 2—铁心; 3—高压通道; 4—排气腔;
5—压力平衡管; 6—吸气腔; 7—控制活塞

螺杆压缩机具有如下一些特点:

- (1) 没有余隙容积, 不存在剩余气体的再膨胀过程, 容积效率高
- (2) 没有吸、排气阀结构, 结构简单, 易损件少, 而且没有阀片阻力损失。
- (3) 采用滑阀调节机构, 制冷量可在 10% ~ 100% 之间实现无级调节, 低负荷运行的经济性好。
- (4) 采用喷油冷却, 排气温度低, 但润滑系统较复杂, 油分离器体积较大。

(5) 转子加工精度要求高, 运行时噪声较大。

(一) 螺杆式压缩机的工作原理

如图 1-25 所示, 压缩机“∞”字形的汽缸 3 内有一对转子, 其中一个有凸齿的为阳转子 6, 另一个有凹齿槽的为阴转子 2, 汽缸的左右由吸气端盖 1 和排气端盖 5 封住, 一对转子就支撑在左右端盖

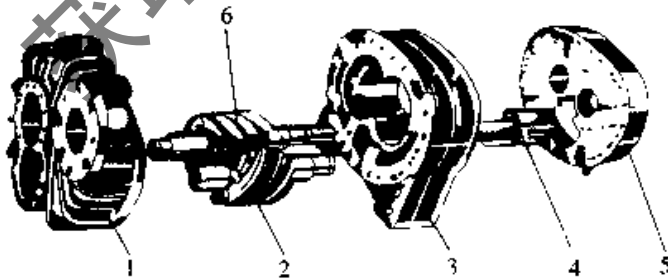


图 1-25 螺杆式压缩机的转子、汽缸和端盖的外形图

1—吸气端盖; 2—阴转子; 3—汽缸;
4—滑阀; 5—排气端盖; 6—阳转子

的轴承上。转子之间以及转子和汽缸、端盖间留有很小的间隙。在吸气端盖和汽缸上部设有轴向和径向进气口，在排气端盖和滑阀端部设有轴向和径向排气孔口。螺杆式压缩机工作原理，如图 1-26 所示，当压缩机运转时，阳转子带动阴转子（也有由阴转子带动阳转子的结构），由阴阳转子凹凸齿槽、啮合密封线与汽缸和端盖内壁所围成的人字形基元容积不断变化。当基元容积由最小向最大变化时，它与径向和轴向进气口相通，进行吸气过程 [如图 1-26 (a)、图 1-26 (b)、图 1-26 (c) 所示]。当基元容积达到最大时，便与进气口隔开，吸气结束。此后，基元容积由最大逐渐变小，开始气体的压缩过程 [如图 1-26 (d)、图 1-26 (e)]。当基元容积内气体压力升到一定压力时，便开始与轴向和径向排气口接通，进行排气过程 [见图 1-26 (f)]，直到基元容积变为零为止。随着转子继续运转，上述过程重复进行。

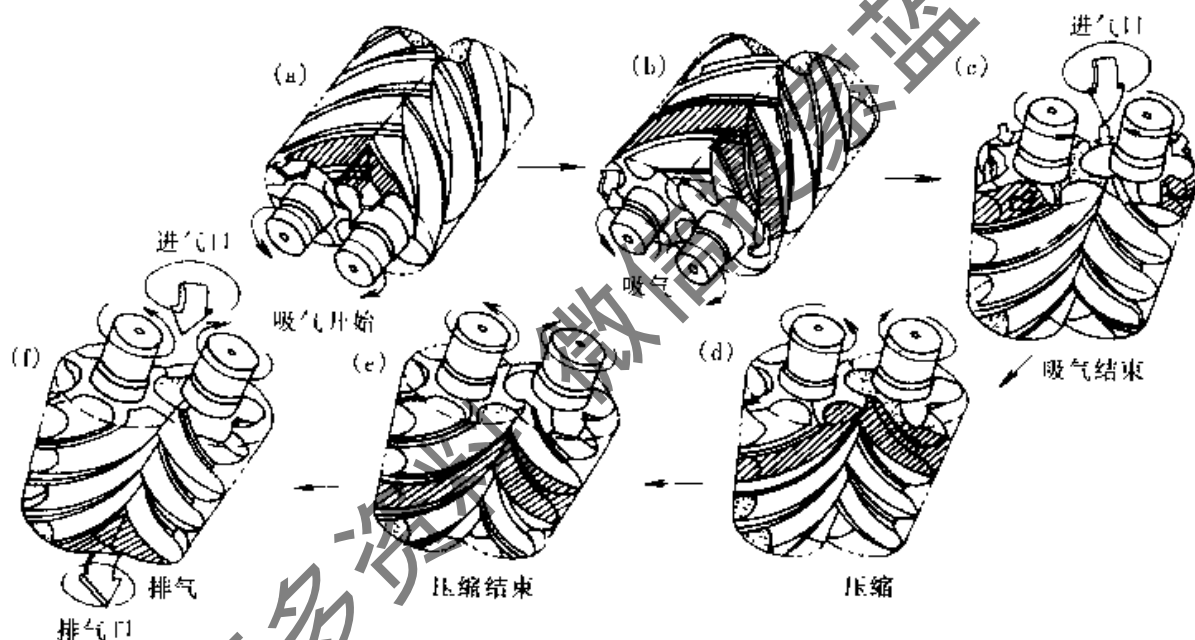


图 1-26 螺杆式压缩机工作原理图

在螺杆式压缩机的压缩过程中，齿槽与排气孔口隔绝，因此，当吸气压力 p_1 一定时，在齿槽与排气口连通之前，齿槽内有一固定的最高压力——内压力 p_n 。内压力比 τ 即指 p_n 与 p_1 之比， $\tau = p_n/p_1$ 。

当内压力 p_n 高于排气管中的压力 p_2 时，齿槽才与排气口相通，并进行排出过程。由于 $p_n > p_2$ ，基元容积中产生突然的等容膨胀过程，多消耗的压缩功如图 1-27 (a) 中的阴影面积所示。如果内压力 p_n 小于排气管中的压力 p_2 时，齿槽就与排气口相通，排气管中的气体将回流入齿槽中，在其中产生等容压缩过程，使齿槽内的压力很快升高到 p_2 ，然后再进行排出过程，多消耗的压缩功如图 1-27 (b) 中的阴影面积。图 1-27 (c) 中的过程为内压力 p_n 等于排气管中的压力 p_2 ，只有在这种情况下，压缩机才没有消耗额外功。因此，在螺杆式压缩机中，只有当气体

在机内压缩終了时的压力 p_n 等于 p_2 ，或者说内压力比等于外压力比（排气压力 p_2 与吸气压力 p_1 之比）时，效率最高。

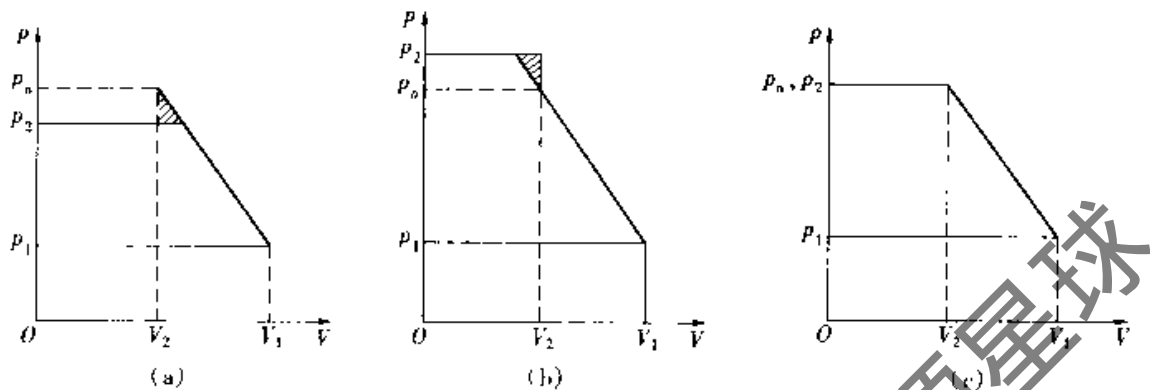


图 1-27 螺杆式压缩机的压缩过程 $p-v$ 图

(a) $p_n > p_2$; (b) $p_n < p_2$; (c) $p_n = p_2$

所谓内容积比 ε 是指压缩机吸入終了时的容积 V_1 和压缩終了时的容积 V_2 之比， $\varepsilon = V_1/V_2$ ，则

$$\tau = \frac{p_n}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n = \varepsilon^n$$

式中 n ——多变压缩指数（对于 R12、R134a、R22 制冷剂， $n = 1.15$ ）。

由上式可知，内压力比 τ 为内容积比 ε 的选择依据，而内压力比的确定又应力求等于或接近外压力比（ p_2/p_1 ），也即冷凝压力与蒸发压力之比。

在吸气容积一定时，内容积比完全取决于排气口的形状与位置，因此，在设计中，将排气口做成两部分：一部分是在排气端座上的轴向排气孔口，另一部分则是在滑阀端部内圆壁上的径向排气孔口，并更换螺杆压缩机排气口可调的滑阀，即可得到不同的内容积比以使运转时内压比接近或等于外压力比。螺杆制冷压缩机的生产厂家一般都生产具有不同内容积比的产品（如 4.8、3.5、2.4）以满足低温、中温和高温的使用要求。

（二）螺杆式压缩机结构

1. 开启式螺杆压缩机

如图 1-28 所示为开启式螺杆压缩机的结构。其主要特点是有一对压缩气体的阴阳转子 3 和 11，在汽缸 12 的两端不设吸排气阀，输气量调节通过油压控制的油活塞 7 推动滑阀 6 来实现；平衡活塞 13 主要平衡阳转子上的轴向力，以防其轴向窜动；由滑阀 6 上的喷油孔 5 喷入的润滑油使正在压缩中的基元容积内达到冷却、润滑和密封的作用。

开启式螺杆压缩机与往复式相比，有许多优点：①螺杆转子为旋转运动，转速可提高，因此，同排量的压缩机，开启式螺杆压缩机体积小、质量轻，特别是运转中无往复惯性力；②结构简单，零件数仅为往复式压缩机的 1/10，而

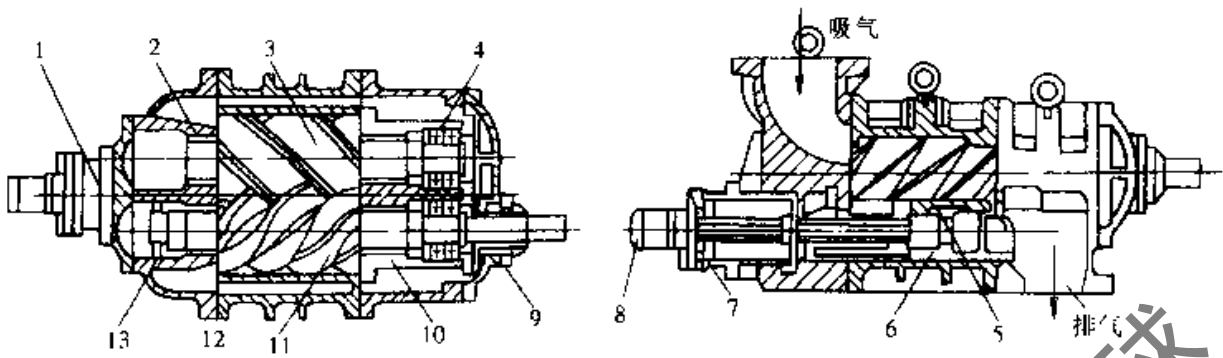


图 1-28 开启式螺杆压缩机的结构

1—液压缸；2—轴承；3—阴转子；4—止推轴承；5—喷油孔；6—滑阀；7—油活塞；
8—输气量调节指示器；9—轴封；10—轴承；11—阳转子；12—汽缸；13—平衡活塞

且易损件少，无吸排气阀、无膨胀过程，对液击不敏感，②工况范围较广，既可作热泵主机，又可作空调主机。缺点是噪声较大，需要油分离器和油冷却器等辅助设备。

2. 半封闭式螺杆压缩机

螺杆式压缩机在小容量机型中也能获得良好的性能，并且又能适应工况变化，运行可靠，很快便向半封闭和全封闭结构发展。

图 1-29 为半封闭式螺杆压缩机的剖面图，它具有如下特点：

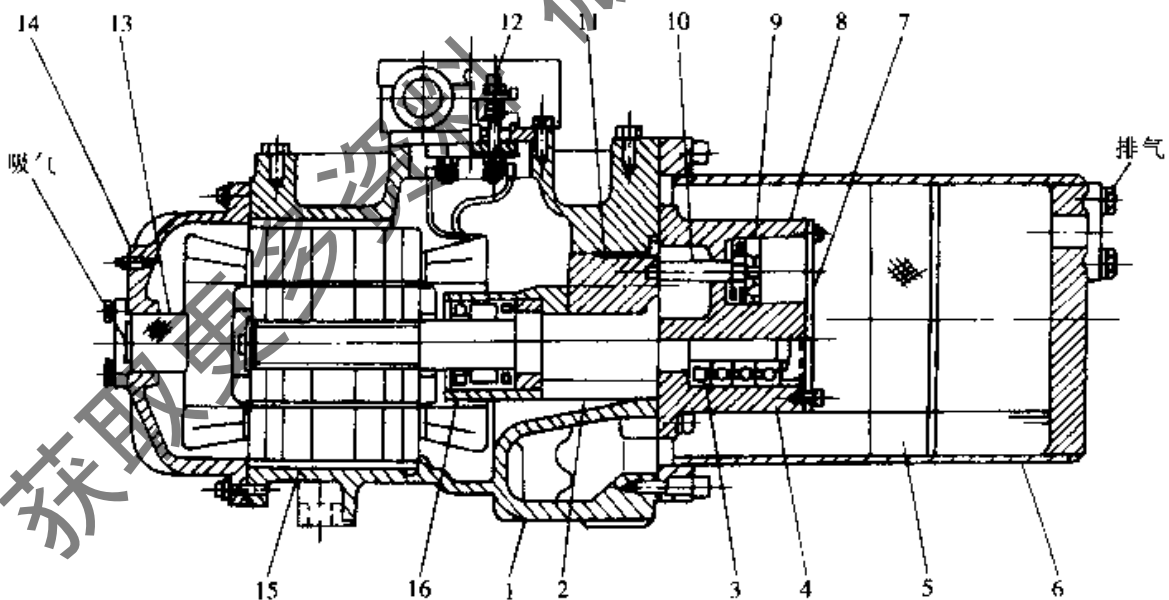


图 1-29 半封闭式螺杆压缩机的剖面图

1—主机体；2—转子；3—圆柱轴承；4—主轴承；5—除油雾器；6—排气圆筒；
7—端面盖板；8—排气侧盖；9—油活塞；10—活塞体；11—滑阀；12—接线柱；
13—吸气过滤器；14—电机盖；15—电机；16—轴承

(1) 全部采用滚动轴承。径向轴承采用圆柱轴承 3，止推轴承则用滚珠止推轴

承来承受轴子轴向推力，这些滚动轴承的间隙比滑动轴承小，可保持转子轴心稳定，从而能减小转子啮合间隙，减少泄漏损失。

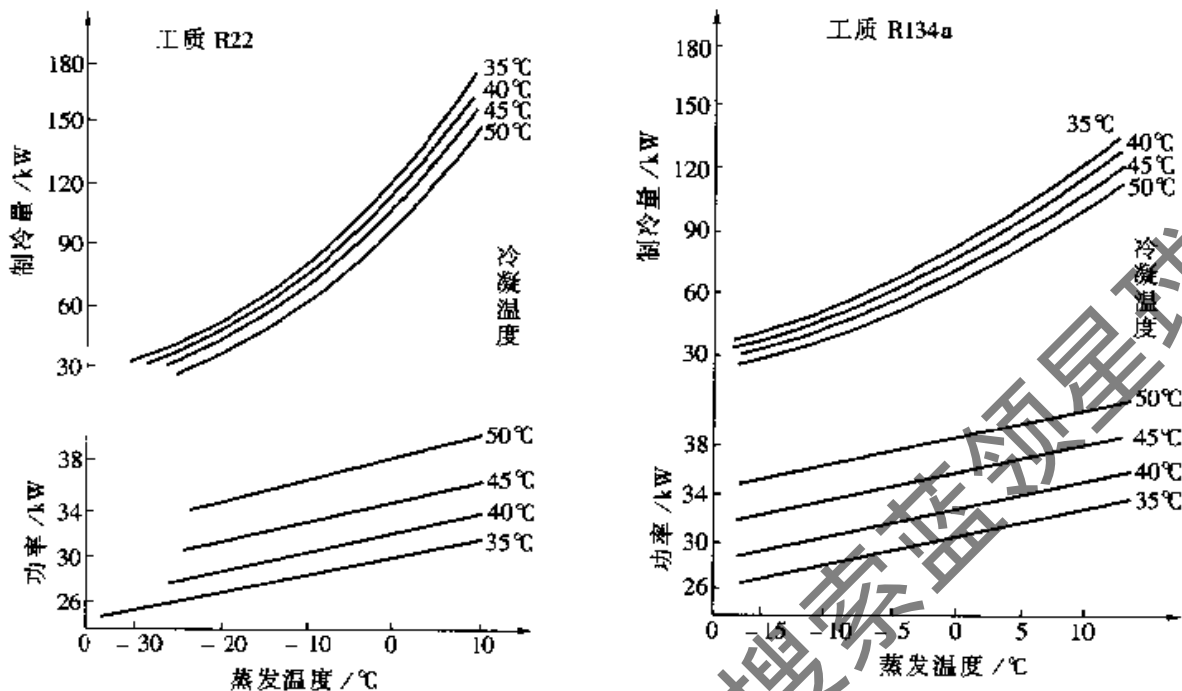


图 1-30 台湾地区汉钟 RA1 型半封闭式螺杆压缩机特性曲线

(2) 压差供油。利用排气压力和轴承处压力的差来供油，不设置液压泵，简化了润滑供油系统。

(3) 机内附带除油雾器。吸入气体经过电机 15，待电机冷却后，进入汽缸被压缩而排出，在排气筒中设置除油雾器 5，将油滴从气体中分离出来，因此，不需要在系统中另设油分离器，机组装置结构紧凑。

(4) 输气量无级调节。采用移动滑阀方式进行压缩机输气量无级调节，优于往复式压缩机输气量有级制冷量调节。

(5) 喷油冷却。半封闭式螺杆压缩机在排气温度较高时，润滑油温度上升过高，压缩机的电机往往容易烧毁，为此可以采用喷射液体制冷剂的方法来降温冷却，以保证其工况处在压缩机的工作界限范围内。

图 1-30 所示为台湾地区汉钟 RA1 型半封闭式螺杆压缩机采用 R22 或 R134a 为工质时的特性曲线，图 1-31 所示为日立半封闭式螺杆压缩机的特性曲线。

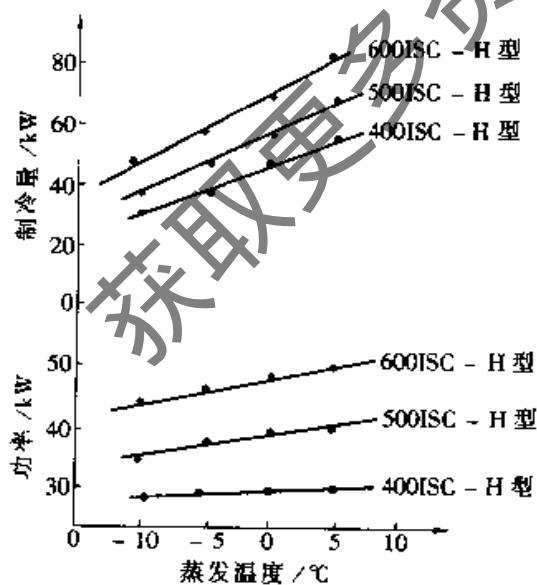


图 1-31 日立半封闭式螺杆压缩机的特性曲线

3. 全封闭式螺杆压缩机

如图 1-32 所示, 图中转子为立式布置。为了提高转速, 电机主轴与阴转子直联, 整个机器全部采用滚动轴承, 以保证阴阳转子间的啮合间隙。润滑系统采用进排气压差供油, 省去了油泵, 并且用温度传感器采集压缩机排气温度, 当排温较高时, 用液态制冷剂和少量油组成的混合液喷入压缩腔, 压缩机内置电机由排气冷却, 不设置专门油分离器, 所以排出的高温高压制冷剂气体, 通过电机和外壳间的通道, 经过油分离环, 把油分离出来后由排气口排出, 整个机壳充满高压制冷剂气体。

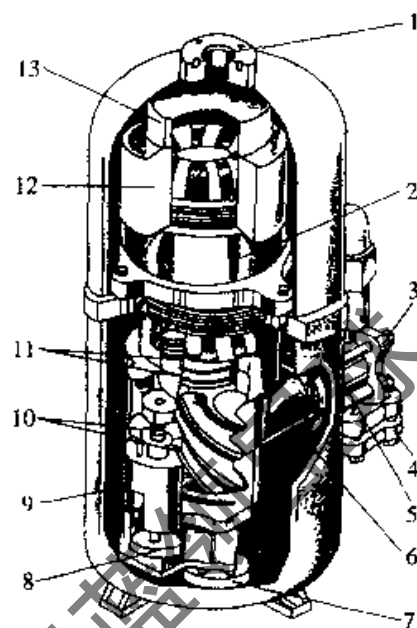


图 1-32 全封闭式螺杆压缩机的结构

1—排气口; 2—内置电机; 3—吸气截止阀; 4—吸气口; 5—吸气止回阀; 6—吸气过滤网; 7—滤油器; 8—输气量调节油活塞; 9—调节滑阀; 10—阴阳转子; 11—主轴承; 12—油分离环; 13—挡油板

(三) 螺杆式压缩机能量调节

1. 输气量调节

螺杆式压缩机输气量调节常采用滑阀调节方法。它是在两转子之间装设一个可以轴向移动的滑阀, 如图 1-33 所示。移动滑阀即改变了转子的有效工作长度, 达到能量调节的作用。

如图 1-34 所示, 图 1-34 (a) 表示滑阀与滑阀固定部紧密接触, 滑阀处在满负荷 (100%) 位置, 此时齿槽容积对 V_p 中的气体全部排出; 图 1-34 (b) 为部分负荷时滑阀的位置, 这时滑阀向排气端移动, 吸气口即形成旁通口, 吸入的气体部分通过旁通口不经压缩而返回吸气侧, 转子的有效工作长度减短, 仅排出齿槽容积对 V_p 中的气体。滑阀连续移动时, 能量便在 10% ~ 100% 之间无级调节。

滑阀的位置可通过电动或油压控制, 一般根据吸气压力或温度的变化实现自动能量调节, 也可用手动控制滑阀的位置。

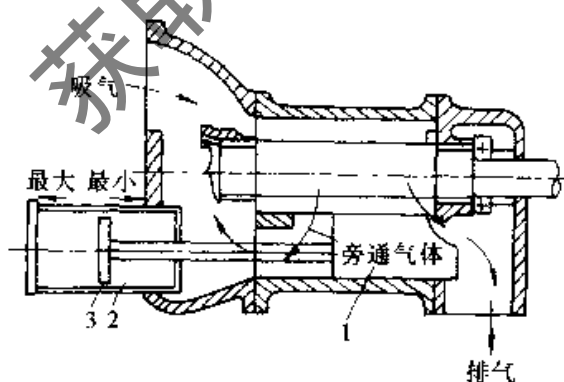


图 1-33 滑阀能量调节装置
1—滑阀; 2—液压缸; 3—油活塞

调节过程中, 功率与输气量在 50% 以上负荷运行, 几乎是正比关系; 在 50% 以下负荷运行时, 其性能系数则会大幅下降, 显得经济性较差。

调节螺杆压缩机输气量的另一种方法是采用柱塞阀调节, 如图 1-35 所示。当需要减小输气量时, 使柱塞阀 1 打开, 基元容积内一部分制冷剂气体就旁通到吸气口; 若需要输气量继续减小, 则柱塞阀 2 再打开。这种柱塞阀的启闭可用电磁阀通

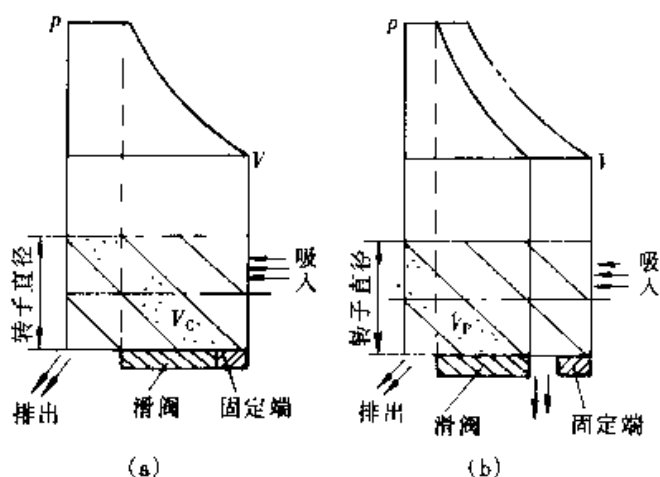


图 1-34 滑阀移动与能量调节关系

(a) 满负荷位置; (b) 部分负荷位置

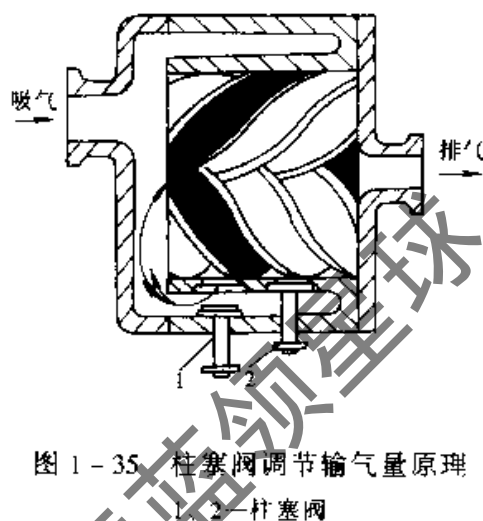
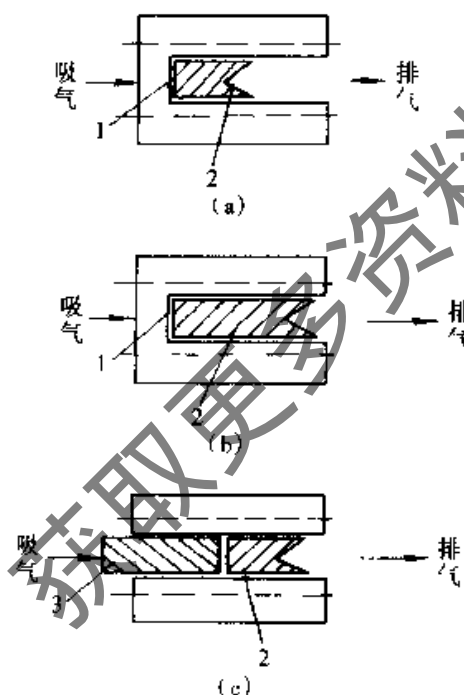


图 1-35 柱塞阀调节输气量原理

1, 2—柱塞阀

过油压控制来实现。柱塞阀调节输气量只能有级调节, 调节负荷只有 75% 和 50% 两挡。采用滑阀或柱塞阀机构除了能调节输气量大小外, 还具有卸载启动功能, 使压缩机在空载或低负荷下启动, 改善了启动条件。

2. 内容积比调节

图 1-36 固定的和可变的容积比 V_1 滑阀位置示意图(a) 固定低容积比 V_1 ; (b) 固定高容积比 V_2 ; (c) 可变容积比 V_3

1—滑阀固定部分; 2—滑阀; 3—可移动滑动止块

由于螺杆式压缩机运行时, 冷凝压力因受环境条件的变化而有较大的变动, 而蒸发压力根据使用要求基本上是恒定的。因此, 即使选用了合适的容积比, 但由于该容积比是固定的, 内压力比与外压力比始终存在的偏离影响了压缩机的运行经济性。同时压缩机在用滑阀调节能量的过程中, 随着转子有效工作长度的减小, 滑阀上的径向排气口的位置和大小也随着变化和减小。因此, 容积比也随之变化而与原来的容积比不一致, 从而在能量调节中引起功率损失。

为此, 在压缩机上采用了一种可变容积比的设计, 它是将原来的滑阀固定部分改成由油压控制的可移动滑动止块, 利用排气压力和内压力的比较, 由油压将滑动止块在滑阀孔内移动到不同位置, 如图 1-36 所示。

滑动止块在滑阀孔口左右移动, 就可使滑阀上的径向排气口在运转时重新定位。图 1-37 所示为容积比调节示意图。容积比是通过

改变滑阀上的径向排气孔口的位置来改变的。图中阴影部分 $a_1b_1c_1d_1$ 为原轴向排气孔口相应的径向排气孔口，新的径向排气孔口为 $abcd$ ，即按原径向排气孔口向后移动了一定距离，该移动距离为可移动滑动止块的调节范围，即压缩机的最大径向排气孔口为 $abcd$ ，最小径向排气孔口为 $a_1b_1c_1d_1$ ，内容积比即在这两个排气孔口所决定的内容积比之间变化。

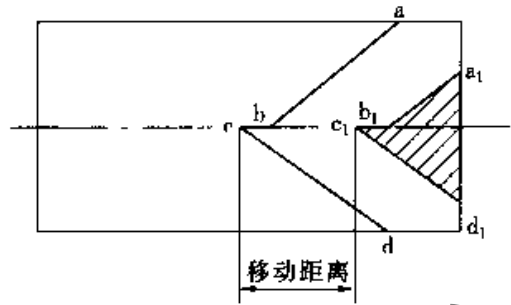


图 1-37 内容积比调节示意图

如图 1-38 所示，输气量调节阀 1 和内容积比调节滑阀 3 都能左右独立移动，滑阀 1 同油活塞 7 连成一体，通过油孔 6 和 8 进出油推动油活塞 7，实现滑阀 1 左右移动；而控制油孔 5 的进油出油，使作用在活塞 4 上的油压力与弹簧 2 的弹簧力合力差推动滑阀 3 左右移动。在进行内容积比调节时，内容积比调节滑阀 3 被推向左边，使紧靠着它的滑阀 1 也向左边移动，则排气口缩小，内容积比增大；反之，向右移动，则内容积比缩小。而进行输气量调节时，滑阀 1 向左移动，滑阀 3 不动，造成两滑阀间有一定间距，制冷剂气体在两滑阀之间通道处旁通进入压缩机吸气腔，输气量减少。

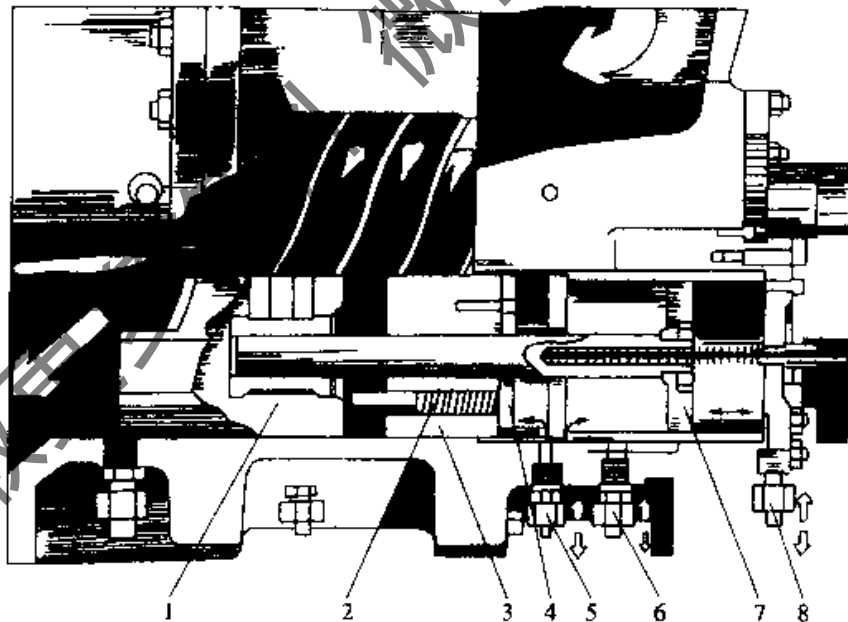


图 1-38 螺杆式压缩机的内容积比调节机构

- 1—输气量调节滑阀；2—弹簧；3—内容积比调节滑阀；
4、7—油活塞；5、6、8—进出油孔

三、滚动活塞式压缩机

滚动活塞式压缩机又称转子压缩机，有单缸、双缸和变容量三种。这种压缩机具有体积小、结构简单、运转平稳、噪声低等特点，尤其能适应变工况运行，因

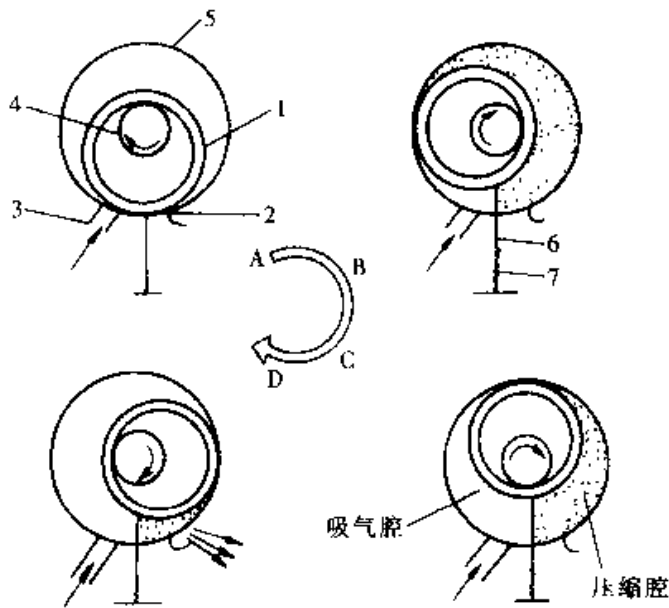


图 1-39 滚动活塞式压缩机工作原理图

1--滚动活塞；2--排气阀；3--吸气口；4--曲轴；
5--汽缸；6--叶片；7--弹簧

此，它被广泛用在空调器上。

(一) 滚动活塞式压缩机的工作原理

如图 1-39 所示，滚动活塞安装在曲轴上，活塞中心与曲轴旋转中心有一偏心距。当压缩机工作时，制冷剂蒸气从吸气口进入汽缸的月牙形空腔中（图中 A 位），汽缸体滑槽中叶片在背部弹簧力作用下紧贴着转子外表面，将气腔分成低压腔和高压腔，低压腔与吸气口相连，高压腔与排气口相连（图中 B 位），由于滚动活塞的不断旋转，压缩腔不断减小，其压力也不断升高（图中 C 位），活塞继续旋转，直到压缩室内的气体压力高于排气压力时，排气阀被打开，高压高温制冷剂蒸气经排气口排出。同时，吸气腔又在扩大，气体又被吸入压缩（图中 D 位）。如此循环往复，完成制冷剂的压缩过程。

如果用气腔中心 O 和转子旋转中心 O_1 的连线来表示转子的位置（汽缸与转子的切点 T 也正好在这一直线上），则压缩机的工作过程与转子转角之间的关系可用图 1-40 表示。若以转子处在最上端的位置为起始位置，此时偏心轴转角 $\varphi = 0$ ；当转子转了一个角度 $\varphi = \alpha$ 时，吸气腔与吸气孔连通，吸气过程开始。吸气过程一直进行到转子第二次达到最上端的位置时，即轴的转角 $\varphi = 2\pi$ (rad) 时，汽缸新月形工作腔中充满了气体，其压力与吸气腔中压力相同，吸入的气体要在曲轴的第二转中才被压缩。而且只有当转子再转过一个小角度 β ($\varphi = 2\pi + \beta$)，也就是切点 T 正好到吸气孔的前边缘，使工作腔与吸气孔断开时压缩过程才开始。转子继续转动，当达到某一位置 $\varphi = 2\pi + \gamma$ ，使压缩腔中的压力稍高于排气管中的压力并足以克服排气阀的阻力时，排气阀自动打开，压缩过程结束，排气过程开始，当切点 T 达到排气孔的后边缘，即使吸气腔与排气腔相通时，排气过程立即停止，此时转子离最上端位置还差一个小角度 γ ($\varphi = 4\pi - \gamma$)，因此，排气腔还存在一个小的容

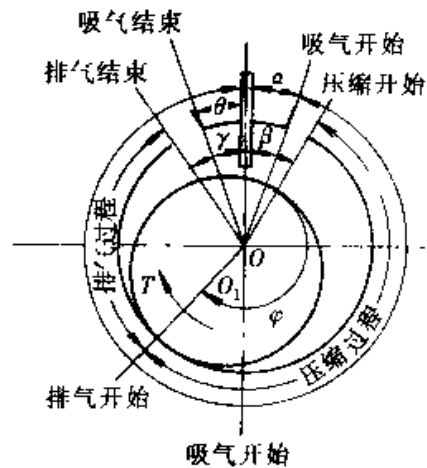


图 1-40 滚动活塞式
压缩机工作过程

积,也就是压缩机的余隙容积。当转子与汽缸切点T达到排气孔前端,即离开最高点位置为 θ 角时,残留的气体再度被压缩,滚动活塞式压缩机的工作过程就是这样不断的循环进行。

从以上的分析可以看出,滚动活塞式压缩机工作过程有如下特点:

(1) 一定量制冷剂气体的吸入、压缩和排出过程是在转子的两转中完成的,但在转子与滑片的两侧,吸气、压缩与排气过程同时进行,因而仍然是每一转完成一个工作循环。

(2) 从排气结束到吸气开始有一空挡角 $\gamma + \alpha$,吸气结束到开始压缩有一空挡角 β ,从排气孔前缘到转子的最上点位置有一 θ 角,它们的大小与吸、排气孔口的位置及大小有关,这些角具有不同的影响:角 γ 会影响余隙容积的大小,在排气结束时,其中残存的高压气体将膨胀入吸气腔,因而减少实际输气量,角 β 的影响使已经吸入的气体要向吸气孔推出一部分,因此也使实际输气量减小,角 θ 造成压缩机的再度压缩,由于压缩气体与吸排气腔不通,所以其压力可增大到异常的高,不仅功耗增大,甚至可能造成机器的损坏;角 α 的影响是在吸气开始前在吸气腔中造成的低压或真空,因而使压缩机功耗增大,效率降低。从它们的影响来看,各个空挡角应越小越好。

(二) 滚动活塞式压缩机结构

图1-41所示为滚动活塞式压缩机结构,它主要由电机、滚动活塞、偏心轴、滑片、弹簧、吸气孔、排气阀片等组成(无吸气阀片)。

滚动活塞式压缩机一般为立式结构,压缩机装在壳体的下部,电机在上部,整个汽缸的外部几乎浸在润滑油中,圆柱活塞装在汽缸内,并套在偏心轴的偏心拐上,偏心轴以O为轴心带动活塞在汽缸内沿着汽缸壁面滚动,汽缸壁有一条穿通的槽,槽内装着滑块,滑块与转子配合在槽内滑动,在弹簧力的作用下与滚动转子外圆壁面紧密接触而组成动密封,将滚动转子和汽缸壁之间的月牙形空间分成进气腔和压缩腔,在偏心轴绕汽缸中心旋转一周的过程中,进气腔完成进气过程,压缩腔完成压缩和排气过程。滑块与圆柱转子高度相等,汽缸高度比转子稍高出一,汽缸口上盖有汽缸盖,活塞端面与汽缸盖平面之间有一定间隙,以使活塞与滑块能在汽缸内自由运动,在汽缸槽两侧的汽缸体上有吸、排气孔,吸气孔没有吸气阀,制冷剂蒸气直接从吸气管进入汽缸的吸气孔,为防止液击,在其吸气管上装有气液分离器;排气口上装有排气阀,汽缸内的气体排入壳体内,故其壳体内是高压气体区,然后高压气体再由壳体进入排气管道内。

如图1-42所示,滚动活塞用曲柄销外表面定位。由于滚动活塞的内表面与曲柄销外表面之间的空隙中充满润滑油,即滚动活塞与曲柄销的组合形成了一个轴颈轴承,所以,滚动活塞的转速低于曲轴的转速。这就是滚动活塞式压缩机摩擦损失小的原因之一。

滚动活塞式压缩机,不设吸气阀,只有排气阀。排气阀采用圆柱形阀,如图1

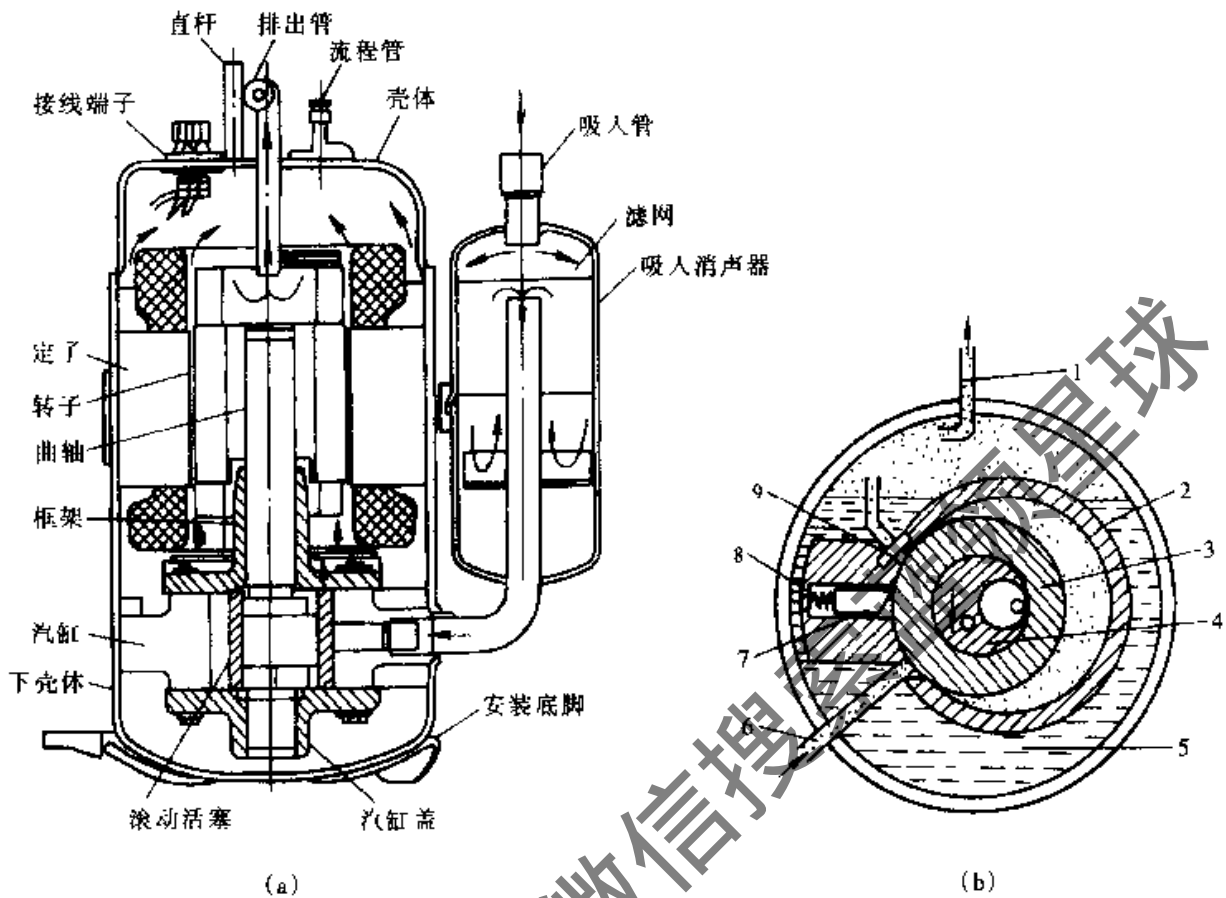


图 1-41 滚动活塞式压缩机结构

(a) 剖面图; (b) 结构

- 1—排气管; 2—汽缸; 3—圆柱活塞; 4—偏心轴; 5—润滑油;
6—吸气管; 7—滑片; 8—弹簧; 9—排气阀

-43 (a) 所示, 如图 1-44 所示, 该排气阀与汽缸上钻出的孔的腔中的阀座装在一起。阀座具有一个用于限制阀运动升程的机构。排出气体在空腔内流向油分离器。圆柱形排气阀可使排气口的余隙容积降低, 排气口和排气阀处的压力降减小, 从而增大了容积效率。与平板形排气阀 [见图 1-43 (b)] 相比, 圆柱形阀性能提高了 6%。这种圆柱形阀工艺性好, 在汽缸上的安装和布置精度要求可以得到保证。

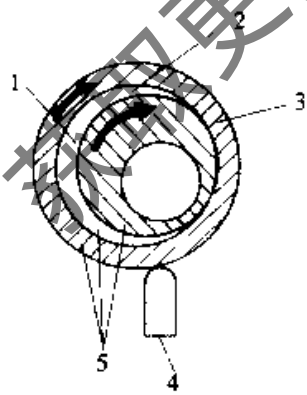


图 1-42 曲轴与滚动活塞的转动

- 1—曲柄销; 2—油膜; 3—滚动活塞; 4—滑片; 5—轴颈轴承

(三) 滚动活塞式压缩机的输气量调节

用压缩机开、停的方法, 可使压缩机的平均输气量能适应制冷负荷的要求, 但这样会降低空调制冷系统的效率, 且被控的温度波动值也较大。随着现代电子技术的发展, 变频调速调节输气量和旁通调节输气量的方法在滚动活塞式压缩机上得到发展应用。

1. 变频调速调节压缩机输气量

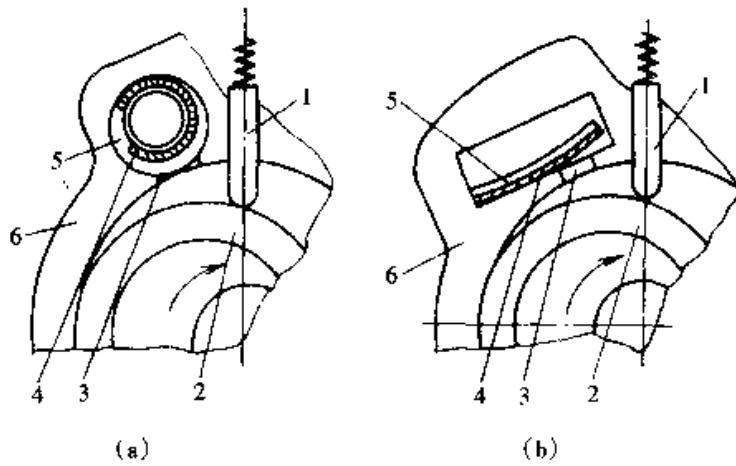


图 1-43 滚动活塞式压缩机排气阀

(a) 圆柱形阀; (b) 平板形阀

1- 叶片; 2- 滚动活塞; 3- 排气口;
4- 排气阀; 5- 汽缸; 6- 阀限位器

通过调节压缩机的转速，使压缩机易启动，启动后能快速达到设定的温度，并使压缩机始终以最佳的转速，适应空调负荷的需要连续运行，控温精度高，舒适感强，节能效果明显。

根据压缩机电机是交流感应电机还是直流电机，又可分为交流变频和直流调速两种调节方式。

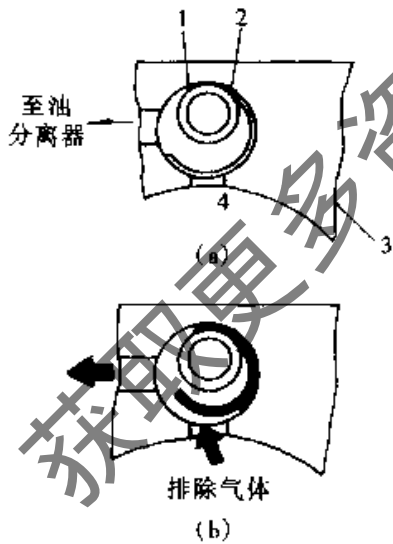


图 1-44 圆柱形排气阀局部图

1- 阀座; 2- 排气阀;
3- 汽缸; 4- 排气腔

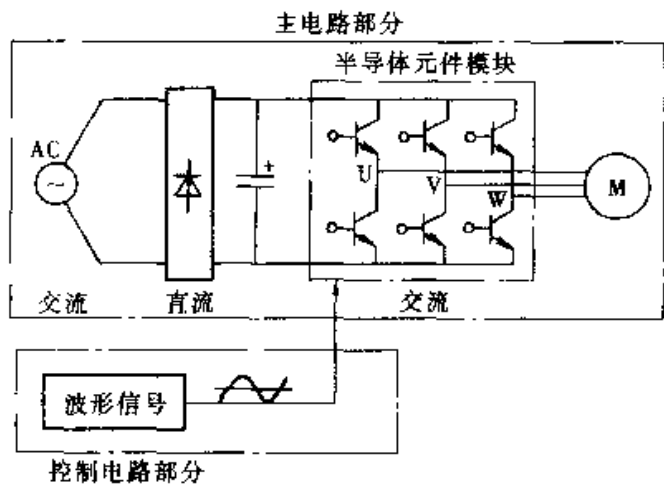


图 1-45 交流变频压缩机工作原理图

交流变频压缩机以感应电机作为驱动源，从变频器向电机的定子侧线圈供应交流电流，产生回转磁场。受该回转磁场感应，在转子侧产生二次电流，由回转磁场和二次电流产生的电磁力驱动电机回转，交流变频压缩机工作原理图如图 1-45 所

示。直流调速压缩机用直流电机作为驱动源，该电机在定子侧与感应电机的构造相同，而转子中使用永久磁铁，从变频器向电机定子侧线圈供应直流电流，形成磁场，该磁场和转子的磁场相互作用，产生回转力矩，由于转子不再需要励磁电流，减少了转子中的铜损耗和铁损耗，效率比交流电机更高。直流变频压缩机工作原理如图 1-46 所示。

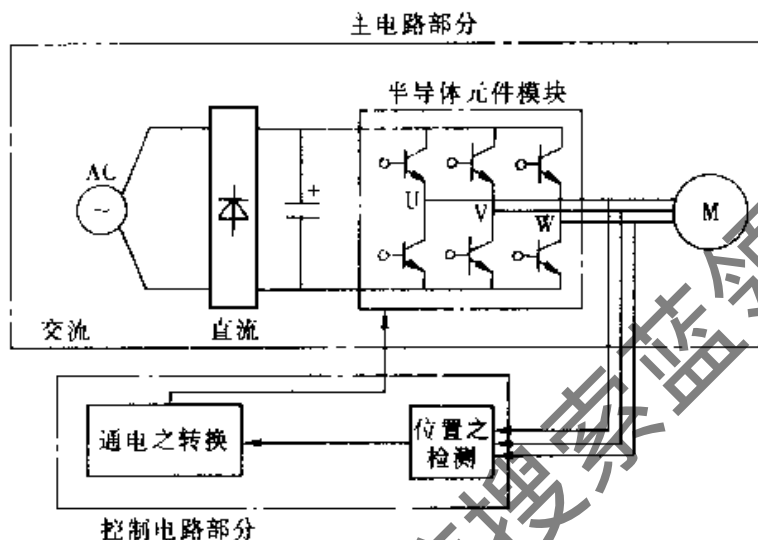


图 1-46 直流变频压缩机工作原理图

2. 旁通调节压缩机输气量

在滚动活塞式压缩机中，可采用旁通一部分压缩气体回到吸气侧，以调节压缩机输气量。图 1-47 所示为滚动活塞式压缩机输气量旁通调节机构，它是在月牙形汽缸端面某一位置上开一旁通孔 4，旁通孔紧紧串连着一旁通阀和一旁通管。在满负荷运转时，使旁通管与系统的高压相通，在压差作用下旁通阀关闭旁通口。当需要部分缸载时，使旁通管与低压相通，则旁通阀片打开旁通口，缸内部分气体将通过旁通口，经由旁通管向低压侧旁路，直到转子侧面遮住旁通孔为止。当旁通孔的位置角 β 愈大，则卸载愈多，输气量愈少。

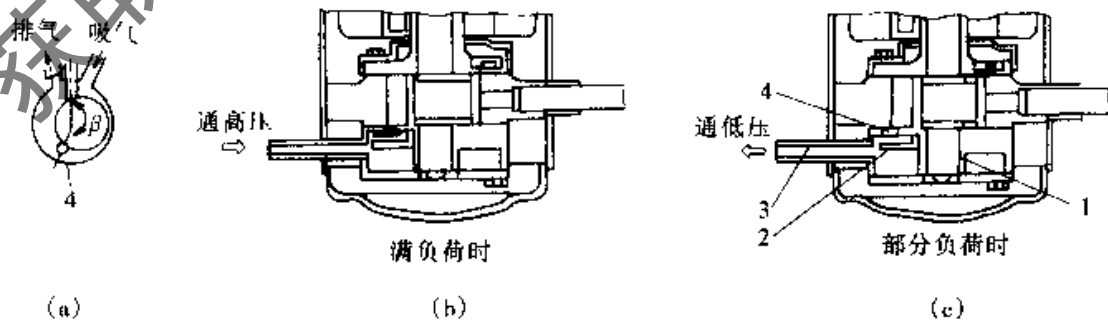


图 1-47 滚动活塞式压缩机输气量旁通调节机构

(a) 旁通孔；(b) 满负荷时；(c) 部分负荷时

1 下轴承；2 旁通阀；3—旁通管；4—旁通孔

四、旋转滑片式压缩机

旋转滑片式压缩机又称刮片式压缩机，其特点是结构紧凑、外形尺寸小、质量轻、容积效率高、平衡性好、易损件少，在空调器中也得到应用。

旋转滑片式压缩机是由汽缸体、转子、叶片和阀片等零件组成，其汽缸有圆形和椭圆形两种形式，叶片数有2、3、4、5几种。旋转滑片式压缩机是回转式压缩机，它是一种工作容积作旋转运动的容积式压缩机，其主要零件转子在汽缸内作旋转运动，转子每旋转一周，分别有若干个相同的工作容积依次进行相同的工作过程。

(一) 旋转滑片式压缩机的工作原理

如图1-48所示，旋转滑片式压缩机的转子偏心安置在汽缸内，转子上一般开有2~5个纵向开口槽，槽内装有能径向滑动的滑片。当旋转滑片式压缩机工作时，转子在圆形缸体内旋转，滑片在离心力或油压作用下滑出，并紧贴汽缸内壁。这样，转子外表面、汽缸内壁、滑片及压缩机两端盖共同形成了一个封闭的月牙形容积，另外在压缩机缸体适当位置上设置了吸气口和排气口。随着转子的旋转，月牙形容积不断由大到小、由小到大地变化，实现了旋转滑片式压缩机的吸气、压缩、排气的工作过程。

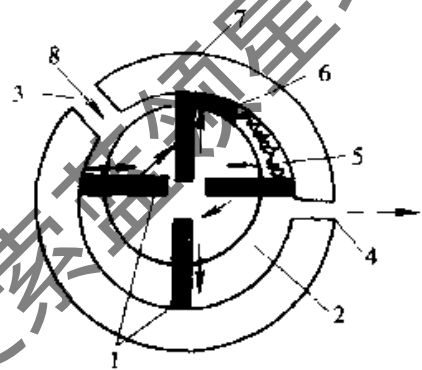


图1-48 圆形多叶片旋转滑片式压缩机工作原理
1—滑片；2—转子；3—吸气口；4—排气口；5—高压气体；6—汽缸；7—汽缸体；8—低压气体

如图1-49所示，当转子旋转时，转子上的叶片由于离心力的作用，紧贴在汽缸壁上，由于固定的汽缸为椭圆形，转子上的叶片在转子旋转时，根据汽缸的几何形状伸出缩进，使汽缸叶片间的容积不断发生变化，从而具有吸气、压缩和排气功能。

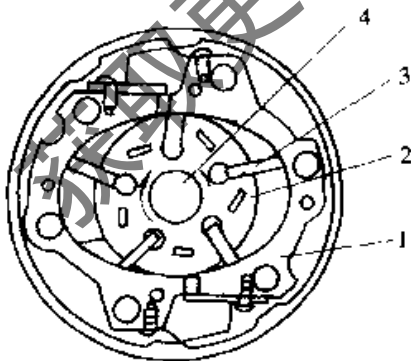


图1-49 椭圆多叶片旋转滑片式压缩机工作原理
1—压缩机机体；2—转子；3—叶片；4—转动轴

一般情况下，转子槽中的滑片不是通过转子中心的径向运动，而是斜置叶片自由滑动。转子槽不沿转子径向开设，而是按一定方向偏离某一角度设槽，叶片在槽中斜置。斜置的目的是尽量减少叶片顶部摩擦力对叶片沿转子槽运动的阻碍，从而改善叶片在转子槽中的运动状况。

(二) 旋转滑片式压缩机的结构

图1-50(a)为圆形2叶片旋转滑片式压缩机，图1-50(b)为椭圆形4叶片旋转滑片式压缩机，从图中看出，旋转滑片式压缩机的转子偏心配置在汽缸内，转子上开有若干个纵向斜置开口槽，槽内装有能径向自由滑动的滑片。

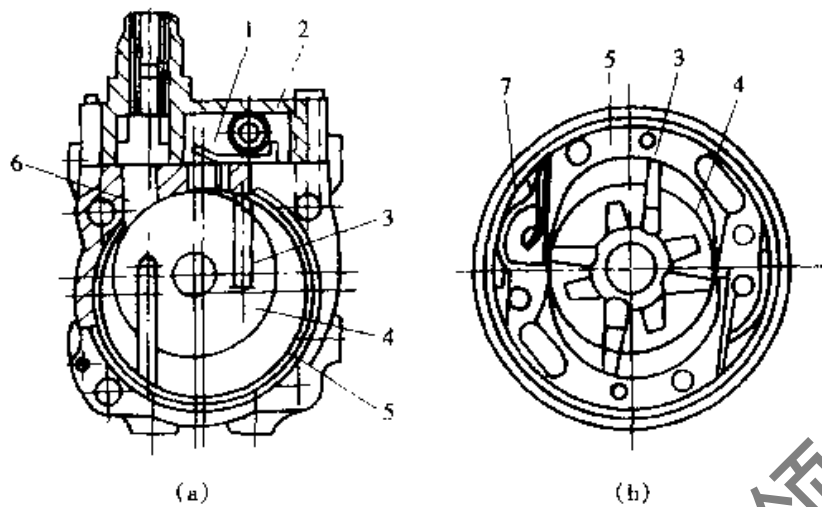


图 1-50 旋转滑片式压缩机结构

(a) 圆形 2 叶片; (b) 椭圆形 4 叶片

1—排气阀; 2—缸盖; 3—叶片; 4—转子; 5—缸体; 6—吸气孔; 7—壳体

旋转滑片式压缩机的叶片数因缸体的形状不同而有所区别。一般地，圆形缸体为 2 或 4，椭圆形缸体为 4 或 5。圆形缸体的转子与缸体间具有偏心距，故转子与缸体只有一处相互接触；而椭圆形缸体是椭圆形的，故转子与缸体有两处相互接触。

圆形缸体的压缩机只有一对吸入、排出孔口；而椭圆形缸体的压缩机，由于结构上有两个压缩室，故必须布置两对吸入、排出孔口。若假定叶片数为 Z ，圆形缸体的压缩机在一转中应有 Z 次排气；而椭圆形缸体的压缩机在一转中应有 $2Z$ 次排气。因此，在相同排气量的情况下，椭圆形缸体的压缩机平均每次排气量较圆形缸体的压缩机少，故椭圆形缸体的压缩机的叶片行程短，当然磨损也少。

旋转滑片式压缩机中与转子一起旋转的叶片同汽缸相互接触，使制冷剂蒸气连续地吸入、压缩、排气。整个压缩机不采用吸入阀，只设置吸入孔口，而排气阀采用叶片型的舌簧阀。

旋转滑片式压缩机的轴由前后盖板上轴承座内的轴承支承而旋转。轴上的径向力由径向滚针轴承支承，而轴向力则采用滚针轴承止推。对于椭圆式汽缸的压缩机，径向轴承可采用滑动轴承。

旋转滑片式压缩机的汽缸和转子均为铁系金属，叶片材料为轻型的铝合金。由于该材料热膨胀较大，故设定的运动间隙也大。一般情况下，间隙的大小直接影响泄漏，对容积效率、机器的性能很重要。

由于旋转滑片式压缩机是以油压和离心力甩出叶片的，在径向没有受到机械和物理的约束，但存在转子与汽缸壁接触部位的振动跳跃现象，并产生叶片噪声。叶片的噪声除接触的原因外，还与叶片的个数、转子的转速、压力和温度有关。目前，一般采用叶片背部空间的压力控制，该方法可防止叶片的振动以及消除叶片的

噪声。

旋转滑片式压缩机注油可起到润滑、密封、冷却以及消声的效果。旋叶式压缩机注油的油路循环如图 1-51 所示。气油混合物经油分离器将制冷剂蒸气和油分离，制冷剂蒸气进入冷凝器冷凝成制冷剂液体，而油经油分离器分离后进入压缩机后箱中。油分离器和后箱均属高压侧，利用压力差使油进入管道（属低压侧），如图 1-51 (a) 所示，输出的油在叶片背后空间导入，压出叶片。在压出叶片的同时，油还流入转子与前后盖板的间隙中进行润滑和密封。另外，油也流进主轴承、轴封中，起冷却、润滑和密封的作用。润滑冷却的油，又随着制冷剂蒸气混合成气油混合物，又被排入油分离器再行分离，油被处理后循环使用。

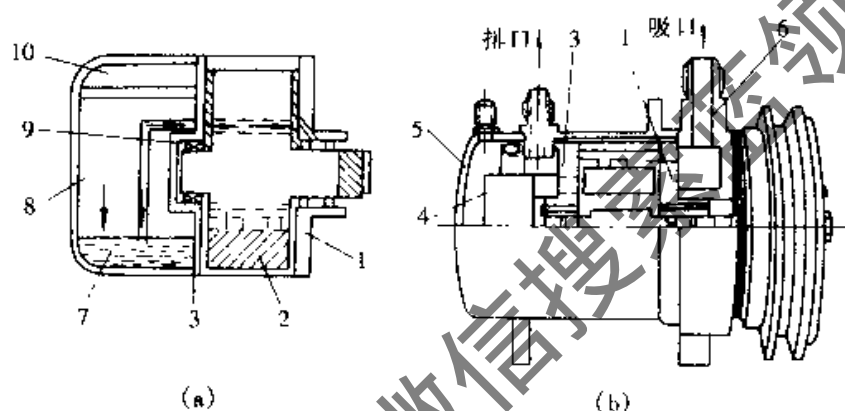


图 1-51 旋转滑片式压缩机结构及油路循环图

(a) 油路循环图；(b) 椭圆形多叶片结构

1—前盖板；2—叶片；3—后盖板；4—油分离器；5—壳体；6—前盖；7—润滑油；8—油分离室；9—滚针轴承；10—低压侧

在旋转滑片式压缩机中需设有安全装置。对于圆形汽缸的压缩机，当遇有液压缩时，卸载阀起跳，以免损坏压缩机。停机后，设置的止逆阀防止积存箱中的油流入液压缩缸。对于椭圆形汽缸，在吸入通路中设置止逆阀防止高压气体倒流。另外，还设有切断电路的热保护元件等。

旋转滑片式压缩机结构紧凑，启动时不要求卸载，这是由于启动时，它只有在转速提高到一定程度后才压缩制冷剂气体。但是摩擦损失较大，压缩终了的温度也较高，滑片磨损大，这类压缩机一般用在压缩比较小的空调器上。

(三) 旋转滑片式压缩机的容量调节

变容量旋转滑片式压缩机工作原理是根据空调负荷的大小来调制冷量。如图 1-52 所示，在压缩机汽缸的吸气口处，开有一条吸气槽，当叶片刮过吸气口时，吸气过程本该结束，但有一条吸气槽，则可继续通过吸气槽进气。通过吸气槽进入汽缸的气体体积，与槽口截面积和流入时间有关，低转速时，叶片刮过吸气槽的时间长，充气量增多，制冷量大；高转速时，叶片刮过吸气槽的时间短，汽缸充气量相

对减少，制冷量相应减小。

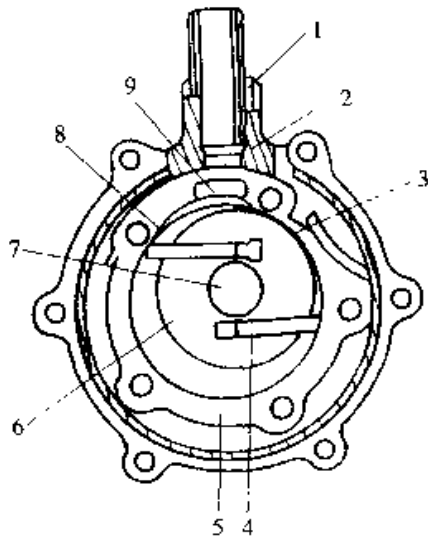


图 1-52 变容量旋转滑片式压缩机工作原理

1—进气管；2—密封圈；3—排气阀；
4—叶片；5—缸体；6—转子；7—主
轴；8—变容量槽；9—吸气口

五、涡旋式压缩机

涡旋式压缩机是一种容积式压缩机，它是利用涡旋转子与涡旋定子的啮合，形成多个压缩室，随着涡旋转子的平动回转，使压缩机的容积不断变化来压缩气体的。它与往复式压缩机相比，在同等制冷量条件下，体积减少约 40%、质量减轻了 15%，如图 1-53 所示。

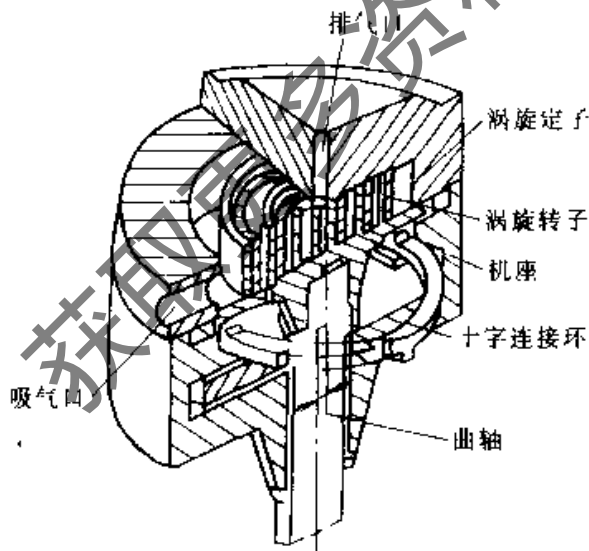


图 1-54 涡旋式制冷压缩机的基本结构示意图

工作时，气体制冷剂从涡旋定子涡卷的外部被吸入，在定子涡卷与旋转涡卷所形成的空间中被压缩，压缩后的高压气体制冷剂从涡旋定子端板中心排出；涡旋转子随偏心

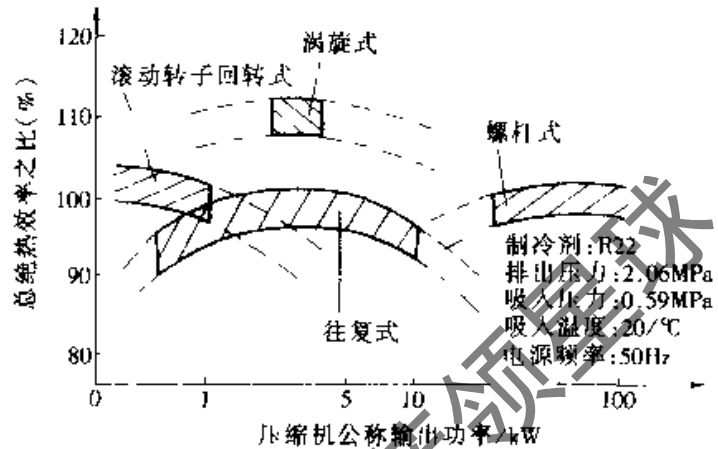


图 1-53 空调用各种型式压缩机的性能比较

（一）涡旋式压缩机的工作原理

如图 1-54 所示，它的主要结构是由涡旋定子、涡旋转子、曲轴、机座及防自转机构组成。压缩机的一个涡旋定子和涡旋转子的涡卷之间和涡卷的端板之间组成了汽缸工作容积，转子和定子的涡卷呈渐开线，两线基本相同；涡旋转子和涡旋定子两者中心相距旋转半径保持相位差 180° ，也相切；相对运动时，形成了由外围向动定涡旋转子中心移动的空间，以压缩气体；涡旋定子的外圈上开有吸气孔，在端板的中心部分开有排气孔，并被固定在机座上。工作

轴进行公转运动，从图 1-54 中看出，其回旋半径为 ϵ ，这一运动使涡旋转子在保持恒定的不自转的状态下绕涡旋定子的中心作轨迹为圆的运动；为防止涡旋转子自转，则设有防自转的十字连接环，该环上部和下部的突肋分别嵌在涡旋转子下面的壳体键槽内。

在图 1-55 中，动、静涡盘的型线为 3 圈，便形成了 3 对容积腔，分别用 1、2、3 表示，依次称为中心压缩腔（即第一压缩腔，又称排气腔）、第二压缩腔和第三压缩腔。动涡盘中心绕静涡盘中心的转动角，也就是偏心轴的曲柄转角，用 θ 表示，图中画阴影线部分表示第二压缩腔对应于曲柄转角 θ 时的轴向投影面积。

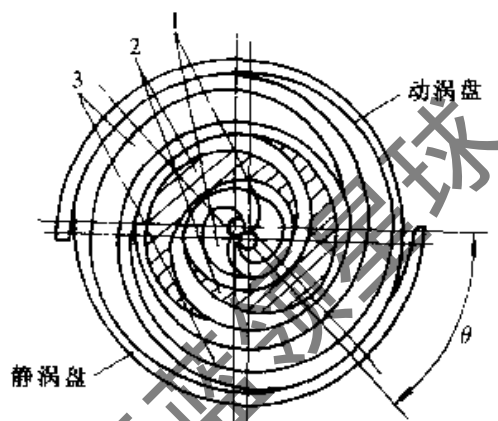


图 1-55 涡旋式压缩机的压缩腔
1、2、3- 压缩腔

图 1-56 是图 1-55 中的压缩腔工作过程示意图，它表示 3 对容积腔在 4 个特定曲柄转角 (0° 、 90° 、 180° 、 270°) 时的瞬时位置。当 $\theta = 0^\circ$ 时，第三压缩腔刚好封闭，压缩机的吸气过程结束，这时第三压缩腔中充入的气体所占据的容积即为吸气容积，相当于往复式压缩机的行程容积，图中涂黑部分为该压缩腔轴向投影面积——一对称的月牙形面积中的一个，随着主轴转角的增大，月牙形面积逐渐减小，依次由 $\theta = 90^\circ$ 、 $\theta = 180^\circ$ 、 $\theta = 270^\circ$ 时对应的涂黑部分的面积表示；当 $\theta = 360^\circ$ 时，第三压缩腔完成对气体的压缩过程，这时的压缩腔容积就是第二压缩腔的最大封闭容积，即第二压缩腔充气终了时的容积（对应的主轴转角为 0° ），其轴向投影面积如图 1-56 中 $\theta = 0^\circ$ 时的阴影线部分所示，中心压缩腔和第二压缩腔中的气体容积变化规律与第三压缩腔中的相同。

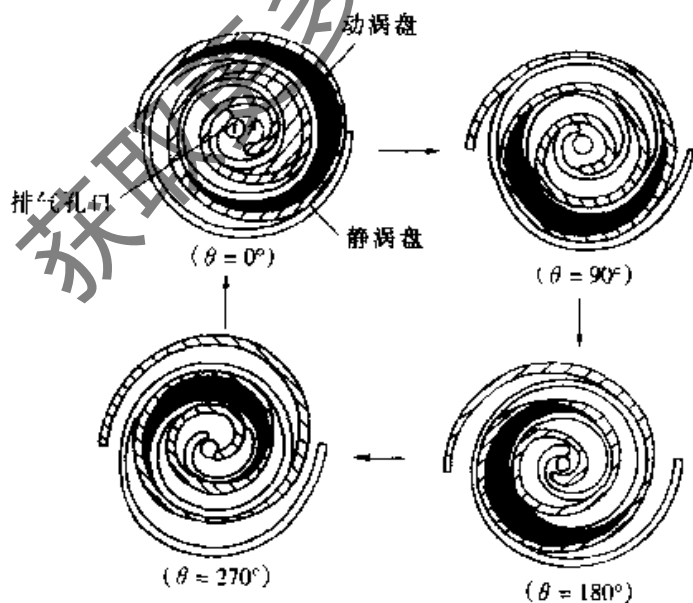


图 1-56 涡旋压缩机压缩过程示意图

第三压缩腔在压缩气体的同时，压缩机的吸气过程也在进行，第二压缩腔和中心压缩腔并不存在吸气过程。涡旋式压缩机压缩气体的过程是连续进行的，需要主轴转动数圈而非一圈，但主轴每转一周即可完成一次吸气。

综合起来，涡旋式压缩机具有如下特点：

(1) 多个压缩腔同时工作，相邻压缩腔之间的气体压差小，

气体泄漏少，容积效率高，可达 90% ~ 98%。

(2) 驱动动涡盘运动的偏心轴可以高速旋转，因此，涡旋式压缩机体积小、质量轻。

(3) 动涡盘与主轴等运动件的受力变化小，整机振动小。

(4) 没有吸、排气阀，涡旋压缩机运转可靠，且特别适应于变转速运转和变频调速技术。

(5) 吸、排气过程几乎连续进行，整机噪声很低。

(6) 轴向和径向柔性机构提高了涡旋压缩机的效率，而且保证轴向间隙和径向间隙的密封效果，不因摩擦和磨损而降低，即涡旋压缩机有可靠的和有效的密封性。

(7) 在空调装置中，涡旋压缩机有着良好的工作特性。

(8) 动涡盘上承受的轴向气体作用力随主轴转角发生变化，较难完全地加以平衡，因此，轴向气体力往往带来摩擦功率消耗。

(9) 涡盘的加工精度，特别是涡旋体的形位公差有很高的要求，端板平面的平面度以及端板平面与涡旋体侧壁面的垂直度，应严格控制在所要求的范围内，因此，需采用专门的加工设备来加工它。

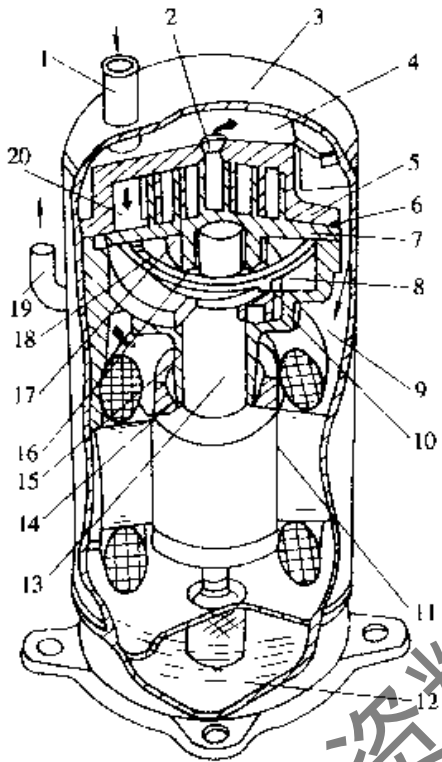


图 1-57 全封闭涡旋式压缩机结构

- 1 吸气管；2 排气口；3—密封外壳；
4 排气腔；5 涡旋定子；6—排气通道；
7—涡转子；8—背压腔；9—电机腔；
10—支架；11—电机；12—润滑油；13
曲轴；14—轴承；15—密封；16 轴承；
17 背压腔；18 十字滑环；19—排气管；
20—吸气腔

在曲柄销轴承处和曲轴通过支架的地方，装有转动密封，以保持背压腔与机壳之间的气密性。轴承的润滑油是利用排气压力和中间压力的压差，由密封壳体的底部经曲轴上加工的油道来供给的，并最终由背压腔流向压缩腔润滑涡旋面，然后同

(二) 涡旋式压缩机的结构

如图 1-57 所示，涡旋式压缩机结构主要是由涡旋定子、涡转子、十字滑环、曲轴、支架、机壳等组成。涡旋安装在机壳上部，涡旋定子和电机定子安装在机壳内壁上，十字滑环是在上下两面设置相互垂直的两对凸键的圆环，上面凸键装在涡转子背面的键槽内，下面凸键装在支架键槽内，十字滑环的作用是防止涡转子倾斜和自转。在涡转子下面设有一个背压腔，背压腔由涡转子底盘上的小孔引入中压气体自动充气，使气腔压力支撑着涡转子，同时在涡转子顶部装有可调的轴向密封，使得涡转子可以轴向移动，这样便可补偿运行中的磨损。

在曲柄销轴承处和曲轴通过支架的地方，装有转动密封，以保持背压腔与机壳之间的气密性。轴承的润滑油是利用排气压力和中间压力的压差，由密封壳体的底部经曲轴上加工的油道来供给的，并最终由背压腔流向压缩腔润滑涡旋面，然后同

压缩气体一同排出，在机壳中将油分离，最后流至底部。涡旋压缩机停止后要逆转，因此，在涡旋定子上的吸气管内装有止逆阀。

吸入气体从腔上部被直接导入涡旋板的四周，封在月牙形容积中，然后被压缩，并由涡旋定子的中心排入机壳内，最后由排气管排出。

涡旋压缩机回旋运动不是旋转运动，而是通过回旋机构产生的，如图 1-58 所示。当曲轴 1 转动时，曲柄销 2 牵连偏心套 3 作回旋运动，传动轴承 4 也作回旋，传动轴承上动圈 6 跟着作回旋运动，也就是动圈涡旋中心绕定圈的回旋半径的圆作公转回转。另外，设置在偏心套上的平衡块 7 可以平衡动圈的回旋离心力。

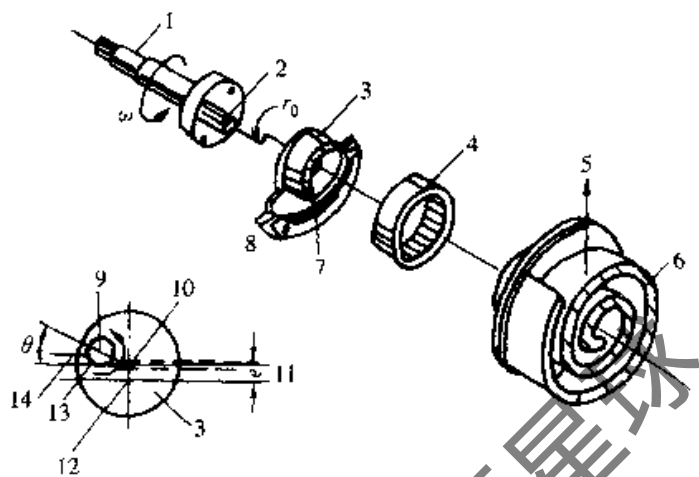


图 1-58 涡旋式压缩机回旋机构

1—曲轴；2—曲柄销；3—偏心套；4—传动轴承；5—动圈离心力；6—动圈；7—平衡块离心力；8—平衡块；9—曲柄销中心；10—驱动点；11—可变曲柄半径；12—曲轴中心；13—气体压力的切向分力；14—驱动力

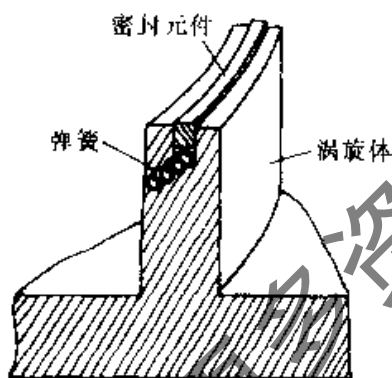


图 1-59 接触式轴向密封机构

涡旋盘压缩室的径向密封不取决于离心力，而主要取决于偏心套的回旋力矩，该力矩是由作用在偏心套的气体压力的切向分力 13 和作用在曲柄销的驱动力 14 所构成的。由于两离心力的轴向位置是错开的，为了保持压缩机的动平衡，曲轴和离合器都设置了平衡块。

当动涡旋盘回旋运动时，既产生切向力，又产生轴向力，作用在动涡旋盘的端面，使动涡旋盘有离开定涡旋盘的倾向。此时，动涡旋盘背面的滚珠止推器起作用，它承受轴向压力，将轴向压力传给前缸盖。滚珠止推器的另一个作用是防止动涡旋盘的自转和消除轴心偏移。

涡旋压缩机的泄漏一般发生在动、定盘的端面接触处以及型线切向接触处。在动、定盘的端面安装密封条进行端面密封，使制冷剂泄漏减少。图 1-59 所示为一种接触式轴向密封机构，它是在涡旋壁顶端开一个涡旋状的槽，密封元件就嵌入槽内，使之与另一涡旋盘的底表面紧密接触。轴向密封机构也可采用非接触式，如图 1-60 所示，它是在涡旋壁顶端平面上开一个涡旋状油沟，利用中压气体将涡旋转子推

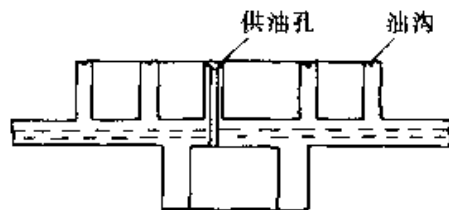


图 1-60 非接触式轴向密封示意图

向涡旋定子的滑动面，压力油充满了微小间隙，由于供油带有节流装置，油膜具有作为静压轴承的刚性，阻止了两涡旋体的机械接触，实现了轴向密封。径向密封依靠润滑油来实现，切向泄漏是由啮合间隙引起的，啮合间隙是由型线加工误差、传动轴加工误差、止推机构加工误差、轴承间隙等因素引起的。提高零部件加工精度，可减小切向泄漏。

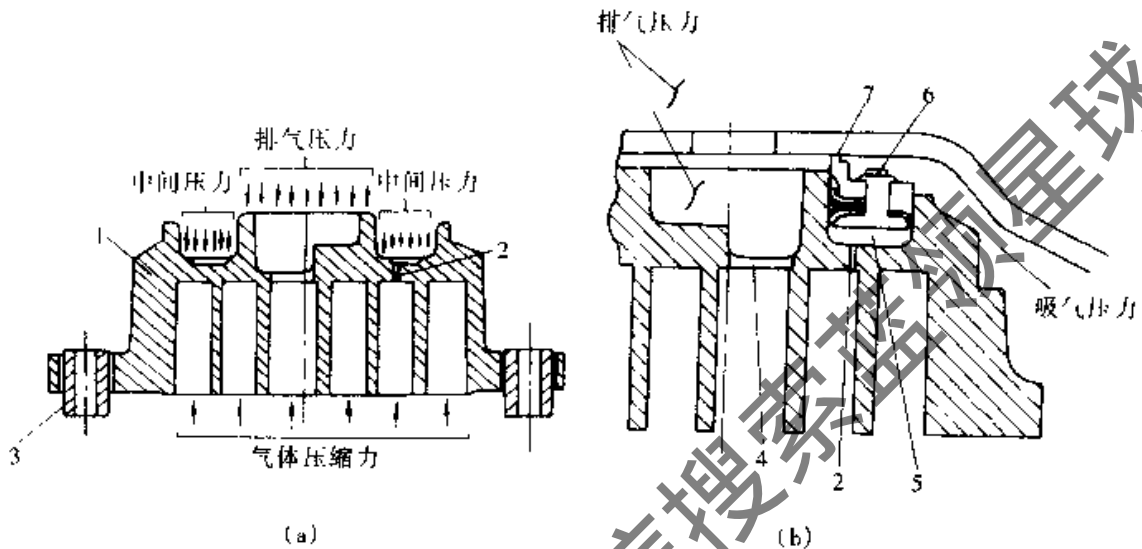


图 1-61 轴向柔性密封示意图

(a) 涡旋定子受力图；(b) 浮动密封装置

1—涡旋定子；2—中间压力通道；3—轴向柔性导销；4—排气孔；5—中间压力腔；6—浮动密封装置；7—密封面

为了提高涡旋式压缩机的密封性能，美国考普兰公司 (Copeland) 的涡旋压缩机采用了专门的轴向柔性密封和径向柔性密封装置。

(1) 轴向柔性密封：它是采用施加气体压力而使涡旋顶端与涡旋体的底槽相接触，防止相邻室通过端部间的泄漏，但要尽量减少其间的压力，以降低其摩擦损失。

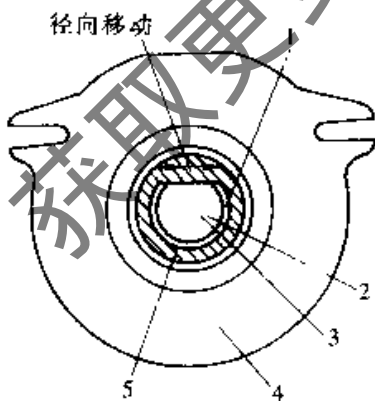


图 1-62 径向柔性密封示意图

1—曲轴中心；2—偏心曲轴销；3—涡旋转子中心；4—涡旋转子盘；5—游动衬套

在 2R 系列涡旋压缩机中，它是利用作用在涡旋定子上的气体压力来提供相对涡旋体顶端和底槽间的密封力，如图 1-61 (a) 所示。尽管如此，涡旋定子并非刚性定位在轴向某一位置，而是有可能作稍许的位移，这样能保证涡旋体顶端和底槽的密封，但在气体力消失时会产生涡旋体顶端和底槽分离的现象。为了在涡旋定子顶部提供适当的气体力，在涡旋定子上适当的中间压缩室处开一中间压力通道 2 [见图 1-61 (a)]，以提供中间压力。在中间压力腔 5 的上部设有浮动密封装置 6 [见图 1-61 (b)]，这样在涡旋定子的上部作用有排气压力及中间压力 [见图 1-61 (a)]，除了平衡涡旋内部的压缩气体力外还提供了顶

端和底槽间的密封力。轴向柔性导销 3 是用以实现涡旋定子的轴向位移和承受倾覆力矩而设置的。

(2) 径向柔性密封。它是利用涡旋转子的回转离心力的作用来提供所需的侧面密封力。在偏心销 2 和涡旋转子的中间设有游动衬套 5 (如图 1-62 所示), 并有足够的游隙, 使涡旋转子能在径向有微小的位移, 以提供有限的柔性。对涡旋转子离心力的大小, 可通过加平衡块来调整, 以防止离心力过大而增加摩擦损失和磨损; 而离心力过小时, 则不能产生足够的侧面密封力, 使泄漏增加, 从而增加了噪声。径向柔性密封同时具有排出固体杂质或液体工质的能力, 具有很好的抗湿压缩的能力。

在涡旋式压缩机中只允许涡旋转子绕涡旋定子以偏心距 e 公转, 不能自转。为此, 在机构上必须设有防自转机构。一般常用的有十字滑环和球形联轴节机构。

(1) 球形联轴节。如图 1-63 所示, 它是由两块几何参数完全相同的环形孔板, 以一定的偏心距 e , 将钢球卡嵌其中组合而成, 其中一块为动环, 固定在涡旋转子的背侧, 而另一块为定环, 固定在机座上, 保持不动, 使涡旋转子可作偏心距 e 的平移转动运动。球形联轴节不仅具有防自转的作用, 同时还可兼有平衡轴向力的止推作用。

(2) 十字滑环机构。图 1-64 所示为整体式及组装式十字滑环机构。在一个圆环上、下两面分别做成两个互相垂直的键, 分别嵌入涡旋转子背面键槽和轴承支座键槽内起连接作用。在曲轴回转时, 涡旋转子进行偏心回转运动, 十字滑环随之在导向槽内作往复直线运动, 由于涡旋转子嵌在十字滑环的键上, 故涡旋转子也相对于十字滑环作往复直线运动, 两个往复直线运动叠合的结果, 使涡旋转子产生圆周轨迹运动。

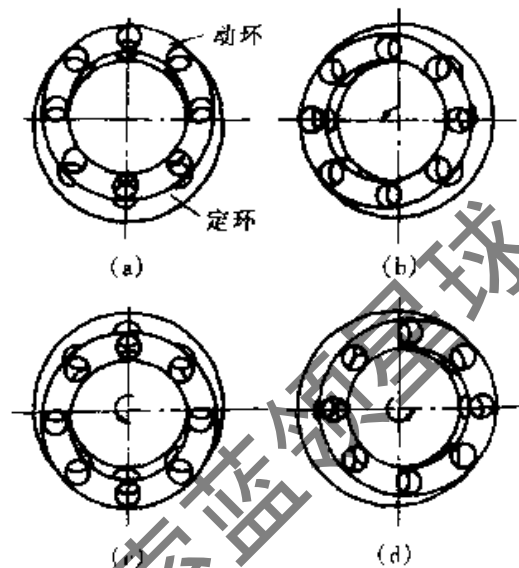


图 1-63 球形联轴节机构
(a) 回转角 0° ; (b) 回转角 90° ; (c) 回转角 180° ; (d) 回转角 270°

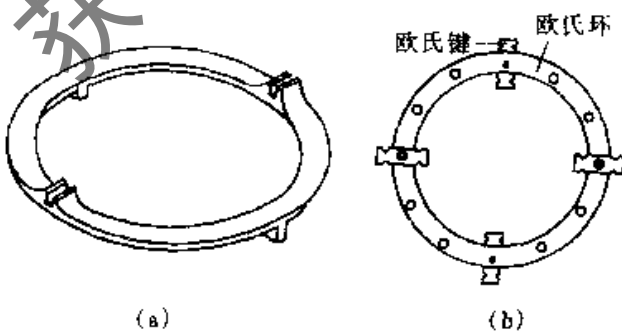


图 1-64 十字滑环机构
(a) 整体式; (b) 组装式

润滑油在压缩机中的作用是很重要的, 稳定空调涡旋压缩机性能是通过一般的冷冻润滑油来得到的。油溶解在制冷剂中, 然后经过制冷回路内循环, 通过从吸气孔来的返回油雾就足以进行润滑。对于涡旋

定、转子，由于其曲率半径相同，在两型线相切处，容易形成油膜，起到密封效果；其次是涡旋转子的高速回转，离心力将油抛向腔壁，也易形成油膜。

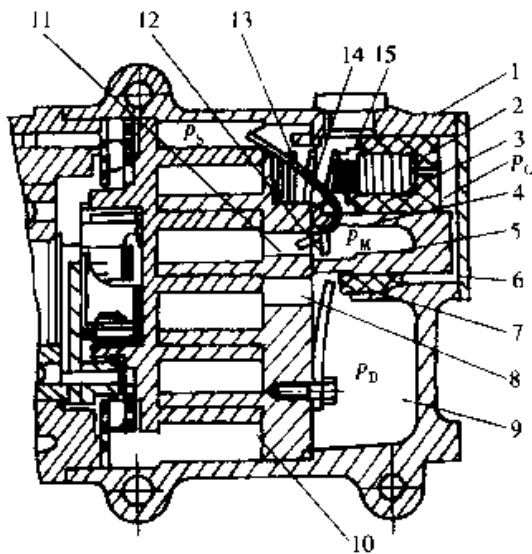


图 1-65 变容量涡旋式压缩机工作原理

1—活塞控制阀；2—波纹管；3—导向球阀；4—再循环气体流量调节孔；5—中间压力室；6—节流孔；7—滤网；8—涡旋排气口；9—排气室；10—耐磨板；11—再循环气体排出孔；12—舌簧；13—弹簧；14—再循环气体流；15—通气孔； p_s —吸气压力； p_d —排气压力； p_m —中间压力； p_c —控制阀顶部压力

升高，使再循环气体流量调节孔 4 关闭，气体不能再旁通到吸气侧，从而保证了最大输气量。当压缩机吸气压力下降时，则波纹管伸长，打开先导球阀，排气压力进入活塞另一端，弹簧力将活塞右移，打开旁通孔，压缩机输气量减小。反之，则关闭旁通孔，让压缩机满负荷工作。

如图 1-66 (a) 所示，定容量涡旋压缩机的制冷量随压缩机转速（在 1000 ~ 4000r/min 之间）的升高而增大，而变容量涡旋压缩机的制冷量在转速大于 2000r/min 时趋于某一定值。定容量涡旋压缩机的功耗随压缩机转速的升高而增大，但变容量涡旋压缩机的功耗增加较为平缓。这一特性说明，随着压缩机转速变化，变容量涡旋压缩机的制冷量不随转速变化而波动，且功耗还会下降。从图 1-66 (b) 可以看出，随着压缩机转速的升高，变容量涡旋压缩机的排气压力下降幅度比定容量压缩机大，而其吸气压力保持恒定，避免了定容量压缩机的吸气压力随转速升高而下降的缺点。

压缩机排气压力下降，而吸气压力恒定，无疑为空调制冷系统正常运行提供了保证。定容量压缩机的排气压力过高，给系统运行带来不安全因素；吸气压力过低，将引起蒸发器结霜，均能造成制冷系统不能正常运行。由此说明变容量涡旋压

(三) 涡旋式压缩机的变容量调节

如图 1-65 所示，涡旋式压缩机是单方向连续流动的压缩机，可利用气体旁通进行能量控制。制冷剂从涡旋吸气孔吸入，在开始压缩之前，便从再循环气体排出孔 11 旁通，并回到吸气侧。气体旁通回吸气侧过程中，回流量由活塞式控制阀 1 控制。当压缩机停止工作时，吸气腔压力逐渐增大，波纹管伸长，先导球阀关闭。由于排气压力不断下降，弹簧力和吸气压力共同推动活塞右移，打开旁通孔，所以变排量压缩机停机时，旁通孔处于开通状态。当压缩机重新启动时，部分蒸气通过旁通孔倒流回吸气腔，压缩机是在低负载下启动，对稳定工况、降低能耗都有好处。

当压缩机处在高吸气压力状态时，由于从通气孔 15 引入的吸气压力的作用，波纹管 2 开始收缩，使导向球阀 3 关闭活塞顶部的通孔，因而活塞控制阀顶部压力 p_c

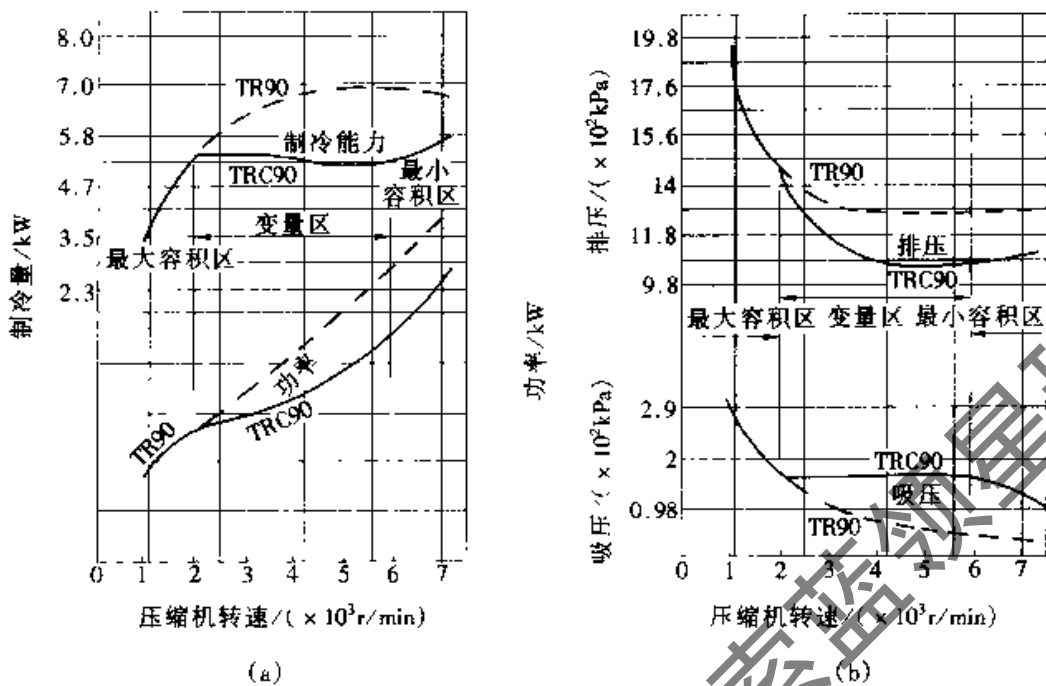


图 1-66 变容量涡旋压缩机特性

(a) 涡旋压缩机制冷量、功率与转速的关系；(b) 涡旋压缩机吸、排气压力与转速之间的关系

TR90—定容量涡旋压缩机；TRC90—变容量涡旋压缩机

压缩机克服了定容量压缩机的不足。

第二节 制冷空调系统冷凝器和蒸发器

制冷空调系统中的冷凝器和蒸发器统称为换热器。换热器的性能直接影响制冷系统的性能，而且金属材料消耗大，体积大，它的质量要占整个制冷系统质量的 50%~70%，它所占据的空间直接影响制冷空调设备的体积大小，因此，研制生产高效换热器是极为重要的，且具有现实意义。

一、冷凝器

冷凝器的主要作用是使制冷压缩机排出的高压过热蒸气冷却、冷凝为液体，负责将制冷剂在蒸发过程和压缩过程中得到的热量排放给冷却介质。冷凝器按冷却方式不同可分为水冷式、蒸发式及风冷式，其中水冷式和风冷式利用冷却介质的显热，即水或空气温度升高，蒸发式同时利用水温降低的显热和水蒸气的潜热，而冷却水再将热量传给空气。用于空调中的典型冷凝器有水冷卧式壳管式、水冷套管式、风冷式和蒸发式冷凝器。

(一) 水冷卧式壳管式冷凝器

如图 1-67 所示，该冷凝器的外壳是由容器钢板卷制的大圆筒，两端焊上圆管板，管板上钻有许多小孔，两板每一相对应小孔中装一极无缝钢管（或纯钢管），管与管板的连接可用胀管或焊接来密封固定，管板两端装有端盖，端盖上

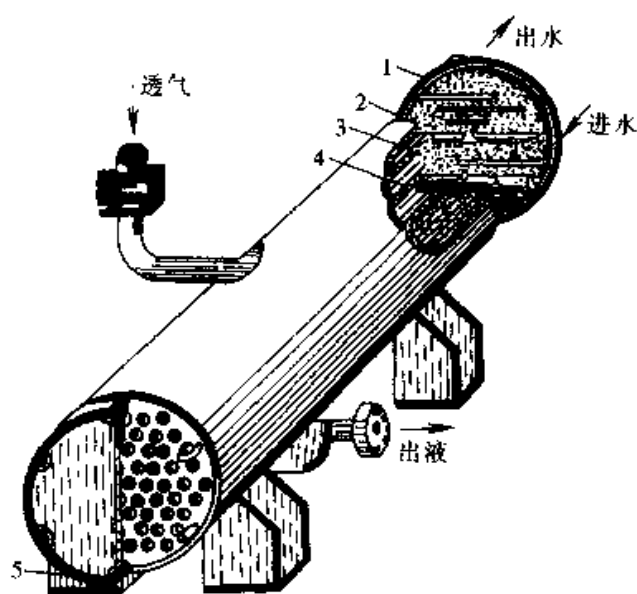


图 1-67 水冷卧式壳管式冷凝器结构图

1—端盖；2—橡皮圈；3—管板；4—冷凝管；5—放水旋塞

盖底部有两个放水闷头，冬季当制冷设备不用时，应将冷凝器内积存的冷却水放净，以避免冷却管结冰而胀裂。

水冷冷凝器冷却水流速一般取 $0.8 \sim 3.0 \text{ m/s}$ ，冷却水温升可取 $4 \sim 6^\circ\text{C}$ ，使用循环水时可使用下限，平均传热温度可取 7°C 。

对于大、中型空调装置，水冷冷凝器耗水量很大，一般都希望能将冷却水循环使用，即采用冷却塔。

冷却塔的作用是使水冷冷凝器流出的高温水在塔内与空气进行热交换而得到温度较低的冷却水，再供冷凝器循环使用，其基本结构如图 1-68 所示，它主要由塔体、风机、布水器、淋水装置等组成。

塔体由上、中、下三部分及进风百叶组成，塔体一般采用玻璃钢制造，风机为冷却塔抽风之用，一般由立式防水

电机和风机组成。对中小型冷却塔，风叶直接装于电机出头，而大型冷却塔，风机则经减速箱驱动。布水器一般为旋转式，利用水的反冲力自动旋转布水，使水均匀向下喷洒，与向上气流充分接触，强化冷水的蒸发冷却。大型冷却塔为布水均匀和

有分水肋，使冷却水分成许多个来回流动的流程，以提高冷却水流速，增加传热效果。这样，在冷凝器内有两个相互隔开的空间，即以管板、冷凝管外壁与筒体内壁组成的一个空间，此空间内流动的是制冷剂；另外一个是由许多管子的内壁与两个端盖水室所组成的空间，内流冷却水。图 1-67 中的后端盖有进出水孔各一个，下进上出。筒体上焊有制冷剂的进出管，制冷剂蒸气由筒体上部进入，蒸气在筒体内与冷凝管外壁接触，温度下降并逐渐凝结为液体，滴入容器下部积聚起来，然后由出液管输出。冷凝器的前端

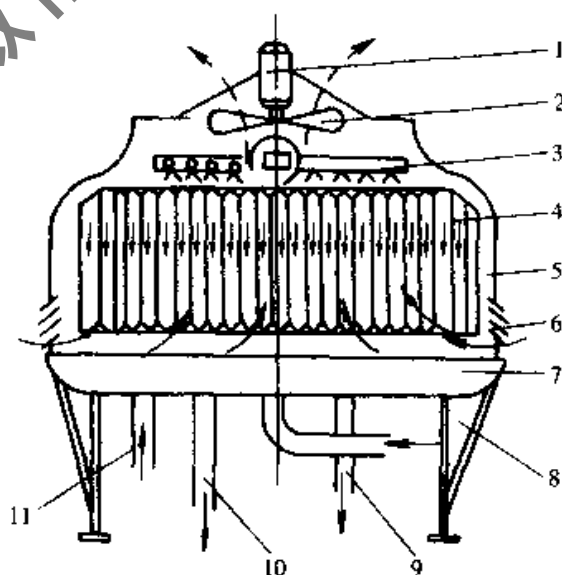


图 1-68 冷却塔结构示意图

1—电机；2—风机；3—布水器；4—填料；5—塔体；6—进风百叶；7—水槽；8—进水管；9—溢水管；10—出水管；11—补水管

旋转灵活，其布水转轴设置了轴承。填料是冷却塔的热交换部件，它具有布水均匀，空气阻力小等特点，一般多采用耐腐蚀的改性聚氯乙烯和聚丙烯，当冷却水温高达 80°C 以上时，则采用玻璃钢或铝皮填料。图 1-69 所示为冷却塔系统图。

(二) 蒸发式冷凝器

如图 1-70 所示，蒸发式冷凝器主要利用水蒸发时吸收热量，而使管内制冷剂蒸气冷凝，制冷剂蒸气由上部进入蛇形盘管，冷凝后的液体从盘管的下部流出。冷却水储存在箱底部水池中，用浮球阀保持一定的水位。水池中的冷却水用水泵送到喷水管，经喷嘴喷淋在传热管的外表面上，形成一层水膜。水膜中部分水吸热后蒸发为水蒸气被空气带走，未蒸发的水仍滴回水池内。在箱体上方装有挡水栅，用来阻挡空气中夹带的水滴，以减少水的飞散损失。水池中的水由于水的蒸发而不断减少，同时水中的含盐浓度也不断增加，故需要经常补充经过软化处理的冷却水。

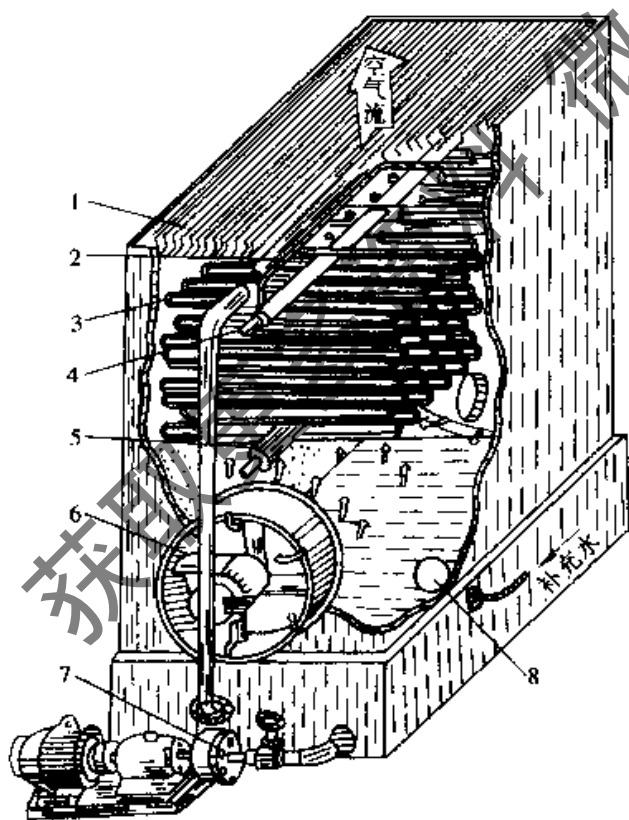


图 1-70 蒸发式冷凝器结构图

1—挡水栅；2—喷嘴；3—冷凝管；4—进气管；5—出液管；6—风机；7—水泵；8—浮子

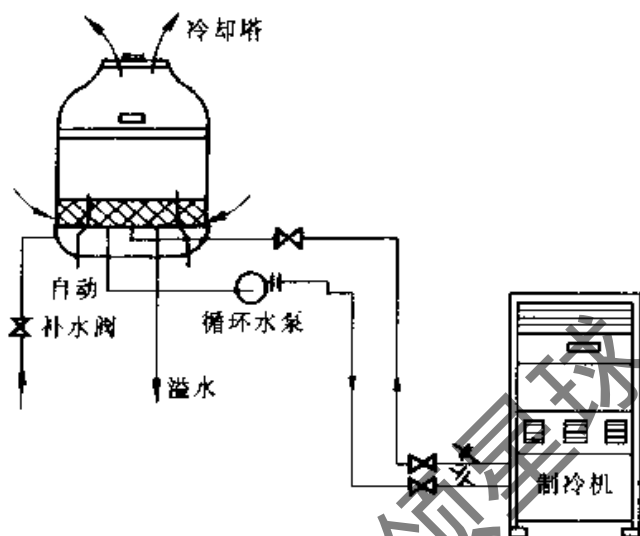


图 1-69 冷却塔水系统图

如图 1-70 所示，蒸发式冷凝器主要利用水蒸发时吸收热量，而使管内制冷剂蒸气冷凝，制冷剂蒸气由上部进入蛇形盘管，冷凝后的液体从盘管的下部流出。冷却水储存在箱底部水池中，用浮球阀保持一定的水位。水池中的冷却水用水泵送到喷水管，经喷嘴喷淋在传热管的外表面上，形成一层水膜。水膜中部分水吸热后蒸发为水蒸气被空气带走，未蒸发的水仍滴回水池内。在箱体上方装有挡水栅，用来阻挡空气中夹带的水滴，以减少水的飞散损失。水池中的水由于水的蒸发而不断减少，同时水中的含盐浓度也不断增加，故需要经常补充经过软化处理的冷却水。

为了强化盘管的放热效果，在冷凝器的侧面装有轴流式风机，使空气强制流经盘管，将产生的水蒸气带走，以提高冷却效果。

蒸发式冷凝器的钢管传热管外表面需镀锌。一般蒸发式冷凝器的冷凝温度 t_k 近似等于 $35 \sim 37^{\circ}\text{C}$ ，空气流速为 $3 \sim 4\text{m/s}$ ，喷嘴前水压为 $0.05 \sim 0.1\text{MPa}$ （表压），配风量为 $(40 \sim 45\text{m}^3/\text{s})/1000\text{kW}$ 冷凝器负荷，循环水量为 $(0.01 \sim 0.017\text{m}^3/\text{s})/1000\text{kW}$ 冷凝器负荷，补充水量约为循环水量的 $5\% \sim 10\%$ 。

(三) 套管式冷凝器

该冷凝器是由两种不同直径的管子套在一起，并弯制成螺旋形或蛇形的一种水冷式冷凝器。如图 1-71 所

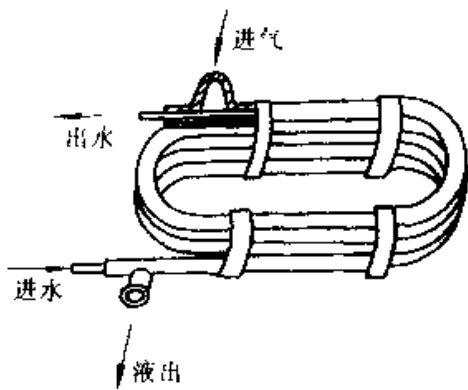


图 1-71 套管式冷凝器

示, 制冷剂蒸气在套管间冷凝, 冷凝液从下面引出, 冷却水在直径较小的管道内自下而上流动, 与制冷剂成逆流式, 因此传热效果较好。由于水在管内流程较长, 因而进出口温差较大, 约在 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间。当水速为 $1 \sim 2\text{m/s}$ 时, 其传热系数 K 为 $900 \sim 1200\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

套管式冷凝器的优点是: ①结构紧凑、制造简单; ②冷却水与制冷剂成逆向流动, 因而制冷剂液体的过冷度较大; ③由于冷却水温升高, 因而耗水量较少。其缺点是: ①水流阻力

较其他冷凝器大; ②清除水垢较困难, 要求冷却水的水质好。该冷凝器一般用于制冷量较小的制冷装置中。

(四) 风冷式冷凝器

风冷冷凝器是以空气为冷却介质, 制冷剂在冷凝管中流动, 空气在管外掠过。由于空气的导热系数很小, 所以空气侧的放热系数很低, 影响了冷凝器的传热系数。为了提高空气侧的传热性能, 需在管外加翅片, 增加空气侧的传热面积, 并在风机的鼓风下, 提高了空气侧的传热能力。

制冷空调风冷冷凝器主要有管片式、管带式及平行流式三种结构形式。

1. 管片式冷凝器

如图 1-72 所示, 管片式冷凝器是由纯铜管和铝合金翅片组成。纯铜管规格一般采用 $\phi 10 \times 0.5$ 、 $\phi 10 \times 0.4$ 、 $\phi 9 \times 0.5$ 、 $\phi 9.52 \times 0.35$, 铝片一般采用平片、波纹片、冲缝片等。铝片经冲片机冲孔二次翻边后, 套在纯铜管上, 经胀管焊接后即成为一个完整的冷凝器。冷凝器一般为 2~4 排, 其翅片之间间距一般为 $1.5 \sim 2.0\text{mm}$ 。

如图 1-73 所示, 制冷剂在管内冷凝, 冷却空气横向流过翅片管, 迎面风速为 $2.5 \sim 3.5\text{m/s}$ 。翅片管用外径 10mm 的铜管外套铝片, 管组通常由直管或者 U 形管组成, 并利用弯头通过铜焊或银焊连接起来, 纯铜管与铝翅片间的良好接触是用胀管方法来保证的, 各分路蛇形管间的连接较多地采用集管并联的形式, 即制冷剂蒸气从上部的分配集管进入每根蛇形管, 冷凝后的液体沿蛇管流下, 经液体集管流出。这种冷凝器的传热系数约为 $25 \sim 50\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 平均传热温差 $\Delta t_m = 10 \sim 15^{\circ}\text{C}$, 冷凝温度 t_k 约等于外气

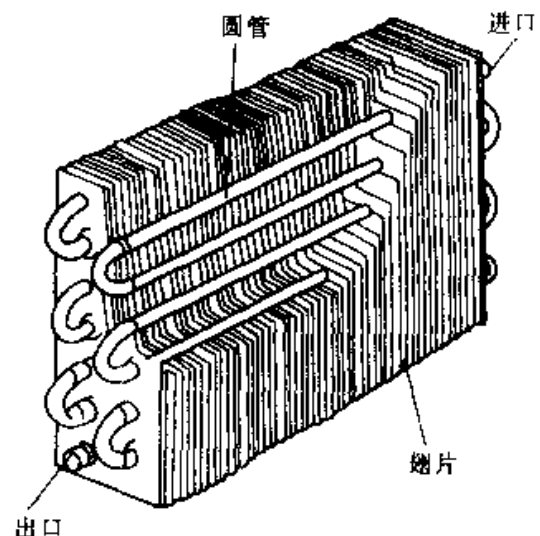


图 1-72 管片式冷凝器

环境温度 $+15^{\circ}\text{C}$ ，空气进出口温度为 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，冷凝器沿着空气流动方向的管排数约为 4 排。这种冷凝器要使用风机，必然要消耗一定的电能。

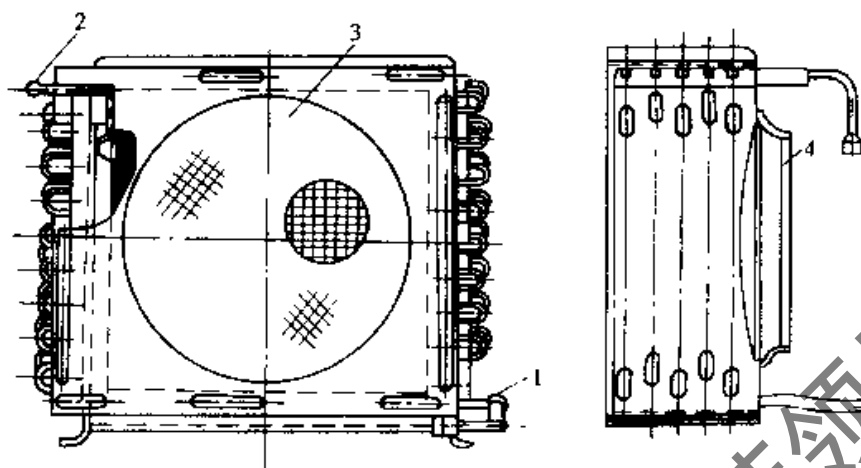


图 1-73 管片式冷凝器外形结构

1—液体集管；2—蒸气集管；3—翅片管组；4—风机扩散器

2. 管带式冷凝器

如图 1-74 所示，管带式冷凝器一般是将宽度为 22、32、44、48mm 的扁平管弯成蛇形管，在其中安置散热带（即三角形翅板带或其他类型板带），然后进入真空加热炉，将管带间焊好。散热片是复合片，共三片，上下片材料为铝，并含有 Si（硅）和 Mg（镁），中间一片也是铝片，并含有 Mn（锰）。将复合片迭片，并与扁管一起预热保温在 570°C ，在 650°C 的真空条件下进行焊接，焊接后用铬酸作防氧化处理，并进行试漏。这种冷凝器的传热效率比管片式可提高 $15\%\sim 20\%$ 。

3. 平行流冷凝器

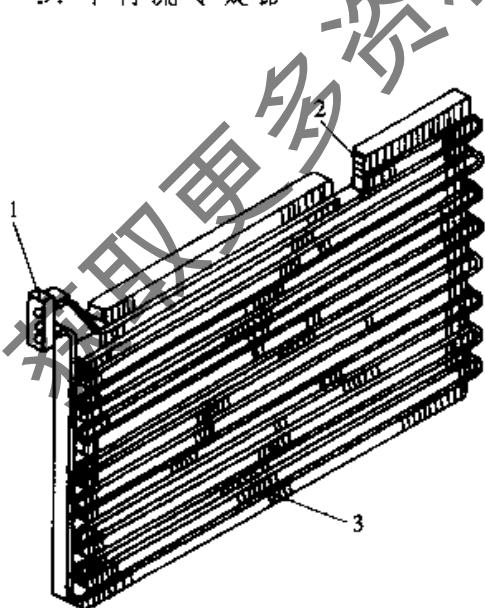


图 1-74 管带式冷凝器

1—接头；2—铝制内肋扁管；3—波形翅片

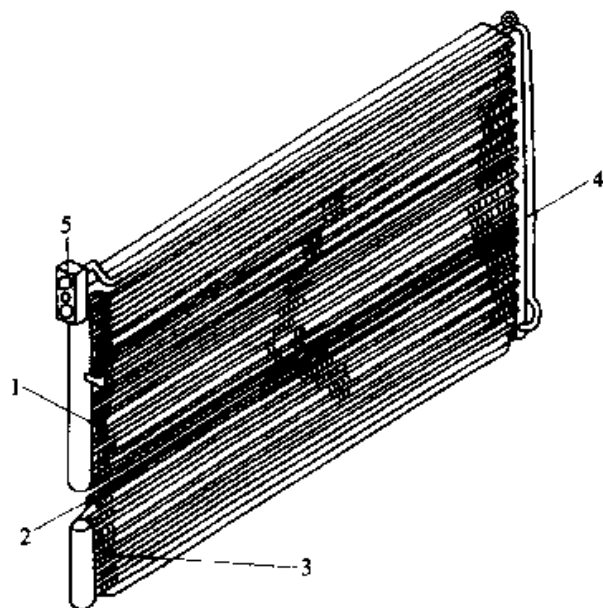


图 1-75 平行流冷凝器结构

1—圆筒集管；2—铝制内肋扁管；3—波形散热翅片；
4—连接管；5—接头

平行流冷凝器也是一种管带式结构，如图 1-75 所示，平行流冷凝器是由圆筒集管、铝制内肋扁管、波形散热翅片及连接管组成。它是适应新工质 R134a 而研制的新结构冷凝器。

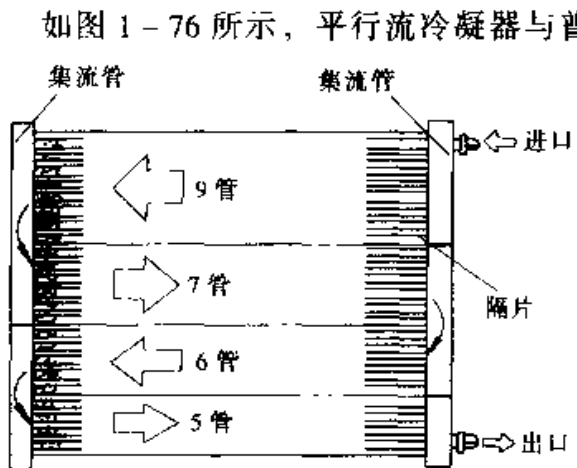


图 1-76 平行流冷凝器工作原理示意图

如图 1-76 所示，平行流冷凝器与普通管带式冷凝器的最大区别是：管带式只有一条扁管自始至终地呈蛇形弯曲，制冷剂只是在这一条通道中流动而进行热交换。由于其流程长，管带式的管道压力损失大。又由于进入冷凝器时制冷剂是气态，比体积大，需要的通径大；出冷凝器时已完全变成液态，比体积小，只需要较小的通径。而普通管带式结构的管径从头至尾是相同的，这对充分进行热交换是不利的，管道内空间未被充分利用，而且增加了排气压力及压缩机功

耗。而平行流冷凝器则是在两条集流管间用多条扁管相连，将几条扁管隔成一组，形成进入处管道多，逐渐减少每组管道数，实现了冷凝器内制冷剂温度及流量分配均匀，提高了换热效率，降低了制冷剂在冷凝中的压力损耗，这样就可减少压缩机功耗。由于管道内换热面积得到充分利用，对于同样的迎风面积，平行流冷凝器的换热量得到了提高。

根据制冷空调冷凝器的换热特点和制冷剂特性，要提高其性能不外乎从以下三个方面考虑：

(1) 增加换热面积，提高空气侧和制冷剂侧的换热量。由于空调装置的空间位置有限，不可能任意加大冷凝器体积，只能在有限的空间内进行改进，尽量向小型轻量化靠拢。

(2) 提高冷凝器内工质流体温度和流量分配的均匀度。温度的高低差异会导致工质的密度和黏性不同，从而造成流速不相同，影响了换热效率；扁管截面的各个通道孔流量分配不均，同样也会降低换热效率。

(3) 降低制冷剂在冷凝器中的压力损失，这样可以减少压缩机耗功。要做到这一点，便要求降低冷凝器的通道阻力，所以在结构上必须设法增加通道的截面积，提高单位时间内的制冷剂流量和流速。

平行流冷凝器正是管片式、管带式冷凝器所无法解决上述难题而创出的新结构。它的扁管是薄壁的型材，只有 2~3mm 的厚度，宽度为 16~25mm，壁厚只有 0.5mm 左右，与普通管带式的扁管一样为带内齿（翅）的多孔断面。扁管间的距离只有 8mm 左右，扁管间所夹的翅片只有 0.145mm 厚，同样也开有百叶窗。这些改进极大限度地提高了空气侧和制冷剂的换热面积。平行流冷凝器利用两侧的圆筒形管进行制冷剂进与出的汇集，并用隔板按最合理的编排，将几条扁管隔为一组，形

成由多至少的回路，以便制冷剂在几条扁管组成的回路中流入集流管时，能够在直径为 $\phi 20$ 左右的管内再次混合，使高温与低温的工质、密度低与密度高的工质一次又一次的混合，产生出温度和密度较均匀的工质，并使其在流向下一回路时能均匀地分流，这样保持匀速地通过有内齿的扁管和有百叶窗的翅片导热，与空气更好地进行换热。在里面，特别是合理安排的隔板所构成的通路数，在工质是气体状态时增加，而在工质是液化状态时减少，形成了制冷剂冷凝的最佳通路，从而减少了内容积和制冷剂充注量。这样的结构安排同样也减少了制冷剂的流通过程，增大了单位时间流通截面积和流量，也加快了流速，因而能降低冷凝器通道的阻力。这种新结构与管带式相比较，其放热性能提高 30% ~ 40%，通路阻力降低 25% ~ 33%，内容积减少 20%，大幅度地提高了其放热性能。

二、蒸发器

蒸发器是依靠制冷剂液体的蒸发来吸收被冷却介质热量的换热设备。它在制冷系统中的功能是吸收热量。为了保证蒸发过程能稳定持久地进行，必须不断地用制冷压缩机将蒸发的气体抽走，以保持一定的蒸发压力。

根据被冷却介质的种类不同，蒸发器可分为两大类：冷却液体（淡水、盐水等）的蒸发器和冷却空气的蒸发器。

根据蒸发器结构形式的不同，可分为满液卧式壳管蒸发器、干式蒸发器和表面式蒸发器。在大、中型空调装置中，常用满液式壳管蒸发器和干式蒸发器，它是用来冷却液体的；在小型空调装置中，常用表面式蒸发器，它用来冷却空气。

（一）满液卧式壳管蒸发器

它的外壳是用钢板焊接成的圆柱筒体，两端带有管板，管板上焊接着许多无缝钢管或螺纹铜管。两头端盖内具有隔板，端盖用螺栓连接在壳体上，其结构如图 1-77 所示。载冷剂流程约为 4~8，由于管内循环载冷剂的热量不断传出，使筒体内管隙间的

液态制冷剂蒸发吸热，变为气体，被制冷压缩机吸入。一般载冷剂从进水管口进入蒸发器，被冷却后由出水管口流出，载冷剂的流速一般为 1.0~2.5m/s。

在运行时，制冷剂面一般应稳定在中心位置上，其余空间留着使制冷剂蒸气过热。当压缩机抽吸时，筒内压力降低，制冷剂液体吸热蒸发成干蒸气或过热蒸气，经过集气室被抽出蒸发器。

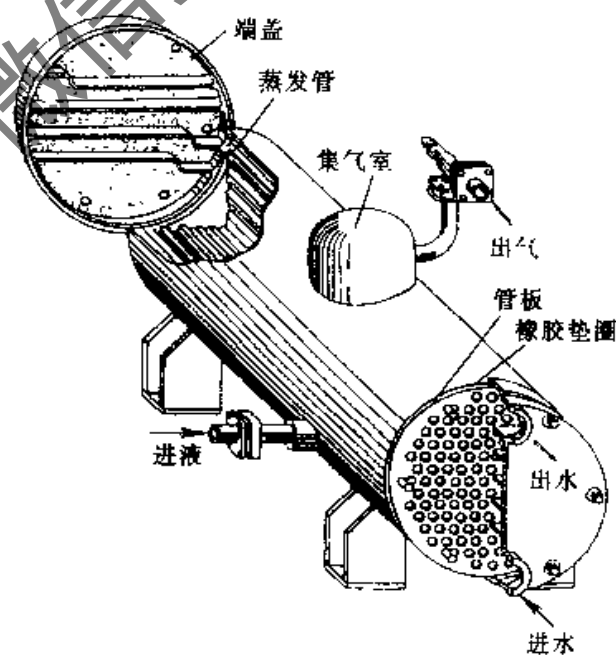


图 1-77 满液卧式壳管蒸发器

若制冷剂用氟利昂工质，则传热管一般用低螺纹管，传热温差是 $6 \sim 8^{\circ}\text{C}$ ，载冷剂进出口温差为 $4.0 \sim 5.5^{\circ}\text{C}$ ，氟利昂侧污垢热阻为 $(0.5 \sim 0.7) \times 10^{-4} (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$ ，淡水侧污垢热阻为 $(0.8 \sim 0.9) \times 10^{-4} (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$ ，盐水侧污垢热阻为 $(1.6 \sim 1.8) \times 10^{-4} (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$ 。

满液式蒸发器的进液量要注意控制，其液体一般不应过多地超出筒体的中心线，因为液面太高容易使湿蒸气进入压缩机气缸面引起液击。同时，液面也不应过低，这样会使蒸发器内产生过多的过热蒸气，降低蒸发器的传热效果。因此，满液式蒸发器最好用浮球阀或液面指示器来控制其液面，才能很好地工作。

满液式蒸发器的特点是制造工艺比较科学，结构紧凑，传热性能好，目前使用较广泛，但在操作时要很好地控制进液量，特别对使用热力膨胀阀来控制进液量的装置更应注意。此外，积存在筒体内的冷冻润滑油很难流回压缩机，从而影响传热效果，在氟利昂系统中较少使用。

(二) 干式蒸发器

干式蒸发器的形状和结构与满液卧式壳管式蒸发器相似，所不同的是液态制冷剂在管内沸腾。在筒体内设置几道隔板，载冷剂就在管外的隔板之间曲折流动，如图 1-78 所示。它采用光管或内肋管作传热管。由于载冷剂侧表面传热系数较高，所以管外不设肋片。采用内肋片管的目的是为了提高管内制冷剂的换热系数。节流后的制冷剂液体从一侧端盖的下部进入，经过几个流程后，变成蒸气从同侧端盖的上部管口流出。整个蒸发过程中制冷剂蒸气逐渐增多，蒸气体积不断增大，所以一

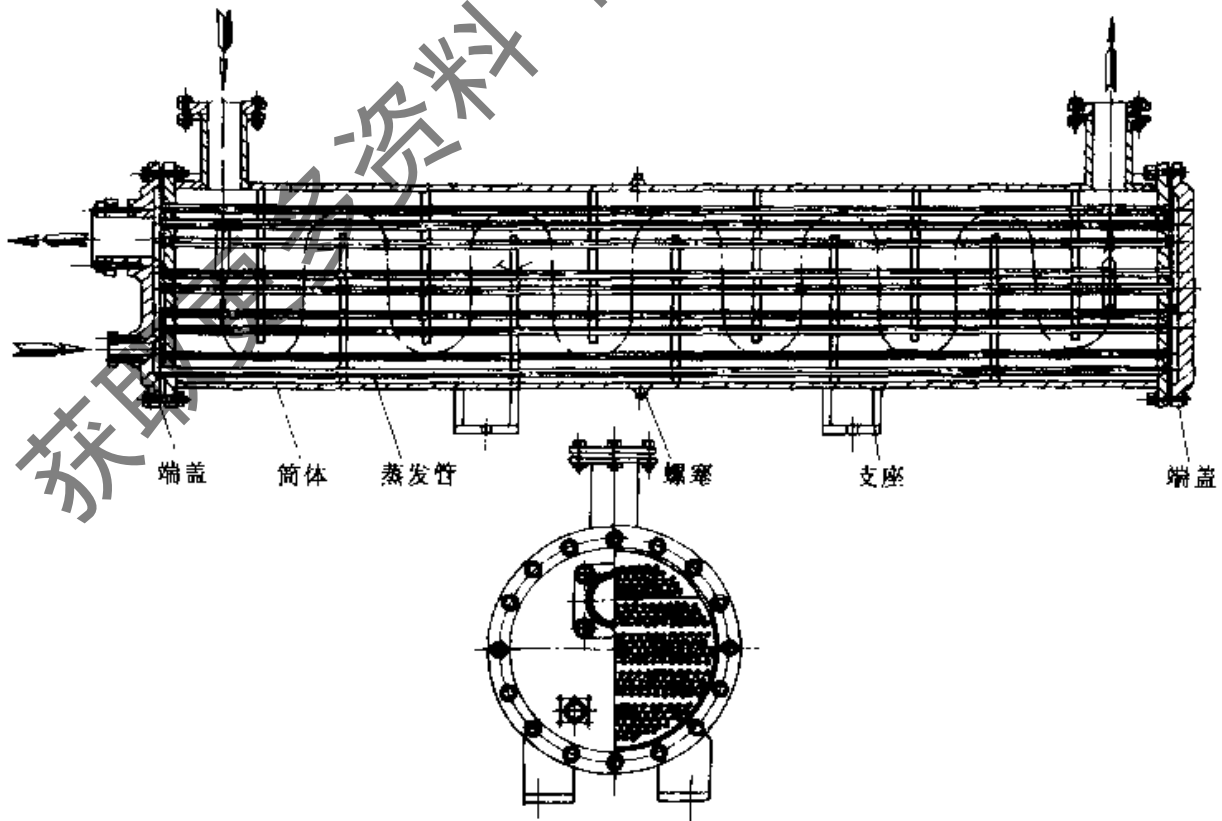


图 1-78 干式蒸发器结构



般后一流程的管数总要比前一流程的多，形成各流程管数不等，以满足蒸气比体积逐渐增大的需要。这种蒸发器比较适用于 R12、R22 和 R134a 制冷剂，比较满意地解决了回油问题，且当蒸发温度在 0℃ 附近时，对淡水载冷剂也不致发生冻结事故。可以用热力膨胀阀供液，充注的制冷剂量较少。

干式蒸发器的制冷剂在管内质量流速一般在 $180 \sim 200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，流程数为 4 ~ 6，隔板的数量应保证载冷剂横向流过管簇时的速度为 $0.5 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。

(三) 表面式蒸发器

空调装置的蒸发器有管片式、管带式、层叠式三种结构。

1. 管片式蒸发器

如图 1-79 所示，传热管为纯铜管，其规格有 $\phi 10 \times 0.5$ 、 $\phi 10 \times 0.4$ 、 $\phi 9 \times 0.5$ 、 $\phi 9.52 \times 0.35$ ，纯铜管分为光滑管和

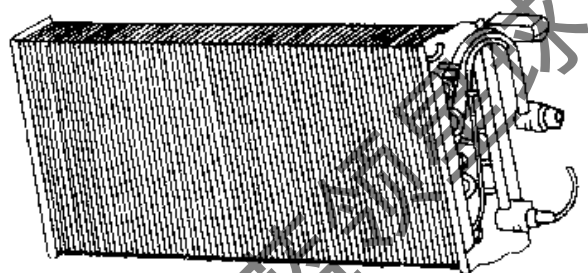


图 1-79 管片式蒸发器结构

和内螺纹管，内螺纹管即在铜管的内壁制成螺旋状，以利于增强换热。翅片有多种形式，主要有平翅片、波纹翅片和冲缝翅片，如图 1-80 所示，翅片设计成各种形状，主要是为了增强空气的扰动，提高空气侧的换热面积及换热系数，增加蒸发器的换热能力。由于冲缝翅片的不断改进，再与内螺纹管配合使用，蒸发器的性能大大提高，使得空调装置越来越小。

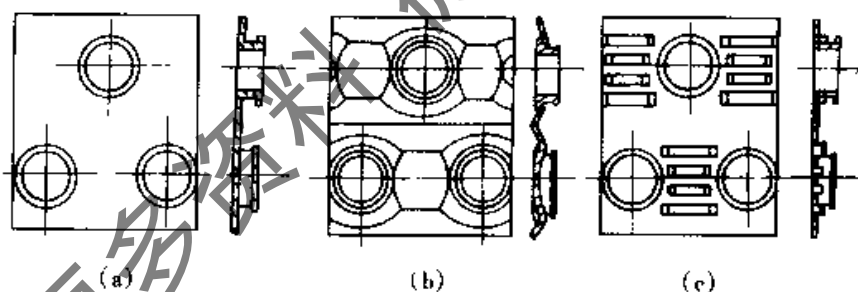


图 1-80 各种翅片形状

(a) 平翅片；(b) 波纹翅片；(c) 冲缝翅片

翅片管式蒸发器是以 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 厚的薄铝片，按照蒸发器管组的排列形式冲成孔，成为整张的翅片，按蒸发器所需要的片数，把翅片叠齐，将弯成“U”形的蒸发器纯铜管一根根穿入翅片孔内，进行机械胀管，按加工要求在相邻的管口上插入“U”形弯头，进行钎焊，再接上进出口管，便成为一台完整的蒸发器，然后充气体检漏，内、外部清洗，将进出口加上临时封头，蒸发器便加工完毕。

为了提高管片式换热器的传热性能，在空气侧已开发出了不少的新型翅片，如波纹片、条形片和开窗片等，要进一步提高传热系数须强化管内侧，提高制冷剂侧的对流换热系数，因此，须用螺旋槽管来代替光管。

内螺旋槽管是在管子内表面加工出许多微细的螺旋槽，它与光管相比有如下

特点:

- (1) 改善了制冷剂的流动方式, 可提高表面换热系数 1.5 ~ 2.0 倍。
- (2) 管内的压力损失与光管差不多。
- (3) 翅片管换热器的加工和制造方法基本上与光管相同。

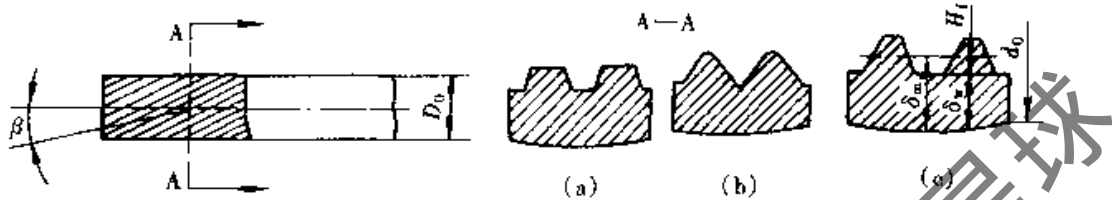


图 1-81 内螺纹管的一种不同槽形

(a) A型; (b) B型; (c) C型

图 1-81 所示为内螺纹管的三种不同槽形, 其主要参数见表 1-1。内螺纹管的槽形有三角形和台形两种, A 型内螺纹管其齿和槽均为台形, 而 B 型内螺纹管其齿和槽均为三角形。由于冷凝液的表面张力, 齿顶角愈小则齿表面上液膜愈薄, 换热愈强, 而台形槽则存液量多, 使有效内表面积增大, 因此, C 型内螺纹管是两种齿形的结合, 即齿为三角形而槽为台形。如图 1-82 所示, C 型内螺纹管与 A 型和 B 型内螺纹管相比, 无论 R22 在管内冷凝或蒸发时的表面换热系数都高。表 2-2 为 R22 在这三种齿形内螺纹管中冷凝和蒸发时在质量流速 $g = 200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下的表面换热系数 α_c 和压力损失 Δp_c 与光管的相应值 α_g 及 Δp_g 的比较。

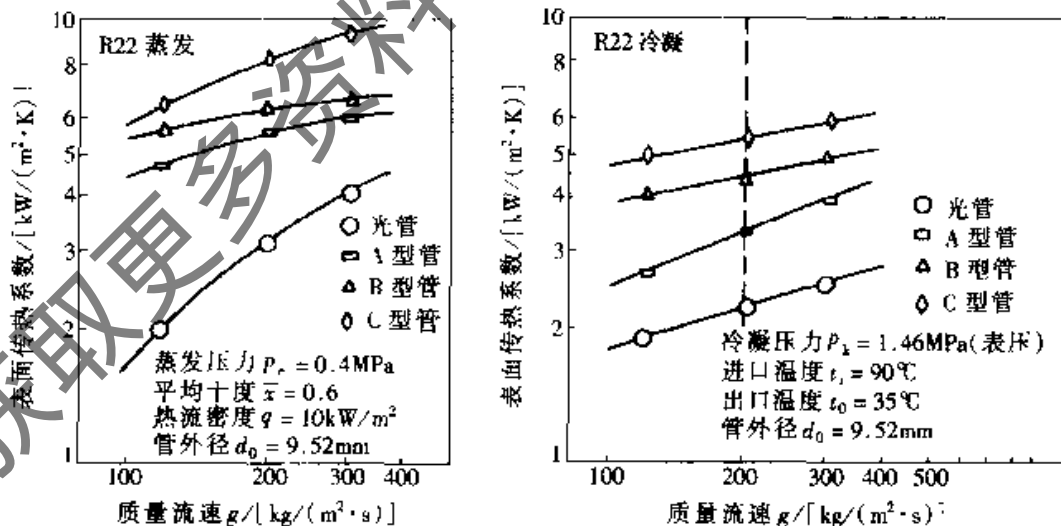


图 1-82 制冷剂 R22 在三种不同槽形的内螺纹管中的冷凝和蒸发时的表面对流换热系数

由表 1-2 可以看出: C 型槽的内螺纹管比 A 型和 B 型槽的内螺纹管的换热性能提高了 20% ~ 50%, 而压力损失约增加了 2%。

表 1-1 三种不同槽形内螺纹管和光管参数

参 数 \ 管 型	光 管	A 型内螺纹管	B 型内螺纹管	C 型内螺纹管
外径 d_o /mm	9.52	9.52	9.52	9.52
平均壁厚 δ_m /mm	0.30	0.35	0.37	0.36
槽底壁厚 δ_c /mm		0.30	0.30	0.30
槽深 H_f /mm	--	0.12	0.15	0.20
槽数 n	—	60	65	60
螺旋角 β°	—	7	25	18
内表面积增大率	1	1.34	1.28	1.51
单位管长质量/(g/m)	78	90	95	93

表 1-2 R22 在 $g = 220\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下换热和压力损失的比较 (以光管为基础)

管 型	表面对流换热系数 α_s/α_g		压力损失比 $\Delta p_s/\Delta p_g$	
	蒸 发	冷 凝	蒸 发	冷 凝
光 管	1.0	1.0	1.0	1.0
A 型槽管	1.75	1.55	1.03	1.03
B 型槽管	2.0	2.0	1.03	1.03
C 型槽管	2.5	2.4	1.05	1.05

在管片式换热器中,空气侧的表面换热系数 α_s 比制冷剂在管内蒸发或冷凝时的表面换热系数 α_c 低得多,为了提高管片式换热器的传热系数,主要是提高空气侧的对流换热系数,必须采取一些措施。目前主要通过两种方法,一种是增加空气侧的扰动,可通过不断改变气流方向来达到,这种方法是将翅片冲压成波纹状,常称为波纹片;另一种方法是将翅片表面沿气流方向逐段断开,以阻止翅片表面流动边界层的发展,使气流在各冲条部位形成新的边界层,属于这种翅片的有条形翅片和开窗翅片,这种开窗翅片的表面换热系数可比平片的表面换热系数增加约一倍,如图 1-83 所示。

从图 1-83 中可以看出:波纹片的表面对流换热系数 α_s 约比平片提高 20%,而条形片则比平片约提高 65%。条形翅片是指翅片表面上冲出向一个方向凸出的桥形长条,完全依靠冲条的前缘效应提高换热,但前后冲条距离很小,后部冲条将处于前面冲条上气流的尾部,使换热减弱。双向条形片(又称超条形片)是将翅片上冲出的长条向上下两个方向凸出,这样可

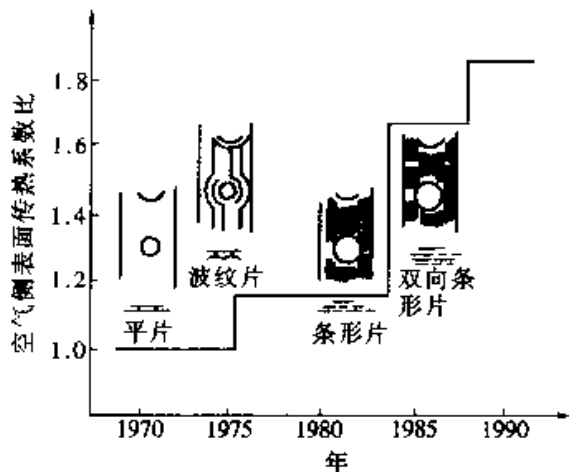


图 1-83 翅片形式的发展过程及与平片的性能比较

避免后部冲条处在前条上气流的尾部而使表面换热系数 α_s 进一步提高, 这种翅片大约可比平片的 α_s 提高 85%。

表 1-3 示出了制冷剂 R22 在光管翅片管和内螺纹管内蒸发时传热系数变化, 从该表中可以看出, 采用高性能翅片时用内螺纹管代替光管, 可提高传热系数 20% 以上, 比光管平翅片的传热系数提高了 70%。

表 1-3 各种翅片与各种管子组合时的传热系数
K 值 (以光管平片为基础)

管子形状 翅片形式	光 管		内 螺 纹 管	
	传热系数 K 值/[W/(m ² ·K)]	传热系数比	传热系数 K 值/[W/(m ² ·K)]	传热系数比
平片	30	1.00	33	1.10
波纹片	32	1.07	36	1.20
条形片	36	1.20	42	1.40
超条形片和开窗片	42	1.40	51	1.70

注 试验条件: 迎面风速 $u_f = 1.0\text{m/s}$, R22 在管内蒸发, 进风干球温度 $t_{d0} = 27.0^\circ\text{C}$, 进风湿球温度 $t_{s0} = 19.5^\circ\text{C}$ 。

如图 1-84 所示, 内螺纹管与高性能翅片组合时的传热系数可使翅片管冷凝器和蒸发器的传热系数 K 值提高 60% 以上, 原先使用光管套波纹片的翅片管换热器中, 迎面风速 u_f 需 2.5m/s 以上才能达到的传热系数, 在使用内螺纹管套高性能翅片的管片式换热器作为室内侧换热器时, 迎面风速仅需 0.7~1.0m/s 即可达到, 从而使空调装置的室内侧噪声大幅度降低。

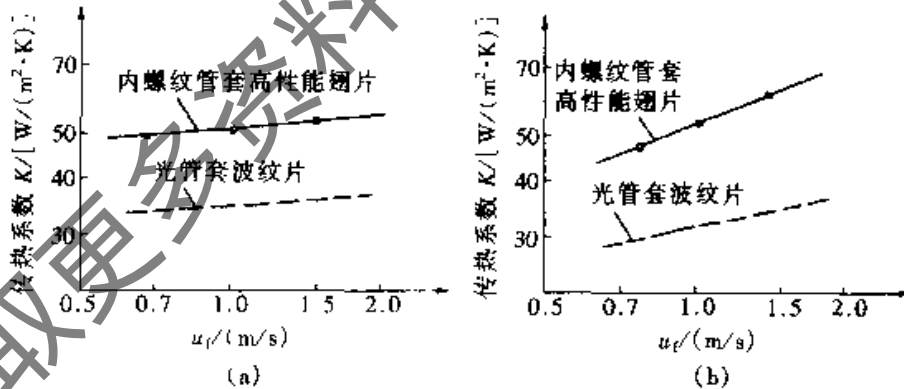


图 1-84 内螺纹管与高性能翅片组合的传热系数
(a) 蒸发器 (R22 制冷剂); (b) 冷凝器 (R22 制冷剂)

2. 管带式蒸发器

如图 1-85 所示, 管带式蒸发器是由多孔扁管与蛇形散热铝带焊接而成, 工艺比管片式复杂, 需采用双面复合铝材 (表面覆一层 0.02~0.09mm 厚的焊药) 及多孔扁管材料。该种蒸发器换热效率可比管片式提高 10% 左右。

3. 层叠式蒸发器

如图 1-86 所示, 层叠式蒸发器是由两片冲成复杂形状的铝板叠在一起组成制

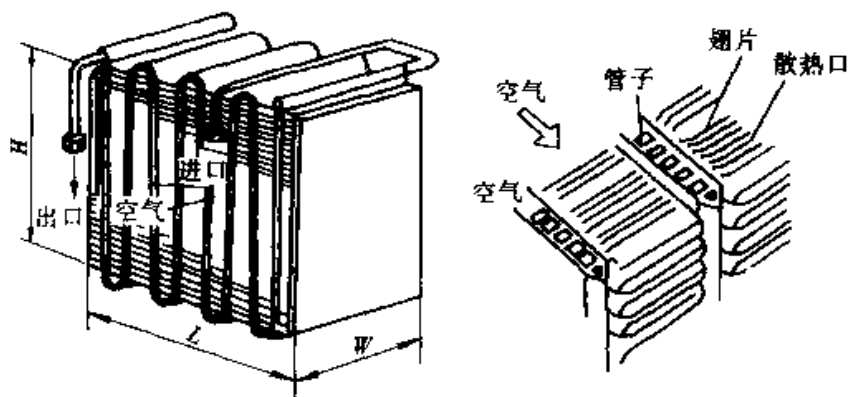


图 1-85 管带式蒸发器

冷剂通道，每两片通道之间夹有蛇形散热铝带。这种蒸发器也需要双面复合铝材，且焊接要求高，因此，加工难度最大，但其换热效率也最高，结构也最紧凑。采用新制冷剂 R134a 的制冷空调装置有应用这种层叠式蒸发器。

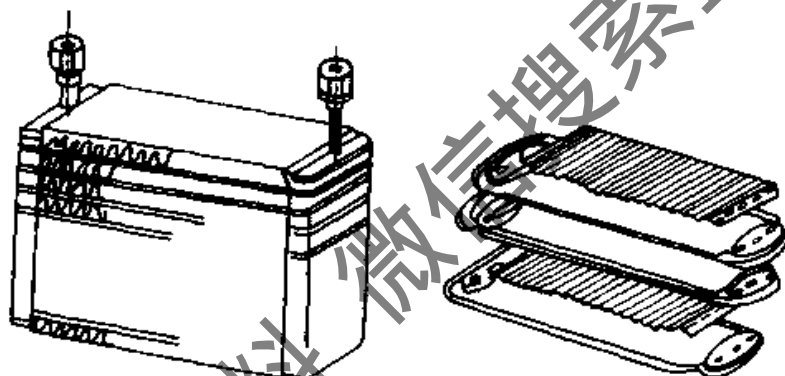


图 1-86 层叠式蒸发器

层叠式蒸发器结构经历过由双储液室向单储液式的变化。图 1-87 所示为以前的双储液室蒸发器和新型的单储液室式蒸发器结构的比较。单储液室式蒸发器，由

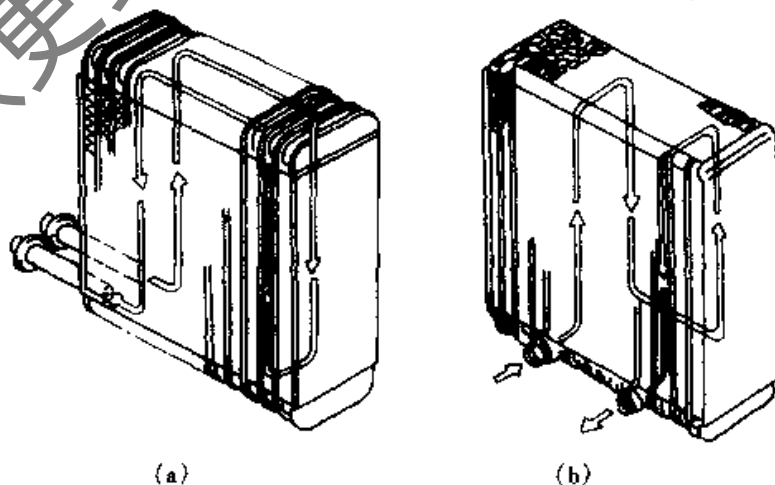


图 1-87 层叠式蒸发器结构比较

(a) 双储液室蒸发器 (旧型); (b) 单储液室蒸发器 (新型)

于具有分流、集合制冷剂功能的储液室集中在热交换器的下部，即仅集中在单侧，则可使热交换器正面面积当中进行热交换的有效部分的比例增加。

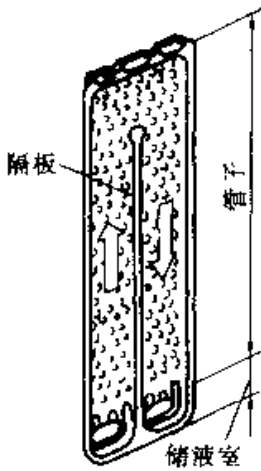


图 1-88 板的结构

组成单储液室蒸发器的零件主要是由形成制冷剂通道的铝板、板外侧的波纹状散热片、支撑整个板叠层的两端板以及进出口处的衬垫等组成的。

图 1-88 所示为构成储液室和管子的板的详细结构。储液室在空气流动方向的中央被隔，分成上流和下流两部分。中央用隔板隔开，但上部（与储液室位置相反的一侧）在一定长度内无隔板。这样，制冷剂流过管子时，在上流和下流储液室之间作“U”形转弯。

制冷剂流动路线如下：制冷剂流入储液室，并被分配到构成一个区段的许多管子，随后在各自的管子内作“U”形转弯，最后集中到另一侧的储液室内。

将蒸发器空气流动方向上的宽度减小，由于管子内制冷剂的流通面积的减小，可提高管子的耐压性及提高制冷剂一侧的传热效率。为此，将以前的长条形凸起改为圆形凸起，如图 1-89 所示。

由于采用圆形凸起，使散热片与板之间的接触面积的比例提高了 13%。关于储液室方面，为充分发挥单储液室所具有的优点，可尽力使其小型化，但要最大限度地保证进行热交换的有效部分。

由单储室而产生的一个问题是，经过管子在储液室之间流动的制冷剂的流程长。另外，因各管子相互独立，自储液室分配到各管子的气、液两相制冷剂的最初分配量不同，各管间会产生温度差，最后可能会出现从空调装置吹出的空气温度不均匀的现象。后者可通过改变蒸发器制冷剂的出入口解决。用仪器对蒸发器表面温度分布进行测定、评价，确定出入口的最佳位置。

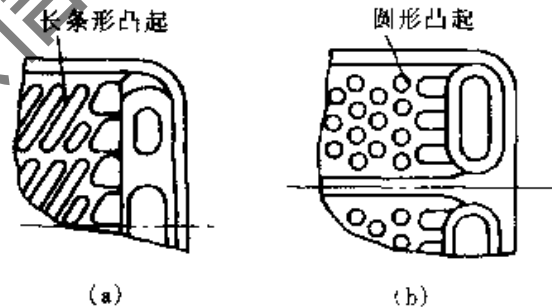


图 1-89 凸起形状的比较

(a) 旧蒸发器（长条形凸起）；(b) 单储液室蒸发器（圆形凸起）

新型单储液室蒸发器与旧式的双储液室型相比较，正面面积相同，将芯子厚度减薄了 18%，且在保持冷气装置能力的同时，具有如下优点：空气侧压力损失下降 20%，质量减轻 15%，内部容积减少 30%，节省制冷剂 50g 左右。

为了提高空调蒸发器的性能，常对其表面进行亲水膜处理。由于空调蒸发器表面温度低于环境空气的露点温度，通过蒸发器表面的空气就会在蒸发器表面冷凝析出水。凝露水不但加大了风压损失，而且使风量减小、制冷量减小。因此，提出了在肋片表面进行亲水膜处理，即利用化学方法使翅片表面生成一层厚 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 的亲

水膜层，使原来的珠状冷凝变成膜状冷凝。冷凝水呈膜状沿翅片流下，使蒸发器风阻减小，风量增加，功耗下降，噪声下降，制冷量增加。试验表明，进行亲水膜处理的翅片，其风压损失可减少 40% ~ 50%，风量约增加 5% ~ 10%，制冷量约增加 5% ~ 10%。

目前进行亲水膜处理的方法有三种：

(1) 无机物质。如水软铝面、水玻璃、二氧化硅等。这种膜由于水润湿性好，因而接触角小，亲水持续性好，但处理条件严格，耐腐蚀性不理想。

(2) 有机树脂。如亲水性树脂和表面活性剂的合用。由于采用了表面活性剂，确保了水润湿性和低接触角，但表面活性剂的持续性差。

(3) 二氧化硅、有机树脂、表面活性剂合用。利用具有和水玻璃类似结构的无机高分子二氧化硅的亲水性和保湿性，并考虑二氧化硅不能单独成膜的特点，加进了有机树脂作为黏合剂，同时为了降低接触角又加入了具有润湿性的表面活性剂。三者结合起到了亲水作用。

三、板式换热器

板式换热器有组合式板式换热器和钎焊板式换热器两种。组合式板式换热器的板片采用了人字形图案，相反方向的人字形图案板片叠在一起，使表面金属相互接触，板片组的刚度增强，工作压力可提高至 1.6MPa，金属板减薄至 0.6mm。20 世纪 90 年代以后，可拆卸的组合式板式换热器发展为耐高压的钎焊板式换热器，其耐压可达到 3.0MPa。这种钎焊板式换热器由于耐压高，并兼有组合式板式换热器的所有优点，如传热系数高、体积小、重量轻（只有壳管式的 1/2 ~ 1/10），因而在空调制冷系统中用作制冷剂与水的换热器，如蒸发器、冷凝器等，如图 1-90 所示。组合式板式换热器则可用于空调系统中的水—水换热器。

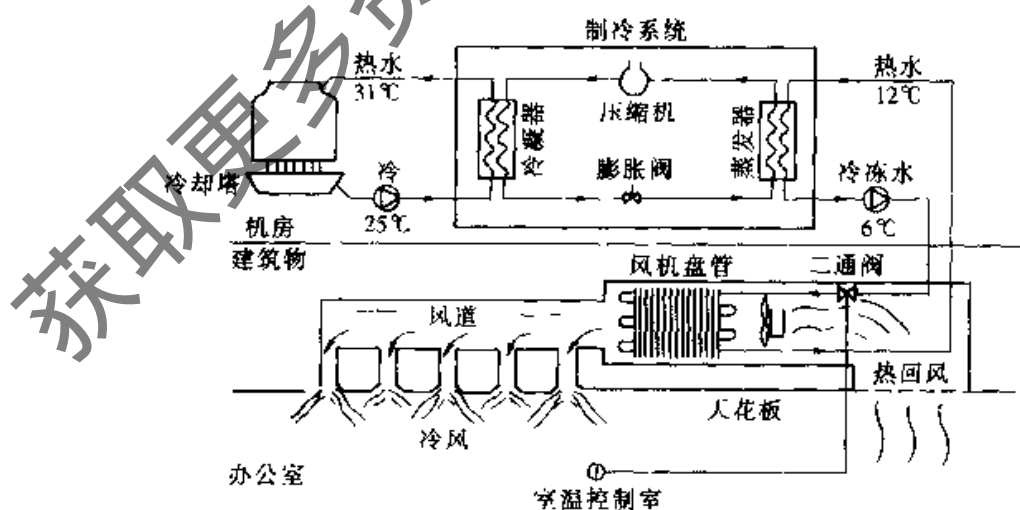


图 1-90 钎焊板式换热器在空调制冷系统中的应用

(一) 组合式板式换热器

组合式板式换热器由一组平行板片，用加压支架夹在一起。板片本身被冲压成

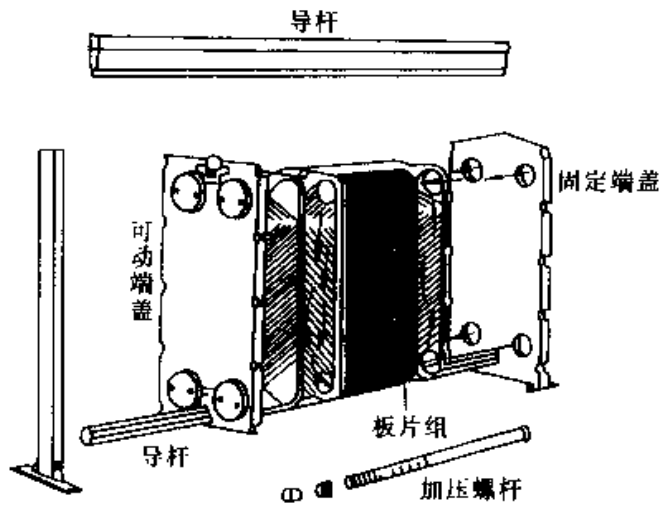


图 1-91 组合式板式换热器结构

褶皱状，以增加板片间流体的紊流速度，同时也加强了机械强度，并在四周角上留下切口作为流体进用，板片间则以垫圈限制流体的流动方向和防止泄漏。两种流体由管嘴导入，在相互间隔的板片中逆向流动，并进行热交换，如图 1-91 所示。表 1-4 所示为其主要性能参数。

表 1-4 组合式板式换热器主要性能参数

性能参数	型 号	BR01	BR035	BR055	BR08	BR13
最高使用压力/MPa		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
使用温度范围/℃		-19~250	-19~250	-19~250	-19~250	-19~250
装机有效面积(台)/m ²		1~10	4~90	15~140	30~250	120~750
最大处理量液体(气体)/(m ³ /h)		70(700)	300(3000)	410(4100)	820(8200)	1800(18000)
传热系数(水·水)/[W/(m ² ·K)]		≤5700	≤6100	≤6300	≤5400	≤6100
最大换热量(水-水)/MW		10	65	60	120	260
最大设备外形(长×宽×高)/mm		700×280 ×968	225×550 ×1485	2445×620 ×1855	3290×780 ×1986	4640×1000 ×2730
接管公称直径/mm		50	100	125	200	250
设备最大质量/kg		280	1590	2520	4930	11800

1. 板片结构

如图 1-92 所示板片本身可分为 6 个部分。

(1) 矩形或人字形槽道面 A。该槽道面是进行传热的主要部分。

(2) 切口 B。位于板片四角，依流体的流动方式有两种安排。一种是流体在板间系垂直流动，流体的进口与出口在同一侧，板片只需一种，经由一正一反的叠置，即可得到所需要的流动；另一种是流体在板间属对角流，流体的进出口在对角线，这种情况需两种板片。

(3) 两端分配区 C。连接切口至槽道面，使得流体分配均匀，同时也是传热面。

(4) 切口泄漏区 D。位于切口与传热区之间，

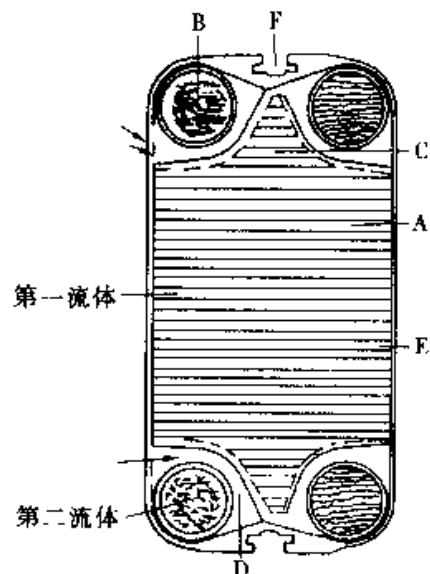


图 1-92 板片的基本结构

中间有垫圈封闭，对大气留有开口，若有流体泄漏时，则流体流出换热器外，也不致使两种换热流体混合。

(5) 密封垫圈 E。垫圈装在板片的外围沟槽中，以限制流体的流动方向，并防漏。

(6) 端边导槽 F。利用导槽推入导杆，便于换热器的组装与拆卸。

2. 槽道结构

槽道的作用主要是使流体的流动成紊流，并加强板片的刚度，特别是两种流体间有压差存在时，可导致板片弯曲或板间隙减小，因此板片间必须相互支撑。

(1) 互配式槽道。图 1-93 (a) 中板片波状部的深度 b 大于板片最窄间距 S 。 b 为 3~5mm，而 S 为 1.5~3mm，在板间流速为 0.2~3.0m/s。

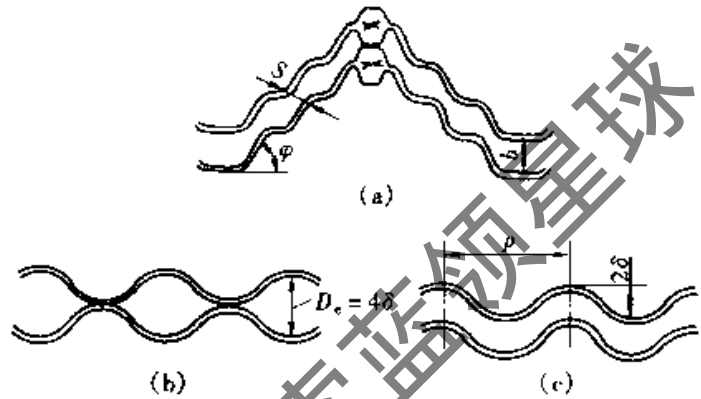


图 1-93 槽道的配合形式

(a) 互配式；(b) 人字形；(c) V形

(2) 人字形或 V 形槽道。波状的凸起与片间距相等，相邻板片以反向组装形成一个三维等面积流道，因板间接触点多，因此抗压强度高。

3. 组合式板式换热器的流程

板式换热器的流程是为了满足各种不同的工艺要求而设计的，它发挥了板式换热器流道可以任意进行组合的特点。

流程中的程数是指一种介质在通道中流动时方向的变化次数，流道数是指在同一程内的流道个数，三种典型的流程组合形式如图 1-94 所示，其中图 1-94 (a) 是 1 程（或称单程）6 流道和 1 程 6 流道的组合形式，图 1-94 (b) 是 1 程 6 流道和 2 程 3 流道的组合形式，图 1-94 (c) 是 2 程 3 流道和 3 程 2 流道的组合形式。

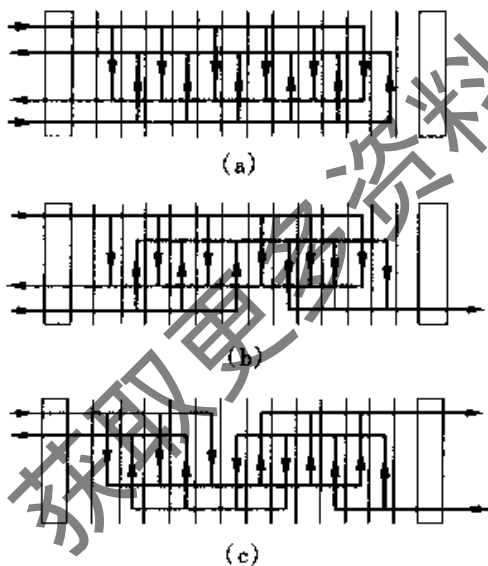


图 1-94 三种典型的流程组合形式

(二) 钎焊板式换热器

如图 1-95 所示，钎焊板式换热器是由若干片波纹状的不锈钢薄板构成一个多层结构，不锈钢薄板通过真空钎焊工艺被组合起来。焊接时，根据换热器不同的用途使用 99.9% 的纯钢箔或其他合金作为钎焊料。

每一对板形成一复杂的流道，进行换热的两种流体以逆流方式流经相邻的槽道，在其中极易形成强烈的紊流，因而换热强度极高。

钎焊板式换热器内的流体能在很小的雷诺数（或在很小的流量）下形成紊流，且在流槽内是均匀的，这两个特性导致很高的传热系数及效率。表 1-5 所示为钎焊板式蒸发器和冷凝器的主要性能参数。

表 1-5 钎焊板式蒸发器和冷凝器的主要性能参数

型号	类型	片数/片	标准能力/kW	流量/(L/s)
MTB035E	蒸发器	8~80	5~35	0.3~1.7
MTB065E	蒸发器	18~80	10~60	0.7~3.0
MTB105E	蒸发器	30~80	30~90	1.5~4.2
MTB035C	冷凝器	8~80	7~43	0.3~1.7
MTB065C	冷凝器	18~80	15~70	0.7~3.0
MTB105C	冷凝器	30~80	35~100	1.5~4.2

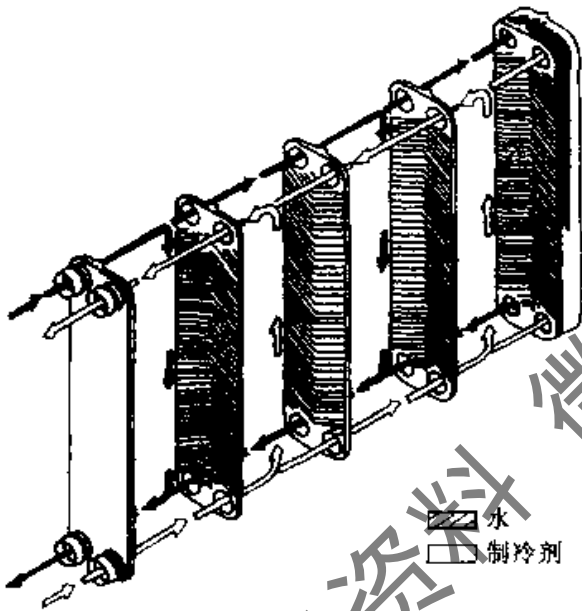


图 1-95 钎焊板式换热器结构示意图

钎焊板式换热器具有如下优点：

(1) 紧凑性高。钎焊板式换热器与套管式换热器相比，质量约减轻 25%，所占体积也减小 1/4 左右。

(2) 充液量小。钎焊板式换热器中制冷剂侧容积大约是 $2.0\text{L}/\text{m}^2$ ，只有壳管式换热器的 1/20。

(3) 传热系数高。在板式换热器内，由于受迫紊流和小的水力直径，使它的传热效率很高，它的传热系数大约为壳管式的 3 倍。

钎焊板式换热器在制冷系统中使用时也有一定的缺点：

(1) 板式换热器的内容积很小，不能储存液体，因此在系统中必须另装储液器。

(2) 板片之间的间隙很小（2~3mm），水中若有杂质存在，则很容易堵塞。如果使用含杂质的水，则应在水侧加装过滤器。

(3) 作为蒸发器使用时，如果水侧堵塞，则会引起制冷剂侧蒸发温度下降。当蒸发器温度低于 0°C 后，会造成板间水结冰，使整台钎焊板式蒸发器冻裂。

(4) 作为蒸发器使用时，经膨胀阀后的制冷剂气体和液体密度的不同会造成前后板间制冷剂分配不均。由于制冷剂分配不均而造成蒸发温度降低，制冷量减小。

钎焊板式蒸发器必须竖直安装，并使制冷剂下进上出，其他位置安装都将导致制冷剂分配不均。在专用的板式蒸发器中，为了保证逆流，水管可安排成上进下出，但必须有泄水阀，泄水阀可以装在换热器的后面，也可以直接装在管路上。为了确保正在工作的换热器总是充满水，在出口处要有一个向上的 U 形弯，如图 1-96 所示。另外，在板式蒸发器的水侧，如果进口与出口都有阀，则蒸发器工作时，

不可将其同时关闭。在板式蒸发器的设计和使用中应采取措施防止水侧结冰。具体措施如下：

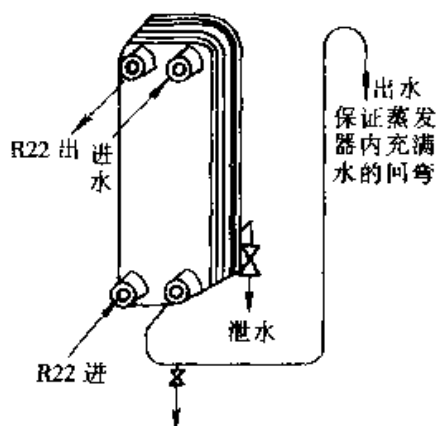


图 1-96 防止板式蒸发器水侧冻结的措施

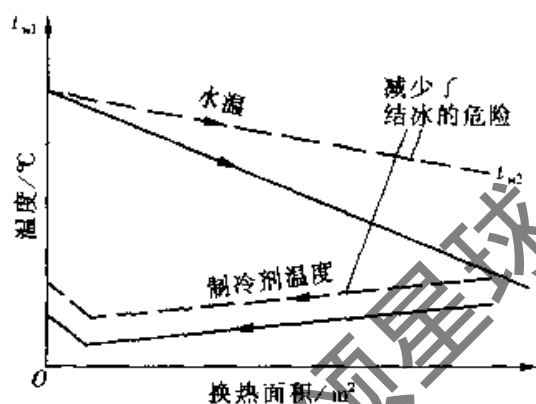


图 1-97 板式蒸发器内的温度分布

(1) 加大水流量。图 1-97 中，当水侧流量增大时水在板式蒸发器内的温度分布（见图中虚线部分），水的出口温度 t_{w2} 和制冷剂温度都提高，减小了水侧结冰的危险。

(2) 选用一个具有适当流量差的可靠的流量开关。

(3) 应安装吸气管路低压控制开关，以防止可能由于制冷剂损耗，蒸发器水流量过低、低温或冷凝温度过低引起的不饱和状态。安装一个锁定计时器，对低压控制以适当的延迟，在启动时克服有害的关闭。

(4) 选用换热面积较大的钎焊板式蒸发器。换热面积偏小会造成制冷剂蒸发不完全，蒸气没有足够的过热度，因而膨胀阀会关小，蒸发器温度降低，结果造成结冰；选用面积较大的板式蒸发器，可在较小的传热温差下运行，因此，蒸发温度稍高，减小了结冰的危险。

(5) 进口水管加装过滤器防止杂物堵塞，使板间流速降低而冻结。

(6) 可利用多个温度传感器，当出水温度接近结冰时将压缩机关机，温度传感器必须反应灵敏，且直接安装在水流中尽可能靠近水的出口处。

(7) 热气旁通阀将部分压缩机排气引入蒸发器入口处，以保持吸气压力在一个预定水平上。这是一个理想的在启动时防止冻结的方法，并且当和一个低压开关联合使用时，能够提供最好的安全保护。

第三节 制冷空调系统节流膨胀装置

在蒸气压缩式制冷装置中，制冷剂液体的膨胀过程是通过节流机构来完成的。膨胀节流机构的作用是将液体制冷剂从冷凝压力减小到蒸发压力，并根据需要调节



进入蒸发器的制冷剂流量。制冷空调装置的节流膨胀机构主要是热力膨胀阀、热电膨胀阀、电子膨胀阀和毛细管。

一、热力膨胀阀

(一) 热力膨胀阀的结构与性能

1. 热力膨胀阀的作用

热力膨胀阀是一种节流装置，它是制冷系统中自动调节制冷剂流量的元件，广泛应用于各种制冷空调系统中。热力膨胀阀的工作特性的好坏，直接影响整个制冷系统能否正常工作。

热力膨胀阀以蒸发器出口的过热度为信号，根据信号偏差来自动调节制冷系统的制冷剂流量，因此，它是以发信器、调节器和执行器三位组合成一体自动调节器。具体地说，热力膨胀阀一般有三个作用：

(1) 节流降压。使从冷凝器来的高温高压液态制冷剂节流降压成为容易蒸发的低温低压雾状制冷剂进入蒸发器，即分开了制冷剂的高压侧和低压侧。

(2) 自动调节制冷剂流量。由于制冷负荷的改变，要求流量作相应调节，以保持室内温度稳定，膨胀阀能自动调节进入蒸发器的流量以满足制冷循环要求。

(3) 控制制冷剂流量、防止液击和异常过热发生。膨胀时以感温包作为感温元件控制流量大小，保证蒸发器尾部有一定量的过热度，从而保证蒸发器容积的有效利用，避免液态制冷剂进入压缩机而造成液击现象；同时又能控制过热度在一定的范围内。

大多数制冷空调系统在运行过程中，其冷负荷是变化的。如系统刚开始降温时，室内的温度较高，这时就要求将蒸发温度升高，使进入蒸发器的制冷剂流量增大。而当室内温度较低时，冷负荷需要量减少了，这时的蒸发温度就应相应地降低，使进入蒸发器的流量减小。因此，热力膨胀阀就是根据系统冷负荷需要量的变化而自动地调节其流量，使制冷系统能正常地工作。

2. 热力膨胀阀的工作原理及结构

热力膨胀阀有内平衡和外平衡两种型式。内平衡式热力膨胀阀的膜片下面的制冷剂压力是从阀体内部通道传递来的膨胀阀孔的出口压力；而外平衡式热力膨胀阀的膜片下面的平衡力（制冷剂压力）是通过外接管，从蒸发器出口处引来的压力。由于两者的平衡压力不同，它们的使用场合也有区别。

(1) 内平衡式热力膨胀阀。如图 1-98 所示，压力 F 是感温包感受到的蒸发器出口温度相对的饱和压力，它作用在波纹膜片上，使波纹膜片产生一个向下的推力，而在波纹膜片下面受到蒸发压力 F_0 和调节弹簧力 W 的作用。当室内温度处在某一工况下，膨胀阀处于某一开度时， F 、 F_0 和 W 处于平衡状态，即 $F = F_0 + W$ 。如果室内温度升高，蒸发器出口处过热度增大，则感应温度上升，相应的感应压力 F 也增大，这时 $F > F_0 + W$ ，波纹膜片向下移动，推动传动杆使膨胀阀的阀孔开度增大，制冷剂流量增加，制冷量随之增大，蒸发器出口过热度相应地降下来。相

反，如果蒸发器出口处过热度降低，则感应温度下降，相应的感应压力 F 也减小，这时， $F < F_0 + W$ ，波纹膜片上移，传动杆也上移，膨胀阀的阀孔开度减小，制冷剂流量减小，使制冷量也减小，蒸发器出口过热度相应地升高。膨胀阀进行上述自动调节，适应了外界热负荷的变化，满足了室内所要求的温度。

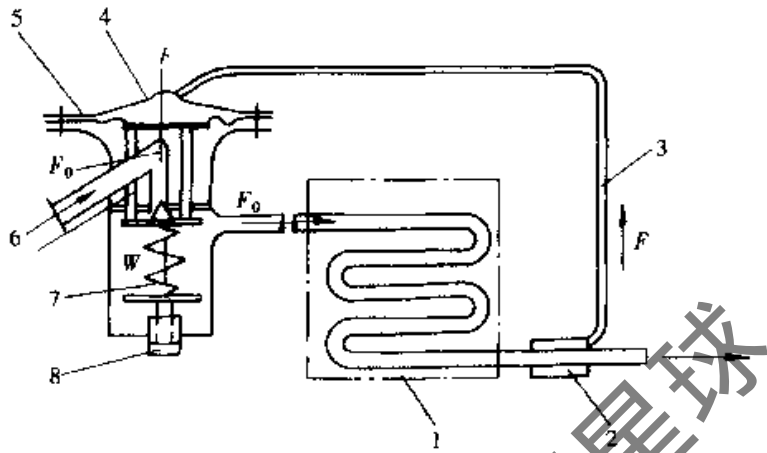


图 1-98 内平衡式热力膨胀阀工作原理

1-蒸发器；2-感温包；3-毛细管；4-膨胀阀；5-波纹膜片；6-指针；7-调节弹簧；8-调整螺钉

如图 1-99 所示，内平衡式热力膨胀阀主要是由阀体、气箱盖、感应薄膜、传动杆、阀针、阀座、调节弹簧、调节螺杆、帽盖及毛细管（连感温包）各部件组成，有的在进口处还加设了过滤网。膨胀阀安装在蒸发器的进口管子上，它的感温包安装在蒸发器的出口管上，感温包通过毛细管与膨胀阀顶盖相连接，以传递蒸发器出口过热度信号。

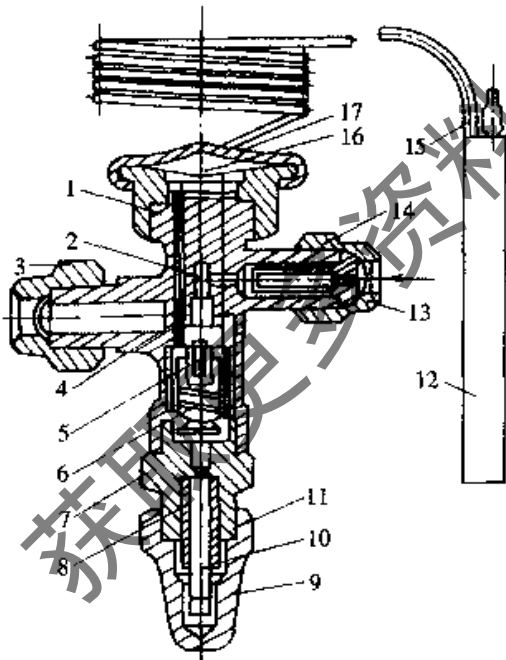


图 1-99 内平衡式热力膨胀阀的结构

1-阀体；2-传动杆；3-螺母；4-阀座；5-阀针；6-调节弹簧；7-调节杆座；8-填料；9-帽盖；10-调节杆；11-填料压盖；12-感温包；13-过滤网；14-螺母；15-毛细管；16-感应薄膜；17-气箱盖

(2) 外平衡式热力膨胀阀。如图 1-100 所示， F 为感温包感受到的蒸发器出口温度相对应的饱和压力， F' 为蒸发器出口的蒸发压力， W 为过热调整弹簧的压力，当室内温度处在某一工况时，膨胀阀处在一定开度， F 、 F' 和 W 应处在平衡状态，即 $F = F' + W$ ；如果室内温度升高，蒸发器出口过热度增大，则感受温度上升，相应的感应压力 F 也增大，这时 $F > F' + W$ ，波纹膜片向下移动，推动传动杆使膨胀阀孔开度增大，制冷剂流量增加，制冷量也增大，蒸发器出口过热度相应下降。相反，如果蒸发器出口处过热度降低，则感受温度下降，相应的饱和压力也减小，这时 $F < F' + W$ ，使波纹膜片上移，传动杆也随之上移，膨胀阀的阀孔开度减小，制冷剂流量减小，制冷量也减小，蒸发器出口过热度也相应上升，满足了蒸发器热负荷变化的需要。由于在蒸发器出口处和膨胀阀波纹膜片下方引有一个外部均压管，

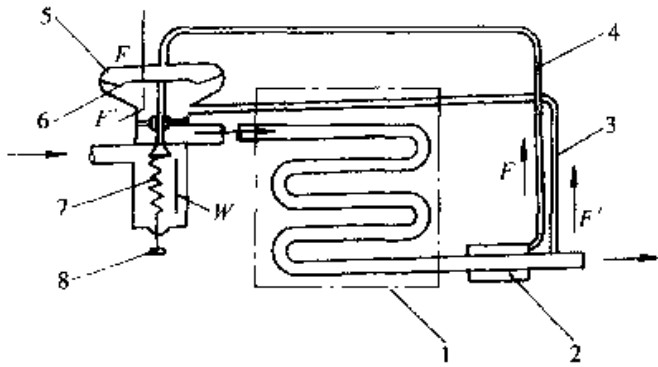


图 1-100 外平衡式热力膨胀阀的工作原理

1—蒸发器；2—感温包；3—外部均压管；4—毛细管；5—膨胀阀；6—波纹膜片；7—过热调整弹簧；8—调整螺栓

所以称此膨胀阀为外平衡式热力膨胀阀。

外平衡式热力膨胀阀的结构如图 1-101 所示。它主要是由阀体、阀针、弹簧、薄膜片、感温包、动力室、顶杆、外平衡管接头管组成。其安装位置与内平衡式热力膨胀阀相同。

3. 热力膨胀阀的容量及其计算

计算一个定型的膨胀阀容量，首先是计算阀孔在某一开度下的流量（这个开度不可任意选取，而应参考制造厂提供的额定开度），随后再换算为制冷量。

(1) 热力膨胀阀的流量计算。目前计算膨胀阀的流量一般推荐 D. D. Wile 的水力流公式，即

$$G = KC_D A \sqrt{p_2 - p_1}$$

式中 G ——制冷剂通过膨胀阀的流量，kg/h；

A ——阀孔实际通道面积， cm^2 ；

p_2 ——膨胀阀入口压力，Pa；

p_1 ——膨胀阀出口压力，Pa；

K ——常数，对 R12、R134a， $K = 5740$ ，对 R22， $K = 5470$ ；

C_D ——流量系数。

计算流量系数公式，即

$$C_D = 0.02005 \sqrt{\rho + 0.634 \gamma}$$

式中 ρ ——膨胀阀入口处液体制冷剂的密度， kg/cm^3 ；

γ ——膨胀阀出口处的比体积， m^3/kg 。

(2) 膨胀阀通道面积 A 的确定。热力膨胀阀的阀门形状有两种，小容量膨胀阀的阀门为圆锥形，大容量的阀门一般为平形。

1) 圆锥形阀门通道面积。当阀孔径为 d ，阀针角为 α ，阀的额定开启度为 h

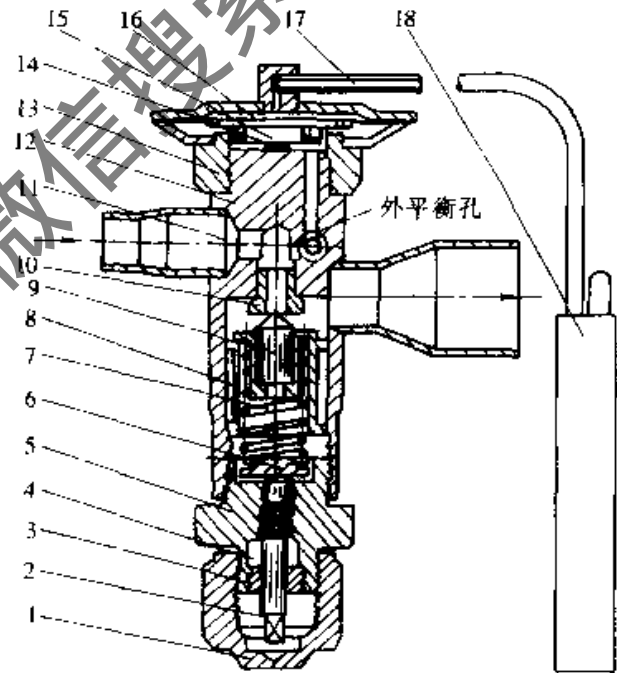


图 1-101 外平衡式热力膨胀阀的结构

1—密封盖；2—调节杆；3—填料螺母；4—密封填料；5—调节座；6—调节垫块；7—弹簧；8—阀针座；9—阀针；10—阀孔座；11—过滤网；12—阀体；13—动力室；14—顶杆；15—垫块；16—薄膜片；17—毛细管；18—感温包

时，其通道面积 A 为

$$A = \pi h d \sin \frac{\alpha}{2}$$

2) 平形阀门通道面积。其通道面积是圆柱形的侧面积，其面积为

$$A = \pi d h$$

(3) 膨胀阀入口压力 p_1 。由于液管有压力降（阻力），所以，入口压力要减去阻力损失 Δp_k ，即

$$p_1 = p_k - \Delta p_k$$

式中 p_1 ——膨胀阀入口压力，Pa；

p_k ——冷凝压力，Pa；

Δp_k ——液管的压力损失，Pa。

(4) 膨胀阀出口压力 p_2 。其出口压力为

$$p_2 = p_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2$$

式中 p_0 ——蒸发压力，Pa；

Δp_1 ——分液管压力损失，Pa；

Δp_2 ——蒸发器压力损失，Pa；

(5) 膨胀阀的制冷量计算。算出了膨胀阀的流量 G ，便可根据系统所选用的工况按下式计算膨胀阀的制冷量。

$$Q_0 = G(h_1 - h_2)$$

式中 Q_0 ——膨胀阀的制冷量，kJ/h；

G ——膨胀阀流量，kg/h；

h_1 ——蒸发器出口气体制冷剂的焓值，kJ/kg；

h_2 ——蒸发器进口液体工质的焓值，kJ/kg。

4. 热力膨胀阀选用

热力膨胀阀的容量应与制冷系统相匹配，图 1-102 所示为热力膨胀阀和制冷系统能量特性曲线。制冷系统的能量曲线与膨胀阀的能量曲线相交点，就是运行时的能量。从图 1-102 中看出，膨胀阀在某开启度下，它的能量随着蒸发温度的下降而增加，而制冷系统的能量随蒸发温度的下降而减少，两者要相互匹配，其能量就应相等，所以应对某一制冷系统所使用的热力膨胀阀进行选配。

目前，国产热力膨胀阀的铭牌上，一般都标出热力膨胀阀的孔径或某工况下（如标

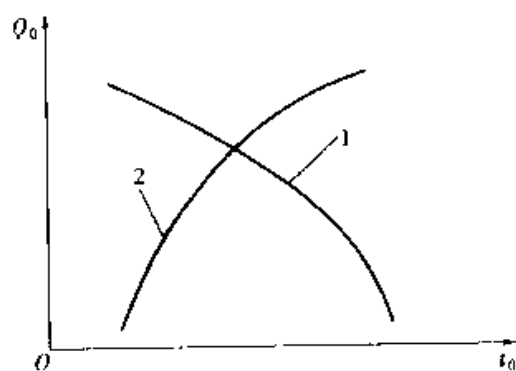


图 1-102 热力膨胀阀和制冷系统能量特性曲线

1—热力膨胀阀能量曲线；2—制冷系统能量曲线

准工况或空调工况)的制冷量,而正确的标出应是以规定工况下的额定开启度下的制冷量。表1-6和表1-7分别为国产内、外平衡式热力膨胀阀主要性能参数,表1-8为美国SPORLAN公司的热力膨胀阀主要性能参数。

表1-6 国产内平衡式热力膨胀阀主要性能参数

型号	通径/mm	使用工质	适用温度范围/°C	可调节关闭过热度/°C	标准制冷量/kW	空凋制冷量/kW	接管规格/mm	
							进口	出口
RF12N0.8	0.8	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	1.2	1.0	φ10 × 4	φ12 × 1
RF22N0.8		R22	30 ~ -70		1.9			
RF12N1	1	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	1.4	1.3	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N1		R22	-30 ~ -70		3.6			
RF12N1.5	1.5	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	2.2	2.0	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N1.5		R22	30 ~ -70		3.6			
RF12N2	2	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	2.9	2.6	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N2		R22	-30 ~ -70		4.8			
RF12N3	3	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	5.8	5.3	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N3		R22	-30 ~ -70		10			
RF12N4	4	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	10.5	9.3	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N4		R22	30 ~ -70		17.4			
RF12N5	5	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	13.1	11.6	φ10 × 1	φ12 × 1
RF22N5		R22	-30 ~ -70		21.5			
RF12N7	7	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	18.4	16.3	φ16 × 1.2	φ16 × 1.2
RF22N7		R22	-30 ~ -70		30.2			
RF12N9	9	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	31.4	29.1	φ16 × 1.2	φ16 × 1.2
RF22N9		R22	-30 ~ -70		53.5			
RF12N11	11	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	45.3	44.2	φ19 × 1.5	φ19 × 1.5
RF22N11		R22	-30 ~ -70		69.8			
RF12N12	12	R12	+10 ~ -30	2 ~ 8	60.5	58.1	φ19 × 1.5	φ19 × 1.5
RF22N12		R22	-30 ~ -70					

表1-7 国产外平衡式热力膨胀阀主要性能参数

型号	容量/kW	型号	容量/kW
TRF22HW	22	TRF55HW	55
TRF26HW	26	TRF75HW	75
TRF35HW	35	TRF100HW	100
TRF45HW	45		

注 蒸发温度 $t_0 = 4.0^\circ\text{C}$, 冷凝温度 $t_k = 37.8^\circ\text{C}$ 。

表 1-8 美国 SPORLAN 公司热力膨胀阀主要性能参数

阀 型	公称制冷量/kW	蒸 发 温 度/℃	
		4.4	6.7
		压降/kPa	
		689.5	861.8
M	34	34	37.1
M	42	42	45.8
O	55	55	59.3
V	70	73	78.8
V	100	100	108
W	135	143	154

注 进入膨胀阀的 R22 制冷剂为液态 37.8℃, O 代表钎焊接头, W、M、V 代表法兰接头。

以膨胀阀孔径为它的容量参数,不能定出热力膨胀阀的确切能量,因为各厂生产的膨胀阀的额定开启度不同,所以不同生产厂家生产的同一孔径的膨胀阀其能量不一定相同。特别是锥形阀针的锥度不同,其能量也就不同,因此应按制造厂提供的产品样本选用,或根据已知的 d 、 h 、 α 参数进行计算。

热力膨胀阀的容量与膨胀阀入口处液体制冷剂的压力(或冷凝温度)、过冷度、出口处制冷剂的压力(或蒸发温度)及阀开度有关。热力膨胀阀出厂时,需进行容量试验,容量试验是为了确定膨胀阀在给定条件下的制冷量。膨胀阀的容量要与空调制冷系统特别是蒸发器的容量相匹配,使蒸发器最大限度地加以利用。若容量选择过大,使阀经常处在小开度下工作,阀开闭频繁,影响室内温度稳定,并降低阀门寿命;若容量选择过小,则流量太小,不能满足室内所需制冷量的要求。一般情况下,膨胀阀容量应比蒸发器能力大 20%~30%;否则,空调装置就不能产生足够的制冷量。另外,还应根据蒸发器的压力损失来选用膨胀阀。当蒸发器压力损失较小时,宜选用内平衡式热力膨胀阀;当蒸发器压力损失较大时,宜选用外平衡式热力膨胀阀。

5. 热力膨胀阀的工作特性及调试

(1) 热力膨胀阀的工作特性。一个理想的热力膨胀阀在调节系统流量时,应使其进入蒸发器的液体量恰好与蒸发器的蒸发量相等,以缩小蒸发器出口过热度,充分发挥蒸发器的制冷效率,要达到这样的要求,热力膨胀阀就应随着系统冷负荷的变化,及时地调节系统的制冷剂流量,以保持供需平衡。由于热力膨胀阀的温包有热惯性,所以导热有延迟过程,使信号传递发生滞后现象。当制冷系统的冷量需要增加时,进入蒸发器的制冷剂流量相对减少,所以,蒸发器的出口过热温度就要升高。若温包导热无延迟过程,膨胀阀的阀门就能及时得到调整。由于信号传递滞后,阀门不能及时增大,所以蒸发器出口过热温度将继续上升,使供液量小于需要量。经若干时间后,膨胀阀阀门才增大,系统的蒸发温度升高,出口过热温度下降,供需量逐步趋向平衡。但由于温包信号传递的延迟,阀门还继续开大,供液量大于

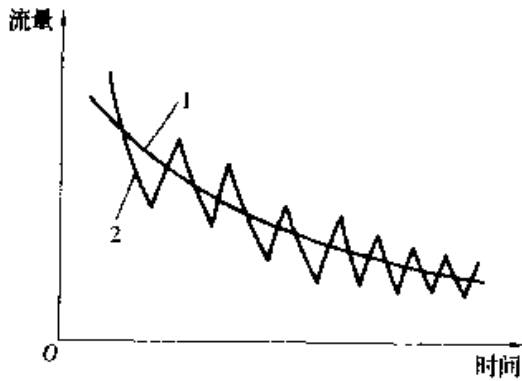


图 1-103 热力膨胀阀供液量曲线

1—蒸发器实际需液量曲线；2—膨胀阀供液量曲线

需要量。经若干时间后，膨胀阀阀门才关小，系统的蒸发温度又下降，出口过热温度也上升，供需量又趋向平衡。所以，一个膨胀阀在工作时，因传递信号的滞后，它的供液量总是在需液量曲线上波动，两者不能完全吻合，如图 1-103 所示，这就是热力膨胀阀的工作特性。

(2) 热力膨胀阀的调试。任何调节器要使它能正确执行自动调节，都要经过预先的调整工作。热力膨胀阀要在某一工况范围内执行自动调节，也需要在系统调试时对它予以调整。当膨胀阀进行正常运行后，它就能正确执行自动调节。

热力膨胀阀的调整是通过调节杆来调整弹簧的压缩力，就是调整膨胀阀的静装配过热度。调整杆向里旋进是压紧弹簧，调节杆向外旋出是放松弹簧。顺时针方向调节杆为进，逆时针方向调节杆为出。

在系统运行调试时，可以从蒸发压力值的高低来判断膨胀阀调整方向和范围。蒸发压力高于给定值，即膨胀阀的流量偏大，应适当调小；蒸发压力低于给定值，即膨胀阀的流量偏低，应适当增大。调小阀门，则顺时针旋转调节杆，使弹簧压缩力增加，蒸发压力就逐渐下降；调大膨胀阀门，则反时针旋转调节杆，减小弹簧压缩力，蒸发压力就上升。

调整热力膨胀阀时，应在压缩机吸气截止阀上装一只低压表，以观察吸气压力变化情况。调整膨胀阀的整定范围，一般可分两步进行，开始进行时为粗调，即每调一次可旋调节杆 1 圈左右，当制冷系统的工作温度接近给定值而又达不到给定值时，应进行细调，即每调一次可旋调节杆 1/2 ~ 1/4 圈。由于感温包的传递延迟，每调一次后，应使系统运行数分钟以至十几分钟，并观察吸气压力的变化情况来确定下一次的调整方向。总之，膨胀阀的调整是一项比较细致的工作，需要耐心的观察和分析，才能做好膨胀阀的调试工作。

6. 热力膨胀阀的安装

热力膨胀阀安装时应将冷凝器或储液器出口管的螺纹接头与膨胀阀进口端对正，然后拧上螺母（不要拧得过紧），再将其出口端与蒸发器进口管的螺纹接头对正，拧上几圈，最后用两把扳手分别夹住热力膨胀阀的进、出口端螺母，均匀用力将其拧紧。

热力膨胀阀安装时应注意如下几点：

(1) 膨胀阀应安装在蒸发器的人口管上，阀体应垂直放置，不宜倾斜安装，更不要颠倒安装。

(2) 感温包应安装在蒸发器出口的一段水平的吸气管上，并应远离压缩机吸气

口 1.5m 以上，其位置应低于热力膨胀阀，且感温包要水平放置，以保证感温工质液体始终在感温包中。

(3) 感温包同蒸发器接触面应除锈干净，安装位置要避免热气流的影响，如果不能避开热气流，其外表面则必须包裹保温材料。

(4) 感温包不应安装在吸气管的积液处，否则，感温包就不能感测到真正的过热度。

(5) 当吸气管径小于 25mm 时，感温包贴在吸气管的顶部；当吸气管径大于 25mm 时，感温包包扎在水平管的下侧 45° 处或者侧面中点处，如图 1-104 所示。感温包无论如何不能贴附在水平吸气管的底部，以防管子底部积油等因素影响感温包的正确感温。

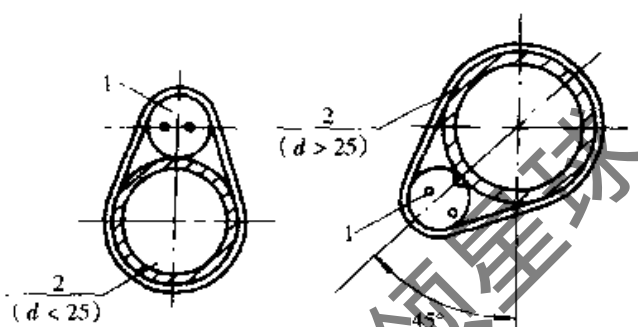


图 1-104 感温包安装图

1—感温包；2—吸气管

(6) 外平衡管应接在感温包安装部位后面 100mm 处，如图 1-105 所示，以免制冷剂在蒸发管内的流动阻力对膨胀阀产生误动作。

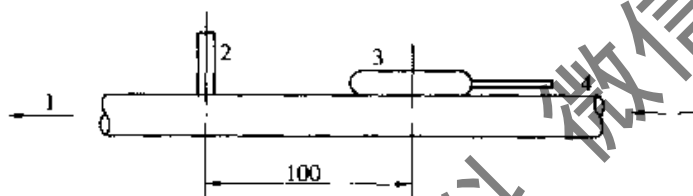


图 1-105 外平衡管接管图

1—吸气管；2—外平衡管；3—感温包；4—蒸发器出口

(7) 吸气管上的外平衡管应由水平管上面引出，不可在吸气管集液弯头下游接平衡管，以免冷冻润滑油带入热力膨胀阀内。

(8) 使用两个或两个以上分液器时，每个分液器必须由单独的热力膨胀阀供液，否则，当液

体和蒸气离开膨胀阀时会造成分液不均。

(二) 热力膨胀阀性能测试

制冷空调装置热力膨胀阀的试验有性能试验、强度试验、气密性试验以及在制造过程中对一些主要零件需进行的试验等。这里只介绍性能试验用的装置和方法。

1. 容量测试

容量测试是为了确定膨胀阀在给定条件下的制冷量。有时用实验方法确定的实际上是制冷剂的流量 G ，由流量 G 可以换算得到制冷量。对于热力膨胀阀，通过容量试验可以确定在给定条件下其制冷量同过热度的关系。

进行容量试验所用的装置随膨胀阀容量的大小而有所不同。对于容量较小的膨胀阀（如制冷量在 12kW 以下），通常是用带电量热器的试验装置。如图 1-106 所示，其优点是不需要流量计，测量精度高，缺点是要消耗较多的电能。这种试验装置的主体部分是一个单级制冷机系统，蒸发器装在电量热器的上部，用电量热器中的二次制冷剂来提供热量（使蒸发器中的制冷剂蒸发），因而可用供给二次制冷剂

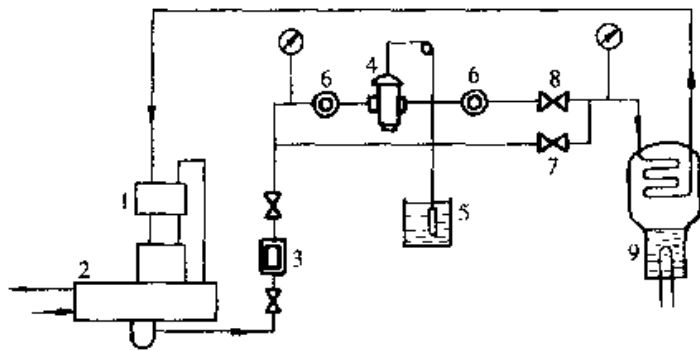


图 1-106 小容量膨胀阀试验装置

1—制冷压缩机；2—冷凝器；3—油浓度测定容器；4—热力膨胀阀；5—超级恒温浴；6—观察玻璃；7—手动节流阀；8—调节阀；9—电加热器

算调定工况下热力膨胀阀的制冷量。

对于容量较大（如制冷量在 12kW 以上）的膨胀阀，宜采用气液分别循环的试验装置，其试验系统如图 1-107 所示。在该系统中，热力膨胀阀流出的气液混合物先经气液分离器分离，然后气体被压缩机吸去经压缩、冷凝后进入储液器，而液体用泵直接送入储液器中。气液分离器中的液面用液面控制器 7 和电磁阀 9 来保持。在此装置中，膨胀阀的压力用改变冷凝温度的方法来调节，膨胀后的压力用调节阀 10 来调节，制冷剂的流量用流量计 4 来测量。此装置的优点是用小容量的压缩机试验大容量的膨胀阀。

2. 热力膨胀阀关闭过热度测试

关闭过热度是热力膨胀阀的性能指标之一。试验时通常只检验最大关闭过热度和最小关闭过热度；检验最大关闭过热度时将调整弹簧上紧，而校验最小关闭过热度时将调整弹簧放松。

热力膨胀阀的空气试验台如图 1-108 所示，热力膨胀阀安装在试验管路上，其感温包浸在恒温浴中。恒温浴中盛有冰水，其温度保持为 0°C ，温度偏差不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ （也可在恒温浴中盛溶液冰，以保持所需要的低温）。调节减压阀可以保持膨胀阀前的压力为需要的数值（相当于冷凝压力），可由压力表 p_1 读得。试验时先打开调节阀 6，使得 p_2 与 p_1 相等；再微开调节阀 7，并慢慢关小调节阀 6，因而压力 p_2 慢慢减小。随着调节阀 6 开度的减小和 p_2 的降低，当 p_2 达到某一数值时膨

的电量来计算制冷量。在此装置中，节流前的压力可通过改变冷却水的温度和流量来调节，蒸发压力可通过供给电加热器的电量来调节，膨胀阀感应系统中的温度（即膨胀阀的过热度）用超级恒温浴来保持，其精度一般应达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。在进行容量试验时，调节阀需全开，手动节流阀需全关。在调定好上述几个参数之后，即可根据加给电加热器的电量来计

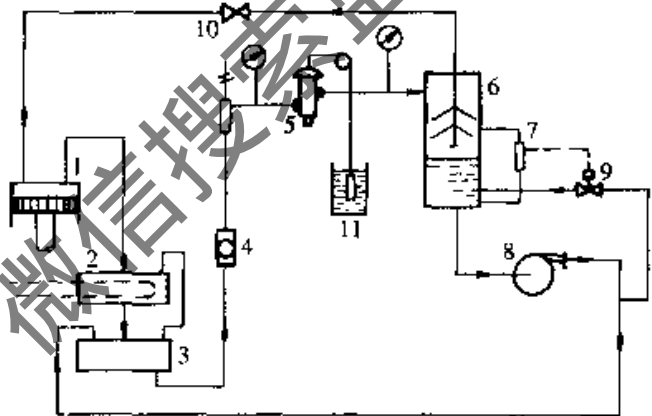


图 1-107 大容量膨胀阀气液分别循环试验装置

1—制冷压缩机；2—冷凝器；3—储液器；4—流量计；5—热力膨胀阀；6—气液分离器；7—液面控制器；8—泵；9—电磁阀；10—调节阀；11—超级恒温浴

胀阀关闭（流量计停止动作），同这一压力相对应的制冷剂的饱和温度与恒温浴温度之差即为热力膨胀阀的关闭过热度。

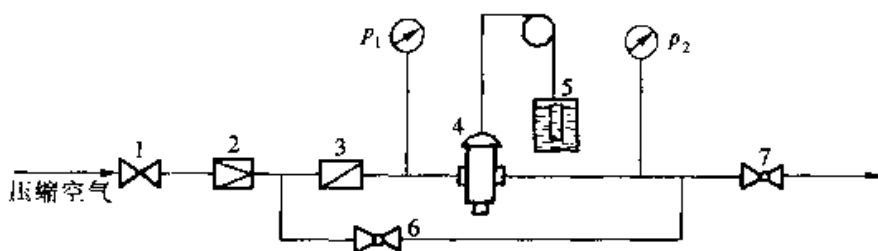


图 1-108 热力膨胀阀的空气试验台

1—截止阀；2—减压阀；3—流量计；4—热力膨胀阀；5—恒温浴；6—调节阀；7—调节阀

用图 1-130 中的试验装置也可确定热力膨胀阀的关闭过热度。试验时先使装置在调节阀和手动节流阀打开的情况下正常工作，慢慢关闭调节阀 8 并由观察玻璃察看制冷剂的流动情况。当调节阀关小到制冷剂停止流动时，说明膨胀阀关闭，此时与压力 p_2 对应的制冷剂的饱和温度同恒温浴温度之差即为膨胀阀的关闭过热度。

二、热电膨胀阀

热电膨胀阀是靠电加热产生的热力来驱动阀杆动作的，这种阀是由传感元件和调节阀组成的，如图 1-109 所示。调节阀的主要部分是电热式阀头、针阀和阀座，阀座中有电加热器和双金属片，电加热器对金属片加热，使双金属片产生弯曲变形，带动针阀动作。调节阀的开度取决于加给阀加热器上的电压，电压升高，阀开大，流量增加；反之，阀关小，流量减小。

当用 24V 的交流电或直流电供电、加热器功率为 4.1W 时，阀就处在全开状态。阀的工作与制冷剂的温度、压力无关，它只对加热器上的电压作出反应，将它用在空调装置上可以实现蒸发器 0°C 过热度控制，即制冷剂在蒸发器出口处于饱和蒸气状态，保证了蒸发面积得到充分利用。

热电膨胀阀 0°C 过热度控制原理如图 1-110 所示。将一只负温度系数的热敏电阻串接在阀加热器的电路中，电路中的电流与热敏电阻阻值有关，而热敏电阻阻值又与热敏电阻所处的制冷剂状态有关。当蒸发器出口为过热蒸气时，将热敏电阻暴露在制冷剂中，由于加热作用，使热敏电阻温度升高，电阻值下降，电路中电流增大，阀加热器上的电压升高将阀开大，使制冷剂流量增加。制冷剂液滴或湿蒸气接触到热敏电阻，使之冷却，热敏电阻阻值升高，阀

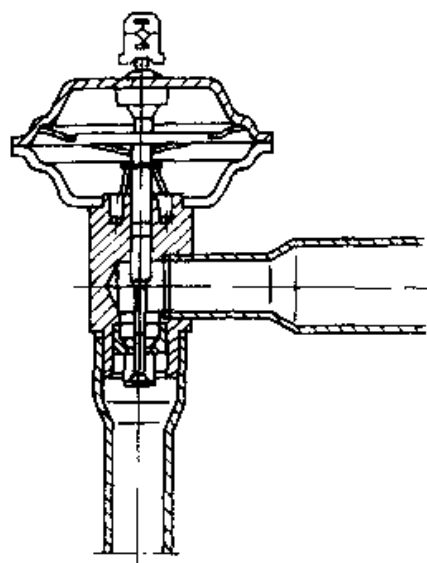


图 1-109 热电膨胀阀结构

又开始关小。最终结果是将阀稳定在蒸发器出口为饱和蒸气状态所对应的开度上。

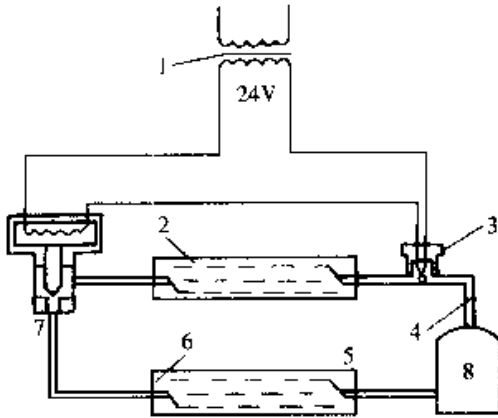


图 1-110 热电膨胀阀 0°C 过热度控制原理
1—变压器；2—蒸发器；3—热敏电阻；4—吸
气管；5—排气管；6—冷凝器；7—热电膨胀
阀；8—压缩机

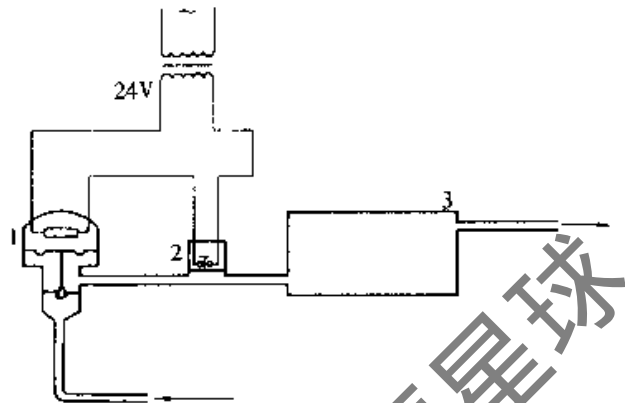


图 1-111 热电膨胀阀用于恒压控制的原理图
1—热电膨胀阀；2—压力开关；3—蒸发器

图 1-111 所示为热电膨胀阀用于恒压控制的原理图。一慢速动作的压力开关装在蒸发器供液管上（也可装在回气管上），当蒸发器内的压力低于调定值时，电路被接通，向膨胀阀的感应系统中供电，膨胀阀开大。如果供入的制冷剂量过多，使蒸发压力高于调定值，压力开关将电路断开，停止向感应系统供电，膨胀阀逐渐关小，这样便可保持蒸发压力大致恒定。

三、电子膨胀阀

电子膨胀阀是以微型计算机实现制冷系统制冷剂变流量控制，而使制冷空调装置处于最佳运行状态而开发的新型制冷系统控制器件。特别是在与制冷空调装置的微型计算机控制结合在一起，微型计算机根据给定温度值与室温差值进行比例和积分运算，以控制阀的开度，直接改变蒸发器中冷媒的流量，从而改变其状态，压缩机的转数与膨胀阀的开度相适应，使压缩机输送量与通过阀的供液量相适应，而使蒸发器能力得以最大限度发挥，实现高效制冷系统的最佳控制，使过去难以实施的空调制冷系统有可能得以实现。因而，在变频空调、模糊控制空调和多路系统空调等系统中，电子膨胀阀作为根据不同工况控制系统制冷剂流量的调节器件，均得到日益广泛的应用。

常规的热力膨胀阀应用在制冷系统中往往存在以下问题：

- (1) 由于流量调节对过热度的响应滞后，因而使制冷装置在启动和负荷突变时，被调参数发生周期性振荡。
- (2) 在低的蒸发温度下，过热度增大，蒸发温度不稳定，制冷系统效率下降。
- (3) 制冷剂流量调节范围小。
- (4) 允许负荷变动小，不适用于能量调节系统。
- (5) 蒸发器出口过热度偏差较大。

电子膨胀阀采用蒸发器出口的温度或压力信号，经过控制器，实现多功能的流量控制和调节。其制冷剂流量调节范围大，蒸发器出口过热度偏差小，允许系统负荷波动范围大。而且还可以通过指定的调节程序，扩展电子膨胀阀的很多控制功能。

电子膨胀阀采用电机直接驱动轴，以改变阀的开度，其组成如图 1-112 所示。该阀接受由微型计算机传来的运转信号进行动作，根据运转信号，驱动部的转子回转，以螺旋将其回转运动转换为轴的直线运动，以轴端头的针阀调整节流孔的开口度。

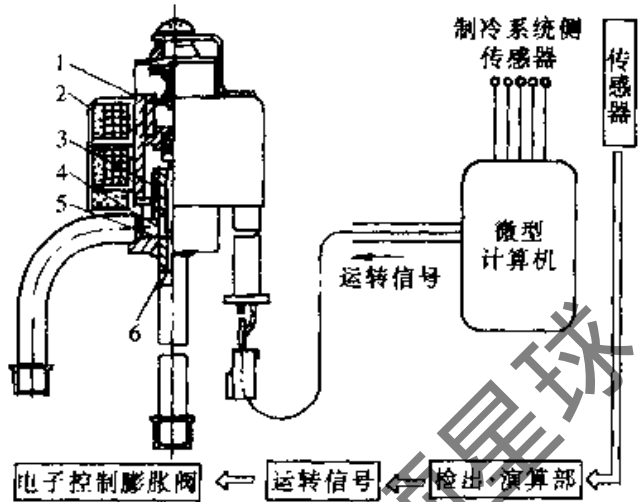


图 1-112 电子膨胀阀的组成

1—电机转子；2—电机定子；3—螺旋部；4—轴；5—针阀；6—节流孔

电子膨胀阀是由检测、控制和执行三部分构成的。按驱动方式分，有电磁式和电动式两类，而电动式又分直动型和减速型。

电磁式膨胀阀结构如图 1-113 (a) 所示，电磁线圈通电前，针阀处在全开位置；通电后，由于电磁力的作用，由磁性材料制成的柱塞被吸引上升，与柱塞连成一体的针阀开度变小。针阀的位置取决于施加在线圈上的控制电压（线圈电流），因此可以通过改变控制电压来调节膨胀阀的流量，其流量特性如图 1-113 (b) 所示。

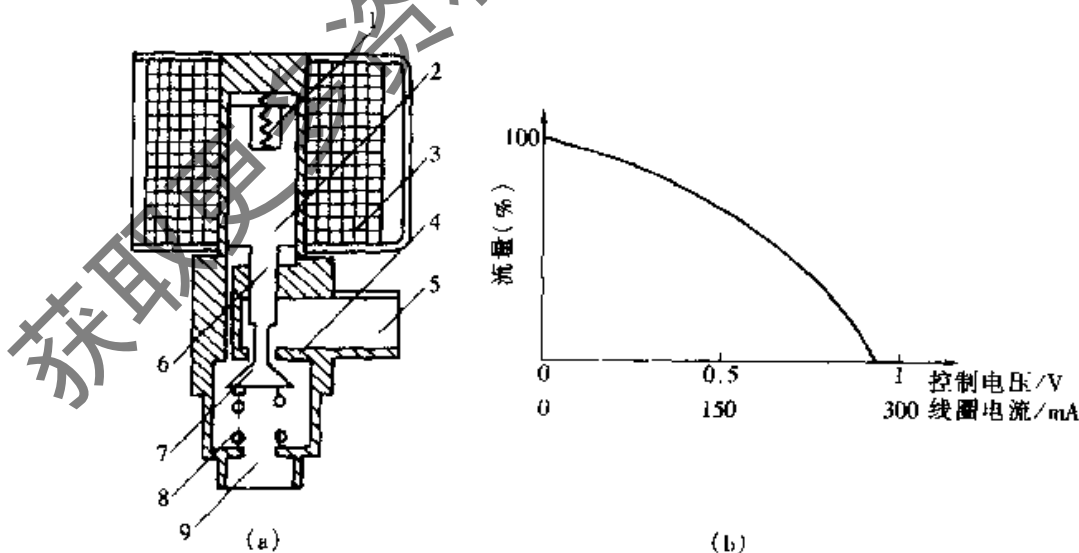


图 1-113 电磁式膨胀阀

(a) 结构图；(b) 流量特性

1—柱塞弹簧；2—柱塞；3—线圈；4—阀座；5—入口；6—阀杆；7—阀针；8—弹簧；9—出口

电动式膨胀阀用电机驱动，电机直接带动阀针作上下移动的为直动型，其结构和流量特性如图 1-114 所示。

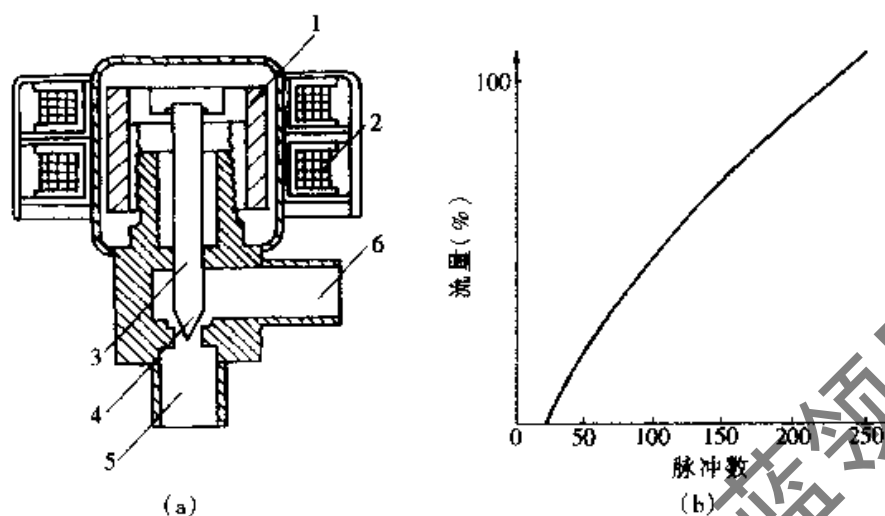


图 1-114 电动式直动型膨胀阀

(a) 结构图；(b) 流量特性

1—转子；2—线圈；3—阀杆；4—针阀；5—入口；6—出口

直动型膨胀阀电机转子的转动，主要是依靠电磁线圈间产生的磁力进行的，转矩是由导向螺纹转换成阀针作直线移动的，从而改变阀口的流通面积。转子的旋转角度及阀针的位移量与输入脉冲数成正比。

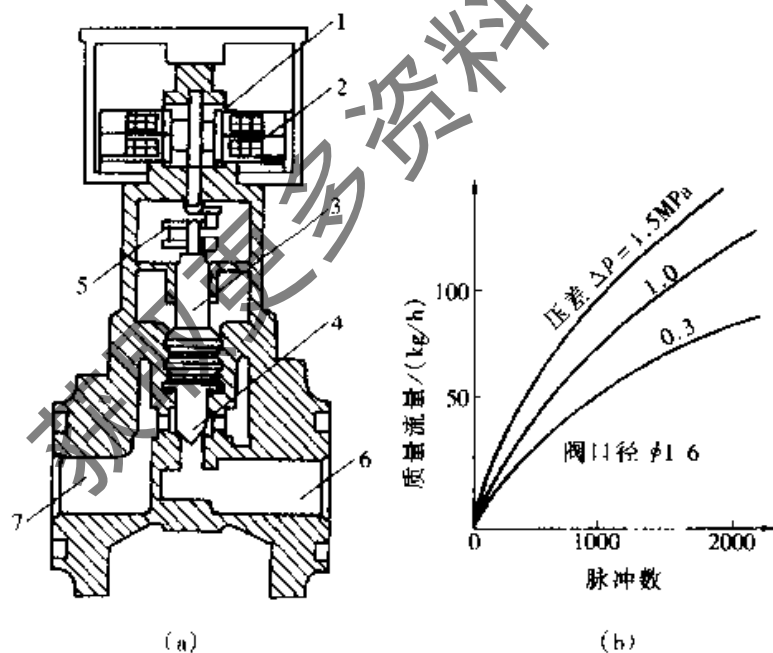


图 1-115 电动式减速型膨胀阀

(a) 结构图；(b) 流量特性

1—转子；2—线圈；3—阀杆；4—针阀；5—减速齿轮；6—入口；7—出口

7—出口

电动式膨胀阀的另一种形式是减速型，其结构和流量特性如图 1-115 所示。减速型膨胀阀的工作原理是：电机通电后，高速旋转的转子通过齿轮组减速，再带动阀针作直线移动。由于齿轮的减速作用大大增加了输出转矩，使得较小的电磁力可以获得足够大的输出力矩，所以减速型膨胀阀的容量范围大。减速型膨胀阀的另一特点是电机组合部分与阀体部分可以分离，这样，只要更换不同口径的阀体，就可以改变阀的容量。

电子膨胀阀的控制原理

如图 1-116 所示, 四相脉冲电机的接线图如图 1-117 所示。电机转子采用永久磁铁, 由转子感应的磁极与定子绕组感应的磁极之间产生磁力的吸引或排斥作用, 使转子旋转。脉冲电机由微电脑控制, 微电脑发出控制指令, 在电机定子绕组上施加脉冲电压, 驱动转子动作, 指令信号序列反向时, 电机转动反向, 所以, 脉冲信号可以控制电机正、反转, 使调节阀杆上、下移动, 改变阀针开度, 实现流量调节。

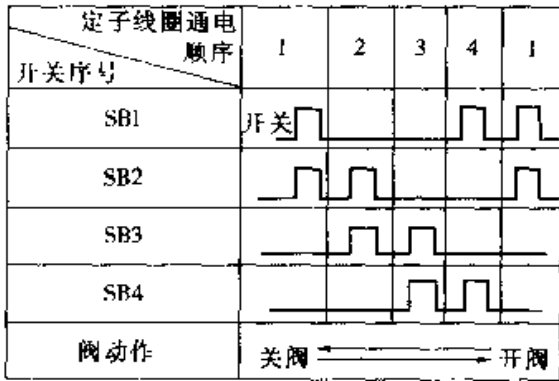


图 1-116 电子膨胀阀的控制原理

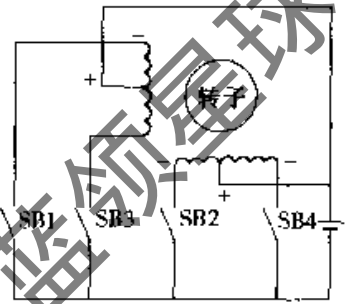


图 1-117 四相脉冲电机的接线图

图 1-118 所示为电子膨胀阀在制冷空调系统中的应用。微处理器输入的信号有蒸发器的出口温度和出口压力及压缩机的排气压力, 蒸发器出口温度、压力决定了蒸发器的过热度, 该过热度送入控制器中, 与设定值相比, 经 PID 调节后输出信号使电机正转或反转, 从而实现对制冷系统中工质流量的精密控制, 排气压力信号用于控制电子膨胀阀开度以防止高压超过规定范围, 并能保持机组连续运转。

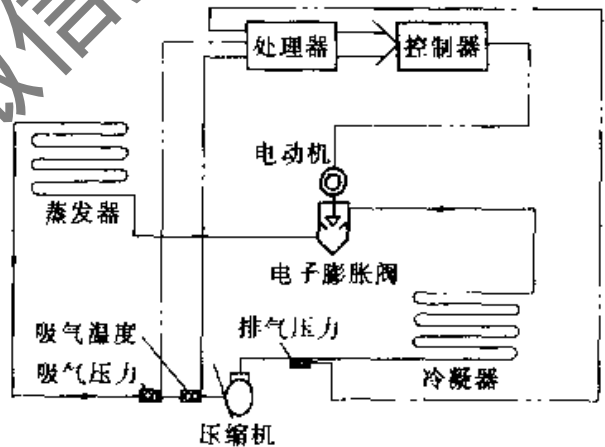


图 1-118 电子膨胀阀在制冷空调系统中的应用

如图 1-119 所示, 多室型空调装置 (一机多拖) 运转控制系统是应用电子膨胀阀使能力有差异的室内机作为多室型机使用时, 不产生制冷剂流量的失衡, 以适当的过冷度使得系统保持高效运转。

制冷空调装置同时使用变频压缩机及电子膨胀阀时, 因变频压缩机的运转受到主计算机指令的控制, 电子膨胀阀的开度也随之受该指令的控制。一般而言, 阀开度与变频的频率成一定的比例, 但由于制冷系统的蒸发器和冷凝器的传热面积已定, 这就使阀的开度不应完全与频率成固定的比例。试验表明, 在不同的频率下存在一个能效比最佳的流量, 因而在膨胀阀开度的控制指令中, 应包含压缩机频率和蒸发温度诸因素。表 1-9 中列出了热力膨胀阀及电子膨胀阀的特点。

表 1-9

热力膨胀阀与电子膨胀阀的比较

项 目	热 力 膨 胀 阀	电 子 膨 胀 阀
制冷剂与阀的选择因素	由感温包充注决定	不限
制冷剂流量调节范围	较大	大
流量调节机构	阀开度	阀开度
流量反馈控制的信号	蒸发器出口过热度	蒸发器出口过热度
调节对象	蒸发器	蒸发器
蒸发器过热度控制偏差	较小, 但蒸发温度低时大	很小
流量调节特性补偿	困难	可以
过热度调节的过渡过程特性	较好	优
允许负荷变动	较大, 但不适合于能量可调节的系统	很大, 也适合于能量可调节的系统
流量前馈调节	困难	可以
价格	较高	高

四、毛细管

制冷空调装置中常用毛细管作为节流机构, 成为蒸发器供液的控制元件。毛细管是一根管内径为0.5~2mm、长度为0.5m以上的等截面纯铜管。毛细管的长度和内径视制冷空调装置的制冷量大小而定, 要使毛细管的阻力能满足从冷凝器来的高压液体制冷剂流经毛细管时, 不断克服阻力而自身压力不断下降, 到毛细管出口处其压力与蒸发压力相等, 并使通过毛细管的制冷剂流量与制冷空调装置制冷量相匹配的要求。

当液体制冷剂进入毛细管并在其中流动时, 制冷剂的摩擦和加速度会产生压降, 并有一部分液体会闪蒸成蒸气, 因此, 毛细管内流动存在两相流问题。

进入毛细管的制冷剂, 一般都是冷凝压力下的过冷液体。在毛细管流过一段路程之后, 由于压力的降低, 液体蒸发变成气体, 随着蒸发气体数量的增加, 使管

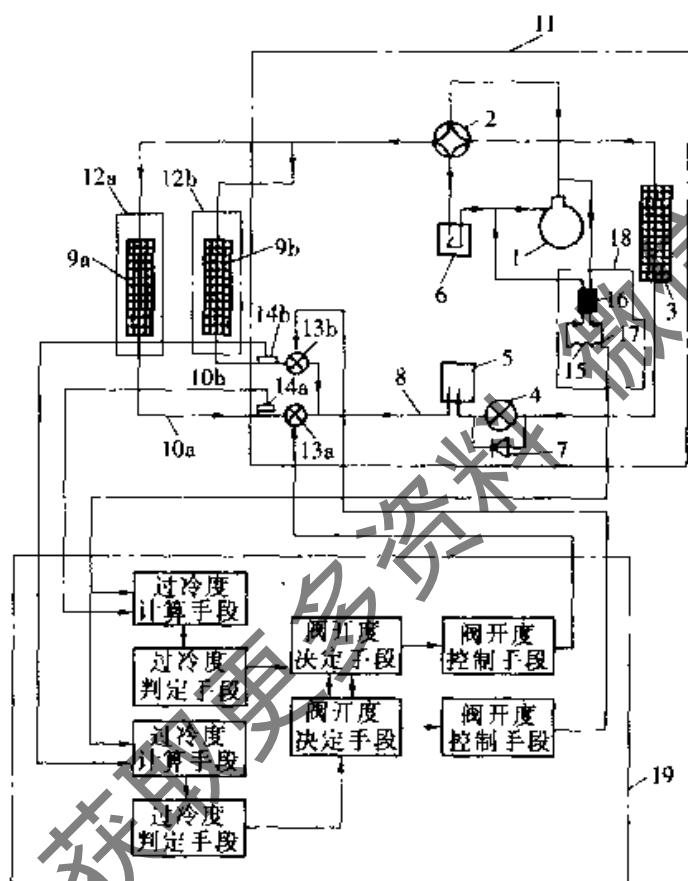


图 1-119 多室型空调器（一机多拖）运转控制系统
 1-压缩机；2-四通阀；3-室外热交换器；4-膨胀阀；5-储液器；6-储液器；7-止回阀；8-室外机制冷回路；9a、9b-室内换热器；10a、10b-室内机制冷回路；11-室外机；12a、12b-室内机；13a、13b-电子膨胀阀；14a、14b-温度检测传感器；15-制冷剂旁通毛细管；16-热交换器；17-冷凝温度检测传感器；18-冷凝温度检测装置；19-电子膨胀阀控制装置

内流速逐渐增大，这时制冷剂的温度也迅速降低。当气体在毛细管内的流速达到音速以后，流量就不能再增大，这时的流动称为阻塞运动。在气体流动过程中，尚有制冷剂液体跟随着一起流动，而气体和液体的流量之和等于制冷循环中制冷剂流量，因而能使制冷空调装置维持在要求的蒸发压力和冷凝压力的范围内稳定工作。

(1) 制冷量在 10kW 以下的制冷空调系统大多采用毛细管作为膨胀节流机构，主要有以下几个优点：

1) 成本低。毛细管结构简单，金属材料消耗少，安装方便，降低制冷空调装置成本，工作性能可靠。

2) 降低压缩机的启动力矩。在运转中，蒸发器中压力低，冷凝器中压力高。当停止运转后，毛细管一直连通着，制冷剂仍不断地从冷凝器流向蒸发器，直到蒸发器的压力和冷凝器的压力相平衡为止。当再次启动时，压缩机处在吸气压力和排气压力相等的条件下，所需要的启动力矩小，启动比较容易。

3) 实际应用中，常将毛细管敷贴在压缩机的吸气管表面上，或插在其中，这可对制冷系统起过冷作用，有利于提高毛细管流通能力，提高制冷空调装置的制冷量。

(2) 毛细管作为节流机构也存在一些缺点：

1) 不能调节制冷剂流量。由于毛细管是一根直径很细的连通管，因此，流过毛细管的流量无法调节，即制冷量不能调节。当制冷空调装置工作时，负荷的变化，其制冷量是会比额定工况增加或减少的。在这种情况下，由于不能很好匹配，将使制冷装置运行效率降低。

2) 增加功耗。由于启动过程是在蒸发器压力和冷凝压力相等的条件下进行，在开始启动时，蒸发器的工作温度等于平衡压力所对应的饱和温度，当启动后，依靠压缩机将蒸发器中的制冷剂转移到冷凝器，蒸发压力及蒸发温度逐渐降低，冷凝压力及冷凝温度逐渐升高，一直到蒸发器达到规定的蒸发温度，才能吸取被冷却物的热量，在这一过程中消耗了能量而没有使被冷却物体温度降低。

3) 毛细管通道截面在运转中不能调节，停机后不能关闭，因此，在制冷系统中不必使用储液器，充入的制冷量要严格控制，即使在全部制冷剂液体流入蒸发器的情况下也不会引起压缩机液击。也正是由于系统的充液量少，在高低压差较大的情况下难免有少量制冷剂蒸气未曾冷凝即流入蒸发器中，将导致制冷系数的降低。

(一) 毛细管的降压机理和内部特性

毛细管工作的机理是高压流体进入毛细管后，由于流道截面突然缩小，流体的流速大大增加，流体与管壁，流体与流体之间产生剧烈摩擦，导致压力不断降低。图 1-120 所示为毛细管节流降压的管路模型，流体在节流段有四段发生了流动状态的改变。

(1) 突然收缩段 I，即从冷凝管 a 截面到毛细管入口端 b 截面，其产生的压降记作 P_{L1} 。

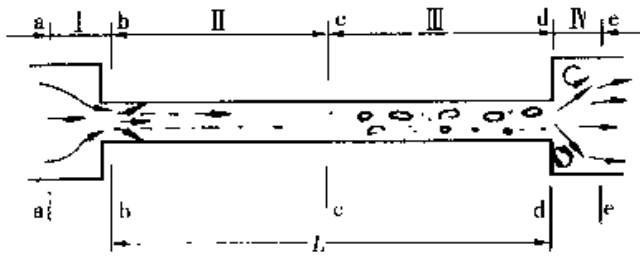


图 1-120 毛细管节流降压的管路模型

此段压降只是单相液体流动产生的压降,记作 p_{12} 。

(3) 二相流降温降压段Ⅲ,即从 c 截面至 d 截面,即毛细管的末端。这一段是因为流体流动时,因摩擦流体压力降低,压力降低时就引起管内液体沸腾蒸发,由于毛细管看作是绝热的,所以流体蒸发的热量是由流体降温来补充,导致液体温度跟随着降低;另一方面由于蒸发的气体使同等质量流量的管内流体体积膨胀,必然出现更高的流速,随之又引起单位长度上的更大压降,即压降梯度随管长的增加而加大。但是,当毛细管下游端速度达到声速 a 之后,流体仍然沿管子流动时还会产生压降,制冷剂也还会继续蒸发,流体的密度也在降低,那么要求流速还要增加。根据热力学中喷管流动理论,当喷管内流速达到音速之后,若要增加流速,则喷管的截面积必须逐渐放大,否则流速就不能增加。然而,毛细管的直径是不变化的,因此毛细管出口处的流速不能大于音速,这就是毛细管的“扼流现象”。

虽然毛细管出口端的流速被限定在音速之内,但它可以在低于音速下运行。另外,即使毛细管出口端的流速同样被设定在音速,但毛细管在出口端的干度不一样,其同样管径的毛细管的流量也是不相同的。制冷剂在毛细管出口处的干度则与毛细管的设计、制冷剂的过冷度等因素有关。二相流段的压降用 p_{13} 表示。

(4) 突放段Ⅳ。节流毛细管末端连接到管径较粗的蒸发器进口管上,即图 1-120 中的 d 截面至 e 截面。该段的压力降记作 p_{14} 。

节流毛细管的总压降 p_1 可表示为

$$p_1 = p_{11} + p_{12} + p_{13} + p_{14}$$

图 1-121 所示为制冷剂在毛细管内流动压力与温度特性。对于一根给定内径和长度的毛细管,制冷剂流动分液体流动和气液两相流动两个区域,制冷剂液体从 A 点进入毛细管入口,由于液体流动阻力较小,制冷剂压力 p_A 沿着管长呈平缓的线性下降,到 B 点压力降至为 p_B ,液体制冷剂开始蒸发,在 AB 管段内压力的下降比较缓慢,制冷剂的温度基本保持不变。在 BC 管段内,由于蒸气量的增多,制冷剂在管内的流动呈气液两相流动,使阻力增大,压力的下降较快,越到后面,蒸气含量越多,阻力越来越大,所以从截面 B 以后,压力呈越来越陡的非线性变化,到达出口处 C 点时,压力降低为 p_C ,温度为压力 p_C 对应的饱和温度, C 点到 D 点为制冷剂从毛细管末端进入蒸发器时,其压力、温度仍有下降。

毛细管是一种当制冷系统热负荷变化、流道截面不变的节流元件,对外界因素

(2) 等温降压段Ⅱ,即从 b 截面至 c 截面,在 c 截面处,毛细管内的液体压力和温度正处于饱和状态,c 截面距入口端 b 截面的距离与流体的过冷度及在毛细管内流速、毛细管管径大小及光滑度等因素有关,当过冷度为零度时,c 截面与 b 截面重合,

引起的流量变化具有一定的自补偿能力。假若由于热负荷的变化，引起毛细管进出口的压力差变化，当压力差增大时，会引起制冷剂流量增大，但由于制冷剂在毛细管内的流动阻力也同时增大，造成管内闪发气体量增多，从而抑制了流量过分增大。反之，当压力差减小时，它就具有抑制流量过分减小的能力。这种抑制能力就可在环境温度升高，引起冷凝压力升高，或负荷降低，引起蒸发温度下降的场合，可防止制冷剂流量的过分增加；相反，冷凝压力下降，或者蒸发压力增大时，能防止制冷剂流量过分减小。因此，采用毛细管的制冷装置，由于制冷剂流量几乎不随热负荷变化而变化，所以只能用在负荷变化不大的、蒸发温度大致恒定的场合。

(二) 毛细管与压缩机的流量匹配特性

毛细管用孔径和长度的多种组合可以达到所需的流阻，然而一旦毛细管选定并安装好以后，便不能再适应压缩机的排气压力、吸气压力和负荷的变化。压缩机和毛细管都应满足吸入条件和排出条件，使压缩机从蒸发器吸入的制冷剂流量与毛细管供给蒸发器的流量相等。在这两个设备之间的不平衡流动状态必须是暂时的才行。

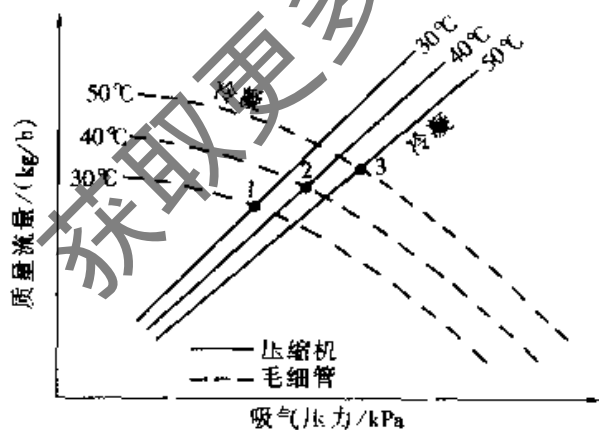


图 1-122 压缩机与毛细管的平衡点

吸气压力并不能完全由压缩机与毛细管任意确定，因为蒸发器的传热关系也须满足。若在压缩机——毛细管的平衡点上不能满足蒸发器的传热要求，就会出现不

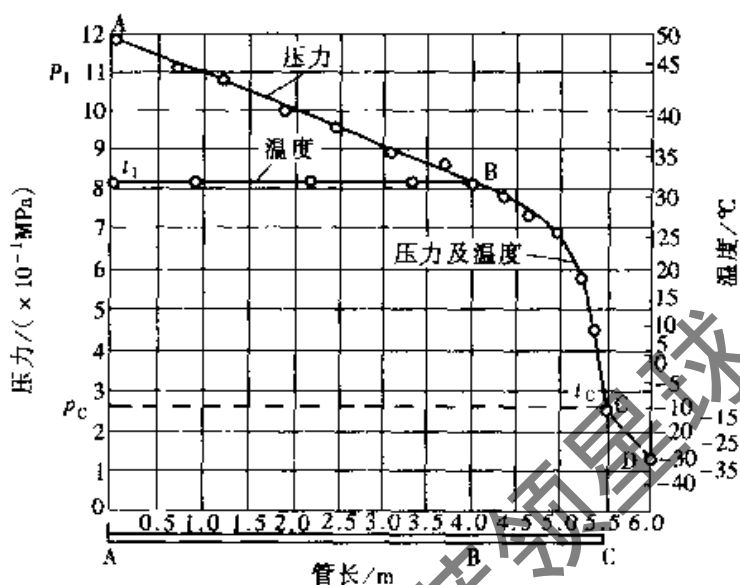


图 1-121 制冷剂在毛细管内流动压力与温度特性

为了对平衡点进行更仔细的研究，毛细管输出的质量流量可与压缩机压送的质量流量画在同一图上，如图 1-122 所示。冷凝压力愈高，毛细管两端的压力差愈大，毛细管供给蒸发器的制冷剂也愈多。在一定的冷凝温度（30℃）下，须找一个吸气压力，使通过压缩机的质量流量与通过毛细管的质量流量相等。这个吸气压力为点 1，也即冷凝温度为 30℃ 下的平衡点，点 2 和点 3 分别为冷凝温度 40℃ 和 50℃ 下的平衡点。

平衡状态，导致蒸发器进液不足或进液过量。

当吸气压力升高，而毛细管不能供给足够的制冷剂去充分冷却蒸发器表面时，

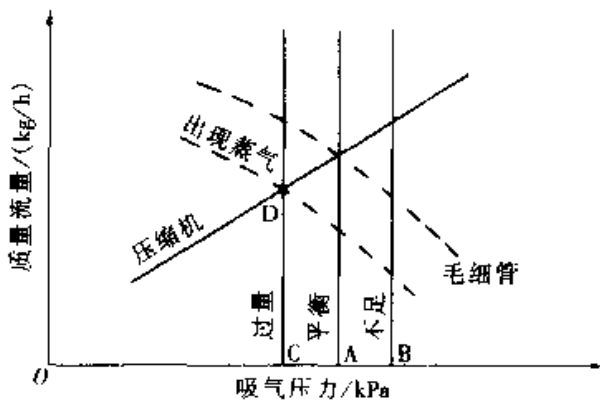


图 1-123 由于蒸发器供液不足或过量而引起的不平衡状态（冷凝压力为恒定值）

蒸发器就会出现进液不足，如图 1-123 所示。在吸气压力 A 下，在一定冷凝压力下的压缩机与毛细管之间平衡点，当蒸发器的热负荷很大时，如当被冷却的流体温度很高时，吸气温度与压力就会升高到某一点 B。在吸气压力 B 下，压缩机从蒸发器吸入的制冷剂多于毛细管可能供给的量，蒸发器中的制冷剂很快就会不足。由于蒸发器不能无限的空载，一定会发生某种变化来恢复平衡。在没有储液器的制

冷系统中，液体会聚积在冷凝器内，结果使冷凝面积减小，冷凝压力升高。随着冷凝压力升高，压缩机输气量减小，毛细管的供液量又增加，直至平衡恢复为止。恢复平衡流量的另一种可能是供液不足、蒸发器的放热系数减小，这就使得蒸发器中被冷却的液体与制冷剂之间的温差加大，于是吸气压力又降回到 A 点，恢复平衡状态。

若制冷负荷减小到平衡点的产冷量以下，会出现另一种不平衡状态。当制冷负荷下降时，吸气温度和压力将下降到某一点 C。在 C 点的吸气压力下毛细管向蒸发器供给的制冷剂多于压缩机的吸气量，因此蒸发器会充满液体。从蒸发器溢出的液体进入压缩机会造成液击事故。严格掌握充入系统的制冷剂量可防止压缩机液击现象。当有一些气体进入毛细管时，因蒸气比体积大，毛细管输出的量就自动减小而恢复流动平衡，新的平衡点是图 1-123 中的 D 点。

（三）毛细管的选配

毛细管的选配在于根据设计工况（冷凝压力、蒸发压力）和质量流量来选择毛细管的管径 d 和管长 L 。管径 d 可以参考已有的设备使用的毛细管的入口流速来初步选定。当毛细管管径选定之后，其任务就是根据压力降计算毛细管的长度。目前常采用的方法有算法、图解法和同类型产品比较法。

1. 算法

根据压缩机的吸入蒸气量 V_0 （亦即压缩机实际排气量 V_e 值）和测定毛细管氮气流量来确定毛细管尺寸。

该方法的首要条件是先确定某一制冷工况下的压缩机吸入蒸气量 V_0 ，求出氮气流量，选某一内径 d 尺寸的毛细管后，再进行长度 L 计算。

$$V_{\text{氮}} = 95 V_0^{1.13} \frac{p_0^{0.9}}{p_k}$$

- 式中 V_{st} ——所测定的氮气流量, L/min;
 V_0 ——压缩机吸入蒸气量 (即压缩机实际排气量 V_s 值), m^3/h ;
 p_0 ——蒸发压力 (绝对), MPa;
 p_k ——冷凝压力 (绝对), MPa。

$$V_{st} = 2.5 \sqrt{p_e^2 - 1} L^{-0.5} d^{2.5}$$

- 式中 p_e ——测氮气流量时的入口压力, MPa;
 L ——毛细管长度, m;
 d ——毛细管内径, mm。

$$G = 5400 \Delta p d^{2.5} L^{-0.5}$$

- 式中 G ——制冷剂循环量, kg/h;
 Δp ——毛细管进出口间压差, $\Delta p \approx p_k - p_0$, kg/cm^2 ;
 L ——毛细管长度, cm;
 d ——毛细管内径, cm。

2. 图解法

即在稳定工况下, 对某种制冷剂按试验数据作出曲线图。实际应用时, 根据已知条件, 通过曲线图近似选择适用的毛细管。

图 1-124 所示为在一定工况下, 由试验而得到的 R12、R22 毛细管初步选择曲线图。如果已知制冷剂种类、制冷量 Q_0 、压缩机输气量 G_a 等条件, 从图中就可以很方便地确定适用的毛细管长度 L 和内径 d 。如 R12 制冷装置, 当 $Q_0 = 233kW$ (200kcal/h)、 $G_a = 7kg/h$ 时, 即可在图中找到 A、B、C 三个点, 得到三种长度和内径的毛细管, 其长度和内径分别为 0.86m、1.9m、3.35m 及 0.7mm、0.8mm、0.9mm。可以看出, 三种规格中, 毛细管管径愈小, 其长度愈短; 反之,

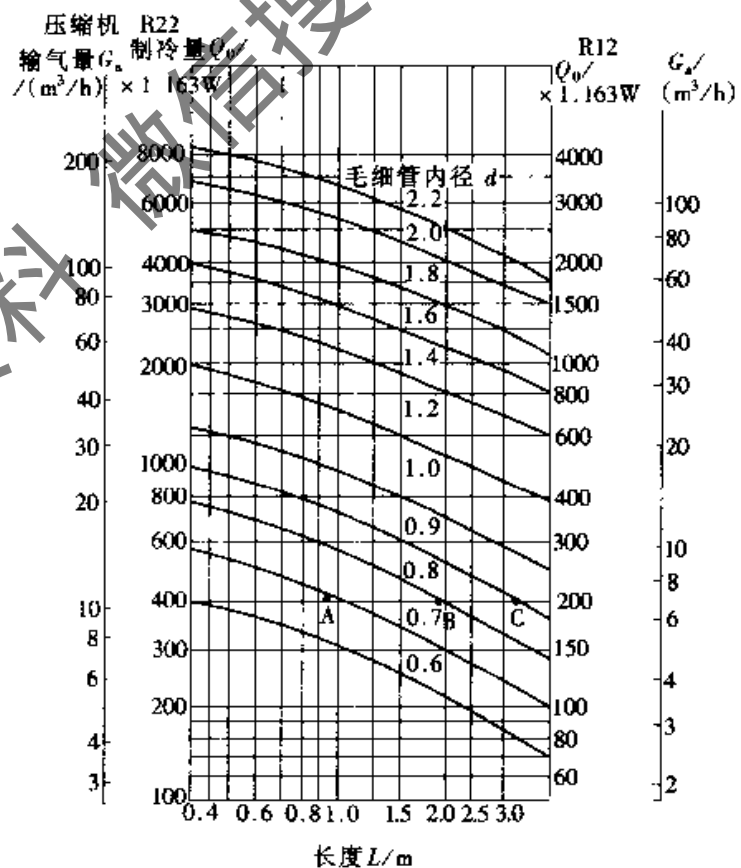


图 1-124 当 $t_1 = 46.1^\circ C$ (进口温度) 及 $p_0 \leq p_{cr}$ (临界压力) 时, 毛细管初步选择曲线图

对 R12: $t_k = 51.5^\circ C$, $p_k = 1.25MPa$ (绝对), $q_0 = 119.1kJ/kg$
 对 R22: $t_k = 54.5^\circ C$, $p_k = 2.10MPa$ (绝对), $q_0 = 157.6kJ/kg$

则愈长。实际应用时，可按装置的具体结构特点和要求，从三种规格中选取一种。

3. 同类产品比较法

即参考比较成熟的同类产品进行类比而选择所需的毛细管，根据制冷原理，在一定工况下， $Q_0 = Gq_0$ ，对两台制冷机和工况相同而制冷量不同的制冷装置，则有

$$\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \approx \frac{G_1}{G_2} \approx \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{\varphi}$$

或

$$f_2 = \frac{Q_{02}}{Q_{01}} f_1 = \frac{G_2}{G_1} f_1$$

式中 Q_{01} 、 G_1 、 f_1 及 Q_{02} 、 G_2 、 f_2 分别为已知制冷装置和需选择毛细管的制冷装置的制冷量、制冷剂流量、毛细管截面积。

$$\varphi = \frac{f_2}{f_1} \approx \frac{Q_{02}}{Q_{01}} \approx \frac{G_2}{G_1}$$

式中 φ ——比例系数。

在已知 Q_{01} 、 G_1 、 f_1 及 Q_{02} 、 G_2 的条件下，即可按上两式选择所需的毛细管截面积 f_2 。如已知某空调装置的制冷量 $Q_{01} = 3500\text{W}$ ，毛细管规格为 $\phi 3.2 \times 0.8 \times 500 \times 2$ （即外径 3.2mm、壁厚 0.8mm、长度 500mm、两根并联），所设计的另一台空调装置制冷量 $Q_{02} = 14000\text{W}$ ，则 $\varphi = \frac{Q_{02}}{Q_{01}} = 4$ 。因此，毛细管可近似取 $f_2 = 4f_1$ ，即 f_2 近似取 $\phi 3.2 \times 0.8 \times 500 \times 8$ ，亦即 8 根相同规格的毛细管并联。

另外，在给定 Q_{01} 、 Q_{02} 及 f_1 的条件下，还可通过测定流量来选择 f_2 ，就是在相同的条件下，先测定 f_1 的流量 G_1 ，再按 $\varphi = \frac{Q_{02}}{Q_{01}}$ 的比值，测定初选的毛细管 f_2 的流量，并使 $G_2 \approx \varphi G_1$ ，进而得到所选择的毛细管。

采用上述方法选定的毛细管，往往仍要经过制冷装置的实际检验和修正，才能做到所选毛细管合理。

（四）毛细管的使用与安装

1. 毛细管的使用

毛细管除在家用电冰箱中用单根外，在一般中小型空调装置中多为几根并联使用，因此必须采用良好的分液器，以保证制冷剂流量均匀分配。通常液体制冷剂是自上而下流入分液器和毛细管，为防止细而长的毛细管通道被脏物堵塞，则应在毛细管前设置过滤器，同时制冷剂本身含水量应降至最低限度。装置选用的毛细管都是按一定工况选择的，为使蒸发器得到准确的供液，则应使装置在预定工况范围之内运转。在制冷循环系统内，为避免油污粘附于毛细管壁面，以致毛细管堵塞，则应重视冷冻润滑油的选择。在制冷装置中，细长的毛细管通常卷成螺旋形状，其卷曲直径要均匀，安装位置要恰当，以防止轧扁、折断。此外，为避免毛细管出口端喷流引起噪声，在毛细管外应采用异丁橡胶等材料包扎，以起隔声防震的作用。

2. 毛细管的安装

毛细管在安装时其一端与冷凝器相连，另一端与蒸发器相连。毛细管进出口在焊入管路前，须将端部锉削呈 45° 斜口，以防切口部凹陷。毛细管可用穿入回气管或焊贴在回气管上进行过冷，并在回气管上盘绕几圈。当采用多根毛细管并联时，入口端要对齐平整，切勿错开，否则将使分液不均匀。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

制冷空调装置类型与结构

第一节 电冰箱的类型与结构

按照制冷原理区分，电冰箱有蒸气压缩式、吸收—扩散式、半导体制冷式等几种类型，其中蒸气压缩式制冷电冰箱应用最为广泛。

一、蒸气压缩式制冷电冰箱

图 2-1 所示为蒸气压缩式电冰箱制冷系统原理图。它由压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发器等部件组成。其动力来自压缩机，节流降压采用毛细管，过滤脏物和干燥水分依靠干燥过滤器，热交换器为冷凝器和蒸发器。图 2-1 所示为单级压缩制冷循环，制冷压缩机吸入来自蒸发器的低温低压的制冷剂气体，经过压缩后成为高温高压的过热蒸气，排入冷凝器中，向周围的空气散热成为高压过冷液体，高压过冷液体经干燥过滤器流入毛细管节流降压，成为低温低压湿蒸气状态，进入蒸发器中汽化，吸收周围被冷却物品的热量，使温度降低到所需值。汽化后的制冷剂气体又被压缩机吸入，至此，完成一个制冷循环。压缩制冷循环周而复始地进行，保证了制冷过程的连续性。

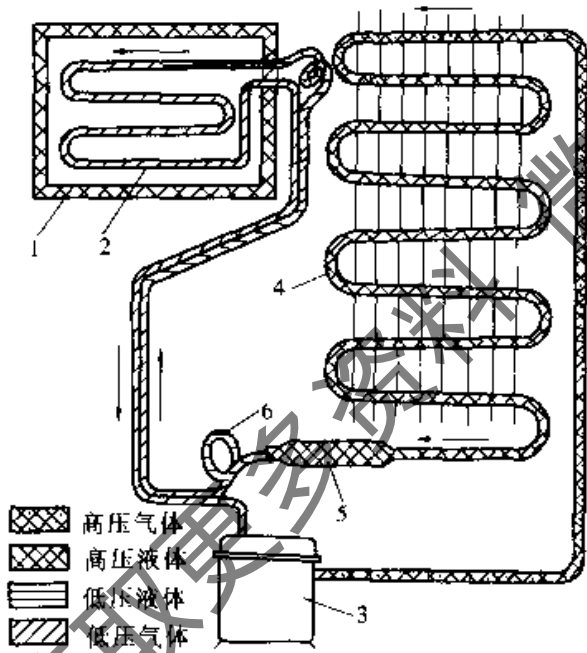


图 2-1 蒸气压缩式电冰箱制冷系统

1—回热器；2—蒸发器；3—压缩机；4—冷凝器；
5—干燥过滤器；6—毛细管

压缩机吸入来自蒸发器的低温低压的制冷剂气体，经过压缩后成为高温高压的过热蒸气，排入冷凝器中，向周围的空气散热成为高压过冷液体，高压过冷液体经干燥过滤器流入毛细管节流降压，成为低温低压湿蒸气状态，进入蒸发器中汽化，吸收周围被冷却物品的热量，使温度降低到所需值。汽化后的制冷剂气体又被压缩机吸入，至此，完成一个制冷循环。压缩制冷循环周而复始地进行，保证了制冷过程的连续性。

实用电冰箱常将毛细管和低压回气管缠绕在一起，构成一个比较理想的热交换器（回热器），使得流过毛细管的制冷剂液体进一步降温，以提高制冷效果和改善压缩机的运行状态。

制冷剂在系统内循环的过程中，周而复始地进行着以下三种变化：

- (1) 状态的变化。在蒸发器中由液态变为气态，在冷凝器内则由气态变回液态。
- (2) 温度的变化。压缩机中制冷剂由低温变为高温，而在冷凝器中则由高温降

为中温。

(3) 压力的变化。在毛细管中制冷剂液体由高压降为低压，而在压缩机内制冷剂蒸气则由低压变为高压。

该系统的制冷循环是通过压缩机对低压制冷剂蒸气进行压缩而实现的，因此称该制冷系统为蒸气压缩式制冷系统。

(一) 蒸气压缩式制冷电冰箱的类型

按照制冷方式分类，蒸气压缩式制冷电冰箱可分为直冷式电冰箱、间冷式电冰箱和直间并用式电冰箱。

1. 直冷式电冰箱

又称有霜电冰箱，因蒸发器直接吸收食品热量进行冷却降温而得名。它是依靠冷热空气的密度不同，使空气在箱内形成自然对流而冷却降温的。

直冷式电冰箱的特点是结构简单、冻结速度快、耗电少，但冷藏室降温慢，箱内温度不均匀，冷冻室蒸发器易结霜，除霜较麻烦。

单门电冰箱一般都是直冷式的。图 2-2、图 2-3 所示分别为单门直冷式电冰箱结构示意图和剖面图。单门直冷式电冰箱只有一个外箱门，箱内的上方是一个装有小门的小型冷冻室，它实际上是蒸发器的内腔，冷冻室的冷度一般为二星级。箱内下方容积较大的空间称为冷藏室，冷藏室内的温度约为 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，其温度分布从上至下逐渐升高。冷藏室的上方装有温度控制器，旋动其调节钮可调节电冰箱内的温度。冷藏室内装有照明灯，它由门开关控制，开门灯亮，关门灯灭。

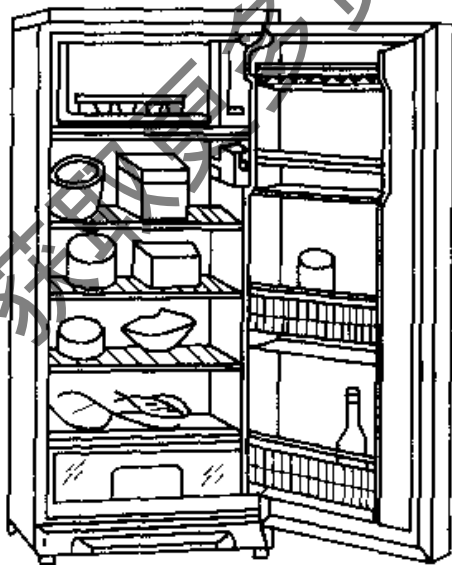


图 2-2 单门直冷式电冰箱
结构示意图

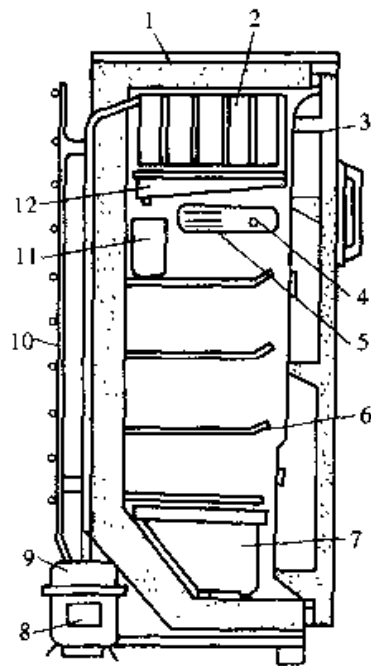


图 2-3 单门直冷式电
冰箱剖面图

1—箱体；2—蒸发器；3—箱门；4—
温控器；5—照明灯；6—搁架；7—
果菜盒；8—启动器；9—压缩机；
10—冷凝器；11—接水杯；12—接水盘

在电冰箱的使用过程中,冷冻室内壁将会结霜,当霜层厚度达5mm左右时便需要除霜,否则将会影响电冰箱的正常制冷。这类电冰箱的除霜多采用半自动方式,即需要除霜时,按下温控器上的除霜按钮,压缩机即停止运转,箱内温度逐渐上升,待冷冻室内结霜化完后,压缩机又自动启动运行,重新进行制冷降温。

双门直冷式电冰箱的冷冻室和冷藏室是隔开的,都有各自的蒸发器。图2-4、图2-5所示分别为双门直冷式电冰箱结构示意图和剖面图。这类电冰箱属于冷藏冷冻箱,其容积一般比单门直冷式电冰箱大,但通常在300L以下。它有上、下两个室,因此分别装有上、下两个箱门。上室为冷冻室(也有的将冷冻室设在下面),它由冷冻室蒸发器构成,冷冻室内温度一般可达 -18°C 以下。下室为冷藏室,其容积一般比冷冻室大,冷藏室的上方装有一个冷藏室蒸发器,它与冷冻室蒸发器相串接。冷藏室内的温度可控制在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、温度分布也是自上而下逐渐升高。由于这种电冰箱分别装有上、下两个箱门,因此在存取食品时,相互间的温度影响较小。

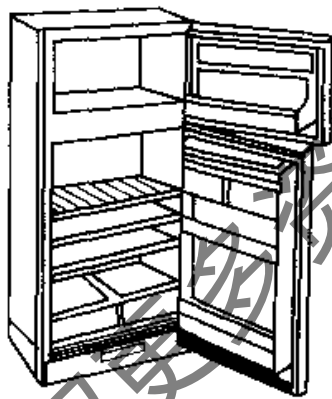


图 2-4 双门直冷式电冰箱结构示意图

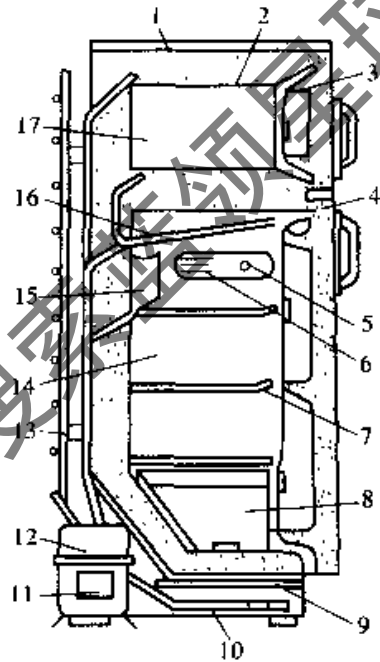


图 2-5 双门直冷式电冰箱剖面图

- 1 箱体; 2—冷冻室蒸发器; 3—冷冻室门; 4—冷藏室门; 5—温控器; 6—照明灯; 7—搁架; 8—果菜盒; 9—存水盘; 10—副冷凝器; 11—启动器; 12—压缩机; 13—冷凝器; 14—冷藏室蒸发器; 15—接水杯; 16—冷藏室蒸发器; 17—冷冻室蒸发器

这种电冰箱的冷凝器、干燥过滤器、压缩机和启动与保护继电器一般安装在电冰箱的背面。但有一类双门直冷式电冰箱的冷凝器是装在箱体两侧夹层内(称为内藏式),既起冷凝作用,又起门口除露作用。

2. 间冷式电冰箱

又称无霜电冰箱。它是依靠箱内风扇强制使空气对流循环与蒸发器进行热交换,实现对储藏食品的间接冷却的。

这类电冰箱与双门直冷式电冰箱的主要区别在于这种电冰箱只有一个蒸发器,称为翅片管式蒸发器。它一般是水平地安装于冷冻室与冷藏室之间夹层的风道内,

如图 2-6 所示；也有垂直地安装在冷冻室后壁风道内的，如图 2-7 所示，间冷式电冰箱箱内水分被空气带到隔层中的蒸发器表面凝聚而结霜，从蒸发器送出的是干燥的冷空气，所以箱内冷冻室和冷藏室内表面上都无霜，即霜只结在隔层中的蒸发器表面上，故称无霜式电冰箱。其除霜方法采用自动除霜或半自动除霜。

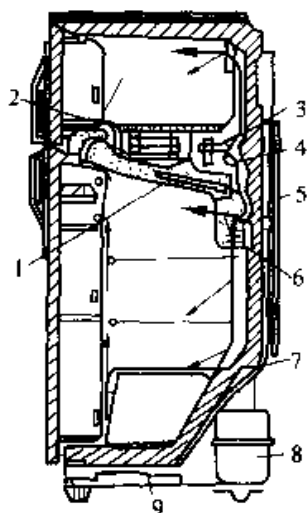


图 2-6 双门间冷式电冰箱
(蒸发器位于冷冻室与冷藏室夹层内)

1—排水管；2—蒸发器；3—风扇电机；
4—风扇；5—冷凝器；6—风门调节器；
7—排水管；8—压缩机；9—蒸发盘

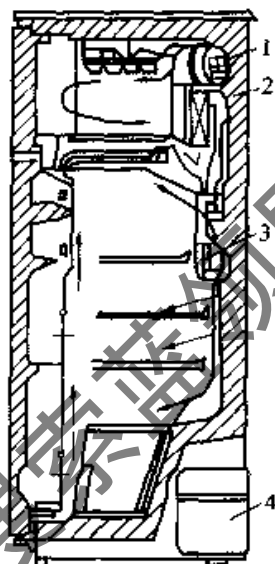


图 2-7 双门间冷式电冰箱
(蒸发器位于冷冻室后壁内)

1—风扇电机；2—蒸发器；
3—风门调节器；4—压缩机

间冷式电冰箱的优点是箱内空间不会结霜，使用方便，冷藏室降温速度快，箱内温度均匀。由于电冰箱内无冰霜，故不会发生滴水现象，不污染食品。另外除霜时，食品温升小，保鲜性能好。其缺点是耗电量较大，价格也较高。

3. 直冷、间冷并用式电冰箱

又称混合式电冰箱，它既装有间冷式主蒸发器，又装有直冷式蒸发器，如图 2-8 所示。这种电冰箱具有直冷式和间冷式电冰箱二者的优点，既具有速冻功能，可以制冰，冷冻室不结霜，同时主蒸发器可自动除霜。缺点是结构复杂、价格贵。

(二) 蒸气压缩式制冷电冰箱的结构

电冰箱主要由箱体、制冷系统、电器控制系统和附件等 4 部分组成，如图 2-9 所示。

箱体是用来隔热保温的，一般箱内空间分成冷藏和冷冻两个部分。制冷系统的作用是将箱内的热量转移到箱外环境空气中去，使箱内温度降低，达到冷藏、冷冻食物的目的。电器控制系统是用于保证制冷系统按照不同的使用要求自动而安全地工作，将箱内温度控制在一定范围内，以达到冷藏、冷冻的需要。附件是为完善和适应冷藏、冷冻不同要求而设置的。双门间冷式电冰箱内部结构及外壳结构如图 2-10、图 2-11 所示。

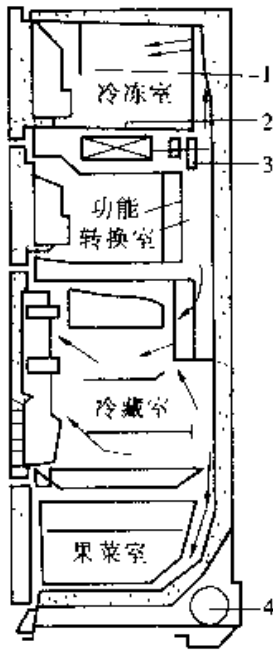


图 2-8 直冷、间冷并用式电冰箱

- 1 直冷式快速冷却板；
- 2 间冷式主蒸发器；
- 3- 风扇；4 旋转压缩机

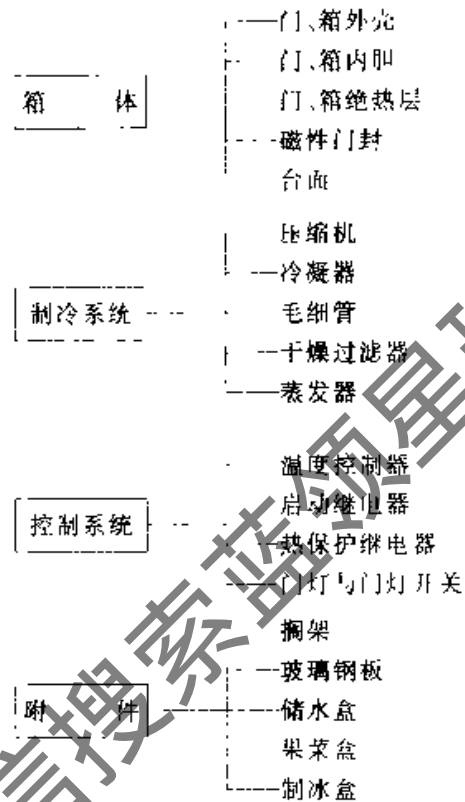


图 2-9 电冰箱的组成

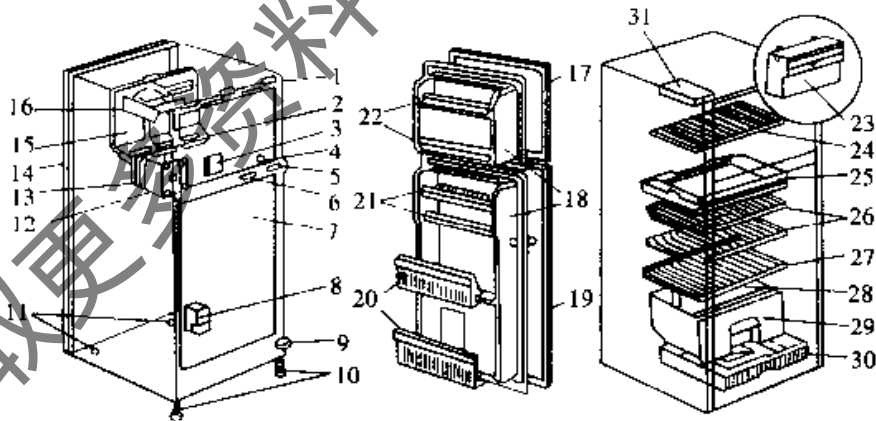


图 2-10 双门间冷式电冰箱内部结构

- 1 面板附件；2 支承架；3-灯罩；4 支承架；5 中绞链；6 门关垫板；
- 7 门板；8- 电器附件；9-下绞链；10-调节螺钉；11-滚轮；12-控制面板；
- 13 风道；14 背面护板；15-风扇格栅配件；16-制冷室；17-冷冻室门封；
- 18 门胆；19-冷藏室门封；20-瓶架；21-挡条；22-挡条；23-储水盒；
- 24 冷冻室搁架；25-鱼肉盘；26-搁架；27-三用搁架；28-玻璃搁架；
- 29 果菜盒；30-蒸发盘；31-制冷盒

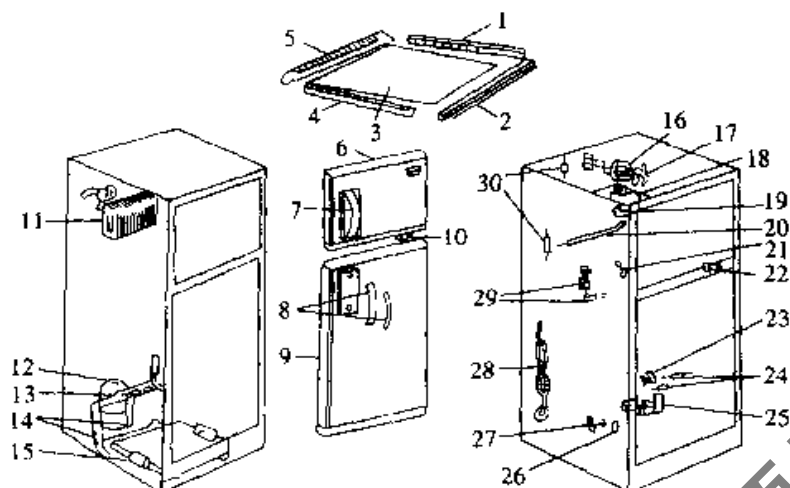


图 2-11 双门间冷式电冰箱外壳结构

1-右柜；2-装饰框；3-台面板；4-左柜；5-背面框架；6-冷冻室门壳；7-门拉手；8-门拉手组件；9-冷藏室门壳；10-开关按键；11-蒸发器；12-压缩机；13-干燥过滤器；14-橡皮垫；15-蒸发盘加热器；16-风扇电机固定架；17-风叶；18-温度控制器；19-温控器刻度表；20-除霜加热器附件；21-灯座和灯泡；22-双按钮开关；23-除霜定时器；24-变阻器及二极管配件；25-保护罩；26-起动继电器；27-电机保护器；28-电源软线；29-风门温度调节器及刻度盘；30-双金属温控器及熔断器

二、吸收—扩散式电冰箱

吸收—扩散式制冷系统是以热能为动力来实现制冷循环的，图 2-12 所示为吸收—扩散式制冷的基本原理。在该制冷系统的密闭管路内按一定配比注入了三元溶液——氨、水和氢溶液。

在一个大气压下，氨在 -33°C 的低温中便可沸腾成为蒸气，且汽化潜热很大，为 1321.1kJ/kg ，因此氨是一种很好的制冷剂。同时，氨在低温时极易溶解于水，而在受热时又很易与水分离。在发生器的下部是浓氨液，当热源（可以是石油气、煤气炉或电热棒）加热发生器时，使产生氨水混合蒸气（其中水蒸气量很少，主要是氨蒸气）。此蒸气上升至蒸馏管处时，水蒸气由于比氨蒸气的液化温度高而先凝结为水，顺管内壁流回到发生器的上部。氨蒸气则继续流到冷凝器中，并在这里放出冷凝热而凝结为氨液。液氨经贮液器的液封进入蒸发器。贮液器为一段 U 形管，其中留存有液氨，可防止氢气自蒸发器进入冷凝器中。液氨进入蒸发器以后，即有少量的液氨汽化，并与蒸发器中的氢气混合。根据道尔顿定律可知，混合气体的总压力为各气体

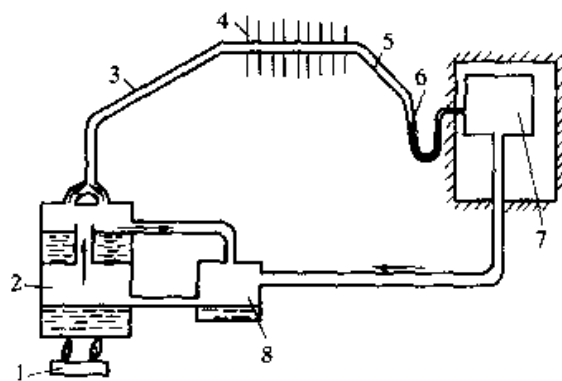


图 2-12 吸收—扩散式制冷原理

1—热源；2—发生器；3—蒸馏管；4—冷凝器；5—斜管；6—贮液器与液封；7—蒸发器；8—吸收器

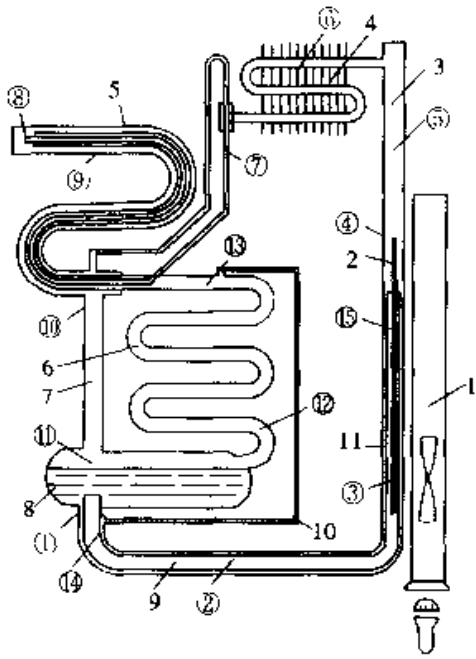


图 2-13 吸收-扩散式电冰箱
实际制冷循环系统

- 1—加热器；2—提升管；3—蒸馏管；4—
冷凝器；5—蒸发器；6—吸收器；7—垂直
管；8—贮液筒；9—液液热交换器；
10—回液管；11—发生器

分压力之和，上述混合气体中的氨分压是远小于系统的总压力的，因此氨便从氨液中蒸发出来，同时强烈吸热，从而实现了制冷，氨不断地扩散，使氨氢混合蒸气中的氨分压逐渐增大，同时也使混合气体的比重变大，于是混合气体便因比重差而下降，流到吸收器中去。吸收器中有从发生器上部流来的水。这些水吸收了氨氢混合气里的氨，形成浓氨液流到发生器中，而氢气则因比重小又重新回升到蒸发器内。上述过程周而复始，便实现了吸收-扩散式制冷循环。

在吸收-扩散式制冷系统中，水、氨和氢三种物质所起的作用是不同的。氨是制冷剂，水是吸收剂，氢是扩散剂。同时三种物质在系统中又有各自的循环系统：氨循环系统主要由发生器、精馏管、冷凝器、液封、蒸发器和吸收器组成；氢循环系统由蒸发器和吸收器组成；氨溶液循环系统则由吸收器和发生器等组成。

图 2-13 所示为吸收-扩散式电冰箱实际制冷循环系统；图 2-14 所示为吸收-扩散式电冰箱的结构。

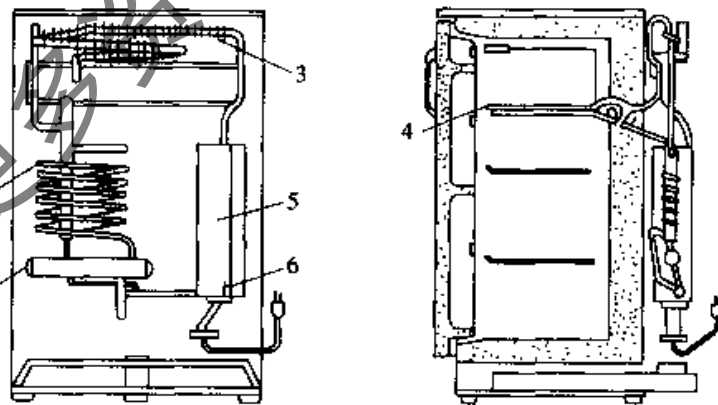


图 2-14 吸收-扩散式电冰箱结构

- 1—贮液器；2—吸收器；3—冷凝器；4—蒸发器；
5—发生器；6—加热器

见图 2-13，该系统中的蒸气发生器为三层套管，提升管位于发生器的内部。当加热器给发生器加热时，贮液筒中的浓氨溶液经液-液热交换器沿提升管上升，提升管内的浓氨溶液因受热而产生气泡。当气泡带着浓氨溶液上升到出口④处时，由于空间容积突然变大，气泡破裂，大量氨气从受热的浓氨液中溢出。于是气液分

为两路，稀氨溶液沿⑮下流，经⑭进入回液管，又经⑬进入吸收器的上方。而夹杂有少量水蒸气的氨气沿⑤继续上升。经过蒸馏管时，水蒸气由于液化温度比氨蒸气的高而先凝结为水珠，沿管壁向下流入稀氨溶液中。这样就使上升的氨气进一步变浓，氨气的分压也变大，最后氨蒸气以系统的总压力沿⑥进入冷凝器中。在冷凝器内装有阻流片，以增加氨气的流程；在散热管外装有许多散热翅片，加强对氨气的冷却。冷凝出来的氨液经液管进入蒸发器。蒸发器也是三层套管结构，在出口处，氨液与来自套管夹层的氢气相遇。根据道尔顿定律可知，任何分气压必小于总压力。在此制冷系统的蒸发器中，其总压力为氨、氢两气体的分压力之和，而此时出口处的压力仅是氢气的压力，该压力远小于总压力，因此氨液便在低压氢气中剧烈地沸腾变为氨气。该系统就是利用这个蒸发过程，通过蒸发器表面吸收电冰箱内部食物的热量而达到降温的目的。由于氨在氢气中不断蒸发扩散，氨气的分压逐渐增大，同时也使混合气体的比重变大而向下流动，经⑩垂直接入贮液筒，并经贮液筒的上部，再经⑫在吸收器内上行，与来自回液管并流经⑬的稀氨溶液相遇。这时氨氢混合气体中的氨气被稀氨溶液吸收形成浓氨溶液，沿⑭又流回贮液筒内，以便经①再回到提升管，开始下一个制冷循环。而氨氢混合气体中的氢分子，因不溶于水，比重又小，因而继续上升进入蒸发器，供制冷剂氨液作再次扩散蒸发用。在系统中设置液—液热交换器的目的，是使由发生器出来的、温度较高的稀氨溶液与由贮液筒流出的浓氨溶液通过管壁进行热交换，从而可减少在发生器中将浓氨溶液加热到饱和状态所需要的加热量，另一方面也保证了吸收器对环境温度以低为宜的要求。既有利于发生过程，也有利于吸收过程。

由上述的吸收—扩散式制冷过程可以看出，在制冷系统中三种物质是按各自的循环路线进行循环的，即

氨：①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩→⑪→⑫→⑬

水：①→②→③→④→⑤→⑮→⑭→⑬→⑫→①

氢：⑧→②→⑩→⑪→⑫→⑬→⑧

三、半导体制冷电冰箱

半导体制冷是应用珀尔帖效应来获取低温的，如图 2-15 (a) 所示。采用 P 型（空穴型）半导体和 N 型（电子型）半导体，用铜片焊成电偶对，并在此电路上接通直流电流后，其中电偶的一端（热端）放出热量升温，另一端（冷端）吸收热量降温。将热端的热量带走，冷端置于需要制冷的空间部位就能维持低温环境。

由于一对半导体电偶能产生的冷量很小，不能满足使用要求，因此实用上都是将数十对这样的电偶串联起来，如图 2-15 (b) 所示。串联后将半导体冷端紧贴在蒸发器平面上，放在箱体内制冷；热端装在箱体外背面，用强制通风散热或冷却水循环冷却。

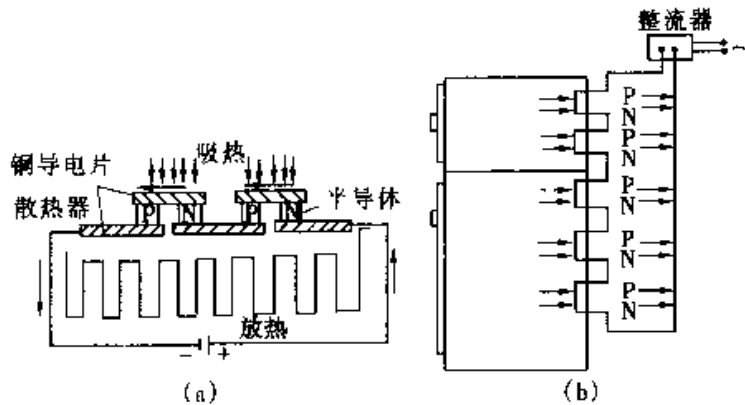


图 2-15 半导体制冷

(a) 半导体制冷原理; (b) 半导体电冰箱制冷原理

第二节 空调器的类型与结构

空调器是一种向密闭空间（如房间）或区域直接提供经过处理的空气的设备，包括一个制冷和除湿用的制冷系统以及空气循环和净化装置，还可包括加热和通风装置。它采用空气冷却式冷凝器和全封闭制冷压缩机，制冷量一般在 14000W 以下。它利用人工的方法，按照不同的使用目的，将封闭的空间、房间或区域的空气，自动调节到适宜的状态。它不仅可以用于夏天防暑降温，装有加热装置的，冬季还可用来升温采暖。

空调器的分类方式有三种，一种是按使用气候环境（最高温度）分类，另一种是按结构形式分类，还有一种是按主要功能分类。

1. 按使用气候环境分类

它可分为 T1 型，其气候环境最高温度为 43℃；T2 型，其气候环境最高温度为 35℃；T3 型，其气候环境最高温度为 52℃。

2. 按结构分类

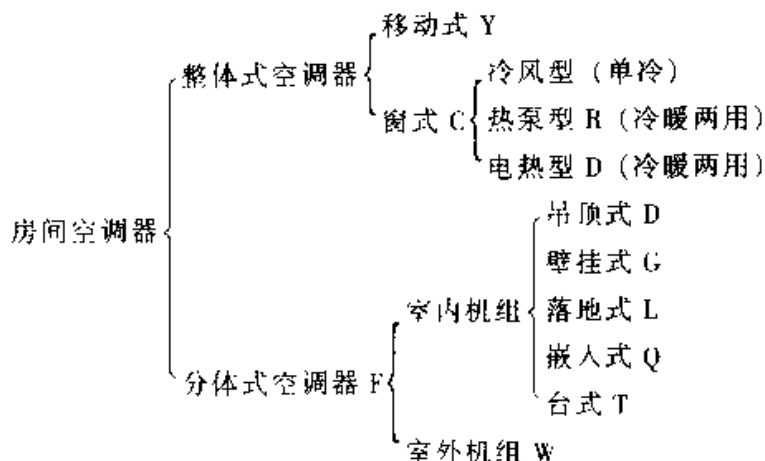
它可分为整体式和分体式两种。整体式空调器包括窗式、移动式，其代号分别为 C、Y。分体式空调器由室内机组和室外机组通过管道连接而成，其代号为 F，室内机组根据安装方式的不同分为吊顶式、壁挂式、落地式、嵌入式、台式，其代号分别为 D、G、L、Q、T，室外机组代号为 W。

3. 按功能分类

它可分为冷风型、热泵型、电热型三种。热泵型的代号为 R，电热型的代号为 D，冷风型无代号。

冷风型空调器只有制冷除湿功能，热泵型有制冷、除湿及制热功能，制热是通过制冷系统热泵运行来实现的。电热型有制冷、除湿功能和制热功能，但它不是通过制冷系统进行制热，而是通过电加热器将电能转换为热能。

空调器的分类可表示成如下形式：



房间空调器按 GB 7725—1996 标准规定命名，其命名方法如下：



----- 工厂设计序号和(或)特殊功能代号等,允许用汉语拼音大写字母或阿拉伯数字表示
 室外机组结构代号
 整体式结构分类代号或分体式室内机组结构分类代号
 规格代号:(额定制冷量,用阿拉伯数字表示,其值取制冷量百位数或百位以上数)
 功能代号
 结构形式代号
 气候类型代号(T1 型代号省略)
 产品代号(房间空气调节器)

型号示例:

例 1: KT3C-30/A

表示 T3 气候类型、整体(窗式)冷风型房间空调器,额定制冷量为 3000W,第一次改型设计。

例 2: KC-22C

表示 T1 气候类型、整体穿墙式冷风型房间空调器,额定制冷量为 2200W。

例 3: KFR-28GW

表示 T1 气候类型、分体热泵型壁挂式房间空调器(包括室内机组和室外机组),额定制冷量为 2800W。

KFR-28G

表示 T1 气候类型、分体热泵型壁挂式房间空调器室内机组,额定制冷量为 2800W。

KFR-28W

表示 T1 气候类型、分体热泵型房间空调器室外机组,额定制冷量为 2800W。

例 4: KFR-35LW/BP

表示 T1 气候类型、分体热泵型落地式变频房间空调器（包括室内机组和室外机组），额定制冷量为 3500W。

KFR - 35L/BP

表示 T1 气候类型、分体热泵型落地式变频房间空调器室内机组，额定制冷量为 3500W。

KFR - 35W/BP

表示 T1 气候类型、分体热泵型变频房间空调器室外机组，额定制冷量为 3500W。

例 5：KFR - 60LW/BPF

表示 T1 气候类型、分体热泵型落地式、具有负离子功能的变频房间空调器（包括室内机组和室外机组），额定制冷量为 6000W。

KFR - 60L/BPF

表示 T1 气候类型、分体热泵型落地式、具有负离子功能的变频空调器室内机组，制冷量为 6000W。

KFR - 60W/BPF

表示 T1 气候类型、分体热泵型落地式、具有负离子功能的变频空调器室外机组，制冷量为 6000W。

单元式空调器的型号表示方法如下：

□□□□-□□□□

结构类型：风冷式 N 表示压缩机放在室内机组、W 表示压缩机放在室外机组，水冷式不予表示

名义制冷量：数字 $\times 10^3$ W

制热方式：D 表示电加热，热泵制热不予表示

室外侧热交换器冷却方式：F 表示风冷、水冷不表示

型号：L 表示风冷型、R 表示热泵型、H 表示恒温恒湿型

例 1：RF - 14W 表示热泵型、室外侧换热器为风冷、制冷量为 14000W、制热量为 14000W、压缩机放在室外机组的单元式空调机。

例 2：LF - 13W 表示单冷型、室外侧换热器为风冷、制冷量为 13000W、压缩机放在室外机组的单元式空调机。

一、窗式空调器

窗式空调器是一种可安装在窗上或墙中的空调器。特点是体积小、重量轻，安装使用方便；使用时只需接通电源，即能自动地调节房间内温度，并可随意调节房间内的气流方向，使人感觉舒适。其制冷系统采用全封闭式压缩机，结构简单，气

密性好，并设有调温装置及进风、排风装置，可以自动调节温度及排出室内污浊空气，补进室外新鲜空气；电气控制系统装有可靠的安全保护装置，保证空调器的正常运行。缺点是噪声稍大。

窗式空调器的全部制冷空调部件均装在底盘上，底盘可从箱体抽出，便于安装和维护。它的结构十分紧凑，尺寸、质量均小。图 2-16 所示为窗式空调器外形图。其内部构件为全封闭压缩机、蒸发器、冷凝器、毛细管及连接管道等，如图 2-17 所示。

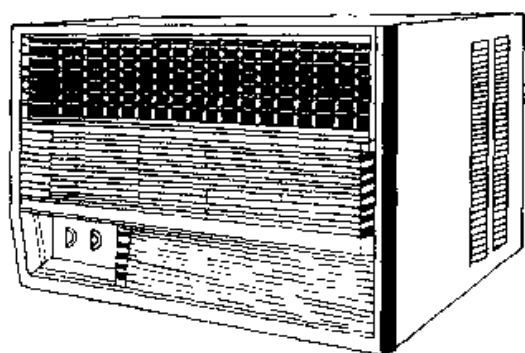


图 2-16 窗式空调器外形图

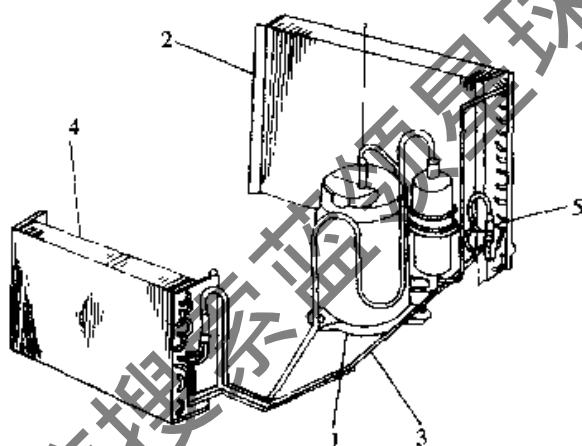


图 2-17 窗式空调器内部结构

1—压缩机；2—冷凝器；3—毛细管；
4—蒸发器；5—过滤器

窗式空调器的整体结构如图 2-18 所示，其内部零件分解如图 2-19 所示。窗式空调器主要由箱体、制冷系统、空气循环系统及电控系统四部分组成，朝向室内的前半部安装有蒸发器、冷气循环风机、空气过滤器及温控器感温包，朝向室外的后半部安装有冷凝器及冷却风机，空调压缩机及风扇电机也装在后半部。箱体后半部露在室外，它包括外壳、面板、底盘及一些支架等。制冷系统和空气循环系统均安装在底盘上，底盘用螺钉固定在薄钢板制成的外壳上，外壳后部装有挡板，前部

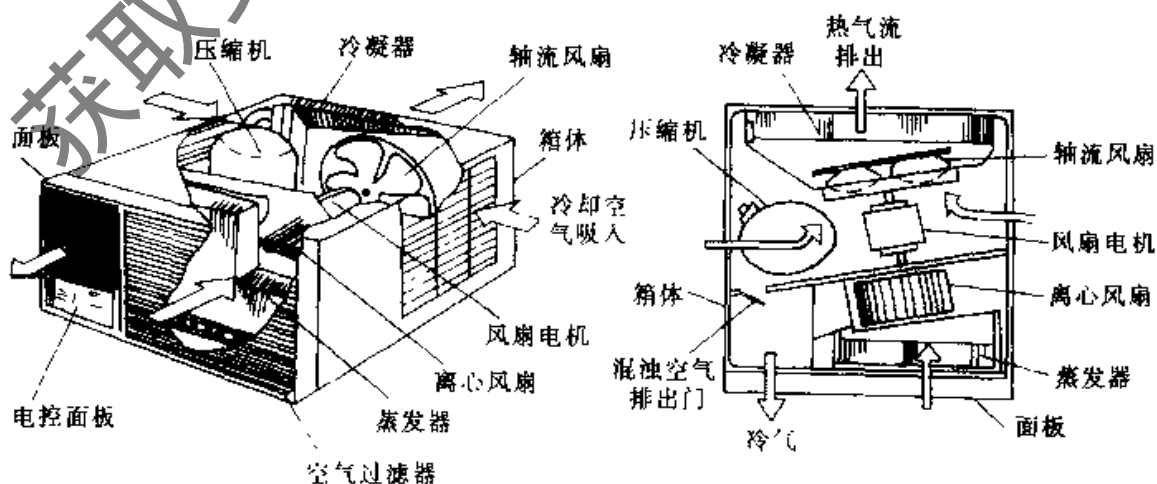


图 2-18 窗式空调器整体结构

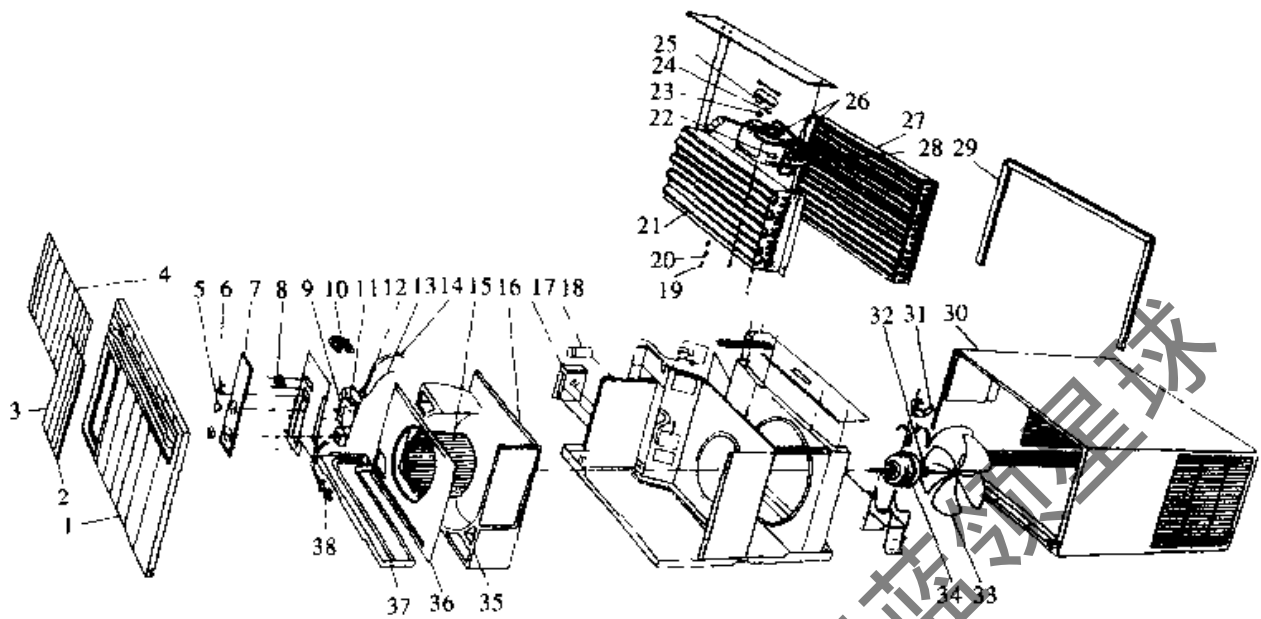


图 2-19 窗式空调器内部零件分解图

1—面板；2—面板小门；3—搭扣；4—滤尘网；5—旋钮；6—滑杆钮；7—电控面板；8—冷热开关；9—恒温控制器；10—电压转换插座；11—风门开关；12—主控开关；13—排风门软杆；14—新风门软杆；15—离心风扇；16—接线端子；17—压缩机电机的电容器；18—风机电容器；19—压缩机底座橡胶圈；20—压缩机底座套管；21—蒸发器；22—线圈；23—压紧片；24—过载保护器；25—卡簧；26—压缩机；27—冷凝器；28—换向阀；29—密封条；30—箱体；31—风扇电机保护器；32—电机套圈；33—轴流风扇；34—风扇电机；35—涡壳；36—涡壳前板；37—盛水槽；38—恒温控制器温包固定卡板

装有面板，面板一般用工程塑料制作。面板上装有百叶送风口和控制旋钮或按键，送风百叶有水平方向和垂直方向百叶。水平百叶调节出风射程即出风倾角，垂直百叶调节出风扩散范围。外壳侧面还开有新风口，让室外新鲜空气进入箱内，与冷风混合后送入室内。蒸发器下面装有除湿接水盘，接装蒸发器表面凝露流下的水滴。窗式空调器风扇电机轴的两端，朝向室内端的是离心风扇，朝向室外端的是轴流风扇，它们共同由一个双出轴电机驱动。电机运转时，离心风扇将经过过滤的空调回风轴向吸入，借助离心力将风径向送出，强制回风经过蒸发器降温除湿后，从百叶窗吹回室内；而轴流风扇则将室外空气吸入，轴向送出，让室外风流经冷凝器，将制冷剂气体的热量带走，然后排出室外

(一) 窗式空调器的箱体、底盘和面板结构

1. 箱体

窗式空调器的箱体一般采用 0.8~1.0mm 厚的冷轧薄钢板弯曲而成。箱体的表面先进行防锈处理，然后进行喷塑（或喷漆）处理。在箱体底板两侧边装有条导轨，供底盘装配时推入或拉出时使用。在箱体左右侧靠后部位置处开有百叶进风口，用于冷凝器的进风。

2. 底盘

窗式空调器的底盘主要用于安装压缩机、冷凝器、蒸发器和风机等部件。底盘的

承载强度和刚度要足够,以防止变形或损坏。底盘也是采用冷轧薄钢板冲压而成的,其表面要进行防锈和防腐处理,以防蒸发器的凝露水腐蚀底盘,使底盘生锈损坏。

3. 面板

面板一般可选用 ABS 塑料、金属面板和木质面板等材料制作。ABS 塑料面板采用注塑成形,空调器上用得较多,但成本较高。金属面板采用冷轧薄钢板冲压成形,成本低,但其重量大,外观质量不如 ABS 塑料面板。另外它的防腐性能差,长期使用后容易使面板表面锈蚀。木质面板一般采用优质木材制造,耗材多,成本也高,且受气候影响易发生变形,所以目前空调器面板较少采用木质面板。

(二) 窗式空调器零部件的安装

窗式空调器的全封闭压缩机、冷凝器、蒸发器、毛细管、干燥过滤器用紫钢管焊接连成一个封闭的制冷系统。其安装步骤如下:

(1) 将全封闭压缩机、冷凝器、蒸发器用螺钉固定在底盘上,在底盘上安放着一个分隔板,它将安装在底盘上的室内侧蒸发器和室外侧冷凝器、压缩机分隔开,分隔板上开有新凤门和排风门,用来调节室内新风和排风。

(2) 将连接压缩机、冷凝器、毛细管、干燥过滤器、蒸发器的紫钢管用气焊焊接起来,组成一个封闭的制冷系统。

(3) 将风扇电机机座安装在底盘上,再将风扇电机固定在机座上,最后将离心风扇和轴流风扇固定在电机轴上。离心风扇位于室内侧,轴流风扇位于室外侧,离心风扇和轴流风扇由双出轴电机带动运转。

(4) 安装电器控制部分是将温控器感温包固定在空调器蒸发器的进风口处,并将温控器、过载保护器串联接入电路,用来控制压缩机运行。

(5) 将安装好零件的底盘推入方形箱体(由薄钢板冲压、折弯成型后并喷塑处理)中,方形箱体内底两侧设有两条导轨,对准后就可将底盘整体推入。

(6) 安装空调器进风面板、空气过滤网及控制旋钮。

拆卸修理时按以上相反顺序拆卸。

二、分体式空调器

分体式空调器整机分为室内机组和室外机组。两机组以连接管道相连,构成制冷系统。由于把主要噪声源——室外机组(包括压缩机、风机、冷凝器等)置于室外,机组的噪声远低于其他型式的房间空调器;而且,室内机组造型新颖、优雅别致,安装位置不受限制,可以壁挂、吊顶、落地,且不损伤室内建筑。安装时,只要将室内机组和室外机组的连接管道对接,即可使用。

维修时,由于机组分体安装,如室外机组一般放在阳台、院子等地方,全暴露在空气中,容易观察和维护;安放在室内的机组,拆卸也很方便。

(一) 分体壁挂式空调器的结构

该空调器室内机组蒸发器安装在上面,细长离心风叶的贯流风机装在下面,机组是上进风下出风。其室内机组是挂在墙壁上,一般挂高在 1.8~2.0m 之间。

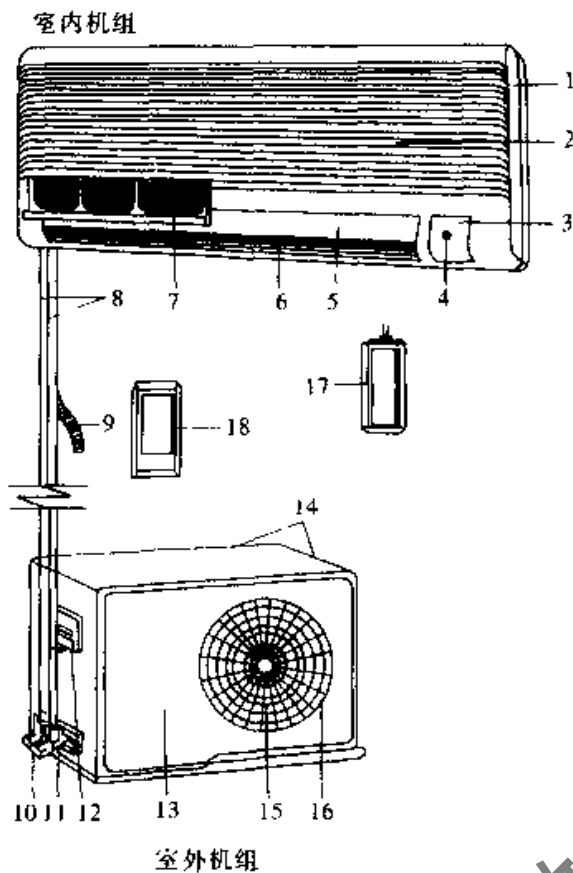


图 2-20 分体壁挂式空调器外形图

- 1—室内机外壳；2—进风口；3—固定板；4—红外接收器；5—导风板；6—出风口；7—空气过滤网；8—连接管；9—排水管；10—高压阀；11—低压阀；12—提手；13—室外机面罩；14—进风口（左侧面和背面）；15—出风口；16—排风护罩；17—有线控制器；18—无线控制器

壁挂式空调器的优点是造型和色彩美观，挂在墙上不占用面积，且起到装饰作用，另外其噪声又特别低。缺点是风压偏低，冷风送不远，会形成室内冷风死角，另外其安装要求较高。

图 2-20 所示为分体壁挂式空调器外形，室内机组主要由外壳、蒸发器、贯流风扇及电器控制系统等组成。图 2-21 为分体壁挂式空调器室内机组结构分解图。室内机组外壳一般采用流线型、圆弧面相结合，格调高雅、造型新颖，表面再进行光亮、喷花处理，色调具有时代感，可以配合室内装饰。外壳的前面是进风格栅，接着是空气过滤网，外壳的后面装有与室外机组连接的制冷剂液管和气管、动力电线及控制电线。蒸发器一般斜装在机壳的前上部，而贯流风扇则装在外壳的下部，它把经过蒸发器冷却后的室内空气吸入并吹出，保持室内空气的不断循环。出风口处装有可控制上下出风的导风板及左右送风格栅。

室外机组主要是由外壳、底盘、压缩机、冷凝器、毛细管（或膨胀阀）、电磁继电器、过热保护器及轴流风扇等组成。图 2-22 为分体壁挂式空调器室外机组的结构分解图。室外机组的外壳背面及一侧是敞开的，供冷凝器的空气进入，而外壳的前面是轴流风扇的导风圈和排风护罩。外壳的另一侧下方装有供连接制冷剂液管和气管用的接头，侧面的上方装有一个连接导线用的接线窗口。压缩机、冷凝器等制冷系统部件，以及冷凝器的轴流风扇都装在底盘上，为了使冷凝器和电器元件能够避免雨水淋入，一般在压缩机与冷凝器之间设有一块固定在底盘上的隔板，形成一个放置压缩机和电器元件的小室，而这个电器小室位于压缩机上部，从而保证室外机组在露天下能够正常工作。

(二) 分体吊顶式空调器的结构

分体吊顶式空调器的室内机组为扁平状，可安装在室内天花板下。机组由底下后平面进风，前正面出风，室内机组内部布置为平面布置，前面为蒸发器，后面装

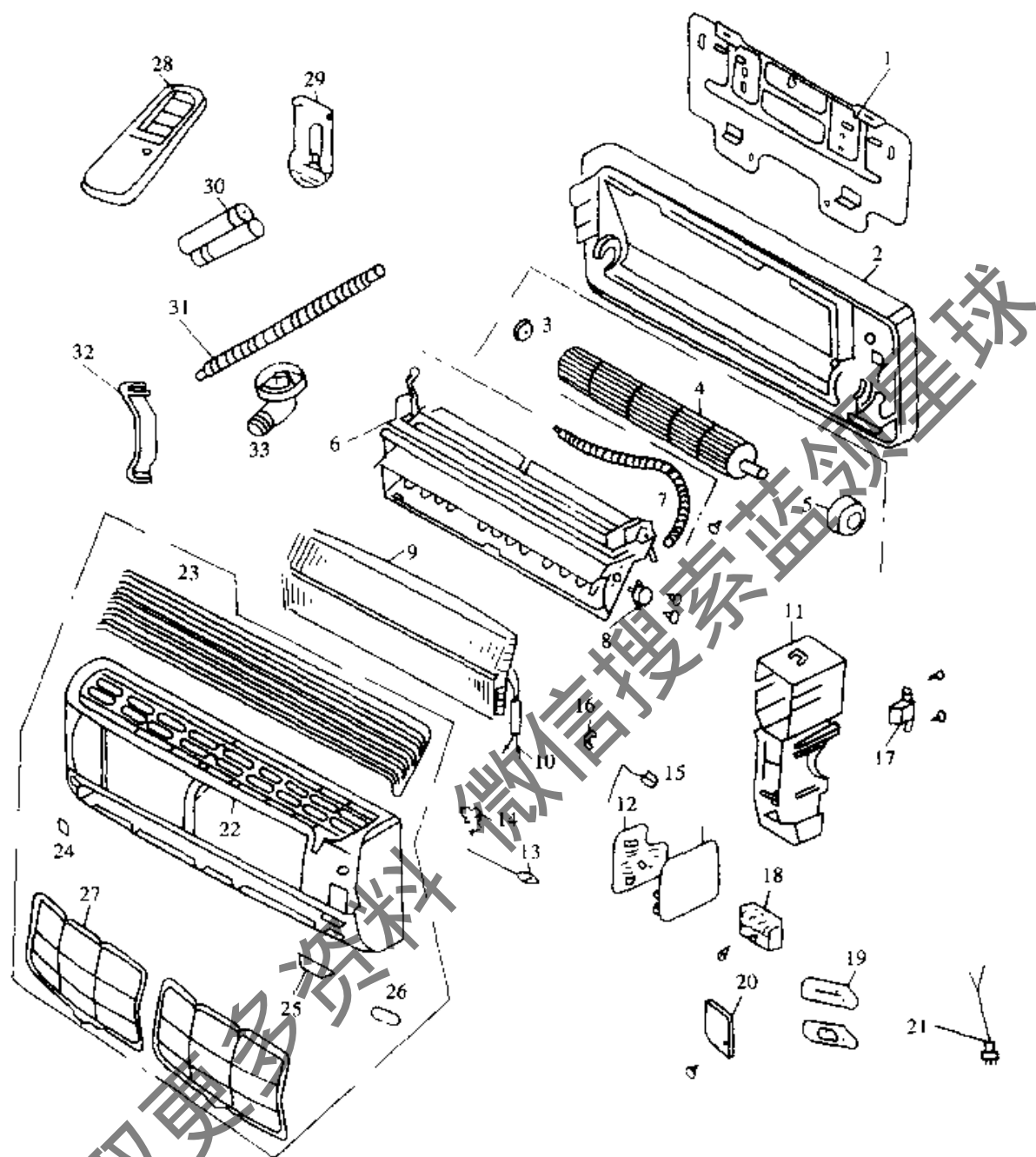


图 2-21 分体壁挂式空调器室内机组结构分解图

1—挂墙板；2—骨架；3—含油轴承；4—贯流风扇；5—电机；6—接水盘；7—排水管；8—步进电机；9—蒸发器；10—进出管接头；11—电器箱体；12—控制基板；13—温度传感器；14—固定夹；15—传感器；16—弹簧片；17—变压器；18—接线端子排；19—接收显示板；20—压线盖；21—电源线；22—前罩壳；23—进风栅；24—左装饰盖；25—右装饰盖；26—亦线窗口；27—空气过滤网；28—遥控器；29—遥控器支架；30—电池；31—排水管；32—管夹；33—排水弯头

离心风机。

吊顶式空调器不仅前面出风，其两侧也可出风，使室内冷气分布均匀，风压也较高，冷气可吹得较远。但其噪声稍大，安装和检修也较复杂。

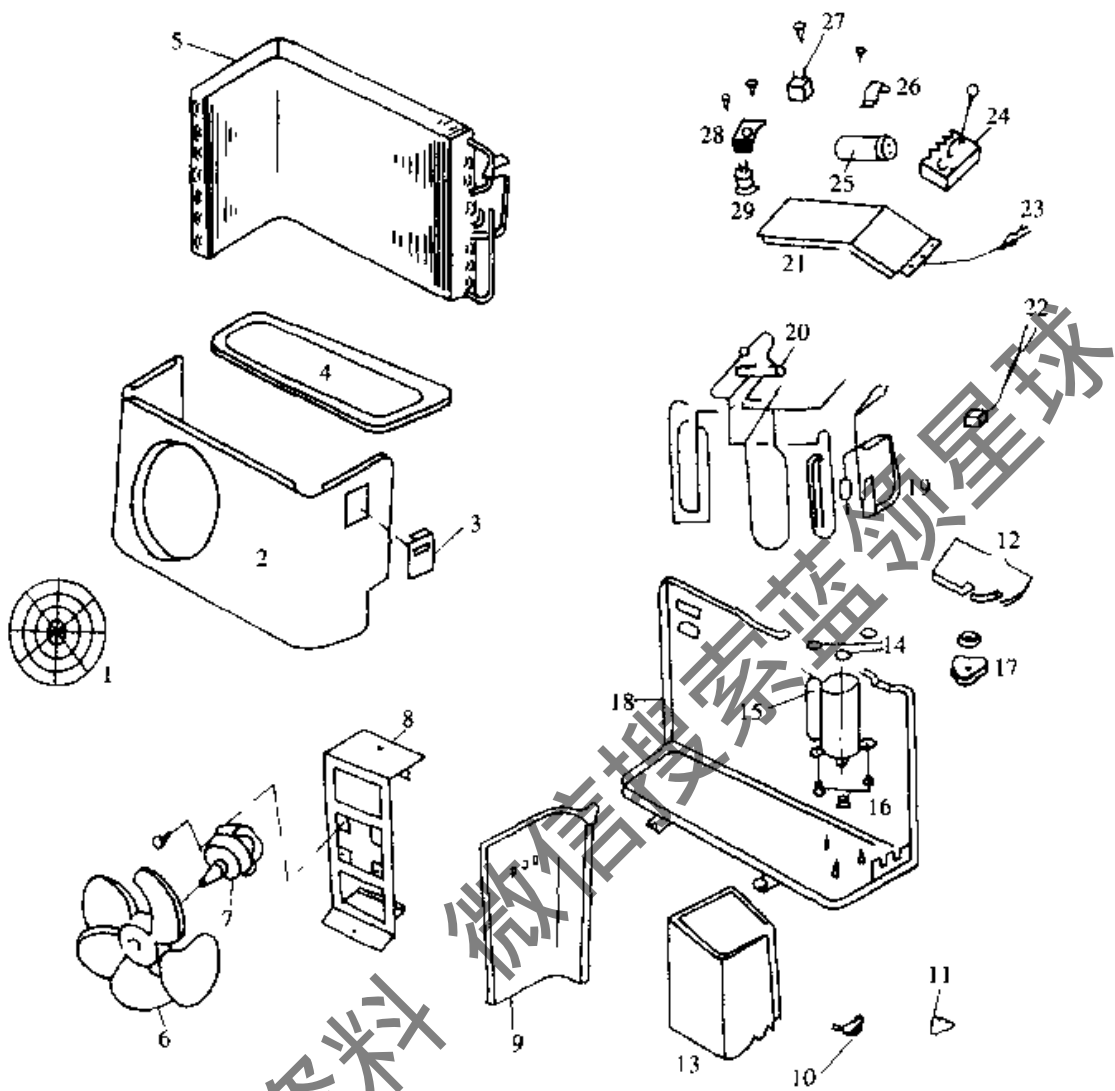


图 2-22 分体壁挂式空调器室外机组的结构分解图

- 1- 风罩；2-罩壳；3-接线盒；4-顶板；5-冷凝器；6-轴流风扇；7-电机；8-电机支架；9-隔板；10-三通截止阀；11-三通截止阀；12-上隔声垫；13-下隔声垫；14-专用螺母；15-压缩机；16-减震垫；17-接线盒盖；18-底盘；19-管路总成；20-电磁换向阀；21-电器箱体；22-电磁换向阀线圈；23-线夹；24-接线端子排；25-电容器；26-电容夹子；27-风机电机的电容；28-支座；29-过热保护器

图 2-23 为分体吊顶式空调器的外形及安装图，机组外形美观，可与室内装饰相配合，其自动叶片系统可确保气流分布较均匀。图 2-24 为分体吊顶式空调器室内机组的内部结构，它主要由离心式低噪声风机、高效的热交换器，可旋转的百叶风口及空气过滤器、前出风口、侧出风口、回风格栅、外壳等组成。室外机组的结构如图 2-25 所示。

(三) 分体嵌入式空调器的结构

分体嵌入式空调器是一种不占用地面和墙面，可暗装于天花板内的空调设备，只看到它的出风口，而看不到室内机组，装这种空调器的房间层高要高，主要是由

于空调器装在大花板顶下后，还要装上夹层装饰板的假平顶，占去了一部分层高。

制冷量大的嵌入式空调器可向相邻房间供应冷气，它通过吸排风管在假平顶内通入相邻房间，起到一机多用的作用，其室外机组与其他分体空调器室外机组相同。

图 2-26 为分体嵌入式空调器的外形及安装示意图。该类空调器的主要优点是不占用地面面积，而且送风可选择两面、三面或四面出风，使整个房间的温度稳定均匀。

分体嵌入式空调器的外形象一个方箱子，分为不带导管式和带导管式的两种。

图 2-27 为分体嵌入式空调器室内机组的结构，其室外机组的结构与分体吊顶式空调器室外机组的结构大体相同（见图 2-25）。

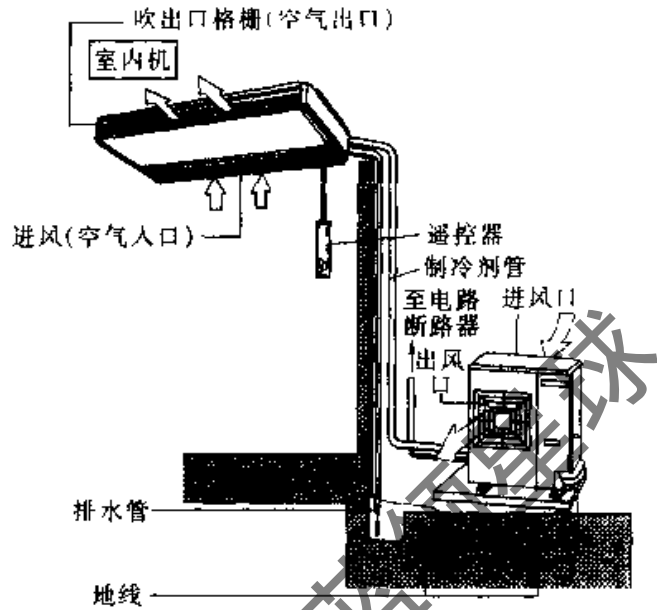


图 2-23 分体吊顶式空调器的外形及安装图

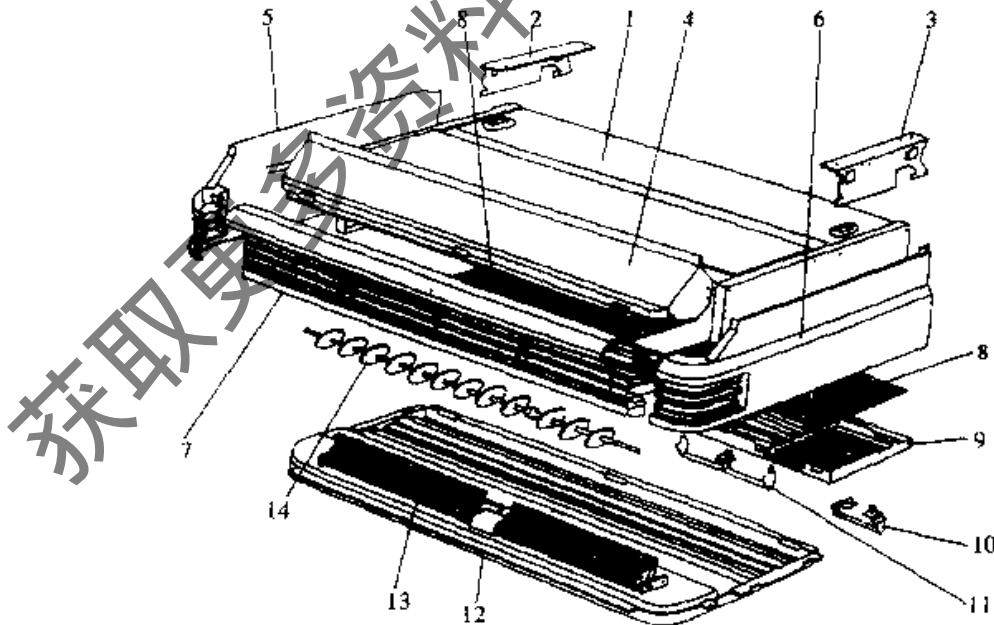


图 2-24 分体吊顶式空调器室内机组的内部结构

- 1-后板；2-支架；3-支架；4-前板；5-侧板；6-侧板；7-前出风口；
8-空气过滤器；9-侧出风口；10-卡具；11-卡具；12-底板；13-导流
叶片；14-旋转百叶

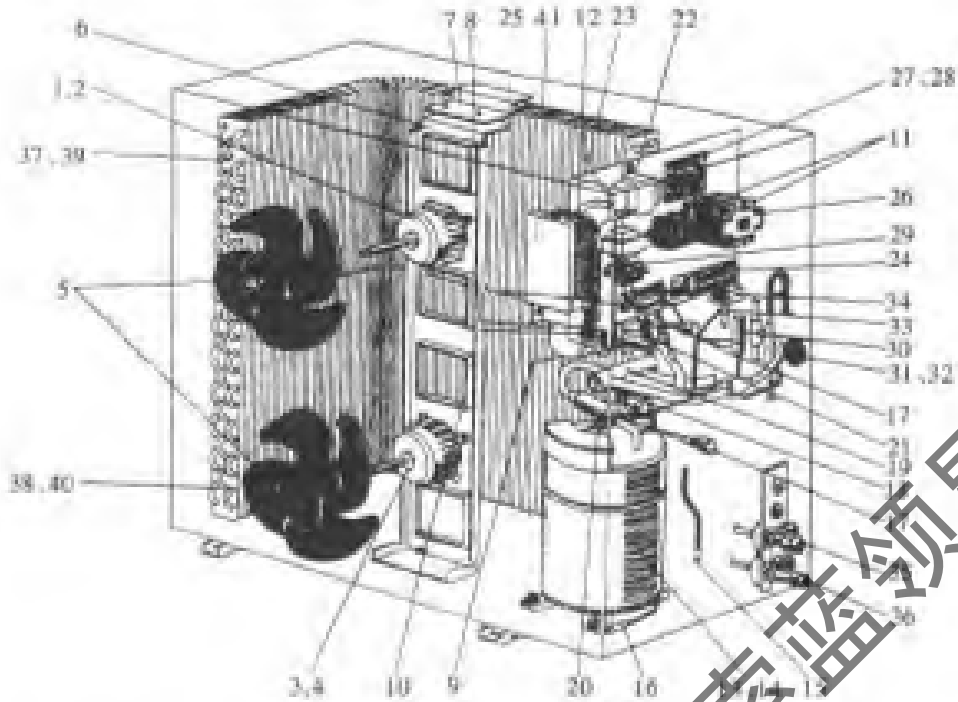


图 2-25 分体吊顶式空调器室外机内部结构

- 1、2、3、4—风扇电机；5—风扇；6、7—电机支架；8—加液器；9—熔断器；
- 10—熔断器支架；11—电容器；12—控制板；13—压缩机；14—压缩机；15—热敏电阻；
- 16—曲轴箱加热器；17—充气栓；18—线圈；19—四通阀；20—低压开关；
- 21—高压开关；22、23—热敏电阻；24—接线柱座；25—压缩机接触器；26—压缩机接触器；
- 27—过载保护器；28—保护器；29—气压调节阀；30—节流阀；31、32—节流阀；
- 33—缠绕管套圈；34—线圈；35—浮球阀；37、38、39、40—热交换器；
- 41—控制装置。

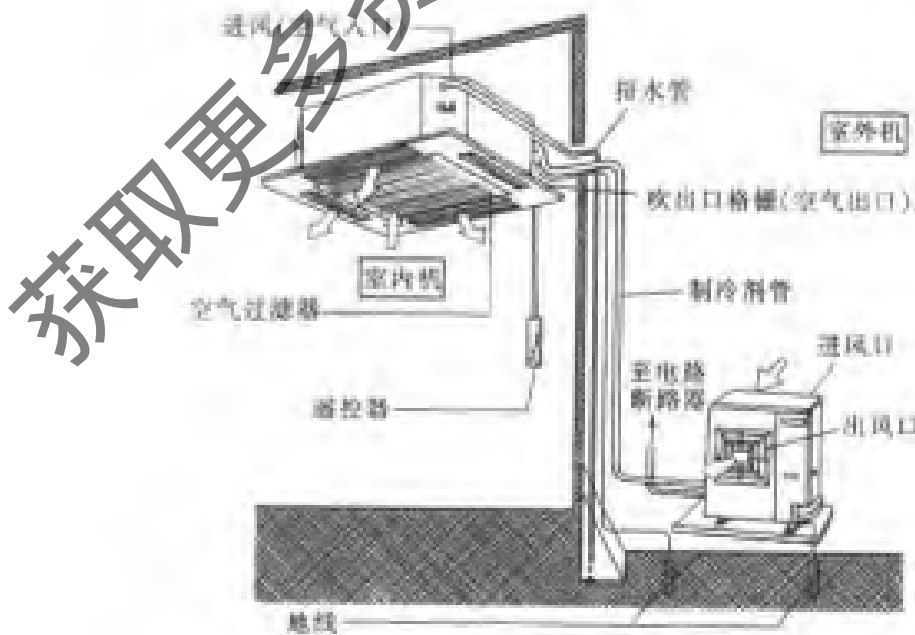


图 2-26 分体嵌入式空调器的外形及安装示意图

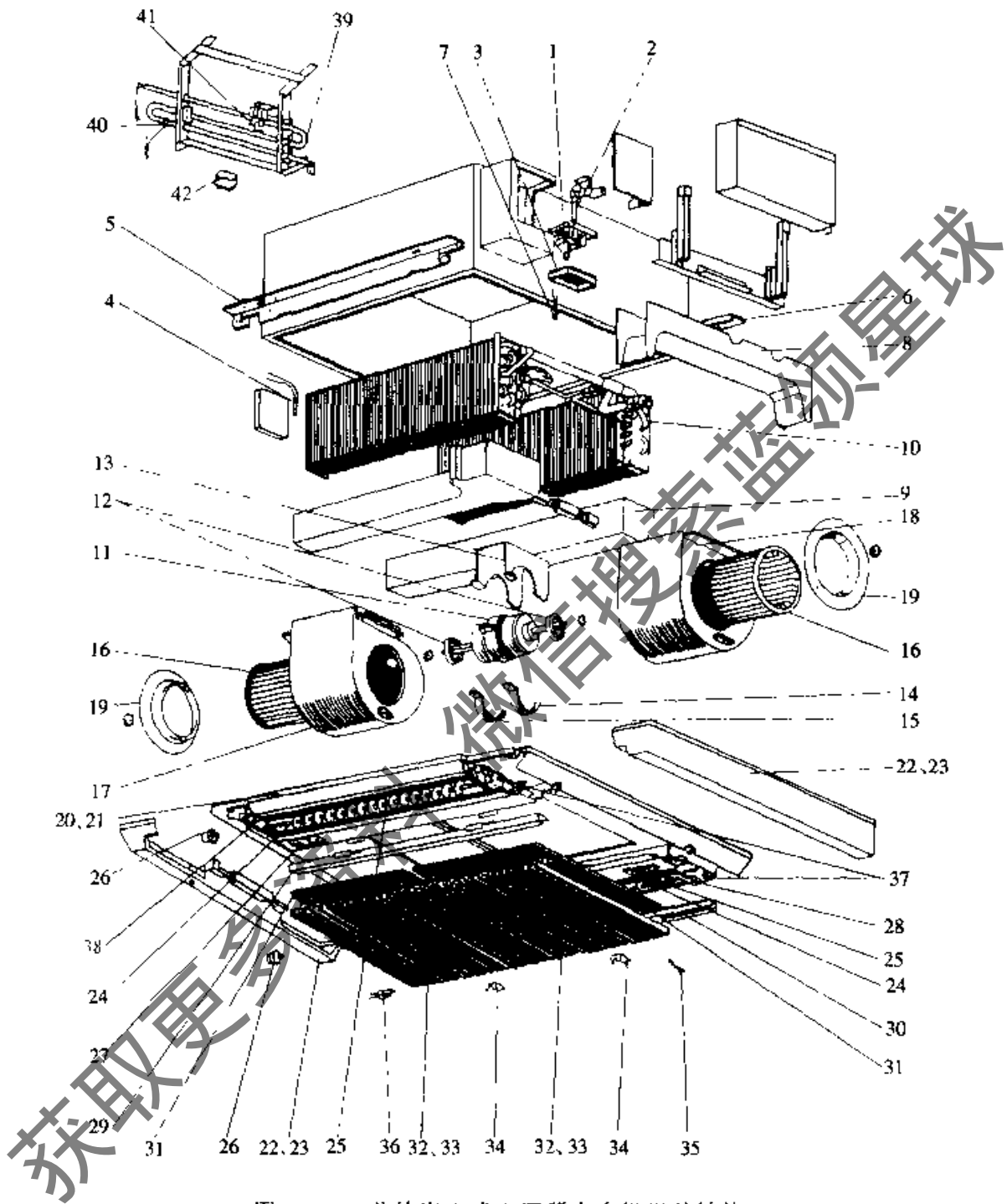


图 2-27 分体嵌入式空调器室内机组的结构

1—排水泵；2—软管；3—泵过滤器；4—热敏电阻；5、6—安装板；7—排水传感器；8、9—排水盖；10—室内盘管；11—风扇电机；12—防震橡皮；13—电机支架；14、15—电机支环；16—风扇；17、18—罩；19—风门；20、21—框架；22、23—侧板；24—百叶风门；25—导流叶片；26—电机；27、28—商标；29、30—框架；31—空气过滤器；32、33—通风口；34—卡子；35—热敏电阻；36—报警灯；37、38—导流叶片支撑；39—电加热器；40—热控开关；41—热熔断器；42—继电器

三、立柜式空调器

立柜式空调器适用于 $50 \sim 100\text{m}^2$ 的较大房间，3HP 的机组制冷量约为 7000W，5HP 机组的制冷量约为 12000W，图 2-28 为分体立柜式空调器的外形结构，它由室内机组和室外机组构成。

室内机组为立柜形，正面的上部是出风口，水平和垂直出风格栅，带有自动摇风装置；正面的中部为操作控制板；正面的下部为进风格栅，装有空气过滤网。室内机组主要由金属外壳、室内换热器、节流阀、冷凝水接收装置、制冷剂管接孔、排水孔、离心风扇、电气盒、面板、底座等部件组成，如图 2-29 所示。

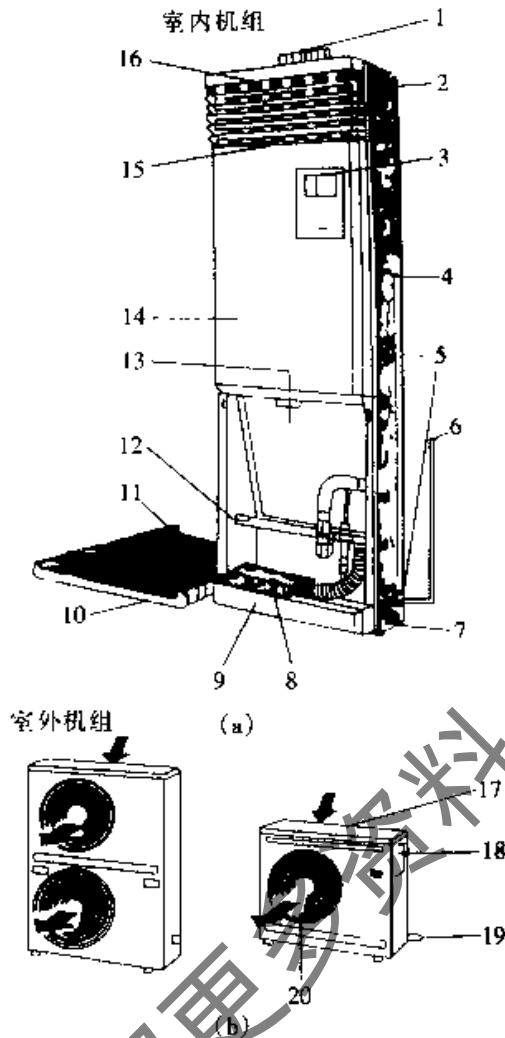


图 2-28 分体立柜式空调器的外形结构

1—安装固定卡；2—水平格栅；3—操作控制板；4—电源线及控制线接口；5—排水孔；6—制冷剂管接孔；7—机组固定脚；8—电气盒；9—底座；10—进风格栅；11—空气过滤网；12—冷凝水接收装置；13—室内换热器；14—面板；15—垂直格栅；16—出风口；17—进风口(背面)；18—电气盒盖；19—制冷连接管路阀门；20—出风口

室内机组为立柜形，正面的上部是出风口，水平和垂直出风格栅，带有自动摇风装置；正面的中部为操作控制板；正面的下部为进风格栅，装有空气过滤网。室内机组主要由金属外壳、室内换热器、节流阀、冷凝水接收装置、制冷剂管接孔、排水孔、离心风扇、电气盒、面板、底座等部件组成，如图 2-29 所示。

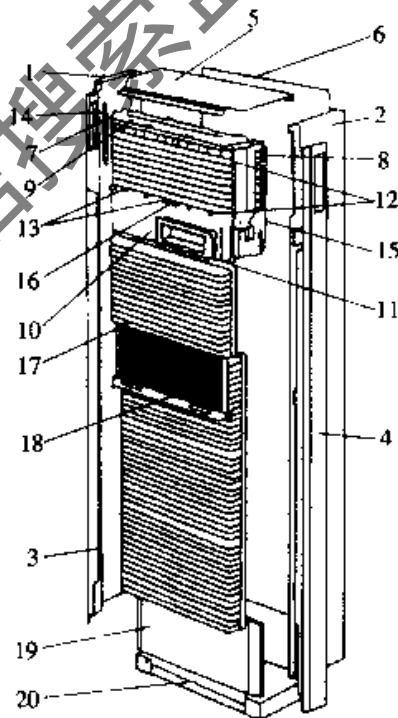


图 2-29 柜式空调器室内机组结构

1、2—侧板；3、4—装饰板；5—顶板；6—后板；7、8—侧框架；9—顶框架；10—前盖；11、12—导流片；13、14—拉手；15—支架；16—回风格栅；17—空气过滤器；18—前板；19—底座；20—遥控器框架

室外机组为长方盒形，主要由冷凝器、压缩机、轴流风扇、风扇电机、电磁换向阀、除霜开关、压力保护器、制冷剂连接管、用高低压阀门以及电气盒等组成，如图 2-30 所示。

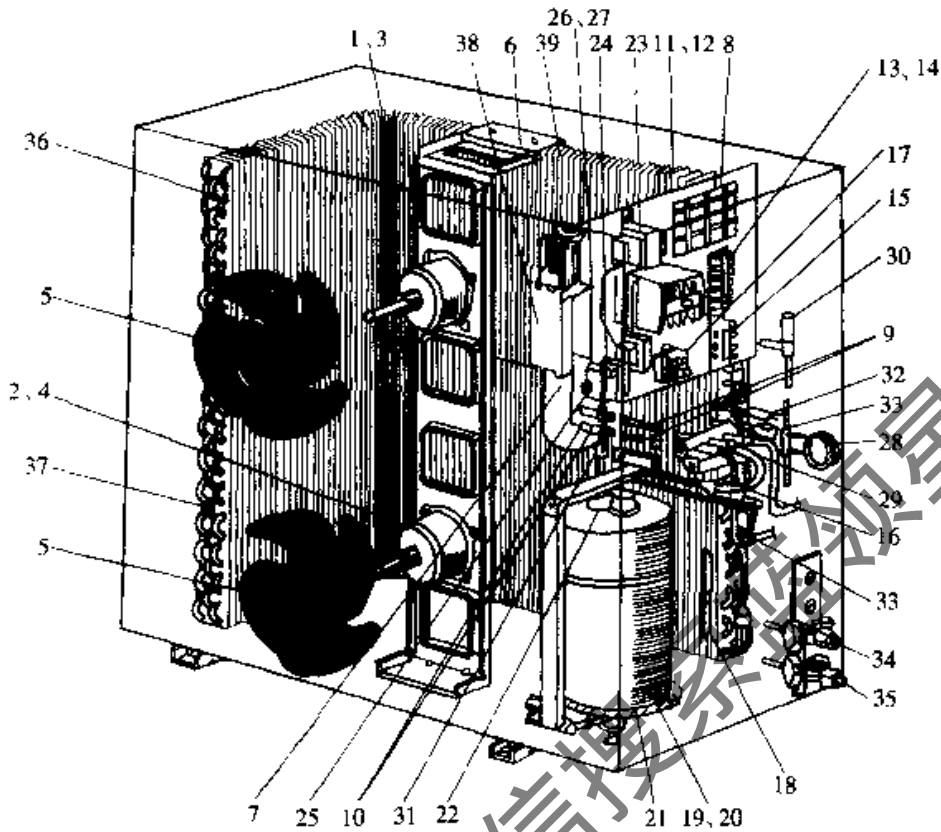


图 2-30 柜式空调器室外机组结构

1、3—风扇电机（上）；2、4—风扇电机（下）；5—轴流风机；6—电机支架；
7—储液器；8—过负荷保护器；9—熔断器；10—熔断器支架；11、12—压缩机
接触器；13、14、15—接线柱；16—线圈；17—接线柱座；18—热敏电阻；19、
20—压缩机；21—曲轴箱加热器；22—热控开关；23、24—变压器；25—运转电
容器；26、27—控制板；28—节流阀；29—排气压力调节器；30—切换阀；31
低压开关；32—高压开关；33—充氟栓；34—35—浮球阀；36、37—热交换器；
38—控制器；39—运转电容

四、其他类型的空调装置

（一）空气除湿机结构

图 2-31 为空气除湿机的外形图，图 2-32 为空气除湿机结构示意图，图 2-33 为该机的整机分解图。除湿机主要由三大部分构成：

1. 制冷循环部分

由全封闭压缩机、冷凝器、蒸发器、毛细管等构成，这与空调器制冷系统相同。

2. 空气除湿部分

由离心风机、空气过滤器、凝结水盘构成。与空调器风路系统不同之处，在于蒸发器的出风需经过冷凝器加热，降低出风的相对湿度。

3. 电气控制部分

主要由起动继电器、开关等部件组成。

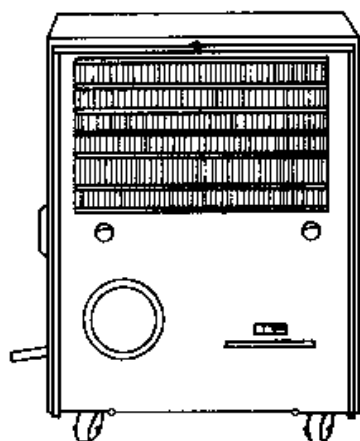


图 2-31 空气除湿机的外形图

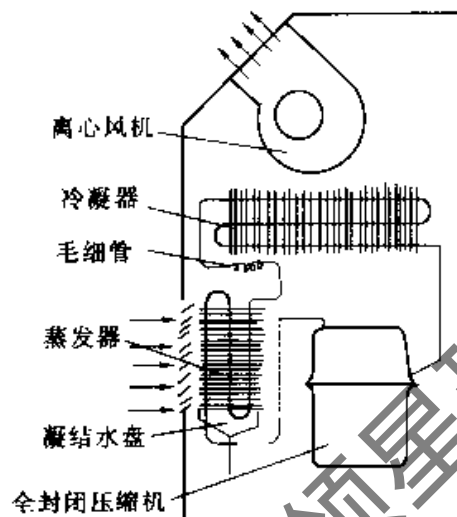


图 2-32 空气除湿机结构示意图

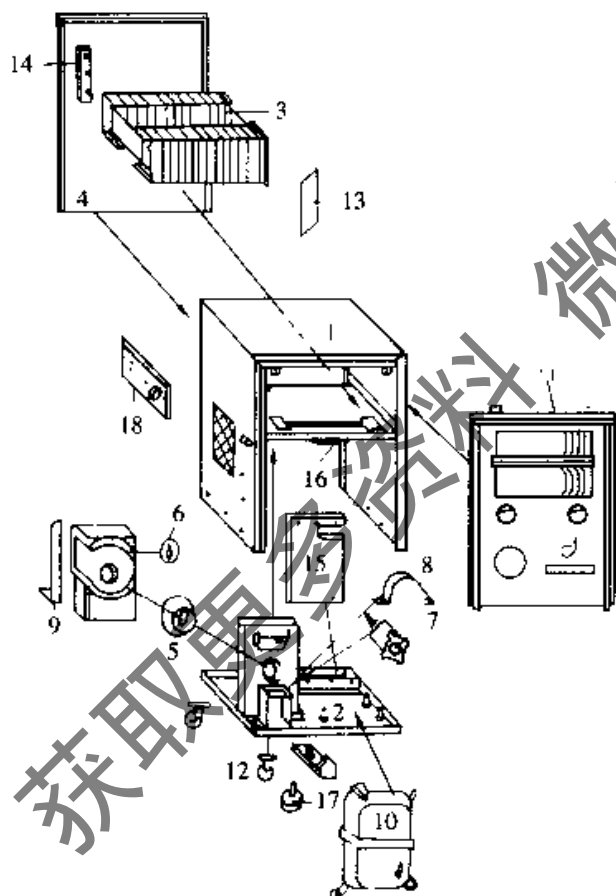


图 2-33 空气除湿机整机分解图

1 外壳; 2 底盘; 3 换热器(冷凝器、蒸发器); 4 后盖板; 5 离心风机; 6 离心风叶; 7 单相电机; 8 电机固定卡; 9 风罩固定脚条; 10 压缩机; 11 面板; 12—平板轮; 13—前阻风板; 14—后阻风板; 15—隔板; 16—引水管; 17—面板固定脚; 18—开关板

(二) 恒温恒湿空调器结构

恒温恒湿空调器具有制冷、除湿、加热、加湿等功能, 可以提供一种人工气候, 使室内温度、相对湿度恒定在一定范围内。一般的恒温恒湿空调器可使环境温度保持在 $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$, 最大偏差为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$; 相对湿度为 $50\% \sim 60\%$, 最大偏差为 10% , 是一种比较完善的空调设备。

图 2-34 为恒温恒湿空调器结构, 它由 5 部分构成:

(1) 制冷系统: 由蒸发器、冷凝器、压缩机、热力膨胀阀、空气过滤器等构成。

(2) 风路循环: 由离心风机、空气过滤器、进出风口组成。

(3) 加湿: 由电加湿器、供水装置构成。

(4) 加热: 由电加热器组成。

(5) 控制: 由压力继电器, 干、湿球温度控制器组成。

恒温恒湿空调器从冷却方式上可分为风冷式和水冷式两大系列。

1. 风冷式 (HF 系列) 恒温恒湿空

调器结构

图 2-35 为风冷式恒温恒湿空调器的结构示意图。该机组分为室内、室外两部分。室外机组只有风冷式冷凝器，室内机组具有制冷、加热、加湿、通风和控制等部件。温度由温控器进行控制，加湿量由温度计和继电器控制加湿量，电加热也通过温控器进行开、停控制。

2. 水冷式 (H 系列) 恒温恒湿空调器结构

水冷式恒温恒湿空调器一般为整体式，产品系列有 H 型、LH 型和 BH 型。

H 型恒温恒湿空调器为国产系列产品，所用主机为半封闭式压缩机，制冷量范围为 17400 ~ 116300W，适用于被调恒温恒湿面积为 60 ~ 500m²。具有降温、供热、加湿、除湿及通风等多种功能。

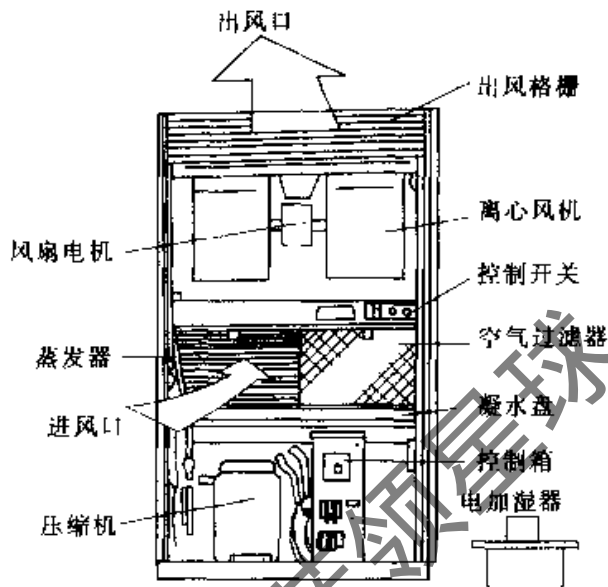


图 2-34 恒温恒湿空调器结构

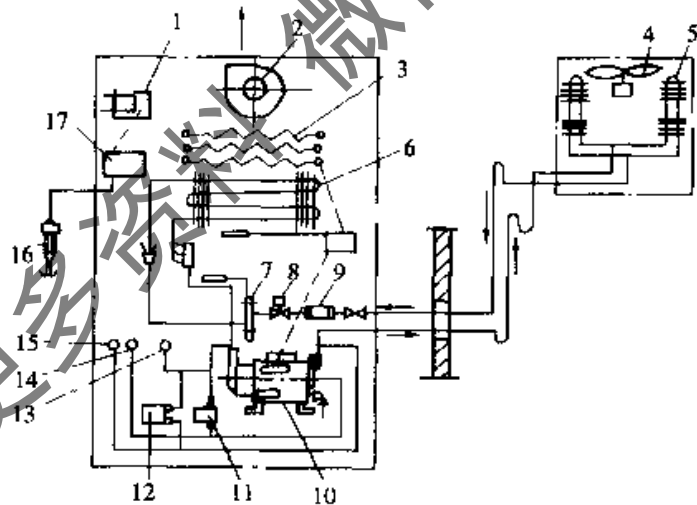


图 2-35 风冷式恒温恒湿空调器结构示意图

1—电加湿器；2—风机；3—电加热器；4—风扇；5—冷凝器；6—蒸发器；7—膨胀阀；8—电磁阀；9—过滤器；10—压缩机；11—压差控制器；12—压力控制器；13—真空泵；14—油压表；15—压力表；16—电接点水银温度计；17—继电器

H 系列恒温恒湿空调器一般为顶部送风，也有带风帽侧送风的，机组可直接放在空调房间，也可在机房内接风管使用。H 系列的内部结构如图 2-36 所示。系统中制冷压缩机为半封闭式，具有效率高、噪声小、制冷剂不易泄漏等特点，并且配有能量调节和安全保护装置。

恒温恒湿空调器的温湿度是由温控器控制，压缩机的开停和加热器的通断，湿球温度计、继电器控制、电加湿器通断

还有一种热泵型的恒温恒湿空调器，图 2-37 为 LHR-20 型恒湿恒湿空调器结构示意图，该机组分室内式和室外式两种，室内式直接放在空调房间内，室外式需另接风管。

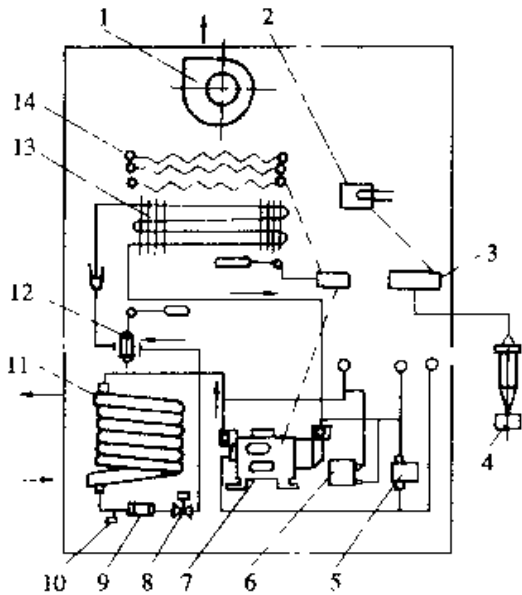


图 2-36 H 系列恒温恒湿
空调器内部结构示意图

- 1 风机；2 电加湿器；3—继电器；4—湿球温度计；5—压差控制器；6—压力控制器；7—压缩机；8 电磁阀；9 过滤器；10 熔塞；11—冷凝器；12 膨胀阀；13 蒸发器；14 电加热器

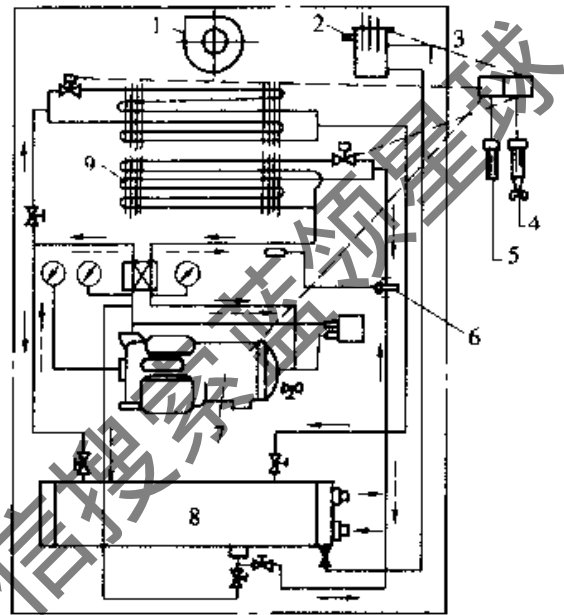


图 2-37 LHR-20 热泵型恒温
恒湿空调器结构示意图

- 1—风机；2—电加湿器；3 电子继电器；4—电接点湿球温度计；5—电接点干球温度计；6—膨胀阀；7—压缩机；8—冷凝器；9—换热器
→制冷；→制热

压缩机可根据负荷大小来换档（快速或慢速）运转。制冷工况时，由电接点湿球温度计通过电子继电器控制供液阀的开、关来改变蒸发面积，同时由电接点干球温度计通过电子继电器控制压缩机的开停来进行调湿，用电接点湿球温度计通过电子继电器控制电加湿器工作，进行调湿。

为安全运转，制冷、制热时的四通阀的换向以及快速、慢速的换档，必须在停机后方可进行，不允许在运转中进行换向和换档。

在恒温恒湿空调器中，为了节约能源，有的带有回风口，新风口可根据需要采用一次回风送风方式，有效地利用室内的循环空气（约占 80%）和补充新鲜空气（占 20%）。

（三）家用中央空调装置

该空调装置广泛适用于使用面积 80~800m² 之间的公寓、花园别墅、单元住宅楼、小型办公楼、餐厅、娱乐中心等。机组运行、能量调节、自我保护均实现微电

脑全自动控制,使整个空调系统始终保持最高的运行效率,机组还能进行有效的远程监控。该空调装置具有如下特点:

(1) 家用中央空调机组利用水系统来换热,具有送风温差小、风量大的特点,能使房间里的温度分布均匀,相对湿度控制在 40%~70%,使室内环境舒适,空气清新。而普通家用空调是直接利用制冷剂蒸发制冷,送风湿差大、风量小、房间温度不均匀,且通风换气功能差。

(2) 该机组尽管一次性投资稍大,但总体运行效率高,且能量自动调节,运行费用省,以 130m² 的三室二厅室为例,用 10kW 冷量的家用中央空调主机一台,配置相应的末端设备,以 1 小时满负荷计算,运行电费低于 4 台家用普通空调所耗的费用。

(3) 该空调机组使用寿命比普通空调长一倍,总体故障率低,设备维护保养简单方便。而普通空调是多个空调安装,发生故障概率大。

(4) 该空调机组由细小的冷水管与风机盘管组成,不占用房间使用面积,且能与装潢配合,室内噪声极低。而普通家用空调占用室内多处空间,墙体需打洞,且运行噪声较大。

(5) 该空调装置能真正实现一台机组,多个房间同时享用的功能,室外只有一台主机,不会破坏建筑的整体造型;而多个房间同时使用普通家用空调时,建筑外墙需多处悬挂室外机,易破坏建筑整体美观。

根据家用中央空调的输送介质的不同,常将其分为风管式系统、冷(热)水机组、VRV(变制冷剂流量)系统三种型式。

1. 风管式系统

风管式系统以空气为输送介质,利用室外主机集中产生冷(热)量,将从室内引回的回风进行冷却(加热)处理后,再送入室内消除其空调冷(热)负荷。其制冷系统主要由全封闭制冷压缩机(或半封闭制冷压缩机)、风冷冷凝器(或水冷冷凝器)、热力膨胀阀、蒸发器(直接蒸发式表面冷却器)等构成。在夏天制冷、除湿时,压缩机将蒸发器中的制冷剂气体吸回,经压缩后成为高温、高压气体制冷剂,排入冷凝器中,由空气或冷却水将冷凝热带走,制冷剂则冷凝成为液体。高压的液体制冷剂经热力膨胀阀节流后进入蒸发器中蒸发吸热,使室湿降低,蒸发器中制冷剂气体被压缩机吸入,又开始新的制冷循环,不断降低室内温度。

根据处理回风的介质的不同,风管式系统又可分为风管式单元空调系统和风管式空调箱系统,如图 2-38 和图 2-39 所示。

风管式单元空调系统是将空气直接与内部为制冷剂流动的直接蒸发式换热器相接触,由制冷剂直接对空气进行处理,它又可分为不引入室外新风和引入室外新风两种型式。由于风管式空调系统对空气进行集中处理,因此,引入新风较方便。如可在系统中加上新风管道引入一部分新风,将之与回风混合后进行集中处理,就成为带新风的风管式家用中央空调系统。

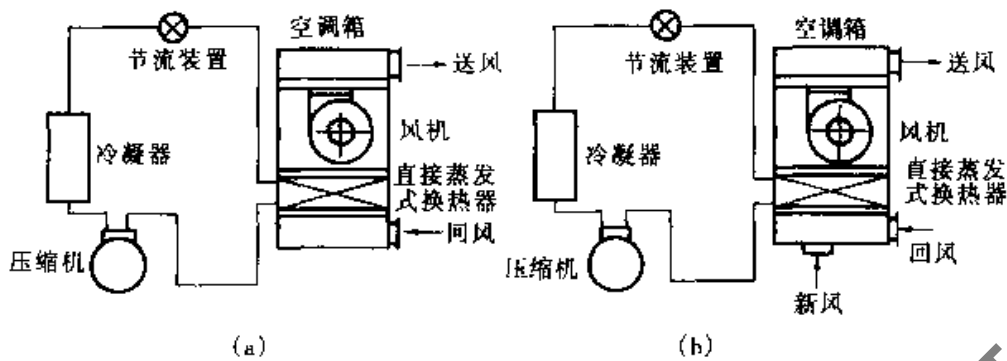


图 2-38 风管式单元空调系统图

(a) 不引入室外新风；(b) 引入室外新风

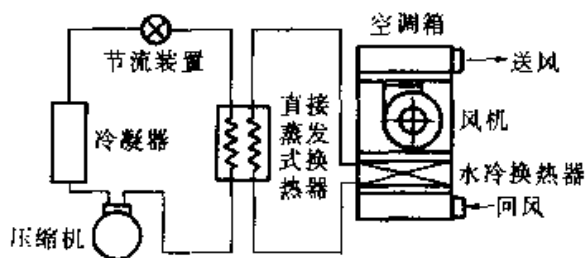


图 2-39 风管式空调箱系统

风管式空调箱系统。是由制冷机产生冷（热）水，然后将冷（热）水送入空调箱内，由冷（热）水集中处理空气。

相对其他型式的家用中央空调，风管式系统的初投资较小。如若引入新风，其空气品质能得到较大的改善。

但风管式系统的空气输配系统所占用建筑物空间较大，一般要求住宅要有较大的层高。而且它采用统一送风的方式，在没有变风量末端的情况下，难以满足不同房间不同的空调负荷要求。

2. 冷（热）水机组系统

它通过室外主机产生出空调冷（热）水，由管路系统输送至室内的各末端装置，在末端装置处冷（热）水与室内空气进行热量交换，产生出冷（热）风，从而消除房间的空调负荷。它是一种集中产生冷（热）量，但分散处理各房间负荷的空调系统型式。图 2-40 为冷（热）水机组系统图。

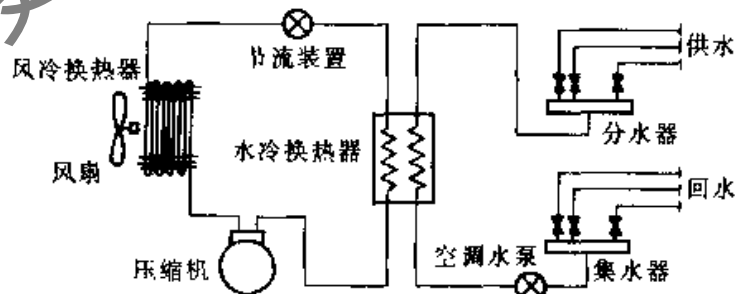


图 2-40 冷（热）水机组系统图

该系统的室内末端装置通常为风机盘管。目前风机盘管一般均可以调节其风机转速，从而调节送入室内的冷（热）量，因此，该系统可以对每个空调房间进行单独调节，满足不同房间的不同的空调需求，同时其节能性也较好。此外，由于冷

(热)水机组的输配系统所占空间较小,因此一般不受住宅层高的限制。但此种系统一般难以引进新风,因此,对于通常密闭的空调房间而言,其舒适性较差。

图2-41为冷水机组与室内风机盘管的管道连接系统。室内的风机盘管有多种型式:明装与暗装、立式与卧式、吊顶式等。

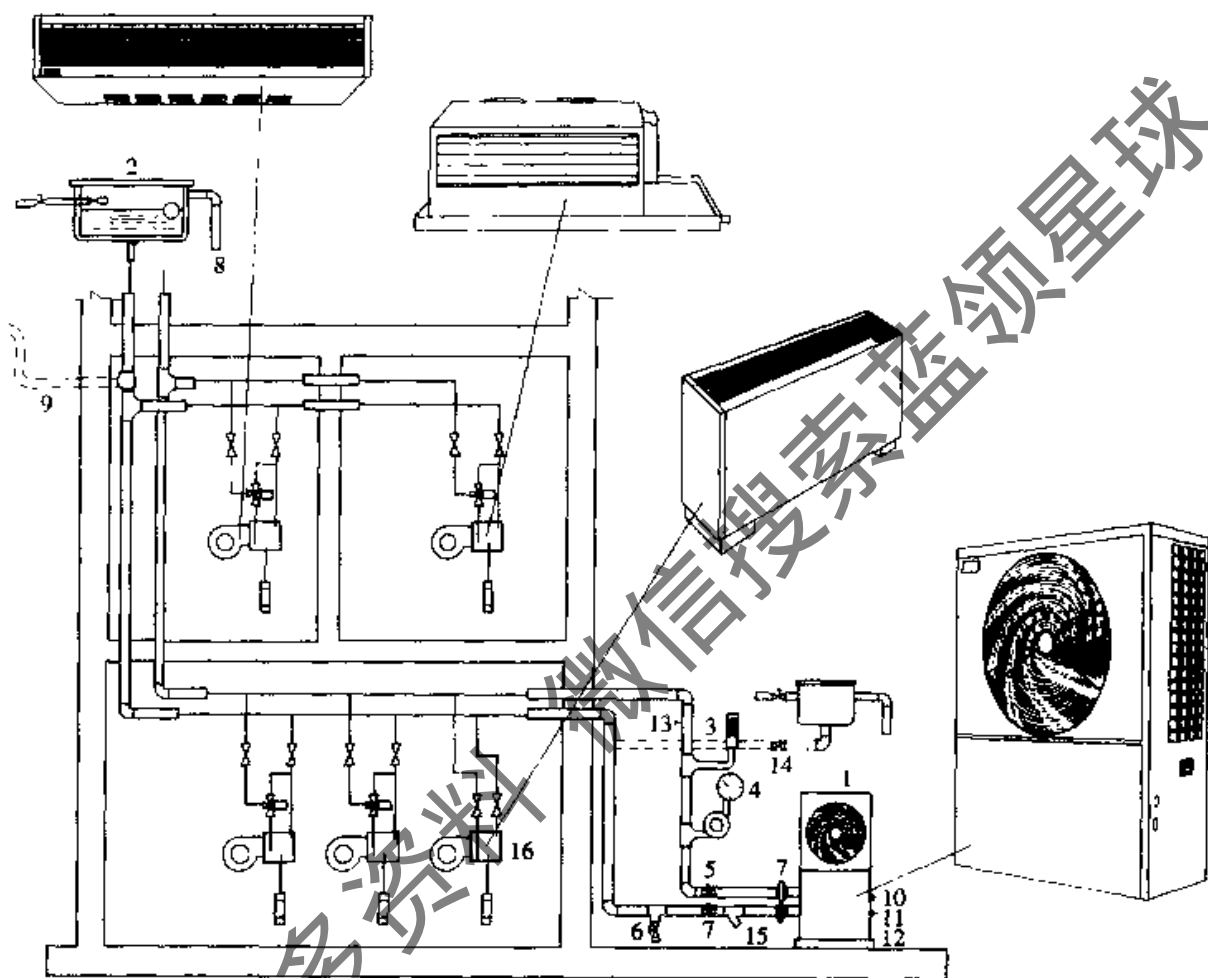


图 2-41 冷水机组与室内风机盘管的管道连接系统图

- 1—冷水机组; 2—膨胀水箱; 3—温度计; 4—压力计; 5—截止阀; 6—排水阀; 7—内螺纹活接头;
8—溢水管; 9—排气管; 10—电源线接口; 11—排水口; 12—基础; 13—水流开关; 14—逆止阀;
15—Y型水过滤器; 16—风机盘管

小型风冷式冷水机组安装方便,省去了冷却塔,可安装于屋顶、阳台或室外,只需连通冷(热)水管路、水泵即可进行系统冷(热)水循环。该机组运转噪声低,对环境影响小,与同等能力的其他类型空调机相比,运转更加平稳,从而拓宽了其适用范围。

小型冷(热)水空调系统,可满足用户多居室需求,可适应用户的个性化需求,不受其他用户影响;采用主机与末端分离安装方式,保证了宁静的居室环境;主机由微电脑控制,在室内可完成全部操作;室内末端安装可采用暗藏方式,极适宜配合室内装修;系统可根据实际负荷自动化运行,节约能源及运行费用;将供

冷、供暖费直接转化为电费，开机计费，停机则不计费，收费直观、合理。

3. VRV (变制冷剂流量) 系统

变制冷剂流量空调系统 (简称 VRV 系统) 是一种冷剂式空调系统, 它以制冷剂为输送介质, 室外主机由室外侧换热器、压缩机和其他制冷附件组成, 末端装置是由直接蒸发式换热器和风机组成的室内机, 如图 2-42 所示。一台室外机通过管路能够向若干个室内机输送制冷剂液体。通过控制压缩机的制冷剂循环量和进入室内各换热器的制冷剂流量, 适时地满足室内冷、热负荷要求。

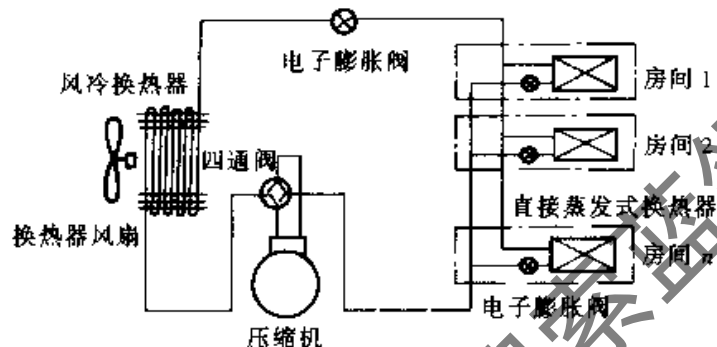


图 2-42 VRV 系统图

VRV 系统具有节能、舒适、运转平稳等诸多优点, 而且各房间可独立调节, 能满足不同房间的不同空调负荷的需求。但其系统控制复杂, 且其初投资较高。

第三节 汽车空调装置的类型与结构

由于汽车种类不同, 相应地与之相配的汽车空调系统也不一样。如轿车空调大多采用非独立式, 其压缩机由主发动机驱动, 空调系统各部件采取分散布置; 而大客车空调大多采用独立式, 其压缩机由专门配备的副发动机驱动, 空调性能不受汽车行驶工况影响, 其系统各部件有采取整体布置的, 也有采取分散布置的, 视汽车的结构型式而定。

汽车空调系统是将空调装置中的压缩机、加热器、换热器 (冷凝器和蒸发器) 等构件以管道连接, 合理地布置在车室内, 形成一个制冷或制热的运行系统。

汽车空调制冷系统布置是否合理, 不仅影响制冷系统的工作性能, 而且还影响整车的布置设计、车室内装饰设计、外观造型、轴荷分配以及车室的噪音和舒适性。

由于汽车空调有时随汽车在野外行驶, 其工作条件比较恶劣, 因此, 对管道连接和装置质量提出了较高的要求。汽车空调换热器均采用风冷型, 空气的清洁度会影响其换热效果, 换热器既要求通风换热, 又要求不被空气中灰尘杂质堵塞, 为此合理布置它们也较困难。汽车空调的布置直接影响汽车空调的技术性能和经济指

标。

汽车空调根据驱动方式不同可分为独立式空调和非独立式空调。独立式空调就是配备专门的副发动机作为压缩机的动力源（如大客车空调），而非独立式空调是由汽车主发动机直接驱动压缩机（如轿车、小型客车空调以及货车空调等）。

1. 独立式空调

单独用一个发动机带动空调压缩机，其制冷系统不受主发动机的影响。只有大型客车才有足够的空间安装独立式空调，在独立式空调系统中，压缩机转速基本不变，并可将压缩机与冷凝器做成一个通用性较好的机组，以便于设计选用。

(1) 优点：制冷量不受主发动机转速的影响，制冷系统对汽车的行驶也无影响，而且在汽车怠速行驶或停驶时，其制冷系统照样正常运行。

(2) 缺点：结构复杂，增加了整车的重量和布置难度。

2. 非独立式空调

由主发动机带动压缩机运转，并由电磁离合器进行控制。当接通电源时，离合器吸合，压缩机开始运转制冷；当断开电源时，离合器跳开，压缩机停机，从而调节冷气的供给，达到控制车室内温度的目的。

(1) 优点：结构简单、便于安装布置、噪声小。

(2) 缺点：需要消耗主发动机 10% ~ 15% 的动力，直接影响汽车的加速性能和爬坡能力，同时其制冷量受汽车行驶速度影响，如果汽车停止运行，其空调系统也停止运行。

汽车空调经历了由低级到高级的发展过程。最先进入汽车的是暖风机，它主要是向乘客供暖以及为挡风玻璃内侧除霜。随着制冷技术的发展，冷风机也进入了汽车。

汽车空调按功能可分为冷暖分开型、冷暖合一型、全功能型。

1. 冷暖分开型

制冷和采暖系统各自分开，由两个完全独立的冷风机和暖风机所组成，各有各的送风机，控制系统也是完全分开的。制冷时完全是吸入车内空气，采暖时既可吸入车内空气，也可吸入车外新风，如图 2-43 所示。这种结构占用空间较多，主要用在早期的汽车空调中。

2. 冷暖合一型

在暖风机的基础上增加蒸发器芯子和冷气出风口，但制冷和采暖各自分开，不能同时工作。目前，许多轿车（如桑塔纳轿车等）都还采用这种结构型式。此种型式虽然结构合一了，但供冷和采暖的功能仍然是分开的，如图 2-44 所示。

3. 全功能型

集制冷、除湿、采暖、通风、净化于一体，既可供冷气，又可供暖气，还可进行通风、除尘

冷暖分开型和冷暖合一型的缺点是冷风机只能降温、除湿，不能调节送风的相

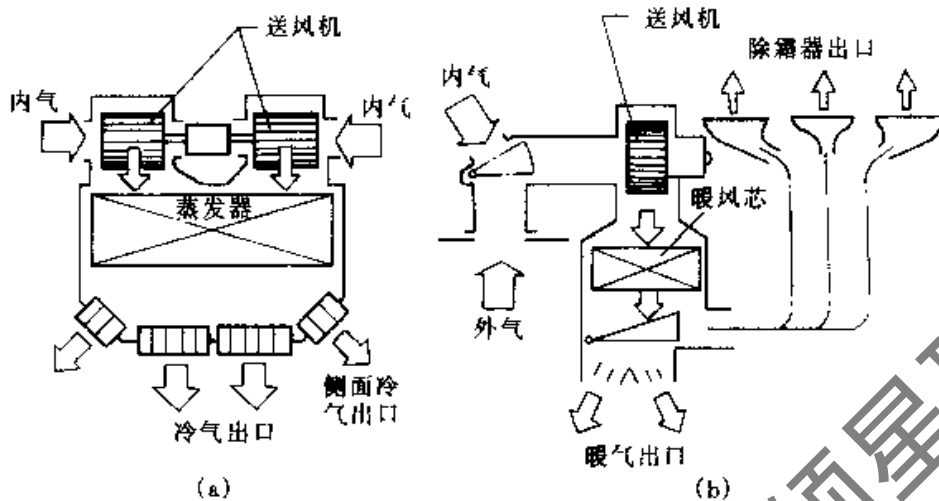


图 2-43 冷暖分开型汽车空调

(a) 冷风机; (b) 暖风机

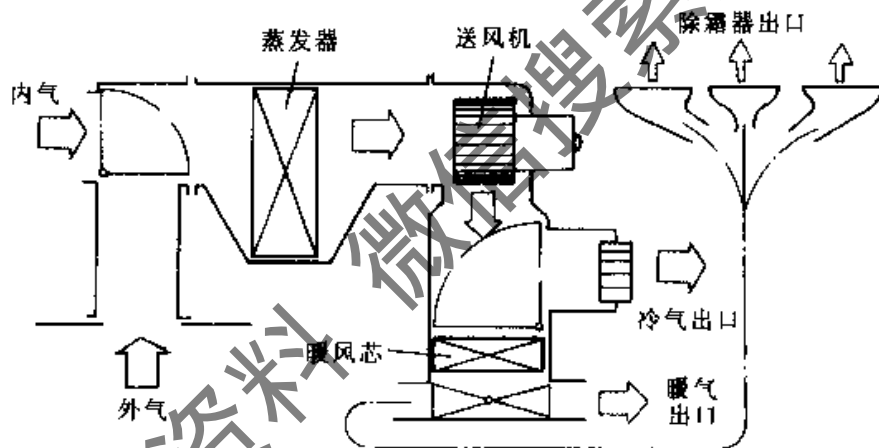


图 2-44 冷暖合一型汽车空调

对湿度。夏季，当车室内需要冷风时，风机抽入外界的湿热空气，经过蒸发器的冷却、除湿，变成冷风送入车室内。然而，这种脱去冷凝水而吹出来的冷风，尽管绝对含湿量减少了，但相对湿度却在 95% 以上，这种冷而湿的风直接吹到乘客身上，并不舒适，因此，必须设法在冷风吹出来之前降低其相对湿度。简单的办法就是将冷却除湿后的空气适当地再加热，北京切诺基吉普车就是这种类型，图 2-45 所示为其空气处理系统示意图。它是在蒸发器和加热器之间设置了一个可以连续调节的混合风门。从蒸发器流出来的空气可以随混合风门的开闭部分或全部通过加热器。流过加热器和不流过加热器的空气在空调器内先混合，再经风门送出。夏季，可以通过调节混合风门的开度来调节冷湿空气的再加热程度；冬季，可通过调节混合风门的开度调节暖风的温度。混合风门的设置大大改善了对空气相对湿度的调节能力。

汽车空调按送风方式不同可分为直吹式和风道式。

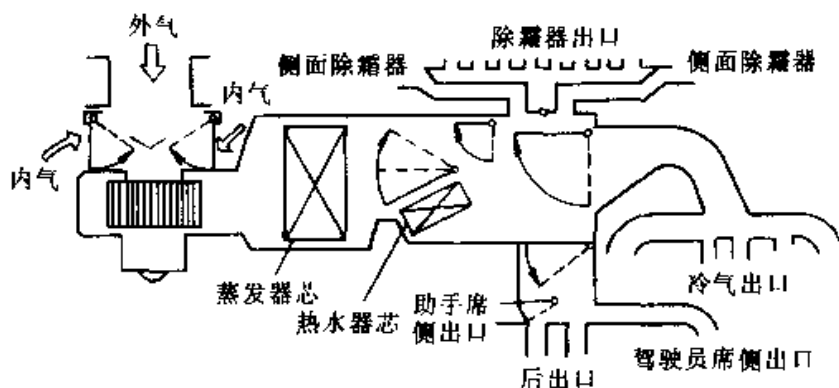


图 2-45 全功能型汽车空调空气处理系统示意图

1. 直吹式

冷气或暖气直接从空调器送风面板吹出，其结构简单，阻力损失小，但送风均匀性差。一般轿车、中小型客车及货车空调常采用此种送风方式。

2. 风道式

它是将空调器处理后的空气用风机送到塑料风道，再由车厢顶部或座位下的各风口、风阀送至车内。此种方式送风较均匀，冷气或暖气可送到所需要的部位（如人体头部、脚部等），但结构较复杂，风道阻力增加，同时风机所耗功率要加大。主要用在一些大型客车空调上。

风道式又可分为两侧送风道和中央送风道两种。两侧送风道布置在车顶转角处，一般不占用车内有效空间，对乘客行车影响不大，但要求车窗框离车顶有一定距离。中央送风道的优缺点正好与其相反，为不影响乘客行车，风道必须做得很扁，同时车厢顶要设计得较高一些。

汽车空调按结构型式可分为整体式空调、分体式空调以及分散式空调。

1. 整体式空调

它是将副发动机、压缩机、冷凝器、蒸发器通过传动带、管道连接成一个整体，安装在一个专用机架上，构成一个独立总成，由副发动机带动，通过车内送风管将冷风送入车室内。

2. 分体式空调

它是将压缩机、冷凝器、蒸发器以及独立式空调的副发动机部分或全部分开布置，用管道连接成一个制冷系统。

3. 分散式空调

将蒸发器、冷凝器、压缩机等各部件分散安装在汽车各个部位，并用管道相连接。轿车、中小型客车及货车都采用这种结构型式。

一、轿车空调装置

轿车空调常常采用由主发动机直接驱动压缩机。如图 2-46 所示为轿车空调系统布置图。压缩机一般通过发动机曲轴带轮驱动，压缩机上的电磁离合器可以接通

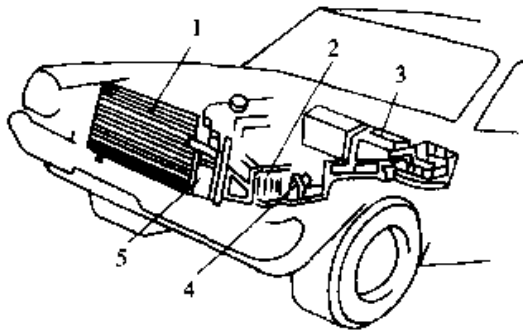


图 2-46 轿车空调系统布置
1-冷凝器；2-电磁离合器；3-蒸发器；4-压缩机；5-贮液干燥器

或切断驱动动力。冷凝器安置在发动机冷却水散热器的前面，用冷凝器风扇和行驶时的风对制冷剂进行热交换。贮液干燥器安装在靠近冷凝器处，最好安装在受发动机排热影响小的地方。蒸发器和膨胀阀一起装在一个箱体内，安装在车室内或靠近车室的发动机室内。

由于轿车空调压缩机是由主发动机带动的，因此为了避免影响主发动机怠速的稳定性和汽车的加速性能，轿车空调压缩机

均装有电磁离合器，超越性能范围时会自动脱开。

轿车空调的冷凝器大多安装在主发动机散热器水箱前面，因此水箱散热效果受到影响，容易使水箱“开锅”。为此，应考虑冷凝器与散热器水箱之间的距离。另外，冷凝器护风圈的间隙要小，防止风量损失。目前，在冷凝器前增设风扇，除增大其风量外，还用于轿车低速行驶时加强其冷却效果。冷凝器风扇由轿车上的电瓶供电驱动，只要安装位置允许，冷凝器也可安装在其他部位。

轿车空调蒸发器有不同的布置形式，蒸发器布置在轿车仪表的中间或下方（称为仪表板式），许多后来加装冷气的轿车都采用这种结构；也有布置在轿车后部，由后部向前面送风。由于蒸发器一般都安装在轿车室内，因此，要设法降低蒸发器及风机出口阻力，以减少风量损失和降低噪声。

轿车空调膨胀阀一般安装在蒸发器出口处，出厂之前已经调试好，一般情况下不需再调试。

汽车空调管道常采用高压气液软管和低压气液软管，它可防止轿车振动对制冷系统的影响，另外，还便于安装布置。

轿车安装空调由于发动机侧温度及噪声很高，应注意发动机室与车室的隔热、密封和消音。

目前大部分轿车都采用冷暖一体化空调装置，如图 2-47 所示，

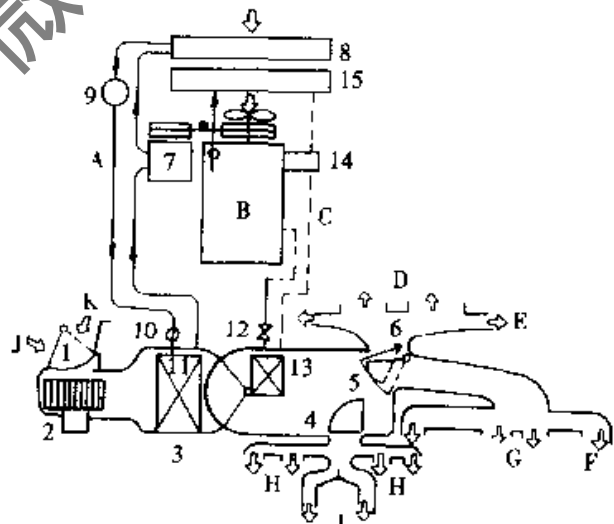


图 2-47 冷暖一体化空调

通风系统：1-进风门；2-风机；3-冷风装置；4-暖风装置；5-调节风门；6-风道；7-压缩机；8-冷凝器；9-贮液干燥器；10-膨胀阀；11-蒸发器
采暖系统：12-热水阀；13-暖风芯子；14-水泵；15-水箱

A-制冷机；B-发动机；C-发动机冷却水；D-除霜出风口；E-侧窗除霜风口；F-侧面出风口；G-仪表板出风口；H-暖风出风口；I-后出风口；J-车内空气；K-车外空气

桑塔纳轿车就属于这种结构。此种结构型式紧凑，冷风和暖风两种换热器放在一起，合用一套进出风道、风机及操纵机构，冷暖调节各自分开。也有一种可混合同时供冷暖，后者为实现高精度的温湿度调节提供了保证。

(一) 奥拓轿车的空调装置

奥拓轿车的空调系统属全空调系统。车内空调采用冷热风混合形式，暖风加热芯为管带式换热器。压缩机采用精工 SJK96 型旋叶式压缩机，蒸发器和冷凝器采用管带式结构，蒸发器扁管为 21 孔，膨胀阀采用内平衡式。

奥拓轿车暖气装置系统主要由通风管、鼓风机、散热器、壳体、引风罩和控制机构组成，如图 2-48 所示，其性能参数如表 2-1 所示。

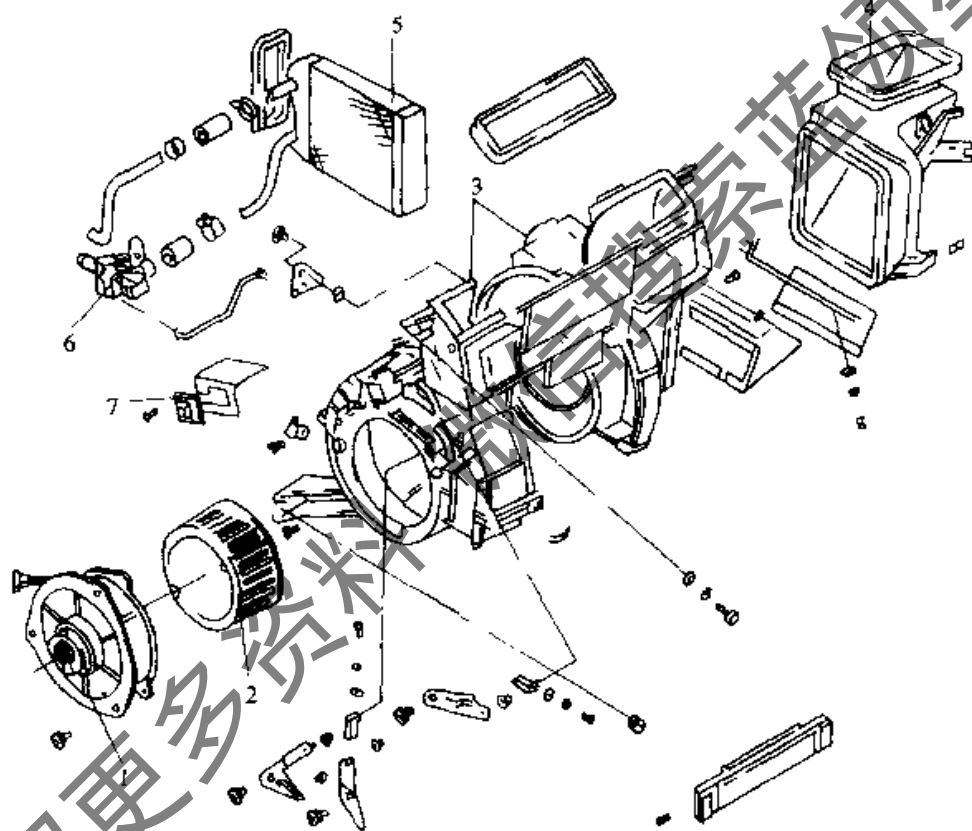


图 2-48 奥拓轿车暖气系统

1—鼓风机电动机总成；2—鼓风机风扇；3—鼓风机左右壳体；4—引风罩；5—暖气散热器；6—水阀门总成；7—电阻器总成

奥拓轿车的冷气系统主要由压缩机、冷凝器、贮液干燥器、蒸发器、蒸发器壳体和控制机构等组成，如图 2-49 所示，其性能参数如表 2-2 所示。

奥拓轿车冷气系统的送风管、鼓风机不是单独设置的，而是与暖气系统合用一套。因此奥拓轿车的冷气系统是在其暖气装置上并装上一个制冷的蒸发器壳体总成和一套制冷系统元件，所以奥拓轿车的空调系统是具有冷、暖气调节功能的全空调系统。

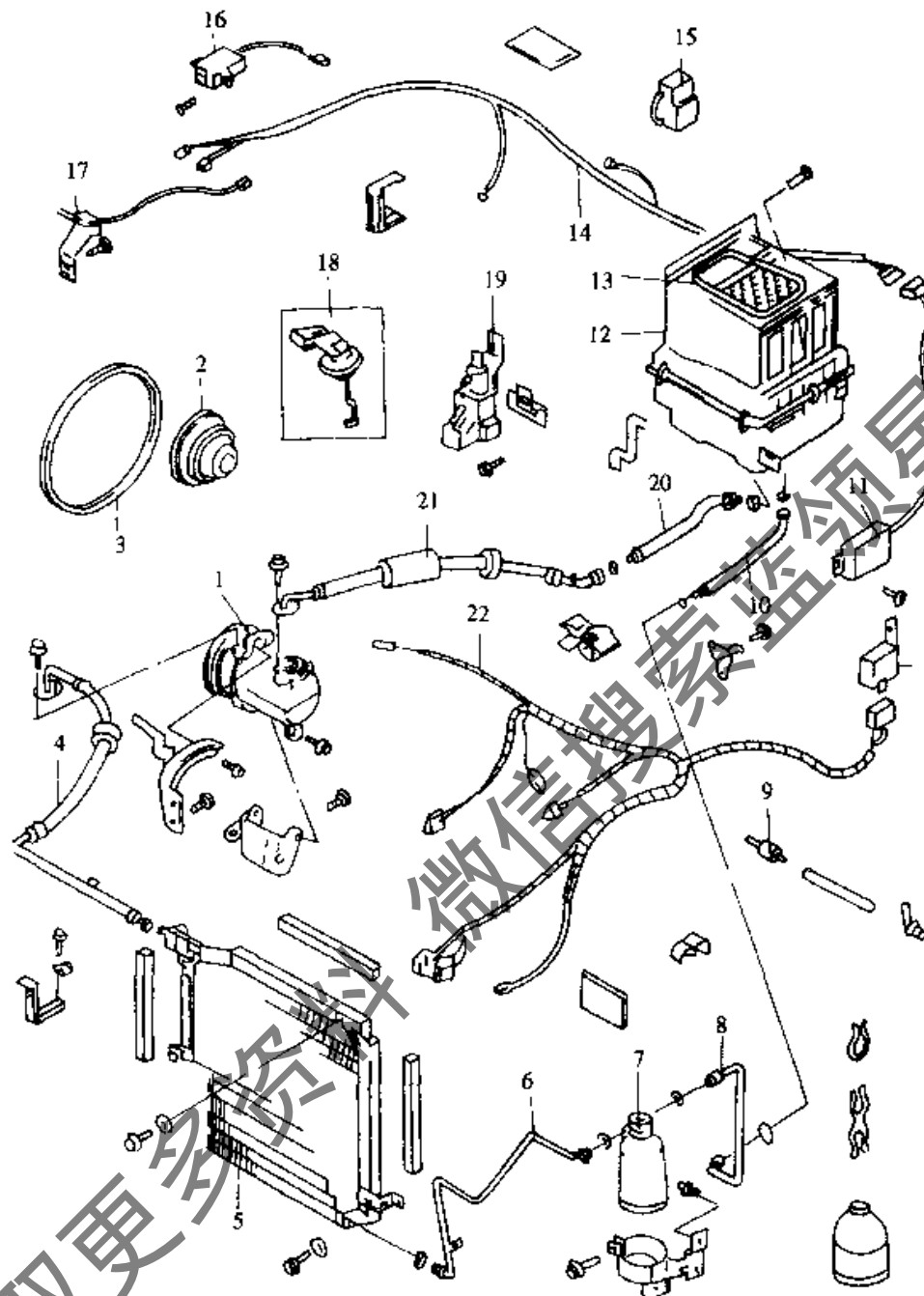


图 2-49 奥拓轿车冷气系统

1—空调压缩机；2—曲轴带轮；3—空调传动带；4—压缩机排气管总成；5—冷凝器总成；6—冷凝器出口管总成；7—贮液干燥器；8—出口管；9—阻尼阀；10—蒸发器进气管；11—空调放大器；12—蒸发器壳体；13—蒸发器；14—控制线束；15—继电器；16—控制开关；17—加速切断开关；18—真空促动器；19—真空电磁阀；20—吸入管；21—压缩机吸入管总成；22—控制线束

表 2-1

奥拓轿车空调暖气性能参数

项 目		性 能 参 数
采暖能力	制热量	3140 ± 314kW
	试验条件	环境温度: 15℃ 发动机冷却水温度: 80℃ 冷却水流量: 6L/min 电压: 12V 空气为车内循环
风 量	暖风流量	210 ± 21m ³ /h
	鼓风机转速	2900 ± 290r/min
耗电量	鼓风机电动机	80 ± 8W
	电 压	12V
抗振性		2.9g
气压检漏		0.2MPa 时散热器软管夹紧部分应无漏气
暖气装置壳体或芯部的空气流速		2.5m/s 以下
暖气装置质量		3.5kg
水阀操纵力		无风时在 0.27MPa 以下

表 2-2

奥拓轿车空调冷气性能参数

项 目		性 能 参 数
制冷能力	制冷量	2442 ± 244.2kW
	试验条件	蒸发器入口空气温度: 27℃ 蒸发器入口空气相对湿度: 50% 鼓风机电压: 12V 冷凝器入口空气温度: 35℃ 冷凝器入口空气风速: 4.5m/s 压缩机转速: 1800r/min
压缩机	型号、型式	SJK96CO、旋叶式
	工作容积	96ml
	最高转速	7800r/min
	冷冻润滑油牌号	DH-150CX
风 量	冷风风量	250 ± 25m ³ /h
	鼓风机转速	3000 ± 300r/min
耗电量	鼓风机电机	90W
	电磁离合器	35W
压缩机传动带	型式、型号	HM 型、日本 REMF-1270
	带张力的调整	当用 98N 的压力下压带中间时, 带挠度应为 7~8mm
	带的内周长	700mm

续表

项 目		性 能 参 数
冷凝器	型 式	管 带 式
	尺寸 (宽 × 高 × 厚)	326mm × 333.2mm × 22mm
	散热面积	2.57m ²
	质 量	2.5kg
蒸发器	型 式	管 带 式
	尺寸 (宽 × 高 × 厚)	159.2mm × 196mm × 85.3mm
	散热面积	2.74m ²
电磁离合器	质 量	2.8kg
	型 式	S 型
	带轮外径	115mm
	转动转矩	25N·m 以上 (DC12V, 20℃)
贮液干燥器	带轮与吸铁的间隙	0.5 ± 0.15mm
	型 式	带有视液玻璃、温度安全阀式
	罐内容积	475mL
	干燥剂	氧化硅胶
真空电磁阀	质 量	0.4kg
	型 式	三通电磁吸引式
	绝缘阻抗	1MΩ 以上
	最低工作电压	3V 以下
	通电时通气流速	8L/min 以上
	使用温度	-40 ~ +120℃
	空调怠速提升装置	型式: 真空怠速自动提升装置 空调怠速转速: 1000 ± 50r/min
控制机构	温度安全阀	型式: 可熔栓型 开栓温度: 106℃ (内压 3.0MPa)
	空调开关	型式: 推压式 总行程: 7 ± 1mm 闭锁行程: 5 ± 1mm
	高压开关	压力大于 2.65MPa 时, 开关关闭 压力大于 2.06MPa 时, 开关开启
	加速切断开关	当油门踏板踏下 90% 行程时, 切断开关断开电路, 空调压缩机 10s 内停机
	水温开关	大于 105℃ 时, 断开电路
制冷剂	种 类	R12
	加注量	0.60kg
空气调节方式		内外空气循环, 全空气混合调节
温度调节方式		采用热敏电阻温度控制, 蒸发器工作温度范围为 3 ~ 15℃

奥拓轿车的空调系统在车上的安装布置,采用了集中分散、充分利用车头空间的原则。鼓风机、散热器、蒸发器集中在一个壳体内,安装在车厢的前部;冷凝器安装在发动机室散热器的前方,利用车速和发动机散热器风扇,对冷凝器进行冷却。贮液干燥器安装在发动机室的左侧,送风管道安装在仪表板的内侧,控制旋钮、开关安装在仪表板的板面上。空调系统的元件,由管、线沿发动机室边壁间隙有机地连接起来,形成工作回路,以保证空调系统有效地工作,其空调布置如图 2-50 所示。

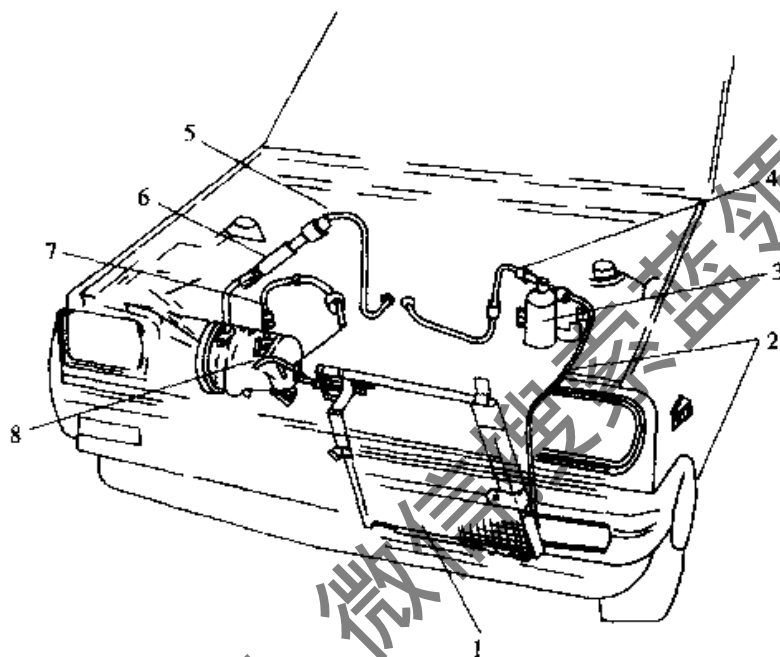


图 2-50 奥拓轿车空调系统布置

1—冷凝器; 2—冷凝器出口管; 3—贮液干燥器; 4—贮液干燥器流出管;
5—压缩机吸气管; 6—压缩机吸入软管; 7—压缩机排气软管; 8—压缩机

(二) 奥迪 100 轿车的空调装置

奥迪 100 轿车的空调装置采用膨胀节流管系统,它用塑料节流管代替热力膨胀阀,用安装在蒸发器与压缩机之间的气液分离器代替贮液干燥器。

奥迪 100 轿车空调选用日本电装公司生产的 Denso10P17 斜盘式压缩机。该压缩机的主要零件由铝合金制造,质量轻、体积小、安装方便、可靠性高。它的活塞为双向复式结构,且活塞上不装活塞环(只在摩擦表面涂一层聚四氟乙烯)。该压缩机的主要参数如下:10缸,缸径为 $\phi 29.5\text{mm}$,行程为 25.4mm ,排量为 170mL ,在 2000r/min 时制冷量大于 5.88kW 。国产化采用 SD-510 单向摇板式压缩机。

该空调系统为整体式再热混合式全空调,蒸发器和冷凝器均采用全铝管带式。

奥迪 100 空调采用微电脑自动控制,通过按钮进行功能选择,车内温度可自动控制在 $15\sim 24\text{℃}$ 范围内。当温度达到要求时,风机可自动调节转速,维持所要求的温度。压缩机的运行、暖风水阀开度、鼓风机转速及各风门的开度,都由微电脑控制。各种控制机构及功能如表 2-3 所示。奥迪 100 的自控原理如图 2-51 所示。

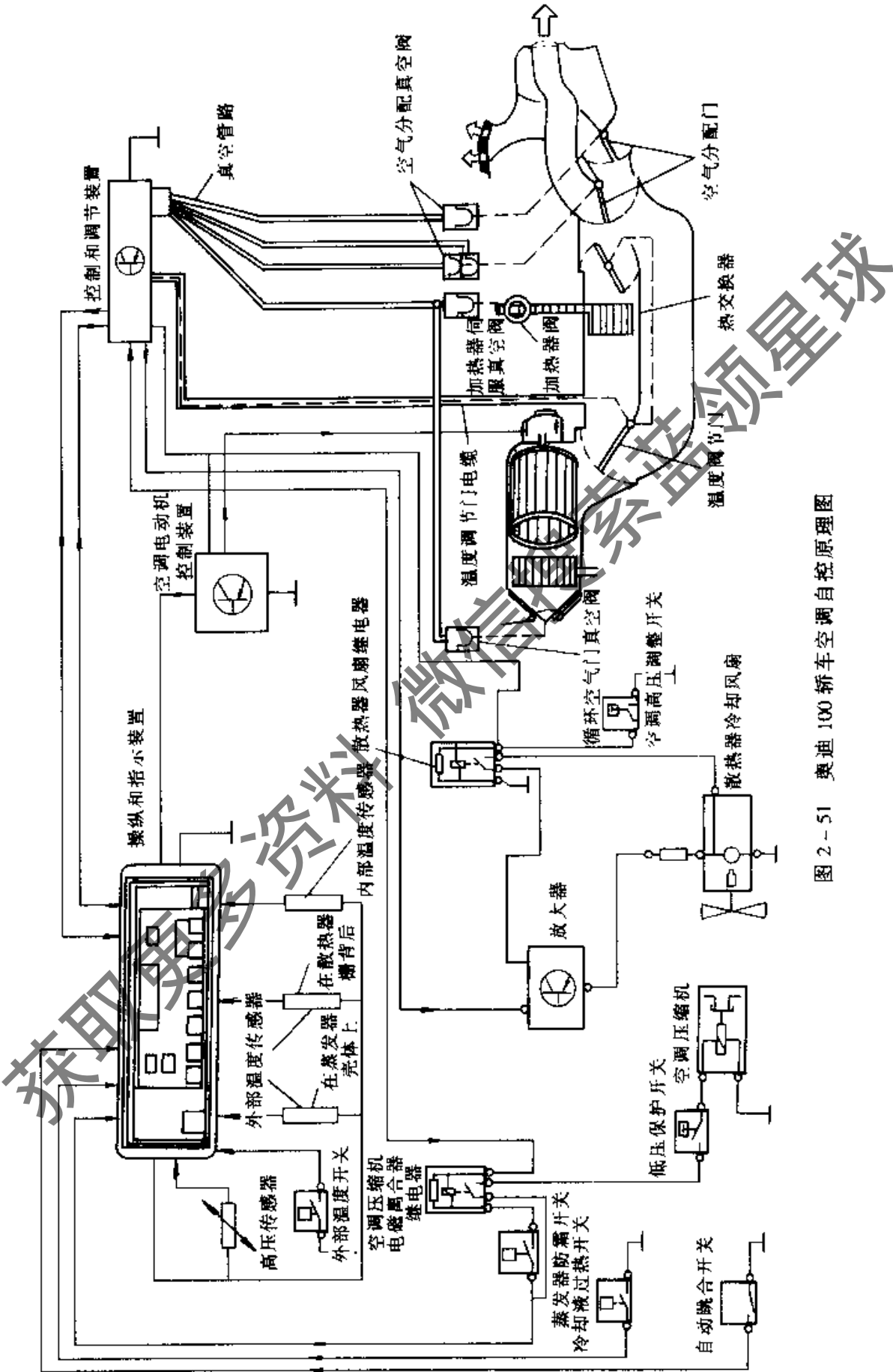


图 2-51 奥迪 100 轿车空调自控原理图

表 2-3 控制元件及功能参数

控 制 元 件	工 作 范 围	控 制 内 容
温度开关	< 5℃ 断开	压缩机停转
高压保护开关	(2.82 - 3.10) MPa 断 (1.03 - 1.73) MPa 通	压缩机停转
低压保护开关	(0.08 - 0.11) MPa 断 (0.23 - 0.29) MPa 通	压缩机停转
恒温开关	(-1.5 ~ 1.5)℃ 断 (1.5 ~ 4.5)℃ 通	压缩机停转, 防止蒸发器积霜
高压调整开关	(1.31 ~ 1.75) MPa 接高速 (1.06 ~ 1.50) MPa 接低速	冷却风机高速 冷却风机低速
水温过热开关	≥ 105℃ 接高档 回到 95℃ 接低挡	提高怠速转速
怠速提升装置	怠速用空调	
卸荷继电器	汽车启动时不能用空调, 保证启动用电	

微电脑根据测得的内、外空气温度, 与空调设定温度值比较, 调节空调电机转速, 达到调节温度的目的。

奥迪 100 轿车设有超速开关, 当急踩油门踏板时, 此开关使电磁离合器断路, 压缩机停止工作, 12s 后, 由于延时断电器的作用, 电路又接通, 压缩机又工作。

在发动机冷却系统中设有水温过热开关, 当发动机水温超过 120℃ 时, 此开关通过控制装置切断电磁离合器电路, 压缩机停转。

微电脑还能对空调系统的故障进行诊断和报警, 并存储起来, 以备修理之用。当车内温度传感器电路、车外温度传感器电路、蒸发器温度传感器电路、水温传感器电路、太阳辐射传感器电路、温度风门位置传感器电路、压力传感器电路开路或短路, 制冷剂压力异常, 以及真空转换阀、真空伺服电动机等有故障时, 计算机将其故障代码储存起来, 特别是水温、制冷剂压力异常、压力传感器开路的故障, 会及时报警。直到修好这些故障后, 才能消除报警信号。

(三) 国产红旗牌轿车的空调装置

红旗牌 (CA770、CA771、CA773) 轿车的空调装置由制冷系统、通风装置和暖风除霜装置三部分构成, 其中制冷系统为一个整体, 如图 2-52 所示。通风、暖风、除霜三个装置组成另一个整体, 如图 2-53 所示。这三个装置的速度是公用的, 包括前大灯后的兜风管、通风电动机、通风管、阀门、散热器、除霜器、前围侧出风口、通风软管和操纵机构。

1. 制冷系统

采用六缸斜盘式压缩机, 冷凝器和蒸发器均采用管片式。蒸发器有前后两个, 分别装在前右侧和行李箱内。两个膨胀阀装在蒸发器入口, 其感温包紧贴在蒸发器出口处, 调节膨胀阀节流孔的大小, 可控制制冷剂的流量。制冷剂管路采用耐氟橡胶管和接头, 密封性好。通风机将车内热空气吸入, 经蒸发器冷却变为冷空气吹入

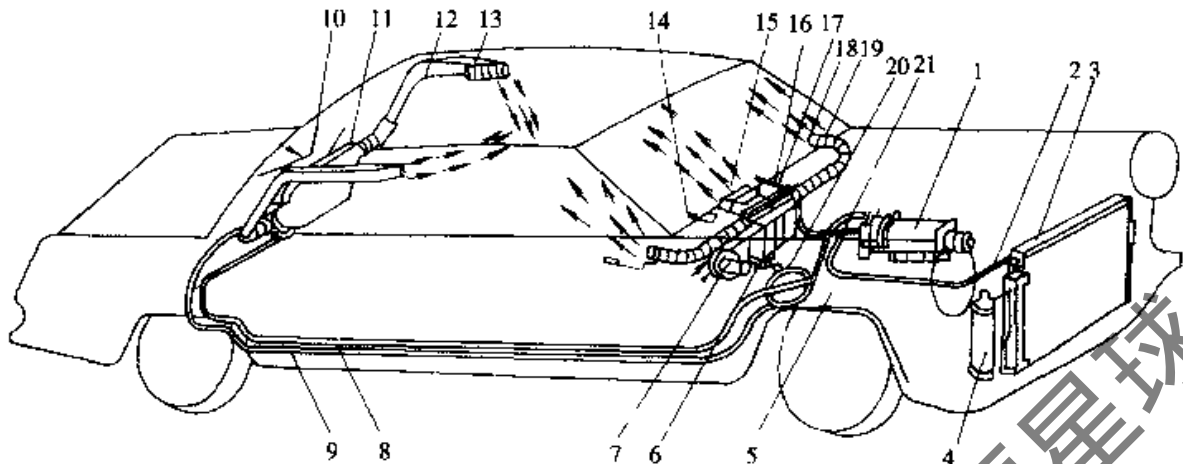


图 2-52 红旗牌轿车空调制冷系统布置图

- 1—压缩机；2—高压排气管路；3—冷凝器；4—贮液器；5—主高压管路；6—膨胀阀；7—前通风电动机；8—分高压管路；9—后低压管路；10—后蒸发器；11—左后通风电动机；12—左后风道；13—左右出风口；14—后冷风开关；15—前冷风中出风口；16—前蒸发器；17—前冷风开关；18—前冷风左风挡开关；19—前冷风左出风口；20—管路系统连接；21—前低压管路

车内，以降低车内温度。

操作时，只需顺时针旋转冷气开关，电流经过继电器吸合压缩机电磁离合器，压缩机转动的同时带动通风机转动，开始进行制冷工作。车内后出风口的出风方向可用导流罩来控制，前出风口的出风方向可用球形转阀来控制。

2. 通风装置

一般情况下，汽车行驶时，可利用自然风进行通风，以使车内获得新鲜和清洁的空气。新鲜空气从兜风口进入，经通风机、风管、阀门和散热器分三路分别从前围侧出风口、中隔墙出风口和除霜喷嘴进入车内。风量可用仪表盘上的新鲜空气操纵手柄进行调节，左端是关闭位置，右端是全开位置。

3. 暖风和除霜装置

CA770 轿车上装有三个散热器，分别装在前围的左、右两侧和前座下面，而 CA771、CA773 型轿车的前座下设有散热器。

当使用暖气时，应先打开发动机汽缸出水管上的水阀手柄，使热水沿出水软管经总进水管，分别进入左、右暖气散热器的上贮水室。左暖气散热器中的热水由下贮水室直接流入回水管。右暖气散热器中的热水，在 CA770 型轿车上经前座下散热器再回到回水管，和从左散热器回来的水一起流回发动机水泵进口。散热器中的热水对流，使流经散热器的空气加热成为暖气进入车内。

采暖和除霜时，启动通风机，将新鲜空气操纵手柄向右移动打开通气阀门，热空气就被强制从各出风口和除霜喷嘴中流出，通过风机开关和新鲜空气操纵手柄控制通风量。

二、客车空调装置

由于压缩机和独立式副发动机以及整体式空调多置于车厢地板以下，因而布置

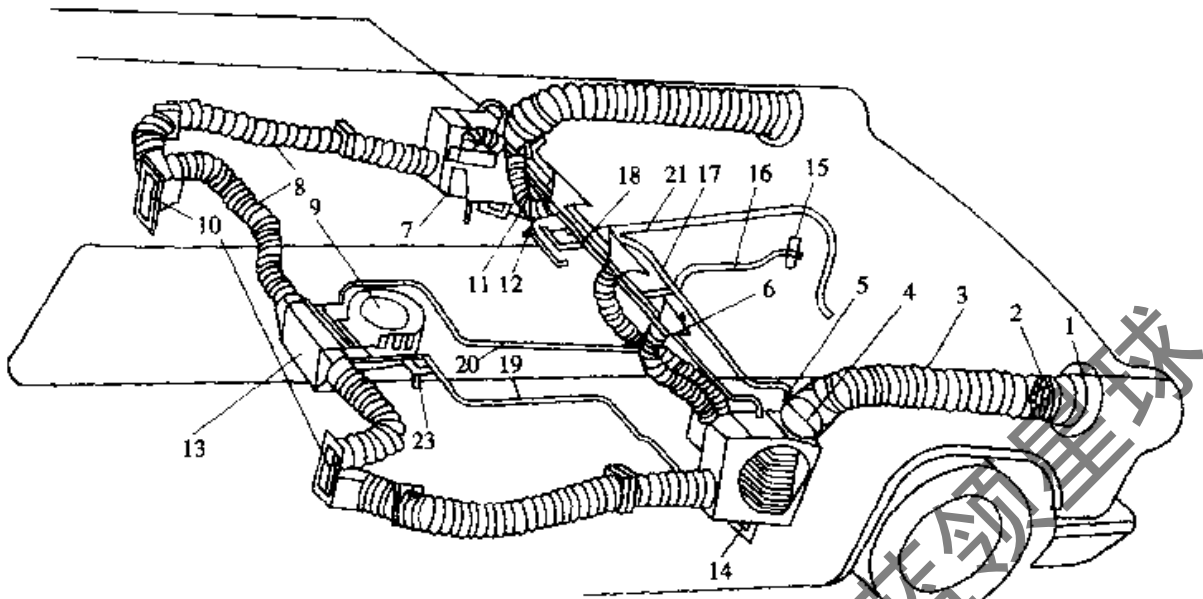
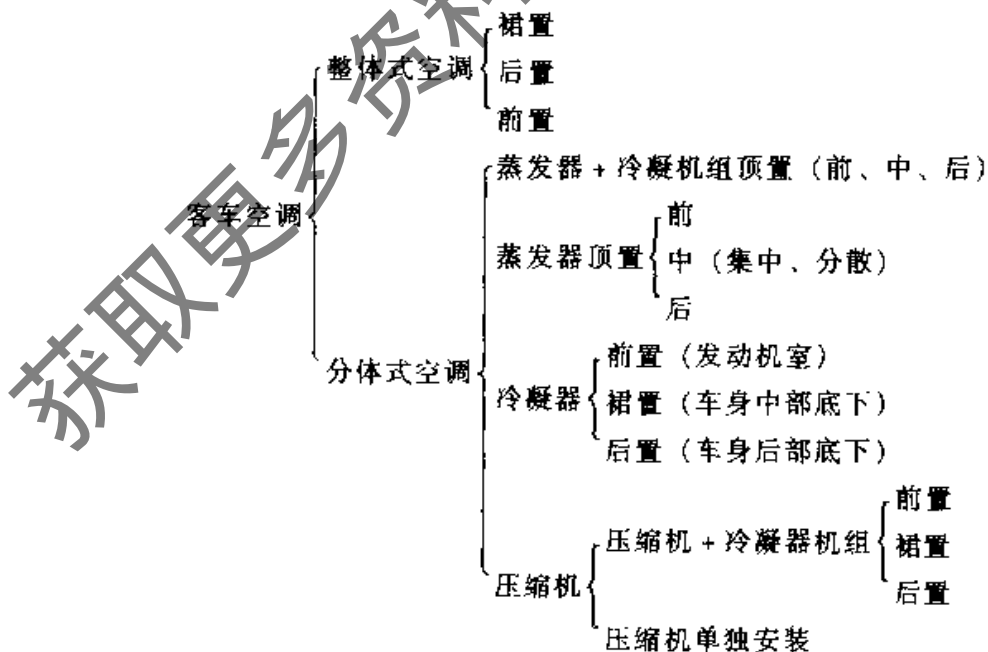


图 2-53 红旗牌轿车通风、暖风和除霜装置

1—兜风管；2—通风电机与叶轮；3—通风管；4—通风阀门；5—暖气散热器壳体；6—除霜喷嘴；7—前围出风口；8—通风软管；9—室内通风电机与叶轮；10—中隔墙出风口；11—通风电机开关；12—新鲜空气操纵手柄；13—前座暖气散热器；14—前围暖气散热器；15—水阀；16—出水软管；17—暖气总进水管；18—暖气回水管；19—室内暖气进水管；20—室内暖气回水管；21—暖气总回水管；22—左放水开关（与23位置对称，图中未标出）；23—右放水开关

形式变化较少。而变化形式较多的是冷凝器和蒸发器布置，无论整体式空调还是分体式空调，都有裙置、后置、内置和顶置的不同布置形式，如下所示。



（一）客车空调的布置形式

1. 裙置式

整体式空调一般裙置较多，机组安装之处通风良好，便于独立式发动机及各轴

承部位散热，且整车载荷分布均匀。

分体式空调一般将冷凝器、独立式驱动装置裙置较多，这与整体式相同，具有良好的通风条件。而蒸发器很少裙置，否则，管路加长、阻力大、送风不均匀、有灰尘吸入蒸发器，影响蒸发器的换热效果。

2. 后置式

对于分体式空调是将冷凝器置于车身后部中位，而蒸发器顶置。这种布置结构的气流组织和传热效果优于裙置，但影响整个车体的设计。车后座位由于有气流涡流死角，舒适性略差，且后轮负荷加大。对于整体式空调装置，车体后部开窗往往不能很好解决机组散热问题，反而会带进大量的灰尘。为此，常在冷凝器与车壳之间增设封闭形的导流板，以增强冷凝器、水箱的散热效果；另外，发动机吸气口可布置在冷凝器的两侧，以降低发动机的吸气温度，提高发动机功率的输出。

3. 内置式

它是将蒸发器置于车厢内顶的两侧，而冷凝器一般裙置。它可根据车厢的长度安装不同数量的蒸发机组。车厢不太长时，可在车厢内顶两侧各布置一组蒸发器。对于车厢长度较大的客车，两侧可各装3~4组蒸发器。这种布置形式的优点是冷风管道短、阻力小、效率高；缺点是需占用车厢内顶两侧的部分空间，不便于安装行李架。

4. 顶置式

它有前顶置、中央顶置和后顶置。一般是将蒸发器和冷凝器集中置于车顶。这种布置形式的优点是便于配气、温度分布均匀，适用于我国车速低、路面质量差、灰尘多的道路情况，同时安装维修方便，对车体设计影响小。缺点是提高了整车的高度和重心，车身外形不够平整。

前顶置式，其特点是可以减轻后轮负荷，车后座位的舒适性得到改善，但有噪声增大、管道加长的缺点。中央顶置式，可以克服噪声增大、管路加长、车后座位舒适性差、后轮负荷加大等缺点，是比较理想的布置形式。后顶置式，适用于后置发动机客车的非独立式空调制冷系统的布置，可以缩短连接管路和送风管道，其缺点是后轮负荷加大，车厢后部由于有气流涡流，舒适性略差。

我国客车空调布置常采用三种形式：

(1) 整体裙置式，如图2-54所示，它是将压缩机、副发动机、冷凝器、蒸发器用传动带和管道连成一个整体置于客车的地板下方。此种布置方式虽然因为蒸发器置于客车地板下方，造成送风困难，需增大送风机功率，但因该种布置方式安装简便、制冷系统各部件不暴露于客车外表而，不影响客车的外观，故常用于中高档旅游客车空调的布置。

(2) 将冷凝器、蒸发器集中顶置，将压缩机和副发动机裙置，如图2-55所示。此种布置方式的特点是安装灵活、维修方便，是我国客车空调最常见的布置形式。

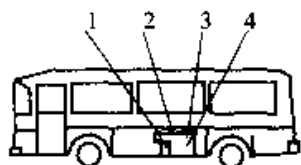


图 2-54 客车空调整体裙置式

1-压缩机；2-副发动机；
3-冷凝器；4-蒸发器

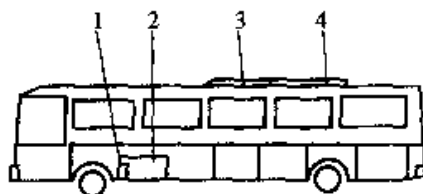


图 2-55 客车空调集中顶置式

1-压缩机；2-副发动机；
3-冷凝器；4-蒸发器

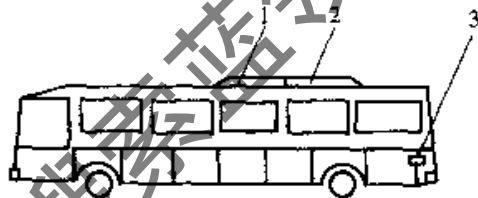
(3) 将冷凝器、蒸发器集中顶置，压缩机后裙置，如图 2-56 所示。此种布置方式仅适用于大功率后置式发动机的非独立式空调系统，其特点是安装、维修方便，且噪声较低。

(二) 轻型客车（面包车）的空调布置

轻型客车（面包车）的空调布置可分为直吹式和风道式，这两种布置方式的压缩机都由主发动机驱动。

1. 直吹式

图 2-57 所示为其布置方式，压缩机靠近主发动机安装，由主发动机 8 驱动；蒸发器分为两组安装在车厢内顶两侧，向车厢内

图 2-56 压缩机后裙置、
蒸发器 and 冷凝器顶置式

1-冷凝器；2-蒸发器；3-压缩机

直吹冷风；冷凝器也分为两组布置在车体两侧中间裙部。压缩机 1 的排气首先进入冷凝器 7 冷凝后再进入冷凝器 3 冷凝，冷凝后的高压液体流入贮液干燥器 2，再经节流降压分别进入蒸发器 4、5，由出风口 6 吹出冷风送到车室内。这种布置形式省去了风道，不占用车内空间，结构形式简单，但其送风不均匀。

2. 风道式

图 2-58 所示为轻型客车风道式布置。压缩机安装在主发动机侧，由主发动机驱动；蒸发器布置在车厢内顶后部，冷风通过车厢内顶两侧的风道吹向室内；冷凝器安装在车体侧面裙部。压缩机、冷凝器、蒸发器由空调软管连接成一个制冷循环系统，整个系统由仪表盘上控制板操作控制。此种结构形式增加了风道结构，系统较复杂，同时也占去了车厢内一部分空间，但其送风均匀性好，车厢内温度分布均匀，空调舒适性较好。

(三) 大型客车的空调布置

大型客车是大型长途客车、旅游车以及公共汽车。它们的压缩机既有直接式驱动，又有独立式驱动，总的说来以独立式驱动较多。大客车的空调布置远比轿车的空调布置复杂，而且大客车的空调装置种类也很多。

大型客车的空调布置常可分为整体裙置式和分体顶置式。

1. 整体裙置式

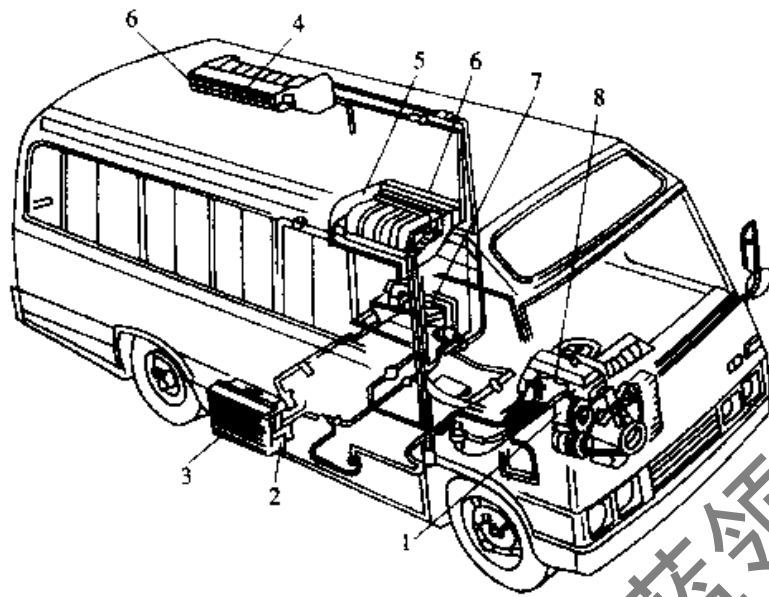


图 2-57 轻型客车空调直吹式布置

1- 压缩机; 2 贮液干燥器; 3- 冷凝器;
4、5- 蒸发器; 6- 出风口; 8- 手发动机

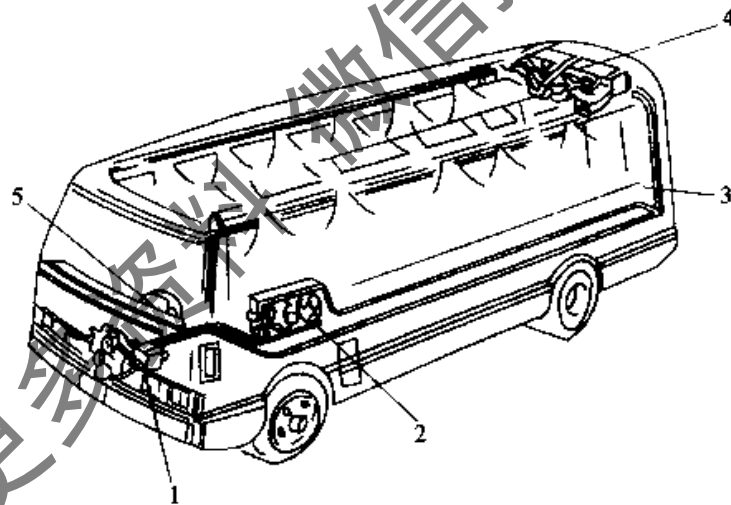


图 2-58 轻型客车风道式布置

1- 压缩机; 2- 冷凝器; 3- 视液镜; 4- 蒸发器; 5- 控制板

如图 2-59 所示, 它是将压缩机、冷凝器、蒸发器以及独立式发动机通过传动带、管道连接成一个整体, 将冷风通过风道吹入车室内。散热器 4 是用于独立式发动机 3 散热的。整体式空调一般布置在汽车中部车架下 (即裙置), 也有个别安装在汽车后部车架下, 如图 2-60 所示。它们用风道与车室相通, 空调机组的两端安装有冷凝器和独立式发动机散热器, 以便进行良好的散热冷却, 压缩机由发动机带动运转, 通过电磁离合器进行启闭。

2. 分体顶置式

如图 2-61 所示, 蒸发器和冷凝器安装在车顶外面, 压缩机可由汽车发动机带

动,也可与辅助发动机组成动力压缩机组。冷凝器7一般置于机组前部,有专门的散热风机8将热量从顶部排出,蒸发器1置于机组后部,其冷风由鼓风机5通过车顶送往车内。这两部分既可合装在一个箱体内而在中间隔开,也可分装在两个箱体中而前后紧靠在一起,至于两者在车顶上的安装位置,则应视车体重量或车顶骨架结构而定。车外新鲜空气13可通过一条进风口进入空调器,进风口开在蒸发器背面,一般还带有空气滤清器以保持其洁净。如果关闭新鲜空气挡板4,进入车厢内的空气只能实现内循环。也可根据需要在蒸发器箱内安装加热器芯子用于冬天采暖。

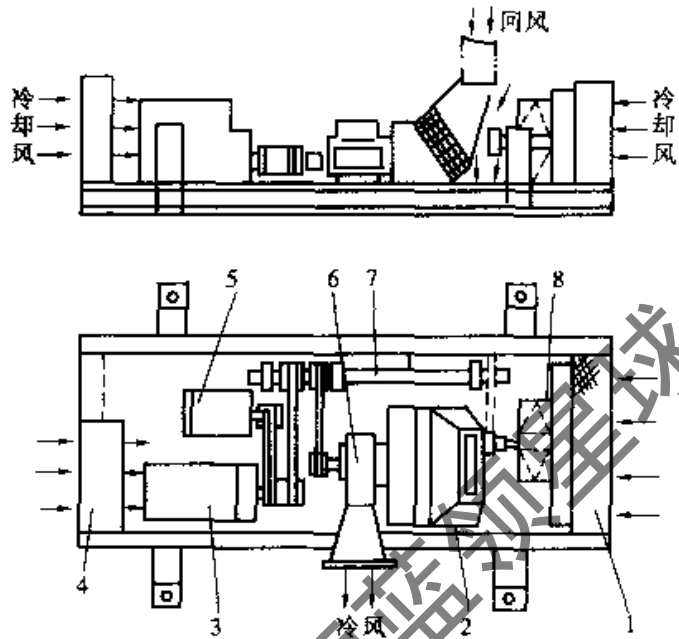


图 2-59 整体式空调

1—冷凝器; 2—蒸发器; 3—独立发动机; 4—散热器;
5—压缩机; 6—蒸发器风机; 7—传动轴; 8—冷凝器风机

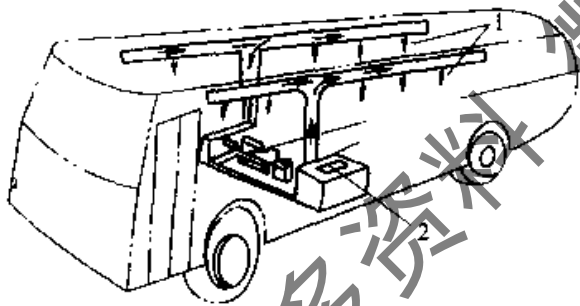


图 2-60 整体箱置式空调布置

1—吹出冷风; 2—回风

对于大、中型客车,空调装置远离驾驶员,因此,必须有监视、报警等装置及安全装置。采用辅助发动机驱动的必须有燃料计、水温计、油压计及其报警装置,以及压缩机高低压开关报警装置等。采用主机驱动的也要有压缩机高低压开关报警装置。

当制冷系统压力异常升高时,对于以辅助汽油机作为动力源的,要能自动

三、货车空调装置

近年来,由于要求提高汽车的安全性和舒适性,安装空调的货车也越来越多,尤其是长途货车、重型货车等。

货车空调与轿车空调一样,也是由主发动机驱动,但它们之间也有不同之处:

(1) 热负荷大。近年来的货车采用大风窗玻璃以达到视野开阔、造型美观的目的,因此,进入驾驶室的太阳辐射热增加;对于长途货车,其驾驶室容积一般比轿车大,加上发动机在驾驶室内,因此货车的热负荷比轿车高;另外,门窗的缝隙比

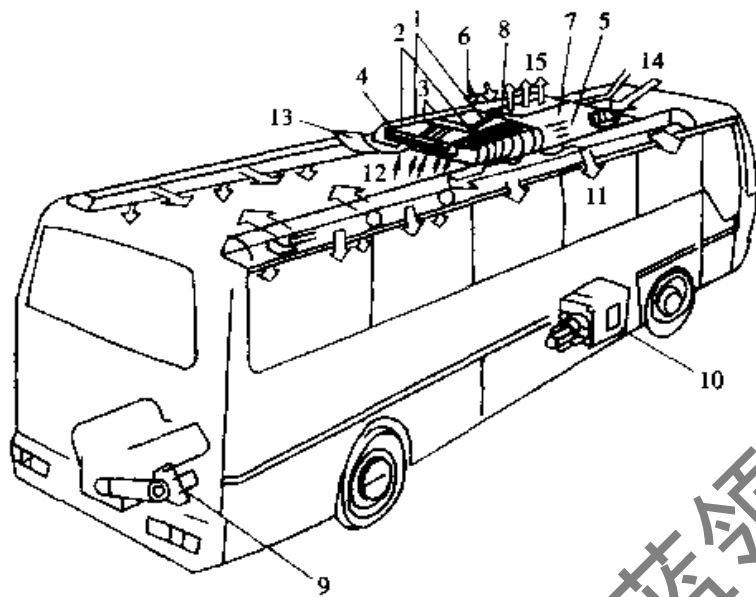


图 2-61 分体顶置式客车空调布置

1—蒸发器；2 供暖设备（加热器）；3 可替换滤清器；4—新鲜空气挡板；5—鼓风机；6—中央电气系统；7—冷凝器装置；8—冷凝器风机；9—直连式驱动压缩机；10—独立式驱动压缩机装置；11—由滤清空气进行通风；12—回风；13—室外空气进入；14—冷凝器进气冷却；15—冷凝器出风

轿车大，其新风热负荷也增加。

(2) 货车驾驶室重心高、振动大，要求制冷剂管道柔软性要好。

(3) 货车发动机转速比轿车低，因此，要减小压缩机带轮直径，以提高压缩机转速。

(4) 耐久性要好。由于货车的行驶条件比较恶劣，要求空调机组的耐振性、耐腐蚀性、耐水性、耐尘性都要好，尤其是耐振性最为重要。

(5) 舒适性要求。货车空调的主要目的是提高行驶安全性、改善劳动环境，而轿车空调的主要目的是改善其舒适性。货车空调驾驶室内比较适宜的参数为：温度为 $24 \sim 28^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $50\% \sim 60\%$ ，换气量为 $40 \sim 55\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ，噪音在 $65\text{dB}(\text{A})$ 以下。

一般大型货车的制冷量在 $3248 \sim 4180\text{W}$ 之间，中小型货车在 $2093 \sim 2900\text{W}$ 之间。

货车空调一般都是由主发动机驱动，冷凝器有装在散热水箱前面的（仪表板式），也有安装在车顶的（车顶式），根据蒸发器的安装形式不同，货车空调装置布置可分为仪表板式和车顶式，仪表板式又可分为制冷单功能和冷暖一体化的多功能空调。所谓冷暖一体化，是指具有冷、暖、换气等几种功能。货车空调也有采用再热式的，用于除去驾驶室內的潮气和玻璃窗上的雾气。

1. 仪表板式

它是货车空调的主要布置形式。如图 2-62 所示, 它将加热机组和冷却机组耦合在一起安装在货车仪表板的中间或左边, 冷凝器安装在散热器水箱前面, 该种空调器用途广泛, 具有制冷、采暖、换气、除霜以及防雾等功能。

2. 车顶式

图 2-63 所示为车顶式货车的空调布置, 它将蒸发器、冷凝器安装在车顶上, 冷风通过车顶孔直接吹向车室内。这种布置形式不占用车内空间, 冷风自上而下较为合理。另外, 冷凝器也有足够的迎面风冷却, 冷凝散热效果好, 但车顶承重较大, 需加大车顶的强度。

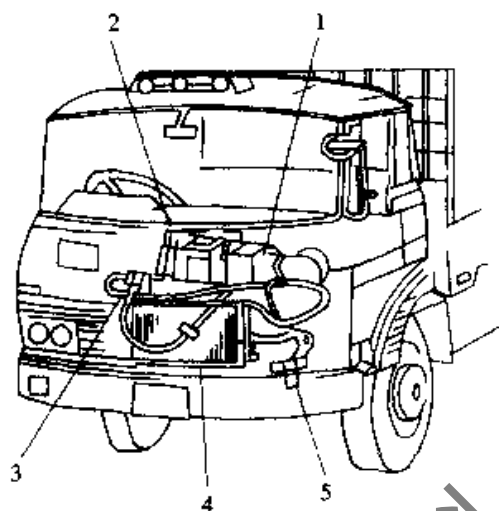


图 2-62 货车空调仪表板式布置

1—冷却机组; 2—加热机组; 3—压缩机;
4—冷凝器; 5—贮液干燥器

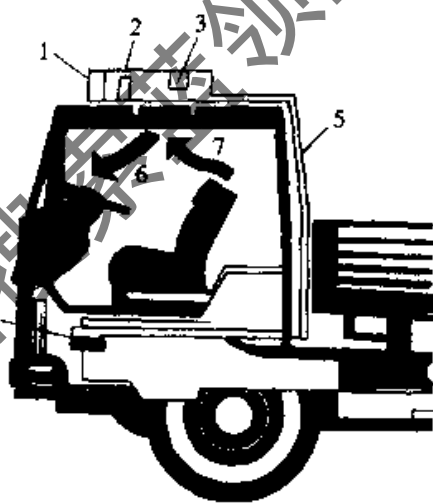


图 2-63 货车空调车顶式布置

1—冷凝器; 2—贮液干燥器; 3—蒸发器;
4—压缩机; 5—制冷管; 6—冷风; 7—回风

四、其他用途车的空调装置

1. 工程车空调装置

工程车空调装置主要有裙置式和顶置式。图 2-64 所示为工程车裙置式空调布置, 表 2-4 列出了工程车空调机组规格。

从图 2-64 可知, 加热器、蒸发器组成一体化的加热冷却机组 1 置于司机室底裙部, 可进行制冷、供暖和除湿运转。发动机、压缩机、冷凝器以及其他辅件都置于工程车的裙部。

表 2-4

工程车空调机组规格

性能	顶置式	裙置式
制冷量/W	4419	2908
制热量/W	5815	2559
风量/(m ³ /h)	380	300
消耗电力/W	160	90
机组质量/kg	34	55

图 2-65 所示为工程车顶置式布置示意图，室外空气通过吸入口过滤器 12 进入，室内回风通过吸入口 9 进入空调机组混合后，混合的空气经过蒸发器 1 冷却除湿，凝结水由排泄槽 4 贮存，而冷气由加热芯 2 加热、通过风机 3 将处理后的空气送到各吹风口。各吹风口的温度由风门 7 调节。

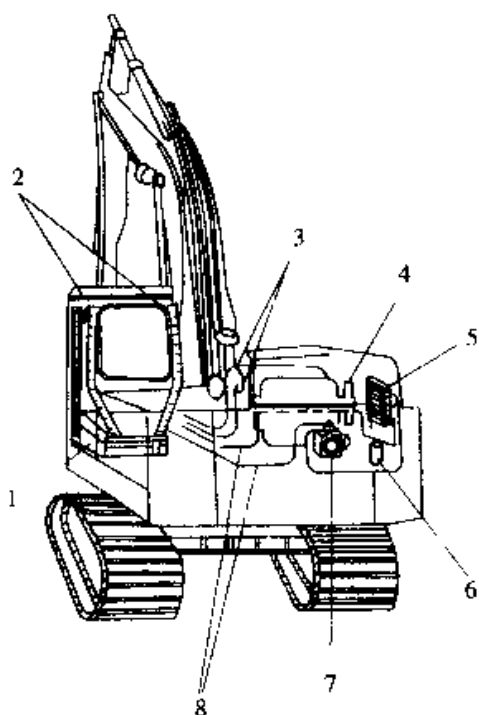


图 2-64 工程车裙置式空调装置

1—加热冷却机组；2—吹出口；3—加热器软管；4—发动机；5—冷凝器；6—贮液罐；7—压缩机；8—制冷剂软管

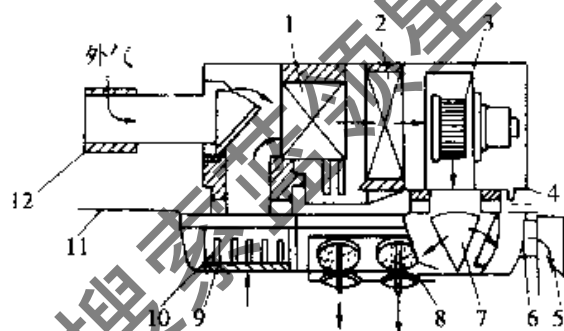


图 2-65 工程车顶置式空调系统

1—蒸发器；2—加热芯；3—风机；4—排泄槽；5—脚部吹出口管道；6—脚部吹出口；7—吹出口切换风门；8—面部吹出口；9—室内空气吸入口过滤器；10—控制板；11—司机室车顶部；12—室外空气吸入口过滤器

工程车空调顶置式布置要求顶部密封要好，以防灰尘、杂质进入车室内；同时，司机室内压力要略高于外气压力，以免外气渗入。另外，由于工程车司机室空间较小，其冷却器、加热器吹风口布置要合理。工程车空调还应特别注意耐振性和抗冲击性。

2. 冷藏汽车空调布置

冷藏汽车除用于食物的冷藏运输外，驾驶室内也需安装空调，以改善司机的劳动环境，提高工作效率，保证行车安全。这样就形成冷藏和驾驶室空调共用一个压缩机和冷凝器、分开两套蒸发器及其控制的并联方式。很显然，两套蒸发器制冷量大小不同，蒸发压力和温度也不同，而且冷藏汽车内的蒸发器还要有除霜系统，它们只是蒸发器的管路并联，其控制方法不相同。

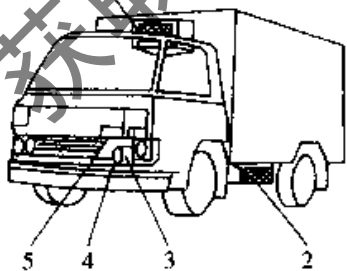


图 2-66 冷藏汽车空调布置

1—蒸发器机组（冷藏室用）；2—冷凝器；3—压缩机；4—电磁离合器；5—司机室冷却器

图 2-66 所示为其空调布置图，蒸发器机组 1 是供冷藏用的冷却机组，它向冷藏汽车室内的食物供应冷

量；另一个蒸发冷却器 5 布置在司机室内，由吹风口向司机室内吹冷气。这种系统共用一个压缩机 3、一个冷凝器 2、两个蒸发器（冷却机组 1 和冷却器 5）。

该系统的工作原理如图 2-67 所示。

(1) 冷藏室制冷循环系统。由压缩机 1 排出的高压制冷蒸气进入冷凝器 3，制冷剂贮存在贮液器 13 中，通过干燥器 4、电磁阀 5、膨胀阀 10 至冷藏室蒸发器 9，向冷藏汽车室内供冷。回气通过贮气筒 11、吸入压力调整阀 2 被压缩机 1 吸入，实现冷藏制冷循环。

(2) 空调制冷循环系统。压缩机 1 排出高压气体至冷凝器 3、贮液器 13、干燥器 4，再通过电磁阀 5、膨胀阀 6 进入司机室蒸发器 7 进行制冷，向司机室供冷气。回气通过蒸发压力调整阀 8 调整到吸气压力，与冷藏室的回气共同混合后被压缩机吸入。

由于冷藏室的制冷剂流量大，为了防止压缩机吸入液态制冷剂，在蒸发器到压缩机低压蒸气入口处，设立了一个贮气筒，用于气液分离。

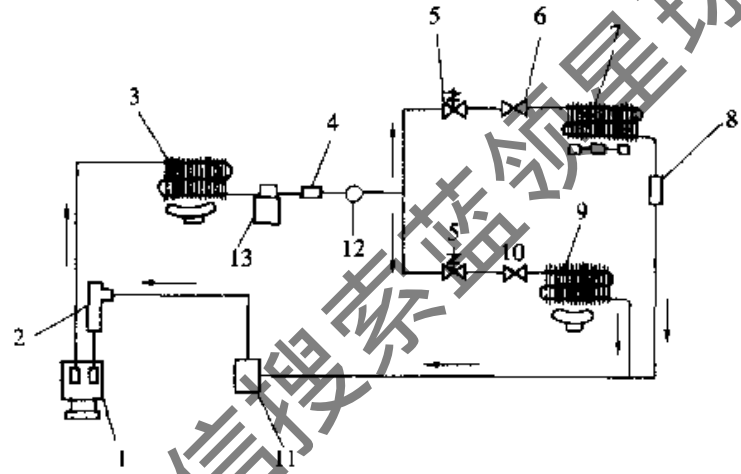


图 2-67 冷藏空调并用式制冷循环

1—压缩机；2—吸入压力调整阀；3—冷凝器；
4—干燥器；5—电磁阀；6、10—膨胀阀；7—司
机室用蒸发器；8—蒸发压力调整阀；9—冷藏室
用蒸发器；11—贮气筒；12—视镜；13—贮液器

司机室的蒸发器温度由蒸发压力调整阀来控制，使其温度比冷藏温度高。在蒸发器与压缩机吸入口之间，还装有一个吸入压力调整阀，其作用是限制压缩机吸入制冷蒸气的量，以防止压缩机工作时吸入过量的制冷蒸气而引起压缩机超负荷工作，使电磁离合器打滑或者传动带打滑，增大功率消耗、损坏电磁离合器。吸入压力调整阀的调整压力值最大不超过 0.18MPa。当蒸发压力大时，膨胀阀的开度加大，使更多的制冷剂流入蒸发器，从而流出量增多，这时容易引起压缩机的吸气流量增大而超负荷。此时，可通过减小吸气压力调节阀的开度，使压缩机吸入的制冷剂不会因压力增大而吸入流量过多，保护压缩机不超负荷工作。

当外界环境温度较低时（如低于 15℃），驾驶室不需要开空调，而冷藏室照常需要制冷来冷冻食品。此时，温控器通过室外热敏电阻温度传感器关闭司机室空调电磁阀或者用手关闭司机室电磁阀，而冷藏室照常制冷工作。

由于两个系统的温度要求不同，故要求有两套温度控制器。

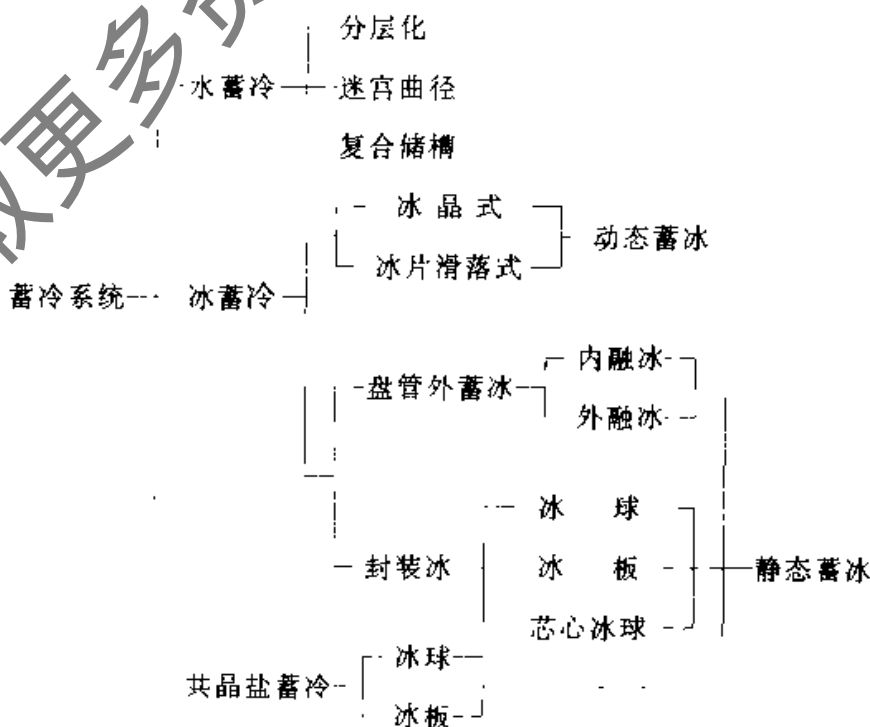
第四节 蓄冷空调装置的类型与结构

所谓蓄冷空调，即在夜间电网低谷时间（同时也是空调负荷很低的时间），制冷主机开机制冷并由蓄冷设备将冷量储存起来，待白天电网高峰用电时间（同时也是空调负荷高峰时间），再将冷量释放出来满足高峰空调负荷的需要或生产工艺用冷的需求。这样，制冷系统的大部分耗电发生在夜间用电低峰期，而在白天用电高峰期只有辅助设备在运行，从而实现用电负荷的“移峰填谷”。

众所周知，许多工程材料都具有蓄热（冷）特性，材料的蓄热（冷）特性往往伴随着温度变化、物态变化以及化学反应过程而体现出来。蓄冷空调系统就是根据水、冰以及其他物质的蓄热特性，尽可能地利用非峰值电力，使制冷机在满负荷条件下运行，将空调所需的制冷量以显热或潜热的形式部分或全部地储存于水、冰或其他物质中，一旦出现空调负荷，便可使用这些蓄冷物质储存的冷量满足空调系统的需要。

用来储存水、冰或其他介质的设备，通常是一个空间或一个容器，称为蓄冷设备。蓄冷设备也可能是一个可以存放蓄冷介质的热交换器，如结冰盘管等。蓄冷系统则包含了蓄冷设备、制冷设备、连接管路及控制系统。蓄冷空调系统则为蓄冷系统与空调系统的总称。

目前，用于空调蓄冷的方式较多，按储能方式可分为显热蓄冷和潜热蓄冷两大类；按蓄冷介质可分为水蓄冷、冰蓄冷、共晶盐蓄冷和气体水合物蓄冷四种方式。按蓄冷装置结构形式可分为盘管式、板式、球式、冰晶式和冰片滑落式等几种形式，如下所示。



一、水蓄冷空调系统

水蓄冷就是利用水的显热进行冷量储存。具体来讲，就是利用 $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ 的低温水进行蓄冷。这种蓄冷方式的优点是：投资省，技术要求低，维护费用少，可以使用常规空调制冷机组，而且冬季可以用于蓄热，适宜于既可蓄冷又可蓄热的空调热泵机组。但由于水的蓄冷密度低〔水的比热为 $4.18\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 〕，只能利用 8°C 温差，故系统有占地面积大、冷损耗大、防水保温麻烦等缺点。

空调水蓄冷系统的设计，应异于常规空调系统的设计，就是说应该尽可能提高空调回水温度，以充分利用蓄冷水槽的体积。蓄冷水槽所需体积受蓄冷水和回水之间保持分层程度的影响。一般蓄冷温差为 8°C 时，所需蓄冷槽体积为 $0.118\text{m}^3/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；若温差为 11°C ，则蓄冷槽体积可减为 $0.086\text{m}^3/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

水蓄冷技术适用于现有常规制冷系统的扩容或改造，可以在不增加或少增加制冷机组容量的情况下提高供冷能力。另外，水蓄冷系统可利用消防水池、蓄水设施或建筑物地下室作为蓄冷容器，从而进一步降低系统的初投资，提高系统的经济性。

水蓄冷空调系统的主要缺点是蓄冷槽容积大、占地面积大，这在人口密集、土地利用率高的大城市是一个问题，是水蓄冷空调系统的使用受到制约的主要原因。

(一) 水蓄冷槽的类型及其特点

水蓄冷系统利用水的显热容来储存冷量，水经冷水机组冷却后储存在蓄冷槽中用于次日的冷负荷供应。储存冷量的大小取决于蓄冷槽储存冷水的数量和蓄冷温差。蓄冷温差是指空调负荷回流水与蓄冷槽供冷水之间的温度差。一个设计良好的蓄冷系统可以通过维持较高的蓄冷温差来储存较多的冷量。温差的维持可以通过降低储存冷水温度、提高回水温度以及防止回流温水与储存冷水的混合等措施来实现。典型的水蓄冷系统其蓄冷温度在 $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ 之间，此温度和大多数非蓄冷的冷水机组相匹配。

在水蓄冷技术中，关键问题是蓄冷槽的结构形式应能防止所蓄冷水与回流热水的混合。为实现这一目的，目前常采用自然分层蓄冷、多槽式蓄冷、迷宫式蓄冷和隔膜式蓄冷方法。其中自然分层蓄冷方法简单、有效，是保证水蓄冷系统最为经济和高效的方法。

1. 自然分层蓄冷

水的密度与温度有关，温度越低，密度越大，直到水温低至 4°C ；水温低于 4°C ，则密度减小，直至冻结。因此， $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ 的冷水应该稳定地积聚在水槽的最低部位，而 13°C 以上的热回水应聚积在水池的高部位。所谓分层，就是利用密度的影

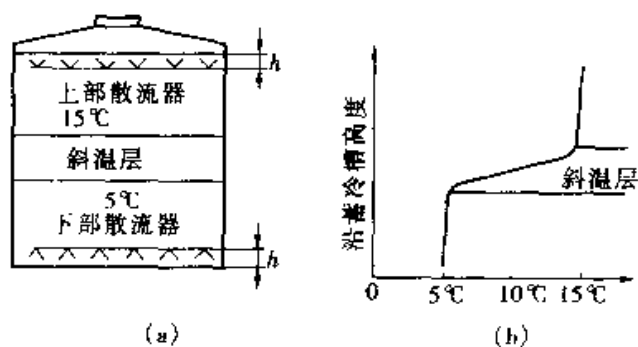


图 2-68 自然分层蓄冷槽及斜温层示意图

(a) 自然分层蓄冷槽；(b) 斜温层

响将热水与冷水分隔开。为此要在上部热区和下部冷区之间创造和保持一个温度剧变层(斜温层),依靠稳定的斜温层阻止下部的冷水与上部的热水相互混合。

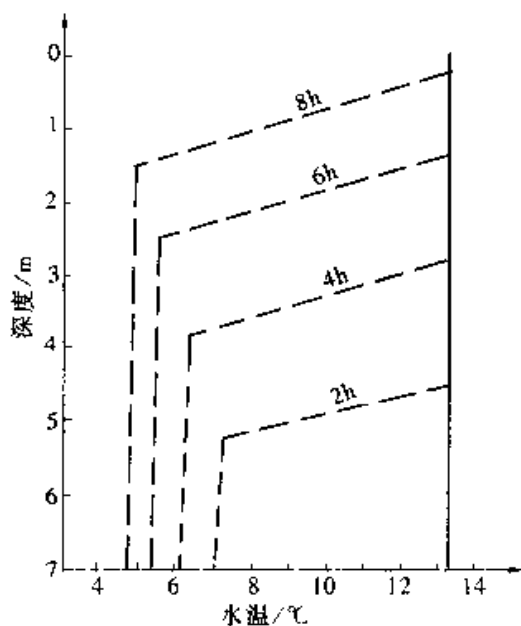


图 2-69 自然分层蓄冷槽内温度分布

蓄冷槽储存期内斜温层的变化是衡量蓄冷槽蓄冷效果的主要指标。一般希望斜温层厚度为 0.3~1.0m。

为了防止水的流入和流出对储存冷水的影响,在自然分层蓄冷槽中通过散热器从槽中取水和向槽中送水,水流散流器可使水缓慢地流入水槽和从槽中流出,以尽量减少紊流和扰乱斜温层。这样才能如图 2-69 所示,当蓄冷时,随着冷水不断从下部送入水池和热水不断从上部被抽出,槽内斜温层稳步上升。反之,当取冷时,随着热水不断从上部流入和冷水不断从下部被抽出,槽内斜温层逐渐下降。好的分层蓄冷槽所蓄存能量的 90% 可以有效地用于供冷。

图 2-70 所示为自然分层水蓄冷系统原理图。系统组成是在常规的制冷系统中加入蓄水槽,如图 2-70 (a) 所示。在蓄冷循环时,制冷机组送来的冷水由底部散

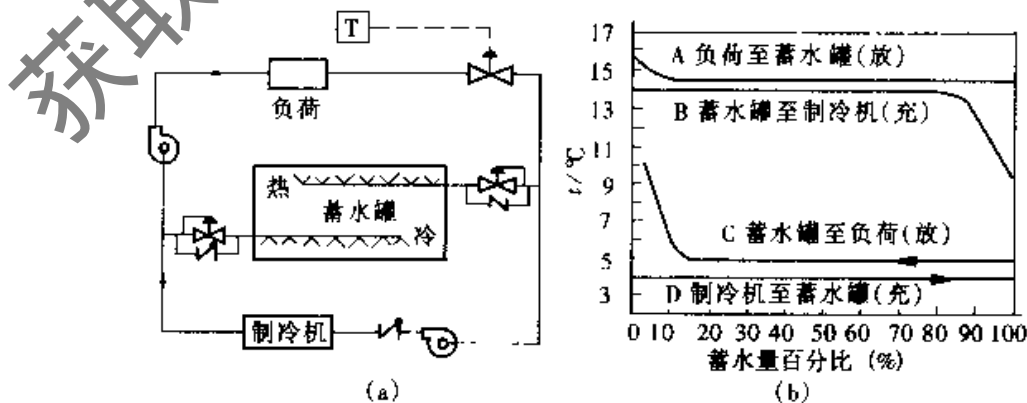


图 2-70 自然分层水蓄冷系统原理图

(a) 水蓄冷系统流程图; (b) 水蓄冷系统特性曲线

水器进入蓄水槽，热水则从顶部排出，槽中水量保持不变。在放冷循环中，水流动方向相反，冷水由底部送至负荷端，回流温水从顶部散水器进入蓄水槽。图 2-70 (b) 是蓄冷特性曲线图，纵坐标为温度，横坐标为蓄水量的百分比。A、C 分别为放冷循环时蓄水槽的回水和出水特性曲线；B、D 分别为蓄冷循环时制冷机的回水和出水特性曲线。一般用蓄冷效率来描述蓄水槽的蓄冷效果。蓄冷效率定义为蓄冷槽实际放冷量与蓄冷槽理论可用蓄冷量之比，即

$$\text{蓄冷效率} = (\text{曲线 A 与 C 之间的面积}) / (\text{曲线 A 与 D 之间的面积})$$

一般来说，自然分层方法是最简单、有效和经济的，若设计合理，蓄冷效率可以达到 85% ~ 95%。

另一种自然分层的蓄冷方法被称为隔板式分层蓄冷，如图 2-71 所示，其系统流程图如图 2-72 所示。该方法是将一个大蓄水槽用隔板分隔成几个相互连通的分格，形成蓄冷槽的串联形式。蓄冷时，冷

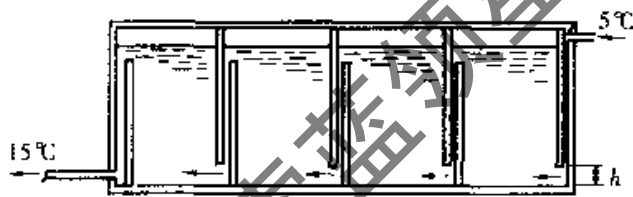


图 2-71 隔板式分层蓄冷槽

水从第一个蓄冷槽的底部入口进入槽中，顶部溢流的温水送至第二个槽的底部入口，依此类推，最终所有的蓄冷槽中均为冷水。放冷运行时，回流温水从蓄冷槽下部进入，由隔板导流从上部进入蓄冷槽，冷水则从蓄冷槽上部流出供冷。隔板与槽底间的空隙和与水面的空隙起到散流器的作用，在隔板的作用下，所有的槽中均为温水在上、冷水在下，可以利用水温不同产生的密度差来防止冷温水混合。

2. 多槽式蓄冷

图 2-73 所示为多槽式水蓄冷系统流程图。在系统中设置了多个蓄冷槽，将冷水和热水分别储存在不同的蓄冷槽中，并保证在蓄冷和放冷开始时有一个槽是空的。利用设置的空槽实现冷热水分离，从而保证送至负荷的冷水温度维持不变。在

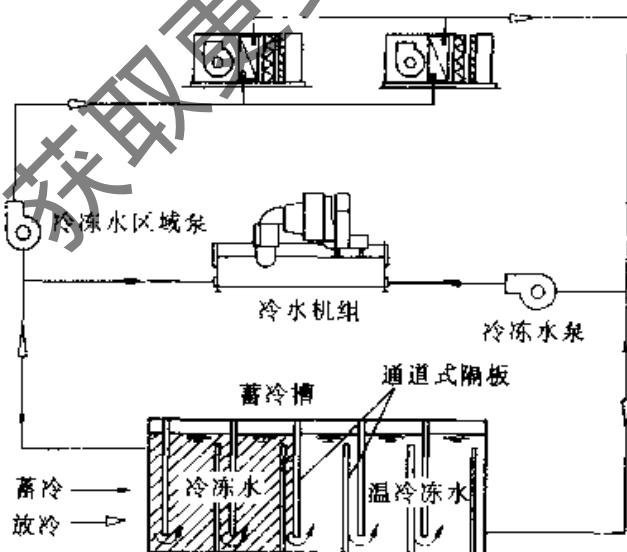


图 2-72 隔板式分层蓄冷系统流程图

蓄冷过程中，蓄冷槽自左至右逐个充满，进行蓄冷的蓄冷槽右侧槽中的热水由下部阀门控制将热水抽出，送至冷水机组冷却后进入蓄冷槽。当蓄冷槽充满时，紧靠右边槽中的热水也刚好倒空。类似地，当蓄冷过程结束时，右边第一槽是空的。在放冷循环中，方向相反。运行时，多槽系统中个别蓄水槽可以从系统中分离出来进行检修维护。多槽蓄冷系统要求使用的阀门较多，故其系统的管路和控制较复

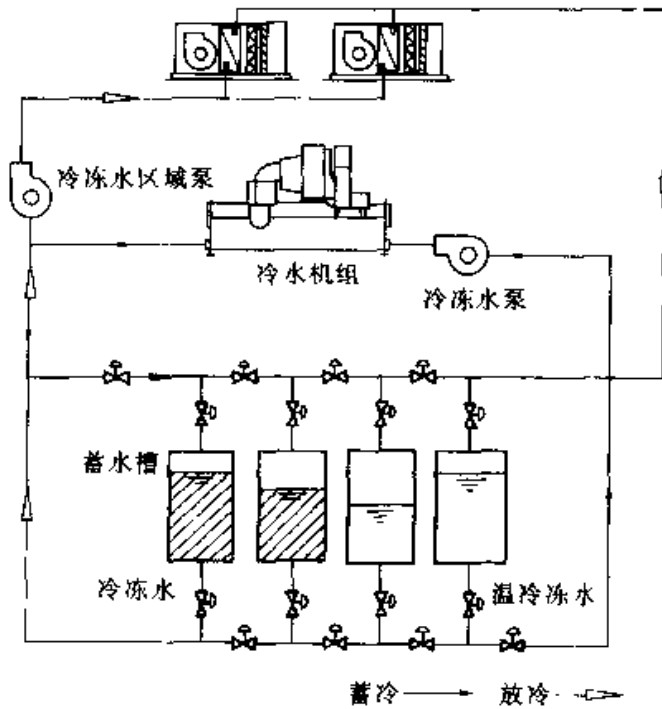


图 2-73 多槽式水蓄冷系统流程图

会使进出口端发生短路，在单元格中形成死区，使其余空间不能充分利用，降低蓄冷系统的容量。

杂，初投资和运行维护费用较高。

3. 迷宫式蓄冷

图 2-74 所示为迷宫式蓄冷槽中的水流线路图。它采用隔板将大蓄水槽分成很多个单元格，水流按照设计的路线依次流过每个单元格。迷宫法能较好地防止冷温水混合，但在蓄冷和放冷过程中，水交替地从顶部和底部进口进入单元格，每两个相邻的单元格中就有一个是热水从底部进口进入或冷水从顶部进口进入，这样易因浮力造成混合。另外，若水的流速过高，则在蓄冷槽内会产生旋涡，导致水流扰动及冷热水的混合；若水流流速过低，则

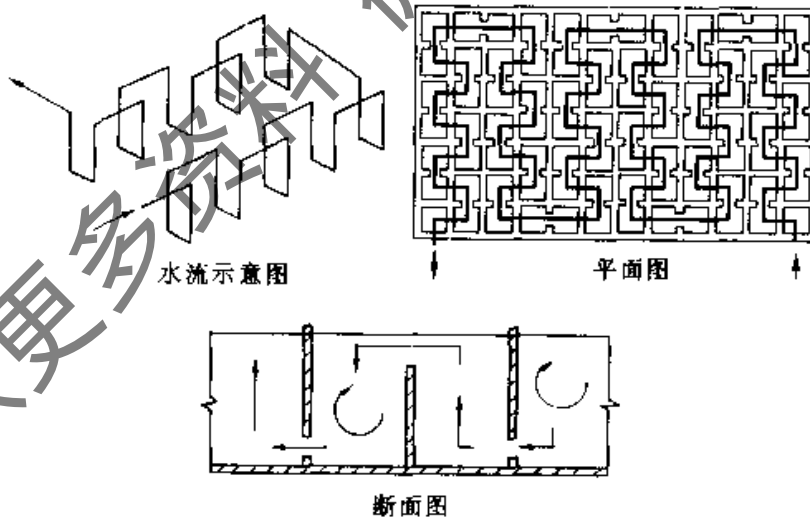


图 2-74 迷宫式蓄冷槽中水流线路图

尽管迷宫式水蓄冷槽内存在部分混合现象，但由于蓄冷槽由多个小槽组成，且有隔板隔离，因此总的来说，迷宫式水蓄冷系统对不同温度的冷温水分离效果较好，但其槽表面积和容积之比偏高，使储存冷量的热损失增加，导致蓄冷效率下降。

4. 隔膜式蓄冷

在蓄水槽内部安装一个活动的柔性隔膜或一个可移动的刚性隔板，将蓄水槽分

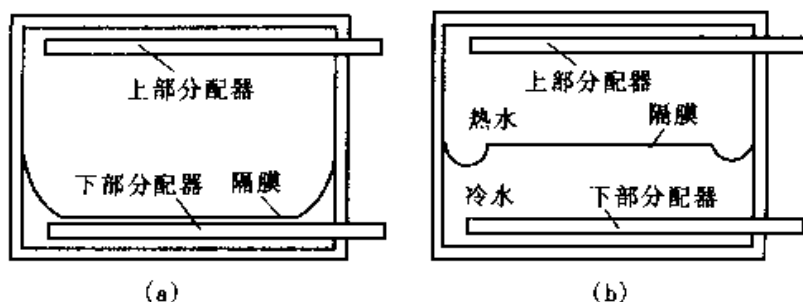


图 2-75 隔膜式水蓄冷槽示意图

(a) 释冷结束时隔膜的位置；(b) 蓄冷中期时隔膜的位置

成分别储存冷热水的两个空间，从而实现冷热水的分离。图 2-75 所示为隔膜式水蓄冷槽示意图。为了减少热水对冷水的影响，一般冷水放在下部。通常，隔膜用橡胶布制成，主要是水平方向布置，这样即使出现小破洞也能靠自然分层原理限制上下方水的混流，减少泄漏。水平隔膜已成功地用于许多蓄冷水槽，均能维持较高的蓄冷效率，同时为了使蓄冷槽内水流分布均匀，可在上下安装分配器。

(二) 水蓄冷系统的构成

在水蓄冷空调系统中，制冷蓄冷系统和空调系统连接主要有三种形式。

1. 简单水蓄冷空调系统

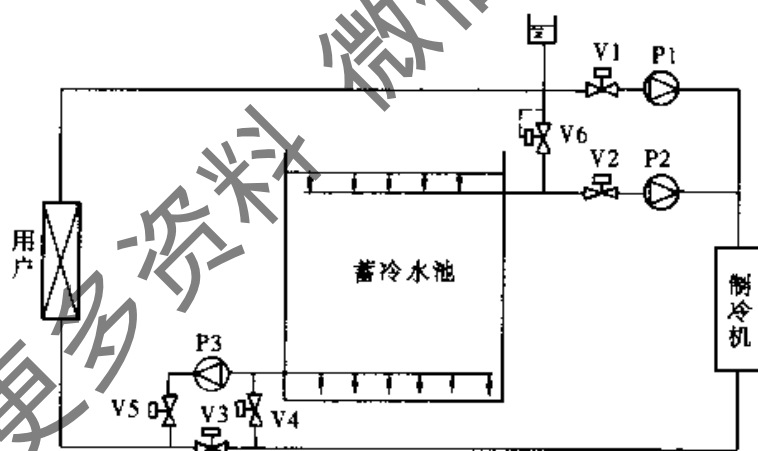


图 2-76 简单水蓄冷空调系统流程图

图 2-76 所示为其系统流程图。其蓄冷槽为开式水池，而空调冷水系统一般均采用闭式系统。该系统设有 4 个电动阀（V1~V4）用于启闭某管段，一个电动调节阀 V5，一个阀前压力调节阀 V6。系统共设有三台水泵，水泵 P1 为冷水机组供冷用水泵；水泵 P2 为蓄冷用水泵，该水泵流量小于 P1 水泵流量，以增大进出水温差，有利于蓄冷；水泵 P3 为取冷用水泵。

该系统可以有 4 种运行模式，即蓄冷工况、冷水机组供冷工况、蓄冷槽供冷工况以及冷水机组与蓄冷槽同时供冷工况，如表 2-5 所示。只要采用蓄冷槽供冷，就必须依靠 V6 调节阀保证阀前压力为膨胀水箱维持的系统静水压力，这样可保证

系统全部充满水，以便实现可靠的运行。

表 2-5 水蓄冷系统工作模式及各阀门调节状况

工况	冷水机组	P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	V6
蓄冷	开	关	开	关	关	开	关	开	关	关
冷水机组供冷	开	开	关	关	开	关	开	关	关	关
蓄冷槽供冷	关	关	关	开	关	关	关	关	调节	调节
冷水机组、蓄冷槽供冷	开	开	关	开	开	关	开	关	调节	调节

该系统在空调水蓄冷系统中应用较为普遍，主要特点是采用直接向用户供冷，具有系统简单、一次投资低、温度梯度损失小等优点。但该系统也存在如下一些不足之处：

(1) 蓄冷槽与大气相通，水质易受环境污染，水中含氧量高，且易生长菌藻类植物。为防止系统管路、设施的腐蚀及有机物的繁殖，需设置相应的水处理装置。

(2) 整个水蓄冷槽为常压运行，其制冷及供冷回路应考虑防止虹吸、倒空而引起的运行工况破坏。为维持系统静压力，膨胀水箱内必须充满水。

2. 换热器间接供冷式水蓄冷空调系统

图 2-77 所示为换热器间接供冷式水蓄冷空调系统流程图。该系统在供冷回路中采用换热器与用户形成间接连接，换热器一次侧与水蓄冷槽组成开式回路，而供至用户的二次侧形成闭式回路，这样用户侧管路可防止氧化腐蚀、有机物及菌类繁殖等影响。

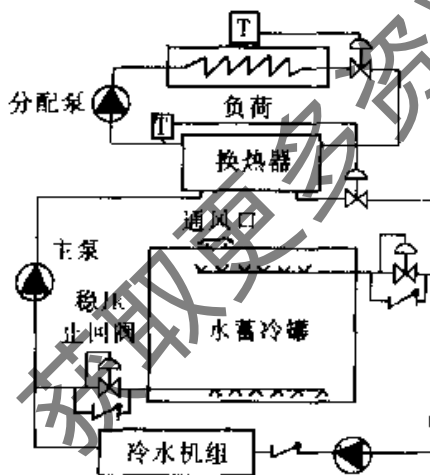


图 2-77 间接供冷式水蓄冷空调系统

该系统可根据用户的要求选用相应的设备承受各种静压，因此，该系统主要适用于高层、超高层的空调供冷。

该系统由于用户的换热器二次侧回路为闭式流程，水泵扬程降低，故其耗电量减少，但需增加设备及相应的投资。另外，由于系统中设置中间换热器会降低蓄冷系统的可用温差，使其供水温度将比直接供冷提高 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ ，致使制冷机组容量降低及电耗增加，故此系统应根据规模大小及供冷条件进行技术经济比较后再作选择。一般认为，高层建筑物的空调系统，采用间接供冷方式较为经济。

3. 压力控制直接供冷方式的水蓄冷空调系统

图 2-78 所示为压力控制的水蓄冷空调系统流程图。该系统适用于远距离供冷流程，在用户与水蓄冷槽间增设输送泵。在蓄冷槽无法就近布置在用户处且距离较远的情况下，可以采用这种水蓄冷系统。

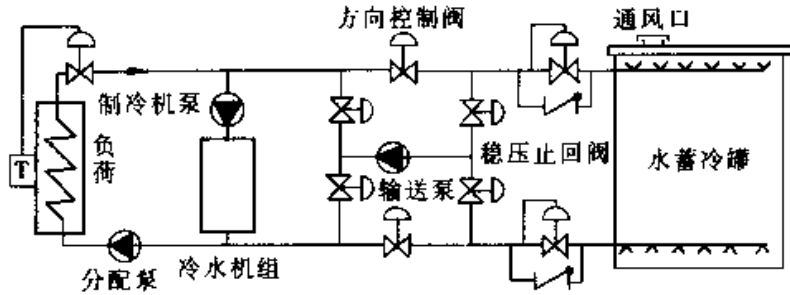


图 2-78 压力控制的水蓄冷空调系统流程图

二、冰蓄冷空调系统

利用冰的相变潜热进行冷量的储存。由于 0°C 时冰的蓄冷密度为 334kJ/kg ，故储存同样多的冷量，冰蓄冷所需的体积比水蓄冷小得多。图 2-79 示出了冰蓄冷槽容积 V_i 与水蓄冷槽容积 V_w 之比与制冰率的关系，绘图时水蓄冷的利用温差 Δt_w 分别为 5 、 10 、 15 、 20 、 25°C 。图中制冰率 IPF (Ice Packing Factor) 是指蓄冷槽中制冰量与制冰前储槽内水量的体积百分比。当 $\text{IPF} = 10\%$ ， $\Delta t_w = 5^{\circ}\text{C}$ 时， V_i/V_w 约为 0.35 ，即冰蓄冷槽容积 V_i 仅为水蓄冷槽容积的 35% ；当 $\text{IPF} = 50\%$ 、 $\Delta t_w = 5^{\circ}\text{C}$ 时， V_i/V_w 约为 0.14 ，即冰蓄冷槽容积 V_i 仅为水蓄冷槽容积的 14% 。可见用冰蓄冷比用水蓄冷其蓄冷槽容积大幅度减小。冰蓄冷槽的体积取决于槽中冰水百分比，一般蓄冷槽的体积为 $0.02 \sim 0.025\text{m}^3 (\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

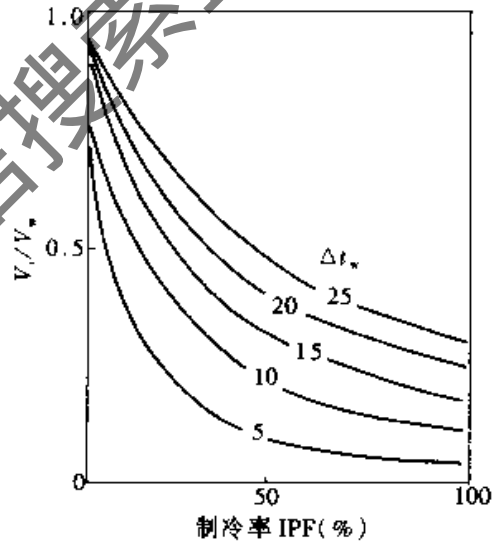


图 2-79 冰蓄冷槽与水蓄冷槽的容积比较

用冰蓄冷的空调系统，水温稳定，不易波动，这是因为蓄冷槽在融冰放冷时为一恒温相变过程。

冰蓄冷槽的跑冷损失减小。由于蓄冷槽的温度低于周围空气温度，因此蓄冷槽的蓄冷量会散失到周围环境中去，即产生冷损失。其值与蓄冷槽的表面积，蓄冷槽表面与周围空气温度差，蓄冷槽隔热材料的种类、厚度、结构以及蓄冷时间的长短有关。图 2-80 示出了冰蓄冷槽与水蓄冷槽冷损失的比较，图中 I_i 为冰蓄冷槽冷损失， I_w 为水蓄冷槽冷损失，当制冰率 $\text{IPF} = 50\%$ 时， I_i/I_w 约为 0.2 ，即冰蓄冷槽冷损失是水蓄冷槽冷损失的 20% 左右。综合考虑各种因素的影响，冰蓄冷槽的跑冷量为其蓄冷量的 $1\% \sim 3\%$ ，而水蓄冷槽为 $5\% \sim 10\%$ ，这与冰蓄冷槽容积小面使其表面积减小有关。

常规空调系统和水蓄冷空调系统冷冻水供水温度为 7°C ，因此，空调系统送风温度约为 $13 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。而冰蓄冷空调系统蓄冷槽内水温可降到 0°C ，因而空调系统送风温度可达 $4 \sim 7^{\circ}\text{C}$ ，与常规空调系统相比，提供相同的冷量，送风空气量减少

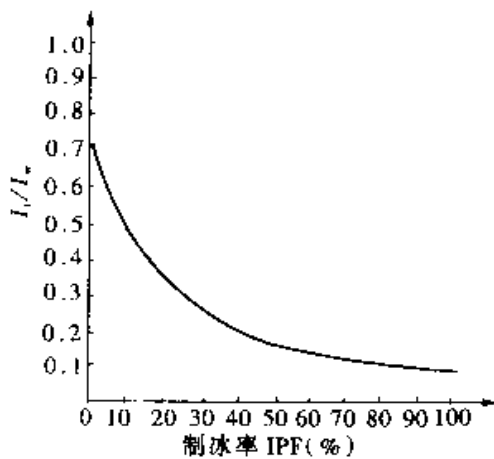


图 2-80 冰蓄冷槽与水蓄冷槽冷损失比较

40%左右。当空调系统采用蓄冰和低温送风相结合的方式后，由于输送冷水温度降低，

系统的管网和盘管、整个风道系统以及水泵、冷却塔等辅机在材料、尺寸和容量方面的要求均比水蓄冷和共晶盐蓄冷系统低，因而可节约系统设备投资。在安装过程中，施工量和材料消耗量也相应减少。同时，由于减小了管网和空气分配系统的体积，所以建筑物可用空间有所增大。在运行时，由于风扇和水泵设备容量的减小，因而导致耗电量降低。所以，在空调工程中，选用蓄冰和低温送风系统相结合的蓄冷、供冷方式在初投资上是可以和常规空调系统相竞争的，且在分时计费的电价结构下，其运行费用要低得多。因此，蓄冰和低温送风系统相结合已成为建筑空调技术的发展方向。

由上可知，冰蓄冷具有如下特点：蓄冷密度大，蓄冷温度几乎恒定，体积只有水蓄冷的几十分之一，便于储存，对蓄冷槽的要求较低，占用的空间小，容易做成标准化、系列化的标准设备。同时，冰蓄冷槽可就地制造，为广泛应用创造了有利条件。

冰蓄冷空调系统的主要缺点是：制冷机组的蒸发温度降低（要达到 $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ ），使压缩机性能系数（COP值）减小；空调系统设备与管路比水蓄冷空调系统复杂；用冰蓄冷低温送风会导致空气中的水分凝结，送到空调区空气量不足和空气倒灌等现象。对于现有常规空调系统改造为蓄冷空调的系统，若用冰蓄冷困难较大，因为制冷主机的工作变化太大，空调末端设备（风机盘管）也不适应，保温层厚度不符合要求等。

表 2-6 所示为冰蓄冷与水蓄冷方式的性能比较。

表 2-6 冰蓄冷方式与水蓄冷方式的性能比较

项 目	水 蓄 冷	冰 蓄 冷
蓄冷温度 ($^{\circ}\text{C}$)	4~6	-3~-9
冷水温度 ($^{\circ}\text{C}$)	5~7	1~4
蓄冷槽容量 (m^3/kWh)	0.089~0.169	0.019~0.023
制冷机型式	任选	往复式、螺杆式、离心式
制冷机电耗 (电功率 kW/制冷量 kW)	0.17~0.24	0.244~0.4
制冷机 COP 值	4.17~5.9	2.5~4.1
蓄冷槽容积	较大	较小
蓄冷槽冷损失	较大	较小

续表

项 目	水 蓄 冷	冰 蓄 冷
蓄冷槽制作	现场制作	定型、商品化、或现场制作
冷冻水系统	多为开式系统，水泵的能耗大	多为闭式系统，水泵的能耗小
设计与操作运行	技术难度低，运行费用低	技术难度高，运行费用高
对旧建筑适应性	差	好
蓄冷槽用于冬季供热	可兼用	差
投资	较低	较高

(一) 冰蓄冷空调系统的分类

冰蓄冷系统的种类和制冰形式有很多种。从蓄冷系统所用冷媒上考虑，有直接蒸发式和间接冷媒式。所谓直接蒸发式，是指制冷系统的蒸发器直接用作制冰元件，如盘管外蓄冰、制冰滑落式等；而间接冷媒式是指利用制冷系统的蒸发器冷却载冷剂，再用载冷剂来制冰。

按系统循环流程的不同，有并联和串联式冰蓄冷空调系统。

按蓄冰的形式不同，可分为静态蓄冰和动态蓄冰两种。静态蓄冰是指冰的制备和融化在同一位置进行，蓄冰设备和制冰部件为一体结构。具体形式有冰盘管式（外融冰式管外蓄冰）、完全冻结式（内融冰式管外蓄冰）、密封件蓄冰。动态蓄冰是指冰的制备和储存不在同一位置，制冰机和蓄冰槽相对独立，如制冰滑落式、冰晶式系统等。

表 2-7 为上述几种冰蓄冷系统及其特性比较。

表 2-7 冰蓄冷系统的特性比较

系统类型	冰盘管式	完全冻结式	制冰滑落式	密封件式	冰晶式
制冷方式	直接蒸发 或载冷剂间接	载冷剂间接	直接蒸发	载冷剂	制冷剂直接 蒸发冷却混合 溶液
制冰方式	静态	静态	动态	静态	动态
结冰、融冰方向	单向结冰、 异向融冰	单向结冰、 同向融冰	单向结冰、 全面融冰	双向结冰、 双向融冰	
选用压缩机	往复式、 螺杆式	往复式、 螺杆式、离 心式、涡旋 式	往复式、 螺杆式	往复式、 螺杆式、离 心式、涡旋 式	往复式、螺 杆式
制冰率 (IPF)	20% ~ 40%	50% ~ 70%	40% ~ 50%	50% ~ 60%	45%
蓄冷空间 / (m ³ / kW·h)	2.8 ~ 5.4	1.5 ~ 2.1	2.1 ~ 2.7	1.8 ~ 2.3	3.4

续表

系统类型	冰盘管式	完全冻结式	制冰槽落式	密封件式	冰晶式
蒸发温度/℃	-4~-9	-7~-9	-4~-7	-8~-10	-9.5
蓄冰槽出水温度/℃	2~4	1~5	1~2	1~5	1~3
释冷速率	中	慢	快	慢	极快
适用范围	空调或工艺 制冷	空调	空调或食 品加工	空调	空调或食品 加工

(二) 按冷媒分类的冰蓄冷空调系统

它分为制冷剂直接蒸发制冰和利用载冷剂（盐水、乙二醇水溶液等）间接冷却制冰两种形式。

1. 制冷剂直接蒸发制冰空调系统

制冷剂经压缩机冷凝成液态后，经过膨胀阀进入蓄冰槽盘管蒸发，蓄冰槽内的储水与盘管内的制冷剂热交换后降温，到 0°C 时开始在盘管外表面上结冰，蒸发后的气态制冷剂回流到压缩机。随着蓄冰过程的进行，冰越结越厚，其蒸发温度会有所降低，制冷机的效率将会下降。因此，直接蒸发式蓄冰系统的冰层厚度一般控制在 $30\sim 50\text{mm}$ 。

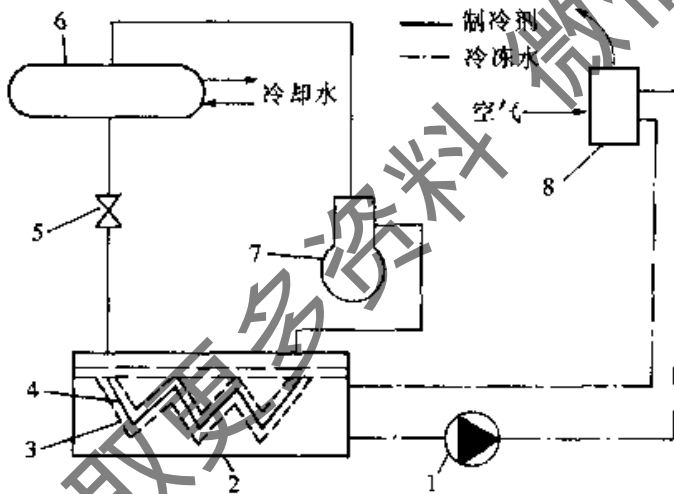


图 2-81 制冷剂直接蒸发式制冰空调系统流程图

1—冷冻水泵；2—蓄冰槽；3—冰层；4—蒸发盘管；
5—膨胀阀；6—冷凝器；7—压缩机；8—空调风机盘管

制冷剂直接蒸发式蓄冰方式以蓄冰槽代替蒸发器，节省了蒸发器的费用，在蓄冰过程中制冷剂与冷冻水只发生一次热交换，制冷剂的蒸发温度较载冷剂间接蓄冰系统有所提高。但是，蒸发盘管长期浸泡在蓄冰槽内，容易引起管路腐蚀，发生制冷剂泄漏现象。

图 2-81 所示为制冷剂直接蒸发式制冰空调系统流程图。压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发盘管组成制冷循环，蒸发盘管放在蓄冰槽内，在电力低谷时段制冷

机组运行，液态制冷剂在盘管内蒸发，盘管外形层冰层将冷量储存起来。电力高峰时段放冷，借助冷冻水泵将冷冻水送到风机盘管，风机盘管冷却空气。

图 2-82 所示为具有两个蒸发器的直接蒸发制冰流程图。在低谷时段制冷机组运行，液态制冷剂在蓄冷槽的蒸发盘管内蒸发制冷，盘管外形成冰层，将冷量储存起来（蓄冷工况）。在高峰时段空调系统运行时，由蓄冰槽内冰水向空调系统供冷

(放冷工况)。放冷时还可以启动制冷机组，使制冷剂在蒸发盘管Ⅱ内蒸发制冷，以预冷空调系统回水，被冷却后的回水经换热器被蓄冷槽来的冰水进一步冷却后供空调系统使用。由于蒸发盘管Ⅱ的预冷作用，故也称其为预冷器。

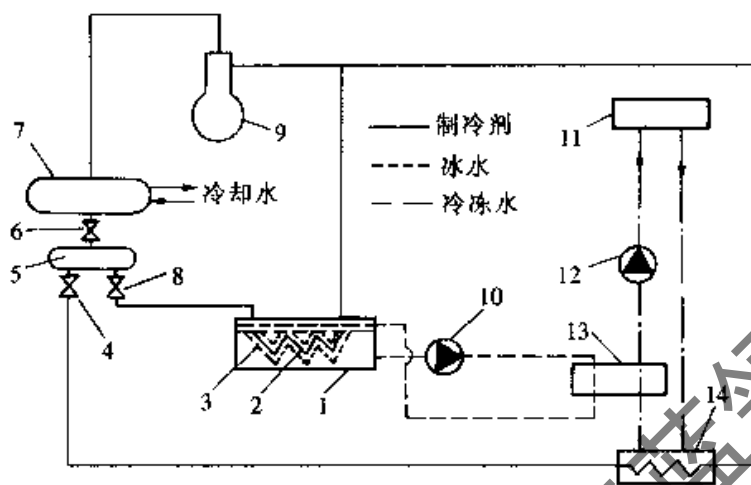


图 2-82 具有两个蒸发器的直接蒸发制冰空调系统流程图

- 1—蓄冰槽；2—蒸发盘管Ⅰ；3—冰层；4—膨胀阀（空调用）；5—液体分配器；
6—出液阀；7—冷凝器；8—膨胀阀（蓄冰用）；9—压缩机；10—冰水泵；
11—风机盘管；12—冷冻水泵；13—换热；14—预冷器（蒸发盘管Ⅱ）

2. 载冷剂间接制冰空调系统

制冷剂经压缩机冷凝成液态后，通过膨胀阀进入蒸发器，在蒸发器内与载冷剂（25%乙二醇溶液）进行热交换，载冷剂被降温至 0°C 以下后由泵送入蓄冰槽的盘管中，蓄冰槽内的储存水与盘管内的载冷剂进行热交换，降温至 0°C 后开始在盘管外表面上结冰。盘管内的载冷剂放出冷量后逐渐升温，回到蒸发器重新换热降温。蒸发器内的液态制冷剂与载冷剂发生热交换，吸收载冷剂的热量后蒸发，气态制冷剂又回流到压缩机。随着蓄冰过程的进行，蓄冰槽内载冷剂盘管外的冰层逐渐增厚，载冷剂温度也随之下落，待冰层达到设计厚度时，进出蓄冰槽的载冷剂温度约为 $-6^{\circ}\text{C}/-3^{\circ}\text{C}$ ，其蓄冰时间通常也是根据载冷剂出口温度来控制的。

上述蓄冰过程是通过制冷剂在蒸发器中冷却载冷剂，再由载冷剂通过盘管冷却管外的水而使之在管外表面上结冰的，要经过两次换热才能实现蓄冰过程。因此，在相同的蓄冰厚度下，载冷剂循环式的蒸发温度要比制冷剂直接蒸发式的低，制冷机组的效率要有所下降。但由于在蓄冰槽内用载冷剂代替了制冷剂，使系统内的制冷剂充灌量减少，同时盘管发生泄漏的可能性下降，也不存在冷冻润滑油沉积问题，因此运行可靠性提高。

图 2-83 和图 2-84 所示为载冷剂间接制冰空调系统流程图。制冷机组运行时载冷剂将制冷系统蒸发器的冷量带到蓄冰槽，载冷剂在蓄冰槽传热管内流动，并与管外的水进行热交换，使管外的水降温至 0°C ，且在管外壁而形成冰层，将冷量储存起来（蓄冷工况）。空调系统运行时将蓄冰槽中的冰水直接送到空调风机盘管冷

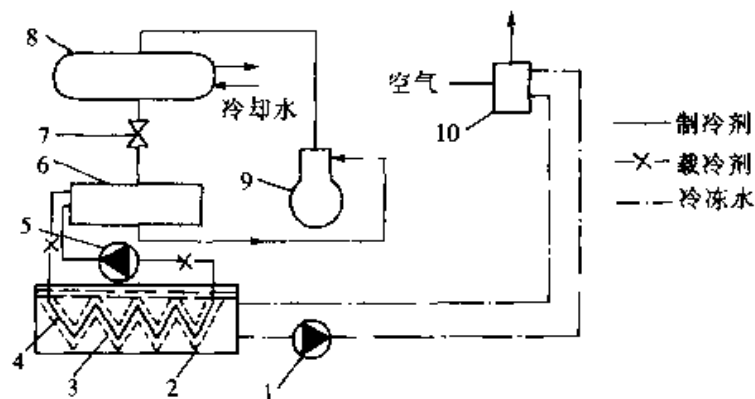


图 2-83 载冷剂间接制冰空调系统流程图

1—冷冻水泵；2—蓄冰槽；3—冰层；4—传热管；5—载冷剂泵；
6—蒸发器；7—膨胀阀；8—冷凝器；9—压缩机；10—空调风机盘管

却空气（如图 2-83 所示），或通过换热器冷却空调回水（如图 2-84 所示），达到空调的目的（放冷工况）。

图 2-85 所示为具有双效机组的载冷剂制冰空调系统流程图。它有两台机组，一台为常规空调冷水机组，在放冷时产生 5~7℃ 的冷冻水。另一台为低温冷水机组，浓度为 25% 的乙二醇水溶液通过其蒸发器时温度降为 -6℃，蓄冷时低温冷水机组运行，使乙二醇溶液在冷水机组、蓄冰槽、乙二醇溶液泵之间循环，将低温冷水机组的冷量储存在蓄冰槽内。

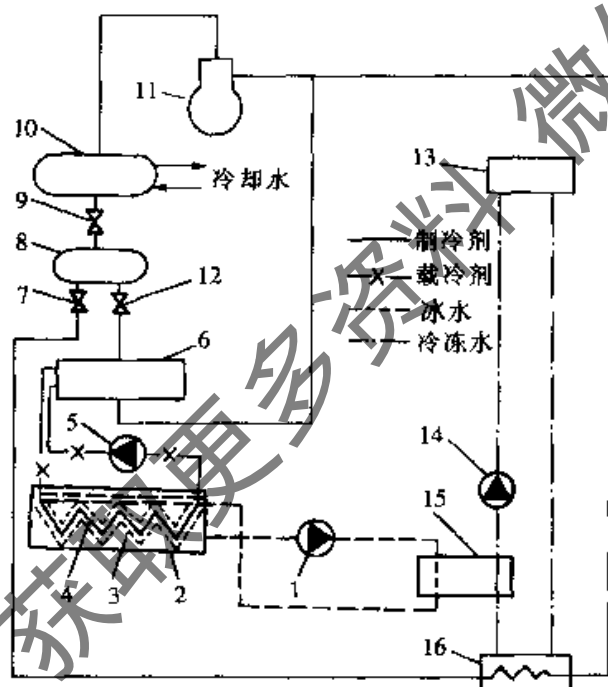


图 2-84 具有两个蒸发器的
载冷剂间接制冰空调系统流程图

1—冰水泵；2—蓄冰槽；3—冰层；4—传热管；5—载冷剂泵；6—蒸发器；7—膨胀阀（空调用）；8—液体分配器；9—出液阀；10—冷凝器；11—压缩机；12—膨胀阀（蓄冰用）；13—空调风机盘管；14—冷冻水泵；15—换热器；16—蒸发器Ⅱ（预冷器）

放冷时，开动乙二醇溶液泵使乙二醇溶液在泵、蓄冰槽和换热器之间循环，在换热器中乙二醇溶液与冷冻水进行热交换，冷冻水将冷量送到空调风机盘管。该系统为部分蓄冷空调系统，因此，放冷时常规冷水机组也运行，同时向空调风机盘管供冷。

（三）按系统循环流程分类的冰蓄冷空调系统

冰蓄冷系统的制冷主机和蓄冰装置所组成的系统可以有多种形式。但基本上可分为并联系统和串联系统。

对许多建筑，特别是宾馆、饭店等商业性建筑，夏季夜间仍需要一定

数量的供冷量。由于夜间是蓄冷时间，制冷机需要产生用于蓄冰的 0°C 以下的低温水，若同时有空调供冷要求，则需将 0°C 以下的载冷剂经换热器供出约 7°C 的空调冷水，这样，制冷系统运行效率将降低。为了提高运行经济性，应设基载冷水机组，直接供应 7°C 左右的冷水，以保证夜间或蓄冰时间空调所需冷量。对于夜间供冷负荷较少的建筑，该基载冷水机组主要在夜间使用；若夜间供冷负荷较大，则可全天使用，以减少初投资；若夜间所需供冷量很少，也可不设基载冷水机组，直接由蓄冰用低温载冷剂供冷。

1. 并联蓄冰空调系统

图 2-86 所示为并联蓄冰空调系统流程图。整个系统由两部分构成，一部分为空调冷水系统，介质为水；另一部分为乙二醇水溶液系统（图中点画线框内部分），它可进行蓄冷或供冷。

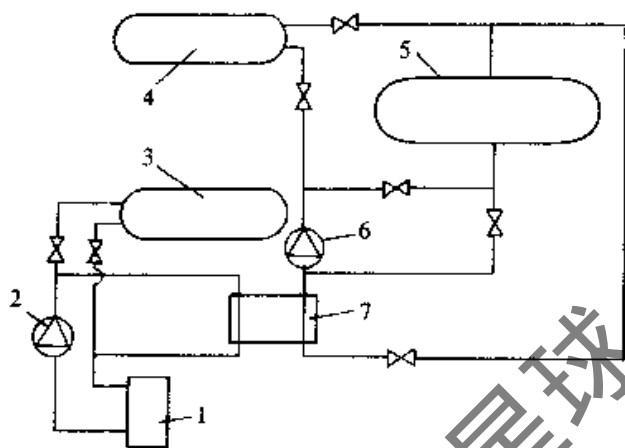


图 2-85 具有双效机组的载冷剂制冰空调系统流程图

1—空调风机盘管；2—冷冻水泵；3—常规冷水机组；4—低温冷水机组；5—蓄冰槽；6—乙二醇溶液泵；7—换热器

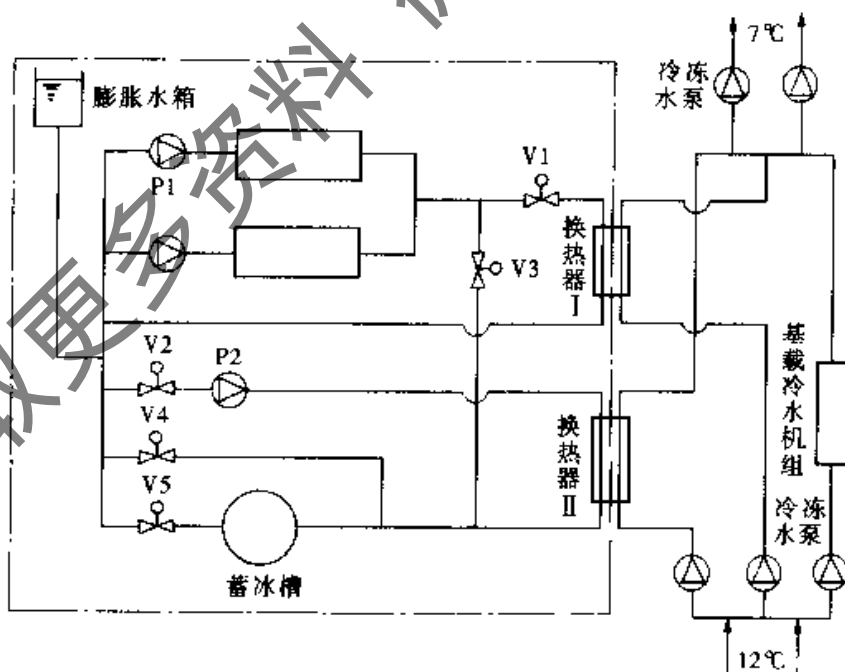


图 2-86 并联蓄冰空调系统流程图

乙二醇水溶液循环系统则由制冷主机、蓄冰槽、板式换热器（与空调用冷水系统的分界面）和泵、阀门等组成。各种运行工况调节情况如表 2-8 所示。

表 2-8

各种运行工况调节情况

工况	V1 阀	V2 阀	V3 阀	V4 阀	V5 阀	制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃	
						供水	回水	供水	回水
蓄冰	关	关	开	关	开	-5.0	-1.7		
制冷机供冷	开	关	关	关	关	5.6	10.6		
蓄冰槽供冷	关	开	关	调节	调节			5.6	10.6
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	开	关	调节	调节		10.6	5.6	10.6

注 表中水温值为示例

空调供水有三个回路，一路为基载冷水机组回路，可昼夜供给空调用冷水；另一路为通过板式换热器 1 被来自乙二醇水溶液制冷机的低温溶液冷却的空调水回路；还有一路为通过板式换热器 2 被来自蓄冰槽的低温乙二醇水溶液冷却的空调水回路。

蓄冰时，阀门 V1、V2、V4 关闭，阀门 V3、V5 开启，制冷机组向蓄冰槽供应低温的乙二醇溶液，使蓄冰槽中的水冻结。蓄冰过程中乙二醇水溶液温度不断降低。

该系统供冷有三种运行模式：制冷主机单独供冷、蓄冰槽单独供冷、制冷主机与蓄冰槽联合供冷。

(1) 制冷主机单独供冷。除阀门 V1 开启外，其余阀门都关闭，将来自制冷主机的温度较低的乙二醇溶液供至板式换热器 1，以产生空调用冷水。为了提高运行效率，应尽量减少板式换热器的传热温差，一般取 1~2℃。该空调系统供、回水温度为 7℃和 12℃，所以，制冷主机供回水温度取为 5.6℃和 10.6℃。当空调冷负荷减少时，可减少制冷主机的台数或调制冷主机的供冷能力。

(2) 蓄冰槽单独供冷。关闭阀门 V1 和 V3，将阀门 V2、V4、V5 开启，并启动蓄冰槽泵 P2，从蓄冰槽融冰取冷，通过板式换热器 2 冷却空调用水。根据空调供水或回水温度，调阀门 V4 和 V5，控制蓄冰槽融冰取冷。

(3) 制冷主机与蓄冰槽联合供冷。启动泵 P1 和 P2，关闭阀门 V3，即可实现制冷主机与蓄冰槽联合供冷。至于联合供冷时是以制冷主机为主，还是以蓄冰槽为主，则需要根据控制策略决定。若以制冷主机为主，当制冷主机满载运行时仍不能满足用户所需冷量，则调阀门 V4 和 V5，从蓄冰槽取出一定冷量，以保证空调所需。若以蓄冰槽为主，则应关闭阀门 V4、开启阀门 V5，使蓄冰槽融冰取冷量为最大，同时，调制冷主机供冷能力以补充不足部分的供冷量。

图 2-87 所以为另一种常用并联蓄冰空调系统。该系统由一台双工况制冷主机、蓄冰槽、板式换热器（与空调用冷水系统的分界面）、初级乙二醇泵、次级乙二醇泵、冷冻水泵、冷却水泵及调阀门等组成。表 2-9 为其各种运行工况调节

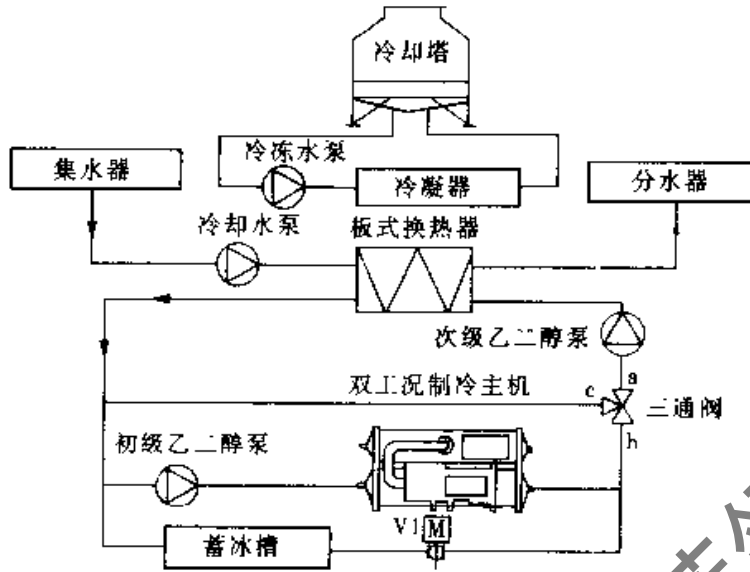


图 2-87 蓄冰槽与主机并联蓄冰系统流程图

情况。

表 2-9 并联蓄冰系统各运行工况调节情况

运行工况	制冷机	初级乙二醇泵	次级乙二醇泵	V1	三通阀
制冰	开	开	关	开	关
制冰同时供冷	开	开	开	开	调节
融冰供冷	关	关	开	开	调节
制冷机供冷	开	开	开	关	b-a
制冷机与融冰同时供冷	开	开	开	开	调节

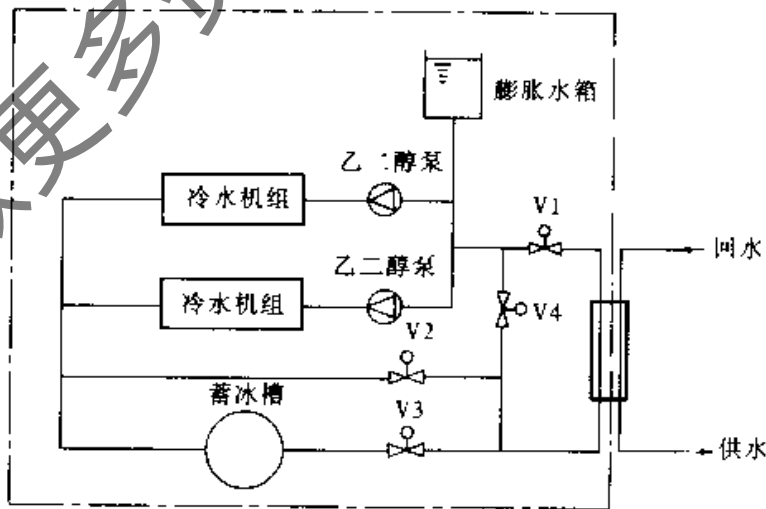


图 2-88 串联蓄冰空调系统流程图

2. 串联蓄冰空调系统

图 2-88 所示为串联蓄冰空调系统流程图。该蓄冷系统由制冷主机、蓄冰槽、

板式换热器以及泵、阀门等串联组成，利用温度较低的乙二醇溶液通过板式换热器冷却空调用水。对于串联蓄冰系统，制冷主机可位于蓄冰槽上游，此时，制冷主机出水温度较高，蓄冰槽进出水温度较低，因此，制冷主机效率高、耗电少，但蓄冰槽融冰温差小，取冷效率较低。若制冷主机位于蓄冰槽下游，则情况刚好相反。一般多采用主机上游布置。

该系统除蓄冰工况外，也可以有制冷主机单独供冷、蓄冰槽单独供冷、制冷主机与蓄冰槽联合供冷等几种运行工况。表 2-10 为各种运行工况的调节情况。

表 2-10 串联蓄冰系统各种运行工况调节情况

工况	阀门 V1	阀门 V2	阀门 V3	阀门 V4	制冷机水温/℃		蓄冰槽水温/℃	
					供水	回水	出水	进水
蓄冰	关	关	开	开	-5.0	-1.7		
制冷机供冷	开	开	关	关	6.0	11.0		
蓄冰槽供冷	开	调节	调节	关	11.0	11.0	6.0	11.0
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	调节	调节	关	6.8	11.5	4.0	6.8

注 表中水温值为示例。

根据串联系统中制冷机与蓄冰槽的前后位置，可分为主机上游和主机下游。

(1) 主机上游串联蓄冰系统，采用主机上游方式，可使制冷机组出水温度较高，系统运行效率提高，电耗减少。

图 2-89 所示为主机上游串联蓄冰系统流程图。该系统由双工况制冷主机、蓄冰槽、板式换热器、乙二醇、冷冻水泵、冷却水泵和各种阀门等组成。表 2-11 为

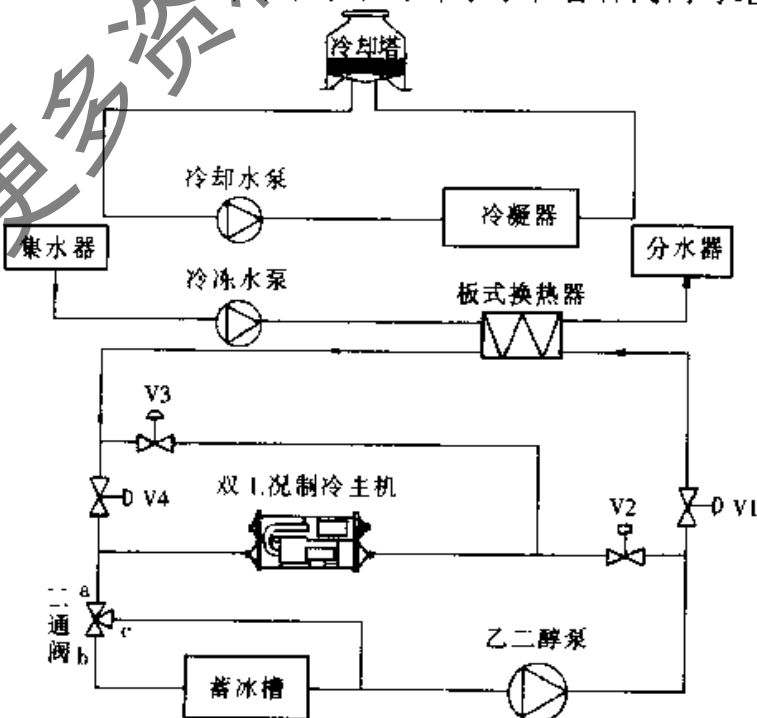


图 2-89 主机上游串联蓄冰系统流程图

各种运行工况调节情况。

表 2-11 主机上游串联蓄冰系统各种运行工况调节情况

运行工况	制冷机	乙二醇泵	V1	V2	V3	V4	三通阀
制冰	开	开	关	开	关	关	a-b
融冰供冷	关	开	开	关	关	开	调节
制冷机供冷	开	开	开	关	开	关	a-c
制冷机与融冰同时供冷	开	开	开	关	开	关	调节

在主机上游串联系统中，又分为单循环回路系统和双循环回路系统。

1) 单循环回路主机上游串联系统。图 2-90 所示为一单回路的系统流程图，其制冷机位于蓄冰装置的上游。

该系统可允许蓄冰系统按五种运行工况中的四种运行，即制冰、单融冰供冷、单制冷机供冷、制冷机与融冰同时供冷。表 2-12 为其运行工况调节情况。

表 2-12 单循环回路主机上游串联系统各工况调节情况

运行工况	制冷机	P1	V1	V2
制冰	开	开	a-b	a-b
融冰供冷	关	开	调节	a-c
制冷机供冷	开	开	a-c	a-c
制冷机与融冰同时供冷	开	开	调节	a-c

阀 V1 根据温度传感器 TS-1 的反应来调节，阀 V2 既可以用于维持一个较泵 P1 小的恒定流量，也可以通过从冷负荷返回的乙二醇温度来调节。

当空调供冷回路中含有冷冻水时，必须安装一台热交换器（板式热交换器）将乙二醇回路和空调的冷冻水回路隔开。在已装有制冷机的情形下，制冷机可作为基载主机安装在冷冻水回路中以减少蓄冰系统的负荷。

当需要在制冰的同时供冷时，不能采用该系统。它要求从蓄冰装置返回的低温乙二醇溶液通过水泵送至冷负荷或热交换器。由于乙二醇温度低于 0℃，风机盘管和热交换器易于结冰。

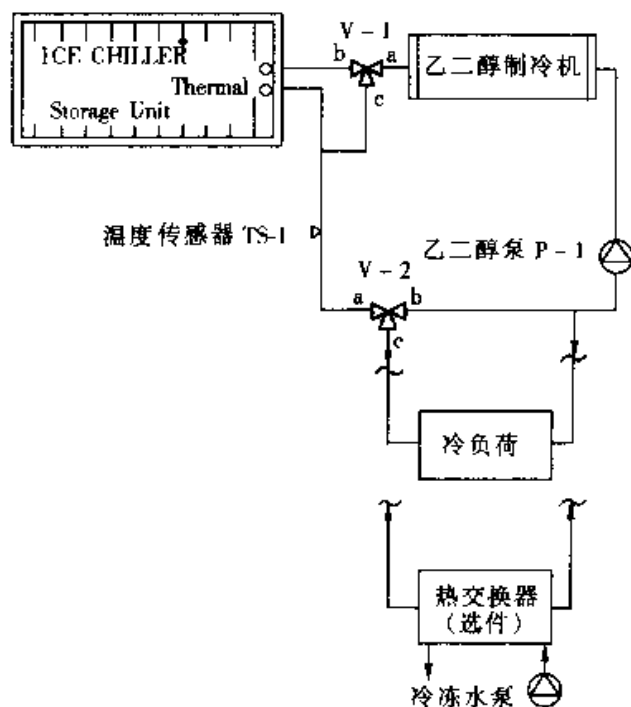


图 2-90 单循环回路主机上游串联系统流程图

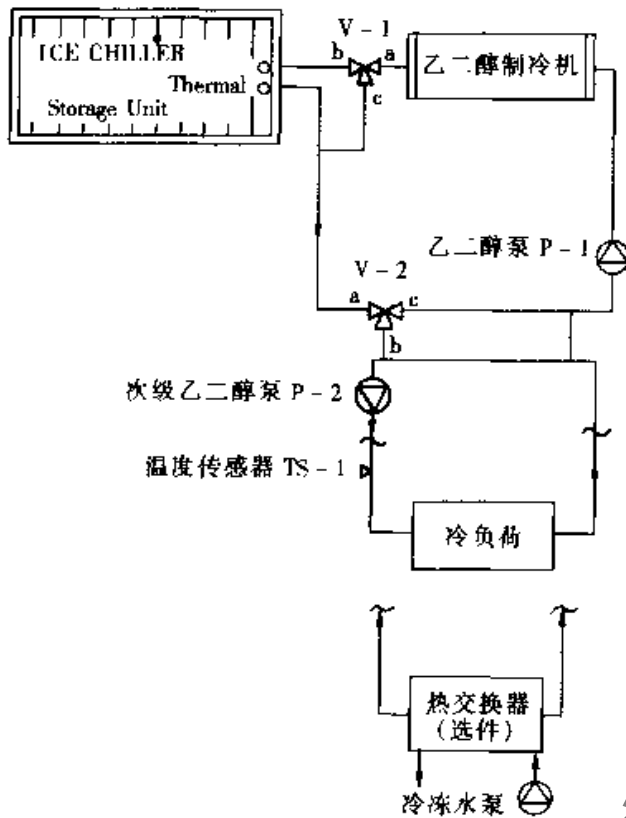


图 2-91 双循环回路

主机上游串联系统流程图

2) 双循环回路主机上游串联系统。图 2-91 所示为双循环回路主机上游串联系统流程图。该系统允许以五种工况方式运行。表 2-13 为其运行工况调节情况。

根据不同的运行工况，阀 V1 和阀 V2 依据温度传感器 TS1 的反应进行调节。采用双循环回路的优点在于系统制冰和供冷可以同时进行而不必担心风机盘管或热交换器被冻结。该系统允许每一个回路中有不同的流量。当各回路中流量不同时，一次回路中的乙二醇流量应该大于或等于二次回路中的乙二醇流量。像单循环回路流程一样，系统流程中也可增设热交换器和基载主机。

(2) 主机下游串联蓄冰系统。

主机下游时，使得制冷机组的出水温度较低，制冷主机在较低的蒸发温度下运行，其效率要下降，机组制冰容量要减小。但主机下游能维持所需温度，温度控制稳定。

表 2-13

双循环回路主机上游串联系统各运行工况调节情况

运行工况	制冷机	泵 P1	泵 P2	阀 V1	阀 V2
制冰	开	开	关	a-b	a-c
制冷同时供冷	开	开	开	a-b	调节
制冷机供冷	开	开	开	a-c	a-b
融冰供冷	关	开	开	调节	a-b
制冷机与融冰同时供冷	开	开	开	调节	a-b

图 2-92 所示为主机下游串联系统流程图。该系统由双工况制冷主机、蓄冰槽、板式换热器、乙二醇、冷冻水泵、冷却水泵和各种阀门等组成。表 2-14 为其各种工况调节情况。

表 2-14

主机下游串联蓄冰系统各工况调节情况

运行工况	制冷机	乙二醇泵	V1	V2	V3	V4	三通阀
制冰	开	开	关	开	关	关	b-a
融冰供冷	关	开	开	关	关	开	调节
制冷机供冷	开	开	开	关	开	关	c-a
制冷机与融冰同时供冷	开	开	开	关	开	关	调节

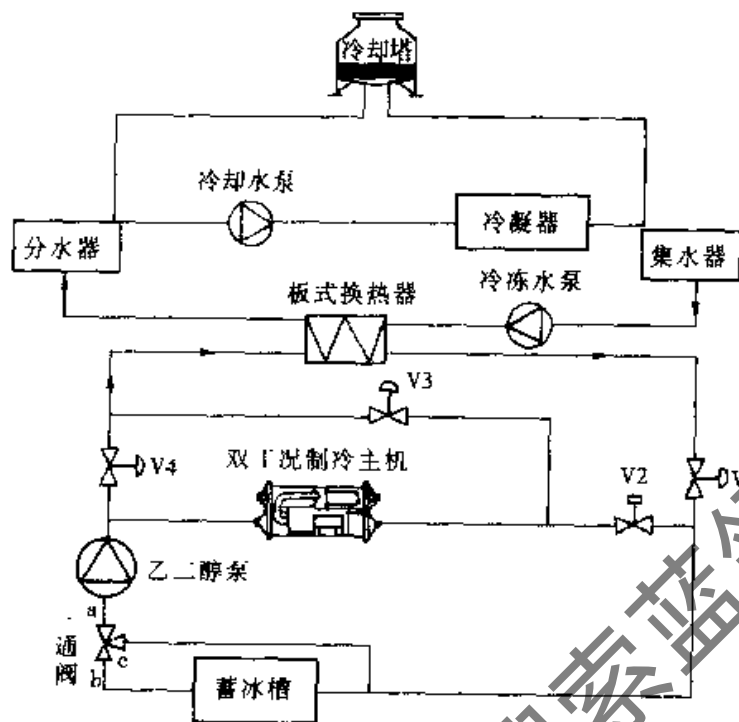


图 2-92 主机下游串联系统流程图

在确定串联蓄冰系统时，应当注意乙二醇溶液泵的容量和系统水温分布的确定。蓄冰工况和制冷主机单独供冷工况，泵流量应按制冷主机空调负荷确定。但是，当制冷主机与蓄冰槽联合供冷时，由于负荷增大，因而系统供回水温差必须大于 5°C ，而达到 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，制冷主机或蓄冰槽的供水温度较低，影响系统供冷能力，为此应适当提高空调用水的供回水温差。另外，在蓄冰工况和制冷主机单独供冷工况下，系统阻力较小；而当制冷主机与蓄冰槽联合供冷时，需依次克服制冷主机蒸发器、蓄冰槽和板式换热器的阻力，因此，应按最不利工况确定泵的扬程。在大多数运行工况下，泵的功耗要增加。

（四）按蓄冰形式分类的冰蓄冷空调系统

1. 冰盘管式蓄冷空调系统

冰盘管式是最早的制冷剂直接蒸发式蓄冰系统。蓄冰槽内放置制冷剂盘管，槽内充满水。蓄冰时制冷剂在金属盘管内直接蒸发并吸收热量，将金属盘管外表面的水结成冰，结冰厚度一般控制在 $40\sim 60\text{mm}$ 。在融冰放冷时，则使空调系统的回水送入蓄冰槽，与金属盘管外的冰接触融化，融冰后水温下降至 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，然后通过泵送至空调负荷端使用。

由于盘管式蓄冰槽制冷剂用量大，盘管焊接质量要求高，盘管的焊接处多，常发生制冷剂泄漏问题，且维修困难，故近年来逐渐采用载冷剂间接冷却。

图 2-93 所示为冰盘管式蓄冷空调系统流程图。蓄冰时，蓄冰槽内的水与制冷剂热交换后降温，当水温降至 0°C 时开始在管壁上结冰，随着蓄冰过程进行，管壁表面冰层越来越厚，达到规定厚度（ $40\sim 60\text{mm}$ ）时，即完成蓄冰过程。

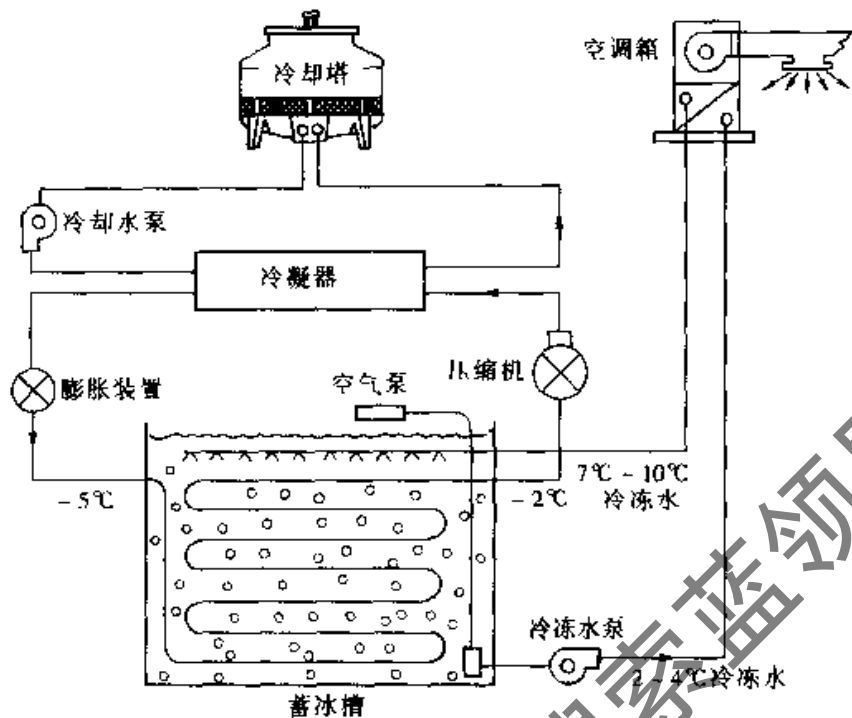


图 2-93 冰盘管式蓄冷空调系统流程图

当需要空调供冷时，蓄冰槽开始融冰放冷。冷冻水泵将蓄冰槽内 2~4℃ 的冷冻水送到空调负荷端，通过风机盘管向室内吹送冷风。通过风机盘管升温后的空调回水送至蓄冰槽的喷淋管，将空调回水均匀分布在蓄冰槽的融冰侧，将盘管外的冰层由外向内逐渐融化，回水则降温至 2~4℃，直至管外的冰层完全融化，完成融化过程。

从图 2-93 中的冷冻水系统来看，该冷冻水流程属于开放型回路，即蓄冰槽与大气相通。在高层建筑中，为避免回水流入蓄冰槽的速度过快而造成回水管不满或在管内造成失压状态，在水路系统设计上，通常要在回水进入蓄冰槽前装设一只背压阀，以保证回水管处于常满状态，同时也可避免供冷水泵停机时大量冰水回到蓄冰槽而产生回流满溢。

蓄冰槽内结冰和融冰的均匀性极为重要。结冰密度若不均匀，则融冰放冷时会产生死区，空调回水自然从阻力最小而最易融化的地方流过而融冰。为了使蓄冰槽内的结冰和融冰均匀一致，在蓄冰槽内设置了空气搅拌器。空气搅拌器利用配管的开孔将空气导入蓄冰槽的底部，通过浮力使大量气泡升起而搅动水流。在蓄冰过程中，水的扰动使槽内的水温快速均匀降低，从而促使管壁表面结冰厚度一致。在融冰放冷过程中，扰动可促进蓄冰槽内的水流分布均匀，加速冰的融化。

在设计上，蓄冰槽所需搅拌的空气量和蓄冰槽容积成正比，大约每立方米的蓄冰槽需搅拌风量 1~1.5m³/h。风机出口处的静压一般在 20kPa 以上。在安装空气搅拌机时应将其固定在槽外，将引管伸入槽底分叉成细管，并在管壁上打出直径约 5mm 的小孔。为了避免将热风吹入蓄冰槽造成热损失，一般应将吸气管接在蓄冰

槽内液面以上方以吸取冷空气。

使用空气搅拌器扰动水流非常方便，但也存在一些不足。由于长期地将空气送入水中，必将使水呈现弱酸性，加速浸没在水中的金属盘管的腐蚀，因而需对盘管进行防腐处理。一般都采用热浸镀锌钢管。

蓄冰时水在盘管上逐渐结冰，冰层沿径向向外扩展。冰层越厚，要求盘管内制冷剂的蒸发温度越低，从而使制冷系统的效率大为降低，故需在盘管外设置结冰厚度传感器以监控结冰的厚度，避免结冰过厚而使管与管之间搭成“冰桥”，阻断水流通通道，影响融冰的进行。

结冰厚度检测方法通常有如下几种：

(1) 机械接触式。即由冰厚检测探针每隔一定时间移动一下，感测探针是否触碰到冰层，如图 2-94 (a) 所示，或者用微动开关接触冰层，如图 2-94 (b) 所示。

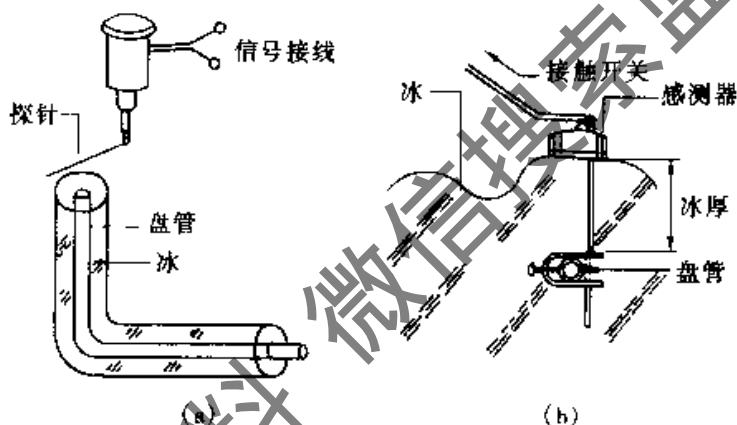


图 2-94 接触式冰厚传感器

(2) 电极式。即根据通电电极之间的电位差来确定结冰厚度，如图 2-95 所示。

(3) 水位差式。即由水位电极棒的通电情况来感测结冰厚度，如图 2-96 所示。

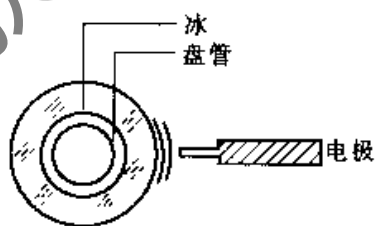


图 2-95 电极式冰厚传感器

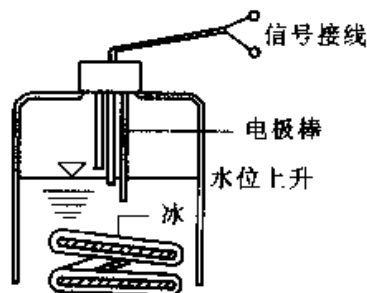


图 2-96 水位差式冰厚传感器

(4) 电阻式。将一组探针安装在管壁外所设定的距离处，如 10、20、30、40、50mm 处，根据电阻值测得相应的结冰厚度，如图 2-97 所示。

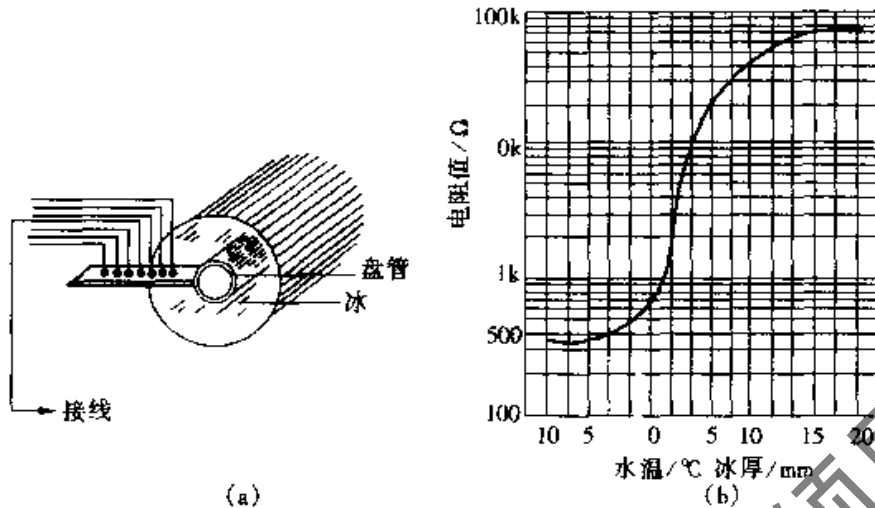


图 2-97 电阻式冰厚传感器

(a) 测量示意图; (b) 水与冰电阻曲线图

盘管式蓄冰系统的结冰量既可以由水结成冰后体积的膨胀量来计算,也可以由管壁冰厚度和管长度来计算。在 0°C 时,冰的密度为 $917\text{kg}/\text{m}^3$,水结成冰体积膨胀约为 9% ,故只要测得蓄冰槽水位上升的水量除以水冰的密度相对变化,即可知结冰量。

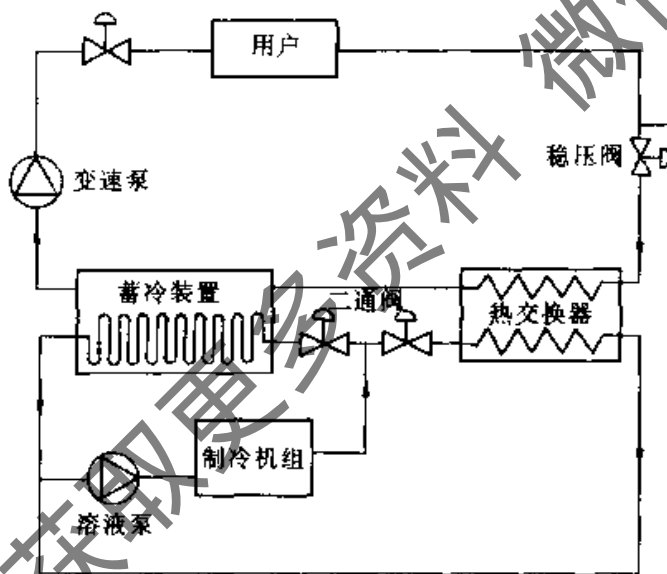


图 2-98 载冷剂冷却制冰的盘管式蓄冰系统流程图

冰盘管式蓄冰系统除了制冷剂直接冷却制冰外,还有载冷剂间接冷却制冰。图 2-98 所示为空调工程中常用的以载冷剂(乙二醇溶液)冷却制冰的盘管式蓄冰系统流程图。当充冷时溶液温度为 $-3\sim-7^{\circ}\text{C}$ 时,盘管外结冰厚度可达 40mm ;充冷温度取决于充冷速率和制冰量,较短的蓄冷循环时间需要较高的充冷速率和较低的充冷温度。

图 2-99 所示为冰盘管充冷特性曲线。当充冷时间为 14h 时,充冷温度为 $-1.5\sim-4^{\circ}\text{C}$;当充冷时间为 8h 时,充冷温度为 $-4\sim-9^{\circ}\text{C}$ 。图 2-100 所示为冰盘管放冷特性曲线。在融冰放冷期间,释冷温度能平稳维持在 1.5°C ,直至储槽中 80% 以上的冰融化掉。在释冷后期温度约增加 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。

综上所述,冰盘管式蓄冷系统具有如下一些特点:

(1) 融冰过程是由外向内融化,温度较高的冷冻水回水与冰直接接触,可以在

较短的时间内制出大量的低温冷冻水。特别适合于短时间内要求冷量大、温度低的场所，如一些工业加工过程及低温送风空调系统。

(2) 由于采用外融冰方式，若储存的冰没有完全融化而再度制冰，则只得在未融的冰层上制冰，而冰的热阻大，因而会增加制冷设备耗电量。

(3) 蓄冰槽内需保持 50% 以上的水，以便抽水融冰。为防止盘管间的冰连接在一起而无法抽水融冰，通常使用结冰厚度控制器。

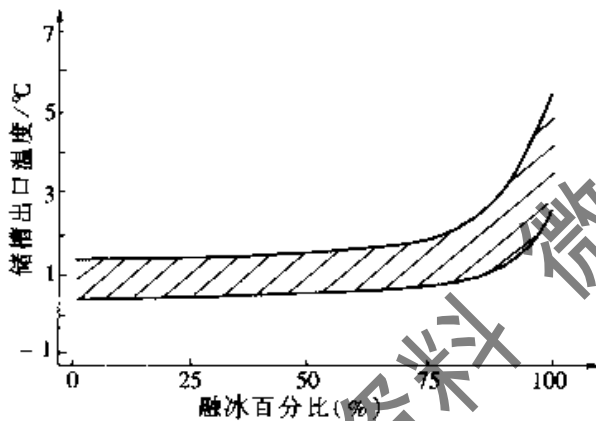


图 2-100 冰盘管放冷特性曲线

不致影响盘管传热效果。

(6) 在设计盘管式蓄冰系统时，其水系统中要安装止回阀和稳压阀等控制设备，以免停泵时系统水回流、蓄冷槽水外溢，开机时蓄冷槽被抽空。

(7) 该系统的压缩机多选择往复式或螺杆式。若选择离心式，则要确认其是否适合于制冰工况。一般选择三级离心式压缩机作蓄冰主机。

2. 完全冻结式冰蓄冷空调系统

完全冻结式冰蓄冷空调系统大多由一组标准化的蓄冰筒或蓄冰槽并联构成。蓄冰筒(槽)内装有数量多且细的塑胶质盘管，管内通以载冷剂，管外充满水，水与载冷剂之间通过管壁进行热交换。

完全冻结式冰蓄冷空调系统由于采用载冷剂作工质，经过制冷主机降温后为蓄冰筒(槽)提供冷量，故常见的制冷主机有往复式、螺杆式和离心式等。在选用离心式制冷机组时，应当考虑既能用于蓄冷又能用于空调，一般常选用三级离心式制冷机组作蓄冰主机。

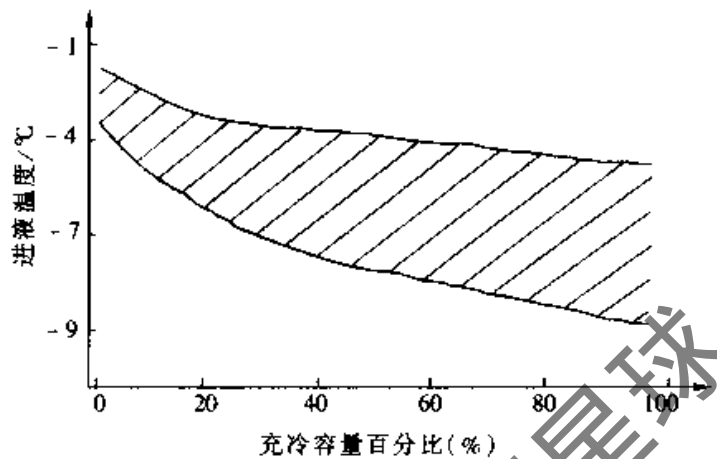


图 2-99 冰盘管充冷特性曲线

(4) 用空气搅拌器既增加耗电量，又增加故障率。若空气泵吸入端过滤效果不好，则会将污浊的空气泵入水中，污染冷冻水，容易增加空调水侧的水垢；另外，长时间将空气泵入水中使水呈弱酸性，会加速浸泡在水中的盘管腐蚀。

(5) 该系统的主体是制冷系统，应选择合适的制冷剂流速，使带到蒸发器盘管内的润滑油流回压缩机，而

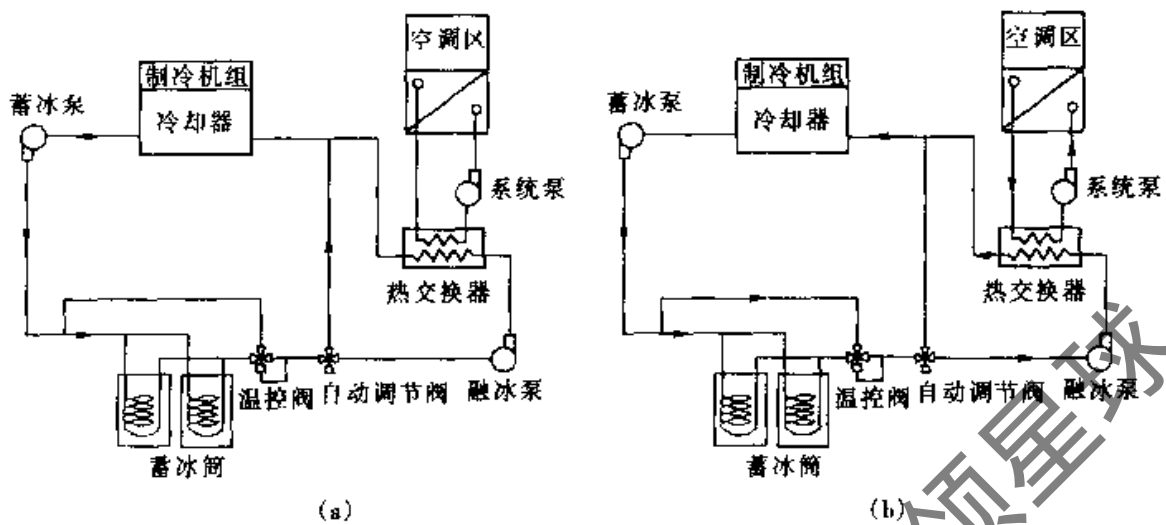


图 2-101 完全冻结式冰蓄冷空调系统流程图

(a) 蓄冰过程；(b) 融冰过程

图 2-101 所示为完全冻结式冰蓄冷空调系统流程图。该系统是将冷水机组制出的低温乙二醇溶液送入蓄冰槽中的塑料管，使管外的水结成冰。蓄冰槽中的水可以完全冻结成冰，融冰时从空调负荷端流回的乙二醇溶液进入蓄冰槽，流过塑料盘管，将管外的冰融化，乙二醇溶液的温度下降，再被抽回到空调负荷端使用。在蓄冰、融冰过程中，蓄冰槽内部的水静止不动，只借助于塑料管内的乙二醇溶液的温度变化进行制冰和融冰。

该系统常见的蓄冰槽形式有 Calmac 蓄冰筒和 Fafco 蓄冰槽两种。图 2-102 所示为 Calmac 蓄冰筒示意图，图 2-103 所示为 Fafco 换热盘管示意图。

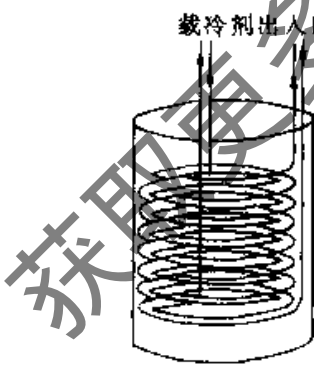
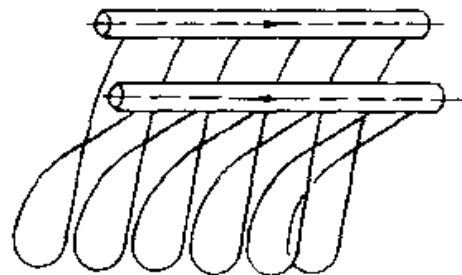
图 2-102 Calmac
蓄冰筒示意图

图 2-103 Fafco 换热管示意图

Calmac 蓄冰筒采用外径为 16mm 的聚乙烯管绕成螺旋形盘管，放置在外保温的玻璃钢或聚乙烯圆筒内。筒是密闭式的，聚乙烯管上平均结冰 16mm，有效蓄存面积为 $0.27\text{m}^2/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

Fafco 蓄冰槽由外径为 64mm 的石蜡脂塑料制成平行流换热盘管插入保温槽体来

构成。每片标准型换热盘管长 1800mm，宽 122mm，并带有 200 支小管（如图 2-103 所示）。多个换热盘管可由顶端固定，组装在一起，插入一个槽体。平均蓄冰厚度 10mm，有效储存面积为 $0.45\text{m}^2/(\text{kW}\cdot\text{h})$

由于完全冻结式冰蓄冷系统融冰时最靠近管壁的冰首先融化，故为内融冰方式，因此蓄冰槽内不需预留空间作为冷水区。该系统具有较高的制冰率（IPF）。工作时，蓄冰槽内的水静止不动，根据塑料管内载冷剂的温度变化进行制冰、融冰过程的控制，故不需要结冰厚度控制器和空气搅拌器，这样就减少了系统发生故障的机会。

为避免塑料管内承受过大的压力，设计时应将乙二醇溶液系统与空调冷冻水系统通过换热器隔开，这样可以减少所需的乙二醇溶液量，同时也减小了泄漏的可能性。乙二醇溶液的黏性比水大，所以阻力损失较大，致使泵耗功增加。

从理论上讲，采用载冷剂间接制冰方式其制冷主机的蒸发温度应更低，然而却因为采用内融冰方式，融冰后的光管向外结冰的热阻反而较小，所以实际上结冰时主机的蒸发温度与冰盘管式相比却不一定更低。但是，在融冰过程中，融冰主要靠紧贴管外已融化的水与未融化的冰之间的自然对流或已融化水的导热来进行传热，在融冰中期，载冷剂隔着一层水阻再将冰融化，内圈水层逐渐加厚。由于水的热传导系数只有冰的 1/4 左右，因此形成相当大的热阻，使得融冰速率变得缓慢，尤其在放冷过程后期，蓄冰筒内的冰难以融化，冷量释放不易，而使载冷剂出口温度升高。

完全冻结式冰蓄冷系统的蓄冰容量控制一般采用制冰时间、载冷剂温度、蓄冰槽液位三种控制方式或其中两种控制方式的组合来进行，而其中时间控制是必须采用的一种基本控制方式。当蓄冰运行时间达到预定蓄冰时间时，可以认为蓄冰已经完成，可以关闭主机及附属设备。但是，当蓄冰槽处在连续使用状态时，有时前一天所蓄的冰并未完全融化，则第二天的蓄冰时间可以缩短，因此还要设置另一种容量控制方式，如以载冷剂离开蓄冰槽的温度来判定，则可以参照该蓄冰槽完成蓄冰时的最低载冷剂温度。当出口温度达到最低温度（约为 $-7\sim-4^{\circ}\text{C}$ ）时，就表示蓄冰过程已经完成，可以停机。还有一种蓄冰容量控制方式，那就是蓄冰槽液位控制。由于水结冰时体积膨胀，蓄冰槽内的液位会上升，因此可在蓄冰槽内装设液位计、液位开关，记下开始蓄冰到完成蓄冰时的液位，当蓄冰槽内水位上升至设定液位开关位置就表示蓄冰槽已满冰，可控制停机。

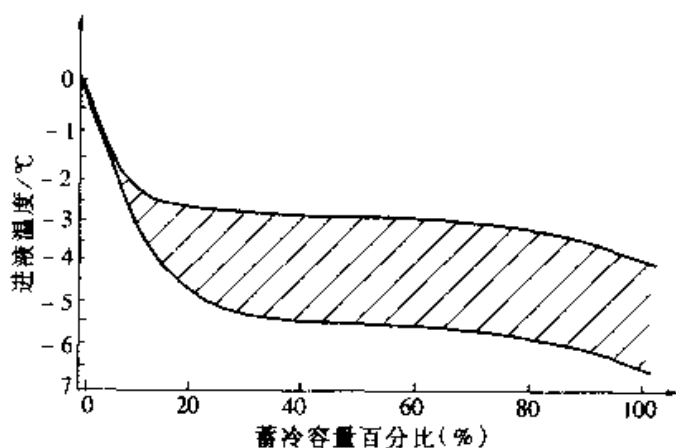


图 2-104 完全冻结式冰蓄冷系统充冷特性曲线

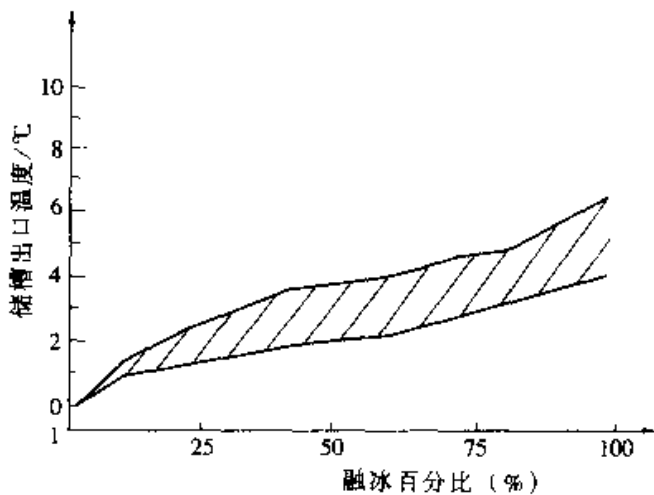


图 2-105 完全冻结式冰蓄冷系统融冰释冷特性曲线

近似为一条水平直线；在蓄冷阶段后期，由于蓄冷槽的水都凝固成冰，且冰的显热蓄冷量较小，故其蓄冷温度将急剧下降。

当完全冻结式冰蓄冷系统释冷温度不变时，释冷速度将持续下降；当释冷速率保持不变时，释冷温度将持续上升。实验表明，在整个释冷阶段，蓄冷槽出口温度持续上升，其温度与入口温度和释冷速率有关。图 2-105 所示为释冷周期为 6~8h，释冷速率不变，进口温度为 10℃ 时，其融冰释冷温度变化曲线。从图中看出，其融冰释冷温度在 0~5℃ 范围内。

在实际运行中，蓄冷装置极少能以恒定的速率释冷，而是根据空调负荷进行调节。为确定释冷温度，应特别注意释冷周期最后数小时的冷负荷。必须使系统的蓄冷量能保证供应每小时所需的释冷温度和释冷速率。

综上所述，完全冻结式冰蓄冷系统具有如下特点：

- (1) 制冷系统制冷剂量减少，不易泄漏。
- (2) 蓄冰槽内的水可以完全冻结成冰，储存体积较小。无结冰厚度控制器及搅拌装置，降低了故障率，并减少了用电量。
- (3) 融冰时，由管表面开始融冰（内融冰），若储存的冰未用完而开始制冰，则仍由盘管外表面开始制冰，传热效果好。
- (4) 采用载冷剂进行蓄冰和融冰，增加了一次传热损失，需靠增加传热面积来补偿。
- (5) 内融冰方式使结冰和融冰过程都比较缓慢，适合空调使用，不适合工业过程使用。
- (6) 结冰厚度为 10~50mm，耗电量仍比常规系统多。

3. 密封件式冰蓄冷空调系统

密封件式冰蓄冷空调系统是以内充水溶液和成核剂的容器作为蓄冷单元，将许多这种密封的容器有规则地堆积在蓄冰槽内。蓄冷时由制冷主机提供的低温载冷剂

完全冻结式冰蓄冷系统在充冷阶段，其充冷温度是随着盘管外冰层厚度增加而降低的，要在较短的时间内完成蓄冰过程，则需要较低的充冷温度。该蓄冷系统的充冷温度平均为 -3~-5℃。图 2-104 所示为该蓄冷系统的充冷特性曲线，其充冷周期为 8~16h。在开始时充冷温度下降明显，这是由于水的显然蓄冷量较小的缘故；在中间蓄冷阶段，由于水的凝固潜热较大，故其蓄冷温度

(25%乙二醇溶液)溶液通过蓄冰槽内容器之间的空隙流动,与密封件内的水进行换热,使密封件内的水冻结而储存冷量。

密封件式蓄冷系统与完全冻结式蓄冷系统的工作原理大致相同,也是以低温载冷剂作为与蓄冷介质的传热介质,只是载冷剂在外,冰冻结在密封件内。

密封件由高密度的聚乙烯(硬质PE)材料制成,其形状有圆球形、哑铃形和长方形。由于水结冰时约有10%的体积膨胀,因此,为防止冰形成后体积增大对密封件壳体的破坏,通常要在密封件壳体上或密封件内预留膨胀空间。密封件蓄冷槽的形状一般有卧式圆筒形、立式钢制密封槽、长方体形混凝土槽等。

圆球形密封件外形如图2-106所示,其直径为50~100mm,表面上有多处凹窝,当结冰时,凹处外凸成平滑的球形,使用时以自然堆叠方式置于一个圆筒形密闭式压力钢制筒内,以防结冰后体积膨胀或比重下降造成球体上浮。



图 2-106 圆球形密封件

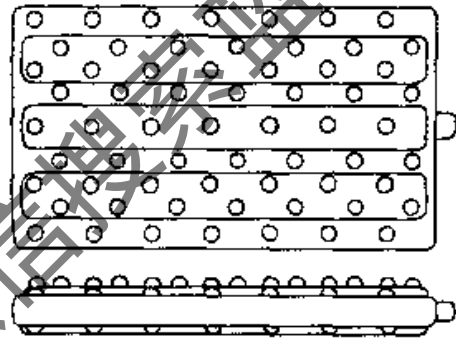


图 2-107 长方形密封件

长方形密封件一般为长750mm、宽300mm、厚35mm的长方块,其结构如图2-107所示,内部充填90%的水,预留10%的空间作为体积膨胀、收缩之用。由于同样存在结冰时体积膨胀、比重减小的现象,故在使用时需放置于圆筒形钢制密封压力容器内,且整齐排列以维持载冷剂均匀畅通地进行流动换热。

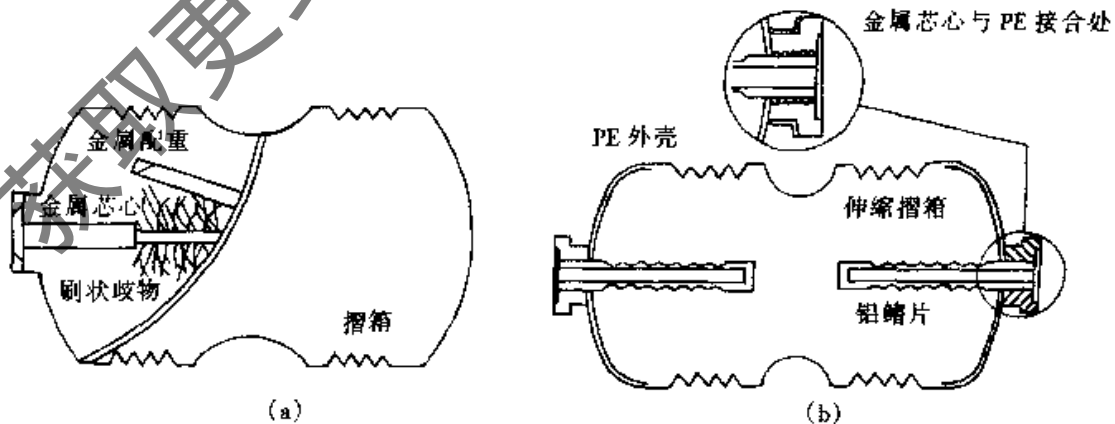


图 2-108 哑铃形密封件结构

(a) 单金属芯心冰球; (b) 双金属芯心冰球

哑铃形密封件有单金属芯心冰球和双金属芯心冰球，其结构如图 2-108 所示。双金属芯心冰球结构为两端金属芯心伸入冰球内部，球体外圆周具有的伸缩褶皱可适应制冰、融冰过程体积膨胀收缩的变化。另外，该结构有金属配重，防止了冰球漂浮于水面的问题，这样冰球可以自由堆叠安放在开放式或密闭式蓄冷槽内使用。

双金属芯心冰球的外形尺寸为 $\phi 130 \times 242$ ，容积为 2.2cm^3 ，质量为 2.25kg ，单球蓄冷量为 796kJ 。单金属芯心冰球外形为 $\phi 114 \times 234$ ，容积为 1.76cm^3 ，质量为 1.8kg ，其单球蓄冷量为 544kJ 。这两种冰球在载冷剂温度为 -5°C 时， 9h 内可完成 95% 的蓄冰；在载冷剂温度为 10°C 时， 6h 内可完成 95% 的融冰量。

图 2-109 所示为典型的密封件式蓄冷系统流程图。蓄冰时，由蓄冰泵将载冷剂送至制冷主机，降温至 -6°C 后通入蓄冰槽，与密封件内的水进行热交换，将其内的水降温至 0°C 以下结冰，载冷剂吸热升温后离开蓄冰槽，其温度约为 -3°C ，再由泵送入制冷主机降温，槽内的密封件按载冷剂的通过方向逐段结冰，至结冰末

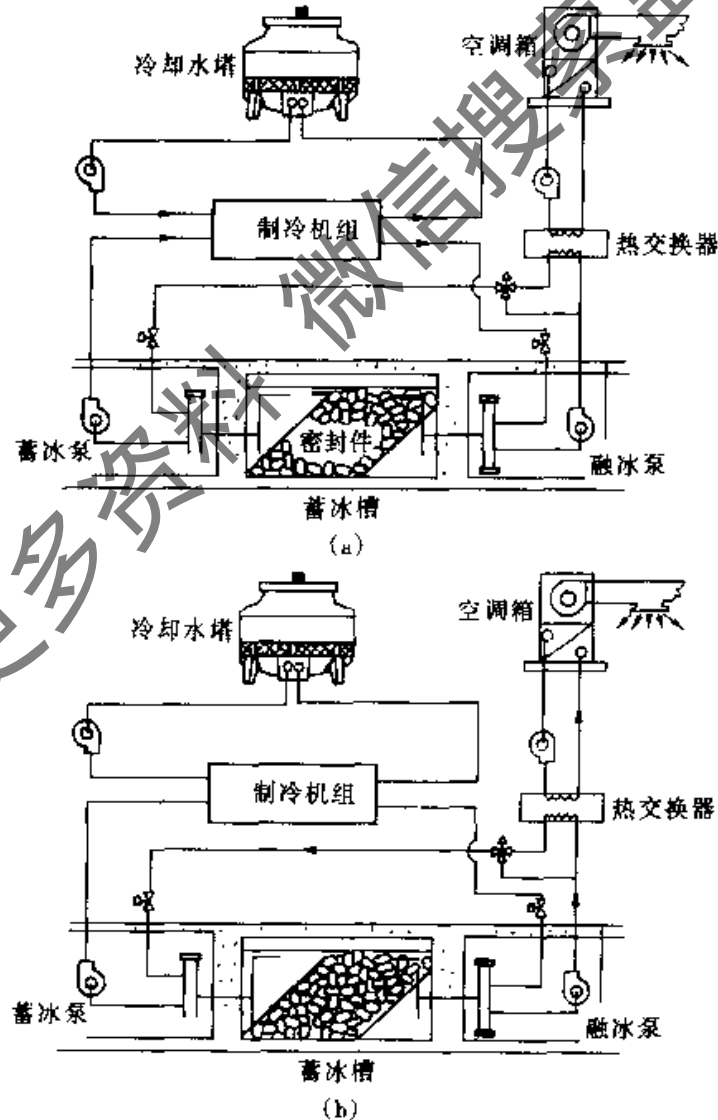


图 2-109 密封件式冰蓄冷空调系统流程图

(a) 蓄冰过程；(b) 融冰过程

段时,蓄冰槽内的密封件完全冻结,这时离开蓄冰槽的载冷剂温度约降至 -5°C 左右,控制机构控制制冷机组停机,完成蓄冰过程。

融冰放冷时,由融冰泵将蓄冰槽中的载冷剂抽送至热交换器与空调回水进行热交换,向空调系统提供冷冻水。在融冰开始阶段,蓄冰槽内的载冷剂温度仍为蓄冰完成时的温度 -5°C 左右,一段时间后,载冷剂温度逐渐上升到 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。冷冻水经热交换器和温度控制阀后温度由 12°C 降至 7°C ,载冷剂回流温度约为 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$,进入蓄冰槽融冰后,由融冰泵向热交换器提供 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 的载冷剂。在部分蓄冷模式中,制冷机组和蓄冰槽应同时提供冷负荷,此时一部分回流载冷剂经蓄冰泵送入制冷主机降温;另一部分载冷剂进入蓄冰槽融冰降温后再汇流,由融冰泵一起送到热交换器。

在上述系统的融冰放冷过程中,主机和蓄冰槽并联运行,向制冷主机提供具有较高温度的回流载冷剂,提高了制冷主机的运行效率,但系统管路中需加控制阀,以防在蓄冰过程中有少量低温(0°C 以下)载冷剂逆流通过融冰泵到达热交换器,使热交换器的冷冻水侧结冰,冻坏热交换器,影响系统的正常运行。

密封式蓄冷系统的蓄冰容量控制与完全冻结式一样,可采用时间控制、载冷剂回水温度控制、液位控制三种方式或者三种方式中的两种方式组合控制。对于半密闭式蓄冰槽,可采用时间控制和载冷剂回水温度控制两种方法,共同控制制冷主机的运行。对于密闭式蓄冰槽,通过载冷剂膨胀水箱的液位变化,设定蓄冰完成的液位控制点,以控制制冷主机的运行。也可以采用时间控制和载冷剂回水温度控制两种方法。

密封件式系统的蓄冷槽可分为开放式和密封式两种。在设计开放式系统时,应注意防止密封件结冰后浮出水面,使载冷剂溶液发生短路现象,降低密封件与载冷剂溶液的换热效果。蓄冰槽的防水保温也应重点考虑。由于乙二醇载冷剂溶液中的乙二醇挥发问题难以解决,故开放式系统实际应用得很少。封闭式蓄冷系统不存在上述问题,而且还可以减小水泵的功耗,减少系统管路及设备的腐蚀问题。当几个蓄冰槽并联时,水路系统应保证载冷剂溶液与密封件进行充分的热交换。

对于小型空调系统,可以直接将载冷剂乙二醇溶液供给空气处理设备。较大型的空调系统或高层建筑宜设置热交换器,将空调系统循环的冷冻水与载冷剂溶液分隔开,既可以减少溶液的用量,也可以降低密封件所受的压力。蓄冰槽一般由普通钢板制成,承压能力一般为 $450\sim 600\text{kPa}$ 。蓄冰槽可以大到 100m^3 ,小到 2m^3 。

图2-110所示为密封件式蓄冷系统充冷特性曲线。其蓄冷时间为 $8\sim 16\text{h}$,蓄冷槽内载冷剂入口温度为 $-4\sim -7^{\circ}\text{C}$,当完全冻结时,温度急剧下降。图2-111给出了在相同供水温度和不同单位体积流量条件下,一种冰球蓄冷系统的充冷特性曲线。从图2-111中可以看出,蓄冷过程经过近 4h ,载冷剂回水温度才降低至 0°C 以下,冰球内的水开始冻结。在冻结过程中供回水温度变化不大,当槽内球体接近全部冻结时,载冷剂回水温度迅速下降,并接近供水温度,如图2-111中流

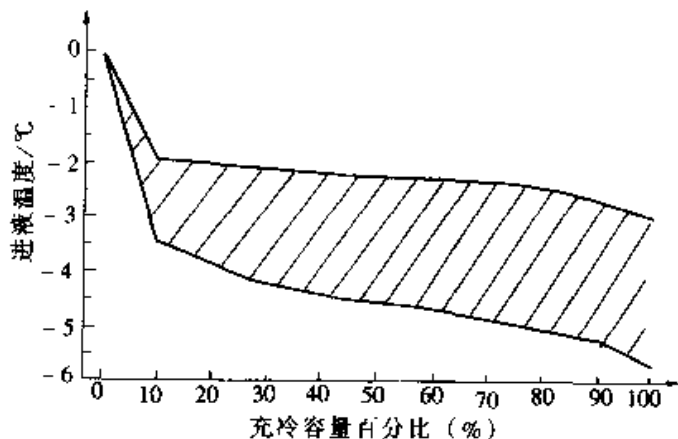


图 2-110 密封件式蓄冷系统充冷特性曲线

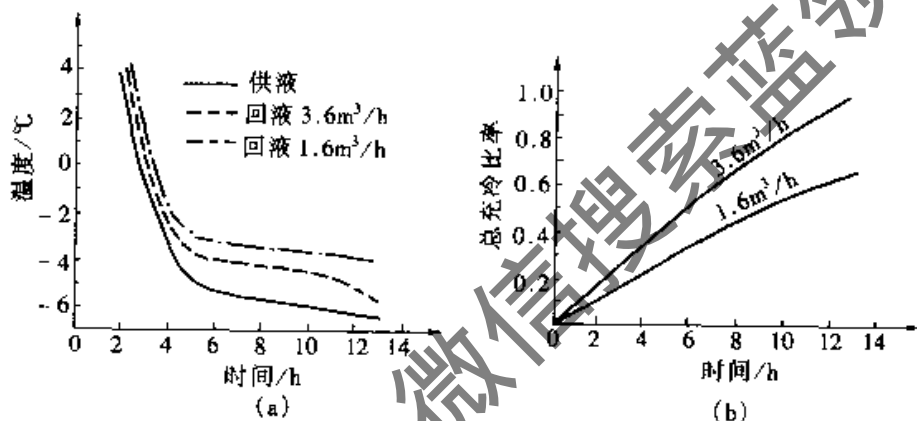


图 2-111 不同流量时冰球式蓄冷系统充冷特性曲线

(a) 载冷剂供回水温度曲线；(b) 总充冷比率的变化

量为 $3.6\text{m}^3/\text{h}$ 的回水曲线所示。从图中 2-111 还可看出，流量为 $1.6\text{m}^3/\text{h}$ 时，由于流量小，在相同供水温度条件下其传热温差小，故蓄冷过程所需时间较长，蓄冷 13h 以后，总蓄冷比率仅约 70%。

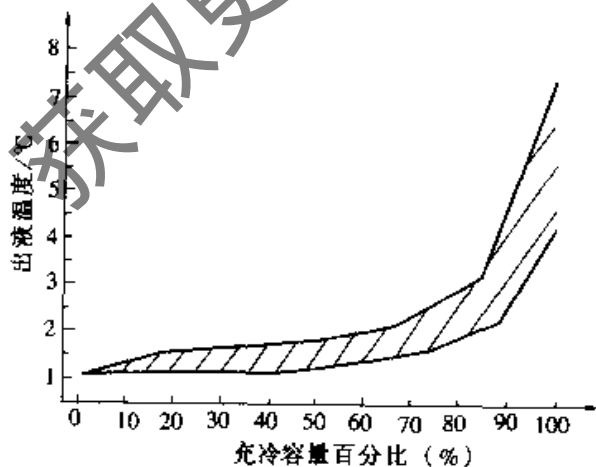


图 2-112 密封件式蓄冷系统释冷特性曲线

图 2-112 所示为密封件式蓄冷系统释冷特性曲线。按释冷温度不变，释冷时间为 6~8h，蓄冷槽入口温度为 10℃ 时的运行情况，当密封件内的冰全部融化时，出口温度急剧上升。

在释冷过程中，由于密封件内的冰不断融化，冰与容器壁的传热面随之减少，所以当需要维持释冷温度不变时，释冷速率会下降；当需要维持释冷速率不变时，释冷温度将会平稳上升。在实际运行中，释冷温度和释冷速率往往随负荷需要而变化。在释

冷阶段的最后几个小时的负荷是确定设备最高释冷温度的重要因素，因为蓄冷设备容量的选择必须保证每个小时都能达到负荷要求的释冷温度和释冷速率。

图 2-113 所示为冰球蓄冷系统释冷特性曲线。与蓄冷过程相同，影响冰球蓄冷系统融冰取冷的因素也是载冷剂的进水温度和单位蓄冷体积的载冷剂流量，蓄冷槽进水温度高、流量大，则融冰取冷快，但取冷出水温度高；同时，随着蓄冷槽内蓄冷量的减小，取冷率迅速降低。从图 2-113 中可以看出，在定流量条件下，随着融冰取冷过程的进行，出水温度

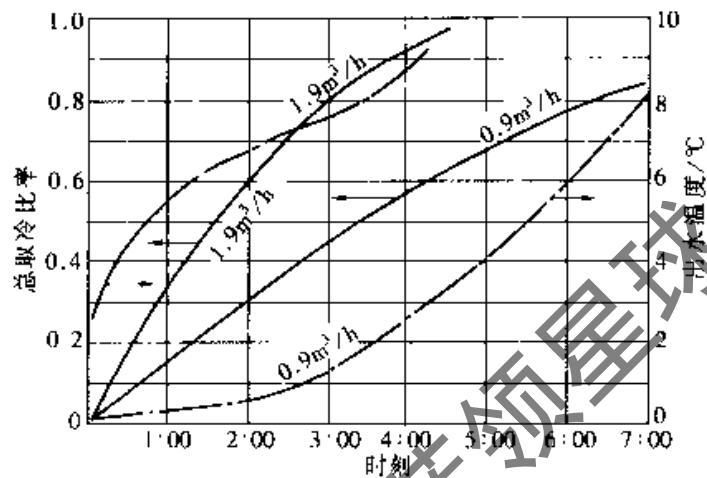


图 2-113 冰球蓄冷系统释冷特性曲线

度将不断升高。流量较小时（如流量为 $0.9\text{ m}^3/\text{h}$ ），在较长时间内出水温度变化不大，保持在 $0\sim 2\text{ }^\circ\text{C}$ 以下，随着槽内蓄冷量的减少，出水温度迅速提高。当流量较大时（如流量为 $1.9\text{ m}^3/\text{h}$ ），取冷初期和取冷后期出水温度的提高均较快，而取冷中期一段较长时间内取冷出水温度变化不大，约 $1\sim 2\text{ }^\circ\text{C}$ ，这表明取冷初期由于槽内球外的载冷剂温度变化迅速，取冷后期由于蓄冷量迅速降低，故出水温度迅速提高，而取冷中期为主要融冰取冷期，蓄冷槽内传热较稳定，故出水温度变化不大。

4. 制冰滑落式蓄冷空调系统

制冰滑落式蓄冷空调系统属于制冷剂直接蒸发式动态蓄冰方式，它具有独立的制冷系统，通过特制的垂直板片式蒸发器（制冰器）与蓄冰槽联系起来，构成冰蓄冷系统。

图 2-114 所示为制冰滑落式蓄冷空调系统流程图。在制冷剂侧，低温的制冷剂由制冷系统流入蒸发器内，与蒸发器表面上的水或冰层进行热交换，吸收热量而蒸发为气态制冷剂，再被制冷机组中的压缩机吸入，经压缩、冷凝和节流过程再供应给蒸发器进行吸热制冷，从而形成一制冷剂的循环过程。在冰水侧，冰水供应管路在蒸发器上方将冷水喷淋在蒸发器表面上，再落入到蓄冰槽内，部分冷水流过蒸发器板表面时受到制冷剂的冷却而冻结在其表面上。当冰层在蒸发器上逐渐冻结至相当厚度（约 $6\sim 8\text{ mm}$ ）之后，即被除下来放入蓄冰槽内。除冰的方法一般采用制冷剂热气除霜原理，即由压缩机出口端引入高温高压气态制冷剂进入蒸发器内，利用加热方法使粘贴在蒸发器表面的冰融化一薄层，使冰块从蒸发器表面上脱落，落入其下部放置的蓄冰槽中。由于该方法的结冰厚度较薄，故制冷主机的蒸发温度可相应提高，因此，制冰时制冷机容量与效率均较高。

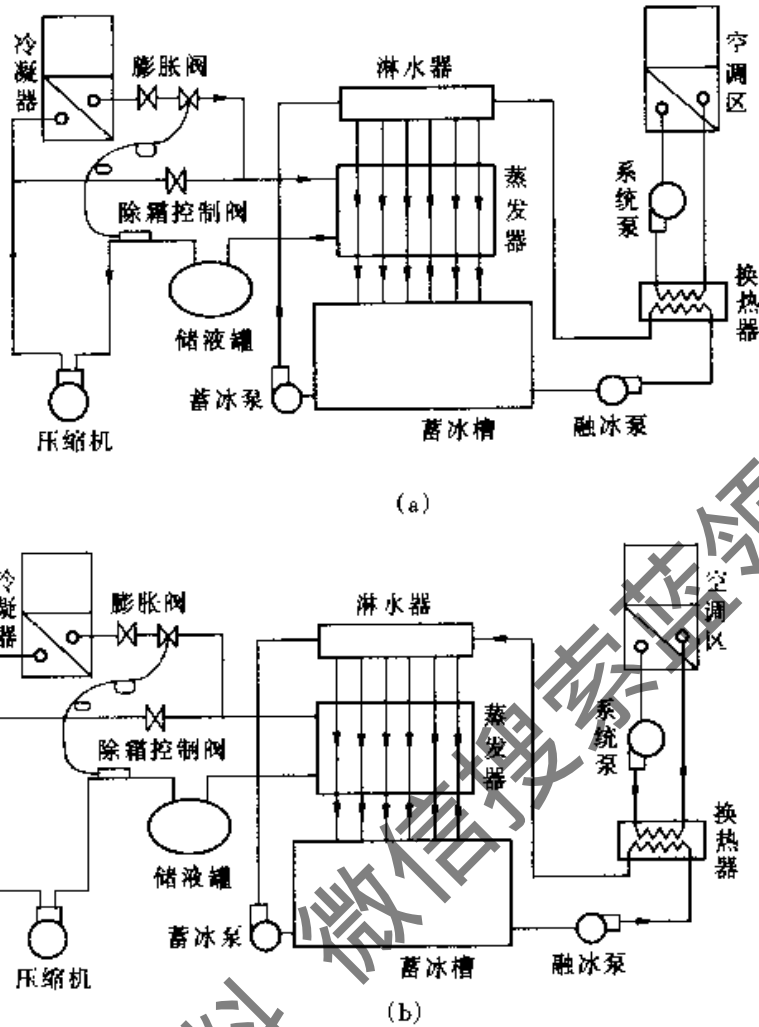


图 2-114 制冰滑落式蓄冷空调系统流程图

(a) 制冰过程; (b) 融冰过程

制冰滑落式蓄冷系统的蓄冰槽通常位于制冰主机的下方，制出的冰块依靠重力直接落入蓄冰槽内。由于蓄冰槽本身具有适当的深度，故此方式易造成不均匀的冰块堆叠分布，且由于冰的密度比水轻而使部分冰块漂浮在水面上，导致冰块堆积如山，从而降低蓄冰槽的有效蓄冰容积。解决的办法是在蓄冰槽的上方制冰主机的落冰处加装一个螺杆输送机构，借助于螺杆机构的引导使落冰分配到蓄冰槽的各个角落，使落冰均匀堆积，提高蓄冰槽的空间利用率。

制冰滑落式蓄冰槽可以是地面上的钢板结构槽外加保温层或钢筋混凝土槽内加保温层，也有些蓄冰槽位于楼板下方开挖的地下槽内加保温层。

制冷滑落式蓄冷系统的操作运行特性与蓄冷槽内冰的数量无关，在整个充冷循环中保持不变。由于片状冰具有较大的表面积，因此该蓄冷系统可获得较高的释冷速率。通常情况下可保持释冷温度约为 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ ，直至蓄冰槽内的冰有 $80\% \sim 90\%$ 被融化。由于其释冷速率快，因而特别适合于尖峰用冷，而且可用温差较大 ($> 13^{\circ}\text{C}$) 的冷冻水供应低温空调系统。图 2-115 所示为制冰滑落式蓄冷系统释冷特

性曲线。

制冰滑落式蓄冷系统必须采用特殊的制冷设备；系统需要的空间高度较大，以保证冰片的顺利落下。另外，为了使空调负荷端流回的水将冰均匀地融化，有的系统将回水沿蓄冰槽的四周均匀地喷向冰层。

综上所述，制冰滑落式蓄冷系统具有如下特点：

- (1) 蓄冰系统的制冰机只在满负荷下运行，保持着最高运行效率，无需配备调节装置，减少了维修工作量。
- (2) 该系统制冰与蓄冰位置分离，制冰厚度小，效率高，比较适合于要求用冰时间较长的场所。
- (3) 制成的薄片冰可在极短的时间内融化，特别适用于工业过程及渔业冷冻。
- (4) 采用热气除冰方式使冰片脱落，会增加制冷系统故障，同时还产生 8%~9% 的能量损失。若采用螺旋刮除方式使冰片脱离蒸发器而掉入蓄冰槽的方式，又会增加刮冰设备的耗电，也易产生故障。
- (5) 该系统在运行过程中，抽水、洒水容易使蒸发器上的冷冻板氧化锈蚀，轻者使冷冻板表面粗糙，冰片与冷冻板面冻结在一起不能脱离，重者使冷冻板穿孔，造成制冷剂泄漏。
- (6) 冰为固体，在蓄冰槽内不易分布均匀，因此，制冰机系统通常采用一对一方式匹配蓄冰槽，而不宜一机多槽，以免出现系统投资高、所占空间较大等问题。
- (7) 结冰厚度虽小，压缩机耗电仍比常规系统大。
- (8) 制冰机故障率较高，维护保养费用高。

5. 冰晶式蓄冷空调系统

冰晶式蓄冷空调系统是一种将低浓度（6%）载冷剂溶液（通常为水和乙二醇溶液）经特殊设计的制冷机组，冷却至冻结点温度以下使载冷剂溶液产生非常细小均匀的冰晶，此类直径约为 $100\mu\text{m}$ 的细微冰晶与载冷剂形成泥浆状物质。其形成过程类似于雪花，自结晶核以三维空间向外生长而成，生成的冰晶经泵输送至蓄冰槽储存，以满足空调尖峰负荷要求。

该系统使用的制冷设备为专门生产冰晶的制冰机，冰晶直接循环于蒸发器盘管之间，蒸发器要特殊设计。制冰机可连续不断产生冰晶而不需要热气脱冰装置，蓄冰槽内也无需特殊的储冰元件。蓄冰槽结构简单，只需要足够空间并作适当防水保温即可。该蓄冰方式适合于较小容量制冷机长期连续运转，储存大量冰晶，以供应短时间急需的较大空调负荷，故常应用于一周式分量冰蓄冷运转模式。

冰晶式蓄冷系统生成的冰晶较均匀，生成的微小冰晶数量很多，其总热交换面

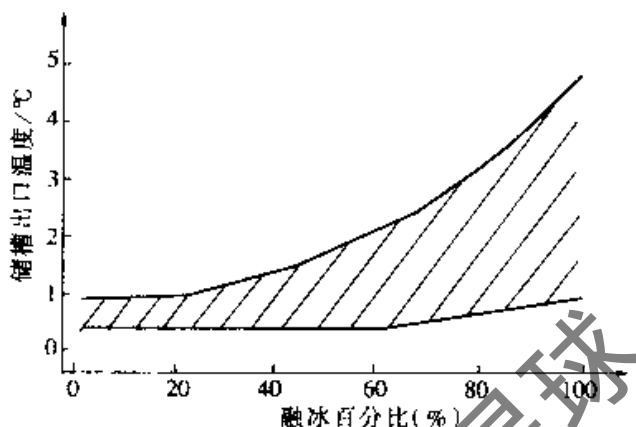


图 2-115 制冰滑落式蓄冷系统释冷特性曲线

积很大，融冰释冷速率极快，对负荷的急剧变化有很强的适应性。冰晶的生成过程是在制冷机组的蒸发器内进行的，很均匀，且不易形成死角及冷桥。冰晶系统中含冰率可达60%以上。

冰晶的含冰率影响其物理特性（如黏度、密度、热值等），在选择水泵及盘管时需注意。

该系统的制冰过程在主机处，而不在蓄冰筒内，且制冷过程中含有冰晶的混合溶液不断地流动着，随着制冷时间的延长，其含冰率越来越大，因此该系统不能太大，制冷能力较小。目前只生产至180kW左右，还不适用于大型系统。

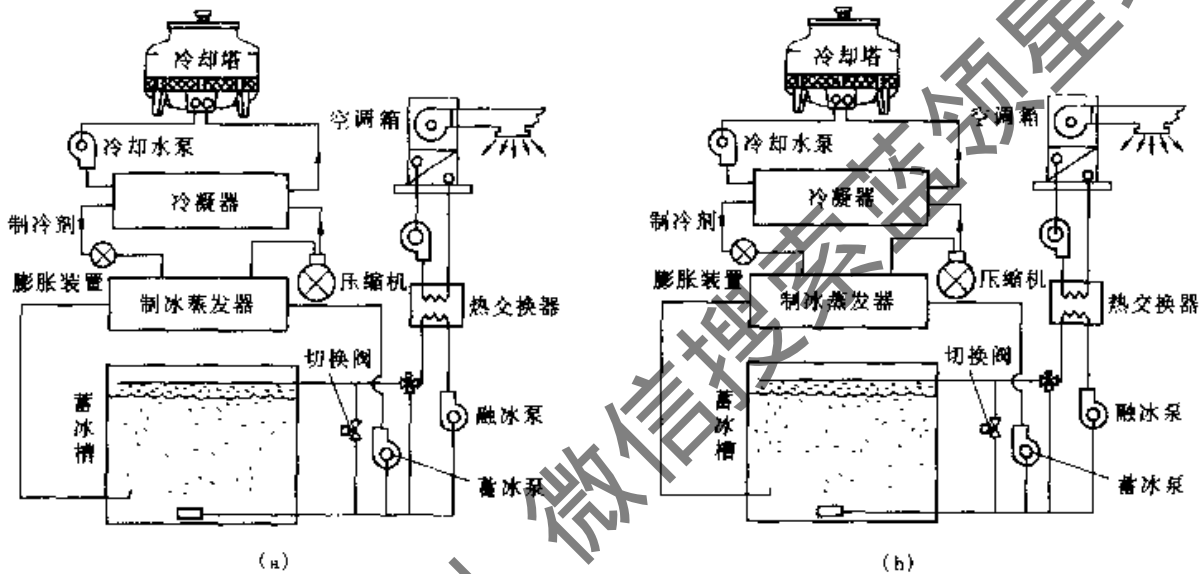


图 2-116 冰晶式蓄冷空调系统流程图

(a) 蓄冰过程；(b) 融冰过程

图 2-116 所示为冰晶式蓄冷空调系统流程图。蓄冰时，由蓄冰泵将蓄冰槽底部 6% 的低浓度载冷剂送到制冷蒸发器，蒸发器内有包括液体搅拌机在内的双重管热交换器，外管为制冷剂蒸发器，内管通有载冷剂，当载冷剂被冷却至冰点以下时即在管壁上产生冰晶，搅拌机将冰晶刮下，与载冷剂混合成冰晶两相液，由泵送回蓄冰槽，冰晶悬浮于蓄冰槽上部，载冷剂沉于槽下部。随着蓄冰过程的进行，蓄冰槽内的冰晶储量越来越多，底部载冷剂量减少，且浓度提高，制冰蒸发器内的制冷剂蒸发温度也逐渐下降，直到蓄冰槽内冰晶量达到预定数量或载冷剂温度低于设定点温度 -6.5°C 时，停止制冰，完成蓄冰过程，此时制冷剂蒸发温度约为 -9.5°C 。

融冰释冷时，混合溶液被融冰泵直接送到热交换器向空调端提供冷量，升温后约 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 的载冷剂离开热交换器回流到蓄冰槽，将槽内的冰晶融化成水。由于冰晶接触表面积大，冰晶溶解迅速，混合溶液在约 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 时再被泵送到热交换器，将空调冷冻水降温，提供给空调负荷。

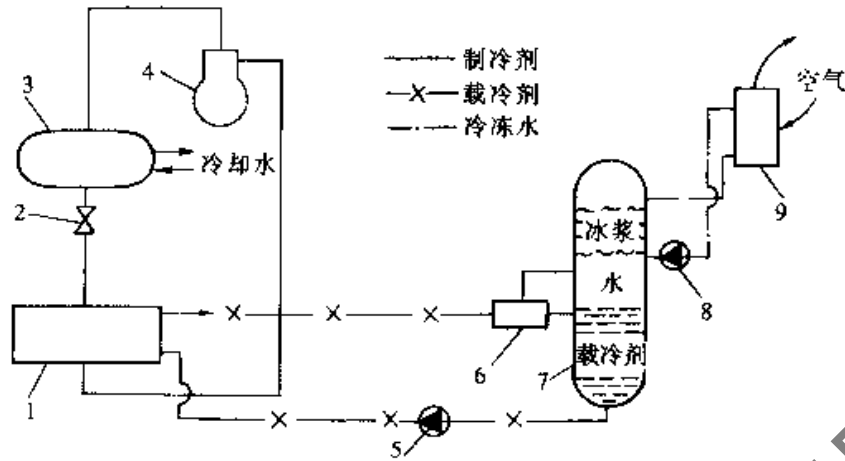


图 2-117 冰晶式蓄冷空调系统流程图

- 1—蒸发器；2—膨胀阀；3—冷凝器；4—压缩机；5—载冷剂泵；
6—文丘里管；7—蓄冷槽；8—冷冻水泵；9—空调风机盘管

图 2-117 所示为另一种形式的冰晶式蓄冷空调系统。其冰晶不是在蒸发器内生成，而是在蓄冷槽内生成。蓄冰时，制冷机组蒸发器将载冷剂冷却到低于 0°C ，然后将载冷剂送到蓄冷槽内与其中的水直接接触，水便凝结成冰晶漂浮在蓄冷槽的顶部。融冰释冷时，从空调风机盘管来的冷冻水在蓄冷槽内与冰直接接触，并被冷却降温，在这种情况下，载冷剂与冷冻水之间传热效率很高，冷却后的冷冻水又被泵送到空调风机盘管。

综上所述，冰晶式蓄冷系统具有如下特点：

- (1) 制冷剂直接冷却载冷剂制冰，减少了热交换次数，提高了换热效率。
- (2) 动态制冰，冰晶立刻脱离，换热效果好。
- (3) 载冷剂浓度低，节省了乙二醇的用量。
- (4) 蓄冷槽结构简单，无需配管，造价较低。
- (5) 制冰蒸发器动态制冰，运动部件多，需定期维修。
- (6) 载冷剂浓度需准确控制，否则容易导致制冰蒸发器发生故障。
- (7) 单机制冰容量小，不适用于大型系统。

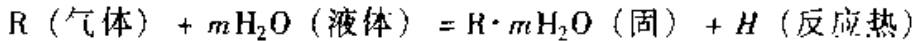
三、其他相变材料蓄冷空调系统

(一) 气体水合物蓄冷空调系统

作为适宜的空调蓄冷技术，最为重要的是其蓄冷材料的相变温度应与空调工况相适应，即在 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 发生相变，且相变潜热大，传热性能好。气体水合物蓄冷系统具有上述特点，它综合了水（蒸发温度高）和冰（蓄冷密度大）蓄冷的优点。气体水合物蓄冷在 20 世纪 80 年代由美国橡树岭国家试验室开始研究并用 R11、R12、R21 等做工质，其相变潜热一般为 $310\sim 420\text{kJ/kg}$ ，相变温度一般为 $5\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，这与空调机组的运行工况相近，克服了冰蓄冷的缺点。随着 CFC_s 对大气臭氧层破坏问题的提出，寻找新的氟利昂替代工质作为气体水合物工质迫在眉睫。水合物的稳定

性意味着水合形成临界点的温度较高，压力较低，有利于蓄冷、放冷，提高蓄冷系统的综合性能指标，更适合空调系统使用，是很有发展前途的空调蓄冷方式。强化传热传质，增大传热速率，缩短蓄放冷时间是气体水合物蓄冷需要解决的主要问题。

在一定的温度和压力下，水能在某些气体分子周围形成坚实的网络状结晶体。在水合物结晶时释放出固化相变热。反应方程式如下：



式中， H 是形成气体水合物 $R \cdot m\text{H}_2\text{O}$ 放出的热量，随气体种类的不同这个数值一般为 $270 \sim 465\text{kJ/kg}$ ，即与冰的蓄冷密度 334kJ/kg 相当。 H 既可称为反应热，也可视作一种结冰的潜热，只是添加气体后使之相变温度提高，所以俗称“暖冰”。一般氟利昂气体形成气体水合物的相变温度为 $5 \sim 12^\circ\text{C}$ ，压力为 $1 \sim 3$ 个大气压 (atm)。图 2-118 所示为气体水合物蓄冷系统的工作原理图。

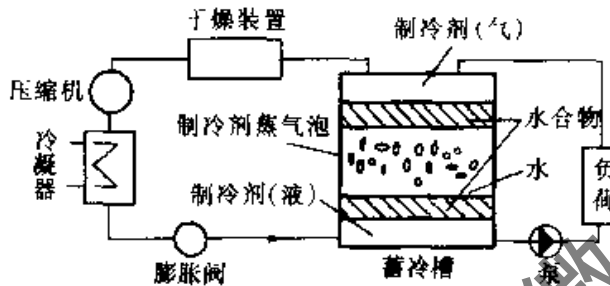


图 2-118 气体水合物蓄冷系统的工作原理图

气体水合晶体的内部结构与气体分子的大小有关，对于较小分子 ($4 \sim 5\text{\AA}$)，一般只形成 I 型简单气体水合物。当气体分子较大时 ($5.6 \sim 6.6\text{\AA}$)，一般形成 II 型简单气体水合物。当分子直径与晶穴尺寸相接近时最易形成网络水合晶体，且晶体的稳定性也最高，这意味着水合物形成临界点的温度较高，压力较低。

所以，宏观上要注意上式反应的热力学条件，即温度和压力，这就形成了气体水合物的温—压相变图，且随不同气体而不同。图 2-119 所示为蓄冷工质 R12 的相变图。

不同气体与水作用形成气体水合物的温—压相变图是研究此气体水合物的特性、生成条件以及与蓄冷系统匹配的关键所在，图中 Q2 点称为基本分解点，在此点平衡时有氟利昂气体、氟利昂液体、水和气体水合物四种状态存在，而 Q1 点也是关键点，此处同样存在四种物质状态，即氟利昂气体、水、冰和气体水合晶体。所以，Q1、Q2 点的物性作为该物质形成水合物的关键物性。相变图中生成水合物的区域被画以阴影，而实际运行中常常工况稳定在 Q1 到 Q2 之间，此处的蓄能密度即 H 保持恒定。

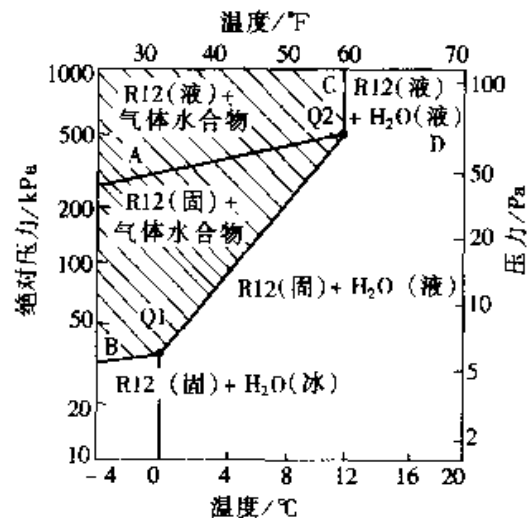


图 2-119 蓄冷工质 R12 相变图

表 2-15 中列出了不同氟利昂形成水合物的特性,可作为选择符合系统工质的参考。从表 2-15 中可看到,作为替代工质的 R134a、R152a、R142b 等都具有较好的蓄冷特性。

气体水合物蓄冷是一种新兴蓄冷空调技术,它不仅蓄冷温度与空调工况相吻合,蓄冷密度高,而且蓄冷一释冷时传热效率高,特别是直接接触释冷系统。但该方法还有一系列问题有待解决,如制冷剂蒸气夹带水分的清除,防止水合物膨胀堵塞等,离工程实用还有一段距离,故在此不作详细介绍和分析。

表 2-15 氟利昂气体形成水合物的特性

名称	分子式	分子结构	晶体直径 /Å	Q1	Q1	Q2	Q2	latm F T/°C	比热容 (kJ/kg)	综合评估
				T/°C	P/atm	T/°C	P/atm			
R41	CH ₃ F	I		0	2.1	18.8	32			
R32	CH ₂ F ₂	I	--				17.6			
R23	CHF ₃	I	12.05				21.8			
R14	CF ₄	I	--	0	41.5					
R134a	CH ₂ FCF ₃					10.0	4.1		358.2	理想选择
R152a	CH ₃ CH ₂ F ₂	I	12.12	0	0.54	14.9	4.3	4.3	383	理想选择
R161	C ₂ H ₅ F	I	--	0	1.7	22.8	8.0	3.7		
R40	CH ₃ Cl	I	12.0	0	0.41	20.5	4.9	7.5		
R30	CH ₃ Cl ₂	II	17.33	0	0.153	1.7	0.217			
R20	CHCl ₃	II	17.33	-0.09		1.7	0.09			
R140	C ₂ H ₅ Cl	II				1.15	1.8			
R160	C ₂ H ₅ Cl	II	17.30	0	0.265	4.8	0.77			
R150	CH ₃ CHCl ₂	II		0	0.072	1.5	0.092			
R11	CCl ₃ F	II	17.29	-0.1	0.08	8.5	0.65		282	传统选择
R12	CCl ₂ F ₂	II	17.37	-0.1	0.36	12.1	4.27	5.2	271	传统选择
R12b1	CBrClF ₂	II		0	0.189	9.96	1.673	7.6		
R12b2	CBr ₂ F ₂	II				4.9	0.501			
R13b1	CBrF ₃	II		-0.1	0.88	11		0.5		
R21	CHCl ₂ F	II		-0.13	0.145	8.61	0.998		277	
R22	CHClF ₂	I	11.97	-0.2	0.84	16.3	7.6	0.9	380	
R22b1	CHBrF ₂	II				9.87	2.65			
R31	CH ₂ ClF	I		-0.2	0.222	17.88	2.825	9.83	427	较理想
R141b	CH ₃ CCl ₂ F					8.4	0.424		344	
R142b	CH ₃ CClF ₂	II	17.29	-0.04	0.136	13.09	2.294	9.1	349	理想选择

(二) 共晶盐蓄冷空调系统

共晶盐蓄冷(也称为优态盐蓄冷)是利用固液相变特性蓄冷的另一种形式。蓄冷介质主要是由无机盐、水、成核剂和稳定剂组成的混合物。对用于蓄冷介质的共晶盐,要求具有熔解或凝固温度为 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 、熔解潜热大、导热系数高、比重大和无毒、无腐蚀性等特性。目前使用效果较好的有两种,一种相变温度为 8.3°C ,相变潜热为 95.3kJ/kg ,密度为 1473.7kg/m^3 ;另一种相变温度为 5°C 。共晶盐蓄冷装置主要以美国 Transphase 公司的 T 形冰板容器为代表。我国的台佳公司也生产过球形和板形高温相变蓄冷容器,其相变温度为 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$,单位质量蓄冷量为 $0.04\text{kW}\cdot\text{h/kg}$ 。

一般来讲,共晶盐蓄冷槽的体积比冰蓄冷槽大,比水蓄冷槽小。其主要优点在于它的相变温度较高,可以克服冰蓄冷要求很低的蒸发温度的弱点,并可以使用普通的空调冷水机组,虽然其相变温度较高,但由于蓄能密度低,设备占地面积大,对设备要求较高,所以推广应用受到一定限制。表 2-16 所示为水蓄冷、冰蓄冷、共晶盐蓄冷三种蓄冷方式的性能比较。

表 2-16 三种蓄冷方式的性能比较

项 目	水蓄冷	冰蓄冷	共晶盐蓄冷
蓄冷槽体积/ m^3	8~10	1*	2~3
蓄冷温度/ $^{\circ}\text{C}$	5~7	0	5~9
机组效率	1	0.6~0.7	0.92~0.95
冷量损失	一般	大	小
是否需不冻液	否	需	否
泵、风机性能	1*	0.7	1.05
投资比较	0.6	1*	1.3~2.0

注 * 为参考基准。

共晶盐蓄冷系统的基本组成与水蓄冷相同,采用常规空调冷水机组作为制冷主机,但蓄冷槽内采用共晶盐作为蓄冷材料,利用封闭在塑料容器内的共晶盐相变潜热进行蓄冷(共晶盐可以在较高的温度下进行相变)。蓄冷时,从制冷机出来的冷冻水流过蓄冷槽内的共晶盐塑料容器,使塑料容器内的糊状共晶盐冻结进行蓄冷。空调启用时,再将从空调负荷端流回的冷冻水送入蓄冷槽,塑料容器内的共晶盐融化,将水温降低,送入空调负荷端继续使用。

1. 共晶盐蓄冷系统的布置形式

共晶盐蓄冷空调系统可以按全部蓄冷和部分蓄冷策略运行。根据共晶盐蓄冷槽和冷水机组在蓄冷系统中的相对位置关系,可以分为冷水机组位于上游的布置形式和冷水机组位于下游的布置形式。

图 2-120、图 2-121 所示分别为冷水机组位于上游的共晶盐蓄冷系统和冷水

机组位于下游的共晶盐蓄冷系统。由于冷冻水系统一般为开式系统，水泵的扬程必须考虑位差，在蓄冷槽的入口和出口要分别加装稳压阀和止回阀。蓄冷槽出口增压泵采用变流量可调节方式，采用稳压阀作为系统静压控制，在泵出口设止回阀，防止系统内的水倒流入蓄冷槽。

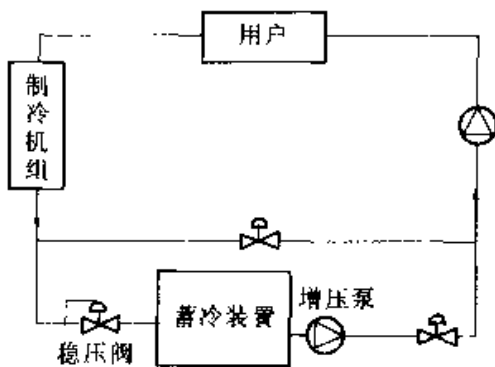


图 2-120 冷水机组位于上游的共晶盐蓄冷系统

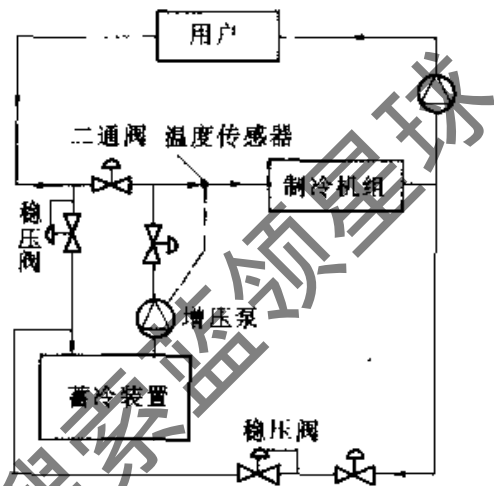


图 2-121 冷水机组位于下游的共晶盐蓄冷系统

2. 共晶盐蓄冷系统的流程

使用时将蓄冷容器以水平方向整齐排列置于蓄冷槽内，蓄冷容器采用可自行堆叠的方式，每个容器中间预留一定的间隙以利水流均匀通过，与容器表面进行热交换。在蓄冷槽两端分别设置一水出口分布管和回流集水分布管，分布管上等距离地开有小孔，使水流能均匀分布和回收。

图 2-122 所示为共晶盐蓄冷系统流程图。蓄冷时，冷冻水由蓄冷泵 PI 送到冷水机组降温至 4°C 左右，然后从阀 V1 进入蓄冷槽冷冻水分布主管，冷冻水由分布管开孔均匀流入，通过蓄冷容器之间的间隙流动，并与容器内的蓄冷介质进行热交换，使容器内的共晶盐温度下降至相变点温度（如 8.3°C ）以下产生共晶盐固体，热交换后的冷冻水则升温至略低于相变温度的温度（如 8°C ），在蓄冷槽末端集水管处汇流离开蓄冷槽，再由泵 PI 送到冷水机组降温。蓄冷槽内的蓄冷容器根据冷冻水流入的先后顺序依次发生相变凝固，直至槽的末端。在蓄冷过程中，冷冻水温度基本保持平稳，直到蓄冷后期，蓄冷容器内大部分蓄冷介质已凝固完，冷冻水离开蓄冷槽的温度才开始下降。当降到 6°C 左右时，表明蓄冷过程已完成。

由于目前共晶盐的相变温度在 8°C 左右，释冷运行时，冷冻水离开蓄冷槽的温度在 $9\sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围，高于一般空调系统所要求的 7°C 冷冻水温度，所以，共晶盐蓄冷系统大部分都不采用全部蓄冷模式，而采用部分蓄冷模式，冷水机组与蓄冷槽既可并联使用，也可串联使用。

串联使用时，阀门 V1、V3 关闭，V2、V4 打开， 12°C 的冷冻水回水先进入蓄

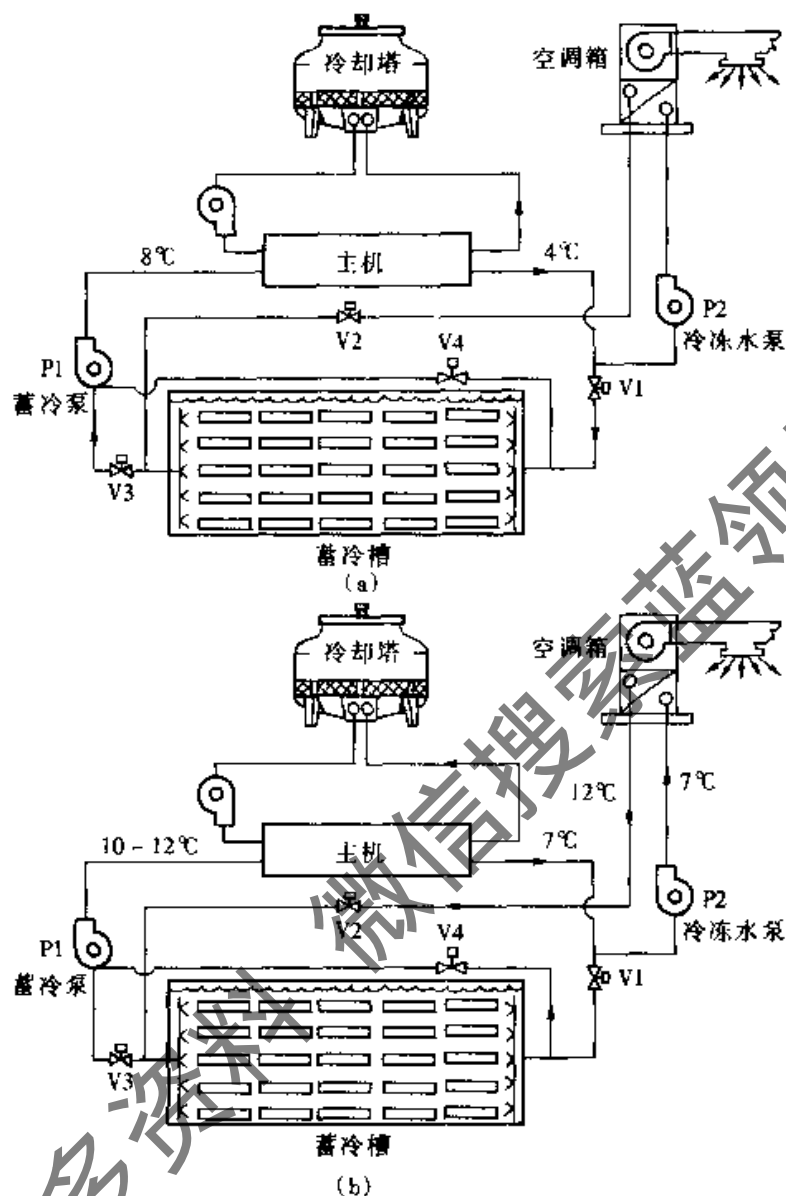


图 2-122 共晶盐蓄冷空调系统流程图

(a) 蓄冷过程；(b) 放冷过程

冷槽降温至 $9 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右，再由泵 P1 送到主机降温至 7°C ，由冷冻水泵 P2 供应给空调处理设备。

并联使用时，阀门 V1、V2、V3 打开，V4 关闭， 12°C 的冷冻水回水分两路分别进入蓄冷槽和制冷主机进行降温。进入蓄冷槽的水温降温至 $9 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围，进入制冷主机的水温降温至 $4 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 范围，两股水流混合后水温约 7°C 左右，由冷冻水泵 P2 送至空调处理设备。并联系统的关键问题是要控制好两股水流的流量分配，这可以通过控制阀门来调节。

3. 共晶盐蓄冷系统的蓄冷和放冷特性

共晶盐蓄冷系统的充冷温度一般为 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$ ，离开蓄冷槽的水温在蓄冷开始时为 8°C ，蓄冷过程结束时温度降为 7°C 。图 2-123 所示为共晶盐蓄冷系统充冷过程

中蓄冷槽进水温度变化曲线,由图中可看出,蓄冷时冷水进口温度由 7°C 降到 4.5°C 左右。

图2-124所示为共晶盐蓄冷系统放冷温度曲线。出水温度是随着放冷过程逐渐升高的,从开始放冷时的约 7°C 增加到蓄冷量耗尽时约 10°C 。这是由于在放冷过程刚开始时,蓄冷槽的蓄冷量较高,能提供较低的出口温度,而随着蓄冷量的逐渐释放,蓄冷量不足,蓄冷槽出水温度增加。

4. 共晶盐蓄冷系统的特点

共晶盐蓄冷系统具有如下特点:

(1) 该系统与常规空调系统基本相同,可以采用高效冷水机组,并入已有的空调系统使用。

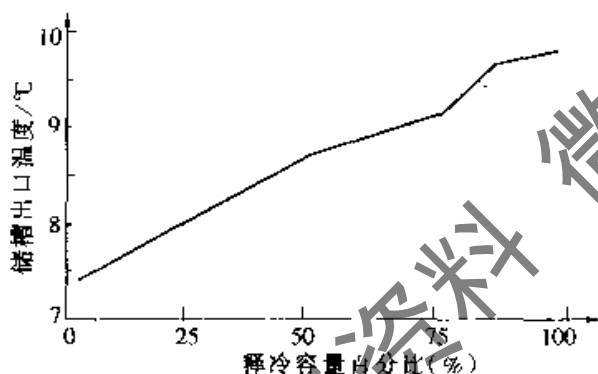


图 2-124 共晶盐蓄冷系统放冷温度曲线

(4) 因蓄冷系统工作在 0°C 以上,因此,设计时无需考虑管道系统的冻结问题,可采用常规冷水机组系统设计方法。

(5) 共晶盐蓄冷系统的蓄冷能力虽比冰蓄冷小,但比水蓄冷大,其蓄冷槽容积仅为冰蓄冷系统的三分之一。

(6) 蓄冷温度高于冰蓄冷系统,故蓄冷槽的保温可减少,散热损失也减少。

(7) 蓄冷槽可做在建筑物基础内,或埋在室外,不占用有效空间。

(8) 由于蓄冷材料的相变温度高(如 8°C 左右),在放冷过程中蓄冷槽的冷冻水供应温度为 $9\sim 10^{\circ}\text{C}$,不能为空调系统直接使用,所以不能采用全部蓄冷模式,而必须采用部分蓄冷模式,由制冷主机进一步降温后才能供应空调系统使用。

(9) 共晶盐蓄冷材料在蓄冷和放冷过程中存在组分离析现象,虽然加入稠化剂等材料可以得到改善,但效果并不十分理想,还有待于进一步去解决。

(10) 蓄冷材料比重大,在相同蓄冷容量下,重量约为冰蓄冷系统的 $2\sim 3$ 倍左

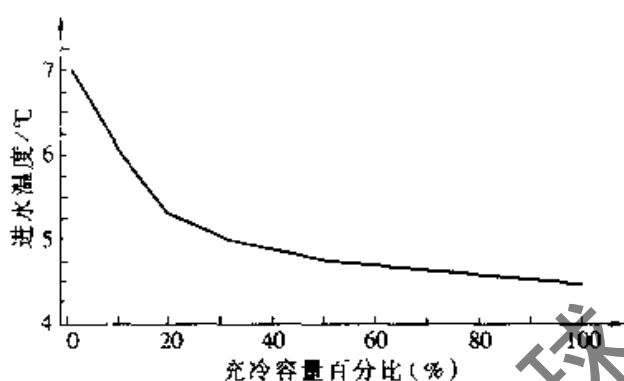


图 2-123 共晶盐蓄冷系统充冷温度变化曲线

(2) 适用于常规空调系统改建为蓄冷空调系统,适合于旧楼房空调系统的改造。空调负荷增加部分可以在不增加冷水机组的情况下,由蓄冷部分提供。

(3) 共晶盐蓄冷材料的相变温度较高,因此与冰蓄冷系统相比,主机效率可以提高很多,大约为 30% ,接近常规冷水机组的效率。

右。

四、蓄冷空调机组及其特性

空调负荷最高是在白天最热的时候，夜间由于气温下降，热负荷也随之减小。一般来说，白天供电网的负荷比较高。如何达到既可以减轻供电网负荷又能得到良好的冷气效果，所采取的措施就是使用蓄冷装置。在非供电高峰时开动空调压缩机，将冷量储存起来，而在供电高峰时关闭压缩机，利用蓄冷器中的冷量进行冷气的空气调节，这样不但可以调节供电负荷，而且在减小压缩机容量、节省能源方面都会取得很好的效果。

在空调器中，耗电部件是压缩机、室内外送风机（风扇）、泵和控制用的器件等。在中小型空调装置中，90%以上的电力是压缩机消耗的，因此在供电高峰期要控制空调装置的电力消耗，为此可停止压缩机运转而使用一种蓄冷装置，从而达到

同样的制冷效果。蓄冷式空调装置的构造原理就是在普通空调装置上安装带有蓄冷材料热交换器的蓄冷器，其主要作用是储存冷量，当压缩机停止运行时，即可作为冷源进行放冷运行。这种空调装置也适用于普通的用压缩机进行的放冷运行。

（一）制冷剂自然循环式蓄冷空调装置

图 2-125 (a) 所示为采用制冷剂自然循环方式的蓄冷空调系统。这种系统除设有普通空调装置外，还安装了蓄冷器、三通阀、开关阀以及蓄冷运行时用的节流阀。各种状态下阀的开与关以及制冷剂流向见图 2-125 (b)。

为了尽量减少蓄冷空调器的附属装置，日本三菱公司开发了这种蓄冷空调装置。放冷运行时，在制冷剂回路系统内，蓄冷器与蒸发器连成一个循环回路，然后利用制冷剂的液体和气体的重力差使制冷剂循环，从而进行冷气调节运行。这种方法称为制冷剂自然循环方式。

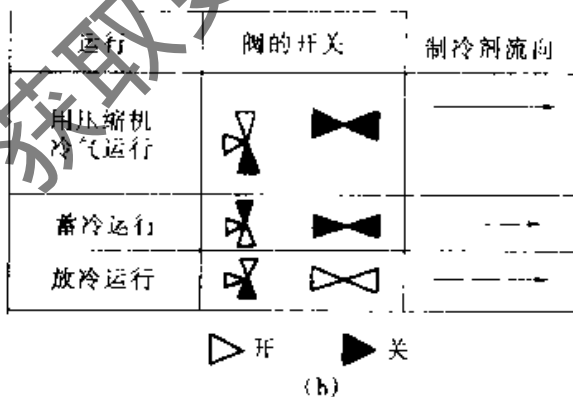
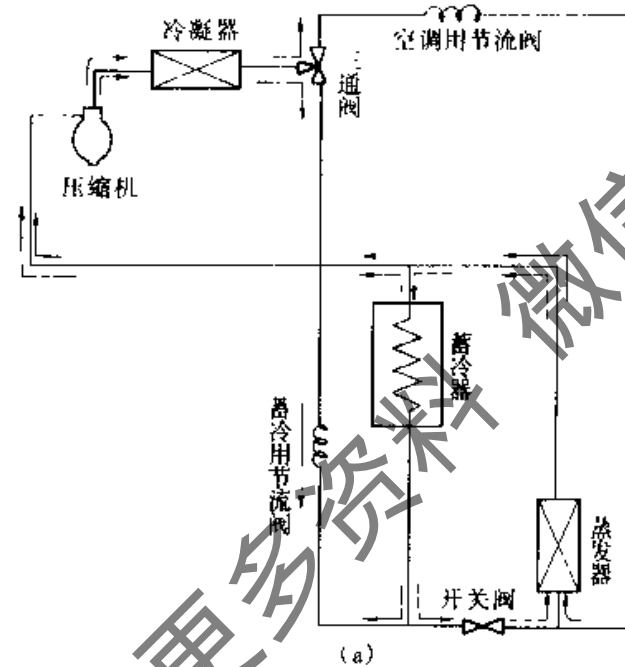


图 2-125 蓄冷式空调系统

(a) 制冷剂自然循环方式；

(b) 各状态下阀的开与关以及制冷剂流向

图 2-126 所示为其基本循环回路，它是一种利用重力差的热输送方式，放冷运行时作为冷源的蓄冷器放在上面，下面放蒸发器并用配管将它们连接起来以构成基本回路。在放冷运行时，蓄冷器热交换器内被蓄冷材料冷却液化的制冷剂，流入下面的蒸发器内并同空气进行热交换，以此形成冷气来冷却房间。当制冷剂蒸发成气体上升后，再回到蓄冷器内冷凝液化，如此反复循环进行放冷运行。此时，蓄冷材料的冷量即为气体制冷剂液化的冷源。

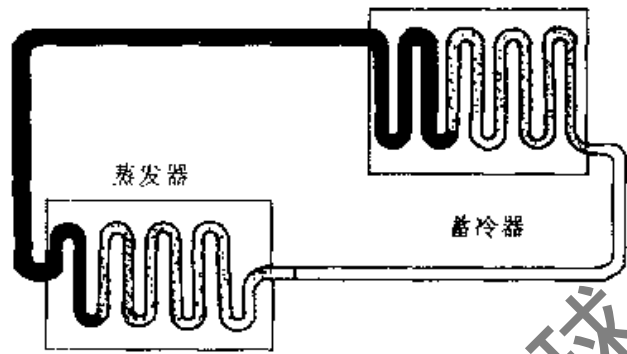


图 2-126 制冷剂自然循环系统

该蓄冷空调装置的工作过程如下：

1. 制冷运行

经压缩机压缩后的制冷剂，经过冷凝器、三通阀、节流阀、蒸发器后放出冷气，然后再返回压缩机。此时，开关阀处于关的状态，依靠冷负荷而进行开、停压缩机的操作与一般空调器相同。

2. 蓄冷运行

蓄冷运行是根据定时器等元件发出的指令进行的。制冷剂通过压缩机、冷凝器、三通阀、蓄冷用节流阀、蓄冷器的热交换器，最后将冷量传给蓄冷材料以进行蓄冷，此时关闭开关阀。停止蓄冷运行的指令是根据蓄冷材料的温度而发出的。

3. 放冷运行

放冷运行也是根据定时器等元件从外部发出的指令而进行的。此时，压缩机、室外部分（指分体式空调器而言）的送风机都停止运转，只有室内部分的风机消耗电力。打开开关阀，在蓄冷器热交换器中，蓄冷材料将制冷剂冷凝液化，然后液态制冷剂便通过开关阀流入蒸发器中，当其与空气进行热交换后，制冷剂蒸发成气体，然后气体回到蓄冷器内被冷凝液化，如此进行反复循环。放冷运行是通过室内侧的气温测定器来控制开关阀的。当蓄冷材料的温度上升时，测定器便发出指令将开关阀关闭，此时放冷运行停止，又恢复使用压缩机进行冷气运行。

日本三菱公司研制了压缩机功率为 0.75kW 的设有制冷剂自然循环式蓄冷装置的落地式冷气空调器，其主要规格如表 2-17 所示。为使蓄冷器产生的热损失有利于空调，将蓄冷器装于室内部分。制冷剂自然循环回路也装在室内部分，室外部分与普通空调器一样。

蓄冷运行时，蓄冷材料温度和蓄冷器入口处制冷剂温度变化如图 2-127 所示。当蓄冷材料达到 -1°C 过冷温度时，便发生相变化，此时温度会上升到 4.2°C 。经过 45min 后，热交换器部分的蓄冷材料基本上凝固，90min 后达到 0°C ，蓄冷即结束。蓄冷材料温度在 15°C 以下进行放热时，所需的蓄冷量约为 9420kJ。此外，在

90min 的蓄冷运行中, 蓄冷量与电力消耗的关系与运行时的环境温度有关, 8374kJ 热量需要 1.2~1.3kW·h。

表 2-17

蓄冷式空调装置的主要性能

样 机		蓄冷式小型空调	蓄冷式柜式空调	
标准性能	额定电源	100V, 50Hz	3 相 200V, 50Hz	
	制冷能力(用压缩机)/kW	2.33	12.8	
	放冷能力/kW	2.33	12.8	
	放冷时间/min	50	30	
室内部分	外形尺寸(高×宽×厚)/mm	960×780×350	1775×1380×450	
	蒸发器形式	金属翅片排管	金属翅片排管	
	送风机	形式	轴流风扇	多叶片离心风扇
		风量/(m ³ ·h)	600	2160
电机功率/kW		0.024	0.16	
蓄冷槽	蓄冷槽尺寸/mm	460×686×204	785×600×380	
	槽内热交换器形式	金属翅片排管	金属翅片排管	
	蓄冷材料	四氢呋喃 17 水化物	四氢呋喃 17 水化物	
	蓄冷材料充入量/kg	43.5	146	
室外部分	外形尺寸(高×宽×厚)/mm		415×554×504	865×804×804
	压缩机	形式	全封闭	全封闭
		电机功率/kW	0.75	3.75
	送风机	形式	轴流风扇	轴流风扇
电机功率/kW		0.020	0.2	
制 冷 剂		R22	R22	

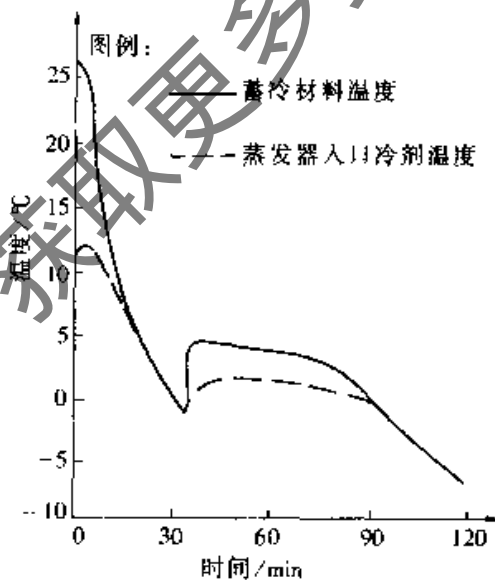


图 2-127 蓄冷式小型空调器的蓄冷运行

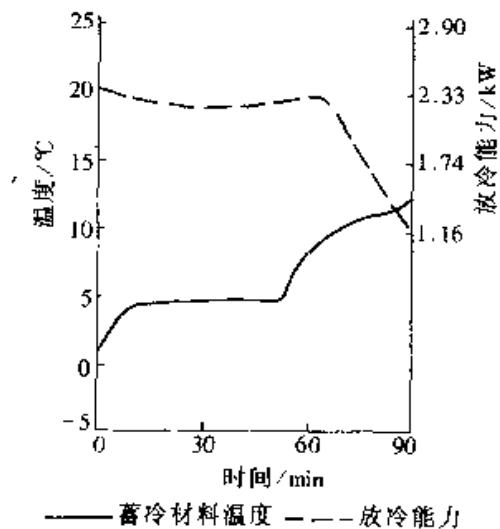


图 2-128 蓄冷式小型空调器放冷运行

放冷运行时，蓄冷材料的温度及放冷能力如图 2-128 所示。室内部分吸入空气干球温度为 27℃，湿球温度为 19.5℃，经过 60min 运行得到 7955 ~ 8374kJ 的热量。当蓄冷材料温度为 10℃ 时，放冷能力为 2.09kW。如果放冷运行时开关阀处于连续常开状态，则可达到 2.90kW 以上的放冷能力，但放冷时间就只剩 40 ~ 45min 左右了。在正常使用条件下，放冷能力可达到 2.33kW，时间可延长到 50min。

三菱公司还开发了一种压缩机功率是 3.75kW 的蓄冷柜式空调器，它装有同小型空调器构造相同的蓄冷装置，其性能如表 2-17 所示

蓄冷运行开始时，蓄冷材料温度为 10℃，运行 70 ~ 80min 后，热交换器部分的蓄冷材料即凝固，90min 后蓄冷材料温度为 -3 ~ -4℃，蓄冷器的制冷剂温度为 -6 ~ -7℃，其温度变化类似于小型空调器。当蓄冷材料温度达到 0 ~ -1℃ 的过冷温度时即发生相变。但是，按其蓄冷能力的比例来说，柜式空调器蓄冷器内的热交换器，其传热面积比小型空调器小，所以，在蓄冷运行时，蓄冷材料和制冷剂间的温差，小型空调器为 2 ~ 3℃，柜式空调器为 3 ~ 5℃。运行时电力消耗为 4.8 ~ 5.0 kW·h，蓄冷量约为 29308kJ。

放冷运行时，蓄冷材料温度和放冷能力的变化如图 2-129 所示。放冷能力为 11kW，放冷时间为 30 ~ 40min

由于室内外气温升高以及蓄冷器内的蓄冷量不断减少，因而就要开动压缩机进行冷气运行。此时，与普通空调器的性能相同。

综上所述，采用这种蓄冷方式可以在电力高峰负荷时，只用室内侧的送风机即可达到预期的效果。此外，采用这种蓄冷装置可将蓄冷槽内损失的热量有效地利用起来，这是因为蓄冷槽设在室内，在额定输出的放冷运行期间，80% 的蓄冷量可以放出

这种装置的缺点是由于装设蓄冷槽而使其体积增大。但是，只要通过进一步的研究，合理地改进设计和改善蓄冷材料的性能，这一缺点是完全可以克服的。

(二) 热管式蓄冷空调装置

热管由内部真空的密闭容器、吸液芯及流体工质所组成。蒸发段的流动工质吸收管外高温液体的热量而蒸发，产生的蒸气由吸液芯的毛细管作用流向低压的冷凝段，在吸液芯的气液界面冷却而冷凝，从蒸发段吸收来的热量作为冷凝潜热向外界释放，液化了的液体工质由重力作用返回蒸发段再次蒸发，如此反复循环，实现工质的加热或冷却。

热管冰蓄冷系统利用了热管的特性，把热管设置在蓄冷槽内，热管的上部与来

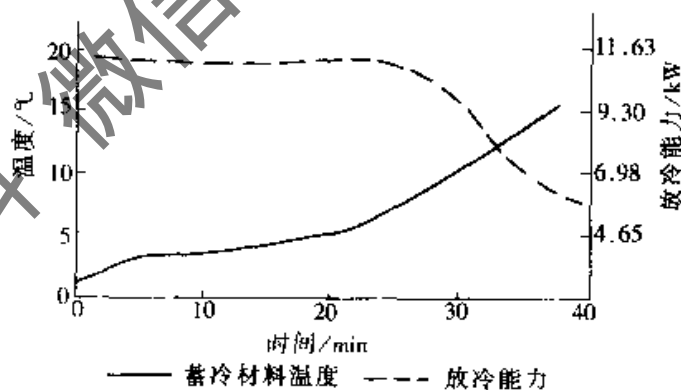


图 2-129 蓄冷柜式空调器放冷运行

自制冷系统的制冷剂相接触而放热（即热管的冷凝段与制冷系统蒸发器中制冷剂接触放热），热管的下部在蓄冷槽内吸热而制冷，热管的蒸发、冷凝循环与制冷机的制冷循环相结合而制冰。

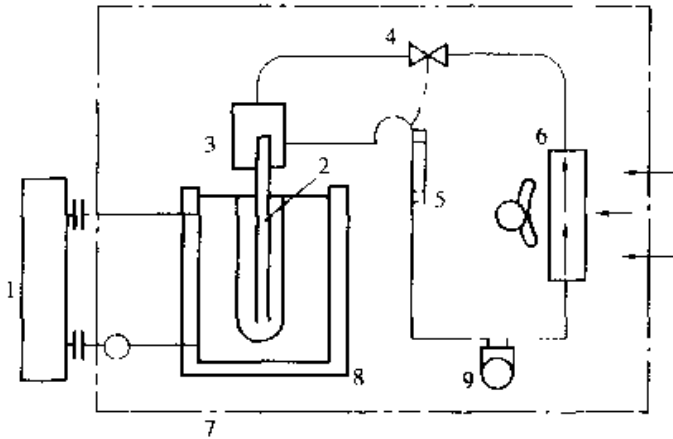


图 2-130 热管式蓄冷空调装置示意图

1-空调器；2-热管；3-蒸发器；4-节流阀；5-感温元件；6-冷凝器；7-制冷机组；8-蓄冰池；9-压缩机

冰时可省掉用盐水冷冻液的输送量。此外，由于热管自身具有热变换功能，克服了制冷剂直接蒸发系统管路长引起的制冷剂压力降低及回油难等缺点。

（三）冰蓄冷柜式空调机组

在中小型建筑物空调中，大量应用着柜式空调机。柜式空调机的用电量在夏季白天的总空调用电量中占相当大的比例（日本为 80% 左右）。国外的研究表明，为柜式空调机增加紧凑型冰蓄冷单元是可行且有效的。冰蓄冷柜式空调机和非蓄冰柜式空调机一样，具有易设计、易安装和使用方便的优点。

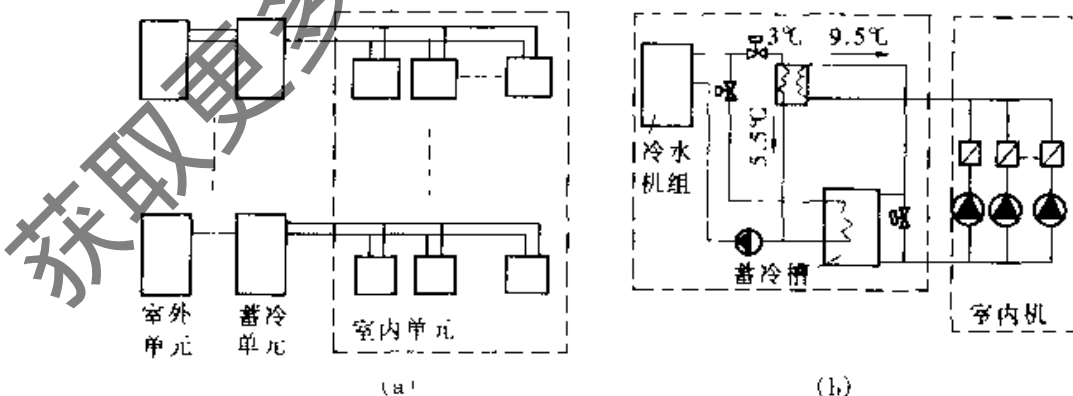


图 2-131 冰蓄冷空调机与集中式冰蓄冷空调系统构成比较

(a) 冰蓄冷柜式多室空调机；(b) 冰蓄冷集中式空调系统

冰蓄冷柜式空调机与集中式冰蓄冷空调系统的构成比较如图 2-131 所示。在集中式冰蓄冷空调系统中，夜间所蓄冰在白天直接融化，其冷量为空调系统冷水所

用。与此不同，在冰蓄冷柜式空调机中，夜间所蓄冰供白天空调工况运转时对制冷剂进行过冷之用，以此减少空调机的高峰用电量。蓄冷单元作为机多室空调系统室外机的一部分，与各室内单元之间的制冷剂管道相连。一台室外蓄冷单元可以连接多台室内机。

图 2-132 所示为冰蓄冷空调机的工作过程。夜间蓄冷运转时，蓄冷单元作为蒸发器使用，在其盘管内制冷剂蒸发，在盘管外部空间结冰蓄冷。白天空调工况运转时，用电磁阀切换制冷剂的流动方向，蓄冷单元作为过冷器使用。这时其盘管内通过的制冷剂液体由盘管外的冰融化过冷，过冷了的制冷剂液体再经室内机的电子膨胀阀节流降温后，供蒸发器蒸发制冷，以降低室内空气温度。

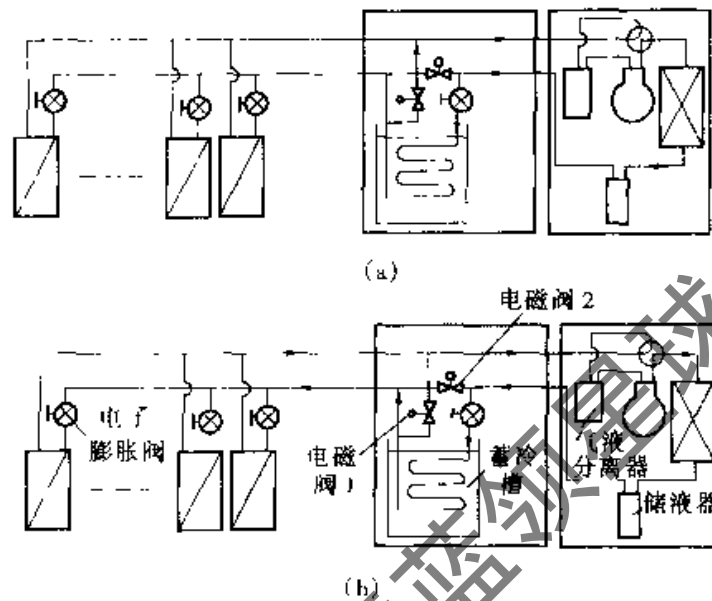


图 2-132 冰蓄冷空调机的工作过程

(a) 夜间制冰运转，(b) 白天供冷运转

切换制冷剂的流动方向，蓄冷单元作为过冷器使用。这时其盘管内通过的制冷剂液体由盘管外的冰融化过冷，过冷了的制冷剂液体再经室内机的电子膨胀阀节流降温后，供蒸发器蒸发制冷，以降低室内空气温度。

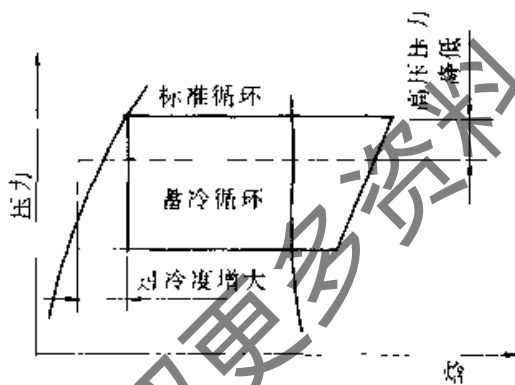


图 2-133 白天供冷运转时，
制冷循环压焓图

图 2-133 所示为其制冷循环压焓图。制冷剂的过冷却提高了循环制冷量及循环的制冷系数，同时也使压缩机的排气压力降低，耗电量减少。

图 2-134 所示为冰蓄冷空调机和集中式冰蓄冷空调系统的电力负荷移峰填谷作用的比较。在夜间用电低谷期，空调机运转制冰；在白天供冷高峰期，蓄冷单元的冰融化供冷。由于受安装空间和成本的限制，蓄冷柜式空调机的负荷移峰率相对小一些，一般为 25%，而集中式空调系统蓄冷单元的移峰率一般为 50%。

表 2-18 所示为两种冰蓄冷空调机室外单元及冰蓄冷单元的性能参数。

表 2-18 冰蓄冷空调机室外单元和冰蓄冷单元性能参数

		R-J 280	R-J 355
室外单元	型号	R-J 280	R-J 355
	外形尺寸/mm	1400×785×1645	1400×785×1645
	制冷量/kW	28.0	35.5
	制热量/kW	28.0	35.5

续表

室外单元	型号		R-J 280	R-J 355
	耗电量/kW	制冷	8.8	10.6
		制热	8.9	11.2
	压缩机功率/kW		3.0 × 2	(3.0 + 3.75) × 1
	风量/(m ³ /h)		7800	10200
	噪声/dB		53	55
质量/kg		305	310	
冰蓄冷单元	型号		RT-175	RT-175
	外形尺寸/mm		1200 × 1200 × 1550	1200 × 1200 × 1550
	蓄冷量/MJ		224	280
	产品质量/kg		270	270
	充水量/kg		1030	1030

测试结果表明,冰蓄冷空调机通过利用夜间蓄冷量,其制冷系数从2.47提高到了3.35,排气压力从1.8MPa降低到了1.6MPa,过冷温度从常规循环的7℃增加到36℃,显著改善了白天供冷时的循环性能。

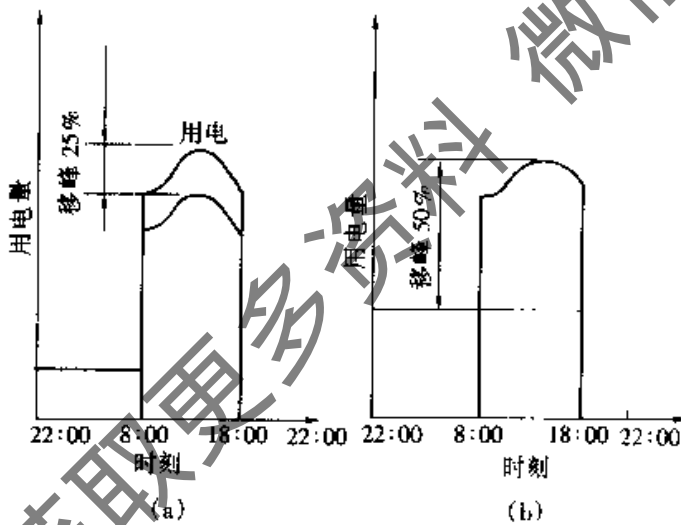


图 2-134 冰蓄冷空调机和集中式冰蓄冷空调系统移峰填谷作用比较

(a) 冰蓄冷空调机; (b) 集中式蓄冷空调系统

图 2-135 所示为一小型办公楼应用冰蓄冷与常规柜式空调机的实例对比。常规空调机在下午 2:00 时,用电量达到高峰值。而冰蓄冷空调机的峰值用电量不仅少(移峰率达 40%),且用电高峰推后 1.5h。

五、冰蓄冷低温送风系统

一般常规空调系统的冷冻水供水温度为 7℃,冷冻水回水温度为 12℃,从空气处理器送出的冷风温度为 10~15℃;而低温送风系统则将送风温度降至 4~10℃,这样低的送风温度需利用

蓄冰系统的 1~5℃低温冷冻水或载冷剂。

低温送风由于送风温度降低,送风温差增大,风量减少,因而具有初投资省,年运行费用低,所需占用的建筑空间小,舒适程度高等优点。

(一) 低温送风系统室内状态

空调房间内的舒适度取决于温度、湿度、空气流通量、活动量、年龄、性别、

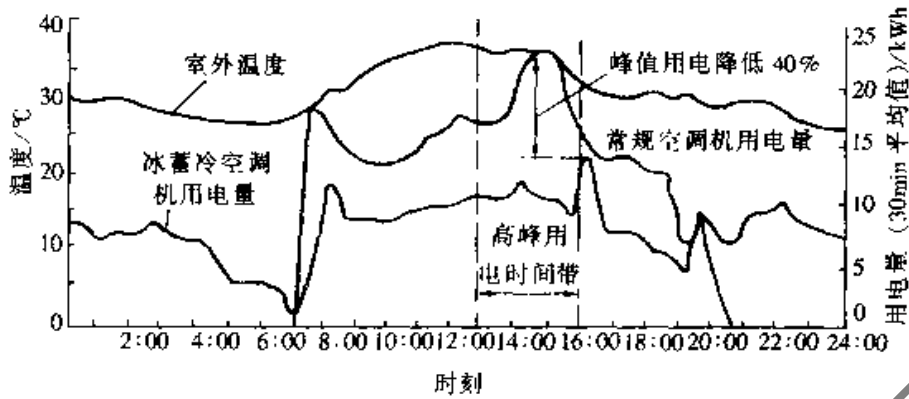


图 2-135 冰蓄冷与常规柜式空调机应用比较

衣着等多种因素，而其中的干球温度和相对湿度是衡量舒适性的两个最主要参数。

根据美国冷冻空调学会的标准 (ASHRAE55-1981)，人体感受舒适性的温、湿度范围如图 2-136 所示。一般而言，只要降低相对湿度，即使提高干球温度也可获得同等舒适性，所以，低温送风系统的优点就在于它能提供低供风温度，增加除湿能力，使室内的相对湿度降低，提高室内干球温度，从而节约能源消耗，减少系统运行费用。表 2-19 为低温送风系统中室内温、湿度范围。

表 2-19 低温送风系统中室内温、湿度值

系 统	干球温度/℃	露点温度/℃	相对湿度 (%)
常规送风	22.8	11.6	50
	24.0	12.8	50
低温送风	24.2	11.0	46
	24.4	10.6	41
	24.7	8.9	37
	25.8	7.2	32
	23.6	9.4	42
	24.4	7.2	33

低温送风系统一次风处理温度低，因此送风的含湿量也低。采用低温送风系统的建筑物，其室内相对湿度通常维持在 30%~45%，低于常规空调系统的 50%~60%。根据标准 ASHRAE55-1981，干球温度 25.6℃、相对湿度 33% 的室内环境与干球温度 23.9℃、相对湿度 50% 的室内环境有同样的舒适感；干球温度 28℃、相对湿度 35% 的有效温度与干球温度 26℃、相对湿度 60% 的有效温度是相同的。即在相对湿度较低时，可以通过提高干球温度获得同样的舒适感。因此，在低温送风空调系统的设计中可以将室内干球温度提高 1~2℃，这样既可以防止人有吹冷风的感觉，又可以达到节能的目的。

实验表明，空气温度对热感觉的影响要比湿度对热感觉的影响大。空气温度的

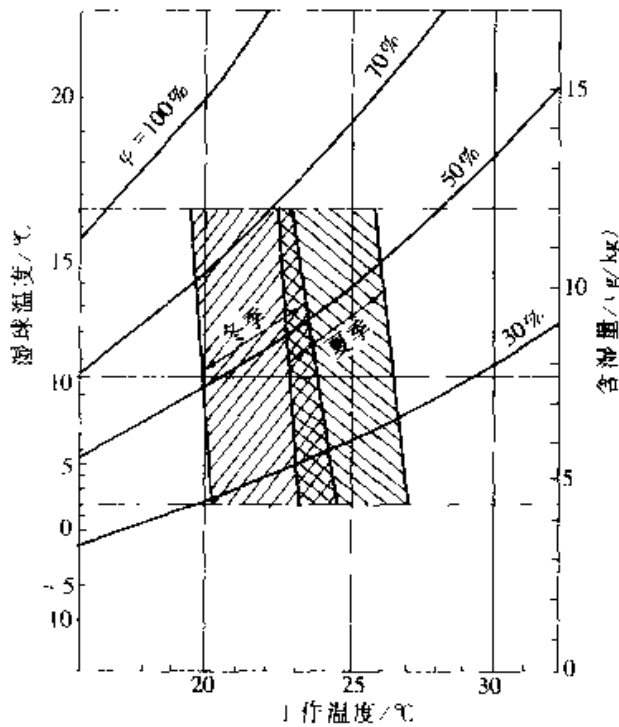


图 2-136 舒适性范围 (ASHRAE 55-1981)

变化对热感觉的影响是空气露点温度变化对热感觉影响的 10 倍, 即空气的露点温度降低 5°C 与干球温度降低 0.5°C 对热感觉的影响是一样的, 空气温度的变化对空气新鲜感的影响是露点温度变化对空气新鲜感影响的 6 倍, 即露点温度降低 3°C 与干球温度降低 0.5°C 可获得同样的空气新鲜感。低温送风空调系统具有较强的除湿能力, 降低了室内空气的露点温度。因此, 在获得同样热舒适感的情况下, 低温送风系统与常规空调系统相比, 增加了空气的新鲜感, 使人感到更舒适。

(二) 低温送风系统的构成

低温送风系统主要由蓄冷设备、冷却盘管、风机、风道及送风末端装置组成。

1. 蓄冷设备

蓄冷设备的类型是决定送风温度的主要因素, 表 2-20 所示为各种类型的蓄冷系统正常供应冷冻水或载冷剂的最低温度。一般来说, 当供水温度一定时, 不同的蓄冷系统在释放冷量时其出水温度是不同的, 若蓄冷系统在释冷过程中流量保持不变, 则从蓄冷系统释放出的冷冻水温度会逐渐上升。若出水温度保持不变, 则流量会逐渐下降。

表 2-20 不同蓄冷系统释冷时最低出水温度

蓄冷系统	最低释冷温度/ $^{\circ}\text{C}$
制冰滑落式	1.1
冰盘管式 (可融冰)	2.3
完全冻结式 (冷水机组在下游)	2.2
冰球式	1.1
冰晶式	0

蓄冷系统的载冷剂供应温度也因蓄冰类型的不同而改变, 制冰滑落式、冰晶式可达 1°C , 但在融冰过程末期槽内剩余容量减少时, 供应温度可升至 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$, 若系统中再加上热交换器, 则所供应的冷冻水温度将再增加 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 若要使蓄冷系统保持较低的冷冻水供水温度, 则可根据要求增加蓄冷容量, 或加长融冰时间, 延缓融冰速率, 或将制冷主机设置在系统融冰过程后期工作, 使载冷剂降温。

2. 冷却盘管

选择冷却盘管主要根据其传热性能、迎面风速、风机位置等因素确定, 低温送风系统中盘管排数一般为 $8\sim 12$ 排, 翅片数小于或等于 4.72 片/ cm , 过密的翅片不

使清洗。在设计选择时,应尽量减小冷冻水流量以减小泵的功率,并获得最大温升。在部位蓄冷系统中,具有较高回水温度的冷冻水先通过主机降温后,再进入蓄冰槽降温,得到最低的冷冻水供应温度。低温送风系统冷冻水通过盘管的温升一般为 $11\sim 16^{\circ}\text{C}$,而常规送风系统的温升为 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

盘管的迎面风速主要取决于空调处理设备的冷却容量、送风量和盘管尺寸。常规系统中冷却盘管的迎面风速为 $2\sim 3\text{m/s}$ 。低温送风系统的除湿量远大于常规系统,盘管排数多,阻力大,因此迎面风速低于常规系统,迎面风速一般为 $1.8\sim 2.3\text{m/s}$,最大不超过 2.8m/s 。

风机与盘管间的相对位置布置会影响到低温送风系统的工作效果,若将风机安装在盘管之后,则会将风机电机的发热量带入到送风空气中,使送风温度升高约 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$;若将风机装在盘管之前,将不利于送风气流均匀分布。在工程实践中,为了获得尽可能低的送风温度,多将风机布置在盘管的上游,这种虽然压头损失较大,但能满足设计温度要求。

3. 风机

风机选型方法与常规送风相同,按抽出式配置的风机必须计算温升,风机温升一般为 $1.0\sim 1.7^{\circ}\text{C}$,而按压入式配置的风机则不计算空气温升。

4. 风道

低温送风的风管较小,允许更灵活地确定风管尺寸。圆风管摩擦阻力小,易于安装,不易漏风,空气动力噪声小,造价低。矩形风管的宽高比尽可能小,以减小摩擦阻力和降低初投资。

图2-137所示为常规风管系统与低温风管系统。低温送风系统优于常规空调送风系统的地方在于减少了送风量,可采用较小尺寸的风管,或降低送风压力,缩小风管尺寸的主要好处是可以节省风管的制作费用,减少风管占用的空间;而降低送风压力则可以减少风机的功耗。

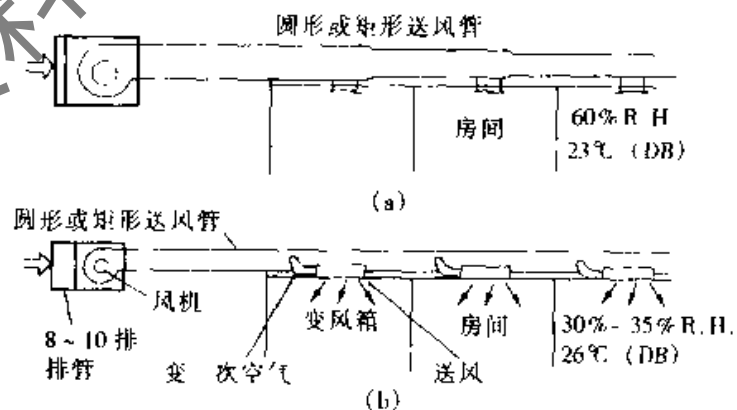


图 2-137 常规风管系统与低温风管系统

(a) 常规风管系统; (b) 低温风管系统

低温送风系统的风管的制作必须严格符合密闭性要求,竭力防止风管漏风。漏风不仅会减少送入房间的风量,还会在漏风处产生凝露现象,当漏风点出现在房门附近时尤为严重。

管道保温的作用是减少冷量损失和防止凝露现象发生,最小保温层厚度按防止凝露来确定,而最佳保温层厚度则按经济分析确定。空调房间内的风管用玻璃棉材料保温,可以得到满意的效果。对非空调场所,管道可采用闭孔阻水的弹性材料作

为隔热材料，并采用双层结构，在接头处应搭接。为了防止湿空气渗入隔热层引起管道锈蚀，要特别注意严格密封所有的接头处及可能渗漏的部位，还要注意压力表接管、温度测孔及阀杆的隔热，以防这些地方产生的凝结水流入隔热层。

5. 低温送风末端装置

低温送风系统的主要特点是送风温度低，一次送风量小，对冷水温度要求远低于常规空调系统，去湿量大。但同时也会产生以下问题，应予以考虑和避免。

(1) 空气循环量小，会使空调区域气流循环量较低，空气流速过低及气流循环量小，会影响空调区域的舒适性。

(2) 由于低温空气易于下沉，因此应防止低温空气直接进入工作区，避免使工作区内的人员产生吹冷风感。

(3) 由于送风温度通常低于周围空气的露点温度，因此应防止送风装置表面结露。这在刚启动空调装置时尤为明显，更易在送风口产生结雾和滴水现象，严重破坏室内环境。因此，低温送风系统必须采取软启动方式，即启动时必须逐渐降温，待室内露点温度低于散流器外表面温度时，才进入正常运行。

基于上述原因，目前低温送风系统通常采用的送风方式有两种：

1) 在送风末端加设空气诱导箱或混合箱，使一次送风和部分回风在混合箱内混合至常规送风状态后，直接通过一般常规空气用散流器送入空调房间。此类设备大致分为三种形式，即带风机的串联式混合箱、带风机的并联式混合箱及不带风机的诱导型混合箱。

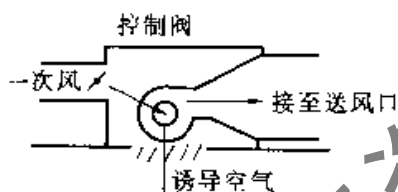


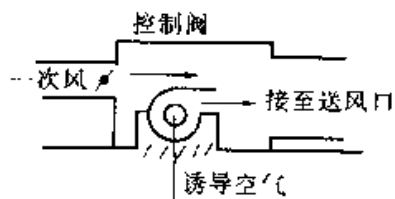
图 2-138 带风机串联式混合箱

2) 采用低温送风系统专用的散流器，直接将一次低温风送入室内，使之在出风口附近与空调区域内的空气迅速混合，从而增强室内空气流动，并使送风在到达工作区域前完成混合，升高温度。

(1) 带风机串联式混合箱。一次风与室内诱导空气混合后，通过混合箱内的风机送出，其原理如图 2-138 所示。带风机的串联式混合箱，风机的风量范围通常为 $750 \sim 4000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，功率为 $60 \sim 560 \text{ W}$ ，已有许多低温送风系统采用这种形式。

串联式混合箱具有如下特点：①一次风经混合后再送入室内，最终送风温度和常规系统相当；②在变风量系统中，当一次风量有变化时，送入室内的空气量保持不变，房间内的气流稳定；③设计选型容易。

然而，在串联式混合箱中，风机连续运行，小功率电机效率不高，其能耗较大，其总能耗与一次风机接近；另外，串联式混合箱运行时噪声较大，维修时维修人员需进入顶棚内，维护费用高。



(2) 带风机并联式混合箱。室内诱导空气经混合箱风机后再与一次风混合，然后通过散流器进入

图 2-139 带风机并联式混合箱

室内，如图 2-139 所示。并联式混合箱（包括串联式）可加装盘管，用来冷却或加热室内诱导空气。

在常规空调系统中，只有当一次风送风量低于最小值时才开启混合箱风机，并联式的风机功率比串联式要小，噪声也较小。对于变风量系统，若选用的房间散流器风量较小，能防止冷空气直接进入工作区，还可根据需要开停混合箱的风机，所以，并联式混合箱在调节上较灵活。但仍需消耗风机功率，有一定噪声，维护费用也较高。

(3) 无风机诱导型混合箱。图 2-140 所示为不带风机的诱导型混合箱，一次风与回风或房间的空气经诱导混合后进入室内。该混合箱装在顶棚内。

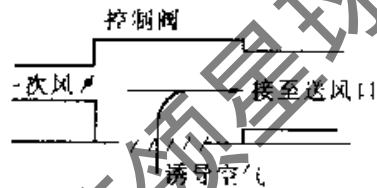


图 2-140 无风机诱导型混合箱

诱导型变风量混合箱的诱导比在 0.3~0.7 之间。比如，当一次风量为 100m³/h、一次送风温度为 5.6℃、室风温度为 25.6℃时，送至散流器的风量为 130~170m³/h，送风温度为 10~13.9℃。不带风机的诱导型混合箱无功率消耗，但需要增加一次风的送风压力，其噪声小于带风机的混合箱。

(4) 喷嘴型低温送风散流器。采用专门的散流器，直接将一次风沿天花板以较高的速度送出，强化一次低温风与周围空气混合，使气流沿天花板的贴附长度增加，当空气流离开天花板时，温度已升高，避免了人体感受低温风而引起的不舒适感。同时，由于一次风的引射，增强了室内空气流的扰动。

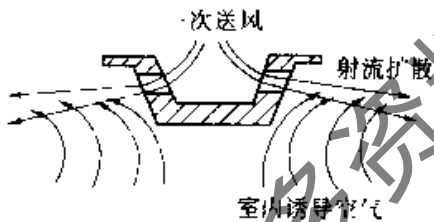


图 2-141 喷嘴型低温送风散流器

在美国已推出适用于不同送风温度的新型散流器即喷嘴型低温送风散流器，这种散流器的原理是设有一个喷射核，如图 2-141 所示。一般为方锥形或长方锥形，凸出在室内，四周均布小喷口，或制成细条缝快速送风，增加贴附长度，与室内空气混合。出口速度一般为 10.2m/s，也可降至 5.1m/s，一次风的送风温度为 3.3~7.2℃，

散流器的风量为 50~950m³/h，静压损失为 10~150Pa。

表 2-21 所示为串联、并联、无风机混合箱的不同末端送风装置时常规送风系统与低温送风系统风机功率消耗。

表 2-21 不同末端装置低温送风与常规送风系统的功率消耗

末端装置	串联混合箱		并联混合箱		无风机混合箱	
	送风温度/℃	12.8	7.2	12.8	7.2	12.8
一次风量/(m ³ /h)	16980	11377	16980	11377	16980	11377
混合箱风机风量/(m ³ /h)	16980	16980	0	5603	0	0
一次风全压/Pa	561	561	623	623	623	673

续表

末端装置	串联混合箱		并联混合箱		无风机混合箱	
一次风风机功率/kW	4.9	3.3	5.4	3.6	5.4	3.9
混合箱风机功率/kW	3.1	3.1	0	1.0	0	0
送风系统总功率/kW	8.0	6.4	5.4	4.7	5.4	3.9

从表 2-21 中可以看出, 当不同的末端装置送风温度为 7.2°C 时, 低温送风比常规送风的风机功率可减少 $13\% \sim 27.7\%$, 送风温度越低, 建筑物规模越大时, 低温送风系统消耗功率越小。需要指出的是, 在过渡季节低温送风系统中的制冷机停机时所对应的室外温度要低于常规空调系统, 使制冷机运行的时间延长, 但与全年能耗相比, 延长运行时数所增加的能耗是很小的。

(三) 低温送风系统形式

图 2-142 所示为几种低温送风系统形式。图中 s 指空调房间送风, y 指末端送风装置诱导的空调房间的空气, h 指回风, p 指排向室外的空气, x 指室外新风。

图 2-142 (a) 中, 低温冷源可采用低温制冷机或冰蓄冷系统或部分冰蓄冷系统, 并以制冷机为辅助冷源, 末端采用低温送风散流器。

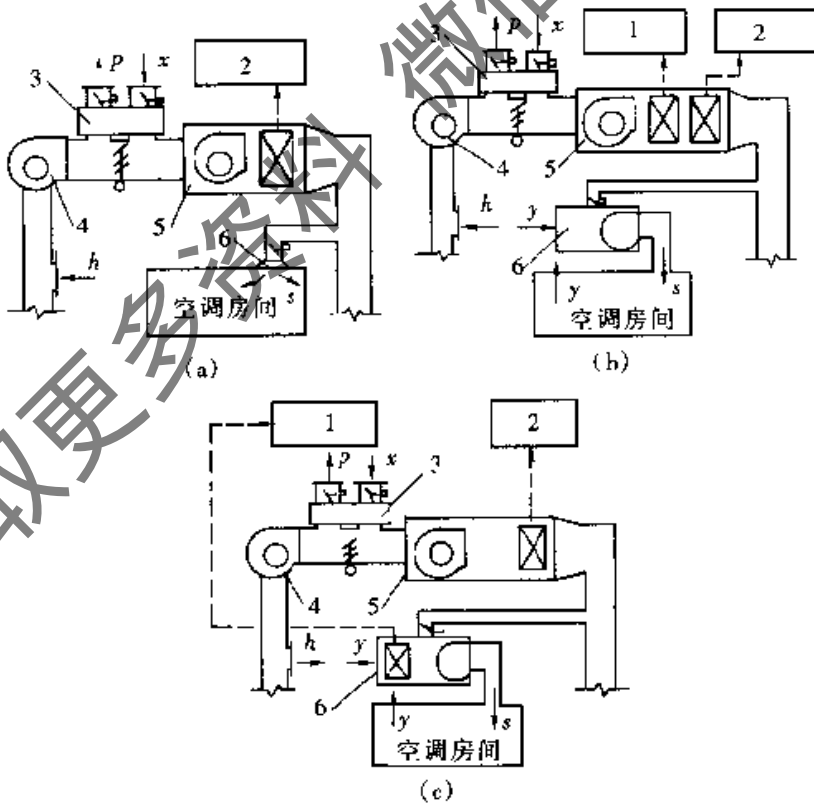


图 2-142 低温送风系统的形式

(a) 低温送风散流器; (b) 串联式混合箱; (c) 诱导式风机盘管机组

1—常规冷源; 2—低温冷源; 3—热回收装置; 4—回风机;

5—一次风处理装置; 6—末端送风装置

图 2-142 (b) 中, 可采用两个冷源, 也可采用冰蓄冷系统。供冷时, 融冰水供低温盘管, 一部分冰水和回水混合后供高温盘管。还可以采用双工况制冷机组, 白天以常规空调工况运行, 夜晚用盘管来制冰, 该系统采用串联式混合箱, 也可以采用低温送风散流器。

图 2-142 (c) 中, 在空调箱中仅有低温盘管, 而部分冰水和回水混合后, 再直接进入室内诱导器, 以充分利用冷源的冷量。该系统末端送风装置为诱导式风机盘管机组, 在保证新风要求的前提下, 一次风可以采用适当比例的新、回风混合。

三种系统中, 新、回风均通过热回收装置, 使排风和新风充分进行热交换, 以利于节省冷量。

(四) 低温送风系统自动控制装置

低温送风由于它独特的性质, 需要专门的自动控制, 依靠人工的操作技术水平和经验的手动控制是难以胜任的。手动控制不能发挥低温送风的全部效益, 也不能保证最低的能耗水平。目前自动控制多采用直接数字控制 (DDC) 带中央程序控制的微电脑控制系统, 它能满足低温送风的特殊控制要求, 并能发挥低温送风的全部效益。

低温送风房间的相对湿度较低, 室内干球温度的设定值应该提高, 以节省电力消耗。用 DDC 系统可根据回风的露点, 重置每个可保证室内舒适的室内干球温度设定值。

由于周围空气的湿度比房间内的空气湿度高, 当无人使用时, 空调系统已停止运行, 因此室内空气湿度会提高。用 DDC 系统可根据回风露点控制再启动时的送风温度, 实行软启动, 以避免末端装置上出现凝露。

按照卫生和节能的要求, DDC 系统可根据回风中 CO_2 的浓度来保证室内所必需的新风量。

低温送风系统中蓄冷槽的出水温度直接对出风温度产生影响, 这是由于传热温差和管道散热损失的缘故, 造成冷水温度的升高和出风温度的提高。特别是在融冰过程的初始阶段和最终阶段, 水温的变化比较明显, 会引起出风温度的变化, 从而破坏空调区域的舒适性, 因此, 必须充分考虑稳定出水温度的各种措施。

目前常用的措施是将蓄冷槽流出的冷水经热交换器与末端装置及空气处理设备的冷水进行热交换, 在蓄冷槽侧加设自动流量调节阀, 根据出水温度变化改变融冰冷水流经板式热交换器的流量, 以达到稳定板式热交换器换热量的目的, 进而稳定空气处理设备末端装置的进口水温。

图 2-143 所示为蓄冰装置的调节系统, 以进空气处理设备的水温为参考量自动调节三通阀的旁通开启度, 进而达到调节热交换器中换热量的目的, 以达到稳定出风温度的目的。

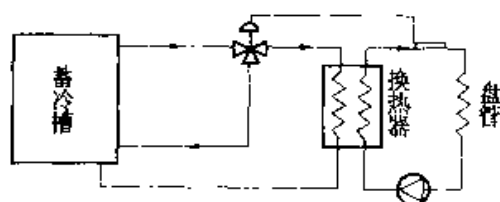


图 2-143 用三通阀调节水温的蓄冰系统

图 2-144 所示为静态蓄冰装置调节系统，调节的参考量均为盘管进水水温，通过稳定盘管进水水温，从而稳定空调区域的温度。

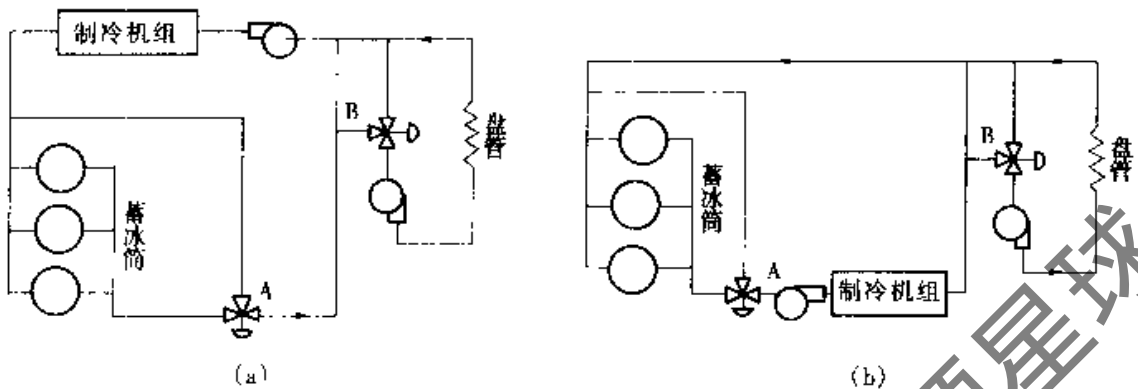


图 2-144 静态蓄冰装置低温送风系统调节

(a) 制冷机组位于蓄冷槽上游；(b) 制冷机组位于蓄冷槽下游

图 2-144 中三通调节阀 A 的作用是：调节峰值负荷时，部分使用冰蓄冷及部分使用机组制冷量，或全部使用制冷机组制冷量的调节机构，而调节阀 B 为适应空调负荷变化调节进入空气处理设备水量的调节机构，保持冷水的送冷量与负载变化相适应，用以稳定送风的出风温度。

获取更多资料

微信

领星球

制冷空调装置自动控制

第一节 电冰箱控制系统

一、电冰箱控制系统中的主要元器件

电冰箱控制系统是确保电冰箱在所需的恒定平均温度下安全运转的一个重要组成部分。

电冰箱控制系统具有如下几大功能：

(1) 启动控制：根据使用要求，自动控制制冷系统的启动、运转，以实现制冷功能。

(2) 自动保护：对相应的电器设备自动进行安全保护，以防发生事故。

(3) 温度控制：在给定的使用环境温度下，使电冰箱内平均温度自动保持在预定的范围内，以满足冷藏、冷冻食品的要求。

(4) 除霜控制：用于及时除去蒸发器上的霜层，以保护电冰箱内温度正常降低，减少因制冷系统长期运行所产生的能耗。

(5) 照明控制：在箱门开启和关闭时，自动接通、断开箱内照明灯，以方便存取食品。

(6) 除霜、加热防冻和风机控制：用于及时化除电冰箱门缝附近凝结露水，防止电冰箱蒸发器、接水盘、除霜排水管、风扇叶圈等部位的冻结，并强制箱内冷气的循环。

(一) 启动继电器

启动继电器是单相分相式感应电机实现自动启动的控制元件。电冰箱压缩机启动时，电机启动绕组通电；启动结束转入正常运行时，启动继电器将启动绕组电源切断。目前电冰箱常用的启动继电器有整体式启动继电器、重锤式启动继电器和 PTC 半导体启动继电器等几种类型。

1. 整体式启动继电器

整体式启动继电器将启动继电器、过载保护器合装为一体，其外形和内部结构如图 3-1、图 3-2 所示。

启动继电器主要由电磁铁线圈、衔铁、启动触头、复位螺钉、弹簧片等组成；过载保护器主要由电热丝、双金属片、过载保护触头、永久磁铁、调节螺钉等组成。

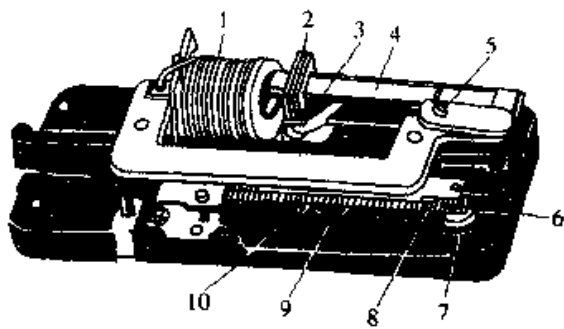


图 3-1 整体式启动继电器外形

- 1-电磁铁线圈；2-衔铁；3-启动触头；4-弹簧片；5-复位螺钉；6-过载保护触头；7-永久磁铁；8-超载螺钉；9-双金属片；10-电热丝

作用下回拉，启动触头脱离，切断启动绕组回路。

整体式启动继电器在压缩机中的接线如图 3-3 所示。压缩机启动时，电流经过温控器、电热丝、过载保护触头、电磁铁线圈、运行绕组形成回路。这时回路中电流比正常运行时大 4~6 倍，因此电磁铁线圈产生了很强的磁力，衔铁被吸动，启动触头接通，电流流经启动绕组，电机内产生很强的磁场，使电机运转启动。电机进入正常运行时，回路中的电流变小，电磁线圈产生的磁力不足以吸住衔铁，于是衔铁在弹簧片的作用下回拉，启动触头脱离，切断启动绕组回路。

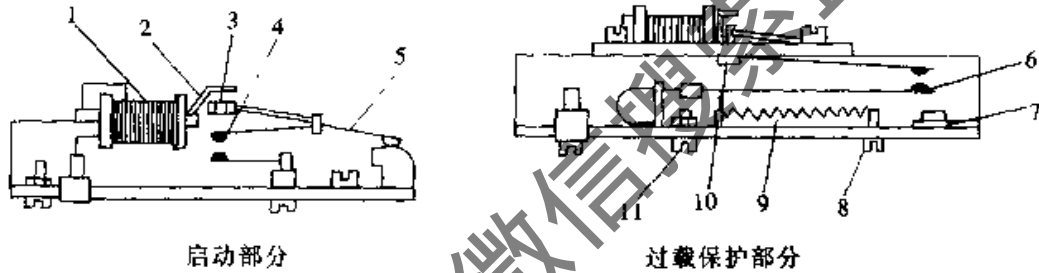


图 3-2 整体式启动继电器内部结构

- 1-电磁铁线圈；2-挡板；3-衔铁；4-启动触头；5-弹簧片；6-过载保护触头；7-永久磁铁；8-复位螺钉；9-电热丝；10-双金属片；11-调节螺钉

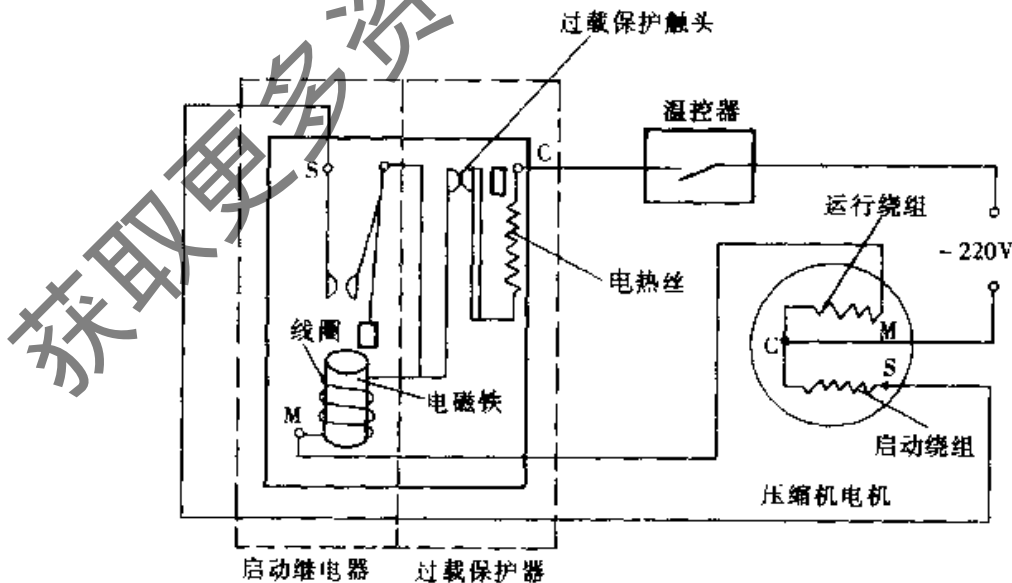


图 3-3 整体式启动继电器接线图

压缩机电机由于某种原因过载引起回路中电流增大时，增大的电流使电热丝发热，置于电热丝上方的双金属片受热而变形，使过载保护触头断开，切断电机运行

绕组回路，导致压缩机停止工作，起到保护作用。双金属片冷却复位后，过载保护触头接合，电机又重新启动。在电冰箱工作过程中，如发现过载保护器不停地断开、闭合，说明压缩机有过载现象，应停机检修，否则会烧坏电机绕组。

2. 重锤式启动继电器

重锤式启动继电器既广泛应用于电阻分相式压缩机启动，又适应于电容启动式和电容启动、电容运转式的压缩机。重锤式启动继电器主要有吸合电流和释放电流两个参数，它取决于功率匹配。这类启动继电器主要由电磁线圈、衔铁、弹簧、动触点、静触点等组成，其结构如图 3-4 所示，主要性能参数如表 3-1 所示。

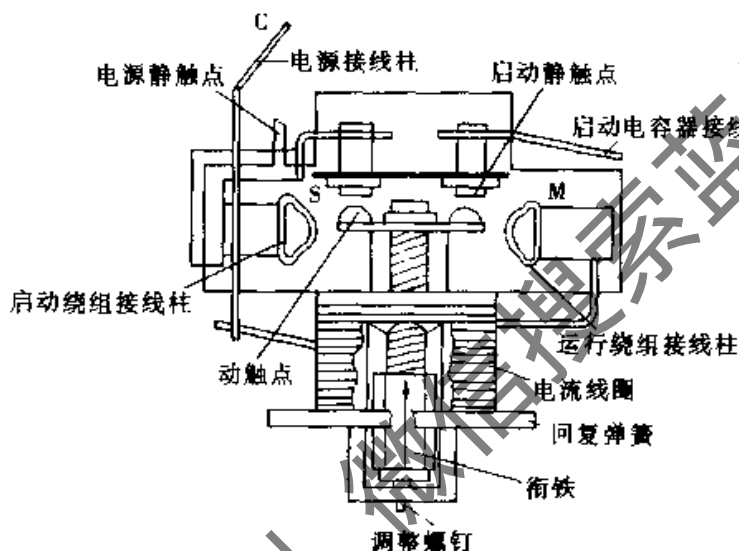


图 3-4 重锤式启动继电器结构

表 3-1

重锤式启动继电器主要性能参数

JL1	规格 (hp)	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
JL2	配用功率/W	93	105	125	150	180	245	370
JL3	最大吸合电流/A	3	3.3	3.6	4.75	5.35	6.0	7.6
JL4	最小释放电流/A	2.6	2.8	3.0	3.35	4.25	4.75	6.0
JL5	最大吸合电流/A	2.43		3	3.5	5.15	7	
	最小释放电流/A	2.07		2.56	2.95	4.85	5.9	

注 1 马力 (hp) = 745.7W

图 3-5 所示为重锤式启动继电器工作原理图。在压缩机电机通电瞬间，电机的运行绕组与启动继电器的线圈先得电，由于启动电流很大，在启动线圈上产生一个足够大的磁场吸动衔铁，使启动继电器的动触点与固定触点闭合，接通压缩机电机的启动绕组，电机于是运转。随着转速提高，运行电流逐渐下降，降到启动继电器的释放电流时，动触点在衔铁重力作用下与固定触点断开，电机的启动绕组退出工作，压缩机进入正常运行。使用时重锤式启动继电器一定要直立安装。

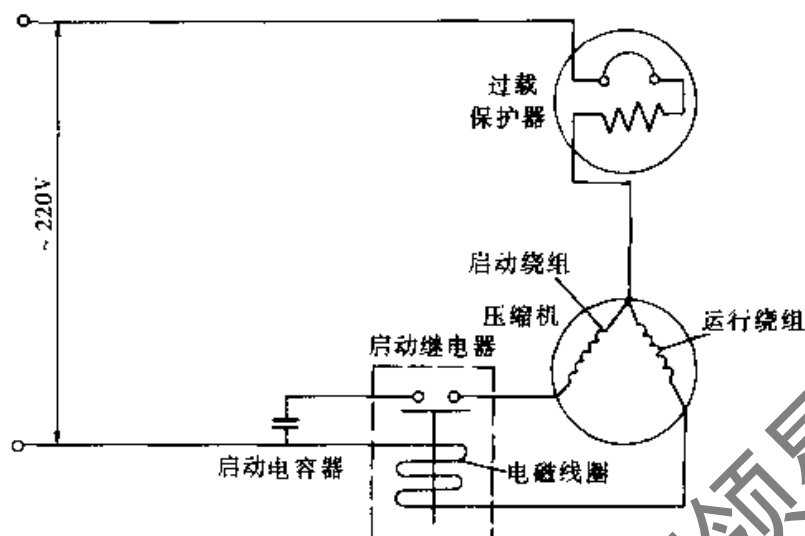


图 3-5 重锤式启动继电器工作原理

重锤式启动继电器结构紧凑、体积小，可直接插入在压缩机启动与运行接线柱上，并与保护器组装在一个接线盒内。选择重锤式启动继电器时，一定要使它的吸合电流小于该压缩机在最低操作电压下，主绕组为热态堵转时的电流值；它的释放电流要大于主绕组启动绕组共同接入时，在最高操作电压下冷态时主绕组的电流值。

3. PTC 启动继电器

PTC 启动继电器适应电压范围宽，能提高压缩机电机启动转矩，被广泛用于电阻分相式启动继电器和电容启动、电容运转启动继电器的压缩机。

PTC 启动继电器是一种新型的启动继电器。它具有独特的温度电阻特性，即当温度达到某一特定范围（居里点）时，其阻值会发生突变，称为 PTC 特性。电冰箱 PTC 启动继电器的外形、特性及其电路如图 3-6 所示，主要性能参数如表 3-2 所示。

表 3-2 PTC 启动继电器主要性能参数

型号	常温电阻 / $\Omega \pm 30\%$	最大电压 /V	最大电流 /A	功耗 /W	动作时间 /s	恢复时间 /s
PI 系列	22	450	10	<2	0.14 ~ 0.56	≤ 90
	22	450	8	<2	0.14 ~ 0.56	≤ 90
	33	450	7	<2	0.14 ~ 0.56	≤ 90
	47	450	6	<2	0.14 ~ 0.56	≤ 90
	100	450	3.5	<2	1.2 ~ 2.8	≤ 90

PTC 启动继电器的工作过程如下：在电机刚接通交流电源瞬间时，PTC 元件的温度较低，电阻值较小（仅几十个欧姆）。启动绕组的电路处于接通状态，它与运行绕组一起在电机绕组中产生旋转磁场，使电机转子启动运转。由于启动过程中的电流是正常运行时的 4~6 倍，故 PTC 元件在启动过程中迅速发热升温。当温度升

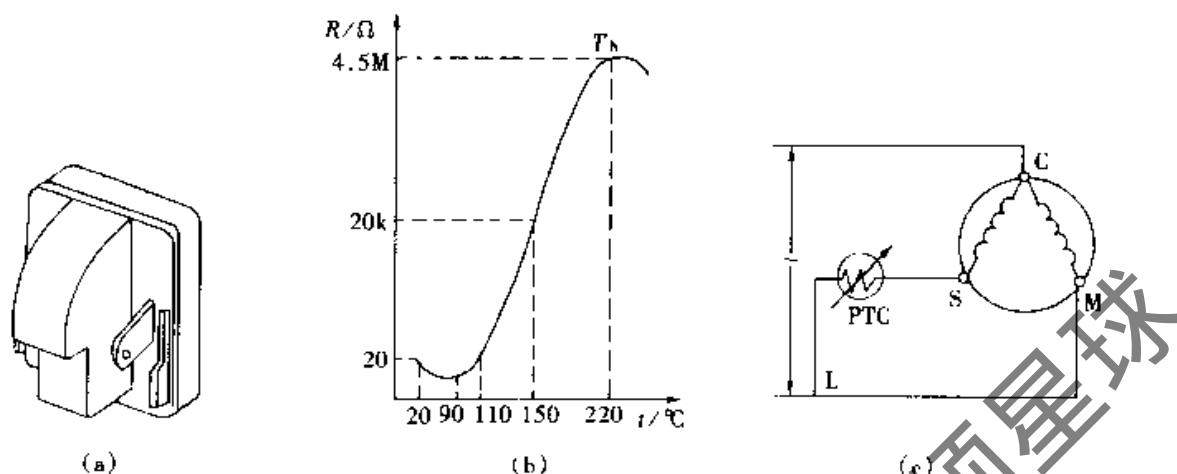


图 3-6 PTC 启动继电器的外形、特性与电路

(a) PTC 启动继电器外形；(b) PTC 电阻的温度特性；(c) PTC 启动继电器电路图

高到居里点温度时，PTC 元件的电阻突然增大，达到数万欧姆。此时，启动绕组可近似地视为断路。而电机已进入正常运行。

半导体 PTC 启动继电器由于无触点和运动部件，因此，工作时无电弧放电现象，无噪声，可靠性高，使用寿命长，对电压波动的适应性强，与压缩机匹配范围广，因此在电冰箱中被广泛应用，并且有可能逐步代替重力式启动继电器。

选择 PTC 启动继电器时，耐压要大于 320V 以上，要根据压缩机在最高操作电压下的最大电流来选择 PTC 的电阻值。其 PTC 动作时间也要与压缩机启动时间相对应，以保证压缩机有足够的加速时间。一般冷态启动压缩机，所选 PTC 的启动时间要大于 0.15s ，因它无吸合与释放电流要求，能适应较大功率范围的压缩机。但又由于 PTC 的热惯性，停机后必须间隔 $3 \sim 5\text{min}$ 后才能再次启动，若在高电阻 $20\text{k}\Omega$ 下启动压缩机，此时启动绕组相当于开路不能启动，但运行绕组则已通过大电流，导致压缩机绕组发热，甚至烧毁压缩机。

(二) 过载保护器

过载保护器是一种过电流和过热保护继电器，其作用是保护压缩机电机不会因压缩机的负载过重而发热烧毁。电冰箱压缩机过载保护器分为外置式或内藏式。外置式或组合式碟形保护器，紧压在压缩机外壳与接线盒上，便于拆卸检修；内藏式保护器固定在压缩机绕组内，直接感受绕组的温度，灵敏度较高，但检修困难。

1. 碟形过载保护器

碟形过载保护器主要由碟形双金属片、触点、电阻丝加热器、胶木外壳等组成，其结构如图 3-7 所示。触点是一对常闭触点，当电路中的电流过大时，通过电阻丝的电流增大，温度升高，烘烤上部的碟形双金属片，使它膨胀变形而反向弯曲，导致常闭触点断开，将电机绕组的电路切断，而起到保护作用。

碟形过载保护器通常是与重力式启动继电器一起接在压缩机电机电路中配合使

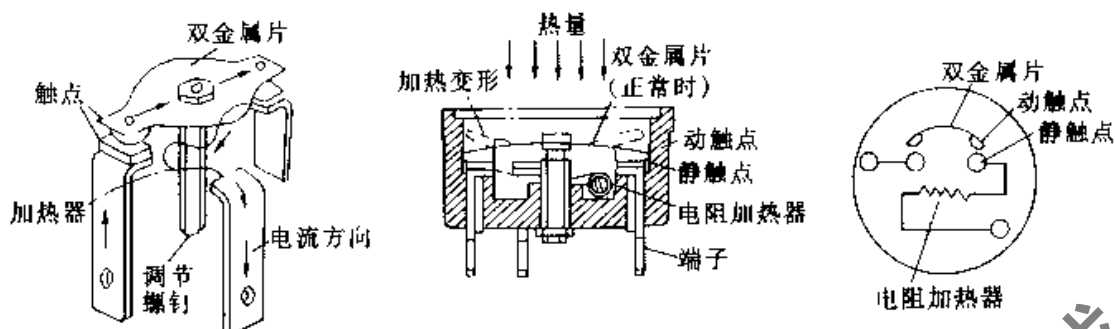


图 3-7 碟形热保护器

用的。图 3-8 所示为其电路图。

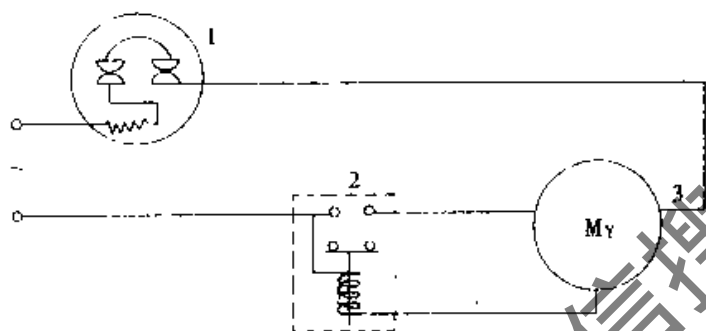


图 3-8 碟形过载保护器电路图

1—碟形过载保护器；2—重力式启动继电器；3—压缩机电机

这种碟形过载保护器装置在压缩机的接线盒内，过载保护器的开口紧贴在机体外壳的侧壁上。当电流正常，但因散热不良或长时间连续运转，导致机内温度超过 90°C 时，碟形双金属片受热也会发生弯曲，使常闭触点断开，切断电源。所以这种过载保护器有过电流、过温升两种保护作用。

选择碟形保护器时，既要注意保护器功率与压缩机功率匹配，又要兼顾到保护器的动作电流及回复时间。表 3-3 所示为 JRT 系列碟形过载保护器主要性能参数。回复时间不匹配，造成动作次数频繁，对压缩机绕组绝缘的冲击次数会过多，不但使保护器寿命缩短，而且会烧坏压缩机。一般来说，堵转电流超过压缩机额定电流 1.2~2 倍时，通电时间不大于 30s，保护器应动作，以起到保护作用。

表 3-3 JRT 碟形过载保护器主要性能参数

规格 (hp)	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
配用功率/W	93	105	125	150	180	245	370
JRT1 90℃时断开电流/A	1.2	1.3	1.3	2.42	2.42	2.82	3.5
JRT2 过载电流/A	5.6	6.2	6.8	8.7	8.7	10	12
JRT3 断开温度/℃	100~135						
复位温度/℃	55~84						
25℃时断开延时/s	7~16						
JRT5 90℃时断开电流/A	1.1~1.35		1.3~1.57	1.35~1.85	1.8~2.3	2.5~3.5	
25℃时断开电流/A	4.7		5.6	6.7	7.5	10	
断开温度/℃	135±5		120±5				
复位温度/℃	92±9		78±9				

2. 内藏式过载保护器

内藏式过载保护器是在压缩机制造过程中将保护器直接埋在绕组内并串联在共用绕组中固定，其结构如图 3-9 所示。当绕组由于某种故障原因温度升高而超过允许范围时，过载保护器内的双金属片发生弯曲变形，断开触点，切断电机电源，保护电机不致损坏或烧坏。

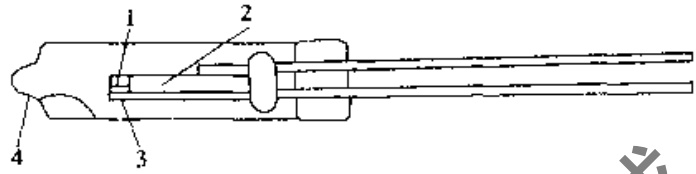


图 3-9 内藏式过载保护器

1—动触点；2—双金属片；3—静触点；4—玻璃套

这种保护器灵敏可靠，但发生故障时不便更换。

内藏式过载保护器通常与 PTC 启动继电器一起连接在电路中配合使用，其电路如图 3-10 所示。

3. 组合式启动保护器

组合式启动保护器是将启动继电器和过载保护器独立装配好后组装在一个金属架上，再将整个架子安装在压缩机壳体的外壁上，其结构如图 3-11 所示，主要性能参数如表 3-4 所示。

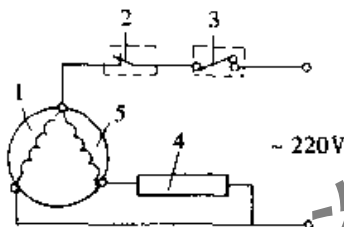


图 3-10 内藏式过载保护器与 PTC 启动继电器连接电路图
1—电机运行绕组；2—内藏式过载保护器；3—温控器；4—PTC 启动继电器；5—电机启动绕组

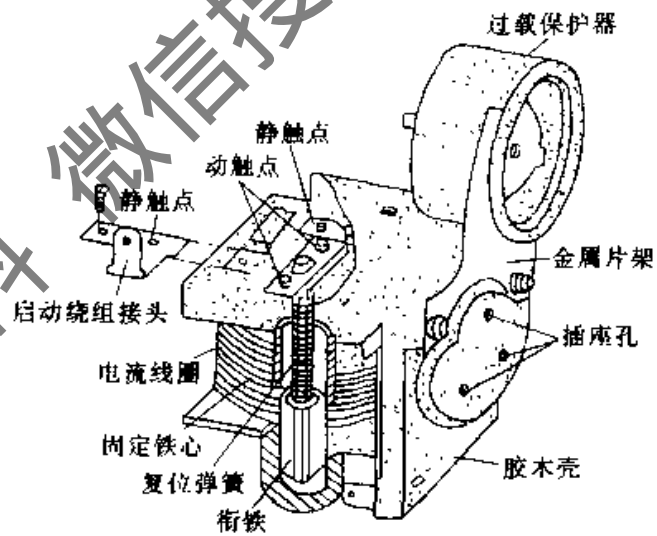


图 3-11 组合式启动保护器结构

表 3-4 组合式启动保护器主要性能参数

	配用功率/W	常温电阻/ Ω	断开温度/ $^{\circ}\text{C}$	复位温度/ $^{\circ}\text{C}$	最大电流/A	芯片耐压/V
JRP 系列	93 (1/8)	32 ($1 \pm 20\%$)	130 ($1 \pm 5\%$)	60 ($1 \pm 10\%$)	7	≥ 450
	125 (1/6)	22 ($1 \pm 20\%$)	130 ($1 \pm 5\%$)	60 ($1 \pm 10\%$)	8	≥ 450

组合式启动保护器中的过载保护器都采用碟形过载保护器。启动继电器可采用重锤式启动继电器或 PTC 启动继电器。这种组合式启动保护器不能卧放或倒放，应直立放置。另外它没有距离调节螺钉，不需要调节触点的距离。组合式启动保护器可以代替接线盒直接插在压缩机三个接线柱上固定，便于拆卸。

(三) 温度控制器

电冰箱温度控制器简称温控器，是电冰箱的调温、控温装置。它根据电冰箱的使用温度要求，对压缩机进行开、停的自动控制或对冷风量进行控制，使电冰箱内温度保持在控制范围内。

目前使用的温控器按采用的感温元件不同可分为压力式温控器和电子式温控器。

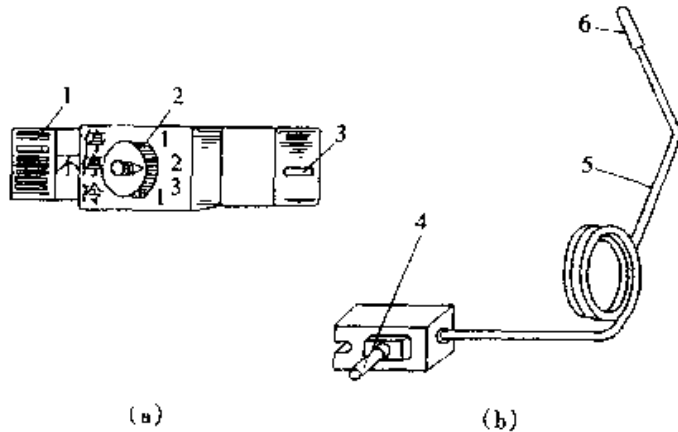


图 3-12 压力式温控器

(a) 操作面板；(b) 外形

1—照明灯；2—温控器旋钮；3—门灯开关；

4—旋钮手柄；5—感温管；6—感温包

压力式温控器一般固定在专用的塑料盒内，外面用旋钮调节，如图 3-12 所示；电子式温控器一般采用滑键来调节。

压力式温控器的感温元件——感温管，因感受不同的温度而伸长或收缩，并通过一套机械机构，控制压缩机电路开关的通、断或风门的开度。电子式温控器则是通过电子感温元件，将箱内温度的变化转换为电信号，由继电器控制压缩机电路。大规模集成电路的使用，使电子式温

控器已无触点，从而提高了温控的可靠性。

按温度控制方式，温控器可分为温差复位型与定温复位型。前者指温控调节旋钮在调节范围的任一位置上，控制压缩机开、停机时，箱内温度差是一定值，一般为 4°C ；后者指压缩机停机的箱温随温控调节旋钮的位置变化，但开机时的温度是固定的。这种温控器主要用于双门直冷式电冰箱冷藏室。

按感温方式，温控器又分为蒸发器感温和箱内空气感温型。前者紧贴于蒸发器，多用于直冷式电冰箱；后者安装于箱内空间适当位置，多用于间冷式电冰箱。

1. 压力式温控器

压力式温控器是目前电冰箱中使用最多的一种温控器，从结构上可分为普通型、半自动除霜型和风门型三种。

(1) 普通型温控器。普通型温控器也称一般型或标准型温控器，其结构如图 3-13 所示。主要用于人工除霜的普

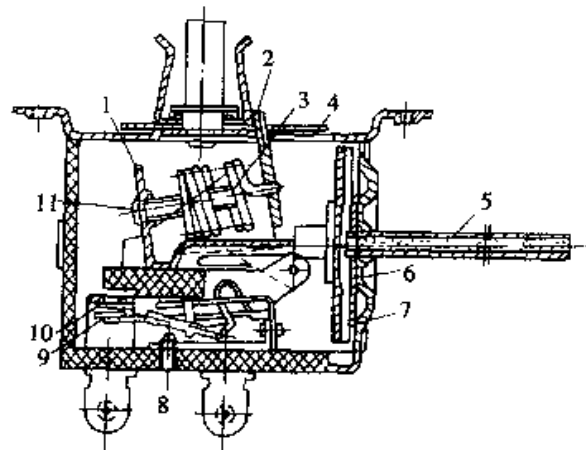


图 3-13 普通型温控器结构

1—主架板；2—温度控制板；3—主弹簧；4—调温凸轮；5—感温管；6—感温腔；7—传动膜片；8—温差调节螺钉；9—快跳活动触点；10—固定触点；11—温度调节螺钉

通单门直冷式电冰箱，或用于全自动除霜控制的“间冷式”双门电冰箱，对冷冻室温度进行控制。它根据温度的变化而控制压缩机开停，主要由温压转换部件和触点式微型开关组成。温压转换部件由感温管和感压腔组成一个相通的密闭系统。感压腔也称感温腔，又分为波纹管 and 膜盒两种结构。其内部充入的感温剂，一般为氯甲烷 R40 (CH_3Cl) 或氟利昂制冷剂。

图 3-14 所示为普通型温控器工作原理。普通型温控器的感温管一般固定在靠近蒸发器的内胆上，当蒸发器表面的温度低于预定值时，传动膜片向右移动使动、静触点迅速断开，切断压缩机电机的电源，使压缩机停转。停机一段时间后，电冰箱内及蒸发器表面温度回升，并超过设定值时，传动膜片向左移动，顶住触点杠杆，导致动、静触点闭合，电路系统接通，压缩机运转，制冷系统恢复工作。上述过程循环交替进行，就能将电冰箱内温度控制在一定范围内。

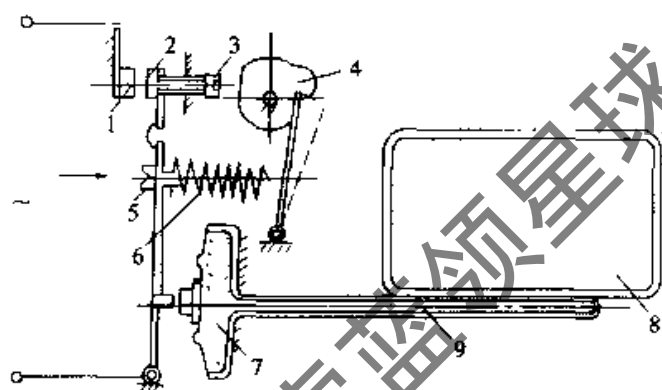


图 3-14 普通型温控器工作原理图

1—静触点；2—动触点；3—温差调节螺钉；4—温度高低调节凸轮（外部旋钮）；5—温度范围调节螺钉；6—平衡弹簧；7—感压腔；8—蒸发器；9—感温包

调节凸轮与外部旋钮是同轴的，改变凸轮的旋转角度，就可以改变平衡弹簧对杠杆的拉力，相应改变膜片的推力才能使触点产生动作，以达到改变电冰箱内温度的目的。

普通型温控器可以根据需要进行温度控制范围的调节和温差的调节。

1) 普通型温控器温度控制范围的调节 电冰箱内的温度是有一定范围的，如直冷式电冰箱，在环境温度为 32°C 的条件下，任意转动温控器的旋钮，冷藏室内温度应保持在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围内。若更换新温控器，温控范围不符合要求时，可通过调节温度范围的调节螺钉予以调整，也就是改变主弹簧的平衡状态，即改变平衡弹簧对杠杆的起始力矩，从而改变感压腔膜片的起始压力。如温控器的温控范围偏高（开机温度 -6°C 、停机温度 -14°C ），需逆时针方向旋转调节温度范围的调节螺钉，以减少平衡弹簧的作用力，从而使箱内温度得到下降（开机温度 -8°C 、停机温度 -16°C ）。若需上调为 -4°C 和 -12°C ，可顺时针方向旋动调节温度范围的螺钉，使弹簧平衡力增加。

2) 普通型温控器温差的调节 当电冰箱内所控制的开机、停机温差不符合要求时，可旋转温差调节螺钉，以改变两触点的间距，达到改变所控制的温差的目的。两触点间距减少，则箱内开停机时的温差小，箱内温度波动幅度小，但压缩机启动频繁；两触点间距过大，则电冰箱内温度波动幅度大，但压缩机启动次数减

少,因而可降低电冰箱的耗电量。

(2) 半自动除霜温控器。半自动除霜温控器是在普通型温控器的基础上增加了一套半自动除霜装置,其中主要包括除霜按钮、除霜平衡弹簧、除霜温度调节螺钉、除霜弹簧、除霜控制板等。其结构如图3-15所示。

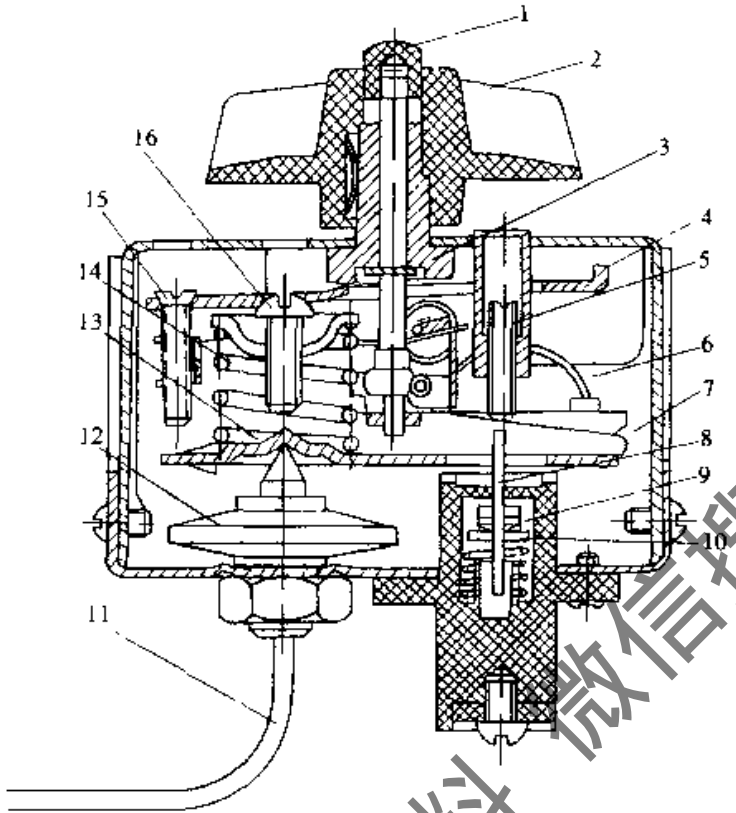


图3-15 半自动除霜温控器

1—除霜按钮; 2—面板温度调节旋钮; 3—温度调节凸轮; 4—温度控制板; 5—温差调节螺钉; 6—弓形弹簧; 7—跳动板; 8—触头推动杆; 9—静触头; 10—动触头; 11—感温管; 12—膜盒; 13—平衡杠杆; 14—主弹簧(平衡弹簧); 15—除霜温度调节螺钉; 16—温度范围调节螺钉

这种温控器主要用在各种直冷式电冰箱中,一方面可以像普通型温控器那样对箱内温度进行调节和控制;另一方面当电冰箱蒸发器表面霜层过厚时,可用其进行除霜。使用时只要将除霜按钮按下,压缩机就会立即停止工作而除霜,待箱内温度达到了预定的除霜终止温度(即蒸发器表面温度为 5°C 左右,箱内中部温度约 10°C 左右)时,除霜按钮会自动跳起接通电源,压缩机便恢复工作。

如图3-16所示为半自动除霜温控器工作原理。当除霜按钮没有按下时,除霜弹簧未对除霜平衡弹簧施加作用力,半自动除霜温控器相当于普通型温控器。当需要除霜时,将除霜按钮压下,动、静触头分开,切断压缩机电路,压缩机停转,制冷停止。这时除霜控制板除受主弹簧的作用力外,还受除霜弹簧的作用力。当箱升到一定温度(除霜终止温度),感温腔体积膨胀伸长至足以推动杠杆时,动、静触头闭合,压缩机运转,又开始制冷。同时除霜按钮自动弹起复位,使半自动除霜温控器进入正常的温控工作状态。由于除霜平衡弹簧能用来补偿调温凸轮在不同位置时平衡弹簧的弹力变化,所以,除霜终点温度不会因温控旋钮的不同位置而变化。

除霜终点温度是通过除霜温度调节螺钉来调节的。顺时针拧转除霜调节螺钉,除霜弹簧被压缩,除霜弹簧对除霜控制板的预力矩增大,除霜温度升高。逆时针拧转除霜调节螺钉,则除霜温度降低。

(3) 风门温控器。间冷式电冰箱采用风门温控器控制冷冻室流向冷藏室的冷空

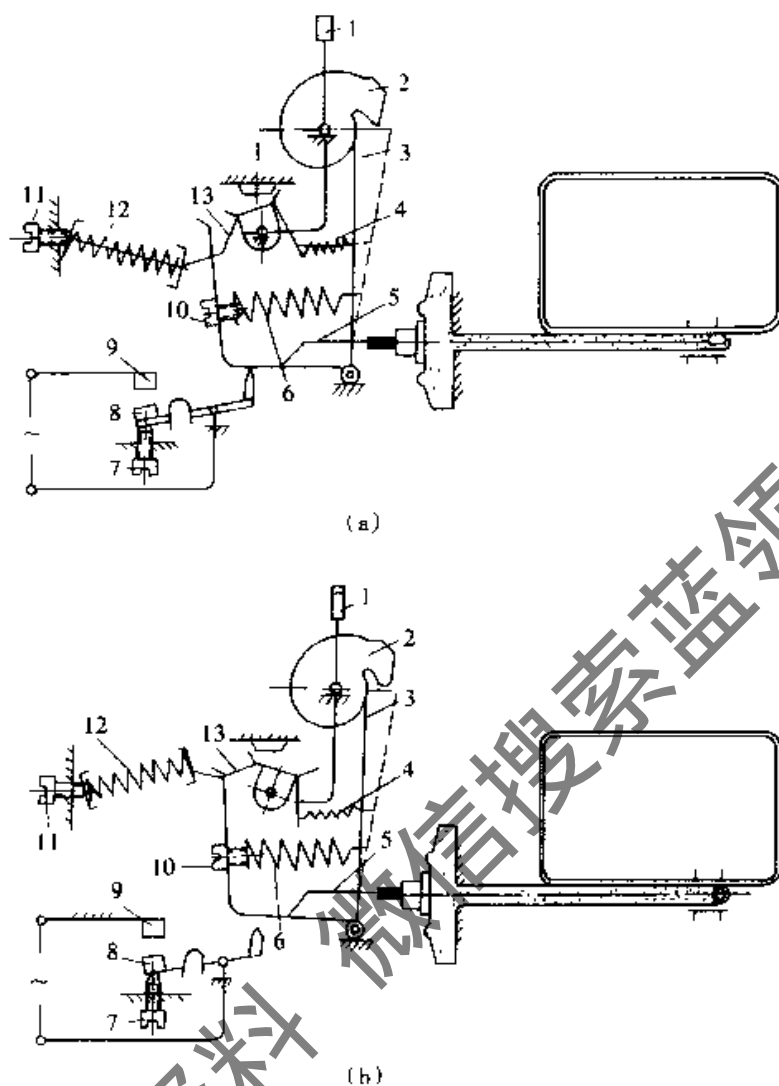


图 3-16 半自动除霜温控器工作原理

(a) 温控位置; (b) 除霜位置

1—除霜按钮; 2—凸轮; 3—温度控制板; 4—除霜平衡弹簧; 5—杠杆;
6—主弹簧; 7—温差调节螺钉; 8—动触头; 9—静触头; 10—温度范围调
节螺钉; 11—除霜温度调节螺钉; 12—除霜弹簧; 13—除霜控制板

气量，以控制冷冻室和冷藏室的温度（主要对冷藏室温度进行控制）。

图 3-17 所示为风门温控器原理图。它根据箱内的温度来控制风门的开度，以调节箱内的冷气流量，从而达到调节箱内温度的目的。

风门温控器由感温系统（感温包、波纹管）、机械传动装置和风门组成。感温系统和机械传动装置的功能与前述温控器相同。风门的大小能完全遮盖风道口。顶杆将感温系统的动作传递到风门并转变成风门的旋转运动。风门的旋转角度随波纹管对顶杆的作用力大小而变化。波纹管的作用力甚至可使风门处在全开或全闭状态。风门旋转角度的变化，则可以改变风道口的开启度，从而控制冷风的排出量，使箱内温度得以调节。一般情况下，顶杆的作用力与平衡弹簧的拉力是处在平衡状

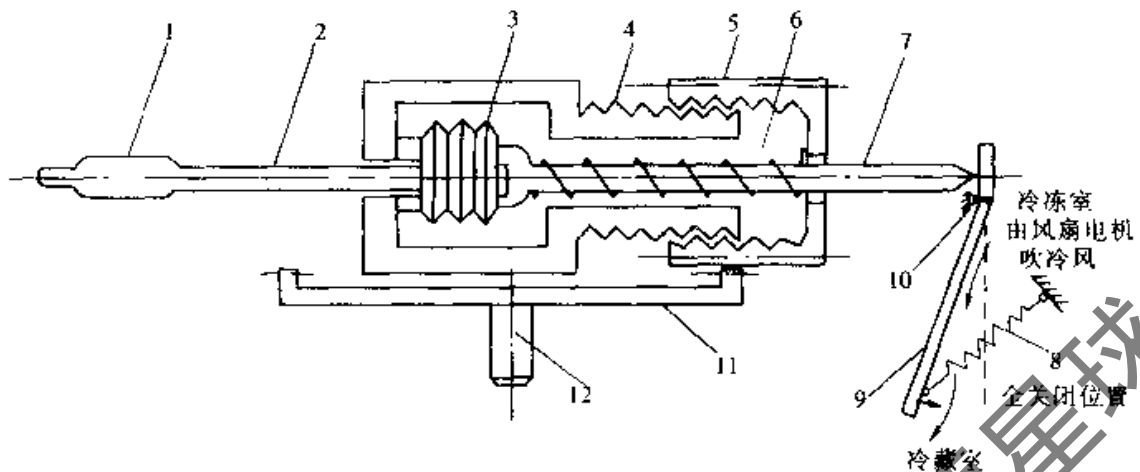


图 3-17 风门温度控制器原理图

- 1 感温包；2 毛细管；3—波纹管；4—带螺纹的外壳；5—带内螺纹的直齿轮；6 调节弹簧；
7 顶杆；8 平衡弹簧；9—风门；10—支点；11—调节齿轮；12—调节旋钮

态的。若冷藏室的温度下降，感温包的温度下降，波纹管的压力下降，此时平衡弹簧的拉力矩大于顶杆的顶力矩，于是风门关闭。

由于调节风门设置在从冷冻室引来的风道入口处，冷冻室的冷气通过风道口进入冷藏室，感温包是装在冷藏室的回风口处，因此，当冷藏室内的温度升高到 8°C 时，风门便处在全开状态。这时冷冻室降温速度减慢，而冷藏室降温加快。当冷藏室温度降低到低于 0°C 时，顶杆的顶力由于波纹管内制冷剂的压力下降，使风门关闭。

2. 电子式温控器

电子式温控器具有控温精确、工作稳定、可靠性高、使用寿命长等优点，已为国内外电冰箱广泛采用。电子式温控器可分为两种类型，即采用二极管的PN结作为感温元件的半导体式温控器和采用热敏电阻作为感温元件的热敏电阻式温控器。

电子式温控器一般由主电路板、操作面板、冷藏室传感器、冷冻室传感器四部分组成。

主电路板是放置在电冰箱后部的台板上，电子式温控器的主要控制元件都安置在该板上。

操作面板放置在电冰箱前面的台板上，该面板上装有除霜控制按钮和箱内温度调节钮。

冷藏室传感器安置在电冰箱冷藏室内，用于感应冷藏室内的温度。当冷藏室蒸发器表面温度上升到 3.5°C 以上时，温度传感器就会发出指令，使压缩机开机制冷；当冷藏室蒸发器表面温度降到 $-19\sim-25^{\circ}\text{C}$ 时，压缩机停机。

冷冻室传感器安置在电冰箱的冷冻室内，用于感应控制冷冻室除霜。当冷冻室内蒸发器表面结霜过厚需除霜时，按下除霜按钮，缠在冷冻室蒸发器外表面的电热

丝便通电发热，蒸发器表面的霜层随温度升高而融化。当冷冻室温度升到 8.5°C 时，冷冻室温度传感器就发出指令，断开加热丝电源，启动压缩机制冷。

(1) 热敏电阻式温控器。热敏电阻式温控器的热敏电阻直接放在箱内空间的适当位置。当箱内温度发生较小变化（一般为 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ）时，其热敏电阻值也会发生相应变化，经电子电路放大，带动继电器动作，以控制压缩机的启、停，实现电冰箱温度的自动控制。移动滑杆变阻器可以改变箱内温度。

图 3-18 所示为热敏电阻式温控器电路图。它是由感温元件（负温度系数的热敏电阻）、平衡电桥、电压放大器、继电器及稳压电源等组成。当电冰箱内温度升高时，由 $R_1\sim R_4$ 及 W 组成的平衡电桥中的热敏电阻 R_1 阻值变小，A 点电位升高。当 A 点电位高于 B 点时，三极管 V_1 集电极输出的电流使继电器 K 工作，接通压缩机电路，电冰箱开始制冷降温。随着箱温的降低， R_1 阻值增大，当 A 点电位低于 B 点时，三极管 V_1 集电极的电流不足以维持 K 工作，于是压缩机电路切断，从而使电冰箱内温度保持在一定范围。电路中的 W 是温控调节电位器。调大 W ，B 点电位升高，这样只有当 R_1 阻值更小时，A 点的电位才能高于 B 点一定值，从而 V_1 集电极的电流才足以使继电器 K 动作，接通压缩机电路。该电路采用了稳压电源，不受电压波动的影响，有较高的工作灵敏度与可靠性。

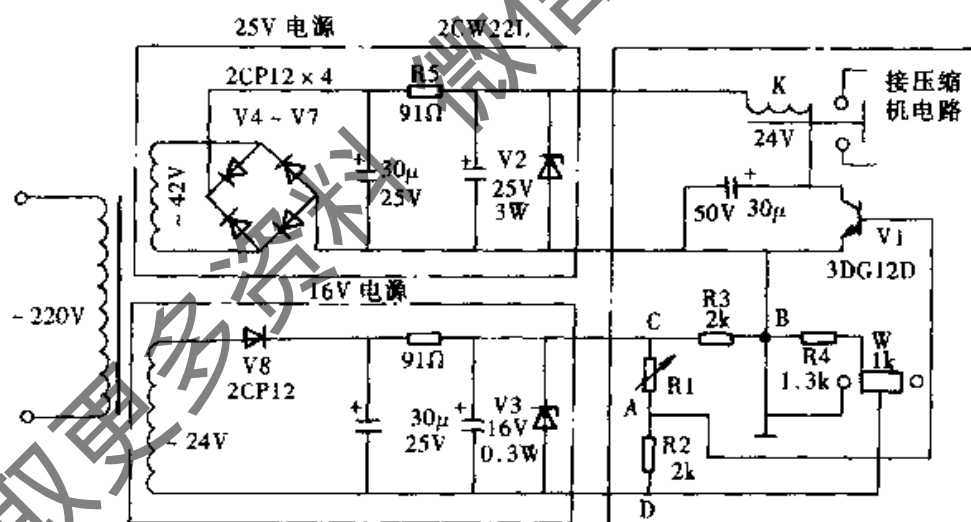


图 3-18 热敏电阻式温控器电路

(2) 半导体式温控器。该温控器的感温元件由多个二极管串联起来，封闭在玻璃管内而成。由于半导体管的 PN 结对温度变化敏感，正向压降具有线性的温度特性，因此它有较宽的测温范围。其控制电路如图 3-19 所示。 R_5 、 $V_2\sim V_{11}$ 、 R_7 、 R_8 、 R_6 和电流表组成模拟温度计； R_5 、 $V_2\sim V_{11}$ 、 R_2 、 R_3 、 R_4 组成测温电桥。当电冰箱内温度升高时， $V_2\sim V_{11}$ 正向压降减小，D 点电位升高， VT_4 发射极电位也升高。随着温度的升高，当 VT_4 发射极电位升高至足以使继电器动作时，接通压缩机电路，于是压缩机运转制冷。当电冰箱内温度降低时，D 点电位下降， VT_4 发

射极电位也随之下降。当 VT4 发射极电位降至继电器释放电压时，继电器回位，切断压缩机电路，停止电冰箱制冷，从而将电冰箱内温度控制在一定范围内。

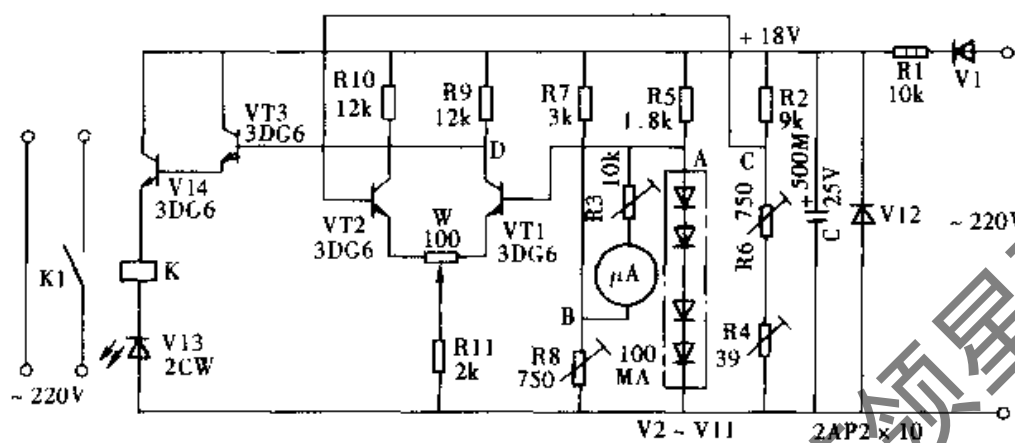


图 3-19 半导体式温控器电路

(四) 除霜装置

由于电冰箱中的食物含有水分，制冰时冰盒盛有水，箱门打开时箱外潮湿空气也会进入箱内，因此，箱内空气是含有水分的，电冰箱运行一段时间后，就会在蒸发器表面凝结出一层霜。霜是热交换的不良导体，霜层过厚，就会极大地降低蒸发器的热交换性能，导致电冰箱长时间运转，使箱内温度不能正常降低。当霜层达到约 5mm 左右时，就要及时除霜，以确保电冰箱的正常制冷。除霜的方式有人工除霜、半自动除霜和全自动除霜三种。其中人工除霜最简单，就是停机或拔下电源，让电冰箱内温度慢慢回升到 0℃ 以上，使霜层逐步融化，待全部融化后再接通电源制冷。但此方法时间长、效果差，易影响储存食物的新鲜度，因此目前生产的电冰箱几乎都不采用人工除霜法，而多采用半自动除霜或全自动除霜。

1. 人工除霜

人工除霜适用于单门电冰箱和双门直冷式电冰箱。当蒸发器表面霜层厚度达到 4~6mm 时，将温控器旋钮旋至停止位置（即“0”或“OFF”位）上，或拔下电源插头，使压缩机停止运转。电冰箱内温度逐渐回升，待蒸发器表面温度升至 0℃ 以上，霜层融化。除霜结束后，将温控器的旋钮恢复到工作位置或接通电源，使电冰箱恢复制冷运行即可。

2. 半自动除霜

该除霜方式广泛应用于单、双门直冷式电冰箱。实际上它与停机除霜原理是一致的，只是在温控器上附设一个除霜按钮，在需要除霜时，只需按下此按钮，压缩机便停止运转，箱内温度逐渐回升。当箱内温度升到 10℃ 左右、蒸发器表面温度升到 6℃ 左右时，除霜便结束，温控器自动弹起，电冰箱恢复制冷。由于除霜开始需人工操作，故称为半自动除霜。

图 3-20 所示为半自动除霜温控器工作原理图。它是在普通型温控器上加装了

一套自动除霜装置，主要包括有：除霜平衡弹簧、除霜温度调节螺钉、除霜弹簧和除霜控制板等元件。图中为按下除霜按钮后，静、动触点断开，压缩机停止运转时的工作状态。

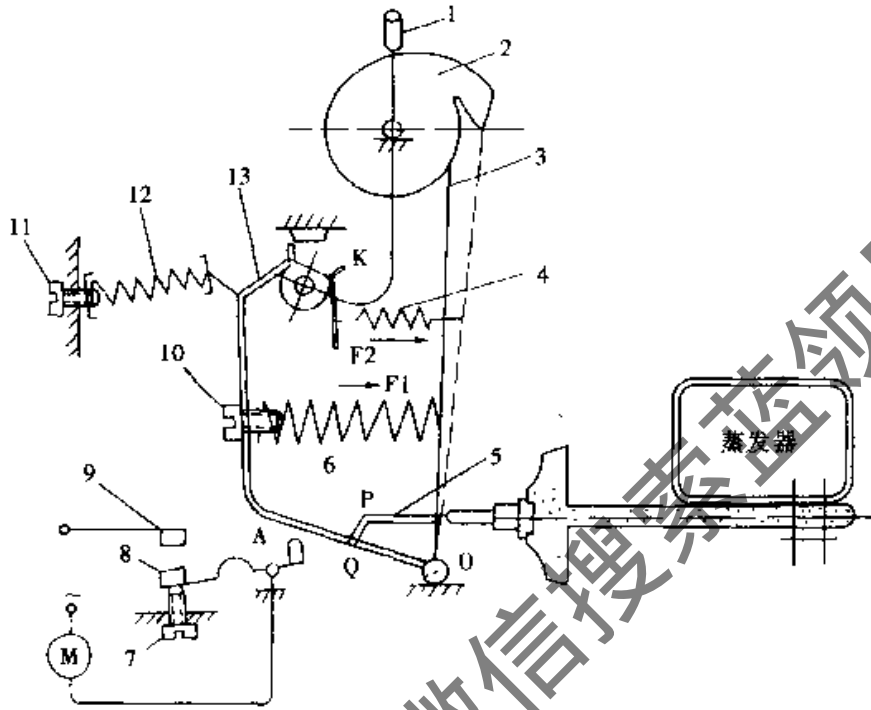


图 3-20 半自动除霜温控器工作原理图

1 除霜按钮；2—温度高低调节凸轮；3—拉板；4—除霜平衡弹簧；5—主架板；6—主弹簧；7—温差调节螺钉；8—动触点；9—静触点；10—最低温度极限调节螺钉；11—除霜温度调节螺钉；12—除霜弹簧；13—除霜控制板

除霜时，设拉板在强冷实线位置按下除霜按钮，内联动杆体使除霜控制板变为左高右低，此时铰链 K 带动主架板顺时针方向绕轴 O 旋转一定的角度，使动触头与静触点脱离，电路断电，压缩机停止制冷，利用箱内温度回升除霜。由于三个弹簧工作位置及状态的改变，使得它们对点 P 的合力增大。只有当蒸发器表面温度回升到 6°C 左右，箱内温度大约 10°C 时，感温剂的压力推动膜片克服除霜弹簧及控制板的阻力矩顶动 Q 点，使主架板逆时针方向转动，压下 A 点，通过杠杆作用使动触点与静触点接通，压缩机又开始运转制冷。此时，除霜控制板变为右高左低，除霜按钮自动跳起，重新恢复对电冰箱“强冷点”位置的温度控制。

在半自动除霜时，将温度高低调节凸轮在自控温度范围内逆时针旋转一个角度，使温度控制板摆到图中虚线所示位置（“弱冷点”自控位置），再将除霜按钮按下，则压缩机也会停转，对蒸发器进行除霜。由于除霜弹簧的作用，构成了对除霜控制板力的补偿，故除霜终了温度不会由弹簧的拉长而升高，保证“强冷”和“弱冷”除霜温度的相同。

3. 全自动除霜

全自动除霜就是除霜操作无需人工参与，能按一定的时间间隔自动完成除霜工作。全自动除霜不但能自动定时除霜，而且还能自动停止压缩机工作，同时接通除霜加热器；待除霜达到要求后继续恢复压缩机的制冷工作。

(1) 全自动除霜工作原理。图 3-21 所示为全自动除霜装置的工作原理。图中所示的状态为除霜计时器的活动触点接通了压缩机的电路，压缩机运转并进行制冷循环，设定的除霜定时器与压缩机同步开始计时。当同步运转到设定的除霜间隔时间 8h 时，除霜计时器的活动触点切换，将压缩机电机电路断开，并接通由双金属除霜温控器、除霜加热器和除霜超热保护器所组成的电路，对蒸发器加热除霜。这时除霜定时器不工作。霜层全部融化完后；蒸发器表面温度还会继续升高，当温度达到双金属除霜温控器跳开温度（一般为 $13 \pm 3^\circ\text{C}$ ）时，触点跳开，切断除霜加热器电路，停止加热。除霜定时器又开始工作，经约 2min 定时器触点切换，将压缩机电路接通，压缩机又开始下一周期的运转。当蒸发器表面温度降低到双金属除霜温控器复位温度（一般设定最低温度为 -5°C ）时，触点复位，并接通除霜加热器电路，为下一次除霜做准备，从而实现了电冰箱的周期性全自动除霜控制。

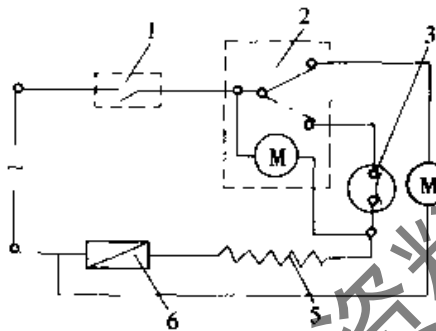


图 3-21 全自动除霜控制电路原理图

1—温度控制器；2—除霜计时器；3—除霜温控器；4—压缩机电动机；5—除霜加热器；6—除霜超热保护器

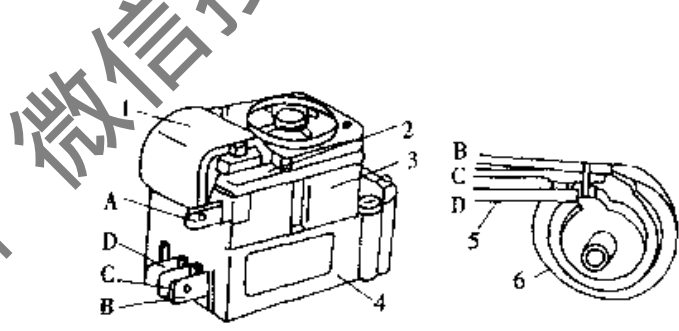


图 3-22 除霜定时器结构

1—定子绕组；2—定子；3—齿轮箱；4—开关箱；5—端子板；6—凸轮

除霜超热保护器是串联在蒸发器除霜加热电路中的，并且它又卡装在蒸发器上，直接感应蒸发器的温度。当出现某些故障，如除霜结束双金属除霜温控器的触点发生粘连时，除霜加热器就继续通电对蒸发器进行加热；当蒸发器表面温度达到 $65 \sim 70^\circ\text{C}$ 时，超热保护器动作，断开加热电路，可防止因温度继续升高，蒸发器管内压力随之上升，超过允许压力而造成管路爆裂，起到保护作用。

(2) 全自动除霜控制元件。

1) 除霜定时器。图 3-22 所示为除霜定时器的结构，它由时针电机驱动，通过齿轮箱减速并传动到凸轮机构和一组触点，A、B、C、D 为定时器的接线端子。

如图 3-23 所示为定时器控制电路图。图 4-23 (a) 表示除霜结束时定时器的状态。此时压缩机电机的电路还未接通，当定时器的凸轮再逆时针旋转一个很小的

角度约 2min, 就达到了图 4 - 23 (b) 所示位置, 压缩机电机电路接通, 同时双金属片除霜温控器的触点断开, 切断除霜加热器的电路, 即蒸发器除霜加热器停止工作约 2min 后, 压缩机又开始了下一个周期的运转。

除霜定时器的主要技术参数为 (电冰箱进行制冷的时间): $8h \pm 5min$, 除霜结束到重新制冷时间为 7min, 功率小于 3W。

2) 除霜温控器。图 3 - 24 所示为双金属除霜温控器结构图, 它卡装在翅片管式蒸发器上, 直接感受蒸发器表面温度。双金属片在温度为 $13 \pm 3^{\circ}C$ 时, 由于变形而使触点跳开; 当温度降至 $-5^{\circ}C$ 左右时, 双金属片复位使触点接触, 接通除霜加热器的电路。

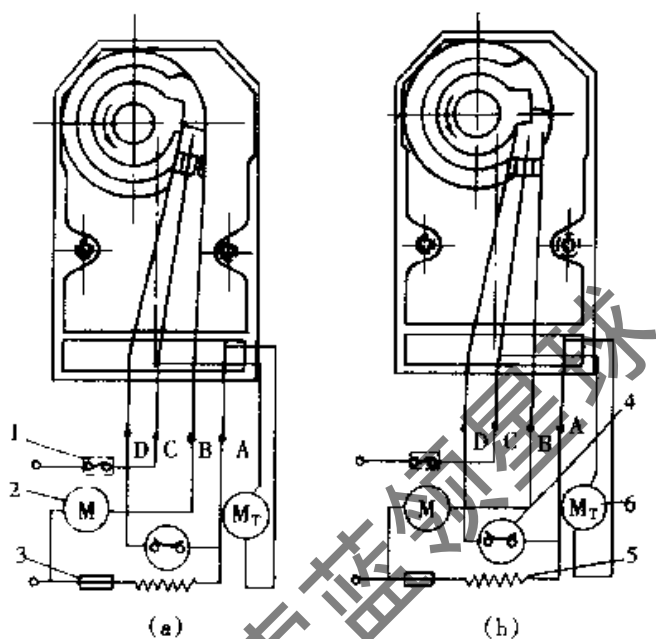


图 3 - 23 除霜定时器控制电路图

(a) 除霜结束时定时器状态; (b) 压缩机开始运转状态
1—温控器; 2—压缩机电机; 3—温度熔丝; 4—双金属片除霜温控器; 5—除霜加热器; 6—定时器电机

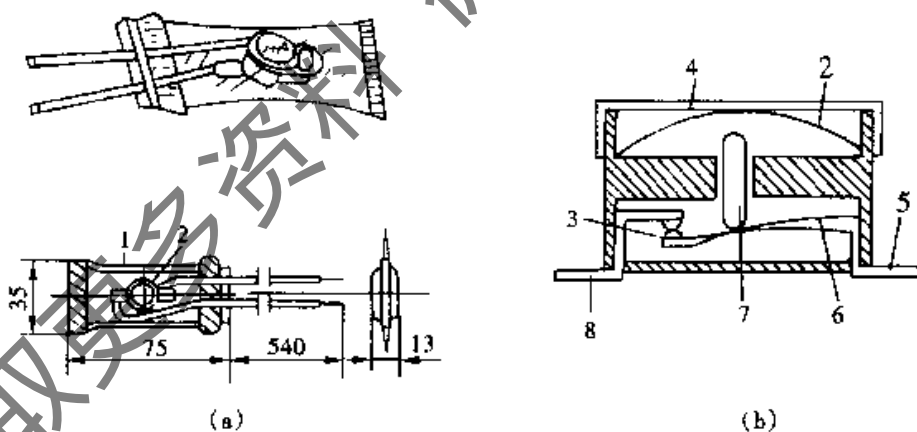


图 3 - 24 双金属片除霜温控器结构图

(a) 外形图; (b) 内部结构图

1—塑料壳; 2—双金属片元件; 3—触头; 4—热敏器;
5—端子; 6—触头弹簧; 7—销钉; 8—端子

3) 除霜加热器。除霜加热器结构如图 3 - 25 所示, 为管状电热器件。加热元件是封装在镀镍铜管中的电热丝, 铜管与电热丝之间填充绝缘粉。加热器功率一般为 $124 \sim 134W$ 。它安装在翅片管蒸发器的翅片下边或直接插入翅片中, 用以对蒸发器表面霜层进行加热而除霜。

4) 除霜超温保护器。图 3-26 所示为除霜超温保护器结构。它由封装在塑料外壳中的超热熔断合金构成，串联在蒸发器加热电路中，可直接感受蒸发器表面的温度变化。一般设定的断开温度为 $65 \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，用于除霜温控器失灵时断开除霜加热器电路，防止蒸发器表面温度连续升高而损坏除霜装置。这种保险为一次性保护装置，在故障排除后要及时更换新的除霜超热保护器。

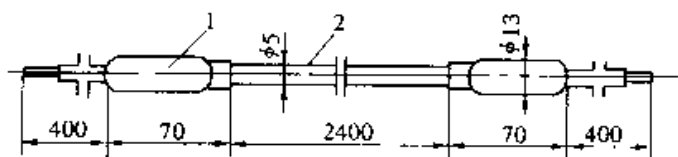


图 3-25 除霜加热器

1—橡胶绝缘子；2—镀锌薄铜管

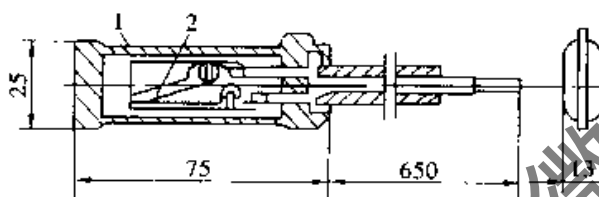


图 3-26 除霜超热保护器

1—塑料壳；2—超热熔断合金

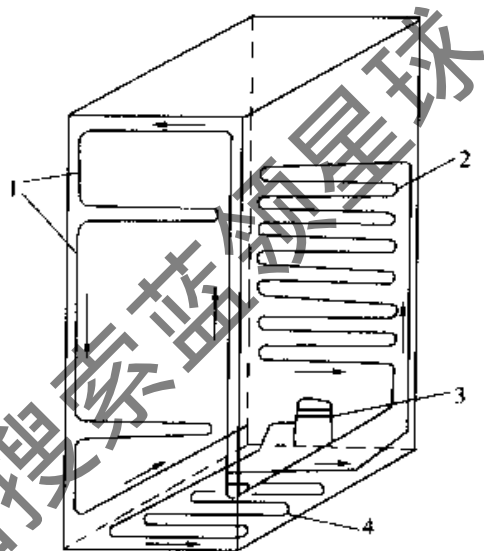


图 3-27 电冰箱门防凝露
加热装置示意图

1—箱门防露管；2—主冷凝器；
3—压缩机；4—副冷凝器

(五) 加热装置

电冰箱用加热器可分为三类：防凝露加热器、防冻加热器和温度补偿加热器。

1. 防凝露加热器

防凝露加热器是电冰箱用以防止箱体门框附近的外表面凝结露水的装置。因箱体门框部位的隔热层较薄，当电冰箱使用环境的相对湿度较高时，若门框附近外表面处的温度低于露点温度，该处就会凝结露水。为了防止门框附近凝结露水，将冷凝器的冷凝盘管适当延长，使其围绕在门框四周作防凝露加热管，利用压缩机排出的高温制冷剂蒸气流经冷凝管放出的热量来加热门框部位，提高该部位外表面的温度，使之高于环境状态所对应的露点温度，以避免结露。

图 3-27 所示为利用冷凝盘管作门框四周防凝露加热器的示意图。压缩机排出的高温制冷剂过热蒸气，先后流经副冷凝器、主冷凝器、箱门防露管至干燥过滤器。其中副冷凝器紧贴在箱底部的除霜水蒸发皿下安装，利用冷凝管放出的热量来加热蒸发低温除霜水，这样可不必人工倒水。箱门框的防凝管，也是利用冷凝盘管放出的热量来加热箱门，使门框温度接近室温，防止箱门四周结露与冰冻，以保护门封的密封性能。

2. 防冻加热器

防冻加热器主要应用于间冷式（无霜式）电冰箱中，用来保证电冰箱各控制装置顺利工作。如图 3-28 所示，防冻加热器是将电热丝粘贴在与电冰箱待加热部位展开形状相同的平面铝箔上，再用黏合剂将其半固地粘在加热部位的外表面而成。防冻加热器在电冰箱内的安装位置如图 3-29 所示。

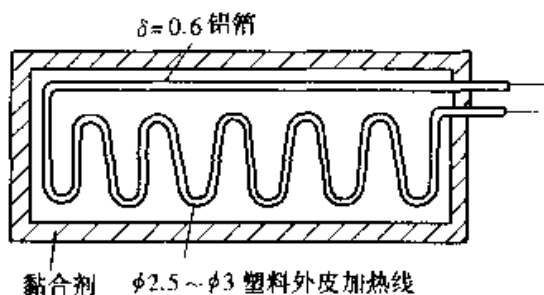


图 3-28 防冻加热器示意图

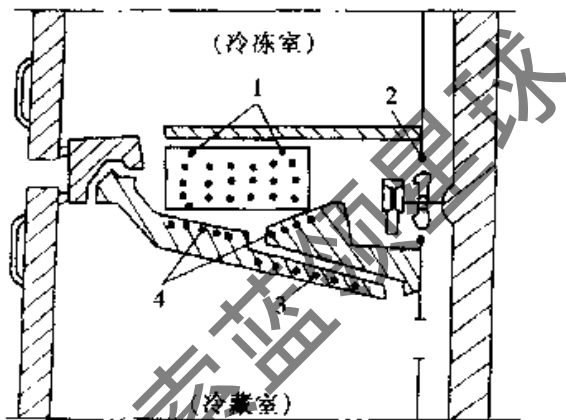


图 3-29 防冻加热器安装位置图

1—蒸发器除霜加热器；2—风扇扇叶孔圈加热器；
3—出水管加热器；4—接水盘加热器

防冻加热器主要安装在蒸发器接水盘的外表面、接水盘出水管的外表面和风扇扇叶孔圈部位及感温风门温控器主体外壳表面。对蒸发器接水盘加热是为了防止霜水滴入接水盘内冻结积累过多，而损坏其他相关部件。为了防止接水盘内的霜水在导出箱外的过程中出现“冰堵”现象，要经常对接水盘出水管加热，否则，出水管冰堵会使接水盘内积水过多溢出盘外，淋湿和污染食物。在除霜期间，还要对风扇扇叶孔圈部分加热，目的是防止在该部分凝霜，导致结霜过厚而将扇叶卡住，中断箱内冷气循环，甚至烧坏电机。而经常对感温风门温控器主体外壳加热，目的是要维持主体部位（波纹管处）的温度始终高于感温包的温度，从而确保感温风门温控器正常工作。

另外，在直冷式双门电冰箱中，上、下两个蒸发器中间连接部位设有管道加热器，它是由带有良好绝缘护套的电热丝直接缠绕在中间连接管道上，然后用带胶铝箔粘贴牢靠而成的，主要用来保证蒸发器除霜水或冷凝水顺利排到电冰箱外。

3. 温度补偿加热器

(1) 冷藏室补偿加热器。该加热器主要用于双门直冷式电冰箱中，目的是使冷冻室与冷藏室之间能很好地匹配。双门直冷式电冰箱冷冻室的温度是随冷藏室内温度的变化而变化的，通过温控器来实现自动控制。但在冬季环境温度低、甚至比冷藏室内的温度还要低的情况下，电冰箱压缩机就会长时间处在停机状态而不制冷。此时冷冻室的星级温度就较难保证。为避免这种情况，一般在电冰箱冷藏室内加装补偿加热器。在冬季环境温度降低、压缩机停止工作时，立即接入该电路对冷藏室

和温控器感温管进行微加热，使温控器触点提前接通，强制压缩机工作，从而保证冷冻室内温度等级的要求。但是在炎热夏季该补偿加热器会增加电耗，故还需设置一个节电开关来控制补偿加热器的断开和接通。在夏季时，断开节电开关，切断补偿加热器电路；而在冬季当室温低于 5°C 时，合上节电开关，接通补偿加热器电路。这样，就可使电冰箱冷冻室既达到温度要求，又能满足节电要求。

(2) 除霜温控器补偿加热器。该补偿加热器主要用于半自动除霜温控器上。在双门直冷式电冰箱中，半自动除霜温控器除紧贴在冷冻室蒸发器上的感温部分之外，其他部分均装在冷藏室内，这两者处在不同的温度区域中，为了补偿这两部分的温度差异，使除霜温控器动作准确而设置补偿器，对除霜温控器装在冷藏室内的部分进行加热。

(六) 电冰箱风扇和照明装置

箱内风扇主要用在间冷式无霜电冰箱中，如图3-30所示，用来强制循环箱内空气流经翅片管式蒸发器，并被降温后的冷风沿着一定的循环路线进入箱内，形成电冰箱内冷空气的强制循环，冷却箱内所储食物。风扇电机转速一般为 $2500\sim 3000\text{r}/\text{min}$ ，功率为 $8\sim 10\text{W}$ 。箱内照明灯一般装在箱内右侧壁上，照明开关由箱门的启闭来控制，灯泡的功率在 15W 以下。双门电冰箱仅冷藏室装有照明灯。有些双门电冰箱的门灯开关采用常闭开关，安装在门轴一侧门框内。门灯开关与照明灯串联，其动作由箱门启闭控制，箱门开启时开关闭合，门灯亮；箱门关闭时开关断开，门灯熄灭。

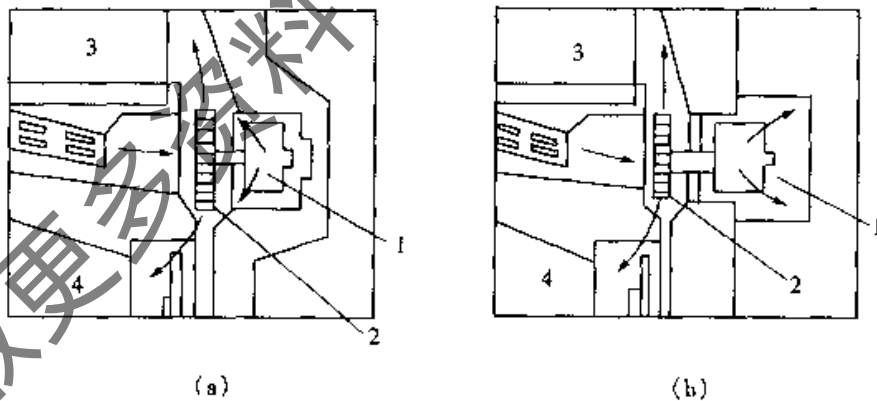


图3-30 风扇电机的安装位置

(a) 装在箱体内部；(b) 装在箱体外部

1—电机；2—风扇；3—冷冻室；4—冷藏室

二、电冰箱的典型控制电路

将上述各种控制线路连接起来，就构成了各种电冰箱电路，概括起来主要分为直冷式电冰箱电路、间冷式电冰箱电路和电子温控式电冰箱电路。

(一) 单门直冷式电冰箱控制电路

图3-31所示为单门直冷式电冰箱控制电路示意图。其中启动电容器、重力式

启动继电器、压缩机电机和过电流过热保护继电器构成启动保护电路；温控器、灯开关与灯构成照明电路。当箱内冷冻室的温度高于温控器调定的温度时，温控器接通，压缩机接通电源，电流经运行绕组流过重锤式启动继电器的电流线圈。当电流为吸合电流时，电流线圈励磁将重锤式启动继电器的重锤衔铁吸起，接通触点，于是启动绕组与运行绕组共同形成旋转磁场，使压缩机电机启动运转。电机启动后，重力式启动继电器断开启动绕组的电路，仅让运行绕组继续通电使电机运转。启动电容的作用是对压缩机电机启动绕组电流移相，增大启动转矩，改善启动性能。当电路出现故障使压缩机电机过电流或过热时，碟形过电流过温升保护继电器的双金属片变形弹开，切断压缩机电机电源，以保护压缩机的安全。当电冰箱内温度下降到用户所设定的温度时，温控器断开而使电冰箱停止制冷。

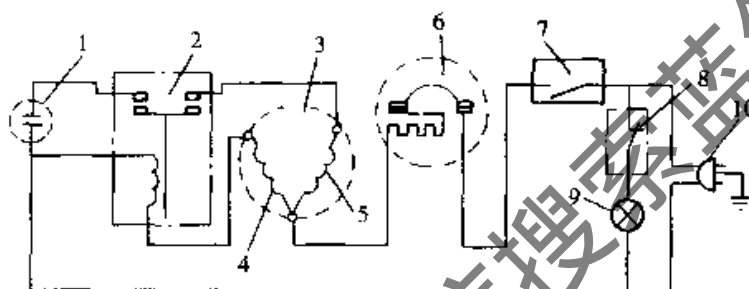


图 3-31 单门直冷式电冰箱控制电路

1—启动电容器；2—重锤式启动继电器；3—压缩机电机；4—运行绕组；5—启动绕组；6—碟形过电流过温升保护继电器；7—温度控制器；8—照明灯开关；9—箱内照明灯；10—电源插头

（二）双门直冷式电冰箱控制电路

双门直冷式电冰箱控制电路与单门直冷式电冰箱的控制电路大致相同，图 3-32 所示为双门直冷式电冰箱控制电路。当电源接通时，电源经插头一端→温控器→过载保护器→压缩机与启动器进入插头另一端，压缩机通电运转。箱内照明灯由门开关控制。图中电加热回路是利用温控开关来控制其通断的，L 与 C 为温控器的温控开关，在此开关两触点之间并联了一个箱内加热丝。当压缩机运转、L 与 C 接通时，由于加热丝阻值高于压缩机绕组阻值，加热丝就无法通电发热，只有当冷

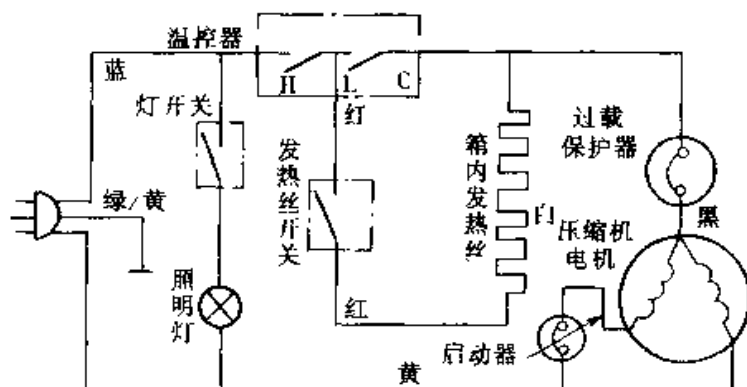


图 3-32 双门直冷式电冰箱控制电路

藏室温度达到温控器设定值、L与C断开停机时，电源经L点→加热丝开关（应在闭合状态）→箱内加热丝→过载保护器→压缩机运行绕组构成回路，这时加热丝便通电发热。这类电冰箱利用温控器断开加热的方法较多，大致可分为温控器加热器、除霜加热器等。

（三）双门间冷式电冰箱控制电路

与直冷式电冰箱相比，间冷式电冰箱多了冷风循环电路和全自动除霜电路。图3-33所示为双门间冷式电冰箱控制电路，该电路包括：由压缩机、PTC启动继电器和过载保护器构成的启动与保护电路；由温控器组成的对冷冻室进行控制的温度控制电路；由除霜计时器、除霜温控器、除霜加热器和熔丝（即除霜加热超热保险）构成全自动除霜控制电路；由排水加热器构成的加热防冻电路；由风扇电机、照明灯和两个门开关组成的通风照明电路。

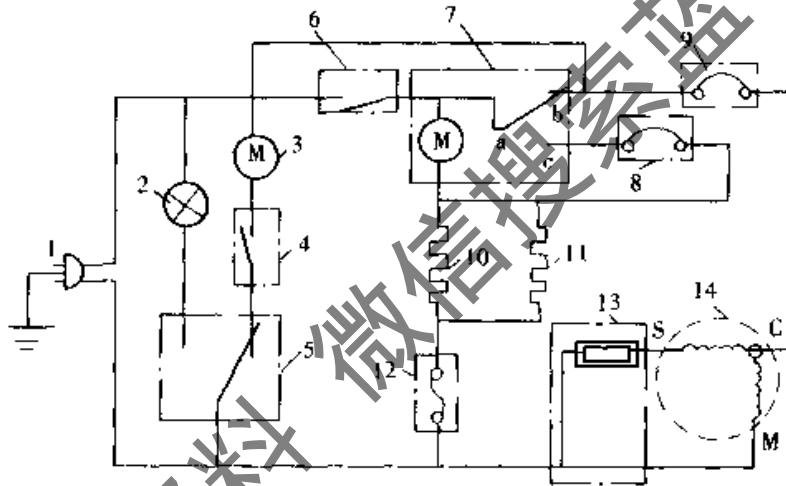


图3-33 双门间冷式电冰箱控制电路

1—插头；2—照明灯；3—风扇电机；4—冷冻室门开关；5—冷藏室门开关；6—温控器；7—除霜计时器；8—除霜温控器；9—过载保护器；10—除霜加热器；11—排水加热器；12—保险丝（70℃）；13—启动器；14—压缩机电机

由于除霜定时器接在除霜温控器和过载保护器之间，所以电冰箱是由除霜定时器来控制制冷或除霜。当电冰箱内温度高于设定的温度时，温控器的触点开关闭合，接通电源。同时，由于除霜定时器的a-b是接通的，因此，压缩机与保护电路电源接通，压缩机开始运转，电冰箱开始制冷；同时，除霜计时器的计时电机M、除霜加热器、排水加热器和保险丝也接入电源，使计时电机M与压缩机同步运行，记录压缩机运行时间。但由于计时电机M的内阻（约7500Ω）远大于除霜、排水加热器的并联电阻（约为320Ω），故电冰箱制冷时两个加热器并不加热。制冷时，冷风循环电路也被接通，强制冷风在电冰箱内循环，对食物进行冷冻和冷却。冷风循环的风扇电机由装在冷冻室、冷藏室右侧的两个门开关控制。两个门开关都是常开触点，打开任意一个室的箱门，均使风扇电机停止工作。

当制冷压缩机累计运行8h，除霜计时器的触点a-b断开，压缩机和风扇电机

停止运转，而 a - c 接通；由于此时除霜温控器的触点处于接通状态，除霜计时器的电钟电机 M 短路，使除霜加热器和排水加热器接通加热，开始进行除霜加热，并使除霜水经排水管排出，随着蒸发器被加热除霜，使其翅片表面上的凝霜融化。

当蒸发器表面的温度由于被加热而升至 13℃ 左右时，除霜完毕，并使除霜温控器的双金属片产生变形，触点跳开。计时电机则被重新接入电路进行运转，运转约 2min 后将 a - c 断开。而当蒸发器表面温度达到 13℃ 时，普通型温控器伸长的膜盒推动机构使触点闭合，故 a - b 接通，压缩机又重新进行制冷。当蒸发器表面温度降到 -5℃ 时，除霜温控器的双金属片复位又使触点闭合，为下一个除霜周期做好准备，这样就完成了一个除霜周期的自动控制，电冰箱控制电路就是这样如此循环往复地工作着。电路中接入保险丝是为了确保在除霜温控器失灵时，防止因超热而使蒸发器盘管破裂；电路中接入排水加热器是保证融化的霜水顺利地导出箱外，不致因排水管冰堵而损坏电冰箱或污染食品。

在冷藏室箱门关闭后，电冰箱的风扇电机支路接通，若此时再接通冷冻室门开关，风扇电机便通电运转，使箱内冷气开始强制对流。打开冷藏室箱门时，一方面将风扇电机断电，冷风停止循环；另一方面冷藏室内的照明灯接通。

由于该电路采用 PTC 启动继电器，故该电冰箱要求在断开电源后应相隔 5min 以后方可重新将电源接通，以防止压缩机电机产生过电流烧毁。

(四) 电子温控型电冰箱控制电路

现以日本东芝 GR 型电冰箱的电路为例，介绍电子温控型电路的构成和工作原理。

1. 电子温控型电路的构成

图 3 - 34、图 3 - 35 所示分别为东芝 GR 型电冰箱电路接线图和实体布线图。

由图 3 - 34 可以看出，整个控制电路是由主电路、电源控制板、操作盘和温度检测器等组成。整个控制电路以电源控制板为核心，而主电路、操作盘和两个温度检测器都通过接线插座与电源控制板相连。

(1) 主电路：从接线图上可看出主电路由四部分组成：

- 1) 由 PTC 启动继电器、过电流过温升保护继电器组成的压缩机启动与保护电路。
- 2) 由除霜加热器和温度熔断器构成的除霜加热电路。
- 3) 由管道防冻加热器和流槽防冻加热器构成的加热防冻电路。
- 4) 由灯开关和照明灯组成的照明电路。

主电路通过一个五线插座 (P801) 与电源控制板相连。

(2) 电源控制板。电源控制板是整个控制电路的核心，它安装在电冰箱背后的接线盒内。如图 3 - 36 所示为东芝 GR 型电冰箱电路原理图，电源控制板电路在图中虚线框内。该电路主要由电源变压器 T801、整流二极管 V805、V806 和稳压二极管 V808 等元器件组成一个全波整流与稳压电路，用来提供 7V 和 14V 两组直流电

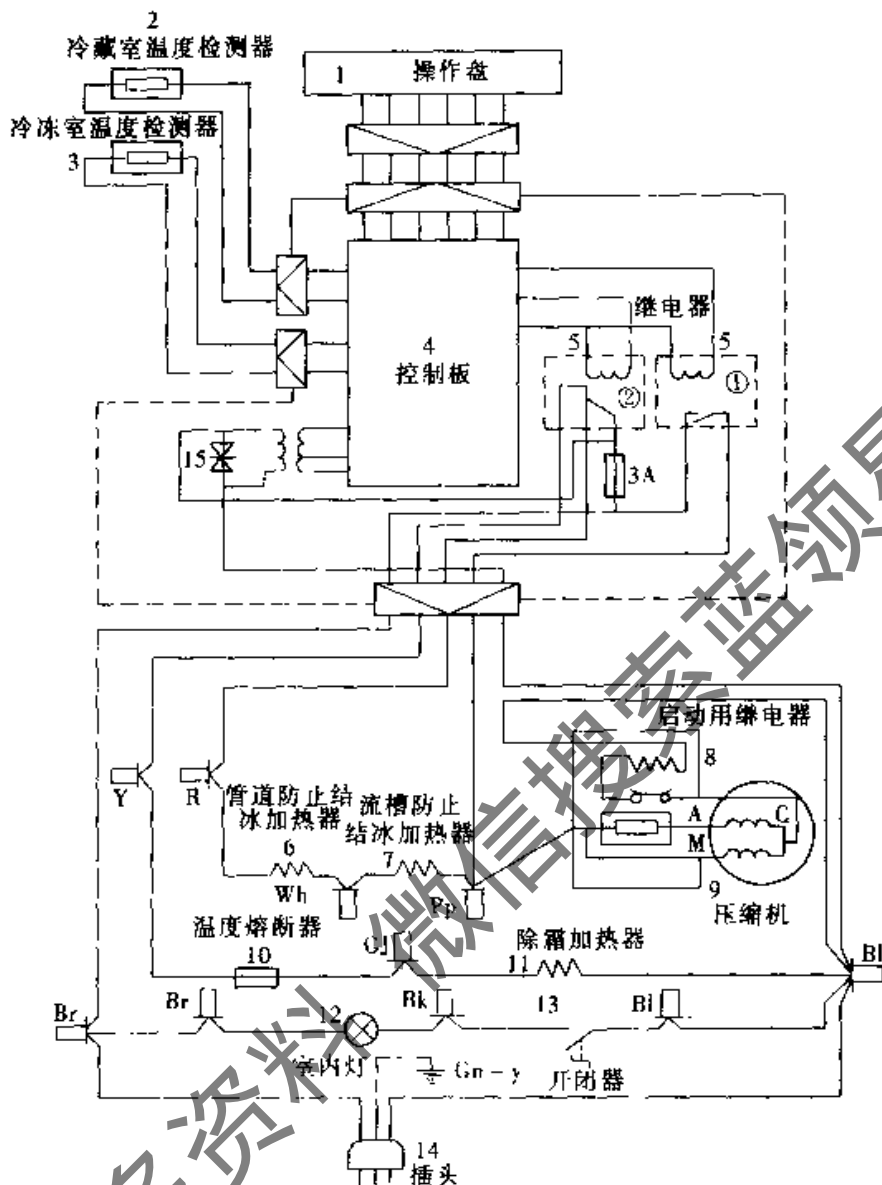


图 3-34 东芝 GR 型电冰箱电路接线图

压。其中 7V 直流电压供集成电路工作；14V 直流电压供继电器工作。两块集成电路 Q801 和 Q802 组成的信号处理电路，接受由传感器和操作盘送来的信号，控制开关三极管 VT811 和 VT812 的导通或截止，以分别驱动继电器 Ry01 和 Ry02 的电流线圈，并通过这两个继电器触点的闭合或断开实现对主电路的控制，进而完成电冰箱的自动电子温控和冷冻室的除霜方式电子控制。

集成电路 Q802 的型号为 TA75339P，由 A1、A2、A3 和 A4 四组电压比较运算放大器构成。A1 和 A2 运放器用于鉴别电冰箱内温度变化决定压缩机的开或停；A3 运放器用于鉴别电冰箱除霜工作的结束点；而 A4 运放器暂时未用。

集成电路 Q801 的型号为 TC4011BP，由双输入端与非门 G1、G2、G3 和 G4 构成。与非门 G1 和 G2 构成一个基本 RS 触发器，与非门 G3 和 G4 构成另一个基本 RS 触发器，用以储存电冰箱的工作状态，即控制压缩机运行或停止以及除霜工作

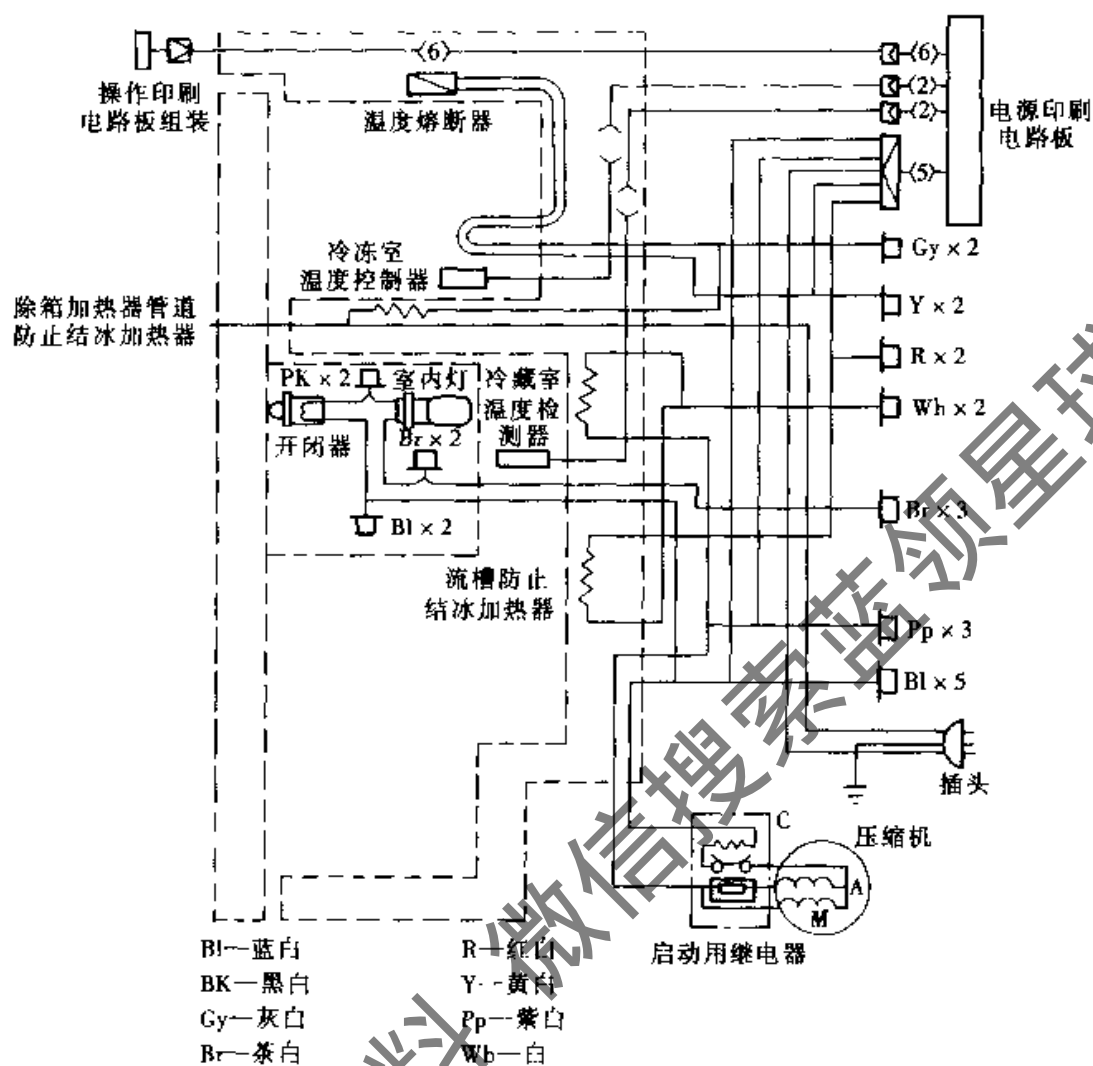


图 3-35 东芝 GR 型电冰箱实体布线图

是在进行还是停止。

(3) 操作盘。操作盘一般安装在电冰箱台面板的前框上，其外形如图 3-37 所示。操作盘电路主要出一个作为温度调节钮的滑动臂电位器 R124、一个除霜开始 (START) 按钮、一个除霜停止 (STOP) 按钮和一个作为除霜指示灯的发光二极管 LED01 组成。其中调温电位器的作用是实现调节电冰箱内的温度高低。可根据用户需要或季节变化，通过改变调温电位器在“1”与“HEAVY COOL”之间的不同挡位，使电冰箱获得不同的使用温度。操作盘上的温度调节是用来调节冷藏室温度，但同时达到控制冷冻室的温度变化。

(4) 冷藏室温度检测器。冷藏室温度检测器 (传感器) 是具有负温度系数的热敏电阻。它卡装在冷藏室的蒸发器上，并通过两根导线经一个两线插座 (P804) 与电源控制板相连。它的作用是将冷藏室温度的变化，变成为电阻值的变化，再通过电源控制板来控制压缩机的开、停，从而实现电冰箱的自动控温。

(5) 冷冻室温度检测器。冷冻室温度检测器 (传感器) 是具有负温度系数的热敏电阻。它安装在冷冻室的右侧内壁中，并由两根导线经一个三线插座 (P803) 与

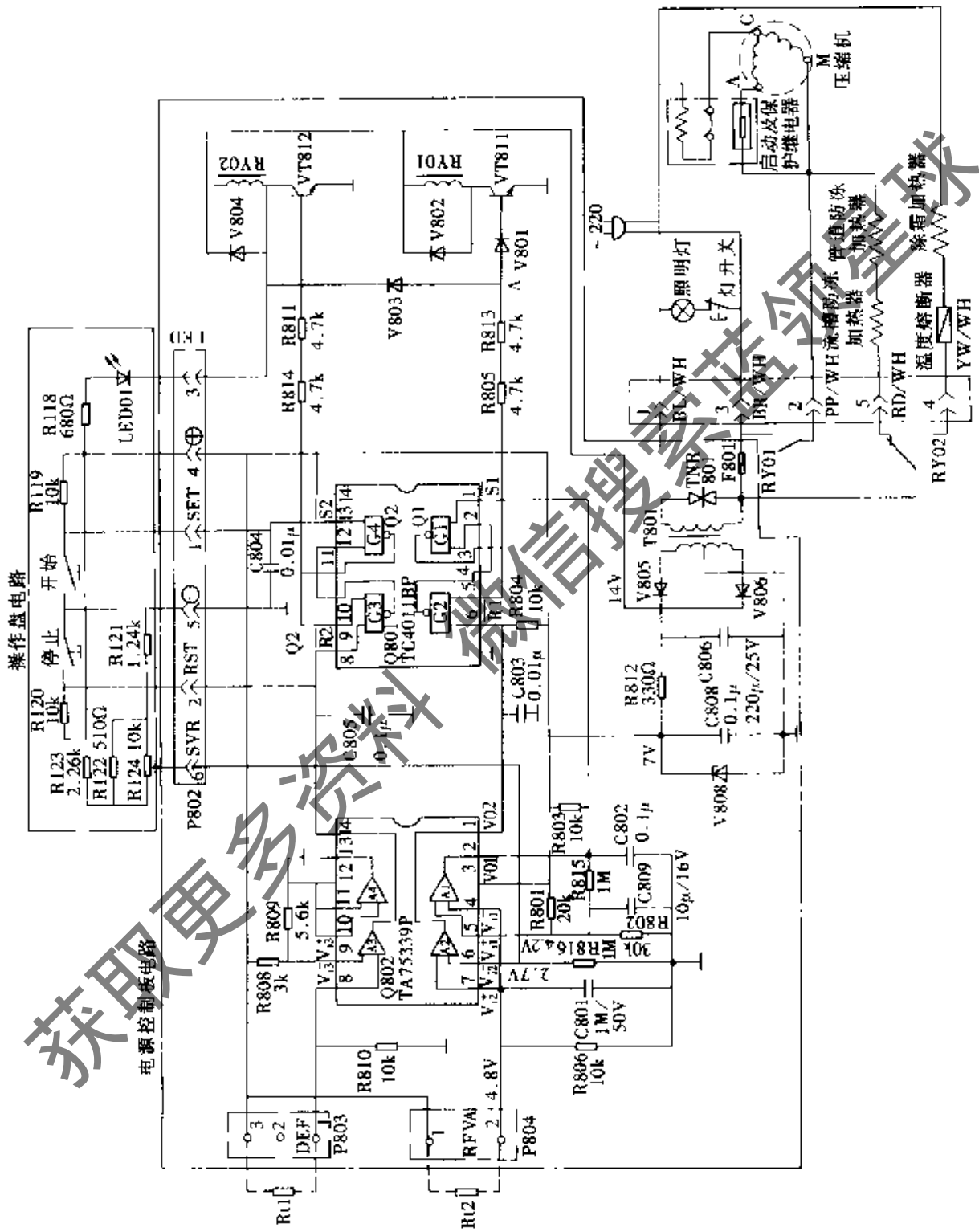


图 3-36 东芝 GR 型电冰箱电路原理图

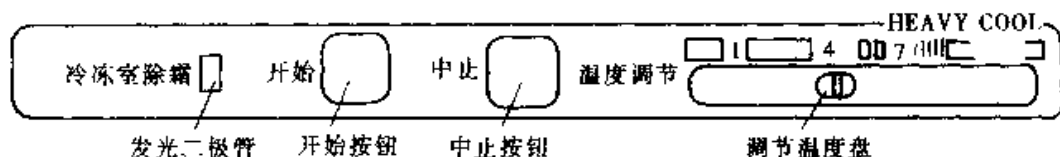


图 3-37 东芝电冰箱操作盘

电源控制板相连。它的作用是在冷冻室除霜结束后，即当冷冻室蒸发器被加热到 8.5°C 以上时，其阻值也随之降低，然后通过电源控制板的控制作用，将除霜加热电路断开，停止加热，并立即接通压缩机电源，重新恢复制冷运行。

2. 电子温控型电路的工作原理

在图 3-36 所示的东芝 GR 型电冰箱控制电路原理图中，操作盘上有六个引线插脚（具体见图中上部虚线方框所示），其中，“1”脚接 SET 端，按下操作盘上的“开始”（START）键，使 SET 端接地，就可将继电器 $Ry02$ 的电流线圈接入电路，给除霜加热器通电，进行加热除霜。“2”脚接 RST 端，按下操作盘上的“停止”（STOP）键，使 RST 端接地，结束除霜加热状态，并使除霜指示灯熄灭。“3”脚接 LED 端，控制发光二极管电路，Q812 截止时使 LED 端为高电位（14V 左右），发光二极管熄灭。“4”脚接 TV 电源正极。“5”脚接地。“6”脚接 SVR 端，在调节温度时，即改变调温电位器的滑动臂时，SVR 端输出的基准电压范围为 2.1 ~ 2.9V。

（1）控制电冰箱内温度。移动操作盘上调温电位器 $R124$ 的滑动臂，就可改变 SVR 端输出的基准电压值（在 2.1 ~ 2.9V 间变化），这个基准电压用来与冷藏室温度传感器送出的信号电压作比较，从而控制电冰箱内温度。

当电冰箱内温度升高时，冷藏室温度传感器电阻 $Rt2$ 的温度也随之升高，其电阻值便随温度升高而减小。从图 3-36 中可知：Q802 第 4、7 脚的电压就会随之升高，当 4、7 脚的电压高于第 5、6 脚中电压较高的那只脚电压时（一般 5 脚电压较高、6 脚较低），1 脚就输出高电位，2 脚输出低电位。这时 Q801 的 6 脚和 1 脚也分别为高电位和低电位，使得 Q801 的 3、5 脚连接在一起的输出端变为高电压。从而使 VT811 饱和导通， $Ry01$ 线圈接通电流，其触头接通压缩机电源，此时电冰箱开始制冷。随着制冷时间增加电冰箱内的温度不断下降，传感器 $Rt2$ 的阻值随之增大，Q802 第 4、7 脚的电压便降低，当 4、7 脚电压低于 5、6 脚中电压较低的那只脚电压时，Q802 的第 1 脚便改为输出低电位，2 脚便改为输出高电位。与前述相反，Q801 的 3、5 脚便翻转为低电压，于是 VT811 截止， $Ry01$ 断电，压缩机停止运转，制冷停止。上述过程周而复始地进行，从而使电冰箱内温度稳定在某一范围内。若要改变电冰箱内温度，只要改变 $R124$ 的滑动臂位置即可。

（2）电冰箱的启动与保护控制。构成电冰箱的启动与保护控制电路的主要元件有集成块 Q802 的 A1、A2，Q801 的 G1、G2，开关三极管 VT811 和继电器 $Ry01$ 。当电冰箱内温度高于通过调温器设定的温度时，信号电压高于基准电压，电源控制板的开关三极管 VT811 被导通，将继电器 $Ry01$ 接入电路，使常开触点闭合，电流通

过保护开关、电机绕组及 PTC 元件，两绕组便产生旋转磁场使电机运转起来，而 PTC 元件随着温度升高其阻值增大，最后使启动绕组处于开路，运行绕组则继续通电运转而完成启动过程。当压缩机温度过高或电流过大时，保护开关的双金属片受热变形而使触点断开，切断电路保护电机。若无故障出现，则由冷藏室温度传感器传出的信号电压与 SVR 端输出的基准电压相比较以控制压缩机的开停。如两电压相等，则控制板将开关三极管 VT811 由导通变为截止，切断 Ry01 的电路，令压缩机停机。

(3) 防冻加热控制电路：对于东芝 GR 电冰箱，若继电器 Ry01 和 Ry02 都没接入，电冰箱的防冻加热器开始工作。由于继电器 Ry02 的电流线圈无电流通过，于是 Ry02 的常闭触点让电流流经过载保护器、压缩机电机绕组、流槽防冻加热器、管道防冻加热器等部件，并对流槽和管道部位进行防冻加热。由于防冻加热器的电阻远大于电机绕组电阻，故电机不运行。

(4) 除霜过程控制。当电冰箱蒸发器上的霜层达到 5mm 以上时，便需要进行除霜，否则会严重影响蒸发器的制冷性能。按下操作盘上的“开始”（START）键，将 SET 端接地，于是电源控制板上的集成电路 Q801 的 11 脚输出高电位，使开关三极管 VT812 饱和导通，从而将继电器 Ry02 的电流线圈接入电路，让常闭触点断开而接合常开触点，常闭触点断开使流槽和管道加热器停止加热，而常开触点的闭合则让除霜加热器通电，对蒸发器进行加热除霜。由于在电路中接入了两个二极管 V803 和 V801，保证了在开关三极管 VT812 导通时，开关三极管 VT811 截止，所以在电路进行除霜工作时压缩机处在停机状态。VT812 饱和导通使操作盘上除霜指示灯（发光二极管 LED01）接上正向电压而发亮，表示电冰箱正在进行除霜工作。

电源控制板的集成电路规定了除霜的基准电压为 4.4V。除霜过程使蒸发器表面的霜层融化，也使冷冻室的温度升高，使室内温度传感器的电阻 Rt1 降低，送到集成块 Q802 的第 8 脚的信号电压逐渐升高。当冷冻室的温度升到 8.5℃ 以上时，信号电压变成 4.4V，与基准电压持平，于是电源控制板上的集成电路 Q802 的第 14 脚电压为 0，与之相接的集成电路 Q801 的第 8 脚电压也变为 0，从而使 11 脚电压降低为 0，令开关三极管 VT812 截止，关闭继电器 Ry02 的电路，使除霜加热器的触点断开而停止加热。VT812 截止使发光二极管接上反向电压，指示灯熄灭。

除霜停止时，Ry02 使接通除霜加热器的触点断开而使连接防冻加热电路的触点重新闭合，但防冻加热器并不立即加热。这是由于冷冻室温度为 8.5℃ 以上时，冷藏室蒸发器表面的温度已升至 3.5℃ 以上，信号电压高于基准电压，电源控制板相应接通压缩机电机电路重新进行制冷运转，所以防冻加热电路被短路而不能工作。若需中途停止除霜，按下操作盘上的“停止”（STOP）键即可。此键按下，RST 端便接地，集成电路使开关三极管 VT812 由导通变为截止，同样可终止除霜工作，并使指示灯熄灭。

东芝 GR 型电冰箱冷冻室的除霜方式采用电子控制，但其除霜操作是以人工操

作开始，自动结束，故仍属于半自动除霜。由于接入了除霜加热器，除霜速度快，除霜过程中冷冻食物的温升较小，从而延长了冷冻食物的存储时间。另外，箱内温度调节在箱外进行，使用较方便。

(五) 典型电冰箱控制电路实例分析

1. 万宝 BCD-158A 双门直冷式电冰箱控制电路

图 3-38 所示为万宝 BCD-158A 电冰箱控制电路原理图。这种类型的双门直冷式电冰箱只装有一个温控器在冷藏室内，它采用的是定温复位型温控器，即温控旋钮从“1”点位置（热点）旋到“6”点位置（冷点）时，无论温控器如何调节，当冷藏室蒸发器表面达到 4.5°C 左右时，压缩机便启动运行。即停机时无论温度如何变化，开机时冷藏室内的温度总是固定的，而冷冻室停机时的温度冷点为 -18°C ，热点为 -14°C 。

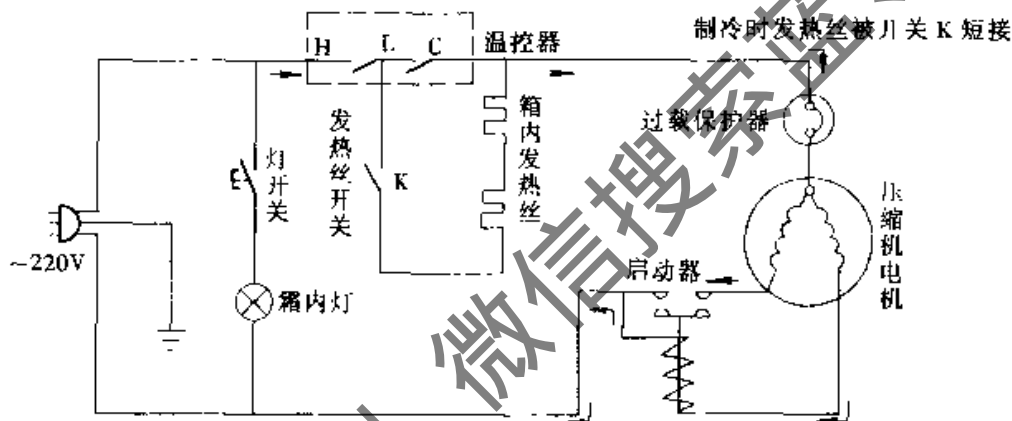


图 3-38 万宝 BCD-158A 电冰箱控制电路原理图

该温控器有两个触点 HL 和 HC。当温控器调到“ON”位置时，HL 和 LC 触点均闭合，温控器在 1~6 点位置时，HL 触点一直是接通的；只有旋到“OFF”位置时，HL 触点才断开，使压缩机停止工作。LC 触点则根据温控器所调旋钮位置的不同，而在对应的不同温度点上自动断开停机，停机后，当冷藏室温度升至 $4.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 时，LC 触点闭合，使箱内发热丝短路（假定发热丝开关已闭合时），而压缩机运转制冷。当蒸发器表面达到停机温度时，温控器使 LC 触点开启，压缩机停止运转。电路中串入发热丝到压缩机形成回路，但因发热丝的电阻比较大，使流入压缩机的电流小，压缩机停转。电热丝由两组串联工作，一组装在毛细管出口处，以防管口结霜造成冰堵；另一组装在温控器感温管位置相对应的箱体内胆外面，以补偿温控器的复位温度，并兼作融化排水槽的冰块。

当气温较低时，箱内外温差不大，温控器感温点要升到 4.5°C 需要很长时间，这时冷冻室也随之逐渐升温。当冷藏室的温度回升到压缩机运转温度时，冷冻室也可能升温到 0°C 以上，这样，原来已冻结的食物将会软化，结霜也会化成水，而制冷开始后不久，冷藏室温度又很快达到停机温度，但此时冷冻室还没有充分冷却，达不到冷冻食物的目的。因此，在冷藏室装上一组功率很小的发热元件，给箱内补

偿少量的热量，一旦电冰箱停止运转，发热元件就自动接通，适当加快冷藏室的升温速度，以尽早开始下一次制冷。这样，冷冻室温度可以保持在一定的低温范围，当下一次制冷开始时，发热元件被短路，停止发热，也不会影响冷藏室正常降温。这套热量补偿装置耗电很少，只有15W。在环境温度高时，可不必使用。因此，在温控器盒的侧面安装了一个节电开关，夏天时可以将它断开，气温低时再接通。

2. 华凌 BCD-182 电冰箱控制电路

图3-39所示为华凌BCD-182电冰箱控制电路图。图中上下两个按钮开关分别由电冰箱的冷藏室门、冷冻室门控制。门关上时，按钮开关处在闭合状态；门开时，按钮开关处在初始状态。当电冰箱接通220V、50Hz交流电源时，定时器电机MT、风扇电机MF和压缩机MY通电工作，电冰箱开始制冷。其电流回路为：

电源 L → 温控器 K → 定时器触点 3,4 → 定时器电机 MT → 双金属片开关 → N
 电源 L → 温控器 K → 定时器触点 3,4 → 风扇电机 MF → 按钮开关触点 3,2,1 → N
 电源 L → 温控器 K → 定时器触点 3,4 → 过载保护器 → 压缩机 MY → N

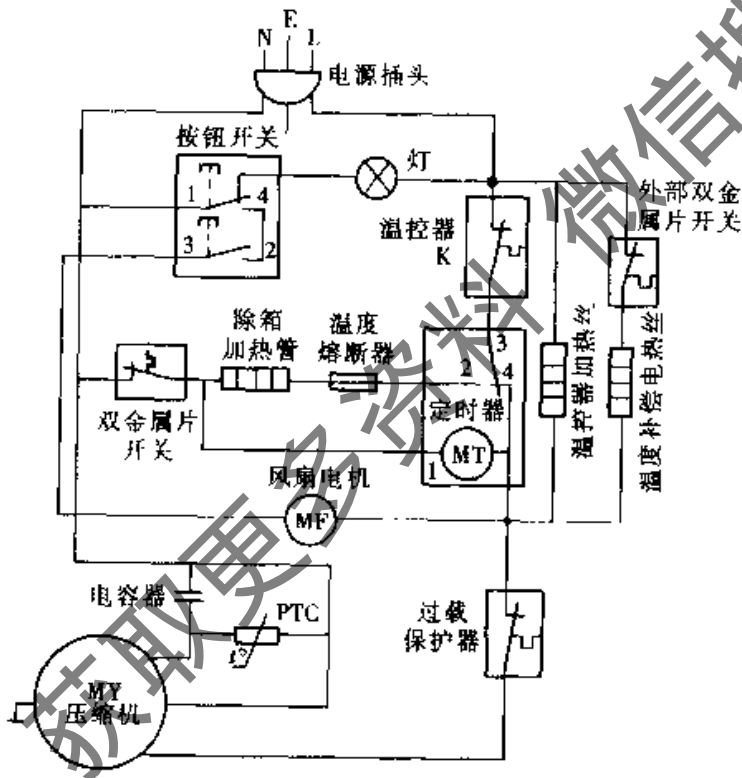


图3-39 华凌 BCD-182 电冰箱控制电路

的除霜电路工作，其电流回路是：

电源 L → 温控器 K → 定时器触点 3、2 → 温度熔断器 → 除霜加热管 → 双金属片开关 → N。

在除霜电流回路中，由于除霜加热管的工作，使箱内温度升高而将霜除去。当达到一定温度时，双金属片开关动作断开或者温度熔断器熔断，从而引起除霜加热

当开启冷藏、冷冻室中的任何一扇门时，风扇电机失电不工作。当电冰箱的温度达到设定温度时，温控器K的触点动作断开上述电流回路，定时器电机MT、风扇电机MF、压缩机MY失电停止工作。

从图中可知，定时器MT（实际上是除霜定时器）是与压缩机MY并联而与温控器K串联，为累积式除霜电路。当压缩机MY累计运行8~10h时，定时器MT电机旋转带动其内部机械装置到一定位置使定时器的触点3、4转换到触点3、2处时，电冰箱

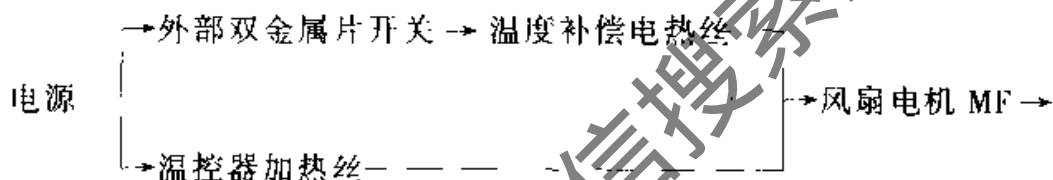
管失电停止工作。

只有在双金属片开关断开、温度熔断器没有熔断、电路正常的情况下，由于定时器电机 MT 的直流电阻为 $30\text{k}\Omega$ 远远大于风扇电机 MF 的直流电阻和除霜加热管的电阻，此时定时器电机 MT 通过作为导线的风扇电机 MF 线圈和除霜加热管而得电工作，其电流回路是：

电源 L → 温控器 K → 定时器触点 3、2 → 温度熔断器 → 温度加热管 → 定时器电机 MT → 风扇电机 MF → 按钮开关触点 3、2、1 → N。

当定时器 MT 电机旋转而带动其内部机械装置到设定位置使其触点 3、2 转换至触点 3、4 处，则电冰箱又恢复到前述刚接通电源的工作状态。

在除霜电路开始工作时，定时器电机 MT、风扇电机 MF 和压缩机 MY 失电停止工作。但是由于温控器加热丝和温度补偿电热丝的电阻比风扇电机 MF 线圈的直流电阻大数百倍，此时温控器加热丝和温度补偿加热丝通过作为导线的风扇电机 MF 线圈而得电工作，其电流回路是：



按钮开关 3、2、1 → N。

当温度升高使外部双金属片开关动作断开时，温度补偿电热丝失电停止工作。

该电冰箱启动电路采用了电容启动方式和 PTC 启动继电器，即在压缩机启动绕组中串联了一个启动电容，使启动绕组的电流相位超前于运行绕组电流相位，这样可以使通过启动绕组和运行绕组的电流相位差为 90° ，并产生旋转磁场，这样一方面提高了启动转矩，同时也降低了启动电流。

当电冰箱启动时，PTC 元件温度较低，电阻较小，可近似地视为直通电路。由于压缩机启动电流较运行电流高 $4 \sim 6$ 倍，必使 PTC 温度升高，当温度升至其临界温度后，其电阻值突然增大至数万欧姆，此时能通过的电流可忽略不计，也即可以近似为开路，压缩机进入正常运行状态。

PTC 启动继电器属无触点启动器，无运动零部件，对电压的波动适用性强，而不会产生所谓触点不能吸合和不能释放的问题，且与压缩机匹配范围较大。PTC 的通断能力取决于本身的温度变化，所以压缩机停机后，必须待 PTC 的温度降到临界温度以下时才能启动，也就是说，一般要等 $4 \sim 5\text{min}$ 后才能重新启动。

过流保护器串联在压缩机的主回路上，如果回路电流升高使过流保护器触点动作断开时，压缩机断电停止工作。

当开启冷藏室门时，按钮开关触点 1、4 接通，照明灯亮。其电流回路是：

电源 L → 灯 → 按钮开关触点 1、4 → N。

3. 松下 NR-188AF 电冰箱控制电路

图 3-40 所示为松下 NR-188AF 电冰箱控制电路图。该电冰箱主要由压缩机供电电路、箱内照明电路、自动除霜电路、加热防冻电路和箱门除霜电路等组成。

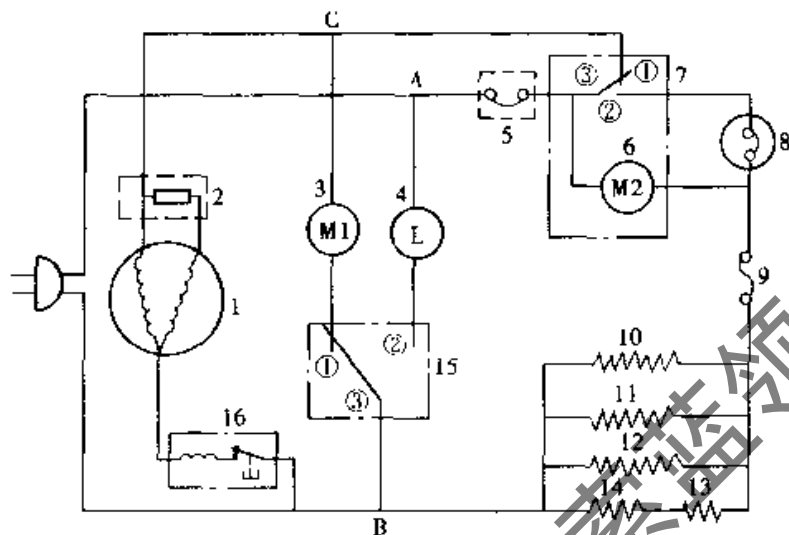


图 3-40 松下 NR-188AF 电冰箱控制电路

1—压缩机电机；2—启动电容器；3—风扇电机；4—照明灯；5—温度控制器；6—时针电机；7—定时器；8—双金属热开关；9—熔断器；10—除霜加热器；11—排水管加热器；12—风扇加热器；13—排水盘加热器；14—门框加热器；15—门开关；16—压缩机保护器

(1) 压缩机供电电路。压缩机供电电路主要包括启动继电器、压缩机保护器、压缩机电机、温度控制器和定时器等控制元器件。当温控器接通以及定时器接点③与①接通时，压缩机工作。压缩机供电回路为：

电源上端→A 点→温控器→定时器③和①→C 点→启动继电器→压缩机电机→压缩机保护器→电源下端。

压缩机保护器实际上就是一个电流过载继电器，当回路中电流过大时，保护器接头断开，压缩机电机断电，起到保护压缩机电机的作用。

(2) 箱内照明电路。当电冰箱的冷藏室门打开后，门开关的②与③点接通，这时电源与照明灯构成回路，照明灯亮。当箱门关闭后，门开关①与③接通，②与③断开，箱内照明灯熄灭。

(3) 自动除霜电路。自动除霜电路主要由温度控制器、定时器、双金属热开关、熔断器和除霜加热器等控制元器件组成。温控器触点的通断受冷冻室温度的控制。定时器电路由时针电机和接点组成。时针电机与压缩机是同步工作的，当压缩机开动累积时间满 8h 左右时，定时器的接片倒向下方，使触点③与②接通，开始除霜。此时，时针电机被短路不工作（此时压缩机也不工作）。随着除霜过程的进行，箱内温度也逐渐回升，当温度上升到一定值时，双金属热开关断开，除霜结束，同时时针电机开始工作，定时器接片倒向上方，使触点③与①接通，压缩机又

开始工作, 时针电机又开始累计时间, 达 8h 后, 再重复以上过程。自动除霜控制回路为:

电源上端 → A 点 → 温度控制器 → 定时器触点 ③ 和 ② → 双金属热开关 → 熔断器 → 除霜加热器 → 电源下端。

为了防止电路故障使除霜加热器一直工作而不断加热, 电路中还加装了 65℃ 熔断的熔丝。

(4) 风扇电机控制电路。风扇与制冷系统是同步工作的。从电路上看, 风扇电机和压缩机是并联在一起的。风扇电机的控制回路为:

电源上端 → A 点 → 温控器 → 定时器触点 ③ 和 ① → 风扇电机 M1 → 门开关触点 ① 与 ③ → B 点 → 电源下端。

(5) 加热防冻电路。为了防止蒸发器接水盘、底面出水管、风扇的叶孔圈等部件因冻结而影响工作, 在这些部件上放置有一些电热丝。如图中的 11、12 和 13 就是排水盘加热器、风扇加热器和排水管加热器。在除霜的同时, 给这些部件加热, 从而达到防冻的目的。

(6) 箱门除露电路。为了防止箱门凝露, 在箱门紧贴内表面装有门框加热器 (电热丝), 在除霜的同时, 给箱门门框加热, 达到除露的目的。

4. 双鹿三门电冰箱控制电路

该类电冰箱控制系统主要由电脑基板、传感器、压缩机、风扇电机、电动风门、除臭加热器 (兼作除霜加热器)、排水管加热器、储液管加热器、温度保险丝和开关等组成。其中电脑基板由主基板和温度调节基板组成。电冰箱的所有动作都由电脑基板按照用汇编语言编制的程序, 根据不同的反馈信息作出判断来控制。电脑基板动作顺序说明如图 3-41 所示, 其控制电路原理图如图 3-42 所示 (见文末插页)。

(1) 温度控制。该电冰箱中三个间室的温度通过设在各室内的温度传感器动作, 反馈到电脑基板, 主基板根据反馈的信号, 准确地控制压缩机的开停和设在风道内的电动风门的开启状态, 改变冷风量, 从而控制各间室的温度。

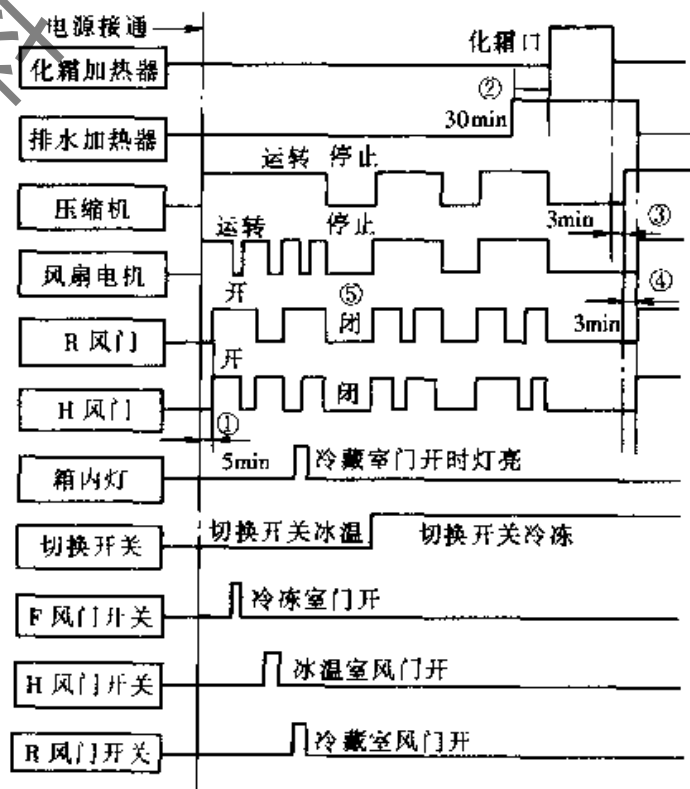


图 3-41 电脑基板动作顺序

根据温度调节基板的冷冻室温度设定电位器 VR1 设定的基准电压，用运算放大器 IC8 (F) 与 F 传感器电压进行比较，当冷冻室温度高于设定值时，IC8 (F) 输出高电平，主基板中的 CPU 即 IC1 的第 12 端输出高电平，继电器 Ry4 接通，压缩机运转。同时继电器 Ry5 接通，风扇电机运转，冷气进入冷冻室。

根据温度调节基板的冰温室温度设定电位器 VR2 设定的基准电压，用运算放大器 IC8 (H1、H2) 与 H 传感器电压进行比较，当冰温室温度高于设定值时，IC8 (H1、H2) 输出高电平，IC1 的第 12 端输出高电平，光耦合双向可控硅 IC7 导通，接通 H 电动风门，对其进行开闭控制。当 H 风门打开时，将冷气供给冰温室，由于冰温室内温度变化小，H 风门的开闭在 CPU 中是这样设定的：运转开始或箱门开闭时，H1 和 H2 输出高电平，H 风门全开；通常制冷时，H1 输出高电平，H2 输出低电平，H 风门 1/5 开；当压缩机停机时，H1 和 H2 均输出低电平，H 风门全闭。

根据温度调节基板的冷藏室温度设定电位器 VR3 设定的基准电压，用运算放大器 IC8 (R) 与 R 传感器电压进行比较，当冷藏室温度高于设定值时，IC8 (R) 输出高电平，IC1 的第 11 端输出高电平，光耦合双向可控硅 IC6 导通，接通 R 电动风门，对其进行开闭控制。当 R 风门打开时，将冷气供给冷藏室，当压缩机停机时，R 风门强制关闭。

(2) 风扇电机控制。风扇电机同压缩机运动联动，使其运转或停转；当冷冻室、冷藏室、冰温室的任何一个门打开时，由于门开关的作用，使其停转；除霜结束后，在压缩机运转开始后延迟 3min 进行工作。

(3) 冰温/冷冻切换控制。将温度调节基板的冰温/冷冻切换开关置于冷冻位置，IC1 的第 3 端输入高电平，切换成冷冻状态。在冷冻状态，根据温度调节基板的冰温（冷冻）室温度设定电位器 VR2 设定的基准电压，由运算放大器 IC8 (H1) 与 H 传感器电压进行比较，如果冰温室内温度相对于设定值发生变化，则同一运算放大器输出变化，IC1 的输出相应变化，接通 H 风门，对其进行开闭控制。

(4) 除霜控制。该电冰箱用电脑判断是否需要除霜及除霜的开始与结束，在主基板中设置的电子计时器，计时准确可靠，当压缩机运转时间积算达到 7.5h 时，IC1 的第 10 端输出高电平，继电器 Ry2 接通，排水管加热器通电，电冰箱进行 30min 的预冷。接着 IC1 的第 8 端输出高电平，继电器 Ry3 接通，除霜加热器通电，同时，继电器 Ry4、Ry5 断开，压缩机和风扇电机停转，除霜开始；除霜过程中，H 风门和 R 风门在主基板中是这样设定的：当环境温度较低时（如冬天），压缩机工作时间很短，如果仅仅靠积累压缩机工作时间来决定是否除霜，有可能因电冰箱较长时间内没除霜而使蒸发器积霜，传热性能变差。为此，该电冰箱在电脑程序中设有当压缩机累积停机时间达到 28h 时，进行自动除霜的程序。当置于蒸发器上的 2 个除霜传感器 D1、D2 感受的温度达到 8℃ 时，运算放大器 IC9 (D1、D2) 输出高电平到 IC1 的第 32、33 端，继电器 Ry3 断开，除霜加热器断电，除霜停止。压缩

机在除霜终了后 3min 开始运转，风扇电机在压缩机运转后延迟 3min 开始运转，此时，继电器 Ry2 断开，排水管加热器停止工作。

5. 三洋 SR-327VE 三门间冷式电冰箱电子控制电路

三洋 SR-327VE 间冷式电冰箱电子控制电路采用高集成度的厚膜混合集成电路 STK-630，如图 3-43 所示为该电冰箱电子控制电路方框图。

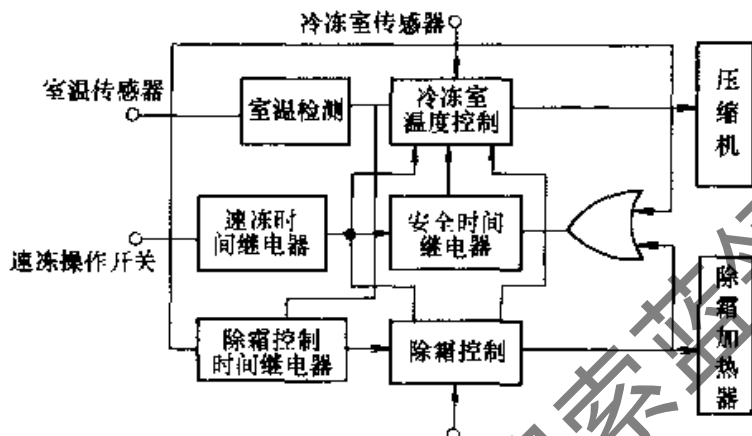


图 3-43 三洋 SR-327VE 间冷式电冰箱电子控制电路方框图

(1) 冷冻室温度控制电路。图 3-44 所示为该系列电冰箱冷冻室温度控制主电路。冷冻室的感温元件是热敏电阻 TR1，其阻值随温度降低而增大。图中电阻 R1~R4 不包括在集成电路中，为外装元件。冷冻室的温度检测是由热敏电阻 TR1 上的电压 U_1 和基准电压 U_2 作比较进行的，即温度升高时，热敏电阻的阻值减小，使 U_1 下降 ($U_1 < U_2$)，其比较结果由放大器 Q1 的输入电压来反映，并由输出电压 U_3 控制继电器 YJ1 进而控制一端双向可控硅元件 SCD1，信号输入压缩机，以达到按给定的温度变化范围来开、停压缩机，该温度变化范围的大小（即控制幅度）取决于 Q1 的输出电压 U_3 的反馈量。冷冻室温度的高低则由滑动式电位器 VR 调节。拨动 VR 的滑臂，可改变基准电压 U_2 。当 VR 调至最小值时，电冰箱冷冻室的混度为 -12°C 、称为“节制”运行；当滑动电阻臂处在中心位置时，则温度为 -18°C 。

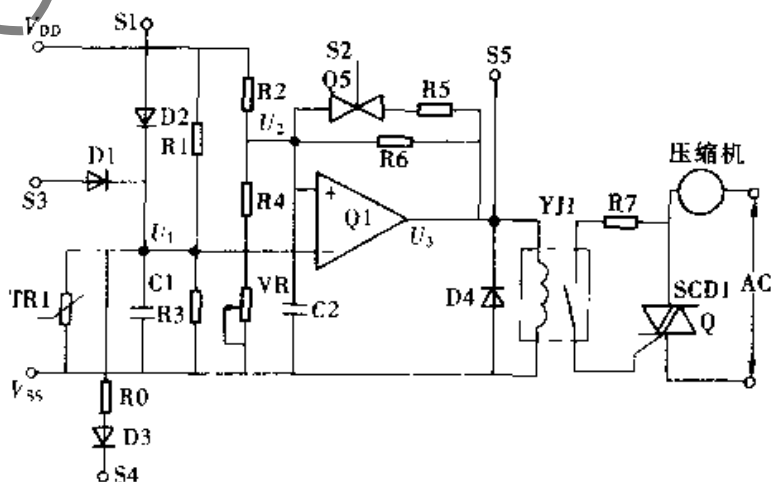


图 3-44 冷冻室温度控制主电路

两者相比，其耗电量可节约 15%。

(2) 速冻控制电路。图 3-45 所示为速冻控制电路。它采用二进制计数器 Q6 为速冻时间继电器，其中 KA1 为速冻启动开关，闭合时 V_{DD} 被送至 Q6 的复位端，计数器开始计数，此时 Q6 输出信号 S4 由高电平变为低电平，使 Q1（见图 3-44）

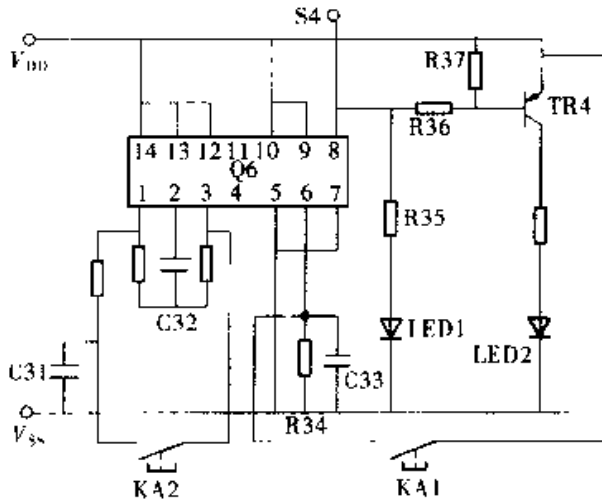


图 3-45 速冻控制电路

因输入电压 U_1 下降而导通，于是 YJ1 接通，压缩机连续运转，直至 Q6 计数结束，完成速冻程序。KA2 为速冻解除开关，它闭合后，Q6 的 1、3 端之间形成闭合回路，使反馈量增大，因此，振荡频率显著增大，促使 Q6 计数结束，则停止速冻，电冰箱转入正常运行。

(3) 除霜控制电路。图 3-46 所示为除霜控制电路。它是按压缩机累积运行时间进行除霜。当冷冻室温度控制电路输出信号 S5 为高电平时，压缩机处在运转状态，除霜间隔控制时间继电器处在计算状态。当累积运行时间的计数达到设定值时，除霜间隔控制时间继电器输出信号 S6，并被输送至除霜控制电路放大器 Q3 的输入端，于是 Q3 输出电压 U_{23} 成为高电平，使继电器 YJ2 导通，除霜电热元件开始工作。除霜加热器通电使蒸发器的温度上升，当装在蒸发器上的热敏电阻 TR2 达到设定值时，Q3 的输入电压 $U_{21} > U_{22}$ ，则输出电压 U_{23} 由高电平变成低电平，YJ2 断开，除霜结束。为了避免在速冻时发生除霜，电路中还采取了速冻优先措施。当输入速冻信号时，输出的 S5（见图 3-46）将模拟开关 Q4 关闭，YJ2 断开，停止除霜。

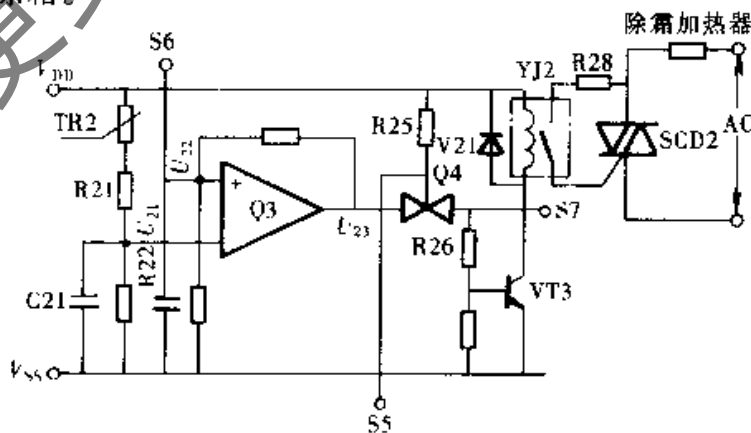


图 3-46 除霜控制电路

(4) 安全时间继电器电路。为了避免压缩机停止工作后立即再启动而造成过载，电冰箱电路中设置了安全时间继电器，以使压缩机停机后延迟一定时间，待

高、低压力接近平衡后再启动。图 3-47 所示为安全时间继电器控制电路。当压缩机停止工作时, S5 的信号电压为低电平, 除霜回路的输出信号 S7 也为低电平, 并被输入至集成电路 Q2, 使放大器的输入电压 U_{11} 小于 U_{12} , Q2 的输出电压 U_{13} 变为高电平, 即安全继电器输出信号 S3 为高电平。由图 3-44 可知, S3 使冷冻室温控回路中的输入电压 U_1 大于输出电压 U_2 , 因而压缩机保持停机状态, 只有当时间常数 $C11 \cdot R11$ 的变化使 U_{11} 继续上升并超过 U_{12} , U_{13} 由高电平变为低电平时, 才能解除 S3 对 U_1 的控制, 从而可以起到延时保护作用。一般情况下, 安全时间继电器的设定时间与除霜时间相同, 以保持电冰箱的正常运行。

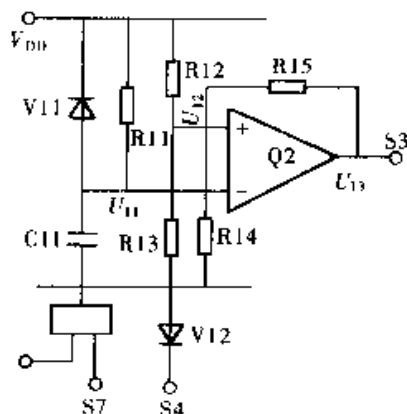


图 3-47 安全时间继电器控制电路

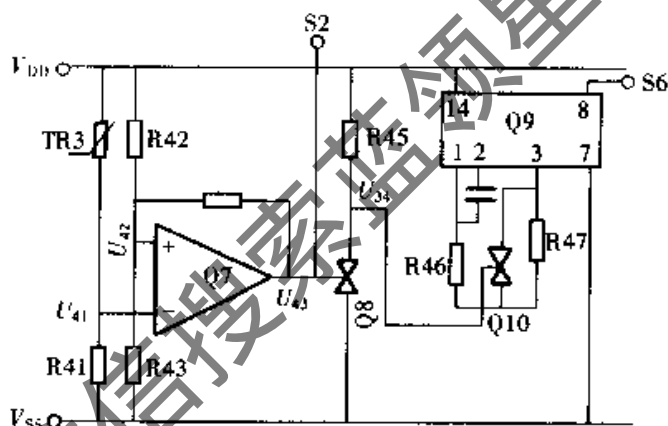


图 3-48 环境温度检测回路

(5) 节能运转。电冰箱节能运转从两方面控制。一是控制冷藏室的设定温度, 使其在环境温度低时为 7°C , 而环境温度高时为 4°C , 从而使运行的平均电流降低, 一般可节能 5%。这一控制措施, 由图 3-48 的环境温度检测回路来完成。通常将控制电路的转换点定为 20°C 。当室温低于 20°C 时, 热敏电阻 TR3 的阻值增大, 使 $U_{41} > U_{42}$, 放大器 Q7 的输出电压 U_{43} 使 S2 变成高电平, S2 输入到冷冻室温控回路中的模拟开关 Q5 的控制板上, Q5 导通, R5、R6 变为并联, U_3 的反馈量发生变化, 使基准电压 U_2 在开机时升高, 停机时降低, 从而使控制温度的幅度增大。

另一节能措施是控制除霜的时间间隔。当环境温度较低时, 将两次除霜的时间间隔延长, 减少除霜次数, 以达到节省用电的目的。在图 3-48 所示的除霜间隔控制时间继电器回路中, 当室温较低时, Q7 的输出电压 U_{43} 为高电平, 模拟开关 Q8 导通, Q10 断开。此时, 振荡回路的时间常数变为 $(R46 + R47) \cdot C41$, 加长了振荡周期, 使 S6 出现高电平的时间延长, 从而达到节能的目的。

三、电冰箱新型控制技术

电冰箱新型控制技术主要采用模糊技术控制, 模糊技术控制的电冰箱具有温度控制、智能除霜、故障自诊断等功能, 同时还具有控制精度高、性能可靠、省电等优点。

(一) 模糊控制技术概述

在日常生产和生活中，许多被控对象难以建立精确的数学模型，因经典的控制理论难于应用，就需要发展新的控制技术。模糊控制技术就是为了满足这一需要而产生的。模糊控制的优势在于：

- (1) 它不需知道被控对象或过程的数学模型，即不需要建立精确的数学模型。
- (2) 对于不确定性系统，如随时间变化的和非线性系统能有效地进行控制。
- (3) 对被控对象和过程有较强的健壮性。健壮性是指参数变化和受干扰仍能保持控制效果的性能。

模糊控制不需要建立数学模型，而是以自然语言描述控制模式，即以 IF（若）—THEN（则）规则的集合来描述。这些规则的建立，涉及到有多少影响因素，就有多少语言变量；每个语言变量有哪几个语言值，及每个语言值所对应的隶属函数，最后才是这些规则的综合。这是模糊控制应用的关键。

模糊控制是以规则库和推理算法为基础的。模糊推理的小前提中 A_1, \dots, A_n 也是模糊集，但是在实际控制中，由传感装置检测得到的是精确量，而不是模糊量。这些精确量要变成模糊量才能进行推理，这叫做模糊化。此外，模糊推理出来的结果，也是模糊集，它是无法实际执行的。传输到操作系统执行的也是精确量。因此，要将推理结果的模糊集转换成精确量，这个过程叫作精确化，也被称作去模糊或反模糊。因此，模糊控制是由图 3-49 这样一些模块组成。

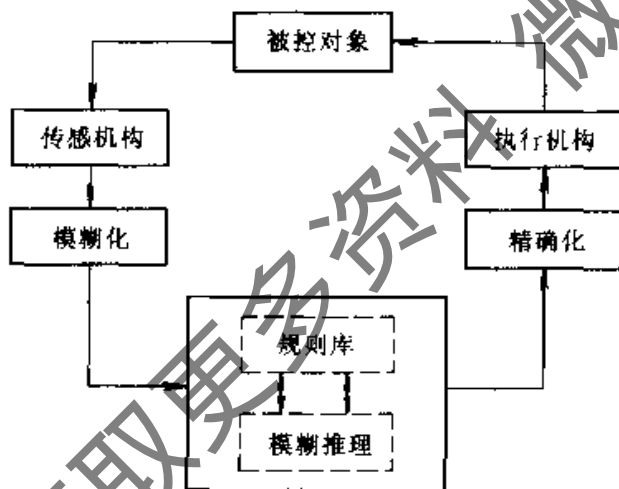


图 3-49 模糊控制组成模块

实现模糊控制，或者说开发模糊控制装置、模糊控制器，核心技术是用计算机来实现模糊规则的存储和模糊推理的运算。目前，以通用单片机加模糊控制软件的方法开发模糊控制装置是最基本的办法，家用电器的模糊控制亦如此。为了使这一开发过程更加容易，不少单片机生产厂家还生产了各种模糊控制软件开发工具。它一般有一个友好的人机界面，用户可以方便地输入语言变量、确定对应的隶属函数。

建立控制规则，可以方便地修改、编辑规则库。同时，这种工具软件还提供了模糊化、精确化和推理算法的各种方法供用户选择。它们一般还可将用户建立的模糊控制全部软件转换成某一特定的单片机的汇编代码，以便于写入单片机。这类工具，大多还有一个计算控制面，也就是模拟输入、输出关系的算法，以使用户判断开发出的模糊控制器是否能满足预定的要求。

一个完整的模糊控制器，当然还需有其他相应的电器满足相应的功能，如 A/D、D/A 转换等。此外，传感装置是检测被控对象状态，用以模糊控制的输入，

更是必不可少的部分。不同的被控对象，必须有一套可靠的传感装置。

目前，模糊控制与传统 PID 控制相结合，与人工智能的专家系统相结合，形成了功能更灵活，控制效果更好的控制系统。此外，与神经网络结合，特别是将人工神经网络的学习功能和模糊推理结合起来，形成了有在线自学习功能的模糊控制器，使开发出的模糊控制器能适应被控对象变化的状况或自动学习使用者的经验，改善控制效果。目前，还出现了与遗传算法相结合，形成了新的发展方向。

(二) 电冰箱模糊控制系统

家用电冰箱一般包括冷冻室和冷藏室，冷冻室温度一般为 $-6 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 左右；冷藏室温度为 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右。显然，电冰箱的主要作用是通过保持箱内食品的最佳温度，达到食品保鲜的目的。但电冰箱内的温度要受诸如存放的物品初始温度、散热特性及其热容量、物品的充满率及开门的频繁程度等因素的影响。电冰箱内的温度场分布极不均匀，数学模型难以建立，只有采用模糊控制技术才能达到最佳的控制效果。

为了适应家用电冰箱向大容量、多功能、多门体、多通道风冷式结构发展，达到高精度、智能化控制的目的，一些新型电冰箱采用了智能化温度控制和除霜控制。温度控制就是要根据电冰箱内存放食物的温度和热容量，控制压缩机的开停、风扇转速和风门开启度等，使食物达到最佳保存状况。这就需要传感器来检测环境温度和各室温度，并运用模糊推理确定食物的温度和热容量。智能除霜就是根据霜层厚度，选择在门开启次数最少的时间段，即温度变化率最小时快速除霜，这样对食物影响较小，有益于保鲜。这就要运用模糊推理来确定霜层厚度并考虑箱门的开启状况，经模糊推理确定除霜指令。另外，该系统还具有故障自诊断及运行状态的显示功能。图 3-50 所示为模糊控制系统控制电路框图，图 3-51 为模糊控制系统程序流程框图。

该系统采用高性能的 8 位 87C552 单片机为控制器，传感器采用热敏电阻，主要有冷冻室、冷藏室、冰温室及环温等传感器。门状态检测电路采用多个状态开关共用一根输入线，通过输入线状态变化和箱内温度变化来确定是冷冻室门打开还是冷藏室门打开。显示电路由 LED 显示和数码两部分组成。LED 显示电冰箱运行状态，数码显示则为维修人员全面检查电冰箱故障提供了有力的手段。压缩机断电时间检测克服了传统的只要控制主板上断电，无论压缩机是否已延迟 3min，都需要再延迟 3min 后才能启动压缩机的缺陷，实现了无论是压缩机自动停机还是强制断电停机，只要压缩机停电时间超过 3min，就可以启动压缩机的功能。

(三) 电冰箱温度模糊控制

电冰箱一般以冷冻室的温度作为控制目标，根据温度与设定指标的偏差，决定压缩机的开停。由于温度场本身是个热惯性较大的实体，所以系统是一个滞后环节。冷冻室的温度和食品的温度有很大差别，因此，电冰箱为了保鲜，仅仅保持电冰箱内温度是不够的，要有自动检测食品温度的功能，以此来确定制冷工况，保证

不出现过冷现象，才能达到高质量保鲜的目的。

电冰箱模糊控制是由温度传感器和具有 A/D、D/A 转换器的单片机组成。通过传感器安放在冷冻室和冷藏室的适当位置，来改变其设定位，可调节冷冻室和冷藏室的温度。当冷冻室内温度上升到高于电脑中设定的温度值，电脑通过 D/A 转换器、启动继电器使压缩机运转；当达到冷冻室温度值后，单片机就通过 D/A 停止压缩机运转

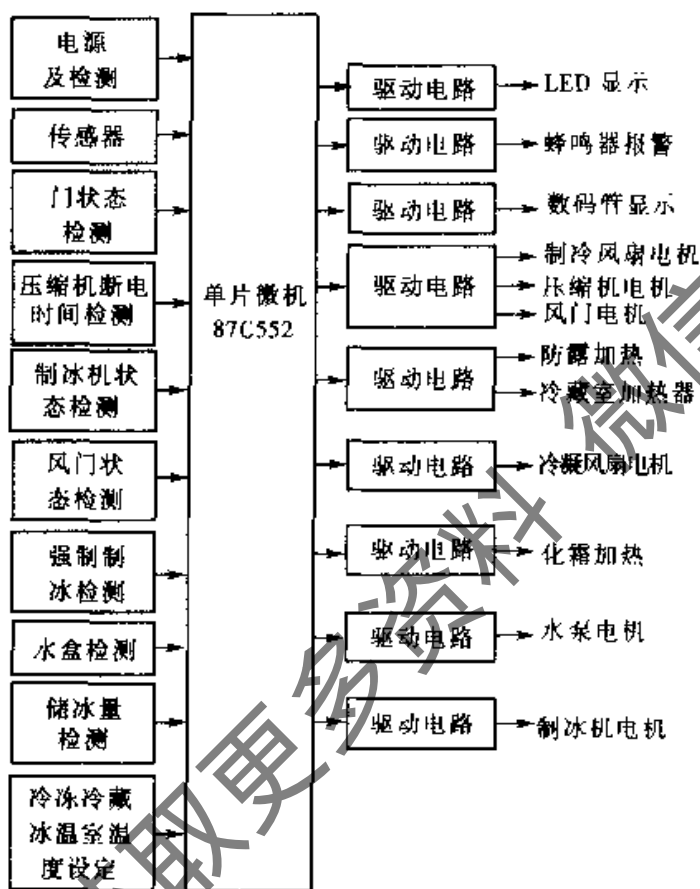


图 3-50 模糊控制系统控制电路框图

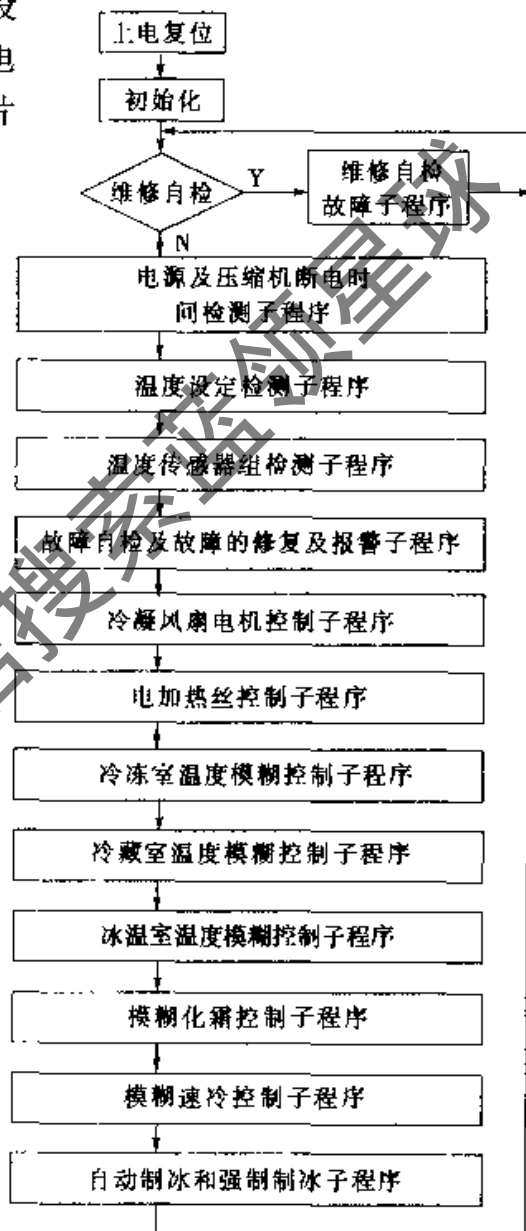


图 3-51 模糊控制系统程序流程框图

1. 食品温度及热容量的检测

为了检测放入电冰箱内食品的初始温度和食品量的多少，应用模糊推理来确定相应制冷量，达到及时冷却食品又不浪费能源的目的。因此，在食品存放电冰箱的初期，制冷系统应设法检测食品的初始温度和热容量，对食品种类和数量作综合分析。食品温度及热容量的检测是在食品放入冷冻室并关门后 5min 内进行的。一般情况下，冷冻室温度都在 -15°C 左右，当食品存入以后冷冻室温度急骤上升，上升的绝对值和变化率，决定于放入食品的温度和热容量，温度变化曲线如图 3-52 所

示。从图 3-52 (a) 可以看出, 在放入食品温度相同的情况下, 食品的重量愈重 ($Q_1 > Q_2 > Q_3$), 其温度上升变化率愈大, 制冷压缩机启动后温度的下降越缓慢。从图 3-52 (b) 可以看出, 在食品重量相等的情况下, 食品温度愈高 ($T_1 > T_2 > T_3$), 温度升高的变化率愈大, 制冷压缩机越早投入运行。通过大量实验, 摸索出规律, 建立一定的模糊推理关系。同时应该指出, 存放食品时, 门的开启时间长短, 以及室温的高低, 对冷冻室的温度也有相当大的影响, 在判断食品温度时应该综合考虑分析。

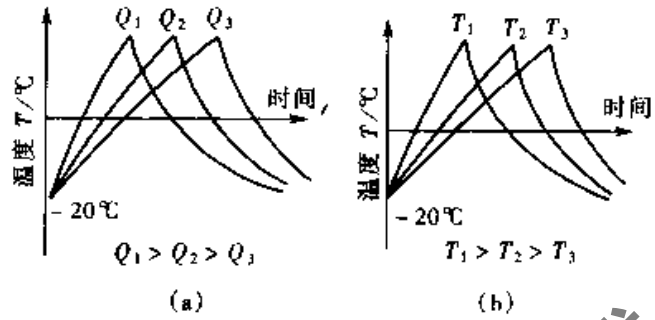


图 3-52 放入食品后冷冻室温度的变化

2. 确定食品温度的模糊推理框图

图 3-53 所示为判断食品温度的模糊推理框图。冷冻室温度传感器采集的信号

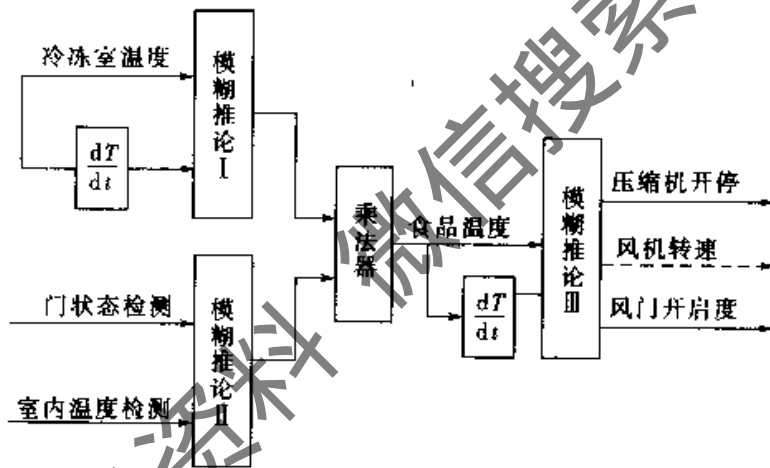


图 3-53 食品温度的模糊推理框图

和推算出的温度变化率, 经模糊推理 I 输出食品温度的初步判断, 还要根据开门状态及室温的情况加以修正。修正系数由模糊推理 II 来确定, 经乘法器运算得到推论的食品温度。

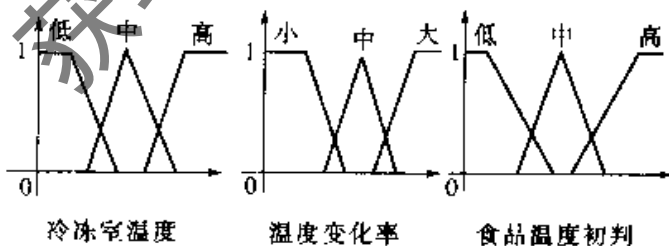


图 3-54 冷冻室及食品温度隶属函数

3. 推理规则的建立

考虑适当的精度要求, 并简化程序, 冷冻室温度论域定为 T_0 ($-5, -20$), 模糊语言值为 (低、中、高) 三挡。其温度变化率 dT 的论域为 $(0, 5)$, 分为 (小、中、高) 三挡。食品温度初判的论域为 T_1 ($0, 30$), 分为 (低、中、高) 三挡。它们的隶属函数如图 3-54 所示。

模糊控制规则用条件语句表示则为：

IF $T_0 = \text{高}$ AND $dT_0 = \text{大}$ THEN $T_1 = \text{高}$
 IF $T_0 = \text{中}$ AND $dT_0 = \text{中}$ THEN $T_1 = \text{中}$
 ∴ ∴ ∴

上述语句共有 9 条，用表 3-5 来表示。

表 3-5 条件语句表示冷冻室与食品温度的关系

冷冻室温度论域范围	变化率大	变化率中	变化率小
高	高	高	中
中	高	中	低
低	中	低	低

考虑环境温度 T_e 和开门时间 t_k ，食品温度应乘以修正系数 k ，可以用下列条件语句来描述：

IF $T_e = \text{“高”}$ AND $t_k = \text{“长”}$ THEN R “大”
 ∴ ∴ ∴
 IF $T_e = \text{“低”}$ AND $t_k = \text{“短”}$ THEN R “小”

用推理规则来表示则见表 3-6 中所示。各变量的隶属函数如图 3-55 所示。

表 3-6 条件语句表示环境条件与修正系数的关系

开门时间	长	中	短
环温高	大	大	中
环温中	大	中	小
环温低	中	小	小

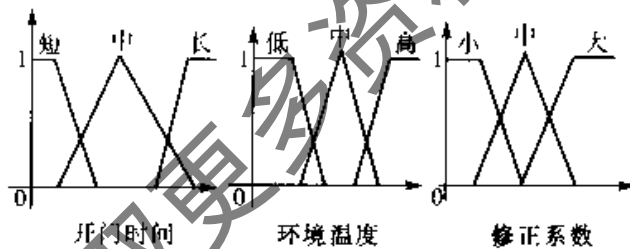


图 3-55 修正系数隶属函数

4. 制冷工况的控制决策

由食品温度和食品温度变化率，通过模糊推理，作出制冷工况控制决策。食品温度的论域为 $(0, 20)$ ，语言模糊子集取（低、中、高）三档。温度变化率论域 $(-5, 5)$ ，语言模糊子集取正大

(PB)，正小 (PS)，零，负小 (NS)，负大 (NB)。制冷工况的控制决策的规则可表示为：

若食品温度高、变化率大，则压缩机开，风机高速运转，风门开启；若食品温度低、变化率小，则压缩机关，风机低速运转，风门开启。类似规则共有 15 条。

(四) 电冰箱除霜模糊控制

传统的除霜控制装置是由除霜定时器来控制。定时器对压缩机开启的时间进行计时，当计时超过设定值（如 8h）时，定时器即由一个接入其电路的电阻，接通电流后产生热量（该电阻放在蒸发器下部，称除霜加热器）来加热蒸发器，用以除

掉结在蒸发器上及冷冻室内壁的霜层，当除霜加热器工作到设置的时间时，便断开电阻电路，并启动压缩机工作。

上述传统的除霜控制装置的缺点是其控制值都是事先设定的，易使许多能量消耗在目的相异的各种动作及因缺少灵活性而发生的各种多余动作，并造成器件因频繁开启而造成的器件损坏，同时温度的起伏较大。为了克服这种确定性的控制缺点，可采用模糊控制的智能除霜。这种控制是平缓的连续过程，解决了电冰箱内起伏较大的温度变化。

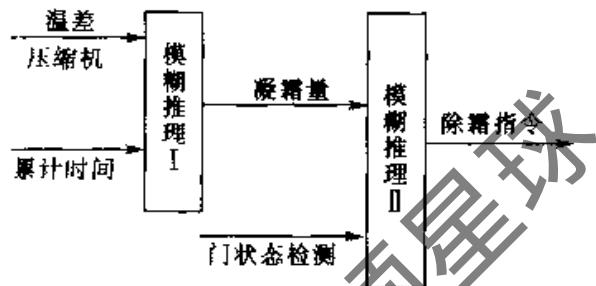


图 3-56 除霜控制推理框图

模糊控制的智能除霜采取了与传统除霜控制大为不同的策略。控制目标是除霜过程要对食品保鲜质量影响最小。

为此除了根据压缩机累计运行时间 (t) 及蒸发器制冷剂管道进、出口两端温差 (ΔT) 来推断着霜量 (Q) 外，还要由凝霜量及门开启间隔时间 (L) 的长短来确定是否除霜。也就是说，选取门开启间隔时间长的，也就是开门频度低的时段除霜，以达到最理想的保温效率。除霜控制推理框图如图 3-56 所示，有关的规则如表 3-7、表 3-8 所示。

表 3-7 凝霜量推理规则表

压缩机累加运行时间 t	制冷剂进、出口两端温差 ΔT		
	S (小)	M (中)	B (大)
S (短)	B (薄)	JB (较薄)	M (中)
M (中)	JB (较薄)	M (中)	JH (较厚)
L (长)	M (中)	JH (较厚)	H (厚)

表 3-8 除霜决策 (动作) 推理规则表

门开启间隔 L	着霜量 Q		
	薄	中	厚
短	OFF	OFF	ON
中	OFF	OFF	ON
长	OFF	ON	ON

第二节 空调器控制系统

空调控制系统主要控制空调装置正常运行，防止压缩机和风扇电机因其过载而烧毁。空调装置的控制系统的控制特点可分为有触点控制系统和无触点控制系统。

有触点控制系统主要用在一些机械式温控的空调装置上，其控制系统主要由压

缩机电动机、功能选择开关、温控器、定时器、过载保护器、继电器等部件构成。温控器可以控制室内温度保持在设定值，该类温控器不能设定一个准确的温度（如 26°C ），只能设定一个温度范围，比如0~6挡，挡位越高，温度越低。功能选择开关可以选择强冷、弱冷、高风、低风等功能。

无触点控制系统主要是指电子式控制系统，普遍采用遥控器、线路板、接收器等电器部件。现在的空调装置大多采用无触点控制系统。

除了制冷循环系统和空气循环系统外，电器控制系统是空调装置的三大系统之一，它具有如下一些功能：

(1) 自动控制室温。空调装置可以通过温度传感器测量房间内的实际温度，然后将房间内实际温度与设定温度相比较，根据两个温度的差值来决定空调装置的开、停，从而将室温控制在一个理想的范围内。如制冷时，当室内实际温度比设定温度高时，空调装置会继续运转，当房间温度下降到比设定温度低 1°C 时，空调装置就停止制冷。当房间温度又回升到比设定温度高时，空调装置又开始制冷。

(2) 风速控制。空调装置风扇电机一般设有三速（高、中、低）或两速（高、低），设定高风速可以快速制冷、制热；用低风速可以降低噪声。

(3) 自动摆叶。空调装置的出风栅一般都有竖摆叶和横摆叶。自动摆叶功能就是使出风摆叶自动摆动，使空调装置的出风可以吹向房间的各个方向，保证房间温度均匀。

(4) 延时启动。如果压缩机停止运转后马上重新启动，在空调制冷系统中，高、低压力没有来得及平衡，使压缩机启动困难，甚至因过载而烧坏压缩机。延时启动功能就是保证压缩机停机后，如果再启动，必须经过一段时间来平衡系统中的压力，如压缩机停机后至少3min后才能再启动。

(5) 过电流保护。空调装置正常运转时，随着环境温度等因素的变化，运转电流也会变化，如果电流过大可能会导致压缩机损坏。过电流保护装置可以根据运转电流的大小，控制压缩机的开停。

(6) 自动除霜。空调装置在制热时，由于室外热交换器蒸发温度低，会在换热器表面形成一层霜或者冰，影响换热效果。自动除霜控制器可以对室外换热器是否结霜进行判断。若结霜，就控制空调装置进行除霜运转，融化霜层。

一、空调器电机

空调装置中压缩机电机长期与制冷剂、冷冻润滑油接触，又承受着高温、高压的状态变化，因此，要求电机在电气方面和化学方面的稳定性必须可靠，以下对电机提出了一些特殊的要求。

1. 耐高温

电机装在封闭壳体内，由于汽缸压缩制冷剂气体产生的热量、电机散发热量以及运动部件之间产生的摩擦热使封闭壳体内的温度较高，导致电机绕组温升高达 120°C 以上。压缩机电机在如此高温的环境下工作，将使绝缘材料老化，使绝缘性

能降低,容易使发动机发生短路烧毁。又如启动电流和制动电流那样的大电流,也易使电机绕组异常发热,甚至烧坏。在压缩机电机的绝缘等级上一般采用 E 级和 F 级绝缘,其极限工作温度分别为 120°C 和 150°C 。

单纯从提高绝缘材料的耐热性能还不够,积极的措施是降低壳内温度。具体办法是降低进入压缩机机壳的过热蒸气温度,以过热蒸气来冷却电机绕组,进气口尽量对着电机定子。

2. 具有较大的启动转矩

压缩机电机在启动瞬间就要承受最大负荷,所以要求它具有较大的启动转矩,而且压缩机启动频繁,电机绕组温度可达 100°C 以上,造成绕组电阻增加,致使电机的启动转矩有所下降。考虑到以上各因素的影响,为确保电机在较低的电压下能顺利启动,充分利用电机启动绕组的作用,将启动转矩倍数(启动转矩与额定转矩之比)由一般电机的 $1.4\sim 2$ 倍提高到 $2.5\sim 3$ 倍。

3. 能适应供电电压的波动

当供电电压发生波动时,电机的转矩也将发生变化,电机的转矩与供电电压的二次方成正比,当电网电压波动幅度较大时,电机的转矩变化也很大,甚至不能使电机正常启动和运行。空调装置在使用中,其周围的环境温度变化很大,也导致压缩机的负荷变化较大,这就要求压缩机电机有较好的适应性。

全封闭压缩机电机要求供电电压的波动范围一般为 $220(1\pm 10\%)\text{V}$ 。当电源电压波动范围超出上述范围时,将会使电机不能正常启动。

4. 耐冲击和振动

全封闭压缩机电机会受到启动和停止时的机械冲击、开机时制冷剂在蒸发器中急剧蒸发引起的热冲击、制冷剂流入壳体的冲击以及启动电流引起的电磁力的冲击。

机械和电磁力的冲击会引起电机电磁线之间的相互吸引和排斥所产生的摩擦,使绝缘膜和填层遭到破坏,引起电机烧坏。制冷剂的热冲击也会使电磁线绝缘膜产生龟裂,破坏电机的绝缘。因此,绕组嵌线时要将电磁线整齐排入,压紧后还要加槽固定,此外还要将绕组两端部的导线捆包并扎紧固定,防止在槽中产生移动。

5. 耐制冷剂和油的侵蚀

电机处在制冷剂的包围和冷冻润滑油的浸泡之中,而电机的绝缘材料大多是有有机高分子材料,如绝缘漆、纸箔、电磁线的绝缘膜、捆扎线等,制冷剂和润滑油也属于有机溶剂,上述绝缘材料由于在制冷剂、冷冻润滑油高温下浸泡,很容易发生膨胀、软化或脱落,致使绝缘性能遭到破坏。因此,电机的绝缘纸、捆扎线等大多采用聚酯材料,如聚酯薄膜青壳纸,槽楔采用处理过的竹楔和层压板;电磁线绝缘薄膜可采用聚酯或聚酰胺系列材料,即采用 QZ 型聚酯漆包线或 QF 耐氟利昂漆包线,而不能使用 QQ 型缩醛型漆包线。

6. 电机引线柱要耐压、耐热

全封闭压缩机电机被封闭在壳体内，电机供电电源通过封闭的壳体时，要用专用的电机引线柱。对引线柱的要求是：能耐受压力，经受气压试验而保证不泄漏制冷剂；具有良好的绝缘性能和耐热性能，电极与柱壳间耐压为 500V 以上，直流绝缘电阻 50MΩ 以上，具有与壳体相似的膨胀系数，不因温度变化较大而发生破裂。因此，引线柱大多采用高温的玻璃或烧结陶瓷以及高分子材料（如聚四氟乙烯）制成。

引线柱可分为两类：固定绝缘物和充填可拆式绝缘物。全封闭式压缩机都采用的是固定绝缘物引线柱。

（一）单相电机

空调装置有些采用单相电源（220V、50Hz），其压缩机电机也相应为单相电机，用来驱动压缩机、送风风扇和轴流排风扇。

一般小型全封闭压缩机电机都采用单相异步电动机，它由定子和转子两大部分组成。转子由硅钢片叠压成铁心，铁心槽内浇注笼型铝绕组；定子上有两个漆包线绕成的绕组，一个是启动绕组（导线较细、电阻大），又称辅助绕组，主要用于电机的启动；另一个是运行绕组（导线较粗、电阻小），又称主绕组。

转子被直接压入曲轴上，定子铁心采用螺栓固定在机架上，或压入机体固定，图 3-57 为单相电机定子和转子外形。单相电机的绕组可采用机外保护或机内保护，这种保护方式可以在超负荷或过电流、过热情况下自动切断压缩机电机的供电电源，使压缩机得以保护。

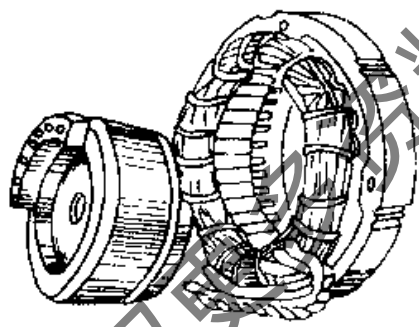


图 3-57 单相电机定子和转子外形

交流电机转子内的电流不是由外电源供给的，它是由定子磁场感应出来的。感应电流与原磁场相互作用，产生电磁转矩而使转子转动起来。为了使单相电机产生旋转磁场，必须采取一些措施。首先，在定子绕组上，单相电机的定子槽内嵌放有两个绕组，即主绕组（运行绕组）和辅助绕组（启动绕组），它们的空间角度相互成 90°；其次，要使通入主、副绕组的同一电流产生一定的相位差。为使流入两绕组的同一电流产生一定的相位差，可采用不同的方法，通常是使两绕组阻抗不同或是在启动绕组中串以电容器，使流进启动绕组的电流滞后或超前于运行绕组电流一定的相位角，从而在两绕组的共同作用下形成旋转磁场。旋转磁场的转速（也称电机同步转速）与电源电压频率成正比，与定子磁场的极对数成反比，即 $n_0 = 60f/p$ ， n_0 的单位为 r/min，旋转磁场方向从电流超前的绕组向电流滞后的绕组方向旋转。

现在全封闭压缩机中的电机，大多为 2 极电机，但也有少数采用 4 极电机，图 3-58 为 2 极和 4 极单相电机的绕组分布示意图。

（二）单相电机的类型及特点

单相电机的类型很多，有电阻启动（RSIR）、电容启动（CSIR）、电容运转（PSC）和双倍电容型（CSR）。

1. 电阻启动型（RSIR）

定子铁心上的绕组是电感线圈，当其接到交流电路中时，电流会滞后电压 90° 相位角。定子绕组中的运行绕组与启动绕组的线径和匝数是不同的，一般都是运行绕组的匝数较多，线径较粗，直流电阻较小；启动绕组的匝数较少，线径较细，直流电阻较大。这样，两绕组的阻抗是不同的，其电路如图 3-59 所示。

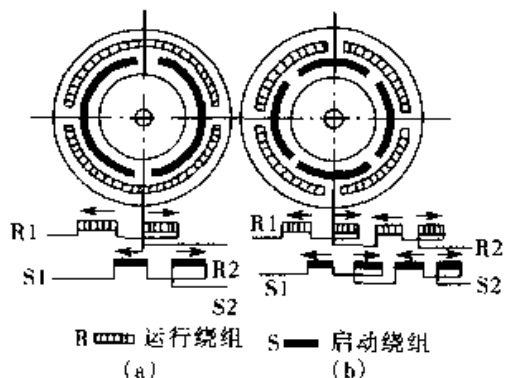


图 3-58 单相电机绕组
(a) 2 极电机；(b) 4 极电机

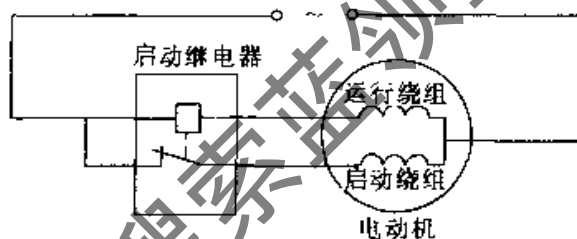


图 3-59 电阻启动型电机电路

当把这两个不同阻抗值的绕组接在单相交流电路中时，虽然输入的是同相位的 50Hz 的交流电源，但在两个绕组上却会因阻抗不同而产生不同相位的电流，起到了阻抗分相的作用。这样，在运行绕组和启动绕组中存在着有一定相位差的两个电流后，便会产生旋转磁场，使电机能够运转起来。

电阻启动型单相电机在电机启动绕组中接有启动继电器，当电机的转速达到额定转速的 70%~80% 时，启动继电器将使启动绕组脱开电路，只剩下运行绕组在电路中工作，保持电机正常运行。

该类型电机其输出功率一般在 150W 以下，为了增大启动转矩，在电机的启动绕组中接有一些反向绕制的线圈。

2. 电容启动型（CSIR）

该类型电机在结构上与上述电阻启动型相似。它是在电机的启动绕组的电路中串联一只大容量的电容器，其容量一般为 $45 \sim 100 \mu\text{F}$ ，耐压值为 450V。

在启动绕组中串入电容器后，串入的电容器的容抗大于绕组的感抗，此支路呈现容抗特性，启动绕组中的电流超前于电压一定相位，而运行绕组的感抗特性未变，其电流滞后于电压一定相位。这样就使两绕组中的电流的相位差增大，更接近于 90° 相位差，有利于电机的启动。因此，该类型电机的启动性能优于电阻启动型电机，其电路如图 3-60 所示。

该类型电机适用于输出功率较大的电机，使用中要特别注意电容器的质量。往往因电容器容量匹配不当、容量不足或耐压不够导致电机不能正常启动而被烧坏。

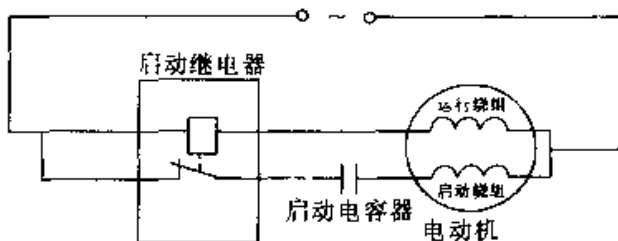


图 3-60 电容启动型电机电路

维修中，需更换电容器时，必须按原电容器的技术参数选配。在检修时，要先将电容器内所充的电用短路方式泄放掉，然后再进行检修。

3. 电容运转型 (PSC)

该类型电机为永久分相电容式，多用于小型空调装置中。电机工作时，

其运行绕组和启动绕组始终都接在电路中。其启动绕组上串联一个小容量的电容器。由于电容器的作用，使得单相电源被分成两个有一定相位差的电流，这样产生旋转磁场而使得电机得以启动和运转，其电路如图 3-61 所示。

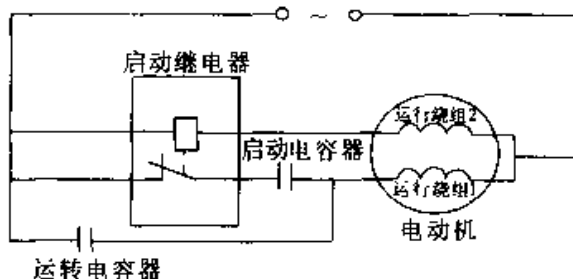


图 3-61 电容运转型电机电路

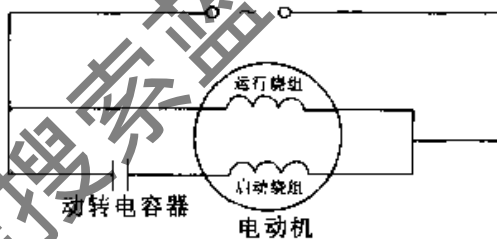


图 3-62 双值电容型电机电路

该类型单相电机有较好的运行性能，其功率因素、效率、过负荷能力都比其他类型的单相电机高，运转噪声也较小。但启动转矩较小，只适用启动负荷小的设备上，此类电机不能频繁启动。

该类型电机在电路中设有保护装置，即过负荷保护器（双金属片结构），这种保护器可以装设在单相电机的主电路上，也可以暗装在全封闭压缩机的内部（内埋式保护器）。有的电路同时有机外保护器和机内保护器，起双重保护作用。

4. 双值电容型 (CSR)

该类型电机实际上是电容启动型与电容运转型的结合，其电路如图 3-62 所示。在启动时，运行绕组 1 中串入一个大容量的启动电容器；在转入正常运行后，由于启动继电器的作用，大容量的启动电容器脱离电路，只剩下一个容量较小的运转电容器串联在电路中。

该类电机具有启动转矩大、电机效率高等特点。在其电路中也有有机外保护器或机内保护器，或同时有机内、外保护器。

(三) 三相电机

有些功率较大的空调装置采用三相电源（380V、50Hz），其压缩机电机也相应地采用三相异步电机。

三相异步电机的转子多采用笼型转子，而其定子绕组是由三相绕组组成的，如图 3-63 所示。图中用一匝表示一相绕组，它们在定子上以 120° 的间隔均匀分布，

每个绕组的首端和末端相距 180° ，它们可以接成星形 (Y)，也可以接成三角形 (Δ)。将三相绕组从定子中取出，如图 3-64 下部所示，在这三相绕组中通入三个大小相等、相位彼此相差 120° 相位角的交流电流，如图 3-64 上部所示，图中曲线表示三相电流的变化曲线。假定当电流由始端 U_1 、 V_1 、 W_1 流到末端 U_2 、 V_2 、 W_2 ，电流为正值，这时始端用 \odot 表示，末端用 \otimes 表示，当电流为零时，用 \circ 表示。图 3-64 中 0、1、2、3 各点分别表示该瞬间绕组中电流流过的情况，图中箭头表示这些瞬间合成磁场的方向。

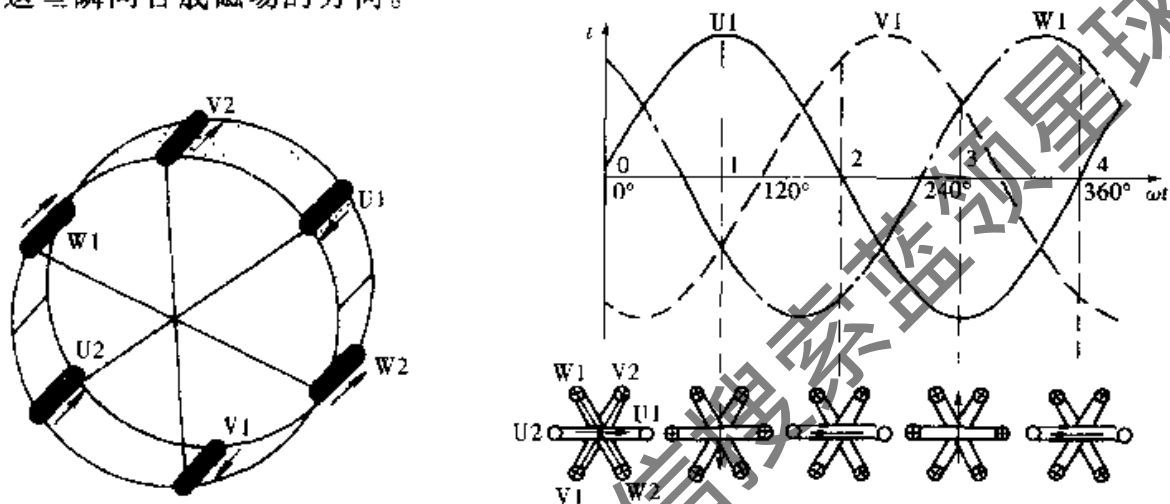


图 3-63 三相电机定子线圈示意图

图 3-64 三相交流旋转磁场

当时间为 0 时，绕组 $U_1 - U_2$ (U 相) 的电流为零，绕组 $V_1 - V_2$ (V 相) 的电流为负值，绕组 $W_1 - W_2$ (W 相) 的电流为正值，这时各绕组共同作用所产生的合成磁场的方向如左下方所示，是从左向右的。当时间为 1 时，各绕组都有电流流过，这时 U 相为正值，V 相和 W 相为负值，其合成磁场的方向如图 3-64 中对应于 1 处所示，为垂直向下的。同样，图中 2、3、4 各点的合成磁场方向也如图中所示。因此，三相交流也可以产生一个方向不断改变的旋转磁场。

三相电机在接线错误时会发生反转 (反相)，当发现反向运转时，可以用倒相的方法进行处理。将三相电机外壳上的接线盒打开后，将 U、V、W 三相接线中的任意两相调换过来即可。

三相异步电机启动方式有直接启动和减压启动两种。

(1) 直接启动。电机接通电源全电压启动，启动电流大，为额定电流的 5~6 倍，能迅速使压缩机达到正常运行状态。启动时电流大，引起电压下降，有时影响瞬时电源容量，造成电源电压波动。

(2) 减压启动。为减小启动电流，对于低负荷启动情况可以使用这种方法，如回转式压缩机可用减压启动法，通常这种方法较麻烦，在小型三相异步电机中一般不采用。

二、空调器的启动与保护装置

空调装置都采用自动控制运行方式进行工作，为了保证电机的正常启动与运行

安全，设置了各种形式的启动装置和保护装置。

(一) 启动继电器

启动继电器的作用，就是在单相异步电机启动时让启动绕组接入，使电机形成旋转磁场，且具有足够的转矩，让电机能正常启动；而当电机转速达到其额定转速的 70% ~ 80% 时，又自动将电机的启动绕组从电路中断开。在电机进行下一次启动时，又重复着上述作用。

单相电机的启动继电器有电流式启动继电器、PTC 启动继电器和电压式启动继电器，前两种继电器用于电冰箱控制电路，后一种电压式启动继电器用于空调装置控制电路中，如图 3-65 所示。

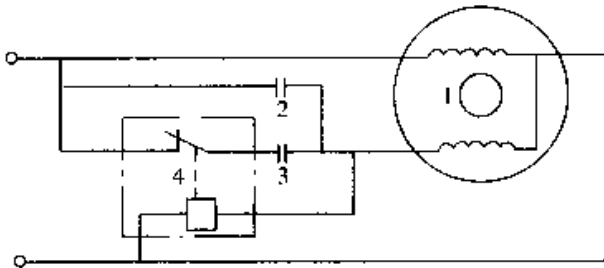


图 3-65 电压式启动继电器工作原理

1—压缩机；2—运转电容器；
3—启动电容器；4—继电器

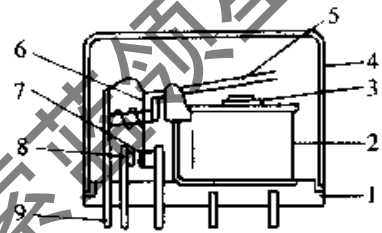


图 3-66 电压式启动继电器的结构

1—底座；2—线圈；3—铁心；4—外壳；5—衔铁；6—触点板；7—动触点；8—静触点；9—端子

1. 电压式启动继电器

电压式启动继电器的结构如图 3-66 所示，启动继电器线圈与电机启动绕组并联，常闭触点与启动电容器串联。当空调装置电源接通时，电流流过常闭触点和启动电容器，随着压缩机转速的增加，继电器线圈两端的电压也随着增加，当压缩机转速达到额定转速时，线圈上感应磁力吸住衔铁，使常闭触点断开，启动电容器从电路中被切断，空调装置完成启动过程，投入正常运行，而运转电容器仍在电路中起着改善电机运转的作用。

2. 启动电容器和运行电容器

电容器是一种充、放电的电器元件，它的充、放电作用能供给额外的电功率和转矩，在空调装置中用来启动和运转电机。空调装置中的电容器有启动电容器和运行电容器。

(1) 启动电容器。启动电容器是电解电容器，电容量较大，它有两个铝箔电极，均经过阳极氧化电解处理，极间充填电解质和绝缘层，在单相电机电路中使用时可不分正负极。容量有 25、40、75、100、125、150 μ F 等。

启动电容器是用来帮助电机启动的，启动电容器与电机的启动绕组相串联，使启动绕组中的电流相位超前运行绕组电流相位，从而形成旋转磁场而产生转矩，带动压缩机启动。启动电容器工作的时间很短，启动电流也很小。

当启动电容器与运转电容器联合使用时，启动电容器和运转电容器相并联，可增加电机的启动转矩。

(2) 运行电容器。运行电容器是油浸金属化纸介电容器，其电容较启动电容器小，一般只有几个微法。

运行电容器主要用来减小运行电流和提高电机功率因数。在电路中，运行电容器与电机启动绕组串联，与电机运行绕组并联。电压的波动、连续的过电流及过热的结果都会使电容器的效率降低，从而增加满负荷电流。

(二) 过负荷保护器

当空调室内热负荷过大、环境温度过高、室外侧冷凝器散热效果很差、压缩机卡缸、电气线路短路时，均可引起空调装置压缩机过负荷，容易将压缩机电机烧毁。所以，在空调装置中均安装有过负荷保护器，以防空调电机过负荷烧坏。空调装置中的保护器有双金属片过电流保护器和埋入式热保护器等。

1. 双金属片过热过电流保护器

图3-67为双金属片过热过电流保护器结构，它是由双金属片、壳体、动触点、静触点、调整螺钉等组成，安装在压缩机的外壳上，当压缩机超负荷运行或空调工作时的环境温度超过 43°C 时，保护器就自动切断电源，使压缩机停止运转。

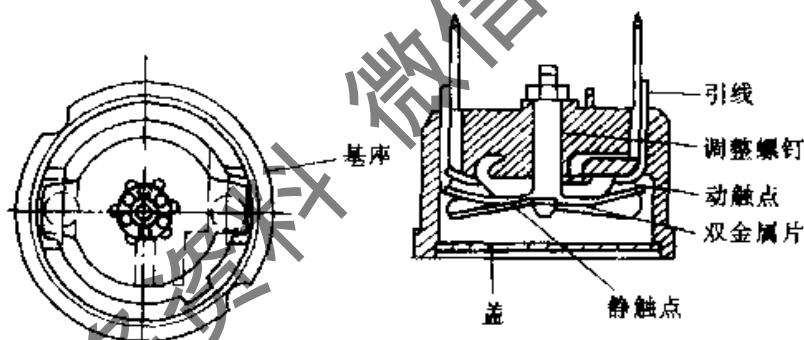


图3-67 双金属片过热过电流保护器结构

双金属片和电加热丝串联接入电路中，在双金属片下面安放镍铬丝发热元件，发热元件与双金属片正常运行时整个电路接通，当空调装置发生故障时，将产生过大的电流，该电流通过发热元件时将产生热量，使双金属片变形不一致产生挠曲，于是触点断开切断压缩机电机电温。如果压缩机本身温度过高时，同样也会使双金属片变形不一致而导致挠曲，使触点断开，切断压缩机电源。

2. 埋入式热保护器

一些功率较大的空调压缩机，多将热保护器埋入电机的绕组内，直接感受电机绕组的温度。不管是过电流或者是工作时间过长而使绕组温度升高，只要电机绕组温度超出允许范围，埋入式热保护器就会动作而切断电源，起到保护作用，图3-68为埋入式热保护器的结构。

埋入式热保护器的特点是：体积小、结构简单、性能可靠，有严格密封的绝缘

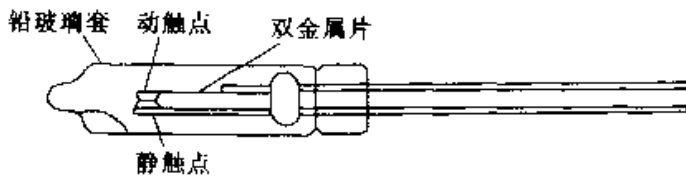


图 3-68 埋入式热保护器的结构

高低来控制压缩机的开停。当室内温度高于温控器的设定值时，温控器可使电路接通，启动空调装置运转制冷。

(一) 压力感温式温度控制器

如图 3-69 所示，压力感温式温度控制器主要是由波纹管、感温包、杠杆、调节螺钉以及与旋钮相连的偏心轮等组成。在感温包内和波纹管内均充有感温介质（如氟利昂），将感温包放在空调装置的进风口，感测室内温度变化。当室内温度变化时，感温包内感温介质的压力也随之变化，通过连接的毛细管使波纹管内压力也发生变化，其力作用于调节弹簧上，使与温控器相连的电磁开关接通或断开，而弹簧的弹力是由控制板上的旋钮控制的。当室内温度升高时，感温包内的感温介质发生膨胀，波纹管伸长，通过杠杆传动机构将开关触点接通，制冷压缩机可以启动运转制冷。当室温下降至调定温度时，感温介质收缩，波纹管收缩并与弹簧一起动作，将开关置于断开位置，使电源切断，空调停机。

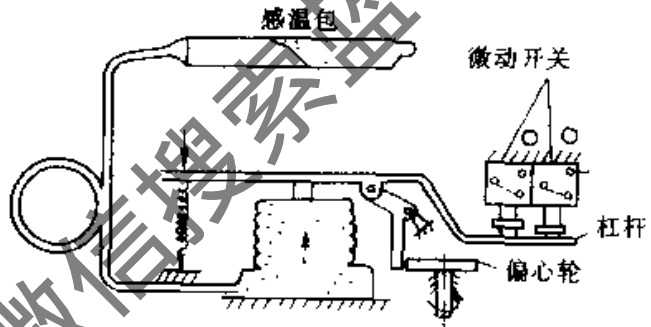


图 3-69 压力感温式温度控制器结构

(二) 电子式温度控制器

这种温度控制器主要以热敏电阻为感温元件。热敏电阻对温度异常敏感，它能随温度的变化而明显地改变电阻值。

将热敏电阻与可变电阻器一起连接在电路中，通过电路进行放大，再通过继电器来控制压缩机电机的运转和停机。

热敏电阻是根据其独特的感温特性被用于空调装置的温度控制电路中的。该温控器是根据直流单臂（惠斯登）电桥原理制成的，将电桥的一个桥路接入热敏电阻 R_1 ，作为感温元件，其电路如图 3-70 所示。

电子式温控器一般是由温控电路、过（欠）电压保护电路和延时电路等构成。

1. 温控电路

图 3-71 为常用的温控电路。它是由测量电桥、LM339 电压比较器构成，由单电源供电。LM339 的反相输入端加一个设定的参考电压，其值取决于 R_1 与 R_W $[U_R = U_{cc} R_W / (R_1 + R_W)]$ ，而同相端的电压就取决于热敏电阻 R_1 的电压降。 R_1 是负温度系数的热敏电阻，随着温度的上升， R_1 的电阻值是减小的。当环境温度

外套，以防制冷剂或润滑油的侵入。缺点是检修更换困难。

三、空调器温度控制器

空调装置中温度控制器（简称温控器）可根据室内温度

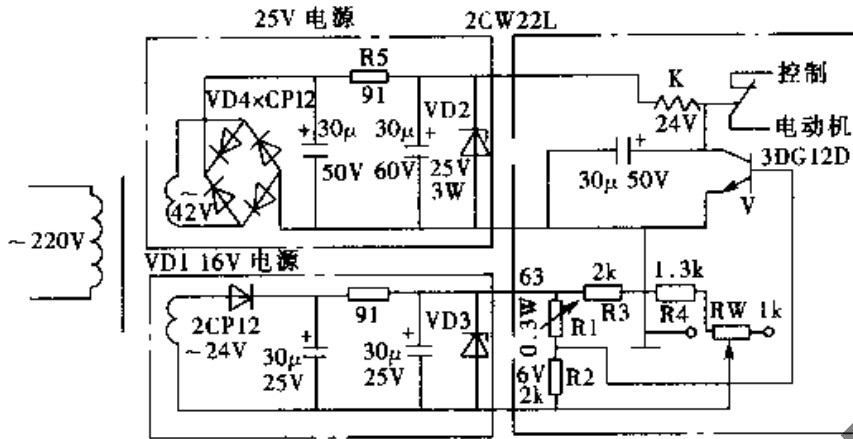


图 3-70 电子式温度控制器电路

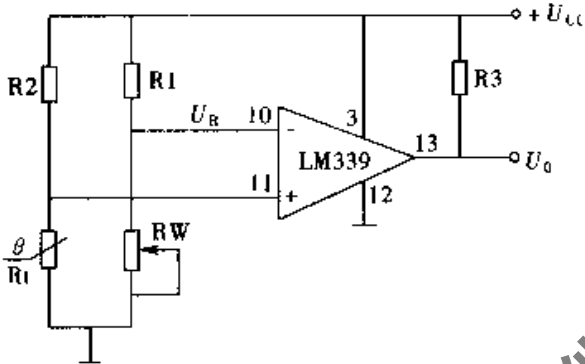


图 3-71 常用的温控电路

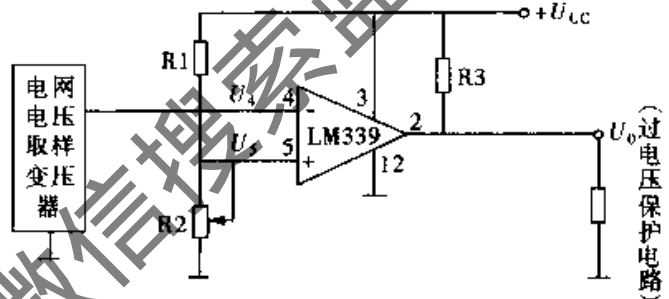


图 3-72 过电压保护电路

为设定值以下时，LM339 ⊕ 端电压大于 ⊖ 端电压， U_0 输出为高电位。当环境温度上升为设定值以上时，⊖ 端电压大于 ⊕ 端，比较器翻转， U_0 输出为零电压，这个负跳边触发后级控制电路，使压缩机工作。调节 RW 的值可以改变门限电压，即改变设定温度的大小。

2. 过、欠电压保护电路

如图 3-72 所示，当电网电压正常时，LM339 的 $U_4 < U_5$ ，输出开路，过电压保护电路不工作。当电压大于额定电压的 10% 时， $U_4 > U_5$ ，比较器翻转，输出为 0V，为后级提供触发脉冲，过电压保护电路工作，它一方面使压缩机停止工作，另一方面故障报警。

欠电压检测电路只是将取样信号的输入端与设定值的输入端对调，如图 3-73 所示。若电网电压小于额定电压的 10% 时， $U_5 < U_4$ ，比较器翻转使欠电压检测电路工作，切断压缩机电源，显示故障信号。

3. 延时电路

对于单相空调装置而言，压缩机停止运转以后，系统内高低压力的平衡需要 2~3min，如果在这段时间内再启动，就会因压力不平衡造成负荷加重，使电机无法启动而烧毁。所以一般单相空调装置都设有 3min 延时电路，如图 3-74 所示。

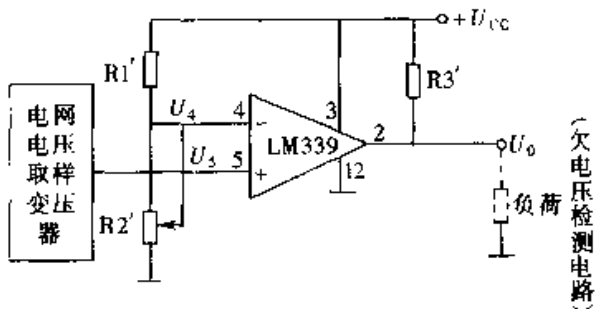


图 3-73 欠电压检测电路

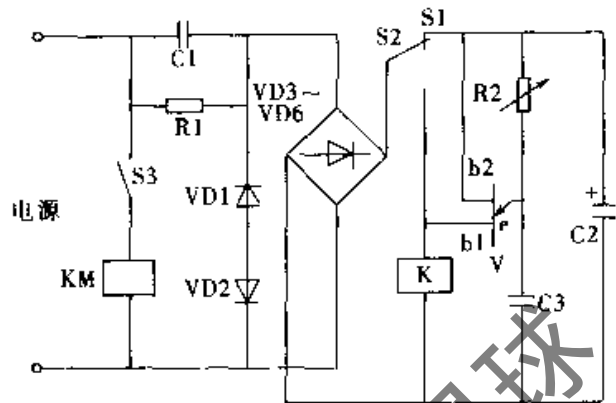


图 3-74 3min 延时电路

当接通交流电源时，电容器 C3 通过电阻 R2 开始充电，继电器 K 无电，不工作，压缩机控制接触器 KM 无电，压缩机不工作。当电容器 C3 上的电压充到等于 $7V_{BB}$ 时，单结晶体管 V 导通，继电器 K 通电吸合，其触点 K1 断开，K2 闭合自锁，K3 接通，KM 通电，使压缩机运转。

如果电源切断后马上通电，它就自动延时 3min 才供给 KM 电源，从而有效地保护了压缩机。调节 R2 的阻值可改变 C3 充电时间，相应地改变了延时时间。

四、空调器化霜控制器与压力控制器

（一）化霜控制器

热泵型空调装置在冬季工作时，由于室外环境温度低，一旦室外侧换热器表面温度达到 0°C 或更低，其表面就会结霜，随着工作时间加长，其霜层越来越厚，使气流通道阻塞，空调装置的制热量将急剧降低，甚至使空调装置不能工作。室外换热器结霜后，除非长时间停机，否则不会融化。所以热泵型空调装置必须安装除霜控制器，使室外换热器上的霜层融化。

室外换热器除霜有多种方法，主要有水冲洗、电热元件加热和热气循环加热等。其中最常用的除霜方法是热气循环加热，由化霜控制器控制四通换向阀换向，空调装置由制热状态运行变为制冷状态运行，即室外侧蒸发器转换为冷凝器运行，故能使霜层很快融化。同时在除霜期间，风扇电机电源切断，使风机不工作，这样空调装置就不会向室内吹冷风。

热气循环除霜主要分为两类：

(1) 根据要求除霜，即根据实际的霜层增长的厚度与速度来控制除霜。

(2) 根据时间周期定时切换。这种方法不管室外气温及相对湿度的高低，采用时间控制器来定时进行除霜。

上述两种除霜控制方式，前者较合理。

如图 3-75 所示，普通单感温包化霜控制器的结构与温控器相同，也是由感温包、波纹管、杠杆等组成。感温包内充有感温介质氟利昂，将它紧贴在空调装置室外侧蒸发器（制冷时为冷凝器）盘管上，来感受盘管表面温度及其周围空气温度。

当感温包温度达到 0°C 时，就切断电磁线圈电源，使换向阀换向融霜。在融霜期间，盘管表面温度不断上升，当感温包温度达到 6°C 时，化霜控制器接通电磁线圈电源，换向阀再次换向，融霜过程结束，空调装置继续向室内供热。

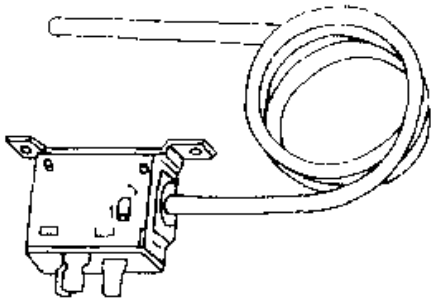


图 3-75 普通单感温包化霜控制器外形图

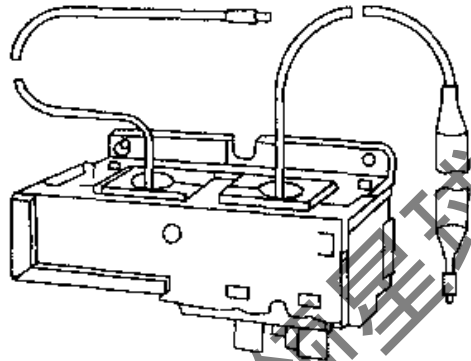


图 3-76 具有两个感温包的化霜控制器外形图

如图 3-76 所示，这类化霜控制器有两个感温包，左侧的感温包安装在室外风机进风处，当风机或换热器工作时，它可感应空气温度，右侧的感温包安装在换热器的盘管上，它感应换热器的工作温度。在正常情况下，除霜是以室外环境温度与换热器工作温度的差值来控制的，当这个差值在正常的情况下，换热器无霜，空调系统维持制热循环。当换热器上结霜时，将引起换热器温度降低而影响吸热。这样，此温度的差值也跟着增加，当差值增加到一定值时，空调系统即进入除霜循环。

(二) 压力控制器

压力控制器是一种由压力信号控制的电器开关，当空调装置中压缩机的排出压力超过设定值或吸入压力低于设定值时，压力控制器的触点分别切断电源，使压缩机停止工作，起到保护和自动控制的作用。

按压力它可分为低压、高压压力控制器。低压压力控制器在制冷系统中的蒸发压力低于设定值时，能切断电源，使压缩机停机，待压力回升后恢复开机。高压压力控制器的作用是当制冷系统的冷凝压力超过设定值时，能切断电源，使压缩机停机，起到安全保护和自动控制的作用。

压力控制器的形式很多，下面介绍一种空调装置中最常用的 KD 型高低压压力控制器结构原理。

图 3-77 为 KD 型高低压压力控制器结构及接线图，图 3-77 (a) 左边为高压控制部分，右边为低压控制部分。

低压气体通过毛细管进入低压波纹管，若低压气体的压力大于设定值时，由波纹管的弹力通过传动芯棒和传动杆 3，传动到微动开关的按钮上，并使其按下而电路闭合，压缩机正常运转。若吸气压力低于设定值时，则调节弹簧的张力克服波纹管的弹力，将传动芯棒抬起，消除传动杆对微动开关的压力，再由开关自身的张力

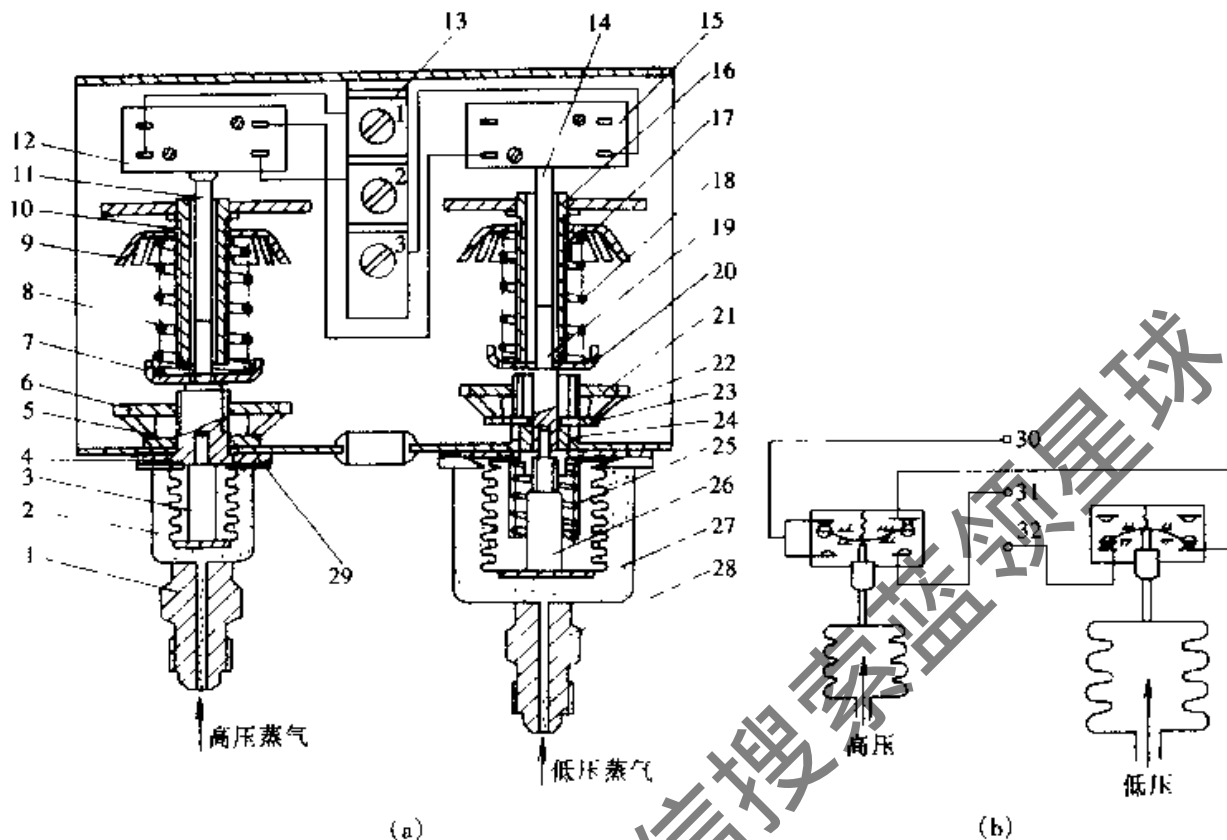


图 3-77 KD型高低压压力控制器

(a) 结构原理图；(b) 接线图

1、28 高、低压接头；2、27 高、低压气箱；3、26—传动杆；4、24—压差调节座；5、22—碟形簧片；23、29—簧片垫板；6、21—压差（差动）调节盘；7、20—弹簧座；8、18—弹簧；9、17—压力调节盘；10、16—螺纹柱；11、14 传动杆；12、15—微动开关；13—接线柱；19 传力杆；25—复位弹簧；30—接电源进线；31—接事故报警灯或铃；32—接触器线圈

使按钮抬起，于是电路断开，压缩机停转。

高压气体通过毛细管进入高压波纹管，当其压力小于设定值时，这时弹簧的张力大于气体压力，将螺纹柱抬起并消除传动杆对微动开关的压力。微动开关触点靠自身弹力抬起，使电路闭合，压缩机正常运行。若压缩机排气压力超过调定值时，高压波纹管上的压力通过螺纹柱和传动杆压下按钮，使电路断开，压缩机停止运行。

调整压力控制器的调定值，可通过转动压力调节盘来调节。以低压为例，当顺时针转动压力调节盘时，使调节弹簧压缩，弹力增加，控制的低压额定值就增高，逆时针旋转时，则压力降低。高压的调节方法和低压的调节方法是相似的。

五、空调器遥控器

(一) 遥控器功能

空调装置都采用遥控器进行控制。遥控器的功能很多，图 3-78 为空调装置遥控器外观示意图及控制面板。

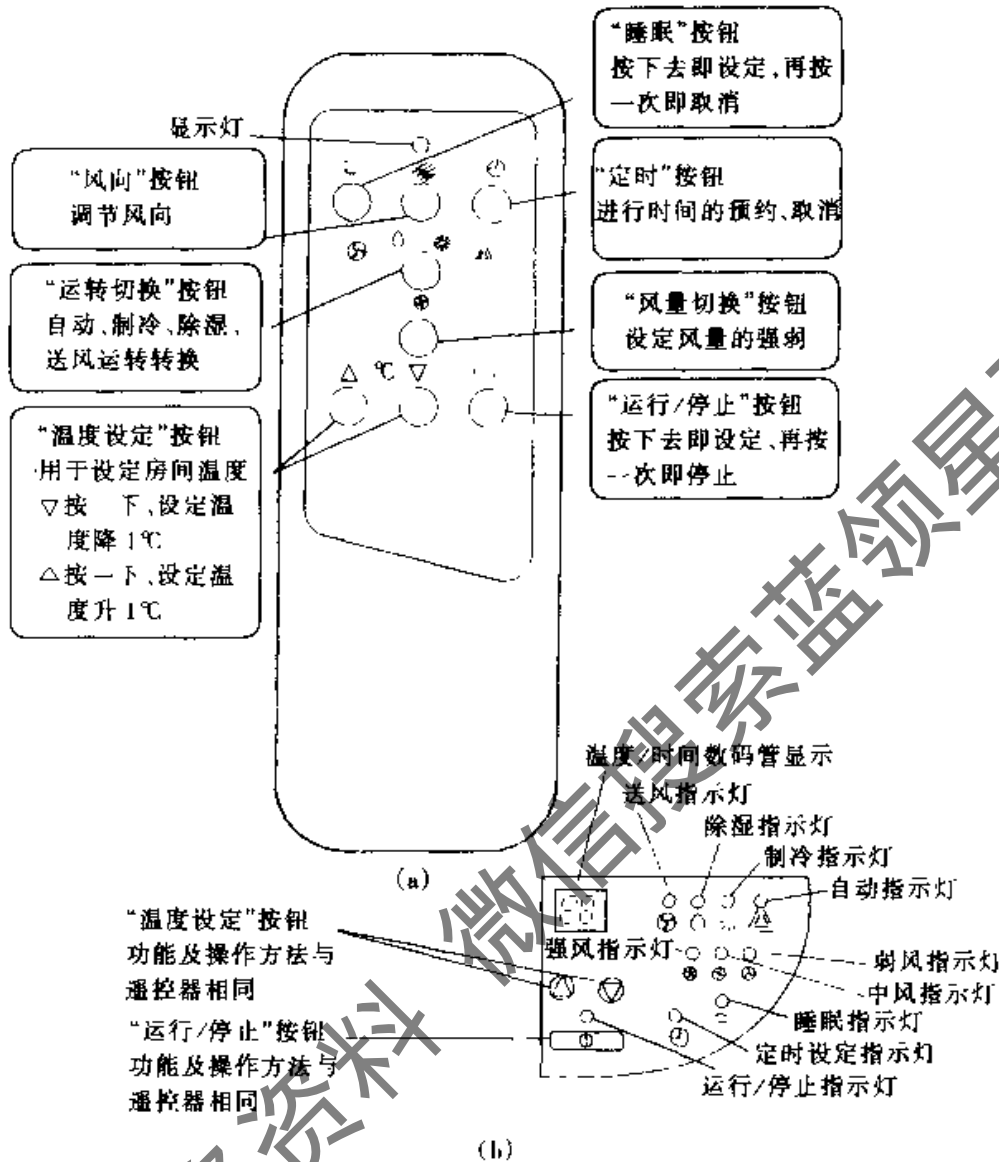


图 3-78 空调装置遥控器

(a) 外观示意图; (b) 控制面板

当插上空调装置电源线插头时,微电脑控制器“哗哗”响两声,此时数码管不显示,所有指示灯不亮。按任何一个键,数码管显示,相应指示灯亮。停留显示5s内没按“运行/停止”按钮,则预设取消,数码管相应指示灯熄灭。

按“运行/停止”按钮,“运行/停止”指示灯亮,空调装置处于自动运转状态,自动灯亮。

按“运转切换”按钮到所需的运转方式位置。每按一次依次变换为:
 [自动→制冷→除湿→送风], 按此按钮时,伴随相应的指示灯亮。

按“风量切换”按钮到合适位置。风量切换顺序为: [强风→中风→弱风]。当系统功能选择“自动除湿”或“除湿”模式下,风速固定弱风,“风量切换”按钮无效。按此按钮时,相应强风、中风、弱风指示灯亮。

按“温度设定”按钮，设定合适温度。按第一次时所显示的温度为上次的设定值，再按则改变设定值。温度设定显示由数码管显示。

按“睡眠”按钮，睡眠灯亮，制冷运行 1h 后设定温度自动升高 0.5°C ，到 2 小时后设定温度共提升 1°C 。

按“风向”按钮调节风向（调整到合适的风向）。按一次纵向导风板摆动，改变左右风向，送风指示灯亮；再按一次纵向导风板停止，送风指示灯灭。

再按“运行/停止”按钮。微电脑控制器“嗒”响一声，所有指示灯熄灭，空调装置停止运转。

定时开机：停机时按“定时”按钮，所设定的时间为预约开机时间；定时关机：运转中按“定时”按钮，所设定的时间为定时关机时间。

(二) 遥控器工作原理

遥控器是由红外遥控发射器和红外遥控接收器两部分组成。

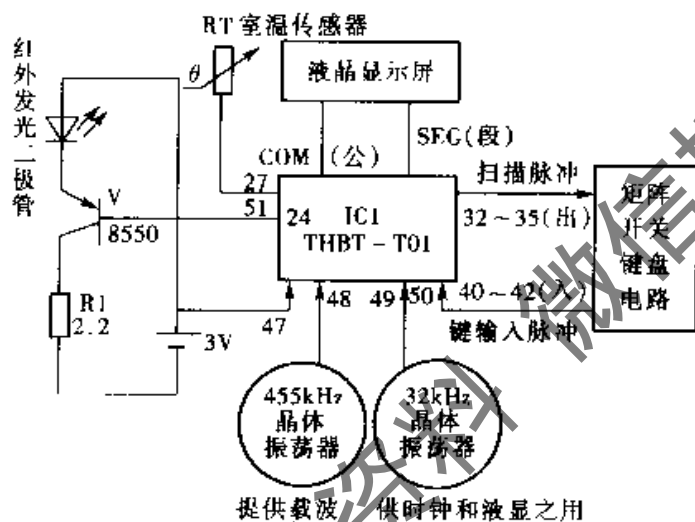


图 3-79 遥控发射器电路的结构框图

1. 遥控发射器

如图 3-79 所示，遥控发射器电路是以红外遥控发射专用集成电路 IC1 为核心组成的。遥控发射器的前部是装有紫色有机透明玻璃的红外线指令信号辐射窗口，发射器的功能是产生并向前方空间发射红外线，用以控制空调装置的运转与关停，更好地实现空调装置的各种功能。

矩阵开关键盘电路，它与 IC1 内的扫描脉冲发生器和键盘信号编码器构成了键命令输入电路。当按下某个功能键时，相应的扫描脉冲通过按键开关输入到 IC1，使 IC1 内的只读存储器中相应的地址被读出，进而产生相应的指令代码，再由指令编码器转换成二进制数字编码指令。在 IC1 内，指令编码器输出的编码指令送到编码调制器。在编码调制器中， 38kHz 载频信号被编码指令脉冲调制，形成调制信号。调制信号经缓冲级至激励管，由 V 组成的红外线信号激励级放大到足够的功率，去驱动红外发光二极管，发出被 38kHz 调制信号调制的红外线，通过发射器前端的辐射窗向空间发射。

2. 遥控接收器

如图 3-80 所示，遥控接收器是由一块装有发光二极管的接收器专用集成电路 IC2 组成，红外遥控接收器工作电压 U_{cc} 为 5V 。

当遥控发射器发出的红外光被接收器的光敏二极管接收到时，将光信号转换成电信号。该电信号通过 IC2 中的自动增益控制电路和限幅器稳定幅度，随后用

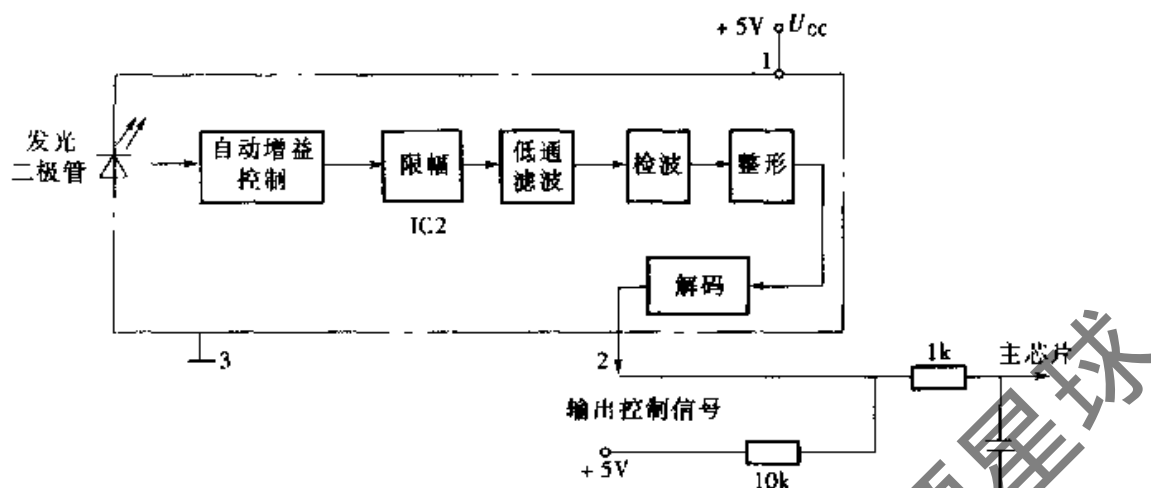


图 3-80 遥控接收器电路框图

38kHz 低通滤波器滤出 38kHz 调制信号，再经检波器解调出编码指令脉冲，然后由整形器放大整形，IC2 将编码指令脉冲进行解码，最后输出相应信号使空调装置中有关电路按遥控发射器指令进行工作，执行相应功能的操作。

六、空调器新型变频控制系统

空调变频控制系统是通过内装的变频器改变频率，从而控制空调压缩机的转速，使压缩机转速连续变化，实现压缩机能量的无级调节。

变频式空调装置则可根据需要自由地加大或减少功率，实现了恰到好处的舒适感。它能根据环境状况进行频率变换，提升频率时，压缩机高速旋转，空调装置高速调节室温。降低频率时，压缩机低速旋转，空调装置均衡室温。

变频空调装置具有如下一些性能特点：

(1) 节能。空调装置一年的运行基本上是在轻负荷下运行，采用变频器的容量控制在负荷下降时，使压缩机能力也下降，以此来保持与负荷的平衡，轻负荷时的能效比 (EER) 值获得大幅度提高，其节能在 20% ~ 30% 之间。

(2) 启动电流小。变频空调装置在启动压缩机时，选择较低电压和频率来抑制启动电流，并获得所需启动转矩。

(3) 减小压缩机开停次数。使制冷回路的制冷剂压力变化引起的损耗减少。

(4) 舒适性改善。与普通热泵空调装置相比，在室外气温下降，负荷转矩增加时压缩机电机转速上升，可提高供暖效果，确保与室外气温无关，增加舒适性。

(一) 变频器工作原理

根据交流异步电机的工作原理可知， p 对磁极的异步电机在三相交流电的一个周期内旋转 $1/p$ 转时，其旋转磁场转速的同步速度 n 与极对数 p 、电流频率 f 的关系可用下式表示

$$n = 60f/p$$

由于异步电机要产生转矩，同步速度 n 与转子速度 n' 不相等，速度差 ($n -$

n') 与同步速度 n 的比值称为转差率, 用 s 表示, 即

$$s = \frac{n - n'}{n}$$

所以转子速度 n' 可用下式表示

$$n' = 60f/p(1 - s)$$

由上式可知, 改变电机的供电频率 f 就可以改变电机的转子转速 n' , 可以采用逆变器来改变电机的供电频率。

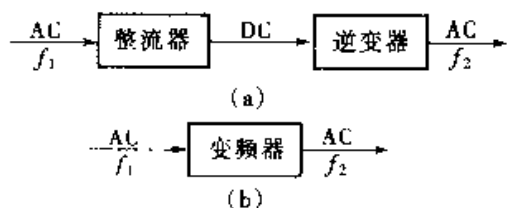


图 3-81 变频调速方式
(a) 间接变换; (b) 直接变换

变频调速是利用电机的同步转速随频率变化的特性, 通过改变电机的供电频率进行调速的方法。变频调速方式大致可分两类: 间接变换方式和直接变换方式, 如图 3-81 所示

1. 间接变换方式 (交一直一交变频)

将交流电通过整流器变为直流电, 再用逆变器将直流电变为频率可变的交流电供给异步电机, 这种变换方式又分为以下两种类型。

(1) 电压型变频调速。如图 3-82 所示, 整流输出经电感电容滤波, 具有恒压源特性, 逆变器具有反馈二极管, 是一种方波电压逆变器。变频器对三相交流异步电机提供可调的电压与频率成比例的交流电源。

(2) 电流型变频调速。如图 3-83 所示, 整流输出靠直流电抗器滤波, 具有恒流源特性, 供给异步电机方波电流。

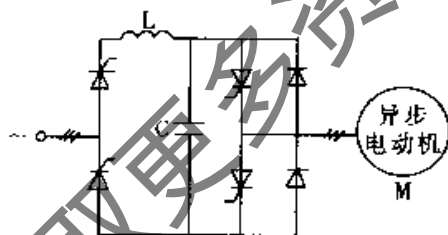


图 3-82 电压型变频调速

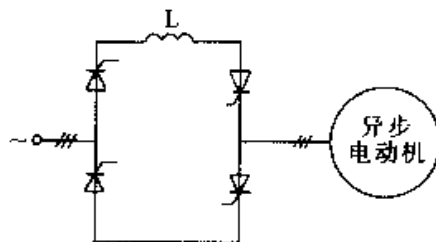


图 3-83 电流型变频调速

(3) 脉冲宽度调制变频 (PWM 变频) 调速。如图 3-84 所示, 其电路结构与电压型变频调速相似, 只是用不可控整流器代替了原来的可控整流器, 逆变器可以用晶闸管, 但是更多的是用大功率晶体管 (GTR) 或可关断晶闸管 (GTO)。如图 3-84 (b) 所示, 脉冲宽度调制变频调速是将一个周期的逆变电压分割成几个脉冲, 分配脉冲时使电源谐波成分尽量减少。改变脉冲数和脉冲宽度, 使供给电机的基波电压与频率成比例变化, 频率越高脉冲数越少, 与其他变频调速方式相比, 此种方式的特点有: 电源侧功率因数高、电机侧谐波成分少、调速范围宽和响应快, 因此变频空调装置广泛采用这种变频调速方式。

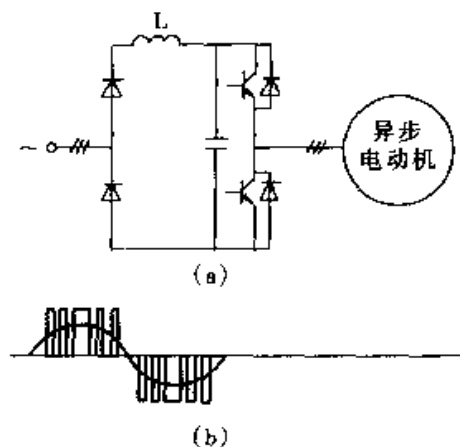


图 3-84 脉冲宽度调制变频调速
(a) 脉冲宽度调制变频调速
线路图; (b) PWM 波形

2. 直接变换方式 (交—交变频器)

如图 3-85 所示, 它是利用晶闸管的开关作用, 从交流电源控制输出不同频率的交流电供给异步电机进行调速的一种方法。其最高频率仅为电源频率的 1/2 至 1/3, 其缺点是不能高速运转。但由于

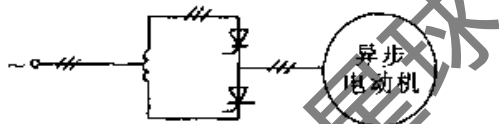


图 3-85 交—交变频调速

直接交换效率高, 输出波形得到改善, 直接变频器 (或称交—交变频器) 调速已在中低速领域内, 作为驱动中、大容量异步电机的调速方法而被广泛采用。

变频器是将电网供电的工频交流电, 变换为适用于交流电机变频调速用的电压可变、频率可变的交流电的交流装置。变频器应用在空调装置上, 较多采用交流—直流—交流的变换方式, 且多采用脉冲宽度调制变频器。

在异步电机恒转矩的变频调速系统中, 随着变频器输出频率的变化, 必须相应地调节其输出电压。另外, 在变频器输出频率不变的情况下, 为了补偿电网电压和负载变化所引起的输出电压波动, 也应适当地调节其输出电压。

3. 脉冲宽度调制方法

PWM 型变频器靠改变脉冲宽度来控制输出电压, 通过改变调制周期来控制其输出频率, 所以脉冲调制方法对 PWM 型变频器的性能具有根本性的影响。脉宽调制的方法很多, 从调制脉冲的极性上看, 可以分为单极性调制和双极性调制两种; 从载频信号和参考信号 (基准信号) 频率之间的关系来看, 又可以分为同步式和非同步式两种。

(1) 单极性调制。

1) 单极性直流参考电压调制方法。图 3-86 所示为电压型三相桥式变频器的原理电路图。

大功率晶体管变频器的基极驱动信号在控制电路中一般常采用载频信号 U_c 与参考信号 U_r 相比较产生, 这里 U_c 采用单极性等腰三角形锯齿波电压, 而 U_r 采用直流电压。在 U_c 与 U_r 波形相交处发出调制信号, 部分脉冲调制波形如图 3-87 所示, 图中示出的是经过三相对称

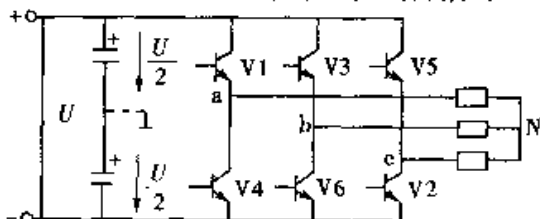


图 3-86 电压型三相桥式变频器的原理电路

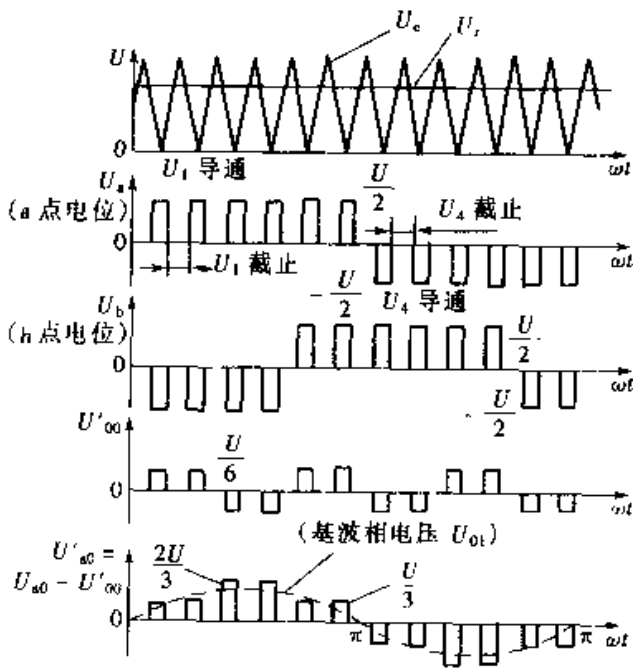


图 3-87 单极性直流参考信号的部分调制脉冲波形

倒相后的 a、b 点电位、 $U'_{∞0}$ 和相电压 $U'_{∞0}$ 的脉冲列波形。在一个周期内有 12 个三角形，即载频三角波的频率 f_{Δ} 为输出频率 f_0 的 12 倍。输出波形正负半周对称，主回路中的 6 个开关元件以 1-2-3-4-5-6-1 的顺序轮流工作，每个开关元件都是半周工作，通、断 6 次输出 6 个等幅、等宽、等距脉冲列，另半周总处在阻断状态。

输出的相电压波形每半个周期出现 6 个等宽等距脉冲，中间两个脉幅高 ($2/3U$)、两边 4 个脉幅低 ($1/3U$)，正负半周对称，这个脉冲波形可以分解为基波 U_{01} 和一系列高次谐波，基波电压就是要求输出的交流电压，而谐波电压分量愈小愈好。

从波形图可以看出：当三角波幅值一定，改变参考直流信号 U_r 的大小时，输出脉冲的宽度即将随之改变，从而改变输出基波电压的大小；改变载频三角波的频率并保持每周的输出脉冲数不变，就可以实现输出电压频率的调节。显然，同时改变三角波的频率和参考直流信号电压 U_r 的大小，就可以使变频器的输出在变频的同时相应地改变电压的大小。

上述调制方式是在改变输出频率的同时改变三角波的频率，使每半周包含的三角波数和相位不变，正、负半周波形始终保持完全对称。这种调制方式叫做同步脉冲调制方式。

2) 单极性正弦波脉宽调制方法。参考信号 U_r 为正弦波的脉宽调制，一般叫做正弦波脉宽调制，简称 SPWM。产生的调制波是一系列等幅、等距而不等宽的脉冲列，如图 3-88 所示。

SPWM 调制的基本特点是在半个周期内，中间的脉冲宽、两边的脉冲窄，各脉冲之间等距而脉宽和正弦曲线下的积分面积成正比，脉宽基本上成正弦分布。经倒相后正半周输出正脉冲列，负半周输出负脉冲列。由波形可见，SPWM 比 PWM 的调制波形更接近于正弦

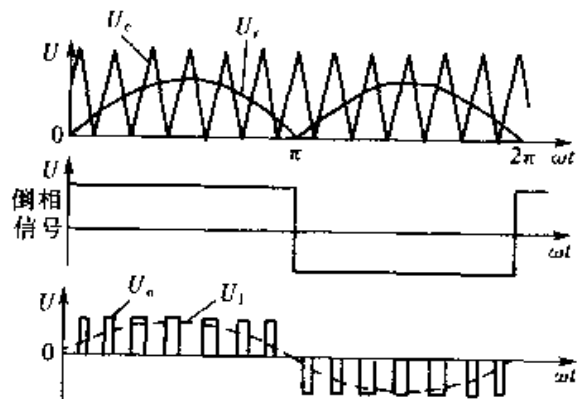


图 3-88 正弦波脉宽调制波形

波，谐波分量大为减小。

输出电压的大小和频率均由正弦参考电压 U_r 来控制。当改变 U_r 的幅值时，脉宽即随之改变，从而改变输出电压的大小；当改变 U_r 的频率时，输出电压频率即随之改变。

图 3-88 只示出单相脉宽调制波形。对于三相变频器，必须产生相位差为 120° 的三相调制波。载频三角波三相可以共用，但必须有一个可变频变幅的三相正弦波发生器，产生可变频变幅的三相正弦参考信号，然后分别比较产生三相输出脉冲调制波。

若三角波和正弦波的频率成比例地改变，不论输出频率高低，每半周的输出脉冲数不变，即为同步调制式。若三角波频率一定，只改变正弦参考信号的频率，正、负半周的脉冲数和相位在不同输出频率下就不是完全对称的，这种方式叫非同步脉宽调制方式。

(2) 双极性调制。上述单极性脉宽调制，脉冲的极性不改变，要正、负半周输出不同极性的脉冲，必须另加倒相电路。与此相对应，若在调制过程中，载频信号和参考信号的极性交替不断改变的则称为双极性调制，其调制波形如图 3-89 所示，图中示出三相调制波形。与上述单极性 SPWM 的情况相同，输出电压的大小和频率也是由改变正弦参考信号 U_r 的幅值大小和频率调制的，参考信号也可以采用阶梯式准正弦波。

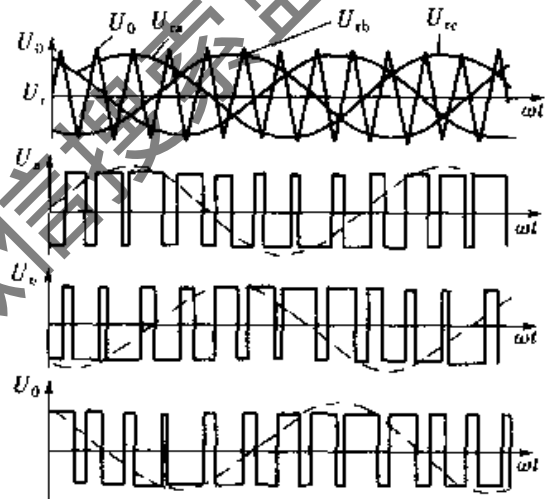


图 3-89 三相正弦波脉宽调制波形

4. PWM 型变频器主回路

如图 3-90 所示，晶体管通用型三相变频器是由恒定的直流电源电压供电，变频器 (PWM) 采用大功率晶体管作开关元件，可以进行高频脉宽调制，使输出电压得到良好调制，使之更接近于正弦波。

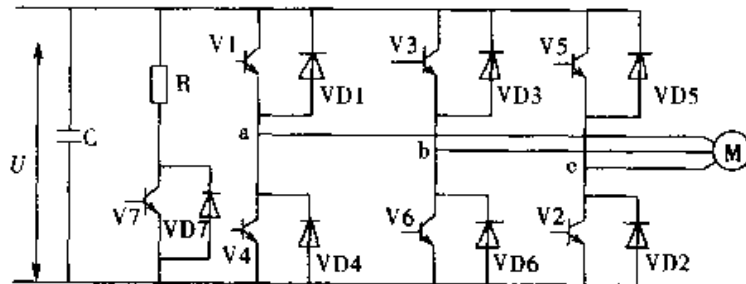


图 3-90 晶体管通用型三相变频器

直流电源由二极管三相整流桥取得，电源侧的电流波与交流电网电压基本上是

相同的，与变频器的结构和工作情况无关，交流电源功率因数接近于 1。平波电容器 C 起中间能量存储作用，使变频器与交流电网去耦，对如感应电机等电感性变频器负载，可以提供必要的无功功率，而有功功率是由电网来补充的。由于直流电源是由二极管整流器获得的只允许单方向传递能量，不能向电网反馈能量，因此当变频器的负载运行在再生工况情况下经过变频器中的返流二极管 (VD1 ~ VD6) 向平波电容器充电，而平波电容器容量有限，这样就将使直流电压升高，为了避免直流电压过高，在主回路直流侧接入制动电阻用晶体管开关 V7，当直流电压高出一定值后，使 V7 饱和导通接入制动电阻 R，将变频器部分反馈能量在电阻 R 上转换为热能而消耗掉，这样感应电机就可以在 4 个象限内运行。

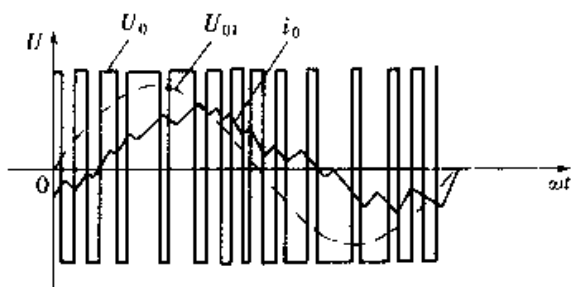


图 3-91 变频器输出电压、电流波形

变频器是由 6 个大功率晶体管 (V) 开关和 6 个二极管组成，6 个大功率晶体管 (V) 开关可以用任何一种脉宽调制方式驱动。若用电设备为感应电机等电感性负载，变频器的输出电流是连续的，每相输出的脉冲调制电压波形都是双极性的，而输出电流则为带有锯齿的正弦波，如图 3-91 所示。

(二) 空调用变频器基本构成

图 3-92 所示为空调用变频器的基本电路结构。PWM 波形数据的发生方式是：PWM 数据储存在 ROM 中，利用门极阵列按其地址作扫描，输出波形数据。

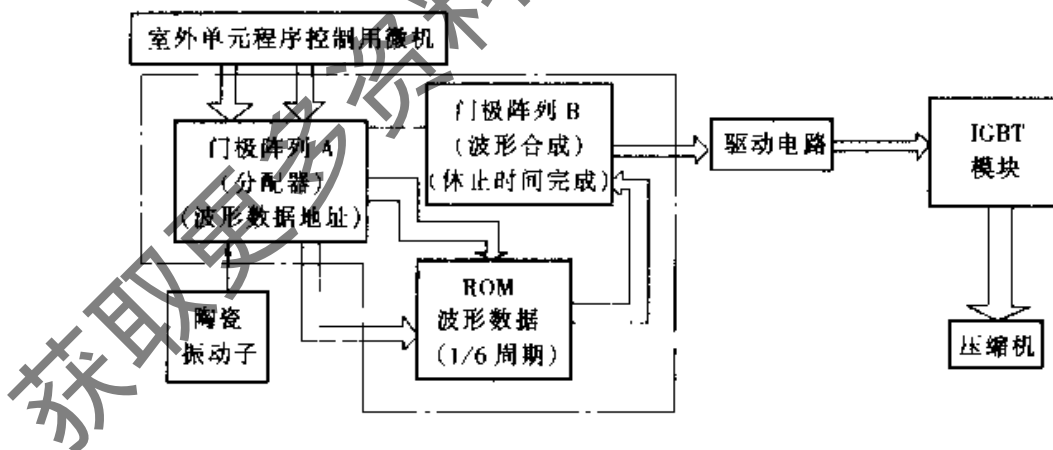


图 3-92 空调用变频器的基本电路结构

利用空调装置室内单元压缩机驱动频率指令担任室外单元程序控制的单片机，在储存波形数据上位四节地址和扫描期间，对门极阵列 A 设定必要的分频常数。该门极阵列常数 A 利用 20MHz 陶瓷振荡子产生内部振荡电路和分频电路的各种定时。用门极阵列 A 寻址的时标 ROM 数据输入到门极阵列 B，将各波形数据的 1/6 周期数据储存在 ROM 中，在门极阵列 B 中进行波形合成，产生各相的 PWM 波形数据。另外，防止功率元件臂短路的休止时间（无信号时间）也由数字延迟电路

产生。

IGBT 的驱动电路由高速光耦合器和前置放大器组成。前置放大器将 3 个分电路做成单封装的厚膜集成块以提高封装效率。

空调装置采用 IGBT 变频器的优点有：低噪声、低振动驱动、低损耗、低价格。

(三) 空调变频控制系统

如图 3-93 所示，空调变频控制系统是由两台微电脑控制，一台装在室内机，一台装在室外机，这两台微电脑通过信号线进行信号传递。无线电遥控装置发射和接收红外线信号，无线电接收器根据接收到的红外线信号发出各种控制空调装置动作的脉冲信号，室内控制器接收数据信号，并将信号译码，对室内机实行控制，同时把对应于压缩机频率的指令信号送到室外控制器，室外控制器按照室内传来的指令信号向变频器输出压缩机运转频率数据，变频器按指定频率输出。

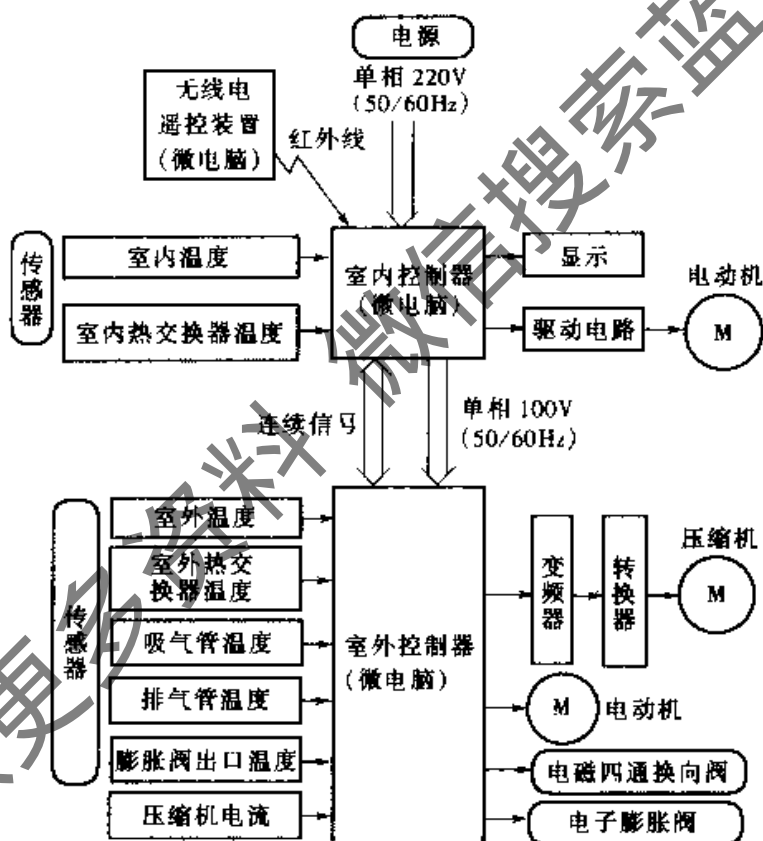


图 3-93 空调变频控制系统结构框图

下面以一热泵型变频空调机为例，对其制冷系统和控制系统作一介绍。

1. 制冷系统

变频空调机的制冷系统一般是由变频式压缩机、冷凝器、蒸发器、电子膨胀阀、电磁四通换向阀等部件组成，变频空调机制冷系统如图 3-94 所示。

压缩机采用涡旋式或变频旋转式压缩机，通过对其调速可无级地调节其制冷量或制热量。由于对压缩机实行无级任意调节，在这种情况下，要求制冷剂供液量的

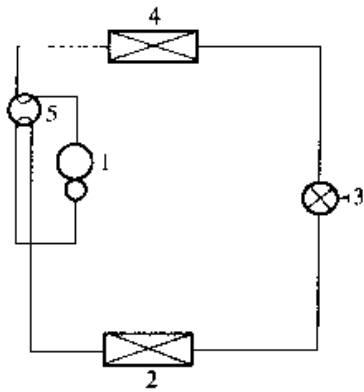


图 3-94 变频空调机制冷系统

1—变频压缩机；2—室内热交换器；
3—电子膨胀阀；4—室外热交换器；
5—电磁四通换向阀

调节宽、调节反应快。传统的毛细管和热力膨胀阀对此无法满足。电子膨胀阀可以按设置的调节规律动作，进行供液量调节，保证蒸发器始终在适当的出口过热度下稳定工作，制冷装置的启动和变负荷动态性能大大改善。即使不与变频调速配合使用，电子膨胀阀也能使制冷系统的运行性能明显优于采用其他节流膨胀方式的制冷系统。另外，采用电子膨胀阀，在制热方式下室外热交换器除霜时，室内也不间断制热，并且可以省去专用于除霜的电磁阀。

制冷时，电子膨胀阀的开度与压缩机速度成正比（即与制冷量成正比），采用检测蒸发器（室内热交换器）出口过热度为反馈来调节流量。其过热度检测，可由检测蒸发器管外壁温度和蒸发器出口处管外壁温度得到，两者之差即可准确地反应蒸发器过热度。

制热除霜时，对于利用变频器控制压缩机容量的空调机，可以实现快速除霜，且室内不间断供暖。

开始除霜时，电子膨胀阀开度从制热运转时的位置迅速打开，压缩机以最高频率运转，增加供给除霜所需的热量。当除霜结束后，电子膨胀阀和压缩机恢复原来的工作状态。

2. 控制系统

(1) 室内装置控制、图 3-

95 所示为室内装置控制原理图，该控制电路的核心是 8098 准 16 位单片机，片内有 4 路 10 位 A/D、1 路 PWM 和 6 路高速输入/输出口。

前向通道为遥控器输入信号，传感器（温度、湿度、热交换器温度、人员状况）模拟量输入，后向通道为室内风扇电机控制、风扇调节步进电机控制、运行状态 LED 显示及蜂鸣报警器，还有与室外装置传送信息的串行口电路。

遥控器采用 NEC4 位单片机，片内有 LED 控制驱动电路，

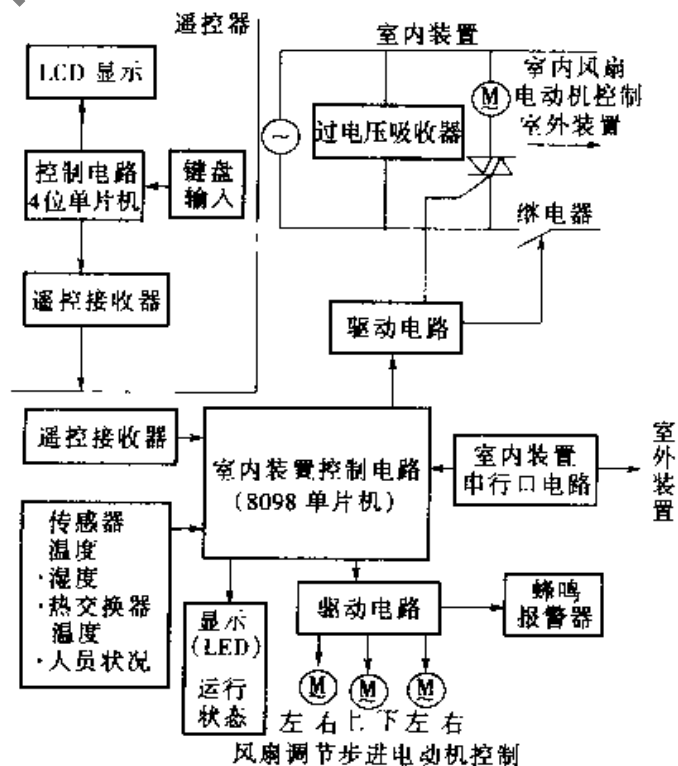


图 3-95 室内装置控制原理图

可直接驱动 LED 显示器。NEC4 位单片机为核心配以键盘输入、红外发光二极管及 LED 显示器组成遥控器。

(2) 室外装置控制。图 3-96 所示为室外装置控制原理图，该控制电路的核心是 8098 单片机，前向通道为传感器（室外温度、室外热交换器温度、排气管温度等）模拟量输入、串行口输入/输出。后向通道为压缩机电机逆变器、室外风扇电机、电子膨胀阀步进电机和四通电磁阀控制。

逆变装置采用交—直—交电压型电路，电容滤波，功率元件为 IGBT，同时具有过电流过电压、欠电压等故障保护，输出频率范围为 15 ~ 125Hz。

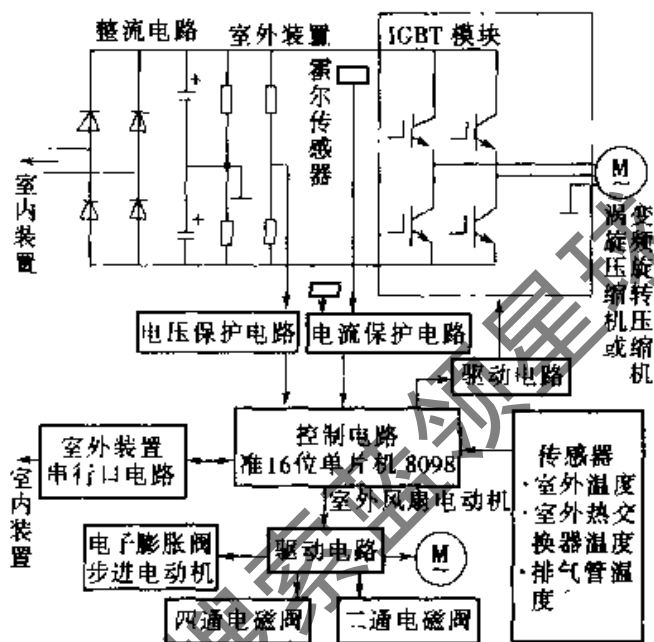


图 3-96 室外装置控制原理图

七、空调器控制电路分析

空调装置自动控制按温控器的型式不同，有机械式控制、电子式控制和微电脑控制等多种。

机械式控制是通过感应元件直接把信号传递给控制器的执行机构。执行机构自动地控制电路的通、断，从而控制空调房间的温度。

电子式控制，一般采用电子式感应元件，把信号传递给电子控制回路，并通过选择、放大后实现对能量（冷、热量）的控制。电子式控制可以实现远距离的自动调节控制，如果把信号采集、传递、放大等送入计算机网络，则可以实现计算机自动显示和打印记录。

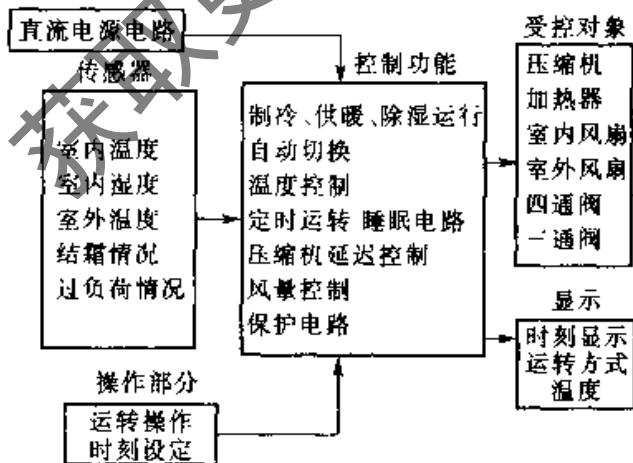


图 3-97 微电脑控制空调机所具有的控制功能

微电脑控制可以自动控制制冷、供暖的切换，进行温度、风速的设定与调整，并可进行定时、睡眠功能等，其具有舒适、可靠、节能、低噪、简便等特点。

微电脑控制空调机所具有的控制功能如图 3-97 所示，其控制系统组成如图 3-98 所示，微电脑控制部分组成如图 3-99 所示。

空调机微电脑控制原理如图 3-100 所示，其控制功能简述如下：

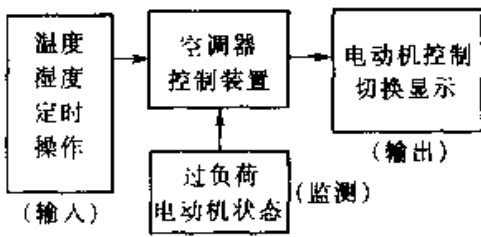


图 3-98 空调机微电脑控制系统组成

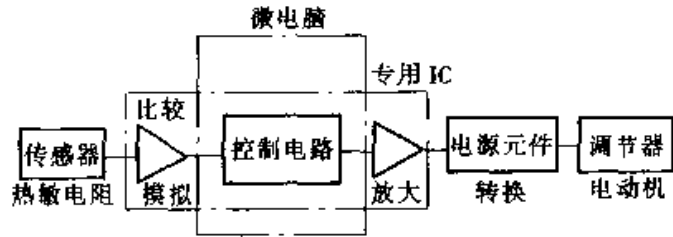


图 3-99 微电脑控制部分组成

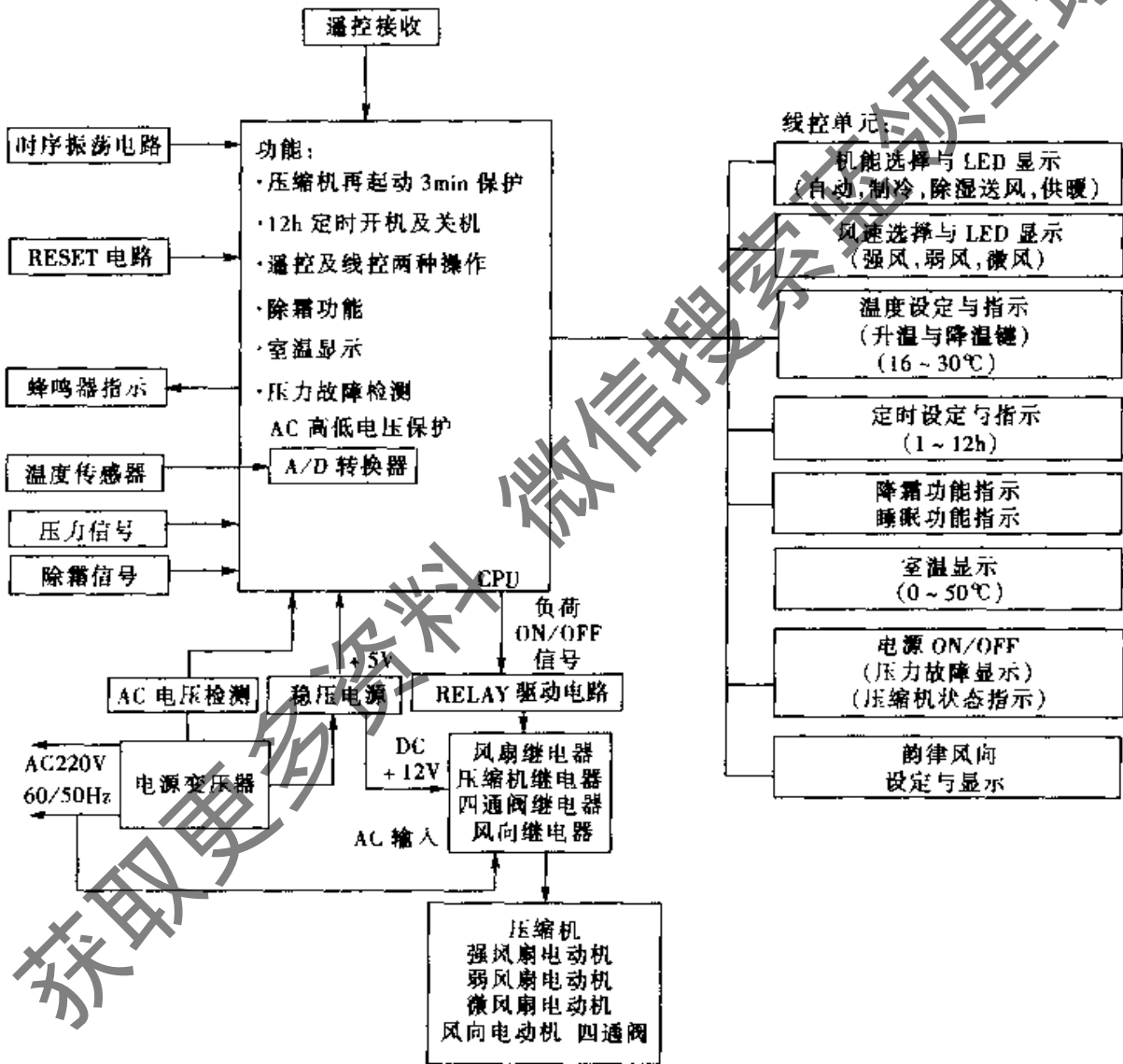


图 3-100 空调机微电脑控制原理

(1) 全自动功能选择。控制器按现在的室温来决定应执行的功能，当室温在 20℃ 以下时进行供暖运转，在 21~23℃ 之间进行除湿运转，在 24℃ 以上进行制冷运转。

(2) 全自动风速变换。控制器按现在的室温与设定温度之差来决定应调节的风

速。夏季制冷运行，空调机由强冷挡将室温降至 29°C 时变为弱冷，室温在 27°C 以下时变为微冷运转。冬季制热运转，在设定温度下风速也可进行三速自动调节。

(3) 睡眠设定功能。在睡眠开始的 1h 内温度上升 0.6°C ，经 30min 后上升 0.6°C ，最后 30min 上升 0.6°C 就不变了，直至 10h 后自动关机。

(一) 机械式温度控制电路分析

图 3-101 所示为一台三相电热型空调机的控制电路。空调机用三相 380V 电源供电，用两个交流接触器 KMA、KMB 分别进行制冷、制热控制。

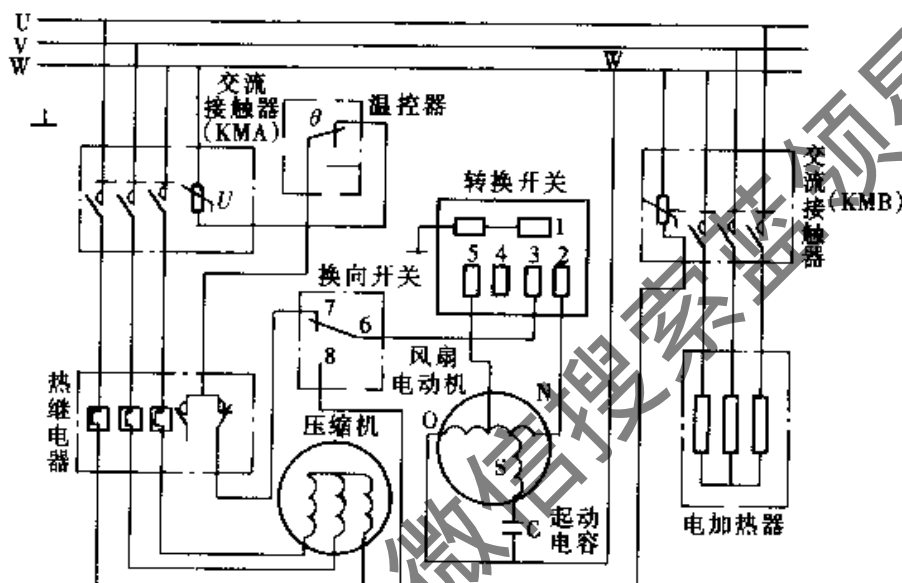


图 3-101 三相电热型空调机的控制电路

制冷时，先将转换开关分别置于弱风和强风位置，此时，风扇电机一端从 380V 电源的 W 相分两路向风扇供电。一路由电源 W 相经过风扇启动电容、风扇启动绕组 W-N、转换开关 2-1 到接地，完成风扇绕组低速启动 220V 电源回路；或由风扇启动电容、风扇启动绕组 W-N、转换开关 5-1 到接地，完成风扇强速启动 220V 电源回路。

另一路由电源 W 相、风扇运转绕组 O-S-N、转换开关 2-1 到接地，完成风扇低速运转 220V 电源回路，或由 W 相、风扇、运行绕组 O-S、转换开关 5-1 到接地，完成风扇运行绕组高速运转 220V 电源回路。

当风扇正常运转后，再将转换开关置于弱冷或强冷位。这时转换开关 1-2、1-3 接通，换向开关 6-7 接通，控制制冷压缩机三相电机的交流接触器开始供电：由接触器线圈 KMA 的一端、线圈另一端、温控器、热继电器的开关触点、换向开关 7-6、转换开关 3-1 到接地，完成 220V 回路，交流接触器吸合，三相电机有电，压缩机运转，开始制冷循环。当室内温度达到预定温度时，温控器开关断开，压缩机停转。当室内温度回升后，温控器接通，交流接触器吸合，压缩机又运转。

制热时，首先将换向开关由制冷位置拨至制热位置，使其触点 6-8 相通，然

后将转换开关置于弱风或强风位。如为强风位置时，转换开关 1-5、1-3 相通。此时控制制热的交流接触器开始有电，电加热器开始加热，热风由风扇吹至室内。

(二) 电子式温度控制电路分析

如图 3-102 所示，U、V、W 为交流 380V 电源相线，N 为零线。压缩机、风扇电机、电加热器等负荷仍采用继电器-接触器供电方式。而其控制部分，则采用由集成电路和分立元件组成的单元控制电路，用弱电控制。现对其控制电路进行分析如下：

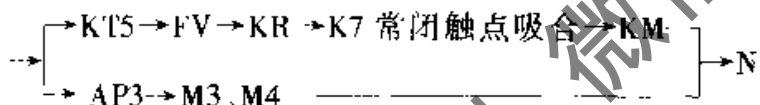
1. 制冷控制

由图 3-102 可知，控制回路各继电器由交流 12V 电源供电，12V 电源的一端，通过 FU1 熔断器接到 K1、K2、K3、K4、K5、K6 等各继电器的线圈，为其通电做准备。该电路有三块控制板：温控板 AP1、过（欠）电压保护控制板 AP2、电子除霜板 AP3。

温控板上，有冷热选择开关 S1、风速选择开关 S2 及温控开关。当设定的温度低于测定温度的前提下，置选择开关 S1 在制冷挡，电子温控板中继电器 K1 线圈通电，其常开触点闭合，交流 12V 的电压同时走三路，以控制各器件：

一路：T→AP1 (3) →KT1→AP1 (2) →F→K6→D→FU1→T

这时 K6 线圈通电：A 相 →FU3 →K6 常开触点吸合 →



二路：T→AP1 (3) →K2→FU1→T

这时 K2 线圈通电：C 相 →FU2→K2 常开触点吸合 →M1、M2→N

三路：T→AP1 (3) →KT1→AP1 (2) →K1→FU1→T

第一路的作用在于启动压缩机和室外风机，第二路的作用在于启动室内电机，第三路的作用在于调整室内风机的转速。

三路的工作情况如下：

一路：变压器交流 12V 电压输出，K6 线圈上加上了 12V，其常开触点吸合，则 KM 线圈上加上 220V，KM 三个主触点吸合，压缩机接通了电源，开始工作。同时，室外电机上也加上了电源，风机开始工作。

二路：当 K2 线圈中有电流通过时，其常开触点闭合，则室内风机接通电源开始工作。

三路：当风速选择开关 S2 拨置低速挡时，K1 线圈中没有电流通过，这时室内风机处在低速状态。当风速选择开关 S2 拨置高速挡时，K1 线圈中有电流通过，其触点吸合，这时 K1 的常闭端成开端，而常开端成闭端，室内风机处在高速运行状态。

2. 制热控制

当设定的温度高于测定温度的前提下，置选择开关在制热挡。这时电子温控板中继电器 K2 线圈通电，其常开触点闭合。

A: 采样
比较
延时的
电压

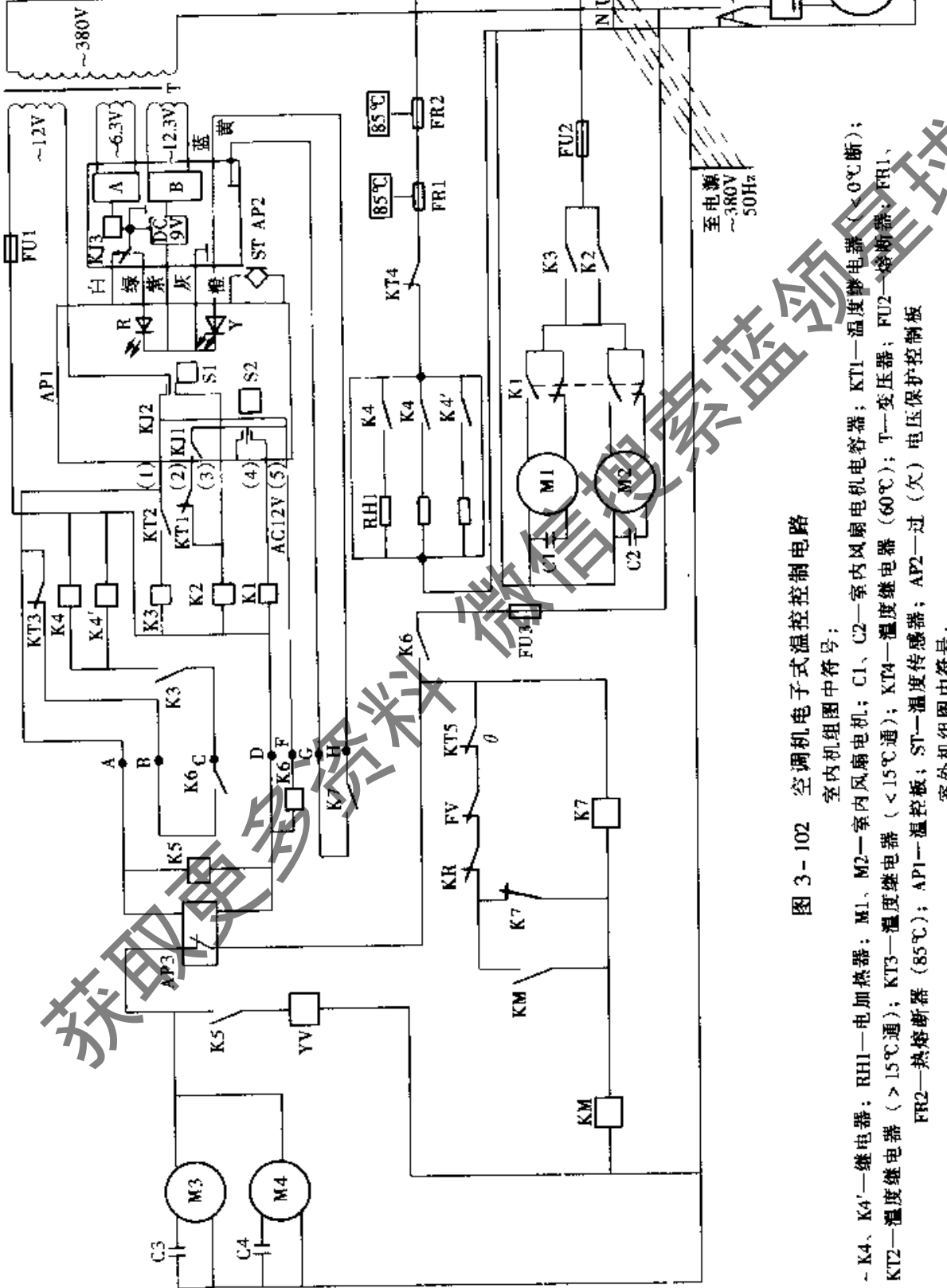


图 3-102 空调机电子式温控控制电路

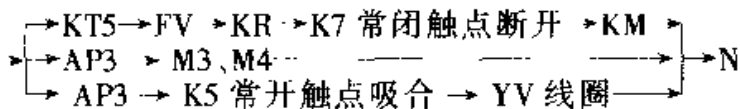
室内机组图中符号：
 K1~K4、K4'—继电器；M1、M2—室内风扇电机；C1、C2—室内风扇电机电容器；KT1—温度继电器（ $< 0^{\circ}\text{C}$ 断）；
 KT2—温度继电器（ $> 15^{\circ}\text{C}$ 通）；KT3—温度继电器（ $< 15^{\circ}\text{C}$ 通）；KT4—温度继电器（ 60°C ）；T—变压器；FU2—熔断器；FR1、
 FR2—热熔断器（ 85°C ）；AP1—温控板；ST—温度传感器；AP2—过（欠）电压保护控制板
 室外机组图中符号：
 KM—交流接触器；KR—热继电器；K5、K6、K7—继电器；YV—压力控制器；YV—电磁换向阀线圈；M5—压缩机电机；RH2—曲轴
 箱加热器；M3、M4—室外风扇电机；C3、C4—室外风扇电机电容器；KT5—温度继电器（ $< -15^{\circ}\text{C}$ 断）；FU3—熔断器；AP3—电子除霜板

从电源变压器 T 出发由五路控制各电器元件：

一路：T → AP1 (1) → A 点 → K5 → D 点 → FU1 → T

二路：T → AP1 (1) → F 点 → K6 → D 点 → FU1 → T

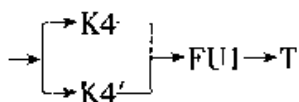
这时 K6 线圈通电：A 相 → FU3 → K6 → 常开触点吸合 →



三路：T → AP1 (1) → KT2 → K3 → FU1 → T

四路：T → AP1 (1) → K1 → FU1 → T

五路：T → AP1 (1) → KT3 → B 点 → K6 常开触点闭合 → C 点 → K3 常开触点闭合



五路的各自控制过程分析如下：

第一路：电流通过继电器 K5 线圈，使 K5 常开触点闭合，为 YV 电磁换向阀的线圈中有电流通过作准备。

第二路：电流通过继电器 K6 线圈，其常开触点闭合，因 K5 常开触点闭合，这时电磁换向阀线圈中有电流通过，换向阀动作，使系统适应制热状态要求。同时 K6 常开触点闭合，使得 KM 线圈中有电流通过，其三个主触点吸合，压缩机接通电源，开始工作，且室外电机的电源接通，电机开始运转。

第三路：当 KT2 感受到 15℃ 的温度时闭合，K3 中有电流通过，其常开触点闭合，室内电机开始工作。

第四路：当 S2 拨置高速挡，电机呈高速运转状态，当 S2 拨置低速挡，电机呈低速运转状态。

第五路：当 KT3 感受的温度低于 15℃ 时，BT3 闭合，在风机启动之后，即 K3 常开触点吸合，K4、K4' 中有电流通过，K4、K4' 的常开触点闭合，这时辅助电加热器投入工作，一旦所感受的温度大于 15℃ 时，辅助电加热失去功效。

3. 电气保护装置

为了确保压缩机等主要部件的使用寿命和整个机器的使用安全，装置了一些保护器件。YK30F 压力控制器的作用是当压缩机排气管中的气压大于所设定的压力值，或压缩机吸气管中的气压小于所设定的压力值时，压力控制器则跳开，这时迫使 KM 交流接触器释放，压缩机 M5 则停止工作。热过载继电器的作用是当压缩机处于超负荷工作的情况下，KR 跳开，使 KM 释放，迫使压缩机 M5 停止工作，由于这两个器件的作用，确保压缩机在不正常工作状态下能自动停机，保证压缩机不受损坏。

对于室内外电机的保护采用的是熔丝，一旦电机超负荷工作，则熔丝熔断，以切断电机电源。

对于电加热器工作的保护是比较重要的一个安全运行保护，以防引起火灾。电加热保护采用的是双重保护手段，第一用温度继电器 KT4，当温度超过某一值时（60℃），KT4 跳开，迫使 KM 释放以切断电加热器的工作电源。若 KT4 失灵，则 FR1 和 FR2 起作用，为一次性保护，即 FR1 和 FR2 温度保护器熔断，以切断电加热器的工作电源。

4. AP1 电子温控板电路

该控制是采用弱电控制，运用了集成电路和分立元件共同组成控制电路。通过对温度信号的采样、比较、处理，发出指令信号来控制继电器，以控制压缩机、风扇电机和电加热器的工作。

图 3-103 为电子温控器工作原理图，图 3-104 为电子温控器原理框图。KJ1、KJ2 分别是制冷、制热继电器，制冷时 KJ1 受温度传感器控制，KJ2 不工作，制热时 KJ2 受温度传感器控制，KJ1 不工作，它是通过开关 S1 来实现的。制冷时开关 S1 拨至“冷”挡，使继电器 KJ1 与地形成回路，从而可动作。制热时开关 S1 拨至“热”挡，使继电器 KJ2 与地形成回路，从而可动作。开关 S1 拨至“关”挡时，KJ1、KJ2 都不工作。

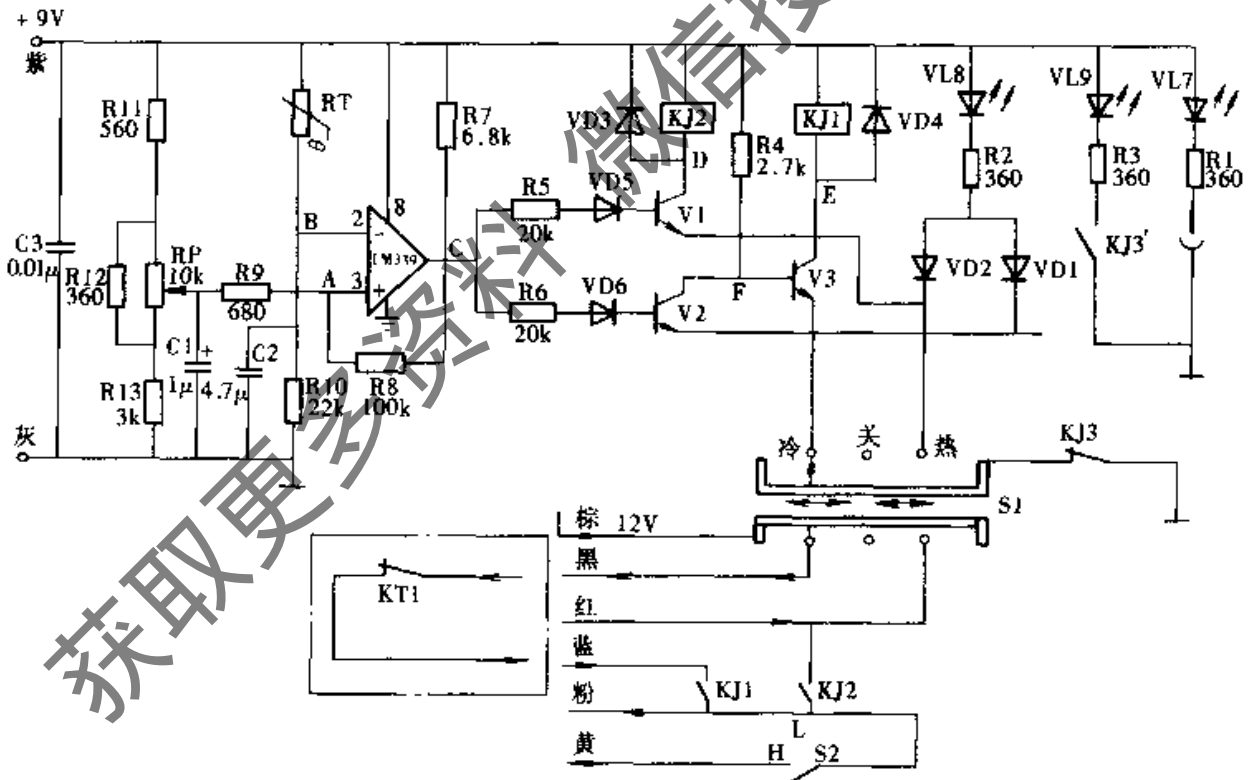


图 3-103 电子温控器工作原理图

温度变化时，温控电阻 RT 阻值变化，LM339 的第 2 脚电压随之变化。温度越高，RT 阻值越低，V2 的输出电压 U_2 越高；温度越低，RT 阻值越高，V2 的输出电压 U_2 越低。

(1) 夏天制冷。原室温高， U_2 高，调温控电位器 RP 使 V3 的输出电压 U_3 低，

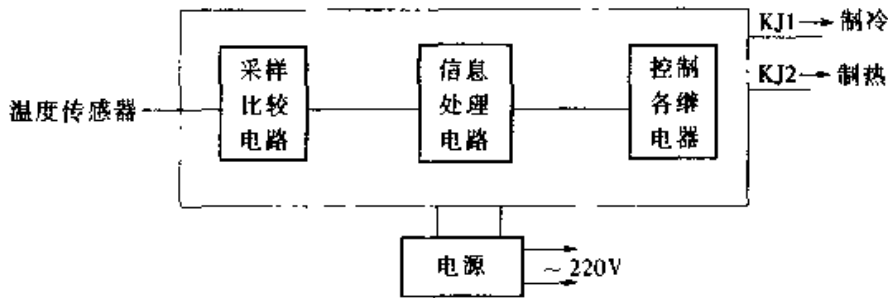


图 3-104 电子温控器原理框图

这样 $U_2 > U_3$ ，V1 输出低电平 U_1 ，KJ1 吸合，制冷系统运行。室温降低， U_2 值下降，当 $U_2 < U_3$ 时， U_1 变为高电平，KJ1 复位，制冷系统停止运行。室温升高， U_2 升高，当 $U_2 > (U_3 + 0.3)$ 时， U_1 变为低电平，KJ1 吸合，制冷系统运行，完成温度自动控制。

(2) 冬天制热。原室温低， U_2 低，调 RP 使 U_3 高，这样 $U_2 < U_3$ ， U_1 输出高电平，KJ2 吸合，系统制热运行，室温升高， U_2 值升高。当 $U_2 > U_3$ 时， U_1 变为低电平，KJ2 复位，停止制热运行，室温降低， U_2 降低。当 $U_2 < (U_3 - 0.3)$ 时， U_1 变为高电平，KJ2 吸合，制热运行，完成自动温度控制。

(3) 指示灯电路。由绿灯、红灯、黄灯组成。绿灯是电源指示灯，当系统运行时亮，通过开关 S1 对其控制；红灯是过（欠）电压指示灯，当电网电压过高或过低时亮，通过 KJ3' 对其控制；黄灯是保护指示灯，系统处于保护状态时亮，通过 KJ1 对其进行控制。

电子温控板的检修，通常应分析电路原理，检查零部件和检查关键点电压。

检修时，一般要先排除外部原因。比如开关是否打在合适位置；外部接线是否有接触不良；直流电源电路是否有稳定的 9V 直流电压；变压器二次侧是否有 12V 交流电压；压缩机是否运转，制冷系统是否有故障；这些情况都是应首先检查的。

一般来说，制冷时如果温度不受控制，不能自动停机，调温控电位器无效，测蓝线有交流 12V 输出，则可确定为温控器故障。

在实际修理中，用得最多的是关键点检查法，例如图 3-103 中，A、B、C、D、E、F 诸点及各色导线连接点就是主要检测点，可以对照线路板的上述各点，检查其电源电压，为方便维修人员检修，表 3-9 列出了各点电压的正常数据。

表 3-9

电子温控板测试数据

名称 分类	电子温控器各测试点电压情况及问题处理范围		
	制冷（正常时电压）	制热（正常时电压）	电压不正常时，处理范围
测试点 A	$U_A < U_H$	$U_A > U_H$	查 R11、RP、R13、R9、C1
B			查 RT、R10、C2

续表

名称 分类	电子温控器各测试点电压情况及问题处理范围		
	制冷 (正常时电压)	制热 (正常时电压)	电压不正常时, 处理范围
测试点			
C	低电平约 0.3V	高电平 > 3V	确认 A、B 电位正常时, 如 R7 不坏, 则 LM339 损坏
D	> 7V 制热时该支路不工作	低电平约 0.3V	测 V1 基极有无 0.7V, 若 $\geq 0.7V$, 更换 V1, 更换前要确认 VDS 正常
E	低电平约 0.3V	> 7V 制冷时该支路不工作	制冷时, 不为低电平, 测 E 点电压 $U_F \geq 0.7V$, 更换 V3, $U_1 \leq 0.3V$, 测 C 点电平正常, 更换 V2 ($U_F = 0V$, 则可能 V3 击穿)
F	高电平约 0.7V	> 7V 支路不工作	
棕线	~ 12V		检查变压器和连接线
黑线	~ 12V		检查开关 S1 和连接线
红线		~ 12V	检查开关 S1 和连接线
蓝线	~ 12V		检查蓝线至黑线之间连线以及 KT1 是否通路
粉线	~ 12V		无 ~ 12V (制冷时测 E 点正常, 可更换 KJ1) (制热时测 D 点正常, 可更换 KJ2)
黄线	通过 S2 对其控制, 高风时有 ~ 12V, 低风时无 ~ 12V		

5. 过、欠电压保护电路

该保护电路起过、欠电压保护和延时保护作用。当电网电压超过或低于 ($1 \pm 15\%$) 380V 时, 能自动切断电源, 停止系统运行。

当过、欠电压保护电路动作后, 在电源恢复后 2.5 ~ 3min 之间, 将自动接通电源, 恢复系统运行, 如图 3-105 所示。在图中 LM339 为四电压比较器, 本电路用了 3 组, 交流 6.3V 电压通过电阻分压作为窗口电压输入到电压比较器第 9 脚 (+)、第 10 脚 (-) 作为输入检测电平, 可调电位器 RP1、RP2 中心抽头的电平分别输入 LM339 的第 11 脚 (+) 和第 8 脚 (-) 作基准电平, 第 8 脚电平调定为 6.2V, 第 11 脚电平调定为 4.5V, 调定以后电压不再变化。正常时, 第 9、10 两脚电压为 5.4V, 由于交流 6.3V 电压没有采取稳压措施, 所以电网电压波动时, 第 9、10 两脚电平随电网电压在 6.2 ~ 4.5V 之间波动, 当电网超过电压范围时, 点 A 输出高电平, 欠电压时, 点 B 输出高电平。点 C 则过、欠电压时都输出高电平, 经过 (15 ± 7) s 后使延时比较器输出高电平, 晶体管 CS9013 基板有电流通过, 管子导通, KJ3 线圈得电, 断开温控电路 KJ3 常闭触点 (地线通路), 实现保护功能。

当电网电压恢复正常后, 窗口比较器输出恢复为低电平, 延时比较器脚 7 电位由 C4 提位。C4 通过 R15、R14 放电, 经过大约 3min 后, 延时比较器输出低电平,

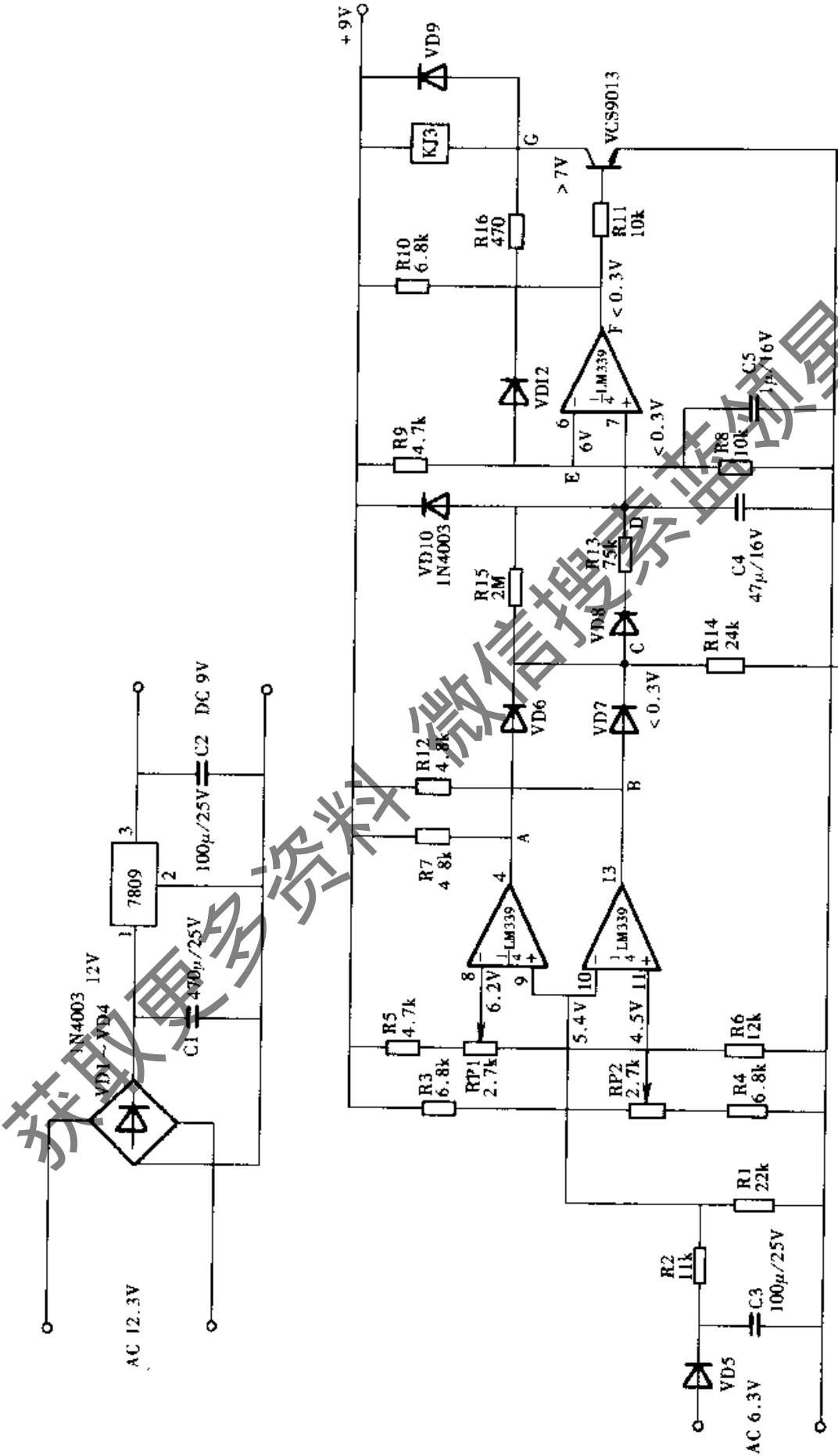


图 3-105 过、欠电压保护电路

晶体管 CS9013 截止。KJ3 复位，系统正常运行。

开机时，如果红灯亮，则为变压器或过、欠电压电路有故障。停机时，如果红灯不亮，测电压不正常，也可认为过、欠电压电路有故障。

根据图中 A、B、C、D、E、F、…各点所标注的电压情况，进行测试、比较，找出故障元件，然后更换。表 3-10 所示为过、欠电压电路各点电压状况。

表 3-10

过、欠电压电路板电压参数

(V)

状态 脚位	正常电压 380V 时	过电压大于 380 (1+15%)	欠电压小于 380 (1-20%)	备注
8 脚	6.2	6.2	6.2	该电压经调定后不再变化
9、10 脚	5.4	>6.2	<4.5	随电网电压在 6.2~4.5V 之间变化
11 脚	4.5	4.5	4.5	该电压经调定后不再变化
A 点	约 0.3	>7	约 0.3	过电压输出高电平，否则输出低电平
B 点	约 0.3	约 0.3	>7	欠电压时输出高电平，否则输出低电平
C	约 0.3	>7	>7	过、欠电压时都输出高电平，正常时为低电平
D	约 0.3	>7	>7	过、欠电压时都输出高电平，正常时为低电平
E	6	1.3	1.3	该点在 D 点电压超过 7V 时立刻变为 1.3V
F	约 0.3	>5	>5	过、欠电压时都输出高电平，正常时为低电平
G	>0.7	约 0.3	约 0.3	正常时为高电平，过、欠电压时为低电平

6. 除霜控制电路

在图 3-102 中，AP3 为电子除霜板。该电子除霜板有自动化霜功能，化霜结束后能自动开机。化霜条件有两条：一是开机满 32min，二是感温探头温度低于 -6°C ，两条件必须全部满足，方能自动化霜。停止化霜的条件为感温探头高于 $+8^{\circ}\text{C}$ ，或化霜时间满 8min。两条件只要具备其中之一就能自动停止化霜，恢复制热运行。

除霜控制电路由直流电源电路、时钟电路（振荡电路）、32min 计时电路、8min 计时电路、 $+8^{\circ}\text{C}$ 检测电路、 -6°C 检测电路、继电器电路等电路组成。

振荡电路产生一个时钟信号，32min 计时电路在开机 32min 时输出一个指令电平，感温探头 -6°C 检测电路在检测到冷凝器管壁温度时也输出一个控制指令电平，这两个电平组成一个与门电路。当与门输出电路为 1 时，则除霜继电器工作，断开其常闭触点。由于主回路常闭触点断开，室外风机失电，电磁四通换向阀失电，空调机作除霜运行。

当除霜开始时，8min 计时电路开始计时， $+8^{\circ}\text{C}$ 感温探头电压检测比较电路进行采样，这两个输出电平组成一个或门电路。

当 $+8^{\circ}\text{C}$ 感温探头感知温度已达 8°C 时，或者 8min 计时电路已满 8min 时，则输出为 0。此电平信号使除霜继电器失电，其主电路常闭触点断电，电磁四通换向阀

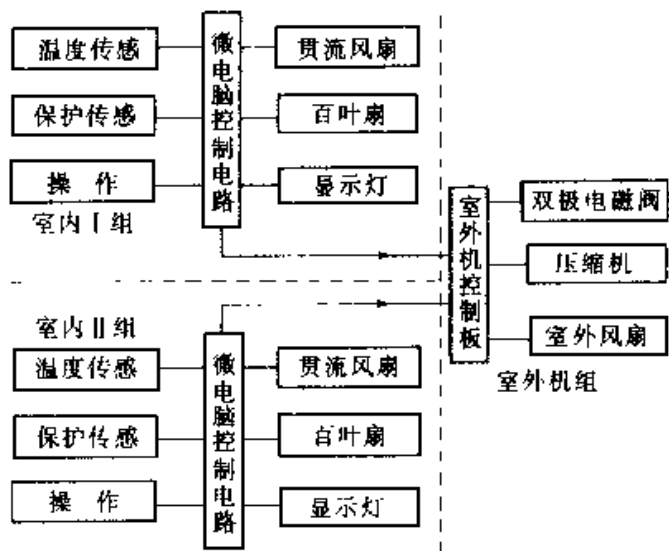


图 3-106 微电脑控制系统框图

和室外风机重新得电，空调机停止除霜，恢复制热运行。

(三) 微电脑温度控制电路分析

图 3-106 为一拖二空调机微电脑控制系统框图，两套微电脑分别安装在室内机组上，在进行各种室内操作或控制时，微电脑控制系统会把信号传送给室外机控制板，并对两室内传来的信号进行“或”逻辑运算。即两台室内机组中任一有工作信号传出，则室外压缩机就得到开机信号启动工作；只有两台室内机组全部没有工作信号传出，室外压缩机才会停机。

图 3-107 所示为该空调机微电脑控制系统线路图，其中电源伺服电路，输入控制电路、输出控制电路、保护电路等与同类型一拖一空调机完全相等，所不同的只是室外压缩机起停控制电路。

压缩机起停控制电路由驱动集成 IC2-1、IC2-2（型号皆为 ULN2003A），继电器 K1、K2、K3 和 K4，双极电磁阀 Y1 和 Y2，热保护器 KR2 和 KR3 等部件组成。IC1-1 和 IC1-2 分别是室内机 I 组和 II 组微电脑集成芯片（型号为 NEC75028CW-015）。

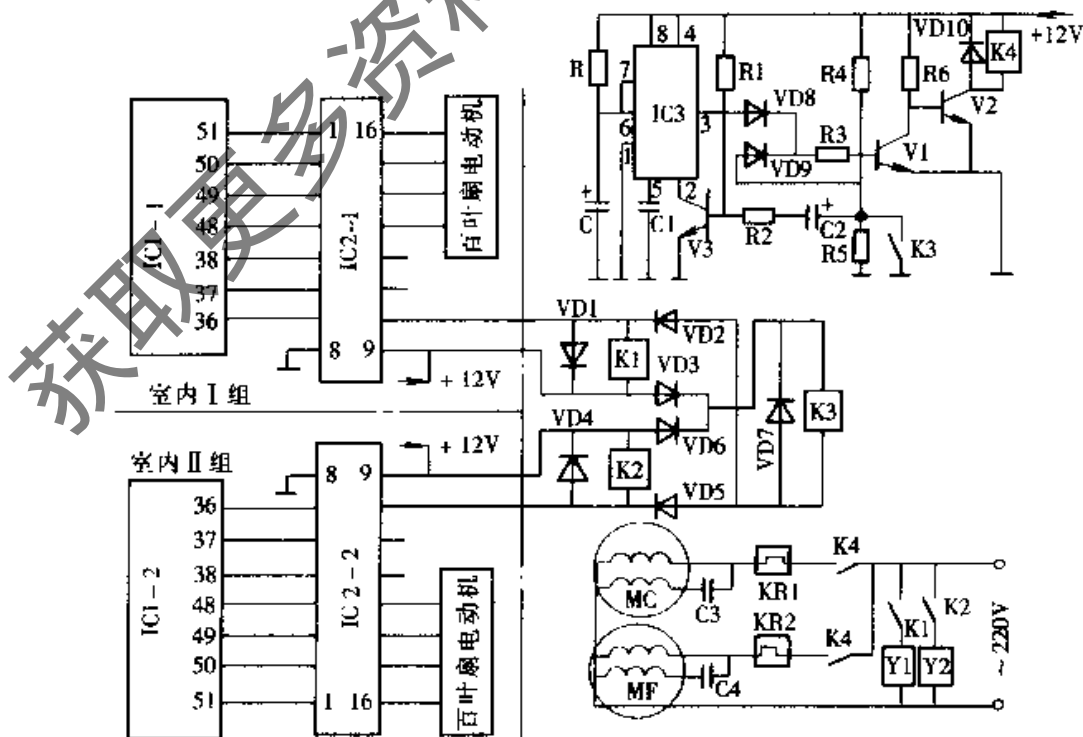


图 3-107 微电脑控制系统线路图

继电器 K1 控制切换室内 I 组制冷系统的双极电磁阀 Y1 线圈, K2 控制切换室内 II 组制冷系统的双极电磁阀 Y2 线圈, K3 控制由集成 IC3 (型号是 NE555) 构成的 3min 延时启动电路, K4 控制压缩机和室外冷凝风机的起停。显然 K3 “等于” K1 和 K2 的“或”运算。

当室内 I 组电脑芯片第 36 脚有低电平出现时, IC2-1 第 10 脚输出低电平, 继电器 K1 两端得 12V 电压降而吸合。这样 K1 的常开触点闭合, 使双极电磁阀 Y1 得电吸合, 室内 I 组的制冷系统管路畅通; 同时 K3 的常开触点闭合, 使 3min 延时启动保护电路工作, 最后使 K4 得电吸合, 其与压缩机、冷凝风机串接的常开触点闭合, 使室外机组得电运行。

同理, 当室内 II 组电脑芯片第 36 脚输出低电平控制信号时, K2 和 K3 得电吸合, 双极电磁阀 Y2 得电, 室内 II 组制冷系统管路畅通, 室外压缩机和冷凝风机得电运行。

由此可见, 只要室内 I 组或室内 II 组有任一发出控制信号, 都会使压缩机启动运转, 系统进行制冷。当两台室内机组同时发出控制信号时, 两套制冷系统同时工作进行制冷。

IC3 构成典型的单稳态延迟电路。当 K3 常开触点断开时, IC3 第 2 脚为高电平, 输出端 3 脚为低电平。若空调机停机后突然开机, 继电器 K3 常开触点闭合时, 会在 IC3 的第 2 脚产生一个触发低电平, 输出端 3 脚发生翻转跳变为高电平, 同时通过 R 和 C 的充电作用, 使输出端 3 脚经过一段时间延迟后由高电平又变为低电平, 经过晶体管 V1 和 V2 使继电器 K4 由释放变为吸合状态, 即压缩机和冷凝风机经过延迟后启动运行, 选择合适的 R 和 C 可实现 3min 延迟启动控制, KR1 和 KR2 是热保护元件, C3 和 C4 是压缩机 MC 和冷凝风机 MF 的运转电容。

空调机微电脑控制电路由电源电路、微电脑主控电路、驱动电路、温度传感器电路、遥控器电路等构成。

1. 电源电路

其电路如图 3-108 所示, 220V 电源经插头到电源变压器, 整流滤波后, 再经 LM7805 稳压, 获得 +5V 的直流电源。插上电源插头后, 机组处在待机工作状态。

5V 直流电源接芯片第 4 脚 (U_{DD}), 第 1 脚 (U_{SS}) 接地, 第 36、37、17、20 脚同时接地。

2. 微电脑主控电路

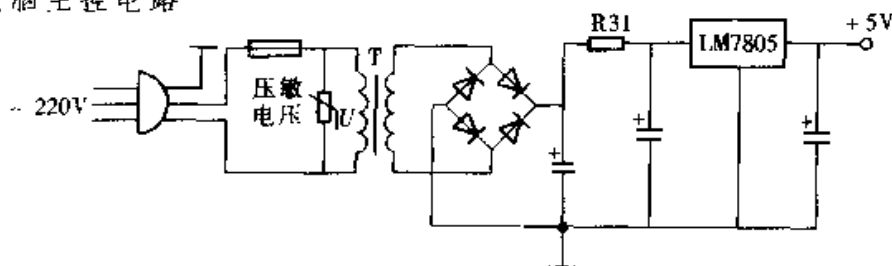


图 3-108 电源电路

其电路如图 3-109 所示。它由以下几个分电路组成。

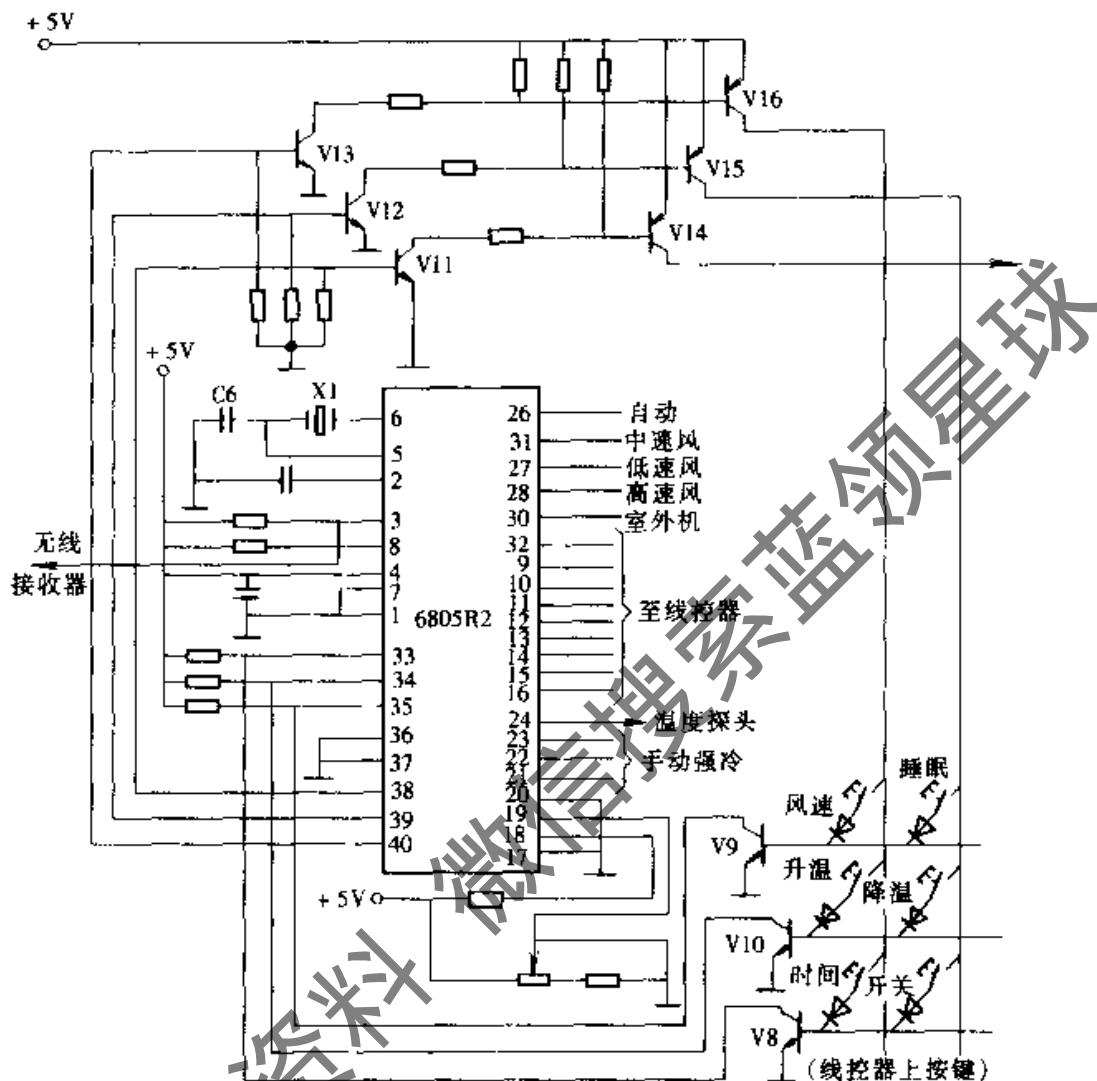


图 3-109 微电脑主控电路

(1) 振荡电路：第 5、6 脚外接晶体振荡器 X1 为时钟电路输入端。

(2) 触发电路：当 220V 电源插头一经插入电源插座，电脑芯片得到 5V 直流电压后，机组即处在待命状态。X1、C6 晶体振荡器回路产生振荡，在此状态下，第 3、8、33、34、35、18、19 脚处在高电平，晶体管 V11、V12、V13 导通，而 V14、V15、V16、V8、V9、V10 则各受有关功能键的控制处在待导通状态。在待机状态下开机，按线控器上 ON/OFF 键，晶体管 V15、V8 立即导通，电脑芯片第 33 脚为低电平，相应在其第 26、30 脚输出高电平，通过中继电路使室外压缩机和风机工作，整机系统自动感受室温，处在全自动状态下经济地运行。

开机后用户根据需要，进行时间、温度、风速、睡眠等模式的选择。如按下 TIMER (时间) 键，晶体管 V8、V16 导通；按下 TEMPUP (外温) 键，V10、V16 导通；按下 TEMPDN (降温) 键，V10、V15 导通；按下 FAN (风速) 键，V9、V16 导通；按下 SLEEP (睡眠) 键，V9、V15 导通。上述晶体管不同形式的导通组合，使

电脑芯片第 33、34、35 脚分别获得不同的电平信号，对应第 27、28、31 脚输出高电平，空调机则按置入的模式运行。

(3) 强制运行开关电路：当需要试机时，可按手动方式拨小开关，芯片的第 22 脚为低电平，机组便处在手动强冷运行状态。

(4) 无线信号接收器：当用无线遥控器发出控制指令时，接收器将串行数字信号转换成电平信号，输入芯片第 3 脚，芯片经过运算比较后输出控制电平，机组便按遥控器发出的指令信号运转。

3. 温度传感器电路

温度传感器为负温度系数热敏电阻，温度越高，电阻越小，温度变化引起电阻的变化，电阻变化引起电阻上电压相应的变化，在芯片的第 24 脚得到 0~5V 的电平输入，与设定模式进行比较后，控制第 30 脚输出电平，从而达到控温目的。

4. 驱动电路

其电路如图 3-110 所示。V2、V3、V4、V5、V7 均为反相器，第 26、27、28、30、31 脚为单片机输出电平，当某一脚为高电平时，相应的晶体管导通，使对应的继电器得电，由于继电器触点接交流 220V，从而实现了弱电控制强电的驱动。晶体管 V7 导通后，压缩机启动运行，指示灯 VLI 亮，继电器线圈上并联的二极管起过电压保护作用，当电网电压过高时，二极管反向击穿，从而保护了线圈。

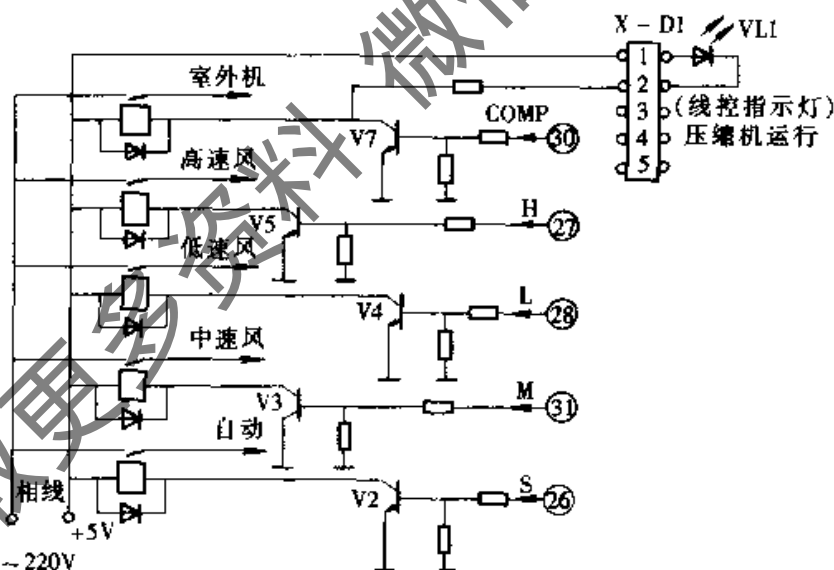


图 3-110 驱动电路

5. 无线遥控器电路

其电路如图 3-111 所示。它由晶体振荡器、UPDS121001 芯片、功能键矩阵电路和红外发射电路组成。

晶体振荡电路产生时钟脉冲，电容 C1、C2 起微调作用。时钟脉冲经芯片内部电路分频以后送往定时门，由芯片第 31、41、51、61 脚输出四种相位不同的扫描脉冲，对矩阵键盘进行扫描，各功能键起编码作用，各功能键与芯片第 1、2、3、

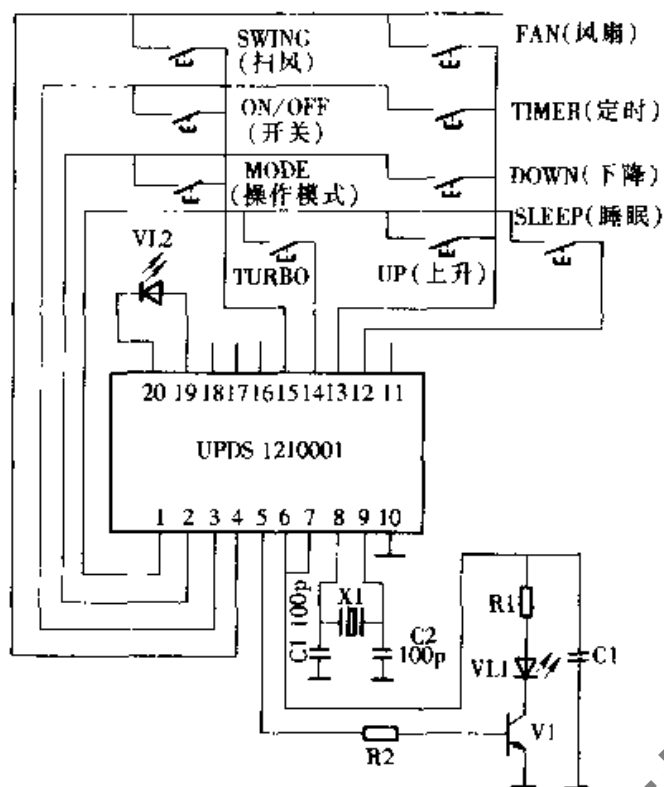


图 3-111 无线遥控器电路

4脚组成键盘输入电路,当某功能键按下时,芯片内的微控制器经过分析判断,芯片的第5脚将输出控制脉冲,芯片输出的指令码加到红外激励管V1的基极,放大后从集电极输出加到红外发射管VL1,在调制信号的激励下,VL1导通,产生红外线向外发射,VI2为开机指示发光二极管。VL1发出的红外线信号则由室内机组红外接收器接收,并转换成数字信号,输入微电脑芯片,去控制各相关电路的工作状态。

6. 有线遥控器电路

图3-112所示为其电路图,MS45132为反相驱动器,输出的指令电平信号作为6805R2单片机的控制电平信号。

(1) 开/关按钮 (ON/OFF)。按一下此键,机组处在制冷状态,系统将控制功能置为自动选择,相应指示灯亮,取消预约工作模式的设定状态。机组在运行中按此按钮,电脑芯片第33脚再次为低电平,第30脚也为低电平输出,压缩机停止运行。

(2) 风扇速度按钮 (FAN) 和睡眠功能按钮 (SLEEP)。开机后按 FAN, 芯片将按选择的风速控制第27、28、31脚的电平输出。按下睡眠功能按钮, 芯片的第13~16脚相应输出电平信号, 经驱动器、VI9导通, 指示灯 VL2 发光, 芯片将控制风速且每小时自动提高 1℃。

(3) 室温调节按钮 (UP/DN)。按“UP/DN”按钮后, 电脑芯片第9~16脚则对应输出相应电平, 经 MS45132 驱动器使 V14 导通, 对应线控器上的温度指示二极管发光。开机状态下按“UP”按钮, 设定的温度便从 16℃ 开始增加, 每按动一次增加 1℃, 直至 30℃ 为止。若按动一次“DN”按钮, 则设置温度反向递减。

(4) 时间设定按钮 (TIMER)。按下此按钮, 电脑芯片第33脚得到晶体管及外围电路的电平信号, 经逻辑判断处理后, 在第9~16脚输出高电平, 并经 MS45132 驱动器反相, 使线控器上对应时间的发光二极管导通发光, 指示所设置的时间。在待开机的状态下, 按下此按钮, 则为预约开机时间, 而在运行中按下此按钮, 则为按所置入的时间停机。

7. 蜂鸣器电路

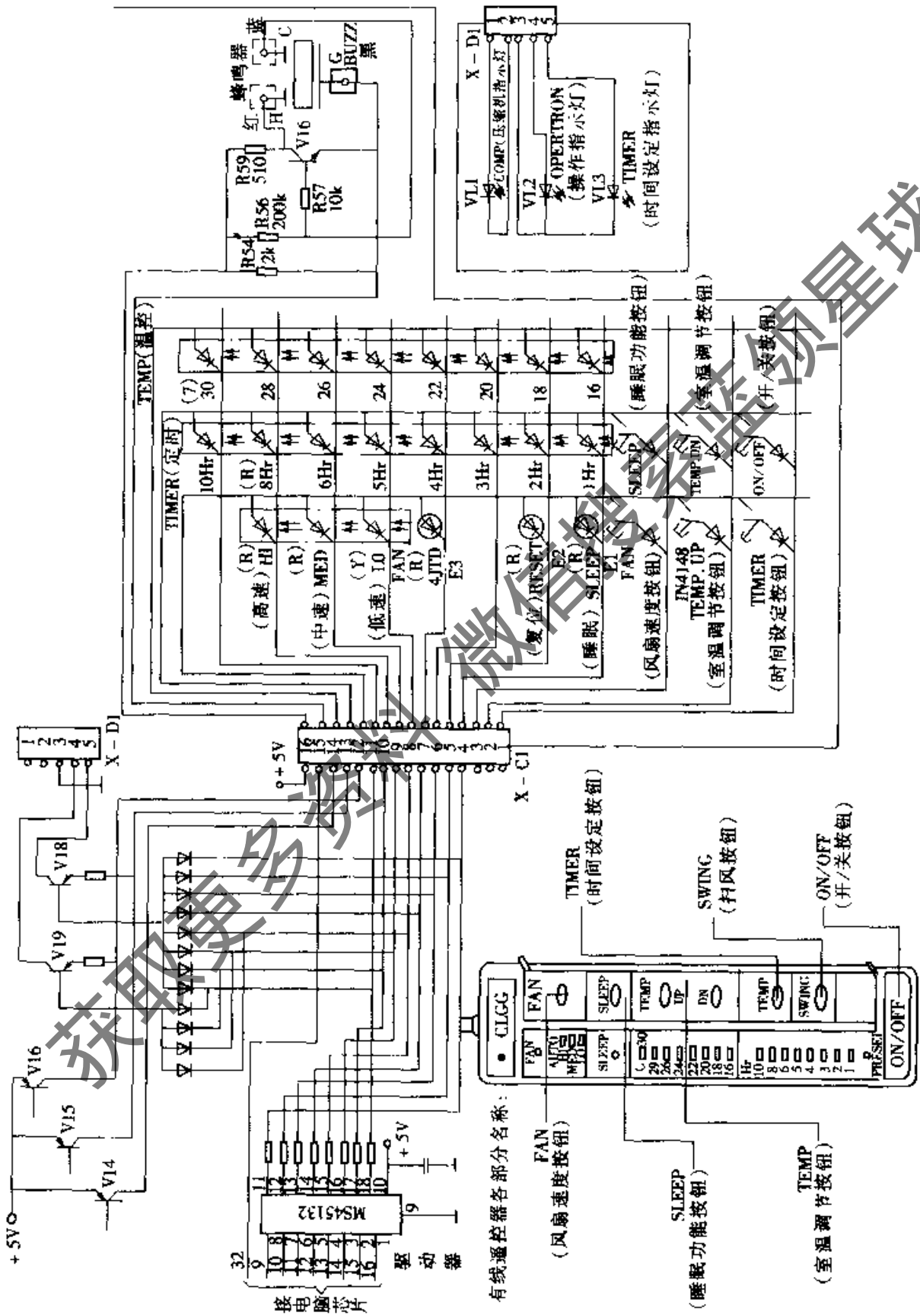


图 3-112 有线遥控器电路

遥控器功能按钮每操作一次，芯片的第32脚便输出一个音频脉冲，使遥控器上的蜂鸣器发出短暂的响声，表示操作有效。

第三节 汽车空调控制系统

为了使汽车空调系统能正常工作，维持车室内所需的舒适性条件，汽车空调系统中需要有一系列控制元件和调节执行装置。汽车空调控制系统已由手工操作发展到半自动化或全自动化控制。现在很多高级汽车空调上采用了微电脑控制，真正实现了全自动控制。

控制汽车空调制冷温度的方法有两种：一种是控制蒸发温度，另一种是控制蒸发压力。控制蒸发温度是靠电磁离合器开、停压缩机来实现的，常用恒温开关（温度控制器）、压力开关来控制，控制精度不高。目前我国大多数汽车空调都采用这种控制方式，它又分为离合器—热力膨胀阀和离合器—节流管系统。控制蒸发压力是靠吸气节流阀、绝对压力阀、蒸发压力调节阀来控制，控制精度较高。国外的汽车空调有一些采用这种控制方式。

对于由主发动机直接驱动的非独立式汽车空调（如轿车、货车空调等），空调运行对汽车行驶性能有一定的影响。如汽车怠速行驶时，启动空调会使发动机转速降低，发动机过热，甚至引起发动机熄火；高速行驶时，会因压缩机运转而影响超车能力。因此，在汽车空调上需要安装一些车速控制装置，如怠速继电器、怠速提升装置、加速切断器等。

为使汽车空调系统正常工作，还需要一系列安全保护装置，如高低压开关、过热开关等。另外，汽车空调系统中的很多控制执行动作是依靠真空系统来完成的，如各种调节风门的转动、怠速提升装置的动作等，需要真空单向阀、真空促动器等元件来完成。

一、汽车空调基本控制元器件

（一）温度控制器

温度控制器又称恒温开关，是汽车空调系统中温度控制的一种开关元件，可用于检测车室内温度，并使它稳定在一定范围内。汽车空调温控器可分为机械压力式和电子式两种。

1. 机械压力式温度控制器

机械压力式温控器主要是利用波纹管的伸长或缩短来接通或断开触点，从而切断汽车空调压缩机的动力。其感温受压元件主要由感温毛细管和波纹管构成，其内充填有感温工质，感温毛细管一般放在蒸发器冷风吹出处，用以感受蒸发器温度。它是通过感温毛细管内工质的温度变化，从而导致波纹管内压力变化，使波纹管伸长或缩短。

该温控器的调节机构主要由凸轮、凸轮轴、温度调节螺钉等组成，其作用是使

温控器能在最低至最高温度范围内任一点温度控制动作。温控器的停点是根据调节轴的给定位置而变化的，开点和停点的温差基本上是恒定的。它的触点开闭机构主要由触点、弹簧、杠杆等组成，它通过触点的开闭，来切断或接通压缩机上的电磁离合器电路。

图 3-113 所示为机械压力式温控器。波纹管 2 和充满制冷剂的感温毛细管 1 相连，毛细管感温元件置于蒸发器冷气通过的位置。当蒸发器温度变化时，毛细管中的制冷剂温度也随着变化，对应的压力也发生变化。温度升高，压力就增大，推动波纹管中膜片运动，推动机械杠杆机构使触点 7 闭合，电磁离合器线圈 9 通电，压缩机旋转，制冷系统循环制冷。如果车内温度降到调定的温度以下，膜片向相反的方向运动（收缩），弹簧帮助复位，使触点 7 脱开，电磁离合器线圈 9 断电，压缩机停止工作。

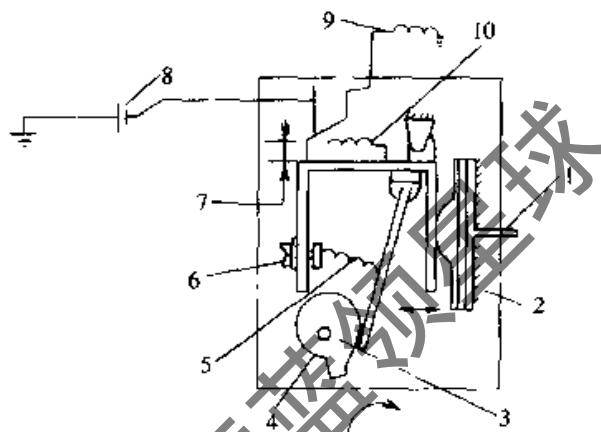


图 3-113 机械压力式温控器

1—感温毛细管；2—波纹管；3—凸轮轴；4—凸轮；5—调节弹簧；6—温度调节螺钉；7—触点；8—电源；9—电磁离合器线圈；10—支撑弹簧

调整调节螺钉 6 可以改变温控器的温度设定值；旋转凸轮 4 的旋钮，可以调整温度的高低。

2. 电子式温度控制器

该温控器的感温元件是热敏电阻，装在蒸发器的外侧正面（或其他需要感温的部位），用以检测蒸发器的出风温度。热敏电阻有导线与晶体管电子线路相连，由于温度变化使热敏电阻的电阻值发生变化，从而控制电路的接通或断开。

电子式温控器一般采用负温度系数的热敏电阻，即温度升高，电阻值下降；温度降低，电阻值上升。热敏电阻将温度变化转换为电阻变化，即转换成电压变化。当热敏电阻的电压变化信号被放大，便可带动控制电磁离合器的继电器动作，达到对车室内温度控制的目的。车室内温度高低的调整是靠一个调温电阻来调节的。

图 3-114 所示为电子式温控器工作原理。当空调系统工作时，空调开关接通，来自蓄电池 1 的电流经空调开关 4→R13→VR1→R3→VT1 的基极，使 VT1 导通，VT2、VT3、VT4 也相继导通，电流由蓄电池 1→空调开关 4→电磁线圈 6→VT4→接地，继电器的触点 7 闭合，电磁离合器通电，压缩机开始工作制冷。当车内温度下降到低于调定值时，即蒸发器出风口温度低于规定值，热敏电阻 13 的阻值增大，使 VT1 的基极电位降低，这时 VT1、VT2、VT3、VT4 均截止，使继电器电磁线圈 6 中无电流通过，触点 7 脱开，电磁离合器 8 因断电与压缩机分离，压缩机停止工作。这时蒸发器表面温度又要上升，负温度系数的热敏电阻又减小到一定值，重新

使 VT1→VT4 导通，继电器触点 7 闭合，电磁离合器吸合使压缩机工作，重复以上过程可使车内温度稳定在所要求的范围内。

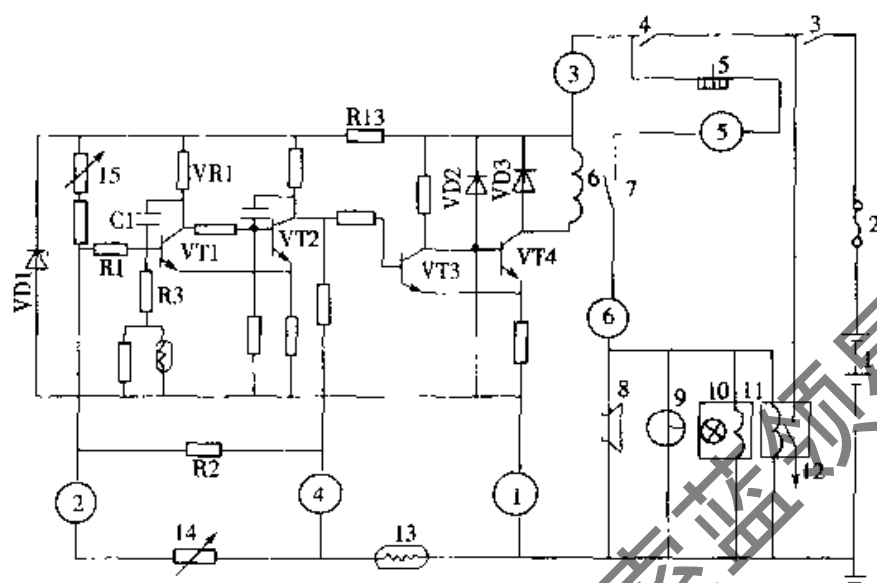


图 3-114 电子式温控器工作原理图

1—蓄电池；2—熔断丝；3—点火开关；4—空调开关；5—压力开关；6—电磁线圈；7—触点；8—电磁离合器；9—空调工作情况指示灯；10—真空开关阀；11—冷媒器风扇继电器；12—通行调节器（冷凝器风扇空调发电机）；13—热敏电阻；14—可变温度控制电阻器；15—调温电阻；①~⑤—放大器接点

(二) 制冷系统高、低压开关

在汽车空调制冷系统中，一般都设有压力保护开关，分高压保护和低压保护两种。

高低压开关主要对汽车空调系统起保护作用。高压压力开关是用来防止系统在异常高压下工作，保护系统不受损坏。如果系统高压过高，它将自动切断电磁离合器电路；同时接通冷凝器风扇电路，自动提高风扇转速，以降低冷凝器温度和压力。低压压力开关主要是保护压缩机不在缺少制冷剂的情况下空转，以免压缩机因缺乏润滑油而遭受破坏；同时也起到低温环境保护作用，以免在过低的环境温度下使制冷系统工作而造成蒸发器表面结冰，并增加不必要的功耗。还有一种低压开关设在低压回路中，真正感受吸气压力变化，用来控制高压旁通阀的除霜作用，即当低压压力低于某一规定值时，接通高压旁通电磁阀，让部分高压蒸汽直接进入蒸发器，以达到除霜的目的。

图 3-115 所示为设在高压回路中的高低压组合开关。高低压组合开关的工作过程如下：

1. 低压压力控制

当制冷剂的压力超过弹簧 2 的弹力，此时金属膜片保持不动，可动触点本身朝箭头所示方向移动，如图 3-115 (a) 所示，触点 1 接触，电路接通，系统保持正

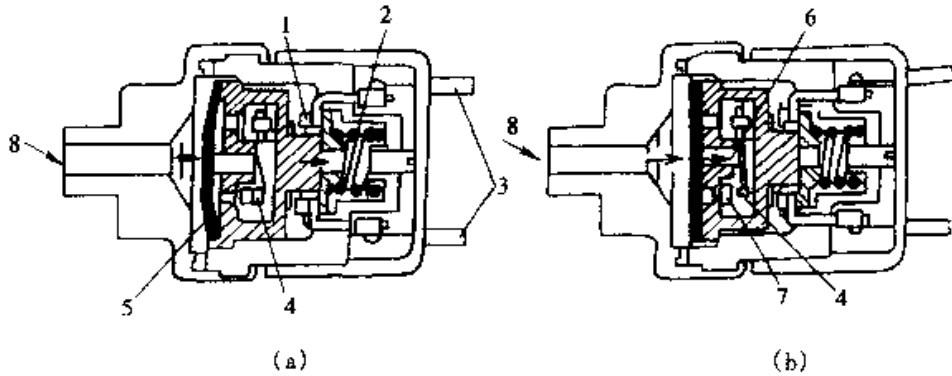


图 3-115 高低压组合开关

(a) 低压压力控制；(b) 高压压力控制

1—触点；2—弹簧；3—接线杆；4—动触点；

5—金属膜片；6—销；7—触点；8—管接点

常运转；当低压压力低于某一设定值（一般为 196kPa ），弹簧 2 的弹力大于制冷剂压力，使触点 1 断开，电路断开，压缩机停转。

2. 高压压力控制

当制冷剂压力超过设定值（如 2.65MPa ）时，制冷剂压力高于金属膜片弹力，金属膜片变形，推动销于朝箭头所示方向移动，如图 3-115 (b) 所示，打开触点 7，电路中断，使压缩机停机；当制冷剂压力低于某一值（如 2.06MPa ）时，金属膜片恢复正常形状，触点 7 闭合，电路接通，压缩机又开始运转。

除了上述的高低压开关外，有些汽车空调系统中还采用了设在高压回路中的三位压力保护开关，如桑塔纳 2000 轿车、依维柯客车的空调系统就采用了三位压力开关。

三位压力开关由隔膜、碟形弹簧、轴和接点组成。接点分低压及高压异常时会动作的接点和用于控制冷凝器风扇或发动机散热器风扇的接点。

三位压力开关一般安装在贮液干燥器上，感受制冷剂高压回路的压力信号，其压力开关值如表 3-11 所示（以 R134a 制冷剂为例）。

表 3-11 三位压力开关参数

压力开关性质	开关值/MPa	开关动作	作用
高压	压力 ≥ 3.14	电路断开 (关)	压缩机停转
中压	压力 ≥ 1.77	电路接通 (开)	冷凝器风扇高速运转
	压力 ≤ 1.37	电路断开 (关)	冷凝器风扇回到低速运转
低压	压力 ≤ 0.196	电路断开 (关)	压缩机停转

三位压力开关工作过程如下：

(1) 制冷剂压力小于 0.196MPa ，见图 3-116 (a)，由于隔膜、碟形弹簧和弹簧的弹力大于制冷剂压力，因此高低压接点断开，压缩机停转，实现低压保护。

(2) 制冷剂压力为 $0.2 \sim 0.3\text{MPa}$ ，见图 3-116 (b)，当制冷剂压力达到 0.2MPa

以上时,此压力高于开关的弹簧压力,弹簧会挠曲,高低压接点接通,压缩机正常运转。

(3) 制冷剂压力大于 3.14MPa, 见图 3-116 (c)。当制冷剂压力达到 3.14MPa 以上时, 会大于隔膜、碟形弹簧的弹力, 碟形弹簧反转, 以断开高低压接点, 压缩机停转, 实现高压保护。

(4) 中压压力开关, 见图 3-116 (d)。当制冷剂压力大于 1.77MPa 时, 压力就大于隔膜弹力, 隔膜会反转, 将轴推上, 以接通冷凝器风扇 (或散热器风扇) 的转速转换接点, 风扇以高速运转, 实现中压保护。当压力降至 1.37MPa 时, 隔膜恢复原状, 轴下落, 接点断开, 冷凝风扇又以低速运转。

对于大型客车空调系统, 其压力开关一般采用波纹管式高、低压力继电器。

(三) 旁通电磁阀

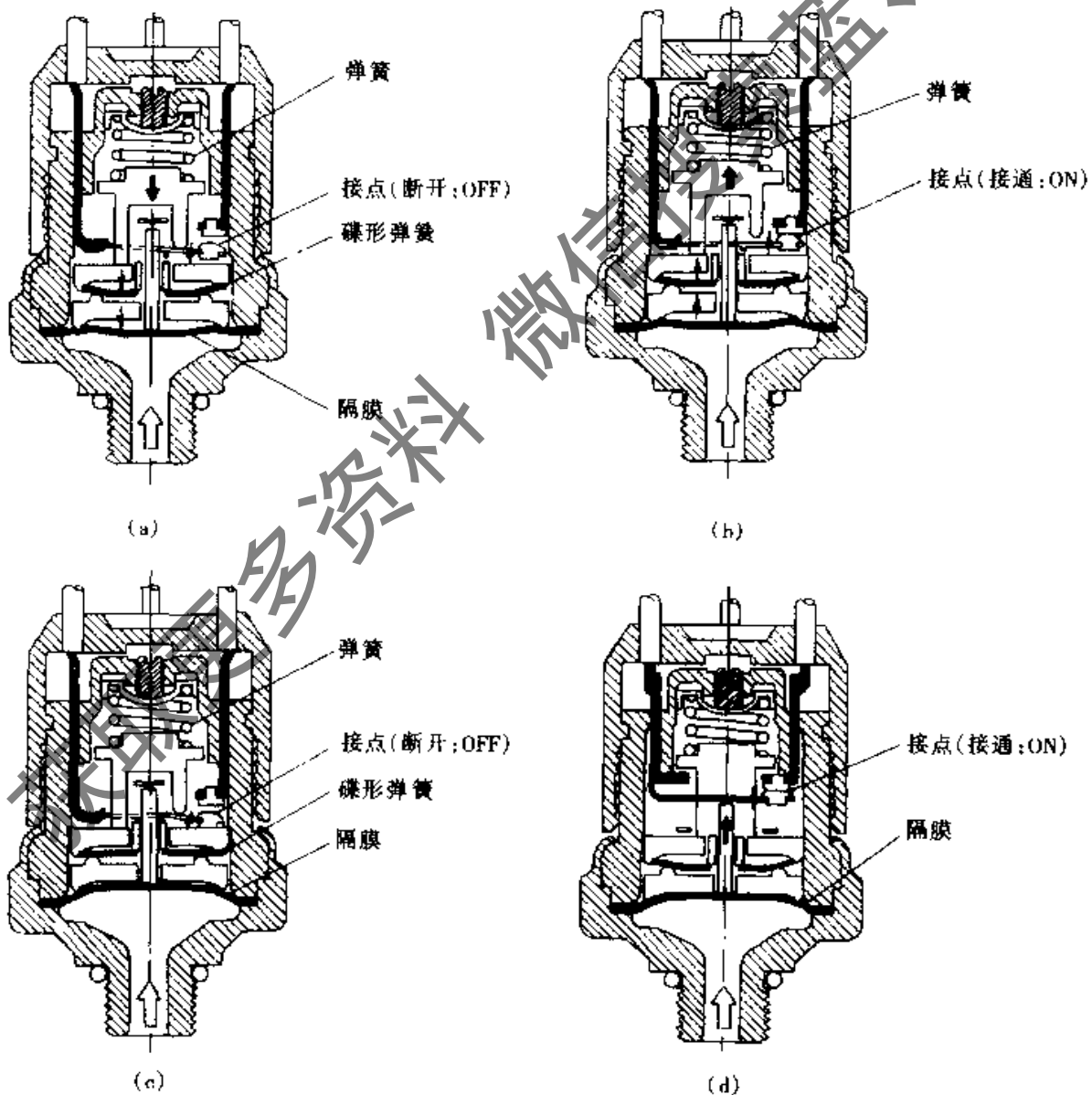


图 3-116 三位压力开关

(a) 低压保护; (b) 正常运转; (c) 高压保护; (d) 中压保护

旁通电磁阀的作用是防止蒸发压力异常下降，使车内温度控制在规定范围内，防止蒸发器结霜。

图 3-117 所示为旁通电磁阀结构。它是借助电磁线圈使阀杆升降而将阀启闭的，电流一旦通入电磁线圈，阀杆即被磁力吸引上升，阀就开启；切断电流，磁力消失，阀杆在重力作用下落下，阀就被关闭。

旁通电磁阀一般装在贮液干燥器和压缩机吸气口之间，当压缩机转速升高时，其吸气压力降低，蒸发压力也随之降到其规定值以下，蒸发器易结霜，这时控制电路使旁通电磁阀开启，一部分高压、高温的制冷剂气体直接被吸入压缩机，压缩机吸气压力上升，蒸发压力也随之上升，当上升到一定值时，控制电路又使旁通电磁阀关闭。这种过程不断循环，使压缩机吸气压力稳定在

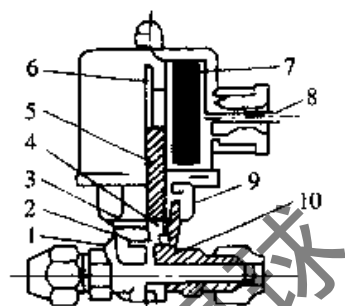


图 3-117 旁通电磁阀结构
1-阀体；2-上阀；3-阀座；4-针阀；5-可动片；6-返回弹簧；7-线圈；8-配线；9-防松螺母；10-主阀阀座

(四) 过热开关及热力熔断器

过热开关是一种温度-压力感应开关，一般安装在压缩机缸体内，图 3-118 所示为其结构。当系统处在高温高压状态或低温低压状态时，此开关保持常开；当系统处在高温低压状态时，此开关闭合。系统的高温低压状态通常是在缺少制冷剂时出现的，此时，如果压缩机继续运转，将会因缺少润滑而过热损坏，过热开关将使压缩机停止运转，直至故障排除为止。

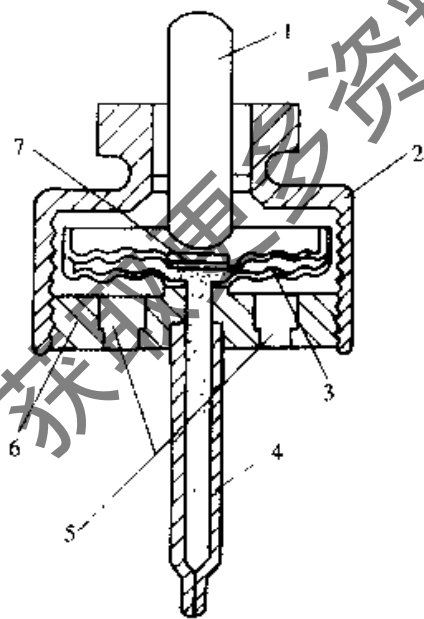


图 3-118 过热开关结构

1-接线柱；2-壳体；3-膜片总成；4-感应管；5-底座孔；6-膜片底座；7-电触点

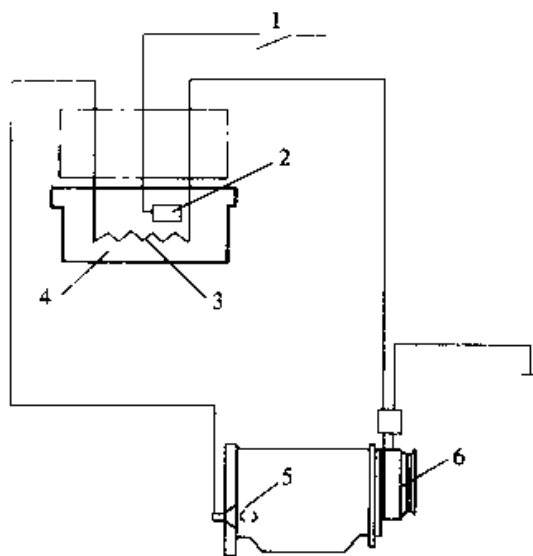


图 3-119 热力熔断器工作原理

1-环境温度开关；2-温度感应熔断丝；3-绕线式电阻加热器；4-热力熔断器；5-过热开关；6-电磁离合器线圈

图 3-119 所示为热力熔断器工作原理，它与过热开关配合使用，由温度感应熔丝、绕线式电阻加热器组成。当过热开关闭合时，通向电磁离合器的电流通过热力熔断器中的加热器，使加热器温度升高，直到把熔断器熔化，这样电磁离合器电路中断，压缩机停止运转。

(五) 汽车空调放大器

有些汽车空调控制系统中安装有放大器，它的作用主要是将温控器阻值信号、加速切断器信号通过放大电路，控制其继电器的断开，从而切断压缩机电磁离合器电源，使压缩机停止转动。

图 3-120 所示为其工作原理，当发动机转速低于规定值时，三极管 VT1 导通，使三极管 VT3 截止，继电器触点分开，电磁离合器线圈电流被切断，压缩机停转；当蒸发器表面温度降至规定值时，热敏电阻阻值升高，使三极管 VT2 导通、三极管 VT3 截止，继电器触点分开，电磁离合器线圈电流被切断，压缩机停转。

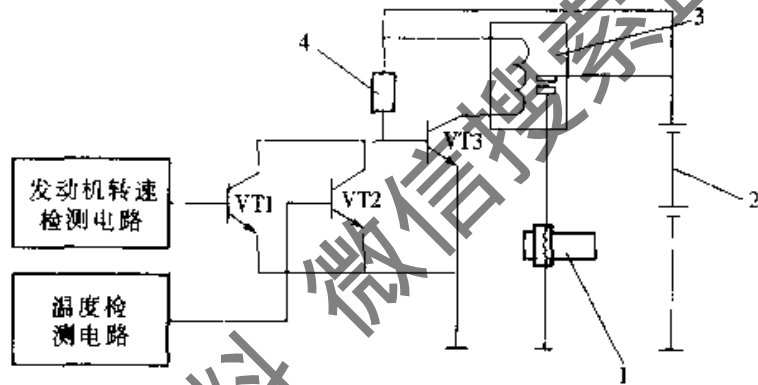


图 3-120 汽车空调放大器工作原理

1—压缩机；2—蓄电池；3—继电器；4—电阻

(六) 汽车空调继电器

汽车空调控制系统中的风机、电磁离合器等电流，如果都由电源开关直接控制，则由于电流过大触点有烧蚀的可能；若从蓄电池直接供电，则又会使蓄电池大量放电。为了防止以上现象的发生，在电路中较多的使用继电器，即用小电流通过电磁线圈控制较大电流。

图 3-121 所示为其工作过程，当按下开关 2，蓄电池电流通过继电器电磁线圈，从而使触点闭合，供给用电器件电流。

(七) 冷凝器风机继电器

冷凝器风机继电器的作用是当空调开关接通时，同时接通风机继电器，使冷凝器风机运行，满足冷凝器通风散热的要求。

图 3-122 所示为冷凝器风机控制电路，当空调开关 5 接通时，继电器 2 的线圈就有电流通过，并产生磁力吸合触点闭合，这时电流就由 12V 电源→继电器 2 的触点→冷凝器风机电机→接地流过，冷凝器风机便通电运行；当空调开关 5 断开

时，线圈无电流通过，磁力消失，继电器触点跳开，风机电机停止运行。只要空调开关一接通，冷凝器风机便能自动工作

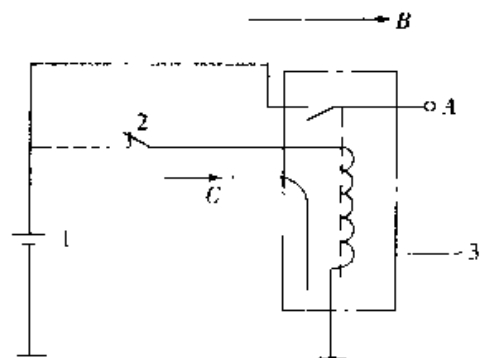


图 3-121 汽车空调继电器工作过程

1 蓄电池；2—开关；3—继电器；A—汽车空调用电器件；B—大电流；C—小电流

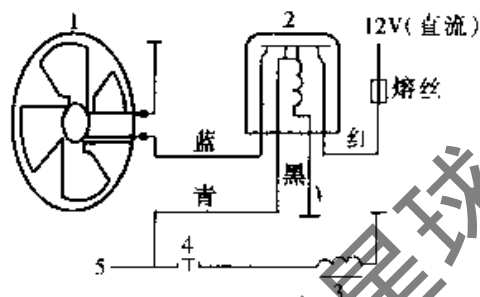


图 3-122 冷凝器风机控制电路

1 冷凝器风机；2—继电器；3—压缩机电磁离合器；4—恒温器；5—空调开关

(八) 蒸发器风机转速控制器

蒸发器风机转速控制器的作用是调节蒸发器供风量的大小，扳动风机开关位置，可以调节风机转速，从而调节供风量的大小

蒸发器风机开关一般有三个位置：1挡转速最低，风量最小；3挡转速最高，风量最大；2挡的转速和风量介于1挡和3挡之间。扳动风机开关在不同的挡位，可取得不同的风量。

蒸发器风机转速是通过改变电阻来控制的。图 3-123 所示为蒸发器风机转速控制原理，当1挡接通后，由于电阻存在，因此风机转速低；当接通2挡时，阻值比1挡小，因此风机转速比1挡高；当接通3挡时，由于电流不经过电阻，因此风机转速最高。

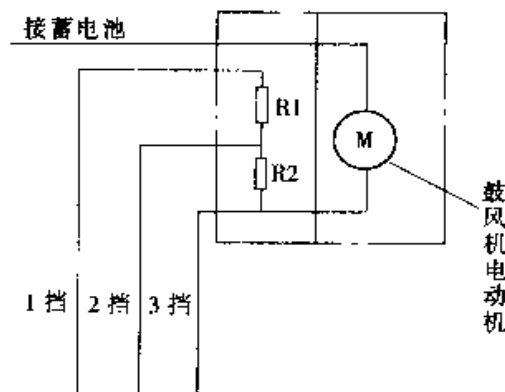


图 3-123 蒸发器风机转速控制原理

(九) 高压卸压阀

一般汽车空调系统，当制冷剂管路高压侧温度和压力异常高时，常通过使易熔塞的易熔合金熔化让制冷剂释放的办法来保护制冷系统免受损坏。该方法让制冷剂全部释放到大气中，不仅造成经济上的损失，而且对环境也造成污染。当易熔塞熔化后，空气还将进入制冷系统。

高压卸压阀的作用就是防止高压侧压力异常升高，以免损坏压缩机和冷凝器。高压卸压阀一般安装在压缩机或高压管路上。当冷凝器散热条件不好时，冷凝器温度和压力可能过高；当汽车空调制冷系统内制冷剂量过多时，系统内压力也可能过高。高压卸压阀的压力调整范围为 2.4~2.8MPa，当压力超出该调整值范围时，卸

压阀被迫打开，让制冷剂放出，直至压力降低到调整值为止；在弹簧的作用下自动关闭，保证制冷系统正常工作。

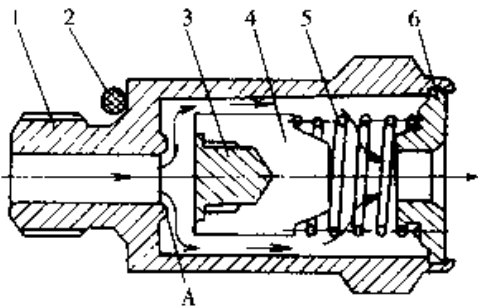


图 3-124 高压卸压阀结构

1—阀体；2—密封圈；3—密封塞；4—下弹簧座；5—弹簧；6—上弹簧座

图 3-124 所示为高压卸压阀结构。在正常情况下，由于弹簧的压力，将密封塞压向阀体，与 A 面凸缘紧贴，制冷系统内制冷剂不能放出。当系统内压力异常升高时，弹簧被压缩，阀被打开，制冷剂被释放出来，系统内压力立即下降。当压力降至约 2.8MPa 时，弹簧又立即将密封塞推向阀体 A 面，将阀关闭。

采用卸压阀，系统内的制冷剂只释放出少许，空气不会进入系统，且便于判断故障原因。北京切诺基吉普车的贮液干燥器和长春奥迪 100 轿车的压缩机上都装有这种卸压阀。

(十) 客车空调系统压力控制器

对于大、中型客车空调，为了保护制冷压缩机和制冷系统，常设置有压力控制器（又称压力继电器或压力开关）。其作用是当客车空调制冷系统的压缩机吸、排气压力超过规定值时，立即切断控制电路，使压缩机停止运转。

压力控制器的结构由高压部分、低压部分和一对电触点开关组成，如图 3-125 所示。它的高、低压波纹管分别用毛细管与压缩机的排气腔和吸气腔相通。其工作过程如下：低压气体作用于低压波纹管 10，当低压压力值高于给定值上限时，通过传动芯棒 9、传动杆 4 克服弹簧 3 的压力，按下微动开关 1 的按钮，此时电路接通，压缩机正常运行。若低压低于给定值下限时，低压调节弹簧 3 的弹力克服来自波纹管的压力，把传动杆抬起，使微动开关断路，电路断开，压缩机停机。

高压气体作用于高压波纹管 11，当高压压力低于高压给定值下

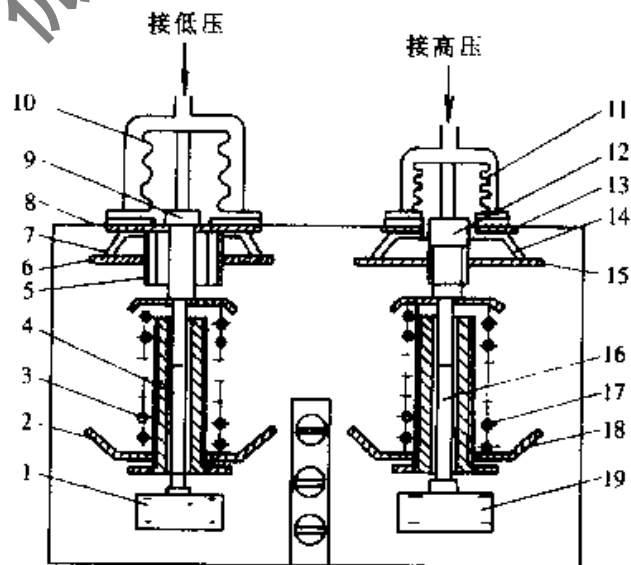


图 3-125 KD 型压力控制器结构原理图

1、19—微动开关；2—低压调节盘；3—低压调节弹簧；4、16—传动杆；5—调节螺钉；6—低压压差调节盘；7、14—碟形弹簧；8—垫片；9—传动芯棒；10—低压波纹管；11—高压波纹管；12—传动螺钉；13—垫片；15—高压压差调节盘；17—高压调节弹簧；18—高压调节盘

限时，高压调节弹簧 17 克服来自波纹管 11 的压力，将传动螺钉 12、微动开关 19

的按钮随之抬起，电路接通，压缩机正常运转；当高压值超过高压给定值上限时，高压波纹管压力克服弹簧力把传动螺钉 12 压下，按下微动开关 19 的按钮，电路断开，压缩机停机。

高压和低压的断开压力值，可通过高压或低压的调节盘进行调节，凡是加大调节弹簧压力，则断开压力值就相应增大；反之，则减小。

高压或低压的差动压力值（指接通与断开时的压力差）可以通过高压或低压压差调节盘进行调节，凡是转动压差调节盘使碟形弹簧压力增大的，则差动值就相应增大。

一般情况下，压力控制器出厂时，其高、低压值已调好，无需重调。若装上后压缩机有频繁开停现象，应首先检查制冷系统是否有故障。确定后再调节，使其调整压力能满足正常运转范围。压力经调整后，应对调整值反复进行 2~3 次试验，观察其通断压力是否符合调整要求，并确保其安全可靠。

大、中型客车空调中，压力控制器的调整值：高压为 2.20~2.45MPa，低压为 0.12~0.15MPa。

(十一) 副发动机转速控制器

在独立式汽车空调系统中，为了调节其制冷量，常常要把副发动机的转速分三挡调节。如图 3-126 所示，把进入发动机供燃烧的空气量分三挡供给，其工作过程如下：当电磁线圈 A 和 B 都不通电时，气体只有从中间孔进到发动机，空气量最少，发动机转速最低；当电磁线圈 A 通电时，带动磁铁心 A 移动，把 A 的阀门打开，则发动机有两个阀门进气，气量提高，其转速也提高到中速挡；当电磁线圈

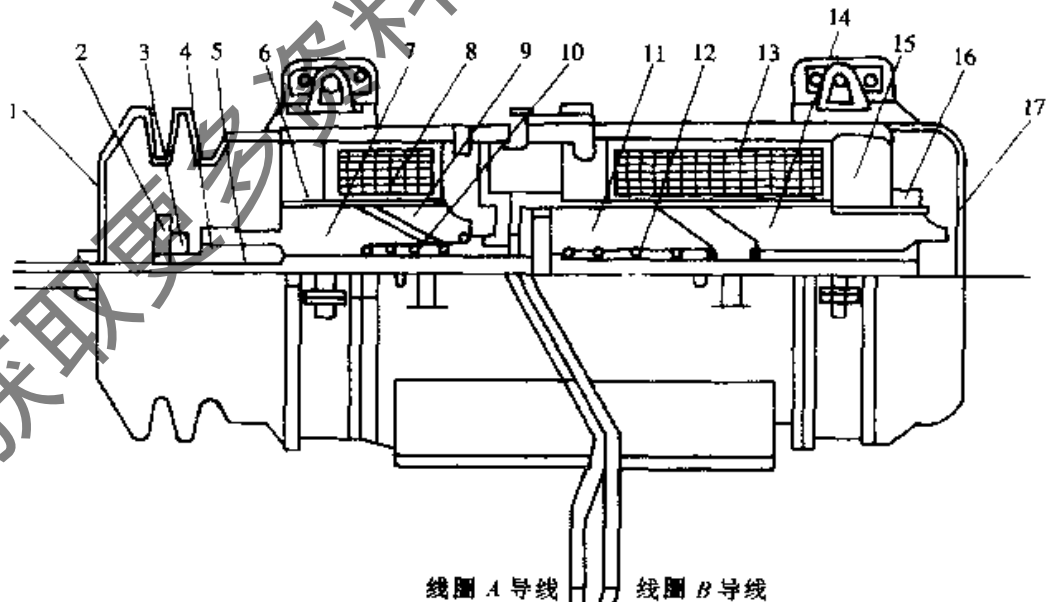


图 3-126 副发动机转速控制装置

- 1—防水橡胶盖 A；2—制动器锁；3—冲程调整螺栓；4—固定螺母 A；5—旋转轴；6—盖 A；7—磁铁心 A；8—线圈 A；9—铁心 A；10—压缩弹簧 A；11—磁铁心 B；12—压缩弹簧 B；13—线圈 B；14—铁心 B；15—盖 B；16—固定螺母 B；17—防水橡胶盖 B

B 通电时，移动磁铁心 B，打开 B 的最大进气阀门，发动机的空气量增大，混合气增多，其转速也提高到最大挡运行。这样司机就可根据副发动机的转速来调节空调系统的制冷量。

二、汽车空调系统压力控制

要维持汽车空调制冷系统正常工作，必须控制其压力或温度。采用压力控制方法是为了防止蒸发器压力低于规定值（其下限在 $0.301 \sim 0.308\text{MPa}$ 之间），从而避免蒸发温度低致使空气中的水汽凝结成冰。因为制冷剂在饱和状态，温度和压力有一一对应关系，控制了蒸发压力实际上也就控制了蒸发温度。这种压力控制机构称为吸气压力调节阀，一般装在蒸发器和压缩机之间。

用于汽车空调系统中的吸气压力调节阀有如下几种：吸气节流阀、绝对压力调节阀及蒸发压力调节阀等。

（一）吸气节流阀

吸气节流阀用来防止蒸发器温度过低造成凝结水结冰，它能将蒸发压力控制在 $0.301 \sim 0.308\text{MPa}$ 范围内。

图 3-127 所示为吸气节流阀结构。它由真空膜盒、小孔、压力表接口、回油管路接口、活塞、膜片、主弹簧、辅助弹簧等组成。大气压力和弹簧压力在膜片一方，另一方是蒸发压力。当蒸发压力高于设定值时，超过部分的压力作用到阀的活塞上，然后通过平衡孔作用到膜片下方。这个压力一旦大到足以克服弹簧压力，即将阀的活塞打开，活塞一打开蒸发压力则下降，弹簧压力又促使活塞向关闭位置移动。活塞不停地开和关，直到蒸发压力与弹簧压力相平衡为止。

真空膜盒的作用在于增加制冷速度，当把空调器调到最大制冷量时，发动机进气歧管的真空度提高，传到真空单元膜片左侧，可使吸气节流阀的开度加大，让更

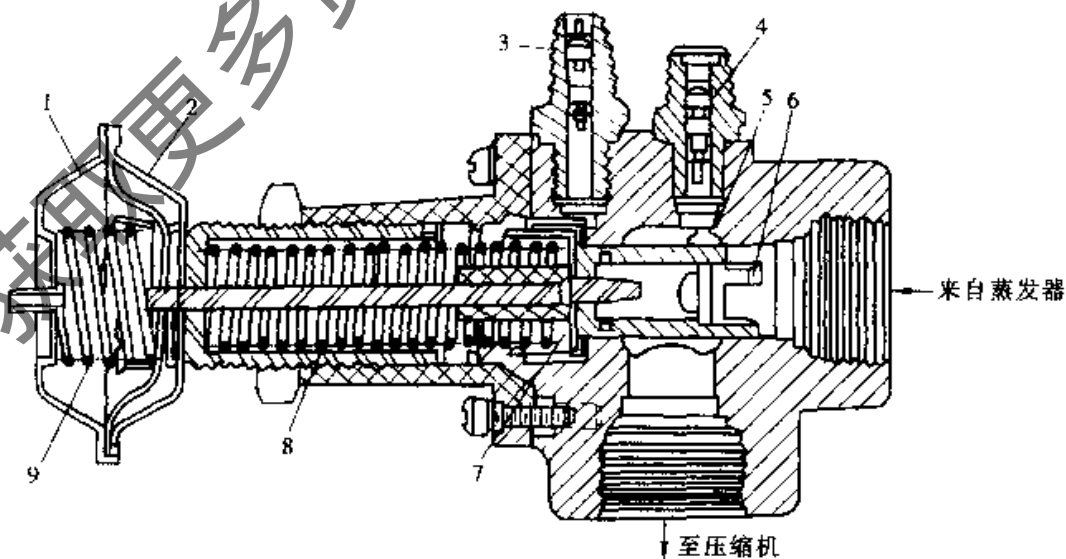


图 3-127 吸气节流阀结构

- 1—真空膜盒；2—小孔（通大气口）；3—压力表接口；4—回油管路接口；
5—平衡孔；6—活塞；7—膜片；8—主弹簧；9—辅助弹簧

多的制冷剂从蒸发器流入压缩机。

真空膜盒的另一个作用是补偿海拔高度引起大气压力变化的影响，若在高海拔运行时，切断真空膜盒的真空气路，则主薄膜上的平衡作用力缺少了真空吸力，以此来弥补高海拔的大气压力下降，使蒸发压力仍然保持在原设定值上，防止汽车高海拔运行时蒸发器结冰。

(二) 绝对压力调节阀

吸气节流阀装在汽车上，在高海拔地区行驶时，蒸发器易结霜，而绝对压力阀可以消除这个缺点，后者装在蒸发器和压缩机之间的吸气管道上。

如图 3-128 所示为绝对压力调节阀结构，它是由先导阀控制的。先导阀是一个针阀，用以封闭至压缩机进口的通道，从而控制主阀（活塞式滑阀）。先导阀是由波纹管控制的，它的内部抽成真空，而波纹管又装在其内部含有制冷剂的绝对压力调节阀内，所以大气压力对它没有影响。

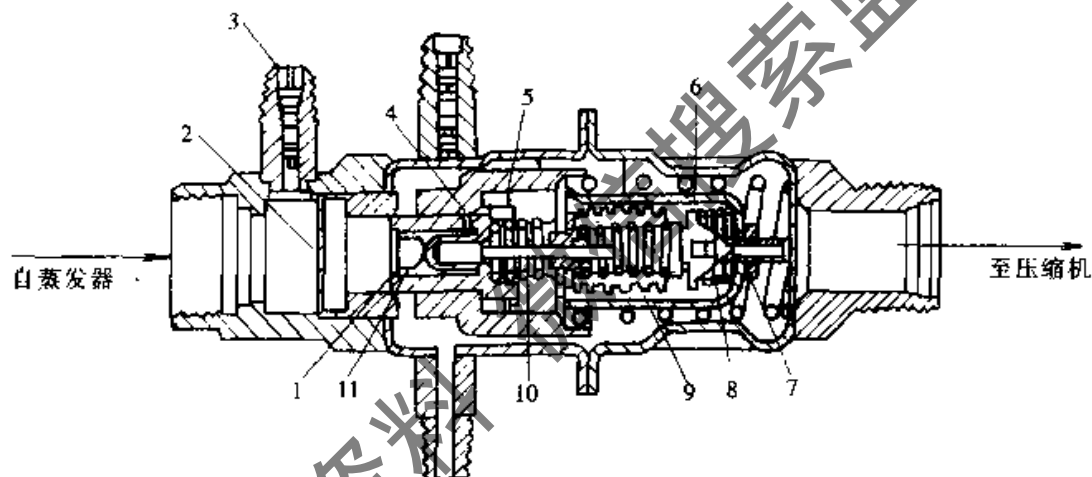


图 3-128 绝对压力调节阀结构

- 1—活塞；2—减振板；3—压力表接口；4—小孔；5—活塞环；6—针阀；
7—针阀座；8—针阀簧；9—波纹管；10—弹簧；11—滤网

当汽车空调系统工作时，压缩机运转，并从蒸发器出口管路中吸走制冷剂气体，降低了绝对压力调节阀的出口压力。只要蒸发器出口压力高于控制值（如 0.308MPa ），波纹管就收缩，先导阀由弹簧推力开启，制冷剂气体压力高于控制值足以推动活塞离开阀座，使制冷剂气体流入压缩机。

当绝对压力调节阀处于开启状态，压缩机从蒸发器吸入制冷剂的速度加快时，吸气压力就降到控制值以下（ 0.308MPa 以下），这时波纹管就膨胀，先导阀闭合，而制冷剂继续流经活塞上的小孔，但不能通过已经闭合的先导阀，于是活塞滑阀的背压就增加了，弹簧推动活塞向蒸发器方向移动而关闭阀口，停止制冷剂流动，这时蒸发器压力再次升高超过规定值，迫使波纹管再次收缩，弹簧再次推动先导阀开启，于是开始下一次循环。

从以上分析可知，绝对压力调节阀利用高灵敏度的波纹管感测蒸发压力的大小而伸缩，操纵先导阀的开、断，控制活塞背压的产生和消失，使蒸发压力和弹簧弹力在一个新的位置达到平衡，控制蒸汽通向压缩机通路的活塞位置，最终控制蒸发压力不低于 0.308MPa ，防止蒸发器表面结冰。

绝对压力调节阀现在已用在一些中、高级轿车空调制冷系统上。图 3-129 所示为美国通用汽车公司的绝对压力调节阀制冷系统，它能最大限度地发挥蒸发器的制冷能力，而且蒸发器能连续制冷而不结冰，使空调系统的温度保持在一个稳定状态。

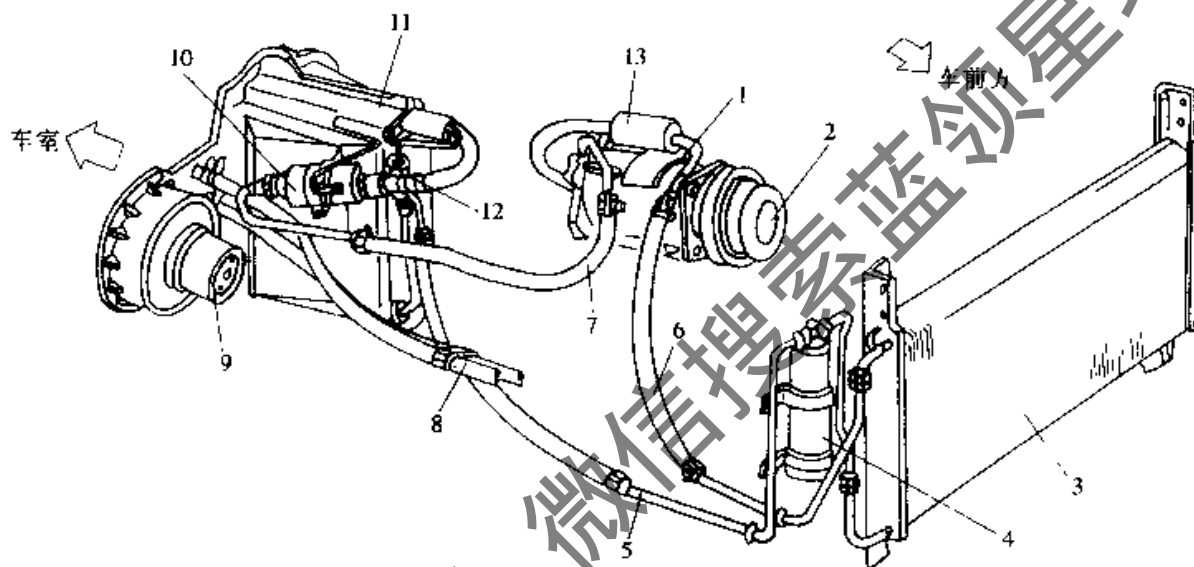


图 3-129 美国通用公司的绝对压力调节阀制冷系统

1—压缩机；2—电磁离合器；3—冷凝器；4—贮液器；5—高压液体管路；6—高压气体管路；7—低压气体管路；8—加热器软管；9—送风机；10—绝对压力调节阀；11—蒸发器；12—膨胀阀；13—消音器

(三) 蒸发压力调节阀

蒸发压力调节阀 (Evaporator Pressure Regulator) 简称 EPR，它是一种全自动吸气压力控制装置，美国的克莱斯勒公司的部分汽车上就采用这种压力调节阀。它安装在压缩机入口处，而不是安装在蒸发器的出口。由于此阀的安装位置与吸气节流阀的安装位置不同，因而它们的压力调定值也有所差别，蒸发压力调节阀的调定值略高于其他调节阀的调定值。其制冷系统的工作原理与其他系统一样，都是控制蒸发压力不要低于 0.308MPa ，防止蒸发器结冰。

蒸发压力调节阀分为三种类型，即 EPR-I 型、EPR-II 型、EPR-III 型。

1. EPR-I 型蒸发压力调节阀

早期使用的蒸发压力调节阀是 EPR-I 型，它是一种膜片控制的平面阀，依靠弹簧和膜片来控制蒸发压力。如图 3-130 (a) 所示，当蒸发压力增加时，此压力作用在膜片下方克服了弹簧的压力，使阀离开阀座，这样从蒸发器到压缩机的制冷剂流量增加；如图 3-130 (b) 所示，当蒸发压力下降时，控制弹簧便把阀压向阀

座，限制了来自蒸发器的制冷剂流量，这样蒸发压力将增加，直到把阀重新打开。

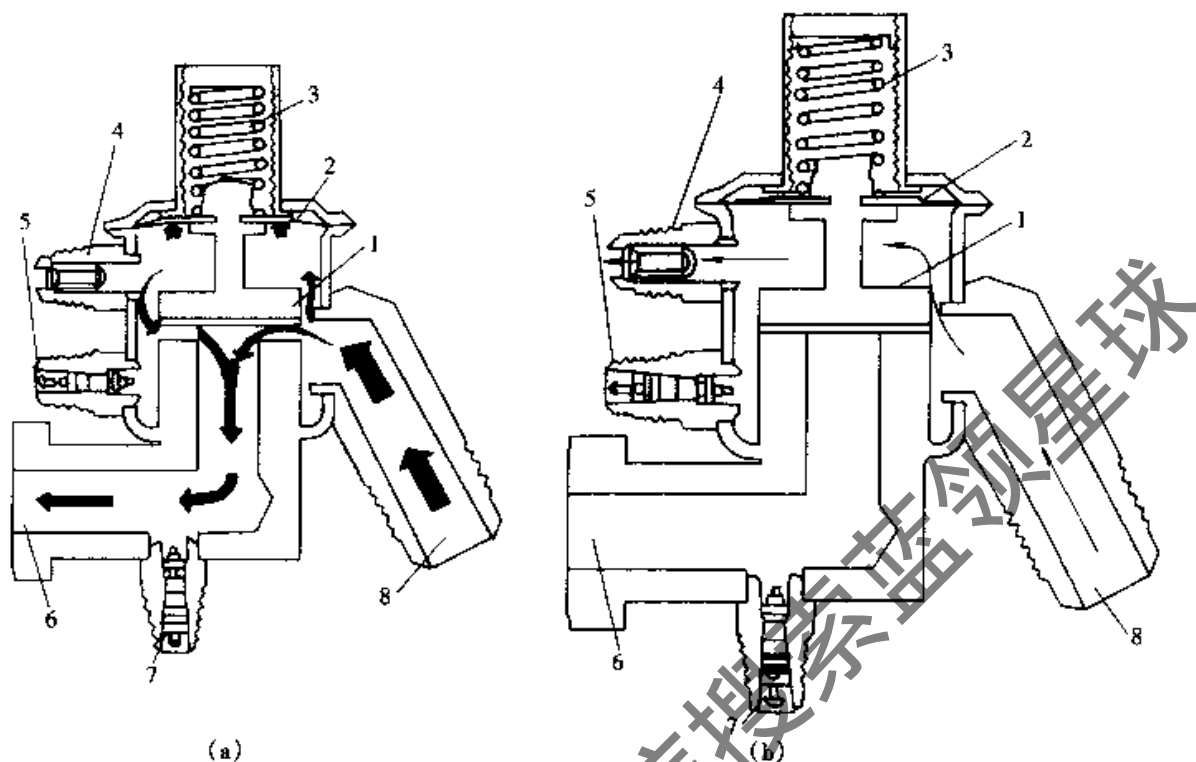


图 3-130 EPR-I 型蒸发压力调节阀

(a) 蒸发压力增加；(b) 蒸发压力下降

1—阀；2—膜片；3—弹簧；4—回油管接口；5—吸气检修接口；
6—压缩机进口；7—压缩机进口检修接口；8—蒸发器回气管路

蒸发压力调节阀不断地打开和关闭，直到蒸发压力与弹簧压力平衡为止，然后保持在某一位置，直到蒸发器热负荷或压缩机转速改变，要求一个新的平衡点为止。

该阀内还有一条油道接通吸气管与压缩机曲轴箱，因油被制冷剂带出压缩机，这条油道使油又能回到压缩机。

该阀的平衡是由于控制弹簧压力与蒸发压力作用的结果，再加上平面阀密封差，故 EPR-I 型蒸发压力调节阀的控制精度较差。

2. EPR-II 型蒸发压力调节阀

目前使用的是 EPR-II 型阀，用以取代 EPR-I 型阀，其结构如图 3-131 所示。它是由先导阀控制的簧顶活塞，内有一个铜质波纹管，内充注有特种气体，这就无需抽真空使绝对压力为零。它的动作与绝对压力调节阀类似。

该阀由波纹管和先导阀控制。蒸发器压力升高时，波纹管就收缩，先导阀开启。如从蒸发器来的制冷剂压力较高，则克服弹簧压力，推动活塞向右移动，阀口打开。

3. EPR-III 型蒸发压力调节阀

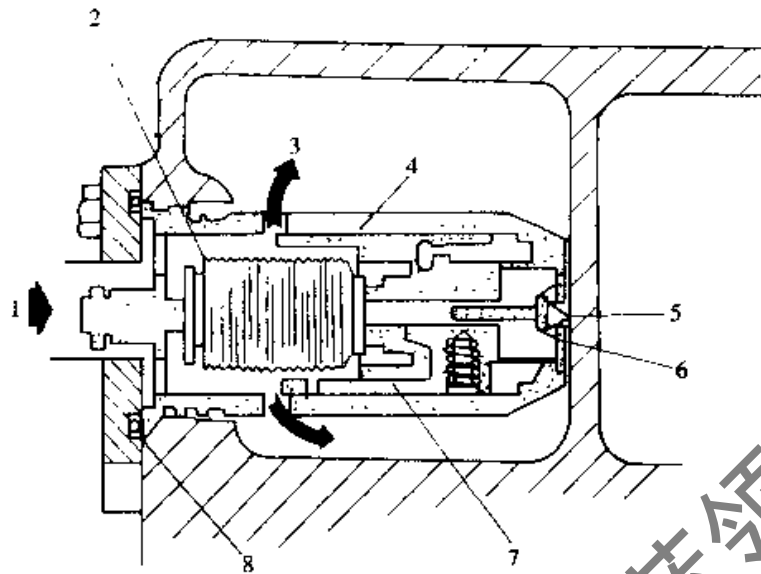


图 3-131 EPR-II 型蒸发压力调节阀

- 1—气体进口；2—波纹管；3—气体出口；4—阀体；5—先导阀；
6—先导阀阀座；7—活塞阀；8—密封圈

克莱斯勒汽车公司后来又推出一种结构简单的 EPR-III 型阀，其结构如图 3-132 所示。它只有一个铜质波纹管，内充气体，用它直接控制一个锥阀。

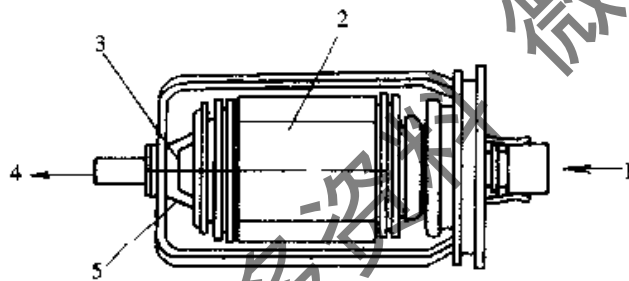


图 3-132 EPR-III 型蒸发压力调节阀

- 1—进气口；2—波纹管；3—锥阀；4—出气口；5—锥阀阀座

外，还有蒸发器温度调节器、全自动温度控制等方法。

（一）蒸发器温度调节器

用蒸发器温度调节器取代蒸发器压力调节阀，安装在汽车空调上用于温度自动控制。它是一种电磁阀，起开关通断作用，装在压缩机进口处。用导线把它和热力开关相连接，而热力开关的毛细管温包固定在蒸发器上。热力开关内含簧顶薄膜和一个薄膜控制的电气开关，其工作原理如

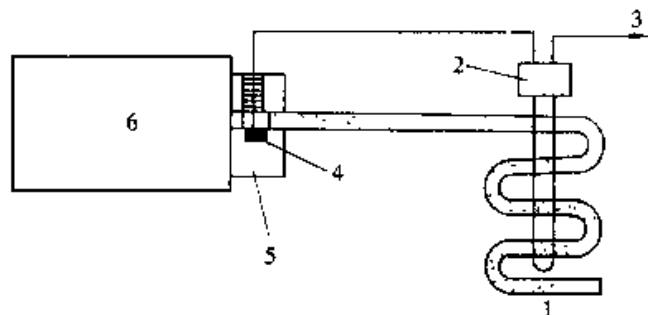


图 3-133 蒸发器温度调节器

- 1—蒸发器；2—热力开关；3—接电源；4—阀盖；
5—蒸发器温度调节器；6—压缩机

三、汽车空调系统温度控制

车内的温度对乘员的舒适性起着决定性的作用。车室内的温度控制除了前面介绍的恒温器控制方法

图 3-133 所示。当感温包感测到温度高于设定值时，薄膜变形，断开电开关，截断至电磁阀的电流，依靠弹簧打开调节器，制冷剂流入压缩机。

相反，若感温包感测到温度低于设定值时，对薄膜的压力减低，薄膜弹簧起作用，电开关闭合，从而接通到电磁阀电路，由于电流作用，调节器关闭，截断制冷剂到压缩机的通路。

(二) 全自动温度控制

在全自动温度控制系统中，有一套计算比较电路，通过对传感器信号和预调信号的处理、计算、比较，输出不同的电信号控制各执行机构工作。通过温度风门的不同位置变化来调节空调温度，并使风扇的转速随着空调参数的变化而改变。空调风向的控制、各风门的开关是用电磁阀控制的。

1. 全自动温度控制系统组成

全自动温度控制系统由温度传感器、计算比较系统、动作系统、反馈系统等几大部分构成。

(1) 温度传感器。在全自动温度控制系统中设有三个温度传感器，即外气、内气和日照三个传感器。

外气传感器应安装在对外气温度变化最敏感的位置，一般装在汽车前围发动机水箱前；内气传感器装在车室内不易被碰撞和挡住的地方，一般装在仪表板的下侧；日照传感器装在受日光照射最强的地方，如仪表板上表面风窗玻璃之下。

(2) 计算比较系统。图 3-134 所示为计算比较系统的回路。R0 为各传感器及设定温度开关的总电阻，其中每一个电阻发生变化时，电位 V_A 、 V_B 相应发生变化，电桥处于不平衡状态，比较器 OP1 或 OP2 启动，带动两阀之一（DVC 或 DVH）工作。

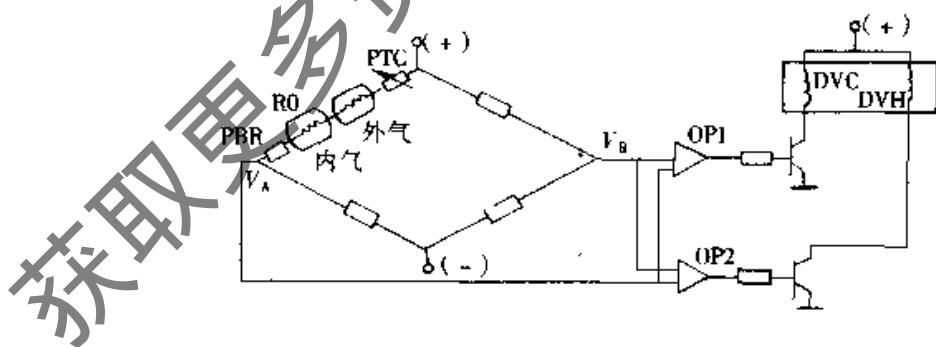


图 3-134 计算比较系统的回路

PBR—可变电阻；R0—各传感器及设定温度开关总电阻；PTC—热敏电阻；OP1、OP2—比较器；DVC、DVH—控制阀

(3) 动作系统。它包括升温控制阀 DVH 和降温控制阀 DVC，连动杆、伺服动力源（真空泵等）及风门等，计算系统根据环境信号（传感器感测温度变化信号）确定 DVC 或 DVH 的动作，从而使伺服动力源也相应动作，带动连杆使风门转动，改变混合风比例以实现室内恒温。

(4) 反馈系统。包括图 3-134 中所示的可变电阻 PBR，当伺服动力源动作时，可变电阻也随之变化，其变化幅度与传感器阻值变化幅度相等，以此保持室温恒定。

2. 全自动温度控制系统工作过程

图 3-135 所示为全自动温度控制过程图。当设定开关将温度由 25℃ 调到 20℃ 时，PTC 阻值减少 $-\Delta R$ ，其结果是总电阻也减少 $-\Delta R$ ，电桥处于不平衡状态且 $V_A < V_B$ ，这时比较器 OP1 开始工作，双阀中的降温阀 DVC 开启，在真空泵的作用下，连杆向下运动，反馈可变电阻值上升，由于风门向冷风增加方向张开，故室内温度下降。当下降至 20℃ 时，反馈电阻的阻值变化恰好为 $+\Delta R$ ，总电阻的变化为 $+\Delta R - \Delta R = 0$ ，也就是说电桥处于平衡状态，即 $V_A = V_B$ ，整个控制系统处于平衡，当环境温度不再改变时，室内温度为 20℃。

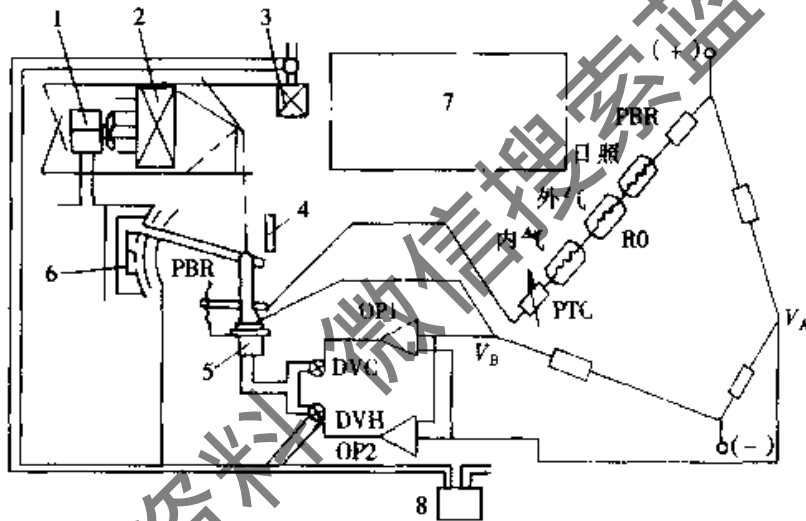


图 3-135 全自动温度控制过程图

1—风机；2—蒸发器；3—暖风器；4—伺服动力源；5—真空阀；
6—风机控制；7—车室；8—真空泵

由 20℃ 上升到 25℃ 时控制系统的变化过程与上述相反。

当车外空气温度下降时，车内温度也要随之降低 $-\Delta t$ ，假设这个下降量引起外气传感器阻值的增加幅度为 $+\Delta R$ ，电桥处于不平衡状态且 $V_A > V_B$ ，比较器 OP2 导通，双阀中的 DVH 启动，真空泵推动连杆向上运动，可变电阻值向减少方向变化，风门向着暖风增加的方向转动。当车内温度回升 $+\Delta t$ 即室温变化为 $-\Delta t + \Delta t = 0$ 时，可变电阻值下降 $-\Delta R$ ，回路电阻变化量为 $-\Delta R + \Delta R = 0$ ，系统达到平衡状态，室温恒定到未变化之前状态。车外空气温度上升时与上述过程相反；车内的空气温度和日照发生变化时，恒定车内温度的过程同车外空气温度变化时的一样。

(三) 微电脑温度控制系统

微电脑温度控制的汽车空调系统，不仅能按照乘员的需要吹出最适宜温度的风，而且可以根据实际需要调节风速、风量，还极大地简化了操作。该系统主要用

在高级汽车空调上。

微电脑温度控制的汽车空调系统具有以下几种功能：

1. 空调控制

温度自动控制、风量控制、运转方式给定的自动控制、换气量控制等，满足车内空调对舒适性的要求。

2. 节能控制

压缩机运转速度的控制，换气量的最适量控制以及随温度变化换气切换，自动转入经济运行，根据车内外温度自动切断压缩机电源等。

3. 故障、安全报警

制冷剂不足报警、制冷压力高出或低出报警、离合器打滑报警、各种控制器件的故障判断报警等。

4. 故障诊断存储

汽车空调系统发生故障，计算机将故障部位用代码的形式存储起来，在需要修理时能指示故障的部位。

5. 显示

能显示给定的温度、控制温度、控制方式、运转方式的状态等。

图 3-136 所示为微电脑温度控制系统，微电脑可以单独接受和计算各种传感

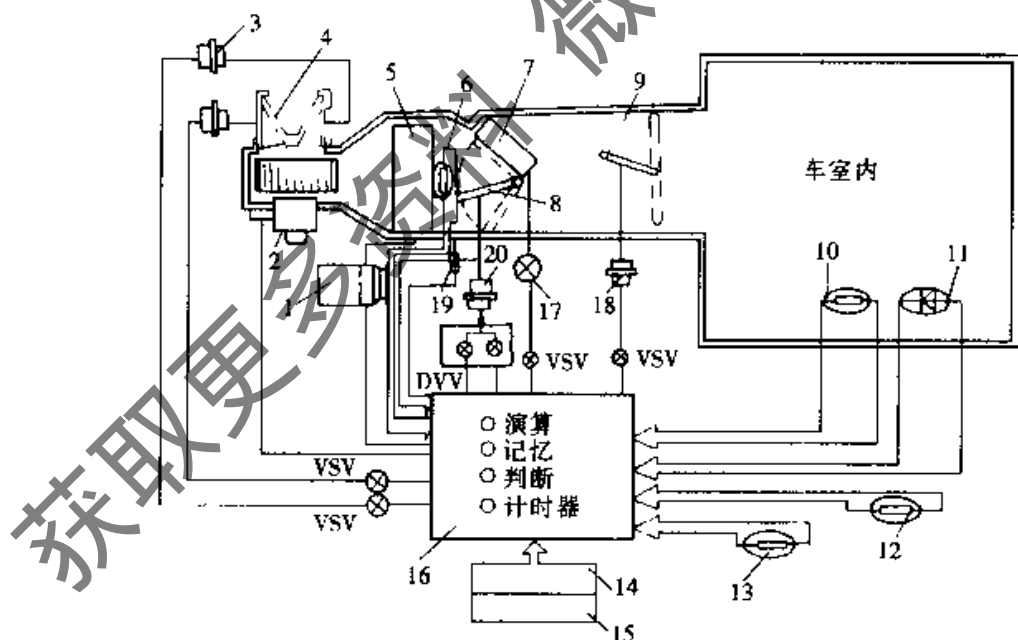


图 3-136 微电脑温度控制系统

- 1 压缩机；2—风机；3—真空阀；4 风门；5—蒸发器；6—蒸发器传感器；
7 加热器；8—空气混合风门；9—吹出切换风门；10—内气传感器；11—日照
传感器；12—外气传感器；13—水温传感器；14—方式开关；15—设定温度开
关；16—微型计算机；17—水阀；18 吹出口切换膜片；19—电位计；20—伺服
机构；DVV 复式真空阀；VSV—真空开关阀

器输入的信号，能够随环境的变化迅速而准确地作出反应，发出控制信号。

输入信号有三种：

(1) 车室内温度传感器、车外新风温度传感器、日照温度传感器等各种传感器传来的信号。

(2) 驾驶员设定的温度信号、选择功能信号。

(3) 由电位计检测出空气混合风门的位置信号。

输出信号也有三种：

(1) 为驱动各种风门，必须向真空开关阀 (VSV) 和复式真空阀 (DVV) 输送信号。

(2) 为了调节风量，必须向风机电机输送调节电压信号。

(3) 向压缩机输送开停信号。

为了保证车内温度不变，微电脑必须根据传感器感测到的车内温度不断地调节空调机吹送出的空气温度和送风量。同时由于车内空间狭窄，车窗多、车体受日光照射的影响较大，因此还必须对车内送风温度进行修正。此外，还有由于冷却水温度变化而进行的对加热量的修正，以及在采用经济运转方式时，由于压缩机停止运转而进行的对蒸发器出口温度上升的修正等。

微电脑的控制是根据温度平衡方程进行的。设输入设定温度的电阻为 R ，车室内温度的电阻为 A ，车外空气温度的电阻为 B ，吹出口温度电阻为 C ，日照、外气、节能修正量的温度电阻为 D ，则其温度平衡方式为

$$R = A + B + C + D$$

微电脑根据这个方程进行计算、比较、判断后发出各种指令，让执行机构实施动作。

汽车空调送风量是决定车室内温度的重要因素之一。微电脑控制系统根据车内温度与给定温度之间的偏差，对送风量进行连续的、无级的调节。在夏季，当蒸发器的冷却温度变化时送风量应随之改变，即：送风温度低，减少送风量；送风温度高，增加送风量。冬季水温低不能充分供暖时，若仍然送风会使乘客感到不适，自动控制机构可使送风中断，由预热器加热空气，使空气温度上升，待温度正常后，又开始送风。

车内新风和车内循环回风的自动切换也是通过微电脑进行控制的。在炎热的夏季，车内温度很高，为迅速降低车内温度，可暂时不使用车外新风。当空调系统使车内温度下降至一定值后，自动切换机构可进行新、回风的风门切换，按一定比例引入新风。此外，对玻璃窗的除霜，也需要进行新风和回风的自动切换。在冬季或夏季雨天，必须除去玻璃窗上的结霜和凝露，以保证驾驶人员安全操作及乘客视线清晰。一般在驾驶人员前方有除霜吹送风口吹出热风，在仪表盘两侧也装有侧面除霜送风口。

根据乘客吹风的要求，吹风口可自动切换，上方和侧面吹出口吹冷风，而下方

则吹温风，满足乘客头凉脚暖的舒适性要求。例如车内温度给定值为 25°C ，夏季车外温度为 35°C 时送冷风，空气经蒸发器冷却后由冷风口吹出；在春、秋、过渡季节，车外温度接近车内给定温度时，则采用经济运转方式，此时压缩机停止运转不制冷。这种只需要新风换气的方式是经济而节能的。在冬季，当车外温度低于 15°C 时，空调供暖循环开始工作，加热后的空气由下部暖风口送出。

夏季日射量的变化是修正项之一。由于汽车玻璃窗面积大，车内热负荷明显增加，使车内温度升高，因此要按照日射量的比例增加车内热负荷。通过对日射量的修正使送风温度降低，同时混合空气调节器也要对车外新风量和车内回风量进行调节，以使车内温度满足要求。

对于使用变容量压缩机制冷系统，压缩机的节能输出会引起蒸发器温度上升，这时微电脑可自动调节温度门位置，保持输出空气温度不变，使车内温度恒定。

微电脑控制的汽车空调系统的工作方式选定在电子触摸板的按钮轻轻触摸一下即可。电脑控制板上的触摸开关下面，有一个灵敏的转换器，只要轻轻按一下功能键，微电脑控制的空调系统即可以按照用户选定的温度和功能自动选择运行方式，满足所需要的温度要求。

现代微电脑控制的汽车空调系统的执行机构已不再使用电磁真空阀和真空电动机来操纵各个功能键和温度键，而是通过微电脑控制各个部件上的伺服电动机，即通过触摸按钮向微电脑输入各种信号，微电脑通过计算、分析、比较后，发出指令，接通所需的电路并指令伺服电机转动，按照功能选择键的输入指令，打开所需的出风口风门并调节风的温度；按照输入的预设温度，控制温度风门的位置。这些控制通过伺服电机来完成，比真空控制的可靠性高，而且控制机构更加简单。

四、汽车空调中的真空控制

前面介绍的温度和压力控制系统中的一些部件，如吸气节流阀、热水阀、各种温度门、调节风门、风机转速以及汽车怠速提升装置等都是靠真空来控制的。

真空控制系统由单向阀、真空罐、真空电机、真空选择器、真空换能器等部件构成。真空具有吸附能力，它来自汽车发动机，如图 3-137 所示，当活塞向下运动时，进气门打开，于是发动机进气歧管就产生真空。节气门完全关闭时，真空度达到最大；节气门微开时，空气进入进气歧管，但产生部分真空；

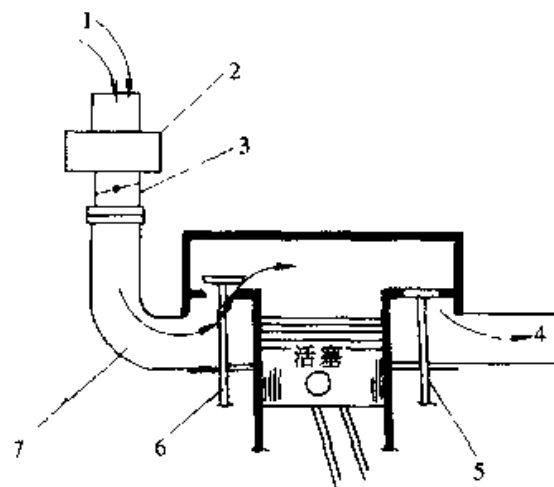


图 3-137 真空来源示意图

1—空气进入；2—化油器；3—节气门；4—排气；
5—排气门；6—进气门；7—进气歧管

节气门全开时，大量空气涌入，进气歧管内没有真空。

(一) 真空控制系统中的主要部件

1. 真空罐

真空系统的真空源是由发动机的进气歧管产生的。随发动机的运行工况不同，进气歧管的真空度也发生变化。其真空度的变化，会影响真空系统工作，因此设立了一个真空罐，其作用是向系统提供稳定的真空压力，其次是贮存真空，但真空系统在发动机停止时，仍能保持一定的真空度。真空罐由一个金属罐构成，内装有一个单向阀，保持罐内真空度。

2. 真空电机

真空电机又叫真空驱动器，它是一个真空膜盒，它的作用是将真空信号转变为机械动作的位置，用以启闭风门和阀门。

真空电机内装有弹性作用的膜片，膜片一般为弹性橡胶材料。为了把真空信号转变为机械动作，要在膜片上固定一连杆，和控制的风门连接，另外还要外加一个弹簧，以便使薄膜复位。

如图 3-138 所示，连杆附着在薄膜上，薄膜运动，可以在罐外转换成有用功。从图中可知，弹簧位于真空室内，失去真空时，弹簧伸展，推动薄膜恢复到中间位置，空气逐渐进入真空室。通常，空气是从室壁上的小孔进入的。

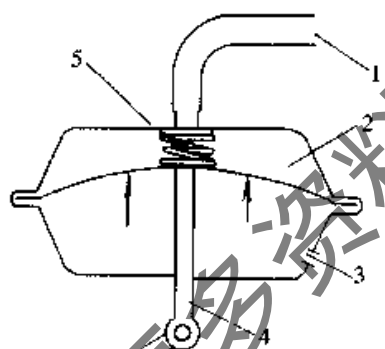


图 3-138 弹簧装在真空室内

1—接通真空源；2—真空；3—气孔；4—连杆；5—弹簧（受压）

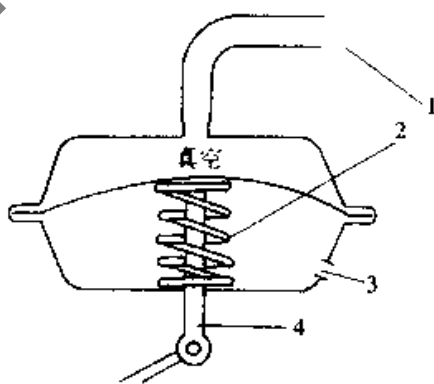


图 3-139 弹簧装在大气室

1—接通真空源；2—弹簧（伸展）；3—气孔；4—连杆

弹簧也可装在大气室，如图 3-139 所示。真空作用时，弹簧延伸；失去真空时，弹簧收缩，使薄膜恢复到中间位置。

弹簧还可布置在球罐外部，装在连杆的一端和球罐的一侧之间，如图 3-140 所示。

真空作用时，弹簧收缩；失去真空时，弹簧伸展。弹簧的设计决定着真空薄膜装置的工作状况。若弹簧过硬，就要消耗很多真空，才能使薄膜工作。若弹簧过软，只有较小的真空，就能使薄膜动作。

汽车加速时，节气门开启，进气歧管内真空度要下降，为此，真空系统中要设

置真空罐，以保证空调系统真空薄膜装置的正常运行。

3. 真空单向阀

正常的真空系统有一个真空单向阀，防止发动机进气歧管的真空度低于动作所要求的值。大多数真空系统有一个真空罐，真空单向阀一般安装在真空罐上。

当发动机进气歧管中的真空度高于真空罐中的真空度时，单向阀打开，此时，单向阀把真空源与真空罐连通。单向阀是靠发动机真空度打开的。正常的发动机真空度也打开了真空膜盒，如图 3-141 所示，让控制系统中的真空到达真空电机。若发动机的吸气真空度降低到真空罐的压力以下，单向阀关闭，膜盒也关闭，控制器到真空电机的回路中断，这样真空罐中的真空度不会下降。

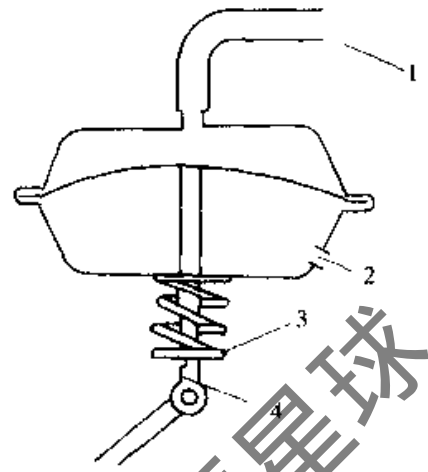


图 3-140 弹簧装在外部
1—接发动机真空源；2—气孔；
3—弹簧（受压）；4—连杆

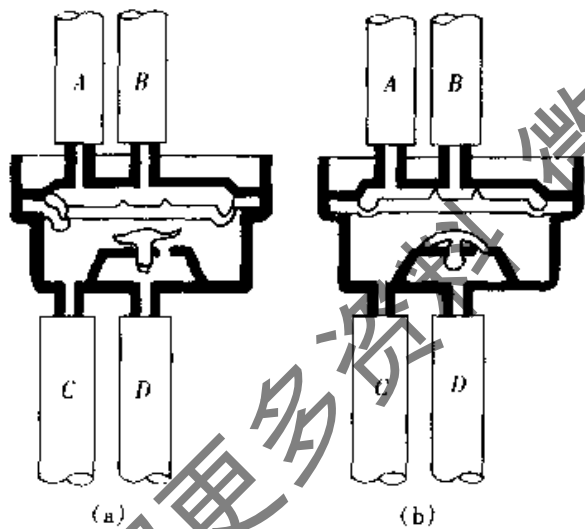


图 3-141 真空单向阀
(a) 单向阀打开；(b) 真空电机保持真空度
1—到真空电机；B 来自换能器的真空；
C—发动机真空；D—单向阀真空

图 3-141 (a) 表示由于发动机真空度使单向阀打开，来自换能器的真空信号到达真空电机。图 3-141 (b) 表示发动机真空度下降时，弹簧使膜片上抬，使真空电机保持一定的真空度。

4. 真空选择器

真空选择器是一个旋转开关，此开关的上部是固定的，因而可把各个真空软管插接其上，而其下部是可以转动的橡胶圆盘，胶盘上带槽，转动胶盘，在真空源软管和各种风门软管之间形成各条真空通路，从而对各种风门的位置实行控制。

5. 真空换能器

真空换能器的作用是利用一种能量的变化来操纵另一种能量工作的装置，如图 3-142 所示为其结构图。在换能器上，有一个双通针阀，一头控制真空源的通路，一头控制铁心上的大气阀门。铁心下端通大气，外部有一个电磁线圈。线圈的电压是 12V，而电流大小由空调的恒温放大器来控制。由于橡胶膜片的密封作用，外面的大气只能通过柱塞阀来和真空系统串气。

真空换能器是利用从电路中检测到的温度变化值转变为电流信号，在电磁线圈

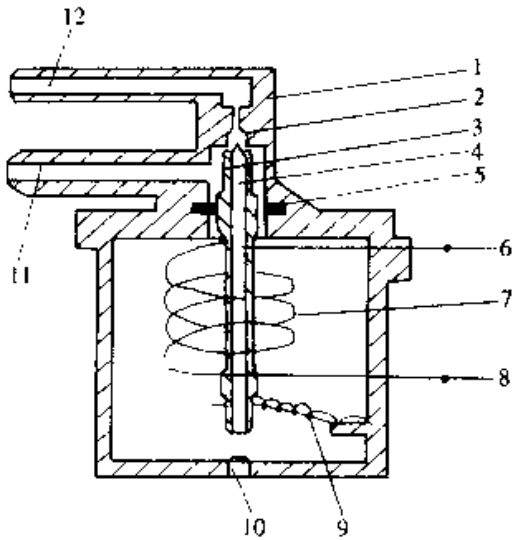


图 3-142 真空换能器结构

- 1—换能器外壳；2 双通针阀；3 大气通道；
4—铁心；5 橡胶膜片；6—来自直流放大器；
7 电磁线圈；8—来自直流放大器；9 弹簧；
10—大气孔；11—接真空伺服电机；12 接真空罐

内产生不同的磁场，决定铁心的升降，从而确定针阀的开度。电流信号越强，所产生的电磁场越强，向下推动铁心的位移越多，针阀和铁心上的双通针阀口开得越大，外部空气渗入量越多，则进入真空伺服电机的真空度越小，收缩量就小。当从放大器内传出的电流信号减弱，弹簧就推动铁心向上，双通针阀的阀口开度减小，甚至关闭大气与真空系统的通路，这时系统的真空度就增大，真空电机收缩量就增大，甚至达到最大值。

(二) 典型的真空控制回路分析

图 3-143 所示为一真空控制回路，从图中可知，有一个温度控制阀，此阀由操纵板上的温度调节杆控制，当拨动操纵板上的温度杆时，此阀即被开启或关闭，从而真空源接通真空操纵的水阀（也称加热器的热水控制阀），或者相反。

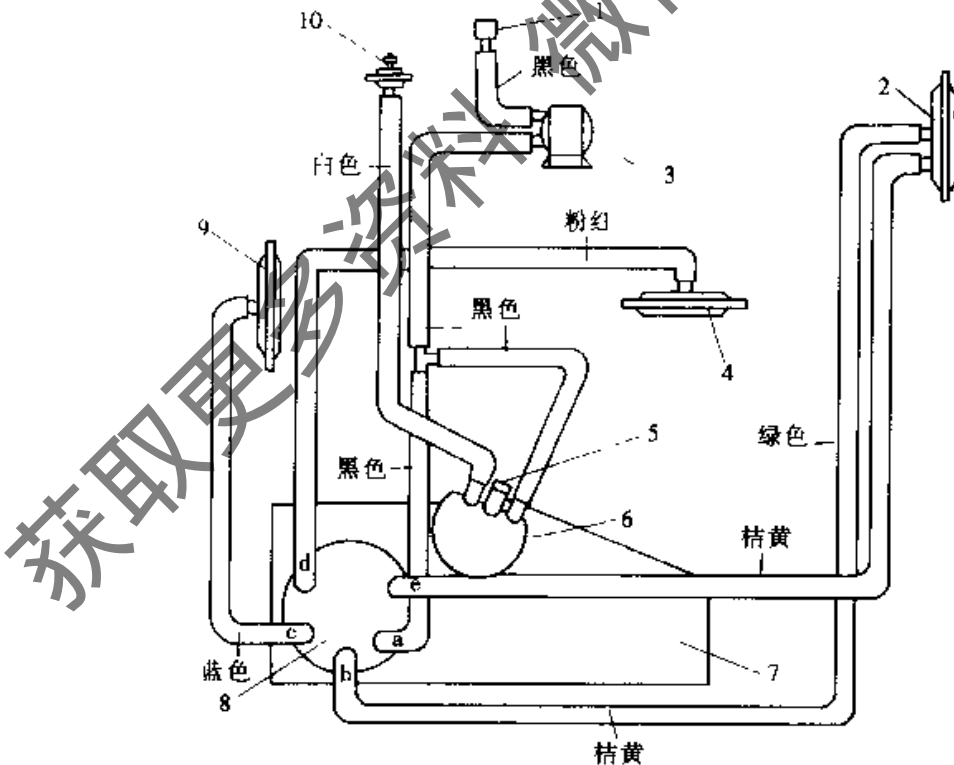


图 3-143 真空控制回路

- 1—歧管真空；2—气源门真空电机；3—真空罐；4—模式门真空电机；
5—温度控制阀；6—空调控制器；7—塞子；8—真空选择器；9—化霜
门真空电机；10—水阀

从图 3-143 中还可看到一个真空选择器，亦称真空开关，它是真空控制系统中的关键元件，在操纵板上看到的的就是功能选择钮。

有一组真空软管接在真空选择器上，一根软管 a 来自真空罐，一根软管 d 接通模式门的真空电机。模式门是指这样的一种风门：依靠它的位置，可以把被调空气导向仪表板风口、化霜和地板风口，或者在以上两者之间按不同比例分配。一根软管 c 接通化霜风门的真空电机，另两根软管 b、e 接通气源门的真空电机。

通过真空选择器，使真空源接通或断开各种风门的真空电机，以便操纵风门。

图 3-144 所示为福特汽车手动调节空调的真空控制回路，从图中可以看到，真空罐的真空管路直接到真空选择器，真空选择器根据功能选择键的位置，控制各真空电机的真空状态，从而控制各个风门的开、关位置。热水阀真空电机由真空切断器控制，调温键只要离开“冷”的位置，热水阀即通过冷却水到加热器，同时控制调节风门真空电机。也就是说，只要移动调温键离开“冷”(COOL)的位置，就有暖气吹出。

从图 3-144 中还可看到，系统中有 6 个真空电机，但有 9 路真空管路接到各

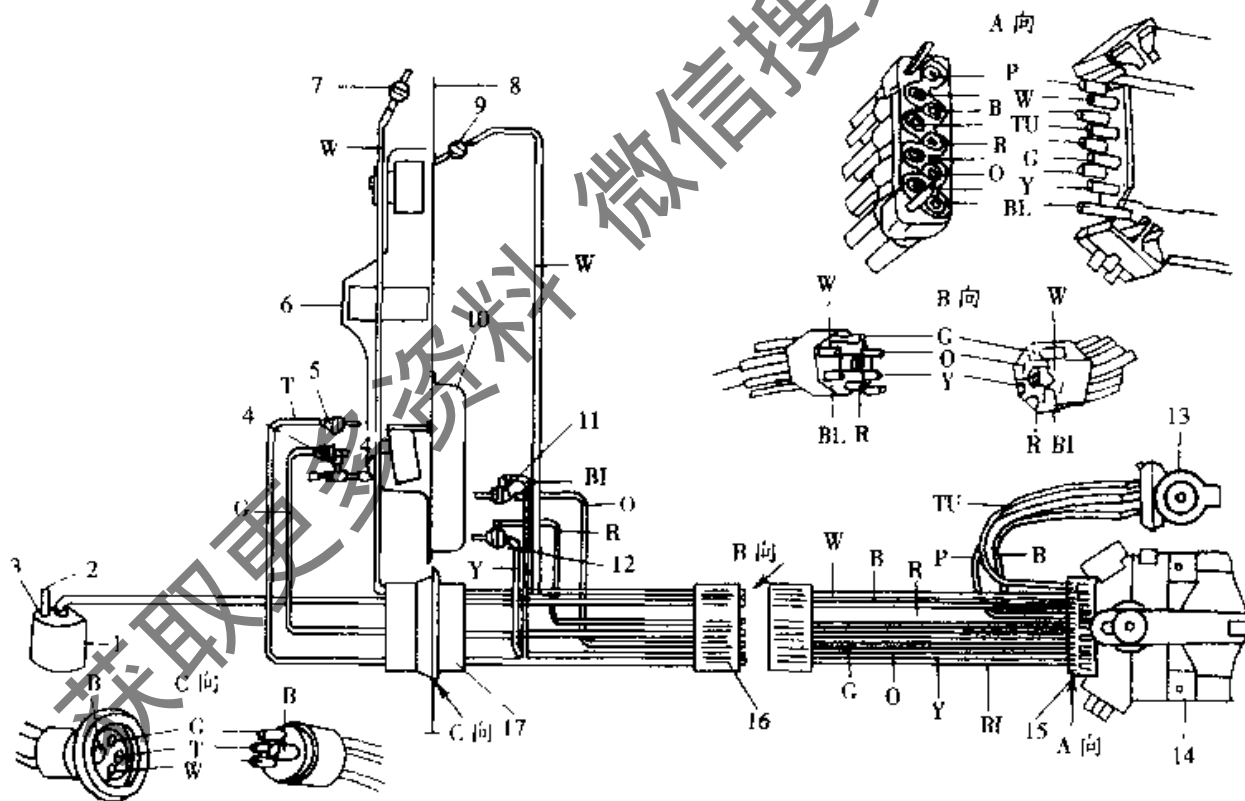


图 3-144 福特汽车手动调节空调的真空控制回路

- 1—真空罐；2—接进气歧管真空管；3—单向阀（真空保持阀）；4—热水阀真空电机；5—调节风门真空电机；6—蒸发器；7—车外空气门真空电机；8—盖板；9—车内循环空气门真空电机；10—加压空气腔；11—空调与供暖调节风门真空电机；12—供暖与除霜风门真空电机；13—三路真空选择器；14—真空选择器；15—九路真空管接头；16—真空接头；17—板盖真空接头；G—绿色；B—黑色；Y—黄色；I—棕黄色；W—白色；TU—绿蓝色；R—红色；P—紫色；BL—蓝色；O—橙色

个被控制气门，主管中的一路接真空源 1，供暖和除霜风门的真空电机由独立的真空管来控制，以便完成如下三个功能：

- (1) 除霜出风口关闭，暖风全送到地板出风口，向车室内供暖。
- (2) 暖风一半除霜，一半送到地板出风口向车室内供暖。
- (3) 暖风只送至除霜。

在系统真空管路中，设有一个真空罐，即真空源，在真空罐上装有一个单向阀（也称真空保持阀），若罐内的真空度低于发动机进气歧管的真空度，单向阀门关闭以保存罐内的真空度。

图 3-145 所示为福特汽车真空管路布置图，一对斜箭头表示所指的两对真空接头连接在一起。

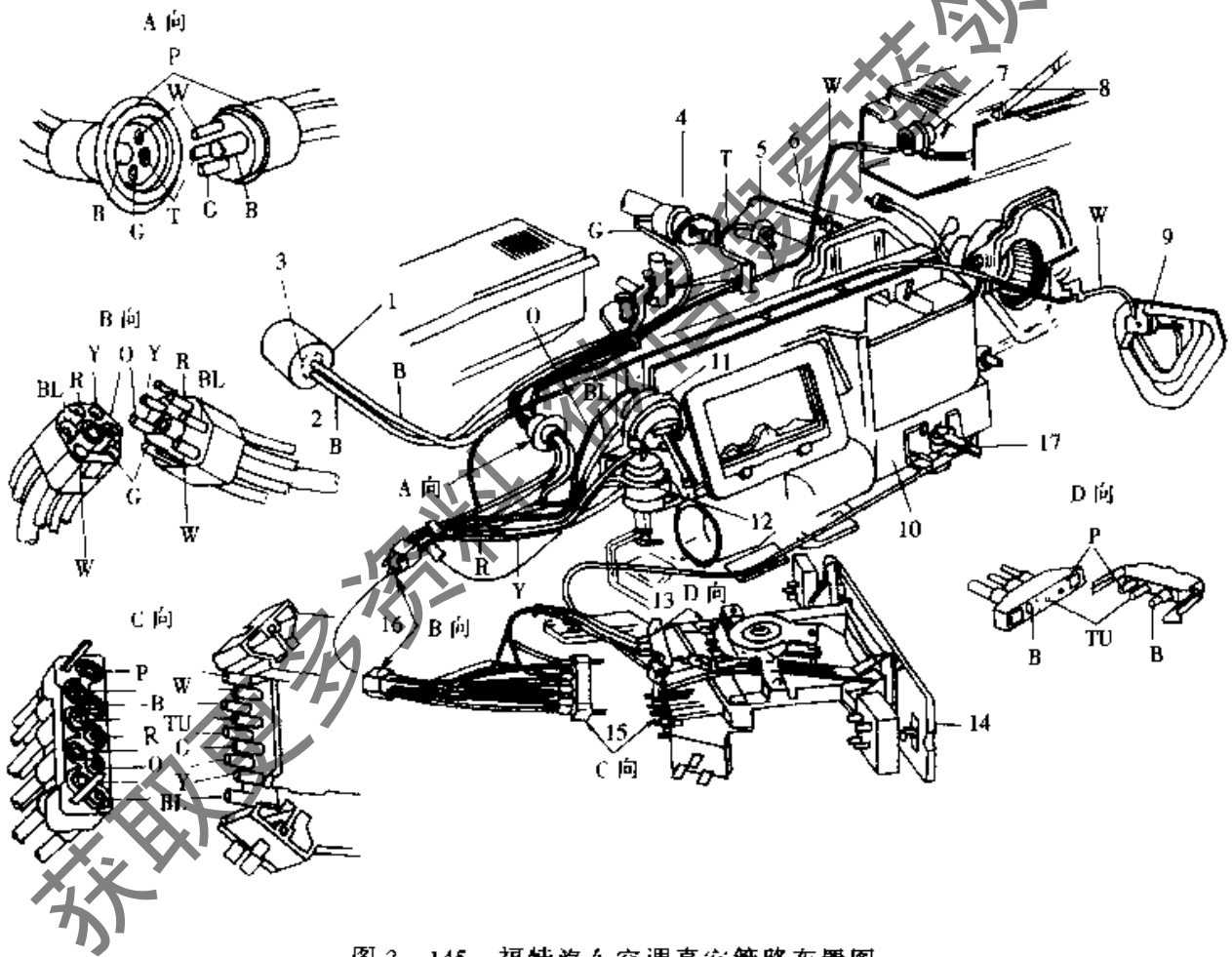


图 3-145 福特汽车空调真空管路布置图

1—真空罐；2—接进气歧管真空管；3—单向阀；4—热水阀真空电机；5—调节风门真空电机；6—蒸发器；7—车外空气门真空电机；8—盖板；9—车内循环空气门真空电机；10—加压空气腔；11—空调与供暖调节风门真空电机；12—供暖与除霜风门真空电机；13—二路真空选择器；14—真空选择器；15—九路真空管接头；16—真空接头；17—板盖真空接头；G—绿色；T—棕黄色；R—红色；BL—蓝色；B—黑色；W—白色；P—紫色；O—橙色；Y—黄色；TU—绿蓝色

图 3-146 所示为通用汽车公司自动空调系统的真空控制回路。发动机歧管的真空送到真空罐，并由真空单向阀来保持罐内的真空度。真空电机所需的真空大

小，由真空换能器来决定，而真空换能器是一种将电能控制转变为真空控制信号的装置，它的电信号由自动空调控制系统输入。电流信号越强，真空度越小；反之，

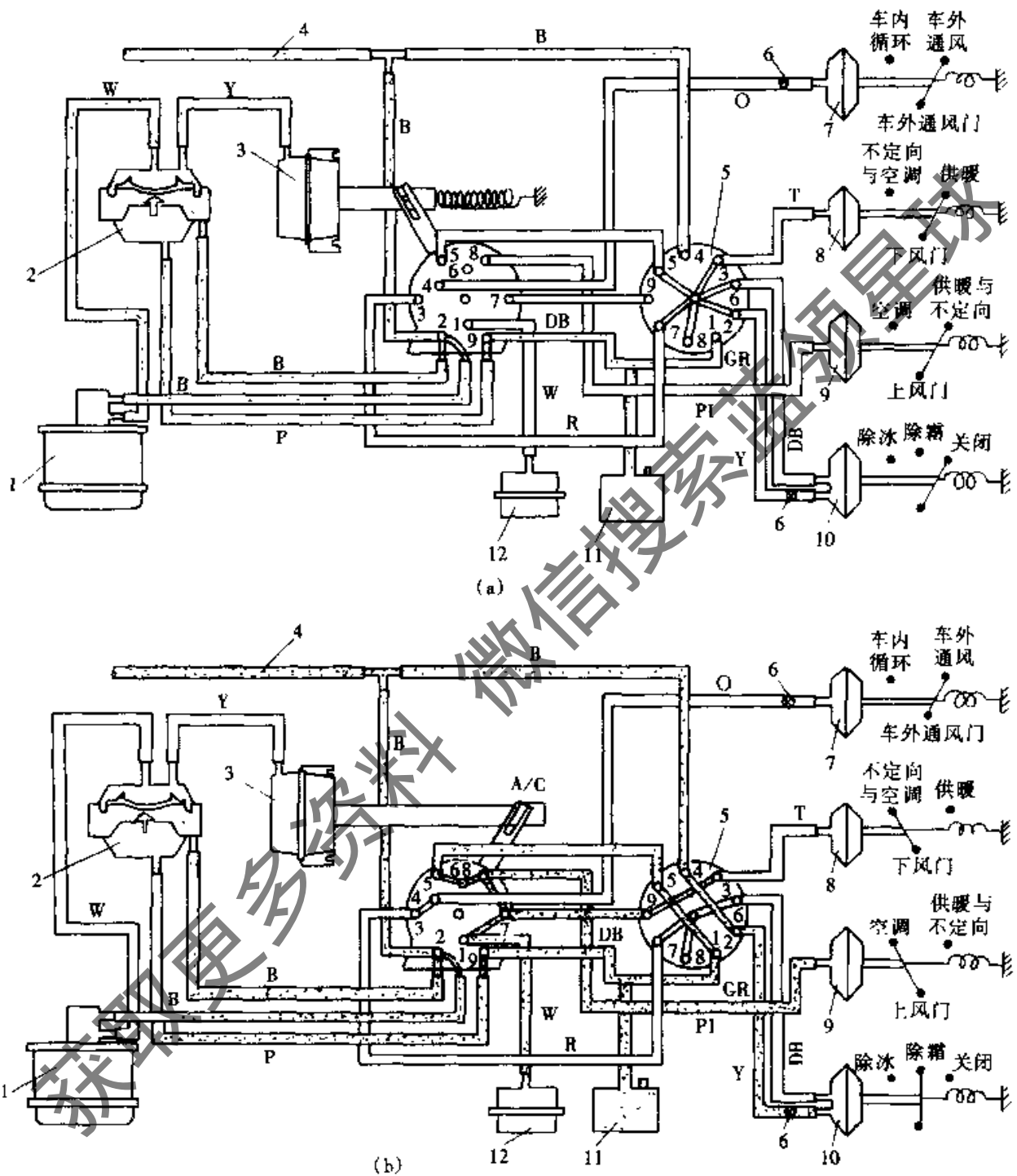


图 3-146 通用汽车自动空调系统的真空控制回路

(a) 空调在“关闭”位置时真空回路状态；(b) 空调在“低—自动”位置时真空回路状态

1—真空换能器；2—真空单向阀；3—主控制真空电机；4—接发动机进气歧管；5—真空选择器；6—节流器；7—车外空气门真空电机；8—下风门真空电机；9—上风门真空电机；10—除霜风门真空电机；11—真空罐；12—热水阀真空电机；B—黑色；W—白色；Y—黄色；O—橙色；R—红色；T—棕黄色；DB—暗褐色；PI—粉红色；GR—灰色

电流信号越弱，真空度越大。这种无级变化的真空信号输入主控制真空电机，其控制杆根据不同的输入信号，位置在最小到最大两个极限范围内变化，从而自动地控制真空选择器在选定的功能键位置上，自动地控制风机的转速和调节风门的位置，从而达到控制车内温度的目的。

如图 3-146 (a) 所示，主控制真空电机 3 推动真空选择器 5 的转动部分，改变各管路的真空度，调节各个风门的位置；其次，主控制真空电机带动的控制杆调节反馈电路的电阻，调节风扇转速，并通过外伸曲柄来调节冷热风混合风门的开度。

当功能键放在通风位置，则真空换能器 1 把主控制真空电机 3 的真空切断，在同位弹簧的作用下，控制杆向右，使真空选择器 5 转动，改变其控制各真空管路内的状态，调节各风门的位置；同时，也调节反馈电路的电阻，改变风扇转速和混合风门的位置。图 3-146 (b) 表示功能键在“低速—自动”位置时各真空电机及各风门的位置。混合风门还可单独转动，以保证冷热风的混合符合要求。当车室内温度与设定温度相近时，则控制电路就会给放大器一个信号，使风扇停转。如功能键处在“高速—自动”位置，则放大器的动作使风扇转速从高速逐渐降低。

实际上，全自动温度控制的汽车空调系统是将设定温度的电阻、环境电阻、车内温度电阻一起输入到放大器，放大器就产生一个电流信号，输入到真空换能器，将电流信号转换成对应的真空度大小的信号，输送到真空电机上，真空电机就会产生一个动作，使控制杆伸长或缩短一个位移量，则对应的调节风门、风扇转速和反馈电位计都有一个相应位置，从而输出一定温度和风量的空气。

图 3-147 所示为全自动空调温度控制系统的布置，图 3-148 是它的控制线路图。从图中可知，该系统温度传感器由气温传感器、车内温度传感器、风道温度传感器组成，这些传感器相互串联，与温度选择盘也是串联，它们能提供各自所处的温度变化情况和温度选择盘所处位置的电信号，然后将此信号输入放大器。放大器接收来自传感器和温度选择盘的电压信号，并提供输出电压。真空换能器把来自放大器的电信号转变为真空信号，据此控制真空电机的运行。真空电机按照输入传感器的信号动作，以达到所要求的运动。它和温度风门相连接，用以确定温度风门的位置，从而确定向车厢内供暖还是供冷。它也能调节风机转速，以保持车室内温度在所要求的范围内稳定。

五、汽车空调系统车速控制

汽车空调系统车速控制主要用在一些非独立式汽车空调上，如轿车空调、货车空调或其他小型车空调上，其目的是当汽车主发动机转速过低时（怠速），为保证发动机正常运转，防止发动机过热而采取的一种控制措施。

有些高级轿车为保证高速超车时汽车有足够的动力，而设有一个加速切断器。其目的是在汽车加速时暂时切断空调压缩机，以增大汽车的后备功率，并保证空调压缩机在规定范围内运转，从而提高汽车的加速性能，而不损坏压缩机零部件。

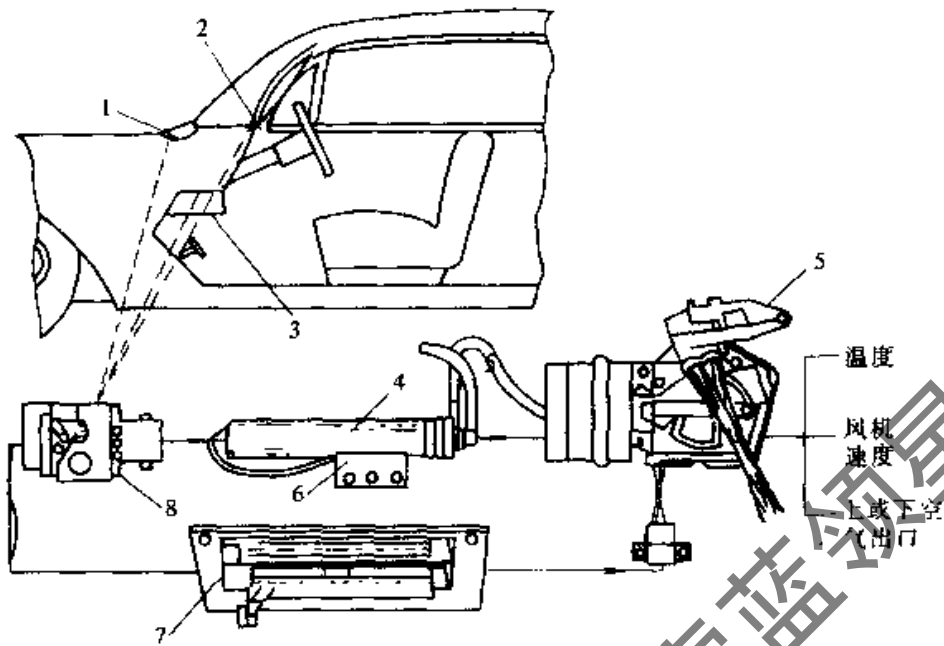


图 3-147 全自动空调温度控制系统的布置

- 1—气温传感器；2—车内温度传感器；3—风道温度传感器；4—真空换能器；
5—真空电机；6—控制板；7—手动温度选择板；8—放大器

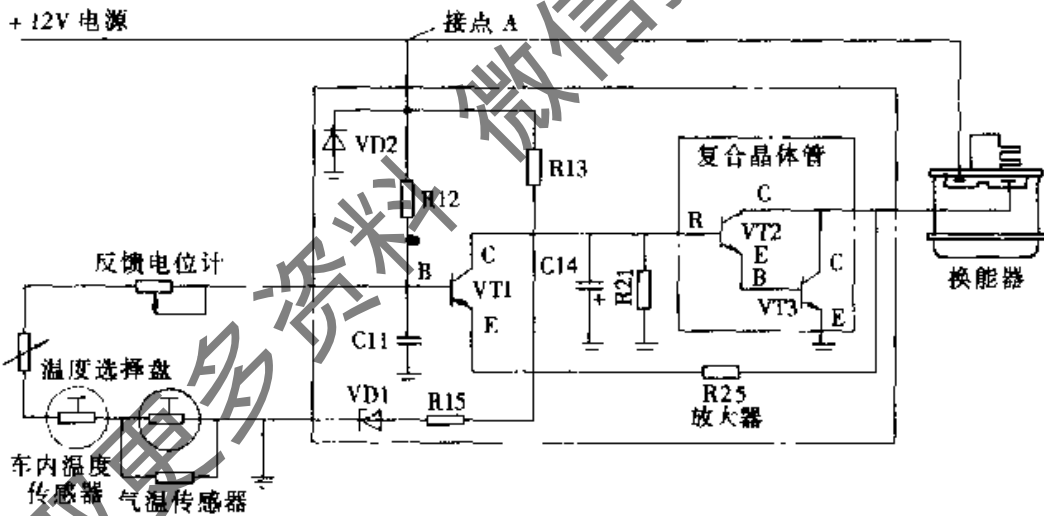


图 3-148 全自动空调温度控制系统的线路图

低速控制装置

非独立式汽车空调压缩机的动力主要来自发动机曲轴，通过一些传动装置以保证其正常运行。汽车空调低速控制装置与压缩机的电磁离合器联合起作用使制冷系统开启或停止工作，以保护汽车发动机和制冷系统的安全。其控制方法是当汽车在启动、爬坡和慢速行驶时，发动机的转速低于一个预调值，低速控制器就切断电源，使电磁离合器脱开，制冷系统即停止工作以减少发动机的负荷并保证安全。当发动机转速高于预调值时，低速控制器接通电源，压缩机电磁离合器吸合，制冷系统开始工作。

1. 低速控制器的作用

低速控制器的作用主要有如下三点：

(1) 防止发动机过热。由于汽车安装空调装置后，冷凝器是装在发动机散热器的前面，迎面风在冷却冷凝器后再用以冷却散热器，如果汽车进行较长时间的慢速行驶，散热器将由于迎风面积减少而使冷却水的温度可能超过 100°C ，造成发动机过热，此时低速控制器就能自动地及时切断电磁离合器的电源，使制冷系统停止工作。

(2) 防止发动机熄火或电磁离合器损坏。当发动机在 $500 \sim 700\text{r}/\text{min}$ 工作时，冷凝器仅靠散热器风扇冷却，此时迎面风速约为 $1\text{m}/\text{s}$ ，接近自然对流冷却，同时由于来自发动机的热辐射增加，导致冷凝温度高达 70°C 以上，制冷压缩机的高压很快上升，几分钟之内就可达到 2.5MPa ，有可能导致发动机熄火或电磁离合器和 V 带过早损坏。低速控制器这时可及时断开电磁离合器，以防事故发生。

(3) 使驾驶人员精力集中，减少频繁操作。只要按照汽车发动机负荷情况调定一个转速值，低速控制器就能根据这个预调值自动开停制冷系统。

2. 低速（怠速）继电器

怠速继电器是一种电路控制器件，它感应来自点火线圈的电脉冲信号。因为汽车发动机在慢速、中速、高速行驶时，点火线圈的电流值也相应地成正比变化。当发动机转速在 $1000\text{r}/\text{min}$ 时，其电流值在 4A 左右，而这个电流值就是控制的调整值。图 3-149 所示为怠速继电器电路。当发动机转速低于调定值时，脉冲电压不足以使电路导通，继电器不能吸合，则压缩机停转；当发动机转速高于调定值时，脉冲电压上升到足以使电路导通，继电器吸合，压缩机开始工作。

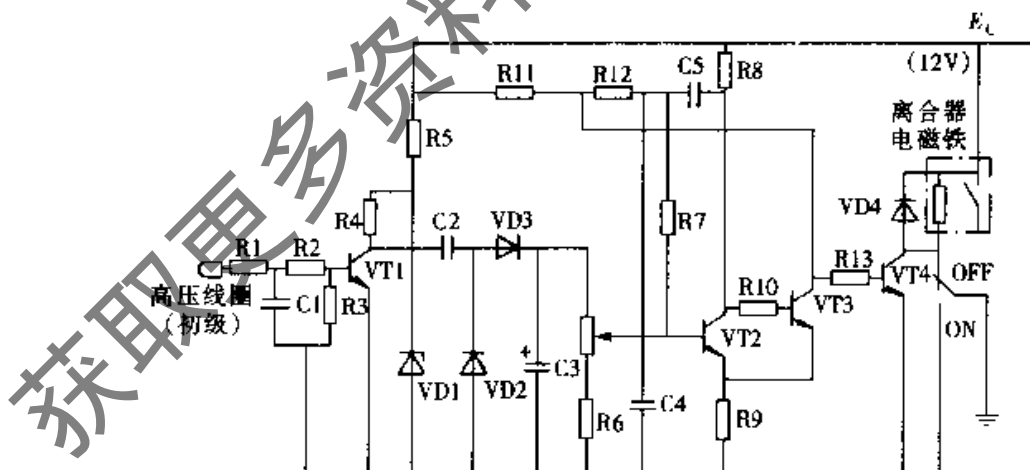


图 3-149 怠速继电器电路

对于四缸发动机，当发动机转速在 $900 \sim 1100\text{r}/\text{min}$ 时，怠速继电器自动切断压缩机离合器电源；当发动机转速在 $1200 \sim 1400\text{r}/\text{min}$ 时，又自动接通压缩机离合器电源，空调系统工作。

对于六缸发动机，当发动机转速在 $700 \sim 1000\text{r}/\text{min}$ 时，怠速继电器自动切断电源；当发动机转速在 $1000 \sim 1300\text{r}/\text{min}$ 时，又自动接通电源。图 3-150 所示为怠速

继电器接线图。

3. 怠速提升装置

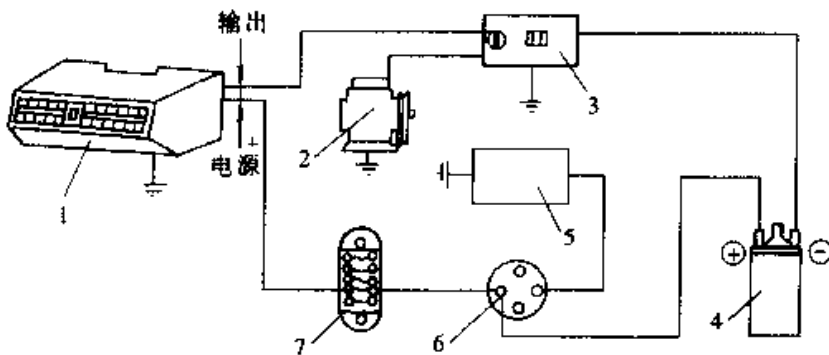


图 3-150 怠速继电器电路接线图

- 1—蒸发器；2—压缩机；3—怠速继电器；4—点火线圈；
5—蓄电池；6—点火开关；7—熔断器

上面介绍了怠速继电器用于控制发动机低速时汽车空调的工作情况。还有一种方法是自动提高发动机怠速转速，设置一种使油门开度加大的电磁阀和真空电机，由空调开关控制，只要压缩机转动，该油门就自动开大。大多数高级轿车都采用这种装置。

图 3-151 所示为怠速提升装置结构，它由真空电机、真空电磁阀、止逆阀、真空胶管等构成。

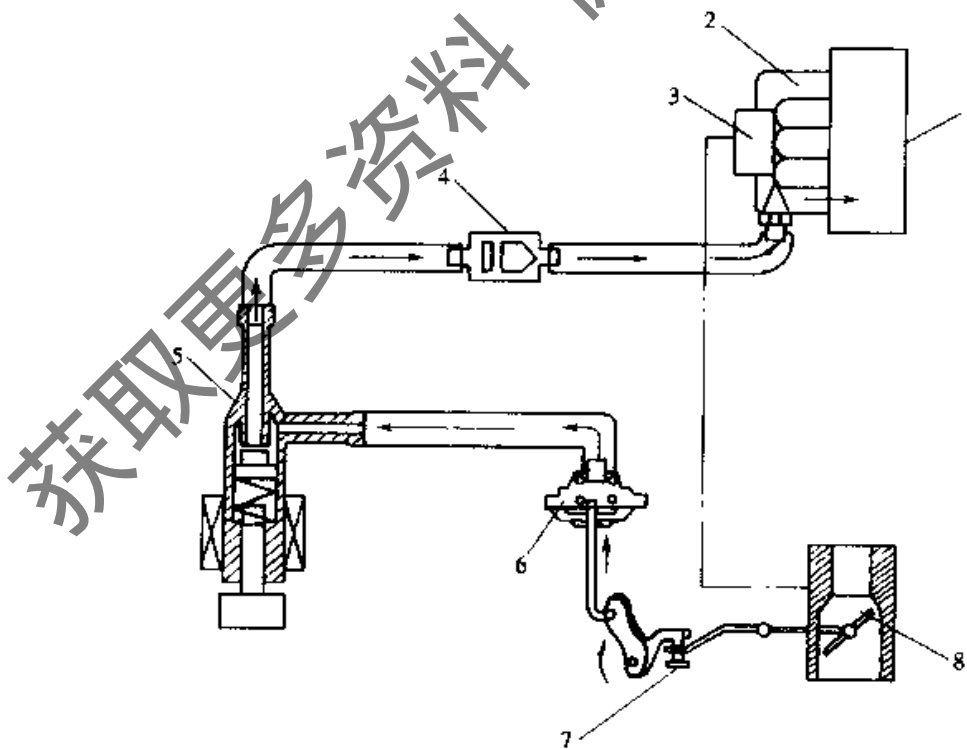


图 3-151 怠速提升装置结构

- 1—发动机机体；2—进气歧管；3—化油器；4—止逆阀；5—真空电磁阀；
6—真空电机；7—速度调整螺钉；8—化油器节气门

当空调压缩机开关接通时，也接通与它相连的真空电磁阀电路，打开了真空电机与进气歧管的真空通道。当发动机处于怠速工况时，进气歧管的真空度吸动真空电机的膜片向上动作，使拉杆向上运动，从而带动油门转轴转动一定的角度，使油门打开一定的开度，保证压缩机能稳定的运转。

怠速提升装置的主要工作元件如下：

(1) 真空电磁阀。它是一个三通电磁阀。不通电时工作管口为常闭状态。它的作用是当打开空调开关时，与空调开关并联的真空电磁阀打开怠速提升装置真空电机与进气歧管的真空通道；当关闭空调开关时，真空电磁阀关闭真空电机与进气歧管的真空通道，同时使真空电机与大气相通，以使真空膜片恢复原位，不再动作。

(2) 真空电机。当发动机进气歧管的真空度使真空电机的膜片发生动作时，膜片就使其拉杆发生位移，以使化油器的油门转动，供给发动机一定的油量。调节怠速提升调整螺钉，可以调节发动机怠速工况时合适的转速。

(3) 止逆阀。怠速提升装置中的止逆阀，实际上是一个节流单向阀。它的作用是当发动机处于怠速工况，进气歧管的真空度吸动真空电机膜片时，由于止逆阀具有节流作用，使真空电机膜片缓慢上吸，带动其拉杆缓慢上升，油门也慢慢打开，发动机转速得到平稳调整。当发动机处在其他工况时，由于进气歧管真空度的提高，止逆阀则堵塞真空通道，使真空电机不再动作。当发动机发生反喷现象时，止逆阀则起单向阀的作用，关闭真空通道，使真空电机膜片和真空电磁阀不致受发动机反喷压力的影响而受到损坏，从而保护了怠速提升装置系统。

(二) 加速切断器

汽车空调加速切断器的作用是在汽车加速时暂时切断空调压缩机，以增大汽车的后备功率，使汽车有足够的动力超车，且不损坏压缩机零件。一般电路断开 6s 后又能自动接通，空调器恢复工作。高级轿车上为了提高超车能力，常装设这种结构，如奥迪 100 和桑塔纳轿车就装有这种加速切断器。

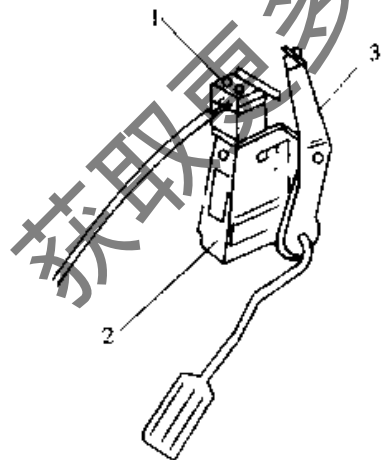


图 3-152 加速切断器
安装位置

1--加速切断器；2- 油门踏板托架；
3- 油门踏板总成

加速切断器由一个微动开关和一个控制簧片组成。

控制簧片由油门踏板臂控制，当汽车加速时，在油门踏板踏到其行程的 90% 时，油门踏板臂碰到切断器的控制簧片，从而使切断器断开压缩机电磁离合器的电源，压缩机停止运行。当切断器断开时，压缩机转速大约为 4500r/min 左右，由于压缩机的最高极限转速一般为 6000r/min，从而保证了压缩机不会超速运转，保护了压缩机零件免受损坏。加速切断器断开后，由于压缩机停止了工作，发动机不再供给压缩机功率，用于提高汽车的加速性能。

图 3-152 所示为汽车空调加速切断器安装在油门踏板支架的上方。

六、汽车空调控制电路

汽车空调种类繁多，电路形式不一，但其控制原理还是基本一样的。汽车空调控制系统所使用的基本元件和电路是由电磁离合器、风扇电机、发电机怠速自动调整装置、安全保护电路、压力开关电路、温度控制器、继电器、控制开关等几大部分组成。

(一) 冷气系统控制电路

1. 轿车冷气系统控制电路

一般轿车空调系统是通过电磁压力开关来控制的，如果超过设定的压力，压力开关将切断系统。高压开关在压缩机到冷凝器的管路上，当系统由于堵塞而导致压力上升时，用它来切断压缩机；当系统泄漏而导致压力下降时，同样低压开关可以切断压缩机。离合器节流管系统和离合器膨胀阀系统还用电磁离合器开关监控蒸发器压力和温度，当蒸发器侧的冷凝水在 0°C 开始结霜时，电磁离合器自动地松开压缩机，当压缩机停止工作时，蒸发温度开始上升，回升到 6°C 时又自动接通压缩机，有时用安装在蒸发器翅片上的热敏开关来代替压力开关。图3-153所示为轿车空调控制电路，它由电源控制部分和压缩机电磁离合器控制部分两部分构成。

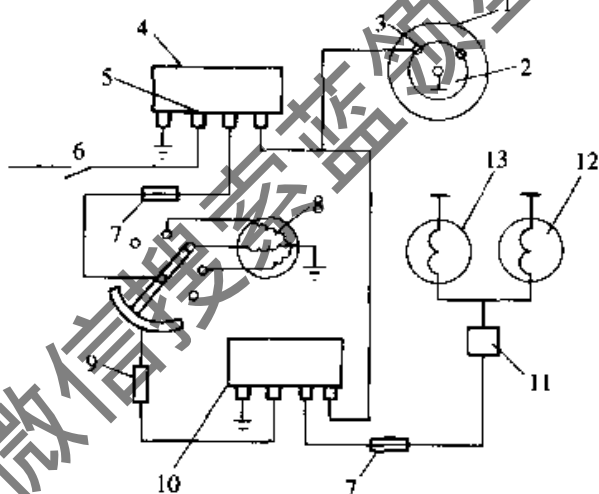


图3-153 轿车空调控制电路

- 1—汽车发电机；2—磁场；3—电枢；4—继电器；5—电枢点火启动电流；6—点火开关；7—熔断器；8—蒸发器风机；9—温控器；10—继电器；11—压力开关；12—离合器；13—冷凝器风扇

电源控制部分包括汽车发电机、点火开关、熔断器、继电器、蒸发器风机电机、电磁离合器。当点火开关在接通位置时，只要蒸发器风机电机开关闭合，即高、中、低三挡中任一位置合上，空调电路就可投入正常工作，即电磁离合器吸合、压缩机工作；同时，蒸发器风机旋转，蒸发器冷气被送入车厢。

压缩机电磁离合器控制线路。轿车空调压缩机由主发动机带动，压缩机主轴旋转是电磁离合器吸合后才运转的，电磁离合器线圈通电，产生电磁吸力，压板吸合在带轮（盘）上，带轮（盘）便通过压板带动压缩机主轴旋转。

电磁离合器通电与否受压力开关控制，当系统由于某种原因而导致高压过高时，压力开关切断压缩机的电磁离合器电路；当系统由于泄漏等原因而造成低压过低时，同样可切断压缩机运行。

图3-154所示也是轿车空调的一种基本控制电路，该电路包括风扇电机、压缩机的电磁离合器、温控开关、压力开关以及继电器等。

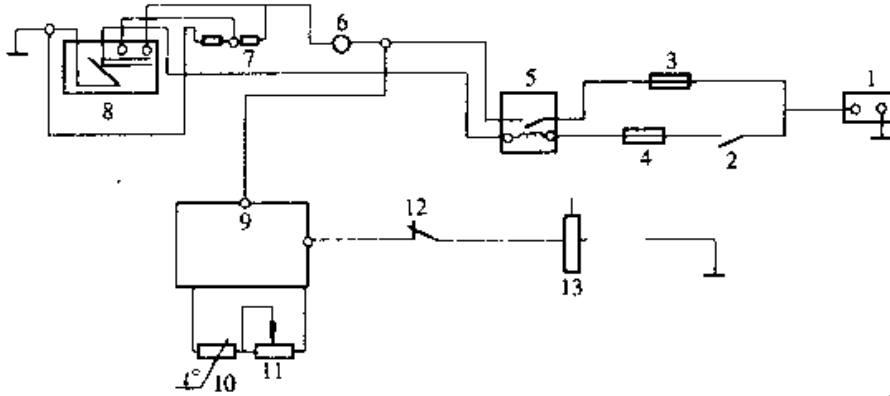


图 3-154 轿车空调基本控制电路

1—蓄电池；2—点火开关；3、4—熔断器；5—继电器；6—风扇电机；7—电阻器；
8—风量调节开关；9—放大器；10—热敏电阻；11—温控开关（可变电阻器）；12—
压力开关；13—电磁离合器

当轿车启动后，先将风扇开关拨至高风挡，几分钟后再将温控开关投入工作，温控开关调至最冷。风量的调节有高（HI）、中（MED）、低（LOW）三挡。通常只有在风扇通电旋转后，温控开关才有电流通过。当风扇速度变化时，不影响温控开关的通电；但当风扇关掉不转时，温控开关也断电，整个空调系统都停止工作。因此，风量开关起着空调系统总开关的作用。

图 3-155 所示为国产夏利轿车空调控制电路，它是通过空调开关、鼓风机电机开关、空调控制放大器、热敏电阻、冷凝器风扇电机继电器、真空电磁阀和怠速提升装置等，对整个空调系统实现了发动机转速控制、蒸发温度控制以及制冷剂压

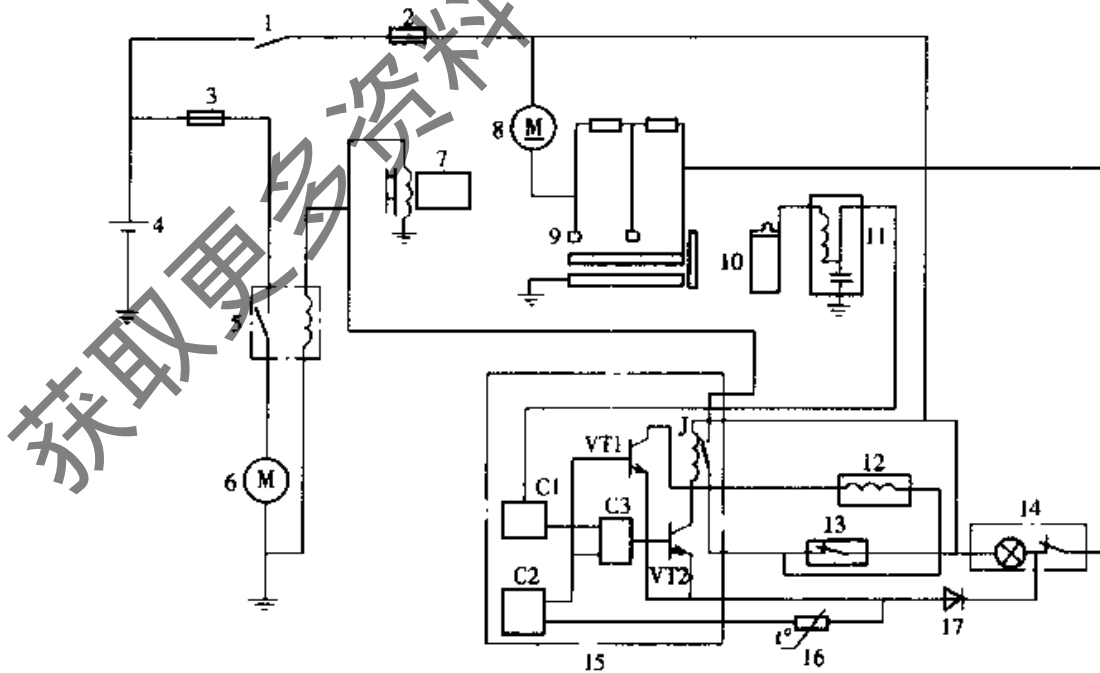


图 3-155 国产夏利轿车空调控制电路

1—点火开关；2—熔断丝；3—易熔丝；4—蓄电池；5—继电器；6—冷凝器电机；7—压缩机；
8—鼓风机电机；9—鼓风机开关；10—点火线圈；11—滤波器；12—真空电磁阀；13—压力
开关；14—空调开关；15—空调放大器；16—热敏电阻；17—二极管

力控制。

在该控制电路中，点火开关、鼓风机开关以及空调开关是控制整个系统的器件，只要其中有一个不接通，空调系统都不会工作。

(1) 发动机转速控制。由于一般微型轿车的发动机功率在整车分配上所留的余量不大，而空调系统工作时要消耗发动机相当的功率（约 3.6kW）。若在发动机处在怠速时启动或使用空调，就会造成发动机熄火。因此，启动或使用空调时应提高发动机的怠速转速，这由真空电磁阀和怠速提升装置来完成。当发动机的怠速达不到规定的转速时，放大器中的转速检测电路就会发出电信号，使压缩机的电磁离合器脱开，使压缩机不工作；同时速过继电器，使冷凝器风扇电机不工作。当转速提高后，又同时使压缩机和冷凝器风扇电机恢复工作，以实现发动机转速的控制。

(2) 温度控制。当蒸发器表面温度下降到一定值时，为防止蒸发器表面结霜或结冰，空调系统中的控制电路会自动停止空调压缩机的工作。其工作原理为：热敏电阻感受到蒸发器表面温度后，电阻值发生变化并发出信号，通过放大器温度检测电路的检测和放大，使压缩机停止工作，不再制冷；当蒸发器表面温度上升到一定值时，又会使制冷开始，达到防止蒸发器表面结霜或结冰，保证正常工作。以实现蒸发器温度的控制。

(3) 制冷剂压力控制。空调制冷循环内的制冷剂压力不能过高或过低。若过高或过低，都有可能使制冷系统损坏，因此，压力过高或过低时，都应停止压缩机的工作，用以保护空调制冷系统，这一工作是由压力开关来完成的。当空调制冷系统中制冷剂压力低于 0.2MPa 时，低压开关断开，压缩机不能启动；当空调制冷系统中的制冷剂压力高于 2.7MPa 时，高压开关断开，压缩机停止工作。夏利轿车空调系统中的高、低压力开关做或一体化，使结构更紧凑。同时，在贮液罐上有易堵塞，起高压双重保护作用。

从以上分析可以看出，夏利空调控制系统的特点是自动化程度高、工作可靠。它采用比较先进的热敏电阻感受温度的方法，与其他采用机械式温控器的方法相比，可靠性或准确性都大大提高了。压力开关采用高、低压合二为一的形式，简化了结构。同时，把几种检测功能集于空调放大器一个元件中，使控制电路简化，使用方便。

图 3-156 所示为切诺基轿车空调控制电

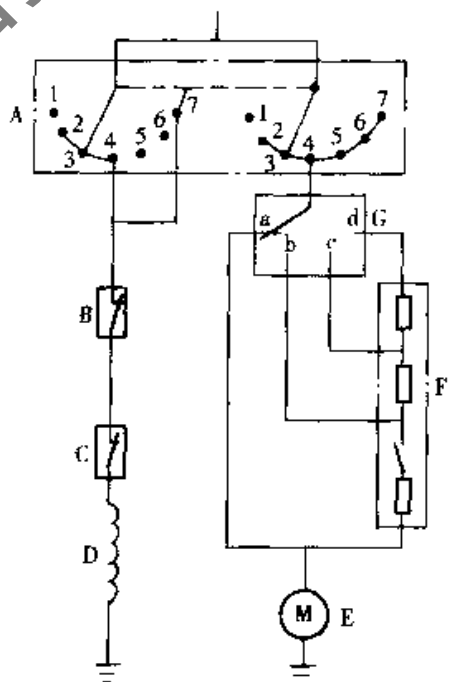


图 3-156 切诺基轿车空调控制电路
A—7 位转换开关；B—防霜开关；C—低压切断开关；D—离合器线圈；E—风机电机；F—电阻器；G—4 位转换开关；1—OFF；2—MAX；3—NORM；4—BI-LEV；5—VENT；6—HEAT；7—除霜；a—Hi；b—M1；c—M2；d—LO

路，图 3-157 所示为其真空控制回路。切诺基空调控制系统为手动控制系统，由电路和真空气路及一根手动拉线所构成，它们都集中于空调控制器总成上，该控制器装在仪表板中部，便于操作。

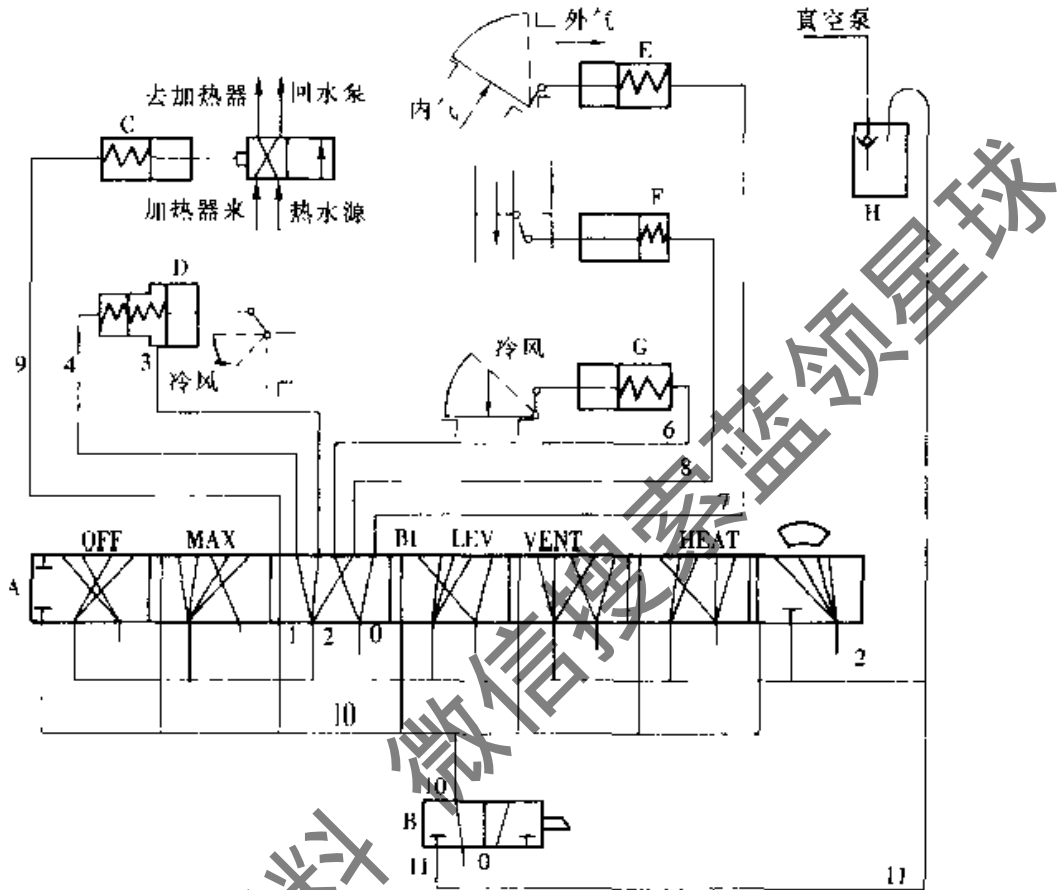


图 3-157 切诺基轿车空调真空控制回路 (NORM 状态)

A—7位9通滑阀；D—2位3通滑阀；C—热水阀作动缸；D—除霜风门作动缸；E—内、外气风门切换作动缸；F—仪表板风门作动缸；G—地板风门作动缸；H—真空罐；O—通大气；1~4、6~11—接口及真空管号

电路控制的对象有两个，一个是压缩机电磁离合器线圈，对其施行通断调节。控制它的敏感元件有低压切断开关和防霜开关，两者串联在电路上。另一个是送风机的电机，通过变阻器对其施行四挡（Hi、M1、M2、LO）变速调节。

真空气路的控制对象是四个风门和一个水阀的真空作动缸，真空源取自发动机的进气歧管。设有一个真空罐，以稳定操作力。各元件均以软管连接，采用真空控制比较简便，只不过对多路换向阀的气密性要求较高。

图 3-158 所示为切诺基轿车空调控制面板，从图中可知，一共设定了六种空调状态，加上“停用”一共七个位置（上排）：OFF（停用）、MAX（最快降温）、NORM（正常送冷风）、BI-LEV（双层风口送冷风）、VENT（通风）、HEAT（送热风）、风挡玻璃除霜或除雾。当汽车停放在烈日下，乘客刚上车时，车内温度极高，需要快速降温，所以设置了 MAX 状态。而 BI-LEV 则是为了天气不太热时将冷风分

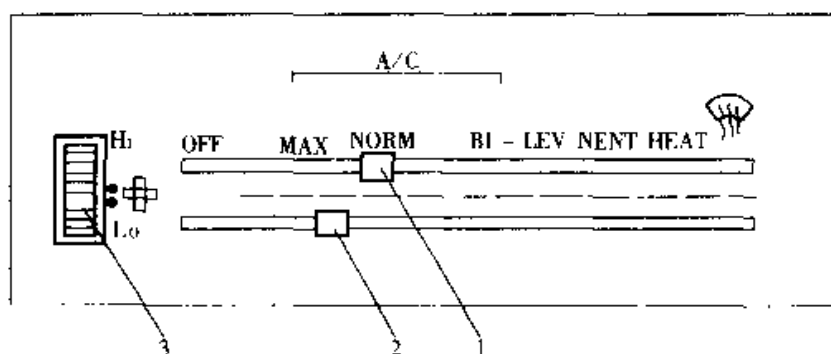


图 3-158 切诺基轿车空调控制面板

1—状态选择钮；2—温度调节钮；3—风机转速调节指轮

散，使乘员不致感到过凉。

下排为温度调节钮，它实际调节的是混合风门的开度，通过钢丝拉线将调节钮与混合风门连上。调节钮在左端为全关，从蒸发器过来的风不经加热器，热源也应切断。调节钮在右端为全开，从蒸发器过来的风全部经过加热器，吸收的热量最多，送出的风温也最高。因此，该钮还应与热水阀联动，只要一开混合门，热水就应该通入加热器。

通过改变风机转速调节风量以控制供冷量或供热量，因此，在面板上设有一个指轮，有四挡（高、中1、中2、低）可供选择。

为了实现 MAX 状态的快速降温，主要是隔断外气，采用车内循环，大大减轻蒸发器的热负荷，故降温迅速。

BI-LEV 时除霜风门也处于半开状态，实际上是从三层风口向车内送冷风。

除霜及除雾均用热风，此时接通压缩机进行制冷，为的是给外来空气除湿，以便得到更干热的空气，迅速除去风挡玻璃内表面上的雾汽。因为玻璃上起雾时，外界气温可能还在 0°C 以上，相对湿度也许很大，而蒸发器的表面温度可接近 0°C ，尚有一定的冷却除湿能力可以利用。若气温降到 0°C 以下，即使接通压缩机电路，蒸发器表面上的除霜开关也会将其切断。除霜开关的感温毛细管要插到翅片中，其调定值为：断开温度 $(1.4 \pm 0.8)^{\circ}\text{C}$ ，重新接通温度 $(5.3 \pm 0.8)^{\circ}\text{C}$ 。

气路控制元件由一个七位九通和一个二位三通板式滑阀合成。电路控制元件为一旋转滑触式组合开关。两控制元件组成一体，通过传动机构使之联动，以达到所需的功能状态。

切诺基空调控制电路中不设调温开关，而是利用调节风量和混合风门开度的手段，来稳定车室内的温度，这样可避免压缩机频繁启动、减少其机械磨损，延长其使用寿命。

2. 轻型客车（面包车）冷气系统控制电路

图 3-159 所示为轻型客车的一种控制电路，它的工作过程如下：

(1) 闭合电源开关 S1，相应的电源指示灯 LED2 亮，表示正常。

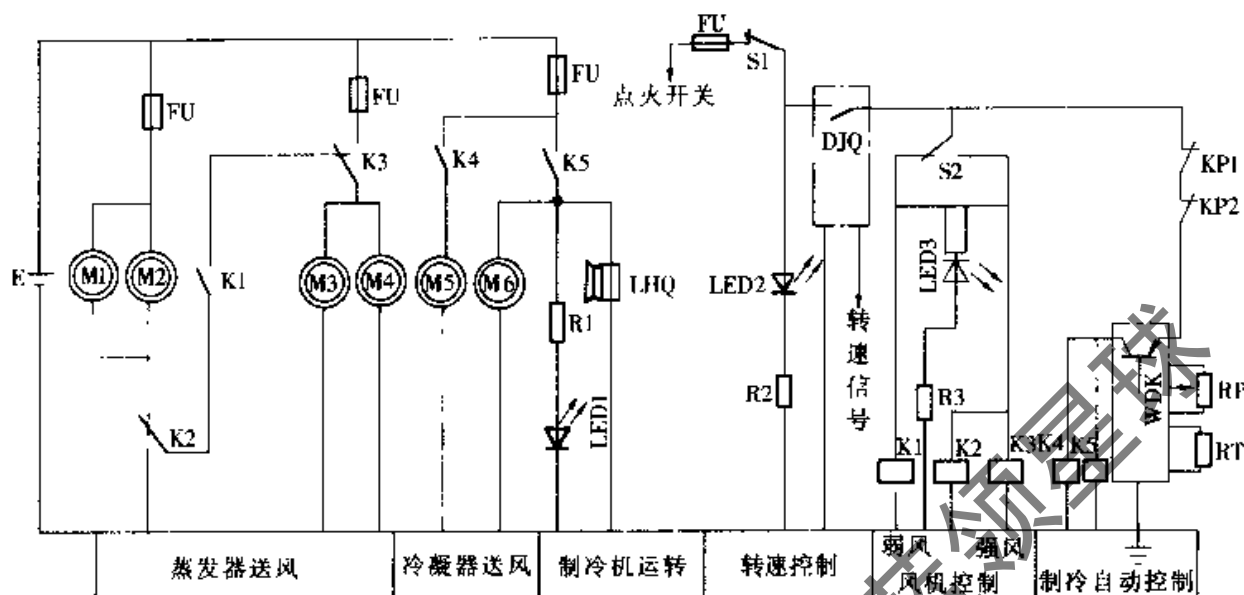


图 3-159 轻型客车控制电路

E—蓄电池；M1、M2、M3、M4—蒸发器风机电机；M5、M6—冷凝器风机电机；LHQ—电磁离合器；DJQ—怠速继电器；WDK—温度控制板；RP—调温电阻；RT—热敏电阻；K1、K2、K3—蒸发器风机继电器；K4、K5—冷凝器风机继电器；KP1、KP2—高低压继电器；FU—熔丝；S1—电源开关；S2—风机开关；LED1—制冷工作指示灯；LED2—电源指示灯；LED3—风机工作指示灯；R1、R2、R3—电阻

(2) 风机开关 S2 放在“L”位置时，相应的风机工作指示灯 LED3 亮，红颜色，风机低速工作，同理，S2 放在“H”位置时，LED3 灯发绿光，风机高速工作。

(3) 将调温旋钮顺时针方向旋到底，即冷度最大位置（车厢温度为 20℃）；将调温旋钮反时针方向旋到底，即冷度最小位置（车厢温度为 30℃）。

(4) 当车厢内温度高于调温旋钮 W 所设定的温度时，冷凝器风机送风，压缩机电磁离合器吸合，制冷机工作，开始有冷风送出，经过一段时间后，车厢内温度逐渐下降到一定的温度（如 26℃）时，制冷机停止工作，相应的制冷工作指示灯 LED1 会熄灭。以后空调机将根据需要自动开、停，并保持车厢温度 26℃。

(5) 电路上装有高压继电器 KP1、低压继电器 KP2，当负荷过重、冷凝风扇不送风、冷凝器翅片堵塞、制冷剂过量时，会造成高压过高，这时，高压继电器会断开，压缩机离合器脱开，压缩机停止运转。

(6) 为保证全车正常供电及充电，电路中装有怠速继电器，当发动机转速低于 800r/min 时，继电器动作，空调压缩机和风机全部停止运转。

图 3-160 所示为丰田 HIACE 小客车（小面包车）空调控制电路，该电路由蓄电池、点火开关、熔断器、继电器、鼓风机电机开关、鼓风电机及电磁离合器等部件构成。当点火开关在接通位置时，只要鼓风电机开关闭合（HI、MED、LOW 三挡中任一位置），空调电路便可投入正常工作，即电磁离合器吸合，压缩机工作，

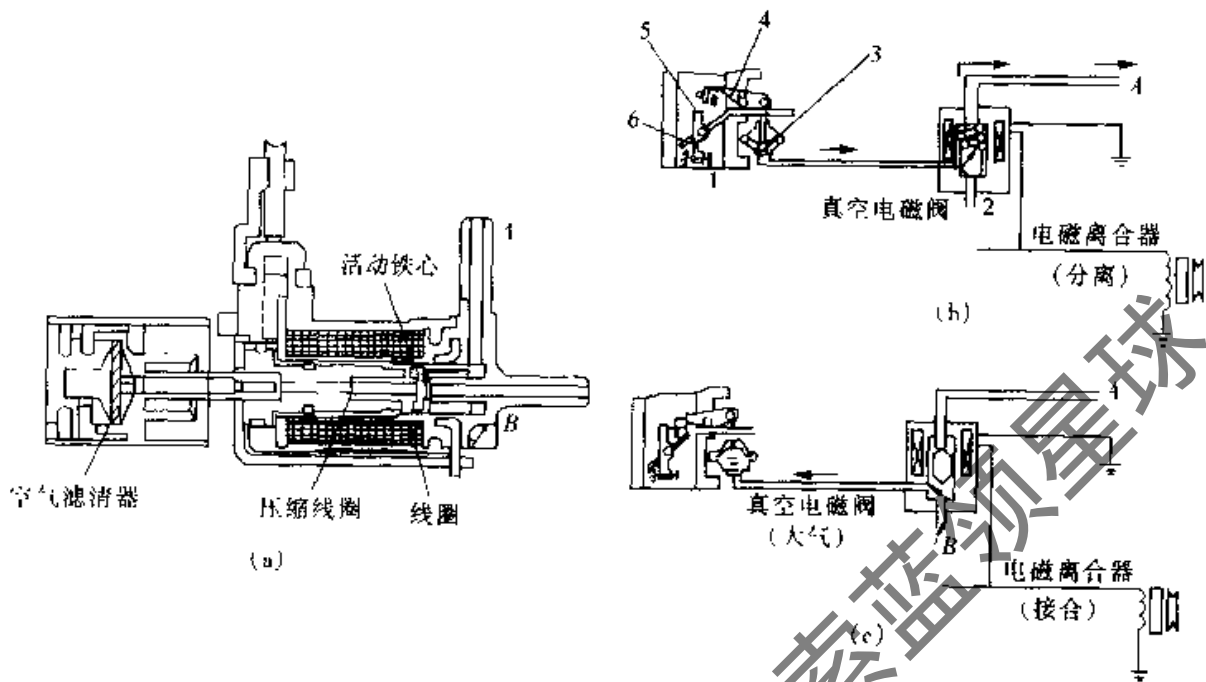


图 3-161 丰田 HIACE 小客车空调怠速自动调整装置

(a) 真空电磁阀结构；(b) 不使用空调时的工作状态；(c) 使用空调时的工作状态

1—通向真空源；B—通大气；1—化油器；2—真空电磁阀；

3—真空电机；4—操纵臂；5—摇臂；6—节气门

不通电，电磁阀开启，进气歧管的真空度传到真空电机的下腔，克服弹簧的压力，使膜片下移，于是操纵臂与摇臂脱离，节气门保持原怠速开度，怠速转速不升高。

如图 3-161 (c) 所示，当使用空调时，接通空调开关，真空电磁阀线圈通电，将真空通路关闭，而将大气通路开启，膜片在弹簧作用下移向上方，通过操纵臂压下摇臂，使节气门开度加大，怠速转速上升，以适应发动机驱动空调设备的需要。

为了使小客车（面包车）空调制冷系统运行正常和安全，常常设有压力开关电路。当制冷系统由于某种原因而导致压力高于 2.1MPa 时，压力开关切断至压缩机电磁离合器电路而停止压缩机运转，从而起到保护压缩机及制冷系统的作用。

在压力开关结构中，一般使高压导入开关内，电器触点在机械力作用下强行打开，切断电气回路，电磁离合器脱开，压缩机停止工作。

3. 大型客车冷气系统控制电路

大客车空调大多是由专门的辅助发动机来驱动，制冷量较大、控制参数较多，所以，控制系统中的各种阀体、开关等也较多。但也有少数的大客车空调是由主发动机驱动，前提条件是主发动机要有足够大的功率，且空调系统性能受主发动机转速的影响。

图 3-162 所示为日本 CS-3 型独立式空调电路，独立式空调是通过控制辅助发动机转速来实现的，它的电路由两部分组成：辅助发动机控制和空调系统控制。辅助发动机是汽油机，只要有汽油，通电点火即可启动，发动机转速由转速控制器

控制，辅助发动机的关闭和启动由发动机控制键控制。

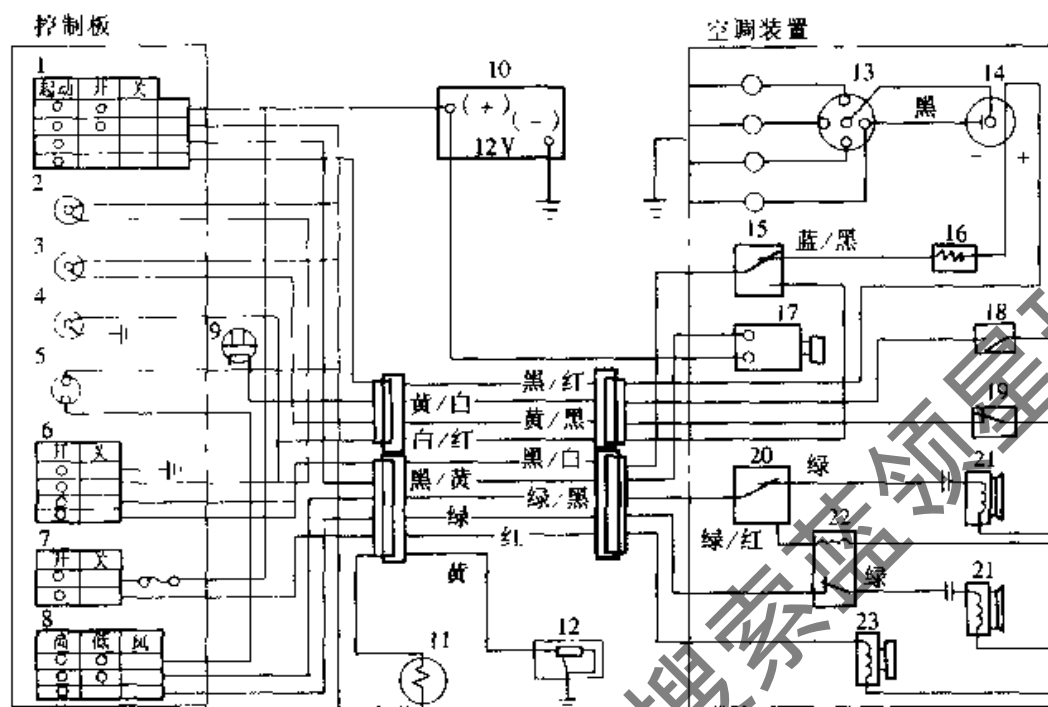


图 3-162 日本 CS-3 型独立式客车空调电路

1- 点火开关；2- 水温指示灯；3- 油压指示灯；4- 空调高压指示灯；5- 熔断（10A）；6- 灯检查开关；7- 辅助发动机转速控制器；8- 空调开关；9- 报警器；10- 蓄电池；11- 电动机；12- 燃油泵；13- 分电器；14- 点火线圈；15- 高压开关；16- 电阻器；17- 启动电机；18- 恒温开关；19- 油压开关；20- 除霜开关；21- 电磁离合器；22- 继电器；23- 电磁阀

日野大客车空调压缩机由独立发动机驱动，如图 3-163 所示为日野 RC420 型大客车空调控制电路，该控制电路主要由安全保护、温度控制、调速、停机等装置组成。

(1) 安全保护系统- 当制冷系统高压压力过高，达到 2.4MPa 以上，或低压压力过低，低于 0.05MPa，或者发动机冷却水温过高，达到 105℃ 时，各感应开关动作，发动机就会自动熄火，同时相应的指示灯（制冷剂高压指示灯、制冷剂低压指示灯、水温指示灯）亮，告知驾驶员发动机熄火的原因。

发动机停机电路如图 3-164 所示。此外，当发动机机油压力过低时（0.03MPa 以下），油压指示灯亮，向驾驶员发出警告，但发动机不会自动停机，其电路如图 3-165 所示。

(2) 温度控制系统：该系统由温度传感器（热敏电阻）、温度调节旋钮（可变电阻）、控制电路和电磁阀组成。热敏电阻安装在蒸发器出口，用来检测蒸发器排出的冷气温度。温度调节旋钮安装在仪表盘上，它是一个可变电阻，可由驾驶员在一定范围内调整，以控制车内温度。当要获得最大冷却能力时，就必须将发动机转速变换开关放在“HI”位置上，同时将温度调节旋钮放在“COOL”位置上。如需

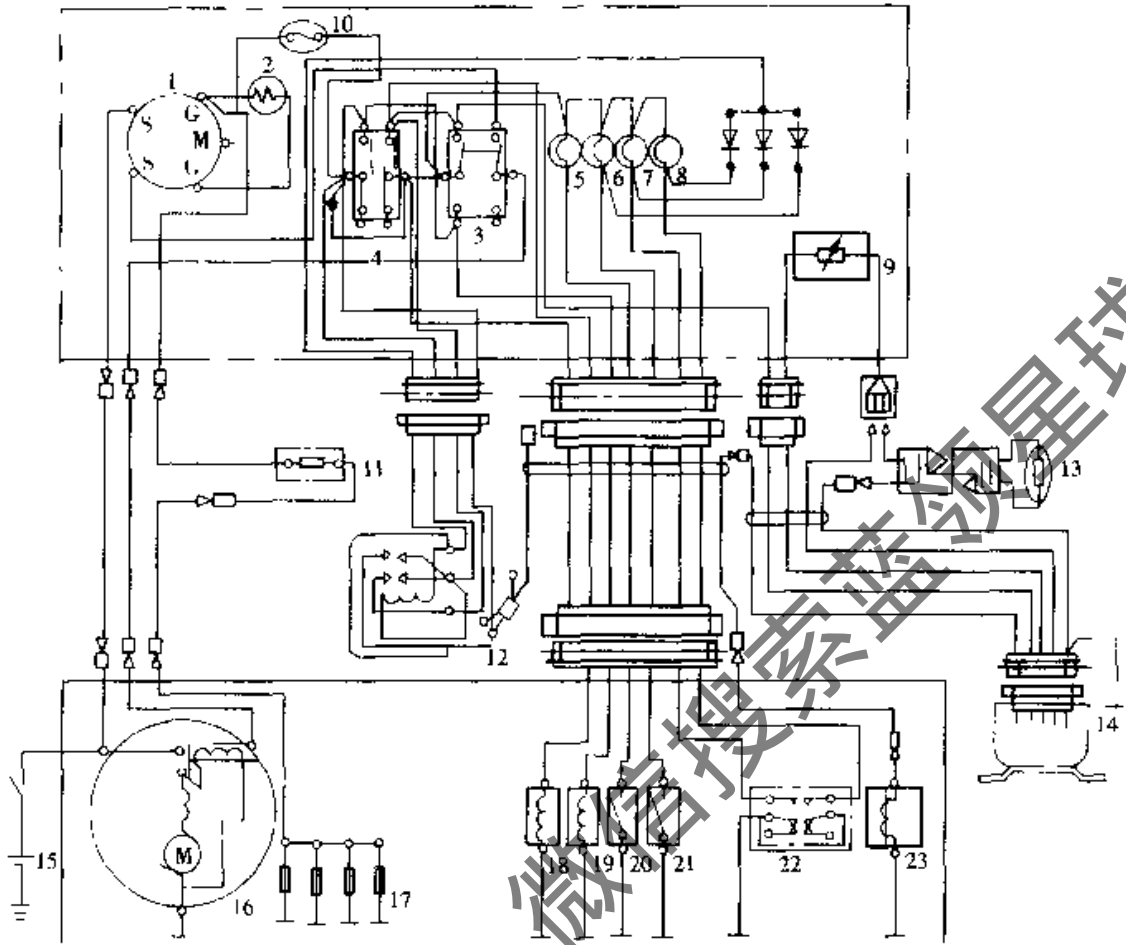


图 3-163 日野 RC420 型人客车空调控制电路

1—发动机启动预热开关；2—预热指示灯；3—发动机转速变速开关；4—发动机停机开关；5—发动机油压力指示灯；6—发动机水温指示灯；7—制冷剂高压指示灯；8—制冷剂低压指示灯；9—可变电阻器；10—熔丝；11—预热塞电阻；12—发动机熄火继电器；13—热敏电阻；14—温控放大器；15—蓄电池（24V）；16—启动机；17—预热塞；18—发动机控制电磁阀 A；19—发动机控制电磁阀 B；20—制冷剂压力开关；21—水温开关；22—机油压力开关；23—旁通电磁阀

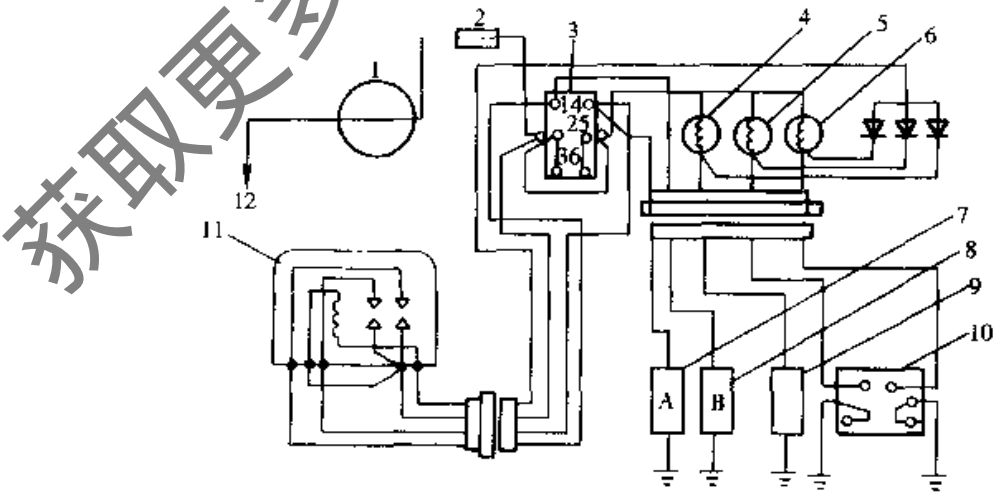


图 3-164 发动机停机电路

1—发动机启动预热开关；2—熔丝；3—发动机停机开关；4—水温指示灯；5—制冷剂高压指示灯；6—制冷剂低压指示灯；7—控制电磁阀 A；8—控制电磁阀 B；9—水温开关；10—压力开关；11—发动机控制停机继电器；12—通向蓄电池的接线

要适中的车室温度时，则首先将发动机转速控制开关放在“MED”位置上，然后再作相应的调节。控制电路的作用是比较温控旋钮规定的温度与温度传感器传来的车内温度，进而控制旁路电磁阀的开启和关闭，使车内温度保持规定值。该客车空调上的旁路电磁阀是一种开关式自动阀门，它连接在贮液罐和压缩机吸入阀之间。

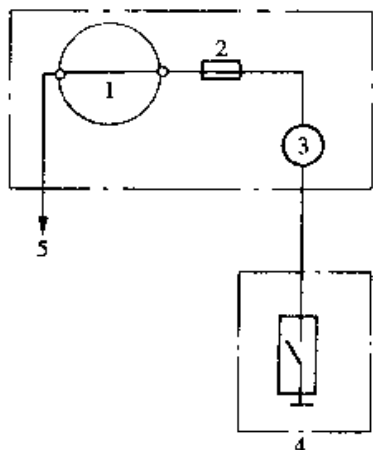


图 3-165 油压报警电路
1--发动机启动预热开关；2 熔断器；3 油压指示灯；4--油压开关；5--通向蓄电池

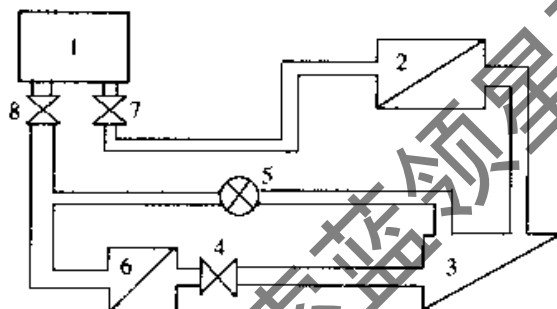


图 3-166 旁通电磁阀回路工作原理图
1--压缩机；2--冷凝器；3--贮液罐；4--膨胀阀；5--旁通电磁阀；6--蒸发器；7--排出阀；8--吸入阀

图 3-166 所示为旁通电磁阀回路的工作原理图。当蒸发器吹出的冷风温度低于规定温度时，控制电路使连接在贮液罐和压缩机吸入阀之间的旁通阀开启，一部分高温、高压气体制冷剂直接被吸入压缩机，从而减少了循环制冷剂的流量，蒸发器吹出的冷气温度随之上升，当上升到一定范围时，控制电路又使该阀关闭，这一过程不断循环，使车内温度控制在规定的范围内。

日野 RC420 型大客车空调上所采用的这种旁通回路还能防止蒸发器结冰。当电磁阀通电开启时，制冷循环的高、低压压力均产生变化，即高压压力比原高压值低 0.1MPa，而低压压力比原低压值高 0.04MPa。

(3) 空调用发动机调速和停机系统。日野各型大客车空调用发动机，普遍采用电磁阀调速和停机装置，通过拨动控制板上的开关，即可调节发动机的转速和停止发动机的运转。此装置由电磁阀 A 和 B 控制喉管内的节流阀，以控制发动机的高速、中速、低速和停机四种工况。电磁阀 B 还与高压油泵齿杆相连，如图 3-167 所示。当电磁阀的电磁线圈通电时，电磁阀拉杆就往里缩，断电时，电磁阀拉杆则往外伸，如图 3-168 所示。电磁阀的工作状态与空调发动机的状态关系如表 3-12 所示。但日野 RJ、RR、AM 型客车空调采用两级调速，因此，它们的控制是由两个电磁阀单独进行的，两个电磁阀之间没有联动构件。

表 3-12 电磁阀的工作状态与空调发动机的状态

空调发动机	高 速	中 速	低 速	停 机
电磁阀 A	断 电	断 电	通 电	通 电
电磁阀 B	通 电	断 电	断 电	通 电

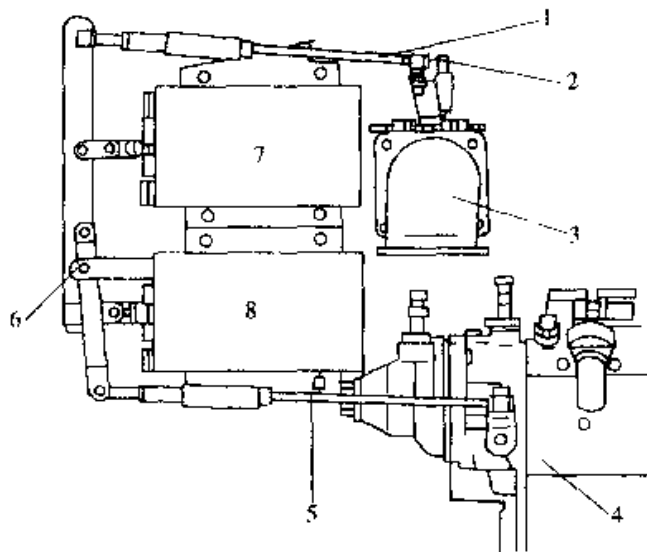


图 3-167 空调发动机调速与停机装置

1—连杆；2—回位弹簧；3—发动机进气管；4—高压油泵；
5—连杆；6—连杆系；7—电磁阀 A；8—电磁阀 B

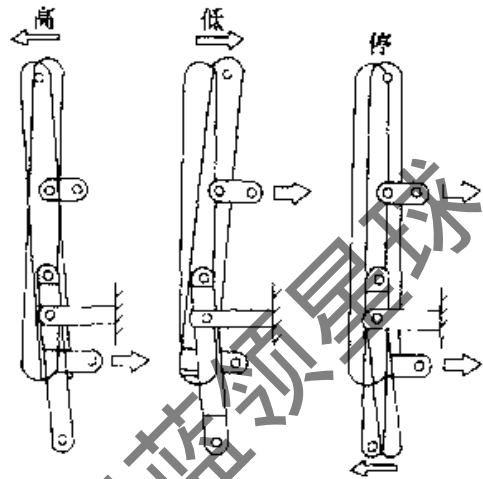


图 3-168 空调发动机调速联动机构

非独立式空调系统与独立式空调系统的控制方式是完全不同的。独立式空调的操作和安全保护都是以控制副发动机的电路来实现，而非独立式空调是以控制压缩机来实现。

图 3-169 所示为非独立式客车空调控制电路。其工作过程如下：

当控制开关 S1 在 I 挡时，主继电器 K1 接通，K3 ~ K8 不动作，蒸发器风扇电机呈两两串联形式，每只电机的输入电压只有电源电压的一半，通风为慢挡。若控制开关 S1 在 II 挡，K1 接通，K3 ~ K8 也接通，继电器触点接通，蒸发器风扇电机 VD 呈两两并联，输入的电压与电源电压相同，通风为高挡。当 S1 接通后，再接通 S2 于空调挡时，主继电器 K2 和 K9 接通，冷凝器六个风扇电机都转动；并且压缩机的电磁离合器 MK 电路接通，制冷系统工作。若制冷系统压力太高或者太低，以及压缩机过载和对蒸发器除霜时，高低压开关、除霜开关和压缩机保护开关都会引起主继电器 K9 断开离合器 MK 的电路，压缩机不工作，保护制冷系统不受损坏，相应的故障报警灯也亮了。

(二) 暖气系统控制电路

1. 轿车暖气系统控制电路

当轿车在关闭车门玻璃的情况下，强制性地将车外新鲜空气或车内空气，送到暖气装置加热，然后经各配气风门分别送到除霜器喷口和各个出风口，向车厢内供暖气。

图 3-170 所示为轿车的暖气与换气装置的结构布置，其控制电路如图 3-171 所示，轿车上的通风换气也是靠此电路来完成的。

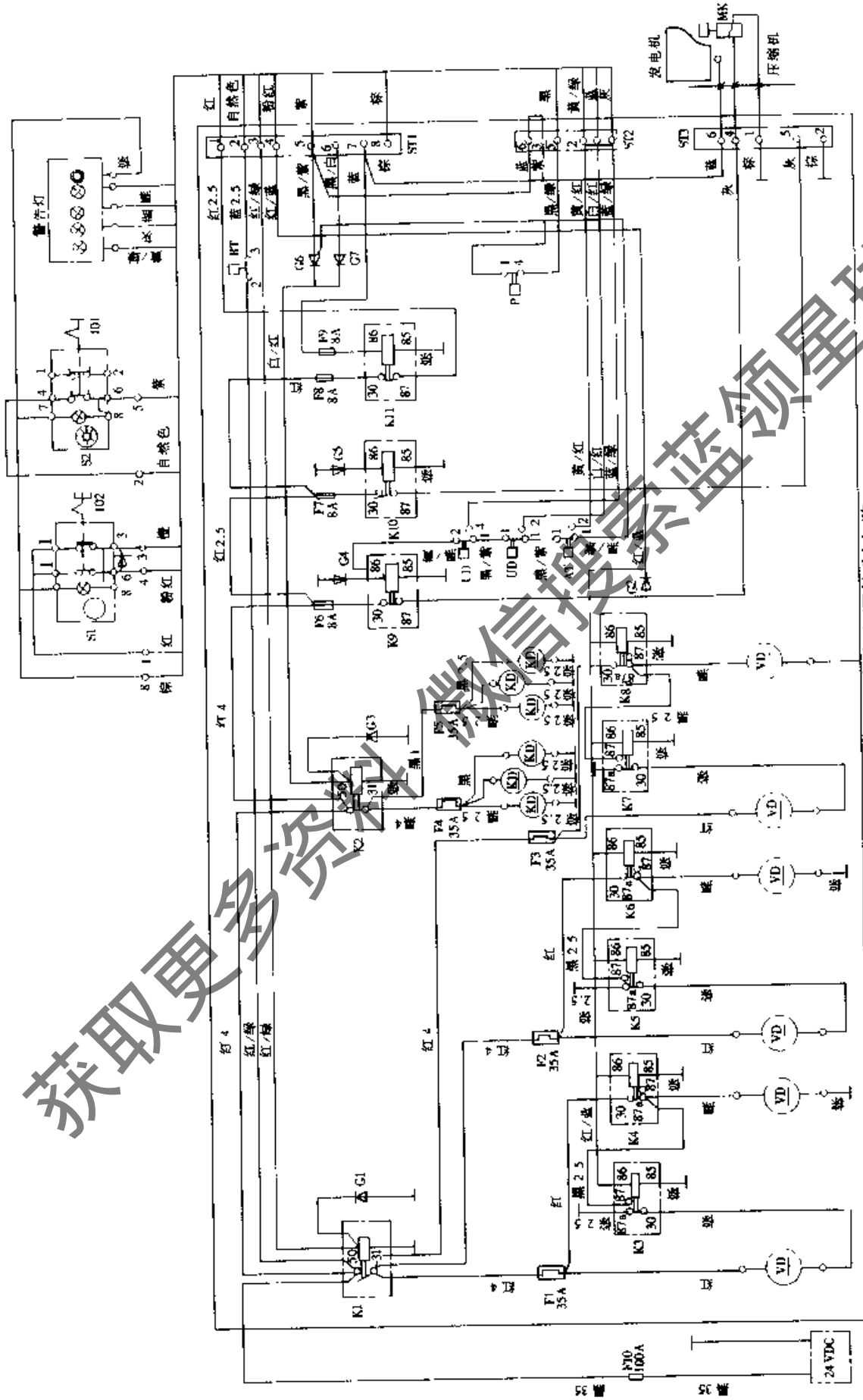


图 3-169 非独立式客车空调控制电路

VD—蒸发器电机；K1—冷凝器电机；MK—电磁离合器；RT—车内恒温器；AT—除霜恒温器；UD—低压开关；LD—高压开关；F1~F10—过流保护器（35A）；F6~F9—熔断器（8A）；F10—主熔断器（100A）；K1—主继电器（24V/80A）；K2—主继电器（24V/30A）；K3~K8—双触点继电器（24V/30A）；K9~K11—单触点继电器（24V/20A）；G1—压缩机保护开关；S1—通风开关；S2—空调开关；ST1—8线插接器；ST2、ST3—6线插接器
~G7—二极管；P—压缩机保护管；VD—电压表

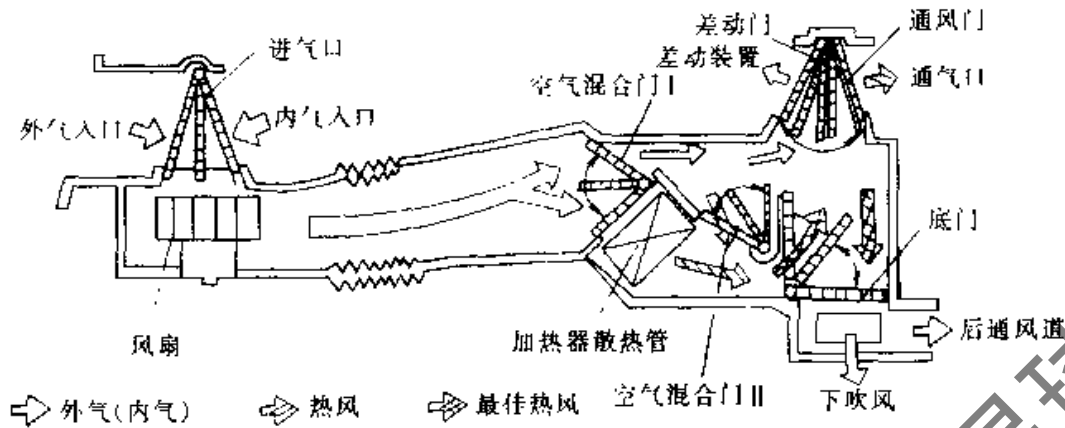


图 3-170 轿车暖气与换气装置的结构布置

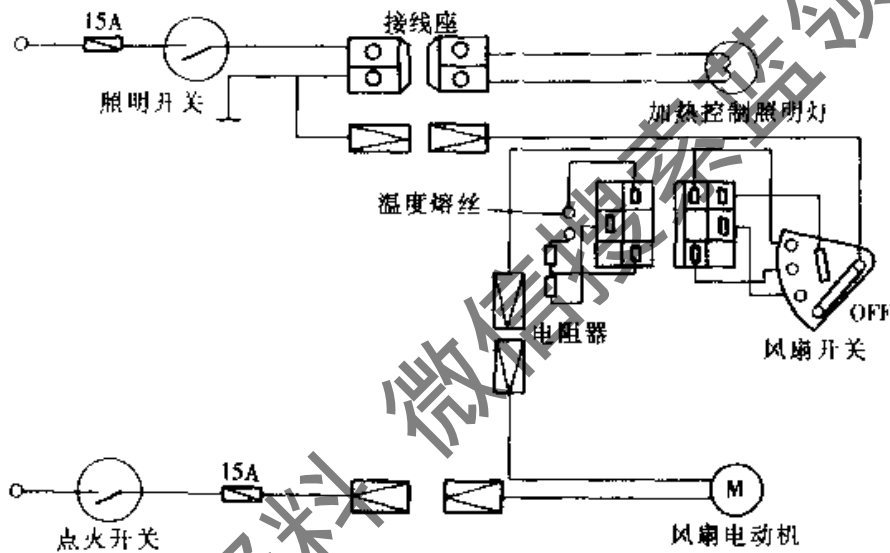


图 3-171 轿车暖气与换气装置的控制电路

2. 客车暖气系统控制电路

大客车的采暖都采用独立燃烧式制热装置。图 3-172 所示为大客车独立燃烧式加热器控制电路，其工作过程如下：

(1) 启动。

1) 预热。冬季取暖时，首先打开燃油箱开关（图中未画），然后将电源开关 2 接通，将暖气操纵板上的运转开关 4 置于预热位置 B，这时预热指示灯 7 点亮，表示电热塞 8（火花塞）的电路接通，其控制电路为：蓄电池 1 正极 → 主开关 2 → 主熔丝 3 → 运转开关 4 → $\left\{ \begin{array}{l} \text{附加电阻 6} \\ \text{指示灯 7} \end{array} \right\} \rightarrow \text{电热塞 8} \rightarrow \text{搭铁} \rightarrow \text{蓄电池负极}$ 。电热塞电阻丝有电流通过而逐渐红热，此时为预热开始。

2) 运行。经过约 1min 预热后，再将运转开关置于运转位置 D，这时燃油电磁阀 10 和鼓风机 17 电路接通。与此同时，电流通过继电器 K1 的线圈，使其常开触点 5 闭合，则保持预热电路继续工作。

通过电磁阀的电路为：蓄电池正极 → 主开关 2 → 主熔丝 3 → 运转开关 4 → 热熔丝 9 → 电磁阀 10 → 搭铁 → 蓄电池负极。

通过鼓风机的电路为：蓄电池正极 → 主开关 2 → 主熔丝 3 → 运转开关 4 → 继电器 K2 常闭触点 16 → 鼓风电机 17 → 热量转换开关 15 → 附加电阻 18 → 搭铁 → 蓄电池负极。

这时电磁阀 10 开启，燃油进入燃烧室，与红热的电热塞电阻丝接触而着火燃烧。鼓风电机带动鼓风机，使新鲜空气通过通道，鼓风机另一端风扇（燃烧空气送风机）将新鲜空气吹进燃烧室。当火焰形成后燃烧开始，同时导致燃烧控制开关 12 起作用，使其开关搭铁端 A 与继电器 K2 端 B 接通。由于 A 与 B 的接通，使继电器 K1 断路，则其常开触点 5 分离，此时预热指示灯 7 熄灭，预热电路断开，预热停止。另一方面，由于 A 与 B 的接通，燃烧指示灯 14 亮。其控制电路为：

蓄电池正极 → 主开关 2 → 主熔丝 3 → 继电器 K2 → 燃烧控制开关 12 → 搭铁 → 蓄电池负极。

于是蓄电池的电流通过继电器 K2 的线圈，使其常闭触点 16 分离，常开触点 19 闭合，这样仍然维持了鼓风电机的继续工作。其控制电路为：

蓄电池正极 → 主开关 2 → 主熔丝 3 → 继电器 K2 的常开触点 19 → 鼓风电机 → 热量转换开关 15 → 附加电阻 18 → 搭铁 → 蓄电池负极。

若汽车前挡风玻璃上有雾或结霜时，可操作除霜开关 20，使除霜风机电机 21 运行，将一部分热风吹到挡风玻璃上除霜。

(2) 停止。

1) 将开关转到“停止”位置，则电源指示灯熄灭，电磁阀电路中断，停止供油，燃烧停止。

2) 大约 5min 后，燃烧室温度降低，风机自动停转，加热器完全停止工作。

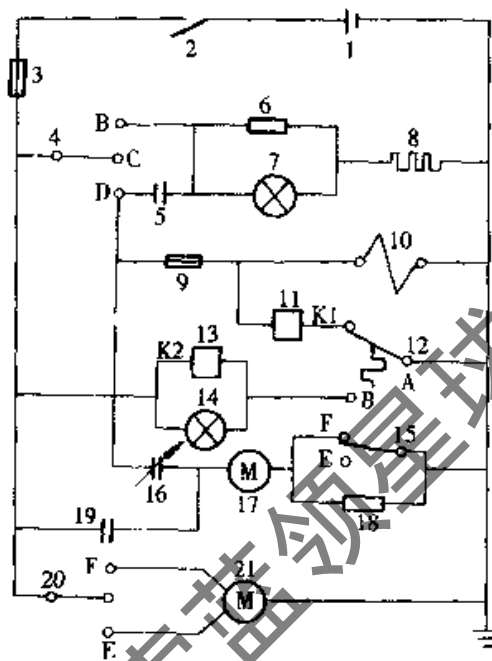


图 3-172 独立燃烧式采暖加热器控制电路
1—蓄电池；2—电源开关；3—主熔丝（30A）；4—运转开关；5—继电器 K1 的常开触点；6、18—附加电阻；7—指示灯；8—电热塞；9—热熔丝；10—电磁阀；11—继电器 K1；12—燃烧控制开关；13—继电器 K2；14—指示灯；15—热量转换开关；16—继电器 K2 常闭触点；17—风机电机；19—继电器 K2 常开触点；20—除霜开关；21—除霜风机电机

热熔丝 9 用来防止温度过高引起车厢起火, 它安装在送风管道壁上, 当热风不能顺畅流动时, 温度会急剧升高。当热熔丝周围的温度达 200°C 左右时, 热熔丝熔断, 切断燃油电磁阀电路, 停止加热器工作。

(三) 全自动空调控制电路

手动控制的汽车空调风机转速、出风温度及送风方式等功能是由驾驶员操纵和调节的, 因此, 手动空调无法根据阳光照射程度、发动机及排气管热辐射以及人体热辐射等影响因素的变化及时对汽车车室内的空气状况进行调节。

随着汽车电子技术的发展, 越来越多的汽车采用了微机控制的全自动空调。微机控制全自动空调利用传感器随时检测车内温度及车外环境温度的变化, 并把检测到的信号输送给空调的电子控制单元 (ECU), ECU 则按预先编制的程序对信号进行处理, 并通过伺服电机等执行元件, 不断地对风机转速、出风温度、送风方式及压缩机工作状况等进行调节, 从而使车内温度、空气湿度及流动状况始终保持在驾驶员设定的水平上。微机控制全自动空调还具备自我诊断功能, 以利于对电控元件及线路故障的检修。

图 3-173 所示为丰田 Lexus LS400 UCF10 型车微机控制全自动空调控制电路, 该电路由传感器、空调 ECU 和执行器三部分组成。

1. 传感器

(1) 车内温度传感器。车内温度传感器安装在仪表板的下端, 是一个具有负温度系数的热敏电阻。当车内温度发生变化时, 热敏电阻的阻值改变, 从而向空调 ECU 输送车内温度信号。

(2) 车外环境温度传感器。车外环境温度传感器安装在前保险杠右下端, 它也是一个热敏电阻, 向空调 ECU 输送车外温度信号。

(3) 蒸发器温度传感器。该传感器安装在蒸发器壳体上, 用以检测制冷装置内部的温度变化。当蒸发器周围温度发生变化时, 传感器电阻的阻值也随之改变, 并向空调 ECU 输出电信号。

(4) 光照传感器。它是一个光敏二极管, 安装在汽车前挡风玻璃下面。利用光电效应, 该传感器将阳光辐射程度转变成电信号, 并输送给空调 ECU。

(5) 水温传感器。它直接安装在暖气芯底部的水道上, 检测冷却液温度。产生的水温信号输送给空调 ECU, 用于低温时的风机转速控制。

(6) 压缩机锁止传感器。这是一种磁电式传感器, 安装在空调装置的压缩机内, 检测压缩机转速。压缩机每转一圈, 该传感器线圈产生 4 个脉冲信号输送给空调 ECU。

2. 空调 ECU

空调 ECU 与操纵面板制成一体, 它对输入的各种信号进行计算、分析、比较后, 发出指令, 接通所需的电路并指令伺服电机转动, 按照功能选择键的输入指令, 打开所需的出风口风门、调节出风温度; 按照输入的预设温度, 控制温度风门的位置; 按照输入气源门的空气来源, 指令气源门电动伺服电机工作等。

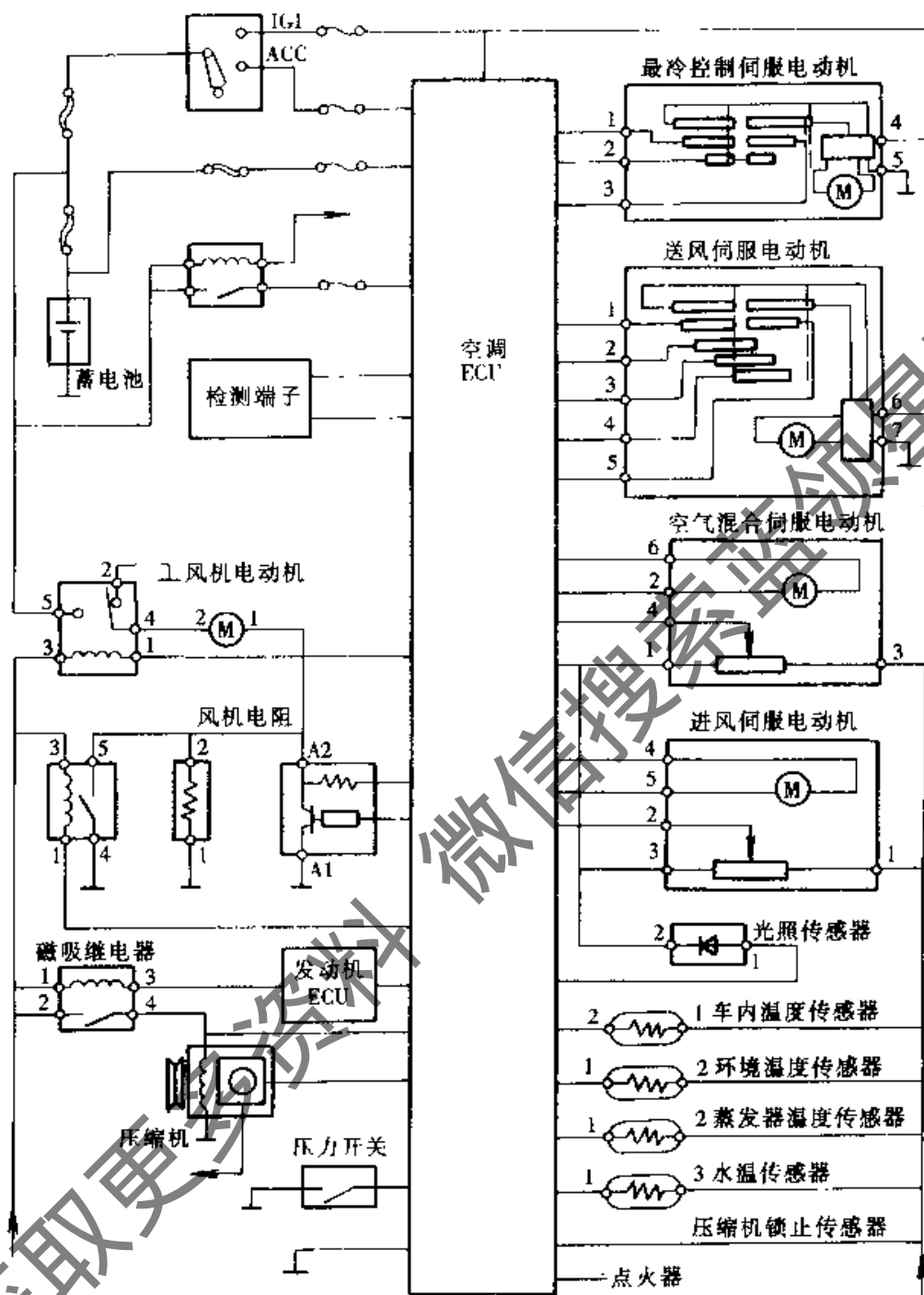


图 3-173 丰田 Lexus IS400 UCF10 型车全自动空调控制电路

(1) 计算所需送风温度。空调 ECU 根据驾驶员设定温度及各传感器输送的数据，按下面公式计算所需的送风温度 t_0 。

$$t_0 = at_s - bt_R - ct_A - dt_B + e$$

- 式中 t_s ——驾驶员设定的温度，℃；
 t_R ——车内温度，℃；
 t_A ——车外环境温度，℃；
 t_B ——光照传感器输送数据；

a 、 b 、 c 、 d 、 e ——系数。

空调 ECU 根据 t_0 值, 向伺服电机等执行元件发出控制信号, 实现各种控制功能。但是当驾驶员将温度设置在最冷或最热时, 空调 ECU 将用固定值取代上述计算值进行控制, 以加快响应速度。

(2) 车内温度控制。空调 ECU 根据下列公式计算出空气混合挡风板开度值 s 。

$$s = \frac{t_0 + f - (t_E + g)}{h - (t_1 + g)} \times 100\%$$

式中 t_E ——蒸发器温度, $^{\circ}\text{C}$;

f 、 g 、 h ——系数。

当 s 值近似为零时, 表示 t_0 与 t_E 接近, 空调 ECU 即截止输入空气混合伺服电机的控制电流, 空气混合挡风板处在原位置。若 s 值小于零, 表示 t_0 小于 t_E , 空调 ECU 控制空气混合挡板向冷的方向转动, 降低出风温度。与此同时, 电机内的电位计将挡风板的转动位置信号反馈给 ECU, 当温度降低使 s 值近似为零时, ECU 切断电流, 伺服电机停止转动。若 s 值大于零, 表示 t_0 大于 t_E , 于是空调 ECU 控制空气混合挡风板向热的方向转动, 提高出风温度, 直至 s 值重新接近于零。

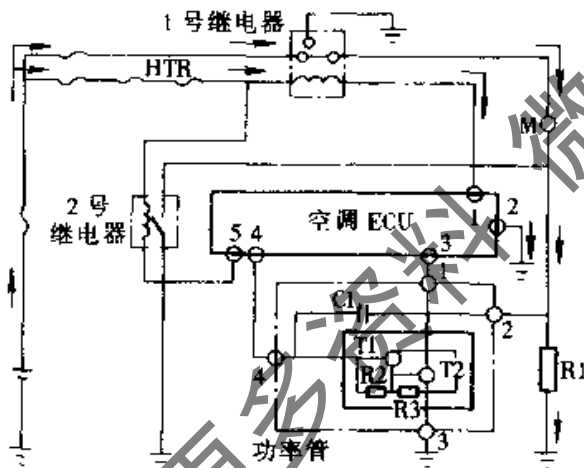


图 3-174 风机转速控制电路

(3) 风机转速控制。图 3-174 所示为风机转速控制电路。当按下“低速”键时, 空调 ECU 的 1 端与 2 端导通, 1 号继电器吸合, 电流流经电机及一个电阻器后接地, 风机电机以低速旋转。当按下“中速”键时, 空调 ECU 的 1 端与 2 端导通, 1 号继电器吸合, 同时 ECU 端子 4 间歇性地向功率管端子 4 (基极) 输入控制电流, 使 T1 和 T2 间歇性导通, 这样, 风机控制电流流经电机后, 可以间歇性地经功率管端子 2 和端子 3 接地。风机转速取决于功率管的导通时间。当按下“高速”键时, 空调 ECU 的 5 端与 2 端导通, 2 号继电器吸合, 风机控制电流经电机和 2 号继电器触点后接地, 电机以高速旋转。

当按下“自动控制”键时, 空调 ECU 根据 t_0 值自动调整风机转速。若水温传感器检测到水温低于 40°C 时, ECU 控制风机停止。

(4) 进风方式控制。当按下某个进风方式键时, 空调 ECU 控制进风伺服电机转动, 将进风挡风板固定在“车外新鲜空气导入”或“车内空气循环”位置上。当按下“自动控制”键时, 空调 ECU 根据 t_0 值, 在上述两种方式之间交替自动改变进风方式。

(5) 送风方式控制。当按下某个送风方式控制键时, 空调 ECU 控制送风方式

伺服电机动作，将送风方式固定在相应状态上。

当进行自动控制时，空调 ECU 根据求得的 t_0 值，按图 3-175 所示的关系曲线，自动调节送风方式。当 t_0 值非常小时，最冷控制挡风板完全开启，增加送风风力。

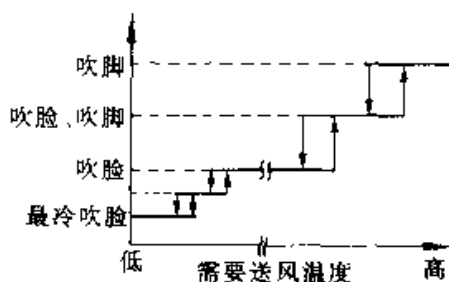


图 3-175 送风方式与送风温度关系曲线

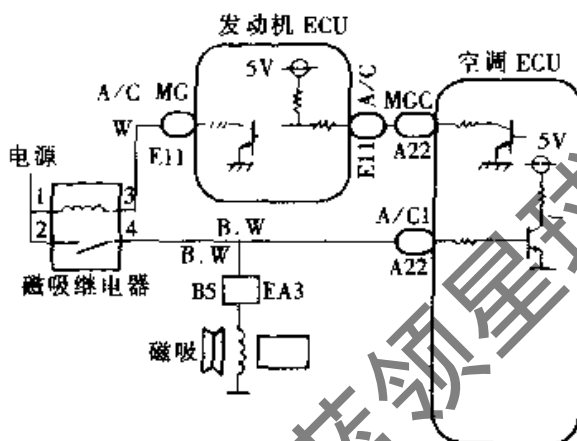


图 3-176 压缩机控制电路

(6) 压缩机工作控制。同时按下“空调 (A/C)”键和“风机”键，或按下“自动控制”键，空调 ECU 使电磁离合器吸合，压缩机开始工作。压缩机控制电路如图 3-176 所示。工作过程为：空调 ECU 的 MGC 端首先向发动机 ECU 发出压缩机工作信号，发动机 ECU 的 A/C MG 端随即接地，使磁吸继电器吸合，电流流入磁吸，使压缩机运转。与此同时，电流也加到空调 ECU 的 A/C1 端，向空调 ECU 反馈磁吸工作信号。

进行自动控制时，若环境温度或蒸发温度降至一定值以下，空调 ECU 将控制压缩机间歇工作，即磁吸交替导通与断开，以节省能源。

空调装置工作时，空调 ECU 同时从发动机点火器及压缩机锁止传感器采集发动机转速与压缩机转速信号，并进行比较。若两种转速信号的偏差率连续 3s 超过 80%，ECU 则判断压缩机锁死，同时与电磁离合器脱开，防止空调装置进一步损坏；并使操纵面板上的 A/C (空调) 指示灯闪烁，以提示驾驶员。

3. 执行器

执行器主要包括控制伺服电机、风机及压缩机磁吸等，各种挡风板的位置如图 3-177 所示。

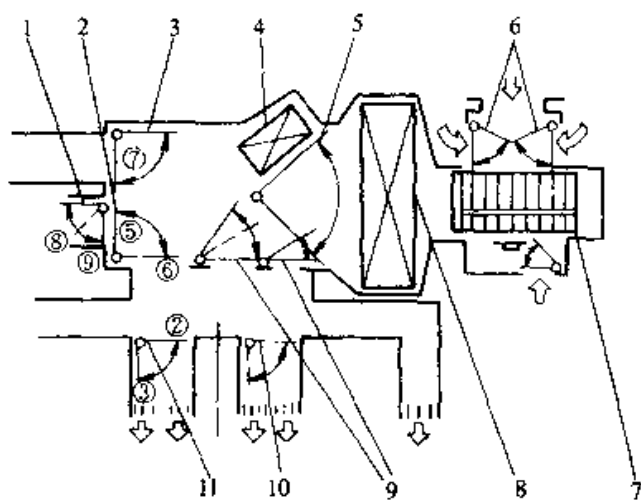


图 3-177 各种挡风板 (风门) 位置
 1—除霜风口挡风板；2—风口挡风板；3—取暖挡风板；4—取暖器芯；5—空气混合挡风板；6—进风挡风板；7—风机电机；8—蒸发器；9—最冷控制挡风板；10—中央风口挡风板；11—后风口挡风板

(1) 进风控制伺服电机。该电机控制进风方式，电机的转子经连杆与进风挡风板相连，如图 3-178 所示。当驾驶员使用进风方式控制键选择“车外新鲜空气导入”或“车内空气循环”模式时，空调 ECU 即控制进风伺服电机带动连杆顺时针或逆时针旋转，从而带动进风挡风板闭合或开启，达到改变进风方式的目的。该伺服电机内装有一个电位计，随电机转动，并向空调 ECU 反馈电机活动触点的位置情况。

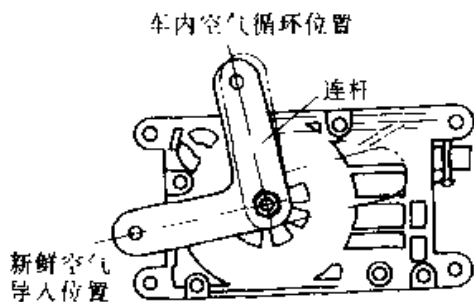


图 3-178 进风伺服电机与进风挡风板连接装置

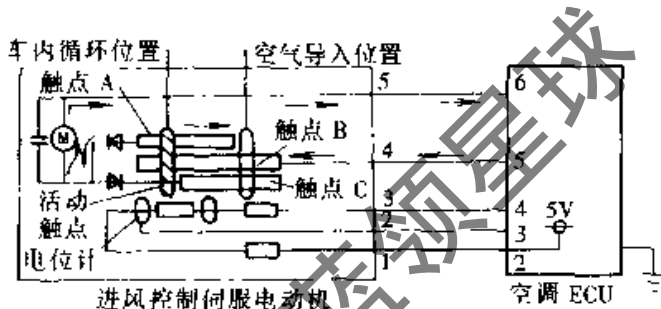


图 3-179 进风控制伺服电机与空调 ECU 的连接电路

进风控制伺服电机与空调 ECU 的连接电路如图 3-179 所示。

当按下“车外新鲜空气导入”键时，电流路径为：经空调 ECU 端子 5→伺服电机端子 4→触点 B→活动触点→触点 A→电机→伺服电机端子 5→空调 ECU 端子 6→ECU 端子 9 搭铁。此时伺服电机转动，带动活动触点、电位计触点及进风挡风板移动或旋转，新鲜空气通道开启。当活动触点与触点 A 脱离时，电机停止转动，空调送风方式被设定在“车外新鲜空气导入”状态，车外空气被吸入车内。

当按下“车内空气循环”键时，电流路径为：经空调 ECU 端子 6→伺服电机端子 5→电机→触点 C→活动触点→触点 B→伺服电机端子 4→ECU 端子 5→ECU 端子 9 搭铁。于是电机带动活动触点、电位计触点及进风挡风板向反方向移动或旋转，关闭新鲜空气入口，同时打开车内空气循环通道，使车内空气循环流动。

当按下“自动控制”键时，空调 ECU 首先计算出所需要的出风温度，并根据计算结果自动改变进风控制伺服电机的转动方向，从而实现进风方式的自动调节。

(2) 空气混合伺服电机。空气混合伺服电机连杆转动位置及电机内部电路如图 3-180 所示。

当进行温度控制时，空调 ECU 首先根据驾驶员设置的温度及各传感器输送的信号，计算出所需要的出风温度，并控制空气混合伺服电机连杆顺时针或逆时针转动，改变空气混合挡风板的开启角度，从而改变冷、暖空气的混合比例，调节出风温度与计算值相符。电机内电位计的作用是向空调 ECU 输送空气混合挡风板的位置信号。

(3) 进风方式控制伺服电机。该电机连杆（挡风板）的位置及电机内部电路如

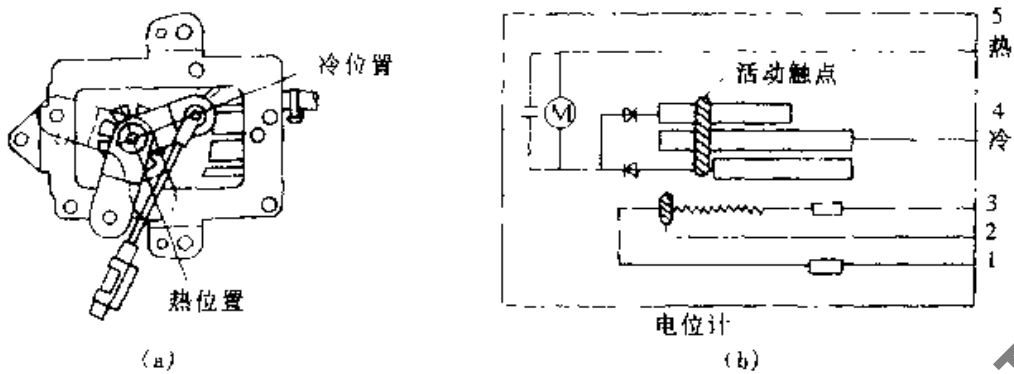


图 3-180 空气混合伺服电机连杆转动位置及电机内部电路

(a) 连杆转动位置; (b) 电机内部电路

图 3-181 所示, 当按下操纵面板上某个送风方式键时, 空调 ECU 即使电机上的相应端子接地, 而电机内的驱动电路据此使电机连杆转动, 将送风控制挡风板转到相应的位置上, 打开某个送风通道。

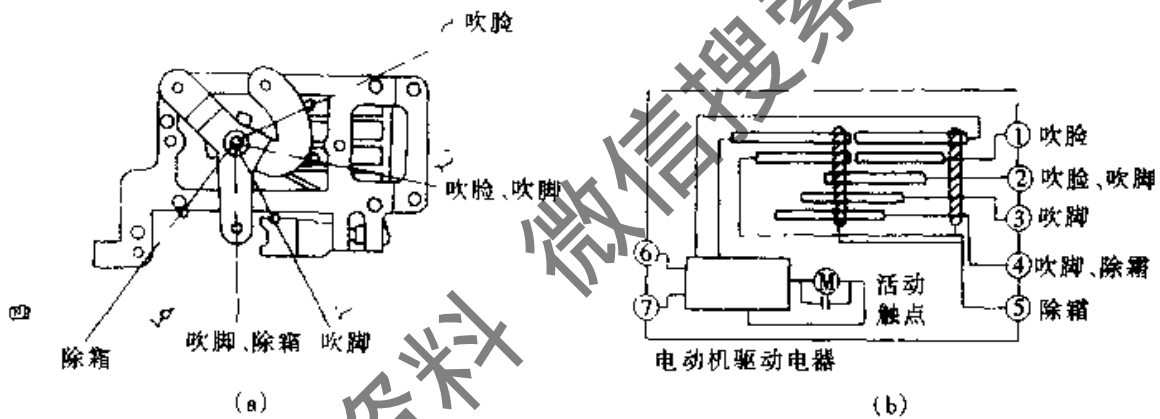


图 3-181 送风方式伺服电机连杆位置及电机内部电路

(a) 连杆位置; (b) 电机内部电路

当按下“自动控制”键时, 空调 ECU 根据计算结果 (送风温度), 在吹脸、吹脸脚和吹脚三者之间自动改变送风方式。

(4) 最冷控制伺服电机。最冷控制伺服电机的挡风板位置及内部电路如图 3-182 所示。从图 3-182 (a) 可见, 该电机的挡风板具有全开、半开和全闭三个

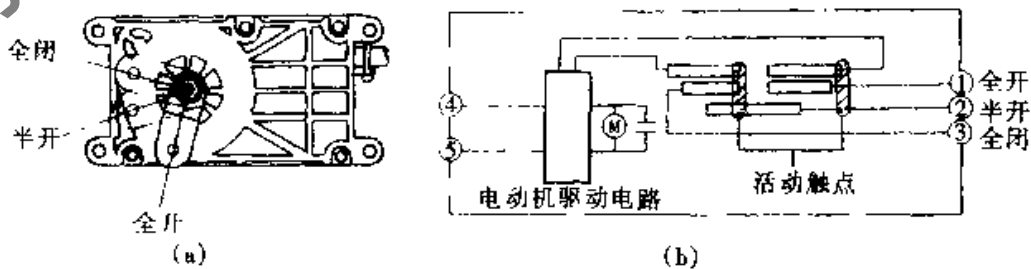


图 3-182 最冷控制伺服电机的挡风板位置及内部电路

(a) 挡风板位置; (b) 电机内部电路

位置。当空调 ECU 使某个位置的端子接地时, 电机驱动电路使电机旋转, 带动最冷控制挡风板位于相应位置上。

第四节 蓄冷空调系统自动控制

一、蓄冷空调系统自动控制功能

蓄冷空调控制系统按每天预先编排的时间顺序来控制所有设备的启停及监视各设备的工作状况, 主要功能如下:

- (1) 控制制冷主机启停。
- (2) 制冷主机故障报警。
- (3) 控制乙二醇泵启停。
- (4) 乙二醇泵故障报警。
- (5) 控制冷却水泵和冷冻水泵。
- (6) 冷却水泵和冷冻水泵故障报警。
- (7) 控制冷却塔风机启停。
- (8) 冷却塔风机故障报警。
- (9) 冷却水和冷冻水泵供水温度监测。
- (10) 乙二醇供/回水温度监测。
- (11) 蓄冷槽进出口温度监测。
- (12) 末端乙二醇流量。
- (13) 室外温湿度监测。
- (14) 空调冷负荷。
- (15) 各时段用电量及峰谷电量。
- (16) 各种数据统计表格、曲线。
- (17) 存冰量记录显示。
- (18) 可实现无人值守运行。
- (19) 各时段用电量及电费自动记录。

系统可在监控计算机上操作, 系统状态由计算机显示, 各统计数据可用打印机打印保存。在监控计算机脱机状态下, 系统可由控制柜触摸屏手动或自动控制。

二、蓄冷空调系统自动控制系统组成

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展, 当前的蓄冷空调系统自动控制都已采用以计算机及其软件等组成的直接数字控制器与电子传感器及执行机构相结合的直接数字控制 (DDC) 系统。

蓄冷系统的自动控制系统需要保证制冷机组、冷却塔、蓄冷装置、热交换器及各种泵在设计要求的参数下安全可靠地运行, 并能达到预期的目的。

蓄冷系统的自动控制系统主要由蓄冷控制器、操作微机、显示器、打印机、冷

水机组控制器及有关执行机构和传感器等组成。蓄冷空调自动控制系统可对制冷机组、冷却塔风机、蓄冷装置、溶液泵及水泵、热交换器、冷凝器等提供监视、控制和诊断功能。蓄冷控制器与制冷机组控制器以通信方式相连,使冷水机组的状态和各种运行数据以及故障诊断结果都可以在蓄冷控制器上得到,并在系统的显示屏上显示。蓄冷控制器收集处理各个运行设备的各种运行数据,用来控制蓄冷系统的安全可靠运行。

三、制冷机组控制

制冷机组控制是此类蓄冰系统的一种关键。全部蓄冰系统和多样的冷水机组系统仅在一个温度下制冷。而部分蓄冷系统要求冷水机组既作为制冰设备又作为常规的冷水机组。制冰的开始和结束都需要自动控制。

1. 制冷机组出口温度控制

可由机组配带的控制器执行,一般都可采用其出口温度传感器设定在各运行方式规定值,维持出口温度的恒定,但在串联、制冷机组上游流程配置中,若采用制冷机组优化的控制策略,则应采用蓄冷装置后的出液温度恒定来控制。

2. 制冷机组容量控制

制冷机组容量控制,一是制冷机组的单机容量调节,一般可用维持出口温度恒定来完成调节,也可采用进口温度控制,可由制冷机组及所带的自控系统来完成;二是采用台数控制(多台机组时),台数控制在一般制冷机组设计为恒流量运行的情况下,可采用其流量与供、回水(液)温差计算出的冷量达到整台机组容量来进行。

在充冷运行方式中,不论是哪一种蓄冷系统,都不应进行单机容量调节,而应按额定负荷运行,以提高其运行效率,但可进行台数控制。

对于冰蓄冷系统,制冰周期是在白天工作开始以前进行的。在制冰过程中,制冷机组由蓄冰筒来控制。蓄冰筒必须大于制冷机组的制冰能力,这样才能使制冷机组在最大限度制冰能力下运行。不希望制冷机组在制冰时间卸载。制冷周期的后期,如冰的厚度达到其最大值时,制冷机组的出口溶液温度和制冷机组的温差是较低的。制冷机组必须在最后状态下安全运行。利用这种方式制冰时,制冷机组的温度不需要控制。在制冰周期内,制冷机组以最大限度运转。对制冷机组的控制仅仅是开停制冷机组。

冰筒中蓄满冰时制冰即停止。低峰结束时继续制冰会干扰建筑物的需求控制及舒适性空调。有几种方法可以确定冰筒何时全部再装载,最简单的方法是根据制冷机组乙二醇回液的温度来确定。

从制冰到常规制冷机组运转的转换必须持续进行,同时不干扰制冷机组的安全控制。

四、蓄冷装置控制

蓄冷系统可分为全部蓄冷系统和部分蓄冷系统。全部蓄冷系统在供冷时不使用

制冷主机，只依靠蓄冰槽来满足冷负荷的需求，这种系统要求蓄冷槽和主机容量都比较大，一般用于体育馆、影剧院等负荷大、持续时间短的场所；部分蓄冷系统在供冷时依靠蓄冷槽和主机共同运行负担冷负荷，主机和蓄冷槽容量都较小，初投资和运行费用可以达到最优，因而被一些商业建筑广泛采用。部分蓄冷系统的控制就是要解决冷负荷在主机和蓄冷槽之间的分配问题。常见的控制策略有三种，即主机优先、蓄冷槽融冰优先和优化控制。

1. 外温预测

空调负荷与室外温度有关，制冷主机能耗也与外温有关。为了对蓄冰和融冰过程进行综合优化，需要对优化周期的外温进行预测。利用气象台发布的天气预报数据，结合实测的逐时外温，采用自学习的形式可以预测第二天的室外气温。

2. 负荷预测

蓄冷装置的蓄冷量应考虑当天基本用尽，这样才是最经济的，同时要避免出现最后几小时蓄冷系统冷量供不应求的局面。

负荷预测基本上可分为简单的负荷预测和利用神经网络系统进行的负荷预测。

(1) 简单的负荷预测。该方法一般以一年内的日负荷计算及实际运行结果的分析为基础，进行“时间表”安排，并再考虑节假日等的修正量，将计算得出的现存蓄冷量与之平衡后确定运行方式及制冷机组台数等选择。

(2) 神经网络系统的负荷预测。近年来，对蓄冷系统正在实施一种新技术，用一种实用专家系统来模拟蓄冷系统管理，开发一套神经网络计算机程序来预测下一天的制冷及蓄冷负荷。对下一天的制冷及蓄冷负荷的预测，可以使人们最大限度地利用非峰值电力，并最小限度地启动制冷系统。

神经网络系统是根据人脑的神经组织结构设计和命名的，它具有高度内连的“神经元”，如图 3-183 所示。

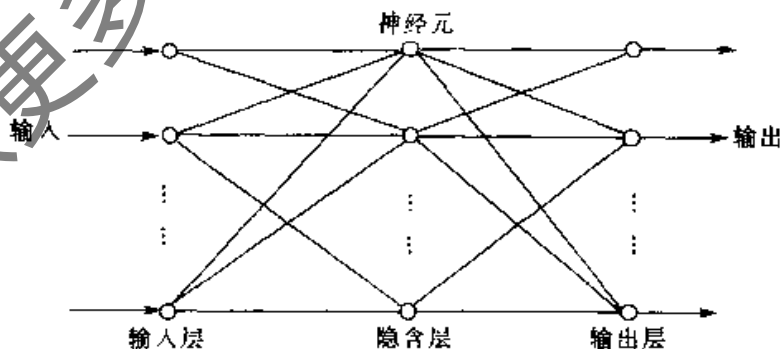


图 3-183 神经网络

这种软件安装在一台普通的个人微机中，具有三层结构（输入、隐含、输出），并可在用户觉察不到的情况下进行工作。当它成功地完成工作后，实时控制专家系统利用其做出的下一天的冷负荷预测对整夜的蓄冰过程进行控制。

神经网络既没有指示进程能力，也没有独立的数据储存的记忆能力，它的最大

好处就是设置了多点的并行输入端，这样就可以在不加大编写程序工作量的情况下，使系统的调节修正作用更迅速，反应更敏捷。

为构成神经网络系统，需要三种文件，即定义文件、调试文件和检验文件。定义文件主要是用来描述网络结构形式，列出网络中各“神经元”的代号，同时也可定义从输出“神经元”中输出的信息的显示格式。调试文件主要是用标准温度值数据库，对网络进行调试，建立每天 0:00 至 23:00 的标准气温模型。一般用未来 42h 的标准气温模型进行分析运算，做出下一个夜间的蓄冰负荷的预测。由于典型年的标准气温模型与实际的气温值有一定出入，所以它所做出的预测可能与实际情况有约 12% 的误差。下面的工作就是由检验文件，利用未来 42h 的实际气温预测值（与实际气温的误差应小于 3%）对所做出的预测进行修正，从而做出更为准确的蓄冷负荷的预测，参见图 3-184 所示。

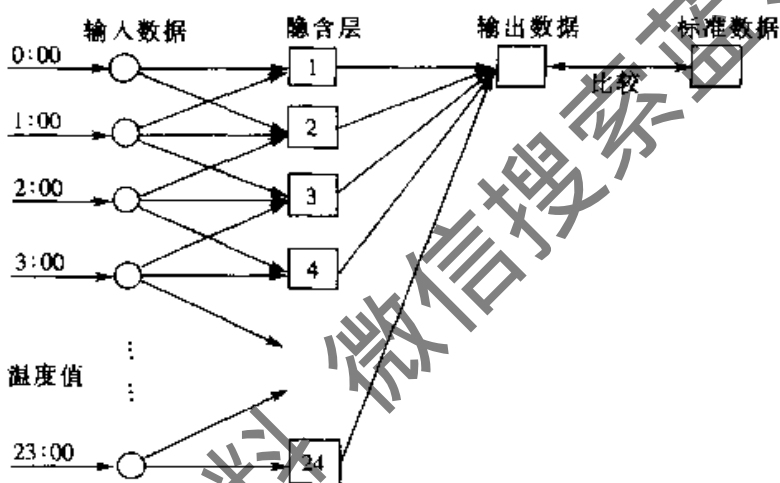


图 3-184 预测负荷的神经网络及其文件

3. 蓄冷装置充冷量控制

蓄冷装置一般在还有 25% 以上蓄冷量时，一般应不进行充冷；充冷充足时，应停止制冷机组运行，以节省电力及运行费用。停机控制常用如下几种方法：

- (1) 制冷机组出口温度低至充冷充足时的输出温度值；
- (2) 制冷机组充冷时的进、出口温差低至充冷充足时的规定值；
- (3) 蓄冷装置蓄冷量指示已为 100%；
- (4) 充冷时间设定。

通常以 (1)、(2) 两种方法作为主要控制，以 (3)、(4) 方法作为后备辅助控制。

4. 蓄冷装置释冷量及供出温度控制

蓄冷装置释冷量的控制，以用户侧或供出侧温度的恒定，控制蓄冷装置进口或出口的流量分配调节阀门来完成；在变流量控制中以用户侧温度的恒定，控制变流泵来完成，而供出侧温度的恒定，以其温度传感器的设定值来控制蓄冷装置进口或

出口的调节阀。

5. 热交换器控制

在冷冻水系统中可安置冷水机组的地方即可安装热交换器。在部分蓄冷系统中，蓄冷系统只是几种冷源中的一种，热交换器的安装位置要保证与其他冷源的一致性。

热交换器容量的控制有下列几种方法：

- (1) 冷冻水流量；
- (2) 乙二醇流量；
- (3) 冷冻水温度；
- (4) 乙二醇温度。

乙二醇管道或冷冻水管道上的三通混合阀能用于冷量控制，在蓄冰周期时，乙二醇管道上的旁通阀可防止接近冻结温度的溶液进入热交换器。此阀也可控制热交换器的冷量。三通阀通过变化送入热交换器乙二醇的流量达到控制热交换器容量的目的，如图 3-185 所示。

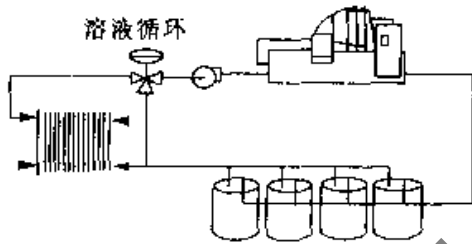


图 3-185 热交换器控制

热交换器冷量也可以通过控制冷冻水温及流量达到。当进入热交换器的回水温度升高时，热交换器的冷量也增加。在融冰周期内，热交换器的冷量由热交换器和冰筒相混合的温度来确定。乙二醇的温度决定热交换器的最大冷量。融冰周期内乙二醇温度在 0~7℃ 范围内变化。

获取更多资料

制冷空调系统常见故障的分析与排除

第一节 电冰箱常见故障的分析与排除

一、电冰箱常见故障的检查方法与流程

电冰箱不论其型号、大小如何，都是由制冷系统、电器控制系统、箱体及附件等四大部分组合而成。检查电冰箱故障时均应遵循下述基本原则：

结合构造，联系原理，搞清现象，具体分析。

从简到繁，由表及里，按系统分段，推理检查。

先从简单的、表面的分析起，而后检查复杂的、内部的；先按最可能、最常见的原因查找，再按可能性不大的、少见的原因进行检查；先区别故障所在的系统（如制冷系统、电器控制系统），而后按系统分段依一定次序推理检查。简单地说就是遵循筛选及综合分析的原则。了解故障的基本现象后，便可根据电冰箱构造及原理上的特点，全面分析产生故障的可能；同时根据某些特征判明产生故障的原因（如制冷系统经常发生的故障是不制冷或制冷效果不佳），再根据另一些现象进行具体分析，找出故障的真正原因。

如电冰箱不启动，应先察看电源是否有电，熔断器是否完好。若电源和熔断器都正常，其次就要检查启动继电器是否有故障。若启动继电器没有故障，就要检查过载保护器、温控器、电容器是否完好。若过载保护器、温控器、电容器正常，最后就要检查压缩机是否烧毁，直至找到故障的真正原因。

分析故障必须根据电冰箱的构造和工作原理来进行。故障发生后，首先要掌握先想后动的原则，严禁盲目乱拆乱卸。由于思考混乱或侥幸心理而对电冰箱进行盲目的乱拆乱卸，常带来不良的后果，并可能引起新的故障。因此，拆卸只能作为在经过慎密分析后而采用的最后措施。

电冰箱的故障判断是电冰箱维修的一个重要环节，好像医生查找病因一样，否则就无从下手。电冰箱故障诊断是通过看（察看系统各部件的表面）、听（听电冰箱运转声音）、摸（用于触摸部件各部位的温度）、测（利用压力表、温度计、万用表、检漏仪检测有关参数）等手段来进行的。同时还应仔细向用户询问故障情况，判断是操作不当，还是电冰箱本身造成的故障，若属前者，则应向用户详细介绍正确的使用方法；若属后者，就应按上述四方面进行综合分析，找出故障所在，查出

故障原因，然后再进行修理。

(一) 电冰箱常见故障的检查方法

1. 看

电冰箱在正常的工作状态下，蒸发器表面的结霜应该是均匀的。所以，判断电冰箱的故障，应首先察看蒸发器的结霜情况。

(1) 正常工作的直冷式电冰箱蒸发器表面应有霜且霜层均匀、厚实，若发现蒸发器无霜、或上部结霜下部无霜或结霜不均匀、有虚霜等现象，都说明电冰箱制冷系统工作不正常。如果出现周期性结霜情况，说明制冷系统中含有水分，可能出现冰堵。若电冰箱工作很长一段时间，蒸发器仍不结霜，说明制冷系统可能有泄漏。

(2) 观察毛细管、干燥过滤器局部是否有结霜或结露。若有就表明局部有堵塞现象。看压缩机吸气管是否结霜、箱门四周是否凝露，由此可判断制冷剂是否过量、防露管是否有故障。看制冷管路系统，主要看管路的接头处，是否有油迹。管路外部若有油迹出现，说明此处制冷剂有渗漏，因为制冷剂有较强的渗透力并可与冷冻润滑油以任意比例互溶，所以凡是有油迹处，就说明有制冷剂渗漏。

2. 听

听电冰箱的运行情况。电冰箱正常工作时，压缩机会发出微弱的声音，这是高压态制冷剂通过毛细管进入低压蒸发器内，进行蒸发吸热制冷。打开箱门，将耳朵贴近蒸发器或箱体外侧，即可听到有气流声，这说明电冰箱工作正常。

若有下列声音则属不正常现象：

(1) 接通电源后，听到“嗡嗡”的声音，说明电机没有启动，应立即切断电源。

(2) 听到压缩机壳内发出“嘶嘶”的气流声，这是压缩机内高压缓冲管断裂后，高压气体窜入机壳的声音。

(3) 压缩机在运行过程中若发出“铛铛”的异常声时，说明压缩机外壳内吊簧松脱或折断，压缩机倾斜运转后发出的撞击声。

(4) 若听到“嗒嗒”异常声音，这是压缩机内部金属的撞击声，表明内部运动部件因松动而碰撞。

(5) 若听不到蒸发器内的气流声，说明制冷系统产生脏堵或冰堵。若听到的气流声很小，说明制冷剂几乎漏完了。

3. 摸

用手触摸电冰箱有关部件，以感觉各部位的温度变化情况，从而可分析、判断电冰箱的故障所在。

(1) 在室温 30℃ 时，接通电冰箱电源运行 30min 后，用手触摸排气管应烫手。冬季触摸应有较热的感觉。

(2) 用手触摸冷凝器表面温度是否正常。电冰箱在正常连续工作时，冷凝器表

面温度约为 55°C ，其上部最热、中部较热、下部微热。冷凝器的温度与环境温度有关。冬天气温低，冷凝器温度低一些；夏天气温高，冷凝器的温度要高一些。

手摸冷凝器时应有热感但可长时间放在冷凝器上，这是正常现象。若手摸冷凝器进口处感到温度过高，这说明冷凝压力过高，系统中可能含有空气等不凝结气体或制冷剂过量等原因。若手摸冷凝器不热，蒸发器中也听不到“嘶嘶”的气流声，这说明制冷系统在干燥过滤器或毛细管等部位发生了堵塞。

(3) 用手触摸干燥过滤器表面温度。正常工作时，应与环境温度相差不多，手摸应有微热感觉（约 40°C ）。若出现明显低于环境温度或有结露、结霜现象，说明干燥过滤器内部发生脏堵。

(4) 用手沾水贴于蒸发器表面，然后拿开，如有黏手的感觉，表明电冰箱工作正常。若手贴蒸发器表面不黏手，而且原来的霜层也化掉，表明制冷系统内制冷剂过少或过多。

通过上述的看、听、摸之后，即可对故障发生的部位和程度做到心中有数。因电冰箱是多个部件的组合物，各个部件之间相互影响、相互联系。因此，在实际维修过程中，只掌握个别故障现象，很难准确地判断出故障发生的部位。若需进一步分析判断故障所在准确部位以及故障程度，还需用有关仪表对电冰箱进行性能检漏。

4. 测

(1) 用卤素检漏仪或电子检漏仪可以查出泄漏的部位；根据维修阀上的压力表读数可以判断制冷系统的堵塞或泄漏情况；用温度计或测温仪表测量箱内温度是否正常。

(2) 如图 4-1 所示为用万用表检查电气系统绝缘情况。一般用 500V 的兆欧表或万用表（ 10K 挡）来检测电气系统的绝缘电阻值是否为正常值，正常情况下的绝缘电阻值一般不得低于 $2\text{M}\Omega$ ；若低于 $2\text{M}\Omega$ ，应对压缩机、温控器、启动继电器电路作进一步检查，看其是否漏电。

(3) 如图 4-2 所示为用万用表电阻挡检查压缩机电机绕组电阻值是否正常。图中 MC 为运行绕组，阻值一般为 $10 \sim 20\Omega$ ；M 为运行绕组接线头，也称为大头；SC 为启动绕组，阻值一般为 $20 \sim 40\Omega$ ；S 为启动绕组接线点，也称为小头。两个绕组的另一端连接在一起，

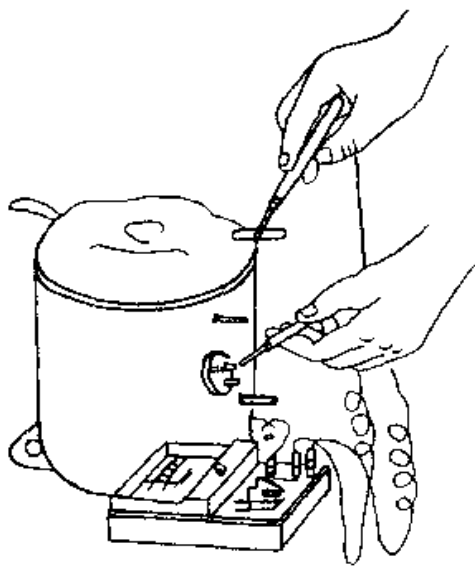


图 4-1 用万用表检查电气系统绝缘情况

用 C 表示其接头，也称公用头。压缩机壳上的三个接线柱可根据它们之间电阻值的不同来判别，亦即 $R_{MC} > R_{SC} > R_{MC}$ 以及 $R_{MS} = R_{SC} + R_{MC}$ ，其中 R_{SC} 为启动绕组阻

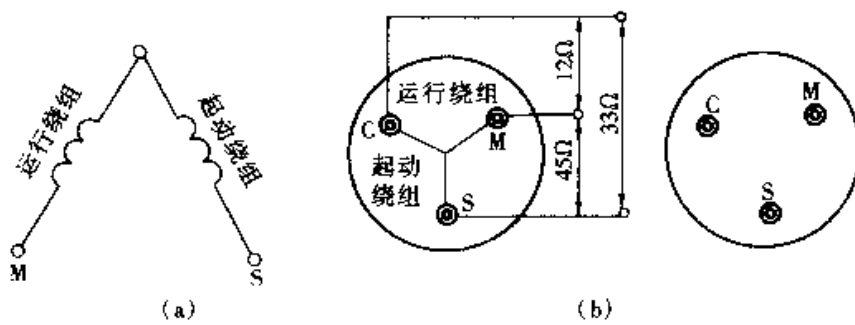


图 4-2 用万用表检测压缩机电机绕组电阻值

(a) 压缩机电机绕组示意图; (b) 压缩机电机绕组接线头

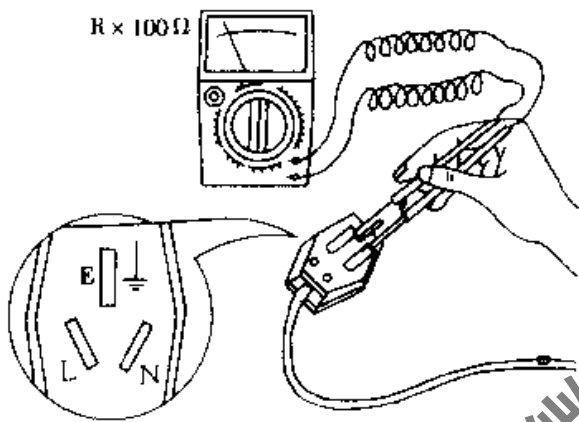


图 4-3 用万用表检测电源插头间电阻值

值, R_{MC} 为运行绕组阻值, R_{MS} 为该两绕组阻值之和。测试时, 用万用表 $R \times 1$ 挡分别测量压缩机机壳上的三只接线柱中每两只间的电阻值, 测出电阻最大的两只接线柱, 则第三只接线柱就是公用头 C。然后一支表笔与公用头接触, 另一支表笔分别与其余两个接线柱接触, 阻值大的那个接线柱为启动头 S, 阻值小的为运行头 M。

(4) 用万用表检测判断电冰箱电器故障情况。检测时, 电冰箱不通电, 将温控器调至非“零”(或不停机)挡, 用万用表电阻挡检测电源插头, 如图 4-3 所示。分别关上箱门和打开箱门, 测试插头上相线 (L) 与中性线 (N) 间电阻, 再测相线 (L) 或中性线 (N) 与接地线 (E) 间的电阻, 然后根据表 4-1 来判断电冰箱各有关器件正常与否, 对可能有故障的部件需做进一步的检测。

表 4-1 电冰箱电器系统故障检测

		测相线 (L) 与中性线 (N)			测相线 (L) 或中性线 (N) 与地线 (E)		
		阻 值	7~20Ω	∞	0Ω	∞	0Ω
箱门关闭	结 论	正 常	断 路	短 路	正 常	短 路	绝缘不良
	故障部位	—	温控器过载保护器、压缩机电机	压缩机电机	—	导线及各电器部件	压缩机电机、温控器
	阻 值	大于 7~20Ω	∞	0Ω	∞	0Ω	2MΩ
箱门打开	结 论	正 常	断 路	短 路	正 常	短 路	绝缘不良
	故障部位	—	灯座、灯泡	灯 座	—	灯 座	灯 座
	阻 值	大于 7~20Ω	∞	0Ω	∞	0Ω	2MΩ

(5) 通过测试电冰箱工作时的电流大小来判断电冰箱的故障。电冰箱在正常工作时,其工作电流与铭牌上标称的额定电流应基本相符。因此,当电冰箱压缩机电机、压缩机或制冷系统出现故障时,其工作电流就会增大或减小,所以,可用检测电冰箱工作电流的办法,来判断电冰箱发生的各种故障。可用 3A 交流电流表检测工作电流;用 10A 交流电流表检测启动电流。也可用钳形电流表检测电冰箱工作电流,检测时将电源线的任一根垂直穿过钳形电流表的环形口中间,用 3A 挡检测工作电流,10A 挡检测启动电流。

引起电冰箱工作电流过大的故障主要有:制冷系统发生堵塞、制冷剂过量、润滑油不足或润滑油泵系统故障、压缩机抱轴或卡缸、压缩机电机定转子之间的间隙配合不当以及压缩机电机绕组绝缘强度降低或绕组匝间短路等。

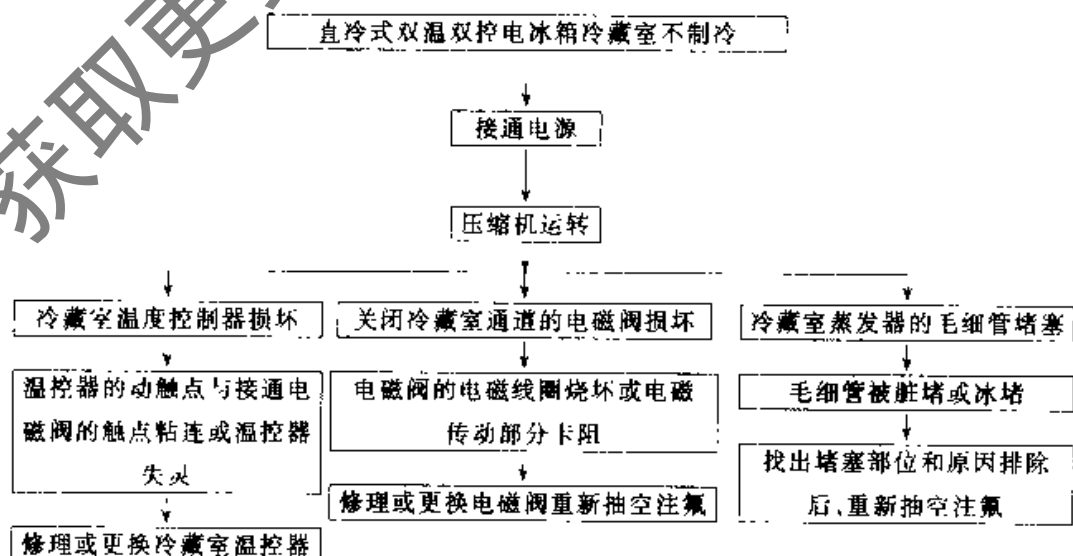
引起电冰箱工作电流较小的故障主要有:制冷剂不足或泄漏以及压缩机气阀密封不严、活塞与汽缸间隙过大、高低压腔串通、汽缸垫损坏等。

根据检测到的电冰箱工作电流,再结合观察电冰箱各管路及其接头,以及各部件表面是否损坏、油迹等;听压缩机内有无异常的响声;用手触摸压缩机外壳、吸排气管、冷凝器等,以判断温度是否正常,这样就可准确地判定出故障的部位。

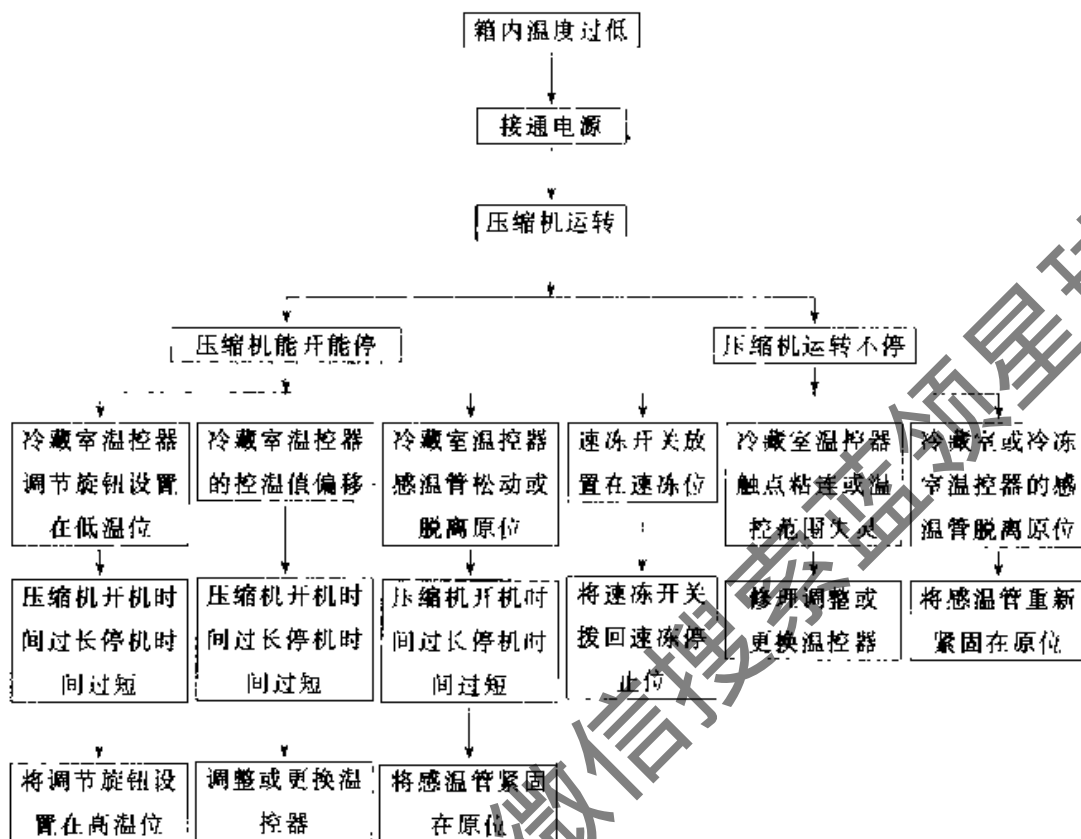
(6) 可用万用表 R \times 1 挡检测温控器的工作情况。检测时温控器旋钮或滑键在旋转或拨动过程中应导通,这说明其工作正常;否则表明温控器损坏。用万用表检测除霜加热丝电阻值应在 300 Ω 左右为正常。也可用万用表检测除霜定时器工作是否正常,除霜定时器是由时钟电机和一组触点组成,检测时可用万用表 R \times 100 或 R \times 1K 挡测量其微型电机的绕组阻值,其阻值一般应为 1~10k Ω 。在测量转换开关时,当旋转旋钮在制冷位置时应导通,在除霜位置时应不导通。

(二) 直冷式电冰箱常见故障的检查流程

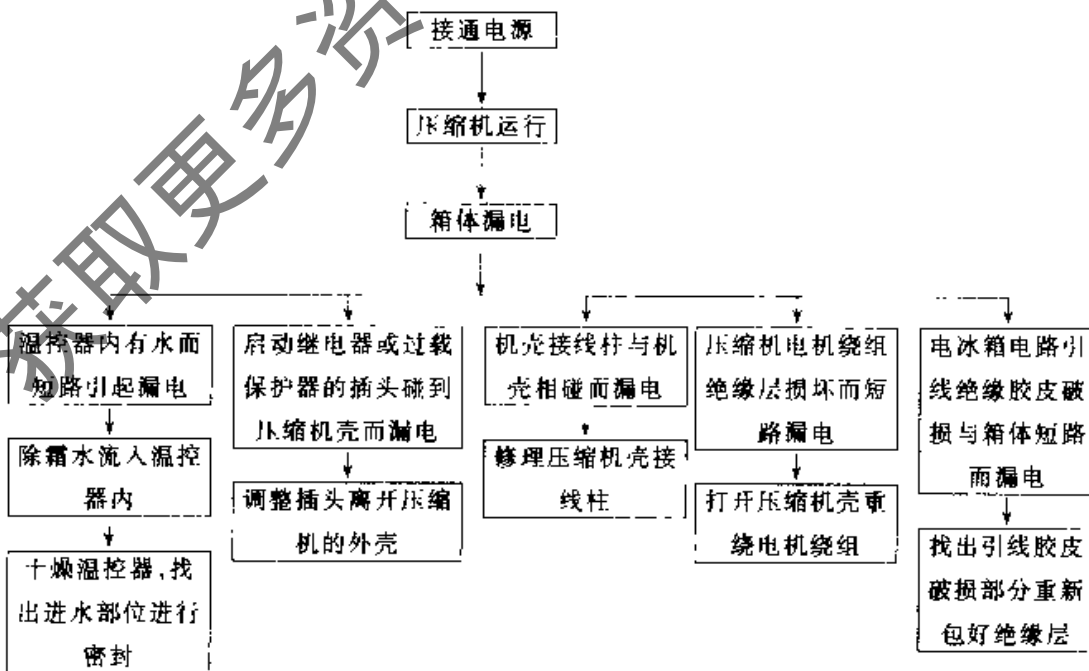
1. 直冷式双温双控电冰箱冷藏室不制冷



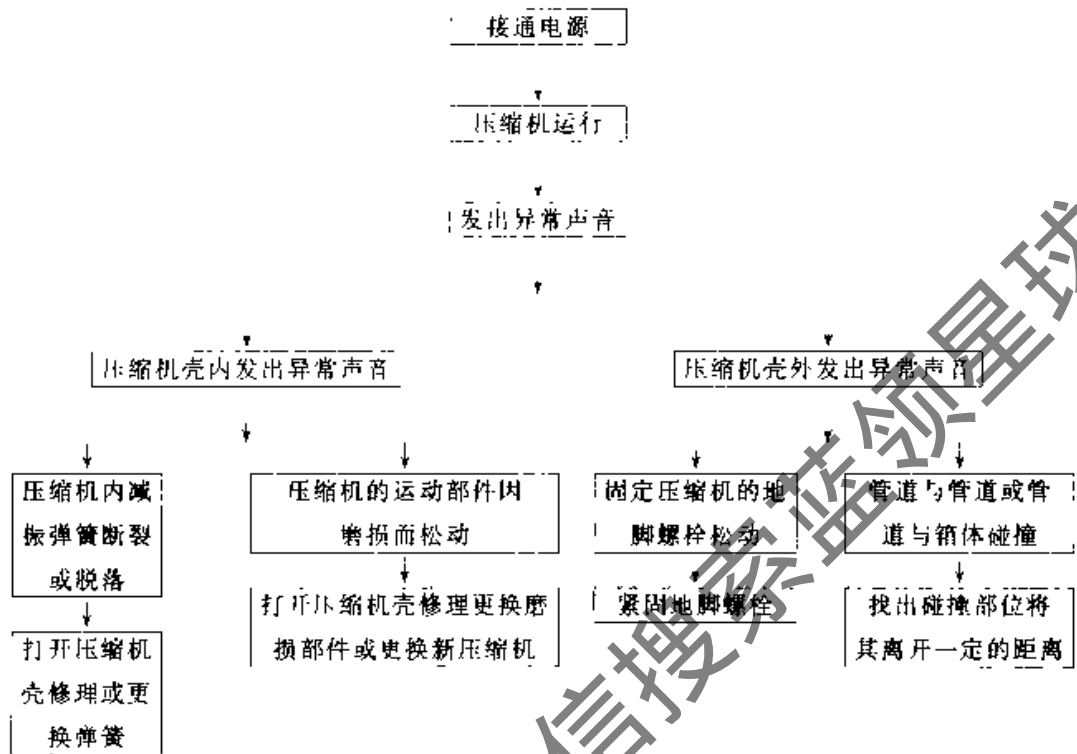
3. 直冷式双温双控电冰箱箱内温度过低



4. 电冰箱箱体漏电

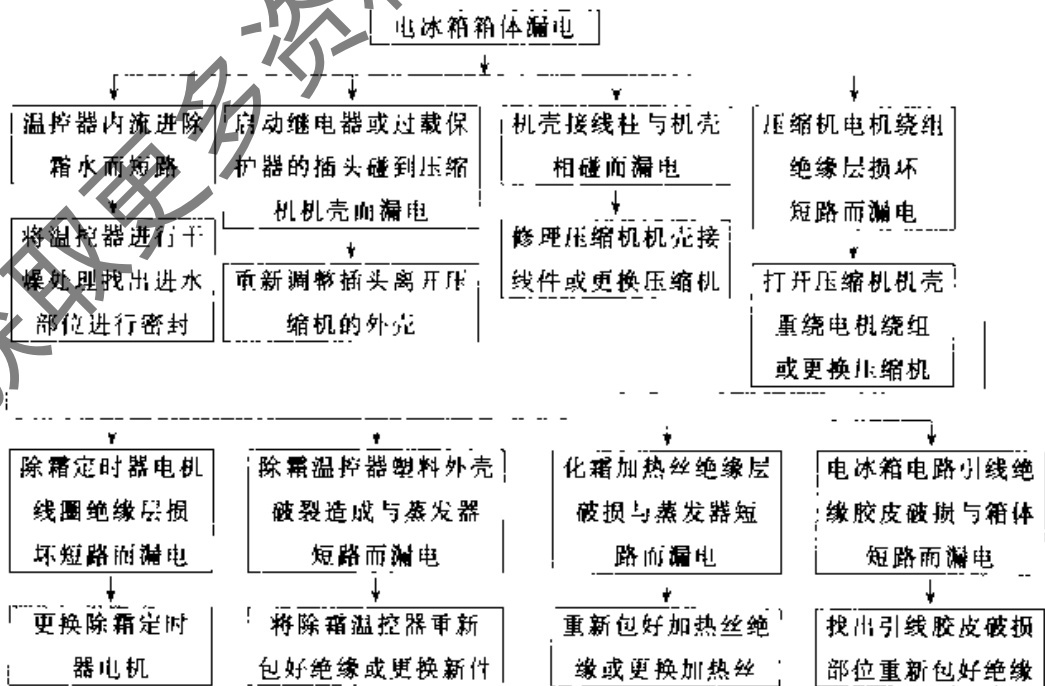


5. 电冰箱发出异常声音



(三) 间冷式电冰箱常见故障的检查流程

1. 间冷式电冰箱箱体漏电



二、电冰箱常见故障的排除

(一) 直冷式电冰箱常见故障的排除

故障 1. 电冰箱不制冷。

故障分析：

- (1) 停电。
- (2) 电源电压过低。
- (3) 电源熔断器熔断。
- (4) 电源插头松动或脱落。
- (5) 过载保护器断路或启动继电器触点接触不良。
- (6) 温控器旋钮控制在“0”或“停”的位置。
- (7) 制冷剂泄漏或毛细管堵塞、干燥过滤器脏堵。
- (8) 压缩机卡死或电机故障。

故障排除：

- (1) 待恢复供电时再使用。
- (2) 拔下电源插头，待电压正常后再插上或加装稳压器。
- (3) 按要求更换熔断器。
- (4) 重新插好电源插头。
- (5) 修理或更换。
- (6) 调整温控器旋钮，使其处在适当位置。
- (7) 修理或更换毛细管、干燥过滤器。
- (8) 修理或更换压缩机。

故障 2. 压缩机长时间运行，电冰箱不降温。

故障分析：

- (1) 电冰箱周围环境温度高。
- (2) 箱内食品太多或放入热的食品。
- (3) 箱门开关频繁或开门时间过长。
- (4) 门封不严，老化破损。
- (5) 箱内照明灯关门后不熄灭。
- (6) 温控旋钮调得不合适。
- (7) 蒸发器表面霜层太厚。
- (8) 冷凝器散热效果不好。
- (9) 制冷剂少量泄漏。
- (10) 制冷系统脏堵或冰堵。
- (11) 压缩机效率降低。
- (12) 制冷系统内有空气。

故障排除：

- (1) 重新放置电冰箱，使周围空气流动。
- (2) 减少食品储存量，重新放置留出空隙，热的食品冷却后放入。
- (3) 减少开门次数和时间。
- (4) 检修或更换门封。
- (5) 检修照明灯开关。
- (6) 重新调整温控旋钮位置。
- (7) 对蒸发器及时除霜。
- (8) 清除冷凝器上的积尘，冷凝器与墙壁的距离要适当，一般要大于 20cm。
- (9) 查漏补焊，充灌制冷剂。
- (10) 更换脏堵部件，重新抽真空、灌注制冷剂。
- (11) 检修或更换压缩机。
- (12) 制冷系统重新抽真空、充灌制冷剂。

故障 3. 压缩机不能启动，只听到“嗡嗡”声。

故障分析：

- (1) 电源电压过低。
- (2) 启动继电器未闭合或接触不良。
- (3) 电机启动绕组断路。
- (4) 电容器断路或短路。
- (5) 电源插头、插座、电源线接触不良或内部断线。
- (6) 过载保护继电器断路。
- (7) 压缩机磨损或润滑不好。
- (8) 压缩机负荷过大或制冷剂充入量过多，电压过高。
- (9) 温控器触头接触不良。

故障排除：

(1) 用电压表测量电源电压，其值应接近额定电压。如果低于额定电压 15%，应设法采取调压稳压措施，以调整电源电压。

(2) 用细砂布打磨接触点，清除尘埃并调整继电器额定电流。

(3) 重绕启动绕组

(4) 检修或更换电容器。

(5) 检修或更换有关器件。

(6) 检修触头或更换过载保护器。

(7) 检修压缩机或加冷冻润滑油。

(8) 放出多余的制冷剂。

(9) 将温控器接线端子短路，如果压缩机能运转，仅触头接触不良时修复，无效应更换温控器。

故障 4. 电冰箱发生脏堵故障。

电冰箱发生脏堵故障时,具有某些典型的故障现象,主要表现在如下几方面:

(1) 蒸发器部分不结霜。因制冷系统部分被堵塞,制冷剂流量减小,从而进入蒸发器中的制冷剂也减少,随着脏堵越来越严重,蒸发器结霜面积会越来越小。

(2) 压缩机的运转率升高。由于毛细管入口被部分堵塞,使制冷剂大量滞留在冷凝器中,而进入蒸发器的制冷剂很少,压缩机近于抽真空状态,箱内温度达不到温控器设定的停机温度,所以压缩机不停机。另外,压缩机进入抽真空状态,也使输入功率减小。

(3) 冷凝器不太热或不热。因压缩机处在抽真空状态,不能为冷凝器提供高温高压的制冷剂,所以冷凝器以及门框四周的防露管不太热或不热。

(4) 毛细管节流声减弱。由于毛细管进口被堵,使制冷剂流速降低,流量减小,所以毛细管的节流声减弱。脏堵严重时,毛细管的进口部分会出现明显的结霜现象。

故障分析:

电冰箱出现脏堵故障的原因大致有以下几方面:

(1) 制冷系统内杂质含量高。制冷剂本身杂质浓度高、压缩机发生磨损而产生污物以及制冷系统管道不够清洁等原因,都可能使制冷系统内杂质含量升高,超过干燥过滤器的吸收极限或干燥过滤器失效。随着电冰箱的运行,杂质会集中到毛细管进口部位,造成制冷系统发生脏堵。

(2) 操作工艺不合理,使大量杂质进入制冷系统。在电冰箱制造或修理过程中,焊开的管口长时间敞开在空气中,致使空气中的杂质、灰尘和水蒸气进入制冷系统;或维修设备放在潮湿、不清洁的地方,且使用前又未进行处理等,都可能造成制冷系统发生脏堵。

(3) 干燥过滤器和毛细管连接不合理。在维修过程中,毛细管与干燥过滤器存在两种不合理的连接方式。一种是毛细管插入干燥过滤器太深,管口顶在过滤网上,造成毛细管进口被堵;另一种是毛细管插入干燥过滤器太浅,容易造成毛细管进口堵塞。正确的连接应是毛细管尽量插入干燥过滤器内,但管口与过滤网之间的距离应在5mm以上。

故障排除:

脏堵故障一般分两种情况:一种是完全堵塞,另一种是不完全堵塞。

若是完全堵塞,应从干燥过滤器处剪断毛细管,然后割开维修工艺管,焊上加液阀门。用0.8MPa的氮气从工艺管吹入,在毛细管被剪开处用手感知是否有气体喷出。若有气体喷出,则堵塞部位在干燥过滤器内;若没有气体喷出,就从毛细管被剪断处开始逐段剪除试验,直到有气体从剪口喷出,说明堵塞位已被剪除。

若是不完全堵塞,可通过感受毛细管和干燥过滤器的温度来进行判断,有明显温差的地方就是堵塞的位置。

了解了电冰箱的脏堵故障现象和产生原因之后,就可以进行维修了。用上述方

法排除制冷系统的堵塞部位后，再对整个制冷系统进行清洗、干燥处理，具体方法如下：

(1) 用割刀切断加液管，放掉制冷系统内的制冷剂，用钢丝钳剪断毛细管，解除干燥过滤器的固定位置。

(2) 用焊枪先焊开压缩机的排气管、焊下回气管，再焊下干燥过滤器。

(3) 用砂纸或剪刀将毛细管的进口部位清洗干净。

(4) 吹入氮气，目的是用干燥的氮气吹掉制冷系统内的灰尘及杂质，用压力为 0.8MPa 的氮气先吹冷凝器，即将氮气从冷凝器的出口端吹入，在冷凝器的进口端吹出，用手可感知有气体从其进口端喷出，约吹 30s，然后取下氮气管，再吹毛细管，让氮气从回气管吹入，毛细管管口吹出，用手感知有气体从毛细管管口喷出，约吹 30s。

(5) 管路焊接。先给加液管焊上维修阀门，再焊上排气管、冷凝器、回气管，换上新的干燥过滤器。

(6) 氮气检漏。用氮气管接好加液阀门，将 0.5MPa 的氮气从加液阀充入制冷系统。打开氮气瓶阀门，再用肥皂水检漏，仔细观察，确认每个焊点不漏，然后放掉制冷系统内的高压氮气。

故障 5. 压缩机长时间运转，停机时间短。

故障分析：

- (1) 制冷剂充注过多，制冷效果差。
- (2) 制冷剂泄漏，使制冷效果差。
- (3) 环境温度偏高，散热条件差。
- (4) 电冰箱内放入过多食品，热负荷过大。
- (5) 箱门未关严，侵入热量多，使压缩机运转时间长。
- (6) 温控旋钮调在强冷挡，达到设定的低温需要压缩机长时间运转。
- (7) 压缩机进、排气阀漏气。

故障排除：

- (1) 调整毛细管长度或重调制冷剂量。
- (2) 查漏补焊，再抽真空，重新灌注制冷剂。
- (3) 改善电冰箱周围散热条件。
- (4) 调整放入食品的数量。
- (5) 检查门封，关严箱门。
- (6) 重调温控器旋钮在合适位置。
- (7) 拆修或更换压缩机。

故障 6. 压缩机不能启动，也没有“嗡嗡”声。

故障分析：

- (1) 压缩机电机绕组断路。

- (2) 启动继电器电流线圈烧断。
- (3) 温控器触点未闭合。
- (4) 过载保护器触头未闭合或热电阻丝烧断。
- (5) 电源线、插头、熔丝等线路中断或接头处松脱。
- (6) 启动电容器损坏。

故障排除：

- (1) 重绕或更换压缩机。
- (2) 更换启动继电器。
- (3) 查出触头未闭合原因，进行调整、检修或更换。
- (4) 调整触头至闭合状态，热电阻丝烧断可更换过载保护器。
- (5) 检查线路、更换相应容量的熔丝，若松脱需插紧或焊牢。
- (6) 更换电容器。

故障 7. 电冰箱箱内温度正常，压缩机频繁启动。

故障分析：

- (1) 温控器温度调节范围太小。
- (2) 温控器触头接触不良。
- (3) 门封不严。
- (4) 环境温度太高。
- (5) 启动继电器触头弹簧片弹力调整不当。
- (6) 制冷剂不足或泄漏。
- (7) 压缩机效率下降。
- (8) 蒸发器霜层太厚。
- (9) 毛细管或干燥过滤器微堵。

故障排除：

- (1) 调整差动调节螺钉。
- (2) 修复温控器触头。
- (3) 检查门封不严的原因，进行检修。
- (4) 改善电冰箱周围空气流动。
- (5) 调整弹簧片弹力。
- (6) 添加制冷剂或检漏、抽空、充灌制冷剂。
- (7) 检修或更换压缩机。
- (8) 定期除霜。
- (9) 检修毛细管或干燥过滤器。

故障 8. 压缩机长时间运转后，蒸发器不结霜，仅结露。

故障分析：

- (1) 充灌制冷剂过量或不足。

- (2) 制冷系统有微量水分, 使毛细管局部堵塞。
- (3) 压缩机阀片破裂, 垫片中筋击穿, 高压缓冲管断裂, 或效率明显下降。
- (4) 蒸发器积油
- (5) 毛细管长度不当。

故障排除:

- (1) 泄放或添加部分制冷剂。
- (2) 制冷系统重新进行干燥抽真空、充灌制冷剂。
- (3) 检修或更换压缩机。
- (4) 抽出蒸发器积油。
- (5) 调整毛细管长度

故障 9. 电冰箱压缩机运转时噪声大

故障分析:

- (1) 电冰箱放置不平。
- (2) 箱体底部接水盘振动。
- (3) 压缩机固定螺钉松动。
- (4) 压缩机外减震垫圈压得过紧、过松或老化。
- (5) 管道、箱体部件之间相互碰撞, 固定螺钉松动。
- (6) 压缩机高压缓冲管断裂。
- (7) 压缩机壳内避震弹簧断裂。

故障排除:

- (1) 将电冰箱放平或更换位置, 调整箱体下角的螺钉。
- (2) 用木头或泡沫塑料垫紧。
- (3) 拧紧螺钉。
- (4) 调整减震垫圈的松紧度或更换减震垫圈。
- (5) 紧固有关部件与管道。
- (6) 检修压缩机。
- (7) 修复压缩机。

故障 10. 电冰箱蒸发器部分结霜, 部分不结霜。

故障分析:

- (1) 制冷系统制冷剂不足。
- (2) 制冷系统毛细管或干燥过滤器部分堵塞。
- (3) 压缩机效率下降。
- (4) 毛细管尺寸不匹配。

故障排除:

- (1) 检漏、补漏、抽真空、加制冷剂。
- (2) 检修或更换毛细管, 更换干燥过滤器。

- (3) 检修或更换压缩机。
- (4) 更换毛细管。

故障 11. 电冰箱使用时，压缩机突然停机

故障分析：

- (1) 电源停电。
- (2) 熔断器熔断。
- (3) 电源插头与插座连接松动。
- (4) 过载保护器跳开。
- (5) 由于振动，电路接线脱落。
- (6) 压缩机电机绕组烧毁。

故障排除：

- (1) 供电后再使用。
- (2) 查出原因，处理后重新接上熔断器。
- (3) 检修插座或更换插座、插头。
- (4) 查明过载保护器跳开原因，进行处理。
- (5) 查出断路处，重新接线。
- (6) 检修或更换压缩机。

故障 12. 电冰箱箱体漏电，接触箱体有麻手的感觉。

故障分析：

- (1) 电冰箱未接好地线。
- (2) 温控器受潮而短路。
- (3) 照明灯头、灯开关受潮而短路。
- (4) 启动继电器接线部分碰到电冰箱外壳。
- (5) 压缩机电机绕组碰壳。
- (6) 电机系统各部件受潮后绝缘性能下降。

故障排除：

- (1) 电冰箱电源插座地线端应接地。
- (2) 检修、烘干温控器。
- (3) 检修照明灯开关。
- (4) 调整继电器接线位置。
- (5) 检修压缩机。
- (6) 检查有关部件。

故障 13. 电冰箱冷冻室可以正常制冷，但箱内温度过高。

故障分析：

- (1) 蒸发器霜层太厚，影响传热效果。
- (2) 箱内食品太多，空气对流不畅。

故障排除：

- (1) 及时除霜。
- (2) 调整箱内放置的食品。

故障 14. 电冰箱温控器处在使用位置时，熔断器熔断。

故障分析：

- (1) 压缩机机壳接线柱短路或接地。
- (2) 启动电容器损坏。
- (3) 启动继电器触头粘连或接触不良。
- (4) 电源线相碰或电源火线碰箱壳。

故障排除：

- (1) 用酒精清洗接线端子。
- (2) 更换电容器。
- (3) 将触头粘连处分开，用砂纸打光。接触不良时，可将连接铜片压一下。
- (4) 查明原因，更换电源线。

故障 15. 电冰箱能制冷，但箱内照明灯不亮。

故障分析：

- (1) 照明灯与灯座接触不良。
- (2) 灯泡损坏。
- (3) 门灯开关触头接触不良。
- (4) 照明灯回路断线。

故障分析：

- (1) 将灯泡拧紧，也可在灯头接触处加点焊锡。
- (2) 换新灯泡。
- (3) 拆开灯开关，调整弹簧压力。
- (4) 查出故障修复。

故障 16. 电冰箱制冷能力逐渐降低。

故障分析：

- (1) 制冷系统泄漏或制冷剂量过少。
- (2) 毛细管或过滤器堵塞。

故障排除：

- (1) 添加制冷剂或检漏补焊。
 - (2) 清洗或更换毛细管。
- (二) 间冷式电冰箱常见故障的排除

故障 1. 通电后压缩机不工作。

故障分析：

- (1) 电源电压不正常。

(2) 温控器故障。温控器触头接触不良, 触点烧坏或其他零部件损坏。

(3) 除霜定时器故障。除霜定时器触点烧毁, 触点在除霜位置, 除霜定时器电机烧坏。

(4) 启动继电器故障。重锤式启动继电器触点烧坏; PTC 式启动继电器阻值小于 5Ω 或大于 50Ω 均为 PTC 启动继电器损坏。

(5) 过载保护继电器双金属片变形, 电热丝烧断。

(6) 压缩机出现机械部件卡阻或电机本身质量差, 造成绕组烧坏。

故障排除:

(1) 修复电源, 使电压稳定在 220V。

(2) 检修温控器触点或更换温控器。

(3) 修理除霜定时器触点, 更换定时器电机。如除霜定时器触点在除霜位时, 用平头螺丝刀转动定时器凸轮转轴应接通压缩机。若仍不能接通时, 说明定时器传动部分失灵或电器回路有故障, 应进一步检查修理。

(4) 修理重锤式启动继电器触头, 更换 PTC 式启动继电器。

(5) 修理或更换过载保护器。

(6) 修理压缩机电机或更换压缩机。

故障 2. 电冰箱制冷效果差, 箱内温度降不到设定温度。

故障分析:

(1) 电冰箱后背离墙壁太近, 冷凝器表面尘垢过多。

(2) 冰箱门变形, 磁性门封条老化、无磁性或封条变形。

(3) 干燥过滤器和毛细管发生脏堵和冰堵。

(4) 制冷剂不足。

(5) 压缩机长时间运行磨损, 使吸、排气量下降。

(6) 自动除霜控制电路失灵, 造成蒸发器表面结霜过厚, 使制冷效率下降。

(7) 蒸发器风扇不转或运转不正常, 蒸发器周围的冷空气无法循环。

(8) 冷冻室与冷藏室之间的循环风道被冰堵塞, 造成冷气循环受阻。

故障排除:

(1) 清除冷凝器上的灰尘, 将电冰箱向外搬动使后背与墙壁之间的距离大于 20cm, 并保证冷凝器通风良好。

(2) 修理或更换箱门及磁性封条。

(3) 吹洗或更换干燥过滤器和毛细管。

(4) 向制冷系统充入氮气, 找出泄漏部位进行修补, 不漏后重新抽真空注入制冷剂。

(5) 打开压缩机机壳, 检查磨损或损坏的零部件, 修复或更换压缩机。

(6) 修理或更换除霜定时器、除霜温控器、除霜温度熔断器及除霜加热器。

(7) 检查蒸发器风扇开关、风扇电机线圈、电机转轴, 并观察风扇口处是否结

霜过厚将扇叶挡住。

(8) 停止电冰箱工作，打開箱门使冰融化，然后倾斜电冰箱，让水从风道中流出。

故障 3. 间冷式电冰箱不除霜或除霜不停止。

故障分析：

电冰箱无法除霜时，蒸发器表面霜层过厚堵塞风道、风扇口，使冷风不能循环；而除霜不停时，冷冻室内的食品就会全部化冻，对食品储存不利。

除霜控制电路中的任何元器件损坏，都会造成除霜不正常。检查除霜定时器时，先停止电冰箱工作，用螺丝刀顺时针方向缓慢转动定时器调节轴，若听到“噼啪”声就表明转到了除霜点，然后再转动一周，停在接近除霜点的位置。启动电冰箱运行一会儿后，电冰箱能自动停机，20min 后又自动开机，说明定时器工作正常。用万用表电阻挡测量除霜温控器、除霜加热丝、除霜保护熔断器，从中找出断路的器件。

故障排除：

除霜保护熔断器断路时，可用尖嘴钳将弹性簧片上的两个触点夹住并用 50 ~ 100W 的电烙铁加热，待易熔合金熔化时，即可焊在一起。易熔合金的熔点为 65 ~ 75℃，严禁用一般焊锡焊接，否则无法起到保护作用。其他器件损坏而无法维修时，应更换新元件。

故障 4. 冷冻室温度正常，而冷藏室温度过低。

故障分析：

- (1) 室温偏低而温控器调得不合理（调到强冷挡）。
- (2) 温度补偿加热器损坏。
- (3) 温感风门温控器旋钮调得不合理（置冷点）或风门关不上。
- (4) 温控器触点粘连不停机或感温管失控。

故障排除：

- (1) 重调温控器至弱冷挡的位置。
- (2) 更换温度补偿加热器。
- (3) 重调温感风门温控器旋钮。
- (4) 修理或更换温控器。

故障 5. 电冰箱冷冻室温度偏高。

故障分析：

- (1) 充灌的制冷剂过多或过少。
- (2) 制冷剂泄漏。
- (3) 翅片蒸发器被冰霜堵塞或毛细管被堵塞。
- (4) 结霜后没有清除。
- (5) 压缩机制冷效率下降。

- (6) 室温偏高而温控器旋钮调得不合理（调为弱冷挡）。
- (7) 门封不严。
- (8) 开门过于频繁或开门时间过长。
- (9) 冷风循环风扇不转或运转不正常。

故障排除：

- (1) 重新调整或充灌制冷剂。
- (2) 找出泄漏处并用气焊修补，再抽真空后重新灌制冷剂。
- (3) 查明原因后进行检修。
- (4) 清除结霜。
- (5) 检修或更换压缩机。
- (6) 重调温控器旋钮至温度较低位置。
- (7) 检修门封。
- (8) 减少开门次数和时间。
- (9) 修理或更换冷风循环风扇。

故障 6. 电冰箱压缩机启动后，过载保护器周期性跳开。

故障分析：

- (1) 电源电压过低。
- (2) 电机绕组短路或碰壳（接地）。
- (3) 启动继电器、过载保护器与压缩机不匹配。
- (4) 压缩机卡缸、抱轴、阀板严重泄漏等。
- (5) 启动继电器接线松动，触头过脏、烧焦、凹凸不平及没有调整好。
- (6) 压缩机排气管堵塞。

故障排除：

- (1) 暂停使用或加装稳压器。
- (2) 绕组短路应重绕或更换压缩机。绕组碰壳应先烘干，如故障不能排除，应重绕或更换压缩机。
- (3) 重新更换启动继电器、过载保护器。
- (4) 检修压缩机。
- (5) 检修或调整启动继电器。
- (6) 查明堵塞原因，疏通排气管。

故障 7. 电冰箱压缩机运转一段时间后又停转。

故障分析：

- (1) 压缩机电机绕组短路或接地，过载保护器触头跳开。
- (2) 压缩机内工作压力过高。
- (3) 毛细管堵塞。
- (4) 制冷系统制冷剂不足。

故障排除：

- (1) 检修或更换压缩机电机绕组。
- (2) 放掉多余制冷剂或排除系统内空气。
- (3) 检修或更换毛细管。
- (4) 添加制冷剂。

故障 8. 电冰箱箱内温度较低，但压缩机运转不停。

故障分析：

- (1) 温控器调温旋钮所调节温度偏低（较大数字）或不停机位置。
- (2) 温控器触点粘连不停机。
- (3) 温控器感温管装卡松动，造成接触不良，温感失控。
- (4) 温感风门温控器调温旋钮调得温度偏低。
- (5) 温感风门温控器失控，使风门关不上。

故障排除：

- (1) 将调温旋钮调节至温度稍高位置。
- (2) 检修触点或更换温控器。
- (3) 将感温管尾部卡紧。
- (4) 将温感风门温控调温旋钮调节至温度稍高位置。
- (5) 检修或更换温感风门温控器。

故障 9. 电冰箱冷藏室温度较高，压缩机运转不停。

故障分析：

- (1) 制冷剂泄漏。
- (2) 充入制冷剂过多或过少。
- (3) 温控器调温旋钮位置不当，调在温度过高处。
- (4) 蒸发器表面结霜过厚或结有冰层。
- (5) 开门过于频繁或开门时间过长。
- (6) 门封不严。
- (7) 蒸发器周期性不降温，毛细管周期性结霜。
- (8) 压缩机制冷效率下降。
- (9) 冷藏室温感风门温控器失控，风门开启不畅。
- (10) 冷风循环风扇不转。
- (11) 风道密封不严或温感风门温控器调节旋钮位置不当。
- (12) 冷凝器散热不良。周围空气对流不足，冷凝器表面有灰尘。

故障排除：

- (1) 检查泄漏点、补焊后重新加入制冷剂。
- (2) 调整制冷剂量。
- (3) 将温控器调温旋钮调至温度较低位置。

(4) 将蒸发器上的霜层除掉。检查除霜控制元件、加热器和风扇是否运转正常。

(5) 减少电冰箱开门次数和时间。

(6) 调平箱体，门稍向后倾斜，检修门封条使其密封严密，若门封条老化需更换。

(7) 放掉全部制冷剂，更换干燥过滤器，用氮气吹干系统，排出水分，重新抽真空，充灌制冷剂。

(8) 检修或更换压缩机。

(9) 检修或更换冷藏室风门温控器。

(10) 先检查风扇电路故障，排除后若仍不能正常运转，应检修或更换风扇电机。

(11) 检修风道或调整温感风门温控器调节旋钮位置。

(12) 按使用要求重新调整电冰箱放置位置；清扫冷凝器上的积灰。

故障 10. 电冰箱压缩机能自动开、停，但箱内温度偏高。

故障分析：

(1) 食品放得过多过挤。

(2) 蒸发器霜层过厚。

(3) 制冷剂轻微泄漏或充灌过量。

(4) 毛细管发生冰堵。

(5) 温控器温度调得过高。

(6) 温控器调节点松动。

(7) 压缩机电机运行电流过大。

(8) 压缩机效率降低。

(9) 门封不严，封条老化、破损或变形。

(10) 开门次数过多或开门时间过长。

(11) 照明灯关门后不熄灭。

(12) 电冰箱风门调节旋钮放在弱冷点位置。

故障排除：

(1) 减少食品储存量。

(2) 对蒸发器及时除霜。

(3) 查漏、补焊、充灌制冷剂。

(4) 排除毛细管冰堵故障。

(5) 将温控器旋钮调至低温处。

(6) 检修或更换温控器。

(7) 对压缩机电机进行修理或更换压缩机。

(8) 检修或更换门封。

(9) 减少电冰箱开门次数, 尽量缩短开门时间。

(10) 调整灯开关。

(11) 将风门调节钮旋调到中间位置。

间冷式电冰箱其他故障的分析与排除与直冷式电冰箱相同。总之, 电冰箱发生故障的原因是多种多样的, 因此, 电冰箱的故障现象也是各式各样的, 所以在检修电冰箱时要针对不同的故障原因, 采用不同的维修方法, 才能取得较好的维修效果。

(三) 电冰箱常见故障维修实例

故障 1. 一台 BCD-181 电冰箱使用年久, 出现温度降不下来的故障。

故障分析:

(1) 脏堵。压缩机使用年久产生机械磨损, 杂质容易堵塞干燥过滤器、毛细管。

(2) 冰堵。电冰箱出现冰堵不严重时, 冷藏室温度也难降到 10°C 以下, 压缩机运转不停机。

(3) 压缩机制冷效率下降。导致效率下降的主要原因有: 活塞与汽缸因磨损而配合间隙变大, 汽缸高、低压阀密封垫片中筋轻微击穿等。

故障检修:

(1) 可用气焊将干燥过滤器两头焊接口熔化脱开, 工艺管接入连接管, 用 0.6MPa 压力氮气吹洗制冷系统, 换上新干燥过滤器, 抽真空, 充注制冷剂, 进行试机运行。

(2) 将工艺管接上连接管, 抽真空, 对干燥过滤器、冷藏室、冷冻室、压缩机进行加热处理, 但各点温度要适当。由于冷藏室、冷冻室内胆是塑料制成的, 加热时温度不要高于 80°C , 否则塑料内胆就会变形。压缩机可加热到 90°C , 干燥过滤器里装的分子筛, 加热再生温度要达到 200°C 以上, 或更换一只新的。重新充注制冷剂, 进行试机运行。

(3) 卸下压缩机, 剖开机壳, 拆下汽缸盖, 取下汽缸盖垫片及阀板, 将阀板的排气孔道朝上, 往排气孔道注入少量冷冻油, 不一会儿就有冷冻油从高压阀片周围慢慢地渗出, 说明高压阀片确是密封不良。取下高压阀片, 发现阀片上有一薄层焦物, 可能是由于压缩机排气温度较高, 冷冻油内含有的有机杂质炭化, 形成焦炭附在高压阀片上, 使阀片密封不良。

将阀板及高、低压阀片浸泡在清洗剂中清洗, 并轻轻刮去阀片上的焦炭。阀板、高压阀片再经过研磨, 装复后进行密封性试验, 合格后装好压缩机, 电冰箱可恢复正常工作。

故障 2. 一台间冷式电冰箱发生内漏故障。

故障分析:

该电冰箱冷凝器封闭在箱体内部, 冷凝器部分串入门框作防露管, 此段采用钢管

镀铜，使用年久钢管腐蚀漏氟，故障发生的可能性较大，经检查压缩机能正常运转，但不制冷。

故障检修：

更换冷凝器可采用下述方法：保持箱体原样，甩开箱内冷凝器，安装新冷凝器，不影响使用，保持外观，更换较快。压缩机排气管接冷凝器一端，冷凝器另一端接干燥过滤器和毛细管，连接好毛细管和干燥过滤器，排除系统内的空气，焊接好后充入制冷剂，电冰箱恢复正常工作。

故障 3. 一台电冰箱压缩机能正常启动，但刚启动就随即停止工作，3min 后重复上述现象。

故障分析：

压缩机能正常启动，且声音正常无沉闷感；手摸压缩机无热感，实测压缩机电机各绕组间阻值都正常，这基本上排除了因制冷系统发生脏堵或压缩机绕组短路造成电流过大导致热保护继电器动作的可能性。这样，故障范围就缩小到电器系统中温度控制器和热保护继电器上。本着先易后难的原则，首先检查温控器，将温控器旋钮调到“7”即强冷位置，接通电源，故障依旧。为进一步确定是否为温控器故障，用一根导线将温控器短路，再接通电源，故障依旧，这样就排除了温控器发生故障的可能性。故障进一步缩小到热保护继电器上。

故障检修：

试着更换相同规格的热保护继电器，接通电源，压缩机正常运转，手摸压缩机，温升正常。至此故障彻底排除。

故障 4. 一台 BCD - 148W 电冰箱使用一段时间后，冷藏室温度与室温相当，其进风口无冷气，手感冷冻室有冷气，压缩机连续工作不停。

故障分析：

制冷不良一般有如下六种原因：

- (1) 温控器失灵。
- (2) 制冷剂灌注过多或过少。
- (3) 蒸发器表面霜层过厚或除霜系统失灵。
- (4) 风扇电机不转。
- (5) 毛细管产生微堵。
- (6) 制冷剂缓慢泄漏。

因压缩机连续运转，可排除第 (1) 种原因。电冰箱是在使用过程中发生故障，故第 (2) 种原因可排除。本着先易后难的原则，那么第 (5)、(6) 种原因暂不考虑。检查风扇电机运转正常。将第 (3) 种原因与无霜电冰箱特点相结合，初步判断是自动除霜电路故障。

故障检修：

检查时切断电源，打开箱体后板，用手轻拧除霜定时器的主轴开关，听到

“啪”的一声，除霜定时器接线头（灰）[灰色线与相应电器连接点所形成的接线头简称接线头（灰），以下类同]与接线头（橙）之间应导通（图4-4所示）。用万用表电阻挡测量除霜定时器，触点接触良好。然后判断除霜温控器、除霜电热丝、排水电热丝及除霜温度熔断器是否正常。从配线图（图4-5）可知，这四个电器元件接线头均在冷冻室内层，欲测量它们的好坏，在不破坏线路的情况下，只须用万用表电阻挡测量风扇电机接线头（白色）与除霜定时器接线头（茶色）之间的电

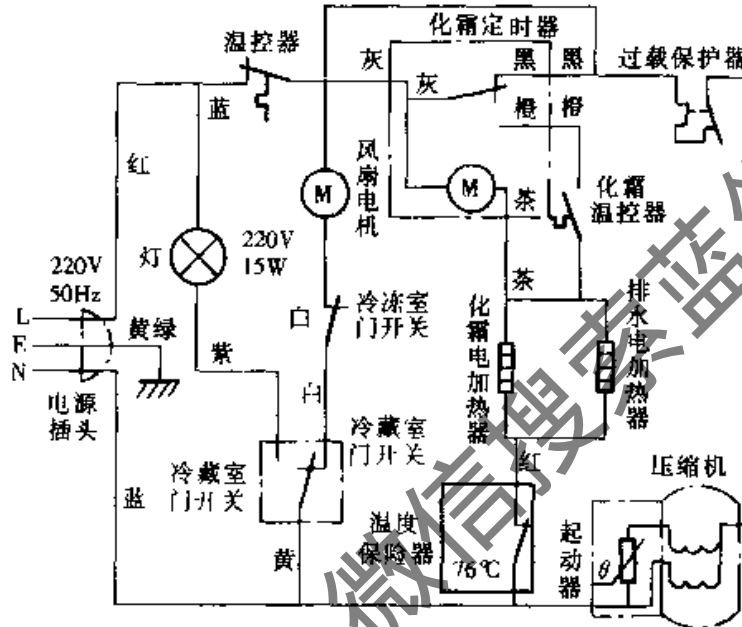


图4-4 电冰箱电器控制原理图

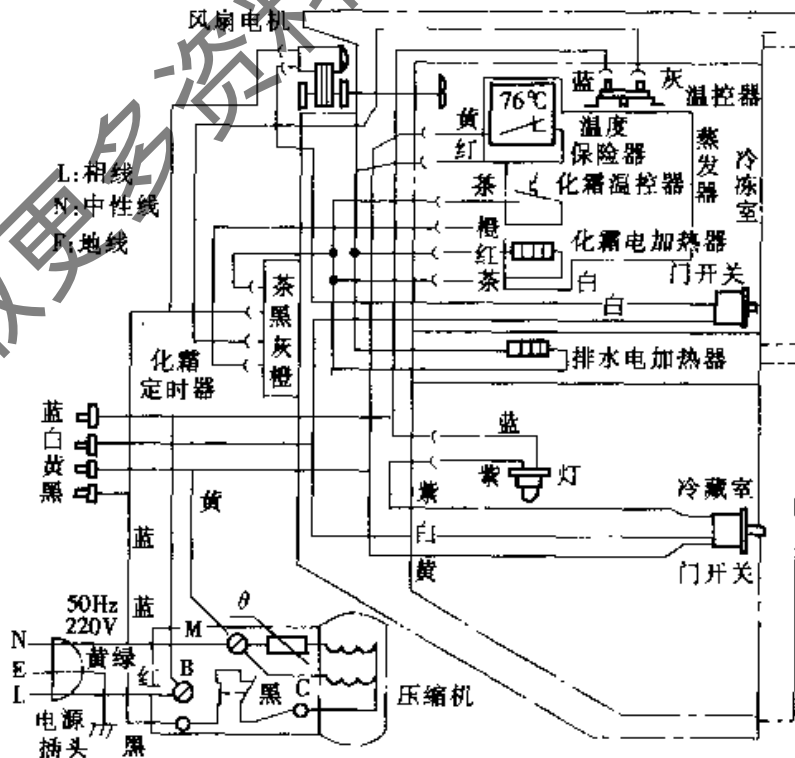


图4-5 电冰箱电器控制配线图

阻值便可，测得其阻值约为 450Ω ，这表明除霜温控器、除霜温度熔断器导通，电热丝没有断路。拆开冷冻室内的风道隔板，发现蒸发器被冰包围，风道被冰堵死。用 70°C 左右温水化冰，电器接线头呈现眼前，重新分别测量除霜电热丝、排水电热丝，测量结果表明除霜电热丝阻值为 450Ω 左右，排水电热丝不通，先前测量判断有误。在同型电冰箱上测量，除霜电热丝和排水电热丝并联阻值是 330Ω 左右。

该故障的主要原因是由于排水电热丝开路，自动除霜时，除霜水往来不及排出就结冰，长期结冰就会堵住风道，导致制冷不良。

无霜间冷式电冰箱常见故障之一就是风道冰堵。要防止风道结冰堵塞，否则就会使冷气受阻，影响电冰箱的制冷效率；阻塞严重时，电冰箱不能制冷。

有些用户在使用无霜电冰箱时，放入冷冻室的食物带有过多的水分，这些水分不能立即冻结成冰，部分水分就会溢入风道中，在风道中逐渐地结成冰，使风道变窄，日积月累，就会将风道堵死，造成电冰箱制冷效率下降以致不能制冷。所以，用户放入冷冻室食品时，不要带过多的水分，另外还要注意零碎食品不要掉入风道。

故障 5. 一台电冰箱冬季长期停用，夏季开始使用时发现压缩机启动有异常声音，随即过电流保护器自动跳开。

故障分析：

- (1) 重锤式启动继电器的衔铁心表层氧化，使之衔铁心上下运动受阻。
- (2) 因长期停转，杂质沉积于运动机构，多为转子与定子间隙受阻，而导致压缩机“卡轴”现象。

故障处理：

(1) 按下启动继电器，按衔铁芯垂直运动方向用力晃动，使之灵活为止。严重的需用砂布磨光衔铁芯表面的氧化层。

(2) 轻晃压缩机机体，使润滑油溅击曲轴、连杆、活塞、转子等运动机构，倘若不能恢复正常，可用多次强行点动的方法帮助其恢复正常运行。

有些用户购置电冰箱后，由于冬季环境温度低，要储存的食品少，并出于省电的目的，常将电冰箱长期停机不用。殊不知电冰箱有些故障，往往是由电冰箱长期停机所导致的。因为电冰箱制冷系统内的制冷剂、冷冻润滑油可能渗入少量空气、水分和杂质，在正常使用期间，系统内液体常处于循环流动状态，所以内部不易产生腐蚀作用。电冰箱一旦长期停机，系统内残存的水分等易与制冷剂化合分解，形成沉淀物。久而久之，造成润滑油质量变差，影响了压缩机的润滑，同时也降低了电机绕组绝缘；沉淀杂质有可能堵塞干燥过滤器、毛细管，形成脏堵故障；分解物还易腐蚀铝质蒸发器、铁质冷凝器管道，形成泄漏故障。尤其是铁质冷凝器管道暴露在空气中，停机后不像工作时散发热量而保持干燥状态，更易受外界水分等侵蚀，最终导致制冷剂泄漏，影响制冷效果或完全不制冷。因此，用户在电冰箱长期停机期间，至少每星期或半个月开机运行 1h 左右，以防止制冷系统内润滑油、杂

质凝固而影响压缩机的润滑性能。

故障 6. 一台电冰箱压缩机启动数10s后，停止工作，过一会儿又重新启动。

故障分析：

这种情况大都是由于环境变化或电冰箱使用时间久了，过载保护器电流整定值变化所致。

故障检修：

测量交流电源 220V 是否正常。测量压缩机电机线圈阻值或用电流表测其启动电流是否正常。以上都正常时，根据经验，过载保护器电流整定值变化引起频繁动作是主要原因。这时需重新调整电流整定值，方法如下：

(1) 慢慢调整过载螺钉，使电冰箱启动后过载保护器不动作，此时应监测电机电流值是否正常。

(2) 用一绝缘物使启动触头不吸合或者断开启动绕组，人为地设置故障，给压缩机电机通电，过载保护器应在 10s 左右动作（注意通电时间不得超过 15s），否则应向反方向调整过载螺钉。这样，两次校正后电冰箱即可正常工作。

故障 7. 一台东芝 GR-207 电冰箱制冷效果不好。刚开始时冷冻室还能维持低温，而冷藏室温度降不下来，到后来连冷冻室也达不到设定的低温，压缩机一直运转不停。

故障分析：

这是压缩机虽能运行但不制冷的毛病，故障大多是在管路，不是管路系统堵塞就是泄漏。

电冰箱经通电试运行 20min 后，两侧的冷凝器壁只稍感微热，仔细检查压缩机排气管进入箱体的地方，发现有少许油污，因此怀疑冷凝器人口端有漏洞，后稍微用力挪动该管，即可听到“吱吱”的排气声，这是由于原来较小的漏洞因管道受力变形而扩大所致，说明确实有漏洞存在。但由于这段管路在电冰箱箱体内，维修不方便，有的修理部门提出在电冰箱背面加装一个外接冷凝器代替原冷凝器，这种方法虽然可行，但影响美观，而且电冰箱将失去防露功能。

根据以上情况判断故障为制冷剂泄漏，漏洞可能出在冷凝器进口处。

故障检修：

切开压缩机加液管，只有少量气体排出。鉴于用户不愿损坏电冰箱外观，故撬开电冰箱后背左下部约 40cm 处，挖去保温泡沫后露出连接管，明显可见有一段管路发黑，而其余部分黄色闪亮，此发黑段是由于制冷剂由此处漏洞泄漏后与空气中水分结合腐蚀铜管所致。换上新铜管，加压检漏，抽真空、灌注制冷剂后电冰箱制冷正常。再用保温材料填塞被挖去的空洞，将原撬起的铁皮手工复位。

故障 8. 一台松下双门电冰箱，压缩机连续工作数小时，冷冻室只结露不结霜，冷藏室蒸发器只有微凉感觉，所以压缩机不停机。

故障分析：

开机后手摸压缩机回气管不凉，高压管过一段时间才能热起来，比正常温度稍低；冷凝器只有上部热，压缩机温升较快，运转声较大，听蒸发器内气流声也较大，检查制冷系统管道接头无油迹、无结露结霜现象，工作电流从1A逐渐升到1.2A左右。将电冰箱停机一段时间后，使用针阀将联程压力表接入系统，测得系统平衡压力为0.35MPa，开机测得吸气压力为0.13MPa，割断工艺管封口，有大量气体喷出。

根据上述分析可排除制冷剂泄漏和制冷系统堵塞的可能性。从压缩机排气温度高，吸气压力过高来看，可能的原因有：

- (1) 压缩机内排气管漏气；
- (2) 吸、排气阀片破碎或变形，积炭过多；
- (3) 汽缸石棉纸垫击穿。

故障检修：

用气焊烤红压缩机高压管接头，拔下排气管，让工艺管与大气相通。启动压缩机，用手指堵住压缩机高压排气管出口时能堵住，这表明压缩机排气效率明显下降。对压缩机进行剖壳检修，剖壳后开机，观察上油情况良好，用手指堵住排气口，用毛刷沾冷冻润滑油往高压排气管、汽缸纸垫处滴入，没有发现有气泡出现。将气阀机构拆开，发现排气阀片积炭过多，阀板上排气口已被积炭堵住三分之一，将积炭用薄竹片清除掉后，用1200号研磨膏研磨阀板及阀片，组装后压缩机排气压力可达2.0MPa，运行良好。经封壳、检漏、抽真空、充注制冷剂后电冰箱恢复正常工作。

故障9. 一台BCD-222双门双温控电冰箱使用一段时间后出现不制冷的故障。

故障分析：

在判断电冰箱故障时，应先对该电冰箱的制冷系统有一定的了解。该双门双温控电冰箱比普通电冰箱多设一个温控器和一个电磁阀，其制冷系统由压缩机和电磁阀控制的双毛细管及上下蒸发器组成。电磁阀的切换由冷藏室温控器控制。其工作流程如下：电冰箱开始工作时，电磁阀断电，制冷剂按照第一支路的管路流动，即：压缩机→冷凝器→电磁阀→第一毛细管→冷藏室蒸发器→冷冻室蒸发器→压缩机。当冷藏室温度下降至设定值时，其内置温控器动作，切断至压缩机的电路而接通电磁阀的电源，压缩机由于冷冻室温控器依然接通而照常运行。电磁阀得电吸合后使制冷剂按第二支路流动，即：电磁阀→第2毛细管→冷冻室蒸发器→压缩机，这时只对冷冻室继续降温，直至冷冻室达到设定温度而使压缩机停转。

该电冰箱产生上述故障后，首先检查压缩机能运转，但冷凝器不热，测压缩机电流仅0.4~0.5A，比正常值偏低。从表面现象看很像制冷剂泄漏。对该故障简单正确的判断方法是：将冷藏室温控器旋至停点，利用电磁阀的吸合使制冷剂经第2毛细管只对冷冻室制冷。如果这时制冷正常，说明是电磁阀或第1毛细管堵塞；若此时仍不制冷则可判定是制冷剂泄漏或是压缩机故障，可通过检漏进一步确定。该故

障中将电磁阀通电后冷冻室制冷正常、压缩机电流也恢复为正常值,说明是第1毛细管堵塞。

故障检修:

切开电磁阀与毛细管焊接处,有大量制冷剂喷出,更换一根相同规格、相同长度毛细管,重新抽真空、灌注制冷剂,通电试运行电冰箱能正常工作。

故障 10. 一台 BCD-155W 间冷式电冰箱,冷凝器上部温热,箱内有冷度,但箱温高、不停机。

故障分析:

间冷式电冰箱箱内有冷度,箱温降不下来,多为制冷系统制冷循环正常,但风扇不转,箱内没有冷空气循环引起的。打开箱门,手按住门开关,果然风扇不转,风道隔板的风栅没有冷风吹出,说明故障是由于风扇不转引起的。于是拔下电源插头,取下箱背盖板,用万用表测量风扇电机两个接线端子电阻为无穷大。拔出风扇风叶,从箱背取出风扇电机,剥开电机绕组绝缘纸,分别测量绕组电阻和超热保险熔丝管电阻,发现绕组烧坏断路了。

故障检修:

间冷式电冰箱风扇电机常由于欠压、超压、温升或风扇风叶因结冰卡住而烧坏。风扇电机为结构简单的单极式电机。该电冰箱所用的风扇电机定子绕组为线径 0.15mm 的高强度漆包线绕 4200 匝而成,绕组电阻约 320Ω。定子硅钢片开有 4 个小槽,槽中装有的粗铜线为单极线圈。绕组烧断可重新绕制。

故障 11. 一台 BCD-201 电冰箱能制冷,但不停机,冷藏室结冰,温度降至 -5℃,仍不停机。

故障分析:

冷藏室结冰至 -5℃,说明电冰箱制冷良好。但此时仍不停机,原因主要有:

- (1) 电冰箱密封不良;
- (2) 门灯常亮;
- (3) 冬季补偿电路始终在工作;
- (4) 温控器和感温包安装位置发生异变。

故障检修:

将门灯卸下,关门运行 15min,冷藏室温度在 -5℃ 仍不停机,排除门灯故障。将强光手电筒打开,置入冷藏室内,关闭箱门,无光线从门缝四周射出,证明密封良好。拆下温控器塑料外罩上的一只小圆塑料盖,旋出螺丝,掀开塑料罩,用万用表 R×1k 挡测量冬季补偿开关,未发现短路;检查到此发现温控器温度参数已发生漂移。

更换一个新的温控器,记住温控器接线柱附近的标号以及所接电线的颜色,然后将原来温控器拆下,换上一只新的温控器,确认接线无误后,通电试机,电冰箱能正常启动运行。

故障 12. 一台东芝 GR-204E 型电冰箱压缩机启动后, 有时运转六七十秒钟停机, 有时运转几分钟停机。停机一两分钟乃至数分钟后, 又重复上述动作。

故障分析:

发生上述故障后, 冷冻室、冷藏室的冷量均大大下降, 但运行期间用手感觉冷凝器各部位的温度, 均属正常工作温度。若将操作面板上的温控开关拨至最高挡位时, 压缩机仍出现上述故障。

东芝 GR-204E 型电冰箱系 IC 电路自动控制型电冰箱, 采用了电子温控器, 其电路比一般电冰箱复杂, 产生上述故障可能的原因有:

- (1) 温度传感器 RS (冷藏室) 或 DS (冷冻室) 及其插件失灵、半失灵或不能正常工作。
- (2) 主电路板上的温控逻辑电路集成块出现问题或伴有虚焊, 造成不能正确控制压缩机的启停。
- (3) 晶体管 Q811 出现软击穿现象或伴有虚焊。
- (4) 继电器 RC 触点变脏或变形, 工作中出现微断现象。
- (5) 电冰箱前面的操作板上的温控滑动开关及其后面的接插件接触不良、过脏或插孔变形。

故障检修:

- (1) 检查温度传感器及其插件是否有失灵、部分失灵或工作不正常现象。

打开后上盖, 取出控制电路板, 拔下边缘处的一只两针插件, 该插件是连接冷藏箱内副蒸发器的感温元件, 用万用表检查该插件的接触情况, 焊接情况均属良好。然后用万用表测量温度传感元件的阻值若大于 $15\text{k}\Omega$, 说明温度传感器的感温元件及其插件是正常的。再将温度传感器依次与热水或冰块接触, 测量电压 V_A (或 V_B) 的指示若均有较大的变化, 说明温度传感器是好的。

- (2) 检查主电路板上的温度控制逻辑电路集成块有无损坏或虚焊现象。

本来该机既可启动又可停机, 应该说该逻辑电路集成块是好的。但为了消除疑点, 还是将电路板上冷藏室电子感温器的连线拔下, 将冷冻室的电子感温器连到冷藏室感温器附近连接座上, 给压缩机通电。电冰箱在一定时间内能开机、停机, 说明集成块无损坏。将温度传感器依次接触热水和冰块, 用万用表测量 Q802①、②脚的电压有明显的变化, 说明 Q802 集成块是好的, 也无虚焊现象。

- (3) 检查判断晶体管 Q811 有无虚焊、击穿现象。

取出控制电路板, 观察 Q811 三焊点并无虚焊现象。为了消除疑点, 用电烙铁从控制电路板上取下晶体管 Q811, 然后用万用表进行测量, 判断出该管无击穿现象。

- (4) 对继电器 RC 及其触点进行检查和判断。

在电冰箱启动的情况下, 按下除霜开关, 除霜指示灯亮, 此时, 电冰箱立即停止了运行, 由此可知继电器 RC 触点的控制作用是良好的。为了进一步排除疑点,

打开继电器盖，用工业酒精对继电器各对触点进行细心的清洗，清除积炭和脏物，检查其各对触点的接触面，均属良好，此时再试机，故障仍然没有消除。

(5) 对前面板（即操作板）的温控滑动开关和与里面相连的接插件进行检查。

打开电冰箱上方的前沿盖，用万用表检查温控滑动开关的阻值和接触情况均属良好，各元器件无虚焊现象。此时怀疑操作板至电冰箱后面的控制电路板之间的接插件接触不良。于是拔下后面控制电路板与前面操作板相连的那个插头，用 25W 电烙铁将接在操作板一端插件上的线焊下，然后用万用表依次测量后面控制电路板通过接插件连接在前面操作板上的每一根连接线的通路情况。结果发现问题出在该接插件里面：在六蕊插件中有两根线的插孔与插针之间均有接触不良的现象。它们分别控制着 Q811、Q802 和继电器 RC 等元器件的正常工作状态，从而造成了电冰箱压缩机启停时间上的紊乱。

为了彻底消除该故障，将该接插件去掉，将控制电路板连接在前面操作板的六根导线直接对号入座、焊接在前面的操作板上，从而消除了该故障。

故障 13. 一台厨房电冰箱使用了多年，每隔半个月就出现压缩机连续运转不停机的现象，箱内结霜层全部融化，低压吸气压力为零，有时甚至处于真空状态。在膨胀阀小过滤器进口部位发现有结霜现象，有时能听到断断续续的气流声。

故障分析：

(1) 用小块棉花球蘸上酒精，对膨胀阀体进行加热，数分钟后，低压吸气压力不能恢复正常工作压力，故障现象依然存在。

(2) 用小扳手轻击膨胀阀小过滤器部位和干燥过滤器时，发现气流声有改变，同时在热力膨胀阀以节流小孔为界限处所结的白霜层也逐步融化，低压吸气压力又逐步恢复正常工作压力，冰箱恢复正常制冷状态。因此，可判断为脏堵故障。

故障检修：

对于厨房电冰箱这类脏堵故障的排除方法是：首先回收制冷剂，拆下膨胀阀小过滤器和干燥过滤器，用纯乙醇或丙酮、工业汽油等对小过滤网和干燥过滤器等部件进行清洗，将所形成脏堵的污物全部清除干净，再用氮气将残留的清洗剂吹干，调换新的干燥剂，装入干燥过滤器中使用，然后再将经过清洁干燥处理的膨胀阀小过滤器和干燥过滤器装回原来部位，进行抽真空并将制冷剂恢复原来状态进行试机运行。

通过以上修理便能使电冰箱恢复制冷，但每隔半个月左右，该机又会重复出现上述故障现象，经几次重修，仍不能消除上述故障。因此，判断该机的故障根源不在膨胀阀小过滤器和干燥过滤器，而在储液器的储液罐内或出液阀的进口部位。

拆下储液器，用工业汽油对储液罐进行清洗，发现罐内大量存在各种污垢，如焊接后的氧化皮、焊渣、绝缘漆膜、金属粉末等。经数次清洗、并用氮气吹干残留的清洗剂，然后再按上述程序对干燥过滤器和膨胀阀小过滤器进行清洗和干燥处理，装上各部件进行抽真空、灌注制冷剂，试机工作正常，经半年左右运行，没有

再出现上述故障。

故障 14. 一台松下间冷式电冰箱，使用一段时间后，压缩机和风扇都不工作，箱内食品解冻，打开箱门灯亮。

故障分析：

根据故障现象和间冷式电冰箱电路特点分析，当温控器和除霜定时器出现故障时才可能使压缩机和风扇都不工作。于是拆下箱内温控器外罩，用万用表电阻挡测量温控器两接线柱间为通路，说明故障出在除霜定时器上。松下电冰箱定时器装在箱背左侧，用万用表电阻挡测定接线柱 a、c 之间通路，a、b 之间断路（如图 5-6 所示），由于 a、b 之间断路，使压缩机和风扇电机断电，两者都不工作。

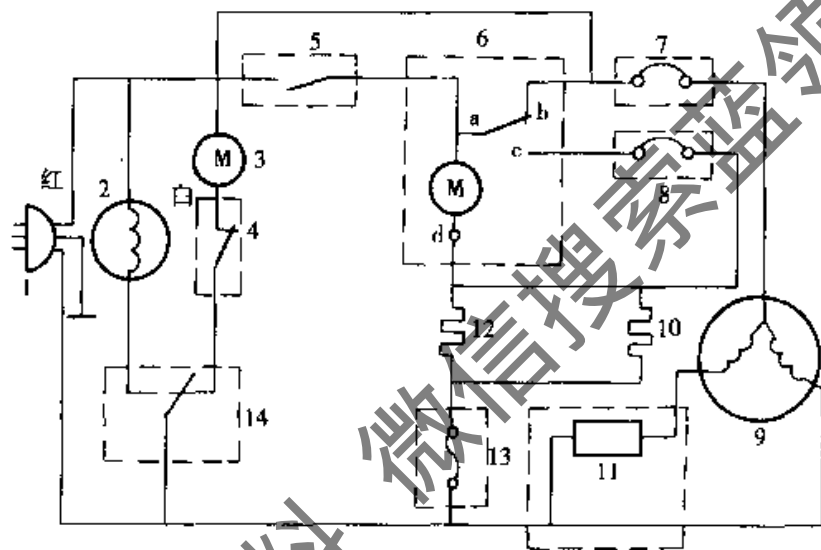


图 4-6 松下间冷式电冰箱控制电路图

1—电源插头；2—照明灯；3—风扇电机；4—冷冻室门开关；5—冷冻室温控器；6—除霜定时器；7—过载保护器；8—双金属片除霜温控器；9—压缩机电机；10—排水管加热器；11—PTC 启动继电器；12—除霜加热器；13—除霜温度保护熔丝管；14—冷藏室门开关

故障检修：

松下电冰箱除霜定时器上有一黑色隐蔽旋钮，顺时针方向旋转这个旋钮，听到定时器内发出“咔”的一声，再次测定接线柱 a、b 之间为通路，电冰箱通电后压缩机、风扇能启动运转，电冰箱恢复制冷。

故障 15. 一台间冷式电冰箱，运行一段时间后制冷效果越来越差，箱温明显回升，风扇能运转，但没有冷风吹出来。打开冷冻室箱门，拆下风道隔板，看到整个蒸发器被冰包住。

故障分析：

蒸发器被冰包住，说明除霜系统发生故障。打开箱背盖板，用万用表电阻挡检测除霜定时器电机、除霜加热器、除霜温度保护熔丝管等元件两端接线柱，均正

常。据此判断，除霜温控器出现故障的可能性最大。

除霜温控器的作用是当除霜结束，蒸发器表面温度升到 14°C 左右时，其触点断开，除霜加热器停止加热，恢复制冷。当蒸发器表面温度降到 -4.5°C 左右，其触点又闭合，为下一次除霜做准备。若双金属片除霜温控器安装位置不当或因双金属片失灵，不按上述温度接通和断开加热器电路，都会引起上述故障。经检查，除霜温控器安装位置正常，因此，故障原因可能是除霜温控器失灵。仔细现察电冰箱运行情况发现，这台电冰箱除霜停机时间短，蒸发器表面温度还较低时（未除霜或未完全除霜），除霜温控器触点就断开，电冰箱恢复制冷。因此，随着电冰箱使用时间的延长，蒸发器被冰包住。

故障检修：

更换除霜温控器。由于原除霜温控器与定时器的连接线穿过箱体，更换时切勿抽出此线，只要将新的除霜温控器两端接线头在箱内与这根连接线以及加热器相接，电冰箱即可正常使用。

故障 16. 一台无霜式双门电冰箱，出现制冷效果好时坏的现象，有时电冰箱连续运转几个小时也不停机，冷冻室温度勉强能达到 -12°C 左右。

故障分析：

经实际运行观察、检测证实制冷循环系统一切正常。电冰箱初始降温速度良好，但当除霜计时器达到预定时间而自动接通除霜回路时，除霜过程中无电流指示，冷冻室内的温度无明显上升趋势。计时器在除霜状态下，其小电机仍继续运转不停，约 3min 左右，除霜计时器又重新动作接通压缩机回路，恢复了制冷状态。参考该电冰箱电路图进行分析，当除霜计时器达到预定时间而自动接通除霜时，压缩机立即断电停止运行，同时除霜加热开始。因除霜温控器已将计时器电机构成了短路状态，此时计时器电机应与压缩机同步停止运行才对。经分析出现上述故障的原因有以下两点，一是除霜计时器弹簧片的触点接触不良；二是除霜温控器内的双金属片通断性能变差，在低温环境中不能自动接通。经检查，除霜计时器的性能通断正常，触点接触良好。从电路中取下除霜温控器，在室温 25°C 左右时进行测量是正常的。将除霜温控器放置在低温环境条件下进行测量，发现从 $-5\sim-20^{\circ}\text{C}$ 始终不能接通（除霜温控器一般均在 -5°C 左右接通）。根据上述现象进一步说明：因除霜温控器在低温条件下始终是处在断路状态，即使计时器达到预定时间而接通了除霜也是没有用的。所以造成了计时器连续运转不除霜的故障现象。当电冰箱使用一段时间后，翅片式蒸发器上的霜层越积越厚，蒸发器的传热效率逐渐降低，电冰箱的制冷效果变差，严重时会导致电冰箱运转不停、不制冷等现象的产生。

故障检修：

更换一只新的除霜温控器后，电冰箱故障彻底排除，制冷效果和除霜性能一切恢复正常。

故障 17. 一台间冷式电冰箱，经过一段时间使用后，吹出的冷风量越来越少，

箱温达不到规定值,压缩机运转不停,有时箱内风扇发出“咔咔”异常声。

故障分析:

根据故障现象判断,翅片管蒸发器被冰霜堵塞,以致整个蒸发器被冰包住,当风扇风叶碰到蒸发器上的冰霜时,发出异常声音。用万用表电阻挡检测除霜系统各个部件时,发现除霜加热器开路,使得蒸发器每次除霜不彻底,随着电冰箱使用时间的延长,产生了上述故障。

故障检修:

更换一个新的除霜加热器,电冰箱就能正常运行。

故障 18.一台 BCD-180 双门电冰箱,冷藏室蒸发器结霜,冷冻室蒸发器微凉不结霜,且压缩机工作时间长。

故障分析:

造成冷冻室蒸发器不结霜的原因主要有如下几方面:

- (1) 制冷系统有漏点,制冷剂泄漏,制冷能力下降。
- (2) 冷冻室蒸发器部分堵塞,蒸发器面积得不到有效利用。
- (3) 蒸发器内存油过多,占去了部分蒸发器的面积。
- (4) 压缩机效率降低。

通过试机观察,该电冰箱制冷剂经毛细管先到冷藏室蒸发器,而后到冷冻室蒸发器。首先切开压缩机上的工艺管,有大量气体喷出,结合用户反映的情况,可断定制冷系统无漏点,制冷剂没有泄漏。在电冰箱背面挖洞,断开蒸发器与毛细管、回气管连接处,用 0.8MPa 的氮气对蒸发器一端充气,观察另一端出气情况,发现有大量冷冻油喷出,这说明蒸发器内存有大量润滑油,继续充氮气直到另一端没有冷冻油喷出为止。然后用气焊将蒸发器与毛细管、回气管焊好,对制冷系统充氮气检漏,抽真空充注制冷剂。再观察冷冻蒸发器结霜情况,冷冻室蒸发器上仅有很少一部分结霜。这说明故障没有彻底排除。故障依然存在的原因只能是压缩机效率过低,造成制冷能力下降。

故障检修:

从制冷系统中拆下压缩机,放掉压缩机内的冷冻润滑油,用手锯沿翻边对接的焊缝处锯开压缩机壳体,取下上壳体,发现套在滑管内的圆柱型曲轴轴颈磨损严重,使活塞运动行程减小,造成压缩机排气量下降,压缩机工作效率降低,致使冷冻室蒸发器不能结霜,冷冻室温度降不下来,压缩机工作时间增加。

重新更换一台制冷量相近的压缩机,将压缩机与制冷系统焊接上,充氮气进行检漏,最后抽真空、灌注制冷剂,通电试运行,电冰箱能正常工作。

故障 19.一台 BCD-185 双门电冰箱,原来制冷效果很好,但突然发现霜层融化,听不到压缩机运转声,开门时照明灯亮。

故障分析:

经检查,电源电压为正常范围,压缩机电机绕组阻值正常,但 PTC 启动继电

器和热保护继电器较烫手，待冷却后测量也没见有异常。重新将 PTC 启动继电器和热保护继电器装回后通电，压缩机恢复运行，蒸发器内液流声均匀通畅并结霜，冷凝器散热正常。运行半小时后，压缩机停机，停机后不到 3min 听到压缩机处发出“叭”的一声，好像热保护继电器跳开声音。检查发现，停机不到 3min 温控器就已动作，而此时 PTC 元件尚未冷却到低阻值状态，所以启动困难，热保护继电器自动跳开，使压缩机启动不了。这样，便可判断停机过短是造成这一故障所在，而这种停机过程不是由于热保护继电器损坏造成的，而是由于温控器温差过小造成的。

故障检修：

逆时针旋动温控器通断温差调节螺丝，旋动时注意不要一下旋得太大，要旋一点，试一下，直至压缩机开停比例正常为止。

故障 20. 一台 BCD-185 电冰箱不制冷，冷凝器不热，蒸发器不冷，仅听到微弱的气流声。

故障分析：

根据故障现象判断，可能是制冷剂泄漏，压缩机失去吸、排气能力，或制冷管路发生脏堵。先观察制冷系统各管路接头，未发现油渍。割开压缩机工艺管，有大量气体喷出，说明制冷剂泄漏的可能性不大。烤化压缩机的排气管接头，接通电源，让压缩机运转，用手按住排气管口，感到压力很大，说明压缩机吸、排气正常。

将压缩机排气管与管路焊上，烤化干燥过滤器与毛细管接头，再接通电源使压缩机运转，用手按住干燥过滤器出口，感到有气流排出，说明干燥过滤器未堵，那只有毛细管发生堵塞了。

故障检修：

烤化压缩机吸气管，在与吸气管相接的管路端口接修理阀，充氮气 0.6MPa 左右数分钟。因脏堵大多发生在毛细管入口的不远处，这样氮气通过与原制冷剂流向相反的方向吹去，易将脏物吹除。为保证除堵效果，可一边通氮气，一边用酒精灯加热毛细管，让脏物烧化为气体排出。毛细管吹通后，即可将管路焊接后，经检漏、抽真空、充注制冷剂，电冰箱恢复正常工作。

故障 21. 一台 BCD-170 电冰箱通电后，压缩机能运转，但不制冷。

故障分析：

首先进行检漏，没有发现漏点，可怀疑是系统有水分形成冰堵。如果用热毛巾包住毛细管与蒸发器连接处，一会儿可听到制冷剂流动声，初步判断为冰堵。

故障检修：

采用排出制冷剂的方法解决这一故障比较简单见效。也就是将制冷系统内的制冷剂从工艺管排出，抽真空后重新充注制冷剂，启动压缩机 5~10min 后再将制冷剂放出。对于不严重的冰堵，按该方法排放两次即可排除冰堵。

还有一种方法是接上修理阀后向系统内充氮气到 0.4MPa 的压力。将其放掉后再用真空泵抽真空，抽真空后按规定量充入制冷剂即可。对于含水较多的系统，如果用上述方法仍不能排除，就需要更换制冷系统上的干燥过滤器。

故障 22. 一台松下电冰箱压缩机运转不停，冷冻室蒸发器只结薄霜，冷藏室不够冷。

故障分析：

电冰箱制冷效果不佳，故障出在制冷系统，可能是制冷剂泄漏或压缩机效率下降，制冷管路脏或冰堵。用钳形电流表检测电冰箱一根电源线电流为 2.1A，而额定电流为 0.9A，说明压缩机过载，故障不是由于制冷剂泄漏或压缩机效率下降引起的，而是由堵塞引起的。仔细观察发现干燥过滤器出口处毛细管有凝露。用热毛巾包住此处毛细管，故障没有消失，可见是脏堵，而不是冰堵。

故障检修：

切开压缩机上的工艺管，有大量的制冷剂气体喷出，表明电冰箱不制冷不是由于制冷剂泄漏引起的。将毛细管与干燥过滤器接头处焊开，发现毛细管内有干燥过滤器上的分子筛粉末状物，由此形成了脏堵。用割刀将毛细管端口处割去 2cm，用什锦锉将毛细管端口加工成斜口状。毛细管必须进行高压吹除清洁，即把干燥过滤器出口焊死，在压缩机工艺管接修理阀，向制冷系统充灌氮气，使毛细管中的脏物吹出。为保护蒸发器，充入的氮气压力不要超过 0.6MPa。为使清洁彻底，可采用瞬时开、关修理阀门的办法，使吹向毛细管的氮气有冲击力。

换上一个新的干燥过滤器，并与毛细管焊接。制冷系统经打压检漏后，抽真空、灌注制冷剂，电冰箱恢复正常工作。

故障 23. 一台双门直冷式电冰箱，接通电源后发出“嗡嗡”声，约十几秒钟后过载保护器跳开。

故障分析：

过载保护器自动跳开，表明运行电流过大，造成该故障的原因：

(1) 电源电压过低，通常电压降低 15%，压缩机就难以启动。

(2) 电机启动绕组断路，电机不能启动。

(3) 启动继电器和热保护器故障。

(4) 运动部件受热膨胀，可能会使压缩机卡缸。

(5) 制冷剂过量。制冷系统内充入的制冷剂过量，使得压缩机超负荷运转不能启动，刚检修后的电冰箱，易产生该故障。

故障检修：

(1) 检查电源电压，用万用表测量电源电压为 220V，打开压缩机接线盒外壳，测量继电器等处的电压均正常。

(2) 检查启动绕组是否断路。方法是先拔下电冰箱的电源插头，卸下启动继电器，用万用表测量，没有断路和短路现象。

(3) 检查启动继电器是否失灵。该压缩机使用重锤式电流继电器，可用万用表检查，方法是将两表笔插入继电器座孔，如果将继电器正放（在压缩机上的安装位置），万用表指示电阻为无穷大表示正常，将继电器倒立放，万用表指示电阻值为零表示正常。否则为不正常。该电冰箱启动继电器正放时用万用表检测其电阻值为零，表明活动触点烧粘在一起。用小螺丝刀将上盖撬开，再将粘结在一起的触点分离，用锉刀将触点轻轻磨平整后按原位置装配好。最后用粘胶将盖子粘好，装在压缩机上，通电试运行，电冰箱恢复正常工作。

故障 24. 一台 BCD-155 双门直冷式电冰箱不制冷，冷凝器不热，压缩机外壳温度很高。

故障分析：

电冰箱压缩机能运转，但不制冷，首先考虑的可能是制冷剂严重泄漏。割开压缩机工艺管，有大量的制冷剂冲出，说明制冷系统基本上无泄漏故障。烤化压缩机高、低压管，电冰箱接上电源运行，用手按住压缩机高、低压管，没有吸力与压力的感觉，且用手按住高压管时，听到压缩机壳体内有强烈的气流声。由此可判断是压缩机内高、低压腔串通，制冷剂只在机壳内循环，而无法进入制冷管道，致使电冰箱不制冷。

故障检修：

压缩机的汽缸与机座之间、汽缸盖与阀板之间都装有石棉胶纸垫片，以起密封作用。由于密封纸垫质量不好、安装时纸垫受损、汽缸盖与阀板的紧固螺钉及汽缸体与机座的紧固螺钉松动等，均可引起纸垫中筋击穿；此外，制冷系统管道堵塞，高压腔压力增高，也可击穿高低压腔纸垫中筋，使高、低压腔串通。

拆下压缩机，剖开机壳，拆下压缩机汽缸盖，发现汽缸盖与阀板密封纸垫中筋被击穿，形成了高、低压腔制冷剂蒸气串通的通道。将汽缸盖与阀板清洗干净，换上平整、洁净的新纸垫。新纸垫的材料、厚度、形状与原纸垫应一样。盖上汽缸盖，分几次拧紧汽缸盖紧固螺钉。压缩机通电试机合格后，封壳、装机，经过检漏、抽真空、灌注制冷剂，电冰箱恢复正常工作。

故障 25. 一台 BCD-180 双门电冰箱使用多年后，制冷正常，但发现手碰到箱体会麻手。

故障分析：

手碰到箱体会麻手，说明电冰箱箱体带电。用电笔测试箱体金属处，笔内灯泡会亮，说明电冰箱确实漏电了。电冰箱漏电常发生在照明灯、温控器及压缩机电机等部件，因前两者长期在潮湿的箱内环境下工作，所以易引起漏电。打开箱门，取下照明灯泡，未发现灯座有水珠，灯座及接线未碰壳，将灯泡装好。卸下温控器，仔细检查温控器接线及接线头，未发现绝缘层损坏及碰壳现象，将温控器装好。怀疑压缩机电机绕组漏电。切断电源，将压缩机侧面接线盒盖取下，拆下启动继电器及过载保护器，用万用表 $R \times 10k$ 挡，一支表笔搭在压缩机机壳，一支表笔分别搭

接运行头、启动头、公共头的接线插头上，发现搭接运行头时阻值仅几十欧姆，而正常时应为几兆欧姆。这说明运行绕组某个地方可能碰到压缩机壳体引起漏电。

故障检修：

剖开压缩机机壳，将压缩机机体上高、低压侧固定螺钉各取下一只，抬起高压缓冲管，撬开三根吊簧锁口，取下吊簧。用螺丝刀拨开接线柱连接线，取出机组检查，发现运行绕组引线绝缘层破损，且破损处与机壳相碰。将导线破损处剪断，适当减短，然后用锡焊将导线连接起来，用聚脂薄膜包扎好。安装好接线柱接头，再用万用表 $R \times 10k$ 挡检测各绕组接线端对机壳的绝缘电阻，万用表指针不动，说明故障已修好。将压缩机重新装好、封壳，接入制冷系统，检漏合格后，抽真空、灌注制冷剂，通电试运行，电冰箱恢复正常工作。

第二节 空调器常见故障分析与排除

一、空调器常见故障分析方法

分析故障必须根据空调机的构造和工作原理来进行。故障发生后，首先应该判别现象，要养成勤于思考和具体分析的习惯，掌握先想后动的原则，严禁盲目乱拆乱卸。由于思考混乱或侥幸心理而对空调机进行盲目的乱拆乱卸，常带来不良的后果，并可能引起新的故障。因此，拆卸只能作为在经过慎密分析后而采用的最后措施。

空调机的故障判断是空调维修的一个重要环节，好像医生查找病因一样，否则就无从下手。其方法基本是一看、二听、三摸。

一看：察看各部件外观情况，有无损坏；电器各连接线是否有断线或松脱；管道有无断裂；螺母连接部位是否松脱；蒸发器表面是否结露等。有时需要用温度、压力等仪表来检测，观察各仪表的数值，从而判断其故障的原因。

二听：听压缩机、风扇等部件声音是否异常。

三摸：用手摸压缩机外壳，看其温升是否过高，干燥过滤器、毛细管或膨胀阀两端温度是否异常，冷凝器温度是否过高等。

二、空调器常见故障排除

(一) 空调器压缩机常见故障

故障 1. 空调器全封闭压缩机易出现的故障。

(1) 启动继电器的触点不能吸合或断开，出现压缩机不能启动的现象。

(2) 过载保护器失灵，压缩机过载、过热不能得到有效保护，因而容易烧坏压缩机的电机。

(3) 活塞和汽缸装配不当，沙粒、铁屑及杂质进入汽缸工作面而卡住活塞，或缺少润滑油使压缩机过载。

(4) 吸、排气阀关闭不严，造成吸、排气串通，压缩机的容积效率显著下降。

这主要是由于阀片材料失去弹性，达到其疲劳极限；或吸排气口处有异物阻塞、阀片遭液击变形以及排气温度过高造成积炭等。

(5) 压缩机电机烧坏。这主要是由于运行电流过大以及电机绕组间绝缘强度降低造成短路所致。

故障 2. 空调压缩机刚启动就停机。

其故障原因如下：

- (1) 压缩机热保护器动作跳开。
- (2) 压缩机电机烧坏。
- (3) 压缩机电机运行电容器被击穿。
- (4) 吸气压力过低引起低压开关跳开。
- (5) 排气压力过高引起高压开关跳开。

故障 3. 空调压缩机卡缸。

其故障原因及处理方法如下：

(1) 制冷系统不清洁，存在金属氧化物等，进入运动部件的配合面中，造成抱轴或卡缸，可先采用强行启动法修理，若仍不行，则打开机壳修理。

(2) 润滑油过脏、变质，油路堵塞，造成不供油或供油不足，使运动部件的摩擦阻力增大而卡死，可更换润滑油，并用氮气吹通输油管。

故障 4. 空调压缩机阀片损坏的原因

(1) 压缩机从低压管吸入的制冷剂不全是气体，而是含有部分液体，导致压缩机出现液击，造成阀片变形或断裂，可打开机壳，修理或更换阀片。

(2) 系统中含有空气，使压缩机排气温度过高，导致阀片密封面结炭，造成阀片密封不严，可研磨或更换阀片。

故障 5. 空调压缩机有异常声音。

其故障原因如下：

- (1) 压缩机活塞卡缸、咬住等。
- (2) 压缩机壳体内悬臂支撑弹簧断裂。
- (3) 压缩机阀片断裂落入汽缸或阀螺钉松脱、断裂而落入汽缸。
- (4) 压缩机余隙容积太小，活塞撞击阀板，可加装石棉橡胶垫片调整间隙。
- (5) 活塞销与连杆小头衬套的间隙因磨损而增大，将产生敲击声。
- (6) 连杆大头轴瓦与曲轴颈的间隙因磨损而增大。
- (7) 主轴承间隙因磨损而增大。
- (8) 连接螺栓的螺母松脱。
- (9) 压缩机的地脚螺栓松脱而产生振动声。

故障 6. 空调压缩机过热，造成过热保护器动作而停机。

其故障原因及处理方法如下：

- (1) 制冷管道过细过长，使吸气温度过高，压缩机过热度增大；选配合适的管

径。

(2) 毛细管或干燥过滤器堵塞, 造成吸气温度过高: 检查毛细管或干燥过滤器, 更换一个同规格的毛细管或干燥过滤器。

(3) 室外冷凝器进出风口堵塞, 造成冷凝压力过高, 压缩机过负荷而停机: 应清除进出风口处障碍物。

(4) 室外冷凝器积灰太厚, 冷凝压力太高: 清扫冷凝器上积灰。

(5) 压缩机过负荷保护器故障: 测试压缩机的电流, 查出过电流的原因, 也可直接更换过载保护器。

(6) 压缩机电机线圈短路、发热: 更换电机线圈。

(7) 压缩机排气阀破损: 更换压缩机排气阀。

(8) 压缩机活塞被卡: 重新调整活塞位置。

(9) 压缩机轴承被卡住或破损: 更换压缩机轴承。

(10) 压缩机电源电压不稳, 造成运转电流过大, 使过热保护器动作: 可配置稳压器。

(11) 电源电压相间不平衡或少相: 可查明原因, 重新接线。

(二) 空调器冷凝器和蒸发器常见故障

(1) 灰尘或杂质粘附在换热器翅片上, 堵塞换热器进风通道, 可用氮气将灰尘吹出, 或用吸尘器吸出。

(2) 安装运输不当或风扇扇叶碰到翅片, 使其严重变形, 将间隙堵塞, 可用镊子或夹子校正变形的翅片。

(3) 润滑油流经冷凝器和蒸发器时, 会在管壁内形成一层油垢, 影响换热效果, 可用氮气吹或用化学溶液冲洗。

(4) 冷凝器和蒸发器盘管接头处焊接不良或搬运不当, 会造成盘管出现漏点, 使制冷剂漏光, 可用气焊补漏, 保证不漏后, 方可使用。

(三) 空调器节流膨胀装置常见故障

故障 1. 空调器中的热力膨胀阀故障。

其常见故障及处理方法如下:

(1) 系统中的水分含量超过一定值时, 就会在膨胀阀的出口处形成冰堵, 可抽真空排出系统内的水分, 并更换干燥剂。

(2) 当润滑油随制冷剂进入膨胀阀在出口处节流时, 温度降低而使润滑油分离粘附在阀孔周围, 堵塞阀孔, 可更换润滑油, 然后用氮气加压将管道和阀中残留的污油全部吹出。

(3) 脏堵一般发生在膨胀阀的进口处, 因进口处有过滤网, 当过滤网处的脏物过多时, 就会形成堵塞, 可拆下膨胀阀进口端铜管, 取出过滤网, 清洗晾干后, 再装入原位。

(4) 热力膨胀阀的感温剂泄漏时, 感温系统的压力就会减小或无压力, 膨胀阀

的主弹簧就会推动阀针，关闭膨胀阀通道，可修理或更换感温包。

故障 2. 空调器中毛细管故障。

毛细管管径较细，常易发生冰堵和脏堵故障：

(1) 当系统内含水分过多时，多余水分进入毛细管，在其出口处由于温度较低而使水分结冰，堵塞毛细管通道，可更换干燥过滤器，对制冷系统彻底抽真空后，重新加注制冷剂。

(2) 充入制冷系统的制冷剂不干净或过滤器变质而堵塞毛细管通道，可用 0.6~0.8MPa 的加压氮气吹通毛细管，若仍不能使毛细管畅通时，应更换新的毛细管。

(四) 空调器控制电器常见故障

故障 1. 空调器电控部分的常见故障。

空调器电控部分的故障检查顺序为：电源 → 主控开关 → 温控器 → 启动和过载保护器 → 电容器 → 电机。

具体说明如下：

(1) 检查电源插头接触是否良好、电源线有无断点，熔丝是否完好、电源电压是否正常。

(2) 当旋转主控开关时，检查各触点接触是否良好。

(3) 检查温控器时，可用一小段导线短接温控器的触点，如短接后压缩机运转，则故障出在温控器上，即触点不能闭合。如短接后，压缩机仍不运转，则应检查其触点、弹簧等。若其感温包、波纹管损坏，则应更换温控器。

(4) 压缩机工作中反复开、停，容易使过载保护器的双金属片或触点过热而烧坏，这时可用万用表测量过载保护器的电阻，如阻值很高或断路应更换。

(5) 电容器故障，可用万用表的电阻挡来检查。当其阻值为无穷大时，表明电容器已击穿；当其阻值为零时，表明电容器已短路。

(6) 若上述各项检查都正常，而故障仍未排除时，就应检查电路部分。可按电路原理图检查各部件之间的连接点和连接线，各接点应接触良好而不松动。

(7) 检测电机时，多用万用表欧姆挡测量电机绕组的电阻值，以判断有无断路或短路故障。不论是断路和短路，都需要拆开全封闭压缩机进行修理。

故障 2. 空调器电机绕组断路或短路的判断。

空调器单相电机的各绕组电阻值有如下关系：启动绕组电阻值与运行绕组电阻值之和应等于总绕组电阻值。

用万用表的低电阻挡测量各接线柱间的电阻值，若某两接线柱间的电阻值最小，则该两接线柱间连接的是运行绕组；若某两接线柱间电阻值最大，则该两接线柱间连接的是总绕组，即运行绕组和启动绕组串联；若某两接线柱间电阻值处在中间值，则该两接线柱间连接的是启动绕组。通过以上方法即可判断电机的各绕组。

用万用表电阻挡可以检查电机绕组是否断路和短路。测量时，用万用表的电阻

挡测量绕组的两接线端。若测得其电阻值为无穷大，则表明此绕组已断路。同样可判断绕组是否短路，测量时，先将万用表指针调好零位，再将两表笔与两接线柱相碰，若所测绕组的电阻值较小，就说明此绕组短路。

故障 3. 空调器压力感温式温控器常见故障。

- (1) 感温剂泄漏：更换同规格的温控器。
- (2) 触点烧坏或粘连：可用细砂纸磨光，若触点烧坏严重，应更换温控器。
- (3) 温控器失灵：重新调整温控器，若仍无效，应予以更换同规格的新温控器。

故障 4. 空调器电加热器常见故障。

- (1) 电加热器断路：可用万用表的电阻挡测量电热丝阻值，若其为无穷大，表明电加热器断路，这时应予以更换。
- (2) 电加热器短路：可用万用表测量其阻值，若阻值很小，表明电加热器短路，这时应查出短路部分，使其分开一定距离，或用绝缘材料隔开。

故障 5. 空调器中电磁阀常见故障排除。

- (1) 电磁线圈烧坏，阀芯不动作：更换电磁线圈。
- (2) 电磁阀衔铁被卡住，阀芯不动作：将阀体打开，检查衔铁被卡原因，清洗干净后重新装好并进行试验。
- (3) 电磁阀通电时，听到有“哒哒”噪声。这主要是由于电源电压低于额定值以下，电磁阀进出口压力差超过开阀能力，阀芯吸不上；或者电磁阀流向安装颠倒以及衔铁被卡死等；查明故障原因，然后予以修复。
- (4) 剩磁吸住阀芯或阀芯被卡死，使电磁阀断电后不能关闭：更换挡铁或衔铁，并查明阀芯被卡原因，进行清洗修复。
- (5) 阀内存有脏物、阀座或阀针受损以及弹簧力过小等，造成电磁阀关闭不严：清除阀内脏物，修整阀座和阀针使其闭合严密，并调整或更换弹簧。
- (6) 电磁阀密封垫受损或紧固螺钉松动，引起制冷剂泄漏：更换密封垫，重新紧固螺钉。

故障 6. 热泵空调器中电磁换向阀常见故障。

- (1) 换向阀上毛细管堵塞，使换向阀不能换向：应拆下毛细管清洗。
- (2) 换向阀上毛细管被压扁，造成通路不畅，使换向阀不能完全换向：更换毛细管。
- (3) 换向阀上毛细管断裂：可采用比毛细管稍粗的铜管将毛细管插入进行套焊。
- (4) 换向阀内部泄漏，造成高压制冷剂气体向低压侧泄漏，不能使换向阀活塞两端建立起正常的压力：更换换向阀。
- (5) 换向阀活塞上泄气孔堵塞：拆下换向阀重新冲洗。

(6) 换向阀上的电磁线圈断路：重新更换电磁线圈。

(7) 制冷系统压力差过小，不能使换向阀换向：应检查制冷剂是否过少；制冷系统是否泄漏。

(8) 换向阀活塞卡死：拆下换向阀修理或更换新阀。

(五) 空调器典型故障分析与排除

故障 1. 空调器通电后不运转。

可从如下诸方面来分析和处理：

(1) 电源电压过低，低于 198V 时，空调器不能启动：应加装稳压电源。

(2) 电源线断路，使空调器无电不工作：检修电源线。

(3) 室内或室外机组的电流过大，使熔丝烧断：查明熔丝烧断原因并修复，再换熔丝。

(4) 空调器控制线连接不牢，造成某处松脱，使电源不能接通，空调器不工作：重新连接好控制线。

故障 2. 空调器运转但制冷效果不佳。

(1) 制冷剂不足：按规定补充制冷剂量。

(2) 制冷剂管路有泄漏：用检漏仪查出制冷剂管路泄漏处，修复后充足制冷剂量。

(3) 室内机空气过滤网堵塞：清洗空气过滤网。

(4) 毛细管或干燥过滤器堵塞：更换毛细管或干燥过滤器。

(5) 压缩机工作性能差，制冷效率下降：检查压缩机排气压力是否正常，若是压缩机工作性能差，应更换同一规格的压缩机。

(6) 冷凝器表面积灰过厚，冷凝散热效果差，造成压缩机的排气压力和排气温度升高，使制冷量下降：清除冷凝器表面积灰。

(7) 制冷剂充注过量，会使压缩机的排气压力和排气温度过高，造成制冷量下降：放出多余的制冷剂。

(8) 室外机工作环境温度过高，造成冷凝压力和温度过高，使制冷量下降：改变其工作环境温度。

故障 3. 空调器运转但不制冷。

(1) 制冷剂泄漏，造成空调器不制冷，手摸冷凝器不热，打开修理口无制冷剂气体排出：应对系统进行打压检漏，检查各螺纹接头处，找出漏点并修复，保压无漏后抽真空灌注制冷剂。

(2) 干燥过滤器或节流阀处堵塞，造成空调器不制冷，手摸冷凝器不热，在堵塞部位有明显的温差：修理或更换被堵塞的部件。

故障 4. 空调器在制冷或除湿时向室内漏水。

空调器室内漏水的原因主要有如下诸方面：

(1) 安装不当。如图 4-7 所示，从外观上看，出水口比室内机换水槽低，室

内机排水应不成问题。但实际上，由于排水管内气压的作用，接水槽内的水无法排出，必然会溢出流向室内，从而使室内机出风口处的水流绵绵不断。处理这种故障的方法是将室内机水管通往室外的通道重新处理，其正确的走向如图 4-8 所示。

(2) 使用不当。用户处理空调器流水的方法不当，也易造成漏水现象。如有些空调器向外直接排水不便时，用户常在室内或室外排水管下方放一接水容器，如图 4-9 所示。一般来说，夏季里一间 15m^2 的房间，空调器 24h 内可排水 10~15 升。因此，接水容器内的水常将排水管口淹没（特别是在排水管较长或容器较深时），此时由于大气压的作用，排水管不易排出的水逐渐溢至室内机接水槽口，出现漏水现象。解决的方法是将排水管悬空在接水容器上方即可，但不要将排水管弯曲过度，如图 4-10 所示。

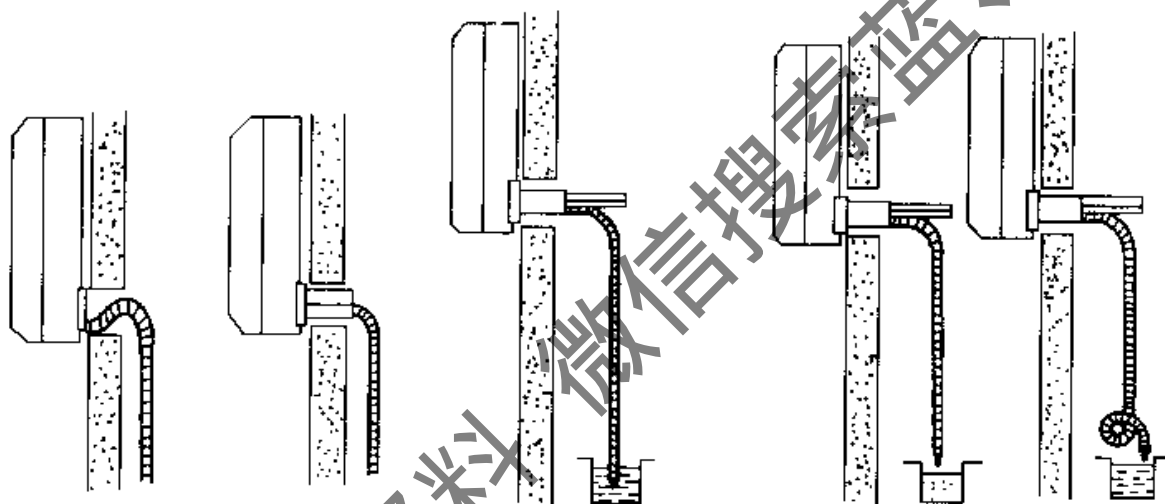


图 4-7 室内机出水管安装不当

图 4-8 室内机出水管的正确安装

图 4-9 室内机出水管使用不当

图 4-10 室内机出水管的正确使用

(3) 器具漏水。有的空调器在室内机接水槽两侧都设计并安装了出水口。实际安装过程中，用户可根据需要随意选择出水口位置。但要注意：如果将排水管从一个出水口移往另一个出水口，对原出水口一定要密封，否则会造成漏水。处理的方法是将另一个出水口上拆下的橡皮（或塑料）塞子紧密地装在原出水口上，然后在塞子与出水口接触的边沿层涂上一层防水胶，沿防水胶再贴一层防水胶带。以上处理过程要在干燥状态下进行，以保证封住的出水口不会滴水。

(4) 脏堵。用户不常清洗，使污物或异物堵在出水口处，造成堵塞，只要将污物或异物清除即可。

(5) 制冷剂不足。安装人员排气过量，接头微漏或制冷系统出厂时制冷剂充量不足，均可引起空调室内机漏水。其原因是制冷剂在蒸发器的进口处蒸发，引起管壁结霜。经过一段时间，霜层厚度不断增加，直至超过接水槽边沿甚至与室内机面

板接触,因外界热空气的影响,霜层外部融化流水,水流沿着接水槽外侧或面板流向室内,出现滴水现象。只要制冷剂量充足了,漏水现象才能消失。实际操作时,一是应对管路系统进行仔细检查,找出制冷剂不足的原因。如果是泄漏,必须将泄漏点处理好,不然一段时间后又会上水。二是添加制冷剂必须适量。

(6) 空气潮湿。闷热的夏季里,气压较低,室内空气湿度大,在空调器开机制冷初期,湿空气经过蒸发器时,除已形成的冷凝水被排走外,室内机风扇还会将部分冷凝成水珠的空气迅速排向室内,此时从出风口可明显地观察到一些像雾一样的气流。这些水汽中的一部分在出风口沿壁附着,逐渐凝结成大水滴并沿出风口滴下来,形成滴水现象。但这种滴水数量不会很大,时间也不会很长。随着大量水分被排往室外,室内气温降低,空气逐渐干燥,滴水现象会慢慢消失。这种现象不是故障,只是在特定条件下的一种自然现象。

故障 5. 空调室内机组风扇工作,但压缩机不工作。

- (1) 压缩机电机烧坏。
- (2) 压缩机运动部件被卡住,无法启动运行。
- (3) 压缩机启动继电器损坏。
- (4) 压缩机过载保护器跳开不能复位。
- (5) 温控器失灵,触点断开。
- (6) 压缩机电容器被击穿。
- (7) 压缩机电路接点接触不良。

故障 6. 空调室内机组工作但室外机组不工作。

- (1) 选择开关接触不良,造成室外机组不能通电运行:检修或更换选择开关。
- (2) 温控器触点烧坏,使温控器处在断路状态,室外机组不能通电运行:修理或更换温度控制器。
- (3) 过载保护器失灵,不能使过载保护器复位,造成室外机组不工作:修理或更换过载保护器。
- (4) 室外机组运行电流过大,造成室外机组熔丝熔断:检查压缩机和风扇电机的运行电流,修复后更换熔丝。
- (5) 室外机组继电器线圈烧坏或触点损坏,造成室外机组不能通电工作:修理或更换继电器。
- (6) 室外机组的压缩机和风扇经长时间运转磨损过重,造成机械部件卡死或电机烧坏:查明损坏部件,进行修复或更换。
- (7) 室外机组启动电路中的控制元件发生故障,使室外机组不能启动工作:查明原因,进行修理或更换。

故障 7. 空调压缩机工作,室外风扇不运转。

- (1) 室外风扇接线端子松动或接触不良:紧固接线端子。
- (2) 室外风扇电容器被击穿:更换电容器。

(3) 室外风扇熔丝熔断：检查线路，更换熔丝。

(4) 室外风扇线路短路或接地：先测定线间电阻或绝缘电阻，然后排除短路或接地故障。

(5) 风扇电机烧毁：用万用表的欧姆挡测量电机绕组电阻是否正常；用兆欧表测量线间绝缘电阻是否正常。

(6) 风扇卡住：重新调整风扇扇叶。

(7) 风扇继电器接触不良：检查线路，修理或更换继电器。

故障 8. 空调室外机组工作，但室内风扇不工作。

(1) 室内风扇电机工作电流过大，造成熔丝熔断：查明原因，修复后更换熔丝。

(2) 风扇电机磨损严重，造成机械部件卡死，引起风扇电机烧坏：检修或更换风扇电机。

(3) 室内风扇电容器损坏：更换电容器。

(4) 室内机组接线出现故障：检查室内机组接线，重新连接室内机组导线。

故障 9. 空调器开停频繁。

(1) 温控器失灵，引起机组开停频繁：调整或更换温度控制器。

(2) 用电设备过多，造成电源线超负荷工作，电源电压时高时低，引起机组开停频繁：加装电源稳压器。

(3) 过载保护器失灵，引起机组开停频繁：更换过载保护器。

故障 10. 空调器室内温度过低不停机。

(1) 温控器失灵：更换温控器。

(2) 使用不当，将室内温度设置得过低：合理设定室内温度。

(3) 控制电路出现故障：仔细检查空调器控制电路。

故障 11. 空调器开机时间不长就停机。

(1) 电源电压不正常，电压低于 198V 时，空调器自动停机：使用电源稳压器，调整好电源电压。

(2) 电源熔丝熔断：查明原因，更换熔丝。

(3) 室外换热器通过的风量过少，造成冷凝压力过高，压缩机负荷加大，过载保护器跳开：应调整室外换热器的通风量。

(4) 冷凝器积灰太厚，也会造成冷凝压力过高，使压缩机停机：清扫室外冷凝器积灰。

(5) 冷凝器进出口处有障碍物堵塞，造成冷凝压力过高，过负荷保护器触点跳开：清除冷凝器的障碍物。

(6) 冷凝器风扇转速太慢，造成冷凝器风量不足，使冷凝压力偏高，过载保护器起跳：调整电机转速或更换电机。

(7) 室外冷凝器有阳光直射，影响冷凝效果：应加装遮阳板。

(8) 冷凝器气流短路, 循环风量减少, 风冷效果较差: 查出气流短路原因, 排除堵塞物。

(9) 室外冷凝器附近有热源, 影响冷凝效果, 使冷凝压力过高, 引起过载保护器动作跳开: 应排除热源。

(10) 制冷剂充入过多, 冷凝压力过高, 造成压缩机超负荷而停机: 检查制冷循环温度, 按规定充入制冷剂。

(11) 制冷系统内混入不凝性气体: 检查系统内压力, 排除系统内不凝性气体。

(12) 制冷管道堵塞, 造成冷凝压力过高, 压缩机超负荷而停机: 检查制冷管道, 排除堵塞。

(13) 室内热负荷过大, 室内机组吸入的空气温度过高: 应减少热负荷。

(14) 压缩机过负荷, 引起过负荷保护器跳开: 查明原因予以排除。

(15) 压缩机卡缸: 修理或更换压缩机。

(16) 压缩机运转电流过大: 检查电源电压是否正常; 压缩机是否过载。

(17) 压缩机电机绝缘不良, 造成电机烧毁: 修理或更换压缩机。

(18) 压缩机过载保护器故障: 更换过载保护器。

(19) 压缩机轴承润滑性能差, 使轴承破损或卡轴: 更换压缩机轴承或整个压缩机。

(20) 压缩机排气压力过高或吸气压力过低, 使压缩机高低压继电器动作而跳开: 查明压缩机吸排气压力异常的原因, 并予以排除其故障。

故障 12. 空调器启动时发出“嗡嗡”声而不启动。

(1) 电源电压偏低。

(2) 启动电容器击穿。

(3) 控制线路短路。

(4) 高压偏高, 压缩机超负荷。

(5) 启动继电器失灵。

(6) 压缩机电机绕组短路。

(7) 零部件安装位置不正确, 使压缩机卡住。

(8) 压缩机轴承破损或卡住。

(9) 压缩机缺油或润滑油变质, 使运动面摩擦阻力增大。

故障 13. 空调器运转时噪声过大。

(1) 箱体底座螺栓松动: 紧固螺栓。

(2) 室内机组风扇或室外机组风扇扇叶与壳体相碰: 调整风扇扇叶位置。

(3) 室内外机组风扇内有异物: 取出异物。

(4) 室内或室外风扇轴承破损: 更换轴承。

(5) 室内外机组风扇松动: 紧固室内外机组风扇。

(6) 压缩机底脚螺钉松动, 运转噪声大: 拧紧其底脚螺钉。

(7) 压缩机内有异常声音：检查压缩机内的悬挂支撑弹簧是否断裂，阀片是否破损，轴承是否损坏，压缩机是否发生液击以及各配合表面是否磨损严重。查明原因后，排除其故障。

故障 14. 热泵型空调器室外机组不能正常化霜。

- (1) 除霜控制器失灵：更换除霜控制器。
- (2) 除霜控制器触点损坏：修理或更换除霜控制器。
- (3) 除霜定时器损坏：修理或更换除霜定时器。
- (4) 除霜继电器线圈烧坏或触点损坏：更换除霜继电器。
- (5) 除霜控制电路导线连接不牢，造成连接导线松脱：重新接好导线。

故障 15. 热泵型空调器制冷正常但不制热。

- (1) 选择开关接触不良，不能接通制热控制电路，使机组不能制热：修理或更换选择开关
- (2) 电磁换向阀线圈烧坏或阀内部卡死，使换向阀不能换向制热：修理或更换电磁换向阀。
- (3) 温控器触点烧坏，使温控器处于断路状态，导致制热控制电路不工作：调整或更换温度控制器。

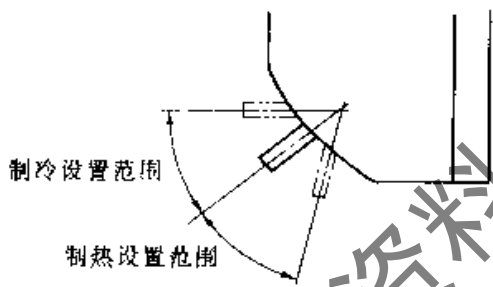


图 4-11 制冷制热设置范围

- (4) 制热继电器线圈烧坏或触点损坏，使机组不制热：更换制热继电器。
- (5) 制热控制电路中某一导线松脱，造成制热电路不工作：重新连接松脱的导线。

故障 16. 空调器工作时，存在室内局部区域较冷而其他地方温度较高现象。

- (1) 安装位置不当。空调器的室内机应安装在某一面墙的中间位置，高度距离地面 2m 左右，不要安装在靠近墙角的地方，造成室内气流循环不畅。
- (2) 出风格栅调整不当。制冷或制热运行时，水平格栅各有其相应的设置范围（见图 4-11），调整垂直格栅，可使空气向左或向右送出，使冷（热）风吹到室内不同地方。

- (3) 室内有热源存在，引起局部区域温度过高。

第三节 汽车空调常见故障分析与排除

汽车空调与普通建筑空调不同，其工作条件较恶劣，经常经受着振动、风吹、日晒、灰尘、长期连续运转等严酷条件的考验，故其最易发生故障。

大中型客车由于空调系统所需功率较大，一般由专门的辅助发动机驱动，对于这一类空调机组，常见的故障经常发生在空调系统本身和辅助发动机上。轿车、中

小型客车（面包车）、货车、各类工程车其空调系统都由汽车主发动机驱动，其发生的故障多种多样，除机械磨损外，保养不良和操作不当也会引起故障。

汽车空调系统故障一般有以下儿种：不制冷或供冷不良；不制热或供热不良；声音异常或有噪声；控制电器及元器件故障以及发动机过热等。在处理这些故障时，一定要首先了解该车型空调系统的工作原理和结构，不能盲目行事，否则，不仅损坏空调器本身，而且空调系统中的高压制冷剂会伤及人体。在了解了系统结构和故障原因后，可借助专用的汽车空调维修工具，按有关规定的操作程序逐项进行修理、排除。

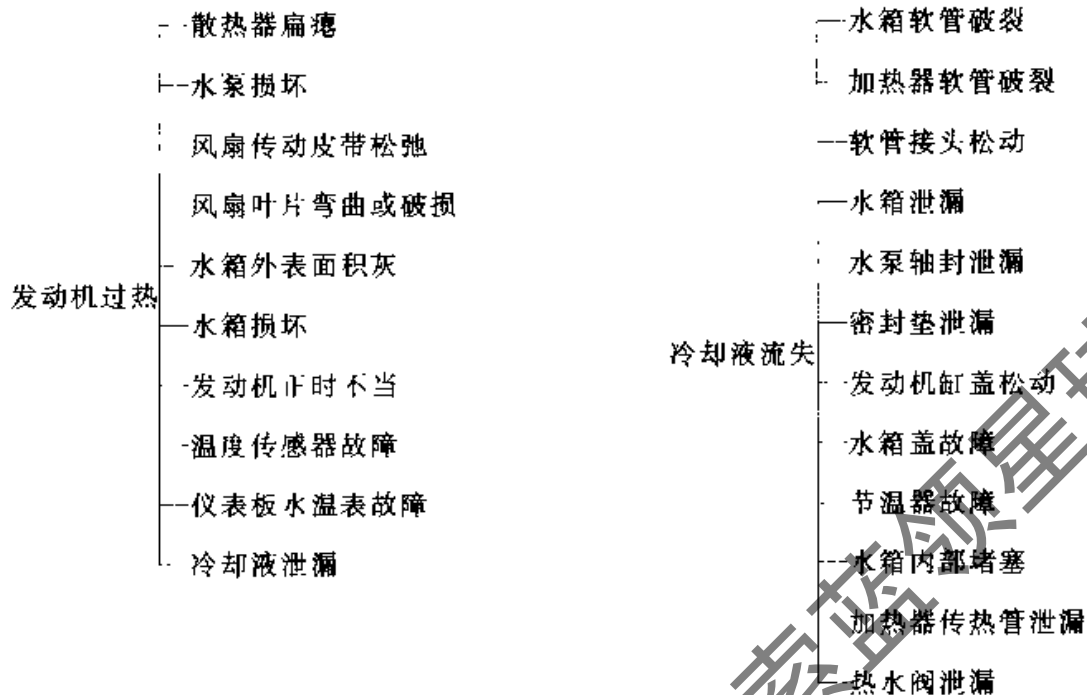
一、汽车空调故障诊断程序

汽车空调系统发生故障时，应按照一定的程序去查找分析故障的原因，这样可以帮助人们有条不紊地进行工作，从而既快又准确地排除故障。

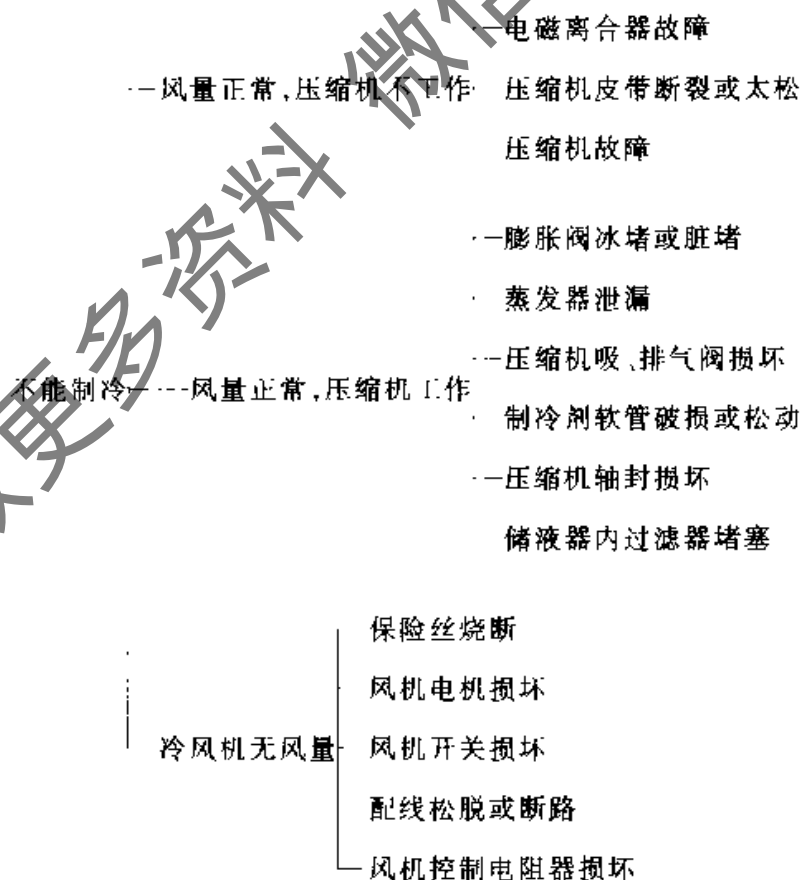
（一）轿车空调故障诊断程序

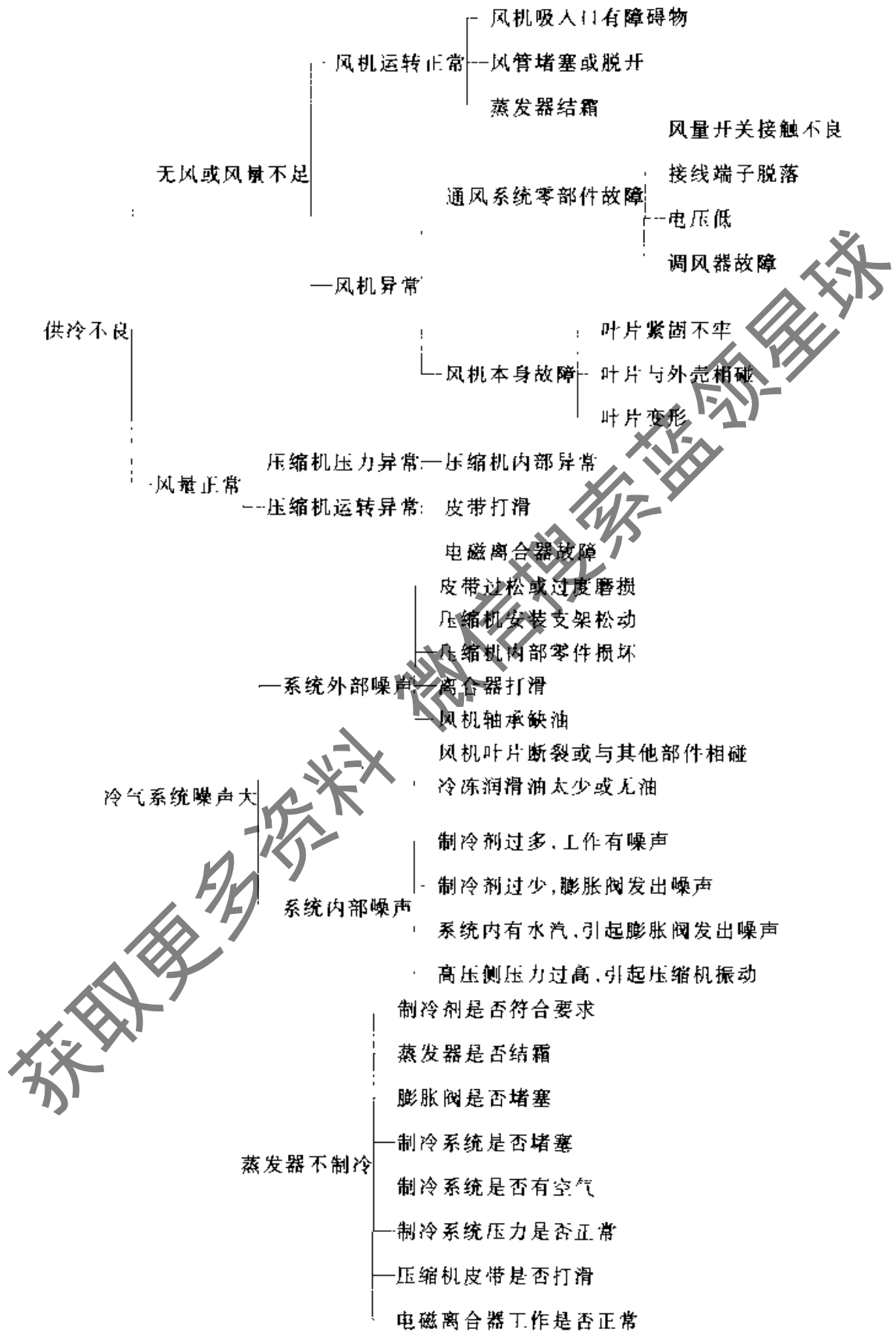
1. 采暖系统

	空调风机损坏
	风机继电器损坏
	热风管道堵塞
	加热器漏风
	温度门真空电机损坏
不供暖或供暖气不足	冷却水管受阻
	加热器翅片变形通风不畅
	热水开关或真空电机损坏
	冷却液不足
	发动机石蜡节温器失效
	加热器管子积垢堵塞
	加热器管子内部有空气
	除霜风门调整不当
除霜热风不足	出风口阻塞
	供暖气不足
	熔断器熔断或开关接触不良
吹风机不转	吹风机电机烧坏
	吹风机调速电阻断路
	调温风门调节不当
加热器过热	风扇调速电阻损坏
	发动机节温器损坏



2. 制冷系统





获取更多资料

只有高速时有冷气

- 冷凝器是否堵塞
- 压缩机皮带或离合器是否打滑
- 压缩机内部零件磨损太大

断断续续有冷气

- 电磁离合器是否打滑
- 膨胀阀是否有冰堵或脏物堵塞
- 电路接线接触是否不良

蒸发器吹出冷风量不足

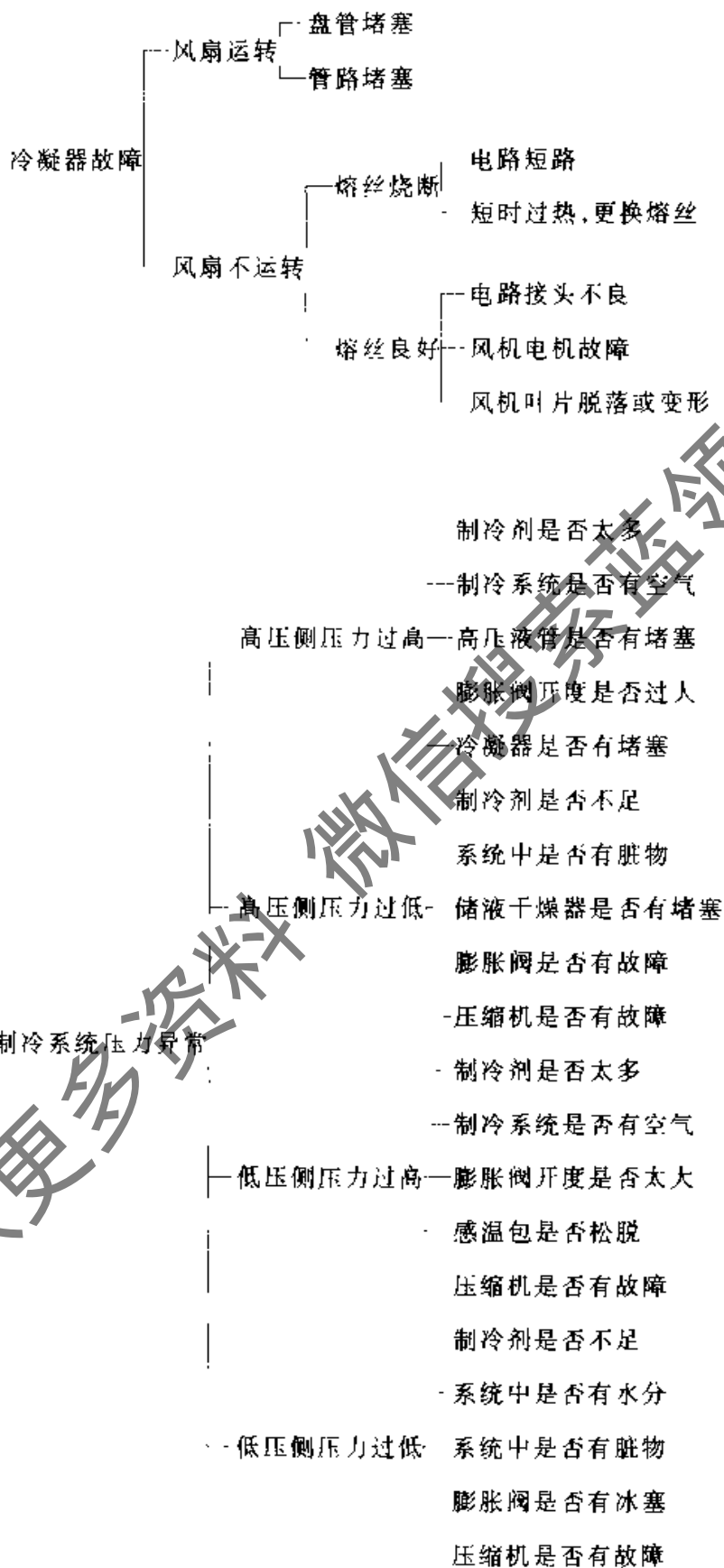
- 蒸发器是否堵塞
- 蒸发器是否有大量结霜
- 风道是否堵塞
- 蒸发器壳体是否漏气
- 鼓风机工作是否正常
- 鼓风机电阻是否损坏

蒸发器吹出冷气不够冷

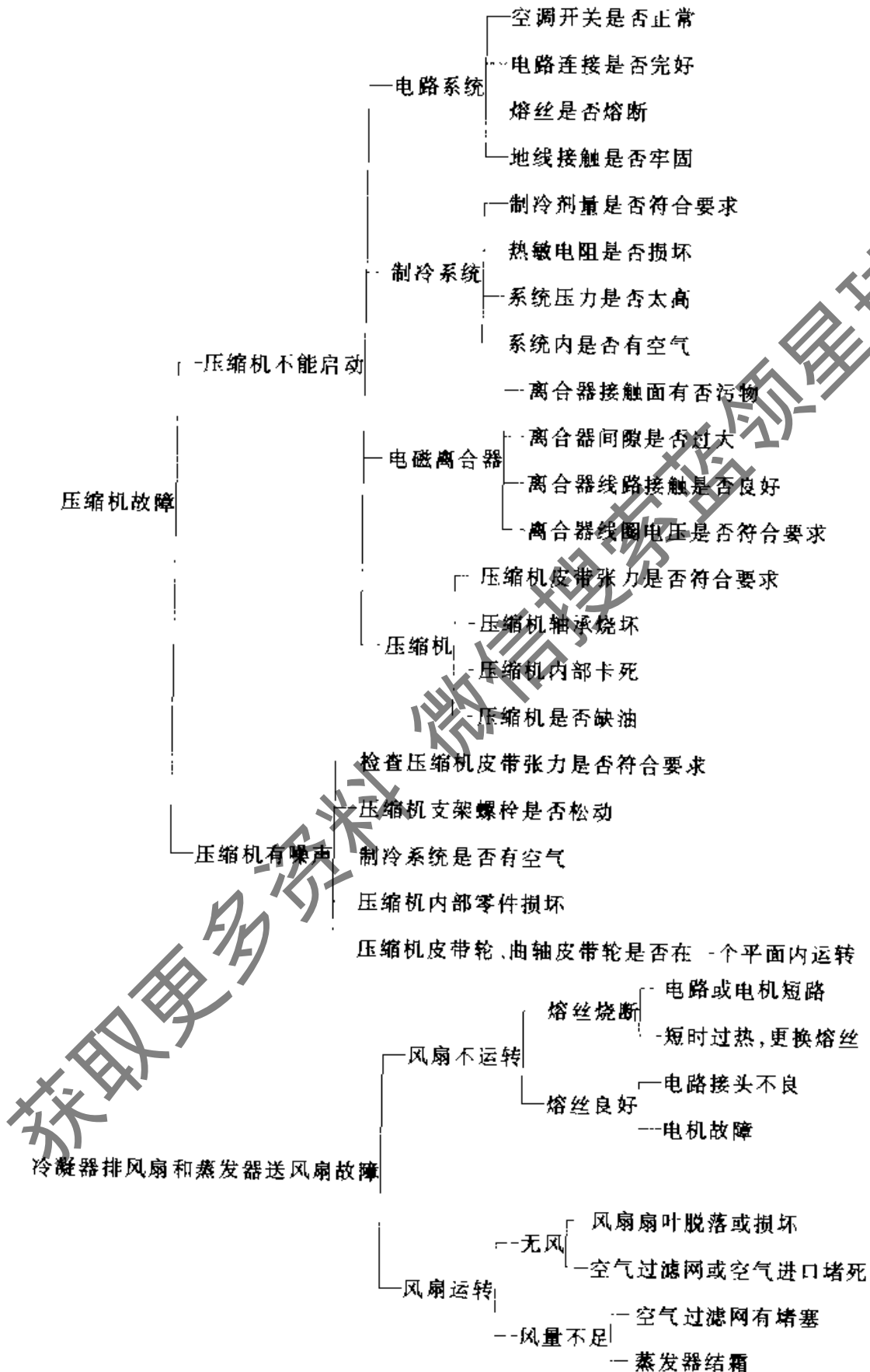
- 制冷剂是否符合要求
- 系统中是否有水分或空气
- 膨胀阀是否开度过大
- 膨胀阀是否有冰塞
- 系统中是否有脏物
- 感温包是否包扎好
- 储液干燥器是否堵塞
- 储液干燥器易堵塞是否溶化
- 系统压力是否正常
- 压缩机皮带是否有故障
- 热敏电阻是否有故障

获取更多资料

微信订阅号 蓝领星球



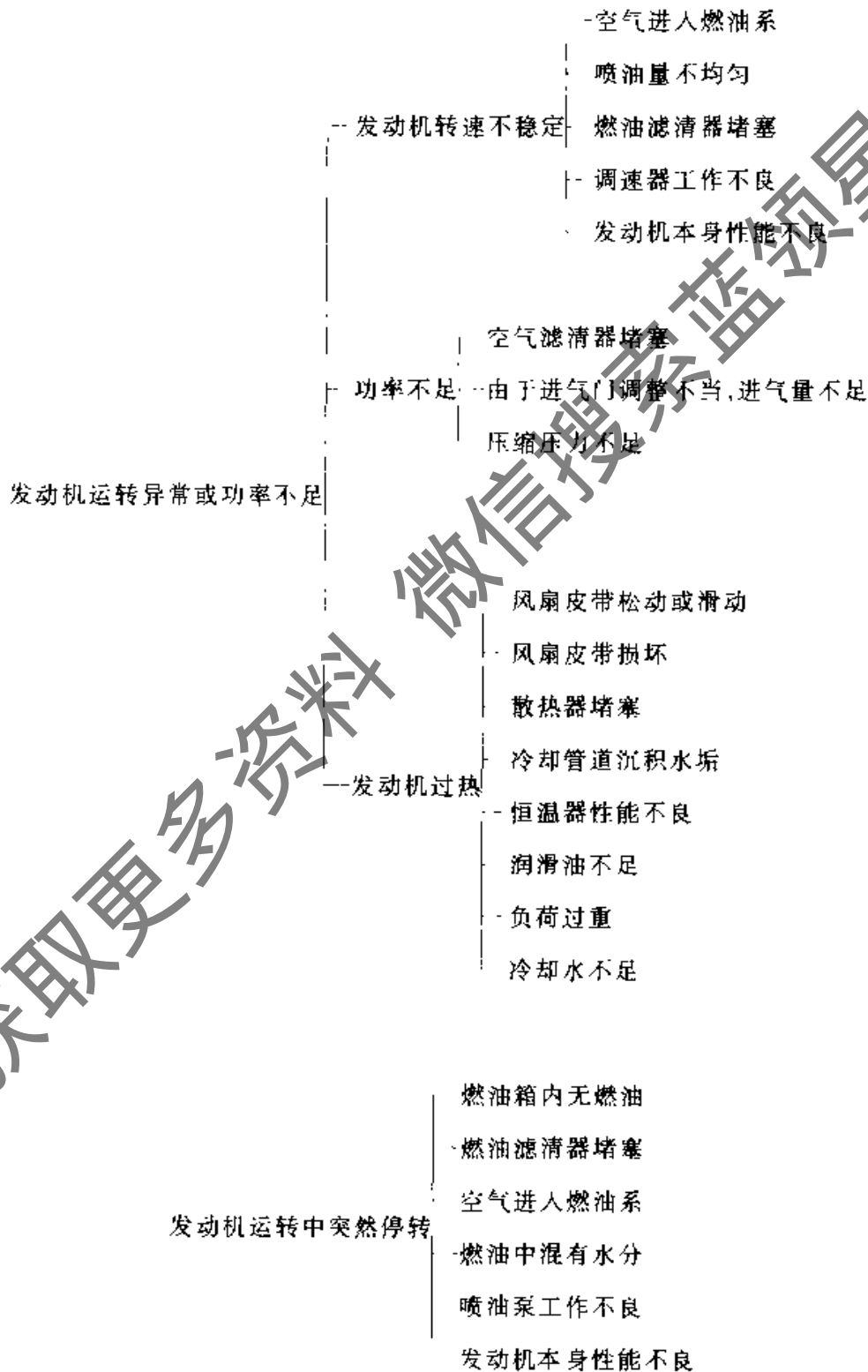
获取更多资料 微信订阅号 领星球



(二) 客车空调故障诊断程序

大客车空调系统大多由独立式发动机驱动，其采暖系统采用独立燃烧式暖气装置。其空调制冷系统的故障诊断程序与轿车空调相似，这里仅介绍独立式发动机和独立燃烧式暖气装置故障诊断程序。

1. 独立式发动机



	蓄电池放电或充电不足
	蓄电池接线柱脱落、松动或腐蚀
— 启动机不转	启动机开关工作不良
	启动机有故障
— 喷油泵内无油	— 接线松动或脱落
	— 燃烧箱无燃油
	— 空气进入燃油系
	— 燃油管、燃油滤清器堵塞
— 喷油泵内有油	— 燃油泵工作不良
	— 喷油泵工作不良
	— 喷油嘴工作不良
	— 高压喷油管接头松动
	— 喷油嘴堵塞
	— 空气滤清器堵塞
	— 燃油中混有水分
	— 喷油时刻失准
	— 压缩压力不足
	— 汽缸和活塞烧伤
— 汽缸内有污物混入	
— 喷油泵柱塞烧伤	
— 启动机转动, 但发动机不能转动	— 机油过多
	— 喷油时刻过迟
	— 机油黏度过低
	— 汽缸磨损, 压缩压力下降
— 由于发动机过冷、燃烧不安全	— 气门导管密封不良
	— 喷油量过大
	— 喷油时刻过早
	— 喷嘴雾化不良
— 发动机冒黑烟	— 喷射压力下降
	— 空气滤清器堵塞
	— 燃油不适当
	— 负荷过重

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

- 机油量不足
- 机油滤清器堵塞
- 油压指示灯不熄
 - 润滑系发生漏油
 - 安全阀工作不良
 - 油压传感器性能不良

2. 独立燃烧式暖气装置

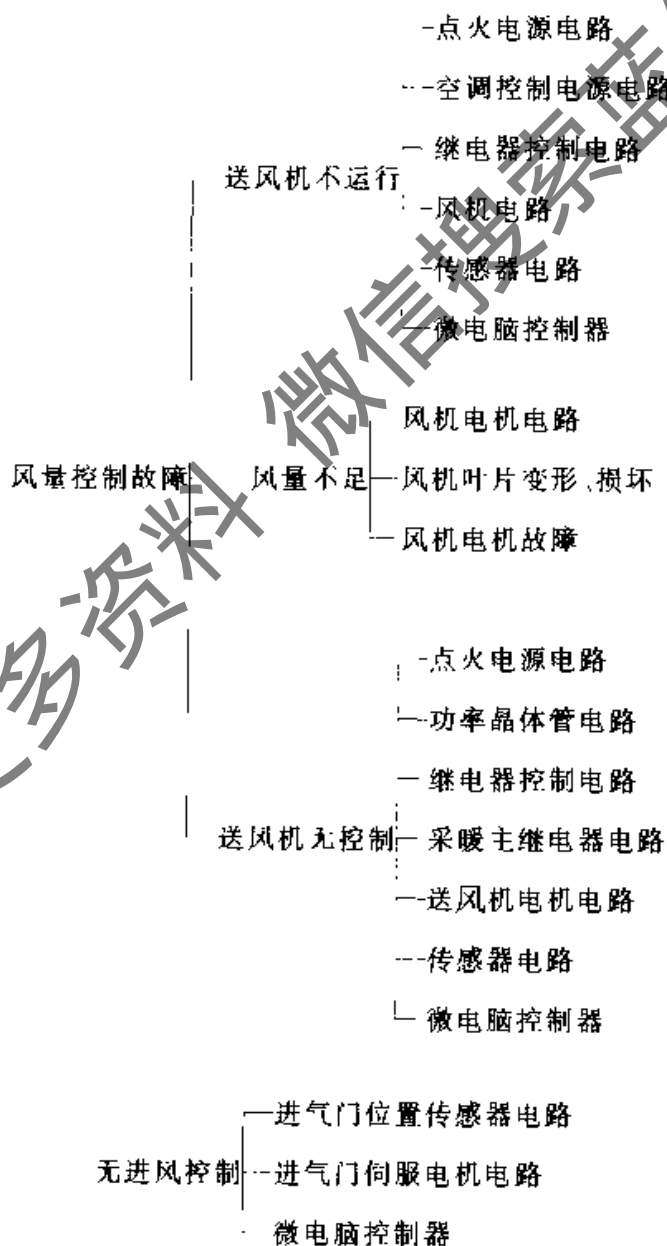
- 加热器不点火
 - 油路不通或油箱缺油
 - 油阀等接头处泄漏
 - 助燃进风口堵塞
 - 电压过低,电热丝不红
 - 温度太低,油料凝固
 - 电热丝损坏或间隙不适当
 - 线路接错或未接地
 - 导线接触不良
 - 碳刷与换向器间污染或接触不良
- 接通电机后电机不转
 - 电压太低
 - 因机械碰撞而下死
 - 熔丝烧断
 - 电机绕组烧坏
- 排烟口冒黑烟
 - 助燃风口不畅
 - 海拔过高,空气稀薄
 - 燃油质量差
 - 燃油雾化不良
 - 油量过大
- 加热器过热
 - 进,出风口不畅
 - 风扇与进口的间隙过大
 - 油泵电机转速高,供油过多
- 运转中有噪声
 - 有机械碰撞
 - 火焰存在喘息声,排烟阻力大
- 点燃后指示灯不亮
 - 微动开关不良或间隙不当
 - 指示灯损坏

获取更多资料 微信号: 蓝领星球

(三) 全自动空调故障诊断程序

全自动空调，其制冷、采暖、通风与普通空调是一样的，前面介绍的一些制冷和采暖系统故障诊断程序仍然适用它。但全自动空调也有其特点，就是控制电路较复杂，所以在此仅介绍其控制系统故障诊断程序。

控制系统主要有以下几方面故障：风量控制不良，主要包括送风电机不转、送风量不改变；温度控制不良，主要包括温度不降低、不升高或降低升高缓慢等；进气控制不良，总是车外空气进来，或总是车内空气循环，两者不能按控制方式来改变；通风控制不良，按动功能选择键后，送出来的空调风不是键上所要求的风门和温度。





二、汽车空调常见故障排除

(一) 轿车空调冷气系统故障诊断

轿车空调冷气系统故障, 大多是冷气不冷、不太冷或噪声太大等。故障类型不

外乎电器电路故障、机械故障或制冷系统故障等。

故障 1. 轿车空调不制冷，即压缩机、风机都不运行。

轿车空调不制冷的原因是多方面的，可从如下几方面来分析判断：

(1) 控制电路熔丝熔断：查明原因后，更换一个同规格的断熔丝。

(2) 控制线或搭铁线断开：检查各接线柱或搭铁是否松动、脱开，重新接好各松动、脱开的电线。

(3) 送风电机线脱开：检查风机电机有无电流通过，若无电流，应修理或更换风机电机。

(4) 风机直流继电器损坏：由于风机的用电量较大，蒸发器风机的电流可达 10A 以上，因此一般都装有专用直流继电器，用小电流来控制大电流，实行分路供电。应检查其线圈是否烧坏，触头是否完好，否则应予以修理或更换。

(5) 电磁离合器线圈烧坏：检查离合器线圈有无电流通过，若无电流，则应修理或更换离合器线圈。

(6) 温控器损坏：对于压力式（机械式）温控器，应检查感温包内的工质是否泄漏，各机构触点有无损坏。对于热敏电阻式（电子式）温控器，可先检查调温电阻是否损坏，热敏电阻的特性是否正常，然后再检查放大器部分。若温控器出现上述故障，则应予以修理或更换。

(7) 压力开关故障：向制冷系统充入 3×10^5 Pa 的制冷剂，若制冷系统能恢复工作，则说明低压开关是正常的；若不能恢复工作，则说明低压开关有故障，这时可将被检查的压力开关短路，若系统能开始工作，则说明该压力开关有毛病。对于高压压力开关也可采用短接的方法来判断其故障。对于发生故障的压力开关，应予以修理或更换。

(8) 风机不运转：检查风机电路是否正常，风机叶片是否卡住、风机电机是否烧坏。

(9) 制冷系统发生泄漏：对系统进行泄漏检查，并修理泄漏处。

(10) 储液干燥器或膨胀阀中的滤网堵塞：根据需要清洗滤网。

(11) 膨胀阀损坏：检查感温包是否腐蚀，是否与蒸发器的尾管贴紧。

(12) 压缩机轴封泄漏：更换压缩机轴封。

(13) 压缩机不能启动：卸下压缩机维修或更换。

(14) 压缩机阀片损坏：更换压缩机阀片。

(15) 传动皮带过松或断裂：张紧或更换传动皮带。

(16) 管路堵塞：用氮气冲洗管道。

(17) 电磁离合器吸合不上：检查电磁离合器故障。

(18) 膨胀阀开启过大，使制冷剂在蒸发器内来不及蒸发：调整、修理或更换膨胀阀，调整膨胀阀时应边调整边观察低压压力。

故障 2. 轿车空调冷量不足。

轿车空调冷量不足的原因如下:

(1) 制冷剂量过少, 视液镜中有气泡, 高低压力都偏低。此时应检漏、修补, 重新充注制冷剂, 直至气泡消失, 压力读数正确。

(2) 制冷剂过多, 视液镜中无气泡, 停机后立即清晰, 高低压力均偏高。此时应从低压侧放出多余制冷剂。

(3) 系统中有空气, 视液镜中有气泡, 高低压力都过高, 压力表抖动厉害。此时应更换干燥过滤器、检漏、反复抽真空、加液。

(4) 系统中有水分, 工作一段时间后, 低压压力成真空状, 膨胀阀结霜、冰堵, 出风不冷, 停机一会再开, 工作又正常, 不久又重复出现上述故障。这可能是真空未抽彻底, 或漏入潮湿空气, 或制冷剂、冷冻油中含有水分。此时应更换干燥器、检漏、反复抽真空, 重新加入干燥的制冷剂和冷冻润滑油。

(5) 系统中有脏物, 低压侧呈现真空, 高压侧压力很低, 储液干燥器或膨胀阀前后管路上结霜或结露, 出风不冷, 关机后情况不能改善, 可以确定是脏堵。此时, 应更换或清洗储液干燥器及膨胀阀滤网。

(6) 压缩机损坏, 内部有泄漏, 表现为低压侧压力过高, 高压侧压力过低, 压缩机有不正常敲击声。这可能是压缩机阀片击碎、轴承损坏、密封垫破损。此时应修理或更换压缩机。

(7) 压缩机传动皮带过松, 造成压缩机转速过低, 出风不冷, 并发出不正常的声音。此时应张紧或更换皮带。

(8) 压缩机离合器打滑, 造成压缩机不能正常运转。此时应卸下离合器修理或更换。

(9) 冷凝器翅片被灰尘堵塞, 造成高压过高, 散热效果不好。此时清理冷凝器上的灰尘。

(10) 冷凝器散热风量过小, 造成高低压侧压力均过高。此时应检查风机转速是否正常, 检查风速开关是否灵活。

(11) 蒸发器风机转速不够, 造成蒸发器大量结霜, 出风不冷。此时应检查风机开关、继电器, 或更换风机。

(12) 蒸发器翅片被灰尘堵塞, 造成送风量减小。此时应用氮气或压缩空气吹净。

(13) 蒸发器空气过滤网被灰尘或杂物堵塞, 造成送风量减小。此时应清洗空气过滤网。

(14) 膨胀阀中的滤网堵塞, 使吸气压力稍低, 排气压力稍高。此时应排空系统, 卸下滤网清洗或更换。

(15) 膨胀阀开度过大, 表现为高低压力都过高, 使过多的制冷剂流过蒸发器来不及完全蒸发。此时应调整膨胀阀的开启度。

(16) 膨胀阀感温包有泄漏, 此时应更换膨胀阀。

- (17) 膨胀阀感温包包扎不好, 绝热层松开。此时应重新包扎好。
- (18) 温控器调整不当。此时应重新调整温控器。
- (19) 蒸发压力调节阀损坏或调节不当。此时应更换或重新调节蒸发压力调节阀。
- (20) 系统中冷冻润滑油过多, 视液镜中有混浊的条纹。此时应放出多余的冷冻润滑油。
- (21) 空调新风门未关严。此时应关严新风门。
- (22) 空调送风管道被异物堵塞, 造成送风量减小、噪声增加。此时应清除管道堵塞物。

故障 3. 轿车空调噪声过大。

可从以下几方面来解决轿车空调噪声过大的故障:

- (1) 电磁离合器噪声, 打滑又不打滑, 结合时噪声。此时应拆下离合器修理或更换。
- (2) 传动皮带噪声, 传动皮带松动打滑或过度磨损产生的噪声。此时应张紧或更换。
- (3) 压缩机噪声, 安装紧固件松动或压缩机零部件有磨损。此时应检查紧固件, 卸下压缩机维修或更换。
- (4) 风机噪声, 风机风叶噪声, 风机电机过度磨损产生的噪声。此时应维修或更换风机和电机。
- (5) 护板松动, 工作时有敲击声。此时应紧固夹紧卡, 消除软管与其他部件的摩擦或碰撞。
- (6) 惰轮、轴承故障, 工作时有“隆隆”声, 用手转动带轮时有粗糙感觉。此时应更换轴承, 检查惰轮、带轮或维修更好。
- (7) 制冷剂充注过多, 高压管路有振动声, 压缩机有捶击声。此时应排掉过多制冷剂, 直至高压表正常。
- (8) 制冷剂过少, 蒸发器进口处有“啞啞”声。此时应检查泄漏处, 重新充注制冷剂。
- (9) 压缩机缺油, 引起零部件干摩擦产生噪声。此时应更换或加注冷冻润滑油。
- (10) 离合器电压不足, 离合器不能完全吸合而产生噪声。此时应充电提高其电压。
- (11) 系统中水分过多, 引起膨胀阀产生噪声。此时应更换干燥过滤器, 抽真空、重新充注制冷剂。
- (12) 高压维修阀处于关闭状态, 引起压缩机有大的敲击声, 高压压力过高。此时应立即打开高压维修阀。

故障 4. 空调开关打开, 制冷压缩机不运转。

以下原因可能引起轿车空调压缩机不运转：

(1) 熔断器熔断、电器元件接触不良、继电器线圈断线。此时应检查各电器元件工作情况，更换损坏的元器件。

(2) 低温保护开关起作用，当环境温度低于 15℃ 时，低温保护开关自动切断压缩机。此时应检查环境温度是否低于 15℃，以及低温保护开关工作是否正常。

(3) 温控器旋钮调在温度高的挡位上，而这时车内温度已很低，温控器不能接通压缩机工作。此时应正确调节温控器旋钮。

(4) 热敏电阻损坏，不能正确感应温度，应检查并更换热敏电阻。

(5) 电磁离合器不工作，应检查电磁离合器线圈是否断线，修理或更换离合器线圈。

(6) 电磁离合器吸合不上，不能带动压缩机运转，应检查离合器间隙是否过大，重新调整其间隙。

(7) 制冷剂泄漏完，低压保护开关起作用，使压缩机不能启动，应检查系统泄漏部位并修复它。

(8) 压缩机轴承损坏或缺油，应更换轴承并按规定加注润滑油。

(9) 压缩机咬缸，汽缸内可能有异物或活塞长期磨损后位置发生变化而卡住，应卸下压缩机进行维修或更换。

(10) 高压保护开关起作用，使压缩机不能启动，应检查冷凝压力是否过高，系统是否堵塞。

(11) 传动皮带过松，皮带与皮带盘发生滑溜，未能驱动压缩机运转，应检查皮带的松紧，以能用姆指压下 12~15mm 为宜，调整发电机或其他张紧轮的位置。

(12) 发动机怠速自动调整机构失灵，空调安全电路工作，使压缩机离合器脱开，有些轿车空调制冷系统设有发动机怠速自动调整机构，其目的是在启动空调时，将发动机怠速转速相应提高，以防发动机熄火。此外，在电系装置安全电路，其功用是当发动机转速低于规定的怠速时，压缩机离合器自动分离，防止发动机熄火。由于怠速自动调整机构失灵致使安全电路工作，使离合器分离，压缩机不运转。相应怠速的高低可通过调节化油器调节旋塞来控制。

故障 5. 轿车空调断断续续降温。

这主要是由于系统冰堵，温控器和继电器故障，以及压缩机离合器打滑、线圈接触不良等原因引起的，其处理方法如下：

(1) 系统冰堵，膨胀阀感温包松动或腐蚀，应检查感温包、更换膨胀阀、更换系统中干燥剂。

(2) 蒸发压力调节阀粘连无法启动，应放净系统制冷剂，更换干燥过滤器，使蒸发压力调节阀复位，抽真空后重新充注制冷剂。

(3) 温控器故障，应修理或更换温控器。

(4) 继电器、风机电机故障，表现为工作断断续续，应卸下故障零件修理或更

换。

(5) 压缩机离合器打滑，应卸下离合器重新调整间隙。

(6) 压缩机离合器线圈接触不牢、搭铁不良、连接松动，工作时离合器过早分离，应检查接头、或将离合器线圈卸下进行维修或更换。

故障 6. 轿车空调使用一段时间后，降温效果变差。

据多数驾驶员反映，轿车空调开始时制冷效果较好，使用一段时间后，出风口处的风不冷，观察窗内出现气泡，高压表与低压表上的压力值均偏低。

上述故障主要是制冷系统中制冷剂不足造成的。汽车经常在高低不平的路面上行驶，由于振动引起制冷系统中连接接头松动，出现渗漏，使系统中制冷剂减少，循环量不够，则蒸发器的吸热能力降低，制冷效果下降。

排除其故障时，首先找出系统中的泄漏部位，一般在渗漏处有明显的油迹出现，用肉眼就能看到，然后对泄漏点进行修补，并对系统抽真空，再向系统中充注制冷剂。

故障 7. 轿车空调压缩机常见故障分析。

由于轿车空调压缩机工作在高温和转速急剧变化的状态下，其故障时有发生，主要表现在如下几方面。为便于广大的驾驶员和汽车空调维修人员分析判断压缩机常见故障，特列成一个故障诊断程序图形式，供大家参考（见图 4-12）。

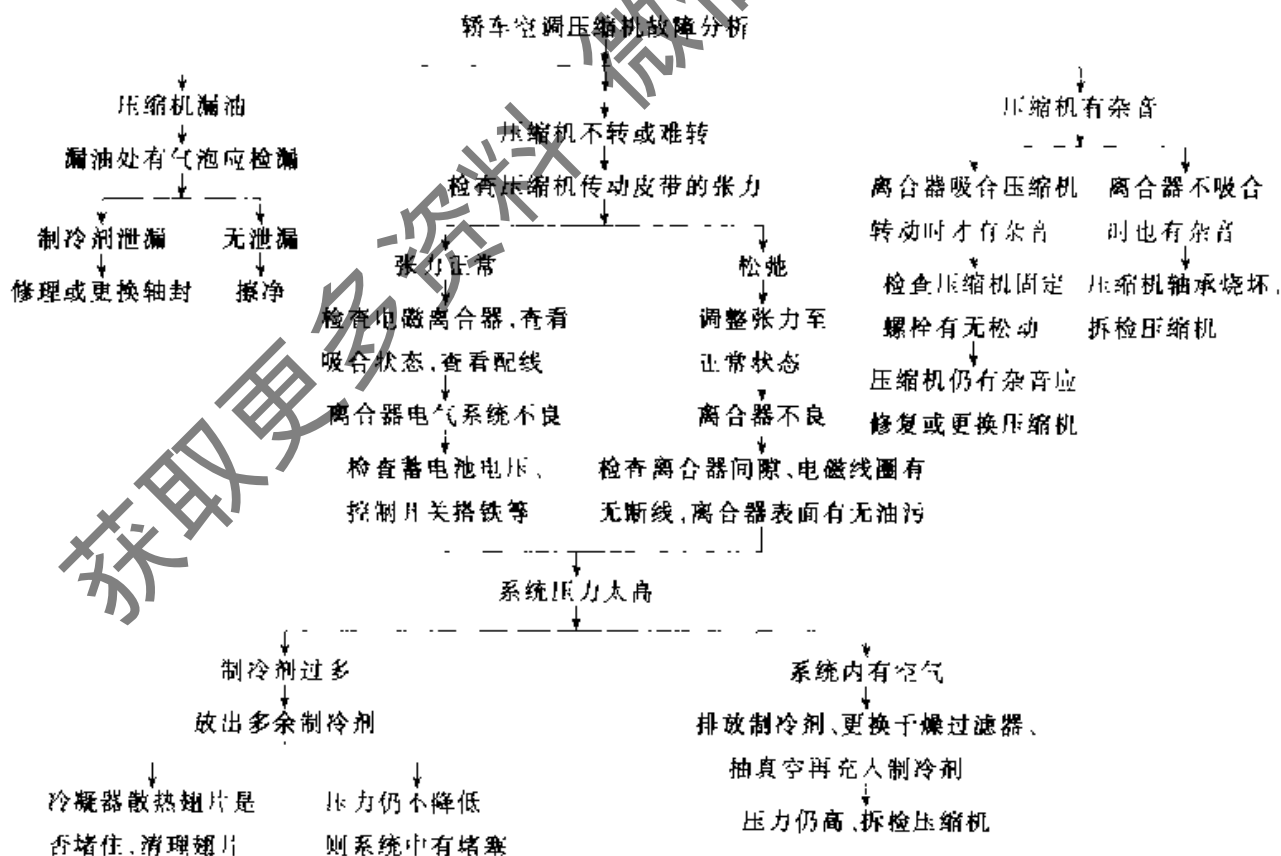


图 4-12 轿车空调压缩机常见故障诊断程序图

(1) 压缩机活塞与缸体咬毛，应更换活塞和缸套，无法更换时，整个压缩机报

废，换上同型号的新压缩机。

(2) 压缩机阀片和阀板破碎，都将引起阀门关闭不严，若阀片损坏时可更换，阀板变形时可用平板研平。

(3) 压缩机密封垫击穿，造成高低压串通，无法建立起高低压，应必须更换密封垫。

(4) 压缩机轴封泄漏，轴封由压板、摩擦环、轴封橡胶、弹簧、“O”形密封圈等组成，压板和摩擦环、压板中“O”形圈与前盖、“O”形圈和主轴构成了三个密封面，轴封用久了会磨损，“O”形橡胶圈会老化，这些都会导致泄漏。此时应更换整个密封组件。

(5) 皮带盘轴承损坏，过大的皮带张力会造成轴承径向力过大，吸盘与皮带盘咬死后也会使轴承烧坏。此时应更换同型号的新轴承。

(6) 电磁线圈短路或断路不能产生吸力，若线圈损坏只能重绕或更换。

(7) 吸盘和皮带盘之间间隙太小，结果造成吸盘和皮带盘平面咬毛或咬住，甚至将皮带盘烧焦。此时应用专用工具松开吸盘紧固螺母，拆下吸盘和皮带盘，若是轻度咬毛，可用油石修整，严重的则用专制芯棒在磨床上用塞磨方法修整，然后在再度装配时注意用垫片来调整间隙，正确的间隙应为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ ，可用厚薄规测量。

故障 8. 压缩机运转时，电磁离合器自动分离，使压缩机开停频繁。

在分析该故障时，应首先明确能够控制电磁离合器分离、结合的有哪些控制部件。在轿车空调中，常见的控制元件有温度控制器和压力开关。当车室内温度低于规定值时，温控器起作用，自动切断电磁离合器电路使其分离脱开，压缩机停止工作，其故障主要有温度设定值不当（设定值偏高）和温控器本身故障。另外，轿车空调在运行过程中，如低压压力低于压力开关的低压控制值时，压力开关触点打开，切断电磁离合器控制电源，离合器分离，压缩机停止运转。如系统高压压力超出压力开关高压控制值时，压力开关触点打开，控制电源切断，压缩机停止运转。

引起压缩机开停频繁一般有如下诸方面原因：

(1) 温度设定值偏高，使空调在短时间内就达到规定的温度值，温控器通断的时间间隔较短，引起压缩机开停频繁。

(2) 温控器本身故障。对于机械压力式温控器应检查触点、感温包、调整机构是否发生故障；对于热敏电阻式温控器应检查热敏电阻、调温电阻、有关控制电路元器件是否出现问题。

(3) 压力开关控制值调节不准，如低压控制值过高或高压控制值过低。应重新调整压力开关控制值。

(4) 制冷系统内制冷剂泄漏较多，造成低压压力太低。

(5) 自动停机电路某处接地。

(6) 系统堵塞。干燥过滤器的滤网被杂物堵塞或感温包安装不当，系统管道被

碰撞使制冷剂流动受限等。

(7) 冷凝器外表面污物积存太多, 散热片被杂物堵塞, 冷凝器风扇不转动等原因造成冷凝器冷却能力差。

(8) 制冷剂注入过多, 造成高压端压力异常高。

(9) 制冷系统混入空气, 引起系统内压力过高。

故障 9. 压缩机电磁离合器产生噪声。

电磁离合器噪声是由下列几方面原因造成的:

(1) 皮带轮未拧紧, 应拧紧固定螺钉。

(2) 压缩机轴上的键有故障, 应修复或更换。

(3) 电磁离合器打滑, 应清洗或更换磨损严重的零件。

(4) 电磁离合器轴承破损, 应更换轴承。

(5) 电磁离合器间隙过大, 应重新调整间隙。

(6) 电磁离合器电压不足, 断断续续吸合产生噪声, 应充电提高蓄电池电压。

故障 10. 轿车空调压缩机离合器经常打滑。

压缩机电磁离合器经常打滑可从以下几方面着手处理:

(1) 空调继电器接触不良, 应检查继电器, 修复或更换。

(2) 离合器供电电压不足, 应给蓄电池重新充电。

(3) 离合器摩擦片有油污, 应拆下离合器进行清洗。

(4) 离合器间隙过大, 应重新调整离合器间隙。

(5) 压端机负载过重, 检查系统内制冷剂是否过多、以及是否混有空气。此时应放掉多余制冷剂、排除系统内空气。

(6) 压缩机内部的活塞与汽缸、曲轴与轴承因磨损过度、位置变形, 使其被卡, 压缩机运动阻力增大, 引起离合器打滑。此时应拆下压缩机零件进行修理或更换。

故障 11. 轿车空调送风机不运转。

送风机不运转的原因如下:

(1) 熔断器熔断, 应更换熔断器。

(2) 电路有短路故障, 应找出短路原因并修复。

(3) 蓄电池供电电压低, 应检查蓄电池电压是否是 12V 或 24V。

(4) 线路接触不良, 应检查并修复使其接触良好。

(5) 接地不良, 应检查修理, 使其接地良好。

(6) 风机叶片卡住, 应检查叶片是否变形, 检查风机内是否有异物, 排除并修复。

故障 12. 轿车空调送风机风量不足。

送风机风量不足由如下原因引起:

(1) 送风格栅或过滤网被灰尘、异物堵塞, 应除去异物, 清洗送风格栅或过滤

网,使风道通畅。

- (2) 蒸发器翅片被灰尘堵塞,应定期清除翅片上灰尘。
- (3) 蒸发器结霜堵塞蒸发器通道,应查明原因,定期除霜。
- (4) 蒸发器风机转速过低,应检查风机电路和继电器,找出故障并排除。

故障 13. 轿车空调压缩机发出噪声。

压缩机噪声是由下列几方面原因引起的:

- (1) 制冷剂过多,应排除多余的制冷剂。
- (2) 冷冻润滑油过多或过少,应保持正常油量。
- (3) 压缩机进排气阀片损坏,应更换进排气阀片。
- (4) 压缩机活塞环破损,应更换活塞环。
- (5) 压缩机敲缸,应修理或更换压缩机。

故障 14. 压缩机皮带轮常见故障分析。

可从以下几方面考虑皮带轮常见故障:

(1) 制冷剂过多,高压过高,压缩机负荷过大,皮带轮打滑。此时应排去多余制冷剂。

- (2) 惰轮轴承损坏,应更换其轴承。
- (3) 皮带尺寸规格不合,应更换皮带。
- (4) 皮带过紧或过松,应重新调整。
- (5) 皮带轮不对中,应重新调整皮带轮轴向位置。

故障 15. 轿车空调蒸发器不制冷。

蒸发器不制冷有以下几方面原因,相应的解决方法是:

(1) 膨胀阀脏堵,应清除膨胀阀堵塞物,再重新抽真空灌注制冷剂。

(2) 膨胀阀冰堵,应排除系统中水分,更换储液干燥器,重新抽真空加注制冷剂。

- (3) 制冷剂泄漏完,应查明系统泄漏处,补漏、抽真空、灌注制冷剂。
- (4) 蒸发器盘管表面结霜,应重新调整温控器进行除霜。
- (5) 离合器不能正常工作,应检查离合器,修理或更换。
- (6) 传动皮带打滑,应重新张紧皮带。
- (7) 储液干燥器堵塞,应更换。

- (8) 压缩机高压过高,应查明高压过高原因予以排除。
- (9) 压缩机吸气压力过低,应检查吸气压力过低的原因并予以排除。
- (10) 压缩机吸气压力过高,应查明吸气压力过高的原因并予以排除。

故障 16. 轿车空调软管或接头发生泄漏。

软管或接头发生泄漏故障可从以下几方面处理:

- (1) 软管老化破损,应更换损坏的软管。
- (2) 接头松动,应重新拧紧或更换接头。

- (3) 接头螺纹破损, 应更换接头。
- (4) “O”形密封圈损坏, 应更换密封圈。

故障 17. 电磁离合器不能工作。

其不工作的原因有如下几方面:

- (1) 熔丝烧断, 应查明原因, 重新更换。
- (2) 离合器电路断电, 应检查导线是否断线、接头是否松动、各种开关是否失灵, 若不能修理, 应重新更换。
- (3) 压缩机损坏, 应修理或更换压缩机。
- (4) 离合器供电电压过低, 应检查接头和导线是否接触良好, 若松动应重新接好。
- (5) 恒温开关损坏, 应更换。
- (6) 离合器电磁线圈短路, 应更换电磁线圈。
- (7) 离合器轴承破损, 应更换轴承。

故障 18. 轿车发动机过热。

可从以下几方面处理轿车发动机过热故障:

- (1) 发动机冷却水路堵塞, 应用高压水冲洗。
- (2) 发动机散热器冷却风量不足, 应更换风扇, 增大风量。
- (3) 冷却液不足, 应检查密封接头处是否泄漏, 若有泄漏应更换密封橡胶。
- (4) 水箱盖泄漏, 应更换密封橡胶垫。
- (5) 空调冷凝器翅片被灰尘和杂物堵塞, 应清理翅片上灰尘和杂物。
- (6) 散热器风扇皮带打滑, 应重新张紧皮带。
- (7) 发动机点火不正时, 应调整正时点火。

故障 19. 轿车空调送风机转速过低。

造成送风机转速过低的原因及解决方法是:

- (1) 固定叶片的螺钉松脱, 应拧紧螺钉。
- (2) 风机电压过低, 检查电源电压和电路电压, 排除其故障。
- (3) 风机调速电机烧坏, 更换电阻。
- (4) 风机轴弯曲, 将电机和风机轴对中。
- (5) 检查风机电路是否接触不好或短路, 排除其故障。

故障 20. 轿车空调蒸发器结霜。

轿车空调蒸发器结霜可从以下诸方面进行处理:

- (1) 制冷剂过多, 应排除多余制冷剂。
- (2) 膨胀阀工作不正常, 应更换膨胀阀。
- (3) 蒸发器进气滤网堵塞, 阻碍热交换, 应拆下进气滤网进行清洗。
- (4) 蒸发压力调节阀调定的压力过低, 应重新调整其压力值。
- (5) 流过蒸发器的风量不足, 应提高蒸发器风机转速。

(6) 温控器感温包位置安装不正确,不能准确地感应出蒸发器表面温度,应重新调整感温包的位置。

(7) 温控器失灵,温控器用以控制压缩机的开停,蒸发器温度升高时,温控器触点闭合,压缩机运行制冷,使蒸发器温度下降;若温控器失灵会使压缩机停不下来,不停的制冷会使蒸发器表面温度越来越低,低于 0°C 时便会使流过蒸发器的空气析出水结成霜。此时应更换温控器。

(8) 温控器调定温度过低,导致空气过冷使析出的水结霜。此时应重新调整温控器的调定值。

故障 21. 轿车空调压缩机吸气压力过高、排气压力过高。

该故障可能由以下原因引起:

(1) 制冷剂过多。制冷剂过多会引起吸气压力和排气压力同时过高,这是因为过多的制冷剂装满储液器后,就会占去冷凝器的一部分容积,减少了散热面积,引起冷凝器冷凝效果不良。从低压侧放出多余的制冷剂即可。

(2) 膨胀阀开度过大,使节流效应减小,制冷剂不能充分气化吸热,引起低压压力升高,而且有液态制冷剂流回压缩机,产生液击。可以将膨胀阀的调节螺母拧紧半圈到两圈,把低压压力调到正常范围内。

(3) 压缩机吸气阀片破碎,致使压缩机不能吸入蒸发器中的制冷剂气体,就会导致低压过高。这时要拆下压缩机维修。

(4) 蒸发器进风温度过高。当环境温度较高时,会使蒸发器回风温度也高,从而使低压压力也随之升高。这时应调小新风门,减少新风量,增大车室内循环风量。

(5) 系统中混入空气。由于空气为不凝气体,制冷管路中有空气,就会使系统压力升高。处理方法是彻底放掉制冷剂,重新抽真空、查漏、加注新的制冷剂。

(6) 膨胀阀感温包未绝热包扎好或包扎不良,会引起膨胀阀开启过大,使低压压力偏高。应重新将感温包包扎好。

(7) 冷凝器与发动机散热水箱距离太近,影响冷凝器散热冷却。应重新调整其间隙。

(8) 冷凝器风机不运转,应修理或更换冷凝器风机。

(9) 冷凝器风机风量不足。应检查风机电路是否接触不良,风机是否有异物阻挡,冷凝器翅片是否积灰过多,查明故障原因予以排除。

故障 22. 轿车空调压缩机吸气压力过高、排气压力正常。

可从以下几方面排除其故障:

(1) 蒸发器进风温度过高,应调小新风门,减小室外新风量,同时关闭车门窗,不让室外热空气进入车室内。

(2) 膨胀阀开度过大,应调小膨胀阀开度。

(3) 压缩机吸气阀片损坏,应更换吸气阀片。

- (4) 压缩机汽缸垫漏气, 应更换汽缸垫。
- (5) 膨胀阀感温包内液体漏完, 应更换膨胀阀。
- (6) 膨胀阀感温包松动或绝热不良, 应扎紧, 保证接触良好, 并加强绝热保护。

故障 23. 轿车空调压缩机吸气压力正常、排气压力过高。

压缩机排气压力过高的故障可从以下几方面排除:

- (1) 系统内有空气, 应排出空气, 重新抽真空加注制冷剂。
- (2) 制冷剂过量, 应放掉多余制冷剂。
- (3) 冷凝器翅片上有污泥、杂物, 影响其散热, 应清洗冷凝器。
- (4) 冷凝器风机不工作, 应检修或更换风机。
- (5) 冷凝器传动皮带松动, 应重新调整皮带松紧度。
- (6) 储液干燥器堵塞, 应更换储液干燥器。
- (7) 管路堵塞, 应清除堵塞物, 重新抽真空灌注制冷剂。
- (8) 冷凝器风量不足, 应重新调整或更换风机。
- (9) 发动机水箱与冷凝器距离过小, 应重新调整两者之间距离, 以利于冷凝器散热冷却。

故障 24. 轿车空调压缩机吸气压力过高、排气压力过低。

造成该故障的主要原因及其解决方法如下:

- (1) 压缩机排气阀片破碎。它使压缩机不能把高温、高压的制冷剂气体排入高压管路, 从而造成高压过低。应更换排气阀片。
- (2) 压缩机汽缸垫击穿, 造成高低压串通。应更换压缩机汽缸垫。
- (3) 蒸发压力调节阀调定值过高。应重新调整其调定值。
- (4) 温控器感温包安装位置不当。应将感温包或热敏电阻安装在能反映蒸发器温度的地方。
- (5) 膨胀阀开度过大, 使节流效应减小, 制冷剂大量流入蒸发器, 使吸气压力过高、排气压力较低。可将膨胀阀的调节螺母拧紧半圈到两圈, 直至其开度适宜, 吸、排气压力正常。

故障 25. 轿车空调冷凝器的常见故障。

其常见故障如下:

- (1) 冷凝器管道和散热翅片上有污垢, 若有污垢附在上面, 制冷剂的冷凝能力就要下降, 同时制冷系统高压压力极度升高。应清除管道和散热翅片上的污垢和杂物。
- (2) 冷凝器散热翅片表面有异物堵塞。用压缩空气吹净。
- (3) 冷凝器散热翅片弯曲变形。用尖嘴钳校正。
- (4) 冷凝器管道及接头破损。冷凝器大多安装在车辆水箱前面, 因此, 行驶于不良路面时, 道路上飞起的石子及路面的坑凹会碰伤管子。另外, 发生撞车等交通

事故前部受伤较多，都会造成管子破损及翅片变形。破漏的冷凝器可焊修或换用与原型号、规格相同的新冷凝器。

(5) 冷凝器安装位置不当。若冷凝器和风扇不对中，气流就不能吹遍冷凝器的表面，结果是排气压力高于正常值。若冷凝器过分靠近散热器，就会相互影响各自的散热能力。应正确安装调整冷凝器位置。

故障 26. 轿车空调压缩机吸气压力过低、排气压力过低。

该故障的主要原因如下：

(1) 系统内制冷剂不足。这将引起吸气压力过低，同时排气压力也较低，在视液镜中可看到气泡在流动。若视液镜中看不到气泡，高、低压力均极低，则是制冷剂已漏光。这时要对系统重新抽真空、查漏，并充注制冷剂。

(2) 脏堵。当制冷系统中有杂物、油污时，就会在膨胀阀或储液干燥器处产生堵塞现象。此时在储液干燥器的前、后管路有明显的温度差或在膨胀阀处结霜。这时要更换储液干燥器，清洗膨胀阀，然后重新抽真空，加注制冷剂。

(3) 冰堵。当制冷系统中存在水分时，水分经过膨胀阀的节流孔时，由于温度低于 0°C ，水分就会在节流孔周围结冰而堵塞系统，使吸气压力过低，空调出现断续制冷现象。可通过更换干燥器以吸收系统中的多余水分来排除冰堵。

(4) 膨胀阀开度过小。其所产生的效应与系统脏堵相类似，可通过调松膨胀阀的调节螺母，将低压压力调到正常值。

(5) 膨胀阀感温包中的气体已泄漏。其气体泄漏后，就会使膨胀阀孔关小或关闭，使管道不通畅。这种情况要更换新的膨胀阀。

(6) 蒸发器结霜或吸入的空气量不足。当蒸发器结霜时，要检查蒸发器鼓风机转速是否偏低、蒸发器风机皮带是否松动、蒸发器进风滤网是否积尘堵塞等。

(7) 压缩机活塞磨损严重，引起压缩机效率下降。应修理或更换压缩机。

(8) 压缩机吸气阀泄漏。应更换阀板、阀片。

(9) 压缩机排气阀损坏。应更换排气阀片。

(10) 压缩机汽缸垫泄漏，应更换汽缸密封垫。

故障 27. 轿车空调储液干燥器常见故障。

其常见故障如下：

(1) 储液干燥器中的干燥剂达到饱和吸水状态。由于系统中含有的水蒸气量过多，使吸湿材料达到饱和状态，引起材料的膨胀，其间隙通道势必减小。应更换一个同规格的储液干燥器。

(2) 储液干燥器堵塞，其进出口有明显的温差。由于系统中杂质过多，使过滤网积污过多，引起通道堵塞，增加通道的阻力，这时制冷剂通过滤网时出现节流现象，从而使储液干燥器出口管路温度比进口管路的低，轿车空调一旦运行，干燥器的外部出现有潮湿冰冷现象，有时还会结霜。一遇到这种情况，不必修理它，更换一个同规格的储液干燥器。

(3) 储液干燥器进出口接头破损, 应更换一个储液干燥器。

故障 28. 轿车空调膨胀阀常见故障。

(1) 感温包内充填介质泄漏, 造成膨胀阀关死, 制冷剂不循环。其现象是制冷系统刚启动运行就抽真空, 车室内温度一点也降不下来, 膨胀阀没有一点气流声。初步判定故障后, 就应拆下膨胀阀, 卸下过滤网, 用橡皮球试验阀孔是否畅通, 如吹不通, 则说明阀孔不通, 需修理或更换感温机构。

(2) 膨胀阀进口处的过滤网堵塞。膨胀阀的进口所安装的过滤网, 是用以过滤制冷剂中的杂质, 不使阀孔被堵塞。当过滤网里的杂质积存过多时, 网孔就不畅通, 甚至全被堵塞。其现象是吸气压力低或抽真空, 车内温度降不下来, 而半个膨胀阀或整个膨胀阀结白霜, 侧耳细听膨胀阀有微弱的“吱吱”的断续声, 这说明滤网不畅通, 但还没有全部堵塞。当用扳手柄轻敲阀的进口接头时, 若听到“吱吱”声比原来的声音响, 则证实滤网的网孔大部分被堵塞。但堵塞严重的是听不到气流声的, 阀体也不结霜, 而且用扳手敲也无效。过滤网堵塞的排除方法是拆下滤网进行清洗、烘干后再装上使用。

(3) 膨胀阀节流孔被杂物堵塞。应拆下膨胀阀清除堵塞物, 拆下清洗前要用深度游标尺仔细测出调整螺钉至管口的公差, 作为清洗后装复时的依据。因为汽车空调膨胀阀的调整螺钉在出厂前已配合蒸发器容量调整好了。装复后的膨胀阀进出口应导通, 滴几滴冷冻润滑油, 吹净后即可使用。安装时感温包应紧贴蒸发器尾部, 不允许松动。

(4) 系统中有水分, 在膨胀阀节流孔处冻结成冰, 堵塞膨胀阀通道。轿车空调制冷系统刚开始运转时, 其工作较正常, 经若干时间运转后, 其吸气压力急速下降以致呈现出真空状态, 车室内气温开始回升, 侧耳倾听不到膨胀阀的流动声。为了验证阀孔是否冰塞, 可用酒精灯对膨胀阀体加热 (不要停机), 加热一、二分钟后, 若听到流动声, 吸气压力又随着上升, 膨胀阀又开始结白霜, 证实阀孔是冰塞, 应着手排除故障。排除故障的方法是干燥系统并抽成真空, 然后充入不含水分的制冷剂。

(5) 润滑油凝结温度过高而冻结。当制冷剂液体进入膨胀阀孔节流后, 其温度急速下降, 部分冷冻润滑油被分离出, 并粘在阀孔周围, 当蒸发温度低于冷冻润滑油的凝固点时, 润滑油会凝结成浆糊状, 糊状冷冻润滑油增多后, 阀孔就被阻塞。应更换成低凝固温度的冷冻润滑油。

(6) 膨胀阀有“啞啞”的响声。检查系统中制冷剂是否不足, 液管阻力是否过大, 使液体进入阀前产生“闪气”。

(7) 膨胀阀不能关小。检查膨胀阀是否损坏, 感温包位置是否正确, 膨胀阀顶针是否过长。

(8) 感温包和蒸发器管包扎松动, 不能很好的起感温作用。应重新包扎好感温包。

(9) 感温包外的绝热胶带松脱, 使包内压力增大, 造成阀开度过大。重新包好绝热胶带。

(10) 膨胀阀针阀生锈, 动作不灵活。更换同规格的新膨胀阀。

故障 29. 轿车空调冷凝器风机常见故障。

(1) 风机电线脱落, 应重新接好风机电线。

(2) 风机电机损坏, 应更换风机电机。

(3) 风机调速电阻损坏, 应更换调速电阻。

(4) 风机熔丝烧断, 应检查原因并更换同规格的熔丝。

(5) 风机扇叶损坏, 应更换风机扇叶。

故障 30. 轿车空调制冷连接管道的常见故障。

(1) 制冷剂管道损坏。轿车空调经常处在振动之中, 有时会使制冷剂管路变脆, 甚至破裂; 或者是和其他部件摩擦, 乃致在摩擦部位引起泄漏。一旦发现有泄漏, 最好的办法就是更换损坏的管道, 并抽真空, 再向系统充注制冷剂。

(2) 各接头的喇叭口及连接螺母损坏, 应予以更换。

(3) 管道固定夹松动, 应拧紧固定夹。

(4) 制冷剂管道凹陷。当凹陷发生在液体管路上, 在管道凹陷部分的两端就会出现温度差。当管路过分弯曲时, 管路就会出现凹陷, 直观检查就能确定障碍的位置。若管子扁平得不厉害, 可校圆; 若无法校圆, 则必须换掉这根管道, 装上一根同规格的新管道。在拆卸前, 必须放掉管内的全部制冷剂。

(二) 轿车空调暖气系统故障诊断

轿车空调暖气装置都是利用汽车发动机冷却水做为热源, 将冷却水引入车内的热交换器, 用鼓风机将车厢内空气吹过热交换器而使之升温。该装置主要由加热器、热水阀、风箱、风门、控制件和风扇等部件构成, 流经加热器的冷却水, 取自发动机的上部。启动发动机之后, 只要打开热水阀, 冷却水就流经加热器, 加热器装在风箱内, 热水阀的作用是控制冷却水进出加热器, 热水阀开启, 冷却水流经加热器, 热水阀关闭, 冷却水就不流经加热器, 热水阀通常装在加热器的回水管路上。所有轿车都装有温度传感器、仪表板水温表或冷却液过热、过冷指示灯。

轿车空调暖气系统常见的故障有: 不供暖或供暖不足、鼓风机不运转、系统漏水、发动机过热、除霜热风不足、调节机构操纵吃力(沉重)以及供暖风量不足等。

故障 1. 轿车空调不供暖或供暖不足。

轿车空调不供暖或供暖不足有如下几方面原因:

(1) 风机电机损坏, 应检查风机电机并予以修复或更换。

(2) 风机继电器损坏, 应更换继电器。

(3) 加热器漏风, 应密封加热器壳体。

(4) 温度调节门的真空电机损坏, 应更换真空电机。

- (5) 加热器翅片积灰或变形, 通风不畅, 应修理或更换加热器。
- (6) 发动机冷却水不足, 应检查冷却系统内是否有泄漏并修复, 补充冷却水。
- (7) 发动机节温器失效, 应更换节温器。
- (8) 热水开关或真空电机失效, 应拆修或更换, 保证有足够的热水量。
- (9) 加热器芯管积垢堵塞, 应用化学方法除垢。
- (10) 加热器芯管内部有空气, 应排出管内空气。
- (11) 冷却水管受阻, 这说明水管扭曲, 应更换水管。
- (12) 热风管道受阻, 应清除阻塞物。
- (13) 空气循环量不足, 这说明风机失灵、加热器漏风、混合风门没调好, 应予以更换、堵漏、调整。

故障 2. 轿车空调暖风机供暖风量不足,

由以下诸原因可引起供暖风量不足:

- (1) 风机电机开关失灵, 应更换风机开关。
- (2) 加热器外壳或风机外壳漏风, 应拧紧连接螺钉, 更换密封垫片。
- (3) 加热器内热水管的散热片被挤瘪变形, 阻塞了流经加热器的空气。此时应该用尖嘴钳夹直散热片。若散热片无法夹直, 则应更换新的加热器。
- (4) 加热器毡垫挡住热风出口, 应重新调整毡垫位置。
- (5) 混合调温风门调节不当, 应重新调好风门。

故障 3. 轿车空调暖风加热器循环水量不足。

引起循环水量不足的原因有以下几点:

- (1) 加热器供水管阻塞或扭曲, 应予以修理或更换。
- (2) 加热器热水管内有空气, 它会阻碍热水均匀流过加热器, 排出空气的方法是在发动机运转时, 暂时拆开加热器的顶部出口管, 让加热器热水管的空气流走, 直至发现有冷却水流出时, 重新接好管子。
- (3) 加热器内各管道阻塞, 应拆下清洗或更换。
- (4) 控制供水的电磁阀失灵, 应更换电磁阀。
- (5) 发动机冷却水不足, 无法向加热器供给足够的热水, 此时应查明泄漏部位予以修复。
- (6) 发动机冷却系统的节温器失灵, 造成冷却水升温时间长, 若在冬天, 则无法为加热器提供足量的热水。此时应更换节温器。

故障 4. 轿车空调供暖风机不转。

可从以下诸方面进行解决:

- (1) 送风机调速电阻断路, 应更换电阻。
- (2) 送风机电机烧坏, 应更换电机。
- (3) 熔断器熔断或开关接触不良, 应检查熔断器, 更换熔断器并使开关接触可靠。

故障 5. 轿车空调除霜热风不足。

可从以下几方面处理除霜热风不足的故障：

- (1) 除霜风门调整不当，应重新调整。
- (2) 出风口堵塞，清除堵塞物。
- (3) 供暖不足，参见上述方法进行排除。
- (4) 除霜开关损坏，更换除霜开关。

故障 6. 轿车空调送出暖风过热。

有如下原因可引起送出暖风过热：

- (1) 调温风门调节不当，应调整调温风门的位置。
- (2) 发动机节温器损坏，应更换节温器。
- (3) 风机调速电阻损坏，应更换节温器。
- (4) 调节键操纵不当，将温度调节键调至“最热”挡，而将风机转速调至“最弱”挡，引起送出暖风过热，此时应正确操作各调节键。

故障 7. 轿车空调供暖调节机构操纵起来吃力。

它由以下原因引起：

- (1) 操纵机构卡死，应重新调整操纵机构。
- (2) 风门粘紧，应修理风门。
- (3) 真空电机失灵，应更换真空电机。

(三) 客车空调冷气系统的故障诊断

客车空调冷气系统大多是由辅助发动机独立驱动的，故其故障主要是辅助发动机故障和制冷系统故障，而制冷系统故障反映在压力上就是系统高低压力异常，通过分析高低压力异常情况，就可以判断空调制冷系统的故障所在。压力异常通常有低压过高、低压过低、高压过高和高压过低四种情况。

故障 1. 客车空调高压过高、辅助发动机自动停止工作。

可从以下几方面进行故障排除：

- (1) 系统中制冷剂过多，应排出多余的制冷剂。
- (2) 系统中有空气，应排出制冷剂，然后检漏、修复、抽真空、灌注制冷剂。
- (3) 冷凝器冷却风量不足，造成高压过高，应调整 V 形皮带的松紧度。
- (4) 冷凝器翅片和管道被灰尘或杂物堵塞，应清洗冷凝器。
- (5) 热空气流进冷凝器内，应检修冷凝器和散热器的橡胶密封垫。
- (6) 高压管路堵塞，应检查堵塞部分，并排除其堵塞物。
- (7) 高压开关起作用断开辅助发动机，应检查高压开关的工作情况，调整高压开关的动作压力。

故障 2. 客车空调水温警示灯亮、辅助发动机自动停止工作。

可从以下几方面来排除其故障：

- (1) 冷却水量不足，应检查有无漏水并补足。

- (2) 散热器堵塞, 应清洗散热器。
- (3) 散热器通风不足, 应调整冷却风扇皮带松紧度。
- (4) 水泵工作不正常, 应检修或更换水泵。
- (5) 水箱管道堵塞, 应清洗水箱管道。
- (6) 水温开关起作用断开辅助发动机, 应检查水温开关, 调整水温开关工作温度点。

故障 3. 客车空调控制开关在“ON”位置, 辅助发动机在高速时不能运转, 可从以下几方面进行处理:

- (1) 接线不良或辅助发动机转速转换电路处于开路: 检查连接线有无断路。
- (2) 熔断器烧坏, 应检查并更换。
- (3) 控制燃油电磁阀有故障, 应检修电磁阀的故障, 或更换它。
- (4) 辅助发动机转速转换开关有故障, 应检查修理或更换。
- (5) 电磁阀和节气联杆连接有故障, 应检查修理或更换。
- (6) 燃油喷油泵节气门有故障, 应检查节气门, 调整或更换。
- (7) 燃油喷油泵调速器有故障, 应检查调整或修理调速器。
- (8) 节气门和燃油喷油泵间真空管破损, 应检查并更换。

故障 4. 客车空调低压警示灯亮, 辅助发动机自动停止工作, 主要由以下原因引起:

- (1) 系统中制冷剂不足, 应检查泄漏, 修理后加注制冷剂。
- (2) 蒸发器进气过滤网被杂物堵塞, 应清洗空气过滤网。
- (3) 蒸发器结霜或吸入空气不足, 应检查吸入空气过滤网和蒸发器管路中的污物、灰尘, 调整风机皮带的松紧度。
- (4) 压缩机冷冻润滑油过多, 应放出过多的冷冻润滑油。
- (5) 膨胀阀堵塞, 应检查膨胀阀工作是否可靠、正常, 若堵塞应拆下清洗或用干燥空气吹净。
- (6) 储液器到吸气阀之间发生堵塞, 应检查堵塞部分并排除。
- (7) 储液器截止阀关闭, 应打开截止阀。
- (8) 低压开关起作用断开辅助发动机, 应检查低压开关工作情况, 调整低压开关的动作压力。

故障 5. 客车空调辅助发动机运转时, 油压警示灯亮。

主要由下列原因引起的:

- (1) 机油量不足, 应检查有无漏油部位, 修复后补充油量。
- (2) 机油黏度过低, 应更换适当黏度的机油。
- (3) 机油滤清器堵塞, 应检查并更换滤清器。
- (4) 机油泵工作不正常, 应检查机油泵压力是否过低并修复。
- (5) 发动机润滑油路堵塞, 应检查油路, 修理发动机润滑系统。

(6) 油压开关触点压力过高, 应检查触点工作压力。

故障 6. 客车空调开关在“启动”位置但不能启动。

它由以下原因引起:

(1) 辅助发动机电路连接有故障, 应检查连接线有无松动脱落, 予以重新接好。

(2) 电瓶开关有故障, 应检修或更换开关。

(3) 开关有故障, 应检查开关, 修理或更换。

(4) 启动机有故障, 应检查启动机, 修理或更换。

故障 7. 客车空调开关在“关机”位置, 但不停止工作。

可能由以下原因引起:

(1) 辅助发动机停机电路有故障, 应检查停机电路。

(2) 开关有故障, 应检修或更换开关。

(3) 辅助发动机的熄火电磁阀有故障, 应检修或更换。

(4) 辅助发动机的熄火继电器有故障, 应检修或更换。

故障 8. 客车空调辅助发动机运转不平稳。

由以下原因引起的:

(1) 发动机本身性能差, 应检修发动机。

(2) 调速器工作不正常, 应检修调速器。

(3) 喷油量不均匀, 应修理或更换喷油泵。

(4) 燃油滤清器堵塞, 应清除堵塞物。

(5) 空气进入燃油系统内, 应排出空气。

故障 9. 客车空调辅助发动机不运转。

该故障可从以下几方面来排除:

(1) 电路或控制元件有故障, 应检修电路或更换有关控制元件。

(2) 燃油泵工作不正常, 应检修或更换。

(3) 燃油滤清器堵塞, 应清除脏物。

(4) 燃油箱无油, 应补充燃油。

(5) 空气进入燃油系统, 应抽空气。

(6) 汽缸和活塞烧伤, 应检修或更换。

(7) 喷油泵柱塞烧伤, 应修理或更换。

(8) 汽缸内有脏物, 应清除脏物。

(9) 空气滤清器堵塞, 应清除脏物或更换滤清器。

(10) 燃油中混有水分, 应排除水分或更换燃油。

(11) 喷油时刻失准, 应检查修理。

(12) 喷油嘴堵塞, 应清除堵塞物。

(13) 喷油管接头松动, 应重新拧紧。

- (14) 喷油嘴工作不正常, 应检修或更换。
- (15) 喷油泵工作不正常, 应检修或更换喷油泵。

故障 10. 客车空调辅助发动机自动停机、但指示灯不亮。

主要由以下几方面原因引起:

- (1) 没有燃油, 应检查油量并补充
- (2) 熄火继电器出故障, 应检修或更换继电器。
- (3) 熄火电磁阀失灵, 应检修或更换
- (4) 指示灯失灵, 应更换指示灯。
- (5) 线路有故障, 应检查线路并重新接好。

故障 11. 客车空调辅助发动机功率不足。

可从以下几方面排除其功率不足的故障:

- (1) 进气门调整不当, 进气量不足, 应重新调整进气门。
- (2) 空气滤清器堵塞, 应清除堵塞物或更换滤清器。
- (3) 燃油滤清器堵塞, 应清除堵塞物。
- (4) 喷油量不足, 应修理或更换喷油泵。

故障 12. 客车空调控制开关调至“ON”位置时油压指示灯不亮。

可从以下几方面着手处理:

- (1) 油压指示灯电路断开, 应检查其电路, 重新接好断开的线路。
- (2) 熔断器熔断, 应查明原因并更换熔断器。
- (3) 油压指示灯损坏, 应更换指示灯
- (4) 油压开关有故障, 应更换油压开关。
- (5) 开关有故障, 应检修开关或更换

故障 13. 客车空调辅助发动机冒黑烟。

其影响因素主要有如下几方面:

- (1) 发动机负荷加重, 应查明原因, 减轻负荷。
- (2) 空气滤清器堵塞, 应清除堵塞物或更换滤芯。
- (3) 燃油型号不对, 应选用规定型号的燃油。
- (4) 喷油嘴雾化效果差, 应检查调整喷油嘴。
- (5) 喷油嘴喷射压力下降, 应检修或更换喷油嘴。
- (6) 喷油时刻提前, 应重新调整喷油时刻。
- (7) 喷油量过大, 应重新调整喷油量

故障 14. 客车空调辅助发动机喷油泵内无油。

喷油泵无油是由以下原因引起的:

- (1) 燃油泵工作不正常, 应检查修理或更换。
- (2) 燃油滤清器堵塞, 应清除堵塞物
- (3) 燃油管道堵塞, 应清除管道堵塞物。

- (4) 燃油箱无油，应补充燃油。
- (5) 空气进入燃油系统，应排出空气。

故障 15. 客车空调辅助发动机排放白烟。

它是由以下原因引起的：

- (1) 发动机过冷，燃烧不完全，应检查散热器、恒温器。
- (2) 汽缸磨损、缸内压力下降，应更换活塞环。
- (3) 气门导管密封不良，应更换气门导管。
- (4) 喷油时刻过迟，应重新调整喷油时刻。
- (5) 机油过多，应排出过多机油。
- (6) 机油黏度过低，应更换新机油。

故障 16. 客车空调辅助发动机过热。

主要由以下几方面原因引起的：

- (1) 发动机负荷过重，应查明负荷过重的原因，减轻负荷。
- (2) 发动机润滑油不足，应补充润滑油。
- (3) 冷却水量不足，应补充冷却水量。
- (4) 冷却管道积垢，应清除水垢。
- (5) 散热片被灰尘、异物堵塞，应清除灰尘或异物。
- (6) 风扇皮带损坏，应更换风扇皮带。
- (7) 风扇皮带松动或滑动，应检修或更换。

故障 17. 客车空调辅助发动机启动电机不运转。

该故障的排除方法如下：

- (1) 蓄电池供电电压不足，应充电提高其电压。
- (2) 启动电机有故障，应检修或更换。
- (3) 接线松动或脱落，应重新接好各线路。
- (4) 蓄电池接线柱松动、脱落或腐蚀，应重新接好接线柱，清除腐蚀部分。
- (5) 启动电机开关工作不正常，应更换其开关。

故障 18. 客车空调制冷系统低压表指示值过低。

它主要由以下原因引起：

- (1) 制冷剂不足，视液镜中有气泡通过。应检修泄漏处、抽真空，并灌注制冷剂。
- (2) 蒸发器空气过滤网被灰尘或杂物堵塞，应清除过滤网上的灰尘或杂物。
- (3) 蒸发器结霜，应正确操作温度调节键和风机风速调节键，当温度调节键调至“最冷”挡时，风机风速调节键相应调至“高速”挡；否则，蒸发器结霜。
- (4) 蒸发器风机风量不足，应检修或更换风机。
- (5) 储液器上的出液截止阀关闭，应打开截止阀。
- (6) 膨胀阀感温包中气体泄漏完，膨胀阀处于关闭状态。

(7) 制冷系统低压部分堵塞, 应检查堵塞处, 修理或更换。

(8) 压缩机内润滑油过多, 应排出多余润滑油。

故障 19. 客车空调压缩机不运转。

可从以下几方面来排除:

(1) 辅助发动机和压缩机的联轴器卡死, 应检修或更换联轴器。

(2) 压缩机内部卡缸, 应修理或更换压缩机。

(3) 压缩机轴承破损卡轴, 应更换轴承。

(4) 压缩机负荷过大无法运转, 应查明负荷过大原因予以排除。

(5) 压缩机缺少润滑油, 应补充润滑油。

故障 20. 客车空调辅助发动机运转中突然停机。

它是由以下几方面原因引起的:

(1) 发动机工作不正常, 应大修发动机。

(2) 燃油滤清器堵塞, 应清除堵塞物。

(3) 空气进入燃油系统, 应排出空气。

(4) 燃油中混有水分, 应检查油箱、排除水分。

(5) 燃油箱内无油, 应补充燃油。

(6) 喷油泵工作不正常, 应检修或更换喷油泵。

(7) 喷油嘴堵塞, 应清除堵塞物。

故障 21. 客车空调辅助发动机和压缩机工作都正常, 但自动熄火系统起作用。

主要由以下原因引起的:

(1) 高、低压力保护开关有故障, 应检修或更换高、低压力保护开关。

(2) 高、低压力保护开关调整不当, 应重新调整高、低压力保护开关的调整值。

(3) 水温开关有故障, 应检修或更换水温开关。

(4) 熄火继电器与压力开关之间的自动熄火系统的电线磨破而短路, 应查明原因更换被磨破的电线。

(5) 制冷剂泄漏完, 导致低压保护开关动作, 发动机停止工作, 应检查泄漏处, 修复后抽真空、灌注制冷剂。

(6) 制冷系统高压过高, 引起高压保护开关动作, 发动机停止工作, 此时应查明系统高压过高的原因, 然后予以排除。

故障 22. 客车空调噪声过大。

可以从以下几方面来排除其噪声过大的故障:

(1) 压缩机吸、排气阀片破损, 应更换吸、排气阀片。

(2) 压缩机内部零件磨损, 应检修或更换已磨损的零件。

(3) 液态制冷剂进入压缩机, 引起压缩机液击, 应检查制冷剂是否过量, 检修或更换膨胀阀。

- (4) 所有传动件的轴承缺油, 应补充润滑油。
- (5) 蒸发器或冷凝器风机与其他零件相碰, 应修理或更换。
- (6) 机座紧固螺栓松脱, 应重新拧紧。
- (7) 防震橡胶垫损坏, 应更换防震橡胶垫。

故障 23. 客车空调制冷系统高压表指示值过高。

其主要原因如下:

(1) 进入冷凝器的空气温度过高, 应检修或更换冷凝器和水箱周围的密封垫, 调整冷凝器和水箱之间的距离。

- (2) 冷凝器翅片上积满灰尘, 应清理翅片上的灰尘。
- (3) 冷凝器风量不足, 应更换或调整皮带, 更换风机。
- (4) 制冷剂过多, 应排出多余制冷剂。
- (5) 系统中混入空气, 应排除制冷剂, 检修泄漏处, 并重新灌注制冷剂。
- (6) 车厢内空气温度太高, 应改善车身的密封效果。
- (7) 膨胀阀开启过小, 应适当调大其开启度。

故障 24. 客车空调制冷系统低压表指示值过高。

其主要原因如下:

- (1) 系统内制冷剂过多, 应排出多余的制冷剂。
- (2) 系统中进入空气, 应排除制冷剂, 检漏修理后重新灌注制冷剂。
- (3) 进入蒸发器的空气温度太高, 应改善车身、门窗的密封效果。
- (4) 液态制冷剂进入压缩机, 膨胀阀开度太大、感温包的绝热保护不够或感温包松脱, 需修理或更换膨胀阀、包扎好感温包。
- (5) 压缩机吸气阀破损, 应更换吸气阀。
- (6) 压缩机吸气过滤网堵塞, 就会引起压缩机吸不到制冷剂气体, 从而造成低压过高, 应更换压缩机吸气过滤网。

故障 25. 客车空调制冷系统高压表指示值过低。

其主要原因如下:

- (1) 压缩机排气阀片破碎, 使压缩机不能把高温、高压的制冷剂气体排入高压管路, 从而造成高压过低。应更换排气阀。
- (2) 制冷剂不足。应检修泄漏处, 然后重新抽真空并灌注制冷剂。
- (3) 膨胀阀感温包未绝热包扎好。应重新包扎好感温包。
- (4) 膨胀阀开度过大, 应适当调小其开度。
- (5) 压缩机内润滑油过多, 应排出多余润滑油。
- (6) 蒸发器结霜或风机风量不足, 应清除滤网脏物, 检修或更换风机。
- (7) 储液器出口到压缩机吸气阀之间的管道堵塞, 应检修堵塞处。

(四) 客车空调暖气系统故障诊断

客车空调暖气系统大多采用独立燃烧式加热器。加热器经过长期使用后, 若发

现排烟筒内冒黑烟、燃油耗量增加、车厢内加热温度不足或使用车厢内有油烟气味，应拆卸下来进行维修。

故障 1. 独立式加热器有燃油，但点不着火。

可从以下几方面进行处理：

(1) 蓄电池供电电压不足，应检查蓄电池线路所有接头是否接触良好，充电提高其电压。

(2) 助燃空气进气管堵塞，应清理空气进气管。

(3) 废气排气管堵塞，应清理其堵塞物。

(4) 电热丝损坏或间隙不适当，应检查修理或更换电热丝。

(5) 温度太低、油料凝固，应换用低温油料。

故障 2. 客车空调独立式加热器电机转动但无燃油。

可能由如下原因造成：

(1) 燃油箱内无油，应补充燃油。

(2) 燃油管内有异物堵塞，应清除堵塞物。

(3) 燃油管或接头处泄漏，应检查泄漏处，更换燃油管。

(4) 燃油泵泄漏，应更换燃油泵密封垫。

(5) 燃油电磁阀发生故障，应更换电磁阀。

(6) 燃油滤清器阀门关闭，应打开阀门。

故障 3. 独立式加热器燃烧不正常。

可从以下几方面来解决：

(1) 电机转动不正常，应检修或更换电机。

(2) 吸排气管堵塞，应清理吸排气管。

(3) 燃烧器内积炭，应清除积炭。

(4) 燃油管泄漏，应更换燃油管。

(5) 油气比例不当，应调整油气比例。

(6) 燃油管内有脏物，应清除脏物。

(7) 燃油管内有积水，应清理积水。

故障 4. 独立式加热器电机不运转。

其由如下原因引起：

(1) 熔断器烧坏，应检查原因，更换熔断器。

(2) 电机有故障，应修理或更换电机。

(3) 电路线或接头松脱，应重新接好线路。

(4) 线路接错或未接地，应检查线路并改正。

(5) 电压太低，应充电或调高电压。

(6) 因机械擦碰而卡死，应拆开检查排除。

故障 5. 独立式加热器热熔断器熔断。

可从以下几方面来处理该故障：

- (1) 空气风机发生故障，应检查修理。
- (2) 加热器空气通道的出入口或内部被杂物、灰尘堵塞，应检查、清扫。
- (3) 暖气通道不通或不畅，应检查通道有无堵塞或凹陷。
- (4) 电气线路损伤，造成短路，应检查修理。

故障 6. 独立燃烧式加热器排烟口冒黑烟。

它由以下几方面原因引起：

- (1) 助燃风口不畅通，影响空气进入量，应疏通助燃进风口。
- (2) 燃烧室内积炭，应清理燃烧室。
- (3) 油量过大，应降低油箱高度或加液面调节器。
- (4) 燃油质量差，应换用适当油料。
- (5) 燃油雾化不良，应调整雾化器装置。

故障 7. 独立燃烧式加热器排烟口冒白烟。

它可由如下原因引起：

- (1) 燃油中有水，冬季结冰，堵住了油路某一处，应换用不含水的燃油。
- (2) 输油管接头之间有渗漏之处，应重新连接好管接头。
- (3) 输油泵性能不良，影响泵油，应修理或更换输油泵。

故障 8. 将加热器开关置于点火位置，点火指示灯不亮。

它可由如下原因引起：

- (1) 指示灯损坏，应更换指示灯。
- (2) 电热塞线圈熔断，应更换电热塞。
- (3) 指示灯线路故障，应检查指示灯线路，重新接好。

故障 9. 独立式加热器暖风量减少。

其原因主要有以下几方面：

- (1) 加热器室气吸入口被异物堵塞，应清除堵塞物。
- (2) 送风管道堵塞，应清除堵塞物。
- (3) 暖风出风口未打开，应打开送风口。
- (4) 送风风机有故障，应修理或更换送风风机。

故障 10. 独立式加热器产生噪声。

可从如下几方面来排除其噪声：

- (1) 燃油泵轴承破损，应更换轴承。
- (2) 加热器内有异物，应清除异物。
- (3) 运动部件相碰撞，应拧紧运动部件，调整运动部件间的位置。
- (4) 电机发生故障产生噪声，应修理或更换电机。
- (5) 风机发生故障产生噪声，应检查风机轴承是否损坏、风机叶片是否变形、风机紧固件是否松脱，查明原因予以排除。

第五章

制冷空调实用维修技术

第一节 常用维修设备、工具及其操作使用方法

一、专用设备、仪表、工具及材料配件

表 5-1 所示为制冷空调维修时需配备的专用设备。

表 5-1 制冷空调维修专用设备

名称	规格	备注	名称	规格	备注
真空泵	2~4L/s	抽真空用	氮气瓶	50~100L	试压和冲洗系统
干燥箱	1~2m ³ /100℃	储存零件用	制冷剂气瓶	50~100L	盛装制冷剂用
干燥箱	100~200L/200℃	零件干燥用	便携式气焊箱		外出修理用
便携式充注机	1~2kg	外出修理用	便携式工具箱		外出修理用
轻便充注机	3~5kg	维修站用	便携式仪表箱		外出修理用
气焊设备		焊接管路用	系统冲洗设备		用于系统的清洗

表 5-2 所示为制冷空调维修时常用检测仪表。

表 5-2 常用检测仪表

名称	规格	备注
压力表	0~1.6MPa	用于测量制冷系统压力
复合压力表	-0.1~1.0MPa	测吸气压力
真空表	-0.1~0MPa	抽真空、测真空度
玻璃温度计	-30~50℃	一般测温
热敏电阻温度计	-50~100℃	测温
万用表	通用型	测电压、电流、电阻
电流表	0~5A	测电流
电流表	0~10A	测大电流
钳形电流表	0~20A	测大电流
功率表	500~2000W	测功率
电度表	10~20A	测耗电量
兆欧表	DC/500~1000V	测绝缘电阻
卤素检漏仪		检查系统泄漏用
电子检漏仪		检查系统泄漏用

表 5-3 所示为制冷空调维修时管加工工具。

表 5-3 制冷空调维修专用管加工工具

名 称	规 格	备 注	名 称	规 格	备 注
快速接头	$\phi 5 \sim 10\text{mm}$	抽真空、灌制冷剂用	扩管器		扩管
光管接头	$\phi 5 \sim 10\text{mm}$	与快速接头配用	扩管冲头		扩杯形口
检修阀		抽真空灌制冷剂检测用	手动弯管器		弯纯铜管
通阀	转芯式	抽真空灌制冷剂使用	弹簧式弯管器		弯纯铜管
夹管钳		夹毛细管用	手动切割刀		切管
封口钳	$\phi 5 \sim 10\text{mm}$	充制冷剂工艺管封口	活扳子		安装用

表 5-4 所示为制冷空调维修时的常用材料。

表 5-4 制冷空调维修时的常用材料

名 称	规 格	名 称	规 格
制冷剂	R12、R22、R134a 等	QZ 漆包线	
冷冻润滑油	18 号润滑油	防冻剂	
银焊条	含银量质量分数 20% ~ 45%	环氧树脂	
毛细管	$\phi 0.5 \sim 0.8\text{mm}$	固化剂	
紫铜管	$\phi 4 \times 0.5\text{mm}$	增塑剂	
	$\phi 6 \times 0.75\text{mm}$	汽油	
	$\phi 8 \times 1\text{mm}$	焊剂、焊锡	
	$\phi 10 \times 1\text{mm}$		

表 5-5 所示为制冷空调维修时的常用配件。

表 5-5 制冷空调维修时的常用配件

名 称	规 格	名 称	规 格
压缩机	500、750、900、1000、1500W	高、低压阀片	
启动继电器		干燥过滤器	
启动电容器		汽缸盖与汽缸纸垫	
温度控制器(温控器)			

二、焊接操作技术

制冷空调装置对系统的密封性要求极为严格，这样严格的要求要靠优良的焊接工艺来保证。制冷空调系统一般采用铜、铝等有色金属材料制作，其管道连接大多采用硬钎焊。焊接制冷系统管路时应掌握以下过程。

(一) 焊料选择

钎焊要根据管道材料和结构，正确地选择焊料。常用的钎焊焊料有：银铜焊

料、铜锌焊料和铜磷焊料，表 5-6 所示为常用焊料。

表 5-6 常用焊料

焊料	牌 号	熔点/℃	化学成分 (%) (质量分数)			
			铜	锌	银	磷
铜锌焊料	45 号铜锌合金	870	52~56	余		--
铜锌焊料	36 号铜锌合金	833	34~38	余		
铜锌焊料	48 号铜锌合金	850	46~50	余		
铜磷焊料	料 909	715	余	--	1~2	5~7
铜磷焊料	料 204	604	余	--	14~16	4~6
铜磷焊料	料 203	650	余	--		5~7
银焊料	12 号银合金	785	36	52	12	--
银焊料	25 号银合金	765	40	35	25	--
银焊料	45 号银合金	720	30	20	45	--

铜与铜之间的钎焊可选用磷铜焊料或低含银量的铜磷焊料，这种焊料具有良好的流动和润湿性能，而且不需要焊药。不需要焊药的焊料称为自钎性焊料，这种焊料对空凋制冷系统的钎焊较好。因为焊药有强腐蚀性，若焊后的残留物清洗不净，将带来极大的后患，自钎性焊料则可避免这类腐蚀。

铜与钢或钢与钢材料之间的钎焊可选用银铜焊料和适当的焊药。焊后必须将焊口附近的残留物用热水或水蒸气刷洗干净，以防产生腐蚀。焊药使用时最好用酒精稀释成糊状，涂在焊口表面，钎焊时酒精迅速挥发而形成平滑薄膜不易流失，亦可避免水分浸入制冷系统。

(二) 焊接操作规程

1. 掌握适当的管接头插入长度和配合间隙

管接头钎焊时，若插入长度太短，则会影响强度和密封性，而且焊料容易流入管道，造成污染或堵塞。配合间隙过小，焊料不能流入焊接面，只能堆积在接口外面，所以强度差，受到振动或弯曲时就可能开裂泄漏；若配合间隙过大，则焊料容易滴入管内，造成污染或堵塞。同时焊缝中焊料填充不满也会造成泄漏，不但不能保证焊接质量而且浪费焊料。合理的插入长度和配合间隙如表 5-7 和图 5-1 所示。

表 5-7 钎焊插入长度和配合间隙

管外径/mm	插入最小长度/mm	配合间隙/mm	管外径/mm	插入最小长度/mm	配合间隙/mm
5~8	6	0.05~0.35	16~25	10	0.05~0.45
8~12	7	0.05~0.35	25~35	12	0.05~0.55
12~16	8	0.05~0.45	35~45	14	0.05~0.55

毛细管与干燥过滤器焊接时，插入长度以毛细管端部伸入包容面 5~6mm 为宜，配合间隙为 0.05~0.15mm，为保证适当的插入长度，可按规定长度作一个限位弯，如图 5-2 所示。毛细管端部最好作成 45°角，以防杂质微粒滞留在端面而造成堵塞。

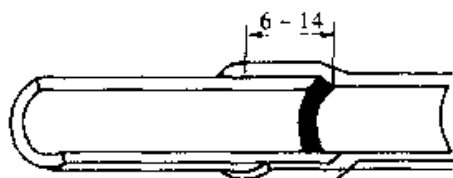


图 5-1 焊接合理尺寸



图 5-2 毛细管限位示意图

2. 气焊设备组成

气焊设备主要是由氧气瓶、乙炔气瓶、氧气压力调节器、乙炔气压力调节器、氧气连接管、乙炔连接管、焊枪等部分组成，如图 5-3 所示。

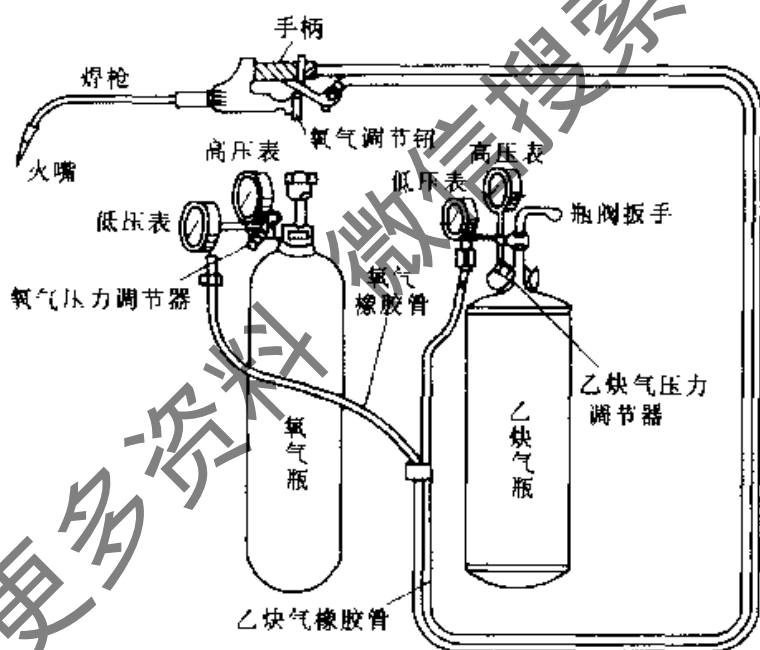
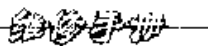


图 5-3 气焊设备

(1) 氧气瓶。氧气瓶内储存有高压氧气，其最大表压力为 15MPa，因瓶内压力过高，使用时应安装氧气减压阀，减压阀上装有两块压力表，一块指示瓶内压力，另一块指示调整后的氧气压力。减压阀上装有调节手柄，将手柄按顺时针旋转，减压后的氧气压力就随之升高；将手柄按逆时针旋转，减压后的氧气压力随之降低。

(2) 乙炔瓶。乙炔瓶内储存有乙炔气体，最大表压力为 2.5MPa，当使用乙炔气体时，须安装减压阀，阀上装有瓶内压力指示表和减压后乙炔气体压力指示表，使用方法与氧气减压表相同。

(3) 焊枪。焊枪内有两个针阀调节开关，经调节可使氧气和乙炔按比例混合，



点燃后产生需要的高温。调节两针阀的开启度，即可调整火焰的大小，顺时针旋转调节钮减少至关闭；逆时针旋转调节钮开启阀门并逐渐增大气量。

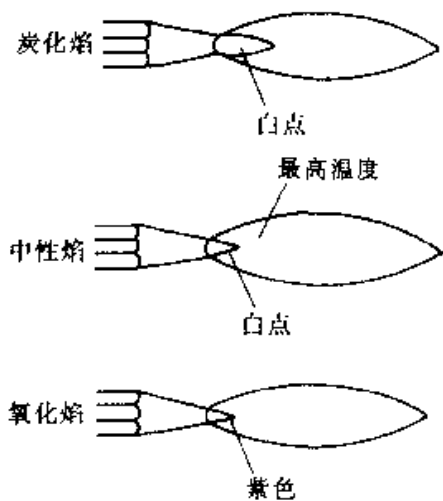


图 5-4 焊接火焰

3. 氧气—乙炔焊接火焰调节

当可燃气体乙炔和助燃气体氧气在焊枪中按一定比例混合燃烧时，就会形成高温火焰，根据火焰的形态可分为中性焰、氧化焰和碳化焰三种，如图 5-4 所示。碳化焰容易将炭粒带入金属内而影响焊粒的流动；氧化焰容易烧坏金属。因此，制冷系统管道焊接应使用中性焰进行焊接加热。中性焰的最高温度可达 3500℃，焊接时最好用强火焰快速焊接，以缩短焊接时间，防止管道内生成过量的氧化物。如果焊接时间加长，管内就要生成氧化磷皮，这些氧化物可能导致毛细管堵塞，甚至使压缩机受到严重损坏。

(1) 中性焰的调节方法如下：

1) 打开乙炔瓶阀，看压力表指针指示压力是否正常。若正常，则顺时针旋转减压阀手柄，观察减压后的乙炔压力，当表针指示为 0.05MPa 时停止。

2) 打开氧气瓶阀，看压力表指示瓶内压力是否正常。若正常，顺时针调节减压阀手柄，将减压后的氧气压力控制在 0.2MPa。

3) 打开焊枪上的乙炔开关，排掉连接管内的空气后再关闭。

4) 打开焊枪上的氧气开关，排掉连接管内的空气后再关闭。

5) 打开焊枪上的乙炔开关并点燃，将火焰长度控制在 7cm 左右。火焰长度可根据焊接管子的管径来决定。

6) 打开焊枪上的氧气开关，火焰的形态就会变化。当氧气和乙炔混合比例为 1:1 时，即获得中性焰，此火焰由焰心、内焰、外焰三部分组成，其内焰温度较高，可焊接铜管。

(2) 氧化焰是在中性焰的基础上增加了氧气量，因此火焰温度高于中性焰，可焊接铜制部件。

(3) 碳化焰是在中性焰的基础上减少氧气，火焰温度较低，适用于铝合金及铜管和钢管的焊接。

4. 焊接操作步骤

(1) 将待焊接的管道先用钢冲扩成杯形口，并用砂纸将要焊接的铜管接头部分打磨干净，露出金属本色（不能有油垢、油漆、锈斑及其他氧化物），最后用干布拭净。

(2) 将管子互相重叠插入，并注意对中。

(3) 调整焊枪火焰至中性焰。

(4) 均匀加热插焊的两根管子的焊接处，一直加热到足以将焊条熔化，不要将火焰直接对准焊条。

5. 焊接操作注意事项

(1) 防止焊接处过热。毛细管与干燥过滤器或其他管道焊接时，由于两种管的管径悬殊，而毛细管热容量很小，过热后容易产生超热现象，即毛细管金相晶粒增大、变脆，而极易折断。为防止毛细管超热，焊枪火焰应避开毛细管，使其和粗管同时达到钎焊温度。也可用一金属夹在毛细管上夹持一块厚铜片，使其热容量适当增大，即可避免发生超热现象。

(2) 防氧化措施。已灌注了润滑油的压缩机在机壳上焊接接头时，应不断地吹入少量氮气，以防机壳内产生氧化物，但气流不能太大，只要有轻微的吹气感觉即可。

(三) 使用气焊设备时的注意事项

1. 焊前检查

在焊枪点火前，应做好以下几项检查：

(1) 先打开乙炔瓶阀，看压力表指针是否在规定的压力范围内。若乙炔瓶压力有所增高时，则不能使用焊枪。

(2) 再打开氧气瓶阀，看压力表指针是否在规定的压力范围内。

(3) 检查气瓶口、橡皮管是否漏气。火嘴的检漏应使用肥皂水。

(4) 在管道内充有氟利昂制冷剂的情况下，不能进行焊接，以防氟利昂遇明火产生光气，危害人体。

2. 点火顺序

(1) 打开焊枪上的乙炔气开关，点燃焊枪。

(2) 打开焊枪上的氧气开关。

(3) 根据焊接需要，调整乙炔、氧气开关阀。

3. 熄火顺序

(1) 关闭焊枪上的氧气开关。

(2) 关闭焊枪上的乙炔气开关。

4. 在使用气焊过程中应注意的事项

(1) 不能同时开启乙炔阀和氧气阀，开启阀门要缓慢。

(2) 分清氧气、乙炔气专用管子，两者不能混用。

(3) 焊接时，氧气压力通常采用表压为 0.2MPa，乙炔气压力通常采用表压为 0.05MPa。

(4) 有黑烟出现时，应将氧气阀开大。

(5) 发现火焰变成双道时，应清理火口。

(6) 不准在未关闭压力调节阀的情况下整理火焰，不准将橡皮管折弯后更换火嘴。

(7) 不准用带油的布、棉纱擦拭气瓶及压力调节器，气瓶应放在遮阳的通风干燥处。

(8) 不准在未关闭气阀和熄火前离开现场

(9) 不准用扳手转动气瓶上的安全阀。

(10) 焊枪及火嘴不应放在有泥沙的地上，以免堵塞。

(11) 压力调节器（减压器）一旦出现故障应及时更换。

三、常用仪表的使用方法

在检修制冷空调控制系统的故障时，离不开万用表、兆欧表和钳形电流表等电工仪表。

(一) 万用表

万用表是一种具有多功能、多量程的测试仪表，一般可用来测量电阻、交流电压、直流电压和电流等。

1. 电阻值的测量

测量电阻时，根据被测元件的大约阻值将转换开关旋钮放在适当的量程上，若被测元件的大约阻值为几十欧姆时，转换旋钮应放在电阻挡 $R \times 1$ 量程上，然后将表笔插入各自的插孔内（红色表笔插入标有“+”号的插孔），短接表笔，检查指针是否到“0”位；否则，旋转调零旋钮予以校正，最后将两表笔各接被测元件的两端，测量其电阻值。

2. 交流电压值的测量

根据所要测量的电压高低，将转换开关旋钮放置在交流电压挡（ \tilde{V} ）的适当量程上，然后将两表笔并联在被测电路的两端，表针指示的数值即为被测电路两端的电压值。

3. 直流电压值的测量

测量直流电压时，根据被测电路的大约电压值，将转换开关旋钮放置在直流电压挡（ V ）的适当量程上，找出被测电路的正负两端，红色表笔接被测电路的正极，黑色表笔接负极，表针指示的数值即为被测电路的直流电压值。测量时，如表针反向摆动，说明被测电路的正负极接错，此时交换两表笔的位置即可。

4. 使用万用表时的注意事项

(1) 使用万用表时，首先检查转换开关旋钮位置的功能量程是否合适，测完后应将转换开关旋钮放在电压挡的最高量程上，以防下次使用时，忘记检查旋钮放置的量程而将万用表烧坏。

(2) 当不知被测量的人体数据时，应将转换开关旋钮放置在该功能的较大量程上，以防损坏表针。

(3) 将转换开关旋钮放在电阻挡校表，调整调零旋钮，表针不能回零时，应更换电池。

(4) 严禁将转换开关放置在电阻挡上测电压，否则会烧坏万用表。

(二) 兆欧表

在维修制冷空调设备时，兆欧表可用来测量电机和电线的绝缘电阻。常使用500V、测量范围为0~1000MΩ的兆欧表。

使用时，应首先检查其性能是否良好。方法是兆欧表输出的两线分开，摇动手柄，表针指示值应为无穷大；在摇动手柄的同时，再将两线短接，其表针指示值应回到零，否则说明兆欧表已损坏。

在测量电机的绝缘电阻时，将兆欧表输出的两线中的一线接电机绕组的接线端子，另一线接电机外壳，均匀摇动手柄，此时表针指示的数值即为电机绕组与外壳的绝缘电阻值。

测量电机绕组与绕组之间的绝缘电阻时，将兆欧表输出的两线分别接在被测两绕组的任意一端，均匀摇动手柄，指针指示值即为两绕组之间的绝缘电阻值。测量时，应将两绕组的接线头断开。

(三) 钳形电流表

钳形电流表是在制冷空调维修中，测量交流电流比较方便的一种电工仪表，一般的钳形电流表都具备多种量程，使用时根据被测电流的大小选用适当的量程。

具体测量时，用力握紧铁心手柄的开关，半圆铁心的钳口就会分开，然后将被测电路的导线放入铁心钳口内，松开手柄开关，钳口闭合，此时表针指示的数值即为被测导线中流过的电流值。

四、常用管道工具的操作要领

(一) 割管

将制冷系统的紫铜管和毛细管切断时，一般不使用钢锯。因为钢锯切断的管口不齐，易造成凹扁，使胀管困难，而且容易将锯屑落进管内，不易清理，故紫铜管一般用割管器切断。图5-5所示为割管器外形图。用割管器切出的管口整齐光滑，易于胀管。

割管器可用于直径为3~25mm管子的切割。切割时将要切断的管子夹在刀片和滚轮间，刀刃与管子垂直，然后顺时针缓慢旋紧螺杆把手，使切割轮转动1/4圈，然后再缓慢将割管器绕钢管旋转一周，再旋紧割管器螺杆把手(1/4圈)并使割管器绕铜管旋转一周，直至铜管被切断为止。切断钢管时，要将刀口垂直压向铜管，不要歪扭或侧向扭动，否则，很容易将刀口的边缘崩裂。

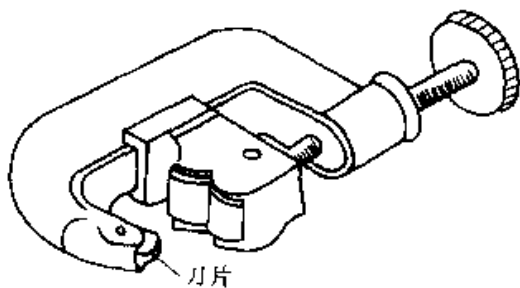


图5-5 割管器外形图

毛细管是一根内径为0.6~2mm的细长紫钢管。在切断过程中，不能将毛细管夹扁，使其管径变小。一般不能用钳子的刃口铰断，这样截出的管口不呈圆形。在维修过程中，可用刃口锋利的布剪刀剪断毛细管。在需要切断的位置夹住毛细管，

轻轻转动划出一圈切痕，不要划透，然后用双手拿住划痕的两端，来回扳动，毛细管即可断开，断开的毛细管管口呈圆形。

(二) 弯管

紫铜管弯曲时，可先在弯曲处退火。在管子弯曲前，用气焊火焰加热管子，加热部分应有一定的长度，其长短由弯曲角度和管子的直径来决定。一般为：弯曲角度为 90° 时，加热部分的长度是管子直径的 6 倍；弯曲角度为 60° 时，是管径的 4 倍；弯曲角度为 45° 时，是管径的 3 倍；弯曲角度为 30° 时，是管子直径的 2 倍。

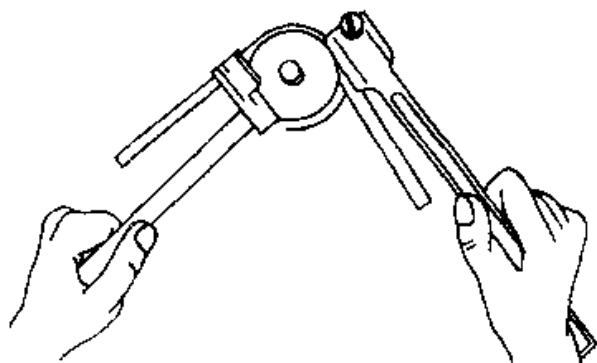


图 5-6 用弯管器弯曲管子

管子加热时，应不断转动管子，使管壁受热均匀。时间不要太长，一般到管壁变为黄红色即可。紫铜管弯曲需用弯管器，如图 5-6 所示。操作时，将管子放入轮子的槽沟内，用夹管钩钩紧，管子的另一端应将柄杆按顺时针方向移动，直至弯曲到所需的角度为止，然后退出弯管。对应于弯曲不同的角度可调整轮上的不同角度。弯管时，速度

要慢，弯曲半径不能太小，过小会使管子凹扁，铜管的弯曲半径应以铜管直径的 5 倍为宜。

(三) 扩口

1. 扩喇叭口

紫铜管采用螺纹接头时，为确保连接处的密封性，管口需扩大并呈喇叭口形状，图 5-7 所示为铜管扩口专用工具。操作时，将已退火且已割平的管口去除毛刺后放入与管径相同的孔中，管口朝向喇叭面（铜管需露出喇叭口深度的 $1/3$ ），旋紧夹具，在顶尖上涂少许冷冻润滑油，然后用手柄旋紧，先使顶尖下旋 $3/4$ 圈，再退出 $1/4$ 圈，如此反复进行，直到扩成 60° 喇叭口为止。其接触面不应有裂纹和麻点，以防密封不严。不合格的喇叭口可能有偏斜不正、损伤或裂纹、皱折。

2. 扩杯形口

管与管焊接时，需将一个管子插入另一管内，其中一个必须胀成套管。在胀口时，被胀的一端留约 20mm 长，用气焊火焰加热，然后在空气中自然冷却，使其退火，冲扩前

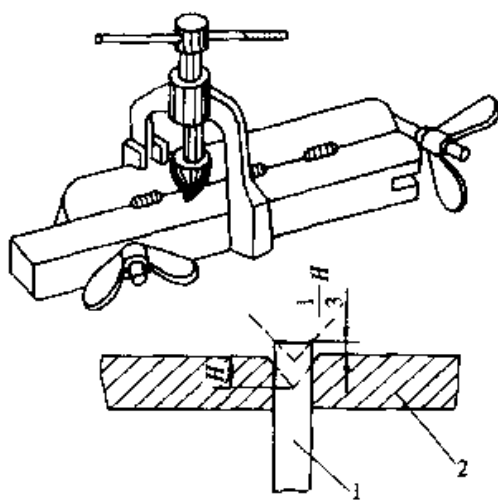


图 5-7 铜管扩口专用工具

1-铜管；2 夹管夹

先自制一个钢冲，铜冲尺寸如图 5-8 所示，然后将胀管器夹在台虎钳上，如图 5

-9所示,将铜管放在胀管器中夹紧,铜管上部露出10~15mm,将钢冲对准管口,用铁锤轻轻敲打。钢冲向下走一点,铁锤敲打一下,边胀口边转动钢冲,待钢冲全部打进去后,取出钢冲。胀口时不要过急,一次胀口不要过深,否则,钢冲不易拿出。冲扩完毕,用砂纸将管端打光,并用干布拭净,合格的杯形口应是杯形圆正,无扁无裂。

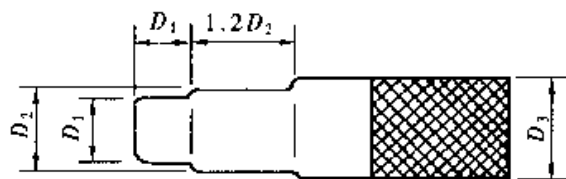


图 5-8 钢冲尺寸

$$D_1 = (\text{铜管内径} - 0.5) \text{ mm};$$

$$D_2 = (\text{铜管外径} + 0.1) \text{ mm};$$

$$D_3 = (D_1 + D_2) \text{ mm}$$

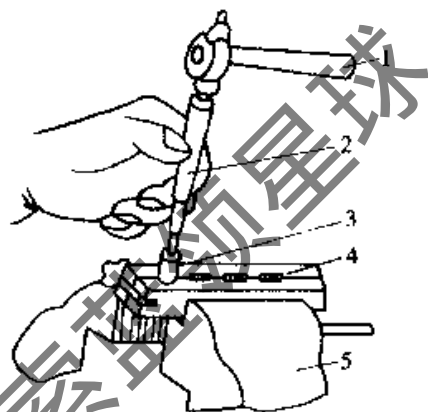


图 5-9 冲扩杯形口

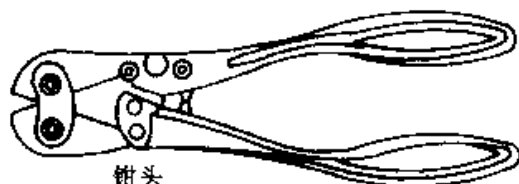
1—铁锤;2—钢冲;3—管子;

4—胀管器;5—台虎钳

(四) 封口

当制冷系统加注制冷剂后,经过调试运转正常,即可使用封口钳封上加液管口,然后用气焊或锡焊封住管口。

图 5-10 所示为封口钳外形图。用这种工具夹扁管子时,应先将将要夹扁的管子放入咬口内,然后旋紧压扁螺钉,逐渐用夹刀将管子夹扁,然后用气焊焊住管口。



钳头

图 5-10 封口钳外形图

第二节 制冷空调维修操作技术

制冷空调系统的故障通过诊断后,需要借助一些专用维修工具来进行修理。制冷系统在具体的修理过程中,离不开检漏、抽真空、充注制冷剂、加注冷冻润滑油以及排空等基本操作,制冷空调维修人员必须掌握这些基本的操作技能。

一、制冷系统的吹污与气密性检验

(一) 制冷空调系统的吹污

制冷空调设备在全面检修或临时停机检修时,制冷系统在气密性检验或充灌制冷剂前,须用氮气将系统中残存的油污、杂质、水分吹除干净。

制冷系统的吹污宜采取分段进行,先吹高压系统,后吹低压系统,排污后应分别选择在较低部位。在排污口放一张干净的白纸,当纸上无污点出现时,可认为系

统已吹干净。

(二) 制冷空调系统的气密性检验

在制冷空调设备的维修过程中,不论是制冷剂泄漏还是其他故障引起更换制冷系统部件时,对系统和焊接点都要进行气密性检验,目的在于确定系统是否有渗漏。常用的检验方法有三种:压力气密性检验、真空气密性检验、工质气密性检验。这三种气密性检验方法都较为可行,因氮气和制冷剂中都不含水分,不易燃烧、无腐蚀性,使用时对制冷系统的干燥效果较好,且较安全。若用空气进行气密性检验,由于空气中含有水分,进入系统后,就会在管道内壁形成一层水雾。

1. 压力气密性检验

压力气密性检验是制冷空调设备维修中最常用的一种方法,通常用氮气充入制冷系统进行压力气密性检验,系统内氮气压力一般不要超过 $0.6\sim 0.8\text{MPa}$ 。具体检验过程如下:

(1) 将压缩机上的工艺管用割管器割开,加焊 $\phi 4\text{mm}$ 或 $\phi 6\text{mm}$ 的一小段铜管,在铜管的另一端连接装有压力表的三通修理阀。

(2) 氮气瓶内的压力一般为 15MPa 左右,使用时需接减压器,减压器的出口接氮气连接管(可采用 $\phi 6\text{mm}$ 的铜管或胶皮管),氮气连接管的另一端与三通修理阀相接。

(3) 连接完毕后开启氮气钢瓶阀,使氮气进入减压器,然后将手动调节杆顺时针旋转,并观察减压表上的数值,转动调节杆,减压表指示数值逐渐增大,当压力指示为 0.6MPa 时,开启三通修理阀使氮气进入制冷系统。修理阀上的压力表指示值逐渐升高,当指示值为 0.6MPa 时,关闭三通修理阀,继续保压 $18\sim 24\text{h}$,在环境温度变化不大的情况下,压力无变化,即认为压力气密性检验合格。否则,还需进行找漏,方法是用肥皂水涂在各焊接点和每个可疑之处,若有泄漏,漏点处的肥皂水会冒泡;另外,涂抹肥皂水时,应一边察看各焊接点或其他部件处有无油迹出现,若有油迹则表明制冷剂可能从该处泄漏,应重新进行修理,然后再作气密性检验。

(4) 气密性检验完毕,关闭氮气瓶阀门,将减压器的手动调节杆逆时针旋回原位,拆下氮气连接管。

2. 真空气密性检验

真空气密性检验的目的是使系统处在真空状态,观察空气是否渗入系统。

一般用真空泵抽真空,真空度可用压力真空表测量。对于制冷空调系统,其真空度可达到 101kPa (760mmHg)以下,所得真空度须保持 $18\sim 24\text{h}$,无变化者,可认为满足系统的气密性要求。

3. 工质气密性检验

该方法与压力气密性检验方法相似,使用时,充入系统的压力一般为 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$,具体操作过程如下:

(1) 将压缩机上的工艺管用割管器割断, 连接带有压力表的三通修理阀。

(2) 将充氟连接管的一端与制冷剂钢瓶连接旋紧, 另一端接三通修理阀(不旋紧), 打开制冷剂钢瓶阀, 加氟管内的空气被制冷剂从修理阀端顶出管外, 然后旋紧此接头。

(3) 开启三通修理阀, 使制冷剂进入系统。观察压力表, 当压力指示值为 0.4MPa 时, 关闭三通阀, 然后再关闭制冷剂钢瓶阀, 保压 18~24h 后无压力降, 即认为系统的气密性满足要求。否则, 需重新进行找漏, 修理后再作气密性检验。

(4) 拆掉加氟连接管, 气密性检验结束。

对制冷系统进行气密性检验时, 需特别注意以下事项:

(1) 不允许向制冷系统中充灌氧气, 因氧气和系统中的润滑油易发生氧化反应, 一旦遇明火和压缩会发生爆炸。

(2) 进行气密性检验时, 如系统中已充入氮气、空气, 特别是氧气时, 决不允许启动压缩机, 否则会引起爆炸。

二、制冷系统检漏

(一) 电冰箱、空调器制冷系统的检漏

电冰箱、空调器制冷系统常用的检漏方法有: 外观检漏、压力检漏、真空检漏、充氟检漏、仪器检漏等。

1. 外观检漏

在制冷系统中的某些部位, 若发现有渗油、油迹或油污现象时, 即可判断该处有制冷剂泄漏。因氟利昂类制冷剂与冷冻润滑油具有一定的互溶性, 所以, 凡是氟利昂制冷剂泄漏的部位, 常伴有渗油等现象, 遇到上述情况, 可进一步进行检漏, 以便确定准确位置。

2. 压力检漏

向制冷系统内充入氮气, 用肥皂水检漏, 用肥皂水检漏方便且有效, 在制冷空调设备维修中使用较普遍。它是先将肥皂削成薄片, 浸泡在热水中, 不断搅拌使其溶化, 待冷却成稠状浅黄色溶液即可使用。检漏时, 先将被检部位的油污擦干净, 用清洁的白纱布或软质泡沫塑料蘸透肥皂水, 涂抹于检漏处, 等待几分钟并仔细观察, 如被检部位出现白色泡沫或气泡不断溢出, 即说明该处就是泄漏点, 作好标记, 继续对其他部分进行检漏, 全部结束后, 再对所有标出的泄漏点逐一进行修复。

另外, 在压力检漏中, 根据制冷系统某些部位发出的声音也可判定出泄漏部位。当制冷系统中的制冷剂温度、压力较高时, 或在充氮气过程中, 制冷系统的泄漏部位有时会发出微弱的“啞啞”声, 所以根据响声也能找到泄漏处。不过用该方法的缺点是不易查找微漏和冷凝器、蒸发器内部泄漏部位。

采用压力检漏时严禁用压缩空气进行检漏。因为压缩空气中含有水分, 水分随空气进入系统后会在毛细管或膨胀阀处产生冰堵。工业氮气无腐蚀性、无水分, 且

价格便宜，但瓶装高压氮气一定要用减压阀灌注。当系统达到规定压力后，用肥皂液涂在系统各连接处和焊接处，仔细观察有无泄漏，修漏完毕应试验，即让系统保压 24 ~ 48h，若压力不降低，则试漏合格。制冷系统的试压压力值如表 5-8 所示。

表 5-8 试压压力值

制冷剂	高压/MPa	低压/MPa	制冷剂	高压/MPa	低压/MPa
R12	1.56	1.0	R22	1.96	1.0

3. 真空检漏

应用真空泵进行，真空度应达到 10^5 Pa，保持 24h 内真空度没有显著升高即可，抽真空的目的有三个：一是抽出系统中残留的氮气；二是检查系统有无渗漏；三是使系统干燥。只有在系统抽真空后才能充灌制冷剂。

4. 充氟检漏

在上述两步压力检漏后充入氟利昂，待压力升至 0.2 ~ 0.3 MPa 后，用卤素灯、检漏仪检漏。

5. 仪器检漏

检测氟利昂制冷剂的仪器有卤素灯、电子检漏仪和氮质谱检漏仪。

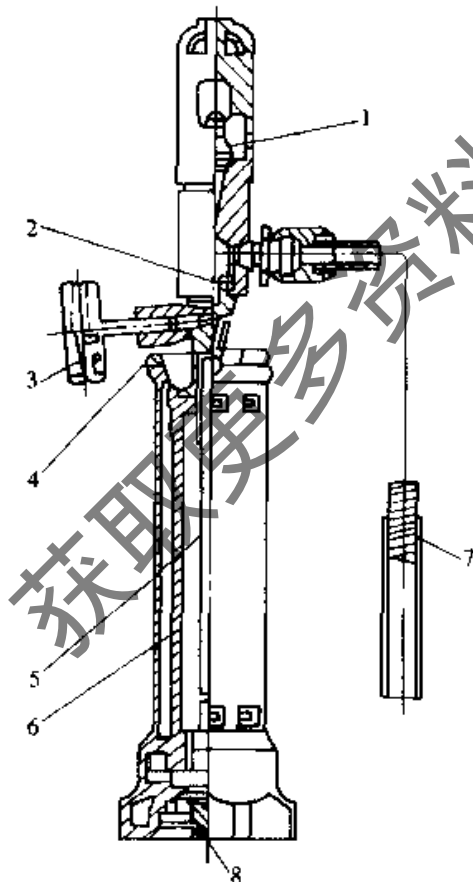


图 5-11 卤素灯结构

1—灯头；2—喷嘴；3—阀芯旋钮；4—烧杯；
5—灯芯；6—灯筒；7—吸气软管；8—底盖

(1) 卤素灯检漏。卤素灯是常用的检漏仪之一，有酒精式、丙烷式等，卤素灯的结构如图 5-11 所示。卤素检漏灯是利用氟利昂气体遇火焰即分解这一原理检漏的，氟利昂气体遇火即分解为氟、氯元素，并与铜合成为卤素铜的化合物，这时火焰的颜色变成光亮的绿、深绿，甚至为蓝色，颜色的强弱可反映出氟利昂的多少。

使用卤素检漏灯时，将其底盖旋开，加入纯乙醇或甲醇，随后将盖盖紧，再将乙醇加入黄铜烧杯内，并点燃加热校灯喷嘴，待烧杯内乙醇烧尽，稍放松阀芯转盘，喷嘴中会喷出乙醇气体，点火燃烧乙醇，校灯橡皮试管便会发出吸入气流的声音，然后将探管伸入制冷系统各连接部位慢慢移动，如发现喷嘴火焰变绿或蓝，则说明有泄漏。若氟利昂大量泄漏，则不适宜使用卤素灯，以免产生毒气而使人中毒。校灯使用完后，转盘勿关得太紧，因校灯冷却时阀体收缩可能将阀座损坏。

(2) 电子检漏仪。如图 5-12 所示，电子检

漏仪是由一对电极组成，阳极由白金做成，白金被加热器加热，带正电，在它附近放一阴极，使它带负电，若放在空气中，就会有阳离子射到阴极并产生电流。如果氟利昂气体流过，回路中的电流就明显增大，以此为信号就可检测出制冷系统的泄漏情况。

图 5-13 所示为电子检漏仪的结构。在圆筒状白金阳极里设有加热器，可加热到 800℃ 左右，在阳极外侧装有阴极，在阳、阴极之间加有 12V 直流电压，为了使气体在电极间流动，设有吸气孔和小风扇，当有卤素元素的阳离子出现时，就会产生几微安的电流，由直流放大器放大使电流表指针摆动或使音程振荡器发出不同的声响，以示系统制冷剂泄漏程度的大小。

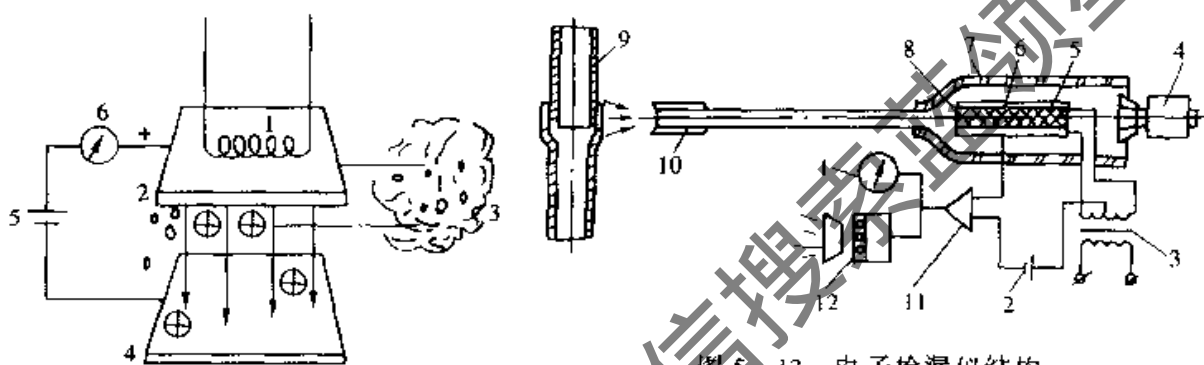


图 5-12 电子检漏仪的工作原理

1—加热器；2—白金；3—卤素气体；
4—阴极；5—直流电源；6—电流计

图 5-13 电子检漏仪结构

1—电流表；2—阳极电源；3—变压器；4—风扇；
5—阳极；6—阴极；7—外壳；8—加热器；9—管道；
10—吸嘴；11—放大器；12—音程振荡器

电子检漏仪的使用方法如下：

- 1) 将电子检漏仪电源接上并预热 10min 左右。
- 2) 将开关拨至校核挡，确认指示灯和警铃工作正常。
- 3) 将仪器调至所要求的灵敏度范围。
- 4) 将开关拨到检测挡，将探头放到被检测的部位，如果有超过灵敏度范围的泄漏量，则警铃会发出声响。
- 5) 一旦查出泄漏部位，探头应立即离开此部位，以免缩短仪器的使用寿命。
- 6) 如果制冷系统有大量泄漏或刚经过维修，周围空间存在大量氟利昂气体，则应先吹净空气再进行检测，否则，无法检测出真正的泄漏部位。

(3) 氦质谱检漏仪。氦质谱检测技术具有其他检漏技术不可比拟的优点。氦气在空气中含量少、质量轻，极易扩散而且穿透性强，利用氦气的这种特性作为检漏的漏源工质，灵敏度高、分辨率高。由于氦气是一种惰性气体，不会因为散逸造成空气污染，因此氦质谱检漏技术得到了广泛重视和应用。

根据被检件的大小、结构特点及气密性要求不一样，还有对被检件的施氮注入的方法不同，形成了不同的检漏方法，归纳起来主要有如下几种：

- 1) 喷吹法。图 5-14 所示为喷吹法示意图，该方法主要用于确定漏孔位置。

将被检件与氮质谱检漏仪相连，并把被检件内部抽成真空，检漏时，用带有氮源的喷枪在被检件外壁喷吹氮气，当有漏孔存在时，泄漏氮气将通过漏孔进入氮质谱检漏仪被检测出来。

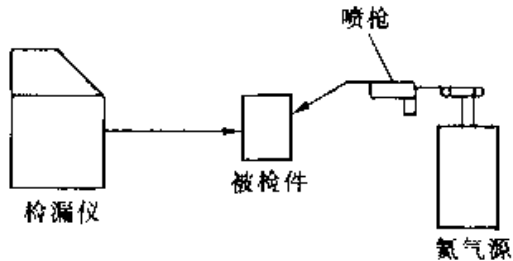


图 5-14 喷吹法示意图

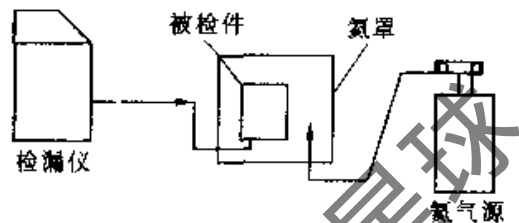


图 5-15 氮罩法示意图

2) 氮罩法。图 5-15 所示为氮罩法示意图，该法主要用于测定总漏率。将被检件与氮质谱检漏仪相连抽真空，用罩子（如塑料薄膜）将被检件的某一部分或其整体罩起来，再向罩内充氮，这就相当于喷吹法增加了无数喷吹点，氮气由漏孔进入被检件，这样检测出的就是被检件的总漏率。这种方法可以加快检漏速度，提高仪器的灵敏度。

3) 真空室法。图 5-16 所示为真空室法示意图，该法主要用于检测总漏率。检漏前，把被检件放入专用加压充氮的容器中，向被检件压入氮气，取出放入检漏罐中，将这种专用的检漏罐与氮质谱检漏仪相连接，然后对检漏罐抽真空，实施检漏。如被检件有漏孔，压进的氮气将释放出来，最终可检测出被检件的总漏率。

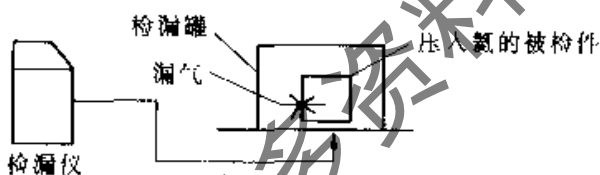


图 5-16 真空室法示意图

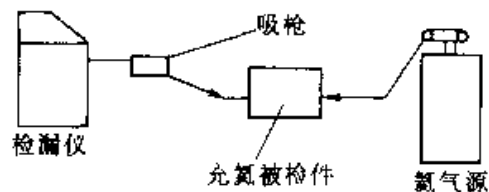


图 5-17 吸氮法示意图

4) 吸氮法。图 5-17 所示为吸氮法示意图，该方法用于确定漏孔位置。被检件内部充入一定压力的氮气或氮与氮气的混合气体，用与氮质谱检漏仪相连的吸枪的吸嘴在被检件外壁逐点扫描，若被检件存在漏孔时，氮气或混合气自漏孔逸出，当吸嘴正对漏孔时，氮气通过吸枪送到检漏仪中被检测出来。

吸枪法由于吸枪暴露在空气中，尽管空气中的氮气很少，也将导致检漏系统的氮本底高，限制了最小可检漏率。

在检测工程中，这四种方法可以单独使用，也可以两种方法组合起来使用。

(二) 汽车空调制冷系统检漏

汽车空调的工作条件比较恶劣，其制冷系统一直随汽车工作在振动之中，极易造成部件、管道损坏和接头松动，使制冷剂发生泄漏。

汽车空调制冷系统常用的检漏方法有：压力检漏、真空检漏、充氟检漏和外观

检漏。

1. 压力检漏

向制冷系统中充入氮气，然后用肥皂水检漏，若有泄漏，泄漏处会出现肥皂泡。采用压力检漏时严禁用压缩空气进行检漏，因为压缩空气中含有水分，水分随空气进入系统后会在膨胀阀处产生冰堵。工业氮气无腐蚀性、无水分，且价格便宜，但瓶装高压氮气一定要用减压表灌注。

加压试漏时，首先应正确连接歧管压力计，如图 5-18 所示。高压软管接在排气管道上（高压侧），低压软管接在吸气管道上（低压侧），在正确把软管连接在压缩机的高、低压的检修阀之后，打开高低压检修阀，向系统中充入干燥氮气，其压力一般应为 1.5MPa 左右。当系统达到规定压力后，用肥皂液涂在系统的各连接处和焊接处，仔细观察有无泄漏，泄漏大的地方有微小声音，并出现大的泡沫，泄漏小的地方，则间断出现小泡沫，所以检漏必须仔细，并反复检查 3~5 次，发现渗漏处应作出记号并及时加以修复，然后再去试漏其他接头处，直至渗漏彻底消除。修漏完毕，应试漏，让系统保压 24~48h，若压力不降低，则试漏合格，倘若压力有显著降低，必须进行检漏，直到找出泄漏处并加以消除为止。

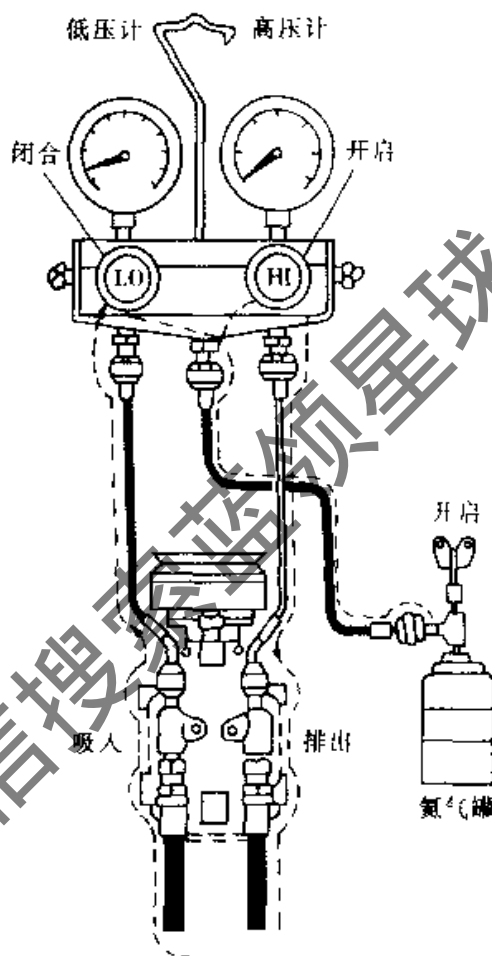


图 5-18 向制冷系统进行加压试漏

修漏完毕，应试漏，让系统保压 24~48h，若压力不降低，则试漏合格，倘若压力有显著降低，必须进行检漏，直到找出泄漏处并加以消除为止。

2. 充氟检漏

充氟检漏在压力检漏后即可进行，即向系统充入氟利昂制冷剂，并使其压力达 0.1~0.2MPa，用检漏仪进行检漏，其具体操作方法如下：

(1) 抽真空后同时关闭手动高、低压阀。

(2) 将歧管压力计上的中间软管从真空泵接头上旋下，换接上制冷剂钢瓶接头，如图 5-19 所示。

(3) 旋松歧管压力计上的中间软管接头，并稍微开启制冷剂钢瓶阀，让制冷剂将中间软管内空气赶出，一般开启 2~3s 即可。

(4) 打开手动高、低压阀和制冷剂钢瓶阀，让少量的制冷剂进入制冷系统，直到压力表指示到 0.1MPa 时，关闭手动高、低压阀和制冷剂钢瓶阀，并保持数小时。

(5) 若系统压力无变化，则说明系统无泄漏；若系统压力下降，则说明系统存在泄漏，应立即用检漏仪找出泄漏部位并加以修复。

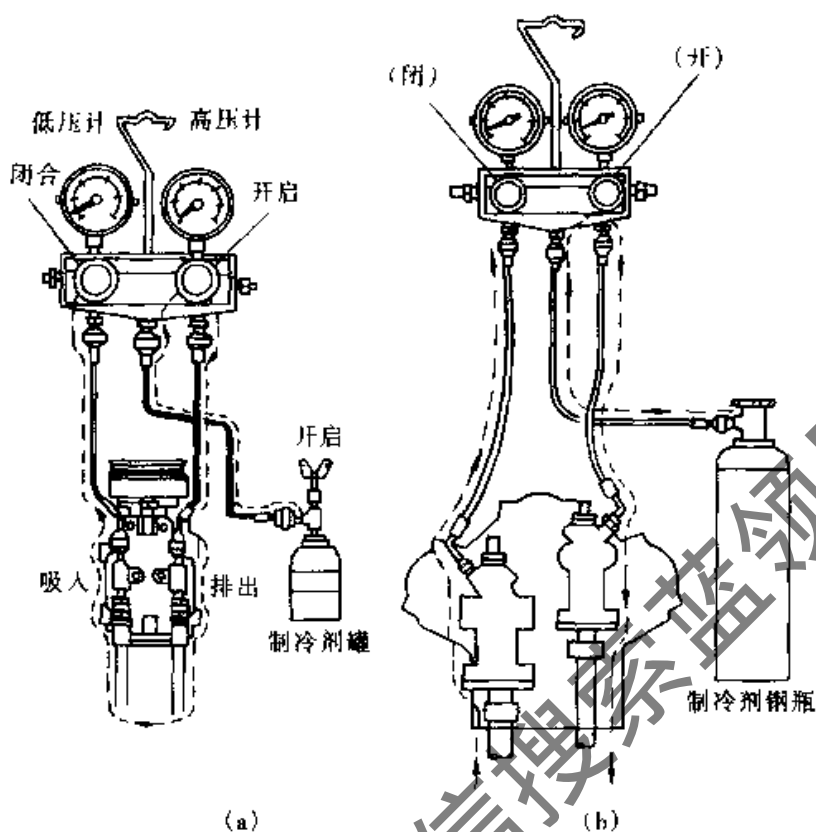


图 5-19 充氟检漏时系统连接

(a) 轿车空调系统; (b) 客车空调系统

三、制冷系统抽真空

在检修制冷系统时，必定会有一些量的空气进入系统中，空气中含有一定量的水蒸气，这会对制冷系统造成膨胀阀冰堵、冷凝压力升高、对系统零部件产生腐蚀等影响。由此可见，系统检修后，在未加入制冷剂前，对系统抽真空是十分重要的，而抽真空的彻底与否，将会影响系统正常的运转效果。

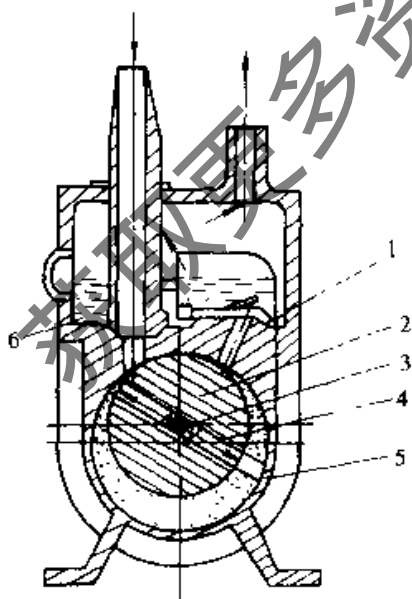


图 5-20 叶片式真空泵结构

1- 排气阀; 2- 转子; 3- 弹簧;
4- 叶片; 5- 定子; 6- 润滑油

真空泵的功能是抽真空，排除空调制冷系统内的空气、水分。抽真空并不能把水分抽出系统，而是真空形成后降低了水的沸点，水在较低温度下沸腾，以蒸气的形式从系统中抽出。如图 5-20 所示，叶片式真空泵是由转子、定子、叶片及排气阀等组成。工作时在离心力和弹簧的弹力作用下，叶片紧贴在定子的缸壁上，并将其分隔成吸气腔和压缩腔，转子旋转时吸气腔容积逐渐扩大，腔内压力下降，吸入气体；压缩腔容积逐渐缩小，压力升高，气体从排气阀排到大气中去，这样不断循环，便可以把

容积内的空气抽出，从而达到抽真空的目的。

(一) 全封闭压缩机制冷系统抽真空

常用抽真空的方法有四种：低压单侧抽真空，加热干燥抽真空，高、低压双侧抽真空及二次抽真空。图 5-21 所示为全封闭压缩机制冷系统抽真空连接图。

1. 低压单侧抽真空

低压单侧抽真空是利用压缩机壳上的加液工艺管进行，但高压侧即冷凝器、干燥过滤器内的空气需要通过毛细管、蒸发器、低压回气管、压缩机，然后由真空泵排出。由于毛细管内径小，流阻很大，当低压侧的真空度达 133Pa 时，高压侧仍要在 1000Pa 以上，抽真空的时间视真空泵抽真空能力而定，一般约需 3~4h，真空度可在 133Pa 以下。

2. 加热干燥抽真空

其方法是先将带真空压力表的三通阀用紫铜管与制冷系统相连接。若制冷系统较小，或制冷系统能从箱体上卸下，可将整个系统放入可容纳的干燥箱内，并将连接制冷系统的紫铜管同三通修理阀延伸到干燥箱外，将箱温加热到 105℃ 并保持 1~2h，待制冷系统内的温度与干燥箱内温度相平衡时，开动真空泵抽真空。

若没有大的干燥箱，可以先开动真空泵抽真空一段时间，再用电吹风烘烤蒸发器、冷凝器、吸气管、排气管以及压缩机等部件。烘烤时，要不断移动电吹风，以免烤化漆皮。部件温度也不宜过高，控制在 50℃ 左右较合适。在抽真空过程中，可以启动压缩机，当壳体的温度超过 50℃ 时，可使附在部件上和溶解于冷冻润滑油内的水分蒸发出来，由真空泵抽出。

在加热抽真空的过程中，要观察真空压力表的变化，当真空度达到 0.1MPa 时，根据制冷系统大小情况，再抽真空 1~2h，然后关闭三通阀的抽真空通道，抽真空完毕。

3. 高、低压双侧抽真空

高、低压双侧抽真空是在干燥过滤器的进口处另设一根工艺管，与压缩机壳上的工艺管并联在一台真空泵上，同时进行抽真空。这种抽真空的方法克服了毛细管阻力对高压侧真空度的不利影响，并对制冷系统有利，缩短了抽真空时间；但要增加两个焊口，工艺上要求复杂。

4. 二次抽真空

二次抽真空是先将制冷系统抽真空到一定的真空度后，充入少量的制冷剂，使系统内的压力恢复到大气压力，这时系统内已成为制冷剂与空气的混合气，第二次

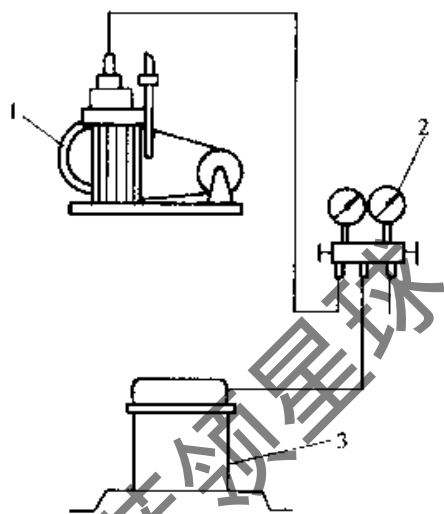


图 5-21 全封闭压缩机制冷系统抽真空连接图

真空泵：2—三通阀；3—压缩机

再抽真空达到一定的真空度后，系统中绝大部分为制冷剂气体，空气只有很小的比例，从而达到排除空气的目的。

(二) 半封闭压缩机制冷系统抽真空

半封闭压缩机制冷系统可用真空泵抽真空，如图 5-22 所示，将真空泵的吸气口接到压缩机排气截止阀的旁通孔上，将真空压力表接在吸气截止阀的旁通孔上，打开系统所有截止阀，启动真空泵运行，直到达到所要求的真空度为止。

如果没有真空泵，可用压缩机本身抽真空，如图 5-23 所示。具体按如下步骤进行。

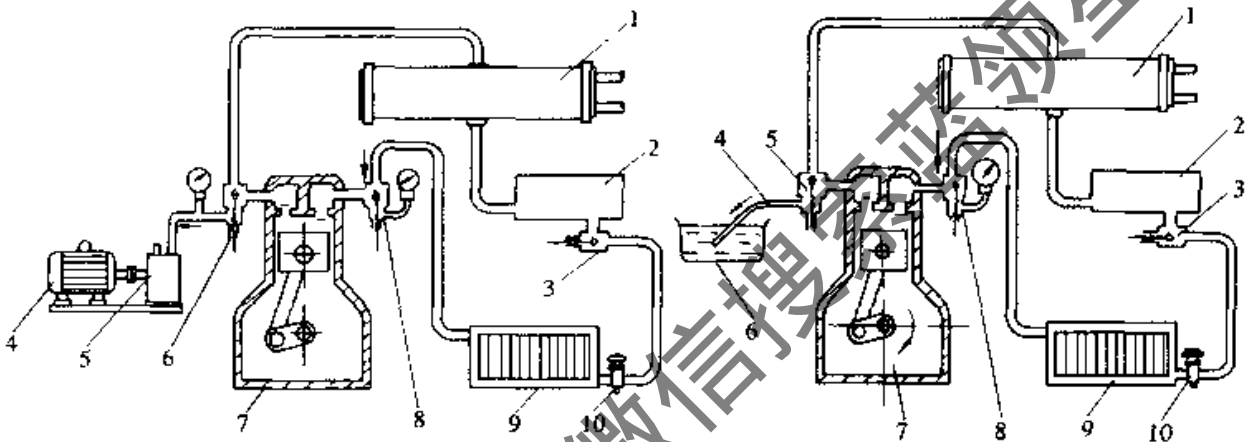


图 5-22 半封闭压缩机制冷系统用真空泵抽真空

1—冷凝器；2—储液器；3—出液阀；4—电机；5—真空泵；6—排气截止阀；7—压缩机；8—吸气截止阀；9—蒸发器；10—膨胀阀

图 5-23 利用系统本身抽真空示意图

1—冷凝器；2—储液器；3—出液阀；4—排气管；5—排气截止阀；6—油杯；7—压缩机；8—吸气截止阀；9—蒸发器；10—膨胀阀

(1) 关闭压缩机的排气截止阀，旋下旁通孔螺塞，装上锥牙接头和排气管，打开吸气截止阀，并在吸气截止阀的旁通孔上接上真空压力表。启动压缩机，开后立即停机，听排气管是否有气流喷出声。若有气流声，再重复检查一次；若无气流声应检查原因。

(2) 上述操作和检查工作若没有发现意外情况，即可启动压缩机抽气。当压缩机连续抽气直至排气管听不到气流声时，可将吸气截止阀开大，并将排气管口浸入冷冻润滑油杯中，观察管口的冒气泡情况。若 10min 内没有气泡冒出，可以认为系统内气体已抽完。

(3) 拆下排气管，用手指压住旁通孔接头口或拆下锥牙接头旋上螺塞，随即将排气截止阀退出，关闭旁通孔，停机，抽真空工作结束。

(三) 汽车空调制冷系统抽真空

图 5-24 所示为汽车空调制冷系统抽真空管路连接方法，其具体操作过程如下：

(1) 将歧管压力计上的两根高、低压软管分别与压缩机上的高、低压阀接口相

连；将歧管压力计上的中间软管与真空泵相连。

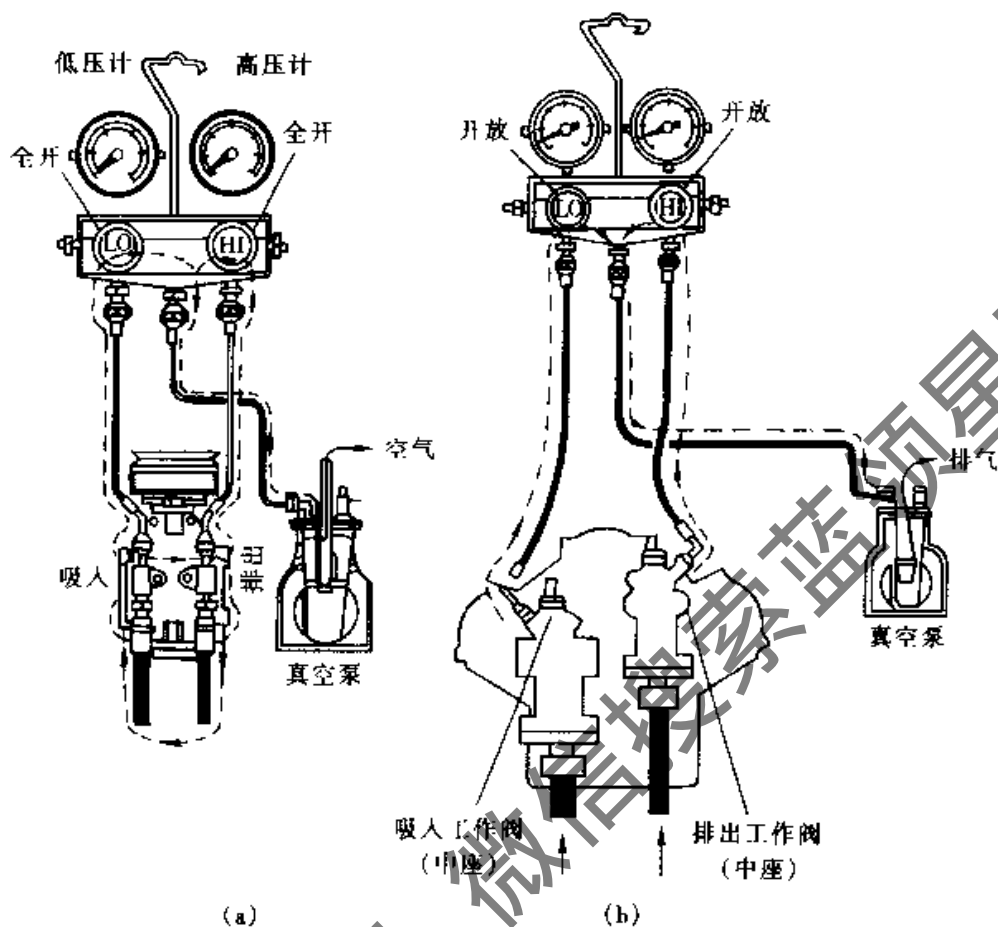


图 5-24 汽车空调制冷系统抽真空

(a) 轿车空调系统连接图；(b) 客车空调系统连接图

(2) 打开歧管压力计上的手动高、低压阀，启动真空泵，并注视两个压力表，将系统压力抽真空至 $98.7 \sim 99.99 \text{ kPa}$ 。

(3) 关闭歧管压力计上的手动高、低压阀，看压力表指针显示的压力是否回升，有回升表示系统泄漏，此时应进行检漏和修补。若压力表指针保持不动，则打开手动高、低压阀，启动真空泵继续抽真空 $15 \sim 30 \text{ min}$ ，使其真空压力表指针稳定。

(4) 关闭歧管压力计上的手动高、低压阀。

(5) 关闭真空泵。先关闭手动高、低压阀，然后关闭真空泵，目的是为了防止空气进入系统。

四、制冷系统加注润滑油

(一) 制冷系统中冷冻润滑油充灌量确定

制冷压缩机内充入的冷冻润滑油主要起润滑和冷却作用。国产冷冻润滑油有 13 号、18 号、25 号等，其规格见表 5-9，进口冷冻润滑油有冻宝石 MS32、MS56 及 SUNISO-3GS、CF-32、3GSD 等牌号，其规格见表 5-10 所示。

表 5-9

国产冷冻润滑油规格及性能参数

性能	牌 号		
	13号冷冻油	25号冷冻油	18号冷冻油
运动黏度 50℃时/ $10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	11.5~14.5	25.4	>18
凝固点/℃	<-40	<-40	<-40
闪点/℃	>160	>170	>160
酸值/(mgKOH/g)	<0.14	<0.02	<0.03
灰分(%)	<0.012	<0.007	-
机械杂质不大于(%)	-	0.007	-

表 5-10

部分进口冷冻润滑油规格

性能	型号	牌 号				
		CF-32	SUNISO-3GSD	冻宝石 MS32	冻宝石 MS32(N-1)	冻宝石 MS56
相对密度(15/4℃)JIS-K2249/2250		0.8706	0.9095~0.213	0.8712	0.8712	0.8767
反映 JIS-K2252		中性	中性	中性	中性	中性
色相(ASTM)JIS-K2580		10.5	11.0	10.5	10.5	10.5
流动点/℃JIS-K2269		-42.5	-40.0	-20	-30	-17.5
引火点/℃JIS-K2274		188	164	192	180	200
运动黏度/ $10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ JIS-K2283		40℃ 33.67 100℃ 4.44	40℃ 28.5~30.5 100℃ 4.20~4.50	40℃ 31.98 100℃ 5.049	40℃ 32.76 100℃ 4.81	40℃ 53.31 100℃ 7.051
绝缘耐压/kVJIS-C2101		45	30	52	30	50
铜板腐蚀/(3Hr/100℃)JIS-K2513		1(La)	1(La)	1(La)	1(La)	1(La)
苯胺点/℃JIS-K2256		62.2	68~75	87.0	79	95.5
全氧化/(mgKOH/g)JIS-K2501		<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01
残留炭素分(质量分数)(%)JIS-K2270		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
硫磺分(质量分数)(%)JIS-K2260			0.10	0.10	0.06	0.10
絮化点/℃Fed130		<-70	<-50	<-37.5	<-45	<-32.5

冷冻润滑油充灌量应按生产厂家说明书规定或在压缩机修理以前预先测出。修复、组装后按测定量充灌，如需充灌，可按压缩机功率来决定，如表 5-11 所示。

表 5-11

冷冻润滑油充灌量参考值

压缩机功率/kW	0.12	0.19	0.37	0.57	0.74	1.14	1.53	2.29
充灌量/l	0.35	0.50	1.00	1.00	1.50	2.10	2.10	2.50

(二) 全封闭压缩机制冷系统灌注冷冻润滑油

全封闭式压缩机有往复式和旋转式，其灌油方法略有不同。

1. 往复式压缩机灌油步骤

(1) 将冷冻润滑油倒在一个清洁而干燥的容器中，使油桶位置高于压缩机的吸气管。

(2) 用一条清洁干燥的软管内部充满冷冻润滑油, 接在压缩机低压管上, 并将此管插入油桶中。

(3) 向吸气管注入冷冻润滑油, 也可启动压缩机将油吸入, 灌至规定量后停机。

2. 旋转式压缩机灌油步骤

(1) 将冷冻润滑油倒入清洁、干燥的容器中。

(2) 将压缩机按图 5-25 所示的方法与容器相连。

(3) 在压缩机的高压管上接一只复合压力表和真空泵。

(4) 启动真空泵将压缩机内部抽成真空。

(5) 关闭高压阀。

(6) 开启低压阀。冷冻润滑油被大气压入压缩机中, 待充灌至所需量即可。

必须注意: 在压缩机修理过程中, 充灌冷冻润滑油后切不可焊接压缩机外壳, 以免内部空气受热膨胀而爆裂。因此, 灌油必须在压缩机外壳焊接并检漏后进行。

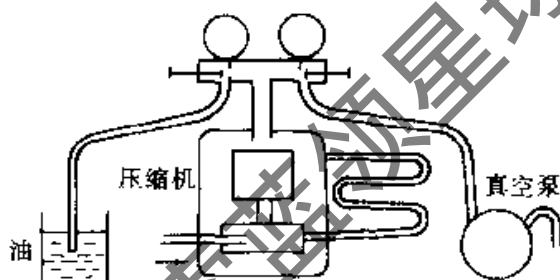


图 5-25 旋转式压缩机灌油

(三) 半封闭压缩机制冷系统灌注冷冻润滑油

半封闭压缩机制冷系统充注冷冻润滑油的方法如下 (如图 5-26 所示):

(1) 先关闭吸气阀多用通道, 接上三通接头, 另两端分别接低压表和铜管。

(2) 把接管通到油盆或大口瓶内, 稍开启多用通道, 排除管内空气, 然后用手揪住接管, 不使其漏气。

(3) 关闭吸气阀, 接通多用通道。

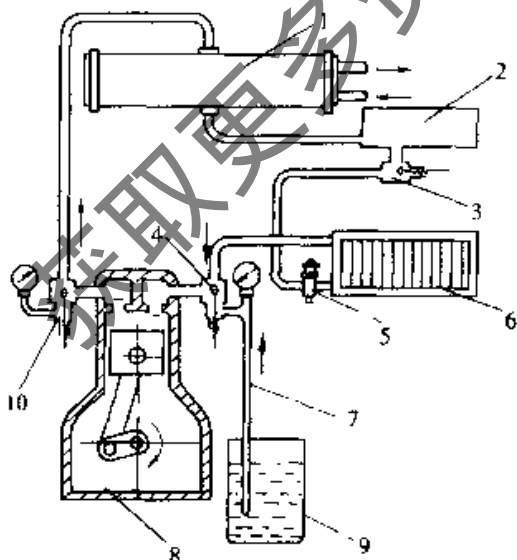


图 5-26 半封闭压缩机制冷系统充注润滑油

1—冷凝器; 2—储液器; 3—出液阀; 4—吸气截止阀; 5—膨胀阀; 6—蒸发器; 7—吸油管;

8—压缩机; 9—油杯; 10—排气截止阀

(4) 开动压缩机瞬时即停 (以免奔油), 反复二三次, 再运转几分钟, 达到稳定的真空状态后停机。

(5) 放松揪管的手指, 油就从铜管中吸进去。

(6) 从视油镜中观察油是否达到油面线。如果未达到而油也不再吸入了, 再用手揪住管子不让漏气, 用同样方法启动压缩机, 形成真空状态后, 再让油自行吸入, 直到润滑油达到油面线为止。

(7) 关闭吸气阀的多用通道, 拆除铜管, 加油完毕。

若需要充注较多的润滑油, 则可关闭吸气阀, 将压缩机油成 0.01MPa 或稍高些后关闭

排气阀，旋开压缩机的加油丝堵，用漏斗添加所需的润滑油量，按拆修压缩机的程序使压缩机复原。

(四) 汽车空调制冷系统灌注冷冻润滑油

在一般情况下，汽车空调制冷系统冷冻润滑油消耗很少，可每两年更换一次，每次应按规定数量加注（一般压缩机的铭牌上都标注润滑油的型号和数量）。加注时一定要使用同一牌号的冷冻润滑油，不同牌号的冷冻润滑油混用会生成沉淀物。

制冷系统若泄漏很慢，对冷冻润滑油泄漏影响不大。若系统内制冷剂泄漏很快，冷冻润滑油也会随之很快泄漏。

汽车空调压缩机是高速运转装置，其工作是否正常，取决于润滑是否充分，但过多的润滑油也会影响制冷效果。当更换压缩机或制冷系统某一部件时，须检查压缩机内的油量。表 5-12 所示为更换系统部件时冷冻润滑油补充量。

表 5-12 更换制冷系统部件时冷冻润滑油补充量

更换的零部件	冷凝器	蒸发器	贮液干燥器	制冷剂管道
冷冻润滑油补充量/ml.	40~50	40~50	10~20	10~20

1. 压缩机冷冻润滑油量的检查

(1) 轿车空调压缩机冷冻润滑油检查。图 5-27 所示为其冷冻润滑油量的检查，卸下加油塞 1，通过加油塞孔观看并旋转离合器前板，把油尺用棉纱擦干净，然后插到压缩机内，直到油尺端部碰到压缩机内壳体为止，取出油尺，观察油尺浸入深度，当加油合适时，压缩机内油面应在 4~6 格之间，若少则加入，若多则放出，然后拧紧加油孔塞。

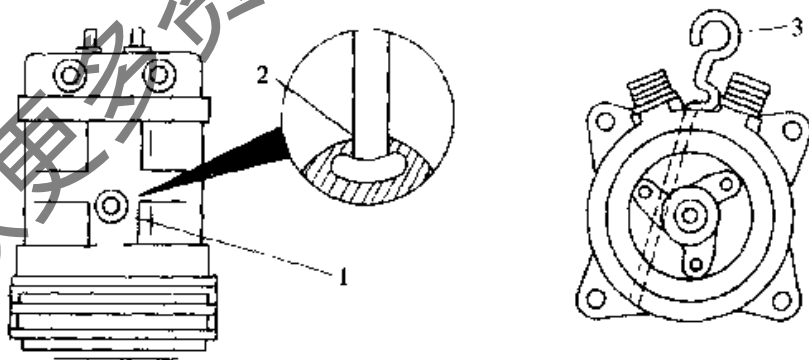


图 5-27 轿车空调压缩机冷冻润滑油量的检查

1-加油塞；2-加油孔；3-油尺

(2) 客车空调压缩机冷冻润滑油检查。检查时，使客车空调压缩机高速运转 15min 以上，然后通过压缩机上的视油镜观察油位，正常情况的油位应在视油镜一半以上的位置，若油量在视油镜中间线以下，就必须补充冷冻润滑油。

2. 冷冻润滑油加注

一般维修汽车空调制冷系统是不需要加注冷冻润滑油的，但在更换制冷系统部

件以及发现系统有严重泄漏时，必须补充冷冻润滑油。加注冷冻润滑油的方法有以下两种：

(1) 利用压缩机本身的抽吸作用，将冷冻润滑油从低压阀处吸入，这时发动机一定要保持低速运转。

(2) 利用抽真空加注冷冻润滑油，其具体操作方法如下：

1) 按抽真空的方法先对制冷系统抽真空。

2) 选用一个有刻度的量筒，盛入比所要补充量还要多的冷冻润滑油。

3) 将连接在压缩机上的低压软管从歧管压力计上拧下来，并将其插入盛有冷冻润滑油的量筒内，如图 5-28 所示。

4) 启动真空泵，打开歧管压力计上的手动高压阀，补充的冷冻润滑油就从压缩机的低压侧进入压缩机中。当冷冻润滑油量达到规定量时，停止真空泵的抽吸，并关闭手动高压阀。

5) 按抽真空法加注冷冻润滑油后，还应接着对制冷系统抽真空、灌注制冷剂。

五、制冷系统充注制冷剂

制冷系统充注制冷剂需在检漏和干燥抽真空之后进行。制冷剂充注量应根据制冷空调设备的型号确定，具体充注量可在制冷设备的铭牌或说明书中找到。制冷剂充注量误差一般不要超过 2~4g，充注量过多，会使低压压力升高，蒸发温度也升高，使

制冷量减少，过多的制冷剂液体进入压缩机，会产生液击，损坏空调压缩机；充注量过少，进入蒸发器内的制冷剂不足，同样会使制冷量减少，所以，准确地掌握制冷剂充注量是十分重要的。另外，向制冷系统充注制冷剂前，一定要将充注管内的空气排净。

(一) 制冷系统充注制冷剂的常用工具

1. 快速接头

快速接头分凸头和凹头两部分，其结构如图 5-29 所示，各自有自封阀针。

操作时，当凸头插入凹头时，两

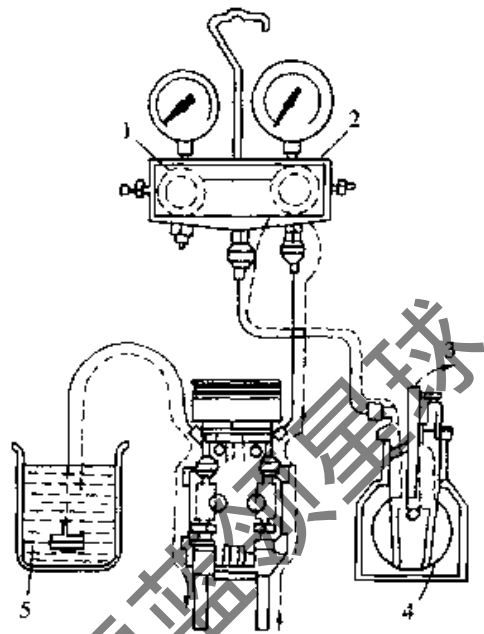


图 5-28 抽真空法加注冷冻润滑油

1—手动低压阀关闭；2—手动高压阀开启；
3—排出空气；4—真空泵；5—冷冻润滑油

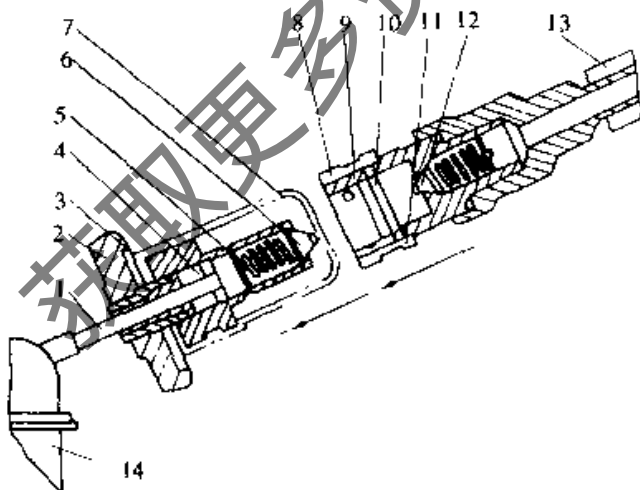


图 5-29 快速接头结构

1—压缩机工艺管；2—手轮；3—垫套；4—胶套；5—插头；6—自封针阀；7—护套；8—滑套；9—锁固球；10—密封圈；11—自封针阀；12—滑套弹簧；13—软管；

14—压缩机

个自封阀针6、11对顶开启，使管路接通；拔开后，阀针靠滑套弹簧的作用各自封闭；对接后，靠滑套推动锁固球锁紧；打开时，将滑套后推使锁固球脱槽，凹凸头即脱离，该接头装卸都很方便，是制冷系统抽真空、充注制冷剂较理想的工具。

2. 转心三通阀

转心三通阀是抽真空和充注制冷剂的一种简便工具，其结构如图5-30所示。三个接头分别连接真空泵、制冷剂钢瓶和压缩机工艺管。抽真空完成后，将球阀心转向充注侧，即可充入制冷剂，不需要变换连接管道，因此，可避免抽真空与充注制冷剂两道工序之间空气渗入制冷系统，该阀使用起来较方便。

3. 制冷剂罐注入阀

为了便于维修制冷空调设备和外出携带方便，制冷剂厂家生产有一种小罐制冷剂（一般为400克左右），但是，要将它注入到制冷系统中去，需要有注入阀才能配套开罐。

如图5-31所示，制冷剂罐内装有制冷剂，用软管与歧管压力计的中间接头相连，其具体使用方法如下：

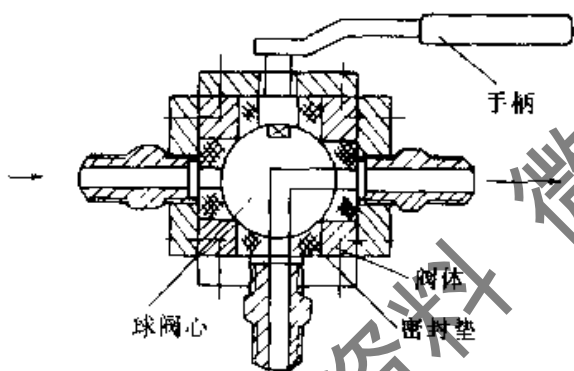


图 5-30 转心三通阀结构

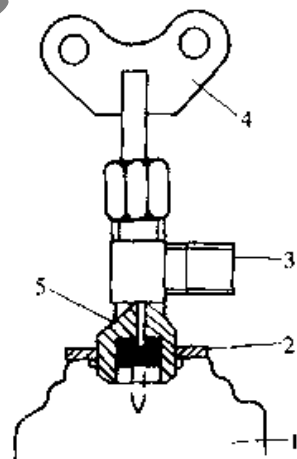


图 5-31 制冷剂罐注入阀

1—制冷剂罐；2—板状螺母；
3—注入阀止接头；4—旋转
手柄；5—阀针

(1) 按逆时针方向旋转注入阀手柄，直到阀针退回为止。

(2) 将注入阀装到制冷剂罐上，逆时针方向旋转板状螺母直到最高位置，然后将制冷剂注入阀按顺时针方向拧动，直到注入阀嵌入制冷剂密封塞。

(3) 将板状螺母按顺时针方向旋转到底，再将歧管压力计上的中间软管固定到注入阀的接头上。

(4) 拧紧板状螺母。

(5) 按顺时针方向旋转手柄，使阀针刺穿密封塞。

(6) 如果要充注制冷剂，按逆时针方向旋转手柄使阀针抬起，同时打开歧管压力计上的手动阀。

(7) 如果要停止加制冷剂, 按顺时针方向旋转手柄, 使阀针再次进入密封塞, 并同时关闭歧管压力计上的手动阀。

4. 歧管压力计

歧管压力计也是维修制冷系统的重要工具, 它与制冷系统相接可进行抽真空、加注制冷剂和诊断制冷系统故障等操作。

歧管压力计有两个压力表, 一个压力表用于检测制冷系统高压侧的压力; 另一个压力表用于检测低压侧的压力。低压侧压力表既可用于显示压力, 也用于显示真空度, 真空度读数范围为 $0 \sim 101\text{kPa}$, 压力刻度从 0 开始, 量程不小于 420kPa , 高压侧压力表测量的压力范围从 0 开始, 量程不得小于 2110kPa 。

如图 5-32 所示, 歧管压力计是由高压表、低压表、手动低压阀、手动高压阀、阀体、高压接头、低压接头以及连接压缩机的中接头构成。

在抽真空和充注制冷剂时, 高压接头接制冷剂钢瓶或充注器, 低压接头接真空泵, 中接头接压缩机。手动低压阀打开, 手动高压阀关闭, 可对制冷系统进行抽真空; 手动高压阀打开, 手动低压阀关闭, 可对制冷系统充注制冷剂。

5. 检修阀

客车空调压缩机上的检修阀是一个三通阀, 利用它可以进行汽车空调抽真空、检测系统压力以及灌注制冷剂。图 5-33 所示为其结构, 其上有四个通道接口, 通道 4 接压力表, 通道 5 接旁路电磁阀, 通道 6 接制冷系统管道, 通道 7 接压缩机。

无论高、低压检修阀均有三个位置, 即后座、中座和前座, 如图 5-34 所示为

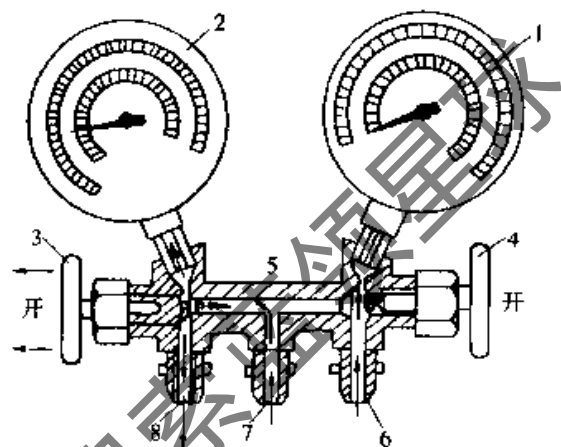


图 5-32 歧管压力计结构

- 1—高压表; 2—低压表; 3—手动低压阀;
4—手动高压阀; 5—阀体; 6—高压接头;
7—连接压缩机的中接头; 8—低压接头

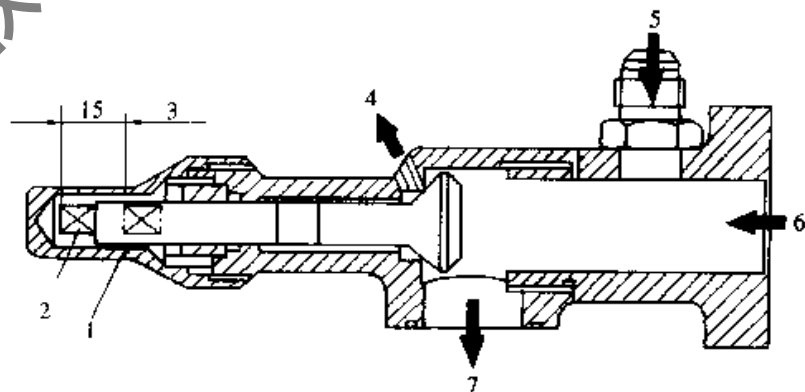


图 5-33 检修阀结构

- 1—阀帽; 2—阀杆; 3—阀杆行程; 4—压力表接口; 5—旁通电磁阀接口;
6—制冷系统管道接口; 7—压缩机接口

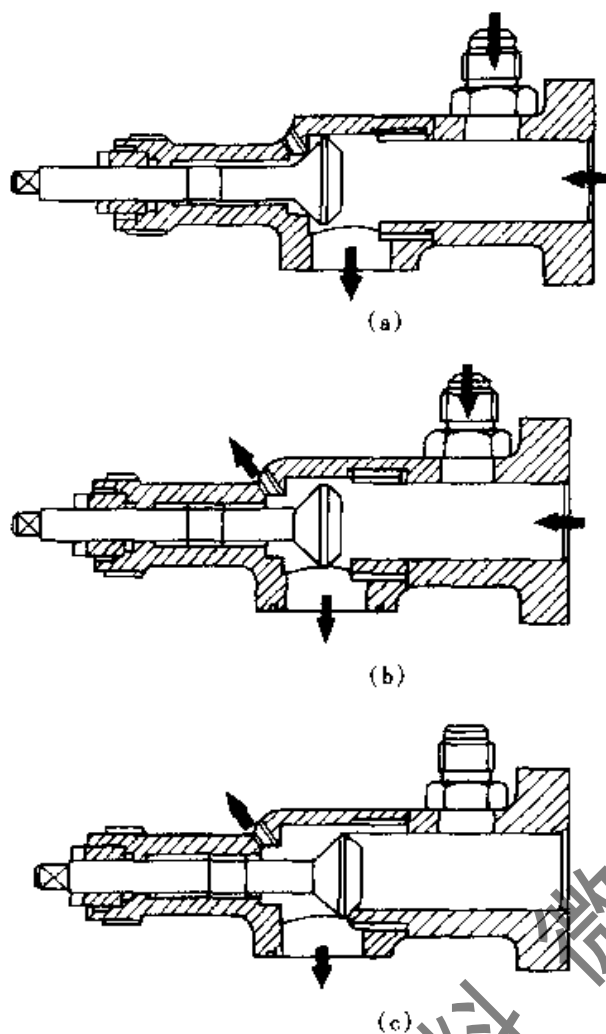


图 5-34 检修阀工作位置

(a) 后座位置；(b) 中间位置；(c) 前座位置

检修阀的工作位置，它的阀杆可利用棘轮扳手转动，使该阀可处于下列三种位置中的任何一种位置。

(1) 后座位置，又叫正常位置，如图 5-34 (a) 所示，逆时针方向旋转阀杆至极限位置，阀便处于后座位置，此时制冷剂可进、出压缩机，但到不了压力表。制冷系统正常工作时，压缩机上的两个检修阀在此位置。

(2) 中间位置，如图 5-34 (b) 所示，制冷剂可在整个系统内流通，压缩机内的制冷剂既可进入管路系统，又可进入压力表口，以便检测系统压力。

(3) 前座位置，如图 5-34 (c) 所示，顺时针方向转动阀杆至阀的极限位置，阀便处于前座位置，此时系统内制冷剂不能流到压缩机，而且压缩机与系统其他部分隔绝。若松开检修阀的固定螺钉，可以更换压缩机，或将压缩机卸下来修理，而不必打开整个制冷系统。但从压缩机上卸下检修阀要小心，因为压缩机内还残存有制冷剂，因此，拆卸检修阀时速度要慢，并遵守有关操作规程。

6. 气门阀

气门阀一般用于非独立驱动的汽车空调制冷系统维修（如轿车空调等）。在轿车空调制冷系统中，为了简化制冷系统结构，压缩机上不设检修阀，而用维修接口来代替。每个维修接口上都装有气门阀。

图 5-35 所示为气门阀结构。轿车空调压缩机吸、排气管接头都采用这种气门

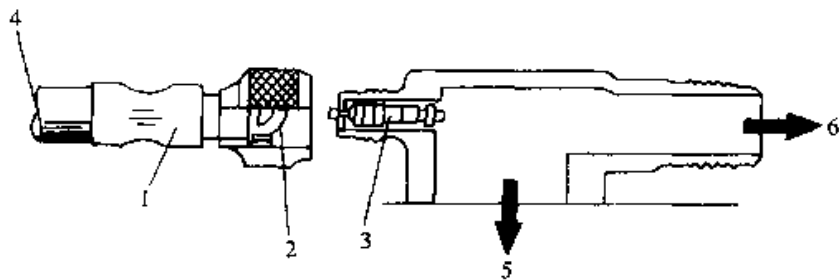


图 5-35 气门阀结构

1—检测用软管；2—顶阀杆；3—气门阀；4—通往压力表；

5—通往压缩机；6—通往制冷管路

阀，它和轮胎的气门芯相似，只有开和关两个位置。使用时只要把检测用软管接头拧在工作阀口上，阀芯就被压开，制冷剂就进入检测用软管；卸去检测用软管时，就自动关闭系统接口。

7. 便携式制冷剂充注器

便携式制冷剂充注器供外出维修使用，其结构如图 5-36 所示。

主体是一个金属筒，直径为 80~100mm，可装制冷剂质量为 1~2kg，侧面设有观察液位的玻璃管即液位管，外面有一可转动的透明塑料套筒，筒上标有不同制冷剂在不同温度下的质量刻度，根据玻璃管显示的液位升降高度与套筒对应的刻度来计量。

便携式充注器不带真空泵，不能抽真空，充注时靠开闭充注阀来控制充注量。

8. 多功能抽真空充氟机

多功能抽真空充氟机可以一次完成制冷系统的检漏、抽真空和加注制冷剂。它的结构主要由真空泵、定量加液筒、高低压压力表、真空表以及组合阀组成，它紧凑地组装在一台小车上，其结构外形如图 5-37 所示。

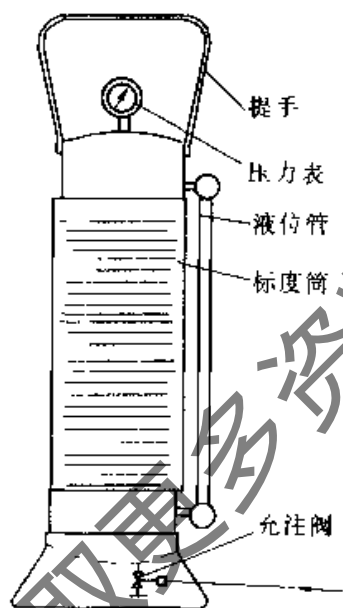


图 5-36 便携式制冷剂充注器

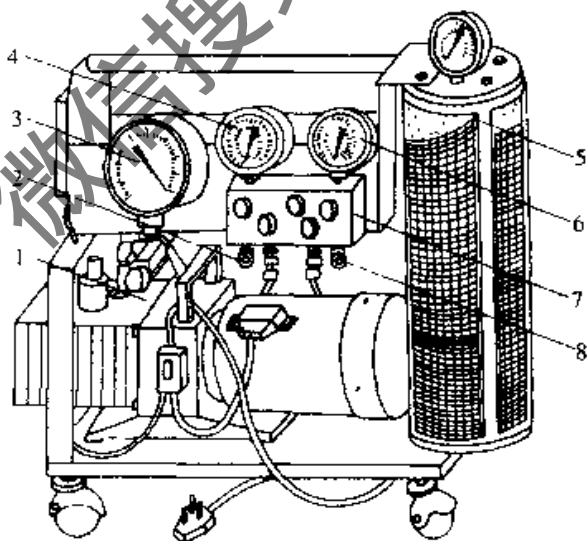


图 5-37 多功能抽真空充氟机结构外形

1—真空泵；2—接口；3—真空表；4—低压压力表；
5—定量加液筒；6—高压压力表；7—组合阀；8—接口

9. 专用成套维修工具

图 5-38 所示为汽车空调专用成套维修工具，它由歧管压力计、漏气检测仪、制冷剂管固定架、制冷剂管割刀、备用贮气瓶、扩口工具、检修阀扳手、制冷剂注入阀、注入软管衬垫、检修阀衬垫等构成。以上这些工具都是修理汽车空调的专用工具，在修理过程中，应尽量使用工具箱中的工具，确保检修质量。

(二) 全封闭压缩机制冷系统充注制冷剂

制冷系统经过检漏、抽真空，就可充注制冷剂。充注制冷剂可采用以下几种方法。

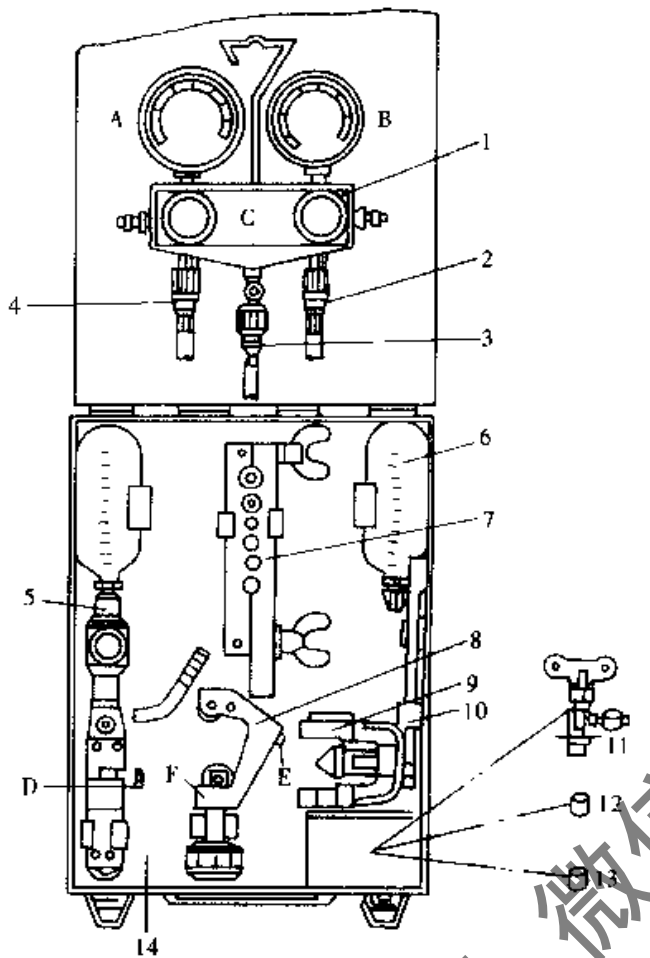


图 5-38 汽车空调专用成套维修工具

1—歧管压力表；2—红色注入软管；3—绿色注入软管；
4—蓝色注入软管；5—漏气检测仪；6—备用贮气瓶；7—
制冷剂管固定架；8—制冷剂管割刀；9—扩口工具；10—
检修阀扳手；11—制冷剂罐注入阀；12—注入软管衬垫；
13—检修阀衬垫；14—工具箱

A—低压表；B—高压表；C—压力表座；D—反应板；
E—铰刀；F—刀片

1. 定量加液器充注法

图 5-39 所示为定量加液器结构外形。容器的最外层是转筒，转筒上刻有不同制冷剂在不同压力下的定量充液线，操作时，可按照压力表上指示的压力值和制冷剂的种类，将转筒所对应的刻度线旋转到液量观察管的位置，通过三通截止阀将压缩机工艺管和定量加液器下阀用管道相连接，向制冷系统充注制冷剂。

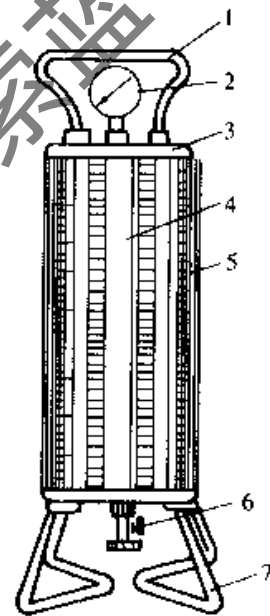


图 5-39 定量加液器结构外形

1—提手；2—压力表；3—筒体；4—液量
观察管；5—转筒；6—下阀；7—支脚

充注过程中应随时注意观察液量管及转筒刻度线，达到充灌量后立即关闭阀门停止加注。

2. 控制低压压力法

低压压力的高低是由制冷剂量的多少来决定的，所以充注制冷剂多，低压压力就高；相反，充注制冷剂量少，低压压力就低。向制冷系统充注制冷剂时，将三通阀的一端与制冷剂钢瓶相连接，打开钢瓶阀门，先松开一下钢瓶与三通阀连接的紧固螺母，排出连接管内的空气，再旋紧紧固螺母，打开三通阀，充入制冷剂，待压力表指针上升到 0.5MPa 时关闭三通阀，启动压缩机。这时压力表指示的压力慢慢降下来，降到一定数值后，稳定不变，若表压压力低于 0.5MPa ，可打开三通阀再

充入制冷剂，直至低压压力稳定在 0.5MPa 为止。

3. 称重法

它是按照制冷空调设备铭牌上标准的制冷剂质量进行充注，即将装有制冷剂的小钢瓶放在小磅秤上，用连接铜管将小钢瓶与三通阀连接起来。先排出连接铜管中的空气，称出小钢瓶的质量，再将磅秤调到制冷设备应加制冷剂质量的刻度，然后打开三通阀，充入制冷剂。当达到充注量时，立即关闭三通阀，启动压缩机运转 30min，看其运转电流是否正常。

(三) 半封闭压缩机制冷系统充注制冷剂

如图 5-40 所示为半封闭压缩机制冷系统充注制冷剂，其操作步骤如下：

(1) 将制冷剂钢瓶放在磅秤上，拧上钢瓶接头，

(2) 将压缩机低压吸入阀拧紧，使多用通道关闭，再拧下多用通道上的螺塞，接上三通接头。其一端接真空压力表，另一端接充注制冷剂用的紫铜管，紫铜管再接到制冷剂钢瓶的接头上。

(3) 轻轻打开钢瓶阀门，使管路中充满制冷剂气体，再稍微拧松三通接头上的接头螺母，利用制冷剂气体的压力，将管路中的空气排出，然后拧紧所有接头螺母，并打开钢瓶阀门。

(4) 顺时针旋转制冷压缩机的低压吸气阀，使多用通道和低压吸气管及压缩机处在连通状态。充注时需注意磅秤上的质量读数变化和低压表压力的变化，如果压力已达到平衡，而充注数量还未到规定值，则开启压缩机使其充氟。

(5) 当磅秤上指示的数值达到规定充注量时，先关闭钢瓶上的阀，然后逆时针旋转低压吸气阀，使多用通道关闭，并使压缩机停止。

(6) 松开并拆下接管螺母及充注制冷剂用的三通接头，重新装上原来卸下的接头和低压表等部件。

(7) 顺时针旋转低压吸气阀 $1/2 \sim 3/4$ 圈，使多用通道和低压表相通。

(四) 汽车空调系统制冷剂充注

在汽车空调制冷系统抽真空达到要求后，并经检漏确定制冷系统不存在泄漏部位后，即可向制冷系统充注制冷剂。充注前，应先弄清注入制冷剂的数量，充注量过多或过少，都会影响空调制冷效果。压缩机的铭牌上一般都标有所用制冷剂的种类及其充注量。表 5-13 所示为几种车型的制冷剂规定注入量。

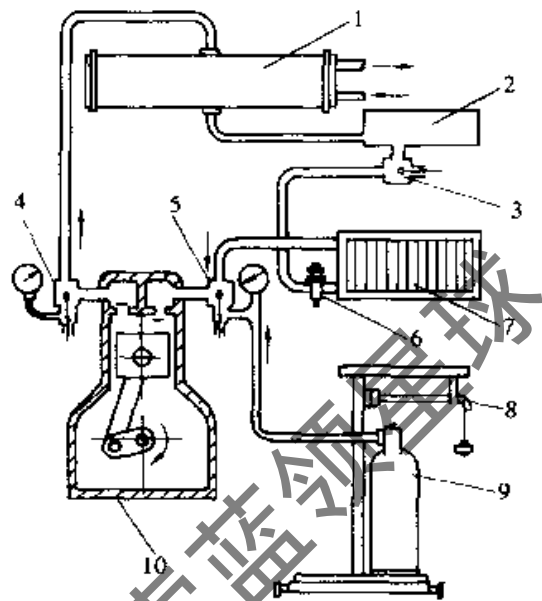


图 5-40 半封闭压缩机制冷系统充注制冷剂

1—冷凝器；2—储液器；3—出液阀；4—排气截止阀；5—吸气截止阀；6—膨胀阀；7—蒸发器；8—磅秤；9—制冷剂钢瓶；10—压缩机

表 5-13

几种车型的制冷剂规定注入量

车 型	制冷剂规定注入量/kg
普通轿车	0.7~0.8
KQFD24 (大客车)	13
KQFD12 (客车)	10
丰田 COASTER RB11、RB10 面包车	2.4
丰田 COASTER RB20、BB20 面包车	2.5~2.7
丰田 HIACE RH20 面包车	2.4
丰田 LITEACE KM20 面包车	1.5
丰田 CROWN MS12 轿车	前置式: 0.8, 双联式: 1.2
日产 DATSUN430 轿车	前置式: 0.8~0.9, 双联式: 1.2~1.4
富士 RC51 大客车空调	7
三菱 BS701T 大客车空调	6.3
马自达 E2000、E1800 旅行车	1.6
日产 E23 型旅行车	单风门: 1.1, 双风门: 1.9
三菱 ROSA BS310C 旅行车	2.7
日野 RC420、RE200 大客车	7
日野 RC421 大客车	6
日野 AM200、AA100 中型客车	4.4
日野 RJ172、RR172 大客车	4 (无过冷器), 4.5 (有过冷器)

充注制冷剂的方法有两种: 一种是从压缩机排气阀 (高压阀) 的旁通孔 (多用通道) 充注, 称为高压端充注, 充入的是制冷剂液体。其特点是安全、快速, 适用于制冷系统的第一次充注, 即经检漏、抽真空后的系统充注。但用该方法时必须注意, 充注时不可启动压缩机 (发动机停转), 且制冷剂罐要求倒立。另一种是从压缩机吸气阀 (低压阀) 的旁道孔 (多用通道) 充注, 称为低压端充注, 充入的是制冷剂气体, 其特点是充注速度慢, 可在系统补充制冷剂的情况下使用。

1. 高压端充注制冷剂

通过高压端向制冷系统充注液态制冷剂的操作步骤如下:

(1) 当系统抽完真空之后, 关闭歧管压力计上的高、低压手动阀。

(2) 将中间软管的一端与制冷剂罐注入阀的接头连接起来, 如图 5-41 所示, 打开制冷剂罐开启阀, 再拧开歧管压力计软管一端的螺母, 让气体溢出几秒钟, 把空气赶走, 然后再拧紧螺母。

(3) 拧开高压侧手动阀至全开位置, 将制冷剂罐倒立, 以便从高压侧充注液态制冷剂。

(4) 从高压侧注入规定量的液态制冷剂。关闭制冷剂罐手阀及压力计上的手动

高压阀，然后将仪表卸下。特别要注意从高压侧向系统充注制冷剂时，不能开动发动机（压缩机停转），更不可拧开歧管压力计上的手动低压阀，以防产生液击。

2. 低压端充注制冷剂

通过歧管压力计上的手动低压阀可向制冷系统的低压侧充注气态制冷剂，其具体操作步骤如下：

(1) 按图 5-42 所示，将歧管压力计与压缩机和制冷剂罐连接好。

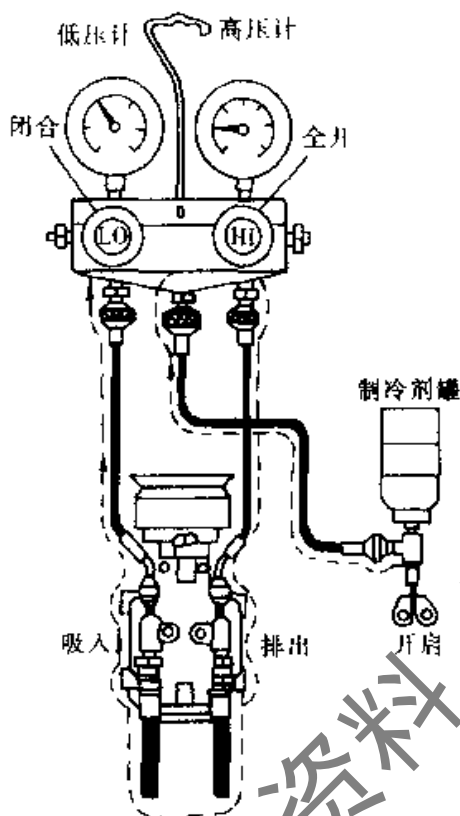


图 5-41 从高压端充注液态制冷剂

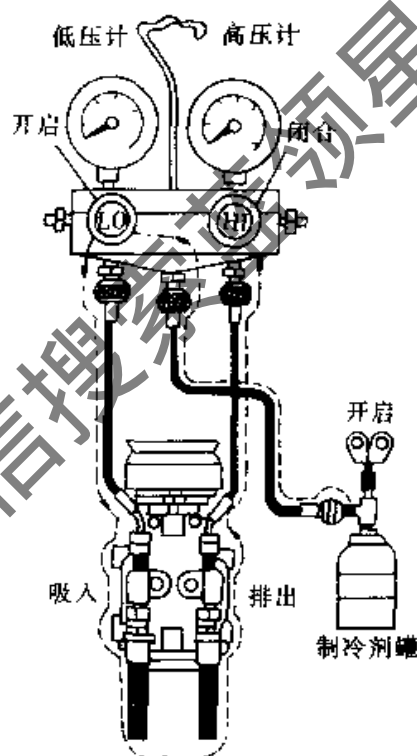


图 5-42 从低压侧充注气态制冷剂

(2) 打开制冷剂罐，拧松中间注入软管在歧管压力计上的螺母，直到听见有制冷剂蒸气流动的声音，然后拧紧螺母。其目的是将注入软管中的空气赶走。

(3) 打开手动低压阀，让制冷剂进入制冷系统。当系统的压力值达到 0.4MPa 时，关闭手动低压阀。

(4) 启动发动机，将空调开关接通，并将风机开关和温控开关都调至最大。

(5) 再打开歧管压力计上的手动低压阀，让制冷剂继续进入制冷系统，直至充注量达到规定值。

(6) 在向系统中充注规定量制冷剂之后，从视液玻璃窗处观察，确认系统内无气泡、无过量制冷剂。随后将发动机转速调至 2000r/min，冷风机风量开到最高挡，若气温在 30~35℃，系统内低压侧压力应为 147~192kPa，高压侧压力应为 1370~1670kPa。

(7) 充注完毕之后，关闭歧管压力计上的手动低压阀，关闭装在制冷剂罐上的

注入阀，使发动机停止运转，将歧管压力计从压缩机上卸下，卸下时动作要迅速，以免过多制冷剂泄出。

(五) 汽车空调制冷系统制冷剂的补充、贮存及排放

1. 制冷剂的补充

汽车空调经过一段时间运行后，由于汽车振动等原因，使某些部位的接头松动，制冷剂泄漏，制冷效果变差。经过查漏、排漏后，需要从低压侧向系统补充制冷剂。其具体操作步骤如下：

(1) 开动汽车空调，使其运转几分钟。

(2) 从视液玻璃窗口检查制冷剂的流动情况。若气泡连续出现，则表明系统内缺少制冷剂。若气泡间断出现，需要再运转一会，继续观察气泡是否消失，若仍然有气泡，就表明该系统缺少制冷剂。

(3) 将歧管压力计、制冷剂罐和系统连接起来，如图 5-42 所示。

(4) 打开制冷剂罐上的阀，拧松歧管压力计上的中间软管接头，使制冷剂放出几秒钟，然后拧紧接头。目的是赶出中间软管内空气，以防其进入制冷系统。

(5) 关闭手动高压阀，将制冷剂钢瓶直立，启动发动机，接合压缩机运转，打开手动低压阀，让气态制冷剂从低压侧吸入压缩机，待达到规定量时，关闭手动低压阀和制冷剂罐开关阀。

(6) 从系统上卸下歧管压力计和制冷剂罐。

2. 制冷剂的贮存

图 5-43 所示为汽车空调制冷系统内制冷剂的贮存工作过程，它是将制冷系统

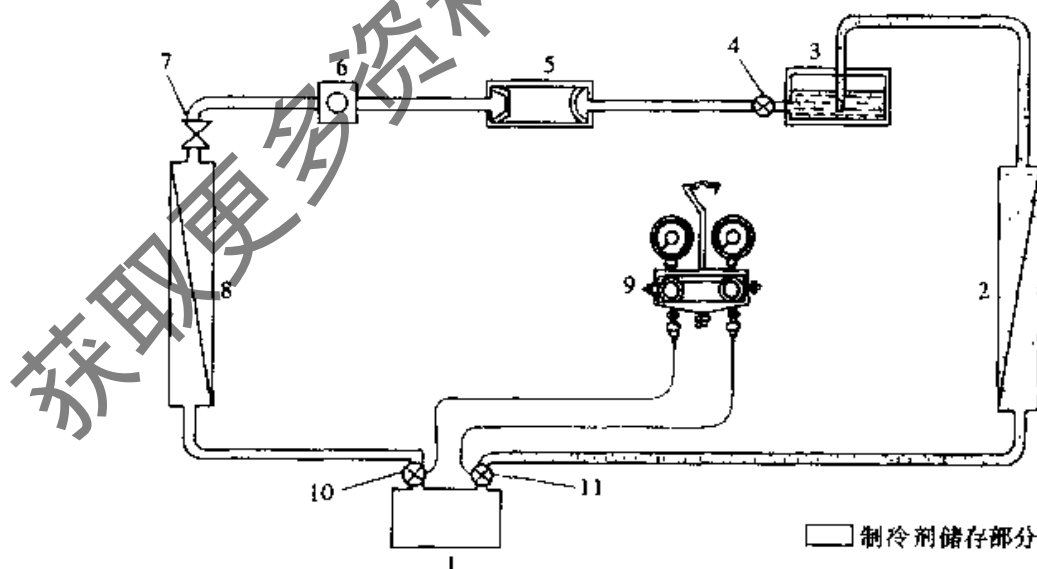


图 5-43 汽车空调制冷系统内贮存制冷剂方法

1—压缩机；2—冷凝器；3—贮液罐；4—截止阀；5—干燥过滤器；6—视液玻璃窗；7—膨胀阀；8—蒸发器；9—歧管压力计；10—压缩机低压检修阀；11—压缩机高压检修阀

内的制冷剂强制推进到贮液罐、冷凝器等高压侧一端。其目的是在制冷系统长期不工作时，便于保存制冷剂，以减少制冷系统内的泄漏损失，或在检修、更换制冷系统低压部分零部件时，不必放出制冷系统内的制冷剂，以简化操作修理过程。其具体操作方法如下：

(1) 将歧管压力计上的高、低压软管分别与压缩机的排气检修阀、吸气检修阀相连。

(2) 关闭歧管压力计上的手动高、低压阀，并打开制冷系统高、低压检修阀，此时主要利用歧管压力计上的高、低压表来观察系统内的压力情况。

(3) 关闭贮液罐出口截止阀4。

(4) 拆除压力开关上的熔丝，以免操作时压力开关起作用，切断控制系统电源。

(5) 启动发动机，将选择开关置于低转速位置，并察看低压表的压力变化，当低压表压力在 $0.01 \sim 0.02\text{MPa}$ 时，停止发动机运转。当发动机停止工作时，低压表的压力又会逐渐上升，这时再启动发动机低转速运行，直到低压压力又下降到 $0.01 \sim 0.02\text{MPa}$ 时，再次停止发动机运转。

(6) 关闭压缩机吸、排气阀，且先关吸气阀，后关排气阀，这样系统内制冷剂全部都集中到压缩机高压检修阀和储液罐出口截止阀之间。

(7) 修理或更换有关部件后，要排除低压端空气。将歧管压力计上的中间软管连接到真空泵上，启动真空泵并打开歧管压力计上的手动低压阀，排出低压端内空气，同时对低压端应进行检漏。重新打开压缩机吸、排气检修阀和储液罐出口截止阀，则制冷剂又重新回到低压端，最后拆下歧管压力计。

3. 制冷剂的排放

由于修理或其他原因需将系统内的制冷剂排放掉。排放有两种方法，一是将制冷剂放到大气中，但这要污染环境。二是回收制冷剂，但要有回收装置。排放时，周围环境一定要通风良好，不能接近明火，否则要产生有毒的气体。制冷剂排放的具体操作步骤如下。

(1) 关闭歧管压力计上的手动高、低压阀，并将其高、低压软管分别接在压缩机高、低压检修阀上，将中间软管的自由端放在工作抹布上。

(2) 慢慢打开手动高压阀，让制冷剂从中间软管布上排出，阀门不能开得太大，否则压缩机内的冷冻润滑油会随制冷剂流出。

(3) 当压力表读数降到 0.35MPa 以下时，再慢慢打开手动低压阀，使制冷剂从高、低压两侧同时排出。

(4) 观察压力表读数，随着压力下降，逐渐开大手动高、低压阀，直至高、低压表的读数指到零为止。

六、制冷系统的清洗及排放空气

(一) 制冷系统的清洗

当制冷设备运转时间较长时，其制冷系统管路会变脏或有其他杂物等，因此，

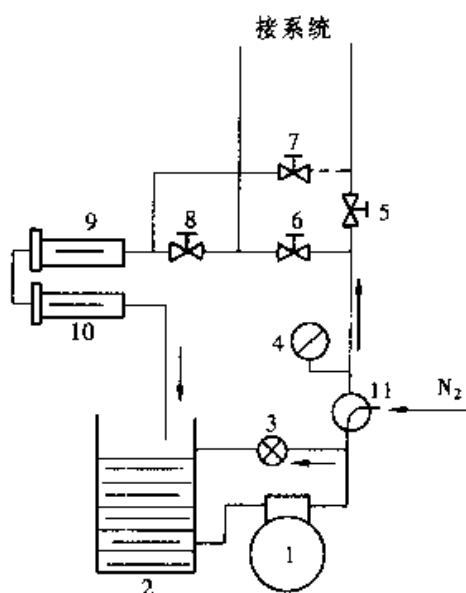


图 5-44 管路清洗系统

- 1—泵；2—溶剂桶；3—旁通阀；4—压力表；
5、6、7、8—截止阀；9—过滤器；10—干燥器；11—换向阀

制冷设备长时间运转后，修理时须清洗系统管路。如图 5-44 所示，清洗剂选用 R113，清洗按以下步骤进行：

(1) 放出制冷管路中的制冷剂，并检查制冷剂的颜色、气味有无异常。

(2) 拆卸压缩机，从压缩机中取少量冷冻润滑油，检查其有无异味、颜色和杂质等。

(3) 将洗净液注入水槽，启动水泵进行清洗。若污损较轻，洗净液在管路中只需循环 1h 左右；若污损严重，应循环 3~4h。洗净后，用氮气压出系统中清洗剂，再对制冷管路进行干燥处理。

(二) 制冷系统排放空气

由于空气不能凝结且又比制冷剂轻，因此空气进入系统后都积存在冷凝器或贮液器上部，系统中若有空气将影响冷凝器的冷却

散热效果，并使冷凝压力和温度过高，同时系统低压也将较高，整个系统制冷量下降，因此，系统中若进入空气要及时排除。

1. 空调机制冷系统排放空气

空调机制冷系统排放空气往往是在充灌制冷剂之后进行的。压缩机工作一段时间后，停机数分钟，将排气（高压）阀打开，空气可从阀孔中排出。开始会有少量制冷剂液体排出，然后便是空气排出，手感如发现有凉气排出，须关闭排气阀。继续开机运转、观察，同时继续充入适当的制冷剂，运转十几分钟。按照上述方法，持续进行几次，就可排净系统中的空气。

修理时若无法装上排气修理阀，较好的办法是全部放掉制冷剂重新进行抽真空。若不想浪费制冷剂，也可放掉一部分，然后再充注适量制冷剂进行观察，直到满足要求为止。

2. 汽车空调制冷系统排放空气

(1) 轿车空调制冷系统排放空气。

1) 排出系统内的制冷剂。

2) 检查制冷系统是否有泄漏的地方并补漏。

3) 用真空泵反复多次抽出系统内的空气。

(2) 客车空调制冷系统排放空气。

1) 关闭冷凝器或贮液器的出液阀，启动压缩机，将系统中的制冷剂和空气混合气排到冷凝器中，并使系统低压达到 5~6kPa，这时可停止压缩机运行。

2) 对冷凝器进行吹风冷却，使冷凝器中的制冷剂蒸气冷凝成液体，而空气依

然是气体、便可对空气进行分离。

3) 慢慢松开压缩机上的排气阀多用孔口, 使制冷系统中的气体排出, 若排出的气体较热即为空气, 若排出的气体较凉应关闭多用孔口。

4) 开机运行, 观察高压表指针是否摆动, 系统高、低压力是否比正常值高, 若达不到要求, 还应继续按上述方法排放空气。

第三节 制冷空调装置维修技术

一、电冰箱、空调器维修技术

(一) 制冷压缩机的维修

1. 全封闭制冷压缩机的维修

全封闭压缩机易发生故障的部件较多, 修理较复杂, 只有找到内部故障以后, 才可进行开壳大修。压缩机发生以下故障时需要进行开壳修理:

- 1) 压缩机能正常运转, 但高压排气管不排气, 或排气压力很小。
- 2) 压缩机内部的弹簧吊钩脱落或弹簧折断。
- 3) 润滑油变质或缺油, 引起压缩机卡缸。
- 4) 压缩机温升过高, 润滑系统有故障。
- 5) 压缩机内部绕组短路或断路。
- 6) 压缩机内部电源线脱落。
- 7) 压缩机轴承破损。
- 8) 压缩机吸、排气阀片损坏。

修理压缩机的大体步骤可分为: 割开机壳、拆卸零部件、清洗和烘干零部件、电机绕线、安装和调试各个部件、故障排除、封壳、真空干燥等。

(1) 压缩机开壳。解剖压缩机机壳以前, 先拔下电源插座, 切断充氟管, 放出制冷剂, 然后用气焊的中性火焰, 将压缩机上吸、排气管焊开拔出。在使用气焊时, 要用铁皮挡住压缩机和箱体底部, 以免烧坏箱体漆层和压缩机接线柱。

压缩机内的润滑油可从低压管口或充氟管排出, 让排油管向下, 冷冻润滑油从管中流出, 收集在一量杯中, 待油流尽, 将油量记下, 并盖好盖, 以防冷冻润滑油吸入水分。

剖开机壳有两种方法: 一种用车床车开, 即将压缩机固定在专用法兰卡盘上, 然后将法兰卡盘装在车床上, 压缩机与卡盘同心旋转, 沿焊口慢慢车开压缩机外壳; 另一种用钢锯锯开(适用

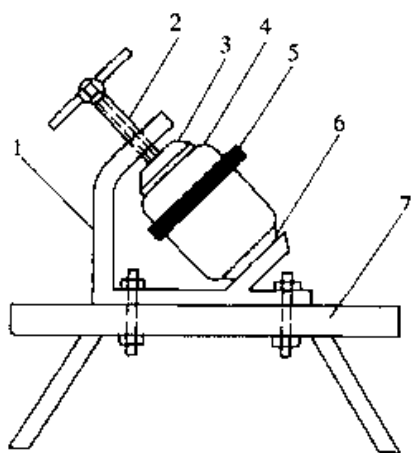


图 5-45 剖机壳工作台

1—钢架; 2—丝杆; 3—压盘; 4—全封闭压缩机; 5—焊口; 6—橡胶垫板; 7—工作台

于椭圆形壳体),即将压缩机固定在专用固定支架上,如图5-45所示,用钢锯沿焊缝锯开,锯割前可先用砂轮磨去焊缝表面的接缝层。一般沿圆周锯3~4mm深,锯太深容易伤及内部零件并使过多的锯屑落入机内。压缩机在开壳前,应做一垂直记号,以便在修复后能对准原来位置,便于焊接。

(2) 压缩机零件的拆卸。打开压缩机机壳后,若压缩机在顶部,电机在底部,可直接用扳手将汽缸盖上的四个螺钉拆下,取出汽缸盖和阀垫,拆下定位销,取出吸气阀片、排气阀片,如图5-46所示;若电机在顶部,压缩机在底部,高压缓冲管与外壳连接,需要用气焊将连接管焊开,然后用尖嘴钳摘下减振弹簧,取出机芯,再拆下阀片。

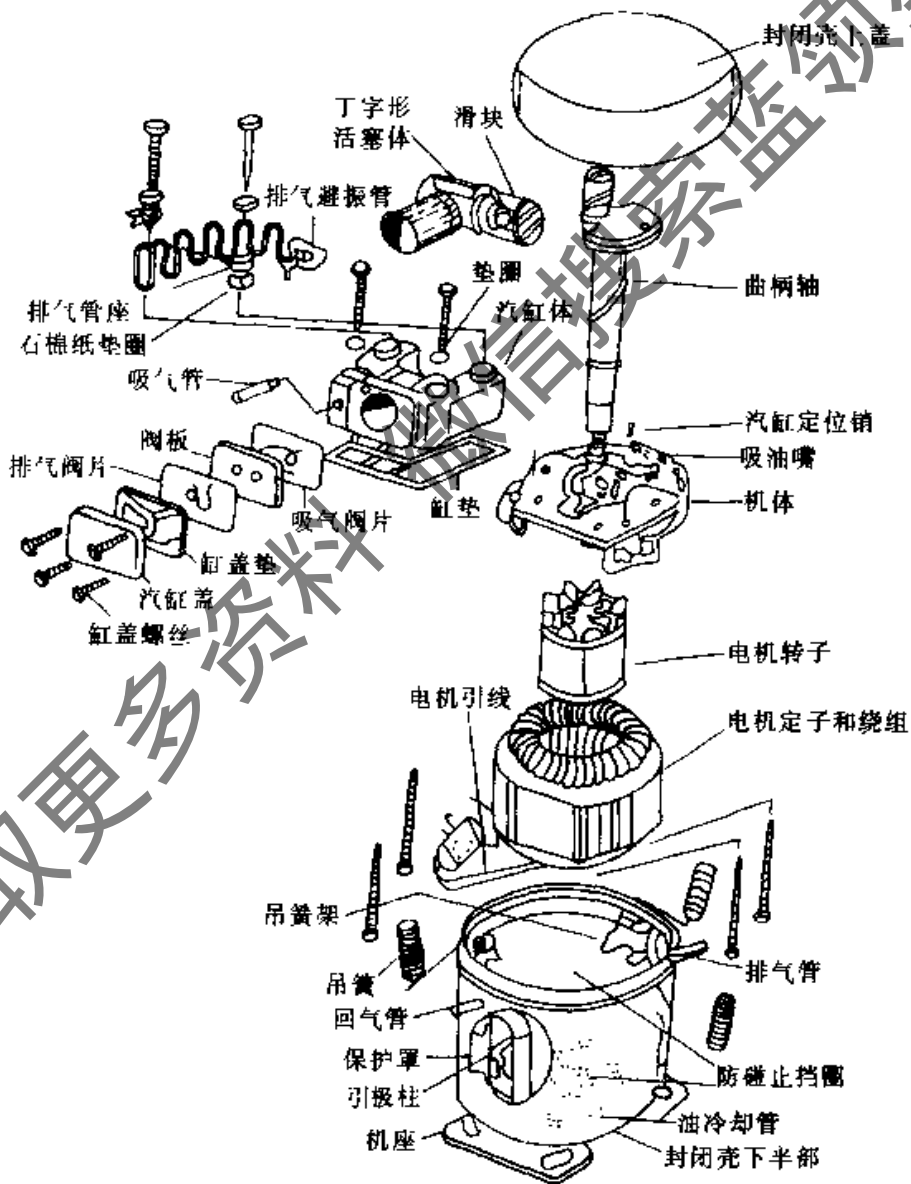


图5-46 压缩机拆卸分解图

(3) 压缩机阀片的维修。取出阀垫和吸气、排气阀片后,如发现阀垫或阀片已破裂,应更换新品,若买不到新阀垫或阀片时,可自行制作。

阀垫的制作可采用与原垫同厚的石棉纸垫，并冲出与原垫相同的孔径即可。

1) 压缩机阀片的检修。小型全封闭压缩机大多采用舌簧阀，阀片的厚度只有0.16~0.30mm，阀片发生变形后与阀板贴合面不严会造成制冷剂泄漏使压缩机排气量减小，引起制冷量下降。阀片损坏后，与阀板不能很好贴合，将会引起压缩机不能压缩制冷剂气体；舌簧阀还可能发生局部折断，使高压气体串通，制冷效果下降，以致不能制冷。

压缩机阀片最易发生破裂、炭化、凸凹不平或阀片热处理不好引起的质量问题等。阀片阀板的固定螺钉松动或断裂也可能使阀片损坏。制冷压缩机中的阀片磨损变形，一般是不能修复的，必须更换新的，若阀片只有锈蚀和炭化而又没有新的阀片可更换时，要采取研磨抛光后再用。研磨时将它固定在卡具上，在厚玻璃板上用研磨膏进行研磨，手工研磨时用力要均匀，采用“8”字形法研磨，不要只在一个方向或一个位置上研磨，必须不断地改变位置和方向，研磨平整后应进行清洗，使阀片保持清洁平整。凡属积炭的阀片、阀板，只要采取上述的研磨法除去积炭即可。检修好后，还应检查阀片的气密性。

2) 阀片研磨粉和研磨液的配制。常用研磨粉和研磨液的配制如表5-14和表5-15所示。

表 5-14 常用研磨粉的性能及应用范围

名称	符号	化学成分	颜色	硬度	加工方法	研磨对象
碳化硅	T	Si ₂ C 95%~97%	黑	比钢卡硬，性脆	粗磨	铸铁、黄铜、紫铜
碳化硼	TP	B ₄ C 85%~95%	灰黑	很硬，颗粒能自行修磨，保持锋利	粗磨 精磨	硬质合金 不锈钢
金刚石	120/180 400/500	C	灰黄	最硬的研磨粉	粗磨 精磨	硬质合金

表 5-15 研磨液的配制方法

研磨精度	研磨液
粗研磨	煤油
精研磨	25% 10号机油 75% 煤油
极精研磨	10号机油或猪油

3) 压缩机阀片的选择或自制。压缩机阀片形状各种各样，但对阀片材料的要求都是一样的。一是要求其质地坚硬、耐摩擦、不易破裂，一般阀片材料采用T8A或T10A钢带制成，目前我国的全封闭压缩机阀片材料大部分采用瑞典产UHB-20阀片钢带制成，UHB-20阀片

钢带机械性能如表5-16所示；二是要求其光洁度高，一般阀片冲制以后要经过研磨，表面无纹路；三是表面平整，用平尺检查，阀片表面不能有弯曲、凹凸现象。

表 5-16

UHB-20 阀片钢带机械性能

厚度/mm	抗拉强度/MPa	延伸率 (%)	硬度/HV
0.152	2050 ± 60	4 以上	593 ± 25
0.203	2000 ± 60	4 以上	580 ± 25
0.254	1950 ± 60	4 以上	565 ± 25
0.305	1900 ± 60	4 以上	553 ± 25
0.381	1850 ± 60	4 以上	540 ± 25
0.457	1850 ± 60	4 以上	540 ± 25
0.508	1800 ± 60	4 以上	525 ± 25

若阀片买不到，可以自制，即选用 T8A 或 T10A 钢片（厚度与原阀片相同），然后取两块表面磨平的 10mm 厚的铁板，根据阀孔的位置，先在四个角上对角钻上螺钉孔与销钉孔，再根据阀孔的大小，用稍小的钻头在铁板上钻孔，并将选好的钢片夹在两块铁板之间，用原钻孔的钻头将刃部端面和尾部端面用砂轮磨平作为冲头，把尾部插入孔中，用铁锤猛击即可将钢片冲出圆孔，接着将铁板松开，取出钢片，用什锦锉将冲出的孔边毛刺锉掉，外形按原阀片大一点剪下，用砂轮修正即可。

4) 压缩机阀板和阀片的安装。在将阀片装在阀板上以前，必须先将阀片与阀板清洗干净、吹干，然后将阀片放在安装位置，用手压住阀片在阀板上研磨几次，观察阀片与阀板是否都能接触，再按照拆下时的位置，将低压阀片和阀板垫片装在阀板的低压阀面，轻轻往外掰一掰低压阀片的顶端，再把阀板翻过来，将高压阀片及阀板垫上紧，最后将高低压气室及端盖拧紧。在装配阀片过程中，要检查一下每个阀片是否都能张开，有没有卡住的地方，最后将排气阀片升程限位器、销子等装好，防止螺栓松动而损坏压缩机。

(4) 压缩机内高压缓冲管断裂的维修。压缩机内高压缓冲管发生断裂时，压缩机能正常运行，但不制冷，用手触摸排气管只有一段发热，并听到压缩机内有气流声，机壳温升很快。焊开压缩机吸、排气管，用手堵住排气管时，感到排气压力很小或无排气。

剖开机壳后，重新用铜焊条焊接好此管，不可用磷或银焊条焊接，以免受高压冲击后重新断裂，试验正常后封壳。

(5) 压缩机发生抱轴、卡缸故障的维修。压缩机发生抱轴、卡缸故障时，其运行电流很大，几秒钟后过负荷保护器触点就断开。

发生抱轴、卡缸故障时，可用一木块放在压缩机壳顶部中心位，用锤子猛击木块，然后围绕压缩机周围敲击几下，再采用人工强行启动法启动。启动时，接通电源，按下启动按钮 2~3s 断开，看能否启动。若无法启动时需快速拔下电源插头，

以免烧坏压缩机电机，若一次不能启动，可反复进行几次。

若采用上述启动方法，压缩机仍不能启动，说明抱轴、卡缸严重，应剖开机壳进行维修。维修时，取出机芯，用手转动各运动部件，如某一部件不能转动，说明该部件发生故障，然后进行拆机修理。

1) 压缩机活塞卡缸的维修。维修时，先在汽缸壁上浇些煤油，渗透一段时间后，用橡皮锤或木锤轻轻敲击活塞平衡面，松动后将活塞在汽缸内滑动数次，拆下清洗检验，并观察汽缸内壁和活塞是否有拉丝痕迹和铁锈。若拉痕较轻时，可用0号砂纸轻轻磨平，擦洗干净，涂上一层润滑油，将活塞装入汽缸。

检查活塞与汽缸间隙时，用一只手掌封住汽缸的上端面，另一只手往外拉活塞，拉到下止点时，封住汽缸端面的手掌感觉被气吸住，松开拉活塞的手，活塞能弹回去，说明汽缸和活塞之间的间隙适中，漏气量不大，可以使用。若封住汽缸端面的手感觉不到吸力或吸力很小时，将活塞垂直放入汽缸，不加压很快自动下落时，表明汽缸与活塞之间间隙过大，漏气严重，需要更换活塞。

2) 压缩机抱轴的维修。压缩机抱轴时，先在其抱合处浇上一些煤油，渗透一段时间，用木锤轻轻敲击，松动后，再将800目的研磨砂用煤油调合，放置在其咬合面上，继续用木锤击，使调好的研磨砂逐渐进入摩擦面，然后再移动数次，拆开并清洗。观察咬合面的拉痕较轻时，用0号砂纸磨光即可使用，拉痕较深时应更换新轴。

(6) 压缩机润滑供油系统故障的维修。全封闭往复活塞式压缩机曲轴为竖轴式，一般采用离心泵上油，该上油方式是在轴上钻一斜孔，轴下端装有油嘴，当曲轴高速旋转时，润滑油在离心力的作用下经油嘴输油孔上升，一部分进入机架孔对高速旋转的主轴颈进行润滑，另一部分沿螺旋槽上升并被甩溅出来，对各运动部件进行润滑。

压缩机供油系统故障主要有油路堵塞和供油量不足。

1) 油路堵塞。主要是由于制冷系统中的氧化物或其他脏物沉积在润滑油底部，然后又被吸入油槽所致。

首先剖开机壳，取出机芯，从曲轴底部的吸油孔处，用氮气加压吹净脏物，然后装入机壳，测试正常后封壳。

2) 供油量不足。供油量不足一般是曲柄销和滑块间隙磨损增大，使油路的密封性变差，从而使上油量减小，若不及时修复，将导致压缩机出现抱轴、卡缸故障。

将油嘴拔下，在油嘴内插入0.1mm厚的铜舌片，若仍不能解决问题，应更换磨损的零部件。

(7) 压缩机零部件的装配。全封闭压缩机主要零件配合间隙如表5-17所示，主要零件加工后的表面粗糙度要求如表5-18所示，主要零件的几何精度偏差如表5-19所示。

表 5-17

全封闭压缩机主要零件配合间隙

部 件	各压缩机配合间隙/ μm				
	国产	松下	日立	东芝	三洋
活塞与汽缸	14~20	18左右	16~24	12~28	15~24
	17~25				12~18
滑块与滑管孔	18~30	40左右	35左右	40左右	18~30
曲柄销与滑块孔	17~32	32左右	20左右	25~30	17~32
机架与曲轴	16~25	36左右	24左右		20~30
止点间隙	50~70		40~80	80~120	60~100

表 5-18

压缩机主要零件加工后的表面粗糙度

主要零件加工表面	粗糙度	主要零件加工表面	粗糙度
阀片平面及阀口	0.24	汽缸镜面及活塞外圆面	0.16
主轴颈及主轴孔	0.32	滑块外圆面及导管孔	0.32
曲柄销外圆面及滑块孔	0.32	活塞销外圆面及活塞销孔、连杆小头孔	0.32
曲柄销外圆面及连杆大头孔	0.32		

表 5-19

压缩机主要零件的几何位置精度偏差

零件名称	偏差名称	偏差不大于
机 座	主轴承孔的不同心度在 100mm 长度内	0.01mm
	主轴承孔的不圆度和不柱度	直径公差之半
	汽缸孔的中心线和主轴承孔的中心线不垂直度在 100mm 长度内	0.02mm
汽 缸	汽缸镜面的不圆度和不柱度	直径公差之半
曲 轴	主轴颈中心线与曲柄销中心线的不平行度在 100mm 长度内	0.02mm
	主轴颈表面对中心线的跳动量	0.02mm
	主轴颈和曲柄销的不圆度和不柱度	直径公差之半
连 杆	连杆大头和小头孔工作面的不圆度和不柱度	直径公差之半
	连杆大头和小头孔中心线的不平行度在 100mm 长度内	0.02mm
活 塞	活塞销孔或导管孔的中心线对活塞中心线不垂直在 100mm 长度内	0.02mm
	活塞孔圆面的不圆度和不柱度	直径公差之半
活塞销、滑块	活塞销和滑块外圆面的不圆度和不柱度	直径公差之半

装配压缩机是将修复的各种零件清洗、烘干并擦拭干净，按原装配位置进行装配。装配时要严格挑选、检查和锁紧阀组中的月牙紧固螺栓，阀片的开启度应调整到1~3mm，阀组装配后必须用煤油作渗漏试验，汽缸和活塞要进行测量。

电机的三根引出线应按外接插件的排线次序插接，以便能与外电路正确对接，插线要插牢，以手轻轻牵动不会脱落为好。三根引出线应避免靠在机壳上，以免封焊机壳时将引出线的绝缘漆破坏。另外，要检查电机漏电情况，有些电机线圈本身并不漏电，但装入机壳后会发生漏电，此时应检查套在三个内接线柱上的绝缘垫子是否因高温炭化而损坏。

在压缩机未装入外壳前可进行压缩机的试运转，即先用摇表测量电机绕组（其绝缘电阻大于2MΩ），然后在低压管口套一根软管并扎紧，使吸管口呈密封状，并将压缩机浸入冷冻润滑油的油盆，在电机的电路串联一只电流表，试运转4小时，运转时应检查压缩机的运转是否良好，振动、噪声大小及电流值是否符合要求。

试机正常后，将压缩机装入机壳中，灌入冷冻润滑油，接好电机引线，用银焊焊牢高压端子，焊接机壳。焊接好后，还要对压缩机充氮气检漏。

(8) 全封闭压缩机封壳焊接 压缩机内部故障排除后必须进行清洗，经过检查与试运转后方可封壳。

1) 封壳前的准备工作。用平锉将机壳锯口毛刺锉平，然后用汽油将壳体内清洗干净，并用氮气吹干。

2) 焊接方法。一般使用电弧焊焊接（用电焊机焊接时，机壳内不准加油，以免受高温而爆裂），要求电焊机的电流大小要调节合适，使用直径为2mm的低碳钢电焊条，首先在360°圆周上均匀点焊四处，然后按顺序焊完一圈，焊接时间要短。要求焊缝没有砂眼、气孔和大的疤痕，表面均匀。焊完后充入压力为1MPa的氮气，放在50℃左右的温水中检漏，或者用肥皂水检漏，若发现漏点，应进行补焊。

最好采用气体保护焊封壳。焊接时，可在工艺管内通入一定压力的氮气，以避免焊接时的高温在压缩机内部产生氧化物。

当压缩机机壳焊好经检验不漏后，应按规定的油量或按拆机时倒出的油量再增加10%~15%的标准加入冷冻润滑油。

2. 半封闭制冷压缩机的维修

半封闭压缩机除发生故障应及时修复外，每年应进行一次全面的检修。季节性使用的压缩机可2~3年进行一次全面检修。检修时可按下列步骤进行。

(1) 拆机。

1) 压缩机脱离系统前必须先抽或真空。抽真空时拆除低压继电器，关闭油分离器至压缩机的回油阀，并关闭低压阀，开启高压阀，启动压缩机。待曲轴箱和吸气腔压力抽至86.7Pa时，关闭高压阀。高压腔内剩余高压气体可通过放空阀排出，然后便可拆卸压缩机。

2) 将压缩机放置在工作台上, 用油盒盛放拆卸的放油管塞, 从曲轴箱内放出润滑油, 卸去油泵体和两侧盖。

3) 打开汽缸盖, 取出排气阀座。

4) 打开电机盖, 松开转子螺母, 取出电机转子。

5) 去掉连杆螺栓上的开口销, 松开连杆螺母, 取出连杆活塞和缸套。

6) 取出曲轴。

7) 拆卸油滤网和吸气滤网。

(2) 检修零件。

1) 检修吸、排气阀座。这些检修通常包括检查阀片是否有破损和断裂, 气阀弹簧是否断裂或变形等, 若有这些情况发生, 应予以更换零件; 各阀座密封面如有缺陷则应予以研磨, 如研磨后还不能修复则必须更换; 排气阀座中间螺栓在检修过程中易于松动, 每次检修时应予以检查并拧紧它。

2) 检修汽缸。在吸气阀座密封面有损坏而不能修复或汽缸内孔磨损过大的情形下必须更换汽缸套。

3) 检修连杆、活塞。发现连杆大头瓦和小头衬套如有磨损应予以更换, 更换时必须将连杆和活塞拆开, 拆开方法是先取下活塞挡圈, 将活塞放在油内加温到 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$, 就可较容易地推出活塞销取出连杆修理; 用同样的方法可以加温活塞, 装配连杆、活塞和活塞销。连杆大头瓦是钢背巴氏合金的轴瓦, 轴瓦磨损到一定程度必须更换。

活塞的气环和油环的切口间隙超过规定要求或已断裂时必须予以更换。可用专用活塞环夹子取下活塞环, 再用夹具装上合格的环。

4) 检修轴承。主轴承套和瓦一样是钢背覆以耐磨的巴氏合金材料, 可用木锤轻轻敲击检查其磨损情况, 如有刻痕不能修复时和磨损过大时应予以更换。取出的曲轴必须用压缩空气吹净油孔内污物。

5) 检修吸气滤网和油过滤网。拆机时如发现油过滤网和吸气过滤网较脏, 应该将它们清洗干净。

6) 检修油泵部件。油泵部件如较脏必须拆下清洗。拆时, 先卸下油泵端盖的6个螺钉, 取出内、外齿轮和偏心轮, 再进行清洗。

7) 检修能量调节机构。除每隔3~4个月进行一次检查外, 一般在无故障的情况下不宜检修和拆洗, 避免因多次拆卸而损坏圆形环的密封性和降低能量调节机构的灵敏度。

8) 检修电机绝缘。在低于允许数值时, 应采用加温烘干的方法提高其绝缘。

(3) 装配压缩机。经过检查需要更换不合格的压缩机零部件时, 这些零部件必须经过清洗和干燥, 按装配要求进行组装。装配顺序与上述拆卸压缩机的顺序相反, 装配过程中必须注意:

1) 拧紧连杆螺母, 并装上开口销。

- 2) 测量“死点间隙”。
- 3) 测量轴向间隙。
- 4) 测量电机转子和定子的间隙。

为了检查压缩机检修后的质量，装配完成后的压缩机应做以下试验：

- 1) 空车运转时间不得少于 2h，检查其温升和发热情况。
- 2) 试车完毕后，拆卸油泵检查轴承的磨损情况，并打开一只汽缸盖检查活塞汽缸的磨损情况。
- 3) 更换冷冻润滑油。
- 4) 充入 1.0MPa 的氮气，检查所有金属连接处有无漏气现象。

(二) 冷凝器、蒸发器的维修

1. 冷凝器的故障维修

在电冰箱、空调器制冷系统中，冷凝器的作用主要是散发制冷剂蒸气热量，使制冷剂气体变成液体。冷凝器常发生的故障有冷凝器泄漏和冷凝效果不好。

(1) 冷凝器泄漏的维修。当外露式冷凝器出现泄漏时，修复较简单，可用气焊将其漏点焊好，充入氮气检查不漏即可。当内藏式冷凝器和箱体内壁的防露管出现漏点时，修复较为复杂。其修理方法是：将冷凝器内充入 0.8MPa 的氮气，用耳朵贴近箱体细听泄漏声，判断泄漏部位。当泄漏点在后壁或侧壁上时，可进行箱体外壳局部开口检漏，并将漏点焊好。当箱内防露管出现泄漏时，可将露在箱体外的防露管进出口焊开，去掉防露管不用，在箱体外面直接将压缩机排气管与冷凝器进口管焊接好即可。

(2) 冷凝效果不好的故障维修。电冰箱、空调器冷凝效果不好的主要原因是系统内存在空气和油垢太厚。

1) 冷凝器内存有空气。充注制冷剂时抽真空不彻底，使部分空气存留在制冷系统中。当电冰箱、空调器工作时，空气在冷凝器中形成不凝性气体，占据了冷凝面积，冷凝压力和冷凝温度升高，使制冷量下降。修理方法是：将制冷系统重新抽真空，达到要求后，充注制冷剂。

2) 油垢太厚。冷凝器工作时，处在高温状态下，制冷剂和部分润滑油流经冷凝器时，在管道内壁上就会形成油垢，若油垢过厚，就会影响散热效果。

需清除冷凝器油垢时，应将冷凝器进口接氮气瓶，充入氮气至 1MPa 左右，然后用手不断堵住冷凝器出口并松开使油垢排出。油垢清除后，用气焊或电吹风烘烤冷凝器，烘烤时要快速移动气焊枪或电吹风，不要停留在某一个地方，以免烧坏冷凝器管子。另外，气焊枪或电吹风不要离冷凝器管道太近，将冷凝器干燥后即可装入制冷系统中使用。

2. 蒸发器的故障维修

蒸发器常发生的故障主要有泄漏、积油。

(1) 蒸发器泄漏的故障维修。当蒸发器出现漏点时，首先找出蒸发器漏点，用

砂纸将漏点边缘清洗干净，将焊药涂在漏点处，用气焊中性焰对漏点处移动加热，焊药熔化时，加上银焊条，将火焰偏向焊条，焊条熔化后，迅速将气焊移开，冷却后充入 0.6MPa 氮气检漏。

对于直径为 0.5mm 以下的漏洞可以采用锡焊的方法进行修补。先用砂纸将漏洞边缘的氧化层除掉，然后用 300W 电烙铁熔下锡焊条，在漏点处一边加热一边摩擦，直至漏洞周围都附有焊料时，再用不含松香的焊锡修补，并使焊面光滑，然后充入 0.6MPa 氮气检漏。

当蒸发器铜、铝接头出现泄漏或断裂时，都应重新焊接。首先用气焊中性焰将铜管加热焊下，将铜铝管的端面用小铜锉锉平，在锉铝管时，应将管口朝下，防止铝屑掉进蒸发器，并将焊接处清洗干净。然后将铜、铝管端面对正，用手钳夹住铜管另一端，并稍加压力。最后在焊接处涂上用蒸馏水调成糊状的铝锡粉，用气焊中性焰在距焊缝 2cm 处的铜管部位加热。注意，要防止火焰烧到铝管部分，否则会将铝管烧出洞眼，无法修补。当铜管发红、铝管端面熔化时，迅速移开气焊。同时稍加压力并稍微转动一下铜管，使其均匀熔在一起。充氮气检漏合格后，即可使用。

(2) 蒸发器积油的故障维修。蒸发器内积油主要是由于压缩机性能不好、排油量过大造成的。蒸发器内积油过多会严重影响系统的制冷性能。修理时，取出蒸发器，在一端连接氮气管，加压 0.4MPa，内部的油污和杂质就会被氮气从另一端全部吹出。

(三) 毛细管、膨胀阀的维修

1. 毛细管的故障维修

毛细管常见的故障是脏堵和冰堵。脏堵主要是制冷系统内有污物，冰堵则是制冷系统中含有水分。

(1) 冰堵的故障维修。冰堵是由于当系统内含水分过多时，多余水分进入毛细管，在出口处温度较低而使水结冰，堵塞毛细管通道。冰堵一般发生在毛细管出口处，可用抽真空干燥的方法去除制冷系统内的水分。

(2) 脏堵的故障维修。脏堵是由于充入制冷系统内的制冷剂不干净或过滤器变质，干燥剂进入毛细管而堵塞，一般发生在毛细管的进口处。

排除脏堵故障时，先要找出堵塞部位，观察何处结霜或结露，或用手触摸何处最凉，表明堵塞处就在此处前端。然后用气焊焊下毛细管与过滤器接头，用气焊碳化焰烘烤毛细管堵塞处，将脏物化为炭灰，用氮气加压 0.6 - 0.8MPa 吹通。

用上述方法仍不能使毛细管畅通时，应更换新的毛细管。更换毛细管时，应按下列步骤进行：

1) 毛细管的拆卸。从制冷系统中焊下毛细管，记下其长度和内径，以便更换新的同规格的毛细管。

2) 毛细管的选择。选用毛细管一般在选定内径之后，再决定其长度。一般要根据测试来决定毛细管的尺寸。

测量毛细管流量的方法有液体测定法和气体测定法，分别如图 5-47、图 5-48 所示。

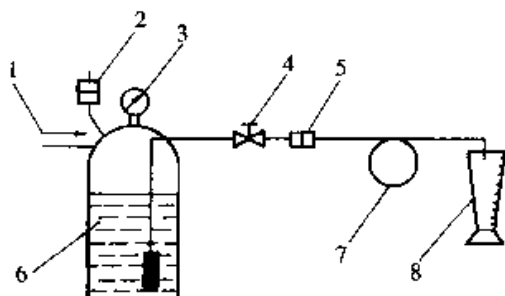


图 5-47 用液体测定毛细管流量

1—外加气压泵；2—恒压阀；3—压力表；4—截止阀；5—接头；6—液体；7—毛细管；8—量杯

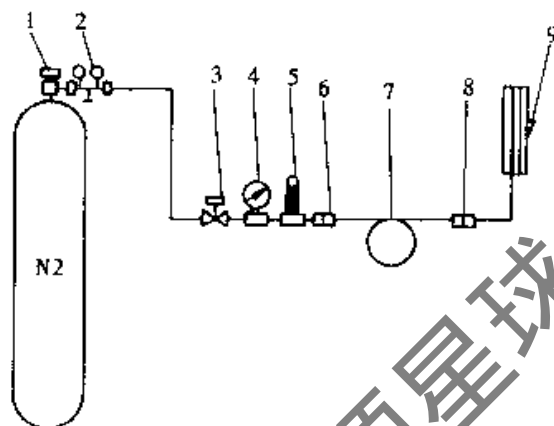


图 5-48 用氮气测定毛细管流量

1—瓶阀；2—减压阀；3—截止阀；4—压力表；5—温度计；6—接头；7—毛细管；8—接头；9—气体流量计

测量前将使用过的若干根毛细管拆下作为标准，装在测试台上测量一下，测出它们对液体和气体的阻力流量值，作为选择毛细管的测量依据。用液体测量时，可用量杯测出从毛细管出口流过的液量；用气体测量时，可用气体流量计测出从毛细管出口流过的流量。毛细管接在入口压力为 1MPa 的容器上，环境温度保持不变。

更换毛细管时，一定要根据测试结果来决定其长度和内径，即使毛细管的长度和内径相同，而毛细管的内壁粗糙度不相同，其阻力流量特性也不一定相同。毛细管的长度应与制冷系统的制冷能力相匹配，若毛细管过短、过粗，阻力过小，制冷剂大量流掉，易使液体流入压缩机，造成压缩机液击；相反，若毛细管过长或过细，阻力过大，制冷剂的流量不足，液体聚积在冷凝器中，造成排气压力过高，同时向蒸发器供给的液量不足，又使吸气压力过低，使制冷量减小。

2. 热力膨胀阀的维修

热力膨胀阀发生故障后必须从系统中拆下，修复后再安装。

(1) 拆卸膨胀阀。取下空调器面板，放出制冷系统内的制冷剂，记住膨胀阀铭牌标记、构造特点及接口形式和口径；取下热力膨胀阀的外部均压管，再取下蒸发器出口处的感温包，最后卸下膨胀阀，并将开口处堵住。

(2) 安装热力膨胀阀。核对新膨胀阀的型号、规格是否一致。检查连接部位有无水分、污物，然后按照制冷剂的流动方向正确安装。感温包安装在蒸发器的出口处，并包以保温材料和用固定夹夹紧。

(四) 干燥过滤器的维修

干燥过滤器是一根直径约为 16mm、长度约为 180mm 的粗管子，内部装有分子筛作干燥剂。分子筛是一种人造泡沸石，过滤网一般采用 120~180 目的铜丝网。

油污阻塞或水分吸附过多时，会引起干燥过滤器表面凝露或结霜，修理时，应

将干燥过滤器拆下，用四氯化碳或汽油清洗，过滤器经干燥活化处理后，可以重新使用，若不能修复则应予以更换。

更换干燥过滤器过程中，干燥过滤器必须经过严格的活化处理。活化处理方法如下：将干燥过滤器放入真空干燥箱内加热至 $180 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，稳定 20min ，使温度均匀，然后开启真空管路阀门，开启真空泵，加热抽真空 6h 以上。出箱前要充入 $0.05 \sim 0.1\text{MPa}$ 表压力的干燥氮气，保持 $1 \sim 2\text{min}$ ，然后取出。对锡箔抽真空封存的干燥过滤器，锡箔启封后，要立即焊入制冷系统。

(五) 启动继电器的故障维修

1. 重锤式启动继电器的维修

电冰箱中常用重锤式启动继电器，常出现的故障为触点烧坏、粘连和电流线圈烧坏。

(1) 启动继电器触点烧坏、粘连。触点粘连可用万用表 $R \times 1$ 挡进行检测。将两表笔的探针插入启动继电器的两个插头内，启动继电器的平面向上，线圈向下垂直放置。若万用表指针指示阻值为零时，表明触点粘连；若表针不动，表明其阻值为无穷大，将启动继电器反过来倒立放置，即平面向下，线圈向上，若表针仍然不动，表明触点已烧坏。氧化层过厚或接触不良，正常完好的启动继电器正置放时，表针不动；倒置放时，表针指示为零。

如果出现触点烧坏粘连时，将顶盖上的固定螺钉拆下，取出动静触点，用细砂纸磨光后即可装入使用。

(2) 电流线圈烧坏。如电流线圈烧坏则需对线圈进行重新绕制。绕制时，将原线圈拆下并除去漆皮，测出直径和长度，采用同径的电磁线，长度增长 10% 左右，一圈一圈绕好。然后将绕好的启动继电器接在压缩机上试验。通电后能启动，但启动触点不断开，表明磁力过大，应立即切断电源，将新绕的线圈拆下 $1 \sim 2$ 圈，再

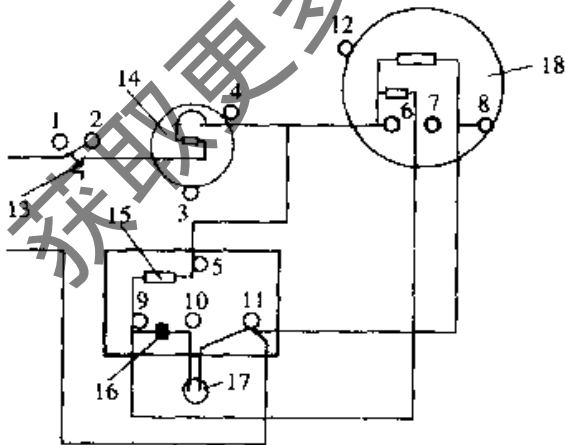


图 5-49 单相电机的电压式启动继电器的线路
1~11—导线接插点；12—压缩机外壳；13—温控器；
14—过载保护器；15—启动继电器线圈；16—启动继
电器触点；17—启动继电器；18—压缩机

通电试验，直至电机启动正常。选择线圈时不要将线选短，否则，不能启动时，再增加线圈，会出现多处接头，引起其他故障。

2. 电压式启动继电器的维修

空调器中常用电压式启动继电器，其线圈与电机的启动电容器串联，而与电机的启动绕组并联。

检查电压式启动继电器的方法是在继电器的接线端处跨接一根导线，跨接时间不能超过 3 秒，否则会烧坏电机。如跨接后压缩机能正常启动并运转，即表明启动继电器出现了故障，应更换。

只新的同一型号、规格的启动继电器。也可用置换法检查：用一只新的同一型号、规格的继电器换上，以判断原继电器的好坏。单相电机的电压式启动继电器的线路如图 5-49 所示。

继电器的修理方法如下：

- (1) 继电器触点表面炭化时，可用细砂纸磨去炭化层，并用四氯化碳清洗。
- (2) 继电器线圈烧坏，按原线圈的规格和匝数进行绕制，或更换新的线圈。
- (3) 启动触点不能吸合时，用尖嘴钳将弹簧片微扳一下。
- (4) 启动触点闭合 0.3~0.5s 后不能断开，可将启动弹簧微扳一点。

对使用启动继电器的压缩机，当听到压缩机有“嗡嗡”声而不能启动时，应检查启动继电器触点是否良好。继电器的主要故障是复位弹簧片弹力减弱，启动时触点闭合而难于跳开。对此，应调整启动电流调节螺钉，若调节螺钉不易拧动，可用平钳将弹簧向外扳动，直到调至正常。电源电压太低，启动继电器的触点则会发生颤动，触点不平时还会发出噪声，遇此情况也应将触点打磨平整。

继电器无法修理时，应更换同一型号、规格的启动继电器，并应注意不要随意改变继电器放置的位置，以免改变继电器的吸合和释放电流的数值，造成启动不灵敏。

3. PTC 启动继电器的故障维修

PTC 元件是掺入微量稀土元素、用陶瓷工艺法制成的钛酸钡型的半导体，在常温下呈低阻抗，即在电路中成通路状态；通过电流时，PTC 元件发热，阻抗急剧上升，呈断路状态。图 5-50 所示为 PTC 启动继电器电路图。通电前，PTC 元件的温度处于常温，阻值较低，处于通路状态。接通电源的瞬间，电源电压全部加在启动绕组上，使元件自身发热，温度急剧上升，进入高阻状态，PTC 元件处于断路状态。PTC 从启动进入稳定工作状态仅需 3min，流经 PTC 元件的电流为 10~20mA，利用 PTC 元件启动的时间很短，仅为 1~2s。

PTC 启动继电器的特点是：性能可靠，寿命长，结构简单，没有运动零件，不会受潮生锈，能有效地保护压缩机电机。由于 PTC 元件的热惯性，启动继电器每次启动后需隔 4~5min 等元件降温后才能再次启动。另外，PTC 启动继电器无触点和运动件，可减少电磁干扰。电压波动较大时，PTC 启动继电器不会烧坏，也不会出现触点和运动件的损坏。

(1) PTC 启动继电器的检查。

1) 在常温 (25℃ 左右) 情况下，用万用表电阻挡 ($R \times 1\Omega$) 测量 PTC 的电阻，

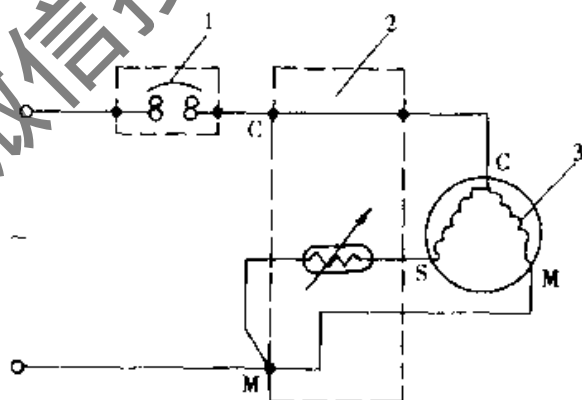


图 5-50 PTC 启动继电器电路

- 1- 碟形热保护器；2- PTC 启动继电器；
3- 压缩机电机



其阻值范围为 $10 \sim 50\Omega$ ，即为正常。

2) 将 PTC 加热，随着温度的升高，PTC 的电阻值应呈升高趋势，即为正常。

(2) PTC 启动继电器的故障维修。

1) PTC 启动继电器受潮。PTC 启动继电器受潮后，其电阻值迅速下降，并失去其启动作用。这时可将 PTC 启动继电器放入烘箱内干燥处理，烘箱温度控制在 $140 \sim 150^\circ\text{C}$ ，时间 3h 左右即可。

2) PTC 启动继电器破损。如果 PTC 启动继电器的工作电流超过了它的额定电流，PTC 将因过于发热而破损，这时只能更换 PTC 启动继电器。

(六) 过载保护器的故障维修

蝶形双金属片式过载保护器紧压在压缩机外壳上，它串联在电路中有过载、过电流保护作用。电流过大或压缩机外壳温升过高时，双金属片弯曲使触点断开，直至电流恢复正常或降温后，双金属片恢复原状，触点再次接通。过载保护器常见的故障有：双金属片不能复位、线圈烧坏、触点粘连等。

1. 过载保护器的检查

常用的双金属片式过载保护器的检查方法如下：

(1) 触点检查。通常情况下，过载保护器的触点是常闭触点，当用万用表电阻挡测定其触点时应为通路状态，其阻值应为零。当过载保护器发生动作后，其触点将断开。

(2) 加热元件检查。加热元件一般为一个加热电阻，其阻值较小，当用万用表电阻挡测量时，应有较小的电阻。否则，加热元件为不正常。

2. 过载保护器的故障维修

(1) 过载保护器不动作。触点接触不良时，应清除触点表面灰尘或氧化物；触点端子接线不良时，应紧固接线；电流整定值偏大时，应调整螺钉、减小电流；动作机构受卡时，调整后加适量的润滑油。

(2) 过载保护器动作过快。动作电流值过小，应重新调整动作电流；加热元件螺钉松动，连接处电阻增大发热，应紧固连接螺钉；过载保护器散热不好，应调整其安装位置，改善散热条件。

(3) 加热元件损坏。应更换过载保护器，更换过载保护器时应选择与原有型号、规格相同的过载保护器。安装时要使过载保护器的底部紧紧地压在压缩机外壳上，这样有利于双金属片动作，增加对机壳内温升的敏感性。

(七) 除霜定时器的故障维修

热泵型空调器一般都装有除霜定时器，用于控制化霜时间。除霜定时器故障主要分为电机烧坏和机械故障。

1. 电机烧坏

用万用表测量除霜定时器电机的进出线，若阻值变小或无穷大，表明电机线圈短路或断路，若是除霜定时器电机烧坏，应予以更换一个新的除霜定时器。

2. 机械部件的故障

当测量除霜定时器电机阻值正常，电机通电后，发出“嗡嗡”声，电机不运转，表明定时器机械传动部件发生故障。

打开定时器的盖板，查看各机械部件处有无脏物、磨损等现象。若有脏物存在，应将脏物小心去掉，用酒精清洗各机械部件处。若有磨损存在，应用细砂纸将磨损处打磨光滑，去掉毛刺；若磨损严重时，应更换相应的机械部件。

定时器修好后，应转动定时器调节杆，看其旋转是否灵活，并用万用表的电阻挡测量各接线端子间是否正常。一切正常后，即可装入空调器使用。

(八) 温度控制器的故障维修

温度控制器大体上有三种，即感温波纹管式、双金属片式和电子式。

1. 温度控制器的维修

(1) 感温波纹管式温控器。该种形式的温控器主要故障有：触点接触不良或烧坏，造成动、静触点不能闭合而失去其控制作用。检查方法是：接通电源后将温控器旋钮按正、反方向旋转几次，观察压缩机能否启动，若压缩机不启动应检查触头是否损坏；如果温控器温度调节不当而引起控制失效，应重新进行调整；若感温包、毛细管破损，可进行外观检查，也可用热毛巾包住或靠近感温包，看其触点是否闭合，压缩机能否启动。若触点不动作，压缩机也不启动，则表明感温包内制冷剂已漏光，应重新充注制冷剂或换上一个新的温控器。

(2) 双金属片式温控器。此种形式的温控器主要由线圈、双金属片、触点、控制旋钮等组成。

双金属片温控器的常见故障有：内部断裂、触点不良、脱焊等。对于损坏的双金属片式温控器，应更换一只同型号同规格的新温控器。

(3) 电子温控器。电子温控器主要是根据惠斯通电桥原理制成的，将热敏电阻装在电桥的一个桥路，作为感温元件，热敏电阻具有随温度变化而明显改变电阻值的特性，热敏电阻与可变电阻器一起连接在电路中，通过电路进行比较放大，再通过继电器来控制压缩机电机的升停。电子温控器的常见故障有：热敏电阻损坏或失灵、电路脱焊、元器件损坏。若发生以上故障必须更换有关元件并予以修复。

2. 温控器调整

温控器一般情况下是不需要调整的，使用时只要旋动旋钮，即可改变调节的温度。当温控器达不到使用要求时，则应进行调整，调整方法如下：

(1) 当温控器旋转到接近“停”(OFF)或“0”位置时，压缩机还不停止运行，可用旋具调节温度调节螺钉。顺时针方向转动，温度升高。

(2) 当温控器旋转到最冷点位置时，压缩机还不启动，也需要调节温度调节螺钉。逆时针方向转动，扩大温控范围，温度降低。

(3) 假如压缩机工作时间过长或过短，这是由于温控器灵敏度过低或过高造成

的。可调整温度差额螺钉，顺时针方向调整，灵敏度增高；逆时针方向调整，灵敏度降低。

(九) 电磁换向阀、电加热器、电容器的故障维修

1. 电磁换向阀的故障维修

更换新的电磁换向阀前，预先卸下旧的电磁换向阀。拆卸时，卸下固定电磁换向阀的固定螺钉，取出电磁线圈，再将电磁换向阀的短管取下，将电磁换向阀连同短管一同取出机外，然后将短管与换向阀分开。

换新的电磁换向阀时，先核对新的电磁换向阀，看其型号、规格是否与原阀相同，然后去除电磁换向阀的盲盖，并将电磁换向阀和制冷剂管焊在一起并装上机器。电磁换向阀应呈水平状态，对装有短路的电磁换向阀，应先将电磁换向阀装入机内，装在原来断开焊接的地方，最后装入电磁线圈及电线，线端不能松弛。

2. 电加热器的故障维修

电热型空调器中大多采用镍络丝作电加热器。它安装在耐高温的云母层压板的支架上，并配有高灵敏度的温度继电器，电加热器温度超过预定温度后，可在 10s 内自动切断电源，以确保空调器安全运转。电热管也是空调器的加热元件，主要用于大型空调机中，其特点是发热量大，升温缓慢。

电加热器的主要故障是电热丝烧毁、断线或接线错误等。电热丝一旦因使用过久或短路而烧毁，会造成电热器故障，此时应用万用表对电热丝进行阻值测量，发现断线应及时更换。当电加热器出现断路时，可用电笔进行检查，如发现接线错误，可及时修复。

3. 电容器的故障维修

电容器的常见故障是击穿、短路和断路。若不用仪表检查，可用置换法检查，即用一只与原电容器的规格、型号相同的电容器代替被检查的电容器，以判断原电容器的好坏。若原有电容器连接在电路中，压缩机电机不能启动，而当换上新的电容器后，电机即能顺利启动，则说明原有启动电容器已损坏，应予以更新新电容器。

在手触摸电容器以前，必须先将电容器放电。其方法是用一把绝缘旋具将电容器的两个接头短路，使之放电，然后再用置换法加以判别，否则容易触电。

还可以用万用表检查电容器好坏，将万用表的电阻挡调至 $1k\Omega$ 以上，用表笔接触电容器的两个接线端子，如表针快速偏转至零位，万用表电阻挡次逐渐减小时，指针仍在零位或接近零位，即表明电容器已短路。电容器良好时，指针随即偏转，但又立刻回至原处。

短路的电容器会使电路中的熔丝烧断，或使过载保护器接点跳开，断路的电容器也会发生同样现象。

若压缩机电机启动时，电流大或有“嗡嗡”声而不启动，也可能是电容器已坏。电容器的规格如表 5-20 所示。

表 5-20

电容器的规格

电机输出功率/kW	电容器/ μF	容量/kVA	电机输出功率/kW	电容器/ μF	容量/kVA
0.2	15	0.19	3.7	75	0.94
0.4	20	0.25	4	75	0.94
0.75	30	0.38	5	100	1.26
1.0	30	0.38	5.5	100	1.26
1.5	40	0.50	7.5	150	1.88
2.0	50	0.63	10	200	2.51
2.2	50	0.63	11	200	2.51
3.0	50	0.63	15	200	3.14

(十) 压缩机电机的故障维修

1. 压缩机单相电机的故障维修

单相电机主要易发生断路、匝间短路、碰壳通地等故障，必须先用万用表予以检查。

(1) 电机绕组的检查。电机发生断路时，将万用表的两个表笔接到任何两个绕组的接线端，测其电阻值，若绕组的电阻值为无穷大，则表明绕组短路。

电机绕组发生匝间短路时，短路的两相邻导线导通，局部的短路电机还可能运转，但会引起过大的电流。短路时可用万用表的电阻挡进行测量，先将表的指针调至零位，若所测绕组的阻值小于正常值，表明此绕组短路。

电机碰壳通地时，绕组或内部接线与压缩机外壳相碰，即形成了短路，熔丝熔断。一般用万用表测量每个绕组与机壳之间的电阻，若所测电阻值很低，则表明绕组已碰壳。

(2) 电机的拆卸。剖开机壳，取出机芯，将电机定子的4个紧固螺钉拆下，取出电机定子，拔下电机引线，并记好接插位置。然后将3个引出线在与电磁线接头处剪下，剪断时应在每个引出线的接头处留一小段电磁线，供电机修复接线时参考。记下电机出线的位置后，即可拆电机绕组。拆绕组时，先将捆扎线和槽楔去掉，若没有所拆电机绕组的技术数据，拆卸时应将运行绕组和启动绕组各组的每个线包都保留完整。

(3) 电机绕组的绕制。修理电机绕组需取出绕组重新绕制，新绕线应采用同型号的耐氟漆包线。在了解电机容量、电压、电流及启动保护方式之后，可将电机绕组重新绕制，具体应按以下步骤进行。

- 1) 将固定电机定子的螺钉旋下，使定子、转子分开。
- 2) 记下电机引线位置，拆除绕组，记下电机匝数、极数、定子槽数。
- 3) 量出运行绕组和启动绕组漆包线的线径。
- 4) 记下运行绕组和启动绕组的匝数和匝间距离、运行绕组与启动绕组的相互

位置。

5) 记下定子槽内绝缘材料的尺寸和种类。

6) 将定子槽内绝缘纸清洗干净，重新垫入涤纶薄膜青壳纸。

7) 按照启动绕组线圈和运行绕组线圈的尺寸做好木模及挡板。

8) 电机绕线一般采用手工绕制，启动线圈和运行线圈可采用联绕或分绕的方法进行，绕制时必须细心，新漆包线的规格应与原漆包线相同。

9) 电机下线。先将电机定子槽按照原来各槽绝缘材料的尺寸垫好绝缘纸箔，根据拆卸电机时记下的标记，先下运行绕组，并将运行绕组各槽上插一层薄的绝缘纸，再垫第二层绝缘纸并压紧，然后再下启动绕组，覆盖绝缘纸，待全部装好后，用万用表测量各绕组的直流电阻。最后塞入楔块，以固定绕组。

(4) 电机的装配。当选定电机的旋转方向，接好引出线后，即可将定子装配在机架上。装配时应检查线圈有无与机架直接接触；若有触碰处，应重新对线包进行整形，或在触碰处垫上绝缘纸。装好定子后，将固定定子的4个螺钉旋入，但不要旋紧。然后调整定子和转子之间的间隙，其间隙一般为 $0.20 \sim 0.25\text{mm}$ 。调整时用塞尺从转子的四周垂直插入测量，若有插不进处，表明此处间隙过小，用木锤击打定子，直至间隙合适，调整后的定子和转子间隙误差不能超过 $\pm 0.05\text{mm}$ ，否则，将产生单边磁拉力，影响电机的启动和运行。当定子和转子各处的间隙调好后，可将4个定子固定螺钉对角旋紧，并再次检查间隙，一切正常后将电机3根引出线按原位置插入机壳内3个接线柱。

(5) 电机修复后的性能检查。电机修复后在未封壳之前，应对其进行如下方面的性能检验。

1) 检验其绝缘电阻值。用兆欧表的一根接线与电机的任意一根引出线相接，表的另一根接线与机壳相接，快速摇兆欧表，观察表针指示的绝缘电阻值不得小于 $2\text{M}\Omega$ 。

2) 检测启动性能。用手堵紧排气管，启动电机应能连续顺利启动3次以上为好。若用手堵住排气管，电机不能启动；或者电机启动后，用手堵住排气管能将电机憋住，表明电机定子和转子的间隙调整不当，应重新进行调整。

3) 检验电机电流值。启动电机时，观察运行电流值，正常情况下不得超过额定电流值的0.1倍。当电机各项性能检验合格后，即可进行封壳焊接。在压缩机封壳后，在低压侧充入 1MPa 的氮气，浸入温度为 25°C 的水槽中检查，历时 1min 无气泡出现，即为合格。

2. 压缩机三相电机的故障维修

三相电机一般有以下常见故障，可作相应检修：

(1) 电机不能启动。原因可能是电源断电、停电，定子绕组有断点。这时可检查电源熔丝和开关接头和导线，如发现熔丝熔断即更换熔丝或用万用表检查绕组是否断路，如断路再查出断点处，并接好断了的导线。

(2) 电机启动困难, 加上负载后电流显著加大, 原因是电源电压过低, 或定子绕组接错。

(3) 电机运转时速度变慢, 一相电流增大, 一相熔丝烧断, 原因是绕组中有一相碰壳通地。可拆下接地线, 用电笔测试机壳, 检查机壳是否带电, 若机壳带电应修复或更换绕组。

(4) 电机运转时发出“吭吭”声, 原因是有一相绕组断线或电源缺相, 三相电流严重不平衡。可检查电源是否缺相, 用万用表检查定子绕组是否断路, 如断路应修复或更换。

(5) 电机运行时电流过大, 机壳发热, 原因是绕组漏电。可检查绕组绝缘是否老化或受潮, 相应作重新浸漆或烘干。

二、汽车空调维修技术

(一) 轿车空调压缩机检修

轿车空调压缩机出现故障后, 除个别故障可在车上维修外, 大部分故障都要拆下压缩机修理。

1. 压缩机的拆卸

(1) 压缩机的拆卸要求。

1) 拆卸时首先要搞清楚压缩机结构, 拆下的零件应按部件分类摆放, 以免搞乱。

2) 压出或打出轴套和销子时应先辨明方向, 然后再操作, 一般要用木锤敲打, 以免打坏零件表面。

3) 拆卸零件时不要用力过猛, 以免损伤零件。

4) 拆卸形状和尺寸相同的零件时, 须做好记号, 以防装错。

5) 拆卸的零件用冷冻润滑油清洗, 清洗时要用软毛刷, 不能用碎布纱头擦洗零件, 以防脏物进入。

(2) 压缩机的拆卸步骤。

1) 拆除电磁离合器连接导线。

2) 从制冷系统内排出制冷剂。

3) 从压缩机吸、排气口卸下软管, 软管和压缩机吸、排气口应加盖, 以免灰尘和水气进入系统内。

4) 拆除压缩机驱动带。

5) 从托架上卸下压缩机固定螺钉和压缩机, 再将压缩机装在一个固定支架上, 支架装夹在台钳上。

6) 排出压缩机内的油, 用量筒测量出油量, 并检查油是否变色, 油内是否混有杂质。

2. 轿车空调电磁离合器的拆卸和修理

(1) 电磁离合器的拆卸。

1) 如图 5-51 所示, 使用“Y”形夹具的三个定位销插进离合器盘上的三个孔, 固定离合器的驱动盘, 用套筒扳手拆下主轴上的六角锁紧螺母。

2) 锁紧螺母拆除后, 用一专用拉器拆下压板, 并用卡簧钳拆下内卡簧, 如图 5-52 所示。

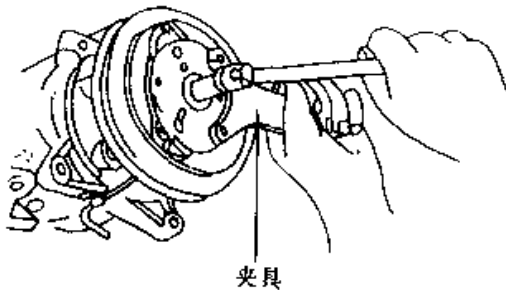


图 5-51 卸下主轴上的六角锁紧螺母

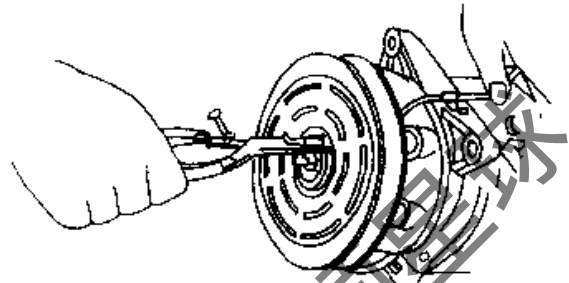


图 5-52 用卡簧钳拆卸内卡簧

3) 用拉拔工具拆卸离合器驱动盘, 如图 5-53 所示, 将压缩机带轮和轴承拔出。

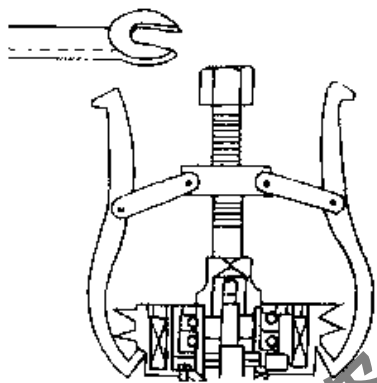


图 5-53 拆卸离合器驱动盘

4) 拆下键和垫片。垫片是用来调整驱动盘和摩擦板之间的间隙, 安装时用它来调整到规定的间隙值。

5) 用旋具拆下电磁线圈安装螺钉, 卸下电磁线圈。

(2) 轿车空调离合器的修理。

1) 检查离合器从动盘的摩擦表面, 看是否由于过热和打滑而引起刮痕, 以及是否有翘曲变形, 若从动盘有刮痕损伤或变形, 就要更换带轮总成。另外, 摩擦表面上的油污和脏物应用清洁剂擦洗净。

2) 检查离合器轴承有无松动或损坏, 损坏的轴承必须更换, 从主轴将轴承取出, 并换上同规格的新轴承。

3) 用万用表检查电磁离合器线圈有无短路或断路, 若发生短路或断路故障, 则需更换线圈。

4) 检查完的电磁离合器, 按拆卸时相反步骤装配。装好后要检查离合器的从动盘和主动盘以及带轮部件是否能自由转动, 并检查从动盘和主动盘之间的间隙, 其间隙一般为 0.3~0.6mm。

3. 轿车空调压缩机轴封拆卸和修理

(1) 压缩机轴封的拆卸。

1) 拆下离合器总成。

2) 使用卡环钳, 取下密封座卡环, 如

图 5-54 所示。

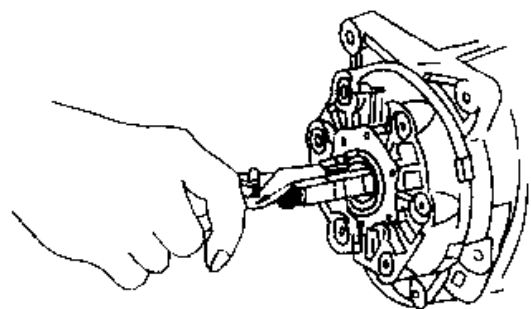


图 5-54 取出密封卡环

3) 使用密封拆卸工具, 伸入到密封座的位置, 然后让其锁紧密封座的内周面, 向外拉出密封座。

4) 用钩子取出密封件上的“O”形密封圈。

(2) 压缩机轴封的修理和安装。

1) 检查轴封摩擦表面是否良好以及石墨环是否磨损, 拆下的轴封不能再用, 必须更换新的轴封。

2) 用清洁的冷冻润滑油清洗压缩机密封部位。

3) 用清洁的冷冻润滑油涂抹“O”形密封圈, 并将其装入密封沟槽内。

4) 用清洁的冷冻润滑油涂抹轴封座, 并将其细心地压入安装孔中。

5) 安装卡环和油封盖。

6) 重新装上离合器。

4. 轿车空调压缩机阀板和阀片的修理

轿车空调压缩机因要求小型化、结构紧凑, 故多采用簧片阀, 其厚度只有 0.16~0.30mm。阀片发生变形后与阀板贴合面不严会造成制冷剂泄漏使压缩机排气量减少, 引起制冷量下降; 阀片损坏后, 与阀板不能很好贴合, 将会引起压缩机不能压缩制冷剂气体; 簧片阀还可能发生局部折断, 使高、低压气体串通, 制冷效果下降, 以致不能制冷。

压缩机阀片最容易发生破裂、炭化、凸凹不平或阀片热处理不好引起的质量问题等。阀片的固定螺钉松动或断裂也可能使阀片损坏, 阀片破损必须更换新阀片。若阀片只有锈蚀和炭化而没有新的阀片可更换时, 可研磨抛光后再用。压缩机中的阀片磨损变形, 一般是不能修复的, 必须更换新的, 但可以研磨阀板的表面, 研磨时将它固定在卡具上, 在厚玻璃板上用研磨膏进行研磨, 手工研磨时用力要均匀, 采用“8”形研磨, 不要只在一个方向或一个位置上研磨, 必须不断地改变位置和方向。研磨平整后应进行清洗, 使阀片保持清洁平整。凡属积炭的阀片、阀板, 只要采取上述的研磨法除去积炭即可。检修完后, 还应检查阀片的气密性。

5. 压缩机内部零部件的拆卸和修理

(1) 压缩机内部零部件的拆卸。

1) 将压缩机从发动机上卸下并安装在专用夹具上。

2) 取下离合器压板、带轮、离合器线圈及轴封等。

3) 从放油孔放出压缩机内润滑油, 并用量筒测量出油量。

4) 用内六角扳手松开端盖上所有螺栓, 然后取下螺栓, 如图 5-55 所示。

5) 用木锤轻轻敲击端盖凸缘, 使它从压缩

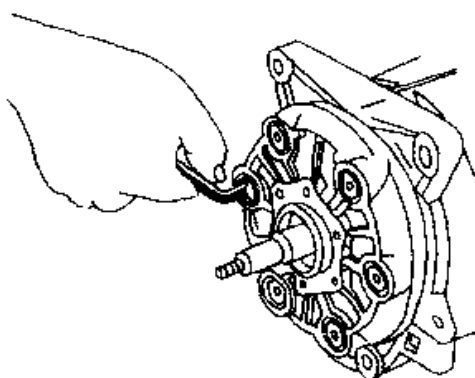


图 5-55 卸下端盖上螺栓

机上分开。当压缩机的前后端盖打开后，就可以容易地抽出其活塞等部件，如图 5-56 所示。

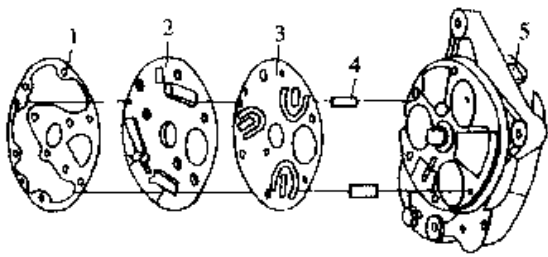


图 5-56 压缩机内部零部件拆卸

1—排气阀片；2—阀板；3—吸气阀片；
4 阀定位销；5 缸体

- 6) 取下汽缸垫、O 形圈、簧片阀板。
- 7) 取出内部的活塞组件和轴承等。

(2) 压缩机内部零部件的修理和安装。

1) 检查压缩机活塞和汽缸，若活塞和汽缸有拉毛现象，则需更换压缩机。

2) 检查压缩机轴承，若有损坏则需更换。

3) 检查压缩机阀片和阀板。阀板可以用油石打磨平整，阀片、缸垫和“O”形圈损坏则需更换。

4) 装配时所有零部件都要清洗干净，抽的通路需畅通，并在各摩擦部位涂上冷冻润滑油。

5) 所有接合面需清洁干净，并在垫上涂上冷冻润滑油，均匀地压紧螺栓，装上前盖板。

6) 用手转动压缩机运转是否顺利。

6. 压缩机维修后的性能检查

将压缩机安装在工作台上就可检查其性能，其检查方法如下：

(1) 压缩机内部泄漏检查。在压缩机吸、排气检修阀上装上歧管压力计，并关闭手动高、低压阀，再用手转动压缩机主轴，每秒钟转一圈，共转 10 圈，这时打开手动高压阀，高压表的压力应大于 0.345MPa 或更大，若压力小于 0.310MPa，则说明压缩机内部有泄漏，必须重新修理或更换阀片、阀板和缸垫。

(2) 压缩机外部泄漏检查。从压缩机吸入端注入少量制冷剂，然后用手转动其主轴，用检漏仪检查轴封、端盖、吸排气阀口等处有无泄漏，若有泄漏必须拆卸重新修理，若无泄漏，就可装回发动机上。

7. 轿车空调惰轮轴承的更换

图 5-57 所示为轿车空调惰轮安装位置。轿车空调使用惰轮主要是调整压缩机传动带的松紧度，防止压缩机传动带松动而产生噪声和损坏。只要发动机一启动，惰轮就转动，而惰轮轴承是最容易磨损的

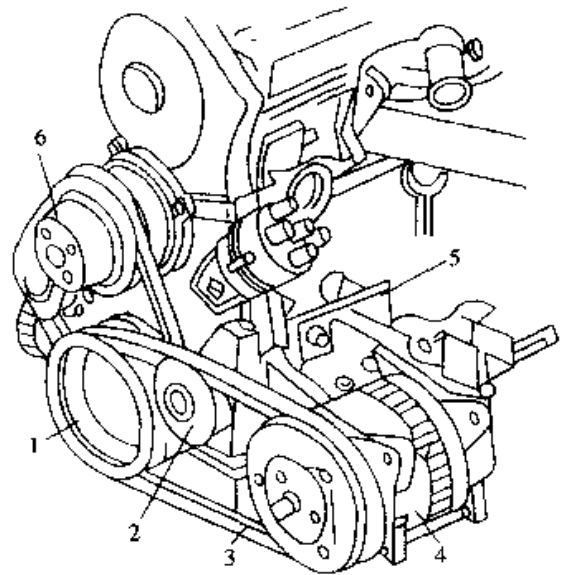


图 5-57 轿车空调惰轮安装位置

1—曲轴皮带轮；2—惰轮；3—传动带；
4—压缩机；5—压缩机托架；6—风扇轮

部件,如果惰轮轴承损坏,启动空调时就会有明显的噪声。损坏的轴承必须进行更换,其更换方法如下:

- (1) 卸下传动带和惰轮支承轴。
- (2) 卸下轴承锁紧螺母和弹性挡圈,拉出旧轴承。
- (3) 更换新轴承,在轴承座上涂抹润滑油并压进新轴承。
- (4) 重新装上惰轮组件,并调整压缩机传动皮带的松紧度。

(二) 客车空调压缩机的检修

客车空调采用辅助发动机来驱动压缩机。这类空调系统进行维修时,需要将制冷机组从汽车上卸下来,修理好后还要装到车上。

从客车上卸下压缩机和辅助发动机的操作步骤如下:

- (1) 启动辅助发动机,并关闭干燥器截止阀,将制冷剂贮存在干燥截止阀和压缩机排气检修阀之间。
 - (2) 拆除空调系统蓄电池电线以及与压缩机、辅助发动机相连接的所有导线。
 - (3) 拆除压缩机吸气和排气检修阀,并将两个阀口和压缩机进、排气口包扎好,以防脏物进入。
 - (4) 拆除机架上四个紧固螺栓,卸下辅助发动机和压缩机。
 - (5) 打开压缩机曲轴箱下面的放油塞,用一有刻度的量筒盛装冷冻润滑油,待压缩机修好后再装入。若冷冻润滑油已变质,则要更换同型号的冷冻润滑油。
- 若客车空调压缩机发生故障,应进行修理。对损坏的零部件应予以修复或更换。

1. 压缩机检修时的注意事项

- (1) 必须掌握压缩机结构知识和维修技术。
- (2) 准备好压缩机的各种备件,以备拆下损坏部件予以更换。
- (3) 维修时必须有2~3人共同作业,不能1人单独操作,以免出现不必要的操作失误。
- (4) 准备好各种维修工具,如起重修理车、起落架、木板以及空调专用修理工具。
- (5) 拆卸的零件清洗后应浸在冷冻润滑油里,防止腐蚀和受潮,拆下的管道清洗后在管端用端盖或塞子堵住,防止脏物侵入。
- (6) 拆卸压缩机时应严格按程序进行,在拆卸中必须在专用记录本上记下零部件的原有标记、位置和朝向,拆下的零件要分别保管。
- (7) 压缩机装配完毕,需进行加压试漏。

2. 压缩机零部件的拆卸

其拆卸步骤如下:

- (1) 旋开曲轴箱盖螺栓,拆下曲轴箱盖并清洗干净。
- (2) 旋开前端盖螺栓,从压缩机上拆下前端盖。

(3) 卸下汽缸盖螺栓，拆下汽缸盖，取下缸垫和阀板，并从阀板上拆下吸气阀片和排气阀片。

(4) 拆下视油镜的盖、镜以及密封垫，并清洗干净，但密封垫应予以更换。

(5) 从曲轴下部拆下连杆螺栓及连杆大头，再从缸体上部取出活塞和连杆。

(6) 旋开轴封锁止螺母，用卡钳取出密封卡环，卸下轴封、石墨密封件以及“O”形圈。

(7) 将曲轴从前主轴承上拆下。

(8) 将曲轴前轴承从缸体的轴孔中拆下。

3. 压缩机零部件的检测与修理

(1) 汽缸余隙的检查。将一定粗细的软铅丝放在活塞顶部，前后左右共放四处，装好排气阀组安全压板弹簧，盖好汽缸盖，转动曲轴 1~2 圈，然后取出软铅丝，用外径千分尺测量其厚度，取其四点的平均值即为活塞死点间隙，然后与标准死点间隙进行比较，找出偏差进行调整或修理。

(2) 活塞与汽缸间隙的检查。用塞尺测量活塞与汽缸配合面的上、中、下三个部位的间隙，测量时仍分四点进行。

汽缸（或汽缸套）的圆度和圆柱度是用内径千分表，分上、中、下三个部分进行测量的。

经过测量可确定活塞与汽缸是否需要检修或更换。如果汽缸磨损比原汽缸标准尺寸大 0.15~0.25mm 时，必须进行检修，或是汽缸与活塞的间隙超过 0.5mm 时也应进行检修；当活塞最大磨损在 0.30~0.35mm 时，应更换活塞。检修时若汽缸尺寸加大，则活塞、活塞环也应加大。

(3) 活塞环的检查。将活塞连杆组件取出汽缸外，用塞尺直接测量活塞环与环槽的轴向间隙，而活塞环的锁口（也称搭口）间隙是活塞环放入相当于汽缸基本直径的量规中，用塞尺测量的。

在运转过程中，活塞环失去工作性能是常见故障之一。活塞环损坏一般不进行修理，当有下列情况之一时应进行更换。

1) 活塞环在工作状态时的锁口间隙，超过 $0.004D_0^{+0.2}$ （直径 D 小于 120mm）和 $0.004D_0^{+0.3}$ （直径 D 大于 120mm）时，应进行修理或更换。

2) 活塞环高度（轴向）磨损超过 0.15mm。

3) 活塞环厚度（径向）磨损超过 1mm。

4) 活塞环与汽缸接触面小于圆周长 2/3，其他不接触部分与汽缸壁间隙大于 0.03mm。

5) 活塞环端面翘曲度超过 0.04~0.05mm。

6) 活塞环失去弹性。

(4) 活塞销的检查。用外径千分尺检查活塞销外圆柱面的圆度及圆柱度，当活塞销和连杆小头轴瓦的径向间隙超过 $0.001D$ 时，其圆度、圆柱度超过直径公差之

半时，应更换连杆小头轴瓦。

活塞销磨损比标准尺寸小 0.15mm 时，应更换活塞销。

当活塞销孔轴线对活塞轴线的垂直度在长度 100mm 上大于 0.2mm 时，应进行检修或更换。

(5) 连杆与轴瓦的检查。

1) 连杆小头轴瓦与曲柄销中心线的平行度测量是在装有连杆的曲轴，放在专门校好的装置上进行的。用千分表测量活塞销的圆柱度（曲柄销在最低、最高位置各测一次），测得的差值来判断两个中心线的平行度。若差值过大，说明连杆弯曲，应予以修复或更换。平行度为在 100mm 长度上不大于 0.03mm。

2) 连杆螺栓孔的平行度为在 100mm 长度上不大于 0.02mm。

3) 连杆大小头孔的轴线的平行度为在 100mm 长度上不大于 0.05mm，否则，应予以检修或更换。

4) 连杆小头孔与端面的垂直度为在 100mm 长度上不大于 0.05mm，否则，需要检修。

5) 连杆大头轴瓦与曲柄销的间隙测量一般用压铅法进行。若大头轴瓦磨损较轻，可用刮研修复，其方法是用锋利的刮刀，从轴瓦两端面分别向轴瓦中心刮，刮研力要轻且均匀。若大头轴瓦磨损严重，应予以更换。

(6) 曲轴的检查。

1) 曲柄销轴线与主轴颈轴线的平行度的测量是在车床上进行的，以主轴颈两端中心孔为基准，在 100mm 长度上不大于 0.02mm，否则应检修。

2) 检查主轴颈和曲柄销的圆度和圆柱度，测量主轴颈的磨损是用外径千分表在距轴肩或轴承边缘 10mm 处进行。一般曲柄销和主轴颈的圆度和圆柱度，不大于二级精度直径公差之半，否则应予以检修。若主轴颈和曲柄销的圆度和圆柱度超差，可在曲轴磨床上修磨；若其磨损十分严重或有裂纹，则要更换曲轴。

3) 曲柄销比标准尺寸磨损超过 0.25 ~ 0.30mm 时，应予以检修或更换，若其磨损超过 0.50mm 时，则应更换连杆大头轴瓦。

(7) 轴承的检查。对于修理的压缩机，不管轴承磨损多少，都要予以更换。

(8) 气阀的检查。主要是测量吸、排气阀片的开启度以及关闭的严密性。阀片开启度的测量是用深度尺或塞尺进行的；阀片的密封性是用煤油作渗漏试验进行的。

当阀片有轻微磨损或划伤时应重新研磨或检修。

当阀片磨损使其厚度比原标准尺寸小 0.15mm 时应予以更换。

(9) 轴封的检查。

1) 轴封装置内两个摩擦面平行度偏差超过 0.015 ~ 0.020mm 时，应予以检修或更换。

2) 轴封漏油每小时超过 10 滴时，应拆卸检查，并仔细研磨密封面，对于橡胶

圈因老化、干缩变形，失去弹性和密封能力时应予以更换。

(10) 润滑装置的检查。用内外径千分尺测量齿轮油泵的径向间隙，再用压铅法检查油泵齿轮的端面间隙。

1) 在油泵工作正常的情况下，油泵装置最好不要拆卸检查。

2) 油泵齿轮与泵体及泵盖之间的侧向和径向间隙大于规定值时应检修。齿轮的齿廓工作面剥蚀变形、啮合不好时，要检修或更换。

4. 压缩机零部件的装配

(1) 零部件装配前的清洗。压缩机零部件在装配之前应用氮气将零件上的气道、沟槽、轴孔等处的脏物和铁屑吹净，然后用冷冻润滑油清洗，清洗后再吹干。

(2) 装配活塞连杆组件。组装活塞和连杆时，先将小头衬套压入连杆小头孔内，并注意油槽孔的方向。在活塞的一端装上活塞销挡圈，然后将沾有冷冻润滑油的活塞销装入活塞和连杆小头孔内，在活塞的另一端装上活塞销挡圈。

活塞环装入活塞后，用手转动是否灵活，先装油环，后装气环。

(3) 装配阀板和阀片组件。装配时先将排气阀片放在阀板的阀线上，接着安放簧片在升程限位器孔内后，将升程限位器放在排气阀片上，将气阀螺钉穿过吸气阀片的中心孔，从阀板底部穿入排气阀片的中心孔，并用螺母拧紧。

(4) 轴承的装配。将滚动轴承装入曲轴颈处，滑动轴承装在缸体上。安装时可用木槌轻轻敲入。

(5) 曲轴的安装。从轴封安装处送进曲轴，并从曲轴箱底部托起曲轴端部进入到滑动轴承处，用锤子轻轻敲打曲轴另一端，让曲轴进入缸体的两个轴承安装处，装上开口环固定曲轴。

(6) 活塞连杆组件装入汽缸。拆下连杆大头盖，并在大头孔内涂上冷冻润滑油，用活塞环夹紧器将活塞连杆组件装入汽缸内，并从曲轴箱底部装上连杆大头盖，拧紧大头盖螺母。待装好全部活塞连杆组件后，用手转动一下曲轴看其是否灵活。

(7) 装入前端盖。装配时应在密封处涂上冷冻润滑油，若吸排气维修阀在前端盖上也应同时装上。

(8) 阀板、缸垫、缸盖装入缸体。装上涂有冷冻润滑油的石棉缸垫，并将定位销插进缸体的定位孔内，装上阀板，再将汽缸垫圈和汽缸盖装在缸体上。

(9) 冷冻润滑油滤清器的安装。过滤器要清洗干净或更换新的过滤器。

(10) 视液镜的安装。安装时要更换“O”形密封圈，并在新的“O”形圈上涂上冷冻润滑油。

(11) 轴封的安装。将弹簧托板、弹簧和石墨轴封依次套入伸出轴颈上，再装轴封和“O”形密封圈，装上卡环，拧紧锁上螺母。

(12) 装上压缩机法兰。装上法兰后，转动法兰看压缩机转动是否灵活。

(13) 加入冷冻润滑油。向压缩机曲轴箱内加入规定数量的冷冻润滑油。

(14) 压缩机试运行。装配完毕后,对压缩机进行充氮气检漏,并接通冷冻润滑油让其试运转,看其运转是否灵活、正常。若运转不正常,应拆开压缩机进行修理。

(三) 储液干燥过滤器的检修

储液干燥过滤器主要是用来储存多余制冷剂、吸附系统内水分、过滤系统内杂质或脏物,保证系统正常工作的。一旦干燥过滤器吸附水分达到饱和状态和滤网被脏物堵塞,就必须更换新的,其操作过程如下:

(1) 排出系统内的制冷剂。

(2) 拆下干燥过滤器,为防止潮气进入系统内,应用堵头塞住干燥过滤器两端的连接管口。

(3) 更换新的干燥过滤器,并向压缩机内添加 10~20ml 的冷冻润滑油。

(4) 最后对制冷系统检漏、抽真空、充注制冷剂。

(四) 热力膨胀阀的检修

1. 热力膨胀阀检验

热力膨胀阀的检验步骤如下:

(1) 将膨胀阀从制冷系统中卸下来,按图 5-58 所示将歧管压力计与制冷剂罐、膨胀阀连接起来。

(2) 将膨胀阀的感温包浸泡在可调水温的容器中,关闭歧管压力计上的手动低压阀,然后旋转注入阀手柄,使阀针刺破制冷剂罐上的密封垫并将管路中的空气排除。

(3) 开启歧管压力计上的手动高压阀,并将高压侧压力调至 0.490MPa,在读低压表读数的同时,测量水温。

(4) 将两个实测值与膨胀阀的压力和温度曲线相比较,其交点应落在图 5-59 所示的两条曲线之间,否则,应进行调整或更换。

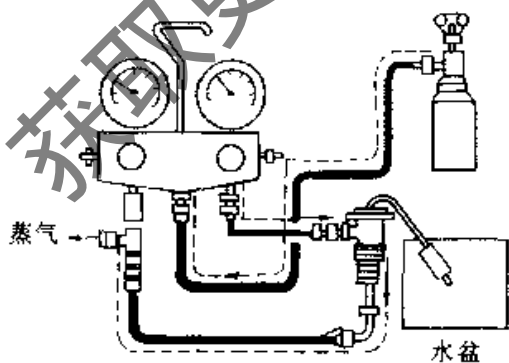


图 5-58 膨胀阀的连接

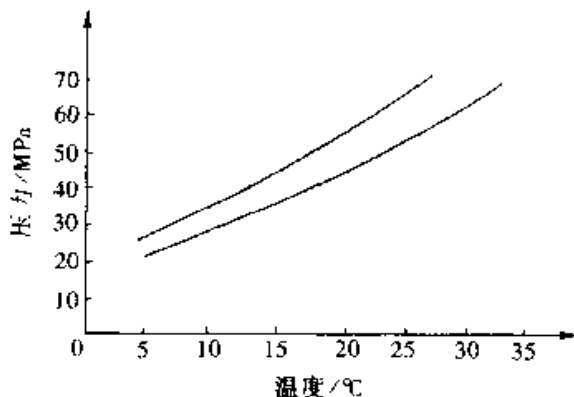


图 5-59 膨胀阀的压力与温度曲线

(5) 膨胀阀的流量检验和调整。

1) 最大流量检验:将感温包浸入温度为 52℃ 的保温水箱内,打开手动高压

阀, 精确地调整到压力为 0.392MPa, 读低压表读数, 最大流量压力应是 0.245 ~ 0.314MPa。压力超过 0.314MPa, 表示开度过大; 不足 0.245MPa, 表示开度过小。

2) 最小流量检验: 将感温包浸入 0℃ 水中, 打开手动高压阀, 精确地调整到压力为 0.392MPa, 读低压表读数, 从表 5-21 中找到相应的过热度, 低压值应在表中规定之内为正常。

表 5-21

膨胀阀过热度与表压的关系

过热度/℃	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
表压/MPa	0.162 ~ 0.183	0.156 ~ 0.178	0.151 ~ 0.172	0.148 ~ 0.169	0.142 ~ 0.163	0.137 ~ 0.158	0.133 ~ 0.155	0.127 ~ 0.148	0.123 ~ 0.144	0.120 ~ 0.140

3) 膨胀阀的调整: 将调整螺钉向逆时针方向拧转, 弹簧弹力减弱, 即流量增加。一般将调整螺钉拧一圈, 其过热度变化量约为 1℃。

2. 热力膨胀阀的维修

其修理步骤如下:

- (1) 排除系统内的制冷剂, 卸下膨胀阀, 并同时更换储液干燥器。
- (2) 拧下调整螺母, 并记住转动的圈数, 因重新装配时, 要转回同样的圈数, 才能保证制冷剂在蒸发器上的过热度。
- (3) 拆下弹簧、阀座、阀门和推杆, 并检查其是否损坏。
- (4) 取出膨胀阀进口处的过滤网, 并清除其脏物。
- (5) 用冷冻润滑油清洗所有零件并吹干净。
- (6) 按与拆卸相反的顺序装配好膨胀阀。

(五) 冷凝器的检修

1. 冷凝器的检查

- (1) 用检漏仪检查冷凝器的泄漏情况。
- (2) 检查冷凝器管内脏堵或管外弯瘪情况。若发现压缩机排气压力过高, 不能正常制冷, 管外有结霜、结露现象, 说明管内脏堵或管外弯瘪。
- (3) 冷凝器管外及翅片外表面有污垢、残渍等, 造成其散热不良。

2. 冷凝器的拆卸

- (1) 慢慢地从系统中排出制冷剂。
- (2) 将液态制冷剂管从冷凝器的进、出口螺纹接头上拆卸下来。
- (3) 拆卸冷凝器, 拧下连接螺栓, 取出衬垫。

3. 冷凝器的维修

- (1) 若冷凝器由于碰撞或振动而破损, 应卸下冷凝器进行焊接修补, 无法修补时, 更换同规格的冷凝器, 并向压缩机补充 40 ~ 50mL 的冷冻润滑油。
- (2) 冷凝器散热翅片若歪曲变形, 可用镊子校正铝散热翅片。
- (3) 冷凝器内脏堵, 应拆开冷凝器出口和进口接头, 用高压氮气吹洗, 冲出脏物。

(4) 冷凝器表面积灰, 通风受阻, 可用软毛刷轻刷表面灰尘或用吸尘器吸除灰尘。

(5) 冷凝器管接头处泄漏, 更换管接头, 并重新进行检漏试压。

(6) 若是冷凝器风机故障, 可不必拆卸冷凝器, 应修理风机。

(六) 蒸发器的检修

1. 蒸发器的检查

(1) 蒸发器是否损坏。

(2) 用检漏仪检查其是否泄漏。

(3) 观察排泄管路是否洁净、畅通。

(4) 观察蒸发器外表面是否有积垢、异物等。

2. 蒸发器的拆卸

(1) 拆下蓄电池的连接电线。

(2) 慢慢地从系统中放出制冷剂。

(3) 将制冷剂软管分别从蒸发器的进口和出口接头螺纹上卸下来, 并立即盖住开口部位, 以防潮气进入系统内部。

3. 蒸发器的维修

(1) 清除蒸发器外面积垢、异物。

(2) 若蒸发器管有泄漏, 应进行焊补, 无法焊补时应更换蒸发器总成, 并向压缩机补充 40~50ml 的冷冻润滑油。

(3) 清洁排泄管路, 并清除积聚在底板的水分。

(4) 若是蒸发器风机故障, 应修理风机。

(七) 独立式加热器检修

独立式加热器检修主要包括燃油泵、燃烧筒、燃烧杯、电热塞、燃油分配器、燃烧控制器等部件的维修。

1. 独立式加热器的拆卸

独立式加热器经过长期使用, 如果发现排烟筒内冒黑烟、车室内有油烟气味、燃油耗量增加以及车室温度过低, 应拆下加热器进行维修, 其拆卸方法如下:

(1) 打开加热器盖, 从配线板上拆下控制导线, 并做好记号, 以免安装时搞错控制导线。

(2) 拆下油箱燃油滤清器与燃油电磁阀之间的连接油管。

(3) 拧开加热器底座紧固螺母, 将加热器取下, 以备检查修理。

2. 独立式加热器燃油泵的检修

燃油泵能供给加热器燃烧所需的燃油, 它为一转子油泵。燃油泵在长期使用过程中, 由于主要零件磨损严重, 使配合间隙不当, 就会产生漏气、漏油或断油故障, 其故障检修方法如下:

转子油泵的主要故障是主、从动转子啮合不均, 齿轮端面与泵盖偏磨, 或两轴

中心线加工、安装不正确造成某部位的偏磨。出现以上现象时，可用涂色法找到偏磨处，用刮刀进行修刮或用细砂纸打磨修理；若转子严重拉毛或有掉块出现，应更换转子。

3. 加热器燃油滤清器的检修

燃油滤清器是净化燃油，保证其燃油清洁和油路畅通，其检查方法如下：

- (1) 清洗滤芯。在冬季加热器开始使用前，应检查、清洗滤芯。
- (2) 检查玻璃球内的沉淀物。当发现有沉淀物或脏物时，用煤油清洗干净。

4. 加热器燃烧筒的检修

燃烧筒的主要作用是燃料与空气混合后在其内部燃烧，其检修方法如下：

- (1) 清除燃烧筒内积炭。用木锤轻轻敲击燃烧筒的外表面，清除附在筒壁上的积炭，并用压缩空气吹净。
- (2) 检查燃烧筒龟裂、变形情况。边用砂布除去积炭，边观察燃烧筒有无龟裂，若有龟裂损伤，应进行焊接修补或更换。

5. 加热器燃烧环的检修

其检修方法如下：

首先除去各部分积炭，尤其是较小的孔或槽内积炭，然后用压缩空气吹净，并用煤油清洗干净。

检查燃烧环内石棉，燃烧环内石棉是用以吸收被散布的燃油而使之蒸发的，因此，石棉老化或损坏较大时，应予以更换。

6. 加热器电热塞的检修

电热塞的作用是通电后电阻丝加热发红点燃可燃气体，电热塞暴露在燃烧筒内极高温下，极易发生故障，其故障检修方法如下：

- (1) 清除电热塞上的积炭。当发现电热塞上有积炭、油污时，应用毛刷清除，否则，积炭严重时，会产生点火不良，加热器将不能正常工作。
- (2) 清除电阻丝上的积炭。当发现电阻丝上积炭时，可用刷子清除；若电阻丝上积炭过多，应更换同规格的电热塞，否则，将造成电阻丝短路或断路。
- (3) 调整或更换电热塞线圈。若电热塞线圈断线或短路，应予以修复或更换，否则，将使电热塞不能正常工作。

7. 加热器燃油分配器的检修

分配器是用于散布燃油的，它位于温度极高的部位，极易出现故障。若分配器发生偏心、变形等故障时，则无法进行维修，应予以更换，否则，将使加热器不能进行正常燃烧。

8. 加热器燃烧控制器的检修

燃烧控制器的作用是在开始点火时接通电路，当燃烧开始后使燃烧筒内温度升到 400°C 时，自动切断点火电路。

正常工作时，燃烧控制器在加热器开始燃烧 2min 后即切断点火电路，若燃烧

经过 10min 后控制器还不能切断电路，这时就应拆下控制器进行调整或修理，其调整步骤如下：

(1) 旋松锁紧螺母

(2) 逆时针方向旋转调节螺钉，便可听到“咔嚓”声，这是微动开关的动作响声，此时再将调整螺母顺时针方向旋回来，听到“咔嚓”声后继续转动约 150° ，便可达到在点火 2min 后切断点火电路的要求。

(3) 旋紧锁紧螺母

9. 加热器热熔丝的检修

热熔丝一般安装在空气通道壁上，用来防止温度过高引起车厢起火。当热风通道被堵塞后，热空气不能畅通，导致通道内温度不断升高，当热熔丝周围的温度达到 200°C 时，热熔丝熔化，切断燃油电磁阀电路，停止加热器的燃油供给，使加热器停止工作。运行过程中热熔丝熔断时，可按以下方法修理：

(1) 将运转开关调在“停机”位置。

(2) 查明热熔丝熔断的原因。其可能情况为：①车厢热风出口是否被杂物或行李物品堵住；②热风出口是否被关闭，热风出不来，造成热风通道温度异常升高，热熔丝熔断

(3) 查明热熔丝熔断的原因后，更换热熔丝。

10. 加热器电热塞分压电阻器的调整

该电阻器串联在点火电路上，用于降低通过电热塞的电压，加大电流，缩短电阻丝加热发红的时间。

该电阻器在直流电压 24V 的条件下，电流应在 $14.5 \sim 16.0\text{A}$ 范围内，否则，就应调整电阻器。

11. 独立式加热器燃油电磁阀的检修

电磁阀是借助电磁线圈使阀杆升降而将阀门启闭的，它连接在燃油滤清器和燃油泵之间。燃油电磁阀常出现如下两种故障：

(1) 电磁阀线圈脱开或接触不良，使电流不能形成回路，线圈不能产生吸力，可用万用表来测出其故障，重新接好电磁线圈。

(2) 电磁阀的阀芯和阀体被油污或脏物粘合在一起，导致线圈吸力不足而不能将阀门打开，这时可用直流 24V（或 12V）电压间断加在电磁阀上，即可听到清晰的阀芯开闭声音；若仍不能打开阀芯，就要将电磁阀拆开来清洗，除去阀内各种脏物。

三、蓄冷空调维修技术

在蓄冷空调系统中，目前用得较多的是内融冰蓄冷装置和封装冰蓄冷装置，在此仅以这两种蓄冷装置为例，介绍其有关的维修知识。

(一) 内融冰蓄冷装置的维修

由于蓄冷装置大多是静态运行，故其与制冷设备相比，维修工作量相对较少。

但由于蓄冷装置通常都在高腐蚀性及潮湿的环境下工作，同样应对其进行定期维护和维修。

1. 内融冰蓄冷装置的操作与安装

(1) 系统应充 25% 浓度的乙二醇溶液。在充入前应放在单独的容器中充分混合。若两种成分未被充分混合，少量的水也会被冻结。

(2) 系统冲洗后，剩余的水会使溶液稀释，若不充分混合将导致结冰。故在溶液充入并循环 24h 后，应测试溶液的浓度。若浓度低于 25%，应放出部分溶液，加入纯乙二醇，使其达到 25% 浓度。

(3) 连接蓄冰槽（筒）可采用 4 层织物的橡胶软管，其破裂压力为 2.4MPa。每个供冷管和回流管中应装有溢流阀。

(4) 系统的所有管道均应绝热，由于溶液管道的运行温度低于冷冻水系统，故绝热材料的厚度要厚一些，以免结露。

(5) 系统应装泄漏防护装置，在膨胀水箱装液位指示器和压力开关，以提醒操作者。不建议采用自来水补偿系统，因为水会使溶液稀释。

(6) 当回流溶液温度为 -2.2°C 时，表示系统中的水已经充分结冰。

(7) 蓄冰槽（筒）底部应水平放置，用混凝土台支撑，并用隔热材料作支垫。

(8) 蓄冰槽（筒）可以放在屋顶或机房，也可埋在地下。整体式蓄冰槽和现场砌筑的混凝土槽体，都要求地面平整、水平度好。在冰槽下砌高 100mm 的水平基础，必须能承受槽体的运行重量，在槽基附近应有排水沟、上水管。槽间距及槽与槽、槽与墙的距离，不得小于 400mm。槽顶与天花板至少保持 1.0~1.5m 的距离，以满足接管与安装的要求；如果是混凝土槽，则要求槽上空间尺寸适当加大，以满足冷盘管的整体吊装。

(9) 蓄冰槽（筒）埋在地下时，坑底泥土应湿润并压实，再填上不积水的砂层。安放蓄冰槽时，采用轻型吊车慢慢轻放，冰槽（筒）放在隔热垫上，先注入部分水，然后用砂填回坑内，砂层要均匀，砂层表面平整。

(10) 全埋蓄冰槽上部用一刚性保护挡板覆盖在上面，并装上检修管延伸管，用以检查水位和回填砂层厚度。

(11) 用压缩空气进行试压，加压至 0.6MPa 后，在 24h 内，压力下降 0.07MPa 是可以接受的。

2. 内融冰蓄冷装置的维护与维修

(1) 对蓄冷槽内外的紧固件如发现松动，应予紧固。如在定期检修中移动顶盖，必须重新拧紧螺栓。

(2) 对槽体构架及盘管支架，如发现擦伤或锈蚀点，用金属刷将铁锈刷净，并喷刷防腐涂料。

(3) 对金属储槽的外壁和顶盖的检查中如发现外表损伤或锈蚀，应用金属刷清理处理，并喷刷防腐涂料。

(4) 用液位计检查蓄冷槽内液位, 为使充水量合适, 可在蓄冷槽为释冷状态时再观察视镜水位是否在 0% 刻度。若槽内水量不够, 则再加水至 0% 刻度。如果补充水过量, 则经溢流管自动排出。水位过低将导致蓄冷量的减少; 过量的水可能在最初几次蓄冷循环溢出。

(二) 封装冰蓄冷装置的维修

1. 封装冰蓄冷装置的安装

封装冰蓄冷装置的蓄冷槽大多是由普通钢板制成的卧式圆柱体槽罐, 顶部有用于填充冰球的入孔, 入孔盖上装有放空阀和压力表。蓄冷槽也可能是有裙座的立式罐。若系统工作压力为大气压力, 则有可能使用矩形罐(用钢板或混凝土制造)。蓄冷槽是根据设备需求制造的, 根据现场可利用空间的情况, 可以改变蓄冷槽的直径和长度, 以适应现场安装需要。

(1) 蓄冷槽的安装。

- 1) 蓄冷槽运到现场就应进行检查, 且必须小心地水平安装。
- 2) 必须给顶部入孔留下 0.6m 的最小空间(底部入孔为 0.25m)。如果设备可用空间受到严格限制, 则顶部和底部入孔可从垂直线处移动 30°, 以便使容器直径做得最大。
- 3) 流体进出口法兰和管道必须正确连接。
- 4) 在蓄冷期间, 载冷剂入口通过下部扩散器。

(2) 冰球的填充。

1) 在填充冰球之前, 必须先对管道系统进行试压, 试压合格后对管道系统进行反复冲洗, 直至冲洗水中不带泥沙、铁屑等杂质, 且水色不浑浊时, 方为合格。

2) 关于蓄冷槽(罐)的进出口阀门, 通过排污阀排除管道内的水, 灌入蓄冷槽(罐)约 30% 的水, 以便接纳落下的冰球并使冰球均匀分布于蓄冷槽(罐)内, 如图 5-60(a) 所示。

3) 当卧式蓄冷槽(或方形槽)填充一半时, 必须有人进入蓄冷槽内将冰球推到容器两端(或四周), 一直到填充结束, 保证整个蓄冷槽内充满冰球, 如图 5-60(b)、图 5-60(c) 所示。对于开式蓄冰槽, 冰球可以不完全充满蓄冰槽, 但需将冰球堆放平整, 保证乙二醇溶液完全淹没冰球。

4) 必须避免如图 5-60(d) 所示不正确的填充。尤其是对于闭式系统, 这种不正确的填充会造成乙二醇溶液短路, 导致换热不充分。

2. 封装冰蓄冷装置的维护保养

应每年检查一次封装冰球有无磨损破裂现象。在开始蓄冷前, 应使循环泵运行 24h, 使载冷剂混合均匀。关闭制冷机, 检查乙二醇溶液流过蓄冷槽的状况, 尤其检查是否有断路现象发生。

对于密闭式压力蓄冷槽, 应对压力式膨胀箱的压力作必要的调节, 使与系统最

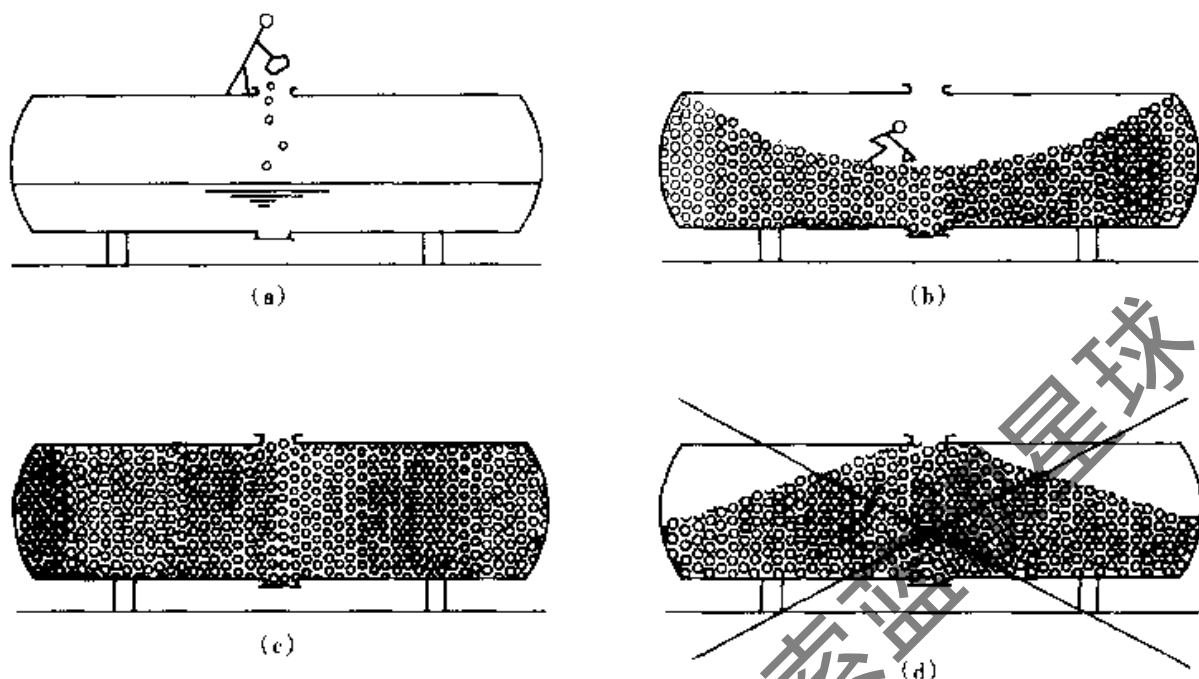


图 5-60 冰球的填充

(a) 冰球开始填充；(b) 冰球推到容器两端；(c) 冰球填满状态；(d) 不正确的填充

低压力一致。

对于开式蓄冷槽、蓄冷槽的液位控制检查更为严格，应避免将乙二醇溶液经溢流管排放，造成对环境的污染。液位过低将使蓄冷能力明显下降，对设置的高低液位报警装置应定期检查、维护。

(三) 蓄冷系统管道的维护与保养

乙二醇水溶液流经的管道，安装前应进行清洗，安装过程中不得有焊渣等杂物进入，以免堵塞蓄冷盘管。

各种型号蓄冷槽的配管均集中在槽体的一端，具体配管管径随蓄冷槽容量不同而不同。各蓄冷槽之间应保持并联，蓄冰槽连接管进入蓄冰槽前应设旁通管，以备管路系统安装后的试压与清洗。凡管内要通过乙二醇水溶液的管道，不宜采用镀锌管及其管道配件。所配用的阀门不能发生内渗漏。

1. 管路系统的试压与清洗

系统内部的主要设备，如制冷机组、板式换热器和蓄冰槽内的蓄冰盘管，在出厂时都已经过试压检验，且内部已处理干净。故不宜在系统安装后与管道一起进行试压和清洗。

(1) 按照设计要求的管路系统所应承受的运行压力，依据有关规范进行水压试验。

(2) 对管路系统进行严格的清洗

1) 用清水在管路系统内循环运行 1~2h，然后在最低位排空；

2) 将浓度为 10g/L 的六偏磷酸钠溶液注入管路系统, 在系统内循环流动 2h 以上, 然后排空

3) 用清水注入系统多次清洗, 直至管路状况令人满意为止

2. 乙二醇溶液的充灌和检验

(1) 通常将按浓度要求预先配制的乙二醇水溶液用泵吸入系统内。在充灌期间应持续有效地使蓄冷槽内盘管和系统内管道排空。一般在蓄冷装置顶部及管道最高处设有放气阀。

(2) 在初次蓄冷循环期间, 必须添加载冷剂, 以维持最低液位或系统压力。这是由于在初次蓄冷 3~4h 内, 载冷剂温度逐渐降低至最低点, 体积也变为最小。

(3) 对管道的保温绝热状况检查其严密性。管道支架绝热性能良好, 不得发生外壳结露和冷桥现象

获取更多资料 微信搜索蓝领蓝球

附录

附录 A 制冷空调常用单位换算

表 A-1 温度单位换算

温度	摄氏温度(°C)	华氏度(°F)	绝对温度(K)
$t_1/°C$	t_1	$\frac{9}{5}t_1 + 32$	$t_1 + 273$
$t_2/°F$	$\frac{5}{9}(t_2 - 32)$	t_2	$\frac{5}{9}(t_2 - 32) + 273$
t_3/K	$t_3 - 273$	$\frac{9}{5}(t_3 - 273) + 32$	t_3
冰点	0	32	273
水沸点	100	212	373

表 A-2 压力单位换算

帕 Pa 牛顿/米 ² (N/m ²)	公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²)	磅力/英寸 ² (lbf/in ²)	巴 (bar)	毫米汞柱 (mmHg)	毫米水柱 (mmH ₂ O) (4°C时)	标准大气压 (atm)
1	0.102×10^{-4}	0.145×10^{-3}	10^{-5}	7.5×10^{-1}	0.102	0.987×10^{-5}
98.0665×10^3	1	14.223	0.9807	735.56	10^4	0.9678
6894.8	0.0703	1	0.06894	51.715	703	0.068
10^5	1.0197	14.5038	1	768.68	1.02×10^4	0.987
133.322	1.36×10^{-3}	0.0193	1.33×10^{-3}	1	13.6	1.31×10^{-3}
9.80665	10^{-4}	1.4223×10^{-3}	9.81×10^{-5}	73.556×10^{-3}	1	9.68×10^{-5}
9.81×10^3	0.1	1.4223	0.0981	73.556	1000	0.0968
249.989	0.00254	0.0361	2.49×10^{-3}	1.87	25.4	0.00246
1.01325×10^5	1.0333	14.696	1.0133	760.00	10.333	1

表 A-3 体积单位换算

立方米(m ³)	升(l)	立方英尺(ft ³)	立方英寸(in ³)	英加仑(UKgal)	美加仑(USgal)
1	10^3	35.315	6.102×10^4	220.1	264.2
10^{-3}	1	3.5315×10^{-2}	61.024	0.22	0.2642
2.8317×10^{-2}	28.317	1	1.728×10^3	6.2305	7.4805
1.639×10^{-5}	1.639×10^{-2}	5.787×10^{-4}	1	3.605×10^{-1}	4.329×10^{-1}
4.5435×10^{-4}	4.5435	0.1605	2.7727×10^2	1	1200.4
3.7854×10^{-4}	3.7854	0.1338	2.31×10^2	0.8331	1

表 A-4

功能及热量单位换算

焦耳 (J)	千克力·米 (kgf·m)	千瓦·小时 (kW·h)	米制马力小时 (ps·h)	英制马力小时 (hp·h)	千卡 (kcal)	英热单位 (Btu)	英尺·磅 (ft·lb)
1	0.102	2.778×10^{-7}	3.777×10^{-7}	3.723×10^{-7}	2.389×10^{-4}	9.48×10^{-4}	0.7376
9.81	1	2.724×10^{-6}	3.704×10^{-6}	3.653×10^{-6}	2.341×10^{-3}	9.295×10^{-3}	7.233
3.6×10^6	3.67×10^5	1	1.36	1.341	859.9	3412	2.655×10^6
2.648×10^6	2.702×10^5	0.7355	1	0.9863	632.5	2510	1.953×10^6
2.685×10^6	2.738×10^5	0.7457	1.014	1	641.2	2544.4	1.98×10^6
4186.8	426.935	1.163×10^{-7}	1.581×10^{-3}	1.559×10^{-3}	1	3.968	3.087
1055.06	107.6	2.93×10^{-4}	3.98×10^{-4}	3.93×10^{-4}	0.252	1	778.2
1.3558	0.1383	3.768×10^{-7}	5.12×10^{-7}	5.05×10^{-7}	3.24×10^{-4}	1.285×10^{-3}	1

表 A-5

力单位换算

牛顿 (kg·m/s ²)	千克力 (kgf)	达因 dyn (g·cm/s ²)	磅力 (lbf)
1	0.102	10^5	0.2248
9.81	1	9.81×10^5	2.2046
10^{-5}	1.02×10^{-6}	1	2.248×10^{-6}
4.448	0.4536	4.448×10^5	1

表 A-6

功率单位换算

瓦 (W)	千瓦 (kW)	米制马力 (pS)	英制马力 (hp)	千克力·米/秒 (kgf·m/s)	英尺·磅力/秒 (ft·lbf/s)	千卡/秒 (kcal/s)	英热单位/秒 (Btu/s)
1	0.001	0.00136	0.00134	0.102	0.7376	2.39×10^{-4}	9.478×10^{-4}
1000	1	1.36	1.341	102	737.6	0.239	0.9478
735.5	0.7355	1	0.9863	75	542.5	0.1757	0.6972
745.7	0.7457	1.014	1	76.04	550	0.1781	0.707
9.807	9.81×10^{-3}	0.0133	0.01315	1	7.233	0.00234	0.0093
1.356	0.00136	0.00184	0.00182	0.138	1	3.24×10^{-4}	1.29×10^{-3}
4187	4.2	5.7	5.61	427	3087	1	3.960
1055	1.055	1.434	1.415	107.6	778.2	0.252	1

表 A-7

冷冻吨换算

冷冻吨(t)			千卡/时 (kcal/h)	英热单位/时 (Btu/h)	SI 单位 千瓦 (kW)
日本冷冻吨	美国冷冻吨	英国冷冻吨			
1	1.098	0.9811	3320	13174	3.861
0.9108	1	0.9864	3024	12000	3.517
1.016	1.112	1	3373	13384	3.923

表 A-8

热流密度及传热面负荷单位换算

瓦/米 ² [W/m ²]	千卡/米 ² ·时 [kcal/(m ² ·h)]	卡/厘米 ² ·秒 [cal/(cm ² ·s)]	英热单位/英寸·秒 [Btu/(in·s)]	英热单位/英尺·时 [Btu/(ft·h)]
1	0.85985	2.3885×10^{-5}	6.1151×10^{-7}	0.317
1.163	1	2.778×10^{-5}	7.1119×10^{-7}	0.36868
4.1868×10^4	3.6×10^5	1	2.560×10^{-2}	1.327×10^4
1.635×10^6	1.405×10^6	39.05	1	5.184×10^5
3.15454	2.713	7.534×10^{-5}	1.929×10^{-6}	

表 A-9

导热系数单位换算

千焦耳/米·时·开 [kJ/(m·h·K)]	瓦/米·开 [W/(m·K)]	英热单位/英寸·时·度 [Btu/(in·h·°F)]	英热单位/英尺·时·度 [Btu/(ft·h·°F)]	卡/厘米·秒·度 [cal/(cm·s·°C)]	千卡/米·时·度 [kcal/(m·h·°C)]
1	0.2770	0.01333	0.160	6.61×10^{-4}	0.240
3.61135	1	0.04815	0.5778	0.002389	0.860
75	20.7688	1	12.0	0.04960	17.86
6.25	1.73073	0.08333		0.004134	1.488
0.01167	418.68	20.16	241.9	1	3360.0
4.20	1.163	0.056	0.6720	0.002778	1

表 A-10

比热容单位换算

千焦耳/公斤·度 [kJ/(kg·°C)]	英热单位/磅·度 [Btu/(lb·°F)]	千卡/公斤·度 [kcal/(kg·°C)]
1	0.23885	0.23885
4.1868	1	1
4.1868	1	1

表 A-11

传热系数单位换算

瓦/米 ² ·开 [W/(m ² ·K)]	卡/厘米 ² ·秒·度 [cal/(cm ² ·s·°C)]	英热单位/英尺 ² ·时·度 [Btu/(ft ² ·h·°F)]	千卡/米 ² ·时·度 [kcal/(m ² ·h·°C)]
1	0.2389×10^{-4}	0.1762	0.8598
4.186×10^4	1	7373	3.6×10^{-4}
5.678	1.356×10^{-4}	1	4.883
1.163	2.778×10^{-5}	0.2049	1

表 A-12

动力黏度单位换算

牛顿·秒/米 ² (N·s/m ²)	千克力·秒/米 ² (kgf·s/m ²)	泊 (P)	厘泊 (cP)
1	1.0197	10	10 ³
9.807	1	98.07	9807
0.1	1.0197×10^{-2}	1	10 ²
10 ⁻³	1.0197×10^{-4}	10 ⁻²	1



表 A-13

运动黏度单位换算

米 ² /秒(m ² /s)	斯托克斯(St)	厘斯(cSt)
1	10 ⁴	10 ⁶
10 ⁻⁴	1	100
10 ⁻⁶	0.01	1

附录 B 湿空气的主要热物理参数

(大气压 $p_b = 101.3\text{kPa}$)

空气温度	干空气密度 $\rho/(kg/m^3)$	饱和空气密度 $\rho_s/(kg/m^3)$	饱和空气的水蒸气分压力 $P_s/(\times 10^2 Pa)$	饱和空气含湿量 $d_s/(g/kg \text{干空气})$	饱和空气焓 $h_s/(kJ/kg \text{干空气})$
-20	1.396	1.395	1.02	0.63	-18.85
-19	1.394	1.393	1.13	0.70	-17.39
-18	1.385	1.384	1.25	0.77	-16.20
-17	1.379	1.378	1.37	0.85	-14.99
-16	1.374	1.373	1.50	0.93	-13.77
-15	1.368	1.367	1.65	1.01	-12.60
-14	1.363	1.362	1.81	1.11	-11.35
-13	1.358	1.357	1.98	1.22	-10.05
-12	1.353	1.325	2.17	1.34	-8.75
-11	1.348	1.347	2.37	1.46	-7.45
-10	1.342	1.341	2.59	1.60	-6.07
-9	1.337	1.336	2.83	1.75	-4.73
-8	1.332	1.331	3.09	1.91	-3.31
-7	1.327	1.325	3.36	2.08	-1.88
-6	1.322	1.320	3.67	2.27	-0.42
-5	1.317	1.315	4.00	2.47	1.09
-4	1.312	1.310	4.36	2.69	2.68
-3	1.308	1.306	4.75	2.94	4.31
-2	1.303	1.301	5.16	3.19	5.90
-1	1.298	1.295	5.61	3.47	7.62
0	1.293	1.290	6.09	3.78	9.42
1	1.288	1.285	6.56	4.07	11.14
2	1.284	1.281	7.04	4.37	12.89

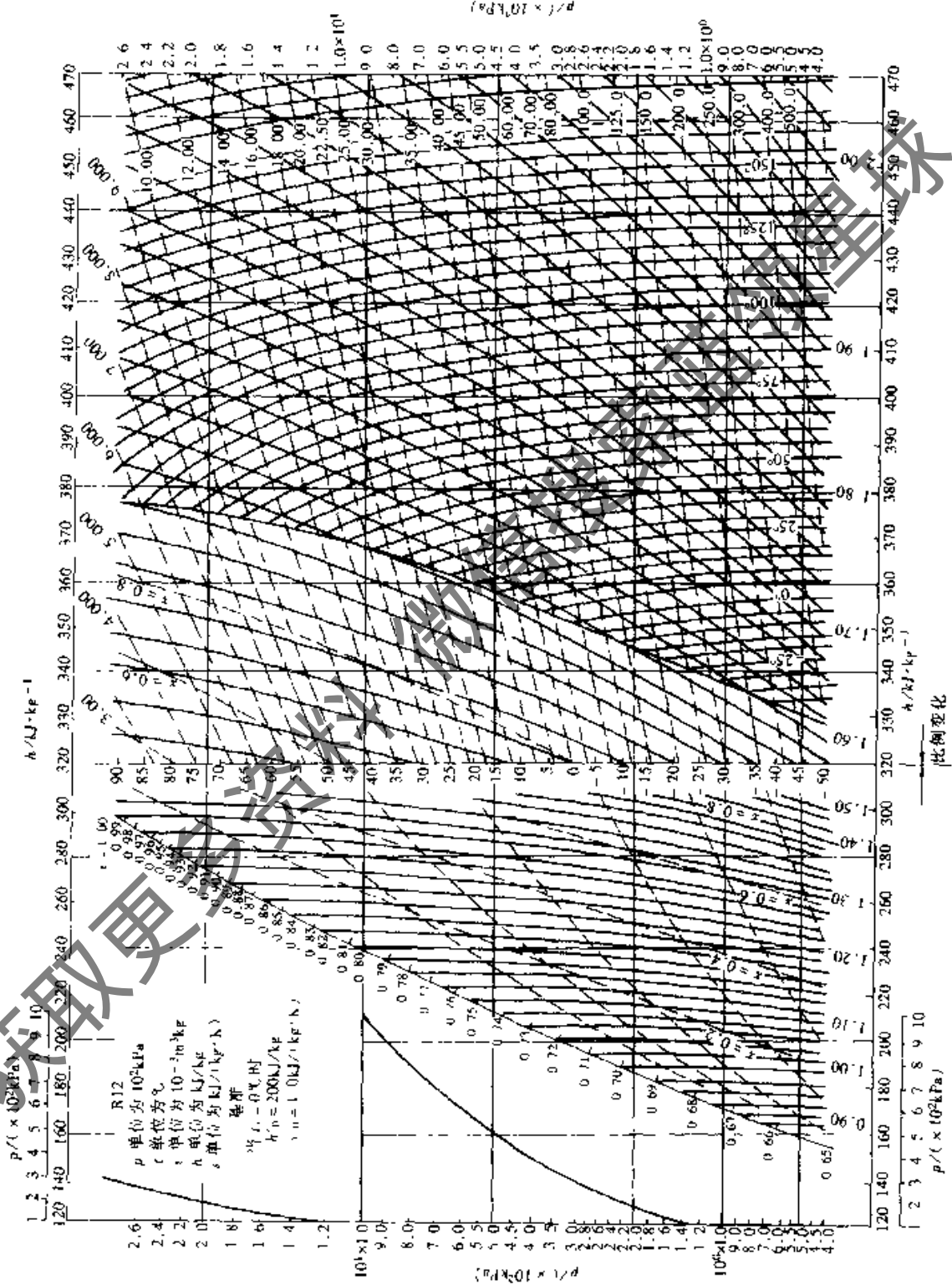
续表

空气温度	干空气密度 $\rho/(kg/m^3)$	饱和空气密度 $\rho_s/(kg/m^3)$	饱和空气的水蒸气分压力 $P_s/(\times 10^2 Pa)$	饱和空气含湿量 $d_s/(g/kg \text{ 干空气})$	饱和空气焓 $h_s/(kJ/kg \text{ 干空气})$
3	1.279	1.275	7.57	4.70	14.74
4	1.275	1.271	8.11	5.03	16.58
5	1.270	1.266	8.70	5.40	18.51
6	1.265	1.261	9.32	5.79	20.51
7	1.261	1.256	9.99	6.21	22.61
8	1.256	1.251	10.70	6.65	24.70
9	1.252	1.247	11.46	7.13	26.92
10	1.248	1.242	12.25	7.63	29.18
11	1.243	1.237	13.09	8.15	31.52
12	1.239	1.232	13.99	8.75	34.08
13	1.235	1.228	14.94	9.35	36.59
14	1.230	1.223	15.95	9.97	39.19
15	1.226	1.218	17.01	10.6	41.78
16	1.222	1.214	18.13	11.4	44.80
17	1.217	1.208	19.32	12.1	47.73
18	1.213	1.204	20.59	12.9	50.66
19	1.209	1.200	21.92	13.8	54.01
20	1.205	1.195	23.31	14.7	57.78
21	1.201	1.190	24.80	15.6	61.13
22	1.197	1.185	26.37	16.6	64.06
23	1.193	1.181	28.02	17.7	67.83
24	1.189	1.176	29.77	18.8	72.01
25	1.185	1.171	31.60	20.0	75.78
26	1.181	1.166	33.53	21.4	80.39
27	1.177	1.161	35.56	22.6	84.57
28	1.173	1.156	37.71	24.0	89.18
29	1.169	1.151	39.95	25.6	94.20
30	1.165	1.146	42.32	27.2	99.65
31	1.161	1.141	44.82	28.8	104.67

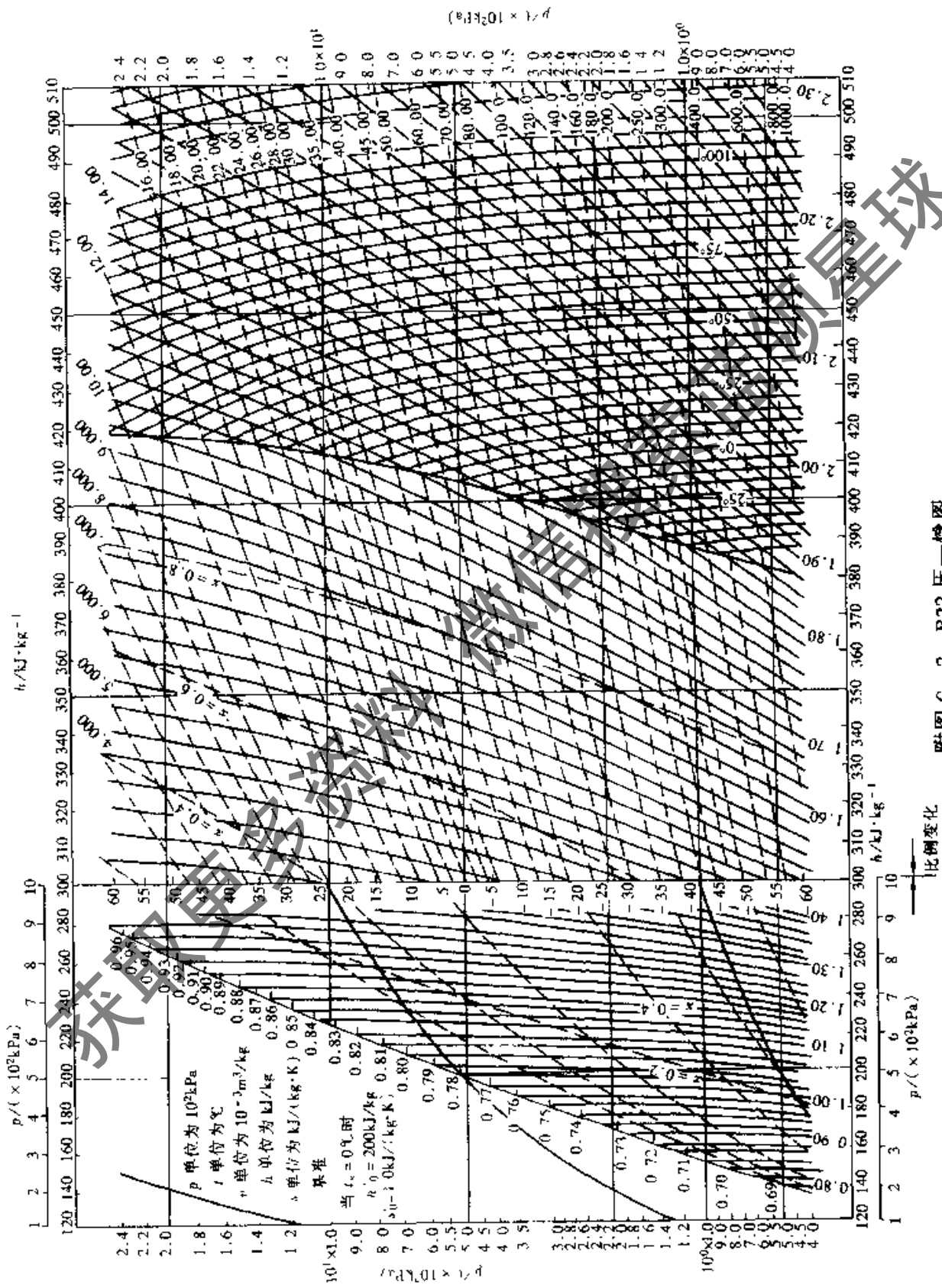
续表

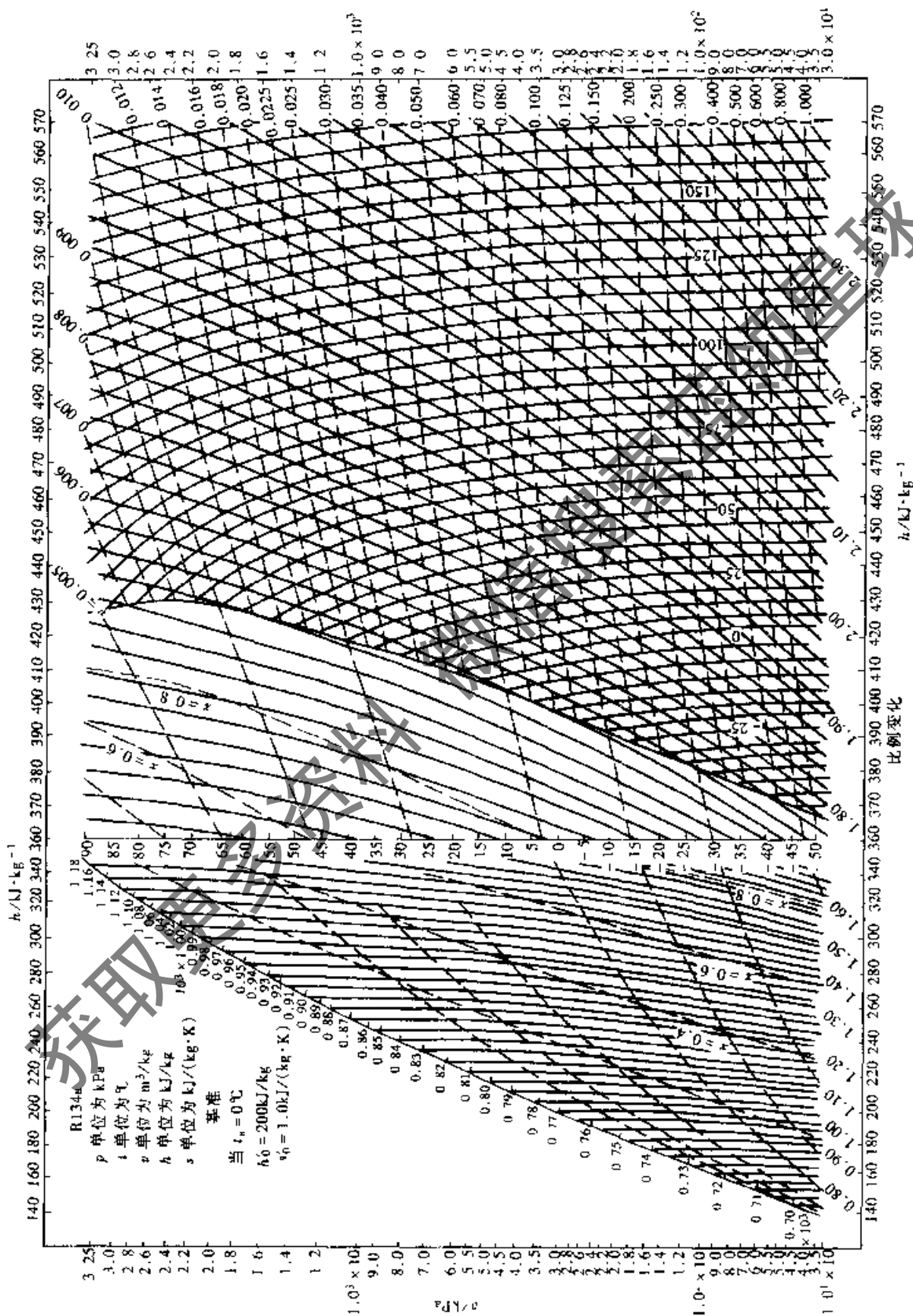
空气温度	干空气密度 ρ /(kg/m ³)	饱和空气密度 ρ_s /(kg/m ³)	饱和空气的水蒸气分压力 P_s /(×10 ⁵ Pa)	饱和空气含湿量 d_s /(g/kg干空气)	饱和空气焓 h_s /(kJ/kg干空气)
32	1.157	1.136	47.43	30.6	110.11
33	1.154	1.131	50.18	32.5	115.97
34	1.150	1.126	53.07	34.4	122.25
35	1.146	1.121	56.10	36.6	128.95
36	1.142	1.116	59.26	38.8	135.65
37	1.139	1.111	62.60	41.1	142.35
38	1.135	1.107	66.09	43.5	149.47
39	1.132	1.102	69.75	46.0	157.42
40	1.128	1.097	73.58	48.8	165.80
41	1.124	1.091	77.59	51.7	174.17
42	1.121	1.086	81.80	54.8	182.96
43	1.117	1.081	86.18	58.0	192.17
44	1.114	1.076	90.79	61.3	202.22
45	1.110	1.070	95.60	65.0	212.69
46	1.107	1.065	100.61	68.9	223.57
47	1.103	1.059	105.87	72.8	235.30
48	1.100	1.054	111.33	77.0	247.02
49	1.096	1.048	117.07	81.5	260.00
50	1.093	1.043	123.04	86.2	273.40
55	1.076	1.013	156.94	114	352.11
60	1.060	0.981	198.70	152	456.36
65	1.044	0.946	249.38	204	598.71
70	1.029	0.909	310.82	276	795.50
75	1.014	0.868	384.50	382	1080.19
80	1.000	0.823	472.28	545	1519.81
85	0.986	0.773	576.69	828	2281.81
90	0.973	0.718	699.31	1400	3818.36
95	0.959	0.656	843.09	3120	8436.40
100	0.947	0.589	1013.00	—	—

附录 C 常用制冷剂的压—焓图

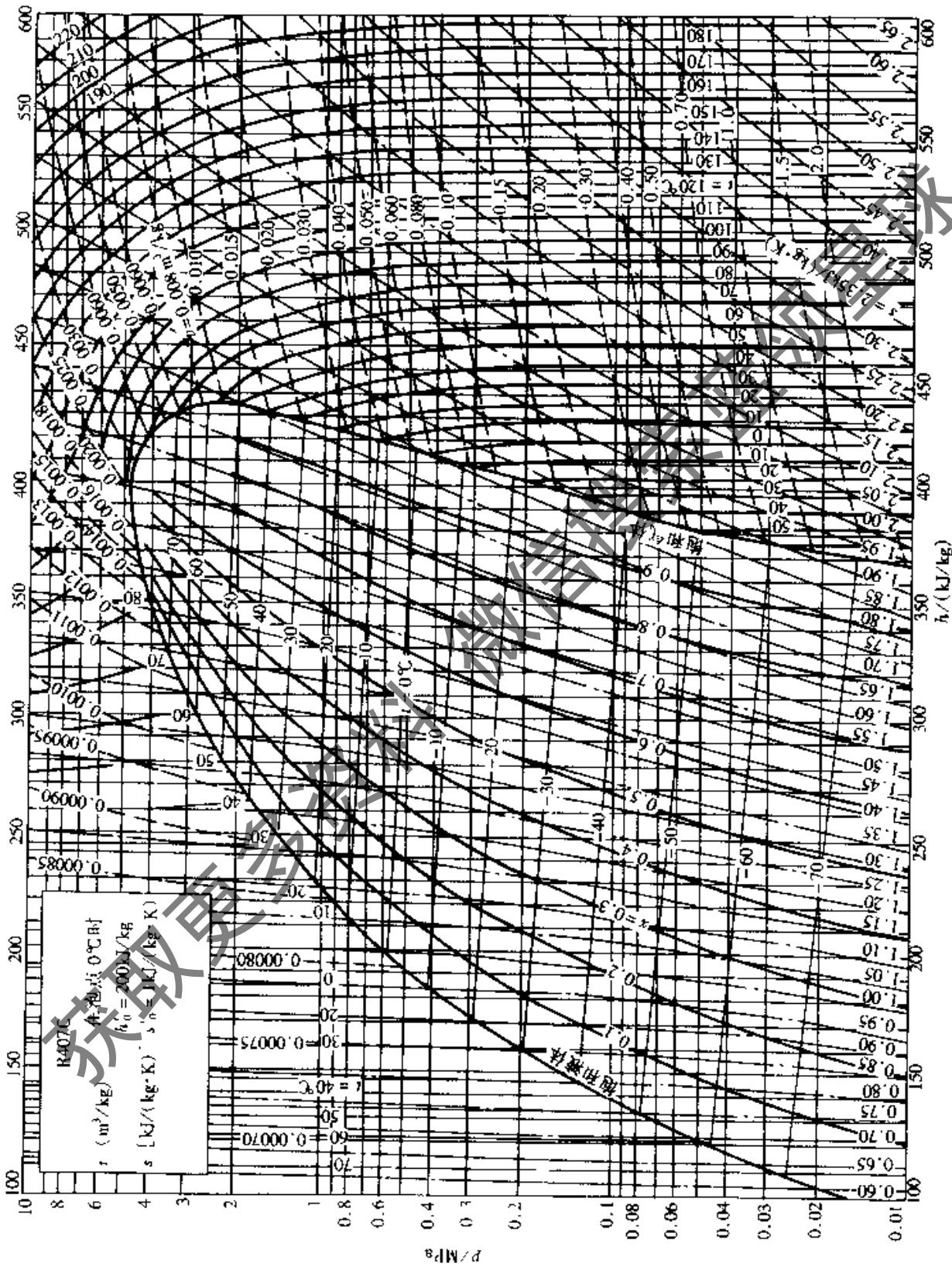


附图 C-1 R12 压—焓图

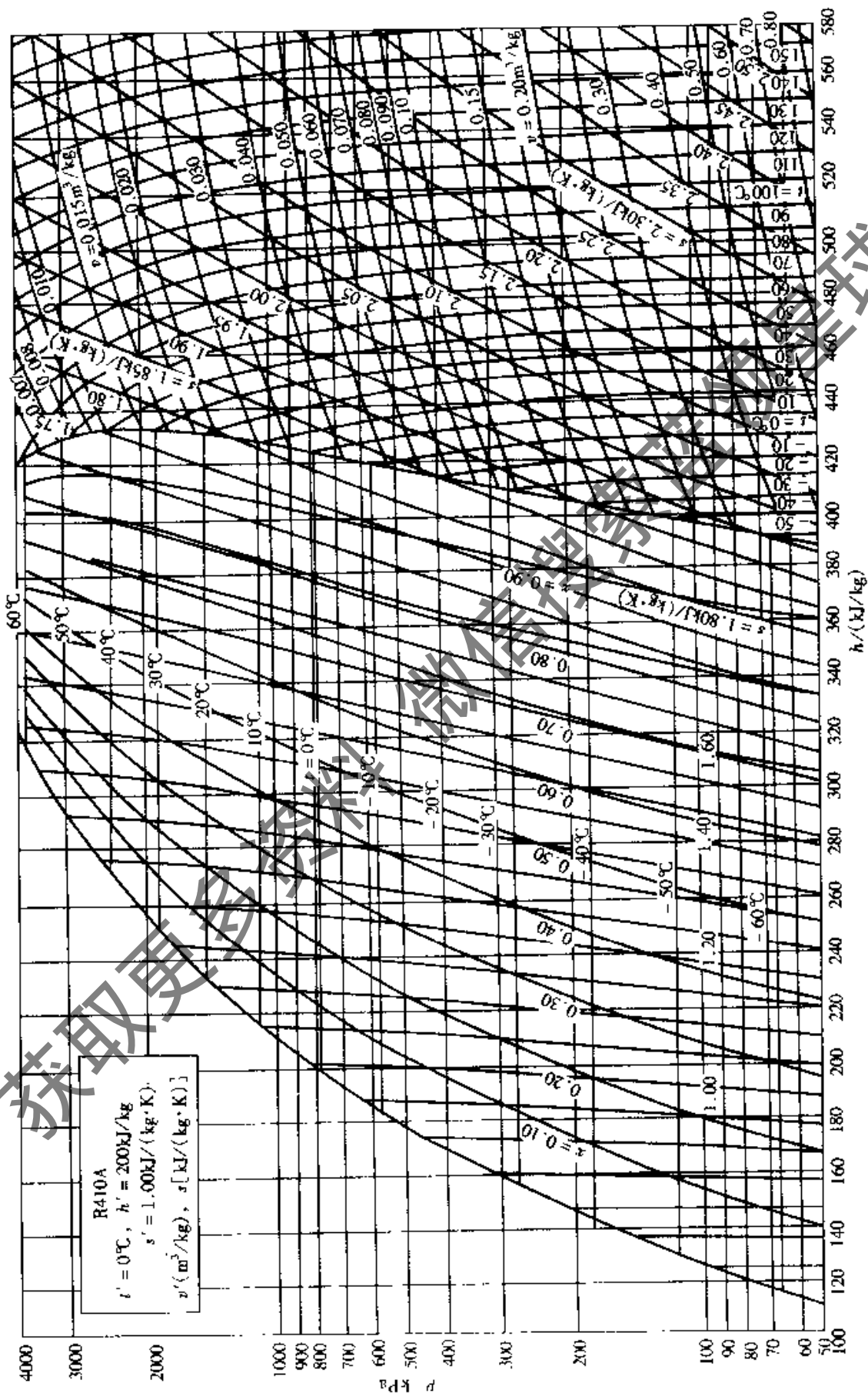




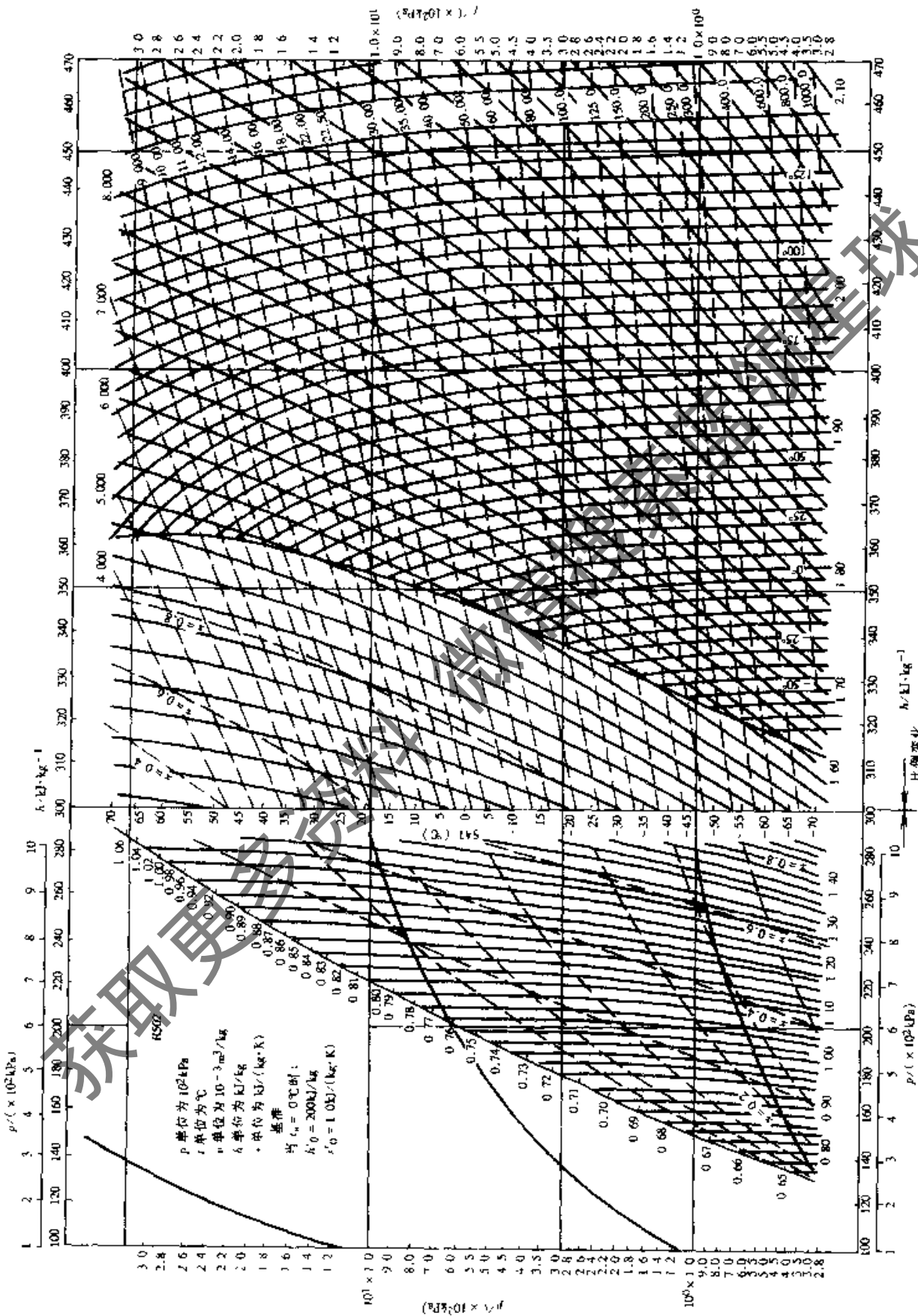
附图 C-3 R134a 压—焓图



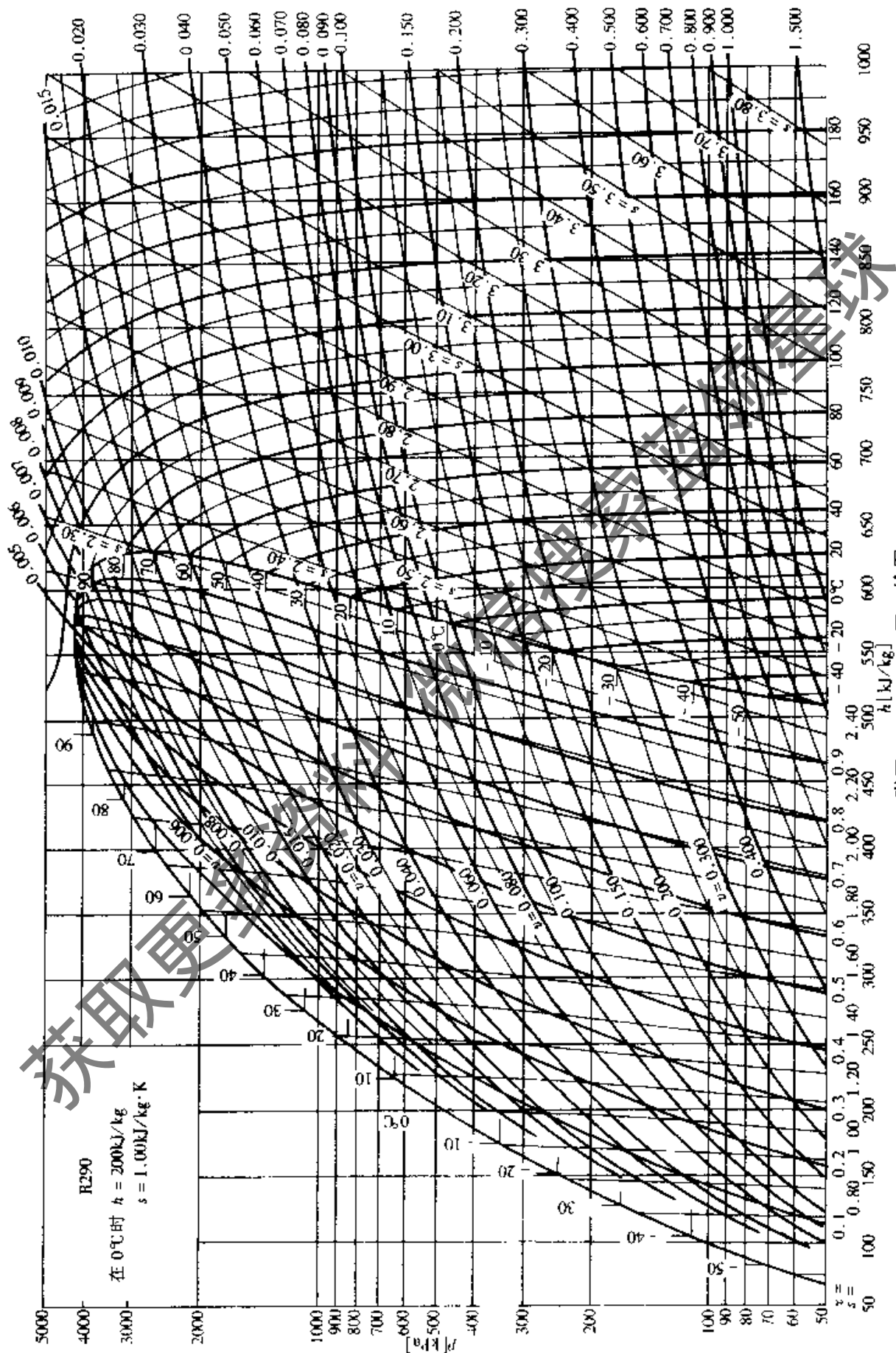
附图 C-4 R407C 压—焓图



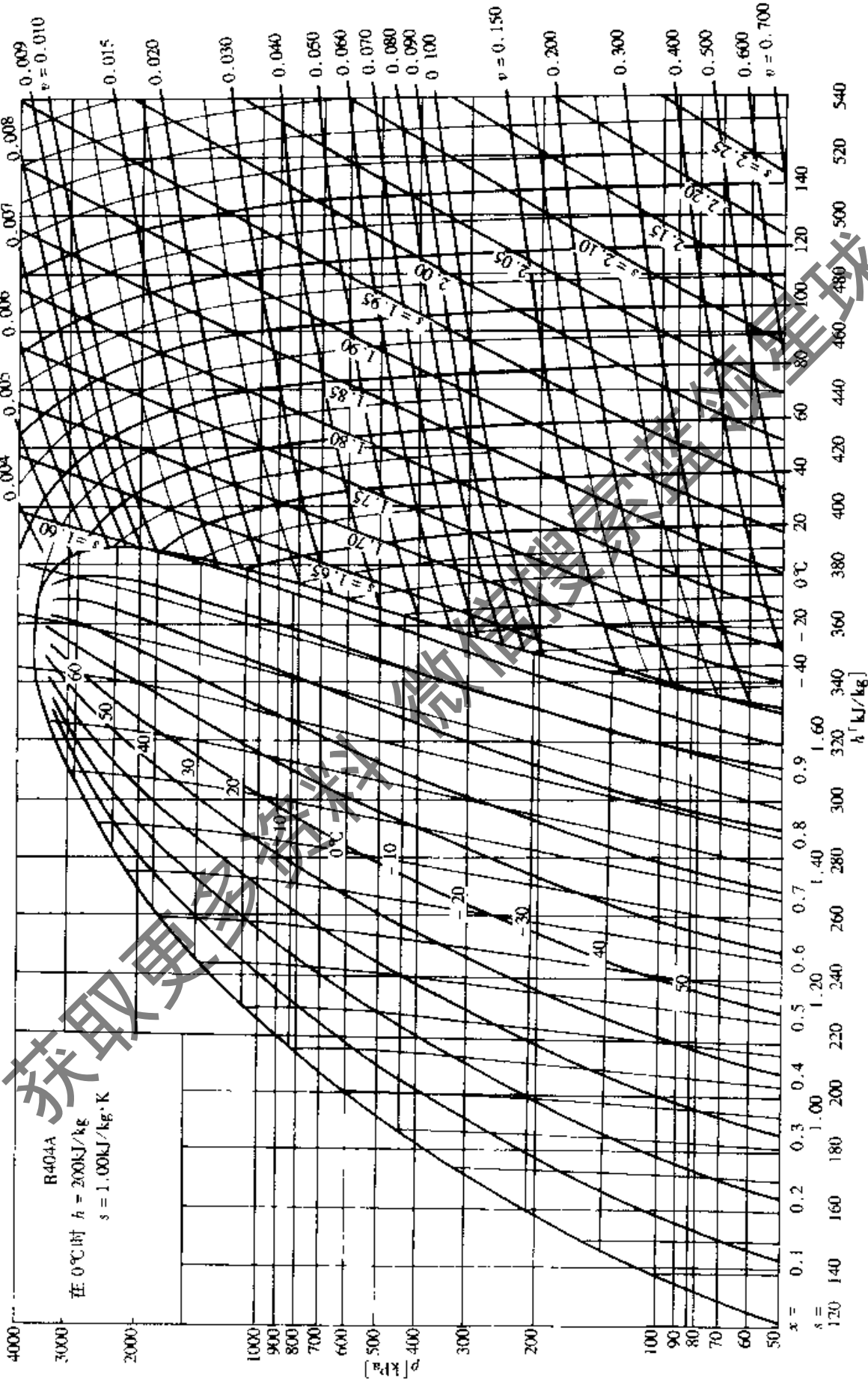
附图 C-5 R410A 压—焓图



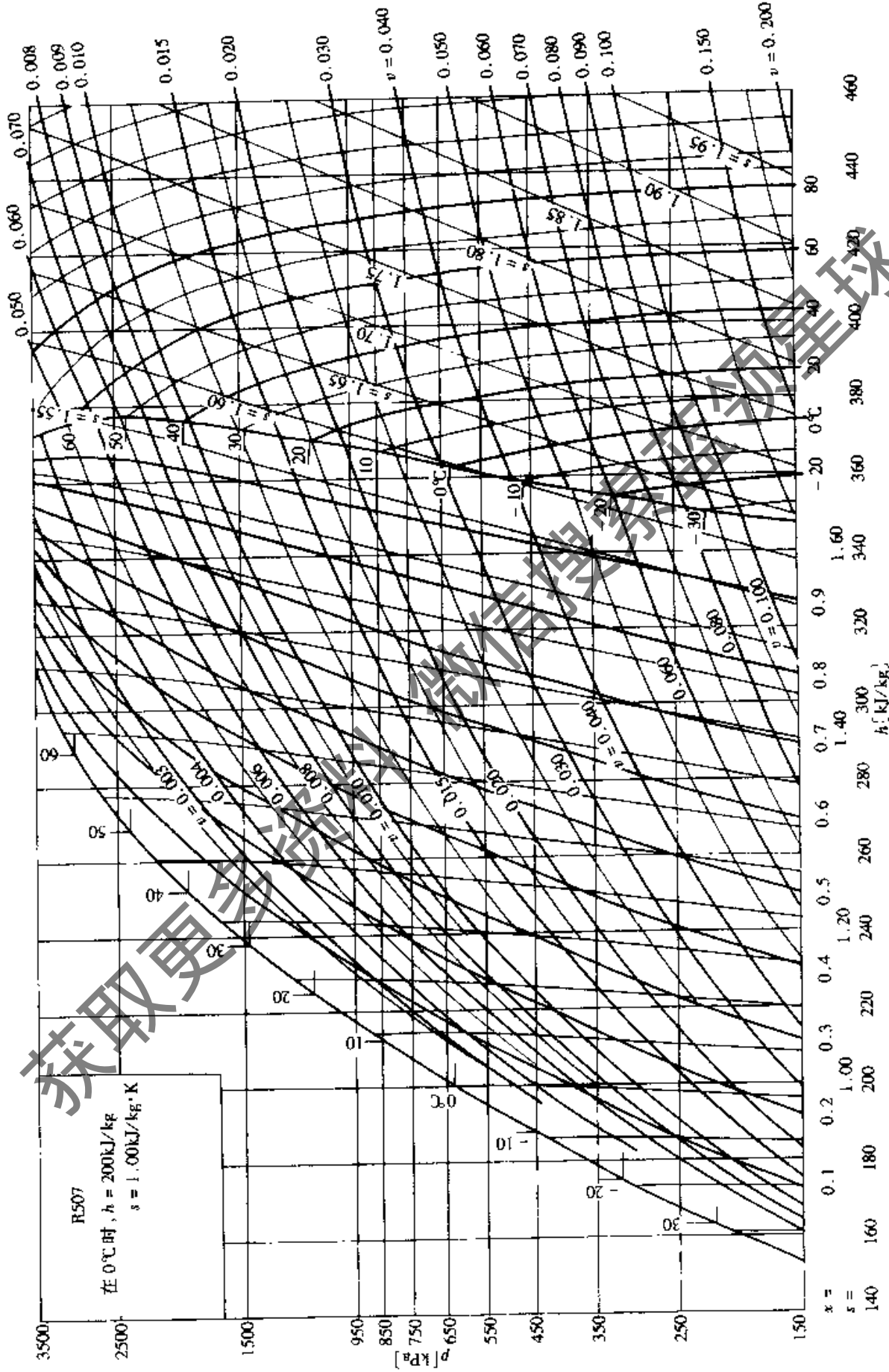
附图 C-6 R502 压-焓图



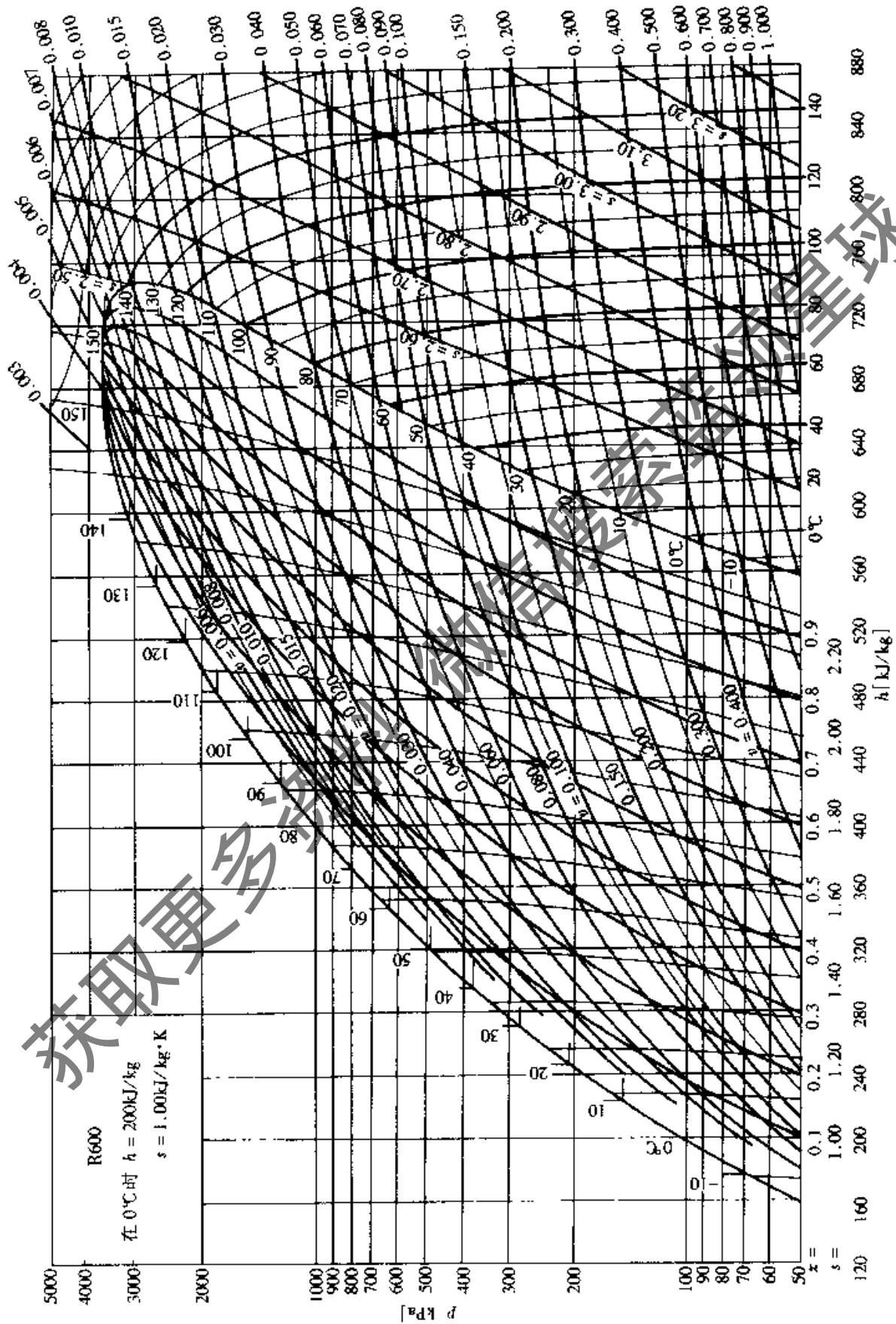
附图 C-7 R290 压—焓图



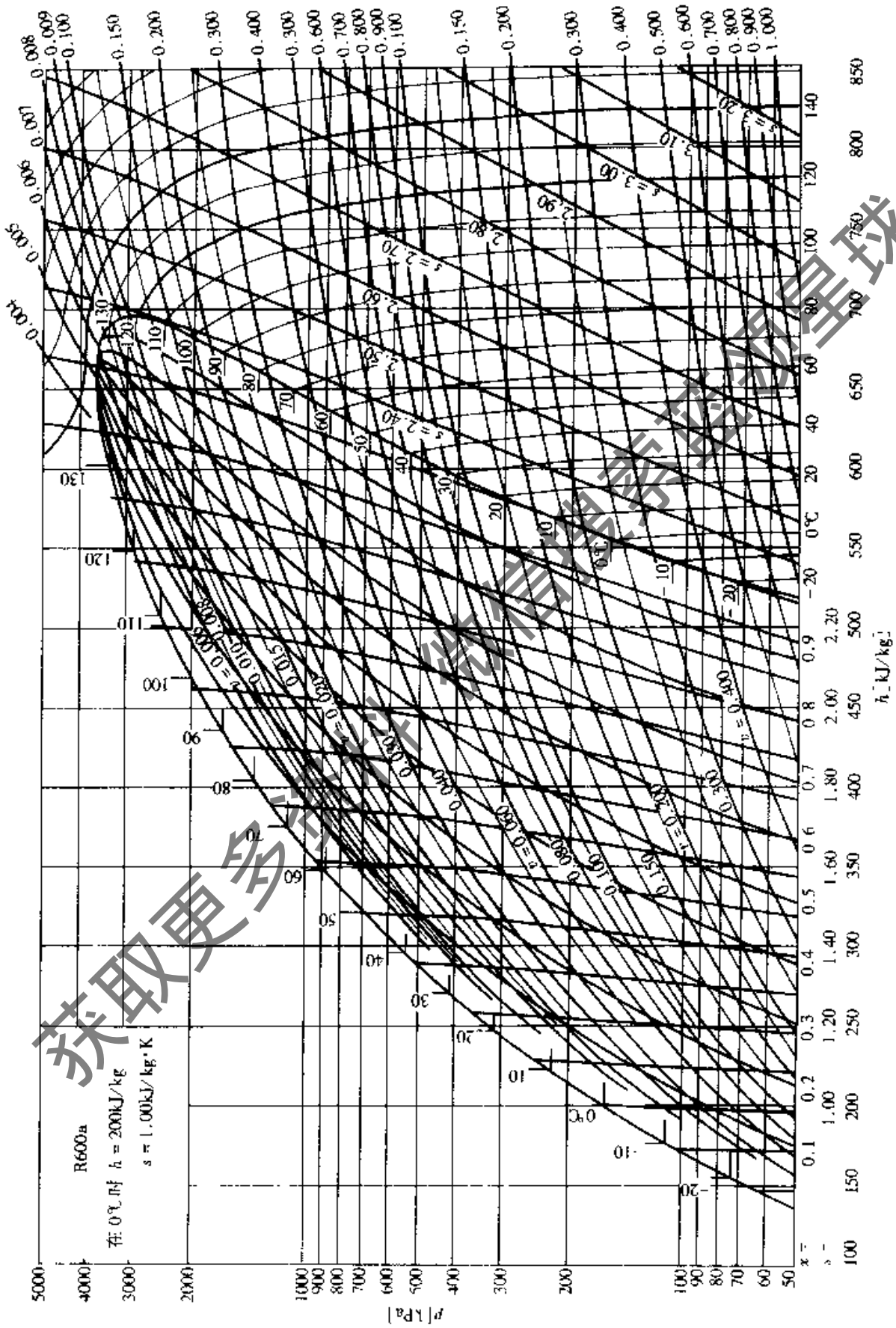
附图 C-8 R404A 压—焓图



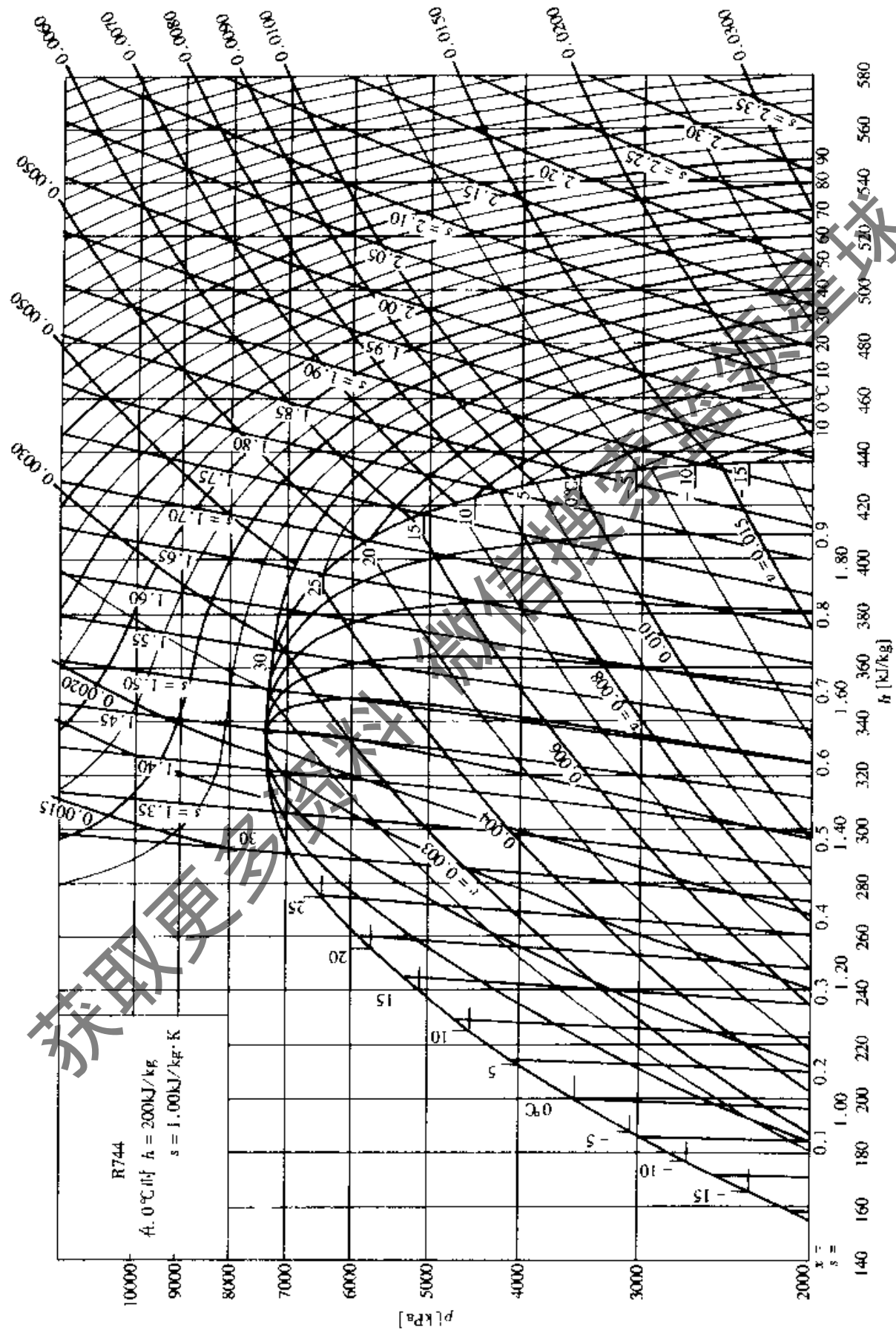
附图 C-9 R507 压-焓图



附图 C-10 R600 压—焓图



附图 C-11 R600a 压—焓图



附图 C - 12 R744 压-焓图

参 考 文 献

- 1 卢十勋主编. 制冷与空气调节技术—理论基础与工程应用. 上海: 上海科学普及出版社, 1992
- 2 邬振耀, 徐德胜, 孙兆礼, 朱寅生编. 制冷与空调—原理、构造、调试、维修. 上海: 上海交通大学出版社, 1991
- 3 吴业正主编. 制冷原理及设备(第2版). 西安: 西安交通大学出版社, 1997
- 4 蒋能照主编. 空调用热泵技术及应用. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 5 郑贤德主编. 制冷原理与装置. 北京: 机械工业出版社, 2001
- 6 方贵银等编著. 家用中央空调原理与维修. 北京: 机械工业出版社, 2003
- 7 薛殿华主编. 空气调节. 北京: 清华大学出版社, 1991
- 8 张祉枯主编. 制冷原理与设备. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 9 徐世琼主编. 新编制冷技术问答. 北京: 中国农业出版社, 1999
- 10 陈雨田. HFC134a 汽车空调系统的研究. 汽车空调, 1995(11): 8-31
- 11 清华大学等四院校合编. 空气调节(第2版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
- 12 李连生著. 涡旋压缩机. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 13 李文林, 周瑞秋, 赵超人编. 回转式制冷压缩机. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 14 何明山主编. 空调器原理与维修. 北京: 高等教育出版社
- 15 张大牛, 邵天宇, 闻俊涛. PTC 加热器在窗式空调机上的应用. 制冷, 1996, 15(2): 74~75
- 16 冯玉琪, 王佳慧编著. 空调器的选用安装与维修. 北京: 人民邮电出版社, 1999
- 17 彦启森, 陈华俊, 石文星等. 家用小型中央空调发展现状与趋势. 家用电器科技, 2000(4): 39~42
- 18 吴宝志主编. 汽车空调. 北京: 宇航出版社, 1991
- 19 方贵银, 李辉编著. 汽车空调技术. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 20 华泽钊, 刘道平等编著. 蓄冷技术及其在空调工程中的应用. 北京: 科学出版社, 1997
- 21 严德隆, 张维君. 空调蓄冷应用技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- 22 胡兴帮, 朱华, 叶水泉等编著. 蓄冷空调系统原理、工程设计及应用. 浙江: 浙江大学出版社, 1997
- 23 方贵银编著. 蓄冷空调工程实用新技术. 北京: 人民邮电出版社, 2000
- 24 刘顺波, 傅明星, 曹琦等. 冰蓄冷柜式空调机技术. 暖通空调, 1998, 28(3): 37~39
- 25 厉存典. 家用电冰箱与冷柜. 上海: 上海科学技术出版社, 1998
- 26 唐闽杰, 蔡林, 林力. 电冰箱、空调器快速检修300例. 福建: 福建科学技术出版社, 1998
- 27 张金城, 段成君, 何利民. 制冷器具维修实用手册. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 28 齐运洲. 制冷设备维修技巧. 山东: 山东科学技术出版社, 1993
- 29 周泽, 秦仓法, 李银华. 电冰箱的模糊控制技术. 家用电器科技, 1997(4): 16~18
- 30 余有木编著. 家用空调器原理安装与维修. 北京: 人民邮电出版社, 1993
- 31 吴忠智, 吴加林编著. 变频器应用手册. 北京: 机械工业出版社, 2000