



电工实用技术系列

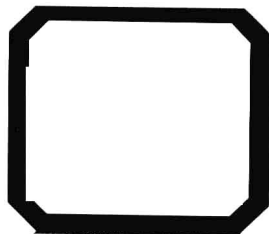
中央空调冷水机组 操作与维修教程

◎ 辛长平 主编

<http://www.p1>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



电工实用技术系列

中央空调冷水机组 操作与维修教程

辛长平 主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要内容包括：中央空调制冷（冷水）机组的基本制冷原理及工作循环系统；使用工质；制冷机组主要部件的作用与基本结构；空调冷水机组配套工作系统；制冷机组的自动控制与保护；制冷机组的调试与运行管理；制冷机组的故障分析与维修；空气调节系统的调节与维修。

本书可作为制冷、空调专业的教学参考书，也可作为空调制冷专业的管理、维修人员自学和工作的必备参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

中央空调冷水机组操作与维修教程/辛长平主编. —北京：电子工业出版社，2012.2
(电工实用技术系列)

ISBN 978 - 7 - 121 - 15622 - 9

I. ① 中… II. ① 辛… III. ① 集中空气调节系统 - 制冷装置 - 维修 - 教材 IV. ① TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 278298 号

策划编辑：张 榕

责任编辑：桑 昀

印 刷：北京市顺义兴华印刷厂

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787 × 1092 1/16 印张：17.5 字数：474 千字

印 次：2012 年 2 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：45.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

随着我国国民经济的持续增长，科学技术的飞速发展，空调、制冷技术在工业、农业、商业、科学技术及人民生活等各个领域得到了广泛的应用。中央集中式空调已经普遍应用于大型建筑群、现代企业的加工车间，以及服务于人们需求的综合性场所等。同时从事制冷、空调专业技术工作的人员与日俱增，为了满足这一领域人员学习和工作的需求，专业教材、工具书及相关出版物大量涌现，其中不乏优秀作品。但在实际的专业工作人群中，从事制冷、空调工作的专业管理、运行及维修人员，由于其文化层次的不同，特别是近年来经过再培训的制冷专业人员上岗，对于较高的专业理论知识的接受与理解很难，达不到理想的学习效果。为此，针对这些人员，我们简化理论知识，加大实际应用知识的介绍，采用教科书的结构形式，编写了本书。

本书对制冷原理、各种工质的特性做了系统性的介绍，重点介绍空调冷水机组的自动控制系統、运行操作和安全管理、故障分析与排除方法、主要组成部件的基本结构、实用维修手段和维修技能；空气调节系统的调节与维修。本书所涉及的内容，经多年的教学与实践证明，是行之有效的。

本书在编写过程中，力求追踪技术前沿，同时又要考虑到老式空调与制冷设备的使用现状，采取新、老设备兼备交叉介绍的方法，能满足管理和维修人员的实际工作需求。

本书在编写和资料收集过程中，徐鲁生、周伟、辛星参加了全部工作，葛剑青完成了插图的整理与校对，单茜完成了文稿的全部录入工作。

由于水平有限，本书不可避免地存在一些缺点和错误，敬请广大读者和专业人员提出宝贵意见，并衷心感谢提供资料的朋友们。

编 者

目 录

第 1 章 制冷原理与冷水机组的制冷循环系统	1
1.1 制冷原理与制冷循环	1
1.1.1 蒸汽压缩制冷原理与制冷循环	1
1.1.2 吸收式制冷原理与制冷循环	3
1.2 空调冷水机组的制冷循环系统	5
1.2.1 活塞压缩式冷水机组	5
1.2.2 螺杆压缩式冷水机组	6
1.2.3 离心压缩式冷水机组	8
1.2.4 溴化锂吸收式冷水机组	10
第 2 章 工质	12
2.1 制冷剂	12
2.1.1 制冷剂的种类	12
2.1.2 常用制冷剂的特性	13
2.1.3 氟利昂换代	13
2.2 冷媒	14
2.2.1 冷媒的特性	15
2.2.2 常用冷媒的种类及性能	15
2.3 润滑油	16
2.3.1 冷冻机油的作用及对其性能的要求	16
2.3.2 冷冻机油的类别与性质	17
2.3.3 国产冷冻机油的特性和适用范围	17
2.4 溴化锂水溶液	18
2.4.1 溴化锂溶液的性质	19
2.4.2 溴化锂溶液的物理性质	21
2.4.3 溴化锂溶液的腐蚀性质	22
第 3 章 制冷机组主要部件的作用与基本结构	24
3.1 压缩机	24
3.1.1 活塞式压缩机	25
3.1.2 螺杆式压缩机	28
3.1.3 离心式压缩机	32
3.2 压缩式冷水机组的主要部件与附属装置	38
3.2.1 冷凝器	38
3.2.2 蒸发器	39
3.2.3 节流装置	41
3.2.4 能量调节装置	46
3.2.5 抽气回收装置	48
3.3 溴化锂吸收式冷水机组	49
3.3.1 溴化锂吸收式制冷机的分类与类型	49
3.3.2 溴化锂吸收式冷水机组主要组成部件	56
3.3.3 机组附属设备	64
第 4 章 空调冷水机组配套工作系统	73
4.1 空调水系统的形式	73
4.1.1 开式和闭式水系统	73
4.1.2 同程式和异程式回水系统	75
4.1.3 双水管、三水管、四水管水系统	75
4.1.4 定流量和变流量水系统	76
4.1.5 单式和复式水泵供水系统	76
4.2 水系统的承压和冷/热源设备的布置	78
4.2.1 水系统的承压	78
4.2.2 冷/热源设备和系统布置	79
4.2.3 水系统的设备和附件	81
4.3 溴化锂吸收式冷水机组的配套工作系统	84

第5章 制冷机组的自动控制与保护	86	7.2.2 压缩机部件的结构特点	187
5.1 压缩式制冷机组的自动控制	86	7.2.3 压缩机的装配	198
5.1.1 自动控制系统的基本组成	86	7.2.4 制冷压缩机的维修	203
5.1.2 空凋制冷机组的自动控制	87	7.3 制冷系统部件的维修	212
5.1.3 氨制冷机组的自动控制	89	7.4 制冷机组、系统常见故障、原因与排除	217
5.1.4 螺杆式冷水机组的自动控制	91	7.5 溴化锂吸收式冷水机组的故障排除与保养	222
5.1.5 离心式制冷机组的自动控制	94	7.5.1 机组常见故障的排除方法	223
5.2 溴化锂吸收式冷水机组的自动控制	103	7.5.2 机组主要组成设备的故障排除	232
5.2.1 机组制冷量的自动调节	103	7.5.3 机组的故障原因及排除方法	246
5.2.2 机组运行中的安全保护系统	107	7.5.4 安全保护装置动作的处理	251
5.2.3 可编程控制器自动控制系统的 应用	116	7.5.5 日常保养的要求与定期检查	252
第6章 制冷机组的调试与运行管理	124	第8章 空气调节系统的调节与维修	258
6.1 压缩式制冷机组的调试	124	8.1 制冷压缩机因故障停止运行后空调系统的调节	258
6.1.1 制冷压缩机的试运行	124	8.2 空调区调节参数不正常时的故障分析	259
6.1.2 制冷系统的气密性试验	125	8.2.1 空调区的温度、相对湿度都偏高	259
6.1.3 制冷剂的充注	128	8.2.2 空调区温度正常或偏低,但相对湿度偏高	260
6.2 压缩式制冷机组的操作	130	8.2.3 空调区温度正常,但相对湿度偏低	260
6.2.1 启动操作	131	8.2.4 空调区内空气不新鲜	260
6.2.2 停止操作	132	8.2.5 “露点”温度已达到要求,但空调区降温缓慢	261
6.2.3 运行操作	134	8.2.6 通风机噪声大	261
6.2.4 制冷系统的放空	136	8.2.7 空调区内正压得不到保障	261
6.3 制冷机组正常运行	138	8.2.8 空调区气流的流速过大	261
6.3.1 机组正常运行的标准	138	8.3 空调系统的组成部件及维修	262
6.3.2 机组的安全运行	140	8.3.1 喷雾室	262
6.3.3 机组的可靠管理	141	8.3.2 通风机	265
6.4 溴化锂吸收式冷水机组的调试与运行管理	142	8.3.3 通风管	267
6.4.1 机组试运行前的准备	142	8.3.4 送、回风口及气流组织	267
6.4.2 机组的性能试验	153	8.3.5 表面式冷却器	269
6.4.3 机组的试运行	155	8.3.6 空气滤尘器	270
6.4.4 机组正常运行中的管理	162	8.3.7 消声器	270
第7章 制冷机组的故障分析与维修	175	8.3.8 空调系统的维修	271
7.1 制冷机组的故障分析	175	参考文献	273
7.1.1 制冷压缩机的故障分析	175		
7.1.2 制冷系统的故障分析	179		
7.1.3 制冷系统控制部件的故障分析	183		
7.2 制冷压缩机的整体结构与装配	184		
7.2.1 压缩机的整体结构	185		

第 1 章 制冷原理与冷水机组的 制冷循环系统

制冷是指通过人为的方法，不断地将冷却对象的热量排到周围环境介质（空气或水）中去，而使被冷却对象达到比周围环境介质更低的温度，而且在长时间内维持所设定的温度的过程。要实现这个目的，可以有两种方法：一是利用自然界天然冷源（冰、雪或地下水）制冷；二是采用机械能或其他能量的人工制冷。我国对地下水的应用有悠久的历史，直到目前，天然冰在食品冷藏和降温等方面仍有大量应用。近年来，开发地下水资源用于工矿企业的制冷工程也较普遍。这种制冷方法的优点是简便、费用低，但它一般不能得到低于 0°C 的温度，且有不易控制和调节的特点。此外，还受到地区和季节的限制，因此，要获得低于 0°C 的温度环境，就必须采用消耗机械能或其他形式的能量作为代价的人工制冷。制冷装置（用于冰库的制冷设备、用于空调的制冷机组、大型冷水机组等）就是以消耗电能作为代价的人工制冷设备。最常见的制冷方式是蒸汽压缩式制冷。

目前，制冷方式有压缩式、吸收式和半导体式三种。压缩式制冷是利用压缩机增加制冷剂的压力，从而使制冷剂在制冷系统中循环流动的。吸收式制冷是利用燃料燃烧或电能所转化的热量使制冷剂产生压力，从而使制冷剂在制冷系统中循环流动的。半导体式制冷（又称温差电制冷），是利用半导体在热电偶中通上直流电时，在电偶的不同节点处会产生吸热或放热现象，从而实现了制冷目的。本书仅介绍蒸汽压缩式和吸收式制冷原理与装置。

1.1 制冷原理与制冷循环

1.1.1 蒸汽压缩制冷原理与制冷循环

1. 蒸汽压缩制冷工作原理

如图 1-1 所示为蒸汽压缩制冷系统的工作流程图，它由压缩机、冷凝器、节流阀和蒸发器四个主要部件组成。各部件的作用如下：

(1) 压缩机是维持制冷剂在系统内工作流动的设备，也是制冷系统的“心脏”，从蒸发器吸热流出的低压、低温的制冷剂蒸汽，经过压缩机的压缩后，成为高压、高温的制冷剂气体，然后进入冷凝器。

(2) 在冷凝器中，与外部的冷却介质水（或空气）进行热交换，放出其热量，使制冷剂蒸汽发生相变，由气态变为液态，流出冷凝器。

(3) 节流阀的作用是对流出冷凝器的高温、高压的液态制冷剂实施节流降压，在降压的同时使制冷剂的温度降低。制冷剂在经过节流阀降压、降温的同时，一部分液体就变成了气态。



节流阀还起到控制制冷剂流量的作用，以始终保持冷凝器中制冷剂的压力高于蒸发器中制冷剂的压力。

(4) 蒸发器是输出冷量的设备。经节流后的制冷剂液体流入蒸发器后，吸收蒸发器盘管内用于热交换介质水（或空气）的热量，使制冷剂液体吸热气化，从而达到制冷的目的，获得了降温的效果。

制冷剂液体经蒸发器的吸热气化，变成了低温、低压的制冷剂蒸汽，再进入压缩机压缩，进行下一个循环，如此循环实现连续制冷。

2. 蒸汽压缩制冷实际循环

如图1-2所示为蒸汽压缩制冷的理论循环与实际循环示意图，1-2-3-4-5-1表示理论循环；1'-2'-3'-4'-5'-1'表示实际循环；蒸汽压缩制冷的理论循环与实际循环的差别主要表现在以下几个方面。

1) 压缩机中的实际循环

实际循环的压缩过程是不等熵的。1'表示压缩机的吸气状态，1'-1''表示压缩机吸入的制冷剂蒸汽流经压缩机的吸气阀时的压力降和受到加热。1''-2''表示制冷剂蒸汽在汽缸内的压缩过程。由于压缩过程有热交换和其他不可逆的损失，实际的压缩过程是一个变过程指数的多方过程。2''-2'表示制冷剂蒸汽流经排气阀时的压力降。

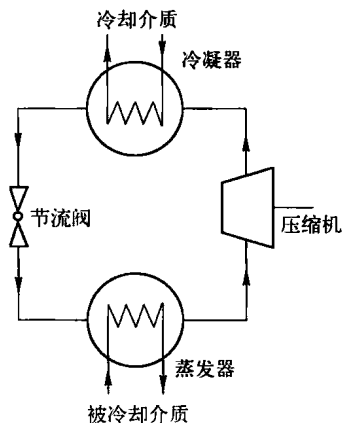


图1-1 蒸汽压缩制冷系统的工作流程图

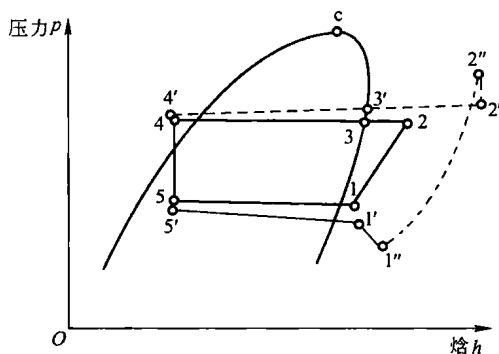


图1-2 蒸汽压缩制冷的理论循环与实际循环示意图

2) 热交换器中的实际循环

在热交换器中存在着温差和流动阻力的损失。在冷凝器内，制冷剂的冷凝温度 T_k 高于冷却介质（水或空气）的温度；而在蒸发器中，制冷剂的蒸发温度 T_0 低于被冷却介质（水或空气）的温度。同时，由于流动的阻力，冷凝过程 2'-4' 压力降低，蒸发过程 5'-1' 压力降低，热交换器进口处压力高于出口处压力，压缩机的压比增加。

3) 系统管路中的实际循环

制冷剂在流经管路和阀门时有压力损失和热交换。制冷剂高压蒸汽从压缩机的出口到冷凝器的入口，从冷凝器的出口到节流阀，从节流阀到蒸发器的入口，以及从蒸发器的出口到压缩机的入口的管道内流动时要克服流动的阻力而产生压力降，同时又与外部的介质进行热交换。另外，制冷剂流经阀门时也存在压力降和热交换。4'-4 表示冷凝器出口到节流阀之间液体管内的压降，5-5' 表示节流阀出口至蒸发器之间液体管内的压降。

换热器内的传热温差和管路系统内的压力损失,使蒸发温度降低,冷凝温度升高,压缩机的压比增加,从而导致制冷循环的经济性能降低,蒸发温度和冷凝温度的变化对制冷循环的影响,将在以后的制冷装置的调试中对照介绍,这里不再赘述。

制冷剂在制冷系统低温低压侧的管路内的热交换使制冷量降低。例如,低温制冷剂液体流经节流阀和蒸发器之间的管路时,从环境介质吸热在进入蒸发器前已经有部分液体汽化,使有效制冷量降低。当低温制冷剂蒸汽在蒸发器出口到压缩机进口的管路内从环境介质吸热时,不仅影响到压缩机的吸入状态,而且还会产生有害的过热,使制冷循环的性能降低。

1.1.2 吸收式制冷原理与制冷循环

1. 基本原理

在溴化锂吸收式制冷机中,制冷效应是怎样产生的,溴化锂溶液又是起什么作用的呢?为了说明这个问题,先介绍一个简单的试验装置。设有 A 和 D 两个容器,如图 1-3 所示,用一条玻璃管 C 连接组成一个密闭系统。容器 D 中充以溴化锂溶液,就可以用来产生制冷效应了,其操作过程如下。

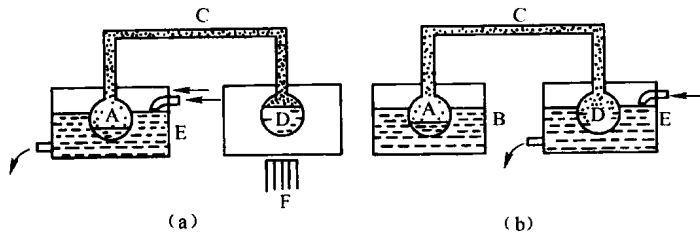


图 1-3 溴化锂吸收式制冷基本原理示意图

首先,把 D 放在电加热器 F 上加热,并把 A 放在水槽 E 中冷却,如图 1-3 (a) 所示。D 内的溶液温度升高后,水分不断蒸发出来,经过 C 进入 A 内进行冷凝。于是使 D 内的液面降低,而 A 中出现了冷却水,液面逐渐升高。当 D 中溴化锂溶液的浓度达到与 A 内的冷凝压力相对应的平衡浓度时,停止加热,并把 D 移入 E,把 A 移入水槽 B 中,如图 1-3 (b) 所示。由于 D 被冷却,其中溴化锂溶液吸收水蒸气的能力增强,于是 D 中的水蒸气被浓度较高的溴化锂溶液吸收,压力下降,A 中的水蒸发,而把水槽 B 中的热量带走,产生制冷效应,使水的温度降低。但当 D 中的溴化锂溶液达到与其温度相对应的饱和浓度时,过程又停止了。反复进行上述操作,就能把水槽 B 中的热量带走,达到制冷的目的。

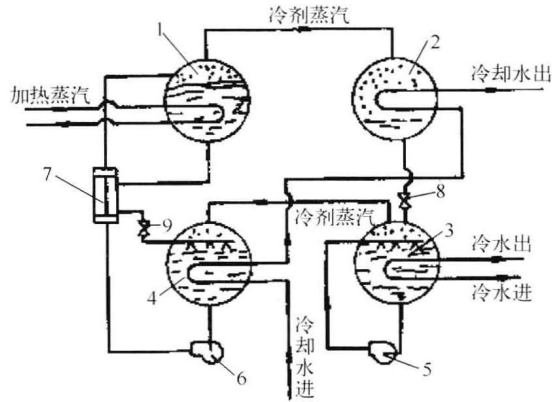
由上述可知,为了实现吸收制冷效应,需先从溴化锂溶液中释放出冷剂水蒸气,并将它冷凝成冷剂水,然后使其在低压下蒸发,用于产生制冷效应。为了使制冷过程能连续进行,需再用溴化锂溶液来吸收蒸发过程中产生的冷剂水蒸气,以维持所需的真空。因此,“吸收制冷”必须包括发生、冷凝、蒸发和吸收 4 个过程。这也就是溴化锂吸收式制冷机的基本原理。在如图 1-3 所示的装置中,容器 D 是为了实现发生—吸收过程,故可称为发生—吸收器,容器 A 是为了进行冷凝—蒸发过程,故称冷凝—蒸发器。因图中的操作过程是交替进行的,因此不能连续获得制冷量。

2. 溴化锂吸收式冷水机组的工作系统

实际应用中的溴化锂吸收式冷水机组的工作系统,如图 1-4 所示,这个系统是连续工作的。为了实现上述 4 个过程,系统中设有 4 个主要部件,发生器、冷凝器、蒸发器和吸收器。为了提



高机组的热力系数，还设有溶液热交换器。此外，为了使装置能连续工作，使工质在各大部件中进行循环，因而还装有屏蔽泵（发生器泵、吸收器泵和蒸发器泵）及相应的连接管道、阀门等。



1—发生器；2—冷凝器；3—蒸发器；4—吸收器；5—冷剂泵；6—溶液泵；
7—热交换器；8—节流阀；9—减压阀

图 1-4 溴化锂吸收式冷水机组工作系统图

溴化锂吸收式制冷机工作时，发生器与冷凝器的压力较高，通常密封在一个称为高压筒的筒体内；蒸发器和吸收器的压力较低，密封在另一个称为低压筒的筒体内。高压筒和低压筒通过 U 形管及溶液管道连接。

在发生器中，浓度较低的溴化锂溶液被加热介质加热，温度升高，并在一定的压力下沸腾，使水分离出来，成为制冷剂蒸汽，溶液则被浓缩，此过程称为发生过程，它是一种热质交换过程，其强烈程度与传热和传质的许多因素有关。

发生器中产生的制冷剂蒸汽进入冷凝器，被冷凝器中的冷却水冷却而凝结成制冷剂水，此过程称为冷凝过程，并且与制冷剂蒸汽的压力及冷却水温度等条件有关。冷却水的温度则取决于周围环境介质的温度。

制冷剂水经 U 形管（或其他节流装置）节流，进入蒸发器的水盘。由于蒸发器的压力很低，制冷剂水在吸取了蒸发器管内冷媒热的热量后立即蒸发，形成制冷剂蒸汽，使冷媒水的温度降低（制冷）。为了使蒸发过程得以加强，制冷剂水利用蒸发器泵送往蒸发器的喷淋装置，均匀地喷淋在蒸发器的管簇上。

为使蒸发器中制冷剂水的蒸发过程不断地进行，必须将产生的制冷剂蒸汽带走。这就是显示器中的吸收过程。从发生器出来的浓度较高的溶液，经节流装置进入吸收器管内的冷却水冷却，温度降低而具有吸收制冷剂蒸汽的能力。吸收过程也是一种热质交换的过程，并且在其进行时的剧烈程度同样与传热和传质的许多因素有关。为了强化热质交换，通常将来自于发生器的浓溶液与吸收器中的稀溶液相混合，用吸收器泵送往吸收器的喷淋装置，并喷淋在吸收器的管簇上。吸收过程中产生的热量则由冷却水带走，因此，过程终止时溶液的浓度和温度都降低。

吸收器中的稀溶液，再由发生器泵送往发生器，这样，制冷机便完成了一个制冷循环，而实际的工作过程就是如此连续循环，蒸发器中连续地产生制冷效应，达到制冷的目的。

机组中溶液热交换器的作用在于回收热量，减小热损失。因为从发生器出来的溴化锂浓溶液温度较高，为了吸收制冷剂蒸汽，必须将其温度降低（由冷却水带走热量）。另外，从吸收器出来的稀溶液温度较低，把它送往发生器产生制冷剂蒸汽，又需要外界热源来加热。因此，把浓溶液和稀溶液在溶液热交换器中进行热交换，不仅可以减小吸收器中冷却水带走的热量，而且可以减小外界加入发生器的热量，使机组的热效率提高。

由于溴化锂吸收式制冷机是在高真空下工作，为了抽除非凝性气体，机组中还必须设置有抽气装置。这种抽气装置可以是机械真空泵，也可以是其他形式的自动抽气装置。

综上所述，溴化锂吸收式制冷机组的工作过程包括两个部分：一部分是发生器中产生的制冷剂蒸汽在冷凝器中凝结成制冷剂水，经节流后进入蒸发器，在低压下吸热蒸发，产生冷效应；另一部分是从发生器出来的浓度较高的溴化锂溶液，经节流和冷却，在吸收器中吸收产生冷效应后的制冷剂蒸汽，使制冷过程不断进行。溴化锂溶液吸收制冷剂蒸汽后，浓度降低，由溶液泵输送，重新进入发生器。溶液工作部分的作用就相当于压缩式制冷机组中的压缩机。

1.2 空调冷水机组的制冷循环系统

1.2.1 活塞压缩式冷水机组

1. 活塞压缩式冷水机组的基本组成

冷水机组中以活塞式压缩机为主机的称为活塞式冷水机组。它是将活塞式压缩机、蒸发器、冷凝器和节流机构、电控柜等设备组装在一个基座上，其内部连接管已在制造厂完成装配，用户只需在现场连接电气线路和外接水管即可投入运行。制冷剂一般采用氟利昂，目前常用 R22。如图 1-5 所示为典型活塞压缩式冷水机组。

2. 活塞式冷水机组的分类

(1) 按冷凝器的冷却介质分类。活塞式冷水机组分为水冷式和风冷式两种。目前，国产活塞式水冷机组多为水冷式。水冷机组按总体结构形式分为普通型和模块型两种。制冷循环均为单极压缩制冷。

(2) 按压缩机的结构形式分类。活塞式水冷机组分为开启式活塞压缩机、半封闭式活塞压缩机和全封闭式活塞压缩机。

(3) 按机组的功能分类。活塞式冷水机组分为单冷型、热泵型和热回收型。

3. 活塞式冷水机组的工作原理

活塞式冷水机组主机有开启式、半封闭式和全封闭式，主机由单台压缩机组成，也有的由多台压缩机组成，多台压缩机组成的机组多采用两个独立的制冷回路，当一组发生故障或保护装置跳脱时，另一组仍能继续运行。冷凝器为水冷卧式壳管式，冷却管多采用低肋滚压螺纹管。冷却水在管内流动，制冷剂蒸汽在管外凝结。冷凝器筒体冷却水进、出管接口为下进上出。冷凝器筒体上装有高压安全阀，当冷凝压力超过设定压力时，安全阀起跳，使冷凝器压力

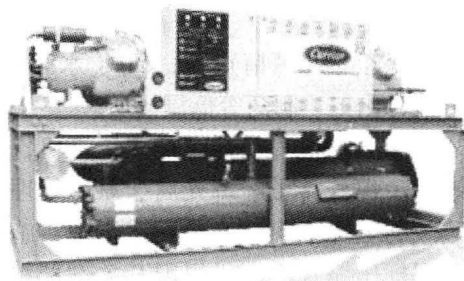


图 1-5 典型活塞压缩式冷水机组



下降, 从而保证机组安全运行。

蒸发器为干式壳管式, 传热管采用内外带翅片的高效传热管。制冷剂 R22 在管内汽化, 冷水在管外被冷却。为保证压缩机的干压行程, 机组中设有气液热交换器, 低压氟利昂气体进入压缩机, 经压缩后, 进入冷凝器, 蒸汽冷凝成液体, 进入气—液热交换器, 被来自蒸发器的低压蒸汽进一步过冷, 过冷后的液体, 经干燥过滤器、电磁阀, 并在热力膨胀阀内节流到蒸发压力后进入蒸发器, R22 液体在蒸发器内汽化, 吸收冷水的热量后经气—液热交换器, 被来自冷凝器的高温液体加热, 重新进入压缩机, 如此不断地循环。

如图 1-6 所示为活塞压缩式冷水机组制冷循环系统。冷水机组上一般装有电控柜和微型计算机 (简称微机), 设有安全、自动保护和自动调节装置, 对冷水水温可进行调控, 机组故障可显示、可自动诊断, 对多机头机组, 压缩机可自动轮流启动, 机组参数和运行时间可进行显示和自动存储。安全保护装置有冷却水断水、油压、冷水低温防冻、缺相、欠电压、过载保护, 压缩机组内有温度保护等。

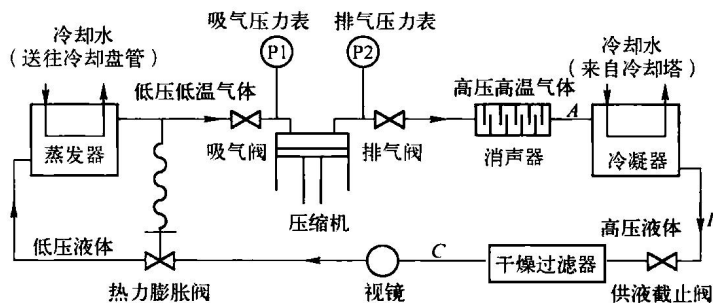


图 1-6 活塞压缩式冷水机组制冷循环系统

1.2.2 螺杆压缩式冷水机组

螺杆压缩式冷水机组由螺杆式制冷压缩机、冷凝器、蒸发器等组成制冷系统。使用氯化钙、氯化钠、乙醇 (酒精)、乙二醇、水等水溶液作为载冷剂 (冷媒水), 以提供冷源, 它广泛应用于轻工、化工、制药等低温场所。

制冷压缩机为喷油螺杆式压缩机, 转子采用单边非对称摆线——原弧形线, 具有较高的容积效率。螺杆转子经辉光离子氮化处理, 使用寿命增长。机组设有可控滑阀装置, 能使压缩机在减载的工况下启动, 及在运行中实施制冷量的无级调节, 调节范围为 15% ~ 100%。

螺杆压缩式冷水机组因其关键部件, 即压缩机采用螺杆式故称为螺杆压缩式冷水机, 机组

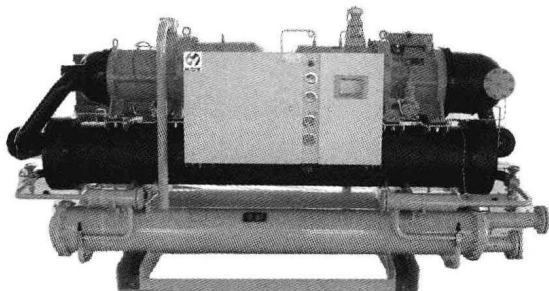


图 1-7 典型螺杆压缩式冷水机组

由蒸发器出来的状态为气体的冷媒; 经压缩机绝热压缩以后, 变成高温高压状态。被压缩后的气体冷媒, 在冷凝器中, 等压冷却冷凝, 经冷凝后变化成液态冷媒, 再经节流阀膨胀到低压, 变成气—液混合物。其中低温低压下的液态冷媒, 在蒸发器中吸收被冷物质的热量, 重新变成气态冷媒。气态冷媒经管道重新进入压缩机, 开始新的循环, 这就是制冷工作循环的 4 个过程。如图 1-7 所示为典型螺杆压缩式冷

水机组。

螺杆压缩式冷水机组的功率较大，主要应用于中央空调系统或大型工业制冷方面，如图 1-8 所示为典型螺杆压缩式冷水机组制冷循环系统；如图 1-9 所示为典型螺杆压缩式盐水机组制冷循环系统图；如图 1-10 所示为典型螺杆压缩式乙醇机组制冷循环系统。

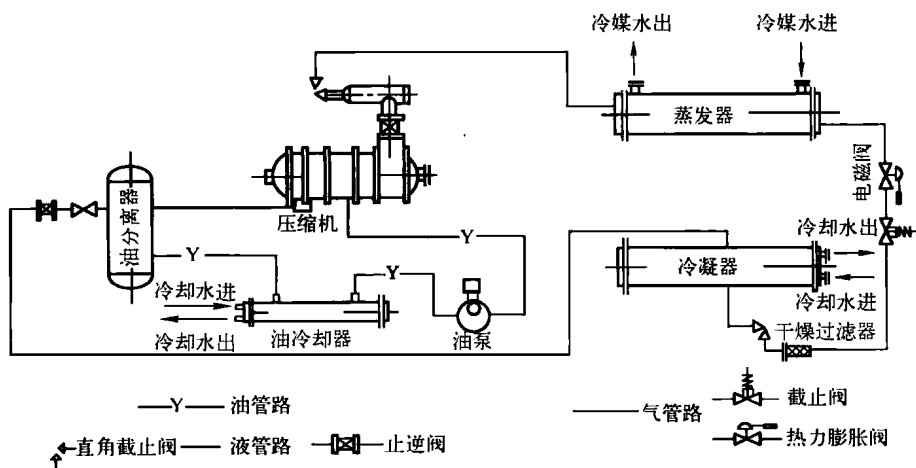


图 1-8 典型螺杆压缩式冷水机组制冷循环系统

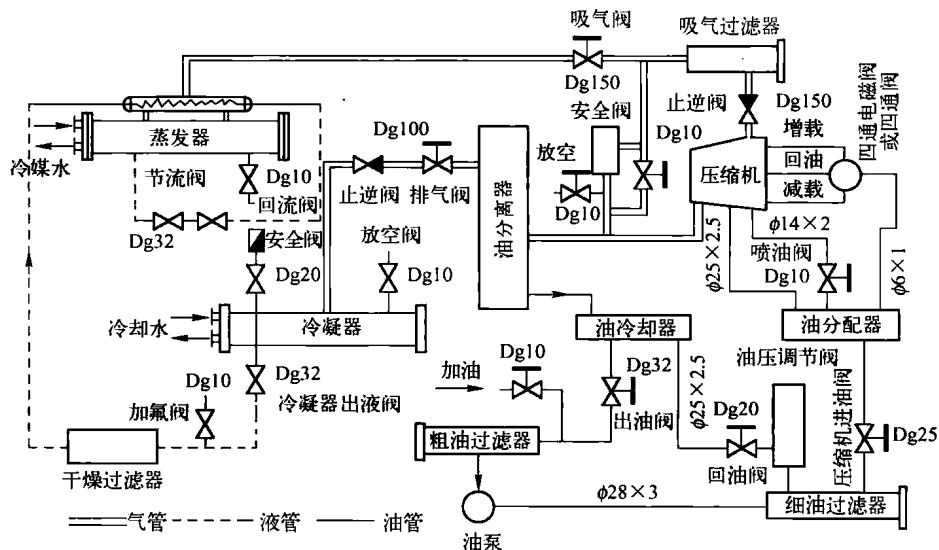


图 1-9 典型螺杆压缩式盐水机组制冷循环系统

1. 双螺杆制冷压缩机

双螺杆制冷压缩机是一种能量可调式喷油压缩机。它的吸气、压缩、排气三个连续过程是靠机体内的一对相互啮合的阴阳转子旋转时产生周期性的容积变化来实现。一般阳转子为主动转子，阴转子为从动转子。

主要部件包括双转子、机体、主轴承、轴封、平衡活塞及能量调节装置。

容量 15% ~ 100% 无级调节或二段、三段式调节，采取油压活塞增减载方式。

常规采用径向和轴向均为滚动轴承，开启式设有油分离器、储油箱和油泵；封闭式为差压



供油进行润滑、喷油、冷却和驱动滑阀容量调节活塞移动。

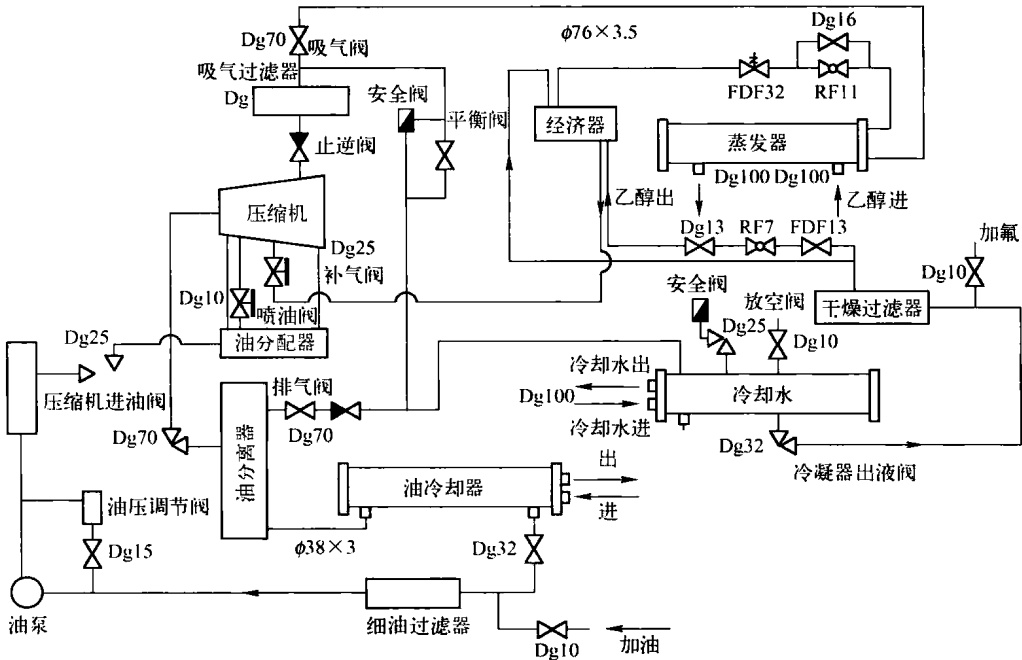


图 1-10 典型螺杆压缩式乙醇机组制冷循环系统

工作过程：吸气→压缩→排气。

(1) 吸气：气体经吸气口分别进入阴、阳转子的齿间容积。

(2) 压缩：转子旋转时，阴、阳转子齿间容积连通（V 形空间），由于齿的互相啮合，容积逐步缩小，气体得到压缩。

(3) 排气：压缩气体移到排气口，完成一个工作循环。

2. 单螺杆制冷压缩机

利用一个主动转子和两个星轮的啮合产生压缩。它的吸气、压缩、排气三个连续过程是靠转子、星轮旋转时产生周期性的容积变化来实现的。

转子齿数为 6 齿，星轮为 11 齿。

主要部件为一个转子、两个星轮、机体、主轴承、能量调节装置。

容量可以从 10% ~ 100% 无级调节及三段或四段式调节。

工作过程：吸气→压缩→排气。

(1) 吸气：气体通过吸气口进入转子齿槽。随着转子的旋转，星轮依次进入与转子齿槽啮合的状态，气体进入压缩腔（转子齿槽曲面、机壳内腔和星轮齿面所形成的密闭空间）。

(2) 压缩：随着转子旋转，压缩腔容积不断减小，气体随压缩直至压缩腔前沿转至排气口。

(3) 排气：压缩腔前沿转至排气口后开始排气，便完成一个工作循环。由于星轮对称布置，循环在每旋转一周时便发生两次压缩，排气量是上述一周循环排气量的 2 倍。

1.2.3 离心压缩式冷水机组

离心压缩式冷水机组属于大型冷水机组，如图 1-11 所示为典型离心压缩式冷水机组。

1. 离心压缩式冷水机组主要优点

(1) 压缩机输气量大，单机制冷量大，结构紧凑，质量小，单位制冷量小，相同制冷量下比活塞式机组轻 80% 以上，占地面积小。

(2) 性能系数高。

(3) 叶轮作旋转运动，运转平稳，振动小，噪声较低。

(4) 调节方便，在较大的冷量范围内能较经济地实现无级调节。

(5) 无气阀、填料、活塞环等易损件，工作比较可靠。

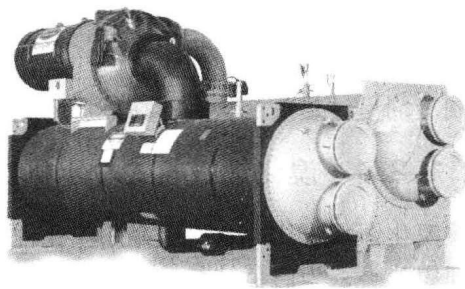


图 1-11 典型离心压缩式冷水机组

2. 离心压缩式冷水机组的主要缺点

(1) 由于转速高，对材料强度、加工精度和制造质量要求严格。

(2) 单级压缩机在低负荷时易发生喘振。

(3) 当运行工况偏离设计工况时，效率下降较快。

(4) 制冷量随蒸发温度降低而减小的幅度比活塞式快，制冷量随转数降低而急剧下降。

3. 离心压缩式冷水机组制冷原理

与活塞压缩式冷水机组类似，离心压缩式冷水机组的循环系统如图 1-12 所示。其循环原理仍然是由蒸发、压缩、冷凝和节流 4 个热力过程所组成的单级和双级蒸汽压缩式制冷循环，其工作系统仍然是由蒸发器、离心式压缩机（单级和双级）、冷凝器和节流机构（装置）四个部件组成的封闭式工作系统。在卧式壳管式蒸发器中，制冷剂液体在较低的饱和温度（2 ~ 5℃）状态下吸收进入蒸发器传热管内冷水的热量（汽化潜热）而沸腾汽化（液态→气态），相对地使管内冷水出水温度下降至 7℃（标准工况），提供给中央空调系统中的气—液热交换器（空气调节箱中的表冷器和风机盘管）冷却送风，通过管道输送给空调对象，使其内部气温维持在规定的 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ （标准空调工况）人体舒适感的温度范围之内，或其他空调区域所要求的非标准空调工况范围，达到中央空调的目的。

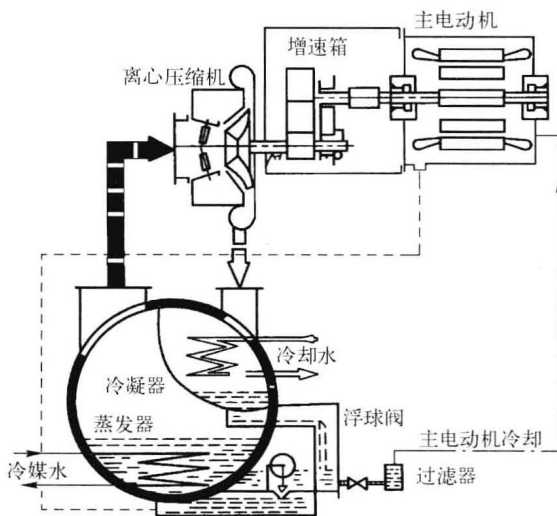


图 1-12 离心压缩式冷水机组的循环系统



在离心压缩式冷水机组中无论采用高压制冷剂（R22）、中压制冷剂（R134a）和低压制冷剂（R123），制冷剂在工作循环的全过程中，存在气态、液态、气—液混合态三种物理状态。制冷剂的气—液相变主要发生在冷凝器（气→液）和蒸发器（液→气）之中。在压缩机中制冷剂呈过热蒸汽状态，在减压膨胀阀或线性浮球阀室中，呈液态（少量闪发气态）。

1.2.4 溴化锂吸收式冷水机组

溴化锂吸收式冷水机组是用溴化锂水溶液为工质，其中水为制冷剂，溴化锂为吸收剂。溴化锂属盐类，为白色结晶，易溶于水和乙醇，无毒，化学性质稳定，不会变质。溴化锂水溶液中有空气存在时对钢铁有较强的腐蚀性。溴化锂吸收式制冷机以水为制冷剂，蒸发温度在 0°C 以上，但这种冷水仅可用于空气调节设备和制备生产过程。这种制冷机可用低压水蒸气或 75°C 以上的热水作为热源，因而对废气、废热、太阳能和低温位热能的利用具有重要的作用。

溴化锂吸收式制冷机的发生器、冷凝器、蒸发器和吸收器可布置在一个筒体内（称为单筒式），也可布置在两个筒体内（称为双筒式）。如图1-13所示为典型直燃型溴化锂吸收式冷水机组。

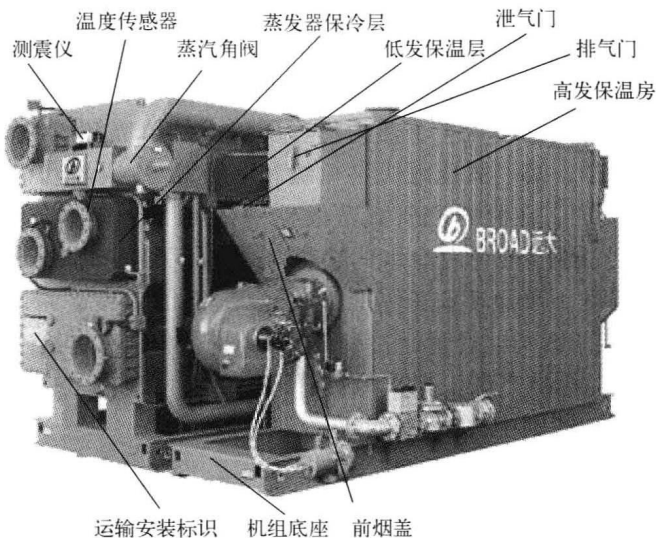


图 1-13 典型直燃型溴化锂吸收式冷水机组

1. 工作原理

双筒溴化锂吸收式冷水机组，为双筒式溴化锂吸收式制冷系统，它的工作原理与吸收式制冷机的工作原理相同。而差别在于：一是使用蒸发器泵和吸收器泵，它们的作用是使制冷剂（制冷剂）和吸收液分别在蒸发器和吸收器中循环流动，以强化与冷媒水（载冷剂）和冷却水的换热；二是在冷凝器至蒸发器的冷剂水管路和发生器至吸收器的吸收液管路上均无节流阀，这是因为溴化锂吸收式制冷机高压部分与低压部分的压差很小，利用U形管中的水封和吸收液管路中的流动阻力即可将高/低压力分开。在单筒式制冷机中，冷凝器与蒸发器之间甚至可以不用U形管，而用一个短管或几个喷嘴代替。如图1-14所示为典型双筒溴化锂吸收式冷水机组工作循环系统。

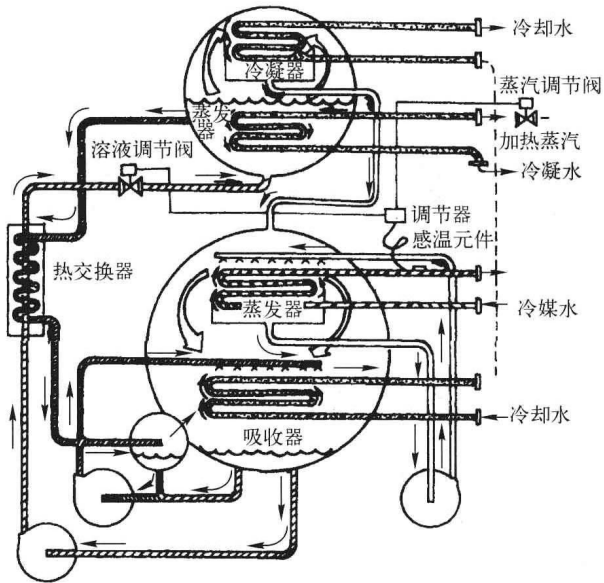


图 1-14 典型双筒溴化锂吸收式冷水机组工作循环系统

2. 机组类型

溴化锂吸收式制冷机组有多种类型，如两级发生的溴化锂吸收式制冷机组，它可有效地利用高压加热蒸汽；两级吸收的溴化锂吸收式制冷机组，它可有效地利用低温位热能；直燃式溴化锂吸收式制冷机组，可利用燃油或燃气的燃烧直接加热等。

溴化锂吸收式制冷机组还可与背压式汽轮机组成联合装置，利用汽轮机的排汽作为溴化锂吸收式制冷机组的加热蒸汽，这样不但可提高蒸汽的利用率，而且可以同时满足几种要求，如制冷和发电。

目前，已经制造出溴化锂吸收式制冷机与离心式氟利昂制冷机联合工作的制冷机组。它用背压式汽轮机直接驱动离心压缩机，并利用其向溴化锂吸收式制冷机加热。这种机组可生产较大的制冷量，也可在不同的蒸发温度下生产制冷量。这种机组不但经济性好（汽耗率低），而且低负荷特性好，即在部分负荷时仍能保持较高的经济性。