



高职高专“十一五”规划教材

制冷装置

■ 金文 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

制 冷 装 置

金 文 主 编

逯红杰 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书编写按照高职高专教学要求，以培养学生实践工程能力为目的，突出高职高专教育实践性和应用性的特点，降低理论深度，重在培养学生的专业能力。

本书以氨制冷系统为主，介绍了制冷方案确定、冷库负荷计算、机房设计及内部设备选型和布置、库房制冷工艺设计、制冷管道系统设计和制冰系统等知识。配有大量例题，使读者利用本书可以进行初步制冷装置设计。

本书可作为制冷、空调及相近专业培养应用型、技能型人才的教材，也可作为相关行业岗位培训教材及从事制冷与空调系统运行的技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷装置/金文主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 7

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-00709-4

I. 制… II. 金… III. 制冷装置-高等学校: 技术学院-教材 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 096043 号

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 李 娜

责任校对: 王素芹

装帧设计: 于 兵

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 315 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

制冷装置是制冷与空调类专业一门重要的专业课，本书是按照高职高专教育要求编写而成的。

本书系统介绍了制冷装置的组成结构，针对氨压缩式制冷系统构成的小型制冷装置，较全面地介绍了其设计方法，并提供部分必要的设计参数，配有大量例题，使读者利用本书可以进行初步制冷装置设计。

本书按照制冷装置的设计步骤展开内容，涉及制冷方案确定、冷库负荷计算、机房设计及内部设备选型和布置、库房制冷工艺设计、制冷管道系统设计等专业知识，另外还描述了制冰藏冰方面的知识，并在氨制冷系统基础上，进一步阐述氟利昂制冷装置设计方法，结合职业能力培养要求，最后附有制冷装置运行调整方面的内容。本书在编写过程中遵循教学与应用相结合的原则，力求深入浅出，通俗易懂，便于读者掌握课程内容。同时本书注重学生职业能力培养，考虑了内容的先进性和实用性。

本书由金文主编，逯红杰副主编。各章编写情况如下：苏长满编写绪论和第五章，杜芳莉编写第一章，逯红杰编写第二章，杜鹃编写第三章，曹振华编写第四章，金文编写第六章和第七章，张宝军编写第八章，王军良编写第九章。

本书可供高职高专院校制冷空调专业的学生作为教材使用，也可作为相关行业岗位培训教材，或作为自学用书，为从事制冷技术的工程技术人员在设计或生产时参考。

由于编者水平有限，有不妥之处敬请读者指正。

编 者
2007年5月

目 录

绪论	1
一、制冷装置的含义	1
二、制冷装置课程的学习内容	1
三、制冷方案的设计	1
四、制冷装置的应用	2
五、制冷装置存在的问题	3
六、制冷装置的发展趋势	4
第一章 氨制冷系统	5
第一节 高压系统	5
一、压缩部分	5
二、冷凝部分	11
三、调节部分	18
第二节 低压系统	21
一、直接冷却系统	21
二、间接冷却系统	32
第三节 融霜系统和油系统	37
一、融霜系统	37
二、润滑油系统	40
第四节 制冷装置的供水系统	42
一、供水系统	42
二、供水量计算	44
三、制冷装置供水的水温、水质标准及水压要求	45
四、水冷却设备	46
第二章 库房的冷负荷计算	49
第一节 冷间生产能力和容量的计算	49
一、冷却间、冻结间生产能力的计算	49
二、冷库贮藏间的容量计算	51
第二节 计算参数	53
一、室外计算参数	53
二、室内计算参数	55
三、计算货物热量时进货温度的确定	56
第三节 库房热量计算	56
一、围护结构传热量计算	56

二、货物热量计算	62
三、通风换气热量计算	68
四、电动机运转热量的计算	70
五、操作热量的计算	71
第四节 负荷计算	72
一、冷间冷却设备负荷计算	72
二、冷间机械负荷计算	73
第三章 制冷压缩机及设备选型计算	76
第一节 氨制冷压缩机的选型计算	76
一、选型原则	76
二、选型步骤	77
三、确定设计参数	77
四、单级氨制冷压缩机的选型计算	77
五、双级氨制冷压缩机选型计算	80
六、电动机选配计算	84
第二节 中间冷却器的选型计算	86
一、计算中间冷却器直径	86
二、计算中间冷却器盘管冷却面积	86
三、中间冷却器选型	87
第三节 冷凝器的选型计算	88
一、冷凝器的热负荷计算	88
二、计算冷凝面积	89
三、冷却水用量	90
第四节 辅助设备的选型计算	92
一、油分离器的选型计算	92
二、高压贮液器的选型计算	94
三、低压贮液器的选型	96
四、氨液分离器的选型计算	96
五、低压循环桶选型计算	98
六、氨泵的选型计算	100
七、排液桶的选型计算	103
八、空气分离器的选型	104
九、集油器选型	104
第四章 库房制冷工艺设计	105
第一节 库房工艺设计的基础知识	105
一、概述	105
二、库房种类及食品冷加工工艺	105
第二节 冷却排管的设计	106
一、冷却排管的冷却面积和长度计算	106
二、冷却排管的结构设计	110
三、确定冷却排管每一通路的总长度	113

第三节 冷风机选型计算	115
一、概述	115
二、标准冷风机的选型计算	117
第四节 搁架式排管设计	118
一、货架设计	118
二、排管冷却面积	118
第五节 气流组织方式	119
一、冷却间	119
二、冻结间	120
三、冷却物冷藏间	122
四、冻结物冷藏间	123
第六节 节流装置选型	124
第五章 机房设计	126
第一节 机房设计的一般要求	126
一、土木建筑方面	126
二、给排水方面	126
三、采暖通风方面	126
四、供电照明方面	127
第二节 压缩机的布置	128
一、压缩机间的布置原则	128
二、压缩机的布置要求	128
三、压缩机的布置形式	128
第三节 辅助设备的布置	128
一、中间冷却器	128
二、油分离器	129
三、冷凝器	129
四、高压贮液器	130
五、氨液分离器	130
六、低压贮液器和排液桶	130
七、低压循环桶和氨泵	130
八、空气分离器与集油器	131
九、调节站	131
第六章 制冷系统管道设计	132
第一节 氨系统管道设计要求	132
一、对氨系统管道的要求	132
二、制冷剂在管道内的允许流速和允许压力降	134
第二节 管径确定方法	134
一、公式计算法	134
二、图表计算法	136
三、其他连接管道直径的确定方法	153
四、对管道设计的要求	154

第三节	管架设计	155
一、	管架的作用	155
二、	管道支点距离	155
三、	管架结构形式	156
四、	管道的坡度	156
第四节	管道和设备保温设计	157
一、	保温层厚度计算	157
二、	保温材料的选用	158
第七章	制冰与冰库	159
第一节	盐水制冰	159
一、	制冰装置	159
二、	制冰负荷及设备的选型计算	162
三、	制冰间设计	163
第二节	快速制冰机	165
一、	片冰机	165
二、	板冰机	166
第三节	冰库	166
一、	蒸发器的布置	167
二、	冰的入库堆码	167
第八章	氟利昂制冷装置	168
第一节	氟利昂制冷剂及其制冷系统的特点	168
一、	溶油性	168
二、	溶水性	169
三、	腐蚀性	169
四、	绝热指数	170
五、	热导率和放热系数	170
六、	密度	170
七、	单位容积制冷量	170
八、	对环境的影响	171
第二节	氟利昂制冷装置设计	171
一、	压缩机	171
二、	冷凝器	175
三、	蒸发器	177
四、	辅助设备	178
五、	管路配置	181
第九章	制冷装置的调整	186
第一节	制冷装置调整的前期工作	186
第二节	制冷装置的试运转	187
第三节	制冷系统主要参数的调整	188
一、	蒸发温度与蒸发压力	188
二、	冷凝温度与冷凝压力	189

三、压缩机吸气温度(压力)与排气温度(压力)	190
四、中间温度与中间压力	191
五、冷冻油温度与压力	192
六、节流阀前液体制冷剂过冷温度	192
第四节 制冷装置调整中易出现的问题分析及处理	192
一、随库房负荷变化的调整	193
二、压缩机配组要点	193
三、压缩机发生湿冲程的调整	194
附录 制冷剂压焓图	195
参考文献	196

绪 论

制冷就是用人工的方法使自然界的某物体或某空间达到低于周围环境温度，并使之维持这一温度。而制冷装置是为了适应人们希望能人工改变局部环境温度的需要而产生和发展的。作为制冷技术的一种应用，制冷装置主要是研究和选用性能匹配的主机与辅机，并由不同的管道连接组成不同特性的制冷系统，它是用于与建筑、结构、给排水、采暖通风、机械传送、电力电照以及自动控制等多个工种密切组合的一种装置，是多学科研究的结晶。随着国民经济的持续增长、科学技术的飞速发展，以及人民生活水平的不断提高和现代工业的需要，制冷装置在工业、农业、商业、科学技术及人民生活等各个方面都得到了广泛的应用，特别是食品冷藏和空气调节，直接关系到很多部门的工业生产和人民生活的需要。

一、制冷装置的含义

制冷装置是将制冷设备与消耗冷量的设备组合在一起的装置。它不仅要研究用不同类型的制冷机械来供应冷量，而且更重要的是研究和解决制冷装置的类型和特性去满足消耗冷量的用户。随着冷量使用方式的不同，制冷装置的类型亦有各种各样，发展十分迅速，新型制冷装置愈来愈多，目前使用比较广泛的大致有以下几类：冷藏制冷装置、速冻制冷装置、空调制冷装置、工业冷却装置、商用制冷装置、液氮制冷装置、真空冷冻干燥装置、工程用制冷装置、试验用制冷装置以及其他制冷装置如采用风能、海洋能、太阳能等物理化学能以及半导体制冷的装置正在深入研究，并取得不少成果。另外，随着大部分氟利昂家族被禁止使用，CFC的替代问题以及扩大R717的研究成果，都将促使开发其他制冷能源。

二、制冷装置课程的学习内容

本书阐述了制冷的基本原理，并全面介绍了氨压缩式制冷装置的基本原理、循环特性及其设计计算和优化方法等。本课程的主要内容有：库房的冷负荷计算、制冷压缩机及设备选型计算、库房制冷工艺设计、机房设计、制冷系统管道设计、制冰与冰库、氟利昂制冷装置以及制冷装置的调整。

制冷装置在生活中的应用越来越多，且与生活实际密切相关，这有利于使用课内实践、参观、实物展示、拆装等教学形式深入浅出地讲解课本内容，并训练学生举一反三的能力。由于新工艺、新技术、新材料的研究与应用，高效、节能、环保、新功能的制冷装置设备不断出现，如静音、省电、数字温控、自动除臭、模糊控制、神经系统除霜冰箱，新型螺杆式、涡旋式、余摆线式压缩机等。另外，在教学中，还应及时将制冷原理与设备行业中的新工艺、新技术、新设备、新知识引入课堂。

三、制冷方案的设计

制冷方案设计是设计单位依据设计任务书提出的初步设想，是制冷装置设计的一个关键环节。制冷方案设计是根据设计任务书给出的制冷装置使用性质、规模、工艺技术水平要求、冷却水水质、水量、制冷装置所处的环境以及室外空气温湿度等进行确定，并从投资额、先进、实用、经济、发展等诸方面，对制定的几个方案通过技术经济性比较后，选择最

2 制冷装置

佳设计方案。制冷装置使用效果的好坏与所选用的制冷方案有着密切的关系。

制冷方案设计的主要内容有：制冷压缩机型式和级数的确定、冷凝器类型的确定、冷间的冷却方式确定、蒸发器类型的确定、蒸发器供液方式的确定、自动控制系统型式的确定。

1. 压缩机的型式和级数

确定制冷压缩机型式是根据制冷装置使用的制冷剂种类、使用规模和性质综合考虑的。目前冷库中常用的制冷压缩机为活塞式和螺杆式压缩机。活塞式制冷压缩机生产工艺成熟、成本低、操作经验丰富、热力性能好，目前被广泛采用。螺杆式制冷压缩机体积小、工作周期长、排气温度低、易损件少、维修方便，中大型冷库使用越来越多，有的已建成的冷库在改造时将活塞式制冷压缩机换成螺杆式制冷压缩机。

制冷压缩机的级数的确定：由于余隙容积和排气温度的影响，当蒸发温度低时，应采用双级压缩，一般规定，当冷凝压力 p_k 和蒸发压力 p_0 之比，对于氨制冷系统 $p_k/p_0 \geq 8$ ，氟利昂制冷系统 $p_k/p_0 \geq 10$ 时，应采用双级压缩。

2. 冷凝器型式的确定

根据冷却介质，冷凝器分为水冷式、风冷式、淋激式和蒸发式。冷库制冷系统多用水冷式冷凝器和蒸发式冷凝器，风冷式和淋激式使用较少。确定冷凝器的型式应根据当地水资源条件，缺水地区考虑采用蒸发式，水源丰富的地区根据当地的水质、水温，可以采用卧式壳管式、立式壳管式或套管式水冷冷凝器。

3. 冷间的冷却方式

冷库中的冷藏间、冻结间等库房统称冷间，根据制冷系统是否采用载冷剂又分为直接冷却式和间接冷却式。冷库冷藏间多采用直接冷却式，即制冷剂进入冷间的蒸发器，冷却冷间的空气或直接冷却食品。盐水制冰间采用的是间接冷却式，即盐水池中的蒸发器先将盐水冷却，盐水再去冷却冰桶中的水以制取冰。

4. 蒸发器型式的确定

冷库中采用的蒸发器称为冷却设备。根据被冷却介质的不同，蒸发器型式有冷却空气型和冷却液体型。冷藏间的蒸发器又有冷风机和冷却排管两类，不同的冷藏间使用的型式不同。

5. 蒸发器供液方式的确定

蒸发器的供液方式主要有三种，直接供液方式、重力供液方式和液泵供液方式。直接供液方式即制冷剂从节流装置节流后直接进入蒸发器，适用于单一节流装置控制单一蒸发回路、负荷稳定的小型制冷装置中。重力供液方式是制冷剂从节流装置节流后，经气液分离器对节流后的蒸气和低温液体进行气液分离，低温液体依靠重力进入蒸发器进行制冷的供液方式，它适于 500t 以下的冷库。液泵供液方式是制冷剂从节流装置节流后，经低压循环桶对节流后的蒸气和低温液体进行气液分离，低温液体依靠液泵增压进入蒸发器进行制冷的供液方式，它在 500t 以上冷库中广泛使用。

6. 自动控制系统型式的确定

冷库的自动化程度可分为五类，它们分别是：机器、设备的安全保护、局部自动控制、半自动控制、全自动控制以及最佳工况调节（它主要是利用计算机网络技术对冷冻、冷藏制冷系统实行实时监控，自动调节生产过程，使制冷装置在最经济、最合理的工况下运行，达到保持最好的产品质量，同时节约能源，降低经营管理费用的目的）。

四、制冷装置的应用

在当代社会，随着制冷工业的发展，制冷装置的应用也日益广泛，现已渗透到人们生

活、生产、科学研究活动的各个领域，并在改善人类的生活质量方面发挥着巨大的作用，从日常的衣、食、住、行，到尖端科学技术都离不开制冷装置，制冷工业的水平是一个国家现代化的标志。

1. 冷藏链的形成

冷藏链主要是指易腐食品从产地进行冷加工后冷藏运输至冷藏库贮存，然后通过冷藏销售柜由市场进入家用冰箱。世界各国都十分重视食品冷藏链，它是表示易腐食品在从生产到消费各环节中，不断采用冷藏方法来保存食品。这种易腐食品从采集、加工、冷冻、运输、贮藏、零售到消费者等各个环节构成了完整的食品冷藏链，它的各个环节均需要不同型式的制冷装置。一个国家其冷藏链的完善程度，从客观上标志这个国家的农、林、牧、副、渔业发展的态势。冷藏链过程中新采用的各种型式的制冷装置越先进说明其冷冻、冷藏事业越发达。相对而言，我国冷藏链的形成还比较落后，这主要是由于我国还未真正形成冷藏链，致使每年腐败变质的食品达30%以上，有些食品在树上、海上由于没有冷加工、冷贮藏能力而就地处理，或由于没有专用制冷装置造成严重的经济损失，这些情况屡见不鲜。因此，大力发展农、林、牧、副、渔业的同时，还应开发更多的制冷装置使冷藏链早日完善。

2. 机械冶金工业

精密机床油压系统利用制冷装置来控制油温，可稳定油膜刚度，使机床能正常工作；对钢进行低温处理可改善钢的性能，提高钢的硬度和强度，延长工件的使用寿命；机器装配时，利用制冷装置提供的低温进行零部件间的过盈配合等。

3. 医疗卫生事业

血浆、疫苗及某些特殊药品需要低温保存，低温冷冻骨髓和外周血干细胞；低温麻醉、低温手术及高烧患者的冷敷降温等也需制冷装置；在生物技术的研究和开发中制冷起着举足轻重的作用，冷冻医疗正在蓬勃发展。

4. 工业冷却

在化工石油、激光电子、生物制药、仪器仪表、纺织、建筑等行业中，许多生产工艺过程都需要在低温条件下进行才能保证生产和产品质量。如在化学工业中用于合成氨、苯胶等生产过程及溶液的浓缩等；石油化学工业中，用于合成塑料、合成纤维、合成橡胶等；炼油及天然气工业中用于石油脱蜡、油品精炼、石油气的液化及分离等；棉纺车间对空气温湿度度的要求；在浇灌巨型混凝土大坝防坝体裂缝、提高混凝土强度、要排除混凝土凝固过程中析出的热量；在冻土中开掘隧道，建造人工冰场，钢材和机械零件装配冷处理和冷环境；仪器仪表的标定以及航空航天工业的净化、制造人工气候室等，另外，在工业领域内愈来愈广泛地应用制冷装置来提高产品质量。

5. 创造舒适环境

在加快人们生活节奏的改革开放时代，为了提高工作效率，需要有一个舒适的环境和娱乐场所。因此，在宾馆、饭店、茶楼、舞厅、酒吧、影剧院、体育馆、大会堂、图书馆、办公楼、医院、学校、商店以及民用住宅，都采用了各种不同的制冷装置，如空调、冷饮制冷装置等。

6. 科学研究

许多科研课题的研究，如气象科学中所需的云雾室、高寒地区农作物的培育等等都需要制冷装置。

五、制冷装置存在的问题

1. 制冷剂破坏臭氧层问题

4 制冷装置

制冷剂是制冷装置运行中的工作介质，在系统中循环流动。它在低温下吸热汽化，再在高温下凝结放热。由于制冷装置广泛采取的 CFC 与 HCFC 类物质对臭氧层有破坏作用以及产生温室效应，所以 CFC 与 HCFC 的替代已成为当前国际性的热门话题，该领域的研究和发 展还在热烈进行中。但从目前情况分，CFC 与 HCFC 的替代工质有许多种。潜在的绿色环保替代物有合成的和天然的两大类。合成的替代物有 HFC；天然的有氨、二氧化碳、水、碳氢化合物等。

2. 制冷装置的能耗问题

据统计我国的人均能源资源占有量相对不足，仅为世界平均水平的 40%~50%。能源问题是制约我国现代化建设的关键之一。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，制冷装置的应用越来越广泛。而目前我国所采用的制冷装置消耗电能非常大，据报道，北京、深圳夏季集中空调用电量已占全市总用电量的三成。因此，制冷装置的能耗问题急需解决。

六、制冷装置的发展趋势

伴随着科技的进步，节能、环保、智能控制已成为制冷装置发展的大趋势。

1. 节能型制冷装置

节能已成为制冷技术进步的重要标志，特别是运用变频器技术的制冷装置节能效率显著增强。如志高变频空调制冷装置就采用日本三菱电机压缩机，从而实现主机自动无级变速，使节能效率显著增强。另外冷藏双效制冷装置的开发使得冷库中的制冷量随库房负荷的变化实时自动调节，从而达到节约能量，提高冻品质量和冻结速度的目的。节能型制冷装置越来越显示出强大的优势。

2. 环保型制冷装置

臭氧层的破坏和全球气候变化，是当前全球所面临的主要环境问题。而我国大部分制冷装置均采用氟制冷系统，随着氟制冷装置被禁止使用，我国制冷装置的发展曾一度陷入迷惘状态和苦思之中，但制冷装置的发展是与整个国民经济发展命脉相承的。于是人们极力寻求替代工质，发展环保型制冷装置。随着我国环保部门关于限制并逐步禁止使用氟利昂 22 制冷政策的推出，加上无氟技术和新冷媒在制冷装置中的不断应用，环保型制冷装置已成为一大趋势。

3. 自动化制冷装置

由于计算机技术和现代控制技术的发展，实现了制冷装置的自动化，包括最佳运行工况调节、蒸发器供液量调节、冷冻温度及蒸发温度调节、自动融霜、冷凝压力自动调节、制冷机自动启停及能量调节、制冷辅助设备的自动控制等，均需要采用数字化、电子化技术、模糊逻辑技术、传感器技术、变频技术来控制制冷装置系统并使其智能化，这些不仅使制冷装置节能，而且还赶超国际先进水平。

4. 扩大氨制冷装置

我国氨制冷装置容量占主要比率，因此，提高氨制冷装置效率和进行装置微型化，尽力改造和使用氨制冷装置具有重大战略意义。

第一章 氨制冷系统

制冷系统是通过利用外界能量使热量从温度较低的物质（或环境）转移到温度较高的物质（或环境）的系统。制冷系统的类型很多，按所使用的制冷剂种类的不同可分为氟利昂制冷系统、氨制冷系统、混合工质制冷系统及空气等工质的制冷系统；按工作原理的不同可分为压缩式、吸收式、蒸气喷射式、热电式、吸附式等制冷系统；其中压缩式制冷系统又称为蒸气压缩式制冷系统，由于这种系统性能好、效率高而成为一种使用最为广泛的制冷系统。

完整的蒸气压缩式制冷系统应包括制冷剂循环系统、润滑油循环系统、融霜系统、冷却水循环系统以及载冷剂循环系统等。其中蒸气压缩式制冷系统的制冷剂循环系统由制冷压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器四个基本部分组成。为了保障制冷系统的安全性、可靠性、经济性和操作的方便，系统还包括辅助设备、仪表、控制器件、阀门和管道等。

概括地说，制冷剂循环系统由两个主要部分组成。一部分是指制冷剂离开节流阀进入蒸发器，经过吸气管到达压缩机吸气阀的那部分循环回路。这部分管道和设备中制冷剂的压力接近蒸发压力，故称为低压系统。它的作用是向蒸发器输送低温制冷剂液体，并在蒸发器内蒸发吸收周围环境的热量。低压系统在冷藏库制冷系统中其设备和管道大部分置于库房中，因此常被称为库房系统。另一部分是指制冷剂从压缩机排气阀经排气管、油分离器、冷凝器、泄液管、贮液器、高压输液管到达节流阀的那部分循环回路。这部分管道和设备中的制冷剂压力接近冷凝压力因此称其为高压系统。高压系统的作用是提高制冷剂蒸气压力，通过放热使蒸气冷凝为液体，恢复其蒸发吸取冷却对象热量的能力。在高压系统中制冷剂向周围环境放出热量，在冷藏库制冷系统中，高压系统的管道和设备大部分置于机器间或室外，因此也称其为机房系统。本章以氨制冷系统为例，详细讲解其组成及工作原理。

第一节 高压系统

高压系统的工作原理是制冷压缩机从蒸发器吸入低压氨蒸气，并进行压缩，提高压力后排入高压管经氨油分离器除去自压缩机中带出的润滑油之后，进入冷凝器，在冷凝器中放出氨气中的热量使高压氨气冷凝为高压氨液，高压氨液借助重力作用流入高压贮液器，从高压贮液器出来的氨液经液体分配系统和节流阀再送入蒸发器，或经低压设备送入蒸发器。由以上氨制冷剂的流程可知，高压系统可分为三个部分：压缩部分、冷凝部分和调节部分。

一、压缩部分

无论是食品冷藏库还是工业冷却装置或是空气调节装置，由于产品的性质不同导致它们对温湿度的要求也各不相同。因此，要求制冷系统不仅能够适应于单一的蒸发温度，而且还适应于多个不同的蒸发温度。那么对于要求较高的蒸发温度可配以单级压缩制冷系统；对于要求较低的蒸发温度则需配以双级压缩制冷系统；另外，对于要求蒸发温度更低时则只有

6 制冷装置

采用复叠式制冷系统；而当要求有多个高低不同的蒸发温度时，则可以采用单双级混合系统。氨蒸气压缩部分主要由制冷压缩机、吸排气管和双级系统的中间冷却器组成。

(一) 单级压缩

单级压缩分为单级单机压缩和单级多机压缩两种形式。单级单机压缩一般仅适用于单一的蒸发温度系统，如果采用单机承担多个蒸发温度则很不经济，除小型系统和特殊情况很少采用这种方案。单级多机压缩适用于负荷变化较大的单一温度场所或多个蒸发温度的场所。

1. 单级单机压缩

单级单机压缩的制冷管道配连比较简单，它只要把吸、排气管及其管道上的相应阀门和压缩机连接即可，如图 1-1 所示。用于切断制冷压缩机与制冷系统间氨工质通路的有两排阀门，我们一般称其为双排阀结构。下排为机器自带的吸、排气阀，上排为设计时加的。双排阀的用途有三个，其一是便于更换制冷压缩机，减少或完全消除氨气的泄漏；其二是对单向阀的保护作用，单向阀是自动元件，出现故障的可能较大，双排阀结构可使更换单向阀更加容易；其三是为反向工作管道的设置提供了可能性。

单向阀是用来防止排气管或高压设备中氨液倒流而专门设置的。在氨制冷系统中，氨液倒流有两个原因：一是由于较低的环境温度使长期停止运转的压缩机排气管中的氨气冷凝为氨液，待下次开机时氨液通过排气阀进入压缩机；另一个则是在极特殊的情况下才可能发生，氨制冷系统中的油分离器多采用洗涤式，这种形式的油分离器需要向其内部供应高压液体，如果冷凝器泄液管不很畅通，冷凝器内液面升高，洗涤式油分离器内的液面也随之升高，又由于油分离器的标高远低于冷凝器，其内部有可能被氨液充满，导致氨液通过排气管倒灌。

在图中交叉于吸、排气管上排阀之间的阀门称为反向工作阀。反向工作就是通过压缩机吸、排气管的调换，将高压系统的氨气输入低压系统，使高压系统形成真空，以便于高压系统管道和设备的检修。这里应注意的是利用制冷系统的反向工作，将高压贮液器中的氨液送入低压系统是相当困难的，因此，在进行反向工作以前应首先利用输液管，将高压系统中的氨全部送入低压系统。

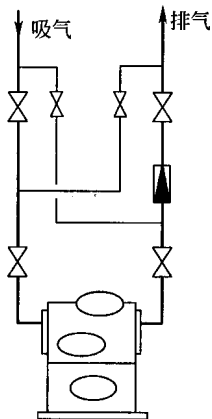


图 1-1 单级单机压缩的制冷管道连接

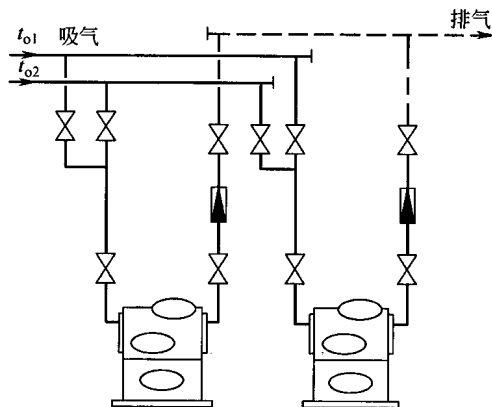


图 1-2 单级多机压缩的制冷管道连接

2. 单级多机压缩

单级多机压缩实际上是多台压缩机的并联，对于多蒸发温度系统只是排气管的并联，如

图 1-2 所示。每一台制冷压缩机承担一个蒸发温度，考虑到各蒸发温度系统的制冷压缩机出现故障时不影响该系统的降温，在回气管上设置了制冷压缩机吸气互换阀，通过此阀每一台制冷压缩机不但可承担本蒸发温度系统的降温工作，在特殊情况下也可以承担其他蒸发温度系统的降温工作。这样，不仅提高了制冷系统的可靠性，同时也增加了制冷机调度的灵活性。

对于单级多机压缩来说各台压缩机的排气管可同时接于同一条排气总管上，这样可以充分利用制冷压缩机自动调节排气压力的功能，不管吸气压力差别多大，都可以用同样的排气压力工作，从而使整个系统只有一个冷凝压力和冷凝温度，这样就大大地简化了系统的管道和设备。

(二) 双级压缩

制冷压缩机的工作效率受工作工况的直接影响，在比较恶劣的工况下单级压缩就显得非常不经济，原因如下。

① 制冷压缩机产冷量的大小与蒸发温度、冷凝温度有密切的关系，当蒸发温度降低，冷凝温度升高，产冷量将大幅度降低。这主要表现在实际输气量的变化上，在较低的蒸发温度下，压缩机的吸气比容增大，在压缩机固有余隙容积影响下导致实际输气量 $V_s=0$ ，这时压缩机也就失去了制冷能力。

② 较低的蒸发温度和较高的冷凝温度会导致压缩机过高的排气温度。由压焓图可知，蒸发温度越低，通过吸气状态点的等熵线越趋于平坦，其等熵线与冷凝压力的等压线交点，即压缩机排气状态，所处的温度越高，由于过高的排气温度可使制冷剂和润滑油分解以及部分润滑油碳化，这将严重影响压缩机的正常工作，所以是不允许的。

③ 蒸发温度降低，冷凝温度升高使得制取单位冷量的功耗大幅度增加，制冷装置的性能系数显著减小。

④ 随着蒸发温度的降低，冷凝温度的升高，冷凝压力与蒸发压力的压力差 ($p_k - p_o$) 增大；严重的情况下会超过制冷压缩机的限定工作条件，使压缩机处于极端危险的状况，随时都有可能发生事故。

为了解决获取低温时出现的这些问题以确保制冷压缩机在安全可靠的条件下工作，并提高其工作效率，一般情况下当 $p_k/p_o > 8$ 时就应采用双级压缩。双级压缩是把两台或多台压缩机（或一台压缩机的高、低压缸）串联运行，并设置中间冷却器用以降低高压级压缩机吸入气体的温度，从而降低了高压级压缩机排气温度，改善了运行工况。双级压缩制冷循环主要有两种形式：它们分别是两次节流循环和一次节流循环。在这两种形式中又各有中间完全冷却和中间不完全冷却两种方式。对于氨制冷系统应采用哪种形式则要经过具体分析才能确定。

我们先来分析节流次数。节流次数越多，节流损失就越小，制冷循环的制冷系数就越高，这是众所周知的。但利用多次节流循环所组成的制冷系统相当复杂。例如，对于一个三次节流的制冷系统则需要有三台制冷压缩机，两个中间冷却器和三个节流阀件；另外多次节流系统由于过多的节流阀件也给实际操作带来许多不便。例如，对于两次节流的双级压缩系统，中间冷却器中制冷剂的流量必须等于蒸发器的蒸发量，而且这个流量也必须随蒸发器负荷量的变化而变化，为了适应负荷的不断变化，必须不断改变两个节流阀件的开启度。当两个节流阀件的开启度相互影响，相互制约时，则很难恰到好处地赶上和适应负荷的变化，当然采用人工控制则更加困难。对于这样的系统为了降低中间冷却器液面波动幅度，以确保较好的中间冷却，则必须采用较大容积的中间冷却器，从而增加了制冷装置建造的一次投资。

因此,采用一次节流循环的优点要多于二次节流。

其次再来分析中间冷却方式。对于双级压缩来说,选用何种中间冷却方式至关重要,而冷却方式的选取主要取决于排气温度的高低。在某一工况下工作的制冷压缩机其排气温度由所采用制冷剂的绝热指数、压缩机的吸气温度、压缩机的汽缸冷却效果及压缩机的效率四个方面决定。对于某一台制冷压缩机来说,如果能够保证汽缸的冷却效果和压缩机的效率,则排气温度的高低由制冷剂的绝热指数和压缩机的吸气温度决定。氨制冷剂的绝热指数是目前常用的几种制冷剂中最高的,这必然导致压缩机有较高的排气温度。例如 R717、R22、R12 三种制冷剂,压缩机在相同的工况下工作 ($t_0 = -20^\circ\text{C}$ 、 $t_k = 40^\circ\text{C}$ 、压缩机吸气无过热、节流阀入口液体无过冷),而压缩机的排气温度分别是 $t_{PR717} = 138^\circ\text{C}$ 、 $t_{PR22} = 80^\circ\text{C}$ 、 $t_{PR12} = 43^\circ\text{C}$,为了降低排气温度,通过降低吸气温度是很有效的,所以应采用中间完全冷却以确保较低的高压级吸气温度。综上所述,氨双级压缩制冷系统应采用一次节流中间完全冷却的双级压缩制冷系统。双级压缩系统由双级压缩机和中间冷却器组成。

1. 双级压缩机

双级压缩机有单机双级压缩机和配组式双级压缩机两种。确定双级压缩方案时,是采用单机双级机还是采用配组式双级机要根据具体情况确定。

(1) 单机双级压缩机 它是集高压汽缸、低压汽缸为一体的压缩机,称为单机双级压缩机。用一台单机双级机就能完成双级压缩,其配置方案如图 1-3 所示。低压汽缸吸入低压气体加压至中间冷却器,再被高压汽缸吸入压缩至冷凝压力排至排气管。采用单机双级机可节省机房面积及制冷管道,另外,它在初投资及单位功率和操作管理方面都具有明显的优势。但制冷压缩机的高低压容积比只有 0.5 和 0.33 两种,而且它的配连灵活性只能在两个不同蒸发回路之间考虑。

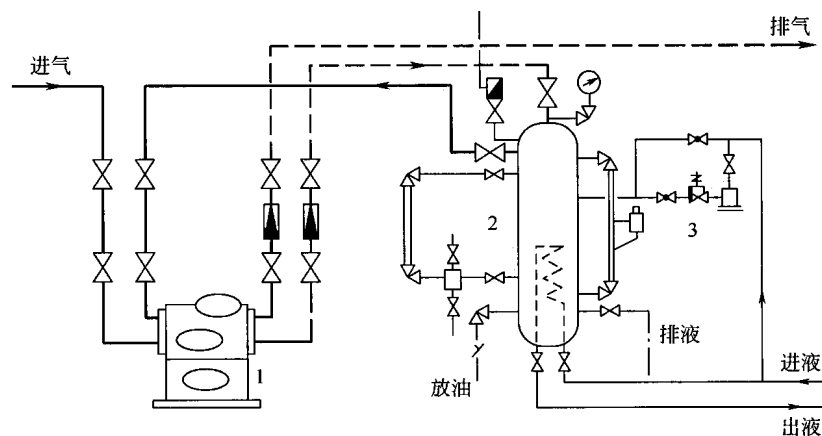


图 1-3 单机双级压缩系统

1—压缩机; 2—中间冷却器; 3—节流机构

(2) 配组式双级压缩机 图 1-4 所示为一台低压级压缩机和一台高压级压缩机配组构成的双级压缩系统;正常工作时做双级压缩。另外,它还可通过搭配选型取得较理想的理论排气量的比值,从而使其实际工况接近最佳工况。当需要时它还可改为单级运行,调度灵活性强。除此之外它还可根据实际需要选用不同系列、不同规格的制冷压缩机实现多种高低压容积比,以适应各种特殊需要。