

高等职业技术教育教材

制冷与空调自动控制

主编 覃翠霞



中国商业出版社



责任编辑:陈李苓

封面设计:任晓时

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

ISBN 7-5044-4850-8



9 787504 448507 >

ISBN7-5044-4850-8/TB·60

定价: 27.00 元

高等职业技术教育教材

制冷与空调自动控制

单翠霞 主编

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷与空调自动控制/单翠霞主编. —北京: 中国商业出版社,
2003.9

ISBN 7-5044-4850-8

I. 制… II. 单… III. ①制冷装置—自动控制②空气调节设
备—自动控制 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 077186 号

责任编辑: 刘树林

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

中国商业出版社出版发行
(100053 北京广安门内报国寺1号)
新华书店总店北京发行所经销
国防工业出版社印刷厂印刷

*

787 × 1092 毫米 16 开 18.25 印张 410 千字
2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

定价: 27.00 元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

编审委员会名单

主任：匡奕珍

副主任：张萍 朱立 崔建宁

委员：邹汉贞 谢一风 李丰桐 李军
叶学群 姜献忠 邢振禧 邹新生
吕美进 韦伯琳 伊佩奇 周秋淑
李建华 涂河 林巧婷

获取更多资料 微信搜索 领学网

编 审 说 明

为适应我国高等职业技术教育的发展，根据制冷与空调专业教学计划和教学大纲的要求，结合我国科技进步和制冷与空调行业的发展情况，我们组织全国有关职业技术学院的部分专业教师编著了《制冷与空调自动控制》一书。本书是高等职业技术教育必用教材，也可供职工大学、电视大学和专科学校使用，或作为本科院校的参考书。

本书由阜新高等专科学校单翠霞副教授主编。具体编写人员及分工为：单翠霞，第一、三、五、六、七、八章；阜新高等专科学校副教授周晓瑜，第二章；山东商业职业技术学院讲师苏燕，第四章。

本书由山东商业职业技术学院匡奕珍教授主审。

根据教学课时的情况，讲课内容可酌情取舍。对舍去的内容，可作为学生的课外学习资料和将来工作参考，以丰富学生有关自动控制的应用技术，有利于毕业后的工作和发展需要。

由于编写时间仓促，编著者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者不吝赐教，以便于修订，使之日臻完善。

制冷与空调专业教材编审委员会

2003年5月

获取更多资料 微信搜 领星



制冷与空调专业教材书目

制冷原理

工程热力学

空气调节技术

制冷与空调设备

供热与给排水

流体力学

制冷压缩机

制冷压缩机实训教程

制冷工艺设计

制冷工艺设计实训教程

电工电子技术

电工电子技术实训教程

制冷空调装置应用技术

空调设计实训教程

食品冷冻学

机械工学

传热学

制冷与空调自动控制

工程制图

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

目 录

第一章 自动调节基本知识	(1)
第一节 自动调节系统的组成及方框图	(1)
第二节 自动调节系统的分类和干扰	(3)
第三节 自动调节系统的品质指标	(4)
第四节 调节对象的特性	(7)
第五节 调节器的分类和调节规律	(11)
第六节 其他控制方法	(23)
第二章 制冷、空调系统参数检测和调节仪表	(28)
第一节 自动化仪表的基本知识	(28)
第二节 温度检测与调节仪表	(30)
第三节 压力检测与调节仪表	(57)
第四节 湿度检测与调节仪表	(71)
第五节 液位检测与调节仪表	(77)
第六节 流量检测与调节仪表	(83)
第七节 风速检测仪表	(89)
第八节 程序控制器	(92)
第三章 执行器	(98)
第一节 恒压阀	(98)
第二节 电磁阀	(101)
第三节 导阀式阀门	(104)
第四节 电动调节阀	(111)
第五节 膨胀阀	(116)
第六节 其他自控阀	(124)
第四章 制冷压缩机的自动控制	(129)
第一节 活塞式制冷压缩机的自动控制	(129)
第二节 螺杆式制冷压缩机的自动控制	(138)
第三节 离心式制冷压缩机的自动控制	(142)
第四节 溴化锂吸收式制冷机的自动控制	(146)
第五章 制冷、空调的微型计算机控制系统	(155)
第一节 计算机控制系统的组成	(155)
第二节 微型计算机控制的制冷与空调系统	(158)
第三节 直接数字控制器	(160)
第四节 集散型计算机控制系统简介	(178)

第六章 冷库制冷系统的自动控制	(183)
第一节 库房的自动控制	(183)
第二节 氨泵系统的自动控制	(192)
第三节 油系统的自动控制	(196)
第四节 水系统的自动控制	(200)
第五节 放空气的自动控制	(204)
第六节 其他控制电路	(206)
第七节 冷藏库制冷系统自动控制实例分析	(208)
第七章 空气调节系统的自动控制	(216)
第一节 空调系统中的环节控制	(216)
第二节 风机盘管自动控制系统	(220)
第三节 新风机组自动控制系统	(221)
第四节 空调机组自动控制系统	(222)
第五节 按新、回风焓值比较控制新风量的自动控制系统	(225)
第六节 空调系统的送、回风温度串级调节和湿度的选择调节	(227)
第七节 空调系统的新风温度补偿调节和分程调节	(228)
第八节 变风量空调系统的自动控制	(230)
第九节 空调制冷站的监控系统	(234)
第十节 大厦空气调节系统自控实例	(236)
第八章 制冷、空调自控系统的安装、调试和运行管理	(245)
第一节 自控部件的安装和调试	(245)
第二节 自动控制系统的调试	(257)
第三节 自动控制系统的运行管理和常见故障	(264)
附录	(274)
附录 1 我国工业铜热电阻分度表	(274)
附录 2 我国工业铂热电阻分度表	(275)
附录 3 已被淘汰的铂热电阻分度表	(278)
附录 4 霍尼韦尔公司主要电动执行机构	(280)
附录 5 江森、埃珂特公司主要电动调节阀	(280)
附录 6 霍尼韦尔公司部分常用调节阀(水及蒸汽)	(281)
附录 7 字母代号	(282)
参考资料	(283)

第一章 自动调节基本知识

第一节 自动调节系统的组成及方框图

一、自动调节系统的组成

为了使制冷与空调系统能正常运行并达到要求的指标，常需要对一些参数进行调节，如温度、湿度、压力、流量和液位等参数。利用自动调节系统，可以在无人工直接参与下使被调参数达到给定值，或按照预先给定的规律变化。

自动调节系统是在人工调节的基础上产生和发展起来的。为了说明自动调节原理，先举一个手动调节的例子。图1-1是冷藏间库温人工调节示意图。其调节过程是：

1. 操作人员用眼睛观察库房温度计指示值；

2. 将温度计的指示值与冷藏间规定的温度相比较，得出偏差；

3. 由偏差的大小和方向决定调节方法，如果库房的温度高于规定值就开大供液阀，低于规定温度就关小供液阀。

上述这种依靠人工完成的调节过程称为人工调节。若用自动调节装置代替人工来完成上述调节，这种调节称为自动调节。图1-2是冷藏间与自动调节装置组成的自动调节系统。其调节过程是：

1. 热电阻测出冷藏间温度的变化，并将温度的变化转变成相应的电信号输送给调节器；

2. 调节器将接收到的信号与给定值进行比较得出偏差，并根据偏差的大小和方向按预定的调节规律转变成控制信号发送给电磁阀；

3. 电磁阀根据调节器送来的控制信号决定其开启或关闭，从而对库温进行调节。

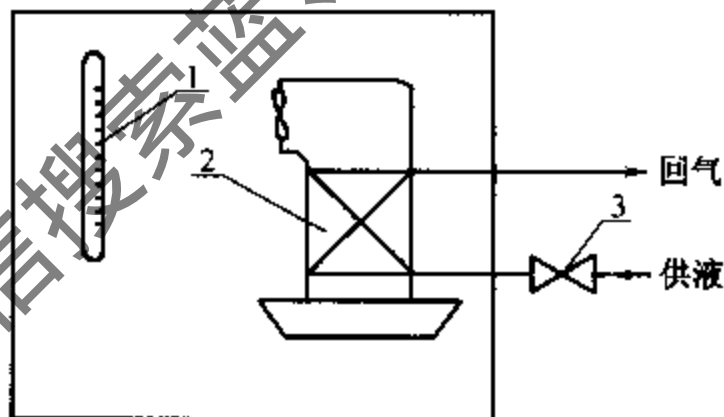


图 1-1 人工调节示意图

1- 温度计 2- 冷风机 3- 节流阀

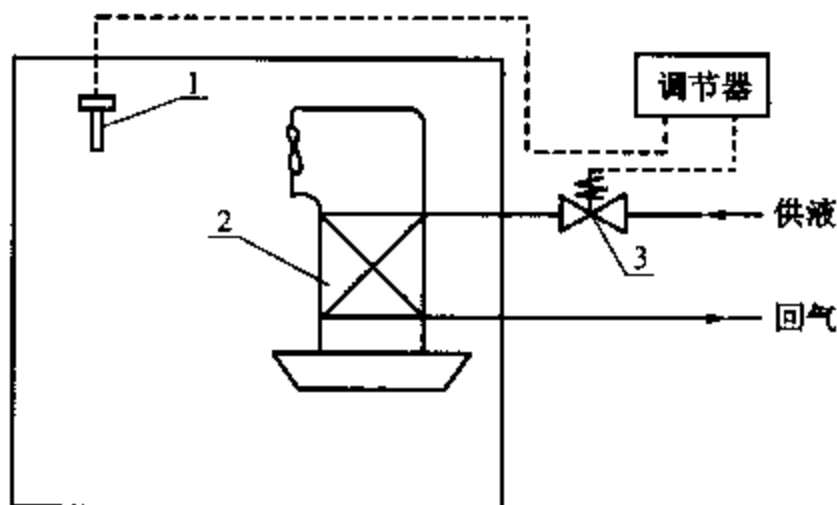


图 1-2 自动调节示意图

1- 铂热电阻 2- 冷风机 3- 电磁阀

由上面的分析可知，自动调节装置由以下三部分组成：

第一部分：敏感元件（传感器），或称一次仪表、测量元件（如上例中的热电阻）。它是用来测量生产过程中需要控制的某些参数（如上例中的温度），并将这些参数成比例地转换成特定信号的仪器。若敏感元件所发出的信号与后面调节器所要求信号不一致时，则需增加一个变送器，将敏感元件的输出信号转换成后面调节器所要求的输入信号。自动调节装置中的敏感元件代替了人工调节中操作人员眼睛的观察。

第二部分：调节器。它是将接收到的敏感元件或变送器送来的信号与生产工艺要求的参数值进行比较，然后将比较结果（一般还要经过放大）按特定的信号（电流、气压、电接点的通断等）发送出去。调节器是自动调节装置中的核心部件，其作用相当于人工调节时人的大脑所做的分析和判断。

第三部分：执行器（如上例中的电磁阀）。执行器是动力部件，它按照调节器送来的特定信号自动工作，使被调参数保持在生产工艺规定的范围内。执行器代替了人工调节中人对手动阀门的调节。

自动调节装置虽然是多种多样的，但都必须包括敏感元件、调节器和执行器这三部分，三者合理地结合起来就可以对受控对象实现自动调节。自动调节系统则是由受控对象和自动调节装置所组成的复合系统。

自动调节系统的分析中常用的几个术语：

1. 调节对象。在生产工艺中需要进行调节的某空间或机器设备叫调节对象。如上例中的冷藏间。

2. 被调参数。在生产过程中需要进行调节的、表征生产过程特征的参数叫被调参数。如上例中的温度。

3. 给定值。按生产工艺要求而规定的被调参数值叫给定值。如冻结物冷藏间要求保持的温度为 -18°C ，这个事先规定的 -18°C 就是冻结物冷藏间库温调节系统的给定值。

4. 干扰，也叫扰动。引起被调参数发生变化而偏离给定值的一切外界因素都称为干扰。在上例中库外温度的变化、库门的开启、货物的进出以及库房内照明等都是直接影响库温的干扰。值得注意的是，由于给定值改变而引起被调参数变化，则不称为干扰。

二、自动调节系统的方框图

由于实际的调节系统包括的具体环节种类繁多，为了清楚地表示自动调节系统各组成环节间信号联系及相互关系，通常用方框图表示系统的组成。见图 1-3。

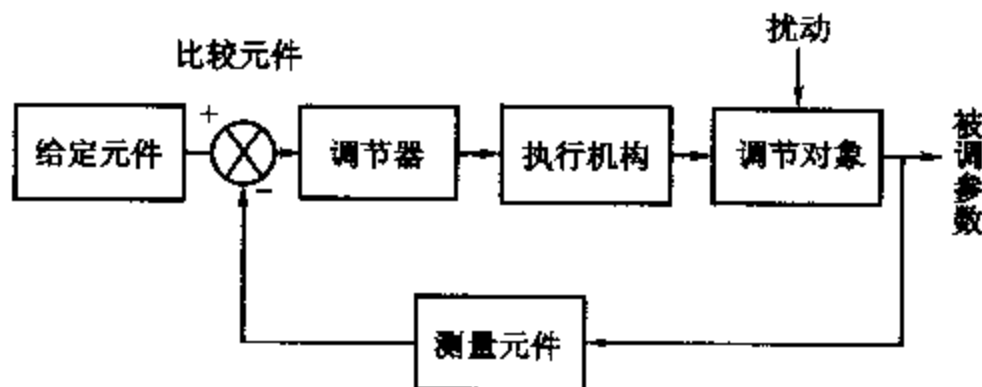


图 1-3 自动调节系统方框图

每一个方框表示系统的一个环节，方框之间用带箭头的连接线相连，组成一个自动调节系统。方框图中带箭头的连接线仅表示方框之间信号作用的方向，并不代表生产工艺中工质的流向。

在系统中，信号沿箭头方向前进，最后又回到原来的起点，形成一个封闭回路，这种系统称为闭环系统。信号不能形成闭合回路的系统叫开环系统。在闭环系统中，系统的输出参数就是被调参数，它通过敏感元件再返回到输入端，并与给定值进行比较，这种将系统的输出信号又引回输入端的过程叫反馈。反馈的结果减弱了输入信号时称为负反馈；反馈的结果加强了输入信号时则称为正反馈。正反馈和负反馈分别用“+”或“-”表示。圆圈中加斜“+”代表比较元件。

当系统的被调参数受干扰而上升（或下降），我们希望通过调节使其能尽快地回到给定值。如果采用正反馈，由于反馈是增强输入信号的，调节的结果只能使被调参数越升越高（或越降越低），使偏差越来越大。这在自动调节系统中是不允许的。一般自动调节系统采用负反馈，因为负反馈的结果是减弱输入信号，使被调参数与给定值的偏差逐渐减小。所以，自动调节系统是一个自动负反馈的闭环系统。

从以上分析可以看出，不论人工调节还是自动调节，都是基于下述原理，即先测出被调参数对给定值的偏差，根据偏差的性质（正偏差或负偏差）及大小，调节器发出相应信号，指令执行器动作，使被调参数保持在给定的变化范围内。这种调节系统，只有在被调参数与给定值之间出现偏差后才有调节作用。上述调节过程可概括为“检测偏差，纠正偏差”。当然，这样的调节系统只能使偏差尽可能减小，而不能完全消除，因此也叫偏差调节系统。

第二节 自动调节系统的分类和干扰

一、自动调节系统的分类

自动调节系统根据给定值变化规律的不同可分为三类。

（一）定值调节系统

定值调节系统的特点是被调参数的给定值是不变的恒量或不超过规定的变化范围。例如，冷藏间的温度调节，低压循环贮液桶的液位调节，空调系统中的恒温、恒湿等都属于定值调节。

（二）程序调节系统

程序调节系统的特点是被调参数的给定值随着某一参数按一定规律变化，即被调参数的给定值是该参数的函数。若被调参数的给定值是时间的某一函数，这种调节系统叫时间程序调节系统，如冷风机的冲霜；若被调参数的给定值是其他参数（如温度、压力等）的函数则叫作参数程序调节系统，如压缩机的能量就是根据蒸发温度或蒸发压力进行调节的。

（三）随动调节系统

随动调节系统又叫跟踪调节系统，其特点是被调参数的给定值事先不能确定，取决于系统以外的某一进行着的过程，要求系统的输出量随着给定值变化。如近年来在舒适性空调中，为了节约能量和达到舒适的目的，室温并不要求恒定，而是随着室外温度的变化而变化。

二、干扰分析

影响自动调节系统的被调参数使其偏离给定值的外界因素很多。

冷藏间的干扰主要有库房外界环境温度的变化，库房门的启闭，库房热负荷的变化，库内照明灯的多少，库房工作人员散发的热量，库房的通风换气等；空调房间的干扰主要有室外气温、日照和空气含湿量的变化，外部空气的侵入，室内人员变动，照明及电气设备的开停，室内散湿量的变化（人的出入、开敞水面的蒸发）和吸湿性产品数量的变动等。

在调节系统中，干扰作用的大小随时间的不同而变化，并且没有固定的形式和规律。为了分析方便和系统安全，常常假设一种对系统最不利的干扰作用形式——阶跃干扰。如图 1-4 所示。

阶跃干扰即是具有一定幅度的干扰在 t_0 时刻作用于系统以后，干扰量就不再随时间变化，也不再消失。

阶跃干扰对调节系统是最不利的干扰形式，同时又是最容易实现的干扰形式。如果一个调节系统在阶跃干扰下能满足工艺要求，则在其他形式干扰影响下便都能满足要求。因此，在分析调节系统的特性时，常以阶跃干扰为输入来进行调节。

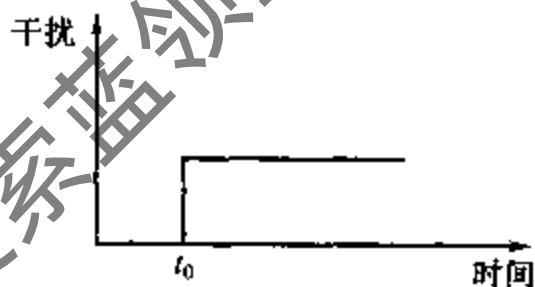


图 1-4 阶跃干扰

第三节 自动调节系统的品质指标

一、自动调节系统的过渡过程

自动调节系统的被调参数不随时间而变化的平衡状态称为自动调节系统的静态。静态并不是静止不动，静态时生产仍在进行，物料或能量仍有进有出，只是流入量与流出量相对平衡，被调参数处于相对稳定状态。例如，当蒸发器的蒸发量等于库房热负荷时，库温保持不变，但传热过程仍在进行。

系统的平衡是相对的、有条件的，不平衡才是绝对的、普遍的。当一个自动调节系统受到干扰作用时，系统的平衡就被破坏。但由于自动调节装置的调节作用，能使系统尽快地达到新的平衡。从旧的平衡状态破坏到新的平衡状态的建立，在这整个过程中，自动调节系统各环节和被调参数都处于变动之中，这时系统所处的状态叫自动调节系统的动态。在动态阶段，自动调节系统的被调参数是不断变化的，这种被调参数随时间变化的过程称为自动调节系统的过渡过程。

在自动调节系统中，当系统受到干扰后，了解被调参数能否稳定下来和怎样稳定下

来是非常必要的。对自动调节系统施加一个阶跃干扰，根据过渡过程中被调参数随时间的变化规律绘制成的曲线叫过渡过程曲线。不同的过渡过程曲线经归纳和典型化后，大约可以分为图 1-5 所示的几种形式。

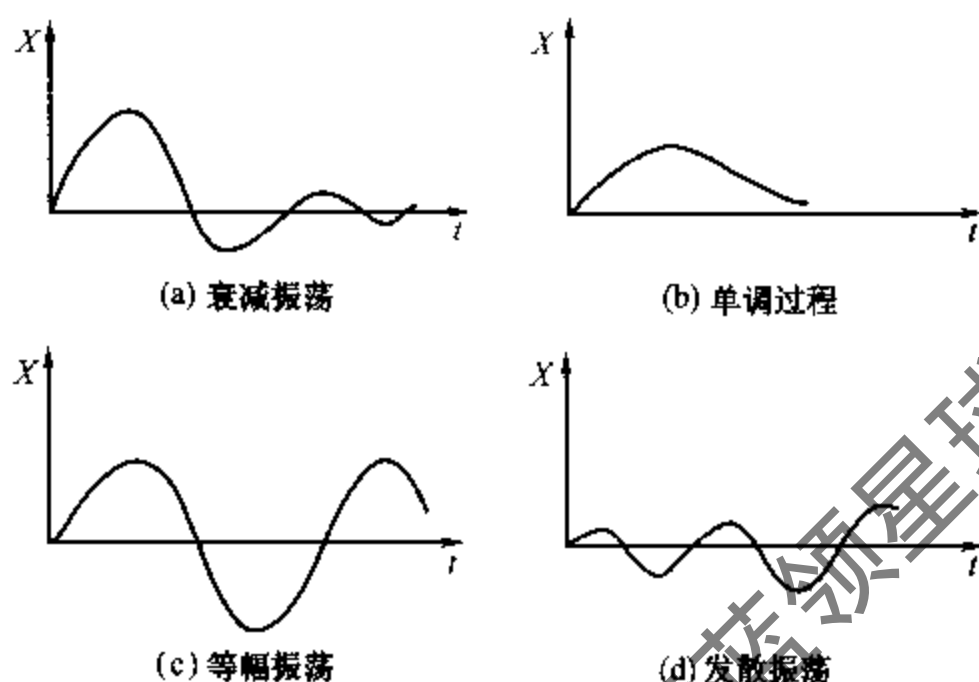


图 1-5 过渡过程曲线

曲线 (a) 是衰减振荡过程，被调参数经过一段时间逐渐趋向于给定值，是稳定过程。在多数情况下都希望能得到这种过渡过程曲线。曲线 (b) 是非周期的过渡过程，叫单调过程。被调参数能一次接近给定值而没有周期的变化，也是稳定的调节过程。曲线 (c) 是等幅振荡过程，它是一个不稳定过程。对于调节质量要求不高的调节对象，如果被调参数的振荡幅值始终在生产工艺允许的范围之内，而且振荡频率又不太高时可以考虑采用。曲线 (d) 是发散振荡过程，调节器作用的结果使被调参数的偏差越来越大。显然，这种调节系统不稳定，是不能使用的。

二、自动调节系统的品质指标

评价自动调节系统调节过程质量的好坏，常从分析过渡过程曲线入手。现讨论以下几个能标志自动调节系统调节质量的品质指标。

(一) 衰减率

自动调节系统的基本要求是它的稳定性。稳定性是指自动调节系统在外界干扰作用下，过渡过程能否达到新的稳定状态的性能。稳定程度常用衰减率 Ψ 来衡量。见图 1-6。

$$\Psi = \frac{X_1 - X_3}{X_1} \quad (1-1)$$

式中： X_1 ——过渡过程曲线第一个峰值；

X_3 ——过渡过程曲线第三个峰值。

衰减率可以用来判断过渡过程曲线是否衰减及衰减程度。当 $\Psi > 0$ 时，调节系统是稳定的，过渡过程曲线是衰减的， Ψ 越大，衰减得越快，图 1-5 所示曲线 (a)、(b) 属于这种情况；当 $\Psi \leq 0$ 时，调节过程是不稳定的，过渡过程曲线不发生衰减，其中，

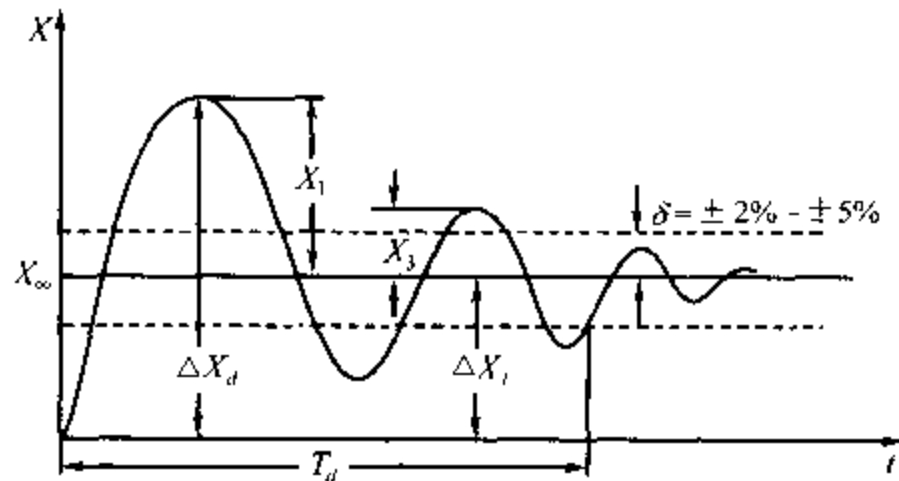


图 1-6 调节过程品质指标图

$\Psi = 0$ 时过渡过程曲线为等幅振荡，如图 1-5 中曲线 (c)； $\Psi < 0$ 时，过渡过程曲线是发散的，如图 1-5 中曲线 (d)。

通常认为 $\Psi = 0.75$ 比较理想。此时调节系统过渡过程收敛快慢适中，过渡过程时间比较合理，系统也比较稳定。

(二) 静态偏差 ΔX_s

静态偏差也叫残余偏差，表示自动调节系统受到干扰作用后，从原来的平衡状态过渡到新的平衡状态时，被调参数新稳态值相对于给定值的偏差。

当系统受到干扰后，在调节装置作用下，被调参数能恢复到给定值时， $|\Delta X_s| = 0$ ，这种系统称为无静差调节系统。若 $|\Delta X_s| > 0$ ，则称为有静差调节系统。

调节系统对静态偏差的要求是由生产工艺决定的。如低温冷藏间允许静态偏差 $|\Delta X_s| \leq 1^\circ\text{C}$ ；冷却物冷藏间 $|\Delta X_s| \leq 0.5^\circ\text{C}$ ，船舱室舒适空调 $|\Delta X_s| \leq 2^\circ\text{C}$ 。

(三) 动态偏差 ΔX_d

动态偏差表示在调节过程中被调参数相对于给定值的最大偏差。稳定调节系统的动态偏差常出现在第一个波幅，如图 1-6 所示。根据生产工艺要求，低温冷藏间温度最大瞬时偏差不超过 5°C ，即要求 $|\Delta X_d| \leq 5^\circ\text{C}$ 。

(四) 调节时间 T_d

调节时间又叫过渡过程时间，表示系统受到干扰后，被调参数从发生变化开始，到系统通过自动调节又处于新的稳定状态为止，这一过程所需要的时间。被调参数达到新的稳定状态在理论上需要无限长的时间，一般在被调参数进入稳定值的 $\pm 2\% - 5\%$ 范围时，就可以认为调节系统已进入稳定状态了。

对不同的自动调节系统，除了要求稳定性以外，对于其他几项指标，通常都希望它们小一些好，但这样需要设置较复杂的自动调节装置。因此，要根据调节对象的特性和生产工艺要求，合理地确定各项品质指标。例如冷库制冷系统，由于被调参数（如温度、湿度）的变化都比较缓慢，因而对 ΔX_d 、 T_d 的要求可以适当放宽，而对 ΔX_s 的要求则比较严格。再比如，空调系统是为了改善工作与生活条件，往往只对静态偏差提出要求，对其他几项指标的要求也可以放宽。这样安排，可以为自动调节系统的设计和调试带来方便。

第四节 调节对象的特性

自动调节系统性能的好坏，不仅与自动调节装置有关，还与调节对象的特性有关。只有弄清楚调节对象的特性，才能合理地选择调节方案，获得良好的调节质量。

调节对象的特性，是指在没有调节器情况下，对象受到阶跃干扰的作用时，被调参数随时间的变化规律。被调参数在变化过程中所表现出来的特性叫动态特性；被调参数在稳定情况下所表现出来的特性叫静态特性。

一、调节对象的容量及容量系数

任何一个调节对象，都能贮存一定的能量或物料。对象贮存能量或物料的能力称为对象的容量。调节对象之所以具有贮存能量或物料的能力，是由于其内部存在着某种阻力，阻碍能量或物料从调节对象中流出。图 1-7 所示的液位调节对象中，输出管路上的阀门是一个阻力元件，阻碍液体从调节对象中流出。这个液位调节对象的容量为容器所贮存的液体量。其容积 V 为：

$$V = FH \quad (1-2)$$

式中： F ——容器截面积；

H ——液位高度。

在图 1-7 所示的对象中，如果容器贮存液体量不变，即容量不变，现将容器竖直安装和横卧安装，并分别加入同样大小的干扰后，液位（被调参数）的变化显然是不同的。可见，容量这个概念并不能确切地反映调节对象受干扰作用后被调参数的变化情况。直接影响被调参数变化的是容量系数。

容量系数是指被调参数改变一个测量单位值时，调节对象容量的改变量。对于图 1-7 所示的液位调节对象，容量系数 C 为：

$$C = \frac{dV}{dH} \quad (1-3)$$

式中： dV ——容量的改变量；

dH ——被调参数的改变量。

由式 1-3 可知，如果对象的容量改变量 dV 一定，容量系数 C 越大，被调参数的变化 dH 越小。可见，容量系数是一个表征调节对象惯性的量。容量系数越大，惯性越大，调节对象在受干扰后，其被调参数的波动越小，这对调节是有利的。但一旦被调参数偏离了给定值，容量系数大的调节系统也不容易调回到给定值。

在不同的调节系统中，容量系数可以是常数（如图 1-7 中，容器的截面积就是容量系数），也可以是变数（如图 1-7 中的容器横卧安装）。容量系数 C 只与调节过程初始和终了两个状态有关，与调节过程本身无关，故此，容量系数是一个表征调节对象静

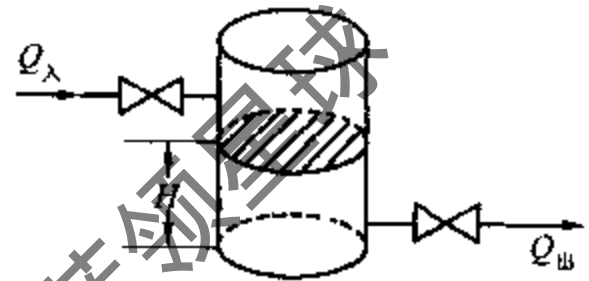


图 1-7 液位调节对象

态特性的量。

上面讨论的都是只有一个容量的对象，称为单容对象。实际生产中调节对象往往有两个或多个容量，它们之间通过某些阻力（水阻力、热阻等）隔开。这些容量可以互相串联，也可以互相并联。图 1-8 所示的双容对象，它是由两个容量串联而成，阀 3 构成两容量之间的阻力。若无此阀，则两容器液面将趋于相等，即 $h_1 = h_2$ ，调节对象就只有一个容量了。

在多容量对象中，当平衡遭到破坏后，被调参数在每个容量中将按不同的规律发生变化。根据调节对象的结构和对象中进行的过程，可分为流入侧容量和流出侧容量。这两个容量之间的比例对被调参数变化有严重影响。当其他条件相同时，增大流入侧容量系数将给调节工作带来困难，而增大流出侧容量系数则有利于调节。

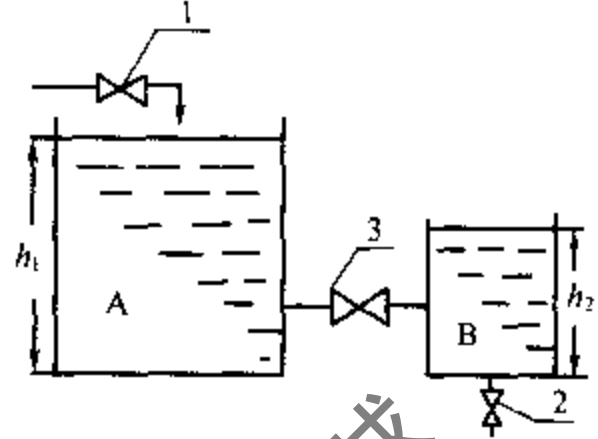


图 1-8 双容调节对象

1- 阀 1, 2- 阀 2, 3- 阀 3

二、调节对象的自平衡和传递系数

当调节系统受到干扰，平衡遭破坏时，调节对象不借助调节装置的作用而只依靠本身的变化，使系统重新达到平衡，被调参数趋向一个新的稳定值。调节对象的这种性能叫调节对象的自平衡。

很多调节对象都具有自平衡能力。比如冷藏间这种调节对象，当库温稳定在 t_1 时，室外流入冷间的热量与制冷剂从冷间带走的热量相等，系统处于平衡状态。如果外界温度突然升高，传入冷间的热量就突然增加，冷间的温度也逐渐升高。由于蒸发器内外温差的增大，制冷剂从冷间带走的热量也增加，同时，传入冷间的热量将因室内外温差的减小而减少。当冷间温度升到某一定值 t_2 后，制冷剂带走的热量等于外界传入的热量，系统重新建立平衡。当然，重新平衡的温度要比原来的温度高一些。可以看出，调节对象的自平衡是以调节参数的稳态值发生变化为代价的。

调节对象自平衡能力的大小常用自平衡系数 ρ 来表示。

$$\rho = \frac{\Delta Q}{t_2 - t_1} \quad (1-4)$$

式中： ρ ——自平衡系数；

t_1 ——干扰前的库温；

t_2 ——干扰后的库温；

ΔQ ——热负荷变化幅度。

自平衡系数的物理意义是被调参数每变化 1 个测量单位所能克服的干扰量。

调节对象具有自平衡能力有利于改善调节质量。在相同的扰动下， ρ 值越大的调节对象，经自平衡后新稳定值的偏差就越小。因此，对一些要求不高，调节对象自平衡系数又很大的系统，可以设置简单的调节器。

自平衡系数的倒数称为调节对象的传递系数，也叫放大系数。即

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (1-5)$$

式中， K 为传递系数，其数值等于被调参数新旧稳定值之差与干扰幅度之比。

传递系数 K 表征调节对象的静态特性，与被调参数的变化过程无关，而只与过程的始态和终态数值有关。

一个调节对象的传递系数 K 值越大，表示输入信号（干扰）对输出信号（被调参数）的稳态值影响越大； K 值小，影响也小。当输入量与输出量是线性关系时，该对象为线性对象，此时 K 为常数；若输入量与输出量为非线性关系时，则称为非线性对象，此时 K 为变数。传递系数的输入、输出关系见图 1-9。

传递系数大的对象，自平衡能力较小，调节起来比较灵活，但稳定性差；传递系数小的对象，自平衡能力大，调节不太灵活，但稳定性好。

三、调节对象的时间常数

调节对象受阶跃干扰后，被调参数随时间的变化规律可用一条曲线来表示，这条曲线称为调节对象的反应曲线或飞升曲线。它反映了调节对象的动态特性，故也称为动态特性曲线。图 1-10 是冷藏间在受到阶跃干扰作用后，温度随时间的变化曲线。

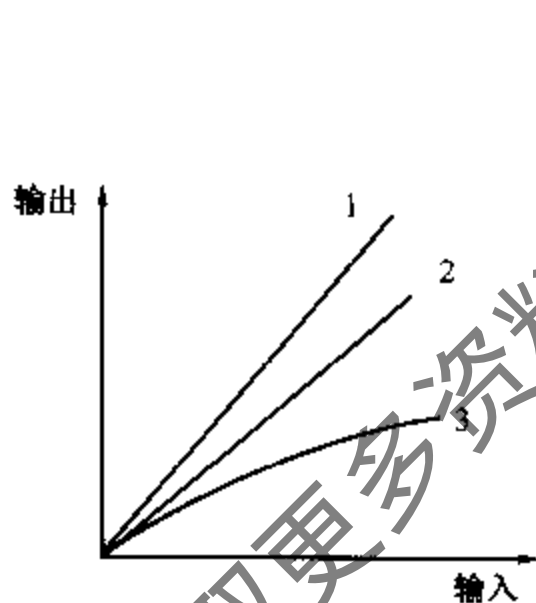


图 1-9 对象静态特性
1— K 值大 2— K 值小

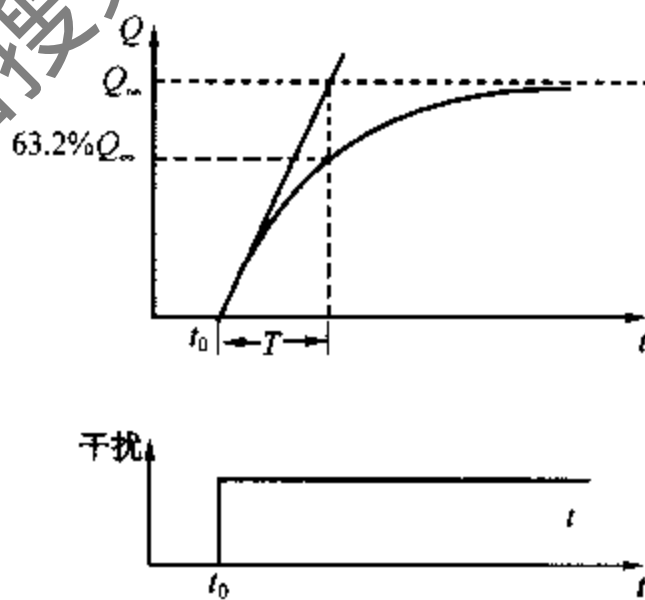


图 1-10 反应曲线与时间常数

由温度调节的动态特性曲线可以看出，被调参数的变化速度在初始点最大，以后逐渐下降，最后为零。如果在动态特性曲线的初始点 t_0 作曲线的切线，使其与新稳态值相交，则从 t_0 点到该交点所对应的时间即为调节对象的时间常数 T 。它表示假若被调参数保持以初始的变化速度达到新的稳定值时所需的时间。

温度调节的动态特性曲线是一指数曲线。温度是时间的非周期函数。即

$$Q_t = Q_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (1-6)$$

式中： Q ——被调参数；

t ——时间；

e ——常数，约为 2.718；

T ——时间常数。

由式 1-6 可知, 当

$t = 0$ 时, $Q = 0$;

$t = T$ 时, $Q = 63.2\% Q_{\infty}$;

$t = 3T$ 时, $Q = 95\% Q_{\infty}$;

$t \rightarrow \infty$ 时, $Q = Q_{\infty}$ 。

可见, 时间常数 T 在数值上等于对象受到阶跃干扰后, 被调参数到达新稳定值 Q_{∞} 的 63.2% 所需的时间。在理论上, 被调参数到达新稳定值需要无限长的时间, 但当 $t = 3T$ 时, 被调参数已达到新稳定值 Q_{∞} 的 95%, 所以, 工程上认为, 经 $3T \sim 5T$ 的时间以后, 系统已经进入稳定状态了。

时间常数 T 是表明扰动发生后, 被调参数完成其变化过程所需时间的一个重要参数。 T 越大, 被调参数变化越缓慢, 完成变化过程所需时间越长, 即表明对象惯性越大。反之, T 越小, 表明对象惯性越小。

在相同的干扰作用下, 对象的时间常数越大, 惯性越大, 系统越稳定, 但调节时间也长; 时间常数越小, 惯性越小, 调节时间越短, 但系统的稳定性差。

四、调节对象的时间延迟

在生产实际中, 不少调节对象在受到干扰作用或调节作用后, 被调参数并不立即随着变化, 而要延迟一段时间才发生变化, 这段延迟的时间称为调节对象的时间延迟 (也叫滞后时间), 用 τ 来表示。

调节对象的时间延迟有传递延迟和容量延迟两部分。

(一) 传递延迟 τ_0 (也叫纯延迟)

传递延迟产生的原因是, 从调节机构到调节对象、从调节对象到敏感元件之间总会有一段距离, 物料或能量的传递需要一定时间。例如, 冷藏间的温度控制, 电磁阀到蒸发器之间的距离为 l_1 , 制冷剂在管道中流速为 V_1 , 制冷剂从电磁阀流到蒸发器所需的时间为 τ_{01} , 敏感元件到蒸发器的距离为 l_2 , 库内空气的流速为 V_2 , 则需要经过时间 τ_{02} 感温元件才能感受到库温的变化。由于调节系统的布置不同, 传递延迟还可能有 τ_{03} 、 τ_{04} ……总的传递延迟为: $\tau_0 = \tau_{01} + \tau_{02} + \tau_{03} + \tau_{04} + \dots$ 。

(二) 容量延迟 τ_c (也叫过渡滞后)

制冷空调对象实际上是多容对象。例如, 空调中蒸汽加热盘管, 欲要蒸汽加热空气, 必须先使盘管温度升高, 再去加热空气, 这里存在蒸汽、金属、空气各自的热容量以及它们之间存在的热阻; 制冷系统中, 制冷剂要冷却空气, 亦必须先使金属管壁冷却, 再冷却空气, 这里也必须克服金属壁热阻后, 才能使室内温度变化, 这是因为蒸汽或制冷剂与空气之间存在中间容量——金属管壁。

我们仍以图 1-8 所示的双容对象为例来讨论其过渡过程。两液位容器通过阀门③ (阻力元件) 相连。当阀门 1 突然开大时, 容器 A、B 的液面都要发生变化, 经过一段时间后, 两容器的液位重新稳定下来, 其动态特性如图 1-11 所示。容器 A 的过渡过程就是单容对象的反应曲线, 如图 1-11 中 (b) 所示。容器 B 的反应曲线如图 1-11 中

(c) 所示, 在开始一段被调参数变化缓慢, 以后才逐渐增大, 这是因为调节 (或干扰) 作用要先经过第一容量, 待其参数上升后才会影响第二容量。这种由于存在中间容量而产生的延迟叫容量延迟。

在图 1-11 (c) 的反应曲线上, 找出拐点 O , 过 O 点作曲线的切线与 t 轴相交于 E 点, 与新稳定值相交于 D 点, 则 E 点与被调参数开始变化时的起点 F 之间的时间间隔就是容量延迟 τ_c 。直线 ED 在时间轴上的投影即为双容对象的时间常数 T 。这样, 实际上就把双容对象反应曲线, 用一段延迟 τ ($\tau = \tau_0 + \tau_c$) 加上单容对象反应曲线 EOG 来代替, 把多容对象看成为延迟环节与单容对象的串联。

容积延迟是由于多容量之间的阻力造成的。增加中间容量, 容量延迟时间 τ_c 也会增加。改变系统运行条件时, 如蒸发器管外结霜和管内油垢层等, 都会使中间容量增大, 传热系数减小, 热阻增大, 容量延迟时间 τ_c 也增大。

传递延迟与容量延迟尽管在本质上不同, 但在实际对象中往往两者同时存在, 很难严格区分开来, 通常把两种延迟合起来称为总时间延迟, 即 $\tau = \tau_0 + \tau_c$ 。

时间延迟 τ 是表示对象受干扰作用后, 被调参数发生变化过程中的参数, 也属于动态参数。在延迟时间内, 调节作用将无法影响被调参数, 被调参数与给定值之间的偏差将继续增大, 因而使自动调节系统的动态偏差增大, 调节时间延长, 降低了调节质量。

为了减小时间延迟, 在安装设计调节系统时, 要设法减小延迟。应选择惯性小且灵敏度高的敏感元件与调节器, 并将敏感元件放在被调参数的变化有代表性的位置上; 尽量缩短执行器与调节对象之间的距离; 改进换热器等设备的结构, 尽量减少中间容量和容量之间的阻力。

第五节 调节器的分类和调节规律

一、调节器的分类

用于制冷和空调的调节器种类很多, 按其调节规律可分为以下几种:

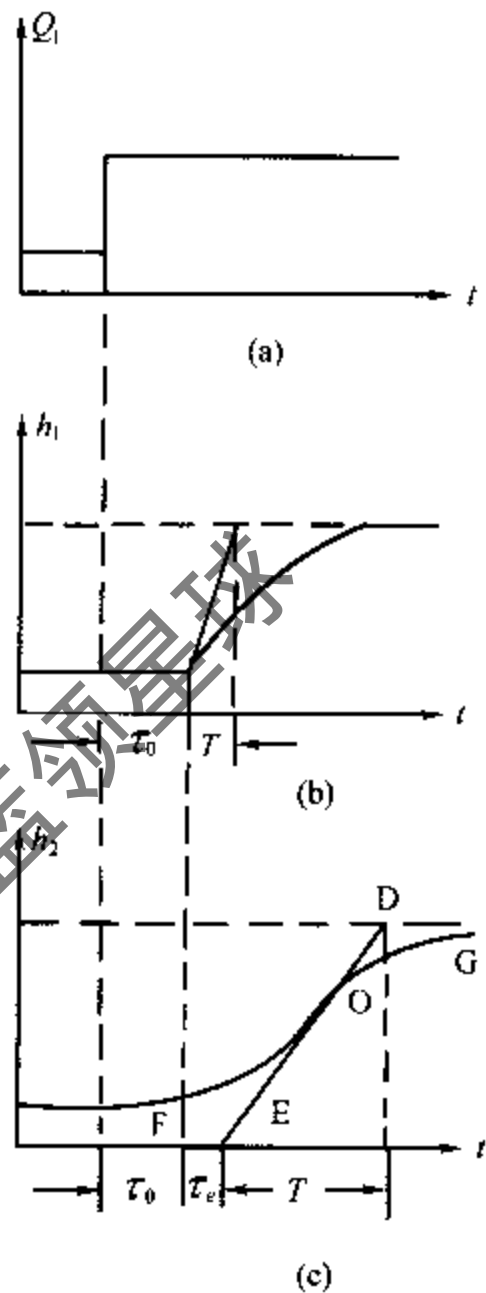
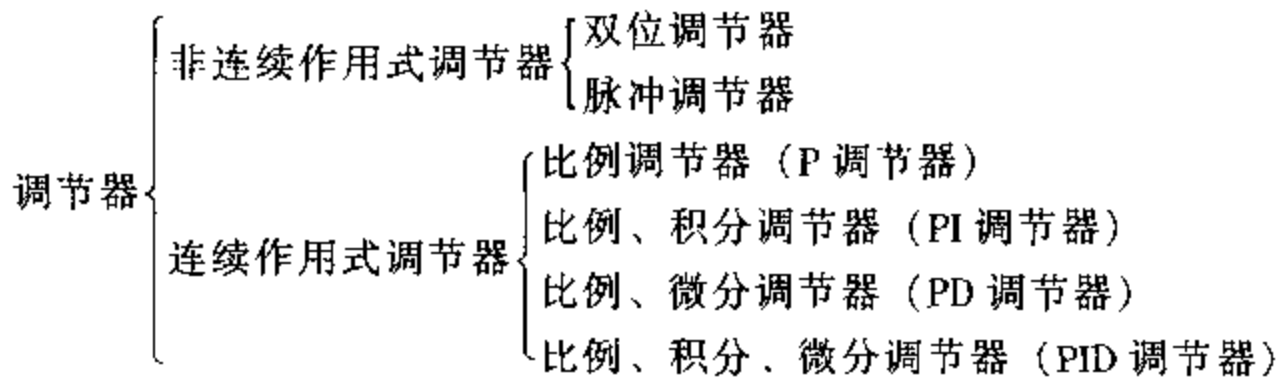


图 1-11 双容对象的过渡过程



一般的制冷和空调系统，对调节精度要求不高，被调参数允许在一定范围内变化。因此，采用结构简单，价格低廉的双位调节器和比例调节器就能满足要求。只有在调节精度要求较高的制冷或空调系统，才采用 PI 或 PID 调节器。

二、调节器的调节规律

调节器输出信号随输入信号变化的规律叫调节规律。

(一) 双位调节器

1. 概述

图 1-2 所示的冻结物冷藏间库温调节系统就是一个双位调节系统。库温要求控制在 $-18 \pm 0^\circ\text{C}$ 。调节器将敏感元件感受到的被调参数（温度）值与给定值进行比较，然后将比较的结果转变成电信号发送给执行元件——电磁阀，指令电磁阀动作。当库温升高到上限（ -17°C ）时，调节器输出触点闭合，指令电磁阀开启，向蒸发器供液；当库温下降到下限（ -19°C ）时，调节器输出触点断开，指令电磁阀关闭，停止向蒸发器供液；当库温重新回升到上限，电磁阀又重新开启……。可见，双位调节器的执行机构只有开和关两种状态。只有被调参数达到上限或下限时，调节器才动作，控制执行器全开或全关。被调参数处于上限和下限之间时，调节器的输出触点保持原来状态。

2. 双位调节器的静态特性

双位调节器的动作规律，可用图 1-12 所示的静态特性曲线来描述。

被调参数增加到上限时，输出信号由 a 点突跳到 b 点；被调参数下降到下限时，输出信号由 c 点突跳到 d 点；被调参数在上限与下限之间时，调节器的输出信号保持原来状态不变。调节器输出触点“断开”与“闭合”时相对应的被调参数之差称为调节器的差动范围 ΔX_c ，也叫不灵敏区或呆滞区。

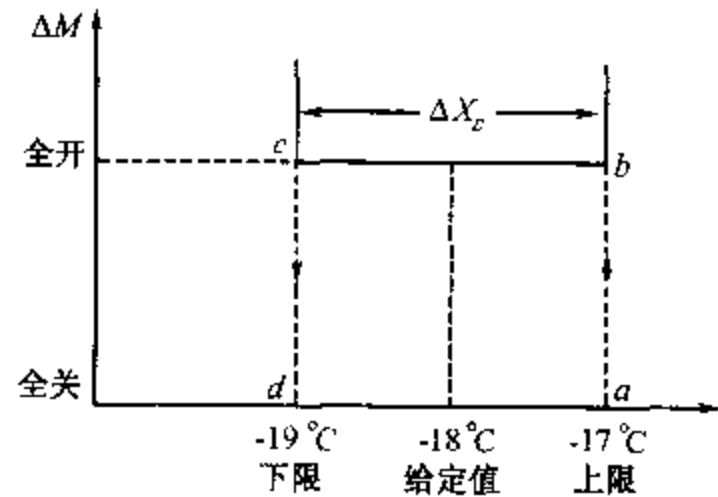


图 1-12 双位调节器的静态特性

差动范围小的调节器能使被调参数的波动小，调节质量较高，但调节器动作频繁。此种现象对于容量系数和时间常数比较小的调节对象更为严重。因此，在满足生产工艺要求的前提下，应尽量将调节器的差动范围调大些，以延长调节器和执行器的寿命。

3. 双位调节器的调节过程曲线

双位调节器的调节过程曲线，即是双位调节系统的过渡过程曲线。从上例中知道被

调参数达到上限或下限时，调节器就立即动作。这种无时间延迟的双位调节过程可用图 1-13 所示的曲线表示。当调节器的输出触点断开，电磁阀关闭，库温按飞升曲线沿 1~2 上升。当库温升到上限 -17℃ 时，调节器的输出触点闭合，电磁阀开启向蒸发器供液，库温又按飞升曲线 2~3 下降。当库温降到下限 -19℃ 时，调节器的输出触点再次断开，电磁阀关闭，库温再次回升……双位调节器的调节过程曲线是一个不衰减的等幅振荡过程。1~2~3 为调节过程的一个周期。

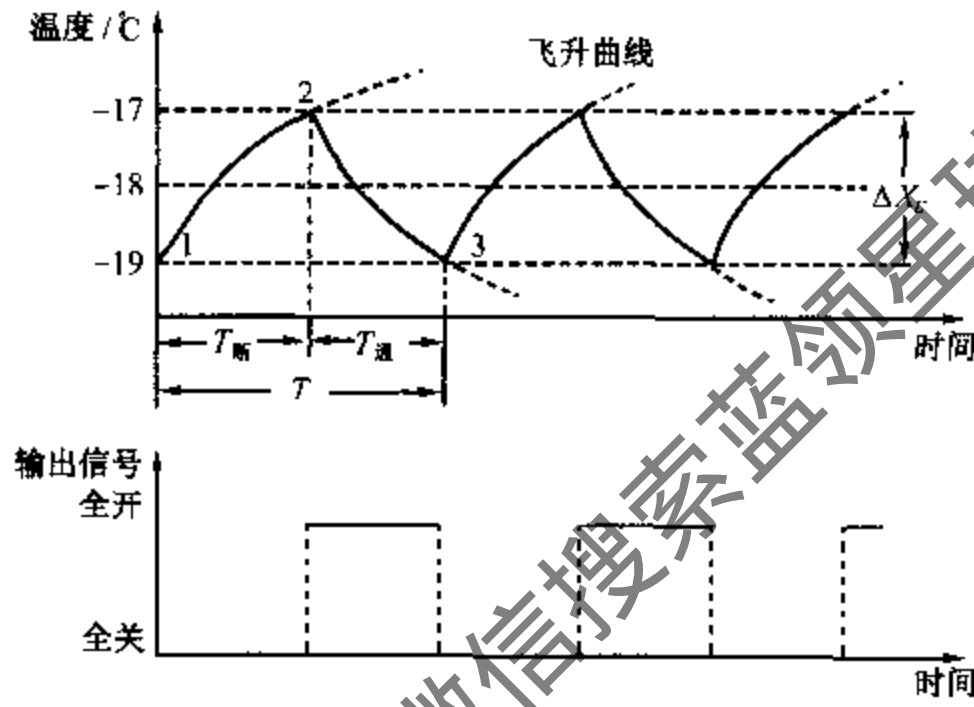


图 1-13 $\tau = 0$ 时的双位调节过程曲线

时间延迟是自动调节系统中客观存在的。在延迟时间内，调节作用无法影响被调参数，被调参数将继续沿原来的方向变化，使动态偏差增大。图 1-14 为具有时间延迟的双位调节器调节过程曲线。

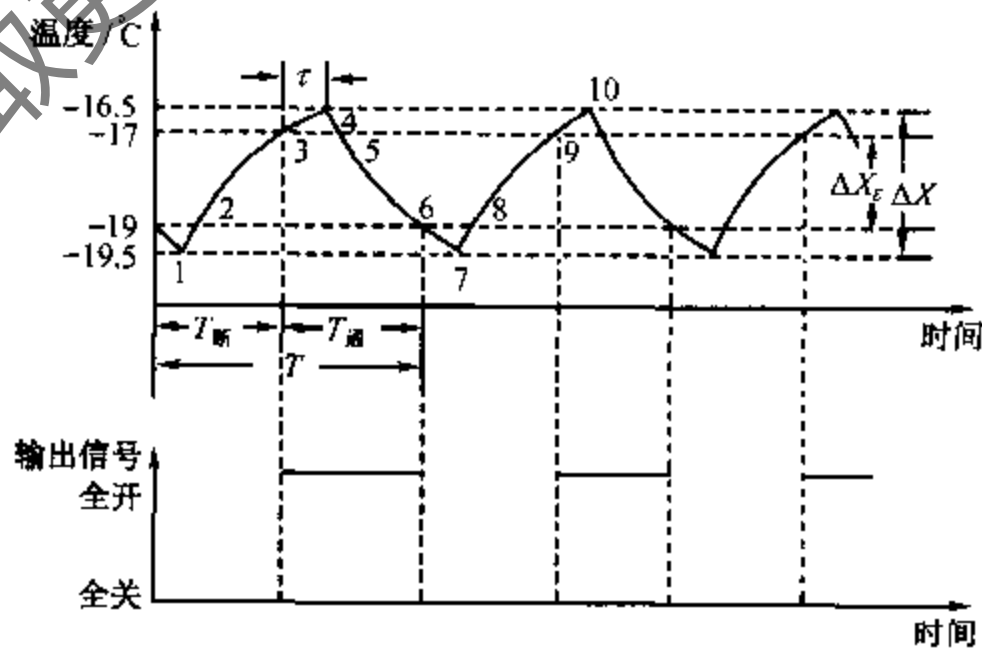


图 1-14 有时间延迟对象的双位调节过程曲线

当库温上升到 -17°C 时, 调节机构虽已启用, 但由于时间延迟的影响, 温度将沿原来的飞升曲线继续上升, 假设升到 -16.5°C 时才开始下降。同理, 温度下降到 -19°C 时还要继续下降, 假设降到 -19.5°C 时才开始回升, 显然, 由于调节对象时间延迟的影响, 使调节过程中被调参数的波动幅度 ΔX 增大, 超过了调节器的差动范围 ΔX_e 。时间延迟越长, 越过的范围越大。

时间延迟的存在, 使被调参数的波动幅度增大, 动态偏差增大, 调节过程周期也较无时间延迟时有所增长。对这类调节系统, 除了选用差动范围小于生产工艺要求的被调参数波动范围的调节器外, 设计和安装时应尽量减少调节对象的时间延迟, 以保证调节质量。

4. 双位调节器及其调节过程的特点

(1) 双位调节器的结构简单, 价格低廉, 易于调整。
 (2) 执行器的动作是间断的, 只有“全开”和“全关”两个位置。属于非线性调节。

(3) 调节过程是一个周期性、不衰减的等幅振荡过程。

(4) 改变调节器的差动范围, 就可以改变被调参数的波动范围。

(5) 对象的延迟 τ 越大, 对象的时间常数越小, 即特性比 $\frac{\tau}{T}$ 越大, 则被调参数波动范围越大。一般 $\frac{\tau}{T}$ 值超过 0.3, 就不宜采用双位调节器。

(6) 调节对象的延迟和时间常数小, 以及调节器延迟和它的差动范围小, 均能导致双位调节器的开关周期缩短, 开关次数频繁。

(二) 比例调节器 (P 调节器)

1. 比例调节器的调节规律

在双位调节系统中, 调节器输出触点只有“开”和“关”两个状态, 所控制的执行机构也只有“全开”和“全关”两个位置而不能有中间状态。调节作用不能完全适应对象被调参数变化的要求。因而被调参数有较大的波动性。

如能使调节阀的开启度与被调参数的偏差成比例, 就有可能获得与对象负荷相适应的调节参数, 从而使被调参数趋于稳定, 达到平衡状态。像这样输出信号与输入信号成比例的比例调节器称为比例调节器, 简称 P 调节器。其调节规律为:

$$P = K_p e \quad (1-7)$$

式中: P ——比例调节器的输出信号;

e ——被调参数偏差值 (输入信号);

K_p ——比例系数。

图 1-15 是浮球液位比例调节系统的液位调节示意图。被调参数是容器的液

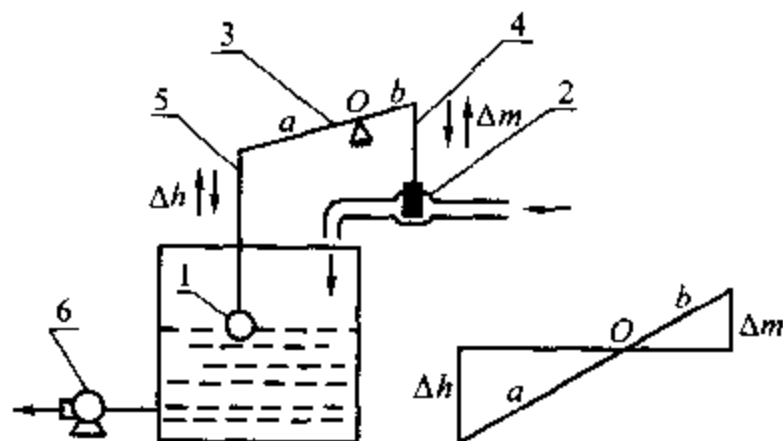


图 1-15 比例调节示意图

1-浮球 2-调节阀 3-杠杆
4-阀杆 5-连杆 6-液泵

位。系统由容器、连杆、杠杆、浮球、调节阀和流出端的液泵所组成。当系统平衡时，流入量等于流出量，液位稳定在一定的高度；当流出量突然减小时，液位逐渐升高，浮球带着杠杆上移，通过杠杆使调节阀逐渐关小，流入量也随之减少。当液位升高到某一个高度时，流入量与流出量相等，使液位保持在一个较原来液位为高的水平上；同样道理，若流出量突然增加时，液位逐渐下降，浮球通过连杆、杠杆带动调节阀逐渐开大，使流入量也逐渐增大。当液位下降到某一位置时，流入量又与流出量相等，液位稳定在一个较原来为低的水平上。可见，当系统中液位一旦产生偏差，调节机构立即有一个位移，此位移与偏差成比例。即调节阀的位移 Δm （调节器输出）与液位的变化 Δh （调节器的输入信号）成比例。即

$$\Delta m \propto -\Delta h \quad (1-8)$$

因为液位升高 ($\Delta h > 0$)，调节阀关小 ($\Delta m < 0$)；液位下降 ($\Delta h < 0$)，调节阀开大 ($\Delta m > 0$)。故式中加一个负号。

加一个比例系数 K_p ，(1-8) 的比例式即可写成等式。

$$\Delta m = -K_p \Delta h \quad (1-9)$$

式中： Δm ——执行机构位移，即输出信号；

Δh ——液位高度变化，即输入信号；

K_p ——比例系数。

式 1-9 叫作比例调节器的动态方程式。比例系数 K_p 表示了调节器调节作用的强弱。在相同的输入信号 Δh 下， K_p 值越大，输出信号 Δm 越大，调节器的调节作用越强； K_p 值越小，调节器调节作用越弱。

对于浮球液位控制器，比例系数按下式求得：

因为

$$\frac{a}{\Delta h} = -\frac{b}{\Delta m}$$

所以

$$\Delta m = -\frac{b}{a} \Delta h = -K_p \Delta h$$

$$K_p = \frac{b}{a} \quad (1-10)$$

改变支点 O 的位置时，就可以改变 a 与 b 的比值，即改变比例系数 K_p 值，进而调整比例调节器的调节作用。

工业生产中也经常用比例带 δ 来表示比例调节器的调节作用。 δ 常以输入、输出相对值表示。

调节阀的位移变化相对值 ΔM (%) 为：

$$\Delta M = \frac{\Delta m}{m_{\max} - m_{\min}} = \frac{\Delta m}{\Delta m_{\max}} \quad (1-11)$$

式中： m_{\max} ——调节阀的最大开启度；

m_{\min} ——调节阀的最小开启度；

Δm_{\max} ——调节阀的最大开启范围。

液位变化的相对值 ΔH (%) 为：

$$\Delta H = \frac{\Delta h}{h_{\max} - h_{\min}} = \frac{\Delta h}{\Delta h_{\max}} \quad (1-12)$$

式中： h_{\max} ——液位标尺的最高刻度；
 h_{\min} ——液位标尺的最低刻度；
 Δh_{\max} ——调节器的最大控制范围。

$$\begin{aligned} \text{令} \quad \delta &= -\frac{\Delta H}{\Delta M} \times 100\% \\ &= -\left(\frac{\Delta h}{\Delta h_{\max}} / \frac{\Delta m}{\Delta m_{\max}}\right) \times 100\% \\ &= -\frac{\Delta h}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta m_{\max}}{\Delta h_{\max}} \times 100\% \end{aligned}$$

对于某个具体调节器， Δh_{\max} 和 Δm_{\max} 都已固定， $\frac{\Delta m_{\max}}{\Delta h_{\max}}$ 是一个常数并令其为 K_c 。则

$$\delta = \frac{1}{K_p} K_c \times 100\% \quad (1-13)$$

式(1-13)说明比例带 δ 与比例系数 K_p 成反比。比例带 δ 反映了比例调节器的放大能力与灵敏度。

比例带的物理意义是：调节器输出值变化100%时，所需输入变化的百分数。

图1-16表示了比例带与调节器输入和输出的关系。

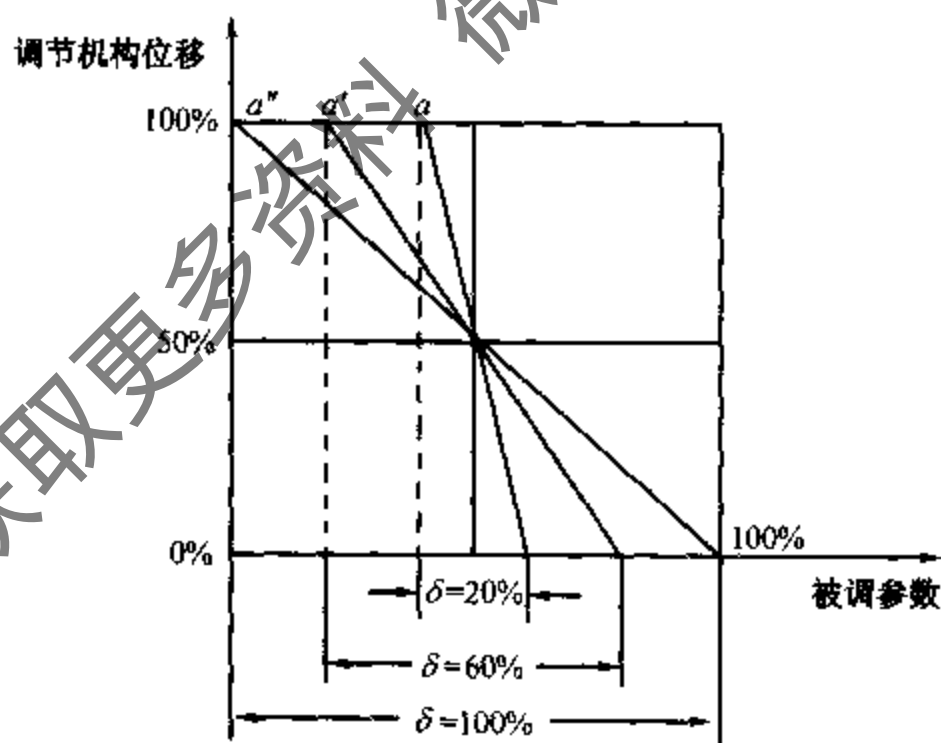


图1-16 比例调节器的比例带

设调节器输出带动的调节阀全关时的开启度为0%，全开为100%，与额定负荷（给定液位）相对应的阀门开启度为50%；调节器的输入液位（被调参数）也用百分数来表示，液位处于标尺最低位时为0%，处于标尺最高位时为100%，设处于给定值时为50%。那么，图1-16中的直线 a' 表示当调节器的输入液位比给定液位高30%时，其输出达最小值0%；当调节器输入液位比给定液位低30%时，其输出达最大值100%。

也就是说，调节器的输入在给定值附近变化 60% 时，输出所控制的执行机构就已经变化了 100%，此时比例调节器的比例带为 60%。图中直线 a 、 a'' 分别表示调节器的比例带为 20% 和 100%。被调参数只要在比例带内变化，调节器的输出就与输入成比例，执行机构就起调节作用。如果被调参数的变化超过了比例带 δ 的范围，调节器的输出就不能跟着变化，失去了比例调节作用。所以，也有把比例带称为比例界限或比例度的。

对于将敏感元件和调节器组合成一个仪表的简易调节器，应用比例范围 $\bar{\delta}$ 这个概念会更方便，更直观。

比例范围 $\bar{\delta}$ 的意义是：调节器的输入变化某个绝对值时输出变化将达 100%，那么输入变化的这个绝对值，就是比例调节器的比例范围 $\bar{\delta}$ 。

2. 比例调节器的静态偏差

由图 1-15 所示的液位调节对象的调节过程可以看出：当系统受到干扰作用后，在比例调节器的调节作用下，通过改变调节阀的开启度，使液位重新稳定在一个新稳态值上，被调参数的新稳定值与给定值之间的偏差就是比例调节器的静态偏差，也叫余差。比例调节器所组成的调节系统，在过渡过程结束时，静态偏差是不可避免的。

比例带越宽，调节器放大倍数越小，灵敏度越低，调节过程较稳定，但调节过程的静态偏差较大；比例带越窄，调节器的放大倍数越大，灵敏度越高，调节过程的静态偏差越小，但系统的稳定性差。在选择调节器时，如果比例带选得过小，调节器过于灵敏，被调参数有一个较小的偏差时，调节器控制执行器动作较大，容易形成过调节，使被调参数发生振荡，严重时波动幅度会越来越大，使调节装置失去其控制功能。

比例调节器比例带的选择和它的调节过程曲线，见图 1-17。

对于延迟 τ 较小，时间常数 T 较大，传递系数 K 较小的对象，比例带 δ 可选得小些以提高调节器灵敏度，减小调节过程静态偏差，缩短过渡过程时间；对于延迟时间 τ 较大，时间常数 T 较小，传递系数 K 较大的对象，为了得到稳定的调节过程，比例带 δ 宜选得大些，由此，调节过程的静态偏差亦可能有所增加。

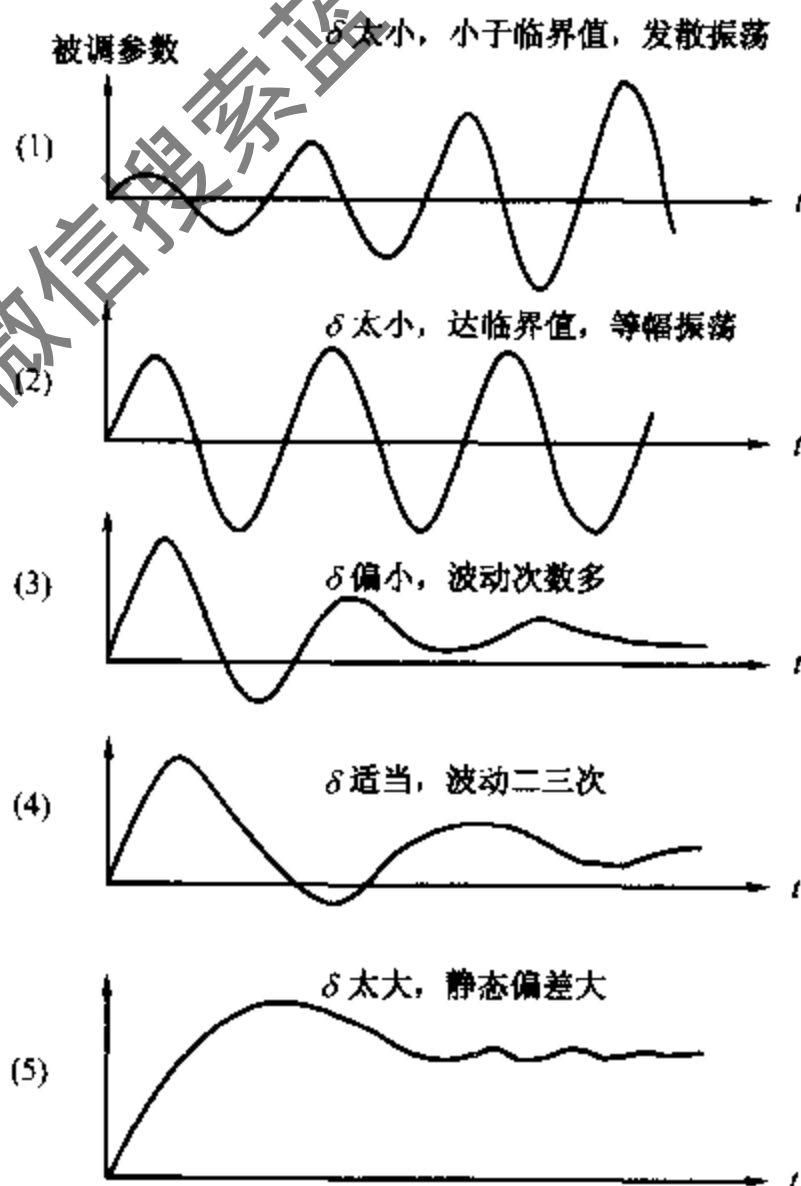


图 1-17 比例带选择对调节过程的影响

比例调节器的调节作用随被调参数的偏差增大而增强，能较快地克服干扰引起的被调参数的波动，但调节过程有静态偏差。如果调节对象的静态调节质量要求较高，则需采用其他调节性能更好的调节器。

(三) 积分调节器 (I 调节器)

比例调节器的输出信号与被调参数的偏差有一一对应的关系，因而有静态偏差的存在。如果采取某种措施，使输出信号的变化速度与被调参数的偏差成比例，就可以消除静态偏差。图 1-18 是积分调节器的原理图。

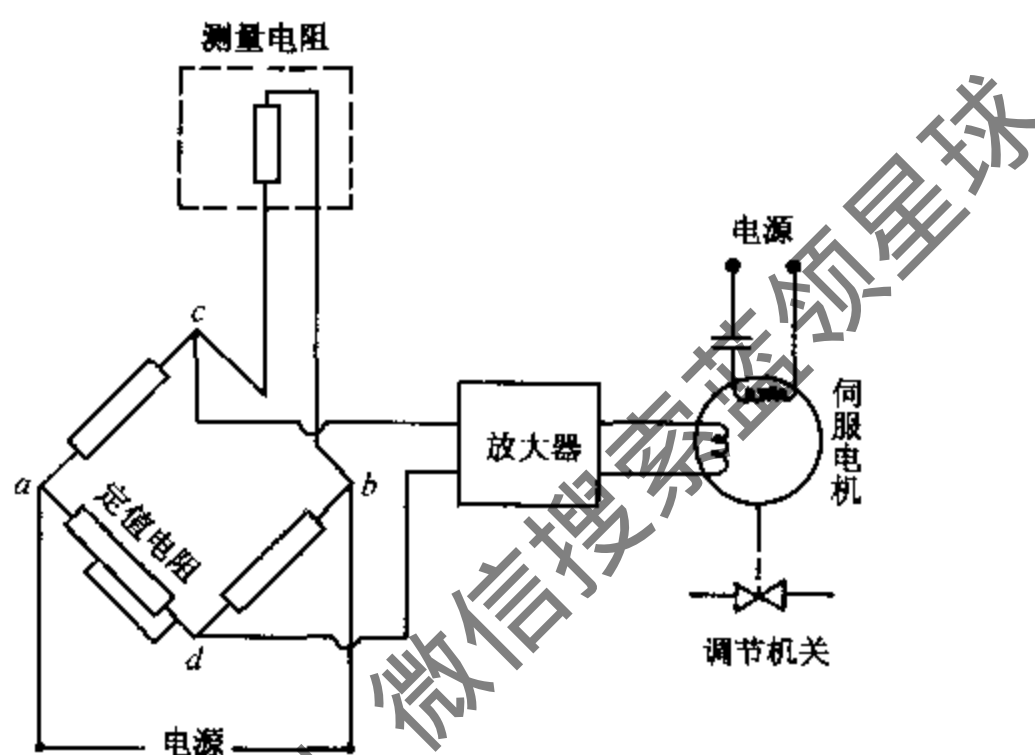


图 1-18 积分调节器原理图

被调参数由测量电阻检测，当被调参数等于给定值时，测量电阻与桥臂电阻所组成的电桥平衡， cd 两点电位相等（电位差为零），无输出信号，伺服电机不转动；当被调参数与给定值有偏差时，电桥不平衡， cd 两点电位不相等，有电压输出，电桥的输出电压经放大器放大后，放大器的输出电流使伺服电机转动。被调参数的偏差极性不同，电桥的输出 cd 两点的电位差极性也不同，电动机的转向也不同。放大器的输出电流与其输入信号成正比例，因此流过伺服电动机绕组电流强弱与输入信号的大小成比例，伺服电动机的转速也与输入信号大小成比例。因此由伺服电动机传动的调节机构（如调节阀或风门等）的移动速度与被调参数对给定值的偏差成比例。这种关系用数学式子表示如下：

$$\frac{dP}{dt} = K_i e \quad (1-14)$$

式中： P ——积分调节器的输出信号；

e ——被调参数的偏差（输入信号）；

K_i ——比例系数，称为积分速度；

t ——时间。

由上式可以看出，只要偏差 e 存在，调节器输出的变化速度 $\frac{dP}{dt}$ 就不等于零。偏差

越大，调节器输出的变化速度越大，当偏差为零时，调节器输出的变化速度也为零，调节器不再继续动作。

通常我们考虑调节器输出的实际大小，对上式积分得：

$$P = K_i \int e dt \quad (1-15)$$

由式(1-15)可以看出，积分调节作用是调节器的输出与被调参数的偏差对时间的积分成正比。

积分调节规律见图1-19。

积分调节器的输出，不仅取决于偏差的大小，而且还取决于偏差存在的时间。只要偏差存在，即便是很小，但只要存在的时间足够长，调节器的输出也很大。只有当被调参数的偏差为零时，调节器的输出才停止变化，所传动的执行机构才停止动作。至于调节器所传动的执行机构停止在哪个位置上是不固定的。所以，也有人称积分调节器为浮动调节器或无定位调节器。

积分调节器可使被调参数的静态偏差为零，这是它的最大优点。积分调节器的缺点是调节机构的位置是浮动的，会使调节过程稳定性变差，容易产生过调节，使被调参数产生波动，甚至产生渐扩性的波动。所以，对于延迟时间大而没有自平衡能力的调节对象，不宜采用积分调节器。

积分调节器适用于：延迟时间小、时间常数小而反应迅速、自平衡能力较大、负荷变化又小又慢的调节对象中。因此，可用在被调参数反应迅速的壓力、流量和液位调节对象中。

(四) 比例积分调节器 (PI 调节器)

比例积分调节器的调节规律由比例调节规律和积分调节规律组合而成。既有比例调节器反应迅速，又有积分调节器可以消除静态偏差的优点。常应用在静态偏差要求较高的自动调节系统中。

图1-20是气动比例积分调节器的结构原理图。

当被测参数温度发生变化时，敏感元件温包1内充注物的压力也发生变化，经传压毛细管2，传递给波纹管3，推动主杠杆12，克服定值弹簧10的弹簧力，使主杠杆绕其支架16转动，改变喷嘴6和挡板5之间的距离，喷嘴内压力发生变化。喷嘴内压力的变化，就是调节器的输出信号。气压输出信号分为三路：(i)路输出至外接的气动放大器或执行器(气动薄膜调节阀)；(ii)路输出至负反馈波纹管14；(iii)路经积分阀8和积分气容7至正反馈波纹管15。负反馈波纹管 and 正反馈波纹管安装在反馈杠杆11的两边，两个波纹管作用力的方向是相反的。例如，当两个波纹管的气压都增加时，负反馈波纹管的力使反馈杠杆绕其支架9趋向逆时针方向转动，而正反馈波纹管的力则使反馈杠杆趋向顺时针方向转动。反馈力通过反馈杠杆和连接块13传至主杠杆。这样，主杠

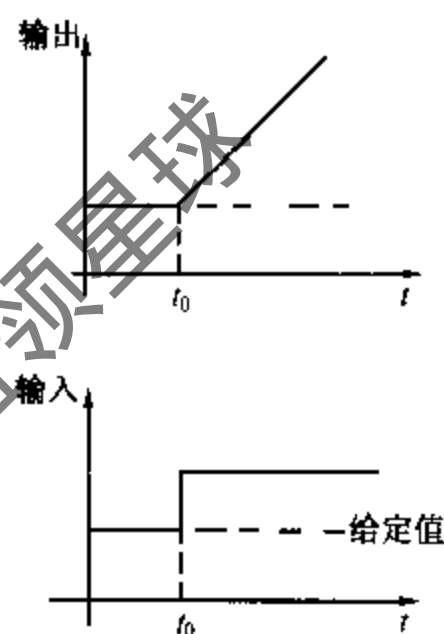


图1-19 积分调节规律

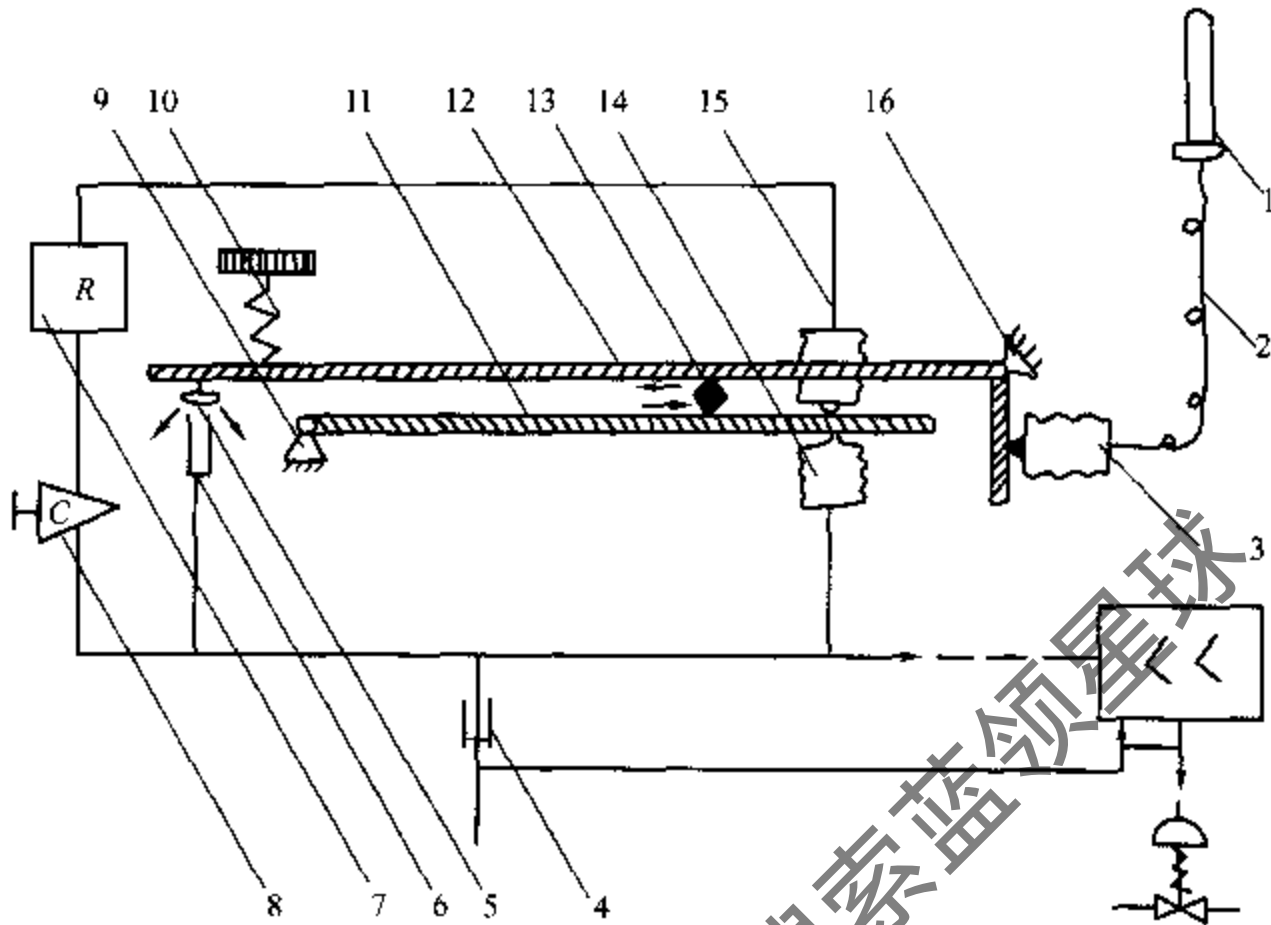


图 1-20 QJ2 型气动温度调节器 (PI) 原理图

- 1 - 温包 2 - 传压毛细管 3 - 波纹管 4 - 恒节流孔 5 - 挡板 6 - 喷嘴 7 - 积分气容
8 - 积分阀 9 - 反馈杠杆支架 10 - 定值弹簧 11 - 反馈杠杆 12 - 主杠杆 13 - 连接块 (可调)
14 - 负反馈波纹管 15 - 正反馈波纹管 16 - 主杠杆支架

杆受三个作用力：(i) 温包波纹管 3 的作用力；(ii) 连接块 13 传递的反馈力；(iii) 定值弹簧 10 的作用力。这三个力作用在主杠杆上组成平衡力矩，使主杠杆转动或停留在某一平衡位置。当被调参数发生变化，温包波纹管带动主杠杆使喷嘴和挡板之间的距离发生变化，喷嘴内的压力立刻变化，负反馈波纹管立即动作而产生负反馈作用，这样的一个过程，完成了比例调节作用。然后通过气阻元件向气容元件正反馈波纹管缓慢充气。正反馈作用逐渐抵消负反馈作用，喷嘴的输出气压逐渐变化，变化的程度随时间而积累，这一过程，就实现了积分调节器的作用。若调整移动反馈杠杆与主杠杆之间连接块 13 的位置，改变反馈力作用在杠杆上的力矩，即可调整负反馈作用的强弱，藉以调整本调节器的灵敏度和比例带。积分阀 8 的流通阻力和气容 7 的容积所组成的时间常数（积分时间常数），控制正反馈的作用时间。调节积分阀的开启度，就可以改变积分时间常数。正反馈波纹管内的信号随时间而逐渐变化，它抵消负反馈作用，使负反馈波纹管内信号所引起的负反馈作用被逐渐抵消而最后以致消失。

比例积分调节器的微分方程式为：

$$P = K_p \left(e + \frac{1}{T_i} \int e dt \right) \quad (1-16)$$

式中： K_p ——比例调节的放大系数；

T_i ——积分时间常数。

在图 1-20 所示的气动比例积分调节器中，积分时间常数是反馈气容 c 和气阻 R 的乘积。

比例积分调节器的调节规律见图 1-21。

对比例积分调节器输入一个阶跃信号，当积分作用部分的输出等于比例作用部分的输出时，其所经历的一段时间就是积分时间常数 T_i ，见图 1-22。

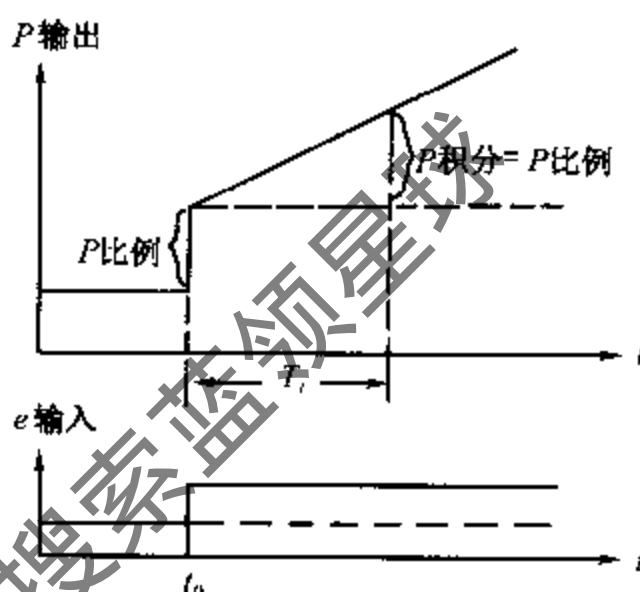
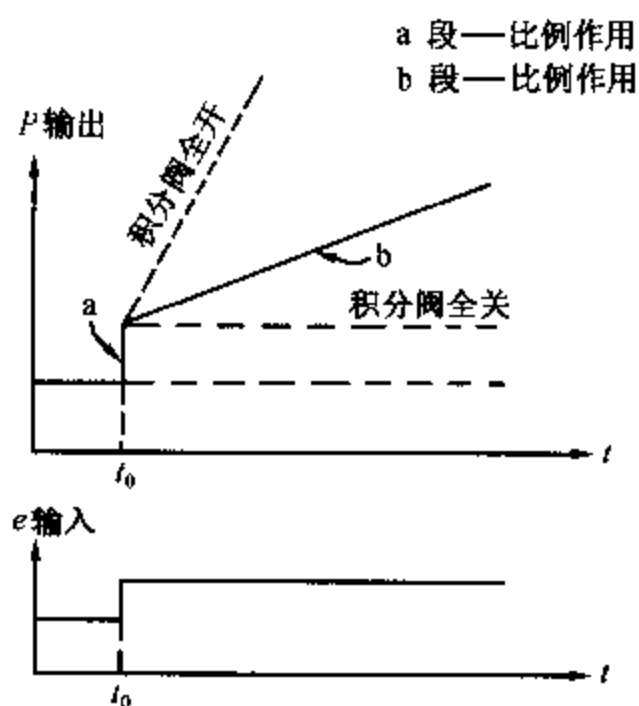


图 1-21 比例积分调节器飞升特性曲线

图 1-22 比例积分调节器积分时间常数的测定

在气动比例积分调节器中，通常改变气阻 R_i （积分阀）来调整积分时间常数；在电动比例积分调节器中，通常改变 $R_i C_i$ 反馈网络的电阻 R_i （电位器）来调整积分常数。

在比例积分调节器中，比例带对调节过程的影响（见图 1-17）的结论仍然适用。若比例带 δ 不变（ δ 值恰当），但积分时间常数 T_i 不同，引起调节过程的调节质量也不同。见图 1-23。

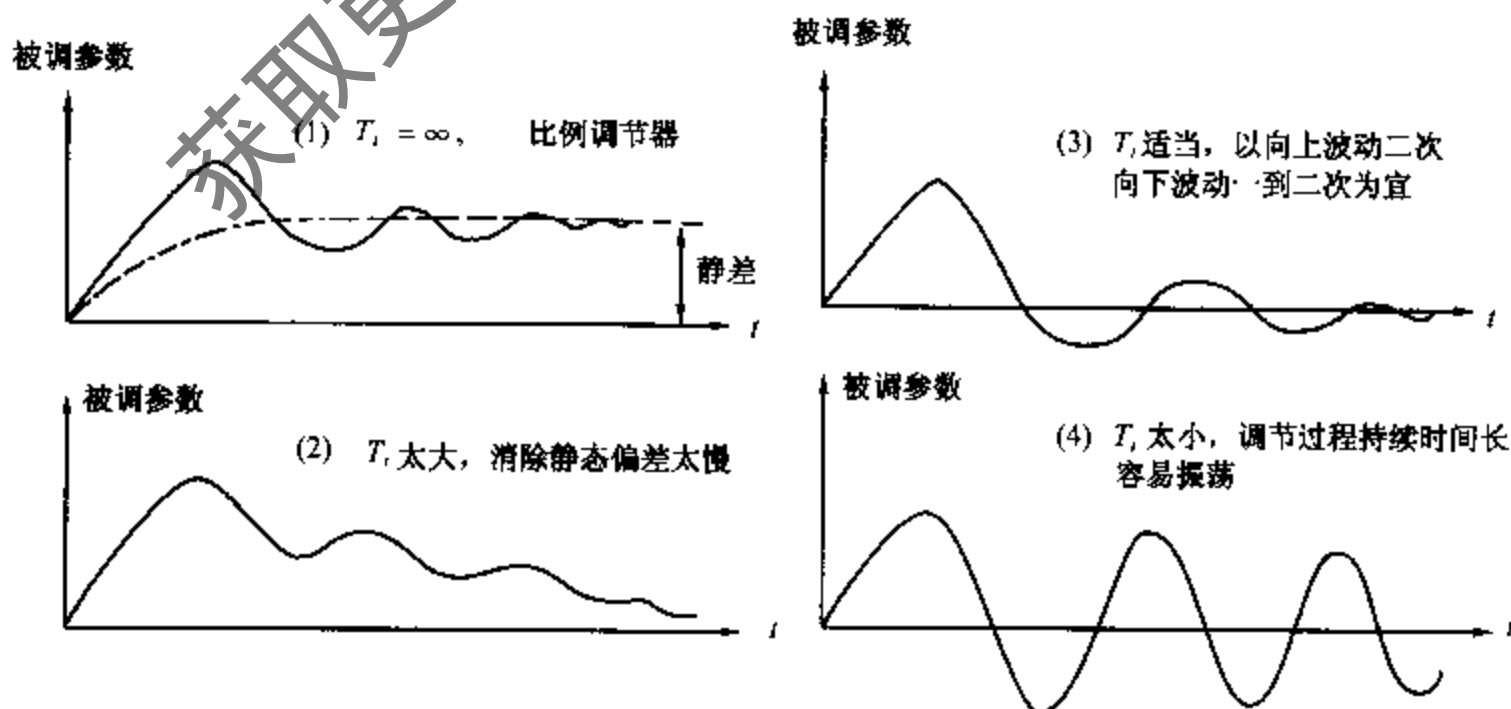


图 1-23 积分时间 T_i 不同的各调节过程曲线

当比例积分调节器应用于不同的调节对象时, 最佳的比例带 δ 和积分时间 T_i 的选择, 虽可通过计算和经验来确定, 但实际上, 一般都在现场逐步调试并最后确定。

(五) 微分调节器 (D 调节器)

比例或比例积分调节器是根据被调参数与给定值的偏差量来调节的。但当系统受到干扰后, 在被调参数的偏差充分体现出来后才去调节, 已经落后了一段时间, 这种调节必然是不及时的。如果利用被调参数偏差的变化速度 (即被调参数偏差对时间的导数) 作为调节器的输入信号, 就可以根据偏差的变化快慢提前进行调节, 防止被调参数出现大的偏差。因此微分调节器的调节作用是超前的。

理想微分调节器的输出信号与输入信号变化速度成正比。动态方程式如下:

$$P = T_d \frac{de}{dt} \quad (1-17)$$

式中: P ——微分调节器的输出信号;

$\frac{de}{dt}$ ——偏差信号变化的速度;

T_d ——微分时间。

由式 (1-17) 可知, 偏差变化的速度越大, 则调节器的输出变化也越大。对于一个固定不变的偏差, 不管这个偏差有多大, 微分作用的输出总是零。这是微分作用的特点。微分调节器的调节规律如图 1-24。

如果在调节器输入端加入一个阶跃信号, 则在输入信号加入的瞬间 ($t = t_0$), 相当于偏差信号变化速度为无穷大, 从理论上讲, 这时微分作用的输出也应无穷大, 如图 1-24 (b) 所示。在此以后, 由于输入量不再变化, 输出立刻降到零。但实际中这种控制作用是无法实现的。故称为理想微分作用。实际的微分调节作用如图 1-24 (c) 所示, 在阶跃输入时, 输出突然上升到某个有限高度, 然后逐渐下降到零, 这是一种近似的微分作用, 又称为实际微分控制作用。

微分调节器的输出信号与偏差的大小无关, 只与偏差的变化速度有关, 只要被调参数发生变化, 微分调节器立即进行调节, 防止被调参数出现大的偏差。当被调参数稳定后, 尽管仍有静态偏差, 但因变化速度为零, 调节作用消失。所以, 微分调节器不能消除静态偏差。

(六) 比例积分微分调节器 (PID 调节器)

比例积分微分调节器具备了单一调节规律的优点, 克服了它们单独调节的缺点。其调节规律见图 1-25 所示。

系统开始受阶跃干扰时, 被调参数偏差的变化速度最大, 微分调节作用最强, 可以提高调节器反应速度, 防止被调参数出现较大的动态偏差。随着偏差的积累, 积分调节作用逐渐增强, 最后由积分调节作用将静态偏差消除, 实现无静差调节。比例调节即是一个基本作用, 又可以提高系统的稳定性。由于比例、积分、微分调节规律起主导作用的时间不同, 它们相互配合, 可以取长补短, 获得优良的动态品质。比例积分微分调节器是目前工业上应用的比较完善的调节器。

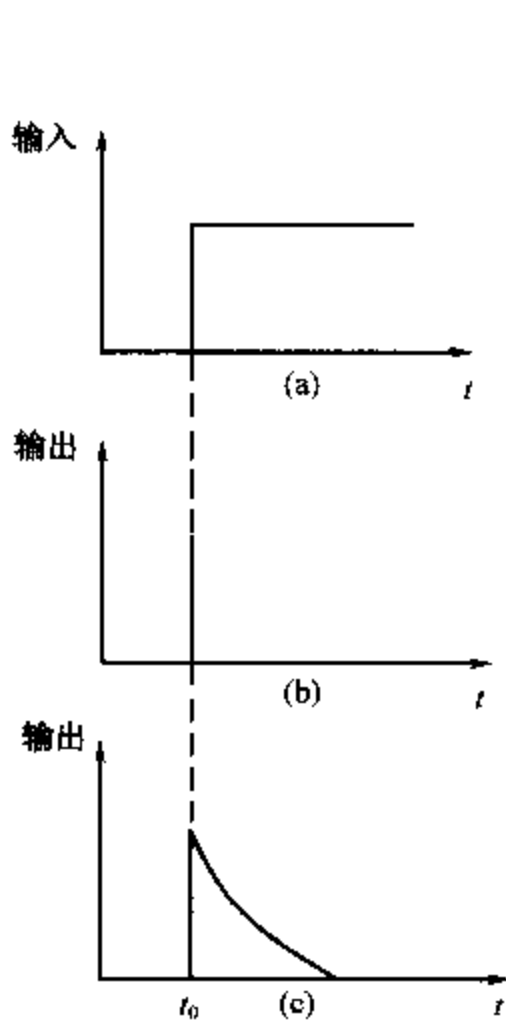


图 1-24 阶跃输入时微分调节器的动态特性

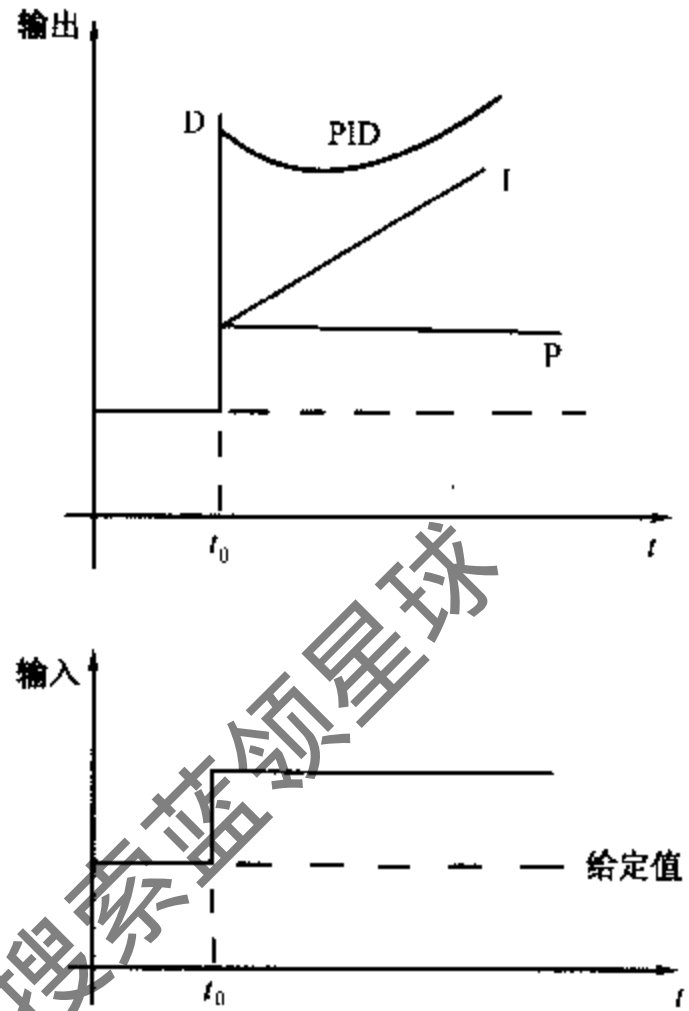


图 1-25 PID 调节规律

第六节 其他控制方法

一、串级调节系统

在调节系统中应用两个调节器串接，即主调节器和副调节器串接起来而组成串级调节。主调节器的输出信号，作为副调节器的给定值，也就是副调节器的给定值由主调节器所决定。这样副调节器的工作是随动调节，而主调节器的工作是定值调节。

例如恒温室的温度调节，如采用图 1-3 所示的单回路调节系统，则在干扰发生后，必须等被调参数（室温）出现偏差后调节器才能调节。如果选择室内温度为主要被调参数（主参数），送风温度为辅助信号（即副参数），设计一个串级调节系统，使反映在送风方面的扰动主要由副调节器指令电加热器（执行器）来克服，反映在室内的扰动则由主调节器来克服。方框图如图 1-26 所示。

假如扰动来自送风方面（如加热器前送风温度变化，电压波动等），送风调节器（副调节器）立即发出校正信号，改变电加热器的功率，及时克服上述扰动对室内温度的影响。如果扰动量不大，经过副回路的及时调节，一般可以不影响恒温室温度；如果扰动量的幅度较大，虽然经过副回路的及时校正，但还将影响室内温度的变化，此时，再由主回路进一步调节，从而完全克服上述扰动，使室内温度回到设定值。如果扰动来

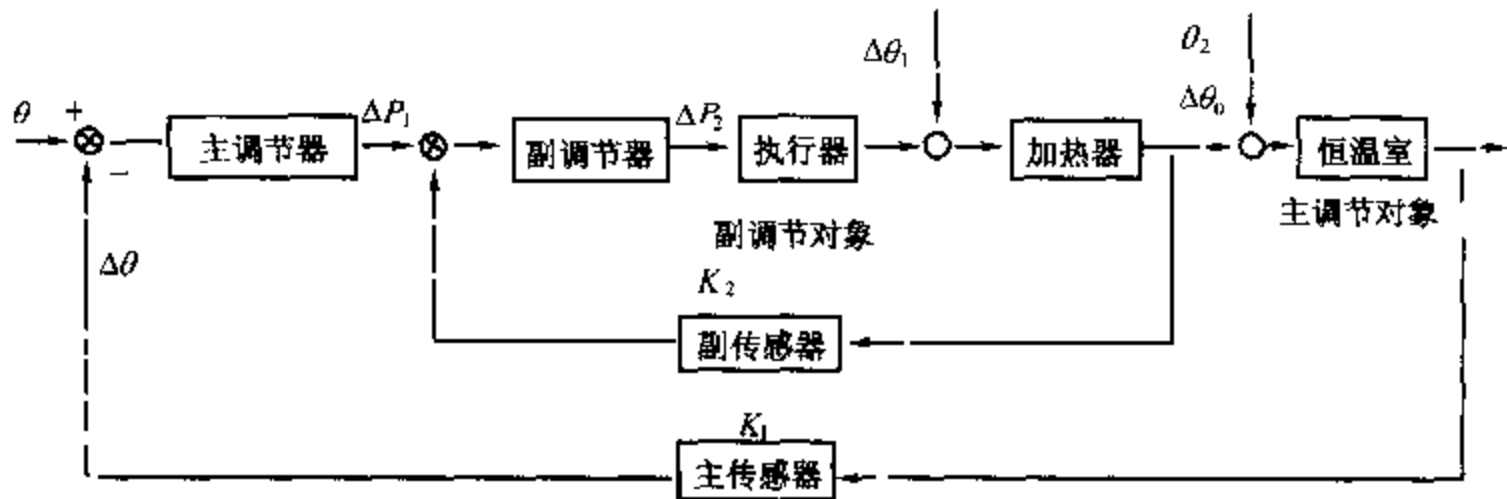


图 1-26 串级系统方框图

自室内，使室内温度偏离设定值，由主回路来校正。可以看出，当干扰进入副回路，由于副回路的快速调节作用，具有很强的克服力，因此这种干扰在影响到主参数稍有波动之前，即已被克服；当干扰进入主回路，由于副回路的存在，调节系统的等效对象时间常数有所减小，对象特性改善，因此对克服干扰的能力也有所提高。

串级调节系统与单回路反馈调节系统相比较，在系统结构上多了一个副回路，形成了两个闭环，若将它等效为单回路系统，见图 1-27。



图 1-27 恒温室串级调节系统等效方框图

采用串级调节系统可以提高系统的调节质量，但同时也使系统结构复杂。一般用在对象滞后较大，惯性较大，干扰变化激烈而且幅度大，参数间相互关联，调节质量要求高的场合。

二、前馈调节系统

我们前面讨论的反馈控制是按照被调参数的偏差进行调节的，制冷空调系统中大多采用此法。但反馈调节的特点是，必须在被调参数出现偏差后，调节器才能进行调节，以补偿干扰对系统的影响。当干扰已经发生，而被调参数还未变化时，调节器尚不能进行调节，所以，反馈控制作用总是落后于干扰作用，这是反馈控制的不足之处。

在定值调节系统中，干扰是影响被调参数变化的原因。前馈控制正是按照干扰作用的大小进行调节的。当干扰出现后，调节器就按照扰动量来进行调节，以补偿干扰对被调参数的影响。前馈控制的特点是，当干扰作用发生后，在被调参数还未显示变化之前，调节器就已经进行调节。

反馈调节是属于闭环的调节系统，前馈调节则是属于开环的调节系统。如果前馈控制的作用适当，可以使被调参数不受干扰的影响，或影响大大减小，所以，这种控制方法比反馈调节来得及时，并且不受系统滞后大的影响，抗干扰性较强。

下面举一个空调系统应用补偿调节的实例。

某船舱室舒适空调，冬季采暖工况采用室外新风温度补偿调节。由于室外环境温度变化，则通过舱室绝热壁层散热亦变化，引起舱室内温度波动，因此室外环境温度的变化是干扰。图 1-28 所示为某船舱室舒适空调采暖工况的室外新风温度补偿调节原理图。补偿温度发信器测量室外新风温度，通过补偿环节（前馈环节），改变送风温度调节器的给定值，即改变送风温度，补偿舱室散热量的变化。若是补偿得恰当，室内温度可以保持恒定。但是实际情况只能做到近似补偿。因此，还得要靠舱室内温度调节器和诱导器内的末端加热器组成反馈调节，达到舱室温度的精确控制。

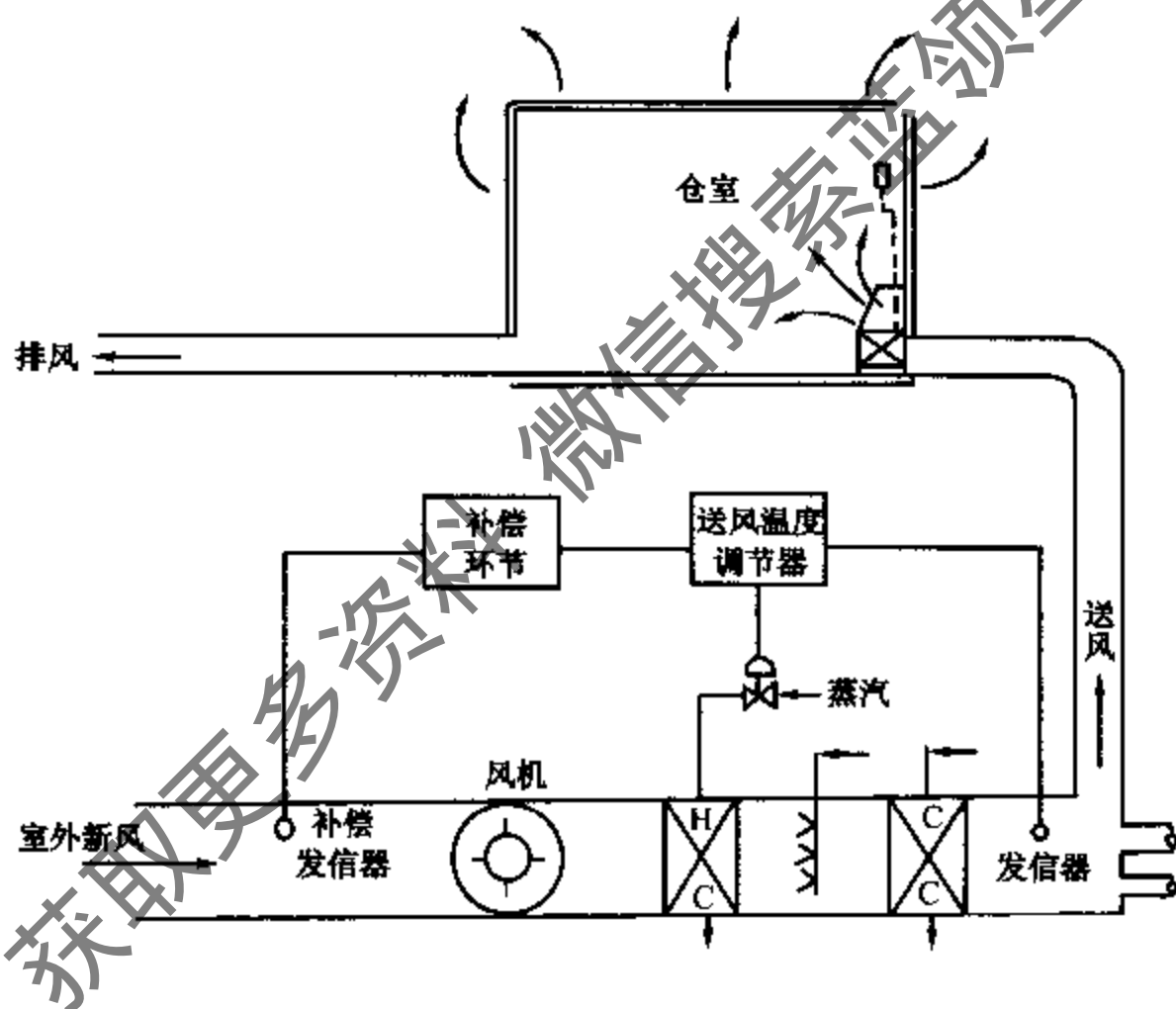


图 1-28 某船舱室舒适空调采暖工况室外新风温度补偿调节原理图

三、复合控制系统

虽然前馈调节如果恰到好处，理论上可使被调参数不会因干扰作用而产生偏差，但是前馈调节器不可能做到测量参数完全正确和调节得完全正确，况且前馈调节系统是按照个别主要干扰的作用方式进行设计的，无法消除其他各种干扰对被调参数的影响。所以单纯的前馈调节往往不能满足调节要求，而是采用按干扰的前馈调节与按偏差的反馈调节组合起来，构成复合的前馈调节系统。这样既有利于克服主要干扰的影响，又可藉反馈调节来消除其他干扰的影响以及消除前馈调节效果不够理想所产生的偏差。

复合控制常用于以下两种对象。

1. 滞后时间比较大的对象

例如空气调节系统的温度调节，常采用盘管式加热器。这种加热器属双容对象，滞后往往较大，而且从加热器到恒温区常常有一段距离，需要一定的传递时间，为克服调节对象延迟时间较大的缺点，可采用送风温度补偿的复合控制。再有，图 1-28 所示的新风温度补偿系统中，则是通过前馈调节来克服室外新风温度的干扰，通过反馈调节来控制室内温度，也是复合控制。

2. 时间常数很小的对象

例如，高效能的锅炉产生的蒸汽量很大，而汽锅的体积相对来说却较小，所以液位的时间常数较小。在蒸汽负荷变化较大时，汽包内会出现虚假水位现象，此时靠单纯的水位信号进行反馈调节，无法保证锅炉的安全操作，故通常把蒸汽流量作为前馈信号（或称冲量）加到水位调节器上，调节锅炉的给水，使汽包水位保持稳定。

四、分程调节系统

单回路反馈调节系统是由调节器的输出信号去带动一个调节阀动作。在生产过程中，有时为了维持一个被调量，需要改变几个操作量（调节介质），这样，就需要一个调节器分别以某区段段落去调节两个或两个以上执行器动作的系统，称为分程调节系统。

在分程调节系统里，调节器的输出信号不变，如为 0~10VDC，这一输出信号可分为 2~4 段，每一段带动一个执行器动作，每个执行器在此信号段内从全开到全关或从全关到全开动作。

采用分程调节可以满足不同负荷下的调节要求，能得到较高的调节质量。在空调生产过程中，不同工况则冷、热负荷不同，使用的设备也不同。若采用一般的调节系统，其结构复杂；若采用分程调节，可方便工况转换，简化调节系统，也减少维修量，使系统更加安全可靠、方便。

图 1-29 是室温分程调节系统。分程示意图如图 1-30 所示。调节器的输出分三段，分别调节加热器调节阀、新回风调节风门、表冷器调节阀，实行三分程调节。图中执行器均带阀门定位器。

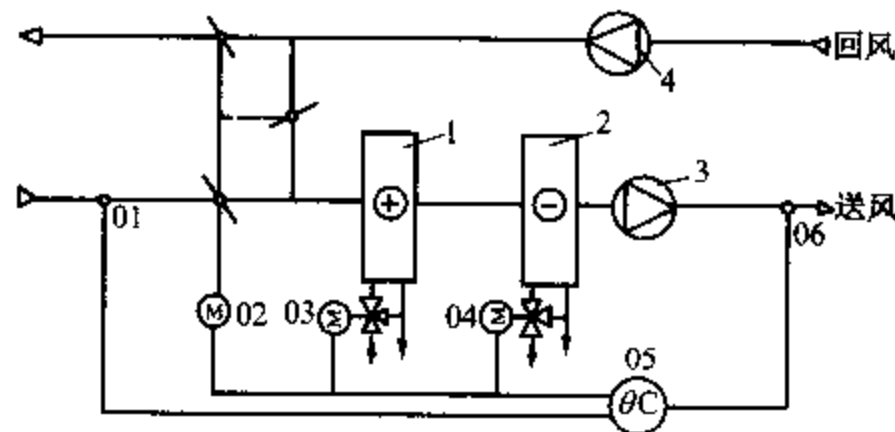


图 1-29 室温分程调节系统

1 - 加热器 2 - 表冷器 3 - 送风机 4 - 回风机 01 - 新风温度传感器 02 - 新回风调节风门
03 - 热水三通阀 04 - 冷水三通阀 05 - 温度调节器 06 - 送风温度传感器

在冬季工况，室内温度逐渐升高，调节器输出逐渐增大，加热器调节阀逐渐关小，当调节器输出信号达到某一值时（某值根据需要可调），加热调节阀关闭。进入过渡季节工况，新回风阀开启，并随着调节器输出的增大而增大，当又达到某一输出时，新风阀门关到最小，回风阀开到最大，表冷器调节阀开启，进入夏季工况。

采用分程调节，还可扩大调节机构的可调范围，提高调节质量。

五、选择性调节系统

选择性调节系统，就是把生产过程中的限制条件所构成的逻辑关系，叠加到正常调节系统上去的一种调节方法。自动选择调节系统用于自动保护时，当生产过程趋近于危险极限区时，一个用于控制不安全工况的调节方案将取代正常工况下的调节方案，当生产过程重新回到安全范围内时，正常工况下的调节方案又恢复工作。自动选择调节系统也可用于节能，当调节系统有多个被调量，且相互关联时，调节系统借助于选择器对各调节器的输出信号按预定的逻辑关系加以选择，对既能满足工艺要求，又能提高经济性的被调参数加以控制。选择性调节系统还可用于程序调节、非线性调节等。

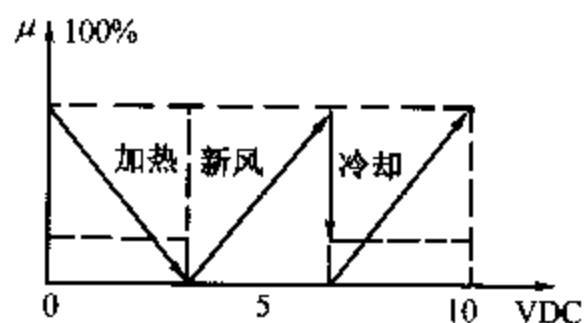


图 1-30 分程示意图

获取更多资料 微信搜一搜 微信搜一搜

第二章 制冷、空调系统参数检测和调节仪表

第一节 自动化仪表的基本知识

生产过程的自动调节和控制，是由自动调节装置来实现的。自动调节装置由自动化仪表和元件组成。自动化仪表和元件的性能对自动调节系统调节质量的影响很大。因此，只有合理地选择自动化仪表和元件，并将它们适当地组合，才能获得较好的调节效果。

一、自动化仪表的分类

按自动化仪表和元件的功能不同，大致可分为检测仪表、显示仪表、调节仪表和执行器四类；按其结构不同可分为基地式仪表和单元组合式仪表两大类。基地式仪表一般以指示或记录仪表为主体，附带将调节系统中的其余部分（常见的是调节部分）也装在仪表壳内，构成一个整体，使仪表具有指示、记录和调节功能。这类仪表常用于简单的调节系统。单元组合式仪表是根据自动调节系统诸组成部分的各种功能和要求，将整块仪表分为若干能独立完成某项功能的典型单元（如变送单元、转换单元、运算单元、给定单元、调节单元、辅助单元和执行单元等），各单元之间的联系都采用统一的标准信号（气动仪表采用 0.02 ~ 0.1MPa 气压信号，电动仪表采用 0 ~ 10mA 或 4 ~ 20mA 直流电信号）。根据生产工艺要求，利用这些有限单元，作出多种多样的组合，从而构成形形色色、复杂程度各异的自动调节系统。由于各单元之间采用标准统一信号，有助于与电子计算机装置配合使用，以满足大型自动化系统的需要。

在制冷、空调系统中，也可按生产过程中各种参数，把自动化仪表分为温度指示调节仪表、压力指示调节仪表、液位指示调节仪表、湿度指示调节仪表、流量指示调节仪表和自动调节执行机构。

二、自动化仪表的品质指标

（一）仪表的精确度（也叫精度）

精确度是反映仪表指示值接近被测实际值程度的品质指标。

被测参数的大小，通常是用仪表来测量的，但仪表的指示值与被测参数的实际值往往是有—定差距的，这个差值叫仪表的绝对误差。

绝对误差 = 仪表指示值 - 被测实际值

被测参数的实际值通常是不知道的，在仪表校验中，常常用精确度较高的标准仪表指示值来代替实际值。

绝对误差与被测量指示值的百分比叫相对误差。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{被测量指示值}} \times 100\%$$

绝对误差不能作为仪表之间精度的比较尺度。而仪表在整个测量范围内相对误差又不是一个常数，它随被测量的大小而变化，因此，相对误差也不宜用来作为仪表之间彼此的比较。工程上常用仪表的基本误差来表示仪表的精度。

$$\text{仪表基本误差} = \pm \frac{\text{仪表量程范围内的最大绝对误差}}{\text{标尺上限} - \text{标尺下限}} \times 100\%$$

例如，有两只测温范围不同的仪表，假设最大绝对误差都是 1°C ，则测温范围为 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的仪表：

$$\text{仪表基本误差} = \pm \frac{1}{100 - 0} \times 100\% = \pm 1.0\%$$

测温范围为 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 的仪表：

$$\text{仪表基本误差} = \pm \frac{1}{40 - 0} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

量程为 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的仪表，误差仅占测温范围的 1.0% ，仪表的基本误差小，精确度较高。可见，仪表基本误差不仅与绝对误差有关，而且还与仪表的量程有关。

仪表的精确度是按国家统一规定的允许误差大小划分成几个等级。某一类仪表的允许误差是指在规定的条件下，这类仪表所允许具有的最大仪表基本误差。允许误差去掉百分号的数值就是精确度等级。如精度等级为 1.5 级的仪表，其允许误差不超过 1.5% 。

常用仪表的精确度等级有 0.35 、 1.0 、 1.5 、 2.5 等。 0.35 级以下的仪表可以当作标准仪表。仪表的精确度等级常以圆圈内的数字标在仪表的面盘上或写在说明书里，比如 1.0 级仪表以 $\textcircled{1.0}$ 表示。

仪表的精确度等级虽然代表着仪表的允许误差，但被测参数的相对误差在每一个测量点都是不同的。某测量点最大可能出现的误差为：

$$\text{最大可能误差} = \text{基本误差} \times \frac{\text{标尺上限} - \text{标尺下限}}{\text{仪表指示值}}$$

例如，当温度的读数为 100°C 时，精确度等级为 0.5 级，量程为 $0 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 的温度计：

$$\text{最大可能误差} = \pm 0.5\% \times \frac{300 - 0}{100} = \pm 1.5\%$$

而精确度等级为 1.0 级，量程为 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度计：

$$\text{最大可能误差} = \pm 1.0\% \times \frac{100 - 0}{100} = \pm 1.0\%$$

可见，仪表的精确度固然是对测量结果有着很大影响，但一般来说，仪表的精确度并不就是测量结果的精确度。后者还与被测量大小有关。只有仪表运用在满刻度时，测量结果的精确度才等于仪表的精确度。因此，在选用仪表时，应尽量使被测参数值在仪表量程的上限部分。但同时也要考虑到被测参数可能出现的最大值不要超过仪表的量程，以免损坏仪表。

(二) 变差

在外界条件不变的情况下，使用同一只仪表对被测参数进行正反行程（即由小到大和由大到小）测量时，发现对应于相同的被测参数值，仪表正反行程的指示值却不相

同。正反行程间仪表指示值的最大差值 $\Delta\delta_{\max}$ 与仪表量程范围之比的百分数表示仪表的变差，如图 2-1 所示。

$$\text{变差} = \frac{\Delta\delta_{\max}}{\text{标尺上限} - \text{标尺下限}} \times 100\%$$

仪表的变差不能超过其精度。变差越小，仪表的再现性越好，工作越可靠。

造成仪表变差的原因很多，如传动机构的间隙、仪表运动部件的摩擦、弹性元件的弹性滞后、一定方向的外磁场等。

(三) 灵敏度和灵敏限

1. 灵敏度

灵敏度表示测量仪表对被测参数变化的敏感程度。

用公式表示是：

$$\text{灵敏度} = \frac{\text{仪表指针的位移}}{\text{引起位移的被测参数变化量}}$$

把相同两只压力表，都通入具有同样微小变化的压力，其中一只表的指针不动，另一只表的指针转动，那么后者比前者要灵敏。灵敏度越高，越能感觉被测参数的微小变化。

2. 灵敏限

仪表的灵敏限是指当仪表的输入量相当缓慢地从零开始逐渐增加到仪表的指示值发生可察觉的极微小的变化时，所加输入量的最小变化值。仪表的灵敏限是衡量测量仪表在量程的零点不灵敏程度的指标，也叫死区。当输入量比它更小时，就观察不到示值的变化。

仪表的精确度越高，灵敏度越高，灵敏限就越小。但仪表灵敏度高，易受噪声、振动等外界条件的影响而使精确度降低。因此，应在仪表的灵敏度和精度之间加以协调。

三、自动化仪表的初选知识

自动调节系统的方案确定以后，要对自动化仪表和元件进行选择。只有切合实际地选好自动化仪表和元件，才能保证自控方案更好地得以实现。自动化仪表的初选，要考虑工程上控制方案的要求以及具体的实际可能。同时，也要对同类型的实际运行系统做一些调查研究，根据仪表在实际运行中的情况来考虑其可选择性。一般说来，应首先确定仪表的种类，然后考虑仪表的调节规律，再根据是否要求自动记录与指示等功能来确定仪表的类型。另外，还应考虑仪表的量程、精度等级、分度号及其他方面的具体要求。最后确定所需仪表的具体方案。

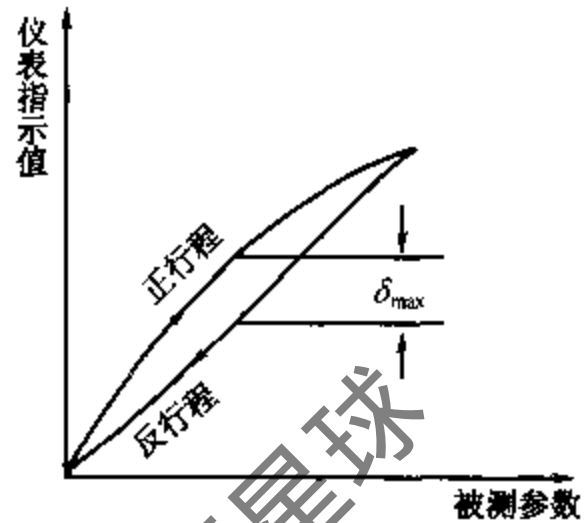


图 2-1 测量仪表的变差

第二节 温度检测与调节仪表

一、温度检测、调节仪表简述

温度是制冷、空调系统中最重要的参数之一。在食品冷藏过程中，保持库房的稳定

低温是防止食品变质的必要条件；在空调系统中，控制室内温度，使之达到所要求也是空气调节的一项重要内容。另外，制冷系统的运行，机器与设备的调整等等，大多数是以库温、室温为依据的。因此，准确地检测温度，是制冷、空调生产过程中一个必不可少的重要环节。

温度不能直接测量，只能借助于温度变化时物体的某些物理性质（如几何尺寸、电阻值、热电势、辐射强度、颜色等）随之发生变化的特性来进行间接测量。

根据测量元件的作用原理不同，温度检测、调节仪表可分为膨胀式温度计、压力式温度计、电阻式温度计、热电偶温度计和辐射式温度计等。按仪表的功能又可以分为温度显示仪表、温度调节仪表和温度显示调节仪表。

温度传感器的分类及工作原理见表 2-1。

表 2-1 温度传感器的分类及工作原理

温度计的分类		工作原理	常用测温范围 (°C)	主要特点
膨胀式	液体膨胀式	利用液体（水银、酒精）或固体（双金属片）受热时产生膨胀的特性	-200 ~ 700	结构简单、价格低廉，一般只用作就地测量，也可制成就地控制器
	固体膨胀式			
压力表式	气压式	利用封闭在一定容积中的气体、液体或某些液体的饱和蒸汽，受热时其体积或压力变化的性质	0 ~ 300	结构简单，具有防爆性，不怕振动，可作近距离指示；准确度低，滞后性大，也可制成就地控制器
	液压式			
	蒸汽式			
热电阻式	金属热电阻	利用导体或半导体受热其电阻值变化的性质	-200 ~ 850	准确度高，能远距离传送，适于低、中温测量；体积较大，测点温较困难，可作为电子控制器或 DDC 的传感器
	半导体热敏电阻		-100 ~ 300	
热电偶式		利用物体的热电性质	0 ~ 1600	测温范围广，能远距离传送，适于中、高温测量；需进行冷端温度补偿，在低温段测量准确度较低

二、膨胀式温度检测、调节仪表

膨胀式温度检测、调节仪表是根据物体热胀冷缩原理制成的。根据膨胀物质的形态又分为固体膨胀式和液体膨胀式两大类。

（一）电接点水银温度计

电接点水银温度计是利用水银液体的热胀冷缩性质来测温的，属于液体膨胀式温度

计。这种温度计与普通的水银温度计相比，增加了调节机构，从而可以发出温度双位调节信号。电接点水银温度计有固定接点式和可调接点式两种。图 2-2 为可调接点式电接点水银温度计结构图。

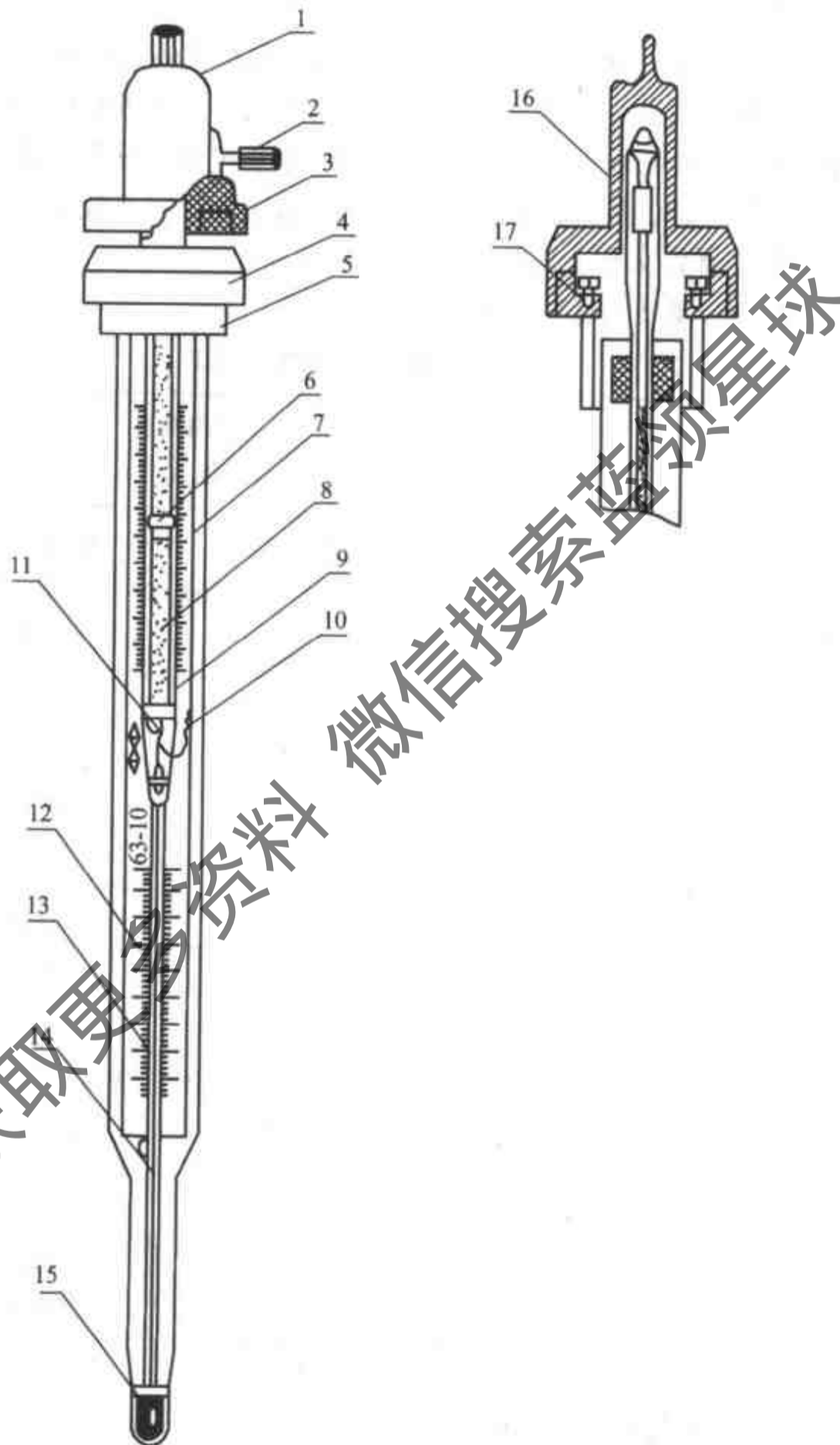


图 2-2 电接点水银温度计

- 1-调节帽 2-固定螺钉 3-磁钢 4-胶木帽 5-胶木座 6-指示铁 7-钨丝
 8-调温螺杆 9-底铁座 10-铂丝接触点 11-铂弹簧 12-标尺 13-铂丝接触点
 14-水银柱 15-水银泡 16-调温转动铁心 17-引出线接线柱

电接点水银温度计有两条铂金属丝，一条铂丝的一端焊在玻璃温包内，使铂丝浸于温包的水银中，另一端烧结在玻璃外壳上作引出线。另一条铂丝做成螺旋状，一端同钨丝一起固定在指示铁下端，另一端烧结在玻璃外壳上，作钨丝的引出线。当旋转电接点水银温度计上部的磁钢套时，指示铁能随着在上标尺刻度范围内做上下移动，它的下沿在标尺上所指出的即为给定值。当被测温度上升到给定值时，水银柱面和钨丝相碰，浸于水银中的铂丝通过水银与钨丝接通。对于外电路来说，相当于通过水银触点发出一个温度讯号。电接点水银温度计有上、下两个标尺，上标尺用于指示温度的给定值，通过下标尺可以直接读出被测介质的温度。

电接点水银温度计的接点额定电流很小 ($> 50\text{mA}$ ，一般 $\leq 20\text{mA}$)，所以与一般继电器、电磁阀等配合使用时，不能直接进行，中间需经电子放大。

目前常用的电接点水银温度计有 WXG—11t、WXG—12t 和 WXG—13t 型，分度值可达 0.5°C 。由于精度较高，多用于冷却物冷藏间的温度控制和空调系统室温或露点温度控制。

(二) 作为电接点水银温度计的应用，在此介绍晶体管位式调节器

晶体管位式调节器又称晶体管继电器，可对被测参数实现双位式控制。下面介绍 JWT—II 型晶体管位式调节器。

JWT—II 型晶体管位式调节器包括三极管、高灵敏继电器和电源三部分。电路原理见图 2-3 所示。

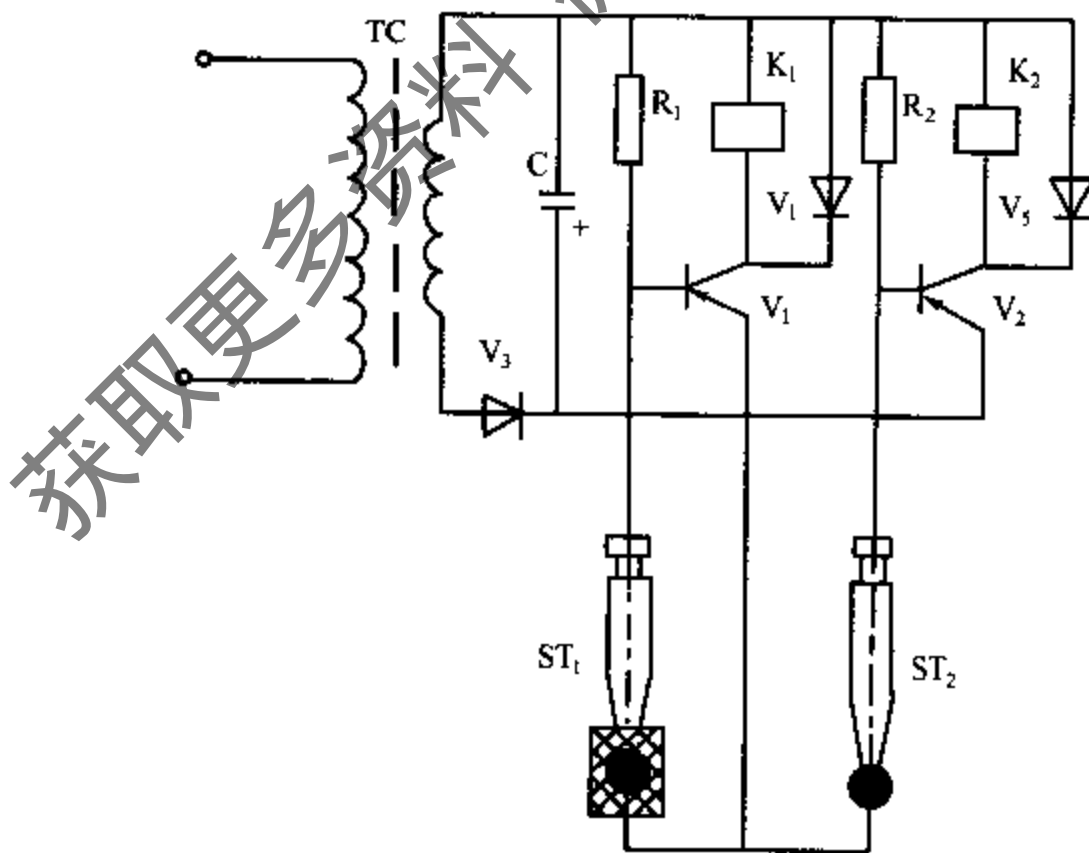


图 2-3 JWT—II 型晶体管位式调节器

调节器采用干、湿球电接点水银温度计作敏感元件。当被控干球温度高于调定值时，电接点水银温度计 ST_2 的电接点接通，使三极管 V_2 因基极和发射极等电位而截止，继电器 K_2 不吸合；当被控干球温度低于调定值时， ST_2 的电接点断开， V_2 因基极有偏

流而导通，继电器 K_2 线圈有电流流过，其触点变位发温度低于调定值信号。同理，湿球电接点水银温度计测出湿球温度信号。当湿球温度高于调定值时， V_1 截止， K_1 不吸合；当湿球温度低于调定值时， V_1 有偏流导通， K_1 吸合，发湿球温度低于调定值信号。

如果将湿球电接点水银温度计 ST_1 也换成干球电接点水银温度计，该电路也可以实现对温度的上、下限调节；如果将电接点水银温度计信号换成水位信号，此电路也可以用于水位的控制。

(三) 双金属温度计

双金属温度计的测温元件是用线膨胀系数相差较大的两种不同金属材料迭焊在一起制成的。由于两个金属片的线膨胀系数不一样，当温度升高时，双金属片将向膨胀系数小的一侧弯曲，温升越高，弯曲就越大。

图 2-4 是自记式双金属温度计的原理。它是利用双金属片形变位移的大小与温度变化成正比的关系，通过杠杆放大机构带动指针，指示出温度值。同时通过杠杆带动记录指针（笔），在匀速前进的记录纸上自动记录出所测温度。

双金属温度计也可以用作极值温度信号器。如图 2-5 所示。

当温度升高，双金属片弯曲变形到一定限值时，双金属片与调节螺钉接触使电路接通，信号灯亮。如果用继电器代替信号灯，就可以实现对温度的极值保护。

双金属温度计结构简单，机械强度大，价格低廉。但其精度低，量程和使用范围有限。

三、压力式温度检测、调节仪表

利用感温物质的压力随温度的变化而变化的性质来测量温度，是压力式温度检测、调节仪表的基本原理。

(一) 压力式温度计

压力式温度计的结构原理见图 2-6。

由温包、毛细管和弹簧管组成的封闭空间内充满液体（或气体）。当被测温度发生变化时，温包内的液体体积由于热胀冷缩而发生变化，对弹簧管的压力也发生变化，迫使弹簧管变形而使其自由端发生偏转，带动指针指出被测的温度值。

如果在仪表中心增加二个可调节的上限和下限定位指针，即可以做成电接点压力式指示温度计。这三个指针相互绝缘，引出三根导线。当温度升高到所调上限时，指针与上限定位指针接触，发温度上限信号；当温度降到下限时，指针与下限定位指针接触，发温度下限信号。如图 2-7。

目前，常用的有 WTZ—288，和 WTQ—288 型电接点压力式指示温度计。适用于 20

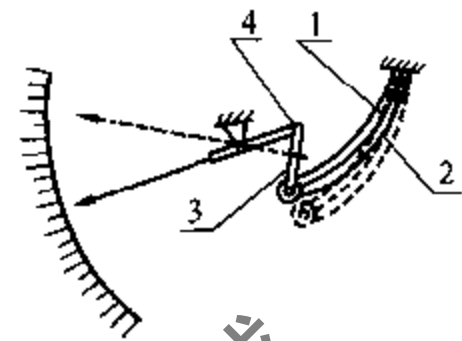


图 2-4 双金属温度计原理图

1- 双金属片 (有较大膨胀系数)

2- 双金属片 (有较小膨胀系数)

3- 杠杆 4- 记录笔

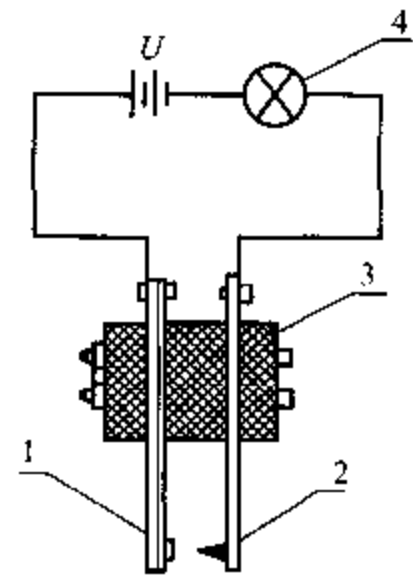


图 2-5 双金属信号器

1- 双金属片 2- 调节螺钉

3- 绝缘固定架 4- 信号灯

米之内的工业设备上的气体、液体和蒸汽的温度测量，也可作为温度调节系统的电路开关。

(二) 压力式温度控制器

各种压力式温度控制器，虽然在结构上各有特点，但它们的工作原理是相同的。

1. WTZK—50 型温度控制器

WTZK—50 型温度控制器原型号为 WT—1226 型温度控制器，其结构主要由感温系统和调节机构两部分组成。

在由温包、毛细管和波纹管所组成的密封感温系统内，充注工质（如 F_{12} 、 F_{22} 或其他对温度敏感的物质）。当温包感受到被测温度变化时，温包内工质的压力也随着变化。这个压力作用在波纹管上，使波纹管伸长或缩短，输出一个位移信号 Δl 。见图 2-8。

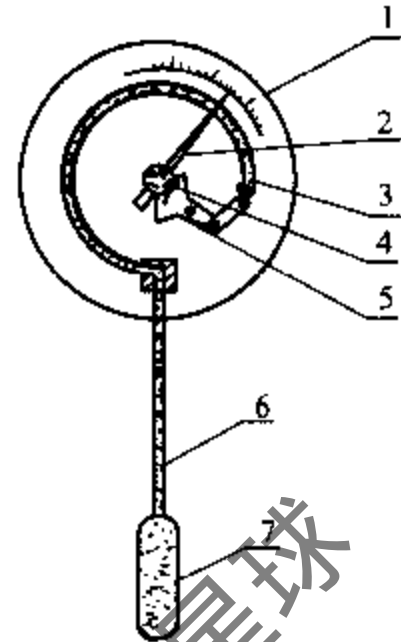


图 2-6 压力式温度计

1-标尺 2-指针 3-弹簧管 4-中心齿轮 5-扇形齿轮 6-毛细管 7-温包

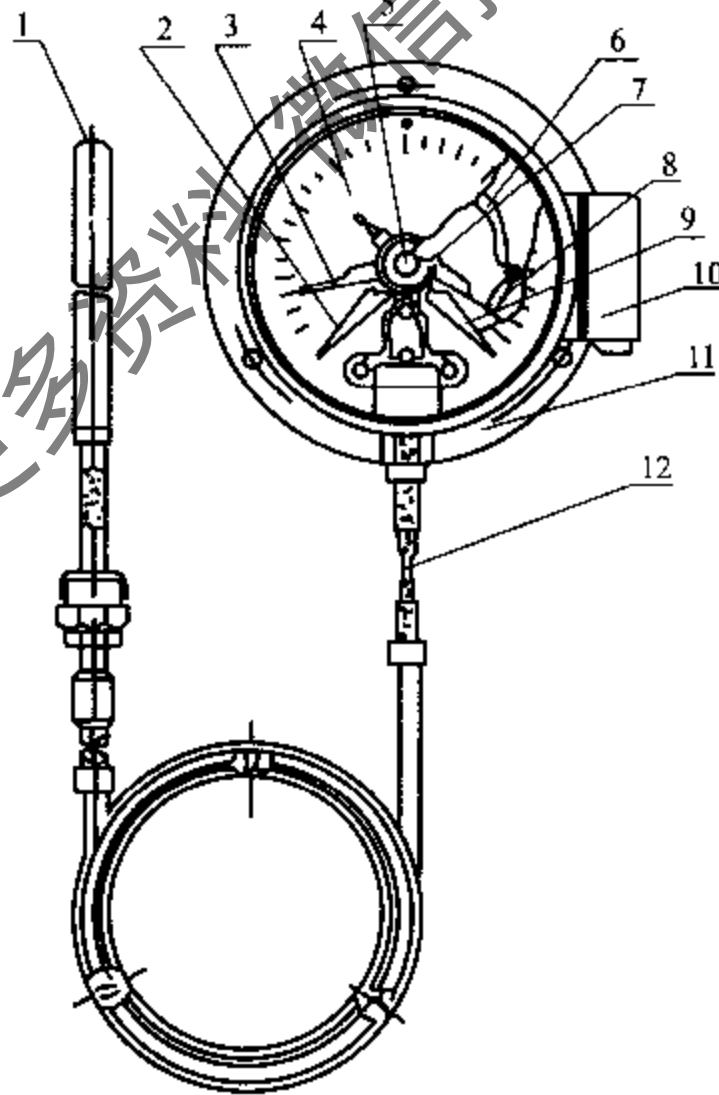


图 2-7 电接点压力式指示温度计

1-感温包 2-下限定位指标(接点) 3-示值指示针 4-表盘(指示板) 5-调定值拨杆孔
6-弹簧弯管 7-扇形齿轮 8-传动杆 9-上限定位指针(接点) 10-接线盒 11-外壳 12-感温管

WTZK—50 型温度控制器的结构原理如图 2-9 所示。波纹管输出的位移信号通过传动杆 15 对杠杆 12 产生一个顶力矩，与主调弹簧 3 作用于杠杆的力矩在刀支架 11 上相平衡。当被测温度升高时，温包 1 和波纹管 14 内压力增大，传动杆向上的顶力矩增大，当传动杆力矩大于主调弹簧的力矩时，杠杆逆时针转动，压住幅差弹簧 16。若被测温度继续升高到调定值的上限，传动杆的顶力矩大于主调弹簧的拉力矩与幅差弹簧的顶力矩之和，杠杆继续转动，带动跳簧片左移，动触点与静触点 3 断开，与静触点 2 闭合，发温度上限信号；若被测温度下降，传动杆的顶力矩也下降，杆杠绕支点顺时针方向转动，刚转动一点，不足以使跳簧片动作，只有被测温度降到控制器调定值的下限时，跳簧片动作，带动动触点右移，使之与静触点 2 断开与静触点 3 闭合，发温度下限信号。

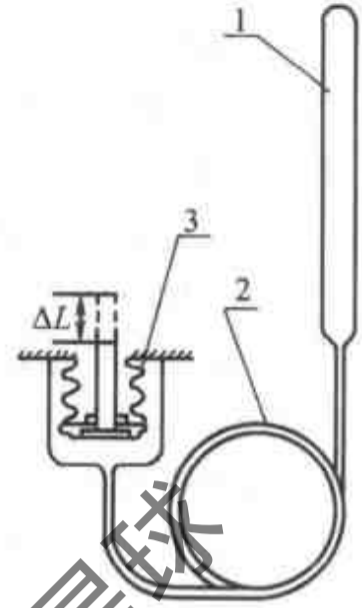


图 2-8 测量元件原理

1-温包 2-毛细管
3-波纹管

主调弹簧力的大小，决定了温度控制器的下限动作值，转动调节杆 2 就可以改变主调弹簧的预紧力，也就是改变了控制器下限温度值。调节时指针随主调弹簧上下移动，在标尺上可以直接指示出下限温度值。

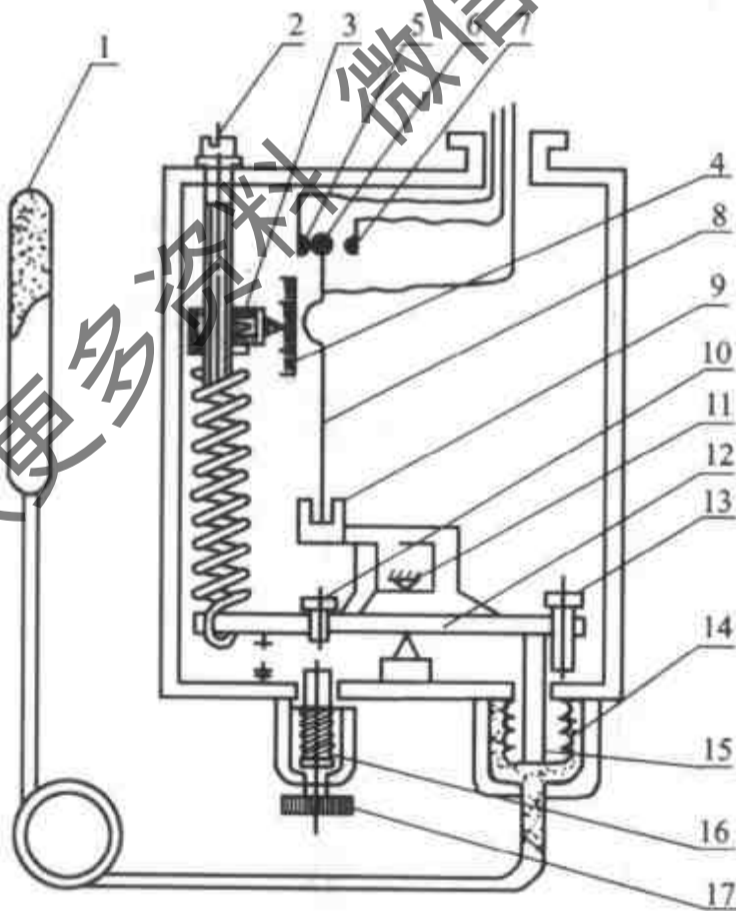


图 2-9 WTZK—50 型温度控制器原理图

1-感温包 2-调杆 3-主调弹簧 4-标尺 5-静触头 6-动触头 7-静触头 3
8-跳簧片 9-拨臂 10-螺钉 11-刀支架 12-杠杆 13-止动螺钉
14-波纹管 15-传动杆 16-幅差弹簧 17-幅差旋钮

当被测温度升高，传动杆顶动杠杆逆时针转动一段距离后，便顶住了幅差弹簧，这

时触点还没有变位，而杠杆要继续转动，在继续克服主调弹簧拉力矩的同时，还必须克服幅差弹簧的顶力矩，才能使触点变位。可见，转动幅差旋钮，调节幅差弹簧的弹力，可改变上限动作温度值（即改变幅差）。温度调节器上限 = 下限值 + 幅差。值得注意的是，幅差调节旋钮上分 0~10 格的刻度，每格并不代表一度，而是幅差分档的相对数，以 0 为最小幅差，10 为最大幅差。一般幅差可调范围为 3~5℃。

WTZK—50 型温度控制器的温度控制范围有 -40~-10℃、-25~0℃、-15~15℃、-10~40℃ 等几种，广泛用于各种冷藏库和空气调节系统的温度控制。

2. WTQK 型压力控制器

常用的 WTQK—11 和 WTQK—21 型温度控制器也是压力式的。其原理见图 2-10。

WTQK 型温度控制器的感温系统也是由温包、毛细管及波纹管组成。原理与 WTZK—50 型温度控制器感温系统的原理相同。但温包的形式有棒式和螺旋式两种，螺旋式温包比较适合于某空间的温度测量，棒式温包则用于容器或管道的温度测量。WTQK 型温度控制器结构见图 2-11。

WTQK 型温度控制器的工作原理是，当被测温度升高时，温包及波纹管内压力也升高，这时顶杆的顶力大于主调弹簧力，顶杆上移，使微动开关动作；当温度下降到下限时，主弹簧推动顶杆下移，微动开关复位。

微动开关的动作，是由顶杆力和主调弹簧力比较的结果决定的。调节主旋钮改变主调弹簧力，就可以改变控制器微动开关动作时的温度值。该温度值可以从刻度窗口上读出来，它指示的是下限温度值。上限温度 = 下限温度 + 幅差。转动幅差调节盘螺母，可以改变幅差调节盘向上拨动微动开关传动杆的行程，从而改变幅差的大小。幅差调节盘螺母上的 1~10 格，每格所对应幅差随所设定主刻度而异。一般来说，螺母上的数字大，所对应的幅差也大些，其值既可由实验确定，也可以查阅仪表使用说明书上的幅差对照图。

3. WTZK—12 型温度控制器

WTZK—12 型温度控制器工作原理与 WTQK 型温度控制器相同。温度控制范围为 80~160℃，可用于制冷压缩机的排气温度保护。调整调整旋钮，可在主刻度盘上指示出上限温度值。下限温度 = 上限温度 - 幅差。其幅差由开关差决定，固定为 8℃，且不可调。

常用的压力式温度控制器还有 MP 型、RT 型及 WJ 型等，选用时可参阅有关资料。值得注意的是，压力式温度控制器的幅差可调范围一般都在 1℃ 以上，选用时应考虑是否能满足控制精度的要求。

四、电阻式温度检测、调节仪表

电阻式温度检测、调节仪表是根据金属导体或半导体的电阻随其环境温度的变化而

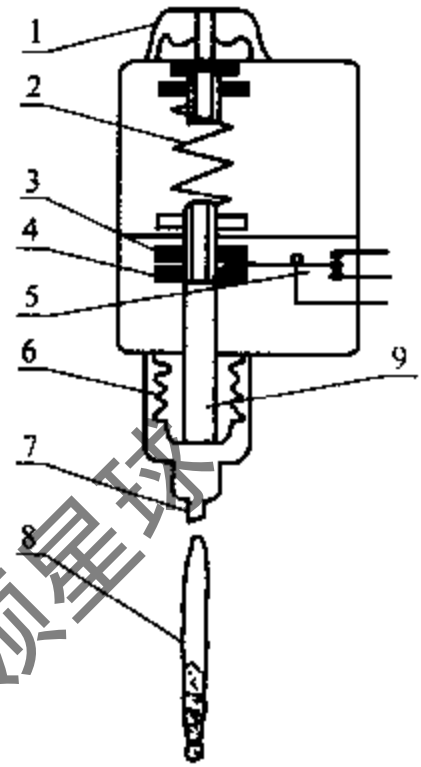


图 2-10 WTQK 型温度控制器调节机构示意图

- 1 - 主旋钮
- 2 - 主调弹簧
- 3 - 主心轴
- 4 - 幅差弹簧
- 5 - 微动开关
- 6 - 波纹管
- 7 - 毛细管
- 8 - 温包
- 9 - 顶杆

变化，并呈一定函数关系这一特性而制成的。电阻式温度检测、调节仪表由感温元件、测量桥路和显示调节仪表组成。它的精度高，能够进行远距离显示和调节，还能进行多点测量和自动记录等等。

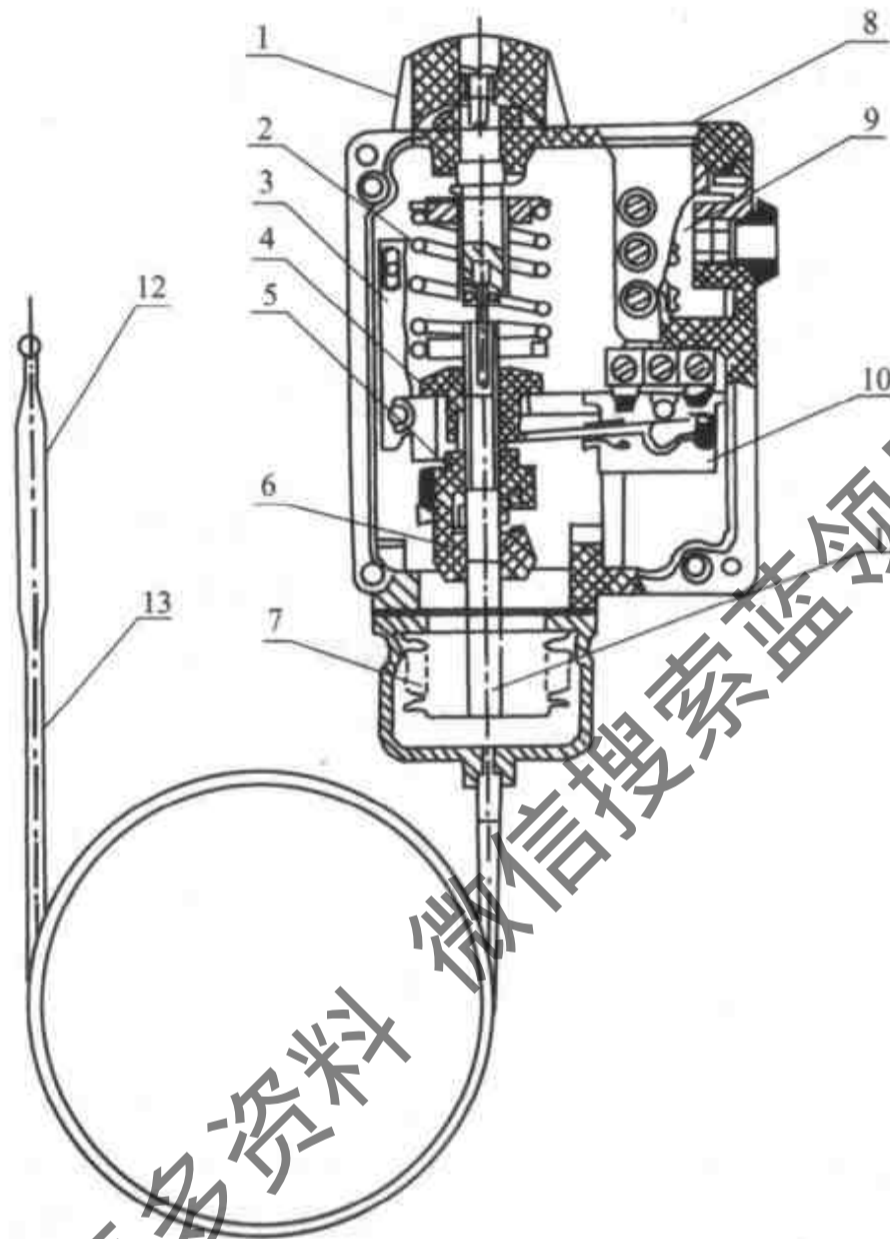


图 2-11 (a) WTQK 型温度控制器结构图

1-旋钮 2-弹簧 3-刻度板 4-调节套 5-幅差调节螺母 6-调节座 7-气箱 8-壳体
9-接线盒 10-微动开关 11-顶杆 12-棒形温包 13-毛细管

(一) 感温元件

感温元件也叫测量元件或温度传感器。电阻式温度检测、调节仪表的感温元件常用的有铂热电阻、铜热电阻和热敏电阻。

1. 铂热电阻

铂热电阻由感温元件、云母支架、绝缘套管、引出线、夹持片和保护管等主要部件组成。见图 2-12。感温元件 2 为直径 $\phi 0.03 \sim 0.07$ 毫米的纯铂丝，采用双绕法（以消除电感，也有利于引线）绕在锯齿形的云母制成的片形支架 3 上，铂丝绕组的出线端焊在银丝做成的引出线 1 上，引出线用瓷套管加以绝缘。为改善导热性能和防止机械损

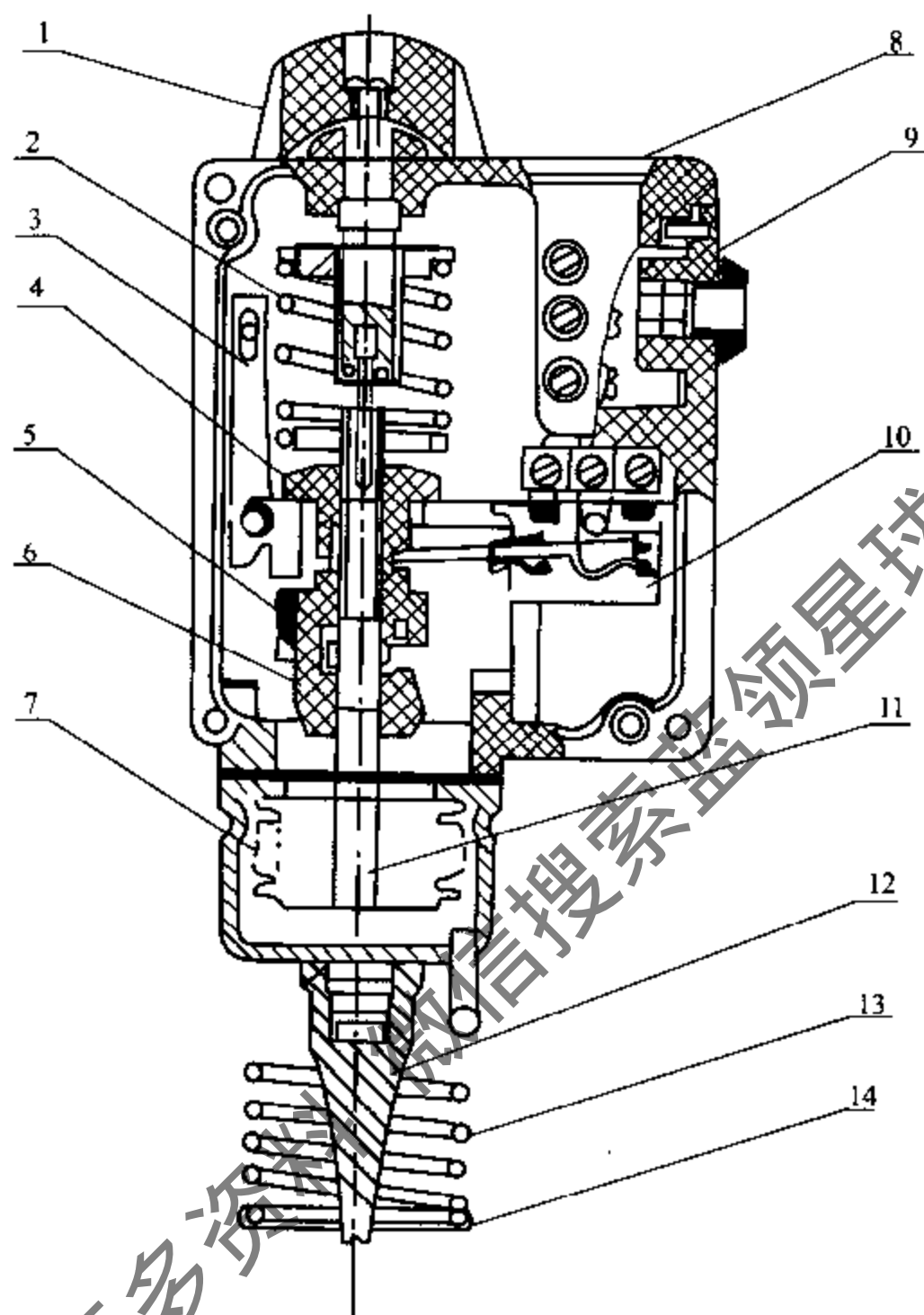


图 2-11 (b) WTQK 型温度控制器结构图

1 - 旋钮 2 - 弹簧 3 - 刻度板 4 - 调节套 5 - 幅差调节螺母 6 - 调节座 7 - 气箱 8 - 壳体
9 - 接线盒 10 - 微动开关 11 - 顶杆 12 - 支承座 13 - 螺旋管温包 14 - 护盖

伤，在元件两边用云母绝缘后装以弹性夹持片 5，并用铆钉铆牢，装于保护管中。

铂热电阻的电阻值与温度关系如下：

温度在 $-200 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围内

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C (t - 100) t^3] \quad (2-1)$$

温度在 $0 \sim 850^{\circ}\text{C}$ 范围内

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad (2-2)$$

式中： R_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时铂热电阻阻值；

R_0 ——温度为 0°C 时铂热电阻阻值；

t ——温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

- A——常数, $3.90802 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$;
- B——常数, $-5.80195 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}^2$;
- C——常数, $-4.27350 \times 10^{-12}/^{\circ}\text{C}^4$ 。

分度常数 B、C 的值比 A 要小得多, 可见, 铂热电阻与温度的关系基本上是非线性的。

如果用 R_0 和 R_{100} 分别表示 0°C 和 100°C 时的电阻值, 两者之比 $\frac{R_{100}}{R_0}$ 即为电阻比 W_{100} , 电阻比 W_{100} 表示热电阻丝材料的纯度。用 W_{100} 值大 (纯度高) 的金属丝制造热电阻, 其性能稳定, 复现性好。但 W_{100} 越大, 提纯工艺越复杂。我国的铂热电阻比 W_{100} 值在专业标准中已由 1.3910 改为 1.3850。见表 2-2。

铂热电阻的型号是根据 0°C 时的电阻值来区分的, 用分度号来表示。我国原生产的铂热电阻分度号为: BA_1 ($R_0 = 46.00\Omega$); BA_2 ($R_0 = 100.00\Omega$); BA_3 ($R_0 = 300.00\Omega$)。现采用国际电工委员会标准, 改用 Pt100 ($R_0 = 100.00\Omega$) 和 Pt10 ($R_0 = 10.00\Omega$)。铂热电阻的分度表见附录②。鉴于一些老产品仍在应用, 附录③列出了已被淘汰的铂热电阻分度表。另外, 国际上还有 Pt300 ($R_0 = 300.00\Omega$)、Pt1000 ($R_0 = 1000.00\Omega$)、Pt2000 ($R_0 = 2000.00\Omega$)、Pt3000 ($R_0 = 3000.00\Omega$) 几种。

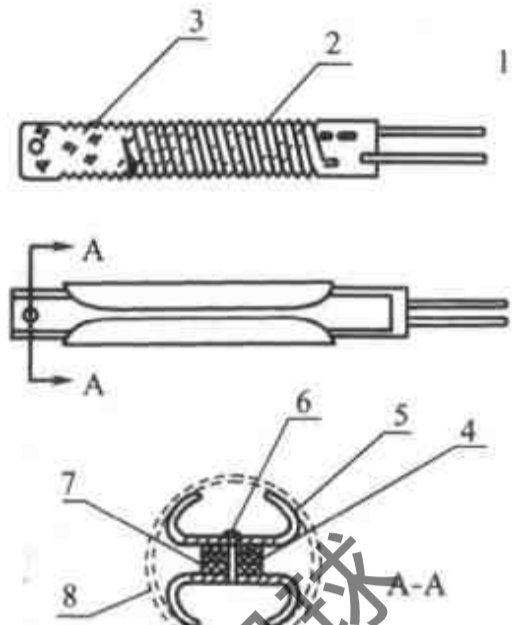


图 2-12 铂热电阻感温元件
1-引出线 2-铂丝 3-云母支架
4-元件 5-夹持片 6-铆钉
7-绝缘云母 8-保护管

表 2-2 热电阻的基本参数

名称	代号	分度号	温度测量范围 ($^{\circ}\text{C}$)	0 $^{\circ}\text{C}$ 时电阻值及其允差 (Ω)		电阻比 W_{100} 及其允差	
				A 级	B 级	A 级	B 级
铂热电阻	WZP	Pt10	$-200 \sim +850$	10 ± 0.006	10 ± 0.012	A 级	B 级
				100 ± 0.06	100 ± 0.12	1.3850 ± 0.0004	1.3850 ± 0.0010
		Pt100		50 ± 0.05	1.428 ± 0.002		
				100 ± 0.1			
铜热电阻	WZC	Cu50	$-50 \sim +150$	50 ± 0.05		1.428 ± 0.002	
		Cu100					

铂热电阻测温元件精度高, 性能可靠, 易于提纯, 稳定性好, 在工业测温及制冷、空调系统测温中得到广泛的应用。

2. 铜热电阻

铜热电阻是用 $\phi 0.13$ 毫米的漆包铜丝采用双绕法绕在棒形塑料骨架上, 然后将整个元件经过酚醛树脂浸渍处理。其结构见图 2-13。

铜热电阻的电阻值与温度的关系为:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (2-3)$$

式中： α ——铜的温度系数，约为 $4.25 \sim 4.28 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

由式 2-3 可见，铜热电阻的阻值与温度也是呈线性关系。

全国统一设计的铜热电阻的分度号为 Cu50 ($R_0 = 50.00\Omega$) 和 Cu100 ($R_0 = 100.00\Omega$)。其分度表见附录 1。

铜热电阻的缺点是精度不高，高温时易氧化，化学稳定性差，但价格便宜，因而广泛用于测量精度要求不高的场合。

3. 热敏电阻

热敏电阻是由半导体材料制成的，其测温范围广，灵敏度高，热惯性小，体积小，价格便宜。但是其温度特性为非线性（NTC 型，负温度系数、PTC，正温度系数）、并且稳定性和互换性较差，所以实际使用中应进行线性化处理。方法是将一个具有固定电阻值的电阻与热敏电阻并联，如图 2-14 所示，该固定电阻的阻值应等于该热敏电阻线性化温度范围中点处（温度为 t_1 ）相对应的电阻值。在高温时，半导体热敏电阻的阻值降低，并联后的总电阻接近该热敏电阻的电阻值。在低温时，半导体热敏电阻的电阻值增大，并联后的总电阻接近于外接的固定电阻值。在上述的两个极限之间，其特性是相当均匀的（即 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 之间）。但是，为了获得线性特性，从而牺牲了灵敏度的指标（灵敏度降低）。

4. 温度变送器

由于传感器转换的信号种类单一（一般为电阻信号）而且一般也较弱，故无法与数字控制器等先进仪表配套使用。因此需要将信号放大转换为标准信号（ $4 \sim 20\text{mA} \cdot \text{DC}$ 、 $0 \sim 5\text{V} \cdot \text{DC}$ 等），以便于被模拟仪表或 DDC 控制器接受。

将传感器输出信号变换为标准信号（电压、电流）的器件称为变送器。当然把温度传感器输出信号变为标准电压、电流信号的器件就称为温度变送器。为了使用方便，现在生产有带热电阻一体化的温度变送器，它由温度传感器与两线制温度变送器模块组成。显示型产品加有电流显示表。温度变送器模块及显示表可直接装在传感器的接线盒内或分别安装在现场管道上，从而使温度的传感、变送及显示一体化，通常以数字显示实测温度值。

变送器输出 $4 \sim 20\text{mA} \cdot \text{DC}$ 抗干扰能力强的信号，可与二次仪表配套使用，也可直接输入到 DDC 控制器等。

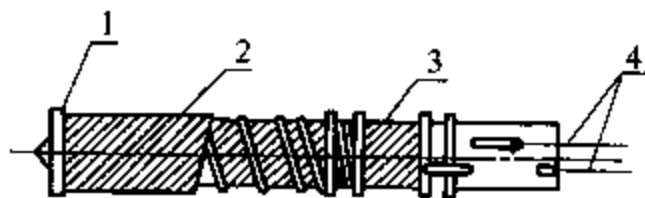


图 2-13 铜热电阻元件

1-线圈支架 2-铜热电阻丝
3-补偿绕组 4-铜导线

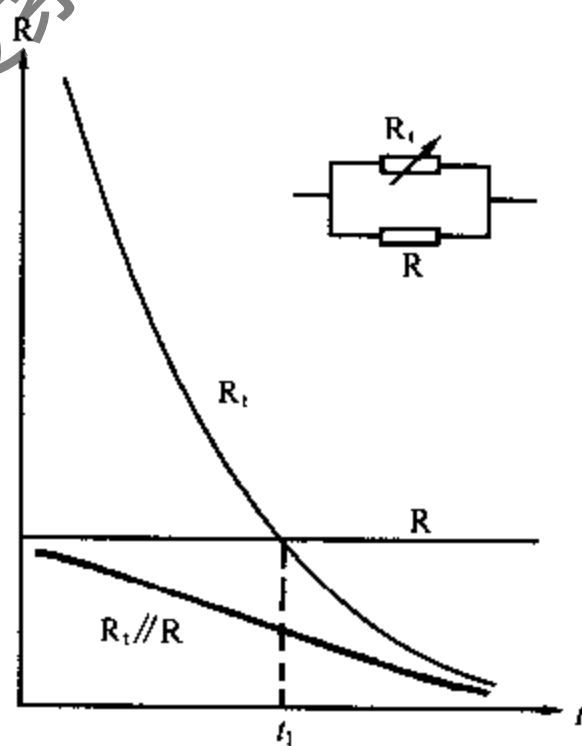


图 2-14 半导体热敏电阻线性化特性

温度变送器工作原理见图 2-15。

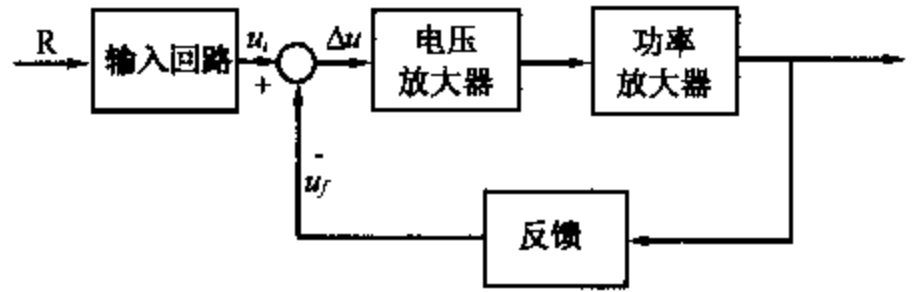


图 2-15 温度变送器框图

(二) 测量桥路

测温热电阻的阻值只是被测点温度的量度。要把测点温度指示出来，还必须有显示测量仪表（或称二次仪表）与之配套。在这些仪表中，用一定的桥路将热电阻阻值的变化检测出来，并对温度进行显示或调节。常用的测量桥路有平衡电桥和不平衡电桥。

1. 平衡电桥

图 2-16 是平衡电桥的原理图。图中 R_3 、 R_4 是标准固定电阻， R_2 是可变电阻， R_T 是热电阻，P 是检流计。根据电桥的平衡条件：

$$\frac{R_4}{R_T} = \frac{R_3}{R_2} \quad (2-4)$$

当四个桥臂电阻满足式 2-4 关系时，电桥平衡，检流计 P 中的电流 $I_p = 0$ 。由于 R_3 、 R_4 是标准固定电阻，在温度的测量范围内，对应于每一个温度下的 R_T 值， R_2 的滑动触点都有一个确定的位置使桥路平衡 ($I_p = 0$)。当被测温度变化时，热电阻 R_T 的值也随之发生变化，破坏了电桥的平衡条件，调整可变电阻 R_2 ，可使电桥重新达到平衡。如果在调整 R_2 的同时，带动相应的指针移动，就可以在温度刻度盘上指示出相应的温度值。

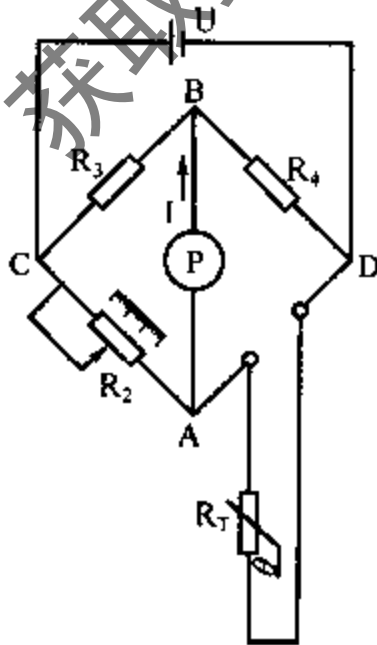


图 2-16 平衡电桥原理

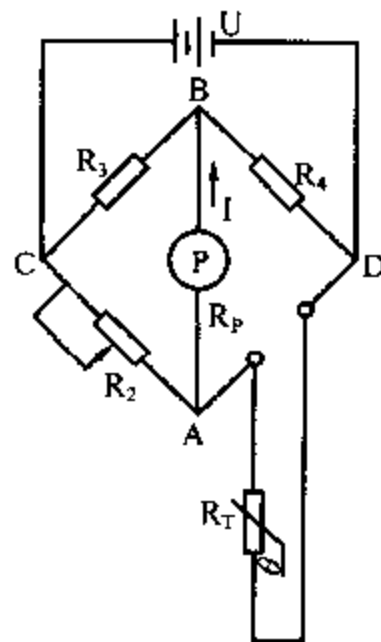


图 2-17 不平衡电桥原理

平衡电桥的测量精度较高，C、D两点的电压变化对测量精度无影响。但测量时需经常移动滑动可变电阻 R_2 的滑动触点，使电桥重新平衡。

2. 不平衡电桥

图 2-17 是不平衡电桥的原理图。图中的 R_2 、 R_3 、 R_4 都是标准固定电阻， R_p 是检流计内阻。当被测温度变化时，热电阻 R_T 的阻值也要发生变化，电桥的平衡被破坏，检流计中的电流不再为零。温度变化越大，电桥的不平衡越严重，检流计中的电流就越大，指针偏转也越大。根据检流计指针偏转角度的大小，可以在温度刻度盘上直接读出温度值。

不平衡电桥虽然不需要经常调整可变电阻 R_2 ，但由图 2-17 可以看出，由于工作时检流计支路 R_p 中有电流流过，使得电路成为一个复杂网络。检流计中电流 I_p 的大小，不仅与 R_T 有关，而且还与 C、D 两点的电压 U_{CD} 有关。要使检流计电流 I_p 只是 R_T 的函数，就必须使 U_{CD} 保持不变。所以，采用不平衡电桥做测温桥路时，电源应配备稳压装置。

3. 热电阻的三线制接法

在生产实际中，热电阻 R_T 要装在测温现场， R_2 、 R_3 、 R_4 电阻及显示调节仪表装在控制室，所以，将热电阻接入桥路的导线在生产条件下可能很长，因而其电阻也不可忽略不计。为了避免导线长度不同而引起电阻不同，一般规定，生产厂按每根导线 5 欧姆设计。当实际使用中连接导线电阻不足 5 欧姆时，应串调整电阻使之达到 5 欧姆。另外，连接导线沿途的温度条件发生变化时，连接导线电阻也要发生变化，连接导线电阻的变化势必使测量产生相应的误差。见图 2-18。为了减小连接导线的温度变化而引起的附加温度误差，常常将热电阻采用三线制接法接入电桥。见图 2-19。

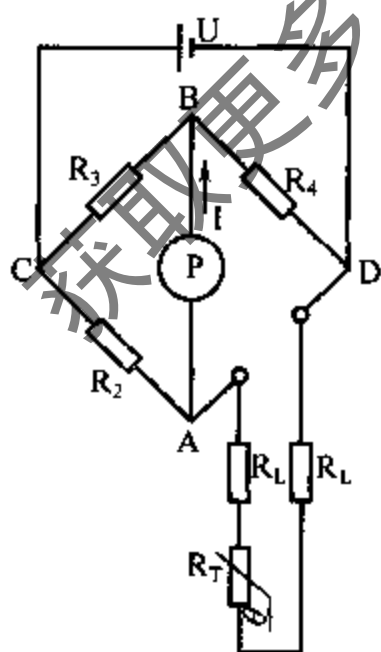


图 2-18 二线制接法

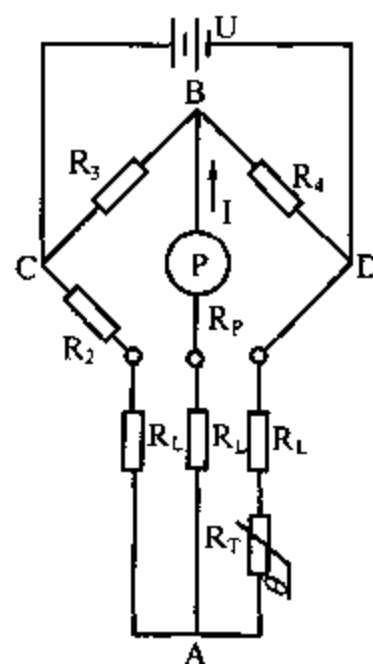


图 2-19 三线制接法

设每根导线电阻（连同其调整电阻在内）为 R_L ，在两线制接法中，A、D 之间的桥臂电阻为 $2R_L + R_T$ ， R_L 的变化，对测量精度影响较大，在三线制接法中，两个 R_L 分别串入 CA 和 AD 桥臂， R_L 变化的影响可以在很大程度上被排除掉，使测量误差减小。尽

管 R_L 电阻也串接在检流计支路中，它的阻值变化对检流计电流 I_p 仍有影响，但较之二线制接法来说，还是优越得多。

(三) 常用温度检测、调节仪表

1. XCZ—102 型动圈式温度指示仪

XCZ—102 型动圈式温度指示仪采用铂热电阻或铜热电阻做测温元件。可对 $-200 \sim +500^\circ\text{C}$ 范围内的各种工业对象中的气体、液体、蒸汽和烟气的温度进行远距离指示。

XCZ—102 型动圈式温度指示仪由不平衡电桥和动圈测量机构两部分组成。其原理见图 2-20。由于不平衡电桥对电源要求较高，仪表采用了两级稳压管稳压电源供电。

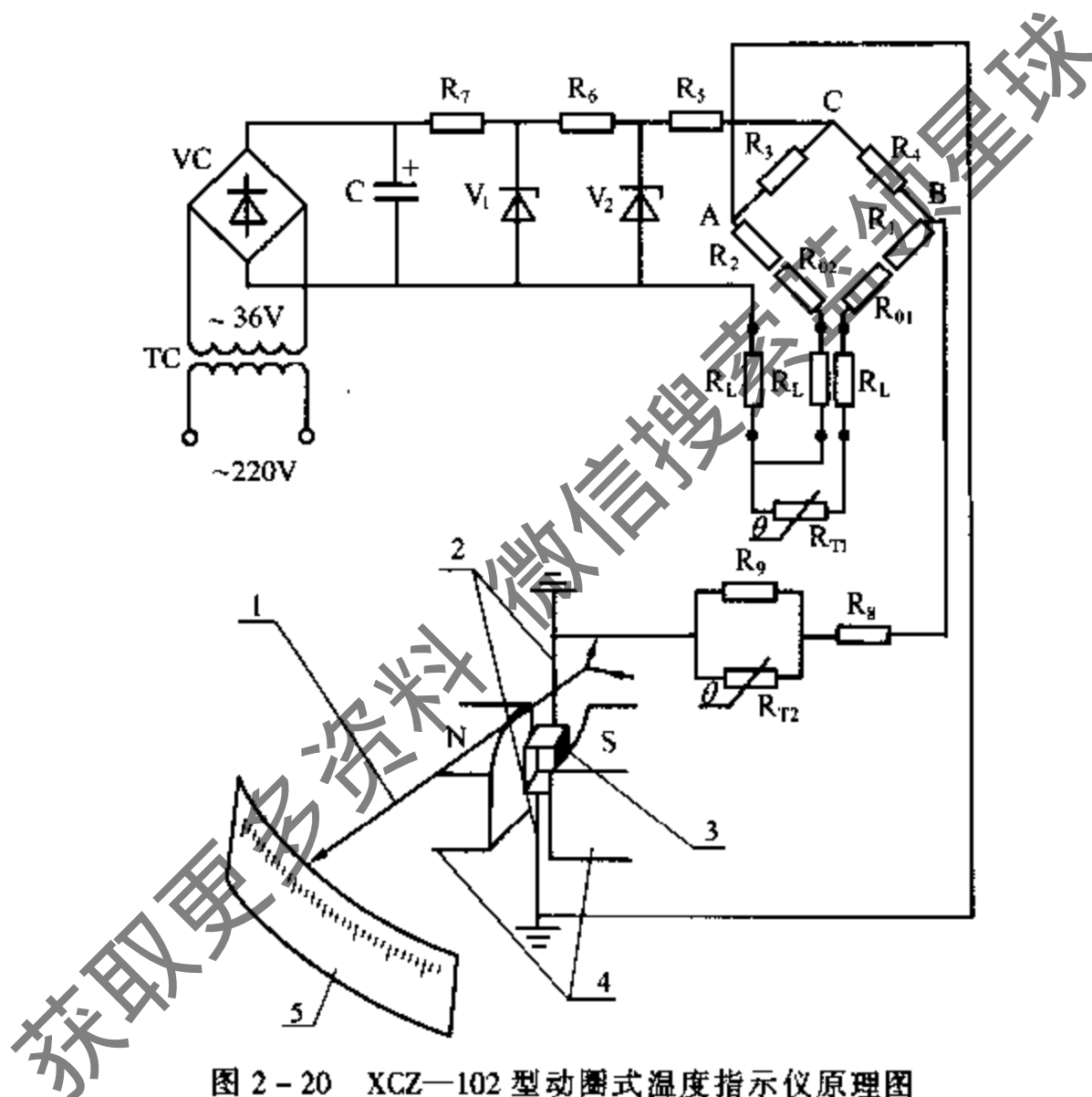


图 2-20 XCZ—102 型动圈式温度指示仪原理图

1—指针 2—张丝 3—动圈 4—磁钢 5—面板

R_{T1} —铂热电阻 R_{T2} —铂敏电阻

不平衡电桥由 R_3 、 R_4 、 $R_2 + R_{02} + R_L$ 、 $R_1 + R_{01} + R_L + R_{T1}$ 分别构成四个桥臂。热电阻 R_{T1} 采用三线制接法接入桥路。 R_L 为外接导线电阻， R_{01} 、 R_{02} 是调节仪表指针起点的电阻。当热电阻 R_{T1} 的阻值为仪表刻度起点所对应的阻值时，电桥平衡，电桥输出电压 U_{AB} 为零；当被测温度升高时， R_{T1} 增大，电桥的平衡遭破坏，产生一个毫伏级的电压由 AB 端输出到动圈测量机构。

动圈测量机构是一个磁电系表头。可动线圈处于磁钢形成的空间永久磁场中。当由不平衡电桥输出的毫伏级电压信号作用于动圈时，动圈中有电流流过，在永久磁场作用下，载流动圈发生转动。转动力矩的大小与动圈通过的电流成正比。同时，张丝随着动

圈的转动而扭转，产生的反力矩与动圈的转动力矩相平衡，此时动圈的位置和电桥的不平衡电压大小相对应。当面板直接刻划成温度刻度时，装在动圈上的指针就指示出相应的温度值。环境温度的变化对动圈的阻值也会有影响，温度升高动圈阻值增大。为此，在动圈支路接入一只热敏电阻 R_{T2} ，利用热敏电阻的阻值随温度升高而变小的特性进行补偿。电阻 R_9 可以补偿热敏电阻温度特性的非线性，提高热敏电阻的互换性和仪表刻度的线性化程度。电阻 R_8 是满刻度调整电阻，用于改变仪表量程和调整满刻度。

常用的动圈式温度指示调节仪表还有 XCT 系列和 XFT 系列。XCT 系列动圈式温度指示调节仪表是由动圈测量机构和调节部分组成，输出有双位调节、三位调节，还有时间比例调节和电流输出 PID 调节的。如果应用在振动场合，可选用 XFT 系列仪表，其性能与 XCT 系列基本一样。

2. TDW—12 型温度控制器

TDW—12 型温度控制器是无指示的温度控制仪表，能对被控制对象实现二位或三位（窄带）控制。仪表采用集成电路运算放大器，因而线路简单，工作可靠，体积小，精度高。适用于冷藏库、空调系统作温度控制。

TDW—12 型温度控制器由测温数字电桥、线性放大器、双稳开关电路和输出继电器等组成。其电路原理见图 2-21。

TDW—12 型温度控制器采用数字测温电桥，以热电阻做测量元件。热电阻由使用单位自行另配。在测量桥路中， R_1 、 R_2 、 R_3 为固定电阻， R_T 为热电阻，数字拨码开关 SA_1 、 SA_2 、 SA_3 控制一组和 R_4 并联的电阻，设并联后的总电阻为 R'_4 。根据电桥的平衡条件：

$$(R_T + 5\Omega)(R_3 + R'_4) = R_1(R_2 + 5\Omega)$$

当电桥平衡时，电桥的输出为零，此时，热电阻 R_T 所对应的温度即为给定值。拨动拨盘开关 SA_1 — SA_3 可以改变 R'_4 的值，即可以改变电桥平衡时热电阻 R_T 所对应的温度值，也就是说，改变了温度的给定值。温度的给定值可以从拨盘开关上直接读出来。

数字电桥的输出信号经过 R_{15} 、 C_1 、 R_{16} 、 C_2 两级 RC 滤波，滤去干扰信号，并经 V_1 、 V_2 二级管限幅后，同相输入集成电路运算放大器。同相输入，其输入阻抗较高，使仪表的工作稳定。经线性放大器放大的信号，送入由三极管 V_{11} 、 V_{12} 和 V_{13} 、 V_{14} 组成的两个双稳开关电路，带动输出继电器动作。 V_7 、 V_8 两个二级管用于温度补偿。

当被控温度等于给定值时，电桥平衡，输出为零，两个双稳开关电路都处于截止状态，继电器 K_1 、 K_2 均不吸合；当被控温度高于给定值时，电桥输出负信号，经运算放大器放大后，仍为负信号。当被控温度比给定温度高半个中间带的温度时，放大器输出的负信号使 V_{13} 导通，经 R_{27} 正反馈使 V_{13} 、 V_{14} 稳定导通，继电器 K_2 吸合；当被控温度低于给定值时，电桥输出信号为正，放大器的输出也为正信号。当被控温度低于给定值半个中间带温度时，放大器输出的正信号推动 V_{11} 导通，经过 R_{22} 正反馈使 V_{11} 、 V_{12} 稳定导通，继电器 K_1 吸合。

TDW—12 型温度控制器控制的幅差最小可达 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，适用于控制精度要求较高的场合。

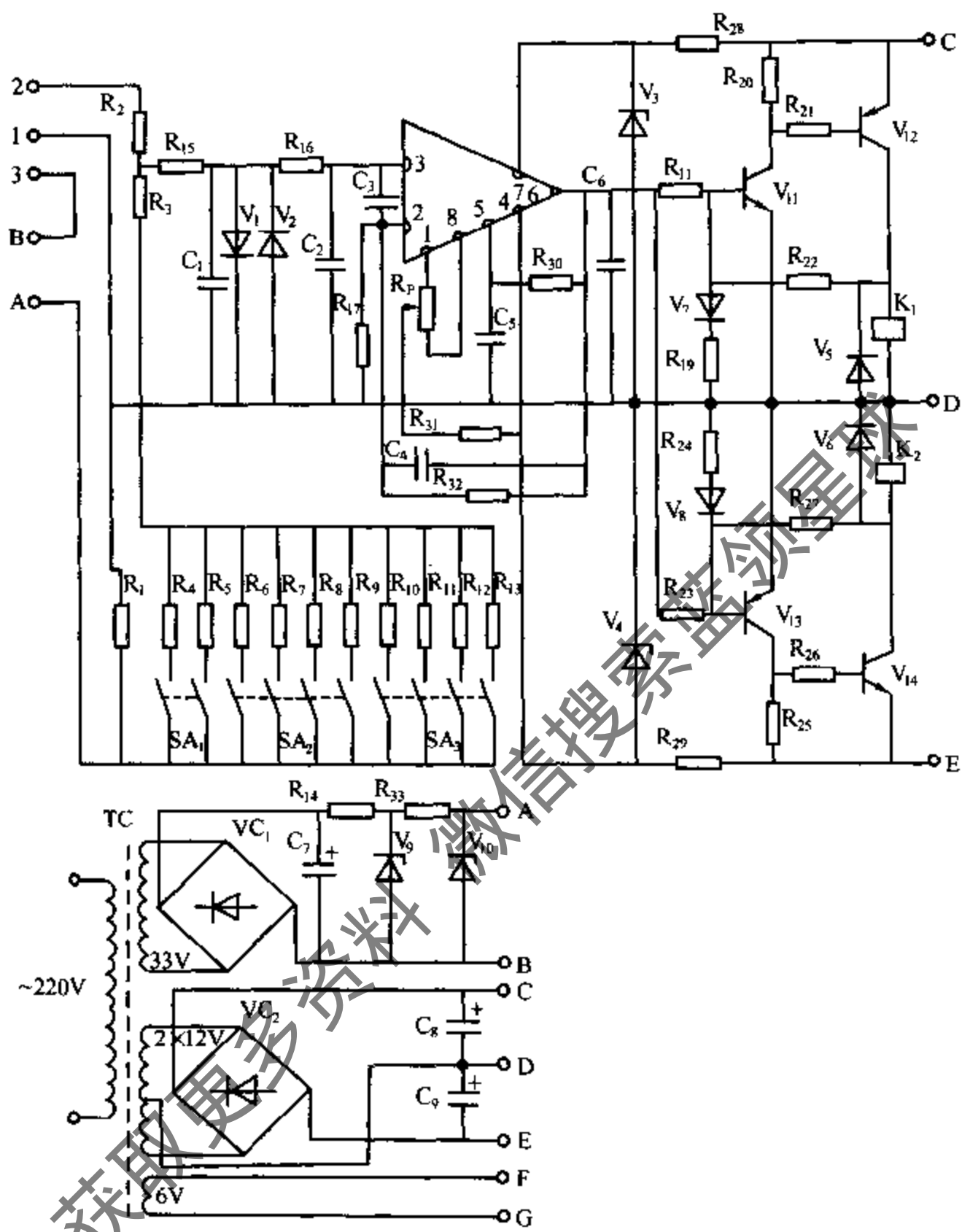


图 2-21 TDW-12 温度控制器电路原理图

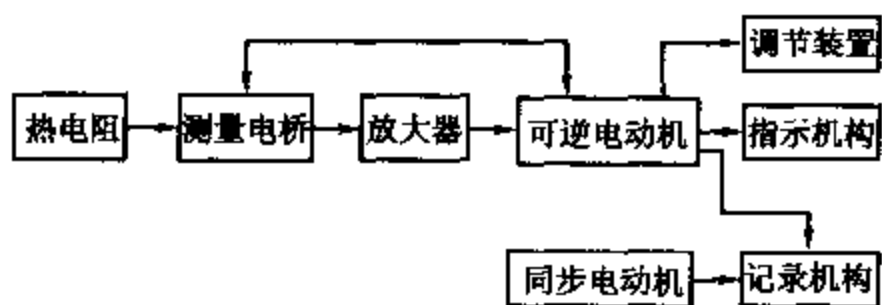


图 2-22 电子自动平衡式仪表方框图

3. XDD 系列小型自动平衡电桥记录调节仪

XDD 系列小型自动平衡电桥记录调节仪与热电阻或其他能产生电阻值变化的变送器配套使用,对温度或其他参数进行显示、记录、调节。原理方框图见图 2-22。

该仪表采用平衡电桥测温。当热电阻的阻值随温度变化后,电桥输出不平衡信号,经放大器放大后操纵可逆电动机。一方面带动滑动可变电阻移动,使电桥重新平衡,同时显示出温度数值。另一方面带动记录笔或调节机构。与此同时,同步电动机带动记录纸匀速卷动,记录笔便在记录纸上用曲线记下被测参数的大小。如仪表带有 PID 调节器,可对被测参数进行比例积分微分调节。仪表也可以附加定值电接点和电阻变送器,前者可对被测参数进行双位调节或报警,后者可发送变阻信号。

电子平衡式显示调节仪表的测量精度高,而且能自动显示记录。

4. E3000 系列电子式专用仪表

E3000 系列电子式空调专用仪表是引进美国江森 (JOHNSON) 公司技术的系列化、专业化、功能齐全由北京自动化仪表七厂生产的专用仪表。

它的主要特点是:有变送器功能,可以将半导体热敏电阻信号转换为 $0 \sim 10V \cdot DC$ 信号,此信号除参加调节作用外,尚可直接输出,供温度显示,记录仪记录或作为其他用途使用;最小信号选择,可以输出两台调节器的最小信号;调节器给定值的外部再调整。调节器有非线性调节规律和线性调节规律。还有应空气调节、节能和舒适感要求而设计的室外温度补偿式调节器和焓值调节器等。

(1) 室外温度补偿式调节器。这种调节器的给定值可以随室外温度而改变,放称为室外温度补偿式调节器。在夏季工况,室温设定值能自动地随着室外温度的上升,按一定比例关系而上升,以消除由于室内外温差大所产生的冷热冲击,即节约能量,又提高了舒适感;在冬季工况,当室外温度较低时,为了补偿建筑物(如窗、墙)冷辐射对人体的影响,室温设定值将自动地按一定比例随着室温的降低而适当提高;在过渡季节工况,补偿单元输出为零,室温设定值保持不变。

三位 PI 室外温度补偿调节器的原理如图 2-23 所示。它由变送单元、补偿单元、PI 运算单元、输出单元和设定值等五部分组成。室外温度传感器 R_{30} 经输入电桥将电阻信号转换为电压信号,再经放大器变换为标准信号 $0 \sim 10V \cdot DC$ 。此信号除参与运算外,还

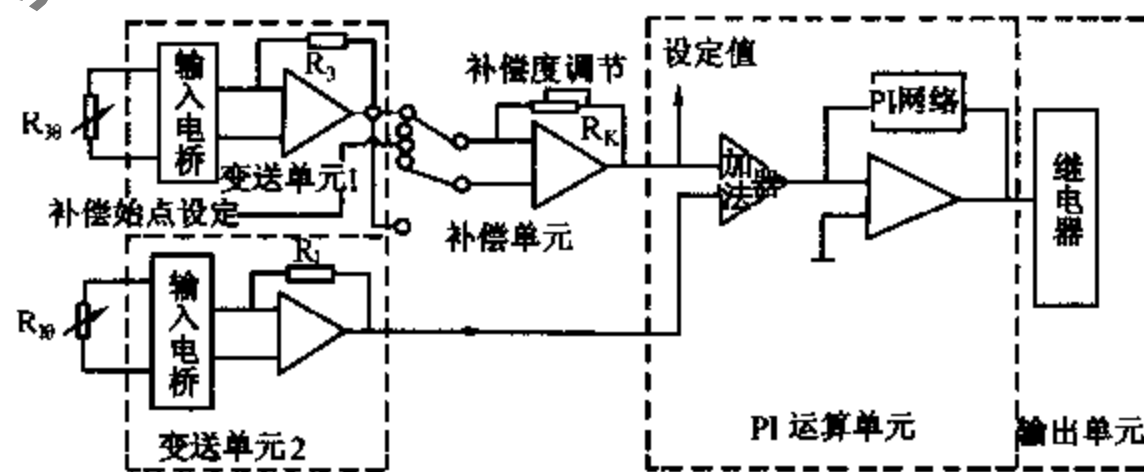


图 2-23 三位 PI 室外温度补偿调节器原理图

可以供显示、记录仪使用，也可以供其他需要室外信号的仪表使用。补偿单元接受室外温度变送器的 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ 信号与补偿起始点设定信号，改变补偿单元放大器的放大倍数，以获得所希望的补偿度。加法器将经变送单元 1 转换成 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ 标准信号的设定值与被调量比较，偏差信号输入 PI 单元，再经继电器转换成开关信号。

(2) 焓值调节器。在空调系统中，当采用回风时，可根据新风与回风焓值的比较来决定采用新风量的多少，以充分利用新风的自然能量，此时则可以采用焓值调节器来进行控制。

焓值调节器属于多参数输入仪表。它有 4 个输入信号：室内温、湿度，室外温、湿度。由于空气的焓值是空气的温度和相对湿度的函数，因此需将新风和回风的温度和相对湿度输入给调节器进行运算并加以比较。焓值调节器的原理见图 2-24 所示。变送单元将新、回风温度转变为 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ 信号，输入到焓比较器，新、回风相对湿度信号 ($0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$) 也送到焓比较器，进行焓值比较，再送入最小信号选择电路与选择信号进行比较，最后输出 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ 焓比较信号，调节合适的新风量。

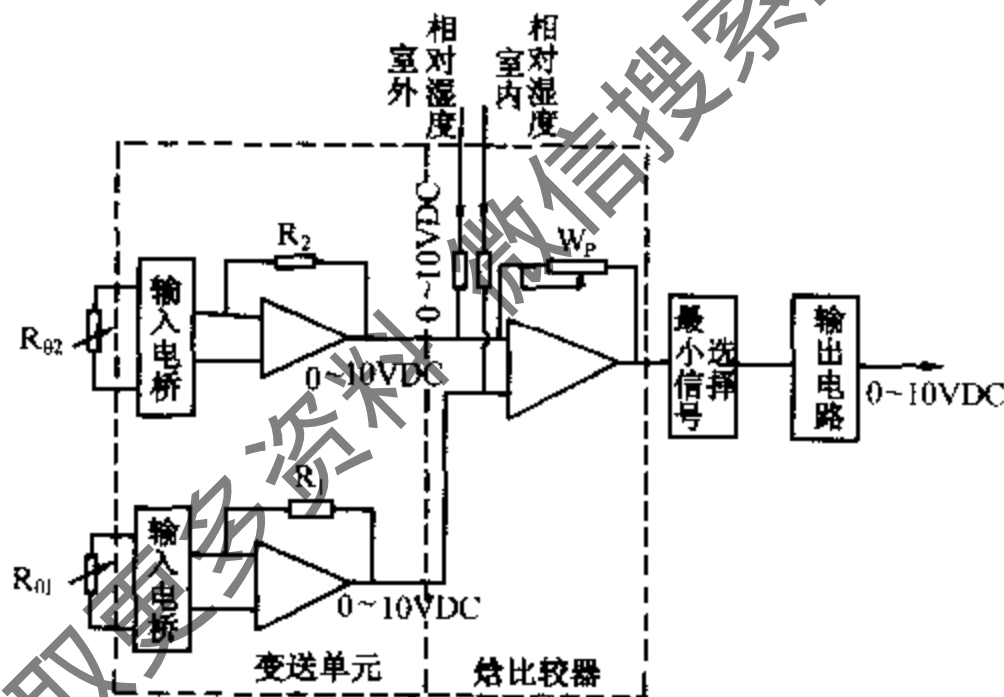


图 2-24 焓值调节器原理图

(3) 连续式串级调节器。连续式串级调节器的原理如图 2-25 所示。它由主变送单元、主调节器、副变送单元和副调节器等部分组成，汇集在一块功能模块上。主调节器的输出作为副调节器的设定信号，副调节器的输出控制执行器，串级调节器还有高低值限位和最小信号选择功能。

主调节器的 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ 输出进入高、低限位电路，与给定的低限值比较决定送风温度的最小值，与高限值比较限制送风温度的最高值。高低值限位电路的输出作为副调节器的设定信号，副调节器的输出进入最小信号选择电路，当在最小信号选择电路输入端有信号输入时，本调节器的输出为副调节器的输出与最小信号输入的信号两者中的最小值；当最小信号选择电路输入端无信号时，串级调节器的输出为副调节器

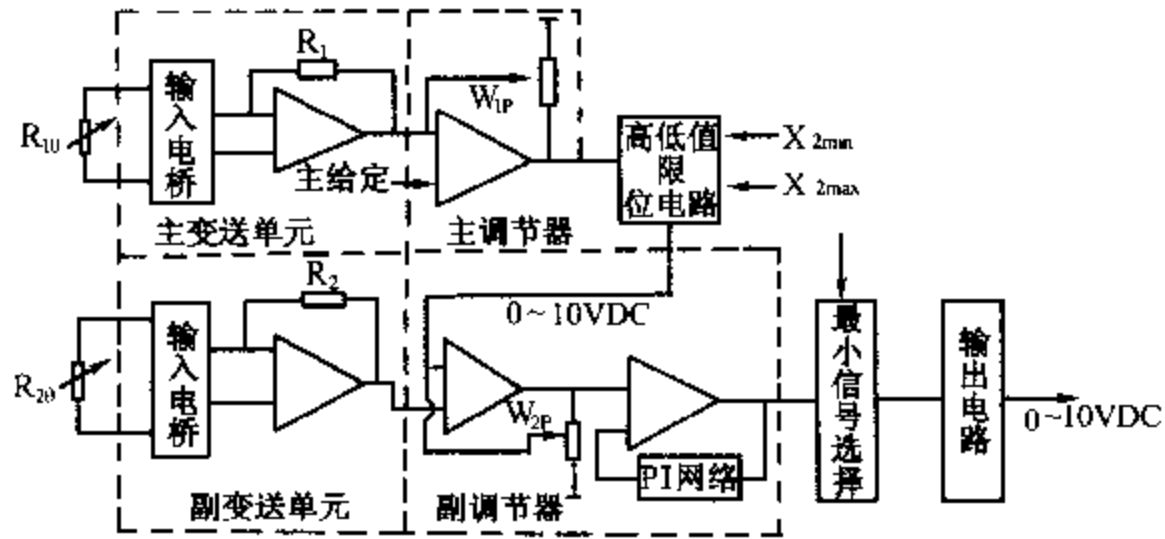


图 2-25 串级调节器原理图

的输出。

5. WSZ—3 型模件式温、湿度调节仪

该调节仪可以实现 8 路温度、湿度参数和 8 路设定值的巡测功能，8 路参数的自动控制以及上、下限报警功能。根据被测点的温、湿度参数可计算其热焓和含湿量，还可以计算并显示出露点温度和湿球温度；并且通过网络控制器，RS485 接口和上位机联网，可实现空调自控系统的图形显示，温、湿度数据记录等功能（一台上位机可和 32 台 WSZ—3 型调节仪通讯）。智能显示单元有 4 个开关量输入和输出，可实现报警，远方启停或根据新风焓差，调节新风比例，实现节能控制。

WSZ—3 型模件式温湿度调节仪各功能模件，智能巡测及供电单元的主要功能、技术指标及所配传感器见表 2-3。

WSZ—3 型温、湿度调节仪由 4 块温、湿度变送调节功能模件、智能巡测和供电单元组成。原理框图见图 2-26。

表 2-3 所列各种功能模件的功能各异，但其构成原理大致相同，都是由温、湿度变送器将输入的温度、湿度信号转换为 $0 \sim 10V \cdot DC$ 信号，再和设定电压相比较，其偏差经过带有不同功能的反馈网络的放大器放大之后，就可得到不同调节规律的输出信号，下面主要介绍常用调节模块的工作原理和特性。

(1) 变送模件及变送器。两路温度变送模件的原理框图见图 2-27，温、湿度变送模件的原理框图见图 2-28。

(2) 位式调节模件。位式调节模件可实现温度变送和位式调节，其原理框图见图 2-29。模件装有正作用和反作用选择开关，可用于季节工况转换以及温、湿度参数的位式调节和报警。

(3) 时间比例调节模件。时间比例调节模件调节规律为：当实际温、湿度和设定值的偏差在比例带范围内时，继电器的吸合率 ρ 和偏差成正比。当温（湿）度等于设定值时，继电器的吸合时间等于释放时间（ $\rho = 50\%$ ）周期为最短。当温度低于设定值时，继电器的吸合时间长于释放时间（周期也变长），当温度偏高时则相反。若温度超出比

表 2-3 WSZ-3 型功能模块式温湿度调节仪的主要功能和技术指标

分类	序号	名称及型号	敏感元件或输入	测量范围	主要功能和技术指标
变 送	1	GRM-22 两路铂热电阻变送模块	Pt100 铂热电阻	-10~40℃, 0~100℃等	变送输出 0~10V·DC, 精度 0.5 级
		GRM-26 两路热敏电阻变送模块	MF53-X 热敏电阻	0~40℃, 10~40℃等	变送输出 0~10V·DC, 精度 1 级
		GRM-29 温湿度变送模块	WSM6P, 8P	(0~100)%RH, 10~40℃	变送输出 0~10V·DC, 精度 1 级
		GRM-49 两路温湿度变送模块	WSM6P, 8P	同上	温、湿度各两路, 输入 0~10V(或 4~20mA)·DC, 精度 1 级
调 节	2	GTD-206 两路温度位式调节模块	MF53-X 热敏电阻	0~40℃等	位式调节不灵敏区: 0.2%~5%(满量程, 下同)可调
		GTD-200 位式调节模块	0~10V·DC2 路		
变 送	3	GTD-236 两路温度时间比例调节模块	MF53-X 热敏电阻	10~40℃	(1)比例带(2~10)%可调
		GTD-230 时间比例调节模块	0~10V·DC2 路		(2)零偏差周期 a. 20 秒(配可控硅) b. 40s(有长周期 2min 规格, 订货需注明)
调 节	4	GTD-246 两路温度位式 PID 调节模块	MF53-X 热敏电阻	19~21℃	(1)比例带(2~100)%
		GTD-240 位式 PID 调节模块	0~10V·DC2 路		(2)积分时间: 0.3~10min (3)微分时间: 0~1.5min (4)面板设有手、自动转换开关, 湿度旋钮可兼作手操旋钮 (5)周期: 20s(配可控硅), 或 40s(配接触器)
变 送	5	GTL-299 温湿度连续 PID 调节模块	温湿度传感器	10~40℃, 40%~90%RH	(1)调节模块输出: 0~10V·DC 或 0~10mA(负载 1kΩ)
		GTL-299 连续 PID 调节模块	MF53-X 热敏电阻	进口 FM 温度变送器(0~100)%RH, 10~40℃	(2)PID 参数同 4(1)~(4)
调 节	6	GTL-290 连续 PID 调节模块	0~10V·DC1 路		(1)上下限设定范围为全量程可调
			WSM-6P 湿敏元件 MF53-X 热敏电阻 0~10V·DC1 路	10~40℃, (30~90)%RH 0~40℃, 10~40℃	(2)不灵敏区: 0.2%~5%可调
变 送	7	GTD-156 三位 PI 温度调节模块(热敏电阻)	Pt100 铂热电阻	0~100℃	(1)中间带(5~10)%可调
		GTD-159 三位 PI 湿度调节模块	MF53-X 热敏电阻	10~40℃	(2)比例带:(0.5~200)% (执行器全行程时间 60s)
调 节	7	GTD-150 三位 PI 调节模块	WSM-6P 温湿度传感器 0~10V·DC2 路	(30~90)%RH, 10~40℃	(3)积分时间: 0.5~1.5min (4)有手、自动转换开关

续表

分类	序号	名称及型号	敏感元件或输入	测量范围	主要功能和技术指标
变送调节	8 特殊功能	GTD - B46 串级位式 PID 温度调节模块	主回路: LTNR 热敏电阻; 副回路: MF53 - X 热敏电阻	19 ~ 21℃ (10 ~ 30℃) 10 ~ 30℃	主调节回路(1)输入范围: 19 ~ 21℃ (或 10 ~ 30℃), 精度 1 级; 调节器输出: 0 ~ 10C·DC 改变副调节回路设定值; 主调节器 PID 参数和 GTL - 290 相同; 副调节回路(2)输入范围: 10 ~ 30℃ (或 10 ~ 40℃), 精度 1 级; 副调节器参数和 GTL - 246 相同
		GTL - C20 分程差值选择模块	两路 0 ~ 10V·DC 温湿度 PID 调节信号		将输入两路 0 ~ 10V PID 调节信号两分程后经高值选择单元, 分成三路输出信号各为 0 ~ 10V (或 0 ~ 10mA 或 4 ~ 20mA) 信号, 控制冷水、热水和加湿阀门的开启
显示	9	数字显示单元	16 路 0 ~ 10V·DC 信号		1. 巡测功能 (1) 设定: 8 路 (2) 测量: 8 路 (3) 显示方式 4 位, 精度 0.05%, 速度 4 秒/点; 2. 通讯接口: RS - 485 波特率 9.6KB; 3. 计算功能可算出焓值、含湿量、干球和湿球温度; 4. 特殊控制: 有开关量输入、输出各 4 路, 可用于远方启停、工况转换等
供电	10	供电单元	~ 220V ± 10% 消耗功率: ≤ 25W		输出电压: ± 15 (± 0.3)V·DC; 300A; ± 5V 供显示

注: 1. GRM - 22, GRM - 26 和 GRM - 29 三种变送器横件还有安装在控制柜内的盒式变送器(供电为 1V, 外形尺寸为 150 × 106 × 30mm)。其接线端子图见附录 3;
2. 位式 PID 调节模块周期系指调节器在 50% 输出时的周期;
3. 末位数为 0 的模块输入信号可为电压信号 0 ~ 10V·DC, 也可配 0 ~ 5V 或 4 ~ 20mA、0 ~ 10mA 等不同规格, 订货需注明。

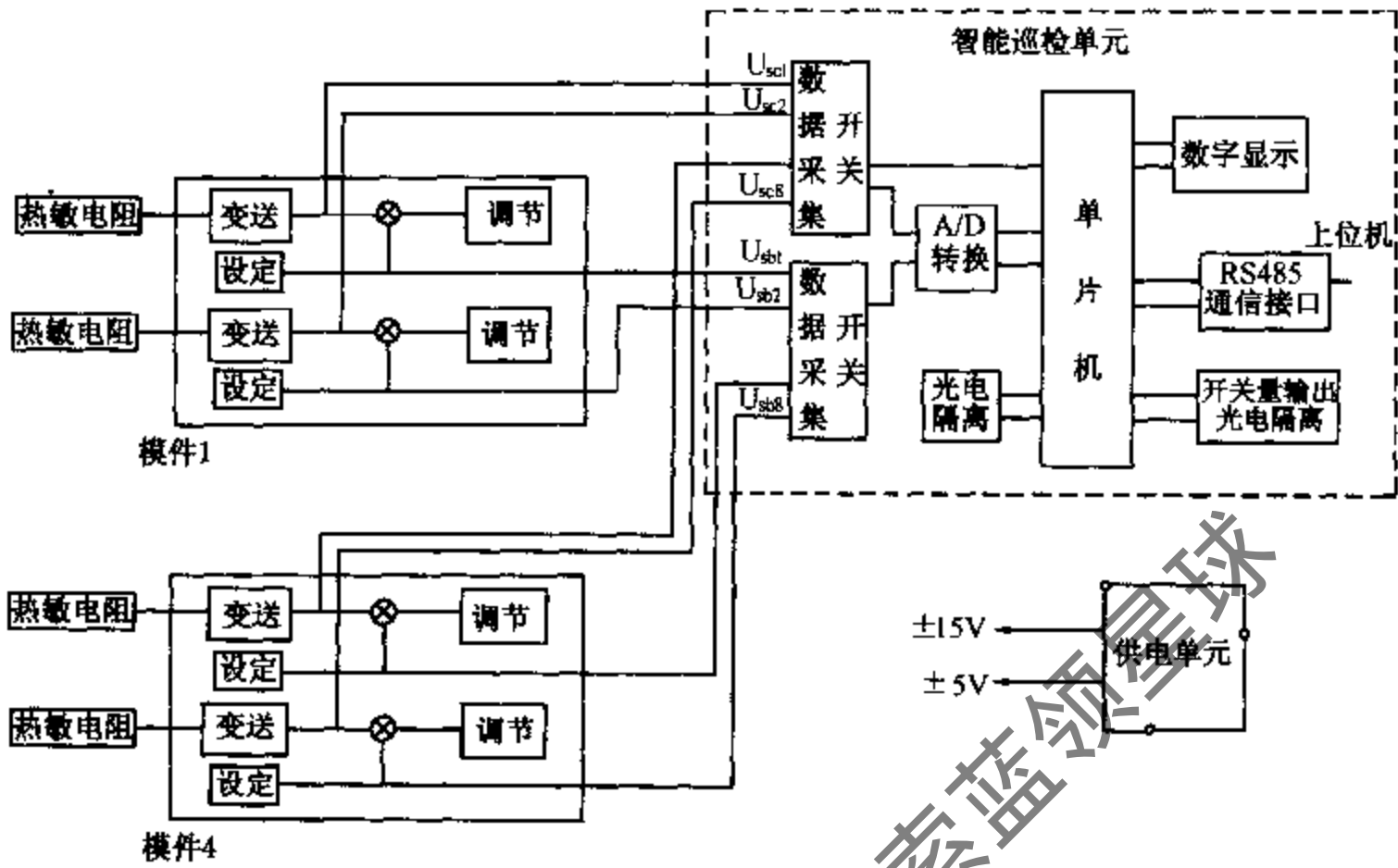


图 2-26 WSZ-3 型模块式温湿度调节仪原理框图

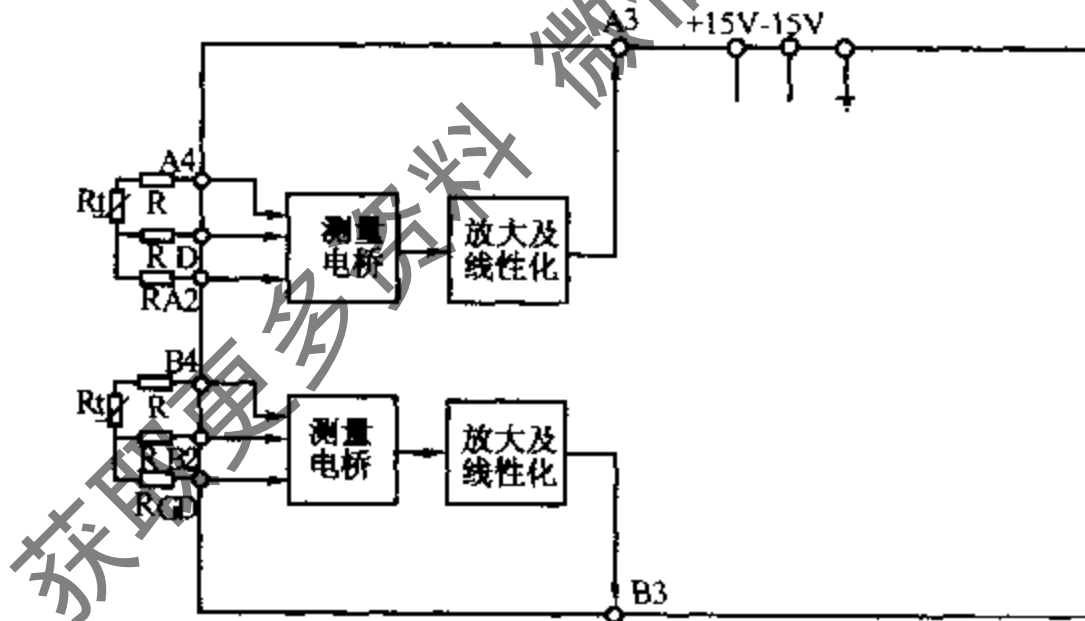


图 2-27 GRM-22 温度变送模块原理框图

例带范围外，温度低时则继电器长时间吸合，温度高则长时间释放。

时间比例调节模块可实现两路温度（或温、湿度）参数的时间比例调节。其原理框图见图 2-30。

调节器的比例带应根据系统允许的静态偏差加以整定。

比例带 \times 量程 $\div 2 \leq$ 静态偏差允许值。

(4) 位式 PID 调节模块。位式 PID 调节模块的调节规律为：位式 PID 调节器通过压控脉宽变换器将 PID 运算放大器输出的 0 ~ 10V·DC 信号电压转换为继电器的通断信号，

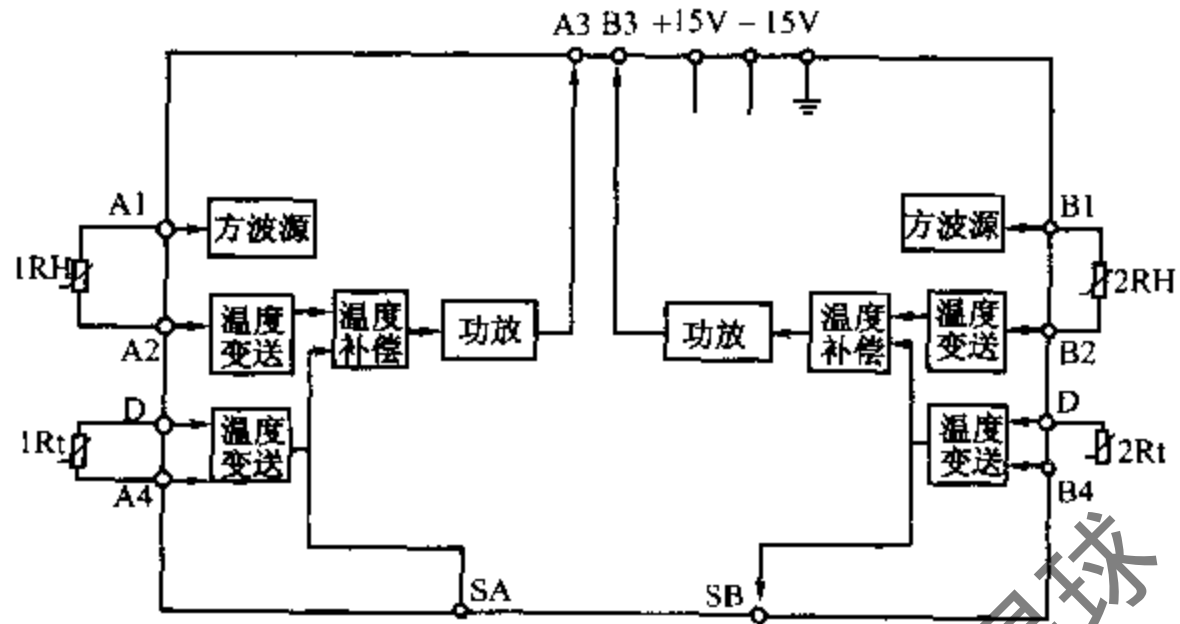


图 2-28 双温度湿度变送模块原理框图

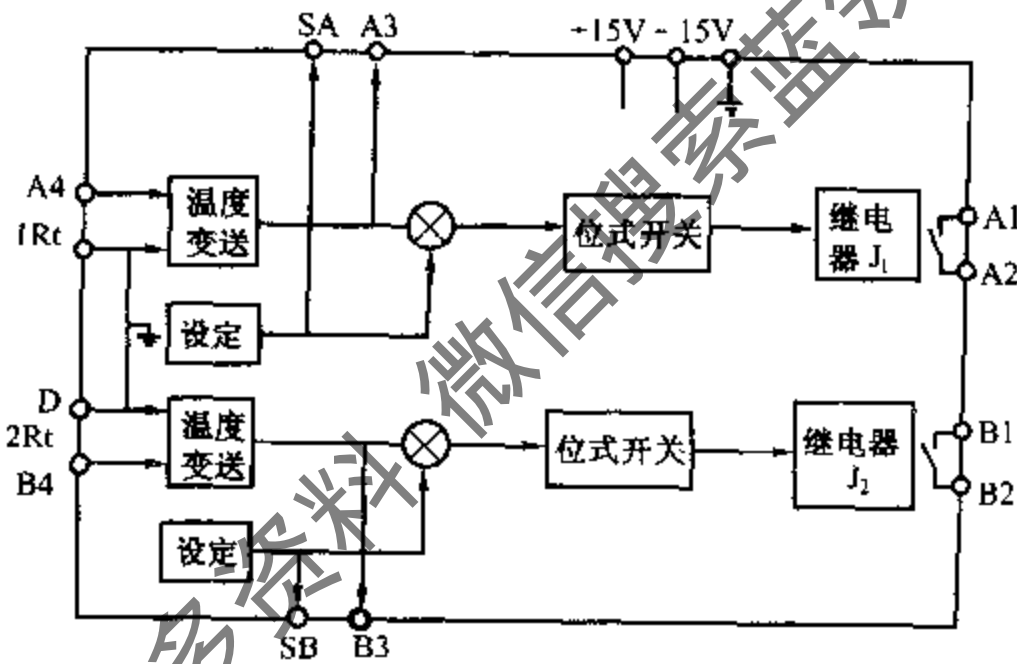


图 2-29 GTD-206 温度位式调节模块原理框图

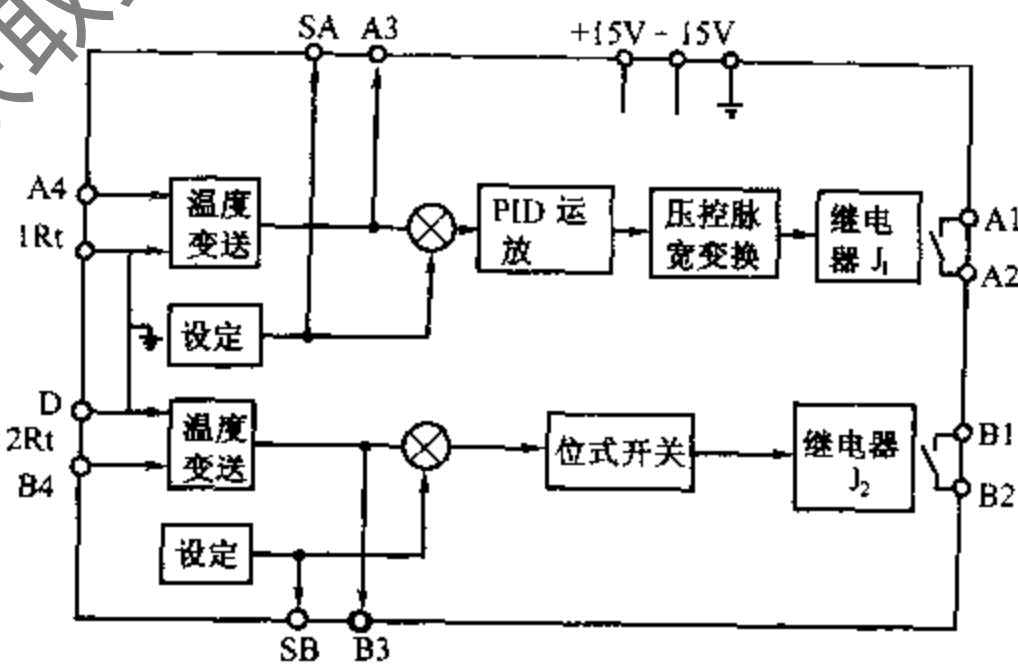


图 2-30 GTD-236 (246) 温度时间比例 (位式 PID) 调节模块原理框图

使得继电器的吸合率 ρ 与温度（湿度、静压）的偏差成比例、积分、微分的运算关系，继电器的吸合与释放周期也随着 ρ 值的变化而改变。当 $\rho = 50\%$ 时，继电器吸合、释放时间相等，周期最短；当 ρ 由 $50\% \rightarrow 0\%$ 或由 $50\% \rightarrow 100\%$ 时其吸合，释放周期由短变长。位式 PID 模件原理参见图 2-30。

(5) 连续输出 PID 调节模件。连续输出 PID 调节器输出的信号（电压或电流）和被控的温度（湿度、压力等）偏差有比例、积分、微分的运算关系。原理框图见图 2-31。

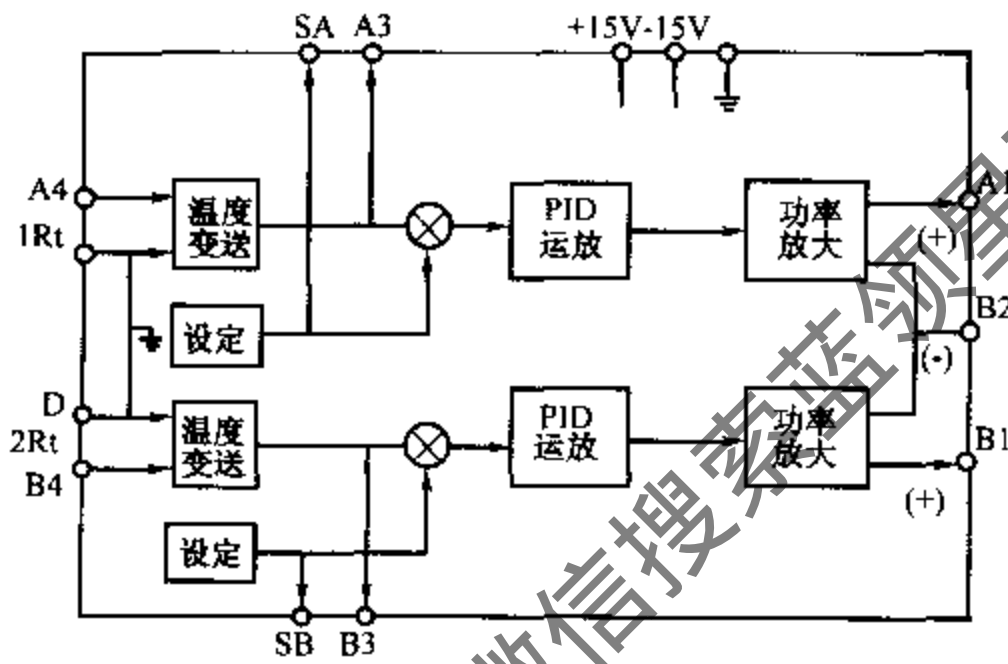


图 2-31 GTL-299 温湿度连续 PID 调节模件原理框图

(6) 三位 PI 调节模件。三位 PI 调节模件的调节规律为：当被控参数（温度、湿度、压差）和设定值的偏差在 $\pm \frac{1}{2}$ 带宽范围内变化时，继电器 J_1 、 J_2 均不吸合，执行器不动作。而当偏差高于 $+\frac{1}{2}$ 带宽（或低于 $-\frac{1}{2}$ 带宽）时，上限继电器 J_1 （或下限继电器 J_2 ）有规律地吸合或释放，以改变阀位的开度，使阀位开度和偏差有比例（P），积分（I）的运算关系。其原理框图见图 2-32。

调节器参数整定：PI 参数要根据系统的特性加以整定，带宽要根据系统允许的静态偏差进行整定，以达到：

$$\frac{\text{带宽}}{2} \times \text{量程} \leq \text{静态偏差}$$

(7) 串级调节模件。串级温度调节模件可实现两路温度的变送以及两路温度参数的串级（主回路为连续 PID，副回路为位式 PID）调节功能，可用于高精度恒温自控系统中。

调节模件的原理框图如图 2-33 所示。调节模件由两个调节回路组成：

主回路：它包括 1t 温度（室内温度）变送器和连续输出 PID 调节器。

副回路：它包括 2t（例如风管温度）变送器和位式 PID 调节器。

副调节回路的设定值由主调节回路 PID 调节器的输出信号（0-10V·DC）进行设定。

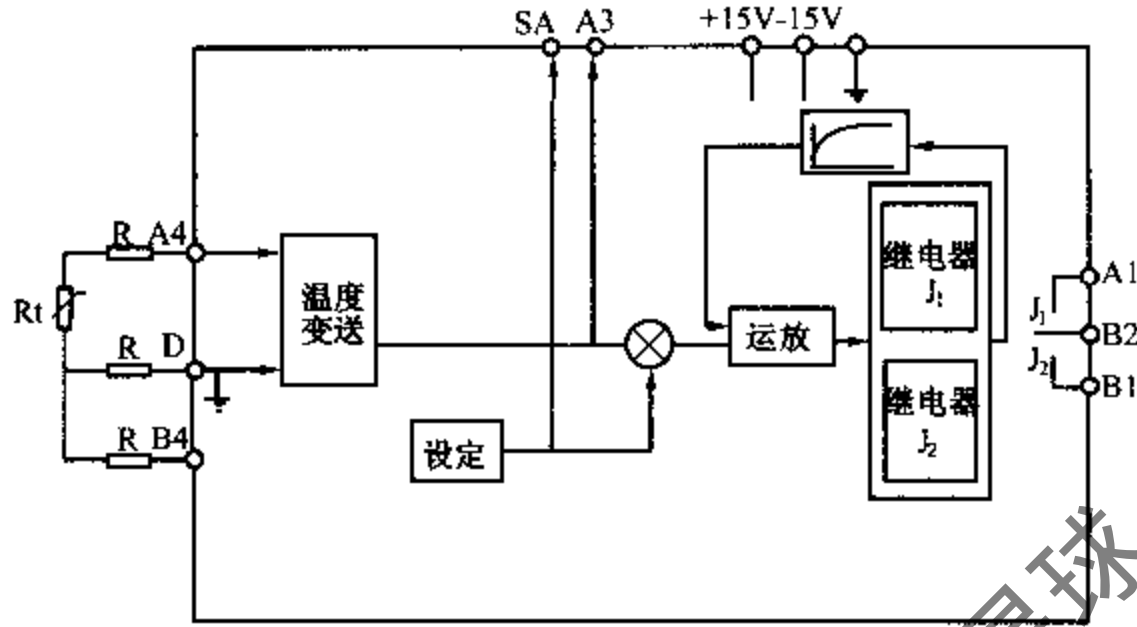


图 2-32 GTD-156 (2) 温度三位 PI 调节模块原理框图

当 t_1 (室温) 偏离给定值时, 主调节器按其偏差的 PID 运算规律改变 t_2 (风管温度) 设定值, 以维持 t_1 恒定; 当 t_2 变化时, 则副调节回路按 PID 运算规律维持 t_2 的恒定。

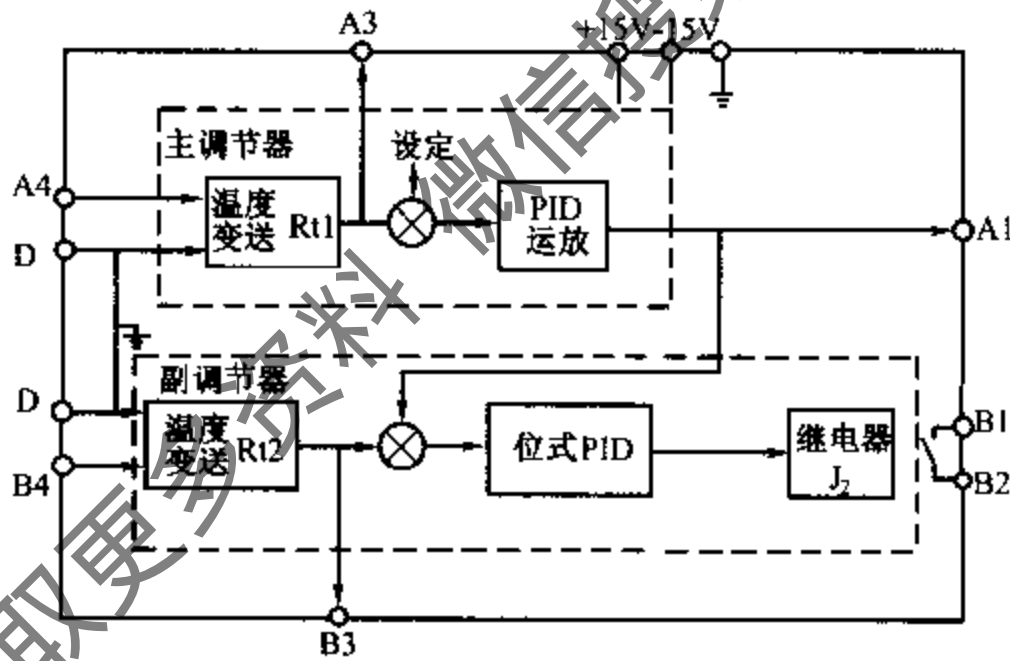


图 2-33 GTD-B46 串级温度调节模块原理框图

(8) 分程差选模块。GFL-C20 分程差选模块可将 GTL-299 温湿度 PID 调节模块输出的温湿度调节信号 ($0 \sim 10V \cdot DC$) 进行分程和差选 (高值选择), 其输出信号可分别控制冷水阀、加热阀、加湿阀等, 以实现温、湿度自控系统不同工况的自动转换和温、湿度参数的自动调节, 是一种先进的自控方案。其特点是既避免了冷热抵消, 节省能源, 又能获得较高的精度。在工业恒温恒湿自控系统中被广泛采用。模块的原理框图如图 2-34 所示。

分程器将 $0 \sim 10V \cdot DC$ 输入信号分为两个行程:

① 将 $0 \sim 5V \cdot DC$ 段转换为 $10 \sim 0V \cdot DC$ 反相输出信号, 它经功率放大后直接推动加热阀 (加湿阀) 动作。

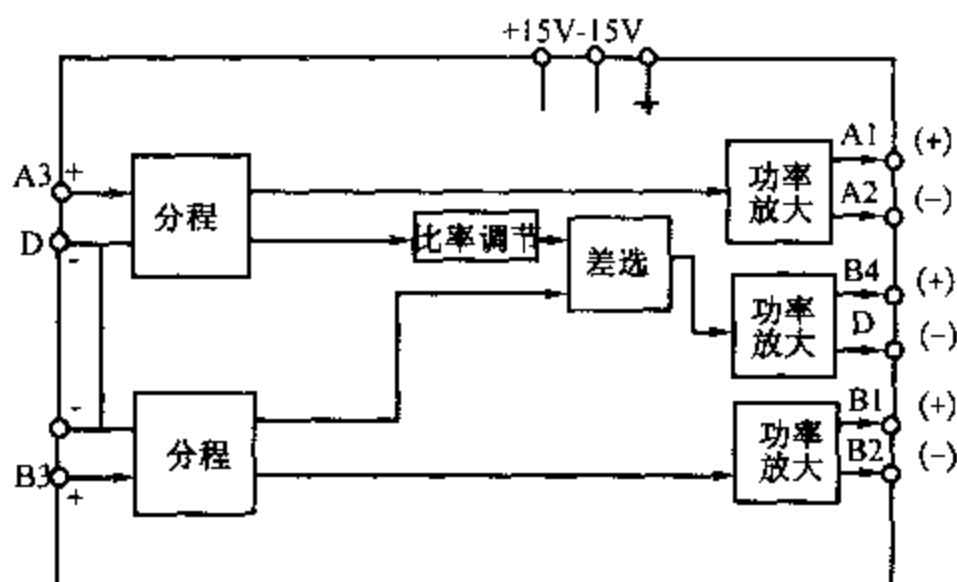


图 2-34 GFL-C20 分程选择模块原理框图

②将 $5 \sim 10\text{V}\cdot\text{DC}$ 段转换为 $0 \sim 10\text{V}\cdot\text{DC}$ 同相输出信号，送至高值选择器输入端。再由高值选择器将加于输入端的两路信号加以比较，其输出信号总是跟踪输入电平高的一路，再控制表冷阀。从而实现两个输入信号的高选控制功能，其分程特性见图 2-35 所示。

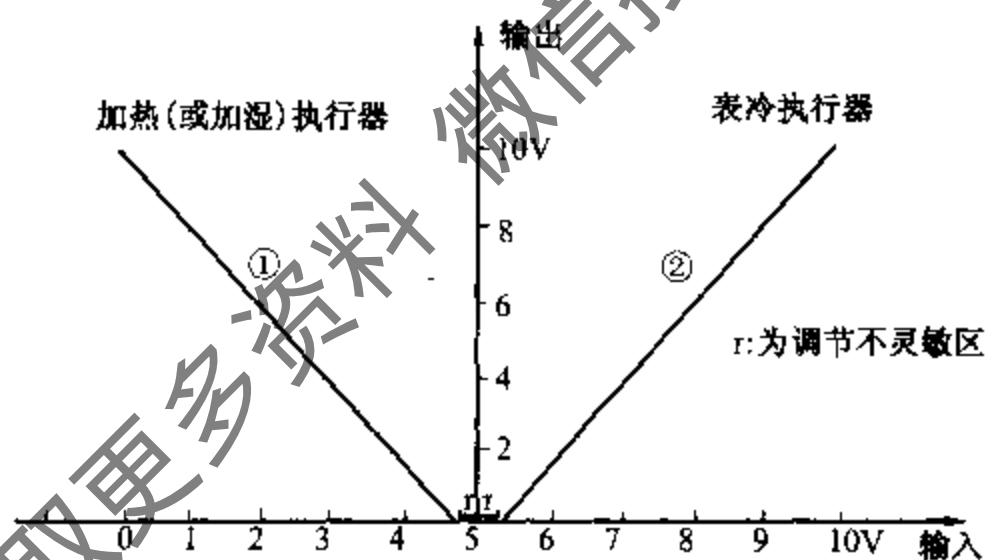


图 2-35 GFL-C20 模块分程特性

C20 模块下方有红色、绿色信号灯以显示表冷阀由哪一回路进行控制。当红色灯亮时表示差选器选中来自上路输入 (A3、D) 的信号 (例如相对湿度的 PID 调节器输出信号)。当绿灯亮时，则表示差选器选中来自下路输入的信号 (B3、D 的温度 PID 调节信号)。模块输出信号为 $0 \sim 10\text{V}\cdot\text{DC}$ (或 $0 \sim 2.5\text{V}\cdot\text{DC}$ 等) 也可为 $4 \sim 20\text{mA}\cdot\text{DC}$ 。

分程不灵敏区调节：当 PID 调节器的两个输入信号为 5V 时，分程差选模块输出的控制冷水阀、加热线、加湿阀的信号均为零。在这种情况下，自控系统不消耗冷、热源。在模块面板上设有两个不灵敏区调节电位器 (上方为湿度，下方为温度)，使用者可根据恒温、恒湿精度的不同来调节：

①当精度较高时 (温度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $\pm 3\% \text{RH}$)，将电位器逆时针旋到 1% 处。

②一般精度时（温度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $\pm 6\% \text{RH}$ ），将电位器逆时针旋到中间。

③低精度时（温度为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $\pm 15\% \text{RH}$ ），将电位器顺时针旋到 10% 处。

在应用中，还可根据对恒温恒湿精度要求的不同，将精度要求高的一路调节器输出接在 A3、D 端，另一路则接在 B3、D 端，以便对不重要的一路的分程信号加以衰减（50% ~ 100% 可调），以保证重要参数的优选控制。

(9) 智能巡检单元。本单元由双 8 路数据采集开关、A—D 转换、显示、单片机光电隔离的开关量输入、输出和 RS485 通讯接口等部分组成，其原理见图 2-26。面板图见图 2-36。

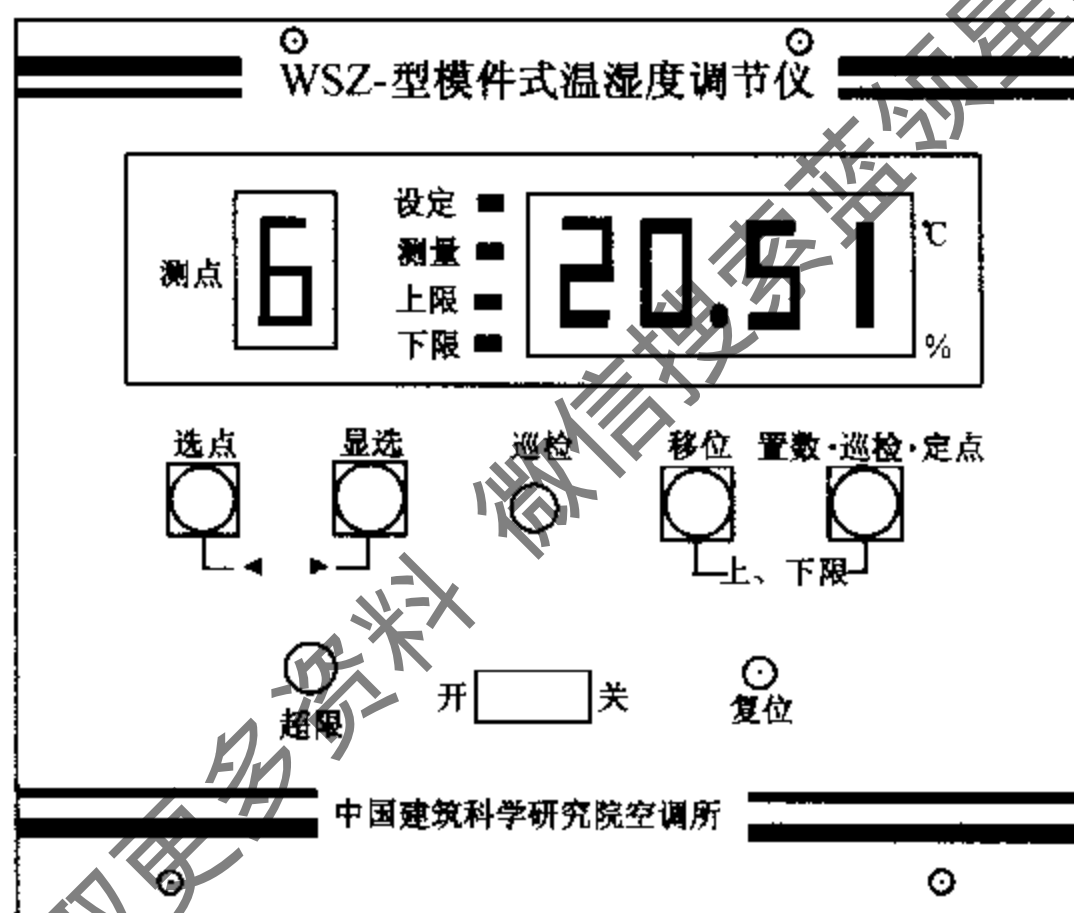


图 2-36 智能巡测单元面板图

通过“显选”键选择，实现 8 路设定值的自动巡回输入信号为 $0 \sim 10\text{V} \cdot \text{DC}$ ，还能实现 8 路测量值的自动巡回显示、上下限报警和自动控制设备的启停，还可以通过通讯接口与上位微机通讯。8 路参数的报警值可任意设定，并且通过“显选”键选择某一点的“设定”值、“测量”值和上下限报警值。

第三节 压力检测与调节仪表

在制冷与空调系统中，压力和温度之间有一定的对应关系，往往利用控制蒸发压力的方法来控制蒸发温度。另外，为了在生产中控制压力容器和制冷机器在一定的压力范

围内工作，也有必要对压力进行检测和控制。因此，压力也是制冷与空调系统中一个重要的测量参数。

一、常用的压力敏感元件

(一) 薄膜

薄膜的形状有平薄膜、波纹薄膜，见图 2-37 中 (a)、(b) 所示。材料可以采用金属、橡胶、塑料等，氨制冷系统多用不锈钢薄膜。薄膜的形状有方形和圆形，其边缘固定。当薄膜两面承受不同压力时，膜片中心将凸向压力较低的一面，凸起的中心输出一个位移信号，在检测 0.1MPa 以下的低压时，压力和薄膜中心位移成线性关系。

(二) 波纹管

波纹管是用金属片压制成交皱形圆柱状，如图 2-37 中 (c) 所示。其一端封闭成为底部并与传动机构相接触，另一端固定。当通入工作介质后，介质压力变化使波纹管伸长或缩短，从而输出位移信号。图 2-37 中 (e) 为压力差检测元件，传动杆将随两端压力差变化而移动。波纹管一般用在检测压力为 0~1MPa 的场合。

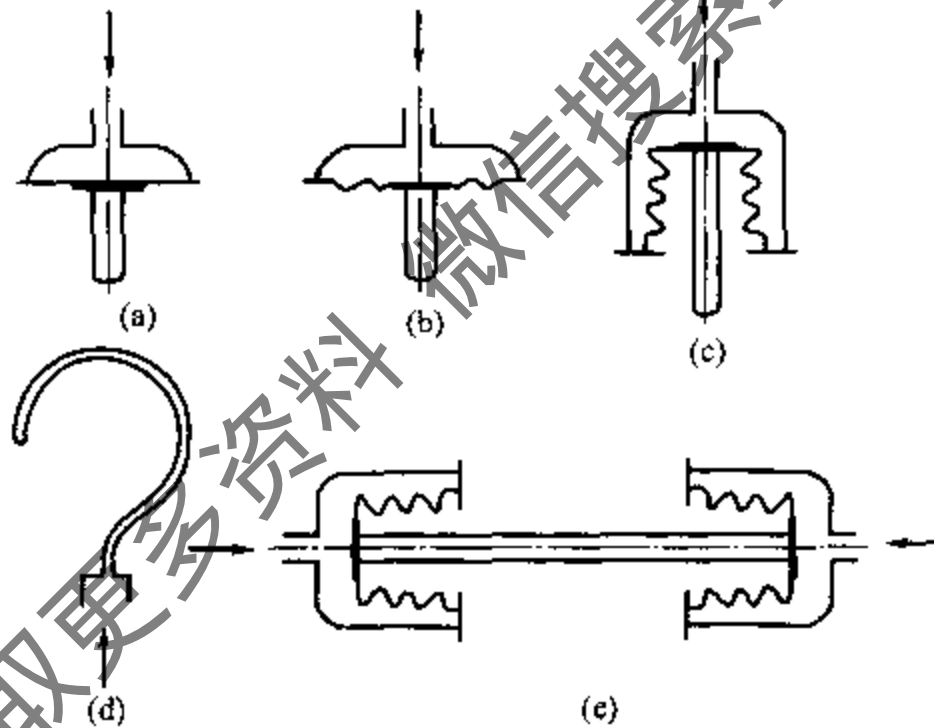


图 2-37 压力敏感元件

(三) 弹簧管

弹簧管是将一根截面为椭圆或扁圆形的管子弯成弧形，一端封闭成为自由端，另一端固定并通入被测压力。见图 2-37 中 (d)。当管内通入压力后，管子截面有变成圆形的趋势，弹簧管向外扩张变形，自由端产生偏转，输出角位移信号。弹簧管的测压范围很宽，可用于检测 0~100MPa 范围内的压力。

二、压力检测仪表

(一) 弹簧管压力表

当所测压力较大时，常常采用弹簧管压力表，其传动原理如图 2-38 所示。当被测压力由弹簧管接入，迫使弹簧管 1 的自由端 B 向右上方扩张，自由端 B 的弹性变形位移

通过连杆 2 使扇形齿轮 3 做逆时针偏转，带动中心齿轮 4 做顺时针偏转，与中心齿轮同轴的指针 5 也做顺时针偏转，从指针偏转角度大小可以显示被测压力的大小。

(二) 倾斜式微压计

由于空调系统的压力不高，特别是在测量系统流速、流量时，被测的动压值更小。为了提高测量灵敏度，可将单管液体压力计的细管根据需要倾斜放置，便成为一台倾斜式微压计。这时，在相同的液柱高度 h 下，斜管中的液位刻度 L 将增大。见图 2-39。

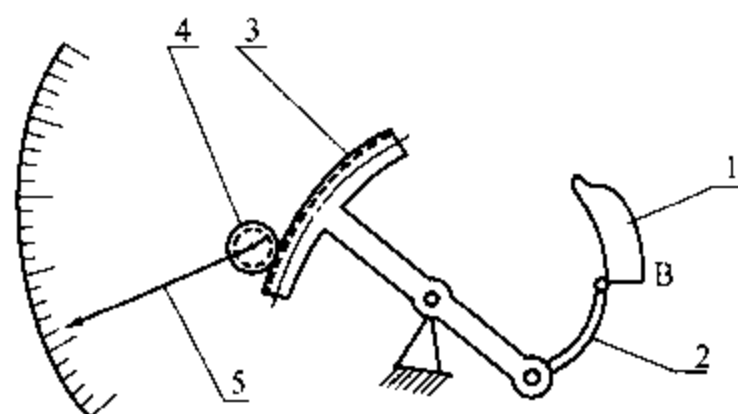


图 2-38 弹簧管压力表的传动原理
1- 弹簧管自由端 2- 连杆 3- 扇形齿轮
4- 中心齿轮 5- 指针

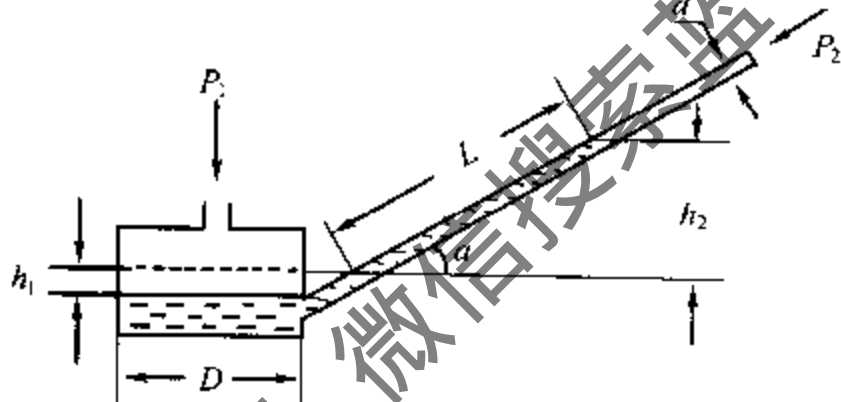


图 2-39 倾斜式微压计原理图

表示压差的液柱变化为 $h = h_1 + h_2$ ，斜管与水平面的倾斜角度为 α ，则

$$h_1 = L \frac{d^2}{D^2}$$

$$h_2 = L \sin \alpha$$

$$P_1 - P_2 = \rho g h$$

$$= \rho g (h_1 + h_2)$$

$$= \rho g L \left(\frac{d^2}{D^2} + \sin \alpha \right)$$

$$= KL$$

(2-5)

式中： ρ ——工作液体密度；

g ——重力加速度。

式中： $K = \rho g \left(\frac{d^2}{D^2} + \sin \alpha \right)$ 称为微压计常数。一般国内仪器在工作液使用 $\rho = 810 \text{ kg/m}^3$ 的酒精时，设计成各种 α 值，使 $K = 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8$ ，并直接标在仪器的弧形支架上，只要读出倾斜管中的示值 L ，再乘以相应的 K 值，就是所测量的压力差 $P_1 - P_2$ 。

(三) 皮托管

皮托管是与压力计配套使用的一种仪器，把它插入风管内，可将气流的静压、总压传递出来，并通过压力计指示出数值的大小。

皮托管是用一根内径为 3.5 毫米和另一根内径为 6~8 毫米的紫铜管同心套结在一起焊制而成，见图 2-40 所示。把内外两层管间形成的环形断面前端堵死，使其头部呈半球形。在离测头不远处的外管上有一圈小孔，为静压孔，它感受的静压通过内、外管间的空腔作为导管，通向静压引出接头。内管的一头与端部开口处（即总压感受孔）相连，另一端与总压引出接头相连。使用时可根据需要测量的参数（总压、静压、动压），将相应引出接头用导管与微压计联接（见图 2-41），这样就可以从微压计上读出所测定的压力值。

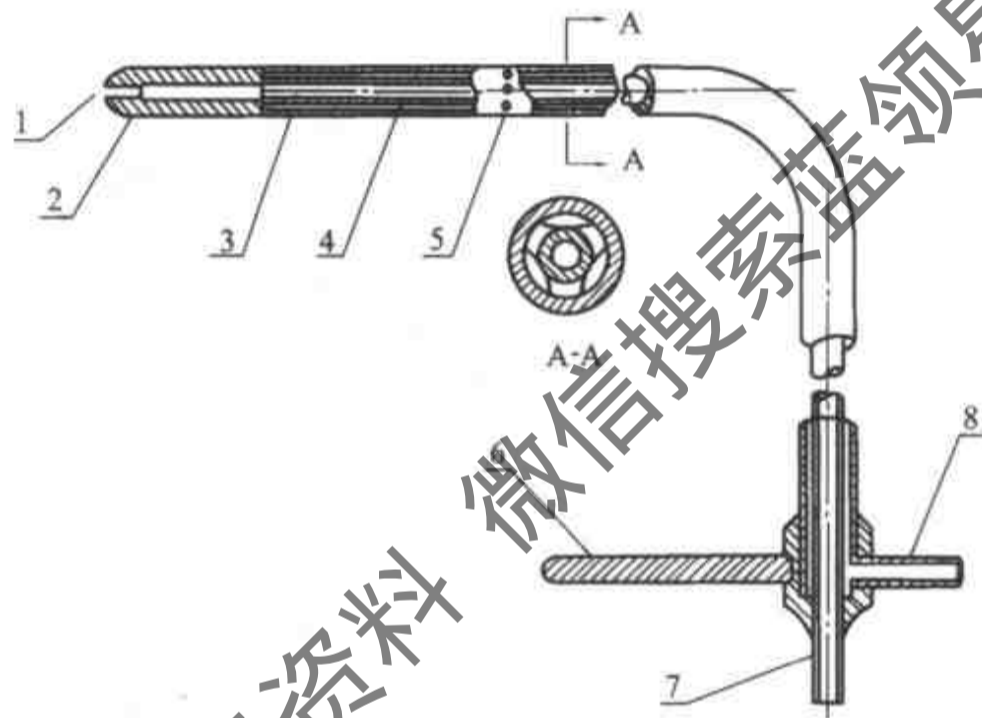


图 2-40 皮托管结构

1-总压感受孔 2-端部 3-外管 4-内管 5-静压感受孔
6-定向杆 7-总压引出接头 8-静压引出接头

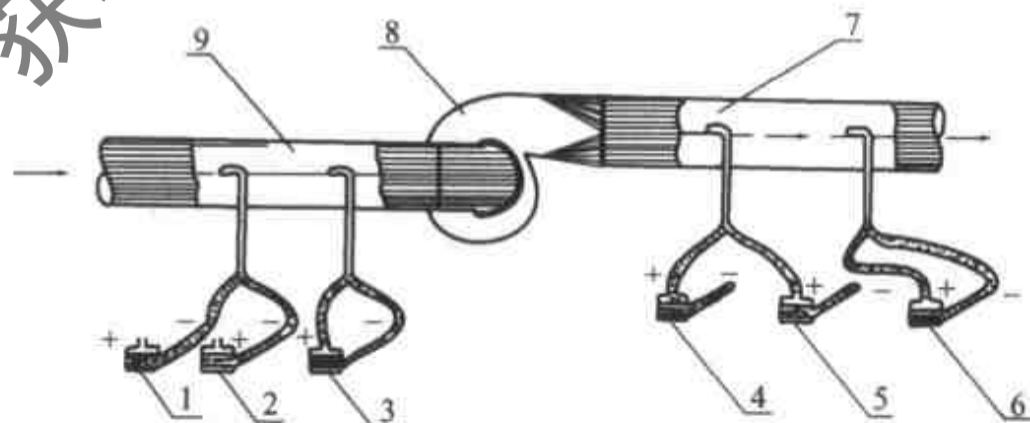


图 2-41 皮托管与微压计的连接方法

1-测吸入管段全压 2-测吸入管段静压 3-测吸入管段动压 4-测压出管段全压
5-测压出管段静压 6-测压出管段动压 7-压出管段 8-通风机 9-吸入管段

三、压力的调节与控制仪表

(一) 压力控制器

压力控制器又称压力继电器，是用压力控制的电路开关，主要用于制冷系统的压力调节和危险压力保护。压力控制器的基本原理与压力式温度控制器相似，只是没有感温包和毛细管，被测压力经导压管直接引到波纹管上。压力控制器按其所控制的压力可分为低压控制器、高压控制器和高低压控制器。

1. YWK—22 型压力控制器

YWK—22 型压力控制器是将高压过高保护和低压过低保护两部分合并装在一个壳体内，适用于制冷压缩机的排气压力过高和吸气压力过低保护，也叫高低压控制器。其结构见图 2-42 所示。

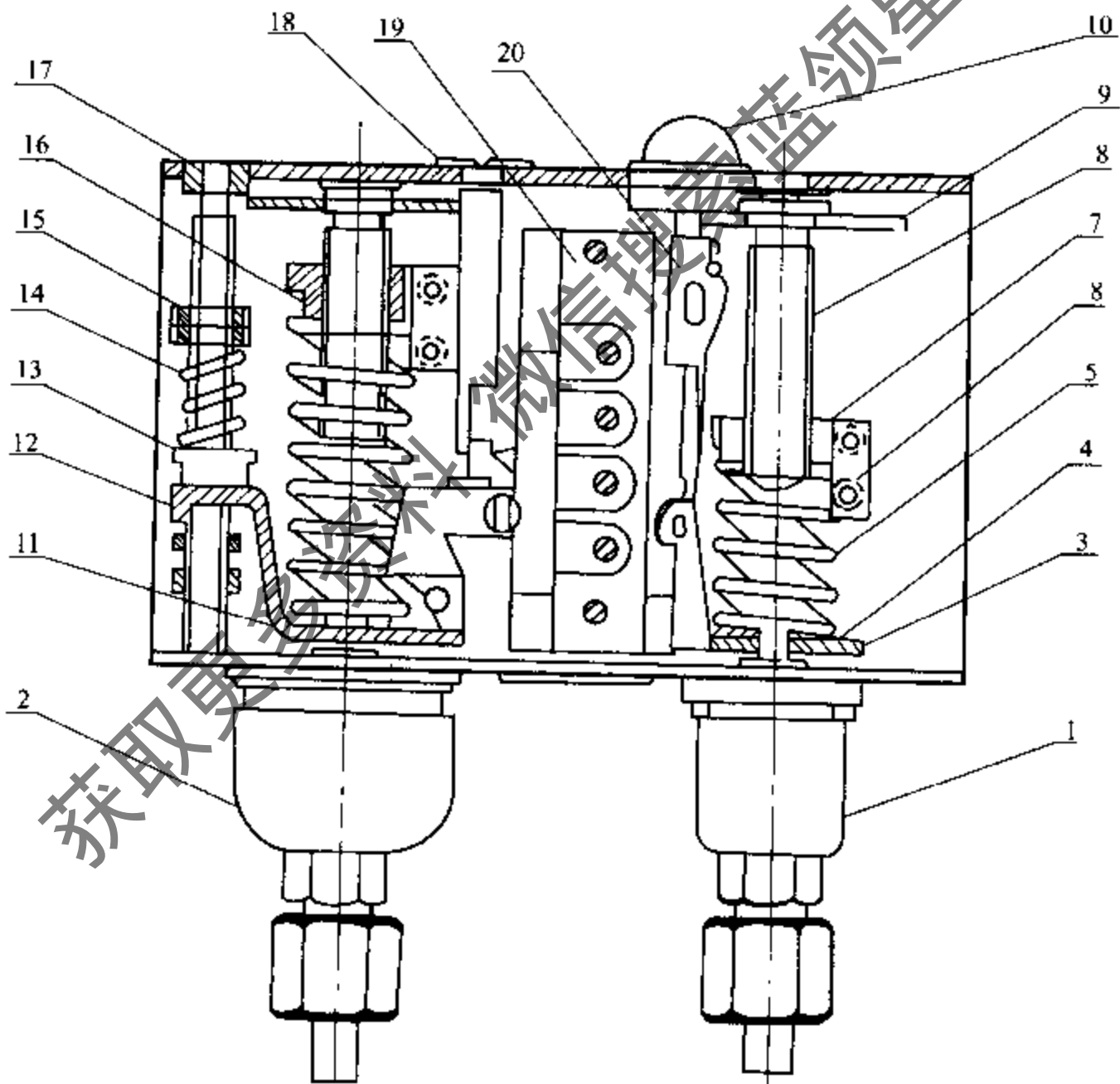


图 2-42 YWK—22 压力控制器机械结构图

- 1 - 高压气箱 2 - 低压气箱 3 - 跳板 4 - 高压弹簧座 5 - 高压调节弹簧 6 - 指针板
 7 - 调节螺母 8 - 调节螺杆 9 - 调节盘 10 - 复位按钮 11 - 低压跳板 12 - 锁紧螺母
 13 - 差值调节套 14 - 差值弹簧 15 - 差值调节 16 - 低压调节盘 17 - 差值调节螺杆
 18 - 抽空拨杆 19 - 微动开关 20 - 跳脚

高压部分由气箱、波纹管、高压调节弹簧、调节螺母、调节螺杆、调节盘和复位按钮等组成。当系统管路中压力升高，气箱 1 内波纹管被压缩，当压力达到控制器调定值上限时，波纹管克服主调弹簧力的作用推动顶杆，顶动跳板 3，带动微动开关 19 动作，使其触点断开，切断电源，停止制冷压缩机工作并发出报警信号。在高压部分微动开关动作后，跳脚板上突出边缘即被扣住自锁。系统压力下降后也不能自行复位，须待事故排除后，撤手动复位按钮 10，才能使自锁装置脱扣，微动开关触点重新闭合，允许制冷压缩机重新启动。

低压部分由低压气箱、低压跳脚、差值调节盘、差值弹簧、低压调节盘、抽空拨杆和微动开关组成。低压保护部分的波纹管外加有负压小弹簧。机器正常运转时，波内负压小弹簧及系统压力将波纹管压缩，微动开关处于被压紧的通路状态；吸气压力降低，波纹管被拉长，当压力低于控制器的下限值时，低压调节弹簧向下推动低压跳脚板，使微动开关动作，触点变位，切断电源使制冷压缩机停止工作。低压保护部分无自锁机构，待压力回升以后，波纹管向上推动跳脚板可使微动开关重新处于通路状态。为了在系统用本台制冷压缩机抽真空时不使低压保护起作用，设有“运转——抽空”旋杆 18。旋杆末端剖去 1/2。旋到抽空位置时未剖部分挡住跳脚板，不准它往回转动，因而使原被压紧的微动开关不能松开，等于暂时将这部分保护切除掉。旋杆在运转位置时，剖去部分不再能够阻挡跳脚板，仍恢复低压部分的保护作用。

转动调节螺母，改变主调弹簧的预紧力，可以改变高压或低压保护的设定值（均为控制器的停机压力值），设定值可以从两个窗口上分别读出来。转动幅差调节盘，可以改变低压保护通路和断路之间的压力幅差。

YWK—22 压力控制器的主要技术参数及通断特性见表 2-4。

表 2-4

YWK—²²/₁₂ 的主要技术参数

型号	高 压		低 压		上下限位通断特性	
	压力调节范围（主刻度）MPa（表压）	差动调节范围 MPa（表压）	压力调节范围（主刻度）MPa（表压）	差动调节范围 MPa（表压）	上限位（压力增加时动作）	下限位（压力下降时动作）
YWK—22	0.6~2				断 路 主刻度红针	通 路 主刻度-幅差
			-0.08~0.4	0.05~0.2	通 路 主刻度+幅差	断 路 主刻度红针
YWK—12	0.6~2	0.1~0.4 1~4			通 路 (绿针指示值)	断 路 (红针指示值)
			-0.08~0.4	0.025~0.1	"	"
			0.05~0.6	0.025~0.1	"	"

2. YWK—12 型压力控制器

YWK—12 型压力控制器是作系统压力调节的控制器。根据控制压力的不同，可有高压、低压和负压三种规格，见表 2-4。

高压控制器的结构与 YWK—22 型压力控制器的高压部分相同，但没有自锁和手动复位装置，增加了幅差调节机构，上下限的通断特性也不同；低压控制器的结构与高压控制器相同，只是波纹管与弹簧的规格不同；负压控制器的结构与 YWK—22 低压部分基本相同，但没有“运转——抽空”旋杆。

YWK—12 型压力控制器刻度窗口上设置两根指针。一根是主针（绿针），随主弹簧调定一个限位；另一根是副针（红针），将幅差值折算到主刻度上，表示另一个限位。

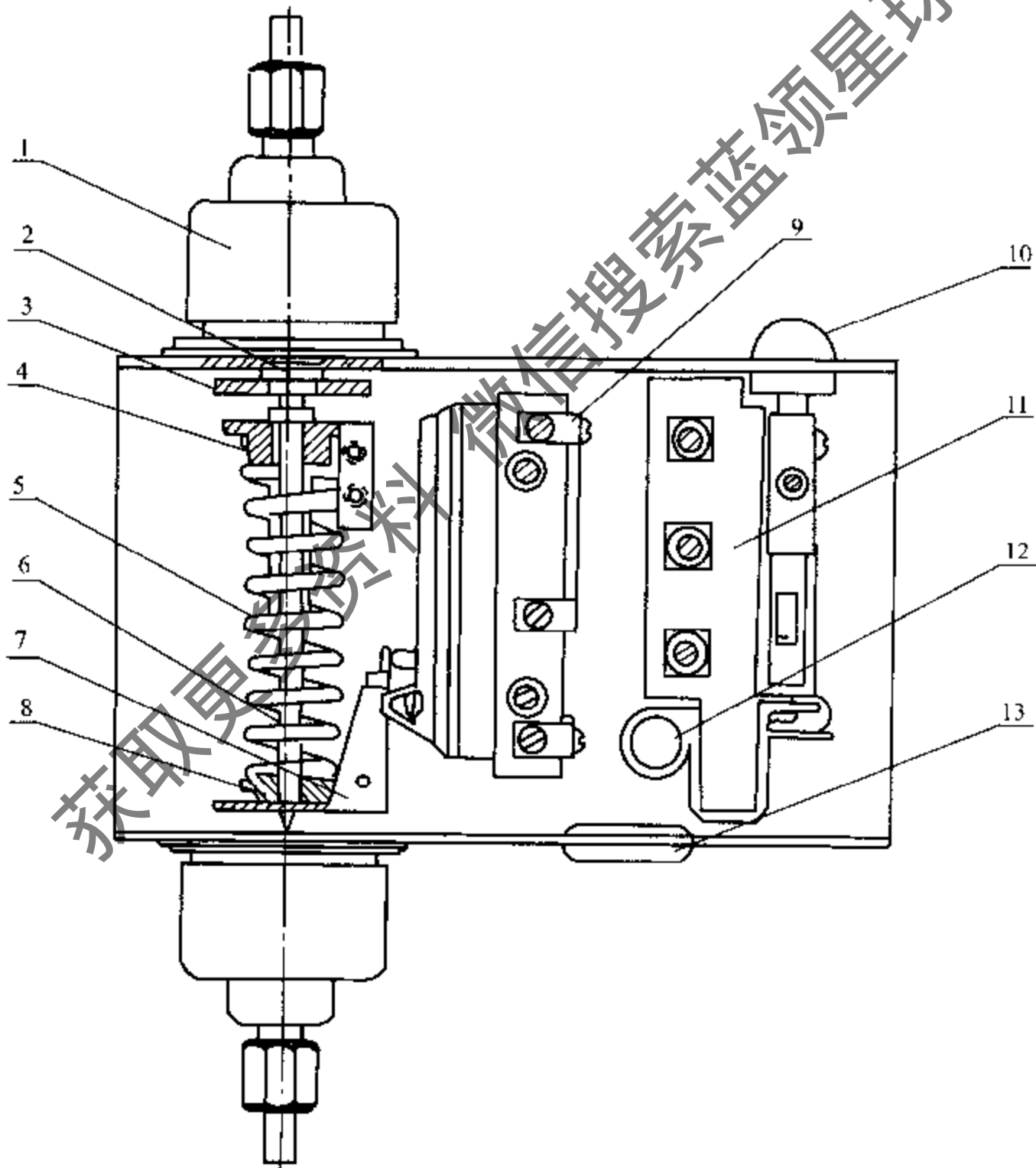


图 2-43 CWK—22 压差控制器结构图

- 1-气箱 2-调节螺杆 3-调节盘 4-调节螺母 5-调节弹簧 6-顶杆 7-跳板
8-弹簧座 9-微动开关 10-复位按钮 11-延时底座 12-气压指示灯 13-进线橡皮圈

因此，YWK—12型压力控制器控制压力的上下限位调定值，在窗口均能直接读出。

常用的压力控制器还有KD系列（高低压）压力控制器，TK型（高压）压力控制器，TD型（低压）压力控制器，YK型（高低压）压力控制器和AFP型（高低压）压力控制器等。

（二）压差控制器

压差控制器的作用是保持两种压力之差在一定数值之上。制冷与空调系统中常用的压差控制器有CWK—22、CWK—11、CPK—1等型号。

1. CWK—22型压差控制器

CWK—22型压差控制器主要用于制冷压缩机的油压差保护，故又称油压差控制器。其结构见图2-43，电气原理见图2-44。

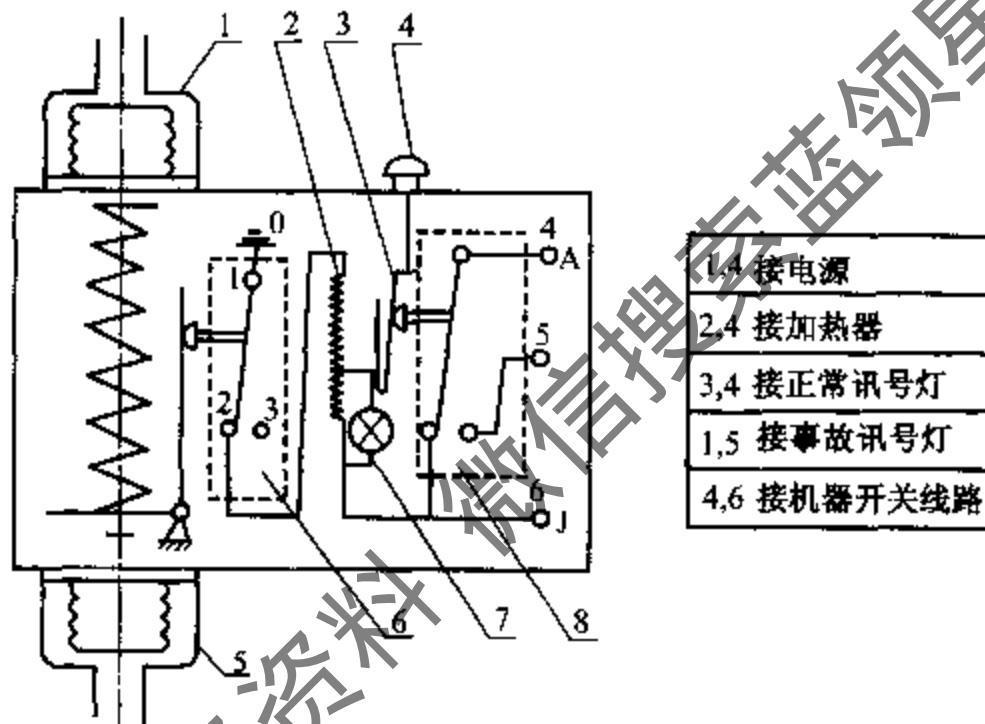


图2-44 CWK—22压差控制器电气原理图

1—低压气箱 2—加热器 3—双金属片 4—复位按钮
5—高压气箱 6—差压开关 7—欠压指示灯 8—延时开关

控制器由两个波纹管对置设置。从曲轴箱来的低压压力接至上端气箱，下端气箱接至油泵的出口端，感受油泵排出压力。两个波纹管的力方向相反，都作用在顶杆6上，通过调节弹簧来平衡。另外，CWK—22型压差控制器内部附有电热丝加热的双金属片延时机构。设置延时机构的原因是：第一，制冷压缩机启动时，建立正常的油压差需要一定的时间，油泵的油压控制必须把这一段时间除去，没有一定的延时，制冷压缩机就启动不了；第二，在制冷压缩机运转中，由于曲轴箱压力不稳或带进液体工质，使油压不稳或成泡沫状，均有可能使油压降到危险压力以下，但经若干秒后油压往往能自行恢复，加上延时机构后，可避免不必要的频繁停车。

机器开始启动时，CWK—22压差控制器同时通电，电接点1、2、4接通，加热器通电加热，开始延时，欠压指示灯亮。在调定的延时时间内，若油压差上升到调定值，

调节弹簧 5 被压缩，顶杆 6 带动跳脚板 7，推动差压开关触点动作，使 1、3 接通，1、2 断开，延时机构和欠压指示灯被切除，制冷压缩机投入正常运转；若在调定的延时时间内，油压差没能升到调定值，双金属片受热变形，推动延时开关动作，使触点 4、5 接通，4、1 断开，切断制冷压缩机电源，并发出报警信号。延时开关被双金属片顶动变位时，延时开关的凸钮即被机械扣住，不能自行复位。需人工手掀复位按钮以后，延时开关的凸钮才被释放，触点复位，允许制冷压缩机重新启动。但延时开关切断电源而使制冷压缩机停车后，至少需隔 5 分钟，待双金属片延时机构冷却复原后，才能按复位按钮复位。否则延时时间将不准确。

转动压差调节螺母，可改变主弹簧的预紧力，从而改变油压差的设定值。该值是控制器的上限，在仪表的刻度板上指示出来。下限油压差等于上限（指示值）减去幅差。幅差为 0.02MPa，且不可调。改变电加热丝与双金属片之间的距离，即可改变延时开关的延时时间。

常用于制冷压缩机的压差控制器还有 JC3.5 型压差控制器（手动复位），CWK—1 型压差控制器（手动复位），JC0535 型压差控制器（无延时机构）等型号。

2. CWK—11 型压差控制器

CWK—11 型压差控制器主要用于氨泵不上液保护，保护氨泵进出口压差在一定的数值之上，以免发生气蚀现象。此外，该仪表也可用于其他液泵。

CWK—11 型压差控制器的结构见图 2-45。它的结构和工作原理与 CWK—22 基本相同，但缺少延时机构，使用时若需延时，应另配时间继电器。窗口的刻度板上指针指出的是控制器的下限压差。上限等于指针数值加开关差（0.01MPa）。

CWK—11 型压差控制器用作氨泵断液保护时，上端气箱接氨泵入口，下端气箱接氨泵出口，另配时间继电器作延时机构。图 2-46 是 CWK—11 的电气接线图。氨泵刚启动时，压差尚未建立，触点 1、2 通，时间继电器通电延时。在调定的延时时间内，压差达到控制器的上限值，波纹管推动顶杆上移，带动微动开关动作，使触点 2、3 闭合，1、2 断开，将时间继电器 KT 从电路中切除，氨泵投入正常运转；若在调定的延时时间内，氨泵的进出口压差达不到上限值，时间继电器 KT 动作，其触点切断氨泵电源，使氨泵停止运转。在氨泵运转过程中，如果氨泵进出口压差低于控制器下限时，控制器触点 1、2 接通，继电器 KT 重新延时。在延时时

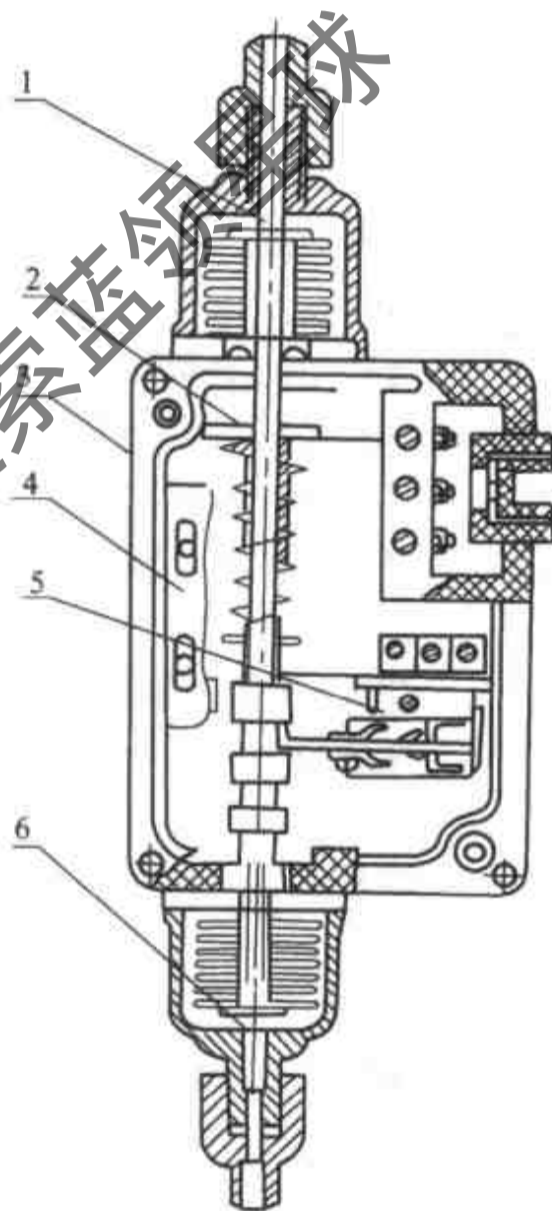


图 2-45 CWK—11 压差控制器结构图

- 1-进液压力端 2-调节花盘
- 3-壳体 4-刻度盘
- 5-微动开关 6-出液压力端

间内，压差恢复到控制器上限，氨泵继续运转；恢复不到上限则停泵。

3. CPK—1 型微压差控制器

CPK—1 型微压差控制器主要用于采用冷风机降温的库房发不定时的冲霜信号，也可以与电动执行机构配合用于空调系统作压差、流量控制。其结构见图 2-47。膜片将仪表分成高、低压两个密闭腔室。当两腔室的压力差增大到等于或超过调定值时，膜片硬芯对杠杆端部的作用力也随之增大到一定值，带动微动开关动作，触点变位，发压差上限信号。

在冷风机降温的库房中，空气在冷风机的作用下在室内循环。空气流过蒸发管组时，必将产生压力损失，因而冷风机的下部进风口和上部出风口是有风压差的。蒸发管组结霜后，使管间的通道截面变小，空气流过时压力损失增大，风压差也增大。显然，霜层越厚，风压差越大。将此风压差用软管分别引入 CPK—1 型微压差控制器的高、低压管嘴，当冷风机的进、出口风压差达到调定值时，发出冲霜信号。

通过调节螺丝 5 可以调节微压差控制器的给定值。

CPK—1 型微压差控制器体积小，灵敏度高。但用于冻结间时，由于室内湿度大，库温低，容易造成软管内冻塞，使控制失灵，这点在使用时应注意。

四、压力变送和远传

(一) YSG—01 型电感式压力变送器

压力变送器的作用是将压力测量元件的输出信号转变成调节器所要求的输入信号。

YSG—01 型电感式压力变送器是一种无触点变送器，适用于检测气体、液体和蒸汽的压力。除可以对压力进行就地和远距离连续显示外，还可以将所测压力按比例转变成 0~10mA 的直流信号输出给调节器和二次显

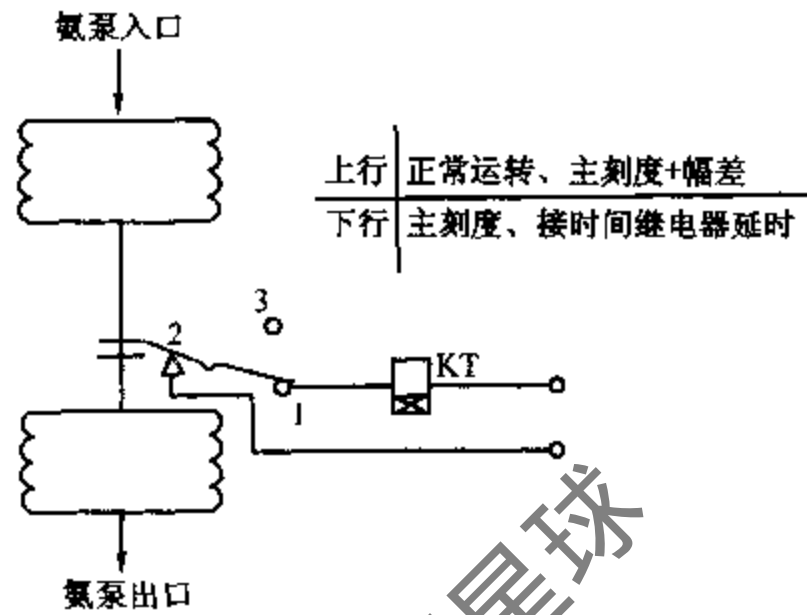


图 2-46 CWK—11 型压差控制器电气接线图

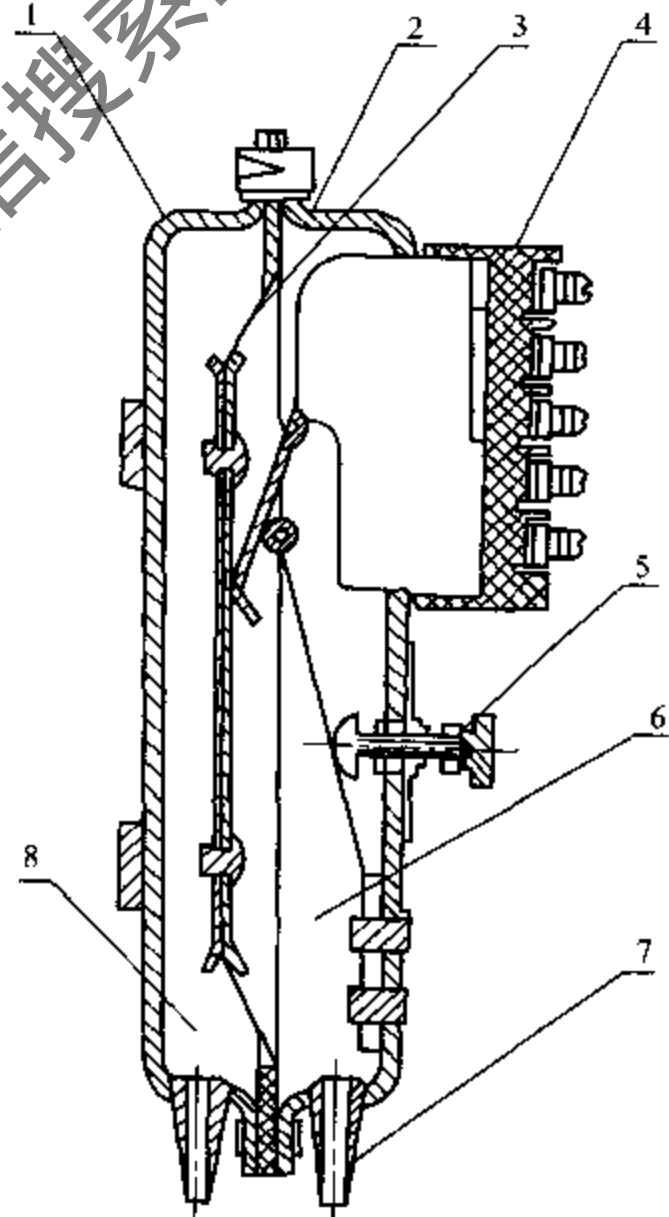


图 2-47 CPK—1 型微压差控制器结构图

1-下壳体 2-上壳体 3-膜片 4-接线罩
5-调节螺钉 6-低压腔 7-管嘴 8-高压腔

示仪表。在制冷系统中，它主要与 TDF—01 型能量调节器配合，以蒸发压力作能量调节参数，实现对制冷压缩机能量的自动调节。

YSG—01 型压力变送器的检测元件采用波纹管加弹簧管的形式，如图 2—48 所示。由弹簧管和波纹管组成的封闭空间内充满液体工质，被测压力由导压管引入气箱，作用在波纹管上。由于液体不可压缩，波纹管将感受到的压力通过其充注的液体传递至弹簧管。当被测压力变化时，弹簧管产生弹性变形，其自由端所带的短路环也随之产生相应的位移。

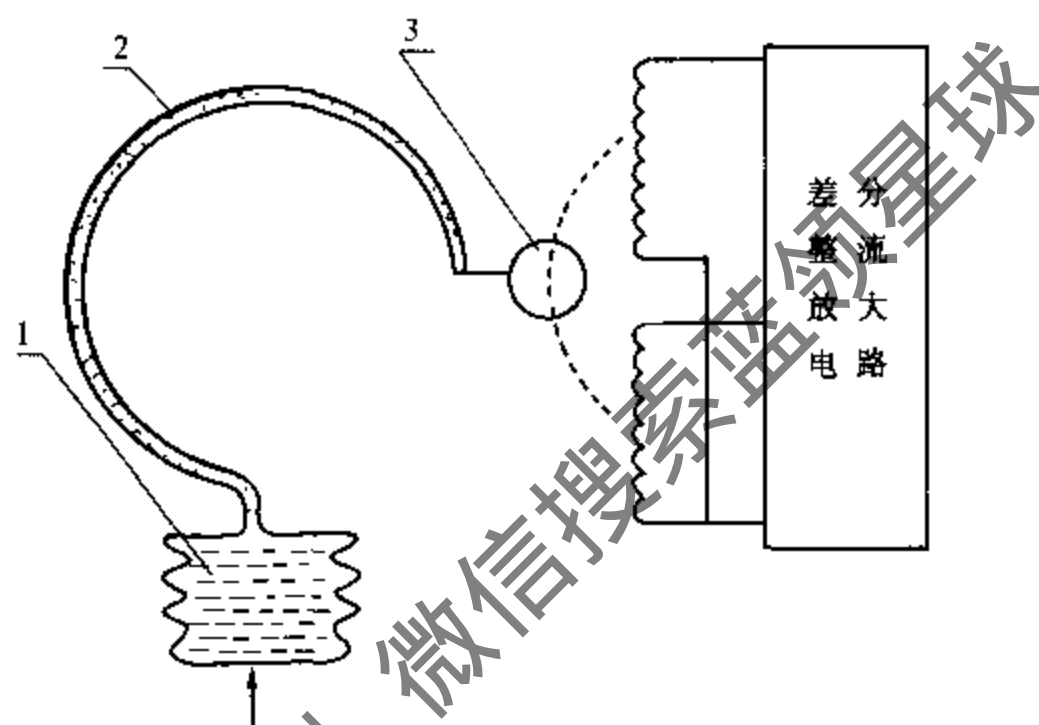


图 2—48 YSG—01 型压力变送器检测元件

1—波纹管 2—弹簧管 3—短路环

YSG—01 型压力变送器的压力—电变送部分由电源变压器、直流稳压电源、多谐振荡器、差动变压器、线性变换电路、差动整流、直流放大器和显示仪表组成，见图 2—49。交流电源经电源变压器变压，串联型晶体管稳压电路稳压，得到稳定直流电压作为多谐振荡器的电源。多谐振荡器由三极管 V_{11} 、 V_{12} 和电容器 C_9 、 C_{10} 、 C_{11} 及电阻 R_{10} ~ R_{15} 组成，差动变压器的两个初级绕组分别作两个振荡管的负载。用多谐振荡器作内部振荡电源，即可以使差动变压器的输出信号不受 220V 交流电源电压波动的影响，又由于多谐振荡器的振荡频率较高，而使差动变压器的灵敏度提高。

线性变换电路是在弹簧管自由端装有一个短路环，短路环又套在由铁淦氧磁芯的差动变压器的线圈所组成的闭合磁路中。当短路环随弹簧管自由端移动时，改变了差动线圈的电感，随即输出一差动电压。这个差动电压经 V_{13} 、 V_{14} 两个二极管和电阻 RP_2 整流后输送给直流差动放大电路。

直流差动放大器采用二级直接耦合式，将经差动整流后的电流放大成 0 ~ 10mA 的直流信号，远传给调节器和动圈式显示仪表，对压力进行模拟显示。

电路中的电位器 R_{p2} 是用来调整仪表的电气零点的。调整时管道或容器被测压力为

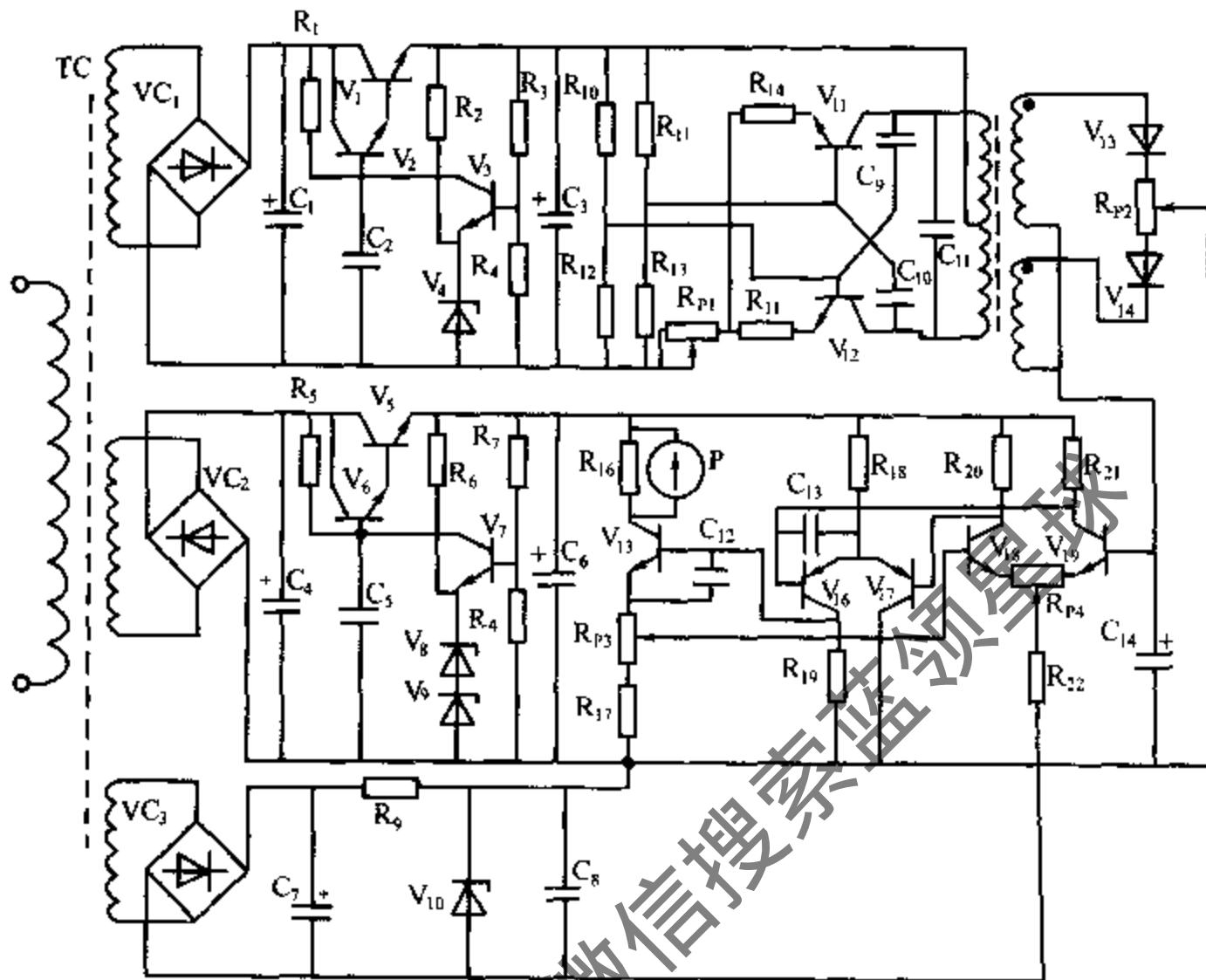


图 2-49 YSC-01 型压力变送器电气原理图

零（与大气相通），调 R_{P2} 使指示仪表的指示值为零。电位器 R_{P3} 是调整当输入适当压力后，显示仪表的指示是否在输入压力值上。

（二）霍尔片式弹簧管远传压力表

1. 霍尔电势的产生

霍尔片为一半导体材料制成的薄片。如图 2-50 (a) 所示。在霍尔元件的 Z 轴方向加磁感应强度为 B 的磁场，在 y 轴方向加直流电压，该直流电压使 y 轴方向上有电流流过（电子逆 y 轴方向运动）。电子在霍尔片中运动时，由于受磁场力的作用，使电子的运动轨迹发生偏移，造成霍尔片的一个端面上电子积累，而另一个端面上正电荷过剩，于是，霍尔片 x 轴方向出现电位偏。这一电位偏称为霍尔电势，这种物理现象称为霍尔效应。

如果制造霍尔片的半导体材料及其形状一定，则霍尔电势的大小与磁感应强度 B 和电流 I 成正比。根据这一特性，保持霍尔片中电流恒定，就可以用改变磁感应强度 B 的方法来改变霍尔电势的大小。霍尔片式弹簧管远传压力表就是根据这一原理制成的。

2. 霍尔片式弹簧管远传压力表

霍尔片式弹簧管远传压力表结构如图 2-50 (b) 所示。被测压力由弹簧管 1 的固定端引入，弹簧管的自由端与霍尔片 2 相连接，在霍尔片的上、下方垂直安放两对磁极，

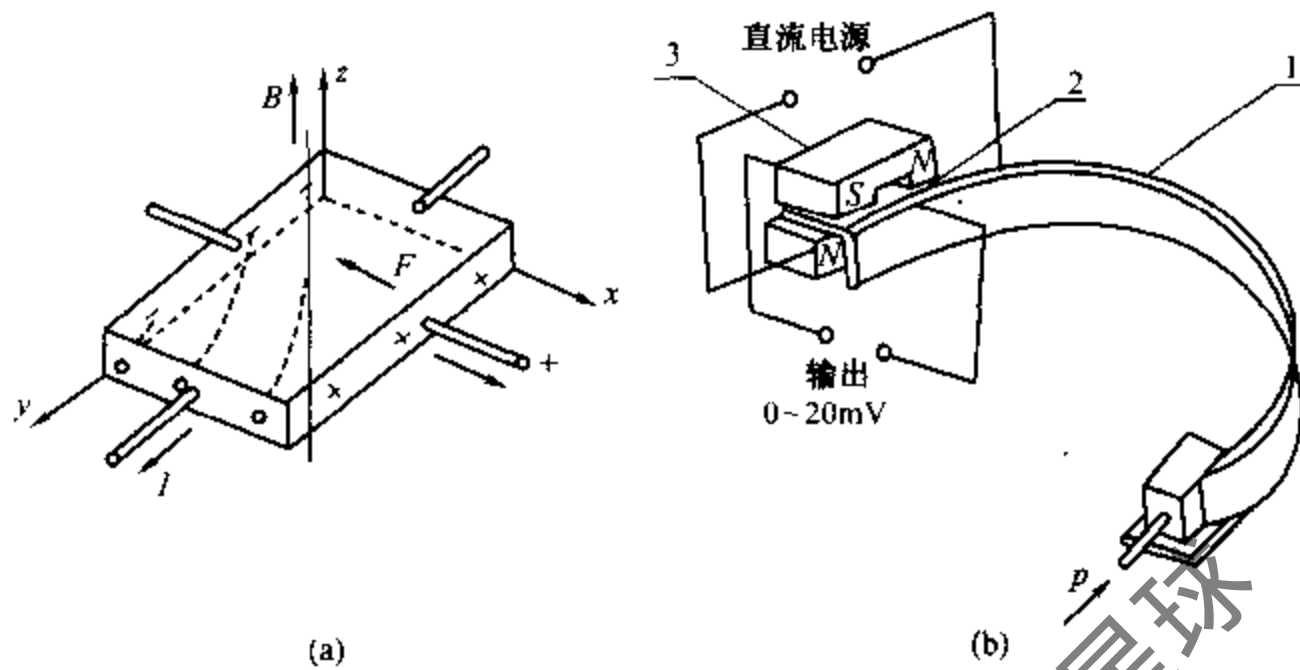


图 2-50 霍尔片式压力变送器结构原理图

1- 弹簧管 2- 霍尔耳片 3- 磁钢

使霍尔片处于两对磁极形成的非均匀磁场中。霍尔片的四个端面引出四根导线，其中与磁钢 3 相平行的两根导线和直流稳压电源相连接，另外两根导线用来输出信号。

当被测压力引入后，弹簧管的自由端便产生位移，带动霍尔片移动，使其改变了在非均匀磁场中所处的位置，从而改变了霍尔电势。只要合理地安排非均匀磁场的磁感应强度 B ，就能使霍尔电势与被测压力成线性关系。然后根据输出霍尔电势的大小，通过相应的电路对压力信号进行远传和显示。

(三) 电容式压力、压差变送器

电容式压力、压差变送器是通过弹性膜片的位移引起电容量的变化，从而测出压力、压差的。

图 2-51 是电容式压力、压差传感器原理图，被测压力 P_1 、 P_2 ($P_1 > P_2$) 分别加在左右两个隔离膜片 1 上，通过硅油 2 (膨胀系数小、化学性质稳定、不易气化和凝固的液体) 将压力传到测量膜片 3 上。测量膜片是由弹性温度稳定性好的特殊合金薄片 (例如哈氏合金、蒙耐尔合金等) 制成，作为差动电容的活动电极。它在压差作用下，可左右移动约 0.1mm 的距离。在测量膜片左右有两个用真空镀膜法，在玻璃凹球体 5 的凹面上制成的金属固定电极 4。因此，当测量膜片 3 向右侧移动时，它与两个固定电极间的电容量一个增大，一个减少，故称差动电容。通过引线可测量这两个电容量的变化，再用电子线路把测量膜片和电容极板之间的差动电容转换为 $4 \sim 20\text{mA} \cdot \text{DC}$ 信号输出。基于上述原理的典型仪表是 1151 系列电容式变送器，可用来测

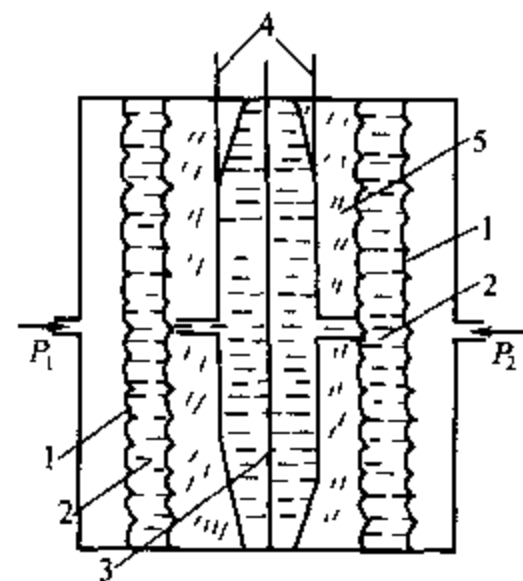


图 2-51 电容式压力、压差传感器

1- 隔离膜 2- 硅油
3- 测量膜片 4- 固定电极
5- 玻璃凹球体

量液体、气体、蒸汽的压力、压差。

(四) 固体压阻式压力、压差变送器

半导体材料在受压时电阻率发生变化这一特性称压阻效应。通常在单晶硅膜片的表面上，沿一定的晶轴方向扩散着一些长条形电阻。当硅膜片上下两侧出现压差时，膜片内部产生应力，使扩散电阻的阻值发生变化。

根据电阻公式 $R = \rho L/S$ ，如果改变电阻率 ρ 、电阻元件的长度 L 和截面积 S 都可以改变元件的电阻值。对于普通金属来说，受压力变形时，其阻值变化是由 L 、 S 变化而引起的，但对半导体材料来说，由于材料内部是按晶格排列的，在受到一定方向的应力作用时，随着晶格之间距离发生变化，使载流子浓度和迁移率改变，即导致半导体材料的电阻率 ρ 发生变化。实践证明，半导体电阻的变化主要是由电阻率 ρ 的变化造成的，其灵敏度比金属应变电阻高 100 倍左右。

为了减小半导体电阻随温度变化引起的误差，在硅膜片上常扩散四个等值电阻 R （不受压力作用时），以便接桥式输出电路，不但可以获得温度补偿，还可以使输出信号加倍，电桥如图 2-52 (a) 所示。

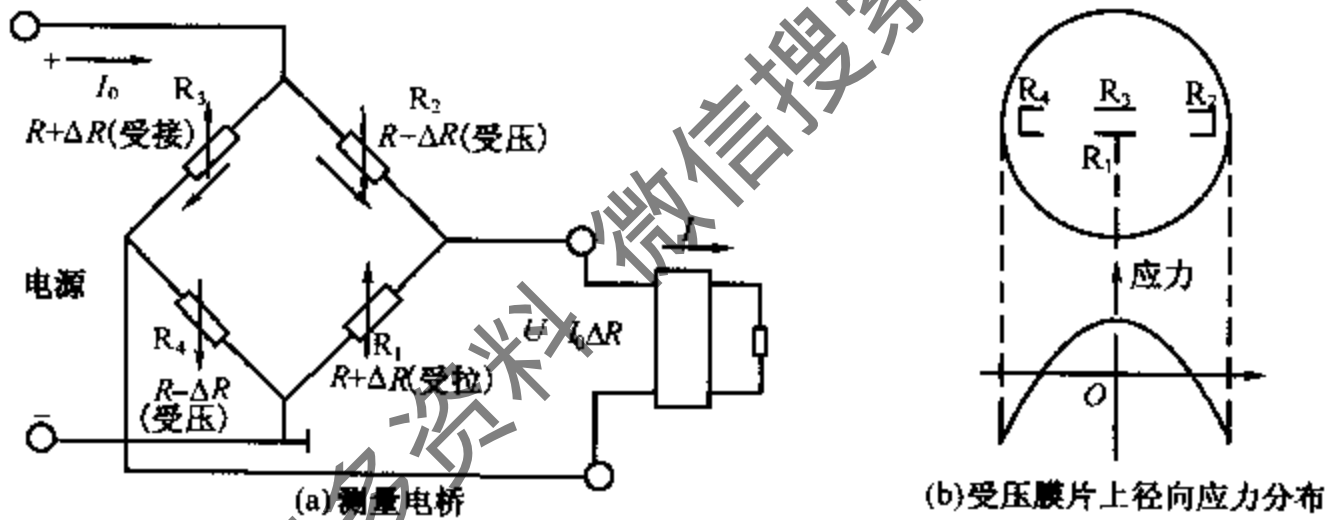


图 2-52 扩散在硅膜上的电阻

力学分析告诉我们，平而式弹性膜片受压变形时，中心区与周边区应力的方向不同，例如中心区受拉应力时，周边区受压应力，而离中心为半径 60% 左右的地方，应力为零。据此，在膜片上用扩散方法制造电阻时，将四个桥臂电阻中的两个 R_1 、 R_3 置于受拉区，而另两个 R_2 、 R_4 置于受压区，如图 2-52 (b) 所示。这样接成的图 2-52 (a) 的电路称推挽电路，即一相对臂电阻减小（受压），而另一相对臂电阻则增加（受拉），使电桥失去平衡。若电桥由一恒流供电，其电流为 I_0 。当放大器采用高输入电阻阻件时，电桥输出电压 U 为

$$U = I_0 \Delta R$$

如此，实现了压力 - 电阻 - 电压的变化，进而通过电压 - 电流转换器，变成 4 ~ 20mA DC 的标准信号。如霍尼韦尔公司的 MMC272 风道静压变送器就属此类，其输出 4 ~ 20mA DC 信号。

第四节 湿度检测与调节仪表

湿度也是制冷与空调系统中需要检测、调节的一个重要参数。例如，冷却物冷藏间的湿度太高时，容易引起细菌的大量繁殖，使食品在冷藏过程中腐败变质；湿度太低又会增加食品的干耗，影响食品的色、香、味。特别是对鲜蛋、水果、蔬菜等生命力强盛的易腐食品，湿度对其影响更加显著。在空调系统中，湿度的检测与控制也是一项重要内容。例如，在舒适性空调中，空气湿度的高低直接影响人的舒适感，甚至身体健康；在工业空调中，空气湿度的高低将影响电子产品和光学仪器的性能，纺织业中纤维强度、印刷工业中印刷品质量等。

描述空气湿度的物理量通常有含湿量、绝对湿度和相对湿度。大多数湿度测量仪表都是直接或间接地测量空气的相对湿度。目前，制冷与空调中常用的湿度测量元件有各种干湿球温度计、脱脂毛发、氯化锂电阻等。

一、湿度检测仪表

(一) 干湿球温度计

干湿球温度计是利用潮湿物体表面水分蒸发冷却的效应来测定空气相对湿度的。

干湿球温度计由两支完全相同的温度计组成，见图 2-53。一支用于直接指示空气的温度，称为干球温度计；另一支温度计的温包上包有细纱布，纱布的末端浸在盛水的小瓶里，由于毛细管作用，纱布将水吸上来，使温包周围经常处于湿润状态。该温度计指示湿球温度，叫湿球温度计。由于湿球上水分蒸发吸热，使湿球表面空气层的温度下降。因此，湿球温度通常总是低于干球温度。干湿球温度差与被测空气的湿度有关。空气越干燥，湿球上水分蒸发越快，干湿球温度差越大；空气越潮湿，湿球上水分蒸发越慢，干湿球温差越小；若是饱和空气，则干湿球温度差为零。知道了干湿球温度计的读数后，就可以通过查表或计算，求得空气的相对湿度。

干湿球温度计结构简单、价格便宜，但测量范围一般限于 0℃ 以上，而且需经常保持湿球纱布套的湿润和清洁，维护工作较麻烦。

(二) 毛发式湿度计

某些纤维例如毛发存在着微孔结构，当去掉毛

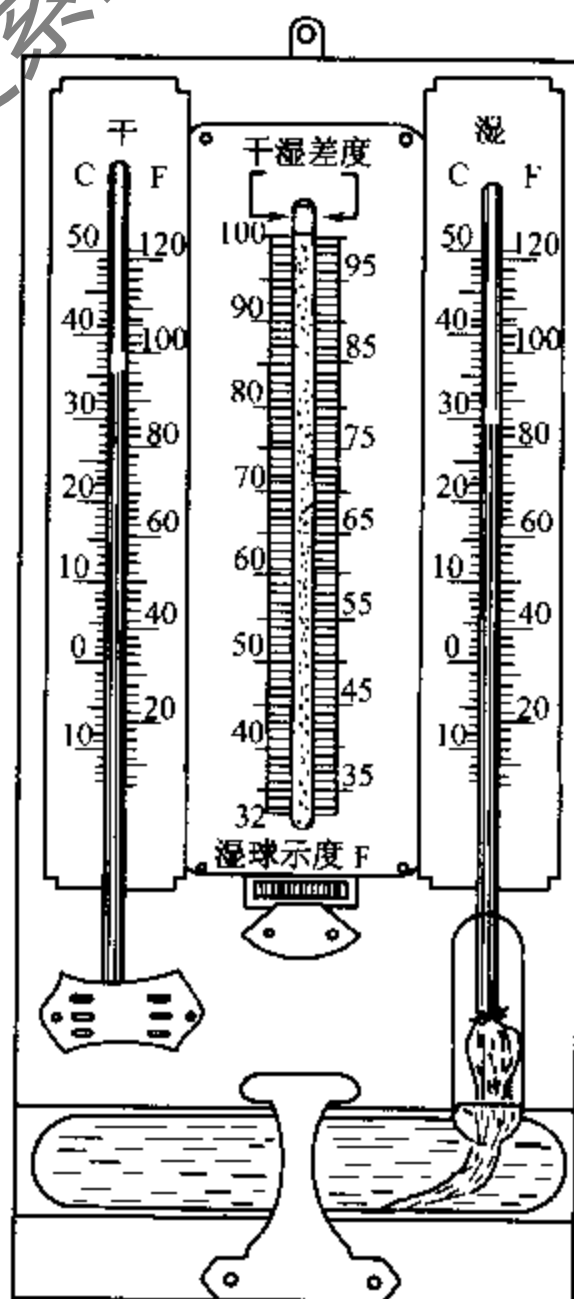


图 2-53 普通干湿球温度计

发表面的油脂后,可使微孔与外界空气相通,并使孔壁对水具有润湿性。当空气中的水气未达到饱和状态时,微孔吸附空气中的水气并使之凝结。由于表面张力的作用,孔中的水形成一个弯月面。当空气中的水气达到饱和时,微孔中水的弯月面就变成平面,即曲率半径趋于无穷大。当空气相对湿度变化时,置于空气中的毛发将引起微孔弹性壁的形变。由此可引起毛发长度的变化,此变化与相对湿度有关。

图 2-54 是指针式毛发湿度计,它是将一根(或一束)脱脂毛发的一端固定在金属架上端的调节杠上,另一端与杠杆相连。当毛发因空气湿度不同而长度发生变化时,牵动杠杆,带动指针沿弧形刻度盘移动,直接指示出空气的相对湿度。

毛发式湿度计的结构简单,价格低廉,工作可靠,而且不需要经常维护。但毛发使用一段时间后,易塑性变形和老化,影响测量精度。

二、湿度检测、调节仪表

(一) 干湿球湿度调节器

TH 型干湿球信号发送器是根据干湿球温度计原理制成的,常用作湿度调节器的敏感元件。TH 型干湿球信号发送器由干湿球各一支微型套管式镍电阻温度计、半透明塑料盛水杯和浸水脱脂纱布套管等组成。为使湿球温度计表面风速保持在 4 米/秒,发送器上装有微型轴流吸风风扇。

TH 型干湿球信号发送器与 TS 系列湿度调节器配合,可实现湿度的偏差指示、双位、三位、三位比例积分、比例积分微分调节。输出信号可分为继电器开关信号和连续电流输出信号(0~10mA)。其方框图见图 2-55 所示。

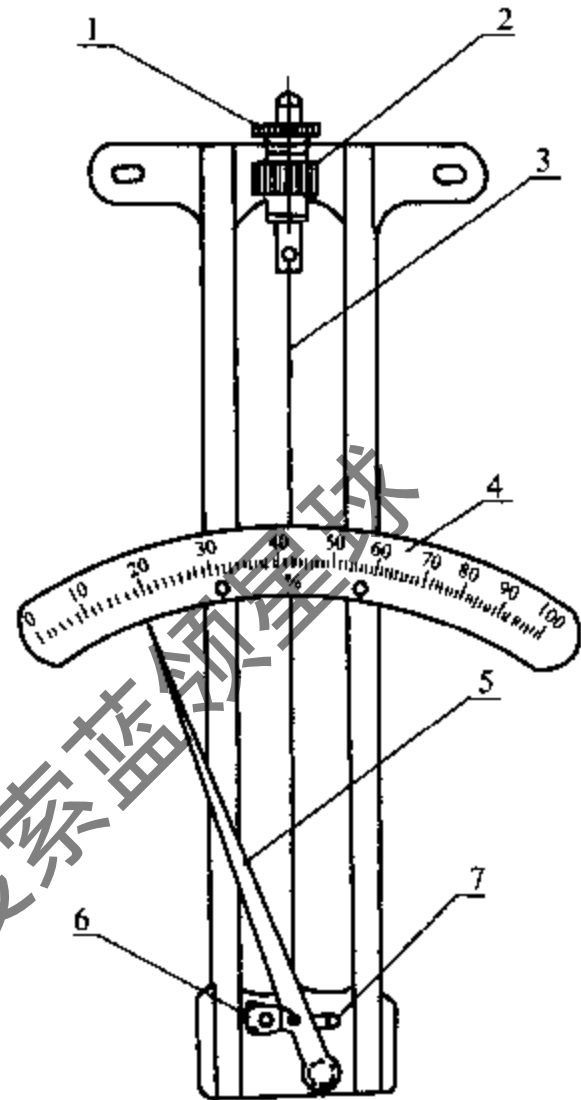


图 2-54 毛发湿度计

- 1-紧固螺母 2-调整螺钉
3-毛发 4-刻度尺 5-指针
6-弧块 7-垂锤

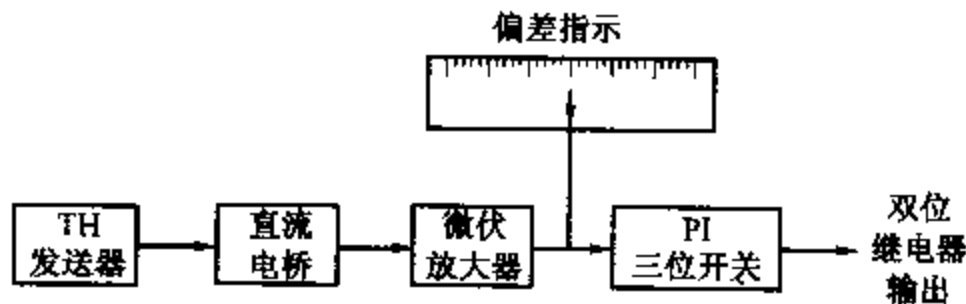


图 2-55 干湿球湿度调节器方框图

(二) 电阻式湿度调节器

电阻式湿度调节器是利用氯化锂等某些金属盐吸湿后其阻抗发生变化来测定空气的湿度。

1. 氯化锂湿敏元件

氯化锂湿敏元件是在聚四氟乙烯基片上绕两根互相平行的金属丝，组成一对电极，表面涂一层聚乙烯醇与氯化锂混合溶液做感湿膜，氯化锂涂层阻值变化由两电极反映出来。当空气中的相对湿度增高时，氯化锂涂层从空气中吸收水分，其阻值随之变小；当空气相对湿度减小时，氯化锂涂层向空气中放出水分，其阻值随之变大。在一定的空气相对湿度下，氯化锂涂层所含水分是一定的，其电阻值也与之相对应。

氯化锂湿敏元件结构简单、体积小、反应快、精度高。但每个测头量程窄，使用时间久后，湿敏元件还会产生老化剥落等问题。

2. NSZ-11 型电阻式湿度指示调节仪

NSZ-11 型电阻式湿度指示调节仪是利用氯化锂湿敏元件测量空气的相对湿度的。仪表可以远距离湿度显示并发出湿度双位调节信号，与增湿机构和减湿机构相配合，对湿度进行双位调节。该仪表原理方框图见图 2-56。

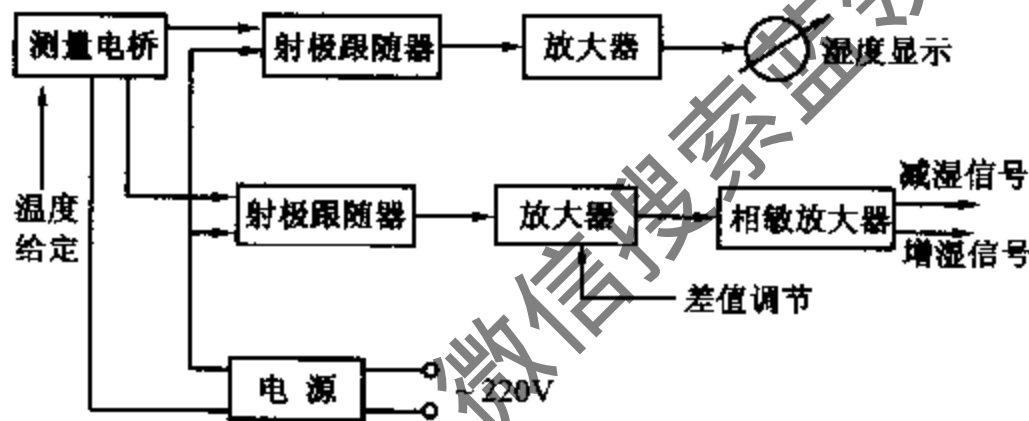


图 2-56 NSZ-11 湿度指示调节仪原理方框图

氯化锂湿敏元件作为测量桥路的一个桥臂，当空气湿度达到给定值时，测量桥路输出讯号为零；当空气相对湿度偏离给定值时，氯化锂湿敏元件阻值的变化破坏了电桥的平衡，使测量桥路有电讯号输出。该电信号经射极跟随器阻抗变换、交流放大器放大、整流后送给湿度指示仪表。经电桥检测出的湿度信号，同时经另一路射极跟随器阻抗变换、交流放大器放大、送到相敏放大器去控制继电器动作，使相应的增湿或减湿机构运行，实现湿度的自动控制。

仪表面板上设置了给定旋钮和差值范围调节旋钮，用以调节仪表的给定值和幅差。

(三) 氯化锂露点式相对湿度计

1. 氯化锂露点测湿原理

图 2-57 是纯水和氯化锂的饱和蒸汽压

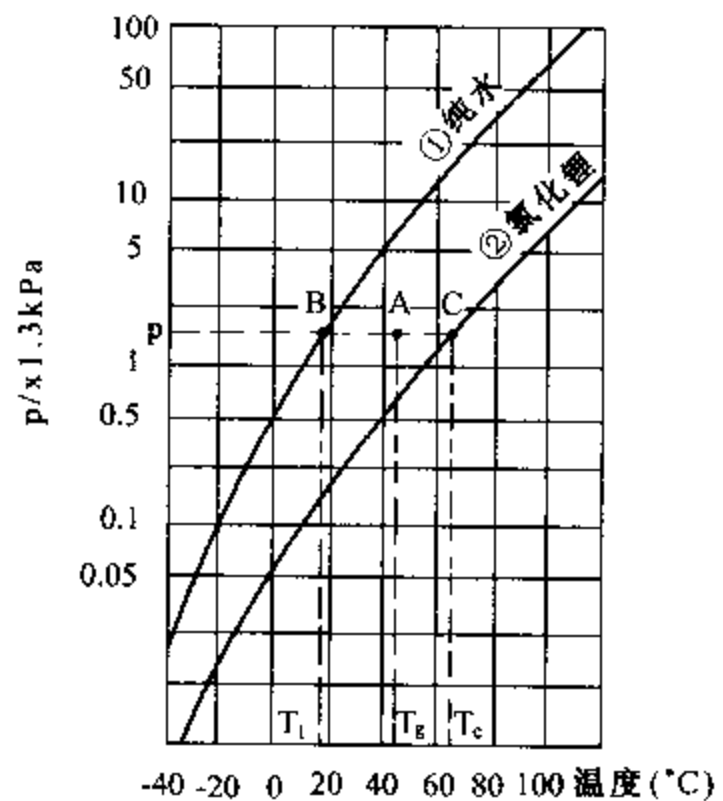


图 2-57 纯水和氯化锂的饱和蒸汽压力曲线

力曲线。

在图 2-57 中, 曲线①是纯水的饱和蒸汽压力曲线, 线上任意一点表示该温度下的饱和水蒸气压力值, 而曲线下方的任一点, 表示该温度下的水蒸气呈未饱和状态的分压力。曲线②是氯化锂盐饱和溶液的饱和蒸汽压力曲线, 线上的点也表示该温度下氯化锂盐溶液的饱和水蒸气压力的数值, 位于曲线②上方的点, 空气的水蒸气分压力高于该温度下氯化锂盐液的饱和蒸汽压力, 此时盐液将吸收空气中的水分; 位于曲线②下方的点, 空气的水蒸气压力低于该温度下氯化锂盐液的饱和蒸汽压力, 此时盐液向空气中蒸发水分。氯化锂的饱和蒸汽压力随温度的升高而增大。

在图 2-57 中, 某空气状态点 A, 温度为 T_a , 水蒸气分压力为 P 。则 PA 连线与曲线①的交点 B 所对应的温度 T_l 就是空气的露点温度, PA 延长线与曲线②的交点 C 所对应的温度 T_c 就是氯化锂溶液的平衡温度。也就是说, 氯化锂溶液的温度为 T_c 时, 它的饱和蒸汽压力也是 P 。如果将氯化锂溶液放在状态 A 的空气中, 设法把氯化锂盐液的温度升高到 T_c , 使氯化锂液的饱和蒸汽压力等于 A 点空气的水蒸气分压力。那么测出 T_c 的温度值, 根据水和氯化锂液饱和蒸汽压力曲线的关系也就得知空气的露点。

2. 氯化锂露点测量传感器

氯化锂露点测量传感器结构如图 2-58 所示。

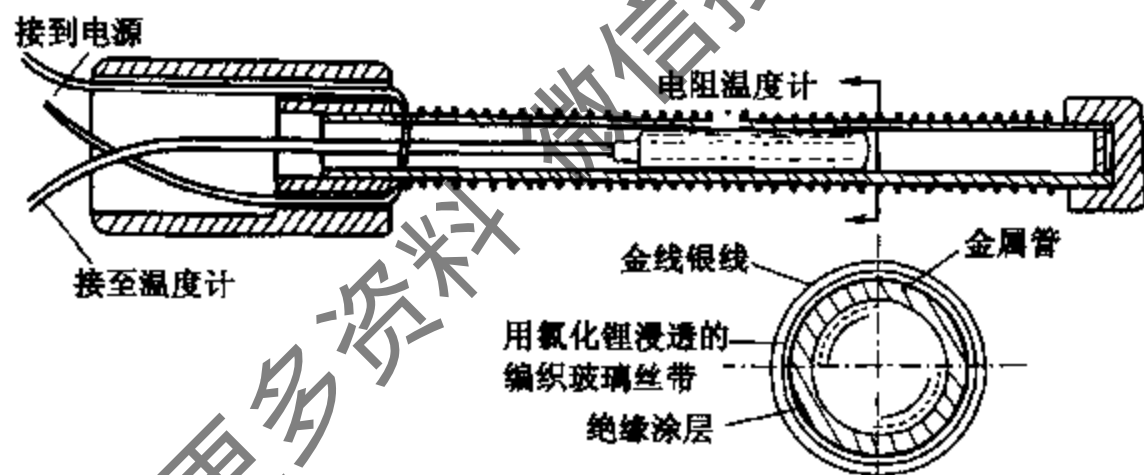


图 2-58 氯化锂露点传感器结构示意图

在薄壁铜管的外面包一层塑料薄膜, 其外有玻璃丝套管。在套管外表面上绕有平行的两根加热金丝, 玻璃丝套管上的加热金丝间涂以氯化锂溶液。两根金丝间接以 25V 交流电源, 因氯化锂溶液的导电性而构成电流通路。金属管内插入热电阻, 用来测量氯化锂盐液被加热到的平衡温度。

用氯化锂露点式相对湿度计测量空气的湿度时, 将氯化锂露点传感器和空气温度传感器放置在被测的空气中, 如被测空气中的水蒸气分压力高于氯化锂液的饱和蒸汽压力, 则氯化锂液吸收被测空气中的水分而潮解, 因此使氯化锂液的电阻减小, 两根加热丝间的电阻减小, 通过的电流增大, 于是产生焦耳热, 使氯化锂液温度上升, 此作用一直持续到氯化锂的饱和蒸汽压力与被测空气中的水蒸气分压力相等, 这时氯化锂吸收空气中的水分和放出的水分相平衡, 氯化锂液的电阻也就不再变化, 加热丝所通过的电流

也就稳定下来。反之，如被测空气中的水蒸气分压力低于氯化锂的饱和蒸汽压力，则氯化锂液放出其水分，这使其本身的电阻增大，因而使加热丝中的电流减小，于是产生的热量少，则氯化锂液的温度下降，这样氯化锂液的饱和蒸汽压力也随之下降，当氯化锂的蒸汽压力与被测空气中的水蒸气的分压力相等时，氯化锂液的温度就稳定下来。这个达到蒸汽压力平衡时的温度称为平衡温度，热电阻测得的温度就是平衡温度。由于平衡温度与露点温度成一一对应关系，所以知道平衡温度值后，就相当于测量出露点温度。同时也测出被测空气的温度，将测量到的露点温度和被测空气温度的信号，输入双电桥测量电路，用适当的指示记录仪表，可直接指示空气的相对湿度。

3. 氯化锂露点式相对湿度计

氯化锂露点式相对湿度计主要由氯化锂空气露点传感器、空气温度传感器、露点测量桥路、空气温度测量电桥、显示仪表及直流稳压电源组成，如图 2-59 所示。

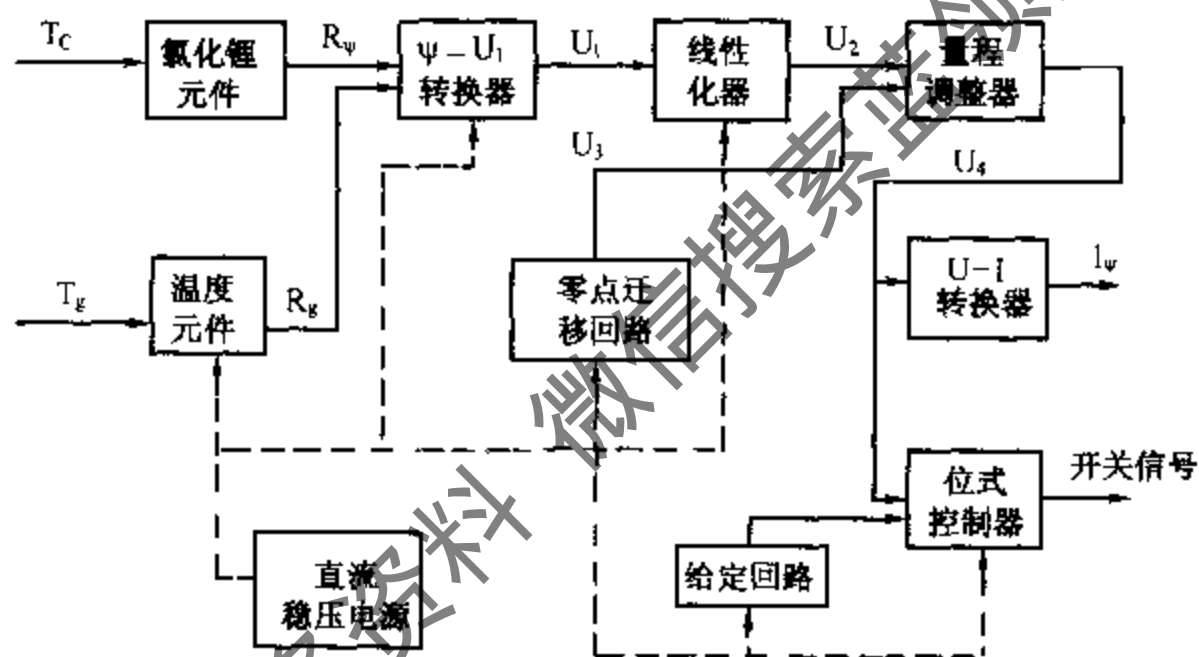


图 2-59 氯化锂露点式相对湿度计方框图

由于空气的露点温度 T_1 与同压力下氯化锂液的平衡温度 T_0 有固定的对应关系，因此测得 T_0 和空气温度 T_g 就可计算出空气的相对湿度 ψ 。利用电子线路将露点温度传感器和空气温度传感器的电阻信号综合为相对湿度信号，制成相对湿度的测量电路。

氯化锂露点式相对湿度计的传感器放置在被测空气中，氯化锂露点传感器测量空气露点温度转换为电阻信号 R_ψ ，温度测量传感器测量空气温度也转换为电阻信号 R_g ， R_ψ 和 R_g 都输入 $\psi - U_1$ 转换器，经 $\psi - U_1$ 变换成对应于空气相对湿度的电压信号 U_1 ，因为 U_1 是相对湿度 ψ 的函数，它们之间为对数关系，不是呈线性关系变化的，为了使电压信号与相对湿度成为线性关系，将 U_1 输入线性化器进行一次运算转换，线性化器的输出电压信号 U_2 再进入量程调整器与零点迁移回路输入的 U_3 信号综合后输出 U_4 ，将 U_4 输入 $U - I$ 转换器变成直流的标准信号 I_ψ （如 $0 \sim 10\text{mA}$ ）输出，即完成了变送器的功能。将此标准信号输入显示装置，即可指示空气相对湿度。将量程调整器的输出电压 U_4 输入到位式控制器，即可输出开关信号，控制加湿或减湿机构动作。

(四) 电容式相对湿度传感器与变送器

电容式相对湿度传感器是采用一层非常薄的感湿聚合物电介质薄膜夹在两极之间构成一平板电容器。这样非常薄的电极可以使水蒸气通过。由于聚合物的薄膜具有吸湿和放湿的性能，而水的电介常数又非常高。所以当水分子被聚合物吸收后，将使薄膜电容量发生变化。聚合物薄膜吸湿和放湿程度随其周围空气相对湿度的变化而变化，因而其电容量是空气相对湿度的函数，而且呈线性关系，利用这种原理制成的湿度传感器称为电容式湿度传感器。国际上大约在 20 世纪 80 年代初研制成功，并且用于空调的湿度控制环节中。它具有性能稳定、精度高 ($\pm 3.5\% \text{RH}$)、测量范围宽 (0 ~ 100% RH)、响应快、线性及互换性能好、寿命长、不怕结露、几乎不需要维护保养和安装方便等优点，被公认为理想的湿度传感器。故其被广泛地应用于空气调节中。其缺点为与溶剂和腐蚀性介质接触，性能会受影响，引起测量误差加大甚至永久性损坏，价格最贵。

常见的电容式湿度传感器有两种：一种为高分子类，另一种为氧化铝湿敏电容。

电容式湿度变送器是由电容式湿度传感器和电子线路构成的。图 2-60 示出其框图。

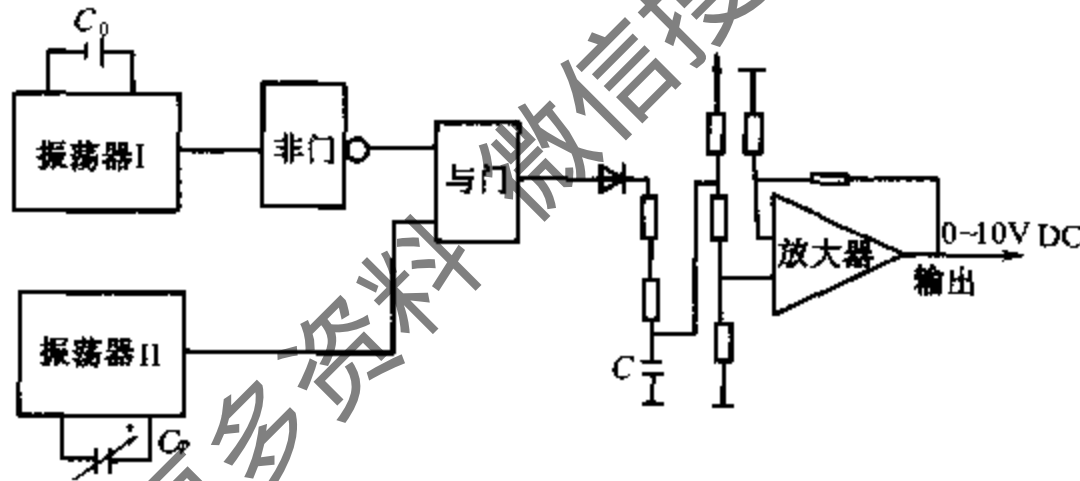


图 2-60 电容式湿度变送器

图中有两个电子振荡器，振荡器 I 以固定标准电容 C_0 作为时基电容，产生一固定脉宽比的方波。振荡器 II 以电容式湿度传感器的电容 C_ϕ 为时基电容，它产生随湿度而变化脉宽比的方波。将两个方波进行比较，其差值仍为具有脉宽比的方波，它是湿度的函数。将此方波经整流、滤波，获得方波变化的平均值，然后经放大器输出一标准电压信号 0 ~ 10V DC，在一定范围内与相对湿度成线性比例关系。

主要湿度传感器及变送器特点见表 2-5。

表 2-5 主要湿度传感器及变送器特点

种 类	优 点	缺 点	测 量 范 围
氯化锂电阻湿度传感器及变送器	1. 能连续指示，远距离测量与调节； 2. 精度高，反应快。	1. 受环境气体的影响； 2. 互换性差； 3. 使用时间长了会老化。	5% ~ 95% RH

续表

种类	优点	缺点	测量范围
氯化锂露点湿度传感器及变送器	1. 能直接指示露点温度； 2. 能连续指示，远距离测量与调节； 3. 不受环境气体温度影响； 4. 使用范围广； 5. 元件可再生。	1. 受环境气体流速的影响和加热电源电压波动的影响； 2. 有害的工业气体影响。	露点温度 -45 ~ 70℃ DP
电容式湿度传感器与变送器	1. 能连续指示远距离测量与调节； 2. 精度高，反应快； 3. 不受环境条件影响，维护简单； 4. 使用范围广。	1. 价格贵； 2. 对油质的污染比较敏感。	10% ~ 95% RH
电动干、球湿度计	1. 使用电阻测温能得到稳定特性； 2. 不受环境气体成分的影响。	1. 需经常维护纱布上水并防止污染； 2. 微型轴流风机有噪声。	10% ~ 100% RH 10 ~ 40℃ (空调应用)
毛发湿度计	1. 结构简单； 2. 价廉。	1. 有滞后、有变差； 2. 灵敏度低。	10% ~ 90% RH

第五节 液位检测与调节仪表

为确保制冷与空调系统正常、安全、有效地运行，系统中的一些设备需维持一定的液位。这些容器中的液（油）位检测与控制也是制冷与空调自动化的一项重要内容。

一、直读式液位计

(一) 玻璃管直读式液位计

玻璃管直读式液位计是根据连通器的原理，用内带钢球的液位计阀，将玻璃管一端接容器气相，另一端接容器液相，可透过玻璃管直接观察液位。其结构见图 2-61。当玻璃管因意外事故砸碎时，钢球在容器内压力的作用下，自动将通道堵死，使容器内液体不致外流。

玻璃管直读式液位计读数直观、结构简单、价格低廉、工作可靠，但玻璃管易破碎。

(二) 差压式远距离液位计

差压式远距离液位计也称差压式低温液位指示

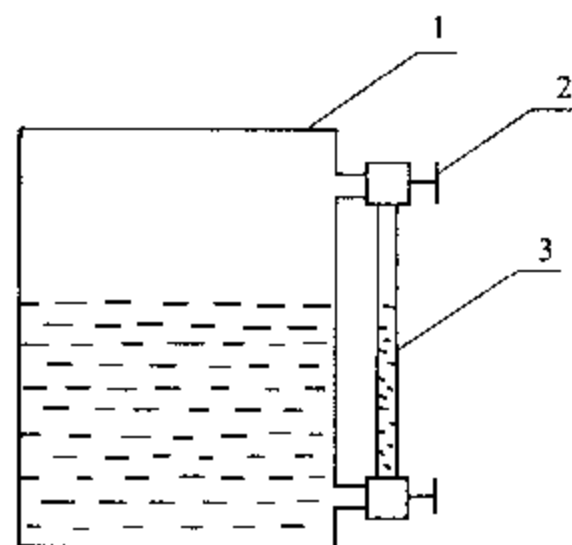


图 2-61 玻璃管直读式液位计

1-容器 2-液位计阀 3-玻璃管

器，多用于制冷装置中低压循环贮液桶和中间冷却器的液位检测。图 2-62 是其原理图。

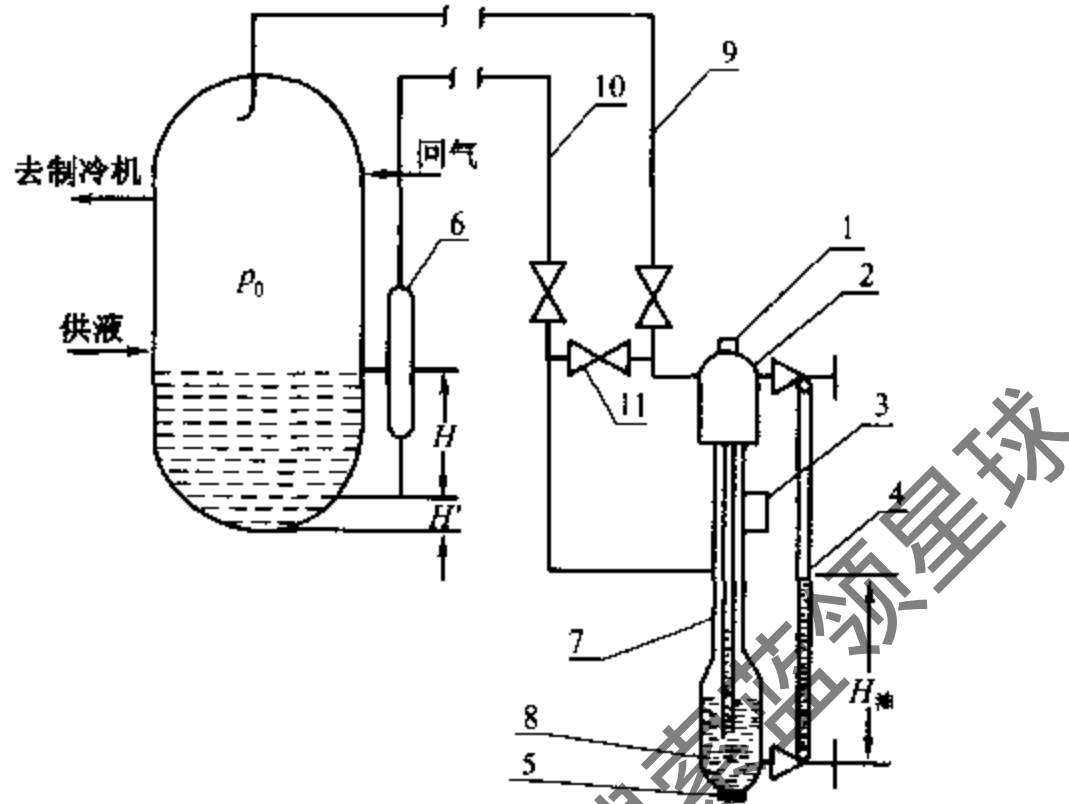


图 2-62 差压式远距离液位计原理图

- 1-管塞 2-气压室 3-放空气管塞 4-玻璃管 5-管塞 6-蒸发室
7-液压室 8-油室 9-气相均压管 10-液相均压管 11-均压阀

液位计的基本结构是两根管子套叠，内管和外管之间为液压室，它的下部与油室相通，上部与气压室不通，内管上端通气压室，下端与油室相通，油室内的油将液压室与气压室分开。玻璃管液面指示器上端接气压室，下端接油室。气相均压管接循环桶上部，将气体压力 P_0 引入气压室，液相均压管通过蒸发室接在循环桶底部，将底部压力 P 引入液压室。此时，气压室压力为 P_0 ，液压室的压力为 $P = P_0 + H_{\text{氨}} \rho_{\text{氨}} g$ ，其中， $H_{\text{氨}}$ 和 $\rho_{\text{氨}}$ 分别为桶内氨液面的高度和氨液的密度， g 为重力加速度。液位指示计玻璃管内和内管中油位上升的高度，取决于液压室和气压室压力差的大小，即取决于桶内氨液面的高度 $H_{\text{氨}}$ 。

由于油和氨的密度不同，液位计玻璃管内油面高度并不等于容器内氨液的液面高度，油面与氨液面之间关系可通过下式换算：

$$H_{\text{氨}} = \frac{\rho_{\text{油}}}{\rho_{\text{氨}}} H_{\text{油}} \quad (2-6)$$

一般 $\frac{\rho_{\text{油}}}{\rho_{\text{氨}}} \approx 1.43$ ，即 $H_{\text{氨}} \approx 1.43 H_{\text{油}}$ 。桶内氨液实际液位为玻璃管内油位的 1.43 倍，再考虑到起始液位 H' ，便可知道容器的真正液位。

远距离液位计的气相均压管和液相均压管可以做得很长，而且不受安装地点的限制。一般装在机房或控制室便于观察的地方。它适用于多个低压循环桶和中间冷却器液位的集中监视。它的结构比较简单，可以自己加工制造。

二、电感式浮球液位控制器

(一) UQK—40 型电感式浮球液位控制器

UQK—40 型电感式浮球液位控制器适用于以氨、R12、R22 为工质的制冷系统，与电磁阀配合使用，可自动控制容器内工质的液位。其结构见图 2-63，电气线路图见图 2-64。

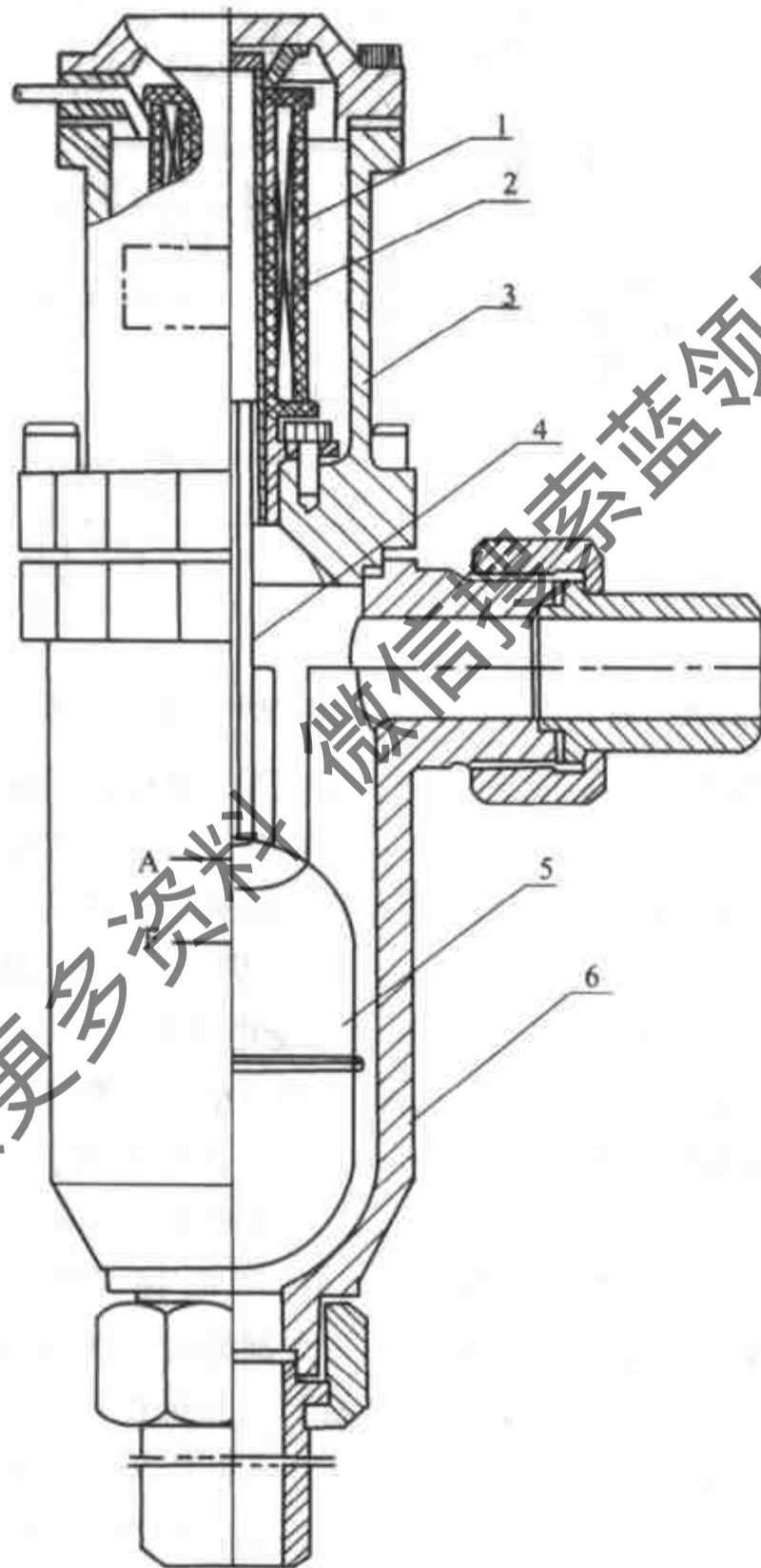


图 2-63 UQK—40 型电感式浮球液位控制器结构图

1-线圈支架 2-线圈 3-上筒 4-浮杆 5-浮球 6-外壳

UQK—40 型电感式浮球液位控制器的给定值由浮球阀体的安装位置确定。液位的起始值（下限）用红色油漆标在阀体上，画有“A—”处为氨系统的起始液位，“F—”

为氟利昂系统的起始液位，安装时对准所需控制的液面即可。

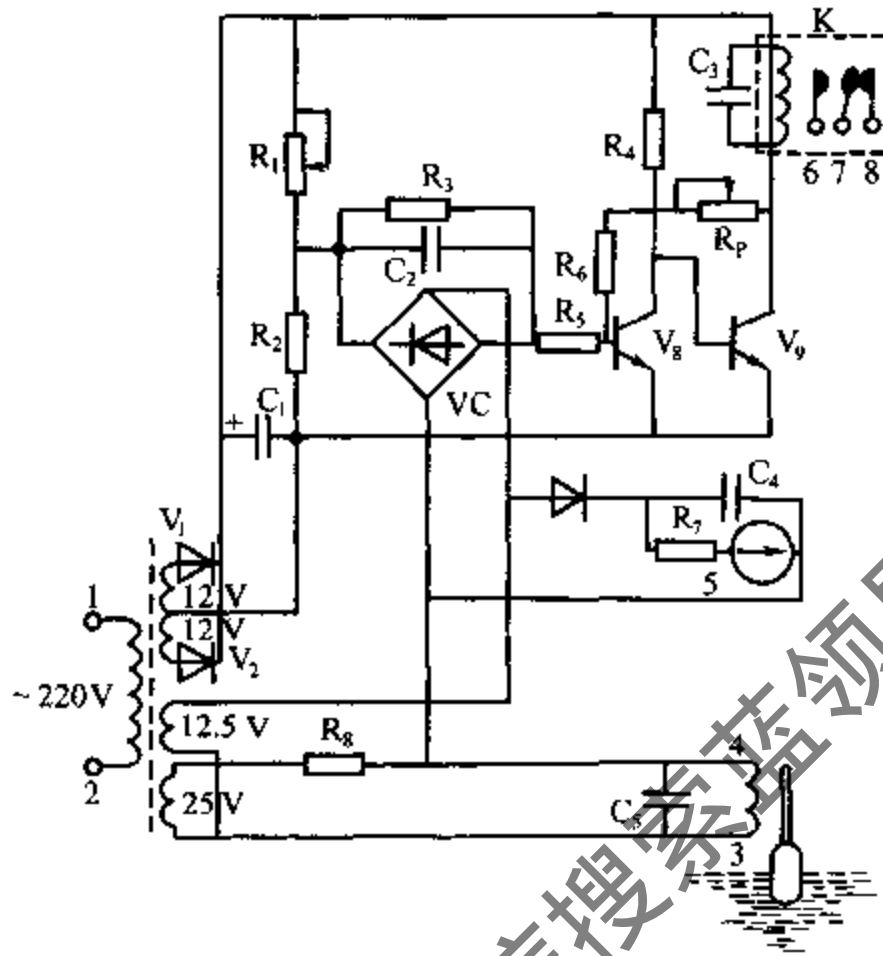


图 2-64 UQK-40 型电感式浮球液位控制器电气原理图

阀体内装有不锈钢浮球，阀体上部是电感线圈，浮杆由浮球带动在线圈内随液面的变化而上下移动，使线圈电抗发生变化。一定的液位高度（相对于起始液位）有相应的电抗与之对应。当容器中液位升高，浮球上升，线圈的电抗也增大，线圈两端的交流电压讯号增大，通过桥式整流，迭加在三极管 V_8 的基极，使 V_8 的基极电位下降，当线圈电抗增大到一定值时， V_8 截止， V_9 饱和导通，继电器 K 线圈通电，触点 6、7 通，发液位上限信号；当液位下降，浮球下降，线圈电抗减小，线圈两端交流电压减小，经整流后迭加于三极管 V_8 基极的直流电压也减小，使 V_8 的基极电位升高，当 V_8 的基极电位升高到某一数值时， V_8 饱和导通， V_9 截止，双稳开关电路翻转，继电器 K 线圈断电，触点 6、7 断开，7、8 通，发液位下限信号。 R_p 和 R_6 构成正反馈，加快双稳开关电路的翻转速度。调节 R_p 可改变双稳开关电路两次翻转时所需要的最大电抗和最小电抗，即调节仪表的幅差范围。折合成液位，控制器的幅差可在 0~60mm 范围内调节。

电位器 R_1 作低温补偿用。当电感线圈处于 -30°C 以下低温时，通电后线圈电阻改变很大，可能使下液位信号显著下移，以致发不出下液位信号。这时调节 R_1 可使仪表下液位信号稳定发出。一般在使用中按最低温度一次调好，以后不需再调。

在传感电路输出部分接上 $500\mu\text{A}$ 的电流表，可远距离显示容器的液面情况。

(二) UQK-41、42 型电感式浮球液位控制器

UQK-41、42 型电感式浮球液位控制器主要由玻璃管液位指示器和浮球开关两部分组成。两种型号的结构基本相同，大部分零件通用。其结构见图 2-65。

玻璃管液位指示器与制冷系统中用的直读式液位指示器相同。玻璃管常用规格为：外径 $\phi 25\text{mm}$ ；壁厚 2.5mm ；41 型长度 300mm ，42 型长度 200mm ；耐压 3MPa 。

玻璃管周围装有有机玻璃保护罩，玻璃管内装有浮球。浮球为对接长圆形，内放钢珠，使其立于液面，见图 2-66。浮球比重为 0.78 ，轻于油而重于氨，在氨液和油共存的容器中，浮球沉于氨而浮于油面，从而指示出油的液位。玻璃管外装有两个胶木开关盒，盒内装有晶体管接近开关。开关盒所在的位置，即分别为控制液位设定值的上、下限。UQK-41 型常用于容器放油控制，UQK-42 型常用于压缩机加油控制。

晶体管接近开关电气原理见图 2-67。接近开关由串联型晶体管稳压电源供电。三极管 V_4 、电容 C_6 和变压器 (L_1 、 L_2) 组成 LC 振荡器，只要线圈 L_1 的相位正确，选择合适的匝数比，就能保证起振。 L_2C_6 组成谐振回路，接在 V_4 集电极，使振荡器输出波形良好，振荡频率也同时确定。当指示液位的浮子未进入接近开关控制区时，振荡器振荡正常，振荡电压由 L_3 耦合输出，经二极管 V_{12} 整流后，给三极管 V_5 提供一正偏压，使 V_5 饱和导通， V_5 饱和导通后将三极管 V_6 基极

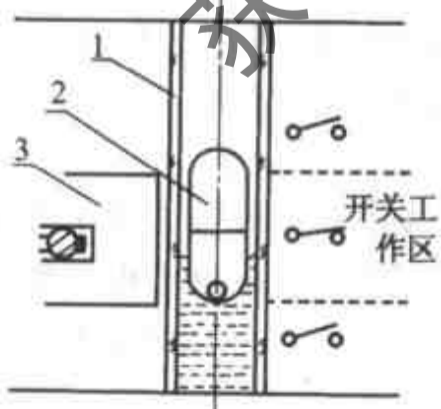


图 2-66 浮球接近开关工作示意图

- 1-玻璃管 2-浮球
3-接近开关

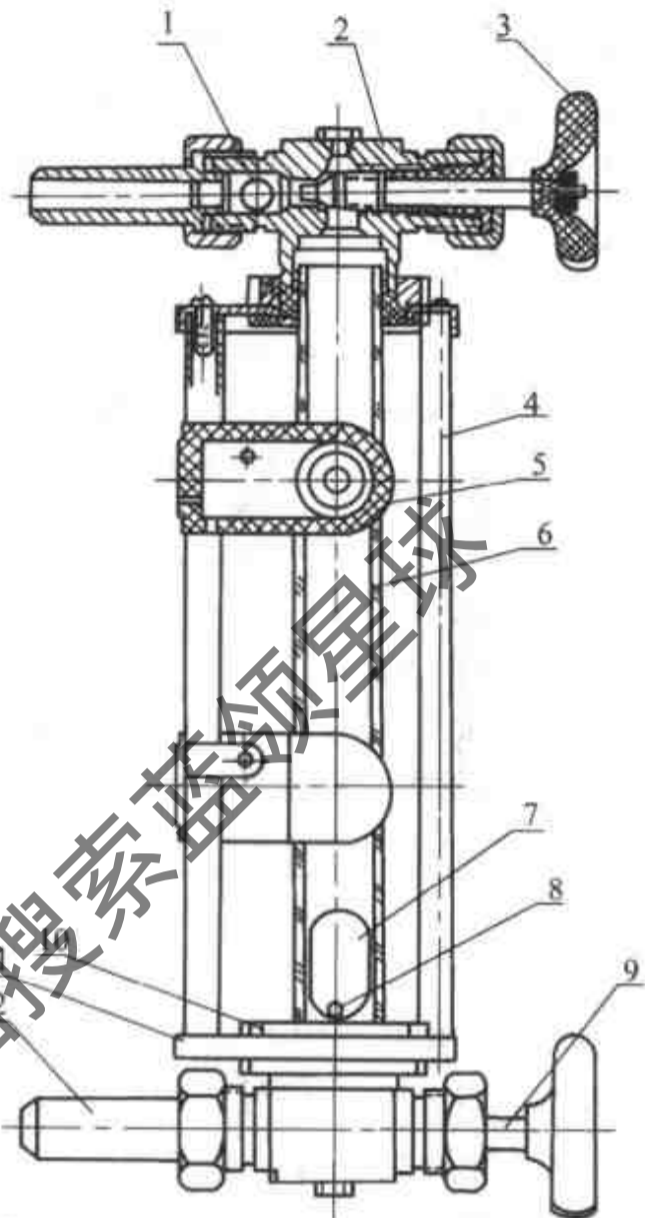


图 2-65 UQK-41、42 电感式浮球液位控制器机械结构图

- 1-钢球 2-阀体 3-手柄 4-支杆
5-开关盒 6-高压玻璃管 7-浮子 8-钢珠
9-阀杆 10-压紧圈 11-夹板 12-接头

电位箱得很低，迫使 V_6 、 V_7 截止，继电器 K 不动作；当浮子进入接近开关工作区时，浮子在振荡器的高频磁场中产生涡流，使振荡回路 Q 值下降，破坏了振荡条件，迫使高频振荡器停振， L_3 线圈无振荡电压输出， V_5 截止，而 R_{10} 、 R_{11} 向 V_6 的基极提供了一个正向偏压，使 V_6 饱和导通， V_7 随即也饱和导通，继电器 K 动作，其触点输出开关信号。当 V_7 管子由饱和转向截止时，其集电极所带继电器线圈要产生自感电势，很可能将 V_7 击穿，加 V_{13} 续流二极管，是为自感电势提供一个通路，保护 V_7 不被击穿。 R_9 是正反馈电阻，用以提高开关电路翻转灵敏度。

由上面的分析可知，浮子进入胶木开关盒，继电器 K 吸合，浮子离开胶木开关盒，继电器 K 释放。由于浮子很

小，控制的液位幅差范围也很小，而且不可调。一般用两个（或多个）胶木开关盒，一个做下限液位控制，一个做上限液位控制。同时，在电气线路上设自锁触点，以保证只有在达到另一限位时才改变原来的动作状态。一般 UQK—41、42 电气盒内带有自锁触点（无自锁触点的，使用单位需另配中间继电器）。图 2-68 是 UQK—41 型放油电气盒电气线路图。

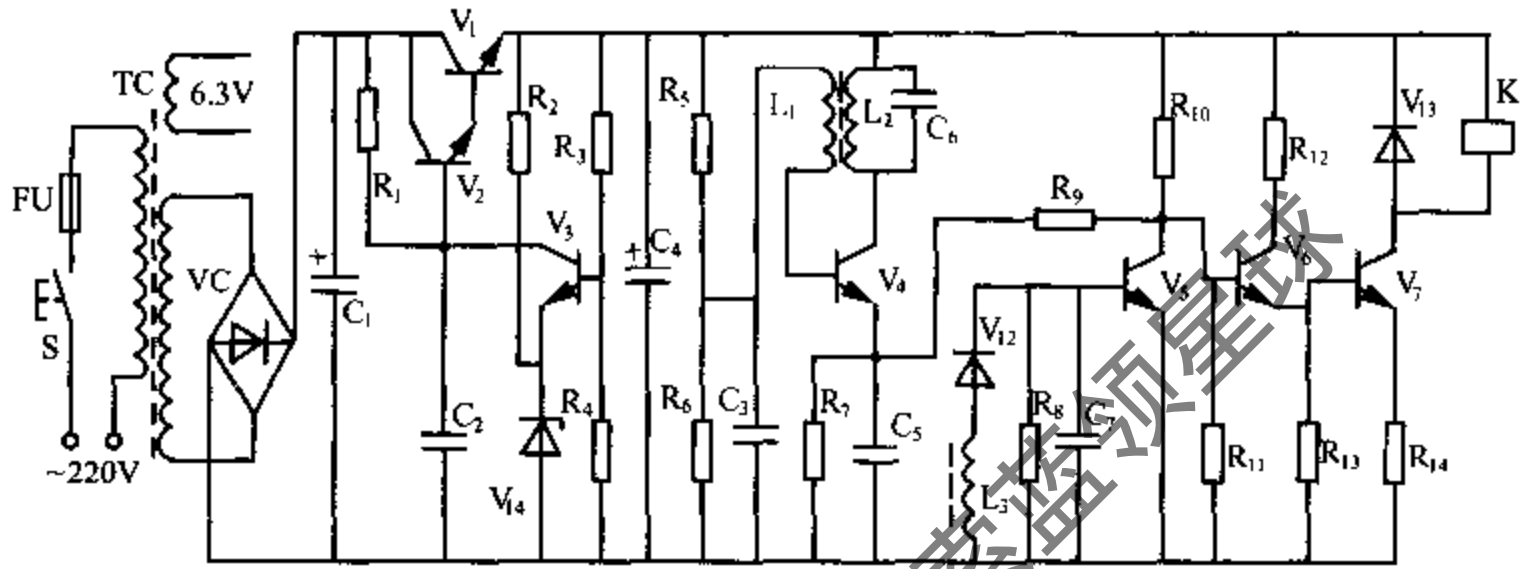


图 2-67 接近开关电气原理图

当容器液位升到上限时，上限油位接近开关动作，常开触点 $1K_1$ 闭合，放油继电器 $3K$ 吸合，发出放油信号并通过 $3K_1$ 触点自锁，使得在放油过程中油位下降到上限以下时放油仍能持续进行。直到油位到下限，下限接近开关动作，其常闭触点 $2K_1$ 断开，使放油继电器 $3K$ 释放，停止放油。图 2-69 是 UQK—42 型加油电气原理图。油位降到下限时，加油继电器 $4K$ 吸合加油，油位升到上限时停止加油。

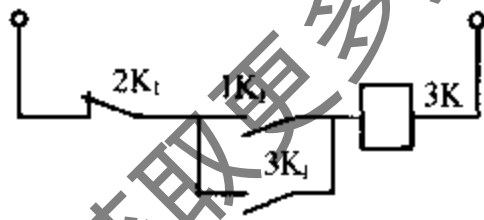


图 2-68 UQK—41 电感式浮球式液位控制器放油电气原理

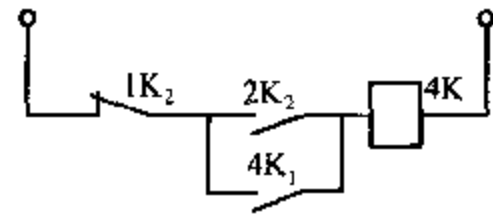


图 2-69 UQK—42 型电感浮球式液位控制器加油电气原理

当仪表采用二个胶木开关盒控制时，幅差的调节可在玻璃管上通过移动胶木开关盒来达到。但是，两个开关盒的距离不能小于 20mm，否则，两个高频磁场互相干扰，从而造成控制器的误动作。电气接线盒与胶木盒之间的接线超过 50m 时，最好并联 $100\mu F$ 和 $0.47\mu F$ 的旁路电容各一个，防止外界干扰。

三、晶体管水位控制器

晶体管水位控制器也是一种晶体管位式控制器。其种类较多，但工作原理基本相似。下面介绍空调中用的较多的 SY 型晶体管水位控制器的工作原理。

SY 型晶体管水位控制器是用来根据喷水室底池（或回水箱）的水位，控制回水泵

的启停。其内部接线原理见图 2-70 所示。它的输出是继电器的触点。其工作原理是：电源供电后，如果水池水位低于“高”水位时，继电器不动作；当水位升到“高”、“中”水位极板接通时，三极管 V_4 基极电路接通， V_4 饱和导通，继电器 K 吸合，输出常闭触点 6、7 断开。也就是说，它通过继电器（比如浮沉式水银继电器）控制水泵的启动。由于是用一对常开触点与“中”水位组成继电器自锁电路，所以只有当水位下降到“中”极板位置以下时，继电器 K 才释放，水泵停止运行。

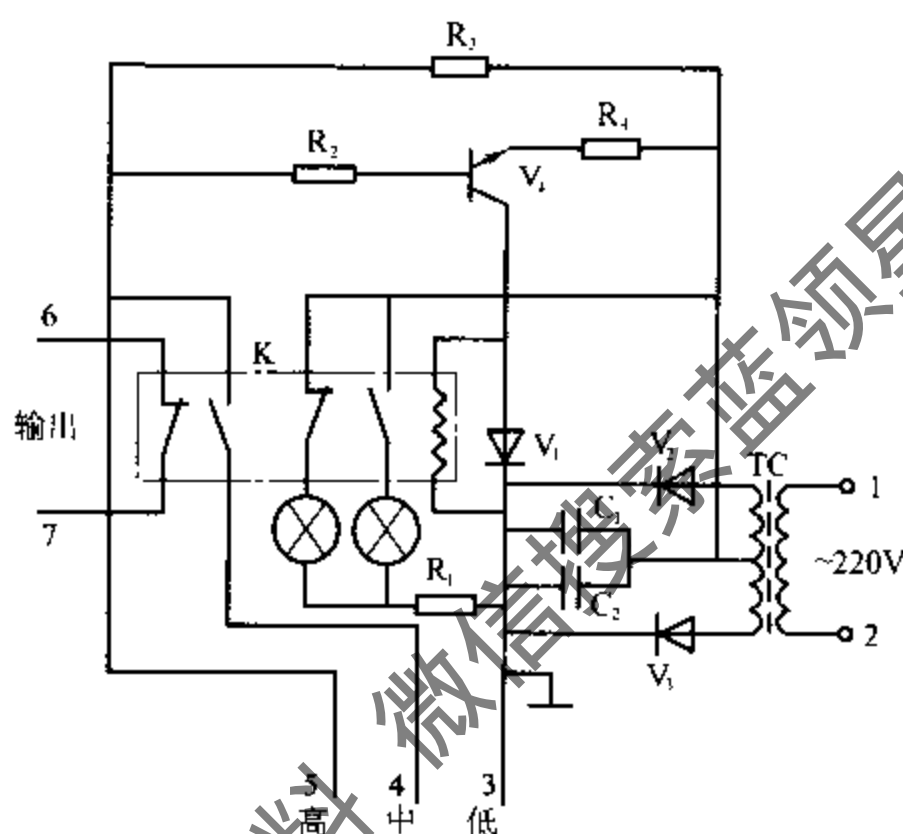


图 2-70 SY 型水位控制器内部接线原理图

在制冷系统水回路自动控制中，也有采用其他的水位控制器的，如用“714”水位继电器，来控制循环水池的补充水。

第六节 流量检测与调节仪表

在制冷空调系统中，经常需要对生产过程中的各种介质（液体、气体和蒸汽等）的流量进行检测和调节，使其保持在经济、合理的状态，以便获取最佳的工作效率。

（一）差压式流量计

差压式（也称节流式）流量计是利用流体流经节流装置时产生的压力差来实现流量测量的，是目前工业生产中测量流量最成熟、最常用的仪表之一。

差压式流量计由节流装置和差压计两部分组成。

1. 节流装置

节流装置就是设置在管道中能使流体产生局部收缩的节流元件和取压装置的总称。

节流元件的节流原理见图 2-71 所示。

流体在有节流装置的管道中流动时，在节流装置前后的管壁处，流体的静压力产生差异的现象称为节流现象。

具有一定能量的流体，才可能在管道中形成流动状态。流动流体的能量有两种形式，即静压能和动能。因流体有压力而具有静压能，又因流体有流动速度而具有动能。这两种形式的能量在一定的条件下可以互相转化。但是，根据能量守恒定律，在没有外加能量的情况下，流体所具有的静压能和动能，再加上克服流动阻力的能量损失，其总和是不变的。图2-71表示在孔板前后流体的速度与压力的分布情况。

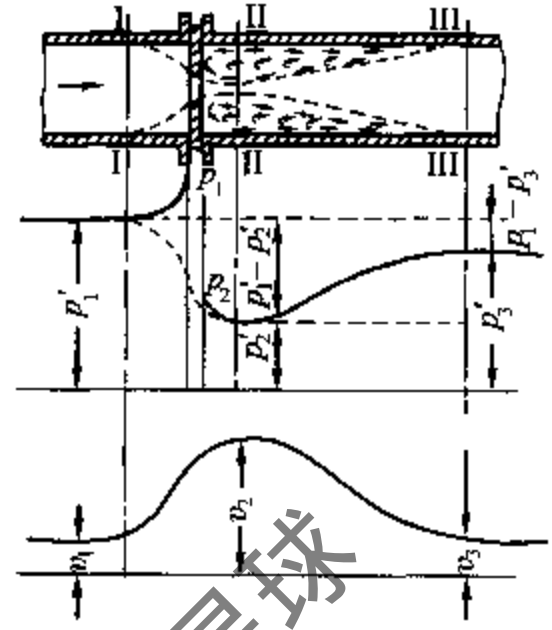


图2-71 流体流经节流孔板时压力和流速分布图

流体在管道截面 I 前，以一定的流速 v_1 流动，此时静压力为 P_1 。在接近节流装置时，由于遇到节流装置的阻挡，靠近管壁处的流体受到节流装置的阻挡作用最大，因而使一部分动能转换为静压能，出现了节流装置入口端而靠近管壁处的流体静压力升高，并且比管道中心处的压力要大，即在节流装置入口端面处产生一径向压差。这一径向压差使流体产生径向附加速度，从而使靠近管壁处的流体质点的流向就与管道中心轴线相倾斜，形成了流束的收缩运动。由于惯性作用，流束的最小截面并不在孔板的孔处，而是经过孔板后仍继续收缩，到截面 II 处达到最小，这时流速最大，达到 v_2 ，随后流束又逐渐扩大，至截面 III 后完全复原，流速便降低到原来的数值，即 $v_3 = v_1$ 。

节流装置造成流体流束的局部收缩，使流体的流速发生了变化，即动能发生了变化。与此同时，表征流体静压能的静压力也发生变化。在 I 截面，流体具有静压力 P'_1 。到达截面 II 时，流速增加到最大值，静压力则降低到最小值 P'_2 ，而后又随着流束的恢复面逐渐恢复。由于在孔板端面处，流束截面突然缩小与扩大，使流体形成局部涡流，消耗一部分能量，同时流体流经孔板时，要克服摩擦力，所以流体的静压力不能恢复到原来的数值 P'_1 ，而产生了压力损失 $\delta P = P'_1 - P'_3$ 。

节流装置前流体压力较高，称为正压，常以“+”标志；节流装置后流体压力较低，称为负压（注意不要与真空混淆），常以“-”标志。节流装置前后压差的大小与流量有关。管道中流动的流体流量越大，在节流装置前后产生的压差也越大，因此只要测出孔板前后两侧压差的大小，即可表示流量大小，这就是节流装置测量流量的基本原理。

利用流体连续方程式（即流体质量流量在截面 I、II、III 处全等）和伯努利方程可以得出流体流过节流装置所产生的压力差和流量的关系式为：

$$q = 0.03998 \alpha \epsilon d_0^2 \sqrt{(P_1 - P_2) / \rho} \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (2-7)$$

$$m = 0.03998 \alpha \epsilon d_0^2 \sqrt{\rho (P_1 - P_2)} \quad \text{kg}/\text{h} \quad (2-8)$$

式中： d_0 ——工作状态下节流元件的孔径（mm）；

- ρ ——工作状态下流体的密度 (kg/m^3);
- α ——流量系数;
- ϵ ——流体的膨胀校正系数;
- $(P_1 - P_2)$ ——压力差 (MPa);
- q ——流体体积流量 (m^3/h);
- m ——流体质量流量 (kg/h)。

常用的节流元件有标准孔板、标准喷嘴和标准文丘里管，见图 2-72 所示。标准孔板结构简单，价格便宜，但压力损失大；标准喷嘴的压力损失较小，测量精度高，但结构复杂；标准文丘里管的内面十分接近流体线性，压力损失最小，但加工制造困难些，如果流量测量中无压力损失要求，常选用孔板或喷嘴。

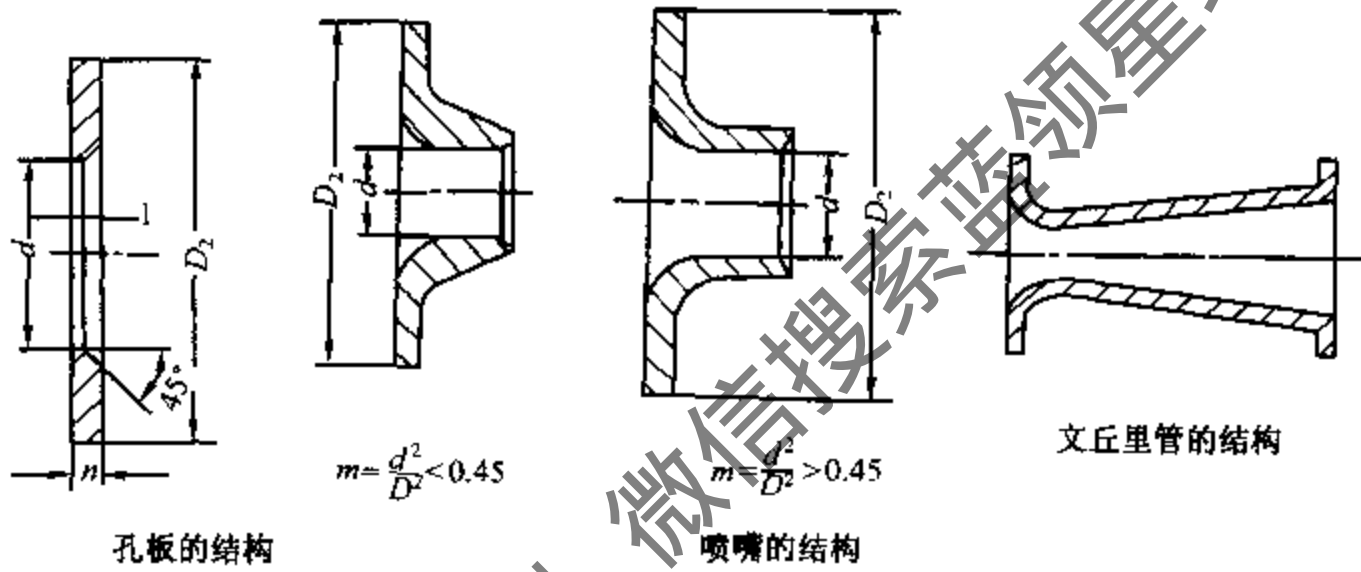


图 2-72 节流装置形式

差压式流量计是通过测量节流元件前后压力差来实现流量测量的，而压力差又与取压孔位置和取压方式紧密相关。取压方式及取压孔的位置见图 2-73。理论取压法在上游距孔板 D （管道直径）处和下游流束收缩最小处引出；径距取压法在上游距孔板为

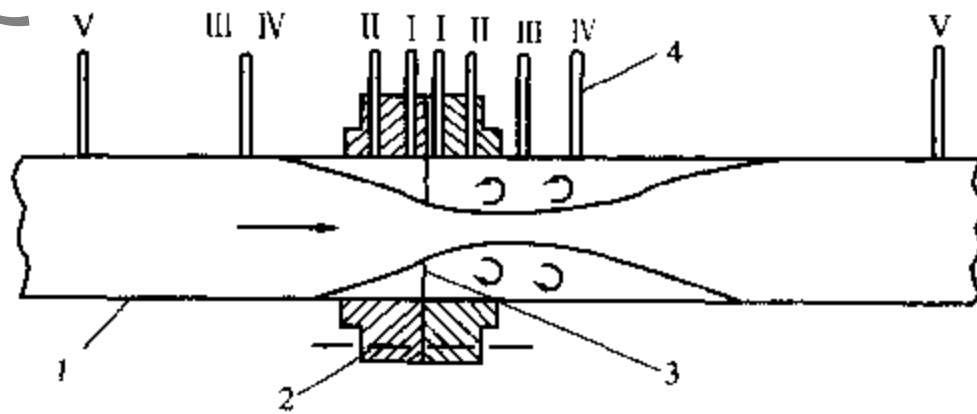


图 2-73 各种取压点的选择位置

- 1-管道 2-法兰 3-孔板 4-取压管
- (I - I: 角接取压 II - II: 法兰取压 III - III: 理论取压
- IV - IV: 径距取压 V - V: 管接取压)

D, 下游距孔板 $\frac{1}{2}D$ 处取压; 法兰取压法则在位于孔板前后端面均为 25.4mm 处取压; 管接取压法在上游距孔板 2.5D 和下游距孔板 8D 处取压, 此法已很少应用; 角接取压法为在上、下游侧取压孔的轴线至孔板或喷嘴的上、下游侧端面的距离各等于取压孔直径的一半或取压隙宽度的一半处取压。我国主要采用的是角接取压法和法兰取压法。

2. 差压计

差压计与节流装置配套使用组成差压式流量计。差压计经导压管与节流装置连接, 接受被测流体流过节流装置所产生的差压信号, 根据生产工艺的要求, 把差压信号转换成不同形式的信号传递给显示仪表, 实现对被测流体的差压和流量参数的显示、记录、和自动控制。差压计的种类很多, U型管和微压计精度高, 但使用不方便。应用最广泛的是膜片式、波纹管式、电容式差压计, 它们集差压信号的测量、转换和流量显示装置于一体, 具有结构简单、测量准确度高、自动化程度高等特点。

图 2-74 是差压式流量计示意图。

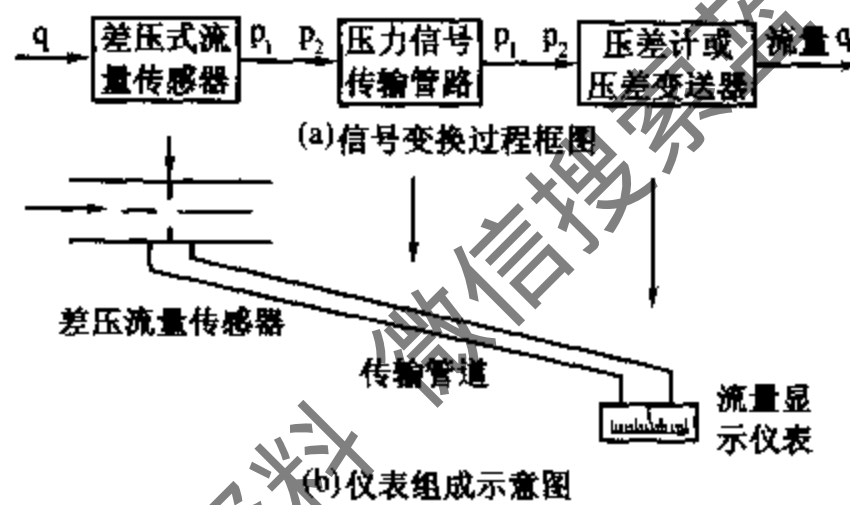


图 2-74 差压式流量计的组成示意图

值得注意的是：测量流量用的差压计刻度标尺一般都是按流量分度的，由于流量与压差之间为平方关系，差压计的流量刻度标尺将是不均匀的，愈接近刻度标尺上限其分格愈大，这不仅给读值带来不便，还限制了仪表量程的使用范围，同时也给流量的计算带来困难，为此要对流量标尺进行线性化。使用开方器可对电动差压变送器的输出电信号进行开方运算，使开方后的流量信号与差压成线性关系。

(二) 电远传转子流量计

转子流量计是利用压降不变，而节流面积的变化来测量流量的。

1. 转子流量计的工作原理

图 2-75 是指式转子流量计的原理图。它由一段向上扩大的圆锥形管和密度大于被测流体密度，且能随被测流量大小而上下浮动的转子

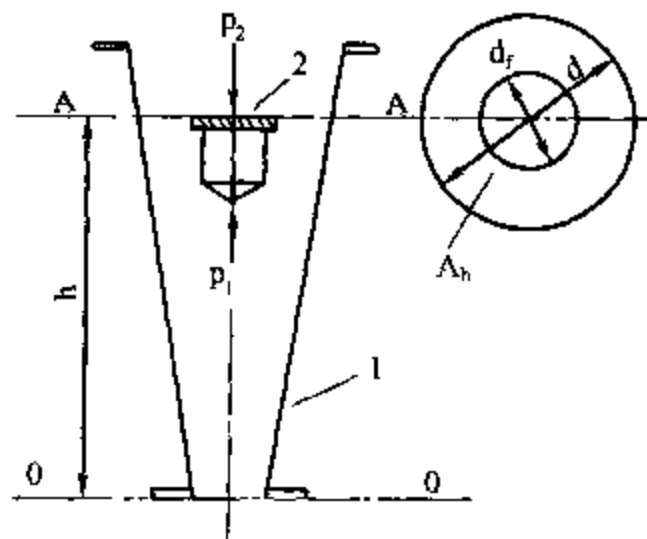


图 2-75 转子流量计的工作原理图

1 - 圆锥形管 2 - 转子

(又称浮子)组成。

利用转子流量计测量流量时,被测流体(气体或液体)由锥形管下端进入,流经转子和锥形管之间的环隙,再从锥形管上端流出。当流体流过时,由于节流作用,在转子上下端面间将产生压差,此压力差使位于锥形管中的转子受到向上的力而浮起,当这个向上的力等于转子重力时,转子就停浮在一定的高度上。如果被测流体的流量增大,作用在转子上的向上的力就加大,此时向上的力大于转子的重力,转子上升。由于转子在锥形管中的位置升高,造成转子与锥形管间的环隙增大,即流通面积增大。随着环隙的增大,流过环隙的流体流速变慢,流体作用在转子上向上的力也变小,当流体作用在转子上的力再次等于转子的重力时,转子又稳定在一个新的高度上。这样,转于在锥形管中的平衡位置的高低与被测流体流量大小相对应。如果在锥形管外表沿其高度刻上对应的流量值,根据转子平衡位置就可以直接读取流量值的大小。

2. 电远传转子流量计

指示式转子流量计,只适合于就地显示。电远传式转子流量计可以对流量信号进行远距离显示和记录。LZD 系列电远传转子流量计主要由流量变送器及流量指示仪两部分组成。如图 2-76 所示。

电远传转子流量计的流量变送器是用转子和差分变压器进行流量信号变送的。

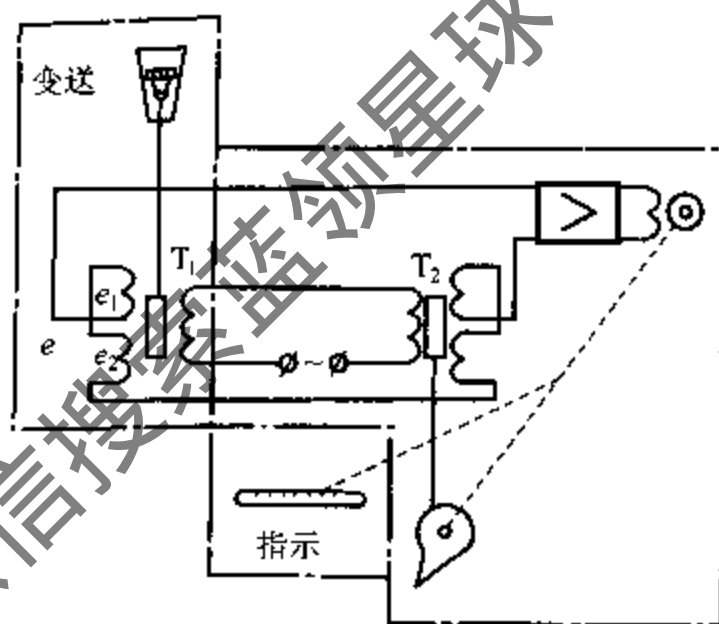


图 2-76 LZD 系列电远传转子流量计

差分变压器由铁心、线圈以及骨架组成。线圈骨架分成长度相等的两段,初级线圈均匀地密绕在两段骨架的内层,并使两个线圈同相串联相接;次级线圈也分别均匀地密绕在两段骨架的外层,并将两个线圈反相串联相接。

当铁心处在差分变压器两段线圈的中间位置时,初级线圈激励的磁力线穿过上、下两个次级线圈的数目相同,因而两个匝数相等的次级线圈中产生的感应电动势 e_1 、 e_2 相等。因两个次级线圈系反相串联,所以 e_1 和 e_2 相互抵消,从而输出端间的总电动势为零,即

$$e = e_1 - e_2 = 0$$

当铁心向上移动时,由于铁心改变了两段线圈中初、次级的耦合情况,使磁力线通过上段次级线圈的数目增多,通过下段线圈的磁力线数目减少,因而上段次级线圈产生的感应电势比下段次级线圈产生的感应电动势大,即 $e_1 > e_2$, 于是次级线圈两端输出的总电动势 $e = e_1 - e_2 > 0$ 。当铁心向下移动时,与上移相反,即输出的总电动势 $e = e_1 - e_2 < 0$ 。无论哪种情况,都把这个输出的总电动势称为不平衡电动势,其大小和相位由铁心相对于线圈中心移动的距离和方向来决定。

流量变送器是把转子流量计的转子与差分变压器的铁心连接起来,如图 2-76 所示,使转子随流量变化的运动带动铁心一起上下升降,那么,就可以将流量的大小转换

成输出感应电压的大小，这就是电远传转子流量变送器的工作原理。

电远传转子流量计的流量指示仪，采用一个与发送差分变压器完全相同的接收差分变压器和电子放大器以及凸轮机构等组成的自动平衡线路来实现。如图 2-76 所示。

当被测介质流量变化时，引起转子停浮的高度发生变化，转子通过连杆带动流量变送器的差分变压器 T_1 中的铁心上下移动。当流量增加时，铁心向上移动，发送变压器 T_1 的次级绕组输出一不平衡电动势，进入电子放大器放大后的信号一方面通过可逆电动机带动显示机构动作，另一方面通过凸轮带动接收差分变压器 T_2 中的铁心也向上移动。使 T_1 的次级绕组也产生一个不平衡电动势。由于 T_1 、 T_2 的次级绕组是反向串联的，因此由 T_2 产生的不平衡电动势将抵消 T_1 产生的不平衡电动势，一直到进入放大器的电压为零时， T_2 中铁心才停留在相应位置上，这样 T_2 中的铁心位置就和发送变压器 T_1 的铁心位置一样都随流量大小而变化，显示机构的指示值就是被测流量的数值。

发送差分变压器输出的电压信号，也可以用动圈式仪表直接显示。

转子流量计用于测量非混浊液体、气体等单相介质的流量，尤其适合小流量的测量。它的准确度等级一般为 2.5 级，最高不超过 1.0 级。量程比（最大流量与最小流量的比值）可达 10:1（差压式流量计仅为 3:1）。使用中压力损失小。使用时必须垂直安装，同时要保证浮子不沾污或有杂物停在顶面。

转子流量计是一种非标准化仪表。在大多数情况下，可按照实际被测介质进行刻度。但仪表厂为了便于成批生产，常在工业基准状态（20℃，0.10133MPa）下用水或空气进行刻度。当被测介质的密度与标定刻度时的介质有差异时，必须重新标定刻度。在无标定条件时，可用下式作近似修正。

$$L = L_0 \sqrt{\frac{(\rho_f - \rho) \rho_0}{(\rho_f - \rho_0) \rho}} \quad (2-9)$$

式中： L ——修正后的流量；

L_0 ——用水或空气标定时流量；

ρ_f ——转子的材料密度；

ρ_0 ——标定时水或空气的密度；

ρ ——使用时被测介质的密度。

（三）靶式流量计

靶式流量计具有结构简单，安装维修方便，不易堵塞等优点。除了可以测量液体、气体和蒸汽流量外，尤其是可以测量粘度较高的介质和含有固体颗粒的浆液以及腐蚀性介质的流量。但是，由于靶式流量计所测的介质种类繁多，仪表制造厂一般只能统一采用水为介质进行流量校验和标定，因此在使用时还需要进行个别标定才能保证精度。另外测量的压力损失较大。

靶式流量计的原理如图 2-77 所示。流体流动的推力作用在一悬挂于流束中的靶上（也可以说这个推力就是靶对流体阻力，因此靶式流量计是一种流体阻力式流量计），流体作用于靶上的推力大体上有流体流动的动压力、靶对流体流动的节流作用所产生的

静压差和流体的粘性摩擦力。根据伯努利方程可以计算出靶上所受推力的大小，只要测得靶上所受到的流体推力就可以知道被测介质流量的大小。推力的测量可采用紧贴在悬臂梁上的应变片，由靶杠杆推动组成流量变送器来完成。

图 2-78 为 LKB-01 型靶式流量控制器的结构示意图。正常工作时，流体对靶片产生的作用力与弹簧的拉力平衡，形成一种电路状态。当流体流量发生变化时，靶片所受作用力与弹簧力的平衡被破坏，靶片产生转动，拨动微动开关使其触点变位，对流体的流量进行控制或超限报警。每个靶式流量

控制器上有三副靶片，不同的管径与流量应选用不同的靶片，以达到最佳的调节效果。

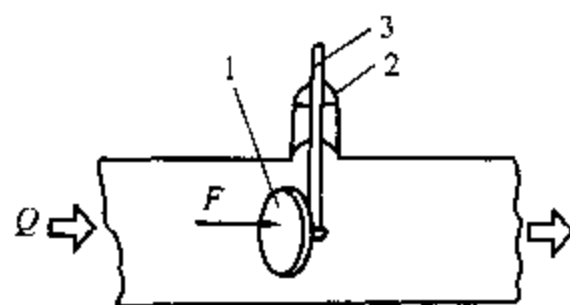


图 2-77 靶式流量计示意图

1-靶 2-输出轴密封片
3-靶的输出力杠杆

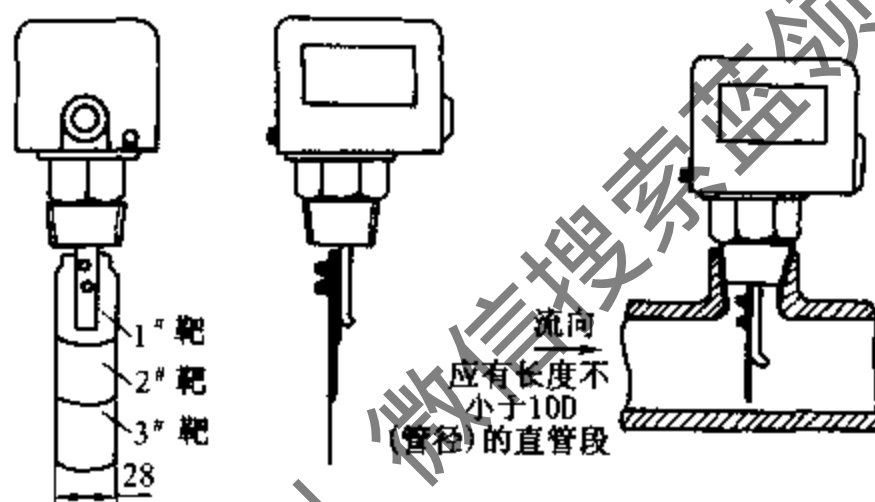


图 2-78 靶式流量控制器

LKB-01 型靶式流量控制器主要技术性能：

环境温度：(5~40)℃；

安装位置：外壳上箭头与流体方向一致，控制器前需要有 10D（管径）长度的导向直管段；

耐压：1MPa；

触点容量：AC 250V 3A（阻性），转换触点 1 副（有常开和常闭）；

介质温度范围：(5~80)℃。

靶式流量控制器主要用于对冷水、冷却水系统或其他流体回路的流量控制及报警。

第七节 风速检测仪表

制冷与空调系统中，特别是在空调系统中，常对空调房间或风管中的风速进行直接测定。根据对测定值分析，及时地对系统的运行加以调整，提高系统运转质量，保持良好的空调工作状况。制冷与空调中常用的风速检测仪表有叶轮风速仪、杯式风速仪和热

电风速仪。利用气压法测量流速也是常用的方法之一。

一、叶轮风速仪

叶轮式风速仪是利用流动的空气推动仪器上的一个用轻金属制成的转轮，转轮转速的快慢与风速成正比。根据单位时间内转轮的转数，通过机械计数装置，在表盘上显示风速值。图 2-79 是内部自带计时装置的自记式叶轮风速仪。图 2-80 是其内部传动示意图。叶轮受到气流动压力作用发生旋转运动，其转数由轮轴上齿轮传递给计数器指针，便指示出风速的大小。

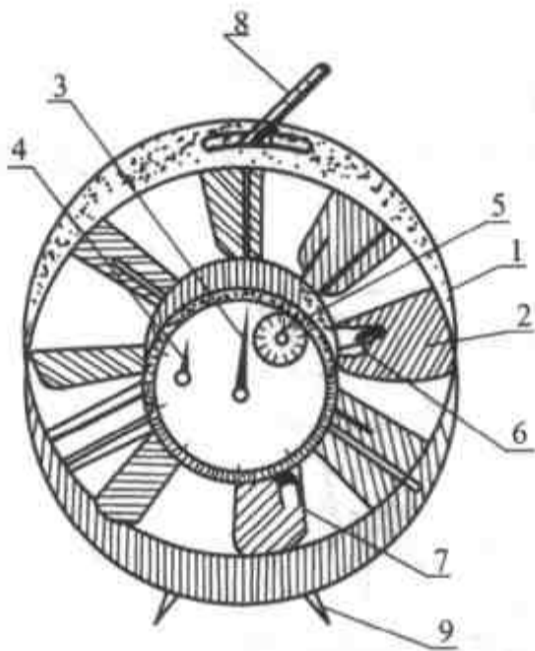


图 2-79 自记式叶轮风速仪

- 1-圆形框架(外壳) 2-叶轮 3-长指针
4-短指针 5-计时指针 6-回零压杆
7-启动压杆 8-提珠 9-座架

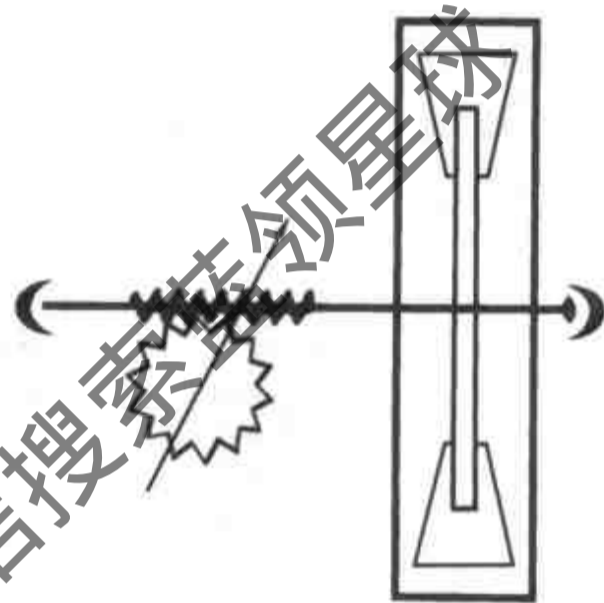


图 2-80 叶轮风速仪传动示意图

该仪器表盘中间的长指针每走一圈是 100 米。短指针每走一刻度为 100 米，走一圈为 1000 米。计时指针走一周为 120 秒，其中前 30 秒和后 30 秒分别为准备、收尾时间，实际计数时间只有 60 秒。

当将该仪器置于测点处时，气流方向应垂直于叶轮平面，当叶轮旋转正常后，再按启动压杆，手指应随按随放（按放时间不要大于 1 秒）。这时计时指针开始走动。当它走过 30 秒钟后，可听到轻微“咔嚓”声，表示传动机构已经与计风速指针接触，风速指针便开始走动。待时间过 60 秒后，又可听到“咔嚓”声，传动机构与计风速指针脱离接触，风速指针停止走动（再过 30 秒计时指针也自行停止）。此时读取长、短指针的示值之和即为每分钟的风速，再除以 60 就是所测的风速值了。测试完后，按回零压杆，使指针归回零位，为下次使用作好准备。

叶轮风速仪的灵敏度为 0.5 米/秒以下，可测 0.5 ~ 10 米/秒范围内的较小风速。空调测试中，主要用于测量风口和空调设备（如加热器、表面式冷却器和喷水室）的风速。

二、杯式风速仪

杯式风速仪的作用原理、构造与叶轮风速仪基本相似，只是将风速感应元件叶轮换成了3个（或4个）半球形的转杯（风杯），如图2-81所示。因转杯结构牢固，机械强度大，能承受速度较大气流的压力，因而能够测量较大的风速。一般为1~20米/秒，也有1~40米/秒的。有的仪表还带有风标，用以指示风向。

杯式风速仪与叶轮风速仪的使用方法类似。计时指针走一圈为120秒，其中开始100秒为计数时间，后20秒收尾。按下启动压杆后，计时指针与风速指针同时启动，待过100秒后，可听见“咔嚓”声，风速指针停止走动。读取表盘示值即为风速（米/秒）。

三、利用气压法测量流速

利用微压计测出皮托管在流体中感受到的动压，通过计算得出测点的流速，是流体力学中测速的经典方法。这一方法需用仪器简单、使用方便，更由于它具有较强的理论基础，因此，至今国际上认为，不论在工程实践中或风速标准的传递中，皮托管测速是一种可靠的方法，特别在管内流速和流量测定中应用得极为广泛。

根据前面讲的皮托管的测压原理和微压计的使用方法，即可以从微压计上读出所需测定的压力值。

由流体力学理论，我们知道，对不可压缩流在流管任一截面上的静压（ P_j ）与动压（ P_d ）之和为总压（ P_o ）。因此，总压与静压之差即为动压，可以表示为：

$$P_d = P_o - P_j = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (2-10)$$

式中： ρ ——流体密度；
 v ——流体速度。

由于皮托管静压管结构上种种因素的影响，它所感受的动压与测点实际动压存在差异。因此，必须用一系数对所测动压进行修正。常用的有三种修正方法：

$$\xi P_d = \frac{1}{2} \rho v^2, \quad v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \xi P_d} \quad (\text{我国标准采用的定义式}) \quad (2-11)$$

$$P_d = \frac{1}{2} c \rho v^2, \quad v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{1}{c} P_d} \quad (\text{英国标准采用的定义式}) \quad (2-12)$$

$$\alpha^2 P_d = \frac{1}{2} \rho v^2, \quad v = \alpha \sqrt{\frac{2}{\rho} P_d} \quad (\text{国际标准采用的定义式}) \quad (2-13)$$

三种定义式中皮托管静压管的校准系数间的关系为 $\xi = \alpha^2 = \frac{1}{c}$ ，使用资料时应予以注

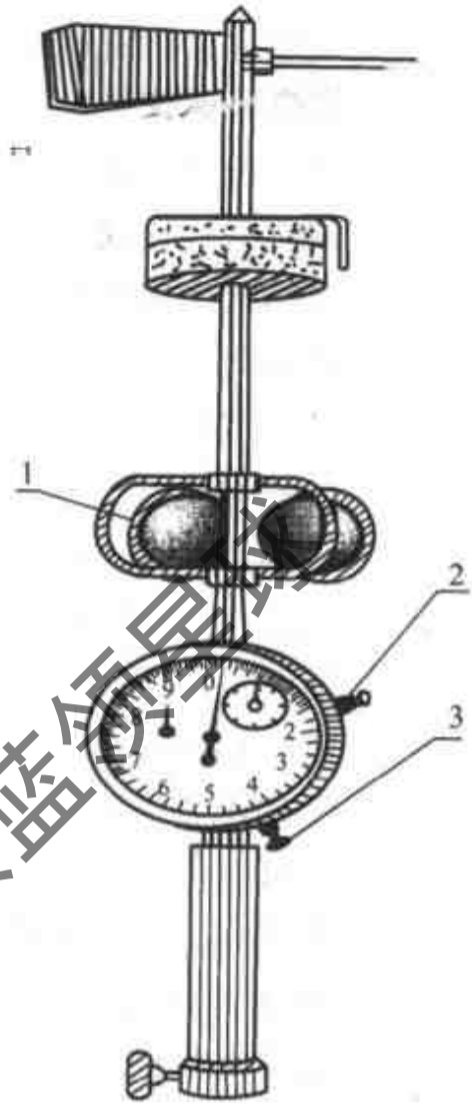


图2-81 转杯式风速风向仪
1-风杯 2-回零压杆
3-启动压杆

意。

根据微压计上测得的压力值，利用以上三式中的一个即可计算出所测点的流速。

四、热电风速仪

热电风速仪根据测头的结构不同分为热球式和热线式两种。制冷与空调系统中常用的是热球式热电风速仪。

热球式热电风速仪由热球式测头和测量仪表两部分组成。测头是将镍铬线圈和测量热球温度的热电偶一同置于玻璃球内。当通过镍铬线圈的加热电流一定时，玻璃热球测头的温度将随风速的大小而变化，风速越大，球体散热越快，其温升越小，玻璃热球测头内的热电偶产生的热电势也小；风速越小，球体散热越慢，其温升越大，测头内热电偶的热电势也就越大。热电偶热电势的大小，通过测量仪表转换成相应的电流由表头指示出来。在表盘上可直接读出风速值。仪表原理见图 2-82。

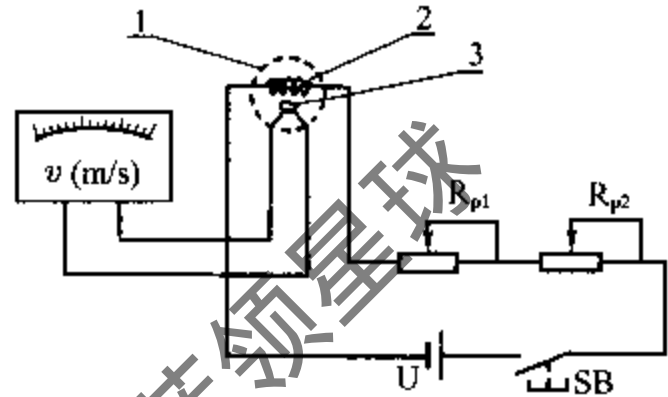


图 2-82 热球式热电风速仪原理图

1-玻璃球 2-电热线圈 3-热电偶

R_{p1} - 粗调电阻 R_{p2} - 细调电阻

热球式热电风速仪使用方便，反应快，灵敏度高，测速范围为 0.05 ~ 30 米/秒，对空调恒温、恒湿房间等低风速场合测量尤为优越。但这种测头结构娇嫩、易损，测头一旦受污，将影响其散热性能，从而使标示的风速值发生变化。且测温时测头放置有方向性。测头互换性差也是这种仪表的严重缺陷。

第八节 程序控制器

制冷与空调的自动调节，多数采用定值调节，但也有部分采用程序控制。例如融霜的时间程序控制和制冷压缩机能量的参数程序控制。

一、TDS 型时间程序控制器

我们知道，融霜总是按照一定的顺序进行。例如，采用水和热氨联合融霜的系统，融霜程序为：第一步关闭供液阀、风机停转和关闭回汽阀，然后开启排液阀和热氨阀；第二步开启融霜水泵和进水阀，向蒸发器淋水；第三步停止融霜水泵和关闭进水阀；第四步关闭热氨阀和排液阀，然后开启回汽阀和供液阀，风机运转，融霜结束，系统恢复正常降温。在整个融霜过程的每一步之间都延时一定时间，以保证融霜效果。若用时间程序控制器把融霜过程的每一步都用时间控制进行，即可实现自动融霜。TDS 型时间程序控制器就是主要用于制冷系统冷风机自动融霜控制的仪表。TDS—04 型为定时融霜程序控制，TDS—05 型为指令融霜程序控制。

TDS 型时间程序控制器具有多个时间继电器的控制功能，它能按照预定的程序定时发出一系列控制信号。

TDS 型时间程序控制器为四刀三段式，工作时，自动按照所调定的四个接点三个时间区段依次发出电气讯号，控制自动融霜。控制器的最后一个讯号为切换复原讯号，控制工作过程完毕后即自动恢复原状。三个区段时间分配为：第一区段 0~20 分钟；第二区段 0~30 分钟；第三区段为 0~15 分钟，控制全程最长 65 分钟。具体使用时可根据需要调整各区段时间，也可将某区段时间调零，即切除该区段。

(一) TDS—04 型时间程序控制器

图 2-83 所示为 TDS—04 型时间程序控制器机械结构图。该仪表主要由微型同步电机、定时盘、定时拨板、凸轮组、齿轮减速机构、开关拨板和两个微动开关等部分组成。定时盘上有 12 个定时螺钉孔，定为每隔 2 小时一个，用来控制融霜次数，拧上几个螺钉，每 24 小时便融几次霜。每次融霜时间间隔按定时螺钉间的划分或螺钉孔数查算，但间隔至少 2 小时。

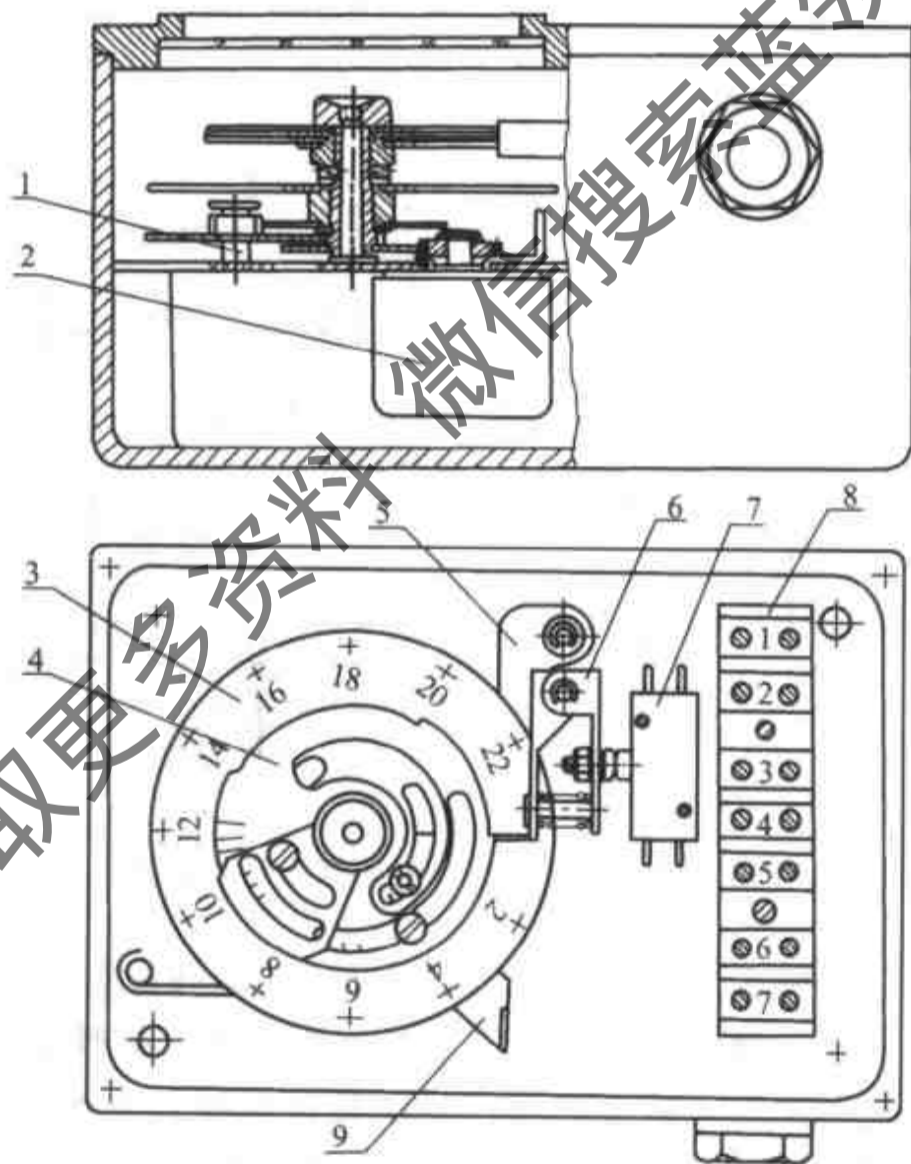


图 2-83 TDS—04 型时间程序控制器机械结构图

- 1- 齿轮减速机构 2- 同步电动机 3- 定时盘 4- 凸轮组
5- 定时拨板 6- 开关拨板 7- 微动开关 8- 接线板 9- 脱齿拨板

控制器接入电路，微型同步电动机长期通电，通过减速齿轮带动定时盘 24 小时转一圈，凸轮组 2 小时转一圈。融霜开始前，两个微动开关均处于压紧状态，当定时盘转

动到定时螺钉钩住定时拨板时，微动开关处于可释放状态。当凸轮转动使开关拨板向前滑入凸轮凹边时，下面微动开关顶杆弹出，触点变位，接通第一区段，开始融霜。然后，凸轮继续转动，当开关拨板滑向凸轮另一凹边时，上面微动开关顶杆弹出，触点变位，发出第二区段信号。凸轮继续转动，当开关拨板被凸轮斜边逼回前面一个凸边时，上面微动开关顶杆被压回，触点复位，进入第三区段。最后，开关拨板被凸轮斜边逼回最外层凸边，下面微动开关顶杆被压回，触点复位，发融霜结束，系统复原信号。以后，微型同步电动机带动定时盘和凸轮组继续转动，定时拨板脱口复位。当定时螺钉再度钩住定时拨板时，进行下次融霜。

凸轮组由四片凸轮组成，在微型同步电动机带动下2小时转一圈，即每旋转3°角相当于1分钟。移动凸轮片，改变其边长，便可调整各区段的时间。

(二) TDS—05型时间程序控制器

TDS—05型时间程序控制器无定时盘，由指令（手动或自动）接通微型同步电动机，直接带动凸轮组拨动两个微动开关控制融霜程序。为了使凸轮组复位归零，增加了复位盘、变压器、高灵敏继电器和复位微动开关。电气原理见图2-84所示。

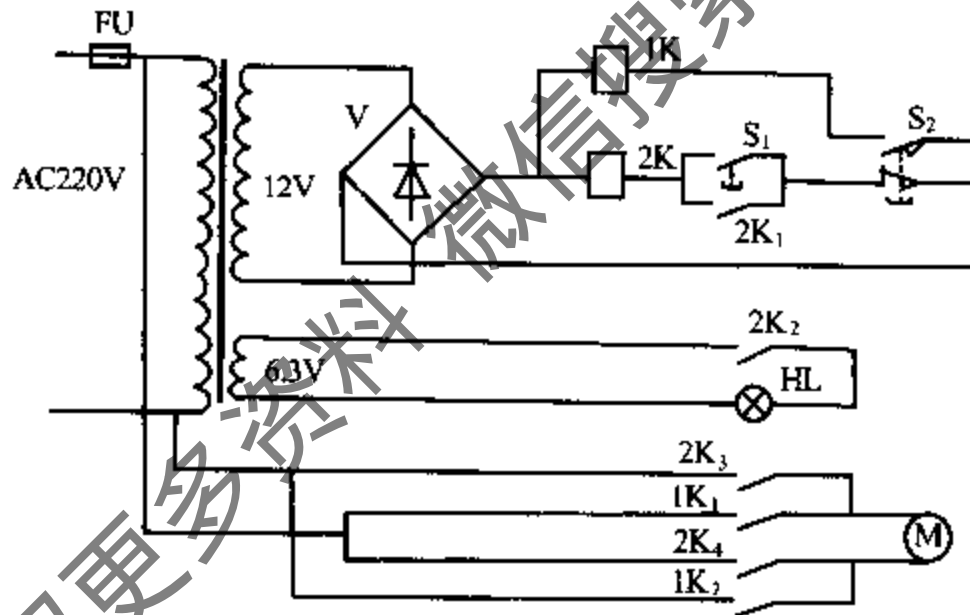


图2-84 TDS—05型控制器电气原理图

当按动融霜指令按钮 S_1 后，继电器 $2K$ 吸合，微型同步电动机通电，带动凸轮组转动，控制器工作，开始融霜。当融霜完毕后，为了使控制器复位归零，微型同步电动机继续运转。等到复位盘边缘上的刀口顶动复位电器开关 S_2 时，继电器 $2K$ 释放， $1K$ 吸合。电动机继续转动，等到复位顶杆使 S_2 复原时，继电器 $1K$ 释放，微型同步电动机停止运转，此时，控制器停在零位。下次接到指令后，融霜从此位置（零位）开始。由于凸轮组2小时转一圈，所以，两次融霜指令必须相隔两小时以上。TDS—05型仪表盖上设有指示灯，控制器工作时指示灯亮，复位归零后指示灯灭。在指示灯亮时发第二次融霜指令，指令无效，也不保持指令。必须在指示灯不亮时发融霜指令才能有效。

TDS—05型指令融霜程序控制器的手动指令也可以用电气指令来代替。电气指令可

直接加在按钮开关 S_1 的两个焊有接线的接线柱上。采用电气指令后,即可实现自动融霜。例如, TDS—05 型时间程序控制器和微压差控制器配合。当冷风机翅片管上霜层厚度增加到一定程度,冷风机进出口风压差相应增大到一定值,微压差控制器动作发出电气讯号,指令 TDS—05 工作,进行自动融霜。

二、TDF 型分级步进能量调节器

在制冷与空调系统中,对象的热负荷一般来说不是常数,因而,要求制冷压缩机的能量(制冷量)能够根据热负荷的变化按一定规律增减,使系统在比较经济、合理的条件下运行。蒸发温度和蒸发压力都能反映出制冷压缩机的制冷量与系统热负荷的平衡状况,在制冷装置中,常以蒸发温度或蒸发压力为调节参数,实现能量调节,使制冷压缩机的能量与系统的热负荷相匹配。

TDF 型分级步进能量调节器是专门为制冷系统设计的能量调节仪表。它能根据调节参数的变化,对制冷机群进行定点延时分级调节,对制冷压缩机能量的增减实现步进控制。

TDF 型分级步进能量调节器有 TDF—01 型和 TDF—02 型两种,其结构基本相同,仅所配的测量元件不同。TDF—01 型要求直接输入 $0 \sim 10\text{mA}$ 的直流信号,当调节参数的信号不同时,应通过变送器加以变送。如以蒸发压力作调节参数时,可通过压力变送器(如 YSG—01 型电感式压力变送器)将压力信号变化转变为 $0 \sim 10\text{mA}$ 的直流信号变化。TDF—02 型表内装有将热电阻信号转变成 $0 \sim 10\text{mA}$ 直流信号的线路,故与 Pt100 型铂热电阻配合使用,铂热电阻直接与仪表联接即可。一般以蒸发温度作调节参数。

TDF 型分级步进能量调节器最多有八级继电器输出(可在 $4 \sim 8$ 级内调节)。每级可控制一台或几台制冷压缩机,也可以控制制冷压缩机的几组汽缸,视机群的规模而定。八级能量输出的调节方式为分级步进式。步进方式有加速上载、延时上载、延时卸载、加速卸载四种。延时时间为 $0 \sim 30$ 分钟可调,加速时间为延时时间的 $1/8$ 。

TDF 型分级步进能量调节器的调节定点有四个设定值,即过高限、高限、低限、过低限,由装在仪表背面的四个拨盘开关分别设定。输入的调节参数与这四个设定值比较,根据比较的结果,按预定的调节规律输出调节信号。

当制冷压缩机的制冷量小于系统的热负荷,调节参数上升到高限时,调节器自动开始延时,延时时间到,调节参数若仍在高限,就在原来所在的能量级基础上增加一个能量级运行,即制冷压缩机延时上载;当制冷量远远小于热负荷,调节参数达过高限时,调节器自动缩短延时时间,加速上载,使制冷压缩机增加一个能量级;当制冷量大于热负荷,使调节参数达到低限或过低限时,调节器使制冷压缩机延时卸载或加速卸载,降低一个能量级运行;当制冷量与热负荷基本相等,调节参数在设定值的高限和低限之间时,调节器的输出不发生变化,制冷压缩机能量不增不减,维持运行在现有的能量级。所谓的“步进”调节,就是指根据制冷量与热负荷的不平衡程度,逐级增加或减少制冷压缩机能量的调节方式。增能和减能采取延时的目的是防止热负荷出现虚假现象,避免能量增减频繁。当调节参数达到或超过设定值的过高限或过低限时,说明制冷量与热负荷相差太大,需要加速扭转这种局面。这时,调节器发出加速

增能或加速减能信号，使调节参数尽快回复到高低限之间。TDF 型分级步进能量调节器的调节规律见表 2-6。

表 2-6 TDF 型分级步进能量调节器的调节规律

比较情况	能量平衡情况	TDF 输出调节方式	能量状态显示	
			红灯	绿灯
调节参数 \geq 过高限	制冷量 $<$ 热负荷	加速 增能	闪	熄
调节参数 \geq 高限	制冷量 $<$ 热负荷	延时 增能	亮	熄
高限 $<$ 调节参数 $<$ 低限	制冷量 \approx 热负荷	能量不增不减	熄	熄
调节参数 \leq 低限	制冷量 $>$ 热负荷	延时 减能	熄	亮
调节参数 \leq 过低限	制冷量 $>$ 热负荷	加速 减能	熄	闪

这种调节的实质是调节参数幅差不变，机器投入运行的级数与系统热负荷成正比。热负荷增减多少，机器的能量跟随增减多少，总使制冷压缩机处于和热负荷相适应的状况下运行。这种调节有两个特点：一是使调节参数总在控制的范围内，幅差可以很小；二是根据热负荷将制冷压缩机分成几个能量级，制冷压缩机能量跟随热负荷的变化成比例地增减，机器使用比较合理。

TDF 型分级步进能量调节器采用较复杂的晶体管电路，其原理方框图如图 2-85 所示。调节器的输出级数用拨盘开关控制，根据需要可在 4~8 级内调节。若需要 8 级以上输出时，可通过加接时间继电器的方法来解决。

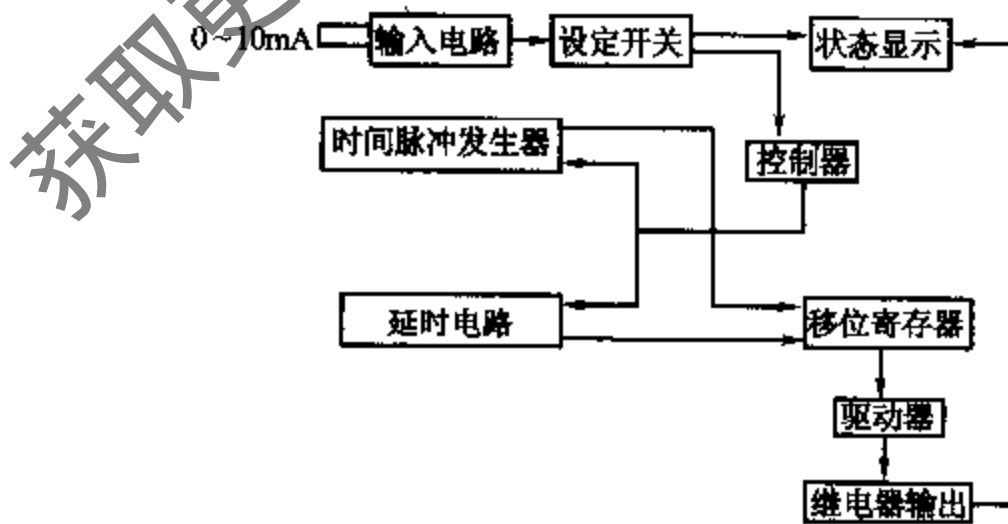


图 2-85 TDF 原理方框图

图 2-86 是 TDF 型分级步进能量调节器的面板布置图。按一下增能或减能按钮，即可人为地增加或减少一级能量。面板右上方的红灯和绿灯指示出能量的增减状态，八级

状态指示灯指示出输出级数，灯亮的数目就是仪表输出的级数。

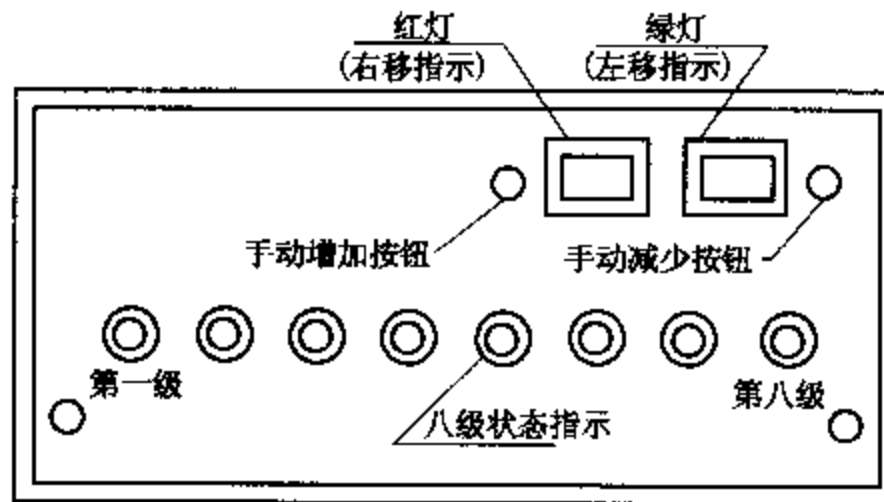


图 2 - 86 TDF 型仪表面板布置图

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第三章 执 行 器

在制冷空调自动控制系统中，执行器是动力部件，它按照调节器送来的特定信号自动动作，使被调参数保持在生产工艺规定的范围之内。

执行器由执行机构和调节机构两部分组成。执行机构是执行器的推动装置，它按照调节器所给信号产生推力或位移；调节机构是执行器的调节部分，直接与介质接触，调节流体的流量。

第一节 恒 压 阀

一、恒压阀

ZZH 系列恒压阀是一种常用的压力调节阀，通径为 3mm，是比例式调节阀门，与主阀配合使用，可以对管道中的工质实行比例调节。这种阀门适用于以氨、R12、R22 等制冷剂为工质的制冷系统。

ZZH 型恒压阀按启闭作用，可分为正恒阀（正作用恒压阀）和反恒阀（反作用恒压阀）两种。

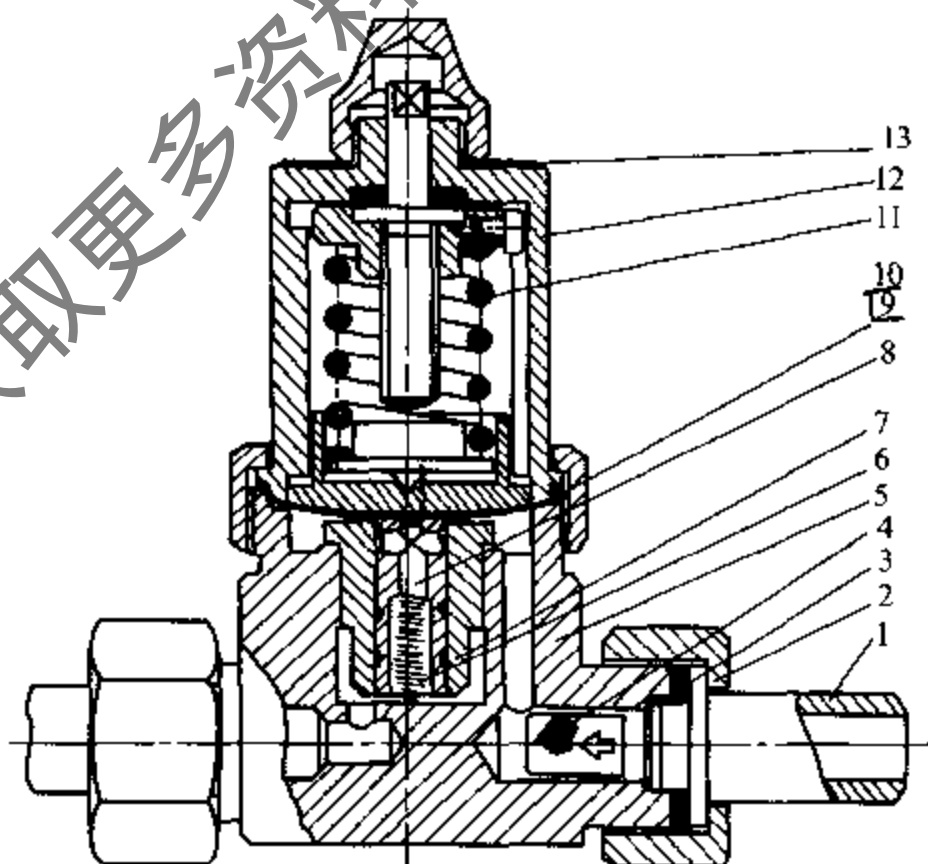


图 3-1 ZZHA-3 型恒压阀结构图

- 1-接头 2-连接螺母 3-垫片 4-滤网 5-阀体 6-弹簧 7-阀座
8-阀芯 9-垫片 10-膜片 11-弹簧 12-阀罩 13-标牌

(一) 正恒阀

正恒阀是一种常闭型阀门，有 ZZHA—3 型和 ZZHB—3 型两种型号，ZZHA—3 型其结构如图 3-1。

ZZHA—3 型恒压阀在阀体和阀罩之间用不锈钢膜片分成上下两部分。上半部分为阀罩，阀罩内为弹簧调节系统，用它可调节恒压阀动作的设定压力值。右旋弹簧调节杆为增加弹簧力；左旋弹簧调节杆为减小弹簧力。下半部分为工质通道系统。ZZHA—3 恒压阀的结构原理见图 3-2。

作用在膜片上方的是弹簧调节系统的弹簧力，作用在膜片下方的是阀进口处气体的压力。当膜片下方气体压力升高，超过弹簧力时，膜片 2 中心被顶起，带动阀芯 3 上移，阀口开启，随着压力逐渐升高，阀口也成比例地逐渐开大；当膜片下面压力降低时，膜片中心在弹簧力作用下下移，阀口关小，随着压力逐渐降低，阀口成比例地关小。在阀门刚开启和全开启这一范围内，阀口的开启度与膜片下方的压力成正比。阀的工作过程用一句话来形容就是“升开降闭”。

ZZHA—3 型恒压阀膜片下感受的是进口处压力，因而阀的开启度与进口压力成正比，可以使进口压力恒定在调定值。

ZZHB—3 型恒压阀与 ZZHA—3 型恒压阀的结构基本相同，不同点仅在于 ZZHB—3 型恒压阀膜片下面用一隔板把膜片与阀进口隔开，在隔板与膜片之间引出一引管，引入系统所需控制地方的压力作用于膜片下面，膜片上面仍受到弹簧力的作用，其余结构与 ZZHA—3 相同。其结构原理见图 3-2。由于 ZZHB—3 恒压阀膜片下面感受外接管引入压力，所以，在阀门刚开和全开范围内，阀口的开启度与外接管的引入压力成正比。

(二) 反恒阀

反恒阀有 ZZHC—3 型和 ZZHD—3 型两种。

反恒阀与正恒阀的结构基本相似，所不同的是，反恒阀是一种常开型阀门。ZZHC—3 型恒压阀膜片下面与阀出口相通，感受的是出口压力（ZZHA—3 型恒压阀感受进口压力），ZZHD—3 型恒压阀膜片下面带隔板和引管，膜片感受到的是引管内的压力。其结构原理见图 3-3 所示。

反恒阀的工作原理是：当膜片下面压力升高到大于弹簧力时，弹簧被压缩，膜

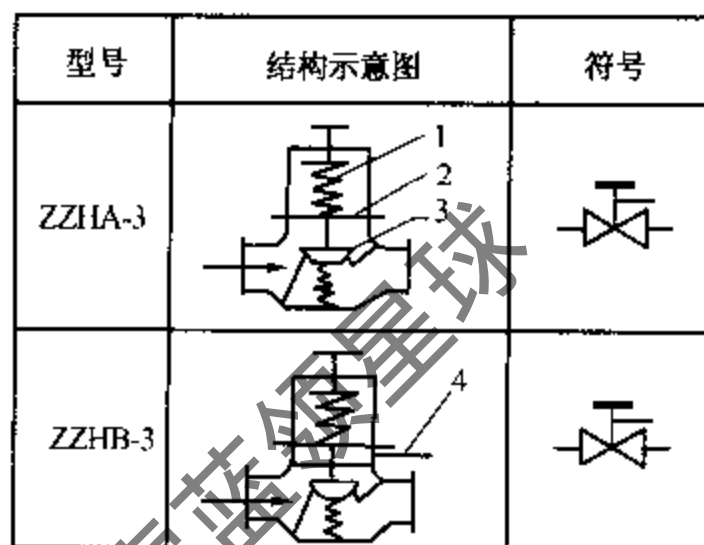


图 3-2 正恒阀结构原理图

1-设定值弹簧 2-膜片 3-阀芯 4-引管

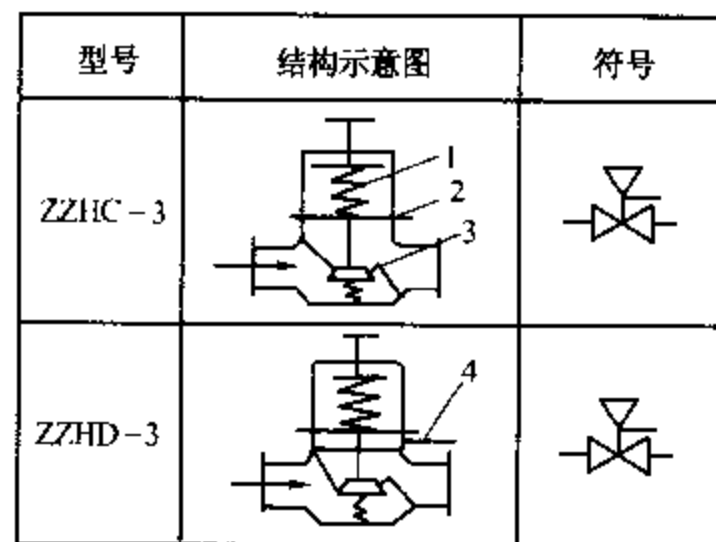


图 3-3 反恒阀结构原理图

1-设定值弹簧 2-膜片 3-阀芯 4-引管

片中心被顶起，阀芯上移，阀口关小，随着膜片下面压力升高，阀口成比例关小，直至最后关闭；当膜片下面压力降低到小于弹簧力时，膜片中心下移，阀口成比例开大，直至全开。在阀刚关和全关这一范围内，阀口的开启度与膜片下面压力成反比。阀的工作过程用一句话来形容就是“升闭降开”。ZZHC—3型恒压阀的开启度与其出口压力成反比，ZZHD—3型恒压阀的开启度与引管的引来压力成反比。

正恒阀的压力调节范围有两种规格，即 $0 \sim 0.7\text{MPa}$ 和 $-0.03 \sim 0.2\text{MPa}$ 。反恒阀只有 $0 \sim 0.7\text{MPa}$ 一种规格。为了使用方便，恒压阀除了带有连接螺母的阀体可安装在导压管路中的单体外，还有立式（可直接装在主阀阀盖上）和横式（可装在电磁导阀阀体侧面）恒压阀。

二、背压阀

一些小型冷库几乎都是由一台制冷机组同时向几个不同库温的冷间供应冷量。由于各冷间要求的温度不同，与之相对应，各冷间的蒸发压力也各不相同。若采用一台制冷压缩机、一根总回气管就不能使各冷间保持其要求温度。因此，在那些需要保持较高库温的蒸发器出口管道上，通常安装回气压力调节阀，使阀前的压力保持在冷间温度所对应的压力值上，通过回气压力调节阀后与压力值较低的回气总管相连接，这样就保证了系统中各蒸发器在各自要求的工况下正常工作。这种回气压力调节阀称背压阀，又叫蒸发压力调节阀。

背压阀的结构如图3-4所示，其工作原理是：蒸发器内的蒸发压力经阀芯3小孔进入主活塞5，作用在活塞5下平面上，活塞上都受主弹簧的弹簧力作用，当蒸发压力升高时，工质气体将克服定值弹簧的压力推动阀座上移，阀口开大，蒸发器流出的制冷剂量增多，使蒸发器的蒸发压力降低。反之，阀口关小，使蒸发压力回升。这样就保持了蒸发压力的稳定。

在一机多蒸发器系统中使用背压阀时，在低温蒸发器的出口侧需同时配用止回阀，以免停车时高温蒸发器制冷剂向低温蒸发器倒流。对于大型制冷装置的蒸发压力调节可采用导阀和主阀控制。

ZFY系列蒸发压力调节阀有ZFY13~19和ZFY22~35两种规格，其工作压力调节范围 $0 \sim 0.6\text{MPa}$ ；静态调节偏差 $\leq 0.015\text{MPa}$ 。

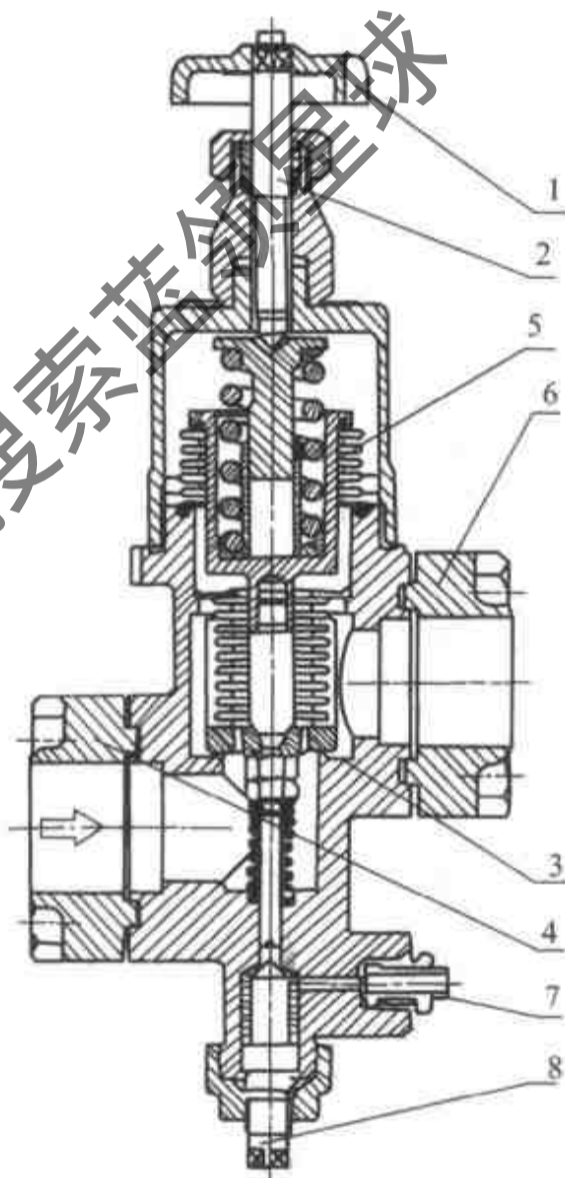


图3-4 背压阀

- 1-手轮 2-调节杆 3-阀芯
- 4-进口法兰 5-主活塞
- 6-出口法兰 7-压力表接头
- 8-压力表阀

第二节 电磁阀

在制冷与空调自动控制系统中，电磁阀应用很广泛。它是一种由电磁力操纵的自动阀门，其动作可由压力控制器、温度控制器或液位控制器发出的电气控制信号控制。适用于各种气体、液体制冷剂、润滑油以及水等。

电磁阀型式较多，结构也不同，但就其动作过程来讲，可分为直接启闭式（直动式）和间接启闭式（导压式）两大类。导压式又分为继动式和导阀式两种。直接启闭式用于小口径的电磁阀上，间接启闭式用于大、中型口径的电磁阀上。

一、直接启闭式电磁阀

1. ZCL—3 型（制冷剂）电磁阀

ZCL—3 型电磁阀是用电磁力直接启闭阀口的直动式阀门，口径为 3mm，结构如图 3-5 所示。

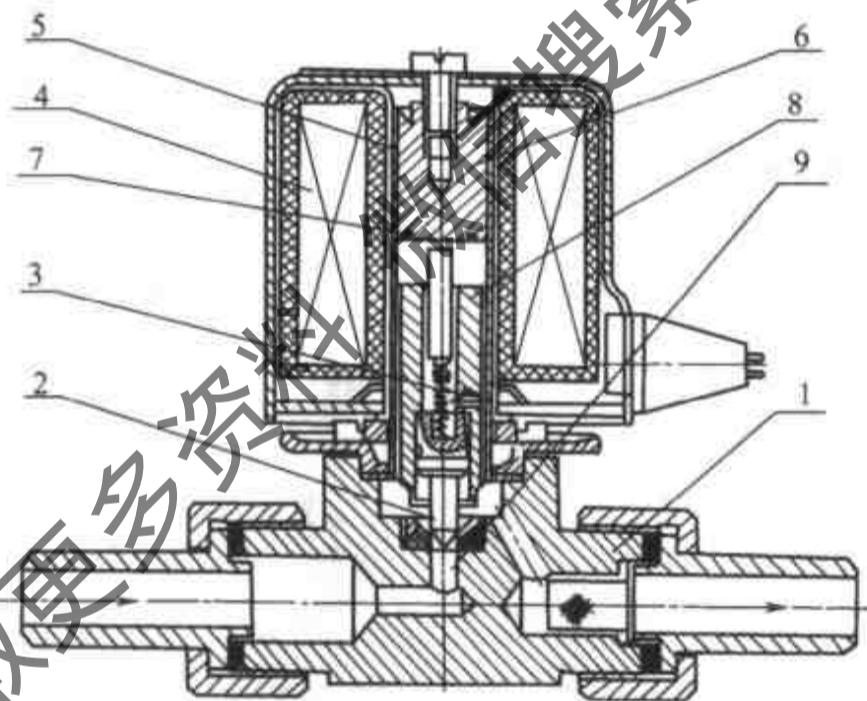


图 3-5 ZCL—3 型电磁阀

1- 阀体 2- 阀芯 3- 弹簧 4- 电磁线圈 5- 套管 6- 定铁芯 7- 短路环 8- 动铁芯 9- 阀口

电磁阀上半部分为电磁线圈部分，线圈是由高强度漆包线绕成的，线圈功率为 10W（也有 8W 的）；下半部分为阀体，阀体用隔磁导管将制冷工质封闭，动铁芯可在导管内上下移动。动铁芯采用软磁不锈钢材料制成，阀芯为反磁材料，铆在动铁芯上。阀口材料采用聚四氟乙烯。

ZCL—3 的工作原理是：线圈通电，线圈即产生磁场，将动铁芯吸起，并带动阀芯上移，阀口开启；线圈断电，磁场消失，动铁芯靠自重和弹簧力的作用带动阀芯落下，阀口关闭。

由于这种电磁阀的阀芯靠动铁芯的重力和弹簧力关闭，因此要求垂直安装，以免阀

芯被卡住而造成失误；并且要注意阀体上的箭头应与管路中工质的流向一致。

2. 三通电磁阀

三通电磁阀也是直接启闭式电磁阀，用于制冷系统作为制冷压缩机气缸卸载装置的油路控制。其工作原理与 ZCL-3 型两通电磁阀相同。结构如图 3-6 所示。

三通电磁阀与 ZCL-3 型两通电磁阀的区别就是三通电磁阀有三个通道口，即 a 、 b 和 c 三个通道口，并且进口 a 和出口 b 不在同一水平面上， c 口在下边。电磁线圈通电，阀杆提起，这时 b 、 c 通道口接通，而 b 、 c 通道口与 a 通道口不通；电磁阀断电，阀杆下落，阀芯把 c 通道口堵死， a 通道口和 b 通道口连通。由于铁芯只能有两个位置，所以三个通道口不能同时连通。可以看出， a 通道口和 c 通道口在任何情况下都是不通的。三通电磁阀的使用、安装要求与 ZCL-3 型两通电磁阀相同。

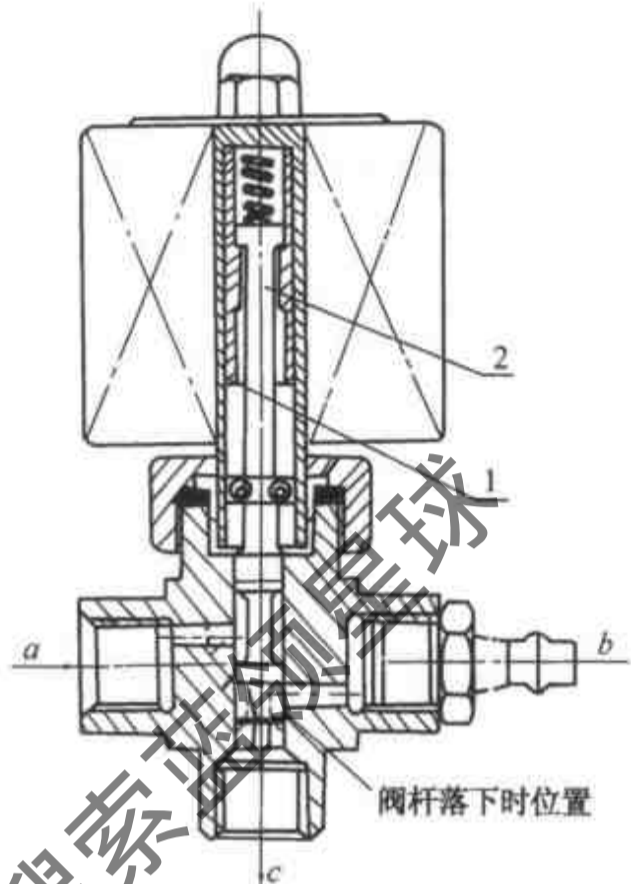


图 3-6 三通电磁阀

1- 阀芯 2- 阀杆

二、间接启闭式电磁阀

间接启闭式电磁阀在结构上又分为继动式和导阀式。两者工作原理相同，都是由小阀带动大阀工作，只是结构上有所不同。继动式

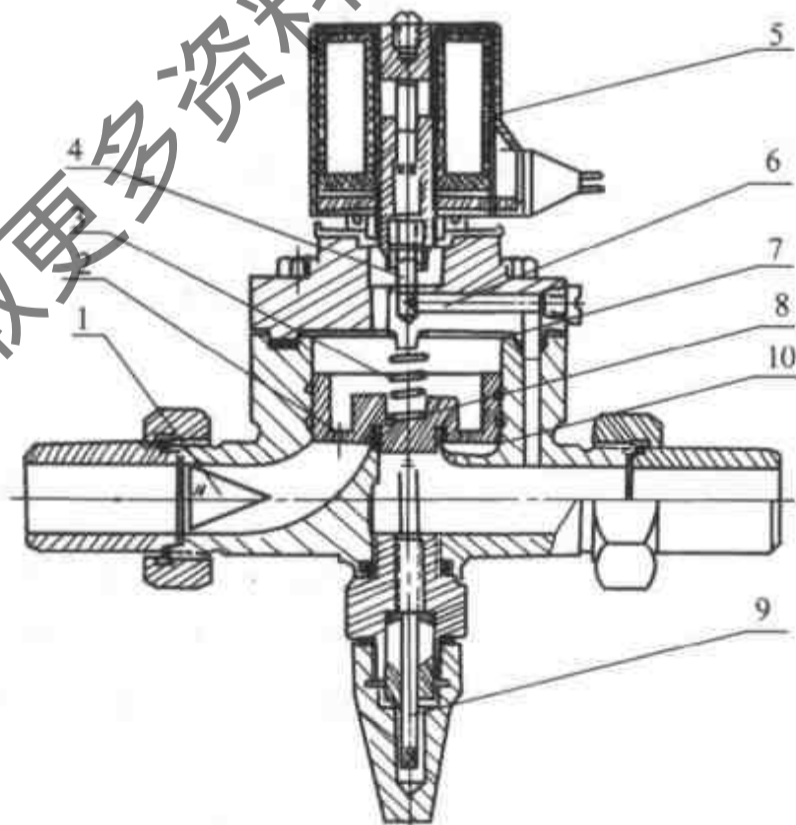


图 3-7 继动电磁阀结构图

1- 滤网 2- 平衡孔 3- 弹簧 4- 小阀芯 5- 电磁导阀 6- 导压孔
7- 活塞套 8- 大阀口 9- 顶杆 10- 活塞

将小阀和大阀做在同一阀体上，而导阀式则将小阀（导阀）和大阀（主阀）分做在两个阀体上，然后用导压管连起来。导阀式阀门将在本章第三节中做详细介绍。

1. ZCL—6~25型（制冷剂）电磁阀

ZCL—6~25型电磁阀是一种继动式间接启闭电磁阀，其结构如图3-7所示。

继动式电磁阀由两部分组成，即一个小阀和一个大阀组成。ZCL—3电磁阀作为小阀部分，做在大阀盖上；大阀部分主要由大阀体、活塞、大阀芯、弹簧、大阀口等组成。大阀芯做在活塞上，活塞上钻有1mm的平衡孔。口径15mm以上的还有手动顶杆。

继动式电磁阀的工作原理是：当小阀线圈通电时，产生磁场，吸起小阀动铁芯，小阀开启，这时，活塞上腔压力经过导压孔（小阀口）泄至出口端，使活塞上腔压力下降，在上下压差的作用下，活塞浮起，同时带动大阀芯上升，使大阀口开启。由于阀门在开启过程中，先开启小阀，然后开启大阀，故称二次开阀。当小阀线圈断电，小阀芯落下，小阀口关闭，把活塞上腔导压管堵死，切断了活塞上腔与大阀出口的通路。活塞上下腔压力经1mm平衡孔均压，活塞在自重和弹簧力作用下下落，大阀口关闭。继动式电磁阀的动作不如直接启闭式灵敏，但因活塞具有使开阀力增大的功能，所以适用于大、中口径的阀门。

继动式电磁阀只有在阀的进出口存在一定的压差时才能开启，一般微开压差为7KPa，全开压差为14KPa。也即工质流过阀门时要产生开阀的压力损失，这点与直接启动式是不同的。直动式电磁阀是靠电磁力直接开启阀门，因而无开阀压力损失。

继动式电磁阀靠活塞自重和弹簧力关闭，当出口端压力超过进口端压力14KPa时，活塞会被强行顶起，引起工质倒流。因此，考虑到系统中可能出现反压差超过14KPa的工况时，继动式电磁阀的出口端应装设止回阀。

口径在15mm以上的电磁阀设有手动顶杆，当电磁导阀失灵或其他原因不能自动开启阀门时，转动顶杆，可强行把活塞顶起使大阀口开启。

2. ZCS系列（水用）电磁阀

在制冷与空调系统中，对水系统的自动控制，常采用ZCS系列水用电磁阀。它采用有固定导阀座的继动式结构，分为电磁导阀和水阀阀体两大部分。其结构如图3-8所示。

电磁导阀采用ZCL—3型电磁阀，导阀阀座直接做在铜质阀盖上。水阀阀体主要由阀体、活塞、弹簧、大阀芯、大阀口等部分组成。工作原理与ZCL系列继动式电磁阀完全一样，当电磁导阀通电开启时，活塞上腔通过导压孔向阀出口泄压，活塞在进出口压差作用下浮起，阀口开启；当电磁导阀断电关

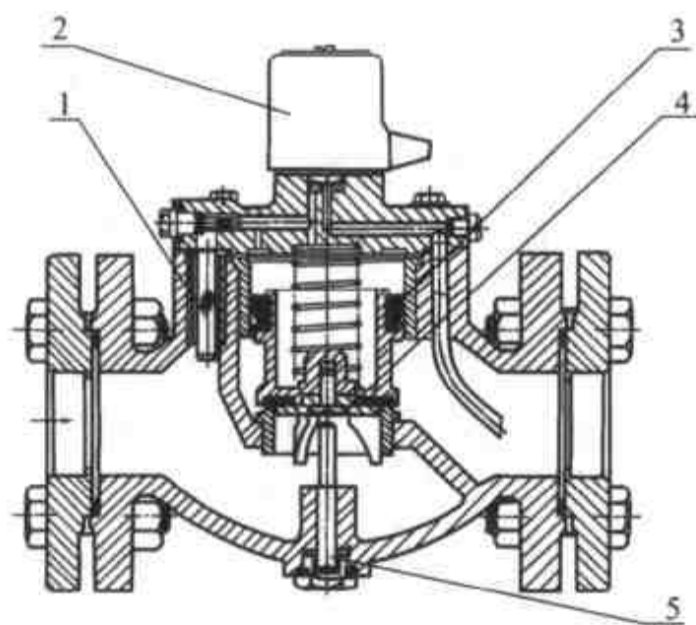


图3-8 ZCS（水用）电磁阀结构图

1-平衡孔 2-电磁导阀 3-K形密封圈
4-大阀口 5-顶杆

闭时，活塞上下腔经平衡孔均压，活塞在自重和弹簧力作用下下落，阀口关闭。

ZCS 系列（水）电磁阀有 ZCS—6W、ZCS—10W、ZCS—15W、ZCS—20W、ZCS—32W、ZCS—50W、ZCS—100W 等几种规格。其中通径 6~20mm 的阀体、阀座、活塞、缸套、阀盖全部采用黄铜材料，平衡孔只是在活塞上钻小孔；通径为 32~100mm 的阀体为铸铁材料，阀座、活塞、缸套、阀盖均采用黄铜。平衡孔不在活塞上，而是在阀盖侧面的微孔螺塞上，便于在平衡孔堵塞时清洗。装有手动顶杆，必要时可将阀口顶开。

ZCS 系列（水）电磁阀微开压差 10KPa，全开压差为 20KPa。除适用于水介质外，也适用于油或其他对黄铜不起腐蚀作用的介质。

ZCS 系列（水）电磁阀必须正直安装，电磁阀在顶部；阀外最好加装过滤器，防止污物进入阀内；通径为 32~100mm 的阀，活塞上积水不能自行流出，当介质为水时应注意防冻；介质为油时，粘度较大，阀可能关闭缓慢，甚至失灵，这时可将平衡孔适当放大，使阀关闭迅速可靠，但不要扩得过大。

第三节 导阀式阀门

用于制冷系统管路中的大中型阀门，一般采用导阀式结构。这种阀门在原理上属于间接启闭式，在结构上把导阀和主阀分开制造，然后用导压管将导阀和主阀连结起来，其组合方式灵活，不同的导阀与不同的主阀配合，可以得到不同的调节效果。

一、导阀

导阀是一个尺寸小的调节阀，与主阀配合使用时，导阀不直接控制系统管路中工质的流通，而只控制导压管的通断，从而控制主阀动作。ZCL—3 型电磁阀用作导阀时，受电气信号控制，称为电磁导阀；ZZH 系列恒压阀用作导阀时，受压力信号控制，称为恒压导阀。

二、主阀

主阀是直接控制管道工质流通的，但它不能独立工作，必须与导阀配合使用，是受导阀控制的执行阀，也可以认为主阀的动作是导阀的跟随和放大。常用的主阀有 ZFS 系列（活塞式）主阀。

（一）主阀的结构

根据用途，主阀有液用和气用之分。气用主阀有常开型和常闭型两种，液用主阀只有常闭型一种。主阀规格见表 3-1。

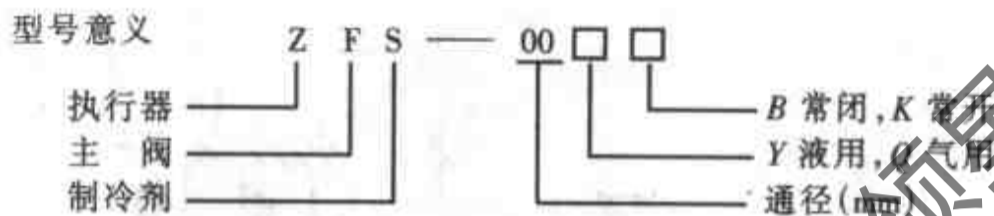
主阀结构如图 3-9 所示。主要有阀体、阀盖、阀芯、活塞、活塞杆、活塞套、弹簧、手动顶杆等部件组成。导压管由接头接至活塞上部，活塞上钻有直径为 1mm 的平衡孔。活塞套底部有防冲击的阻尼孔，在主阀启闭时起缓冲作用，以免损坏阀口。阀体（或阀盖）上设有手动顶杆，必要时可用顶杆将活塞组件顶起，使常闭型主阀阀口开启。常开型主阀必要时也可以用顶杆将阀口关闭。

阀体用法兰跟管道连结，导管用接头螺母连接。主管滤网为 25 目/英寸²，用活塞

套压住。导管小滤网为 100 目/英寸²，用导管接头螺母压紧。通径为 32、50、65 的阀芯用聚四氟乙烯制成锥体，通径为 80 以上的阀芯均制成平面。

表 3-1 各种主阀规格

型 号 \ 通 径	32	50	65	80	100	125	150
ZFS—00YB	✓	✓	✓				
ZFS—00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
ZFS—00QK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

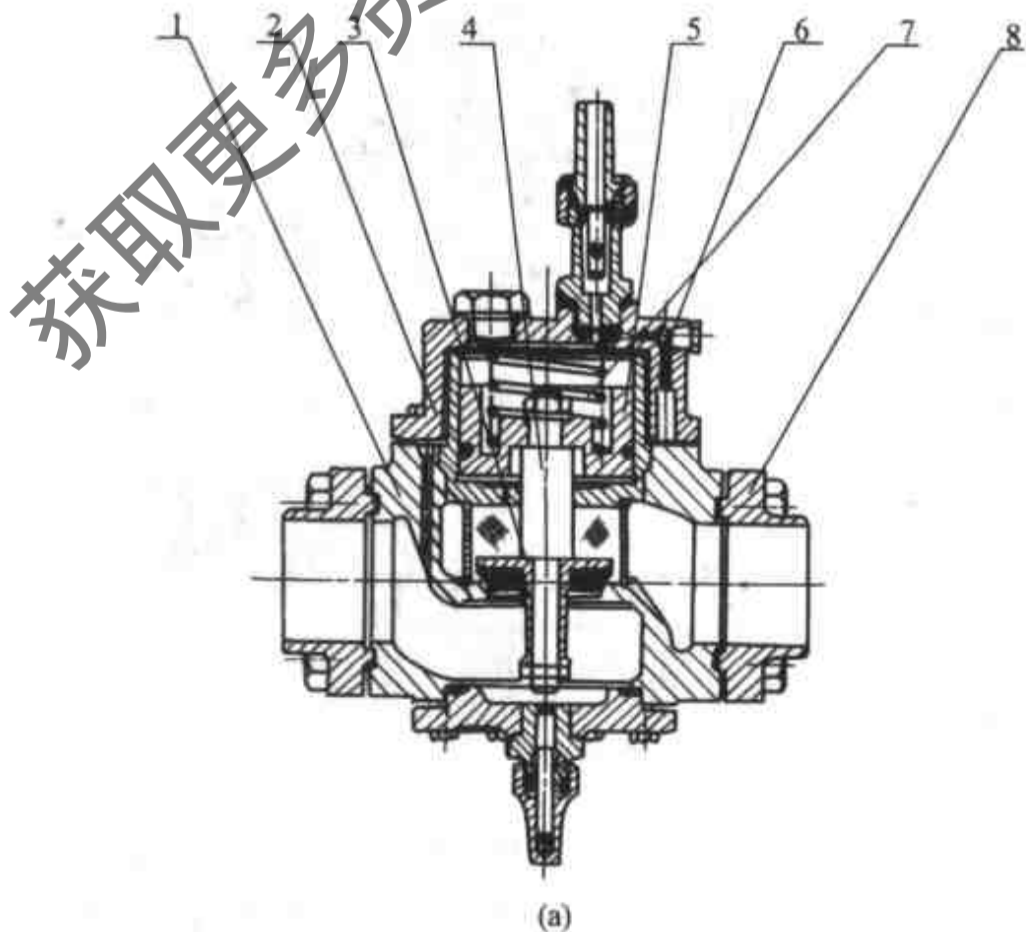


(二) 主阀的工作原理

主阀的工作原理随阀的不同类型而异。图 3-10 是它们的结构原理及组装示意图。

1. 液用常闭型主阀 (ZFS—00YB) 的工作原理

这是一种常闭型阀门，它的导压管必须接至主阀的出口端或比主阀进口压力低 18KPa 的地方，主阀才能正常工作。当 ZCL—3 电磁导阀关闭，导压管接通时，活塞上腔降压，活塞在压差作用下浮起，带动阀芯上升，主阀开启；当 ZCL—3 电磁阀开启，导压管不通时，活塞上下腔由平衡孔均压，活塞靠弹簧力和自重下落，主阀关闭。简言之，其工作原理为“降压开启”。



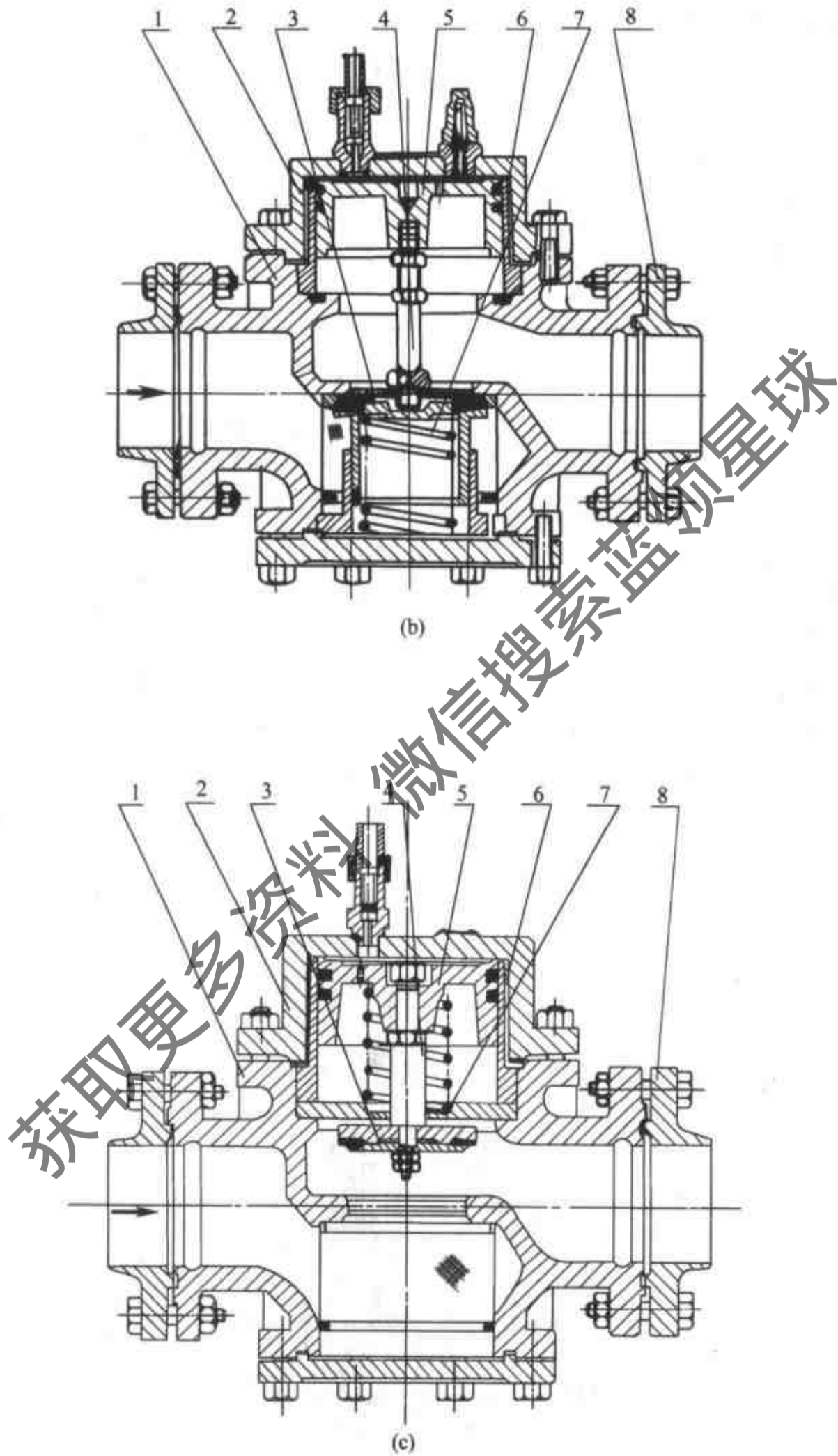


图 3-9 主阀结构图

1- 阀体 2- 阀盖 3- 阀芯 4- 活塞杆 5- 活塞 6- 活塞套 7- 弹簧 8- 法兰

2. 气用常闭型主阀 (ZFS-00QB)

的工作原理

这是一种常闭型主阀, 它的导压管必须接在主阀入口处管道上或接在比主阀出口压力高 14KPa 的地方。当 ZCL-3 电磁导阀开启, 导压管接通时, 活塞上腔加压, 将活塞压下, 主阀开启; 当 ZCL-3 电磁导阀关闭, 导压管不通时, 活塞上下腔由平衡孔均压, 弹簧力将活塞顶起, 主阀关闭。简言之, 其工作原理为“加压开启”。

3. 气用常开型主阀 (ZFS-00QK)

的工作原理

这是一种常开型主阀, 它的导压管必须接在较主阀进口压力高 0.1MPa 的地方。当 ZCL-3 电磁阀开启, 导压管接通时, 活塞上腔加压, 将活塞压下, 主阀关闭; 当 ZCL-3 电磁导阀关闭, 导压管不通时, 活塞上下均压, 弹簧力推活塞上行, 主阀开启。简言之, 其工作原理为“加压关闭”。

(三) 主阀技术性能

1. 最大工作压力: 2MPa

正常工作压力 ≤ 1.6 MPa

2. 最高工作温度: 120℃

最低工作温度: -60℃

3. 开阀压力损失: 由于常闭型主阀靠压差开启, 因而工质流过主阀后要产生压力损失, 阀口开启越大, 压力损失越大。气用常开型主阀靠弹簧力开启, 故没有开阀压力损失。各种主阀的开阀压降见表 3-2。

表 3-2 各种主阀的开启压降和最大反压差

型号	微开压降 MPa	全开压降 MPa	最大反压差 MPa
液用常闭型	0.012	0.018	0.02
气用常闭型	0.007	0.014	0.015
气用常开型	—	—	0.384

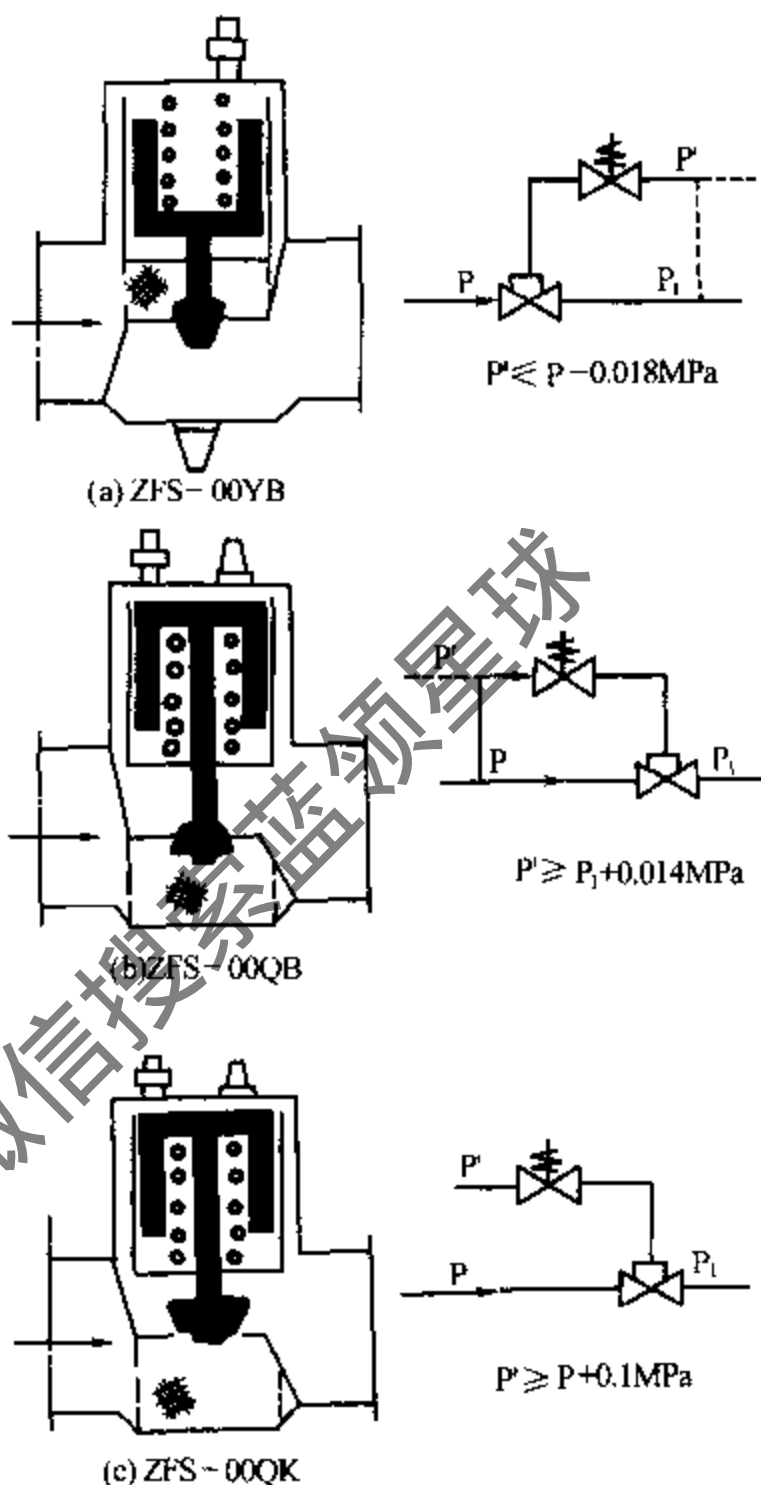


图 3-10 主阀工作原理示意图

4. 最大反压差：处于关闭状态的主阀，若阀后压力超过阀前压力和弹簧加在阀芯上的关闭力之和时，阀芯将被强行顶开，形成工质倒流，造成制冷系统工作紊乱。因此，对可能产生一定数值反压的系统，在主阀阀后应加装止回阀，以防止工质倒流。主阀所能承受的最大反压差见表 3-2。

三、主阀与导阀的组合

常用的导阀有 ZCL-3 型电磁导阀和 ZZH 系列恒压导阀，常用的主阀有 ZFS 系列主阀。这些导阀与主阀的组合，可以采用单个导阀与主阀的组合，也可以采用几个导阀联合（串联或并联）与主阀组合，因而可得到具有不同调节功能的多种阀门。下面介绍一些较常用的组合方式，可根据需要进行选择。

（一）单个导阀与主阀组合

电磁导阀与主阀的组合在介绍主阀的工作原理时已经叙述过了，这里仅叙述独立恒压导阀与主阀组合的工作原理。

1. ZZHA-3 型恒压阀与气用常闭型主阀组成气用常闭型恒压主阀

组装方式见图 3-11 (a) 所示。当主阀进口压力升高，ZZHA-3 成比例开大，主阀也成比例开大；主阀进口压力降低，ZZHA-3 成比例关小，主阀也成比例关小。所以，它可以控制主阀进口压力恒定在一定范围。当用于蒸发器回气压力控制时，可使蒸发压力恒定在一定范围内。

2. ZZHB-3 型恒压阀与气用常开型主阀组成气用常开型恒压主阀

组装方式见图 3-11 (b) 所示。当主阀出口压力升高，ZZHB-3 成比例开大，主阀随之成比例关小；主阀出口压力降低，ZZHB-3 成比例关小，主阀则成比例开大。所以，这种组合方式可控制主阀的出口压力恒定在一定范围内。应用于压缩机的吸气管控制时，可防止机器吸气过载。

3. ZZHC-3 型恒压阀与液用常闭型主阀组成液用常闭型恒压主阀

组装方式见图 3-11 (c) 所示。当主阀出口压力升高，ZZHC-3 成比例关小，主阀随之也成比例关小；当主阀出口压力降低，ZZHC-3 成比例开大，主阀也随之成比例开大。所以，这种组合方式可控制主阀出口压力恒定在一定范围内。可用于加压供液系统的恒压供液。

4. ZZHD-3 型恒压阀与气用常闭型主阀组成气用常闭型恒压主阀

组装方式见图 3-11 (d) 所示。当主阀出口压力升高时，ZZHD-3 成比例关小，主阀也成比例关小；当主阀出口压力降低时，ZZHD-3 成比例开大，主阀也随之成比例开大。所以，这种组合方式可控制主阀出口压力在一定范围内恒定。可用于热氨融霜恒压控制和防止压缩机吸气过载控制等。

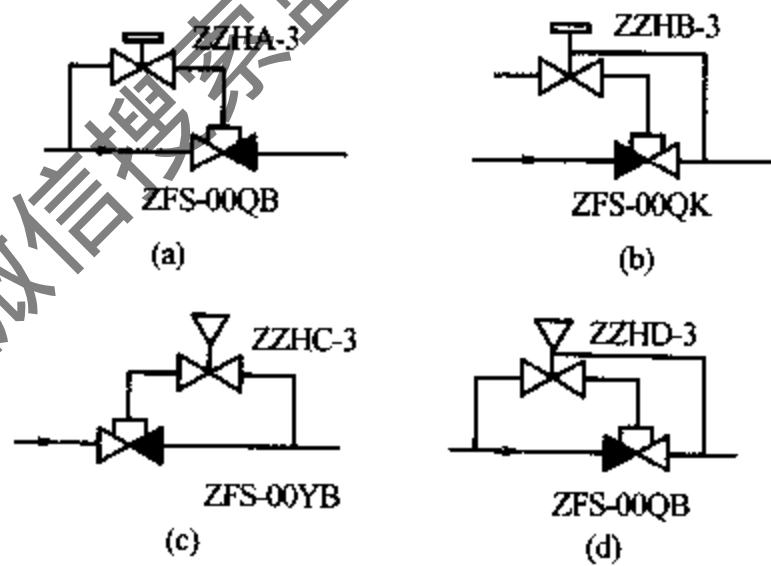


图 3-11 恒压导阀与主阀的组合示意图

(二) 导阀联合与主阀组合

在实际使用中, 根据需要用几个导阀联合控制一个主阀, 可得到几种导阀控制的作用效果。例如, 电磁导阀只受调节器或其他电信号的控制, 只能进行双位调节; 恒压导阀则只受压力信号的控制, 不能接受电气信号的控制, 但它能进行比例调节。若将两种导阀串联对主阀进行控制, 则主阀即能受电信号控制, 也受压力信号控制, 使主阀得到通断启闭和比例调节效果。

导阀的联合可根据需要选择, 组合后的控制特点, 由选用的导阀和主阀型式及其连接方式决定。

导阀联合与主阀组合, 根据联接方式, 可分为导阀与主阀用导压管连结方式和导阀与主阀用丝扣连结方式两种。

1. 导阀与主阀用导压管连结的组合方式

这种组合方式比较灵活, 但在安装时要外加导压管道来连接, 安装、维修时均感到不太方便。表 3-3 列出了几种组合方式的阀门, 从而可以看出这种连接方法的灵活性。

表 3-3 导阀联合和主阀组合举例

组 合 方 式	符 号 及 导 管 连 接	作 用 原 理
ZZHA-3 与 ZCL-3 串联, 再与 ZFS-00QB 组成气体常闭型电磁恒压主阀。		<p>控制主阀入口压力恒定。</p> <p>只有在 ZCL-3 得电开启后, ZZHA-3 才起控制作用, ZCL-3 或 ZZHA-3 任一关闭, 主阀关闭, ZCL-3 开启后, 主阀开启度由 ZZHA-3 根据主阀入口压力控制。</p>
ZZHD-3 与 ZCL-3 串联再与 ZFS-00QB 组成气体常闭型电磁恒压主阀。		<p>控制主阀出口压力恒定。</p> <p>只有在 ZCL-3 得电开启后, ZZHD-3 才起控制作用, 两个导阀开启, 主阀开启, 任一导阀关闭, 主阀关闭, 主阀开启度由 ZZHD-3 根据主阀出口压力控制。</p>
ZZHA-3 与 ZCL-3 串联, 再与 ZZHA-3 并联, 然后与 ZFS-00QB 组成气体常闭型双正恒电磁主阀。		<p>可控制蒸发器有两种蒸发压力, 上面一个 ZZHA-3 控制高蒸发压力, 调定值调在高压; 下面一个 ZZHA-3 控制低蒸发压力, 调定值调在低压。</p> <p>蒸发器采用高蒸发压力时, 关闭 ZCL-3, 蒸发压力恒定在上面 ZZHA-3 调定值, 蒸发器采用低蒸发压力时, 打开 ZCL-3, 由于下面 ZZHA-3 调定值比上面 ZZHA-3 低, 上面 ZZHA-3 关闭, 蒸发压力恒定在下面 ZZHA-3 调定值。</p>

续表

组 合 方 式	符 号 及 导 管 连 接	作 用 原 理
两个 ZCL-3 与 ZFS-00QB 组成双电磁主阀。		<p>用引入压力开启主阀, 可避免主阀开启压力损失。</p> <p>ZCL-3-1 通电, 主阀开启, 欲使主阀关闭, 先关闭 ZCL-3-1, 然后打开 ZCL-3-2, 主阀活塞上腔泄压, 主阀关闭, 延时后关闭 ZCL-3-2。两电磁阀不能同时开启。</p>

注: 双电磁主阀只适用于 ZFS-80QB 和 ZFS-100QB 两种规格的阀门。因为这两种结构阀门的活塞下有一密封圈, 可减少开阀时高压气体泄漏而产生能量损失。其他规格的阀门无密封圈, 不宜采用双电磁主阀。采用这种配合时, 主阀活塞上的 1mm 平衡孔应堵死。手动节流阀起缓冲作用, 减少 ZCL-3-1 开启时高压气体对主阀活塞的冲击。

2. 导阀和主阀用丝扣连接的组合方式 (组合式主阀)

组合式主阀是将导阀用丝扣拧在主阀阀盖上成为一个整体, 导压管由主阀本身体内钻有的导压孔来代替, 它与主阀的进口或出口相通, 省掉了外接导压管, 因而具有结构紧凑, 焊点少, 安装维修方便等特点。目前冷库中使用的大都为这类阀。

组合式主阀按所用导阀不同, 可分为电磁主阀 (电磁导阀与主阀组合)、恒压主阀 (恒压导阀与主阀的组合) 和电磁恒压主阀 (电磁导阀与恒压导阀联合控制主阀) 等。

在使用常闭型组合式主阀时, 同样要注意开阀压力损失对系统的影响 (尤其在低于 -30°C 的系统中) 和防止工质倒流 (在有可能出现较大的反压差的管路中)。


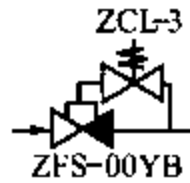
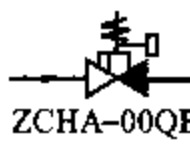
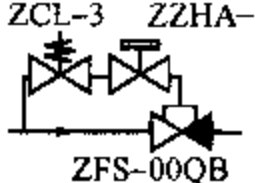

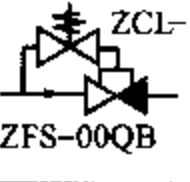

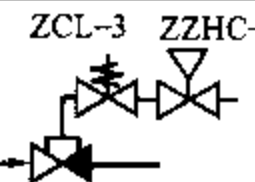
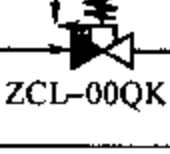
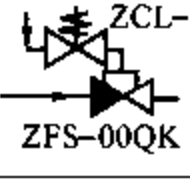

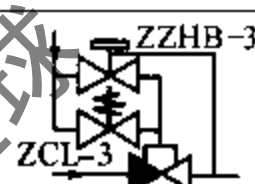


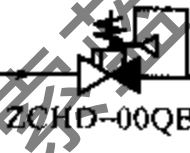
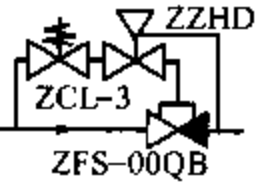
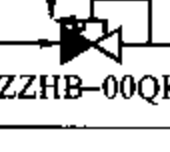
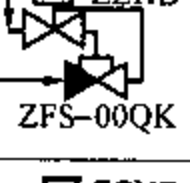
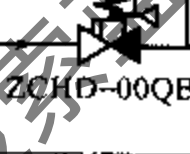
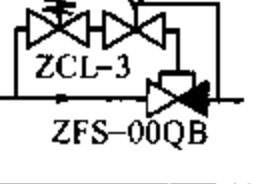
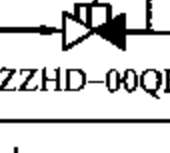


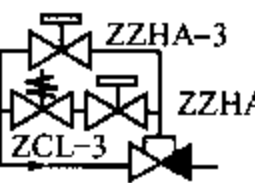
组合式主阀的工作由导阀和主阀联合决定。其规格见表 3-4, 符号、型号及等效线路见表 3-5。









表 3-4

组合式主阀规格

类 别	型 号	通 径/mm						
		32	50	65	80	100	125	150
电 磁 主 阀	ZCL-00YB	✓	✓	✓				
	ZCL-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
	ZCL-00QK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ZCLT-00QB				✓	✓		
恒 压 主 阀	ZZHA-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
	ZZHB-00QK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ZZHD-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
电 磁 恒 压 主 阀	ZCHC-00YB	✓	✓	✓				
	ZCHA-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
	ZCHD-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		
	ZCHB-00QK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ZCHT-00QB	✓	✓	✓	✓	✓		

表 3-5 组合式主阀等效线路

名称	符号及型号	等效线路	名称	符号及型号	等效线路
电磁主阀	 ZCL-00YB	 ZCL-3 ZFS-00YB	电磁恒压主阀	 ZCHA-00QB	 ZCL-3 ZZHA-3 ZFS-00QB
	 ZCL-00QB	 ZCL-3 ZFS-00QB		 ZCHC-00YB	 ZCL-3 ZZHC-3 ZFS-00YB
	 ZCL-00QK	 ZCL-3 ZFS-00QK		 ZCHB-00QK	 ZZHB-3 ZCL-3 ZFS-00QK
恒压主阀	 ZZHA-00QB	 ZZHA-3 ZFS-00QB		 ZZHD-00QB	 ZZHD-3 ZCL-3 ZFS-00QB
	 ZZHB-00QK	 ZZHB-3 ZFS-00QK		 ZCHD-00QB	 ZZHA-3 ZCL-3 ZFS-00QB
	 ZZHD-00QB	 ZZHD-3 ZFS-00QB		 ZCHT-00QB	 ZZHA-3 ZCL-3 ZFS-00QB

- 图例：
-  电磁导阀。
 -  A型恒压导阀。
 -  B型恒压导阀。
 -  C型恒压导阀。
 -  D型恒压导阀。
 -  液用常闭主阀，导管在出口处。
 -  气用常闭主阀，导管在进口处。
 -  气用常开主阀，导管要外接。

第四节 电动调节阀

电动调节阀在空调自控系统中使用比较普遍，它的基本结构一般由电动执行机构和调节阀两部分组成。

一、电动执行机构

电动执行机构是由电动机、机械减速器、复位弹簧（当无手动复位机构时才有）及附件（电子转换器、反馈电位器、阀位指示电位器等）组成。图 3-12 是 ML7984 型外

形图。

电动机有的为交流电容式单相异步电动机，而风机盘管上使用的电动调节阀则用磁滞电动机。电源电压有 $24V \cdot AC$ 、 $220V \cdot AC$ 两种。

电子转换器又称电动阀门定位器。它接受控制器 $0 \sim 10V \cdot DC$ (或 $4 \sim 20mA$) 连续控制信号，对以 $24V \cdot AC$ 供电的电动机的出轴位置进行控制，使阀门位置与控制信号成比例关系，从而使阀位按输入的信号，实现正确的定位，故得名阀门定位器。电动阀门定位器装在执行机构内。

电动阀门定位器可以在控制器输出的 $0\% \sim 100\%$ 范围内，任意选择执行器的起始点 (执行器开始动作时，所对应的调节器输出电压值)；在控制器输出的 $20\% \sim 100\%$ 范围内，任意选择全行程的间隔，又称工作范围 (执行器从全开到全关，或从全关到全开所对应的控制器输出电压值)；具有正、反作用的给定。当阀门开度随输入电压增加而加大时称正作用，反之则称反作用。因此，电动阀门定位器与连续输出的控制器配套可实现分程控制。

电动阀门定位器的工作原理示意图如图 3-13 所示，它由前置放大器 (I 和 II)、触发器、双向可控硅电路和位置发送器等部分组成。电动阀门定位器属于无触点电动执行器。图 R_1 是起始点调整电位器， R_2 是全行程间隔调整电位器， R_3 是阀门位置反馈电位器。

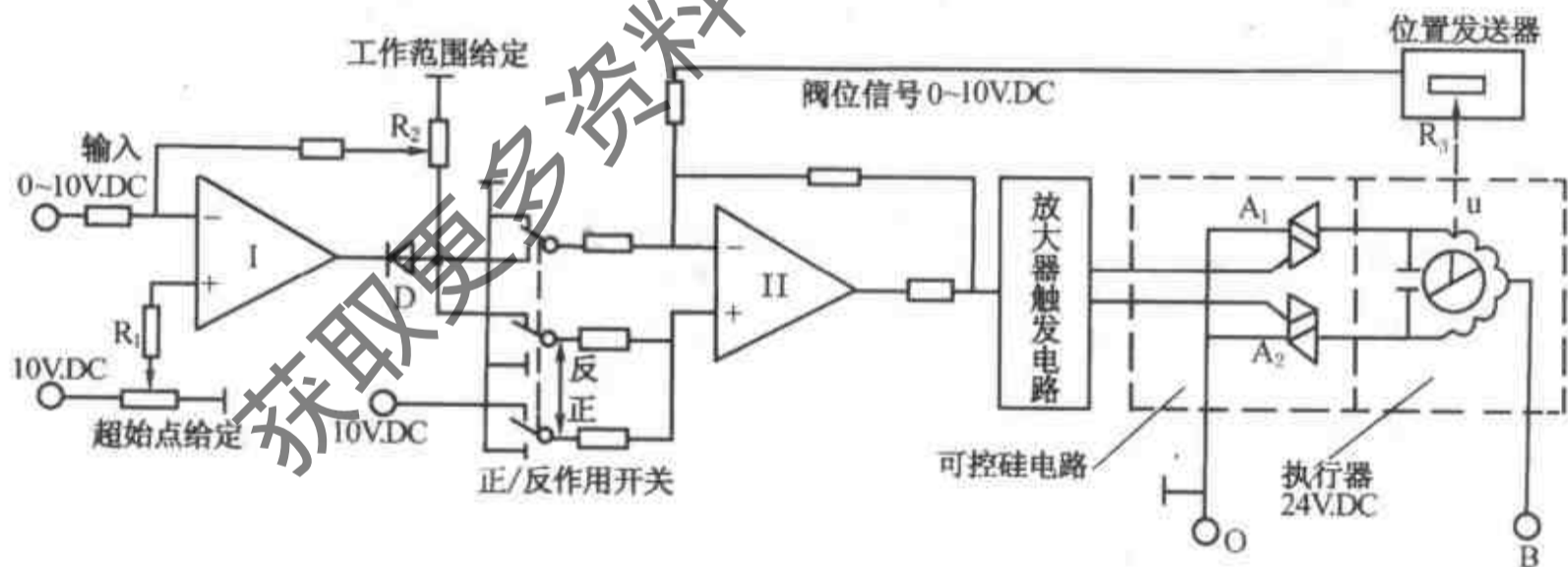


图 3-13 电动阀门定位器原理示意图

控制器来的 $0 \sim 10V \cdot DC$ 信号接在前置放大器 I 的反相输入端，与由 R_1 、 R_2 所决定的信号进行综合，然后作为前置放大器 I 的输入。其输出经正/反作用开关与阀位来的信号进行综合作为放大器 II 的输入，其输出作为触发器的输入信号。触发器根据输入信号，发出相应脉冲使双向可控硅 A_1 、 A_2 之一导通，使电容式两相异步电动机向某一方向转动，以达定位目的。

其中，由 R_1 所决定的电压与控制器来的 $0 \sim 10V \cdot DC$ 电压，分别加在放大器 I 的正



图 3-12 电动执行机构外形图

(ML7984 A3001)

反相输入端，两电压在输入差动电路中进行比较（实际是相减）。当由 R_1 所决定的电压很小时，执行器的起始点提前；当由 R_1 所决定的电压增大时，执行器的起始点则错后。由 R_2 所决定的负反馈信号，决定了本级放大器的反馈量，因而决定其输出值，进而决定了执行器全行程间隔。

为了使阀门位置与输入信号成为一一对应关系，在放大器 II 输入端引入阀位负反馈信号， $0 \sim 10V \cdot DC$ 是由位置发送器来的。在阀门转动的同时，通过减速器带动反馈电位器 R_3 ，通过位置发送器转换为 $0 \sim 10V \cdot DC$ 。依靠反馈信号，准确地转换阀门的行程。

图中二极管 D 的主要作用是保证在输入信号小于起始点给定值时，本级（I）放大器的正向输出不能通过，保证下级电路不动作。

正、反作用开关置于“反”作用时， $10V \cdot DC$ 与前级的输出同时加到第二级的正向输入端，从而保证在输入为 $10V$ 时，其阀开度为零；当输入为零时，阀开度为 100% 。这样就实现了所谓的反作用，即 0 输入时，阀门开度为 100% ，当 $10V$ 输入时，阀门开度为 0 ，其间成线性关系。

附录 4 为霍尼韦尔公司电动执行机构技术数据。目前国内这类产品的品种较多，有结构简单、体积小的 ZAZ 直行程和 ZAJ 角行程型，有 DDZ—II 或 DDZ—III 型的 DKZ（直行程）和 DKJ（角行程）电动执行机构，还有 SKZ（直行程）及 SKJ（角行程）智能型高精度电动执行机构。这些电动执行机构都能与其相应的调节阀门配套组成电动执行器。

二、调节阀门

阀门是执行器中的调节机构，用来控制水和蒸汽等流体。其结构可分为直通双座阀、直通单座阀和三通阀（三通阀仅用于水路的控制）。

直通阀外形如图 3-14 所示。直通双座阀如图 3-15 中 (a) 所示，流体从左侧流入，通过上、下阀座后汇合在一起，由右侧流出。由于阀体内有两个阀芯和两个阀座，所以称直通双座阀。

对于双座阀，流体作用在上、下阀芯的推力，其方向相反而大小接近相等，所以阀芯所受的不平衡力很小，因而允许使用在阀前、后压差较大的场合。双座阀的流通能力比同口径的单座阀大。

由于受加工精度的限制，双座的上、下两个阀芯不易保证同时关闭，所以关闭时的泄漏量较大，尤其用在高温或低温场合，因阀芯和阀座两种材料的热膨胀系数不同，更易引起较严重的泄漏。

双座阀有正装和反装两种：当阀芯向下移动时，阀芯与阀座间流通面积减少者称正装；反之，称为反装。对于双座阀只要把图 3-15 (a) 中的阀芯倒过来装，就可以方便地将正装改为反装。

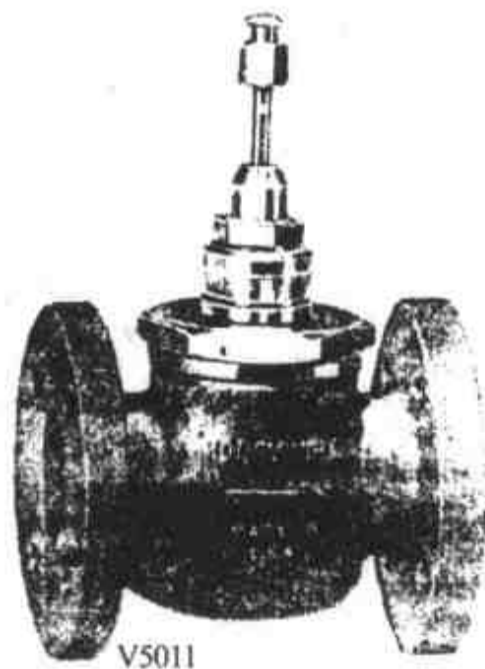


图 3-14 直通阀外形图

直通单座阀如图 3-15 (b) 所示, 阀体内只有一个阀芯和一个阀座。单座阀的特点是泄漏量小, 因为它是单阀芯结构, 容易达到密封, 甚至可以完全切断。阀芯直径小于 25mm 的阀只能正装而不能反装, 阀芯直径大于 25mm 的阀正反装均可。

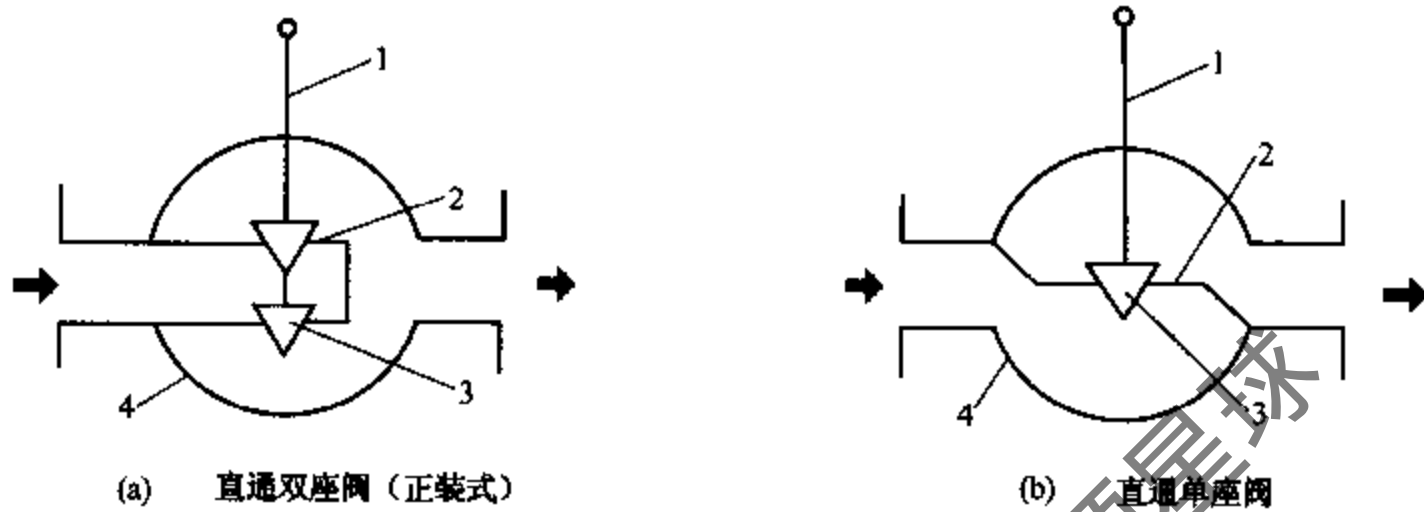


图 3-15 直通阀结构示意图

1- 阀杆 2- 阀座 3- 阀芯 4- 阀体

由于单座阀只有一个阀芯, 流体对阀芯推力是单面作用的, 不平衡力大, 所以单座阀仅适用低压差的场合。

三通调节阀有三个出入口与管道相连, 按作用方式可分为合流阀和分流阀两种。图 3-16 (a) 是合流阀, 两种流体 A 和 B 混合为 $A+B$ 流体, 它有两个进口, 一个出口。当阀芯关小一个入口的同时, 就开大另一个入口。分流阀如图 3-16 (b) 所示, 是把一种流体通过阀后变成两路, 故它有一个入口和两个出口, 在关小一个出口的同时, 开大另一个出口。

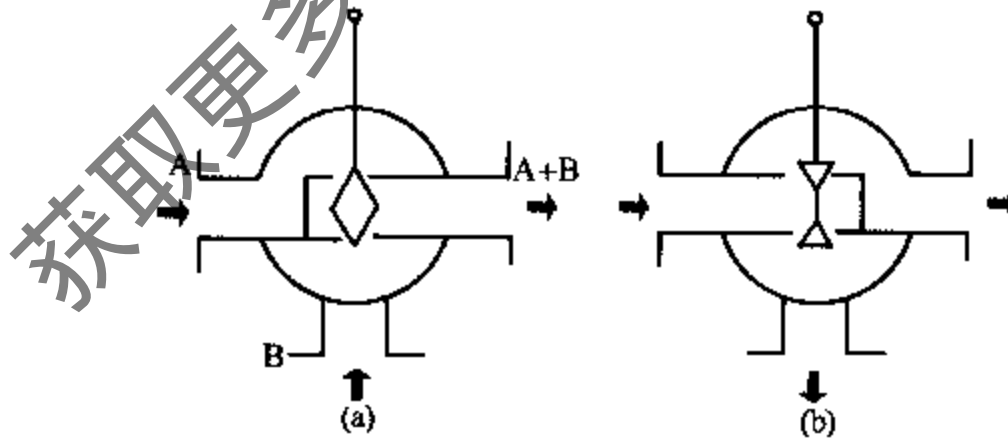


图 3-16 三通阀

(a) 合流阀 (b) 分流阀

选择阀门除注意按工艺参数计算口径和选择流量特性外, 还应注意阀体材料、连接方式以及正、反作用等。

附录 5 给出了江森、埃珂特公司主要电动调节阀参数。附录 6 给出了常用调节阀参数。

三、风机盘管电动调节阀

在房间风机盘管系统中，采用电动两通阀或电动三通阀控制冷、热水路的开、关。其开、关动作由双位式控制器控制。电动调节阀的电动机是磁滞式电动机，由 220V AC 供电。当供电时，电动机转动，通过机械齿轮驱动开阀。当阀门打开后，允许电动机带电堵转；但当电动机断电后，阀门在返回弹簧作用下，关闭阀门。系统带有手动操纵杆。因是开、关控制规律，所以阀门口径只需与工艺管径一致就可以了。

四、蝶阀与调节风阀

调节风阀的作用是调节风管中的空气流量，常用于空气调节系统中风量的调节。调节风阀的截面积形状以圆形和矩形为多，结构有单叶风门（蝶阀）和多叶风门（调节风阀）之分。

（一）蝶阀

圆形蝶阀的结构如图 3-17 所示。使用时只要转动手柄（调节杆），改变蝶阀阀板的角位置，即可改变工质流通截面积，从而调节工质的流量。图中阀在 I—I 位置为关闭位置，II—II 为全开位置，而在 I—I 至 II—II 位置范围内变化时，蝶阀即得到不同开度。

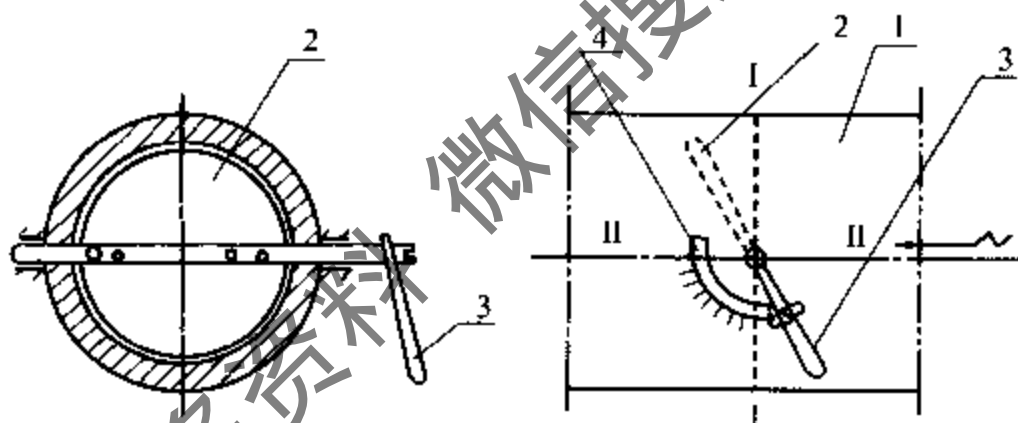


图 3-17 单叶风门结构示意图

1—风管 2—阀板 3—调节手柄 4—风门开度指示盘

在空调系统中，小风管管道可应用像蝶阀那样的单叶风阀来调风管的风量。这种阀门阻力损失小，但关闭时泄漏量大。

一般空调系统中，风管尺寸都较大，为了减小阀板轴的转矩，将单叶的风阀改为多叶风阀。

（二）调节风阀

空调系统中，为了维持温度或风压等参数，常用调节风阀来调节空气流量。风管或风道中应用的调节风阀大多是多叶式。多叶式风阀有二种形式，即平行式和对开式。如图 3-18 所示，平行式风阀的所有叶片都同方向转动，对开式风阀的调节性能比平行式的较好。

调节风阀配以执行机构，就可以按预定的调节规律自动调节其开启度，从而控制风管中气体的流量。常用的执行机构有电动执行机构（电动杠杆）和气动执行机构。

目前广泛应用的 FDF 调节风阀（外形见图 3-19）是北京汉威机电有限公司的新产

品, 具有结构坚固, 泄漏量小, 摩擦力矩小, 运转灵活, 噪音低等特点, 它可以与 SM 和 GM 等电动执行机构配套, 组成电动调节风阀。

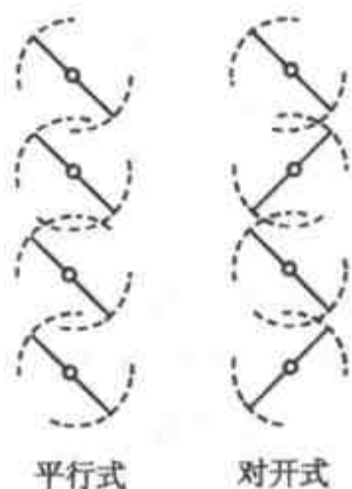


图 3-18 多叶风阀结构示意图

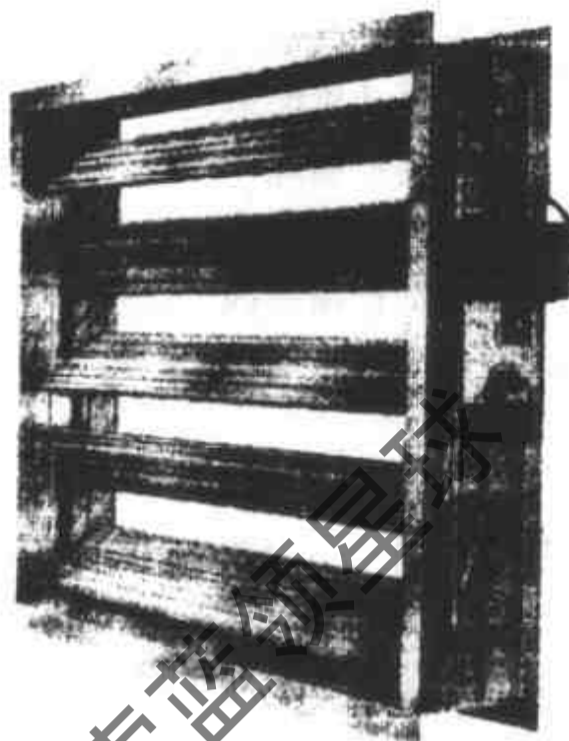


图 3-19 FDF 电动调节风阀
(北京汉威机电有限公司)

第五节 膨 胀 阀

一、热力膨胀阀

热力膨胀阀又称温度调节阀。在制冷系统中, 热力膨胀阀装置在蒸发器进液口的供液管道上。在具有节流降压作用的同时, 还能根据感温包感受的蒸发器出口蒸汽过热度的大小, 自动调节阀门的开启度, 以调节流经阀门的制冷剂流量。使蒸发器出口处的过热度控制在一个合适的范围之内, 保证制冷装置能在一个比较经济合理且安全可靠的条件下运行。

RF 系列热力膨胀阀用于氟利昂制冷系统中, ZZRW 型热力膨胀阀用于氨制冷系统中。根据结构不同, 热力膨胀阀有内平衡式和外平衡式两种。内平衡式热力膨胀阀适用于蒸发器管道阻力损失较小的系统, 外平衡式热力膨胀阀适用于蒸发器管道阻力损失较大的制冷系统。

(一) 内平衡式热力膨胀阀

内平衡式热力膨胀阀主要由阀体、阀杆、阀芯、调节杆、膜片、毛细管、感温包等部分组成。其结构见图 3-20 所示。它采用膜片作测量元件, 膜片、导压毛细管、温包和阀顶盖组成一个密闭的空间, 空间里面充注 R 22、R 13、R 12 或其他感温剂。阀门开启的过热度由阀杆调定。阀门工作时, 膜片通过阀杆带动阀针 (锥形阀芯) 上下移动,

使阀口开大或关小。现用图 3-21 所示的原理图来分析阀的工作情况。

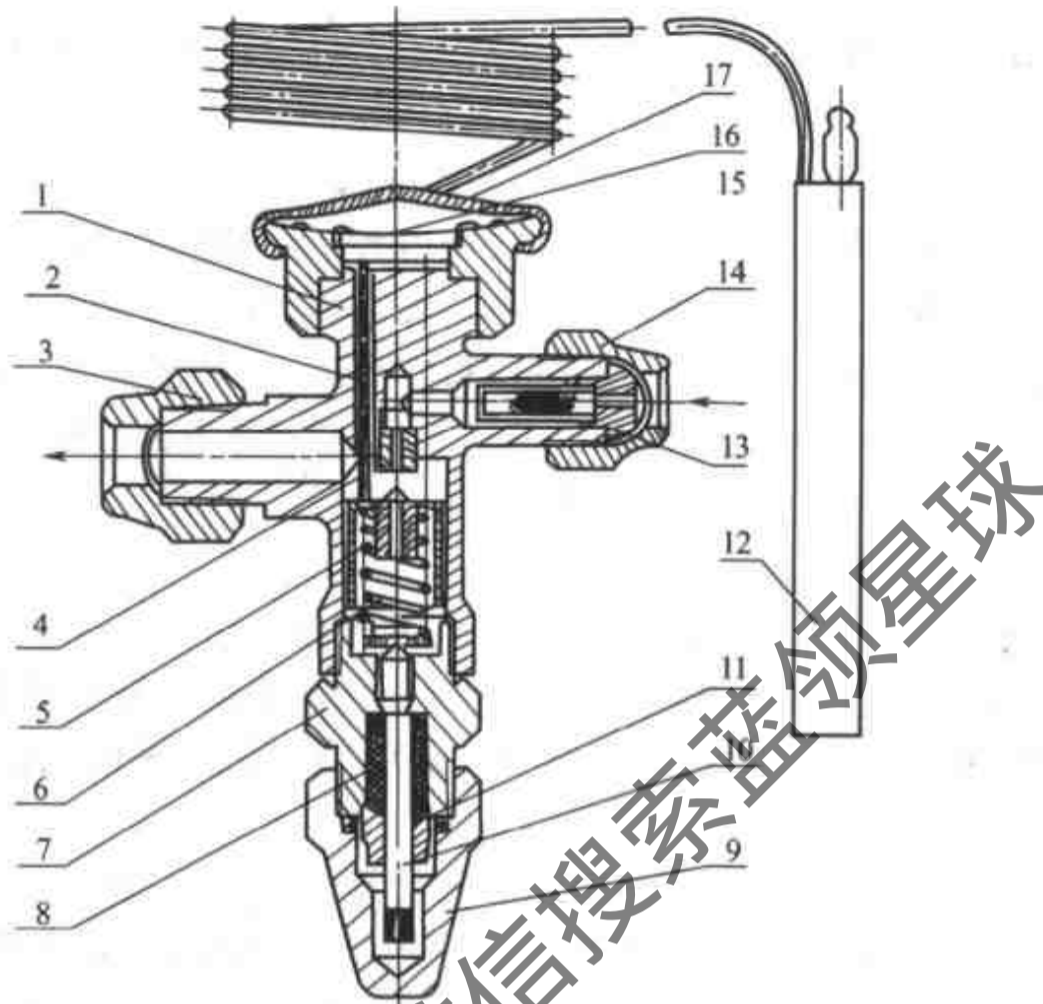


图 3-20 热力膨胀阀结构图 (内平衡式)

- 1-阀体 2-传动杆 3-螺母 4-阀座 5-阀针 6-弹簧 7-调节杆座 8-填料 9-帽罩
10-调节杆 11-填料 12-感温包 13-过滤器 14-螺母 15-毛细管 16-膜片 17-气箱盖

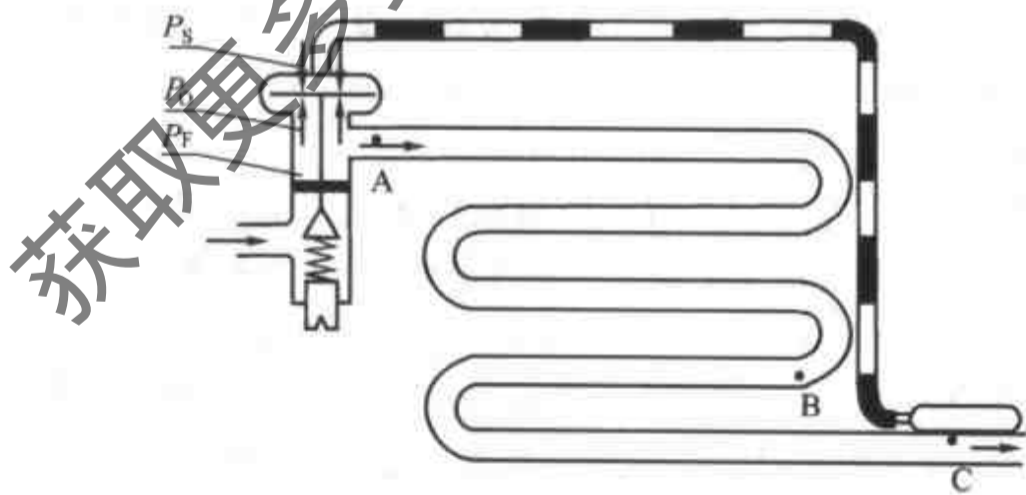


图 3-21 内平衡式热力膨胀阀工作原理图

热力膨胀阀的感温包装在蒸发器的出口处以感受回汽过热温度。制冷剂经阀孔节流后从 A 点进入蒸发器，在蒸发器吸热至 B 点全部汽化为饱和气体。若忽略制冷剂在蒸发器内的流动阻力，则制冷剂在 B 点前温度不变，然后从 B 点到 C 点制冷剂蒸汽过热。C 点温度就是温包所感受的过热温度，温包内压力是此温度相对应的充注剂的饱和压力 P_s ，此力作用在膜片上方。膜片下方受到系统的蒸发压力 P_e 和弹簧力 P_f 的作用。当

阀门处于某一平衡位置时:

$$P_s = P_o + P_F \quad (3-1)$$

若蒸发器热负荷增加, 则引起过热度增加, 感温包内充注剂的饱和压力 P_s 增大, 此时:

$$P_s > P_o + P_F \quad (3-2)$$

由于膜片上方作用力大于膜片下方的作用力, 因而膜片中心下移, 推动阀杆下移, 使阀口的开启度增大, 供液量增加; 当蒸发器热负荷减小, 回气过热度减小, P_s 也随之减小, 膜片中心上移, 带动阀杆上移, 阀口关小, 供液量减少。由于阀口的开启度与 P_s 成正比, 故它是一种比例调节阀。由式 3—2 可以看出, 若改变单弹簧力 P_F , 则需要改变 P_s , 即改变回气过热度, 才能使阀口开启。

(二) 外平衡式热力膨胀阀

我们在分析内平衡式热力膨胀阀的工作原理时, 是假设制冷剂在蒸发器管内无流动阻力引起的压力损失的工作情况, 实际上这个压力损失是不可避免的。对于压力损失较大的蒸发器, 由于压力降低, 将严重影响热力膨胀阀的工作性能。下面举例说明。

例如: 假定制冷剂采用 R12, 设蒸发温度 $t_0 = -15^\circ\text{C}$, 则蒸发压力 $P_o = 0.186\text{MPa}$, 弹簧预紧力的折合压力 $P_F = 0.022\text{MPa}$ 。若不考虑压力损失, 制冷剂到达 C 点时过热度为 5°C , 即 C 点温度为 -10°C , 压力仍是 0.186MPa 。对感温包内充注剂来说, -10°C 时所对应的饱和压力 $P_s = 0.223\text{MPa}$ (假定温包内充注物为 R12)。由式 3—1 可知: $P_s - (P_o + P_F) = 0.223\text{MPa} - (0.186 + 0.022)\text{MPa} = 0.015\text{MPa}$ 。由于膜片上下有 0.015MPa 的压差, 阀门可以开启。

如果考虑压力损失, 并假定压力损失为 0.02MPa , 过热度仍为 5°C 。则制冷剂到达 B 点时压力为 0.166MPa , 与此压力相对应的蒸发温度为 -18°C , 过热到 C 点时温度为 -13°C , 温包内充注剂相应饱和压力 $P_s = 0.2\text{MPa}$ 。由式 3—1 可知: $P_s - (P_o + P_F) = 0.2\text{MPa} - (0.166 + 0.022)\text{MPa} = -0.008\text{MPa}$ 。

从以上计算结果可以看出, 在 5°C 过热度时阀门无法开启。要使阀门开启, 就需要增加过热度来提高 P_s 。但是, 过热度太大, 蒸发器的传热面积不能充分利用, 会引起供液不足和降温困难。这一缺点可由外平衡式热力膨胀阀来克服。

外平衡式热力膨胀阀与内平衡式热力膨胀阀的主要区别在于膜片与阀的进、出口用一隔板隔开, 在膜片与隔板之间引出一根外平衡管。在系统中外平衡管接到蒸发器的回汽管 D 点上, 见图 3-22 所示。由于 D 点离 C 点很近, 可以认为 D 点的压力等于 C 点的压力。这时, 膜片下面的作用力是弹簧力 P_F 和 C 点压力 P'_o 。

仍依据上面的假定, 蒸发器压力损失为 0.02MPa , C 点压力 $P'_o = 0.166\text{MPa}$, 过热度仍为 5°C , C 点温度 -13°C , 相应的温包内充注剂压力为 $P_s = 0.2\text{MPa}$, 弹簧力 $P_F = 0.022\text{MPa}$ 。根据式 3—1 可知: $P_s - (P'_o + P_F) = 0.2\text{MPa} - (0.166 + 0.022)\text{MPa} = 0.012\text{MPa}$ 。由于膜片下面制冷剂压力是 C 点压力 P'_o 而不是 A 点压力 P_o , 因而在同样的过热度下, 膜片上下仍有 0.012MPa 的压力差, 阀口可以开启。

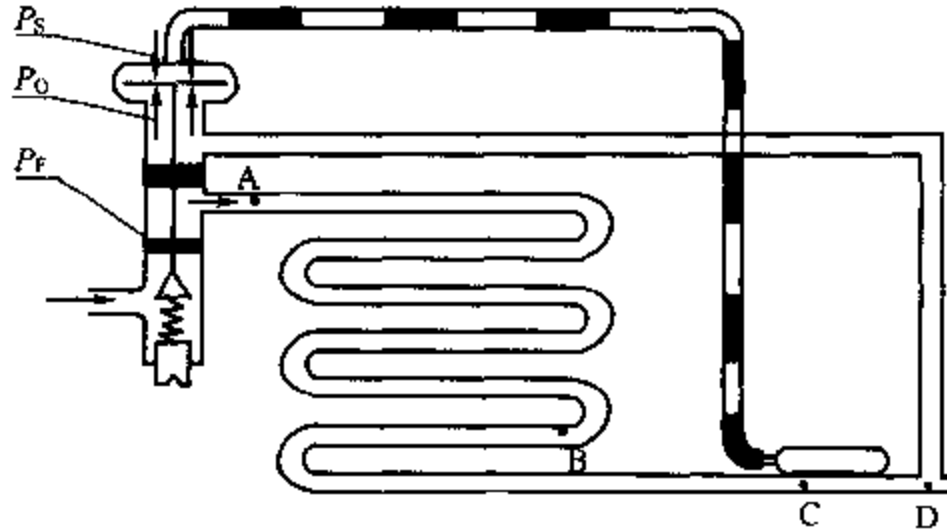


图 3-22 外平衡式热力膨胀阀工作原理图

一般当压力损失超过表 3-6 中的数值时，可考虑采用外平衡式热力膨胀阀。但由于压力损失不易测准，通常对大容量的热力膨胀阀都做成外平衡式的。外平衡式热力膨胀阀本身的结构、制造工艺和安装都比较复杂些。

表 3-6

工质	压力损失 (KPa)	蒸发温度 (°C)					
		5	0	-10	-20	-30	-40
R12	20	18	13	10	7	5	
R22	15	13	10	7	5	3	

二、热电膨胀阀

热电膨胀阀依靠电加热产生的动力来驱动阀杆带动阀针动作，调节进入蒸发器的制冷剂的流量。常用的热电膨胀阀有双金属片型热电膨胀阀和电子控制的热电膨胀阀两种。

(一) 双金属片型热电膨胀阀

双金属片型热电膨胀阀由传感元件和调节阀两部分组成。传感元件为具有负温度系数的热敏电阻；调节阀的主要部分有电热式阀头、针阀和阀座，阀头中设有电加热器和双金属片。图 3-23 为其原理图。

具有负温度系数 (NTC) 的热敏电阻安装在 6mm 左右的短管中，短管封装在蒸发器出口的回气管上，直接与制冷剂接触。热敏电阻与电加热器串联后接在 24V 直流或交流电源上。当蒸发器出口为过热蒸汽时，由于通电自行加热，热

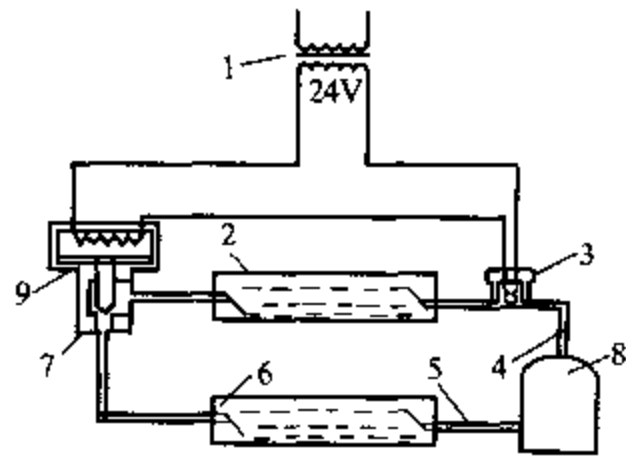


图 3-23 热电膨胀阀工作原理

- 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 9- 双金属片

敏电阻的阻值降低，使与之串联的电加热器中的电流增加，双金属片受热后的形变也增大，带动阀杆和阀针上移，使阀口开大，流入蒸发器的制冷剂流量增加。随着制冷剂流量增大，当蒸发器出口出现饱和状态时，制冷剂湿蒸汽或液滴与热敏电阻接触，由于制冷剂的蒸发冷却作用，使热敏电阻的温度降低，阻值增大，从而减小了电加热器的输入电流，双金属片带动阀杆、阀针下移，关小阀口。由于热敏电阻所在的位置是制冷剂蒸汽在饱和状态和过热状态的反复转变之中，因此能保证制冷剂在蒸发器中处于饱和状态下工作（即过热度 = 0），从而使得在任何负荷下，制冷剂都在蒸发器中饱和，在吸气管中过热（防止压缩机液击）。保证了蒸发器面积充分利用。与热力膨胀阀相比，热电膨胀阀可以将系统的制冷能力提高 10% 以上。

热电膨胀阀的主要特点是：任何影响膨胀阀输出量变化的因素（如排气压力、环境温度、蒸发器热负荷、电源线路电压等），虽然都会引起制冷剂流量的变化，但由于最终都受到热敏电阻控制的补偿，所以都不能改变 0℃ 过热度的控制特性；热电膨胀阀不需要感温包和毛细管。由于控制与蒸发器阻力无关，它也不需要外平衡管；热电膨胀阀适用于除氨以外的制冷剂。

（二）电子控制的热电膨胀阀

采用电子控制的热电膨胀阀的制冷剂流量控制系统见图 3-24。

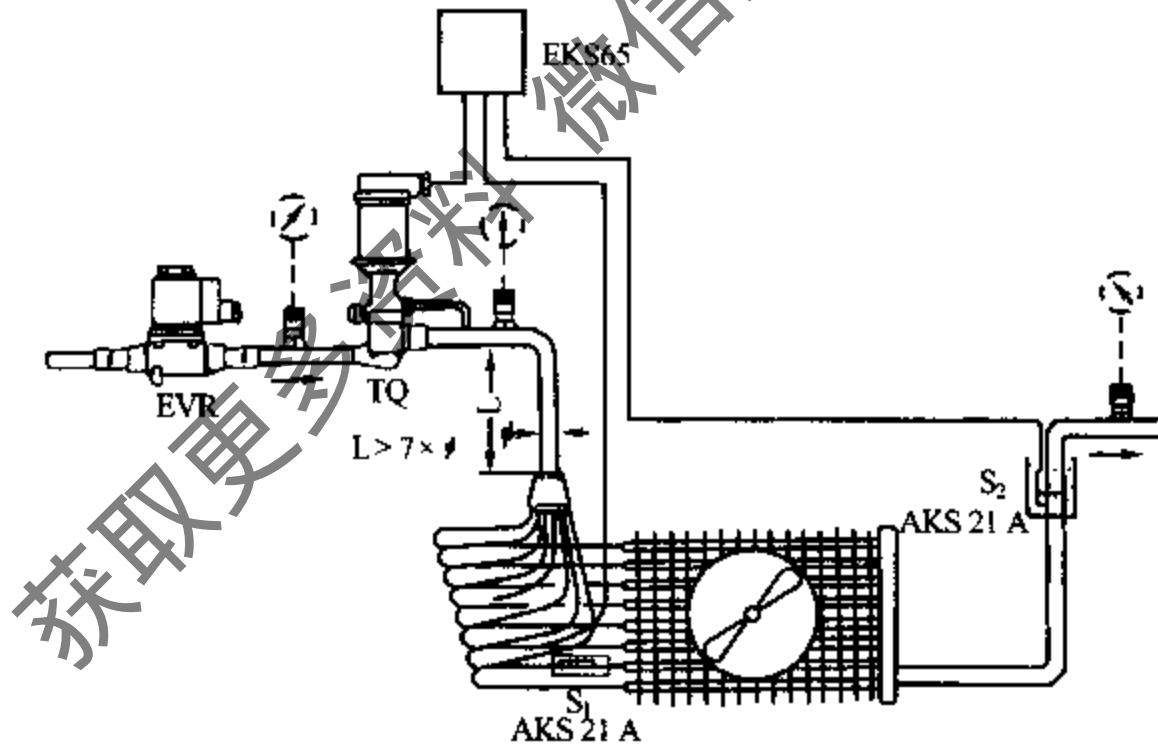


图 3-24 流量控制系统图

流量调节装置由执行器（热电膨胀阀 TQ）、电子调节器（EKS65）和传感器（两只 AKS21A）组成。传感器 AKS 是 2 只 1000Ω 的铂热电阻，分别感受蒸发器入口和出口处的制冷剂温度，将相应的感温信号 S_2 和 S_1 输入到电子调节器 EKS65，调节器将测量的温差信号（ $S_2 - S_1$ ）与温差参考设定值相比较，向热电膨胀阀发出电脉冲，控制阀的开度变化，从而改变进入蒸发器内的制冷剂流量。该流量调节装置可以实现根据温差对流量实行比例积分调节。

热膨胀阀结构见图 3-25。阀的动力件是一个特制的膜头，在其中充入一定的介质，加热元件对介质加热。调节器输送来的电脉冲数的变化，可以改变加热元件对膜头中介质的加热程度，使介质温度发生变化，同时输出相应的压力变化，通过膜片作用于阀杆，改变阀的开启度，实现流量调节。

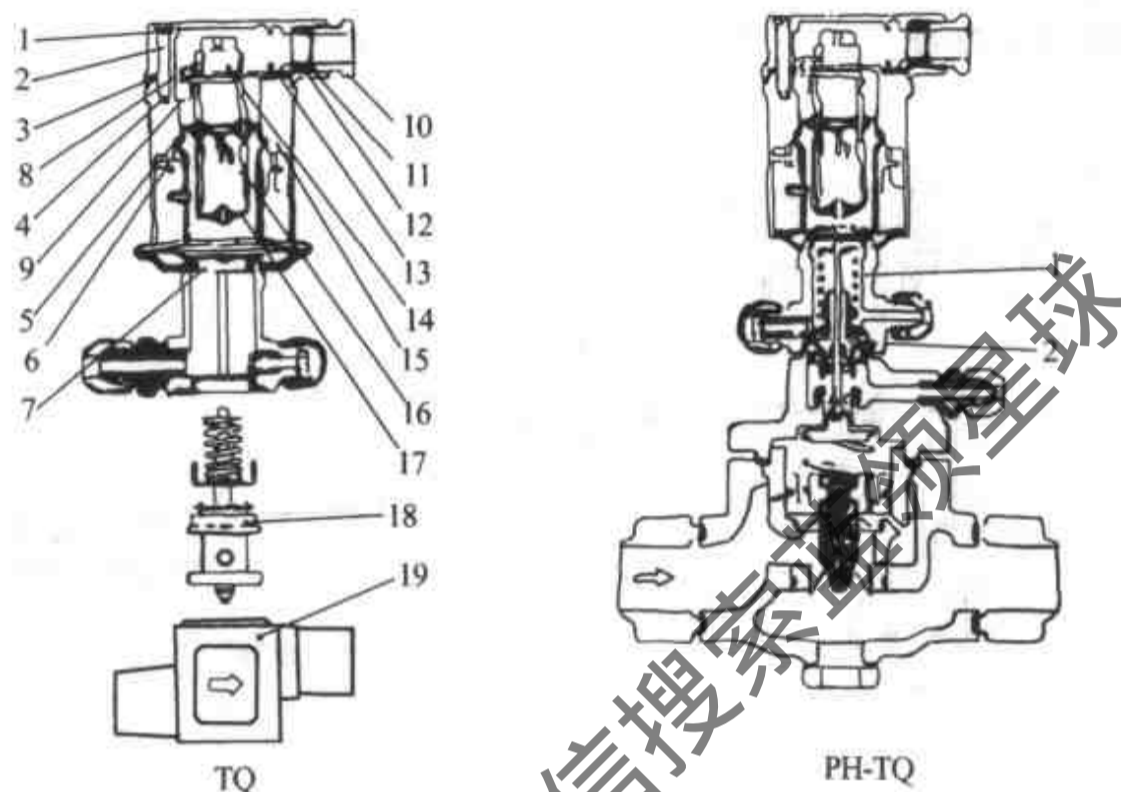


图 3-25 热膨胀阀结构图

- 1-盖 2-螺钉 3-垫片 4-电线 5-“O”形圈 6-制动螺钉 7-阀头
8-螺钉 9-电线套管 10-电线入口 11-密封圈 12-垫片 13-垫片 14-端板
15-密封壳 16-NTC 敏感件 17-PTC 加热元件 18-节流组件 19-阀体

执行机构做成通用型，可以与不同的阀体组合，小型的直接驱动（如图中的 TQ）；大型的做成导阀与主阀组各式（如图中的 PH-TQ），间接驱动。

该流量控制装置由于采用了电子式比例积分调节器，能够保证有良好的调节品质。即使负荷变化大，控制系统本身也能迅速、准确地调整。温差的设定可以小到 2°C ，并且在整个工作范围内有相同的设定，因而能将过热度控制得很小，保证蒸发器面积得到最大利用。此外，该控制系统不受冷凝压力变化的影响，对阀前液体过冷的变化有补偿能力。

三、电子膨胀阀

电子膨胀阀是国际上在 20 世纪 80 年代后推出的一种先进的膨胀阀，它可以按电脑预先设计的程序进行流量调节，具有传统热力膨胀阀无法比拟的优点。

电子膨胀阀按驱动方式可分为电磁式和电动式两类。

（一）电磁式电子膨胀阀

电磁式电子膨胀阀结构如图 3-26 (a) 所示，由电磁吸引线圈、柱塞（活动铁芯）、阀针、阀座及反力弹簧等组成。电磁线圈通电前，针阀处于全开位置；当电磁线

圈通电后，线圈会产生与外加电流大致成比例的磁力，由于柱塞是用磁性材料制成的，所以柱塞连同与它一体的阀针在磁力作用下一齐移动，其移动是连续的。移动量与线圈吸引力成正比，所以电子膨胀阀属于比例调节阀。柱塞在电磁力作用下向上移动时，压迫了反力柱塞弹簧，当电磁力与弹簧 1、8 反力相平衡时，阀针停止在某一位置上，制冷剂就有相应的流量。由此可知，控制电磁线圈电流的大小，就可以控制阀针位移量，从而控制制冷剂的流量。其流量特性见图 3-26 (b) 所示。

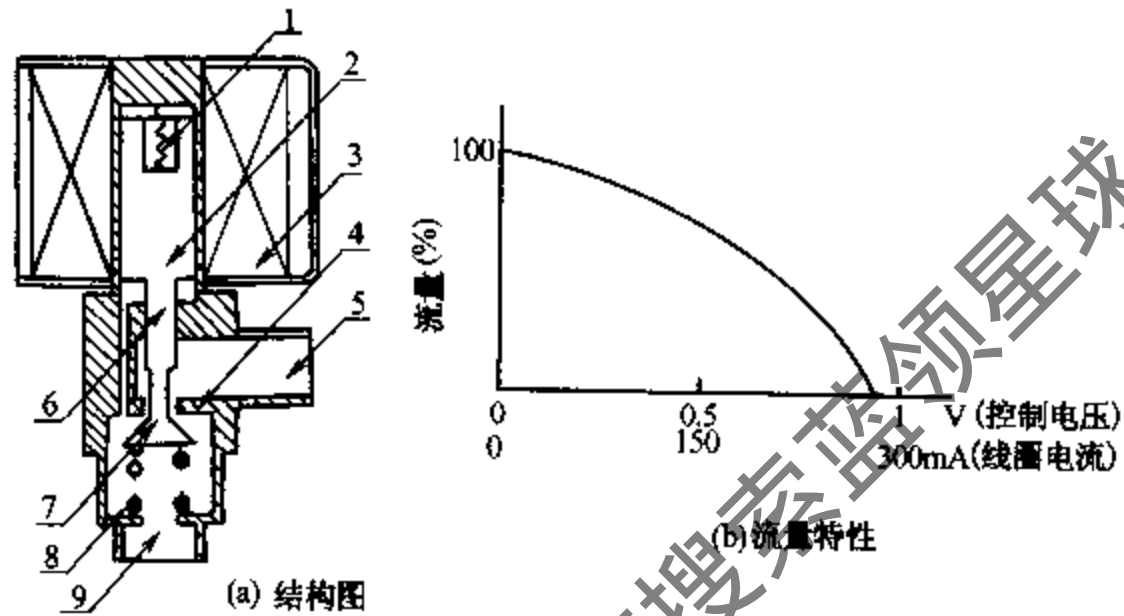


图 3-26 电磁式膨胀阀

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

电磁式膨胀阀结构简单、动作响应快，但在使用过程中，需一直为其提供控制电流（电压）。

(二) 电动式电子膨胀阀

电动式电子膨胀阀的驱动力是电动机。电动机直接带动针阀的为直动型；脉冲电动机通过齿轮组减速带动针阀的为减速型。其结构和流量特性如图 3-27 所示。减速型由于减速齿轮组的减速作用，大大增加了输出转矩，使得较小的电磁力就可以获得足够大的输出力矩。所以减速型电子膨胀阀的容量范围大，脉冲电动机与齿轮组可以方便地与不同口径的阀体组合，灵活地构成不同能力的阀。

电动式电子膨胀阀通常采用四相脉冲电动机驱动。其控制原理见图 3-28。电动机的转子采用永久磁铁，并在转子表面作出相应的齿（磁极），定子绕组通电后产生的磁极与转子的磁极相互吸引或排斥，使转子转动。当微电脑按一定的逻辑关系发出脉冲指令，在脉冲电动机的各相绕组上依次施加脉冲电压时，驱动转子转动。指令信号序列反向时，脉冲电动机的转动也反向。由此可见，脉冲信号可以控制电动机正、反方向自由转动，带动阀杆上、下移动，改变阀针开度，进行流量调节。直动型阀从全开到全关需要 240 次脉冲；减速型需要 1440 次脉冲。

电子膨胀阀的控制精度高，反应快，能适应大范围流量调节，而且其流向可逆，还可以在计算机控制下进行流量调节。

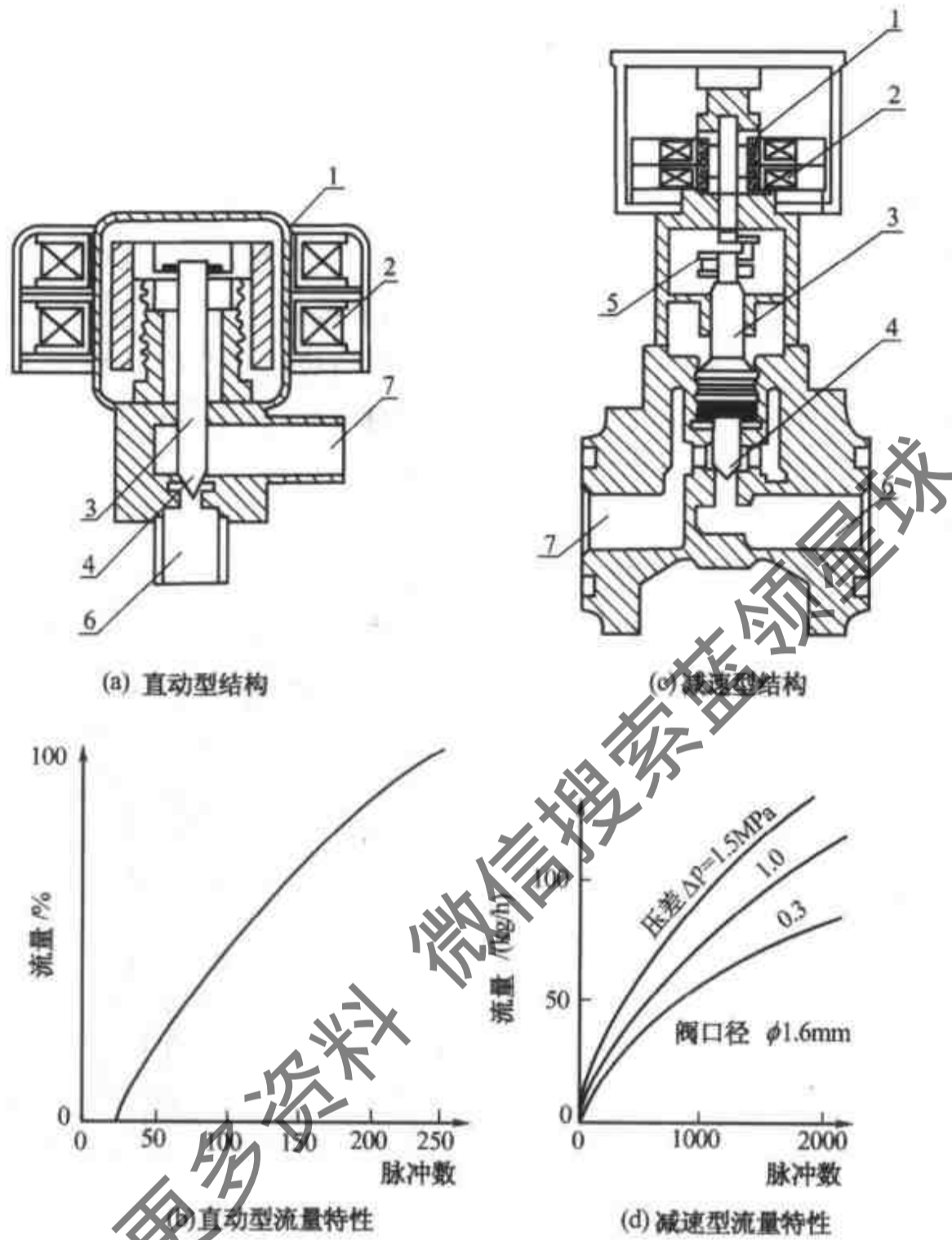
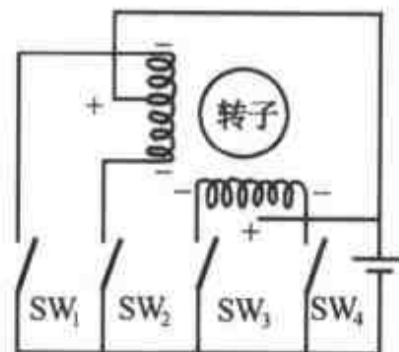


图 3-27 电动式膨胀阀的结构和流量特性

1-转子 2-线圈 3-阀杆 4-针阀 5-减速齿轮 6-入口 7-出口

定子线圈通电顺序	1	2	3	4	1
开关序号					
SW ₁	开关				
SW ₂					
SW ₃					
SW ₄					
阀动作	关阀 ← → 开阀				

(a) 电子膨胀阀动作原理



(b) 脉冲电动机接线圈

图 3-28 电子膨胀阀动作原理

第六节 其他自控阀

一、气动阀

气动阀是一种使用压缩气体作为能源，通过气动力来启闭的阀门。气动阀由气动执行机构和调节阀门组成。气动执行机构是气动阀的推动装置，接受气动调节器或气动变送器输出的气压信号，并将气压信号变换成推杆的位移信号，从而对调节阀门产生推力；调节阀门直接与介质接触，在气动执行机构控制下改变阀口的开启度，调节流经调节阀的介质流量。气动执行机构有薄膜式和活塞式，调节阀门有直通单座、直通双座、角形和三通阀等。在实际生产中，可以把气动执行机构与调节阀门分开制造，使用中根据需要将它们连接在一起，这种组合方式比较灵活，但安装较麻烦。也可以将两部分直接做成一个整体，制成气动调节阀，这种组合方式结构较为简单。下面介绍几种气动调节阀。

(一) 薄膜式气动阀

薄膜式气动阀原理结构如图 3-29 所示，图中圆形橡皮薄膜固定在外壳上，在薄膜上联结有推杆，弹簧力推动薄膜向上，产生一初应力（此初应力可以调整）。由调节器送来的压缩气体，由进气口进入薄膜的上腔，由于气压的不同，相应地改变着阀门的开启度，因为薄膜面积较大，所以在推动杆上有足够大的作用力。膜片有效面积越大，执行机构的位移推力越大。国产薄膜式气动阀膜片有效面积有 200、280、400、630、1000、1600cm² 六种规格。薄膜式气动阀通常接受 0.02~0.1MPa 的信号压力。当薄膜上信号压力增大时，阀门开度变大的阀门为气开式气动阀；当薄膜上信号压力增大，阀门开度变小的阀门为气闭式气动调节阀。

(二) 活塞式气动阀

活塞式气动阀原理和薄膜式气动阀相同，只是在结构上以活塞取代薄膜推动位移，控制阀门的启闭。由于活塞气缸允许操作压力较大，可达 0.5MPa，因而具有很大的输出力，是一种体积小而力强大的气动阀。

(三) 水量调节阀

水量调节阀也是一种气动调节阀。在一些小型水冷式制冷装置中，装于冷凝器进水

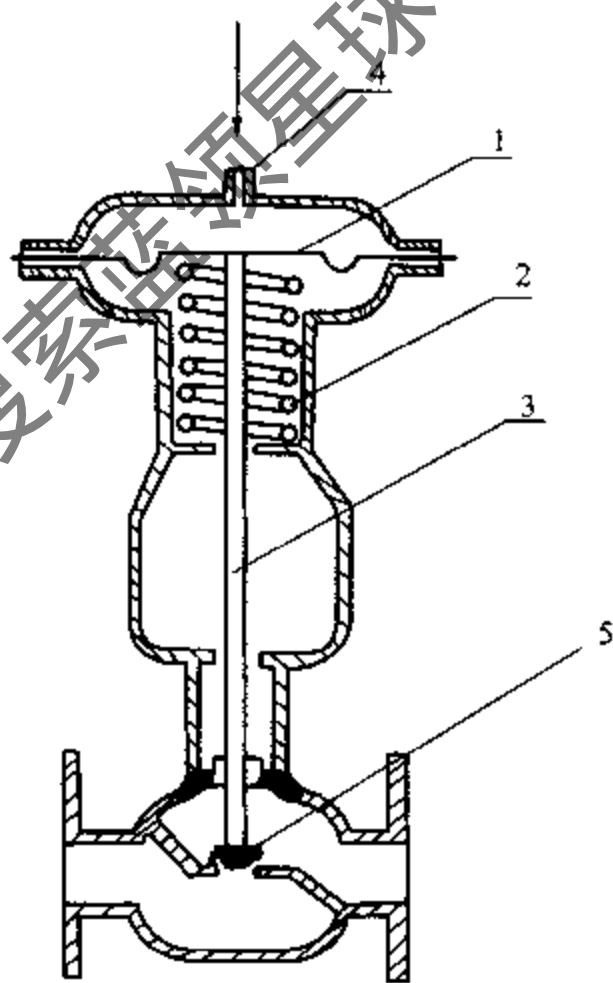


图 3-29 薄膜式气动阀

1-橡皮薄膜 2-弹簧 3-推杆
4-进气口 5-阀芯

管路上，用来控制冷凝压力，节约冷却水量。

水量调节阀的结构如图 3-30 所示。阀顶端的毛细管与制冷压缩机排气阀上的旁通孔连接。当冷凝器的热负荷增大时，冷凝压力上升，阀内波纹管被压缩，通过顶杆向下推动阀门，使阀口开大，冷却水流量增加，从而使冷凝压力降低；当冷凝器热负荷降低时，冷凝压力下降，波纹管伸长，弹簧推动顶杆向上移动，使阀孔关小，冷却水流量减少，冷凝压力上升；当制冷压缩机停止工作时，冷凝压力大幅度下降，阀门逐渐关小以致完全关闭。这种水量调节阀的启动压力一般在 0.6MPa。调节阀体上的调节螺丝，可改变阀口的开启度。

二、止回阀

止回阀亦称单向阀、止逆阀，其作用是防止管路中工质倒流。常用的是 ZZRN 系列止回阀，适用于氨、R12、R22 等为工质的管路。根据用途有液用和气用之分，液用的弹簧力稍大，气用的弹簧力较小。其规格有公称通径为 10、15、20、32、50、65、80、100、125、150 毫米等十种。在结构上通径为 100 毫米以下采用筒形弹簧结构，通径 125 毫米以上的阀门采用活塞式结构。

(一) 筒形弹簧式止回阀

筒形弹簧式止回阀的结构见图 3-31 所示。当阀的进口压力大于出口压力时，弹簧被压缩，带动阀芯离开阀座，阀门开启；当阀出口压力大于或等于进口压力时，在弹簧力和背压作用下，阀门关闭。背压越大，阀口关闭越紧。

在弹簧座底上有 1mm 的阻尼孔，以减少脉冲气流引起阀芯颤动，因而阀门开启平稳，可以做任何角度安装，但工质流向必须与阀体上的箭头一致。在作不同角度安装时，开启压力损失有所不同。各种角度安装时，其压力损失见表 3-7。

(二) 活塞式止回阀

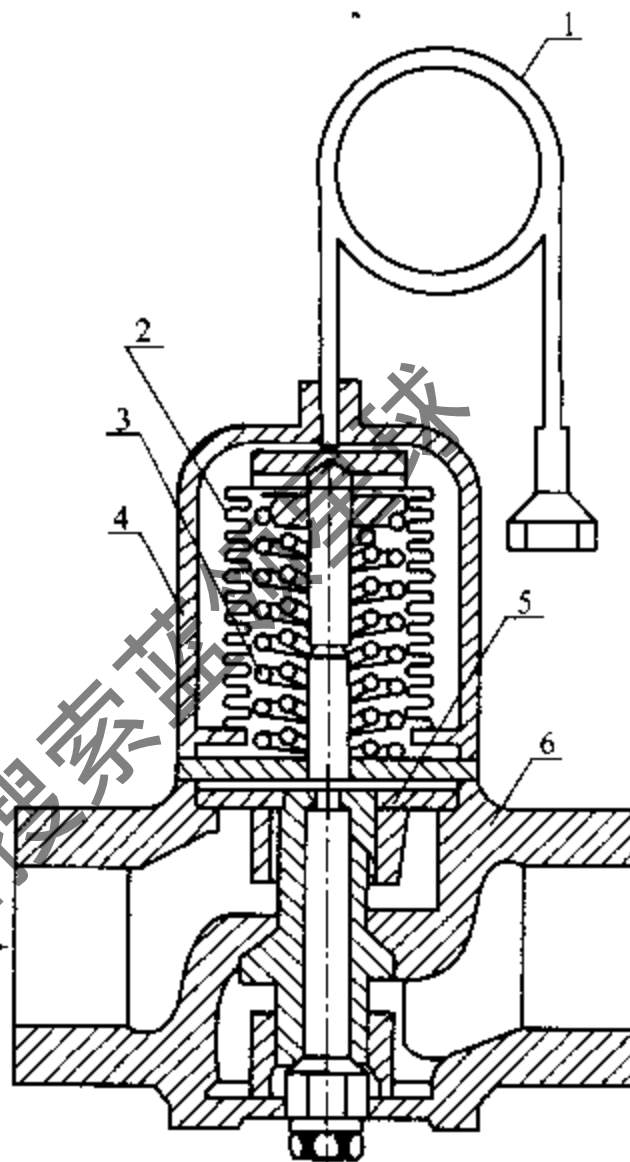


图 3-30 水量调节阀

- 1-导压管 2-波纹管 3-调节弹簧
4-外壳 5-阀口 6-阀体

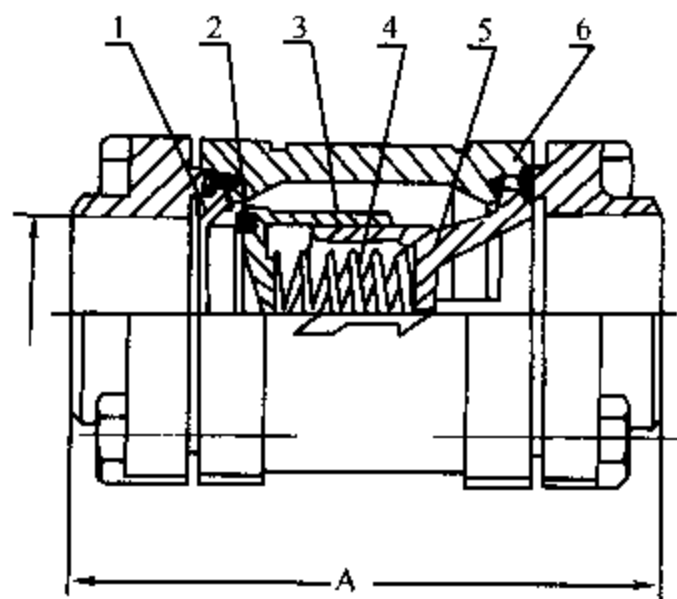


图 3-31 筒形弹簧式止回阀结构图

- 1-阀座 2-阀芯 3-阀芯座
4-弹簧 5-支承座 6-阀体

活塞式止回阀主要由阀体、阀芯、阀芯座和活塞等组成。其结构见图 3-32 所示。当进口压力大于出口压力时，活塞被顶起，止回阀开启；当出口压力大于或等于进口压力时，气体经活塞上的平衡孔上下均压，活塞在自重的作用下关闭。

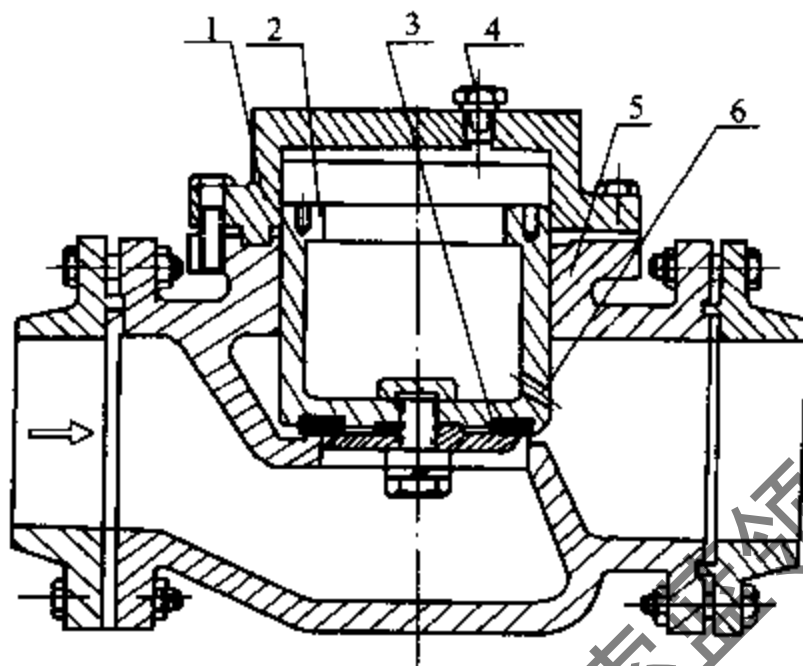


图 3-32 ZZRN—125
150 结构图

1- 阀盖 2- 活塞 3- 阀芯 4- ZG1/8 锥管螺钉 5- 阀体 6- 平衡孔

由于活塞式止回阀靠自重关闭，因而只能垂直安装在水平管路，其开启压力损失见表 3-7。

表 3-7

型 号	弹 簧	安 装 位 置	刚开压降	全开压降
			MPa	MPa
ZZRN—10 ~ 100	液用和高压 气用弹簧	水 平	0.012	0.02
		阀芯垂直朝下	0.0135	0.0284
		阀芯垂直朝上	0.0105	0.0217
	低压气用 弹 簧	水 平	0.004	0.008
		阀芯垂直朝下	0.005	0.0096
		阀芯垂直朝上	0.0025	0.0067
ZZRN—125 ~ 150		水 平	0.004	0.008

三、自动旁通阀

ZZRP—32 型自动旁通阀，适用于以氨 R12、R22 为工质的制冷系统中。它是安全阀的一种形式，起定压旁通作用。图 3-33 是 ZZRP—32 型自动旁通阀结构图。

ZZRP—32 型旁通阀目前只有 32 毫米口径一种规格。主要由阀体、弹簧、弹簧导向筒、阀芯、调节杆等组成。当阀口下端的压力大于弹簧的调定压力值时，弹簧被压缩，

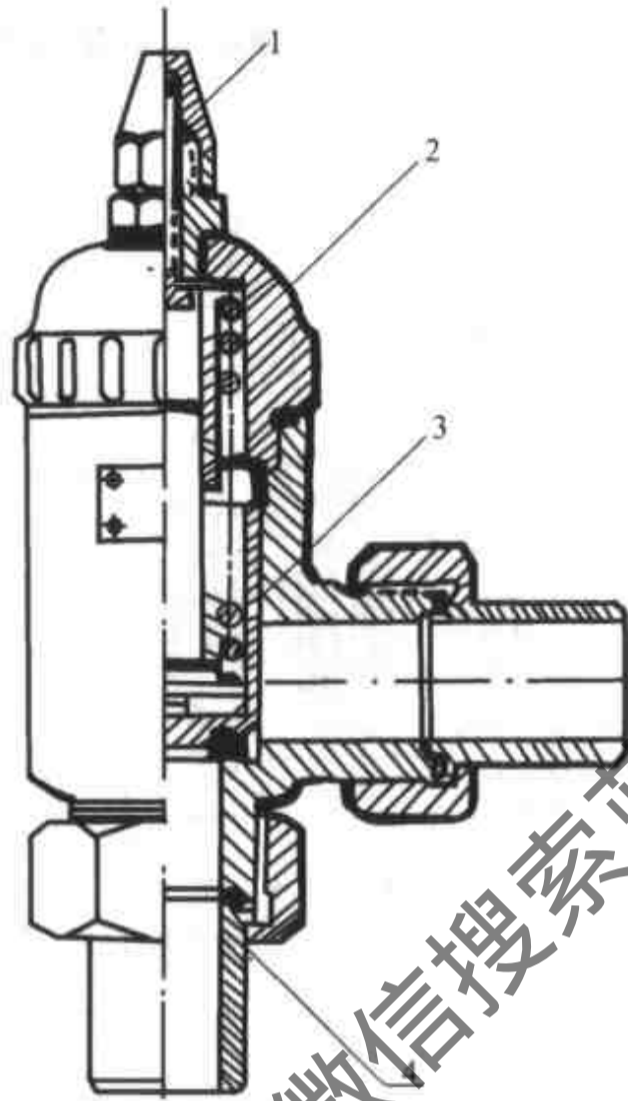


图 3-33 ZZRP-32 自动旁通阀结构图

1-顶杆 2-弹簧 3-套筒 4-接头

阀口开启；当阀口下端的压力低于调定压力值时，阀芯在弹簧力作用下关闭。转动调节杆可调节调定压力值。ZZRP-32 型旁通阀的可调旁通压差为 0.18 ~ 0.32MPa。若调换阀内的弹簧，还可得到其它所需的旁通压差。

ZZRP-32 型自动旁通阀复位准确，起跳后关闭严密。

四、自力式恒温控制阀

这是应用在采暖散热器上的，集传感器、控制器与调节阀为一体的控制装置，也称恒温控制阀。它安装在每台散热器的进水管上，用户根据对室温的要求，可设定室温。图 3-34 为原理图，传感器 2 为一弹性元件体，其内充有少量液体。当室温上升时，部分液体蒸发变成蒸汽，它产生向下的形变力，通过传动机构，克服弹簧 3 的反力使阀芯向下运动，关小阀门，减少流入散热器的水量。当室温降低时，其作用相反，部分蒸汽凝结为液体，传感器向下的压力降低，弹簧反力使阀芯向上运动，使阀门开大，增加流经散热器的水量，恢复室温。如此，当室内获得“免费热”（如阳光照射、室内热源——炊事、照明、电器及居民等散热）而使室温升高时，恒温阀及时减少流经散热器的水量，不仅保持室内舒适感，又可节能。

调节旋钮 1 旋动时，通过机械装置改变反力弹簧 3 的预紧力，进而改变调节器的温度给定值，给定值在调节器外壳上有指示。

恒温阀按其工作原理属自力式比例控制器，即根据室温与给定值之差，比例地、平稳地打开或关闭阀门。使阀门从全开到全关位置时，室温变化范围称为恒温阀比例范围。通常比例范围为 $0.5 \sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 。

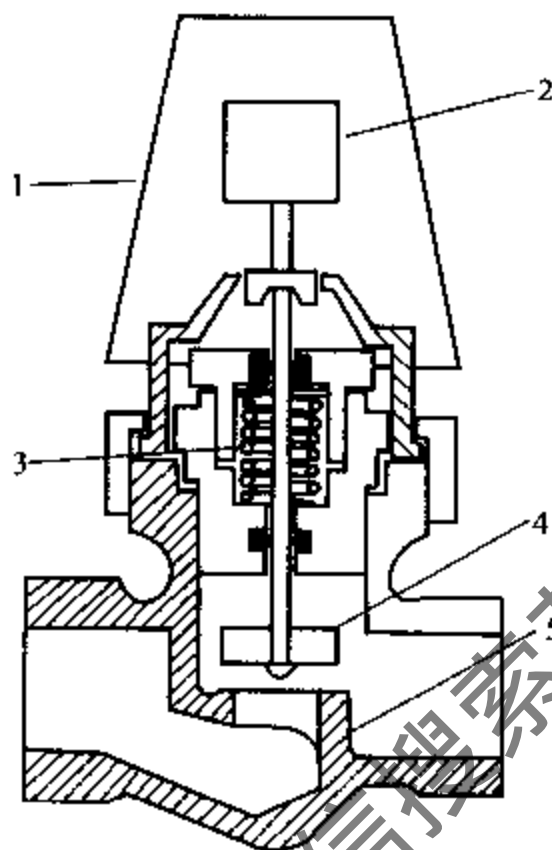


图 3-34 采暖散热器恒温调节阀

1 - 调节旋钮（给定值） 2 - 传感器 3 - 反力弹簧 4 - 阀芯 5 - 阀座

实际工程使用表明，如果采暖系统安装了散热器恒温阀，则可节能 $20\% \sim 30\%$ 左右。

第四章 制冷压缩机的自动控制

制冷压缩机相当于制冷系统的核心，因此制冷压缩机的自动控制在整个自动控制系统中占重要的地位。制冷压缩机的自动控制包括压缩机安全保护及报警系统、能量的自动调节和压缩机的自动启停控制。本章将介绍几种常用型式压缩机的自动控制系统。

第一节 活塞式制冷压缩机的自动控制

一、活塞式制冷压缩机的安全保护

安全保护系统是制冷压缩机自动控制系统的基本组成，是必不可少的。其作用是实现安全性监测、运行参数越限时进行处理并报警，从而防止事故的发生。

活塞式制冷压缩机的安全保护包括以下几个方面。

(一) 压力保护

1. 排气压力过高保护

制冷装置运行中有很多异常因素会引起排气压力过高。例如，操作失误（压缩机启动后，排气阀未打开）；系统中制冷剂充注量过多、不凝性气体含量过高；冷凝器断水或严重缺水、冷凝器风扇卡死等。当排气压力超过机器设备的承受极限时，将造成人机事故。

实现排气压力过高保护的方法是在制冷压缩机至排气阀之间接高压控制器的导压管，当压缩机的排气压力超过设定值时，高压控制器动作，切断压缩机电源并发出声光报警。高压控制器的设定值与制冷工质有关，通常 R717 和 R22 工质取 1.6MPa，R12 工质取 1.4MPa。

2. 吸气压力过低保护

吸气压力过低会使制冷压缩机的运行工况变差，制冷效率降低，冷水机组在吸气压力太低时，会发生蒸发器冻裂事故。并且系统低压侧负压严重时，加剧空气和水分向系统内的渗入，又造成排气压力、排气温度升高，这对采用易燃易爆制冷剂（如 R717）的系统更是危险。实现吸气压力过低保护的方法是在压缩机至吸气阀之间接低压控制器的导压管，当吸气压力低于低压控制器的设定值下限时，低压控制器动作，切断压缩机电源，压缩机停转。当吸气压力回升到设定值上限时，低压控制器自动复位，接通压缩机电源压缩机恢复运行。低压控制器的设定值下限一般调在比制冷系统蒸发温度低 5℃ 所对应的饱和压力，但不宜低于 10KPa。并且上下限幅差不能调的过小，以免压缩机在低压时频繁启停。

3. 中压过高保护

中压过高保护是为了防止双级压缩制冷系统低压级制冷压缩机排气压力过高而设置

的。中压保护压力调定值可取 0.8MPa。对单机双级制冷压缩机也应设有中压保护，若制冷压缩机自身不带，可选用 YWK—11 型和 TK—20 型等压力控制器。配组双级压缩系统的中压保护可用低压级制冷压缩机排气压力的保护装置，但压力调定值按中压保护的要求来调定。

4. 油压差过低保护

对于采用油泵强制供油润滑的压缩机，如果由于某种故障引起油泵不上油，建立不起正常的油压差，就会使运动部位得不到充分的润滑而烧坏机器。另外，采用油泵供油的压缩机多有油压卸载机构，如果油压不正常，压缩机卸载机构也不能正常工作。因此必须设油压差过低保护。油压差过低保护的方法是在油泵的出口和制冷压缩机的曲轴箱之间接压差控制器。压差控制器的调定值与制冷压缩机的类型有关，不带卸载装置的制冷压缩机取 0.06MPa，带卸载装置的制冷压缩机取 0.15MPa。油压差控制器带有延时机构，延时时间在 45 ~ 60 秒之间可调。制冷压缩机在启动或运行过程中油压差低于下限时，如果在延时时间内不能使油压差上升到油压差控制器的上限，则油压差控制器动作，切断压缩机电源，制冷压缩机停机并发出声光报警信号。

(二) 温度保护

1. 排气温度过高保护

制冷压缩机的排气温度过高会引起润滑油粘度下降，产生炭化，影响制冷压缩机的使用寿命。严重时会引起制冷剂分解、爆炸 (R717)。因此要对排气温度加以保护。制冷压缩机的排气温度应比润滑油的闪点温度低 15 ~ 20℃，压缩机安全工作条件规定对 R717、R22 和 R502 的最高排气温度限制值分别是 150℃、145℃和 125℃。排气温度过高保护的 method 是将温控器的感温包贴在排汽管道上，并尽可能地靠近压缩机的排气口。当排气温度超过温控器的设定值时，温控器动作，切断压缩机电源，使压缩机停机并作声光报警。

2. 油温保护

为了保证制冷压缩机各摩擦面正常润滑，除了对油压有要求外，油温也是一个很重要的因素。油温过高时，油粘度下降，加剧压缩机运动部件的磨损，甚至烧坏轴瓦。所以通常规定压缩机曲轴箱内油的温度比环境温度高 20 ~ 45℃，最高油温不得超过 70℃。

对于氟利昂制冷系统，如果停机时压缩机曲轴箱中有大量制冷剂混入，在压缩机启动时就会影响油压的建立，造成机器断油而使得制冷压缩机启动困难和运转中摩擦部件咬死。为了避免这种现象发生，在曲轴箱内设有电加热器，在压缩机启动之前，先通电加热，使溶解在润滑油中的制冷剂蒸发出来，然后再启动制冷压缩机。在这种情况下，也需要控制油温，以免加热温度过高。用油温控制器控制加热温度不超过 70℃。当油温超过限值时，令压缩机停机；或在油温过高时，停止电加热。

(三) 其他保护

1. 制冷压缩机冷却水断水保护

活塞式制冷压缩机缸头冷却水套断水时，会使制冷压缩机的排气温度升高，严重时会使气缸等发生变形而酿成事故，因此对制冷压缩机要实现冷却水断水保护。目前，一

一般采用“714”晶体管继电器来实现冷却水断水保护。其方法是在与制冷压缩机冷却水套相连的出水管路上安装一对电接点，当有水流流过时，电接点通过水接通，发出正常信号；若水流中断，则电接点断开，发出断水信号，使压缩机不能启动或作事故停车并发出声光报警。但是在水流中可能会出现气泡，当电接点恰好处于气泡中时，会使电接点瞬时断开，从而使得晶体管继电器产生误动作，发出断水信号，造成压缩机不必要的停机。所以，继电器发出的断水信号要延时15~30秒，当确认冷却水中断时，才对制冷压缩机作停车处理。

2. 电动机保护

制冷压缩机电动机一般设有短路保护和过载保护，具体的实现方法参见《电工学》。

3. 系统联锁保护

制冷系统中各设备不仅在制冷工艺上相互关联，而且在自动控制上也是互相制约的。例如低压循环贮液桶的液位超高时，将使制冷压缩机联锁停机（在后面的章节中将对这部分内容作详细的介绍）。因此在设计制冷系统的自动控制系统时要考虑系统中设备间的相互联系，以确保制冷压缩机的安全运行。

二、活塞式制冷压缩机的能量调节

压缩机的能量调节是指改变压缩机的制冷能力，使之与变化的负荷相匹配。压缩机的制冷量与负荷之间的匹配情况可以通过制冷系统的蒸发压力和蒸发温度反应出来：蒸发压力或蒸发温度升高，表明负荷大于压缩机的制冷量；反之，负荷小于压缩机的制冷量。因此可以将蒸发温度和蒸发压力作为能量调节参数。蒸发压力作为能量调节参数的称为压力控制法；蒸发温度作为能量调节参数的称为温度控制法。

压力控制法是直接将压力控制器或压力变送器的导压管直接与所需控制的制冷系统的压力管道相连，直接感受蒸发压力的变化。其特点是反应迅速，滞后时间短，动态偏差小，但是在蒸发温度较低的情况下，热负荷变化所引起的相应压力变化幅度较小，调节的静态偏差比较大，控制精度受到限制。

温度控制法一般用热电阻作感温元件。将热电阻插在低压循环桶的底部，感知液温的变化。对冷水机组，可将热电阻插在蒸发器的出水口，感知冷媒水温度的变化，以冷媒水的温度作为控制参数。其特点是在蒸发温度较低的情况下，热负荷变化所引起的蒸发温度变化的幅度比较大，调节的静态偏差相对较小，控制精度得到提高。但是温度控制器的测量元件是在管壁外感受蒸发温度的，由于存在着管壁、油层、垢层等中间容量，所以滞后时间较大，反应较慢，动态偏差较大。

以上是能量调节参数的选择，下面将介绍几种常用的压缩机能量调节方法。

（一）压缩机间歇运行

在配用一台无变容能力压缩机（所谓无变容能力压缩机是指本身不具有气缸卸载机构的压缩机）的小型制冷装置中，广泛采用压缩机间歇运行的能量调节方法。如果制冷系统是采用热力膨胀阀供液，通常用压力控制器根据吸气压力控制压缩机的启停。当吸气压力降到控制器设定值下限时，控制压缩机停止运行；当吸气压力回升到设定值上限

时，重新接通压缩机电源，使之运行。

如果制冷系统是用毛细管节流的，则往往用温度控制器控制压缩机启停。当温度到达温度控制器的设定值下限时，使压缩机断电停机；温度回升到温度控制器设定值上限时，使压缩机重新得电运行。

压缩机间歇运行方式简单易行，但只适用于功率小于 10kW 的小型制冷设备，对于较大容量的压缩机，压缩机的频繁启停不仅能量损失较大，而且影响压缩机的使用寿命，并且压缩机的启动电流很大，造成供电回路的电压波动，从而影响其他设备的正常工作。所以在选压缩机时要使得压缩机的容量与负荷相匹配，不易选得过大。

(二) 压缩机气缸卸载控制

对于有变容能力的多缸压缩机可以采用压缩机气缸卸载控制来实现压缩机的能量调节。其工作原理是：调节机构将压缩机的吸气阀片强制顶离阀座，使吸气阀始终处于开启状态。压缩机吸气过程中，低压蒸汽从吸气阀吸入，压缩过程中因压力无法升高，排气阀始终处于关闭状态，低压蒸汽又通过吸气阀回到吸气腔，因而使该缸的能量输出为零，达到能量调节的目的。自动控制压缩机气缸卸载的方法有以下几种：

1. 用压力控制器和电磁滑阀控制气缸卸载

如图 4-1 所示为一台八缸压缩机采用压力控制器和电磁滑阀控制气缸卸载的原理示意图。其中 I、II 两组气缸作为基本工作缸，另外两组（第 III、IV 组）气缸作为调节缸，每次上载两缸，这样压缩机的能量输出可分为三级：1/2、3/4 和 4/4。

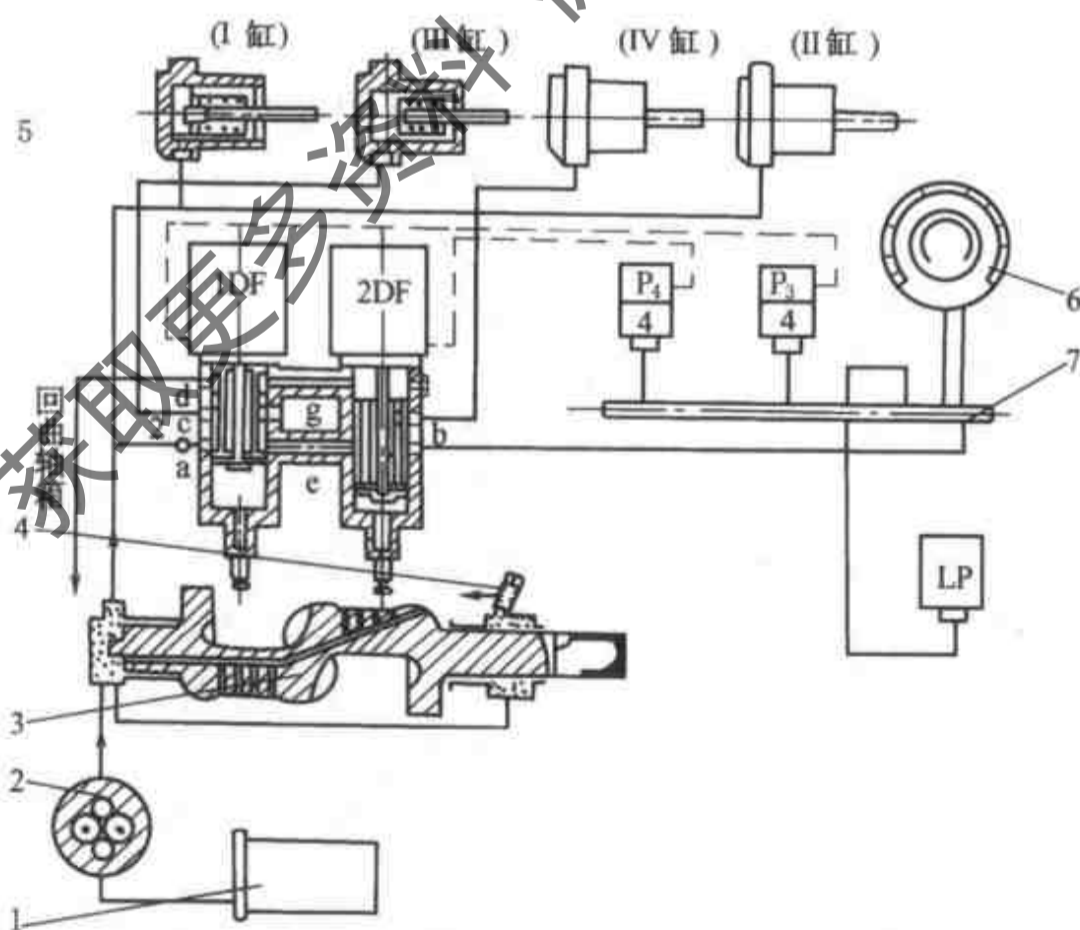


图 4-1 用压力控制器和电磁滑阀控制气缸卸载

1-油泵 2-滤油器 3-曲轴 4-油压调节阀 5-液压缸 6-油压表 7-吸气管

DF-电磁滑阀 P_{3/4}, P_{4/4}, LP-压力控制器

调节方法为：用压力控制器 LP 控制压缩机电机；用压力控制器 $P_{3/4}$ 控制第Ⅲ组气缸卸载机构油路管上的电磁滑阀 1DF；用压力控制器 $P_{4/4}$ 控制第Ⅳ组气缸卸载机构油路管上的电磁滑阀 2DF。当压缩机满负荷工作时，四组气缸全部投入运行，输出能量为 1。蒸发温度降到 0°C 时，压力控制器 $P_{4/4}$ 使电磁滑阀 2DF 失电，滑阀落下，阻断从油泵送往第Ⅳ组卸载液压缸去的配油孔，停止压力油的供应，该液压缸中的油回流到曲轴箱，第Ⅳ组的两个气缸卸载，压缩机输出能量为 $3/4$ 。当蒸发温度降到 -1°C 时，压力控制器 $P_{3/4}$ 断开，使电磁滑阀 1DF 失电，第Ⅲ组气缸卸载，压缩机输出能量为 $1/2$ 。当蒸发温度降到 -3°C 时，压力控制器 LP 断开，切断电源，整台压缩机停止工作。停机后，若吸气压力回升到 0.33MPa (2°C) 时，压缩机重新启动，基本工作缸投入运行。此后，若吸气压力继续升高，第Ⅲ、Ⅳ组气缸依照表 4-1 中给出的数据依次上载。表 4-1 是采用 R12 制冷剂，额定蒸发温度为 5°C 时的压力控制器的设定值。

表 4-1 压力控制器的设定值

压力控制器	$P_{4/4}$	$P_{3/4}$	LP
断开压力/MPa (蒸发温度/ $^{\circ}\text{C}$)	0.31 (0)	0.30 (-1)	0.28 (-3)
接通压力/MPa (蒸发温度/ $^{\circ}\text{C}$)	0.36 (4)	0.34 (3)	0.33 (2)
差动压力/MPa (温度/ $^{\circ}\text{C}$)	0.05 (4)	0.04 (4)	0.05 (5)

2. 用油压比例调节器控制气缸卸载

油压比例调节器的结构如图 4-2 所示，工作原理如图 4-3 所示。调节器包括三部分：信号接收器（由波纹管 19、设定弹簧 20 和调节螺钉 2 组成），喷嘴挡板式液动放大器（由恒节流孔 12、球阀 15 和变节流孔 16 组成），滑阀式液动放大器（由本体 7、配油室 6、限位钢珠 5、能级弹簧 4、外罩 9 和配油滑阀 10 组成）。滑阀液动放大器外罩 9 的法兰上设三个油管接口 A、B、C。A 与压缩机油泵的出口相连；B、C 分别与一组卸载油缸相连。在本体 7 的内部开有油孔和油道，使接口 A、B、C 分别与配油室内壁上的三个孔 A1、B1、C1 相通。

调节器的输入信号是吸气压力与给定值的偏差。给定值（设定弹簧力 + 大气压力）可以用设定弹簧 20 调整。波纹管 19 的外侧作用着吸气压力，内侧作用着给定压力，使其受内外侧的压力差作用产生变形。变形位移量由顶杆 17 传递到杠杆 14，使杠杆转角变化。连接在杠杆上的球阀 15 压向或离开节流孔 16，使孔腔中的压力成比例变化，引起配油滑阀 10 移动，接通或关闭配油孔，使调节缸卸载机构的油压接通或释放。

下面是油压比例调节器调节一台八缸压缩机的能量调节过程。能级安排为 $1/2$ 、 $3/4$ 和 $4/4$ 。用低压控制器控制压缩机开、停机；用油压比例调节器控制两组调节缸的上载或卸载。控制压力设定值见表 4-2 (R12, 按空调工况设定)。

在图 4-2 中，压缩机启动前，油泵不工作，油压等于曲轴箱压力。配油滑阀 10 被滑阀弹簧 11 推到最右侧，所有通往卸载机构的高压配油孔都关闭，调节缸的吸气阀片

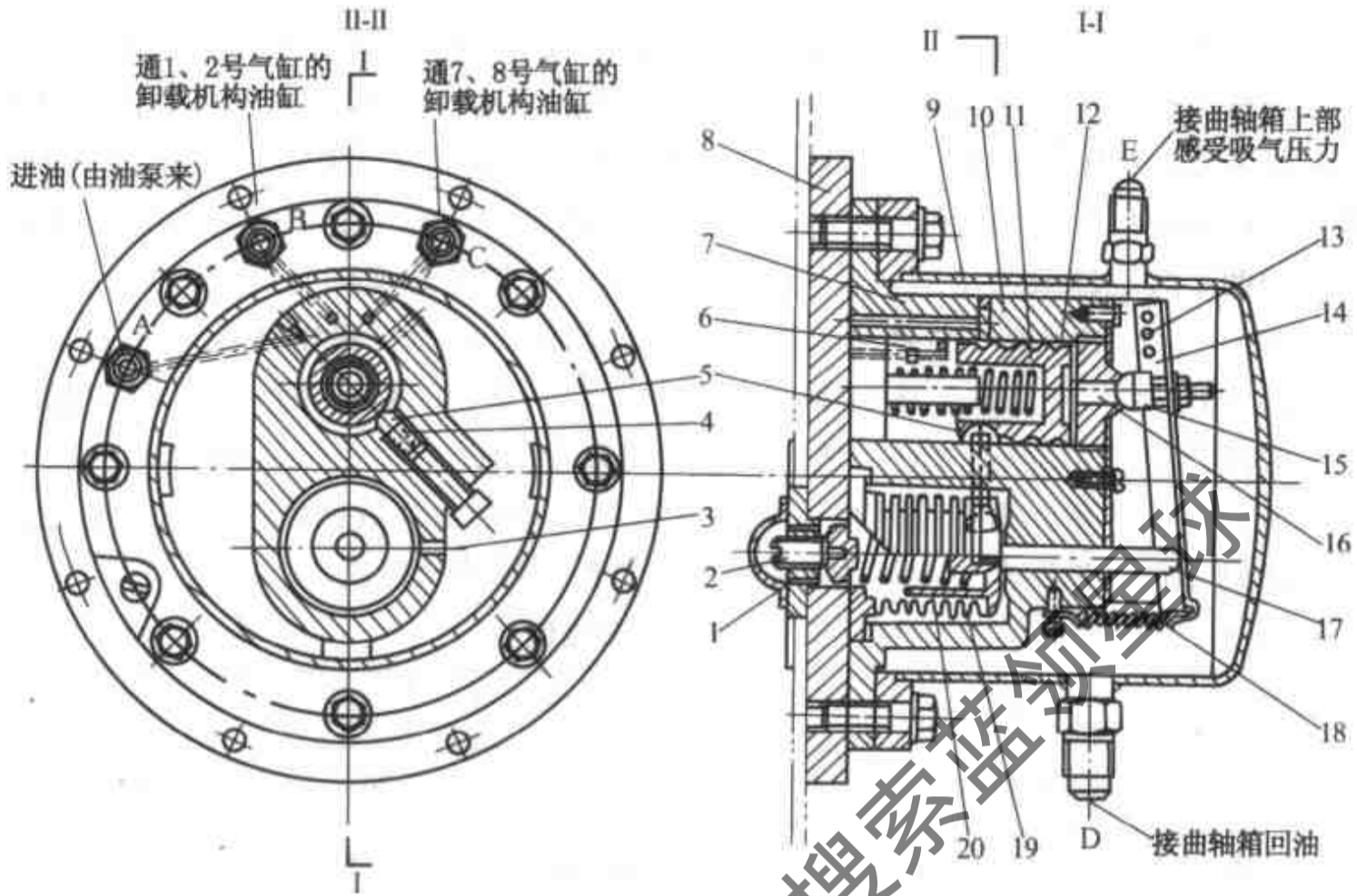


图 4-2 比例式油压调节器

- 1- 通大气孔 2- 调节螺钉 3- 孔道 4- 配油弹簧 5- 限位钢珠 6- 配油室 7- 本体
- 8- 底板 9- 外罩 10- 配油滑阀 11- 滑阀弹簧 12- 恒节流孔 13- 杠杆支点
- 14- 杠杆 15- 球阀 16- 变节流孔 17- 顶杆 18- 拉簧 19- 波纹管 20- 设定弹簧

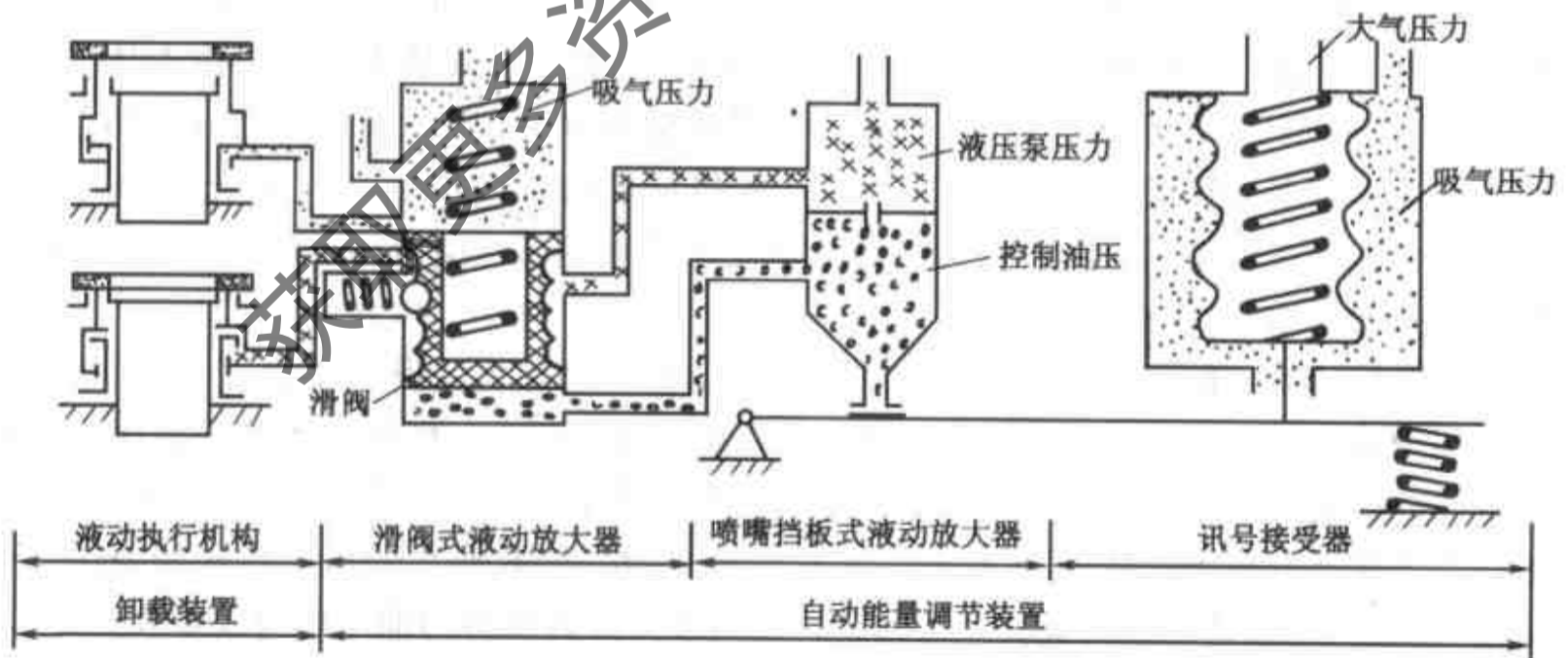


图 4-3 比例式油压调节器工作原理图

全部被顶开。所以启动时压缩机的基本工作缸工作，启动后，油泵同时运行，油压升高到额定值。若基本工作缸制冷量不足，吸气压力将上升，波纹管 19 受压缩，位移量经

顶杆 17、拉簧 18 及杠杆 14 的传递，球阀 15 将变节流孔 16 关小，作用在配油滑阀 10 右侧的油压上升，滑阀受向左的推力。对应于 $p_s = 0.23\text{MPa}$ 时，滑阀向左移动，使钢珠进入第 2 个槽中，并被钢珠限位。于是，孔 B1 与压力油孔 A1 接通，第 III 组调节缸上载，压缩机输出能量为 3/4。若这时制冷量仍不足，吸气压力继续升高，继续上述动作。当压力升到 $p_s = 0.24\text{MPa}$ 时，滑阀左移到钢珠落入第 1 个槽中。于是第 IV 组调节缸上载，压缩机处于满负荷运行。

表 4-2 控制压力设定值

控制 器	吸气压力/MPa		工作气缸数	能量
	工作状态	卸载状态		
油压比例调节器	0.24	0.20	8	100%
	0.23	0.19	6	75%
低压控制器	0.22 (接通)	0.13 (断开)	4	50%

当负荷减小时，吸气压力降低。波纹管 19 伸长，推动球阀 15 离开变节流孔 16，配油滑阀 10 右侧的控制压力下降，于是滑阀受向右的推力。对应于 $p_s = 0.20\text{MPa}$ 时，滑阀被推动，钢珠进入第 2 个槽中，第 IV 组调节缸的配油孔被堵塞，该组调节缸卸载，压缩机输出能量降到 3/4。如果吸气压力继续下降，当下降到 $p_s = 0.19\text{MPa}$ 时，滑阀再次被推动，钢珠进入第 3 个槽中，第 III 组调节缸的配油孔关闭，并卸载。于是压缩机输出能量下降为 1/2。吸气压力如果继续下降，当下降到 $p_s = 0.13\text{MPa}$ 时，低压控制器切断压缩机电源使压缩机停机。

油压比例调节器使同一组调节缸上载与卸载的吸气压力值是不同的，二者之间存在一个幅差，该幅差由能级弹簧 4 调整，一般为 0.04MPa 。

(三) 用压力控制器控制压缩机运行台数

这种控制方式简单易行，但由于是控制整台机器投入运行或退出运行，故能级间的跳跃太大，是一种比较粗的调节方法，一般用于温度控制精度要求不高的场合。现举例如下：

某冷库制冷系统的配置为四台氨压缩机：4AS12.5 (I 号机)、8AS12.5 (II 号机)、8AS12.5 (III 号机)、4AS12.5 (IV 号机)。I 号机为基本能级，它的启停受库房温度的控制：只要有一个库房升到温度上限时，I 号机便投入运行，只有当全部库房都降到温度下限时，I 号机才停机。I 号机运行后，根据吸气压力的变化来决定 II、III、IV 号机是否投入运行。在此用三只压力控制器分

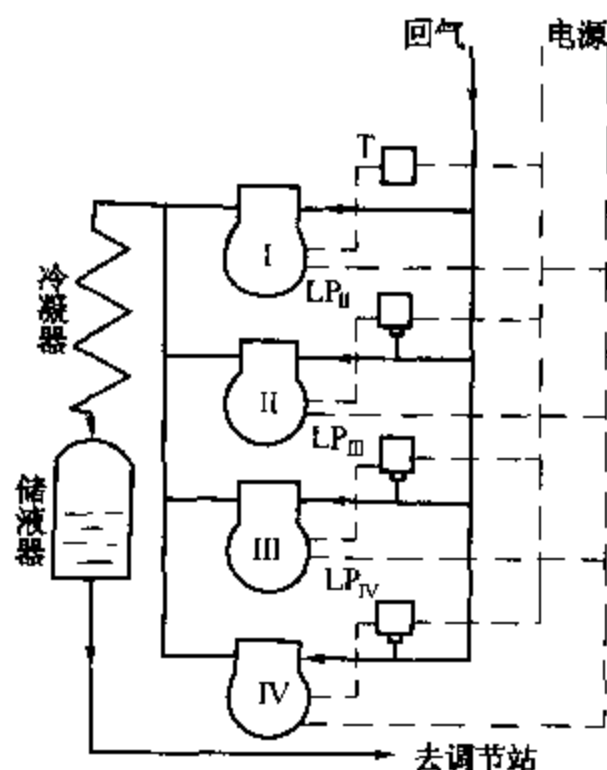


图 4-4 用压力控制器控制压缩机启停的系统

别控制Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号压缩机的启停，如图4-4所示。每台压缩机的启停压力设定值见表4-3。

表4-3 压缩机开停的压力设定值

压缩机	Ⅱ号机	Ⅲ号机	Ⅳ号机
压力控制器	LP _Ⅱ	LP _Ⅲ	LP _Ⅳ
上限接通压力 p_s /MPa (表)	0.20 (-9℃)	0.22 (-7℃)	0.30 (-2℃)
下限断开压力 p_s /MPa (表)	0.09 (-20℃)	0.11 (-18℃)	0.15 (-14℃)
差动值/MPa	0.11 (11℃)	0.11 (11℃)	0.15 (12℃)

为了避免短期负荷波动或运行不稳引起吸气压力波动而造成的误调节，一般开机动作有延时，延时时间在30min以内。

(四) 用程序控制器进行分级能量调节

大型冷库的压缩机群控可采用程序控制器，使能量调节的自动化水平和控制精度提高。对于压缩机群控，可将压缩机台数和压缩机的气缸卸载结合起来，使能级分得较细。能级的划分按制冷工艺提出的调节要求决定，使之与库房的负荷分配相适应。TDF型程序控制器是冷库能量调节专用的能量调节器，关于TDF型程序控制器实现分级能量调节的方法在前面的章节中已作介绍，在此不再赘述。

三、活塞式制冷压缩机的自动启停

(一) 程序开机

活塞式制冷压缩机开机前要检查各管道阀门、贮液器液位、曲轴箱油位及各种泵与风机等是否全部正常，制冷系统各部分全部正常时才能进行开机操作。活塞式制冷压缩机的开机程序如图4-5所示。开机指令可以由温度控制器发出，也可以手动发出。

(二) 自动运行

制冷压缩机在运行过程中，在能量调节装置和安全保护装置的控制下作下列运行：

1. 能量调节装置根据制冷对象热负荷的变化，自动增减制冷压缩机的能量，实现压缩机能量的自动调节。

2. 当制冷系统其他设备出现故障时，可能危及制冷压缩机的安全时，能自动停机并发出声光报警。如出现低压循环贮液桶液位超高，氨泵不上液、冷凝器断水、中冷液位超高等现象时，自动执行停机程序。

3. 在各种安全保护装置作用下，如出现异常现象时，则安全保护装置动作，执行停机程序。

(三) 程序停机

停机指令可以由温度控制器发出，也可以手动发出，还可以是来自各种安全保护装置或系统联锁装置的事故停机指令。活塞式制冷压缩机的自动停机程序见图4-6所示。

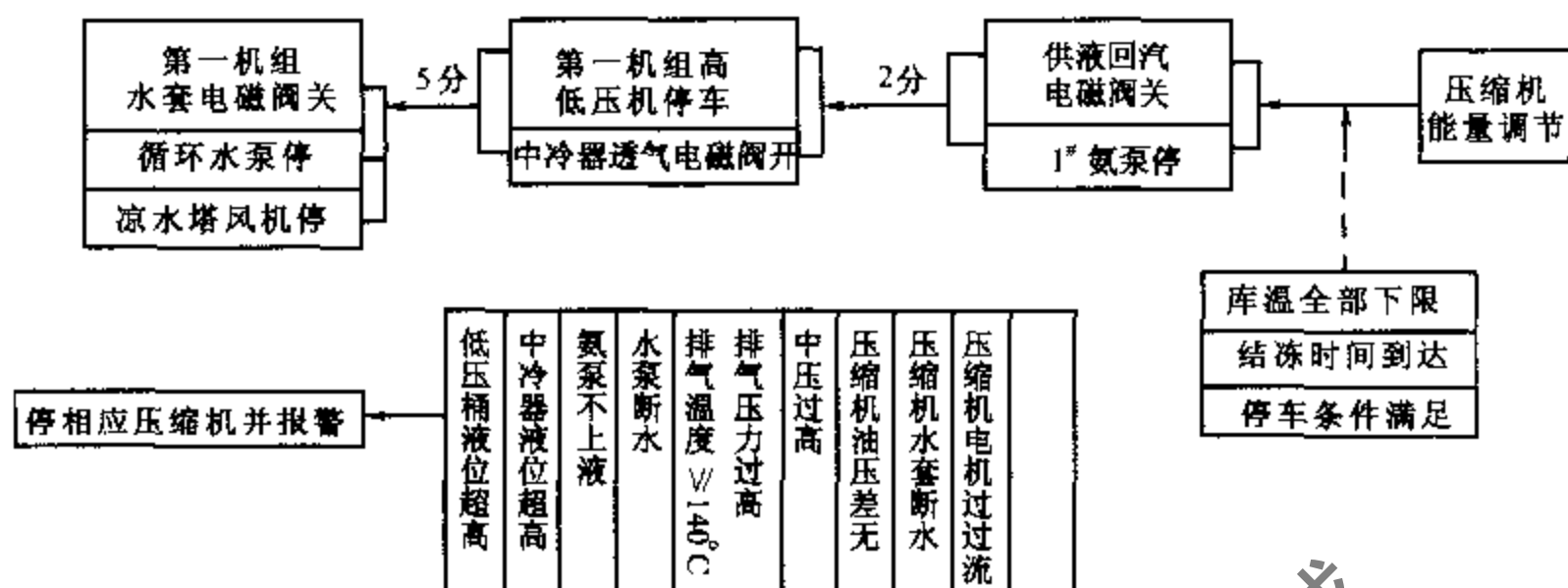


图 4-6 活塞式制冷压缩机的程序停机框图

第二节 螺杆式制冷压缩机的自动控制

一、螺杆式制冷压缩机的安全保护

(一) 压力保护

螺杆式制冷压缩机的压力保护主要有高压保护、低压保护、润滑油供给的油压差保护、润滑油过滤器的油压差保护等。各种压力保护自动控制的基本方法与活塞式制冷压缩机的压力保护自动控制相类似。所不同的是润滑油供给的压差控制器的保护，活塞式制冷压缩机是指油泵排出压力与吸气压力之差，而螺杆式制冷压缩机是指油泵排出压力比排气压力高 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$ ，以保证向螺杆式制冷压缩机腔内喷油。润滑油过滤器油压差控制器压差调定值为 0.1 MPa ，超过此值时说明过滤器需清洗更换了。

(二) 温度保护

螺杆式制冷压缩机的温度保护主要有排气温度保护、油温保护、水温保护等。各种温度保护自动控制的方法也与活塞式制冷压缩机温度保护的方法相类似。所不同的是螺杆式制冷压缩机对油温的要求比较严格，这主要是考虑润滑油的粘度，油的粘度偏高会增加搅动功率损失，油的粘度偏低时又会使密封效果变差，所以对油温的控制，一般要求喷油的温度为 40°C ，当油温超过 65°C 时，控制油温的温度控制器动作，停止制冷压缩机的工作。使用氨工质的制冷压缩机，推荐油温值为 $25 \sim 55^\circ\text{C}$ ，使用氟利昂工质的制冷压缩机，推荐油温值为 $25 \sim 45^\circ\text{C}$ 。由于氟利昂有与润滑油互溶的特性，控制温度应较以氨为工质的低些。

二、螺杆式制冷压缩机的能量调节

螺杆式制冷压缩机的能量调节是通过卸载滑阀来实现的，压缩机能量可以在 $10\% \sim 100\%$ 之间实现无级调节，调节精度比活塞式制冷压缩机的位式调节要高。

在螺杆式压缩机机体上安装有卸载机构，其主要部件是卸载滑阀。卸载滑阀位于排

气侧机体两内圆的交线处，并且能够在平行于气缸轴线的方向上来回滑动。整个能量调节装置的组成见图 4-7。它包括卸载机构、外部油管路和油路控制阀三部分。卸载机构中有滑阀、油缸、油活塞和能量指示器。油路控制阀为手动四通换向阀或者是电磁换向阀组，分别用于手动调节或自动调节。

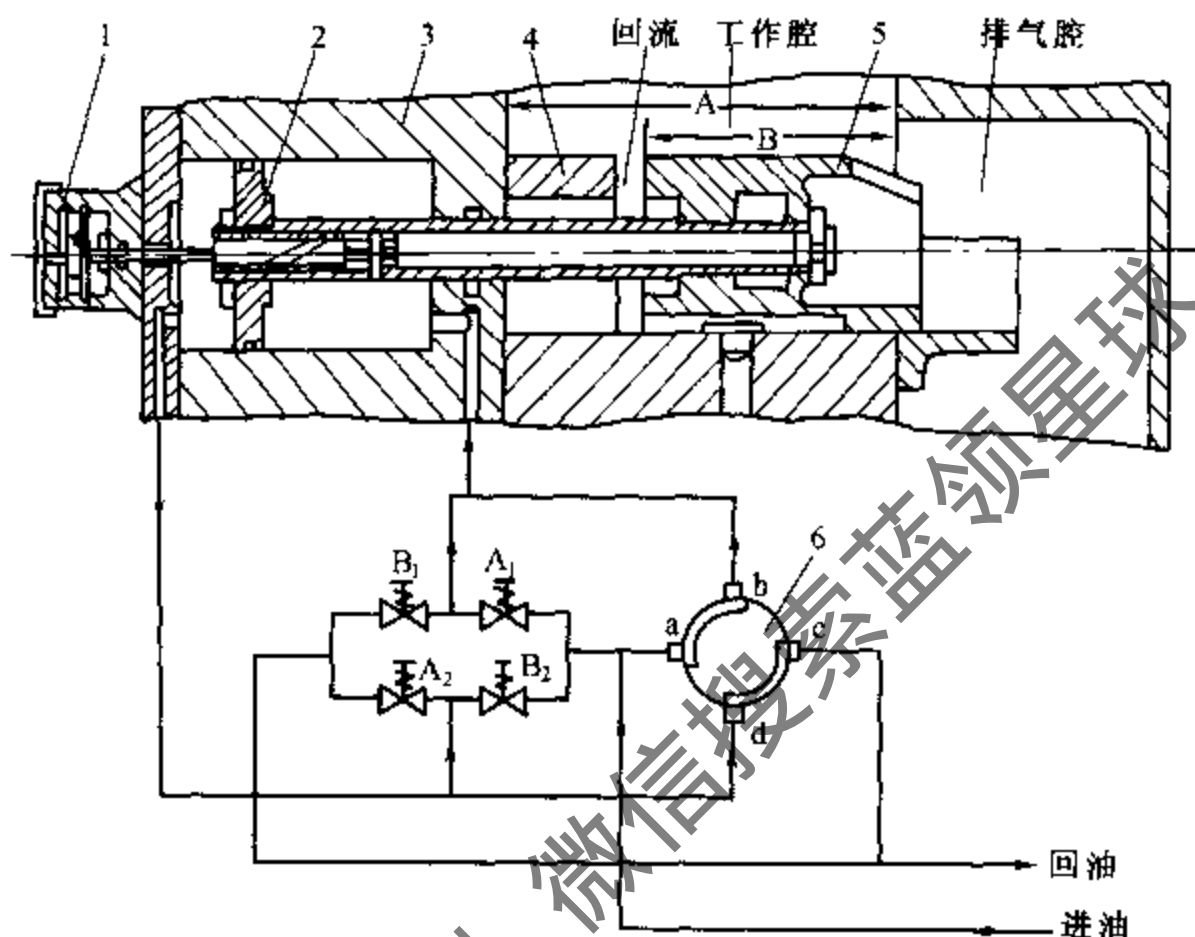


图 4-7 能量调节装置

1-能量指示器 2-油活塞 3-油缸 4-固定块 5-滑阀 6-手动四通换向阀

A₁、B₁、A₂、B₂-电磁阀

下面将介绍自动调节的过程。滑阀的移动是靠油活塞带动的。当电磁阀 A₁、A₂ 接通，B₁、B₂ 关闭时，油缸的右侧管路进油，左侧管路回油，推动油活塞左移，油活塞带动滑阀左移，回流孔关小，执行增能调节。当滑阀与吸气侧的固定端贴合时，输出能量为 100%。相反，当电磁阀 A₁、A₂ 关闭，B₁、B₂ 开启时，油缸的右侧管路回油，左侧管路进油，油活塞右移，带动滑阀右移，回流孔开大，执行减能调节。最小能量输出为 10%。当四只电磁阀都关闭时，油活塞两侧油路封闭，滑阀停留在某一固定位置，压缩机维持在一定的输出能量值上。在图 4-7 中，手动四通换向阀实现手动调节，调节原理与自动过程相同。图 4-8 为螺杆式制冷压缩机能量调节原理示意图。

图 4-7 中的四只电磁阀组也可用一只三位四通电磁阀代替，实现同样的控制作用。如图 4-9 所示是以吸气压力为调节参数，通过螺杆式压缩机的卸载滑阀机构实现能量调节。在本例中，油路控制使用了三位四通电磁阀。能量调节装置由吸气压力发信器、调节器、三位四通电磁阀及螺杆式压缩机上的卸载机构组成。

三位四通电磁阀的中部有滑阀 1，两端各有一个电磁线圈，分别是加载线圈 2 和卸载线圈 12。阀上有 5 个管接口，分别是 P、A、B、C₁、C₂。中间的接口 P 为油压入口，

它与油泵出口相连。A 接到卸载机构的油缸左端油孔；B 接到卸载机构的油缸右端油孔；C1 和 C2 共接到回油管上。卸载线圈 12 通电时，滑阀 1 被吸到右侧，使 P 与 B 相通、A 与 C1 相通。油缸中油压从右端进入，油活塞左移，压缩机卸载滑阀向离开固定端的方向移动，压缩机卸载。反之，加载线圈 2 通电时，滑阀 1 被吸到左侧，使 P 与 A 相通、B 与 C2 相通。油压从油缸左端进入，油活塞右移，使卸载滑阀向靠近固定端的方向移动，压缩机加载。当加载线圈 2 和卸载线圈 12 均不通电时，油缸两端油路封闭，油活塞不动，压缩机能量不变。

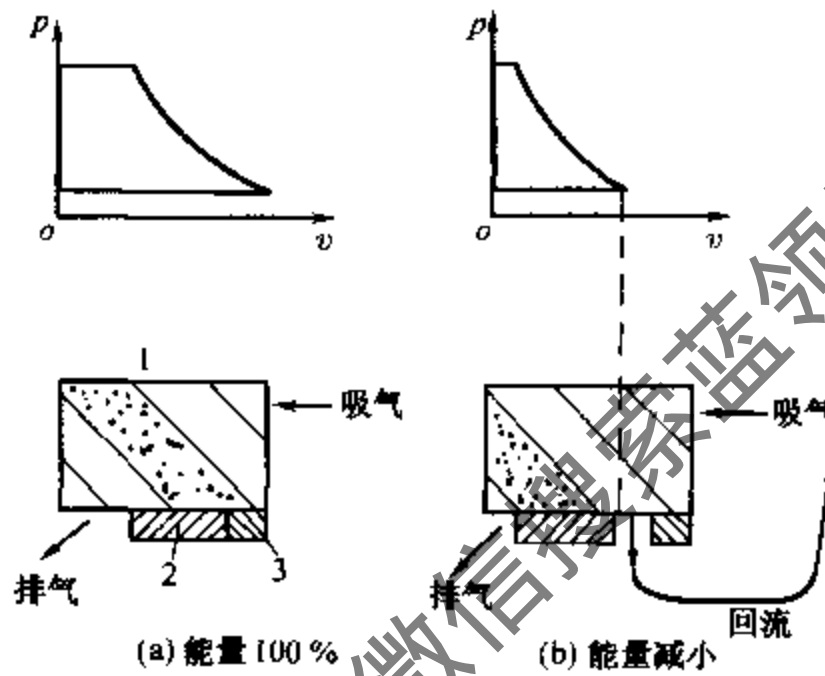


图 4-8 螺杆式压缩机能量调节原理图
1-转子 2-滑阀 3-固定端

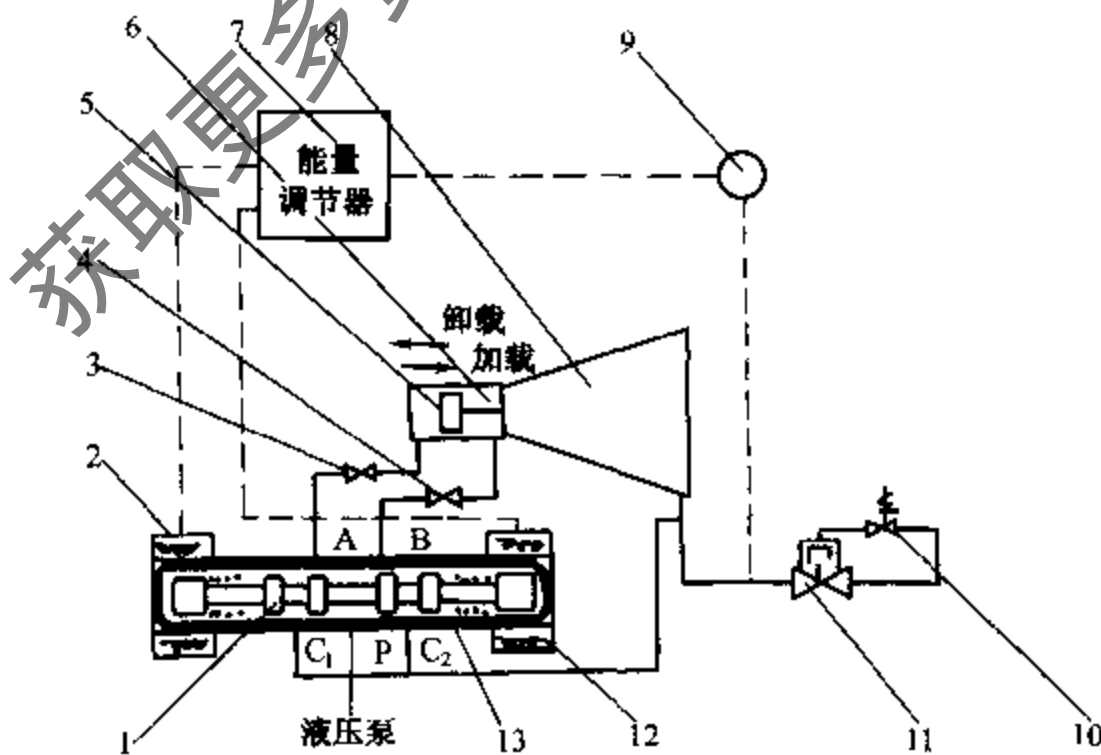


图 4-9 螺杆式冷藏装置的制冷及控制系统
1-滑阀 2-加载线圈 3-截止阀 4-截止阀 5-液压缸活塞 6-液压缸 7-能量调节器
8-螺杆式压缩机 9-压力发信器 10-压力导阀 11-主阀 12-卸载线圈 13-三位四通阀

压力发信器将吸气压力信号输入到能量调节器，能量调节器输出调节指令，需要增大制冷量时，使加载线圈通电；需要减小制冷量时，使卸载线圈通电，从而调节压缩机制冷量与负荷变化相适应。

压缩机在启动时，为了减小冲击电流，应在卸载至最小能量下启动，启动完成后，再逐渐加载到所需要的能量。

三、螺杆式制冷压缩机的自动启停

(一) 程序开机

螺杆式制冷压缩机自动控制在设计电路时，要保证机器停车时，能量调节装置处在最小能量上，以满足制冷压缩机轻载启动的要求。螺杆式制冷压缩机的开机程序见图 4-10 所示。其中压缩机的能量调节由凸轮调节仪来控制。

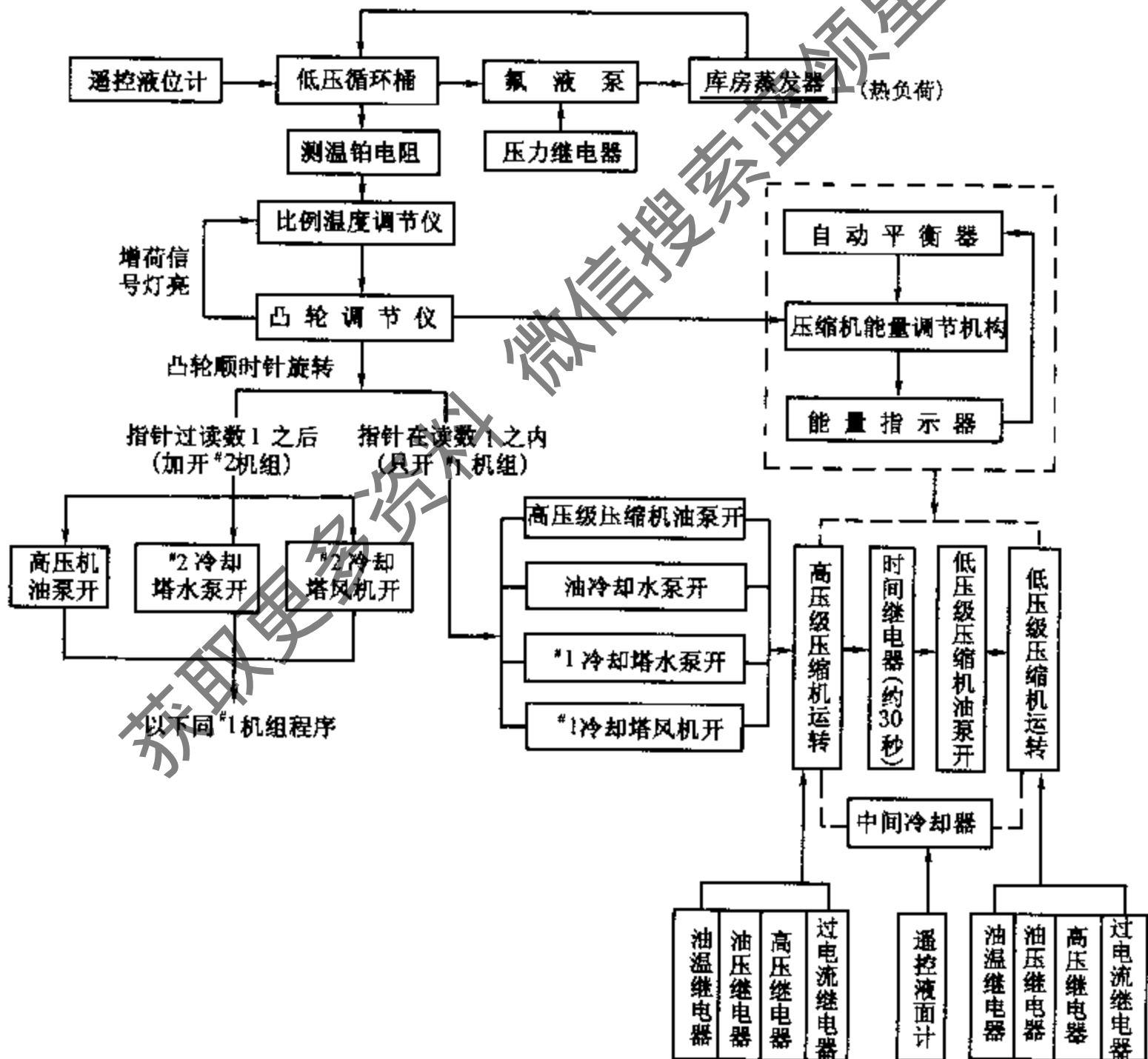


图 4-10 螺杆式制冷压缩机开车自控流程方框图

(二) 自动运行

螺杆式制冷压缩机运行中，当出现异常现象时，各种安全保护装置应及时动作，指

令制冷压缩机停机，并指示出停机的原因。在制冷运行中，能自动进行能量调节，保证制冷压缩机的制冷量与热负荷相适应。

(三) 程序停机

螺杆式制冷压缩机的停机指令通常由温度控制器（或压力控制器）、手动指令及安全保护装置发出，停机程序见图 4-11 所示。

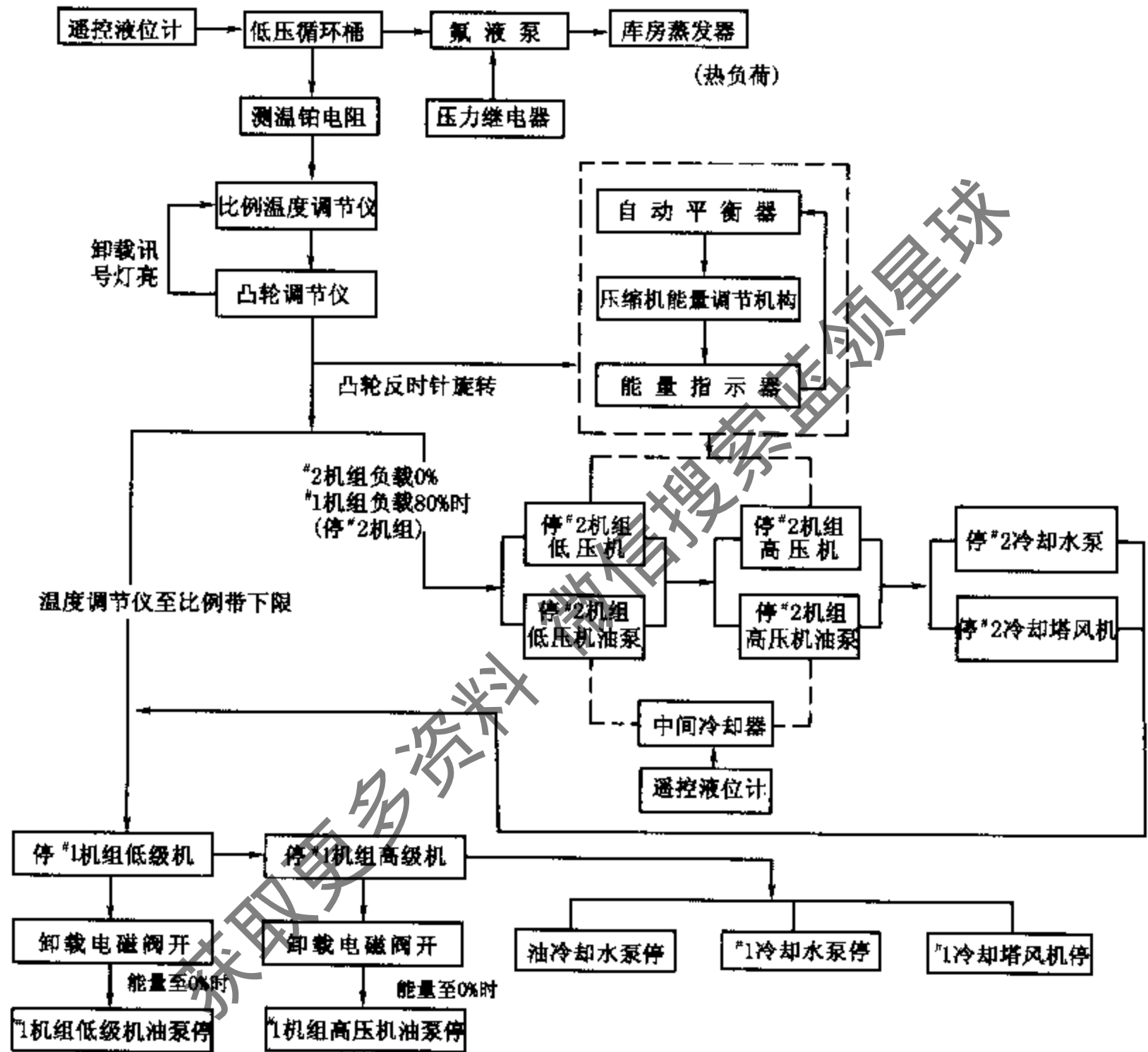


图 4-11 螺杆式制冷压缩机停机自控流程方框图

第三节 离心式制冷压缩机的自动控制

离心式制冷压缩机具有制冷量大，能经济地进行无级能量调节，调节范围广，没有磨损部件，能长期连续运行，自动化程度高，操作管理方便等优点，是当今大中型空调工程中普遍采用的制冷机。

一、离心式制冷压缩机的安全保护

离心式制冷压缩机常以冷水机组的形式出现，常用的安全保护措施有以下几种。

(一) 压力保护

1. 润滑油油压差过低保护

离心式制冷压缩机虽然进行的是无油压缩，但由于转速较高，在轴承等处还需要有足够的润滑条件，因此，也必须保证一定的油压。通常压差控制器控制供油管路油过滤器后，进主机时的油压和蒸发压力之间的差值。一般设定值 0.08MPa，当压差低于设定值时，压差控制器动作，实行油压差过低保护。

2. 冷凝压力过高保护

当冷凝压力过高时，会使制冷压缩机排气压力和排气温度升高，制冷压缩机的压缩比增加，消耗功率增大，单位制冷量能耗增加，机组的运行条件变坏。常用压力控制器对冷凝压力进行保护，当冷凝压力超过设定值时，指令制冷压缩机停机。

3. 冷媒回收装置小压缩机出口压力过高保护

冷媒回收装置主要用来排除冷凝器中的不凝性气体。因为不凝性气体增多，会使换热器的性能变坏，制冷压缩机的工况恶化。但冷媒回收装置小压缩机出口压力过高，将会损坏小压缩机，通常用压力控制器作出口压力保护，当出口压力过高时，停止小压缩机运行。

(二) 温度保护

1. 轴承温度过高保护

为防止轴承温度升高而烧坏轴承，常用 XCT 型电阻式温度控制器控制轴承温度，当轴承温度超出温度设定值时，温度控制器动作，使制冷压缩机停机。对于滑动轴承，温度超过 80℃ 时停机；对于滚动轴承，温度超过 90℃ 时停机。

2. 蒸发温度过低保护

当蒸发温度太低时，会造成制冷机组中蒸发器发生结冰而损坏，此项保护可采用 WTZK 型温度控制器对蒸发温度进行控制，或对蒸发器冷媒水进出水温度进行控制。

(三) 其他保护

1. 电动机保护

当控制电源失压或电动机绕组温升超过允许值时，自动切断电源，停止电动机工作。当机组主电动机电源达到满负荷时，发出声光报警信号，同时切断导流器线路，不允许再增大电动机的负荷，若电流再继续增大，达到 1.1 ~ 1.2 倍额定电流时，经过一段时间延迟，自动停机。

2. 防喘振保护

离心式制冷压缩机随着叶轮内气流流量减少，运行工况点向高压压缩比方向移动，制冷压缩机的运行工况逐步进入喘振。一旦发生喘振，制冷压缩机内的工质气体就在压缩机的出口产生气流的反复倒灌、吐出、来回撞击，使得主电动机交替出现轻载和重载，压缩机转子在机内轴向来回窜动，并伴有金属摩擦和撞击。如不及时处理，将会损坏制冷压缩机的密封，甚至打碎叶轮，烧坏轴瓦。常采取的保护方法是在离心式制冷机组蒸

蒸发器进出水管间装有电磁阀控制的旁通管，当制冷负荷减小时，制冷循环量减到某一极小值以下时，旁通电磁阀动作，防止喘振发生。冷凝压力升高也会造成高压压缩比引起喘振。对这类喘振的发生，控制冷凝压力就可以起到防止作用了。

二、离心式制冷压缩机的能量调节

(一) 离心式制冷压缩机的转速调节

用调节制冷压缩机电动机转速的方法来调节制冷机组的制冷量，是经济性最高的一种调节方法，它可以使制冷量在 50% ~ 100% 范围内进行无级调节。当转速变化时，制冷压缩机的进口流量（制冷量 Q_0 ）与转速成正比。而且随制冷压缩机工作转速的下降，其对应转速下的制冷压缩机喘振点向小流量方向移动，因此，在较小制冷量时，制冷压缩机仍有较好的工作工况。

变转速调节的原动机可采用蒸汽或燃气轮机、变速主电动机等。从离心式制冷压缩机的强度及临界转速考虑，一般只实行降速调节。调节的方法是用热电阻检测蒸发器出水温度，经温度调节器分析比较，输出指令，改变原动机的转速，从而调节制冷机的制冷量。

(二) 离心式制冷压缩机的进口导叶调节

这种调节方法是在压缩机叶轮进口前装有可旋转的导流叶片，通过改变导流叶片的角度，改变进口气流方向，使机器产生的压头和流量发生变化，从而达到调节制冷量的目的。这种调节方法结构简单，在固定转速的空调离心式制冷压缩机中普遍使用。它的经济性比改变转速调节要差，但比进口节流调节要经济得多。而且调节效果明显，在单机时的效果更好。

进口导叶调节是用热电阻检测蒸发器出水温度，测得的温度信号送入温度指示调节仪，调节仪将此信号与设定值进行比较，得出偏差并转换成电信号输出，再由时间继电器或脉冲开关将这电信号变换成脉冲开关信号，通过交流接触器，指挥拖动导流器的电动执行机构的电动机转动，使导流器能根据蒸发器出水温度的变化自动开大或关小，恒定蒸发器出水温度在设定值。进口导叶开启的自动调节方框图见图 4-12。通常要求温

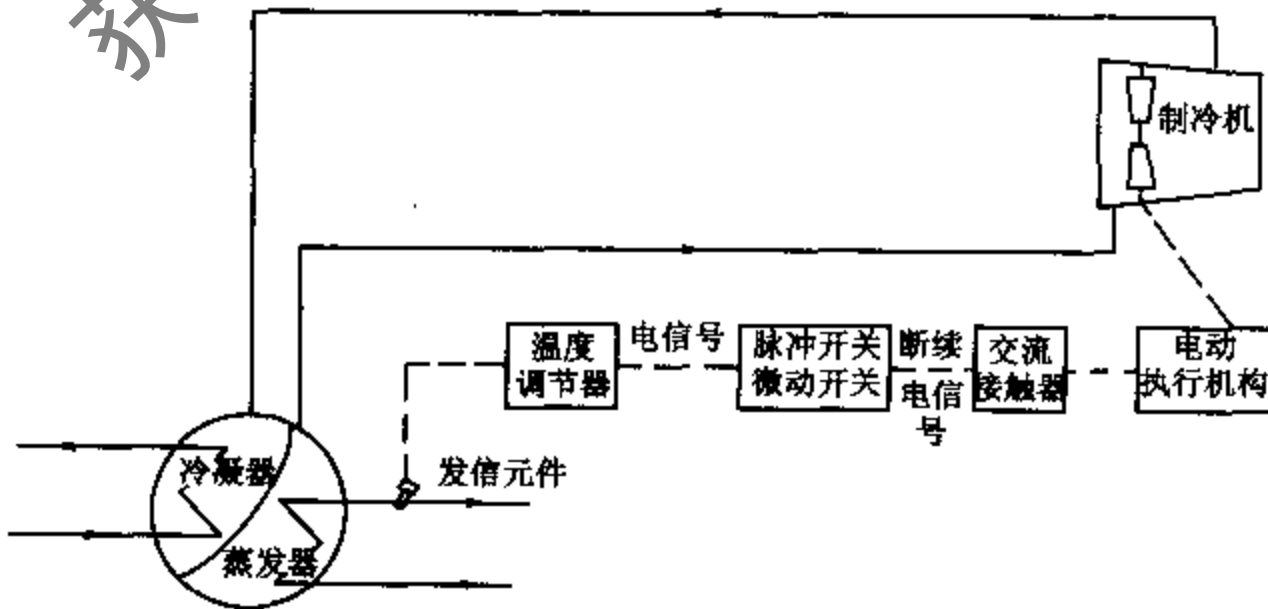


图 4-12 进口导叶开启的自动调节控制流程

度调节仪的控制分为几个阶段，把导叶开度调节范围分为 $0 \sim 30\%$ 、 $30\% \sim 40\%$ 、 $40\% \sim 100\%$ 。刚开启制冷压缩机时，待电动机运行稳定后，导叶需自动连续开大至开度的 30% ，随后，再由热电阻检测信号并实现自动控制。当热负荷较大时，导叶开到 40% 时，还不能与负荷相匹配，则要求采取自动继续开大（受脉冲间歇信号控制）。这种调节方法是根据离心式压缩机的具体特点而设计的。因为离心式压缩机在流量减小到一定程度时，就会发生喘振现象，刚开车时，导叶连续开大到 30% 左右，就是为了要跳过易喘振区。在刚开机时，温度设定值与蒸发器冷媒水实际温度有较大的温度差，且冷媒水温度的下降是逐步的，温度下降速度要比进口导叶的开启速度迟缓得多。若进口导叶打开速度太快，会造成制冷压缩机在大流量、小压缩比区运行，容易产生与喘振相似的堵塞现象。因此，在进口导叶达到一定开度（ 40% ）后，需采用脉冲信号做间歇调节。

（三）离心式制冷压缩机的进气节流调节

离心式制冷压缩机的进气节流调节是在进气管上安装调节阀（蝶形阀），利用阀的节流作用来改变流量和进口压力，使机器特性改变。这种调节方法在固定转速下的大型氨离心式制冷压缩机上用得较多，而且常用于使用过程中制冷量变化不大的场合。其缺点是经济性差，制冷量的调节范围只能在 $60\% \sim 100\%$ 之间。

三、离心式制冷压缩机的自动启停

（一）程序开机

离心式冷水机组的程序开机如图 4-13 所示。

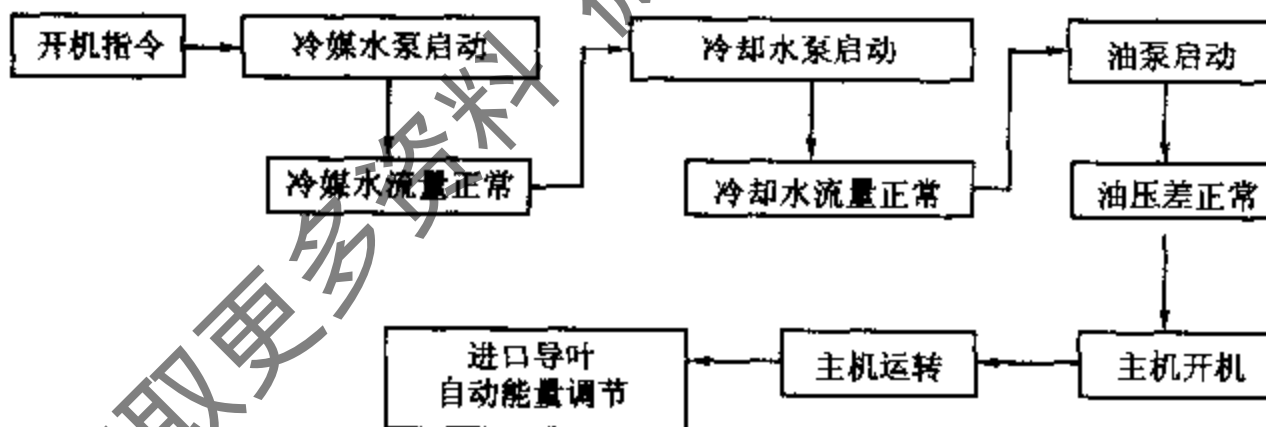


图 4-13 离心式冷水机组的程序开机框图

（二）自动运行

当冷水机组正常运行后，在自动控制系统和安全保护作用下，自动运行状态下具有下列功能：

1. 故障自动停机。
2. 机组负荷过小自动停机。
3. 机组负荷回升或断电不超过两秒又恢复供电时主电动机自动启动。
4. 制冷量随系统热负荷自动调节。
5. 机组油槽油溢自动调节。
6. 抽气回收装置的小活塞式压缩机能自动启停。

(三) 程序停机

空调用离心式制冷机组的停机程序如图 4-14 所示。

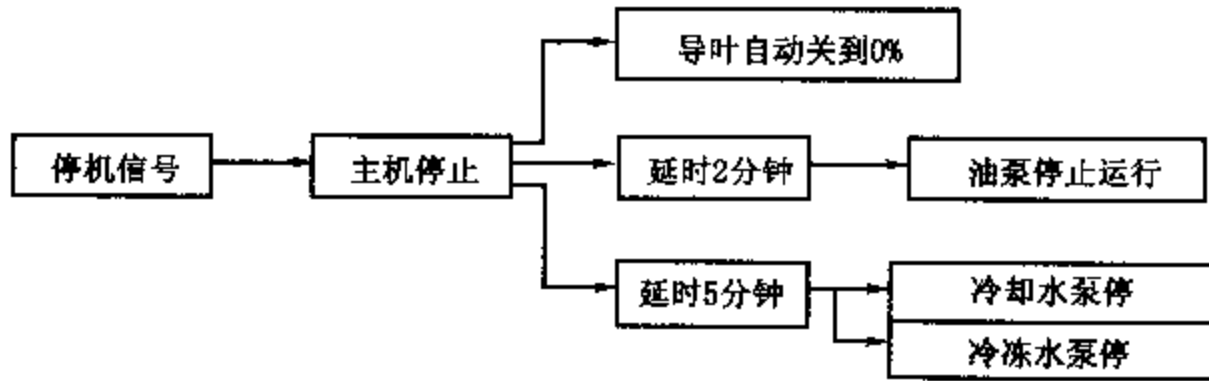


图 4-14 离心式制冷机组的程序停机框图

第四节 溴化锂吸收式制冷机的自动控制

由于环保意识的增强促使吸收式制冷机的生产和使用有明显增长，目前，广泛使用的是溴化锂吸收式制冷机。溴化锂吸收式制冷机有很多品种，如蒸汽型、热水型、直燃型、单效及双效等。溴化锂吸收式制冷机的系统流程中包括五个回路：热源回路、溶液回路、冷剂水回路、冷却水回路和冷媒水回路。其中溶液回路有串联和并联两种。本节将以采用并联流程的蒸汽型双效溴化锂吸收式制冷机为例介绍溴化锂吸收式制冷机的自动控制系统。如图 4-15 所示，为并联流程的双效溴化锂吸收式制冷机的系统流程及控制点。

一、溴化锂吸收式制冷机的安全保护

溴化锂吸收式制冷机的安全保护按程度可分为：重故障保护和轻故障保护。重故障保护是要在工作人员排除故障后，人工再启动才可以使机组恢复运行的保护。轻故障保护是保护装置动作后只要参数从异常恢复到正常，机组便可以自动重新启动运行的保护。属于重故障保护的有：冷媒水流量过小（或断水）、高压发生器溶液温度超高、高压发生器压力超高、屏蔽泵电动机过电流、冷却水低温等。属于轻故障保护的有：冷媒水低温、冷剂水低温和溶晶管高温等。

(一) 冷媒水流量过小及断水保护

冷媒水流量过小及断水时，蒸发器管子将会冻裂。这属于重事故。因此，溴化锂吸收式制冷机中冷媒水流量减小幅度只允许在额定流量的80%以内。冷媒水流量的控制可用冷媒水泵压差发信来实现自动控制。因为流量增大时，泵压差大；流量减小时，泵压差小。所以可将压差控制器的设定值设在冷媒水额定流量的80%所对应的泵压差值，当小于此数值时，压差控制器动作，发出报警和停机信号。冷媒水系统故障排除后，流量恢复到95%以上，才可以重新启动制冷机。

需要注意的是：如果冷媒水系统中有杂物，使管道部分受阻，导致水阻力增加。这

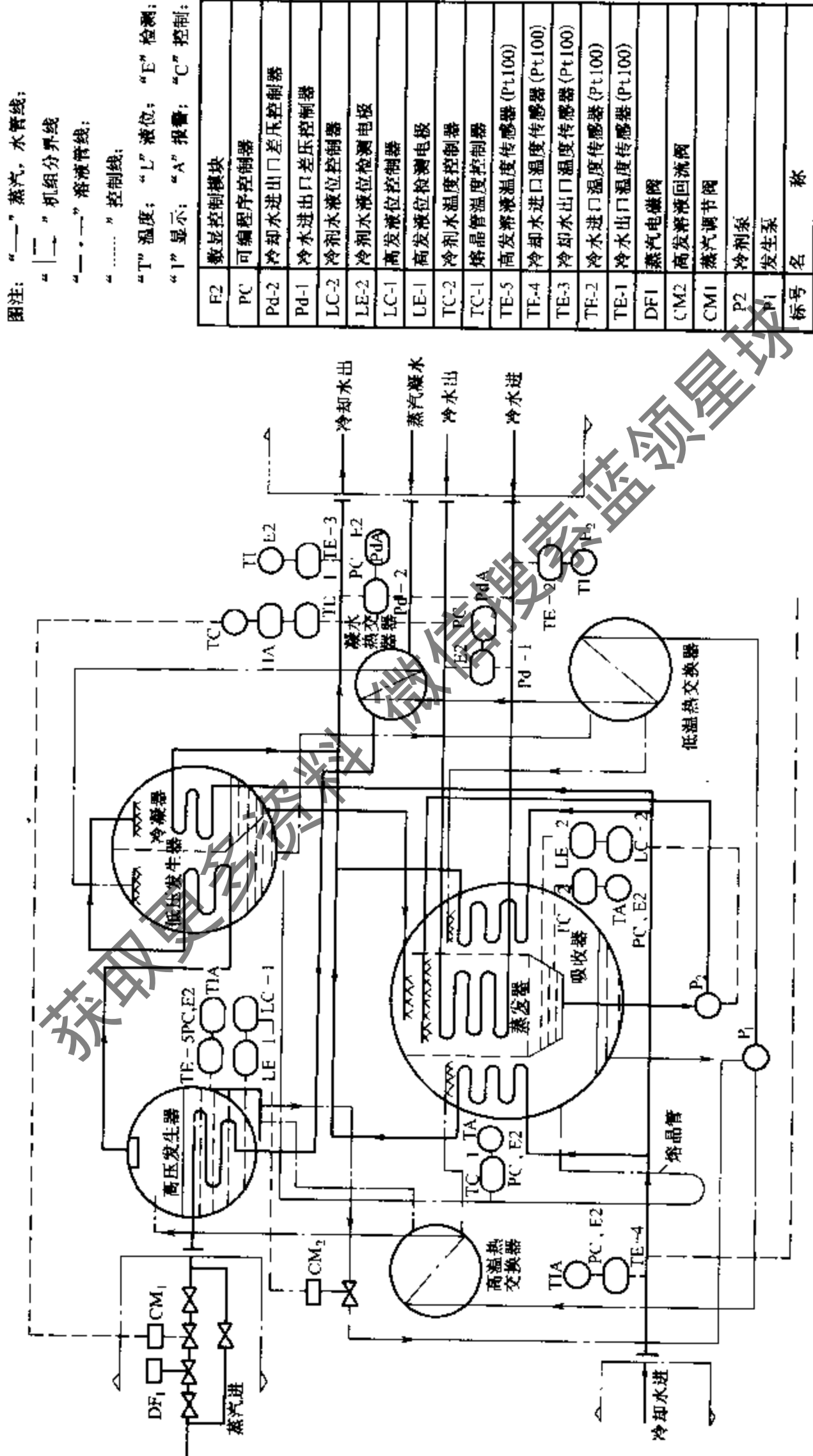


图 4-15 双效溴化锂吸收式制冷机的系统流程及控制点

种情况下，流量减小，却反映不出压差降低，甚至压差还可能提高，造成保护功能丧失。为此，需要经常核对运行中压差-流量特性有无畸变。

(二) 高压发生器溶液超温保护

如图 4-16 所示，用铂热电阻检测高发的溶液温度，当溶液温度超过 165℃ 时，作故障处理，关闭蒸汽阀，稀释运行后停机。然后需对系统进行检查，排除引起溶液超温的故障，待溶液温度降到 164℃ 以下时，才能重新启动。

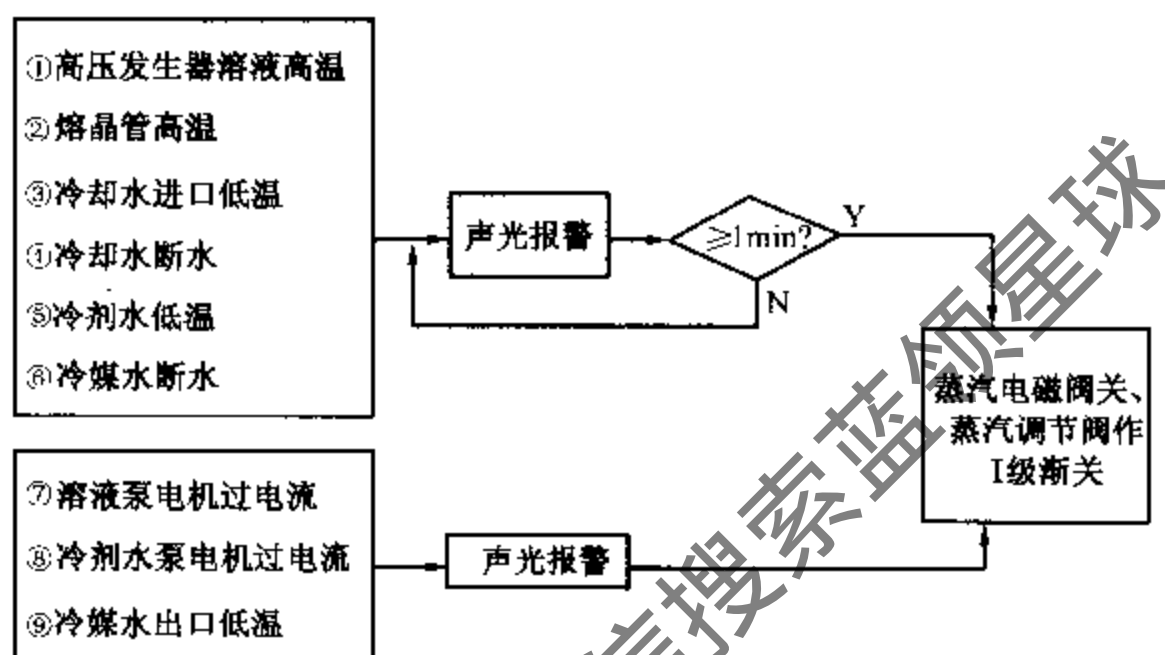


图 4-16 故障处理

(三) 高压发生器超压保护

使高压发生器压力超高的可能原因有：蒸汽阀失控造成开启过度；系统内存在不凝性气体；冷却水温度过高。保护的方法是：检测高发气囊中的压力，压力超过 0.01MPa 时，压力控制器动作，关闭蒸汽调节阀，稀释运行后停机。待故障排除后压力降到 -0.02MPa 时，才能重新启动制冷机。

(四) 溶晶管高温保护

用温度控制器检测溶晶管温度，当溶晶管温度高时，表明出现了溶液结晶的故障，应予以处理。这时，温控器动作，开始报警，并使机组进入稀释运行。

(五) 屏蔽泵电动机过电流保护

系统中使用的溶液泵和冷剂水泵均为屏蔽泵。屏蔽泵是整个系统得以循环的心脏，屏蔽泵故障时，机组将无法运行。其可能的故障有：泵叶轮卡死；润滑液压力过低或润滑管路堵塞造成轴承磨损过度；冷却液温度过高；电源负荷不平衡；电动机缺相运行等。上述情况均会使电动机损坏。设屏蔽泵电动机过电流保护。当电动机过电流时，切断电源，发出报警信号，并关闭蒸汽阀，停止机组运行。

(六) 冷却水断水保护

用压差控制器根据冷却水泵进出口之间的压差执行开、关动作。当冷却水断水或水流量过小时，接通报警，并使机组转入稀释运行后停机。这与冷媒水断水保护相同。

(七) 冷剂水低温保护

负荷过低时，冷剂水温度也会下降。为了防止蒸发器管冻裂，要对冷剂水低温设保护。用温控器检测蒸发器液囊温度，根据所测温度值来执行开关动作。

(八) 冷媒水低温保护

在冷媒水出口设铂热电阻传感器以检测冷媒水出口温度，使冷媒水出口温度不低于4℃，这样就避免出现机组已经降负荷运行而冷媒水温度继续下降的情况。

整个系统的故障处理如图4-16所示。

二、溴化锂吸收式制冷机的能量调节

溴化锂吸收式制冷机的制冷量与负荷的匹配情况，表现为冷媒水的出水温度的变化，所以溴化锂吸收式制冷机的能量调节通常以冷媒水出水温度为调节参数。

溴化锂吸收式制冷机的能量调节主要是改变加热蒸汽量的方法进行能量调节。由于加热蒸汽量的变化影响到高压发生器溶液的液位和蒸发器冷剂水的液位，所以涉及到这两个液位的控制。

(一) 能量调节

加热蒸汽量的调节就是根据冷媒水出口温度的变化，控制加热蒸汽调节阀的动作，改变加热蒸汽的流量。能量调节原理示意图如图4-17所示。

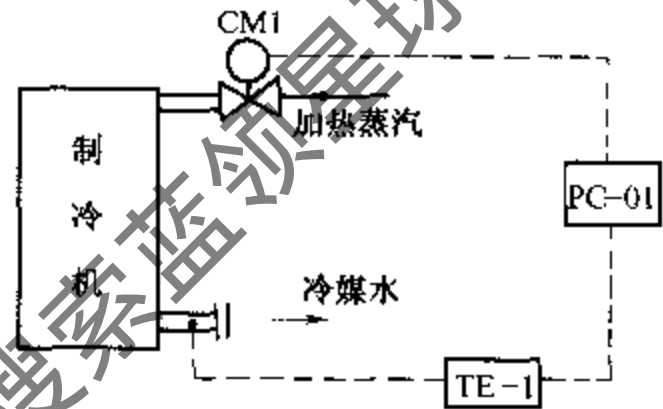


图 4-17 能量调节原理

在加热蒸汽流量的调节中，执行器多采用双阀座的电动调节阀，执行电动机为CM1。调节器采用可编程控制器PC，根据冷媒水温度反馈信号，比较后向执行电动机发出驱动指令，使蒸汽调节阀开度变化。自动控制程序框图如图4-18所示。

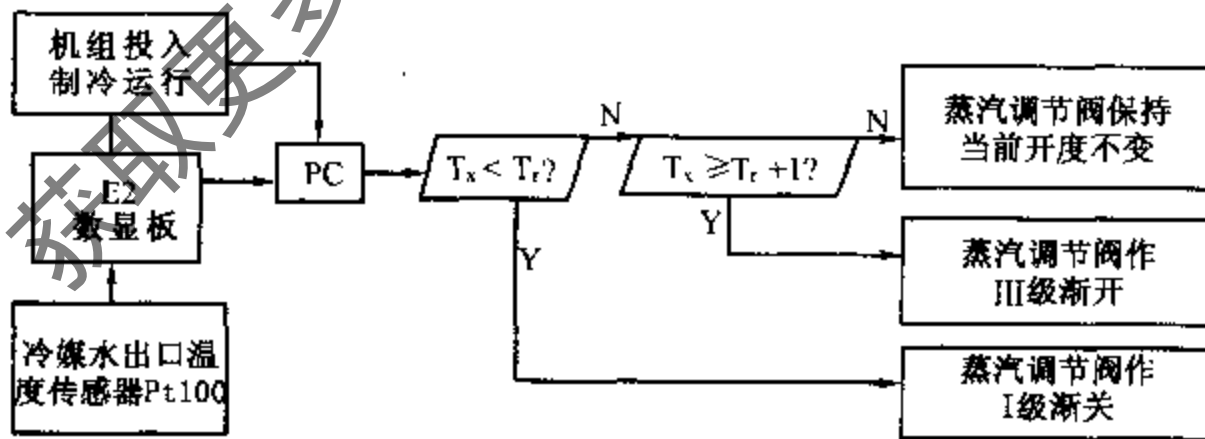


图 4-18 能量调节的自动控制程序

T_x - 冷媒水出口温度 T_r - 冷媒水出口温度的设定值

加热蒸汽进口管道上除了安有蒸汽调节阀以外，还安有蒸汽电磁阀，它通常安在蒸汽调节阀之前。蒸汽电磁阀的作用是根据需要切断或接通加热蒸汽的供应。

(二) 高压发生器溶液的液位控制

制冷机负荷变化时，会引起高压发生器溶液的液位发生改变。例如，负荷增大，冷

媒水出口温度升高，引起能量调节，增大蒸汽调节阀的开度，热源加热量增大，使高压发生器的冷剂发生量增加，这时如果溶液的流量不变的话，将使高压发生器中溶液的温度升高，液位降低；反之，若负荷变小，则高压发生器液位升高。高压发生器液位波动太高或太低都会造成机组运行不稳，故需对之加以控制。

在高压发生器的溶液回流管上安装溶液调节阀，根据高压发生器的液位控制溶液调节阀开度，改变溶液回流量，从而使高压发生器液位保持在正常范围。其控制系统的组成及用 PC 实现控制的方法如图 4-19 所示。

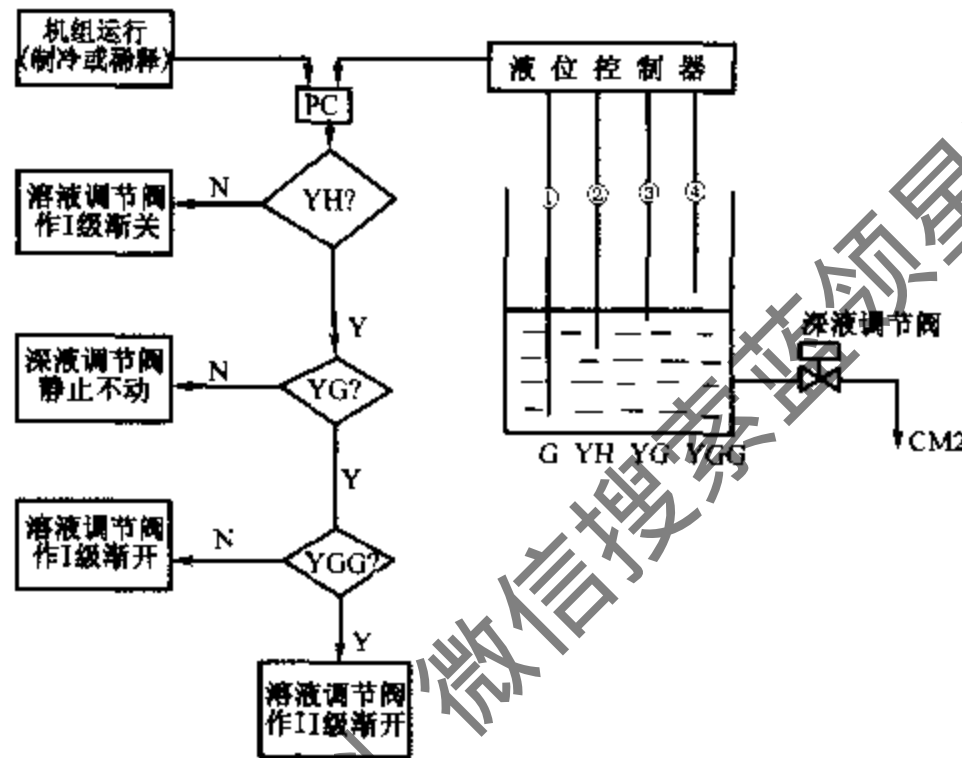


图 4-19 高压发生器液位控制

在高压发生器筒体内安装 BSI 型液位传感器，它由 4 支电极棒组成，电极棒用抗腐蚀材料制作，表面光滑。按高压发生器液位最佳状态调整 4 支电极棒的下部高度。低液位在 2 号电极以下，溶液只浸没 1 号电极。正常液位在 3 号电极以下，溶液接触 1、2 号电极而低于 3 号电极。高液位在 4 号电极以下，即溶液接触 1、2、3 号电极，而低于 4 号电极。过高液位在 4 号电极，即溶液接触 1、2、3、4 号电极。正常液位时，溶液调节阀维持原有开度；低液位时，溶液调节阀关小；高液位时，溶液调节阀开大；过高液位时，溶液调节阀加快增大开度。

需要注意的是：由于机座倾斜会造成液面倾斜，给液位自控系统的调整带来很多的麻烦，所以溴化锂吸收式制冷机对机座制造和安装的水平度偏差要求很高。

以上改变加热蒸汽量调节制冷量与改变溶液回流量调节液位虽然是两个相对独立的控制过程，但它们却是相互关联的两个调节，需要二者协调工作完成机组制冷循环的自动调节任务。机组从受到干扰作用开始到完成调节是一个缓慢的变化过程。蒸汽调节阀开大后，溶液温度不会立刻升高，高压发生器的液位也不会立刻降低，蒸汽调节阀和溶液调节阀的调节动作必须与对象的动态特性有很好的匹配，否则，会造成调节不稳定或偏差过大。

(三) 冷剂水的液位控制

在机组运行工况和负荷发生变化时，蒸发器液囊中的冷剂水位波动较大。液位过高时可以通过溢流解决。液位过低时，会引起冷剂水泵受气蚀损坏。控制措施为：在蒸发器液囊中安装两支液位检测电极。液位降到最低控制值下限时，冷剂水泵停机；液位回升到控制值上限时，重新开泵运转。PC 控制过程如图 4-20 所示。

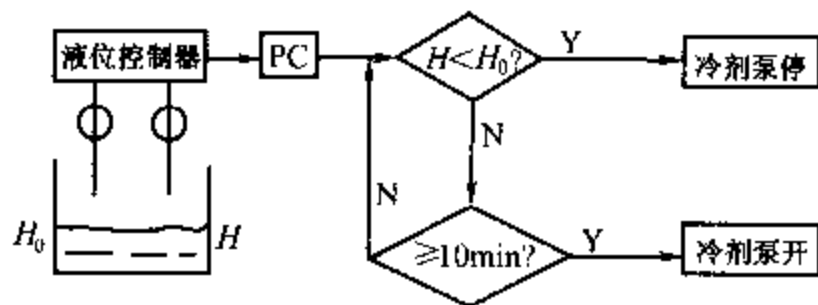


图 4-20 冷剂水液位控制

除了以上的自动调节外，在图 4-15中还采用了如下的自动调节。

1. 冷却水温度控制

冷却水温度变化对吸收式制冷机的工况和制冷量都有影响，这无异于其他制冷机。吸收式制冷机独有的问题是：若冷却水温度过低时，很容易引起溴化锂浓溶液结晶或引起冷剂水受溴化锂溶液污染，使机组不能正常运行；另一方面，若冷却水温度过高，会抑制发生器中的发生强度，会降低吸收器的吸收效果，甚至引起冷凝器至蒸发器之间冷剂水输送管和溶晶管被击穿，造成机组无法正常工作。冷却水温度控制在 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 为宜。

冷却水温度控制系统如图 4-21 所示，用温度传感器检测冷却水入口温度，当水温低于设定值下限时，打开循环水系统的旁通调节阀，同时关闭冷却塔风机。当水温回升时，首先启动冷却塔风机，调节器根据冷却水检测温度与设定值的偏差调节旁通阀的开度。如果冷却水温度高于设定的上限，发出声光报警，并使机组转入稀释运行。

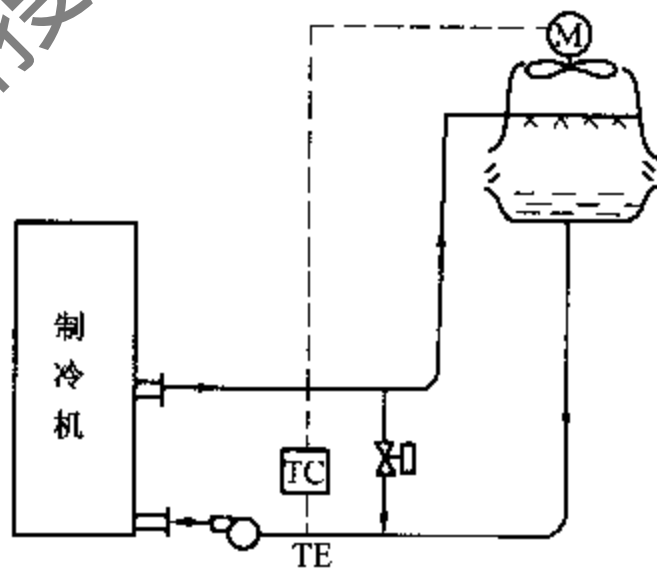


图 4-21 冷却水温度控制系统

2. 加热蒸汽温度控制

有条件的用户可以使用热电厂的排气作为溴化锂吸收式制冷机的热源。这种情况下，加热蒸汽的温度有可能达到 250°C 以上。加热温度过高会引起溴化锂溶液中的添加剂乙醇和铬酸锂发生反应，生成有机酸，消耗了缓蚀剂和表面活性剂，使机组性能受到影响。双效溴化锂制冷机高发的溶液温度一般控制在 164°C 以下，加热蒸汽的温度不应超过 175°C 。控制措施为：

(1) 检测高发的溶液温度，当溶液温度超过控制值时，判作故障报警，并使机组转入稀释运行。

(2) 采用喷水降温的方法，控制加热蒸汽的温度。蒸汽降温系统如图 4-22 所示。在加热蒸汽管内设水喷头，引蒸汽系统的凝结水，加压后喷入蒸汽管，利用喷水的蒸发吸收热量，从而降低加热蒸汽的温度。由于供气流量和温度都是变化的，所以对喷水量也要作相应的调节。用气动薄膜调节阀调节喷水量。温度传感器 TE 检测加热蒸汽在机

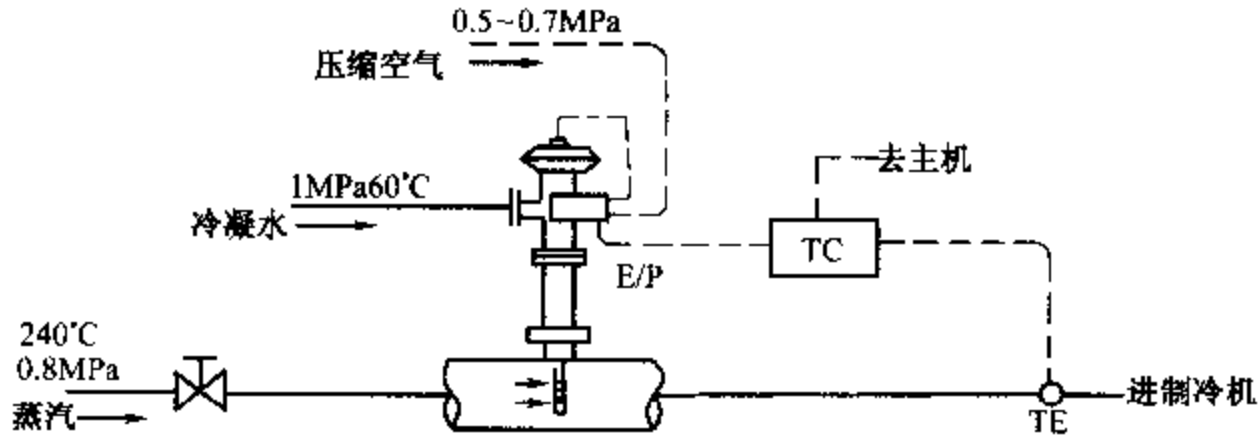


图 4-22 喷水降温的示意图

组前的入口温度，信号输入到调节器 TC，TC 输出的调节信号由电流/压力变送器 (E/P) 转换成压力信号，使调节阀的膜片变形，带动阀杆，改变阀的开度，达到控制喷水量的目的。调节器 TC 的特性如图 4-23 所示。喷水量比例带对应的蒸汽温度范围为 165~185℃。在蒸汽温度为设定值 175℃时，调节器输出 12mA 的支流信号，这时喷水量调节阀处于中等开度。蒸汽温度降至 165℃时，TC 输出信号为 4mA，喷水量调节阀关闭。蒸汽温度升至 185℃时，TC 输出信号为 20mA，喷水量调节阀全开。若蒸汽温度超过 190℃时，调节器发出报警信号，并使机组停止运行。

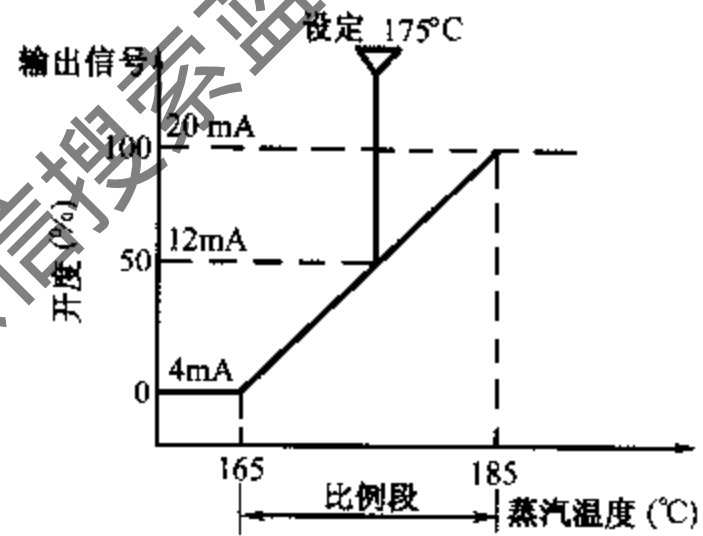


图 4-23 调节器 TC 的特性图

三、溴化锂吸收式制冷机的自动启停

(一) 程序开机

前面曾提到溴化锂吸收式制冷机的能量调节是在制冷机正常工作后进行的，即在制冷机启动运行一段时间后进行的，溴化锂吸收式制冷机的启动初期的自动控制如图 4-24 所示。制冷机在运行 20min 后，转入能量调节。

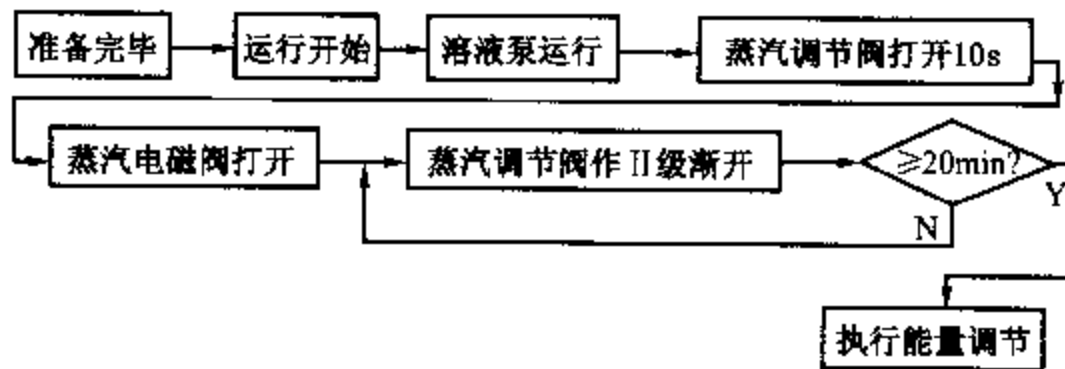


图 4-24 启动初期的运行控制框图

(二) 程序停机

溴化锂吸收式制冷机在停机之前要先转入稀释运行。所谓稀释运行就是停止加热蒸

汽的供应，而维持溶液泵和制冷剂水泵继续运行，使系统中溴化锂溶液稀释。停机前的稀释是为了防止停机后因设备冷下来造成浓溶液结晶。稀释停机的自动控制框图如图 4-25 所示。

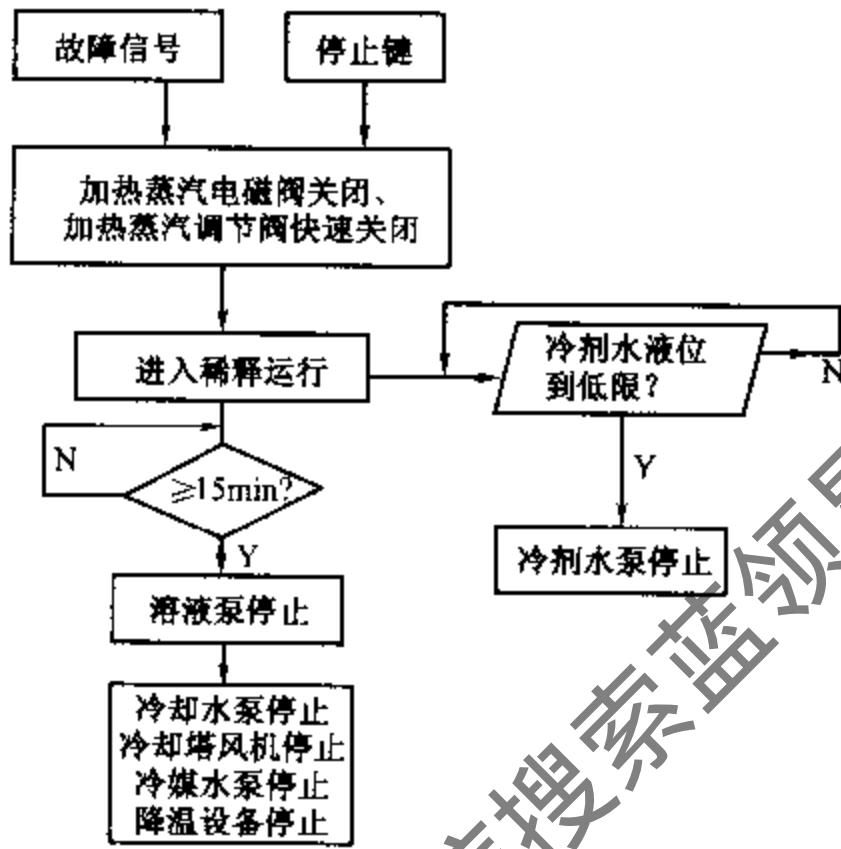


图 4-25 稀释停机的控制程序框图

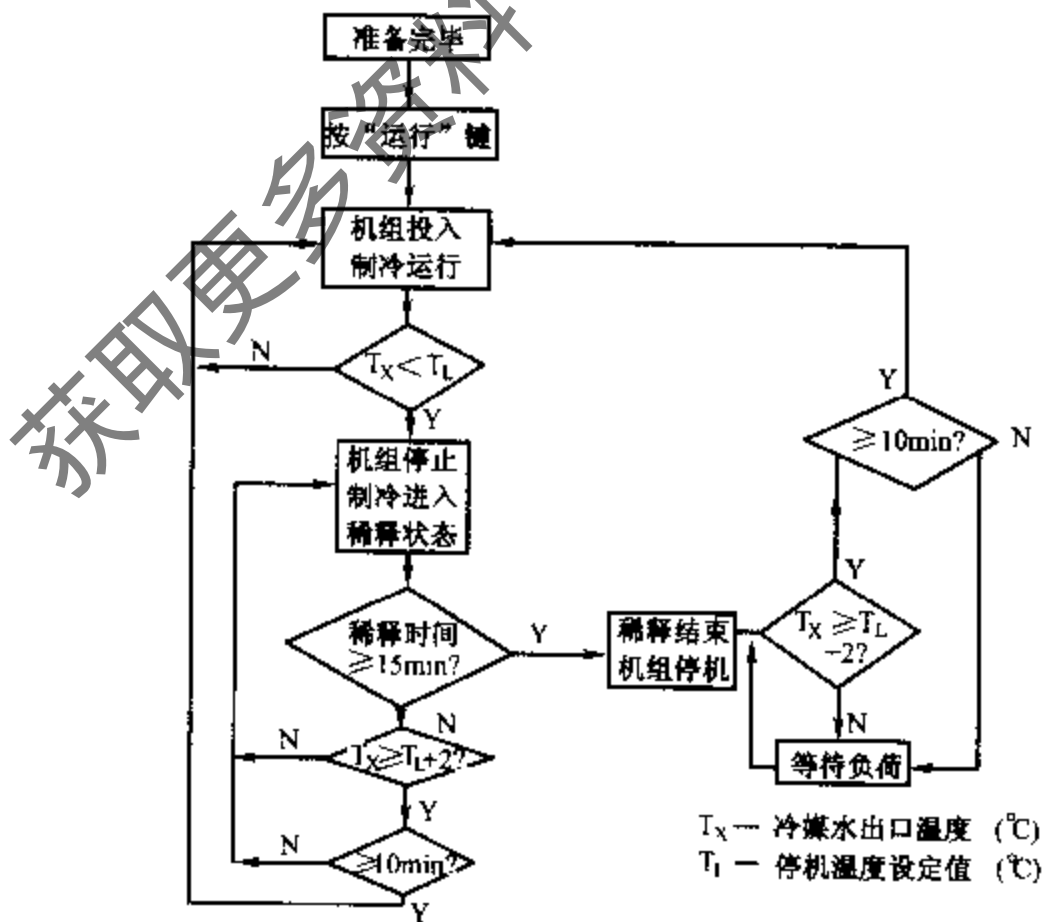


图 4-26 机组带负荷正常运行的开停机控制程序框图

图 4-26 是溴化锂吸收式制冷机带负荷正常运行的开停机程序。通常机组投入运行后,按负荷变化进行能量调节。若负荷低到造成冷媒水温度降到停机温度的设定值(一般为 4°C),则应是机组正常停机。停机前进入稀释运行,持续 15min。在 15min 内若冷媒水温度回升到控制值的上限时,重新投入制冷运行。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第五章 制冷、空调的微型计算机控制系统

第一节 计算机控制系统的组成

一、计算机控制系统的原理方框图

由被控的生产过程和工业控制计算机所组成的控制系统称为计算机控制系统。计算机控制系统是通过各种接口及外部设备与生产过程发生关系，并对生产过程进行数据处理及控制的。典型的微型机控制系统如图 5-1 所示。

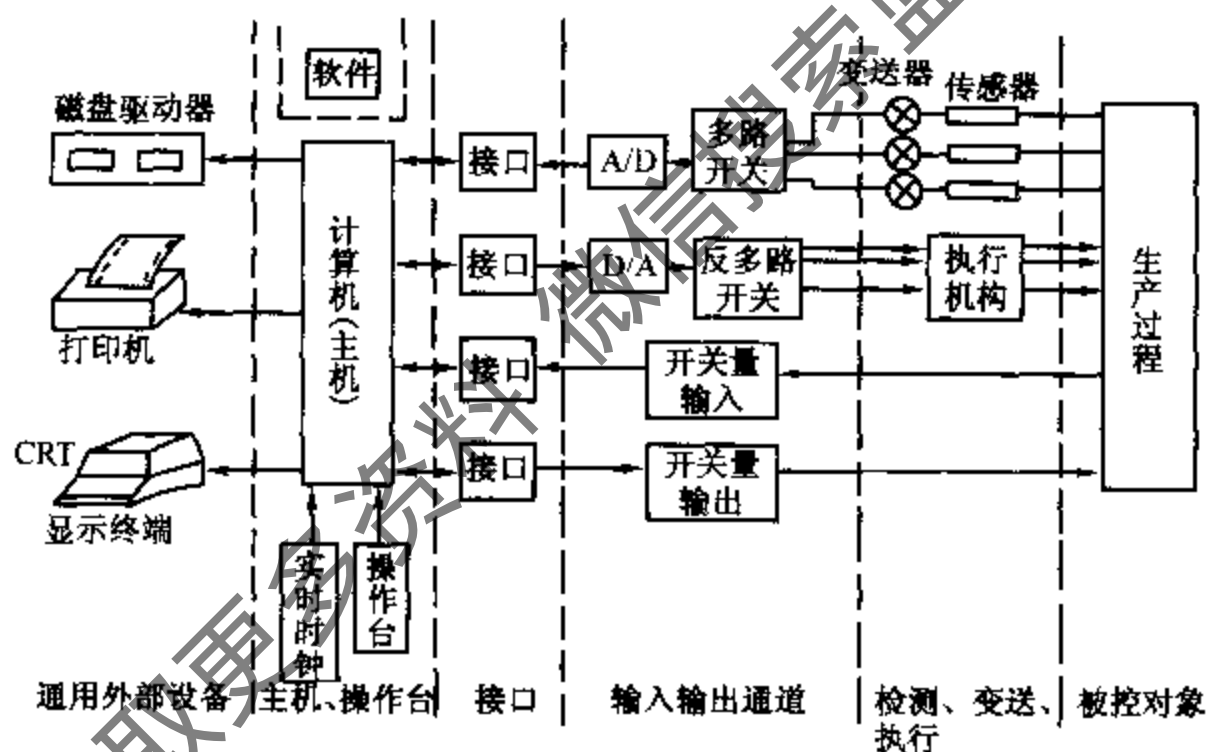


图 5-1 微型计算机控制系统图

被控参数经传感器、变送器，转换成统一的标准信号，再经多路开关分时送到 A/D 转换器进行模/数转换，变成计算机能接受的数字信号经接口送入计算机，这就是模拟量输入通道。在计算机内部，用软件对采集的数据进行处理和计算，然后经过模拟量输出通道输出。

计算机输出的数字量通过 D/A 转换器转换成模拟量，再经过反多路开关与相应的执行器相连，对被调整参数进行控制。

二、微型计算机控制系统各部分的功能

（一）硬件系统

硬件是由主机、接口电路及外部设备组成的。由于系统组成的多样化，组成微型机系统的硬件多少也不一样，一般根据控制系统的需要可进行扩展。

1. 主机

主机是整个控制系统的指挥核心。通过接口可向系统的各个部分发出各种命令，同时对系统的各个参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理、逻辑判断等。

2. 总线和接口

总线和接口是主机与外设、过程输入/输出通道之间的纽带，是构成计算机控制系统的重要部件。总线的种类繁多，可根据应用的需要选择。

接口一般有通用接口（包括并行、串行接口）、管理接口（包括中断管理 DMA 管理、计数/定时等）和专用接口（包括键盘/显示接口、磁盘接口等）三类。

3. 输入/输出通道

计算机控制系统应具备模拟量和开关量的输入/输出设备。这些设备（装置）就叫输入/输出通道，它是为计算机实现对被控对象的控制而在计算机与被控对象之间设置的信息传递和变换的连接通道。输入/输出通道包括模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出四种。

4. 外部设备

常用的外部设备是计算机控制系统进行正常工作的必要设备。按功能分为输入设备、输出设备和外存贮器三类。如键盘、打字机、磁盘驱动器等，其配置的规模和数量随系统的大小和具体需求来选用。

5. 检测、变送机构

在微型机控制系统中，为了采集和测量各种被控参数，广泛采用了各种检测元件（传感器、变送器）和仪表。它们的主要功能是把生产过程中被控参数的多种变量转换成标准的电量信号（把温度、湿度、压差等参数变成电信号 $0 \sim 10V \cdot DC$ ， $4 \sim 20mA \cdot DC$ 等），以便这些信号送入计算机去进行分析处理等。因此，检测元件精度的高低直接影响计算机控制系统的控制精度。

6. 执行机构

微型计算机为控制生产过程，还需要执行机构把微机发出的调节命令转变为操作量。常用的执行机构有电动、液动、气动等控制形式。空调控制系统中一般采用电动驱动方式，如电动调节阀、电动驱动风门等。

7. 操作台

操作台是人——机对话的平台。通过它人们能向计算机输入程序，修改内存数据，显示被控参数以及发出各种操作命令等。操作台主要由四部分组成：

(1) 作用开关：如电源开关、数据及地址选择开关、操作方式（自动/手动）选择开关等。通过这些开关，人们能对主机启停、设置和修改数据以及修改控制方式等。

(2) 功能键：设置功能键的目的主要是通过各种功能键向主机申请中断服务，如复位、启动、打印、显示等键。还有工作方式选择键，实现连续、单步工作方式。所有这些功能键都是以中断方式与主机进行交流的。

(3) 显示器（CRT、LED）：它们用来显示被控参数及操作人员感兴趣的内容。随着微型机控制技术的飞速发展，CRT（屏幕显示器）显示的应用日趋普遍，它不但能显示

数据、表格，而且还能显示被控系统的流程图、棒行指示图、开关状态图、时序图、变量变化趋势图、调节回路指示图、平面总图等，还有报警、索引、目录等。

(4) 数据键：它用来输入数据或修改控制系统的有关参数。

(二) 软件系统

计算机控制系统必须有软件系统的支持，才能发挥计算机的优越性。软件系统是各种程序和有关信息的总集合。程序是指令和数据的有序排列。软件在设计、调试完成后，存入主机的内存或外存中，以供系统运用。

由于计算机控制系统的应用范围、完成功能和规模不同，软件系统包括的内容、分类的依据各有不同，就工业控制系统来说，基本功能的分类如图 5-2 所示。

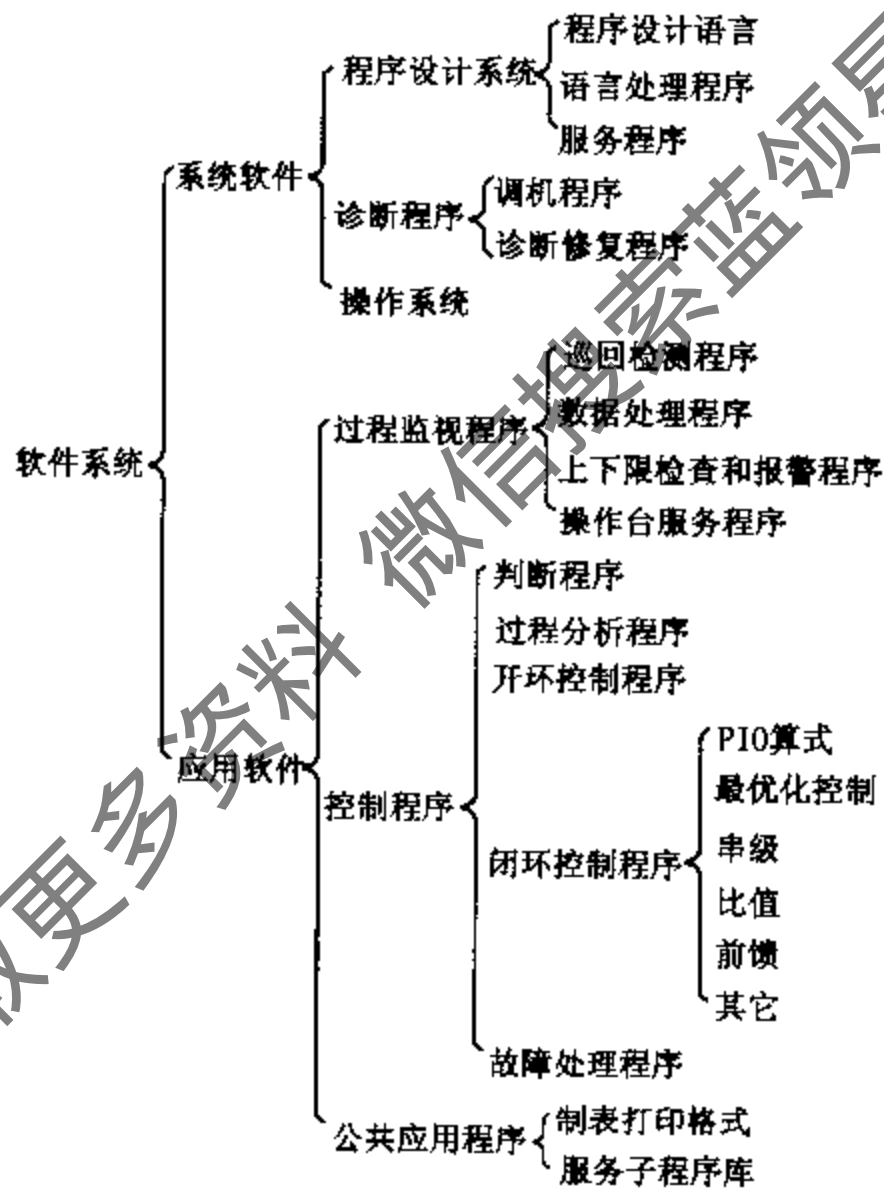


图 5-2 软件系统的分类

1. 系统软件

系统软件包括程序设计系统、诊断程序、操作系统。

(1) 程序设计系统是为用户进行程序编制而提供的工作程序。如把用程序设计语言编写的源程序翻译成计算机可以识别和执行的程序。

(2) 诊断程序是为计算机调试和试用人员进行测试、查错和故障修复而提供的工具性程序。

(3) 操作系统是对计算机控制系统进行管理、调度的程序。

系统软件是随计算机研制过程同时设计出的一套程序。带有一定的通用性，并随计算机系统由制造商一起提供给用户。其主要功能是为用户使用和维护计算机系统以及提高系统资源的有效利用率而服务的。

2. 应用软件

应用软件随被控对象和控制要求的不同而异。主要实现生产过程监控的功能。

应用软件主要包括过程监视程序（巡回检测、数据处理、上下限检查、越限报警、控制台服务程序等）、公共应用程序（服务子程序库、数据库和制表打印格式）、过程控制程序（主要是指描述生产过程和控制规律以及实现控制动作的程序）。在整个软件系统中，应用软件所占比重最大，也是最复杂的部分。它由计算机控制系统的设计和使用单位，利用计算机及其所提供的各种系统软件编制而成。目前，应用软件正朝着标准化、模块化和用户软件包的方向发展。

计算机硬件系统是组成计算机应用系统的基础，而软件系统则是在此基础上扩大其功能和应用范围。只有硬件系统和软件系统有机地结合起来，才能构成一个完整的计算机监控系统。

三、计算机控制系统的主要特点

计算机控制的工业过程系统与常规仪表（模拟控制）系统相比，具有如下显著特点：

1. 控制精度高，系统可靠性高。
2. 稳定性好，灵活性好，实时性好。
3. 存贮能力强，逻辑运算能力强。
4. 具有自诊断功能，抗干扰能力强。
5. 具有多种功能可供开发应用，且便于扩充。

第二节 微型计算机控制的制冷与空调系统

一、制冷、空调系统采用计算机中央管理的必要性

(一) 被控对象及其控制要求种类繁多

随着制冷、空调系统规模的扩大，其组成也越来越繁杂。例如制冷系统有具有不同控制精度的冷却物冷藏间、冻结间、冻结物冷藏间等；空调系统有一般精度空调、高精度空调、舒适性空调和工业工艺性空调等。为了满足制冷、空调系统的控制要求，制冷、空调辅助设备也会多种多样。因此，要求控制系统必须具有高可靠性，用常规调节器和常规控制方法，不但逻辑设计十分繁琐，而且众多的触点控制使系统的可靠性难以达到应有的要求。同时，随着制冷、空调系统设备的多样化及工艺要求的不同，需要管理的信息量也成倍增加，这也是模拟仪表控制系统难以实现的。

(二) 实现工艺过程的最优化

工艺过程的最优化就是指制冷、空调系统的工作过程在最佳工况条件下运行。即制冷、空调系统在工作运行时,以最小的能量消耗保证工艺要求(如空调品质、制冷效果等),获取最佳的工作效率。应用常规调节器和调节方法,可以解决受控系统中某一局部或某一受控参数的控制问题,而整个系统或几个系统综合的总体控制,所需处理的数据量剧增,仍用模拟仪表控制,很难在繁多的常规调节器的组合群中合理地调整,使涉及到综合系统总体控制的各控制环节能在最佳工况下运行。要使庞大的综合系统在最佳工况下运行,就需要利用计算机的各种记忆元件和控制运算结构,将这些运算结构按程序加以组合,得到希望的逻辑运算规律,有效地对大量数据进行处理和计算,因而可以获得较高的调节控制性能。

(三) 企业需进行综合管理

随着企业规模的扩大和管理上的现代化,自动化控制要覆盖工厂企业各科目,使整个企业的管理有机地结合起来,采用计算机管理,可以完成整体化、高密度控制。

二、微型计算机监控系统的应用方式

(一) 数据采集和数据处理

微型计算机在数据采集和处理时,主要是对大量的生产过程参数进行巡回检测、数据记录、数据计算、数据统计和整理、数据超限报警以及对大量数据进行积累和分析。这种应用方式微型计算机不直接参与控制,而是作为生产指导。

(二) 直接数字控制 (DDC)

所谓直接数字控制是以微处理器为基础,不借助模拟仪表而将系统中的传感器或变送器的输出,输入到微型计算机中,经微机计算后直接驱动执行器的控制方式,简称 DDC (Direct Digital Control),这种计算机称为直接数字控制器,它安装在被控设备的附近。各种被控变量(温度、湿度、压力等)通过传感器或变送器按一定时间间隔取样的方式读入 DDC 控制器。读入的数值与 DDC 控制器记忆的设定值进行比较,当出现偏差时,按照预先设置的控制规律,计算出为消除偏差执行器需要改变的量,来直接调整执行器的动作。DDC 控制器中的 CPU 运行速度很快,它能在很短的时间间隔内,完成一个回路的控制。因此它可以分时控制多个回路,故一个 DDC 控制器可以代替多个模拟控制仪表。

(三) 集散系统 (TDS)

集散型系统 Total Distributed System 的缩写为 TDS,与过去传统的计算机控制方式相比,它的控制功能尽可能分散,管理功能相对集中。

集散型系统基本结构如图 5-3 所示。集散系统由中央站、分站、现场传感器与执行器三个基本层次组成,中央站和分站之间、各分站之间,通过数据通信通道直接连接起来。

分站就是以微处理器为核心的 DDC 控制器,它分散于整个建筑物各个局部设备附近,分站与现场的传感器、执行器连接(通过分站上的 DI, AI, DO, AO 端子),完成现场控制和对多种参数进行检测。中央站实现监控管理功能,除集中监视、集中启停控制外,还以提供报表和紧急应变处理为主。

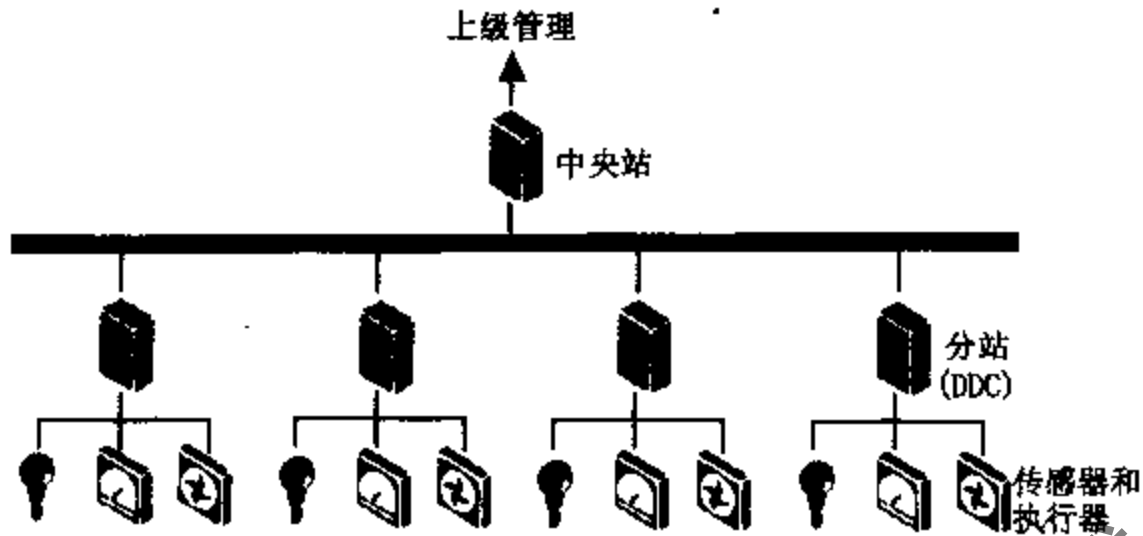


图 5-3 集散型系统框图

采用集散型系统可以实现：监控管理功能集中于中央站，而实时性强的控制和调节功能由分站完成；当中央站停止工作时，不会影响分站功能和设备运转，对于局部网络通信控制也不应因此而中断。因此，这种系统可靠性高。

第三节 直接数字控制器

一、概述

(一) DDC 控制器的组成原理

直接数字控制器是用计算机对控制规律的计算来取代模拟控制器的控制作用，计算的结果以数字量的形式或变成模拟量的形式直接控制生产过程。图 5-4 是直接数字控制器框图。

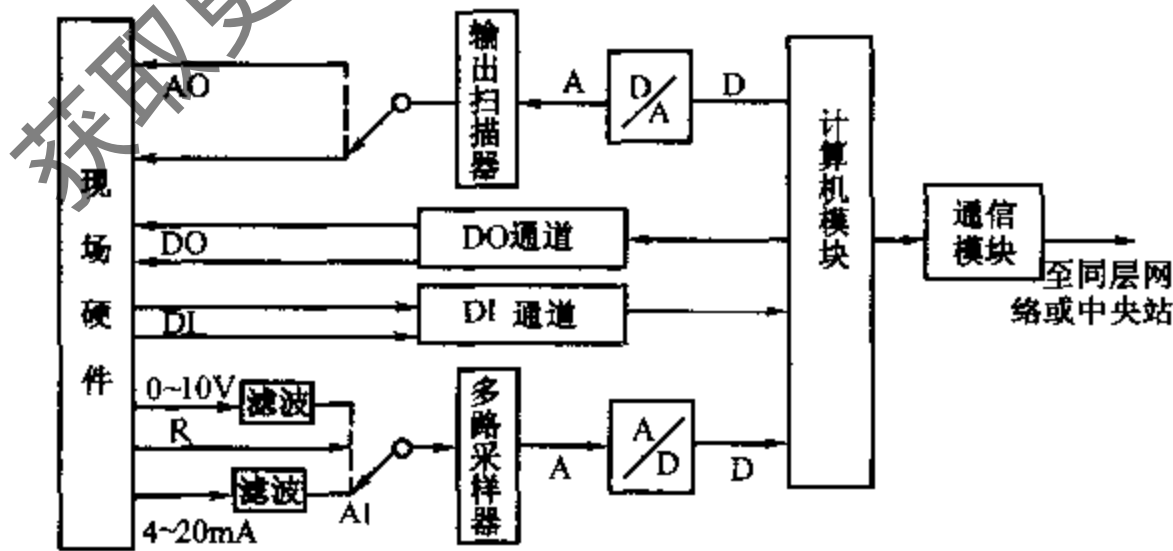


图 5-4 DDC 控制器框图

直接数字控制器是一种多回路的数字控制器，它以计算机微处理器为核心，加上过程输入、输出通道组成。它利用多路采样器按顺序对多路被控参数进行采样，然后经

A/D (模/数) 转换输入计算机微处理器, 计算机微处理器按预先确定的控制算法, 分别对各路参数进行比较、分析和计算, 最后将结果经 D/A (数/模) 转换器、输出扫描器, 按顺序送到相应的执行器, 实现对生产过程的参数控制。

任何一个 DDC 控制器都有与其他 DDC 控制器及中央站进行通讯的功能, 提供了网络信息通讯和信息管理, 实现全面的整体信息共享、信息传输。

(二) DDC 控制器的功能

衡量 DDC 控制器的功能主要有以下内容:

1. 软件

软件部分通常分为基础软件、应用软件、自检软件三类。

(1) 基础软件

基础软件是作为固定程序固化在模块中的通用软件, 通常由 DDC 控制器生产厂直接在微处理芯片中写入, 不需要也不可能由其他人员进行修改。

(2) 应用软件

应用软件是针对各控制内容而编写的, 不同的控制要求不相同的控制程序。因此, 这部分软件可以根据管理人员的要求进行一定的修改。

①控制功能 提供模拟 P、PI、PID 的控制特性, 有的还具备自适应控制的功能。

②能量控制 能量控制包括的内容如下:

时间通道——自动或编程输入各设备的启停时间;

最优化启停及台数控制——根据系统的要求, 自动决定设备的启停时间及运行台数;

能耗记录——自动记录瞬时及累计能耗, 自动记录设备运行小时数;

焓值控制——通过比较室内、外空气焓值, 控制新风比及进行工况转换;

夜间循环控制——利用夜间冷空气进行预冷, 节约能耗;

节假日程序——在节假日时调整设备启停时间及运行台数。

③实时时钟 它使计算机内的时间永远与实际标准时相一致, 上述能量控制功能大都需要实时时钟功能的配合来完成。

④运行管理 对各种控制参数、设备运行状态等进行再设定、监测及显示, 同时与中央电脑进行各种相关的通讯。

⑤报警及联锁 当收到报警信号后, 自动根据已编排程序联锁有关设备的启停或其它控制, 同时向中央电脑发出报警信号。

(3) 自检软件

自检软件的设置可以保证 DDC 控制器的正常运行, 检测其运行故障, 便于管理人员的维修操作。

2. 容量

DDC 控制器的容量一般是以其所包含有的控制点的数量来衡量的。所谓控制点, 就是指控制器可接受的输入信号或可发出的输出信号的功能及内容, 一个点即代表一个信号。

控制系统中几个特定物理量的意义及符号：

数字量：数字量称开关量，它反映的是某个设备或控制参数的状态，是个不连续的双位变量，通常用英文字母 D 来表示。

模拟量：模拟量即指连续变化的参数量，通常用英文字母 A 来表示。

输入量：输入量指从外界送入 DDC 控制器的信号，用英文字母 I 来表示。

输出量：输出量是指从 DDC 控制器发出的指令或信号，用字母 O 来表示。

DDC 控制器的控制点常用的有以下几种：

DI：数字量（开关量）输入。如风机、水泵等设备运行状态及压差开关状态等。

DO：数字量（开关量）输出。如控制设备启停的信号、双位阀的控制信号等。

AI：模拟量输入。如温度、湿度、压力、流量等信号。

AO：模拟量输出。如电动调节阀、电动机变速等的控制信号。

如能完成模拟量和数字量的处理，则称为通用输入（UI）、通用输出（UO）量。其中通用输出量 UO 主要是模拟量信号输出，但只要附加一组继电器模块，就可以变成数字量输出。

通用输入量有以下几种类型：

负温度系数热敏电阻 NTC（ $20\text{K}\Omega$ ， 25°C ）；

铂热电阻 PT1000-1（ $-50\sim 150^\circ\text{C}$ ），PT1000-2（ $0\sim 400^\circ\text{C}$ ）；

$0\sim 10\text{V}\cdot\text{DC}$ ；

$0\sim 10\text{mA}\cdot\text{DC}$ ；

$4\sim 20\text{mA}\cdot\text{DC}$ ；

干接点。

能处理 AC（交流）或 DC（直流）电压信号及干接点，其逻辑状态为：当电压 $\geq 5\text{V}\cdot\text{DC}$ 时，为“1”状态；当电压 $\leq 2.5\text{V}\cdot\text{DC}$ 时，为“0”状态，其滞环不小于 $2.5\text{V}\cdot\text{DC}$ 。

控制点数的多少是评价 DDC 控制器的一个重要指标。一般来说，控制点越多，表明其功能越强，可控制及管理的范围越大，但同时也表明其价格会因此上升。因此，实际工程中选用 DDC 控制器时，并非控制点数越多越好，而应针对被控对象的要求来决定。

目前已在生产过程中使用的 DDC 控制器，如霍尼韦尔自控公司、柏斯顿自控公司、江森自控公司等产品的结构原理基本一样，在实现功能上略有不同。

二、霍尼韦尔 EXCEL5000 系列 DDC 控制器

（一）XL20 小型控制器

EXCEL20 控制器简称 XL20（下同）是一台用于小型建筑物设备的控制，特别适合于新风机组、空调机组的控制。其电脑芯片为 16 位的 Intel 80C188 微处理器，PAM128KB，EPROM 512KB。为了适应在小型建筑物中应用，其面板上设有操作键和液晶显示，以供用户直接操作。尤其适用于单一空调机使用，在其液晶显示器上可显示控制器的数据资料。

1. 控制点数量及信号种类

XL20 有固定的输入、输出配置。其输入、输出点数及信号种类分别见表 5-1，表

5-2。

表 5-1 XL20 输入、输出点数

输入 (I)		输出 (O)	
DI	AI	DO	UO
2	7	4	3
16			

表 5-2 XL20 控制器输入输出信号

AI	NTC, 0 ~ 10V DC 0 ~ 20mA DC (外加 500Ω 电阻)
AO	0 ~ 10V DC, 最大 11V DC, 1mA
DI	0 ~ 0.4Hz, 当作为总加点时, 可为 15Hz
DO	双向可控硅, 400mA, 24V AC

AI 为模拟输入点, 每个模拟输入点可选择 NTC 或 0 ~ 10V·DC 输入。数字输入 DI 可用于总加器或计数器, 具有累加功能。数字输出 DO 为双向可控硅, 400mA, 24V·AC。如用于强电回路时, 需另加继电器模块 (继电器模块有 MCD3 和 MCE3)。所有输入、输出均有 24V·AC 及 40V·DC 的过电压保护及短路保护。

2. XL20 软件

在软件方面, 其应用程序可以是一组标准的应用程序, 也可以是利用 CARE 图形编程, 即通过在计算机显示器上简单的图形接口, 生成可直接运行的应用程序, 作为设计过程的一部分, EXCELCARE 还能自动生成全部文件材料汇总表。其固化软件和应用程序都永久驻存在一片 EPROM 中。

应用程序包括:

控制和监视功能。

对控制器上连接的控制点, 提供全部信息点的说明。

时间程序用来按事先安排的时间程序, 完成各种功能。

正文有用户地址, 英文说明符, 状态和报警信息。用户可以定义这些正文信息, 然后把它们存放到单独文件中。

在液晶显示器上, 显示控制器的数据资料用面板上的 12 个键来搜寻信息。

此外, XL20 还有通讯功能。XL20 除单独完成区域控制任务外, 当连接 XL20XD 这个 C-Bus 总线通讯器后, 可直接挂在 C-Bus 总线上。这时, XL20 可与连在 C-Bus 总线上的 XL5000 系列的其它控制器通讯, 还可与中央站通讯, 达到相互交换数据, 资源共享。C-Bus 总线通讯器 XL20XD 中含有 XD505A 通讯模块, 9600 波特。

3. XL20 接线与应用实例

图 5-5 (a) 用 XL20 控制空调机组的原理图, (b) 为其接线图。一般来说, 每台控制器与执行器的供电均采用 CRT2 型变压器 (220V/24V, 40VA) 单独供电。

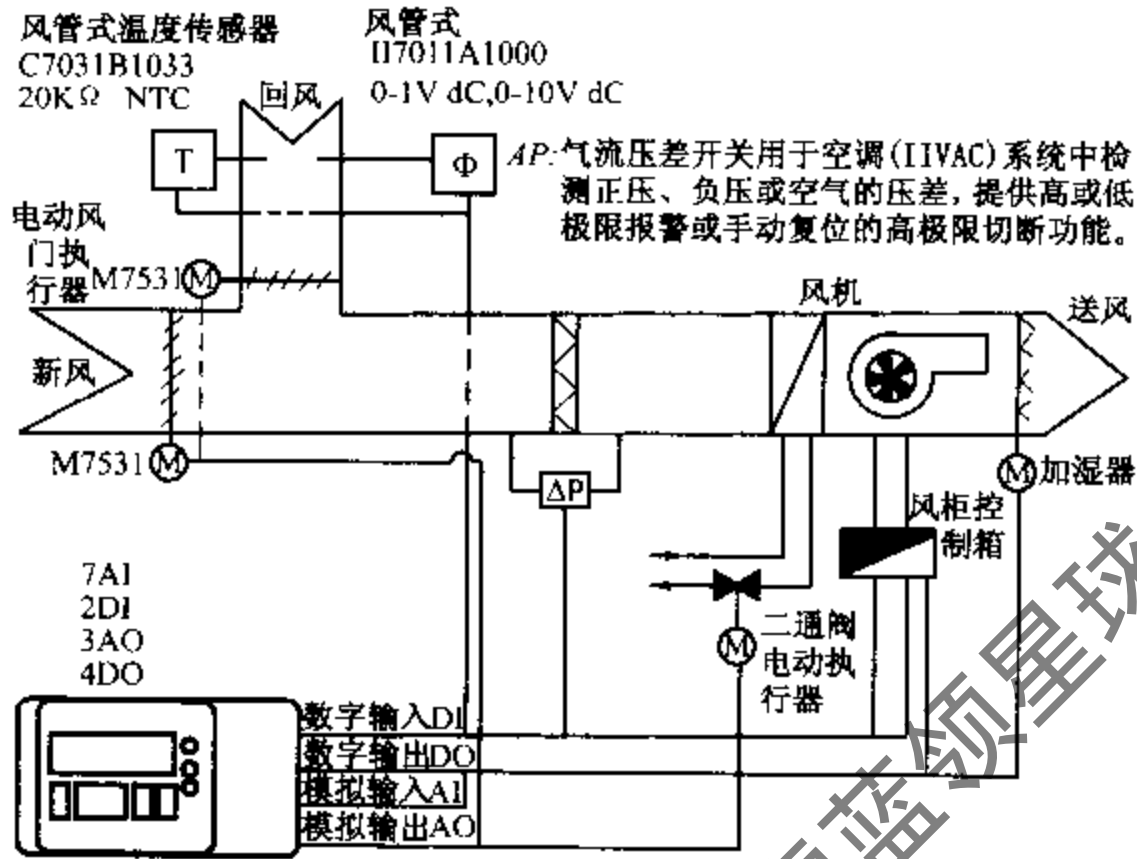
(二) XL100 中型控制器

1. 概述

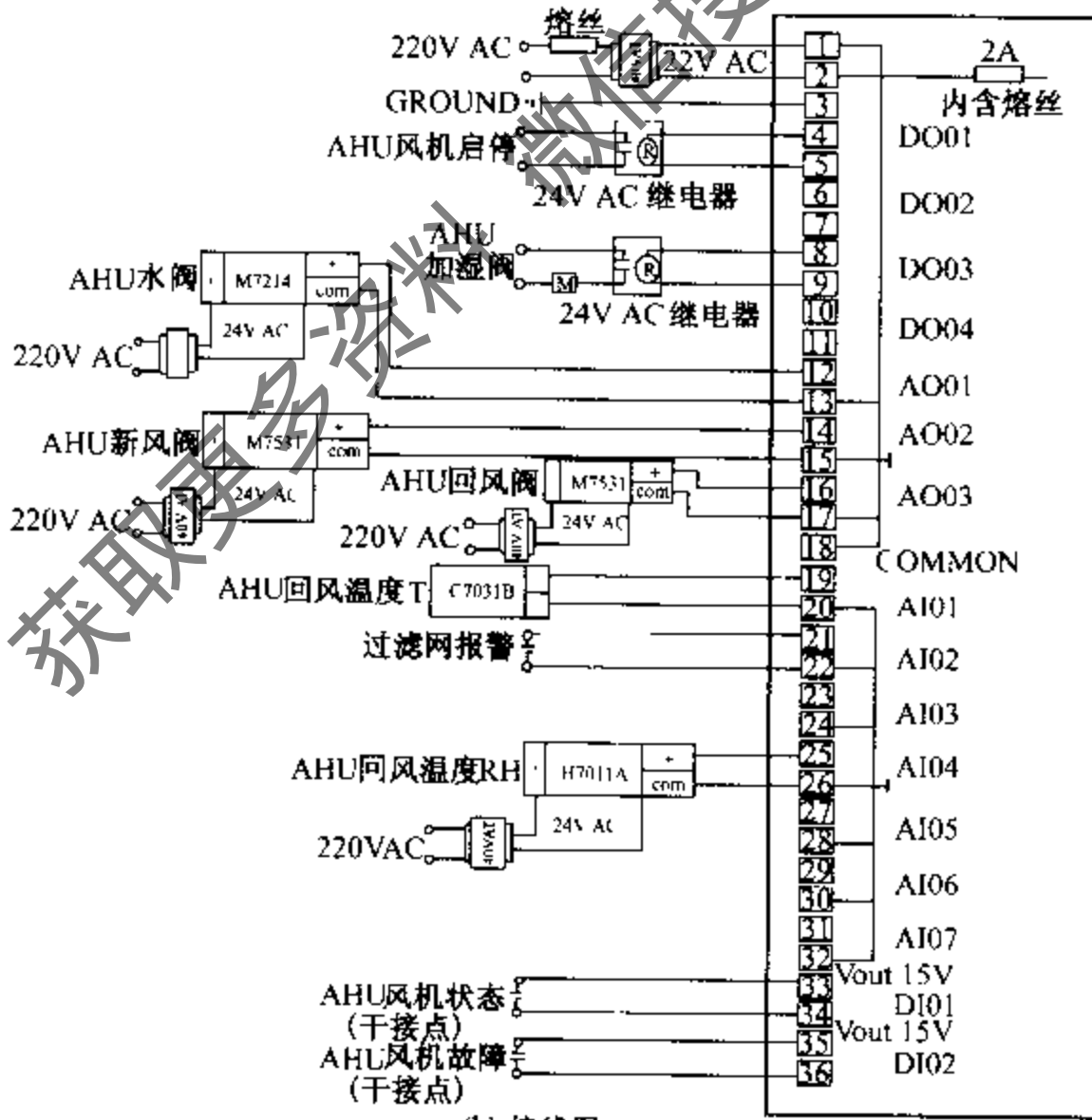
XL100 是一台中型直接数字控制器, 具有总点数 36 点, 其输入、输出点见表 5-3。控制器电脑芯片是 16 位的 Intel 80C188 微处理器, RAM 128K EPROM 512KB, 并装有先进的块擦存储器 Flash

表 5-3 XL100 控制器点数表

输入 (I)		输出 (O)
DI	UI	UO
12	12	12
36		



(a) 自控原理



(b) 接线图

图 5-5 用 XI20 控制空调机组系统图

Memory128/256K byte (小硬盘) 作为控制器数据库, 供用户现场编程调试使用。控制器需配一台 220V/24VAC, 45VA 变压器。输入、输出信号如表 5-4 所示。

表 5-4 XL100 输入、输出信号

UI	NTC, PT1000, 0 ~ 10V DC, 0 ~ 10mA DC, 4 ~ 20mADC。另外, PT3000, BALCO 需加 XSI100 变送器再接 XL100
DI	0 ~ 0.4Hz, 当作总加点时, 可为 15Hz
UO	主要是指模拟输出, 但只要附加一继电器模块, 就可以变为数字输出。使用继电器模块 MCD3 或 MCE3 或继电器板, 型号为 14507222 ~ 001 或 14507222 ~ 002, 每块板上装有 4 个 12V DC 继电器, 触点容量 3A, 120V AC, 1.5A, 240V AC

可选用 EXCEL 中的 XI582AH (台式或壁挂式) 操作员终端, 提供一个操作员接口, 可进行问答式人机对话, 从而方便了对信息和控制数据的存取。另有, 软件包 XI584 手提式操作员终端, 是一套软件工具, 它可以在手提式计算机上运行, 用于应用程序的安装、现场调试和控制器的信息存取。

利用图形编程能很方便地编出 XL100 的应用程序和数据库, 常用的标准应用单元都预先定义和制作完成, 以供使用。对非标准应用程序, 可选择适当的输入和输出来编程。

空调整能管理的功能有:

- (1) 间歇运行, 以节约用电量, 例如排风机、电加热器等;
- (2) 焓值控制, 比较新风、回风焓值, 合理利用新风量, 以利节能;
- (3) 经济运行, 最佳化控制;
- (4) 夜间净化;
- (5) 零能量区, 在过渡季节只用新风;
- (6) 限定功率要求, 监视现时的用电量, 预测用电量的趋势, 当有需要时, 切除一部分负荷, 适当时重新启动被切除的负荷。

控制规律有: 位式、连续 PID、串级 PI, 此外, 还可对多个输入量求和或平均值, 以及两个输入量之差等运算。

XL100 能有选择性地从最多 20 个模拟和数字点中, 选出采样数据。每个控制器最多能储存 200 个趋势值。如果存储器满了, 最早数据将被新数据覆盖, 所以始终可以获得最新的数值。对于数据趋势点来说, 控制器将存储状态的每一变化。对于模拟趋势点来说, 如

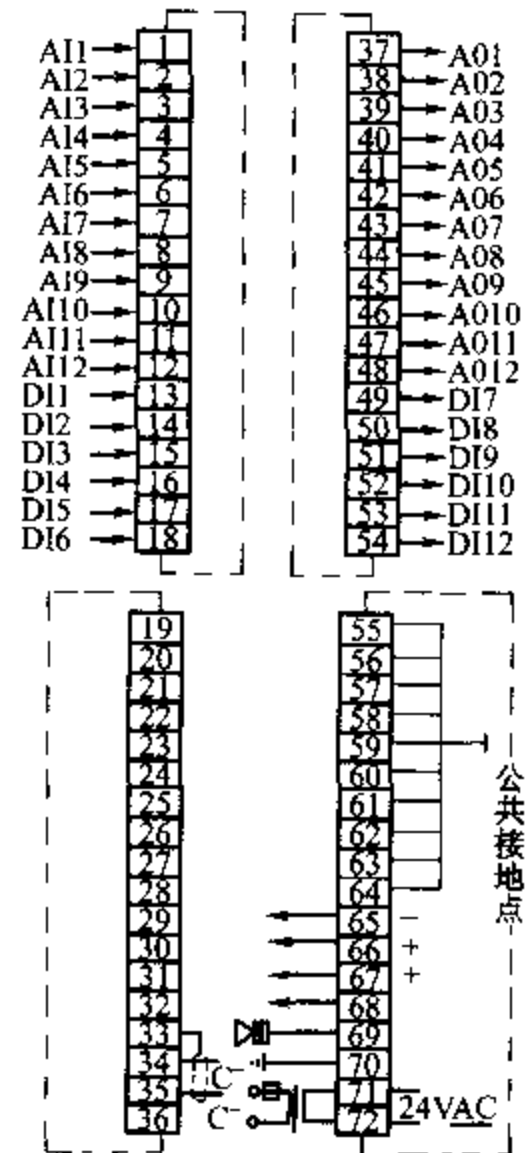


图 5-6 XL100 控制器接线图(总)

果一模拟点被一个预定值所改变，则控制器会储存新的模拟值，并赋以时间标记。

XL100 面板上的发光二极管 L_1 、 L_2 指示正常操作， L_2 提供控制器自诊断情况。

通信网络接口为 XD505 通信模块。

2. XL100 控制器接线说明

XL100 控制器共有接线端子 72 个，分为 AI、AO、DI、DO、公共接地、电源、总线等端子。见图 5-6。

(1) 模拟输入量各端子的作用

模拟输入量各端子如图 5-7 所示，其中：

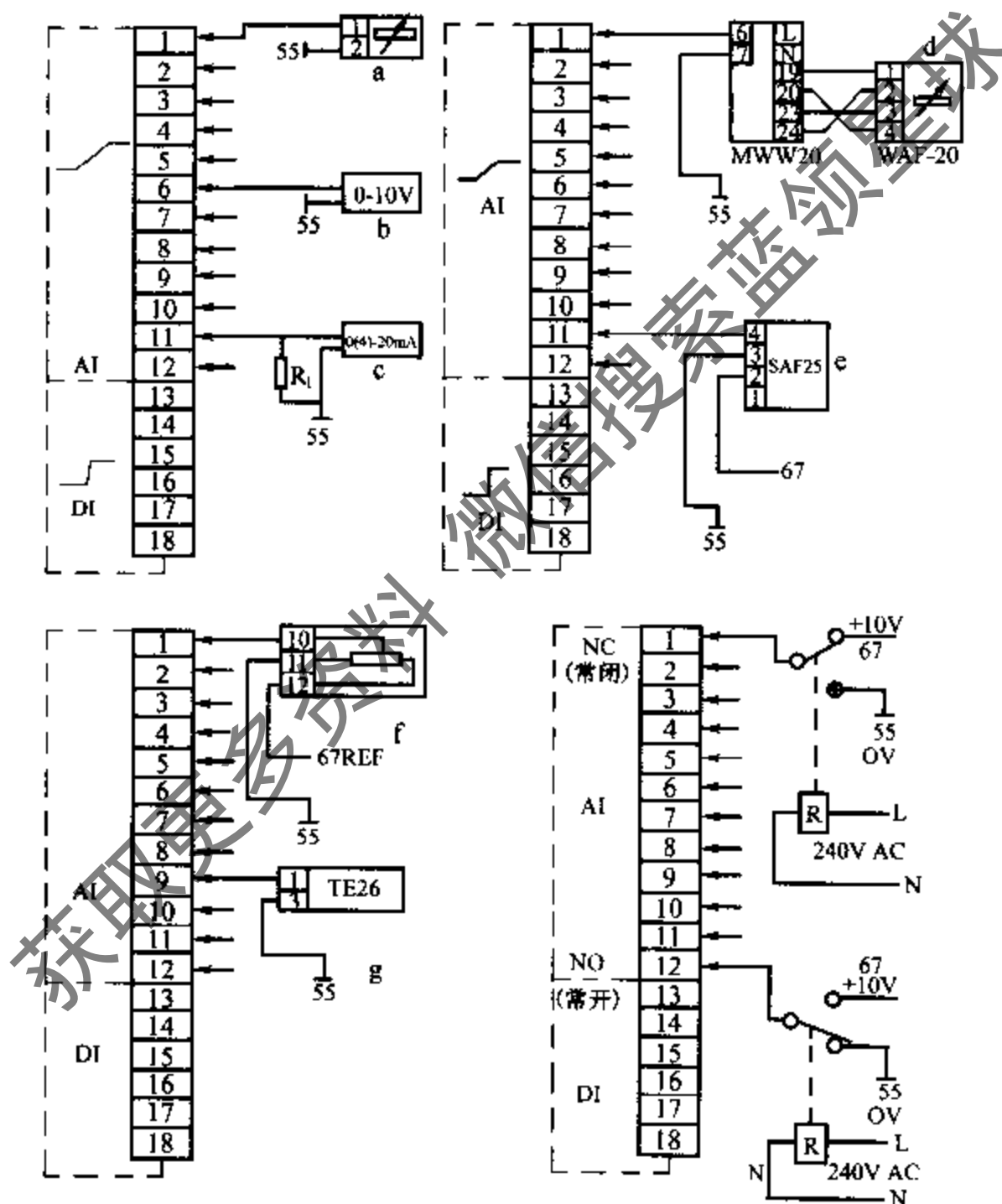


图 5-7 XL100 控制器 AI 端子

(a) 用于半导体热敏电阻 NTC ($20K\Omega$) 传感器，如室温传感器，室外温度传感器等。

(b) 用于灵敏变送器，标准输出 $0 \sim 10V \cdot DC$ ，如温度变送器等。

(c) 用于灵敏变送器，标准信号 $0(4) \sim 20mA \cdot DC$ ，电流变送器固接在带有电阻

R_1 ($499\Omega \pm 0.25\%$) 的连接上。

(d) 为了测量空气是否已经流动产生风效应, 应该使用变送器 MWW20 及风传感器 WAF20。

(e) 为测太阳辐射, 应采用太阳能变送器。为使其工作, 从控制器端子 67 来的基准电压应连接于 SAF25 的端子 2 上。

(f) 反馈电位器必须用 VMP ($10K\Omega$ 总电阻, 连接见图)。

(g) TF26 用于温度测量。连接见图。

数字量信号 (220V) 的连接, 只允许经由另设的继电器 R 来转换。注意, 断开模拟量输入, 应使用通断开关, 不得用转换通断方式。

(2) 数字量输入各端子的作用

端子 13~18、49~54 为 XL100 控制器的数字输入端子, 共 12 个。

直流电压信号或交流电压信号可借助于数字量输入予以处理。从 5V 以上输入电压将数字量信号置为“1”的状态; 当电压跌到 2.5V 以下, 被置为“0”的状态。

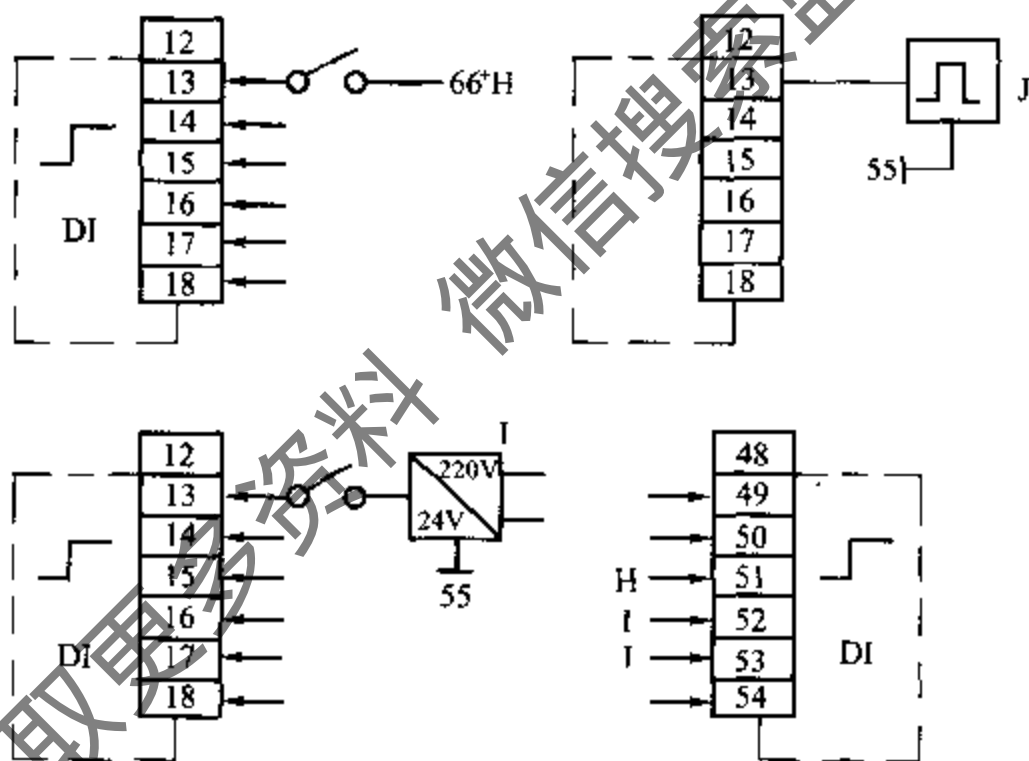


图 5-8 XL100 控制器 DI 端子

数字量输入各端子如图 5-8 所示。干接点将由控制器端子 66 来的 $10V \cdot DC$ 接入端子上, 或 220/24V 变压器的副边 $24V \cdot AC$ 电压, 经干接点接入 DI 端子上。当有脉冲输入时, 其接法如图所示, 注意其接地的连接。值得注意的是, 绝对不允许将 220V 接入到 DI 端子上, 控制器凡混杂有 220V 以上的虚假信号者, 必须用变压器予以隔离。

(3) 通用输出各端子的作用

37~48 为 XL100 控制器的模拟输出量端子, 共 12 个。如果加入继电器模块, 可将模拟量转换为数字量输出, 故称为通用输出量。如图 5-9 所示。

继电器模块 MCD3 输入端子 18 控制继电器 K_1 、 K_2 , 其触点容量为 240V、0.2A; 输入端 17 控制继电器 K_3 , 其触点容量为 240V、3A, 接地可经由端子 2 或 3。继电器模块

MCE3 输入端子 16 控制 K_3 , 17 控制 K_2 , 18 控制 K_1 , 继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 的触点容量均为 240V、2A。

继电器模块经控制器特定的连接, 从端口 65、66 取得直流电压, 在联接时, 需注意极性。继电器模块作为输出使用, 它便于控制强电, 它将控制器输出的模拟量转换为开关量。值得注意的是, 继电器模块不许直接联接到变压器 CRT2 上。

(4) 报警继电器的连接

看门狗报警继电器可作为信号传递之用, 采用停歇报警开关, 以区别不同种类的事故。控制器面板上指示灯 L_1 、 L_2 、 L_3 表示的意义见表 5-5。报警电路见图 5-10。

(5) 系统总线

XL100 通过通讯模块 XD505 或 XD508 可与系统总线 C-Bus 连接, XL100、XL500、XL600 等控制器通过 C-Bus 总线相互通讯, 亦可与中央站传递信息。系统总线与各控制器的连接见图 5-11。

注意, 各控制器之间的连接, 必须如图所示, 不允许用星形连接, 因为这样会导致无法控制的线缆反应。

3. XL100 控制器使用注意事项

(1) 每一控制器的电源变压器必须单独使用, 不得数台控制器合用一台变压器。

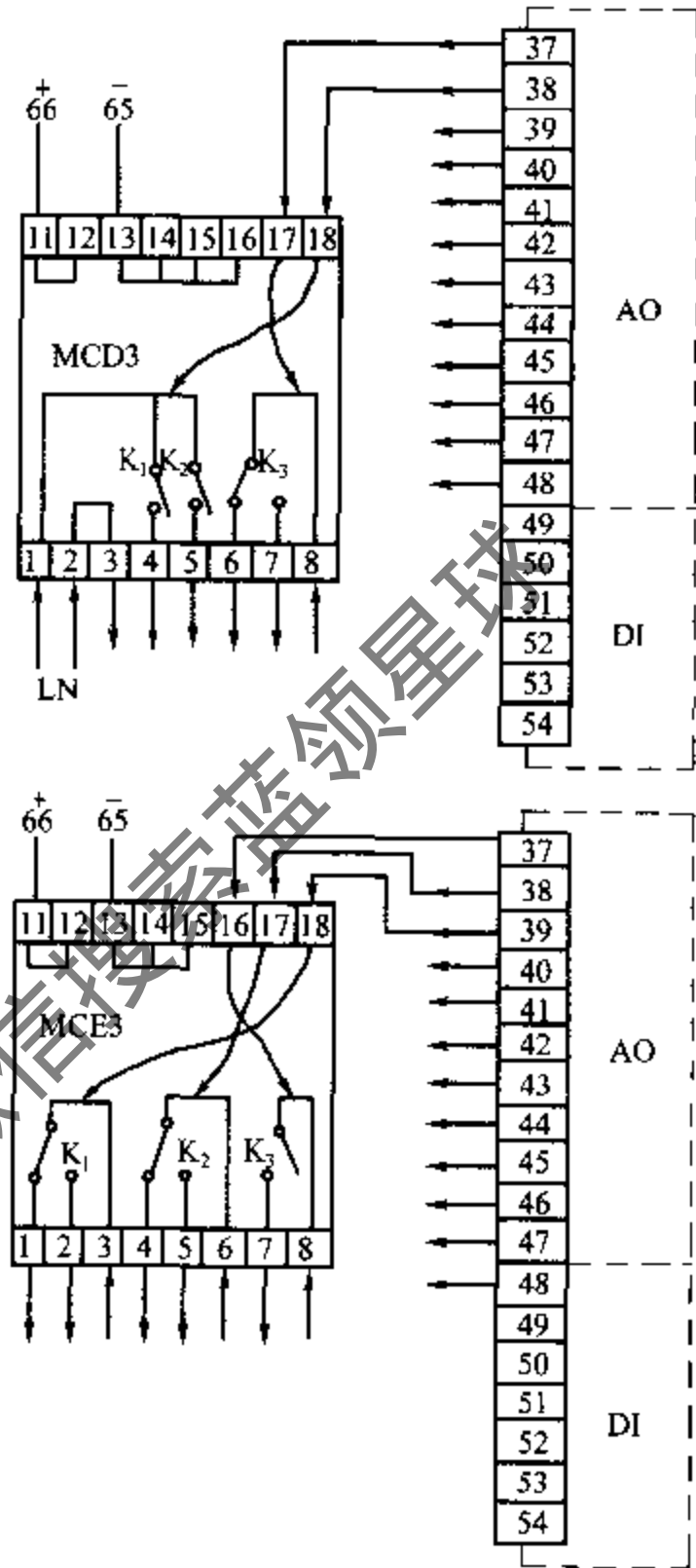


图 5-9 MCD3、MCE3 继电器模块接线图

表 5-5 指示灯表示的意义

L_1 (黄)	接通电源黄色灯亮
L_2 (绿)	ON (亮) 运行中
	OFF (灭) 运行停止
L_3 (红)	常亮 报警运行停止
	闪 主存储器出现故障
	亮:灭 = 1:5 表示内部总线与控制器间以及输入、输出模件故障; 闪烁亮:灭 = 5:1 表示控制器功能紊乱

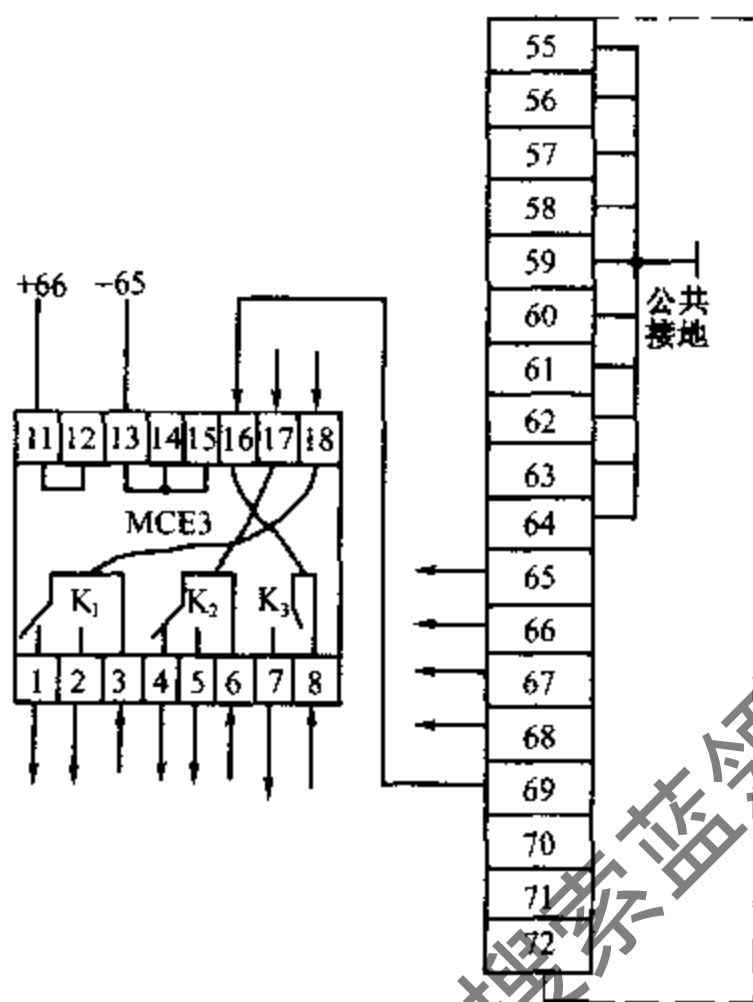


图 5-10 XL100 看门狗报警器电路

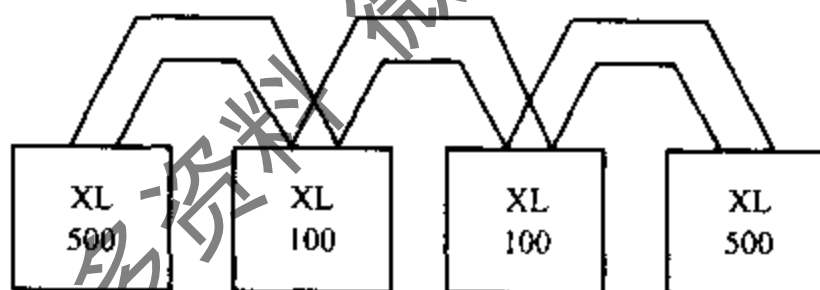


图 5-11 系统总线连接

- (2) 为避免干扰，变压器与控制器间的线缆应尽可能短。
- (3) 不论情况如何，控制器主基板的空间端接点，概不得充当布线的支撑点。
- (4) 系统接地不得与控制柜接地相接。

(三) XL500、XL600 大型控制器

1. XL500、XL600 控制器概述

这是采用插件式功能模块化结构的大型直接数字控制器，我国国家标准规定分站宜选用模块化结构，它用于建筑物内机电设备的控制与管理，例如冷冻站、换热站、变配电和空调机组等设备比较集中的场合。根据被控对象的不同类型和要求，确定所需要的输入、输出点数，设计者合理选配控制器的功能模块，组成所需要的控制器。所组配的 XL500 控制器输入、输出总点数最多为 128 点。

XL500、XL600 最多可容纳 18 块模块，其中包括一块计算机模块、一块电源模块和 16 块模拟量和数字量输入输出模块。通信模块插入计算机模块内。XL500 计算机模块

XL5010 是 16 位的, 而 XL600 计算机模块 XL6010 是 32 位的, 一般多应用 XL500 控制器。这两种计算机模块均装有 RAM128K byte、OS EPROM 512 个 byte, 并装有先进的存储器 Flash Memory 128K/256K byte (小硬盘) 作为控制器的数据库, 供用户现场编程调试使用。

每 4 块功能模块占用一个标准机箱为 $144 \times 192 \times 188\text{mm}$ (高 \times 宽 \times 深), 各模块由机箱内的、已附带的总线连接。每台 XL500 (XL600) 控制器最多由 5 个机箱组成, 可左右排列, 也可上下排列。

其应用程序如前而介绍过的 EXCEL CARE 软件那样, 能很方便地编制出 XL500、XL600 所需要的应用程序和数据。对空调来说, 有与 XL100 中所述的相同软件功能, 如间歇运行、焓值控制、最佳化经济运行、夜间净化、零能量带 (区)、限制功率等节能控制程序以及设备的 PID 控制程序等。

控制规律有断续 PI、连续 PI、连续 PID、串级 PI 控制等。此外, 它还能完成输入求和或平均值、两个输入之差、自动选择最大值或最小值等。

另外, 具有报警功能, 如超限、状态变化和系统工作不正常等, 用户自身定义这些事件为高优先级报警或低优先级报警。最优先级报警拥有高等级报警优先权, 例如系统低电压报警是高优先级报警。

通常有故障会马上报警, 但是当用户设置一个报警延迟时间 (秒数量级) 后, 控制器内发生相关的报警信号会有延迟。同样, 禁止报警功能允许用户删除一些特殊点所产生的报警信号。

与报警有关的数据 (用户地址、报警内容、时间和日期) 将储存在数据文件中, 并可在打印机上列出。

关于操作终端, XL500、XL600 可选 XI581AH (固定式) 和 XI582AH (移动式) 操作员终端, 它提供一个操作员接口, 可进行人 - 机对话。还可选 XI584 手提式操作员终端, 这是一套软件工具, 它可以在手提式计算机上运行, 可以输入、输出应用程序, 初始化和调试控制器, 调整工作参数, 并且它还提供 XI581AH、XI582AH 的功能。

2. 模块化设计、选型

由于 XL500 (XL600) 控制器是插件式功能模块化结构, 所以, 应根据工程实际需要来选配不同的功能模块, 并按规定正确安装。各功能模块型号及技术参数见表 5-6。

表 5-6 XL500/600 功能模块

模块类型	型号	点数	输入/输出说明
模拟输入 AI	XF521A	8	0 ~ 10V (3 ~ 10V) 0 ~ 20mA (4 ~ 20mA), NTC, PT1000
	XF526	8	0 ~ 10V (3 ~ 10V) 0 ~ 20mA (4 ~ 20mA) DC, NTC, PT1000 Bal-co, PT3000
数字输入 DI	XF523A	12	干接点 ac 或 dc, 最大 1mA · 24VAC 或 DC, 最大输入阻抗 15K Ω , 均可做总加点使用 (1Hz, 2Hz, 15Hz, 3 ~ 12Hz, 0.4Hz), 每个输入点均有状态显示
	XF528	60	其中首 12 个点可做总加点使用, 其余同上

续表

模块类型	型号	点数	输入/输出说明
模拟输出 AO	XF522A	8	0~10V DC (+/-1mA), 其中1~5点带超驰控制开关, 进行手动/自动切换
	XF527A	8	0~10V DC (+/-1mA), 有8个发光二极管 LED 以亮度强弱变化反映输出大小的变化
数字输出 DO	XF524A	6	5个单刀双掷无电压触点输出, 1个常开单刀单掷无电压触点输出 5个超驰控制开关 (自动/手动/断路) 每个输出触点容量最大4A, 24V 每个模块最大电流不超过12A 本模块不得安装在第一个控制箱中
	XF529	6	与XF524相同, 但无超驰控制开关, 增加6个发光二极管 LED, 显示每点的状态
三位输出 (用于浮动控制)	XF525	3	3组3位输出, 用于浮动控制, 可操作24V AC (1.2A) 或120/240V AC (0.2A) 的执行器本模块不得安装在第一个控制箱中
控制模块 (电脑模块)	XC5010	—	16bit, 80C188, 有6个LED显示程序状态、故障、发送与接收以及报警等。本模块必须安装在第一个控制箱第四个槽位
	XC6010	—	32bit, 其余同XC5010
电源	XP502*	—	输入24V AC
通信模块	XD505	—	插在XC5010或XC6010上, 用于C总线通信, 9600bps
	XD508	—	插在XC5010或XC6010上, 用于C总线通信, 1M bps

* 霍尼韦尔提供 XAPU24-2E 不间断电源 (UPS) 模块, 专门用于对 XP502 供电。

规定在第一个机箱中的第一个槽位上, 安装电源模块, 在第一个机箱的第四个槽位上, 配置计算机模块。此外, 在第一个机箱内还可以安装其它两个功能模块, 但规定在第一个机箱内不允许配置 DO 模块。另外, 还规定每台控制器中, 同一种功能模块最多只允许配置 10 块。XL500 模块位置见表 5-7。

表 5-7

XL500 模块定位表

模 块	定 位
计算机模块 XC5010, XC510	第一机箱第 4 位
电源模块 XP502	第一机箱第 1 位
模拟输入量模块 XF521	随 意
模拟输出量模块 XF522	随 意
数字输入量模块 XF523	随 意
数字输出量模块 XF524	不在第一机箱内
三位输出模块 XF525	在第一机箱内

3. 模块编号与地址设置

端口模块用针销编号, 以避免不同模块功能与运行发生差错, 当发生差错时会使组件毁坏。

端口模块的编号是用针销插进底座指定的位置孔内, 各模块编号的插针位置见表 5-8。

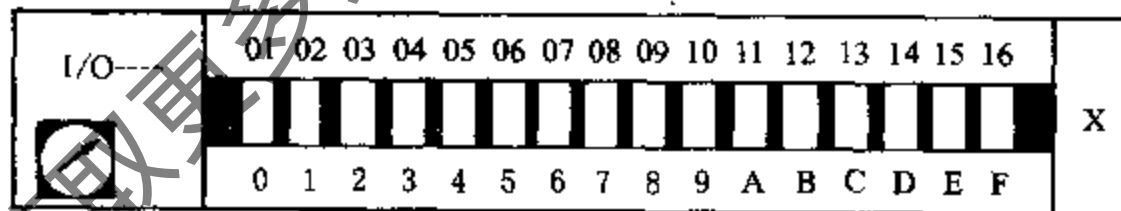
表 5-8 模块编号的插针位置

模块型号	插针位置
计算机模块 XC5010/510	08
电源模块 XP502	06
调制解调器 XM541	13
AI 模拟量输入模块 XF521	07
AO 模拟量输出模块 XF522	11
DI 数字量输入模块 XF523	09
DO 数字量输出模块 XF524	10
三位输出模块 XF525	12

设置模块的地址是应用旋转式开关, 此开关位于各个输入及输出模块的上方。XP501 电源模块、XC5010、XC501 计算机模块及 XM541 调制解调模块都不需要硬件地址。

16 个输入、输出模块 (最多) 是用旋转式开关标位 0...F, 旋转开关的标位与模块位置间的关系见表 5-9 所示。

表 5-9 旋转开关位置与模块位置关系



特别需要注意的是: 当接有电源时, 切勿拔出模块。应先将 XP502 电源模块的开关 S_1 拨向 0 的位置。

4. 模块的接线

(1) XP502 电源模块

XP502 电源模块接线如图 5-12 (a) 所示, 为监视主电源, 看门狗报警器必须自备电源或电池。在操作中的控制器看门狗继电器的端子 17 与 18 相联接, 控制器不操作时, 端子 16 与 17 相联接。

(2) XC5010, XC510 计算机模块

XC5010, XC510 计算机模块如图 5-12 (b) 所示, 系统总线接到端子 16 [C+] 及端子 17 [C-], 如线缆屏蔽, 则两端应各接到 XC5010、XC510 计算机模块的端子 15 上。

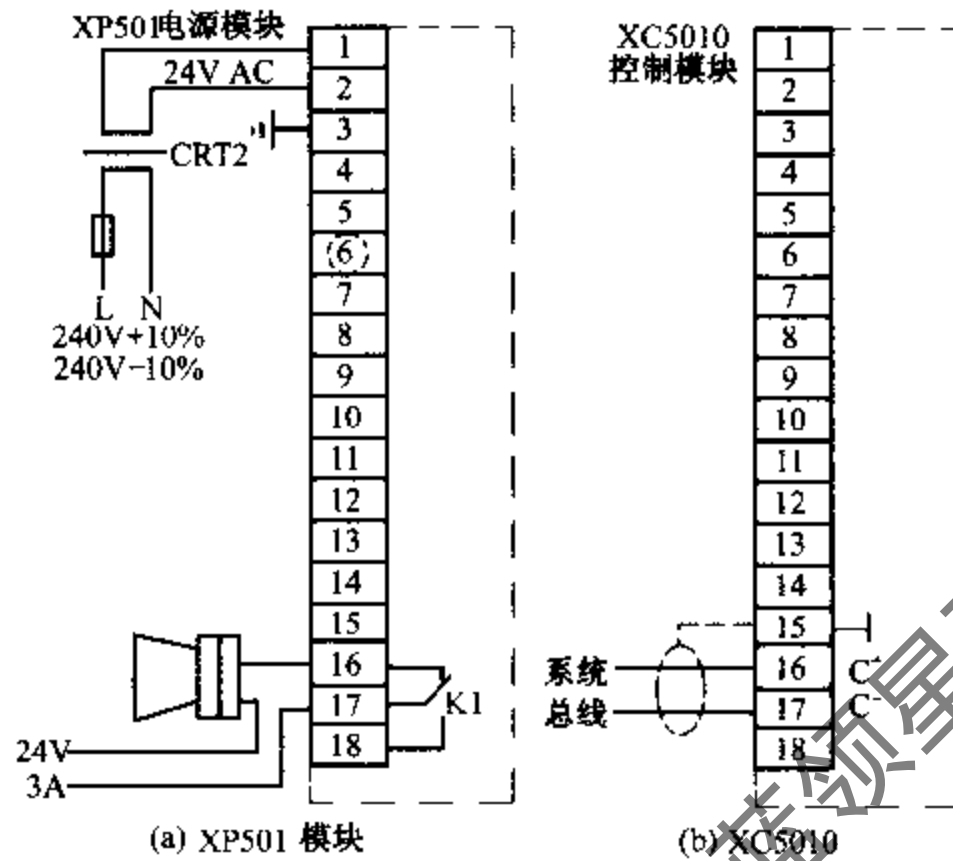


图 5-12 XP501、XC5010 接线端子

(3) XF521 模拟量输入模块

XF521 模拟量输入模块接线如图 5-13 所示。从图中可以看出，模拟信号 0~10V DC 和电阻信号（如测温热电阻）可直接接到端子 1、2 上；对于 0 (4) ~ 20mA DC 信号，需并联电阻 R_1 ($499\Omega \pm 0.25\%$) 后接在端子 1、2 上。

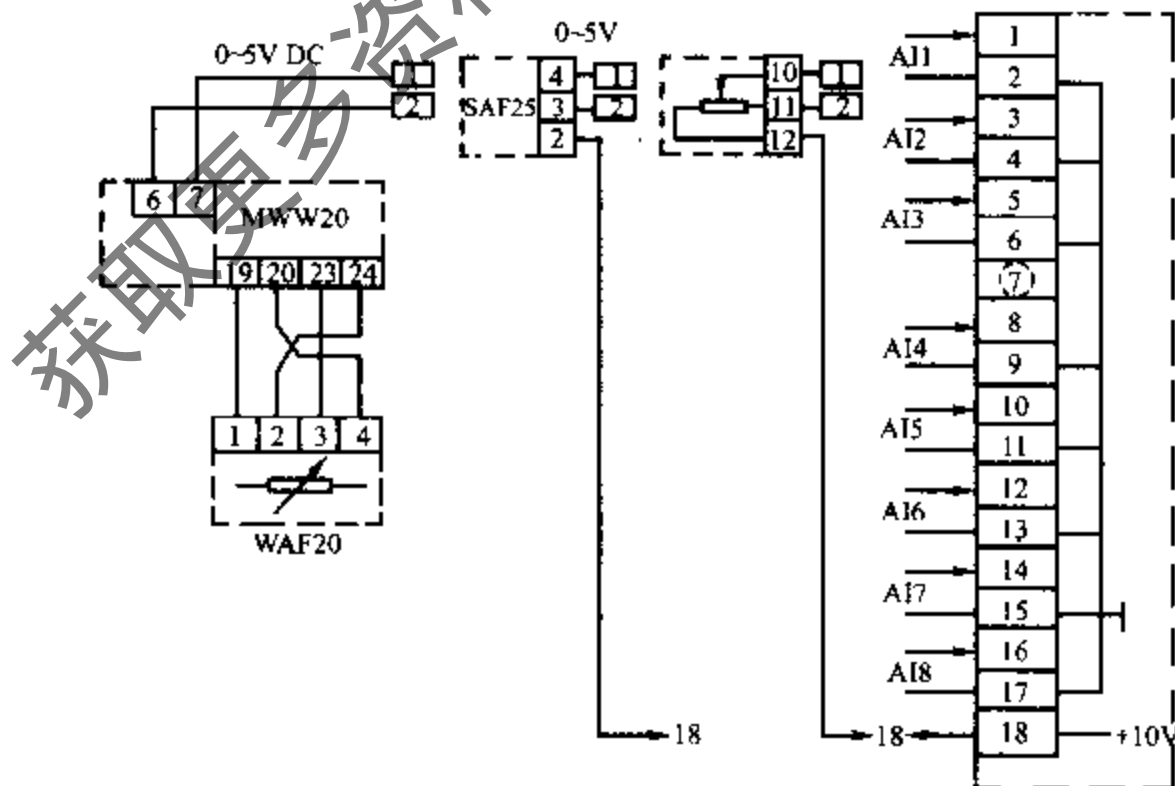


图 5-13 XF521 模块接线 (a)

如测量气流是否流通，总是需要 WAF20 传感器和 MWW20 变送器，转换成 0~5V DC 信号后接入 1、2 端子。对于光方面则应用光变送器 SAF25 再接到 1、2 端子上。如

需要反馈信号，则接入反馈电位器 VWP (10K 可变电阻)。

(4) XF522 模拟量输出模块

XF522 模拟量输出模块的接线端子如图 5-14 所示，A01 ~ A08 共 8 个模拟输出量，输出 0 ~ 10V DC，最大电压为 11V DC，最大电流为 $\pm 1\text{mA}$ 。

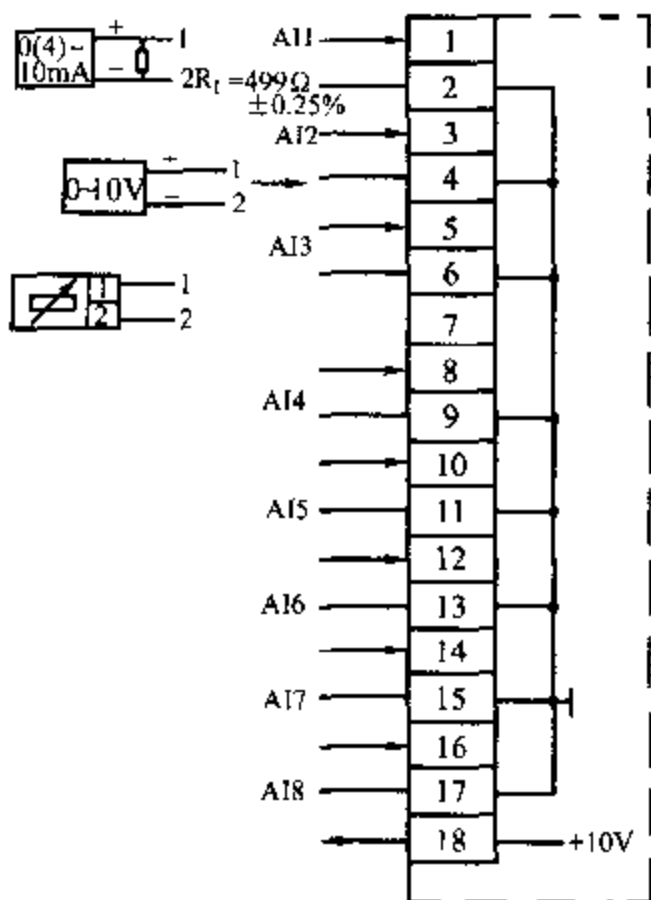


图 5-13 XF521 模块接线 (b)

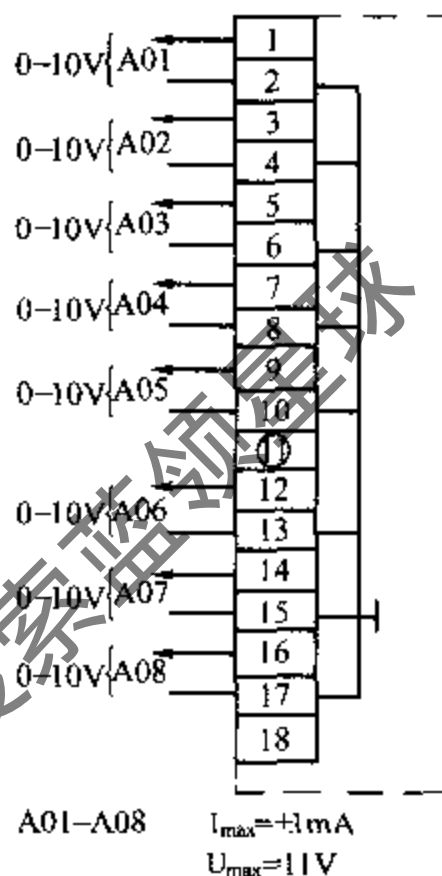


图 5-14 XF522 模拟量输出模块

(5) XF523 数字量输入模块

XF523 数字量输入模块的接线如图 5-15 所示。数字量输入模块可具备直流或交流电压信号，本模块有 12 个数字量输入，当输入电压达到 5V 时，数字量信号置“1”的状态，由于有 2.5V 的滞环，数字量信号必须下降到 2.5V 以下时，才出现“0”状态。

非霍尼韦尔电压电源，则直流和交流电压为 28V，这是允许的最大信号电压。

输入电阻 R_i 为 15K Ω 。这种数字量输入亦可作为求和器。

各输入点相应输入量见表 5-10。

表 5-10 XF523 输入点信号类别

信号 端口	频率	脉冲宽度	脉冲间隔	颤时间
1 ~ 2	最大 15Hz	最小 20ms	最小 33ms	最大 5ms
3 ~ 12	最大 0.4Hz	最小 1.25s	最小 1.25s	最大 50ms

(6) XF524 数字量输出模块

XF524 数字量输出模块的接线端子见图 5-16。其中 $K_1 \sim K_5$ 为单刀双投触头转换，

K_6 为常开单刀单投触。触头均在无电压下转换。

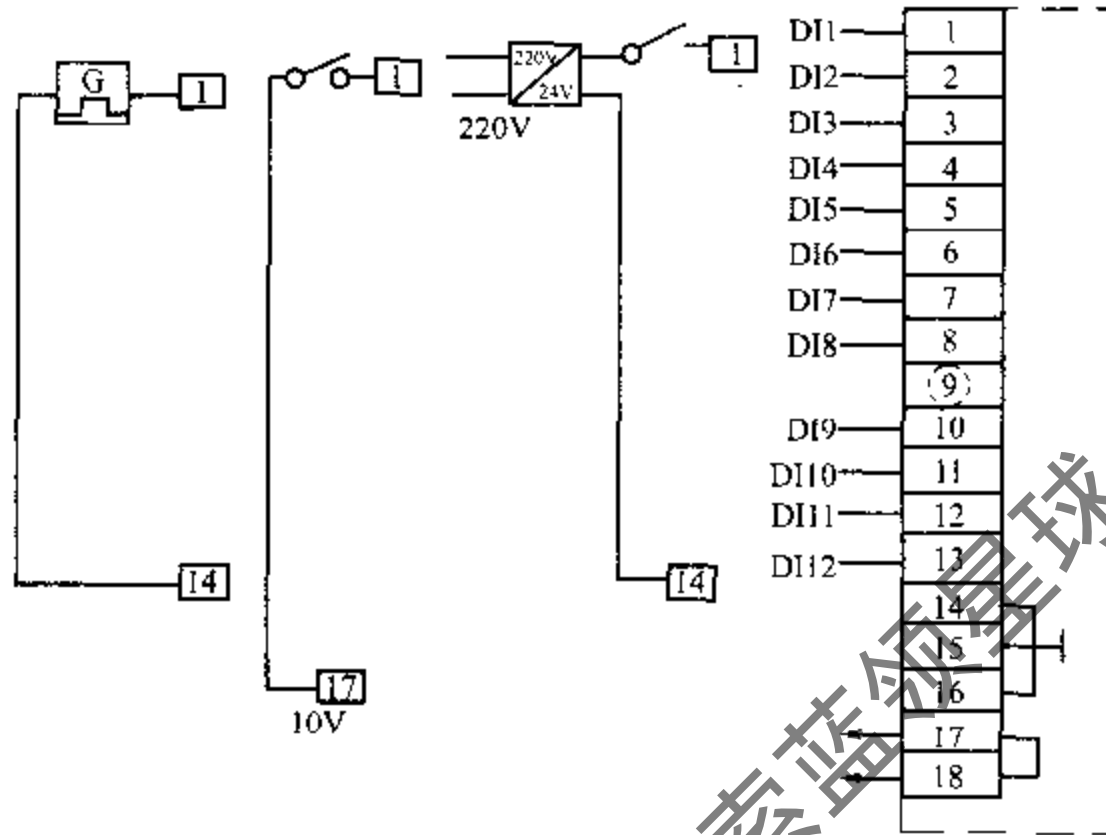


图 5 - 15 XF523 数字量输入模块

触点额定值：最大 240V 时，电流为 $6 \times 2A$ ，如增加负载时，最大 240V，电流为 $(1 \times 4A) + (5 \times 2A)$ 。

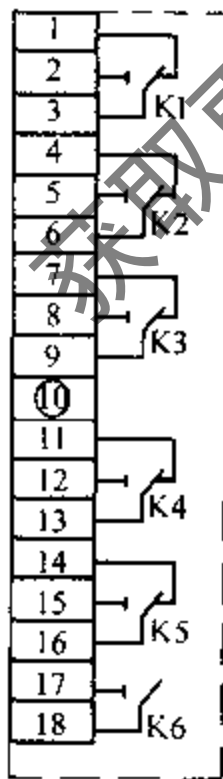


图 5 - 16 XF524 数字量输出模块

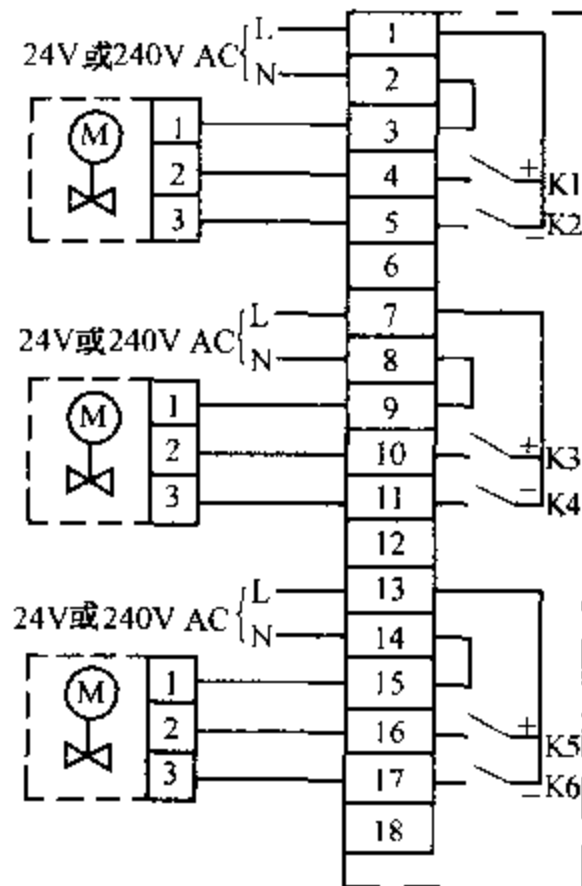


图 5 - 17 XF525 三位输出模块 (数字量)

(7) XF525 三位输出模块

XF525 三位输出模块的接线端子见图 5-17。最大 240V 电压时, 电流 0.2A, 或最大 28V 电压, 电流 1.2A。

(8) 系统总线

连接在一条系统总线上的 29 个 DDC 控制器可彼此互相通信。与 XL100 系统一样, 系统总线必须经过各个控制器相互连接, 而不允许采用星形连接。

三、其他 DDC 控制器

(一) 北京柏斯顿公司 BS 系列 DDC 控制器

BS 系列 DDC 控制器是北京柏斯顿公司的产品, 有两种规格: BS-3000, BS-2000。

1. BS-3000 DDC 控制器

BS-3000 DDC 控制器主要适用舒适性空调机、新风机组及一般机电设备的控制。控制点数见表 5-11, 输入、输出信号见表 5-12。

表 5-11 BS-3000 DDC 输入、输出点数 [() 为可扩展点]

输入 (I)		输出 (O)	
AI	DI	AO	DO
8	8	4 (6)	8
28 (30)			

表 5-12 BS-3000 DDC 输入、输出信号

AI	0-10V DC, * PT100, * PT1000, * 0-5V DC, * 4-20mA DC
DI	0-15V DC 电平信号 (推荐使用 5V DC)
AO	0-10V DC
DO	220V AC, 3A 双向可控硅开关, * 380V AC, 3A 双向可控硅开关, * 24V AC, 3A 双向可控硅开关, * 50V DC, 1A 直流输出电子开关

注: 打 * 号者为选项, 需在订货时预先说明。

2. BS-2000 DDC 控制器

BS-2000 DDC 控制器适用于各类空调机 (定风量、变风量、双风管等) 的控制, 也可用于冷冻站、热力站及锅炉等设备的控制。

控制点见表 5-13, 其信号见表 5-14。

表 5-13 BS-2000 输入、输出点

输入 (I)		输出 (O)	
AI	DI	AO	DO
24	8 (24)	2 (10)	8 (16)
42 (74)			

注: 表中点数为出厂配置, 括号内为最大配置。

表 5-14 BS-2000 输入、输出信号

AI	0~10V DC, PT100, PT1000, 0~5V DC, *4~20mA DC, *0~10mA DC
DI	0~15V DC 电平信号 (推荐 5V DC)
AO	0~10V DC, *4~20mA, *0~10mA
DO	220V AC, 3A 双向可控硅开关, *380V AC, 3A 双向可控硅开关, *24V AC, 3A 双向可控硅开关, *50V DC, 1A 直流输出电子开关

注：打 * 号者为选项，需在订货时预先说明。

这两种控制器均内置 8 个控制模块，可编成 P、PI、PID 开关、串级等控制方式；内置的计算模块有 4 个，可编成平均、高、低值选择，焓值计算等的计算；内置的逻辑模块有 4 个，可进行各种逻辑运算。

(二) 清华同方 RH-DCU 系列 DDC 控制器

RH-DCU 系列 DDC 控制器是清华同方控制工程公司人工环境工程公司开发的 RH 分布式微机控制系统中应用的 DDC 控制器。RH 分布式微机控制系统是供热、制冷、空调工程中专用的控制系统。其开发考虑了供热、制冷、空调热工过程的特点和节能控制要求。

RH-DCU 直接数字控制器对单台机组与子系统进行多参数检测及多回路控制；该控制器可单独工作，完成现场监控任务，亦可通过 RH 通信网络将信息送往中央站接受中央站的指令，实现监控管理。

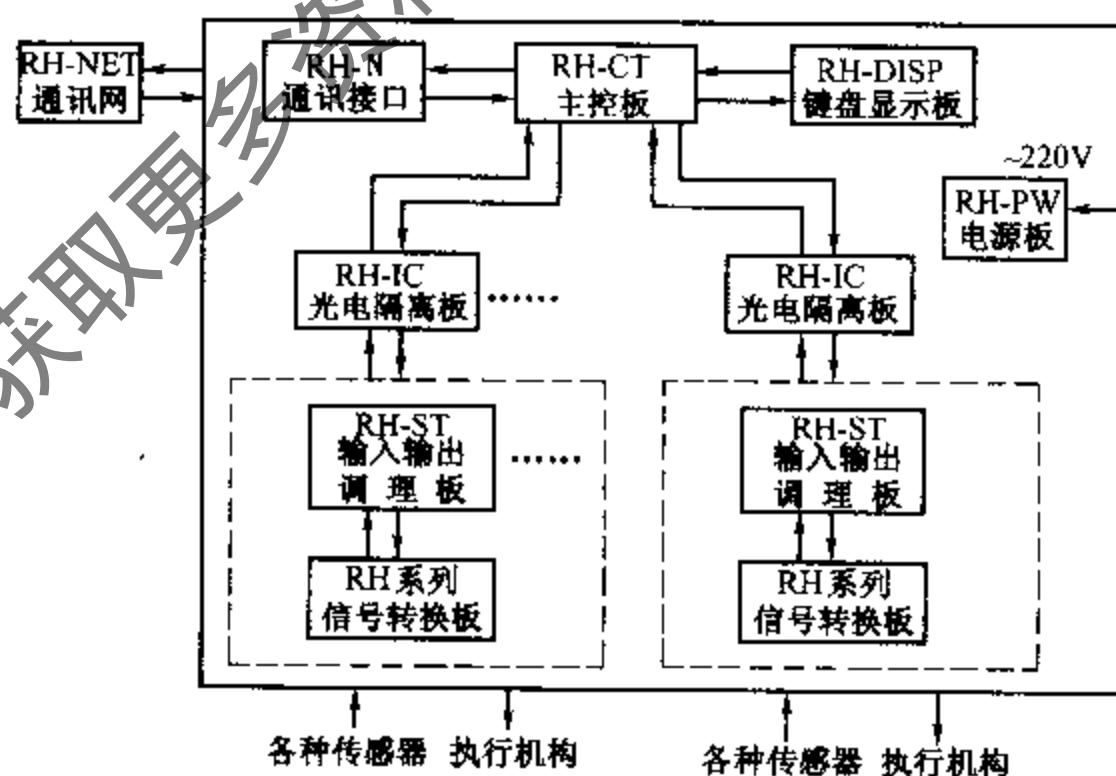


图 5-18 RH-DCU6403 框图

RH-DCU 直接数字控制器由主控制板，键盘显示板，“输入调理板”，输入、输出调理板，光电隔离板，信号转换电路板，通讯接口各单元电路及 DCU 现场控制器系统

软件、用户软件等组成。图 5-18 是 RH-DCU 系列中 RH-DCU6403 的组成框图。这种控制器的特点是其输入、输出通道可根据用户要求确定, 利用输入输出调理板可连接各种不同类型的输入信号转换板。因而可将传感器、变送器等各种模拟量(电流、电压)转换为数字量(相应的频率信号), 作为输入模拟量与主控板之间的接口电路。也可以完成数字量到模拟量的转换, 输出一个电压信号(0~16V)或电流信号(4~20mA 或 0~16mA), 作为输出信号控制执行器。调理板采用输入、输出组合式, 便于设计并可充分利用调理板。RH-DCU 控制器的点数见表 5-15。

表 5-15

RH-DCU 点数表

I / O	输入 (I)	输入、输出可选 (I, O)
型 号		
RH-DCU6403	64 点输入、输出可选	
RH-DCU3202	16	16
RH-DCU1601	8	8

第四节 集散型计算机控制系统简介

一、集散型控制系统 (TDS) 的构成

(一) 集散型控制系统的结构

集散型控制系统由一个(或多个)中央站实现监控管理功能, 用数据通信通道——总线, 把完成分散控制功能的多个分站, 连成一个整体系统。集散型控制系统的结构如图 5-19 所示。最多可由四级组成。

(二) 集散型控制系统的优点

集散型控制系统以微型计算机为核心, 综合了计算机技术、控制技术、通信技术和图形显示等技术, 开创了自动控制的新时代。它不仅具有传递控制功能、集中化的信息管理和操作显示功能, 而且还有大规模数据采集、处理功能以及较强的数据通信能力, 为实现高等过程控制 and 生产管理提供了先进的工具和手段。

集散型控制系统的中央站对建筑物实施集中管理, 能提高管理质量、节省人力; TDS 的控制功能尽可能分散, 不但适应了生产过程的设备分布广和各工艺设备相对独立的控制要求, 而且还能尽量减少故障波及面, 实现“危险分散”, 使一个分站的故障仅仅限定在有限的范围之内; 采用集散型控制系统, 还可以做到减少初次投资以及系统扩展易于实现等。减少初投资是一切工程都要考虑的, 对于建筑物自动化系统而言, 扩展是经常需要的, 规模小时需要扩展的是监控点(这在设计选用 DDC 控制器时应预留监控点), 规模大时需要扩展的是分站, 当然也包括分站中的监控点。

建筑物自动化系统规模的区分, 一般是以监控点的数量作为划分依据的。我国民用建筑电气设计规范规定的建筑物自动化系统规模区分见表 5-16, 它引自国外对工业过

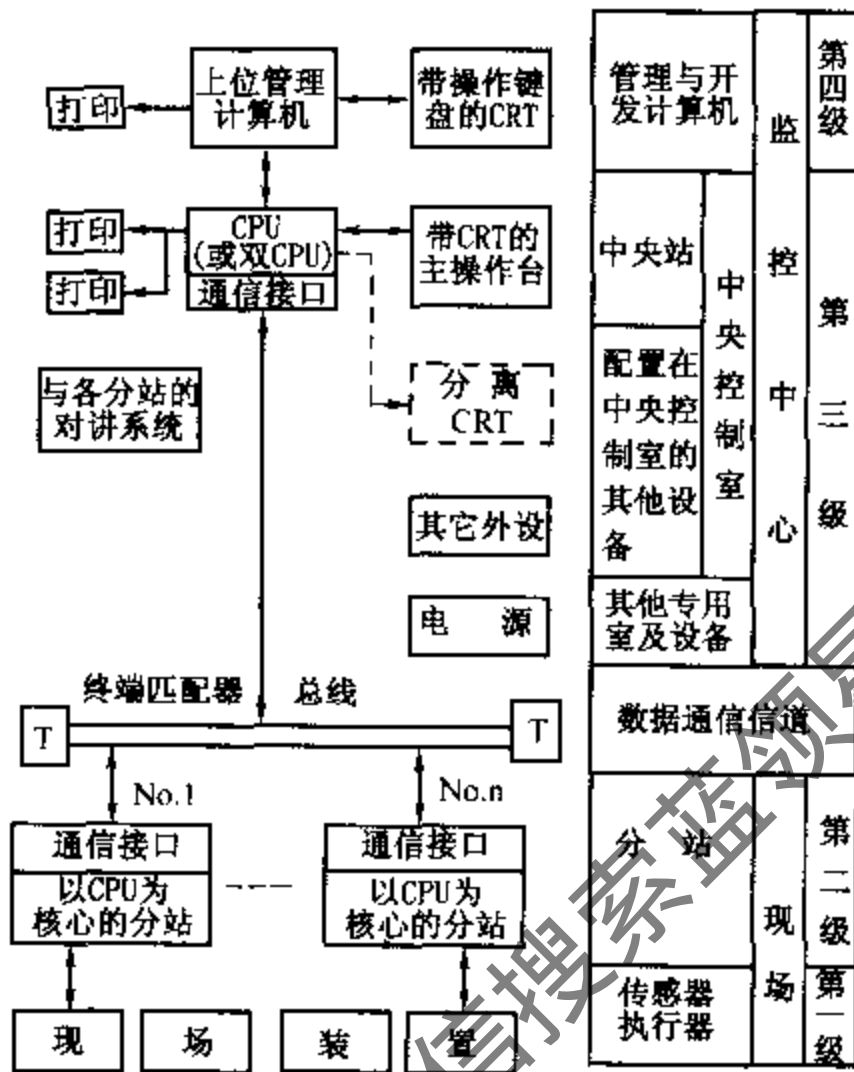


图 5-19 集散型系统框图

程实现监控的分布式计算机控制系统的划分。

如果控制系统属于小型系统（单机或多机系统），只需按规范中集散型系统（图 5-19）选用第一、第二两级也就足够了，通称直接数字控制系统。假如监控点达数百点，这时则应选用数台 DDC 控制器作为分站，再选用一台通用的微型计算机并附以必要的外部设备组成中央站，即采用图 5-19 中的第一、二、三级的结构，在一般的建筑物自动化系统中，使用这种结构也就能满足要求了。

二、中央站和分站

集散型系统的中央站和分站直接连在一条总线上，直接进行数据通信；分站间也是点对点直接通信；分站的工作不受中央站停止工作的影响。

（一）中央站

1. 中央站的组成

国家规范规定中央站应包括 CPU、存储器、输入输出装置及净化电源。此外，还应有通信接口单元、键盘、监视器以及至少一台打印机。

2. 中央站的主要功能

表 5-16 BA 系统规模区分

系统规模	监控点数
小型系统	< 40
较小型系统	41 ~ 160
中型系统	161 ~ 650
较大型系统	651 ~ 2500
大型系统	> 2500

(1) 网络管理

当代中央站应配置 32 位网络操作系统软件，以建立以太网，并实现网络管理和数据库管理。

(2) 系统管理

监控中心的系统管理软件应包括：

存取全部数据和控制参数；输出、打印各类综合报告；趋势分析；报警处理；历史记录；提供设备维护管理自动化所需数据、资料与指标。

使用上述的软件，使中央站对各分站系统进行中央管理，不断地监视建筑物内各项设施和机组设备、收集数据、分析信息、打印报表、给出历史和动态趋势数据、绘制曲线和图形。可以给出整栋大楼外形图，各楼层的图形及各种设备的动态运行图形。设备的各种状态都以不同颜色显示在设备图形上。当某台设备出现故障时，立刻在显示器上出现该设备的图形，并以声、光指示故障位置，提示维修人员及时检修。还可以根据时间和节假日安排时间程序启、停有关设备。

(二) 分站

1. 分站的种类

分散控制型——有分散地实现闭环控制功能的硬件组成的分站，按有无微处理器分为智能控制型（以微处理器为核心）DCP—I 型和普通控制型（无微处理器）DCP—G 型两种。主要应用 DCP—I 型分站。

数据采集型，又称数据采集盘，只进行数据采集并将信息传送监控中心，无闭环控制功能。

2. 分站的组成

按照模块化结构，大体上，分站可包括的功能模块种类如同 XL500 控制器那样，有电源模块、电脑模块、DI 模块、DO 模块、AI 模块、DI 模块、UPS 模块以及用于通信的通信模块等。当代最先进的电脑模块已采用 32 位微处理器。所有的点均应有相应的状态显示，理想的模块还应有手动、自动及停止的面板操作，以利于系统开通及现场维修。

分站上应有较完美的人机接口、数据显示窗口及操作按键等，供操作员和程序员用便携式终端设备进行临时性现场操作和程序设定以及参数修改。分站上的基本系统是 CPU、EPROM、RAM、通信模块、电源模块、总线及占主要部分的输入、输出模块。

3. 分站功能

分站输入及输出应满足建筑物自动化系统所传送的标准信号需要，如 4~20mA DC, 0~10V DC 等。开关量输出有：两态控制（通、断）、三态控制（开阀、关阀、停阀）。

分站软件至少应包括系统软件（含监控程序与实时操作系统）、通信控制软件、输入/输出点处理软件、操作命令的控制软件、报警锁定软件、积算软件、直接数字控制软件、事件启动的诱发程序、节能管理应用软件、一套可由用户编程的控制与计算软件包。

(三) 集散型系统设计人员的任务

为了组成集散型系统，设计人员应根据工程实际完成以下任务：

1. 确定控制系统所需的输入、输出点数及其种类（AO、AI、DI、DO），再根据点数及其分布，合理选择分站（DDC 控制器的型号、规格）以及所需配套的现场硬件（传感器、执行器等），最后选择相应的软件。
2. 选择中央站所需硬件（PC 机、CRT 显示器及打印机等）及相应软件。
3. 选择通信总线将中央站与分站连接起来，其中包括 DDC 控制器与总线通信模块，总线与中央站 PC 界面卡等。

三、集散型控制系统实例

某大厦包括办公楼、高区宾馆楼层和裙房三部分。建筑面积 $3 \times 10^5 \text{m}^2$ ，高度 425m，地上 92 层（其中包括四层设备层），地下三层。

监控范围：制冷、空调、给排水、电力等设备的自动控制。

网络部分：采用 10Mbps 的以太网作为建筑物自动化系统的信息域干线网络，现场控制域采用无屏蔽双绞线 PS485 通信总线 C-Bus。

控制点：整个建筑物总输入输出点数为 18233 点，总计使用 1425 台 DDC 控制器，其中大型控制器 XL500（128 点）52 台，中型控制器 XL100（36 点）52 台，小型控制器 XL10（12 点）1321 台（控制 1321 台变风量控制箱）。

大厦监控系统见图 5-20。

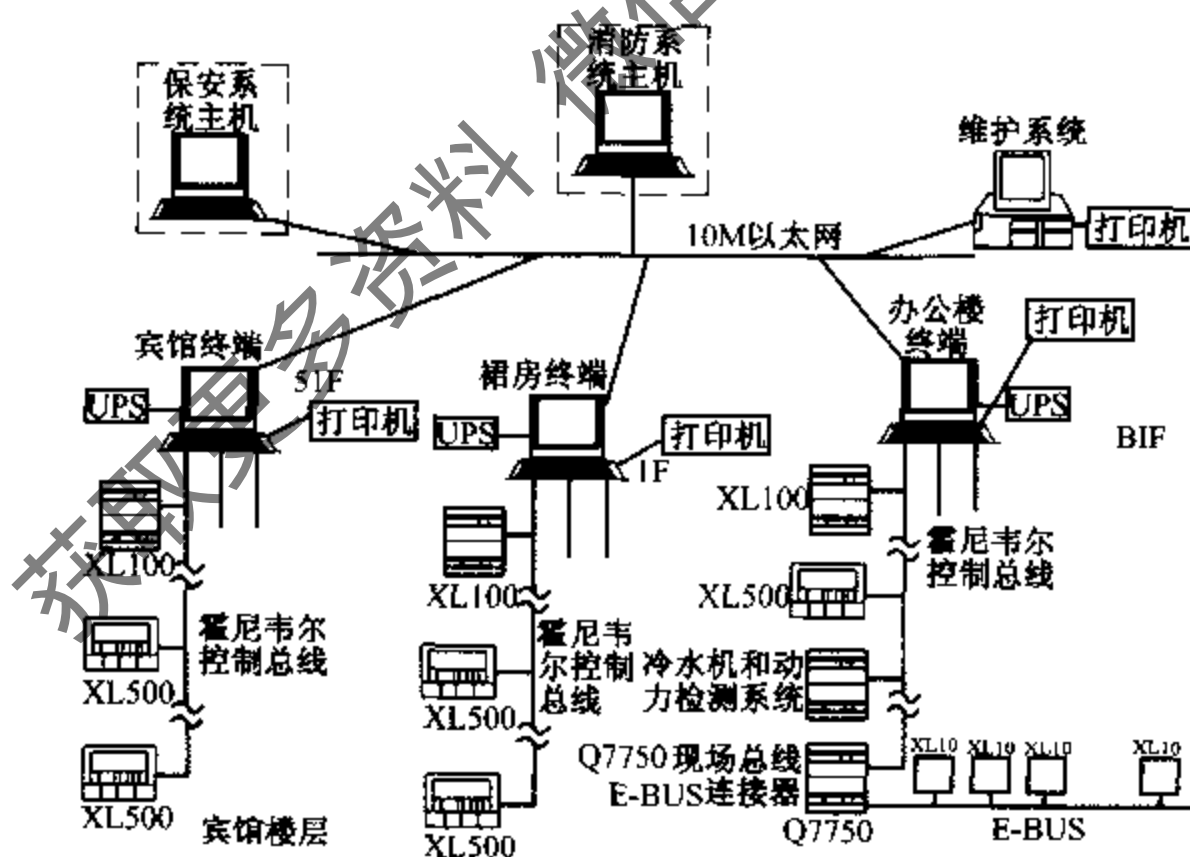


图 5-20 大厦自动化系统（工程实例之一）

办公楼、裙房、高区宾馆楼层各部的控制室分别设在地下一层、地上一层和 51 层。以上这些设备共同对大厦空调、制冷系统中的新风机组、空调机组、变风量终端、冷冻站、热交换站、变配电站、水泵、机电设备等进行控制和管理。这几组工作站用以太网连接在一起，作为环境参数的数据库与大厦的主干通信网连接。环境数据供大厦中央管

理系统使用，这是智能大厦的资源共享信息结构的特点。

此外，本建筑物自动化系统维护系统、消防系统、保安系统均连在以太网上，是内容比较全面的自动化系统。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第六章 冷库制冷系统的自动控制

在自动控制系统中，尽管调节对象的特性各异，但在选择自动控制方案时，都要考虑以下原则：

1. 必须保证系统内设备运行的安全可靠。
2. 要能改善操作人员的工作条件，节电、节水、降低生产费用。
3. 在确保生产工艺要求的前提下，尽可能简化自动系统。

在冷库制冷自动控制系统中，由于各调节对象（如库温、液位调节对象）具有较大的容量系数和自平衡能力，并且被调参数往往允许有一定的波动范围，一般采用双位调节已能满足要求，只有在少数场合才考虑采用比例调节。

第一节 库房的自动控制

一、冻结物冷藏间的自动控制

冻结物冷藏间一般采用蒸发排管作冷却设备，以扫霜为主，只在货物出空后才进行热氨融霜，融霜周期长，为简化自控系统，只装手动融霜阀和排液阀。常用自控方案有如下几种。

（一）回气采用气用常开型电磁主阀控制

自动控制回路如图 6-1 所示。

当冷间温度升至温度控制器的设定值上限时，温度控制器动作，指令电磁主阀 1、3 开启，向蒸发器 2 供液，冷间开始降温；当冷间温度降至下限时，温度控制器又指令电磁主阀 1 关闭，延时数分钟后，再关闭电磁主阀 3。其控制原理方框图见图 6-2。

回气电磁主阀延时关闭的目的主要是：

1. 在降温过程中制冷剂液体在管道内流动，当库温降到下限时，若突然同时把两端的阀门关闭，由于惯性的作用会引起“水锤”现象，这是需要避免的。

2. 延时关闭回气电磁主阀可使排管内制冷剂液体的存留量减少，这样在排管停止工作期间不会由于库温的升高而使排管中的压力升得过高，以致造成阀门误动作或使排管遭到破坏。

回气电磁主阀 3 全开时开阀的压力损失可达 14KPa，对蒸发温度低于 -30°C 的系统

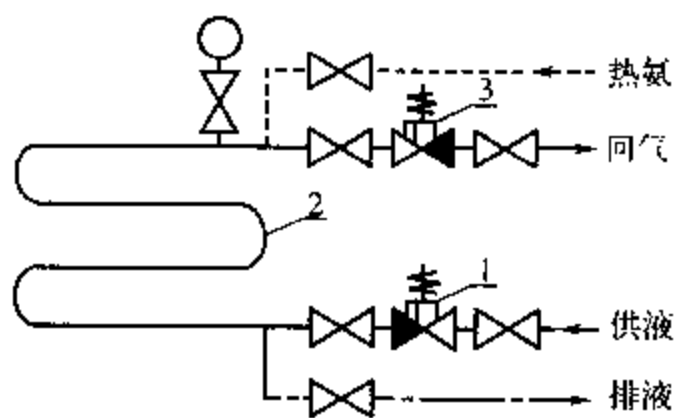


图 6-1 冻结物冷藏间自动控制回路（一）

1 - ZCL-32YB 型电磁主阀 2 - 蒸发器

3 - ZCL-50QB 型电磁主阀

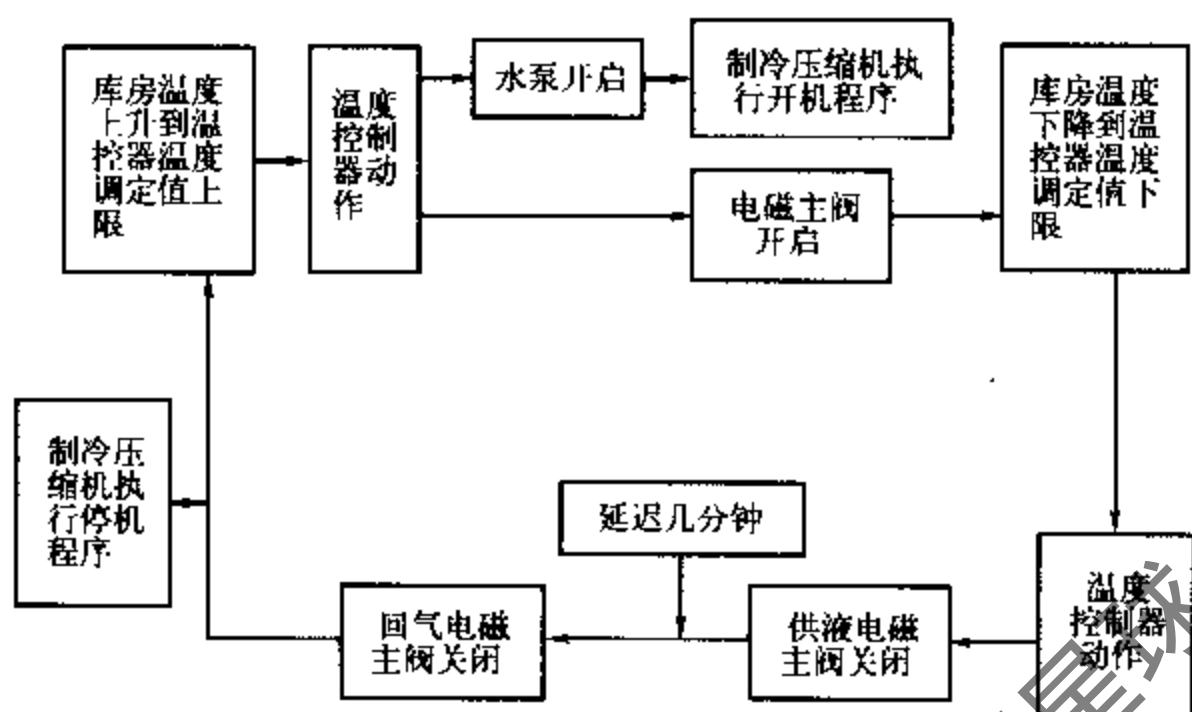


图 6-2 冻结物冷藏间自动控制原理方框图

来说，相当于将蒸发温度降低了 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ ，这是很不利的，应采取措施消除此压力损失。

(二) 回气管路上采用双电磁主阀

回气采用双电磁主阀自控回路见图

6-3。

当冷间需要降温时，电磁主阀 5 开启，电磁阀 2 开启。主阀 3 开启。当冷间不需要降温时，先关闭电磁主阀 5，再延时关闭电磁阀 2 和主阀 3，同时打开电磁阀 1，并让它延时 $2 \sim 3$ 分钟后自动关闭，这是为了排走主阀 3 活塞上部空间余存的氨气，使主阀 3 关闭严密。

由于回气管路上的双电磁主阀是依靠热氨（或系统中其他较主阀进口压力高 0.1MPa 的地方）压力导入主阀活塞上腔

（主阀活塞上的 1mm 平衡孔应堵死）来开启阀门的，而不是靠主阀进出口压力差来开启阀门，因而没有开阀压力降。导压管上的手动调节阀用于调节热氨的进入量，为了防止电磁阀 2 开启时热氨冲击主阀活塞，此手动阀只要稍微开一点，能够开启主阀即可。此方案的缺点是，由于电磁阀 1、2 动作不同步，在电路上需要有延时方案与之配合，从而使控制电路变得复杂。而且回气双电磁主阀的外接管路也较多。

(三) 回气管路上采用气用常开型电磁主阀

回气管上采用气用常开型电磁主阀的控制回路见图 6-4 所示。

当需要降温时，电磁主阀 1 断电开启，电磁主阀 3 通电开启，蒸发器开始降温。当冷间温度至设定值下限时，温控器指令电磁主阀 3 关闭，延时数分钟，再指令电磁主阀

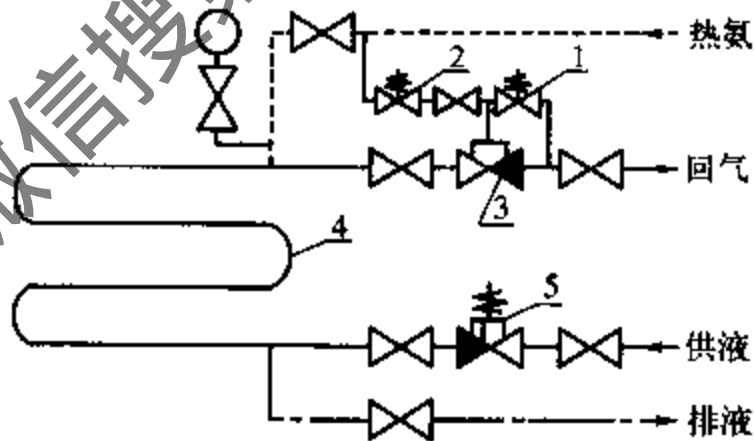


图 6-3 冻结物冷藏间自动控制回路（二）

1 - ZCL-3 电磁阀 2 - ZCL-3 电磁阀

3 - ZFS-80QB 型主阀 4 - 蒸发器

5 - ZCL-50YB 型电磁主阀

1的电磁导阀开启，热氨进入主阀活塞上方，使主阀关闭。

由于气用常开型电磁主阀靠自身弹簧力开启，蒸发器降温时回气电磁主阀也没有开阀压力降。导压管引来的压力将主阀关闭。导压管一般接在热氨管道上（也可以接在比主阀进口压力高0.1MPa以上的压力管道上），主阀关闭时，热氨会从主阀活塞的平衡孔进入回气管，引起能量损失。所以，须将导压管上的角阀（一般都装在主阀上）调好，只要能使主阀关闭，开得越小越好。另外，气用常开型电磁主阀的电磁导阀在蒸发器停止降温时处于通电状态，因此，这种控制方案用于蒸发器工作时间比停止工作时间长的库房较为合适。

（四）回气管路上不设自控阀门

回气管路上不设自控阀门的控制回路见图6-5。

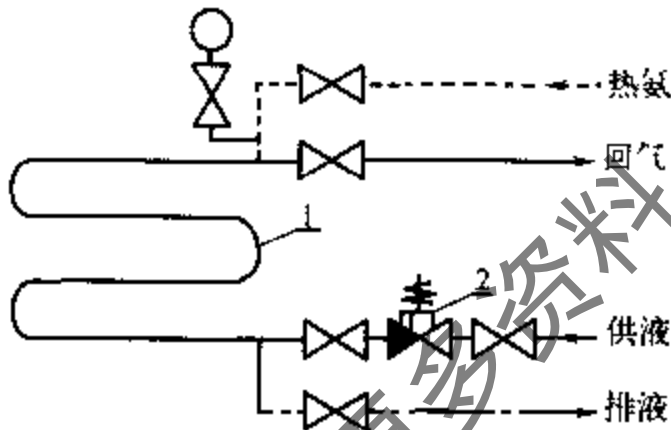


图6-5 冻结物冷藏间自动控制方案（四）

1 - 蒸发器 2 - ZCL-32YB型电磁主阀

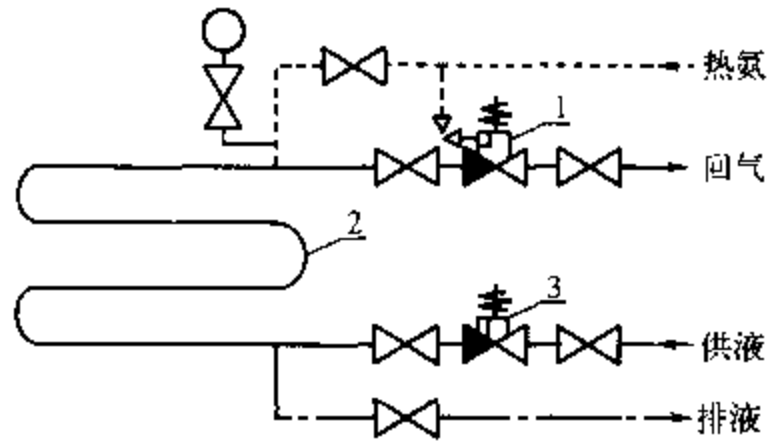


图6-4 冻结物冷藏间自动控制回路（三）

1 - ZCL-50QK型电磁主阀 2 - 蒸发器

3 - ZCL-32YB型电磁主阀

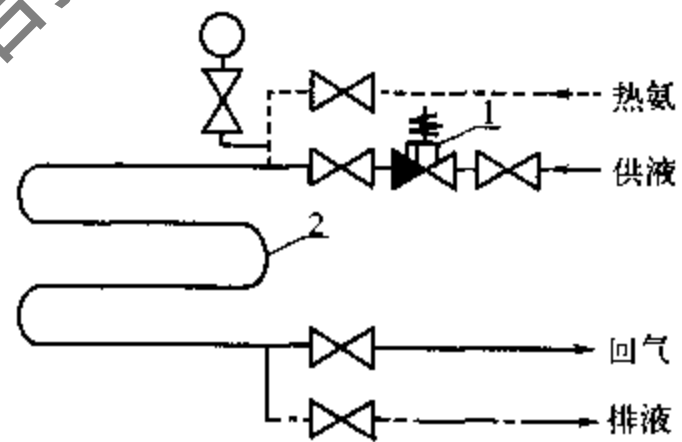


图6-6 冻结物冷藏间自动控制回路（五）

1 - ZCL-32YB型电磁主阀 2 - 蒸发器

这种控制方法只对供液进行控制，回气管路上不设自控阀门。回气管路上的手动阀平时常开，只在融霜时关闭。

此方案由于回气不设自控阀，所以，回气管路上也没有开阀压力损失，同时节省了一个自控阀和一个手动阀，简化了自控系统。但是，采用这种控制方案应注意两点：一是当库温到达控制下限时，供液电磁阀虽已关闭，若其他库房仍在降温，由于回气常开，排管内氨液仍在蒸发，会不会使库温继续下降，从而超过控制下限；二是排管内蒸发的氨液被压缩机吸回来后聚集在高压贮液桶，若多数房间停止工作，只有少数房间仍在降温，高压贮液桶能否容纳这些回来的氨液，容纳不下如何排至相应的地方。

（五）高层库房采用上进下出供液的控制

高层库房采用上进下出的供液方式，一般也只对供液采取控制。这种供液方式只适

用于蒸发器的位置高于低压循环桶的库房。其控制回路见图 6-6。

无论采用哪种控制方案，都要注意以下两点。

1. 在自控阀前后应加装手动截止阀。其作用一是在自控阀门检修时切断自控阀与系统的联系；二是在手动热氨融霜时能将供液电磁主阀后面切断，防止供液电磁主阀被倒顶开，造成热氨窜入低压系统；三是调节进入蒸发器的流量，使各层库房的蒸发器或同一层多组蒸发器供液均匀，在系统投入运行时应进行一次调整。

2. 为减少压缩机启动次数，电气线路要考虑联锁控制。即当任意一间库温达到上限时，本系统的所有库温高于下限的库房都跟着降温（房间较多的库房，可采用分层联锁），库温先降到下限的库房先停止供液，等库温全部到下限后，制冷压缩机才停止运转。采用联锁控制后，总是只有一间库房温度回升到上限，多数库温未达到上限的库房又跟着降温，使库温的波动范围小于温控器的幅差，提高了控制精度。

(六) 冻结物冷藏间的自动控制电路

冻结物冷藏间的自动控制主要是库温的控制，由温控器控制蒸发器上的供液和回气电磁主阀实现。下面介绍 TDW-12 型温度控制器对冷间进行温度控制的电路。电路原理见图 6-7。

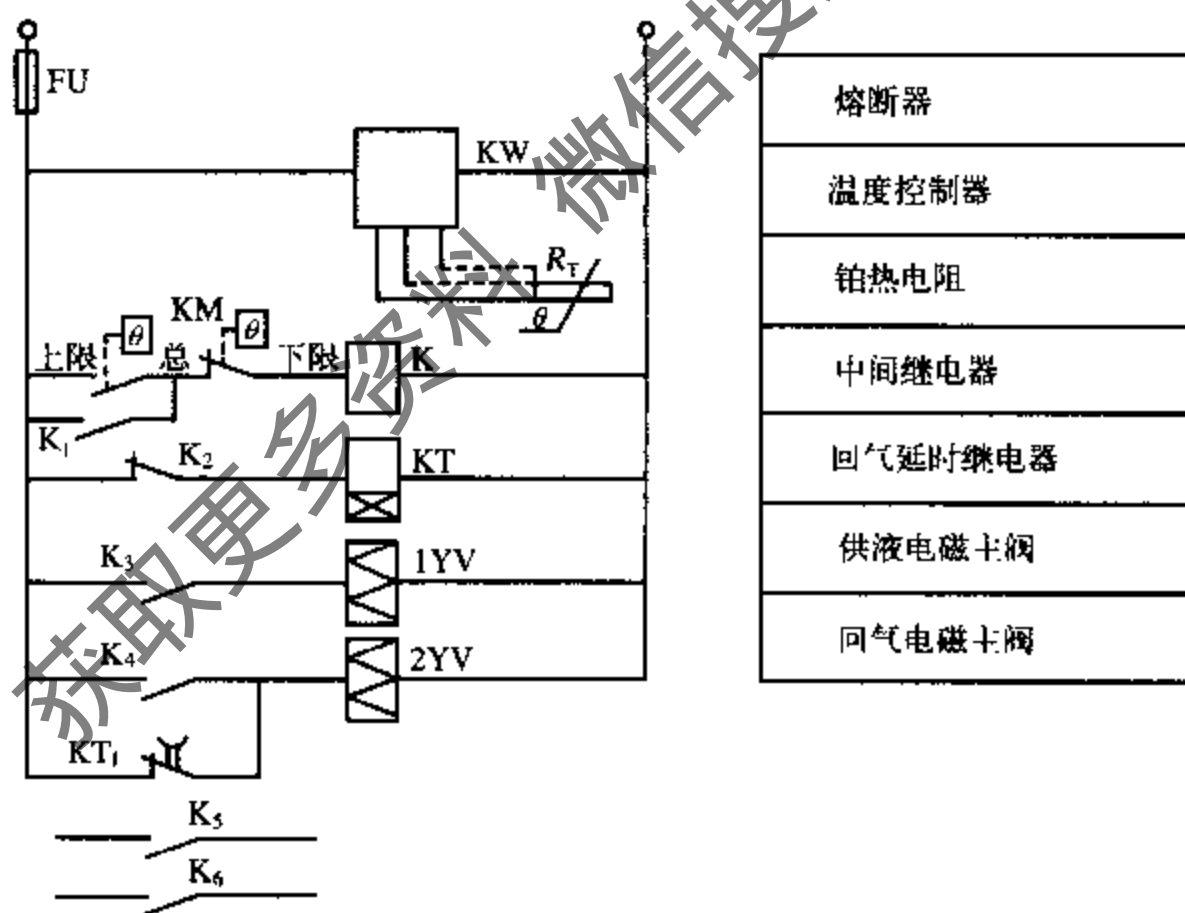


图 6-7 冻结物冷藏间自动控制电路原理图

当冷间温度升至设定值的上限时，温控器发出启动压缩机、水泵指令，同时开启供液和回气电磁主阀。当冷间温度降至设定值的下限时，发出停机、停泵、关闭供液和延时关闭回气电磁主阀指令。从而将冷间温度控制在设定值的上、下限之间。

二、冷却物冷藏间自动控制

冷却物冷藏间主要用来储存水果、鲜蛋、蔬菜之类鲜活商品。库温控制精度要求较

高，一般要求温度波动幅度不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。冷却物冷藏间大多采用空气冷却器降温，为了便于及时除去霜层，减少自动控制系统的容量滞后和霜层对传热系数的影响，应该考虑采用自动或半自动融霜。

(一) 采用电磁恒压主阀控制热氨融霜的自控方案

自动控制回路见图 6-8。

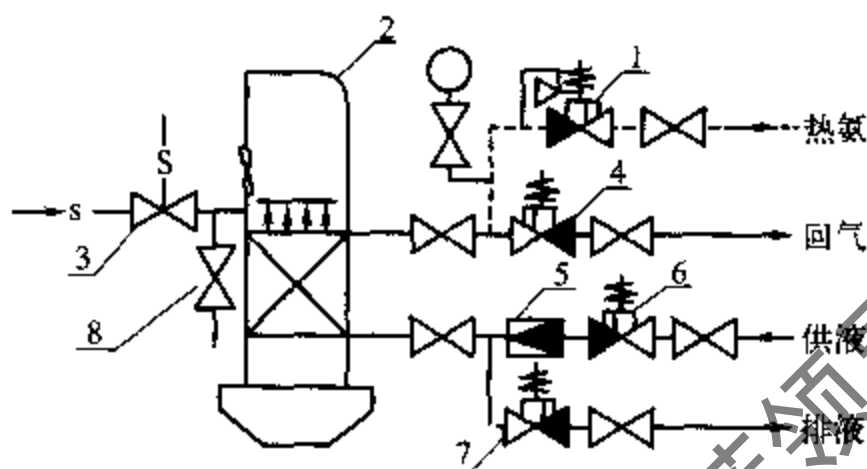


图 6-8 冷却物冷藏间自动控制回路

- 1 - ZCHD-32QB 型电磁恒压主阀 2 - 空气冷却器 3 - 电磁水阀 4 - ZCL-50QB 型电磁主阀
5 - ZZRN-32 型止回阀 6 - ZCL-32YB 型电磁主阀 7 - ZCL-32YB 型电磁主阀 8 - 放余水阀

供液和回气的自动控制元件和工作原理与冻结物冷藏间相同。因冷却物冷藏间的蒸发温度较高，回气电磁主阀开启时的压力损失对制冷效率的影响较小，故对压力损失不予考虑。其控制原理方框图见图 6-9。

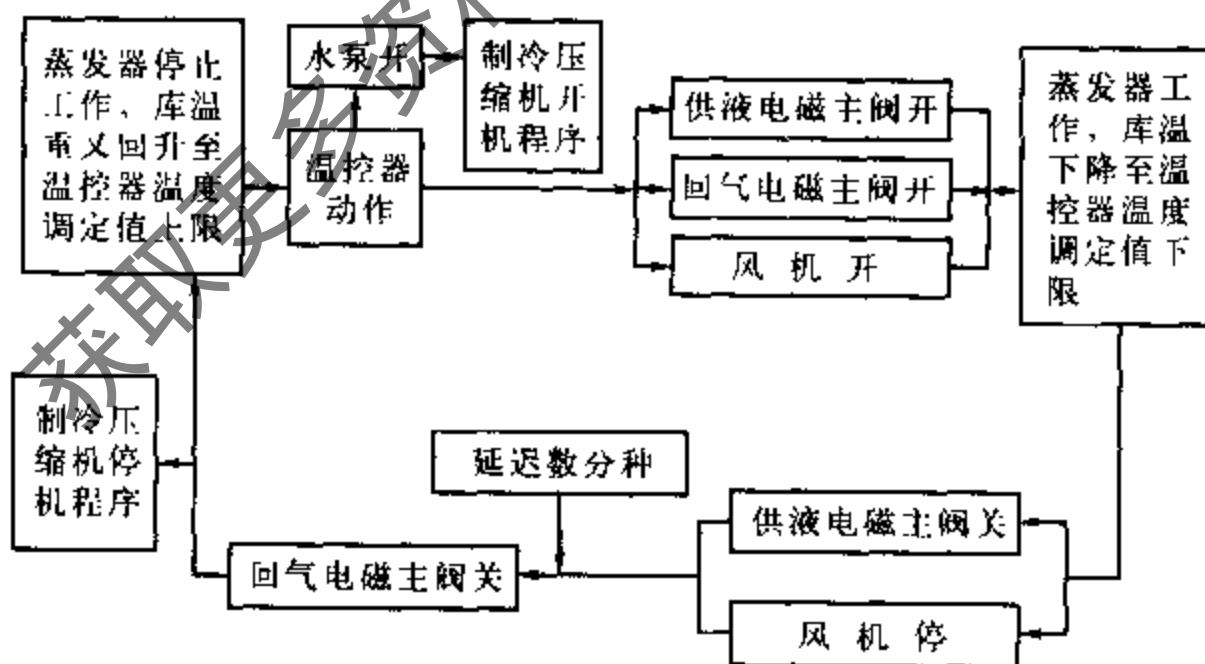


图 6-9 冷却物冷藏间自动控制原理方框图

热氨管采用 ZCHD-32QB 型电磁恒压主阀控制融霜时的压力。一般恒压阀的设定值调在 0.6MPa 左右，当融霜时蒸发器内压力超过 0.6MPa 时，D 型恒压阀关小，主阀也关小，反之亦然。以维持融霜压力恒定。图中的 8 是放余水阀，当融霜时，水电磁阀 3 开启，管路中有水流动，在水压下放余水阀关闭；当水电磁阀关闭后，管路中水压减小，

放余水阀自动打开放掉余水，以防水管冻裂。止回阀 5 的作用是防止热氨融霜时产生的反压差强行顶开供液电磁主阀，引起热氨窜入低压管路。

对于图 6-8 所示的下进上出供液方式的蒸发器，通常采用热氨和水相结合的方式进行融霜。整个融霜过程由时间程序控制器控制。融霜程序见图 6-10。

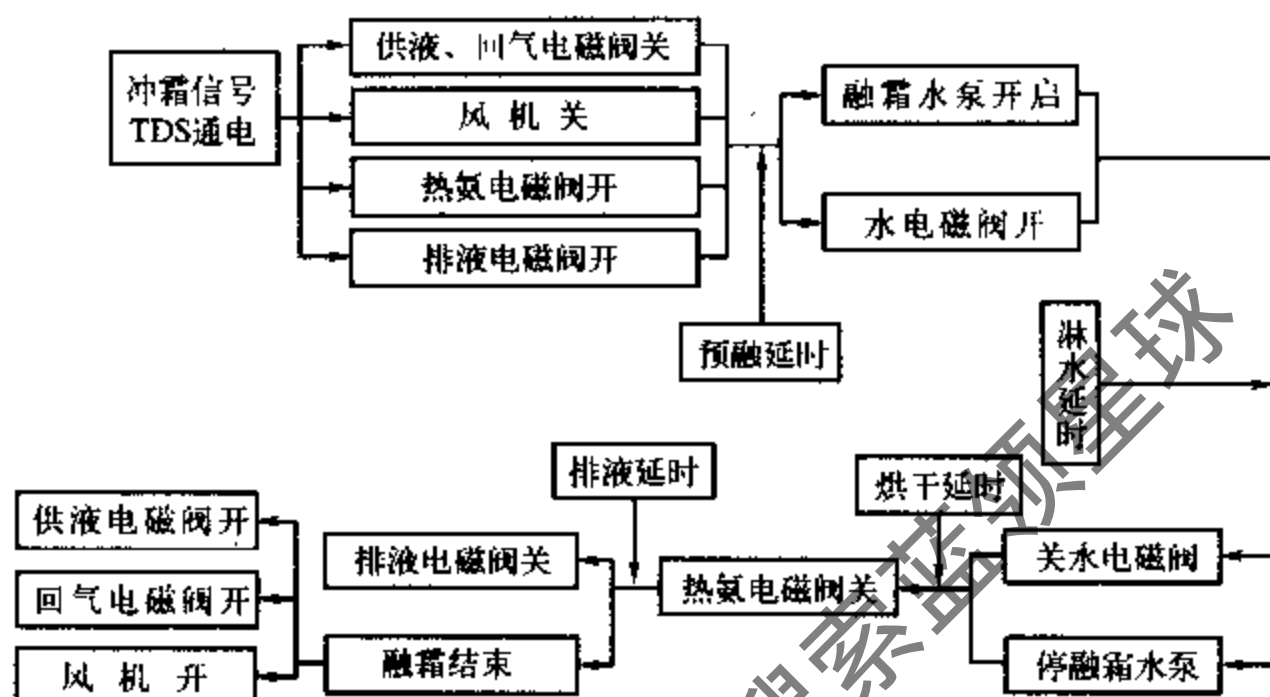


图 6-10 冷却物冷藏间热氨-水融霜自动控制程序框图

(二) 采用恒压电磁主阀控制回气的自控方案

因为冷却物冷藏间要求控制精度较高，库温的波动范围不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，可以在回气管上采用 ZZHA-50QB 型恒压主阀代替原来的 ZCL-50QB 电磁主阀，这样可以保持恒定的蒸发压力，提高冷间控制精度。但是冲霜时由于蒸发器内的压力超过了恒压主阀的设定值，因而使恒压主阀开启，热氨窜入其它低压管路或容器。为了克服这一缺点，可采用 ZCHA-50QB 型电磁恒压主阀控制系统的回气。其控制回路见图 6-11。

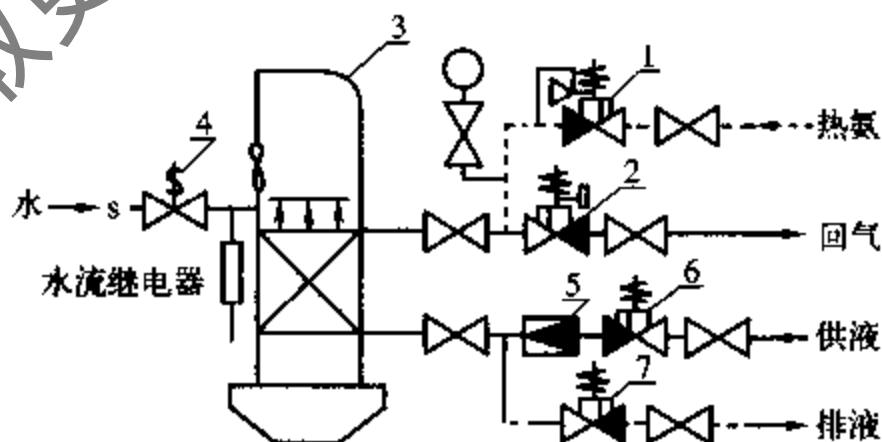


图 6-11 ZCHA-50QB 恒压电磁主阀控制系统回气

- 1 - ZCHD-32QB 型电磁恒压主阀 2 - ZCHA-50QB 电磁恒压主阀 3 - 空气冷却器 4 - 电磁水阀
5 - ZZRN-32YB 型止回阀 6 - ZCL-32YB 型电磁主阀 7 - ZCL-32YB 型电磁主阀

需要降温时，温控器指令电磁恒压主阀 2 的电磁导阀开启，这时主阀只受恒压导阀控制。冲霜时，指令电磁导阀关闭，这时蒸发器内的压力即使超过恒压阀的设定值，也

不会使主阀开启。

在融霜排液管路上，除采用电磁主阀外，还可选用 ZZRP 型旁通阀（0.39 ~ 0.59MPa）来控制排液。如图 6-12 所示。

因冷却物冷藏间的温度较高，融霜周期较长，且大多数采用上进下出供液方式，蒸发器内不易积油，因而一般采用水融霜即能满足要求。这样可以省去热氨、排液管路上的自控阀门，还使融霜程序简化。但每个库房应增设一个 ZZRP-32 型旁通阀，与回气管相通，以便蒸发器内压力升高时泄压。其融霜程序框图见图 6-13 所示。

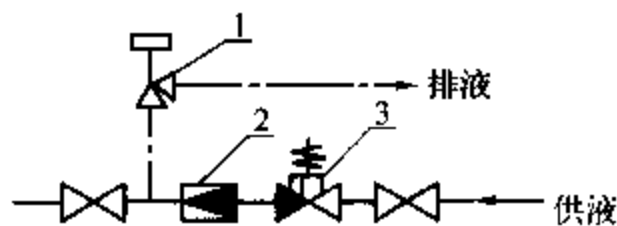


图 6-12 用 ZZRP 型旁通阀控制融霜排液

- 1 - ZZRP-32 型旁通阀
2 - ZZRN-32 型止回阀

(三) 冷却物冷藏间自动控制电路

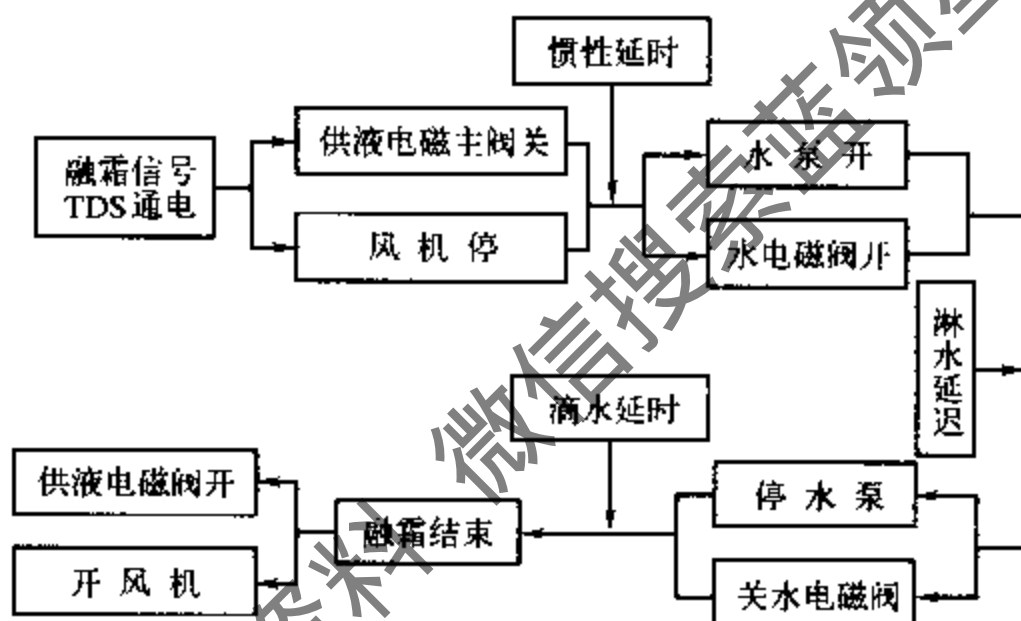


图 6-13 冷却物冷藏间水融霜自控程序框图

冷却物冷藏间的控制回路见图 6-8 所示。温度控制采用 WMZK-01 型温度指示控制仪。融霜控制采用 TDS-05 型时间程序控制器。其控制电路见图 6-14。

该电路的库温控制原理与图 6-7 相同。融霜控制原理如下：

融霜时，只要按融霜指令按钮 SB，融霜时间程序控制器 2KT 就开始工作。首先 2KT₁ 触点闭合，使中间继电器 2K 工作，发出融霜指令，2K₁、2K₅ 常闭触点断开供液、回气电磁主阀和风机的磁力启动器控制回路，使其停止工作。同时 2K₂、2K₃ 常开触点闭合将热氨电磁恒压主阀 4YV、排液电磁主阀 3YV 开启，使热氨进入空气冷却器的蒸发器，开始融霜。热氨进入蒸发器一段时间后，2KT₂ 触点闭合，使中间继电器 3K 投入工作，3K₁、3K₂ 常开触点闭合，接通控制融霜水泵的磁力启动器 1KM 和电磁水阀 5YV 的电路，使水泵运行，电磁水阀开启，淋水开始。在延时的时间到，2KT₂ 触点断开，3K 停止工作，其常开触点断开，水泵停，电磁水阀 5YV 关闭，淋水结束。触点 2KT₁ 仍继续闭合，蒸发器内仍有热氨流动，从而将蒸发器表面烘干，再经过预定的时间后，触点 2KT₁ 断开，2K 停止工作，2K₃ 常开触点断开，使热氨电磁恒压主阀 4YV 关闭，同时 2K₄ 常闭触点闭合使延时继电器 3KT 开始工作，延时时间到，2KT₂ 常闭触点断开，将排

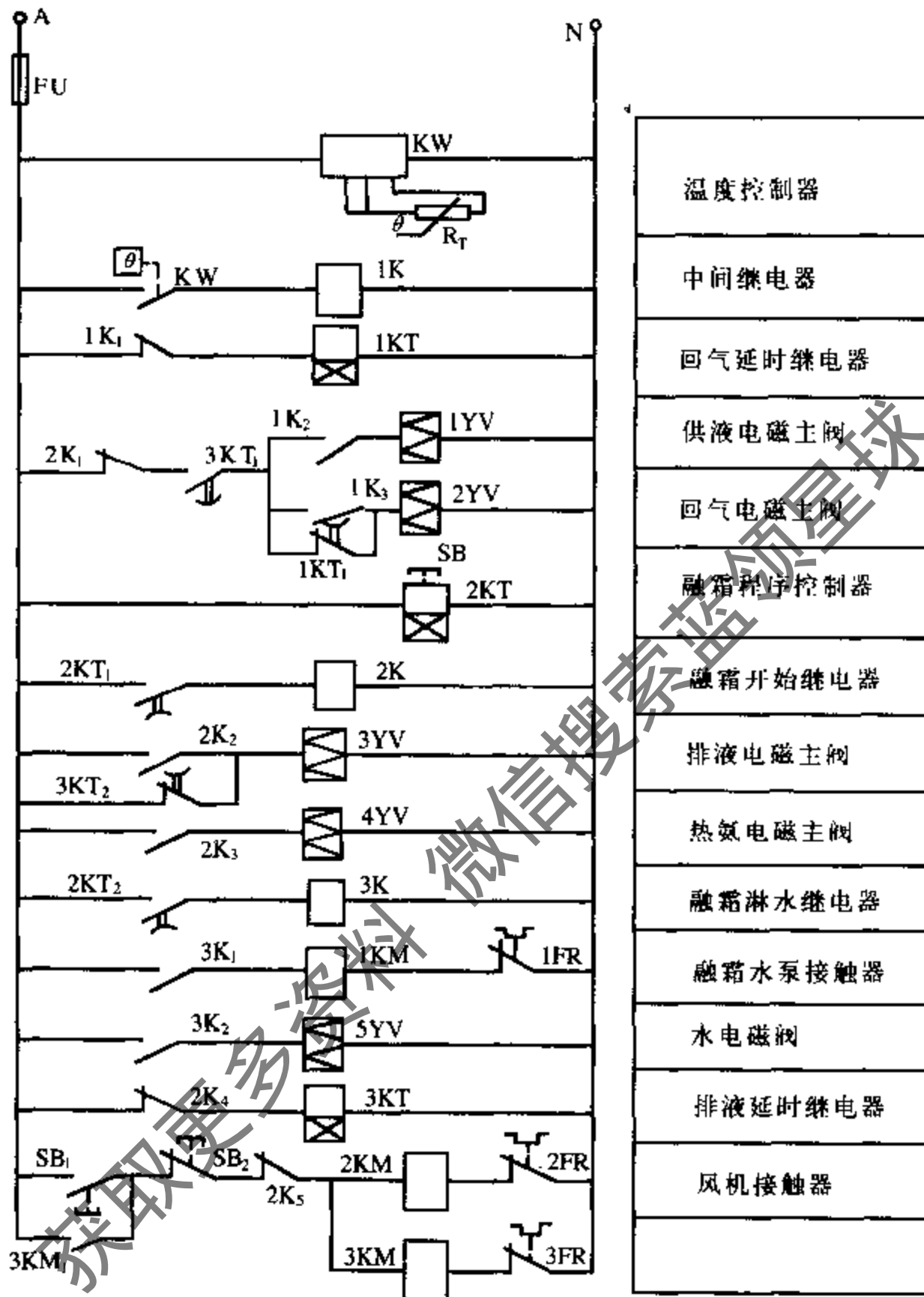


图 6-14 冷却物冷藏间自动控制电路

液电磁主阀 3YV 关闭，同时 3KT₁ 常开触点闭合，将供液电磁主阀 1YV 和回气电磁主阀 2YV 开启，融霜结束，制冷周期开始工作。

TDS—05 型时间程序控制器的融霜指令可以由人工按下按钮（如图中 SB）来发出，也可以由 CPK—1 型微压差控制器发出。用 CPK—1 微压差控制器发融霜指令时，只须将 CPK—1 微动开关的常开触点与 SB 按钮并联即可。

三、冻结间的自动控制

冻结间的自动控制，除了应维持稳定的库温外，还应注意以下几点。

1. 为防止建筑物的冻融循环，即使在空库或进货的情况下，也需要保持库温在

-5℃以下。可以专用一台温度控制器控制，其幅差可以调大些，以减少阀门的启闭次数。

2. 为使食品冻结后中心温度达-15℃以下，还应保证冻结工艺所要求的冻结时间。一般采用时间控制器来控制冻结时间。由此可见，冻结间制冷系统的运行是由冷间库温控制，冻结过程是否结束则受温度和时间双重控制。即只有在冻结时间达到设定值，库温也达到设定值的下限时，冻结过程才告结束（中途因设备故障停止运行不计在冻结时间内）。

3. 冻结间融霜一般在出货完毕后进行，也有在降温几小时后增加融霜一次，以加快冻结速度。冻结间的融霜最好考虑采用热氨与水结合的方式。也有单纯采用水融霜的。其控制过程与冷却物冷藏间大致相同。

4. 冻结回路的蒸发温度较低，相应的蒸发压力也较低。回气管应考虑采用无压力损失的自控阀门。

回气采用双电磁主阀的冻结间自动控制回路见图6-15。

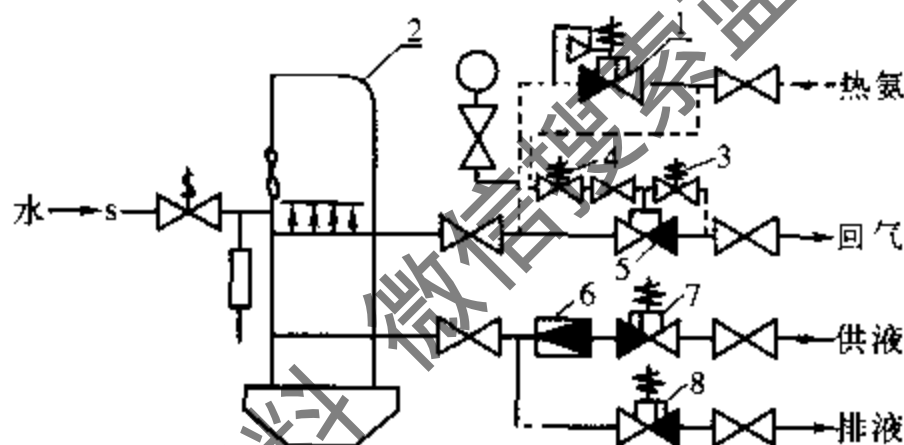


图6-15 冻结间自动控制回路

- 1 - ZCHD-32QB型电磁恒压主阀 2 - 空气冷却器 3, 4 - ZCL-3型电磁阀 5 - ZFS-80QB型主阀
6 - ZZRN-50型止回阀 7 - ZCL-50YB型电磁主阀 8 - ZCL-32YB型电磁主阀

四、具有不同蒸发压力的混合系统的自动控制

一些小型冷库，常常是一机多库，库房的类型较多，但每间库房的容量较小。为简化系统，常采用一根回气总管，制冷压缩机运行时的吸气压力按低温库的蒸发压力调定。为了实现不同库温的蒸发器能在不同的蒸发温度下工作，需要在库温较高的蒸发器出口装设自动控制阀门，使阀前的压力保持在库温所需的蒸发压力值，而阀后的压力与回气总管的压力相同。

图6-16是某船用伙食库制冷系统原理图。菜库1和乳品库2库温比鱼肉库3库温高，所以在1、2号库蒸发器出口装设蒸发压力调节阀。当库房蒸发压力升高时，蒸发压力调节阀的阀口开大，使从蒸发器流出的制冷剂流量增加、蒸发压力下降；如果库房蒸发压力下降，则蒸发压力调节阀的阀口关小，蒸发器流出的制冷剂流量也减少，蒸发压力回升。这样，就可以使蒸发压力调节阀前蒸发压力保持在给定的范围内。

蒸发压力调节阀的调整方法，是按照比库温低5~10℃来决定制冷剂的蒸发温度，

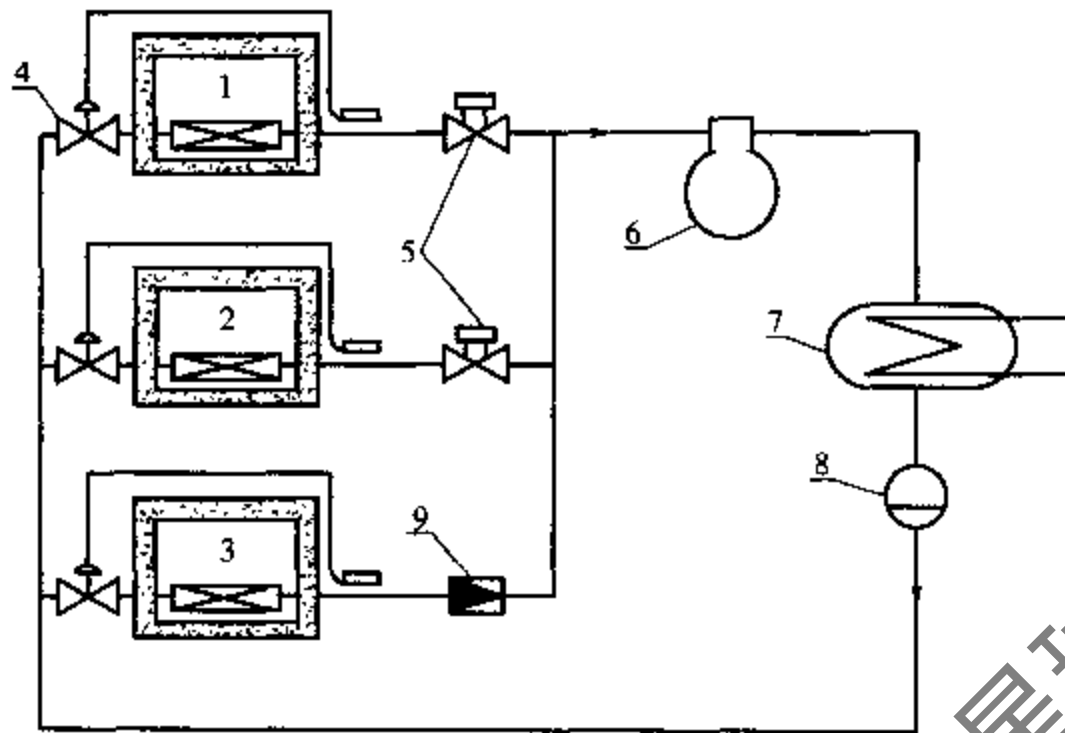


图 6-16 伙食冷库自控原理图 (一机三库)

1 - 菜库 2 - 乳品库 3 - 鱼肉库 4 - 热力膨胀阀 5 - 蒸发压力调节阀
6 - 压缩机 7 - 冷凝器 8 - 贮液器 9 - 止回阀

查出其对应的饱和压力 (即蒸发压力), 这就是阀口处制冷剂气体的压力给定值。

止回阀 9 的作用是, 防止高温库热负荷增加时, 气体倒流入低温库蒸发器, 引起低温库的温度波动。

利用导阀和主阀组合来控制蒸发压力和温度, 可以提高控制精度, 满足多种制冷装置的需要, 获得多方面的控制效果。常用的方法是, 可以在高温库蒸发器出口管路上装 ZZHA 型气用常闭恒压主阀来调节蒸发压力。如果高温库蒸发器采用热氨自动融霜时, 回气管上应装设 ZCHA 型电磁恒压主阀, 防止融霜时热氨窜入回气总管和其他蒸发器。

第二节 氨泵系统的自动控制

氨泵系统的自动控制包括低压循环贮液桶和氨泵的自动控制。其自动控制原理见图 6-17。

一、低压循环贮液桶的液位控制

(一) 低压循环贮液桶正常液位控制

为保证蒸发器的供液和氨泵的正常工 作, 要求低压循环贮液桶保持一定的液位。为保证气液分离的效果, 要求低压循环贮液桶的上部保持适当的空间。因此低压循环贮液桶的正常液位一般控制在立式桶的 30% 处, 卧式桶在其直径的 1/4 处。

低压循环贮液桶内的液位控制是采用一套 UQK-40 型电感式液位控制器或一套 UYK 型电容式液位控制器与 ZCL-32YB 型电磁主阀配合使用实现的。当循环贮液桶内液位降至设定值的下限时, 液位控制器发出指令, 使 ZCL-32YB 型电磁主阀开启, 向低压循环贮液桶内供液。当液位升高至设定值的上限时, 液位控制器又发出指令, 使

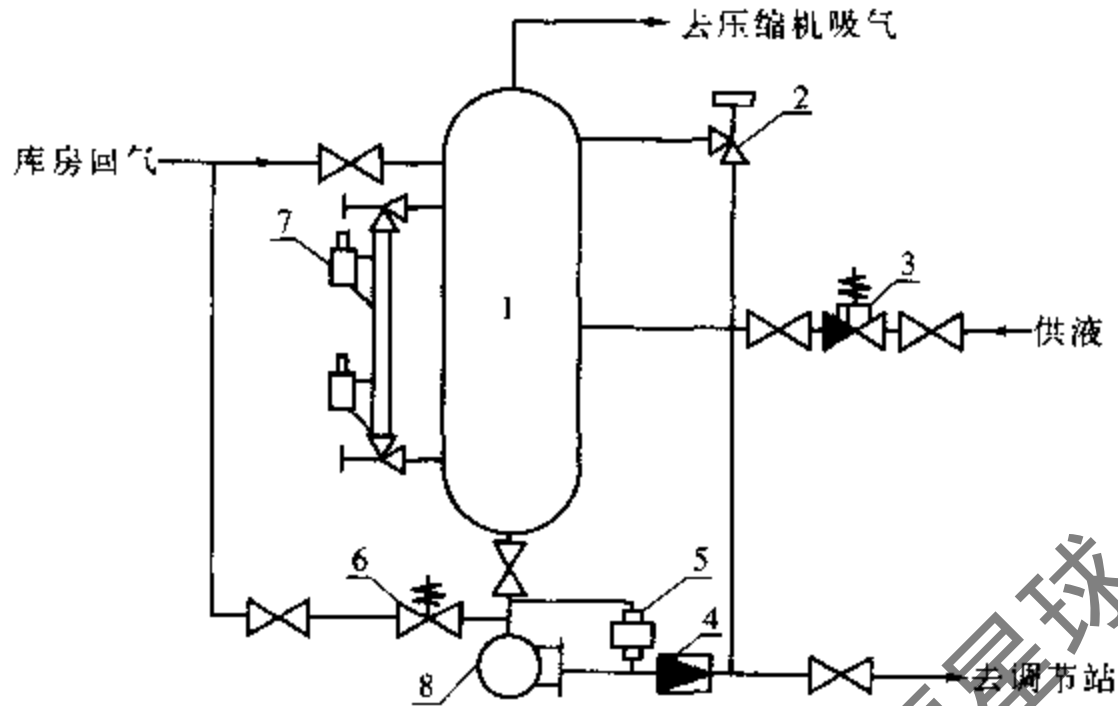


图 6-17 氨泵系统自动控制原理图

- 1 - 低压循环桶 2 - ZZRP-32 型旁通阀 3 - ZCL-32YB 型电磁主阀 4 - ZZRN-32 型止阀
5 - CWK-11 型压差控制器 6 - ZCL-20 型电磁阀 7 - UQK-40 型液位控制器 8 - 氨泵

ZCL-32YB 型电磁主阀关闭，停止向低压循环贮液桶供液。

为了减少电磁主阀的启闭频率，应保持低压循环贮液桶内的液位控制有一定的幅差。对于立式低压循环贮液桶，幅差应在 6cm 以内。卧式低压循环贮液桶的幅差可调在 4cm 以内。调节液位控制器的幅差调节机构，便可调节幅差的大小。一般调节到使 ZCL-32YB 型电磁主阀的启闭工作周期在 30 分钟左右为宜。

（二）液位超高报警

为防止氨液进入压缩机，当低压循环贮液桶的液位达到超高液位时，应停机、报警。防止液体吸入压缩机的危险液位，对于立式桶应控制在 70% 左右，对卧式桶应控制在 50% 左右。

低压循环贮液桶的液位超高报警，采用一套 UQK-40 型电感浮球液位控制器，装于桶高的 70% 处。当桶内液位超高时，控制器的输出继电器动作，发报警信号，并通过延时继电器延时，在规定时间内若液位仍不下降，压缩机便自动停机。

二、氨泵的自动保护

（一）氨泵欠压保护

氨泵不上液或因气蚀而空转时，氨泵的进出口压差很小或为零，这种状态叫欠压或无压差运行。氨泵欠压运行时，制冷剂的流量很小，对于靠氨液来润滑轴承和冷却电动机的氨泵来说，断液时间一长，电动机和轴承就可能烧毁。因此，应采取措施防止氨泵在欠压或无压差下运行。

氨泵的欠压保护是用 CWK-11 型压差控制器实现的。CWK-11 型压差控制器的两个气箱分别接到氨泵的进、出口端，直接感知其压差。当实际工作压差小于压差控制器的设定值下限时，即发出指令，开始延时和抽气，如果在设定的延时时间内不能建立起

正常压差，即停止氨泵运行，同时发出声、光报警信号。延时时间视氨泵的种类而定：屏蔽泵为 8~10 秒；离心泵为 10~15 秒；齿轮泵为 30~50 秒。

CWK-11 型压差控制器的设定值不必调的过高，只要保证有一定的流量即可。此值可根据库房的高度来决定，一般 20 米以下的库房可调在 0.04MPa~0.06MPa 范围内。

(二) 防止氨泵气蚀

如果氨泵较长时间停止运行后，有可能在氨泵内产生制冷剂蒸汽，使氨泵出现气蚀现象而不能正常运转。因此，每台氨泵的顶端与低压循环桶的上部之间设置一个 ZCL-20 型电磁阀。此阀受氨泵启动接触器和 CWK-11 型压差控制器控制。一旦氨泵进、出口压差小于压差控制器的设定值下限，压差控制器就发出延时指令，同时指令抽气电磁阀开始抽气。在延时时间内，如果压差升高至压差控制器的设定值上限，抽气电磁阀就自动关闭，氨泵正常运行。否则氨泵就停止运行，抽气阀也关闭，并发出声、光报警信号。

此外，还有采用加压法和制冷压缩机卸载法来克服气蚀现象的。

(三) 自动旁通多余的氨液

氨泵的流量应根据蒸发器的工况来定。实践证明，对自然对流的空气冷却器，供给二倍蒸发量的液体，蒸发器的传热系数 K 值已达最大，如果继续增大流量，传热系数并不随之增大。当一台氨泵向多台蒸发器供液时，考虑到配液均匀问题，可采用 3~4 倍蒸发量的流量。对强制对流空气冷却器，在开始阶段， K 值随供液量对蒸发量比值的增加而显著增大。在比值大于 5 以后， K 值的增大就不明显。因此对强制对流空气冷却器可采用 5~6 倍蒸发量的流量。

氨泵的流量一般较大，因此一台氨泵往往同时向几个冷间供液，在冷间温度降到设定值的下限时，便逐个关闭供液电磁主阀停止供液降温，到最后必然出现一台氨泵只向一二个冷间供液的情况。此时，由于供液量超过合理倍数和泵压较高，反而不利于降温。故在自控系统中设置旁通阀 ZZRP-2，并调定到一定的旁通压力。氨泵的排出压力超过此值时，旁通阀自动开启，将一部分流量旁通回到低压循环贮液桶，这样泵压就能控制在一定的范围内。

(四) 防止氨泵出口液体倒流

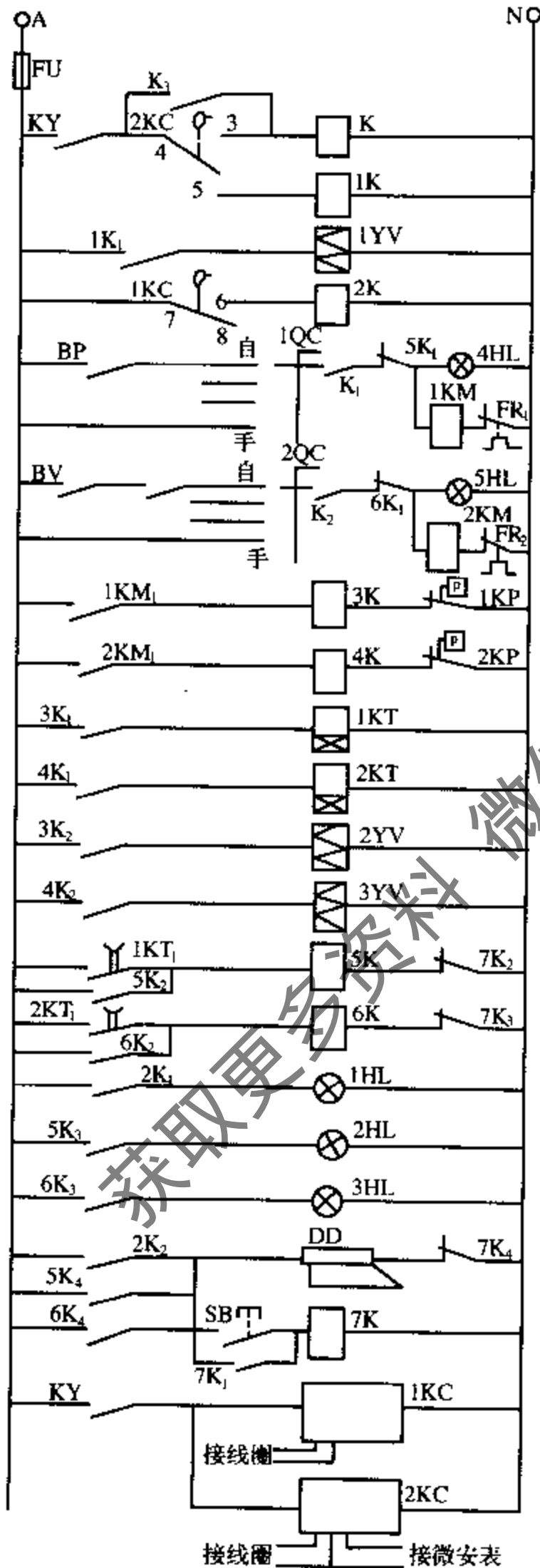
为了防止氨泵停止运行时氨泵出液管中的液体倒流，特别是防止多台氨泵并联使用时，制冷剂液体相互串流的现象出现，每台氨泵の出液管上均装设一个止回阀。

三、低压循环贮液桶回气压力保护

由于制冷压缩机吸气阀门敞开，而且目前吸气管道上一般也不设自控阀门，因此当冷间冲霜（指直接排入低压循环贮液桶）或其它特殊情况（如氨泵采用加压法启动）时，可能引起回气压力超过制冷压缩机许可负荷的情况。为此在低压循环贮液桶的上部安装一个 YWK-11 型压力控制器，当回气压力大于设定值时，发出信号，使压缩机卸载到最低能量工作。

四、氨泵系统的自动控制电路

氨泵系统的自动控制电路见图 6-18。



熔断器	
低压位循环桶	正常工作继电器
	供液继电器
	供液电磁主阀
	液位超高报警继电器
氨泵控制	1#氨泵工作指示
	1#氨泵控制器
	2#氨泵工作指示
	2#氨泵控制器
氨泵保护	1#氨泵无压差继电器
	2#氨泵无压差继电器
	1#氨泵无压差延时继电器
	2#氨泵无压差延时继电器
	1#氨泵抽气电磁阀
	2#氨泵抽气电磁阀
	1#氨泵无压差停泵继电器
	2#氨泵无压差停泵继电器
事故报警	低压循环桶液位超高
	1#氨泵无压差
	2#氨泵无压差
	警笛
	停警笛继电器
液制位器控	上UQK-40
	下UQK-40

图 6-18 氨泵系统自动控制电路图

当本系统有任一冷间需要降温时,本系统的制冷压缩机即投入运行, KY 触点闭合,指令低压循环贮液桶上的下液位控制器 2KC 工作。若低压循环贮液桶内的液位在液位控制器 2KC 的设定值上限,继电器 K 工作,允许氨泵启动运行。若低压循环贮液桶内的液位在液位控制器的下限值,液位控制器 2KC 的触点 4、5 闭合,指令继电器 1K 工作,使供液电磁主阀 1YV 开启,向低压循环桶供液。当低压桶内的液位达到控制器的设定值上限时,液位控制器的触点 4、5 断开,4、3 闭合,供液电磁主阀 1YV 关闭,停止供液。同时继电器 K 工作,允许氨泵启动。

当低压循环贮液桶内的压力降到 0.05MPa 时,压力变送器的触点 BP 闭合,若此时继电器 K 也工作,磁力启动器 1KM 立即工作,1*氨泵启动运行,同时继电器 3K 工作,延时继电器 1KT 开始通电延时,抽气电磁阀 2YV 开启,放掉氨泵内的气体,当延时时间到,如果 1*氨泵进、出口无压差,压差控制器 1KP 继续闭合,延时继电器 1KT 的延时闭合触点闭合,指令继电器 5K 工作,使 1*氨泵停止运行。同时警笛响,指示灯 2HL 亮。按 SB 按钮,则警笛停,但指示灯继续亮。如果 1*氨泵启动运行后,在延时时间到时,氨泵进、出口压差达控制器设定值上限,压差控制器的常闭触点 1KP 断开,抽气电磁阀 2YV 关闭,1*氨泵正常运行。如果 1*氨泵在运行的过程中,要求降温的冷间增加,一台氨泵的供液量不足时,电压敏感器的触点 BV 闭合,使 2*氨泵投入工作,其启动与保护过程与 1*氨泵相同。

如果因某种原因,如供液电磁主阀 1YV 关闭不严等原因,造成低压循环贮液桶内的液位过高,这时上液位控制器 1KC 动作,它的 7、6 触点闭合,使继电器 2K 工作,指示灯 1HL 亮,同时警笛响,开始报警。也可将继电器 2K 的常闭触点串入压缩机保护电路,在声、光报警的同时也停止压缩机运行。

一旦低压循环贮液桶液位过高,须立即进行手动排液处理。

第三节 油系统的自动控制

油系统的自动控制包括放油、油处理和向制冷压缩机加油三个部分。

一、放油的自动控制

氨系统中有高压、中压和低压容器,低压容器由于温度低、油的粘度大,放油比较困难,故大、中型冷库一般将高、中压系统合在一起放油,低压系统单独放油,各设一个集油器。小型冷库为了简化系统只设一个集油器。

每个需要放油的容器和集油器上均装有 UQK—41 型油位控制器,放油管上装有放油电磁阀。为了除去油中的氨,集油器设有加热装置和抽气电磁阀。加热装置可采用电加热器或热氨盘管。如果油桶的位置高于集油器,则集油器上须装加压电磁阀。

两台集油器合用一根放油管时,电磁阀后需装设止回阀。当几个容器合用一个集油器时,除压力最高的容器外,其余容器的放油电磁阀后面都应加装止回阀。

集油器同时只允许一个容器放油,其余的则按预先安排的次序逐个放油。在放油的

过程中，如果集油器中的油位已达上限，而放油容器中的油位尚未降到下限，也就是油未放完，这时放油容器须暂停放油，待集油器排油完毕后再继续放油。因此每个放油容器上的电磁阀除了受本容器油位控制器的控制外，还应受集油器油位控制器的控制。

(一) 集油器用电加热器加热的工作流程

图 6-19 (b) 为自控回路原理图。

其放油过程如下：在系统的高、中压容器中，如果中间冷却器（也可能是别的容器）的油位升至油位控制器的上限，控制中冷器及集油器的电路就被接通，此时中冷器的放油电磁阀和集油器的减压电磁阀打开，向集油器放油。当中冷器的油放完而集油器的油位还未达到上限，则另一需放油的容器可通过控制电路接通后继续放油，直至集油器的油位至上限。

集油器中装有 1 千瓦电加热器，当集油器的油位上升至上限时，关闭其它容器的放油电磁阀，同时接通电加热器，加热时间按工艺要求调定（一般在 0.5~2 小时）。当油温高于 30℃ 时，温度控制器动作，停止加热。当油温低于 22℃ 时，电加热器又继续加热。当加热时间达到预定值时，电加热器断电并关闭减压电磁阀，打开放油电磁阀和加压电磁阀，将油放至油桶。

当油位降至下限时，关闭放油电磁阀和加压电磁阀，并打开减压阀，准备接受其他容器的放油。

(二) 集油器用热氨盘管加热的工作流程

自控回路原理如图 6-19 (a) 所示。

集油器中设有热氨盘管，它的进口与油氨分离器的排出管相连，盘管的出口连至高压贮液桶。为了让盘管内冷凝的氨液能依靠重力流入高压贮液桶，这种集油器的安装位置应较高压贮液桶高 0.5 米。其放油过程与电加热器所述相同。只是利用热氨使集油器中油内的氨蒸发。开始加热时，集油器中的氨受热蒸发，盘管中的热氨先是降温而后冷凝成氨液，于是盘管的进、出口处就出现温差。当油中含氨全部蒸发，热氨不再冷凝，盘管进、出口处的温度就趋于一致，这时装在盘管进、出口处的温度控制器动作，关闭减压电磁阀，接开放油电磁阀和加压电磁阀，向油桶放油。

二、油处理的自动控制

从集油器中放出的润滑油，含有氨、水分和杂质。由于氨微溶于润滑油，它的溶解度是随着压力升高而增大，随着温度的升高而减小。因此，我们在油处理的过程中将油加热，一方面可回收一部分氨，另一方面减小油的粘度，使杂质易于沉淀。但润滑油中的含水量则随着温度的升高而增加，这时需用压滤机，首先将滤纸烘干，趁热及时过滤，滤纸可吸收润滑油中的水分，使润滑油的含水量达到标准。

油处理的自控流程如图 6-20 所示。

在集油器中将油加热至 30℃，这时已将油中大部分氨回收。当沉淀桶油位未达到 UQK-41 (2) 上限时，关集油器降压电磁阀 1，开加压电磁阀 2 及放油电磁阀 3，将油压至沉淀桶。当 UQK-41 (2) 油位升至上限时，关闭电磁阀 3 及 2，接通沉淀桶 3KW 电加热器电源。WTQK-11 型温度控制器控制电加热器，当油温高于 90℃ 时停止加热，

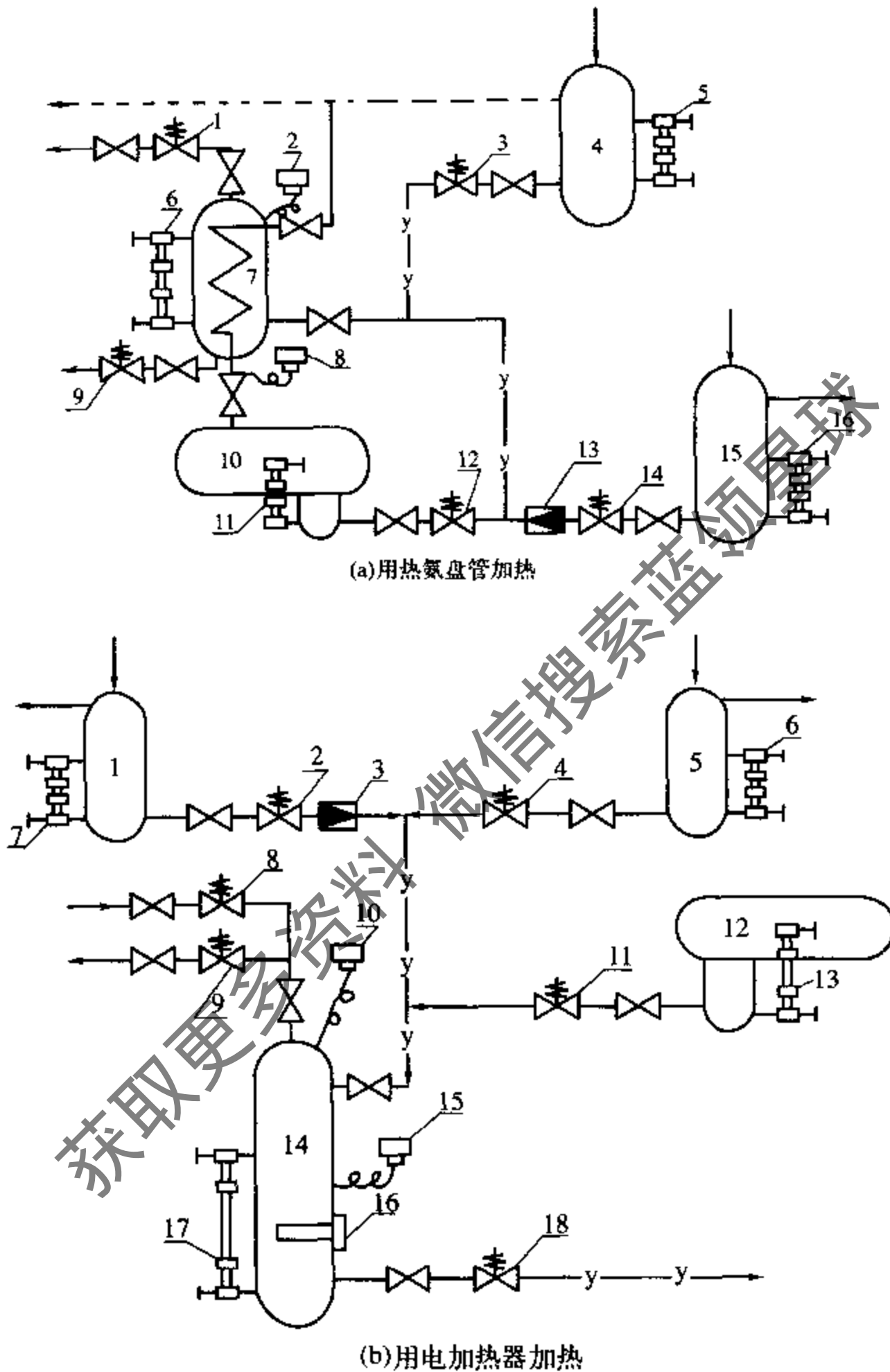


图 6-19 高中压容器放油系统图

- (a): 1, 3, 9, 12, 14 - 电磁阀 2 - WTZK-12 型温度控制器 4 - 油氨分离器
 5, 6, 11, 16 - UQK-41 型液位控制器 7 - 集油器 8 - WTQK-11 型温度控制器
 10 - 高压贮液桶 13 - 止回阀 15 - 中间冷却器
- (b): 1 - 中间冷却器 2, 4, 8, 9, 11, 18 - 电磁阀 3 - 止回阀 5 - 油氨分离器
 6, 7, 13, 17 - UQK-41 型液位控制器 10 - YWK-11 型压力控制器 12 - 高压贮液桶
 14 - 集油器 15 - WTQK-11 型温度控制器 16 - 1kW 电加热器

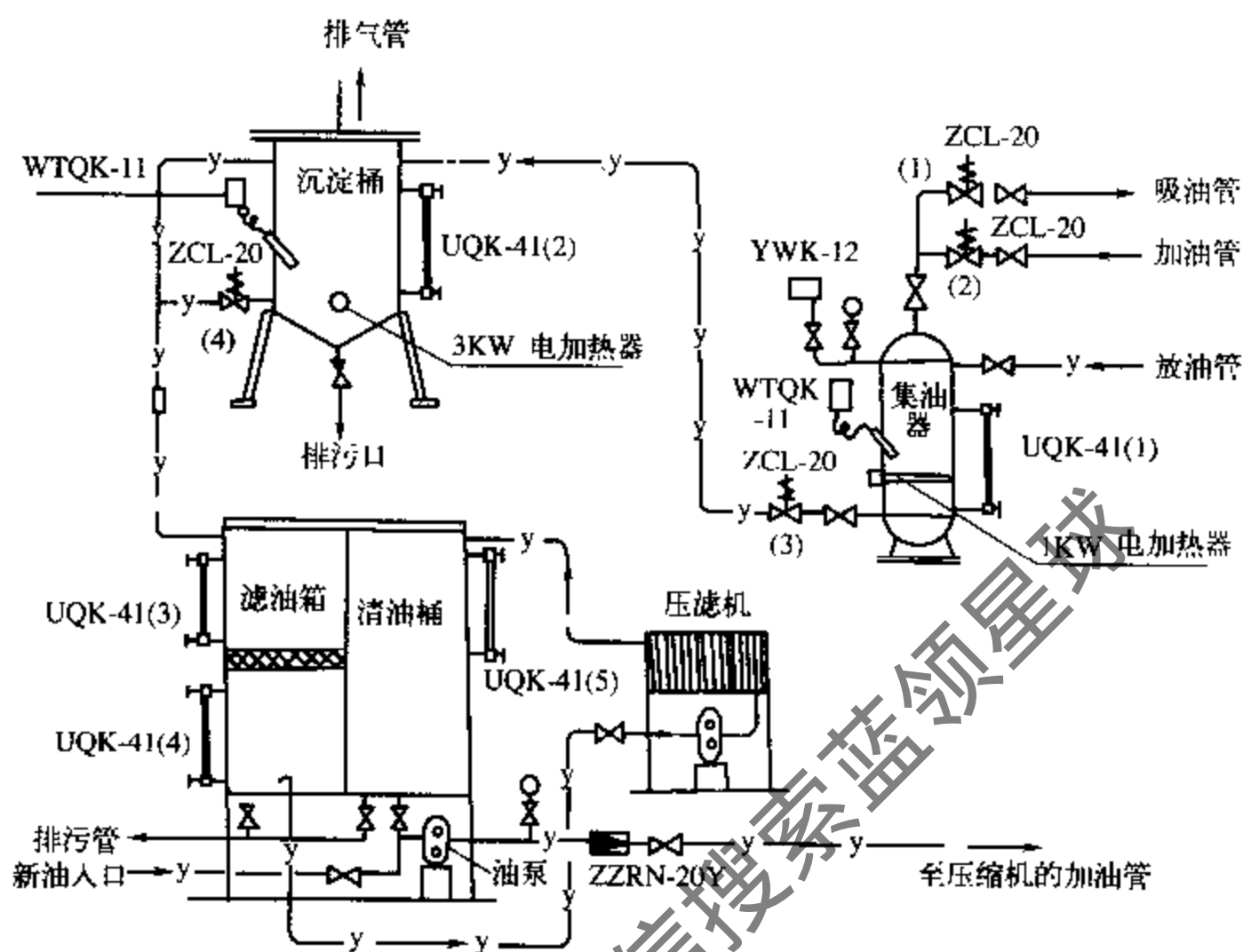


图 6-20 油处理自控流程图

低于 70°C 时继续加热。加热时间按工艺要求而定（ $0 \sim 2$ 小时范围内调节）。当加热时间达到预定值时，切断加热器电源。若粗滤油箱油位在 UQK—41（3）的下限时，放油电磁阀 4 开启，油借重力流至粗滤油箱并在粗滤油箱内进行粗滤除去大部分机械杂质。当粗滤油箱下面的油箱油位上升至 UQK—41（4）的上限，同时清油箱 UQK—41（5）未到上限时，启动压滤机油泵，将油进行精滤并除去一部分水分后，送入清油箱储存待用。

三、制冷压缩机的自动加油

制冷压缩机加油的自动控制可采用 UQK—42 型液位控制器实现。自动加油回路如图 6-21 所示。

当曲轴箱内油位降至 UQK—42 下限时，自动启动齿轮油泵及打开加油电磁阀向曲轴箱加油；当曲轴箱内油位上升至 UQK—42 上限时，停油泵，关加油电磁阀，停止加油。

当两台制冷压缩机曲轴箱油位先后降至下限，则先到达下限的 UQK—42 启动油泵开电磁阀，第二台只启动本机器的电磁阀。如第一台机器的油位达到上限，只关闭本身的电磁阀，等第二台油位达到上限时才停泵和关本身电磁阀。也就是几台制冷压缩机可同时加油，而不必等第一台加完油后再加第二台。

为防止反压，油泵出口应设有止回阀。两台及两台以上制冷压缩机合用一根加油管

时，每台机器的加油管上应设止回阀，以防不同压力的曲轴箱压力串通。

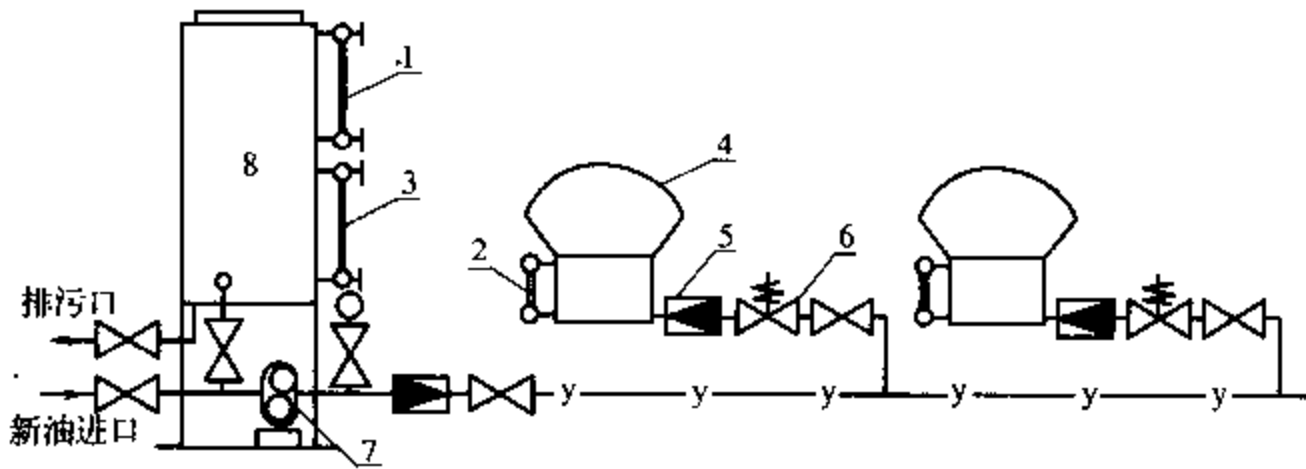


图 6-21 氨压缩机自动加油示意图

1 - UQK-42 液位控制器 2 - UQK-42 液压控制器 3 - 玻璃管油位计
4 - 压缩机 5 - 止回阀 6 - 电磁阀 7 - 齿轮油泵 8 - 清油箱

第四节 水系统的自动控制

水系统包括冷凝器供水、冷却水（活塞式制冷压缩机冷却水套供水，螺杆式制冷压缩机油冷却器供水等）及融霜供水。冷却水和融霜供水的控制前已叙述，本节只介绍冷凝器的供水控制和冷凝压力的自动控制。

在制冷系统运行中，适当降低冷凝压力，可以增加压缩机的产冷量，降低电耗，并能改善压缩机的运转工况。但如果冷凝压力过低，在直接供液系统中，由于节流阀前后的压差减小，可能引起蒸发器供液不匀或不足；在热氨融霜时，还可能因热氨的温度较低而影响融霜效果。因此，控制冷凝压力在一定范围之内是制冷系统稳定运行所必需的。

一、壳管式冷凝器冷凝压力的自动控制

（一）水量调节阀调节冷凝压力

用水量调节阀调节冷凝压力的原理见图 6-22。

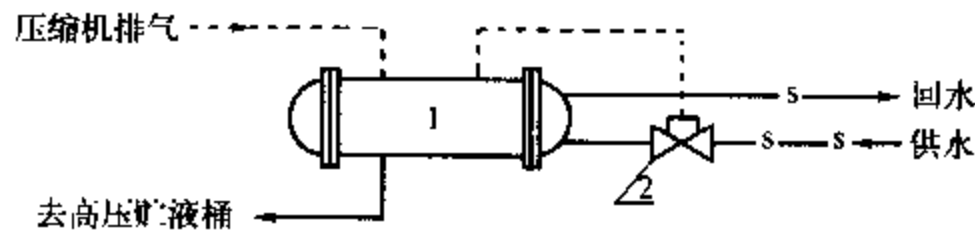


图 6-22 水量调节阀调节冷凝压力

1 - 卧式冷凝器 2 - 水量调节阀

水量调节阀安装在进水管上，阀体上部的毛细管和冷凝器上部相连，直接感受冷凝压力的变化。当冷凝压力过高时，阀内的波纹管被压缩，通过顶杆开大阀门，增加冷却

水的流量使冷凝压力降低；当冷凝压力过低时，自动关小阀门，减少水量，使冷凝压力回升；当压缩机停机时，冷凝压力大幅度下降，水量调节阀逐渐关小以致完全关闭；当制冷压缩机开机后，排气压力逐渐上升，阀门开启并逐渐增大，使冷凝压力保持在适当的范围内。

(二) 水泵运转台数调节冷凝压力

用控制水泵运转台数的方法来调节冷凝压力的原理见图 6-23。

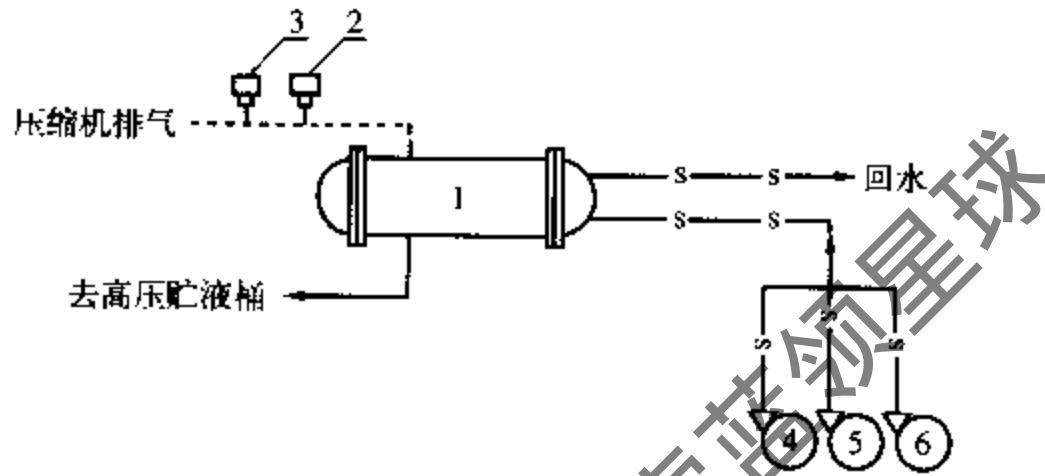


图 6-23 控制水泵运转台数调节冷凝压力

1-卧式冷凝器 2, 3-压力控制器 4, 5, 6-冷却水泵

有一台水泵受压缩机开机信号控制，其余的水泵分别受装在冷凝器进气管上（或冷凝器上部）的压力控制器控制。

只要制冷系统工作，受开机信号控制的水泵就运转。如果冷却水量不足，冷凝压力就会升高，当冷凝压力达到压力控制器的调定值时，第一台压力控制器指令第二台水泵投入运行，如果冷凝压力仍然高，第二台压力控制器指令第三台水泵运转。如果冷凝压力下降到压力控制器的下限时，压力控制器指令相应的水泵停止运行。

压力控制器可选用 YWK-12 型，相应的幅差不要调得过小，以免水泵频繁启停。

二、蒸发式冷凝器冷凝压力的自动调节

在蒸发式冷凝器中，制冷剂蒸汽冷凝时所放出的热量，除一部分被冷却水带走外，更主要的是被水在空气中蒸发时所吸收。所以，蒸发式冷凝器冷凝压力的自动调节，除了采用控制冷却水量的方法外，还可以通过控制风速和风量的方法来实现。

(一) 开停循环水泵来调节冷凝压力

将压力控制器装在冷凝器入口管路上，当冷凝压力高于调定值上限时，指令水泵运转，当冷凝压力低于调定值下限时，指令水泵停止运转。采用这种方法时，水泵启动频繁，故不常采用。

(二) 开停风机来调节冷凝压力

将压力控制器装在冷凝器入口的气体管路上，根据冷凝压力的变化，控制风机运转的台数，改变冷凝器内的风速风量，来控制冷凝压力。

(三) 调节淋水量来调节冷凝压力

在进水管上安装水量调节阀，根据冷凝压力的变化来调节淋水量，从而控制冷凝压

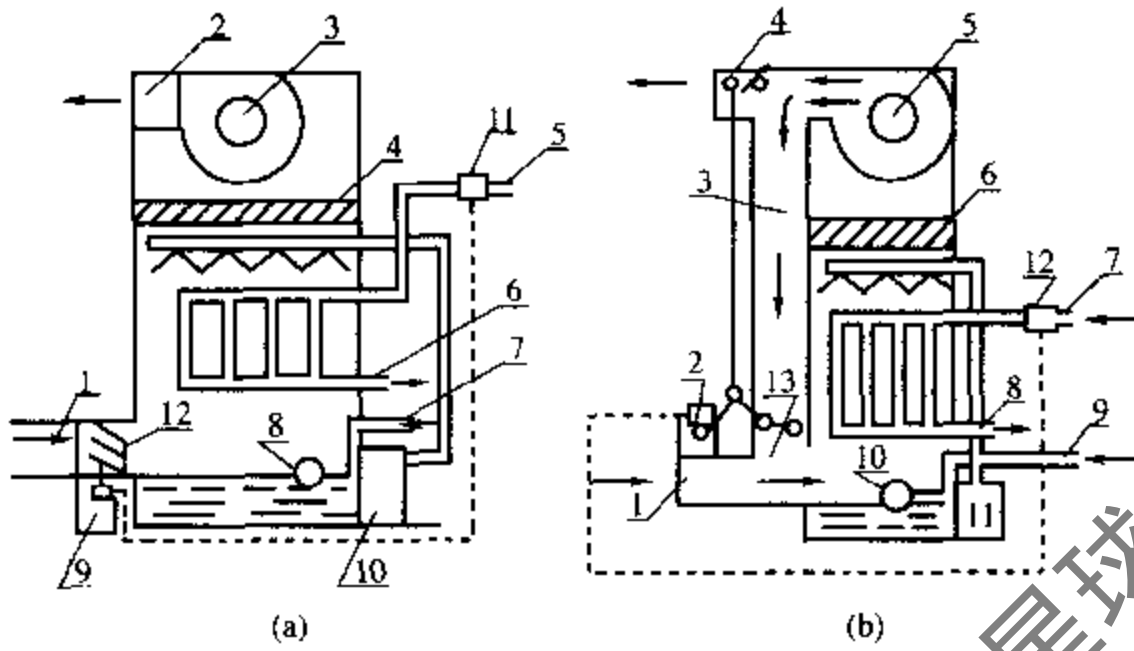


图 6-24 气流调节法调节蒸发式冷凝器的冷凝压力

- (a): 1-空气入口 2-空气出口 3-轴流风机 4-挡水板 5-热氨管 6-出液管
 7-补水管 8-浮球 9-伺服电动机 10-水泵 11-压力控制器 12-挡板
- (b): 1-空气入口 2-随动电动机 3-空气旁通道 4-空气出口 5-轴流风机 6-挡水板
 7-热氨管 8-出液管 9-补水管 10-浮球 11-水泵 12-压力控制器 13-挡板

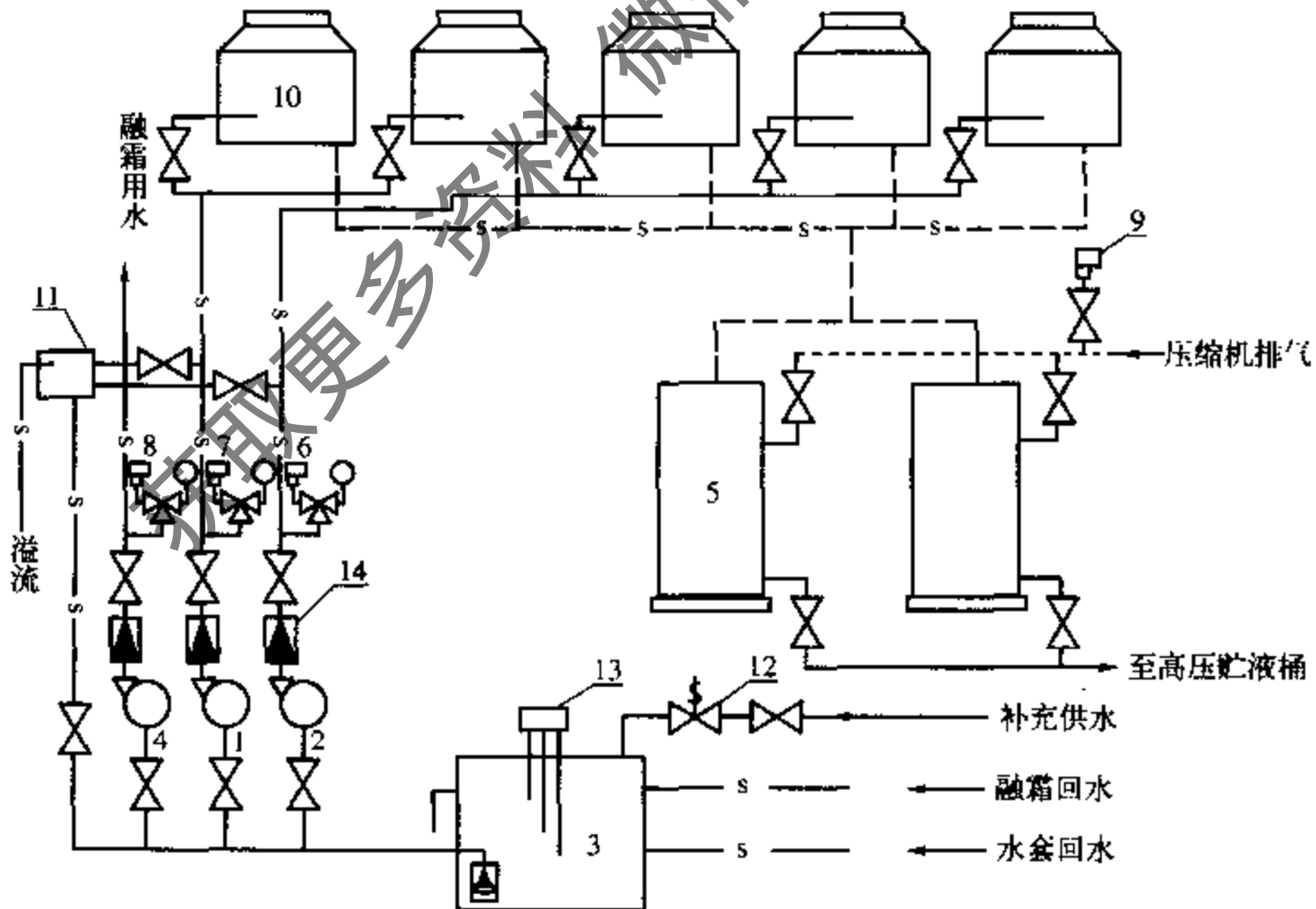


图 6-25 循环用水冷凝系统

- 3-循环水池 2, 1, 4-水泵 5-冷凝器 6, 7, 8, 9-YWK-11型压力控制器
 10-凉水塔 11-引水箱 12-电磁水阀 13-714水流继电器 14-止回阀

力。由于蒸发式冷凝器主要靠水分的蒸发来带走热量，所以这种方法的调节效果不明显。

(四) 调节空气流量来调节冷凝压力

通过调节冷凝器内空气流量来调节冷凝压力，一般有两种方法。一种方法是调节气流循环量，另一种方法是调节气流旁通量，其控制原理见图 6-24。

在冷凝器制冷剂蒸气入口处装压力控制器，在蒸发式冷凝器空气入口处装由伺服电动机控制的挡板，适当地控制空气的进入量、循环量和旁通量，使冷凝压力保持在正常的范围内。这种方法可以做到比例调节，但控制设备较复杂。

三、水系统的自动控制电路

某冷库的水系统如图 6-25。

水泵 4 用于融霜供水。水泵 1、水泵 2 给凉水塔供水，分别受开机信号和装在冷凝器上的压力控制器控制。每台水泵的出口装有止回阀防止停泵时水倒流，止回阀后的压力控制器，作断水保护。压缩机启动运行前，先启动水泵 1，当冷凝压力达压力控制器调定值上限时，启动水泵 2，当冷凝压力降到压力控制器调定值的下限时，指令水泵 2

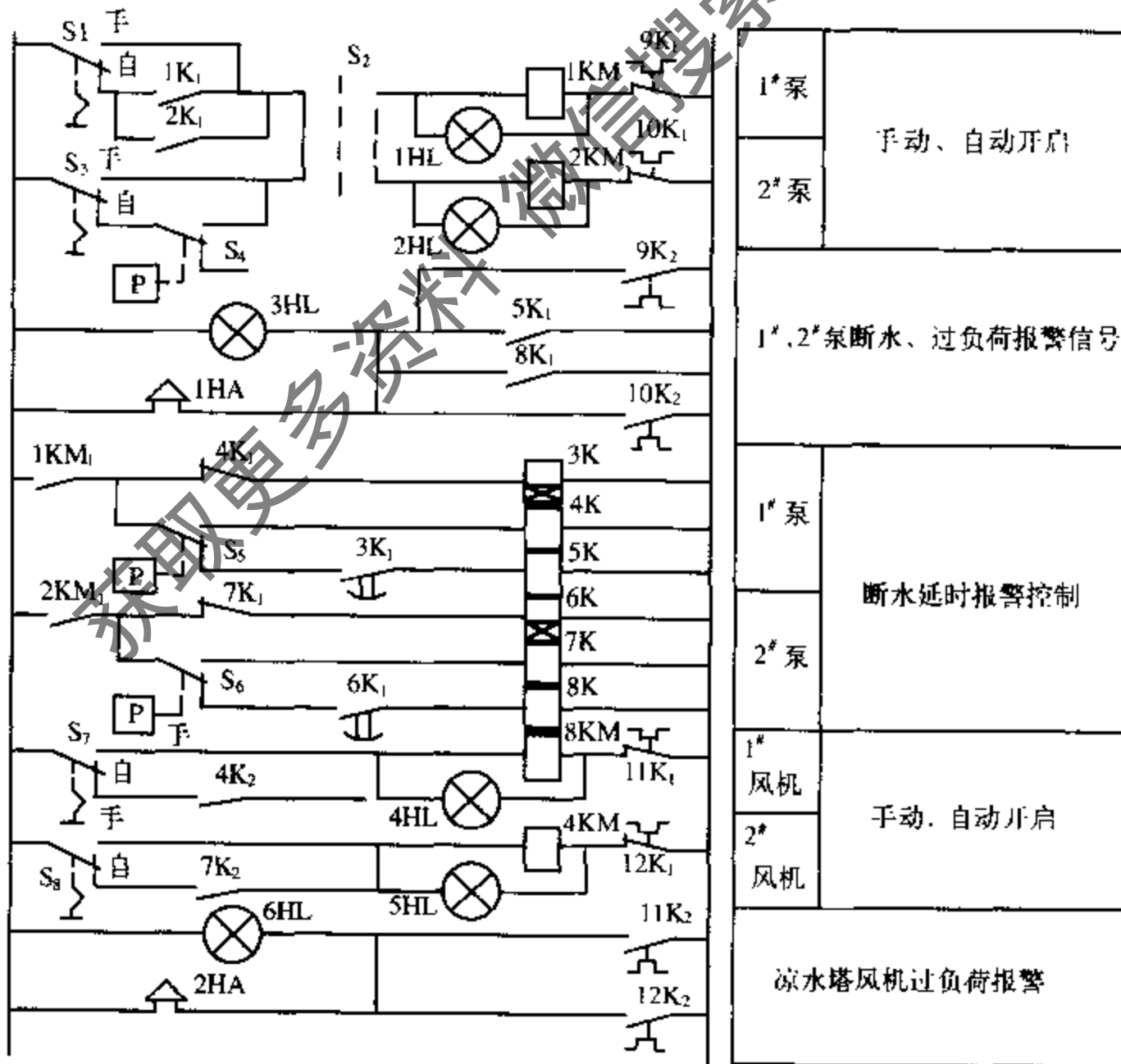


图 6-26 供水系统自动控制电气原理图

停止运行。水泵 2 和水泵 1 的启动顺序采用手动开关切换。

图 6-26 是水系统自动控制电气原理图。当开机信号发出后，常开触点 $1K_1$ 或 $2K_1$ 闭合，1# 泵接触器 $1KM$ 线圈通电，1# 泵启动，同时 $1KM$ 的辅助触点 $1KM_1$ 闭合，时间继电器 $3K$ 线圈通电开始延时，在延时时间内，如果水泵的出口能建立起足够的压头，则压力控制器 S_3 的触点变位，接通 $4K$ 继电器线圈， $4K_1$ 断开切断时间继电器 $3K$ 的线圈，停止水泵启动时的延时， $4K_2$ 闭合接通风机启动电路，相应的风机启动；如果在延时时间内，水泵的出口不能建立起足够的压头，压力控制器 S_3 的触点不能变位（仍在图中的位置）， $3K_1$ 延时闭合后，继电器 $5K$ 线圈通电， $5K_1$ 触点闭合发出声、光报警信号。1# 水泵启动后，若冷凝压力高于压力控制器 S_4 调定值的上限，则 S_4 触点闭合，指令第二台水泵启动，当冷凝压力低于 S_4 调定值下限时，指令 2# 泵退出运行。1# 泵和 2# 泵可以通过切换开关 S_2 更换逻辑程序。

水系统用循环水池，循环水池的水位由晶体管水位控制器与水电磁阀联合控制。当水池水位降到水位控制器控制下限时，水电磁阀自动开启，补充供水；当水位回升到控制上限时，水位控制器指令水电磁阀关闭，停止补充供水。

第五节 放空气的自动控制

一、氨系统放空气的自动控制

自动空气分离器原理如图 6-27 所示。放空气器内装有蒸发盘管，用热力膨胀阀来调节供液量，热力膨胀阀的温包装在回气管上。当混合气体进入放空气器中时，即被蒸发盘管冷却，氨气被冷凝成液体，靠重力流回贮液桶，空气不凝结，仍为气体聚积在容器上部。如果容器内氨气较多，由于氨气冷凝放出的潜热较多，温度不会降低，当容器中空气增多时，气体中氨气的含量相对减少，氨气的冷凝也随之减少，容器内温度就逐渐降低，当达到温度控制器的调定值下限时（ -5°C 以下），电磁阀 5 开启，将空气放入水中。随着空气的放出，容器内的压力降低，冷凝器来的混合气体又补充进来，容器内气体中氨的含量又增高，氨冷凝时放出的潜热又会使容器温度升高，当温度达到温控器调定值上限时，指令电磁阀

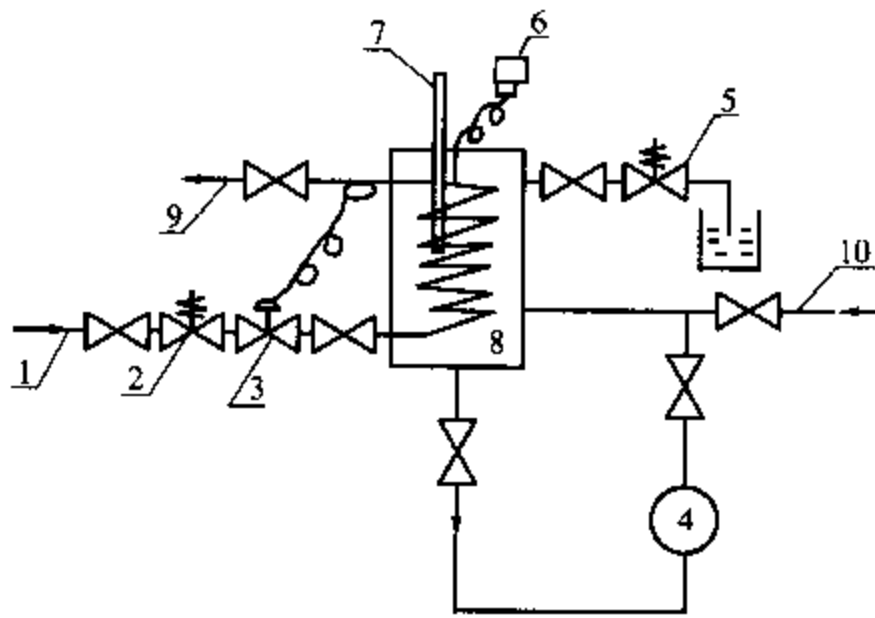


图 6-27 自动空气分离器原理图

- 1-供液管 2, 5-电磁阀 3-热力膨胀阀
4-高压贮液桶 6-温度控制器 7-水银温度计
8-冷却盘管 9-回气管 10-混合气体进入管

5 关闭，停止向水中排放空气。如此反复工作，系统中的空气被自动排出。

电磁阀 2 与压缩机联动，当系统中有任一台压缩机运转时，电磁阀 2 就开启，放空气器就工作。

安装自动放空气器时应注意以下问题：

1. 放空气器要包隔热层及防潮层。
2. 温度控制器 6 的温包要安装在冷却盘管的中心距顶部 1/3 高度处。
3. 放空气器安装的位置至少比贮液桶高 600 毫米，以确保氨液顺利流回到贮液桶。
4. 冷凝液的出液管应接至贮液桶的液体部分。

二、氟系统放空气的自动控制

在大型的氟系统都有放空气设备。如在离心式制冷机中，放空气设备采用抽气回收装置，该装置单独成一系统，与冷凝器和蒸发器相通，根据机组的运行情况，可随时排除机组内部空气、水分和其他不凝性气体等，同时还可以把混合气体中的氟利昂制冷剂回收。

这种装置主要有 2F4·8 活塞式压缩机、回收冷凝器、再冷器、差压开关、过滤干燥器、节流阀及各种操作阀组成。其控制原理图如图 6-28 所示。

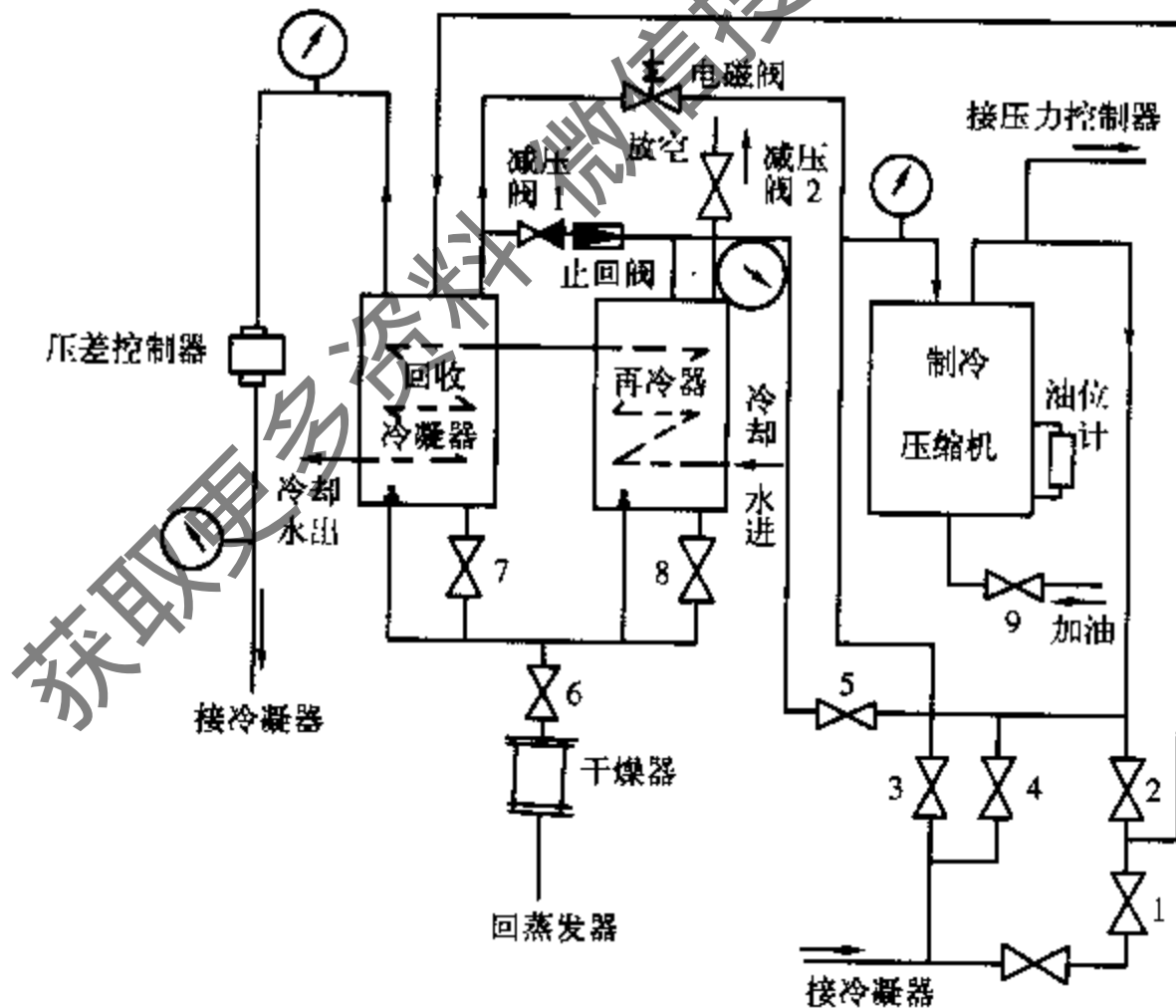


图 6-28 抽气回收装置控制原理图

其控制原理是：积存于冷凝器上部的不凝性气体和氟利昂蒸汽的混合气体通过节流器，经阀 1 进入回收冷凝器的上部。在回收冷凝器内，混合气体中的氟利昂蒸汽被盘管冷凝为液体，积于回收冷凝器的下部。当积聚的液体达到一定高度时，浮球阀打开，液

体通过阀 6 进入干燥过滤器，被回收到蒸发器内。随回收冷凝过程的进行，积存于回收冷凝器上部的空气和不凝性气体逐渐增多，使回收冷凝器内压力升高。当回收冷凝器内压力与机组冷凝器顶部的压力之差达到 0.015MPa 时，压差开关动作，电磁阀接通开启，同时自动启动活塞式压缩机，将回收冷凝器上部的空气、不凝性气体和残存氟利昂蒸汽的混合气体抽出，经阀 5 送入再冷却器再次冷却液化。液化后的氟利昂再经浮球阀、阀 6、干燥器流入蒸发器内。再冷器上部仍积存着空气和不凝性气体，这些气体经减压阀 2（调压至等于或稍大于大气压）放入大气中。由于废气的排出，回收冷凝器与冷凝器内压力之差值上升，当差值上升到 0.027MPa 时，压差开关再次动作，停止活塞式压缩机运行，关闭电磁阀，此时只有回收冷凝器继续工作。如此周而复始地自动运行，不断地将系统内的不凝性气体排出。

第六节 其他控制电路

一、制冷压缩机安全保护信号电路

图 6-29 是制冷压缩机安全保护电气原理图，当各项参数都正常时，中间继电器 9K 线圈通电吸合，压缩机可以开机或继续运转。当某项参数不正常时（例如压缩机冷却水套断水），该项保护的触点动作，相应的 K_2 （如 $8K_2$ ）触点闭合，指示灯（如 1HL）亮，指示出相应的故障种类。同时 K_1 （如 $8K_1$ ）触点断开使 9K 线圈断电， $9K_1$ 闭合电笛报警。值班员按下按钮 SB_1 ，继电器 10K 得电并自锁，音响报警停，事故信号灯光闪

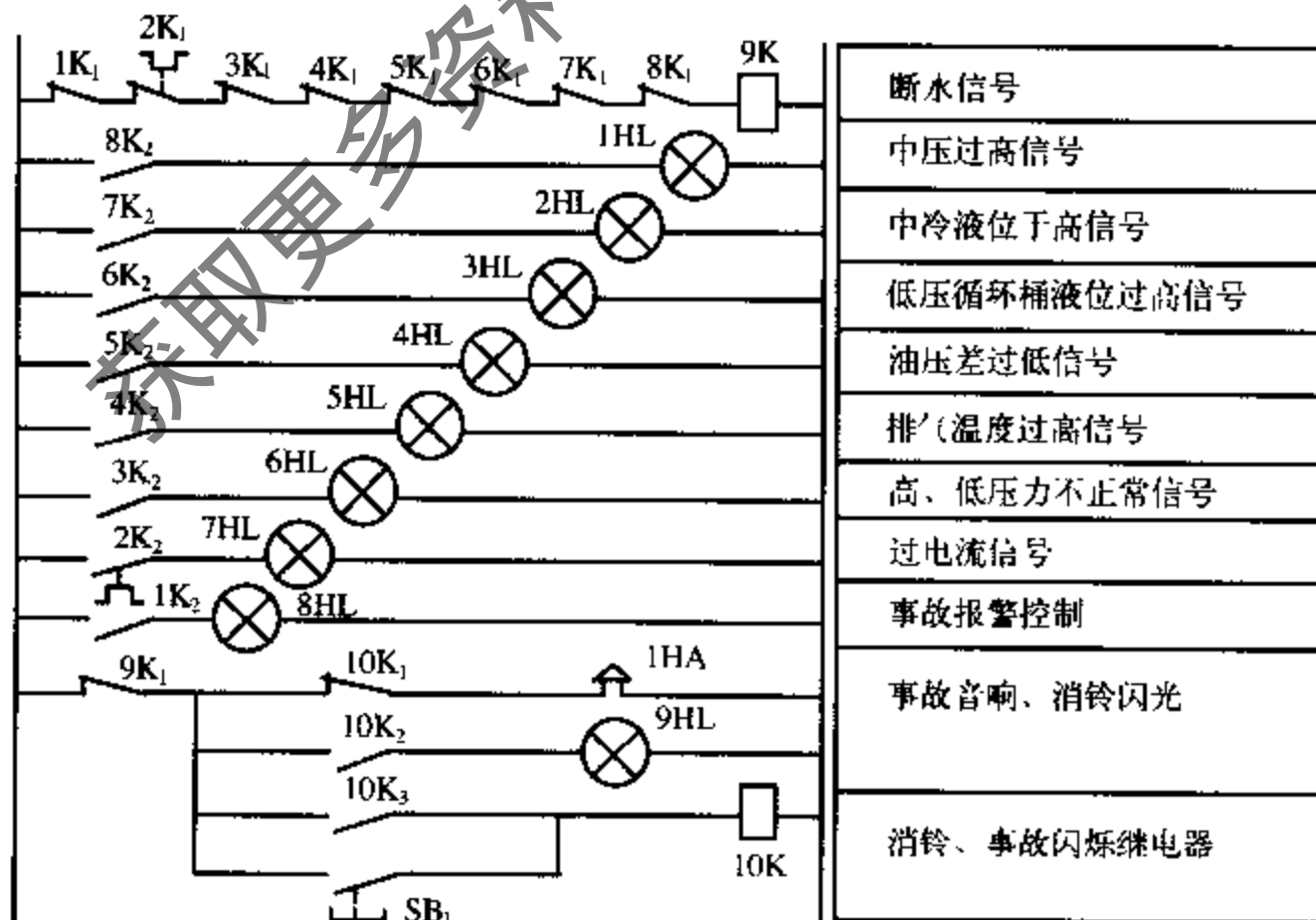


图 6-29 制冷压缩机安全保护电气线路图

烁。

二、库房呼救信号电路

库房呼救信号电路见图 6-30。为了使偶然被关在库房内的工作人员能够把消息通知自控室或机房值班人员，每间库房均应安装呼救按钮；为了容易找寻，还应在呼救按钮上方装上长明指示灯。当按下库房呼救按钮 SB_1 （其他库房的呼救相同）时，继电器 $2K$ 通电吸合，使 $1K$ 闪烁继电器接通，发出呼救的闪烁灯光和电笛报警信号。值班人员得到呼救信号后，根据闪光灯确定房间，采取相应的救护措施，并按下答复按钮 SB_3 答复库房呼救人员，其呼救已起作用，同时音响电笛断电，呼救过程结束。

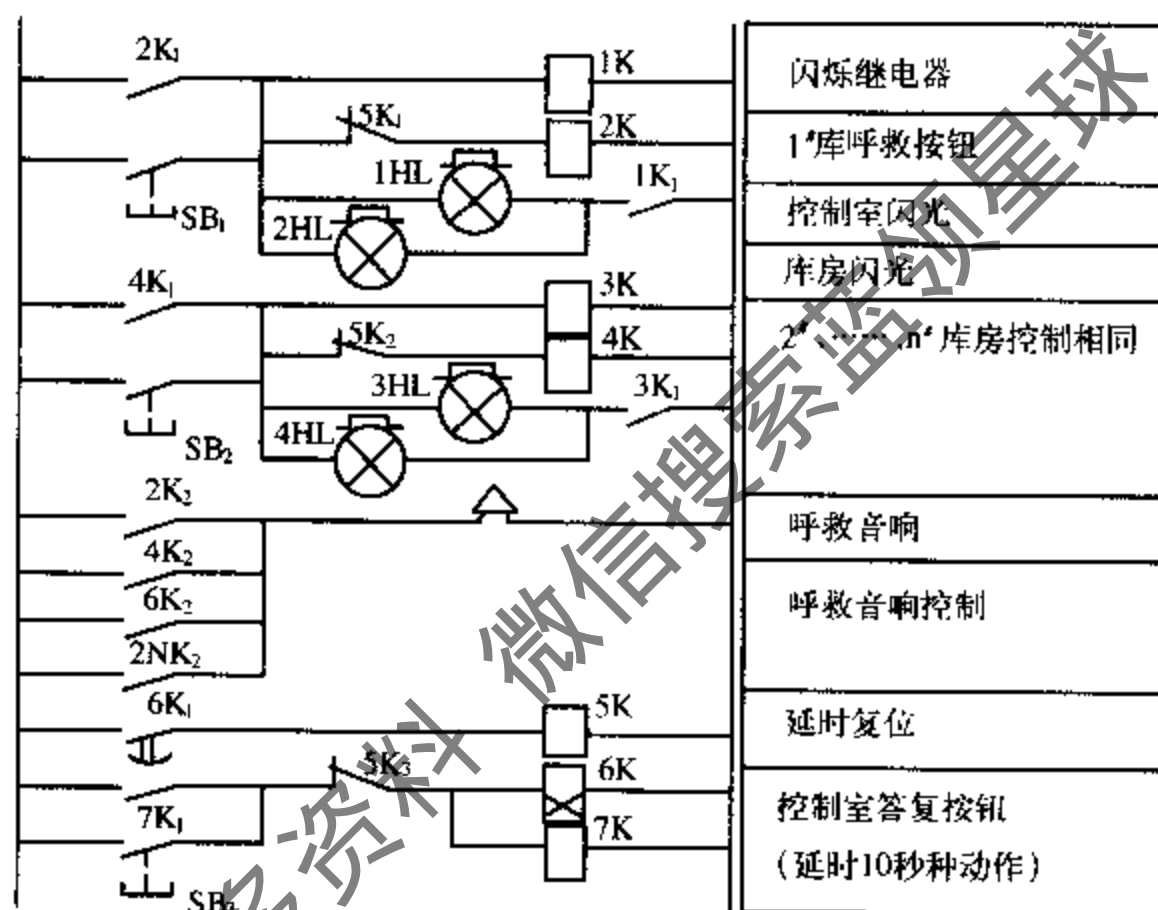


图 6-30 库房呼救信号控制线路图

三、风幕、电动门控制电路

为减少冷库门开门时的冷量损失，在冷库门上装上风幕。冷库门开启时联动风幕开启，在开启的冷库门口产生一道风幕，阻止冷库门内外冷热空气的对流。当冷库门关闭时，在冷库门处进行的库内外冷热空气的对流被库门隔断，不需要风幕工作，风幕电机停止运转。关门后防止门与门框冻结而引起开门困难，在电动门两边的胶条内，各装一组电阻丝加热器，由温度控制器控制，保持在 25°C 左右。

图 6-31 是风幕、电动冷藏门控制线路。其控制原理是，当开门拉动拉线按钮 S_2 时，齿轮交互继电器 $1K$ 通电，常开触点 $1K_1$ 闭合，接触器 $1KM$ 通电吸合，电机启动开门；全开后，门框边上的行程开关 S_4 被撞开而切断 $1KM$ 回路，电机失电停止工作。刚开门时，撞击闭合行程开关 S_6 ， $3KM$ 吸合，使风幕的两台电机启动，风幕工作。当需关门时，再拉动拉线按钮 S_3 使交互继电器 $1K$ 产生与开门时相反的动作，使常闭触点 $1K_2$ 闭合， $2KM$ 吸合通电，电机产生反转，把门关闭。当门关闭后，撞开行程开关 S_5 ，

2KM 失电，关门结束。此时风幕风机也停止了工作。若关门过程中，碰到物体，装在门缝内的安全开关 S 闭合，使 2K 通电，常闭触点 $2K_2$ 断开，停止关门，同时常开触点 $2K_1$ 闭合，使交互继电器 1K 又产生相反动作，重新开门。用温度控制器控制门缝电阻丝加热器，在电阻丝加热器电路中加上漏电保护开关进行漏电时自动保护。当库房工作结束，为防止开、关门的误动作，采用门搭开关 S_1 。当门搭搭上后， S_1 断开，切断控制回路的电源，此时再拉动拉线按钮，也不能使电机通电开门了。

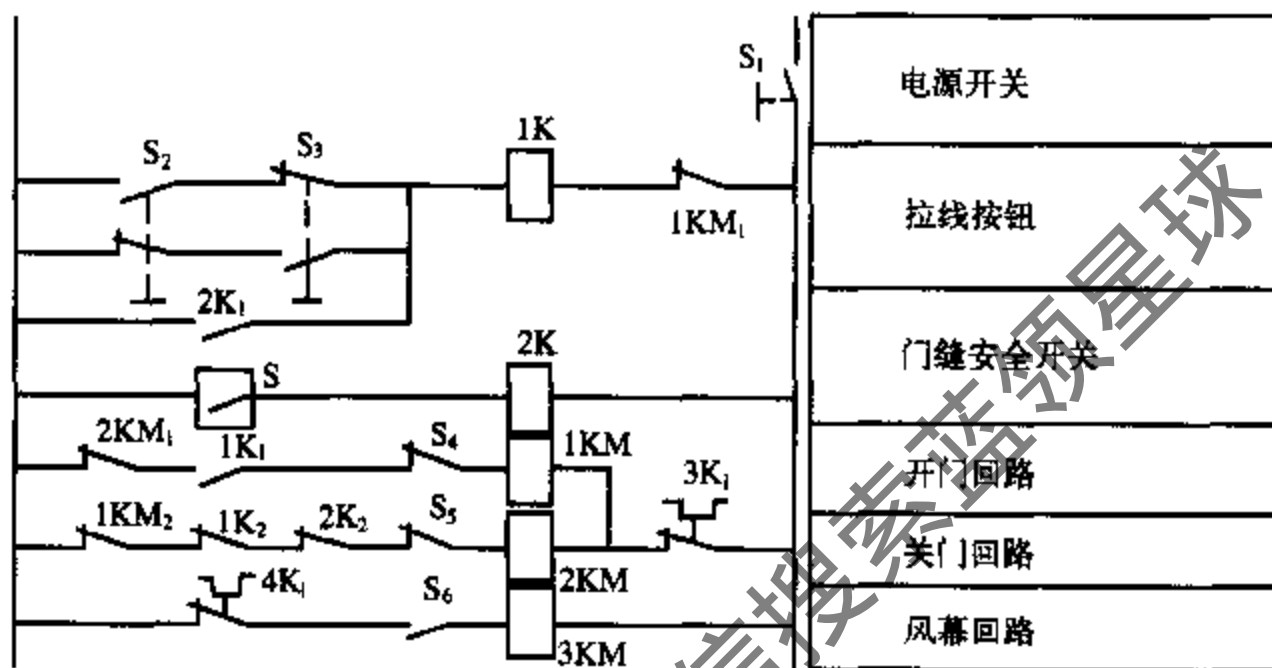


图 6-31 风幕、电动冷藏门控制线路图

第七节 冷藏库制冷系统自动控制实例分析

一、冷库概况

冷库为五层建筑，顶层两间为冷却物冷藏间，每间容量为 1000 吨，其余四层均为冻结物冷藏间，每层两间，每间容量 1000 吨，总容量为 10000 吨。冻结间共分 6 间，每间容量 20 吨，冻结时间为 20 小时。

制冷系统为氨泵供液系统，分三个蒸发温度，每个系统的热负荷和机器设备配置如下：

蒸发温度 ($^{\circ}\text{C}$)	估算热负荷 (kW)	机器型号及台数	机器产冷量 (kW)	低压循环桶	氨泵
-33	698	8ASJ-17 4台	669	D1200 2台	5米 ³ /时 4台
-30	186	S8-12.5 2台	195	D1200 1台	5米 ³ /时 1台
-15	174	6AW12.5 1台	174	D1200 1台	5米 ³ /时 1台

二、制冷系统自控原理图

见书末附图。

三、自动控制分析

(一) 安全保护装置

每台制冷压缩机均带有高、低压控制器和油压差控制器，缸盖或缸套出水口设有水流继电器，排出管上装止回阀。有些 S8—12.5 型单机双级制冷压缩机，由于高压缸没有卸载装置，需在高压排出管和中压吸入管之间增设电磁阀旁通。

中间冷却器设有 UQK—40 型浮球液位控制器作为高液位报警，当中冷器液位达到控制器上限时，切断制冷压缩机电源，同时发出声光信号。中冷器还装有 ZZRP—32 型自动旁通阀，接通低压循环桶。当中压超过预定值时，旁通阀自动开启；当中压降至预定值时，旁通阀自动关闭。此阀应按制冷压缩机电动机允许的最高中间压力来调节。采用自动旁通阀的优点是开关纯属机械动作，电气线路比较简单，缺点是调定值须接近于最高中压，因此制冷压缩机启动电流较大。自动旁通阀也可用 ZCL—20 型电磁阀代替，制冷压缩机启动前开启电磁阀，使中冷器泄压，当制冷压缩机运行正常以后即关闭此阀。

低压循环贮液桶上装有 UQK—40 型浮球液位控制器作为高液位保护，当低压循环贮液桶液位上升至控制器上限时，切断制冷压缩机电源，同时发出声光信号报警。

氨泵系选用半封闭式氨泵，用 CWK—11 型压差控制器作为断液保护。氨泵排出管上装有 ZZRN—50Y 型止逆阀防止倒流。用 ZZRP—32 型旁通阀作为流量旁通，当泵的排出压力升至旁通阀的预调值时，将部分流量旁通至低压桶。

空气冷却器融霜水管的放水管口装有水流继电器，如水泵不上水，或水电磁阀发生故障不能开启时，发出故障信号。

排液桶采用立式桶，利用氨泵排液。桶上装有 UQK—40 型浮球液位控制器，当液位上升至控制器上限时，不停制冷压缩机，仅发出高液位报警信号。

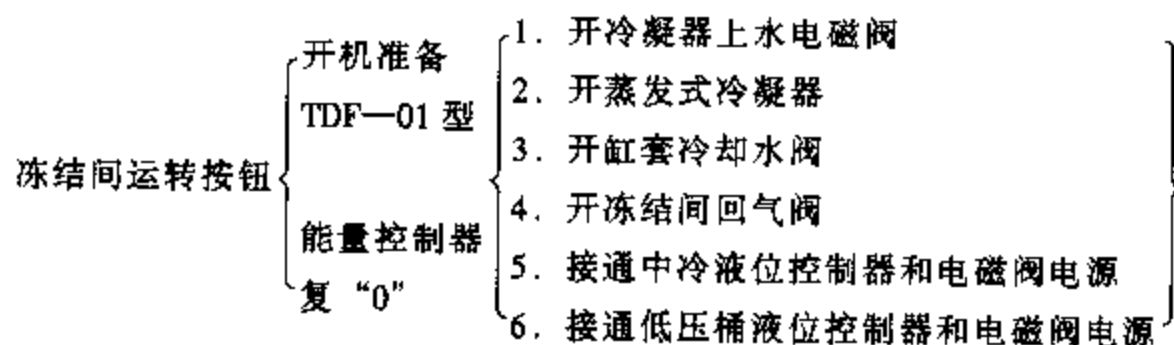
(二) 冻结系统自控

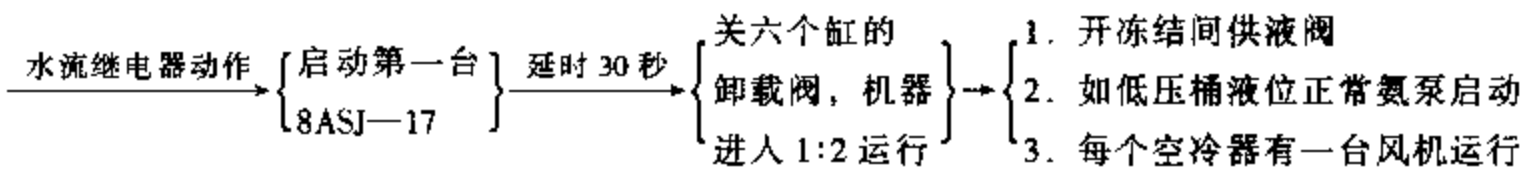
冻结间共有 6 间，每间有 KLT—400 空气冷却器 4 台，每台有 T40—116 轴流风机 3 台。间内装有链板式传送带，进货穿堂有与凉肉间相连通的传送带，出货穿堂传送带直通冷库穿堂，并设有卸肉机。冻结系统有 8ASJ—17 型单机双级制冷压缩机 4 台，ZL—800 型中间冷却器 2 台，DXZB 型低压循环桶 2 台，5 米³/时屏蔽氨泵 4 台。

冻结间是程序控制的，按流程可分为五个阶段：

1. 空库降温

机房控制室接到某冻结间须投入运转的通知后，值班人员按动该冻结间运转按钮，冻结系统即按下列程序投入运行：





冻结系统进入正常运行后,当室温达到预定值,WTQK—21动作,机房控制室和凉肉间值班室出现预冷完成信号,可以进货。

氨泵断液保护的CWK—11压差控制器延时8秒,若8秒后不上液,氨泵自动停止,但不停压缩机。延时0~180秒后,氨泵第二次启动,若再不上液,则作为氨泵事故,应指令压缩机停机。

出现预冷完成信号以后,如因故一时不能进货,系统不能自动停止运行,需要控制屏按停止按钮系统才能停止运行。为了防止冻结间围护结构因温度升高至0℃以上而产生冻融循环,要求冻结间的温度经常保持在0℃以下。冻结间的保温可以自动,也可以按钮控制,本例采用按钮控制。

三台蒸发式冷凝器利用两个YWK—11型压力控制器控制二个不同的压力范围,冷凝压力达到0.8MPa(表压)时,水泵启动,达到1MPa(表压)时开风机。压力调定值可以根据实际运行情况进行调整。

2. 进货

凉肉间值班室设有信号屏和传送带控制开关,当控制屏出现预冷完成信号,表示冷冻间可以进货。值班人员按动进货穿堂传送带按钮即可将白条肉依次送入冻结间。冻结间传送带开始运行时,冷风机的12台通风机全部投入运转。

3. 冻结

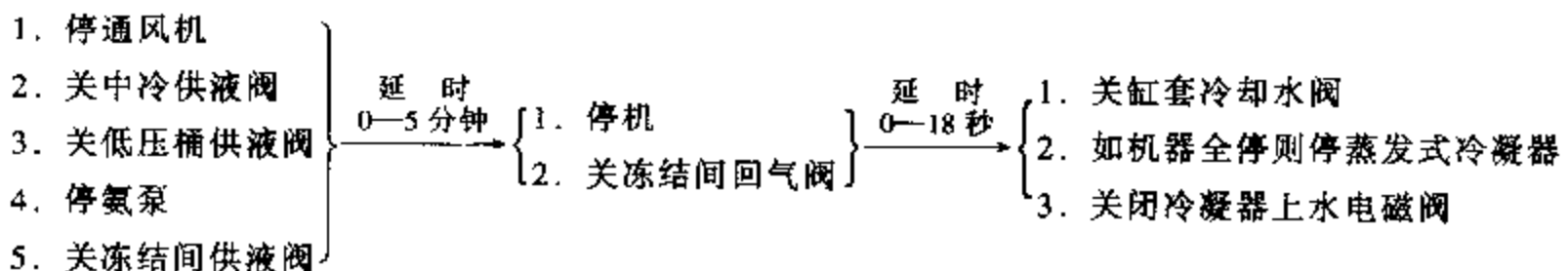
进货过程结束就进入冻结阶段,冻结时间定为20小时。

每台8ASJ制冷压缩机有1:2及1:3两级能量,4台制冷压缩机共分8级,由TDF—01型分级步进能量调节器控制。TDF—01型分级步进能量调节器与低压循环贮液桶上部接出的YSG—01型电感压力变送器配合使用,即能达到利用压力参数调节能量的目的。

制冷压缩机的开机台数,还受房间数的限制。一间冻结间工作最多开一台制冷压缩机,二间最多开二台,三间最多开三台,压缩机的开机次序是可以手动切换的。

当累计的冻结时间(中途停电或停机时间不计)达到预定值时,机房控制屏和值班室控制屏出现“冻结完成”信号,随即关闭供液阀、通风机,延时关闭回气阀,冻结过程即告结束。

最后一间冻结间“冻结完成”后,系统按下列程序停机。



4. 出货

凉肉间值班室控制屏出现“冻结完成”信号,值班人员按动设在冻结间出口侧门旁

的传送带按钮，冻结间和出货穿堂传送带，及卸肉机同时投入运行、冻结间开始出货。当传送带累计运行时间达到预调值时，出货过程结束。

5. 融霜

出货完毕，融霜开始。若水温高于 20°C 时，空气冷却器可单独采用水融霜，热氨仅作为手动排除蒸发器死角积聚的冰霜和积油时用。若水温低于 20°C ，可利用热氨与水结合的方法融霜。本例假定融霜水温高于 20°C 。融霜时关供液、回气阀，停风机，开水阀和水泵。淋水时间可在 $0\sim 30$ 分钟范围内调节，一般只需 $15\sim 20$ 分钟。融霜时间到达，先关水阀，延时 $1\sim 3$ 分钟，再停水泵。如自动水阀前能保持 2 米以上水柱，则此延时继电器可取消。水融霜期间，蒸发器内的压力升高至设定值时，通过自动旁通阀泄压至回气管。

融霜完毕，整个冻结过程即告结束。

(三) 低温冻藏系统自控

低温冻藏系统一般是受库房温度的控制。温度控制器可采用 TDW—12 型温度调节器，也可用 XBD 遥测温度计兼作温度控制器，两者合用的优点是可以少用导线，缺点是不能相互校对温度。

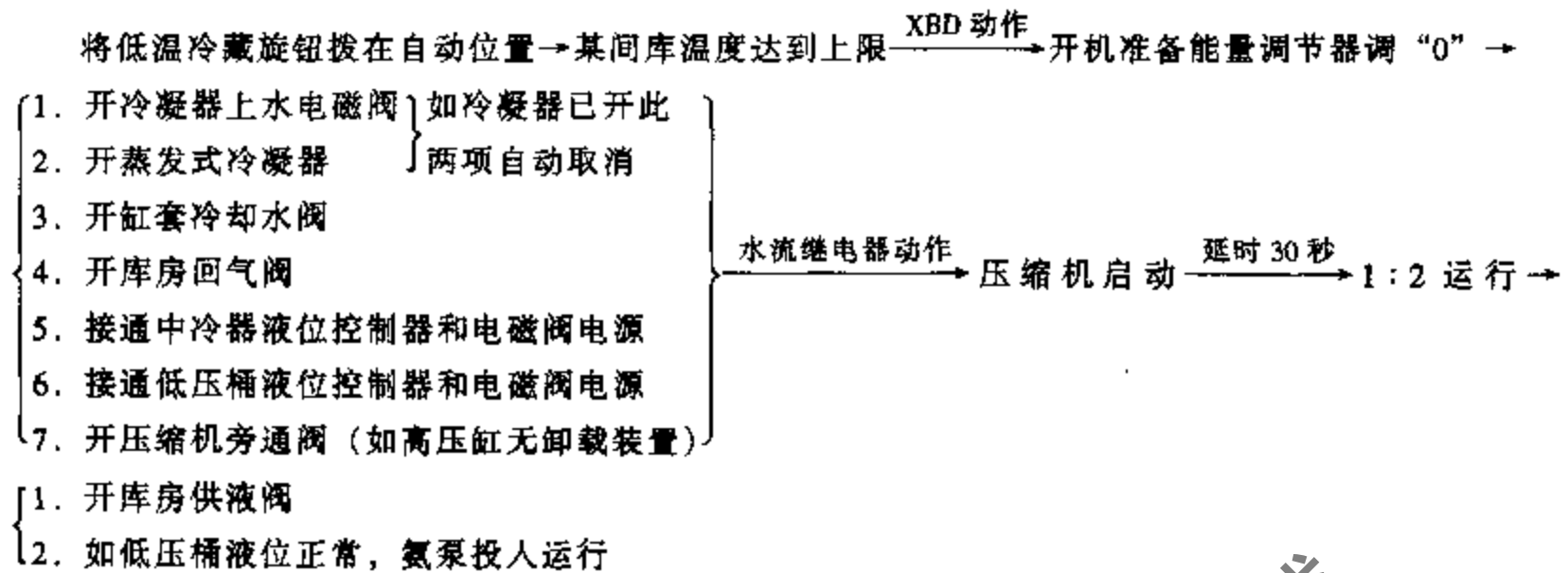
制冷压缩机的开停，受库房温度控制。能量调节一般是根据低压循环桶的温度或压力参数来控制。采用温度控制时可在低压循环桶下部（液体部分）装套管，套管内注冷冻油，将 WZB—891 (Pt100) 型铂热电阻温度计的铂热电阻插入管内，管口需封闭。能量调节器可配用 TDF—02 型分级步进调节器。采用压力控制可在低压循环桶的上部安装 YSG—01 型电感式压力变送器，配用 TDF—01 型分级步进调节器。温度控制的优点是控制精度较高，尤其是配用无级能量调节式制冷压缩机，如螺杆式制冷压缩机时，能使温度控制达到较高精度。缺点是反应较缓慢，安装较复杂。压力控制的优点是反应较快，安装方便，缺点是控制精度较低。对多缸活塞式压缩机来讲，它的能量控制是通过调节缸数来达到的，本身调节精度就不高。但压力控制方式已能满足能量调节的要求。

本例低温冻藏间共有八间，每间容量为 1000 吨，间内设光滑顶管。供液管上装有液用常闭型电磁主阀，回气管上装有气用常开型电磁主阀，以减除阀门的开启压差。排管除霜以扫霜为主。每间接有手动的热氨和排液阀，作为定期清除未扫净的冰霜和排油用。温度控制与检测元件采用 XBD 遥测温度计。

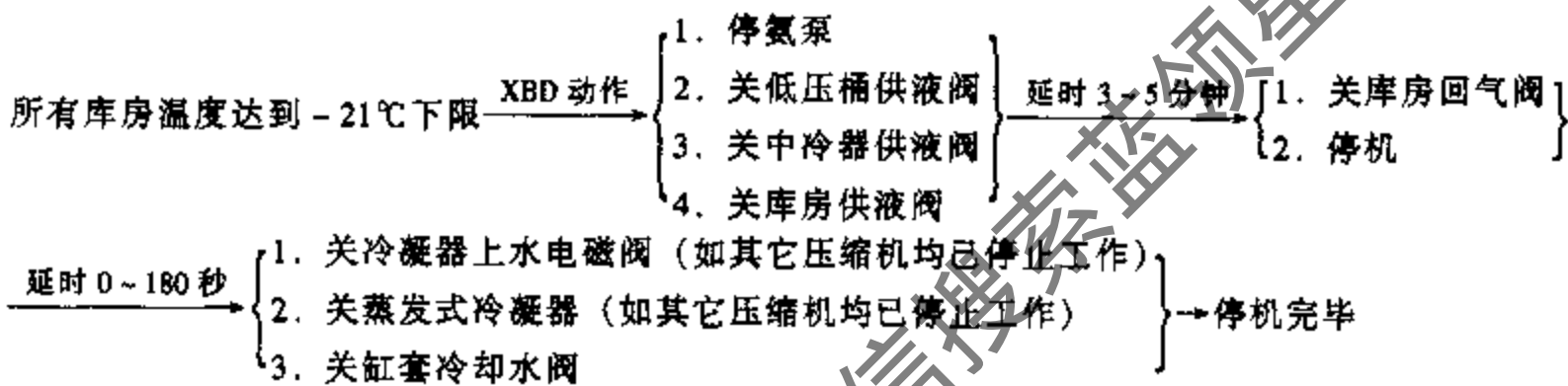
低温冻藏系统设有 2 台 S8—12.5 型单机双级制冷压缩机，一个 D600 中间冷却器，一个 D1200 低压循环桶和一台 $5\text{米}^3/\text{时}$ 屏蔽氨泵。制冷压缩机分四级能量，由设在低压循环桶上的 YSG—01 型压力变送器与 TDF—01 型分级步进调节器控制。

设计库温为 -20°C ，要求温度波动不大于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。当任一间库房温度达到上限 -19°C 时，温度控制器动作。接通供液电磁主阀电源，切断回气电磁主阀电源，开启供液和回气主阀，指令系统投入运行。为了避免制冷压缩机开停频繁，凡库温高于下限的库房一并降温。库温达到下限 -21°C 时，先关供液主阀，延时 $3\sim 5$ 分钟再关回气主阀。当所有库房的温度都达到下限 -21°C 时，系统自动停止运行。

低温冻藏系统开机程序如下：



停车程序如下：

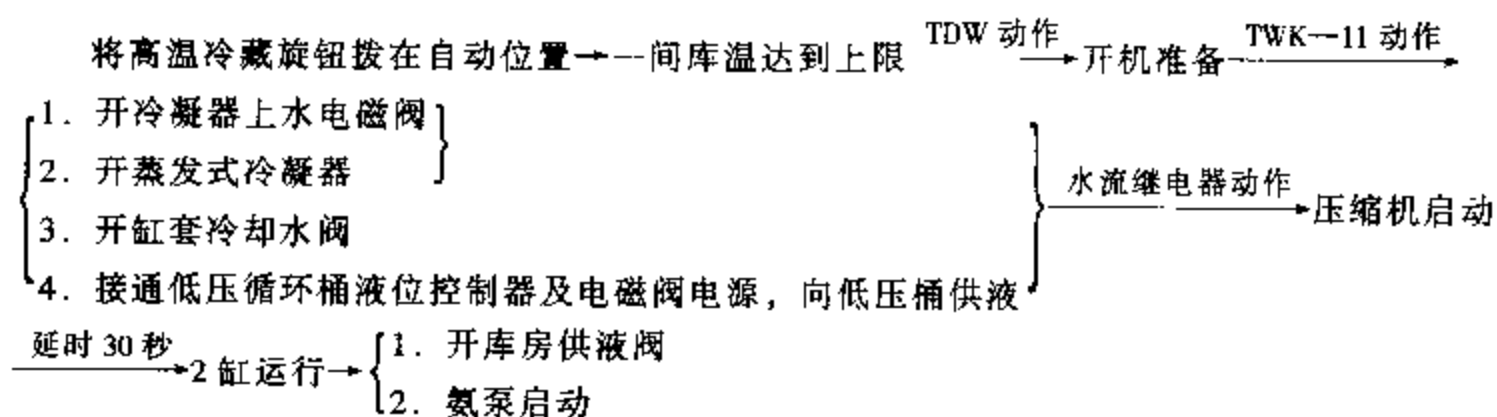


（四）高温冷藏系统自控

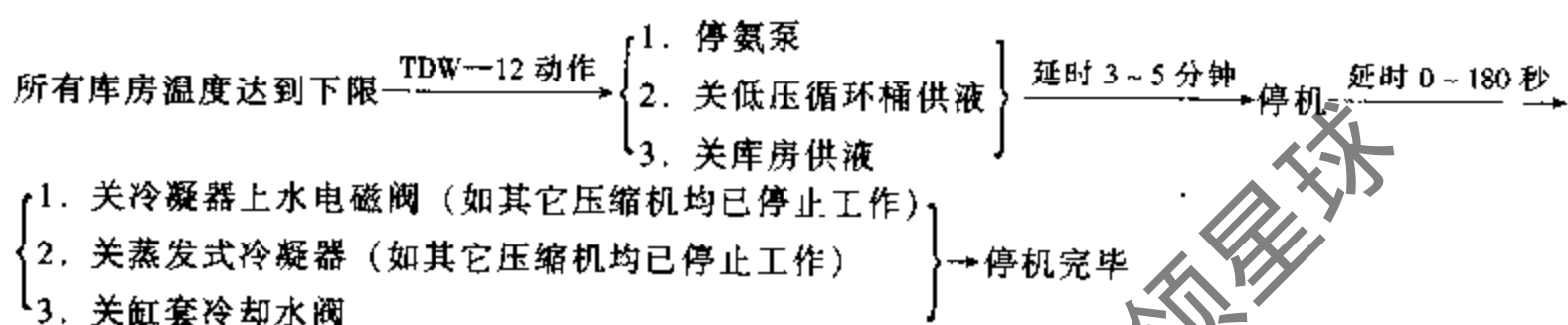
高温冷藏库内设有 KLL-400 型冷风机两台，由均匀送风道配风，冷风机翅片管组分两组供液，通风机选用 JDD₂-31 双速马达，750~1500 转/分，使风量也分为两挡。本例利用高温库设在顶层的有利条件，采用上进下出供液系统。库内装两个 TDW-12 温度控制器，调节不同的温度范围。新鲜商品刚进货，库温较高时，两台冷风机全开。运转一段时间后，库温下降至设定值时，每台冷风机的一组翅片管关闭，通风机开二台。当温度降至控制的下限时，两台冷风机全停。冷风机翅片管采用水冲霜，冲霜周期由微压差控制器控制。当翅片管上霜层增厚，空气阻力增到一定值时，微压差控制器动作，冲霜程序开始进行。关供液阀和风机，延时 0~180 秒让蒸发器内氨液流尽。然后打开水阀，淋水时间可在 0~30 分钟内调整，一般淋水 15~20 分钟即可将霜层冲尽。冲霜完毕关水电磁阀和冲霜水泵后再延时 3~5 分钟，使翅片管表面水滴干，然后开供液阀和风机，恢复正常运行。冷风机进液口上还接有手动热氨阀门，主要是供定期排除冷风机内某些水淋不到的死角所积聚的冰霜之用。热氨冲霜时应关小回气管上的手动阀门，并注意蒸发器内的压力不超过 0.6MPa。

高温冷藏系统设 6AW-12.5 制冷压缩机一台，D1000 低压缩环桶一只，5 米³/时氨泵一台。制冷压缩机的开停由库房温度调节器控制。制冷压缩机的能量调节共分三级，由 3 只 YWK-11 型压力控制器分别控制三个不同压力。将调整的压力值互换，即可使三组气缸先后启动的次序互换。

高温冷藏系统的开机程序如下：



高温冷藏停机程序:



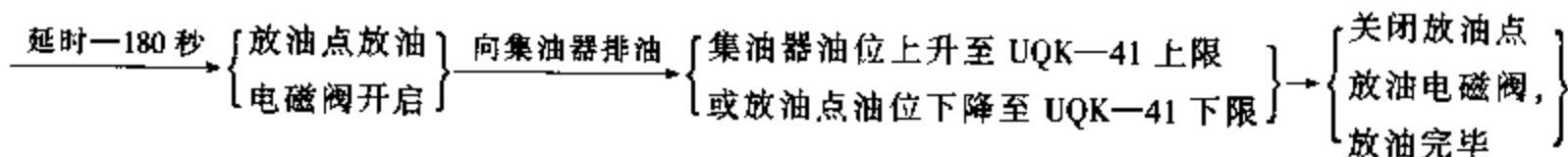
(五) 放油、油处理和加油自控

1. 放油

为了节省自控元件和阀门, 本例将三台氨油分离器的放油管集中在一个直径为 325 毫米的集油桶内, 再由此集油桶放至集油器。这样虽然增加了一个小容器, 但可以节约两个油位控制器和两个放油电磁阀, 电气系统也可以简化。此外, 三台蒸发式冷凝器都不接放油管, 冷凝器内集油随氨液流至一个直径为 219 毫米, 长 1300 毫米的油液分离器, 液体从容器中部以切线方向进入, 利用旋转和减速作用, 将油从氨液中分离出来。油的比重较大, 沉于容器底部, 氨液则从容器上部的出液口溢出, 流至贮液器, 这样基本上防止了油进入贮液器。因此, 三台冷凝器和二台贮液器的放油, 只要集中在油氨分离器放, 用一套放油自控元件就可以了。贮液器仅设手动放油阀, 作为不定期地放油用。

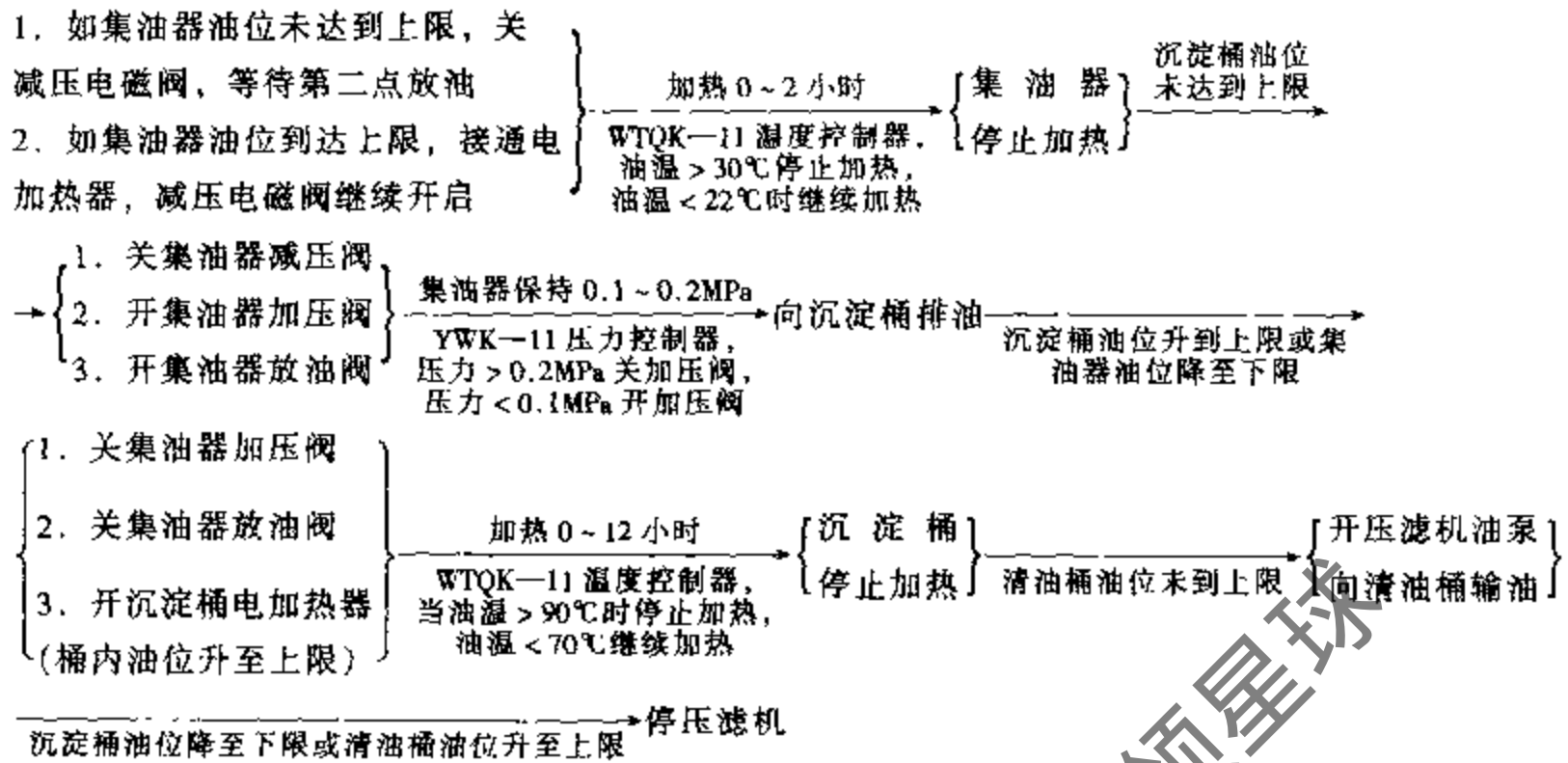
系统中设有两台 D325 集油器, 一台供氨油分离器、油液分离器和中间冷却器放油用。一台供低压循环桶和排液桶放油用。每个放油点均设有 UQK-41 型油位控制器及放油电磁阀。一共有 10 个放油点, 由步进选线器按预定的程序, 接通一个放油点的电路, 若此点油位未达上限, 步进选线器就越过此点, 接通下一个放油点的电路。若此点的油位已上升至 UQK-41 的上限, 此点即按下列程序进行放油:

步进选线器接通某一放油点电路此点油位已上升至 UQK-41 上限 → 集油器减压电磁阀开启



2. 油处理

油处理的过程如下:



只要沉淀桶油位未达上限，两个集油器可以同时向沉淀桶排油。

考虑到低温系统油的粘度较大，因此在低压循环桶下设有未保温的油包。当 UQK—41 失效时，可关闭油包上的 Dg70 手动阀门，利用室温或电热元件加热油包，再切入系统进行放油。当室温较高时，可稍稍打开 Dg20 透气阀，以免油包内压力过高。

3. 加油

每台制冷压缩机均装有 UQK—42 型油位控制器及加油电磁阀，当制冷压缩机曲轴箱内油位降低至 UQK—42 下限时，开加油电磁阀，启动加油泵，向制冷压缩机加油。当曲轴箱内油位上升至 UQK—42 上限时，停加油泵，关加油阀。若同时有几台机器曲轴箱油位下降至下限，则几台机器可同时加油，待最后机器的油位上升至上限时，再停加油泵。

(六) 放空气自控

本例采用的空气分离器是带蛇形管的 KF—20 型空气分离器。蛇形管进液口装有 ZZRW—4 型内平衡式热力膨胀阀及 ZCL—3 型电磁阀。深入分离器中部有一温度计套管，管内灌冷冻油，WTQK—11 温度控制器的温包插入套管内，以检测分离器中部的温度。不凝性气体出口装有 ZCL—3 型电磁阀及手动调节阀。

进液管电磁阀与制冷压缩机同步，凡有一台制冷压缩机运转，此阀即开启。利用热力膨胀阀控制分离器供液量，使分离器降温。进入分离器的混合气体中的氨气不断被冷凝成液体，靠位差流入贮液器的底部。当分离器内温度降至设定值 $-5 \sim -15^{\circ}\text{C}$ 时，WTQK—11 温度控制器动作，打开放空气管上电磁阀，放出不凝性气体。此时要调节手动调节阀，使此阀微开，只要保证侵入水缸内的放空气管不断冒泡即可，不得将手动阀开启过大，以免发生事故。

不凝性气体不断排出后，分离器内的压力逐步下降，混合气体又进入分离器，使分离器的温度升高，WTQK—11 动作，关闭放空气电磁阀。如此循环，不断地将系统中的

不凝性气体排走。

空气分离器应设在高于冷凝器混合气体出口的位置。空气分离器的冷凝氨液出口不得接至贮液器气体部分，应接至贮液器底部。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第七章 空气调节系统的自动控制

空气调节是使室内的空气温度、相对湿度、空气流动速度和洁净度等参数保持在一定范围,以满足生产工艺和生活条件要求的技术。一般情况下,被调房间的温度要求保持在 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$ 范围内,室内相对湿度保持在 $40\%\sim 65\%$ 范围内。因此,冬季室外空气寒冷干燥,需要经加温、加湿和净化处理后再送入室内,夏季的室外空气则需要经过降温、除湿和净化处理后再送入室内。由此可见,空气调节系统应包括由空气加热器、冷却器、加湿器、去湿器、空气混合器和净化器等设备组成的空气调节装置,还应包括为空气调节装置提供冷源的制冷装置和为空气调节装置提供热源的制热装置以及相应的水系统。

空气调节系统自动控制的任务,就是根据空调系统的特性,采用适当的调节仪器和调节规律,对空调系统进行变量调节或变质调节,使空调系统根据热负荷的变化及时调整,保持系统内的各设备在经济、合理的工况条件下运行。

由于空气调节系统中的控制对象具有多干扰性(见第一章第二节)、多工况性(冬季、夏季、过渡季节的工况各不相同)和温、湿度相关性(室内空气温度变化要引起相对湿度的变化,而加湿或减湿机构动作又要引起室温的波动)。所以,在空气调节自动控制系统中,除了采用双位调节外,更多的是采用比例、比例积分、比例积分微分调节。随着新的空调控制器的不断推出和微型计算机技术的迅速发展,空气调节自动控制系统常根据其规模大小,采用模拟仪表自控系统、直接数字控制系统(DDC)、集散型控制系统(TDS)。但是,无论采用哪种自动控制系统,都要求在保证空气调节系统安全运行和满足生产工艺和生产、生活条件的前提下,尽量简化系统,以节约投资、节能、节电、节水、节约生产费用。

第一节 空调系统中的环节控制

一、空调系统中加热(或冷却)设备的自动控制

(一) 热(冷)水盘管的控制

利用直通调节阀或三通调节阀对热(冷)水盘管进行控制的原理见图7-1。采用直通调节阀6调节供水量,将会使供水干管7总流量发生变化,导致供水干管的静压也发生变化,从而影响同一水路系统的其他盘管正常工作,这是使用直通阀的缺点。

采用三通调节阀3调节供水量,使得一部分热(冷)水通过盘管,另一部分通过旁通管5返回,通过改变两部分水流量的比例,来适应变化的负荷。这种方法可使供水干管的静压稳定,但不利于节约能源。

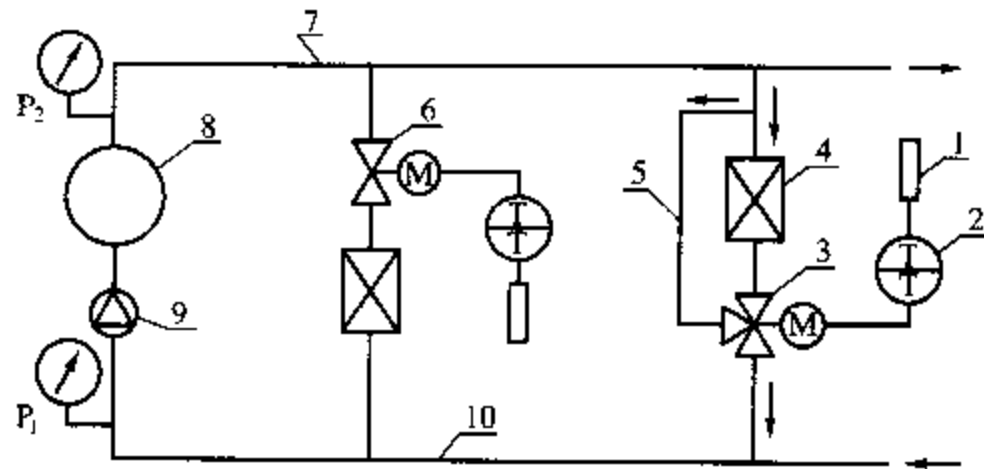


图 7-1 热水盘管的控制

- 1 - 温度传感器 2 - 调节器 3 - 电动三通调节器 4 - 热水加热器 5 - 旁通器
6 - 直通调节阀 7 - 供水干管 8 - 热水锅炉 9 - 给水泵 10 - 回水干管

对盘管的控制，一般采用比例或比例积分调节规律。也有采用双位调节的，如宾馆客房的盘管控制。

（二）蒸汽盘管的控制

蒸汽盘管加热器的控制原理见图 7-2。

常用的方法是将调节阀装在蒸汽入口管上，控制进入加热器的蒸汽流量。当加热器出口风温低于给定值时，调节器指令调节阀开大，增大蒸汽流量，使调节后的压力增大。由于饱和蒸汽的温度和压力一一对应，所以蒸汽温度增加，使传热平均温差增大，传热量加大，从而使空气的温度上升。采用这种

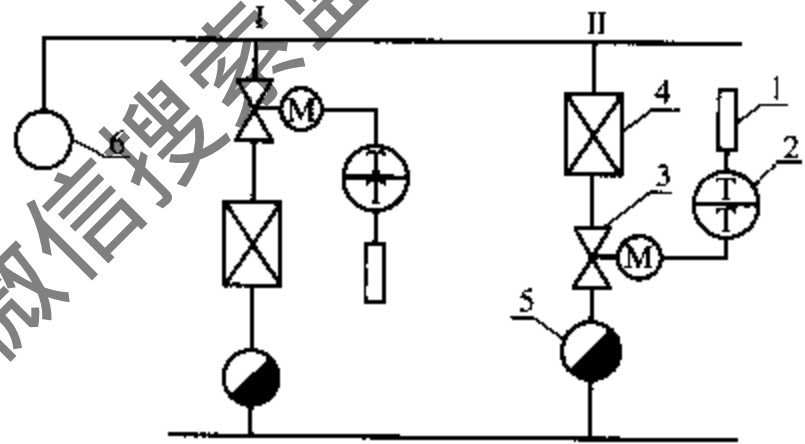


图 7-2 蒸汽盘管加热器的控制

- 1 - 温度传感器 2 - 调节器 3 - 电动双通调节阀
4 - 蒸汽加热器 5 - 疏水器 6 - 蒸汽干管

调节方法，加热器的热惯性小，反应灵敏，但由于蒸汽疏水器安装在加热器出口处的凝水管路上，而疏水器在运行中要求有一定的背压，因此，在某种情况下，当调节阀开度较小时，疏水器将会产生间歇排水现象，因此，运行过程中容易产生被调参数的振荡。

蒸汽盘管加热器常用的另一种调节方法是将调节阀装在冷凝水出口管路上，通过改变调节阀的开度控制冷凝的有效面积，来调节加热量。采用此种调节方法时，即可以实现疏水器的连续排水，避免了调节参数的振荡，但由于加热器的热惯性大，不够灵敏。

蒸汽加热器通常采用单座直通阀控制，泄漏量少。一般采用比例积分或双位调节的控制方式。

（三）喷水室的控制

喷水室对空气进行喷淋，使空气作多变过程控制，同时还对空气有净化作用。一般采用调节喷水温度的办法使空气降温、减焓。喷水温度的调节采用电动三通混合调节

阀，以改变回水与冷水的混合比例来实现。其调节原理图见图 7-3。

调节方式不允许采用双位控制，因为双位控制喷水，会有间断，对空气净化不利。

(四) 电加热器的控制

电加热器的控制原理见图 7-4。

图 7-4 (a) 为双位调节系统，温度传感器①将室内温度信号传递给位式调节器②，调节器②指令接触器⑤动作，控制电加热器的通电和断电。由于双位调节器只能使电加热器处于全部工作或全部停止两种状态，加热器非连续运行，容易使室温波动较大。但双位调节控制装置比较简单，常用于控制精度要求较低的空调系统中。

7-4 (b) 是电加热器的 PID 控制系统。温度传感器①测出被测温度，经 PID 调节器②调节，控制电压调整器③的输出电压，调节电加热器的功率。由于电加热器是在连续的变电压条件下工作，因而可使空调室内温度波动幅度小，可以达到较高的控制精度要求，但这种方案的设备较复杂。

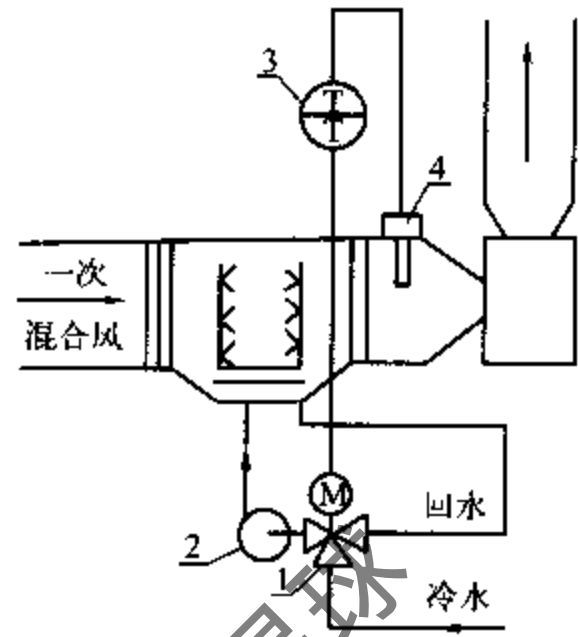


图 7-3 喷水室控制系统
1- 电动三通混合调节阀 2- 喷水泵
3- 调节器 4- 温度传感器

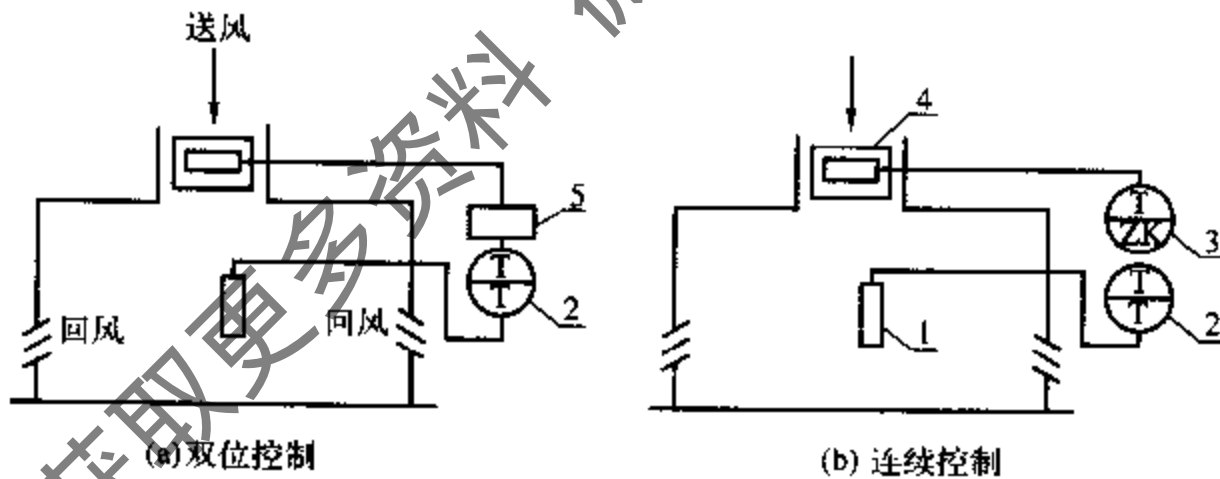


图 7-4 电加热器的温控系统

- 1- 温度传感器 2- 调节器 3- 可控硅电压调整器 4- 电加热器 5- 接触器

使用电加热器的系统，在电气上必须与送风风机联锁，即只有风机开动后才允许电加热器通电。此外，金属风道应该接地，以防电加热器断丝后与风道接触发生事故。

二、空调系统中加湿设备的控制

(一) 蒸汽加湿器的控制

蒸汽加湿器的控制原理见图 7-5。

蒸汽加湿是利用蒸汽本身的压力，从多孔的喷管中直接喷入空气，以调节空气的相对湿度。控制上没有惯性，有利于控制，在有蒸汽源的情况下应尽量采用这种加湿方式。

(二) 电极式加湿器的控制

电极式加湿器控制原理见图 7-6。

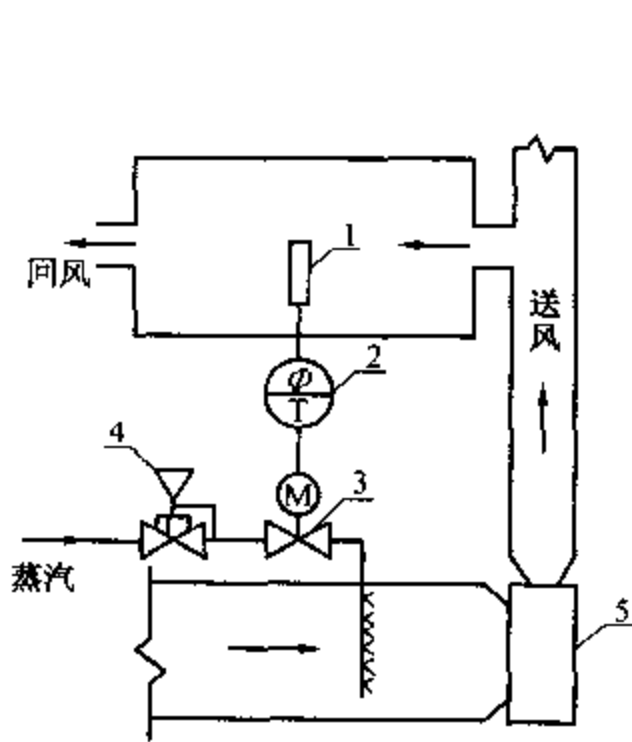


图 7-5 蒸汽加湿器控制

- 1-温度传感器 2-温度调节器
3-电动调节阀 4-压力调节阀 5-风机

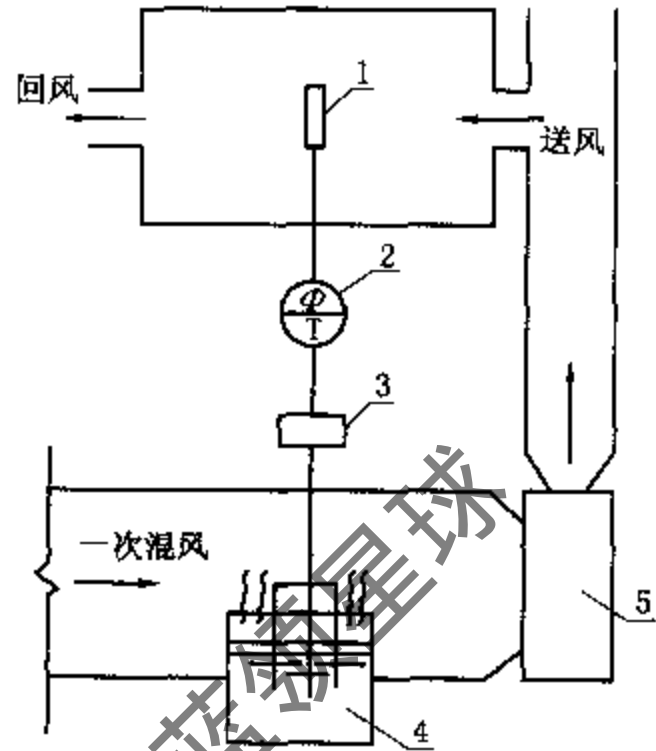


图 7-6 电极式加湿器控制原理

- 1-温度传感器 2-湿度调节器 3-接触器
4-水槽 5-风机

它是利用水导电，使插入水中的电极之间流过电流，该电流使水加热而产生蒸汽，利用所产生的蒸汽加湿空气。通常采用双位控制。

由于水加热时存在着热惯性，对调节不利，而且电极易腐蚀，增加管理上的麻烦，但由于这种加湿方法不需外加蒸汽源，设备简单，使用方便，一般成套设备上应用较多。

（三）超声波加湿器的控制

超声波加湿器属喷雾式加湿方法，可作为室内直接加湿器使用。其特点是水雾化效果好，粒子细，在空中悬浮时间长，噪声小，控制方便，但造价较高。

如果从水中向水面发射超声波，具有一定强度时，则水面就能形成喷雾状的水柱，其表面就产生细微的水雾。利用电子线路产生超声波的高频电能，并且通过交换器将高频电能变换成机械振荡的机械能。所使用的变换器是压电振动子，又称换能器。

压电振动子是一种压电物质，当它一通电，内部分子就移动，而使压电振子产生形变。用在超声波加湿器上的压电振子，是利用厚度振动的，即一通上电压，厚薄就发生变化，而形成表面的振动。由于这个机械振动使水雾化。

图 7-7 是超声波加湿器框图。把 220V 的电压通过变压器降到 45V，然后送入科尔波兹振荡回路，输出 1.6MHz 的高频信号，再经过电压放大，功率放大，从而使振荡器具有一定的功率。功率放大器的负载是压电振动子，压电振动子将电能转换为机械能作用在水槽底部，向水面发送超声波并使水雾化，然后借助风机连续不断将水雾吹至房间。

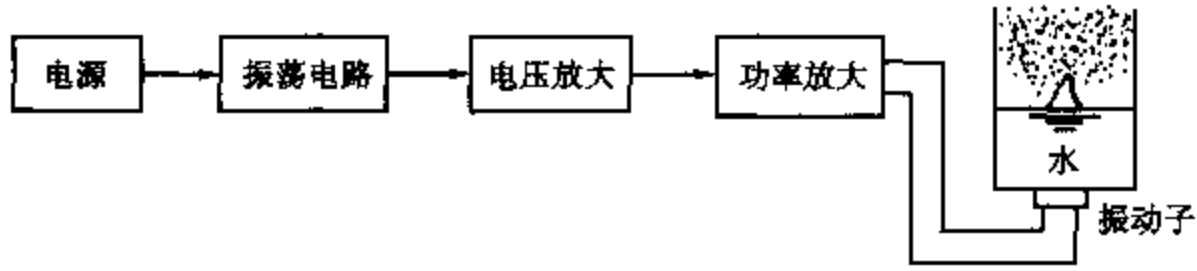


图 7-7 超声波加湿器框图

为了得到最大雾化量，要保持水槽有一定的水位和水温。保持一定水温还可防止在水槽外面结露。

(四) 除湿控制

当冷却盘管的表面温度降到空气露点温度以下时，空气中多余的水分会在冷却盘管表面结露，从而可以除湿。通过湿度控制器控制冷却盘管的冷水量就可以实现除湿控制。

第二节 风机盘管自动控制系统

风机盘管空调系统，是将由风机和盘管组成的机组直接安放在空调房间，风机把室内空气吸进机组，经过过滤后再经盘管冷却或加热，然后就地送回空调房间。空调房间所需的新鲜空气是新风处理机组将室外空气集中处理后由管道送入的，风机盘管所用的冷媒、热媒也是集中供应的。所以，风机盘管是半集中式空调系统中的空气局部处理装

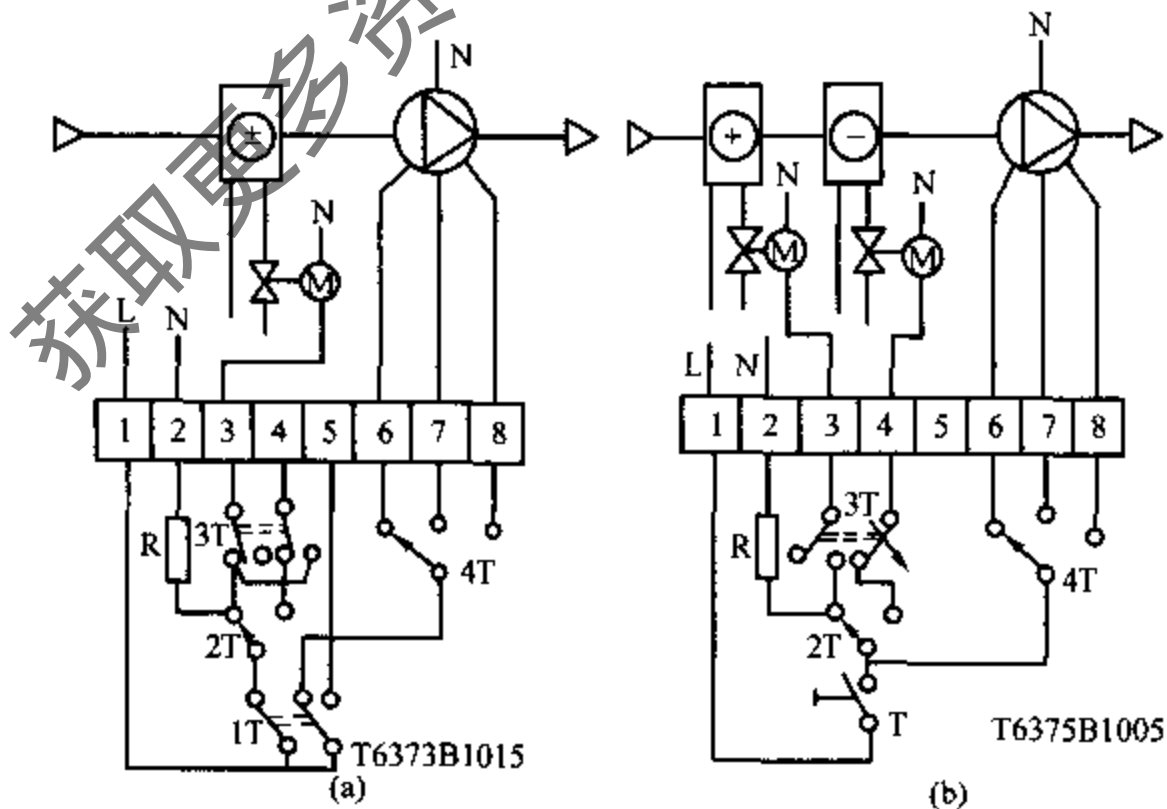


图 7-8 风机盘管控制系统

(a) 两管制、冷热盘管合用 (3T 处于冬季工况)

(b) 四管制、冷热盘管分开 (3T 处于夏季工况)

置。在这种系统中，冷量（或热量）分别由空气和水带入空调房间，属于空气—水系统。一般应用在客房、写字楼、公寓等高层多室的建筑物中舒适性空调的场合。风机盘管控制系统一般不进入集散控制系统。近年来也有的产品有通信功能，可与集散系统的中央站通信。

风机盘管自动控制可以用温度控制器控制冷、热水盘管的两通或三通阀，来控制冷、热水路的通断。图 7-8 所示属于单回路模拟仪表控制系统。图 7-8 (a) 是两管制风机盘管温度控制系统，1T 是总开关，2T 是温度开关（图中为温度低于设定值状态），3T 是冬夏转换开关（图中位置为冬季工况）。图 7-8 (b) 是四管制风机盘管控制系统，冬夏季转换开关 3T 在图中为夏季工况。风机盘管装置通常采用多速电动机来驱动风机，图中 4T 为风机的风速选择开关。

第三节 新风机组自动控制系统

新风机组属半集中式空调系统，是用来集中处理新风的空气处理装置，新风在机组内进行过滤净化和热湿处理，然后利用风机通过管道送往各个空调房间。新风机组由新风阀、过滤器、冷热盘管、送风机等组成，有的新风机组还设有加湿装置。

图 7-9 是带有加湿装置的新风机组模拟仪表控制系统原理示意图。湿度传感器 TE 将送风湿度信号送入温度控制器 TC-1，TC-1 通过转换开关 TS-1 按冬、夏工况控制电动双通调节阀 TV-1，改变进入换热器内的冷、热水量，以维持送风湿度的相对恒定。温度传感器 HE 通过温度调节器 HC-1 控制加湿调节阀 HV-1，改变蒸汽量来维持送风温度的相对恒定。

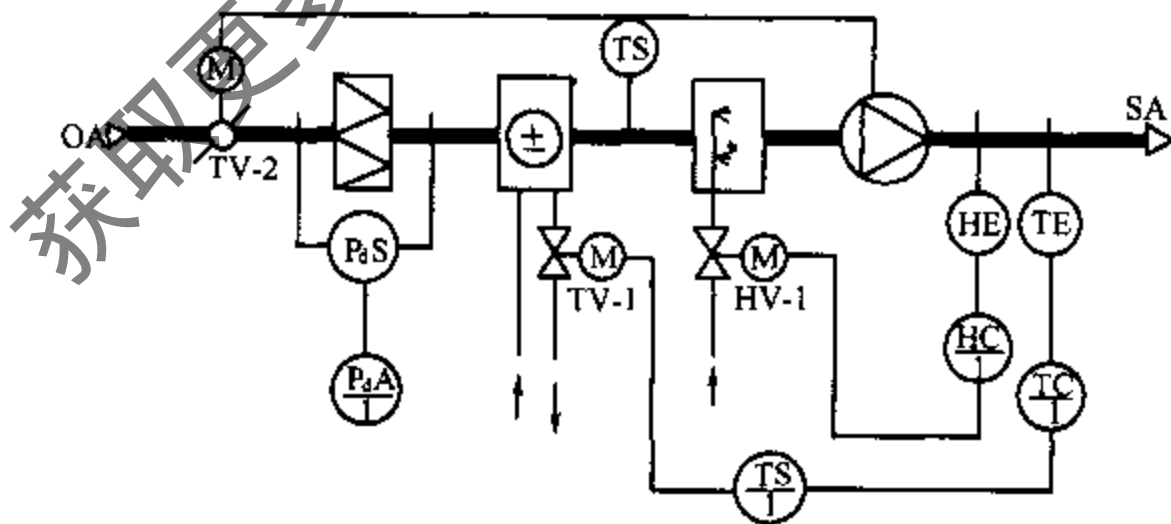


图 7-9 新风机组模拟仪表控制系统原理示意图

压差开关 P_jS 测量过滤器两侧的压差，通过压差超限报警器 P_jA 发出声、光信号，通知管理人员对过滤器进行清洗或更换。

新风调节阀 TV-2 与风机进行联锁控制，当风机启动后，新风阀自动打开；当风机停止运转时，新风阀自动关闭。

TS 为防冻开关。当机组在冬季运行时，如果换热器后的空气温度低于或等于某一温度设定值时，TS 的常闭接点自动断开，使风机停止运转，新风阀 TV-2 自动关闭。

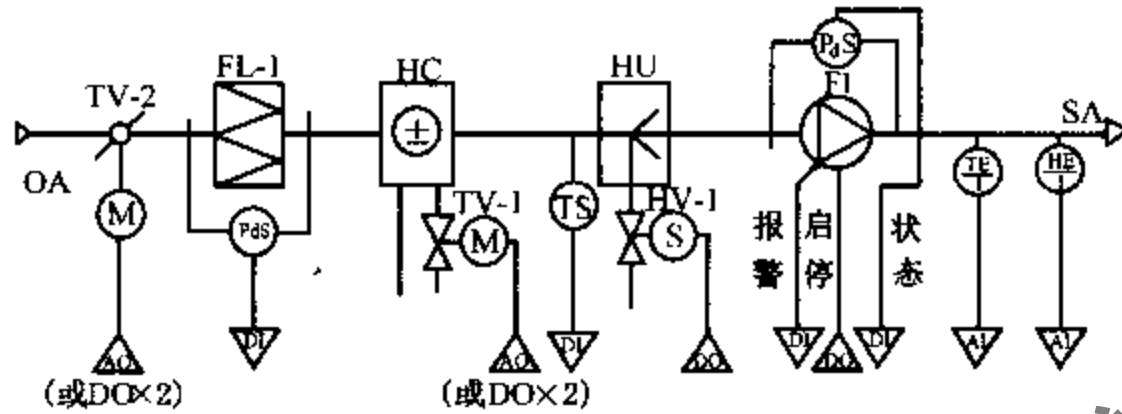


图 7-10 新风机组 DDC 自动控制流程图

TV-2 为新风阀门；FL-1 为过滤器；P_dS 为压差开关；TS-1 为防冻温度开关；
TV-1 为电动两通阀；HV-1 为电磁阀；TE-1 为送风温度传感器；HE-1 为送风湿度传感器

图 7-10 是新风机组的直接数字控制（DDC）系统流程图。其温度控制系统由温度传感器 TE、执行器 TV-1 及换热器和新风阀 TV-2 组成；湿度控制系统由湿度传感器 HE-1、加湿器电动双通调节阀 HV-1、加湿器等组成。报警与风机的运行状态和故障状态监视系统，由过滤器压差开关 P_dS、防冻开关 TS、风机过流继电器常开触点（事故报警）、风机前后的压差开关常开触点（状态监视）及 DDC 输出继电器模块组成。

将上述各系统输入到 DDC 控制器中的信号称为输入信号，其中有模拟量输入 AI 和数字量输入 DI；由 DDC 控制器输出的信号称为输出信号，其中包括模拟量输出 AO 和数字量输出 DO。

DDC 控制器通过其内置的通讯模块，可使 DDC 控制系统进入同层网络，与其他 DDC 控制器进行通信，共享数据信息，也可以进入集散型系统，构成分站，完成分站监控任务，同时与中央站通信。

第四节 空调机组自动控制系统

从节能的观点出发，在空调系统运行中，都要使用一部分回风，同时为了满足室内的卫生条件，又必须采用一定量的新风。因此空调机组常常是对系统中的新、回风混合后进行热、湿处理，然后送入空调房间，使室内达到所要求的空气参数。

一、空调机组自动控制系统（变露点）

用直接装在室内工作区、回风口或风道中的湿度传感器来测量和控制空调系统中相对应的执行器，达到控制室内空气相对湿度的目的，这种控制室内空气相对湿度的方法称为变露点直接控制法。

空调机组自动控制系统（变露点）的自控原理见图 7-11 和 7-12。温度和湿度传感器可以设置在空调房间内有代表性的地方，也可以设置在回风管道内。

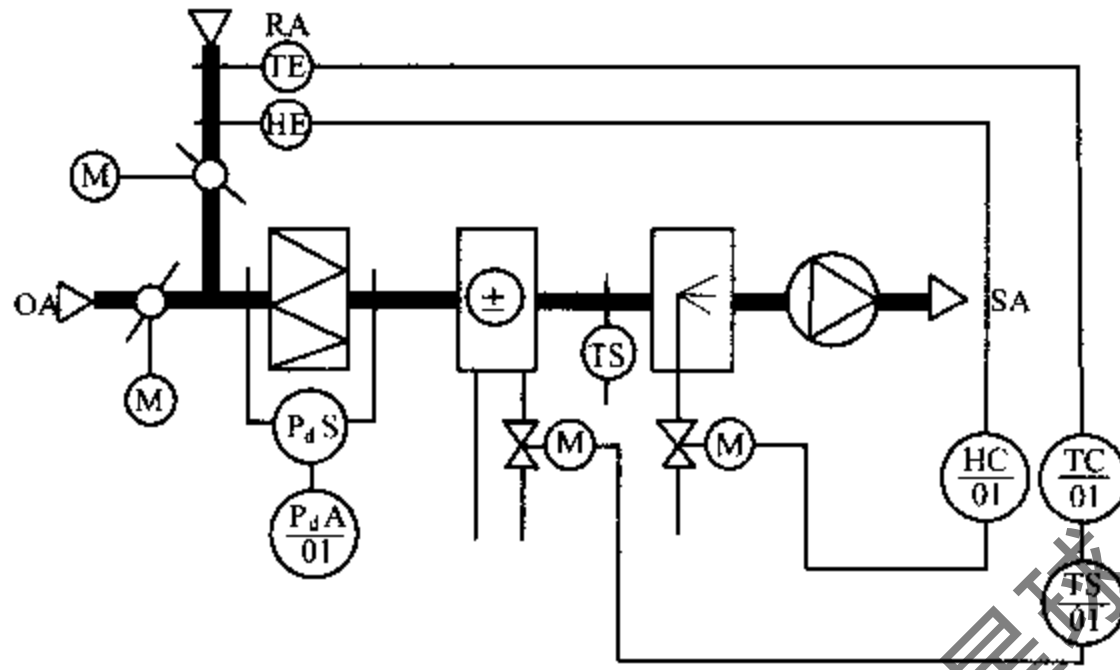


图 7-11 空调机组模拟仪表控制流程图

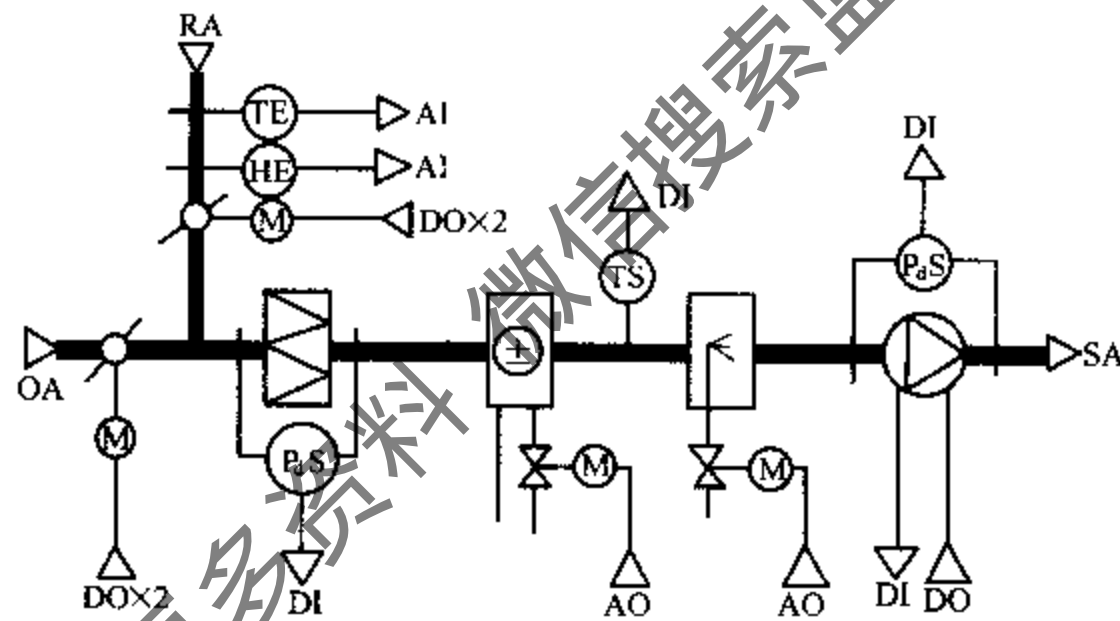


图 7-12 空调机组 DDC 控制流程图

二、新风机组自动控制系统（定露点）

采用保持喷淋室后或喷淋表冷器后露点温度恒定的方法，使空调室内空气相对湿度稳定在某一范围内，这种控制室内空气相对湿度的方法称为定露点间接控制法。由于定露点不能反映空调室内余湿量或相对温度的变化，因此，室内空气相对湿度的偏差较大。定露点间接控制法一般适用于室内余湿量变化幅度较小及空气相对湿度允许波动范围较大的场合。

图 7-13 是具有—、二次回风定露点模拟仪表自控原理图，图 7-14 是其 DDC 自控流程图。该系统中共分四个控制系统，即 a 区室温控制系统、b 区室温控制系统、送风温度控制系统及“露点”温度控制系统。

（一）“露点”温度控制系统

该系统由温度传感器 TE-1（设在淋水室出风口挡水板后面）、温度控制器 TC-1、电动双通阀 V-1、加热器 SR-1、电动三通阀 V-2 和淋水室等组成。

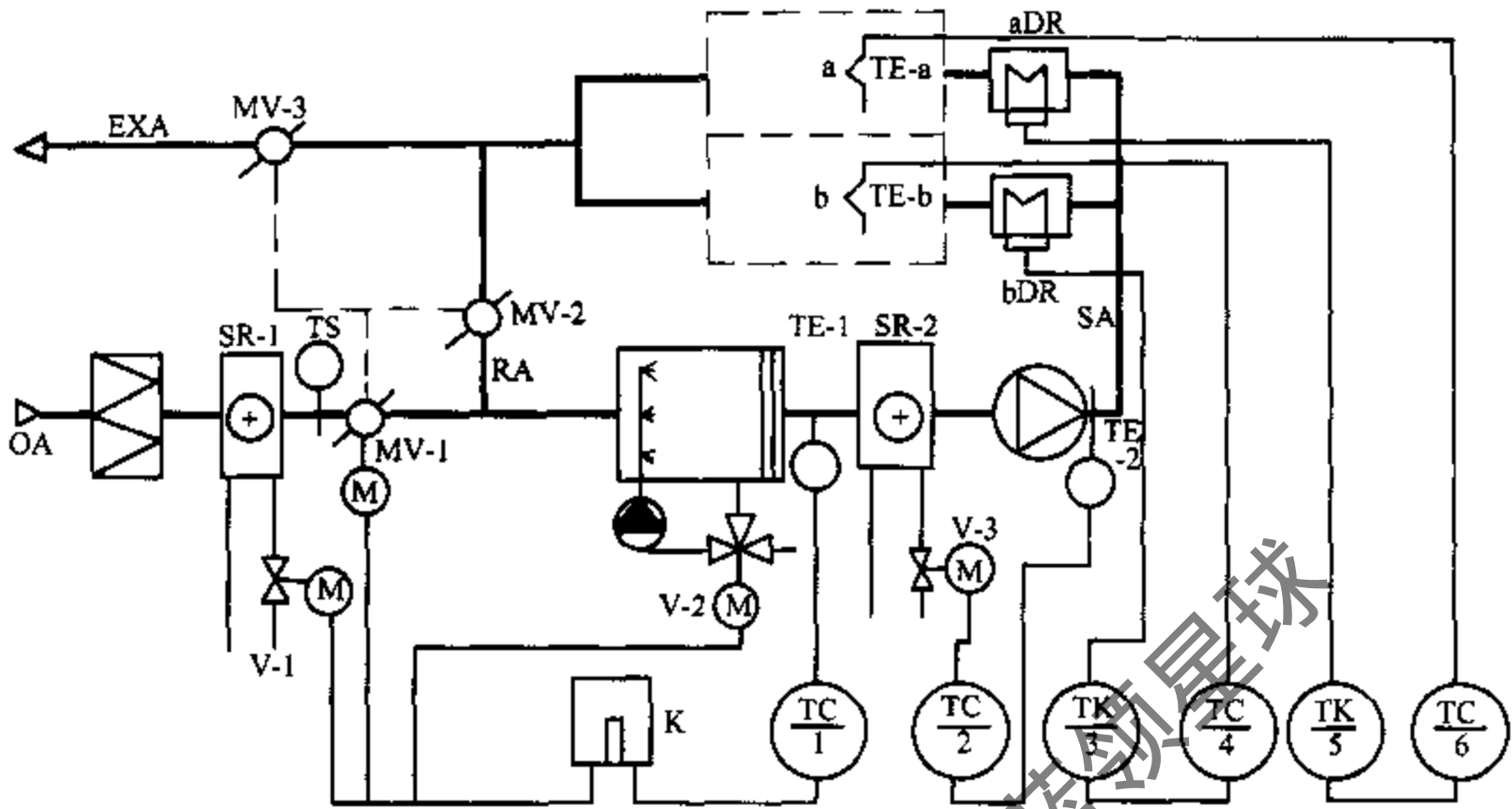


图 7-13 具有一二次回风定露点自控原理图

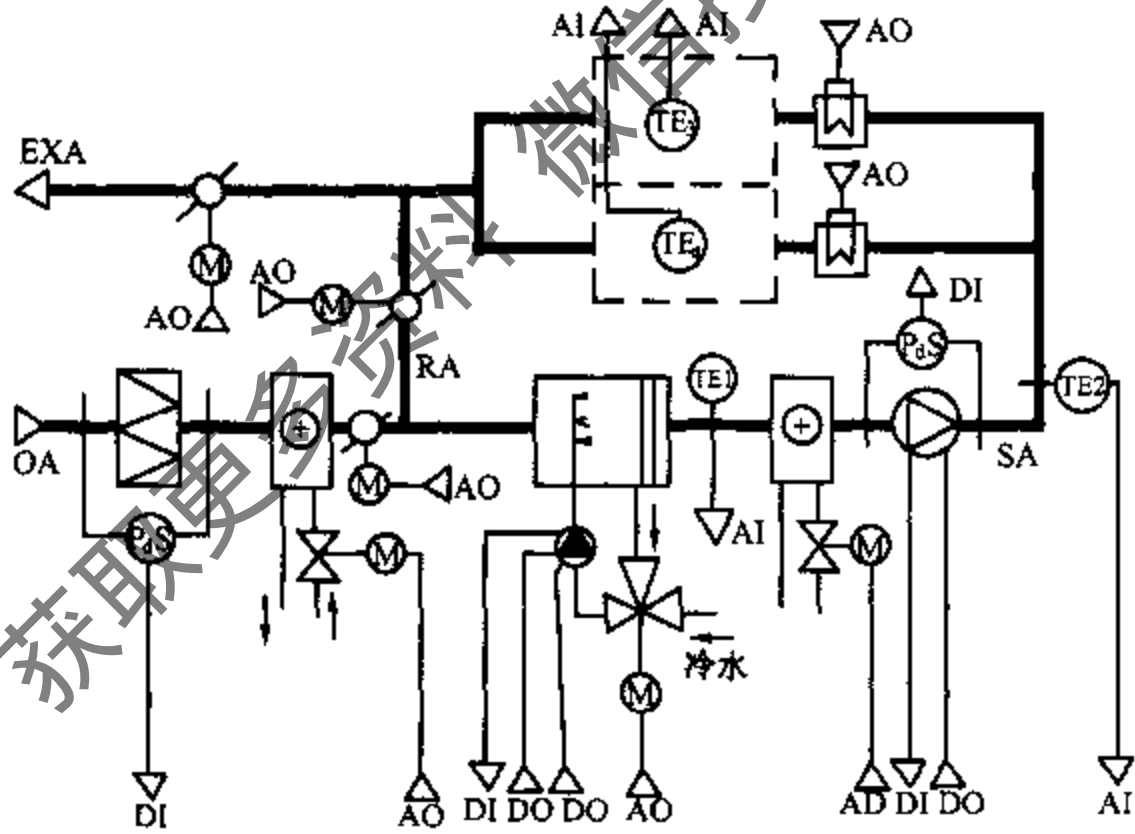


图 7-14 具有一二次回风定露点 DDC 自控流程图

夏季，温度控制器 TC-1 根据传感器 TE-1 测出的温度信号指令电动三通阀 V-2 动作，改变冷水与循环水的混合比来自动控制“露点”温度。冬季则是通过电动双通阀 V-1 控制一次加热器的加热量，使经过一次混合后的空气加热，再经淋水室绝热加湿，维持“露点”温度恒定。一般采用 PI 调节规律。

电动双通阀 V-1 及电动三通阀 V-2 之间在电气上应该互相联锁。保证只有淋水室里全部喷淋循环水（三通阀中不供应冷水）时，才使用一次加热器 SR-1。反之，则

仅当一次加热器的电动双通阀处于全关位置时，才向淋水室供水。控制盘上的万能转换开关 K 用于各种工况的转换。在有些自动控制系统中，季节工况的转换也可由自动转换装置来完成。

(二) 送风温度控制系统

送风温度的控制系统由温度传感器 TE-2、温度控制器 TC-2、电动双通阀 V-3、加热器 SR-2 及送风管道组成。根据送风温度信号，通过温控器控制二次加热器的加热量，从而调节送风温度。一般采用 PI 控制规律。

(三) 室温控制系统

室温的 a 区控制系统由 a 区温度传感器 TE-a、温度控制器 TC-6、电压调整器 TK-5、电加热器 aDR 及 a 区对象组成。b 区的控制与 a 区相似。室温控制系统是通过控制器对电加热器——电加热器的控制来实现的。电加热器采用 PID 控制规律。

第五节 按新、回风焓值比较控制新风量的自动控制系统

为了充分、合理地回收回风中的能量和利用新风中的热能，根据新、回风焓值比较来控制新风和回风量的比例，是空气调节中一种有效的节能方法。

一、利用焓差控制新风量

图 7-15 是根据新、回风焓差控制新风量的分区图。对新风的利用，可以分为五个区。

A 区：制冷工况，而且新风焓值大于回风焓值，即 $\Delta h > 0$ 。此时，应采用最小新风运行方式，以减少制冷机的负荷。但在此工况下，应根据空调室内空气 CO_2 浓度或满足卫生条件来控制最低新风量。

B 区：制冷工况区，此时新风焓值小于室内回风的焓值，即 $\Delta h < 0$ 。显然应采取最大新风量，充分利用自然冷源，以减轻制冷机负荷。

在 B 区与 C 区的交界线上，室外新风的焓值等于室内回风的焓值，即 $\Delta h = 0$ 。此时，可以使用室外新风经净化处理后直接送入室内，制冷系统可以停止运行。

C 区：制冷工况区，因室外新风的焓值进一步降低，此时可利用一部分回风与新风相混合，即可达到要求的送风状态。此时可以不启动制冷机，完全依靠自然冷源来维持制冷工况。

D 区：图中 minOA 线是利用最小新风量与回风混合可达到要求的送风温度。在 minOA 线以下，空调系统进入采暖工况。该区使用最小新风量，以减少热源的负荷。

E 区：采暖工况，而且新风焓值比室内回风焓值高。当然，这种情况出现的几率很

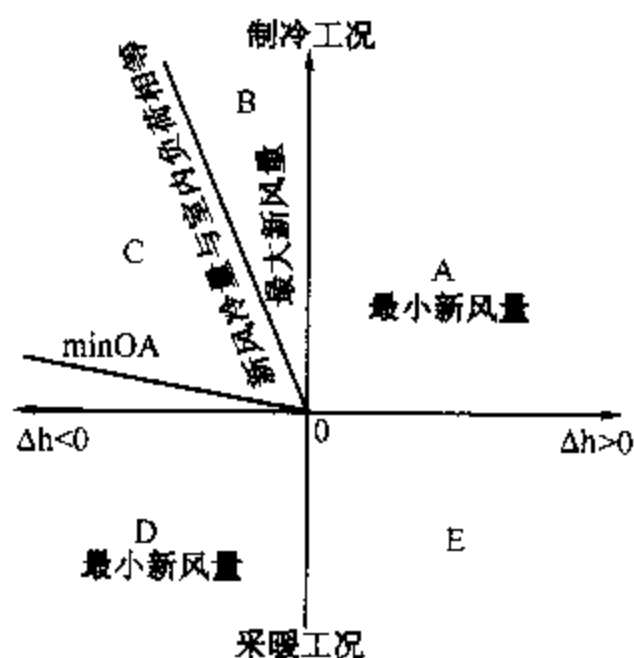


图 7-15 利用焓差控制新风量

少。如遇此情况，应尽量多利用室外的新风。

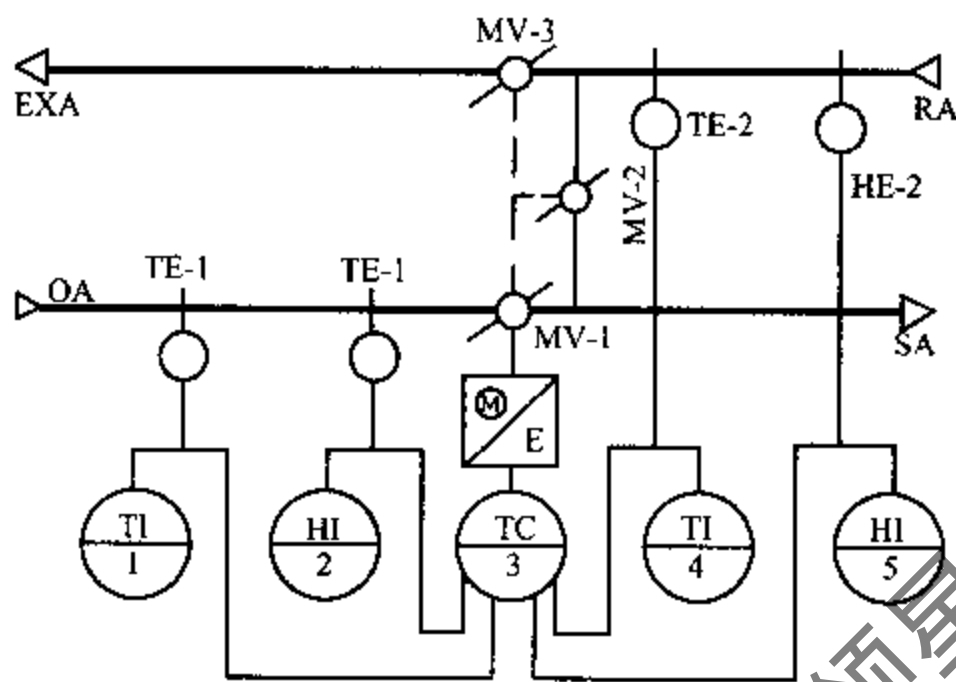


图 7-16 焓比较自控原理图

二、焓比较自动控制系统

图 7-16 是焓比较自动控制系统原理图。因为空气焓值是空气干球湿度和相对温度的函数，所以，焓比较器 TC-3 的输入信号有新、回风的干球温度和相对湿度信号。即回风温度传感器 TE-2 与温度变送器 HE-2，新风温度传感器 TE-1 与湿度变送器 HE-1，均接在 TC-3 输入端。TC-3 输出 0~10V·DC (PI) 信号，控制执行机构，再通过机械联动装置使新、回、排风门按比例开启。

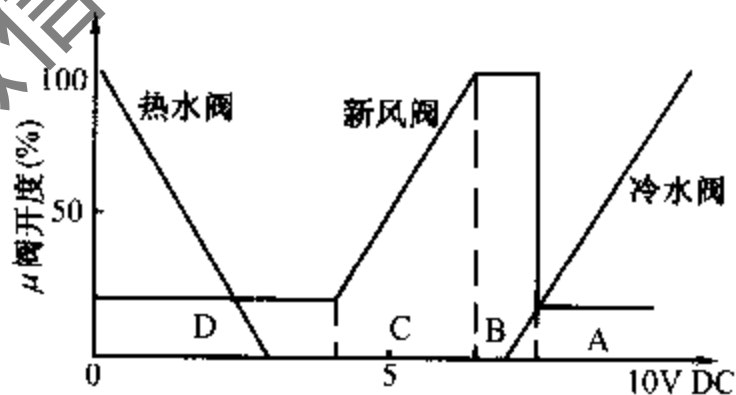


图 7-17 焓控制器输出与阀位关系

焓控制器输出与新风阀位的关系见图

7-17。焓比较自动控制系统 DDC 控制见图 7-18。

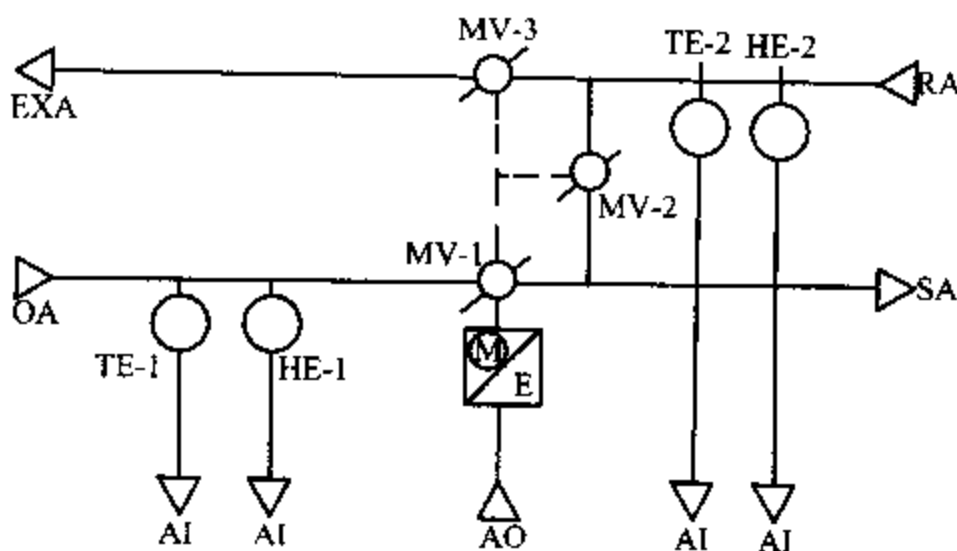


图 7-18 焓差 DDC 控制系统流程图

第六节 空调系统的送、回风温度串级调节和湿度的选择调节

一、送、回风温度的串级调节

串级调节系统在其结构中形成两个闭环，一个闭环在里面，又称内环或副回路；另一个闭环在外面，又称外环、主环或主回路（参见图 1-26）。主环和副环都有各自的调节对象、测量变送元件和调节器。主调节器有自己独立的设定值，它的输出作为副调节器的设定值，副调节器的输出信号送到调节执行机构去控制运行过程。采用串级调节，能够有效地克服进入副回路的二次干扰。

对于调节对象纯滞后较大（时间常数较大）、热湿干扰影响严重的空调系统，常采用串级调节方式。例如，采用蒸汽或热水加热器及表面式冷却器的空调室温调节系统，由于设备的热容量大，送风管路长，如果采用单回路反馈调节系统，则调节滞后大，超调量也大。但如果采用串级调节系统，将送风干扰纳入副环的送风温度调节范围内，而

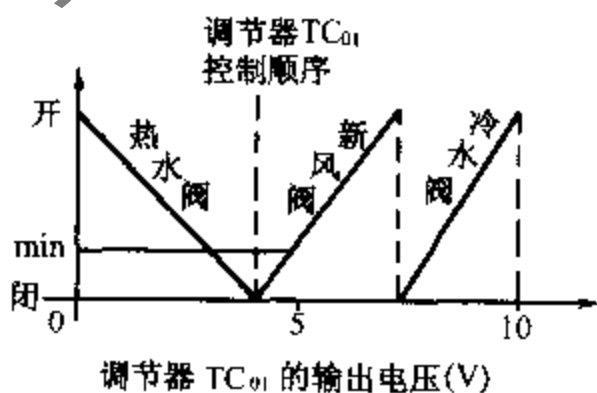
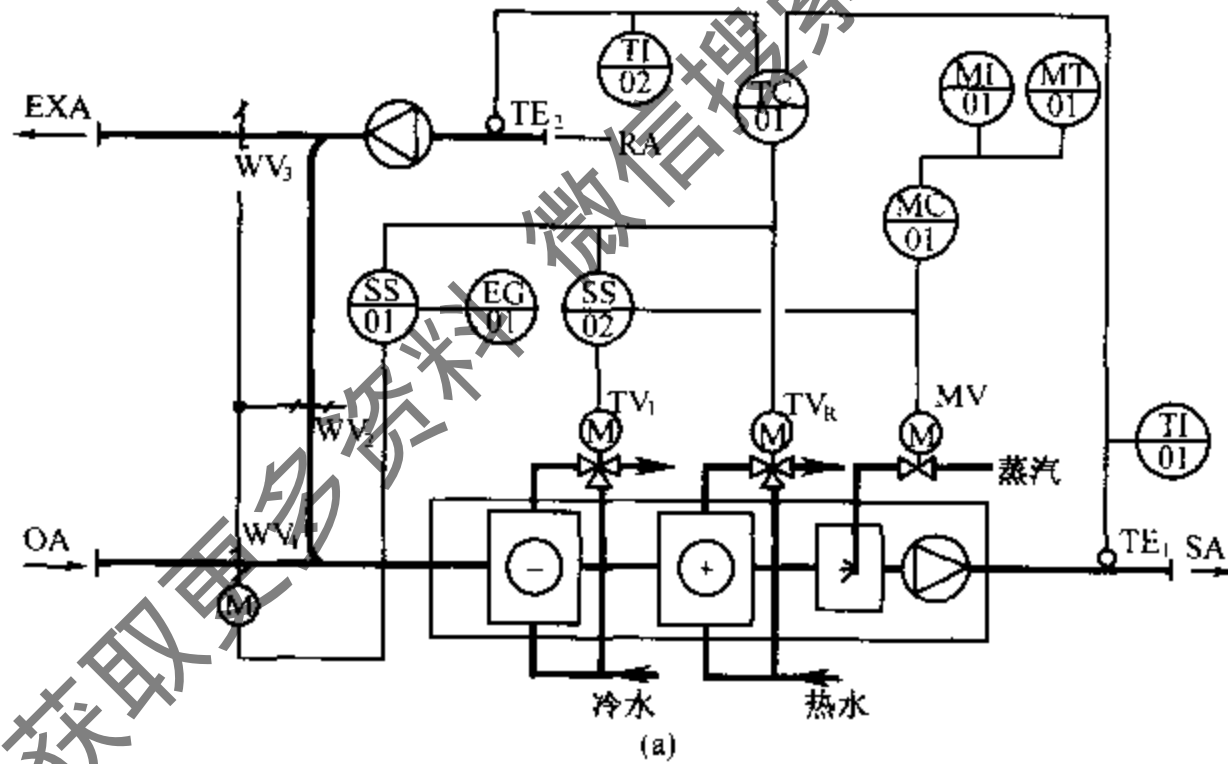


图 7-19 送、回风温度串级调节和湿度的选择控制

主环对象的干扰（空调房间内的温度、湿度）通过主调节器的作用来改变副调节器的给定值，使送风温度的给定值按室温的变化调整，从而减少室温的波动，提高调节质量。

在图 7-19 (a) 所示的自动调节系统中，送风温度传感器 TE_1 和回风温度传感器 TE_2 分别检测空调系统中的送、回风温度，并将其送到温度调节器 TC_{01} ， TC_{01} 以回风温度为主参数，送风温度为副参数，用回风温度重调送风温度给定值。 TC_{01} 温度调节器根据送、回风温度按顺序控制热水调节阀 TV_R 、新风阀 WV_1 和冷水调节阀 TV_L ，见图 7-19 (b)。

电压给定器 EG_{01} 的功能是设立新风阀的最小开度。 EG_{01} 和 TC_{01} 的信号同时送至信号选择器 SS_{01} ，当 EG_{01} 的给定电压高于 TC_{01} 的输出电压时，新风阀由 EG_{01} 控制在最小开度。

二、湿度的选择控制

选择调节就是把工艺过程中控制的条件构成逻辑关系，通过选择器对控制参数进行判断选择，从一种状态或被调量的调节转换为另一种被选择的状态或被调量的调节。

图 7-19 的自动控制系统的湿度控制是：由室内湿度变送器 MT_{01} 检测室内湿度，并把湿度信号转换成 $0 \sim 10V \cdot DV$ 信号送至湿度调节器 MC_{01} 。 MC_{01} 根据室内湿度的变化控制蒸汽加湿调节阀 MV 和冷水阀 TV_L 。当室内湿度低于给定值时，指令 MV 开大加湿，反之则 MV 关小。当 MV 全关后，室内湿度仍然超过设定值时， MC_{01} 输出信号至信号选择器 SS_{02} 。此时，温度、湿度两个调节器的输出信号都送到信号选择器，信号选择器选择两输入信号中较高的一个作输出信号。即当 MC_{01} 的输出信号电压高于 TC_{01} 的输出电压时，则 MC_{01} 控制冷水阀 TV_L 开大除湿，使室内湿度保持在所要求范围内。

第七节 空调系统的新风温度补偿调节和分程调节

一、新风温度补偿调节

在舒适性空调系统中，当室外新风温度变化时，应能自动地改变室内温度调节器的给定值，从而达到舒适、节能的目的。这种系统实质上是一种随动调节系统。

冬季，随着室外新风温度的降低，适当提高系统的送风温度，用以补偿由于冷幅射而增大的热量损失；夏季，随着室外气温的升高，适当提高空调房间内的温度标准，以消除由于室内外温差较大而造成的不舒服感觉。新风补偿的特性如图 7-20 所示。

新风温度的补偿自控原理见图 7-21。送风温度传感器 TE_1 、新风温度传感器 TE_2 将送风和新风温度信号送到 TC_{01} 连续式补偿调节器，用室外气温对送风温度进行补偿。

冬季工况时，补偿调节器控制加热器双通电动阀的开度，室温给定值随着室外温度的下降而上升；夏季工况时，补偿调节器控制表面式空气冷却器冷媒水入口处的分流三通电动调节阀。随着室外温度的升高，室内温度给定值按夏季补偿比上升，直到达到最高补偿极限为止。过渡季节，因补偿单元的输出为零，室温的给定值恒定。由于是过渡季节，可以最大限度地利用室外新风，使新风阀门开到全开位置。

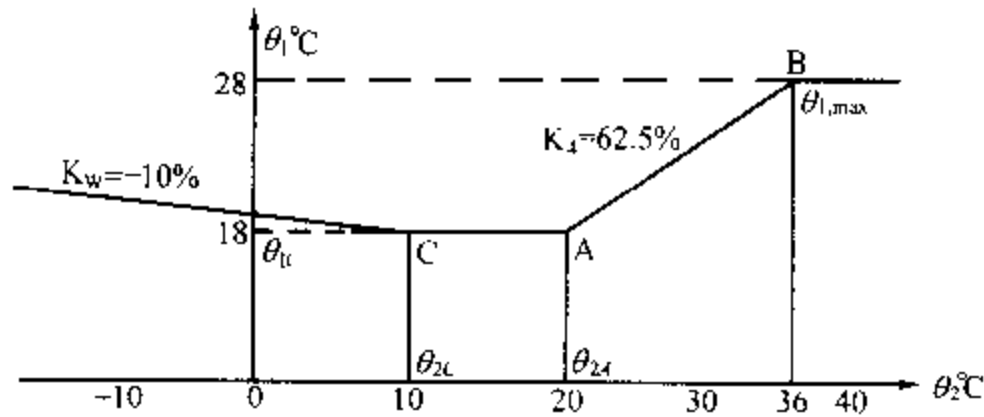


图 7-20 新风补偿特性例

K_s 夏季补偿比，本例为 62.5%； K_w 冬季补偿比，本例为 10%； θ_{1c} 室内初始给定基准值，本例为 18℃、 θ_{2A} 夏季补偿起始点，本例为 20℃； θ_{2c} 为冬季补偿起始点，本例为 10℃

二、分程调节

一个调节器对两个或两个以上的执行器进行分段控制称为分程控制。由于是一个调节器要在其输出变化的全范围（如 0~10V·DV）控制几个执行器，所以，每个执行器只能在调节器输出信号的一段范围内走完全行程。

在采用分程调节时，所使用的执行器必须带阀门电子定位器，通过调整定位器的输入范围，使各执行器同时接受调节器的输出信号，并按接受信号的大小分程动作。

在图 7-21 的空调自动控制系统中，补偿调节器 TC_{01} 的输出分成几段，按顺序（根据 TC_{01} 输出信号的大小）对加热调节阀 TV_R ，新风阀、回风阀、排风阀 WV_{OA} 、 WV_{RA} 、 WV_{EXA} 以及冷水调节阀 TV_L 等进行分程调节。

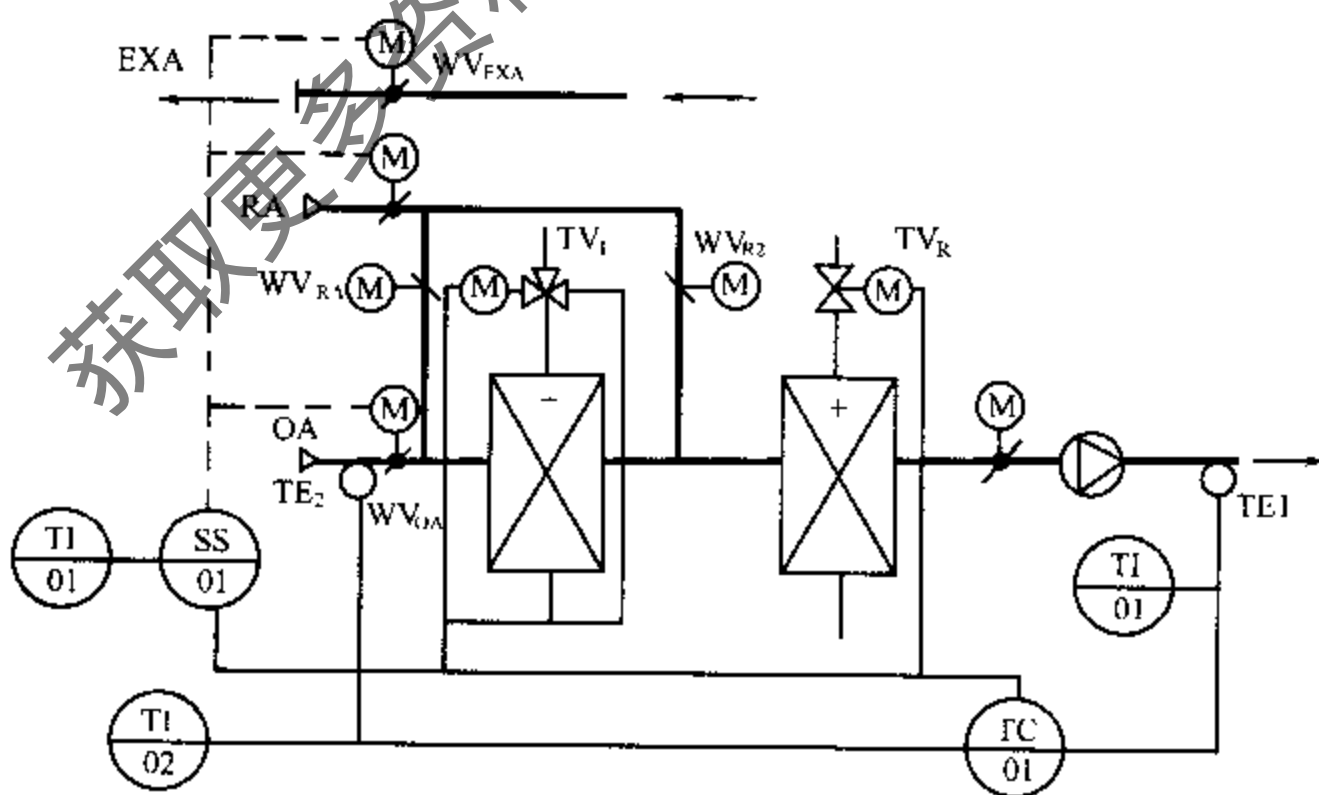


图 7-21 室外温度对送风温度的补偿调节及分程调节

第八节 变风量空调系统的自动控制

当送风量一定时，为适应各空调房间的负荷，要相应改变送风温度，这种系统称为定风量系统，从调节角度来说称为“质调节”。如果送风温度一定，为适应负荷需要而改变送入各空调房间的风量，这种系统称为变风量系统，又称“量调节”系统。空气输送系统的动力是送风机与回风机，定风量系统中的风机在设定值下运行；而在变风量系统中，风机消耗的功率是随负荷大小而变化的，因而可以节约风机的运行费用。

一、变风量末端装置

空调各室内风量的调节是通过变风量末端装置来实现的，用以补偿室内负荷的变动。通常要求变风量末端装置具有如下功能：

1. 接受控制器的指令，根据室温与给定值的偏差，自动调节送入室内的风量。
2. 当送风量达到给定的最大值时，风量不再增加；当送风量达到给定的最小值时，风量不再进一步减少，以维持室内最小的换气量。
3. 应有良好的分布特性，噪声小。

目前应用的变风量末端装置有气阻节流型和旁通型两种。节流型变风量末端装置，通过改变空气流通通道截面积的方法，来调节送入房间的风量；旁通型变风量末端装置，当房间热负荷减少时，只将一部分风量送入室内，多余的部分由旁通通路返回到回风管道，与室内回风一起送回空气处理机组。

二、多室变风量系统的自动控制

图 7-22 是多室变风量自动控制系统的一例。经过空调处理机处理的空气，经变风量末端装置送给多个空调房间。自动控制原理如下：

（一）送风温度自动控制系统

由温度传感器 TE-7、温度控制器 TC-7、电动两通调节阀 V-7 和冷热盘管部分组成送风温度自动控制系统。根据送风温度与给定值的偏差，按 PI 调节规律，控制双通电动调节阀的开度，以补偿室内外的干扰作用，恒定系统的送风温度，由送风机将恒温的空气送往各个空调房间。

（二）个室温度自动控制系统

由设在各个房间内的温控器（包括传感器在内的控制器），根据个室温度与给定值的偏差，控制末端变风量装置，改变送往室内的风量，以补偿室内外的干扰作用，维持室内温度的相对稳定。显然，该系统是利用节流型变风量末端装置调节风量的。各房间温控器为 TC-1~TC-6，电动调节阀为 V-1~V-6。

（三）送、回风机的平衡控制

在变风量空调系统中，送、回风量的平衡是非常重要的。由于送、回风量不平衡，会引起室内静压的变动，随之而来的新风侵入、室内空气向外渗透等，都会使室内负荷增加，因此，需要保持空气的平衡。在对送风机控制的同时，也要对回风机进行控制。

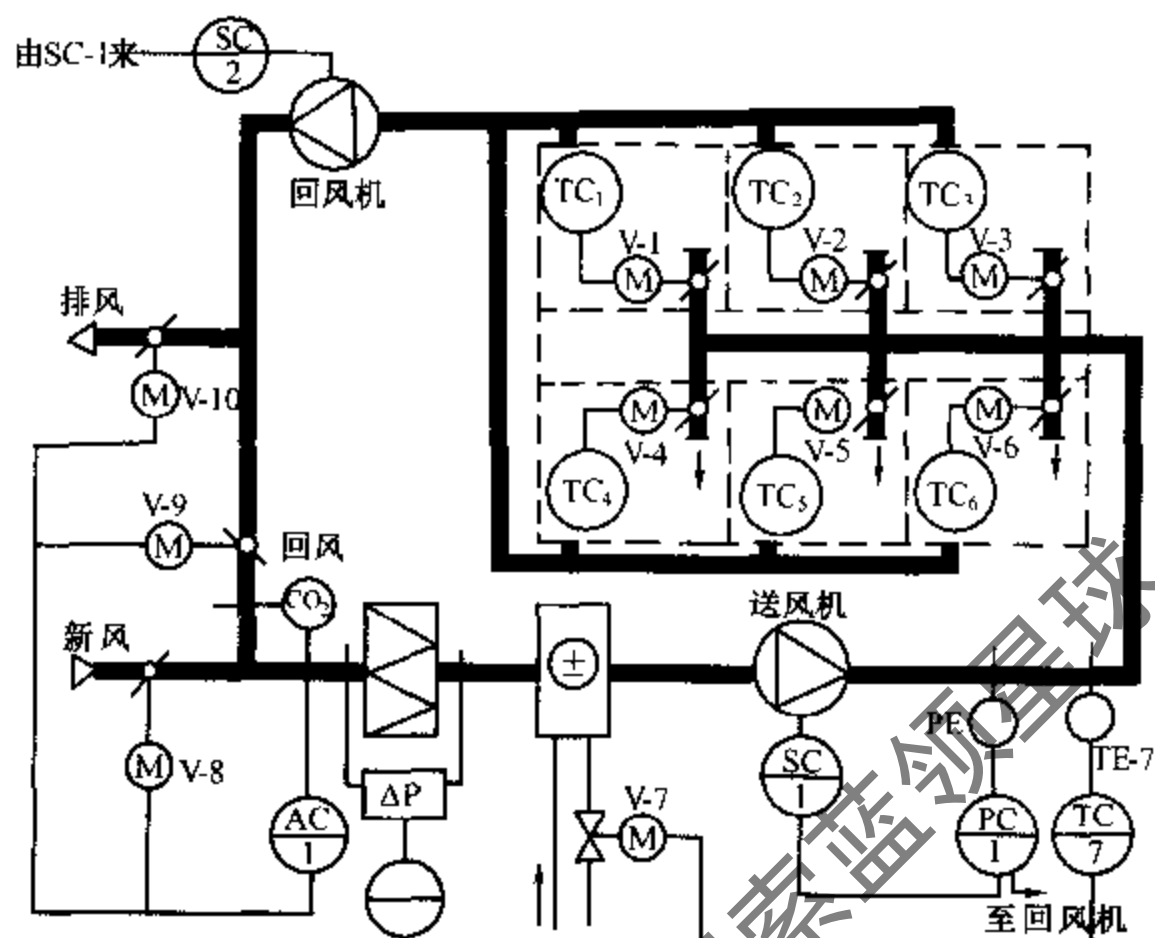


图 7-22 变风量自动控制系统

常用的方法有风道静压控制，直接室内正压控制和风量追踪控制三种。

1. 风道静压控制

变风量空调系统的风机、热湿处理设备、风管等都是按系统中的最大负荷设计的，系统的送风温度也是相对恒定的。当空调房间的热（湿）负荷变化时，会通过自动调节系统改变房间的送风量来调节室温。由于房间送风量的变化，将会引起送风管道内静压也发生相应的变化，造成系统的不平衡，同时随着末端装置节流作用的加强，使系统管道特性曲线变陡，从而造成了能量的浪费，增加了噪声。为了克服节流型末端装置产生的这一问题，必须在风管内设置静压调节系统。如图 7-23 所示，当末端装置对进入室内的空气量进行节流后，风道内的静压就会升高。当风道内的静压高于设定值时，静压调节器发出调节指令，调节风机的风量，以维持送风管内静压值的相对稳定。

在图 7-23 所示的风道静压控制中，回风机和送风机采用同一个来自送风道末端的静压讯号控制运行状态。这种控制方法，要求送、回风机特性曲线相似，系统风量变化范围不能过大，一般以不超过 50% 为宜。

2. 直接室内正压控制

如图 7-24 所示，回风机按照室内外压力差调

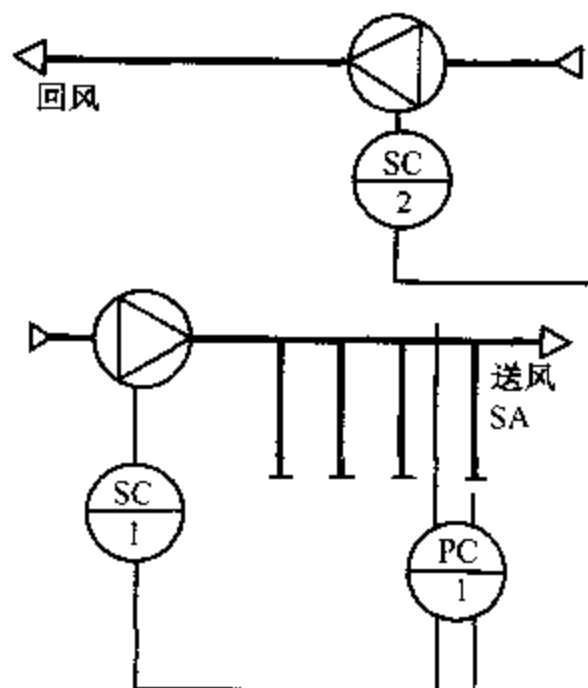


图 7-23 风道静压控制

节运行状态，从而调节室内静压。

室内测压点应远离门或其他可开启的孔洞，更要远离电梯井，避开空气流动对室内测压点的影响；室外测压点应高出建筑物屋面 3m 以上，防止室外风直接吹入测压管内。

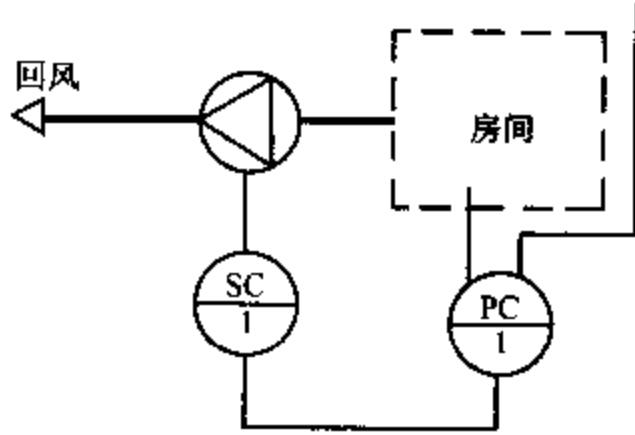


图 7-24 直接室内正压控制

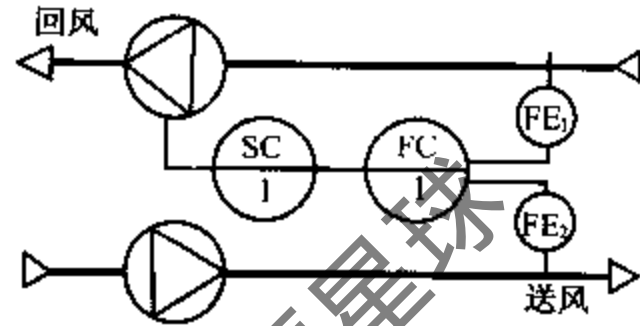


图 7-25 风量追踪控制

3. 风量追踪控制

风量追踪控制的原理见图 7-25。在送风机出口和回风机入口处设置风量测量台，测量各自的风量并保持其固定的差值，当出现超差时，调节回风机的风量，以维持给定的风量差。

图 7-22 所示的变风量自动控制系统，采用风道静压控制，由风压变送器 PE 测出风道静压，控制器 PC-1 通过变速装置 SC-1、SC-2 分别控制送风机和回风机的转速，以获得送、回风机的平衡。

(四) 风机的风量控制

在空调系统中，常用的风机风量控制有以下三种方法：

1. 风机入口导向叶片（入口阀）调节

叶片位于不同的角度，就可得出不同的风机特性曲线。如图 7-26 所示，图中最上面的一条曲线，表示风机入口导向叶片全开时的风机特性；最下面的一条曲线表示入口阀接近关闭时的风机特性；而图中的每一条曲线，都代表入口阀在不同开启位置的风机特性曲线。

2. 风机变速调节

当改变风机转速后，风量也相应改变，同时可获得明显的节能效果。

风机一般多采用交流异步电动机拖动。交流异步电动机的调速方法有变转差率、变极对数、变频率三种，其中变频调速是最理想的一种，不但可以使电动机有很宽的调速范围，很好的调速平滑数还可以获得足够硬的机械特性。但是变频调速需要一套变频设备，增加了投资。

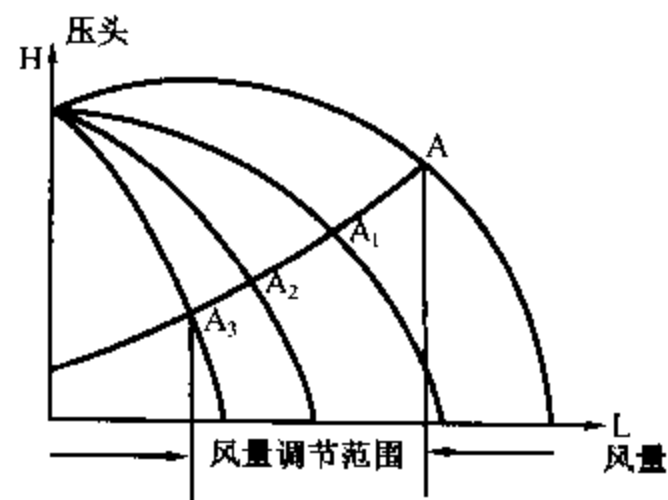


图 7-26 风机入口导向叶片调节特性

3. 风机出口阀调节

在某些小型系统中，为了消除过高的系统静压，可在风机出口侧安装调节阀，相当于给风道附加一个阻力，消耗风机的剩余压头，以降低阀后的压力，同时也减少了风量。这种方法虽然简易，但使风道特性曲线变陡，易于进入喘振区。

风量的几种调节方法节能比较见图 7-27。由图可见，变转速调节风量的节能效果最好，入口导向阀调节风量的节能效果次之，出口阀调节风量的节能最少。从图中还可以看出，风机越接近于满负荷，变风机转速和入口阀调节风量两种调节方法的节能效果越接近。实际运行中的风机，风量多在 50%~100% 之间变化，在这段变化范围内，两种控制方法的节能效果相差不大。

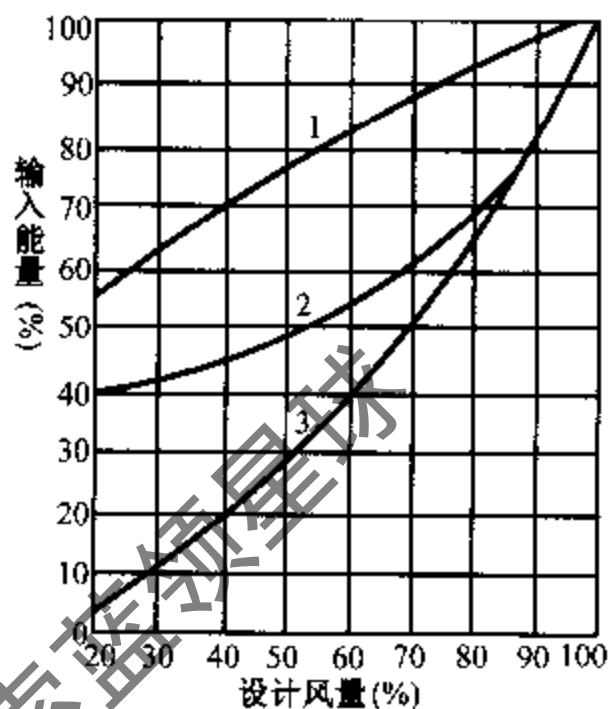


图 7-27 几种不同静压调节方法的节能比较

1-出口阀 2-入口导向阀
3-风机变速

(五) 空气品质控制

在图 7-22 所示的空调系统中，设置了空气品质控制。利用 CO₂ 变送器测量回风中 CO₂ 含量，当其含量超过标准时，通过控制器 AC-1 调节新风阀门 V-8 的开度，同时控制回风阀门 V-9 及排风阀门 V-10 的开度，保证提供足够的新风量，以维持空气品质的要求。

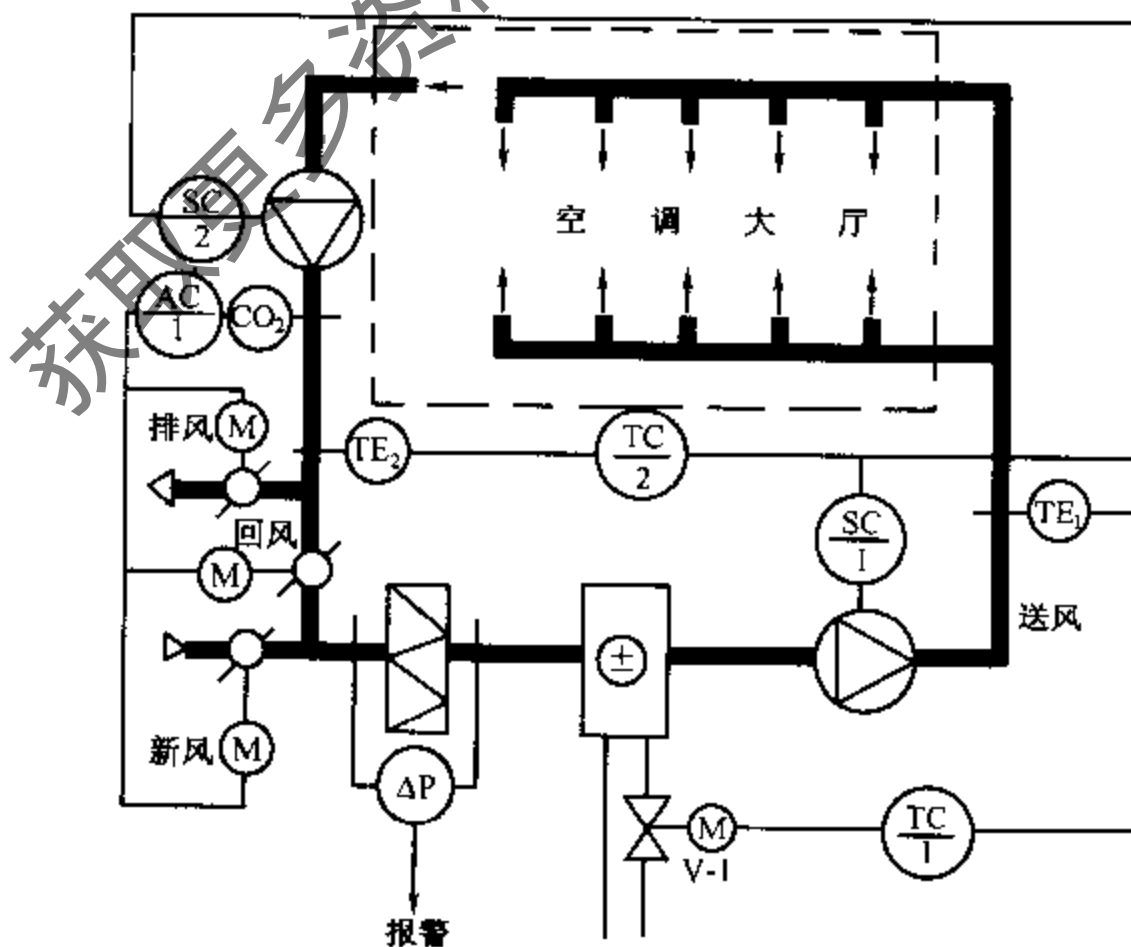


图 7-28 大空间变风量模拟仪表控制系统

三、单室变风量系统的自动控制

由一组空气处理机给一单室大空间建筑物供风，可采用风机变频调速，改变送风量，以补偿室内冷（热）负荷的变化。图 7-28 是其自动控制的一例。

由送风温度传感器 TE-1 测量送风温度，将信号送到温控器 TC-1，TC-1 控制冷、热水电动调节阀 V-1 改变冷水或热水的流量，以补偿外部气象条件的变化，维持送风温度恒定。

TE-2 传感器测回风温度，即测量被调房间内的平均温度，将信号送至调节器 TC-2，TC-2 输出与偏差信号成 PID 关系的标准电信号，用来控制变频调速器 SC-1 及 SC-2，改变送、回风机的转速调节风机的风量，用以补偿室内负荷的变化，恒定室内温度。

空气品质控制仍由 CO₂ 变送器及其控制器，调节新、回、排风阀的开启度来实现。大空间变风量空调系统的 DDC 控制见图 7-29。

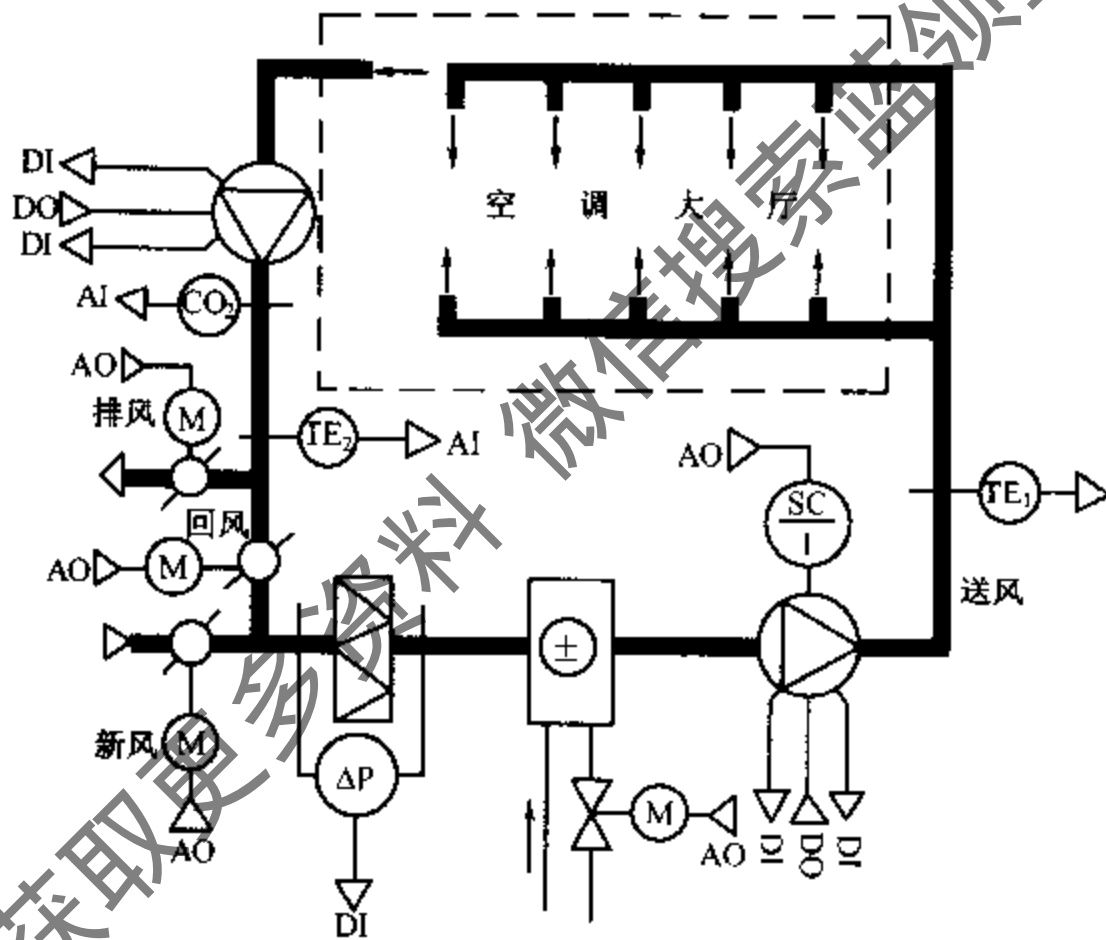


图 7-29 大空间变风量 DDC 控制系统

第九节 空调制冷站的监控系统

空调制冷站的主要设备有：制冷机组（包括制冷机、冷凝器、蒸发器、节流装置等）、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机等动力设备及其他热力设备。制冷站在运行中，必须对这些设备进行监控，监控的内容如图 7-30 所示。

对于大、中型制冷站内各设备一般采用 DDC 控制器控制，并通过集散系统中的中央站进行监测、管理。其所完成的监测与控制内容不但包括了采用模拟仪表时的所有

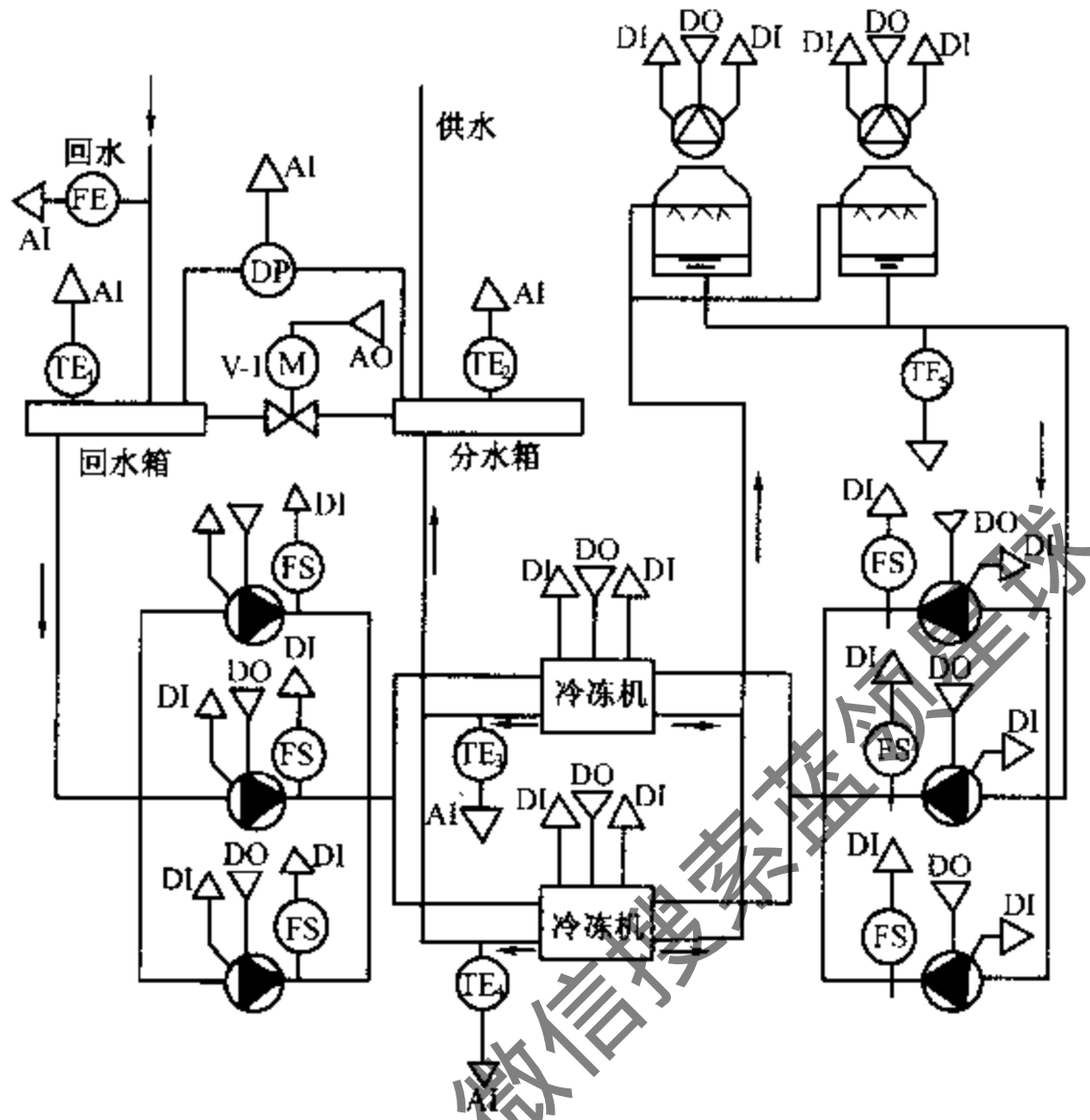


图 7-30 冷冻站监控系统

内容，而且还具有集散控制系统在监控方面的独到功能。

目前设备生产厂商所提供的冷水机组大多数都带有微电脑控制装置，具有系统启、停功能，参数显示功能，单机组容量控制功能和系统安全保护功能。因此，可通过各机组电脑控制器（DDC）的硬件接口和软件通信协议建立起集散控制系统，进行网络通信，以获取各种有关数据。

控制系统的主要功能如下。

一、监测中央站工作情况

中央站每天按预定的时间程序，控制冷水机组的启、停，并监测各设备的工作状态。其监测内容是：

1. 冷冻机、冷冻水泵、冷却塔水泵、冷却塔风机的运行状态和故障的监测。水泵的运行状态用水路系统设置水流开关来反映，水流开关闭合为水泵运行状态；水流开关断开为水泵的停止状态。风机的运行状态由风机前后的压差来反映，风机前后有压差表示风机处于运行状态；风机前后压差为零，表明风机处于停止状态。

2. 冷冻水供水温度(TE2)、冷冻水回水温度(TE1)、冷却水供水温度(TE5)的监测。

3. 冷冻水回水流量 (FE) 的监测。

4. 冷冻水供、回水压力及压差 (DP) 的监测。

以上工作状态及参数可以在中央站的彩色显示器上显示,并可由打印机打印作为运行记录。

二、监测分站工作情况

由分站中的 DDC 控制器按预先确定的程序控制制冷站各设备启停,台数控制,供、回水干管压差控制及备用设备自动投入控制。

1. 制冷站各设备的启动顺序为:冷却塔风机→冷却水电动蝶阀→冷却水泵→冷冻水电动蝶阀→冷冻水泵→制冷机。

停机顺序为:冷冻机→冷冻水泵→冷冻水电动蝶阀→冷却水泵→冷却水电动蝶阀→冷却塔风机。

2. 测量供、回水温度及回水流量,从而计算实际冷负荷。根据实际冷负荷,决定制冷机开启的台数,以达到节能运行状态。当进行台数控制时,必须在管中设置电动阀,进行开、关控制。

3. 测量供、回水干管的压力差(DP),并根据监测结果对电动旁通阀 V-1 开度进行控制,改变旁通量,以保持所要求的供、回水干管的压差,保证水力工况稳定,减少干扰;同时,可保证流过制冷系统中的蒸发器的流量不变,对制冷系统有利。

4. 冷却水供水温度(TE5)用来控制自身风机的启、停,这样不但可以维持供水温度恒定,还可以节能。

三、安全保护及事故报警

当系统出现故障时,中央站立即发出声光报警,记录备案,并自动显示故障情况。

1. 蒸汽压缩式制冷机的安全保护控制

压力保护:吸气压力过低、排气压力过高、油压差过低保护;

温度保护:油温过高、防结冰、电动机温度过高保护;

断水保护:冷却水断水保护;

电动机过载、过流、掉电保护。

2. 吸收式制冷机的安全保护控制

防溴化锂溶液结晶保护;

冷水防冻保护;

蒸发器进口冷水断水保护;

蒸发器压力过低报警;

冷却水断水或水温过低报警;

高、低压发生器溶液液位过高报警;

动力设备保护等。

第十节 大厦空气调节系统自控实例

本大厦地上 29 层,地下 2 层,其中地下第一层布置冷冻站、热交换站。整个系统

有新风机组 48 台，空调机组 6 台。监控范围包括：制冷、空调、给排水、电力、照明等，其中制冷、空调占主要内容。

一、监控系统概况

大厦监控系统见图 7-31。本大厦采用集散型控制系统，将建筑物内包括制冷、空调、给排水等设备监控系统集成为一个综合系统，通过中央站进行全面管理以及状态显示，由分站进行分散控制。

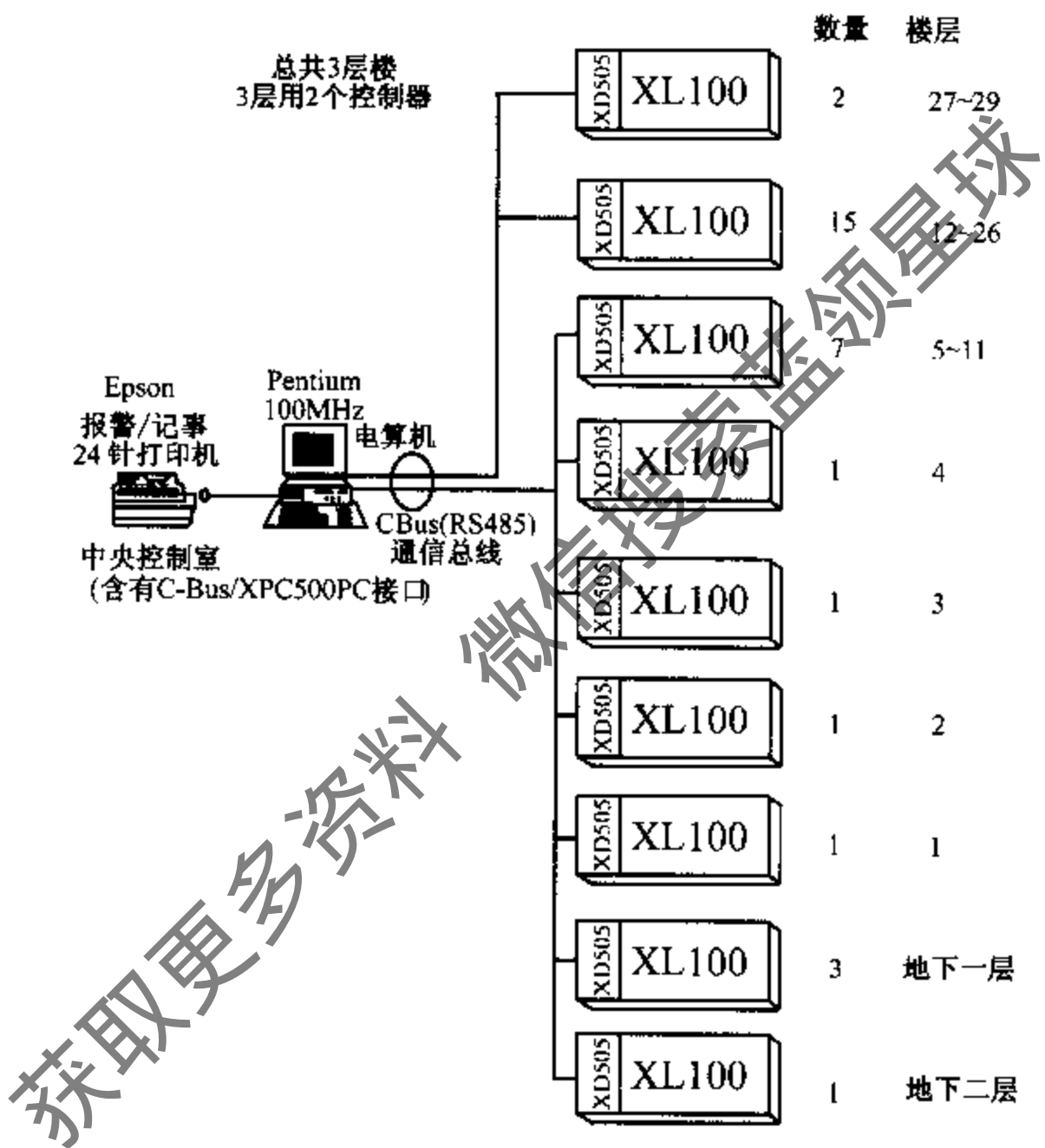


图 7-31 大厦监控系统图 (工程实例之二)

(一) 分站布置

分站的布置考虑到制冷、空调设备在各层的分布情况，各层输入、输出点数的多少，以及安装和管理上方便等因素。由于地下第一层是冷、热站，设备多、控制点多，故设置三台大型控制器 XL500，27~29 这三层共用两台中型控制器 XL100，1~26 层、地下第二层各设置一个 XL100 控制器，整个大厦共用了 32 台控制器，满足了制冷、空调、给排水、电力、照明设施的监控、管理要求。同时，与火灾报警系统联网，监控消防系统并报警。

(二) 系统总线的选取

由于系统总线 C - Bus 最多可联接 29 台控制器, 本系统采用 32 台控制器, 故选用两条 C - Bus 总线。由两条通信总线联接到中央站, 由计算机中心监测、管理。

(三) 输入输出总点数

本系统共有 670 个输入输出点 (不包括照明监控点), 设计者另外又加入了 20% 输入输出点, 以作备用。

所有现场设备均直接连到所属的控制器上, 而控制器之间, 控制器与中央站之间分别由无屏蔽双绞线连在一起, 作为信息传递媒介。

二、系统操作内容

1. 操作人员主要以视窗方式工作, 从显示屏上可以看到空调、制冷、电力、给排水等系统的全部重要信息, 并可以对这些设备完成预先指定的所有控制和管理, 全部以彩色图像为主, 并有中文显示, 通过图像, 完成实时操作。

2. 系统图像和资料均可在线修改, 易学, 易懂。

3. 配备不同的报表功能, 包括报警历史, 操作员活动记录, 控制器报警历史及当前的报警。

4. 可以通过六个键, 手动操作全部监控点。

5. 可以给每一个操作者设定操作级别, 实现客户的监控中心保安要求。

三、系统配置

(一) 中央站

1. 中央站

中央站 XBS 是以 DELL586 个人微机为基础的终端, 并包括一台彩色显示器, 24 针报表及报警打印机。

中央站操作系统采用了微软公司的 Windows NT 网络操作系统, 这是一个 32 位的多任务操作系统。并提供一个开放的操作系统平台, 方便实现联网的要求, 是整体的安全性和先进的管理。

2. 应用软件的特点

图形软件——动态彩色图形, 每图 20s 至 3min 刷新一次。

趋势记录——300 点, 采样时间 10min 至 24h。利用微软公司之表格软件来作图形式趋势记录。

时间、事件触发程序——在使用时, 用以触发系统及各点的报警, 启动相互作用程序、安排设备工作时间等。

节能软件——如间歇运行, 最佳启停, 尖峰电负荷限制等。

(二) 通信总线

系统所有总线都是以无屏蔽双绞线 (UTP) 作为传输介质, 布线方便, 且容易进入综合布线。

1. 中央通信总线 C - Bus

C - Bus 是以 RS485 作点对点通信, 通过一块 C - Bus 介面卡又称通信模块 XD505, 用以联接 Excel 5000 系列控制器, 介质为霍尼韦尔双绞线 AK3744 (美规 18AWG, 线径

1mm 带护套), 长度可达 1200m。每条 C - Bus 最多可连接 29 个 Excel 5000 系列控制器, 通信点限制为 1500 点, 通信速度为 9600bt。每条 C - Bus 与 PC 联接采用 PC 介面卡 XPC500。

2. 第二条中央通信总线 C - Bus

由于本系统采用 32 个控制器, 故在同一个中央站内存在第二条中央总线, 仍需加入另一个 C - Bus 介面卡 (XPC500) 以完成建筑物设备的控制。

(三) 控制器

本系统控制器有 XL100、XL500, 是符合我国国家标准规定的 PCP - I 智能型分站, 用图形编程。由于每台控制器之编程均贮存在先进的快擦存储器内, 即使通信总线中断, 也不会影响控制器的独立工作。

1. 控制器硬件

本工程总计使用 3 台 XL500, 29 台 XL100 控制器。XL100 是一台 36 点的控制器, 装有 16 位电脑芯片及先进的存储器, 通用输入 12 点 (UI), 通用输出 12 点 (UO) 和数字输入 12 点 (DI)。

XL500 是全部模块化的控制器, 根据工程需要进行组合, 具有灵活性, 最大的容量为 128 点。它由基本的 CPU 模块、电源模块作为基础, 再按实际需要加入 AI、AO、DI 和 DO 等模块。在组合时, 注意电源模块放在第一个箱内的第一个槽位上, CPU 模块置于第一个箱内的第四个槽位上, 数字输出模块不允许放在第一个箱内。每 4 个模块占用一个标准机箱, 每一台 XL500 控制器最多为 5 个标准机箱。另外需要注意, 相同模块不能超过 10 块。当构成集散型系统时, 尚需选用一块通讯模块, 插在电脑模块 (CPU 模块) 上, 用于 C 总线通信。

2. 控制器软件

- (1) 18 个英文字符用于命名所有的点。
- (2) 由 32 个英文字符组成 64 个说明语句, 用于所有点的解释。
- (3) 每个控制器有 20 个点可被即时记录, 作为历史趋势, 存储缓冲器可容纳 200 个数值。

(4) 在 1min 内即可处理运行时间的小时累计。

(5) 20 个时间程序。

3. 控制器主要优点

(1) 灵活性。当实际工程的输入、输出点多时, 可选用模块化的大型控制器 XL500; 当点少时可选用 XL100。

(2) DI 点有累加输入的功能, 可直接用于电度或流量等计量。

(3) 在控制器内, 每个输入点有小灯显示其运行的状态。

(4) 输出点可以有手动开关应急操作。

(5) 开关量的启、停可以通过时间计划表来控制其何时启、停。

(6) 当通信中断时, 余下的控制器间仍可进行数据交换。

四、子系统

(一) 空调监控系统

BA (建筑物自动化) 系统对空调系统的机组, 包括新风机组及空调机组编制相应的时间程序、假日时间程序及事故程序。用户可以根据现场的具体情况和要求, 对这些程序中的参数自行修改和设定。

空调系统包括新风机组 48 台, 空调机组 6 台, 需监控的内容、项目见表 7-1 所示。

表 7-1 空调系统监控内容

类别	项目	新风机组	空调机组	室外环境
监 测	过滤器压差	*	*	
	送风温度	*		
	回风温度		*	
	回风湿度		*	
	开关状态	*	*	
	故障报警	*	*	
	手动、自动状态	*	*	
	新风温度			*
	新风湿度			*
	控 制	启、停	*	*
冷、热水盘管阀门		*	*	
新风阀门		*	*	
回风阀门			*	
伪点	运行累积时间统计	*	*	

1. 新风机组

DDC 控制器在新风机组启动后, 其控制程序就投入运行。一方面测量新风机组的送风温度; 另一方面根据新风温度与设定值之差, 对冷、热盘管电动两通阀的开度进行 PI 控制, 使送风温度恒定。当新风机组中风机停止运行时, 控制程序停止并关闭新风阀门和水阀或蒸汽阀, 使系统节能和安全。

运行中不断地监视风机运行状态和故障, 监视风机手动、自动开关状态, 监视过滤器前、后压差, 当压差超过报警值时, 进行报警。

2. 空调机组

DDC 控制器在空调机组启动后, 其控制程序投入运行。一方面测量回风温、湿度; 另一方面根据回风温度与设定值的偏差, 对冷、热水盘管电动两通阀的开度进行 PI 控

制,使回风温度维持在设定值范围内。当有加湿器时,根据回风实测湿度与设定值之差,控制加湿器电磁阀开、关(或电动两通阀开度),维持房间湿度恒定。

当空调机风机停止运转时,新风阀门、电动两通阀、电磁阀等会自动关闭。运行中不断地监视风机运行状态和故障,监视空调机组“手、自”状态。监测过滤器前、后压差,当压差超过报警值时,进行报警。

应说明,在寒冷地区为了防止盘管结冻,设有防冻开关,它安装在加热器之后。当加热器后风湿等于或低于某一设定值(例如 5°C),则通过防冻开关的数字输入信号,DDC控制器可使送风机停止转动,关闭新风阀门,使风温回升。对风机的监控如前。空调机组监控线路图见图7-32所示。

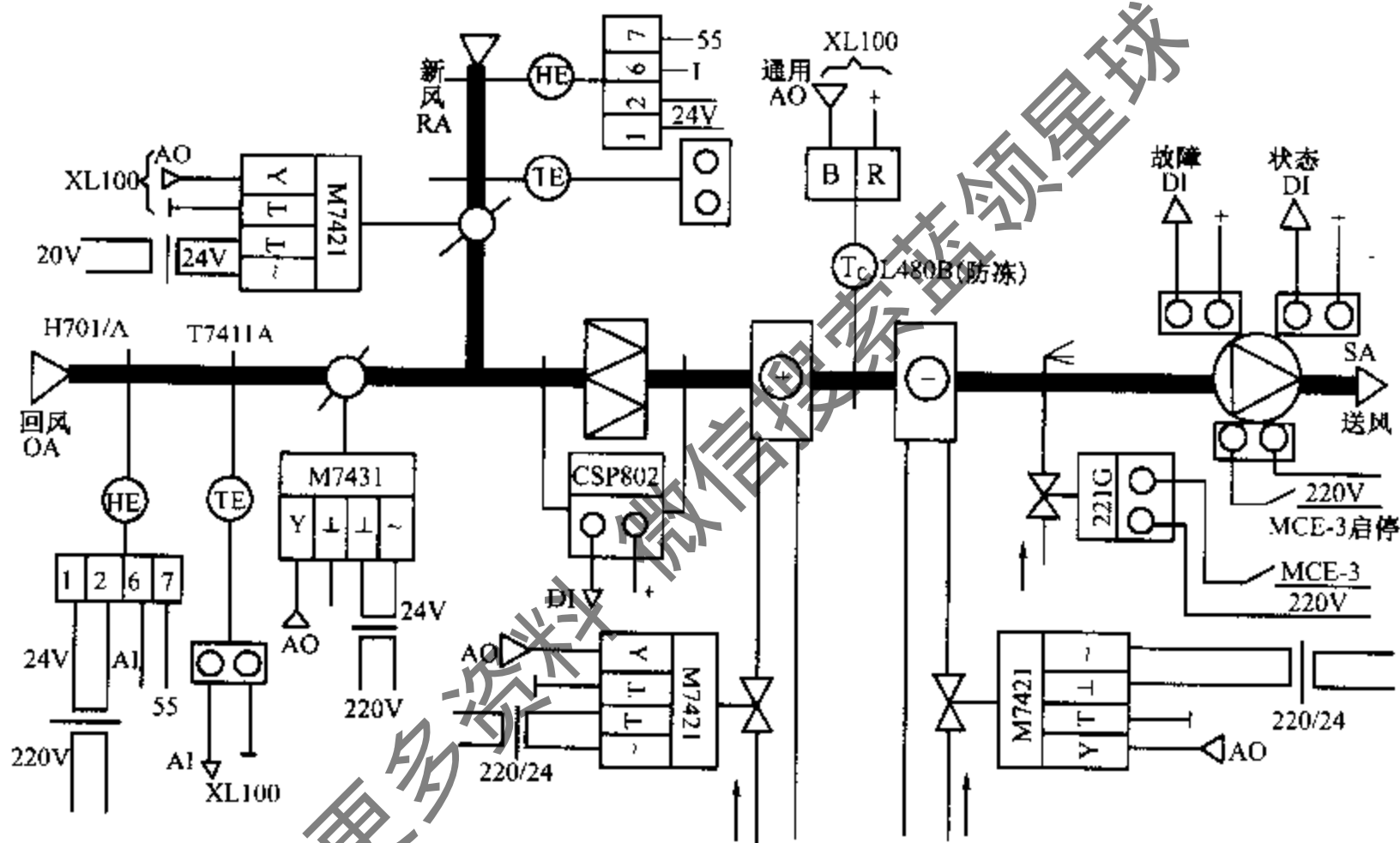


图 7-32 空调机组自控线路图

3. 节能控制

(1) 最佳启、停控制。根据建筑物内人员使用情况,提前开启空调设备,当使用时间恰好满足对环境的要求,在人员下班前,提前关闭空调设备,在下班时刻还能满足对环境的要求。

(2) 间歇运行。在不影响舒适程度的前提下,使设备合理地间歇运行,以减少空调能耗。

(3) 焓差控制。按新、回风焓值比较控制新风量,可以充分、合理地回收回风能量和新风能量,尽量减少空调设备的运行时间和能耗。

(4) 设定值再设定。根据室外空气温度的变化,分别对新风机组和空调机组的送风和回风温度的设定值进行再设定,从而使空调设备能量消耗至最低,并增强舒适感。

(5) 夜间风净化。在凉爽季节,用夜间新风充满建筑物,以节约空调能耗。

(二) 制冷监控系统

制冷系统包括 3 台冷冻机、5 台冷冻水泵、5 台冷却水泵、3 台冷却塔和一个膨胀水箱等。控制系统如图 7-33 所示，其监控内容项目见表 7-2 所示。

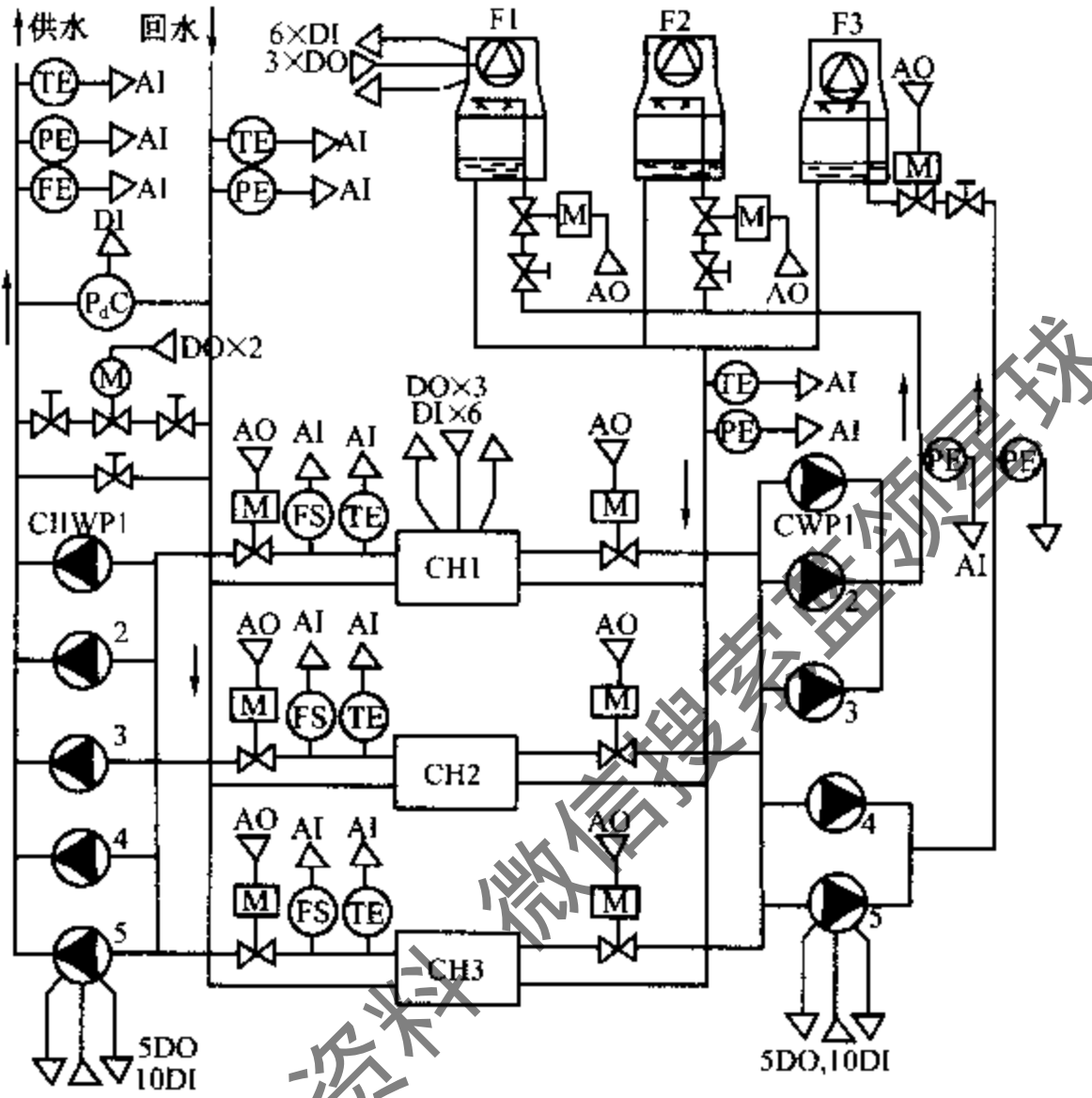


图 7-33 制冷系统监控流程图

CH1~3 为 1、2、3 号冷冻机；CHWP1~5 为 1、2、3、4、5 号冷冻水泵；
CWP1~5 为 1、2、3、4、5 号冷却水泵；F1~3 为 1、2、3 号冷却塔风机

表 7-2 冷冻系统监控内容表

类别	项目	冷机	冷冻泵	冷却泵	冷却塔	膨胀水箱	冷冻水	冷却水	其它
监测	运行、状态	*	*	*	*				
	故障报警	*	*	*	*				
	手动、自动开关状态	*	*	*	*				
	水位超限报警				*				
	供、回水压力						*	*	
	供、回水温度						*	*	

续表

类别	项 目	冷机	冷冻泵	冷却泵	冷却塔	膨胀水箱	冷冻水	冷却水	其它
监 测	供水总流量					*			
	供、回水干管压差						*		
	水流状态						*	*	
	供水压力							*	
	高水位监测					*			
	低水位监测					*			
控 制	启、停控制	*	*	*	*				
	旁通阀控制						*		
	蝶阀开关控制				*		*	*	
伪 点	冷负荷								*
	运行累计时间	*	*	*	*				

1. 由中央站每天按预先编排的时间程序来控制冷水机组的启停及进行监视各设备的工作状态。

(1) 冷水机组的启停控制。

(2) 冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机等动力设备的运行状态监测。

(3) 冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机等动力设备的故障状态监测。

(4) 冷冻水供、回水温度监测。

(5) 冷却水供水温度监测，并控制冷却塔风机的启停。

(6) 冷冻水供水（或回水）流量监测。

以上各项可显示于彩色显示屏上，并打印、记录。

2. 由分站 DDC 控制器按内部预先编写的软件程序来控制冷水机组的启动、停止顺序，运行台数，供、回水干管压差旁通阀控制等。

(1) 启动顺序：冷却塔风机→冷却水电动蝶阀→冷却水泵→冷冻水电动蝶阀→冷冻水泵→冷冻机。

(2) 停止顺序：冷水机组→冷冻水泵→冷冻水电动蝶阀→冷却水泵→冷却水电动蝶阀→冷却塔风机。

(3) 测量冷冻水供、回水温度及冷冻回水流量，计算空调实际冷负荷，以控制冷水机组投入运行的台数。在系统运行过程中，适时增、减冷水机组的运行台数，以达到节能目的。

(4) 测量冷冻水供、回水压差，与设定压差值进行比较，控制供、回水干管的旁通调节阀的开度，增、减旁通管道中冷冻水流量，从而维持冷冻水系统水力工况稳定。

(5) 记录全部冷冻机组设备的运行时间。在有备用时，根据运行时间的统计，启动

运行时间最短的设备，平衡有关设备的运行时间，降低维护及保养开支。

(6) 系统内各动力设备（冷水机组、水泵、风机）出现故障时，能自动投入备用设备，维持系统正常工作。

(三) 给排水系统监控

给水系统自动控制有生活水箱高、低水位报警及给水水泵自动启、停控制。排水控制包括地下污水池高水位报警，并启动两台并联水泵进行排水。当污水池水位降到低水位时，停止排水泵工作。消防水位报警，是指生活水箱水位低于消防水位时发出报警。

建筑物自动化系统能记录全部报警及操作运行的历史，并统计全部生活水泵和排水泵的运行时间。在有备用时，根据运行时间的统计，启动运行时间最短的设备，平衡有关设备的运行时间，降低维护及保养开支。

可测量建筑物总用水量，并按日、月报表，进行打印。

(四) 供配电及照明系统监控

本系统共有 3 台变压器及相应高、低压配电柜。

监测变压器运行和故障状态，柴油发电机的开关状态及电流，并计量重要回路的用电量。监测变压器的温度，进行超限报警。

监测高压配电柜的运行和故障状态。监测低压配电柜的电压、电流、频率、功率因数、有功功率、电度计量及运行和故障状态。监测发电机油箱油位，油位过低报警。

监控公共照明灯、广告灯、立面灯及航空障碍灯的状态及开关控制。

建筑物自动化系统除对上述供配电设备运行状态、故障状态进行监测外，操作员可按需要对重要负荷回路的用电量或电流等参数，编定各类型的报表及趋势图分析。

获取更多资料
www.zhihu.com/question/21531111

第八章 制冷、空调自控系统的安装、调试和运行管理

第一节 自控部件的安装和调试

一、温度控制器的安装和调试

(一) 电接点水银温度计的安装和调试

1. 安装

(1) 电接点水银温度计的接点额定电流一般为 20mA，电压为 36V，需经电子继电器放大后才能控制电磁阀、电磁继电器等。

(2) 必须按照浸没长度把温度计垂直安装在仪器设备上，标尺部位不应侵入介质，以免损坏。用于控制库房温度时，应垂直安装在能代表库内平均温度的地方，并设保护罩。

(3) 电子继电器可安装在控制室内，温度计导线应按接线图良好地接在其接线柱上。

2. 调试

(1) 调整触点温度时，先拧松调节帽上的固定螺丝，然后利用磁力转动调温螺杆，顺时针转动使接点温度升高，逆时针转动使接点温度下降，当调整到控温点时，应把调节帽上的固定螺丝旋紧。

(2) 调节温度时，切勿把指示铁旋到上标尺刻度之外，以免造成调节失灵。储藏时，应把指示铁旋到室温以上，以免水银中断。

(二) 压力式温度控制器的安装和调整

1. 安装

(1) 温度控制器应垂直安装在仪表板上，温包必须放在被控对象温度场中最有代表性的地方。

(2) 棒形温包需要固定，不得任其自由摆动。毛细管长 2m 应卷成圆圈状，用几圈放几圈。安装时毛细管弯曲圆弧半径不得小于 50mm，且每相距 300mm 应用卡子将其固定。

(3) 防潮密封胶木壳的盖板下有一层橡胶垫片，应注意垫好，以防失去密封作用。

(4) 当检测管道内工质温度时，最好在管道上焊一测温套管，将感温元件插入套管，并在套管内灌入冷冻油，以增强传导。也可以把感温包扎紧在管壁上，但此种方式，必须保证感温包与管子表面接触良好。感温元件套管示意图见图 8-1。为防止管子底部积油等因素影响感温包正确感温，感温包的安装位置可如图 8-2 所示方法进行

选择。

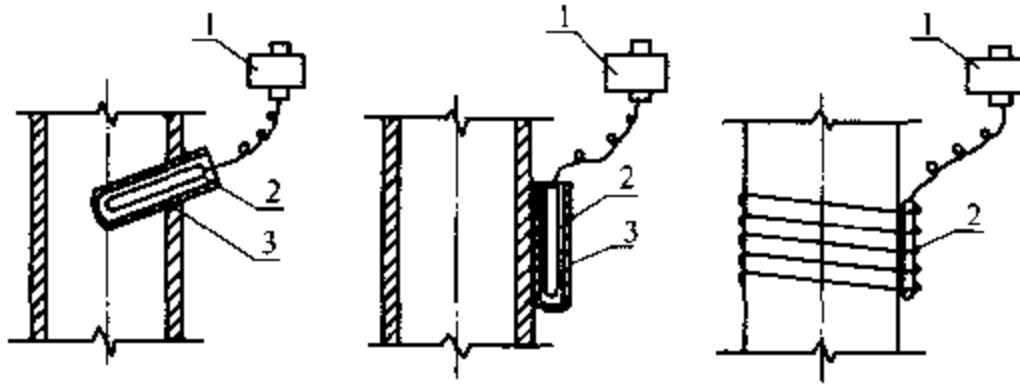


图 8-1 感温元件套管示意图

1-温度控制器 2-测温套管 3-感温包

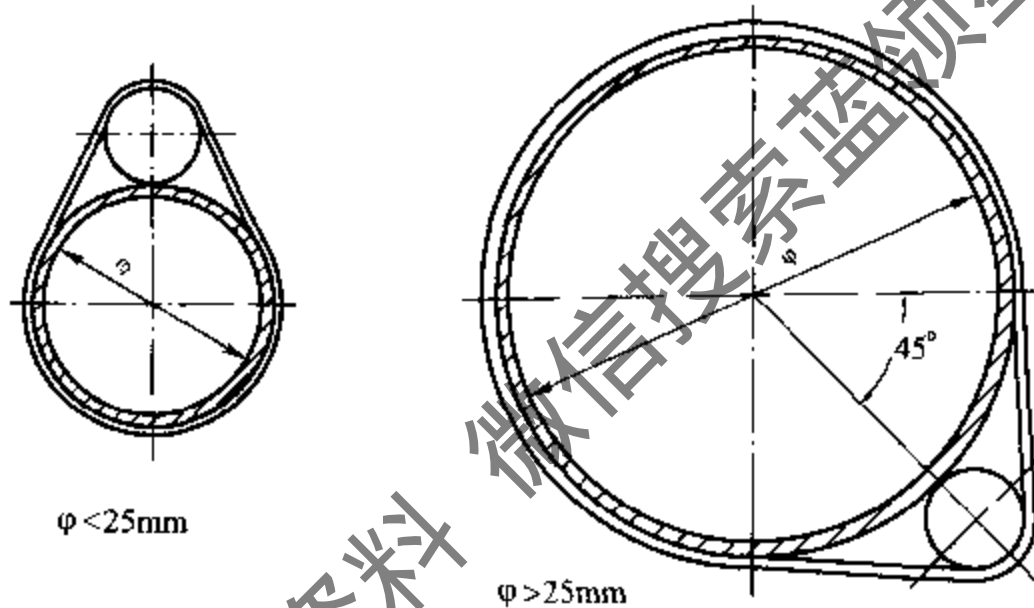


图 8-2 感温包安装点的选择

2. 调整

压力式温度控制器的调节包括主刻度调节和幅差调节，应参照仪表说明书进行。

(三) 电子温度检测仪表及调节器的安装和调试

1. 安装

(1) 检查感温元件的型号、分度号与所配的二次仪表是否相符；感温元件的外观是否完好；热电阻丝不应有错乱、短路和断路现象。

(2) 热电阻的特性试验。

热电阻在投入使用之前需要校验，在投入使用后也要定期校验，以便检查和确定热电阻的准确度。工业用热电阻常用比较法进行校验。校验时需准备的设备：标准玻璃温度计一套（或标准铂热电阻温度计）；恒温器一套（ $-50 \sim +200^{\circ}\text{C}$ ）；标准电阻（ 10Ω 或 100Ω ）一个；电位差计一台；分压器和切换开关各一个。校验时按以下步骤进行：

①按图 8-3 接线，并检查是否正确。

②将热电阻放在恒温器内，使之达到校验点温度并保持恒温，然后调节分压器使毫安表指示约为 4mA （电流不可过大，以免影响测量准确度），将切换开关切向接标准电

阻 R_N 的一边，读出电位差计示值 U_N ；然后将切换开关切向被校验热电阻 R_t 一边，

读出电位差计示值 U_t 。按 $R_t = \frac{U_t}{U_N} R_N$ 公式求出 R_t 。在同一校验点需反复测量几次，求取其平均值与分度表比较，如误差在允许误差范围内，则认为该校验点的 R_t 值合格。

③再取被测温度范围内 10%、50% 和 90% 的温度作校验点重复以上校验，如均合格，则此热电阻校验完毕。

热电阻的校验除上述方法外，还可采用

校验 0°C 和 100°C 的热电阻值，如 R_0 与 $\frac{R_{100}}{R_0}$ 两

个参数的误差不超出允许的误差范围，即为合格。此时恒温器应换用冰点槽及水沸腾器。

(3) 将配用的热电阻敏感元件采用三线制（也有用两线制的，应参照仪表使用说明书）接法接入仪表电路，并按规定调整导线的串联电阻。例如，TDW—12 型温度调节器每根导线串联外接调整电阻后，其阻值应在 $5 \pm 0.9\Omega$ 。

2. 校验

(1) 为了防止动圈式仪表在运输过程中动圈的摆动，通常用导线将动圈短接。校验仪表时，应先把仪表动圈的短接导线拆掉。

(2) 用标准电阻箱来代替热电阻或热敏电阻感温元件，先把电阻箱电阻调到热电阻（或热敏电阻）在 0°C 时的电阻值，以调整仪表的零点，改变电阻箱电阻值，观察仪表工作是否正常，然后将温度指针调整到要求的数值。

(3) 对采用比例调节规律和比例积分微分调节规律的调节器，应先按仪表使用说明书要求接好外部连线，并在调节器的输出端接上 $1.2\text{K}\Omega$ 的电阻，串上一只 0.5 级直流毫安表。当外接部件一切妥当后，可接通电源。调试开始，应先检查仪表的平衡点，然后再对仪表的比例带及积分时间、微分时间进行检查，检查仪表是否完好。经各项检查，确认仪表状态一切完好，才可接入系统进行工作。

二、压力控制器的安装和调试

(一) YWK 系列压力控制器的安装和调试

1. 安装

(1) YWK—22 型压力控制器的高压气源必须从制冷压缩机高压排气阀前接出，低压气源必须从低压进气阀前接出，如图 8-4 所示。

(2) YWK—11、YWK—12 用作高压调节，

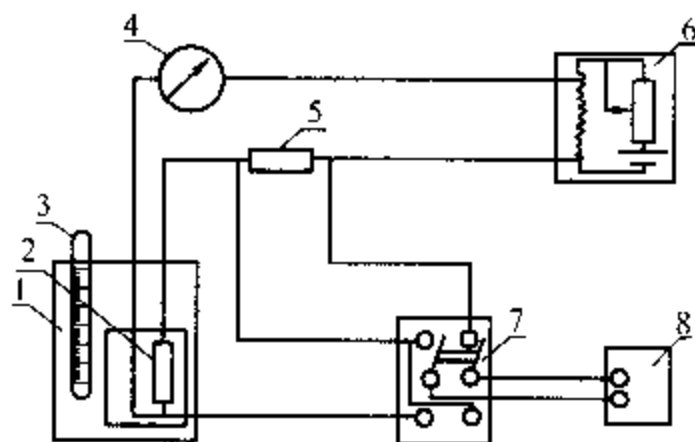


图 8-3 校验热电阻的接线

- 1-恒温器 2-被校验热电阻 R_t 3-标准温度计
4-毫安表 5-标准电阻 R_N 6-分压器
7-双刀双掷切换开关 8-电位差计

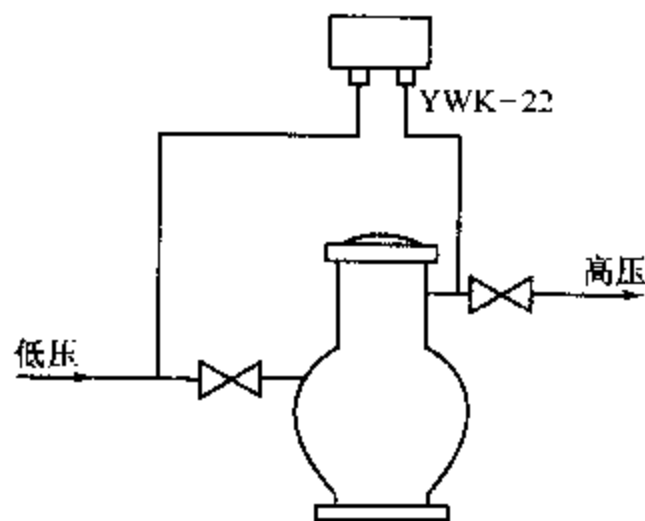


图 8-4 YWK—22 压力控制器的接口

因制冷压缩机排气管道上气流条件不大理想，可接在油分离器后或高压贮液桶上。

(3) YWK—11、YWK—12 用作低压或中压控制，压力信号接出处也应尽可能远离压缩机，以减少脉冲影响。在低温、低压下使用时，连接管高出隔热层不得少于 300mm，以免控制器壳体结霜。

2. 调整

(1) 压力控制器主刻度的调整应先取下防松螺钉，然后转动调节花盘，调节主弹簧的预紧力，从主刻度盘上读出设定值。幅差调节也须转动幅差调节花盘来实现。

(2) 对压力控制器的特性调试（见图 8-5），可以与压力控制器并联接上一只标准压力表，该压力表的量程要包括这个压力控制器的控制范围。为取得压力控制器的实际控制压力值，可在压力控制器的控制电路中接上指示灯。当指示灯的“亮”和“熄”的时候，从标准压力表上读得压力控制器的实际控制值，检查动作的灵敏度及控制误差值。其压力控制器的压力源可以是气压源，也可以是液压源。

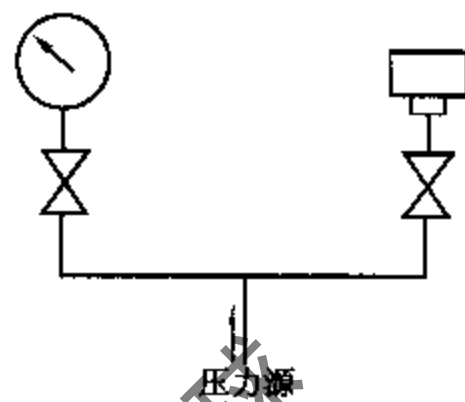


图 8-5 压力控制器调试示意图

(二) CWK 系列压差控制器的安装和调整

1. 安装

- (1) 压差控制器应垂直安装，以便查看调定值。
- (2) 压差控制器上端气箱接较低压力，下端气箱接较高压力。
- (3) CWK—11 型压差控制器本身不带延时机构，如需延时，应另配时间继电器。

2. 调整

(1) 对压差控制器的特性调试，可与压差控制器的两根导压管分别并联接上一只标准压力表。根据压差继电器高、低压气箱的受压范围和压差控制范围，对继电器的气箱送压，检查动作的灵敏度和控制的准确性。

(2) 调整设定值时，打开盒盖，转动调节花盘，从主刻度板上读出设定值。

(3) CWK—22 的延时时间可在 45~60S 之间调节。调整延时时间需切断电源。从控制盒内取出延时机构，拧松电热丝支座螺丝，将电热丝向延时开关方向移动为缩短延时，反向移动为加长延时。其调整即改变电热丝与双金属片之间的距离。调整后需接通电源，计时校准方可使用。

(三) YSG—01 型电感压力变送器的安装和调整

1. 安装

(1) YSG—01 型电感压力变送器的就地显示表头和电气放大部分合装在同一铝合金壳体内，安装时可直接安装在被测部位或固定于震动不太大的地方，然后通过管道将被测压力导入仪表密封气室接头。用于低温制冷系统时，安装时应远离低温管道，至少应距离管道隔热层不小于 500mm，防止表壳结霜。

(2) 远传二次表头可按安装尺寸，集中装于控制屏上。

(3) 电源进线和直流信号输出线系通过 CX16Z7KG1 电缆接线接头引出。1、2 号焊

片接交流 220V 电源, 6、7 号焊片接直流 0~10mA 输出信号, 6 号焊片输出为正, 7 号焊片输出为负。

2. 调整

安装完毕后, 检查接线无误即可通电进行使用前的调整。通电前应首先调整表头的机械零点。通电后仪表预热 15 分钟即可进行电气调整。调整时, 首先检查表头电气零点, 此时管道或容器被测压力为零 (管道或容器与大气相通)。观察就地指示表头或远传二次表头指示值是否在“0”值, 如偏离该值可调整仪表面板上中间电位器直至“0”值, 再将锁紧螺母锁紧。然后输入适当压力 (视使用远传表规格而定), 一般可输入上限指示值的 80% 的压力, 观察就地指示表头和远传表头指示值是否在输入压力指示值上, 如偏离指示值, 可调整面板上右边电位器, 直至正确值为止。

三、液位控制器的安装和调试

(一) UQK—40 型电感浮球式液位控制器的安装和调试

1. 安装

(1) 安装时应以起始液面为水平基准, 并作正、侧两个方位的垂直吊线。在阀体外壳下部画有“A—”为氨起始液面, “F—”为氟里昂起始液面。

(2) 控制器下部液体平衡管应倾斜 15°以上, 以免发生油堵塞现象。

(3) 为拆检方便, 阀体上、下接管均应加装关闭阀。

(4) 阀体内部充有低温氨液, 外部一般不包隔热层, 为防止线包受潮, 上盖密封橡皮应放正压紧。

(5) 电气盒安装地点要远离潮湿和有腐蚀性气体的地方。

2. 调试

(1) 浮球发出下液位讯号的最低位置, 约在浮球沉到距离底部 1cm 左右; 发出上液位信号的最高位置, 约在浮球升到距顶部 1cm 高度左右。

(2) 控制器电气盒内, 带有刻度 1~6 的旋钮是高差旋钮, 用于调整上、下液位间的相对高度。刻度单位是厘米。左上角带锁紧螺母的小旋钮是调零旋钮, 用于在低温下调定起始下液位。

(3) 调定的下液位只表示桶内相应高度的一定位置, 在制冷工艺中, 只要求在桶内垂直高度的 1/3 左右有下液位讯号发出, 能使主阀供液即可。

(4) 可调液位范围的确定原则是: 在正常运转情况下, 以供液电磁主阀不频繁动作为主。通常卧式桶可调范围在 4cm, 立式桶可调范围在 6cm。

(二) UQK—41、UQK—42 型浮球液位控制器的安装和调试

1. 安装

(1) 因液位控制器是用玻璃管显示液位, 应注意不要装在易受撞击的地方。

(2) 玻璃指示器应作垂直吊线安装, 不得歪斜, 为使安装准确可靠, 安装时可先用与玻璃管尺寸一样的金属件代替玻璃管装上, 待焊接好后再换上玻璃管试压。试压时应将浮子取掉, 试压后再装上。

(3) 机器和容器的放油及加油的高度, 由可移动的晶体管接近开关盒根据需要情况

定位。

(4) 电气盒宜安装在避免有腐蚀性气体的地方。一般置于控制柜内。

(5) UQK—41 用于容器放油时，其下端应直接接在容器下部有油处。用在洗涤式油氨分离器时，其上端须接在氨液面以下，见图 8-6，并且注意上端接口距离氨液面的高度应大于 UQK—41 上下两限位的控制高度。

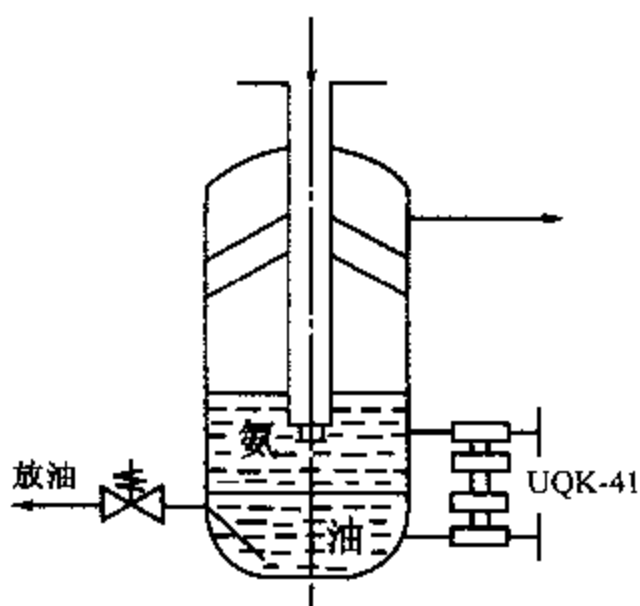


图 8-6 洗涤式油分离器装用 UQK—41 型液位控制器

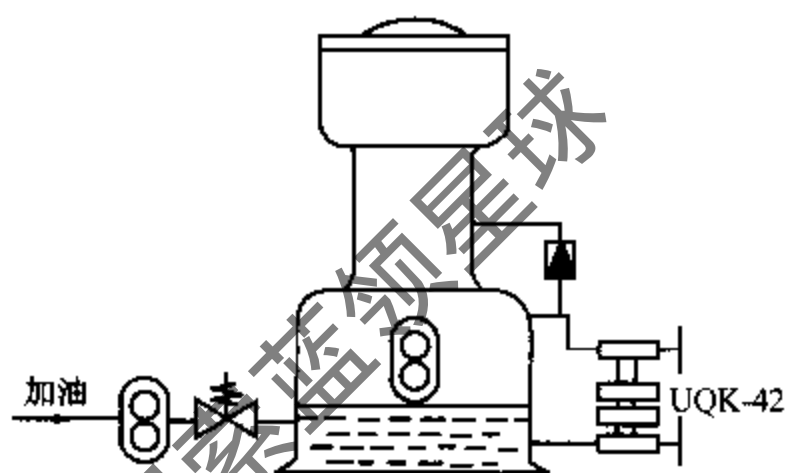


图 8-7 制冷压缩机装用 UQK—42 型液位控制器

(6) UQK—42 用于机器加油，一端接曲轴箱上半部，另一端接在油面以下低于进油管处，见图 8-7 所示。

(7) 安装前玻璃管要清洗干净，否则易卡住浮球。

(8) 为保证接近开关工作稳定可靠，设计中使用了稳压电源，但该稳压电源无过载保护，安装接线时注意不能短路。另外受稳压范围的限制，若交流输入电压低于 170V 时，将产生误动作。这时应加装调压器或磁饱和稳压器。

(9) 接近开关高频磁场存在着边缘效应，为避免彼此磁场相互干扰引起误动作，安装时两接近开关最小距离不得小于 20mm。同时接近开关检测线圈应远离铁磁性物体，以免引起高频磁场磁通畸变，影响液位计控制精度。

(10) UQK—41、42 型都不宜直接焊在低压桶上，否则氨液将使玻璃管整个被冰霜裹住难于拆卸。倘若玻璃管破裂，由于低压不足以使弹子阀压紧阀口，将造成严重跑氨事故。

2. 调试

试验接近开关动作是否灵敏，可先将其接通电源，然后用铁棒在中间上下移动，如开关盒内有响声，说明动作灵敏。

四、电阻式湿度控制器的安装和调试

1. 安装

(1) 仪表应水平放置或垂直悬挂，安装高度应以读数操作方便为准，一般为 1.5 米左右。

(2) 由于感湿元件有一定的工作寿命, 如果阻值变化就会引起指示误差。因此湿敏元件的安装位置应注意保持清洁, 不宜安装在含有较浓的氨、硫等气体的地方, 还应防止剧烈震动, 以免使感湿元件损坏。

(3) 仪器的接线要按指定的标记正确联接, 仪器与感湿元件之间的联接, 应采用双芯金属屏蔽线, 使用屏蔽线的长度约 50 米。

2. 调试

(1) 在仪表使用前, 要对仪表的零值和满档调整一次, 把感湿元件短接, 调整相应的电位器, 使表头满度指示, 再把感湿元件开路, 调整相应的电位器, 对表头调零。然后接通电源和感湿元件, 观其表头是否指示, 若立即出现指示, 则说明仪表工作正常。

(2) 根据控制要求, 把湿度给定值旋钮和幅差旋钮旋到合适的位置。

五、程序控制器的安装和调试

(一) TDF 型分级步进调节器的安装和调试

1. 安装

(1) 仪表安装在仪表盘上, 并设在无腐蚀性气体和没有振动的地方。

(2) 因调节器内的继电器容量较小, 应在外接电路上加接继电器。

(3) TDF 系列只有 8 级能量调节, 如超过 8 级, 则其中某些级数应另加时间继电器。

(4) 当被控参数为压力, 则压力变送器的压力引管应从回气总管或低压桶上部空间接出; 当被控参数为温度, 则可在低压循环桶底部放置铂热电阻。

2. 调试

(1) 将输入信号端子与采用的传感器对应的电信号源接好, 并接通电源。

(2) 调整设定值, 用四个拨盘开关分别给定。

对 TDF-01, 拨盘开关单位为毫安。如果已有压力变送器压力——电流对照图表, 则直接由拨盘开关给定; 如果没有该图表, 则可将压力变送器装在压力表检验计上作出压力——电流对照数据备用。

对 TDF-02, 拨盘开关单位为温度 0°C 。配用的检测元件为 P₁₀₀ 铂电阻, 直接按要求温度拨出给定。

(3) 调整延时时间, 先拉出机芯, 旋松仪器前半部的延时时间调节电位器的固紧螺母, 再进行调节。以红灯或绿灯亮的时间为准, 调定一个, 其它三个相应给定。调好后仍应锁紧。

(4) 调整级数, 少于 8 级的可作跳级安排。如果实需 6 级, 可将拨盘开关拨到 6 级, 此后的 2 级即被切除。级数选择可从 4 级步进到 8 级步进。

(5) 接好输入输出控制线路, 仪表即可正常工作。

(二) TDS 型时间程序控制器的安装和调试

1. 安装

(1) TDS-04 型为定时冲霜时间程序控制器, 它适用于工况稳定的冷藏间冷风机冲霜。

(2) TDS—05 型为指令冲霜时间程序控制器，它适用于冻结间冷风机冲霜。其中电气指令可直接加在微动开关的两个焊有接线的脚上。

2. 调整

(1) 设定区段时间的凸轮组调整方法是：凸轮组共有四片凸轮，最下一片凸轮上刻度 0~20 分钟，为第一区段时间范围。从下往上数第 2 片凸轮上的环形孔槽、定时红点、紧固螺钉都是调整第一区段时间范围用的。该凸轮片上的刻度 0~30 分钟，则是第二区段时间范围，由第三片凸轮上的环形孔槽、定时红点、紧固螺钉调整。第三片凸轮上的刻度 0~15 分钟，是第三区段时间范围，由最上面一片扇形片上的环形孔槽、定时红点、紧固螺钉调整。见图 8-8。

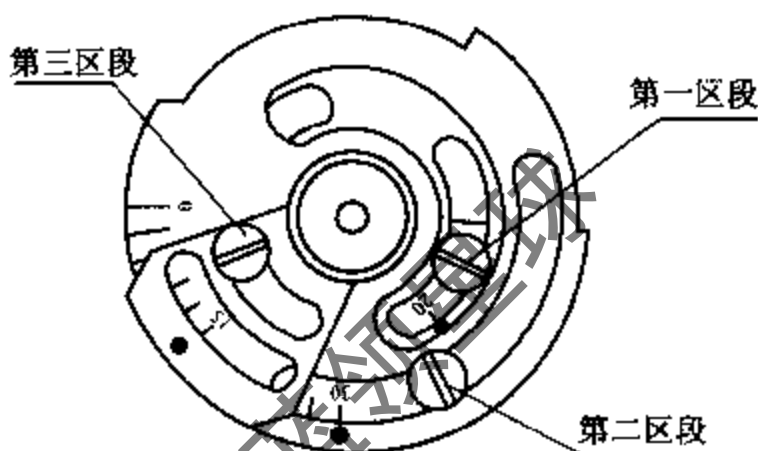


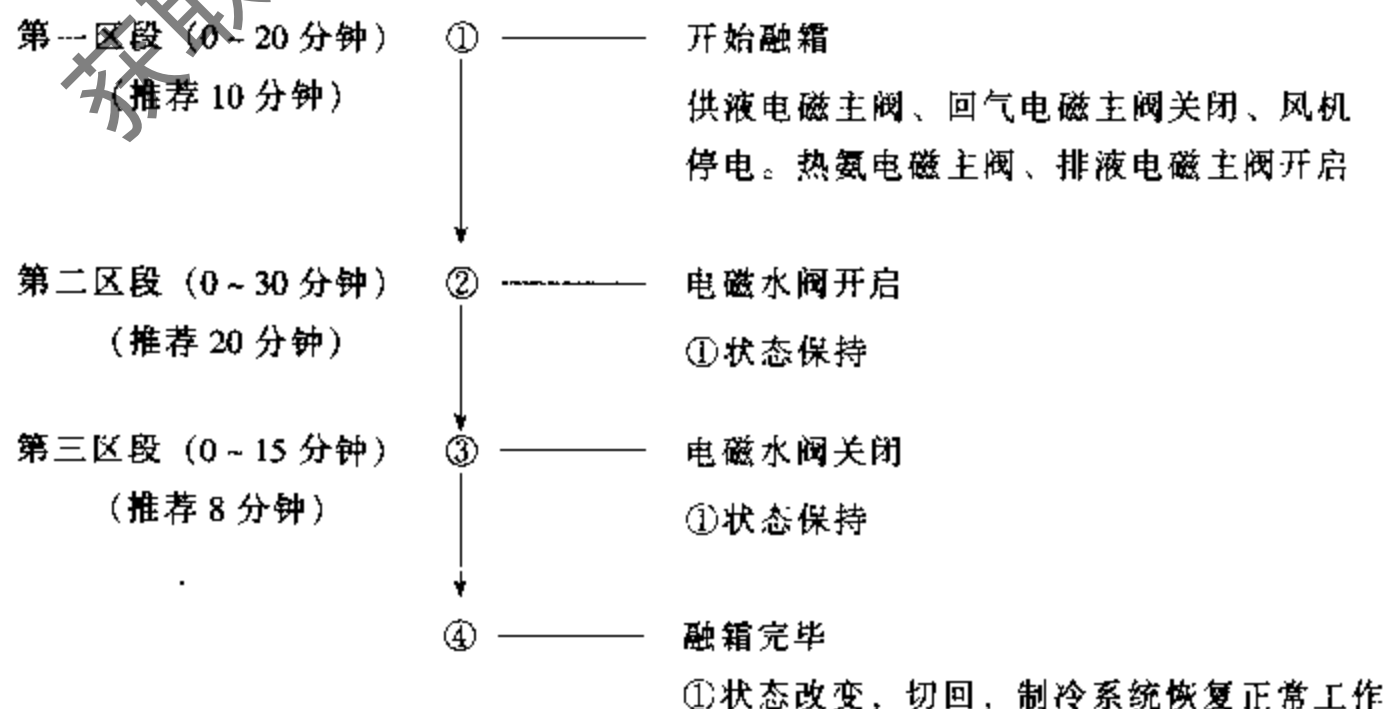
图 8-8 凸轮组调整

调整时，先将中心大螺母旋松，再松需调的紧固螺钉，以环形孔槽边缘上的定时红点对正所需时间刻度，再将螺钉拧紧。

(2) TDS—04 型是定时指令，定时盘的时间调整，以开关拨板所对定时盘上时间刻度划分为准。校准时，拨动脱齿拨板使传动齿轮脱空，再拨动定时盘到合适位置。TDS—04 型可以手拨定时盘，使定时螺钉提前钩住控时拨板，满足提前发出指令的要求。

(3) TDS—04 型和 TDS—05 型凸轮组的时间刻度相同，其工作时间均可以在 65 分钟内进行调整。这两种程序控制器的动作间隔，至少 2 小时，TDS—04 型是受定时盘上定时螺钉的限制，TDS—05 型因复位盘上复位顶杆限制，因从发出动作指令开始，需 2 小时才能复回零位接受指令。

(4) 融霜程序控制中四个电气讯号和三个时间区段的工作内容，通常按如下安排：



(5) 如果融霜不用热氨, 仅用水融霜, 可以把第一区段调到零刻度, 予以切除。

六、电磁阀与电动执行机构的安装和调试

(一) 电磁阀的安装和调试

1. 安装

(1) 电磁阀和(水)电磁阀必须垂直安装在水平管路上, 阀体上箭头应与工质流向一致。焊接时应先点焊定位后拆下阀体再继续烧焊, 防止内部零件因受热损坏。焊好以后要立即清除焊渣、氧化皮等杂物, 防止通道阻塞及损坏密封面。焊接时两端导管要对准, 法兰端面要平行, 否则难以密封。

(2) 组装时不能漏装或错装, 否则阀门会失灵或损坏。

(3) ZCL—3型阀针升高度只有1.5mm, 在装配隔磁套管法兰盘与导阀阀座的密封垫片时, 应与原垫片厚度相同, 否则将影响阀针升高度。上面的压紧螺钉要均匀拧紧, 稍有偏压, 将影响密封性能。

(4) 电磁导阀与主阀连接处, 中间夹有软铝垫片, 不要用大扳手强行加力, 否则软铝片被压扁, 使通孔变小或封死。甚至造成滑丝。

(5) (水)电磁阀前应加装过滤器, 以免水中杂物影响阀芯密封。

(6) ZCS—50W、100W型(水)电磁阀活塞上积水不能自行流出, 冬天应注意防冻。

2. 调试

使用单位需对电磁阀作性能试验, 以确定电磁阀能否灵活开启, 能否关严, 有无异声等。具体步骤如下:

(1) 将电磁阀的一端, 用管道经一个手动关闭阀通以压缩空气, 并在其入口处装一只压力表; 另一端用管道通入水池中, 见图8-9。用手关闭阀调节空气压力, 当压力达到1.6MPa时, 电磁阀通以交流220V电源, 这时电磁阀能正常开启, 则水池中大量气泡冒出。

(2) 将电磁阀断电, 这时电磁阀关闭, 水池中无气泡冒出, 按设计要求, 当压力减小至6.86MPa时, 持续3分钟水池中无气泡冒出, 则电磁阀关闭严密。

(3) 线包对地绝缘电阻值 $\geq 0.22\text{M}\Omega$, 则可通电试验; 否则, 说明其受潮, 需烘干后再作通电试验。

(4) 线包接通电源后, 有动铁芯撞击的“答”声, 断电后有较轻的“扑”声, 即为正常。

(5) 当电压为额定电压的105%时, 线圈连续通电, 温升不超过60℃, 即为合格。

(二) 电动执行机构的安装和调试

1. 安装

(1) 测量电动机线圈与外壳间的绝缘电阻应不低于0.5MΩ。

(2) 电动机转向应与开度指示的开关方向一致。

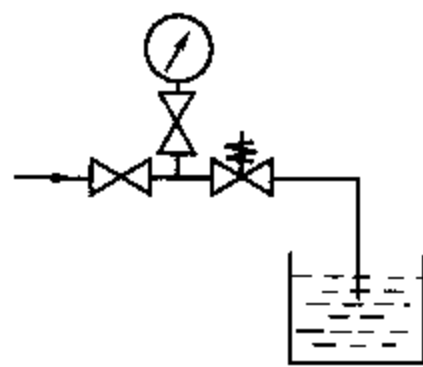


图8-9 电磁阀调试时
管道接法

(3) 传动装置应加适量的润滑油。

2. 检查调试

(1) 接通电源，用秒表测出执行机构正向和反向移动时通过全行程的时间。

(2) 检查执行机构在上、下限位置时，调节阀门是否在相应的极限位置上，如不合适，用手拨动调节阀传动齿轮，使阀杆上升或下降直到不能转动为止以确定阀门已到极端状态，以此来调整相应的中断开关位置。

(3) 对和电动执行机构配用的阀门和风门等，应检查密封性和灵活性等。

七、恒压阀的安装和调试

1. 安装

(1) 安装时要注意型号、流向是否符合要求，特别是立式和横式，切勿弄错，否则将不起控制作用。

(2) 恒压阀装阀罩时须先将弹簧反拧放松，不要带着很强的预紧力安装，对于有负压的正恒阀，应先将阀罩倒过来，把膜片放在阀罩口，再装阀座反过来组装，勿使膜片挤压损坏。

(3) 不锈钢阀芯出厂时，已加预紧力拧死，并校好尺寸，使用单位不必拆卸。反恒阀阀芯尾端采用聚四氟乙烯密封，拆卸后密封会破坏，除非因损坏调换，尽量不要拆卸。

(4) 安装单体恒压阀时，焊接要求与电磁阀相同。安装恒压主阀、电磁恒压主阀和电磁双恒主阀与单体主阀和导阀相同。

2. 调试

(1) 恒压阀主要是调试其开启压力或关闭压力。调试时必须在原安装部位，以系统压力调定。

(2) ZZHA 型调试时，需在其进口端装压力表（表的精度不低于 1.5 级），见图 8-10 所示。而 ZZHB 型调试时，将压力表改装在阀后即可。当主阀进口或出口压力逐渐升高，达到某一数值时，ZZHA 或 ZZHB 开启，压力表指针突然抖动，此时的压力即为调定压力。

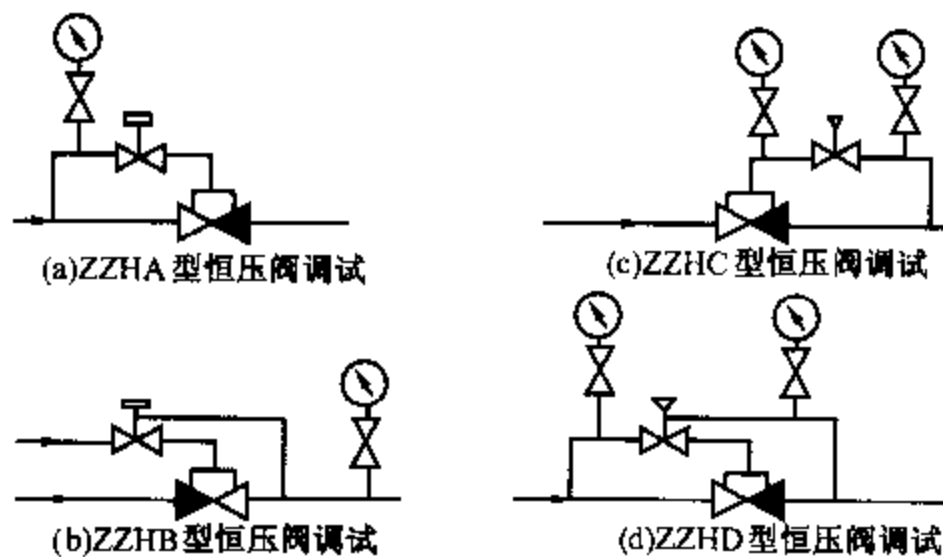


图 8-10 恒压阀调试示意图

(3) ZZHC 型调试时, 阀前后均需装压力表, 开始时两只压力表读数相同, 表明阀仍开启。当压力逐渐升高某一数值, 两表读数突然变为不同时, 表明阀由开启变为关闭。刚开始关闭时的压力即为调定压力。

(4) ZZHD 型调试时, 需在主阀后装一压力表, 当主阀出口压力逐渐升高, 压力表读数也随之不断增大, 当升到某一数值压力表读数不再增大时, 表明阀已关闭, 此时的压力即为调定压力。

(5) 上述压力值调试时, 可用手动调节弹簧压力, 以得到所要求的调定压力值。

八、主阀的安装和调试

1. 安装

(1) 主阀内部零件可做多种组装, 在拆检清洗后, 要按使用说明书的相对位置进行安装, 以免装错招致失灵。

(2) 安装时必须垂直安装在水平管路上, 阀体上的箭头与工质的流动方向应一致。焊接要求同电磁阀。

(3) 对常闭型主阀, 在管道试压时应将滤网取出, 并用手动顶杆将阀芯顶开, 或将整个活塞组件取出。

2. 调试

(1) 调试时可用空气压缩机或油泵按图 8-11 作一简单校验设备。

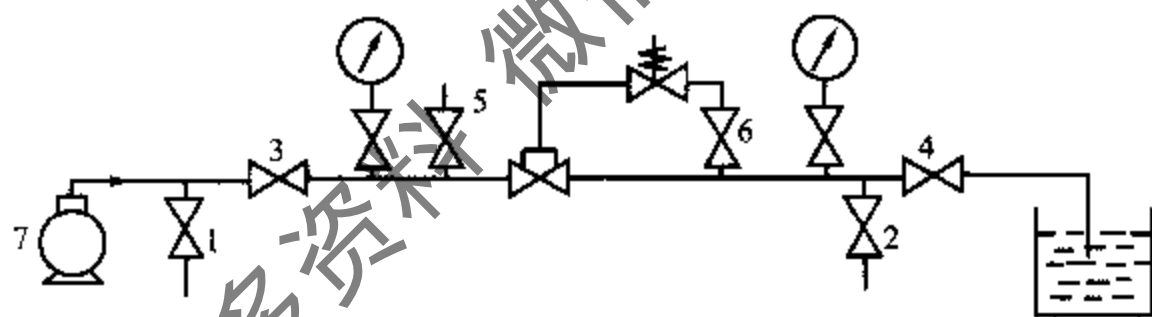


图 8-11 主阀—组合式主阀的调试

1、2—旁通阀 3、4—主管调节阀 5、6—导压管调节阀 7—空气压缩机（或油泵）

对于气用常闭型主阀, 电磁阀要接导压管 5。对于气用常开型主阀要使其关严, 其引压压力必须比管路压力要高 0.1MPa。

(2) 常闭型主阀的校验, 主要是看有无泄漏, 如有泄漏再关闭导压管调节阀 6, 这时若无泄漏, 说明导阀有泄漏, 若阀 6 关闭后仍有泄漏, 说明主阀关不严。

(3) 双电磁主阀应将活塞上直径 1mm 平衡孔堵死, 以防高压气体渗进低压管路。

九、热力膨胀阀的安装和调试

1. 安装

(1) 阀体应垂直安装, 不允许倒置。

(2) 感温包安装在蒸发器出口的一段吸气管上, 紧贴包缠在水平无积液的管路上, 外加隔热材料缠包, 或插入吸气管上的感温套管内。而且毛细管的位置应比感温包高些, 以利于温包、毛细管系统压力的传递。

(3) 当管径小于 25mm 时, 感温包可扎在管顶部; 当管径大于 25mm 时, 可扎在回气管水平轴线以下与水平线成 30°左右的位置上。以保证感温包正确感温。见图 8-12。

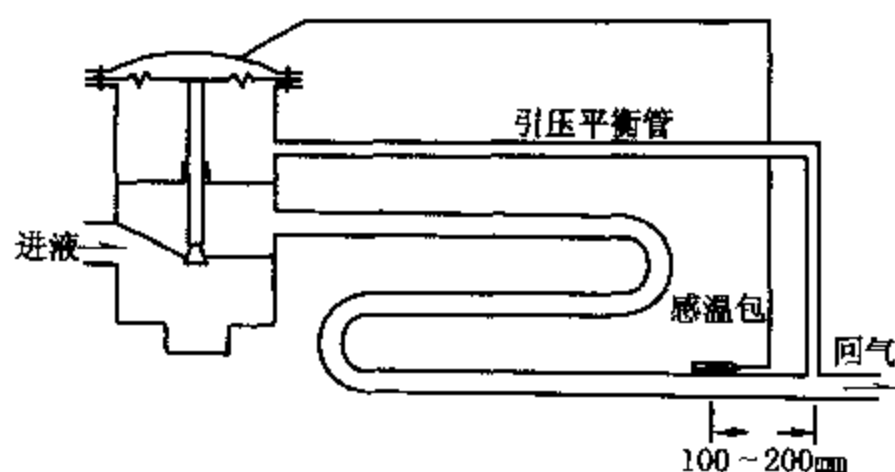


图 8-12 外平衡管的安装位置

(4) 外平衡膨胀阀的平衡管应接在感温包后 100mm 处的回气管上, 从管顶部引出, 以防平衡管中积油。见图 8-12。

(5) 一个系统中有多个膨胀阀时, 外平衡管应接到各自蒸发器的出口。

(6) 在可能发生振动时, 阀体应固定在支架上。

2. 调试

热力膨胀阀的调试是通过调节杆实现的。一般可分为两步进行, 开始是粗调, 即每次调节时可旋转一圈左右。当设备接近其运行工况时, 要进行细调, 每次旋转半圈至 1/4 圈。每调一次后, 应使系统运转数分钟或十几分钟, 并观察膨胀阀结霜或凝露情况, 同时观察低压表的变化来决定下一次的调整, 直至合适为止。

十、止回阀的安装和调试

1. 安装

(1) 注意工质流向, 不得装反。

(2) Dg100 以下的止回阀可以顺流向箭头作任何方位的安装, Dg125 以上的止回阀必须水平正直吊线安装。

(3) 筒形阀体, 常用法兰作骑缝压紧, 上法兰时务必均匀用力, 否则将影响阀的密封。

(4) 高压气用、液用止回阀和低压气用止回阀, 结构相同, 只是弹簧不同。不能调换。

2. 调试

对于止回阀的调试, 主要是试其关闭是否严密, 气用止回阀必须校验。若从止回阀的出口, 输入 1.6MPa 气压, 在两分钟内, 从进口处逸出的气泡数不多于一个即为合格。

十一、旁通阀的安装和调试

1. 安装

(1) 旁通阀的压力范围应符合制冷工艺要求。安装时阀体必须竖直。如用在氨泵回路时, 阀体应装在较高位置上, 使停泵后排出端的蒸汽积聚在旁通阀阀芯的下部, 便于

氨泵启动。与低压循环桶所连的旁通管，应在桶壁单独开孔安装，其开口不要离液位计太近，同时应有弯头弯向桶壁，不要直冲液面。

(2) 清洗内部零件时，调整压力用的手动顶杆部分可不必拆洗。装配时要将顶杆放松，尽量减少弹簧的预紧力。

2. 调试

(1) 用于氨泵自控回路，旁通阀的压力差值为 $0.24 \sim 0.27\text{MPa}$ 。用于冲霜自控回路，旁通阀的压力差值为 0.6MPa 。

(2) 安装前先在校验台上校验其在规定的压力下启闭是否灵活，关闭是否严密。

(3) 旁通阀压力的调定是旋动顶杆，顺时针旋动为加压，反时针旋动为减压。实际应用中，调好后应再复校一次。

十二、电加热器的安装和校验

1. 安装要求

(1) 测量电阻丝与外壳间的绝缘电阻值，应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(2) 其电气线路需装设熔断器，其熔体额定电流应等于或稍大于电加热器的工作电流，以便电路发生过载或短路故障时起保护作用。

(3) 电加热设备或装置必须可靠接地，在空调系统中应与风机连锁。

(4) 对靠近电加热器的一段风管的保温材料和保温外壳，最好采用耐火材料。

2. 校验

(1) 将电加热器加上额定电压，测量电加热器的功率，如其功率下降 $3 \sim 5\%$ 时应更换。

(2) 检查电加热器同系统送、回风机的安全连锁，只有在送、回风机启动后，电加热器才能投入运行。

第二节 自动控制系统的调试

自动控制系统的调试是指整个系统安装完毕，在正式投入运行之前，对整个自动控制系统所做的检测、校验和调整过程。

系统调试的目的，是在于检查自控仪表和元件是否能满足工艺提出的各项要求；相互有关联的元件和仪表动作是否协调，其动作程序是否与设计要求相符；有关联的自控回路之间的联系是否可靠；安全保护装置是否准确可靠等。此外，通过调试还可以发现设计中考虑不周或不合理的地方，以及遗漏、错误之处，以便进一步改进和完善整个自控系统。

一、调试前的准备工作

(一) 组织方面准备

组织有一定责任心和业务水平的技术人员参加调试。准备好必要的备件、调试所需的工具及调试记录表格。

(二) 工艺方面的准备

先检查系统情况。因自控元件对系统的清洁程度要求很高，所以应先检查排污记录，排污是否干净。然后检查各自控元件是否按工艺要求和安装要求安装，有否遗漏和错装。

另外，当管道系统安装后，进行排污、试压和抽真空等工作。由于排污、试压过程中管道内会有较多的杂质和水分流动，很容易在自控元件，特别是主阀、导阀等流通类阀门处引起锈蚀和脏物卡住。所以，一般对主阀一类的自控元件，在排污、试压前应将其中的活塞套、活塞、阀芯等取出，调试前将取出的零件装回，同时检查自控元件是否有锈蚀等。若存在，需进行清洗修整。

(三) 电气方面的准备

自控的实现是工艺和电气的结合，在调试前对电气也需作全面、认真的检查。先按设计图纸复查实际线路，确保电气设备的装接无差错。在检查接线时，还需对各电机、电器、电缆等作外观检查，看有无损坏情况；对各电气设备和元件的外壳以及其他电气设备要求的保护接地，检查其是否安装接妥；对有绝缘要求的，再次用摇表测定绝缘电阻值；对裸带电体检查其对地和对其他带电体的安全距离是否符合要求，及各种熔断器是否齐全完好。

二、冷藏库制冷系统自动控制的局部调试

在准备工作一切就绪后，即可开始系统调试。系统调试工作分两个步骤进行，先对相对独立的部分进行局部调试，再进行系统的全面调试。

(一) 氨泵回路的调试

氨泵回路的调试主要是低压循环贮液桶的液位控制和氨泵的保护环节。

1. 液位控制器的调试

调节下液位时，先使桶内处于要求的最低蒸发温度，使液位渐渐下降，参照直接显示液面的指示器，当液面降到控制下液位时，旋动电气盒内的补偿电位器，当控制器电接点有动作时，下限位信号即为调出，调完后将锁紧螺母拧紧，以后不用再调。

调节液位上限时，应考虑使供液电磁阀不宜动作太频繁，通常调定动作时间间隔，取稳定运行期间半小时至1小时动作一次为宜。方法是调节电气盒内带有1~6刻度的高差旋钮，高差调节旋钮每1刻度表示上、下液面控制高差1厘米。经验调整值为：对立式循环贮液桶，上下液位高差控制在6厘米，即把旋钮调在刻度“6”；面卧式循环贮液桶，旋钮调在“4”较为合适。

2. 供液电磁阀的调试

当供液电磁阀工作指示灯一亮时，注意观察低压循环贮液桶内液面是否上升和上升时有无滞后，从而判断供液电磁阀能否开启和开启是否灵敏；同理，根据供液电磁阀工作指示灯熄灭时，液位能否停止上升或上升的减缓速度，来判断供液电磁阀能否关闭和关闭的严密程度。另外，在供液电磁阀工作指示灯亮的同时，应能听到电磁阀的动作声和制冷剂的流动声；当电磁阀关闭后，阀口附近有“丝、丝”声，说明阀有泄漏。

3. 自动旁通阀的调试

调试时,先使低压循环桶的压力处于规定的蒸发压力,然后再将处于全开状态的氨泵出口手动阀逐步关小,使氨泵的排出压力慢慢升高,当压力升高到欲调压力时,迅速旋转旁通阀的调节杆,使旁通阀在设定值时正好打开。旁通阀是否打开,可看氨泵排出压力表,其指针产生突然抖动时,即旁通阀打开,抖动前的压力值,即旁通阀的调定值。

4. 压差控制器的调试

调试时,逐渐关小正常工作氨泵的进液阀,使进出口压差减小,直到压差控制器动作,此时氨泵的进出口压差即是压差控制器的控制值。此控制值应与工艺要求设定值相符,否则要重新调节。

(二) 库房回路的调试

库房回路的调试内容主要是库温控制和融霜程序控制。

1. 库房温度控制器的调试

调试时,常用水银实验温度计作标准温度计,和温度控制器的感温元件放在同一位置,观察库温上升和下降时,温度控制器的动作值是否和工艺控制设定的上、下限温度值相一致,库温的波动是否在生产工艺所规定的范围内,如果不符合要求,则需重新调整温控器的设定值。

对冻结间除了温度限定,还有时间限定。时间确定是根据冻品冻结要求等因素来确定。通常借助实验方法,使冻品的中心温度为 -15°C ,所需时间为冻结控制限定时间。

2. 融霜程序的调试

融霜程序的调试,主要是检查能否按设定的程序进行融霜,可以通过手按动融霜按钮来调试。对微压差控制器控制的全自动融霜过程应检查融霜发生时霜层的厚度是否合适;不适合,就要对微压差控制器控制的风压差进行调节。对时间设定的全自动融霜,应根据库温、冻品的降温效果和融霜的经济性等情况,进行合理的调整。

(三) 水回路的调试

水回路调试内容是冷凝器冷却水、压缩机水套冷却水和融霜水的调试。

1. 冷凝器冷却水的调试

冷凝器的冷却水一般都是由离心式水泵供给。冷凝器是否有水流动,可以由水泵进出口两端的压差或水泵的出口压力的大小来判明。调试时要注意,并不是水泵进出口有压差或出口有水压就能确定水泵在正常工作,因为水泵出口至冷凝器或凉水塔有一定的高度差,泵的出口总有一定的压力,水泵进出口两端也有压力差。因此应按下列步骤进行:

(1) 将水泵的进水阀开足,出水阀稍微打开一点,然后启动水泵,待水泵运转正常后,将水泵的出水阀慢慢开启,使泵的出水阀后压力逐渐上升。当冷凝器或凉水塔刚开始有水时,记下泵的吸入和排出压力即 $P_{\text{吸}1}$ 和 $P_{\text{排}1}$ 。

(2) 继续缓慢地开启水泵的出水阀,使水泵的排出压力继续上升。当水量不断增加,通过流量计或凭经验观察估计冷凝水量达到设计要求的最小流量时,记下泵的吸入和排出压力即 $P_{\text{吸}2}$ 和 $P_{\text{排}2}$ 。控制器调定值为:

压力控制器： $P_{通} = P_{排2}$

$$P_{断} = P_{排1}$$

压差控制器： $\Delta P_{通} = P_{排2} - P_{吸2}$

$$\Delta P_{断} = P_{排1} - P_{吸1}$$

由于实际运行中水泵压力有一定的波动，所以控制器的幅差在允许范围内尽可能取大些，最好在 50KPa 以上，以免误动作。

在自动调节冷凝压力的系统中，除每台水泵要根据上述步骤确定压差或压力调定值外，还需检查冷凝压力控制器、水泵等是否按设定要求准确地动作。冷凝压力控制器的差动值也应在许可范围内选得大一些，以免水泵等设备启动、停止过于频繁。

2. 压缩机水套冷却水调试

调试时，要人为地断水，观察晶体管水流继电器是否灵敏可靠，若运行中的压缩机断水后能立即报警并延时停机，启动时压缩机断水不能启动，证明符合要求。否则要检查出故障原因，加以处理后再试。

3. 冲霜水调试

冲霜水一般都由冲霜水泵供给。其调试可参照冷凝器冷却水泵的调试方法和步骤进行。但这时观察对象是冷风机。

在调试冲霜水时，要观察水量是否足够，分配是否均匀。冲霜完毕后，进水管内的剩水是否排尽，有无冻结或堵死水喷口的情况。

(四) 制冷压缩机回路的调试

制冷压缩机是制冷系统中最重要部分，调试内容也比较多，要求在调试时要特别认真、仔细和耐心。调试不当，极易造成设备事故。

1. 制冷压缩机自动保护的调试

制冷压缩机的自动保护的基本内容有：压力保护，温度保护，油压差保护，冷却水断水保护，电机过电流保护和系统联锁保护等。

制冷压缩机的自动保护，可人为地制造各种条件来校验和调整各安全保护的控制器。

压力、压差、断水保护，由于保护装置的感受部位直接与制冷剂、水直接接触，所以反映速度比较快，数值比较准，可以直接调整制冷压缩机上的有关阀门和中断水流来校验和调整各有关控制器。但在调试时应格外注意安全。

温度类保护装置的感温元件不和制冷剂直接接触，讯号发送延迟较大，易产生误差。调试时应在感温元件装置位置附近装置水银实验温度计来调整温度类保护装置的动作值。

电动机的保护一般有短路保护、过电流保护和失压保护。在调试过程中主要检查熔断器选择是否恰当、热继电器的热元件和电动机是否相配。

系统的联锁保护就是在冷凝水泵不上水、低压循环贮液桶超高液位、氨泵不上液、制冷压缩机吸入压力过高等时，都应使制冷压缩机不能开启或运转，起到联锁保护。调试可以人为地假设情况，看联锁系统的动作是否符合设计要求。

2. 中间冷却器的调试

双级压缩制冷系统还需要对中间冷却器所设置的各种自动化仪表、元件进行调试。其调试主要是液位控制器、供液电磁阀、中间冷却器透气管路的调试。中间冷却器的液位控制器和供液电磁阀的调试与低压循环贮液桶相仿，这里只介绍透气管路的调试。

调试透气管路的等效线路如图 8-13 所示。

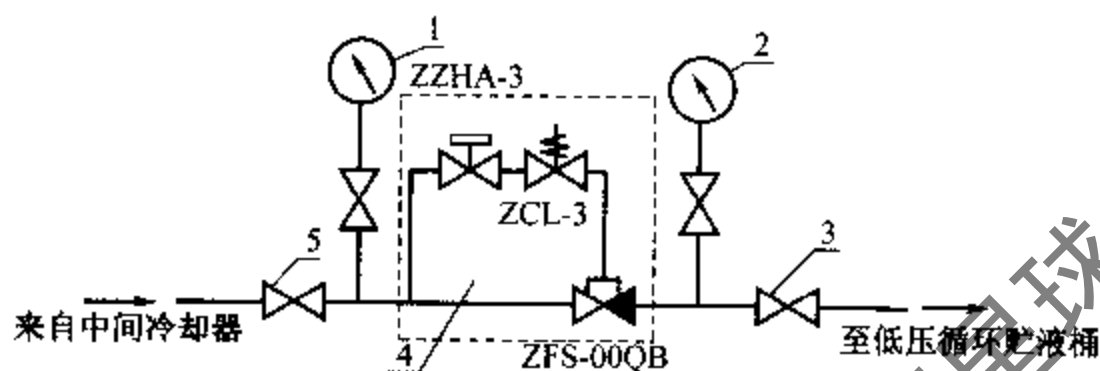


图 8-13 中间冷却器上恒压电磁主阀的调试管道

1-中间冷却器压力表 2-电磁主阀后管道压力表 3、5-截止阀 4-电磁主阀

由于透气阀是在压缩机停车期间起作用，为了便于调试，因此调试前，先将透气阀前的截止阀 3 关闭，使中冷压力升高至 0.55MPa 时再停车。停车后 ZCL-3 电磁阀开启，这时缓慢打开截止阀 3。当压力表 1 读数逐渐上升，在压力表指针突然发生抖动前瞬间压力，即该透气阀的控制值。如果此值与设定值不符，可调节恒压阀的调节顶杆，然后再测，直至达到要求为止。

电磁恒压主阀关闭是否严密，可在停车后关闭阀 5，当中冷压力未超过调定值前，压力表 2 的指示值如有上升，说明其泄漏；反之，说明该阀关闭严密。

3. 制冷压缩机的开、停车和能量调节

制冷压缩机的开、停车和能量调节应按设计规定的程序来完成。调试时主要是检查制冷压缩机是否按设定的程序，在人为提供的信号下，能否准确可靠地实行开、停车和能量调节。除此以外，在整个制冷系统全部投入运行后，还得再检查制冷压缩机的开、停和能量调节的设定能否使制冷系统处于稳定的运行状态，能否满足生产要求，是否做到经济合理。否则，还需精调。

三、空调系统自动控制的局部调试

(一) 冷媒水系统的调试

冷媒水系统的调试包括制冷机组和冷媒水供、回水回路两个方面。

1. 制冷机组的调试

空调用制冷机组类型较多，有活塞式制冷机组、离心式制冷机组、吸收式制冷机组等。调试时，应根据不同类型制冷机组的自动保护要求和能量调节方法，人为地制造工作条件，观察自控装置是否符合工艺要求。若有差错，需对控制器进行调整，保证制冷机的安全运行和提供符合要求的冷媒水。

2. 冷媒水供、回水回路的调试

要求在供、回水回路中冷媒水温度降低到危及蒸发器的安全、或供、回水回路断水时，制冷机能联锁保护。对支路的水流量调节，使冷媒水回路在正常工作时，能保证均匀供水。对自动补充水系统，若是敞开式回水系统，校验回水箱中水位自动调节系统，方法和前面讲的液位控制相仿。若是封闭式回水系统，其膨胀水箱的水位通常用浮球阀控制，应校验浮球阀的启闭性和密封性。

(二) 集中式空调系统空气处理室的调试

空气处理室的调试有露点调试和二次加热器的调试。

1. “露点”的调试

“露点”调试是使表面冷却器的制冷效果和热负荷相匹配，或调节喷水室喷水温度，保持露点温度一定。

调试方法是，保持新风、回风混合比不变，先调节表面冷却器或喷水温度，使露点温度接近给定值，再将露点自动调节系统投入运行。如果自动调节系统投入运行，露点温度的变化是衰减振荡过程，而且经过2~3个周期，即接近于给定值，就认为调试合格。

当系统失调时，应先检查表面冷却器的冷源是否符合要求，若表面冷却器不能产生足够的制冷效果，应检查冷水机组或直接蒸发表面冷却器的制冷装置是否正常。对冷水喷淋应检查冷媒水温是否符合要求，然后调整电动三通阀的行程限位开关，使阀门不总是处于全开、全关状态。

当系统产生振荡时，对比例调节系统或比例积分调节系统，则应适当加大比例带和增大积分时间，消除振荡。

2. 二次加热系统的调试

其调试方法和露点调试方法相同。只不过表面冷却器的冷媒水换成了加热器的热水或蒸汽，也是由温度传感器发信号，通过温度调节器调节电动调节阀，保证送风温度。

以上调试完成后，做加干扰检查调节品质的试验。首先，进行热交换器的干扰试验。保持“露点”温度和二次混合风温恒定，让二次加热系统正常运行约稳定一小时。然后突然关小加热器的蒸汽阀，测量二次加热器后风温过渡过程，直到二次加热器后风温重新稳定。其次，进行“露点”温度变化引起的干扰试验。保持二次加热器蒸汽压力(或热水温度、流量)，二次混合风温恒定，二次加热系统正常工作约一小时。然后突然改变“露点”温度，测量二次加热器后风温过渡过程，直至风温重新稳定。试验中，如果空调系统在自动调节装置的帮助下，能够很快消除偏差，产生一衰减的振荡过程，则说明系统抗干扰能力较强。如果系统产生失调，则说明热水温度偏高或偏低、执行机构行程限位开关位置不当等，应视具体情况进行调整。

(三) 室温系统的调试

室温自动调节，是通过调整加热器的容量来实现的。调试方法与前述大致相同。

调试前使风量达到设计值，精加热器前送风温度稳定在设计值，手动调节加热器使室温稳定在给定值附近。在此基础上，使室温自控系统投入运行。

双位调节系统应能建立一稳定的等幅振荡，否则应调节加热器容量。例如，平均温度偏低，可适当手动调整用电加热器，使之形成等幅振荡，并分析振幅、周期、静态偏

差等调节品质的因素，视具体情况加以调整。加干扰实验时，应给系统加入可能出现的最大干扰，考察其抗干扰能力。

在比例、积分、微分调节系统的调试时，根据各自的运行经验，先确定一组调节器的参数，并将系统投入运行。而后，人为地加入阶跃扰动，来观察被调量或调节器输出的阶跃响应曲线，并依照调节器各参数对调节过程的影响，改变相应的整定参数值。一般先调整比例带 δ ，再调整积分时间 T_i ，最后调整微分时间 T_d ，如此反复试验多次，直到获得满意的阶跃响应曲线为止。

表 8-1 和表 8-2 分别就不同对象给出调节器参数的经验数据以及设定值扰动下调节器各参数对调节过程的影响。

表 8-1 调节器参数经验数据

被控对象 \ 整定参数	$\delta \times 100$	T_i (min)	T_d (min)
温 度	26 ~ 60	3 ~ 10	0.5 ~ 3
压 力	30 ~ 70	0.4 ~ 3	
流 量	40 ~ 100	0.1 ~ 1	
液 位	20 ~ 80		

表 8-2 设定值扰动下整定参数对调节过程的影响

性能指标 \ 整定参数	$\delta \downarrow$	$T_i \downarrow$	$T_d \uparrow$
最大动态偏差	\uparrow	\uparrow	\downarrow
残 差	\downarrow	—	—
衰 减 率	\downarrow	\downarrow	\uparrow
振荡频率	\uparrow	\uparrow	\uparrow

另外，随着新型自动化仪表的不断推出，新型控制器都微机化、智能化，开发功能十分强大。许多本身带有 PID 参数的整定软件包，软件模块非常丰富，方便用户。新型控制仪表 PID 参数整定的顺序、步骤完全一样，只是整定的参数值与普通 PID 有所差别。由于新型控制仪表的微分作用是独立的，PID 参数各自整定，互不干扰，这给实际工程的参数整定带来了极大的方便。

值得说明的是，整定控制器的 PID 参数这项工作应经常做。如在生产过程中，工艺操作条件发生变化或负荷有很大变化时，原来整定好的参数值就必须重新修改。

四、全面调试

全面调试就是对整个系统的自动控制和设备运行情况进行全面地检查和调整。通过全面调试，可以在系统正式投入生产之前及时发现问题、解决问题，使系统投产后能够

安全可靠、经济合理地运行。

局部调试是全面调试的基础。全面调试是把每一回路看成是整个系统中的一个环节，由若干个环节组成整个自控系统。全面调试就是检查各环节是否协调地工作，圆满地完成自控要求和满足生产的需要。

全面调试的依据是自控流程图。全面调试前，应了解每一环节和部分之间是怎样有机地组合在一起的，当生产过程中出现某一情况时，自控系统应作出怎样的反应和动作，以适应生产的需要；如果出现某种不正常现象或事故隐患时，自控系统应作出怎样的反应和动作，来避免事故的发生和排除故障。然后在调试中，可按照需要，人为地创造一些条件，来检查自控系统是不是安全可靠、经济合理，发现不可靠不合理的部分，及时调整或修改加以完善。

第三节 自动控制系统的运行管理和常见故障

一、自控系统的运行管理

自控系统的运行管理良好与否，关系到制冷与空调装置工作的可靠性、安全性和经济性。自控系统运行管理包括日常的维护保养和定期检查校验。

(一) 日常的维护保养

1. 检查自控系统的电源是否正常。
2. 检查各控制开关是否在正常位置。
3. 检查各电机、线圈温升是否正常。
4. 检查各受控对象的运行参数是否在控制要求的范围内，若不是，检查是否自控系统故障，应找出故障原因，及时维修。
5. 保持自控仪表元件的清洁和干燥。
6. 作好自控系统正常运行和故障处理记录。

(二) 定期检查校验

除了平时维护保养外，还必须建立自控系统定期检查校验制度。

1. 电动机、电磁阀线圈、电加热器等的绝缘电阻应每年校验一次。
2. 温度调节、控制器，运行6个月至1年需对仪表进行一次性能检查和校验。同时，对敏感元件也需进行检查和校验。
3. 压力控制器、压差控制器及压力变送器每年校验一次。
4. 液位控制器每年也需校验一次。对UQK—40作定期检查时，只需拆开顶盖，检查线包有无受潮，阀体不必拆下。
5. 对TDS型程序控制器每年校调一次，用接指示灯的方法校调四个信号是否准时发出。不准确时，调整凸轮上的调节螺钉。TDS—04型还需校调定时盘的定时，TDS—05型还需校调复位盘的复位。

6. 流通类自控阀门要根据系统的脏污程度进行拆洗，一般应每年拆洗一次。对恒

压阀和旁通阀还需校验压力。拆洗和校验压力应尽量配合设备检修一起进行。对电动执行机构，要定期给减速箱加油。对调节风门也应定期保养等。

二、自控系统常见故障及维修方法

引起自控系统故障的原因一般有两个方面：系统运行的外界环境条件，通过系统内部反映出来的故障；系统内部自身产生的故障。由外界环境条件引起故障的因素主要有工作电源异常、环境温度变化、电磁干扰、机械的冲击和振动等。其中许多干扰对集散控制系统中分站使用的 DDC 控制器以及中央站的 PC 机等设备的影响尤为重要。由系统内部引起故障的因素有现场硬件（传感器、变送器、执行器）故障及控制器的故障。

（一）外界环境条件变化引起的故障及其预防

1. 电源电压异常及其预防

电源电压的瞬间波动、短时停电等，虽然是一种可恢复性的故障，但在发生故障期间，会使计算机程序执行出错、内存数据丢失、报警装置失灵或误报警，最终导致过程控制失败。

目前常用的预防方法有：利用交流稳压电源供电、采用不间断供电电源 UPS、在计算机硬件方面采用内存掉电保护电路等。

2. 温度影响及其预防

电子元器件的参数值往往随着温度变化而稍有变化，使模拟电子电路的输入、输出关系随温度而变化。另外，现场硬件（传感器与执行器）与控制器之间均有一定距离，连接导线的阻值也会受温度影响。若系统各部分存在较大的温差，则对诸如镀锌螺丝与铜导线的连接处，可能会产生如热电偶一样的热电效应，产生附加电势，会产生测量误差。

对温度变化给系统带来的不良影响，可采取如下解决措施：设备选型应考虑与现场温度相匹配的温度范围；关键元件的选择应注意其温度特性；系统各设备的安装应选择温度变化较小，且不致出现高温的地点；必要时可使用风扇加快设备的散热或采用空调机恒温。

3. 电磁干扰及其抑制

电磁干扰来源于变配电系统的变压器、输配电线路、驱动各种机械的电动机、电焊机、运载设备发动机的点火系统。另外，各种有线无线通讯装置，也会在一定范围内产生一定强度的电磁波。

现场使用的传感器、变送器，经传送线将信号送入 DDC 控制器。在信号传送过程中，有可能迭加上由电磁场形成的干扰信号，一起沿通道进入 DDC。如果信号有一定强度，就会影响测量精度，严重时会造成控制失灵。

工程上常用如下方法抑制电磁干扰。

（1）在电源系统抑制干扰

①同一电源网路上有较多大功率设备时，在控制系统与供电电源之间加入三相隔离变压器。变压器原边需按三角形接法连接，副边按星形接法连接。这样有利于抑制工频的 3 次以上谐波对控制系统的干扰。

②采用 LC 组成的交流电源滤波器，用于抑制由交流电源线引入的高频干扰。

③采用分组供电电源。例如每一 DDC 控制器由独立变压器供电，可防止各控制器之间的干扰。执行机构 (24V·AC) 也使用独立变压器供电。

(2) 模拟量输入通道干扰的抑制

①合理的一点接地。如果系统各部分不是在同一点接地，则任意两个接地点之间便有可能出现电位差，这个电位差可能通过各种方式迭加到其他部分电路的信号上，形成对这些信号的干扰。

②屏蔽信号传送线路。为防止空间电磁场以感应方式对传送线中信号产生干扰，在敷设信号线时，首先要使它远离高压输电线路和大功率的用电设备。其次，应采用带金属屏蔽层的导线作为信号传送线，也可以把信号线穿入铁管或置入铁质的线槽中，利用金属屏蔽层、铁管或铁质线槽把信号线与外界电磁场隔离开。

③设置通道的隔离电路。为避免信号源接地点存在电位差形成的干扰，通常采用光电耦合器件隔离等。

④采用无屏蔽双绞线。利用双绞线的平衡特性抑制干扰。

(二) 自控系统常见故障及其维修方法

1. 温度控制失灵的常见故障及维修方法。见表 8-3 所示。

表 8-3 温度控制失灵的常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1.	温度控制器不产生调节、控制作用	(1) 电接点水银温度计水银液体断裂 (2) 压力式温度控制器感温包或毛细管泄漏	(1) 对有安全泡的水银温度计，可用加热法修复。将玻璃温包浸入温水中徐徐加热，直至断裂全部进入安全泡，然后再慢慢冷却 对无安全泡的水银温度计，可用冷缩法修复。将温度计浸入冷却剂中，使断液柱逐步缩入玻璃温包，然后将温包慢慢升温 (2) 补漏后重新灌注工质。无充注工质设备时送生产厂检修
2.	温度控制器发出要求降温，停止降温信号与调定值不符	(1) 与电接点水银温度计、热电阻配用的温度控制器、电子放大器的电子器件老化，导致误差和失灵 (2) 控制电流超过电接点水银温度计的额定电流值等原因引起触点电蚀，调整的接点温度变动 (3) 压力式温度控制器外壳密封不良，微动开关受潮腐蚀，动作不灵 (4) 热电阻引线接线端子松动，接触电阻发生变化，产生的温度控制器的输入信号有误差 (5) 感温敏感元件安装位置不合适	(1) 检查线路工作是否正常，判明损坏元件，进行更换。遇疑难问题，和工厂联系 (2) 检查控制电流过大原因，并加以消除 (3) 更换被腐蚀零件，有条件的待检修后更换安装地点，消除可能的腐蚀和受潮源 (4) 作检查，旋紧 (5) 对温度场进行测定，应正确选点，一般情况，一个受控房间内不小于 5 个测量点，有特殊要求者，应将测定面分为若干个小面积 (如 1m ²)，在小面积中心进行测定，找出平均点，把感温敏感元件装置在此位置上

2. 冷藏库自控系统常见故障及维修方法。见表 8-4 所示。

表 8-4 冷藏库自控系统常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1.	库温降不下去	(1) 制冷压缩机能量调节的设定值偏高 (2) 蒸发器供液不足 ① 供液电磁主阀故障 ② 自动旁通阀调定值过低, 供液压力下降 ③ 氨泵流量不够 ④ 融霜排液电磁主阀关闭不严 (3) 风机未开足, 风量不够 (4) 蒸发器蒸发压力偏高 ① 自动旁通阀调定值过高 ② 蒸发器回气主阀故障	(1) 应调低一点制冷压缩机的能量调节设定值 (2) 检修电磁主阀。检查氨泵。调高自动旁通阀的压力控制值 (3) 检查风机电路及电机, 对故障进行修理 (4) 检修回气主阀, 重调自动旁通阀
2.	冻结终了, 冻品中心温度达不到 -15°C	(1) 冻结时间控制器没调好或失灵 (2) 自动融霜系统故障 ① 没融霜指令 ② 融霜水系统故障	(1) 检查时间控制器, 根据具体情况, 作重新调整或修理 (2) 检查微压差控制器和时间控制机构、电气指令的接线, 查明原因, 进行修理。检查融霜水泵, 水电磁阀, 找出病源, 进行修理
3.	冷却物冷藏间不能保证相对湿度	(1) 感湿敏感元件超使用寿命期限或使用环境含较浓的氨、硫等腐蚀性气性, 损坏湿敏元件 (2) 作湿球温度计用的电接点水银温度计缠布不能湿润	(1) 对湿敏元件进行更换 (2) 给湿球纱布下的蓄水器注水, 当室温低于 0°C , 为防止蓄水器内注水冻结, 可加入适量甲醛, 降低冰点
4.	不同蒸发压力混为一个系统的库温不稳	(1) 背压阀关闭不严 (2) 用止回阀控制, 止回阀泄漏	(1) 修理背压阀 (2) 修理止回阀

3. 氨制冷系统辅助设备自动控制常见故障及维修方法。见表 8-5 所示。

4. 集中式空调自动控制常见故障及维修方法。见表 8-6 所示。

5. 局部式空调自动控制常见故障及维修方法。见表 8-7 所示。

6. 制冷压缩机自动控制常见故障及维修方法。见表 8-8 所示。

7. 电磁阀的常见故障及维修方法。见表 8-9 所示。

8. 主阀的常见故障及维修方法。见表 8-10 所示。

表 8-5 氨制冷系统辅助设备自动控制常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	低压循环贮液桶液位过高或过低	(1) UQK-40 液位控制器故障 ①密封不严, 线圈受潮而烧毁 ②接线脱落 (2) 供液电磁阀失灵	(1) 更换线包, 检查接线是否完好, 线包损坏的判断, 可在电气盒给出接指示电表接线端上加接 $500\mu\text{A}$ 电流表, 若指针超过 $400\mu\text{A}$ 不动, 表示线包损坏 (2) 修理电磁阀
2	中冷器液位不稳	故障原因和上面相同	同上
3	中冷器压力过高	(1) 高压级制冷压缩机突然停车低压级制冷压缩机中压保护失灵 (2) 透气管道故障 ①压力控制器失灵 ②电磁阀失灵	(1) 修复、校验, 重新调整 (2) 修理压力控制器和电磁阀
4	氨泵启动不起来	(1) 停泵时间较长, 泵内液体大量蒸发, 致使泵内充满气体, 氨泵的压差控制器动作 (2) 低压循环贮液桶液位过低, 氨泵吸入段净压头不够, 氨泵的压差控制器动作 (3) 氨泵压差控制器延时时间调得太短 (4) 氨泵压差控制器的调定值定得太高, 在设定的时间内氨泵达不到调定的压差值, 压差控制器动作 (5) 其他电气和机械故障	(1) 排放泵内气体后, 重新启动 (2) 检查并消除低压循环贮液桶供液控制器系统的故障 (3) 正确调定延时时间, 对齿轮氨泵为 30 ~ 60 秒, 屏蔽泵为 6 ~ 10 秒 (4) 正确的调定压差值, 应根据氨泵输出管道的高度等来确定。推荐值为齿轮氨泵为 0.065 ~ 0.08MPa, 屏蔽氨泵为 0.05 ~ 0.06MPa (5) 检查修复

表 8-6 集中式空调自动控制的常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	受控房间温度失调	(1) 温度控制器和敏感元件故障 (2) 温度敏感元件安装位置不当	(1) 检查修复 (2) 重新测点安装
2	送风温度不能稳定	(1) 二次加热器不能正常工作 ①电动阀的行程限位开关位置不当	(1) 检查电动阀的电动执行机构, 若电动机损坏需修理, 电动阀的行程限位开关位置不当, 需重新校调, 同时结合脉动开关的通、断比调节

续表

序	故障现象	故障原因	维修方法
		<p>②电动阀的电动机的电容短路, 导致电动机损坏</p> <p>③提供热源不能满足工艺要求</p> <p>④阀门本身故障, 电动两通阀不能有效地控制流量, 电动三通阀不能有效地控制热媒温度</p> <p>⑤脉动开关的通断比不合适</p> <p>(2) 夏季调节二次回风量的调节风门长期受潮锈蚀, 无法调节</p>	<p>热源不能满足要求, 需对热源检查阀门本身的故障, 需进行修理</p> <p>(2) 在季节转换时, 应检查风门是否活动自如, 对锈死的风量调节阀要进行修理</p>
3	室内相对湿度不稳	<p>(1) 喷淋水系统故障</p> <p>(2) 冷媒水不能达到工艺要求</p> <p>(3) 电动阀故障</p> <p>(4) “露点”温度敏感元件布置位置不当</p> <p>(5) 季节转换, 转换开关未动</p> <p>(6) 表面冷却器不能产生足够的制冷效应</p> <p>①直接蒸发式表面冷却器, 热力膨胀阀或回路中其它自控元件故障</p> <p>②水冷式表面冷却器的电动阀的动作和冷媒水温度不符合工艺要求</p> <p>(7) 电加湿器断路</p>	<p>(1) 检查喷淋水系统的水泵, 喷嘴是否完好, 有故障进行修理</p> <p>(2) 检查制冷机组</p> <p>(3) 检修电动阀及电动阀电路</p> <p>(4) 应放置于喷淋室挡水板后</p> <p>(5) 把转换开关旋至合适位置</p> <p>(6) 检查制冷系统或冷媒水系统, 指出病因进行修理</p> <p>如分为几组的冷却盘管的电磁阀失灵, 不能根据负荷的变化, 及时调整冷却器冷却面积的投入量等</p> <p>(7) 修复</p>
4	变风量装置无法改变风量	<p>(1) 可控硅调压装置损坏</p> <p>(2) 变速电机烧毁</p>	<p>(1) 修复</p> <p>(2) 更换</p>

表 8-7 局部空调自动控制的常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	送出风不冷	(1) 电磁阀故障, 截断蒸发器供液管道 (2) 热力膨胀阀堵塞 (3) 自动调温旋钮的下限温度定得过高	(1) 修理电磁阀 (2) 先判断热力膨胀阀堵塞的形式, 属冰堵可采用加热法消除故障, 最好能检查干燥过滤器, 更换干燥剂, 属脏堵, 需拆下清洗 (3) 调节温度控制器的调节螺钉, 使温度控制器自动调温旋钮满足室温要求
2	电动机不能正常运转	(1) 过载保护器跳开 ①水冷式冷凝器冷却水阀未开 ②风冷式风机有毛病, 不能正常运转 ③电源电压波动过大 ④空调器负荷过大 (2) 全封闭制冷压缩机, 制冷系统泄漏, 电机得不到冷却而烧毁	(1) 查明过载原因, 消除后, 再掀复位按钮 (2) 更换电动机, 对制冷系统检漏, 补后抽真空, 加入制冷剂
3	电磁换向阀失灵	(1) 电压较低, 磁力不足 (2) 电源线路或线圈断路 (3) 阀体不正 (4) 铁芯孔或滑阀漏气, 制冷剂不能形成压力差, 滑阀不动作	(1) 线路中装自动调压器 (2) 检查, 修复 (3) 重新校正安装 (4) 修复

表 8-8 制冷压缩机自动控制的常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	制冷压缩机启动不了或启动后立即停车	(1) 保护装置作用 ①冷凝器冷却水水压低于设定值, 水压继电器动作 ②活塞式压缩机的气缸套冷却水未导通, 水流继电器发出断水报警讯号 ③低压循环贮液桶或中冷器液位过高, 容器装设的液位控制器发出报警讯号 ④高低压压力控制器的设定值未调整好	(1) ①检查水泵及供水管路 (包括过滤器) 并排除故障 ②检查并排除水流继电器故障 ③低压循环贮液桶或中冷器排液, 降低液位, 并查明液位超高的原因 ④重新调整压力控制器的设定值 ⑤检查油路。滤油器堵塞要清洗, 油泵故障需修理, 油压调节阀调整值不适, 重新调整, 油量不足补充润滑油, 油泵气蚀, 要消除润滑油起泡 ⑥消除油压差控制器动作的隐患, 手动复位

续表

序	故障现象	故障原因	维修方法
		⑤油压不足,油压差控制器动作 ⑥油压差控制器未复位 ⑦油温过低 (2) 电路故障 ①电动机过负载保护装置未复位 ②电源电压太低 ③其他电器故障 (3) 制冷压缩机卸载系统失灵,致使满负荷启动而过载 (4) 制冷压缩机和氨泵联锁的自控系统中,因氨泵发生故障而停转,致使制冷压缩机停车	⑦检查油加热器,查明故障进行修理 (2) ①消除故障,手动复位 ②通知供电部门采取相应措施 ③检查有关电器元件(如中间继电器等)是否正常 (3) 检查卸载系统 对活塞式制冷机:检查各卸载电磁阀及油路系统是否正常 对螺杆式制冷机:检查卸载滑阀和油活塞是否卡死,控制回路和油路系统是否正常 (4) 排除氨泵故障
2	制冷压缩机正常运行中突然停车	(1) 吸气压力过低,低压控制器动作 (2) 排气压力过高,高压控制器动作 (3) 排气温度和油温过高 (4) 电压过低致使电流过大 (5) 低压循环贮液桶或中间冷却器液位过高 (6) 制冷压缩机和氨泵联锁的自控系统中,氨泵因故障而停止运转 (7) 电气方面发生故障	(1) 检查回气,供液电磁阀,若冷水机组,检查冷媒水情况。查明原因,进行修理 (2) 冷凝器污垢严重需清除,检查冷凝水温,判断冷凝器内不凝性气体是否存在,有不凝性气体,需开放空气器或抽气回收装置 (3) 检查油冷却水是否正常,水温是否过高。油加热器没关掉 对排气温度,检查活塞式制冷压缩机阀片是否破裂 (4) 通知供电部门,进行修复 (5) 检查供液阀和供液控制装置并采取相应的措施 (6) 排除氨泵故障 (7) 检查有关电器元件,进行修理
3	制冷压缩机自动开、停,或自动加载,卸载过于频繁	(1) 温度控制范围太小或吸气压力控制范围太小 (2) 能级的分档太大,每级能量的制冷量,远大于系统热负荷变化量,投入运行则能量富裕过多,不投入运行则能量不够	(1) 重新校调 (2) 重新调定能级

续表

序	故障现象	故障原因	维修方法
4	制冷压缩机停车后回气压力回升过快	(1) 压缩机排气管路中的止回阀有泄漏 (2) 低压循环贮液桶或中间冷却器的供液电磁阀关闭不严	(1) 修理止回阀 (2) 修理供液电磁阀
5	螺杆式制冷压缩机停车时反转不停	吸气止回阀故障, 如弹簧弹性不足	修理止回阀
6	离心式制冷压缩机喘振	(1) 冷凝压力过高 (2) 蒸发压力过低 (3) 导叶风门开度太小	(1) 查明并消除冷凝压力过高的故障 (2) 查明并消除蒸发压力过低的故障 (3) 打开导叶风门

表 8-9

电磁阀常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	通电不动作	(1) 安装错误 (2) 线包烧毁 (3) 动铁芯卡住或损坏	(1) 重新安装 (2) 调换线包 (3) 消除卡住因素或更换动铁芯
2	断电不关闭	(1) 动铁芯或弹簧卡住 (2) 剩磁力吸住动铁芯	(1) 消除卡住因素或更换动铁芯 (2) 设法去磁或更换新材质铁芯
3	关闭不严密	(1) 聚四氟乙烯阀座受损 (2) 动铁芯阀针拉毛 (3) 有脏物 (4) 弹簧变形	(1) 更换阀座, 可采用冷剂法。把聚四氟乙烯压入阀座 (2) 磨光芯针, 达到原光洁度要求 (3) 清洗阀门及过滤网 (4) 更换弹簧
4	制冷剂外泄	(1) 密封垫圈受损 (2) 紧固螺钉受力不均 (3) 隔磁套管亚孤焊受损	(1) 更换密封垫圈 (2) 松开螺钉重新紧固 (3) 补焊或更换隔磁套管

表 8-10 主阀的常见故障及维修方法

序	故障现象	故障原因	维修方法
1	不动作 (开不起或关不下)	(1) 导阀失灵 (2) 软铝密封垫片通道孔变小甚至堵死 (3) 阀盖与阀体间的密封垫圈错位, 导压孔被堵 (4) 手动顶杆未旋下 (5) 严重锈蚀或脏物卡死 (6) 活塞和活塞套间隙太大, 引起开不起	(1) 查明导阀的故障原因进行检修 (2) 更换软铝密封垫片, 用扳手旋紧导阀时, 只能随手扳紧, 不能过分用力 (3) 将该密封垫圈旋转 180°, 纠正位置使垫圈的通道孔与导压孔对齐 (4) 旋下手动顶杆使活塞不被顶住 (5) 除锈清洗 (6) 加环或更换部分零件, 保证符合原间隙要求
2	关闭不严密	(1) 聚四氟乙烯阀芯受损 (2) 同心度稍不准 (3) 导阀渗漏	(1) 在检修余量内车削阀芯或更换阀芯 (2) 用木柄轻击活塞或用较高压力反复启闭 (3) 查明导阀渗漏原因进行检修
3	制冷剂外泄	(1) 密封垫圈受损 (2) 紧固螺钉受力不均 (3) 铸件有微小砂孔或安装受损	(1) 更换密封垫圈 (2) 松开螺钉重新紧固 (3) 更换铸件

获取更多资料 微信: 18811071808

分度号: Cu100 $R_0 = 100\Omega$ $\alpha = 0.004280^\circ\text{C}^{-1}$

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	电 阻 值 (Ω)									
-50	78.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-40	82.80	82.36	81.94	81.50	81.08	80.64	80.20	79.78	79.34	78.92
-30	87.10	86.68	86.24	85.82	85.38	84.96	84.54	84.10	83.66	83.22
-20	91.40	90.98	90.54	90.12	89.68	89.26	88.82	88.40	87.96	87.54
-10	95.70	95.28	94.84	94.42	93.98	93.56	93.12	92.70	92.26	91.84
-0	100.00	99.56	99.14	98.70	98.28	97.84	97.42	97.00	96.56	95.14
0	100.00	100.42	100.86	101.28	101.72	102.14	102.56	103.00	103.42	103.86
10	104.28	104.72	105.14	105.56	106.00	106.42	106.86	107.28	107.72	108.14
20	108.56	109.00	109.42	109.84	110.28	110.70	111.14	111.56	112.00	112.42
30	112.84	113.28	113.70	114.14	114.56	114.98	115.42	115.84	116.28	116.70
40	117.12	117.56	117.98	118.40	118.84	119.26	119.70	120.12	120.54	120.98
50	121.40	121.84	122.26	122.68	123.12	123.54	123.96	124.40	142.82	125.26
60	125.68	126.10	126.54	126.96	127.40	127.82	128.24	128.68	129.10	129.52
70	129.96	130.38	130.82	131.24	131.66	132.10	132.52	132.96	133.38	133.80
80	134.24	134.66	135.08	135.52	135.94	136.38	136.80	137.24	137.66	138.08
90	138.52	138.94	139.36	139.80	140.22	140.66	141.08	141.52	141.94	142.36
100	142.80	143.22	143.66	144.08	144.50	144.94	145.36	145.80	146.22	146.66
110	147.08	147.50	147.94	148.36	148.80	149.22	149.66	150.08	150.52	150.94
120	151.36	151.80	152.22	152.66	153.08	153.52	153.94	154.38	154.80	155.24
130	155.66	156.10	156.52	156.96	157.38	157.82	158.24	158.68	159.10	159.54
140	159.96	160.40	160.82	162.26	161.68	162.12	162.54	162.98	163.40	163.84
150	164.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附录 2 我国工业铂热电阻分度表

分度号: Pt10 $R(0^\circ\text{C}) = 10.000\Omega$

$$A = 3.90802 \times 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1} \quad B = -5.80195 \times 10^{-7}^\circ\text{C}^{-2} \quad C = -4.27350 \times 10^{-12}^\circ\text{C}^{-4}$$

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-100	6.025	5.985	5.944	5.904	5.863	5.822	5.782	5.741	5.700	5.860
-90	6.430	6.390	6.349	6.309	6.268	6.228	6.187	6.147	6.106	6.686
-80	6.833	6.792	6.752	6.712	6.672	6.631	6.591	6.551	6.511	6.470

续表

℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-70	7.233	7.193	7.153	7.113	7.073	7.033	6.993	6.953	6.913	6.837
-60	7.633	7.593	7.558	7.513	7.473	7.433	7.393	7.353	7.313	7.273
-50	8.031	7.991	7.951	7.911	7.872	7.832	7.792	7.752	7.713	7.673
-40	8.427	8.388	8.348	8.303	8.269	8.229	8.189	8.150	8.110	8.070
-30	8.822	8.783	8.743	8.704	8.664	8.625	8.585	8.546	8.606	8.467
-20	9.216	9.177	9.137	9.098	9.059	9.019	8.980	8.940	8.901	8.862
-10	9.609	9.569	9.530	9.491	9.452	9.412	9.373	9.334	9.295	9.255
0	10.000	9.961	9.922	9.883	9.844	9.804	9.765	9.726	9.687	9.648
0	10.000	10.039	10.078	10.117	10.156	10.195	10.234	10.273	10.312	10.351
10	10.390	10.429	10.468	10.507	10.546	10.585	10.624	10.663	10.702	10.740
20	10.779	10.818	10.857	10.896	10.935	10.973	11.012	11.051	11.090	11.128
30	11.167	11.206	11.245	11.288	11.322	11.361	11.399	11.438	11.477	11.515
40	11.554	11.593	11.631	11.670	11.708	11.747	11.785	11.824	11.862	11.901
50	11.940	11.978	12.010	12.056	12.095	12.132	12.170	12.209	12.247	12.286
60	12.324	12.362	12.401	12.439	12.477	12.516	12.554	12.592	12.631	12.669
70	12.707	12.745	12.784	12.822	12.860	12.898	12.937	12.975	13.013	13.051
80	13.089	13.127	13.165	13.204	13.242	13.280	13.318	13.356	13.394	13.438
90	13.470	13.508	13.546	13.584	13.622	13.660	13.698	13.736	13.774	13.812
100	13.850	13.888	13.926	13.964	14.002	14.038	14.077	14.115	14.153	14.191
110	14.229	14.266	14.304	14.342	14.380	14.417	14.455	14.493	14.531	14.568
120	14.606	14.644	14.681	14.719	14.757	14.794	14.832	14.870	14.907	14.945
130	14.982	15.020	15.057	15.095	15.133	15.170	15.208	15.245	15.283	15.320
140	15.358	15.395	15.432	15.470	15.507	15.545	15.582	15.619	15.657	15.694
150	15.731	15.769	15.806	15.843	15.881	15.918	15.956	15.993	16.030	16.067
160	16.104	16.142	16.179	16.216	16.253	16.290	16.327	16.365	16.402	16.439
170	16.476	16.513	16.550	16.587	16.624	16.661	16.698	16.735	16.772	16.809
180	16.846	16.883	16.920	16.957	16.994	17.031	17.068	17.105	17.142	17.179
190	17.216	17.253	17.290	17.326	17.363	17.400	17.437	17.474	17.510	17.547
200	17.584	17.621	17.657	17.694	17.731	17.768	17.804	17.841	17.878	17.914

分度号: Pt100 $R(0^{\circ}\text{C}) = 100.00\Omega$

$$A = 3.90802 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \quad B = -5.80195 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2} \quad C = -4.27350 \times 10^{-12} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-4}$$

$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-100	60.25	59.85	59.44	59.04	58.63	58.22	57.82	57.41	57.00	56.60
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.87	61.47	61.06	60.66
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.13	76.73
-40	84.27	83.88	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.28
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	113.99	114.38	114.77	115.15
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.85	118.24	118.62	119.01
50	119.40	119.78	120.16	120.55	120.93	121.32	121.70	122.09	122.47	122.86
60	123.24	123.62	124.01	124.39	124.77	125.16	125.54	125.92	126.31	126.69
70	127.07	127.45	127.84	128.22	128.60	128.98	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.27	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.39	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.66	143.04	143.42	143.80	144.17	144.55	144.93	145.31	145.68
120	146.06	146.44	146.81	147.19	147.57	147.94	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.82	150.20	150.57	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.32	154.70	155.07	155.45	155.82	156.19	156.57	156.94
150	157.31	157.69	158.06	158.43	158.81	159.18	159.55	159.93	160.30	160.67
160	161.04	161.42	161.79	162.16	162.53	162.90	163.27	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.87	166.24	166.61	166.98	167.35	167.72	168.09
180	168.46	168.83	169.20	169.57	169.94	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.57	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14

附录3 已被淘汰的铂热电阻分度表

分度号 BA₁ R(0℃) = 46 欧姆

$$A = 3.96847 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C} \quad B = -5.847 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C}^2 \quad C = -4.22 \cdot 10^{-12} 1/^\circ\text{C}^4$$

温度 ℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	电 阻 值 (欧姆)									
-100	27.44	27.25	27.06	26.87	26.68	26.49	26.30	26.11	25.92	25.73
-90	29.33	29.14	28.95	28.76	28.57	28.38	28.19	28.00	27.82	27.63
-80	31.21	31.02	30.83	30.64	30.45	30.27	30.08	29.89	29.70	29.51
-70	33.08	32.89	32.720	32.52	32.33	32.14	31.96	31.77	31.58	31.39
-60	34.94	34.76	34.57	34.38	34.20	34.01	33.83	33.64	33.45	33.27
-50	36.80	36.62	36.43	36.24	36.06	35.87	35.69	35.50	35.32	35.13
-40	38.65	38.47	38.28	38.10	37.91	37.73	37.54	37.36	37.17	36.99
-30	40.50	40.31	40.13	39.95	39.76	39.58	39.39	39.21	39.02	38.84
-20	42.34	42.15	41.97	41.79	41.60	41.42	41.24	41.05	40.87	40.68
-10	44.17	43.99	43.81	34.62	43.44	43.26	43.07	43.89	42.71	42.52
-0	46.00	45.82	45.63	45.45	45.37	45.09	44.90	44.72	44.54	44.35
0	46.00	46.18	46.37	46.55	46.73	46.91	47.09	47.28	47.46	47.64
10	47.82	48.01	48.19	48.37	48.55	48.73	48.91	48.09	49.28	49.46
20	49.64	49.82	50.00	50.18	50.27	50.55	50.73	50.91	51.09	51.27
30	51.45	51.63	51.81	51.99	52.18	52.36	52.54	52.72	52.00	53.08
40	53.26	53.44	53.62	53.80	53.98	54.16	54.34	54.52	54.70	54.88
50	55.06	55.24	55.42	55.60	55.78	55.96	56.14	56.32	56.50	56.68
60	56.86	57.04	57.22	57.39	57.57	57.75	57.93	58.11	58.29	58.47
70	58.65	58.83	59.00	59.18	59.36	59.54	59.72	59.90	60.07	60.25
80	60.43	60.61	60.79	60.97	61.14	61.32	61.50	61.68	61.86	62.04
90	62.21	62.39	62.57	62.74	62.92	63.10	63.28	63.45	63.63	63.81
100	63.99	64.16	64.34	64.52	64.70	64.87	65.05	65.22	65.40	65.58
110	65.76	65.93	66.11	66.28	66.46	66.64	66.81	66.99	67.16	67.34
120	67.52	67.69	67.87	68.05	68.22	68.40	68.57	68.75	68.93	69.10
130	69.28	69.45	69.63	69.80	69.98	70.15	70.33	70.50	70.68	70.85
140	71.03	71.20	71.38	71.55	71.73	71.90	72.08	72.25	72.43	72.60
150	72.78	72.95	73.12	73.30	73.47	73.65	73.82	74.00	74.17	74.34
160	74.52	74.69	74.87	75.04	75.21	75.39	75.56	75.73	75.91	75.08
170	76.26	76.43	76.60	76.77	76.95	77.12	77.29	77.47	77.64	77.81
180	77.99	78.16	78.33	78.50	78.68	78.85	79.02	79.19	79.37	79.54

分度号 BA₂ R(0℃) = 100 欧姆

$$A = 3.96847 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C} \quad B = -5.847 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C}^2 \quad C = -4.22 \cdot 10^{-12} 1/^\circ\text{C}^4$$

温度 ℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	电 阻 值 (欧姆)									
-100	59.65	59.23	58.82	58.41	58.00	57.59	57.17	56.76	56.35	55.93
-90	63.75	63.34	62.93	62.52	62.11	61.70	61.29	60.88	60.47	60.06
-80	67.84	67.43	67.02	66.61	66.21	65.80	65.39	64.98	64.57	64.16
-70	71.91	71.50	71.10	70.69	70.28	69.88	69.47	69.06	68.65	68.25
-60	75.96	75.56	75.15	74.75	74.34	73.94	73.53	73.13	72.72	72.32
-50	80.00	79.60	79.20	78.79	78.39	77.99	77.58	77.18	76.77	76.37
-40	84.03	83.63	83.22	82.82	82.42	82.02	81.62	81.21	80.81	80.41
-30	88.04	87.64	87.24	86.84	86.44	86.04	85.63	85.23	84.83	84.43
-20	92.04	91.64	91.24	90.84	90.44	90.04	89.64	89.24	88.84	88.44
-10	96.03	95.63	95.23	94.83	94.43	94.03	93.63	93.24	92.84	92.44
-0	100.00	99.60	99.21	98.81	98.41	98.01	97.62	97.22	96.82	96.42
0	100.00	100.40	100.79	101.19	101.59	101.98	102.38	102.78	103.17	103.57
10	103.96	104.36	104.75	105.15	105.54	105.94	106.33	106.73	107.12	107.52
20	107.91	108.31	108.70	109.10	109.49	109.88	110.28	110.67	111.07	111.46
30	111.85	112.25	112.64	113.03	113.43	113.82	114.21	114.60	115.00	115.39
40	115.78	116.17	116.57	116.96	117.35	117.74	118.13	118.52	118.91	119.31
50	119.70	120.09	120.48	120.87	121.26	121.65	122.04	122.43	122.82	123.21
60	123.60	123.99	124.38	124.77	125.16	125.55	125.94	126.33	126.72	127.10
70	127.49	127.88	128.27	128.66	129.05	129.44	129.82	130.21	130.60	130.99
80	131.37	131.76	132.15	132.54	132.92	133.31	133.70	134.08	134.47	134.86
90	135.24	135.63	136.02	136.40	136.79	137.17	137.56	137.94	138.33	138.72
100	139.10	139.49	139.87	140.26	140.64	141.02	141.41	141.79	142.18	142.66
110	142.95	143.33	143.71	144.10	144.48	144.86	145.25	145.63	146.01	146.40
120	146.78	147.16	147.55	147.93	148.31	148.69	149.07	149.46	149.84	150.22
130	150.60	150.98	151.37	151.75	152.13	152.51	152.89	153.27	153.65	154.03
140	154.41	154.79	155.17	155.55	155.93	156.31	156.69	157.07	157.45	157.83
150	158.21	158.59	158.97	159.35	159.73	160.11	160.49	160.86	161.24	161.62
160	162.00	162.38	162.76	163.13	163.51	163.89	164.27	164.64	165.02	165.40
170	165.78	166.15	166.53	166.91	167.28	167.66	168.03	168.41	168.79	169.16
180	169.54	169.91	170.29	170.67	171.04	171.42	171.79	172.17	172.54	172.92

附录4 霍尼韦尔公司主要电动执行机构

型号规格	电压 (V AC)	输入信号	功率 (W)	行程 (mm)	时间 (min)	复位 弹簧	附注
ML684	24	接点	3	20	/		V5011, V5013 阀 DN15 ~ 40mm 阀门配套
ML784	24	2 ~ 10V DC	3	20	/		
ML6421A	24、220	接点	9	20	1.9		
ML6421B	24、222	接点	9	38	3.5		
ML6425A	24、220	接点	15	20	1.8	弹簧复位	
ML6425B	24	接点	15	20	1.8	弹簧复位	
ML7421A	24	2 ~ 10 V DC 或 135Ω	11	20	1.9		
ML7421B				38	3.5		
ML7425	24		21	20	1.8	弹簧复位	
ML7984	24	2 ~ 10 V DC 4 ~ 20mA DC 或 135Ω	6	19	1.058	手动复位	操纵 V5011F, G 及 V5013E 阀
ML6531A	24	接点	3	15Nm 90°	2.5		配用风量 调节阀
ML6531B	220						
ML7420A	24	2 ~ 10V DC 135Ω	11	20	30S		V5011 V5013 V5049 DN15 ~ 80mm
ML7425 A·B	24	2 ~ 10V DC 135Ω	21	20	1.9	弹簧复位	控制蒸汽阀
ML7425 C·D	24	2 ~ 10V DC 135Ω	21	38	3.5	弹簧复位	控制蒸汽阀
ML7531A	24	2 ~ 10V					控制风量调节阀

附录5 江森、埃珂特公司主要电动调节阀

型号规格	电压 (V AC)	输入 信号	功率 (W)	口径 DN (mm)	全行程 时间 (s)	应用
EGSVD	24, 220	接点或 0 ~ 10V DC (内装电子 阀门定位器 E- POS)	5 ~ 16	从 15 到 150 共 11 种	120s	水、蒸汽阀 阀 门全开时最大 压降 ΔP_v : 对标 准 阀 杆 为 0.6MPa, 对 加 强 阀 杆 为 1.6MPa
EGSVDB (压力平衡阀)	24, 220	接点 0 ~ 10V DC (内装电子阀门 定位器)	5 ~ 18	从 25 到 150 共 8 种	120s	

附录6 霍尼韦尔公司部分常用调节阀 (水及蒸汽)

型号规格	阀径		C _v	K _v	连接	应用
	in	mm				
V5011F1048	1/2	15	4	3.43	螺 纹	两通调节阀, 应用在空调、制冷系统中加热、冷却、加湿等场合, 用来控制热水、冷水或蒸汽的流量
V5011F1055	3/4	20	6.3	5.4		
V5011F1063	1	25	10	8.57		
V5011F1071	1¼	32	16	13.71		
V5011F1089	1½	40	25	21.43		
V5011F1097	2	50	40	34.28		
V5011F1105	2½	65	63	54.0		
V5011F1113	3	80	100	85.7		
V5011G1046	1/2	15	2.5	2.14		
V5011G1053	1/2	15	4	3.43		
V5011G1061	3/4	20	6.3	5.4		
V5011G1079	1	25	10	8.57		
V5011G1087	1¼	32	16	13.71		
V5011G1095	1½	40	25	21.43		
V5011G1103	2	50	40	34.28		
V5011G1111	2½	65	63	54.0		
V5011G1129	3	80	100	85.7		
V5011G1228	1¼	32	25	21.43		
V5013B1003	2½	65	63	54		
V5013B1011	3	80	100	85.7		
V5013B1029	4	100	160	137.12		
V5013C1019	3	80	100	85.7		三通分流阀, 不能用在合流上
V5013F1004	1/2	15	2.5	2.14	螺 纹	三通合流, 不能用在分流上
V5013F1012	1/2	15	4	3.43		
V5013F1020	3/4	20	6.3	5.4		
V5013F1038	1	25	10	8.57	连 接	
V5013F1046	1¼	32	16	13.71		
V5013F1053	1½	40	25	21.43		
V5013F1061	2	50	40	34.28		

附录7 字母代号

字母	第一位字母		后继字母
	被测变量或初始变量	修饰词	功能
A	分析		报警
B	喷嘴火焰		供选
C	电导率		控制
D	密度	差	
E	电压(电动势)		传感器
F	流量	比(分数)	
G	长度		玻璃
H	湿度		
I	电流量		指示
J	功率	扫描	
K	时间与时间程序		自动手动操作
L	物位		指示灯
M	电动机		节流孔
O	供选用		试验点(接头)
P	压力或真空	积分、积算	积分、积算
Q	数量或件数	安全	记录或打印
R	辐射		开关或联锁
S	速度或频率		
T	温度		传送
V	粘度		阀、挡板、百叶窗

参 考 资 料

1. 李金川主编:《空调制冷自控系统运行与管理》,北京,中国建材工业出版社,2002. 6.
2. 单翠霞主编:《制冷与空调自动化》,北京,中国商业出版社,1997. 8.
3. 陈芝久主编:《制冷装置自动化》,北京,机械工业出版社,2002. 1.
4. 韩宝琦 李树林:《制冷空调原理及应用》,北京,机械工业出版社,2002. 9.
5. 张子慧 黄翔 张景春:《制冷空调自动控制》,北京,科学出版社,1999. 7.
6. 戴永庆:《溴化锂吸收式制冷技术及应用》,北京,机械工业出版社,2001. 3.
7. 刘耀浩:《空调与供热的自动化》,天津,天津大学出版社,1993. 8.
8. 潘云钢:《高层民用建筑空调设计》,北京,中国建筑工业出版社,1999. 11.
9. 宋波 王笑可:《空气调节工程施工技术》,沈阳,辽宁科学技术出版社,1997. 11.
10. 张友汉:《工业电子学》,北京,高等教育出版社,2000. 7.
11. 赵恒侠 李玉云:《热工仪表与自动调节》,北京,中国建筑工业出版社,1995. 11.
12. 陈沛霖 岳孝芳:《空调与制冷技术手册》,上海,同济大学出版社,1990. 7.
13. 郑明华:《制冷空调自动化》,北京,高等教育出版社,2002. 7.
14. 石家泰 陈芝久 朱寅生:《制冷空调的自动调节》,上海,国防工业出版社,1980. 12.
15. 潘圣铭 茹冠华:《温度计量》,北京,中国计量出版社,1991. 4.
16. 刘光荣:《自动化仪表》,北京,石油工业出版社,1992. 11.
17. 苏彦勋 李金海:《流量计量》,北京,中国计量出版社,1991. 10.
18. 李学琪 贾峰:《自动控制基础与调节仪表》,北京,中国计量出版社,1991. 10.
19. 卫宏毅:《制冷空调设备电气与控制》,广州,广东科技出版社,1998. 4.

获取更多资料