

绪 论

一、冷库的发展简介

冷库是在特定的温度和相对湿度条件下加工和贮藏食品等物品的专用建筑。冷库的固定资产大，结构比较复杂，专业技术性强，是经营肉类、蛋品、水果和蔬菜等食品不可缺少的重要手段，是国家冷藏事业发展的重要标志。一个国家冷藏事业的发展状况，在一定程度上可以反映出人民生活水平的高低。目前，随着世界经济的飞速发展和人们生活水平的不断提高，外贸事业食品的交易需求量日益扩大，对食品的质量要求也相应提高，这对冷库的建设和发展也提出了更高的要求。

随着现代科技的发展，国外冷库近年来发展很快，在冷库土建方面，对单层冷库正在向预制装配化发展，砖石工程仅限于地基和混凝土地面，隔热也采用聚氨酯或聚苯乙烯预制和现场发泡两种结构；在冷库自动控制方面，新建库实现了机器设备运行智能化；在制冷设备方面，由于螺杆式压缩机具有操作方便、安全、易损件少、寿命长、维修方便及节能明显等特点，因此螺杆式压缩机正逐步取代活塞式压缩机；在贮存温度方面，国外冷库根据工艺要求也趋向低温快速发展，冻结间采用 $-35 \sim -40^{\circ}\text{C}$ ，超低温冻结间为 $-48 \sim -55^{\circ}\text{C}$ ，这种冷库贮存温度的低温化，也大大促进了各国速冻工业的发展。气调库作为特种冷库，由于型式系列化、多样化及节能上的主要特征，在国外也得到了广泛应用，并在装配化方面发展很快。

在国内，作为低温食品流通的重要手段，不仅冷库的规模和容量迅速增长，而且在建库的技术上也趋于现代化，如土建结构的预制装配化、堆垛运输的机械化及管理控制的自动化等。过去冷库多集中在大中城市，而现在小城镇也建起了不少冷库；过去冷库都是国家建，而现在私人个体小型化冷库数量在显著增加；隔热材料也逐渐由软木、稻壳、聚苯乙烯向性能更好的聚氨酯发展，增大了冷间的发展空间。在中小型冷库中，装配式冷库的发展改变了我国组装式冷库的落后面貌。然而，国内在冷库生产和管理上与国外相比仍有一定的差距，相信在吸取国外先进经验的基础上，随着经济的持续增长，国内冷库的发展一定会再上一个新台阶。

二、《冷库工程施工与运行管理》的主要内容

本教材是制冷与空调专业的一门主要专业课程，它是从实践的角度出发，去分析和解释实际工作中的问题。一个冷库制冷系统能否正常、安全、经济地运行，与冷库安装技术人员和操作管理人员的技术水平有很大关系，要想具有高度熟练的技术水平，除应有丰富的实践经验外，更重要的是要有一定的专业理论知识，不断总结经验来指导实践。通过本课程的学习，目的就是使学生在步入社会，走上工作岗位后能尽快地进入角色，担负起所承担的技术管理责任。

本课程是在学生已学习制冷原理、制冷机与制冷设备等专业理论基础的前提下，主要讲授冷库的建筑施工、制冷机与制冷设备的安装、制冷系统的操作运行管理与维护检修、

冷库的安全技术，以及主要经济指标分析等内容。

三、本课程学习方法及要求

本课程内容既有制冷基础理论，又有实践经验的积累和总结，它对学生日后从事制冷技术工作有较强的实践指导意义。因此，在学习过程中切记要理论与实践相结合，学会分析问题和解决问题的方法，不要盲目地、机械地照搬理论。同时，应注意本课程的学习是对所学专业课程的总结和运用，所以要注意学好本专业要求的专业基础课和专业课课程，在有条件的情况下还要多进行专业实习，结合实习，使学到的知识在实践中得到巩固和加强，并可以在实践中发现新问题，学到新知识，进一步拓宽知识结构和完善专业技能，以适应冷库制冷技术发展的需要。

获取更多资料 微信搜索蓝领蓝领

第 一 章

建筑施工前准备工作

1

第一节 施工组织准备

第二节 认识冷库建筑和安装图样

第三节 其它工程准备工作

获取更多资料 微信搜索

第一节 施工组织准备

一、施工程序

建筑安装工程一般要先地下后地上，先室外后室内，对施工现场统筹安排，才能达到高质量、高速度、高工效、低成本。要做到这点，就必须按照建筑安装施工程序办事，尊重客观规律。建筑安装的施工程序，归纳起来分五步：

1. 接受施工任务

基建或技改项目批准后，在委托设计单位时，便要考虑承包土建或安装工程的施工单位。承包的方式是参加项目招标，以优质低价、建设期短的施工单位方获取工程的承包，接受施工或安装任务。

2. 开工前的规划组织

施工单位接到任务后，要对承包工程的概况、规模、特点、期限进行摸底了解，调查建设地区自然、经济和社会等情况，进行统筹规划，作出施工组织总设计。如果是扩建或技改工程，社会调查虽然少一些，但原有生产设备、通用公共设施、地下地上管线网络的衔接、利用、改造、以及处理与日常生产有无矛盾等都要同建设单位协商，做到扩建改造与生产两不误。在意见一致的基础上，施工单位同建设单位签订施工或安装工程总合同或单项工程合同。如双方认为签订合同的条件不完全具备，可先签订承包协议。

合同或协议必须明确承包范围、供料方式、初步确定工期、工作量、工程付款和结算办法等。根据合同或协议及批准的扩大初步设计，施工单位的先遣人员便要进入施工现场，进行核查、核算，再根据工程大小编制施工组织总设计或施工组织设计。具体内容如下：

1) 全部工程的施工工艺顺序和主要工程的建筑安装施工综合进度计划（要作出统筹图和网络图）

2) 场内、场外交通运输、施工用水、用电、场内排水和地下水的处理方案。

3) 特殊工程施工方案、主要工程分部、分项施工方法和措施。

4) 材料、构件加工、施工机具和劳力需用量计划，以及社会生产能力的协作利用方案。

5) 临建工程计划，临时设施可利用建设单位已有的道路、水电网络、辅助车间、仓库、宿舍作为临建施工基地。

6) 施工总平面图规模较小的工程，内容可以适当简化，但应有施工总平面图。

3. 现场条件的准备

1) 现场测量控制网的资料和桩位交接。

2) 技术资料供应，有设计单位提供的总平面图、竖向设计、管网综合施工图和主要工程技术设计及施工组织总设计。

根据上述资料进行现场的准备工作：在建设单位办妥土地征购，并将障碍物处理完毕后，即进行场地平整和道路修筑；供水、供电、排水网络的修建；施工生活、生产基地的修建；组织劳力、物资、运输车辆和施工机具陆续进场；组织预制构件生产。

上述各项具体准备基本上能满足施工需要时，即可正式开工。

4. 开展全面施工

施工必须按照程序和组织设计的有关规定进行。施工程序要坚持先地下、后地上，先场外、后场内；要确定施工方法和技术组织措施，因地制宜采用新技术、新工艺和新施工方法，在保证安全生产的基础上，达到高质量、高速度、高工效、低成本。

施工单位开工前，必须做好施工准备工作。这包括：施工图会审；单位工程组织设计和施工图预算编制；劳力、材料、构配件、施工机具、运输、吊装等的落实；“三通一平”（路通、电通、水通、平整场地）按组织设计要求完成。

在施工过程中，应加强计划管理，确保工程质量。要严格按照施工规范和操作规程施工，执行材料、成品、半成品的检验制，执行隐蔽工程验收、中间交工和质量检查制度。应贯彻经济核算制，开展经济效果分析，实行定额管理，按劳付酬、多劳多得；要加强材料管理，加强施工机具管理，提高机具完好率和利用率；抓紧工程收尾工作，做好设计变更和材料代用等施工图预算调整工作，及时办理单位工程结算。

5. 竣工验收

竣工验收并交付生产使用，是建筑安装施工的最后阶段，也是建筑商品交货验收阶段。竣工验收之前，施工单位应根据竣工验收规范逐项进行预验收；设备安装工程作好单机或局部试运转记录，并积极整理收集各项交工验收资料办理交工。在总交工验收时，建设单位组织有关方面的技术人员、专家，按照设计和规范要求对土建、设备安装工程进行验收，签发验收证书。

二、前期准备工作

1. 项目施工前准备工作

(1) 环境和物质条件的准备

1) 场地。施工场地按设计标高进行平整，对障碍物、旧建筑、树木、秧苗等进行处理；对地下物如旧基础、古墓、管线等拆除或改道；场地必须具备放线、开槽的条件。

2) 道路。施工道路应与建设项目的永久性道路结合起来，以节省铺设临时施工道路的费用。为了防止施工损坏路面，可先做永久性路基和垫层，建筑物竣工后再做路面。施工现场要运进大量材料、构配件和机械设备，必须把干道和支线布置好，使运输车辆有循环的条件。材料应直供作业区，尽可能减少倒运。吊装车辆应有足够回转余地，便于构件、设备安装就位。施工现场还要布置消防通道，防止火灾发生。

3) 上下水。施工用水应尽量与建设项目的永久性给水系统结合起来，以减少临时给水管线；对必须铺设的临时管线，在方便施工和生活的前提下尽量缩短管线长度，以节省施工费用。

施工现场的排水要精心安排，如安排不当淹泡场地，就会损坏材料、影响运输、延误工期，因此，开工前应布置好现场排水管网。主要干道排水设施，应尽量利用永久性设施；支道可在现场两侧挖明沟排水，沟底坡度一般为2%~8%。施工废水，应经过沉淀后再排放到城市排水系统；场地雨水排放时，应防止泥砂大量流入城市雨水排水系统。如采取“先地下后地上”的施工方案，施工现场的排水可利用建设项目排水管网，但一定不要把含有水泥浆等凝结材料的废水放入排水管网，以防止堵塞。工程交工前要将排水管网清

理一遍，再交付使用。

4) 电源。施工用电包括照明用电和动力用电。在制定施工方案时，应计算工程施工高峰时最大用电量，按此申报施工用电量，建临时变电站或变压间。如施工现场所在地区的供电系统只能部分供给或不能供电时，则需自行配备发电设备，建临时发电间。变电站及发电间的位置应尽可能建在施工用电中心，以缩短供电线路，减少架线费用。

5) 资金。落实建设项目资金，投资方按计划任务书、批准的初步设计、工程项目一览表、设计概算、施工预算、年度基本建设财物计划等文件，将建设项目的所需资金拨付给承包建设的施工单位，以便施工单位备料准备开工。

6) 技术力量。配齐建设项目施工所需专业技术人员和工人，以及具备完成所承担项目施工的指挥、管理和作业技术力量。

7) 地方材料。砖、瓦、灰、砂、石等地方材料，是建筑施工的大宗材料，其质量、价格、供应情况对施工影响极大，施工单位应作为准备工作的重点，落实货源，办理订购，必要时还可以直接组织地方材料的生产，以满足施工要求。

8) 构、配件。每项建筑工程其构件、配件的用量都很大，如混凝土的构件、木构件、水暖设备和配件、建筑五金、特种材料等，都需要及早按施工图预算，按施工计划组织进场，避免贻误工期或造成不必要的浪费。

9) 钢筋铁件。土建开工前应先安排钢筋下料、制作，安排钢结构的预制，铁件加工。因为结构安装和设备安装预埋的铁件很多，工作量很大，所以在施工准备中应十分重视。

10) 设备。冷库中的生产设备往往由建设单位负责，如果是建筑安装总承包，有些也需要施工单位及时订货。还应注意非标准设备和短线产品的加工订货，因这些器材供应如不及时，极易拖延工期。

11) 施工机具。施工用的塔吊、卷扬机、搅拌机、电锯等施工机械，以及模板、脚手板、脚手架、安全网等施工工具，都由施工现场统一调配，并按施工计划分批进场，做到既要节省机械台班费、节省机具租赁费和减少占压时间，又不贻误施工需要。

12) 料、具进场的组织。开工的物资准备，除上述建筑材料、施工机械、大型工具外，装修材料、电料灯具和特种材料等繁多的物资，也均应做出备料计划。为使准备工作有条不紊，施工管理人员必须熟悉施工组织的总平面设计、总的施工进度和备料计划，以此为依据组织进场，并做好以下工作：

对进场的材料、机具和设备要进行核对、检查、验收，并建立完备的检验制度和必要的手续。对进场的材料、构件必须带有出厂合格证，没有合格证的，要经质量鉴定后方可使用。

材料机具进场应注意配套，要能形成使用能力。机械设备按总图要求布置和架设，并注意若使用情况和施工进度变化时应作适当设置调整。

做好场外、场内的运输组织工作。在材料堆放与仓库设置时，既要减少场内搬运，方便使用，又要相对集中，便于管理。

搞好工业废料利用，降低工程成本。在保证工程质量的前提下，因地制宜利用工业废料，是综合治理环境、综合利用资源的好办法。

(2) 场地平整在实际施工中，由于工程建设施工的地点不同，其建筑工程的性质、

规模、施工工期也不同。同时，由于施工机械配备、技术力量等条件不同，基槽开挖的要求，场地平整的方法也各异。因此，在场地平整前，均需做好以下准备工作：一是清除地上和地下的障碍物；二是清除地表影响工程质量的软土、腐植土、垃圾土、大卵石等；三是设置好施工区域排水设施；四是按计划标高计算挖方和填方的工程量，确定挖方、填方的平衡调配，并选择土方机械，拟定施工方法。

(3) 临建搭建的原则

- 1) 布点要适合施工需要，要为职工上班、生活创造尽可能良好的条件。
- 2) 不能占据建筑项目的位置，留出生产用地和交通通道。
- 3) 尽可能靠近已有交通线路或将要修建的交通线路。
- 4) 选址时注意防洪水、泥石流、滑坡塌方等自然灾害，必要时要有安全保护措施。
- 5) 充分利用山地、荒地，少占田。
- 6) 尽量利用施工现场或附近已有的建筑。
- 7) 因地制宜并充分利用旧材。
- 8) 符合安全防火需要。

(4) 冬、雨季施工的准备建筑施工露天作业，季节对施工的影响很大。我国黄河以北每年冰冻季节有 4~5 个月，长江以南每年雨季大约在 3 个月以上，给施工生产增加了许多困难。因此，做好周密的施工计划和充分的施工准备，是克服季节影响、保持均衡生产的有效措施。

1) 做好进度安排

施工进度安排应考虑综合效益，尽量权衡进度与效益、质量的关系，除工期有特殊要求，必须在冬、雨季施工的项目外，应将不宜冬、雨季施工的部分工程避开。比如土方工程、室外粉刷、防水工程、道路工程等不宜在冬季施工；土方工程、基础工程、地下工程等不宜在雨季施工。

冬季施工费用增加不大的部分工程，如一般砌砖工程、可用蓄热法养护的混凝土工程、吊装工程、打桩工程等，在冬季施工时，虽然对技术的要求并不复杂，但它们在整个工程中占的比重较大，对进度起着决定性作用，所以可列在冬季施工范围内。

成本增加稍大的部分工程，如采用蒸汽养护的混凝土现浇结构，在技术上采取措施，安排在冬季施工也是可行的。

抢建和缓建，在施工进度安排上，如不宜在冬、雨季施工的部分工程赶在冬雨季时，在条件允许、技术可行和经济合算的情况下采取：一是压缩安排冬、雨季前的部分其他工程工期，采取抢建措施，将冬、雨季不宜施工的部分工程工期提前；二是工期效益不明显又无抢建条件的，可将工程安排到安全阶段，搞好防护设施，避开冬、雨季施工。

按季节规律和施工程序特点合理安排施工计划。

2) 冬季施工准备要点

做好临设给水、排水管道防冻准备，给水管道线应埋于冰冻线以下，外露的水管应做好保温，防止冻结。排水管道应有足够的坡度，管道中不能形成积水，以防止沉积物堵塞溢水，造成场地结冰。

材料准备，考虑到冬季运输比较困难，冬季施工前，需适当加大材料储备量。另

外，对需采取保温的设施准备保温材料，安排好材料的堆放场地。同时，准备好冬季施工增加的一些特殊材料，如促凝剂、盐、防寒用品等。

消防工作准备，冬季施工中，由于保温、取暖等火源增多，需加强安全消防工作，特别要注意消防水源的防冻。

提前做好冬季施工培训，如进行冬季施工有关规定的学习，防火、防冻教育等，并要建立冬季施工制度，如安全、值班制度等；同时要作好冬季施工的组织 and 思想准备。

3) 雨季施工准备要点

在雨季到来之前，创造出适宜雨季施工的室外或室内的工作面，如做完地下工程、屋面防水等。

做好排水设施，准备好排水工具，做好低洼工作面的挡水堤，防止雨水灌入。

铺垫好道路，临时道路要做好横断面上向两侧的排水坡，并采用铺炉渣等方法以防路面泥泞，保障雨季进料运输。为防止雨季供料不及时，现场应适当增加材料储备，以保证雨季正常施工。

采取有效的技术措施，保证雨季施工质量，如防止砂浆、混凝土含水量过多的措施，防止水泥受潮的措施等。

做好安全防护，如防止雨季塌方、漏电触电、洪水淹泡以及脚手架防滑加固等。

2. 施工组织设计

建筑施工是一个非常复杂的过程，为使工程建设有条不紊地实施，确保质量好、速度快、造价低，施工前必须编制好施工组织总设计，作为指导施工活动的重要技术经济文件。施工组织设计的原则：

1) 认真贯彻执行国家关于基本建设的各项规范，遵循基本建设程序。

2) 设计、施工、科研相结合，积极采用新技术、新工艺、新材料，发展建筑工业化、施工机械化、工厂化，努力提高劳动生产率。

3) 统筹全局、集中力量、保证重点。组织好协作，分期、分批配套施工，尽快形成投产能力，发挥投资效益。

4) 做好整体施工部署和分部施工方案，合理安排施工顺序，组织平行流水立体交叉作业，充分利用空间和时间，发挥作业面的使用效益。

5) 坚持“百年大计、质量第一”的原则。

6) 贯彻勤俭建国方针，因地制宜，就地取材，厉行节约。采取革新、改造、挖潜措施，减少投资、降低成本。

7) 做好人力、物力的综合平衡调度，做好冬、雨季施工安排，力争全年均衡施工。

8) 合理紧凑地安排好施工现场平面布局，尽量压缩施工用地，节省城市占地费，减少占用农田。

施工组织设计包括若干个单位工程的综合实施过程，是指导全工地施工的经济技术文件，重点反映整个工程组织施工的大局。

3. 施工进度设计

1) 确定总工期和重点单位工程工期，明确各单位工程主要施工阶段的作业时间，说明重点单位工程与一般单位工程之间、主体工程与配套工程之间、土建施工与设备安装之

间交叉作业的方式。

2) 根据施工力量及物资、设备条件确定同期开工的单位工程，如开工面过大，人力、物力不足，将会造成浪费；如开工面过小，缺乏后备工作面，则不宜流水作业，容易窝工。不确定开工单位工程，应优先安排重点单位工程、施工周期长的项目、先期配套的项目及可供施工单位暂作临时使用的项目。

3) 计划安排应力求平衡施工。根据施工图出图时间、材料和设备供应情况，使各个单位工程的施工准备、土建施工、设备安装和试生产时间合理衔接；安排非重点单位工程作为调剂工作面；使每个单项工程的主要分部、分项工程形成流水作业线，保持每个单位工程的均衡施工。

4) 在施工顺序上，一般应按先地下后地上，先埋管线后修路，先深后浅，先干线后支线执行。

5) 按上述计划原则，进行综合平衡，调整进度计划，编制施工总进度计划、重点单位工程进度计划和主要工种施工工程的流水作业计划，并制定相应的图表。

4. 施工总平面图

施工总平面设计，就是对整个施工现场从原材料进厂到各单位工程竣工的整个施工工艺流程的设计。如何根据总体施工部署合理布置场区道路、临建和堆料场，方便施工生产，方便职工生活，是施工总平面图解决的主要问题。

特别注意的是，由于目前一项大型制冷工程的项目工作都是分类招标的，所以对其中施工准备工作可按具体招标项目分类参考。

第二节 认识冷库建筑和安装图样

一、施工图分类和编排次序

1. 施工图分类

冷库施工图样是按工种分类，由建筑、结构、工艺、给排水、采暖通风和电气几个工种的图样组成。各工种的图样又分基本图、详图两部分。基本图表明全局性的内容；详图表明某一构件或某一局部的详细尺寸和构件作法等。

2. 编排次序

一个冷库工程施工图样的编排顺序是总平面图、建筑、结构、工艺、水、暖、电等。各工种图样的编排一般是全局性图样在前，说明局部的图样在后；先施工的图样在前，后施工图样在后；重要图样在前，次要图样在后。在全局施工图前面还编入图样目录和总说明。

(1) 图样目录说明该工程由哪几个工种的图样组成、各工程图样名称、张数和图号顺序，其目的为便于查找图样。

(2) 总说明主要说明该工程的概貌和总的要求。内容包括设计依据（如建筑面积、造价以及有关的地质、水文、气象资料）；设计标准（建筑标准、结构荷载等级、抗震要求、冷库容量、冷库热负荷、设备选型、照明标准）；施工要求（如施工技术及材料要求等）。一般中小型冷库工程的总说明放在建筑施工图内。

(3) 建筑施工图主要表示冷库的内部布置情况、外部形状和构造以及施工要求等。其中基本图样包括总平面图、平面图、剖面图、墙身剖面图等；详图包括楼梯、门、窗、各种构造等详细作法。

(4) 结构施工图主要表示承重结构的布置情况、构件类型、大小以及构造件作法等。基本图样包括基础图、柱网布置图、屋顶结构布置图等。详图包括柱、梁、板、楼梯、雨篷等。

一般混合结构自首层室内地面以上的砖墙及砖柱由建筑图表示；首层地面以下的砖墙由结构基础图表示。

(5) 制冷工艺图主要有设备平面布置图、剖面管道安装图，以及原理图、透视图和详图。原理图主要说明该制冷系统采用的制冷设备的型号、数量和制冷方式；透视图主要说明该制冷系统实际工艺管道走向及设备、管件、阀门的大小。

(6) 给排水施工图主要表示管道的布置和走向、构件做法和加工安装要求。图样包括平面图、系统图、详图等。

(7) 采暖通风施工图主要表示管道布置和构造安装要求。图样包括平面图、系统图、接线原理图及详图等。

(8) 电气施工图主要表示电器线路走向及安装要求。图样包括平面图、系统图、接线原理图及详图等。

二、识图应注意的几个问题

1) 施工图是根据投影原理绘制的，用图样表明冷库建筑的设计及构造作法。所以要看懂施工图，应掌握投影原理和熟悉冷库建筑的基本构造。

2) 施工图采用了一些图例符号以及必要的文字说明，共同把设计内容表现在图样上。因此要看懂施工图，还必须记住常用的图例符号。

3) 看图时要注意从粗到细、从大到小。先粗看一遍，了解工程的概貌，然后再细看。细看时应先看总说明和基本图样，然后再深入看构件图和详图。

4) 一套施工图是由各工种的许多张图样组成的，各图样之间是互相配合紧密联系的。图样的绘制，大体是按照施工过程中不同的工种、工序分成一定层次和部位进行的，因此要综合地看图。

5) 结合实际看图，根据实践、认识、再实践、再认识的规律，看图时联系生产实践，就能比较快地掌握图样和内容。

6) 标高：建筑物各部分的高度用标高表示，表示方法用符号“ ∇ ”。下面横线为某处高度的界线，上面符号注明标高。总平面图的室外地坪标高用符号“ \square ”表示。标高单位用 m 。国际规定标准为 mm ，注明小数点后第三位。一般也可以准确到 cm ，注明到小数点后第二位。标高分绝对标高和相对标高两种。

绝对标高。我国把青岛的黄海平面定为绝对标高的零点，其它各地标高都以它作为基准。

相对标高。一座冷库建筑的施工图需注明许多标高，数字就很繁琐。所以一般都用相对标高，即把首层地面高度定为相对标高的零点，写作“ ± 0.00 ”，读做正负零零。高于它的为正，但是一般不注“ $+$ ”符号，例如 $\nabla^{3.1}$ ；低于它的为负，必须注明符号

“ ∇ ”表示比首层室内标高低 34cm。一般在总说明中说明相对标高与绝对标高的关系，例如 $\pm 0.00 = 43.52$ ，即室内地面 ± 0.00 相当于绝对标高 43.52m。这样就可以根据当地水准点（绝对标高）测定首层地面标高。

7 索引号。索引号的用途是便于看图时查找相互有关的图样。通过索引号可以反映基本图样与详图、详图与详图之间关系，以及有关工种图样之间的关系，如图 1-1a、b、c 所示。

索引号的表示方法是把图中需要另画图的部位编上索引号，并把另画的详图编注详图号，二者之间的关系要对应一致，以便查找。索引号标志的圆圈直径一般定为 14~16mm。

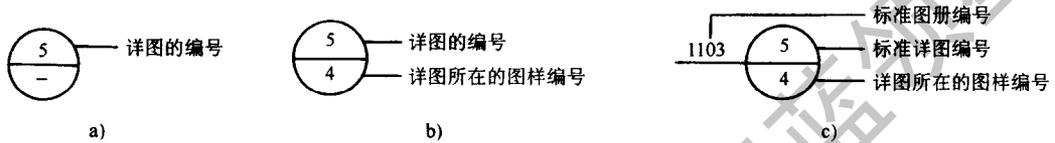


图 1-1 索引号的助写方法

a) 所索引的详图在本张图上表示 b) 所索引的详图不在本张图上 c) 标准图索引详图

8) 正确使用比例尺。一套施工图既要说明冷库建筑物和设备的总体布置，又要说明一座冷库建筑物的全貌，还要把若干局部或安装的位置与构件作法交待清楚。全部采用一种比例尺不可能满足各种图的要求。因此，必须根据图样的内容选择恰当的比例尺。各种常用比例尺见表 1-1。

表 1-1 比例尺的型号

图 名	常用比例尺						
总平面图	1:500; 1:1000; 1:2000						
基本图纸	1:50; 1:100; 1:200						
详 图	1:1;	1:2;	1:5;	1:10;	1:20;	1:25;	1:50

三、总平面图、平面图、立面图、剖面图

1. 总平面图

(1) 用途总平面图表明一个工程的总体布局。主要表示原有和新建库体的位置、标高、道路布置、建筑物、地形、地貌等，作为新建库体定位、施工放线、土方施工以及总平面布置的依据。

(2) 基本内容

1) 表明冷库区的总体布局，如占地范围、各建筑物及构筑物的位置、道路、管网的布置等。

2) 确定建筑物的平面位置，一般根据原有房屋或道路定位。

3) 表明建筑物首层地面的绝对标高；室外地坪、道路的绝对标高；说明土方填挖情况、地面坡度及雨水排出方向。

4) 用指北针表示房屋的朝向；有时用风向玫瑰图表示常年风向频率和风速。

5) 根据工程的需要，有时还有水、暖、电等管线总平面，各种管线综合布置图、竖向设计图、道路纵横剖面图以及绿化布置图等。

(3) 看图要点

- 1) 了解工程性质、图样比例尺、阅读文字说明、熟悉图例。
- 2) 了解建设地段的地形，查看征地范围、建筑物的布置、四周环境、道路布置。
- 3) 当地形复杂时，要了解地形概貌。
- 4) 了解各新建库体的室内高差，道路标高、坡度以及排水情况。
- 5) 查看库体与管线走向的关系，管线引入冷库的具体位置。
- 6) 查找定位依据。

(4) 新建冷库的定位

- 1) 根据已有建筑物定位。

- 2) 根据坐标定位：为了保证在复杂地形中放线准确，总平面图中常用坐标表示建筑物、道路、管线的位置。常用的表示方法：

标注测量坐标：在地形图上绘制的方格网叫做测量坐标网，与地形图采用同一比例，以 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 或 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 为一方格。坐标的表示方法有 X、Y，也有用 A、B。

2. 平面图

(1) 冷库土建平面图

- 1) 用途。施工过程中，放线、砌墙、安装门窗、库内安装，以及编制预算、备料等都要用到平面图。

- 2) 基本内容

表明冷库形状、内部的布置及朝向，包括库体的平面形状，各种冷间的布置及相互关系，人口、穿堂、楼梯的位置等。一般平面图中均注明冷间的名称或编号。首层平面图还标注指北针，表明冷库的朝向。

表明冷库的尺寸：在建筑平面图中，用轴线和尺寸线表示各部分的长度和准确位置。外墙尺寸一般分为三道标注：最外面一道是外围尺寸，表明建筑物的总长度和总宽度；中间一道是轴线尺寸，表明冷间的入深的尺寸；最里一道是表示门、预留洞口、墙垛、墙厚等详细尺寸。内墙必须注明与轴线的关系，墙厚、门、预留洞口尺寸等。此外，首层平面图还要表明库外台阶、散水等尺寸。各层平面图还应表明墙上预留口洞的位置、大小。

表明冷库的结构形式及主要建筑材料。

表明各层的地面标高：首层室内地面标高一般定为 ± 0.00 ，并注明库外地坪标高，其余各层均注有地面标高。有坡度要求的冷间内还应注明地面的坡度。

⑤ 表明门及其过梁的编号及门的开启方向。

⑥ 表明剖面图、详图和标准配件的位置及编号。

⑦ 综合反映其他各工种（工艺、水、暖、电）对土建的要求。工程中要求的坑、台、水池、地沟、电闸箱、消火栓、雨水管等及其在墙或楼上的预留口，应在图中表明其位置及尺寸。

⑧ 文字说明：平面图中不易表明的内容，如施工要求、砖及灰浆的标号等需用文字说明。

(2) 制冷设备布置平面图 制冷装置施工平面图是按正投影原理，采用水平剖面的方

式来表示机器、设备和管道布置的工程图样。在平面图上可以看出冷库机房内外制冷系统的机器、设备、管道和安装位置、朝向和管道阀门的确切位置、管道支架的位置等，但体现不出机器设备管道的安装高度。

一般冷库平面图可分为机房的平面图和库房的平面图。库房有几层就画几张平面图，如果其中几层的冷却设备和管道布置完全相同，可以画一张标准平面图。机房的平面图可根据冷库规模、机器设备的多少绘制。小型制冷装置，机房部分可绘制成一张图；大型制冷装置，可分机器间及设备间分别进行绘制，但图幅及比例应一致。平面图在施工安装中，是一份很重要的图样。

3. 剖面图

(1) 用途剖面图简要地表示冷库的结构形式、设备管道安装高度及内部分层情况。

(2) 基本内容

1) 表示冷库各部位的高度：剖面图中用标高及尺寸线表明建筑总高、室内外地坪标高、各层标高、门窗高度等。

2) 表明建筑主要承重构件的相互关系：各层梁、板的位置及其与墙柱的关系，屋顶的结构形式等。

3) 剖面图中不能表达的地方，有时引出索引号另画详图表示。

4) 设备施工剖面图是用来表示制冷压缩机、设备、管道的立面布置情况和安装高度。在施工剖面图中可以看出制冷压缩机、设备基础底座的高度以及各种管道阀门的标高等。剖面图一般按平面图的剖切线符号来定名，如 I-I、A-A 剖面等。

第三节 其它工程准备工作

一、电气工程

1. 电气安装工程概况

冷库安装工程的电气安装工程可以包括机房配线、照明、车间或厂区变配电、电缆和架空线路几个部分。

(1) 机房配线 机房配线是由配电箱（或控制箱）到用电机器的供电和控制线路，分明配和暗配两种。导线沿墙壁、天花板、梁柱等明敷设，称为明配；导线穿管埋在墙内、地坪内或装设在顶棚里，称为暗配。按配线的方式通常有瓷（塑料）夹板配线、瓷瓶配线、槽板配线、钢管或塑料管配线、铝卡配线及钢索配线等。对配线工作的基本要求是：不仅使电能传送可靠，而且线路布置合理整齐、安装牢固。

(2) 照明电气照明按其装设条件可分一般照明和局部照明，前者是供整个面积上需要照明，后者则只供某一局部工作地点的照明。一般照明和局部照明往往混合使用。在特殊的车间或工作场所还有事故照明，当一般照明发生故障熄灭时，事故照明能保证工作人员疏散或不致中断工作。如有爆炸危险性的车间，应配有事故照明。

(3) 变配电设备 变配电设备是用来变换电源和分配电能的电气装置，它由变压器、开关设备、保护电器、测量仪表、连接母线和电缆等组成。变配电分室内和室外两种，室内电压较低、通常在 35kV 以下，室外则通常在 35kV 以上。但有些电压在 6~10kV 的小功

率终端式变配电设备也往往装在室外。一般冷库的变配电设备大多在室内。

(4) 电缆将一根或数根导线综合而成的线芯裹以相应的绝缘层以后，外面包上密闭包皮（铝、铅或塑料等），这种导线称电缆。在电力系统中，电缆一般分为电力电缆和控制电缆两种。电力电缆用来输送和分配大功率电能。控制电缆用来连接制冷机等设备的控制线路。电缆敷设有架空、埋地、地沟等方式。

(5) 架空线路电能的输送如果在远距离情况下，往往采用架空电力外线。它分高压、低压两种，均由电杆（金属铁塔、钢筋混凝土或木杆）和导线组成。1kV 以下为低压架空线路，1kV 以上为高压架空线路。

2. 电气工程识图

1) 先看图上的文字说明，了解图上所画的是采用什么电气装置，这些装置是用什么图形，是单线图还是多线图。

2) 看图上所画的电源从何处来，采用哪种配线方式，使用多大截面的导线，通过哪些电气装置，分配到哪些用电设备。

3) 看比较复杂的电气控制线路图时，首先看系统原理接线图，了解由哪些设备组成，有多少个回路，每个回路的作用和原理，然后再看安装接线图，查每个元件和设备安装在什么位置，与外部连接的有哪些电缆，采用何种敷设方式等。

4) 熟悉施工图说明书，逐条逐句领会设计意图。只有按以上所说看图，才能在施工中不致发生差错。

在了解认识电气施工图的基础上，应根据施工图对整个电气系统所用材料编制出准确详实的材料计划，尽量在施工前准备齐全，并根据计划核实材料是否符合工艺要求和质量要求。产品合格证和质量证明书要统一收藏保存，待工程结束后交与使用单位存档。

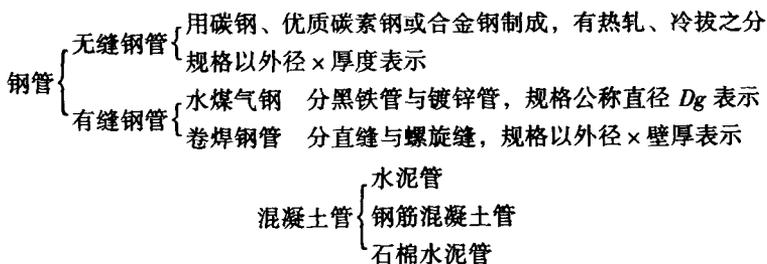
在进行电气工程施工准备时，要时刻注意供电线路是安装工程的命脉，因此施工准备时，要架设可靠的临时供电线路，若电容量不够，需要在施工前向有关用电管理部门申请，审批好用电量。

二、管道工程

1. 管道工程种类

一般冷库建筑管道工程按其工作性质和用途可分为排水管道、供热管道、氨或氟利昂管道及油路管道等。

2. 管



塑料管	硬聚氯乙烯管	规格以外径×壁厚表示
	软聚氯乙烯管	规格以外径×壁厚表示
	聚乙烯管	规格以外径×壁厚表示
	耐酸酚醛塑料管	规格公称直径 D_g 表示

3. 管道施工

在进行管道工程施工准备时，应根据施工图准备材料。要有堆放管材、型钢的露天库或防雨工棚，面积一般为 $350 \sim 450\text{m}^2$ ，也要备有加工管件和零部件专用机具存放的防风雨临建工棚，根据施工条件确定现场预制和外加工项目。如无大型弯管机，应设置露天弯管场地。同时，在管道工程施工前，应提前准备好安装所需的专用机具和定型设备，如电焊机、空压机、链式提升机，切管机、弯管机、除锈机和套丝机等。

4. 刷油与保温

刷油漆可防止金属腐蚀，将金属表面与外界介质隔开，不透气、不透水。同时，又有着牢固的粘附力和一定的机械强度及弹性。此外，还可满足一些特殊要求，如耐酸、耐碱等。常用的油漆种类有防锈漆、调合漆、银粉、沥青漆、过氯乙烯漆、酚醛漆、醇酸漆等。一般采用涂刷和喷涂。

保温又称隔热，由保温层和保护层组成，它的作用在于减少管内输送的介质与外界的热传导，从而达到节省动力、防止冻结、满足使用等目的。常用的保温材料，用于高温的有石棉矿渣棉、泡沫混凝土、石棉硅藻土、蛭石、膨胀珍珠岩等；用于低温的有软木、泡沫塑料、发泡聚氨酯等。成品形状有毡状、瓦状及板状。施工方式有填充式、粘贴式。

保护层用于保温层的外部，常见的有石棉水泥壳、沥青油毡、麻刀灰和玻璃丝布等。

另外，当管道保温利用聚氨酯现场发泡时，要提前做好小样试配，取得数据后，才能进行大量发泡的配制。

三、通风工程

1. 通风安装工程概念

冷库建筑中的通风，通常是指地下通风防冻、机房通风、包装间通风、冷却物冷藏间（蛋库）和气调冷库通风换气等。地下通风防冻将在第二章通风防冻中介绍。

为使人们感觉舒适并保持必要的劳动能力，或由于生产工艺的需要，要求冷库内维持合适的温度、湿度。排出制冷机房内或包装间的余热、余温、有害气体、蒸汽，并送入一定质量的新鲜空气，从而创造一个舒适的空气环境，以满足人体卫生的要求和车间生产工艺的要求，在各类不同的场所根据不同的情况设置不同的通风系统。

一般讲通风方式按作用范围可分为以下三类：

(1) 全面通风在整个房间全面地进行空气交换。在有害物能在很大范围内产生扩散的房间，就需要全面通风，排出有害气体或送入大量的新鲜空气，将有害气体含量冲淡到允许含量以内。

特别需要说明一点，是在制冷机房内通风设施的电源开关必须设置两套：一套设置在机房内；另一套设置在机房以外的地方。当机房内制冷剂含量很高时，必须用机房外那套电源开关，以免开关打火引起爆炸。

(2) 局部排风将污染空气或有害物直接从产生的地方抽出，防止扩散到全室；或者

将新鲜空气送到某个局部范围，改善局部范围的气象条件。当车间内的某些设备产生大量危害人体健康的有害气体时，采用全面通风不能冲淡到允许含量，或者采用全面通风很不经济时，可采用局部通风。

(3) 混合通风用全面的送风和局部的排风或全面的排风和局部的送风混合起来的通风形式。

通风方式按动力可分为以下两类。

1) 自然通风。利用室外冷空气与室内热空气的密度不同以及建筑物迎风面和背风面风压的不同而进行换气的通风方式，称为自然通风。一般建筑物常利用门窗进行自然换气。

利用风力的作用从室内向室外排出污浊或高温空气时，可采用“风帽”装置。当进行全面通风时，风帽安装在制冷机房的屋顶上。

2) 机械通风。利用通风机产生的抽力或压力，借助通风管网进行室内外空气交换的通风方式，称为机械通风。

机械通风可以向房间或车间的任何地方供给适当数量新鲜的、处理过的空气，也可以从房间或车间的任何地方以要求的速度抽出一定数量的污浊空气。这类通风方式通常用于果蔬冷库。

实际上，经常是机械排风与自然进风相结合使用的。在有些情况下，装有机械送风和自然排风，或装有机械排风和自然送风。送风和排风也可能是部分机械的，部分自然的。

通风系统通常由风管、调节阀、风口及空气分布器、风帽、罩类、除尘设备、消声器、通风机等组成。

在通风工程中，通风管道及部件主要用普通薄钢板、镀锌钢板制成，也可用铝板、不锈钢板、玻璃钢、矿渣石膏板等建筑材料制成。

在通风工程施工时，应在了解认识通风形式的基础上，根据工程实际情况和工艺要求，选择合适的通风方式，准备工程材料和施工机具，拟定通风工程施工措施。

通过对以上工程的介绍，对各工程的内容及其要求有一定的认识，所以在施工中根据每一工程的要求，准备材料，施工工具，拟定施工方案。

思考与练习

1. 冷库施工程序有哪些？
2. 冷库土建施工满足哪些条件时方可开工？
3. 冷库竣工验收之前应做哪些工作？
4. 冬、雨季施工应注意什么问题？
5. 施工图是怎样分类的？识图时应注意哪些问题？
6. 冷库施工平面图有哪两种？每一种的内容是什么？剖面图内容是什么？
7. 管道工程中常见的施工工具有哪些？

第二章

冷库的建筑施工

2

- 第一节 冷库建筑概述
- 第二节 冷库建筑施工
- 第三节 冷库隔热保温与隔汽防潮施工
- 第四节 冷库建筑维护

第一节 冷库建筑概述

一、冷库的建筑特点与要求

1. 建筑特点

冷库建筑不同于一般工业与民用建筑，它具有以下特点：

1) 由于库内外温差很大（建筑内外温差有可能超过 70°C ），热湿交换严重，它要求围护结构要有较好的隔热性能和严密的隔蒸汽性能。因此，能否正确地运用建筑热工基本理论和原理进行良好设计和施工，是冷库建筑成功或失败的关键。

2) 库内温度较低，根据不同使用性质，库内一般是负温，即 $0 \sim -30^{\circ}\text{C}$ 之间，也就是说，围护结构内部有冻胀的可能性。这就使得冷库的建筑构造较复杂，因此，对构造设计要求严格、周密、合理，而且要有科学的理论依据。

3) 对于采用整体气调方式的冷库来说，库体的密封是非常重要的，如果库体密封不好，库内就不能保持所要求的低氧、高二氧化碳的气体成分，也就达不到气调保鲜的目的。因此，在满足隔热防潮作用的基础上，再采取特殊的密封措施。

4) 冷库的建筑体形直接关系到冷库使用的合理性，也是节约能源和节省投资的重要因素。一般来说，当冷藏量相等时，冷库建筑的体积越小，则建筑耗冷量就越少。为此，冷库建筑往往是无窗的实墙，外表面为浅色，体形一般都接近正方体，有的将四周做成圆角，也有的将整个冷库做成圆柱体，再配上四周自由多变的附属建筑，从外观上看，非同一般的建筑形式，有明显的冷库建筑特点。

5) 冷库建筑造价较高，冷库除了有一套价格昂贵的制冷设备外，建筑本身的造价也大大高于普通仓库建筑，这是因为它必须设置一层不可缺少的隔热层，仅此一项费用往往就会超过普通仓库造价的两、三倍。因此，冷库总造价高于普通仓库 $5 \sim 10$ 倍，甚至更高些。

6) 冷库建筑寿命短、维修困难，由于冷库建筑的围护结构经常受到冻胀和冻融循环的破坏作用，一般十年左右就需要大修，建筑寿命一般也在四、五十年左右。由于冷库处于低温状态，如果在不停产情况下进行维修那是非常困难的，一般都要停产升温后才能进行，这不仅维修费用高，而且停产的损失更大（大约停产大修一次的费用约为新建一座冷库的 $1/2$ 费用），因此，做好建筑设计，加强科学管理以延长冷库的建筑寿命和大修理的间隔时间，是冷库建筑的又一特点。

7) 施工质量要求高，冷库建筑构造复杂、隐蔽工程较多，如果施工中粗心大意，当冷库降温投产后发现问题，那是很难维修和补救的。因此，保证和提高冷库施工的质量，及时检查发现问题，作好隐蔽工程的施工验收，是延长冷库建筑寿命、增加生产能力、提高冷藏质量的重要保证。

2. 冷库的建筑要求

根据冷库的建筑特点，对冷库的建筑要着重注意以下问题：

(1) 保冷因为冷库建筑“内冷外热”保持生产要求的“冷度”，阻挡外界热源侵入库内，建筑围护结构必须设置一定隔热能力的隔热层，最大限度地减少库内耗冷量，一般

在冷藏库建筑物的外墙、地坪、层顶、柱子和阁楼层等部位设置隔热层。隔热层设置时要注意以下几点：

1) 隔热层应是连续的，不能产生间断和缝隙，以防止出现冷桥，使冷气从库内跑出去。

2) 隔热层要有足够的厚度，达到设计的传热系数值。

3) 隔热材料本身应力求有良好的防潮能力。

4) 隔热层应牢固地固定在围护结构上，并能防止鼠虫的侵害。

(2) 防潮为保持隔热层的隔热性能，防止因受水和水蒸气侵袭而降低其隔热能力，在隔热层的适当部位一侧或两侧设置隔汽防潮层。隔汽防潮层的设计也必须完整连续，不能间断并注意以下几点：

1) 根据材料的性质，合理布置各层材料。一般在低温侧应采用蒸汽渗透系数大而热导率小，以使渗透到围护结构中的蒸汽能够受到较小的阻力而散发出去，进而避免由于蒸汽渗透中遇到较大的阻力而产生凝结水。

2) 要合理地设置隔汽防潮层。一般湿气总是由高温区向低温区渗透，因此，要把隔汽防潮层敷设在隔热层的高温侧。但在寒冷地区，当冬季室外温度低于库内温度时，将产生与夏季相反的蒸汽渗透过程。即由库内通过围护结构向室外渗透水蒸气，这时如果只考虑夏季向库内渗透而仅在靠外侧的一面设隔汽防潮层，则将不能适应冬季状况的要求，就会在围护结构内部隔汽防潮层边产生凝结水。因此，这时就要在隔热层的两侧设置隔汽防潮层，防止从两个方向渗透蒸汽。在两边设隔汽防潮层时，应注意事先把潮湿汽设法排出，否则一旦当两边隔汽层间渗入水蒸气后，将使隔热层的隔热效能遭到无可挽回的损害。

3) 除设置隔汽防潮层外，还要相应做好防水处理。冷库的防水，主要是在屋顶和地下室两个部位比较突出。

屋顶防水：在直接受到雨水冲刷的层面除需做防水层外，还必须要有一定的坡度，一般卷材防水屋顶的坡度应大于 3%。如为卷材防水时，多以七层做法为宜。

地下室的防水有下列几种情况：

a. 当地下室水位很低时（最高水位在距地下室地坪 - 1m 以下，假如地下室地坪标高为 ± 0.000 ）可不作特殊处理。

b. 地下水位较高时，即接近地下室地坪标高时，可在混凝土内加 $D6\text{mm}$ 间距 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的钢筋网，而且钢筋网要通过柱子时应焊在柱子纵向钢筋上。

c. 当地下水位高于地下室地坪时，或不做地下室，或抬高地下室地坪标高。如不得已做时，可采用满堂基础来抵抗地下水。

(3) 密封处理对于气调式冷库还必须进行墙体与库顶、墙体与地坪的密封处理。

(4) 热湿交换为防止热湿交换产生的各种破坏作用，尽可能不在建筑构造中造成“冷桥”，尽可能消除因建筑结构产生温度变形而造成维护结构层、隔气层和隔热层被拉裂的后果。

(5) 仔细检查，杜绝隐患防止出现在降温使用后，发现存在难以补救的隐患。冷藏库的围护结构层次较多，有围护结构层、隔气防潮层、隔热层、表面防护层等主要层次，

其中以隔汽防潮层和隔热层在冷藏库保“冷”的独特性质上最为关键。而这关键层在施工完毕后却隐蔽在其他构造层次中，若一旦在设计、施工质量上存在隐患，到降温使用后才发现，届时就难以进行维修补救，冷藏库只得“带病生产”，结果将影响冷藏库建筑的使用寿命，这是冷藏库建筑区别于其他建筑的又一主要特点。

所以，对冷藏库建筑工程的施工进行及时检查，随时做好隐蔽工程的施工验收记录，加强施工质量的管理是具有十分重要意义的。

二、地坪的防冻与隔热

1. 冷库地坪的冻胀破坏

冷库地坪虽然敷设了厚度与库温相适应的隔热层，但它并不能完全隔绝热量的传递，它只能降低热量传递的速度。当 0°C 等温线越过隔热层侵入地基后，便会引起土壤中的水分逐步冻结，最后形成冻土层，此时，它的体积相应地膨胀。当这种体积膨胀足以引起土颗粒间的相对位移时，就形成地坪冻胀。严重时会使冷库被不均匀地抬起，使整个结构遭到破坏。

土壤的冻结与土壤的结构有关。对于粗质土壤，包括砾石、粗沙等，由于土壤质点间的空隙较大，水分易向下面流去，土壤下面的水分，又因毛细管作用弱很难上升。这类土壤不致引起冻胀的危险。但在细质土壤中，如细沙、粘土、淤泥等，水分与土壤处于融合状态，水分不易在土壤质点间流通，当水分开始冻结后，未冻部分的水分会向冰面流来，这便引起了土壤冻胀。

2. 冷库地基的融沉破坏

冻土中的冰融化以后体积缩小，使土壤在自重和外荷载作用下产生一定量的压缩下沉，冰变成水后，在土壤自重和外荷载作用下沿孔隙逐渐排出，从而使土壤进一步压缩下沉。含水量很大的细粒冻土融化后往往成为泥浆，从而丧失承载力，在压力作用下还会从基础底下向旁边挤出，造成建筑物大幅度沉陷。由于建筑物地基土质的含水量不均匀，冻结深度和冻膨胀量的不同，其融沉程度也不一样，因而造成建筑物各部分的沉降量也不均匀。当这种不均匀沉陷超过允许值时，建筑物即发生融沉破坏。因此，防止冷库地坪冻胀的处理十分重要。

3. 预防地坪冻胀的方法

目前，冷库的地坪防冻有如下几种做法：

(1) 地下室防冻将不会引起土壤冻结的 0°C 库房布置在冷库底层的做法，简称为地下室防冻。这种方法适宜于大、中型冷库，在地下水水位较低的地区采用，因地下室构造简单，只须作一般的防水处理，投资和使用上较为经济合理；但在地下水水位较高的地区则不宜采用。图 2-1 所示为冷库地下室 0°C 库防冻。

(2) 架空防冻将低温冷库地坪架空的做法，简称为架空防冻。它适宜在南方一些地下水水位较高的地区采用。图 2-2 为低温冷库地坪架空防冻。

但由于库内地坪标高限制，架空地坪中多用高效能的隔热材料，隔热层下面又要作钢筋混凝土结构基层，因此造价较高，比一般通风防冻地坪的造价高 25%。

地坪架空有矮架空（一般高度在 $0.8 \sim 1.8\text{m}$ ）和高架空（一般高度在于 $2 \sim 2.8\text{m}$ ）两种。高架空层可作挑选间或普通仓库用；矮架空层内的排水设施一定要保持畅通，否则

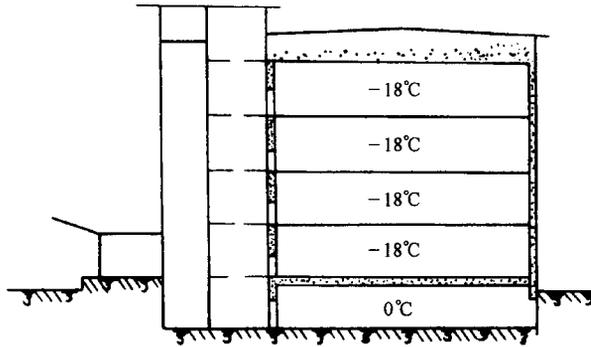


图 2-1 冷库地下室 0°C库防冻

水也会引起地坪冻融。

(3) 通风防冻在低温冷库地坪中埋设通风管进行自然通风或机械通风的做法，简称为通风防冻。

自然通风适合于冬季室外气温不低于 0°C 或低于 0°C 以下的时间很短暂的地区的小型冷库采用。通风防冻隔热地坪的传热系数应不大于 $0.00128 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，通风加热层平均温度为 3 ~ 5°C，为了检查通风管沟的运转情况，应设测温孔或遥测温度点；通风面要有开敞的场地；通风管要与常年主导风向平行，其管径、管距与长度应相适应，以利气流的畅通，如图 2-3 所示，一般管径在 $D300\text{mm}$ 以内，管距以 800 ~ 1000mm 为宜，长度不超过 30m。通风管应有 3‰ ~ 5‰ 的排水坡度。进、出风洞口应高于室外地坪，使地面积水不能浸入管道内。管底应高于地下水位。

机械通风是利用通风机强制通风，把热空气送入风道，再分配到风管，然后排出库外。有的还可用作机房夏季降温之用。机械通风管的装设要避免地下水渗入。应将通风机房布置在易于管理的地方，最好与制冷机房相邻，以便集中管理。

(4) 地垄墙半架空防冻这种作法是吸收了架空和通风地坪的优点综合而成的，它的造价低。地垄墙半架空层如果排水不畅通也会带来隐患。此法在中、小型冷库中采用较多，如图 2-4 所示。

4. 地坪隔热

冷库的地坪大致可分二种类型：一种是高温库地坪（0°C库），一种是低温库地坪。

(1) 高温库地坪由于其室内温度在 0°C 左右，地坪中无须设隔热层，仅做钢筋混凝土面层防潮层和混凝土基层等，如图 2-5 所示。

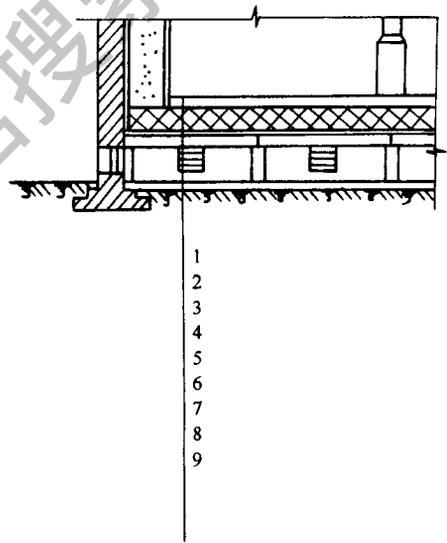


图 2-2 低温冷库地坪架空防冻

- 1—钢筋混凝土面层
- 2—毡二油防水层
- 3—软木隔热层
- 4—油毡隔汽防潮层
- 5—冷底子油一道
- 6—水泥砂浆找平层
- 7—钢筋混凝土基层
- 8—架空层
- 9—混凝土垫层

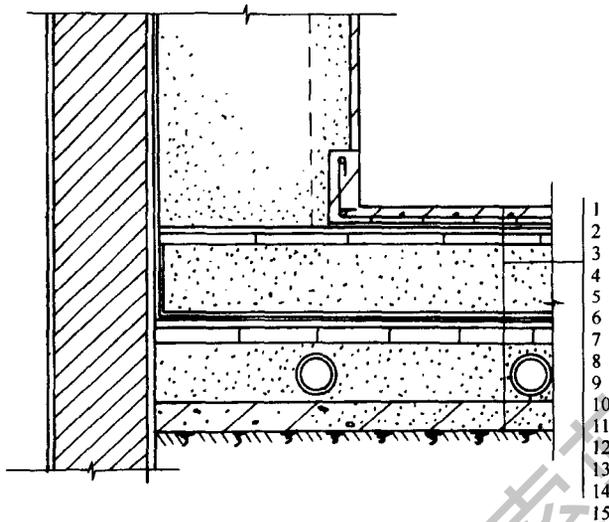


图 2-3 低温冷库地坪通风防冻

- 1—60mm 厚细石钢筋混凝土面层，D6mm 双向配筋相距 200mm，随打随抹压光，每 2m 见方分格 2—15mm 厚 1:3 水泥砂浆保护层 3—一毡二油防水层 4—冷底子油一道 5—20mm 厚 1:3 水泥砂浆抹面
6—400mm × 400mm × 50mm 75 号炉渣混凝土预制块 7—550mm 厚过筛炉渣，粒径为 10~40mm 8—15mm 厚 1:3 水泥砂浆保护层 9—二毡三油隔汽防潮层 10—冷底子油一道 11—20mm 厚 1:3 水泥砂浆抹面
12—55mm 厚单层红砖干铺，1:1:6 混合砂浆灌缝 13—400mm 厚干砂垫层，内埋 D250mm 水泥通风管，管坡 8‰ 14—150mm 厚 3:7 灰土垫层 15—素土夯实

钢筋混凝土面层的作用，是利用其刚性防止地坪荷重不均匀时引起破裂或变形。要求不透水，不受腐蚀，且表面要压平，以利清洁卫生。防潮层主要是防止水分因毛细管和汽压力作用而渗透到地坪和冷库内，并且要求与墙面防潮层连接，不能有缝隙。

(2) 低温库地坪低温库地坪的两面温差很大，必须设有隔热层和加热防冻装置，以减少耗冷，防止地坪冻融，如图 2-6 所示。

三、内外墙的隔热隔汽防潮

1. 内墙的隔热、隔汽防潮层

冷库的内隔墙分为隔热和不隔热两类。相同温度库房的间隔墙一般不设隔热层；当两侧温差大于 4℃ 时，则应设有隔汽层的隔热墙，如图 2-7 所示软木内墙隔热层。

冷库的内隔墙越多，建筑造价就越高，有效使用面积就越少，对实现冷库机械化不利。因此，在冷库设计时，同温冷间尽量不设隔墙。如图 2-8 所示为松散材料内墙隔热层。

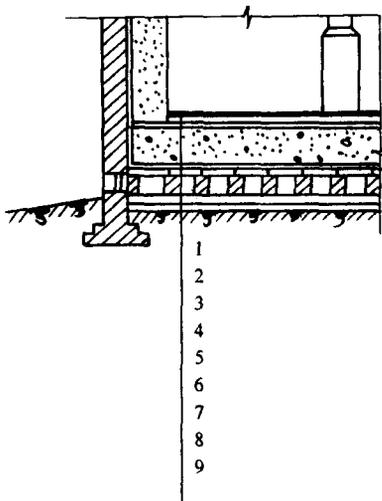


图 2-4 低温冷库地垄墙半架空防冻

- 1—钢筋混凝土面层 2—一毡二油防水层 3—沥青砂浆找平层 4—隔热层 5—一毡二油防汽层
6—冷底子油 7—混凝土基层 8—地垄墙半架空层 9—灰土垫层

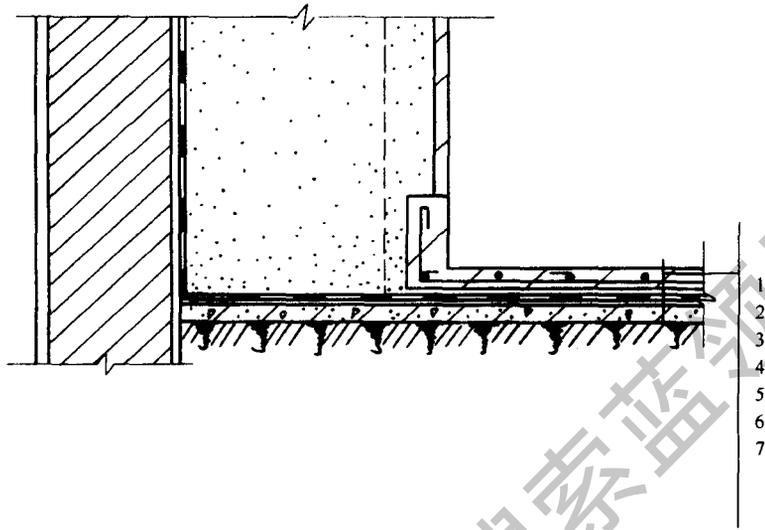


图 2-5 高温库地坪

- 1—60mm 厚细石钢筋混凝土面层, $D6\text{mm}$ 双向配筋相距 200mm 随打随抹光, 每 2m 见方分格
 2—15mm 厚 1:3 水泥砂浆保护层 3—一毡二油防水层 4—冷底子油一道 5—20mm 厚 1:3 水
 泥砂浆抹面 6—100mm 素混凝土 7—素土夯实

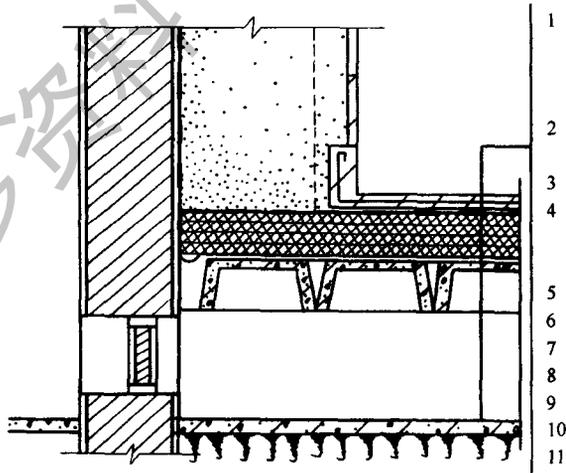


图 2-6 低温库地坪

- 1—60mm 厚细石钢筋混凝土面层, $D6\text{mm}$ 双向配筋相距 200mm, 随打随抹压光, 每 2m 见方分格 2—15mm
 厚 1:3 水泥砂浆保护层 3—一毡二油防水层 4—200mm 厚软木保温层, 用沥青分层错缝粘贴
 5—二毡三油隔汽防潮层 6—冷底子油一道 7—20mm 厚 1:3 水泥砂浆抹面 8—钢筋混凝土架空
 楼板 9—空气层 10—60mm 厚 100 号混凝土面层 11—素土夯实

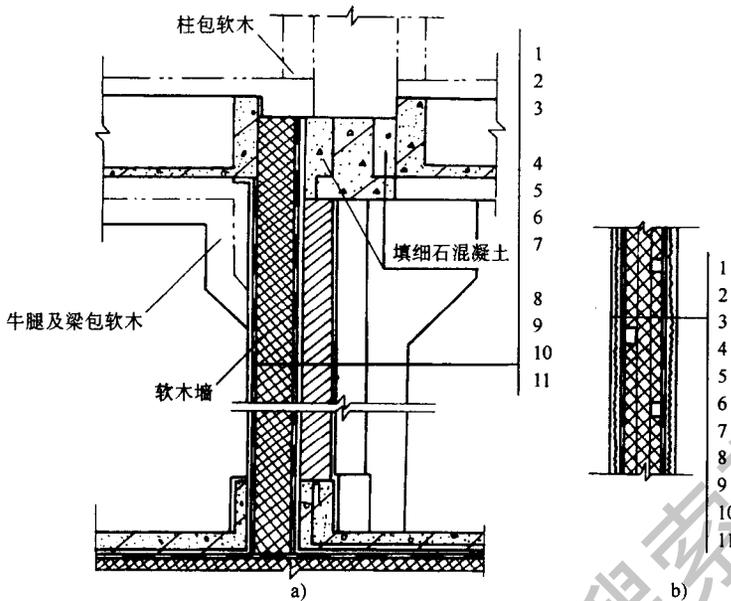


图 2-7 软木内墙隔热层

a) 软木隔热层做法之一

1—喷大白浆两道 2—20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆抹面 3—120mm 厚砖墙，每 3m 出 240 砖块，100 号水泥砂浆砌筑 4—20mm 厚 1:3 水泥砂浆抹面 5—冷底子油一道 6—毡二油 7—150mm 软木层或 100mm 厚聚苯乙烯泡沫塑料保温层 8—毡二油 9—热豆石 10—20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆抹面 11—喷大白浆一道

b) 软木隔热层做法之二

1—喷大白浆两道 2—30mm 厚 1:2.5 水泥砂浆抹面，加钢丝网（或热焊豆石） 3—毡二油 4—热沥青贴软木，应错缝 5—毡二油 6—30mm 厚 1:2.5 水泥砂浆抹面 11—喷大白浆一道

2. 外墙隔热、隔汽防潮层

冷库的外墙隔热层主要是由外墙、隔汽防潮层、隔热层、内保护层等四部分构成。隔汽防潮层一般置于靠外墙侧，通常只做单面隔汽防潮层。

外墙隔热层如用松散材料，其内衬墙上端要设进料口，下端应有出料口，以便添加或更换松散材料。外墙松散材料隔热层在适当位置，应以性能较好的块状材料作垂直分隔，以利于分段分区维护检修，外墙隔热、隔汽防潮层作法，如图 2-9 图 2-10 所示。

四、屋顶隔热及阁楼层、柱子隔热

1. 屋顶隔热及阁楼层

冷库层顶隔热层较多采用阁楼形式。利用阁楼层使屋顶与库房隔开，降低了由于室外温度影响和太阳辐射进入库内的热量。阁楼层内铺上稻壳，阁楼顶与稻壳之间留有空气层，屋

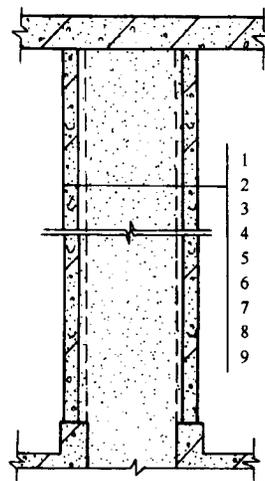


图 2-8 松散材料内墙隔热层

1—喷大白浆两道 2—钢筋混凝土预制板 3—冷底子油一道 4—沥青两道 5—松散隔热层材料 6—沥青两道 7—冷底子油一道 8—钢筋混凝土预制板 9—喷大白浆两道

顶作防水层和简单的隔热层。空气层的热阻见表 2-1。阁楼形式有三种：通风式、封闭式、混合式，如图 2-11 ~ 图 2-13 所示。

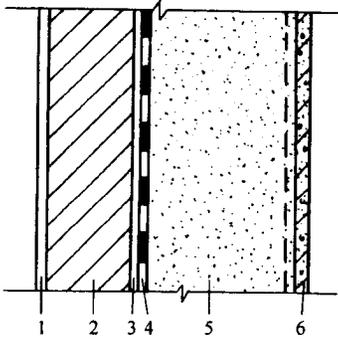


图 2-9 松散材料隔热外墙

1—20mm厚水泥砂浆抹面 2—红砖墙 3—20mm厚水泥砂浆抹面 4—一毡二油隔汽防潮层 5—松散隔热材料 6—配筋混凝土预制板内衬墙

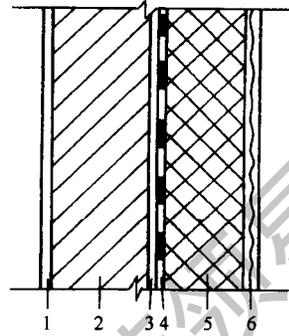


图 2-10 软木隔热外墙

1—20mm厚水泥砂浆抹面 2—红砖墙 3—20mm厚水泥砂浆抹面 4—一毡二油隔汽防潮层 5—软木隔热层 6—30mm厚钢丝网砂浆面层

表 2-1 空气层的热阻 (m²·k/W)

空气层厚 /cm	对于热流由下往上的水平空气层及垂直的空气层	对于热流由上往下的水平空气层	空气层厚 /cm	对于热流由下往上的水平空气层及垂直的空气层	对于热流由上往下的水平空气层
1	33	40	5	44	49
2	40	42	10	44	54
3	42	47	15 以上	44	56

图 2-11 为通风式阁楼，四面墙上开设通风百叶窗，使阁楼内空气流通。屋顶上屋脊部位设有带挡风板的“气楼”。同时，在隔热层面上设置隔汽层，并沿外墙内侧四周设置隔汽带。

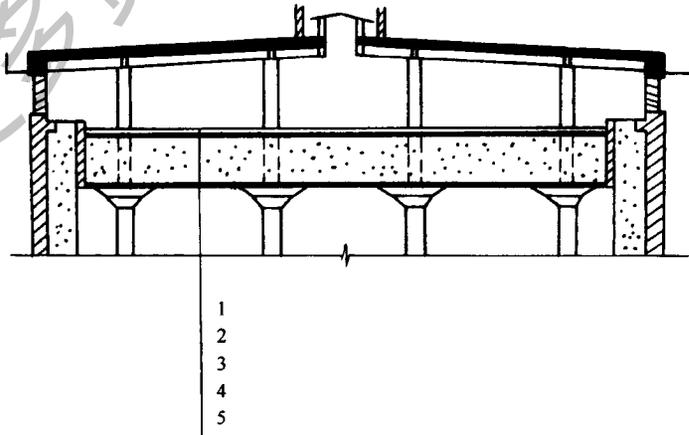


图 2-11 通风式屋顶阁楼隔热层

1—二毡三油隔汽防潮层 2—1:2水泥砂浆抹面 3—75 号炉渣混凝土块 4—隔热层 5—钢筋混凝土楼板

这种阁楼形式通风较好，能降低内部的温度，隔汽层位置合理。但施工工序很多、造价高、检查松散隔热层不便 在更换松散隔热材料时 必须将隔汽层拆掉。

图 2-12a、b 所示是两种封闭式阁楼，沿阁楼外围护结构用防水隔汽层封闭起来，与外界空气不流通，水蒸气也不能大量向库内渗透。

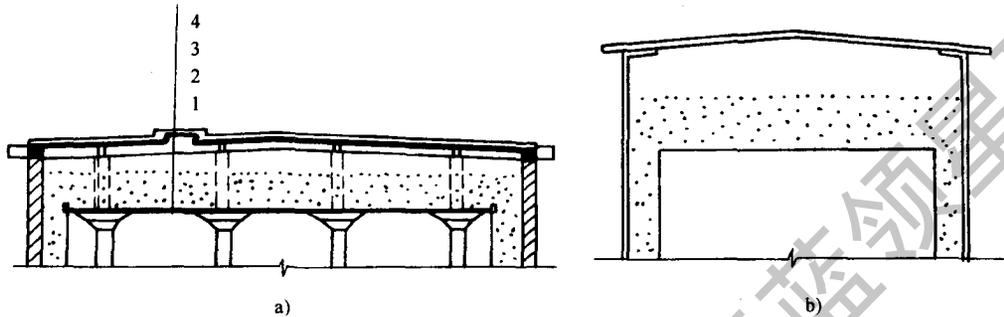


图 2-12 两种封闭式阁楼隔热层

a) 阁楼形式之一 b) 阁楼形式之二

1—楼板 2—隔热层 3—空气层 4—进料孔

这种作法节约投资和材料。但透入阁楼层内的热量不易散发，装卸稻壳较困难，检查不方便。另外，若屋面温度应力的作用使外墙出现水平裂缝时，外墙的隔汽层也会被拉断，阁楼层的密闭性就会受到破坏。

图 2-13 所示是混合式阁楼。它设有玻璃窗，平时关闭，开启时可以通风，也可以更换隔热材料，阁楼外墙内隔汽层与屋顶防水层内、外交错，外墙隔热层在顶部设置一道塑料薄膜隔汽带。另外，在松散隔热材料的上半部设置塑料布隔汽层，上面再铺适当厚度松散隔热材料保护层。

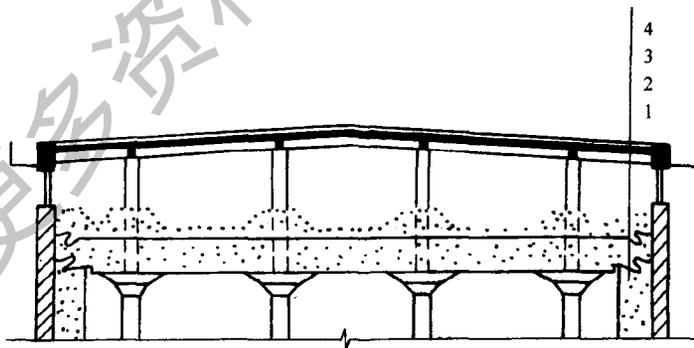


图 2-13 混合式阁楼隔热层

1—隔热层 2—塑料薄膜隔汽带 3—聚氯乙烯薄膜隔汽层 4—隔热层

这种阁楼形式构造简单，隔汽层处理较好，施工也方便，屋顶构造上的毛病易发现及处理。但阁楼内的热气不易散发，薄膜会因老化而破裂。

任何形式的阁楼屋顶在油毡层上设置通风隔热层或保护层时，一般用混凝土预制块作架空处理。这样可缩小屋顶受热膨胀量 降低阁楼内气温 减少耗冷量及保护油毡层 防止老化 延长使用寿命。

2. 柱子隔热层作法

冷库楼层上下温差在 4°C 以上时 除了楼层要设隔热层外, 楼层的全部柱子也要做 1.5m 高的隔热带 以免形成“冷桥”。为了减少对库容量的影响, 一般都选用较高效能的块状隔热材料, 柱子隔热层易被碰撞受机械损伤, 所以要有牢固的保护层或护角金属条 如图 2-14 所示柱子隔热层做法。

五、气调式冷库的密封

对于我们前面所述的隔热、防潮结构, 只起到隔热防潮作用, 达不到气调式冷库密闭的要求, 亦即不能满足低氧、高氮或高二氧化碳的气体成分要求, 也就达不到气调保鲜的目的, 因此, 在满足隔热防潮的基础上, 还须对气调式冷库作气密性处理。

1. 墙体与屋顶间的密封

1) 冷库的隔热墙体与屋顶间全部用聚氨酯现场喷涂发泡。这种方法施工可以做到无缝隙, 喷涂的聚氨酯泡沫既可作为隔热防潮层, 又用作气体密闭层, 可以达到理想的气密效果。

2) 在按传统方法施工的冷库隔热墙体和屋顶基础上 再在墙体与屋顶间刷 5mm 厚沥青马蹄脂 将 0.1mm 厚的铝箔铺贴于其上, 作为库房的密封层。

3) 在按传统方法施工的冷库隔热墙体和屋顶基础上, 采用 0.8 ~ 1.2mm 厚的镀锌钢板, 固定在库房内表面, 钢板缝用气焊连接, 最后将固定钢板的固定点用密封胶包住, 即形成一个钢板密封层。

2. 墙体与地坪交接处的密封

墙体与地坪交接处往往是不容易做好气密的地方, 主要是由于地坪下沉而造成墙与地坪气密封层分离。

(1) 不考虑地坪下沉的密封对墙和地坪层进行连续现场聚氨酯发泡, 再作地坪层, 这样既可隔热下面防潮, 又可作为密封层。

(2) 考虑地坪下沉的密封这种作法是在现场聚氨酯发泡前, 先在墙与地坪层下面用镀锌钢板涂上热沥青或铝箔刷马蹄脂, 作成靴形的可伸缩带; 然后进行聚氨酯现场发泡, 再作地坪层 这样地坪即使略有下沉 也能保持完整的气密性。

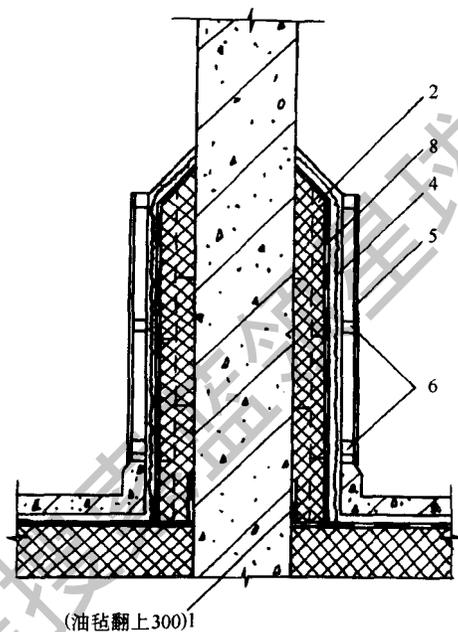


图 2-14 柱子隔热层

1—油毡翻上 300mm 2—100mm 厚软木 3—一毡
二油 4—10m × 10m 铁丝网 5—10mm 厚竹片
6—50mm × 80mm 方木

第二节 冷库建筑施工

冷库属于低温高湿建筑, 对围护结构及库内承重结构有特殊要求, 工程施工中除应遵照

现行施工验收规范外，还应注意以下几方面。

一、基础工程

1) 在大孔性土壤地区施工时，要杜绝一切施工水、生产水和雨水侵入基础下面；主体工程外墙四周宜做 1.5m 宽、8cm 厚的混凝土散水，并把雨水和污水引入排水管道，以防止基础浸水后产生不均匀下沉，引起上层结构的破坏。

2) 在深层软粘土中打桩时，由于桩与土壤间挤出作用及桩尖下土壤的回弹作用，可带动桩向上升起，这一过程有时会进行十多天，必须等待桩及地基回升稳定时再进行基桩承面的浇注，尤其是对浇注在排桩上的多跨连续梁更为重要，避免承面产生附加应力和裂缝，这样有利于减少各基础间的沉降差异。

二、砖砌体工程

1) 冷库内的内衬墙、内隔墙采用不低于 100 号的砖，外墙可采用不低于 75 号的砖。砖体在砌筑前应适当浇水，但水量不宜太多，以免湿度太大影响材料的热工性能及隔热、隔汽层的质量。

2) 冷库内的内衬墙、内隔墙一律使用抗冻性能良好的硅酸盐水泥砂浆砌筑，其标号不得低于 50 号。其他墙体（如外墙等）则可使用混合砂浆砌筑，其标号根据设计要求而定，但墙身防潮层以下的墙体应用不低于 50 号的砂浆。

3) 砖砌体内砂浆要求达到 90% 以上的饱满度，不得留有空隙。

4) 砖砌体必须横平竖直，灰缝的平均宽度应为 10mm，不小于 8mm，不大于 12mm。

5) 单层建筑的砌筑高度每天不宜超过 2m；多层建筑的砌筑高度每天不宜超过 1.5m。如增加砌筑高度须相应提高水泥砂浆标号。

6) 砖砌体的间断处应留斜槎，如在墙角附近留槎时，斜槎上部距相接墙身内缘不小于 30cm。若必须在交接处留槎（转角处不得留直槎），应沿墙高每 0.5m 加设拉结钢筋，每 1/2 砖厚不小于拉筋直径的 1/4，两端加弯钩，每边墙内伸入长度不小于 0.5m，埋设钢筋的灰缝厚度应保证钢筋上下至少有 2mm 厚的砂浆层。

三、混凝土工程

1) 混凝土标号应按设计规定采用。混凝土标号用 20cm × 20cm × 20cm 的试块，以 28 天龄期强度为标准。

2) 混凝土用水必须洁净，不含油类、碱类及其他有害杂质，砂的含泥量不得大于 5%，如大于 5% 时要用水冲洗。石子在使用前也应用水冲洗干净，不得用风化的石粒。

3) 在施工过程中，应特别注意避免结构出现裂缝和出现蜂窝、麻面、露筋等现象。

4) 用震捣器捣注混凝土时，要保证混凝土足够的密实度，捣注后的混凝土表面应成水泥浆和不再沉落。震捣器在工作时，不允许碰撞钢筋、预埋件和模板，不可支撑在钢筋上。

5) 冷库内与低温空气接触的混凝土工程宜采用不低于 400 号的硅酸盐水泥，不能采用氯化钙等防冻剂。

6) 不粉饰的外露混凝土所用模板均应刨光，以保证混凝土表面光滑。捣注混凝土前模板要润湿，但不得留有积水，木模板中的缝隙应加以嵌塞。捣注混凝土后，在混凝土强度达到设计强度 70% 以上时才能拆除承重模板。变形缝的模板必须及时拆除，缝内的石子碎砖等杂物也应及时清除，以免变形缝不起作用。

7) 在捣注混凝土前 应先将安装吊轨、冷却管道、通风管道、上下水道、电气管线等预埋件 按正确位置埋置妥当 以免事后打凿混凝土。

8) 在捣注混凝土时，应注意调整及保证钢筋保护层的厚度，凡与库内冷空气接触，且表面不做水泥抹面的钢筋混凝土工程，其钢筋的混凝土保护层应较一般规定增加 10mm 厚。

9) 楼板上预留孔洞位置及孔洞加固方法，应按照设计规定预先留好。在洞口处截断的钢筋应伸入洞口加固小梁内不少于 30cm 并且末端要有弯钩 如采用电焊钢筋网时 应将钢筋网焊接在洞口加固小梁钢筋上。

10) 捣注无梁楼板混凝土时尽可能不留施工缝，必要时，施工缝可留在靠柱帽边线处。

11) 捣注无梁楼板柱子混凝土时，施工缝应留在柱脚或柱帽 45°折线顶部 在折线上部的混凝土应与楼板一次捣注，在折线下部的混凝土应与柱子一次捣注。捣注柱子混凝土时，底部应先填以 50~100mm 与所捣注的混凝土内砂浆成分相同的水泥砂浆。捣注柱子的混凝土自由倾落高度不应超过 2m 否则应用溜管下落法。此外 施工缝里不要留有木屑和其他杂物，在继续浇注混凝土前要冲洗干净，避免柱帽断裂事故。

12) 冷库及制冰间内柱子牛腿的混凝土 应与柱子混凝土一起捣注 不要另注。

四、钢筋工程

1) 钢筋的种类、钢号、直径均应与设计要求一致，若以另一种钢筋代替设计中规定的钢筋时，可按设计用钢筋与实际用钢筋计算强度的反比例关系对钢筋的计算截面作相应的改变。若以另一种直径但钢号相同的钢筋代替设计中采用的钢筋时，钢筋的总截面积应不小于设计中采用的钢筋的总截面积时，钢筋的数量间距和锚固长度等均应符合混凝土结构设计标准及技术规范的规定。

2) 绑扎或焊接前必须将钢筋表面的油污和铁锈清刷干净。

3) 钢筋加工前须参照有关钢筋检验标准进行抽查试验。

4) 焊接的钢筋须错开位置排放，在同一截面中搭接钢筋的面积应不大于该截面内钢筋总面积的 50%。经过焊接后的钢筋网不得再作弯曲。

5) 所有焊接钢筋均应进行质量检查。

6) 冷库内主体钢筋混凝土结构的主要钢筋不能采用冷轧或冷拉钢筋，非承重构件不受此限制。

7) 震捣混凝土时，应有专人检查钢筋位置并修整钢筋网，要纠正钢筋因运输而发生变形或因震捣而发生下坠和贴模等情况。

五、抹面工程

1) 抹面工程的砂浆标号及级配应按设计规定采用。水泥标号不宜低于 300 号 砂子应采用中砂 要求随拌随抹 超过初凝时间的砂浆不宜使用 冷库内部的抹面 应采用硅酸盐水泥砂浆 不得采用混合砂浆。

2) 抹面工程表面要求光滑平整 用 2m 直尺检验时不得有超过 5mm 的空隙 要求做到不起壳 不产生裂缝。

3) 一般抹面工程要求至少抹二道，即底层一道，垫层一道或面层一道。面层抹好后应采用铁抹子干压两遍后，使表面光滑。库内露在冷空气里的大面积墙面抹面，要求面层每隔 3~4m 留一深 4mm 宽 8mm 的伸缩缝，以免面层出现不规则的龟裂。

4 抹面工程完毕，必须经过检查认为合格后才能进行下一工序。

5) 在基层结构软硬相差悬殊的地方(如一边是砖墙 另一边是软木墙)应预留 20mm 宽的施工缝 然后用 1:7 沥青砂浆填充烫平。如不能留施工缝，交接处应采用钢丝网砂浆抹面防裂。

第三节 冷库隔热保温与隔汽防潮施工

在第一节中 对地坪、内外墙、屋顶、柱子和阁楼层的隔热、隔汽、防潮的组成 以及结构作了介绍，本节主要介绍通过各种施工方法和步骤，把符合设计要求的隔热、隔汽防潮材料细致而又完整地做到冷库建筑结构中，使冷库能稳定地连续工作。

一、隔热材料

冷库建筑用的隔热材料种类很多，按其组成可分为有机和无机两大类。

1. 有机隔热材料

天然有机隔热材料是由各种植物纤维、树皮等加工制成，也包括一类高分子有机合成物。

(1) 碳化软木及制品它是世界公认的优良隔热材料，具有抗压强度高、无毒、密度小、热导率小、富有弹性、难燃、不易腐烂等优点。其缺点是 会被虫蛀鼠咬 且产量小 价格高。

(2) 稻壳稻壳产地广、价格便宜，是国内以前使用最广泛的松散隔热材料。它的缺点是由于比体积大 隔热层占用了较多的建筑面积 运输不便 而且容易受潮霉烂下沉 受潮后热导率显著增大 故使用 3~5 年后需要翻晒或更换。由于稻壳在其他方面的用途日益广泛 因此 在近几年以来新建的冷库中很少使用。

(3) 聚苯乙烯泡沫塑料它是用聚苯乙烯树脂为基料，加入发泡剂(丁烷或戊烷)，并用水蒸气加热形成具有无数微小气孔的发泡小球，在常压下进行熟化，然后在模具中进行加热，便融合成硬质泡沫塑料。在产品制造过程中加入阻燃剂、自熄增效剂、抗氧化剂和紫外线吸收剂等成分。产品具有自熄性和较强的耐气候性。这种泡沫塑料的特点是质轻、隔热性能好、吸水性小 耐低温性能好 耐酸耐碱 有一定的弹性。

(4) 聚氨酯泡沫塑料它是用聚醚树脂与多元异氰酸酯，在催化剂(硅酸二丁基锡、三乙烯二胺或三乙醇胺)稳定剂(硅油)发泡剂(R_{13} 、 R_{11} 和水)等的作用下经发泡反应而制得的闭孔型泡沫塑料。常用作隔热材料的是硬质聚氨酯泡沫塑料，可在现场发泡直接喷涂或在模具中灌注成型。它的优点是密度和热导率较小、强度高、吸水率低、有自熄性、耐低温(-100°C)、耐油、耐酸、耐碱。它能在常温下发泡、设备简单、施工效率高 可直接与金属、非金属材料粘结〔粘结强度 $1\sim 3)\times 10^5\text{Pa}$]。它是一种很有发展前途的隔热材料。其主要技术性能如下：

密度	$25\sim 50\text{kg}/\text{m}^3$
热导率	$(0.73\sim 0.88)\times 10^{-4}\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
抗压强度	$> 2.5\times 10^5\text{Pa}$
吸水率	$0.118\text{kg}/\text{m}^3$
使用温度	$-100\sim 120^{\circ}\text{C}$

自熄性

离火 1~2s 即熄

(5) 聚氯乙烯泡沫塑料它是由聚氯乙烯树脂加入发泡剂、稳定剂和溶剂，经加热塑化发泡而制成。可做成开孔、闭孔和软质、硬质多种。硬质聚氯乙烯泡沫塑料具有较好的抗压强度 $> 1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ 和耐腐蚀性，不吸水、不燃烧，隔热性能好 [λ 不大于 $0.043 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]。

(6) 铝箔波形纸板它是以三层或五层的波形纸板为基层，在纸板两表面贴上铝箔做成的一种轻型隔热材料。它的特点是重量轻、刚度好、有较好的隔热性能，并有良好的反辐射热、防潮的效果。铝箔波形纸板可用于冷却物冷藏间。

2. 无机隔热材料

无机隔热材料的特点是不腐烂、不燃烧、机械强度大、经久耐用，有些还兼有耐高温性能，但它们的容量和热导率一般都较大。

(1) 矿渣棉及制品矿渣棉是以矿渣为主要原料，经熔化、高压蒸气喷吹冷却而成的无机纤维材料。它的主要成分是 SiO_2 (w_{SiO_2} 36% ~ 39%) CaO (w_{CaO} 38% ~ 42%) 及 Al_2O_3 和 MgO 。矿渣棉具有质轻、热导率小、不燃、不蛀、不腐烂、不易受潮、化学稳定性强的优点。它的缺点是在施工时纤维对人的皮肤及呼吸道有刺激，因此各生产单位都加工成各种规格的板、毡、管壳等矿棉制品。

(2) 玻璃棉及制品玻璃棉是把熔化的玻璃液面用压缩空气（或蒸汽）以极高的速度喷吹而成。玻璃棉也是一种定长玻璃纤维，但纤维较短。玻璃棉具有热导率小、弹性好、不燃、不霉烂、不腐蚀、防虫鼠、化学稳定性好等优点。普通玻璃纤维对皮肤和呼吸道有刺激，施工时要有特殊的劳动保护，若制成制品（板、毡、管壳）对施工条件可有所改善。玻璃棉直径为 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 的称为超细玻璃棉，由于它直径细、纤维长，比较柔软，对皮肤无刺激，是一种很好的隔热材料。

(3) 火山岩棉及制品它是以火山玄武岩为主要原料，加入一定数量的辅料（石灰石），经高温熔化，用蒸汽（或压缩空气）喷吹而成的人工无机短纤维。火山岩棉产品只有散装岩棉、沥青岩棉毡两种。火山岩棉具有经济耐用、耐低温、密度小、热导率小、吸水率低、不燃、不霉烂的优点。但是，它也有刺激皮肤和呼吸道的缺点。

(4) 防水膨胀珍珠岩珍珠岩（包括松脂岩、黑曜岩、流纹岩等）是一种由酸性岩浆喷出的玻璃熔岩，因具有珍珠裂隙结构而得名。经膨胀后的珍珠岩为原体积的 8~30 倍，质量很轻，风吹可以飞扬，其化学成分主要是 SiO_2 和 Al_2O_3 。它具有密度小、热导率小、无毒、无臭、无刺激、不霉烂、不燃烧、抗冻性好、资源丰富、价格价廉、施工方便安全等优点。普通的膨胀珍珠岩吸水率很高，可达本身重量的 2~9 倍，不能用于低温隔热。但用憎水性强的胶粘剂制成的防水膨胀珍珠岩制品，其吸水率很低（ $< 6\%$ ）可用于低温隔热。

(5) 加气混凝土它用水泥、生石灰、矿渣、砂、铝粉、加气剂，为水泥重量的 0.8% 左右等作为原料。它的产品种类有素砌块、配筋屋面板、外墙板及隔墙板等几种。加气混凝土制品的特点是密度小、隔热性能好、强度高、外形尺寸准确、加工性好、拼接安装方便，在建筑中可同时起承重和隔热作用。缺点是加气混凝土内部的可溶性盐类常沿着毛细孔在制品表面析出，造成表层剥落，影响其耐久性，对酸碱的耐蚀性也较差。

(6) 炉渣炉渣可用作冷却物冷藏库地坪的隔热材料，应选用粒径 10~40mm 的炉渣。

当炉渣密度为 $800 \sim 1000 \text{kg/m}^3$ 热导率为 $(0.69 \sim 1) \times 10^{-3} \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 时最大质量湿度应不大于 8% 含硫量不超过 2% 用前要通过筛 清除杂质 曝晒干燥。其优点是废物利用、易采购、价格便宜；但它的热导率较大，不易保持干燥，对冻结间和冻结物冷藏间地坪已不采用。

(7) 泡沫玻璃它是用玻璃纤维下脚料磨成粉状，与发泡剂混合后烘干和在发泡炉内发泡，再经退火而制成。密度为 $128 \sim 200 \text{kg/m}^3$ 完全闭孔 体积湿度在 0.2% 以下 抗压强度可达 0.7MPa 抗弯强度 0.53MPa 能适应 $430 \sim -270 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度变化，热导率小。泡沫玻璃主要用于地坪和屋顶的隔热及构筑防火带。

(8) 泡沫混凝土它是用水泥加起泡剂（水剂、松香及碳酸钾的混合物）制成。它的优点是抗压强度较大（0.6~0.85MPa）抗冻性和耐火性都较好 其缺点是吸湿性大 易受潮而降低隔热效果，施工时宜用沥青砌筑。

3. 影响隔热材料导热性能的因素

(1) 隔热材料的湿度绝大多数建筑材料与潮湿空气接触时，都会从空气中吸收水汽，所以隔热材料或多或少都含有一定的水分。材料在低温高湿的环境里比较容易吸收水汽。材料内所含水分增加，其热导率将显著增大。这是因为原先在材料的孔隙中充满了热导率很小的空气，当水蒸气和水侵入材料孔隙后，由于水的热导率大，是静止空气的 20 倍，于是引起了材料隔热性能的恶化。如果材料孔隙中的水冻结成冰，因冰的热导率更大，材料的隔热性能就更差了。因此，为了保证隔热层的隔热性能，一定要使用干燥的材料（控制施工时材料的重量湿度）并应做好隔热结构的隔汽防潮。

(2) 隔热材料的密度是指单位体积的材料重量，用 $\rho(\text{kg/m}^3)$ 表示。隔热材料的密度是影响热导率的一个重要因素。隔热材料内部都存在一定的孔隙，它们由材料骨架和孔隙中的空气组成。由于材料骨架的热导率比静止空气的要大得多，所以孔隙率大（亦即密度小）的材料，其热导率较小。此外，材料的导热性能也与孔隙的大小和形状有关。泡沫材料内含有无数封闭的微小气泡，气泡内空气的对流越微弱，隔热性能就越好。如果材料内的气泡较大或气泡之间的空气能相互流通时，热导率就较大。所以，优良的隔热材料不但应具有较大的孔隙率，而且其中的气孔直径应细小、分布均匀和各自封闭。但是，对于某些密度很小的材料，当密度低于某个极限时，热导率反而增大，这是因为孔隙过大甚至相互串通而导致对流换热加强的缘故。所以这类材料存在一个最佳的密度——热导率最小的密度，当密度超过或低于此值时，热导率将增大。

二、隔汽防潮材料

冷库用隔汽防潮材料要求蒸汽渗透系数较小，并有足够的粘结性，能牢固地粘合在隔热结构上。

1. 常用材料

(1) 石油沥青它是用石油原油炼制各种油品时产生的残渣，再经加工而成，系一种有机胶结材料，并有很好的防水性能。用作防潮层的有建筑石油沥青和普通石油沥青，它们的牌号和性质可见表 2-2。处于不同温度条件下的各种围护结构隔汽防潮层，要求采用不同标号的石油沥青 或与此相应配制的马蹄脂 来粘贴。用于库内低温部分的 要求针入度大、软化点低 使其在低温环境中不脆裂 在潮湿环境中不改变性能 如冷库内楼板、地面等处 宜采用 60 号石油沥青 但用于屋顶、外墙处 则要求其针入度小、软化点高 以免在较高的外界

气温下发生流淌。冷库工程中不得采用多蜡沥青材料。

(2) 冷底子油(沥青底漆)冷底子油是用石油沥青与挥发性溶剂(如轻柴油、汽油或苯)配制而成。在施工时将它涂布在防潮层的基层材料(如水泥、混凝土)上。由于它有良好的流动性和渗透能力,故能很好地掺入基层材料内,当溶剂挥发后形成一层沥青薄膜,提高了防潮层与基层材料的粘结能力;若涂于金属、木材表面,可用于防锈防腐。它的配比见表 2-3。

表 2-2 石油沥青性能指标

名称及标准号码	标号	针入度/ 0.1mm	伸长度/ cm	软化点/ °C
		25°C,不小于	25°C,不小于	不小于
普通石油沥青	140(旧 1)	121~160	100	25
	100(旧 2)	81~120	60~80	40
	60(旧 3)	41~80	40~60	45
建筑石油沥青	30(旧 4)	21~40	3	60~70
	10(旧 5)	5~20	1	90~110

表 2-3 冷底子油的用料配比(重量比)

成 分 用 途	沥 青		溶 剂	
	10号、30号	60号	轻柴油	苯
喷刷在终凝前的水泥 基层上	40	—	60	—
	—	55	45	—
喷刷在终凝后的水泥 基层上	50	—	50	—
	—	60	—	40
涂刷在金属表面上	30	—	70	—
	35	—	65	—
	—	45	—	55
	45	—	—	55

(3) 马蹄脂(沥青胶)为了提高沥青的耐热性,改善低温时的脆性和节约沥青用量,常有沥青中掺入一些填充料(如碱性矿物粉、石棉等,一般 10%~30%)、增韧剂(如桐油)和溶剂,这样配制出来的材料叫马蹄脂。根据使用温度的不同,可分为热用和冷用两种。隔热结构中一般都使用热用马蹄脂,它是将石油沥青加热融化后加入填充料配制而成,必须在融化状态下(约 180°C)使用,主要用于粘贴多层油毡或聚苯乙烯泡沫塑料。

(4) 石油沥青油毡石油沥青油毡(简称油毡)是用低软化点石油沥青浸渍原纸,然后用高软化点石油沥青涂盖油纸两面,再撒以撒布材料所制成的一种纸胎防水卷材。按原纸重量(g/m^2)的不同,分为 200号、350号和 500号三种标号;在冷库隔热结构中,应选用不低于 350号(宜用 500号)的粉状撒布材料面油毡,它的技术性能指标见表 2-4。

表 2-4 石油沥青油毡技术指标

指标名称	350 号粉毡	500 号粉毡
每卷重量/kg	≥28.0	39.0
每卷总面积/m ²	20 ± 0.3	20 ± 0.3
浸涂材料量/(g·m ⁻²)	≥1000	1400
不透水性:压力/MPa	≥0.1	0.15
保持时间/min	≥30	30
吸水率(%)浸水 24h 后	≤1.0	1.0
抗热稳定性,85℃加热 5h	涂盖层应无流淌和集中性气泡	
拉力/N,(18 ± 2)℃时,纵向	≥440	520
柔度(18 ± 2)℃时	绕在 D20mm 圆棒上无裂纹	绕在 D25mm 圆棒上无裂纹

围护结构所用油毡要求外形整齐,无孔洞、裂纹、折皱、水渍及影响不透水性的其它外观缺陷,尺寸和重量均应符合规格。使用时,须将油毡表面的防粘撒布物清扫干净,以免影响粘贴。

(5) 乳化沥青它是石油沥青在乳化剂水溶液的作用下,经乳化机强力分散(沥青颗粒 1 ~ 6μm)而成的乳化液。在涂刷后,水分蒸发凝聚成密实的膜状防水层。它的配比(重量比)是:60号沥青 37.5、10号沥青 12.5、平平加 1.5、聚乙烯醇 2、烧碱 0.5、水玻璃 0.8和水 50。这种涂料成膜块,与基层粘结牢固,涂膜的强度较大,主要用于冷库地下室防渗和屋面防水。它还可与玻璃毡片配合使用,做成二毡三乳屋面防水层;与二毡三油相比,工料费可节省 50% 以上,防水材料重量减轻 79%。

(6) 再生橡胶沥青油毡它是一种不用原纸作基层的无胎油毡,系用废橡胶粉、高标号石油沥青和掺合料(轻质碳酸钙),经脱硫后,在炼胶机上混炼,然后在压延机上压延而成的卷材。它的特点是具有良好的低温柔性、耐热性、耐水性及较好的化学稳定性和抗霉性。一层再生橡胶沥青油毡能代替一般的二毡三油;它主要用于冷库工程的防水层和建筑物变形缝的防水等。

(7) 沥青防水油膏及稀释涂料防水油膏是以石油沥青为基料配制而成的一种黑色冷用嵌缝的防水材料,主要用作各种预制屋面板接缝和大型墙板拼缝的防水处理。按不同的耐热度要求,分为南方用、北方用两种,其配比见表 2-5。

表 2-5 沥青防水油膏的重量配比

种类	60 号石油沥青	松焦油	硫化鱼油	重松节油	石棉绒	滑石粉
南方用	100	5 ~ 15	20	60	87.4	131.3
北方用	100	5 ~ 15	30	60	66.5	155

沥青防水油膏也可用松节油、汽油或柴油作溶剂,稀释成涂料使用。涂于屋面防水时一般可刷 2 ~ 3 道。它的重量配比见表 2-6。

为防老化,涂最后一道时可掺 2% 的云母粉或铝粉。施工时,先用冷底子油涂刷一次,再刷油膏稀释涂料,涂层厚度约为 2 ~ 3mm。这种涂料性能稳定,耐热抗冻、防水、耐老化,价格

低廉 施工方便 效果较好。

表 2-6 油膏与溶剂的重量配比

配方	第一道	第二道	第三道
油膏:汽油	1:1	4:6	3:7
油膏:松节油	7:3	6:4	1:1

2. 塑料薄膜

在冷库建筑的防潮层施工中，粘贴聚乙烯薄膜的常温施工法（用双面胶带纸粘贴，施工简单，毋需加热处理）在我国已有使用，至于用在阁楼稻壳隔热层的隔汽防潮方面更为普遍。常用的是 0.1~0.2mm 厚的聚乙烯薄膜，宽度宜大，这样可减少接缝。这类薄膜密度小，无毒，水蒸气渗透系数小，有一定的机械强度、柔软性和耐寒性能。

3. 其他防潮、防水材料

(1) 水泥砂浆防水砂浆一般以水泥与砂子按 1:2~1:3 配比制成，主要用于砖砌外墙的抹面，以保护墙体不受风雨、潮气的侵蚀，提高墙体防潮、防风化、防腐蚀的能力和耐久性。

(2) 聚氯乙烯胶泥它是以煤焦油为基料，加入聚氯乙烯树脂、增塑剂、稳定剂及填充料，经混合后在 130~140℃ 塑化制成的一种热施工防水接缝材料。它的用料配比见表 2-7。

表 2-7 聚氯乙烯胶泥重量配比

材料名称	重 量 比	
	I	II
煤焦油	100	100
聚氯乙烯树脂	10	15
苯二甲酸二丁酯	10	15
硬脂酸钙	1	1
填充料	10	15

这种胶泥配制简单，施工方便，且具有良好的防水性、粘结性、弹塑料和防寒性（-30℃）常用作屋面板防水嵌缝材料。

(3) 氯乙烯水泥地面涂料它是以过氯乙烯树脂为基料，加入增塑剂（苯二甲酸二丁酯）填充料 300 目工业用滑石粉 筹经混冻切片后 掺入 210 号松香改性酚醛树脂，溶于溶剂（丙酮、苯）中而制成的新型涂料。它的特点是干燥快 有很好的耐磨性 附着力强 有优良的防水、防潮和耐老化性 可涂于冷库水泥地面和楼面上 有防止地面起尘和防水作用 也可用于屋面防水。

(4) 聚氨酯粘结剂（预聚体）可用于隔汽防潮材料的粘贴，粘贴时不需要加热，常温下即可施工。但应配调好固化时间，若固化时间过长会影响施工。

应特别注意，有许多防水材料不能用于冷库的隔汽防潮（如建筑涂料 851 等）因有些材料的异味或色素会渗入食品内，这些异味、色素都会影响食品的质量。因此，在选用隔汽防

潮材料时，必须是经过使用证明是可用的材料，或是经过鉴定的可用材料。

三、隔热工程施工

首先必须按设计规定采用隔热材料，它的物理性能如抗冻性、导热率、吸水率、密度和机械强度等均应满足设计要求。在施工之前，必须做好防雨措施，防止雨水淋湿隔热层，这在雨季施工时尤其应该注意的。在充填稻壳等易燃性隔热材料时，在同一房间内严禁吸烟和进行电气焊作业，以免引起火灾。

1. 软木板的铺贴

为了保证软木隔热层的质量，必须选用合格的软木和适当配比的石油沥青作粘结剂。软木板的密度应不大于 210kg/m^3 ，干燥状态下的导热率不大于 $0.21 \times 10^{-3} \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。铺贴时其质量湿度应不大于 4%。对于冷库楼地面宜采用针入度为 60 的石油沥青，外墙、屋面则宜采用 10~30 号的。如遇沥青标号不适时，可用两种不同标号的沥青混合配制。融化沥青的温度不得超过 220°C ，也不能低于 160°C 。使用时将已融化的沥青注入沥青盘内，盘下用木炭或电炉加热，使沥青温度保持在 $160 \sim 200^\circ\text{C}$ 。

(1) 铺贴地坪、楼板的施工

1) 准备工作。铺贴前先检查基层的平整度，要求防潮层必须贴实，无高低凸凹现象，并将预埋件按位置做好，注意不漏做或做错。

2) 预拼。为使软木在铺贴时能与基层或互相之间紧密接触，不留空隙，铺贴前要进行预拼。预拼时，遇到柱脚、设备基础等突出物时，应将软木板锯成能与突出部分相吻合的形状。软木之间拉缝的缝隙不超过 3mm，如果缝隙过大，要进行刨光，以保证缝隙严密。如果发现基层不平时，可将软木板加工，使之能与基层凸凹处相适应，达到粘贴密实。预拼时每层软木间都要错缝铺贴。

3) 铺贴。当软木板预拼已进行一定距离，上下工序已能连续操作时，即可开始铺贴。先将预拼好软木板依次每 4 块堆成一叠，放在一边以便铺贴。然后用 $150 \sim 170^\circ\text{C}$ 的热沥青浇在要铺的软木的防潮层上（厚度约 $1.5 \sim 2\text{mm}$ ，沥青用量 $1.5 \sim 2\text{kg/m}^2$ ），用橡皮刮板将热沥青刮平。在此同时，用铁叉将软木板浸入热沥青盘内（盘比板略大），使软木板五面均粘满沥青，然后取出铺贴到地坪或楼板的已刮好沥青的部位上，使上下两层热沥青结合，并经挤压使缝隙达到设计要求后取下铁叉。每铺好一块后应放两组压块（每组用四块红砖扎在一起），压实约 15min。铺贴时从缝间挤出的沥青必须随时趁热扫净，以免冷却后形成疙瘩，影响平整。当沥青冷却后，可用木锤敲击，如发现空鼓声即为铺贴不实，当超过一块软木板的 $1/3$ 面积时，则应进行返工。

4) 刨光。当第一层软木板贴妥后，如有高低不平情况，须用木刨刨平，由木工持靠尺检查，不超过 0.5cm 即为合格。

5) 灌缝。刨平后对超过规定的缝隙，用碎软木拌沥青塞紧缝隙。

6) 铺贴下一层。在上一层上面涂刷一遍热沥青，如上述方法错缝铺贴下一层。当最后一层软木板贴妥后，同样在外面涂刷一遍热沥青，使每块软木板的六面都有一层沥青包裹，软木板之间则有两层沥青。

(2) 铺贴内隔墙的施工

1) 铺贴软木前应先立木龙骨，例如竖向木龙骨 $60\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，中距 800mm，横向木龙骨

50mm×50mm、中距 1000mm 再将 20mm 厚木板钉固在木龙骨上，面刷冷底子油两道。

2) 预拼过程中要保证软木平整，缝隙严密，同样要求平直错缝。每预拼好一块立即进行铺贴。先在铺贴部位用棕刷沾 160℃热沥青刷一道，同时如上法将软木沾上沥青后铺贴于此部位上。铺贴完成后用斜撑压实，经检验合格后进行刨平，并对超过 3mm 的缝隙用软木片沾热沥青塞缝。

3) 根据木龙骨位置，用竹钉将软木钉牢，以增强墙面隔热层的整体性。

4) 作一毡二油隔汽防潮层，刷上热沥青，然后洒上中砂或瓜米石，再粉刷 15mm 厚 1:2 水泥砂浆，最后刷大白浆两道。

5) 一般的作法是在软木层上做钢丝网水泥砂浆抹面，在拉钢丝网时，应注意不能将隔汽防潮层碰破。

(3) 楼板倒贴软木施工

1) 在模板上湿铺水泥纸袋一层，在袋纸上铺 15mm 1:2 水泥砂浆，同时铺贴第一层软木（这层软木的每一块底面都用热沥青沾一层瓜米石），将它压实于水泥砂浆上。

2) 第一层软木铺贴完毕后，在上面涂刷一遍热沥青，然后用热沥青铺贴第二层及以上各层的软木，视隔热层的厚度而定。

3) 在铺最后一层软木前，将楔形木块用热沥青粘牢于软木上。楔形木块中距视软木规格的宽度而定，楔形木块穿有中距为 400mm 的 D6mm 钢筋，用于与钢筋混凝土楼板锚固。然后铺该层软木，软木与楔形木块的接触面要割成口，以便卡在楔形木块上。

4) 软木全部铺贴好后 在它的上面浇热沥青一道（或贴一毡二油）并压入一层瓜米石，沥青冷却后清除浮离瓜米石，然后绑扎钢筋及浇注混凝土楼板。

5) 拆除模板，清除水泥袋。

由于冷库是密闭建筑，而库内铺贴软木又要使用大量沥青，因此在施工过程中必须防止沥青中毒。除了强调施工人员配备安全防护用品和工间休息换气外，在现场必须采取积极的通风措施。

2. 贴聚苯乙烯泡沫塑料

聚苯乙烯泡沫塑料吸水后，隔热性能下降，故铺贴时应尽量使用原块。如要裁割，一定要用电热丝切割 采用 19 号电阻丝 电压 5~12V，温度一般控制在 200~250℃ 这样在切割口表面可形成一层封闭性熔融硬膜。只有在条件不许可时才采用锯割（最好用高速无齿锯）但其锯割口表面要均匀涂布防水材料。

用热沥青粘贴聚苯乙烯时，热沥青的温度应控制在 55~70℃（采用水浴）如温度过高会使泡沫塑料烧融。如果用冷汽油沥青作粘结剂，汽油与沥青的重量配比不应低于 0.3:1。稠度过小时汽油挥发后干缩较大，会使粘结层形成空隙，降低了隔热效果。用冷沥青粘贴泡沫塑料后 应放置 24h，待汽油充分挥发后再做隔汽防潮层。

粘贴聚苯乙烯泡沫塑料的材料，尚有以下几种化学粘结材料，它施工方便，但费用较贵。

(1) 环氧树脂粘结剂它的重量配比为：634 号环氧树脂 100 增塑剂 (DBP)30 二乙烯三胺 6 (夏天)、8 (冬天)

(2) 环氧胶泥它的重量配比为：6101 环氧树脂 100 苯二甲酸二丁脂 12 乙二胺 14 二甲苯或乙醇等 20 石英粉 80。在环氧树脂中先加入二甲苯或乙醇，再加苯二甲酸二丁酯，拌

匀后撒入石英粉料 搅拌均匀 用前加入乙二胺 待作用 5~10min 即可使用 须在 1h 内用完。

(3) 聚氨酯粘剂——101 胶它是一种由甲、乙两个组分调合的室温固化粘剂，适用于潮湿场合。为了降低费用，可在胶水中掺入为胶水重量 1.5~2 倍的 500 号水泥 搅拌均匀后，用以粘贴聚苯乙烯泡沫塑料。粘贴时可用点粘法，即在每 m^2 泡沫塑料上粘 20 点，以节约用料。

3. 铺砌泡沫混凝土和加气混凝土

砌块应力求干燥，在制造过程中尽量避免产生裂纹。锯割砌块时应事先划线，锯口要求整齐平直。砌块应按设计规定采用石油沥青铺砌，每层砌体之间在纵横方向均应错缝，不得有直通缝。砌缝宽度应控制在 5~6mm 内，并应灌满沥青不留空隙。在竖缝灌热沥青时，应把砌块加以支撑，以免造成位移。

4. 膨胀珍珠岩混凝土屋面隔热层做法

先按体积比将膨胀珍珠岩和水泥 (2:1) 干拌均匀后，再加水 (1.6) 重新拌合均匀 运到屋面直接浇灌，用铁锹和木夯轻度夯实达 6cm 厚。等珍珠岩混凝土强度达 50% 时 在面上用 1:2.5 水泥膨胀珍珠岩浆作 2cm 找平层。待找平层干透后，即可在其面上铺贴油毡防潮层。

5. 聚氨酯保温

目前随着聚氨酯价格的下降，对那些建筑面积不太大的冷库以及高温冷库（因为与外界温差小，厚度要求不高），通常采用聚氨酯发泡板粘贴和聚氨酯现场发泡喷涂法来做隔热层。

四、防潮、隔汽工程施工

1. 准备工作

1) 使用的石油沥青及油毡必须符合质量要求。

2) 防潮层的基层应符合抹面工程的要求，表面要光滑平整。施工时基层的质量湿度不得超过 6% (抹面后约一星期) 基层表面温度不低于 15°C ，以防止日后防潮层脱落。基层在转折变化时应作成圆弧形，以免折断油毡。在此基层上先刷冷底子油一道。

3) 在铺贴前，应将油毡边缘部面的浮面污物及表面上的云母粉或砂粒扫除干净。

4) 融化沥青时先在锅内加入 50% 的沥青 加热至融化后再加入 30% 的沥青 待融化后再将其余的陆续加入。融化沥青时要注意安全，在融化处应设置泡沫灭火器、湿草包及锅盖等。万一沥青燃烧时，应先用锅盖将锅盖上，上面再铺湿草包，并马上撤火。待炉灶内全部熄火后 慢慢打开锅盖 再加入一些沥青块 使锅内温度降低 就可恢复正常工作。

2. 铺贴油毡

1) 施工时气温应不低于 5°C 露天施工时应避免日光曝晒 以防引起沥青粘结材料的流淌。

2) 铺贴油毡时，应从下往上贴，这样可做到顺水。反水的作法是不允许的。贴毡时如遇门、洞 应将油毡剪开 弯进去 15cm，以便安装门框和洞框时可以卡牢密闭。

3) 铺贴油毡时，各层油毡的搭接宽度不得小于 10cm 并应注意碾平压实 使油毡和基层紧密粘贴 (最好用喷灯烤热压实) 油毡搭接缝口需用热沥青仔细封严。

4) 屋面采用油毡铺绿豆砂时，必须将绿豆砂炒热并用滚子压实，将豆砂压入沥青内，防止流失。

目前采用的新型防潮、隔汽材料 SBS 铺贴起来非常方便。可用喷灯边加热边铺贴 铺

贴过程中一定要注意接缝处要压实。SBS 目前有取代传统铺贴油毡的趋势，只是造价比较高。

3. 检查验收

冷库的防潮层施工特别重要，因此在每一工序完毕后应按规定进行验收，必须合格后才得进行下一工序。验收时应注意下列各点：

- 1) 层次是否密实，是否连续而无中断处。
- 2) 防潮层上有无起泡、起壳、裂缝、脱层等现象。
- 3) 在转角处有无锐角及折损现象。
- 4) 接头处是否密实，油毡是否压实。
- 5) 有无机械损伤及塌落等现象。

五、冷库门制作与安装

1. 冷库门简介

冷库门是可以活动启闭的隔热围护结构，要求轻巧、启闭灵活、密封性好、热阻大和容易修理。所以，一般选用强度高、质轻、耐低温、隔热性能好和不易变形的材料制作。它包括门扇、门樘、密封条和门五金件等部分。

门扇是由骨架、隔热层和面层等构成。骨架用角钢或木材制作；隔热层用泡沫塑料或软木制作；面层用镀锌铁皮、铝板或普通钢板（表面油漆）、玻璃钢板等制作。

门樘是由毛樘、净樘和筒子板构成。毛樘与墙壁相接为承重构件；净樘安装五金件及门扇；筒子板保护隔热材料及作装饰用。

橡胶密封条是利用其弹性使门缝密闭。为防止密封条冰冻，在密封条旁边装设电热丝。

五金件包括碰锁、拉手、门轴等，是固定和开启门扇的零件，安装在门樘和门扇上。

冷库门规格见表 2-8。库门的厚度，视选用隔热材料的性能和库内外温差不同而异，如采用聚苯乙烯泡沫塑料作隔热层，门扇两侧的温差大于 40℃ 厚度为 150mm，门扇两侧温差小于 40℃ 厚度为 100mm。当两侧温差大于 5℃ 且有一侧的房间温度低于 -5℃ 时，门上须设有电热防冻装置。

表 2-8 冷 库 门 的 规 格 (mm)

规格 型号	门洞净空尺寸		门扇尺寸		墙体洞口尺寸		备注
	宽 B ₁	高 H ₁	宽 B	高 H	宽 B ₂	高 H ₂	
LM1	1200	2000	1350	2050	1540	2160	通行手推车使用
LM2	1500	2200	1650	2250	1840	2360	通行电瓶铲车用
LM3	1000	1800	1150	1850	1340	1960	冷库、小型冷库用
LM4	1200	2500	1350	2050	1540	2660	通行吊运轨道用 轨道小门的宽高
			440	480			

图 2-15 所示为冷库门门樘的构造。它必须具有防止“冷桥”的措施，以避免冷库门附近的墙壁、地坪产生结露、凝水和冻融现象。

冷库门的式样有多种，图 2-16 所示的钢骨架形式使用较多，它是由门扇及碰锁、门轴、外

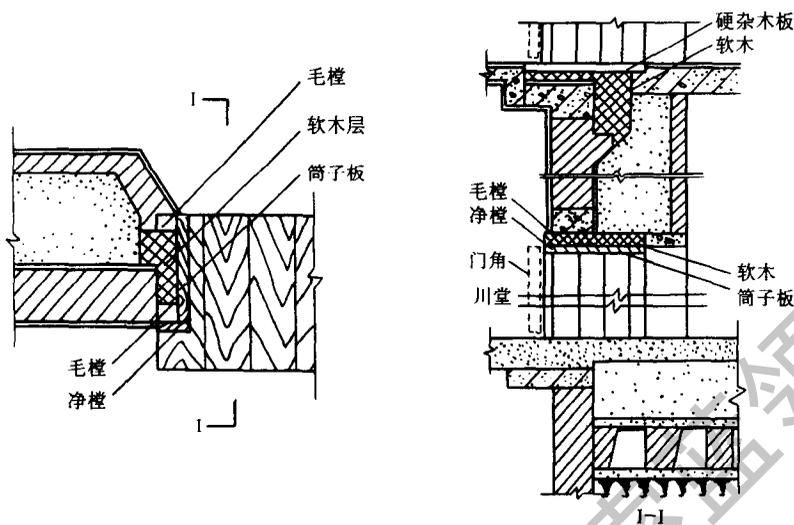


图 2-15 冷库门榫隔热处理示意图

拉手动门和内推把等五金件构成，采用角钢作骨架，铁皮作面层。这种冷库门必须做好铁件的防锈处理，表面层也可以采用硬质塑料板；但要注意塑料板的焊接质量，防止产生冷缩裂缝。

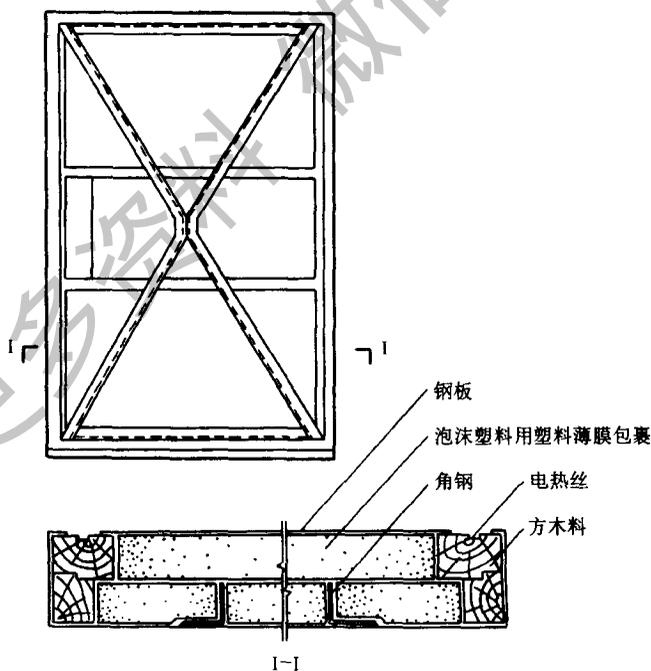


图 2-16 钢骨架冷库门

图 2-17 是用纤维增强塑料作门扇的框架和面板的玻璃钢冷库门，具有轻质、高强度、耐腐蚀和易加工成型等特点 而且隔热防汽性能也很好 节省钢木骨架材料 但造价比较高。

图 2-18 是电动冷库门，它由电动机通过减速器与链条传动将门启闭。这种冷库门对冷

库采用机械化装卸运输，提供了有利条件。电源开关可以装设在距门内外各 2m 顶板下 用拉线开关控制 拉动拉线开关 门即自行启闭。

门的开启，通过继电器来限定行程，门开启到限定位置时便由继电器切断电源。

门在关闭过程中如遇障碍物，设在门框边上的微动触点即闭合，使正在关闭的门立即向反方向开启 确保安全。

装有风幕时，风幕随门的启闭而运转、停止。

门扇、门框及门槛位置均装设防冻电热丝，门导轨有两个倾斜面，使门扇关闭时向门框方向压人和压下。同时在门两下角装有内外导轮，关门时通过楔块的作用把门迫向门框 以达到紧贴密封。

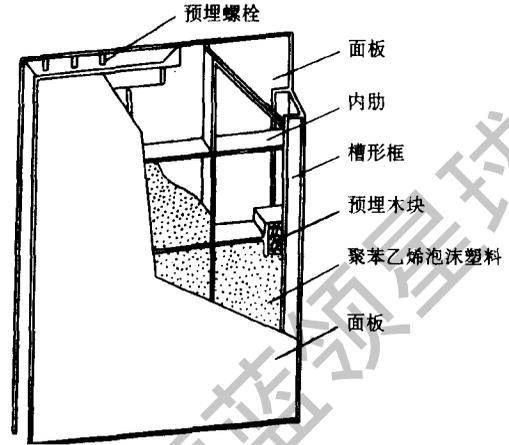


图 2-17 玻璃钢冷库门

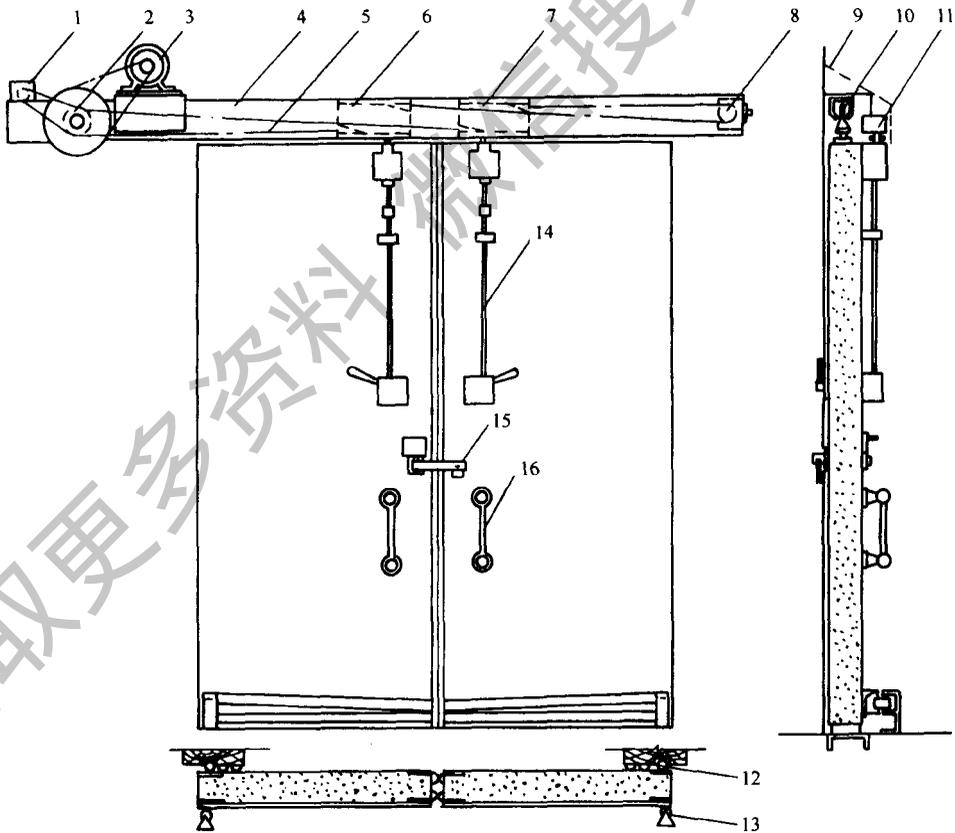


图 2-18 链条电动滑门

- 1—行程限位开关盒 2—V 带轮 3—电动机 4—主梁 5—套筒滚子链 6—左滑瓦
7—右滑瓦 8—拉杆链轮 9—导轮外罩 10—门导轨部件 11—链条导轨部件
12—内导轮 13—外导轮 14—脱拨杆 15—门门搭扣 16—拉手

遇故障或停电时，通过脱拨杆的装置便可推门拉手开门；门锁上以后，因门扇中装有断路开关，起连锁保护作用，使驱动电动机不能通过拉线开关启动；门扇搭扣是通过安全螺杆固定在门扇上的，万一人员被锁在库内时，可以从库内拧动安全螺杆，脱下搭扣开门，避免事故。

此外，还有光电自动开关电动门的装置，利用一个光源灯发出光源，被光电管所接收，人或货物通过时，只要把光源灯与光电管之间的光线隔断，电动门便自动启开或关闭。

遥控自动门是由机械传动和电气控制两部分组成，配备遥控发射接收机。当装有发射机的铲车接近门时，库门的接收机收到信号，通过电气转换自动控制门的开启，发射信号消失即自动关闭。这种门可作手动、自动及遥控操作。

以上都是对普通冷库门的介绍，当冷库是气调式冷库时，普通的冷库门就达不到气密的要求，所以在普通冷库隔热门的基础上，对气调冷库门进行密封处理。处理方法一般有二种：第一种方法是在冷库隔热门里再设置一道活动的气密门，这种门可用金属和木材制作，可以是隔热的，也可以是不隔热的。用铝合金材料制作可得到既牢固又轻巧的门，气调冷库门构造如图 2-19、图 2-20 所示。

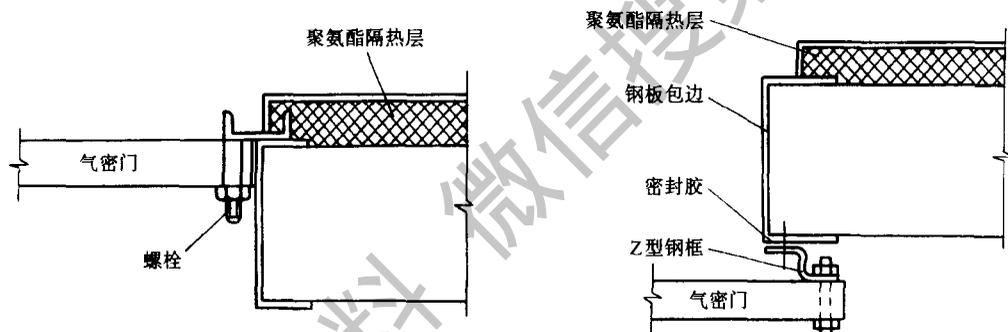


图 2-19 气调冷库门构造之一 图 2-20 气调冷库门构造之二

气调冷库门的底座与地板交接处用合成密封胶密封，也可用一根角钢铆接在地板上，并涂上密封胶，以保持门底部良好的气密性。

第二种方法是把冷库隔热门与气调冷库门合为一体使用，封门时用预先设置在门框板上的压紧装置将门压紧，达到气密效果。采用压紧装置的气调门如图 2-21 所示。

在气调冷库门上应设一个检修门，尺寸为宽 600mm 高 760mm，以供人们在压力测试期间和气调库运行期间进库取贮藏样品、添加石灰袋以及进行简单的维修等工作之用。该门一般用丙烯酸板或玻璃窗通过双头螺栓和螺母扣紧在气调门的面上。还有一种铰式检修门，用密封垫圈密封，使用比较方便。

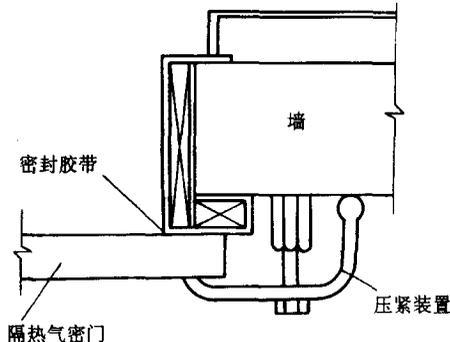


图 2-21 采用压紧装置的气调门

2. 手动旋转定型冷库门的制作和安装

(1) 门扇

1) 材料选用。一般建筑钢材和经干燥处理的一级红松、杉木或材质相近的木材。

2) 面层。采用 1~1.5mm 厚镀锌铁皮或普通钢板，接缝可用咬口接或对缝焊，接缝要求光滑平整。

3) 骨架。门扇的骨架采用角钢制作，其平面误差不大于 3mm 对角误差不大于 2mm。

4) 隔热层。采用聚苯乙烯泡沫塑料外包聚乙烯塑料薄膜，热焊密封，分层错缝装入。

5) 油漆。所有铁件表面均刷防锈漆两道 门扇外表面喷(刷)浅色醇酸磁漆两道。

(2) 五金碰锁、外拉手、内推把表面均应镀锌，其它五金零件均喷(刷)与门扇同类油漆两道。

(3) 密封条采用软质空心橡胶密封条。

(4) 门樘毛樘不外露部位涂防腐柏油两道，其余部分如净樘和筒子板等均涂与门表面同类的油漆两道。

(5) 安装

1) 先将电热线、密封条、碰锁、外拉手、内推把、门轴等五金零件按设计要求装在门扇上(在制作门扇时要在门框上预先装好螺栓)

2) 修正毛樘，以保证净樘安装平直，毛樘与净樘之间垫一层矿棉毡使之结合严密无缝隙。

3) 将五金零件按设计要求装在净樘上，并在净樘上钻好木螺钉孔，然后装立净樘。先用少量木螺钉将净樘按设计位置临时固定在毛樘上，再将门扇装入固定在净樘上的上下门支座中，反复调整各五金部件及密封条的位置，达到开关灵活、四周门缝密闭。如果发现误差较大，则应将净樘拆下重新调整再安装，直到全部合乎设计要求，最后再用全部木螺钉将净樘固定在毛樘上。

第四节 冷库建筑维护

一、冷库建筑常出现的问题

冷库维修前，要详细调查研究冷库建筑的损坏情况及其产生原因。不仅要在生产使用条件下进行工程检查，而且在停产升温后还须进行复查，进一步核实工程损坏的程度和需要维修的范围。

冷库的维护检查要注意的问题如下：

1) 建筑损坏情况，一般可以从冷库承重结构和维护结构表面的损坏状态，以及在生产使用中出现的不正常现象来判断。较常见的不正常状态和现象有：

外墙壁面局部或全部泛潮；外墙开裂，隔热层酥落；内隔墙结厚霜或结冰，墙壁体冻臃或酥落。

低温库上面的高温库地面结冰霜或积水，墙角、柱脚结冰霜；低温库下面的高温库平顶结霜或滴水。

降温达不到设计要求，在停止降温以后库温很快上升。

库内地坪冻裂、冻臃、承重结构如梁、板、柱有裂缝及酥松。

库内各处出现较多的冷桥、凝水或结霜，屋面防水层老化损坏，冷库门损坏，地下室

积水，以及基础不均匀下沉。

2) 在隔热层损坏较严重处 应设法挖取试块 测定含水率 检查材料的隔热性能。

3) 钢筋混凝土外露结构的损坏，在冰封状态下检查较困难，可采用局部加热方法融化其表面冰冻层后 鉴别其质量。如认为可疑时 则应取试块 在融冻后通过试验 检查混凝土的质量。

4) 当发现承重结构有较明显的损坏时，应对较严重的损坏区段采取临时措施，防止结构在升温解冻后造成事故。如地基或地坪冻臃 应测定其冻土深度。发现墙、板、梁、柱等部位有裂缝时可用石膏等填料作好标记，观察其发展情况，做好记录以便分析原因。

5) 为便于复查，可以在升温后根据需要拆卸部分外部构造层，但拆卸工作必须有计划有步骤地进行。在拆卸过程中，应对主体结构认真地进行检查，主要检查混凝土的强度、裂缝，钢筋锈蚀以及损坏部位的周围情况等。对结构荷载能力有怀疑时，可做荷载试验。如发现与初步检查情况有出入时，可重新挖掘取试样进行分析。

二、针对出现问题采取具体措施

1. 结构工程加固处理

(1) 结构工程维修应根据结构的损坏程度采取不同的措施当损坏情况严重，并继续发展致危及建筑物的安全时，须立即停止生产，进行全部或局部的加固处理。当损坏情况虽严重，但估计一时尚不致产生危险时，一般采用钢的或木的构件将损坏部位支撑和加固，并对损坏部位进行定期观察 做出记录 作为大修的依据。

(2) 承重结构的加固处理钢筋混凝土结构，在负温条件下长期工作后，强度一般都有所降低，维修设计时应以实测的强度为依据。

(3) 梁、板、柱承重结构的补强加固工作 应在 10°C 以上条件下进行因此，维修设计可按一般建筑结构补强加固的方法进行处理。对于少数的构件或小面积的损坏，可以在尽量不影响生产、不升温的情况下 采用型钢修补加固。

当裂缝很小并已不继续发展 可将裂缝清刷干净 用热沥青 漆类或树脂类填塞封闭。

(4) 钢筋混凝土加固工程要做好下列工作：

1) 对所有需要凿除的部分，应做好记录，凿除的截面应符合设计要求。

2) 在旧混凝土上浇捣新混凝土，应先将旧混凝土的表面凿毛并用钢丝刷将残留的灰渣、杂物等清扫干净 然后用压力水冲洗。在浇捣新混凝土前 旧混凝土应保持润湿 并刷一层水泥浆。

2. 墙体裂缝处理

首先查明产生裂缝的原因。对因基础不均匀沉陷，砌体强度或稳定性不够等而产生的裂缝，应从根本上采取措施解决。

当裂缝的宽度不至引起隔汽层破坏 并已不继续发展时 可将裂缝用嵌缝膏、沥青、麻布或环氧树脂、砂浆等嵌满缝隙 不作其它加固处理 但应定期观察有无变化。

当裂缝宽度继续发展有破坏防潮隔汽层、影响隔热效果时，必须采取措施，防止裂缝继续发展。当裂缝发展危及安全时，须立即采取措施进行大修。

3. “冷桥”处理

为了避免形成“冷桥”应保证隔热层的整体连续性 不能中断。

根据冷库各个相邻间的不同温度、湿度情况，在楼板、梁、柱子、内墙和外墙的有关部位，设置 1.2~1.5m 宽的防止“冷桥”隔热带，并做好防汽处理。隔热带一般应设在高温侧，如果高温侧水分较多，或者构造上与设于低温侧的隔热层不能连成整体时，隔热带应设置在低温的一侧。

如有梁或板伸入墙内，当墙为内承重墙，且位于温差大于 5℃ 的两库之间时，应在该梁或板的边缘做 100mm 厚、1.2m 宽的软木隔热带。如墙体是外承重墙，则应做不小于 1.5m 宽的软木隔热带，以防止“冷桥”。

砖或钢筋混凝土的外衬墙或内隔墙，应在地坪钢筋混凝土面层上砌结安装，不得穿入地坪隔热层内。

松散材料隔热层的阁楼层，由于梁体占去隔热层的厚度，或者由于钢筋混凝土的柱穿越隔热层而降低热阻时，应在梁柱的部位改用高效能的隔热材料，或采用局部加厚隔热材料的办法，以满足该处热阻需要。

4. 管道穿墙或楼板的构造处理

管道穿越墙或楼板时，应按工艺管道标高和尺寸预留孔洞，如属低温管道，其洞口须包括隔汽层、防水层和隔热层、保护层的厚度在内。洞壁宜用经过干燥、防虫防腐的木材制成。墙、楼板的隔汽层、防水层应与管道的隔汽层、防水层严密封合，也可各自单独设置，但要保证墙或楼板隔热层的密封性。

不作隔热处理的管道，在穿过两侧有 5℃ 以上温差的墙壁、楼板时，必须在洞的两侧各包不少于 1.2m 长的隔热层，以免形成“冷桥”，造成滴水结霜现象。

管道的吊点必须预埋在有关构件内，避免在楼板或墙壁上临时打洞，维修时也应尽量利用原有的吊点。

冲霜给水管等经常充水的管道，其吊点不能设在负温库的围护结构上。

照明及动力电线不宜用暗线，并应尽可能不穿越易燃的隔热层。若必需穿越时，应预埋穿线套管，套管应作防止“冷桥”和防潮汽处理。

5. 冷库地基或地坪冻融的修复及防止融沉

地基和地坪冻融，能使地坪开裂，墙壁歪斜，楼板、梁、柱帽出现裂缝，隔热防潮层拉断，冷库门关闭不严，最后可能使整个冷库结构损坏。所以，如果发现冷库地基和地坪冻融，须要立即采取修复措施。

(1) 地基冻融的原因

1) 冷库生产使用管理不善，水分侵入隔热层致使隔热层失效；库温过低，超过设计要求而引起地坪冻融。

2) 地下通风加热系统管理不严，没有按时进行热源循环，或地下通风管道灌进水分；在冬季没有预热空气吹入地下风道而引起地基土壤冻结。

3) 防冻工程质量低劣，如供热管道沉降脱节、折断和管道裂漏，使防冻系统无法正常运转使用。

4) 设计时考虑不周，如选用防冻措施不当，隔热层热阻不足，地下加热管道布置不当或排水不畅等。

地基和地坪冻融的修复，主要是对已经冻结的土壤进行解冻，然后再针对建筑物被损坏

的情况进行修复。地坪解冻时，必须非常缓慢，使地坪内的冰结晶逐步全部自然地返回周围的土壤中。如果解冻过速，地坪下面的冻土将同时从上层和下层一起融化，这样，大量的水分积存于地坪与冻土之间，不可能完全被土壤所吸收，致使土壤被稀释成糊状，丧失承载力，建筑物就有下沉的危险。在进行解冻过程中应不断地测量冷库柱体和地坪的水平位置，并根据测量结果控制解冻速度。

(2) 地基和地坪解冻的加热方法

1) 如冻结层较浅可以将库房温度适当升高，但要保持在冻结点以下，一般库温提高到 -4°C 左右并保持一定时间，冻土即由下部往上逐渐自然地解冻。

2) 如冻结层较深，则可向地坪下面的冻土施加人工热源。可用的热源有蒸汽、温盐水、热风、电热器等。

设有地下通风管的冷库，先疏通地下通风道，排除积水和杂物，然后对通风管吹热风或接管输送蒸汽 效果显著。如某 500t 冷库地坪用炉渣隔热，由于通风面狭窄，通风道通风不良加上生产管理欠善 约四年时间地坪冻臃 20cm 通风道中部温度下降到 -2°C 地坪和内墙开裂 隔墙倾斜 冷库门关不严。在维修过程中 每条通风道管输以锅炉蒸汽 使通风道保持 20°C 左右，在短时间内，地坪基本恢复了原状，经修补地面裂缝，冷库即可继续生产。又如南方某 3000t 冷库根据室外气温较高的有利条件，对自然通风管实行强制通风十天，并适当升高库温，冻土即融化，冻臃解除。

如图 2-22 所示的方法就是在冷库外面从地坪下水平方向插入装有电热器的管子，它可在生产状态下进行施工。但如果冷库面积大，施工作业就比较困难。

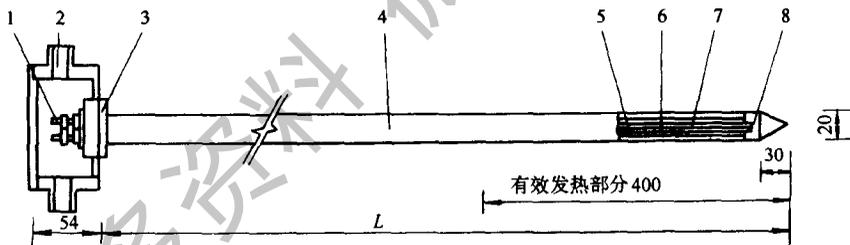


图 2-22 水平插入电加热器

1—接线柱 2—保护盒 3—凸缘 4—保护管 5—耐热绝缘壁 6—发热丝 7—发热体 8—耐热绝缘粉

为了防止电阻丝变形和氧化，在电热器的保护管与发热体之间用油或氧化镁填充。

如图 2-23 所示是垂直方向插入的电加热器。垂直插入法需要用钻机对地坪打洞，然后埋入加热管 施工灰尘较大 还必须挪动库存货物。

表 2-9 列出了电热法进行解冻的一些实例。大体上每 m^2 需要插入 30~40W 的电热器。采用人工加热器施工，其加热部分应位于冻臃土壤的下部，使冻土由下往上解冻，这样才能收到预期效果。

不论采用哪种解冻方法，都要适当地在地坪表面施加压力（堆砖块或堆铁块）以利冻臃变形部位恢复原状。

当地基冻结线已超过基础埋置深度，并引起结构比较严重的损坏时，地基解冻后必须对建筑结构另作专门处理。

6. 冷库门的维护

冷库门是库房货物出入必经的咽喉，当库门开启时，库房内外的冷热空气在此处进行交流，尤其是进门处的气温变化频繁而剧烈，在门及门洞周围的壁面、地板面、平顶等处常出现泛潮、滴水、结霜、结冰等现象，使门周围的构造冻酥、剥落、门缝被冻结，门扇、门框、密封条损坏，开启不灵。因此，冷库门、门洞及附近的墙壁、地面等是整个冷库构造中比较薄弱的地方。

冷库门应随时检查，至少每星期检查一次，铰链处要经常加油，如发现门缝结冰或关闭不严，要随时清除修理。门洞出现冷桥，须立即修理或更换门洞隔热带。门五金损坏，要进行修理或更换。门不密闭应立即调整封条。库内运输操作，要注意避免碰坏库门，并应设有防撞措施。

7. 不停产局部维修的措施

(1) 冷库地坪损坏可把损坏部分的酥散表层清理干净，把烤热的沥青砂铺在这个位置上，使冰霜融化或蒸发，将这些带有水分的沥青砂铲起，移出库外再行加热排湿，然后重复铺填。如此反复几次达到干燥为止，最后把沥青砂铺平拍实。

为了防止水气侵入锈蚀钢筋，在低温中修补混凝土裂缝可用瓷粉（瓷器碎片研磨成粉末）拌合生漆填补裂缝，面上加铺麻布条再用生漆涂面，干后不脆、不老化，比用沥青修补效果好。

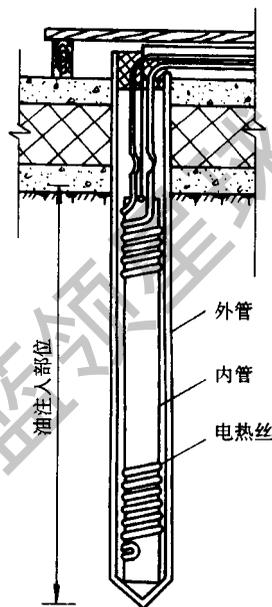


图 2-23 垂直插入电加热器

表 2-9 利用电热器修复地基冻胀的实例

例号	冷间地坪面积 /m ²	电热器的功率 /W	修复所需的总耗电量 /kW·h	需修复天数 /日
1	43.6	1600	2304	60
2	724	25200	33264	55
3	613	30400	54720	75
4	330	10400	18720	75
5	111	4200	7560	75
6	111	3200	6528	85

另外，封闭楼板裂缝还可用聚胺基甲酸酯涂料。它本身无强度，但耐低温，防水性好，是比较好的低温密封涂料。具体方法如下：

- 1) 将楼板裂缝凿成 V 形口。
- 2) 吹净灰泥后烘干。
- 3) 用环氧胶泥封闭 V 形口。
- 4) 表面涂三度聚胺基甲酸酯，聚氨基甲酸酯又称 7109 涂料。

(2) 低温下局部维修可采用低温砂浆或低温混凝土进行施工，采用快干抗冻剂配制，抗冻剂有两种：

1) 三乙醇氨 0.05%，氯化钠 0.5%，亚硝酸钠 1%。根据水泥用量按上述比例分别加入拌和使用。

2) 先配制相对密度为 1.29 氯化钙溶液和相对密度为 1.15 氯化钠溶液，然后根据不同的施工温度按砂浆或混凝土用水量将快干抗冻剂掺入配料用水中：

- 23℃施工温度，掺用 15%~18%氯化钙，加 5%氯化钠（质量分数）

0~-18℃施工温度，掺用 12%氯化钙和 3%氯化钠（质量分数）

水灰比掌握在 0.53 左右。

(3) 当维修面积较大时可用沥青砂浆砌筑临时隔墙，把维修位置与正常生产位置隔开，以便进行施工，尽量减少温度的影响。

(4) 地坪、墙面小面积的冻臃、裂缝可用电热恒温器进行保温修补，加快水泥凝固速度，保证施工质量。电热恒温器是用扁铁与铁皮做护罩，用软木或聚苯乙烯泡沫塑料作隔热层，罩内以电热丝加热，并接通触点温度计和继电器作为自动恒温装置。使用时，首先将损坏处清理干净，把电热恒温器的温度计触点调节到适当的温度，罩在修补处，使修补部位的温度升高到 15℃左右，然后将预先拌好的混凝土或沙浆补上，一次拍平抹完，再将电热恒温器罩上，保温 20h 待水泥硬化，即可恢复使用。

(5) 常温或局部加温保暖条件下的混凝土结构裂缝可用环氧树脂修补密封，防止水分侵入锈蚀钢筋。

其重量配比为：634 环氧树脂 100，二甲苯 15，乙二胺 10。

634 环氧树脂加热至 60~70℃融化后，冷却到 40℃以下，先加入二甲苯调匀，再掺入乙二胺调匀即可使用。

(6) 乙烯泡沫塑料隔热层可用 5011 尿酸树脂快速粘合修补。尿酸树脂按重量掺入 3%~5% 氯化胺拌和即可作粘结剂。泡沫塑料外面可包玻璃布，外涂掺入石膏粉的光油浆膏，表面磨光滑即竣工。

8. 冷库建筑防治白蚁的方法

白蚁对建筑物的危害很大。特别是在潮湿地区，当气温适宜时，白蚁蔓延很快。近年来，南方、北方地区的个别冷库已发现白蚁为患。对于有蚁患地区的冷库，可以参考下列措施进行灭患和预防。

(1) 灭蚁浆膏一般的粉剂、水剂及油剂灭蚁药，在冷库潮湿的木构件中容易失去其毒杀白蚁的性能，所以，在冷库环境中要施用浆膏类长效灭蚁药。

把灭蚁浆膏涂刷在有白蚁患的潮湿木构件表面或涂在白蚁集中活动的部位，每 m² 面积用 1kg 左右。

沥青灭蚁浆膏重量配比及配制方法如下：

氯化钠 40%

亚砷酸钠 10%

石油沥青 22%

汽油 28%

配剂时，可先配制成冷汽油沥青，然后将氯化钠、亚砷酸钠的准确称量放入冷沥青中搅拌均匀而成。

施药时要有严格的安全措施，须戴口罩和手套，用完要洗手，要严防药物毒性波及库内商品物资。特别注意药物应妥善保管存放。

(2) 冷库建筑预防白蚁害的措施

1) 新建冷库地基内如有枯木必须清除。发现有白蚁患应在治灭之后才可施工。白蚁猖獗的地方，要用 1%~5% 的氯丹或亚砷酸钠水溶液浇淋于建筑场地、墙基四周或与建筑物相接的地方设药物防护带，以达到预防白蚁成患的目的。冷库建筑中隐蔽的木结构全部木料，应用防腐防蚁药物处理后才可使用。

施工完毕要认真清除废木、木屑之类的白蚁嗜食物。建筑物回填土不能掺有这种诱饵物。

单层砖木结构小型冷库的阁楼层，宜采用通风阁楼，加强通风、采光条件，造成白蚁活动不利的环境。

除在库外设药物防护带以外，建筑物内部的关键位置，也要设药物防护带，加强防御能力。

2) 已投产的冷库预防白蚁的方法。环境要经常扫除，特别是要注意清理木料堆放场地，用“六六六”等杀虫剂喷洒阴暗潮湿的地方，预防白蚁生存。地面、墙边有裂缝时要及时修补，减少白蚁蔓延的途径。

9. 提高冷库防腐蚀及耐磨性能的措施

为了增加楼地板的耐磨性能，可参考采用以下几种措施：

1) 捣制混凝土或水泥砂浆面层时应撒上金属砂粒，增加表面的耐磨强度。

2) 用真空施工法以提高混凝土的表面硬度。

3) 在通道上面抹上带环氧树脂物质的水泥砂浆，使路面不滑并增加耐磨性能。

4) 在混凝土建筑层表面或有关部分涂刷硬化剂处理，使混凝土不易产生灰尘而增加耐磨性能。

5) 对于储存海产，咸鱼，咸肉和盐水制冰的冷库，建筑构造及制冷设备容易遭到氯化钠的腐蚀。防盐、碱腐蚀可用以下方法：

每隔两年地板表面涂刷两遍环氧防腐漆，按重量加 10% H-1 环氧漆固化剂，调配后如粘度大，可适当加上丁醇或二甲苯稀释。涂料切不可加热，混合后在 2h 内用完。环氧防腐漆每 kg 可涂刷 5m² 面积。

墙面、平顶及制冷设备，每隔二、三年涂刷两次偏氯乙烯涂料。每 kg 涂料可涂刷面积达 10m²。

三、冷库温度变化的幅度

冷库投产后的降温及维修升温，必须注意缓慢逐渐地进行，使建筑结构适应温度的变化，以及游离水分能全部得以排泄。冷库生产过程温度波动幅度也不能超过允许范围。

1. 投产降温要求

冷库各楼层及各房间应同时全部投产降温，使主体结构及部分建筑构造的温度应力及干缩率保持均衡，避免建筑物产生裂缝。

冷库投产前，应做空库运转，空库运转一次需要时间控制在 30 天左右。降温幅度一般在室温 + 4℃ 以上时，每天降温不超 3℃；室温在 + 4~ - 4℃ 时，每天降温不超过 2℃；

室温在 -4°C 以下时，每天降温不得超过 3°C 。具体措施如下：

- 1) $+5^{\circ}\text{C}$ 以上每天降 $2\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) $+5\sim \pm 0^{\circ}\text{C}$ 每天降 1°C 。当库房温度降至 $+4^{\circ}\text{C}$ 时，应暂停降温，即库温保持 $+4^{\circ}\text{C}$ 5~7 天，以利库内结构中的游离水分能尽量被冷却设备抽析出来，减少冷库的隐患。
- 3) $\pm 0\sim -4^{\circ}\text{C}$ 每天降 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 4) $-4\sim -18^{\circ}\text{C}$ 每天降 0.5°C 。
- 5) $-18\sim -23^{\circ}\text{C}$ 每天降 2°C 。
- 6) 库温降到设计温度并保持一定时间后，应停机封库保温 24h，观察及记录库房自然升温情况及保温效果。

2. 维修升温要求

冷库在大修前，必须停产升温。升温前应尽量将墙面、柱面、地面、平面及设备上的冰霜除净，以免解冻后积水。解冻过程有倒塌危险的构造，应预先拆除。

升温宜缓慢地进行，温度要升至 10°C 以上，办法如下：

- 1) 引入室外的热空气，逐步提高室内温度，以每日升高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 为限。如升温过慢，也可利用风机送入外界热空气，以达到升温速度的要求。
- 2) 因室外气温不高，以至低温库温度难于上升，并有泛潮现象时，可利用热源加热，一般用蒸汽管或炉子，但要注意做好通风排湿工作。
- 3) 在升温过程中，各楼层及各房间的温度要大致保持均衡，并应随时观察结构的变化情况，做好记录。

局部停产维修，应周密地考虑，采取有效措施，防止建筑结构因产生不同的温度应力而出裂缝或其它冻融性的损坏。

3. 生产温度波动幅度

生产过程如果温度波动幅度超过设计要求，除影响冷藏质量外，还会导致建筑结构损坏。要求空库必须保持一定的温度，可见表 2-10。

表 2-10 各主要库房设计温度及保持温度表 ($^{\circ}\text{C}$)

库房名称	设计温度	空库保持温度
冷却间	± 0	< 10
冻结间	-23	< -5
冷却物冷藏间	± 0	不高于露点温度
冻结物冷藏间	$-15\sim -18$	< -5
低温川堂	-10	< -5
升温间	$\pm 0\sim +20$	$< +20$
冰库	-4	< -2

思考与练习

1. 冷库建筑特点有哪些？
2. 对冷库的建筑有哪些要求？

3. 常见的冷库地坪防冻有哪些方法？
4. 低温库地坪隔热的构造是怎样的？画草图说明。
5. 各举一例说明内外墙隔热、隔汽防潮的构造。
6. 阁楼层有几种形式？
7. 气调式冷库除了应具有一般的隔热防潮外还应具有什么特殊构造？
8. 冷库建筑施工主要包括哪些内容？
9. 影响隔热材料导热性能因素主要有哪些？
10. 在隔热施工中采用软木做隔热材料时，将软木铺贴于冷库建筑中的哪些部位？铺贴中应注意哪些问题？
11. 在隔潮、隔汽施工中铺贴油毡注意哪些问题？
12. 冷库门是由哪几部分组成？
13. 气调式冷库门有哪些特征？
14. 冷库建筑常出现的问题有哪些？

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第三章

冷库制冷设备安装施工

3

- 第一节 施工前的准备工作
- 第二节 制冷压缩机的安装
- 第三节 制冷设备的安装
- 第四节 制冷管道的安装
- 第五节 制冷压缩机的试车
- 第六节 制冷系统质量检查
- 第七节 制冷管道和设备隔热施工
- 第八节 冷库系统调试及降温
- 第九节 氟利昂制冷系统的施工

第一节 施工前的准备工作

冷库制冷设备安装前的准备工作，是安装过程的一个重要阶段和环节，它关系到整个安装工程能否全面地、多快好省地完成。安装前的准备工作实际上贯穿于安装的全过程，有总的安装前准备，也有分阶段或工序间的准备。从工程开工前到全面施工阶段，需要进行一系列的准备工作。因此，安装前准备工作是一项有计划、有步骤、有阶段性的工作。

安装前的准备工作的基本任务，除了了解工程的特点、工程总进度的要求外，还应了解设备基础的交付时间、设备材料供应和到货情况、现场安装条件、技术的复杂程度，以及人力、机具的部署等，以制订切实可行的施工方案，为全面施工创造必要的条件。

一、审核图样

1. 施工图自审

自审首先要全面熟悉施工图样，根据施工图的重点仔细审阅图样，认真地熟悉全部的施工技术资料，准确理解设计意图和施工要求，保证施工的顺利进行。

自审，主要是了解和掌握设备性能、安装的关键部位和技术标准数据；还可能发现施工图样中存在的问题，如图样不清，不全，缺少配合尺寸或相关尺寸不符，以及安装与土建配合等问题。

2. 施工图会审

会审的目的，是为了解决设计中出现的问题，消除隐患，使设计更为合理，以利于施工各环节的密切配合，保证工程质量。图样会审的内容有两部分：设计与土建、安装之间有关问题的会审；安装各工种之间（包括设备与管道、电气自控等）的会审。

会审工作是在自审的基础上进行的。制冷设备及附属设备安装的图样会审，主要是核对设备与基础之间的配合尺寸，如平面位置、标高、地脚螺栓孔尺寸，并审查管道、电气、自控等工程之间有无矛盾的地方。

二、根据工艺图清点设备

根据施工图样的要求，施工单位与建设单位的管理人员一起对机器设备、附件及其所用阀门等规格、数量及装箱单进行开箱清点和外观检验，将检验的结果填入设备开箱检验记录表格中，作为技术档案存档。

设备开箱检查，是制冷设备安装前一项重要的准备工作。设备开箱检查的目的，是查明设备的技术状况、设备的质量和有无影响安装的因素。设备开箱前必须会同建设单位的有关部门人员进行，并做好检验记录，填入设备开箱检查记录的表格中。经检查后，如发现设备规格不符或其它缺陷，可作为建设单位向制造厂家交涉的依据。设备开箱检查的内容如下：

- 1) 设备开箱检查前，先核对箱号和箱数是否与单据提供的相符。如不符，不能马上开箱，应由建设单位进一步复查。
- 2) 开箱前应对包装的情况进行检查，即包装有无损坏或受潮等。
- 3) 设备开箱后要认真检查设备的名称、型号及规格是否符合设计图样的要求。
- 4) 根据装箱单清点出厂检验证书、使用说明书等设备技术文件是否齐全。
- 5) 根据装箱单和设备技术文件，进一步检查设备的主机及附属部件、零件、附件与

专用工具等是否齐全；设备表面有无缺陷、损坏、锈蚀及受潮等现象。

6) 检查各种仪表装置等包装或铅封是否完整无损。开箱检查后的设备，在安装清洗、装配及试运转过程中，如发现设备的内外部有变形、损坏、缺件或与图样不符等情况，仍应请建设单位与制造厂家联系解决。

三、组织安装队

冷库制冷设备安装必须配备比较熟练的各种技工，如制冷压缩机工、钳工、管工、电焊工、起重工等，同时配合土建编制好施工进度计划。以上准备办理妥善后，才能使制冷系统的安装工作顺利地进行。

四、准备施工机具

在施工前，应提前准备好冷藏库制冷设备安装、试运转所需的专用机具和定型设备。定型设备有焊接管道用的电焊机和气焊设备；有试压、吹污用的空压机；有吊装机器和设备用的钢丝绳、链式提升机等；还有制作支架、吊架等用的台钻和专用机床。常用的专用机具有切管机、弯管机、坡口机、除锈机、套螺纹机、调直机等。

1. 吊装设备

(1) 钢丝绳是由普通高强度碳素钢丝捻制而成的，设备的吊装和就位离不开它，是保证施工安全的主要环节。通常使用的钢丝绳是由 6 股钢丝束和一根绳芯捻成，绳芯一般采用麻芯，每股中钢丝根数有 19、37、61 等，标记为 6×19、6×37、6×61。

选择钢丝绳的允许拉力可按下列公式计算：

允许拉力 = 破断拉力 / 安全系数

表 3-1 钢丝绳的安全系数

使用场合	安全系数	使用场合	安全系数
用于缆车	3.5	用于吊索无弯曲时	6~7
用于手动起重设备	4.5	用于捆绑吊索	8~10
用于机动起重设备	5~6	用于载人升降机	14

破断拉力 = 换算系数 × 钢丝绳破断拉力总和

安全系数按使用的场合确定，见表 3-1。

钢丝绳的破断拉力总和，取决于钢丝的抗拉强度和结构形式，其值可由表 3-2 选取。

换算系数应按下列参数选定：6×19 钢丝绳为 0.85；6×37 钢丝绳为 0.82；6×61 钢丝绳为 0.80。

钢丝绳打结的方法较多。在使用的过程中，应防止钢丝绳生锈，除保持清洁外，应定期涂抹气缸油或钢丝绳油；特别注意钢丝绳不能出现锐角曲折及由于被夹、被砸而造成断面扁平。

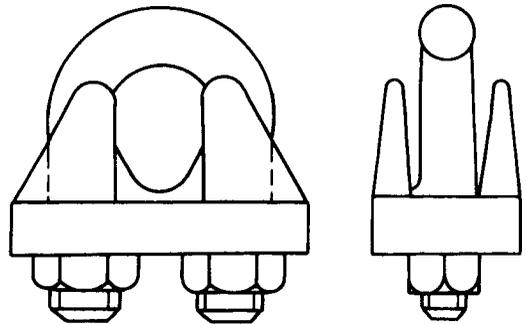


图 3-1 轧头

(2) 轧头它是用来将钢丝绳末端或两根钢丝绳夹紧固定在一起的部件，其外形如图 3-1 所示。轧头的 U 形部分应与绳接触，再将螺栓拧紧，使钢丝绳压扁 1/3~1/4 直径为止。

表 3-2 钢丝绳的主要数据 (6×19)

直径/mm		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
		钢丝绳破断拉力总和/kN				
6.2	0.4	20	22.1	24.3	26.4	28.6
7.7	0.5	31.3	34.6	38	41.3	44.7
9.3	0.6	45.1	49.9	54.7	59.6	64.4
11.0	0.7	61.3	67.9	74.5	81.1	87.7
12.5	0.8	84.1	88.7	97.3	105.5	114.5
14	0.9	101	112	123	134	144.5
15.5	1.0	125	138.5	152	165.5	178.5
17.0	1.1	151.5	167.5	184	200	216.5
18.5	1.2	180	199.5	219	238	257.5
20.0	1.3	211.5	234	257	279.5	302
21.5	1.4	245.5	271.5	298	324	350.5
23.0	1.5	281.5	312	342	372	402.5
24.5	1.6	320.5	355	389	423.5	458
26.0	1.7	362	400.5	439.5	478	517
28.0	1.8	405.5	449	492.5	536	579.5
31.0	2.0	501	554.5	608.5	662	715.5

6×37

直径/mm		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
		钢丝绳破断拉力总和/kN				
8.7	0.4	39	43.2	47.3	51.5	55.7
11.0	0.5	60.9	67.5	74	80.6	87.1
13.0	0.6	87.8	97.2	106.5	116	125
15.0	0.7	119.5	132	145	157.5	170.5
17.5	0.8	156	172.5	189.5	206	223
19.5	0.9	197.5	218.5	239.5	261	282
21.5	1.0	243.5	270	296	322	348.5
24.0	1.1	295	326.5	358	390	421.5
26.0	1.2	351	388.5	426.5	464	501.5
28.0	1.3	412	456.5	500.5	544.5	589
30.0	1.4	478	529	580	631.5	683
32.5	1.5	548.5	607.5	666.5	725	784

6×61

直径/mm		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
		钢丝绳破断拉力总和/kN				
11.0	0.4	64.3	71.2	78.1	85	91.9
14.0	0.5	100.5	111	122	132.5	143.5
16.5	0.6	144.5	160	175.5	191	206.5
19.5	0.7	197	218	239	260	281.5
22.0	0.8	257	285	312.5	340	367.5
25.0	0.9	325.5	360.5	395.5	430.5	465
27.5	1.0	402	445	488	531.5	574.5
30.5	1.1	486.5	538.5	591	643	695
33.0	1.2	579	641	703	765	827

选用轧头时，应使 U 形部分的内侧净距比钢丝绳直径大 1~3mm，如过大则卡不紧而容易发生意外事故。轧头的个数与间距可根据表 3-3 确定。

表 3-3 轧头个数及间距

钢丝绳直径/mm	13	15	18	21	24	28	32	35	39	42
使用轧头个数	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6
轧头间距/mm	120	120	150	150	200	200	250	250	300	300

(3) 卡环它是吊索与吊索或吊环与吊索之间的连接部件。它是由碳素钢制成的 U 形环和销子组成。其允许荷载及适用最大钢丝直径见表 3-4。

表 3-4 卡环的技术性能

号码	允许荷载/kN	最大钢丝绳直径/mm	号码	允许荷载/kN	最大钢丝绳直径/mm
0.2	2	4.7	3.3	33	19.5
0.3	3.3	6.5	4.1	41	22
0.5	5	8.5	4.9	49	26
0.9	9.3	9.5	6.8	68	28
1.4	14.5	13	9.0	90	31
2.1	21	15	10.7	107	34
2.7	27	17.5	16	160	43.5

(4) 链式提升机用来吊装轻型设备或构件，又可用于拉紧拔杆缆风及拉紧捆绑构件的绳索等。它有蜗轮蜗杆式和齿轮式两种传动方式，其起重量在 0.5~20t 之间，起重高度在 10m 以内。齿轮传动式的应用较为广泛，效率较高。

使用前应仔细检查吊钩链条、轮轴有无损伤，转动部分是否灵活。使用时链条要摆正，不能歪扭，并检查自锁装置是否有效可靠。

2. 常用的量具

制冷压缩机在安装过程中，除具备常用的卡钳、游标卡尺、千分尺、塞尺外，还应准备框式水平仪、平尺及千分表等。

(1) 框式水平仪它是测量机械设备的水平度和垂直度的精密量具。常用的规格有 150mm、200mm、250mm 等，测量精度为 0.01~0.04mm。

水平仪的铸铁框架上镶有主水准器和定位水准器。如被测量面不平时，气泡向高处移动，以气泡移动格数来确定被测量面的水平偏差值。

水平仪使用前应了解和消除存在的误差。检验水平仪的误差有精密标准平台法和旋转测量修正法。精密标准平台法是将水平仪放在精密平台上，可直接观察出气泡偏移的格数；旋转测量修正法是用误差较小的水平仪测量设备水平时，在被测量面上原地旋转 180° 再进行测量，利用两次测量结果进行计算修正。

(2) 千分表它是测量部件的平面度、圆度、锥形及配合间隙的精密量具。用千分表测量时，千分表应装在表架上，使测杆端的量头抵住测量面，使被测部件按要求的条件做

相对的移动，可从千分表的表盘上观察其间隙或偏差尺寸。

(3) 平尺它是用来检查机械设备平面的直线度、平行度，与框式水平仪配合使用，可检查机械设备的水平度（平面度）。平尺用铸铁或铸钢制成，也可用钢轨制作。平尺有矩形和桥形两种，常用的长度为 500~3000mm。

使用矩形平尺时不得在平面上摩擦。放置时不要使两端受力，中间悬空，防止产生弯曲，一般采用垂直吊挂的放置方法。平尺的精度应定期进行检验，如精度满足不了要求时，必须进行研磨。研磨平尺要在标准平台上进行。

五、浇灌设备基础

设备布局放样完成后，即可开始设备基础的施工准备；设备基础的形式，按设备种类而定。制冷设备大都为混凝土结构和钢筋混凝土的块型基础。压缩机是动力设备，基础既要承受荷载重量，还要保证机器的精度和寿命。设备的基础大多数要打地基，需挖土，挖土深度和面积根据设备而定。

设备基础施工前，应将设备事先开箱检查，查对设计图样上的尺寸同设备是否相符，检查设备安装的地脚螺栓的数量、规格是否相符。为了保证设备安装的准确性，设备的地脚螺栓一般不直接埋入混凝土，而采用预留孔。小型设备安装时，如有充分把握，可不要预留孔，在浇灌混凝土时将地脚螺栓直接埋入基础内。

基础浇灌前，应照图样要求装好模板及地脚螺栓预留孔的模板，定位要准确，预留孔模板应垂直放置，防止歪斜，模板装入基础内的深度应满足地脚螺栓长度的需要。基础浇灌混凝土时，还要注意水、电等其他预埋件。混凝土的标号及用料应符合设计要求；没有设计图样的，一般基础的混凝土标号为 100~150号。电动机功率在 100kW 以上的机器基础混凝土需适当配置钢筋。混凝土浇灌完成后要进行 7~10 天的浇水养护，使混凝土保持湿润，并以草袋或麻袋覆盖。混凝土初凝后（一般约 8h），应拆除地脚螺栓的预留孔模板，若不及时拆除，待混凝土完全凝固了预留孔模板就不易拆除。整个模板的拆除要待混凝土强度达到 50% 时再拆。

基础混凝土的强度要达到一定要求才能使用。检查强度的简易办法是敲击法，见表 3-5 检查基础的尺寸偏差是否达到要求见表 3-6。

表 3-5 检查混凝土标号和强度判断标准

混凝土标号	混凝土的强度	敲击声音	混凝土表面敲击情况	
			用小锤	用尖錾
110~140	88~108	响亮	几乎无痕迹	轻轻錾后稍有痕迹
70~90	56~72	音哑	有痕迹	錾后有 1~1.5mm 痕迹
0~50	0~40	轻微	边缘有崩散凹痕	裂开并有崩陷现象

表 3-6 基础尺寸偏差允许值

检查项目	允许偏差/mm
1. 混凝土基础	
主要尺寸（长、宽等）	±20
基础表面标高	±30
沟坑、孔和凹凸部分尺寸	±10

(续)

检查项目	允许偏差/mm			
2. 地脚螺栓	螺栓直径/mm			
	< 50	> 50 ~ 100	> 100	
	标高	± 5	± 8	± 10
	中心距	± 3	± 4	± 5
垂直度/(mm·m ⁻¹)	± 10	10	10	
3. 中心标板上的冲点位置	± 1			
4. 基准点上的标高	± 0.5			

第二节 制冷压缩机的安装

一、安装前的检查

1. 基础的检查

基础主要承受制冷压缩机本身重量的静载荷和制冷压缩机运转部件的动载荷，同时吸收和隔离由动力作用产生的振动；不允许发生共振，并且要耐润滑油的腐蚀。因此，设备的基础要有足够的强度、刚度和稳定性，不能发生下沉偏斜等现象。在制冷压缩机安装前，应对基础进行仔细检查，发现问题要事先进行处理。

制冷压缩机基础一般由土建单位施工，向安装单位移交前必须共同检查。安装单位进行验收，确认合格后，才能进行下一工序的安装。基础检查的内容有：基础的外形尺寸、基础平面的水平度、中心线、标高、地脚螺栓孔的深度和距离、混凝土内的埋设件等，这些均应符合设计或现行的机械设备施工及验收规范的要求。基础四周的模板、地脚螺栓孔的模板及孔内的积水等，应清理干净。对二次灌浆的光滑基础表面，应用钢钎凿出麻面，以使二次灌浆与原来基础表面接合牢固。

2. 基础的处理

基础经过检查后不符合要求的，应由土建单位进行处理。基础容易出现不合格的部位有：标高不符合要求、预埋地脚螺栓的位置偏移及平面水平超差等。

基础的标高不符有两种现象，即过高和过低。如标高过高时，可用凿子凿低；标高过低时，可在原基础平面上凿成麻面，用水冲洗干净后再补灌混凝土。

预埋地脚螺栓如有孔的偏差较小时，可用火焰将螺栓烤红后调整到正确位置；偏差过大时，可在螺栓孔周围凿一定深度后，将螺栓割断，按要求尺寸再搭焊一段。

当基础中心偏差过大时，可考虑改变地脚螺栓的位置来调整。

如基础平面水平度超差时，应由土建施工人员进行修整，使水平度超差范围达到标准要求的 5% 以内。

二、活塞式制冷压缩机的安装

1. 设备就位找正和初平

制冷压缩机就位前，将其底部和基础螺栓孔内的泥土、污物清扫干净，并将验收合格的基础表面清理干净。根据施工图并按建筑的定位轴线，对其纵横中心先进行放线，可采用墨线弹出设备的中心线；放线时，尺子摆正而且拉直，尺寸要量测准确。

(1) 制冷压缩机就位就位是开箱后将制冷压缩机由箱的底座搬到设备基础上。就位的方法较多，可根据施工现场的条件，任选其中一种。

1) 利用制冷机房安装桥式起重机，将制冷压缩机直接吊装就位。

2) 利用铲车就位。

3) 利用人字架就位。其方法为：先将制冷压缩机运至基础上，再用人字架挂上链式起重机将其吊起，抽去底座，将制冷压缩机安放到基础上。采用这种方法就位，在起吊时，钢丝绳应拴在制冷压缩机适合受力的部位上。钢丝绳与制冷压缩机表面接触的部位要垫上木垫板，避免损坏油漆和加工表面。悬吊时，制冷压缩机应保持水平状态。

4) 滑移的方法就位。采用这种方法，是将制冷压缩机和底座运到基础旁摆正，对好基础，再卸下制冷压缩机与底座连接的螺栓，用撬杠撬起制冷压缩机的另一端，将几根滚杠放到制冷压缩机与底座中间，使制冷压缩机落到滚杠上，再将已放好线的基础和底座上放三、四根横跨滚杠，用撬杠撬动制冷压缩机使滚杠滑动，将制冷压缩机从底座上水平划移到基础上。最后撬起制冷压缩机，将滚杠撤出，按其具体情况垫好垫铁。

采用滑移方法就位，应用力均匀撬动，制冷压缩机滑移时应平正，不能产生倾斜等现象，注意人身和制冷压缩机的安全。

(2) 制冷压缩机找正找正就是将其就位到规定的部位，使制冷压缩机的纵横中心线与基础上的中心线对正。

制冷压缩机的单体设备与其他设备之间互不影响，找正的方法较为简单，可用一般量具和线锤进行测量；制冷压缩机如摆不正时，再用撬杠轻轻撬动进行调整。

在对制冷压缩机进行调整时，除使其中心线与基础中心线对准外，还应注意制冷压缩机上的管座等部件的方位符合设计要求。

(3) 制冷压缩机的初平初平是在就位和找正之后，初步将制冷压缩机的水平度调整到接近要求。制冷压缩机的地脚螺栓灌浆并清洗后再进行精平。采取两次水平度调整的原因有两个：其一是制冷压缩机就位后地脚螺栓孔未灌浆，水平度调整后不能固定；其二是初平时设备未经清洗，测量的结果不够准确。

制冷压缩机就位后，将地脚螺栓穿到设备机座的预留孔内，加套垫圈并拧上螺母，使螺纹外露 2~3 扣。初平后将基础的地脚螺栓孔用混凝土灌浆。这种方法常称为二次灌浆法。与一次灌浆法相比，其优点是对螺栓中心距、垂直度、外露长度等易于控制，不会产生螺栓与制冷压缩机孔不吻合的现象，如有偏差也有调整的余地。

1) 初平前的准备。准备工作要从两方面进行：第一是地脚螺栓和垫铁的准备；第二是确定垫铁的垫放位置。地脚螺栓和垫铁是设备安装中常见的金属件。在安装过程中，制冷压缩机一般用垫铁找平，再用地脚螺栓固定。

地脚螺栓按其长短分为长型和短型两种。短型地脚螺栓适用在工作时动力和负荷较轻且冲击力不大的制冷设备。短型地脚螺栓的长度为 100~1000mm，它的式样很多，其外形如 3-2 所示。地脚螺栓的直径与设备底座孔径有关，螺栓直径应比孔径小几 mm，可按

表 3-7 选用地脚螺栓。

地脚螺栓的长度与其直径及垫铁高度、机座和螺母的厚度有关，在选择地脚螺栓的长度时，可按下式确定：

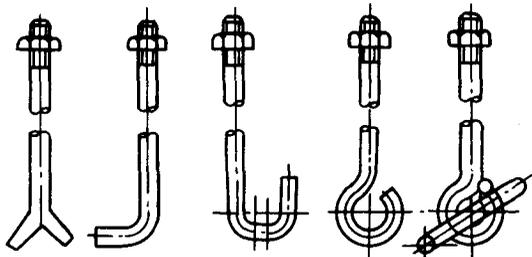


图 3-2 短型地脚螺栓外形

表 3-7 设备底座与地脚螺栓尺寸表 (mm)

底座孔径	12 ~ 13	13 ~ 17	17 ~ 22	22 ~ 27	27 ~ 33	33 ~ 40	40 ~ 48
螺栓直径	10	12	16	20	24	30	36

$$L = 15d + s + (5 \sim 10)$$

式中， L 是地脚螺栓的长度 (mm)； d 是地脚螺栓的直径 (mm)； s 是垫铁高度、机座和螺母厚度的总和 (mm)。

在设备安装中使用垫铁，是为了调整设备的水平度。垫铁要承受设备的重量，同时当设备与基础固定在一起时，垫铁还要承受地脚螺栓的锁紧力。

垫铁的种类很多，有斜垫铁、平垫铁、开口垫铁、开孔垫铁、钩头成对垫铁及可调整垫铁等。在制冷压缩机安装中，常用的垫铁是斜垫铁和平垫铁，其它垫铁应用在有特殊要求的场合。

垫铁常用铸铁或钢板制成，厚垫铁多用铸铁，薄垫铁常用钢板。常用的斜垫铁和平垫铁外形及各部位尺寸如图 3-3 所示和表 3-8。

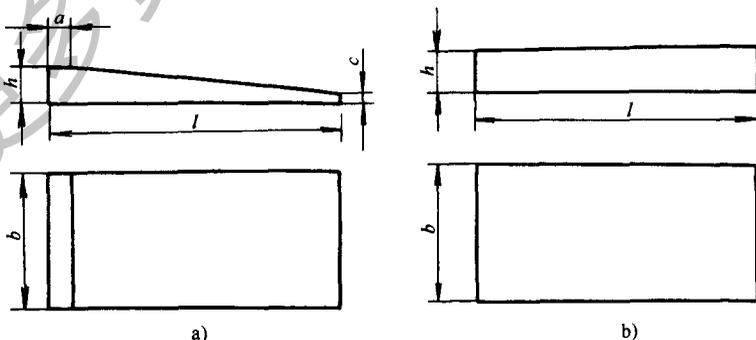


图 3-3 垫铁外形

a) 斜垫铁 b) 平垫铁

初平前，先将垫铁组放好，垫铁的中心线应垂直于设备机座的边缘。平垫铁外露长度为 10~30mm，斜垫铁外露长度为 10~50mm。每一垫铁组应尽量减少垫铁的块数，一般不超过三块，并少用薄垫铁。放置平垫铁时，最厚的放在下面，最薄的放在中间，精平后应

将钢板制成的垫铁相互焊牢。每一垫铁组应放置整齐、平稳、接触良好、无松动。如有松动，应换上较厚的垫铁。

表 3-8 垫铁的规格

(mm)

项次	斜垫铁						平垫铁			
	代号	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	材料	代号	<i>l</i>	<i>b</i>	材料
1	斜 1	100	50	3	4	普通碳素钢	平 1	90	60	铸铁或普通碳素钢
2	斜 2	120	60	4	6		平 2	110	70	
3	斜 3	140	70	4	8		平 3	125	85	

注：1. 厚度 *h* 可按实际需要和材料情况决定；斜垫铁斜度宜为 1/10~1/20；铸铁平垫铁的厚度，最小为 20mm。

2 斜垫铁应与同号平垫铁配合使用：既“斜 1”配“平 1”，“斜 2”配“平 2”，“斜 3”配“平 3”。

3. 如有特殊要求，可采用其它加工精度和规格的垫铁。

2) 初平。初平是在制冷压缩机的精加工水平面上，用框式水平仪测量。如水平度超差很大，可将低的一侧平垫铁换上一块厚垫铁；如水平度超差不大，可用打入斜垫铁的方法逐步找平，即设备哪一边低，就打那一边的斜垫铁，直到接近要求为止。现行的施工规范中要求，其纵向和横向的水平度不应超过 0.2/1000。

在初平过程中，使用框式水平仪等精密量具时，应将精加工面用软布或棉纱擦干净，防止将底框污染或磨损。特别在调整设备的水平打垫铁时，必须将精密量具拿起，避免振坏。

在初平过程中，如斜垫铁打入量过多，外露部分接近规范中规定的下限值时，应更换斜垫铁，以保证在精平时有足够的调整量，最后的外露量应满足规范的要求。

2. 设备的精平和基础抹面

(1) 地脚螺栓孔二次灌浆制冷压缩机初平后，可对地脚螺栓孔进行二次灌浆。灌浆采用细石混凝土或水泥砂浆，其强度标号至少比基础标号高一级。为了灌浆后使地脚螺栓与基础形成一个整体，灌浆前应使基础孔内保持清洁，油污、污土等杂物必须清理干净。每个孔洞的混凝土必须一次灌成。灌浆后应洒水养护，养护不少于 7 天。待混凝土养护达到强度的 70% 以上时，才能拧紧地脚螺栓。混凝土达到强度 70% 的时间与气温有关，参见表 3-9。

表 3-9 混凝土达到 70% 强度所需天数

气温/°C	5	10	15	20	25	30
所需天数	21	14	11	9	8	6

(2) 精平精平是设备安装很重要的工序。它是在初平基础上对设备的水平度做进一步调整，使之达到规范或设备技术文件的要求。精平就是使设备达到水平状态，其目的：保持设备的稳定及重心作用力的平衡，防止变形且减少运转中的振动；减少设备的磨损和动力消耗，延长设备的使用寿命；保证设备的正常润滑和正常运转。

应根据制冷压缩机的具体情况来确定精平的方法，简述如下：

1) 立式和 W 型压缩机。这两种类型压缩机精平，可用框式水平仪在气缸端面或压缩机进排气口（拆下进排气阀门及直角弯头）进行测量。如 W 型压缩机气缸直径较大，也可在直立气缸的内壁上进行测量，如图 3-4 所示。

2) V型和S型压缩机。V型和S型压缩机精平，可用角度水平仪在气缸端测水平；如无角度水平仪，可在压缩机的进排气口和安全阀法兰端面进行测量。对于8AS-17压缩机，可利用曲轴箱的盖面进行测量。

采用铅锤线法精平V型和S型压缩机时，可用铅锤线挂在飞轮的外侧，在飞轮外侧正上方选一点，并用塞尺测量此点与铅垂线的间距；再转动飞轮，将上方测点转至下方，并用塞尺测量该点与铅垂线的间距，这两个间距如不等，则调整斜垫铁，直至两个间距相等为止，测量方法如图3-5所示。

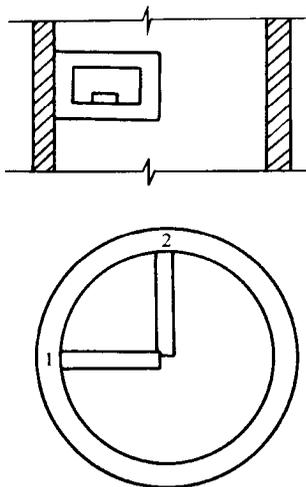


图 3-4 气缸内壁测量示意图

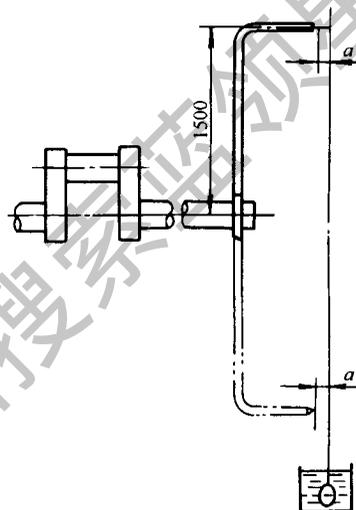


图 3-5 铅锤线法测量轴的水平

对于这类压缩机的精平，也可用框式水平仪测量飞轮外缘的水平。

在测量设备的水平时，必须将测量平面上的油漆、防锈油刮干净，以免影响测量的准确性。

使用框式水平仪时，手不能接触水准器的玻璃管。读数时视线应垂直对准水准器。应轻拿轻放，不能碰撞，更不能在测量面上来回推动。为了提高测量的准确性，应在被测量面上原位置旋转 180° 。重新测量，利用两次读数的结果加以计算修正。其方法是：框式水平仪第一次读数为零，在原位置旋转 180° 测时量，气泡向一个方向移动，则说明框式水平仪和被测量面都有误差，且两者误差相同，较高一面的高度是读数的一半；如两次测量的气泡都向一个方向移动，其被测量面较高一面的高度为两次误差数之和除以2，而框式水平仪为两次误差格数之差除以2；如两次测量的气泡各往一边移动，即方向相反时，其被测量面较高一面高度为两次格数之差除以2，框式水平仪本身误差是两次格数之和除以2。

3) 联轴器在安装中会有以下几种情况。第一种情况如图3-6a所示，即两轴的中心线完全重合，这是安装中最理想的状况；第二种情况如图3-6b所示，两轴中心线不重合，有径向位移，但两轴的中心线是平行的；第三种情况如图3-6c所示，两轴中心线在联轴器处有共点，但不是一条线，相互之间有角位移；第四种情况如图3-6d所示，既有径向位移，又有角位移，这是在安装中最有可能遇到的情况。

在校正联轴器的中心时，通常以制冷压缩机为基准移动电动机，使电动机的轴与制冷

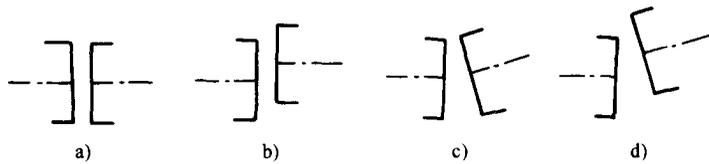


图 3-6 联轴器的连接状况

a) 正确连接 b) 径向位移 c) 有角度位移 d) 多向位移

压缩机的轴对中。联轴器初步找正，不转动两轴，以角尺的一边靠在联轴器的外缘表面上，按上、下、左、右的次序进行检查，直到两半联轴器平直为准。电动机与制冷压缩机的联轴器外缘表面平齐，只表明联轴器的外圆轴线同心，而有时由于联轴器存在制造上的偏差，还要进行精确找正。精确找正一般用一点法来进行，一点法是指在测量一个位置上的径向间隙的同时也测量同一位置上的轴向间隙。测量时，让两半联轴器向着相同方向一起旋转，测旋转到 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个不同位置时径向间隙和轴向间隙值，比较对称点上的两个径向间隙和轴向间隙值（ 0° 与 180° 位置， 90° 与 270° 位置）若对称点上的数值不超过产品说明书上允许的不同心度偏差，则认为合格，否则，需要进行调整。调整时通常采用在垂直方向加减电动机支脚下面的垫片或在水平方向移动电动机位置。移动电动机找正，根据偏移情况采取逐渐逼近的经验方法来实现。

(3) 基础抹面设备精平后，将制冷压缩机机座与基础表面的空隙用混凝土填满，并将垫铁埋在混凝土内，用以固定垫铁并将制冷压缩机负荷传递到基础上。

灌浆前，应在基础边缘放一圈外模，如制冷压缩机底座下不需要全部灌浆时，应根据情况安设内模。内模板到制冷压缩机机座外缘的距离应不小于 100mm 或不小于机座底筋面宽度。

灌浆层的高度，在机座外面应高于机座的底面。灌浆层的上表面应略有坡度，坡向朝外，以防止油、水流入制冷压缩机机座。混凝土凝固前，用水泥砂浆抹面。抹面砂浆应压实，应抹成圆棱圆角，表面光滑美观。

三、螺杆式制冷压缩机的安装

1. 安装前的准备工作

(1) 设备搬运机组在运输过程中，应防止机组发生损伤。运达现场后，机组应存放在库房中。如无库必须露天存放时，应把机组底部适当垫高，防止浸水，箱上必须加以遮盖，以防雨淋。机组吊装时，必须严格按照厂方提供的机组吊装图进行施工。

在安装前，必须考虑好机组搬运和吊装的路线，在机房预留适当的搬运口。如果机组的体积较小，可以直接通过门框进入机房；如果机组的体积较大，可待设备搬入后再进行补砌。如果机房已建好又不想损坏，而整机进入机房又有一定困难，此时机组可以分体搬运。一般是将冷凝器和蒸发器分体搬入机房，然后再进行组装。

(2) 开箱

1) 开箱之前将箱上的灰尘泥土扫除干净，查看箱体外形有无损伤，核实箱号。开箱时要注意不要碰伤机件。

2) 开箱时一般从顶板开始，如开拆顶板有困难时，则可选择适当处拆除几块箱板，

观察清楚后，再进行开箱。

3) 根据随机出厂的装箱清单清点机组、出厂附件以及所附的技术资料，并做好记录。

4) 查看机组型号是否与合同中所订机组相符。

5) 检查机组及出厂附件是否损坏、锈蚀。

6) 如机组经检查后不及时安装，必须将机组加上遮盖物，防止灰尘及产生锈蚀。

7) 设备在开箱后必须注意保管，放置平整。法兰及各种接口必须封盖、包扎，防止雨水、灰砂侵入。

2. 机组的基础

当螺杆式制冷压缩机以机组的形式安装时，只要在基础上按图样要求尺寸放置好支板，支板浇注在基础上，然后在支板上安置好盖板、防震橡皮垫及底板，如图 3-7 所示，让螺栓穿过盖板和防震橡皮垫拧在底板上，并且使螺栓透过底板紧压在支板上。安装时，把底板调整到与基础间的高度符合要求，然后将机组吊放在盖板上。基础上安放在底板—盖板组不是一组，一台机组的基础上通常要放 8~10 组，所以在将机组吊放于盖板上之前，调整底板尺寸也应注意，要把各组盖板处于同一水平面上。

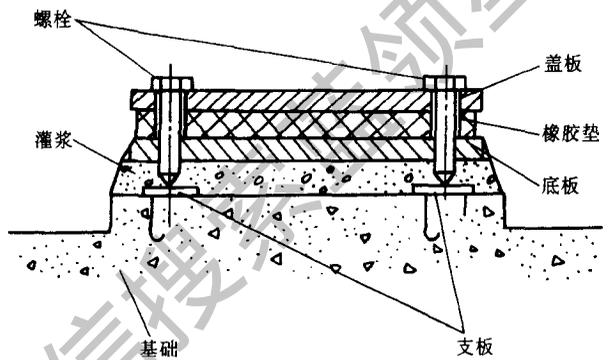


图 3-7 螺杆式制冷机组基础做法

机组的找平可以用水平仪在机体顶部法兰口的平面上测量水平，用拧在底板上的螺栓进行调整。机组纵向、横向的水平允许差值为 $1.5/1000$ 以下。

机组找平后，底板上的调节螺栓均应压紧在支板上，然后如图 3-7 所示进行灌浆。对于灌浆的一般要求是：

1) 应将基础面上的杂物、尘土及油垢冲洗干净，表面麻面坑内不能有积水，灌浆前在基础周围钉好模板。

2) 机组找平后须及时灌浆，如超过 48h，则需重新核对中心位置及水平度。

3) 灌浆时应随时振动，使其密实，特别是在基础和底板之间不能有气孔等缺陷存在。要注意的是，灌浆工作不能间断，一定要一次完成。

4) 等碎石混凝土稍硬时即可拆除模板，将机组底盘外面的灌浆层用砂浆抹平整，并向基础外边略抹坡度。同时将其它部分抹光。

5) 灌浆及基础养护工作要在气温不低于 5°C 时进行，否则，需采取加入防冻剂或加热养护等措施以保证质量。

3. 机组就位

螺杆式制冷压缩机是回转式压缩机，动力平衡性能好，振动小，所以对基础的要求较活塞式制冷压缩机低，参照活塞式制冷压缩机的基础制作和安装要求，可以满足要求。螺杆式制冷压缩机的传动是联轴器直接传动，所以当制冷压缩机安装好后，也需要重新校正

联轴器的中心。

一般螺杆式制冷压缩机组在安装时，需要在地基上安装防振垫片。但随着螺杆式制冷压缩机组的发展，机组的振动大大减少，有的机组已不需要防振垫片，可以直接将机组安装在地基上，紧固地脚螺栓即可。

螺杆制冷压缩机的就位方法通常大多是吊装就位，基础的精平工作有两种：一种是与活塞机的精平方法一样；另一种即是前面图 3-7 中所采用的方法。

机组在就位后，需要连接冷却水管路，水管路的连接形式有法兰连接、螺纹连接及焊接等形式。一般螺杆式制冷压缩机组都采用法兰连接，但也有采用焊接连接。有的小制冷量的机组，由于水管接口较小，也可以采用螺纹连接。与机组连接的水管建议采用软管，防止由于机组振动或移动而对水管路带来损伤。

当机组油冷却采用氨液冷却时，还须注意氨管道的连接。

电气安装方面，目前的螺杆式制冷压缩机组都已将机组的配电柜、起动柜和控制柜集成在机组上了，所以只需要将电缆线连接至配电柜中。具体的连接方法和连接形式因制造厂家不同而异，须参考各自的技术资料。

第三节 制冷设备的安装

一、制冷设备安装前的一般要求及注意事项

1) 制冷设备都是压力容器，在安装前应注意检查制造厂是否提供了压力容器的竣工图样（如在原蓝图上修改，则必须有修改人、技术审核人确认标记，并盖有竣工图的印章）、产品质量证明书、压力容器产品安全质量监督检验证书。压力容器受压元件的制造单位，应参照产品质量证明书的有关内容向用户提供技术资料。现场组焊的压力容器竣工并经验收后，施工单位也要提供前面所述及的技术文件和资料。按有关规定，还将提供组焊和质量监检的技术资料。当然，现场组焊压力容器的焊接人员必须具有相应的专业证书。

2) 制冷设备到现场后应加以检查和妥善保管。对封口已敞开的应重新封口，防止污物进入，减少锈蚀。对放置过久的设备，安装前应检查内部是否有锈蚀或污物污染，并用压缩空气进行单体排污。

3) 浇灌基础时要按具体设备的螺孔位置布置样板，并预埋地脚螺栓。样板必须平整，尺寸必须正确，用水平尺校核水平。浇灌混凝土时，地脚螺栓的位置不能移动。

4) 低温设备安装时，为尽可能减少“冷桥”现象，在基础之上应增设垫木。使用的垫木应预先在沥青中煮过，以防腐朽。低温设备周围应有足够的空间，保证隔热层的施工。低温设备与其连接的阀门之间应留出隔热层厚度的尺寸，以免阀门被没入低温设备的隔热层内，影响阀门的操作和维修工作。

5) 对有玻璃管液面指示器的设备，在安装前应拆下玻璃管液面指示器的玻璃管，待设备安装就位后重新装上，且应给玻璃管设防护罩。

6) 在设备安装过程中进行搬运、起吊时，应注意设备的法兰、接口等部位不能碰撞，还要注意选择起吊点及绳扣的位置。

二、冷凝器的安装

冷凝器的类型很多，按不同的分类方法，一般分为水冷式、空气冷却式、蒸发式、壳管式、淋激式等。其中使用最普遍的是以水为冷却介质的壳管式冷凝器，它又可分为立式、卧式两种。

1. 立式壳管式冷凝器的安装

立式壳管式冷凝器一般安装在室外，利用冷凝器的循环水池作为它的基础，因此安装位置较高，有利于氨液顺利地流到高压贮液器。立式冷凝器在水池上安装有单台式、多台并列式等形式。

立式壳管式冷凝器在水池顶上的安装，有浇灌钢筋混凝土于池顶和利用焊接槽钢或工字钢在池口预埋铁两种方法：用浇灌钢筋混凝土的方法时，要预埋好地脚螺栓；用槽钢或工字钢安装时，可根据冷凝器底板螺栓孔位置划于槽钢或工字钢，然后将槽钢或工字钢焊于水池上的预埋钢板上，通过在槽钢或工字钢上开螺栓孔，将冷凝器固定。

检查混凝土或钢架基础合格后，即可将冷凝器吊装就位，再进行找平找正。立式冷凝器应安装垂直，全长允许偏差不超过 5mm，可用线锤进行找直。安装后，在冷凝器的顶端应放置好布水器，要注意布水器不能有缺损。若冷凝器上部为溢水挡板，则安装时不得有偏斜现象。

立式冷凝器为了操作和检修，通常要做操作平台。操作平台包括平台、栏杆和爬梯三部分。操作平台形式按冷凝器的台数及安装形式的不同而不同，制作安装时可根据具体形式按标准图选用。操作平台位置应在立式冷凝器的上部，通常做法是靠焊接在冷凝器壳体上的支撑托着。在冷凝器筒壁上焊接支撑时，应注意焊接质量，防止由于焊接不当损伤器壁，造成在使用时产生泄漏。冷凝器是压力容器，不能在容器上随意乱焊。在筒壁上焊接斜支撑时，必须经过当地劳动部门的许可，焊后要经过压力及有关检验后才能使用。

在安装立式冷凝器过程中，需要注意的是：必须认真核实冷凝器和油氨分离器及高压贮液器的设计标高尺寸，以维持油氨分离器中的液面线。一般首先确定贮液器的标高，然后确定立式冷凝器的标高，要求冷凝器中氨液能自流入贮液器；最后确定洗涤式油氨分离器的标高，使油氨分离器的进液管标高比冷凝器的出液管标高低 300mm。油氨分离器的进液管应从冷凝器出液集管的底部接出。图 3-8 为立式冷凝器、洗涤式油氨分离器与贮液器的组合方案。

2. 卧式壳管式冷凝器的安装

卧式壳管式冷凝器一般安装在室内，也可以安装在室外。安装在室内时，应考虑在它的一端留有相当于冷凝器内管子长度的距离，或在对准它的端部处开有门、窗，便于修理或更换管子。采用卧式冷凝器时，为了减少占地面积和管路长度，常常把贮液器设在卧式冷凝器下部。但是，安装高度必须保证冷凝器中的氨液

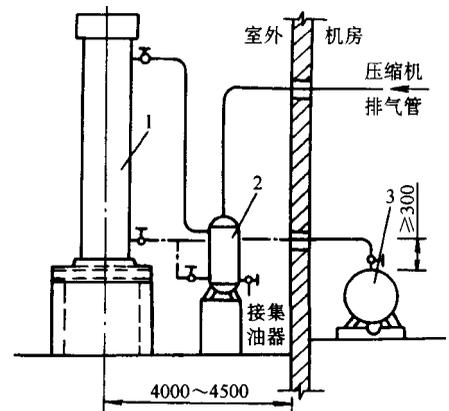


图 3-8 洗涤式油氨分离器、立式冷凝器和贮液器的连接
1—立式冷凝器 2—油氨分离器 3—贮液器

能顺利流到贮液中。卧式冷凝器必须排液顺畅，若冷凝器内积存氨液，将使冷凝面积减少。因此，冷凝器出液管的截止阀应低于出液口至少 300mm，使阀的上方有一段液柱，从而能克服阀门及弯头的阻力。卧式冷凝器出液水平管必须高于油氨分离器进液管 250-300mm。多台卧式冷凝器并联时，可以如图 3-9a 及 b 所示的两种方法布置。

卧式冷凝器一般用混凝土基础、也可以用槽钢作支架。当卧式冷凝器和贮液器叠起来安装时，可以共同安装在混凝土基础、槽钢支架上，卧式冷凝器安装水平允许偏差（向集油包端）为 1.5/1000。封头盖上的放气、放水阀应用管子接至地漏，阀门可移至管段中安装，以便于开关。

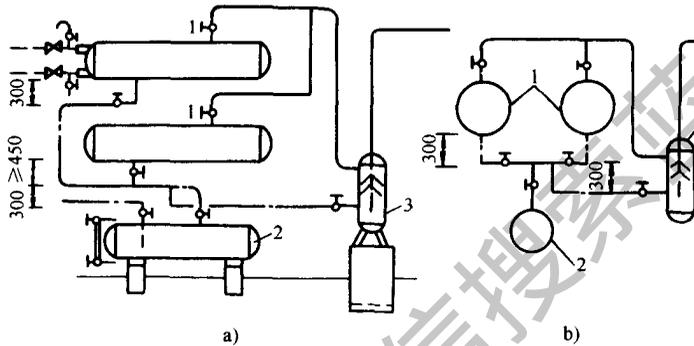


图 3-9 卧式冷凝器与高压贮液器的连接

a) 二台冷凝器纵列方式 b) 二台冷凝器横列方式
1—卧式冷凝器 2—贮液器 3—洗涤式油氨分离器

3. 蒸发式冷凝器的安装

蒸发式冷凝器一般安装在机房顶部，机房的屋顶结构需特殊处理，要求能承受蒸发式冷凝器的重量。

蒸发式冷凝器安装必须牢固可靠且通风良好，安装时其顶部应高出邻近建筑物 300mm，或至少不低于邻近建筑物的高度，以免排出的热湿空气沿墙面回流至进风口；若不能满足上述要求时，安装时应在蒸发式冷凝器顶部出风口上装设渐缩口风筒，以提高出口风速和排气高度，减少回流。

蒸发式冷凝器的安装也有单台式和多台并列式等安装形式。安装时需注意与邻近建筑物的间距，一般要注意以下情况：

- 1) 当蒸发式冷凝器四面都是墙时，安装时进风口侧的最小间距应为 1800mm，非进风口侧的最小间距为 900mm。
- 2) 当蒸发式冷凝器处于三面是实墙，一面是空花墙时，进风口侧的最小间距应为 900mm，非进风口侧的最小间距为 600mm。
- 3) 当两台蒸发式冷凝器并联安装时，如两者都是进风口侧，它们之间的最小间距应为 800mm；如一台为进风口侧，另一台为非进风口侧时，其最小间距为 900mm；如两台都不是进风口侧时，最小间距为 600mm。

当蒸发式冷凝器采用同轴连接的离心式风机或水盘内设有电加热器时，上述 2)、3) 两种情况下，其最小间距应当加大，以利维修。

在保证蒸发式冷凝器与邻近建筑物之间的距离后，在安装时还要注意蒸发式冷凝器的水盘离地不宜小于 500mm，以便于管道连接、水盘检漏和防止地面脏物被风机吸入。

在进行蒸发式冷凝器的配套安装时，对于单组冷却排管的蒸发式冷凝器与贮液器的进液配管，可用液体管本身进行均压，水平管段的坡度为 1/50，坡向贮液器。如阀门安装位置受施工条件所限，可装在主管上，但必须装在出液口 200mm 以下。具体管道连接部分可参见第九节中关于蒸发式冷凝器管道连接方式等内容。

三、蒸发器的制作与安装

1. 排管的形式和特性

排管的形式，可根据制冷系统采用的制冷剂、传热表面状况、在库房配置的位置、排管的构造和排数，以及制冷剂的供液方式等进行分类。现在冷藏库建设中广泛采用的排管是制冷剂直接蒸发式排管，采用的制冷剂大部分为氨，所以本节介绍氨直接蒸发式排管。在冷藏库中较常用的排管形式有：盘管式排管、立管式墙排管、集管式顶排管、搁架式排管等。

(1) 盘管式排管适用于重力供液和氨泵上进下出式供液系统，特点是构造简单、制作方便、适用性强，缺点是排管入口处管段中形成的气体必须经盘管全长后才能由出口处接口排出，制冷剂流动阻力增大，内表面传热受到影响，所以这种排管的单根盘管长度不宜超过 50m。单根制盘管式排管的管间距 S 取决于连接弯管采用的曲率半径 R 。其关系为：

$$S = 2R$$

一般排管用 $D38 \times 2.2$ 无缝钢管制作，盘管式排管的管间距为 140 ~ 160mm。“双套弯”的两根制盘管式排管管间距可以缩小，可采用 80 ~ 110mm。

(2) 立管式墙排管是适用于重力供液系统的老式排管形式，不适用其它的制冷系统，所以在用氨泵强制循环供液时，一般都不采用这种排管。

(3) 集管式顶排管是冷藏库中应用较为广泛的一种顶排管，适用于重力供液系统和氨泵下进上出式供液系统中。集管式顶排管结霜比较均匀，制作安装也较方便，根据使用的要求可以制作成单排和双排的类型。

(4) 搁架式排管系集管-盘管式排管的一种变型，一般是由回气和供液集管连接若干组盘管构成。在重力供液式系统和氨泵下进上出式供液的系统中，氨液由下部供入供液集管，而后顺序流经盘管的各层横管，吸热蒸发后形成气体或气液混合物，经设置于排管上部的回气集管进入回气管道。搁架式排管的优点是货物装载量大，排管传热系数较高，耗电量小和冻结时间较短。缺点也很明显，排管的液柱作用大。操作的劳动量大且繁重，除霜麻烦及对需冻结货物的适应性较差。搁架式排管一般设置于冻结间和小型冷藏库的冷藏间内（这种小冷藏库没有冻结间）。搁架式排管一般采用 $D38 \times 2.2$ 或 $D57 \times 3.5$ 无缝钢管制作。每层管子的水平中心距，当采用 $D38 \times 2.2$ 管子时为 80 ~ 100mm，采用 $D57 \times 3.5$ 管子时为 100 ~ 200mm。每层管子的垂直中心距视盛放冻结食品的盘高或货物的高度而定，一般为 250 ~ 400mm，最下一层距地坪不宜小于 250mm，最高一层管子距离地坪高度不宜大于 1800mm，以免操作工人弯腰、踮脚或借立凳进行操作。搁架式排管的层数以偶数为宜，可使进液和回气集管位于排管的同一侧，便于安装和操作。搁架式排管通常采用通风机来提高空气流速，有组织强制通风的搁架式排管较之自然对流状况下的搁架式排管约

可缩短冻结时间的一半，通风机一般采用轴流式通风机。轴流式通风机的位置对冻结间内气流组织和搁架式排管的冻结效果有很大的影响，布置时要考虑得当。

其它类型的排管形式相对较少，不一一介绍。

2. 排管的预制组装

制冷工艺的蒸发排管预制组装准备工作很多，其中包括了场地准备、人员组织到预制组装。对目前冷藏库中常用的双层光滑顶排管而言，应根据库房排管的大小和型式设置预制场，在预制场中对管子进行坡口、除锈、刷油、调直、弯管等各单项工序的加工处理，然后按图样下好料进行蒸发排管的 U 形弯和集管加工。预制的集管（用 $D76 \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管制作和 $D57 \times 3.5\text{mm}$ ）和弯制成 180° 的 U 形弯到现场配管组装。组装时，将集管放在预制好的支架上，将全部按尺寸断料的 $D38\text{mm}$ 无缝钢管伸入集管中，上好排管的上下两道支架。 $D38\text{mm}$ 无缝钢管伸入集管的深度要求为 10mm ，为保证这个尺寸值，先用一根 $D50\text{mm}$ 钢管插装在 $D76 \times 4\text{mm}$ 的集管中，这样每根 $D38\text{mm}$ 钢管伸入联箱孔内不用再量尺寸就能保证伸入深度要求，当全部 $D38\text{mm}$ 钢管在集管孔内就位后，再依次用 U 形螺丝管卡将 $D38\text{mm}$ 钢管固定在排管的角钢支架上，然后就可把 $D50\text{mm}$ 钢管从集管中抽出。在排管一端与集管接好后，进行双层组对；另一端用弯成 180° 的导管接好，全部焊接完毕后，再按图样检查固定排管的角铁支架位置。组对连接结束，对排管用 1.6MPa 的压缩空气进行不少于三次的吹污，随吹污的进行，用榔头敲打管道，把内部焊口处的氧化铁皮吹出。完成吹污工作后，焊接两个集管的封头，再用 1.2MPa 或 1.6MPa 的压缩空气进行整组排管的单体试压，检查合格后可做吊装准备。

搁架式排管和其它类型的排管，也是由两个集管和中间的配置管所组成，只不过中间的配置管形式不同而已，所以各类排管的预制组装大同小异，基本工序相同。

3. 排管的吊装和安装要求

蒸发排管通常采取整体吊装。当蒸发排管面积较大时，其本身的刚性较差，为避免吊装时发生变形，必须采取加固措施。加固的方法除按图样规定装好各排管的角钢支架和吊点支架外，在排管底部还要利用槽钢或工字钢再做一吊装托架。吊装时根据排管长度和重量确定吊点数量和位置，起吊前应预先将楼板上的预埋螺栓校正好。排管的吊装应由一人指挥，动作一致，以保证整组排管水平上升。当排管上升到预定位置时，上好预埋螺栓螺母。排管吊装的螺栓在拧紧螺母后应伸出螺母四个螺距，在拧紧螺栓时应校正排管的水平及坡度。排管的水平和坡度可在吊架螺栓处加垫圈来调整。

排管的安装有一定的基本技术要求，墙排管中心与墙壁内表面间距离不小于 150mm ，顶排管中心（多层排管为最上层管子中心）与库顶距离不小于 300mm 。排管安装的其它基本技术要求见表 3-10。

4. 冷风机的安装

(1) 冷风机的特性冷藏库用冷风机，依据其在冷藏库中的位置和对库房进行冷却的方法分为集中式冷风机和分散式冷风机两大类。

集中式冷风机是根据冷藏库库房的平面位置和功能，按楼层或库房分区组成若干个部分集中设置。这种布置形式的特点是设备投资小，冷风机可设置于库房外（如常温穿堂、冷库顶层等等），并能同一系统各库房间调配使用，便于发挥冷风机的效能；但有些需

要设置库房外的空气分配管道系统，系统调节操作较为复杂，难以实现冷却过程的自动化。

表 3-10 排管安装技术要求

检查部位	允许偏差
集管上套支管用孔的位置：顺轴线方向位移 横轴线方向位移	$\leq 1.5\text{mm}$ 不允许
同一房间内各组排管的标高	$\pm 5\text{mm}$
横管式排管各横管的平行度	$\leq 1/2000$
立管式排管各立管的平行度	$\leq 1/1000$
排管平面的翘曲（一角扭出平面的距离）	$\leq 3\text{mm}$
排管的水平误差	$\leq 1/2000$
顶排管上、下弯曲	不允许

分散式冷风机是把冷风机设置于各个需要冷却的库房内，因而有着占用库房有效面积和空间、检修困难、设备投资高等缺点。但这种布置方法具有操作调节方便、易于实现冷却过程的自动控制，以及空气分配管道系统较为简单等突出优点。现在冷藏库一般都采用分散设置于各库房中的分散式冷风机。分散式冷风机根据其在库房中的位置，可分为落地式冷风机和吊顶式冷风机。落地式冷风机在库内靠墙安装；吊顶式冷风机，则悬挂或搁置在库内库顶下面。

冷风机包括空气冷却器和通风机两部分。通风机的设置，依据其和空气冷却器的相对位置分为压出式布置和吸入式布置。压出式布置是把空气冷却器处于通风机的压出端，空气流向是流经通风机和空气冷却器；吸入式布置是把空气冷却器处于通风机的吸入端，空气流向是流经空气冷却器和通风机。

压出式布置的特点是通风机用电动机的发热使空气冷却器进风温度升高，因此在给定空气与制冷剂的温度差条件下导致蒸发温度相应地升高，从而提高制冷压缩机的制冷能力。空气的析湿度小，能够维持库内空气具有较高的相对湿度。当空气冷却器后不连接空气分配管道时，出口处风速小，要求出口的动压也小，因此可以充分地利用通风机产生的全压。

吸入式布置的特点是通风机出风速度较高，在库房中可直接应用无管道的自由射流送风，空气冷却器处于负压端，所以在空气冷却器进口处可直接从室外导入新风而不需另设新风系统。若在空气冷却器出口处也导入新风时，则易于维持库内较高的空气湿度。由于通风机输送温度较低的空气，故同一型号的通风机以重量计的风量和全压较压出式高，空气冷却器处于负压端，一般认为其中的空气流速易于均匀。

(2) 冷风机的安装注意事项冷风机的安装在土建施工时，要核对冷风机的型号，检查是否与工艺设计图样相符合。当冷风机用于白条肉冻结间时，大多采用落地式冷风机，冻结间的宽度采用 6m 时，轨道股数不多于 5 道，冷风机应沿冻结间长度方向布置。在布置吊轨时，由于冷风机一侧处于冷空气的回流区内，冻结速度不如冷风机对面靠墙一侧快，所以应优先从冷风机对面一侧靠墙开始，不要留走道。冷风机与最近一股轨道之间应

留 1.2~1.5m 的距离作为走道。轴流风扇与冷风机外壳之间应采用软管连接，出风轴心角度可以是水平的，也可以呈 15° 俯角，通常采用轴流通风机底座下加楔形垫块的方法来调整出风角度。冷风机靠墙一侧应留有 350~400mm 的距离。

对轨道吊笼冻结装置，循环冷风的气流为横向气流，要力求各断面上的气流均匀。安装时，根据吊笼的高度尽量压缩吊笼上下的空间，减少旁通风量，迫使气流均匀地吹过吊笼。出风口的分布应与吊笼的长度、高度和层数相适应。回风端是否设置调节风门，依冷风机回风口的高低而定，通常落地式冷风机回风口高出地面 600~1000mm。当吊笼距冷风机的水平距离在 1m 以上时，回风端可以不设置调节风门。当轨道吊笼冻结装置采用下吹风的气流组织方式，冷风机的出口与吊笼间的距离应在 1.2m 以上，在风机出口需装上三叶可调导风板，组织气流。

所有落地式冷风机的安装必须要求平直，先把骨架装正找平，然后焊好水盘，再分层装好，在各层的法兰之间用橡皮垫圈垫匀，用螺钉压紧，不得有漏水漏风现象。为防止冷风机各法兰接口不严密，法兰间的橡皮圈不能对口平接，而应上、下斜口搭接，橡皮垫圈的边沿不应突出法兰以外。

当采用吊顶式冷风机时，应预埋好吊顶螺栓，把冷风机直接固定在楼板顶上。固定时应注意找平，然后用双螺母或垫弹簧垫圈拧紧。

冷风机一般采用水融霜，但是水对冷库有很大的危害性，所以采用水融霜的冷风机必须要有严密不透水的外壳，并有使融露水不致溅入库内的承水盘，此外，还要求畅通的排水管道，三方缺一不可。

融霜水系统在设置时，供水总管应敷设在常年温度大于 0°C 的穿堂内或其它场所。进入库内的融霜水支管进库位置应最高，一直到冷风机淋水管管段。在安装时，融霜水管道采取风机方向找坡，坡度为 $i = 0.03$ ，使库内融霜水管道在停止供水后不会发生冻塞现象。而吊顶式风机，融霜供水管进库位置应低于库内融霜淋水管道的最高位置，安装时可采取从最高位置处向淋水管和融霜水管进库位置两边找坡，坡度为 $i = 0.03$ ，在融霜供水管的库外控制阀后应有排水，以便在融霜结束后排尽管内存水。库房内部的供水管道应包隔热层，为防止“冷桥”，隔热层应延伸至库外至少 1.5m。淋水管本身也应有一定的坡度，坡向梳状排排水管末端，在末端靠管底的封板上钻一个小于 $D6\text{mm}$ 的钻孔，或将末端封板制成底部有弓形缺口的封板，排除管道内的积水、污垢和氧化铁。

承水盘的排水口可以开在承水盘折线上最低口位置。承水盘应架空在冷库地坪以上，不可紧贴地面，更不允许嵌入地坪以内，以便能及时观察是否漏水，也便于维修。承水盘的有效盛水深度应不小于 300mm，以便能形成一段水压，克服排水口和弯头阻力。蒸发器下沿至承水盘底板之间的高度不宜过大，只要满足回风口断面要求即可。为减少水滴外溅，把承水盘设计成 V 形折线，将水滴向水盘中央反射；但这样的制作会造成承水盘高度加大，整台冷风机高度以及冻结间内净高的要求也将随之加大。当高度受到限制时，可采用在承水盘里加反射板的做法，把利用斜面和控制在承水盘高度的矛盾统一起来。

冷风机融霜排水管管径不小于 100mm，排水坡度不小于 5%，排水管与承水盘的接口必须焊接良好，保证严密不漏水。为防止出现排水管与承水盘接口不正的情况，可以采取冷风机安装就位后再进行承水盘现场开孔焊接，消除误差。排水管道应隔热，隔热层延伸

至室外 1.5m 处。当采用吊顶式冷风机时，由于承水盘比较浅，容易产生排水不畅而漫水，可采取在原承水盘底部加接 300mm × 300mm × 300mm 的水斗，将排水管接在水斗底部，借水斗内水的液柱来克服排水口及弯头的局部阻力；或者采取增大水斗的深度，将排水管接在水斗侧面，省去弯头，也可顺利排水。冷风机承水盘的平面尺寸各个方向都应大于冷风机平面尺寸，回风口的净尺寸宜使进风速度不大于 0.4m/s，以正面和左右两侧考虑回风，而后侧一般不作回风口使用。为防止溅水，冷风机后侧与承水盘之间须加挡板，但挡板下沿应留 50mm 距离，使冷风机外壳融化的冰、霜水，或者自法兰接口不严密处漏出的融霜喷淋水能泄入水盘内。

(3) 冷风机安装后的调试冷风机安装完毕后应进行试压、试水和试验风机。当冷风机安装结束后应用 1.2~1.6MPa 的压缩空气试压检漏，试后进行试水。试水时要求淋水盘喷淋均匀，下水畅通，冷风机各层连接处不漏水，承水盘的排水应通畅，不积水。吊顶式冷风机与承水盘连接处不能有溅水现象，绝对不允许有溢水产生。试验风机也是冷风机调试中的重要一项。试验风机前应先检查风叶与机壳有无撞击情况，并向风机轴承注油，做好风机试验前的准备。在通风机运转时，要求主体不产生抖动，无异常杂音，电动机的电流及温升正常，润滑部件温度符合要求，出风均匀。待风机调试后，在冷风机出风口预留螺孔上装设导风板，并根据风量分布要求调整好导风板的安装角度。

四、盐水池（冰水箱）的安装

1. 箱体安装

盐水池的箱体一般用钢板制成。在安装箱体前，应先做好箱体基础，箱体基础的表面应平整，在其上先做二毡三油的防潮层，再做 15cm 厚的软木隔热层，在隔热层上方再做一毡两油防潮层，然后进行盐水池箱体的安装。箱体是由制造厂整套设备组装完备或按图样制作，安装前箱底应刷防锈漆两道，并用水检漏试验。箱体就位，找平固定后，箱体与隔热层的间隙用沥青灌实。

2. 蒸发器的安装

盐水池的蒸发器一般采用螺旋管式蒸发器，在安装前应先检查有无产品合格证，并要进行 1.6MPa 的气体试验和检漏，检查合格后用起重设备吊装于池内，并加以固定，然后进行蒸发器的管道连接，包括供液节流阀、电磁阀和氨液分离器等组装，在配管时，管道与水箱壁、基础和房间墙体的间距要留 150~200mm，以便给管道包隔热层及隔热层的外保护层。

3. 搅拌器的安装

盐水搅拌器分为卧式和立式两种：卧式搅拌器在安装前，应拆开进行检查，清洗轴瓦，再进行组装，轴与轴瓦间不得有过松或过紧现象，装好后不得漏水；立式搅拌器垂直安装在盐水池箱体的上面，没有漏水存在，操作管理方便，但要注意安装的垂直度。

4. 其余部分的安装

用于盐水制冰冰桶脱冰的脱冰池，安装时要求其上口位置应稍低于盐水池上口，以免在冰桶脱冰时水满溢入盐水池，使盐水池中盐水浓度下降。翻冰架要求轴承严格同心，翻转灵活，翻冰架位置应在翻转后冰桶倒在倒冰台上并保持一定的倾斜度，使冰能自由滑出。倒冰台应有两倍以上冰块的长度。

五、虹吸器、经济器的安装

1. 虹吸器的安装

目前在大型螺杆式制冷机系统中，多数都采用热虹吸式制冷循环，它是近几年新发展起来的用以冷却冷冻机油的一种节能型制冷装置。

虹吸器制冷装置已发展成为一种工业化标准产品，在这一装置中液态制冷剂在蛇形盘管内处于冷凝压力下吸热沸腾（蒸发），通常设计蒸发温度为 $32 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，将冷冻机油冷却，蒸发所产生的高压蒸气，再回流入虹吸器或直接进入冷凝器。必须注意，虹吸器上部的气体管径要有足够的尺寸，与油冷却器的热负荷相匹配，以免造成气体过量。此外，虹吸器的位置必须高于油冷却器与高压贮液器。在氨制冷系统中，虹吸器中的液面必须高于油冷却器的中心线 1.8m ，工作过程如图 3-10 所示。

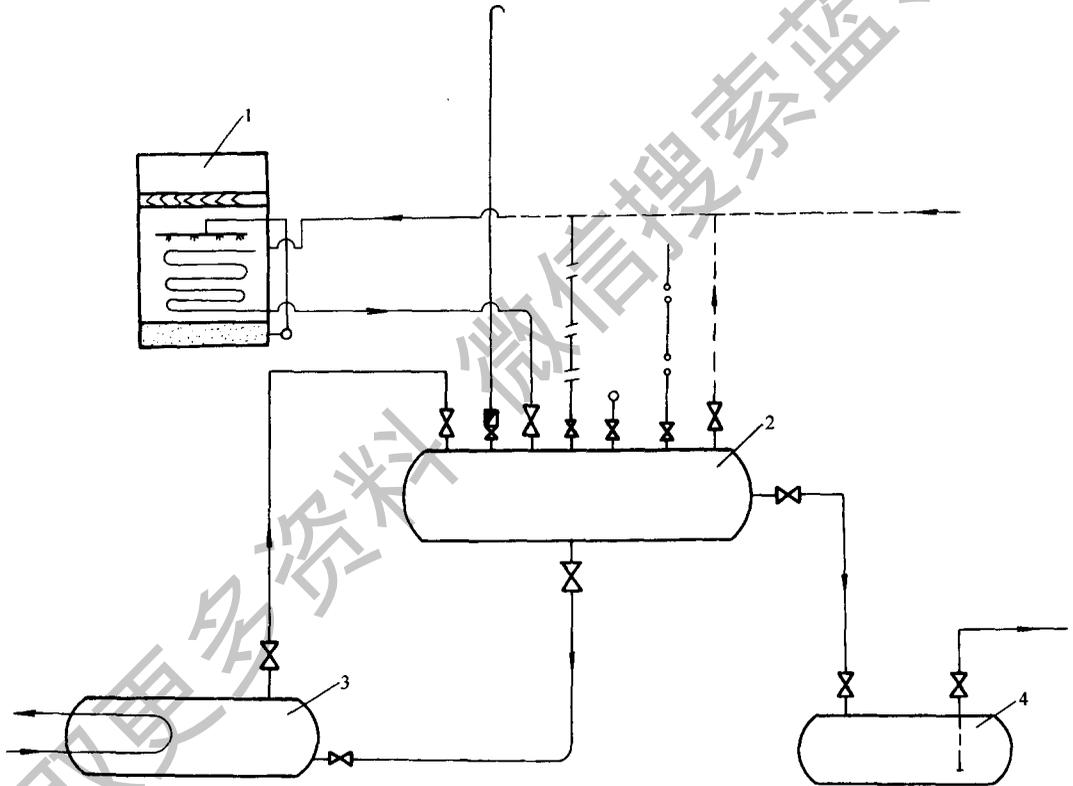


图 3-10 具有虹吸器制冷循环原理图

1—蒸发式冷凝器 2—虹吸器 3—油冷却器 4—高贮器

在安装中，通常把虹吸与低压循环桶安装在一个操作平台上，这样即可满足安装高度，又便于整体操作。它的安装方法与其它设备一样，既要工艺合理又便于操作与美观。

2. 经济器的安装

螺杆制冷压缩机的特点之一是单级压缩比大。但随着压比的增大，循环的节流损失增加，机器的泄漏损失也增加，效率急剧下降。为了提高效率，改善性能，常利用螺杆压缩机吸气、压缩、排气单方向进行的特点，在压缩机吸气结束压缩开始处设置一个中间补气

口，吸入从经济器来的闪发蒸气。带经济器的螺杆压缩制冷循环系统常用的有两种：一种是两次节流的系统；另一种是一次节流，使液体过冷的系统。

带经济器的螺杆压缩机的单级压缩比大，与双级压缩的螺杆机系统相比较，占地面积小、操作简单、容易控制。从压缩机的性能分析，带经济器的螺杆机在 -30°C 低温工况下，完全可以取代双级的螺杆压缩机循环。螺杆压缩机增加经济器后，主要是由于经济器中液体过冷，制冷量增大。图 3-11 所示为带经济器的一次节流的螺杆压缩循环系统。图 3-12 所示是在 $p-h$ 图上具有带经济器的一次节流循环。

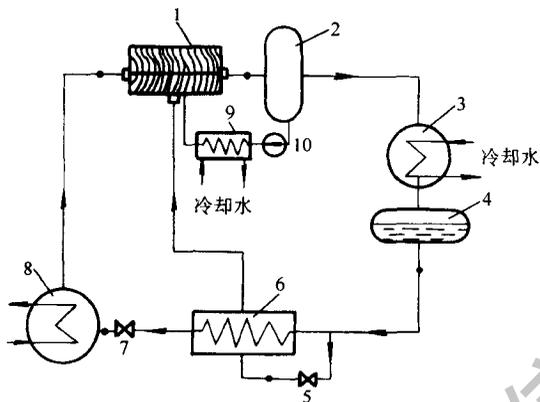


图 3-11 一次节流的螺杆压缩机制冷循环系统

1—螺杆压缩机 2—油分离器 3—冷凝器 4—贮液器
5、7—节流阀 6—经济器 8—蒸发器
9—油冷却器 10—油泵

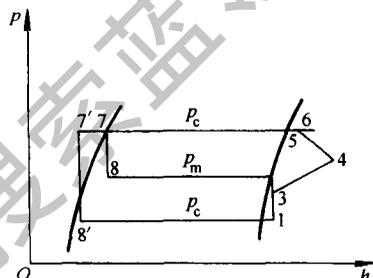


图 3-12 一次节流螺杆压缩循环在 $p-h$ 图上的表示

基于上述经济器的工作原理，所以在实际安装中该设备应安装于高压贮液器之后，低压循环贮液器或氨液分离器之前。需要注意的是经济器中的压力是中压，所以安装中一定要对经济器作保温隔热处理。

六、氨液分离器和低压循环贮液器的安装

1. 氨液分离器的安装

位置应比冷间最高层冷却排管高 $1.5 \sim 2\text{m}$ ，以使器内的氨液所产生的静压，能克服管路阻力流入冷却排管。具体安装方法与其它辅助设备基本相同，这里不再重复。

2. 低压循环贮液器的安装

低压循环贮液器的安装主要注意的是它与氨泵之间的高度差，这一差值可根据厂家提供的参考数据进行安装，其次要注意低压贮液器的操作平台，安装平台时一定要考虑操作、维修方便。它的安装方法与冷凝器操作平台的安装方法基本相同。

七、泵类的安装

1. 离心水泵的安装

- 1) 检查水泵和电动机有无损坏，并核实基础上地脚螺栓预留孔，定出中心线。
- 2) 吊起水泵（绳索严禁拴在水泵轴上），穿上地脚螺栓平放在基础上，螺栓两边加垫铁，高度 $20 \sim 30\text{mm}$ ，用水平仪找平。然后用 200 号混凝土将螺栓灌实，凝固 $3 \sim 5$ 天。
- 3) 第二次找平水泵时以轴为主，并用 1:2 水泥砂浆抹平基础面，装上电动机。联轴器

之间的间隙调整到 1~2mm。并用直尺检查联轴器上、下、左、右四点的位置，以观察和调整水泵轴和电动机轴的同心率，以手转动灵活即可。

水泵和电动机在一个公共底盘上，安装时可整体安装，安装后须对公共底盘进行找平，找平后再用手转动联轴器，转动灵活即可。

4) 水泵吸水管的水平管段安装时应坡向水源，在水池中垂直管段的末端须装同样直径的滤水头（止回阀）一个，要保证滤水头不漏水。在吸水管接近水泵处应接自来水管，便于向管道加引水，以保证开水泵时驱出吸水管内的空气。多台水泵安装时吸水管要分开，以防出水量不够。

2. 氨泵的安装

氨泵的安装基本上与水泵相同。但必须保证低压循环贮液器与氨泵之间的液位差。

八、阀类的安装

1. 阀门的检查

1) 阀门在安装前除制造厂铅封的安全阀外，必须将其它阀门逐个拆卸，清洗油污、铁锈。电磁阀的阀芯组件清洗时不必拆开，电磁阀的垫圈不允许涂抹黄油，只要求沾冷冻油安装。截止阀、止回阀、电磁阀等阀门应检查阀口密封线有无损伤。有填料的阀门须检查填料是否能密封良好，必要时须加以更换。

电磁阀、浮球式和电容式液位控制器等安装前须检验是否灵活可靠。

安全阀在安装前应检查铅封情况和出厂合格证，若规定压力与设计不符时，应按专业技术规定将该阀进行调整，做出调整记录，到有关安全部门请技术人员检查合格后，然后再进行铅封。

2) 阀门试压，即在阀门拆洗重新组装后，先将阀门启闭 4~5 次，然后关闭阀门，进行试压。试压介质可用压缩空气和煤油。用煤油试压，即把煤油灌入阀体，经两小时不渗漏为合格。用这种方法试压时，应在阀芯两头分别试压；用压缩空气试压，利用专用卡具，试验压力为工作压力的 1.25 倍，试验时不降压为合格。为了检查阀体是否因裂纹、砂眼造成阀体渗漏，也可将试验的阀门放在水中通入压缩空气进行阀体检漏。

2. 阀门的安装

1) 应把阀门装在容易拆卸和维护的地方，各种阀门安装时必须注意制冷剂的流向，不可装反。

2) 在安装法兰式阀门时，法兰片和阀门的法兰一定要用高压石棉板做垫，高压石棉板厚度要根据阀门上法兰槽的深浅确定。当阀门较大且槽较深时，要用较厚的石棉板，否则，在法兰片与阀门法兰组装时，它们之间的凹凸接口容易有间隙而密封不严，所以石棉板厚度的选定必须慎重。在组装法兰式阀门时，一定做到所有螺栓受力均匀，否则，凹凸接口容易压偏。

3) 安装截止阀，应使工质从阀门底部流向上部。在水平管路上安装时，阀杆应垂直向上或倾斜某一个角度，禁止阀杆朝下。如果阀门位置难以接近或位置较高，为了操作方便，可以将阀杆装成水平。

4) 安装止回阀，要保证阀芯能自动开启。对于升降式止回阀，应保证阀芯中心线与水平面互相垂直。对于旋启式止回阀，应保证其阀芯板的旋转，且阀芯板必须装成水平。

5) 安全阀应直接安装在设备出口处的截止阀上，阀体上的箭头应与工质流动方向一致。

6) 电磁阀必须水平安装在设备的出口处，一定要按图样规定的位置安装。电磁阀若安装在节流阀前，二者间至少保持 300mm 的间距。

7) 热力膨胀阀也必须水平安装，要注意阀的进出口连接，通常在阀的进口端有滤网。若使热力膨胀阀有良好的控制，感温包的位置很重要。感温包应该牢牢地固定在清洁的吸气管上，让感温包同吸气管管道有良好接触，不能把感温包固定在吸气管路的集油弯或其它凹槽处，以免润滑油或润滑油与制冷剂的混合物对感温包的工作产生不真实的影响。外平衡热力膨胀阀的外部平衡管，应安装在回气管感温包绑扎处的下部，与感温包绑扎处的距离为 150~200mm，感温包应绑扎在水平管段上，外部平衡管应从回气管水平管段的顶部接出。热力膨胀阀后的分液器应尽可能靠近膨胀阀。

8) 浮球阀安装时，要求浮球室中心线与控制容器的水平面一致。浮球阀的上、下均压管要安装截止阀，浮球阀前要安装液体过滤器。

9) 玻璃管液面指示器，应检查上下两阀门的平行度和扭摆度；否则，装玻璃管后容易引起玻璃管破裂。

九、远距离压差式液位指示器的安装

1. 指示器的构造

远距离压差式液位指示器是低温液位指示器的一种，由于用连接管与容器连通，因此可安装在压缩机车间内，便于值班人员察看，其构造和管路连接如图 3-13 和图 3-14 所示。

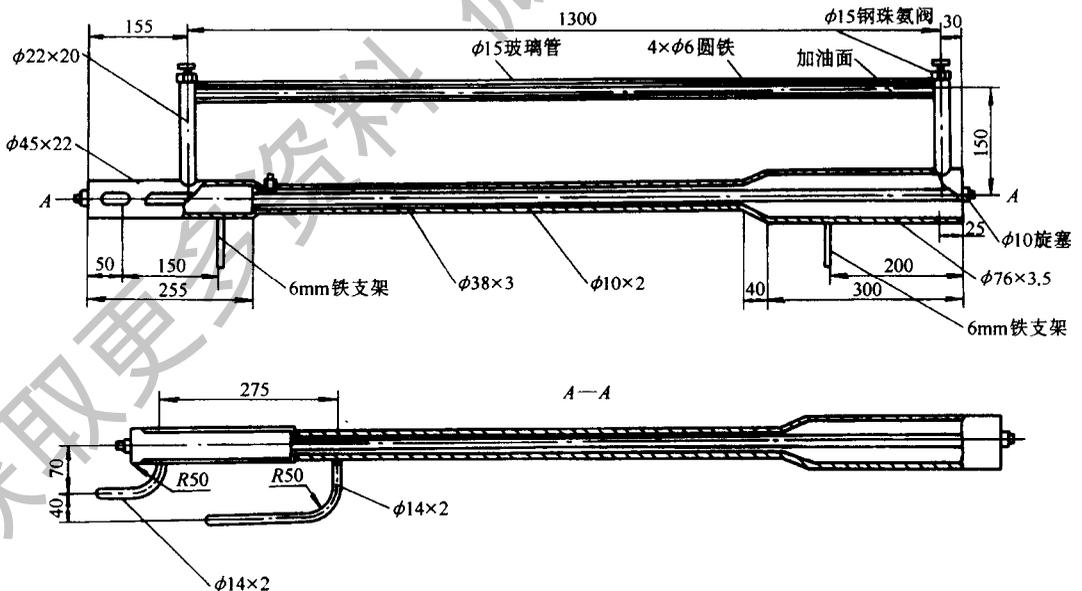


图 3-13 压差式低温液位指示器

(没有注明材料的均为无缝钢管)

压差式低温液位指示器由套叠的管子组成，下部是油室。油室的一侧接通玻璃板液面指示器，底部设放油用的管塞，油室与中部的液压室连通。液压室与上部的气压室隔开，侧上

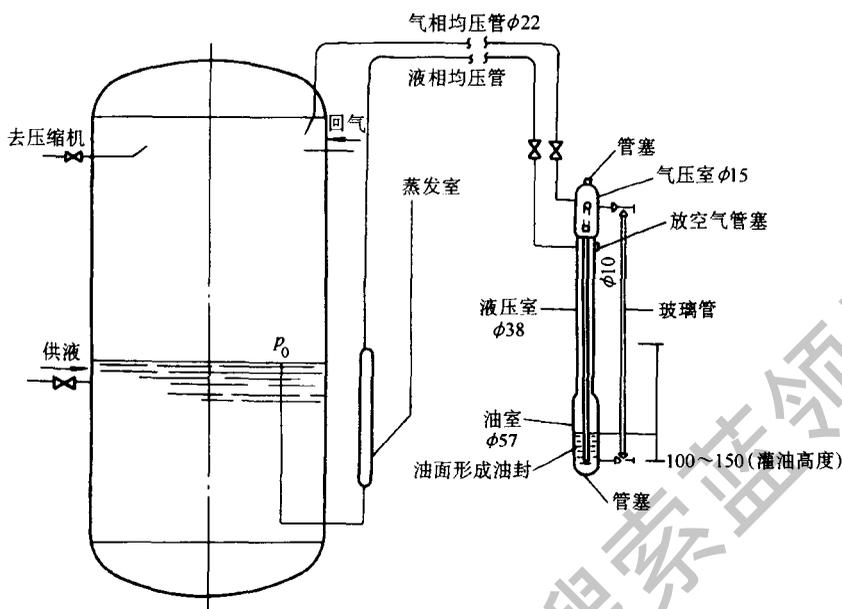


图 3-14 压差式液位指示器管路连接示意图

部有放气用的管塞，另一侧接液相均压管，上部是气压室。气压室的一侧接通玻璃面液位器，另一侧接气相均压管，顶部设加油用的管塞， $D10\text{mm}$ 细管从气压室接通油室，作加油之用。油室内加油的高度为 $100\sim 150\text{mm}$ ，淹没 $D10\text{mm}$ 管下端，形成隔开气压、液压室的油封。

指示器工作时，气压室内的压力与低压容器内气体部分的压力相等，同样是蒸发压力 p_0 。而容器内的液体部分除了承受液体表面的压力 p_0 以外，还要加上液面高度 H 所产生的静压 p_H 。由于存在压差，使液压室的压力大于气压室，从而压迫油室内油使它沿连通的 $D10\text{mm}$ 细管和玻璃板液位器上升一定高度 h ，以达到压力平衡。观察玻璃板液位器内油的高度 h ，再折算成容器内氨液高 $H = h/0.7 = 1.43h$ ，就可确定容器内正确的液面高度。

2. 压差式低温液位指示器安装时的注意事项。

- 1) 液相、气相均压管（一般用 $D22$ 管）应高于低压容器的顶部，不包敷隔热层。
- 2) 油室内灌入清洁的冷冻油，气压室与液压室之间不得漏气。
- 3) 气包（蒸发室）不包敷隔热层，使进入室内的氨液及时蒸发。一般用 $D57 \times 1000\text{mm}$ 钢管制成，安装位置要求容器内液面波动在其长度范围内。
- 4) 气相均压管与低压容器连接处，应距库房回气管及容器去压缩机的回气管较远，使管内压力平稳。
- 5) 使用时先加油再抽空系统，加油时需排出空气。

第四节 制冷管道的安装

一、弯管的制作

管子的弯曲分热弯和冷弯两种，一般 $D57\text{mm}$ 以下的管子采用冷弯。冷弯工艺中 $D25$

~57mm 的管子，可采用电动或液压件传动的弯管机或顶管机弯曲；D25mm 以下的管子可用手动弯管机弯曲。因为冷弯的管子不会脆，管壁减薄的程度比较轻，加工方便，而且管子的内壁干净，因此凡冷弯的管件尽量采用冷加工。

冷弯弯头时，弯曲半径为管子的公称直径的 3.5~4 倍为宜。但在弯曲后，管壁减薄的程度不超过计算所需壁厚的 15%。因钢的弹性作用，弯曲时比所需角度多弯 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，弯曲半径应比要求半径小 3~5mm，以便回弹。

热弯弯头时，包括以下工序：干砂、充砂、划线、加热弯管、检查校正和除砂。热弯曲半径不得小于公称直径的 3.5 倍，弯曲后管壁减薄的程度不得超过计算所需壁厚的 15%。

在向管子内充干燥的砂子时，应边充边用手锤敲击管子外表振实，当充进的砂子不再下降为合格，然后将管端用木塞堵实。

充砂后管子可用焦炭火加热，而不应用煤火加热，因用煤火加热易引起局部过热，而煤中含硫也会损害管子。

管子加热温度一般为 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，管子呈现橙黄色为宜，在弯曲中当温度降到 700°C 时（樱红）应重新加热。

二、管道的除污工作

无缝钢管在安装前，应逐根进行内、外壁除锈、去污。外壁除锈为涂刷防锈漆做准备；内壁除锈，避免了锈屑、杂质进入制冷压缩机造成机器损坏，同时也保证了管道通路最大断面，减少管内流体阻力。

钢管除锈的方法可用机械方式、喷砂方式或人工方式。机械方式除锈是将需要除锈的管子靠近钢丝刷，用电动机带动钢丝刷子来回移动清除锈污。人工除锈方式就是使用人力用钢丝刷刷掉锈污，外壁用平刷，内壁用圆刷，来回刷除锈污、锈屑。

管道除锈后，将管子竖立，使用木锤敲击管壁，倒干净管内铁锈，并用棉布揩抹干净，有条件的，最后再用压缩空气吹洗一番。

三、管道的连接

在管道连接之前，必须先预制好管道的支架或吊架，以便于管道的连接。这里对管道的支架或吊架作简单介绍。

管道支架和吊架的布置与安装，是管道安装的一个重要环节，布置安装的位置正确与否，直接影响管道连接过程中的经济性与安全性。

1. 管道支架的形式

根据管道支架的结构，可将支架分为固定支架、半固定支架和活动支架三种基本类型。固定支架通常是用焊接的办法将管道与支架完全固定；半固定支架通常是用一根圆钢或一条扁钢带做成管卡，两端有螺母将管道拉紧在支架上，当管道发生伸缩时，如管热胀推力能克服管卡所造成的侧压力，在轴向将会产生小量位移，这就避免了管道截面内产生过高的力，因此这种支架称为半固定支架；活动支架是允许管道在支架上作一个或两个方向的滑动。此外，由于工程上的需要，也常用吊架代替支架。

在制冷工程中，一般采用固定支架的较少，而后两种为常用的形式，如图 3-15 所列的几种常用形式。

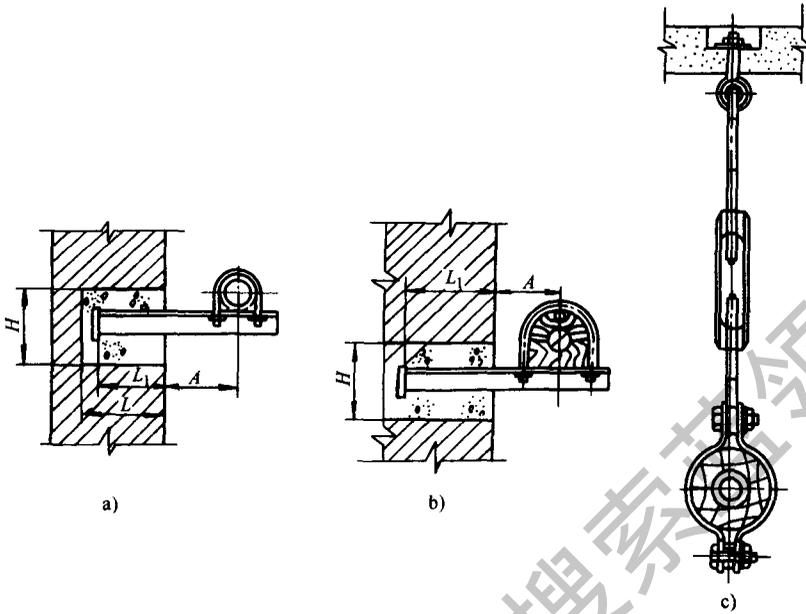


图 3-15 常用半固定支架和吊架的结构图

a) 无保温半固定支架 b) 有保温半固定支架 c) 吊架

2. 管道支架布置的问题

1) 根据管道数量、布置形式，分析支架、吊架受力情况，选择合理的支架、吊架形式，确定支架、吊架的材料和断面。

2) 根据管道受力情况，决定吊、支架间距，布置吊架。

3) 根据吊架受力情况及管道在梁、柱、墙的布置情况，决定支架的固定方式。

4) 在建筑物内预埋合适的金属物件，以连接吊、支架。

3. 管道吊、支架的材料

吊、支架的构成，一般采用角铁作支撑，用 U 形双头螺栓管卡作固定，用圆钢或角铁作吊接。对管道有绝热层的，为防止冷桥，管与螺栓连接处用一块涂过沥青的木板夹住，木板的大小要与绝热层厚度相适应。

4. 管道的法兰连接

为了以后制冷管道维修拆装方便，可采用法兰连接。把一对法兰分别焊在两根需要连接的管口上，再将两片法兰用螺栓连接。

法兰盘用钢板制作，氨法兰盘要求有良好的密封性能，采用凹凸式密封面。法兰盘根据管径大小选用。

法兰盘与管子装配时，法兰盘内孔与管子外壁的间隙不应超过 2mm。若管子外径大于法兰盘内孔时，应将法兰盘内孔用车床车大（不得用气焊切割）。管子插入法兰盘内，管端与法

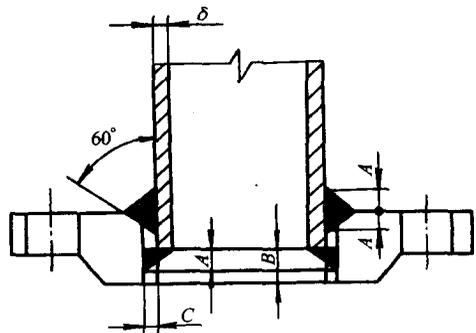


图 3-16 管子与法兰的焊接

兰盘平面不能齐平，至少应留 5mm 距离。管子与法兰盘焊接如图 3-16 所示，法兰盘的密封面，应与管子轴线垂直，其倾斜度不大于 0.5mm。

两片法兰盘连接时，应用厚度为 1.5 ~ 2.5mm（根据法兰凹槽深度选用）的石棉纸板作垫圈，其尺寸同法兰盘密封面的尺寸相同。纸板垫圈不得有开口或厚度不均等缺陷。每对法兰盘之间只能用一个垫圈，不得使用两个垫圈。垫圈放在法兰盘上时，表面应涂抹黄油。焊在二根管口上的两片法兰盘，加垫圈后螺孔对齐，凹凸相配，即可用螺栓连接。连接时，应使两片法兰保持平行，螺母处在同一侧，螺栓应对称地逐步拧紧。拧紧后螺栓露出螺母的长度不应大于螺栓直径的一半，但也不应少于两个螺距。

5. 管道与设备的法兰连接

凡设备上带有法兰者一律采用法兰连接，法兰盘要用 Q235 钢制作，加工的法兰必须有凹凸口，加密封线，接触面必须平整无痕。在法兰凹凸口内放置 1 ~ 3mm 厚的中压石棉板垫圈。垫圈要厚薄均匀不得有缺口，两面必须涂上黄油，以保证其密封性。

6. 螺纹连接

D25mm 以下的管子与设备、阀门连接时，应采用螺纹连接，但需用壁厚较大的管子，以防因车螺纹而降低管子的强度。连接时螺纹部分目前是采用聚四氟乙烯密封带作密封材料，此材料效果较好，缠紧在螺纹上，拧紧螺纹即可起密封作用，但严禁用白漆麻丝代替。要求螺纹靠管子一端应有一定锥度，这样才能将螺纹拧紧。

7. 管道焊接

1) 制冷系统的管道是要承受一定压力的密闭性系统，氨系统管道之间的连接一般采用气焊。管壁厚度达到 3mm 以上时采用焊条电弧焊。焊条成分应与管材相适应，以保证焊接质量。

2) 焊接管子时应注意以下事项：

焊条的成分与焊件成分相同，常用的气焊丝为 0.8 钢丝，电焊条用 T422 焊条。必要时，可切取焊缝试样进行拉力试验和化学分析。

焊条直径应按壁厚选择见表 3-11、表 3-12。

表 3-11 电焊条直径与壁厚的关系 (mm)

管子壁厚	3 ~ 5	5 ~ 10	10 以下
电焊条直径	3	4 ~ 6	4 ~ 7

表 3-12 气焊丝直径与壁厚的关系 (mm)

管子壁厚	3 以下	3	4
气焊丝直径	2 ~ 3	3	4

焊接管子之间应有一定的间隙，以便铁液渗入，增加焊接强度。接缝间隙，见表 3-13。

壁厚 4mm 以下的管子对焊一般不开坡口，坡口可用砂轮磨或在机床上加工，V 形坡口的规格和做法见表 3-14，如图 3-17 所示。

管子焊接时应对准管口，管口偏差不应超过以下数值：管子壁厚小于 6mm，偏差不超过 0.25mm；管子壁厚 6 ~ 8mm 偏差不超过 0.5mm。

表 3-13 焊接间隙与壁厚的关系

(mm)

壁厚	焊接方法 焊接间隙	手工气焊		焊条电弧焊	
		手工气焊	手工气焊	焊条电弧焊	焊条电弧焊
2.75 以下		0~1		0.5~1	
2.75~3.5		0.5~1		1~1.5	
3.5~6		1~1.5		1.5~2	

表 3-14 V形坡口接头要求尺寸

(mm)

管子厚度	间隙 a	钝边 b	坡口角度 α
5~8	1.5~2	1~1.5	60°~70°
8~12	2~3	1.5~2	60°~70°

⑥ 管子与法兰焊接时应在法兰内外两侧焊接如图 3-16 和表 3-15 所示。

⑦ 管道连接的焊缝不得留在支架处、墙孔内或其它不易检漏的地方。

⑧ 管道呈直角焊接时，管道应控制制冷剂的流向弯曲，机房吸入总管接出支管时，应从上部或中部接出，避免压缩机停车时吸入总管内凝聚液体，打开压缩机液体突然进入压缩机而引起倒霜。压缩机的排气管接入排气总管时，支管应顺制冷剂流向弯曲，并从总管的侧面接入，以减少排气阻力，如图 3-18 所示。

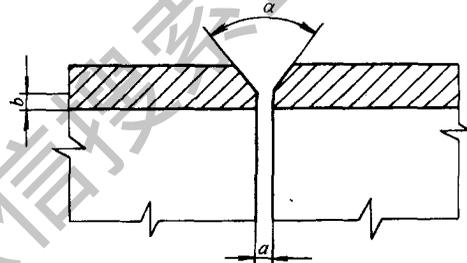


图 3-17 V形坡口

表 3-15 法兰焊接的尺寸

(mm)

管子外径	管子厚度	焊接高度 A	伸入裕量 B	间隙 C	电焊条直径
17~38	3	4	5	0.5~0.8	3~4
45~57	3.5	4	5	0.5~0.8	3~4
76	4	5	6	0.5~0.8	3~4
89~133	4	5	6	0.7~0.1	4~5
159	4.5	5	6	0.8~1.2	4~5
219	6	7	8	0.8~1.2	4~5

⑨ $D38\text{mm}$ 以下的管子呈直角焊时，可用一段较大管径作过渡连接焊接，如图 3-19 所示。

⑩ 不同管径的管子连接时，应将大管径的管口滚圆缩小到与管径相一致时再焊接，如图 3-20 所示。

⑪ 液体管上接出支管时，支管保证有充足的液量，支管应从液管的底部接出，如洗涤式油分离器的进液管从冷凝器的出液管底部接出，如图 3-21 所示。

⑫ 每一个接头焊接不得超过二次，如超过二次就应锯掉一段管重新焊接。在焊接弯管接头时，接头距弯曲起点不应小于 100mm 。

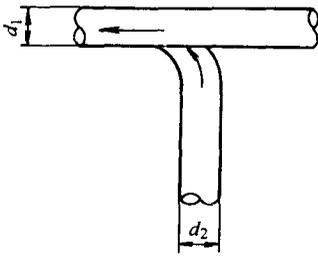


图 3-18 管路直角焊法

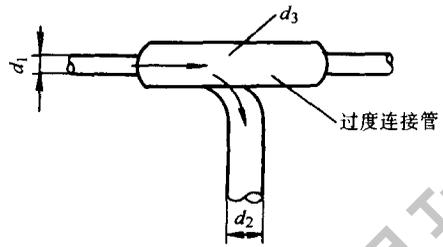


图 3-19 两根小管径管子的直角焊法

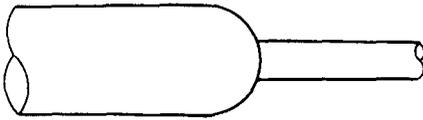


图 3-20 不同管径管子的焊接方法



图 3-21 液体管接出支管的焊接方法

表 3-16 系统管道一般坡度方向要求

管道位置	倾斜方向	倾斜度参考值 (%)
压缩机排气管至油分离器的水平管	坡向油分离器	0.3 ~ 0.5
油分离器至冷凝器	坡向冷凝器	0.3 ~ 0.5
压缩机吸气管的水平管段	坡向氨液分离器或循环桶	0.1 ~ 0.3
冷凝器出液管至高压贮液桶的水平管段	坡向高压贮液器	0.5 ~ 1.0
液体分调节站至蒸发排管的水平供液管段	坡向排管	0.1 ~ 0.3
蒸发排管至气体分调节站回气管水平管段	坡向排管	0.1 ~ 0.3

8. 焊接的质量检查

各种管道焊接完成后，都要进行质量检查，即焊缝不应产生如下缺陷：

(1) 未焊透主要原因是坡口开得不正确而引起的钝边太厚、对口间隙太小等，此外也可能是焊接速度太快、焊接电流太小或焊条表面有脏物等。

(2) 咬肉这种缺陷减薄了焊件的基本金属厚度，使应力集中，降低了焊件强度。产生原因是焊接电流太大、电弧太长或焊条摆动不对。

(3) 气孔产生原因是焊接速度太快、焊条摆动对不准、焊接表面不干净（有油脂、锈等脏物）或焊接电流太大、焊条潮湿等。

(4) 夹渣产生原因是多层焊接时，焊渣清理得不干净、熔化金属粘度大及焊条摆动不当等。

(5) 裂纹主要是由于热应力集中、冷却太快或焊缝有硫、磷等杂质所致。

要保证管道的焊接质量，必须掌握正确的焊接方法。气焊时，采用中性火焰。气焊操作有左焊法和右焊法两种。焊件厚度在 3mm 以下时，常用左焊法（焊嘴从右向左移动）焊件厚度在 4mm 以上时，常采用右焊法。在焊接过程中，根据焊件的厚度，焊嘴与焊件应保持一定角度，焊丝不应脱离熔池，否则易使氧、氮渗入焊缝金属，降低接头力学性能。焊缝一般以二层为宜，每层应一气焊成，以减少接头。如果中途要暂停，应使火焰慢慢离开熔化金属，使气体能从熔池中充分排净，以避免产生裂纹、缩孔和气孔等缺

陷。焊接速度要适中，过快会焊不透，过慢会使焊件产生过热现象。焊接完成后，不要用冷水急速冷却，以免焊缝产生裂纹。

焊接一般应在 0°C 以上进行。如气温低于 0°C ，焊接时要注意消除管道上的水滴、冰霜，必要时预先加热管道，以保证焊接质量，使焊接时焊缝慢慢收缩。

9. 制冷系统管道连接坡度的要求

1) 氨系统管道的安装应尽量避免突然向上或向下的连续弯曲，以减少管道的阻力，避免形成气囊和液囊，如图 3-22 所示。

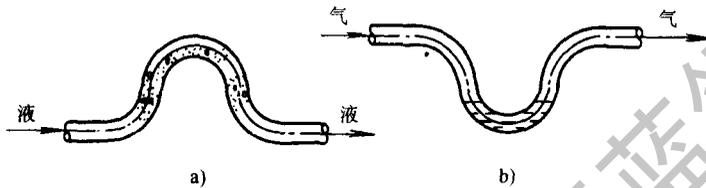


图 3-22 液囊和气囊

a) 液体管上气囊 b) 气体管上液囊

2) 管道安装坡度应符合图样要求，图样中没有标明的应按表 3-16 中的规定坡度方向安装。

氟利昂系统压缩机吸气管段要有 $0.1\% \sim 0.3\%$ 顺坡度坡向压缩机，以便使冷冻油能顺利地回至压缩机曲轴箱。

第五节 制冷压缩机的试车

一、活塞制冷压缩机的试车

1. 试车前的准备

(1) 技术资料的准备制冷压缩机试车的主要依据是制冷压缩机的使用说明书，调试要求和各种技术参数的规定值，都由使用说明书提供。因此在调试前，要先认真研究使用说明书，若使用说明书描述不明确，可向生产厂家咨询。

施工图也是主要技术资料之一。在系统试车前，应根据施工图进行检查、验收。

准备好试车记录本，在试车过程中做好试车记录，作为技术档案保存。

(2) 电气准备在试车时，机组应有独立的供电系统，电源应为 380V 、 50Hz 交流电，电压要求稳定。在电网电压变化较大时，应配备独立的电压调压器，使电压的偏差值不超过额定值的 $\pm 10\%$ 。接入试车电源，应配备电源总开关及熔断器，并配置三相电压表和电流表，动力线配线容量按实际用电量 $3 \sim 4$ 倍考虑，设备要求可靠接地，接地应采用多股铜线确保人身安全。

(3) 水、油、工质准备当制冷系统的冷凝器采用循环冷却水冷却时，应预先对循环水池注水。准备好制冷压缩机使用说明书规定的润滑油和清洗用的煤油、汽油。准备好空车试车后进行负荷试运转时所需充注的制冷工质。

(4) 压缩机的安全保护设定检查制冷压缩机各安全保护自控元器件调定值在出厂前已全部调试好，在进行制冷压缩机试运行前，要根据使用说明书上提供的调定参照值进行

校核，但不得擅自修改各自控元器件的调定值。

(5) 人员准备制冷压缩机以及制冷系统的调试必须由专业技术人员主持进行。调试人员也需经有关技术单位或技术部门培训后方可参加调试工作。有条件的，在制冷压缩机调试时，请制冷压缩机生产厂家的专业技术人员参加调试。

2. 制冷机的拆卸检查和清洗

(1) 氨压缩机的拆洗压缩机在试车前应仔细拆洗，并测量机器原始的装配数据，做好记录，整理存档。对不合格的零件应予修理或更换，不符合标准的间隙应进行调整，并记录存档，作为日后维修工作的依据。

1) 拆卸步骤

将机器外表揩擦干净，先卸下水管与油管，再卸下吸气过滤器。

拆开气缸盖，取出缓冲弹簧及排气阀组（安全盖）。

放出曲轴箱内的润滑油，拆下侧盖。

拆卸连杆下盖，取出连杆螺栓和大头下轴瓦。

取出吸气阀片。

⑥ 用一副吊栓旋入气缸套顶端的螺孔中，取出气缸套。

⑦ 取出活塞连杆组，放在专门的搁架上。

⑧ 拆卸联轴器。

⑨ 卸下油泵盖，取出油泵。

2) 拆卸注意事项

顺序拆卸。

每个部件上做好记号，防止方向、位置装错。

拆下零件分别放置、保管，不要碰撞，小零件应带在上面，防止遗失或漏装。

油管、油路等清洗后要用压缩空气吹几次，检查是否干净畅通。清洗后，管端要用布封住，防止进入尘土、污物。

拆卸时不可用力过猛，锤击时要用软材料垫好。

⑥ 首次清洗，相当于机器中修程度，密封器部分可不必拆卸。

⑦ 经拆卸后的开口销，一律换新。

(2) 测量及测量工具

1) 测量的主要内容。包括各部件间隙、垂直度、水平度、同心度、扭摆度、圆度、锥度等。

2) 测量工具

精度 0.02~0.03mm 框架水平仪一只，测水平度。

内径千分表（量缸表）一只，测气缸。

内径千分尺一只，配合气缸挂中心线测气缸垂直度。

外径千分尺一只，测活塞、主轴颈、曲柄销、活塞销、余隙等。

千分表一只，附各种支架代替专门量具。

⑥ 塞尺 0.01~0.5mm，2把。

⑦ 平台（平板）一块。

3) 主要间隙的测量。以 8AS-170 氨压缩机实测为例。

压缩机安装水平，用 0.02mm 框架水平仪测量。

联轴器同心度，摇摆度用千分表测量。

联轴器之间的间隙，用塞尺测量。

气缸余隙（要求 1~1.6mm）；用套管代替弹簧将安全盖卡紧，在活塞顶部放置四根 2.5mm 保险丝（软铅丝），拨动联轴器一转后取出，用外径千分尺测量；测量数据见表 3-17。

表 3-17 气缸余隙 (mm)

测量时状况	最大值	最小值	平均
原始	1.495	0.86	1.139
清洗后装配完毕	1.625	0.935	1.245

活塞与气缸间隙（要求上部 0.37~0.49mm，下部 0.28~0.36mm）。用塞尺测量气缸与活塞间隙，气缸测上止点、下止点、中间三点，见表 3-18；活塞测上、下、左、右四点。

表 3-18 活塞与气缸间隙 (mm)

上止点		中间		下止点		平均
最大	最小	最大	最小	最大	最小	
0.39	—	0.39	—	0.39	0.05	0.20

⑥ 活塞直径。用外径千分尺测量或者用外径卡尺量活塞上、中、下三部分尺寸，再用内径千分表测出数值。每一部分又分横向（与活塞销同向）和纵向（垂直于横向）两点尺寸，见表 3-19。

表 3-19 活塞直径 (mm)

测量方向	上部		中部		下部	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小
横向	169.475	169.33	169.475	169.30	169.475	169.305
纵向	169.475	169.2825	169.475	196.33	169.475	169.33

⑦ 气缸直径（要求下部 $D170 + 0.04$ ）。用内径千分表测气缸上、中、下三部分，每部分也分横向、纵向两点，见表 3-20。

表 3-20 气缸直径 (mm)

测量方向	上部		中部		下部	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小
横向	169.91	169.885	169.905	169.88	169.90	169.88
纵向	169.91	169.89	169.90	169.865	169.90	169.870

⑧ 活塞环与环槽的间隙（要求 0.05~0.09mm）。气环与油环放于环槽中，用塞尺测前、后、左、右四点，见表 3-21。

⑨ 活塞环在气缸内的锁口间隙（要求 0.7~1.1mm）。将活塞环放于缸内，用塞尺测量锁口间隙（气缸分成上、中、下三部分），见表 3-22。

表 3-21 活塞环与环槽间隙

(mm)

测量状况	最大	最小	平均
气环在环槽内	0.08	0.05	0.057
油环在环槽内	0.09	0.05	0.06

表 3-22 活塞环的锁口间隙

(mm)

测量状况	最大	最小	平均
气环锁口间隙	0.84	0.70	0.775
油环锁口间隙	0.88	0.60	0.716

⑩ 吸气阀片开启高度 (要求 2.5mm)。用吸气阀座高度减去阀片厚度,每隔 120°测一点,最大 2.6mm,最小 2.0mm,平均 2.38mm。

⑪ 排气阀片开启高度 (要求 1.5mm)。用塞尺测三点,每隔 120°测一点,最大 1.68mm,最小 1.48mm,平均 1.555mm。

⑫ 连杆大头轴向间隙 (要求 0.8~1.12mm),最大 0.795mm,最小 0.61mm。拆洗安装后,最大 0.83mm,最小 0.60mm。

⑬ 连杆小头轴向间隙,用塞尺测量,最大 4.625mm,最小 3.545mm,平均 4.177mm。

⑭ 连杆大头径向间隙 (要求 0.08~0.15mm)。分别吊出曲柄销两边的两个活塞,依次用塞尺测量未拆下的连杆大头的径向间隙,测完后把中间的两个活塞吊出,再把先吊出的两个活塞按原样安装好,用塞尺测量其间隙。

⑮ 油泵端主轴承径向间隙 (要求 0.12~0.162mm),用塞尺测量。

3. 空车 (无负荷) 试运转

(1) 空车试运转的目的

1) 通过运转使相互运动的零件得到磨合,并使粗糙度达到预期要求。

2) 检查油泵上油是否正常。

3) 检查油分配阀和卸载装置是否灵活准确。

4) 检查各输油管路是否严密和畅通。

5) 检查运转中有无局部发热和剧烈发热,声音是否正常。

(2) 空车试运转前的准备工作

1) 空车试运转时不要上气缸盖,对 12.5 系列的机器只用一个自制的卡具 (用扁铁制作) 压住气缸套,以避免在空车试运转时缸套窜出来。卡具在压缸套时,应注意不要碰坏缸套密封线,也不要影响顶杆的升降,扁铁下面的压块应当是软金属的铝板或纯铜板)。

2) 开车启动前,机器外部要擦干净,气缸和曲轴箱内不应有脏物。

3) 曲轴箱内加油,一般先加到侧盖孔底部,装上侧盖继续加油到玻璃视孔 1/2 处。8AS-12.5 机器加 50kg,6AW-12.5 机器加 42kg,4AV-12.5 机器加 36kg,2AZ-12.5 机器加 22kg。密封器和齿轮油泵也要加油,打开密封器上温度计套筒和梳片滤油器上的油塞后向两处加油。

4) 检查各零部件连接部位是否松动,联轴器四周是否平直,间隙是否合适。

5) 气缸顶部浇适量冷冻油,使之形成油膜。缸口用布盖好,防止落入尘土。

6) 用铁管或铁棒插入联轴器顶部的孔内,拨动曲轴,检查转动有无障碍。如转动灵

活，即可准备合闸，启动机器。

(3) 空车试运转时需注意的问题

- 1) 合闸时，操作人员要注意安全，防止缸套飞出伤人。
- 2) 合闸后，如声音或油压不正常，应立即停车，检查原因；排除故障后，重新启动。
- 3) 做好运转记录。

(4) 试运转的程序

1) 开车时，应作点开启动，观察运转情况，以后的运行可间歇进行，如：0.5min、1min、2min、5min、15min、30min 等。空车启动后，调整油压，检查油泵上油情况及油管接头的密封情况，听其声音是否正常。一般首次试车 3~5min 后需停车检查活塞的温度及气缸壁的粗糙度，检查是否有拉线（气缸壁或活塞外表面出现轻微线条状拉痕称拉线）或拉毛现象。如拉线或拉毛严重，应将活塞吊出进行检查修理。同时，还要检查大头轴瓦的温度情况，以便了解供油及摩擦情况。

2) 检查后，装上侧盖，重新加油继续试车。在运转中应观察滤油器温度和密封器的温度，两者的温度差应不超过 10°C （两缸机器温差为 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，四缸机器温差为 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ）。温差太大说明滤油器或密封器有问题；同时，检查各个卸载装置是否灵活，缸套顶杆是否符合卸载要求，接头处有无漏油。

3) 检查润滑油，如果不变色说明是好油；如果油很黑说明有脏物，应放出脏油，清洗曲轴箱，再换新油。

4) 一般空车试运转四个小时，机器磨合过程可认为结束。

4. 空气负荷试运转

空气负荷试运转，是为了检查制冷压缩机在有载荷下的运转情况、维修装配质量以及密封性是否良好而进行的。

(1) 试运转前的准备工作

- 1) 拆除气缸盖的卡具。
- 2) 检查气缸、活塞，擦去脏物，装上吸气阀片、排气阀座、安全弹簧和垫片，上好气缸盖。
- 3) 准备好进、排气口。进气应经过吸气过滤器，将吸气过滤器法兰螺母卸开。充分利用法兰上的六个螺栓，三个螺栓倒装，三个拧紧。留出法兰缝隙，外面用布绑紧，防止吸入脏物导致气缸拉毛。排气口可调整放空阀或用管子接到室外，管子头锤扁，以增加气流的阻力，使压力保持 0.25MPa 。在管子上加设温度计套管（套管可装在距放空阀螺母接口 1m 左右处），并打开水套冷却水阀。

(2) 空气负荷试运转的要求

- 1) 排气压力为 0.25MPa ，吸气量要大些，避免负压造成油泵不上油。
- 2) 调整卸载装置，要求气缸能正确地上载与卸载。
- 3) 运转时间不少于 4h 。
- 4) 运转后要检查缸套、活塞，如没有问题就不要拆下来，但需要换润滑油。

(3) 空气负荷试运转过程中应注意的事项

- 1) 如发现油泵不上油，要检查油管连接处是否漏气，特别要注意三通阀与油泵的连

接管段。

2) 如出现气缸盖水套一头温度较高，一头温度较低，这是由于水短路所引起的，应将气缸盖的冷却水进、出水管换接。

3) 检查安全阀有无泄漏现象。如安全阀联通低压部分处温度不高，说明没有泄漏。

4) 排气温度一般不应超过 120°C ，如温度过高，可将部分气缸卸载，待排气温度下降后逐步打开缸盖检查。

5) 曲轴箱油温一般比室温高 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，密封器内油温不超过 70°C 。

以上都应按顺序做好运行记录，归档备查。

5. 重车试运转

重车试运转，一般是在设备和管道试压、试漏以及隔热工程完成并向系统充加制冷剂后进行。应对压缩机逐台进行重车试运转。每台最后一次连续运转时间不得少于 24h ，每台累计运转时间不得少于 48h 。制冷压缩机必须经过重车试运转后才能验收。重车试运转的操作要求与正常操作要求基本相同。

二、螺杆制冷压缩机的试车

1. 试车前的准备工作

螺杆式制冷压缩机安装完毕，准备试车前应做以下工作：

1) 给机组加油。用外接油泵通过加油接头向机组分离器加润滑油，加至油分离器下视镜满以后，启动油泵；在机组油泵运转下继续加油，加至上视镜的二分之一处。

2) 转动联轴器，主机应无卡壳故障。

3) 根据使用说明书，检查油压控制器、压差控制器的设定值，检查其它压力及温度控制器，检查油冷却器冷却水及其它水系统的断水保护，检查整个系统的电气线路。

4) 负责试车人员应全面熟悉机组的性能和结构，熟悉安全技术，明确试车方法、步骤和应达到的要求，制订出详细具体的调试计划。

5) 清洁试车场地，准备好试车所需的各种工具。

2. 螺杆式制冷压缩机的试运转

(1) 制冷压缩机的空气负荷试运转具体方法如下：

1) 打开制冷压缩机的吸、排气截止阀，若是制冷机组，则可卸下机组的吸、排气截止阀或者阀的阀芯，使压缩机的吸气、油分离器的排气与大气连通。

2) 开启油冷却器水泵，短接吸气低压、水系统断水保护开关。

3) 调整油泵压力，使供油压力比排气压力高 $0.15 \sim 0.3\text{MPa}$ 。

4) 点动启动，校对压缩机的运转方向。

5) 启动压缩机作空气负载运转，逐步递增和递减制冷压缩机的载荷，制冷压缩机的能量调节滑阀应灵活稳定。

6) 检查确定制冷压缩机各部位的工作是否正常，电流、压力、温度参数是否处于正常范围。无异常响声存在后，可让制冷压缩机空气负载运转 $2 \sim 3\text{h}$ 。

7) 空气负载运转后，拆洗制冷压缩机的吸气过滤网和油过滤器滤网。

(2) 现场试压螺杆式制冷压缩机或制冷机组在制造时已经过严格的压力检漏和真空检漏，但经过运输和现场吊装，有可能会影响机器的密封性。因此在机器安装结束后，还

须进行压力复验。复验时，向机内充入 1.0MPa（表压）的氮气，若是制冷机组，在充氮气时关闭机组的吸、排气截止阀。压力试验，通常要经过 24h。在前 6h 允许压力稍有下降，但在以后的 18h 内应保持不变。如有泄漏，应用肥皂水检漏，补漏，直至机组不漏为止。由于气温的影响，充入机内的氮气压力值也会发生变化，其变化范围在 0.01 0.03MPa。

充氮压力检查后，还需要经过真空试验，确保系统密封的可靠性。抽真空时用外接真空泵，抽至 9.3×10^4 Pa 以上保持 24h，排除温度和大气压影响，真空度回升不超过 6.67×10^2 Pa 为合格。

(3) 机组调试制冷机组在进行制冷压缩机空气负载试车和试压后，就可往系统内注入制冷剂。充注制冷剂开始时，可以利用系统本身的真空度向系统内加制冷剂；当系统内压力和制冷剂钢瓶里的压力平衡后，启动压缩机，利用压缩机本身吸气作用来加入制冷剂。

连通系统负荷试运转前的一切准备就绪后，再次检查油分离器的油位，能量调节是否处于 0 位，然后开启油冷却器冷却水泵，进行负荷试运转。首先，把运转形式放在“手动”位置，启动油泵，调整油压比排气压力高 0.15 ~ 0.3MPa，待油压稳定后，打开吸、排气阀，按“启动”按钮，制冷机开始运转；经延时，切换至全电压正常运行，待制冷机“运转”信号灯亮后，逐步进行增载能量调节。负荷试运转时油压、排气压力、吸气压力、冷凝压力、蒸发压力、排气温度、油温等均应符合使用说明书所规定的机组正常运转参数值。

负荷试运转 2h 后，先将能量调节装置将自动减载到 0 位，再按“停止”按钮，停止主电动机工作。油泵要待主机惯性运转结束后，按“油泵停”键，停止油泵运转。

经手动试运转后，进行自动开关顺序调试。当把运转形式放在“自动”位置后，润滑油恒温控制即受油温自行调节开停。按下“运转”键后，油泵应自动运转，待电脑确认油压建立，进行启动预告，即“启动”指示灯闪烁，闪烁 10 次后制冷压缩机主电动机自动启动。待“运转”指示灯亮后，制冷压缩机应根据设定温度自动进行能量调节。当按下“停止”键后，主电动机应立即停下，能量调节装置自动减载到 0 位，经 2min 延时后油泵自动停下。

目前国内和引进的螺杆式制冷压缩机型号较多，其中有一些细微差别，所以在试车前应仔细阅读使用说明书，并按说明书进行操作。

第六节 制冷系统质量检查

制冷设备和管道安装完毕后，应对整个制冷系统进行全面质量检查，以保证后期制冷系统能正常安全的运行。

一、排污

设备、管路在安装前虽然进行了除锈、排污工作，但是在安装过程中仍不可避免的会有焊渣、铁屑、砂子等污物残留在系统内。为了不使污物损害压缩机件和系统中的阀门，避免系统管路阻塞等问题的发生，安装后的制冷系统必须进行排污工作。

一般用空压机将空气压缩后排至贮气罐中，再由贮气罐向管组或系统充入气体。在系统吹污时，如果没有空压机，也可用制冷压缩机进行，排污压力为 0.6MPa 。排污物应从设备最低处排污口排出。排污可分管组排污、房间单体排污、系统分层或分段排污等方法，总的原则是以污物吹除干净又不损伤阀门为最好。

房间排管每组装一组后便可进行排污工作。为了检查排管是否阻塞，可以做投球试验。投球试验所用的木球其直径比管子内径小而比管子半径大，可用贮气罐内的空气吹入，要求畅通无阻。

低压系统的多层库房可进行分层排污；其他设备可采用分段排污。冻结间冷风机最好在供液管上设置排污口，这样便于将蒸发器中的污物吹净，排污后，可将排污口割除焊好。

高压设备也可分段进行分层排污，将设备中的污物排除干净。

系统排污工作结束后，应将所有阀门（安全阀除外）的阀芯和过滤器拆卸清洗。若发现阀芯的合金或阀座上的密封线有损伤，应进行修理，严重时可重浇合金。钢制阀芯或阀座的密封线有损伤，可以经过研磨修复。

二、系统的试压和检漏

1. 系统管道试压和检漏

在系统排污后，应以压缩空气进行试压和检漏工作。根据系统的组成情况，试压和检漏工作可采用分段（或单独房房间）、分层、分系统方式进行。

系统高压部分的空气压力应为 1.8MPa （表压），经 24h 后允许降低压力 0.03MPa 为合格。系统的低压部分试验压力为 1.2MPa （表压），经 24h 后允许降低压力 0.03MPa 为合格。

在试压前有些阀门和指示器需要经过 24h 的压力试验，如氨泵、浮球阀、浮球液位指示器等。将有关控制阀关闭，以免时间过长、压力过高使浮球损坏。一般用 $0.8 \sim 1\text{MPa}$ 气压在短时间（ 1h 左右）内进行找漏即可。

高低压设备的玻璃管指示器角阀应暂关闭，待压力稳定以后再慢慢打开。液面指示器必须选用耐压 1.8MPa 的高压玻璃管。

系统试压、排污工作应选用空气压缩机进行。若空压机无法解决而必须用氨压缩机代替时，应固定一台机器，并遵守下列规定：

1) 在机器的吸入口应安设过滤装置（如用白布包扎），运转时应间歇进行，并逐渐升压。

2) 压缩机的油压不低于 0.3MPa （系列化机器）排气温度不超过 120°C 。

3) 压缩机的进排气压力差不得超过 1.4MPa 。严禁用堵塞安全阀的办法来提高压力差。

当系统高压部分试压时，可将整个系统的压力升高到 1.2MPa ，再将高低压部分的有关阀门关闭，使压缩机吸入低压系统的气体，吸入压力不高于 0.3MPa ，使排气压力由 1.2MPa 升至 1.8MPa 。

2. 系统查漏

系统试压和查漏可同时进行，待系统内气压升到指定压力后，在系统管的焊缝、法兰及螺纹等连接处抹上肥皂水，如有冒泡现象，说明有渗漏，应做出记号，以便修补。

查漏是一项细致的工作，越是到试压接近终了时越是难查，有些焊缝和接头耐压较长

时间才开始微漏，冒泡很小而且很慢，应耐心细致地多次观察才能找到。因此，在查漏工作中不得草率从事，防止给后面的加氨试漏和正常投产造成困难和障碍。

3. 系统抽真空

系统抽真空也叫真空性试验，当系统试压、检漏合格后，还需要检验整个系统的严密性，以及排出系统内的空气和不凝性气体，并为灌氨做好准备，所以应对系统进行抽真空。真空度要求达到 $(8.7 \sim 9.9) \times 10^4 \text{ Pa}$ 并保持在 12h 内基本不回升为合格（回升应不超过 $6.6 \times 10^2 \text{ Pa}$ ）。具体方法及要求将在第八节中详细介绍。

4. 加氨试漏

系统经试压、检漏和抽真空合格后，还需加氨试漏。因为氨有较强的渗透性，尽管系统已经过严格检查，充氨后仍可能会有泄漏处。如果不经过充氨试验，投产后发现泄漏会给修补带来困难，尤其是低压系统泄漏，需拆除隔热层找漏点，修补更为困难，经济损失也较大。

加氨试漏应分段、分间进行，一般以 0.4 MPa （表压力）氨气试漏，不得向系统灌入大量氨液来进行试漏。氨试漏可用酚酞试纸检漏，发现系统有泄漏现象时，在找到泄漏点后必须将系统中的氨放净，并与大气连通后方能补焊，严禁在系统含氨情况下补焊。

第七节 制冷管道和设备隔热施工

制冷系统质量检查合格后，在系统投入降温运行之前，应对制冷系统的设备和管道进行防腐、隔热（保温）处理。

一、管道设备刷漆

制冷设备与管道所处的环境大都是潮湿空气。在低温情况下，由于隔热层施工质量差或者在常年运行中发生局部损坏，空气中的水分就会凝附在设备和管道表面，如果不采取防腐措施，设备和管道很快就会生锈腐蚀。因此，制冷设备和管道需要进行防腐。工程中常用的防腐方法是在设备和管道表面涂刷漆料，使其表面形成漆膜，与腐蚀介质隔离，从而防止腐蚀现象的产生。

制冷工程中黑色金属表面的底漆过去常用红丹油性防锈漆。它的优点是对被涂表面渗透性强，附着力好，容易涂刷，对表面要求不高；缺点是干燥较慢，不便喷涂，在制漆和焊接过程中易造成铅中毒。现在这种漆已逐步被硼钡酚醛防锈漆、铝粉硼钡酚醛防锈漆、铁红醇酸底漆所代替。

在施工中，为了保证防腐质量，在喷涂防锈漆之前要做好制冷设备和管道表面的清理工作，除掉金属表面的氧化皮、铁锈、灰尘和污垢，否则，会影响防腐工程的质量，使涂层达不到预期的效果。在制冷安装工程现场，一般采用手工除锈或机械除锈，有条件的地方可以采用化学除锈法。

要作好刷漆工作还应注意以下事项：

- 1) 应购买有产品合格证的油漆，并在有效期内使用，如发现明显变质时不得使用。
- 2) 油漆施工的工作环境要求相对湿度不大于 85%，气温不低于 5°C 。温度过低使油漆粘度增大，涂刷不易均匀，漆膜较厚而不干燥；湿度过大，易使水汽包在涂层内部，产生

汽泡，日久容易“起皮”脱落。

3) 涂漆后一般在 18~25℃ 环境中自然干燥，如果环境温度较低，干燥时间较长，也可以采用人工干燥方法。

另外，对于制冷系统中的盐水制冰设备，由于盐水对金属具有强烈的腐蚀性，因此制冰设备的防腐工作更显得重要，不但要做好冰桶、冰池和蒸发器等设备表面的防腐处理，而且还应考虑以下措施： 盐水宜用 CaCl_2 配制； 盐水浓度采用 1.20kg/L 左右； 盐水 pH 值应保持 6.5~7.5 之间； 盐水溶液应加重铬酸钠 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 缓蚀剂，加入量约为每立方米的 CaCl_2 盐水溶液加 1.6kg； ⑤尽量减少冰池与空气的接触，因此冰池必须添置活动木盖板，同时还可以减少冷量损耗。

二、管道和设备的隔热施工

1. 隔热的目的和隔热结构

制冷系统的隔热，又称保温或绝热。隔热的目的是为了减少设备和管道内的制冷剂及载冷剂向环境介质吸热，降低由于内外温差所引起的冷量损耗；防止设备和管道外表面结露，结霜；改善劳动条件和工作环境，保证人工制冷的效果等。热氨冲霜管道的隔热则是为了减少制冷剂蒸气的热量损失，缩短冲霜时间，提高冲霜效果。

制冷系统中需要隔热的设备和管道有： 机房和设备间在蒸发压力下工作的低温设备和低温管道，如壳管式蒸发器、立式蒸发器、气液分离器、低压循环贮液器、液体和气体调节站，盐水制冰池、压缩机的吸气管、节流阀后的液体管、排液管等； 两级压缩系统中间压力下的设备与管道，如中间冷却器及其出液管； 冷库通过楼梯间、穿堂和冷却物冷藏间的供液管和回气管，以及通过其它房间的冻结间和冻结物冷藏间的供液管和回气管，但本房间液管和回气管可以不需要隔热； 用于冲霜的热气管。

制冷安装工程中的隔热施工是一项工作量大、劳动条件比较艰苦的工作。因此施工前应根据工程设计准备好隔热材料，并按需要加工成一定结构形式。为了保证隔热工程的质量要求，隔热工作必须在制冷系统进行气密性试验、抽真空试验和充入制冷剂检漏全部合格后再进行。隔热层的厚度不应超过设计厚度的 10%，并在室温条件下表面不会出现结露或结霜现象。隔热结构层应结实牢固，不应自行脱落或受振动而损坏，表面应整洁美观、无胀裂和松弛现象。

制冷安装工程隔热结构由以下几部分组成： 防腐层，为了防止设备与管道金属表面腐蚀，一般在敷设隔热层之前先涂刷防锈漆； 隔热层，即隔热材料层，通常用一层热导率很小的材料覆盖在冷表面上，以减少热量传递，降低冷量损耗； 防潮层，为了防止隔热材料受潮而降低隔热效果，一般在隔热材料外表增加一层防潮材料； 保护层，为了保护隔热材料不受损坏，延长使用期限，在防潮材料外表面再增加一层保护材料，常用的保护层有金属薄板制成的保护壳、石棉水泥保护层和玻璃布外刷油漆保护层等； 色层，在保护层外表面涂以各色油性调合漆，以区别管道内不同状态的工质。

不做隔热的管道外壁必须先刷防锈漆，方能刷有色调合漆。在制冷系统中，管道表面油漆常用以下颜色表示：

高压液体管——黄色

低压液体管——米黄色

高压排气管、热气冲霜管——铁红色

低压吸气管——天蓝色

放油管——棕色

安全管——红色

水管——绿色

盐水管——灰色

有些资料为了区别不同的制冷剂，规定液体氨管用黄色表示，液体氟管用银灰色表示。其余管道颜色基本相同。

2. 隔热结构层的施工方法

制冷安装工程的隔热施工，需待设备和管道安装完毕，并要求以下工作验收合格后才能进行。试压与焊缝质量检查合格；清除表面污垢，涂刷防锈油漆；设备和管道支架、吊架和平台等配件安装完毕，并按不同情况设置硬木垫块，垫块均应在热沥青中浸泡过；检查隔热材料的出厂合格证，物理试验记录应符合设计要求。另外，对于受潮的隔热材料经干燥处理后仍不能恢复原来性能时，不应使用。

隔热工程施工时，由于使用的隔热材料不同，工作环境不同，隔热工程的结构和施工方法也不一样，现简单介绍如下。

(1) 用硬质隔热材料施工隔热工程常用的硬质材料有软木、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、聚苯乙烯泡沫塑料、硬质聚氨酯泡沫塑料等制品。这类制品质地较硬、弹性较小，具有一定的抗压强度，一般制作成板材、管壳和管件。施工时可以直接割、锯加工包扎设备和管道，并用粘接剂粘贴。直径较大的设备和管道，可用板材加工成楔形块进行包扎，并用粘接剂粘合接缝，绑扎镀锌钢丝或钢带，间距 200~400mm，然后再做防潮层和保护层。如图 3-23 所示，就是用软木板材制作的管道隔热结构。

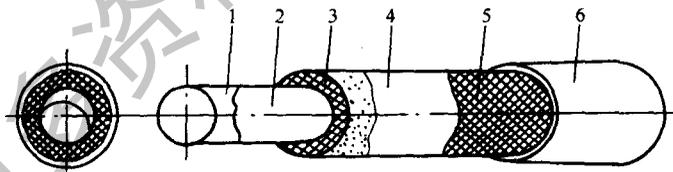


图 3-23 软木板隔热管道的结构

1—管道 2—热沥青 3—软木板 4—沥青油毡 5—钢丝网
6—石棉水泥

直径小于 300mm 的设备和管道，常用隔热材料制成的半圆形管壳制品直接合扣上，外扎镀锌钢丝，管壳内径应与管道或容器外径一致，并用粘接剂粘合接缝，再做防潮层和保护层。如图 3-24 所示，就是用膨胀珍珠岩管壳制作的管道隔热结构。

制冰池、立式蒸发器箱体和面积平壁隔热可以直接用板材粘贴，并要求每层接缝应相互错开。如图 3-25 所示，就是用软木板材制作的盐水蒸发器隔热结构。

采用软木板材进行隔热施工，要求沥青温度保持在 160~180°C 之间，用铁叉将软木板浸入沥青盘内，使软木板五面沾满沥青，然后铺贴在箱体上。第一层软木贴妥后，在上面涂刷一层热沥青，然后按上述方法贴第二层。每层接缝相互错开，最后一层软木贴好后再

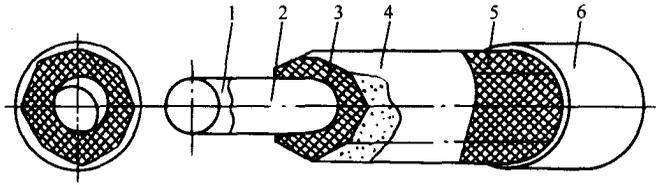


图 3-24 膨胀珍珠岩管壳隔热结构图

- 1—管道 2—热沥青 3—膨胀珍珠岩管壳 4—沥青油毡
5—钢丝网 6—石棉水泥

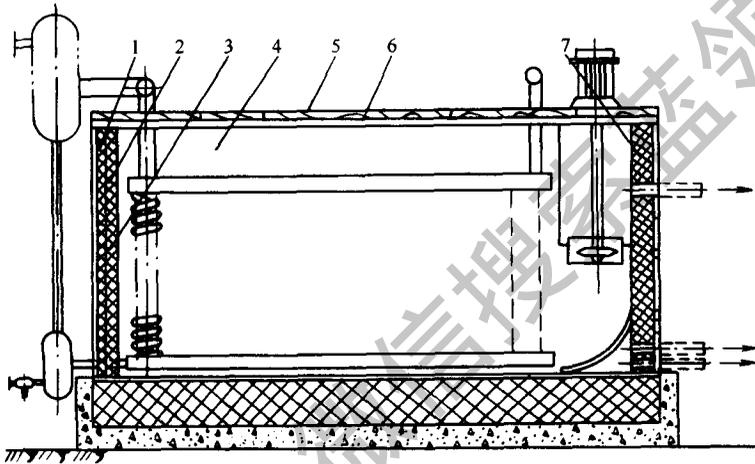


图 3-25 软木板隔热盐水蒸发器的结构

- 1—钢丝网 2—油毡防潮层 3—软木板 4—蒸发器箱体 5—木盖板
6—木边框 7—石棉水泥保护层

粘贴油毡防潮层。如果箱体表面积较大，应在其表面增加水平或竖直木龙骨，作为隔热材料的骨架，防止软木层脱落变形。粘贴软木时，事先应进行挑选分类，保证每层粘贴平整，无高低凸凹现象。油毡防潮层做完后，用 U 形钉固定一层镀锌铁丝网，最后做石棉水泥保护层。

制冷管道弯头和三通的隔热施工，常用管壳制品按弯头或三通形状割锯成若干节，用粘接材料粘贴包扎，再做防潮层和保护层。

用硬质隔热材料施工，应根据隔热材料的特性选择适合的粘接材料。软木制品、膨胀蛭石制品、膨胀珍珠岩制品等，常用热沥青玛蹄脂粘贴；聚苯乙烯泡沫塑料制品，常用冷沥青玛蹄脂粘贴，也可用 101 胶，酚醛树脂胶粘剂；硬质聚氨酯泡沫塑料制品，常用它的原组份物料现场配制粘接材料，用多少配多少，随配随用不能剩余，也可用聚氨酯胶粘剂粘贴。

硬质隔热材料施工，要求粘贴密实、不留间隙、表面平整，每层接缝错开；防潮层施工应与隔热层施工同时进行，以免隔热层受潮或损坏；设备和管道在隔热施工后未进行防潮层施工或涂抹层尚未干燥时，切不可通入低温介质，而使隔热层受潮。切割聚苯乙烯泡沫塑料制品时，最好用 12~24V 电热丝，这样切口热合性好，可以防止泡沫塑料吸潮。

(2) 用软质材料施工软质隔热材料材质柔软，富有弹性，不能抗压，大多都做成卷材，如牛毛毡、羊毛毡、矿渣棉毡、玻璃棉毡和岩棉毡；也可做成管壳制品如岩棉管壳等。用隔热卷材施工时，应将毡状材料剪成 200~300mm 宽的带，以螺旋方式缠绕在管道或圆形设备上；也可以截取合适长度，以原幅宽平包。筒体设备两侧封头施工时，可在筒体外壁或毡状材料内侧涂一排宽 100mm、间隔 150mm 的热沥青，以便贴紧固定。无论采用哪种形式都要边缠边压边包扎。捆扎间距，采用镀锌钢丝为 300mm；采用钢带时为 400mm，并保证每块毡状材料不少于二道。直径小于 350mm 的管道隔热，可选用棉毡管壳制品，管壳内径应与管道外径一致，张开管壳切口部直接套在管道上，施工很方便。

设备和管道隔热施工做完后，接着包缠防潮层。采用油毡、聚乙烯塑料布、复合铝箔等防潮片材时，应铺设平整，搭接宽度为 40mm，搭口用沥青或粘贴剂贴牢，外面用钢丝或钢丝网捆扎。如果采用油毡防潮层，还应抹石棉水泥保护层，用于室外管道。如果采用聚乙烯塑料布作防潮层，可以直接缠绕在隔热材料表面，但塑料布经风吹日晒老化快，只适于作室内管道和设备的防潮层。如图 3-26 所示就是用两层岩棉毡隔热管道的结构。

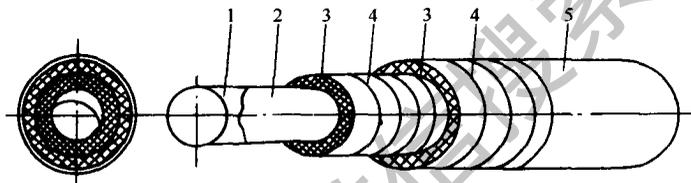


图 3-26 岩棉毡隔热结构

1—管道 2—防锈漆 3—岩棉毡 4—捆扎钢丝 5—外缠塑料布

(3) 浇注发泡法施工该法是在常温下将两种或两种以上液体物料混合搅拌，然后迅速地浇注到需要成形的空间，进而固化成质轻多孔的泡沫体。目前，常用的两组份物料有组合聚醚和多苯基多次甲基异氰酸酯，它们混合反应生成胺基甲酸酯，即硬质聚氨酯泡沫塑料。

组合聚醚是由聚醚、催化剂、发泡剂、泡沫稳定剂和致熄剂等多种成分混合而成的一种棕色粘稠状液体。它根据使用方法不同又分成 P 型和 J 型两种。P 型为喷涂型，J 型为浇注型。J 型又根据发泡时间分为 J-2、J-4、J-6 等不同规格，具体质量标准见表 3-23。

多苯基多次甲基异氰酸酯简称为 PAPI。它是一种深棕色粘稠液体，异氰酸酯含量为 28.5%~31%，酸度(HCA) ≤ 0.3%，粘度(25°C) ≤ 300 × 10⁻³ Pa·s。

用浇注发泡法进行硬质聚氨酯泡沫塑料隔热，其施工要求如下：

表 3-23 组合聚醚质量标准

项目	型号	J 型(浇注型)			
		P 型(喷涂型)	J-2	J-4	J-6
外观		棕色粘稠液	棕色粘稠液	棕色粘稠液	棕色粘稠液
粘度(25°C 时) / 10 ⁻³ Pa·s		220~245	310~335	330~360	355~380
发泡时间/s		5 ± 1	20 ± 5	40 ± 5	60 ± 5
泡沫密度/g·cm ⁻³		0.04~0.05	0.04~0.05	0.04~0.05	0.04~0.05
用料(带皮) / kg·m ⁻³		55~65	55~70	55~70	55~70

1) 应按照被隔热对象的外表面，制作一个能承受一定压力的模具。模具空间等于隔热层厚度，并要求模具做得坚固结实、密封不漏，因为两种物料在模具内混合进行化学反应时要产生一定压力。模具制作得完整准确，不但可防止漏料和模具变形，而且在脱模后隔热结构外形美观平整。

2) 手工浇注时要严格掌握两种物料的配合比，搅拌要均匀。组合聚醚与 PAPI 配合其重量比为 1:1。混合时要求把 PAPI 倒入组合聚醚的容器内，并用 1400r/min 以上的手电钻搅拌 10~20s，使之充分混合，然后浇注到模具内，经适当熟化处理后再进行脱模。手工搅拌操作时，一定要仔细观察混合后两种物料的反应情况，待混合液开始变稠时应立即浇注，稍迟混合液开始反应发泡，再浇注就来不及了；另外，如果搅拌不均匀，也影响泡沫塑料的质量。所以，浇注发泡法进行隔热施工的关键是要掌握好配合比和搅拌的时间。

3) 施工时的工作环境温度要求在 20°C 以上，最佳温度 30°C。当气温低于 20°C 时，可将 PAPI 加热到 40°C，但组合聚醚严禁加热。

4) 浇注时模具温度在 30~40°C 最好，物料混合后发泡迅速，节省原料。一般采用黄油或 0.6~0.8mm 塑料薄膜作脱模剂。

由于聚氨酯塑料发泡反应时能与被隔热表面自行粘合，整体性好，没有接缝，且一次成型隔热效果好，所以被广泛用于复杂的设备和容器隔热施工上。如果采用可拆卸模具，聚氨酯泡沫塑料表面可作玻璃钢保护层；如果用镀锌薄钢板、合金铝板或加厚三合板制作固定模具，聚氨酯塑料发泡后不拆除模具，模具兼作隔热结构的保护层，如制冷系统的调节站、阀门、低压设备等。

(4) 喷涂发泡法施工该法是在常温下通过计量泵按比例分别将两种不同物料的液体输送到混合器内进行充分搅拌，并用 0.4~0.6MPa 压缩空气将其喷涂到隔热物的表面，经过 5s 左右反应、发泡而固化形成泡沫体。喷涂法和浇注法基本原理相同，不同的是喷涂法必须使用专用设备，并严格要求做好各方面安全防护措施。用喷涂发泡法进行聚氨酯泡沫塑料隔热施工时应注意以下事项：

1) 喷涂时一定要严格控制两种物料的配合比，如果组合聚醚过量，则泡沫塑料发软不易固化；若 PAPI 过量，则泡沫塑料色暗，结构粗糙质脆，甚至造成泡沫塑料脱落。

2) 混合器应便于清洗和拆装，堵塞后容易疏通或更换；要求被喷涂表面干净干燥，无油污、无锈蚀、无粉尘。施工时喷嘴与被喷涂表面相距约 500mm。工作环境温度要求与浇注发泡法施工时条件一样。

3) 喷涂时应先开气阀，再开启液泵输送物料；喷涂结束后应先关闭液泵，但不关闭气阀，立即拆卸混合器或喷嘴，接着拆卸软管，最后再关闭空气压缩机；把拆卸下的零件浸泡在香蕉水或丙酮内进行清洗。

4) 每次喷涂不宜太厚，力求做到喷涂表面平整均匀。隔热厚度要求较大时可以多次喷涂。

5) 异氰酸酯对上呼吸道、眼睛和皮肤都有强烈的刺激性和中毒反应，要求工作人员必须带上防毒面具、防护眼镜和橡皮手套进行喷涂操作，并要加强施工现场的通风，严禁明火，做好各方面的安全防护措施。

第八节 冷库系统调试及降温

冷库制冷系统的调试、降温是冷库施工中非常重要的工作之一。这项工作是在对制冷系统进行初步检查后，进一步对其进行检查和试验的过程，同时也是对冷库的整体设计和安装工作进行检验的过程。由于调试、降温过程是在给系统加入足量的制冷剂情况下进行的，所以这时更具有相当的危险性，要求在进行此项工作过程中必须严谨细心，严格遵循规范的要求，认真做好在调试、降温过程中的各种参数记录。

一、系统加制冷剂

1. 加制冷剂前的准备工作

(1) 系统抽空在系统充加制冷剂之前，要进一步对系统进行气密性检查，以排除空气和其它不凝性气体，并使系统中的水分蒸发排除，以保证充加制冷剂和降温工作进行。

抽空时，最好用专门的真空泵进行。若没有真空泵，也可用氨压缩机进行抽空，其方法如下：

1) 抽空前，把系统中的阀门全部开启（包括高、低压系统的连通阀，各设备上的阀门等）；系统通外界的阀门如放油阀、加氨阀、放空气阀等应全部关闭；压缩机的排出阀、吸入阀应是关闭的，并打开制冷机上的放空阀。

2) 开车前的检查和准备工作应按正常开车要求进行。但是应将吸气过滤器网上再包一层丝布，防止系统内的污物被吸到机器的气缸内。

3) 启动压缩机，待油压正常时慢慢开吸入阀（有能量调节装置的压缩机可先开最小一档，使两个缸工作）。因排空阀的排气孔太小，故吸入阀不能开得很大，或者能量调节阀不能开得太多。当系统内的压力降低约 $4 \times 10^4 \text{ Pa}$ 以下时，再慢慢全部开启吸入阀，或将能量调节阀打到最大一档，使气缸全部工作。抽空时应注意油压最低应保持在 0.05 MPa 以上，当压力过低时压缩机会自动停车，所以都是间断抽空，直至抽到 $8.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ 或机器排气很少，油压很低为止。

4) 停车后如系统压力上升较快，应查明原因加以消除。

5) 有条件时，可用真空泵抽到 $9.8 \times 10^4 \text{ Pa}$ 为最好。

6) 系统抽空后保持 24h，真空表回升不超过 $6.67 \times 10^2 \text{ Pa}$ 为合格。

(2) 充氨前要检查氨的检验合格证要求液氨的含水率不得超过 0.2%，准备好工具、防氨面具、橡皮手套、急救药品等防范用具。充加氨制冷剂时应遵守操作的安全技术规程，加氨现场严禁吸烟和明火作业。

2. 充加制冷剂

(1) 充氨量的估算在系统检漏、排污、抽真空检验合格后，可向系统内充灌制冷剂。充灌氨制冷剂量应根据系统中制冷设备的大小和数量、充灌氨制冷剂的容积百分比和氨液的密度来计算，即

充装氨量 = \sum (设备的容积 \times 充灌氨量的容积百分比 \times 氨液密度)

各设备的充灌氨量的容积百分比见表 3-24。氨液的密度按 650 kg/m^3 来计算。

充灌氨制冷剂时要注意：首先应先打开加氨站通往低压系统的阀门，再打开氨瓶上的阀门；当氨瓶下部结霜融化时，说明氨液已加完，此时应先关闭氨瓶上的阀门，再关闭加氨站上的阀门；同时注意不要一次加氨量太多，一般先加到系统内需氨量的 60% ~ 70%，让整个系统投入正常运行，待用冷对象温度下降，显出氨循环量不足时再加。一次加氨过多，容易造成制冷压缩机的湿冲程而产生“液击”事故，也俗称为“敲缸”。

(2) 在充加制冷剂过程中，对发现问题的处理

- 1) 若发现问题应放气后再进行补焊或修理。
- 2) 若气焊的管子补焊二次后还漏气，应割除泄漏段，换上新管，重新焊接。

表 3-24 各制冷设备充灌氨量的容积百分比

设备名称	充灌氨量 (容积百分比)	设备名称	充灌氨量 (容积百分比)
各式冷凝器	15	氨液管	100
贮氨器	70	回气管	60
再冷却器	100	氨泵强制供液系统:	
中间冷却器	50	“上进下出”排管	25
立式低压循环桶	35	“上进下出”冷风机	40 ~ 50
卧式低压循环桶	25	“下进上出”排管	50 ~ 60
氨液分离器	20	“下进上出”冷风机	60 ~ 70
壳管式蒸发器	80	重力供液系统:	
平板冻结器	50	排管	50 ~ 60
搁架式排管	50	冷风机	70

3) 在泄漏处紧法兰螺钉时，应注意用力不要太大，以免将法兰紧坏。要找出漏气的原因，加以消除后，再均匀拧紧螺钉。

4) 安全阀启跳后泄漏或原来就关闭不严，应换新阀或将阀拆卸修理、校验合格后再用。

5) 阀门关闭时，不能紧阀盖螺钉，以免紧坏阀盖或将阀线压坏。

6) 对撬着管子焊接的泄漏处要割除，重新组管焊接，不能马虎从事。

7) 对发现串气的阀门，一定要拆下来检查，看其密封线是否损坏。若阀线处无损伤，应试水压和气压，看阀座处是否有砂眼导致串气。

二、冷库降温试生产

冷库降温与制冷系统加氨工作同时进行，为了使库房土建工程中的水分能全部向外排泄，避免结构遭到破坏，必须缓慢的降温，每天降温的速度与库房的温度有关。

1. 降温速度

库房降温的速度要适当控制，一般在 2°C/24h 左右，并要维持一段时间暂停，绝不能一下把库温降下来，否则，库房结构不能适应温度变化可能产生裂缝。冷库的降温过程分三个阶段进行，即水分冻结前（4°C 以上）、水分冻结 4 ~ -4°C 及水分冻结后（-4°C 以下）三个阶段。当库温在 4°C 以上的水分冻结前这阶段，每天降温不宜超过 3°C；在 4 ~ -4°C 之间的水分冻结区，每天降温不宜超过 1°C，其中库温降到 1°C 左右时，需保温 48h

以上；在 -4°C 以下的水分冻结后这阶段，降温速度可比水分冻结区稍快些，但每天降温不宜超过 2°C 。

在整个降温过程中，应将个别冷库门稍打开一些，以免由于空气冷却收缩引起局部真空损坏建筑。当库温降到设计值后，应停机封库 24h 以上，观察并记录库房自然升温情况及隔热效果。

2. 降温操作

冷库降温前，应对制冷系统的各控制阀门进行检查和调整，使需要降温的库房低压系统管道畅通，压缩机至冷凝器、贮液器和高压调节站的高压管路也必须畅通。降温开始时，先对蒸发器适当供液，系统内有一定氨液后，照正常启动程序开动氨压缩机，使机器投入正常运行。调整对蒸发器的供液量，使氨液在系统内不断正常循环，库温便会逐渐下降。库房温度达到一定程度后，停止供液，关闭压缩机，暂停降温，待达到规定时间后再继续降温，直至达到设计要求的低温为止。

冷库在降温时，库房门要关紧，各蒸发排管要结霜良好，库房降温情况应作好记录，库温达到设计要求停止降温，要观察并记录库温回升情况。

降温时，若遇库温降不下来，达不到设计要求，应分析原因，适当处理。库温降不下来的原因很多，有设计上制冷系统选择不当，如压缩机能力过小，节流阀口径或管道直径选择不合理，库房蒸发器蒸发面不够等；也可能是安装上接管有错误或安装位置不当，或者管内局部阻塞，蒸发器排管不结霜等；也可能是操作系统中的阀门未调整好，蒸发器供液不足等。应当根据情况具体分析，具体处理。降温后，如果库温回升过快，应检查隔热层是否不平或受潮，施工质量是否有问题等。

3. 冷库试生产

冷库降温情况良好，库温达到设计要求，机器设备运行正常后，冷库可以投入试生产。

试生产是从基建（或改造）到正式投产的过渡和准备，参加试生产的人员将负责对工程的验收，并为正常生产创造条件。

冷库试生产时，不仅要求制冷系统运行良好，并应对有关生产准备工作都要通盘筹划，配合进行，比如产品冷加工工艺车间的生产能力，冷库正常生产必需的机具（电瓶车或手推车等），工具（如挂勾冻盘等）冷冻油、液氨、零配件等，都要逐项落实，保证生产需要。

人员的准备，尤其是岗前培训必须依照有关规定执行，没有一定的技术知识和水平，在冷库各生产岗位上是不利的，稍有疏忽将会产生重大事故。所以凡规定了须持证上岗的岗位，工作人员必须取得岗位培训的合格证，才能安排上岗工作。

生产所需材料、辅助材料、能源、供水、供电、交通运输设施，以及行业或有关部门规定的证件、要求等，在试生产阶段都应逐项落实，衔接好计划，办妥申报审批手续，达到规定的要求；在解决以上问题后，冷库的降温也良好，即可转入正式生产。

三、制冷系统的调试、调整

1. 主要参数

制冷系统的主要参数是进行操作与调整的重要依据。正确掌握机器运行各阶段的主要

参数，可以保证机器设备的安全运行，保持货物的温度要求，可合理调配机器设备，充分发挥设备的效率，节约电、水、油等的消耗，对保证冷库系统安全高效运行起着重要的作用。

制冷系统的参数有：蒸发压力与温度、冷凝压力与温度、过冷温度、压缩机的吸气温度与排气温度、中间压力与温度等，其中蒸发压力与温度、冷凝压力与温度是主要的参数。

在制冷系统实际运行中，由于决定主要参数的因素是不断变化的，因此，各个参数也是相应变化的，如外界气温的变化，机器和设备能力的变化，被冷却物体的温度变化以及冷却水量和温度的变化等。因此，实际运行时的参数，不可能与设计时计算的参数完全相同，需要根据实际条件和变化的特点，不断调整和控制，使制冷系统在经济合理的参数下运行。

(1) 蒸发温度蒸发器内制冷剂在一定压力下沸腾的温度称蒸发温度。它可通过调节站上的压力表的读数和查氨的热力性质表求得。氨气的饱和温度是压力的函数。如氨的蒸发压力为 0.43791MPa 时，其蒸发温度为 0°C ；当氨的蒸发压力为 0.10514MPa 时，其蒸发温度为 -33°C 。

蒸发温度的高低是根据食品冷加工工艺所需温度来确定的。目前冷库制冷系统有：冷却为 -15°C ；冻结为 -33°C 或 -35°C ；冷藏为 -28°C 或 -30°C 。

蒸发温度的变化，与库房的热负荷、蒸发器的传热面积、压缩机的容量有关。这三个条件中某一个发生变动时，制冷系统的蒸发压力和温度必然发生变化。所以只要改变这些条件，使它们相互适应，就可以合理的控制和调节系统的蒸发温度。

(2) 冷凝温度冷凝器内的气体制冷剂，在一定压力下凝结为液体的温度，称为冷凝温度。冷凝温度用冷凝器压力表的读数查表求得（氨的热力性质表）。

冷凝温度的高低，与冷凝器的面积、冷却水量、冷却水温、进、出冷凝器水的温差及压缩机的排气量等因素有关。在压缩机和冷凝器选定之后，冷凝温度主要取决于冷却水温和进、出水温差。如果出水温度高，冷凝温度和压力也高，从而增加压缩机的耗电量；但是用水量少，水泵可省电。因此，应根据具体情况选择冷凝器的进出水温差。冷凝温度一般比冷却水的出水温度高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。在水源充足的条件下尽量用深井水和一次用水，深井水的水温低（一般在 $7\sim 9^{\circ}\text{C}$ 之间），使冷凝压力和温度降低，减少压缩机的耗功。据计算在蒸发温度不变的情况下，冷凝温度在 $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 内每升高一度增加耗电量 3.2% 左右。

冷凝温度升高，冷凝压力也相应升高。在蒸发温度不变的情况下，机器的压缩比 p_1/p_0 增大，造成压缩机的容积效率降低，制冷剂的循环量减少，压缩机的制冷量减少，耗电量增加。同时，随着冷凝温度升高，压缩机的排气温度亦升高，增加机器的耗油量，使机器的运转条件变坏。

(3) 过冷温度液体制冷剂在冷凝压力下再冷却后下降到某一温度，该温度称过冷温度。

单级制冷循环采用套管式再冷却器进行再冷却氨液，应尽量采用深井水，出入水温差 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。对于双级制冷循环，液体制冷剂经过中间冷却器的蛇形排管后，一般过冷温度比中间冷却器温度高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，过冷温度可从节流阀前液体管上测得。制冷剂液体经过再冷

后，其单位质量制冷量增加。

(4) 压缩机的吸气温度压缩机吸入气缸内的气体温度称为吸气温度。它可从压缩机吸入阀上部的温度计上测得，吸气温度高于蒸发温度的数值，取决于蒸发温度、回气管的长度和隔热状况及外界气温等条件。

从理论上讲，压缩机吸入饱和气体时，效果较好。但为了保证压缩机安全正常运转，防止液体冲击，并且使回气管道的隔热层造价不高，允许吸气稍有过热，根据我国情况一般吸气温度比蒸发温度高 5~15℃。

若蒸发温度不变，吸气温度过高，说明回气过热。回气温度过高的原因有：节流阀开启过小，系统中制冷剂的循环量不足，以及回气管道的隔热层性能不好或损坏等。

压缩机吸气温度过低，供液过多，制冷剂气化不良，是湿行程的前兆，应尽量避免。

(5) 压缩机排气温度压缩机的排气温度，可从排气管上的温度计测得。排气温度取决于制冷剂的蒸发温度、冷凝温度以及吸入气体的过热度，它是制冷机操作调的重要标志之一。

排气温度的高低同压力比 p_k/p_0 和吸入气体的过热度成正比，压力比越大，吸气温度越高，则排气温度就越高；反之，排气温度就低。

对氨压缩机单级压缩排气温度可按下式进行估算：

$$t_{\text{排}} = (t_0 + t_k) \times 2.4 + t_{\text{过热}}$$

双级压缩机，可按下式估算：

$$t_{\text{低排}} = (t_0 + t_{\text{中}}) \times 2.4 + \Delta t_{\text{过热}}$$

$$t_{\text{高排}} = (t_k + t_{\text{中}}) \times 2.4 + t_{\text{过热}}$$

式中， t_0 是蒸发温度 (°C)； t_k 是冷凝温度 (°C)； $t_{\text{过热}}$ 是吸气过热度 (°C)； $t_{\text{中}}$ 是中间温度 (°C)。 $t_{\text{过热}}$ 热值可通过表 3-25 中求得。

表 3-25 吸 气 的 允 许 过 热 度 (°C)

蒸发温度	-0	-5	-10	-15	-20	-25	-28	-30	-33	-40
吸气过热度	1	-4	-7	-10	-13	-16	-18	-19	-21	-25

1) 排气温度过高，会带来以下危害：

使润滑油粘度降低，润滑性能恶化。当排气温度接近或超过闪点时，润滑油中的轻质馏分迅速挥发，形成积碳现象。积碳附着在排气阀通道和排气管内径上，使通道截面减小，增加排气阻力，提高压力比，增加了功耗。还会使活塞环卡在环槽里，以致失去密封作用。积碳中含有酸类物质，具有腐蚀作用；如果积碳聚在活塞上，还会使活塞、气缸拉毛。

增加冷凝器的负荷和冷却水的消耗量。

一般情况下，机器在运行时，排气温度过高，会造成冷凝温度升高，使冷凝器负荷增大，冷却水消耗量增加。

2) 降低排气温度的措施：

按工况条件开车。

发现机器高、低压腔窜气现象及时修理，防止高压气体窜回气缸。并注意调整机

器余隙，不使其过大。

做好管道绝缘，供液要适当，以减小回气过热度。

加强气缸冷却，促使压缩过程绝热指数下降。

(6) 中间温度在双级压缩中，低压机排出的过热气体，在中间冷却器内冷却为干饱和蒸汽，此时的压力称中间压力，相应的温度称中间温度。

双级压缩的中间压力与温度不是固定不变的，它随着高、低压压缩机的容积比、冷凝温度和蒸发温度的变化而变化。如果其中一个参数变化时，中间温度就会相应的变化。此外，中间温度还与制冷系统的节流形式有关。

中间压力过高或过低造成的后果，与冷凝压力过高或蒸发压力过低的情况基本相同。

2. 系统调试调整

制冷系统的操作调整，要依据制冷剂的压力和温度的变化进行，而压力和温度的变化都是通过仪表来显示的。因此，要使系统操作正确，必须保证制冷系统中各仪表显示的的压力和温度数值准确。为了保证仪表的准确、灵敏，操作人员应经常注意检查仪表，如发现仪表损坏或失灵现象，应立即停止使用，进行修理或更换。

为了保证制冷装置的安全运转，操作人员应该严格遵守机器与设备的操作规程及安全规程。

(1) 系统操作调整前应熟悉的问题制冷系统是由机器、设备和管道阀门连接起来的综合装置。在操作调整前，必须熟悉机器的制冷能力、设备配置、机器设备与管道阀门连接的状况，以及各冷间的进货量及耗冷量、压缩机的配置情况及运转特点等。根据机器设备的特点分析如下：

1) 熟悉制冷系统的特点。制冷系统的组成不同，其操作方法也不同。冷库制冷系统的供液方式，一般可分为重力供液和氨泵供液。在重力供液系统中，应严格控制节流阀的开启度，注意氨液分离器中的液面位置。由于各冷间的热负荷不同，冷间与液体分调节站的距离不同，管道的阻力亦各不相同，因此，还需要调节液体分调节站上供液阀的开启度。

在氨泵供液系统中，主要是用 UQK—40 电感式浮球液位控制器或浮球调节阀控制循环贮液桶内的液面，应注意其自控阀门是否失灵和氨泵运行情况；还应注意液体分调节站向各冷间供液阀的开启度。

2) 熟悉各冷间冷却设备的特点与冷间热负荷的分布情况。应了解冷藏间、冻结间、冷却间等的进货量及相应的热负荷（可通过查各种食品焓值表），各冷间冷却排管传热面积以及各冷间每 m^2 排管的传热量，可估算出食品 1h 的放热量，以配备相适应的压缩机。

3) 熟悉压缩机的生产能力。由于运转条件常有变化，所以压缩机的制冷量也随着变化。操作人员要熟悉每台压缩机在不同工况条件下的制冷量，以根据制冷系统的热负荷变化调整压缩机的台数。

(2) 库房降温的调整冷库主要有低温冷藏 - 28°C 系统、冻结加工 - 33°C 系统、高温冷却 - 15°C 系统及制冰等。

1) 冷藏间的特点是热负荷变化较小，库房温度的波动较小，在 - 18°C 左右。当选配适当的压缩机降温时，压力比较稳定，供液较容易掌握。只有和 - 33°C 系统的吸气管共用

时或库房出入货时，压力波动较大，这时应关小节流阀，使排管中的液面降低，以防压缩机湿冲程。

2) 冻结间、冷却间和制冰设备的特点，是热负荷变化大、温度变化也大，因此需要随时掌握变化，及时进行调整。现将冻结间降温调整过程中的注意要点介绍如下：

了解货物降温时放热情况。根据“食品的焓值表”中所列食品的焓值，可以看出单位食品每降低一度放出热量是不一样的。因此在降温过程中，要根据热负荷的变化来掌握配车。

入库结束或冲霜完毕开回气阀时，压缩机操作人员应注意机器的吸入压力和温度的变化，以防止机器湿行程。稍开回气阀后，听到有气流响声，等 10min 左右气流响声变小，库房压力与系统压力基本一致时，再慢慢全部打开回气阀。这样，可避免因回气压力突然升高将液体带回压缩机，造成敲缸事故。

供液调整，当冻结间开始降温时，由于货物放出的热量大于冷却设备的制冷量，冷间温度较高，传热温差较大，制冷剂呈现强烈的沸腾状态。在这种情况下，要减少供液量，不致使系统压力突然升高，影响其它冻结间的降温，更主要的是避免压缩机吸入湿蒸气，造成湿行程。当库温降到与蒸发温度的差值接近设计要求时，这时库温降得较快，压力逐渐下降，冷却设备内氨液沸腾逐渐缓和，可适当增加供液量，此后机器的吸入压力相对稳定，库房降温速度平缓（主要是由于肉温在 0~5℃ 时热负荷最大）但此时应注意在操作调整中，不能将供液阀开得过大，这容易造成压缩机的湿行程，所以只要监视好高压贮液器和低压循环桶（或氨液分离器）的液位，进行正常供液操作，就能使库温逐步下降。

当冷间温度继续下降，货物热放出逐渐减少，制冷剂沸腾状态减弱，蒸发量随之减少，这时可相应减少供液量。

为了保证压缩机的正常运转，防止湿行程。通常在冻结间或冷却间货物出库前 10~15min 停止供液，降低冷却设备内的液面水平，以利于下一批货物降温时的安全操作。

在机器的吸入压力很低，库房降温困难时，可进行冲霜。除去蒸发器管壁霜层，带走管内积油，使机器吸气回升，产冷量增大，耗功减小，保证冷间正常降温，同时也保证了货物的冻结温度。

当冷间热负荷减小时，除适当减少压缩机台数外，冷风机应尽量少开。由于库房温度达到要求后，在以保持温度为主时，冷风机应尽量少开或不开，以免造成浪费、增加食品的干耗。

多个冻结间连续降温时，由于降温时间有先有后，在操作调整时也应根据先后次序均匀降温。由于库房温度差别较大，操作调整时较难掌握。要把新降温的房间与已经降温较长时间的库房作合理调整。新降温的库房特点是热负荷大，蒸发温度与库房温差大，蒸发器没有霜层，传热的阻力小，必然导致氨液蒸发呈现强烈的沸腾状态，可以采用减少供液量和少开冷风机的方法控制。当该库房温度与蒸发温度的温差大大缩小后，再全部开启冷风机，适当增加供液量，这样控制不致使系统的蒸发压力和温度明显升高，对已降温较长时间的库房影响较小，使其库房温度不升或略有升高。当所有蒸发压力平稳后库温可继续下降，这样也防止了压缩机吸入湿蒸气，造成湿行程；反之，如果对新降温的库房不加以控制，必然造成蒸发压力和温度的明显升高，严重影响已降温库房的温度，同时也

易造成压缩机的湿行程。

第九节 氟利昂制冷系统的施工

前面几节主要介绍了氨制冷系统的安装和质量检查以及系统的调试等，这一节主要介绍氟利昂制冷系统的安装和质量检查。在通常情况下小型装配式冷库大多是氟利昂制冷系统，所以本节中的氟利昂制冷系统安装内容也适用于装配式冷库。

一、装配式冷库施工前的准备及配套建筑

中小型装配式冷库，具有投资少、安装周期短、可活动搬迁的特点，它广泛用于大型饭店、食堂和小型畜禽屠宰加工厂冻结或冷藏各种食品，库温能够自动控制，无需专人看管，既有安全保护装置，又有温度控制装置。

装配式冷库在施工前，首先要根据设计说明了解机组的数量和型号、机组冷凝器的冷却方式、装配冷库所选蒸发器的形式以及库体所选用的材料，再进一步确定机房的大小、制冷机组基础的尺寸和地脚螺栓孔的位置等。对于机组冷凝器是风冷方式的，通常机组要置于室外，便于更好的通风散热，但必须要对机组进行防雨防水处理。在人员流动多的场所，机组周围还必须做防护栅栏，以免冷凝器风叶伤人和碰坏机组。

中小型装配冷库有室内拼装的也有放置在室外的。对室内装配式冷库，只考虑基础的加固和找平；对室外装配式冷库，除考虑基础的加固和找平外，还必须对室外装配冷库进行防雨、防水处理。库顶防雨处理，常采用的方法是在顶部铺贴防水材料，既节省费用，又安全可靠；底部处理方法如下：

在做冷库基础时，要使基础留有一定坡度，不能太斜，仅供出水即可。然后找平，在组装冷库前在基础上铺垫 30~50mm 的木板或槽钢。这样做一方面防止水对库底的浸蚀，另一方面减缓冷库底部对外传热。

因此，在装配式冷库的施工中，既要考虑制冷设备和库体布置要合理，又要考虑装配式冷库在使用中节省能源和降低冷量损耗。

二、库体的安装

1. 冷库平面布置

平面布置分室内型和室外型，两种布置各有其特别之处。

(1) 室内型冷库的布置应注意下列问题：

1) 应有合适的安装间隙，在需要进行安装操作的地方，冷库墙板外侧离墙的距离 $\geq 400\text{mm}$ ；不需要进行安装操作的地方，冷库墙板外侧离墙的距离应在 50~100mm。冷库地面隔热板底面应比室内地坪垫高 100~200mm；冷库顶面隔热板外侧离梁底应有 $\geq 400\text{mm}$ 的安装间隙；冷库门口侧离墙需有 $\geq 1200\text{mm}$ 的操作距离。

2) 应有良好的通风、采光条件。

3) 安装场地及附近场所应清洁，符合食品卫生要求，并要远离易燃、易爆物品，避免异味气体进入库内。

4) 冷库门的布置应便于冷藏货物的进出。

5) 库内地面应放置垫仓板，货物应堆放在垫仓板上。

6) 制冷设备的布置应考虑振动、噪声对周围场所的影响，也应考虑设备的操作维修、接管长度等。

7) 冷库的平面布置，需根据预制板的宽度、高度模数、根据安装场地的实际情况进行综合考虑。冷库制造厂有其标准的冷库组合表供设计和使用者选择。表 3-26 是一种模数的组合表。

(2) 室外型冷库的布置其布置时除了食品卫生要求、安全要求、制冷设备布置要求与室内型冷库相同外，还应满足土建式冷库平面布置的一些要求。另外，尚有下列几点特别要求：

1) 只设常温川堂，不设高、低温川堂。冷库门可设不隔热门斗和薄膜门帘，并设空气幕。

2) 门口设防撞柱，沿墙边设 600 ~ 800mm 高的防护栏。

3) 冻结间、冻结物冷藏间应设平衡窗。

4) 朝阳的墙面应采取遮阳措施，避免阳光直射。

5) 轻型防雨棚下应设防热辐射装置，并应考虑顶棚通风。

6) 机房、设备间也可采用预制板装配而成，与冷库成为一体。

7) 冷库的平面布置造型基本上与室内型相同，其冷库组合可在表 3-26 的基础上按模数增大。安装程序如下：

表 3-26 中小型冷库平面组合表 (m, m²)

L \ W	A																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	.....	50
2	4	6	8	10														
3		9	12	15	18	21	24	27	30									
4			16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60				
5				25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80			
6					36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96			
7						49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119		
8							64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	.....
9								81	90	99	108	117	126	135	144	153	.....
10									100	110	120	130	140	150	160	170	.....
11										121	132	143	154	165	176	187	.....
12											144	156	168	180	192	204	.....
13												169	182	195	208	221	.....
14													196	210	124	138	.....
.....																		
20																	.....	1000

注：1. 库内净高一般有 2m、2.4m、3m、3.5m、4.2m、4.8m。

2. L—长；W—宽；A—面积。

先做好冷库的垫座地坪（要求用水平仪校平）。

根据冷库外形尺寸，划好安装线，然后装配底板（底座和预制隔热板）。

安装墙板时需先装好一个转角板，然后依次安装。

安装顶板时，从一边依次安装。

安装门和空气幕。

⑥ 安装制冷设备、照明灯、控制元件等。

2. 冷库的装配

冷库的装配分室内型和室外型。室内型装配比较简单，室外型装配比较复杂，有些还需对预制板进行再加工制作，使其满足安装要求。

(1) 室内型采用偏心钩和螺栓连接的冷库，只要根据装配式冷库制造厂的安装说明书进行安装即可。装配的程序是：

(2) 室外型如果预制板是采用偏心钩和螺栓连接，其安装程序与室内型相同。如果预制板采用其它方法连接，其安装程序如下：

- 1) 先做好冷库的基础和地坪（隔热底板以下）。
- 2) 按冷库平面尺寸放线，做好外框架，做好隔热墙板的固定撑板。
- 3) 安装墙板预制板。先安装一个转角板，然后依次进行。
- 4) 做好顶板吊架、安装顶板。
- 5) 用聚氨酯现场发泡，浇注顶板的预留浇注缝。
- 6) 安装主地坪隔热板，用聚氨酯现场发泡浇注底板的预留浇注缝。
- 7) 安装隔墙板。
- 8) 用钢筋混凝土浇注库内地坪。
- 9) 安装冷库门框、门、空气幕。
- 10) 安装库内制冷设备、照明灯、控制元件等。

3. 装配中的密封

(1) 板缝密封板缝密封做得好与坏，对冷库的质量影响很大。如果材料使用不当，或安装施工时密封做得不好，必定会增大冷库的冷耗，严重时会造成隔热板外侧严重结水或库板内结冰。板缝的密封材料应无毒、无臭、耐老化、耐低温、有良好的弹性和隔热、防潮性能。国内目前常用的密封材料有：聚氨酯软泡沫塑料、聚乙烯软泡沫塑料、硅橡胶、聚氨酯预聚体、丙烯酸密封胶。

装配时还要用到一些构件，如角铝、工字铝、连接板、螺栓等。

(2) 现场接缝的浇注在垂直板缝的情况下，浇注的接缝要受很大的压力，沿接缝增加浇注孔可控制聚氨酯的浇注，一般 1.2m 设置一个 $D10\text{mm}$ 浇注孔，浇注后用一个塑料塞塞住。加固件与预制板面的连接一般采用拉铆钉，中距为 200mm。

(3) 管道设备隔热层的现场浇注制冷管道和设备的隔热大部分是用聚氨酯现场浇注。管道隔热前先涂防锈漆，然后在铝合金外壳与管子间每隔一段放置预制好的聚氨酯管瓦以保持间距，在外壳上每隔一定距离留有浇注孔，浇毕后用塑料塞塞住。

4. 对冷库装配的整体要求

- 1) 库体连接要牢固，连接机构不得有漏连、虚连现象，其拉力不低于 1471.5N。

- 2) 库体板涂层要均匀、光滑、色调一致，而且无疤痕、无泡孔、无皱裂和剥落现象。
- 3) 库体要平整，接缝处板间错位不大于 2mm，板与板之间的接缝应均匀、严密、可靠。

三、门框、库门

装配式冷库的门框与土建式冷库的有所不同，门框架固定在预制板上，既要牢固，又要轻巧，还要考虑防撞、防冻。门框架大都采用工程塑料、不锈钢板和硬质木料。对于用吊挂式平移门的门框架，其承受的力较大，需进行加强处理，如图 3-27、图 3-28、图 3-29 所示。

库门应装配门锁和把手，并且应有安全脱锁装置，使工作人员在库内外都能开启。门开启应灵活，关闭时密封条应紧贴门框四周。

在冻结间与冻结物冷藏间的门或门框上，应安装电压不大于 24V 的电加热器，以防止凝露和结冰。库门的安装如图 3-27 所示。

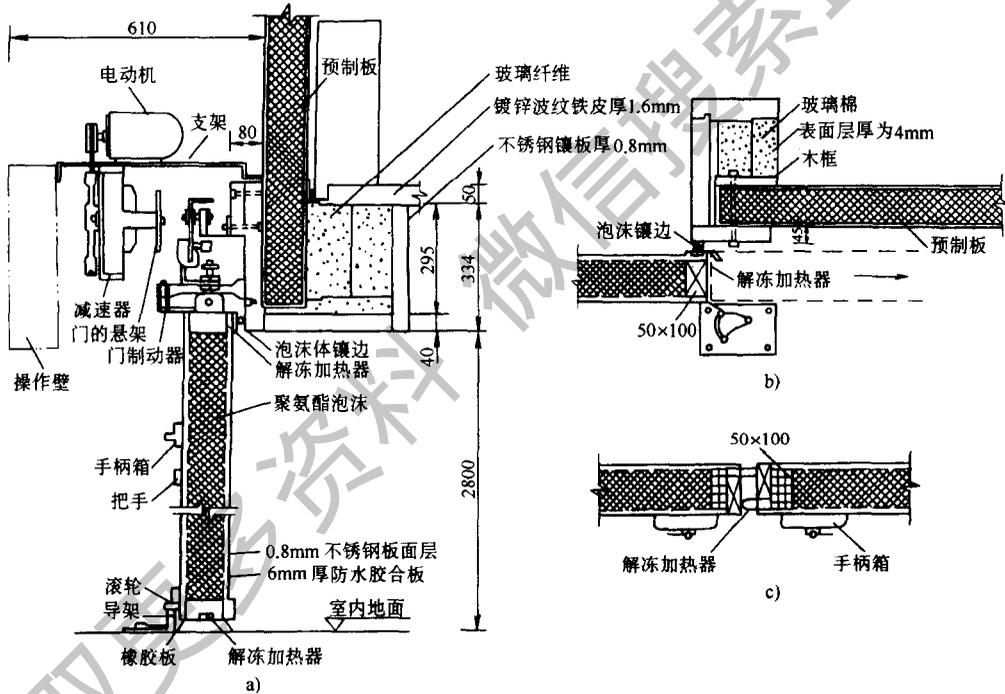


图 3-27 对扇电动平移门

a) 侧视图 b) 顶部结构图 c) 底部结构图

四、制冷系统的安装

1. 常用施工工具及其用法

(1) 施工工具和材料

1) 真空压力表。如图 3-30 所示是真空压力表。表面上有两圈刻度，外圈表示氟利昂的蒸发温度或冷凝温度，单位是 $^{\circ}\text{C}$ ；内圈表示压力与真空度，单位是 MPa。这种真空压力表既可以测量氟利昂气体的相对压力，又可以测量相对真空度，还可以读出与氟利昂的相对压力所对应的蒸发温度或冷凝温度；有的还可以与三通阀连在一起，叫三通真空压力

表，使用起来比较方便，常用来测定制冷系统的低压压力和高压压力。

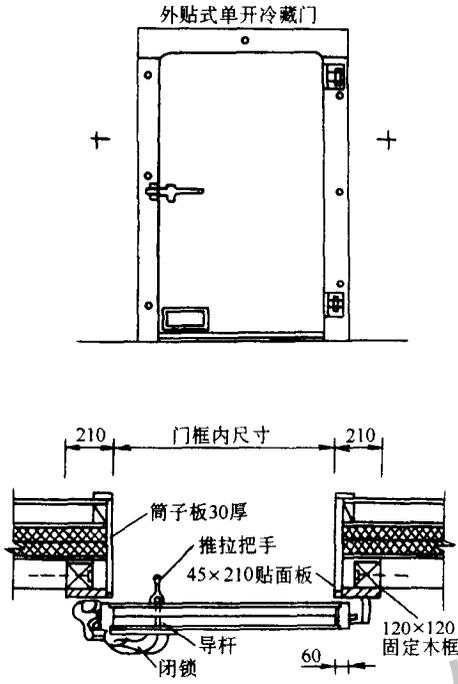


图 3-28 外贴式单升冷藏门

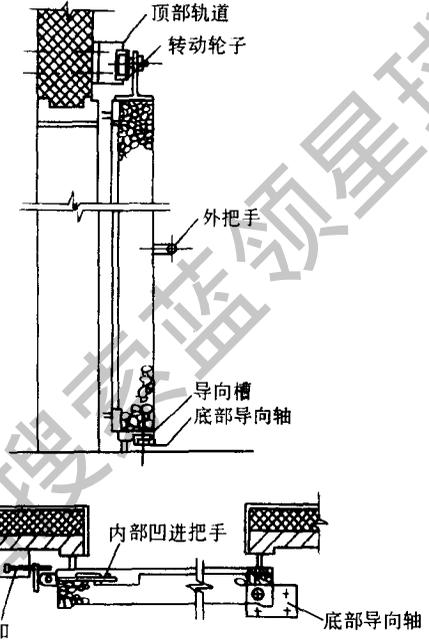


图 3-29 手动平移门

2) 扩喇叭口工具。在管道连接过程中，往往要碰到铜管与其它设备的活接问题，例如，铜管与阀门活接。为了防止制冷剂泄漏，其接口需要扩成喇叭口形状，为此而使用的工具被称为扩喇叭口工具，其结构形状如图 3-31 所示。

3) 冲大小头工具。为了把两根直径相同的铜管对接，往往把其中一根铜管的内径扩大为比另一根铜管的外径大 0.2~0.5mm 左右，再对接焊牢，这种用于扩大管口的工具叫冲大小头工具。它也是扩口工具的一种，其结构形状如图 3-32 所示。

4) 割管刀。又叫割刀，是一种切割铜管的工具，其结构形状如图 3-33 所示。其切割后的管口整齐光滑，适用于扩口。小割刀适用于 3~25mm 的铜管切割。

5) 连接管。连接管是充注氟利昂时作为氟利昂的通道用的，可以由铜管两头扩成喇叭口，套以两个螺母制成，如图 3-34 所示。

6) 弯管器。弯管器是一种用来弯曲铜管的工具，适用于弯曲管径小于 20mm 的小铜管，弯曲半径大于铜管管径的 5 倍。对不同的管子选用不同弯管规格的模式，其外形如图 3-35 所示。

7) 其它工具。若干只修理阀；一把封口钳；一套气焊设备。

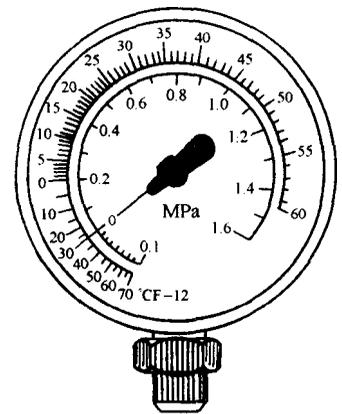


图 3-30 真空压力表

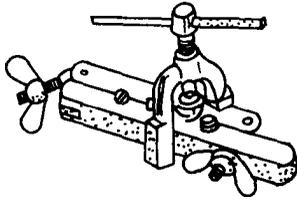


图 3-31 扩喇叭口工具

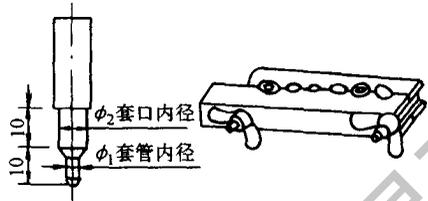


图 3-32 冲大小头工具

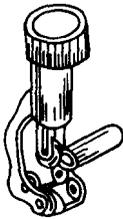


图 3-33 割管刀

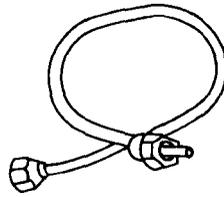


图 3-34 连接管

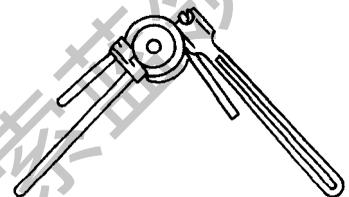


图 3-35 弯管器

(2) 常用工具使用方法氟利昂制冷系统的管道，许多是有铜管制作的，这里主要介绍铜管的切割和扩口。

1) 割管刀的用法。割管刀由支架、切轮、二个底轮和一个可调节的手柄旋钮组成。二个底轮可以滚动，调节手柄旋钮可以调节切轮的高低。

切割时，把铜管放在两个底轮之上，调节手柄旋钮使切轮垂直压住铜管，构成铜管与三个轮子外切的形状，如图 3-36 所示。接着左手用力握住铜管，右手慢慢顺时针旋转手柄旋钮，使切轮压向铜管，并且边旋边使割管刀绕铜管作圆周运动。随着割管刀的转动，切轮切割铜管。割刀的进刀量不宜过深，防止挤扁铜管或损坏刀口。用割管刀切割的铜管，断面整齐光滑，适于胀口。

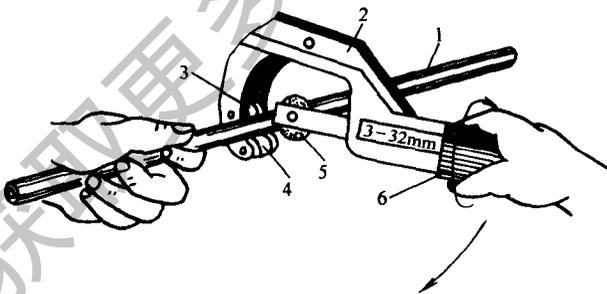


图 3-36 用割管刀切割铜管

1—铜管 2—支架 3、4—底轮
5—切轮 6—手柄旋钮

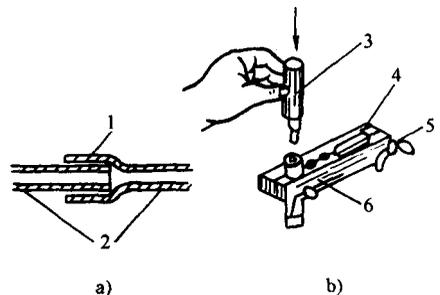


图 3-37 铜管套接示意图

a) 铜管套接 b) 扩套口过程
1—扩口处 2—铜管 3—冲子 4—夹扁用腭口
5—紧固螺栓 6—夹具

2) 胀管器具的用法。铜管的扩口有两种：一种是扩套口；另一种是扩喇叭口。套口

用于铜管与铜管之间的连接，喇叭口常用于铜管与修理阀门等的活接上。

扩套口。相同管径套接，需要把其中一根铜管的内径扩大，扩大到比原来外径大 0.5mm 左右为适宜，如图 3-37a 所示。再用银焊、铜焊或锡焊焊接，强度比较大，不易裂缝。

扩套口使用冲大小头工具。先把要扩套口的铜管退火，冷却后，用夹具夹紧（夹具固定在台钳上），待扩的管头露出夹具约 15mm，选定所需套口内径的冲子，放在管口内，再用锤子敲打冲子，边敲打边把冲子旋转一个角度，直到冲好为止。于是，铜管的内径就扩成冲子内径的大小，如图 3-37b 所示。

扩喇叭口。铜管与修理阀相活接，需要把铜管扩成喇叭口形状，以便连接起来减少制冷剂的泄漏，如图 3-38a 所示。

扩喇叭口需用扩喇叭口工具。扩口前先把铜管退火，然后把它夹在扩喇叭口工具的夹具上，管口露出夹具约 0.5mm。把 U 字形铁架上的顶角为 90°的圆锥体放在它上面，夹具夹在台钳上，顺时针旋转铁杆，冲子就逐渐往下挤压，慢慢地就把铜管扩成了喇叭口形状。如图 3-38b 所示。

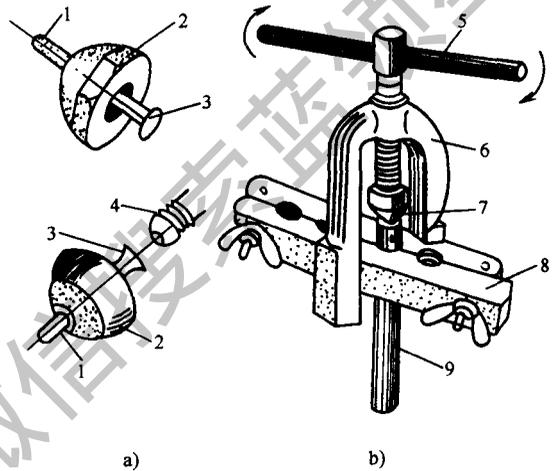


图 3-38 铜管扩喇叭口方法

- a) 喇叭口与接头活接 b) 扩喇叭口的过程
1, 9—铜管 2—锁紧螺母 3—喇叭口 4—接头
5—铁杆 6—U形铁架 7—圆锥体冲子
8—夹具

2. 系统安装

氟利昂系统的安装主要指设备和管道布置的安装，其中氟利昂系统的设备安装与氨系统设备安装方法基本相近，这里不再重复。管道安装也适用于装配式冷库。

由于氟利昂与润滑油是相溶的，所以

其系统管道布置及安装除了应该考虑管道与设备之间、管道与管道之间要保持合理位置关系外，还要保证制冷剂在系统中顺利地循环流动（一般要求冷却排管采用上进下出方式布置），并处理好回油和制冷机之间的均油等问题。下面就对氟利昂的管道布置及安装作详细介绍：

(1) 制冷压缩机吸气管道制冷系统投入运行后，润滑油随着制冷剂进入蒸发器中，液体制冷剂在蒸发器内气化，润滑油与制冷剂蒸气仍混在一起。吸气管道的布置应使润滑油能顺利地随吸气返回制冷压缩机中。吸气管道与制冷压缩机如何连接，应根据蒸发器与制冷压缩机的相对位置而确定。

1) 为保证润滑油随氟利昂气体能顺利地返回压缩机曲轴内，吸气管的水平管段应有不小于 2/1000 的坡度坡向压缩机。

2) 蒸发器和制冷压缩机布置在同一水平位置时，吸气管布置应如图 3-39 所示。使蒸发器与制冷压缩机之间的管路形成倒“U”形弯，防止停机后液体制冷剂进入制冷压缩机内。

3) 蒸发器在制冷压缩机上方时，蒸发器上部管应做成如图 3-40 所示的“U”形弯。

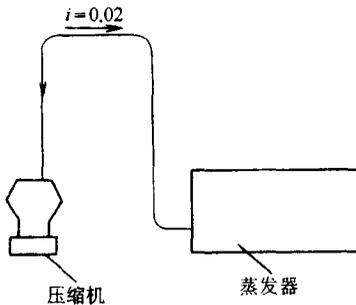
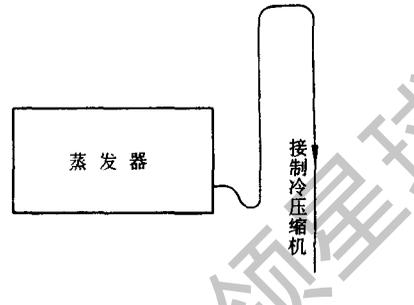


图 3-39 蒸发器与制冷压缩机在相同标高的管道连接示意图 (i 为坡度)



4) 蒸发器在制冷机下方时，其吸气管的连接方式如图 3-41 所示。由蒸发器至制冷压缩机的吸气立管，在负荷最小、制冷剂气体流速最低时，必须保证能将润滑油均匀地带入制冷压缩机中。润滑油能否被制冷剂气体经向上的吸气立管带至制冷压缩机，取决于立管中制冷剂气体的流速和密度。

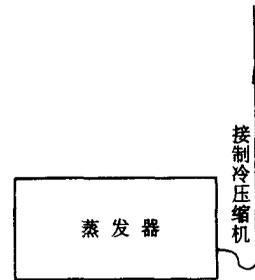


图 3-41 蒸发器在制冷压缩机下方时的管道连接方式

(2) 制冷压缩机排气管道安装时，应根据下列原则进行。

1) 制冷系统排气管的水平管段应有不小于 1/100 的坡度坡向冷凝器，使制冷压缩机的润滑油流入冷凝器，防止其返回制冷压缩机的顶部。

2) 若制冷系统的直立排气管长度达 2.5 ~ 3m，为防止管内壁沉淀的润滑油进入制冷压缩机顶部，应使排气管上形成如图 3-42 所示的存油弯。存油弯在停车时存留液体制冷剂和润滑油的混合液体。如直立管较长，除在靠近制冷压缩机处设一个存油弯外，每隔 8m 再设一个存油弯，以保证存留混合液的容量，如图 3-42 所示。

设有油分离器的排气管，可不设存油弯，系统停车后排气立管的润滑油可流入油分离器中，而不会产生倒灌入制冷压缩机的现象。

3) 两台或多台制冷压缩机并联时，若排气总管安装在制冷压缩机下方时，为防止在运转中制冷压缩机排出的润滑油流入停用的制冷压缩机中，其排气主管应采取图 3-43 所示的连接方式。

4) 排气总管安装在制冷压缩机上方时，制冷压缩机的排气管应从上面接入总管，可防止排气管的润滑油倒流入停用的制冷压缩机内。连接方式如图 3-44 所示。

(3) 冷凝器至贮液器的液体管道。冷凝器至贮液器的液体是靠液体重力流入的，为防止冷凝器排出液体时出现高液位现象，冷凝器与贮液器之间应保持一定的高差，其连接的管道要保持一定的坡度。

1) 卧式冷凝器至贮液器的液体管道。管道内的液体流速不应超过 0.5m/s，水平管段

的坡度为 1/50，坡向贮液器。冷凝器至贮液器之间的阀门，应安装在距离冷凝器下部出口处不少于 200mm 的部位，其连接方式如图 3-45 所示。

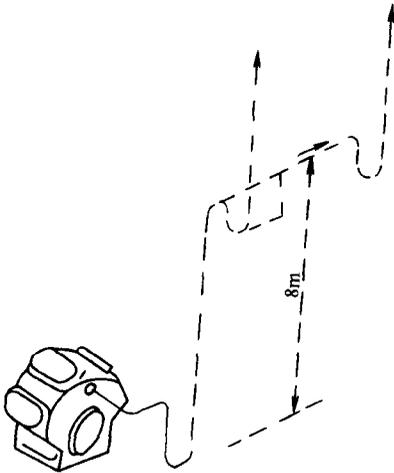


图 3-42 排气管至制冷压缩机的存油弯

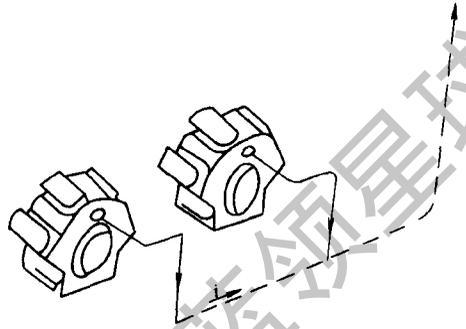


图 3-43 多台制冷压缩机的排气管连接方式之一

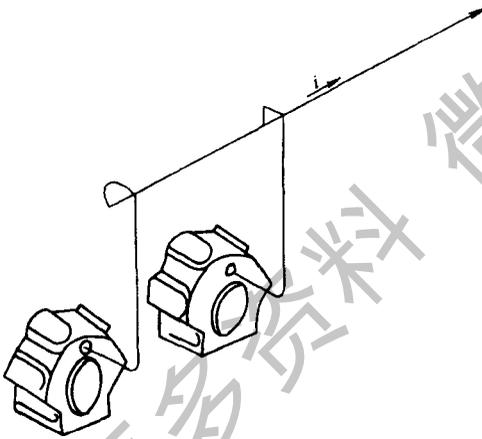


图 3-44 多台制冷压缩机的排气管连接方式之二

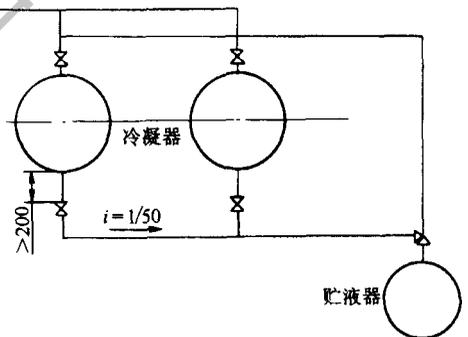


图 3-45 卧式冷凝器与贮液器连接方式

2) 蒸发式冷凝器至贮液器的液体管道。单组冷却排管的蒸发式冷凝器，可用液体管本身进行均压。冷凝液体的流速不应超过 0.5m/s，水平管段的坡度为 1/50，坡向贮液器。如阀门安装位置受施工条件所限，可装在立管上，但必须装在出液口 200mm 以下的位置。为了保证系统的正常运转，蒸发式冷凝器排管的出口处应安装放空气阀。如冷凝器与贮液器之间不安装

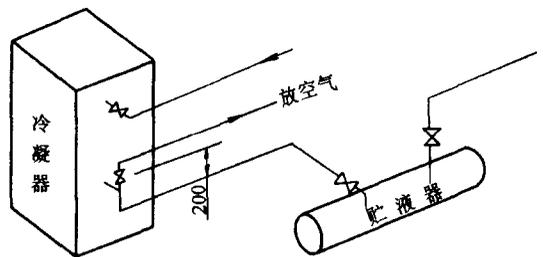


图 3-46 单台蒸发式冷凝器与贮液器的连接方式

均压管时，应在贮液器上安装放空气阀，其连接方式如图 3-46 所示。

3) 多台蒸发式冷凝器并联使用液体管道。为防止由于各台冷凝器内的压力不一致而造成冷凝器出液回灌入压力较低的冷凝器中，液体出口的立管段应留有足够高度，以平衡各台冷凝器之间的压力差和抵消排管的压力降。液体总管进入贮液器前向上弯起作为液封。冷凝器液体出口与贮液器进液水平管的垂直高度应不少于 600mm。液体管内的液体流速不应大于 0.5m/s，并有 1/50 的坡度坡向贮液器。

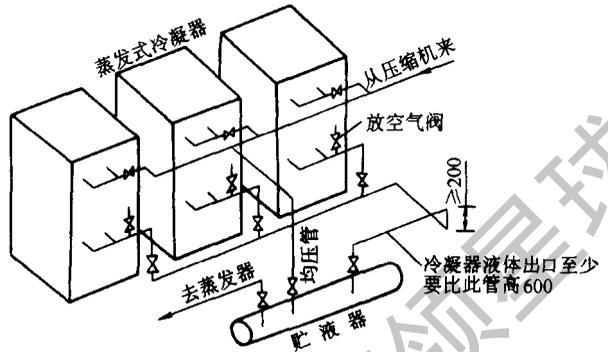


图 3-47 多台蒸发式冷凝器与贮液器的连接方式之一

冷凝器与贮液器应安装均压管，其连接方式如图 3-47 所示。

该连接方式仅适用于冷却排管压力降较小的冷凝器（约为 0.007MPa）。如压降较大，则压降每增加 0.007MPa，冷凝器液体出口与贮液器进液水平管的垂直高度相应增加 600mm。如安装的垂直高度受施工现场的条件所限，可将均压管安装在冷凝器的液体出口管段上，其安装的垂直高度不需考虑冷却排管的压力降，只需考虑克服进液管管件和阀门的阻力，其连接方式如图 3-48 所示。

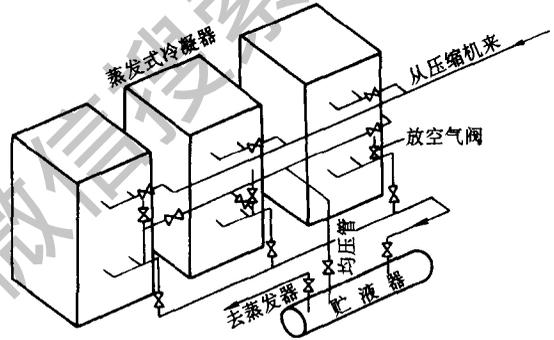


图 3-48 多台蒸发式冷凝器与贮液器的连接方式之二

该连接方式可以降低冷凝器安装的高度，冷凝器出液口至贮液器进液口的高度达到 450mm，即可满足要求。需注意：各并联的冷凝器的规格和阻力应相同；在系统运转中，如停用某台冷凝器，必须用阀门与系统切断，以防止制冷压缩机的排气流经停用的冷凝器而倒灌入其它冷凝器的出口端。

4 冷凝器或贮液器至蒸发器的液体管道。在冷凝器或贮液器至蒸发器的液体管道上，由于安装有干燥器、过滤器、电磁阀等附件，致使产生膨胀阀前压力损失和供液到高处的静液柱压力损失，且管外浸入的热量使制冷剂温度上升，如以上的因素超过制冷剂的过冷度时，将会出现闪发气体，造成膨胀阀的供液量不足，而降低制冷能力。为防止产生闪发气体，应在制冷系统中设置气液热交换器，使膨胀阀前的液体制冷剂得到一定的过冷。

在氟利昂系统中设置的热交换器，它是从贮液器引出的高压液体制冷剂与来自蒸发器的低压气体制冷剂进行热交换，使高压液体制冷剂得到过冷，同时在热交换过程中夹杂在低压气体制冷剂中的液滴吸收热量而气化，可防止压缩机出现湿行程。

为防止环境温度的影响，当液体制冷剂温度低于环境温度时，可采取保温措施。

单台蒸发器在冷凝器或贮液器下面时的管道连接方式：为防止在制冷系统停止运行时液体制冷剂流向蒸发器，在系统中没有安装电磁阀的情况下，应安装倒“U”形液封

管，其高度不少于 2000mm，其连接方式如图 3-49。

多台蒸发器在冷凝器或贮液器上面时的管道连接方式：采用多台蒸发器在冷凝器或贮液器上面时，连接方式如图 3-50 所示。如果液体管道的压力损失较大，则膨胀阀尺寸应比充分过冷时增大一号。

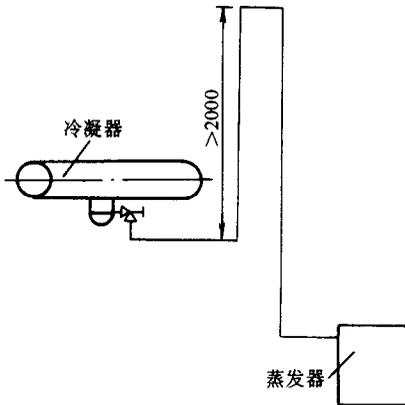


图 3-49 蒸发器在冷凝器或贮液器下面时的管道连接示意图

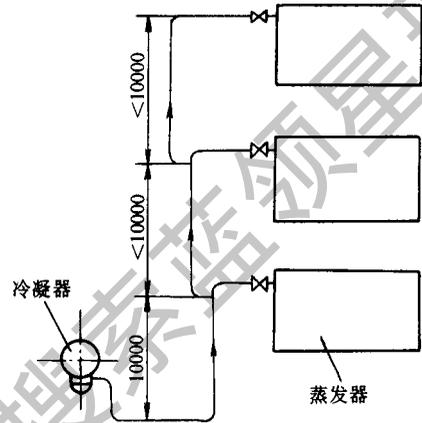


图 3-50 蒸发器在冷凝器或贮液器上端时的管道连接示意图

五、试压检漏

氟利昂制冷系统一般要采用工业上的干燥氮气进行试压检漏，因氮气内无水分，也没有腐蚀作用，比较纯净，且价格较低。若无氮气，也可用经干燥处理的压缩空气。

试验压力根据部颁标准，对 R12 高压为 1.6MPa，低压为 1MPa；对 R22 高压为 2.0MPa，低压为 1MPa。商业小冷库和冷藏箱绝大部分用 R12，所以可按 R12 的要求试压。

1. 试压检漏的方法

- 1) 高、低压部分应装设刻有真空度的压力表，刻度范围为试验压力的 1.5~2 倍。
- 2) 将接通大气的阀门关闭，系统中的阀门全部开启。
- 3) 将吸入阀上的锥形丝堵拧下，将铜管或高压橡皮管用螺钉接头与氮气瓶连接。吸入阀应呈半开启状态。打开氮气瓶阀，向系统充氮气，待压力升到 0.5~0.6MPa 时停止。用肥皂水涂于各焊缝、阀门、法兰等连接处，检查有无渗漏。若有渗漏，可在渗漏点画上记号，待全部检查完毕，将氮气放掉，并接通大气后进行补焊或修理，处理妥当后继续升压试验。
- 4) 继续升压到 1MPa，用肥皂水检漏。检查时要仔细、耐心，有些小漏处，肥皂泡时断时续，很难观察，在接头处一般要涂 3 次以上反复查看。若查出泄漏处，按第 3 条方法处理。若检查无问题后，即将蒸发器前的截止阀（或电磁阀前的截止阀）关闭，中间冷却器和热交换器的供液阀也要关闭，关闭压缩机的吸入阀，将吸入阀处的锥形丝堵的连接管拆下来，连同氮气瓶一起接到排出阀的丝堵处，继续向高压部分充氮气升压。
- 5) 向高压部分充氮气升压时，机器排出阀应处于半开状态，为不使压缩机内压力过高，吸入阀处的丝堵可以不拧上；压力升到 1.6MPa 时，将氮气瓶阀和压缩机的排出阀关

闭，继续用肥皂水检漏。

6) 经检查未发现渗漏，可记下当时的压力、温度，经 24h 后再检查压力和温度的下降情况。一般温差不大于 5°C 时，降压不超过 0.03MPa ，即为合格。若压力有明显下降，应重新检查，直至合格为止。

目前商业小冷库或食堂小冷库，多采用机组的形式，出厂时系统的高压部分都充装有氟利昂制冷剂，因此，系统的高压部分一般不用试压，只试验低压部分即可。

2. 真空试验

试压检漏合格后要进行真空试验。真空试验的目的是进一步对系统进行气密性检查，以及排除空气和其它不凝性气体，并使系统中的水分蒸发排除。

真空试验可由专设的真空泵进行。若没有真空泵可用系统本身的压缩机抽空。其方法基本与氨系统相同，不同点讲述如下：

1) 关闭压缩机的排出阀，将系统中的其它阀全部开启（如贮液器的出液阀、膨胀阀等），并将排出阀上的锥形丝堵拧下来，接上相应的排气管。

2) 系统的调整工作妥当后，启动压缩机。启动压缩机前的准备工作与氨压缩机相同。

3) 抽真空时压缩机可间断进行，但应注意压缩机的油压，应比吸气压力高 $2.7 \times 10^4 \text{Pa}$ 。如系统装有油压继电器，则应将油压继电器的接点暂时保持短接状态；否则，压力低于油压继电器调定值，压缩机会自动停车，影响抽真空工作。

4) 当压力抽至 $8.7 \times 10^4 \text{Pa}$ ，压缩机排不出气体，此时可用手堵住排出阀锥形螺孔处，迅速全开压缩机的排出阀，使该阀的倒关装置关严，将手拿开，拧上锥形丝堵即可，并停止压缩机的运转。

5) 系统抽真空后，放置 24h，真空表回升不超过 $6.67 \times 10^2 \text{Pa}$ 为合格。

六、充装氟利昂制冷剂

制冷系统经过抽真空并确信无渗漏后，就可开始充装制冷剂。充装制冷剂的方法有如下两种：

1. 从压缩机排出阀三通孔充装

这种充装方法是将氟利昂液体直接注入系统。其优点是灌注速度快而且安全，适用于系统内无制冷剂而且是抽过真空的情况，也就是适用于第一次灌注，它靠钢瓶内的氟利昂与系统之间的压力差与高度差自行排入系统。若用这种方法灌注氟利昂蒸气，则注入量很少，只有灌入液体时才能灌得多而且快。但是利用这种方法瓶内的氟利昂灌不彻底，当系统内压力高于 0.3MPa 时，应停止在高压侧充装。若充装量不够可改为由吸入侧充装。从高压侧充装氟利昂时，切不可启动压缩机，以防发生事故。

2. 从压缩机吸入阀三通孔充装

从压缩机低压侧充装氟利昂气体，要开动压缩机，不可将液态制冷剂注入，以防机器发生液击。这种方法适用于系统充装量不够需用要补充的情况，由于小型氟利昂装置多采用机组形式，高压部分在制造厂已充装氟利昂，因此多数小型氟利昂装置需要补充制冷剂就可以了。低压段充装制冷剂的方法如图 3-51 所示，注意吸气阀阀杆是朝下的。现将低压侧充装氟利昂的操作方法介绍如下：

1) 将机器的吸入阀全部打开，以关闭三通孔，将锥形丝堵拧下来，装上锥形接头。

- 2) 将制冷剂钢瓶竖放在磅称上。
- 3) 用连接管把压缩机旁通接头和制冷剂钢瓶阀连接起来。
- 4) 稍微开启钢瓶阀并随即关闭，再松一松压缩机吸入阀三通孔接头，让管内的空气被有压力的制冷剂赶出，听到气流声喷出后随即拧紧。
- 5) 记下钢瓶重量。
- 6) 开制冷系统的冷却水阀（风冷凝的即开风机），检查排出阀是否打开，起动压缩机。

- 7) 开启制冷剂钢瓶阀。
- 8) 反时针旋转压缩机的吸入阀半圈左右，三通孔被接通，钢瓶内制冷剂蒸气被压缩机吸入。应注意压缩机是否有吸入液体制冷剂的声音，若有异音，应将压缩机吸入阀按顺时针开足，切断与钢瓶的联系，待机器阀片启跳的声音正常后再将机器的吸入阀按反时针旋转半圈左右，机器运转完全正常后可按反时针旋转 1~2 圈。这时钢管先结露，然后结白霜。

- 9) 随时查看磅称读数，当加入量足够时立即关闭钢瓶阀，再顺时针全部开足吸入阀杆，以关闭三通孔。拆下连接管，拧上锥形堵，充装工作结束。

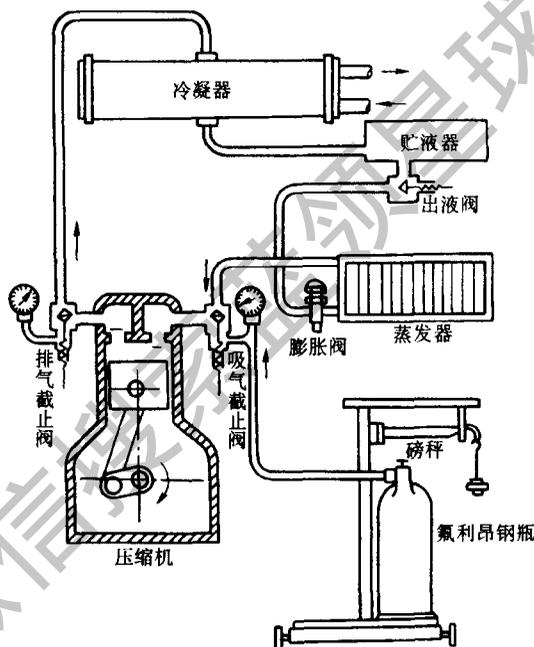


图 3-51 低压段充装制冷剂

补充制冷剂的数量往往不好掌握，可根据排管的结霜情况判断，一般各组排管都结霜均匀，压缩机吸入阀处结有干霜，同时结合吸气压力表和排气压力表进行判断，通常对 R12 吸气压力达到 0.15~0.2MPa，排气压力达到 0.9~1.1MPa；对 R22 吸气压力达到 0.2~0.3MPa，排气压力达到 1~1.4MPa，可视为制冷剂补充量已经满足。

思考与练习

1. 制冷系统施工前应做哪些准备工作？
2. 制冷系统施工安装队要组织哪些工种的技术人员？
3. 安装中轧头和链式提升机应用在哪些场合？
4. 设备混凝土基础的强度用哪些简易方法检查？基础的偏差允许值指的是什么？
5. 活塞式制冷机的就位找正和初平的工作有哪些？
6. 活塞式制冷机的精平要做哪些工作？
7. 螺杆式制冷机的基础如何做？用简图说明。
8. 螺杆式制冷机通常怎样就位？
9. 怎样安装立式冷凝器？对立式冷凝器和油分离器位置的高差有什么要求？
10. 卧式冷凝器安装时应注意哪些事项？
11. 蒸发式冷凝器安装的注意事项是什么？

12. 冷库中单层 U 形光滑顶管是如何制作和安装的？
13. 落地式冷风机在安装时应注意哪些事项？
14. 虹吸器和经济器被用在什么场合？
15. 氨液分离器和低压循环桶在安装时应注意哪些事项？
16. 离心水泵是怎样安装的？
17. 截止阀安装时要注意哪些事项？
18. 远距离液位指示器通常被用作观察哪些设备的液位？
19. 管道连接有哪些方式？
20. 吸气管道、排气管道、不同管径的管道应如何连接？画草图说明。
21. 制冷系统在试车前应做哪些准备工作？
22. 氨压缩机拆洗时要做哪些工作？
23. 制冷系统空车试运转目的是什么？应注意哪些问题？试运转的程序有哪些？
24. 螺杆式压缩机应如何试车？
25. 制冷系统质量检查应做哪些工作？
26. 制冷系统设备和管道的隔热目的是什么？隔热方法有哪些？
27. 冷库制冷系统的调试有哪些步骤？首次充加制冷剂时如何确定充加量？
28. 制冷系统中有哪些主要运行参数？
29. 氟利昂系统施工时的常用工具有哪些？
30. 氟利昂系统管道安装时重点考虑的问题是什么？施工中对吸、排气管道有哪些特殊要求？
31. 蒸发式冷凝器在安装时应注意哪些事项？
32. 氟利昂系统与氨系统在试压时有何不同？
33. 为什么氟利昂系统要用氮气进行干燥？
34. 如何判断氟利昂系统制冷剂的充加量能满足系统运行？

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第 四 章

冷库制冷装置的运行与管理

4

- 第一节 制冷压缩机的运行管理
- 第二节 其它制冷设备的运行管理
- 第三节 放空气、放油和融霜的操作
- 第四节 电器设备运行管理

获取更多资料 微信搜索 蓝

第一节 制冷压缩机的运行管理

一、活塞式制冷压缩机的运行管理

1. 运行前的准备工作

(1) 查看运行记录在开机前通过查看运行记录，了解制冷压缩机停机的原因和停机时间，确定开机台数。

若正常停机可由值班组长负责开机；若因事故停机或机器定期修理，应检查机器是否已修复，并应具有修复后的试车记录；若连续停机时间超过一个月或是机器大修后，首次开机，须由车间主任或技术人员到场进行试机。

(2) 检查制冷压缩机

1) 检查制冷压缩机及电动机各运转部位有无障碍物，安全保护罩是否良好。

2) 检查曲轴箱压力，如果超过 0.2MPa（表压）时应先降压；若经常发生此种情况，应查明原因加以消除。

3) 检查曲轴箱油面，侧盖只有一个油面玻璃视孔的，油面不得低于视孔的 1/2；有两个视孔的，油面应在下玻璃视孔的 2/3 以上，上玻璃视孔的 1/2 以下。

4) 检查各压力表的关闭阀是否已全部打开，是否灵敏准确，对已损坏的表应予以更换。

5) 检查卸载装置的手柄是否拨在“零位”。

6) 检查压缩机水套冷却水系统是否已通水。

7) 检查油压继电器、高低压压力继电器等自动保护装置的指针，是否调整在所要求的数值上。

(3) 检查高低压系统阀门的开启状态主要指氨制冷系统，对氟制冷系统可以参考。

1) 高压系统。制冷压缩机的排气阀与总调节站的节流阀应关闭；油分离器、冷凝器、高压贮液器等进出气阀、液阀和安全阀前的截止阀、均压阀、压力表阀、液面指示器阀均应开启。其它如热氨冲霜阀、放油阀、空气分离器、集油器上的各种阀门、排液桶除安全阀前的截止阀外的所有阀门、紧急泄氨器上的所有阀门均应关闭。待制冷系统工作后，根据情况需要再行开启。

2) 低压系统。制冷压缩机的吸气阀应关闭，由总调节站经氨液分离器或低压循环桶、氨泵、分调节站至各冷间蒸发器，再经氨液分离器或低压循环桶回到制冷压缩机，在管路系统上所有的阀门均应开启。同时各低压设备的压力表阀、安全阀前的截止阀、均压阀、液面指示器阀均应开启，放油阀、加压阀、热氨冲霜阀、冲霜排液阀等应关闭。

(4) 检查贮液器的液面

1) 高压贮液器的液面应不高于 80% 不低于 30%。

2) 低压循环桶或氨液分离器的液面应保持在浮球控制的高度，在浮球阀失灵或无浮球阀时，液面应控制最高不得超过 60% 最低不得低于 20%。

3) 排液桶有液面时不得高于 40%，平时排液桶中不应存液。

(5) 检查中间冷却器

1) 中间冷却器的进气阀、出气阀、蛇形盘管进液阀、出液阀、浮球阀上的阀门(手动节流阀除外)及气-液平衡阀、液面指示器阀均应开启。

2) 中间冷却器上的手动节流阀通常是关闭的,只有在浮球阀失灵时才使用此阀作手动供液。放油阀应关闭。

3) 中间冷却器的液位应保持在浮球控制的高度上。当浮球阀失灵时,应开启手动节流阀向中间冷却器供液,使液位控制在 50%的水平上。

4) 中间冷却器的压力不应超过 0.5MPa,超过时应进行排液降压。

(6) 检查其它设备

1) 制冷剂液泵(如氨泵)、水泵、盐水泵、冷风机上的风机、冷却塔风机的运转部位应无障碍物,能正常工作。

2) 制冷系统应无制冷剂泄漏现象,如发生泄漏应事先处理完毕。

(7) 供水起动水泵,向冷凝器、制冷压缩机气缸水套及曲轴箱内油冷却器水管供水。

(8) 供电通知电工向制冷压缩机的电控柜供电。

2. 活塞式氨制冷压缩机开机操作

(1) 单级制冷压缩机开机操作

1) 先转动油过滤器手柄数圈,防止油路堵塞。

2) 转动联轴器 2~3 圈,检查是否过紧。若转动过紧,应检查原因加以消除。

3) 启动电动机的同时,迅速全开制冷压缩机的排气阀,然后再倒回 1/8 圈。

4) 当电动机全速运转后检查油压,若无油压应立即停机检查、修理。若油压正常,将能量调节阀逐级调到所需位置。同时要缓慢开启制冷压缩机的吸气阀,如听到有液体冲击声应迅速关闭或关小,待液击声消除后再缓慢打开。同时要观察排气压力与电流负荷,当电流读数剧烈升高时,应立即停机检查,作记录。排气压力不得高于 1.6MPa。

5) 当制冷压缩机启动正常后,应逐渐开大吸气阀,直到完全开启为止,以便提高制冷压缩机的效率。

6) 调整油压,使油压比吸气压力高 0.15~0.30MPa。

7) 能量调节阀应根据负荷需要逐渐调节容量,一般应每隔 2~3min 拨一档。如果容量调节大后听到液击声,应立即调小容量,约 3~10min 才能增加容量,并注意每拨一档应观察油压有无变化。

8) 根据制冷压缩机负荷情况,开启调节站有关供液阀,其开启度一般为 1/8~1/4 圈。如果是氨泵供液系统,待制冷压缩机运转正常后启动氨泵,向蒸发器供液。当低压循环贮液桶的液面高于 60%,应先开氨泵后再开制冷压缩机。

9) 填好运转工作日记,记录开机时间和制冷压缩机的吸(排)气温度、吸(排)气压力、油压、轴封温度、冷凝器进出水温度及运行情况等。

10) 当运转的单级压缩机因工作需要改为配组双级压缩时,必须先停机,调整好系统阀门后再开机。

(2) 双级制冷压缩机的开机操作

1) 配组双级制冷压缩机的开机操作

双级压缩必须首先启动高压级压缩机,其操作程序及注意事项与单级氨压缩机相同。

待高压级压缩机运转正常后，中间冷却器的压力降到 0.1MPa 左右时，启动低压级压缩机。如低压级压缩机由几台氨压缩机组成，则应逐台启动。其操作程序及注意事项与单级压缩机相同。

当高压级压缩机的排气温度达到 60°C 时，开始向中间冷却器供液。

中间压力应与蒸发压力和冷凝压力相适应，即当高、低压压缩机容积比在 1:2 时，中间压力应控制在 0.2~0.3MPa；在 1:3 时，中间压力应控制在 0.3~0.4MPa。

⑤ 当高压级压缩机的吸气温度与排气温度剧烈降低时，应首先关闭中间冷却器供液阀和关小高压级压缩机吸气阀，并关小低压级压缩机吸气阀。同时注意，油压不得降低，中间压力不得升高。检查中间冷却器的浮球阀是否失灵，液面是否过高，必要时进行排放处理。若湿行程严重，应紧急停机。

⑥ 根据库房负荷情况，适当开启有关供液阀。如氨泵供液，应按照氨泵的操作规程启动氨泵。

⑦ 填好运行工作记录。

2) 单机双级氨压缩机的开机操作。单机双级氨压缩机和配组双级氨压缩机开机相类似，只是开启时，先开启高、低压排气阀，低压缸的卸载装置应处于“零位”。但运转正常后，先开启高压缸吸气阀，然后使低压缸逐步上载。

3. 活塞式氨制冷压缩机的正常运行标志

(1) 润滑系统

1) 油压应保持在规定值范围内，油压大小视制冷压缩机的型式而定。无卸载装置的油压应比吸气压力高 0.05~0.3MPa；有卸载装置的油压应比吸气压力高 0.15~0.3MPa。当油压达不到规定值时，应调节油压调节阀，使油压达到规定值。否则，如油压过低，输油量减少，易引起摩擦部件的严重磨损；油压过高，机器用油量增大，易引起油击事故，如果油分离效果不好，润滑油便会随高压气体进入冷凝器，影响冷凝效果。所以，调节好油压达到规定值是很重要的。

2) 曲轴箱油面应保持在正常位置。

3) 油温一定要保持在 45~60°C 之间，最高不宜超过 70°C，密封器正常滴油量为 2~3min 滴 1 滴。

(2) 机器部件温度

1) 压缩机机体不应有局部发热现象。

2) 轴承温度不应过高，一般为 35~60°C。

3) 密封器温度不应超过 70°C。

4) 其它运转摩擦部件的温度不应超过环境温度的 30°C。

5) 冷却水进、出水温差为 3~5°C。

(3) 制冷工况

1) 制冷压缩机的吸气温度应比蒸发温度高 5~15°C。

2) 制冷压缩机的排气温度：一般国产系列单级机在 70~145°C；双级机的低压排汽温度在 70~90°C；高压级排汽温度在 80~120°C。

(4) 机器运转的声音

1) 气缸中应无敲击声。制冷压缩机在正常运转时，其吸、排气阀片应发出上、下起落的清晰声音；曲轴转动应是均匀带有节奏的运行声音；而气缸与活塞，活塞销、连杆轴承以及安全盖等部位都不应有敲击声。

2) 曲轴箱中应无敲击声，这表明主轴承与连杆轴承的间隙适中。

(5) 其它部位

1) 制冷压缩机的吸气管及其吸气阀的吸气口部分应结有干霜，但气缸外面机体部分不应有结霜现象。

2) 压力表指针应平稳而均衡摆动；如摆动剧烈，说明制冷系统有空气存在。

3) 安全阀管路不应发热。

4. 活塞式氨制冷压缩机的停机操作

(1) 正常停机

1) 单级制冷压缩机的正常停机

停机前 10~20min，先关闭调节站上向氨液分离器或低压循环桶供液的供液阀及有关直接供液的供液阀。

逐档调节卸载装置手柄，减少工作缸数，但至少保留两个气缸工作，待吸气压力降低后，关闭制冷压缩机的吸气阀。

切断电源，在制冷压缩机停止转动的同时关闭排气阀。

将卸载装置手柄拨到“零”位或最小工作数量位置。

停机 10min 后可停止向冷凝器供水。

⑥ 冬季停机，在停水泵后，应将制冷压缩机水套、冷凝器中存水放净，以免冻裂。如较长时间的停机，应将制冷剂收集贮存于高压贮液器内，以减少泄漏和事故。

⑦ 在关闭阀门手轮上挂上“关”字的标志牌，以示区别。

⑧ 填好运转停机记录。

2) 双级制冷压缩机的正常停机

关闭中间冷却器供液阀。

其它有关事项与单级机停机操作相同。

先关低压缸的吸气阀，如是配组双级制冷压缩机应先停低压级压缩机，其它程序同单级机。

待中间压力降到 0.1MPa 时，再关闭高压缸吸气阀。如是配组双级制冷压缩机再停高压级压缩机，其程序同单级机。

对于配组式，如低压级压缩机由几台制冷压缩机组成时，应逐台停机。待全部低压级压缩机停止运转后，再停止高压级压缩机运转。

⑥ 切断单机双级制冷压缩机电源，当机器停止转动时，再关闭高压缸排气阀和低压缸排气阀。

⑦ 在关闭阀门手轮挂上“关”字的标志牌。

⑧ 停机 10min 后，停止冷却水系统工作。

⑨ 填好运行停机记录。

(2) 非正常停机非正常停机又称事故停机。主要有以下几种情况：

1) 突然停电停机。运转中遇到这种情况时，应先切断电动机电源，并立即将制冷压缩机的吸气阀、排气阀关闭，同时关闭有关的供液阀。查明停电原因，修复后再行启动。

2) 突然停水停机。冷却水突然中断时，应立即切断电源，停止制冷压缩机运行，关闭其吸气阀、排气阀和有关供液阀，查明原因，消除后再行启动。

3) 制冷压缩机与设备故障停机。当制冷系统中设备发生故障时，如果是局部故障，影响不大时，可关闭有关管道的连通阀门，迅速检修，不必停机；如果在运行中由于制冷压缩机某部件损坏急需停机时，在时间允许下可按正常停机操作。若情况紧急，则要切断电动机电源，再关闭其吸气阀、排气阀和有关供液阀。待检修好后，再行启动；如果制冷设备发生泄漏或跑氨气等严重故障时，应停止全部系统工作，穿戴好防毒服装和面具，关闭机器和设备的有关阀门。在抢修过程中，应开启全部排风扇，必要时可用水淋浇漏氨部位，以利抢修。如情况紧急时，可先切断电源，以防止事故蔓延扩大，然后再进行抢修。待事故排除，确保没问题情况下，再行启动制冷压缩机工作。

4 遇火警停机。当与冷库或冷冻站相邻的建筑物发生火灾并威胁到制冷系统的安全时，应立即切断电源。对于氨制冷系统应迅速打开高压贮液器、中间冷却器、蒸发器等各制冷设备排液阀，启用紧急泄氨器，使制冷系统中氨液通过紧急泄氨器迅速排出，以防止因火灾蔓延而引起制冷系统发生爆炸事故。

5) 一般事故停机

油压过低且油压升不上去时，应停机。

油温已超过允许值时，应停机。

轴封处制冷剂泄漏严重时，应停机。

气缸中有敲击声且不能排除时，应停机。

制冷压缩机发生严重湿行程现象，且排除不了时，应停机。

⑥ 排气压力和排气温度超过规定值且排除不了时，应停机。

⑦ 能量调节卸载机构失灵时，应停机。

⑧ 润滑油太脏时，应停机。

上述一般故障检修排除后，方可启动开机。

5. 活塞式氟利昂制冷压缩机的开、停机及正常运行标志

(1) 氟利昂制冷压缩机的开机操作 氟利昂制冷压缩机的开机操作，基本上与氨压缩机开机操作相同。但要注意查看回油情况，保证曲轴箱内有足够的润滑油。

1) 氟利昂制冷压缩机开机准备

氨压缩机开机前的准备适用于氟利昂压缩机开机前的准备。

冷凝器如是水冷却时应开水阀供水；如是风冷时要开风机，并检查风机转向是否正确。

检查压力、压差继电器的保护动作调定值是否正确。

对备有能量调节装置的压缩机，应检查该机构的位置是否正常。

对于 R22 制冷系统，在开机时要注意油系统，要先接通油加热器，以免造成各摩擦表面失油，酿成事故。

2) 氟利昂制冷压缩机的开机操作

盘动制冷压缩机联轴器数圈，检查一下是否过重。

开启氟利昂制冷压缩机的排气阀、吸气阀及有关阀门。

接通电源后，启动制冷压缩机，听压缩机运转声音是否正常，油压是否正常。

开启供液控制截止阀，检查电磁阀是否联动，电磁阀后采用热力膨胀阀，应检查开机后能否自动调节供液。

(2) 氟利昂制冷压缩机的停机操作

1) 慢慢关闭氟利昂制冷压缩机的吸气阀，关闭供液控制截止阀。

2) 气缸随着曲轴箱内压力的降低，按次序卸载。

3) 当曲轴箱内的压力下降到规定值时，停止压缩机运转。

4) 把选择开关拨到停止位置。

5) 关闭压缩机的排气阀。

6) 停止水泵运转。自控机组可在短期停机时不关阀门。

7) 如长期（一般2个月以上）停机不使用时，为防渗漏，应预先将制冷剂收入制冷系统的贮液器里。若没有贮液器，应将制冷剂收入冷凝器内。因为开启式压缩机的轴封一般总有极微的渗漏，当长期不用时，低压系统内的压力也会升高，致使渗漏程度加剧。

8) 在冬季较长时间停机应将冷凝器内的积水放干净，以防止冻裂水管或水盖（指卧式壳管式冷凝器）

9) 有V带传动的压缩机较长时间停机，应将V带卸下，以免压缩机曲轴长期单向受力，引起轴封渗漏。

10) 较长时间停机时应将各阀的阀盖旋紧，并将机器擦干净。从安全考虑，应将电器开关的熔丝（保险丝）盒取出另行保存。

(3) 氟利昂制冷压缩机的正常运行标志

1) 压缩机的吸气温度不宜超过 15°C 。

2) 压缩机的排气温度对R22是在 $80\sim 140^{\circ}\text{C}$ 、对R12是在 $70\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间。

3) 冷却水的供水量应根据压缩机的排气压力加以调节。在一般情况下R22的排气压力在 $1.0\sim 1.4\text{MPa}$ ，最高不超过 1.6MPa （开机一段时间允许高一点）对R12约为 $0.8\sim 1.0\text{MPa}$ ，最高不超过 1.2MPa 。

4) 压缩机的油泵压力，新系列压缩机的油压应比吸气压力高 $0.15\sim 0.30\text{MPa}$ ，老式压缩机因无卸载装置，油压应比吸气压力高 $0.07\sim 0.2\text{MPa}$ 。

5) 曲轴箱的油温，一般不能超过 60°C （许可条件最高不能超过 70°C ）。如油温过高会降低润滑油粘度，影响润滑油效果。但油温也不能很低，如低于 5°C ，则润滑油粘度太大，也会影响润滑效果。

6) 曲轴箱内的油位不得低于视油孔的 $1/3$ 处。

7) 注意检查油分离器的自动回油是否正常，在正常情况下浮球阀应自动地周期性开启与关闭。若用手摸回油管，应该有时热时温的感觉（浮球阀开启时，油回流到曲轴箱，回油管就会发热）。若发现管子长时间不热，则表明回油管堵塞或发生了其它故障。此时应及时开启回油管上的手动回油阀，开启时要缓慢进行并及时关闭。以防止大量的高压制冷剂进入压缩机曲轴箱内，若发现回油管一直发热，则说明浮球阀卡死，使高压制冷剂气

体不断进入曲轴箱，这样既会造成油温升高，又会使制冷量下降。所以，在发现浮球阀有故障后应停机及时检修。

8) 压缩机在正常运转时，只有吸、排气阀片发出的清晰均匀的起落声音，而气缸、活塞、活塞销与连杆、轴承等部位不应有敲击声和异常杂音，否则应停机检修。

9) 压缩机各部位在正常运转和散热条件下，其温升的变化不会很大。若某部位突然发生剧热应及时停机检修。

10) 自控制冷压缩机启、停的温度控制器，应能按预定温度自动开机或停机。

11) 热力膨胀阀的低压侧，用于制冷时应结有干霜而不融化。

12) 在正常运行中，整个制冷系统的外部应保持清洁干燥。如制冷系统中的任何部位发现有油迹现象，说明制冷系统有可能泄漏，应立即检查和修理。

6. 制冷压缩机的其它操作

(1) 加油操作

1) 氨制冷压缩机的加油操作。加油前首先检查冷冻机油的规格、型号和质量，应符合压缩机的使用要求，并将其过磅称重。加油方法主要有以下几种：

单级压缩机在运转期间利用机器本身油泵加油步骤：

a. 检查加油用的管子是否清洁，其一端应有过滤装置。

b. 将加油管一端套在制冷压缩机的三通阀的加油管上，有过滤装置的一端插入油桶内。

c. 将三通阀手柄由“运转”位置拨到“加油”，冷冻机油即经油路系统进入压缩机内。注意在加油时油管不得露出油面，以免吸进空气。当曲轴箱油面达到要求时，应将三通阀手柄拨回原来“运转”位置。

d. 加油操作完成，称剩余油量，算出油的净加入量，填入记录表内。

配组双级机的高压级压缩机加油步骤：

a. 关闭中间冷却器的供液阀。

b. 关小低压级压缩机的吸气阀。如有卸载装置可将气缸卸载。

c. 当中间压力降到 0.05MPa 以下时，关小高压级压缩机的吸气阀，待高压级压缩机的曲轴箱压力降时，将三通阀手柄由“运转”位置拨到“加油”位置，冷冻油即经油路进入曲轴箱内，注意在加油过程中间压力不得升高，高、低压级压缩机的油压及时调整到正常而不得过低。

d. 当曲轴箱油面达到要求时，将三通阀手柄拨回“运转”位置。缓慢打开高压机的吸气阀和低压机的吸气阀，并使气缸逐档上载工作。开启中间冷却器的供液阀，恢复正常工作。

e. 将加油数量填入记录表内。

利用专用油泵加油方法：此种方法是将固定的油管和油泵、贮油器与每台压缩机连接起来。当压缩机需要加油时，只需启动油泵，打开压缩机加油阀即可对一台或几台压缩机同时加油，既不影响压缩机的正常工作，也有利于机房卫生。

2) 氟利昂制冷压缩机的加油操作。由于氟利昂制冷压缩机曲轴箱内的一部分润滑油被高压气体带出后，极大部分能够被油分离器分离出来，自动回到曲轴箱内；即使无油分离

器的小型单级氟利昂制冷系统如电冰箱、空调机，只要蒸发器的管路设计正确，安装合理，如在回气管道设置存油弯等，润滑油也会被低压制冷剂蒸气带回曲轴箱内。所以氟利昂制冷系统在正常运行情况下，压缩机的耗油量很少，无需经常加油。

新安装的制冷系统在运行初期，由于某些部件的壁面、管壁等会产生油膜而需加一定量的油。除此之外，若发现油不足，需经常加油，且量很多，这表明制冷系统或压缩机存在故障，需及时检查、修理。

不同牌号的润滑油一般不宜混合使用，以防变质。对于不同的机型加油方法亦不同。

从油三通阀加油。系列化的制冷压缩机从油三通阀加油，其加油操作与氨压缩机相同。

从曲轴箱上部加油孔中加油。此方法适用于没有油三通阀、加油量较多的制冷压缩机。其具体操作步骤：

a. 关闭压缩机吸气阀，启动压缩机的同时打开排气阀，将曲轴箱内制冷剂排入冷凝器或贮液器内，使曲轴箱压力低于大气压力时停机，并关闭排气阀。

b. 拧下加油孔的丝堵，将漏斗或加油管插入加油孔内，向曲轴箱加油。当达到要求油位时，停止加油，拧好丝堵，经排空后投入运行。

从吸气阀旁通孔加油。此方法适用于没有油三通阀、加油量少的小型制冷压缩机的加油。其具体操作步骤如下：

a. 将润滑油用盆准备好，并将压缩机的吸气阀开足，拧下旁通塞换好 $D6 \times 1$ 加油接头和铜管，并用手指堵住管口，如图 4-1 所示。

b. 关闭吸气阀后启动压缩机，同时打开排气阀，将曲轴箱中的制冷剂排入冷凝器，当曲轴箱呈真空状态，而且堵住管头的手指感到有一股较强的吸力时停机，并立即关闭排出阀。再慢慢旋松排气阀旁通孔塞，将高压腔剩余气体放掉。

c. 把用手堵住的管头浸入油盆中，浸入后即放手，借曲轴箱内的真空状态将油吸入曲轴箱。

d. 观察曲轴箱油面是否达到要求。若油面没有达到要求，而加油管口已无吸油能力（即曲轴箱已不是真空）时，用手指堵住管口，启动压缩机对曲轴箱再抽真空，继续加油，直到达到要求的油面为止。

e. 拆下铜管和接头，拧紧吸气阀旁通塞，启动压缩机，将曲轴箱内空气抽出。当听不到气流声时，将排气阀旁通塞迅速拧紧，并同时停机。

f. 打开排、吸气阀，加油工作结束。

(2) 湿冲程的调整操作因氟利昂制冷剂的绝热指数比较小，所以对制冷压缩机吸气的允许过热度比较大，一般情况下不会发生湿冲程。制冷压缩机的湿冲程主要是发生在制冷系统。

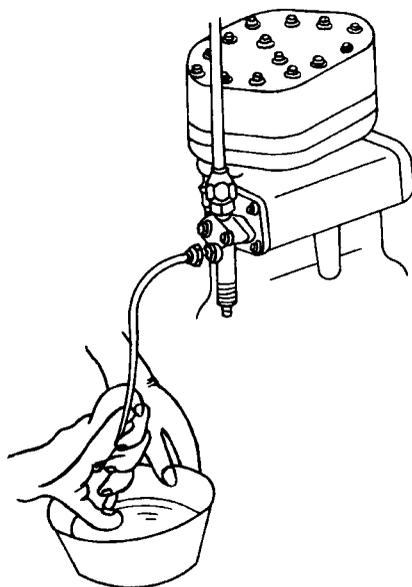


图 4-1 从吸气阀旁通孔加油示意图

1) 氨制冷压缩机湿冲程概念。在制冷压缩机运转中，由于液体制冷剂进入压缩机的工作气缸而引起气缸壁结霜或“敲缸”现象，即为制冷压缩机发生湿冲程事故。

制冷压缩机运转中发生湿冲程现象是有前期预兆的，从压缩机运转的声音中可以判断出来。制冷压缩机正常运转的声音是轻而均匀，当运转声音变得沉重而又不均匀时，可能制冷压缩机将要发生湿冲程事故，应立即加以调整，就可以避免液体制冷剂大量进入气缸，从而防止事故的扩大，节省电能和时间，保证制冷系统的正常工作。

制冷压缩机运转中发生湿冲程事故一般有二种情况：

潮车或回霜。即当少量液体制冷剂进入压缩机气缸时，因吸热蒸发致使气缸壁和吸气腔外部发生结霜或结露现象。

敲缸。即当大量液体制冷剂进入压缩机气缸时，由于液体的不可压缩性，当活塞向上运行，因排气通道面积小，液体来不及排出，气缸内产生很高的压力，当气缸内压力超过排气压力 0.3MPa 左右时，压缩机的假盖被顶起；当活塞向下运行，气缸内压力降低，假盖随之降落，这时便产生敲击气缸而发生的响声，俗称“敲缸”。因敲缸频率和压缩机的转速相同，事故严重时会把压缩机敲坏，导致整台制冷压缩机报废。

2) 氨制冷压缩机湿冲程的危害性

使压缩机制冷量降低，使库房降温困难，延长了制冷系统工作时间和增加了用电量。

使压缩机气缸内的吸、排气阀片遇冷变脆，如受液体制冷剂冲击力过大，更易使阀片产生裂纹或破碎。

使压缩机的运动部件产生不均匀收缩而产生气缸的拉毛现象。

湿冲程会引起油压过低、润滑油中断现象，而造成巴氏合金轴瓦烧毁事故。

曲轴箱内油冷却器管易被冻裂。

⑥ 如果安全弹簧失灵或是没有安全弹簧的压缩机，有可能将气缸盖顶坏造成机器损坏。

⑦ 严重湿冲程出现时，液击现象会导致机毁或伤亡事故。

3) 氨制冷压缩机湿冲程的调整操作。压缩机发生严重湿冲程时，应首先停机，等把液体制冷剂处理妥当后再重新开机，以免事故发展，造成严重后果。若是一般性湿冲程，可按下面方法调整操作。

单级氨制冷压缩机湿冲程的调整操作

a. 迅速关小压缩机的吸气阀。如出现“敲缸”现象，应关闭吸气阀。待压缩机声音正常时，再微开吸气阀，同时关小或关闭氨液分离器或低压循环贮液桶的供液阀。

b. 将卸载装置手柄拨到只剩一组汽缸工作的位置，使气缸中的液体制冷剂气化。

c. 当排气温度逐渐上升，气缸和吸气腔外部霜融化，声音正常时，可逐渐开大吸汽阀，并增加一组气缸工作，如此反复操作直到液体制冷剂全部蒸发排出，排气温度上升到 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 吸气温度也在上升时，可缓慢开启吸气阀，并同时逐档上载，恢复正常工作。

d. 对氨泵供液系统，在关闭低压循环贮液桶供液阀的同时，应用氨泵将制冷剂迅速送入有关蒸发器内，以降低低压循环贮液桶的液面高度，不让液体制冷剂继续流向制冷压缩机。

e. 湿冲程发生时，应注意调整好油压和油温。因为在关闭压缩机吸气阀后曲轴箱逐渐抽成真空状态，使油泵的输油效率降低，油温下降，油的粘度增加，使润滑条件变坏，机器运转条件恶化，当油压低于 0.05MPa，而且无法调整上去时，需停机，以避免发生机器严重磨损，连杆大头“咬死”和烧瓦事故。如果油压能及时调整到 0.15MPa，可不必停机。但应增加曲轴箱内油冷却器和气缸冷却水套内的水量和水温以提高油温，保持油压，也可防止油冷却器水管和气缸水套冻裂。

f. 当湿冲程造成“敲缸”严重时应立即停机，用其它制冷压缩机代抽，并注意控制好吸气阀开启度，以防止再次发生湿冲程。为尽快恢复机器运转，也可将机体内的积氨通过排空阀排出。

双级氨制冷压缩机湿冲程的调整操作：低压级压缩机发生湿冲程，主要是冷间蒸发器供液太多及氨液分离器或低压循环贮液桶的液面过高所致，其调整操作方法和单级制冷压缩机基本相同。需注意要及时关闭中间冷却器的供液阀，并根据中间压力适当调整高压级压缩机吸气阀。当湿冲程时间较长而中间压力下降太快时，应将高压级压缩机吸气阀关小，以免中间冷却器内液体因压力突然降低蒸发，使高压级压缩机发生湿冲程。

高压级压缩机发生湿冲程，主要是因为中间冷却器液面过高造成的。其调整方法为：

a. 关闭中间冷却器的供液阀，同时关小或关闭低压级压缩机的吸气阀，把气缸卸载到最小缸数运转。

b. 关小或关闭高压级压缩机的吸气阀，并使汽缸卸载到最小缸数运转。此时油压不得过低，及时调整到正常压力。

c. 将中间冷却器内过多的液体制冷剂排到排液桶等有关制冷设备中去，使中间冷却器液面恢复正常。

d. 待高压级压缩机恢复正常运转后，方可逐渐开大低压级压缩机的吸气阀，上载恢复低压级压缩机的正常运转。

e. 视液面情况向中间冷却器供液，恢复双级制冷压缩机的正常工作。

如果高压级压缩机严重敲缸，应立即停止机组运转，然后将中间冷却器过多的液体作排放处理。高压级压缩机的机内积氨可按单级机方法处理。

(3) 上、卸载操作（以 8AS—12.5 型制冷压缩机为例）当制冷压缩机停止运转时，顶杆处在转动环斜面的上部，吸气阀片被顶起，此时气缸容积与吸气腔连通，气缸内处于无负荷状态。当压缩机刚启动时，因油压未完全建立，吸气阀片仍处于顶开状态，所以压缩机可实现空载启动。

压缩机启动后，油压上升，油通过手动油分配阀通路进入油缸中，作用在油活塞上的压力油推动油活塞克服弹簧力，推动拉杆作直线运动。拉杆的凸缘插在转动环的槽里，转动环装在气缸套的外圈柱面上并可以转动，环上铣有六个斜面，每个斜面上分别装有一根顶杆。当拉杆向右运动时（即油活塞向内移动），带动转动环沿气缸外圆面转动，于是顶杆落入斜面的下部，吸气阀片恢复自由状态，与吸气阀座密封面接触，气缸便开始投入负荷运转，从而实现上载操作。

当用手动油分配阀切断进入某组汽缸的压力油通路时，油活塞在弹簧力作用下，向外移动，此时拉杆也向左边运动，转动环反向旋转，顶杆回到斜面的上方，吸气阀片被重新

顶起，这组气缸便处于空载状态，从而实现卸载操作。

7. 制冷机组的操作

制冷系统机组化是现代制冷装置发展的方向。制冷机组就是将制冷系统中的全部或部分设备直接在工厂组装成一个整体，为用户提供所需的冷量和用冷温度，制冷机组具有结构紧凑、占地面积小、安装简便、缩短施工周期等优点。且制冷机组质量可靠、使用灵活、管理方便，因此受到设计人员和用户的欢迎。

常用的制冷机组有活塞式压缩、冷凝机组。由于氨压缩、冷凝机组的操作基本与单级氨压缩机相同。因此现以活塞式氟利昂冷凝机组为例，介绍制冷机组的操作。

(1) 冷凝机组运行前的检查与准备

1) 冷凝机组首次运行前的检查与准备

检查制冷系统内制冷剂的量是否达到规定的液面要求，如在规定的液面以下时应查出原因，排除泄漏，并适当补充制冷剂到所需液面。

检查油箱中的油位是否达到规定的水平，油温和温油差是否符合说明书规定的要求。

启动前 2h，应接通压缩机曲轴箱内油加热器对润滑油加热，在启动前保持油温在 50~60°C 范围内。为了保证机组使用期间油箱中油温恒定，且不受主机开、停的影响，油箱中油加热器和油温控制器的电源必须从本机组以外的总开关箱专门接入。

检查所有手动复位保护装置，如高压保护器、油压差保护器、电器超负荷保护器等是否处于正常位置。

检查冷却水泵是否转动自如，旋转方向是否正确，有无不正常的振动，轴封是否漏水。同时，还需检查冷却水管道系统是否存在泄漏，水量是否充足，水质是否清洁干净。

⑥ 检查制冷系统和水系统中所有阀门是否灵活，应无泄漏或卡死现象，各阀门的开关位置应符合系统使用的要求。

⑦ 打开机组上制冷压缩机吸、排气阀。

完成上述检查与准备工作后，可按冷却水泵、冷却水塔风机、制冷压缩机的顺序逐个启动，使机组投入运行。

2 冷凝机组每日开机前的检查与准备。冷凝机组因每日作息制度要求或临时维修及其它原因需要短时停机时，应认真填写运行记录；因故障原因停机时，应将故障排除后，打开关闭的阀门，才能按动复位按钮，接通电源使机组重新投入运行。

(2) 冷凝机组运行的操作规程

1) 确认需投入运行的冷凝机组已处于完好的准备状态，合上相应的电源。

2) 启动冷却水泵，启动 15s 后再启动冷却水塔风机。一般情况下，冷却水塔安装在屋顶。它可在机房通过电流表读数来判断其运行情况，但每一工作班至少应到冷却水塔现场巡视一次，检查冷却塔喷水是否均匀、冷却塔风机运行是否正常及浮球阀工作是否灵活等。

3) 启动制冷压缩机，使其投入运行。

新型的模块式冷凝机组是把制冷系统分成两个独立的子系统，分别称 A 系统和 B 系

统，每一系统都有一到若干台制冷压缩机，这样有利于操作和维修。具体操作方法为：如果在机组控制面板上将选择旋钮放在“ A' ”位置，则机组启动时首先启动 A 系统的第一台制冷压缩机，如果需要增载，若干分钟后再启动 B 系统的第一台压缩机；还需增载，再过几分钟再启动 A 系统的第二台压缩机，依次进行直到两个制冷系统的制冷压缩机全部启动运行为止。如果在机组控制板上，将选择旋钮放在“ B ”位置时，次序则先开启 B 系统第一台，而后是 A 系统第一台，依此类推。

一般旋钮的 A、B 位置每年切换一次，这样既可减少启动电流，又可充分利用冷凝器和蒸发器的传热面积，同时也给维修管理带来了很大的方便。因为这种冷凝机组优点是当某一系统出现故障需要停机检修时，另一系统可以照常工作。

4) 制冷压缩机启动时，应使油压差保持在 0.15 ~ 0.25MPa 之间。油压差是通过设在机体后轴承盖上的油压调节阀来调节的。

5) 当冷凝机组运行基本稳定后，应检查制冷压缩机的吸气过热是否合适。制冷压缩机吸气过热大小是由热力膨胀阀来调节的，一般顺时针转动其调节螺杆可使开启，过热度减小；逆时针转动其调节螺杆，可使关小，过热度增大。

需指出的是机组上的热力膨胀阀的整定值在出厂时就是随同机组一起调好的，在不需改变制冷系统运行工况下不要随便调节热力膨胀阀的开启度。

(3) 冷凝机组的停机操作正常停机，一般用手动操作；因机组控制部分发生故障，引起保护装置动作而停止制冷运行，属于故障停机，是自动停机。

1) 手动停机操作

将制冷系统降压，即将选择开关转到“ 卸载 ”位置。

制冷压缩机自动卸载到设定的低压节断点时停机。

对于较长时间停机，应将制冷剂贮存在冷凝器中，并关闭压缩机的吸气阀、排气阀，然后拧紧阀上的密封盖。

2) 自动停机后的操作

当冷凝机组出现不正常现象而发生故障，则会使自动保护装置动作，将电源切断

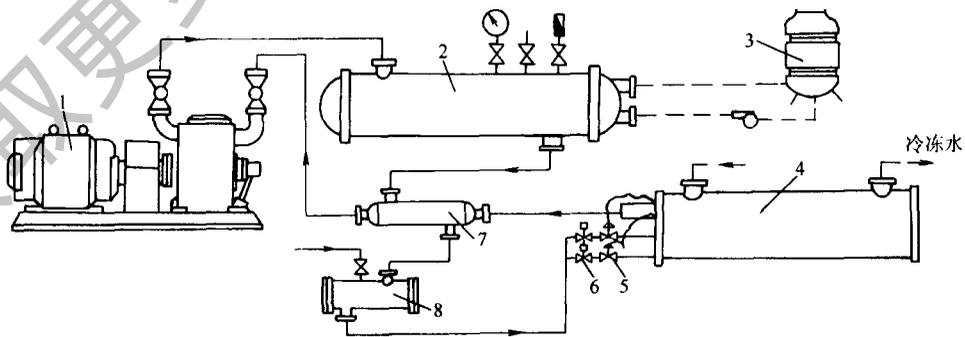


图 4-2 活塞式冷凝机组示意图

- 1—R22 活塞式制冷压缩机 2—水冷式冷凝器 3—冷却水塔 4—干式蒸发器
5—热力膨胀阀 6—供电电磁阀 7—气液热交换器 8—干燥过滤器

而停机。此时伴有警报信号及相应的指示灯亮，这时应立即查明原因排除故障，重新启动运行。

对于一时不易排除的故障，要求在短时间停机实行紧急处理时，应将“通—断”开关放在“断”档上，使液体管道上的电磁阀闭合，以阻止制冷剂液体流入蒸发器中。

冷凝机组停机后，一般曲轴箱内的油加热器仍然工作。

活塞式冷凝机组如图 4-2 所示。

二、螺杆式制冷机的运行管理

1. 螺杆式制冷机运行前的准备

- 1) 螺杆式制冷机四周应无障碍物。
- 2) 查看油分离器中润滑油油位是否达到油镜视孔 1/2 以上位置。
- 3) 冷凝器、油冷却器的水路应畅通。
- 4) 螺杆式制冷压缩机的排气阀应开启。
- 5) 螺杆式制冷压缩机的滑阀应在“0”位置。
- 6) 其它准备工作参见活塞式制冷压缩机。

2. 螺杆式制冷压缩机的开机操作

- 1) 再次检查油分离器的油位。
- 2) 启动冷却水及油冷却器冷却水泵。
- 3) 打开吸、排气阀。
- 4) 启动油泵，调整好油压。
- 5) 启动螺杆式制冷压缩机，待压缩机转入正常运行后，将滑阀调到所需要的能量位置上。
- 6) 打开供液阀，根据系统工作情况，调整供液节流阀的开启度或热力膨胀阀的开启度。

7) 待全部开机操作结束，重新巡回检查一下油压、排气压力、吸气压力、冷凝压力、蒸发压力、排气温度和油温等各参数是否处于正常范围。

8) 确保操作准确无误后，作好机器的运行记录。

3. 螺杆式制冷压缩机的停机操作

- 1) 关闭调节站有关的供液阀。
- 2) 调卸载到零位。
- 3) 切断电源，停止机器运转。
- 4) 关闭吸、排气阀和供液截止阀。
- 5) 1min 后停止油泵运转。

6) 停机时出现几次倒转属于正常现象。当出现多次倒转，则是止逆阀没有关严造成，应引起重视，检查止逆阀是否泄漏。若泄漏应及时修复，因为转子倒转，对转子的齿形磨损是极为严重的。

7) 若氟利昂工质的制冷机短期停机，应将油加热器处于自动加热状态。

8) 冬季停机后，应放掉水冷式冷凝器和油冷却器中的水，以防冻裂。

螺杆式制冷压缩机常作为主机装成螺杆式冷水机组，其工作原理如图 4-3 所示。

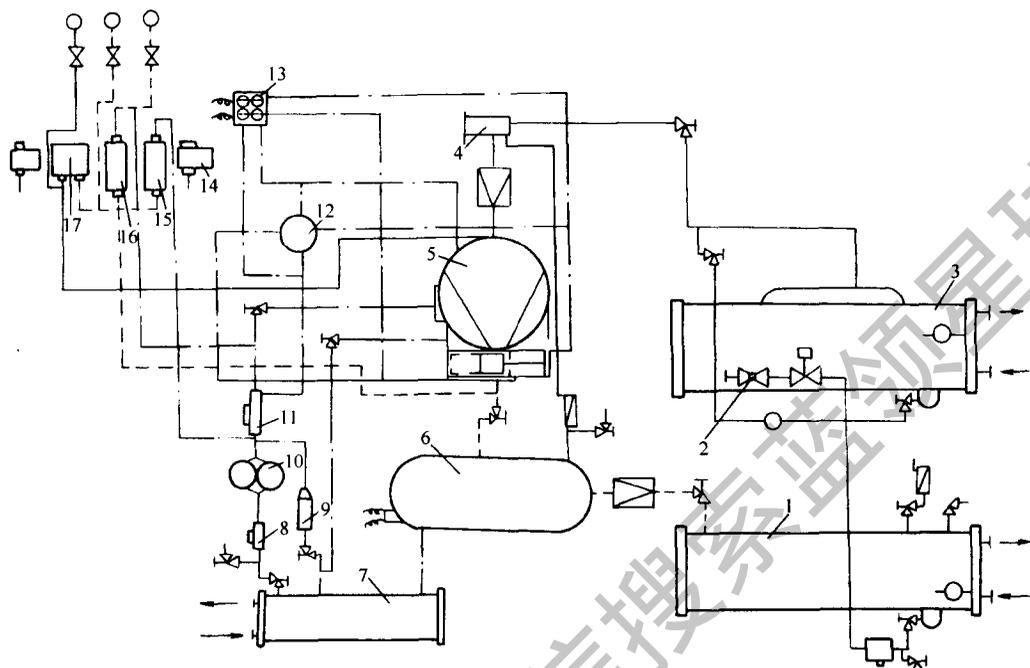


图 4-3 LSLGF500 型螺杆式冷水机组示意图

- 1—冷凝器 2—节流阀 3—蒸发器 4—吸气过滤器 5—R22 螺杆式制冷压缩机 6—油分离器 7—油冷却器 8—油粗过滤器 9—油调节器 10—油泵 11—油精过滤器 12—四通阀 13—四通电磁阀
14—油温控制器 15—精滤器前后压差控制器 16—油压差控制器 17—高低压力控制器

第二节 其它制冷设备的运行管理

一、油分离器、冷凝器、高压贮液器、中冷器的运行操作

1. 油分离器的操作

油分离器在氨制冷系统中一般采用洗涤式油分离器和填料式油分离器；在氟利昂制冷系统中采用过滤式油分离器。

(1) 洗涤式油分离器的操作制冷系统在正常运行下，洗涤式油分离器的进气阀、出气阀和供液阀是处于常开状态的，放油阀是关闭的。

洗涤式油分离器内的制冷剂液面高度约为其高度的 1/3 处左右。这个液面高度取决于冷凝器出液管与油分离器进液管的高度差而不需人为控制，在安装时应给予保证。如液面过高，将增加排气阻力；液面过低，会影响分离效果。若在该设备下部出现发烫无法用手摸时，表明液体太少或没有液体，将严重影响油的分离效果，应及时找出原因加以排除。

检查洗涤式油分离器中分离出油的多少时，可用手摸该设备的底部，如果底部感觉稍热，表明底部已存油，应及时放油。

(2) 其它油分离器的操作填料式、过滤式的油分离器的操作除没有洗涤式油分离器供液阀操作外，其余相同。

2. 冷凝器的操作

1) 使用冷凝器时，应根据压缩机的制冷能力和冷却水温度等工况来确定冷凝器的工作台数和所需冷却水量及水泵运转台数，以达到制冷系统经济合理和安全高效地运转。

2) 除放油阀和排空阀关闭外，其余各阀均应开启。

3) 检查立式壳管式冷凝器布水器放置是否适当，水的分布应均匀，水量应足够，在正常运行中冷却水不能中断。

4) 冷凝压力最高不得超过 1.5MPa ，若超过应查明原因及时排除。

5) 根据冷凝压力、冷凝水温度及冷却水温情况决定是否需放空气。

6) 根据水质情况定期清除水垢，水垢厚度不得超过 1.5mm 。一般每年消除水垢一次。

7) 氨用冷凝器应每月定期用酚酞试纸检查冷凝器出水中是否有氨。如酚酞试纸遇水变红，说明冷凝器有漏氨现象；氟用冷凝器在渗漏处会出现油污，应及时检修。

8) 压缩机全部停机 15min 后停止向冷凝器供水。

9) 卧式冷凝器及组合式冷凝器在冬季长期停止运行后应将冷却水全部放净。对淋激式和立式冷凝器应把配水槽中的水放净。

10) 蒸发式冷凝器运行时，应先启动排风机及循环水泵，运行中压力不得超过 1.5MPa 要求冷却水不得中断，喷水嘴应畅通，使水喷向盘管，每年起码清洗水垢一次。冬季停止工作时应将存水放净，以免冻坏设备。

11) 风冷式冷凝器经较长时间使用，使管壁和散热肋片上积有尘埃，影响传热效率，所以应用压缩空气将尘埃吹净。

3. 高压贮液器的操作

1) 高压贮液器在使用前应检查放油阀和放空气阀，使之处于关闭状态；在均压阀和安全阀前的截止阀、压力表阀应开启。

2) 玻璃管液面指示器和保护罩应完好。开启玻璃管液面指示器阀门时，应先打开上部的气体均压阀，后打开下部的液体均压阀。玻璃管液面指示器阀在高压贮液器投入正常运行后是常开的。

3) 如有数台高压贮液器并联使用时，还应开启高压贮液器间相接的均液阀和均气阀，以使各高压贮液器的压力和液面均衡一致。

4) 在正常工作中，高压贮液器的液面最高不得高于其容积的 80% ，最低不得低于 30% ；平时应保持液面在容积的 $40\% \sim 50\%$ 之间，使液面稳定，不得有忽高忽低现象，以保证制冷系统中制冷剂不间断循环和均匀向冷间供液。

高压贮液器的液面如过高，尤其在夏季，如液面高于桶径 80% 以上时，有可能使贮液器发生液爆危险，同时也减少了冷间的正常存液而影响冷间的降温；液面过低，则不能保证正常的制冷循环，冷间供液过多，易造成压缩机的湿冲程。若液面低于 30% 以下，将使高压贮液器失去液封作用使高压气体沿高压贮液器的出液管道窜入低压系统，使蒸发压力升高而影响冷间的正常降温。

引起液面波动大的原因，一般是由于冷间冷却排管的融霜或货物的入库，使冷间的热负荷发生剧烈变化所造成；也有可能是操作不当向蒸发器提供液体量过多或过少而引起的。操作时应根据冷间温度、压缩机吸气压力和吸气温度及时调整冷间供液阀，使供液均

匀合理。

5) 高压贮液器的工作压力和冷凝压力相同，不得高于 1.5MPa。

6) 若高压贮液器的工作压力高于冷凝压力时，则常常是因液量过多或均压阀未打开或积有较多的空气所致，应及时处理。

7) 若较长时间停止高压贮液器工作时，应关闭其进、出液阀，并使液面不超过容积的 80%，与冷凝器相通的均压阀应呈开启状态，不得关闭。

4. 中间冷却器的操作

(1) 供液操作对氨双级压缩制冷系统一般是采用一次节流中间完全冷却方式。中间冷却器在其中起着很重要的作用，而控制好供液操作是中间冷却器操作的主要环节。

1) 自动控制供液的操作。中间冷却器的供液通常是由浮球阀或电磁阀和液位控制器组合来控制。值班操作人员应根据液面指示器显示的液位高度和高压级压缩机的吸气温度，来判断自动控制液面是否正常。若不符合要求，则表明浮球阀或其它供液方法失灵，应立即改用手动供液，待修复后再用。

2) 手动控制供液操作。使用手动节流阀来控制向中间冷却器供液时，应根据液面指示器显示的液面高度和高压级压缩机的吸气温度来调整手动节流阀开启度的大小。

一般氨制冷系统高压级压缩机的吸气温度应比相应压力下的饱和温度高 2~4°C。例如：当中间压力分别等于 0.34MPa 和 0.2MPa（表压）时，查氨的热力性质表可分别求得相应的压力下的饱和温度（即中间温度）为 1°C 和 -9°C，则高压级压缩机吸气温度应为 3~5°C 和 -5~-7°C，可见高压级压缩机的吸气温度是随着中间压力的变化而变化的。如果高压级压缩机的吸气温度过低，则说明中间冷却器供液过多，此时应适当关小供液手动膨胀阀；如吸气温度过高，则说明中间冷却器供液过少，此时应适当开大供液手动节流阀。

3) 液位的要求。中间冷却器的供液，不论是自动供液还是手动供液，正常液面应控制在液面指示器高度的 50% 左右。如果液面过高，会引起高压级压缩机的湿行程，如果液面过低，不能充分冷却低压级压缩机排出的过热气体，致使高压压缩机吸气过热而降低制冷效果。

(2) 工作压力中间冷却器的正常工作压力，应在 0.4MPa 以内。

(3) 停止工作当双级压缩机不工作时，中间冷却器也不工作，此时应关闭中间冷却器供液阀和蛇形盘管的进、出液阀。注意中间压力不得高于 0.4MPa。若高于此压力，则应进行降压或排液处理，以确保安全。

二、循环贮液器、氨液分离器的运行操作

1. 循环贮液器的操作

循环贮液器在运行时，进（出）气阀、进（出）液阀、压力表阀、安全阀前的截止阀、浮球阀和液面指示器的均压阀都应开启，加压阀、排液阀和放油阀都应关闭。

容器工作时，首先开启节流阀，如桶内液位超过二分之一时，应关小节流阀，减少供液量。也可起动氨泵将液送走，以控制正常液位，保证机器安全运转。如采用浮球阀供液而液量不足时，可开启手动节流阀同时供液，以保证正常工作。

2. 氨液分离器的操作

氨液分离器运行时，进（出）气阀、出液阀、压力表阀及浮球供液装置的平衡阀都应

开启，手动供液阀、放油阀都应关闭。只有在浮球阀失灵时，才开启手动供液阀。

氨液分离器正常工作时，在金属液面指示器二分之一高度的地方结有霜层。如全部结霜，说明供液过多；如结霜不良甚至不结霜，说明供液过少，应立即检查浮球阀是否失灵，如失灵则改用手动阀供液，并及时调整节流阀的开启度。

三、蒸发器、冷风机的运行操作

1. 蒸发器的操作

(1) 立式蒸发器的操作

1) 启动与停车。启动前，检查搅拌器和盐水泵的润滑情况，注意有无渗漏，并检查蒸发器槽中的盐水密度与盐水量。立管式、螺旋管式蒸发器周围的盐水必须完全覆盖蒸发器，并应高出上集管 100mm 以上。

启动盐水搅拌器，缓慢开启蒸发器回气阀，然后再开启供液阀并调整其供液量。当盐水温度符合要求温度时，打开进出盐水阀，启动盐水泵。

停止工作时，应先关闭供液阀，降低蒸发压力后再关闭回气阀。待蒸发器盐水温度上升 3~4℃ 后再停止盐水泵运转，关闭进、出盐水阀。如长期停止工作，应降低蒸发器压力抽成真空，再关闭回气阀。

2) 运转中注意事项

根据系统设计要求，调节蒸发温度和盐水温度。敞式盐水系统氨的蒸发温度应比盐水温度低 5℃ 左右；闭式盐水系统氨的蒸发温度应比盐水温度低 8~10℃。

对于立管式、螺旋管式蒸发器，应检查蒸发器盐水槽的盐水液面。

每班检查一次盐水密度，保持盐水浓度，使盐水的冻结点低于氨的蒸发温度。测定密度时，应使盐水温度升到 15℃ 时进行。

溶解盐水时，不得直接在盐水池内进行，以保持盐水清洁。向盐水池内添加盐水时，要经过过滤装置，以免杂质混入，堵塞盐水管，影响蒸发器的效能。

定期将蒸发器的积油放出并清除管壁的污垢，保证良好的冷却效果。

(2) 冷却排管的操作冷却排管操作注意事项：

1) 保持正常液面。由于冷却排管的型式和制冷系统的供液方式不同，排管中液面要求保持的高度也不同，过多则容易使压缩机回霜，过小则使库房降温困难。

排管中的液面情况，可根据排管表面结霜情况判断：排管全部不结霜，是由于供液太少；若排管上部结霜、下部不结霜，是由于排管内积油过多或积存氨水溶液。

2) 及时冲霜。当排管积霜过厚时，应进行冲霜。冲霜操作方法见前。操作时切记不可用重物去敲打，避免将管子焊缝振裂。

3) 及时放油。当排管下部积油时，应通过冲霜放出。

2. 冷风机的操作

冷风机启动前，应检查电动机传动机构是否良好，叶片及防护罩是否完整，叶片与风筒、外壳有无摩擦，转动是否轻松，润滑情况是否良好。设有风道及出风闸口的冷风系统，应根据室内空气流通要求和货物情况调整风量和风压，使配风均匀。

在运转中的冷风机冷却管组表面应结霜，但结霜不能太厚，以免影响传热和空气流动。因此，使用中应及时冲霜。

冷风机运行中需要注意的问题：

(1) 冷却管组结霜不匀多数是因制作与安装不正确，或供液系统设计不良所致。最好每组采用一个供液阀，这样可使各冷却管组供液均匀。

(2) 叶片折断产生的原因有的是由于叶片与风筒碰击，或者由于风筒上残留的水滴结冰后粘住叶片，而叶片的材料又是低温冷脆的，所以也容易折断。防止方法：可在冲霜后启动风机甩掉水分或采用叶片加固等方法。

(3) 流速不高或风量不匀多系设计安装不善或因货物堆放过密所致，应查明原因后排除。

四、冻结设备的运行操作

为了缩短冻结时间，提高冷冻食品的质量，目前食品冻结已从庞大的库房式冻结间演变为各种新型的连续冻结装置。下面就对具有代表性的冻结装置——平板冻结器的操作作以简单介绍。

平板冻结器是接触式冻结装置，它用于冻结剔骨的猪、牛、羊肉及其副产品和家禽、鱼类等食品。其工作原理是将食品装入平板之间的空隙内，通过平板内部氨液蒸发吸热，使食品降温冻结。该装置与冻结间相比，具有传热系数大、冻结时间短、占地面积小、食品冻结干耗低、产品质量较好及可以在常温车间或船上进行生产，便于机械化操作与维修简便等优点。缺点是不适用于冻结形状不规则和厚度较大不能挤压的食品。

平板冻结器的型式有卧式平板冻结器和立式平板冻结器两种。它们都是由平板、氨系统管路和液压系统组成。立式平板冻结器的操作程序如下：

1) 平板冻结器运转前，应首先检查液压驱动机构和固定架与活动框架等主要部位有无障碍，平板与托板是否紧密接触。同时，检查氨系统有关阀门启闭是否正常，检查油泵转动是否灵活。

2) 启动油泵，待油泵发出正常声音时开启电磁换向阀的“松开”按钮开关，使平板按水平方向拉开间距，准备装货。

3) 装入冻结品时，其装入量应低于平板的上边 3cm，然后再启动电磁换向阀的“压紧”按钮开关，使压紧油缸将平板压紧。

4) 缓慢打开氨系统的回气阀，防止压缩机的液压冲击。然后打开供液阀正常降温。经 3.5~4h，货物温度达到 -15°C 时冻结完毕，关闭供液阀，开启排液阀进行排液。

5) 关闭回气阀和排气阀，打开热氨融霜阀向平板内供热氨，其压力达到 0.6~0.8MPa，再打开排液阀，使热氨在平板内流通，排液工作可反复进行几次，直至融霜结束。热氨的温度一般在 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 左右。最好温度高一点，融霜快，不影响冷冻品的质量。

热氨融霜 2~3min 后，开启托板的进水阀，使托板融霜。

6) 关闭融霜阀和排液阀，微开回气阀。启动油泵，开启电磁换向阀的“松开”按钮开关，将平板拉开。然后开启升降油缸的电磁换向阀的“上升”按钮开关，提升平板与冻结物脱离，并关闭进水阀。

7) 开启推料油缸的电磁换向按钮开关，使推料板将冻结物推出，然后将推料油缸复位。

8) 按动升降油缸电磁换向阀的“下降”按钮开关，使活动框架下降，平板与托板又

紧密接触。

以上程序完成一次冻货任务。以后可依次进行工作。

五、泵的运行操作

1. 氨泵的操作

目前，在氨泵供液系统中采用离心式氨泵较多，其类型虽有不同，但操作程序基本相同。

(1) 开泵

1) 了解停泵原因，如因事故停泵，应经修复后方可启动。

2) 检查氨泵各运转部分有无障碍物，联轴器转动是否灵活。

3) 检查电动机轴承和氨泵密封器的注油器是否有足够的润滑油。

4) 开启氨泵抽气阀，降低泵体内压力。

5) 开启氨泵进液阀，使泵内充满氨液，然后开启氨泵出液阀。

6) 接通电源，启动氨泵，注意是否上液，待电流表和压力表指针稳定后关闭抽气阀，投入正常运行。

(2) 停泵

1) 关闭循环贮液器的供液节流阀（或浮球阀）和氨泵的进液阀。

2) 切断电源。

3) 关闭出液阀，开启抽气阀，待氨泵压力降低后再关闭抽气阀。

(3) 加油

1) 应每周检查一次氨泵轴承两端油杯的油量，初运转 8h 内需经常检查油量。

2) 氨泵加油时需要停止工作，并降低压力。关闭油杯的针阀，切断油与轴承的输油通路，然后开启加油口螺盖加油。

3) 当油杯内加满润滑油后，旋紧加油口螺盖，开启油杯针阀，即可使用。

(4) 操作注意事项

1) 运转正常时，输液压力 0.15 ~ 0.25MPa，压力表指针应稳定，电流不超过规定值。氨泵发出比较沉重、有负荷的声音。

2) 如果电流和压力下降，指针摆动不定，氨泵发出无负荷声音，说明供液不良或空转。其原因一般是：

循环贮液桶的液面过低。

氨泵内部积存大量润滑油。

氨泵吸入气体。

氨泵叶轮损坏。

氨泵的供液管道堵塞。

发现上述情况，应分别排除。

3) 氨泵密封器如温度过高时，应调整压盖螺母的松紧度。密封器如漏氨过多，应停泵查明原因予以消除。

齿轮式氨泵、屏蔽式氨泵的操作与离心式氨泵基本相同。由于这两种氨泵都用氨液冷却，所以开泵后需检查供液情况，如不上液应立即停止运转，以免烧坏轴承。屏蔽式氨泵

在试运转时可从视孔检查电动机旋转方向，要求与泵的旋转方向一致。停泵程序同上述。这种泵因不需要润滑，可不必加油。

2. 离心式水泵和盐水泵的操作

(1) 开泵

- 1) 根据车间记录，查明停泵的原因。
- 2) 打开水泵吸水管的放气阀，放出吸水管和水泵内空气。检查吸水管和泵体内的水或盐水是否充足，如无水或盐水时，要把它们灌满。
- 3) 检查吸水管和排水管的阀门是否打开。水泵的吸水水阀应打开，排水阀应关闭。
- 4) 检查水泵和电动机的轴承的润滑情况。
- 5) 启动水泵时，应注意电流表的负荷，不得超过极限电流。
- 6) 启动电动机，迅速打开水泵的排水阀。

(2) 停泵

- 1) 关闭水泵的排水阀。
- 2) 切断电动机电源。当电动机停止运转后，关闭吸水阀。如有漏水现象，应将密封器拧紧。

3) 将运转情况作出记录。

(3) 水泵操作注意事项

- 1) 电动机和水泵在运转中，轴承温度不得超过 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。如超过时，应检查原因并排除。
- 2) 如发现电流表与压力表指针有强烈摆动时，应查出原因并消除。
- 3) 水泵运转时应发出沉重的、有负荷的声音，如发现泵内有杂音，应立即停泵排除，并作出记录。
- 3) 冬季停泵后，应将管内和泵体内的积水放净。

第三节 放空气、放油和融霜的操作

在制冷系统运行中，经常有少量空气从低压侧渗入系统中；在压缩机运转中，容易把部分气化的冷冻油带入系统中；在系统降温时，在蒸发器表面通常形成霜层。上述几种情况都会使制冷系统工作条件恶化，影响制冷效果，使耗电量增加，制冷量下降。因此，在制冷系统运行管理中，必须定期放空气、放油和定期融霜。

一、放空气的方法及注意事项

在制冷系统中除制冷剂之外，尚有部分混合气体。混合气体在制冷剂的冷凝温度与压力下，是不凝结的。此外，在系统中还可能有润滑油及氨的分解物，这些分解物的数量一般是较少的。

1. 空气进入系统的原因

- 1) 制冷系统在投产前，未能很好地抽真空，以致有一部分空气剩留在里面。
- 2) 日常检修机器设备、管道阀门或压缩机加油及系统加氨时，渗入一部分空气。

3) 系统运行中,当蒸发压力低于大气压力时,空气通过不严密处渗入系统。

2. 空气对制冷效能的影响

在热负荷不变的情况下,由于系统中渗入空气,冷凝器的传热效率降低,而使制冷剂的冷凝温度与压力增大。因此系统中有空气存在时,就会引起系统中冷凝压力升高。

在外界条件不变的情况下,冷凝压力的升高,会导致压缩机制冷量减少和耗电量增加。同时必须指出,空气的绝热指数($K = 1.41$)大于制冷剂的绝热指数($K_{\text{氨}} = 1.28$, $K_{\text{R-12}} = 1.13$, $K_{\text{R-22}} = 1.18$),因此,空气的渗入必然会造成氨压缩机排气温度升高。

综上所述,如在制冷系统中有空气存在会带来一定的不良后果,所以必须采取措施排除。首先应尽力做到防止空气渗入;如发现空气渗入,则应及时放出。

3. 系统中存有空气的象征及积聚部位

当系统中存有空气时,除压力表指针随活塞压缩行程剧烈摆动外,其排气温度亦大于正常温度。有的制冷装置,如冷凝器的出液管上能测量氨液温度,亦可根据氨液温度与压力表的指示概算出制冷系统中含有的空气量。

冷凝器或贮液器中的氨液会形成液封,所以从制冷装置任何部分进入空气,必将聚集在冷凝器与高压贮液器内。

当冷凝器在工作时,气层沿着管壁运动,受到冷却水的冷凝作用后氨气逐渐被冷凝为液体,氨量减少,而含空气量相对增加。因此在冷凝器最冷的部位空气的含量也就最大。

4. 四套管式放空气器的操作

四套管式放空气器的管道连接如图 4.4 所示。放空气器供液管由高压贮液器或冷凝器出液主管下部接出,其回气管一般接在 -28°C 系统的回气管道上,进空气管连接冷凝器(或高压贮液器)的混合气体放出管。放空气管应套上橡皮管,插入盛水的容器中。

(1) 四套管式放空气器的操作程序

1) 适当开启放空气器的混合气体进入阀,使混合气体进入器内。

2) 开启回气阀,然后稍开节流阀,使氨液经节流后进入放空气器的一、三层套管内蒸发吸热,混合气体中的氨气遇冷而凝结为液体沉于底部,空气与其它不凝结气体聚集于上部,这时可稍开放气阀将空气放出。

3) 当放空气器的外壳底部因存液结霜超过 $1/3$ 时,关闭节流阀,开启旁通管小节流阀,使器内存液节流降压气化并经第三层管进入回气管道。当化霜刚完时,关闭小节流阀恢复节流阀供液。

4) 放空气结束后,应先关闭供液节流阀,混合气体进入阀,放空气阀,再开启旁通管小节流阀;待压力降低、抽净余氨后,关闭小节流阀和回气阀,停止放空气工作。

立式放空气器的操作与四套管式基本类似,操作过程不再重复,但立式放空气器更便于自控系统的安装。

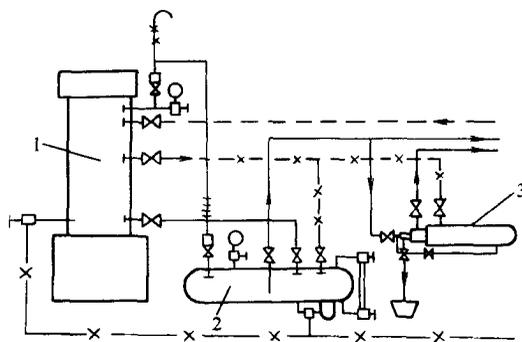


图 4.4 四套管式放空气器的管道连接

1—立式冷凝器 2—高压贮液器 3—放空气器

(2) 放空气器操作时的注意事项

1) 节流阀不应开启过大，一般要根据回气管道的结霜情况进行调整。回气管道上的结霜长度不宜超过 1.5m。

2) 混合气体进入阀要开大些，使混合气体容易通入。

3) 放空气阀要开小些，使气体更好的冷却，减少放空气时氨的损失。其开启大小，可根据盛水容器气泡变化情况进行调整。如气泡呈圆形并在上升过程中无体积变化，水温也不上升，说明放出的是空气；如气泡上升过程中体积变小或逐渐消失，则说明放出的气体中含有较多氨气，这时应关小放空气阀。如水温上升并发出强烈的氨味，水逐渐呈乳白色并发出轻微的爆裂声，则说明有氨液放出，应该停止放空气的操作。

二、放油方法

1. 润滑油对制冷系统的影响

压缩机运转时，排气温度很高，一般在 70~150°C 之间。在这样的温度下将会有部分润滑油蒸发成为油蒸气；另一方面，由于气流流动速度很大（一般在 12~30m/s 之间），有可能携带一定大小的油微粒。

润滑油随气流进入系统中的数量与制冷剂的排气温度直接有关。根据试验资料，当排气温度越高时，油的蒸发率也越高。

在 80°C 的温度下，油的蒸发率为 3.13%。

在 100°C 的温度下，油的蒸发率为 7.68%。

在 120°C 的温度下，油的蒸发率为 16.03%。

在 140°C 的温度下，油的蒸发率为 34.68%。

在制冷剂中混合的润滑油，经过设置在压缩机与冷凝器间的油分离器后大部分被分离出来，沉积在油分离器的底部，但有少部分仍随制冷剂进入冷凝器和管路系统内，附着在管壁上或沉积在设备的底部，会造成下述不良后果：

1) 油积存在设备和管道内，使其工作容积减少。

2) 油的粘度大，遇到污物和机械杂质易混合成为胶状的物质。当其积聚在截面小的管路或阀门中时，易造成堵塞，引起系统工作不正常。

3) 油的热导率远比金属小，当附着在热交换器壁面时，将使传热恶化，引起冷凝温度升高和蒸发压力下降，并使排气温度上升。这些都导致制冷装置运行时条件变坏，工作效率降低，耗电增加。

为了避免和减少润滑油进入系统，除设置性能良好的油分离器和正确掌握氨压缩机加油量外，在运转中必须做到有计划地从设备中定期放油。如果发现压缩机加油量增多，而放出的油量少于加入油量 应立即检查原因 增加放油次数 防止过多的润滑油进入系统。

2. 设备放油的基本原则

设备放油最好在停止运行时进行，这样不仅可以提高放油效果，而且安全可靠。

为了减少氨的损失，保证操作安全，设备必须通过集油器进行放油。设备放油时，集油器必须处于低压工作状态。如发现设备放油管口处发潮或有结霜现象时，说明有氨液放出，应立即关闭放油阀。

放油时，操作人员应戴上橡皮手套，站在放油管侧面工作，不得离开操作地点。放油

完毕后，应记录放油的时间和数量。

3. 集油器操作

先开启集油器上的减压阀，使容器内处于低压状态，关闭减压阀，然后再开启有关设备的放油阀与集油器的进油阀，收集各设备的积油。

当将有关设备的积油收入集油器后，关闭进油阀，逐渐开启集油器的减压阀，使油内夹杂的氨液蒸发。当集油器的压力接近回气压力时，关闭减压阀，静置 20min 后，观察集油器压力表指针是否上升。如表针有显著上升，应重新开启减压阀，直到压力不再上升为止，然后再开启放油阀，待油放净后，再关闭放油阀。

集油器的贮油量不应超过 70%，防止减压时液体被压缩机吸入，引起“液击”。

4. 洗涤式油分离器的放油操作

洗涤式油分离器的放油次数应根据压缩机的耗油量而定，一般每周不少于一次。洗涤式油分离器与各种形式冷凝器的管路连接如图 4-5 所示。洗涤式油分离器在运行中如发现容器下部（供液管部位）发热，则说明分离器内积有润滑油，应及时放油。

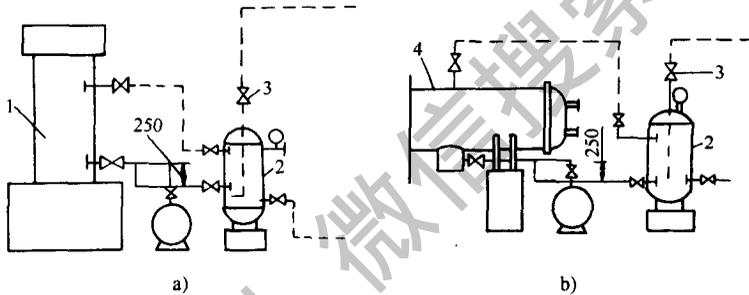


图 4-5 洗涤式油分离器与各种型式冷凝器的管道连接

a) 油分离器与立式壳管式冷凝器的安装 b) 油分离器与卧式壳管式冷凝器的管道连接

1—立式壳管式冷凝器 2—油分离器 3—截止阀 4—卧式壳管式冷凝器

油分离器放油时，可以不停止工作，先关闭供液阀约 5~10min，待容器下部外壳温度升至 40~45℃ 时，打开放油阀向集油器放油。但停止供液时间不宜太长，以免妨碍油分离器正常工作。

5. 冷凝器、高压贮液器和循环贮液器等设备的放油操作。

(1) 冷凝器的放油操作

- 1) 冷凝器放油应尽量选择热负荷小或排气温度较低时进行，最好是停止冷凝器工作。
- 2) 打开冷凝器的放油阀和集油器的进油阀向集油器放油。
- 3) 当放油阀管路发凉或有干霜出现时，表明油已放完，关闭放油阀和集油器进油阀。
- 4) 冷凝器应定期放油，根据设备运行情况确定放油时间。一般每月放油 1~2 次为宜，若有多台冷凝器可以轮流放油。

(2) 高压贮液器的放油操作

- 1) 当高压贮液器液位指示器中发现油位上升时，说明器内有积油，即可进行放油。
- 2) 高压贮液器放油时，一般不停止工作直接向集油器放油。
- 3) 高压贮液器应定期放油，一般每月以 1~2 次为宜。

(3) 中间冷却器的放油操作

1) 中间冷却器的放油操作与洗涤式油分离器的放油操作相同。

2) 双级压缩机低压级（缸）的排气中大部分油在中间冷却器内被分离，所以每周应放油至少 1 次。

(4) 低压循环贮液器的放油操作

1) 该设备放油为了不影响正常运行是不停止工作的。可适当开启放油阀直接向集油器放油。但放油缓慢，效果不理想。

2) 也可利用生产不忙、制冷系统停止运行的间隙或库温达到要求停机时，待其桶内的压力回升后进行放油，但放油还是缓慢。

3) 最好的方法是在热氨冲霜后，桶内压力较高或利用热氨适当加压来放油。

放油前，应在冷间热氨冲霜排液完成时，等待一段时间使油沉淀后，此时桶内压力还保持或再加压到 $0.3 \sim 0.35\text{MPa}$ ，即可开启放油阀向集油器放油。放油完毕后，应将桶内压力缓慢降低到蒸发压力后，再恢复正常工作。

4) 低压循环贮液器放油效果的好坏将直接影响到氨泵的正常运转。每月一般不得少于 2~3 次。

(5) 排液桶的放油操作

1) 当排液完成后关闭桶的进液阀，使桶内液体暂时不要排出，等 30min 使油沉淀后再行放油。

2) 当桶内压力低放油困难时，可适当开启加压阀用热氨来加压，但压力不得高于 0.6MPa 。

3) 每当冷间热氨融霜排液后，排液桶均需放油一次。其它情况视液面指示器决定放油次数。

(6) 氨液分离器的放油操作

1) 氨液分离器一般不停止工作即可放油。但放油阀应微开，以防止将氨液放出，放油较慢时可适当加压，但压力不得高于 0.5MPa 。

2) 在工作情况允许时也可停止工作放油。这时关闭供液阀、出液阀、进气阀、出气阀，使其压力升高或加压，但压力不得高于 0.5MPa 。然后，适当开启放油阀向集油器放油。放油完毕后缓慢打开出气阀，使压力降至回气压力后再打开其余的各阀，恢复其正常工作。

3) 氨液分离器每月放油应以 1~2 次为宜。

(7) 盐水蒸发器的放油操作

1) 盐水蒸发器放油需停止工作，使盐水蒸发器压力自然回升到高于大气压力后集油器放油。

2) 也可采用向蒸发器盐水箱中供热盐水的方法来提高蒸发器的压力，但压力不应高于 0.6MPa ，先将盐水蒸发器中的冷却水放入专用槽中，同时关闭盐水蒸发器的供液阀及回气阀后，再向盐水蒸发器中供热盐水。待压力略高于大气压力时即可进行放油工作。放油完毕后关闭放油阀，再缓慢打开回气阀和供液阀，恢复盐水蒸发器工作。放油次数一般为 2 周一次。

低压系统的制冷设备放油都处于低压状态，温度低，因而油的粘度大，放油比较困难，时间也长。为了缩短管道，减少流动阻力，在条件许可下，可在低压设备附近再设置一个集油器，以专门收集低压设备中的油。

三、除霜、排液方法及程序

冷却设备（冷却排管、冷风机）上的霜层，将使制冷装置的工作条件恶化，降低压缩机的制冷量和增加耗电量。因此必须定期及时地进行除霜。除霜的方法有扫霜和热氨冲霜两种。扫霜只适用于光滑的排管，可用扫帚或专用工具扫除；热氨冲霜可用于光滑排管、翅片排管和冷风机。它以高压氨气通入排管内，利用氨气的热量使管外霜层融化脱落。热氨冲霜可节省劳力，并可将其排管内的润滑油冲回排液桶。

冲霜最好选择在转库或出库后，库内无货物时进行。如库房有货物应加盖油布或帆布，在地坪上铺席子，以免将货物弄脏或地坪结冰。冷风机的冲霜，视生产情况而定，冻结间出库后即进行一次冲霜。如果系一次冻结则应在冻结过程中，当食品内部温度在零度左右时，增加冲霜一次，以提高冷风机传热系数，加快食品冻结过程。

为了提高冲霜效果，冬季可适当减少冷凝器运行台数或冷却水量，以提高排气温度。严禁用停止全部冷凝器工作的方法来提高冷凝压力。为了缩短冲霜时间，库房排管在冲霜过程中应同时进行扫霜工作，加速霜层的脱落。冲霜排液管道连接示意，如图 4-6 所示。

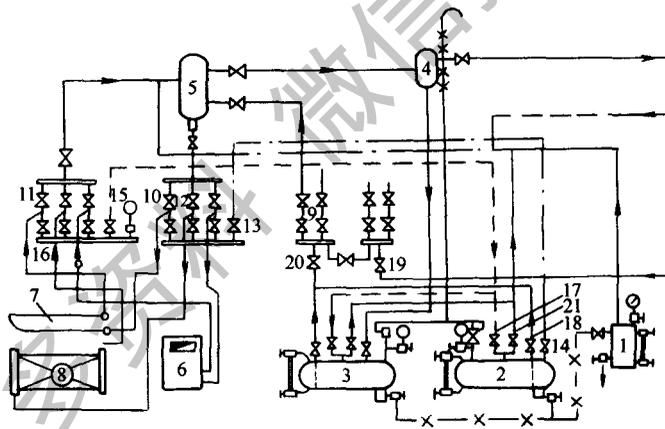


图 4-6 热氨冲霜排液管路连接示意图

1—集油器 2—排液桶 3—低压贮液器 4—氨气过滤器 5—氨液分离器
6—干式冷风机 7—顶排管 8—墙排管 9~21—各种阀门

1. 冲霜操作

1) 检查排液桶的液面和压力，必要时进行排液与减压，使排液桶处于准备工作状态。
2) 适当关小总调节站节流阀 9，关闭分调节站上冲霜库房的供液阀 10 和回气阀 11，停止库房工作。

3) 打开分调节站排液阀 12（阀 10 下面）和阀 13 及排液桶进液阀 14，使顶排管 7 内的液能流入排液桶。

4) 缓慢地开启热氨冲霜阀 15 和 16，增加排管内压力，但不应超过 0.6MPa 表压。然后，用间歇开关分调节站排液阀 12 的方法进行冲霜排液工作。排液时，排液桶的贮氨量

不应超过 80%。

5) 当排管外壁霜层全部融化脱落时，可关闭热氨冲霜阀 15 和 16，再关闭 12、13、14 号阀，停止冲霜。

6) 恢复库房工作时，应缓慢地开启分调节站回气阀 11 降低排管内的压力。当降至系统蒸发压力时，开启分调节站供液阀 10 和调大总调节站节流阀 9，恢复正常供液。

7) 对于冷风机使用热氨和水冲霜时，应先将水盘排水口的木塞拔下，当热氨使霜层即将融化时，开启冲霜水阀。待霜层冲净后关闭水阀，打开泄水阀放净冲霜水管内余水，然后堵上水盘排水口木塞，恢复冷风机工作。在图 4-6 中未标出冷风机有关阀门，其冲霜操作程序与上述相同。

2. 排液桶的排液操作

1) 由冲霜库房排至排液桶的氨液，应静置 20min 使油沉淀后将油放出。

2) 放油结束后，关闭总调节站供液阀 19，暂停用高压贮液的氨液。缓慢开启排液桶加压阀 17，使桶内压力增高到 0.6MPa，开启排液阀 18 和总调节站阀 20 向库房供液。

3) 排液完毕，关闭排液桶的加压阀 17、排液阀 18 和总调节站阀 20 向库房供液。

4) 为了给下次冲霜排液作好准备，应开启排液桶减压阀 21，待桶内降到蒸发压力后，关闭（或微开）减压阀 21。

第四节 电器设备运行管理

制冷技术发展到现在，制冷系统的电器设备已经是制冷系统中的重要组成部分，并随着制冷技术的发展，认识和启用管理电器设备变得尤为重要。可以说电器设备的发展，使制冷技术应用更广泛、方便和安全。

目前电器设备在制冷系统中的应用主要是安全保护、方便操作以及节能操作，有的已实现智能控制，下面介绍这几类电器设备。

一、活塞式压缩机电器设备

1. 电动机启动保护

电动机启动时，启动电流很大，为了保护电动机，厂家通常配有电动机启动柜，有星形、三角形启动柜、自耦减压启动柜等。

下面举一例自耦减压启动供参考，如图 4-7 所示是自耦减压启动控制箱的接线原理图。图中 TA 是三相自耦变压器，其每相绕组有两个抽头，分别为 60% 和 80%，出厂时接在 60% 抽头上；KM、KM₁、KM₂ 是接触器，其中 K 的主触头 4、5、6 接在电动机主电路中，用以控制主电路的通断。KM₂ 的主触头 7、8、9 和 KM₁ 的 13、14、15 接在自耦变压器回路中，用以控制自耦变压器与电源的联系；KA 是中间继电器；KT 是电动式延时继电器。HL₁ 是停车状态指示灯；HL₂ 是启动状态指示灯；HL₃ 是正常运转状态指示灯。TD 是信号灯变压器。

图 4-7 的动作程序如下：启动时，按启动按钮 ST₁（ST₁ 是远距离控制的启动按钮），则交流接触器 KM₁ 线圈得电，主触头 12、14、15 闭合，其辅助触头：是 自保；是 保

证 KM 支路断开；是接通 KM_2 和延时继电器 KT ，于是 KM_2 的主触头 7、8、9 闭合，电动机在 60% 的电源电压下启动；是使停车状态指示灯 HL_1 熄灭。延时继电器得电后开始延时，当延时调定时间到， KT 的延时触头闭合，使中间继电器 KA 线圈得电动作，其常闭触头断开使 KM_1 及 KM_2 、 KT 相继失电， KA 的常开触头闭合使接触器 KM 获电动作。于是在主电路中，电动机转入全压运转状态，自耦变压器脱离电网。启动完毕。这时指示灯 HL_1 、 HL_2 均熄灭，而指示灯 HL_3 亮，表示电动机启动完毕转入正常运转状态。

停车时，按停止按钮 SP_1 （或 SP_2 ），则控制回路被切断， KM 线圈失电，其主触头 4、5、6 恢复断开，电机脱离电网而停止运转。

图中 KR 是过载热保护继电器，当电机过载时，热元件发热而顶开其常闭触头，把控制回路切断，使电机脱离电网而停止运转。熔断器 FU_1 、 FU_2 作控制电路和短路保护之用。

2. 压缩机的安全保护

制冷机的电机部分在启动时得到了保护，制冷机在运行当中压缩机部分同样也需得到安全保护。主要有断水保护、油压差保护、高低压保护、排气温度保护等。

下面是几种电器元件的作用和原理，它们的电器原理图在厂家的随机样本中都有详尽说明。

(1) 断水保护断水保护的元件有压力继电器、压差继电器和 714 继电器等。前两种元件用于感受水泵是否上水，后一种元件用于感受压缩机水套或其它用水装置是否出水。

水套断水保护常用的方法是：在压缩机水套的出水管道上装两个触点，如图 4-8 所示。采用 714 晶体管继电器作为断水保护装置。当水套有冷却水流动时，出水管道流水，两触点由水接通而通电，714 继电器使压缩机处于运转的状态；当水套无冷却水或冷却水中断时，出水管道的水中断，两触点间无水而断电，714 继电器使压缩机作为事故停车。

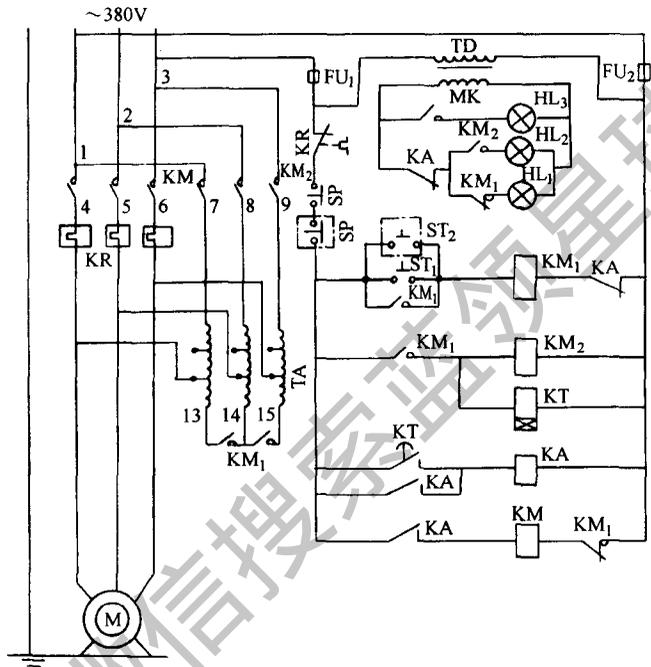


图 4-7 自耦减压启动控制柜线路

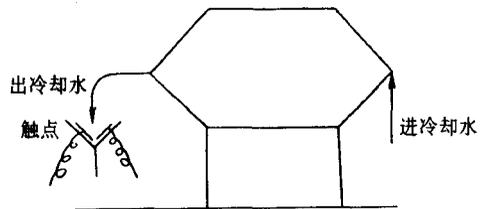


图 4-8 断水保护装置

由于压缩机水套断水还不致立即引起事故发生，所以处理时可以延时 30s 左右。

(2) 油压差保护压缩机运转时，需保持一定的油压，当油压低于某一定值时，必须停车。为了避免压缩机由于油压差（指油压与吸气压力之差）过低而发生事故，必须用一个压差继电器保护。如图 4-9 所示是压差继电器的结构。

其工作原理为：低压气箱 1 与润滑系统低压部分（吸入压力）相连接，高压气箱 6 与润滑系统高压部分相连接，作用在这两个气箱上所产生的压力差，经弹簧平衡后，如果小于调定值，则杠杆动作，压差开关 7 使压力继电器 KP 触点接通，接通延时机构的电热器 3，在延时范围（一般为 45~60s），双金属片 8 受热，其自由端向左弯曲，使延时开关 9 接点动作（与左面触点接通）。

压差控制器动作后，不能自行复位，须待压缩机故障排除后，按一下复位按钮 4 才能命令延时开关接点（向左）接通电动机线路，重新启动压缩机。延时机构要恢复正常工作，还必须待延时机构电热器 3 全部冷却，大约 5min 后双金属片 8 伸直才可。

(3) 高、低、中压保护在压缩机中，采用高压保护的目的是为了预防压缩机排出压力急剧上升，以致发生危险。当排气压力超过规定值时，压缩机高压保护装置立即动作，切断电源，使压缩机作为事故停车。此外，压缩机在运转过程中，可能产生吸气压力过低，甚至抽空的现象。因此，对压缩机的吸气压力也必须控制，使它保持在某一所需的压力限度以上。

中压保护指双组压缩机的低压级排出压力的保护，压缩机组中压保护的目与高压保护的目相仿。当低压组排气压力（中压压力）超过规定值时，压力继电器立即动作，切断电源使压缩机作为事故停车。凡单机双级压缩机没有提供中压保护装置的都需加设中压保护；而用单级机配套的双级压缩机，中压保护就可以用低级压缩机随机所带的高、低压控制器中的高压部分来完成，但其压力值需按中压压力保护值调定。如图 4-10 所示是单体压力控制器的结构与原理图。

其工作原理如下：

被控压力信号经过压力接管（与接管螺母 5 接受），直接引入波纹管 4 的内腔，通过波纹管 4 对摆动板 3 产生一绕转轴 15 的逆时针方向的顶力矩，该力矩与主弹簧 7 所产生的顺时针方向的力矩相平衡。当吸气压力升高时，将主弹簧压缩，摆动板 3 作逆时针方向转动。随着摆动板的转动，由于拉伸弹簧 10 拉动限位架 9 上移，使限位架下部凸台在支架 8 的槽孔中 S_1 自由上移并钩在槽孔的上边缘，从而使限位架不可再往上移。因此，摆动板

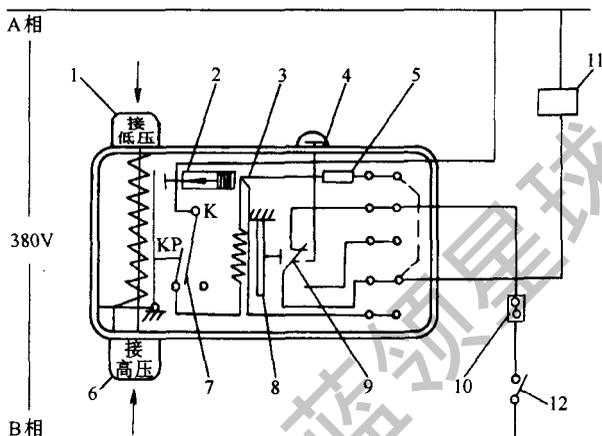


图 4-9 压差控制继电器的结构

- 1—低压气箱 2—试验按钮 3—延时机构电热器 4—复位按钮
5—降压按钮 6—高压气箱 7—压差开关 8—双金属片 9—延时开关 10—压力继电器 11—接触器线圈 12—开关

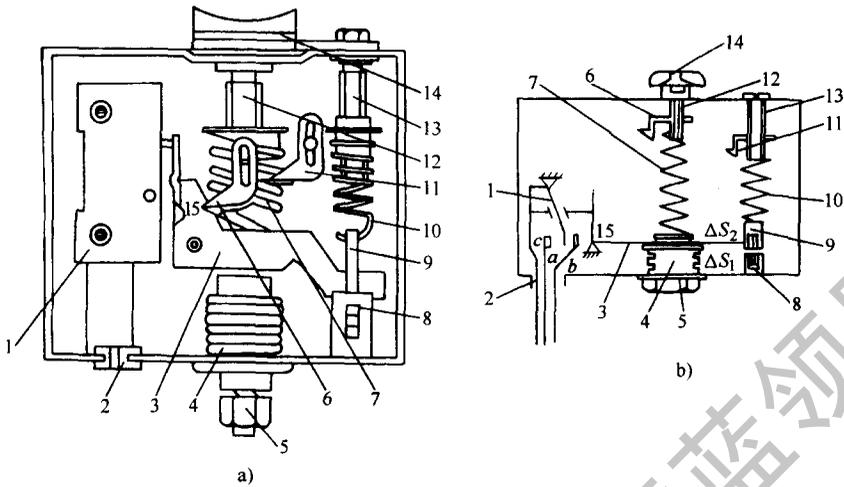


图 4-10 单体压力控制器原理图

a) 结构图 b) 原理图

- 1—转换开关 2—出线孔 3—摆动板 4—波纹管 5—接管螺母 6—主调弹簧指针
 7—主调压缩弹簧 8—支架 9—限位架 10—幅差拉伸调节弹簧 11—主弹簧调节螺钉
 12—幅差弹簧调节螺钉 13—幅差弹簧指针 14—主调节旋钮 15—摆动板转轴

再向上转动，它就在限位架 9 的槽孔 S_2 中上移，这时拉伸弹簧 10 的向上作用力对摆动板向逆时针方向的转动不产生影响，波纹管中承受的吸气压力超过主弹簧 7 的张力时，摆动板继续向逆时针方向转动。当波纹管中承受的吸气压力达到调定值的上限时，摆动板已转过某一角度，这时动触头 a 就会由静触点 b 转接至静触点 c ，从而接通电动机的电路，使压缩机起动。当吸气压力降低时，主弹簧 7 的张力向下作用而使摆动板顺时针方向的转动。当摆动板走完自由行程， S_2 抵住限位架槽孔下边缘时，幅差弹簧 10 的拉力使摆动板顺时针方向的转动受到阻力。如果波纹管承受的吸气压力再继续下降，主弹簧推动摆动板就必须再克服幅差弹簧的拉力，直到摆动板转动达到某一位置时，动触头 a 由静触点 c 转接至静触点 b ，切断电动机的电路，使压缩机停止工作。

调整方法，从上述动作原理可知，这种控制器主弹簧 7 张力的大小是决定压缩机启动压力值的，而幅差拉伸弹簧 10 的张力则决定停车压力值的。例如：要求压缩机在吸气压力 0.02MPa （表压）时停车，而在 0.12MPa （表压）时启动运转，那么调整时就应该转动旋钮 14，将主弹簧调在 0.12MPa 此值由指针 6 指出。而将幅差弹簧调到 0.1MPa 此值由指针 13 指出。

高压控制器的内部构造与低压控制器相似，不同处只是需用承受高压的波纹管与弹簧，开关的接线应能保证当排气压力升高到调定值的上限时切断电路。

(4) 排气温度保护为了避免排气温度过高，一般在排气管上装设温度控制器，作为排气温度过高的保护元件，有 WT—1226 型和 WK—5 型温度控制器。感温包的安装方法如图 4-11 所示。安装时应尽可能靠近压缩机的排气腔，以便能准确和迅速地反映排气温度的变化。图中 a、b 两种方法，套管中应加冷冻油；图中 c 的方法，应将感温包牢牢地绑扎于排气管上，当排气温度上升至调定值时，温度继电器动作，发出报警信号，并使压缩机

作为事故停车。

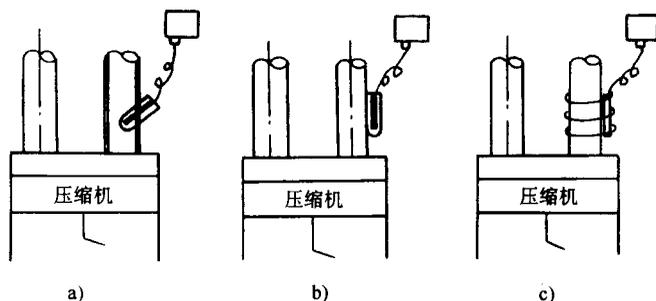


图 4-11 感温包的安装位置

a) 插入排气管道内的感温包 b) 在排气管侧的感温包 c) 绑扎于排气管上的感温包

二、螺杆式压缩机的电气设备

随着科技的发展，螺杆式压缩机组技术日趋成熟，特别是计算机控制技术的引入，从总体上讲，目前螺杆式压缩机组的各项性能指标都比过去有大幅度的提高。

1. 螺杆式压缩机启动型式

螺杆式压缩机电动机为三相异步电动机，降压启动方式主要有星—三角启动、固态启动器和部分绕组启动等。如图 4-12 所示是闭式星—三角转换启动基本原理，目前国内绝大部分机组采用这种启动方式。

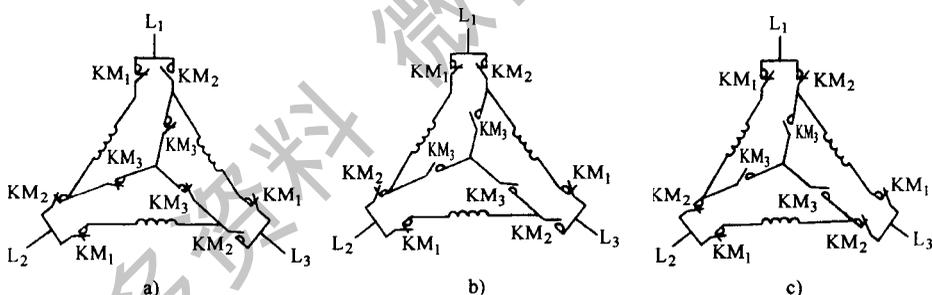


图 4-12 闭式星—三角转换启动

a) 星形联结 b) 星—三角形转换过程 c) 三角形联结

2. 能量调节

螺杆式冷水机组在运行过程中，用户终端的热负荷不可能一直恒定，这就要求机组的冷量也相应的改变，以保持蒸发器端温度。一般螺杆式冷水机组的能量调节，是通过控制系统检测机组吸气温度与设定值动作比较，再发出加载或卸载指令，使机组增加或减少制冷量以维持蒸发器侧温度恒定。

通常用温度传感器作为冷间温度检测元件。温度传感器实际上是一种热电阻，其电阻值随着温度的变化而变化。控制系统在检测到电阻信号后，再将它转化为相应温度，用于显示和冷间温度控制。

螺杆式冷水机组的能量调节，主要由压缩机的能量调节机构实现。对于多台制冷机组，能量调节还可由调节运行压缩机的台数实现。在机组负荷较小的情况下，可能只有部

分压缩机运行，如此可大大提高机组部分负荷效率。控制程序可设定冷水机组内各压缩机的加载次序，如某台压缩机满载后，其它压缩机才可加载，或各压缩机均衡加载等。

3. 安全保护

螺杆式制冷机组除了具有活塞式机组的保护功能外，还有以下常见保护功能：

1) 电动机绕组温度保护。

2) 油位保护。

3) 电压过高 / 过低 / 三相不平衡保护。

以上这些安全保护，可由独立的控制器（高低压控制器，油压控制器，油压差控制器）完成。对于微电脑控制机组，也可由计算机根据采到的数据，与设定点比较后再执行保护动作。

三、小型氟利昂冷库电器设备

图 4-13 所示是采用水冷式冷凝器的小型冷库氟利昂制冷系统的流程图。这里只说明几个电器阀件的功用。

1) 在蒸发器与冷凝器之间的供液管路上设置电磁阀，用于自动控制液管的通断。当压缩机启动运转时，电路控制电磁阀自动开启，冷凝器向蒸发器供液；当压缩机停止运转时，电磁阀关闭，冷凝器不再向蒸发器供液，以免蒸发器贮液过多，从而可防止压缩机再次启动时作湿压缩而产生敲缸事故。

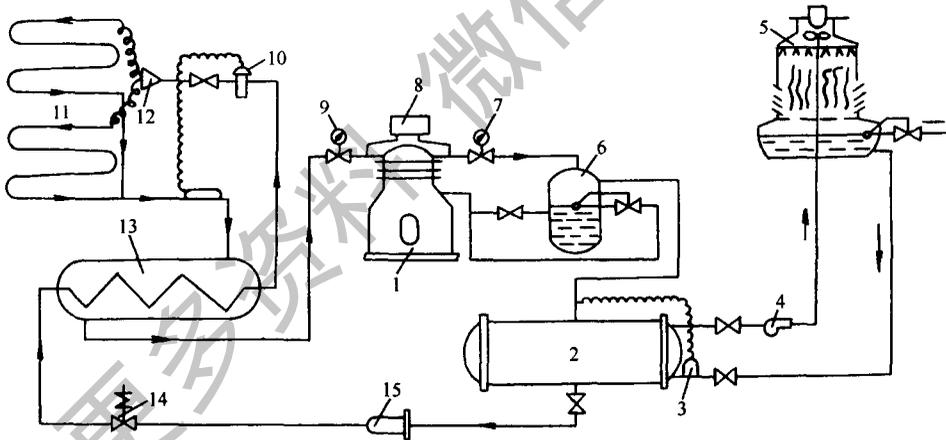


图 4-13 小型冷库制冷系统

- 1—活塞式压缩机 2—水冷式冷凝器 3—冷却水量调节阀 4—冷却水泵 5—冷却塔
6—油分离器 7—高压表 8—高低压力继电器 9—低压表 10—热力膨胀阀
11—蒸发器 12—分液头 13—气液换热器 14—电磁阀 15—干燥过滤器

2) 在压缩机的排气管和吸气管上分别设置高、低压力继电器，用于在压缩机排气压力过高或吸气压力过低时自动使压缩机停转。这样，既可防止压缩机排气压力超过允许值时发生事故，又可避免蒸发温度过低时压缩机仍然运转而耗电。

3) 在冷凝器冷却水进水管路上设置水量调节阀，可按照冷凝器工况的变化自动调节进入冷凝器的冷却水量，从而可使冷凝压力和冷凝温度基本保持稳定。

目前，还有一种控制电路：由温控器控制电磁阀，再由低压继电器控制制冷机的停

机。当温度达到设定值时，温控器令电磁阀关闭，这时制冷机继续工作，由于电磁阀已关，所以低压系统的压力不断降低；当降到某一设定值时，令制冷机停机。这种控制方法的优点是：当制冷机重新启动时，是低负荷启动，这种保护方法大大延长了制冷机的使用寿命。

思考与练习

1. 氨活塞式制冷机运行前应做哪些准备工作？
2. 氨单级活塞式制冷机的操作程序是什么？
3. 活塞式制冷机的双级操作程序是什么（单机双级，配组双级）？
4. 活塞式制冷机的正常运行标志有哪些？
5. 活塞式制冷机的单级和配组双级的正常停机程序是什么？
6. 氟利昂制冷压缩机的正常开、停机程序是什么？
7. 氟利昂制冷压缩机的正常运行标志是什么？
8. 氨制冷压缩机通常如何加油？小型氟利昂制冷机如何加油？
9. 什么是湿冲程？当单级氨制冷机有轻度湿冲程时应该如何处理？
10. 螺杆式压缩机开机前的准备工作有哪些？
11. 螺杆式压缩机开停机程序有哪些？
12. 中间冷却器在操作时应注意哪些问题？
13. 放空气操作程序是什么？
14. 如何进行油氨分离器的放油操作？
15. 热氨融霜的操作程序是什么？

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第 五 章

制冷系统的维护与检修

5

第一节 制冷机的维护修理

第二节 其它制冷设备的维护修理

第三节 制冷系统常见故障分析与处理

第一节 制冷机的维护修理

一、活塞式制冷机的检修目的和种类

活塞式制冷压缩机能不能经常处于完好的运转状态，防止事故发生，除了合理使用以外，还要做好经常的维护和修理工作。根据使用情况和机器磨损规律，压缩机的检修一般分为大修、中修、小修和故障修理四种。进行大修时，其内容包括中、小修。中修包括小修的内容，故障修理是压缩机发生故障时立即停车检修，这种检查应根据故障的部位和现象进行拆卸工作。大、中、小修的内容见表 5-1。

表 5-1 活塞式制冷压缩机检修的时间与内容

主要部件名称	小检修 修理周期约 700h 主要工作内容	中检修 修理周期约 2000 ~ 3000h 主要工作内容	大修 每年一次 主要工作内容
阀片与阀	检查清洗阀片，并调整其开启度，再换损坏的阀片、弹簧及其它零件，试验阀的密封性	检查测量余隙，并进行调整，检修或更换不严密的阀	检查修复和校验各控制阀，安全阀；更换填料，必要时应重新浇注轴承合金或更换新阀
气缸	检查气缸的光洁度；清洗缸壁污垢	检查汽环、油环的锁口间隙，环与槽的高度、深度的间隙，严重的应更换新的活塞环；检查活塞销的间隙及磨损状况	测量活塞的磨损度，需要时浇注轴承合金层修复，以适应配合尺寸。必要时更换新活塞以及相应的活塞环。检查活塞销和衬套或更换新品
曲轴和主轴承		测量各主轴承间隙，需要时应修整	测量曲柄摆度，水平度，主轴颈与连杆轴颈的平行度，以及各轴颈的磨损度（圆度和圆锥度）和裂纹，以便修整或更换曲轴。修复主轴承或重新浇注轴承合金
连杆和连杆轴承	检查连杆螺栓和开口销，防松铁丝，有无松动、折断现象	检查连杆大头轴瓦和小头衬套；测量配合间隙，需要时应进行刮拂修整	依照修复后的连杆轴颈修整连杆轴瓦，或重新浇注轴承合金。检查连杆大小头孔的平行度和连杆本身的弯曲度，加以修复
密封器		检查调整密封器各零件的配合情况，清除内部和进出油道	检查摩擦环和橡胶密封环与弹簧的性能，必要时应进行研磨调整或更换新品
润滑系统	更换润滑油，清洗曲轴箱和滤油器	清洗三通阀和润滑系统，检查油泵配合间隙	修整或更换油泵齿轮轴和齿轮与泵腔配合间隙，必要时应更换新齿轮

(续)

主要部件名称	小检修 修理周期约 700h 主要工作内容	中检修 修理周期约 2000 ~ 3000h 主要工作内容	大检修 每年一次 主要工作内容
其它	检查卸载装置的灵活性	检查电动机与压缩机传动装置的摆度, 检查压缩基础螺栓和飞轮的加固情况	检查与校验压缩机的控制仪表和压力表, 清除水套的水垢

二、活塞式制冷机的拆卸与组装

1. 拆卸前的准备工作

(1) 工作台检修以前应将钳工工作台, 盛放工具、量具的工具箱, 以及安放零部件的平台搬到机器附近。

(2) 备用零部件准备好压缩机的备用零部件, 如阀片、汽阀弹簧、汽环、油环、连杆螺栓、连杆大头轴瓦、连杆小头衬套、主轴承, 以及密封摩擦环、耐油胶圈等易损的零部件, 以便损坏时更换。

(3) 检修材料检修前准备好所需用的材料, 如布(纱布、帆布及清洗机件用的旧布)、油(汽油、煤油、冷冻油)及各种型号的填料(盘根); 另外, 还有粗(细)研磨砂、石棉纸、硬铅、开口销、保险丝、油石、汽筒、玻璃板等。

(4) 检修工具准备好检修压缩机的专用工具, 如吊栓和装活塞的套筒等钳工工具, 划线工具, 钢字码和量具, 如游标卡尺、外径千分尺、千分表、量缸表、钢板尺、圆规、塞尺、水平仪等。

(5) 做好安全和清洁工作清洁机器用的煤油、柴油、汽油等禁止与明火接近, 防止发生火灾。压缩机在拆卸前, 机身要擦洗干净, 周围场地要清洁。

2. 活塞式制冷机的拆卸

(1) 拆卸时应注意的问题

1) 在拆卸制冷系统中的压缩机之前, 应先切断电源, 然后将连通低压管线上有关阀门关严, 再把机器内部的制冷剂放掉(压力过大, 应排入系统中再放), 曲轴箱里的润滑油和气缸盖的冷却水也要放掉。

2) 拆卸压缩机要有步骤地进行, 应先拆部件, 再将部件拆成零件, 由外到里, 先上后下, 先小后大, 防止碰砸。对于可以不拆或拆后会降低连接质量、损坏原有连接的部件和零件, 应避免拆卸。

3) 拆卸零件时用力不宜过大, 当零件不易拆卸时, 应查明妨碍拆卸的原因, 选用适当方法解决, 防止损坏。

4) 压出或打出轴套与销子时, 应辨明方向后再操作。用锤击零件时, 应先垫好垫块或软材料, 防止打坏零件表面。

5) 拆卸较复杂的零件时, 必须做好标记, 编好号码, 避免装配时混淆、遗忘。

6) 对拆下的零件应分别放好, 不能混乱堆放、互相撞击, 造成表面损坏。重大部件或精密零件, 拆下后应放在垫有木板的平面上或放在专用的支架上, 防止受压弯曲和腐蚀。

7) 对体积小的零件, 拆卸清洗后可先装配在主要零部件上, 防止遗失。

8) 拆下的易锈蚀的零件, 应及时清洗、涂油, 用布盖好。

9) 拆下的油管、水管、气管等, 经清洗后用木塞或布条堵住, 防止进入灰尘污物。

10) 对拆卸有固定位置与不可改变方向的零件, 或须加工配制某些零件时, 都应画好装配记号, 防止反向装配、堵塞油路, 造成事故。

(2) 整台压缩机拆卸步骤与方法各类型压缩机的拆卸工艺, 虽然基本相似, 但是由于结构不同, 拆卸的步骤和要求也就有所不同。因此, 必须制订适合不同机器特点的拆卸工艺规程。以活塞式 8AS—12.5 氨压缩机为例, 其拆卸和组装工艺如下:

1) 部件拆卸

拆气缸盖。先将水管连接管拆下, 后把气缸盖螺母松掉。松螺母时两窄边各有一根长螺栓的螺母最后松, 对角的螺母要平衡进行, 使气缸盖随弹簧力升起。发现弹不起来时, 注意螺母松得不要过多, 可用一字旋具(螺丝刀)轻轻地从内端面撬开, 并防止缸盖突然弹出, 发生损坏或事故。

拆排气阀座。气缸盖取走后, 接着取出安全弹簧, 检查弹簧尺寸变化情况, 注意有无裂纹和掉落碎片。然后取出排气阀座, 检查阀座与气缸套端面的密封线有无问题。

拆卸曲轴箱侧盖。松掉侧盖螺母将侧盖取下, 如果取不下来, 可能有以下原因:

a. 侧盖与垫片粘牢。遇到这种情况, 可用手锤轻击四周或用薄錾子剔开, 防止把垫片扯坏。

b. 曲轴箱处于真空状态。遇到这种情况, 可使空气进入曲轴箱内, 待箱内、外压力平衡后, 再拆侧盖。

取侧盖时要注意防止余氨冲出伤人。取下侧盖后, 应将箱内的润滑油放出, 并查看油中是否有脏物或金属碎屑等。

拆活塞连杆部件。首先拆掉连杆螺栓上螺母的防松铁丝或开口销、锁片, 松掉螺母, 取出下瓦。然后把曲轴转动到上止点的位置, 用吊栓将活塞轻轻地拉出。注意不要使连杆大头碰伤气缸套内壁。取出活塞连杆部件后再将下瓦合上, 避免下瓦的号码弄错, 并保持原有间隙。

取出活塞时要注意与它相配合的气缸套, 应是同一编号的。

平剖式的连杆大头轴瓦用上述程序拆卸时, 如果连杆大头被气缸套卡住而取不出来, 可先取下气缸套, 然后再提出活塞连杆体。

拆气缸套。用吊栓拧进气缸套顶部吸汽阀座上的螺孔内, 将气缸套拿出。拿出时要注意气缸套的调整垫片, 防止搞错和损坏。

⑥ 拆卸载装置。先将连接油管拆掉, 再拆机体上的法兰(法兰上的螺母应对角地拧出, 因为法兰后面有弹簧压住, 留两个螺母防止法兰弹出), 然后均匀地拆卸留下的两个螺母。拆下法兰后便可将弹簧、油缸、油活塞、拉杆成套取出。

此机共有四套卸载装置, 它的拉杆长度也不相同, 所以拆卸时应注意做好标记, 以免装错。

⑦ 拆滤油器部件。拆出滤油器与三通阀之间的连接管, 然后拧开滤油器与油泵的连接螺栓, 取出滤油器部件。

- ⑧ 拆油泵。滤油器拆出后，即可拆下油泵。
- ⑨ 拆三通阀。松开三通阀与机体的连接螺栓，取出三通阀和油过滤器。
- ⑩ 拆吸气过滤器。将法兰螺钉松开，注意避免弹簧将法兰弹出，然后卸下法兰，取出过滤器。

⑪ 拆联轴器。拆下螺母，用锤敲击塞销使之松动，取出塞销和弹簧圈，移开电动机，旋松两只压板螺钉，但不要拆下，以防止撬联轴器时掉下伤人；然后用两根撬棒顶住密封器端盖面向外撬动联轴器，松动后再将两只压板螺栓拆下来，然后取出联轴器及半圆键。

⑫ 拆密封器。松开连接螺钉，用 $D10\text{mm}$ 螺栓（顶丝）顶开端盖（如卸螺钉时发现弹簧已顶住密封盖，可留两个螺钉，慢慢拧出，防止弹簧弹出）。顺着曲轴方向取出端盖与密封器，注意不要损坏活动环和固定环的摩擦面。

⑬ 拆后轴承座。拆下油管及其与机体连接的螺母，用方木把曲轴箱内的曲轴垫好，再用两根 $D10\text{mm}$ 的螺栓分别拧进螺孔，把轴承座顶开，慢慢地撬出。注意不要将垫片拆坏，用力要均匀，不能过猛，防止卡住或把曲轴带出，孔口平面不能损伤。

⑭ 拆曲轴。取走后轴承座后，曲轴就可以从后轴承孔抽出。取曲轴时，轴后端要缠布条，以防移动时滑脱。曲轴前端顶部两螺孔，用两根较长的 $D16\text{mm}$ 螺栓拧进，再套入适当长度的圆管，以便抬出。在曲轴中部，用方木穿过曲轴箱垫于曲轴下部。这样曲轴的前、中、后三处一致用力，慢慢抽出放平，防止碰伤。如前轴承没有磨损，可以不拆。

⑮ 拆油分配阀。拆掉油管后，将油分配阀从仪表盘上拆下。

⑯ 拆安全阀。将连接机体的螺母松掉，取下安全阀。

2) 几个主要零件的拆卸。在拆卸主要零件时，要注意各零件的编号和方向，避免把零件搞错。

拆吸排气阀组。取出气阀弹簧时不能硬拉，以免变形。如果弹簧过紧，先用手轻扭，收紧弹簧使直径稍为变小，然后取出。拆钢碗时，注意气阀螺栓是否松动，拆下阀盖和外阀座连接的螺钉，检查内阀座和外阀座上的密封线是否完整严密，并将密封面向下，放于平台的布上，避免碰伤密封线。

拆活塞销与环。用尖嘴钳把活塞销孔内的弹簧挡圈拆下，垫上软金属垫后，用木锤轻击，或垫铜棒将活塞销敲出，如销子过紧可用专用工具，如图 5-1 所示。

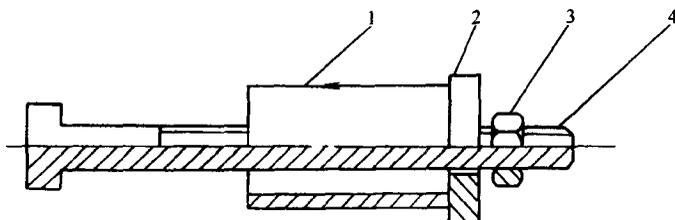


图 5-1 拆活塞销的专用工具

1—套筒 2—垫圈 3—螺母 4—拉杆

若用专用工具还拉不出时，可将活塞浸在 80°C 左右的热热水几分钟，使活塞膨胀，然后再用专用工具拉出。

拆卸气环和油环有三种方法：

a. 用两块布条套在环的锁口上，两手拿住布条轻轻地向外扩张，把环取出。

b. 用三、四根 0.75~1mm 厚，10mm 宽的铁片（或锯条磨去锯齿），垫在环与槽中间，便于环均匀滑动拆出，如图 5-2 所示。

c. 用专用工具拆卸气环和油环，如图 5-3 所示。

拆密封器固定环。密封器的固定环贴紧端盖时，可用一字旋具（螺丝刀）在非密封面的孔隙处轻轻地撬开，固定环便可拆下。注意摩擦面和橡胶圈是否完整，有无磨损、拉伤、老化、掉块等。

拆油泵。拆卸时先用手转动一下泵轴，看转动是否灵活，然后将螺栓拧开，注意主动轮和被动轮是否磨损。

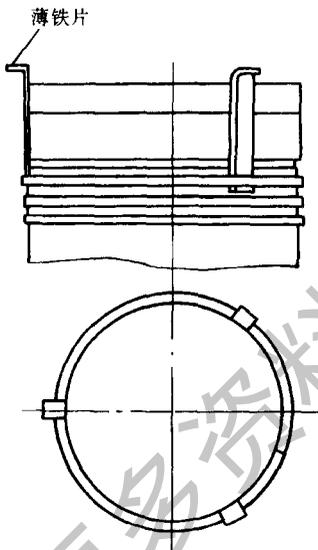


图 5-2 拆卸、装入活塞环的方法

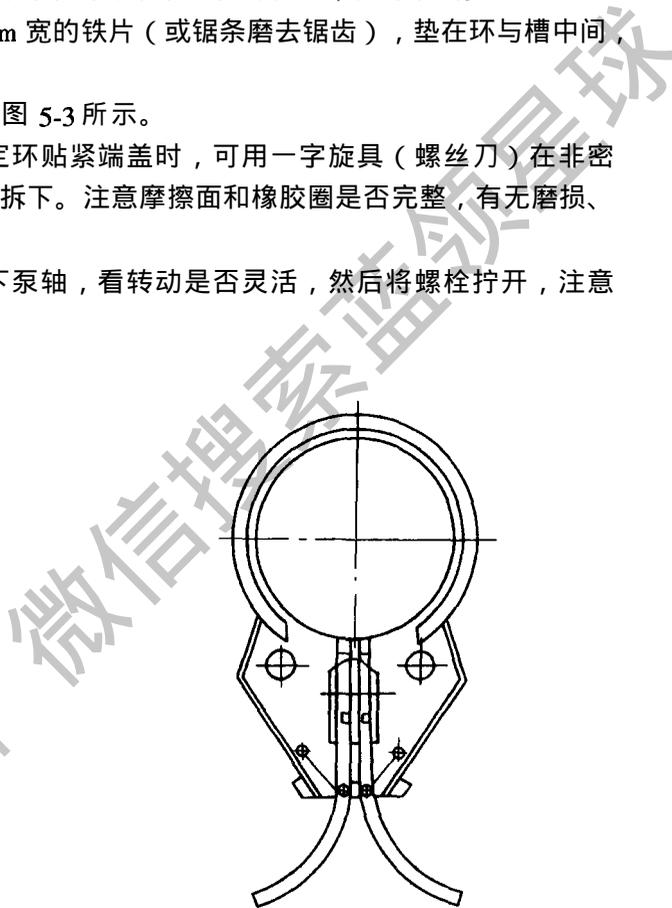


图 5-3 拆卸、装入活塞环的工具

拆气缸套。气缸套上的零件，包括有定位销、卸载顶杆、弹簧、转动环和弹簧圈。拆卸时应注意顶杆高度是否相同，高低不等易将吸气阀片顶歪或使吸气阀片工作时产生转动，加速磨损和损坏，同时检查顶杆弹簧是否完好。

⑥ 拆油过滤器。在拆卸螺钉之前先转动一下枢轴，如果转不动，说明内部脏物将梳片卡住，或者梳片上有毛刺，这时不可用猛力转动，应拆开后用汽油清洗，并打去毛刺。

3. 零件的检测和修理

(1) 检测要求压缩机的零部件检测，在可能的情况下应与拆卸工作同时进行，以便正确测得各零部件配合间隙和磨损情况以及各零件经磨损后的形位公差，并根据测量发现的问题，确定修复方案。

对各零部件测量后得出的数据，应与原始数据或制造厂家提供的零部件配合间隙数据

及磨损极限规定进行比较，根据磨损量判断是否属于正常磨损以及零件是否需要更换。新系列压缩机零部件配合间隙值见表 5-2。也可根据测得的磨损量和最大允许磨损量来确定零件的使用寿命。

表 5-2 新系列制冷压缩机主要零部件配合间隙表 (mm)

机型 配合部位	70 系列	100 系列	125 系列	170 系列
气缸与活塞环部	+0.14 ~ +0.216	+0.33 ~ +0.43	+0.35 ~ +0.47	+0.27 ~ +0.49
气缸与活塞裙部	+0.095 ~ +0.135	+0.15 ~ +0.21	+0.20 ~ +0.29	+0.28 ~ +0.36
活塞环锁口间隙	+0.28 ~ +0.40	+0.30 ~ +0.50	+0.50 ~ +0.70	+0.70 ~ +1.1
活塞销与销座孔	+0.008 ~ -0.03	+0.017 ~ -0.015	+0.016 ~ -0.015	+0.018 ~ -0.018
气环与环槽轴向间隙	+0.018 ~ +0.048	+0.038 ~ +0.055	+0.05 ~ +0.095	+0.05 ~ +0.09
主轴颈与主轴衬径向间隙	+0.04 ~ +0.09	+0.06 ~ +0.11	+0.08 ~ +0.148	+0.10 ~ +0.162
连杆大头轴瓦与曲柄销	+0.04 ~ +0.08	+0.032 ~ +0.06	+0.08 ~ +0.175	+0.05 ~ +0.15
连杆小头衬套与活塞销	+0.015 ~ +0.035	+0.03 ~ +0.062	+0.035 ~ +0.06	+0.04 ~ +0.073
吸气阀片开启度	1.425 ~ 1.655	1.2	2.4 ~ 2.6	2.5
排气阀片开启度	1.3 ~ 1.5	1.1	1.4 ~ 1.6	1.5
活塞上死点余隙	+0.50 ~ +1.2	+0.70 ~ +1.30	+0.70 ~ +1.40	+1.0 ~ +1.60
连杆大头轴瓦与曲柄销的 轴向配合	六缸 +0.040 ~ +0.08	八缸 +0.42 ~ +0.79	八缸 +0.80 ~ +1.10	八缸 +0.80 ~ +1.12
	四缸 +0.05 ~ +0.08	六缸 +0.30 ~ +0.60	六缸 +0.60 ~ +0.86	六缸 +0.50 ~ +0.88

注：配合尺寸 (+) 为间隙，(-) 为过盈。

(2) 零部件的修理

1) 气缸及活塞组的修理

气缸磨损、拉毛的修理。气缸分镶有缸套和不镶缸套两种结构。对整体式气缸，当磨损和拉毛损伤严重无法修复时应更换。新系列压缩机多采用缸套结构，气缸内圆表面某处轻微磨损、拉毛时，允许用油石最好采用半圆形油石或金相砂纸加煤油进行手工研磨。研磨时油石不要上下滑动，避免因动作偶然失误划伤新的部位。因为气缸拉毛的修理，对于环形槽比较容易修理，修理后不大会漏气；而对于直槽的修理比较麻烦，往往达不到理想的效果。当拉毛痕迹研磨掉以后，可将标准活塞环装进气缸进行研磨部位的着色检查，直到环与气缸镜面的接触符合要求后才停止研磨，最后用细金相砂纸沾上冷冻机油进行抛光。

对于磨损、拉毛比较严重的气缸，用刮刀刮去大毛刺后，多采用在研磨机上对气缸进行研磨处理，速度快且质量又能得到保证。

当气缸拉毛深度达 0.3mm 时，一般不再进行修理，应更换新缸套。

活塞及活塞环的修理。活塞在正常使用时磨损量很小，但由于缺油或异物进入气缸与活塞之间后，除气缸会拉毛外，活塞表面也会拉毛或损伤。修理时用油石加煤油修

平、磨光。当活塞伤痕深度超过 0.5mm 以上，伤痕面宽度大于活塞周长的 1/4 时，则应更换新活塞，不再进行修理。

活塞顶部第一道环槽内的气环因工作时受力大润滑差，所以第一道环槽也易磨损。当磨损后应根据间隙大小按环槽的宽度、深度加工特殊尺寸的气环进行更换。

活塞环为易损件，拆卸后一般很难按原位置装入气缸，最好更换新环，至少第一道环要更换。当活塞环磨损严重时，径向厚度磨损达 0.5 ~ 1.0mm，在环槽内轴向间隙达到 0.15mm，与气缸密封面漏缝长度超过气缸周长的 30%，环的弹力和锁口间隙超过允许值时，均应更换新环。

2) 气阀组的修理。气阀组阀线即阀片与阀座之间的密封线表面，因受阀片的频繁撞击，会产生较大的接触应力，使阀线表面磨损，产生凹痕甚至小的缺口，密封性能变差。阀片也会因此原因而磨损、翘曲、甚至裂缝，造成严重漏气和高、低压气体的串缸，致使压缩机不能工作。

对于翘曲严重或磨损厚度超过原厚度 1/3 的阀片不再修复，应更换新阀片。轻微的变形可进行研磨修理。研磨时先把 100 ~ 280# 研磨砂加入适量冷冻机油，搅拌成稀糊状涂在研磨平板上，放上阀片用手按住，进行研磨。研磨轨迹不应是直线，也不可在同一圆周上重复运动，最好在作圆周运动的同时，做水平移动或“8”形移动，这样可以避免因平板局部不平或用力不均使阀片磨偏。当阀片大面研磨出来以后，用煤油洗干净平板和阀片，再涂 1200 # 细研磨粉或 W40 ~ W50 精磨粉进行精研和抛光，最后把阀片放在研磨过阀线的阀座上，加少许冷冻机油进行对研，研磨轨迹同样应为圆周运动。最后在阀片上面倒上煤油，进行密封性能检查，若 3 ~ 5min 没有滴漏现象即为合格。密封性能好的阀片，当把阀片表面涂上冷冻机油，放在阀座上与密封线贴合后，用手拿起时明显感到有吸力，不易轻轻拿起。

阀座阀线表面磨损也可用研磨的方法修理。如磨损较为严重，可在平面磨床上进行磨削，装配时也必须与阀片进行对研和密封性能检查。另外在现场修理时，可车削一个与阀座大小基本一样且略大于阀线外径的铸铁研磨棒，加上研磨粉进行对研。这种方法操作简单，也能保证质量。研磨好的阀座检查是否平整时，可用平整的新阀片放在阀座上用手指轻轻点住敲击，阀片应不跳动，如有跳动说明阀座不平，应继续研磨。

气阀弹簧若发现某一个折断或在座孔中弹不起来时，应更换新簧。更换时为保证所有弹簧弹力一致，最好一次全部更换。如果原来的柱形弹簧改用塔形弹簧（又称圆锥形弹簧），外径尺寸与座孔的内径尺寸不符，影响安装和弹起时，可适当将座孔的尺寸扩大，使弹簧能装进和取出为度。注意：只能适度不能过大，否则，弹簧在孔中不好定位，甚至因扭斜受力不均而折断。

3) 主轴承及连杆轴瓦的修理

主轴承的修理。压缩机主轴承一般采用滑动轴承，有厚壁和薄壁轴瓦之分。轴承表面的合金，除压缩机正常工作时自然磨损成椭圆形状外，大量的损坏多是由于装配不当、间隙过小或油孔堵塞，在承压面上形成不了油膜；或润滑油量不足而造成干摩擦，使轴瓦合金烧化，包死在曲轴上造成抱轴事故。目前新系列压缩机在修理主轴承时，已不采用传统的“手工烙瓦”、“模型浇注”等方法，损伤严重时就直接更换新的主轴承，以节

维修时间，尽快恢复压缩机的正常运行。

连杆大头轴瓦的修理。连杆大头轴瓦，在新系列压缩机中都采用薄壁瓦，一般不允许刮削，轻微的伤痕可用刮刀作适当的刮削，损伤严重的应更换新瓦。更换时应刮去新瓦油孔周围的毛刺和飞边，不要伤及油槽，更不能将油槽刮通。两个半瓦装进连杆大头后，如发现松紧不合适，应重新挑选装合适为止。配合面可不必要求点子的多少，但应接触均匀、贴合严密。

4) 轴封的修理。轴封是开启式压缩机上十分重要的部件，轴封泄漏又是压缩机常见故障，轴封好坏直接影响压缩机的运行。常用轴封有弹簧式和波纹管式二种，虽然结构不太一样，但在修理上有共同之处。具体修理方法如下。

弹簧式轴封的修理

a. 弹簧的更换。轴封的弹簧在轴封部件中起很重要的作用，弹力的大小直接影响密封的好坏，有“三区、六面、一摆串、弹力是关键”的说法，这里指的弹力即轴封中弹簧的弹力。

弹簧弹力过大或不足，以及弹簧疲劳变形时都应更换。在现场对弹簧的弹力试验，是将轴封部件装入密封部位，在没装定环时松开双手，轴封组件应能在弹簧力的作用下缓慢弹出为合格，不弹或快速弹出都应进行更换新簧。

b. 摩擦环的修理。摩擦环包括动环、静环，表面出现拉毛伤痕时，可将摩擦环放在压砂平板上进行研磨。动环采用石墨环时也可研磨，研磨的方法和要求同阀片、阀座的研磨方法一样。当两环经过精研和对研之后，环面伤痕必须完全消失，表面粗糙度达到要求，必要时可用放大镜进行检查。最后用汽油清洗干净，涂上冷冻机油，两环表面贴合在一起，用手分开感到用力时可认为合格。如果达不到要求，研磨又无法解决时应更换新环。

压砂平板是钳工进行研磨的专用设备，一般用 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 的三种规格金刚砂，以强力压入三个互相对研的且精度达到一级的铸铁平板上。这些为数极多的且有坚硬、锋利切削刃的微粒金刚砂，被迫压入平板后，形成一块具有无数切削刃具又达到一级平面度的压砂平板。轴封摩擦环放在上面研磨时受到金刚砂粒切削，使其平面度、表面粗糙度很快达到要求。

如果没有压砂平板，可用厚玻璃板代替，涂上研磨粉进行研磨。但玻璃板表面平整度差，研磨时速度慢，质量难保证，所以仅是现场修理的一种应急办法。

c. 密封橡胶圈的更换。由于密封橡胶圈的老化、变形、表面起泡、失去弹性，使密封性能变差，失去密封作用，无法进行恢复时，只能更换新圈。

波纹管式轴封的修理。这种轴封的损坏大多是由于波纹管的胀裂、焊缝开裂、摩擦环磨损、拉毛等。对于磨损和伤痕可在研磨平板上进行研磨，与阀片、阀板的研磨方法及要求一样。

波纹管用纯铜皮压制而成，与摩擦环用锡焊在一起。进行焊接时要用专用工具定位以保证两端面的平行度和与轴线的垂直度。出现焊缝开裂可用电烙铁进行补焊。目前这种轴封除在小型老系列压缩机上使用外，一般压缩机都不再使用这种轴封。

5) 卸载机构的修理。在卸载机构中，顶开吸气阀片的顶杆以及与顶杆配合的转动环上的斜槽容易磨损，而且磨损程序与压缩机工作时卸载、加载的频繁程度有直接关系。当

顶杆磨损超过规定长度后，将顶不开吸气阀片。阀座经过多次研磨后，顶杆又会相对地变长，卸载时造成顶杆本身弯曲或将阀片顶变形。出现这一情况后，应测量顶杆长度，用锉刀或在砂轮机上将顶杆修到规定尺寸，如 170 系列压缩机顶杆伸出长度为 $1.5 \pm 0.1\text{mm}$ ，如果顶杆过短应更换。

转动环上个别斜槽磨损造成表面不平时，可用锉刀修平，然后与顶杆配合进行尺寸检查，调换不合格的顶杆。

4. 组装

制冷压缩机的零件经过拆卸、检查和修理之后，就要重新组装。组装的程序是先将零件组装成部件，然后将各部件进行总装。下面分别介绍组装时应注意的问题。

(1) 部件组装组装的部件都必须先清洗干净。凡经修理过的零件都应经过检查才能组装。

1) 活塞连杆部件

连杆小头与衬套的装配，应按技术要求进行。注意油槽方向的组装，不能搞错。衬套压入连杆小头时要注意检查衬套内孔，合乎技术要求后再用活塞销检验其灵活性。

活塞销不能过长，要使弹簧挡圈能放入活塞销座孔的槽中。

装活塞销时，首先查对连杆与活塞的号码，防止搞错。装时要先将活塞放在 80 以上的热水中加热，然后将活塞销装进孔内。装时尽量不用锤子敲击。

2) 油泵部件

装衬套时应注意油槽在外，如果装在里面则不进油，会使衬套烧坏。

内、外齿轮间隙要合适，装好后能灵活转动。

偏心块要转动灵活。

主动齿轮和被动齿轮平面内要密贴，它们之间的间隙为 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 。

3) 进、排气阀组部件

排气阀座上阀盖要求没有毛刺，与外阀座固定装牢。

装配前要把阀座的密封线擦干净，阀片要装平，否则会漏气。

排气阀座汽阀螺栓要拧紧。螺栓的底面不能高出内阀座下平面，以免撞击活塞。

气阀螺栓的螺母要拧紧，如果装松了，就容易掉入汽缸内造成事故。如果用冕形螺母，则应先对准螺栓孔，然后装入开口销。倘若两孔对不正时，应用锉刀修螺母的端面或在螺母下垫垫片，拧紧后再装入开口销，而不能将螺母旋松去对孔。

内阀座与外阀座组装时，要防止将排气阀片放偏，以免压坏，装好后用煤油试漏。

⑥ 气阀弹簧要装正，不能偏斜，不然容易卡死或不灵活。装前气阀弹簧应挑选长短一致，用手旋转装入弹簧座孔内。

4) 三通阀部件

装时要注意准确定位，手柄箭头所指的位置要与标牌上各位置相符。

标牌铆钉应装平，否则转动不灵。

5) 油分配阀部件

阀芯装好后，安装手柄时要按所指示位置进行试通。试通时，可用手指按住接头

螺钉的孔，从进油口吹气，从“0”位到“1”位逐个检查。无错误后再拧紧标牌（按事先做的记号对准组装，可以避免返工）

装油管连接螺母时，先将油管和垫圈对好，然后用手将螺母拧进两三口，再用扳手拧紧，防止螺纹错扣。

(2) 总装将各个组装好的部件，逐件装入机体，如曲轴、活塞连杆、卸载装置、油管路、密封器等。在进行总装时，除要求各部件的相对位置、前后关系正确无误外，还要检查有无碰伤，如有碰伤要及时进行修理。各个部件都应用煤油或汽油清洗干净，特别是油孔、螺纹孔要仔细清洗。在装配过程中，凡有相互运动的零件，其表面都应涂冷冻油，既防锈蚀，也易于装配。凡是拧紧螺栓螺母时，都应注意用力均匀。机体的顶面、主轴承座孔、侧孔等各个结合部位，都要加耐油石棉橡胶垫片，以保证密封性。有严格尺寸要求的结合面，如与气缸盖连接的顶面、与气缸套结合的平面、与前后主轴承座结合的两主轴承孔端面等，其垫片厚度都应按照制造厂的要求严格选用，不允许任意改变。

总装的程序及注意事项如下：

1) 前轴承座。装前检查垫片有无破损，如已损坏，须按原来规格重做。垫片上的孔要合适。安放时要在垫片上涂黄油，使其贴牢，再拆时也不易损坏。

2) 曲轴。在装前要将前后主轴颈、曲柄销部位用金相砂纸打光，并清洗干净。油孔必须冲洗干净，并灌些冷冻油。安装时从后轴承座孔装入机体内，搬运时应注意，不能碰撞。

3) 后轴承座。检查方法同前轴承座。装配时要对准螺栓，应稍许抬高，不致碰坏螺栓，再用撬棒承托送入。螺母应对称地拧紧，装好后应拨动曲轴检查，看是否灵活。注意曲柄销的轴向间隙，如不符合技术要求，可以用石棉垫片的厚度进行调整。

4) 油泵。油泵的轴要对准曲轴后端的传动件长孔，泵体螺栓孔侧的油路通孔要与后轴承座上的通孔相对，同时检查石棉垫片是否完好。石棉垫片上的孔与油路孔对准，并清除毛边，以免堵塞油路。油泵装上后，应转动灵活。

5) 三通阀。先将油过滤器装入机体曲轴箱，装油过滤器时注意过滤器边的石棉垫片与机体孔边贴牢，以防漏油，然后再将六孔盖装入。孔盖与过滤器端面石棉垫片要完整，注意不要漏装六孔盖上的石棉垫片，以免出现油泵不上油及漏油现象。然后安装三通阀，拧紧螺栓。连接油管要冲洗干净，两端配好纸垫，并分别与油泵进油孔和三通阀出油孔连接，拧紧螺母。

6) 滤油器。装前检查石棉垫片是否完好，进油孔是否堵塞，然后对准油泵出油孔装上，再拧紧螺母。

7) 卸载装置。按拆卸时的编号对号安装，不要搞错。装好油缸外圈石棉垫，再将油缸和拉杆装入孔内。然后装上弹簧和油活塞，再装上卸载装置的法兰，均匀上紧螺钉。装好法兰后用一字旋具（螺丝刀）插入法兰中心的通孔，推动油活塞，检查卸载装置是否灵活。

8) 气缸套。装前检查转动圈和顶杆，转动圈有左、右之分，不能装错，顶杆的高度要相同。安装时要对号，用吊栓平直地插入机体的缸套孔。注意定位销与定位槽的位置，垫圈要先装进缸套孔的密封面上，转动圈槽要对准拉杆凸圆，然后稳稳插入座孔。装好后

再次用螺丝刀插入卸载装置法兰中心通孔，用力推动，气缸套转动圈与顶杆的动作应灵活可靠。

9) 活塞连杆组。曲轴拨到上止点位置，把导套放在气缸套上。将与缸套对号的活塞连杆组用吊栓吊起，注意活塞环各环锁口错开 120° ，在气缸壁与活塞上涂冷冻油，然后，将活塞经导套装入气缸套内，连杆大头装到曲柄销上，调整到大头轴瓦与曲柄销紧贴后，即将大头下瓦装上，随即将连杆螺钉（或连杆螺栓）拧紧，穿入防松铁丝或开口销、锁片扎牢。

在装配另一活塞连杆组时，需拨动曲轴到对应位置。为了避免刚装的活塞连杆把气缸套顶起，拨动曲轴时要压住气缸套。安装最后一个活塞连杆组时，可能会出现连杆大头放不下，可将其它三个大头瓦拨向一边即可。

10) 排气阀座与安全弹簧。先将吸气阀片放在气缸套的吸气阀座上，然后把装好的排气阀座平放在缸套端面的密封面上，放上后将排汽阀座转动一下，看有无卡住的现象。注意放阀座时防止吸气阀片滑出，导致压坏。最后放上安全弹簧。安全弹簧与排气阀座应垂直。

11) 气缸盖。检查石棉垫片有无损坏，安全弹簧座孔要与安全弹簧对准，发现没有对正时可用螺丝刀拨正。同时要注意气缸盖的冷却水管进出方向，避免冷却水短路。

气缸盖装上后，先均匀地拧上两根长螺栓的螺母，拧紧后检查卸载装置是否灵活，再均匀地上紧螺母。

这些零部件装配后，拨动曲轴，如发现轻重不匀和有碰击的现象，或转动太紧，说明余隙不合，系活塞顶碰击内阀座的缘故，应将气缸套取出，适当增加垫片，调整余隙。

12) 密封器。先在轴封盖处把耐油橡胶圈及固定环装好。装固定环时要对准定位孔，密封面要平正，然后将弹簧座、弹簧、垫圈、耐油橡胶圈及活动环等水平套入曲轴，再将轴封盖慢慢推进，使固定环与活动环的密封面对正，然后均匀地拧紧螺栓。轴封套的垫片要完好。

13) 联轴器。在轴上稍涂点润滑油，并将半圆键装入键槽。半圆键两侧面必须与键槽贴合。套上联轴器时注意不能上偏，半圆键顶要与联轴器槽间略有些间隙。电动机的联轴器与机体的联轴器之间要保留 $2\sim 4\text{mm}$ 的间隙，同时径向也要用直尺找正。

14) 其它。如油压调节阀、放空阀、安全阀、 $Dg100$ 阀、油管、控制台、地脚螺栓等都按原来位置装好，注意垫圈应完整，油管连接螺母内的垫圈应安放正确，垫圈的中孔不能小于油管孔。

机器装配完毕后，拧开侧盖的油盖，向曲轴箱内加注 N46 号冷冻油，接通机器水路，准备试车。

三、活塞式制冷机常见故障分析与检修

制冷压缩机在长期运行中，经常会出现一些故障，操作人员在发现故障停车时，切不可用开机的方法找原因，以免使机器发生大的事故。故障检修的内容，应根据具体情况而定，以把故障彻底排除为目的。活塞式氨制冷压缩机常见故障及排除方法见表 5-3。

活塞式氟利昂制冷压缩机的常见故障和排除方法与氨活塞式压缩机基本上相似以外，还有特殊故障见表 5-4。

表 5-3 活塞式氨制冷压缩机运转中的常见故障与排除方法

序号	故障情况	发生原因	排除方法
一	压缩机不能正常启动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电机（包括启动器）及线路失灵，或电网电压太低 2. 排气阀片泄漏，造成抽箱压力过高 3. 曲轴箱中有氨液 4. 能量调节机构失灵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电机及线路 2. 修理漏气的阀门，研磨阀门密封面 3. 抽空曲轴箱，使氨液蒸发 4. 见序号九
二	压缩机已启动，但当吸气阀打开后，机器容易停车	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由于排气阀片泄漏，造成吸气管路压力过高 2. 蒸发器热负荷太大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修排气阀 2. 控制库内进货量，吸气阀开小些，降低吸气压力
三	没有油压或运转中油压降低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵进油通道连接处漏气或管路堵塞 2. 油压调节阀开启太大 3. 曲轴箱中有氨液，使油变稠，造成油泵不进油 4. 曲轴箱中油太少 5. 油泵齿轮、壳盖等严重磨损 6. 连杆轴瓦和主轴颈，连杆小头衬套和活塞销严重磨损 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 紧固各连接处螺母，调换结合面上的垫片，油泵中灌满油，清洗进油管道及滤网 2. 调整到适合的油压 3. 按第一条第三项方法处理 4. 加油至正常油面 5. 修理或更换磨损严重的零件 6. 同上
四	油压过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油压调节阀开启太小 2. 油路系统局部阻塞 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整至合适油压 2. 检查油路，疏通阻塞
五	曲轴箱中抽起泡沫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油中混有大量氨液，降压时由氨液蒸发产生泡沫 2. 曲轴箱中油太多，由于连杆大头撞击油面引起泡沫 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 抽空曲轴箱 2. 减少油量至规定油面
六	油压不稳定，忽高忽低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵吸入有泡沫的油（油起泡沫的原因见第五条） 2. 油路不畅通 3. 管路漏油 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消除形成油起泡沫的原因 2. 拆检疏通油路 3. 检查修理漏油处
七	压缩机耗油量过多	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运动部件严重磨损，各部间隙过大 2. 活塞环间隙大或锁口装配在一条线上 3. 活塞环装反或弹性弱 4. 排气温度过高，使润滑油被气流大量带走 5. 曲轴箱油面过高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换运动部件 2. 检查活塞环，重新装配活塞环到规定要求 3. 重装，校正弹性或更换 4. 查明排气温度过高的原因，并消除之；正确操作 5. 保持正常油面

(续)

序号	故障情况	发生原因	排除方法
八	曲轴箱压力升高	<ol style="list-style-type: none">1. 活塞环密封不严, 造成气缸内高、低压气体窜通2. 排气阀关闭不严3. 缸套与机座不密封4. 曲轴箱进入氨液, 因外界温度影响而压力上升	<ol style="list-style-type: none">1. 检查修理2. 拆开检查阀片如有破碎或翘曲, 更换之; 研磨阀片与阀座封面至规定要求3. 更换填料圈4. 抽空曲轴箱
九	能量调节机构失灵	<ol style="list-style-type: none">1. 油压过低2. 油管堵塞3. 油活塞卡住4. 拉杆与转动环装配不正确, 转动环卡住	<ol style="list-style-type: none">1. 增大油压2. 清洗油管, 如油太脏, 需更换3. 清洗脏物, 修理磨损, 合理安装4. 检查装配情况, 修理至转动环能灵活转动
十	压力表指针剧烈跳动	系统内有空气	放掉空气
十一	吸入氨气过热	<ol style="list-style-type: none">1. 蒸发器中氨液太少2. 吸气管道隔热层损坏3. 吸、排气阀泄漏	<ol style="list-style-type: none">1. 加氨或调节供液阀2. 修理隔热层3. 研磨密封面或更换阀片
十二	排气温度过高	<ol style="list-style-type: none">1. 冷凝压力太高2. 吸气压力太低3. 排气阀泄漏或损坏4. 吸气过热5. 余隙太大6. 安全盖密封不严, 高低压窜汽	<ol style="list-style-type: none">1. 加大冷却水量, 降低水温, 放掉空气2. 开大膨胀阀, 向系统充氨等3. 研磨密封面或更换损坏零件4. 按第十一项所示办法解决5. 调整余隙至规定要求6. 研磨安全盖密封面
十三	压缩机吸气压力比正常蒸发压力低	<ol style="list-style-type: none">1. 吸气管道中的阀门未全开2. 压缩机吸气过滤器太脏或堵塞3. 吸气管道太脏4. 几台机器共用一根进气管	<ol style="list-style-type: none">1. 开足吸气管道中的全部阀门2. 清洗吸气过滤器3. 清洗吸气管道或水吹污4. 改进管道设计
十四	压缩机排气压力比正常冷凝压力高	<ol style="list-style-type: none">1. 排气管道中的阀门未全开2. 排气管道局部堵塞3. 排气管道设计不良	<ol style="list-style-type: none">1. 开足排气管道中的有关阀门2. 清洗排气管道或吹污3. 改进管道设计

(续)

序号	故障情况	发生原因	排除方法
十五	汽缸中有敲击声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 余隙过小 2. 活塞销与连杆小头轴承的间隙过大或缺油 3. 吸、排汽阀固定螺栓松动或有杂质 4. 活塞与汽缸间隙过大 5. 安全弹簧变形或弹力不足 6. 润滑油供油太多或不干净 7. 活塞环磨损或折断 8. 连杆弯曲 9. 汽缸与曲柄连杆机构中心线不正 10. 液体冲入汽缸产生液击 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按规定重新调整 2. 更换衬套或增大油压 3. 紧固螺栓或清洗 4. 修理 5. 修理或更换 6. 清洗、换油或调整油压 7. 停机检修 8. 校正修理 9. 检查修理 10. 正确操作调整
十六	曲轴箱中有敲击声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 连杆大头的间隙过大 2. 主轴间隙过大 3. 连杆螺栓松动或开口销折断 4. 飞轮与键或曲轴结合松弛, 联轴器中心不正 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整或更换新瓦 2. 调整或更换 3. 紧固螺栓或更换开口销 4. 修理曲轴键槽, 牢固安装飞轮, 校正联轴器
十七	回霜或敲缸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 汽缸吸入较多氨液, 未能及时排出 2. 汽缸壁润滑油太多 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确操作, 避免机器湿行程运转 2. 调小油压至规定要求
十八	汽缸壁温度过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵发生故障或油路堵塞 2. 活塞与汽缸壁间隙太小或活塞走偏 3. 安全盖密封不严, 高低压窜气 4. 操作不当或隔热层损坏严重, 造成吸气温度过高 5. 润滑油质量不好, 粘度太低 6. 冷却水量不足, 水垢过多或水温过高 7. 进、排气阀门、活塞环严重磨损, 造成泄漏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停车检修 2. 检查修理 3. 修理排除 4. 正确操作或更换隔热层 5. 更换新油 6. 开足冷却水, 清除水垢或降低水温 7. 检修或更换
十九	汽缸拉毛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活塞与汽缸装配间隙太小, 活塞环装配间隙及锁口尺寸不正确 2. 汽缸或汽缸套温度变化过大, 使汽缸与活塞的间隙变小, 破坏油膜造成干摩擦 3. 汽缸内进入污物, 如铁屑、砂子、焊渣等 4. 润滑油不合格或不干净 5. 排气温度过高, 油变稀, 粘度下降, 润滑能力减弱, 油膜承压能力下降 6. 连杆中心线与曲轴颈中心线不垂直, 使活塞走偏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 要求的间隙重新装配 2. 正确操作, 防止湿行程 3. 及时检查清除 4. 选用合格的清洁冷冻油 5. 操作中注意避免排气温度过高 6. 校正检修至规定要求

(续)

序号	故障情况	发生原因	排除方法
二十	阀片漏气或碎裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机器湿行程, 温度变化剧烈, 使阀片破裂; 机器敲缸使阀片震碎 2. 阀片装歪 3. 阀片不平直 4. 阀片密封面光洁不够或密封面处有硬质物 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确操作, 避免机器湿行程 2. 检查校正 3. 采用平直度好的阀片 4. 应研磨光洁, 在放大镜下不出现纹路为合格, 清除脏物
二十一	密封器漏油严重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装配不良 2. 活动环与固定环摩擦面咬毛 3. 橡胶密封圈老化 4. 石棉垫圈损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确装配 2. 检查后重新研磨密封面 3. 更换橡胶圈 4. 更换石棉垫圈
二十二	密封器温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 润滑油不足 2. 润滑油不清洁 3. 活动环与固定环摩擦面压得过紧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查油泵与油管是否漏油或堵塞, 消除之 2. 清洗滤油器, 更换润滑油 3. 调整密封器弹簧强度
二十三	轴承温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主轴承的径向间隙和轴向间隙过小 2. 轴承偏斜或曲轴翘曲 3. 润滑不充分或断油 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整间隙 2. 检查主轴承的同心度和曲轴轴承颈平行度, 校正之 3. 检查油泵磨损程度, 供油管路是否阻塞, 油槽是否接通周边, 以及润滑油质量是否符合要求
二十四	连杆大头轴瓦熔化, 与曲柄销抱合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 润滑油中杂质过多, 引起断油或严重缺油 2. 油泵失灵 3. 连杆轴瓦与曲柄销之间间隙太小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换油, 清洗油过滤器和油路 2. 拆开检修至规定要求 3. 更换新瓦

表 5-4 活塞式氟利昂制冷压缩机常见故障及排除

故障情况	主要原因	排除方法
压缩机在运转中突然停机或停开频繁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油分离器自动回油阀泄漏高压气体, 使吸气压力升高, 油温上升, 油压下降 2. 热力膨胀阀冰堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拆检修复 2. 除去系统中水分, 更换干燥器
气缸中有异响	<ol style="list-style-type: none"> 1. 曲轴曲拐或连杆大头因油面太高拨油所产生的油液击声 2. 油击 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 短时间不必停机, 如长达几分钟要停机检查 2. 检修活塞、活塞环等装配间隙, 检查油面高低、油中制冷剂含量、蒸发器积油等
压缩机启动不起来	曲轴箱中油内溶解大量氟利昂, 使油压建立不起来	抽空油中制冷剂或加热提高油温
压缩机耗油量过多	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸气腔回油孔大小或堵塞 2. 油分离器回油不正常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加大回油孔或通孔道 2. 查明原因消除之

(续)

故障情况	主要原因	排除方法
能量调节机构失灵	油内溶解大量制冷剂,使油压建立不起来,或在油缸中蒸发推动不了油活塞	抽空油中制冷剂或提高油温

四、螺杆式制冷机的拆卸与组装

1. 螺杆式制冷机的拆卸

(1) 拆卸中的注意事项

1) 压缩机正常停机后,关闭排出阀,开启机器与吸入管之间的平衡阀,使油分离器内的高压气体进入低压系统,当油分离器和低压系统压力相平衡时,关闭机器的吸入阀,在吸入阀内的加氨阀上接橡皮管,通到室外的水桶内,把机器和油分离器剩下的余氨放掉。然后切断电源。若排出阀内漏,应把阀修好后再修机器。

2) 压缩机的拆卸应有步骤的进行,一般由外到里,由部件到零件,对拆下的零件要有次序地放好,防止碰伤。

3) 在拆卸过程中,用力不应过大,对难以拆卸的零件,查明原因后再拆,以防损坏零件。

4) 对拆下的零件,应做好装配记号,标明方位,以免装配时装错。

(2) 螺杆式制冷拆卸实例(LG20C)

1) 润滑系统的拆卸

将各部位的连接油管和控制台拆下。

再拆卸粗、精过滤器。

拆下转子油泵的连接管,拆下油泵的地脚螺钉,取下油泵。注意联轴器的方形胶木块不要损坏。

2) 拆卸螺杆式制冷机步骤

拆联轴器,应将压缩机和电动机的半联轴器做好记号。把压板和传动部分松开。

将吸、排气口的联接螺栓拆下,并拆出吸气过滤器。

拆卸机器的底脚螺钉。(注意每个支脚和公共底盘做两道记号,以防装配时找同心度难)。用三角架倒链或者小行车,把螺杆吊起放到检修台上。

拆下吸气止回阀和排出端的联接器。

拆下能量指示器罩,取出能量指示器组件。

⑥ 拆下吸气端座盖,取出滑阀的油活塞。

⑦ 拆下内六角螺钉,平行移出吸气端座。注意定位销钉不应损坏,并把平衡活塞和油缸取出。

⑧ 拆下轴封。

⑨ 拆下排气端盖和轴封护圈,然后抽出轴封组件,注意定位销不要损坏。

⑩ 拆下排气端座螺钉,将机体水平方向用两只吊环拉出。然后可拆下滑阀。

⑪ 使两转子处于垂直状态,下边放上垫木和螺旋螺钉顶好。即可拆出止推轴承,然后把转子再放到平台上,抽出主、被动转子,排气端座上的主轴承即可拆下来。

3 油泵的拆卸

拆下联轴器，以及机械轴封组件。（其中包括动环、定环、橡胶密封圈、弹簧等）

拆下泵体端盖，压紧螺母，然后拆下轴承座（包括滚动轴承）。

拆下内外转子、偏心筒及油道垫板，最后取出轴承（滚球轴承）。

拆卸粗、精油过滤器，拆下过滤器盖后即可取出，并取出永久性磁铁。

2. 零件的检测与修理

压缩机的检查测量工作，应与零件的拆卸过程结合进行。尤其是各动配合零部件之间的配合间隙，经过运转出现磨损情况（系指正常磨损或非正常磨损），必须随拆随测量，对发现的问题，找出原因，用修理或更换机件的方法恢复正常的配合间隙。其主要配合间隙见表 5-5。

表 5-5 螺杆式制冷压缩机装配间隙表（mm）

序号	配合部件	间隙或过盈		
		LG16C	LG20C	备注
1	转子排气端面与排气端座间隙	0.08 ~ 0.10	0.10 ~ 0.12	—
2	转子吸气端面与吸气端座间隙	0.30 ~ 0.45	0.30 ~ 0.40	—
3	机体孔与转子径向间隙	0.18 ~ 0.24	0.20 ~ 0.25	—
4	滑阀与机体径向间隙	0.05 ~ 0.06	0.04 ~ 0.08	装配时选 0.04 ~ 0.06
5	滚动轴承内圈与轴颈间隙	0.06 ~ 0.08	0.06 ~ 0.10	装配时控制在 0.08 ~ 0.115
6	主轴承外径与机座孔间隙	—	—	装配时选配 -0.026 ~ -0.005
7	轴承护圈与单列向心轴承外圈端面间隙	0.01 ~ 0.02	0.005 ~ 0.01	—
8	滑阀导块宽部间隙	—	0 ~ 0.044	—

(1) 机体和滑阀的检查与修理

1) 检查缸体内径

用内径量表检查缸体内径的磨损，压缩机排气端和滑阀一起测量。

检查缸体内径和滑阀表面有无拉痕。

用塞尺测量阴阳转子与缸体内径之间的间隙（阴阳转子未吊出缸体前进行）。

2) 油缸体与滑阀的修理

油缸体。若油缸体内表面有很小的磨损点或者内有污物引起较轻的拉毛痕迹时，用油石或油光半圆锉，沿圆周方向打磨。同时也要找到阴阳转子摩擦处进行打磨。若油缸体内面磨损超过 0.6mm，而且有严重拉毛时，应换新缸体。

滑阀。表面有轻微拉毛和轻微局部磨损时，用半圆形油石或细砂纸（240 ~ 280[#]）打光。若严重拉毛或磨损应换新滑阀。

另外滑阀下部的滑道处有拉毛现象也应用细砂纸打磨，以免影响正常上载和卸载。

(2) 阴转子与阳转子的检查与修理

1) 对阴、阳转子的检查

用外径千分尺测量转子的外径尺寸和轴径尺寸，检查转子和轴径表面的磨损情况。

检查转子端面轴向间隙。吸气端面在气缸体未拆之前用深度千分尺或油标卡尺测量，排气端将拆下缸体后用塞尺测量转子端面与端座之间的间隙。

检查转子端面与吸、排气端座的端面之间有无磨损或拉痕。

2) 阴、阳转子的修理对阴、阳转子的啮合面接触不均匀或者有硬点、拉毛等现象，可用油石或油光锉打磨，并用细砂纸磨光。若转子与缸体下部和滑阀面上有摩擦处，应检查主轴承磨损情况，再确定转子和缸体内面的修理方法。否则间隙过大，泄漏量大，制冷量减少，耗电量增加。

轴径表面与轴封处表面不允许有锈斑、严重拉毛等缺陷，轻微拉毛可用 240~280 # 细砂纸打光，测量其磨损情况，以便确定滑动轴承的配合间隙。

(3) 主轴承的检测与修理

1) 主轴承的检测。主轴承拆下端座后，可用内径量表测量内径，若磨损量不大可以不拆。

2) 主轴承的修理

主轴承有轻微拉毛，但磨损量在规定的范围内，可用三角刮刀轻轻刮去拉毛和细微砂粒。

若主轴承超过磨损的范围，配合间隙过大，使转子下部与缸体产生摩擦时必须换新轴承。对换的新轴承应在下边用三角刮刀刮削，使配合符合表中的间隙要求，套到轴径上转动灵活且接触面均匀为宜。

在装配到端座上时，其供油的方向和位置不能装错。

(4) 推力轴承的检查

1) 检查推力轴承的跑道和滚珠或滚柱的光面粗糙度及磨损情况，若发现表面发暗、轴承卡子松弛及轴承间隙超过极限尺寸时，应换新轴承。

2) 重新装配或者更换新轴承时应注意的问题：

若轴承套到轴上紧固件压紧后转不动，应找出原因处理后重装；否则损伤轴承。

更换新轴承时，应测量新旧轴承的内外圈高度差，根据测量结果，调整排出端座端面与阴阳转子端面之间的间隙。这是很重要的一个环节，若调不好，其间隙过大，端面严重漏气；间隙过小，端面磨损加快。

(5) 轴封的检查与修理

1) 检查轴封。检查轴封的动环和定环的摩擦面是否有磨损和拉毛，同时检查橡胶密封圈是否老化以及撑环或小弹簧弹力不足等。

2) 轴封件的修理。动环和定环的修理，主要是用研磨砂研磨，其研磨方法和要求与活塞式相同。橡皮环老化应换新件，弹簧弹力不足可用新旧弹簧在玻璃板上对比自由高度的方法确定是否需要换件。

(6) 油活塞的检查检查油活塞的橡胶密封圈是否符合要求，若已老化，应换新件。

用内径量表检查油缸内径的磨损，若超过极限值应换新件。

(7) 平衡活塞和平衡油缸套的检查平衡活塞的检查测量可用外径千分尺测量。平衡油缸的磨损可用内径量表测量，若两者的磨损量超过极限值时应换新件。但是，只要不缺油润滑，一般磨损量是很小的。

(8) 润滑系统的检查与修理

1) 油泵的检查与修理。转子油泵的径向间隙在 0.03mm 左右，端面间隙在 0.04~0.06mm 之间。

内、外转子的修理可用涂色法找到硬触点，用细砂纸打磨。端面有拉毛现象，可用研磨方法修理。泵盖和档油板拉毛也可用以上方法处理。

2) 滚珠轴承磨损如超过限度应换新件。

3) 油过滤器的清洗与检查。若粗过滤网破损应换新网，细过滤器的梳片损坏可以剔除掉。

4) 四通阀的检修。四通阀一般不会损伤，若阀杆的橡胶密封圈老化或磨损，应换新件，清洗后应按泵方位装好。

(9) 止回阀的检修。装在机组上的吸、排气止回阀，应定期检查阀的填料密封圈、弹簧、螺钉等，对已损坏或老化的密封圈应换新件。

(10) 检查能量指示器组件。若弹簧弹力不够可换新弹簧；若表针传感器有毛刺可用细砂纸打磨。

3. 螺杆式压缩机的密封

压缩机机体平面的密封可采用厌氧胶。拆下部件后，应将表面的厌氧胶刮干净，再用汽油清洗干净。

装配时，将机器的密封面呈水平状放置，表面擦干净，不能有油污，表面干燥后，在密封面上涂上一层很薄的厌氧胶，装配后应等几分钟，待厌氧胶干燥后才能将机器翻身；否则，未凝固的厌氧胶流到机器的运转部位，影响运转。

有的厂用黄油和青壳纸密封也不错，也可用这种方法，装配时就简单了。

4. 螺杆机的装配与调整

螺杆机的零部件通过检查测量、修理和清洗后，就可进行装配工作。其步骤如下：

(1) 在地坪垫上方木，将螺杆机垂直装配

1) 将各主轴承按编号装入吸排气端座内，再将吸气端座的两个主轴承装上档圈，在压入主轴承后查看是否变形，并测量主轴承内径尺寸，使其与转子轴颈配合的间隙符合表

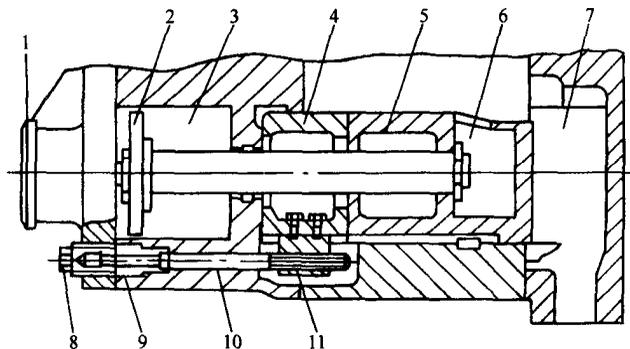


图 5-4 滑阀组件

- 1—能量指示装置 2—油活塞 3—油缸 4—固定端（或调滑阀）
5—滑阀 6—排气口 7—排气腔内容积比调节组件 8—密封帽
9—锁紧螺母 10—调节丝杆 11—导向块

5-5 的要求。

2) 将吸气端座放在方木上,用水平仪找平。其平面涂上厌氧胶,吊起机体(气缸体)呈垂直状,装在吸气端座上,插入定位销,拧紧螺钉。

3) 装上滑阀组件,滑阀导向块(导键)应按原方向装配,方向不能调换,如图 5-4 所示。

将机体(缸体)内和待装的转子表面涂上润滑油,用吊环将阴转子吊起垂直装入机体,然后用吊环吊起阳转子,慢慢旋入机体,在装配阴阳转子时应按装配记号进行,以防阴阳转子的啮合部位变化而影响啮合面。

4) 当转子的下端与吸汽端座靠紧时,可用深度千分尺或者游标深度尺测量转子端面与机体端面(缸体端面)之间的间隙。这一间隙为吸、排气端面之间的间隙之和,并在排气端放上纸垫。

5) 用两只吊环水平的吊起排气端座,然后通过转子轴端放入机体上。在放置时,主轴瓦要对准阴阳转子的轴颈。若有误差,放不下去应查明原因,加以修理再轻轻地装入,使其排气端座落到缸体上表面。

6) 放入调整垫块,将推力轴承装入排气端转子轴颈上。在转子轴上旋上锁紧螺母。

7) 用两个吊环吊起排气端和两转子适当高度,在地上用两个螺钉顶住阴阳转子轴的下端,在排气端座下面和缸体上面之间垫上垫块。用塞尺测量转子端面与排气端座之间的间隙。若其间隙过大,可减薄调整垫片,即把转子轴上的旋紧螺母和推力轴承压板螺钉松开,上旋地上支撑转子的螺钉,当间隙达到表 5-5 所规定的要求时,再把转子轴上的旋紧螺母锁紧,压板螺钉拧紧。螺杆机的这一间隙非常重要,因为间隙若过大,端面漏气严重,输气量减少,制冷量减少;若间隙过小,端面磨损,使机器损坏。所以在调整时要耐心细致,决不能马虎从事。装配适当后,把排气端面及纸垫上涂上厌氧胶,将转子和排气端座慢慢落到缸体上,对准定位销。

转子吸气端面间隙,应测量的排气端面与缸体端面间隙,减去转子端面与排气端座之间的间隙即可。

8) 排气端座上平面上放上纸垫,涂上黄油,放上排气端盖,对准销子、拧紧螺钉即可。

9) 装轴封:装上轴封弹簧座、弹簧、推环、橡胶密封圈、动环座、动环和静环等零件,最后将轴封盖的螺钉紧固。在装配以上零件时应涂润滑油,如图 5-5 所示。

(2) 压缩机水平放置后的装配

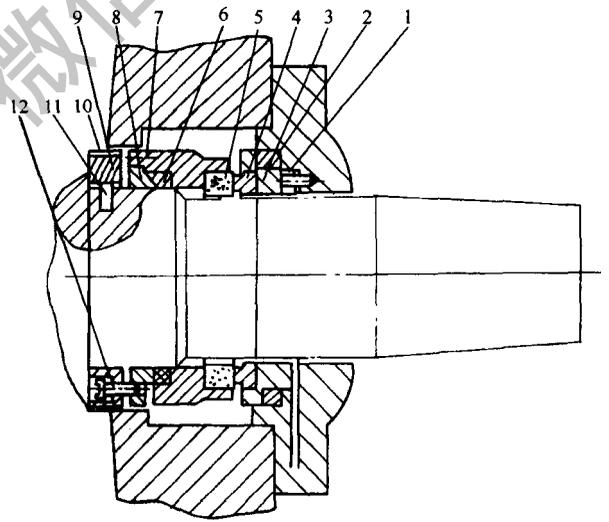


图 5-5 轴封

- 1—静环座 2—静环密封圈 3—静环 4—动环 5—动环座
6—V形密封圈 7—动环传动销 8—推环 9—弹簧
10—弹簧座 11—圆柱销 12—传动螺钉

1) 装上平衡油缸套和平衡活塞，以及油缸套和油活塞（包括密封圈和压板）。

2) 将吸气端座平面上放纸垫，涂油后装上吸气端盖，对好定位销并拧紧螺钉，然后装上能量调节指示器组件和帽盖。

3) 装上压缩机半联轴器，将螺杆机吊到公共底座上。

4 联轴器的安装

将螺杆机半联轴器与电机半联轴器用螺钉连起来。

把千分表固定在压缩机半联轴器上，如图 5-6 所示，测量联轴器的径向和轴向同心度。

a. 两轴的轴向同心度，偏差应小于或等于 0.04mm。

b. 两轴的径向同心度允差在 0.01mm 内。

5) 装上油压调节阀、安全阀等。

(3) 润滑系统的装配

1) 油泵

在油泵端盖上装上轴衬套，并把轴封端的端盖装好，装上油道垫板和偏心筒。

装上内外转子齿轮，再装上后泵盖。

装上轴封和半联轴器。

把油泵放到公共底座上，把电动机和油泵的联轴器中心找正，紧固地脚螺钉（电动机和油泵的）。用手转动灵活为宜。

2) 装上粗细油过滤器，并把油管装好。

3) 把四通阀装到控制台上，并与油管接好。

5. 试机

螺杆机装配后，应试验油系统、上载卸载的灵活性、排空气量及运转声音是否正常。

1) 油泵进行油压试验，使油压的压差在 0.2~0.3MPa，油压的高低通过油压调节阀来调试。

2) 打开吸气过滤器盖，拆下排气管上的止回阀，以便排空气用。

3) 先启动油泵，当油压正常时再启动螺杆机，达到正常运转时，试验能量调节装置，上载和卸载 2~3 次，试验其动作的灵活性。同时听声音是否均匀，排气量是否正常，若一切正常可以停机。

4) 装好排气止回阀和吸气过滤器，若有真空泵，可从吸入阀处的加油阀上接上橡皮管把螺杆机和油分离器内的空气抽出，看真空表是否升高。若不变可开启吸入阀放入少量氨，进行试漏，无氨味可投入正常运转。若无真空泵，可从吸入阀处放少量氨试漏，无氨味时即可投入使用，机器内的空气通过放空气器放出。

五、螺杆机常见故障与检修

螺杆式制冷机组的故障主要来自电控系统和制冷系统两方面。故障会导致机组无法正常启动、运行、制冷量的明显下降或造成机组严重损坏。正确判断各种故障产生的原因及

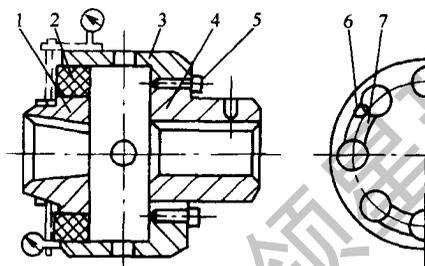


图 5-6 联轴器校正

1—压缩机半联轴器 2—传动芯子 3—飞轮
4—电动机半联轴器 5、6—螺钉 7—压板

采取合理的排除方法，这不但涉及电气和制冷技术方面的理论知识，更重要的还需具备实践技能，只有通过长时间的实践，才能获得维修制冷装置的丰富经验。

随着近年来螺杆式机组的发展，机组的故障率较之以往大大减少。同时，机组控制系统也日趋完善，许多厂家的机组控制系统都带有自动检测故障的功能。机组如果出现异常故障，通过传感器或其它一些设备控制系统会产生报警，并把报警代码或内容显示到机组的操作界面上，便于维修人员查阅。如出现机组报警显示系统错误并不是造成故障的直接原因，就需要检查与报警相关的其它部件是否正常。表 5-6 列举出螺杆式机组的几种常见故障及排除方法。

表 5-6 螺杆式机组常见故障及排除方法

现 象	原 因	排 除 方 法
排气压力过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系统内有空气或不凝性气体 2. 冷却水进水温度过高或通过冷凝器水量不足 3. 冷凝器管内覆盖鳞状物、石灰、腐蚀等 4. 水泵故障 5. 制冷剂充注过量，冷凝器管浸没于制冷剂液体中 6. 冷凝器上的气体入口阀未完全打开 7. 吸入压力高于正常值 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由冷凝器排放出空气或不凝性气体 2. 调节水阀或控制闸阀；检查水塔工作情况；检查管路内的过滤器 3. 清洗冷凝器内的管 4. 检查冷却水泵 5. 排出过量制冷剂 6. 打开阀门 7. 参考表中“吸气压力过高”内容
排气压力过低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流过冷凝器的水太多或水温太低 2. 液体制冷剂从蒸发器流入压缩机引起油泡 3. 冷凝器液体出口阀泄漏 4. 吸气压力低于正常值 5. 制冷剂不足，气体制冷剂进入液体管路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调节水阀或控制闸阀；检查冷却塔运行情况 2. 检查和调整节流阀 3. 检查机组运行电流；如有需要，更换出口阀 4. 参考表中“吸气压力过低”内容 5. 充加足够制冷剂
吸气压力过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排气压力过高 2. 制冷剂充注过量 3. 液体制冷剂从蒸发器流入压缩机 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 参考表中“排气压力高”内容 2. 排出过量制冷剂 3. 检查和调整节流阀
吸气压力过低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未完全打开冷凝器制冷剂液体出口阀 2. 液体管或吸气管堵塞 3. 节流阀调整不当或故障 4. 系统制冷剂不足 5. 在系统内有过量润滑油参与循环 6. 排气压力过低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开阀门 2. 检查制冷剂过滤器 3. 正确调整节流阀 4. 检查制冷剂泄漏 5. 检查润滑油量 6. 参考表中“排气压力过低”内容

(续)

现象	原因	排除方法
压缩机因电动机过载而停机	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电压过高或过低 2. 排气压力过高 3. 冷却水温度过高 4. 过载元件故障 5. 电动机或接线短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电压与机组额定值是否一致，必要时更正相位不平衡 2. 检查排气压力和确定排气压力过高原因，排除之 3. 检查冷却水温度过高原因，排除之 4. 检查压缩机电流，对比资料表上的全载电流 5. 检查电动机接线座与地线之间阻抗
压缩机因电动机过载保护器断开而停机	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电压过高或过低 2. 排气压力过高 3. 电动机绕组元件故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电压与机组额定值是否一致，必要时更正相位不平衡 2. 检查排气压力和确定排气压力过高原因，排除之 3. 检查压缩机接线座上的元件触点，排除之
压缩机因低压保护开关断开而停机	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制冷剂液体管过滤器堵塞 2. 节流阀故障 3. 制冷剂充注不足 4. 冷凝器液体出口阀未完全打开 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查和修理过滤网或更换过滤器 2. 检查节流阀 3. 加制冷剂 4. 打开阀门
压缩机有噪声	液体制冷剂由蒸发器吸入压缩机	供液过多，及时调整
压缩机不能运转	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过载保护断开或控制线路熔丝烧掉 2. 控制线路接触不良 3. 断电 4. 压缩机继电器线圈烧掉 5. 相位错误 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查其断开原因并修理后，再重新启动机组 2. 检查控制线路及修理 3. 检查电源 4. 更换 5. 任意两相互调
卸载系统不能工作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 卸载电磁阀故障 2. 卸载机构损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电磁阀线圈；检查油路是否堵塞 2. 检查卸载机构部件

第二节 其它制冷设备的维护修理

一、制冷设备检修的时间与内容

制冷设备的检修分为故障检修和定期检修两种。故障检修是设备发生故障时的临时检修；定期检修是正常的维修。正常的设备检修时间、内容见表 5-7。

二、其它设备和系统管道的维护和检修

其它设备如油氨分离器、高压贮液器、放空气器以及露在外面的系统管等。防锈漆脱落后，应用砂纸将表面的锈蚀打磨干净，重新刷防锈漆。

对循环桶、氨液分离器、中冷器、排液桶等低压设备及系统管道，其隔热层损坏应定期修理。同时，低压系统管道应定期检查其锈蚀情况，尤其是氨泵的进出液管，8~10年

表 5-7 制冷设备检修内容

设备名称	中小修		大修	
	工作内容	修理时间/h	工作内容	修理时间
冷凝器、蒸发器	清洗并调整冷却水配水装置和盐水配水装置，及时补制冷剂、盐水和水	700	清除热交换器表面的脏物，检查密封并消除不严处，进行割管检查管壁的厚度（设备投入生产五年以后）；校验安全阀，进行防锈措施；检查阀门密封线，必要时更换腐蚀严重的设备	一年一次，一般在每年冬季
风机	清洗轴承，并更换润滑油	2000	拆卸叶轮，检查并修理轴，更换磨损的滚珠轴承，校正轴的中心线，更换磨损轴和叶轮	每年冬季进行
冷却水管	清洗喷嘴及水池的脏物	2000	拆卸并清洗喷嘴、管道刷漆，修理水池与水槽，更换锈蚀严重的喷嘴	
氨截止阀	检查阀的灵活性和严密性		进行拆卸和清洗，更换有故障阀门的垫圈及填料，研磨阀门或重新浇铸阀头合金，修理阀杆，对装配好的阀进行严密性检查。更换损坏阀门	
水阀及盐水阀	检查阀门的灵活性和严密性		将有故障的阀和零件进行拆卸和清洗，更换垫圈和填料，修刮阀座与阀芯，对装配好的阀进行密封试验；更换损坏的阀	

后应检查管子的锈蚀情况，对锈蚀严重的管子应换新管，以免出现跑氨事故。

1. 制冷设备和管道的检查

(1) 测量法对管道使用 5 年后，检查锈蚀严重的管子可用游标卡尺测量其外径，与新管子外径对比，可看出管子外表面的锈蚀量，如测量使用后的 $D38\text{mm}$ 管其外径是 $D36.5\text{mm}$ ，外表面锈蚀 1.5mm 。对测量后的管子做到心中有数。

(2) 截管法经用游标卡尺测量外表面锈蚀严重的管子，可在生产淡季时停产抽空，将管子截断，测量其厚度。锈蚀厚度为原壁厚的 30% 时最好换新管，35% 以上时必须换新管。

(3) 钻孔法对系统中的设备在大修时，一般 10~15 年，对锈蚀严重的表面用钻孔法检查厚度的损失量，其厚度减少 30% 以上应换新设备或者降压使用。

2. 设备管道的修理

1) 不管高、低压设备和系统管道出现裂纹或针形小孔，在修理前都要先对制冷剂进行处理。

2) 对于裂纹或针形小孔都要用气焊或电焊进行焊补。若泄漏处经 2 次焊补后还泄漏，应将此段管子割除，换上新管重焊。在焊接氨设备或管道时，不能在氨味较大的环境下进行，以防氨与空气混合比例到一定程度时，遇明火发生爆炸事故。

3. 换热设备的修理

换热设备检修时，首先要把它同整个制冷循环系统隔断，将其中的制冷剂抽净，并把积存的冷冻油或水（或盐水）排除，截断来源，才能开始拆修。修复方法分为：

(1) 垢层的清除热交换器设备的垢层大多积聚于有介质通过的管子内外表层。常用除垢方法如下：

1) 吹污。吹污是利用空气压力除去设备、容器和管道内的污垢，来提高容器的有效面积、容积和热交换能力。吹污用空气压缩机进行，其工作压力为 0.6MPa 。吹污时要求吹净，以白布检测出气口，到白布上无污垢痕迹为止。

2) 手工清除法。清除设备外表面积垢，可用手锤沿着管壁轻轻敲击，或用专门的刮刀、钢丝刷除去铁锈。这些方法用于清除淋浇式冷凝器与蒸发器的外层积垢。若清除管子的内表面积垢，如立式管壳冷凝器，可用螺旋形钢丝刷清除污垢。

3) 机械清除法。机械清除法是利用洗管器进行的。洗管器是将特制的刮刀连接在钢丝软轴上，如图 5-7 所示，再与电动机连接。清除水垢时，以水平位置或垂直方向将洗管器插入管内，开动电动机进行刮削，同时注入冷水润滑和冲洗，效果较好。这种方法适用于清洗立、卧式壳管冷凝器管内表面的水垢层。

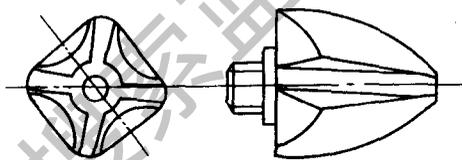


图 5-7 刮刀

4) 化学清除法。化学清除法是利用化学品溶液与水垢接触时发生的化学变化，使水垢脱离管壁。它的方法有多种。在用化学法除垢时，应先化验水垢的性质，再配制不同成分的溶液。这里介绍两种常用的清洗方法：

以 $5\% \sim 8\%$ 浓度的盐酸溶液，加入适量的动物血以防腐蚀，然后将配制好的溶液利用耐酸泵打入冷凝器，进行清洗。清洗时需要不断的加入新的溶液，维持浓度不变，连续循环冲洗 $20 \sim 30\text{h}$ （时间的长短可根据水垢的性质与厚度而定）

酸洗后，将溶液放掉，再用 1% 的苛性钠（烧碱）溶液冲洗 15min 左右。此时也可用钢丝刷或打结的绳子往复拉刷，清除管内残余水垢污物，最后将冷凝器阀打开，用清水冲洗 $1 \sim 2\text{h}$ 直至出水清洁为止。

以 8% 浓度的盐配溶液 1t ，按防腐剂纯苯铵 4kg 和甲醛（福尔马林） 4kg 的比例加入，配成酸洗溶液，利用耐酸泵打入冷凝器进行清洗。配制溶液时先做小样，其程序如下：

- a. 取 70°C 的温水 kg
- b. 取浓度 31% 的盐酸 0.8kg ，缓慢地倒入温水中搅匀（溶液无色）。
- c. 放入 0.5kg 的苯铵搅匀（溶液无色）
- d. 后取 0.5kg 的甲醛，放入搅匀（溶液呈现桔红色）。

小样调匀时，先后次序不可颠倒，尤其是 c 与 d 禁止颠倒。

如配制 8% 浓度的盐酸溶液 1t ，要按上面的方法先做小样 8 次，每次做 $\frac{1}{8}$ ，然后将它们混合搅匀，即可使用。配制盐酸溶液及清洗过程中，要防止酸类引起灼伤事故。化学清除法也适用于压缩机水套内积垢的清除。

(2) 厚度减少的修理设备被腐蚀而厚度减少时，应先进行检查，检查的方法有两种：

1) 钻孔法。发现设备腐蚀时，在可疑处钻直径 2~4mm 的孔，然后以带钩丝探入测量，做出记录，若未超过修理尺寸，则将小孔焊满或用丝锥套螺纹后用螺钉密封，超过要求时需要修理。

2) 截管法。根据设备使用的间歇时间，在可疑的地方截下 2~3 节管子检查。如蒸发器、淋浇式冷凝器，使用五年后应作一次检查。在检查时，可将锈蚀严重的管子除锈后用游标卡尺测量管子外径的损失量，再确定截管的位置较为妥当。

设备经检查后，如淋浇式冷凝器和蒸发器的厚度少于 1.5mm 时，应当换成新管子。

若蒸发器的冷却排管局部腐蚀出现微孔，又由于生产需要，不能停产修理，可暂用管子卡加耐压橡皮垫与螺栓固定，堵住漏处，待淡季检修时焊补。若无法用管子卡堵住漏氨处，应停止使用进行抢修。

(3) 局部变形的修理清除局部变形，必须从结构上和操作上找出发生的原因。如冷却排管受积霜负荷引起变形，应加强除霜工作；若管路较长，支架或吊架间距大，应增加支架或吊架。

受压凸出变形的管子，修理方法视其变形程度而定。若变形不大，不影响继续使用，可待检修时再修整，但应加强维护；若部分变形严重者，需放在校正器上校直，加压时要求均匀缓慢，不要用大锤敲击，校直后的管子再焊到排管上（须注意校直前要先处理制冷剂）。

若设备变形，如卧式壳管冷凝器端的隔板部分，应检查钢板的厚度。若厚度仍能承担负荷压力，则不须更换，可用削去分水板的高度进行校正。如容器受撞击而产生凹陷，应视凹陷程度进行修理。若凹陷不大又无裂纹，可以用锤击或压模校正；若有裂纹，则必须将裂纹处割去，焊上同样厚度的钢板。

(4) 裂缝和针形小孔的修理对于裂缝不大和有针形小孔的设备，一般都采用焊补方法修理。在容器上如发现宽的裂缝时，可采用补板的方法修理。补板的宽度不应小于 250mm，且应比裂缝长 50~100mm。若用气焊补漏点时，不应超过 2 次，否则应换板处理。

焊接漏点时，禁止在制冷剂浓度较大的环境下进行，以防遇明火发生爆炸事故。

(5) 壳管式冷凝器的修理壳管式冷凝器经过一个时期的运行后，管子与多孔钢板的接口处会发生松弛和泄漏，管内因锈蚀会发生裂缝或小孔等缺陷。检查壳管式冷凝器的裂缝、泄漏、腐蚀等可用气压试验检查。发现管头和多孔钢板泄漏时，可先用粉笔标记再进行修理。检查管子本身有无裂缝小孔，可用酚酞试纸检查冷却水中是否有氨。

对多孔钢板处的管子发现泄漏时，可采取重新焊接或更换新管的方法修理。一般对胀管的冷凝器不采用焊接的方法，可换新管胀装。如无新管更换，采用重胀的方法。

管子本身有裂缝或小孔只能更换，若损坏的管子数目不多，因生产不能停工或没有备用的管子时，可将管子堵上钢板后焊死，待以后更换。更换胀管时，用镊子镊去管子的胀接部分，即可将旧管子取出来而不会损坏多孔钢板。更换部分管子时，可能使其它未换管子的胀接处松动，换管后应做水压试验检查。

胀接前，在管子两端约 20~50mm 的长度内锉出金属光泽（不得过分锉薄管壁以致影

响其本身强度)，除去灰尘、锈和油渍，使管子外壁与多孔钢板胀口能良好胀装；把管头 200~250mm 处退火，退火后用胀管器（图 5-8）胀结在多孔板上，但必须注意管子长出多孔钢板平面 1~2mm。

胀管时，首先进行管子的固定操作。即把胀管器塞入管板内的管孔中，使胀管滚柱和管板对齐，壳上的止推盘与管头保持 10~20mm 的距离。胀管器装好后，用手推进胀杆，使滚柱张开，将外壳稳定住，并与管子内壁靠紧，然后用扳手转动胀杆，这时滚柱在管中滚压，并和外壳一起旋转，整个胀管器都向前移动，待管子胀大到与管壁完全结合时，胀管外壳上的止推盘也就靠着管头，并且顶着不动，如图 5-9 所示。

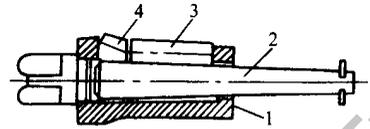


图 5-8 胀管器

1-外壳 2-胀杆 3-胀杆滚柱 4-滚柱

三、阀门、泵类、风机的检修

阀门在冷库制冷循环系统中起着调节和控制气体、液体流向和流量的作用。它们的好坏对整个系统的运转起着重要作用，因此，在制冷循环中始终要求各种阀门处于良好状况。但由于各种原因，导致阀门失灵、失控、泄漏制冷剂的情况仍然出现，有时甚至会酿成事故。因此，冷库维修工作，不仅要懂得阀门的修理，还要知道造成阀门容易损坏的原因，修理时才能针对不同情况，采取合适的修理方法。

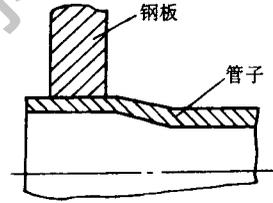


图 5-9 胀后管与钢板情况

1. 造成阀门失灵或泄漏的原因

1) 阀杆在开闭过程中的自然磨损。

2) 安装时填料压得过紧，缺乏润滑油，开关不灵，用力过猛或敲击，形成轴心或阀杆弯曲变形。

3) 阀门材质不好，加工粗糙，或制冷剂杂质影响所造成失灵

2. 阀门的修理

检修前，要将制冷剂来源切断，将管路抽至真空，然后才能拆下修理。

(1) 更换填料填料如过分磨损或老化，应更换新的填料，在选用新的填料圈时，要与轴和填料盒的直径相符合。放置填料圈时，如系橡胶圈，两边的搭口应成 45°，填料圈应整个切制。填料盒内能容三道填料的，各圈的搭口应相互错开 120°；能容四道填料圈的，搭口应错开 90°；容五道填料的，则互错 72°。如填料用石棉绳，填加时应顺时针方向缠绕。新填料的收缩性在最初阶段比较大，因此在开始使用时应经常轻旋紧压盖，待填料被压凹下去后再增添料，但不宜压得过紧，防止挤出，阀杆能容易转动即可。

(2) 阀杆的修理阀杆磨损可用堆焊法修理，然后退火，车削至规定尺寸。若磨损过大应予更换。弯曲的轴一般加以更换，但较大的阀杆可采用校正法校正。

(3) 密封线的修理主要取决于阀座和阀芯的磨损情况，如磨损过大，密封线有划痕或斑痕，可在车削后研磨恢复原有的光洁。如果阀芯是轴承合金铸的，可重新浇注。若磨损轻微或密封线局部不严，可用轴承合金堆焊密封线，然后车平即可。如系钢或铸铁，需用研磨阀座与阀芯，使其恢复密封。

在研磨时应左右回转阀芯，用力不要过大。研磨过程中要经常取出检查，若两表面接触已均匀，可用煤油洗净，再用润滑油光磨，待密封线光洁后即合格。

高压贮液器，排液桶上的玻璃液面指示器，是用钢珠密封的，若钢珠与阀座接触不良即失去作用。检修时应仔细检查。如阀杆密封线被破坏，可车削和研磨阀座，然后放入钢珠，用铜棒敲击，使之密合；若钢珠不圆，应更换同规格的新钢珠。

(4) 浮球阀的修理发现浮球阀不严密时可采用研磨修复。浮球发生裂纹或锥形小孔，可用锡焊或更换新浮球。如液体流量不均匀，应调整浮球位置，一般浮球的中心线与容器内液体水平线相重合；或者浮球的中心线可稍低于水平位置，这样更为稳妥。

(5) 安全阀的修理与试压每年应对安全阀的正确性和灵敏度进行一次校验。校验安全阀时应先将其拆下。拆时应先将控制阀关闭，再将法兰的螺母松动 2~4 扣，使里面的氨气泄走，再将法兰的螺母全部松掉，卸下安全阀进行检查与试压。

安全阀一般容易出现的问题是在额定的压力下不能自动起跳关闭，以及在使用中漏气。

1) 安全阀动作失灵。动作失灵大多是由于弹簧达不到额定压力就起跳或个别零件卡住，也可能是由于材料不符合要求，长时间使用后个别零件被腐蚀锈住，影响安全阀及时动作。如果弹簧力不够，可重新热处理或更换。有裂纹和严重腐蚀的应换新品。

2) 安全阀泄漏。安全阀泄漏的主要原因是：装配时弹簧没放正，致使作用在阀芯上的压力不均匀，造成偏压；阀芯材料太软或不耐腐蚀；阀座和阀芯密封面研磨质量差，衬垫材料老化等，都会使安全阀产生泄漏。修理时应查明泄漏的原因再进行修理。对塑料阀芯不作修理，应更换新品。

3) 研磨阀座和阀芯。对有泄漏的阀座和阀芯的密封面，可用研磨法修复。研磨时先用细研磨砂研磨，再用微粉进行研磨，最后再用油精研。在整个研磨过程中要注意经常调整磨料在研磨面上的厚度，防止磨偏；在研磨前和每次换料时，磨具和工件都应用汽油洗净，防止磨料中混入杂质。研磨时间不能过长，到密封面无刻痕时即可，精研时用粘度大一点的机油。阀座上切痕较大及严重偏磨，可先在车床上车削，再行研磨。

4) 安全阀的校验。安全阀修复后，需经调压校验才能使用。校验可用气压也可用油压。用油压校验不但安全而且校验后不用清洗即可装到机器上使用。高压系统的安全阀、调整压力为 1.85MPa，低压系统为 1.25MPa。调整时，拧紧弹簧可提高调整压力，旋松弹簧调整压力相应降低。调整合格后即可铅封，并记录调整日期及检修人员等有关的内容。

5) 阀门试漏。一般阀门检修完毕后都应进行试漏。试漏时可从阀的进口处倒入煤油，待 5min 后观察液位是否下降，若下降则说明泄漏，需重新修理，直至再次试漏时液位不降为止。

3. 泵类的修理

泵是输导液体的设备，包括水泵、盐水泵、氨泵三种。

(1) 水泵的修理

1) 泵壳体的修理。检修时首先将水垢冲刷干净，然后检查壳体有无裂纹等。检查方法通常用锤子轻敲壳体，如敲击声音破哑，一般有裂纹，需进行修复。对裂纹，可用补焊修理。焊补前，在裂纹的两头用钻头钻孔，打上补钉，使裂纹不致在修复时扩大，然后在裂纹两边开 V 形坡口，再用气焊修补。

2) 轴和叶轮的修理。水泵轴在拆卸以后用煤油或柴油清洗干净，然后检查外壳面有

无裂纹、磨损和弯曲，对已磨损的轴可根据磨损度采用镀铬、喷镀和堆焊方法修复。

若轴发生裂纹，一般要更换新轴，不予修理。

如发生弯曲，对直径较小的轴，可用手锤校直，但受击面需垫铜板，以保护轴的表面；对直径较大的弯曲，需在车床上校直。

叶轮在清洗后，检查磨损和裂纹，若损坏轻微则修复，损坏严重的要更换。叶轮的裂纹可用焊补修复，焊后锉光可在车床上车平。

叶轮修理后，要做静平衡检查，对不平衡部分给予调整，一般水泵重量偏差不大于 0.025kg。叶轮装到轴上以后，还应测量轮面的摆度，对直径 300mm 以下的叶轮，其摆度不应超过 0.2mm。

3) 阻水环的检修。阻水环用铜基轴承合金制成，拆下后先用煤油洗净，再检查表面磨损情况，若合金磨损，可用堆焊或重新浇注修复。阻水环与叶轮的径向间隙为 0.1~0.2mm，以不发生摩擦为宜。如漏水严重时，应更换符合规格的阻水环。吸水管直径小于 100mm 的水轮外径与阻水环内径的间隙不大于 1.5mm，如直径在 100~150mm 时，间隙不大于 2mm。

4) 填料盒的检修。填料盒的构造如图 5-10 所示，在检修时应拆开清洗。在重装时要注意有关部件的间隙。如档环 8 与轴套 3（无轴套的指轴）之间的间隙为 0.3~0.5mm。间隙过大，填料盒的填料可能被挤出。填料压盖 4 与填料盖座 6 之间的径向间隙为 0.1~0.2mm，间隙过大，填料易被压扁。

换下来的填料，一般不再使用，若磨损不大，稍微发硬，可泡在稀油中软化后再用。填料装配时，要把它切成正好足够盘成一圈长度，填入填料盒，对口处还要稍留一些间隙。压紧压盖时，间隙就会消失。相邻二圈的填料缺口应错开 120°。水封环的位置稍微装在偏左一些，这样当压紧填料压盖时，填料压扁，水封环就向里边移动，能恰好与引水管对准。

装完填料以后，对称地拧紧压盖螺钉。

5) 滚珠轴承的检修。将滚珠轴承拆下后放入煤油中洗干净，检查内外环有无裂纹，内环与轴之间的间隙是否在规定标准内，见表 5-8，如果超出规定的尺寸，说明钢珠或内外圈已经磨损，这时更换小的相同型号的轴承。滚珠轴承装配时要注意：

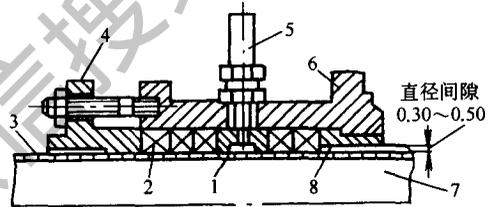


图 5-10 水泵轴封装置——填料盒

1—水封环 2—填料 3—轴套 4—填料压盖
5—水封引水管 6—填料盖座 7—轴 8—挡环

表 5-8 滚珠轴承的内环与轴之间间隙表

(mm)

轴径	间隙	轴径	间隙
50~80	0.013~0.025	120~140	0.018~0.045
80~100	0.013~0.029	180~225	0.021~0.056
100~120	0.015~0.034	225~280	0.025~0.056

- ① 装配时作用力一定要放在轴承套上，以免破坏滚珠或间隙。
- ② 装配时，一定要使轴承与轴靠紧。
- ③ 在装配过程中必须锤击时，一定要用有色金属棒，不可用铁锤直接敲击，或用加

热装配。

(2) 盐水泵的修理盐水泵的维修与水泵基本相同。不同之处是应该采取措施延缓盐水对泵的腐蚀。根据有关资料和实践经验，具体做法有以下几点：

1) 定期（每周或每月）用酸度计检查盐水的 pH 值，它应该是中性或微弱的碱性，pH 值范围在 7.2~8.5mm 之间。

2) 为防止盐水性大，一般采用重铬酸钠（ $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）和氢氧化钠（ NaOH ）为防腐剂。重铬酸钠与氢氧化钠的配比为 100:27，即每 100kg 重铬酸钠中需加 27kg 氢氧化钠。重铬酸钠对人体皮肤有损害，操作时应小心，应戴橡皮手套保护。

一般规定：每 1m^3 氯化钠盐水中加入重铬酸钠 3.2kg 和氢氧化钠 0.86kg；每 1m^3 氯化钙盐水中加入重铬酸钠 1.6kg 和氢氧化钠 0.43kg。这样可保证盐水呈弱碱性（ $\text{pH} = 8.5$ ），若用酚酞试验测定时，应为玫瑰色。

3) 防止氨漏入盐水中，因氨漏入盐水后可能形成氯化铵，尽管盐水的 pH 值调整到允许范围内，但仍会促使腐蚀作用。

4) 从腐蚀性角度来看，希望盐水浓度要高，采用的氯化钠或氯化钙品质要纯净，尽可能减少盐水与空气的接触。

(3) 氨泵的修理氨泵常见故障和排除方法见表 5-9。氨泵设计一般可采用屏蔽泵或齿轮泵。这里只讨论齿轮泵。齿轮泵的故障，多为啮合齿底部与端部之间的液体压力过高，迫使齿轮啮合间隙变大顶向机壳，造成壳体、轴和轴承的过度磨损；其次是密封器的泄漏和脏物对泵的损坏。

表 5-9 氨泵常见故障和排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
不能启动或正常运行中突然停泵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停泵时间较长，泵内液体大量蒸发，造成系统“净正吸入压头”降低，产生气蚀，差压控制器动作 2. 低压循环贮液器液位过低，吸入段净压头不够，压差控制器动作 3. 压差控制器延时时间调的过短 4. 压差控制器调定值定的太高，在设定时间内氨泵达不到调定压差值 5. 其它电气或机械故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除泵内气体后再开泵 2. 排除低压贮液器供液控制系统故障（浮球阀、过滤网等） 3. 调整延时时间，齿轮泵一般调至 30~60s；屏蔽泵为 6~10s 4. 正确调定压差值，齿轮泵通常为 0.07~0.08MPa；屏蔽泵为 0.05~0.06MPa 5. 检查修复电气或机械故障
氨泵电机工作电流和压力下降	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低压贮液器液面过低 2. 泵内进入大量润滑油 3. 吸入气体 4. 叶轮损坏 5. 供液管堵塞 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除低压贮液器供液控制系统故障（浮球阀、过滤网） 2. 检查进油原因、排油 3. 排气 4. 更换新叶轮 5. 清理供液管
齿轮氨泵密封器泄漏 氨泵密封器温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 动环、定环磨损、拉毛 2. 橡胶密封圈磨损、老化 3. 压盖螺母压的过紧，间隙压死温度升高，缺少润滑油 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清洗、研磨密封环 2. 更换橡胶密封圈 3. 调整固定螺母松紧度，清洗注油器，保证供油

故障现象	故障原因	排除方法
氨泵发生振动和噪声	1. 电动机轴与泵轴安装不同心 2. 轴承磨损引起二轴不同心 3. 叶轮与密封环摩擦 4. 紧固螺栓松动 5. 泵产生严重气蚀、部分零件损坏或松动	1. 重新进行调整 2. 更换轴承 3. 重新调整间隙, 摩擦造成损伤的部位进行修理 4. 紧固松动螺栓 5. 属于泵本身结构或设计安装不合理引起的气蚀, 应进行统一考虑解决办法 按规定程序进行操作, 调整阀门 更换损坏零件, 检查、固定松动螺栓 防止制冷系统热负荷大幅度变化, 保持低压循环器液面稳定

1) 密封器的修理。定环和动环表面不平整或拉毛时, 将其取出放在专用平台——钳工研磨用平板上, 滴少许煤油, 用手均匀按住二环在平台上进行研磨。若表面损伤较严重, 有明显的划痕或凹坑时, 可加入少许细研磨粉与稀润滑油调成糊状在平台上研磨, 消除伤痕。清洗干净后再用煤油进行二环对研, 直至精研到发出金属光泽。若没有平台也可用 5mm 厚的玻璃板代替, 但没有平台效果好。

2) 齿轮、齿轮轴磨损修理。对磨损严重的齿轮、齿轮轴一般不再进行修理, 应进行更换。

齿轮轻微磨损或某个别齿损坏时, 可用堆焊的办法将齿补齐, 然后用锉刀进行表面形状修理, 直至修好为止。另外, 为保证修好的齿的强度, 最好再进行正火处理。

齿轮轴磨损或磨偏后, 可在车床上进行轻微的外圆车削, 进行磨偏找正。配合部位磨损, 在有可能的情况下可用车大、银套、重新铣键槽的办法进行修复。

3) 安全旁通阀阀杆磨损修理。因弹簧失去弹力一般情况下要进行更换, 不再修复。

4. 风机的修理

(1) 通风机常见故障的排除方法风机发生故障后, 必须仔细检查, 分析原因, 才能使故障得到尽快排除。风机常见故障及排除方法见表 5-10。

(2) 风机的修理

1) 风机的传动带磨损过快。其原因主要是电动机轴和风机轴不平行, 使传动带在轮槽内偏磨, 因而磨损很快, 易于断裂。

发生这一故障时, 可用长钢直尺侧面靠紧电动机带轮侧面或风机带轮侧面, 一般风机不太容易位移, 多以风机带轮侧面为基准, 一般没有特殊规定时允许的偏差为 1mm, 若在钢直尺与带轮侧面接触上出现大缝隙, 说明两带轮错位, 应进行调整。符合要求后将电动机底座螺栓固定, 最后用钢直尺复查。

2) 轴承磨损过快。风机轴与轴承不同心, 主要是由轴承调整片放得不平整、轴承座螺栓的松动或位移所致。由于风机轴与轴承不同心, 轻者轴瓦偏磨很快不能使用, 重者可造成风机轴弯曲变形, 同时也造成轴承和轴承座磨损。

风机轴磨损、弯曲的修复在水泵的维修中已讨论过。轴瓦偏差不严重时，可用三角刮刀修理，重新调整垫片。但在轴瓦刮研前应先将风机轴线与机壳轴线校正，同时调整叶轮与进气口之间的间隙和机壳后侧板轴孔间隙，无特殊要求时，应使径向间隙均匀分布，力求间隙小一些。

当修复轴瓦时，轴承毡圈损坏可选用同等厚度的羊毛毡按原尺寸剪好放入即可。

表 5-10 风机常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
风量、风压不足	<ol style="list-style-type: none"> 1. 风管漏气 2. 系统阻力大、局部堵塞 3. 皮带打滑或断裂 4. 电动机转速降低 5. 风机叶轮与轴配合松动 6. 转动方向不对（新安装风机） 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 堵塞漏风部 2. 清除堵塞物 3. 更换皮带 4. 检查供电电压或电动机其它原因 5. 检查松动原因进行处理 6. 检查调整转动方向
叶轮损坏或变形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 叶片固定螺栓松动或铆钉松动、腐蚀脱落 2. 轴承磨损，风机轴偏斜，叶轮与外壳严重摩擦（碰壳） 3. 叶轮内落入石块等硬质杂物打坏叶片 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清洗轴承，加润滑油脂 2. 修理变形叶片，更换轴承 3. 清理杂物，修复变形叶片
轴承过热或卡死	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轴承缺润滑油脂 2. 滚子轴承工作寿命已到 3. 轴承安装不好或风机轴与电机不同心、轴承偏磨 4. 轴瓦刮研、安装间隙过小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清洗轴承、加润滑油脂 2. 更换新轴承 3. 调整电动机、风机轴同心度 4. 重新刮研轴瓦，调整轴与轴瓦间隙
风机不规则振动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 两轴不同心 2. 风机和电动机上两皮带轮安装不平行或者电动机移位，固定螺栓松动 3. 皮带轮或槽磨损、松动、皮带轮松动 4. 风机叶轮平衡不好 5. 机壳刚性不够 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整同心度符合要求 2. 重新进行调整，固定电动机位置 3. 修理键槽，更换磨损键 4. 进行叶轮平衡检查 5. 对外壳进行加固

采用滚珠轴承的风机，轴承因缺油、灰尘进入等原因造成磨损或钢珠脱皮、保持架破碎，甚至因缺油而卡死时应更换新轴承。更换时注意保护轴和配合面不要被碰伤。

3) 键槽损伤的修复。因振动或带轮发生轴向窜动，键槽与键大部分脱离，只有少部接触时，键槽和键尤其是键槽会很快磨损。

修复的方法一般采用电焊堆焊，将轴上键槽填平，在车床上车光亦可用锉刀修平，然后在与原键槽 90° 位置另铣一键槽。带轮键槽损伤时，可直接在与原槽位置 90° 方向另铣一键槽即可，不必重新更换轴和带轮。

4) 轴流风机叶片碰壳。因垫片调整不平、固定螺栓松动、风机外壳支架断裂、外壳下沉等原因都会造成轴与风筒中心偏离、风机叶片发生碰壳的现象，严重时叶片会被折

断。

处理时应将螺栓拧松，重新用垫片调整叶片与风筒之间的间隙，然后将螺栓固定。支架断裂可用电焊将断裂处重新进行补焊。

5) 叶片擦冰。叶片擦冰是冷库中冷风机常见故障。主要原因是冷库不按时除霜后风筒内积水没有排净，冻结成冰，发生风机运行时叶片边缘与冰接触，严重时会将叶片冻住，电动机超载，叶片折断。

处理的办法为按时除霜，并采取措施防止风筒积水。也可将风筒下部钻几个小孔，使积水自行流出。

第三节 制冷系统常见故障分析与处理

一、制冷系统常见故障

制冷系统各设备在操作运行中的故障，一部分要借助指示仪表，如液位指示、信号指示来加以分析和判断；另一部分要靠有经验的操作人员凭借多年的实践经验来判断处理。

1. 氨系统常见故障分析及其排除

(1) 冷凝压力（温度）过高

1) 从冷却系统看，原因是冷却水量不足，水温过高或水分布不均等；对蒸发式冷凝器，风机停转或风道不畅也影响冷凝压力。处理方法是检查冷却系统和检修有关部件。

2) 从传热热阻看，冷凝器内外壁表面有水垢脏物或油污或冷凝器内渗入空气等也影响冷凝压力，可通过清洗污垢和油污、排出空气来处理。

3) 从传热面积看，原因在于面积太小；制冷剂充灌过多，所占冷凝器容积过大；高压贮液器液满，进、出液阀未全开，进出液管太细或堵塞，使冷凝器存液过多，传热面积变小。处理方法是合理选择冷凝器面积，排除多余制冷剂和检查液面及管路，排出冷凝器多余液体。

(2) 中间压力太高

1) 从高压级看，有容积配比小，高低压窜气或进气管路不畅，能量调节机构失灵等原因使高压级吸气少。处理办法是调整压缩机、检修高压机和能量调节装置等。

2) 从中冷器看，有隔热层损坏，供液量太小，使低压级排气不能充分冷却，蛇形管损坏等原因所致，可通过修理隔热层，调整供液阀，修复蛇形管解决。

3) 蒸发压力高，增加低压级的排气量，冷凝器压力高，降低高压级排气量等都会使中间压力升高。处理方法是减小蒸发压力和冷凝压力。

(3) 蒸发压力（温度）过高

1) 压缩机故障，如高、低压串气和能量调节装置失灵，使吸气量减少所致。排除方法是检修高、低压密封元件和能量调节装置。

2) 系统故障，如供液量过多，系统制冷剂太多；再如由于设计不合理、进货量多、压缩机转速慢、压力比高和输气系数低等原因造成；压缩机的制冷量小于实际负荷。这可通过调节供液量，排出多余制冷剂，检修防汽隔热层，增加压缩机台数或加载，控制进货

量，检修压缩机等方法来处理。

(4) 蒸发压力（温度）过低

1) 供液部分故障，如供液管或供液阀（浮球阀）堵塞、开启太小或阀头掉下来卡住；氨液分离器下端油污太多，液管阻塞或进、出液阀未全开；供液管道中有“气囊”；制冷剂不足，使供液减少等。排除方法是检修供液管路，充加制冷剂。

2) 蒸发器故障，如内、外壁表面有油污或霜层太厚；干式蒸发器中水路有空气，减少传热。处理方法是及时放油、排污、除霜和打开小阀放气。

3) 系统匹配故障，如蒸发面积过小或压缩机制冷量大于冷间热负荷。处理办法是调整蒸发面积，增加热负荷，减少压缩机台数等。

(5) 冷间降温困难

1) 从热负荷看，有进货量太多或进货温度过高、冷间门关不严或开门次数过多等原因，使热负荷增大，降温困难。这可通过控制进货量和进货温度，关严门和减少开门次数来解决。

2) 从供液及回气管路看，有供液阀调整不当，造成液体流量过大或过小，蒸发温度过高或过低；隔热层受潮或损坏，传热多；管路阻塞或不通畅等。处理办法是调整供液阀，检修隔热层，疏通管路等。

3) 从系统匹配看，蒸发器面积较小或管壁内外有油污、霜层；制冷剂充灌过多或太少，使蒸发压力太高或太低；压缩机因效率低或输气系数下降，使制冷量小于热负荷等。排除方法是增加蒸发器面积，排除油污和霜层，调整制冷剂量，检修压缩机，降低压力比等。

(6) 冷却排管结霜不匀或不结霜

1) 供液管路故障，如供液阀开启太小，管道、阀门和过滤器网堵塞，管道和阀门设计或安装不合理使供液不均，以及供液管路中有“气囊”造成供液量少。处理办法是调整供液阀，疏通管路，改进管道和阀门，消除“气囊”。

2) 蒸发器中积油过多，传热面积小；蒸发器压力过高和压缩机效率降低，使制冷量减少等也将导致这种故障。排除方法是及时放油，降低蒸发压力，检修压缩机，提高效率。

(7) 冷凝压力（温度）过低

1) 从冷凝器方面是面积过大；水量大，温度低。这可通过调整面积和水量来解决。

2) 系统制冷剂不足，压缩机制冷量减少；蒸发器结霜多也将影响冷凝压力。处理方法是补充制冷剂，检修压缩机，除霜，调整压力等。

(8) 高压贮液器液面不稳产生的原因是冷间热负荷变化大，供液阀开启度不当等。解决方法是适当调节开启度。

(9) 氨泵启动后不上液引起的原因：氨泵内有氨气；系统压力低，氨泵密封器渗入空气；排出阀开得大，管路中氨气倒回氨泵；氨液过滤器阻塞，氨泵进液阀未开，氨泵修后装配不当等。处理方法是开抽气阀抽出氨气，检修轴封，清洗过滤器，打开供液阀和重新装配。

(10) 氨泵排出压力过低原因有进液管路及过滤器堵塞；氨泵部件严重磨损产生内泄

漏；氨泵中心与低压循环贮液器液位差过小，液体流动不畅；氨泵流量不够或氨泵出液阀开启过大等。排除方法是疏通管路，清洗过滤网，检修或更换部件，调整供液阀开启度，增开氨泵或适当调节供液阀。

(11) 压缩机湿行程

1) 供液方面的原因有供液阀开启过大，氨液分离器或低压循环贮液器液面过高，出液管堵塞或未打开等；中冷器供液太多或液面过高，空气分离器供液太多等，使压缩机回气夹紧液。处理方法是调整供液阀，检查有关阀门和管道，排除多余液体，放出多余制冷剂。

2) 从系统匹配看，蒸发面积过小，蒸发器积油太多或霜层太厚，使传热面积减小；冷间热负荷较小或压缩机制冷量较大，使制冷剂不能完全蒸发等也易引起湿行程。解决方法是增加蒸发面积或减少制冷量，及时除霜和放油，调配压缩机容量。

3) 吸气阀开启过快或气缸润滑油太多也是一个原因。这可通过缓慢开启吸气阀；调整油压来解决。

(12) 压缩机排气温度过高

1) 从压力方面引起的原因，如冷凝压力过高，蒸发压力过低，以及回气管路堵塞或过长，使吸气压力降低压比过大。解决方式是调整压力，疏通管路，缩短管长。

2) 从传热方面看，缸套冷却水量不足，水温过高或水垢太多而降低冷却效果，以及压缩机制冷量小于热负荷致使吸气过热，都会引起排气温度过高。通过调整冷却水量和水温，清除水垢，增开压缩机台数或减少热负荷来处理。

3) 压缩机故障，主要是余隙过大或高、低压窜气使吸气加热所致。这可通过检修压缩机排除之。

(13) 压缩机吸气温度过高。主要原因是系统制冷剂较少和供液阀开启太小，供液不足，回气管保温不良或受潮损坏致使传热多，以及压缩机高、低压窜气而漏入高温气体等。处理办法是补充制冷剂，调节供液阀，检修隔热材料和压缩机。

(14) 压缩机吸气压力比蒸发压力低得多产生原因有吸气管道、过滤网堵塞或阀门未全开；管道太细；存在“液囊”，使压力损失过大，吸气压力过低。处理方式是清洗管道及过滤网，调整阀门和管径，除去“液囊”段。

(15) 压缩机排气压力比冷凝压力高得多。原因有排气管路不畅（阀门未全开、局部堵塞等）或设计不合理（如管道太细）。处理方式是清洗管道，调整阀门，改进设计。

2. 氟利昂系统的常见故障分析及其排除

氨制冷系统操作中的故障及排除方法基本适用于氟制冷系统，此外，还须见表 5-11 所列故障的处理。

二、控制部分的常见故障及其排除

制冷装置自动控制的故障有两类：一类是由于制冷系统的故障而引起的；另一类是由于自控、电气元件失灵和调试不当而造成的。下面主要分析第二类故障。

1. 压力控制器故障

(1) 调定压力变动原因主要有弹簧变形，波纹管漏气或连接小管破裂，以及微动开关移位等。这可用调整或更换弹簧，检漏修理，以及移整开关位置等方式来排除。

表 5-11 氟制冷系统的常见故障及其排除

故障情况	发生原因	排除方法
冷间降温不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热力膨胀阀流量太小, 使蒸发压力过低 2. 电磁阀和过滤器中油污、脏污太多, 影响流量 3. 蒸发器中积油太多, 使传热面积受到影响 4. 热力膨胀阀感温包的感温剂泄漏 5. 热力膨胀阀冰堵 6. 热力膨胀阀脏堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整热力膨胀阀 2. 清洗过滤网和电磁阀 3. 放油并查明原因解决之 4. 检修感温包 5. 更换干燥剂和制冷剂 6. 清洗热力膨胀阀中过滤网
压缩机吸入压力偏低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膨胀阀开启太小 2. 液体管上过滤器和电磁阀脏堵 3. 过多的润滑油和制冷剂混合在一起 4. 膨胀阀局部脏堵或冰堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调节开启度 2. 清洗通道 3. 检查油面计、油分离器回油装置是否正常, 及时放油 4. 更换干燥过滤器
压缩机吸入压力偏高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热力膨胀阀开启太大, 或感温包未扎紧, 感温包泄漏 2. 油分离器回油阀常开, 高压气体窜入曲轴箱 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 关小阀门或正确捆感温包, 检修感温包 2. 检修回油阀
高压侧压力偏高	风冷冷凝器风量不足或污物堵塞	加大风量, 清扫通道
接头、焊缝、阀门和轴封处有油迹, 制冷剂不足	制冷剂泄漏	检漏并检修漏点
热力膨胀阀故障使制冷剂流动不畅或不通, 蒸发压力过低, 降温效果差	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感温包泄漏, 或传动管过短或弯曲使膨胀阀打不开 2. 传动管太长, 或调节弹簧的预紧力不足, 或感温包远离蒸发器出口, 未与吸气管道一起绝热, 受外界高温干扰大, 从而使膨胀阀关不紧 3. 冰堵、油堵或脏堵 4. 开启度过大或过小 5. 选用过大膨胀阀使进液不稳定 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换或检修有关部件 2. 调节或更换有关部件 3. 换干燥过滤器, 选用合适的润滑油, 疏通滤网 4. 正确操作, 调整开启度 5. 选取合适的膨胀阀
油分离器故障	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回油阀(自动)打不开 2. 回油阀关闭不严, 长期发热或发凉结霜 3. 过滤网堵塞 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修浮球或阀针孔等 2. 检修浮球机构、阀针及阀针孔等 3. 清洗过滤网
压缩机湿冲程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热负荷太小, 热力膨胀阀开度过大 2. 热力膨胀阀感温包未扎紧, 受外界影响误动作 3. 压缩机停机后, 系统电磁阀关不严, 使制冷剂大量进入蒸发器内 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据负荷, 调节开度 2. 检查感温包安装情况 3. 缓慢开启吸气阀, 并注意压缩机工作情况
蒸发排管不结霜或不制冷	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膨胀阀感温包内泄漏 2. 膨胀阀冰堵、脏堵或油堵 3. 压缩机气缸盖纸垫的中筋被击穿 4. 电磁阀损坏不能打开 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修感温包 2. 清洗过滤网, 更换干燥过滤器 3. 换纸垫 4. 修复或更换电磁阀

(2) 动作失灵或压力调不准主要原因是触头被污物隔绝或烧毁，内部零件受潮或受腐蚀以及杠杆系统发生故障，电路导线被弄断，波纹管气箱损坏，导压管阻塞等。这可通过检修，更换零件，疏通管路来排除。

2. 油压差控制器故障

这主要是因调节弹簧失灵，电气短路不通，压差刻度不准和延时机构失灵等所致。处理方法是调整或更换部件。

3. 电磁阀故障

(1) 接通电源后阀门打不开产生原因可能是电压太低，使电磁阀不能正常工作；线圈接头接触不良或线圈短路；电磁阀安装位置不正或铁心有污物，引起铁心卡住；进出口压力差超过开阀能力，使铁心吸不上，或者选用电磁阀的规格与设备不配套等。处理方法是调整电压，检修线圈，清洗或选用合适的电磁阀等。

(2) 关闭不及时原因是阀塞侧面小孔堵塞和弹簧强度减弱所致。处理方法是清洗小孔，更换弹簧。

(3) 密封不严有泄漏原因有被污物杂质卡住，阀塞上密封环磨损，电磁阀安装反向和阀前后压力低于公称压力。处理方法是清洗、更换密封环，正确调整。

对于电磁导阀和主阀，类似电磁阀。

4. 安全阀和止回阀故障

(1) 安全阀故障由于调节杆松动和弹簧变形，会使安全阀调定压力移位；而关闭不严，则是因为阀芯被杂物卡住和阀心损坏所致。处理方法是检修、更换部件和清洗通道。

(2) 止回阀故障因阀芯被杂物卡住和阀芯损坏而导致关闭不严。

5. 温控器故障

(1) 电接点水银温度计

1) 调定温度变动。这是因与水银温度计配套使用的电子继电器（信号放大继电器）失灵所引起。处理方法是检修或更换电子继电器。

2) 温度控制失灵。其原因主要有电子继电器损坏；玻璃棒破裂；控制电流超过电接点温度计的额定电流而引起的触点电蚀；或被控制介质温度过高，超过温度计最高刻度线，致使水银柱中断等所致。处理方法是更换部件，检修触点，修复水银柱等。

(2) 温包式温控器主要故障有温包安装位置不适当，温包及导管漏气以及微动开关受潮或被腐蚀，动作不灵敏等。处理方法是正确安装，检漏修复，检修开关等。

6. 遥控液位计故障

(1) 液位变化信号发出呆滞或无信号发出原因是冷冻油进入液体平衡管；线包室密封性能不好，使线包受潮或被腐蚀而损坏；电气控制盒中元件失灵等。处理方法是排除管内冷冻油，检修线包和控制盒，更换元件等。

(2) 液位变化信号发出过于频繁具体原因是调定的上、下液位差过小；因壳体内制冷剂剧烈蒸发，浮球不断跳动导致误发信号。处理方法是调整液位，消除气体。

三、冷却水系统的常见故障及其排除

冷却水系统包括冷却塔、水泵及管路和阀门，其中冷却塔和水泵有运动部件，故障较多；而管路和阀门安装调试好后很少动作，所以故障较少。这里仅对冷却塔的故障、排除

加以介绍。

(1)不能启动电源方面的原因有停电或忘记合闸；电源电压太低；配线错误、断线、缺相或接线端子松动、接触不良等。处理方式是查明原因，检修电路。

其它原因有热继电器动作，连接装置松动，送风电动机故障和皮带断开等。解决方法是复位热继电器，检修连接装置和电机，更换传动带。

(2)冷却能力不强

1)首先选用不匹配、容量太小是一个重要的原因，需重新选配或增加冷却塔。另外，从风机系统看，风机因电源或线路故障不运转；轴承磨损或轴折损影响风量；送风机叶片角度不对，使风量不大；风机叶片破损，风量不够；传动带松弛，能量传递不足，以及风道被堵、空气流通不畅等原因。处理方法是检修电源及线路，更换轴及轴承，调整叶片角度，更换叶片和传动带。

2)从供水系统看，循环水量太多或不足，散水管和散水槽孔被堵塞，使水量不足，影响水在空气中蒸发；循环水偏流，也使传热和传质减弱，冷却能力下降。解决方法是调整供水阀门，清洗散水槽和散水管。

(3)运转中循环水减少主要原因有散水槽、散水管和补充管被堵塞；补水和供水不足，水泵流量少不匹配；管路太细设计不合理等。处理方法是清洗管路，调整压力，开足阀门，更换水泵，重新配管等。

(4)运转中带出的水多从循环水方面看，由于水量太多和偏流，易造成带出水过多；从风路系统方面看，风量过大也易多带水。处理方法是调节阀门，清洗散水槽；检查风机叶轮，更换风机。

(5)运转中散水槽内水溢出主要原因有散水槽被堵塞；循环水量多，水从上面滴下来；散水槽的结构不合适等。处理方法是清洗散水槽，调整循环水量，检修散水槽。

(6)运转中有振动和杂音引起这种故障的原因有风机轴弯曲或损坏，旋转不平稳；轴承部分损坏；有异物或缺油等形成干摩擦；风机叶片螺钉松动或与其它部件相碰；冷却塔外壳连接部松动，电压过低，电动机发出异常声音。处理方法是更换轴，检修轴承，紧固螺钉，修理叶片，检查冷却塔外壳和电机等。

(7)运转中风机、电动机过热

1)电路方面引起故障的原因有电动机绝缘不良、电压下降和缺相运转，导致电流加大；电动机短路。解决方法是检修电动机，检查电压，紧固端子，更换电动机。

2)风机叶片角度不对，使负荷变大；轴承损坏，缺油或有异物，摩擦加剧；环境温度较高，都要影响电动机温度。解决方法是可重装叶片，检修轴承，选用耐高温电动机。

四、特殊故障（实例）

在处理制冷系统故障时，除了依据书上提供的一些判断和处理方法外，我们必须对制冷系统的工艺管路非常熟悉，这样对判断和排除故障十分有利；尤其是对于氨制冷系统，如果对工艺不十分清楚，千万不能随意处理故障，否则会造成严重后果。

1. 故障实例

某冷库氨制冷系统采用重力供液，库房有二组顶排管蒸发器，具体管道连接如图 5-11 所示。

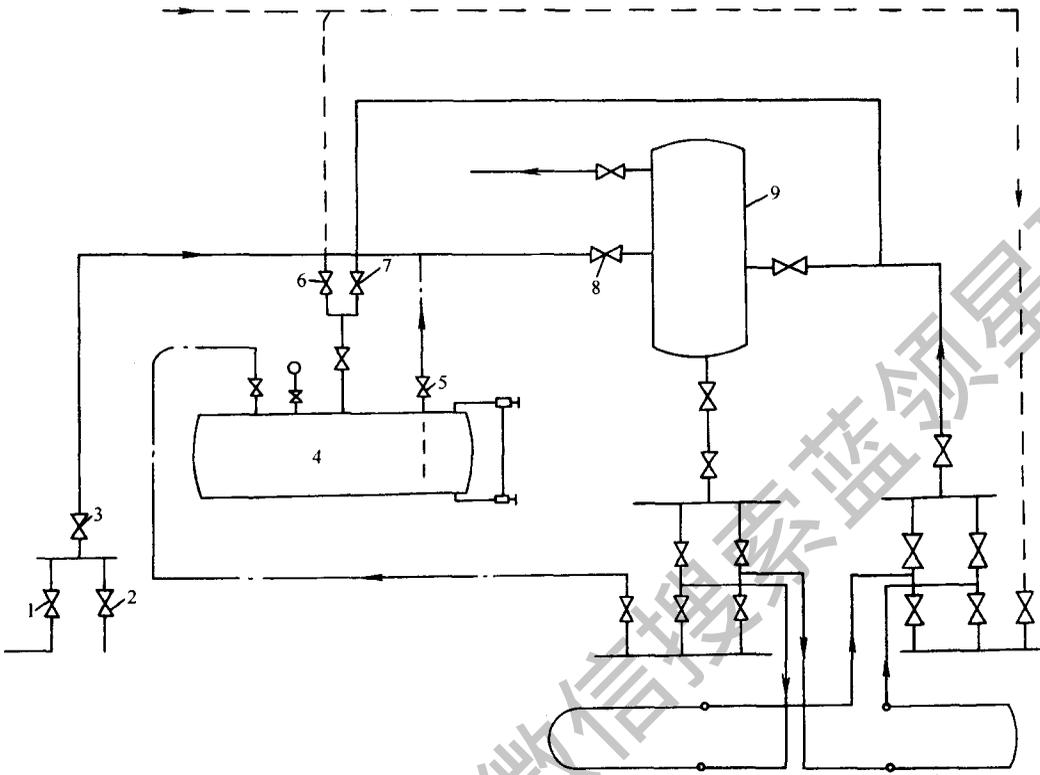


图 5-11 重力供液，融霜回路流程

1—加氨阀 2—高贮器来液阀 3—节流阀 4—排液桶 5—排液桶出液阀
6—加压阀 7—降压阀 8—分离器前阀 9—氨液分离器

系统中排液桶没有放油装置，每次融完霜后放不出顶排管中的油，又把油供入蒸发器内。长期运行后，导致蒸发器中油无法排出，造成顶排管结霜不匀且时有时无，一停供液，霜就融化，库温很难降下来。

2. 处理方法

首先我们对工艺管路做认真分析，由图 5-11 可以看出氨液从总调节站经阀门 3、8 进入氨液分离器，再经分调节站供到冷库排管中，由此想到蒸发器中的油能否从阀门 3 流经阀门 1 放出。有了上述思路就可以进行具体操作。油从氨液分离器 9 方向那一路是返不回去的，只能通过热氨融霜回路使氨和油回到排液桶 4，再由排液桶经阀门 5、节流阀 3 流经阀门 1 排出。所以先进行融霜操作（具体方法参见第四章第三节）使氨和油回到排液桶；再把分调节站上的阀门恢复到正常降温操作，并对排液桶抽氨降压，直至将排液桶中氨基本抽完为止。

如图 5-11 所示关闭阀 8、阀 2 和降压阀 7，将加氨接口接上高压胶管并通入水桶中。开启加压阀 6 待排液桶压力升至 0.3MPa 时关闭加压阀。缓慢开启阀 5、阀 3、阀 1 油开始缓慢流出。当排液桶压力下降后，还可再对其加压，直到油全部放出。对另一组顶排管可用同样方法将其中油放出。当两组顶排管中油基本被放完后，恢复正常制冷操作，这时蒸发器排管上结霜均匀且降温很快。

思考与练习

1. 活塞式制冷机检修目的和种类是什么？
2. 活塞式制冷机拆卸前做哪些准备？
3. 活塞式制冷机拆卸包括哪些内容？
4. 活塞式制冷机组装包括哪些内容？
5. 螺杆式制冷机的拆卸应注意哪些事项？
6. 螺杆式制冷机润滑系统的检查与修理内容有哪些？
7. 螺杆式制冷机的试机内容有哪些？
8. 冷凝器检修内容有哪些？
9. 阀门修理内容有哪些？
10. 泵类检修内容有哪些？
11. 风机检修内容有哪些？
12. 氨制冷系统常见故障有哪些？如何处理？
13. 氟利昂制冷系统常见故障有哪些？如何处理？

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第 六 章

冷库安全技术

6

第一节 安全装置

第二节 安全操作

获取更多资料 微信搜索蓝

第一节 安全装置

制冷系统承受压力虽属中低压范畴，但如果由于操作不当使制冷剂在非正常压力下循环，就有发生事故的可能。例如，若操作不当，造成压缩机严重液击，就会导致事故。特别是常用的制冷剂，如氨有毒、易燃易爆，而氟利昂也会使人窒息且遇明火分解出有毒气体，故一旦大量泄漏，不仅将造成制冷剂的大量浪费，而且将危及周围人身和生命财产的安全，甚至造成重大损失。因此，为了确保制冷系统的安全运行，不仅要做到正确设计、正确选材、精心制造、严格检验，而且还必须有完善的安全及检测设备。同时，操作人员对工作要极端负责，在运行中严格执行安全操作规程和岗位责任制，正确地使用和操作机器和设备，保证机器和设备的安全运行，防止和杜绝事故的发生。

一、安全装置及其作用

1) 首先要求制冷装置的所有制造材料质量和机械牢固性必须符合机械制造的一般标准。接触氨和润滑油的机械材料，在化学性质上对氨和润滑油应是稳定的，在工作中能经受不同温度与压力的变化。

2) 压缩机的吸气侧与排气侧之间，应装设弹簧安全阀。通常规定，进排气压力差超过 1.4MPa 时应自动开启（双级压缩机的低压机进排气压力差为 0.6MPa），使高压氨气回入低压腔内，并在它的通道间不得装有任何截止阀。

3) 氨压缩机气缸内设有带缓冲弹簧的安全盖。当汽缸内压力超过排气压力 0.2 ~ 0.35MPa 时（表压），安全盖自动开启。

4) 冷凝器、贮液器（包括高、低压贮液器、排液桶）、中间冷却器等设备，都应装有弹簧安全阀。它的开启压力，通常高压设备为 1.85MPa（表压），低压设备为 1.25MPa（表压）。各设备的安全阀前都应装截止阀，并应处于开启状态，加以铅封。

5) 装设在室外的贮氨容器应搭盖凉棚，防止太阳直接照射。

6) 为了确保迅速排除超压部分的制冷剂，必须使安全阀及其连接管道的通道截面积符合表 6-1 的要求。

表 6-1 安全阀的通道直径与容器内贮液量的关系

贮液量	容器内制冷剂贮液量/kg				
	< 1000	1000 ~ 2000	2000 ~ 3000	3000 ~ 4000	> 4000
安全阀通道直径/mm	10	20	30	40	50

压缩机和设备上安全阀连接管的直径，应不小于阀门的通道直径；连接总管的截面应不小于连接分管截面积的总和。

安全总管的排出管应高出冷库四周 50m 以内最高建筑物 1m 以上，以免影响邻近环境卫生和安全。

7) 压缩机的吸气和排气侧均应装有压力表和温度计。压力表应装在气缸与关闭阀之间，并应装有控制阀；温度计应装有套筒，视流向不同设置在截止阀前或后 400mm 以内，套筒的端头应插入管子的中心部位。

8) 机器间和设备间应留有两个进出口，以保证安全，并在临近出口的地方装设压缩

机电源的备用总开关（事故开关），只允许发生事故紧急停车时使用。

9) 在机器间和设备间应有防止事故的通风装置，其功能要求每小时将室内空气更换七次。在室内和室外都应装配该装置的启动开关。

10) 为了防止意外事故（例如失火等）而不使贮氨容器发生爆炸，制冷系统中应装设紧急泄氨器。在危急情况下通过下水道将容器内的氨放掉。

二、制冷装置上的安全标志

1) 制冷装置的管道应刷漆标识，涂色的要求见表6-2。并在靠近每个阀门的明显部位，按管内制冷剂的流向标上箭头。

表6-2 制冷管道和设备的涂色

名 称	应涂颜色	名 称	应涂颜色
高压气体管	深红色	高压贮液器	黄色
低压气体管	蓝色	冷凝器	红色
高、低压液体管	黄色	压缩机及其它辅助设备	蓝色
油管	棕色	节流阀手柄	深红色
水管	绿色	截止阀手柄	黄色
盐水管	灰色	氨瓶	黄色

2) 所有的控制阀手轮上应挂启闭牌，调节站上的阀门，应注明控制某冷间或设备用的标志。

3) 在车间或设备附近应悬挂操作规程和制冷装置系统图。

4) 其它

建立车间工作日记以及机器和设备的履历本，认真记载其技术数据、检修和事故等情况。

急救箱、防毒面具及其它保护用具，都要放在方便易取的地方，并标明使用方法。

第二节 安全操作

一、设备及管道的安全、保护装置

设置完善的安全设备，是保证机器和设备安全运行，防止发生事故的必备条件之一。安全设备自动防止故障的能力越强，发生事故的可能性就越小。但安全设置只能预防与制冷装置运行有关事故的发生，而不能防止因机器设备的材料、加工制造技术等方面欠缺引起的故障和事故。因此，首先要求制冷装置的所有设备在选用材料、强度设计和制造质量方面必须符合有关国家标准和部颁标准的规定。

1. 压力监视及其安全设备

(1) 压力监视设备压力监视主要是通过压力表监视系统各部位的压力，以便于正常的操作管理和及时发现制冷设备内的异常现象。

对于分散式制冷系统，每台压缩机的吸、排气侧，加氨站、热氨管道、油泵、滤油装置、冻结设备、调节站和氨泵等都应装有压力表。

所有压力表应定期检查，校验后应做好记录并铅封。另外，对不同制冷剂和不同工作压力应选用不同的压力表。

(2) 压力保护设备为防止超压运行，在制冷设备上设置安全阀、压力及压差控制器、自动报警器等压力保护设备，通过自动停机或排放气体来杜绝事故发生。

采用压力控制器及压差控制器，以实现压缩机高压、中压、低压保护，油压差保护，以及制冷设备和压缩机缸套的断水保护和液氨泵不上液的安全保护。

对中、小型氟利昂制冷系统，一般不设置安全阀，仅用高、低压控制器作安全保护设备。

(3) 熔塞在贮液器和冷凝器上设置熔塞，其熔点为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，当发生火灾温度升高到熔点时即行熔化，以防设备炸裂。

2. 液位监视及其安全设备

所有盛氨容器，如氨瓶、氨槽车、高压贮液器、排液器、低压贮液器、中间冷却器等，都应严格遵守存氨量一般不超过容积的 $70\% \sim 80\%$ 的规定。蒸发器、冷却管组以及所有液体管路，需较长时间停用时，在停用前都应适当抽空，严格防止在满液情况下关闭容器或管路的进出口阀，并应留有与其它设备和管路相通的出口，以防受热液体膨胀。

在气液分离器、低压循环贮液器、中间冷却器上，应设置液位指示、控制和报警装置。在低压贮液器上设液位指示和报警装置；高压贮液器、排液桶和集油器等均应装设液位指示器。

玻璃管式液位计应设有金属保护管，以及自动闭塞装置（例如弹子角阀）。若采用板式玻璃液位指示器则更好，并定期检查。

3. 温度监视及其安全设备

压缩机吸排气侧、轴封器端、调节站、热氨集管、冷却水进出口，以及大、中型电机上均有温度计，以便监视和记录制冷系统温度变化情况。在压缩机排气管、压缩机曲轴箱、被冷却空间等还装有温控器。

4. 电器参数的监视及其安全设备

机器间应设置电压表，并定期记录电压数值，当电网的电压波动接近规定幅度时（即不应低于 340V ，不高于 420V ），应密切注意电流变化和电机温度，以防发生电机烧毁事故。

每台压缩机、氨泵、水泵、风机都应单独装设电流表，并有过载保护装置。

5. 其它安全防护设备

为避免制冷剂倒流，在压缩机的高压排气管和氨泵出液管上应分别装止回阀。氟利昂机的曲轴箱内往往装有电加热器，以减少油中制冷剂的溶解，以利于启动。

冷凝器与贮液器之间设有均压管；两台以上贮液器之间还分别设有气体和液体连通管，它们应处于开启状态。

氨泵也应设有安全保护装置。

二、安全操作

1. 运转时的安全操作

(1) 阀门的安全操作制冷装置运行时的安全操作，主要是阀门的安全操作，它包括

操作阀门时不损伤阀门，重点保护好阀芯、阀杆、手轮和阀体，其次是阀门的启闭要灵活，不发生错开错闭。

回气阀应缓慢操作，并注意倾听制冷剂的流动声音，禁止猛开以防液击；开启阀门时，转动手轮不应过分用力，当开足后应将手轮回转 $1/8$ 左右。各种备用阀、灌制冷剂阀、排污阀等，平时应关阀并加铅封或拆除手轮；对连通大气的管接头应加封头，防止误开阀门造成事故。

(2) 充灌制冷剂的安全操作新建或大修后的制冷系统，必须经过气密试验、检漏、排污、抽真空，当确认系统无泄漏时，方可充灌制冷剂。如用充氨试漏时，设备内的充氨压力不超过 0.2MPa 。

由于充氨操作危险性大，要求在值班班长的指导下进行。为防备万一，同时还应有必要的抢救器材。向制冷系统内充灌制冷剂的数量应严格控制在设计要求和设备制造厂家所规定范围内，并认真做好称量数据的记录。

氨瓶或氨槽车与充氨站的连接管必须采用无缝钢管，或用耐压在 3MPa 以上的橡皮管，与其相接的管头要有防滑沟槽，以防脱开发生危险。

(3) 放空气的安全操作为防止环境污染和氨中毒，从制冷系统中排放不凝性气体时，需经过专门设置的空气分离器将气体排入水中。操作中，空气分离器的供液节流阀不应开启过大，以防氨液过多而进入压缩机；放空气阀的开启度要小，以防止大量氨漏出。

(4) 放油的安全操作由于制冷设备内的油和氨一般呈有压力的混合状态，为避免酿成严重的跑氨事故，严禁从制冷设备上直接放油，而应经过集油器放出。为提高放油效率和安全起见，最好在设备停止工作时放油，且要防止氨液放入集油器；集油器液面高度一般不超过 70% ，以免降压时将润滑油吸入压缩机。集油器放油时，操作人员应带橡皮手套和眼镜，站在放油管侧面和上风端操作，不得中间离开操作地点，严禁将氨液放出。如有阻塞现象，严禁用开水淋浇集油器，以防爆炸。

(5) 除霜的安全操作为防止低压、低温管路在融霜时受到压力波动和温度变化影响，规定进入蒸发器前的压力不得超过 0.8MPa （或蒸发器内压力不超过 0.8MPa ），禁止用关小或关闭冷凝器进气阀的方法加快融霜速度。排液时，排液器的贮氨量不应超过 80% 。

2. 维修时的安全操作

安全阀要每年拆洗、检查、校正；压力表也要定期检查校正，如已损坏或指示不正确，应及时更换；浮球阀、电磁阀、液位指示器等，应定期进行检查和校正。

拆卸机器设备上的阀门、焊补管道或设备裂缝，都严禁在有制冷剂和带压的情况下进行；压缩机房和设备间不能有明火，冬季严禁用明火取暖。检查机器内部，如曲轴箱、气缸等时，一般用手电筒或不超过 36V 的行灯。为防止触电事故，在要修制冷设备时，特别是风机和电器等远离电源开关的设备时，须在其电源开关挂上工作牌，检修完由检修人员亲自取下，其它人员不允许乱动。在检修制冷系统的管道时，若需要换管道或增添新管路，必须用符合规定的无缝钢管（氟利昂制冷系统也可用纯铜管）；制冷机器与设备检修后，应进行耐压强度和气密性试验。

另外，冷凝器及设备间的梯子应保持完好；机器设备附近和车间内，禁止堆放无关的物品，各通道内无障碍物；冷间内的货物与冷却排管间应保持规定的距离。

三、制冷剂瓶的安全使用和管理

1. 氨瓶的安全使用

氨瓶是灌装液氨的容器，平时又处于高压之下，具有一定潜在的危险，因此，对氨瓶必须加强安全管理。按照规定，氨瓶必须每三年进行技术检验一次，如果发现瓶壁有裂纹或局部腐蚀，其深度超过公称壁厚 10%，以及发现有结疤、凹陷、鼓包、伤痕和重皮等缺陷时，应禁止使用。

操作人员在启闭氨瓶阀门时，应站在阀门连接管的侧面，慢慢开启；若氨瓶的瓶阀冻结时，应把氨瓶移到较暖的地方，或用洁净的温水解冻，严禁用火烘烤。另外，氨瓶贮存时，应放置在阴凉处，不能曝晒，也不要放在容易跌落或易受外物撞击的地方；与明火的距离不少于 10m，并要采取可靠的防护措施；与暖气片的距离不少于 1m；搬运时应小心轻放，不要碰击。瓶内气体不能用尽，必须留有剩余压力；氨瓶用过后应立即关闭瓶阀，盖好氨瓶防护罩，退还库房。

氨瓶充装前，须有专人检查，发现下列情况之一者，不许充装。

- 1) 漆色、字样（应是黄底黑字）与所装气体不符或字样不易识别的气瓶。
- 2) 安全阀件不全、损坏、阀门不良，或不符合规定的气瓶。
- 3) 不能判别装过何种气体，或钢瓶内没有余压的气瓶。
- 4) 超过检查期限的气瓶。
- 5) 钢印标志不全、不能识别的气瓶。
- 6) 瓶体外观检查有缺陷，不能保证安全使用的气瓶。

制冷剂充装时，一般按氨瓶容积要求充装，严禁超量充装。

2. 氨瓶的安全运输和保管

(1) 氨瓶的运输管理待运输的氨瓶，应装置厚度不小于 25mm 的防振胶圈两道或其它相应的防振装置，并须旋紧安全帽。

在运输时要固定好氨瓶，防止振动和撞击，瓶头部必须朝向一方；车上禁止烟火，禁止坐人，并应有防氨泄漏的用具；严禁与氧气瓶、氢气瓶等易燃易爆物品同车运输；夏季要加覆盖物，防止曝晒。搬运时宜轻装轻卸，严禁抛、滚、滑、振动或撞击。

(2) 氨瓶的储存和保管储存充氨后的氨瓶仓库，与其它建筑物应保持一定距离。

氨瓶库的建筑和设备必须满足下列要求：仓库必须是不低于二级耐火等级的单独的单层建筑，地面至屋顶最低点的高度不小于 3.2m，屋顶应为轻型结构；仓库应采用非燃烧材料砌成隔墙，仓库的门窗应向外开，地面应平整不滑；仓库的温度不得高于 35℃，并应设有自然通风或机械通风装置，仓库的取暖设备必须采用水暖或汽暖，不能有明火；仓库内应配有适当数量的消防用具。

已充氨的氨瓶贮存在仓库内，应该旋紧瓶帽，放置整齐，妥善固定，留有通道。氨瓶立放时，应设有专用拉杆或支架，严防碰倒；卧放时，头部朝向一方，其堆放高度不应超过 5 层。瓶帽和防振圈等附件必须完整无缺。氨瓶严禁与氧气瓶、氢气瓶同室贮存，以免引起燃烧和爆炸；仓库周围 10m 内不得存放易燃物品和进行明火作业。禁止将有制冷剂的氨瓶贮存在机器设备间内；临时存放在室外的氨瓶，也要远离热源和防止阳光曝晒。

3. 氟瓶的安全管理

除了氨瓶中类似的要求外，还要注意的是：制冷剂的种类不同检验压力也不同，并且瓶上刷以不同的颜色，以示区别（氨瓶黄色、氟瓶为银灰色）；同时注明氟利昂代号或名称，防止用错。另外氟利昂具有更大的渗透性，更易泄漏，因此更应保证瓶阀和瓶帽良好，密封严密。充氟时若钢瓶上标记不清，不知钢瓶中是 R12 还是 R22 时，可用下述办法判断；

1) 在钢瓶出口处连接一个压力表，测量钢瓶内的压力，因为氟利昂的压力与温度有一定的对应关系。例：室温 30°C，测得钢瓶内压力为 0.66MPa（表压）时，即能判断是 R12（查 R12 性质表可得知）。若钢瓶内压力为 1.13MPa（表压）时则可判断为 R22（查 R22 性质表可知）

2) 将钢瓶倾斜一个角度（30°），微开瓶阀，让少量的氟利昂外泄，同时用温度计测量其温度，这时若温度约为 -29°C 时为 R12；若温度约为 -40°C 时，则为 R22（查工质性质表可知）

四、安全预防措施与紧急救护

制冷系统的操作人员要做到安全生产，不仅要掌握制冷技术知识和熟练的安全操作技能，而且还必须掌握有关安全预防措施和急救知识。

1. 安全预防措施

操作人员应加强安全技术的学习，严格执行操作规程和岗位责任制，时刻提高警惕，严防事故的发生；应了解制冷剂对人体生理的影响，学习氨中毒后的急救知识和救护药品使用的知识。空气中的含氨量对人体生理的影响见表 6-3。

表 6-3 空气中的含氨量对人体生理的影响

对人体生理的影响	空气的含氨量 $\times 10^{-6}$
可以感觉氨臭的最低含量	20
长期停留也无害的最大值	100
短时间对人体无害	300 ~ 500
强烈刺激鼻子和咽喉	408
刺激人体眼睛	698
引起强烈的咳嗽	1720
短时间（30min）内有危险	2500 ~ 4500
立刻引起致命危险	5000 ~ 10000

制冷系统的机器、设备和管道等要保持密封，漏氨部位应及时修理，以防氨对人身的危害；防毒面具、橡胶手套、防毒衣具、胶鞋以及救护药品，应妥善放置在机器间进出口的专用箱内，并定期检查是否处于良好的待使用状态。另外，机房内应配备二氧化碳或“干粉”或“1211”（卤代烷）等灭火器材，以备扑灭油火、制冷剂火和电火。

平时还应加强预防性训练，如训练对防护用品的使用，熟练掌握防毒衣具的穿法和防毒面具的使用方法；假设一定的事故，让操作人员处理，以训练他们处理事故的能力。

对于漏氨，只要防止明火产生光气，并迅速通风严防使人窒息即可。

2. 防毒面具的使用与保管

防毒面具具有活性炭防毒面具和过滤式防毒面具，主要在漏氨时使用。这里主要介绍活性炭防毒面具。

活性炭防毒面具是利用活性炭分子有较强的吸附能力，吸附空气中的氨分子，将过滤

后的空气供人呼吸。这种防毒面具是在空气中含氨量不太大情况下使用的；如果有大量氨液溢出，这种防毒面具是不能使用的。

使用时应检查复面是否损坏，如已损坏，应停止使用。如复面完好，可将过滤罐的橡皮塞子打开，将复面从头上戴向下颚，松紧度合适，呼吸不困难，即可使用。

用完后，若氨味较大，说明活性炭分子吸附能力已经饱和，应将过滤罐内的活性炭更换。换下来的活性炭，可用醋酸清洗，晒干后再用。另外，使用后，复面和软管用酒精冲洗消毒，晾干后撒上滑石粉，保管在阴凉通风的专用箱内，以备再用。

如果有条件最好采用氧气呼吸器，它可以在大量氨液溢出的情况下使用，但其必须有充足的氧气供给，否则使用时间有限。

3. 紧急救护

(1) 发生漏氨时的急救措施氨制冷系统的阀门或法兰等处，由于填料或垫片不严引起的轻微泄漏是经常发生的，也易处理。但当系统某一管道或设备发生破裂而大量跑氨时，情况就比较严重。遇有这类事故，操作人员一定要镇静、沉着，不应惊慌失措，以免错开或乱开机器、设备上的阀门，导致事故进一步扩大；必须正确判断情况，迅速组织有经验的技工，穿戴防护用具进入现场抢救。

1) 高压管路破裂时的处理。应立即停止压缩机运转，根据事故发生的地点，迅速将跑氨管路两端的截止阀关闭，切断漏氨部位与有关设备相连通的管道，卡住氨源。如果破裂管段不长，可采用放空的办法，待管内余氨放完后（漏处不再有氨气外逸），置换后进行补焊，待水压和气压试验合格后恢复使用。

2) 高压容器跑氨时处理。如果液位指示器被碰断，应立即关闭液位计上、下角阀，更换液位计。

如容器破裂，应先截断氨来源，并在破裂部位盖上淋透水的织物或胶皮，然后扎紧，以减轻泄漏程度，或用水管喷淋冷水进行抢堵。同时，应迅速将容器内液体送向低压容器（如排液桶）或蒸发器排管中；液体排完后，关闭阀门，切断与低压系统的联系。

容器内余氨通过放油管和集油器放入水池中，待余液放完后，用放油管接通大气或自行放空。无法排放时，应通过紧急泄氨器排入下水道。待氨放尽后再行补焊。焊后做水压及气压试验，合格后再使用。

3) 低压系统管道跑氨时处理。首先要迅速查明跑氨部位，关闭该冷却设备的供液阀、回气阀，并调整有关阀门，切断系统与该冷却设备的联系。在此情况下，由于氨气过浓，可开动或临时加风机向出口排除氨气，并用醋酸溶液喷雾中和；然后，在破漏管段上包扎薄胶皮，再用管卡将漏点夹死，再调整阀门，抽空该冷却设备。在库房升温的同时，转移库内货物，待库内氨味已经消除，可将管卡拆除，在没有氨气泄出的情况下，升温后进行焊补。

(2) 人员受氨损伤时的救护氨对人体所造成的伤害，大致有如下三种：氨液溅到皮肤上时引起类似烧伤性伤害；氨液或氨气对眼睛的刺激性或烧伤性伤害；氨气被人体吸入，轻则刺激呼吸器官，重则导致昏迷甚至死亡。

急救处理措施是：

1) 当氨液溅到衣服或皮肤上时，应立即把氨液溅湿的衣服脱去，用水 2% 硼酸水冲

洗皮肤；注意水温不得超过 46°C，切忌干加热。当解冻后，再涂上消毒凡士林或植物油脂。

2) 当呼吸道受氨气刺激引起严重咳嗽时，可用湿毛巾或用水弄湿衣服，捂住鼻子和口。由于氨易溶于水，因此，此举可明显减轻氨的刺激作用。也可用食醋把毛巾浸湿，再捂住鼻子和口，由于醋蒸气可与氨发生中和作用，使氨变中性盐，这样可以减轻氨对呼吸道的刺激，并可以缓和中毒程度。

3) 当呼吸道受氨刺激较强烈，而且中毒比较严重时，可用硼酸水滴鼻漱口，并给中毒者饮入 0.5% 的柠檬酸水或柠檬汁。但切忌饮白开水，因氨易溶于水而助长氨的扩散。

4) 当氨中毒十分严重，致使呼吸微弱、甚至休克、呼吸停止时，应立即进行人工呼吸抢救，并给中毒者饮用较浓的食醋，有条件时施以纯氧呼吸。遇到这种严重情况，应立即请医生或送医院抢救。

不论中毒或窒息程度轻重与否，均应将患者转移到新鲜空气处进行救护，不使其继续吸入含氨的空气。

对于受氨损伤的皮肤，只许用水或酸性的食醋和柠檬冲洗，绝对不要用毛巾等擦洗受伤部位，以免擦破表皮引起继发感染。对腹部以下器官，当吸附氨而产生强烈刺痛感时，应立即跳进水池即可逐渐缓解。

对于氟利昂产生大量泄漏时，只要远离明火，并迅速通风，即可不对人产生伤害。至于漏氟时处理方法，类似氨系统。

思考与练习

1. 制冷系统安全装置的作用分别是什么？
2. 制冷系统的安全标志有哪些？设备、管道的安全保护装置有哪些？
3. 制冷系统安全操作时应注意哪些事项？
4. 系统在维修时应注意哪些安全事项？
5. 氨瓶在使用时应注意哪些事项？

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第七章

冷库主要经济指标及成本核算

7

- 第一节 制冷量与单位冷量耗电量
- 第二节 单位产品耗冷量和耗电量
- 第三节 冷库成本分析

获取更多资料 微信搜索 蓝信

第一节 制冷量与单位冷量耗电量

冷库库房和机器设备是进行食品冷加工生产和贮存的必备条件。只有经常维护好库房结构和制冷装置，正确地进行操作管理，才能充分发挥冷库的设备能力，延长使用期限，减少大修理费用。

冷库生产冷量必须耗电，电力是冷库成本的主要部分。节约用电，既降低了生产成本，又提高了经济效益，对改善经济管理，提高冷藏企业的管理水平有很重要的意义。

食品在冷加工和贮藏期间会发生干耗，不仅损失重量，而且影响质量。冷产品的加工、搬运和清洁卫生工作都耗用大量的劳动力，要求合理组织，不断提高劳动生产率。

冷库经济核算的目的，就是要正确反映上述情况，从而采取积极有效的措施，提高冷库利用率，节约用电，节约人力，减少食品干耗，降低生产成本。

冷库主要技术经济指标完成得好坏，可以反映出冷库的生产管理面貌。通过主要技术经济指标的分析，能判断出冷库的管理水平和达到的经济效果。技术经济指标又可作为各企业车间班组之间的评比依据，进一步发挥企业职工的积极性和创造性。

一、工作日记的记录和综合

制冷系统运行工作日记的记录，是反映该系统运行状况的原始记录，它包括制冷系统运行中的各库房温度的变化情况、各种参数、制冷压缩机工作时间及各种消耗材料的使用情况等，为技术经济分析提供原始数据。因此，要求每个操作管理人员必须重视工作日记的填写，并要做到及时、准确、清楚、认真，按月汇总装订保存备查。

1. 工作日记的填写

在工作日记中，应填写压缩机，氨泵、冷风机等开、停时间。一般每 2h 记录一次各制冷压缩机和设备的工作温度和压力状况（如蒸发温度与压力，吸气温度与压力、排气温度与压力、油温与油压，冷凝温度与压力，中间温度与压力等）。

每班工作结束时，必须填写电表和水表的指示值，并将本班使用的各种材料消耗量填入日记以便确定每班的实际耗电量、耗水量，当压缩机没有安装电表时，应每 2h 记录电动机的电流值，以便月终统计压缩机的耗电量。

由于不同制冷系统中机器和设备的数量不同，因此工作日记中的格式和内容也有所不同，一般工作日记的格式可参见表 7-1。

2. 工作日记的统计和综合

工作日记每天应进行日统计，统计机器运行时间，并计算出水、电消耗量，一般按照算术平均值来计算，即每次记录数字之和除以记录次数，得出运行参数一天的平均值。

工作日记每月还需进行月综合，为简化计算，月平均数可不根据日平均数来计算，而是用全月记录数字之和除以全月记录次数来求得。

二、压缩机制冷量计算

1. 活塞式压缩机制冷量计算

现根据压缩机制冷量计算公式，将各种蒸发温度、冷凝温度下的制冷量编成应用图表，以简化计算步骤。压缩机的制冷量与压缩机的排气量成正比，单级机按全部气缸的排

(续)

记录时间	单级压缩机 (型号)													工作时间/h						
	高压机 (缸)				低压机 (缸)				润滑油压力	出水温度	轴承温度	电流	运转调度							
	排出压力	排出温度	吸入压力	吸入温度	排出压力	排出温度	吸入压力	吸入温度					°C					h		
16															加油时间:					
18																				
20																				
22																				
24																				
	加入冷冻油			月计	kg			日计	kg											
	运转小时				h				h											
记录时间	制冷设备工作情况																			
	冷凝器		调节站		高压贮液器				低压贮液器				排液桶				中间冷却器			
	进水温度	出水温度	氨压	氨液温度	氨压	一号		二号		一号		二号		一号		二号		一号		二号
液面						压力	液面	压力	液面	压力	液面	压力	液面	压力	液面	压力	液面	压力	液面	压力
2																				
4																				
6																				
8																				
10																				
12																				
14																				
16																				
18																				
20																				
22																				
24																				
	氨泵运转																			

(续)

记录时间	冷库内各冷间温度/°C																					
	冷却间 ±0				冻结间 -23						冷藏间 -18				地下室 ±0					冰库 -10		
	1*	2*	3*	4*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	1*	2*	3*	4*	1*	2*	3*	4*	5*	1*	2*	
18																						
20																						
22																						
(0~8) 夜班值班记事						(8~16) 早班值班记事						(16~24) 中班值班记事										
值班长						值班长						值班长										

备注

工段长 _____ 车间主任 _____

气量计算；双级机组只计算所有低压缸的排气量。为了使各种不同排气量的压缩机都能应用，表 7-2 至表 7-6 是按排气量每小时 1m^3 来计算，应用时乘以压缩机每小时的排气量，即得压缩机在该种工况下的每小时制冷量，单位为 kJ/h 。

压缩机全月实际制冷量 = 压缩机理论排气量 × 单位容积制冷量 × 全月运转时间

2. 螺杆式压缩机制冷量计算

螺杆式压缩机的制冷量，首先应根据生产厂家提供的产品样本中的技术数据进行计算；在无资料的情况下，可按下列方法进行计算：

$$Q_c = V_p \lambda q_v / 3.6$$

式中， Q_c 是制冷量 (W)； λ 是输气系数，可从制造厂提供的图表中查得，如无资料时，可采用 $0.75 \sim 0.9$ （对输气量小、压缩比大的螺杆式压缩机取小值，反之取较大值）； q_v 是单位容积制冷量 (kJ/m^3)； V_p 是理论排气量 (m^3/h)。

$$V_p = 60 c_n L n D^2$$

式中， V_p 是理论排气量 (m^3/h)； D 是主动转子的公称直径 (m)； L 是转子的工作长度 (m)； n 是主动转子的转速 (r/min)； c_n 是齿形系数，与型线、齿数有关。一般近似计算时， c_n 值为 $0.46 \sim 0.508$ （按阳转子名义直径计算），对称圆弧型线取小值，单边不对称型线取大值。

3. 举例说明活塞式制冷机制冷量的计算方法

例：某 5000t 氨冷库某月统计资料如下表，试计算各压缩机的制冷量。

制冷系统	压缩机编号	压缩机型号	全月平均蒸发温度/°C	全月平均冷凝温度/°C	全月开车时间/h
-15	1#	8AS—12.5 1台	-16	25	350
-28	2# 3#	高压级 1台 4AV—12.5 低压级 1台 8AS—125	-27	25	360
-33	4# 5#	高压级 1台 4AV—12.5 低压级 1台 8AS—12.5	-34	25	650

解：-15°C 制冷系统查 8AS—12.5 型号压缩机理论排气量为 566m³/h，转速为 960r/min，查表 7-2，当蒸发温度为 -16°C，冷凝温度为 25°C 时，该压缩机单位容积制冷量为 1.61 × 10³kJ/m³。

则全月制冷量 = 566m³/h × 1.61 × 10³kJ/m³ × 350h = 318.94 × 10⁶kJ

-28°C 制冷系统：双级机只计算低压级制冷量，其理论排气量和转速与上相同。4AV—12.5 型号压缩机理论排气量为 283m³/h，则高低压容积比为 1:2，可查表 7-3，当 t₀ = -27°C。t_k = 25°C，单位容积制冷量为 1.17 × 10³kJ/m³，则全月制冷量 = 566m³/h × 1.17 × 10³kJ/m³ × 360h = 238.4 × 10⁶kJ

-33°C 制冷系统计算方法同 -28°C 制冷系统，其单位容积制冷量为 0.85 × 10³kJ/m³，全月制冷量 = 566m³/h × 0.85 × 10³kJ/m³ × 650h = 312.72 × 10⁶kJ

三、压缩机耗电量的计算

压缩机单独安装电量表时，按电表读数乘电表倍率计算；未单独安装电量表时，按下列公式计算：

耗电量 = 1.73 × 平均电流 × 平均电压 × 平均功率因数 × 开车小时 ÷ 1000 (kW·h)

通过以上公式计算，如各动力设备耗电量相加与电表数不一致时，应以电表数为准，进行调整。

为了简化计算，压缩机耗电量可用下式计算：

压缩机耗电量 = 压缩机分配积数 × 功率分配系数 (kW·h)

式中，压缩机分配积数 = 压缩机平均耗用电流 × 开车小时 (A·h) 功率分配系数 = 压缩机总耗电量 ÷ 各压缩机分配积数合计数 (kW/A)。

压缩机的平均耗用电流和总耗电量都从工作日记中汇总取得。

如上例三组压缩机总电量表耗电 83404kW·h，1# 压缩机平均电流 111.72A，2#、3# 压缩机组平均电流 112.89A，4#、5# 压缩机组平均电流 95.47A，计算各组压缩机的耗电量。

1# 压缩机分配积数 111.72A × 350h = 39102A·h

2#、3# 压缩机组分配积数 112.89A × 360h = 40640A·h

(10^3 kJ/m^3) 表 7-2 氟压缩机单位容积制冷量 转速 $\geq 960 \text{ r/min}$

蒸发温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷凝温度/ $^{\circ}\text{C}$																									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
-5	3.03	3.00	2.98	2.95	2.93	2.90	2.88	2.85	2.82	2.80	2.77	2.75	2.72	2.69	2.67	2.64	2.61	2.58	2.56	2.53	2.50	2.47	2.44	2.41	2.39	2.36
-6	2.89	2.87	2.85	2.82	2.80	2.77	2.75	2.72	2.70	2.67	2.65	2.62	2.60	2.57	2.54	2.52	2.49	2.46	2.44	2.41	2.38	2.36	2.33	2.30	2.27	2.25
-7	2.77	2.74	2.72	2.70	2.67	2.65	2.62	2.60	2.58	2.55	2.53	2.50	2.48	2.45	2.43	2.40	2.38	2.35	2.32	2.30	2.27	2.24	2.22	2.19	2.16	2.14
-8	2.64	2.62	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.48	2.46	2.43	2.41	2.39	2.36	2.34	2.31	2.29	2.26	2.24	2.21	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.05	2.03
-9	2.53	2.50	2.48	2.46	2.44	2.41	2.39	2.37	2.35	2.32	2.30	2.27	2.25	2.22	2.20	2.17	2.15	2.12	2.10	2.07	2.05	2.02	2.00	1.97	1.94	1.92
-10	2.41	2.39	2.37	2.35	2.32	2.30	2.28	2.26	2.24	2.21	2.19	2.16	2.14	2.11	2.09	2.07	2.04	2.02	1.99	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.84	1.81
-11	2.30	2.28	2.26	2.23	2.21	2.19	2.17	2.15	2.12	2.10	2.08	2.06	2.03	2.01	1.99	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.85	1.82	1.80	1.77	1.75	1.72
-12	2.19	2.17	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.02	2.00	1.98	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.84	1.82	1.80	1.77	1.75	1.73	1.70	1.68	1.65	1.62
-13	2.09	2.07	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97	1.95	1.92	1.90	1.88	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54
-14	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55	1.52	1.50	1.47	1.45
-15	1.90	1.88	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39	1.37
-16	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.53	1.50	1.48	1.46	1.44	1.42	1.40	1.38	1.35	1.33	1.31	1.29
-17	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.50	1.48	1.46	1.44	1.42	1.40	1.38	1.36	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.23	1.20
-18	1.62	1.60	1.58	1.56	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	1.45	1.43	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.23	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13
-19	1.53	1.51	1.49	1.48	1.46	1.44	1.43	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.28	1.26	1.24	1.22	1.20	1.18	1.15	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05
-20	1.45	1.43	1.42	1.40	1.38	1.36	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26	1.24	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98
-21	1.37	1.35	1.34	1.32	1.30	1.29	1.27	1.25	1.23	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91
-22	1.29	1.28	1.26	1.25	1.23	1.21	1.20	1.18	1.16	1.14	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84
-23	1.22	1.21	1.19	1.17	1.16	1.14	1.12	1.11	1.09	1.07	1.06	1.04	1.02	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78
-24	1.15	1.14	1.12	1.11	1.09	1.07	1.06	1.04	1.02	1.01	0.99	0.97	0.96	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72
-25	1.09	1.07	1.06	1.04	1.02	1.01	0.99	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.79	0.77	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66

表 7-3 氨双级压缩机(高低压缸容积比 1:2)单位容积制冷量 转速 ≥ 960 r/min

(10^3 kJ/m³)

蒸发温度 $t_0/^\circ\text{C}$	冷凝温度 $t_k/^\circ\text{C}$																									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
-20	1.64	1.63	1.63	1.63	1.62	1.62	1.61	1.61	1.61	1.61	1.60	1.60	1.60	1.60	1.59	1.59	1.59	1.58	1.58	1.58	1.57	1.57	1.57	1.56	1.56	1.56
-21	1.57	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.54	1.54	1.54	1.54	1.53	1.53	1.53	1.53	1.52	1.52	1.52	1.51	1.51	1.51	1.51	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49
-22	1.50	1.50	1.50	1.49	1.49	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.47	1.47	1.47	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.44	1.43	1.43	1.43
-23	1.44	1.44	1.43	1.43	1.43	1.42	1.42	1.42	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37	1.37
-24	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.35	1.35	1.35	1.35	1.34	1.34	1.34	1.33	1.33	1.33	1.33	1.32	1.32	1.32	1.32	1.31	1.31	1.31
-25	1.32	1.31	1.31	1.31	1.30	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25
-26	1.26	1.25	1.25	1.24	1.24	1.24	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19
-27	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17	1.17	1.17	1.16	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.14	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13
-28	1.14	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09	1.08	1.08
-29	1.09	1.09	1.09	1.09	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03
-30	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
-31	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93
-32	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89
-33	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85
-34	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81
-35	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.77
-36	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73
-37	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.69
-38	0.70	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
-39	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62
-40	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59

表 7-4 氨双级压缩机(高低压缸容积比 1:3)单位容积制冷量 转速 $\geq 960r/min$ (10^3 kJ/m^3)

蒸发温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷凝温度/ $^{\circ}\text{C}$																									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
-20	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49	1.49	1.49	1.49	1.48	1.48	1.48	1.47	1.47	1.47	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45	1.45	1.44
-21	1.46	1.45	1.46	1.45	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43	1.43	1.43	1.42	1.42	1.42	1.41	1.41	1.41	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38
-22	1.40	1.39	1.39	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35	1.35	1.35	1.34	1.34	1.34	1.33	1.33	1.33	1.32	1.32	1.32	1.32
-23	1.34	1.33	1.33	1.32	1.32	1.32	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28	1.28	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.26
-24	1.28	1.28	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.24	1.24	1.23	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	1.20
-25	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17	1.17	1.16	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.15
-26	1.17	1.16	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.12	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10
-27	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05
-28	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
-29	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95
-30	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
-31	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86
-32	0.88	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82
-33	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
-34	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
-35	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71
-36	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67
-37	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
-38	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60
-39	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
-40	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54

表 7-5 R12 单位容积制冷量

(kJ/m³)

蒸发温度/°C	节流阀前液体的温度/°C													
	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
-40	611.3	592.8	574.0	555.1	535.9	516.2	496.5	476.4	455.9	435.4	414.9			
-35	768.7	746.1	722.6	699.2	675.3	651.0	626.7	601.6	576.9	551.4	525.4			
-30	955.8	927.8	899.3	870.4	841.5	811.8	781.7	751.5	720.9	689.5	658.1	626.3		
-27.5	1060.5	1029.5	998.5	966.7	934.9	903.1	870.0	836.5	802.6	768.3	733.1	697.9		
-25	1176.9	1143.0	1108.6	1073.5	1038.3	1002.3	965.9	929.0	892.2	854.5	816.4	748.2	738.1	
-22.5	1302.5	1264.8	1227.5	1189.0	1150.5	1109.9	1070.1	1029.5	988.9	947.5	906.4	864.1	820.1	
-20	1436.9	1395.9	1354.8	1313.0	1270.3	1227.1	1183.6	1139.2	1094.4	1049.2	1003.6	956.7	909.8	862.5
-15		1843.8	1644.1	1593.9	1543.2	1492.2	1439.8	1386.7	1333.5	1279.5	1224.2	1168.9	1112.4	1055.9
-10			1982.4	1923.0	1862.7	1801.1	1738.8	1676.4	1613.2	1548.7	1484.2	1418.5	1351.5	1284.5
-5					2226.5	2156.2	2082.9	2009.2	1934.7	1858.5	1781.5	1703.6	1624.9	1546.2
0					2648.5	256.7	2480.2	2393.6	2306.5	2217.7	2127.3	1961.5	1944.3	1858.8
5						3037.5	2937.4	2837.0	2735.2	2631.8	2529.2	2423.3	2315.7	2208.1
10							3452.0	3335.2	3218.3	3098.2	2980.6	2857.9	2733.5	2628.8

表 7-6 R22 单位容积制冷量

(kJ/m³)

蒸发温度/°C	节流阀前液体的温度/°C											
	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
-40	1004.8	979.7	950.4	925.3	891.3	858.3	830.0	795.5	762.0	728.5	695.0	601.5
-35	1264.4	1230.9	1193.2	1159.7	1122.0	1084.4	1042.5	1004.8	962.9	921.1	879.2	833.2
-30	1561.7	1519.8	1477.9	1436.1	1385.8	1339.8	1293.7	1243.5	1193.2	1143.0	1088.5	1038.3
-25	1900.8	1850.5	1800.3	1750.1	1695.6	1673.0	1578.4	1519.8	1457.0	1398.4	1335.6	1272.8
-20	2319.5	2256.7	2198.1	2135.3	2068.3	1997.1	1930.1	1858.9	1783.6	1708.2	1632.8	1557.5
-15		2721.4	2650.2	2574.9	2495.3	2415.8	2327.8	2244.1	2156.2	2068.3	1980.3	1888.2
-10			3190.3	3102.4	3006.1	2909.8	2809.3	2708.8	2600.0	2495.3	2390.6	2286.0
-5				3696.9	3583.9	3470.8	3353.6	3236.4	3106.6	2985.2	2859.6	2734.0
0					4262.1	4128.2	3990.0	3847.7	3701.1	3554.6	3408.0	3257.3
5						4873.4	4710.1	4546.8	4375.2	4203.5	4031.9	3860.2

(kW·h/10⁶kJ)

表 7-7 氨压缩机单位冷量耗电定额 转速 ≥ 960r/min

		月平均冷凝温度/°C															
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
氨压缩机	单级机	蒸发温度/°C (设计的)	-10	38.88	40.32	41.80	43.35	44.97	46.62	48.18	49.78	51.42	53.14	54.94	56.56	58.25	
		-15	49.32	51.09	52.88	54.70	56.54	58.40	60.26	62.15	64.06	65.99	67.93	69.91	71.92	104.64	
	双级机组	1:2	-28	81.66	83.52	85.39	87.25	89.14	91.02	92.91	94.89	96.73	98.76	100.70	102.66	110.39	112.28
			-30	89.97	91.65	93.39	95.20	97.09	99.05	100.77	102.58	104.50	106.50	108.60	110.39	112.28	121.33
			-33	96.14	98.12	100.12	102.13	104.14	106.14	108.29	110.47	112.64	114.81	116.99	119.16	121.33	130.67
		1:3	-35	108.48	110.13	111.85	113.64	115.53	117.51	119.23	121.02	122.89	124.87	126.95	128.79	130.67	139.36
			-28	79.39	80.90	82.47	84.10	85.70	87.30	88.99	90.69	92.39	94.11	95.83	97.59	99.36	108.01
			-30	86.94	88.47	90.04	91.72	93.48	95.35	97.00	98.72	100.51	102.37	104.35	106.14	108.01	117.39
	-33	94.99	96.78	98.57	100.39	102.20	104.02	105.88	107.77	109.68	111.59	113.50	115.43	117.39	127.62		
	-35	105.21	106.86	108.58	110.37	112.26	114.26	116.31	118.42	120.58	122.79	125.05	127.36	129.71	132.10	139.51	
氨压缩机	单级机	蒸发温度/°C (设计的)	-10	60.02	61.88	63.87	65.99	67.40	69.31	71.37	73.54	75.38	77.34	80.06	81.61	83.95	
		-15	73.95	76.00	78.08	80.23	82.34	84.67	86.96	89.28	91.65	94.06	96.49	98.95	101.77	132.35	
	双级机组	1:2	-28	106.62	108.63	110.63	112.78	114.86	116.94	119.02	121.12	123.36	125.61	127.85	130.10	132.35	139.51
			-30	114.26	116.32	118.49	120.33	122.29	124.34	126.52	128.81	130.77	132.80	134.90	137.10	139.51	152.17
			-33	123.53	125.73	127.93	130.31	132.70	135.09	137.48	139.87	142.33	144.79	147.25	149.71	152.17	158.02
		1:3	-35	132.63	134.69	136.91	138.82	140.78	142.83	144.98	147.18	149.18	151.26	153.41	155.61	158.02	123.77
			-28	101.15	102.94	104.73	106.51	108.41	110.25	112.11	113.98	115.94	117.89	119.85	121.81	123.77	134.64
			-30	109.94	111.97	114.12	115.96	117.85	119.81	121.86	124.06	126.02	128.05	130.15	132.35	134.64	144.43
	-33	119.35	121.31	123.27	125.35	127.45	129.55	131.65	133.75	135.88	138.01	140.13	142.28	144.43	153.84		
	-35	129.62	131.72	133.94	135.95	138.03	140.18	142.42	144.79	146.89	149.09	151.40	153.84	156.47	164.43		

4*、5# 压缩机组分配积数 $95.47A \times 650h = 62056A \cdot h$

各压缩机分配积数合计数 $141798A \cdot h$

功率分配系数 $83404kW \cdot h \div 141798A \cdot h = 0.5882kW/A$

1# 压缩机耗电 $39102A \cdot h \times 0.5882 = 23000kW \cdot h$

2*、3# 压缩机组耗电 $40640A \cdot h \times 0.5882kW/A = 23904kW \cdot h$

4*、5# 压缩机组耗电 $62056A \cdot h \times 0.5882kW/A = 36500kW \cdot h$

四、单位冷量耗电量和定额的计算

单位冷量耗电量是按各制冷系统分别计算的全月耗电量与全月制冷量之比。如上例中：

-15℃制冷系统 1# 压缩机的每月制冷量为 $318.94 \times 10^6 kJ$ ，则单位冷量耗电量为 $23000kW \cdot h \div (318.94 \times 10^6) kJ = 72.11kW \cdot h/10^6 kJ$

-28℃制冷系统 2*、3# 压缩机组的每月制冷量为 $238.4 \times 10^6 kJ$ ，则单位冷量耗电量为 $23904kW \cdot h \div (238.4 \times 10^6) kJ = 100.27kW \cdot h/10^6 kJ$

-33℃制冷系统 4*、5# 压缩机组的每月制冷量为 $312.72 \times 10^6 kJ$ ，则单位冷量耗电量为 $36500kW \cdot h \div (312.72 \times 10^6) kJ = 116.72kW \cdot h/10^6 kJ$

单位冷量耗电定额是考核压缩机操作管理是否正常合理的指标。压缩机的蒸发温度应根据库房温度要求来掌握，蒸发温度过低或压缩机无负荷运转，都会导致单位冷量耗电量增加。单位冷量耗电定额，就是按库房设计温度要求达到的蒸发温度来计算单位冷量耗电量。

表 7-7 是转速 $\geq 960r/min$ 氨压缩机在各制冷系统不同冷凝温度下每生产 $10^6 kJ$ 冷量的耗电定额，它是根据压缩机的制冷量和功率计算编制的。每月终了时可计算出压缩机实际单位冷量耗电量与定额进行比较，以考核压缩机操作管理情况。

根据上例可查出：-15℃制冷系统，当蒸发温度在 -15℃，氨单级压缩机转速 $960r/min$ ，月平均冷凝温度在 25℃时，查表 7-7 得单位冷量耗电量定额为 $67.93kW \cdot h/10^6 kJ$ ，与本月实际单位冷量耗电量 $72.11kW \cdot h/10^6 kJ$ 相比，实际耗电较高；-28℃制冷系统，当蒸发温度在 -28℃，氨双级压缩机组，转速 $960r/min$ ，月平均冷凝温度 25℃，高低压机容积比在 1:2 时，查表 7-7，得单位冷量耗电量定额为 $100.70kW \cdot h/10^6 kJ$ 与本月实际单位冷量耗电量 $100.27kW \cdot h/10^6 kJ$ 相比，实际耗电稍低；-33℃制冷系统，当蒸发温度在 -33℃，月平均冷凝温度在 25℃ 其他条件与 -28℃系统相同，查表 7-7 得单位冷量耗电量定额为 $116.99kW \cdot h/10^6 kJ$ ，与本月实际单位冷量耗电量 $116.72kW \cdot h/10^6 kJ$ 相比，实际耗电也稍低。从耗电量比较来看，该冷库的操作较合理。

第二节 单位产品耗冷量和耗电量

一、单位产品耗冷量计算

制冷压缩机的制冷量是否恰当，就需根据冷库每月实际加工量，算出每冷间或每蒸发温度系统的单位产品实耗制冷量。再根据已学过的制冷工艺设计的需耗制冷量的计算方法，算出每冷间或每蒸发温度系统的单位产品需耗冷量。把这两个冷量进行比较，进行制

冷效率分析。

接上例，该 5000t 冷库，月冻结猪肉 800t，肉温从 30℃降到 -18℃。低温库贮进冻猪肉 1800t，冻禽 1700t，进冻温度为 -10℃，高温库贮藏入库货物为鲜蛋 1000t 和苹果 500t，室外该月平均温度为 22℃。高温库加工终了温度为 0℃，快速制冰为 300t，冰入冰库，冰库库温为 -10℃，该月冻结间风机用电计算 12500kW·h，冷却物冷藏间风机用电计算为 5000kW·h，制冷压缩机实际制冷量按以上求得值，试分析其制冷效率。

解：按制冷工艺设计的耗冷量计算，其总耗冷量包括围护结构耗冷量、食品冷加工耗冷量、电动机运转耗冷量及操作人员和其他耗冷量。

(1) 围护结构耗冷量根据该冷库的设计技术资料，当室外计算温度为 35℃时，各库房围护结构耗冷量的技术数据见表 7-8。

为了方便计算，求出在室内外温度相差 1℃时，每冷间的耗冷量，这样当室外温度变化时就可直接求得。该冷库各冷间在室内外温度变化 1℃时，耗冷量和各冷间在室外平均温度为 22℃时每月耗冷量见表 7-9。

表 7-8 各库房围护结构耗冷量

库房名称	室温/℃	库房面积/m ²	按蒸发温度分配围护结构的耗冷量/(10 ³ kJ·h ⁻¹)		
			-15℃	-28℃	-33℃
冻结间	-23	218			20.50
冻结物冷藏间	-18	3528		177.50	
冰库	-10	109		12.09	
冷却物冷藏间	0	1176	33.63		
合计			33.63	189.59	26.52

表 7-9 室内外两种温差时的月耗冷量

库房名称	室内外温度变化 1℃时的耗冷量/(kJ·h ⁻¹ ·℃ ⁻¹)	室外平均温度为 22℃时每月耗冷量/(kJ·月 ⁻¹)
冻结间	$26.52 \times 10^3 \div [35 - (-23)] = 457.2$	$457.2 \times [22 - (-23)] \times 30 \times 24 = 14.8 \times 10^6$
冻结物冷藏间	$177.50 \times 10^3 \div [35 - (-18)] = 3349.1$	$3349.1 \times [22 - (-18)] \times 30 \times 24 = 96.5 \times 10^6$
冰库	$12.09 \times 10^3 \div [35 - (-10)] = 268.7$	$268.7 \times [22 - (-10)] \times 30 \times 24 = 6.2 \times 10^6$
冷却物冷藏间	$33.63 \times 10^3 \div (35 - 0) = 960.9$	$960.9 \times [22 - 0] \times 30 \times 24 = 15.2 \times 10^6$

(2) 食品冷加工耗冷量从附录 A 的食品焓值表中查得食品加工始终温度所对应的焓值，得

冻结间耗冷量： $800 \times 1000 \times (314.85 - 4.61) \text{ kJ/月} = 248.2 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冻结物冷藏间耗冷量： $1800 \times 10^3 \times (28.89 - 4.61) + 1700 \times 10^3 \times (30.15 - 4.61) \text{ kJ/月} = 87.1 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冰库的耗冷量： $300 \times 10^3 \times 2.09 \times 10 = 6.27 \times 10^6 \text{ kJ/月}$ 其中 2.09kJ/(kg·℃) 是冰的比热容。

冷却物冷藏间的耗冷量：

$1000 \times 10^3 \times (306.89 - 237.39) + 500 \times 10^3 \times (314.43 - 236.14) \text{ kJ/月} = 108.6 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

机制冰耗冷量： $1.25 \times 300 \times 10^3 \times (4119 \times 20 + 347.48) \text{ kJ/月} = 161.7 \times 10^6 \text{ kJ/月}$ 其中 $4.19 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ 为水的比热容， 347.48 kJ/kg 为冰的凝固潜热， 1.25 为快速制冰的耗冷系数。

(3) 电动机耗冷量

冻结间耗冷量： $12500 \text{ kW} \cdot \text{h/月} = 45 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冷却物冷藏间耗量： $5000 \text{ kW} \cdot \text{h/月} = 18 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

(4) 操作与其它耗冷量这部分耗冷量包括工人在库房操作、照明、开启库门等多项耗冷指标，计算复杂。所以根据低温库选低值、高温库选高值的原则，在 $300 \sim 550 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{日)}$ 中选择一数值来计算：

冻结间耗冷量： $300 \times 218 \times 30 \text{ kJ/月} = 1.96 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冻结物冷藏间耗冷量： $300 \times 3528 \times 30 \text{ kJ/月} = 31.8 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冰库耗冷量： $300 \times 109 \times 30 \text{ kJ/月} = 0.98 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冷却物冷藏间耗冷量： $550 \times 1176 \times 30 \text{ kJ/月} = 19.4 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

以制冷工艺设计理论计算的需耗冷量总和：

冻结间耗冷量： $(14.8 + 248.2 + 45 + 1.96) \times 10^6 \text{ kJ/月} = 309.96 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冻结物冷藏间耗冷量： $(96.5 + 87.1 + 31.8) \times 10^6 \text{ kJ/月} = 215.4 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冰库耗冷量： $(6.2 + 6.27 + 0.98) \times 10^6 \text{ kJ/月} = 13.45 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

冷却物冷藏间耗冷量： $(15.2 + 108.6 + 18 + 19.4) \times 10^6 \text{ kJ/月} = 161.2 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

机制冰的耗冷量： $161.7 \times 10^6 \text{ kJ/月}$

计算的结果与上例实际制冷压缩机制取的冷量比较见表 7-10。

表 7-10 冷量损耗比较表

制冷系统/ $^\circ\text{C}$	冷间名称	理论计算需耗冷量/ (10^6 kJ/月)	实际耗冷量/ (10^6 kJ/月)	冷量损耗/ (10^6 kJ/月)
-33	冻结间	309.96	312.72	2.76 (0.9%)
-28	冻结物冷藏间 冰库	$215.4 + 13.45 = 228.85$	238.4	9.55 (4.2%)
-15	冷却物冷藏间	322.9	318.94	-3.96 (-1.2%)

从比较结果看，冷库的实际操作较为合理。若比较的结果，冷量的损耗超出计算需耗冷量的 10% 时，就认为不合理，需查找原因及时纠正。

了解了理论耗冷量与实际耗冷量的差别后，我们再看一下单位产品耗冷量的计算，单位产品耗冷量就是将压缩机制冷量计算结果分配于冷库各种冷冻品或冷藏品，也就是说单位产品耗冷量可用冷间压缩机制冷量除以冷间产品的产量值求得。

如上例，冷库冻结间压缩机制冷量为 $312.72 \times 10^6 \text{ kJ/月}$ 产量为月冻结猪肉 800t，则冻结间单位产品的耗冷量为 $312.72 \times 10^6 \text{ kJ/月} \div 800 \text{ t/月} = 0.39 \times 10^6 \text{ kJ/t}$ 。

二、单位产品耗电量

单位产品耗电量是将冷库内制冷用电和冷库风机用电分配于各种冷冻品和冷藏品，其中制冷用电包括压缩机耗电和其它用电（如氨泵、水泵用电等），冻结间风机耗电由冷冻品负担，冷却物冷藏间风机耗电由冷却冷藏品负担。压缩机耗电按单位冷量耗电计算，其

他用电也可按冷间耗冷量比例进行分配。

例如，按上例若该冷库的其它用电量为 $25000\text{kW}\cdot\text{h}$ / 月，则按耗冷量分配：其它用电量 \div 各冷间耗电量之和 = $25000 \div [(312.72 + 238.4 + 318.94) \times 10^6] \text{kW}\cdot\text{h}/10^6\text{kJ} = 28.73\text{kW}\cdot\text{h}/10^6\text{kJ}$ ，这样本月份冻结间耗电量如下：

冻结间耗电量：冻结间耗冷量 \times (单位冷量耗电量 + 其它用电分配率) + 风机用电 = $312.72 \times 10^6 \times [(116.72 + 28.73) \div 10^6] \text{kW}\cdot\text{h} + 12500\text{kW}\cdot\text{h} = 57985.12\text{kW}\cdot\text{h}$

通过以上计算，根据冻结间月冻结猪肉 800t 的产量，就得出冻结间单位产品耗电量： $57985.12\text{kW}\cdot\text{h} \div 800\text{t} = 72.48\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$

第三节 冷库成本分析

冷库成本主要由冷库耗电、折旧费用和工资三部分组成。与总成本比较，制冷和动力用电约占 $25\% \sim 40\%$ ，库房房屋和制冷机器设备折旧（包括大修理）费用约占 $25\% \sim 35\%$ ，生产工人工资和附加费约占 $0\% \sim 15\%$ ，以上三项费用约占总成本的 $60\% \sim 90\%$ 。因此，节约用电，提高冷库利用率和劳动生产率是降低冷库成本的关键。节约用电主要决定于制冷设备的操作管理，操作管理得好，就能降低单位冷量的耗电量。冷库生产冷量，库外负荷传入热量，不论库内贮藏商品多少，库外传入热量消耗冷量都是相同的。因此，充分利用库房容量，不仅可以使分摊到每吨商品的折旧费用负担减轻、单位产品的耗冷量和耗电量降低，还可以使冷藏品和冷冻品的干缩损耗率减少。

成本分析要为生产服务，并促进生产和管理的水平进一步提高。因此，成本分析要与计划统一一致，便于计划管理工作的落实；要与技术管理相结合，通过技术经济指标的检查来提高技术管理水平；要正确反映冷藏收入盈亏情况，考核收费价格是否合理，作为制定利润计划的依据。

因此，我们对压缩机制冷部分的成本作一分析，通过与定额或上期实绩比较，可以判断制冷装置的管理达到的合理和经济程度，进一步分析工作中不正常现象，制定消除不正常现象的措施。通过对比分析，还可以了解设备利用情况和成本高低的原因，以便提高操作水平，改善经营管理，使制冷系统处于最佳状况，达到降低生产成本、提高经济效益的目的。

一、耗冷量的分析

如果定额和实际出入不大，则系统运行合理；如果出入较大，应查明原因或修定定额。当制冷压缩机运转超过需要时间或库房货物装卸量不足，都将增加冷耗和电耗，冷量损耗将超过定额。因此，通过制冷压缩机耗冷和冷量的检查分析，可以了解冷库冷量的节约和浪费情况。

二、单位冷量耗电量的分析

制冷压缩机的制冷能力是随着工作时的压力与温度的变化而变化的。蒸发温度越低，冷凝温度越高，压缩机的压缩比越大，则制冷压缩机的制冷能力越低，单位冷量耗电量越大。

1. 蒸发温度变化的影响

对转速为 960r/min 的单级制冷压缩机，冷凝温度为 30 °C，蒸发温度分别为 - 5 °C、- 10 °C、- 15 °C、- 20 °C 时，单位容积制冷量和单位冷量耗电量的变化见表 7-11。从表 7-11 分析可知，蒸发温度每降低 1 °C，单位冷量耗电量约增加 4.4%。

2. 冷凝温度变化的影响

对转速为 960r/min 单级制冷压缩机，蒸发温度为 - 15 °C，冷凝温度分别为 25 °C、30 °C、35 °C、40 °C 时单位容积制冷量和单位冷量耗电量的变化，见表 7-12。从表 7-12 分析可知，冷凝温度每增加 1 °C，单位冷量耗电量约增加 3.3%。

表 7-11 蒸发温度变化的影响

项目	单位	蒸发温度/°C			
		- 5	- 10	- 15	- 20
单位重量制冷剂制冷量	kJ/kg	1139.02	1132.86	1126.38	1119.43
允许过热温度制冷剂容量	kg/m ³	0.86	2.36	1.394	1.56
压缩机容积效率	%	0.81	0.77	0.73	0.67
压缩机单位容积制冷量	kJ/m ³	2638.52	2066.61	1591.82	1180.68
单位冷量耗电量	kW·h/10 ⁶ kJ	52.38	63.87	78.08	94.85

表 7-12 冷凝温度变化的影响

项目	单位	冷凝温度/°C			
		25	30	35	40
单位重量制冷剂制冷量	kJ/kg	1150.28	1126.38	1102.30	1077.98
允许过热温度制冷剂容量	kg/m ³	1.94	1.94	1.94	1.94
压缩机容积效率	%	0.76	0.73	0.69	0.66
压缩机单位容积制冷量	kJ/m ³	1698.59	1591.82	1480.87	1365.73
单位冷量耗电量	kW·h/10 ⁶ kJ	67.93	78.08	89.28	101.46

三、辅助材料的消耗量

1. 氨液

制冷系统的氨液，由于制冷设备的检修、渗漏、放油、放空气等要不可避免地造成损失，需要定期补充。氨液消耗量定额以制冷量和本年度新灌入量来计算，其计算公式如下：

$$\text{氨液消耗量} = \text{本年度新灌入量} / \text{本年度总制冷量} \quad (\text{kg/kJ})$$

一般每生产 4186800kJ 冷量要消耗氨液量控制为 2.5 ~ 3.5kg。实际氨液量加入应视实际情况而定。

2. 润滑油

压缩机的耗油定额是根据本年加入油量减去回收尚能使用部分后，再被全年制冷量除求得，即

$$\text{润滑油消耗量定额} = (\text{本年加入油量} - \text{回收能使用油量}) / \text{本年度总制冷量} \quad (\text{kg/kJ})$$

3. 氯化钠或氯化钙

盐水的含盐量和补充量可由设备容积和盐水含量来计算。如有一个 15t 日制冰量的冰

池，其盐水容积为 28.3m^3 ，要求配制成密度为 $1.16\text{t}/\text{m}^3$ 的氯化钠盐水，则氯化钠和水的需要量的计算如下：

$$\text{冰池盐水重量} = 28.3 \times 1.16 \times 1000\text{kg} = 32828\text{kg}$$

查性质表氯化钠密度为 $1.16\text{t}/\text{m}^3$ 时，其含量（质量分数）为 21.2%，则

$$\text{氯化钠重量} = 32828 \times 21.2\% \text{kg} = 6959.54\text{kg}$$

$$\text{水重量} = 32828\text{kg} - 6959.54\text{kg} = 25868.46\text{kg}$$

如经过一定生产时期后，盐水密度降为 $1.10\text{t}/\text{m}^3$ ，查性质表得其含量（质量分数）为 13.6%，则氯化钠补充量 = $25868.46 \times [1 / (100 - 21.2)\% - 1 / (100 - 13.6)\%]$ kg = 2845.53kg，即氯化钠消耗定额可用下列公式计算：

$$\text{氯化钠消耗量} = \text{应补充量 (kg)} / \text{本期制冷量 (kJ)} \text{ 或本期制冰量 (t)}$$

一般每生产 1t 冰消耗氯化钠为 0.8 ~ 1.2kg。

获取更多资料 微信搜索 蓝球

附录

附录 A 部分食品焐值表

食品焐值表 (kJ/kg)									
温度/°C	牛肉禽类	羊肉	猪肉	肉类副产品	去骨牛肉	瘦鱼	肥鱼	鱼块	鲜蛋
-25	-10.89	-10.89	-10.47	-11.72	-11.30	-12.14	-12.14	-12.56	-8.79
-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-19	2.09	2.09	2.09	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.09
-18	4.61	4.61	4.61	5.02	5.02	5.02	5.02	5.44	4.19
-17	7.12	7.12	7.12	7.96	7.54	7.96	7.96	8.37	6.28
-16	10.05	9.63	9.63	10.89	10.47	10.89	10.89	11.30	8.37
-15	12.98	12.56	12.14	13.82	13.40	14.24	14.24	14.65	10.47
-14	15.91	15.49	15.07	17.17	16.75	17.59	17.17	18.00	12.56
-13	18.84	18.42	18.0	20.52	20.10	20.93	20.52	21.77	15.07
-12	22.19	21.77	21.35	24.28	23.45	24.70	24.28	25.54	17.59
-11	25.96	25.54	25.12	28.47	27.21	28.29	28.05	29.73	20.10
-10	30.15	29.73	28.89	33.08	31.40	33.49	32.66	34.75	22.61
-9	34.75	33.91	33.08	38.10	36.01	38.52	37.26	40.19	25.54
-8	39.36	38.52	37.26	43.12	41.03	43.54	42.29	45.64	28.47
-7	44.38	43.54	41.87	48.57	46.06	49.40	47.73	51.50	31.82
-6	50.66	49.40	47.31	55.27	52.34	56.52	54.43	58.62	36.01
-5	57.36	55.68	54.43	62.80	59.87	64.06	61.55	66.99	41.45
-4	66.15	64.48	61.13	72.85	69.08	74.11	71.18	77.46	47.73
-3	75.36	77.04	73.69	87.92	82.90	89.18	85.41	93.78	注1
-2	98.81	95.88	91.69	109.69	103.41	111.79	106.34	117.65	注2
-1	185.89	179.61	169.98	204.32	194.27	212.27	199.71	224.83	注3
0	232.37	223.99	211.85	261.26	242.83	265.86	249.12	281.77	237.39
1	235.72	227.34	214.78	264.61	246.18	269.63	252.88	285.54	243.32
2	241.16	230.27	217.71	268.37	249.53	272.98	256.23	288.89	243.67
3	242.00	233.02	221.06	271.72	252.88	276.75	259.58	292.66	246.60
4	245.35	236.55	223.99	275.07	256.23	280.10	262.93	296.43	249.95
5	248.28	239.90	226.23	278.84	359.58	283.45	266.80	300.19	252.88
6	251.63	242.83	229.86	282.19	262.98	287.22	269.63	303.54	256.23
7	254.98	246.18	233.21	285.54	266.28	290.56	272.98	307.21	259.16

(续)

温度/°C	牛肉禽类	羊肉	猪肉	肉类副产品	去骨牛肉	瘦鱼	肥鱼	鱼块	鲜蛋
8	258.33	249.12	236.14	289.31	269.21	294.33	276.75	311.08	262.51
9	261.26	252.46	239.07	292.66	272.56	297.56	280.10	314.85	265.44
10	264.61	255.40	242.00	296.01	275.91	301.03	283.45	318.20	268.79
11	267.96	258.74	245.35	299.78	279.26	304.80	286.80	321.97	271.72
12	270.89	261.68	248.28	303.12	282.61	308.15	290.15	325.73	275.07
13	274.24	265.02	251.21	306.47	285.96	311.92	293.50	329.08	278.42
14	277.59	267.96	254.14	310.24	289.31	315.27	296.84	332.85	281.85
15	280.52	271.31	257.07	313.59	292.66	318.62	300.61	336.62	284.70
16	283.87	274.24	260.42	316.94	296.01	322.38	303.96	340.39	287.63
17	287.22	277.59	263.35	320.71	299.36	325.73	307.31	343.74	290.98
18	290.15	280.52	266.28	324.06	302.71	329.50	310.66	347.50	293.91
19	293.50	283.87	269.21	327.41	306.06	332.85	314.01	351.27	297.26
20	296.84	286.80	272.56	331.18	309.41	336.20	317.36	355.04	300.19
21	299.78	290.15	275.49	334.53	312.75	339.97	321.13	358.39	303.54
22	303.12	293.08	278.42	337.88	315.69	343.32	324.48	362.16	306.89
23	306.47	296.43	281.35	341.64	319.03	346.67	327.83	365.93	309.82
24	309.82	299.36	285.54	344.99	322.38	350.44	331.18	369.28	313.17
25	312.75	302.71	287.63	348.76	325.73	353.79	334.53	373.04	316.10
26	316.10	305.64	290.56	352.11	329.08	357.55	337.88	376.81	319.45
27	319.45	308.99	293.50	355.88	332.43	360.90	341.22	380.58	322.38
28	322.38	311.92	296.84	359.23	335.78	364.67	344.99	383.93	325.73
29	325.73	315.27	299.78	362.58	339.13	368.02	348.34	387.70	328.66
30	329.08	318.20	302.71	366.35	342.48	371.37	351.69	391.47	332.01
31	332.43	321.55	305.64	369.69	345.88	375.14	355.04	395.23	334.94
32	335.36	324.48	308.99	373.04	349.18	378.49	358.39	398.58	338.29
33	338.71	327.83	311.92	376.81	352.53	382.26	361.74	402.35	341.22
34	342.06	330.76	314.85	380.16	355.88	385.60	365.51	406.12	344.57
35	345.41	334.11	317.78	383.93	358.81	388.95	368.86	409.47	347.50
36	348.34	337.04	321.13	387.28	362.16	392.72	372.21	413.24	350.85
37	351.69	340.39	214.06	390.63	365.51	396.07	375.56	417.01	353.79
38	355.04	343.32	326.99	394.40	368.86	399.84	378.91	420.77	356.72
39	358.39	346.67	329.92	397.75	372.21	403.19	382.26	424.12	360.07
40	361.32	349.60	333.27	401.10	375.56	406.54	385.60	427.89	363.00

(续)

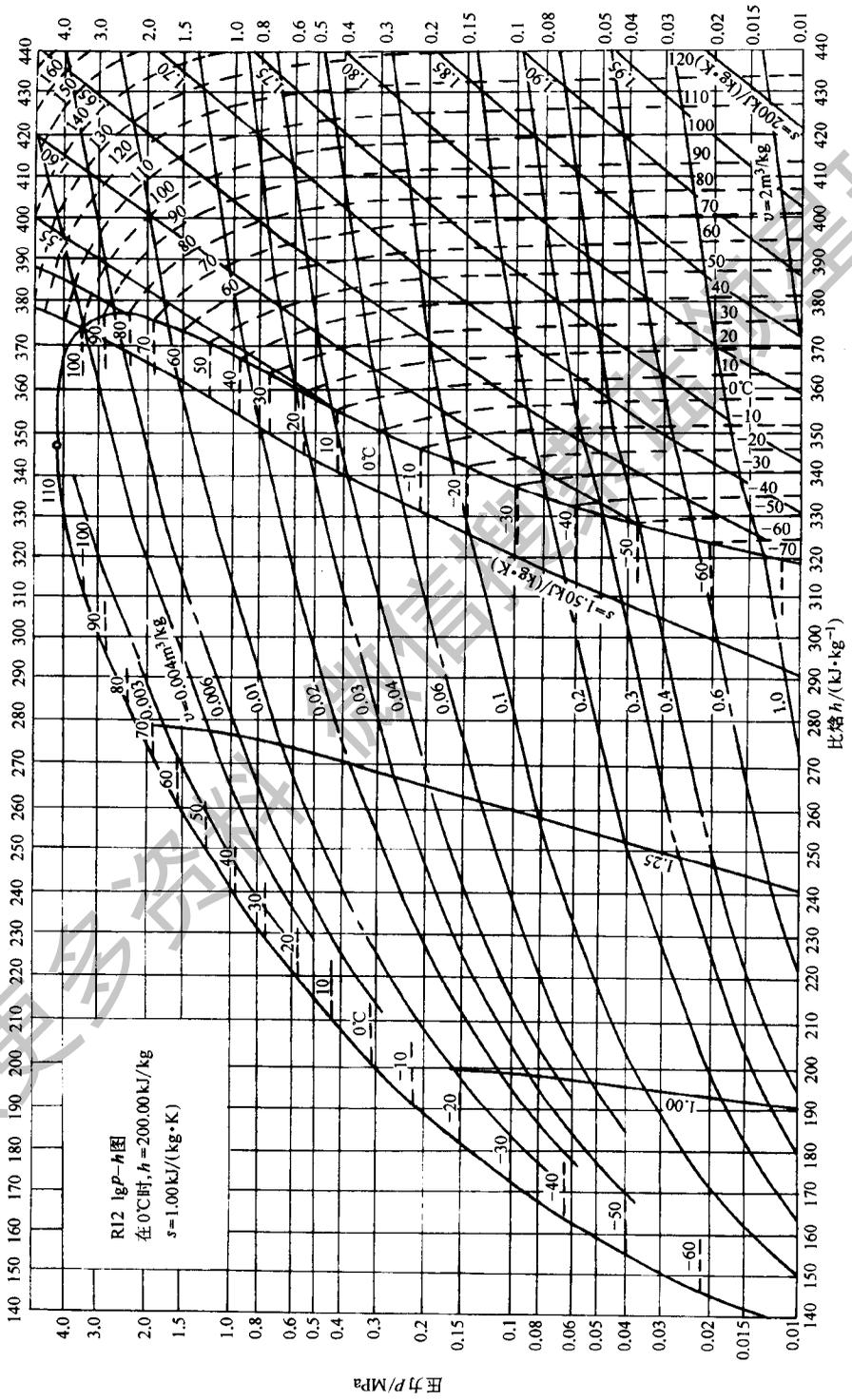
温度/°C	全脂牛奶	奶油	熟黄油	奶油冰淇淋	牛奶冰淇淋	葡萄樱桃杏	水果浆果	糖水浆果	糖浆果
-25	-12.56	-9.21	-8.79	-16.33	-14.65	-17.17	-14.24	-17.59	-22.19
-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-19	2.93	1.68	1.68	3.35	2.93	3.77	3.35	3.77	5.02
-18	5.44	3.35	3.35	6.12	6.28	7.54	6.70	7.96	10.05
-17	8.37	5.02	5.02	11.30	9.63	11.72	10.05	12.14	15.49
-16	11.30	7.12	7.12	15.49	13.40	15.91	13.40	16.75	20.93
-15	14.24	9.21	9.21	19.68	17.59	20.52	17.17	21.35	26.80
-14	17.59	11.30	11.30	24.28	22.19	25.54	20.93	26.38	33.08
-13	21.36	13.40	13.40	29.31	27.21	30.98	25.12	31.40	39.78
-12	25.12	15.91	15.91	34.75	33.08	35.17	29.73	36.84	46.89
-11	28.89	18.00	18.00	40.61	39.78	42.71	34.33	43.12	54.85
-10	32.66	20.52	20.52	46.89	47.31	49.82	39.36	49.40	63.64
-9	37.26	23.45	23.45	54.01	55.68	57.78	44.80	56.52	73.69
-8	42.29	25.96	25.96	62.38	65.31	66.57	51.50	64.90	85.83
-7	48.15	28.47	28.47	72.85	77.04	78.71	58.62	75.78	100.90
-6	54.85	31.40	31.40	86.67	92.11	93.78	68.66	87.60	120.16
-5	62.80	34.33	34.33	105.51	111.79	115.97	82.90	108.02	147.38
-4	73.69	36.84	36.84	131.88	138.58	149.05	104.21	135.23	169.98
-3	88.76	39.78	39.78	178.78	181.29	202.64	139.00	180.45	173.33
-2	111.37	43.12	43.12	221.06	229.86	229.02	211.01	239.90	176.26
-1	184.22	48.99	48.99	224.41	233.21	232.79	267.96	243.67	179.61
0	319.03	51.92	51.92	227.76	236.55	236.14	271.72	247.02	182.55
1	322.80	55.27	55.27	231.11	239.90	239.90	275.49	250.795	185.89
2	326.57	58.20	58.20	234.46	243.25	243.25	279.26	254.14	188.83
3	330.76	61.13	61.13	237.81	246.60	247.02	283.03	257.91	192.17
4	334.53	64.06	64.06	241.16	249.95	250.37	286.80	261.26	195.11
5	338.71	67.41	67.41	244.51	253.72	254.14	290.56	265.02	198.45
6	342.48	70.76	70.76	247.86	257.07	257.49	294.33	268.37	201.39
7	346.25	74.11	74.11	251.21	260.42	261.26	298.10	272.14	204.74
8	350.44	77.46	77.46	254.56	263.77	264.61	301.87	275.49	207.67
9	354.20	81.22	81.22	257.91	267.12	268.37	305.064	279.26	211.02

(续)

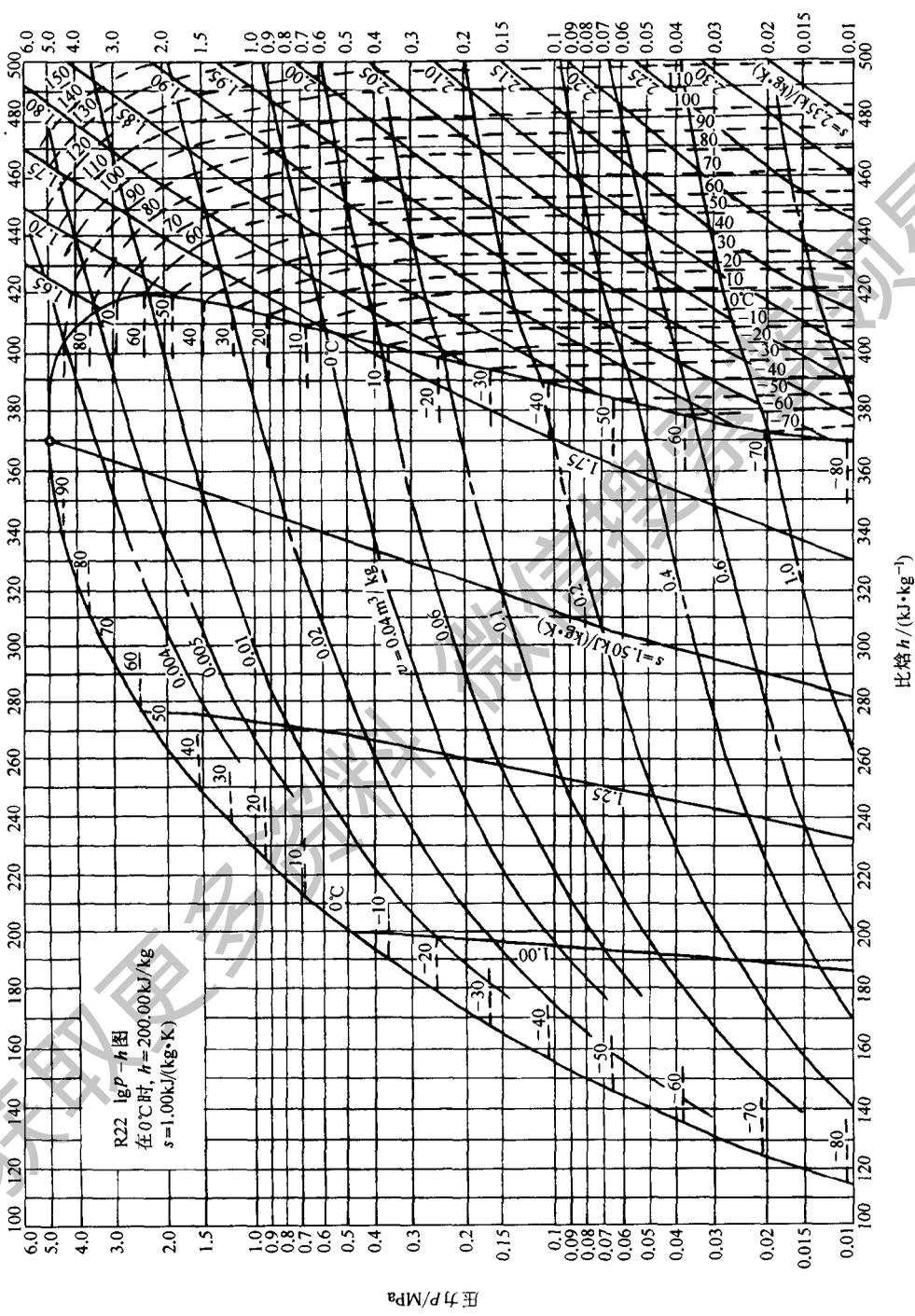
温度/°C	全脂牛奶	奶油	熟黄油	奶油冰淇淋	牛奶冰淇淋	葡萄櫻桃杏	水果浆果	糖水果浆果	糖浆果
10	258.39	85.41	85.41	261.26	270.47	271.72	309.41	282.61	213.95
11	362.16	90.02	90.02	266.28	274.24	275.49	313.17	286.38	217.30
12	366.35	95.04	95.04	267.96	277.59	278.84	316.94	289.73	220.23
13	270.11	144.03	100.48	271.31	280.93	282.61	320.71	293.50	223.58
14	374.30	149.47	105.35	274.65	284.28	285.96	324.48	296.84	226.51
15	378.49	155.33	112.21	278.00	287.63	289.73	328.25	300.61	229.86
16	382.26	161.19	118.49	281.35	290.98	293.08	332.25	303.96	232.79
17	386.44	166.64	124.77	284.70	294.33	296.83	335.78	307.73	236.14
18	390.63	172.08	130.21	288.05	297.68	300.21	339.55	311.08	239.07
19	394.40	177.52	136.07	291.40	301.03	303.96	343.32	314.85	242.42
20	398.58	182.55	141.10	294.756	304.38	307.31	347.09	318.20	245.35
21	402.58	187.57	146.12	298.10	307.73	311.08	350.85	321.97	248.70
22	406.54	192.17	154.49	301.45	311.08	314.43	354.62	325.31	251.63
23	41.31	196.36	155.33	304.80	314.43	318.20	358.39	329.08	254.98
24	414.49	200.55	159.52	308.15	317.78	321.55	362.16	332.46	257.91
25	418.26	204.74	163.70	311.50	321.13	325.14	365.93	336.20	261.26
26	422.45	208.50	167.47	314.85	324.90	328.66	369.69	339.55	264.19
27	426.22	212.27	170.82	318.82	328.25	332.43	373.46	343.32	267.12
28	430.40	215.62	174.17	321.55	331.60	335.78	377.23	346.67	270.47
29	434.17	218.97	177.52	324.90	334.94	339.55	381.00	350.44	273.40
30	438.36	222.74	181.29	328.25	338.29	342.90	384.77	353.79	276.75
31	442.13	226.51	185.06	311.60	341.64	346.67	388.54	357.55	279.68
32	445.89	230.27	188.83	334.94	344.099	350.02	392.30	360.90	283.03
33	450.08	234.04	192.17	338.29	348.34	353.79	396.07	364.67	285.96
34	453.85	237.39	195.52	341.64	351.69	357.13	399.84	368.02	289.31
35	458.04	240.32	198.45	344.99	355.46	360.90	403.61	371.79	292.24
36	461.80	243.25	200.97	348.34	358.81	364.25	407.38	375.14	295.59
37	465.57	246.18	203.48	352.53	362.16	368.02	411.14	378.91	298.52
38	469.76	248.70	205.99	355.04	365.51	371.37	414.91	382.26	301.87
39	473.53	251.21	208.08	358.39	368.86	375.14	418.68	386.02	304.80
40	477.30	253.72	210.60	361.74	372.21	378.49	422.45	389.37	308.15

注:该表引自《冷藏库制冷工艺设计手册》。

附录 B 部分制冷剂的压焓图



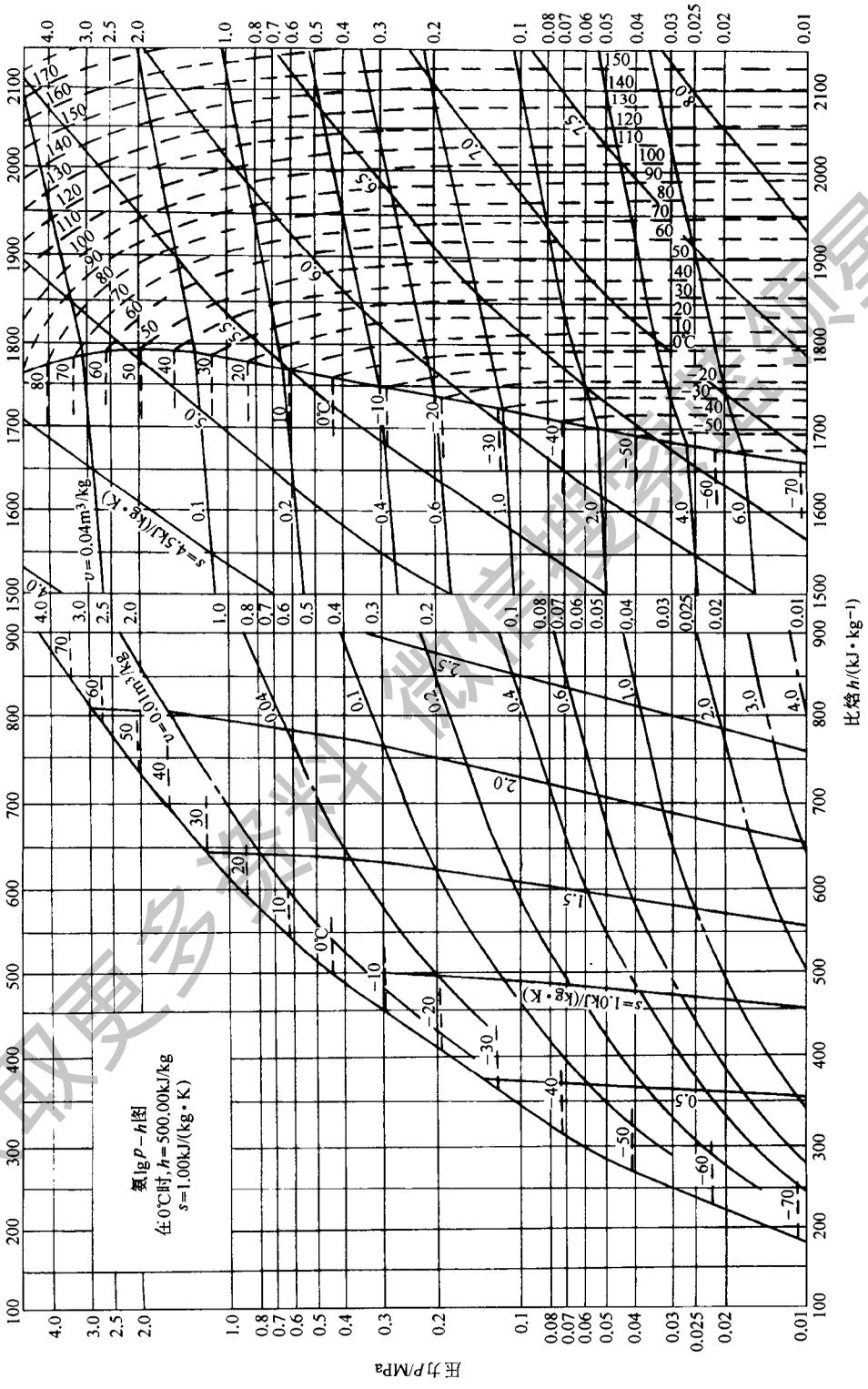
附图 1 R12(CF₂Cl₂)的 lg p-h 图



R22 lgP-h图
 在0°C时, $h=200.00\text{ kJ/kg}$
 $s=1.00\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$

附图2 R22(CH₂Cl₂)的lg p-h图





附图 3 R717(NH₃) 的 $\lg p-h$ 图

参考文献

- 1 商业部设计院编冷藏库制冷设计手册.北京:中国农业出版社,1991
- 2 虞献文编.家用电器修理.北京:电子工业出版社,1993
- 3 王学儒编.制冷装置安装操作与维修.北京:中国展望出版社,1983
- 4 李明忠,孙兆礼编著.中小型冷库技术.上海:上海交通大学出版社,1995
- 5 柳建华主编.制冷空调装置安装操作与维修北京:中国商业出版社,1997
- 6 张祉祜主编.制冷设备的安装与管理.北京:机械工业出版社,1998
- 7 商业部冷藏加工企业管理局编.冷库制冷技术.北京:中国财政经济出版社
- 8 董天禄主编.离心式、螺杆式制冷机组及应用.北京:机械工业出版社,2001
- 9 徐世琼主编.新编制冷技术问答.北京:中国农业出版社,1999
- 10 徐世琼主编.制冷技术问答.北京:中国农业出版社,1986

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

编写说明

随着科技发展、社会进步和人民生活水平的不断提高，制冷与空调设备的应用几乎遍及生产、生活的各个方面。运行和维护制冷与空调设备需要大批专门技术人才，尤其我国加入 WTO，融入国际竞争的大潮，社会对制冷空调设备的安装、维修、管理专业高级技术人才的需求量也越来越大。为了满足和适应社会不断增长的需要，全国已有数十所高职高专院校先后开设了“制冷与空调”专业，以加速制冷与空调专业应用型高级技术人才的培养。

为了编写出既有行业特色，又有较宽覆盖面，适应性、实用性强的专业教材，我们组织了全国十几所不同行业高职院校具有丰富教学和工程实践经验的教师编写了这套高职高专制冷与空调专业规划教材。书目见封四。

本套教材在编写过程中，结合我国制冷与空调专业的发展以及行业对高职高专人才的实际要求，在形式和内容上都进行了有益探索。在专业面向上，既涉及家用、商用制冷与空调设备，又涉及工业制冷空调设备，其覆盖范围广；在内容安排上，既介绍传统的制冷空调原理、方法、设备，又补充了大量的新技术、新工艺、新设备，立足专业最前沿；在课程组织上，基本理论力求深入浅出、通俗易懂，实验、实训力求贴近生产，强调实际、实用；特别强调突出能力培养，体现高职特色，既可作为高职高专院校的专用教材，也可作为社会从业人员岗位培训教材。

本套教材编写过程中，得到了有关设计、施工、管理、生产企业和有关专家学者的大力支持。他们提出了许多宝贵意见，提供了大量技术资料 and 工程实例，使得教材内容更加丰富、详实，在此向他们表示衷心的感谢！

由于受理论水平、专业能力和知识面的限制，加之时间短促，全套教材中难免有疏漏和错误，恳请广大师生和读者批评指正，以便再版时修订、补充，不断完善和提高。

高职高专制冷与空调专业教材编审委员会

2003年3月

前 言

随着我国国民经济的高速发展和人民生活水平的不断提高，我国的冷藏事业也发展很快，冷库的容量和规模都迅速增长，尤其是我国加入 WTO 以来，商业外贸对食品的需求量日益增加，对食品的质量要求也越来越高，这不仅促使对冷库制冷系统施工安装、操作管理和维修方面专业技术人才需求量的增大，同时对冷库的建设和发展也提出了新的要求，对冷库制冷技术人员的业务技能也提出了更高的要求。

当前，国家关于深化教育改革、全面推进素质教育的决定，为我国职业教育的改革和发展指明了方向，使高职高专教育呈现出了良好的发展态势，得到了全社会的认可，并逐步形成了以培养学生技术应用能力和职业实践能力为中心的教学体系和人才培养模式，本书就是为适应我国制冷技术的发展需要和职业技术教育的办学特点而编写的一本高职高专制冷与空调专业的专业教材。

本书力求突出高职高专职业技术教育的办学特点，注重实用性，以培养应用性人才为目标，强调以知识运用为重点，技能训练为手段，系统地介绍了冷库的施工安装、操作管理及检查维修等方面的内容，并对冷库制冷系统在运行管理中常见的故障现象、故障分析及处理方法作了详细介绍，使其更加实用。

本书由内蒙古包头轻工职业技术学院王一农任主编，侯建平、高润梅任副主编。具体编写分工是：包头轻工职业技术学院王一农编写绪论，第三、五章；包头轻工职业技术学院侯建平编写第一、二章；包头轻工职业技术学院高润梅编写第六、七章；内蒙蒙牛乳业集团公司工程师胡恒志编写第四章。浙江树人大学田国庆副教授任主审。

由于编者水平有限，书中难免有错漏之处，在此敬请专家和读者批评指正，以待改进。

编 者

2002 年 11 月