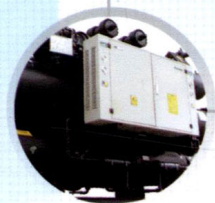
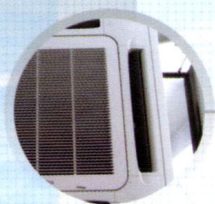


ZHONGYANG KONGTIAO  
YUNXING GUANLI  
YU WEIHU JISHU

# 中央空调 运行管理 与维护技术

李援瑛 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 中央空调运行管理 与维护技术

李援瑛 主编



机械工业出版社

本书是依据国家职业技能鉴定标准《中央空调操作员》的技能要求,为从学校到职场的或正在从事中央空调操作的读者朋友而编写的。书中依据《中央空调操作员》技能鉴定标准的技能掌握要求,介绍了中央空调的主要设备的结构、工作原理,重点放在了中央空调设备的起动、运行中的管理、突发故障的处理方法和中央空调系统常见故障的分析与处理方法上。

本书特别适合具有一定相关基础知识的在职中央空调操作员及高、中等职业院校师生阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

中央空调运行管理与维护技术/李援瑛主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 2 (2013. 4 重印)  
ISBN 978 - 7 - 111 - 37135 - 9

I. ①中… II. ①李… III. ①集中空气调节系统 - 运行 - 管理②集中空气调节系统 - 维修 IV. ①TB657. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 009151 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐明煜 责任编辑: 徐明煜 任 鑫

版式设计: 霍永明 责任校对: 吴美英

封面设计: 马精明 责任印制: 张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 4 月第 1 版 · 第 2 次印刷

169mm × 239mm · 16. 25 印张 · 333 千字

3 001—4 500 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 37135 - 9

定价: 39. 80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

近年来，随着我国现代化建设的迅猛发展，在各种大中型工业和民用建筑物中普遍使用集中对空气进行调节的中央空调设备。中央空调的使用极大地改善了科研和生产环境，为高科技产品的研发、生产提供了可靠的外部保障条件；同时也大大地改善和提高了人们的生活质量和健康水平。中央空调已成为社会主义现代化进程中必备的技术保障设备。

中央空调设备的大规模使用也为人们提供了许多工作机遇，使中央空调运行管理和维护成为热门行业。

中央空调的操作与运行维护是一门集制冷技术、空气调节技术、设备运行管理技术于一体的专业性很强的技术门类。要求从业者必须具备制冷和空调原理、制冷设备和空气调节设备基础知识以及制冷设备和空调设备的管理、操作和维修技能。

本书正是本着为有一定基础理论知识的读者，强化基本操作与维护维修技能的目的进行编写的。

本书在编写过程中本着深入浅出，突出实用技能讲授的原则，以中央空调系统中的制冷设备及其运行管理和维护为基本组成核心，系统地讲述了中央空调的基本构成及各种部件的结构、作用和工作原理，并且详尽地讲述了中央空调系统起动、运行和日常管理及常见故障的维修等操作方法。

本书的重点放在了中央空调运行管理与维护维修技能的讲述上。在内容上覆盖了中央空调运行管理中常见的技术问题，反映了当前中央空调运行与维护的技术水平，可作为中央空调运行管理方面培训和自修的专业技术教材。

本书的使用对象主要是具有中学以上文化程度的从事中央空调运行管理的在职职工，也可作为其他从事空调与制冷的人员以及相关院校师生的参考书。

本书由李援瑛主编，参加编写工作的还有李银锋、朱宛宛、李晓。

由于作者编写水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

第一章 中央空调系统的组成 .....	1
第一节 集中式空调系统简介 .....	1
一、集中式空调系统的分类 .....	1
二、集中式空调系统的组成 .....	6
三、集中式空调系统的特点 .....	6
四、集中式空调系统空气处理的基本方法 .....	6
第二节 风机盘管空调系统 .....	8
一、风机盘管机的结构与分类 .....	8
二、风机盘管系统的新风供给方式 .....	10
三、风机盘管的冷媒水系统 .....	11
第三节 空调系统的表面式换热器与加湿器、加热器 .....	13
一、表面式换热器的分类 .....	13
二、表面冷却器的工作原理及结构 .....	13
三、空调系统的电加热器 .....	14
第四节 空调系统的喷淋室 .....	15
一、喷淋室的分类 .....	15
二、普通喷淋室 .....	16
三、双级与高速喷淋室 .....	17
四、喷淋室的零部件 .....	17
五、喷淋室的水系统 .....	19
第五节 空调系统的风阀和通风机 .....	20
一、空调系统的风阀 .....	20
二、空调系统的风机 .....	23
三、空调系统的排风机 .....	23
第二章 中央空调的配套设备 .....	24
第一节 中央空调的冷却水系统 .....	24
一、冷却水系统的供水方式 .....	24
二、冷却水的参数 .....	24
三、冷却水系统中的冷却塔 .....	26
四、水系统的水泵 .....	31
第二节 中央空调的冷媒水系统 .....	34
一、冷媒水系统的供水方式 .....	34
二、冷媒水系统的回水方式 .....	35

三、冷媒水系统中的设备 .....	36
四、冷媒水系统的参数要求 .....	37
五、定流量和变水量冷媒水系统 .....	38
第三节 中央空调的空气过滤装置 .....	38
一、空调房间的送风方式 .....	38
二、房间净化标准 .....	40
三、空气过滤器 .....	40
四、空气过滤器选用要求 .....	43
第四节 中央空调的空气处理设备 .....	46
一、加湿方法与设备 .....	46
二、去湿方法与设备 .....	48
三、空气的灭菌、除臭和离子化 .....	51
四、空气的气流组织 .....	53
五、换气次数与空气质量要求 .....	55
六、空调系统的消声器 .....	57
第三章 制冷机组及辅助设备 .....	59
第一节 活塞式制冷压缩机 .....	59
一、活塞式制冷压缩机的分类与结构 .....	59
二、活塞式制冷压缩机部件的作用 .....	62
三、活塞式制冷压缩机润滑系统 .....	65
四、活塞式制冷压缩机能量调节 .....	66
第二节 离心式制冷压缩机 .....	67
一、离心式制冷压缩机的分类与结构 .....	67
二、离心式制冷压缩机的工作原理 .....	69
三、离心式制冷压缩机的润滑系统 .....	70
四、离心式制冷压缩机的能量调节 .....	71
第三节 螺杆式制冷压缩机 .....	72
一、螺杆式制冷压缩机的分类与结构 .....	72
二、螺杆式制冷压缩机的工作原理 .....	73
三、螺杆式制冷压缩机的润滑方式 .....	74
四、螺杆式制冷压缩机的能量调节 .....	75
第四节 溴化锂吸收式制冷机 .....	75
一、溴化锂吸收式制冷的原理 .....	75
二、溴化锂吸收式制冷机的分类 .....	76
三、溴化锂吸收式制冷机组的形式和基本参数 .....	76
四、蒸气式单效溴化锂吸收式制冷机 .....	77
五、蒸气式双效溴化锂吸收式制冷机 .....	79
六、热水式单效溴化锂吸收式制冷机 .....	81
七、直燃式单效溴化锂吸收式制冷机 .....	81



八、溴化锂吸收式制冷机的能量调节 .....	84
第五节 制冷系统的辅助设备 .....	85
一、冷凝器的分类与特点 .....	85
二、蒸发器的分类与特点 .....	87
三、液流指示器与油冷却器 .....	89
四、节流阀的分类与特点 .....	91
五、过滤器与干燥过滤器 .....	92
六、制冷系统的阀门 .....	93
第六节 制冷系统的测控装置 .....	95
一、电磁阀 .....	95
二、温度式液位调节阀 .....	96
三、冷凝压力调节阀 .....	96
四、能量调节阀 .....	98
五、压力继电器 .....	98
第四章 中央空调系统运行与管理 .....	102
第一节 空调系统的操作要求 .....	102
一、空调系统运行操作与管理的任务 .....	102
二、中央空调系统的技术指标 .....	102
三、空调系统运行中的交接班制度 .....	103
第二节 中央空调系统的运行管理 .....	103
一、空调系统起动操作 .....	103
二、通风机的运行管理 .....	105
第三节 风机盘管系统的运行管理 .....	106
一、风机盘管系统的局部运行调节 .....	106
二、风机盘管加独立新风系统在季节转换时的运行调节 .....	107
第四节 中央空调水系统运行管理 .....	107
一、水泵的运行管理 .....	107
二、冷却塔的运行管理 .....	109
三、喷淋室的运行管理 .....	111
四、空调系统运行中的管理 .....	113
第五章 中央空调制冷设备运行管理 .....	115
第一节 活塞式压缩机的运行管理 .....	115
一、活塞式压缩机起动前的准备工作 .....	115
二、活塞式压缩机的试运转 .....	115
三、活塞式压缩机正式起动操作 .....	116
四、活塞式压缩机运行中的管理 .....	117
五、活塞式压缩机运行中突发事故的处理 .....	119
六、活塞式压缩机的停机操作 .....	121
第二节 螺杆式压缩机的运行管理 .....	121

一、螺杆式压缩机起动前的准备工作 .....	121
二、螺杆式压缩机的试运转 .....	124
三、螺杆式压缩机正式起动操作 .....	125
四、螺杆式压缩机运行中的管理 .....	126
五、螺杆式压缩机运行中突发事件的处理 .....	126
六、螺杆式压缩机的停机操作 .....	127
第三节 离心式压缩机的运行管理 .....	128
一、离心式压缩机起动前的准备工作 .....	128
二、离心式压缩机的试运转 .....	130
三、离心式压缩机正式起动操作 .....	131
四、离心式压缩机运行中的管理 .....	132
五、离心式压缩机运行中突发事件的处理 .....	136
六、离心式压缩机的停机操作 .....	136
第四节 溴化锂吸收式制冷机的运行管理 .....	137
一、溴化锂吸收式制冷机的运行管理与定期检查 .....	137
二、溴化锂吸收式制冷机的清洗与溶液灌注 .....	139
三、溴化锂吸收式制冷机的开机操作 .....	142
四、溴化锂吸收式制冷机的运行管理的参数 .....	144
五、溴化锂吸收式制冷机的停机操作 .....	146
六、溴化锂吸收式制冷机真空泵的运行管理 .....	146
七、溴化锂吸收式制冷机中突发事件的处理 .....	147
八、溴化锂吸收式制冷机停机后的维护保养 .....	149
<b>第六章 空调系统的维护保养 .....</b>	<b>150</b>
第一节 常用测试仪表的使用方法 .....	150
一、万用表的使用方法 .....	150
二、绝缘电阻表的使用方法 .....	151
三、钳形电流表的使用方法 .....	152
四、液体温度计的使用方法 .....	152
五、电子卤素检漏仪的使用方法 .....	153
六、干、湿球温度计的使用方法 .....	154
七、毛发湿度计的使用方法 .....	155
八、风速仪的使用方法 .....	155
九、风压测量仪的使用方法 .....	157
第二节 空调系统风量的测量与调整 .....	159
一、空调系统风量的测量 .....	159
二、空调系统风量的调整 .....	161
三、室内温度和相对湿度的测定 .....	163
四、室内气流组织的测定 .....	164
五、超净空调系统中空气含尘浓度的测定 .....	164



六、室内正压的测定与调整 .....	164
第三节 空调系统维护保养的基本要求 .....	165
一、中央空调系统的日常维护基本要求 .....	165
二、中央空调系统日常维护的基本内容 .....	165
第四节 中央空调系统冷却水的管理 .....	167
一、冷却水水质的管理要求 .....	167
二、冷却水水质标准 .....	167
三、冷却水水质的检测内容 .....	169
四、冷却水系统水垢形成的原因及其危害 .....	170
五、冷却水的化学处理方法 .....	171
六、冷却水水垢的物理处理方法 .....	176
第五节 中央空调冷媒水水质的管理 .....	177
一、冷媒水水质和水处理药剂控制要求 .....	177
二、冷媒水系统清洗方法 .....	177
第六节 中央空调水系统的维护 .....	182
一、喷淋室的日常维护与常见故障及处理 .....	182
二、水泵的日常维护方法 .....	184
三、水泵的常见故障及排除方法 .....	186
四、中央空调系统水系统的维护 .....	187
五、冷却塔的日常维护方法 .....	190
六、冷却塔的常见故障及排除方法 .....	191
第七节 中央空调风系统的维护 .....	193
一、通风管系统的日常维护 .....	193
二、风机的日常维护方法 .....	194
三、风机的常见故障及排除方法 .....	196
四、空调系统风道的清扫 .....	197
五、空调系统常见故障及排除方法 .....	198
六、风机盘管的日常维护、保养与检修 .....	200
七、风机盘管系统的主要故障的分析与解决方法 .....	200
八、空调系统噪声的控制方法 .....	202
九、空调系统运行中的节能措施 .....	203
第七章 制冷机组的维护与检修 .....	206
第一节 活塞式压缩机的维护与检修 .....	206
一、活塞式制冷压缩机的检修内容 .....	206
二、活塞式压缩机维护保养时润滑油的补充方法 .....	207
三、活塞式压缩机运行维护中的监控 .....	209
四、活塞式压缩机的常见故障及处理方法 .....	209
第二节 螺杆式压缩机的维护与检修 .....	213
一、螺杆式压缩机的保养内容 .....	213

---

二、螺杆式压缩机运行中常见的问题 .....	213
三、螺杆式压缩机的常见故障及处理方法 .....	214
第三节 离心式压缩机的维护与检修 .....	218
一、离心式压缩机每月保养工作内容 .....	218
二、离心式压缩机年度停机时的维护保养 .....	219
三、离心式压缩机运行中常见问题的处理 .....	220
四、离心式压缩机的常见故障及处理方法 .....	222
第四节 溴化锂吸收式制冷机的维护与检修 .....	227
一、溴化锂吸收式制冷机组各部件的使用寿命 .....	227
二、机组运行时辛醇的使用要求 .....	228
三、溴化锂酸碱度与铬酸锂的测定方法 .....	228
四、pH 值的测定与铬酸锂含量的调整方法 .....	228
五、溴化锂吸收式制冷机的常见问题 .....	229
六、溴化锂吸收式制冷机常见故障及处理方法 .....	240
第五节 制冷系统辅助设备的维护与检修 .....	242
一、冷凝器的日常维护与保养 .....	242
二、屏蔽泵的日常维护与保养 .....	246
三、真空泵的日常维护与保养 .....	246
四、溴化锂溶液的再生 .....	247
参考文献 .....	249



# 第一章 中央空调系统的组成

## 第一节 集中式空调系统简介

### 一、集中式空调系统的分类

#### (一) 全空气式空调系统

全空气式空调系统又称集中式空调系统，是指空调房间内的余热、余湿全部由经过处理的空气来负担的空调系统。全空气式空调系统在夏季运行时，如房间内有余热和余湿，可用低于室内空气温度和含湿量的空气送入房间内，吸收室内的余热、余湿后，来调节室内空气的温度、相对湿度、气流速度、洁净程度和气体压力等参数。

由于空气的比热容小，用于吸收室内余热、余湿的空气需求量大，所以全空气式空调系统要求的风道截面积较大，占用建筑物空间较多。

全空气式空调系统按空调系统处理的空气来源分类可细分为以下几类：

1. 循环式空调系统 循环式空调系统又称为封闭式系统。它是指空调系统在运行过程中全部采用循环风的调节方式。此系统不设新风口和排风口，只适用于人员很少进入或不进入、只需要保障设备安全运行而进行空气调节的特殊场所。

2. 直流式空调系统 直流式空调系统又称为全新风空调系统，是指系统在运行过程中全部采用新风作为风源，经处理达到送风状态参数后再送入空调房间内，吸收室内空气的热湿负荷后又全部排掉，不用室内空气作为回风使用的空调系统。直流式空调系统多用于需要严格保证空气质量的场所或产生有毒或有害气体而不宜使用回风的场所。

3. 一次回风空调系统 一次回风空调系统是指将来自室外的新风和室内的循环空气，按一定比例在空气热湿处理装置之前进行混合，经过处理后再送入空调房间内的空调系统。一次回风空调系统应用较为广泛，被大多数中央式空调系统所采用。

4. 二次回风空调系统 二次回风空调系统是在一次回风空调系统的基础上将室内回风分成两部分，其中一部分引入空气处理装置中，经一次回风装置处理后，与另一部分没经过处理的空气（称为二次回风）混合，然后送入空调房间内。二次回风空调系统与一次回风空调系统相比更为经济、节能。

#### (二) 全水式空调系统

空调房间内的余热和余湿全部由冷水或热水来负担的空调系统称为全水式空调

系统。全水式空调系统在夏季运行时，将低于空调房间内空气露点温度的冷水送入室内空气处理装置——风机盘管机组（或诱导器），由风机盘管机组（或诱导器）与室内的空气进行热湿交换；冬季运行时，将热水送入风机盘管机组（或诱导器）与室内的空气进行热交换，使室内空气升温，以满足设计状态的要求。

由于水的比热容及密度比空气大，所以全水式空调系统的管道占用空间的体积比全空气式系统要小，能够节省建筑物空间，其缺点是不能够解决房间通风换气的问题。

### （三）空气-水式空调系统

空调房间内的余热、余湿由空气和水共同负担的空调系统，称为空气-水式空调系统。系统的典型装置是风机盘管加新风系统。其结构示意图如图 1-1 所示。

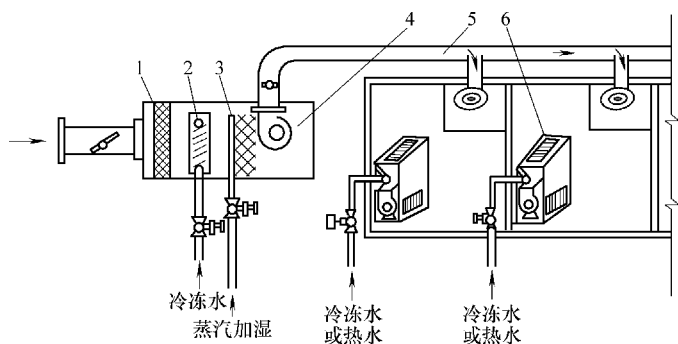


图 1-1 空气-水式空调系统结构示意图

1—过滤网 2—冷却器 3—加湿器 4—风机 5—风管 6—风机盘管

空气-水式空调系统是用风机盘管或诱导器对空调房间内的空气进行热湿处理，而空调房间所需要的新鲜空气则由集中式空调系统处理后，由送风管道送入各空调房间内。

空气-水式空调系统既解决了全水式空调系统无法通风换气的困难，又克服了全空气式空调系统要求风道截面积大、占用建筑空间多的缺点。

### （四）冷剂式空调系统

冷剂式空调系统是指空调房间的热湿负荷直接由制冷剂负担的空调系统。局部式空调系统和集中式空调系统中的直接蒸发式表冷器就属于此类。

### （五）双风道式空调系统

双风道空调系统采用两条风道：一条称为冷风风道；另一条称为热风风道。两条风道中的空气设计有各自的参数，当两条风道中的空气输送到各个空调房间中的送风口前面的混合箱内时，按各个空调房间所需要的空气参数进行混合，使其送风量和送风状态满足各个空调房间不同的需要。

双风管空调系统一般采用一次回风的方式，即采用一条回风风道回风。双风管

空调系统对各空调房间负荷变化的适应性很强,能够同时对一部分房间供热,而对另一部分房间供冷。集中式双风管空调系统的示意图如图 1-2 所示。

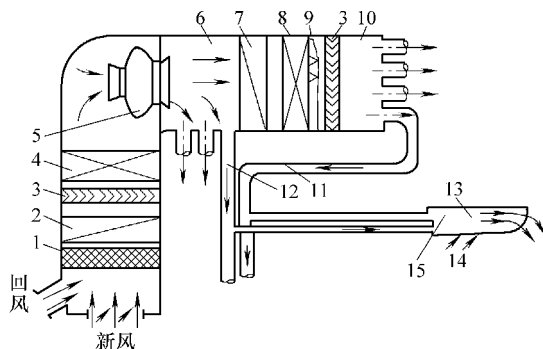


图 1-2 集中式双风管空调系统

- 1—空气过滤器 2—空气冷却器 3—挡水板 4—一级空气加热器 5—离心式或轴流式风机  
6—一级空气分配室 7—二级空气冷却器 8—二级空气加热器 9—空气加湿器 10—二级空气分配室  
11—诱导器 12—调风门 13—一级送风管 14—二级送风管 15—二次回风

集中式双风管空调系统中,混合箱是一个关键设备,其结构示意图如图 1-3 所示。

混合箱是用室内温度控制器来改变冷、热风比例的。它有两种功能:一是能根据房间负荷变化自动调节冷热风的比例,以满足室内空调对温度参数的要求;二是当其他房间调节冷风与热风的比例,造成整个系统压力变化时,不致引起本房间送风量的变化。混合箱的造价较高,在工程中可采用几个风口,或一个空调区域使用一个混合箱。对于多层建筑的宾馆的客房或写字楼的办公室其垂直部分使用双风道时,可在每层设置一个混合箱。经过混合箱处理后,空调系统送风形式可变为一般低速单风管空调系统。

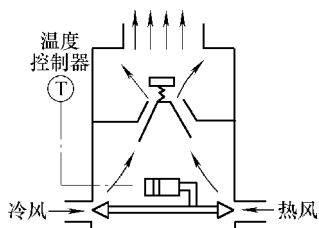


图 1-3 集中式双风管空调系统中的混合箱示意图

集中式双风管空调系统通常采用的工况参数如下:

- 1) 冷风温度全年为  $12 \sim 14^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) 夏季热风温度比室温高  $3^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) 冬季热风温度为  $35 \sim 45^{\circ}\text{C}$ ;
- 4) 过渡季节热风温度为  $25 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ;
- 5) 热风量占总风量的  $50\% \sim 70\%$ 。

集中式双风管空调系统能较好地满足各个空调房间的空气调节要求,近年来在各类空调工程中已有不少应用,尤其是对于宾馆、办公楼、实验室、医院等负荷变

化较大的场所尤为适用。

#### (六) 变风量中央空调系统

普通的集中式空调系统的送风量是固定不变的,称为定风量系统。设计送风参数时可按房间最大热湿负荷值确定送风量。而实际上空调房间的热湿负荷在全年的大部分时间内低于最大值。当室内负荷减少时,定风量系统是靠调节二次加热量以提高送风温度(减少送风温差)的办法来维持室温的。这样既浪费热量,又浪费冷量,能源浪费很大。变风量系统根据空调房间内的热湿负荷变化,可随时改变送风量,以满足空调房间内空气参数稳定的需要。

最基本的变风量中央空调系统的工作原理图如图 1-4 所示。

变风量中央空调系统是依靠其末端送风装置来实现变风量的。

空调系统变风量末端装置的工作原理是,当空调送风通 VAV 末端时,借助于房间温控器,控制末端进风口多调节风阀的开闭,以不改变送风温度、改变送风量的方法,来适应空调负荷的变化。送风量随着空调负荷的减少相应减少,这样可减少风机和制冷机的动力负荷。

当系统送风量达到最小设定值,仍需要调整室内空气参数时,可直接通过加热器再加热,或起动一台辅助机吸取吊顶中的回风,送入末端机组内,与冷气流混合后一起通过加热器再加热后送入房间,达到维持室内空气参数的目的。

变风量中央空调系统在各空调房间的出风口前都装有独立的变风量末端装置,以便对空调房间实行变风量调节。末端装置结构形式主要有节流型和旁通型两种。

1. 节流型末端装置 用风门调节送风口开启大小的方法来改变空气流通截面积的末端装置,称为节流型末端装置。

典型的节流型末端装置如图 1-5 所示。

图 1-5a 所示为文氏管型节流型末端装置。该装置有一个称为文氏管的筒体,筒体的内部装有带弹簧的锥形体构件,可以在筒体中移动。

文氏管有两个独立的动作部分:一个是随室内负荷变化、由室内温控器控制的电动或气动执行机构。它用来带动锥形体中心的阀杆,使锥形体在文氏管内移动,调节锥形体与管道间的通流面积,从而达到改变风量的目的。

另一个是定风量机构。所谓“定风量”,是指机构能自动克服某一风口因风量调节造成风道内静压变化而引起的风量再分配(即风量失调)的影响。定风量机构是依靠调整锥形体内的弹簧来达到定风量的目的。当风道内静压变化时,可使其内部的弹簧伸缩而使锥形体沿阀杆位移,以平衡管内压力的变化,锥形体与文氏管之间的开度再次得到调节,因而克服了因静压变化而引起风量失调的影响,维持了

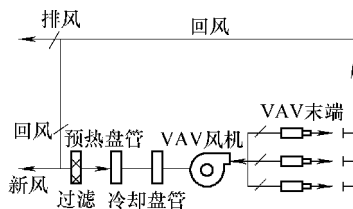


图 1-4 变风量中央空调系统的工作原理



空调房间所需的风量。定风量机构通风量的范围是  $0.021 \sim 0.56 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $75 \sim 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ )，筒体直径有  $\phi 150 \sim \phi 300 \text{ mm}$  等多种。当风道上游气体压力在  $75 \sim 750 \text{ Pa}$  之间变化时，文氏管都有维持定风量的能力。

图 1-5b 所示为一种性能比较好的条缝送风型节流型末端装置。它的送风口呈条缝形，并可串联在一起与建筑结构相配合，使送风气流贴于天花板，即使送风量减少时，气流也不会直接下落。它的变风量与定风量作用是依靠其内部的一个橡皮囊来完成的。当室内负荷减少时，在室内温度控制器的作用下使橡皮囊充气膨胀，减少了流通空气的截面积，从而达到变风量的目的。

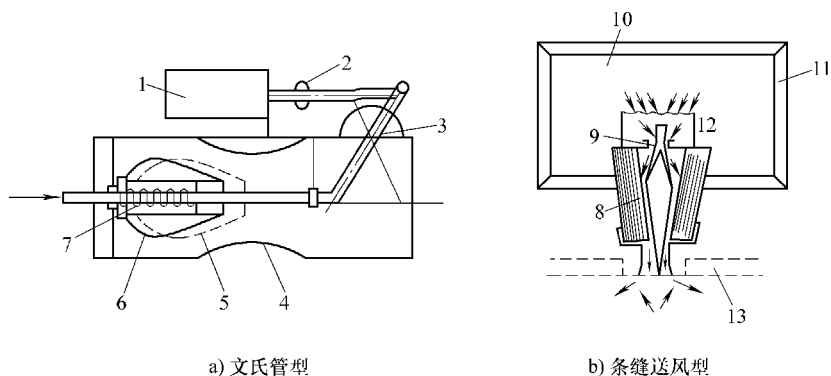


图 1-5 节流型末端装置

- 1—执行机构 2—限位器 3—刻度盘 4—文氏管 5—压力补偿弹簧  
6—锥体 7—定流量控制和压力补偿时的位置 8—间隔板  
9—橡皮囊 10—静压箱 11、12—吸声材料 13—天花板

2. 旁通型末端装置 用分流的方法来改变送往空调房间空气流量的末端装置，称为旁通型末端装置。典型的旁通型末端装置如图 1-6 所示。

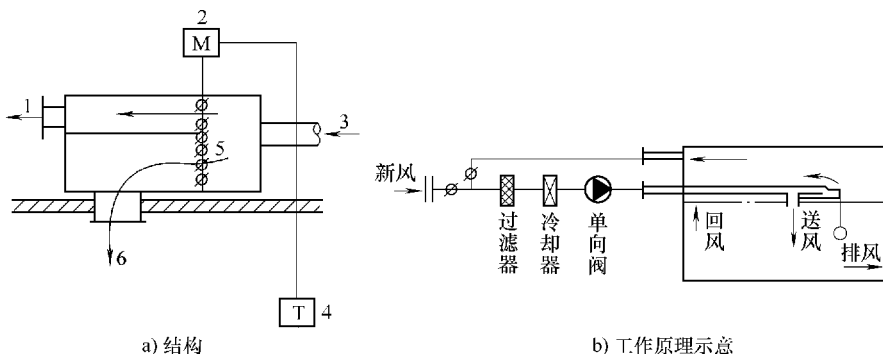


图 1-6 旁通型末端装置

- 1—进风 2—送风 3—回风 4—执行机构 5—温度控制器 6—风门

旁通型末端装置的工作原理是，在送风量不变的情况下，进入空调房间的风量是可以根据负荷变化进行改变的。旁通型末端装置设在旁通风口与送风口上的风阀与电动或气动执行机构相连接，控制送入空调房间内的空气量或房间回风返回风道的气流量的比例，根据空调房间内负荷的变化，随时改变送风量。这样，既节省了系统的能量，又满足了空调房间对送风量的要求。

## 二、集中式空调系统的组成

1. 空气处理设备 它包括空气过滤器、预热器、喷淋室、再热器等，是对空气进行过滤和各种热湿处理的主要设备。它的作用是使室内空气达到预定的温度、湿度和洁净度。

2. 空气输送设备 它包括送风机、回风机、风道系统，以及装在风道上的风道调节阀、防火阀、消声器、风机减振器等配件。它的作用是将经过处理的空气按照预定要求输送到各个空调房间，并从房间内抽回或排出一定量的室内空气。

3. 空气分配装置 它包括设在空调房间内的各种送风口和回风口。它的作用是合理地组织室内气流，以保证工作区内有均匀的温度、湿度、气流速度和洁净度。

除了上述三个主要部分外，还有为空气处理服务的热源和热媒管道系统，冷源和冷媒管道系统，以及自动控制和自动检测系统等。

## 三、集中式空调系统的特点

集中式空调系统的特点如下：

- 1) 空气处理设备和制冷设备集中布置在机房内，便于集中管理和集中调节。
- 2) 过渡季节可充分利用室外新风，减少制冷机的运行时间。
- 3) 可以严格控制室内温度、湿度和空气洁净度。
- 4) 对空调系统可以采取有效的防振消声措施。
- 5) 使用寿命长。
- 6) 机房面积大，层高较高，风管布置复杂，占用建筑空间较多，安装工作量大，施工周期较长。
- 7) 对于房间热湿负荷变化不一致或运行时间不一致的建筑物，系统运行不经济。
- 8) 风管系统各支路和风口风量不易平衡，各房间由风管连接，不易防火。

## 四、集中式空调系统空气处理的基本方法

1. 直流式空调系统 直流式空调系统全部使用室外新风，空气从百叶栅进入，经处理后达到送风状态，送入房间。其结构如图 1-7 所示。

(1) 直流式空调系统的夏季处理过程。室外的新风经空气过滤器过滤后进入喷淋室冷却去湿，达到机器露点状态（习惯上称相对湿度为 90% ~ 95% 的空气状态为机器露点状态），然后经过再热器加热至所需的送风状态送入室内，在空调房间内吸热吸湿后达到状态，然后全部排出室外。

(2) 直流式空调系统的冬季处理过程。冬季室外空气一般是温度低, 含湿量小, 要把这样的空气处理到送风状态必须进行加热和加湿处理。室外的新风经空气过滤器过滤后由预热器等湿加热到机器露点, 进入喷淋室进行绝热加湿处理, 然后经再热器加热至所需的送风状态点送入室内, 在空调房间放热达到加热、加湿目的后, 被排出室外。

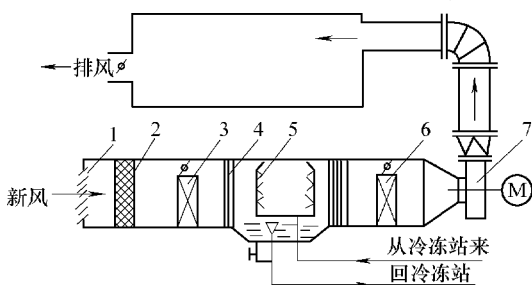


图 1-7 直流式空调系统结构

- 1—百叶栅 2—空气过滤器  
3—预加热器 4—前挡水板 5—喷嘴  
排管及喷嘴 6—再热器 7—风机

2. 一次回风式空调系统 一次回风式空调系统的结构如图 1-8 所示。

(1) 一次回风系统的夏季处理过程。室外新风与来自空调房间的回风混合后进入喷淋室冷却去湿达到机器露点状态, 然后经过再热器加热至所需的送风状态后, 送入室内吸热、吸湿, 当给室内空气进行热湿处理后部分排出室外, 部分进入空气处理系统与室外新鲜空气混合, 进行循环。

(2) 一次回风系统的冬季处理过程。冬季室外的新风与室内空气的回风混合后, 进入喷淋室绝热加湿（喷循环水）达到机器露点温度后, 又经再热器加热至送风状态后, 送入室内。在室内放热、加湿, 使室内空气达到设计的空气参数后, 一部分被排出室外, 另一部分进入空气处理系统与室外新风混合, 进行循环。

3. 二次回风式空调系统 二次回风式空调系统是采用第二次回风代替再热器, 其基本结构如图 1-9 所示。

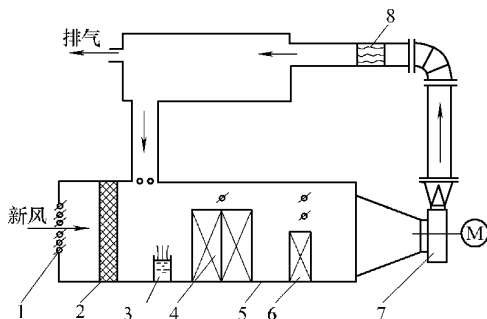


图 1-8 一次回风式空调系统的结构

- 1—新风口 2—空气过滤器 3—电极式预热器 4—表面式冷却器 5—排水口  
6—再热器 7—风机 8—精加热器

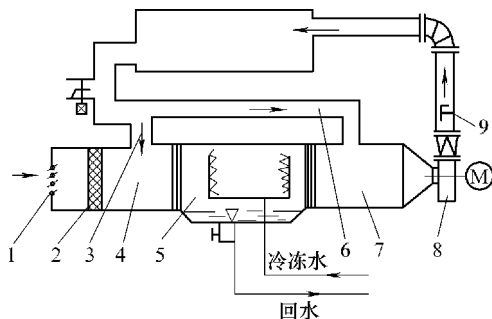


图 1-9 二次回风式空调系统的基本结构

- 1—新风口 2—过滤器 3—一次回风管  
4—一次混合室 5—喷雾室 6—二次回风管  
7—二次混合室 8—风机 9—电加热器

(1) 二次回风系统的夏季空气处理过程。夏季室外空气的新风与室内空气第一次回风混合后, 进入喷淋室冷却除湿后到机器露点状态, 然后再与第二次回风混

合至送风状态，送入空调房间吸热、吸湿，当使室内空气达到设计状态后部分排出室外，部分进入空气处理系统进行混合，进行循环。

(2) 二次回风系统的冬季处理过程。一般而言，冬季送风量与夏季相同。在冬季较寒冷的地区，室外新风与回风按最小新风比混合后，其焓值仍低于送风所需的机器露点的焓值，此时就要用预热器加热第一次混合后的空气，然后再送至喷淋室绝热加湿，最后与第二次回风混合再加热至送风状态后，送入空调房间。

## 第二节 风机盘管空调系统

风机盘管空调系统是由通风机、盘管和过滤器等部件组装成一体的空气调节设备，简称风机盘管机组。习惯上将使用风机盘管机组作为末端装置的空调系统叫做风机盘管空气调节系统。

### 一、风机盘管机的结构与分类

#### (一) 风机盘管的分类

##### 1. 风机盘管机组按结构形式分类

(1) 立式(L)：暗装时可安装在窗台下，出风口向上或向前；明装时可放在室内任何适宜的位置上，出风口向上、向前或向斜上方均可。

(2) 卧式(W)：一般要与建筑物结构协调，暗装时机组吊装在建筑结构内部，出风口一般向下或左右偏斜。

(3) 立柱式(Z)：一般适用于宾馆客房、医院等场所。其占地面积小，安装维修管理方便。冬季可对流散热，省略了管道间和吊装安装。

(4) 顶棚式(D)：一般要与建筑物结构协调，适用于办公室、商场营业厅等场所。其占地面积小，安装维修管理方便。

2. 风机盘管机组按安装形式分类 明装：直接摆放在空调房间内；暗装：安装在建筑结构的顶棚中。

3. 风机盘管机组按进水方向分类 左进水：风机盘管的入水口在左侧；右进水：风机盘管的入水口在右侧。

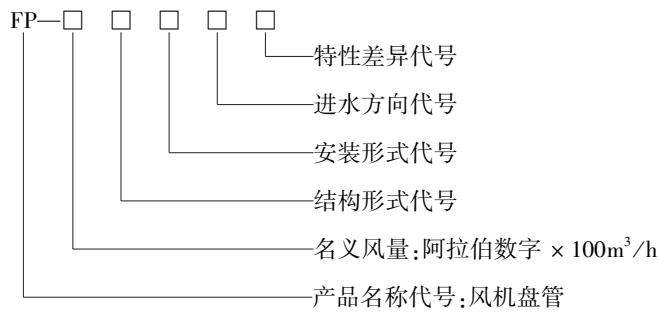
##### 4. 风机盘管机组按调节方式分类

(1) 风量调节：通过调节风机盘管中风机的转速，达到调节风机盘管制冷量的目的。

(2) 水量调节：通过调节风机盘管中风机的水流量，达到调节风机盘管制冷量的目的。

#### (二) 风机盘管机组型号命名方法

风机盘管机组的型号由大写汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，具体表示方法如下：



风机盘管机组代号所表示的含义见表 1-1。

表 1-1 风机盘管机组代号

项 目	特 点	代 号
结构形式	立式	L
	卧式	W
安装形式	明装	M
	暗装	A
进水方向	右进水	Y
	左进水	Z
特性差异	组合盘管	Z
	有静压	Y

(三) 风机盘管机组结构

风机盘管机组由风机、风机电动机、盘管、空气过滤器、凝水盘和箱体等部件构成，如图 1-10 所示。

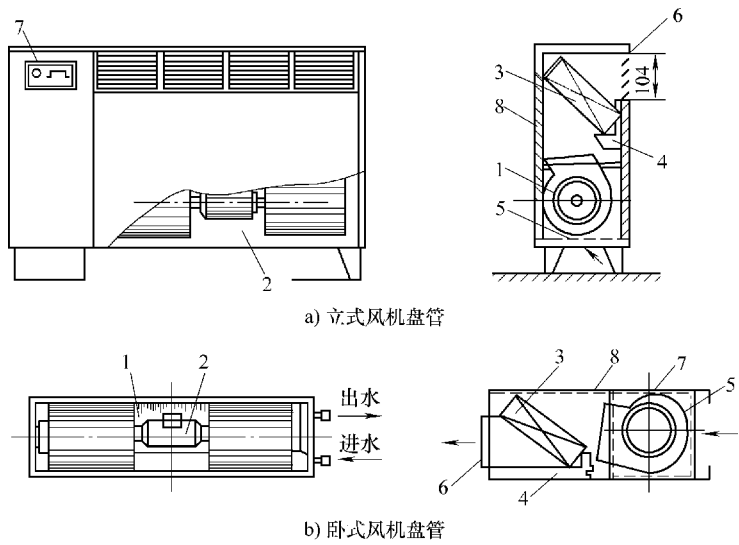


图 1-10 风机盘管机组的结构

1—离心风扇 2—电动机 3—盘管 4—凝水盘  
5—空气过滤器 6—出风格栅 7—控制器 8—风机箱体

1. 风机 风机盘管机组风机有两种形式,即离心式和贯流式风机。风机的风量为  $250 \sim 2500 \text{m}^3/\text{h}$ 。风机叶轮材料有镀锌钢板、铝板或工程塑料等,其中以使用金属材料做叶轮的居多。

2. 风机电动机 电动机一般采用单相电容运转式电动机,通过调节输入电压来改变风机电动机的转速,使风机具有高、中、低三挡风量,以实现风量调节的目的。国产 FP 系列风机电动机均采用含油轴承,在使用过程中不用加注润滑油,可连续运行 10000h 以上。

3. 盘管 盘管一般采用的材料为纯铜管,用铝片作为肋片(又称为翅片)。铜管外径一般为 10mm,壁厚 0.5mm 左右,铝片厚度为 0.15 ~ 0.2mm,片距 2 ~ 2.3mm。在制造工艺上,采用胀管工艺,这样既能保证管与肋片间的紧密接触,又提高了盘管的导热性能。盘管的排数有两排、三排和四排等类型。

4. 空气过滤器 空气过滤器一般采用粗孔泡沫塑料、纤维织物或尼龙编织物等材料制作。

风机盘管在调节方式上,一般采用水量调节或风量调节等方法。水量调节方法是指在其进水管上安装水量调节阀,并由室内温度控制器进行控制,使室内空气的温度和湿度控制在设定的范围内。风量调节方式是指通过改变风扇电动机的转速,使室内空气的温度和湿度控制在设定的范围内。

## 二、风机盘管系统的新风供给方式

风机盘管空调系统的新风供给方式有四种基本方式,如图 1-11 所示。

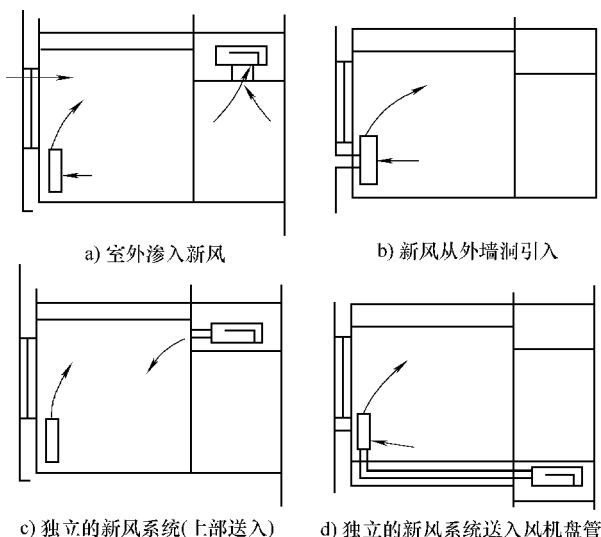


图 1-11 风机盘管系统的新风供给方式

### (一) 采用房间缝隙自然渗入供给新风

采用房间缝隙自然渗入供给新风方式如图 1-11a 所示。此时,风机盘管处理的

只是空调房间中的循环空气。采用此种空气处理方法,可使系统结构简单,初投资和运行费用都比较低,但空调房间内空气的卫生要求难以保证。这种方法适用于房间内人少,无正压要求,洁净度要求不高,需要节省初投资和运行费用,新风系统布置困难的旧建筑物。

### (二) 从风机盘管背面墙洞引入新风

从墙洞引入新风直接进入风机盘管的方式,如图 1-11b 所示。将风机盘管靠外墙安装,在外墙上开一适当的洞口,用风道与风机盘管相连接,从室外直接引入新风。新风口可调节,在冬夏季按最小新风量运行,在春秋过渡季节加大新风量的供给。但室内温度会随新风负荷变化,必须做好防尘、防噪声及防冻措施。这种方法适用于房间内人少,房间高度在 5m 以下,洁净度要求不高,需要节省初投资和运行费用,新风系统布置困难的旧建筑物。

### (三) 采用独立的新风系统供给新风

风机盘管空调系统采用独立的新风系统供给新风,是把来自室外的新风经过处理后,通过送风管道送入各个空调房间,使新风也负担一部分空调负荷,如图 1-11c、d 所示。

独立的新风供给系统是将风机盘管的出风口和新风系统的出风口并列,外罩一个整体格栅(见图 1-11c),使新风与风机盘管的循环风先混合,然后再送入空调房间内。图 1-11d 所示的做法是将处理后的新风先送入风机盘管内部,使新风与风机盘管的回风混合后再经过盘管。此时新风与回风混合的效果比机外混合的效果要好,是一种比较理想的空气处理方式。

## 三、风机盘管的冷媒水系统

风机盘管空调系统的冷媒水系统有双水管系统、三水管系统和四水管系统三种形式。

### (一) 双水管系统

风机盘管空调系统的水路系统采用一根水管供水、一根水管回水的供回水水路系统,称为双水管系统。这种供回水系统在夏季由供水管向空调房间内的风机盘管送冷水,以满足其制冷工况的需要;在冬季,供水管向风机盘管送热水,满足其供暖工况的需要。

双水管系统特点是结构简单、投资少,但系统供冷水、热水的转换比较麻烦,尤其是在过渡季节,不能同时满足朝阳的房间需要制冷而背阴的房间需要供暖的需求。

双水管系统可按建筑物房间朝向进行分区控制。其方法是通过区域热交换器的调节,向建筑物中的不同区域提供不同温度的冷(热)媒水,以满足各区域对温度的需求。

进行分区控制时,在一个区域中由制冷转为供暖或由供暖转为制冷,可以采取手动转换或者用集中控制的自动转换。



## (二) 三水管系统

风机盘管空调系统的水路系统采用一根水管供冷媒水，另一根水管供热媒水，共用一根水管作为公共回水管的水路系统，这称为三水管系统。这种供水系统在每个风机盘管的进口处设置一个自动控制三通阀，根据空调房间内的室温需要，由安装在室内的温度控制器控制究竟是供冷水还是供热水。三水管系统如图 1-12 所示。

三水管系统的特点是：全年系统内都供应冷媒水或热媒水，能满足各空调房间在不同季节中对空气温度的调节要求。但是由于三水管系统的冷热回水共用一根管道，所以系统存在冷热水混合的能量损失问题。

## (三) 四水管系统

风机盘管空调系统的水路系统采用冷媒水一根管供、一根管回，热媒水一根管供、一根管回的水路系统，称为四水管系统，如图 1-13 所示。

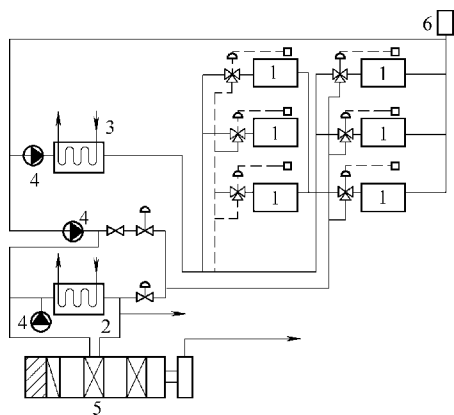


图 1-12 三水管系统

- 1—风机盘管 2—冷冻机的蒸发器  
3—蒸汽-水换热器 4—水泵  
5—表冷器 6—膨胀水箱

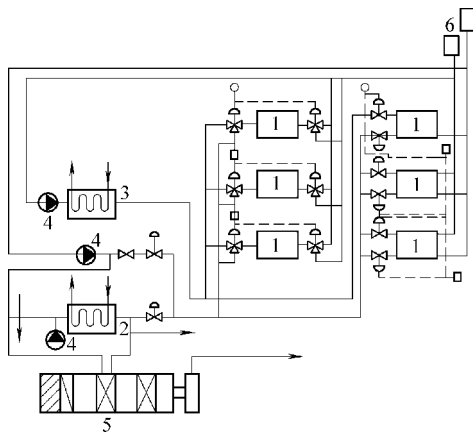


图 1-13 四水管系统

- 1—风机盘管 2—压缩机的蒸发器  
3—蒸汽-水换热器 4—水泵  
5—表冷器 6—膨胀水箱

风机盘管空调系统的四水管系统有两种供水方式：一种方式是向同一组风机盘管的盘管供水时，可根据空调房间的调节需要，由温度控制装置决定是向盘管内送冷水还是热水；另一种方式是将风机盘管中的盘管分为两组，一组为冷水盘管，一组为热水盘管，根据空调房间的调温要求，提供冷水或热水。其控制方法和盘管的连接方式如图 1-14 所示。

采用四水管系统可以全年使用冷水和热水，从而可以灵活地对空调房间的温度进行调节。同时又避免了类似三水管系统的能量损失，使风机盘管的制冷或供暖的

控制更加灵活,设备的运行费用更低。但是四水管系统的初投资较大,管道占用的建筑空间较大。

风机盘管若从节能和功能兼备的角度考虑,对于需要全年运行的风机盘管空调系统,应选用四水管系统为宜。风机盘管安装时,应考虑凝结水盘的泄水管坡度,其坡度以大于 0.01 为宜。

风机盘管空调系统用于高层建筑物时,其水路系统应采用全封闭式的循环系统,并要设置膨胀水箱和排气装置。

风机盘管空调系统运行基本参数为:系统夏季制冷运行时,冷水的入口温度一般为  $7 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ,冷水温升一般取  $5^{\circ}\text{C}$  左右;冬季供暖运行时,热水的入口温度一般为  $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。对于双水管系统,其循环水和补水应采用软化水。

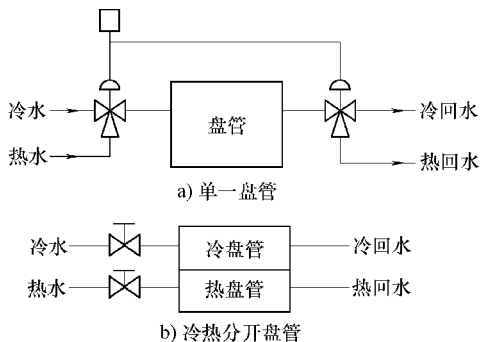


图 1-14 四水管系统控制方法和盘管的连接方式

### 第三节 空调系统的表面式换热器与加湿器、加热器

在空调系统中对空气的加热或冷却是通过中间介质来完成的,这个中间介质叫热媒或冷媒。使热媒或冷媒通过金属壁面进行热交换,使空气加热或冷却的设备,称为表面式空气热交换器,简称表面式换热器。

#### 一、表面式换热器的分类

##### (一) 按表面式换热器的工作目的分类

1. 空气加热器 在表面式换热器中通入热水或蒸汽对空气加热以提高室内温度。
2. 表面冷却器 在表面式换热器中通入冷媒水对空气进行冷却以降低室内温度。

##### (二) 按其传热面结构形式分类

1. 板式 又可细分为螺旋板式、板壳式、波纹板式、板翅式。
2. 管式 又可细分为列管式、套管式、蛇形管式、翅片管式。目前最常用的是翅片管式表面式空气换热器。

#### 二、表面冷却器的工作原理及结构

##### (一) 表面冷却器的工作原理

表面冷却器的工作原理是,当空气与表面冷却器接触时,冷却器的表面与空气之间存在着温差,依据热学原理,空气的热量将通过冷却器的表面传递给冷却管内的冷媒,使空气的温度得以降低。在冷却器的表面温度低于被处理空气的露点温度时,空气中的水蒸气被凝结,达到冷却去湿的目的。

表面冷却器内的冷媒可以是冷水，也可以是制冷剂。

## （二）表面冷却器结构

表面冷却器由肋管、联箱和护板组成，如图 1-15 所示。

表面冷却器的工作过程是，冷媒进入联箱 1 以后，均匀地流过肋管，然后经联箱 2 流出，而空气则在肋管外流过。根据空气处理要求的不同，可选用不同排数的肋管。根据水温升的要求和吸收（放出）热量的不同，联箱和肋管可以有不同的排列方式和连接方法。

## （三）喷水式表面冷却器

表面式空气换热器由于不能对空气进行加湿处理，也不能对空气进行净化，使其应用受到了较大限制。而喷水式表面冷却器兼有喷淋室和表面冷却器的双重作用，其基本结构如图 1-16 所示。

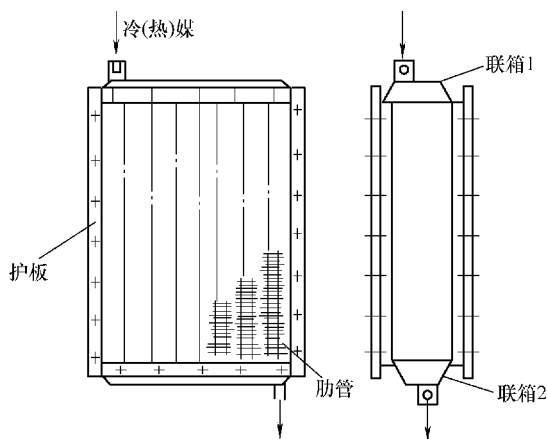


图 1-15 表面冷却器

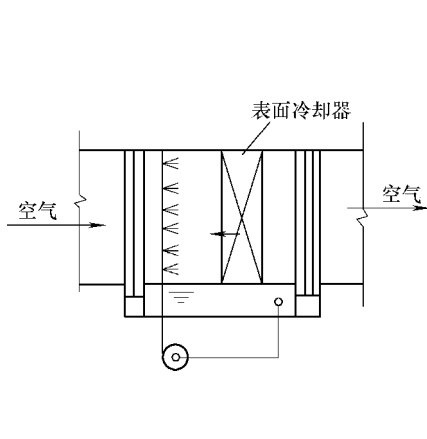


图 1-16 喷水式表面冷却器

喷水式表面冷却器与普通表冷器不同的是在表冷器前设置了喷嘴，将水喷在表冷器外表面形成一层水膜，使空气通过与水膜进行热、湿交换来达到加湿和净化的目的。

## 三、空调系统的电加热器

在中央空调系统中，除了用喷淋室和表面式空气换热器作为空气的热湿处理设备外，在某些场合还要用电加热器作为空调系统热源的补充设备。中央空调系统中使用的空气电加热设备主要有裸线式电加热器和管式电加热器两种。

1. 裸线式电加热器 裸线式电加热器的结构如图 1-17 所示。

裸线式电加热器具有热惰性小、加热迅速、结构简单等优点。但因电加热器的电阻丝直接外露使其安全性较差。另外，由于裸线式电加热器的电阻丝在使用时表

面温度太高,会使黏附在电阻丝上的杂质分解,产生异味,影响空调房间内空气的质量。

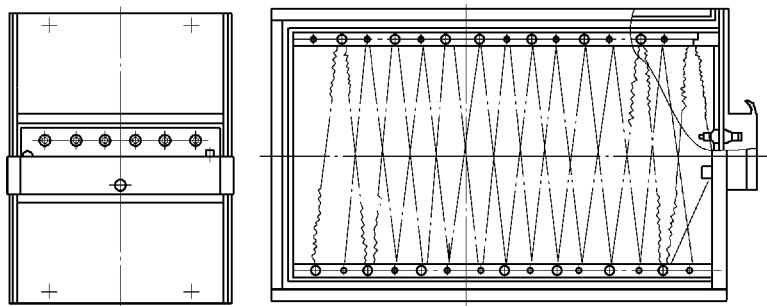


图 1-17 裸线式电加热器

## 2. 管式电加热器 管式电加热器如图 1-18 所示。

管式电加热器的电阻丝在管内,在管与电阻丝之间填充具有导热而不导电的氧化镁材料。管式电加热器具有寿命长、不漏电、加热均匀等优点,但其热惰性较大。

管式电加热器元件有 380V 和 220V 两种,最高工作温度可达 300℃。

中央空调使用的空气电加热设备,一般安装在系统的末端。因此,其安装周围应装有不易燃烧且耐热的保温材料。空调系统的风机必须与空气电加热设备在控制上实行连锁。在起动程序上,应先起动风机,再起动空气电加热设备;停止运行时应先停止空气电加热设备,过一段时间(如 15min 后),再停止风机运行。

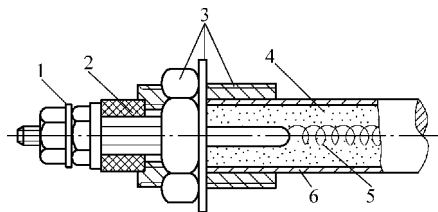


图 1-18 管式电加热器

1—接线端子 2—瓷绝缘子 3—紧固装置  
4—氧化镁 5—电阻丝 6—金属套管

## 第四节 空调系统的喷淋室

### 一、喷淋室的分类

喷淋室的分类方式大致有四种,即按放置形式分类、按空气流动速度分类、按喷淋室的级数分类和按外壳材料分类等。

#### (一) 按空气流动方向分类

1. 立式 空气垂直接流动且与水流流动的方向相反,这种方式换热效果较好,但空气处理量较少,适用于小型空调系统。

2. 卧式 空气水平流动,与喷水方向相同或相反。

#### (二) 按空气的流动速度分类

- 1. 低速喷淋室 空气流速为  $2 \sim 3\text{m/s}$ ，应用较广。
- 2. 高速喷淋室 空气流速为  $3.5 \sim 6.5\text{m/s}$ 。

(三) 按喷淋室级数分类

- 1. 单级喷淋室 被处理空气和冷冻水进行一次热交换，为普通喷淋室。
- 2. 双级喷淋室 将两个卧式单级喷淋室串联起来就可以充分利用深井水等天然冷源或人工冷源，达到节约用水的目的。这样，空气与不同温度的水就可以连续进行两次热交换。

(四) 按喷淋室外壳材料分类

- 1. 金属外壳喷淋室 用钢板制作喷淋室的外壳。
- 2. 非金属外壳喷淋室 采用玻璃钢、钢筋混凝土或砖砌的喷淋室。

二、普通喷淋室

普通喷淋室的基本结构如图 1-19 所示。被处理的空气经前挡水板进入喷淋室进行热交换后，经后挡水板排出。

冷媒水由冷水管进入三通阀，在水泵的作用下进入排管，由喷嘴喷出，与空气进行热交换。热交换后的水滴落入底池，经滤水器过滤掉杂质后经循环水管被水泵抽回再利用。

在夏季，随着被处理空气温度的降低，空气中的水蒸气冷凝成水也落入底池，底池中的水逐渐增多，当到达一定位置后，就会通过溢水管被水泵吸回冷水机组，重新冷却后再利用。

在冬季，喷淋室常用来给加热后的空气进行加湿。那么，底池中的水就会逐渐减少，当减少到一定程度时，浮球阀开启，向底池中重新补水。补充到一定程度后，浮球阀自动关闭，以保证底池中水位的一定。在底池底部还开有一个泄水管，目的是为了清洗、检修方便。在进行上述操作时，可将底池中的水排空。

喷淋室底池一般按能容纳  $2 \sim 3\text{min}$  的总喷水量确定，池深  $500 \sim 600\text{mm}$ 。溢水器按周边溢水量为  $30000\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  设计。滤水网的大小按表 1-2 选用。

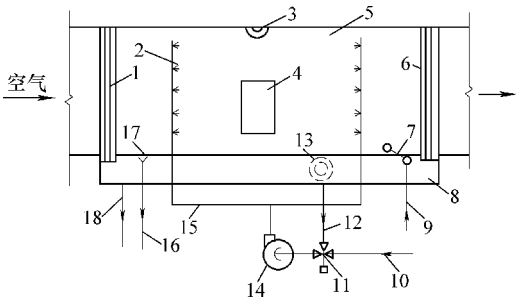


图 1-19 普通喷淋室的基本结构

- 1—前挡水板 2—喷嘴与排管 3—后挡水板
- 4—底池 5—冷水管 6—滤水器 7—循环水管
- 8—三通混合阀 9—水泵 10—供水管
- 11—补水管 12—浮球阀 13—溢水器 14—溢水管
- 15—泄水管 16—防水灯 17—检查门 18—外壳

表 1-2 滤水网选用参考数据

喷嘴孔径/mm	网孔尺寸/mm	滤水能力/ $(\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}))$	滤水阻力/kPa
2.0 ~ 2.5	0.5 × 0.5	$10 \times 10^3$	0.98
2.5 ~ 3.5	0.9 × 0.9	$12 \sim 15 \times 10^3$	0.98
4.0 ~ 5.5	1.25 × 1.25	$15 \sim 30 \times 10^3$	0.98

补水管一般按总喷水量的 2% ~ 4% 设计。

通常在喷淋室底池中安装有四种管道。

1. 循环水管道 循环水管道的作用是将底池的水过滤后循环使用, 如冬季进行绝热加湿, 夏季可用来改变喷水温度。

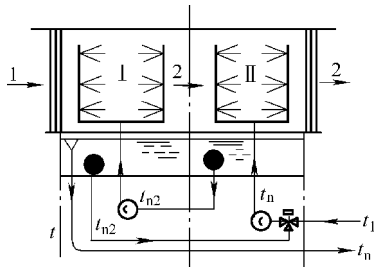
2. 溢流水管道 溢流水管道与溢水器相连, 用于排出夏季空气中冷凝下来的水和由于其他原因带给底池的水, 使底池中的水面维持在一定高度。

3. 补水管道 空调系统冬季进行绝热加湿时, 要用喷淋室底池中的水进行循环喷淋, 对空气进行加湿处理, 为了维持底池中的水的高度不低于溢水器, 需要通过向底池补水来实现水位的稳定。喷淋室底池补水由浮球阀自动控制。

4. 泄水管道 泄水管道是用来在空调系统在进行检修、清洗或防冻时将底池中的水排泄走的管道。

### 三、双级与高速喷淋室

双级喷淋室的基本结构如图 1-20 所示。被处理空气先进入 I 级喷淋室, 进行热交换后再进入 II 级喷淋室。而冷冻水或深井水先进入 II 级喷淋室交换热量后落入底池, 由水泵带动进入 I 级喷淋室喷出。这样被处理过的空气温度变化较大, 相对单级喷淋室而言双级喷淋室可节约用水。



### 四、喷淋室的零部件

#### (一) 喷淋室的外壳

喷淋室的外壳一般有两种形式, 即拼装式和土建式。拼装式一般采用 1.5 ~ 2mm 厚的钢板制成, 土建式一般采用砖及混凝土砌成。喷淋室外壳不论是采用何种形式, 其共同特点是都具有良好的防水和保温性能。近年来在材料上, 也有采用玻璃钢体内嵌保温材料一次成型 of 喷淋室外壳。

#### (二) 水池

水池在喷淋室的底部, 是为了收集喷雾水之用。水池的容积按照总喷水量的 3% ~ 5% 计算。正常运行时, 水池贮存有一定的水位, 以确保喷水量稳定。水池一般装有自来水自动补充机构 (即浮球阀), 并设有溢流口、排污口及过滤器口。

喷淋室的横断面一般为矩形, 大小根据通过的风量和风速确定。而喷淋室的长度则应根据喷嘴排管的数量、排管间距及排管与前后挡水板的距离确定。

为了便于检修、清洁和测量, 喷淋室外壳还设有观测孔, 两排喷嘴之间设有一个 400mm × 600mm 的密封检修门, 并装有防水灯。

#### (三) 喷淋室中的喷嘴

喷淋室中的喷嘴常用黄铜、不锈钢、塑料、尼龙、陶瓷等耐磨和防腐的材料制作。其中使用黄铜制作的耐磨性最好, 但价格较高, 而使用陶瓷制作最易损坏。



喷嘴的工作过程是：当喷淋时，具有一定压力的水流以较高的流速，沿切线方向进入喷嘴时，旋转  $180^\circ$ ，借助离心力，沿喷孔喷出，形成以喷孔为顶点的中空锥型水膜。由于水的表面张力及空气流速的作用，水膜很快破裂，形成小水滴。

喷嘴以喷孔直径的大小分类，可分为粗喷、中喷和细喷三类。

1. 粗喷 粗喷嘴的孔径为  $4 \sim 6\text{mm}$ ，水压为  $0.5 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^6\text{Pa}$ ，这种喷嘴喷出的水滴较大，在与空气接触时，水滴温升较慢，不易蒸发。因而广泛应用于夏季的降温、去湿处理。冬季时常用于喷循环水加湿空气。

2. 中喷 中喷嘴的孔径为  $2.5 \sim 3.5\text{mm}$ ，水压为  $2.0 \times 10^6\text{Pa}$ ，适用于空气的冷却干燥处理过程。

3. 细喷 细喷嘴的孔径为  $2.0 \sim 2.5\text{mm}$ ，水压大于  $2.5 \times 10^6\text{Pa}$ 。这种喷嘴喷出的水滴较细，在与空气接触时，水滴温升较快，易蒸发，适用于空气的加湿过程。但由于喷嘴孔径较小，易造成堵塞，对水质要求较高。

喷嘴排管一般采用上分式和下分式，当喷淋室面积较大时可采用中分式或环式。排管可安装成一排、两排或三排。若按空气流动方向排列，可分一排逆喷，两排对喷及三排一顺二逆。选择特定的排列方式可保证喷出的水滴能尽量均匀地布满整个喷淋室。为了使空气与水充分接触，最好采用如图 1-21 所示的梅花形布局。对于大型喷淋室，也可排列成方格形，且布置成上密下疏，使水滴在喷淋室内能均匀分布。

#### （四）挡水板

挡水板为直立的折板或波形板，一般由镀锌薄钢板或塑料板构成。

挡水板一般可分为前挡水板和后挡水板。前挡水板设置在喷嘴之前，目的是防止水滴溅到喷淋室之外，同时也起到使进入喷淋室的空气均匀分布的作用。后挡水板用于阻止混合在空气中较大的水滴进入空调房间。

当气流在两片挡水板之间曲折前进时，其所夹带的水滴因惯性作用来不及改变运动方向而和挡水板相碰后沿挡水板流入底池。这样挡水板就起到了气水分离和阻止水滴通过的作用。为了防止附流之水再被空气带走，在折角处往往做成  $5\text{mm}$  宽的折边。

有些集中式空调系统在后挡水板上方安装一根淋水管，以加大空气中水滴及附流水滴的重量，使之迅速流入喷淋室水池中。挡水板形式如图 1-22 所示。

在一般情况下，采用双排喷水可获得不大于  $3.76812 \times 10^4\text{J/kg}$  的焓降，采用三排喷水可使空气达到不大于  $4.1868 \times 10^4\text{J/kg}$  的焓降。喷水终点温度可比喷水初温低  $3 \sim 5^\circ\text{C}$ 。喷水终温在一般的喷淋室中比实际的空气终温低  $1.0 \sim 1.5^\circ\text{C}$ 。

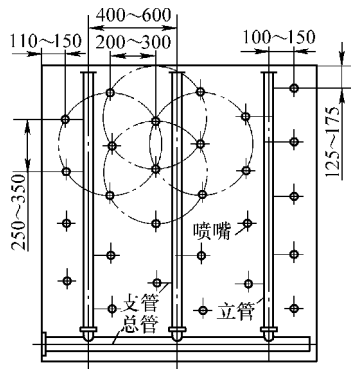


图 1-21 梅花形布局



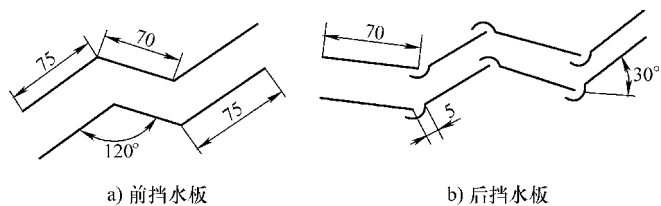


图 1-22 挡水板

### 五、喷淋室的水系统

喷淋室的水系统目前用得较多的形式是自流式和压力回水式水系统。自流式喷淋室的水系统如图 1-23a 所示。系统的蒸发水箱在喷淋室之下，回水靠自流回到蒸发水箱，冷却后的冷媒水由水泵供给喷淋室。若采用壳管式蒸发器，可按图 1-23b 所示另设一只辅助冷媒水蓄水箱，来保证系统的供水。

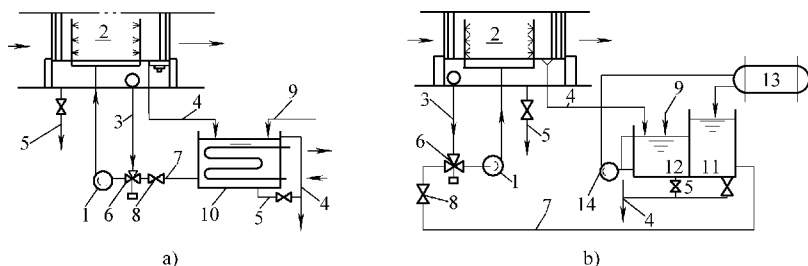


图 1-23 自流式喷淋室的水系统

- 1—喷水泵 2—喷淋室 3—循环水管 4—溢水管 5—泄水管  
6—三通阀 7—冷媒水管 8—止回阀 9—补水管 10—蒸发水箱  
11—集水箱 12—回水箱 13—管壳式蒸发器 14—冷冻水泵

压力式回水的喷淋室水系统如图 1-24a 所示。回水靠回水泵将喷淋室的回水送入到蒸发水箱中。若是几个喷淋室共同使用一个制冷系统，可以按图 1-24b 所示设置一个低位的回水池，将各喷淋室喷淋后的回水靠重力自流回到回水池中，然后再用水泵把回水送到蒸发水箱中。

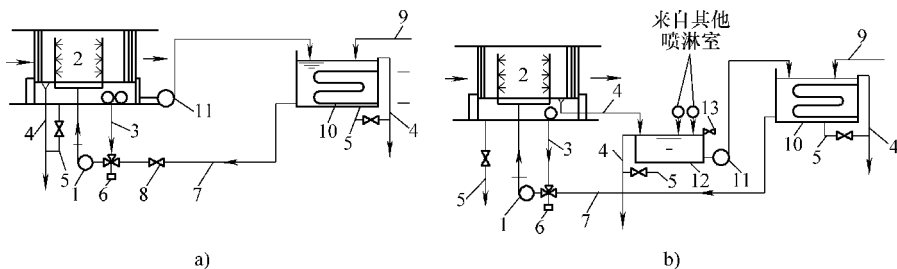


图 1-24 压力式回水的喷淋室水系统

- 1—喷水泵 2—喷淋室 3—循环水管 4—溢水管 5—泄水管 6—三通阀 7—冷媒水管  
8—止回阀 9—补水管 10—蒸发水箱 11—回水泵 12—回水箱 13—壳管式蒸发器

喷淋室的水泵一般只设置一台,但由于冬季进行加湿时,喷水量比较小,为了减少运行费用,另外再加装一台小水泵供冬季加湿时使用。

## 第五节 空调系统的风阀和通风机

### 一、空调系统的风阀

中央空调系统通风系统的风阀按其使用性质不同可分为调节阀、开关阀和安全阀。

#### (一) 调节阀

中央空调系统通风系统的风量调节阀分为两种形式:一种是用于进行系统风量平衡调节时使用的纯手动的风阀。其工作原理是依靠调节空气通过此处风的阻力来实现对各风管支路或通风机出入口处风量的调节。另一种风量调节阀是需要经常调节的阀门,如新风阀门、一次回风阀门、二次回风阀门或排风阀门等。这种阀门分为电动和手动两种。

1. 离心式通风机圆形瓣式启动调节阀 离心式通风机圆形瓣式启动调节阀的结构如图 1-25 所示。其主要由外壳、叶片、滑杆、定位板、手把(或执行机构连杆)等组成。

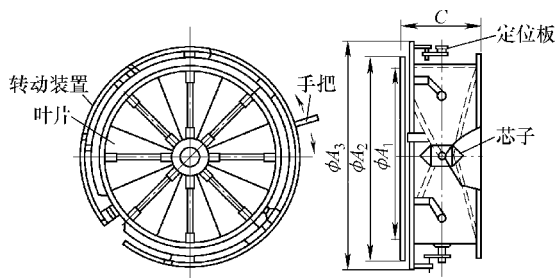


图 1-25 离心式通风机圆形瓣式启动调节阀的结构

离心式通风机圆形瓣式启动调节阀的叶片一般为铝片,其轴承一般使用青铜制作,可用于风机的启动阀门或风量调节阀。

2. 矩形风管三通调节阀 矩形风管三通调节阀的结构如图 1-26 所示,主要用于矩形直通三通管和 Y 形三通管的节点处,用于调节风量的分配。在操作方法上矩形风管三通调节阀有手动和电动两种。

3. 密闭式对开多叶调节阀 密闭式对开多叶调节阀的结构如图 1-27 所示。

密闭式对开多叶调节阀的叶片为菱形双面叶片,其起闭转动角为  $90^\circ$ ,阀门为密闭

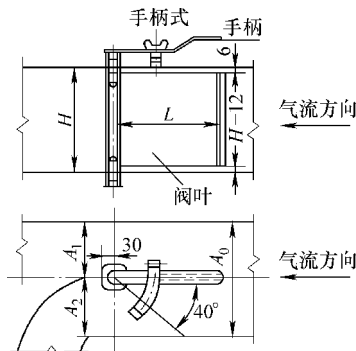


图 1-26 矩形风管三通调节阀的结构

结构,完全关闭时漏风量为 20% 左右。其主要用于风量调节或风机起动风阀使用。在操作方法上密闭式对开多叶调节阀有手动和电动两种。

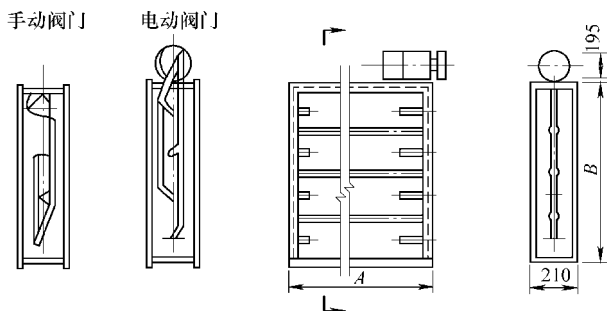


图 1-27 密闭式对开多叶调节阀的结构

## (二) 开关阀

开关阀在空调系统只起开关作用,一般用于新风或风机启动阀门。开关阀的基本要求是开启时阻力要小,关闭时要严密。开关阀的基本结构如图 1-28 ~ 图 1-30 所示。

1. 拉链式蝶阀 拉链式蝶阀的基本结构如图 1-28 所示。拉链式蝶阀有非保温型和保温型两种。

2. 矩形蝶阀 矩形蝶阀的基本结构如图 1-29 所示。矩形蝶阀有非保温型和保温型两种。

3. 圆形蝶阀 圆形蝶阀的基本结构如图 1-30 所示。

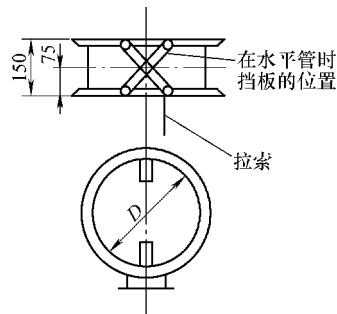


图 1-28 拉链式蝶阀的基本结构

## (三) 安全阀

中央空调系统的安全阀主要是指防火阀。防火阀在性质上属于常开型阀门,其作用是一旦空调系统发生火灾时切断风道内的空气,防止火焰扩大蔓延。

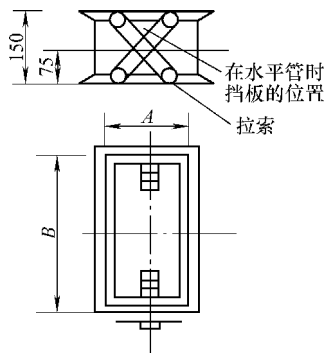


图 1-29 矩形蝶阀的基本结构

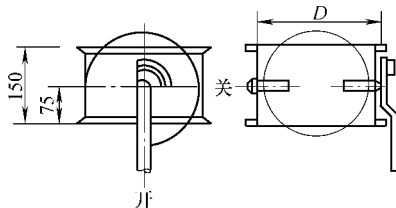


图 1-30 圆形蝶阀的基本结构

### 1. 方形、矩形风管防火阀 方形、矩形风管防火阀的基本结构如图 1-31 所示。

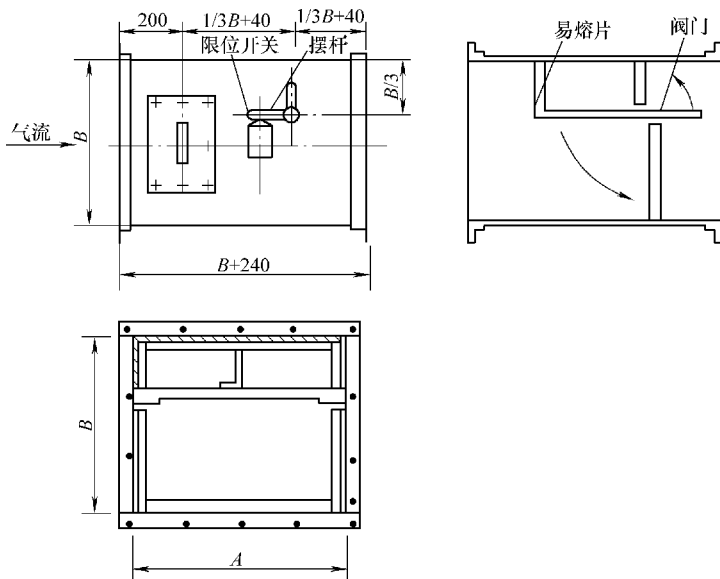


图 1-31 方形、矩形风管防火阀的基本结构

方形、矩形风管防火阀常用于一般通风系统和中央空调系统中。其作用是一旦通风系统和中央空调系统发生火灾时，用于切断风道内的空气，防止火焰扩大蔓延。当方形、矩形风管防火阀用于水平气流的方形、矩形风管风道中时，在其中装有一套信号和动作连锁装置，当通风系统和中央空调系统发生火灾时，风道内的温度达到了信号装置中易熔片的熔点时，易熔片熔断，防火阀自动关闭，动作连锁装置控制风机停止运转并发出报警信号。

当方形、矩形风管防火阀用于垂直气流的方形、矩形风管风道中时，信号装置中的易熔片一端必须向关闭方向倾斜  $5^\circ$ ，以便阀门下落时能关闭风道。

2. 圆形风管防火阀 圆形风管防火阀的基本结构如图 1-32 所示。其工作机理与方形、矩形风管防火阀一样，区别是一个用于方形、矩形风道，一个用于圆形风道。

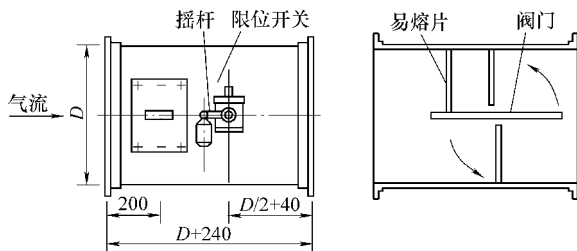


图 1-32 圆形风管防火阀的基本结构

## 二、空调系统的风机

中央空调系统的通风系统由送风机、回风机、风道系统、风口, 以及风量调节阀、防火阀、排污阀、消声器、风机减振器等配件组成。而风机是利用电能带动叶片转动, 对空气产生推动力的设备。它能使空气增压, 以便将处理后的空气送入空调房间。

离心式通风机一般是作为送风机使用在中央空调系统中的, 它主要由叶轮、机壳、进风口、出风口及电机等组成。其叶轮上有一定数量的叶片, 叶片可以根据气流出口的角度不同, 分为向前弯的、向后弯的或径向的叶片。叶轮固定在轴上由电机带动旋转。

离心式通风机的机壳为一个对数螺旋线形蜗壳, 如图 1-33 所示。工作时空气流向垂直于主轴, 气体经过进气口轴向吸入, 然后气体约折转  $90^\circ$  流经叶轮叶片构成的流道间, 而蜗壳将被叶轮甩出的气体集中、导流, 从通风机出口或出口扩压器排出。当叶轮旋转时, 气体在离心风机中先做轴向运动, 后转变为垂直于风机轴的径向运动。当气体通过旋转叶轮的叶片间时, 由于叶片的作用, 气体随叶轮旋转而获得离心力。在离心力作用下, 气体不断地流过叶片, 叶片将外力传递给气体而做功, 气体则获得动能和压力能。

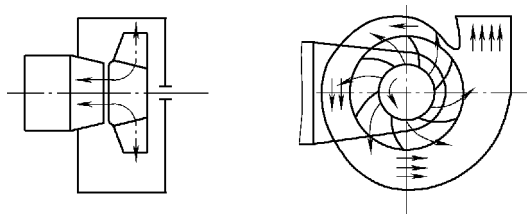


图 1-33 离心式通风机

离心式风机的特点是风压高, 风量可调, 相对噪声较低, 可将空气进行远距离输送。适用于要求低噪声、高风压的中央空调的送风系统中。

## 三、空调系统的排风机

中央空调系统的排风机一般选用轴流式通风机。轴流式通风机在工作时, 空气流向平行于主轴。它主要由叶片、圆筒形出风口、钟罩形进风口、电动机组成。叶片安装在主轴上, 随电动机高速转动, 将空气从进风口吸入, 沿圆筒形出风口排出。

轴流式通风机的特点是风压较低、风量较大、噪声相对较大、耗电少、占地面积小、便于维修, 适用于要求低风压、大风量的中央空调的排风系统中。

## 第二章 中央空调的配套设备

### 第一节 中央空调的冷却水系统

中央空调冷却水系统是指从制冷压缩机的冷凝器出来的冷却水经水泵送至冷却塔，冷却后的水从冷却塔靠位差在重力作用自流至冷凝器的循环水系统。

冷却水系统常用的水源有地面水、地下水、海水、自来水等。

#### 一、冷却水系统的供水方式

冷却水系统的供水方式一般可分为直流式、混合式和循环式三种。

1. 直流式冷却水系统 在直流式冷却水供水系统中，冷却水经冷凝器等用水设备后，直接就近排入下水道或用于农田灌溉，不再重复使用。这种系统的耗水量很大，适宜用在有充足水源的地方。

2. 混合式冷却水系统 混合式冷却水系统如图 2-1 所示。

混合式冷却水系统的工作过程是：从冷凝器中排出的冷却水分成两部分，一部分直接排掉，另一部分与供水混合后循环使用。混合式冷却水系统一般适用于使用地下水等冷却水温度较低的场所。

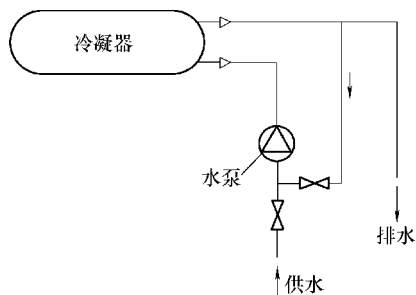


图 2-1 混合式冷却水系统

3. 循环式冷却水系统 循环式冷却水系统的工作过程是，冷却水经过制冷机组冷凝器等设备吸热而升温后，将其输送到喷水池和冷却塔，利用蒸发冷却的原理，对冷却水进行降温散热。

#### 二、冷却水的参数

冷却水系统工作时，主要应考虑水温、水压和水质等参数是否符合要求。

1. 冷却水水温 为了保证冷凝压力在压缩机工作允许的范围内，冷却水的进水温度一般不应高于表 2-1 给出的数值。

表 2-1 冷却水水温

设备名称	进水温度/℃	出水温度/℃
压缩机	10 ~ 32	≤45
冷凝器	≤32	≤35
小型空调机组	≤30	≤35

2. 冷却水水质 冷却水对水质的要求不是很高。对于水中的有机物和无机物,不要求完全清除,只要求控制其数量,防止微生物大量生长,以避免使其在冷凝器或管道系统形成积垢或将管道堵塞。

空调系统冷却水的水质要求应符合表 2-2 中的要求。

表 2-2 空调系统冷却水水质标准

项目	单 位	水 质 标 准	危 害
浊度	mg/L	根据生产要求确定,一般不应大于 20。当换热器的形式为板式、套管式时,一般不宜大于 10	过量会导致污泥危害及腐蚀
含盐量	mg/L	设放缓蚀剂时,一般不宜大于 2500	腐蚀、结垢随含盐量的增加而递增
碳酸盐硬度	mg/L	在一般水质条件,若不采用投加阻垢分散剂,不宜大于 3 投加阻垢分散剂,应根据所投加的药剂品种、配方及工况条件确定,可控制在 6~9	
钙离子 $\text{Ca}^{2+}$	mg/L	投加阻垢分散剂时,应根据所投加药剂的品种、配方和工况条件确定,一般情况低限不宜小于 1.5(从腐蚀角度),高限不宜大于 8(从阻垢角度要求)	结垢
镁离子 $\text{Mg}^{2+}$	mg/L	不宜大于 5,并按 $\text{Mg}^{2+}(\text{mg/L}) \times \text{SiO}_2(\text{mg/L}) < 15000$ 验证( $\text{Mg}^{2+}$ 以 $\text{CaCO}_3$ 计, $\text{SiO}_2$ 以 $\text{SiO}_2$ 计)	产生类似蛇纹石组成污垢,黏性很强
铝 $\text{Al}^{3+}$	mg/L	不宜大于 0.5(以 $\text{Al}^{3+}$ 计)	起黏结作用,促进污泥沉积
铜 $\text{Cu}^{2+}$	mg/L	一般不宜大于 0.1,投加铜缓蚀剂时应按试验数据确定	产生点蚀,导致局部腐蚀
氯根 $\text{Cl}^-$	mg/L	投加缓蚀剂时,对不锈钢设备的循环用水中不应大于 300(指含铬、镍、钛、钼等合金的不锈钢)。投加缓蚀剂时,对碳钢设备的循环用水不应大于 500	强烈促进腐蚀反应,加速局部腐蚀,主要是裂隙腐蚀、点蚀和应力腐蚀开裂
硫酸根 $\text{SO}_4^{2-}$	mg/L	投加缓蚀剂时, $\text{Ca}^{2+} \times \text{SO}_4^{2-} < 750000$ 系统中混凝土材质的影响控制要求应按 GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》中的规定	它是硫酸盐还原菌的营养源,浓度过高会出现硫酸钙的沉积
硅酸 (以 $\text{SiO}_2$ 计)	mg/L	不大于 175 $\text{Mg}^{2+}(\text{mg/L}, \text{以 } \text{CaCO}_3 \text{ 计}) \times \text{SiO}_2(\text{mg/L}, \text{以 } \text{SiO}_2 \text{ 计}) \leq 15000$	出现污泥沉积及硅垢



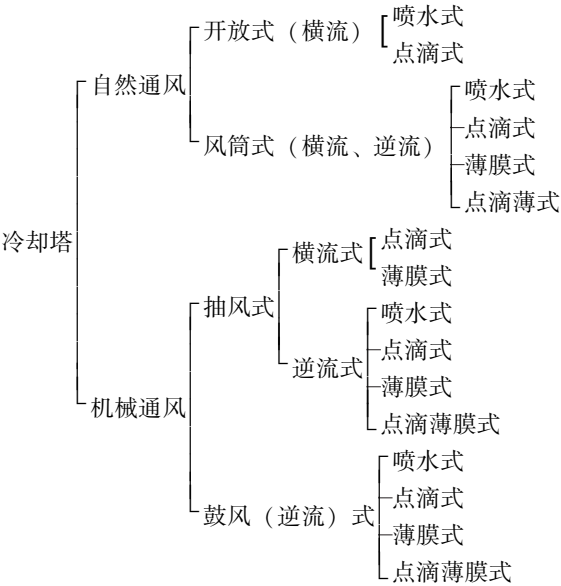
(续)

项目	单 位	水 质 标 准	危 害
油	mg/L	不应大于 5	附于管壁,阻止缓蚀剂与金属表面接触,是污垢黏结剂,营养源
磷酸根 $\text{PO}_4^{3-}$	mg/L	根据磷酸钙饱和指数进行控制	引起磷酸钙沉淀
异氧菌总数	个/mL	$<5 \times 10^5$	产生污泥和沉积物,带来腐蚀,破坏冷却塔木材

3. 冷却水水压的要求 冷却水的工作压力是根据制冷机组和冷却塔配置情况而定的,一般应控制在 0.3 ~0.6MPa 范围内。

三、冷却水系统中的冷却塔

冷却塔作用是利用空气的流动,将冷却水部分汽化,带走冷却水中的一部分热量,而使水温下降得到冷却的专用的冷却水散热设备。在制冷设备工作过程中,从制冷机的冷凝器中排出的高温冷却循环水通过水泵送入冷却塔,依靠水和空气在冷却塔中的热湿交换,使其降温冷却后循环使用。按我国行业的不同分类方法,冷却塔可分为如下几种类型。



(一) 冷却塔的技术术语

1. 冷却度 水流经冷却塔前后的温差。它等于进入冷却塔的热水与离开冷却塔的冷水之间的温度差。

2. 冷却幅度 冷却塔出水温度同环境空气湿球温度之差。

3. 热负荷 冷却塔每小时“排放”的热量值。热负荷等于循环水量乘以冷却度。

4. 冷却塔压头 冷却水由塔底提升到顶部并达到喷嘴所需要的压力。

5. 漂损 水以细小的液滴形式混杂在循环空气中而造成的少量损失。

6. 泄放 连续或间接地排放少量循环水，以防止水中化学致锈物质的形成和浓缩。

7. 补给 为替补蒸发、漂损和泄放所需补充水量。

8. 填料 冷却塔内使空气和水同时通过并得到充分接触的填充物，有膜式、片式、松散式、飞溅式填料之分。

9. 水垢抑制剂 为防止或减少在冷却塔中形成硬水垢而添加在水中的化学物质，常用的有磷酸盐、无机盐、有机酸等。

10. 防藻剂 为抑制在冷却塔中生成藻类植物而添加在水中的化学物质，常用的有氯、氯化苯酚等。

### (二) 自然通风冷却塔的特点

开放式冷却塔中的水被冷却的条件与喷水冷却池相似，冷却效果主要取决于风力和风向，适用于气候干燥，有较大和稳定的风速的场合。

开放点滴式冷却塔由于有淋水装置，冷却能力比开放式冷却塔高，冷却水量在  $500\text{m}^3/\text{h}$  以下。

塔式（风筒式）冷却塔中水的冷却是靠塔内外空气密度差所造成的通风抽力进行水与空气的热湿交换达到的，其效果较为稳定。

### (三) 机械通风冷却塔的特点

机械通风式冷却塔是依靠风机强迫通风使水冷却的冷却塔。它可分为顺流式和逆流式两种，应用最多的是逆流式冷却塔。机械通风逆流式冷却塔的典型结构如图 2-2 所示。

逆流式冷却塔主要由塔体、风机叶片、电动机和风叶减速器、旋转配水器、淋水装置、填料、进出水管和塔体支架等组成。塔体一般由上、中、下塔体及进风百叶窗组成。塔体材料为玻璃钢。风机为立式全封闭防水电动机，圆形冷却塔的风叶直接装于电动机轴端。而对于大型冷却塔风叶

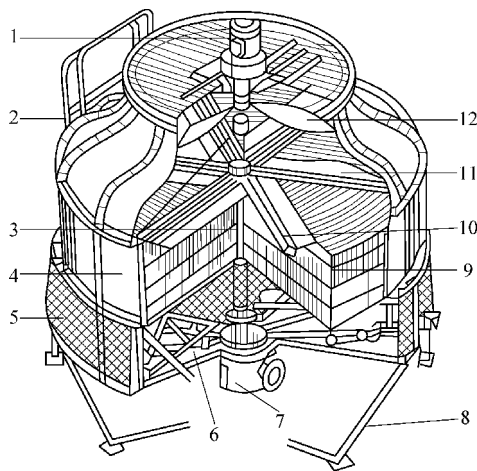


图 2-2 机械通风逆流式冷却塔的典型结构

- 1—电动机 2—梯子 3—进水立管 4—外壳  
5—进风网 6—集水盘 7—进出水管接头 8—支架  
9—填料 10—旋转配水器 11—挡水板 12—风机叶片

则采用减速装置驱动,以实现风叶平稳运转。布水器一般为旋转式,利用水的反冲力自动旋转布水,使水均匀地向下喷洒,与向上或横向流动的气流充分接触。大型冷却塔为了布水均匀和旋转灵活,布水器的转轴上安装有轴承。

逆流式冷却塔冷却塔的填料多采用改性聚氯乙烯或聚丙烯等,当冷却水温达  $80^{\circ}\text{C}$  以上时,则采用铅皮或玻璃钢填料。

1. 冷却塔的淋水装置 淋水装置也叫冷却填料。进入冷却塔的冷却水流经填料后,溅散成细小的水滴形成水膜,增加水和空气接触的时间,使水与空气更充分地进行热交换,降低冷却水水温。

淋水装置可由不同材料制成不同断面形状,并以不同方式排列。淋水装置按照水喷洒在冷却填料表面所形成的冷却表面形式可分为点滴式、薄膜式和点滴薄膜式三种。

(1) 点滴式淋水装置。它是将矩形或三角形的木材、竹材,水泥格网板及塑料板条,按照一定的间距排列成水平布置或倾斜布置的各种形式,冷却水从上层板条落在下层板条上,大水滴被溅散成许多小水滴,增加水滴的散热面积,使水温降低。

点滴式淋水装置中板条的排列形式有倾斜式、棋盘式等,如图 2-3 所示。

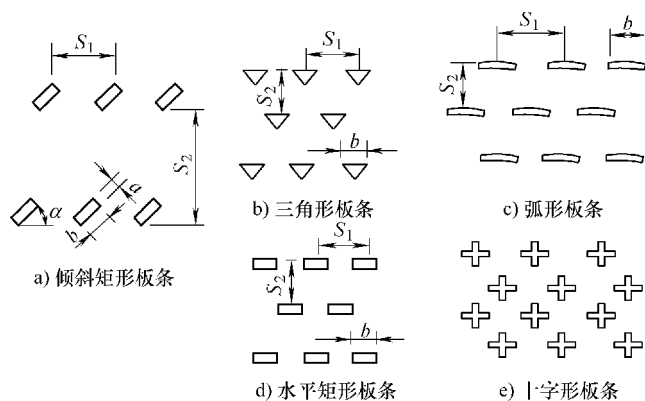


图 2-3 点滴式淋水装置中板条的排列形式

(2) 薄膜式淋水装置。目前采用较多的有格网板、蜂窝、点波和斜交错等形式,其散热以水膜为主。

1) 格网板淋水装置。一般常用于大型冷却塔,多采用铅丝水泥格网板或用 3mm 塑料板插制的格网板,图 2-4 所示为采用铅丝水泥制作的格网板。

2) 蜂窝淋水装置。蜂窝淋水装置填料的式样如图 2-5 所示。其蜂窝淋水填料是用浸渍绝缘纸由酚醛树脂粘接成纸芯,经张拉、浸树脂、烘干固化,做成蜂窝状的淋水板块。

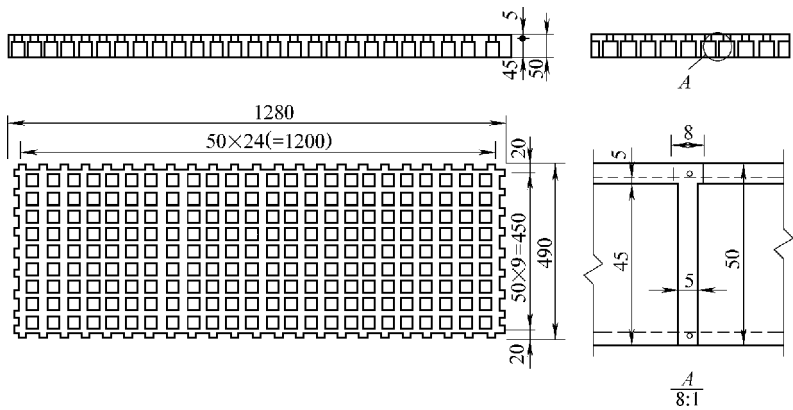


图 2-4 铅丝水泥格网板

3) 点波淋水装置。其点波片是由 0.3 ~ 0.5mm 厚的塑料硬片压制凹凸波浪状，用铜丝正反串联或粘结成多层的空心体。其上下左右均可相互沟通，使其与冷却水的热交换比较充分，冷却效果较好。

4) 斜交错淋水装置。斜波交错填料的构造如图 2-6 所示。

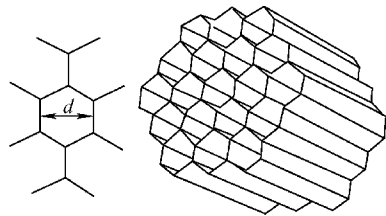


图 2-5 蜂窝淋水填料

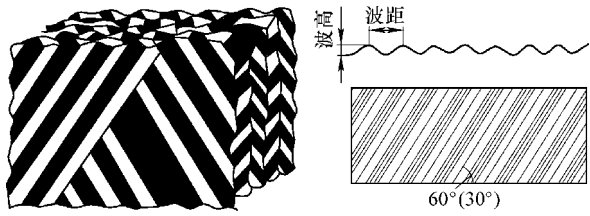


图 2-6 斜波交错填料

斜波交错填料的淋水片是由厚度为 0.4mm 左右的塑料硬片压制成波纹倾斜瓦楞板状，然后将 30 ~ 60 片为一组捆成一捆，填充在淋水装置内。相邻两片的波纹反向组装，形成斜交错状波纹。水流在相邻两片的棱背接触点上均匀地分成两股，自上而下多次接触再分配，充分扩散到各个表面，增大散热效果。

(3) 点滴薄膜式淋水装置。它是由点滴式和薄膜式两种淋水装置组合的新型淋水装置。一般冷却塔的上部为点滴式，下部为薄膜式，这可使配水均匀，冷却效率提高。

2. 冷却塔配水装置 配水装置的作用是把冷却水均匀地分配到淋水装置的整个淋水面积上。配水装置有管式、槽式和池式三种。

(1) 管式布水器。管式配水装置又有固地布水和旋转布水两种类型。

1) 固地管式布水器。这种布水器的布水管一般布置成树枝状和环状，布水支

管上装有喷头。喷头前的水压一般控制在  $0.04 \sim 0.07 \text{ MPa}$ ，如水压过低，会使喷水不均匀，反之则消耗过多的能量。

2) 旋转管式布水器。旋转管式布水系统如图 2-7 所示。

这种布水器的进水管从冷却塔底部伸至淋水装置，在管口安装旋转布水管，靠喷头的反作用力来推动一组管子环绕中心轴旋转，并喷洒水滴至淋水装置的配水器上。旋转管式布水器适用于圆形冷却塔。

(2) 槽式配水器。槽式配水器由配水槽、溅水喷嘴和溢水管等组成，其配水系统如图 2-8 所示。

(3) 池式配水器。池式配水器由配水池、溢流管和溅水碟等组成，其配水系统如图 2-9 所示。

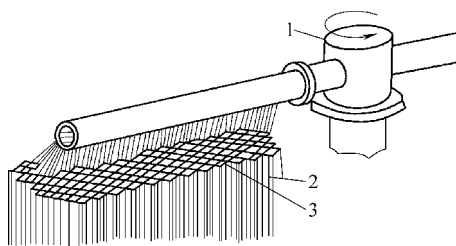


图 2-7 旋转管式布水系统

1—旋转头 2—填料 3—斜形长条喷水口

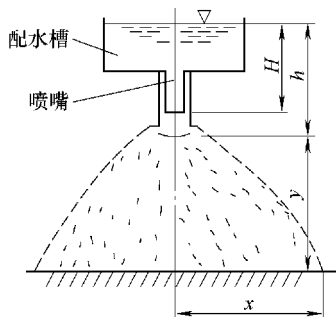


图 2-8 槽式配水系统

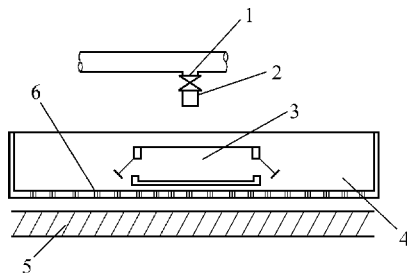


图 2-9 池式配水系统

1—流量控制阀 2—进水管 3—消能箱  
4—配水池 5—淋水填料 6—配水孔

槽式和池式配水装置的特点是供水压力低，可减少水泵的功耗。

3. 冷却塔的通风设备 机械通风式冷却塔中的通风机一般采用轴流式风机，通过调整其叶片的安装角度来调节风压和风量。通风机的电动机多采用封闭式电动机，对其接线端子采取了密封、防潮措施。

4. 冷却塔的空气分配装置 空气分配装置对逆流冷却塔是指进风口和导风板部分，对横流冷却塔只是指进风口部分。

进风口的面积与淋水装置的面积，一般比例范围为：薄膜式淋水装置为  $0.7 \sim 1.0$ ；点滴式淋水装置为  $0.35 \sim 0.45$ 。

抽风式和开放式冷却塔的进风口，应朝向塔内倾斜的百叶窗，以改善气流条件，并防止水滴溅出和杂物进入冷却塔内。

5. 冷却塔的收水器 收水器的作用是将空气和水分离，减少由冷却塔排出空

气带出的水滴,降低冷却水的损耗量。它是由塑料板、玻璃钢等材料制成两折或三折的挡水板。冷却塔内的收水器可使冷却水损耗量降低至 0.1% ~0.4%。

#### (四) 冷却塔安装要求

(1) 冷却塔入口端与相邻建筑物之间的最短距离不小于塔高的 1.5 倍。

(2) 冷却塔的安装位置不能靠近变电设备、锅炉房或其他有明火及有腐蚀性气体的场所。

(3) 冷却塔设置的间距应符合下列规定:

1) 逆流式冷却塔: 间距应大于塔高;

2) 横流式冷却塔: 间距应大于塔高度的 1/2;

3) 设置两台以上的冷却塔时, 圆形逆流式冷却塔间距应大于塔体的半径; 方形逆流式冷却塔间距应大于塔体长度的 1/2。

(4) 对于冷却塔基础的要求如下:

1) 冷却塔基础最小高度应为 30cm, 多台冷却塔的基础必须在一个平面内。

2) 冷却塔基础要内按规定尺寸预埋好水平钢板, 各基础面标高应在同一水平面上, 标高的误差要求为  $\pm 1\text{mm}$ , 分角中心误差要求为  $\pm 2\text{mm}$ 。

3) 塔体放置应保持水平, 在塔体脚座与基础之间应装设避振器。

(5) 对于冷却塔基本配管的要求如下:

1) 配管管径不得小于冷却塔的出入水管的管径。

2) 冷却塔水泵和热交换器之间的出水管上应装设控制阀。

3) 冷却塔与水泵之间的管道上应安装水过滤器。

4) 管径大于 100mm 的配管, 在冷却塔与水泵之间的出入水管道上, 应安装防振接头或防振软接头。

#### 四、水系统的水泵

在空调的供、回水系统中输送冷、热媒水和冷却水的系统中, 普遍使用的水泵是离心式和轴流式两种。

##### (一) 离心式水泵

1. 离心式水泵的基本结构 离心式水泵的基本结构如图 2-10 所示。

水泵的叶轮一般是由两个圆形盖板组成, 盖板之间有若干片变曲的叶片, 叶片之间的槽道为过水的叶槽, 如图 2-11 所示。

2. 离心式水泵的工作过程 离心式水泵叶轮的前盖板上有一个圆孔, 即叶轮的进水口, 它装在泵壳的吸水口内, 与水泵吸水管路连通。离心泵在起动之前, 要先用水灌满泵壳和吸水管, 然后起动电动机带动叶轮和水做高速旋转运动。此时, 水受到离心力作用被甩出叶轮, 经蜗形泵壳中的流道而流入水泵的压力管道, 由压力管道而输入管网中去。与此同时, 水泵叶轮中心处由于水被甩出而形成真空, 集水池中的水便在大气压力作用下, 沿吸水管源源不断地被吸入到泵壳内, 又受到叶轮的作用被甩出, 进入压力管道形成了离心泵连续输水过程。

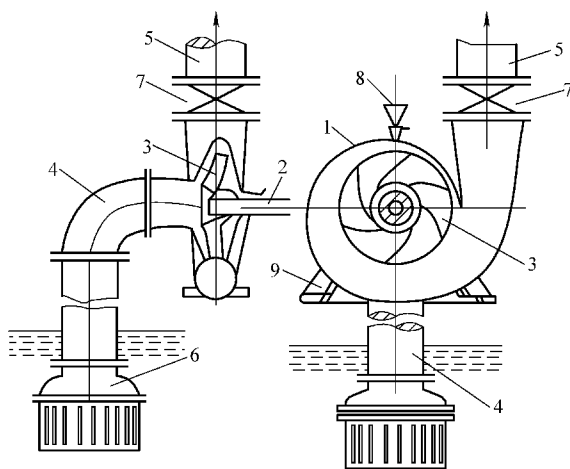


图 2-10 离心式水泵的基本结构

1—泵壳 2—泵轴 3—叶轮 4—吸水管  
5—压水管 6—底阀 7—闸阀 8—灌水漏斗 9—泵座

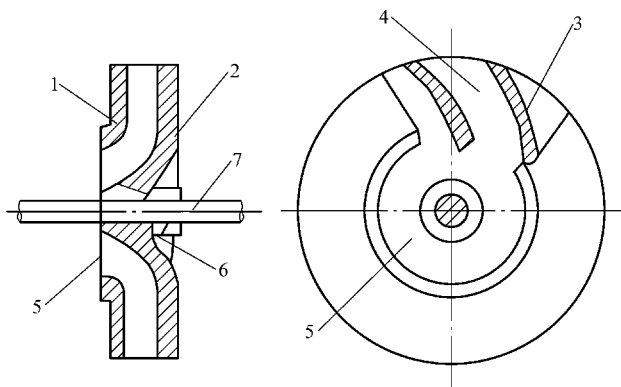


图 2-11 离心式水泵的叶轮

1—前盖板 2—后盖板 3—叶片 4—叶槽  
5—吸水口 6—轮毂 7—泵轴

## (二) 轴流式水泵的基本结构

轴流式水泵的外形很像一根水管，泵壳直径与吸水口直径差不多，既可垂直安装（立式）和水平安装（卧式），也可倾斜安装（斜式），较为方便。轴流式水泵主要由以下部件组成。

1. 吸入管 轴流式水泵的吸入管，一般采用流线形的喇叭管或做成流道形式。
2. 叶轮 叶轮可分为固定式、半调式和全调式三种。

固定式轴流泵其叶片与轮体毂铸成一体，其特点是叶片安装角度不能调节。



半调式轴流式水泵的叶片是用螺母固定在轮毂体上,在叶片的根部上刻有基准线,而在轮毂体上刻有几个相应的安装角度的位置线,在使用过程中,如工况发生变化需要进行调节时,可把叶轮卸下来,将螺母松开转动叶片,使叶片的基准线对准轮毂体上的某一要求的位置线,然后再把螺母拧紧,装好叶轮即可。

3. 导叶 轴流式水泵中导叶的作用就是把叶轮中向上流出的水流旋转运动变为轴向运动。导叶是固定在泵壳上不动的,水流经过导叶时就消除了旋转运动,把旋转的动能变为压力能。

4. 轴与轴承 泵轴是用来传递转矩的。在大型轴流泵中,为了在轮毂体内布置调节、操作机构,泵轴常做成空心轴,里面安置调节操作油管。

5. 密封装置 轴流式水泵出水弯管的轴孔处需要设置密封装置,通常采用压盖填料型的密封装置。

6. 轴流水泵的工作原理 轴流水泵的叶片在水中做高速旋转时,水流相对于叶片就产生了急速的绕流,叶片对水产生作用力,在此作用力下,水就被压升到一定高度上。轴流式水泵的特点是流量大、低扬程,一般扬程在 4 ~ 15m。

### (三) 水泵的基本参数

1. 扬程 水泵所输送的单位重量的流体,从进口到出口的能量增值,称为水泵的扬程。用符号  $H$  表示,单位为 m。

2. 流量 水泵在单位时间内所输送的流体量,用符号  $Q$  表示,单位为  $\text{m}^3/\text{s}$  或  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

3. 功率 又称轴功率,是指水泵的输入功率,即电动机传到水泵轴上的功率,用符号  $N_e$  表示,单位为 kW。

4. 水泵的输出功率 又称为有效功率,用符号  $N$  表示,单位为 kW。它表示在单位时间内流体从泵所获得的实际能量,其值等于重量流量和扬程的乘积,即

$$N = \gamma QH$$

式中,  $\gamma$  为被输送流体的容重,单位为  $\text{kN}/\text{m}^3$ ;  $Q$  为水泵输送的流体流量,单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $H$  为水泵的扬程,单位为 m。

### (四) 水泵与制冷压缩机的匹配计算

1. 冷却水流量的确定计算 制冷系统的冷却水流量一般可按产品样本提供的数据选取或用下列公式进行计算:

$$L(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{Q}{(4.5 \sim 5) \times 1.163} \times (1.15 \sim 1.2)$$

式中,  $Q$  为压缩机制冷量,单位为 kW。

冷冻水的流量一般可按产品样本提供的数据选取或用下列公式进行计算:

$$L(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{Q}{(4.5 \sim 5) \times 1.163}$$

2. 水系统管道管径的计算 在中央空调系统中,水系统的管径可按下式计算:

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{L}{0.785 \times 3600 \times V}}$$

式中,  $L$  为所求管段的水流量, 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $V$  为所求管段允许的水流速, 单位为  $\text{m/s}$ ;  $D$  为管道直径, 单位为  $\text{mm}$ 。

流速的确定: 当管径  $D$  在  $100 \sim 250$  之间时, 流速推荐值为  $1.5 \text{ m/s}$ ; 当管径小于  $\text{DN}100$  时, 流速推荐值为  $1.0 \text{ m/s}$ ; 当管径大于  $\text{DN}250$  时, 流速可加大。

## 第二节 中央空调的冷媒水系统

### 一、冷媒水系统的供水方式

空气调节系统中冷媒水系统的供水方式分为开式系统和闭式系统两种。冷媒水系统的供水开式系统的工作流程, 如图 2-12 所示。

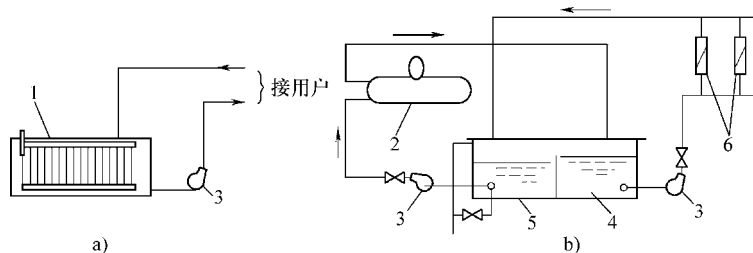


图 2-12 开式冷媒水系统的工作流程

1—水箱式蒸发器 2—卧式壳管式蒸发器 3—水泵  
4—冷媒水供水箱 5—冷媒水回水箱 6—空气处理设备

图 2-12a 是采用开式冷媒水系统供水的水箱式蒸发器的系统图, 图 2-12b 是采用开式冷媒水系统供水的卧式壳管式蒸发器的系统图。

开式系统的特点是系统中有水箱, 有较大的水容量。因此, 水温度比较稳定, 蓄冷能力大, 也不易冻结。但由于冷媒水的水面与空气大面积接触, 因此系统中的冷媒水易具有较强的腐蚀性。

闭式冷媒水系统的工作流程如图 2-13 所示。

闭式冷媒水系统的供水方式系统中的载冷剂基本上不与空气接触, 对管路设备的腐蚀较小, 水容量也比开式系统的小, 且系统中设有膨胀水箱。

冷媒水系统供冷的特点是: 冷量可以进行远距离输送, 冷媒水的温度比较稳定, 空调系统温度控制比较精确。

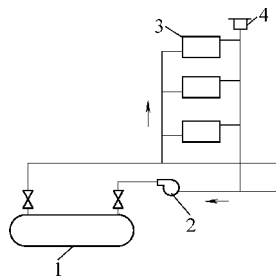


图 2-13 闭式冷媒水系统的工作流程

1—集水器 2—水泵 3—风机 4—膨胀水箱

二、冷媒水系统的回水方式

冷媒水系统的回水方式分为重力式回水系统和压力式回水系统两种。

(一) 重力式回水系统

当空气调节处理装置与冷冻站有一定的高度差，且彼此相距较近时，一般采用重力式回水系统，使回水借助重力自流回冷冻站。重力式冷媒水回水系统，如图 2-14 所示。

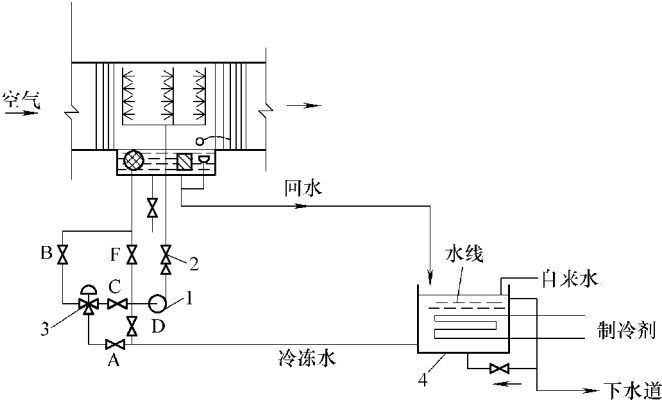


图 2-14 自流回水系统

1—水泵 2—逆止阀 3—三通混合阀 4—蒸发器

重力式回水方式的特点是结构简单，在使用立式蒸发器时还可以不用设置回水泵；调节方便，工作稳定可靠。

(二) 压力式回水系统

压力式回水系统是指利用回水泵加压以克服系统的高差和管道的沿程阻力，将回水压送至冷冻站的回水系统。压力式回水系统又可分为敞开式和封闭式两种。

1. 敞开式压力回水系统 敞开式压力回水系统如图 2-15 所示。

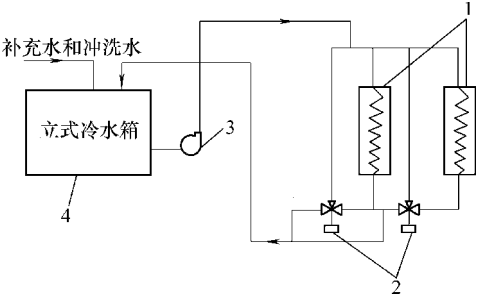


图 2-15 敞开式压力回水系统（配表冷器）

1—表面式空气冷却器 2—三通阀 3—冷冻水泵 4—立式冷水箱

当空气调节处理装置用于喷淋水室时,由于喷淋水室底池要求保证一定的水位,不能直接抽取底池回水,因此要设置回水箱。设有回水箱的敞开式压力回水系统如图 2-16 所示。

喷淋水室底池的水自流到回水箱中,再由回水泵压送到冷冻站。回水箱的位置通常靠近喷淋水室,一般设置在空调机房内。

## 2. 封闭式压力回水系统 封闭式压力回水系统的结构如图 2-17 所示。

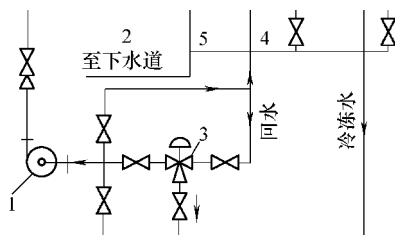


图 2-16 设有回水箱的敞

开式压力回水系统

1—喷水泵 2—回水泵 3—三通混合阀 4—蒸发水箱 5—回水箱

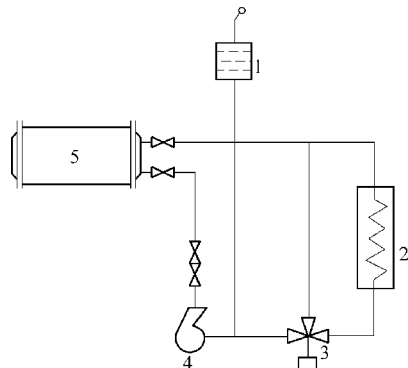


图 2-17 封闭式压力回水系统

1—膨胀水箱 2—表面式空气冷却器  
3—三通阀 4—冷冻水泵 5—壳管式蒸发器

封闭式压力回水系统与敞开式回水系统比较,其结构比较简单,冷量损失比较少。由于在系统的最高点设置了膨胀水箱,使整个系统均充满了水。冷媒水泵不需克服水柱的静压力,仅需克服系统的摩擦阻力,减少了水泵的功率消耗。

## 三、冷媒水系统中的设备

冷媒水系统中的设备主要有膨胀水箱与集水器和分水器。采用闭式冷媒水供水方式的系统中设有膨胀水箱,其作用是在水温升高时容纳水膨胀增加的体积和水温降低时补充水体积缩小的水量,同时也有放气和稳定系统压力的作用。在中央空调系统中一般采用开启式膨胀水箱。膨胀水箱配管的布置和连接如图 2-18 所示。

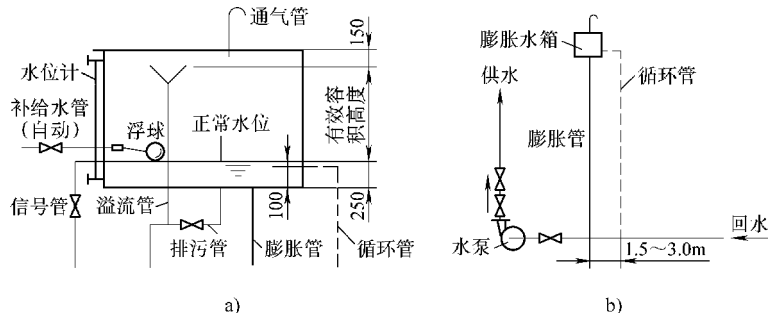


图 2-18 膨胀水箱配管的布置和连接

为保证膨胀水箱和水系统正常工作，膨胀水箱连接管应安装在膨胀水箱水泵的吸入侧，水箱标高至少应高出系统最高点 1m。

膨胀水箱容积的确定方法：膨胀水箱的容积是由系统中水容量和最大的水温变化幅度决定的，一般可用下式计算，即

$$V_p = \alpha \Delta t V_s$$

式中， $V_p$  为膨胀水箱有效容积（即由信号管到溢流管之间高度差内的容积，单位为  $m^3$ ； $\alpha$  为水的体积膨胀系数， $\alpha = 0.0006$ ； $\Delta t$  为最大的水温变化值，单位为  $^{\circ}C$ ； $V_s$  为系统内的水容量，即系统中管道和设备内存水量的总和，单位为  $m^3$ 。

膨胀水箱上的配管主要有膨胀管、信号管、补水管、溢流管、排污管等。膨胀水箱的箱体要做保温，并设盖板。为防止冬季供暖时水箱结冰，在膨胀水箱上接出一根循环管，把循环管与膨胀管接在同一水平管路上，使膨胀水箱中的水在两连接点压差的作用下始终处于缓慢流动状态。

在集中供冷、供热的中央空调系统中，为了有利于个空调分区的流量分配和调节及系统的维修和操作一般要设置集水器和分水器。集水器和分水器的结构如图 2-19 所示。

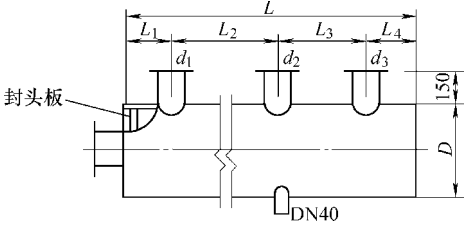


图 2-19 集水器和分水器的结构

在空调系统的实际运行中，集水器和分水器出口处冷、热媒水的流速一般应控制在  $0.5 \sim 0.8m/s$  为宜。

四、冷媒水系统的参数要求

中央空调系统中的冷媒水日常管理工作相对比较简单，主要是要处理冷媒水对金属的腐蚀问题，一般可以通过选用缓蚀剂的方法予以解决。

冷媒水一般为闭式系统，一次投药可以维持较长的时间。中央空调冷（热）媒水水质参数要求，可参考表 2-3。

表 2-3 中央空调冷（热）媒水水质参数要求

项 目	单 位	冷 媒 水	热 媒 水
pH		8.0 ~ 10.0	<8.0 ~ 10.0
总硬度	kg/m <sup>3</sup>	<0.2	<0.2
总溶解度	kg/m <sup>3</sup>	<2.5	<2.5
浊度	(NTU)	<20	<20
总铁	kg/m <sup>3</sup>	<2 × 10 <sup>-3</sup>	<2 × 10 <sup>-3</sup>
总铜	kg/m <sup>3</sup>	<2 × 10 <sup>-4</sup>	<2 × 10 <sup>-4</sup>
细菌总数	个/m <sup>3</sup>	<10 <sup>9</sup>	<10 <sup>9</sup>

中央空调冷（热）媒水水质和水处理药剂参数要求，可参考表 2-4。

表 2-4 中央空调冷（热）媒水处理药剂参数要求

项 目	单 位	冷 媒 水	热 媒 水
钼酸盐( $\text{MoO}_4$ 计)	$\text{kg}/\text{m}^3$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$
钨酸盐( $\text{WO}_4$ 计)	$\text{kg}/\text{m}^3$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$
亚硝酸盐( $\text{NO}_2$ 计)	$\text{kg}/\text{m}^3$	$\geq 0.8$	$\geq 0.8$
聚合磷酸盐( $\text{PO}_4^{3-}$ 计)	$\text{kg}/\text{m}^3$	$(1 \sim 2) \times 10^{-2}$	$(1 \sim 2) \times 10^{-2}$
硅酸盐( $\text{SiO}_2$ 计)	$\text{kg}/\text{m}^3$	$< 0.12$	$< 0.12$

五、定流量和变水量冷媒水系统

(一) 定水量系统

水系统的供、回水干管中水流量在循环过程中保持不变的系统称为定水量系统。

定水量系统的特点是：循环水量保持定值，负荷变化时，可通过改变空调系统末端装置的风量或改变系统的供回水温度进行调节，从而达到调节供水温度的目的。

定水量系统的优点有系统简单、操作方便，不需要复杂的自控设备，运行较稳定。其缺点是系统的供回水量均按其最大负荷确定的，当系统采用多台制冷机组和多台水泵供水，且在低负荷时，由于部分制冷机组停止运行，而水泵却全部运行，造成供水温度升高，使空调系统末端装置（如风机盘管等）的除湿能力降低，会造成室内空气相对湿度值偏高。

(二) 变水量系统

系统中供、回水温度保持定值，当空调系统的负荷发生变化时，通过改变供水量来满足负荷变化的系统为变水量系统。

变水量系统的特点是系统中水泵的能耗随负荷减少而降低。变水量系统的缺点是需要采用供、回水压差来进行水泵运行台数和系统的水流量控制，使其自控系统较为复杂。

第三节 中央空调的空气过滤装置

一、空调房间的送风方式

空调房间的送风方式受送、回风口的布置形式形式的决定。空调系统的送风回方式一般有侧送侧回、上送下回、上送上回、中送上下回和下送上下回等五种形式，如图 2-20 所示。

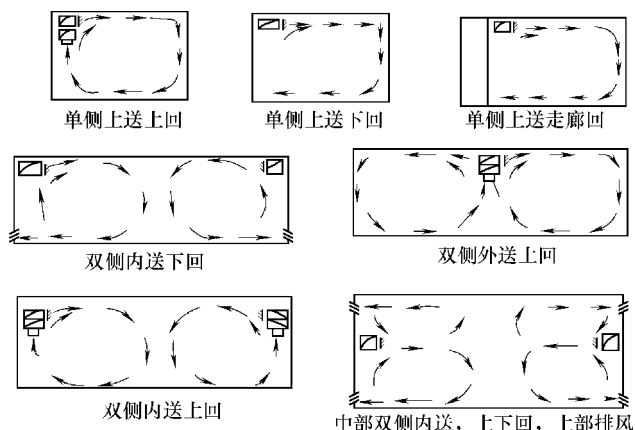


图 2-20 不同送、回风口布置的气流流形

1. 侧送侧回气流组织形式 侧送送风口布置在房间的侧墙上部，空气横向送出，回风口布置在送风口同侧或另一侧。

侧送风是目前最常用的气流组织形式。风道位于房间上部，沿墙敷设，在风道的一侧或两侧开送风口。根据房间跨度的大小，可以上送风、上回风，也可以上送风、下回风。又可布置成单侧送单侧回或双侧送双侧回。

侧送风方式的特点是风口贴顶布置，形成贴附射流，侧送风方式送风的风速一般为  $2 \sim 5\text{m/s}$ 。冬季送热风时，调节百叶窗使气流向斜下方射出。

侧送风方式空调区域内的气流处于回流区，温度场和速度场均匀；气流的射流射程较长，射流可充分衰减，送风温差可达  $10^\circ\text{C}$  以上。由于送风温差的加大，系统送风量就可以相应地减少，既降低了通风机的能耗，又缩小了送风管道的尺寸，节省了空调设备的一次性投资。

2. 上送下回的气流组织形式 利用空调房间天花板上面的空间作为静压箱，常用的送风口是散流器和孔板送风口。空气在压力的作用下，空气通过散流器或孔板上的小孔进入室内，系统的回风口设在房间的下部。

上送风下回风气流组织的特点是，气流在流动过程中，不断地将室内空气混入，进行热湿交换。散流器和孔板送风口具有很好的扩散性，送入的气流能与室内空气进行充分混合，保证了空调区域内参数要求。

3. 上送上回气流组织形式 这种气流组织形式把送风口和回风口叠加在一起，布置在房间上部，气流从上部送风口送下，经过工作区后回流向上进入回风口。上送上回的方式适用于房间下部不宜布置回风口的场合，但是易发生气流短路现象。



4. 中送下、上回气流组织形式 对于大空间来说，一般将空调分为上下两个区域，下部为工作区，上部为非工作区。中送下、上回方式的特点是：进行空气调节时采用中间送风，上部和下部同时排风，形成两个气流区，保证下部工作区达到空调设计要求，而上部气流区负责排走非空调区的余热量。

5. 下送上回气流组织形式 这种形式是由下部（如地板或侧墙下部）送风，由空调房间上部回、排风。这种气流组织形式的送风口布置在房间下部，回风口则布置在上部。下送上回方式适合空调房间余热量大和热源靠近顶棚的计算机房、演播大厅、影剧院舞台等场合使用。

为了防止对人体产生吹冷风的感觉，下送风方式的送风温差较小，一般不大于  $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。送风风速也较低，一般不大于  $0.5 \sim 0.7\text{m/s}$ 。

二、房间净化标准

室内空气的净化标准是以含尘浓度来划分的，一般民用和工业建筑的空调房间净化标准大致分为以下三类：

1) 一般净化。对空气含尘浓度无具体要求，只要对进入房间的空气进行一般净化处理，保持空气清洁即可。

2) 中等净化。对室内空气含尘浓度有一定要求，一般给出质量浓度指标。这种系统的洁净度等级可达 10000 级，有的可达 1000 级。

3) 超净净化。对室内空气含尘浓度提出严格要求。一般以洁净度等级表示。表 2-5 所示为 GB/T 92—2010 中规定的空气洁净度等级标准，该标准与国际通用的标准一致。

表 2-5 空气洁净度等级

尘粒、数值 洁净级别	尘埃最大允许数/(个/ $\text{m}^3$ )		微生物最大允许数	
	$\geq 0.05\mu\text{m}$	$\geq 5\mu\text{m}$	浮游菌/(个/ $\text{m}^3$ )	沉降菌/(个/ $\text{m}^3$ )
100 级	3500	0	5	1
10000	350000	2000	100	3
100000	3500000	20000	500	10
300000	10500000	60000	—	15

表 2-5 中所列的含尘浓度值为限定的最大值，例如 1000 级的洁净度等级，要求在每升空气中，粒径大于或等于  $5\mu\text{m}$  的尘粒数不能多于 0.25 个，而粒径大于  $0.5\mu\text{m}$  的尘粒数不能多于 35 个，而实际测量时，则是取连续测定一段时间所测结果的平均值。

三、空气过滤器

(一) 空气过滤器性能指标

空调系统中，空气过滤器是其主要设备之一，它的主要性能指标如下：

1. 空气过滤器的过滤效果 在空气过滤器中，表示过滤效果的指标有三项，即过滤效率、穿透率和净化系数。

(1) 过滤效率是指在一定风量下，过滤器捕获的灰尘量与过滤前灰尘量之比的百分数，即过滤前后空气含尘量之差与过滤前空气含尘浓度之比的百分数。

例如，一台过滤器，过滤效率为 60%，说明滤掉的灰尘量占过滤前灰尘量的 60%；另一台过滤效率为 80%，则有 80% 的灰尘被捕集。对两台设备进行比较，显然后者的捕集尘粒的能力高于前者。

(2) 过滤器的穿透率是指过滤后空气的含尘浓度与过滤前空气含尘浓度之比的百分数。例如，一台过滤器的穿透率为 0.01%，则说明过滤后空气的含尘量仅为过滤前含尘量的 0.01%。

(3) 过滤器净化系数是表示经过过滤器后尘粒浓度降低的程度，它以穿透率的倒数表示，但它不是百分数。如当穿透率为 0.01% 时，净化系数等于  $1/0.0001$ ，即 10000；当穿透率为 0.02% 时，净化系数为  $1/0.0002$ ，净化系数为 5000，即净化系数越高，过滤效果越好。

2. 空气过滤器阻力 一般是指初阻力和终阻力。空气过滤器中，将未沾尘时的阻力称为初阻力，把需要更换时的阻力称为终阻力。通常规定终阻力为初阻力的两倍。

3. 过滤器的容尘量 在额定风量下，过滤器阻力达到终阻力时，过滤器所容纳的灰尘的质量，称为过滤器的容尘量。

4. 过滤器的面速和滤速 面速是指过滤器迎风断面通过气流的速度；滤速是指滤料单位面积上气流通过的速度。面速和滤速反映的是过滤器通过风量的能力。

(二) 空气过滤器的分类

1. 按性能类别分 按性能类别可将空气过滤器分为初效过滤器、中效过滤器、亚高效过滤器、0.3 $\mu\text{m}$  级高效和 0.1 $\mu\text{m}$  级高效过滤器（又称超高效过滤器）。空调器的分类及主要性能指标见表 2-6。

表 2-6 空气过滤器的分类

类别	有效的捕集粒径/ $\mu\text{m}$	计数效率	阻力/ $\text{Pa}$
初效过滤器	$>10$	$<20$	$\leq 30$
中效过滤器	$>1$	20 ~ 90	$\leq 100$
亚高效过滤器	$<1$	90 ~ 99.9	$\leq 150$
0.3 $\mu\text{m}$ 级高效过滤器	$\geq 0.3$	99.91	$\leq 250$
0.1 $\mu\text{m}$ 级高效过滤器	$\geq 0.1$	99.99	$\leq 250$

一般在净化空调系统中，所使用的初效空气过滤器采用无纺布或粗孔泡沫塑料为滤材，不得使用浸油式过滤器；中效空气过滤器使用无纺布、玻璃纤维或合成纤维为滤料；而高效空气过滤器大多采用玻璃纤维滤纸为滤料。

2. 按型式类别分 按滤芯构造型式可分为平板式过滤器、折褶式过滤器、袋式过滤器、卷绕式过滤器。

3. 按滤料更换方式分 按滤料更换方式可分为可清洗或可更换式和一次性使用式。

4. 按滤尘机理分 按滤尘机理分可分为以下三种类型：

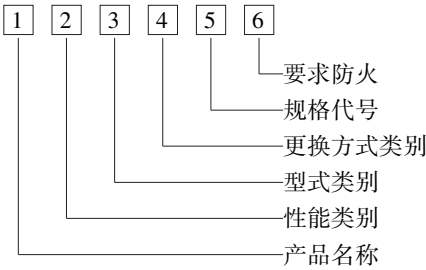
(1) 黏性填料过滤器。黏性填料过滤器的填料有金属网格、玻璃丝（直径约20μm）、金属丝等，填料上浸涂黏性油。当含尘空气流经填料时，沿填料的空隙通道进行多次曲折运动，尘粒由于惯性而偏离气流方向，碰到黏性油即被粘住而捕获。

(2) 干式纤维过滤器。干式纤维过滤器的滤料是玻璃纤维、合成纤维、石棉纤维以及由这些纤维制成的滤纸或滤布。滤料由极细微的纤维紧密错综排列，形成一个具有无数网眼的稠密过滤层，纤维上没有任何黏性物质。

(三) 空气过滤器的型号规格表示方法

空气过滤器的基本规格以额定风量表示，以每1000m<sup>3</sup>/h为1号，增加500m<sup>3</sup>/h时递增0.5号，增加不足500m<sup>3</sup>/h时代号不变。

空气过滤器的型号规格表示方法如下：



过滤器代号的含义见表2-7，此表为我国产品的标准，与国外通用标准基本接近。

表 2-7 型号规格代号及其含义

序 号	项 目 名 称	含 义	代 号
1	产品名称	空气过滤器	K
2	性能类别	初效过滤器 中效过滤器 亚高效过滤器 高效过滤器	C Z Y G

(续)

序 号	项 目 名 称	含 义		代 号
3	型式类别	平板式		P
		折褶式		Z
		袋式		D
		卷绕式		J
4	更换方式类别	可清洗可更换		K
		一次性使用		Y
5	规格代号	额定风量	1000m <sup>3</sup> /h	1.0
			1500m <sup>3</sup> /h	1.5
			2000m <sup>3</sup> /h	2.0
			25000m <sup>3</sup> /h	2.5
			3000m <sup>3</sup> /h	3.0
			...	...
6	要求防火	有		H

注：过滤器的外形表示方法，以气流通过方向截面垂直长度为高度，水平长度为宽度，气流通过方向为深度。

四、空气过滤器选用要求

(一) 常用空气过滤器的特点与性能

1. 金属网格浸油过滤器 金属网格浸油过滤器属于初效过滤器，它只起初步净化空气的作用。其滤料通常由一片片滤网组成块状结构，每片滤网都由波浪状金属丝做成网格，如图 2-21a 所示。但每片滤网的网格大小不同，一般是沿气流方向，网格逐渐缩小，片状网格组成块状单体（见图 2-21b），滤料上浸有油，可粘住被阻留的尘粒。

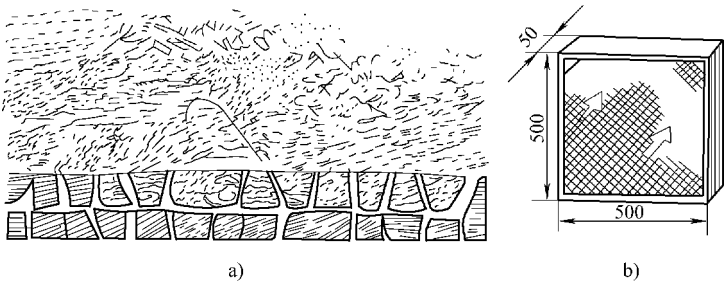


图 2-21 金属网格和块状单体

这种过滤器的优点是容尘量大，但效率低。在安装时，可把一个块状单体做成“人”字形安装或倾斜安装（见图 2-22），可以适当提高进风量，部分弥补由于效率低所带来的不足。

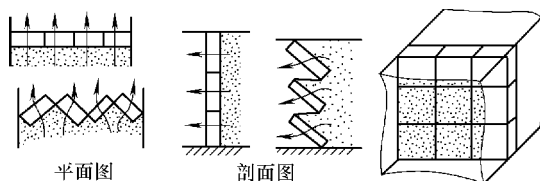


图 2-22 两种安装方式

金属网格浸油过滤器由于滤料浸油，需要时常清洗或更换滤网，给维护工作带来一定不便。为减少这种不便，有的浸油式过滤器设置了能自动移动的滤芯，如图 2-23a、b 所示。这种过滤器通过滤芯的移动，可在油槽内自行清洗，因而可连续工作，只需定期清洗油槽内的积垢即可。

2. 干式过滤器 干式过滤器的应用范围很大，可以用于从初效到高效的各类过滤器。用于初效过滤器时，滤料采用比较粗糙的纤维和粗孔泡沫塑料。由于初效过滤器需人工清洗或更换，为减少清洗过滤器的工作量，可采用如图 2-23c 所示的卷绕式滤芯。当滤芯的滤料用完后，可更换一卷新的滤料，使更换周期大为延长。

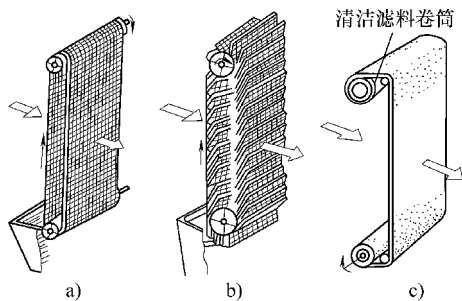


图 2-23 可移动式滤芯

中效过滤器的滤芯选用玻璃纤维、中细孔泡沫塑料和无纺布制作。所谓无纺布，就是由涤纶、丙纶、腈纶合成的人造纤维。无纺布式过滤器一般做成如图 2-24 所示的袋式和如图 2-25 所示的抽屉式。中效过滤器所用的无纺布和泡沫塑料可清洗后继续使用，玻璃纤维则需要更换。

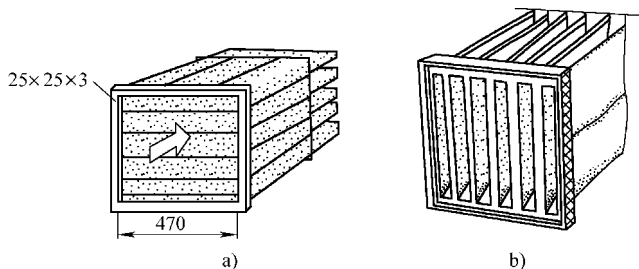


图 2-24 袋式滤芯

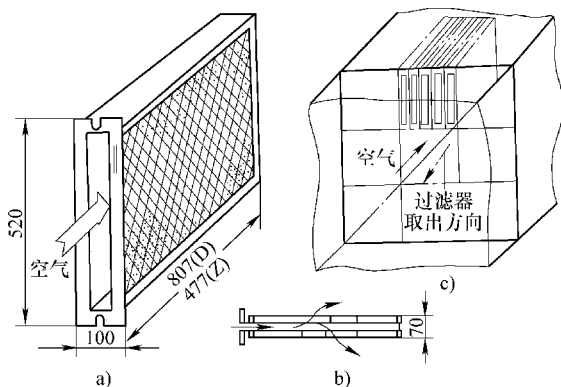


图 2-25 抽屉式滤芯

高效过滤器的滤料为超细玻璃纤维、超细石棉纤维，纤维直径一般小于  $1\mu\text{m}$ 。滤料一般加工成纸状，称为滤纸。为了减小空气穿过滤纸的速度，即采用低滤速，这样就需要大大增加滤纸面积，因而高效过滤器经常做成折叠状。常用的带折纹分隔片的高效过滤器如图 2-26 所示。

3. 静电过滤器 静电过滤器的过滤效率在初效和中效之间，其外形如图 2-27 所示。静电过滤器的优点是空气阻力低，积尘对气流的阻碍小。

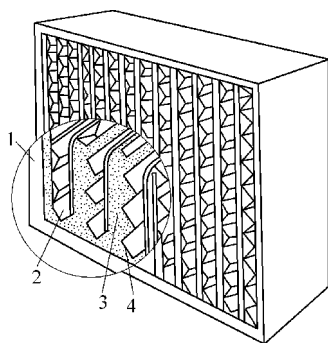


图 2-26 带折纹分隔片的高效过滤器

1—滤纸 2—分隔片 3—密封胶 4—木外框

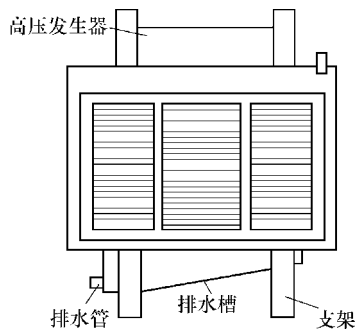


图 2-27 静电过滤器的外形

## (二) 空气过滤器的选用要求

1. 根据空调房间的洁净度要求选用 对于一般洁净度要求的房间，只选用一道初效过滤器进行初步净化即可；对于中等净化要求的房间，选用中、初两道过滤器；对于有超净要求的房间，则至少要选用初、中、高三道过滤器，即在进风方向上设置初效和中效过滤器，进行预过滤，滤掉较大的尘粒，同时还可以起到保护高效过滤器的作用，高效过滤器一般安装在靠近出风口处，以避免风道对空气的再污染。为了防止在进风中带有油，其初效过滤器最好不要选用浸油式。此外，高效过

滤器还有灭菌功能，可用于有灭菌要求的洁净室。

2. 要结合资金情况合理选用 首先根据初投资情况选择过滤器类型。浸油式过滤器初投资较低，运行维护费用也较低，尤其是单体式，压力损失也小；选用卷绕式滤芯则降低了维护难度，但它要求较高的初投资；干式过滤器的效率高于浸油式，维护费用也较低，但初投资高；静电过滤器有较高的过滤效率，特别是对很小的尘粒，但其初投资也较高。

3. 根据过滤器的额定风量选用 净化空调系统中所使用的空气过滤器是在系统设计时，应按照各级过滤器的额定风量、空气阻力和过滤效率进行组合选型。初效空气过滤器空气通过滤料时的滤速为  $0.4 \sim 1.2 \text{ m/s}$ ，中效空气过滤器空气通过滤料时的滤速为  $0.2 \sim 0.4 \text{ m/s}$ ，高效空气过滤器空气通过滤料时的滤速一般为  $0.01 \sim 0.03 \text{ m/s}$ 。

4. 根据洁净度的要求组合使用 在空气过滤器的组合方面，以初、中、高三级空气过滤相组合的方式一般用于 10 万级到 100 级的洁净室，对于 1 万级到 100 级的洁净室，其净化空调系统可以使用初效、中效、亚高效、高效四级空气过滤的组合方式。在四级空气过滤器的组合中，增加的第三级中效或亚高效空气过滤器的目的是为了提高净化空调系统的送风洁净度，延长末端空气过滤器的使用寿命，减少其更换次数。

## 第四节 中央空调的空气处理设备

### 一、加湿方法与设备

#### (一) 空气加湿的设备的分类

1. 按对空气的处理方式分 根据对空气的处理方式可分为集中式加湿器和局部式加湿器。

(1) 集中式加湿器就是在集中空气处理室中对空气进行加湿的设备。

(2) 局部式加湿器就是在空调房间内补充加湿处理的设备，也称为补充式加湿器。

2. 按空气加湿的方法分 按空气加湿的方法可分为水加湿器、蒸汽加湿器和雾化加湿器。

(1) 水加湿器是在经过处理的空气中直接喷水或让空气通过水表面，通过水的蒸发来使空气被加湿的设备。

(2) 蒸汽加湿器是通过加热、节流和电极使水变成水蒸气，对被调节空气进行加湿的设备。

(3) 雾化加湿器是利用超声波或加压喷射的方法将水雾化后喷入风道，对被调节空气进行加湿的设备。

#### (二) 常用加湿器的工作原理



### 1. 蒸汽加湿器的工作原理

(1) 蒸汽喷管的工作原理。蒸汽喷管是在喷管上开有若干个直径为  $2 \sim 3\text{mm}$  的小孔，在压力的作用下，蒸汽从小孔中喷出，与被调节空气混合，从而达到加湿的目的。

(2) 干式蒸汽加湿器的工作原理。干式蒸汽加湿器的基本结构如图 2-28 所示。

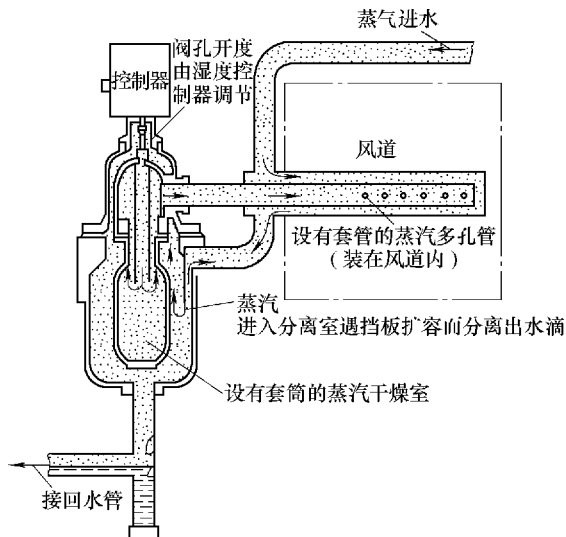


图 2-28 干式蒸汽加湿器

干式蒸汽加湿器的工作原理是，蒸汽先进入喷管外套，加热管壁，再经挡板进入分离室，由于蒸汽流向的改变，通道面积的增大，蒸汽流速的降低，所以有部分冷凝水析出。分离出冷凝水的干蒸气，由分离室顶部的调节阀节流降压后进入干燥室，第二次分离出冷凝水，处理后的干蒸汽经消声腔进入喷管，由小孔喷出，对被调节空气进行加湿。分离出的冷凝水由疏水器排出。干式蒸汽加湿器具有加湿速度快、均匀性好、能获得高湿度、安装方便和节能等优点。

### 2. 电加湿器的工作原理

(1) 电极式加湿器的工作原理。电极式加湿器的基本结构如图 2-29 所示。电极插入水槽中，通电后，电流从正极流向负极，水被电流加热产生蒸汽，由排出管送入空调房间中，水槽中设有溢水孔，可通过调节溢水孔位的高低，调节水位并通过控制水位控制蒸汽的产生量。

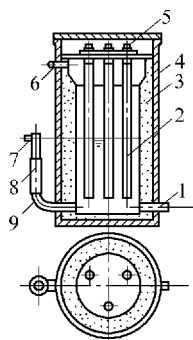


图 2-29 电极式加湿器的基本结构

1—进水管 2—电极 3—保温层  
4—外壳 5—接线柱 6—溢水管  
7—橡皮管 8—溢水嘴 9—蒸汽管

(2) 电热式加湿器的工作原理。电热式加湿器

的基本结构如图 2-30 所示。它的管状加热器直接加热水,产生蒸汽,并由短管喷入被调节的空气中,对空气进行加湿。

(3) 喷雾加湿器的工作原理。常用的喷雾加湿器有回转喷雾加湿器和离心式喷雾加湿器。

1) 回转喷雾加湿器的工作原理。回转喷雾加湿器的基本结构如图 2-31 所示。

回转喷雾加湿器的工作原理是,水进入转盘中心并随转盘一起转动,在离心力的作用下被甩向转盘四周,经分水牙飞出,在与分水牙的碰撞中,水被粉碎成细小雾滴,在风机的作用下,送入房间。不易吹走的大水滴落回集水盘,沿排水管流出。

2) 离心式喷雾加湿器的工作原理。离心式喷雾加湿器的基本结构如图 2-32 所示。

离心式喷雾加湿器的工作原理是,直接安装在空调房间内,在电动机的作用下,水被吸入管吸入喷雾环中心,在离心力的作用下,从喷雾环四周排出,与小孔碰撞,雾化并被继续提升至喷雾口,将常温水雾化后,随风送入室内,通过水雾吸收室内空气热量变成蒸汽来增加房间的湿度,以达到加湿的目的。

## 二、去湿方法与设备

### (一) 空气去湿机的分类

根据去湿机的工作原理,空气去湿机可分为以下几类:

1. 加热通风去湿机 在空气含湿量不变的情况下,对空气加热,使空气相对湿度下降,以达到去湿的目的。

2. 机械除湿 利用电能使压缩机产生机械运动,将空气温度降低到其露点温度以下,析出水分后经加热送出,从而降低了空气的含水量和相对湿度,达到去湿的目的。

3. 吸附式去湿 利用某些化学物质吸收水分的能力而制成的除湿设备。

### (二) 常用去湿机的结构和工作原理

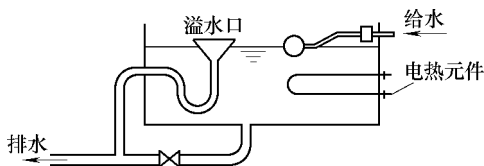


图 2-30 电热式加湿器的基本结构

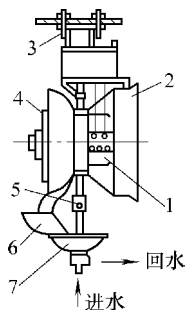


图 2-31 回转喷雾加湿器的基本结构

1—电动机 2—风扇 3—转动圆盘 4—固定架  
5—集水盘 6—回水漏斗 7—喷水量调节阀

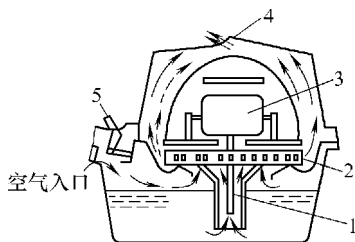


图 2-32 离心式喷雾加湿器的基本结构

1—吸入管 2—喷雾环 3—电动机  
4—喷雾口 5—调节开关

1. 加热通风去湿机的工作原理 加热通风去湿机由加热器、送风机、排风机组成。其工作原理是先用排风机将室内相对湿度较高的空气排出室外，再用送风机将室外空气吸入，经加热器加热后送入室内，替换室内空气，以达到对室内空气去湿的目的。

2. 机械去湿机的工作原理 机械去湿机分为制冷式去湿机和吸收式去湿机两大类组成。

(1) 制冷式去湿机的基本结构如图 2-33 所示。

制冷式机械去湿机的工作原理：制冷式机械去湿机由制冷系统、通风系统及控制系统组成。制冷系统采用单级蒸汽压缩制冷，由压缩机、冷凝器、毛细管、蒸发器等实现制冷剂循环制冷，并使蒸发器表面温度降到空气露点温度以下。这样当空气在通风系统的作用下经过蒸发器时，空气中的蒸汽就凝结成水而析出，使空气中的含湿量降低。而后，空气又经冷凝器，吸收其散发的热量后温度升高，使其相对湿度下降后，经通风系统返回室内达到去湿的目的。

(2) 吸收式去湿机的工作原理。按除湿物质的状态，吸收式去湿机可分为固体去湿机和液体除湿机两类。

1) 固体去湿机的工作原理。固体去湿机又可分为硅胶去湿机、氯化锂除湿机两类。

固体去湿机又可称为硅胶去湿机，是利用硅胶来吸收空气中的蒸汽，达到给空气去湿的目的。常见的固体去湿机（硅胶去湿机）有抽屉式、固定转换式和电加热转筒式等三种形式。抽屉式去湿机基本结构如图 2-34 所示。

抽屉式去湿机的工作原理是：需要去湿的空气在风机的作用下由分风隔板进入硅胶层除湿，除湿后的干燥空气由风道送入房间。由于硅胶的吸水能力有一定限制，没有吸水的硅胶为淡紫色颗粒，随着吸收量的增加，颜色逐渐变为淡粉色，最终失去吸水能力。当硅胶失效后，应取出抽屉，取出硅胶，通过加热的方法将失去吸水能力的硅胶再生或直接更换新的硅胶。

固定转换式硅胶除湿机结构如图 2-35 所示。

固定转换式硅胶除湿机的工作原理是：工作时，它的两个硅胶筒轮流进行吸水工作，空气经风机及转换开关进入左边的硅胶桶吸水后经转换开关 5 排出后由风道

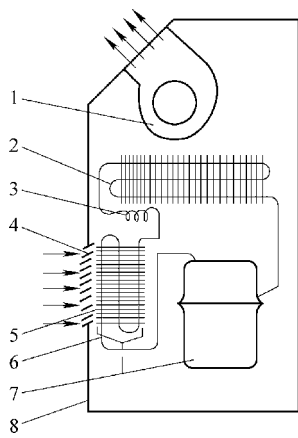


图 2-33 制冷式机械去湿机

1—风机 2—冷凝器 3—毛细管  
4—空气过滤器 5—蒸发器  
6—集水盘 7—冷冻机 8—机壳

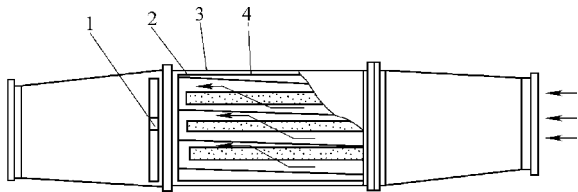


图 2-34 抽屉式硅胶除湿装置

1—外壳 2—抽屉式除湿层 3—分风隔板 4—密封门

送入室内。同时空气还由风机 7 作用，经加热器升温后进入另一个硅胶桶给硅胶加热使其再生。它们通过转换开关控制。

电加热转筒式硅胶除湿机如图 2-36 所示。

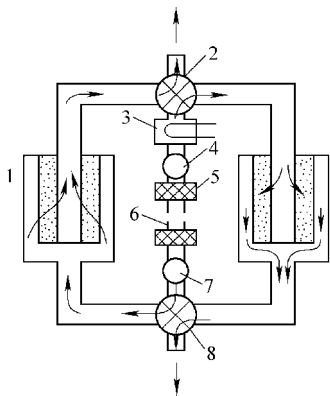


图 2-35 固定转换式硅胶除湿装置

- 1—湿空气入口 2、7—风机  
3、5—转换开关 4、9—硅胶筒  
6—蒸发器 8—再生空气入口

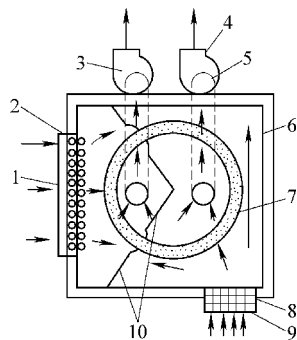


图 2-36 电加热转筒式硅胶除湿机

- 1—箱体 2—硅胶转筒 3—电加热器 4—密闭  
隔板 5—湿空气进口 6—蒸发器 7—离心  
式风机 8—干空气出风口 9—再生空气进口  
10—再生空气出口

电加热转筒式硅胶除湿机工作原理是：电加热转筒式硅胶除湿机中装有一个硅胶桶，工作时硅胶桶就缓慢转动，由密闭隔风板分成再生区和除湿区。空气经蒸发器降温后进入除湿区，除湿后由风机送入室内。与此同时，再生区的硅胶则被加热而恢复吸水能力后再转到除湿区进行除湿。

氯化锂除湿机的除湿系统由吸湿转轮、风机、过滤器等组成。吸湿转轮是将吸湿剂和铝均匀地吸在两条石棉纸上，再将纸卷成具有蜂窝通道的圆柱体，其中吸湿剂是用来吸收水分的，而铝的作用是将吸湿剂固定在石棉纸上。其再生系统由电加热器、风机和隔板组成隔板将转轮分成再生区和吸湿区。氯化锂除湿机的基本结构如图 2-37 所示。

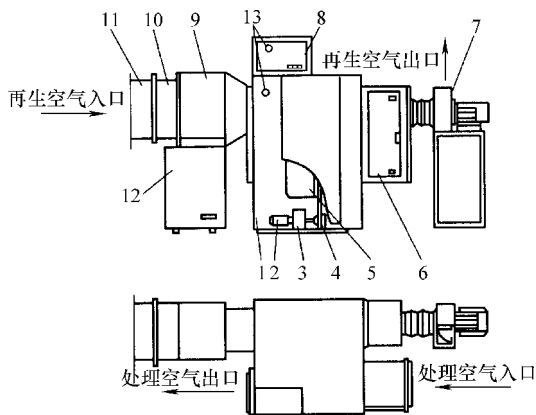


图 2-37 氯化锂转轮除湿机

- 1—机壳 2—电动机 3—减速器 4—传动装置  
5—转芯 6—除湿空气用过滤器（楔形、泡沫塑料）  
7—再生风机 8—电器控制箱 9—电加热器  
10—调风阀 11—再生空气用过滤器（板式，  
泡沫塑料） 12—动力配电箱 13—电接点温度计

氯化锂转轮除湿机的工作原理如图 2-38 所示。需要除湿的空气在风机的作用下进入吸湿转轮，失去水分后送入空调房间。再生空气在再生风机的作用下进入再生区，经加热器加热至  $120^{\circ}\text{C}$  后，将转轮内水分汽化后带出箱外并排出室外，可以连续地取得干燥空气。

### 三、空气的灭菌、除臭和离子化

#### (一) 空气的灭菌处理

空气灭菌处理又称“空气消毒”。可利用过滤、加热、紫外线辐射或臭氧等方法对空气进行杀菌消毒。

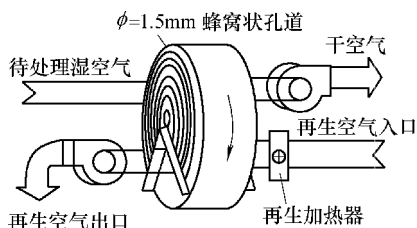


图 2-38 氯化锂转轮除湿机的工作原理图

中央空调系统对空气进行灭菌处理的方法主要有以下几种：

1. 过滤法 细菌单体大小为  $0.5 \sim 5\mu\text{m}$ ，病毒大小为  $0.003 \sim 0.5\mu\text{m}$ ，它们在空气中不是以单体，而是以群体存在。这些微小的群体（范围大约  $1 \sim \mu\text{m}$ ）大多附着在尘粒上，因此在对空气进行净化的同时，细菌也被除掉了。例如玻璃纤维纸高效过滤器的穿透率为  $0.01\%$ ，而对于细菌其穿透率为  $0.0001\%$ ，对于病毒其穿透率为  $0.0036\%$ 。所以通过高效过滤器的空气基本上是无菌的。被过滤掉的细菌，由于缺乏生存条件，也不可能生存和繁殖。因此，过滤法对于消灭室内的细菌和病毒是十分有效的。

2. 紫外线灭菌法 紫外线具有较强的灭菌能力，凡紫外线所照之处，细菌都不能存活。具体方法是在确保房间内无人后，将紫外线灯泡放在房间或风道内，进行直接照射杀菌。

3. 加热法 当空气被加热到  $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$  时，细菌就会死亡。在中央空调系统中一般用电加热器加热，但是由于使空气再冷却的费用较高，故这种方法较少采用。

4. 喷药法 直接在室内或送风管中喷杀菌剂灭菌。氧化乙烯等杀菌剂灭菌效果较好，但杀菌剂本身具有强烈的刺激性气味，对人体健康不利，而且还会腐蚀金属，使用时要特别注意。

#### (二) 空气的除臭处理

空调场所的臭味的来源很多，有生产过程中产生的废气、产品散发出来工业废气、人体散发出的臭味和烟雾的刺激性气味等。空气除臭是指为排除空气中臭味对空气所做的物理或化学处理。空气调节中较为有效的除臭法有通风法、洗涤法和吸附法。

1. 通风法 以无臭味空气送入室内来冲淡或替换有臭味的空气。例如在厨房、休息室设置排风设施，使卫生间内保持负压，避免臭味散入其他房间。

2. 洗涤法 在空调工程中，用喷水室对空气进行热湿处理，即可除去有臭味的气体或尘粒。

3. 吸附法 吸附法主要靠吸附剂来吸附臭味、有毒气体、蒸气和其他有机物质。常用的吸附剂是活性炭，它主要用椰壳等有机物通过加热和专门的加工工艺制成。活性炭内部有很多极细小的孔隙，大大增加了与空气接触的表面面积，1g 活性炭（体积约 2cm<sup>3</sup>）的有效接触面积约为 1000m<sup>2</sup>。在正常情况下，活性炭所吸附的物质质量是其本身质量的 15% ~ 20%，达到这种程度后，就需要更换新的活性炭。活性炭的吸附性能见表 2-8。活性炭的一般使用寿命和用量见表 2-9。

表 2-8 活性炭的吸附性能

序 号	名 称	分 子 式	吸附保持量(%)
1	氨	NH <sub>3</sub>	少量
2	二氧化硫	SO <sub>2</sub>	10
3	氯	Cl	15
4	二硫化碳	CS <sub>2</sub>	15
5	臭氧	O <sub>3</sub>	能还原为氧气
6	二氧化碳	CO <sub>2</sub>	少量
7	一氧化碳	CO	少量
8	吡啶(烟草燃烧生成)	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	25
9	丁苯酸	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	35
10	苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	24
11	烹调味		30
12	浴厕味		30

表 2-9 活性炭的使用寿命和用量

用 途	使 用 寿 命	1000m <sup>3</sup> /h 风量的使用量/kg
居住建筑	2 年或 2 年以上	10
商业建筑	1 ~ 1.5 年	10 ~ 12
工业建筑	0.5 ~ 1 年	16

常用活性炭的型号、性能和用途见表 2-10。

表 2-10 常用活性炭的型号、性能和用途

型 号	DX-15	DX-30	ZX-15	ZX-40	ZL-30	ZH-30
粒径/mm	φ1.5	φ3.0	φ1.5	φ4.0	φ3.0	φ3.0
水分(%)	≤3	≤3	≤5	≤5	≤5	≤5
强度(%)	≥85	≥90	≥85	≥90	≥90	≥90
CCl <sub>4</sub> 吸附率(%)	≥60	≥60	对苯的防护时间 ≥40min			≥54
碘值/(mg/g)				≥700		
硫含量/(mg/g)					≥800	
用途	装填各种防毒面具和过滤器			净化污染物	净化硫化氢及其他硫化物	净化苯、醚、三氯甲烷、碳氢化合物



活性炭在中央空调系统中使用时,被加工定型,作为滤料放置在吸附过滤器内,如图 2-39 所示。为防止活性炭被尘粒堵塞,在其前面应设置其他过滤器给予保护。

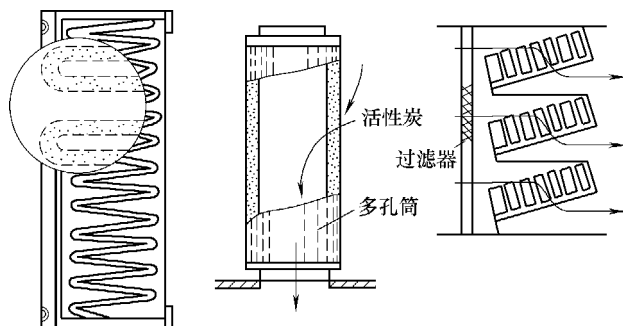


图 2-39 吸附过滤器

### (三) 空气的离子化处理

由于宇宙射线和地球上放射元素的放射线作用,大气中经常含有带正电或负电的气体离子。带电的水滴和尘埃是重离子,带电的气体分子是轻离子。新鲜空气中轻离子多,重离子少;而肮脏空气中轻离子少,重离子多。

科学研究表明:新鲜的空气对人体健康有利的原因之一就是其中含有多量的轻负离子。它们对人体有良好的生理调节作用,如缓解高血压、风湿、烫伤等病症,还可抑制哮喘。在空调系统中,由于对空气进行加热加湿、过滤、冷却等处理,使离子数急剧减少。这对除去重离子是有利的,但同时也减少了轻离子数。为改善房间内空气的品质,需要对空气进行离子化处理。

空气离子化是指为改善空气的品质,用人工方法使空气增加带电微粒的过程。

空气离子化就是用人为方法向空调房间释放轻负离子,最常用的方法是电晕放电法。其原理是利用针状电极与平板电极之间在高电压作用下产生的不均匀电场,使流过的空气离子化。

## 四、空气的气流组织

空调房间的送风方式是由气流组织决定的。气流组织就是指如何组织送入空调房间内的空气,使其在室内合理地流动和分配。

### (一) 气流组织的基本参数

1. 中央空调系统对气流组织的基本要求见表 2-11。

影响气流组织的因素很多,但首要的是由于送、回风口的布置形式决定了空调房间的气流组织形式。所以合理地选择送、回风口的布置形式,对保证空调房间内气流组织形式处于最佳状态起着至关重要的作用。



表 2-11 气流组织的基本要求

空调系统 类型	室内温湿度 参数	送风温差 /℃	每小时换 气次数	风速 (m/s)		可能采取的 送风方式
				送风出口	工作区	
舒适性 空调系统	冬季 18 ~ 22℃ 夏季 24 ~ 28℃ $\phi = 40\% \sim 60\%$	送风高度 $h \leq 5\text{m}$ 时,不宜大于 10; $h > 5\text{m}$ 时,不宜大于 15	不宜小于 5 次,高大房间按其冷负荷通过计算确定	与送风 方式、送风 口类型、安 装高度、室 内允许风 速、噪声标 准等因素有 关,噪声要 求较高时, 采用 2 ~ 5	冬季不 应大于 0.2,夏季 不大于 0.3	1. 侧面送风 2. 散流器平送 3. 孔板下送 4. 条缝口下送 5. 喷口或旋流 风口送风
工艺性 空调系统	温湿度基数根据工艺需要和卫生条件确定。室温允许波动范围如下: (1) 大于等于 $\pm 1^\circ\text{C}$	6 ~ 10	不小于 5 次 (高大房间除外)		0.2 ~ 0.5	1. 侧送宜贴附 2. 散流器平送
	(2) 小于等于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$	3 ~ 6	不小于 8 次			0.2 ~ 0.5
	(3) 小于等于 $\pm 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$	2 ~ 3	不小于 12 次 (工作时间内不送风的除外)			

2. 空调系统的标准风量是指空调系统处理设备每小时向整个空调系统或某个房间所输送的空气量。空调系统的标准风量可参见表 2-12。

表 2-12 空调系统的标准风量

建筑物的种类	送风口位置	风量 / (m <sup>3</sup> /s)	
		供暖时	制冷时
住宅	窗台下(水平吹出)	8 ~ 16 ( $n = 3 \sim 6$ )	16 ~ 24 ( $n = 6 \sim 9$ ) 16 ~ 24 ( $n = 6 \sim 9$ )
	窗台下(向上吹出)	8 ~ 16 ( $n = 3 \sim 6$ )	
	墙面上部(水平吹出)	13 ~ 24 ( $n = 5 \sim 9$ )	
写字楼、商厦	墙面上部(水平吹出)	13 ~ 22 ( $n = 5 \sim 8$ )	16 ~ 33 ( $n = 6 \sim 12$ )
影剧院	墙面上部(水平吹出)	30 ~ 60 ( $n = 5 \sim 10$ )	30 ~ 72 ( $n = 6 \sim 12$ )

(二) 对舒适性和工艺性空调系统的基本要求

舒适性空调系统是指空气调节系统能维持室内空气具有合适的状态,使室内人员处于舒适状态,以保证良好的工作条件和生活条件。

工艺性空调系统是指空气调节系统能满足生产工艺过程对空气状态的要求，以保证生产过程顺利进行。

对舒适性空调系统气流组织的基本要求。空调房间内温湿度参数：冬季 18 ~ 22℃，夏季 24 ~ 28℃；相对湿度 40% ~ 60%；送风温差，当送风高度  $h \leq 5\text{m}$  时，不宜大于 10℃，当送风高度  $h > 5\text{m}$  时，不宜大于 15℃；每小时换气次数不宜小于 5 次；送风风速一般情况下为 2 ~ 5m/s，工作区中的风速冬季不应大于 0.2m/s，夏季不应大于 0.3m/s。表 2-13 所示为舒适性空调控制的空气参数。

表 2-13 舒适性空调控制的空气参数

范围	温度/℃		相对湿度 (%)	空气流速 (m/s)	噪声 /dB(A)	振动 /mm	换气 /(m <sup>3</sup> /min)	CO <sub>2</sub> 浓度 (%)
	夏季	冬季						
舒适	22 ~ 27	15 ~ 18	30 ~ 70	0.075 ~ 0.2	45	0.2	0.6	0.03
不舒适	27 ~ 43	0 ~ 14	<30, >70	0.4	65	1.5	0.35	0.3
有害	>43	<0	<15	>0.4	120	2	0.14	10

对工艺性空调的基本要求如下：

1) 空调房间内温湿度参数：温湿度基数根据工艺需要和卫生条件确定。室温允许波动范围分为三个等级：① $t = \pm 1^\circ\text{C}$ ；② $t \leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ ；③ $t \leq \pm 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$ 。

2) 送风温差：室温允许波动范围  $t \geq \pm 1^\circ\text{C}$  时送风温差为 6 ~ 10℃，室温允许波动范围  $t \leq \pm 1^\circ\text{C}$  时，送风温差为 3 ~ 6℃，室温允许波动范围  $t \leq 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$  时，送风温差为 2 ~ 3℃。

3) 每小时换气次数：室温允许波动范围  $t \geq \pm 1^\circ\text{C}$  时不小于 5/h 次，室温允许波动范围  $t \leq \pm 1^\circ\text{C}$  时不小于 8/h 次，室温允许波动范围  $t \leq 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$  时不小于 12 次/h；送风风速一般情况下为 2 ~ 5m/s，工作区中的风速 0.2 ~ 0.5m/s。

五、换气次数与空气质量要求

1. 送风温度 是指空气调节系统中风道终端的风口送出空气的温度。

2. 送风温差 是指空气调节系统在夏季送风工况条件下，送风温度与空调房间室内温度之差。送风温差的大小一般由空调房间的空调准确度等级决定，见表 2-14。

表 2-14 送 风 温 差

空调准确度/℃	送风温差( $t_N - t_s$ )/℃
$\pm 1$	人工冷源: $\leq 15$ ; 天然冷源: 可尽最大值
$\pm 1$	6 ~ 10
$\pm 0.5$	3 ~ 6
$\pm 0.1 \sim 0.2$	2 ~ 3

一般空调房间内的送风温差，可根据送风口形状的不同参照表 2-15 选择。

表 2-15 送风温差的最高允许值  $\Delta t_d$  (单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

送风口安装高度/m		2	2.5	3	3.5	4	5	6
散流器形	圆形	13.4	15.2	16.3	17.0	17.3	17.7	17.8
	方形	11.2	13.4	14.5	15.0	15.6	15.9	16.2
顶棚条缝形		5.3	6.7	7.8	8.6	9.2	10.0	10.6
盘形		10.3	11.2	12.1	12.9	13.7	15.4	17.1
普通侧送风口	风量大	6.4	7.4	8.4	9.2	10.1	12.0	13.8
	风量小	9.2	10	11	11.9	12.9	14.8	16.6

3. 换气次数 是指单位时间内流经空调房间的送风量（按体积计）与房间容积之比值。在空调系统中换气次数受到空调准确度的制约，其值不宜小于表 2-16 所列数值。

表 2-16 换 气 次 数

空调准确度/ $^{\circ}\text{C}$	换气次数/(次/h)	备 注
$\pm 1$	5	高大房间除外
$\pm 0.5$	8	
$\pm 0.1 \sim 0.2$	12	工作时间内不送风的除外

4. 空调房间空气质量要求 表 2-17 为 2003 年 3 月开始实施的 GB/T 18883—2002 《室内空气质量标准》，在标准中对空调房间空气质量提出了具体的要求。

表 2-17 《室内空气质量标准》中的主要空气质量指标

序 号	参 数	标 准 值		备 注
		夏季空调	冬季采暖	
1	温度/ $^{\circ}\text{C}$	22 ~ 28	16 ~ 24	
2	相对湿度(%)	40 ~ 80	30 ~ 60	
3	空气流速/(m/s)	0.3	0.2	
4	新风量/( $\text{m}^3/\text{s}$ )	30		
5	二氧化硫/( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.5		1h 均值
6	二氧化氮/( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.24		1h 均值
7	一氧化碳/( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	10		1h 均值
8	二氧化碳(%)	0.1		1h 均值
9	氨/( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.2		1h 均值
10	臭氧/( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.16		1h 均值

(续)

序 号	参 数	标 准 值		备 注
		夏季空调	冬季采暖	
11	甲醛/(mg/m <sup>3</sup> )	0.10		1h 均值
12	苯/(mg/m <sup>3</sup> )	0.11		1h 均值
13	甲苯/(mg/m <sup>3</sup> )	0.20		1h 均值
14	二甲苯/(mg/m <sup>3</sup> )	0.20		1h 均值
15	苯并[a]芘/(mg/m <sup>3</sup> )	0.10		日平均值
16	可吸入颗粒/(mg/m <sup>3</sup> )	0.15		日平均值
17	总挥发性有机物/(mg/m <sup>3</sup> )	0.60		8h 均值
18	细菌总数/(cfu/m <sup>3</sup> )	2500		依据仪器测定
19	氡/(Bq/m <sup>3</sup> )	400		年平均值

六、空调系统的消声器

中央空调系统使用的消声器主要有阻尼消声器、抗性消声器、共振消声器等。

阻尼消声器消声的基本原理是：利用敷设在气流通道内的多孔吸声材料来吸收声能，降低沿风道传播的噪声。其具有良好的中、高频消声性能，应用广泛。阻尼消声器有管式、片式、蜂窝式、折板式、声流式、小室式和弯头式等形式，如图 2-40 所示。

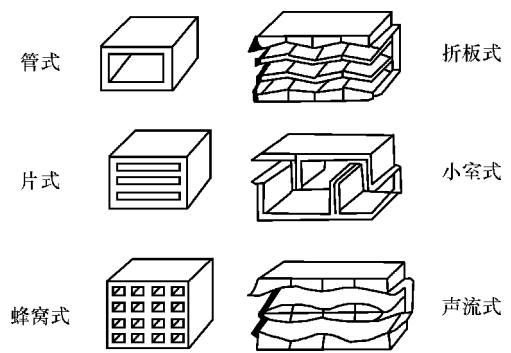


图 2-40 几种阻尼消声器示意图

抗性消声器消声的基本原理是：利用声波通道截面积突变（扩张或收缩），使沿管道传递的某些特定频段的声波反射回生源，从而达到消声的目的。抗性消声器有单节、多节、外接式、内接式等形式，如图 2-41 所示。

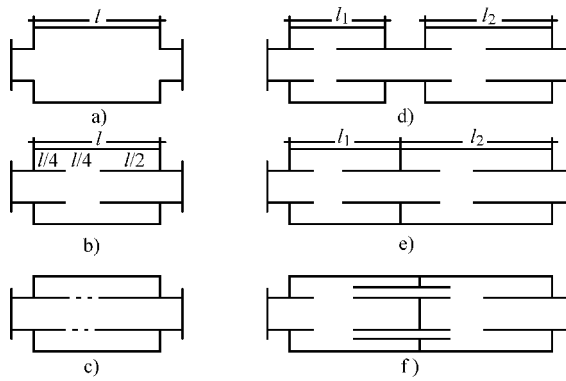


图 2-41 几种抗性消声器示意图

抗性消声器具有良好的低频和中频消声性能，不需要多孔吸音材料，适用于高温、高湿、高速及脉动的气流环境。

# 第三章 制冷机组及辅助设备

## 第一节 活塞式制冷压缩机

### 一、活塞式制冷压缩机的分类与结构

#### (一) 活塞式制冷压缩机的分类

活塞式制冷压缩机是商用制冷设备的主力机型之一。活塞式压缩机通常使用的分类方法有以下几种。

1. 按标准工况制冷量大小分类 所谓工况是指制冷压缩机运行的温度条件，即蒸发温度、冷凝温度、节流前（过冷）温度和压缩机吸气温度四个参数。

标准工况是指根据制冷压缩机在使用中最常遇到的工作条件，以及我国大部分地区一年里最常出现的气候条件为基础而确定的工况。我国活塞式制冷压缩机的标准工况参数见表 3-1。

表 3-1 标准工况

制冷剂 工作温度	R717	R72	R22
蒸发温度/℃	- 15	- 15	- 15
冷凝温度/℃	30	30	30
吸气温度/℃	- 10	15	15
过冷温度/℃	25	25	25

活塞制冷压缩机按标准工况制冷量的大小可分类如下：

- 1) 小型制冷压缩机：制冷量在 58kW 以下；
- 2) 中型制冷压缩机：制冷量在 58 ~ 465kW；
- 3) 大型制冷压缩机：制冷量在 465kW 以上。

目前，中央空调制冷机组使用的活塞式压缩机单机制冷量在 58kW 左右的居多。

#### 2. 按制冷压缩机的密封形式分类

(1) 开启式。制冷压缩机曲轴的功率输入端伸出机体，用联轴器与电动机功率输出端连接。曲轴伸出机体处用轴封装置加以密封。

(2) 半封闭式。制冷压缩机与电动机的壳体铸成一体，制冷压缩机和电动机同轴，弥补了开启式压缩机轴封易泄漏的缺陷，密封性能大为改善。此种机型在机体上开有工作孔，用螺栓将盖板紧固予以密封，比较容易更换易损部件，被广泛用于新型中小型制冷机组中。

(3) 全封闭式。制冷压缩机的机体和电动机共同装入一个封闭式壳体内，壳体接缝处用电焊焊接。从外观上看，它只有吸气管、排气接管和电动机接线柱。制冷压缩机和电动机在机壳内用弹簧支撑，运转平稳，噪声小。此类机型多用于模块化中央空调机组。

3. 按制冷压缩机气缸的缸数和布置形式分类 开启式和半封闭式制冷压缩机按气缸轴线布置形式可分为立式、卧式、V形、W形和S形，如图3-1所示。

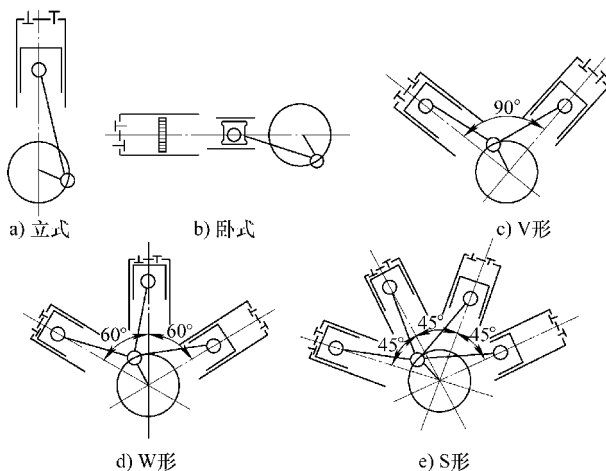


图 3-1 气缸布置形式

V形、W形和S形三种制冷压缩机的气缸轴线成一定的夹角，机体结构紧凑，平衡性好，运转平稳，新型压缩机多采用此种形式。V形制冷压缩机有2缸和4缸两种；W形制冷压缩机有3缸和6缸两种；S形制冷压缩机有4缸和8缸两种。

## (二) 开启式压缩机的基本结构

制冷压缩机是由许多零部件组成的。制冷压缩机的总体结构如图3-2所示。

## (三) 半封闭式压缩机的结构

图3-3为被广泛用于新型中小型制冷机组中的B87F-20型半封闭式压缩机的结构图。这种压缩机有4个气缸，按扇形方式分布。

半封闭式压缩机的特点是所有部件全部密封在机壳内，为保证运转时润滑油的供应，采用转子式内啮合齿轮油泵供油。



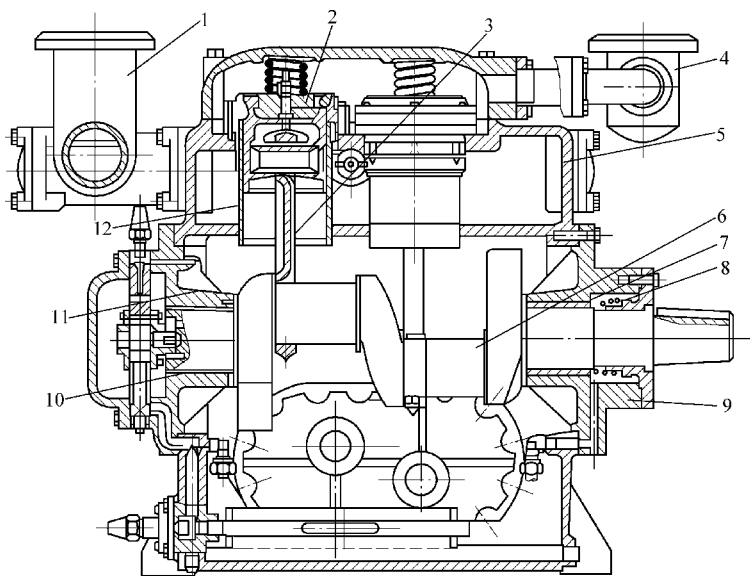


图 3-2 8FS10 型制冷压缩机的总体结构图

- 1—吸气管 2—假盖 3—连杆 4—排气管 5—气缸 6—曲轴 7—前轴承  
 8—轴封 9—前轴承盖 10—后轴承 11—后轴承盖 12—活塞

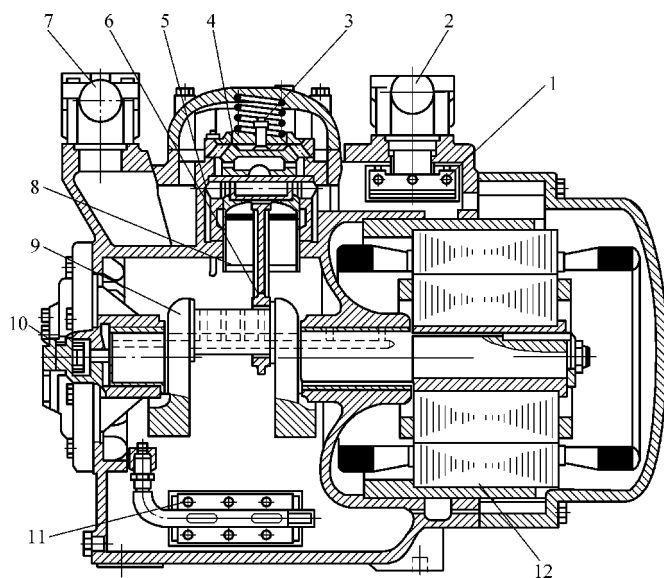


图 3-3 B87F-20 型半封闭式压缩机的结构图

- 1—吸气滤网 2—吸气阀 3—假盖弹簧 4—活塞 5—卸载装置 6—连杆  
 7—排气阀 8—缸套 9—曲轴 10—油泵 11—过滤器 12—电动机

#### (四) 全封闭式压缩机

图 3-4 为被广泛用于新型中小型制冷机组中的 CRHH 型全封闭式压缩机的结构图。

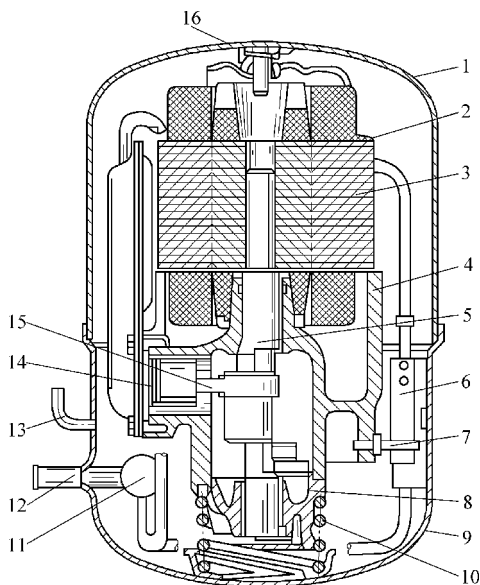


图 3-4 CRHH 型全封闭式压缩机的结构图

- 1—上壳体 2—电动机转子 3—电动机定子 4—曲轴箱 5—曲轴 6—抗扭弹簧组  
7—抗扭螺杆 8—轴承座 9—下壳体 10—下支撑弹簧 11—排气汇集管  
12—排气总管 13—工艺管 14—气阀组 15—活塞连杆组 16—上支撑弹簧

全封闭式压缩机一般有 2 个或 3 个气缸。其气缸呈水平布置，气缸的肋板把缸盖和阀座之间的空间分为上、下两部分，上部为吸气腔，下部为排气腔。电动机为立式，曲轴为竖直安装，上部为电动机的转子，下部为压缩机的曲轴。曲轴的下部设有油泵，压缩机运转时，依靠曲轴的高速运转时产生的离心力将下端的润滑油吸入曲轴，并经过曲轴的油孔输送至各润滑部位进行润滑。

#### 二、活塞式制冷压缩机部件的作用

##### (一) 机体

制冷压缩机的机体是压缩机的机身，用以安装和支撑其他零部件以及容纳润滑油。其结构如图 3-5 所示。气缸与曲轴箱铸成一体，气缸孔以每两组为一列，轴向顺序布置，每列之间构成  $45^\circ$  夹角。吸气腔与曲轴箱连通，排气腔在气缸体上部，吸气腔与排气腔之间有隔板分开。曲轴

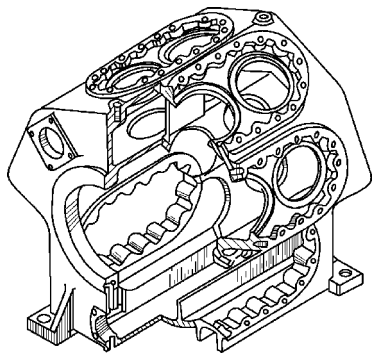


图 3-5 制冷压缩机的机体结构

箱两侧设有窗孔，以便于拆装机体内部的零件，平时用盖板密封，盖板上设有油面指示镜、回油孔及低压压力表接头等部件。机体的前、后端开有两个轴承座孔，用以安装前、后轴承。在后端盖上安装有润滑油泵。

## （二）活塞组

制冷压缩机的活塞组是活塞与活塞销及活塞环的总称。活塞组的作用是与气阀、气缸等组成一个可变的工作容积，将曲柄连杆所传递的机械能转变为制冷剂蒸气的压力能。我国生产的活塞式制冷压缩机的活塞均采用圆筒形结构，如图 3-6 所示。

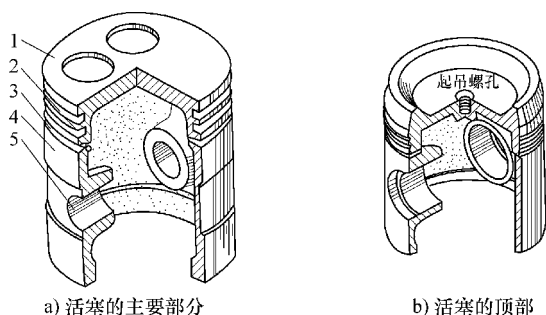


图 3-6 活塞的基本结构

1—顶部 2—气环槽 3—油环槽 4—裙部 5—销座

活塞销是活塞与连杆小头之间的连接件。其结构为中空圆柱体。活塞销与连杆小头衬套及活塞销座的连接，多采用浮动式配合。所谓浮动式配合是指活塞销无论是在销座中，还是在连杆小头衬套中，都没有被固定。工作时可以自由地相对转动，以减小摩擦面间的相对滑动速度，使其磨损小且均匀。为防止活塞销产生轴向窜动，一般在销座两端的环槽内装有弹簧挡圈。

## （三）活塞环

制冷压缩机活塞组中活塞环是一个具有切口和弹性的开口环。它分为两种：一种称为气环；另一种称为油环，或称刮油环。气环的作用是密封蒸气，以减少气缸里高压蒸气活塞环与气缸间隙的泄漏量。油环的作用是将黏附在气缸壁上的润滑油刮下，使之流回曲轴箱，防止过多的润滑油进入制冷系统。

气环的切口有三种形式，即直切口、斜切口和搭切口，如图 3-7 所示。

为使气环在气缸中有足够的弹力，在自由状态时气环的直径要比气缸直径大，装配时，要注意把各环的切口错开一定的角度，以减少高压蒸气通过切口间隙的泄

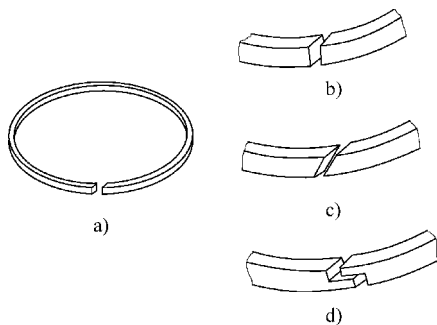


图 3-7 气环

漏量。工作时,气环靠其本身弹力和气体压力而紧贴气缸壁,以达到密封作用。同时,气环在工作过程中还有一种泵油作用,即不断地把溅在气缸壁上的润滑油向上输送,起到给气缸壁润滑的作用。为防止过多的润滑油进入气缸,在活塞环的下部还设置了一道油环。当活塞往上止点运行时,借油环上端面的倒角,在气缸壁上形成油膜,以润滑气缸;当活塞往下止点运行时,油环下端面则将气缸壁上过多的润滑油刮下来。刮下的润滑油沿刮油环圆周方向的小孔和切槽,通过活塞体上的小孔流回曲轴箱。

#### (四) 连杆组件

制冷压缩机的活塞组件包括连杆体、连杆大头盖、连杆大头轴瓦、小头衬套和连杆螺栓、螺母等零件,如图3-8所示。

连杆是活塞与曲轴的中间连接件,它将曲轴的旋转运动转化为活塞的往复运动。连杆小头及其衬套通过活塞销与活塞连接,并随活塞一起在气缸内作往复运动。连杆大头及大头轴瓦与曲柄销连接,随曲轴一起在曲轴箱内做旋转运动。连杆通常为工字形断面,连杆体中间有输送润滑油的通道,润滑油可以从连杆中的通道输送到小头衬套中。连杆大头多为剖分式结构。

#### (五) 曲轴

曲轴是曲柄连杆机构中将旋转运动变为往复直线运动的重要零件之一。制冷压缩机所消耗的全部轴功率就是经曲轴输送的,它是制冷压缩机一个重要的受力运动部件。制冷压缩机曲轴的结构如图3-9所示。

曲轴的每个曲拐都是由主轴颈、曲柄和曲柄销三部分组成的。与主轴承相配合的部分称为主轴颈,与连杆大头瓦相配合的部分称曲柄销或连杆轴颈,连接主轴颈与曲柄销或连接相邻两个曲柄销的部分称为曲柄。

在曲柄朝曲柄销相反的方向上装有平衡块,其作用是当制冷压缩机工作时,利用平衡块自身的离心力和离心力矩,来平衡由于曲柄、曲柄销和部分连杆的旋转运动质量与活塞、活塞销做往复运动时引起的惯性力矩,以减小制冷

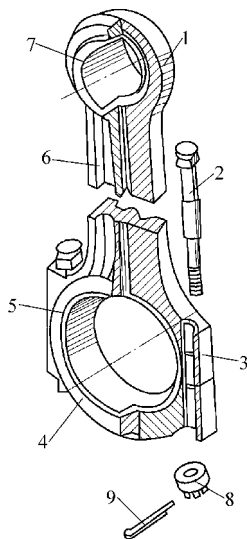


图3-8 连杆组件结构图

- 1—连杆小头 2—连杆螺钉 3—连杆大头 4—连杆大头盖 5—连杆大头轴瓦 6—连杆体 7—小头衬套 8—螺母 9—开口销

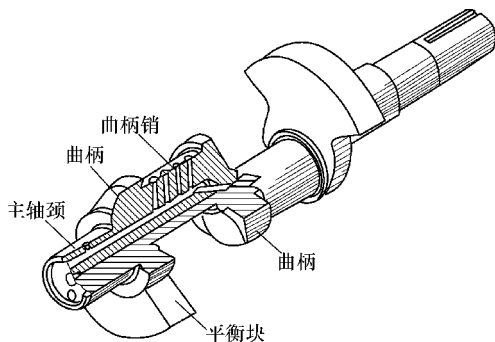


图3-9 8FS10型压缩机的曲轴结构

压缩机运转时所产生的振动。同时,也可以减轻曲轴主轴承上的负荷,减少轴承的磨损。

#### (六) 气阀

气阀是制冷压缩机气缸依次进行压缩、排气、膨胀和吸气工作过程的控制机构,气阀的组成示意图如图 3-10 所示。

活塞式制冷压缩机的气阀由阀座、气阀弹簧、阀片及升程限位器组成。阀座上有环状阀线,阀片是气阀的主要运动部件。当阀片与阀线紧贴时形成密封面。升程限位器用来限制阀片开启高度。

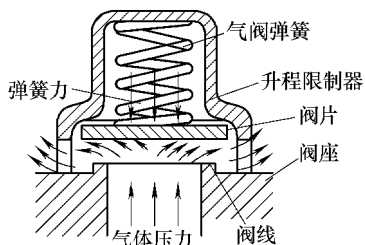


图 3-10 气阀组成示意图

气阀的工作过程是:当阀片下面的气体压力大于阀片上面的气体压力和弹簧压力时,阀片离开阀座,阀门打开,进行排气。反之,当阀片下面的压力小于阀片上面的气体压力和弹簧压力时,阀片即向下运动,并紧贴阀座,气阀关闭。

#### 三、活塞式制冷压缩机润滑系统

活塞式制冷压缩机的润滑方式有两种,即飞溅式润滑和压力式润滑。飞溅式润滑是指依靠曲柄连杆机构的旋转运动,把曲轴箱内的润滑油甩向各摩擦面的润滑方式。其工作过程是:当曲轴旋转运动时,曲拐和连杆大头与润滑油接触,并将润滑油甩到气缸镜面及曲轴箱壁面,从而使活塞、气缸、连杆等摩擦得到润滑。压力式润滑是指利用油泵产生压力油,再通过输油管路将压力油送至压缩机各润滑部位进行润滑的润滑方式。制冷压缩机压力润滑系统如图 3-11 所示。

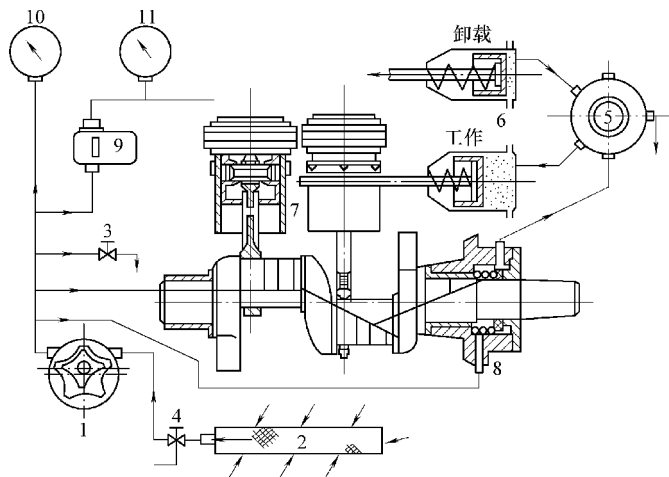


图 3-11 制冷压缩机压力润滑系统

- 1—油泵 2—滤油器 3—油压调节阀 4—油通阀 5—能量控制阀 6—卸载油缸  
7—活塞连杆及缸套 8—轴封 9—油压控制器 10—油压表 11—低压表

曲轴箱内的润滑油经过滤器过滤掉杂质后,经三通阀进入油泵。提高压力后,由油泵出来的润滑油分为三路:一路从曲轴后端进入曲轴中输油孔道,向连杆体内油孔供油,用以润滑连杆小头内的活塞销;另一路直接送至前轴封室,用以润滑和冷却轴封摩擦面;最后一路是通向能量调节阀,用作其液压动力。这三路润滑油最后都回到曲轴箱中。

#### 四、活塞式制冷压缩机能量调节

在制冷机组运行时,为满足制冷负荷变化的要求,要随时对制冷压缩机的制冷量进行调节。这可通过调节压缩机的排气量来实现,这就是所谓的制冷压缩机的能量调节。

中央空调用活塞式制冷压缩机的能量调节主要是通过卸载-能量调节机构进行的。制冷压缩机的卸载-能量调节机构的动作原理如图 3-12 所示。它主要由进、排油管路,卸载油缸,油活塞,弹簧,推杆,转动环,吸气阀片顶杆等部件组成。在能量调节系统中能量控制阀与润滑油泵的油路相通,以控制卸载油的工作。

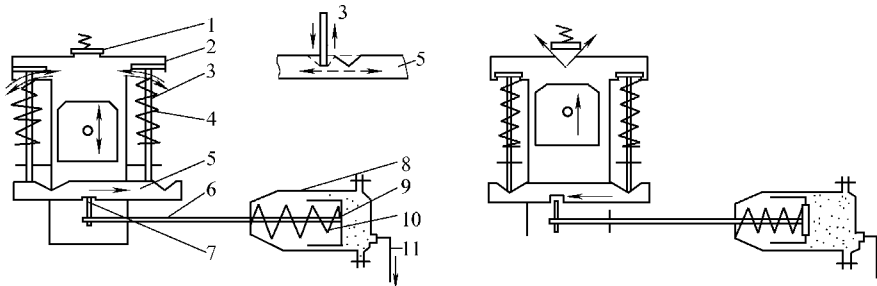


图 3-12 制冷压缩机的卸载-能量调节装置动作原理

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

##### （一）卸载工作状态

制冷压缩机卸载-能量调节机构的工作过程是:压缩机开始启动时,润滑系统的油压还没建立,能量控制阀无压力油供给卸载油缸,油活塞在弹簧作用下连同推杆一起向右移动,推杆又通过传动杆带动气缸外的转动环转动。因此,坐落在转动环斜槽底部的顶杆便沿着斜面上升至斜槽顶部,顶开吸气阀片,于是气缸处于卸载工作状态。

##### （二）能量调节（负荷工作）状态

制冷压缩机启动后,油压逐步建立,能量控制阀把压力油供给卸载油缸,使活塞克服弹簧力的作用连同推杆一道向左移动,推动转动环,使坐落在转动环斜槽顶部的吸气阀顶杆落至斜槽底部,吸气阀片便落在阀线上,气缸则进入工作状态。制冷压缩机在运行过程中,若冷负荷减小,则可通过控制机构使卸载-能量调节机构反向动作,使吸气阀片被顶杆重新顶起到卸载位置。于是,卸载气缸就因失去了

吸、排气能力而进入空载运行状态，从而改变了压缩机的制冷量，适应了冷负荷变化。

通过上述分析可以看到，卸载-能量调节机构在工作过程中，只要向卸载机构输入一定压力的润滑油，便可控制压缩机气缸，使其处于带负荷工作状态。而在压缩机起动前或运行中需要卸载时，则不向卸载机构供应压力油，卸载机构便使压缩机气缸处于卸载工作状态。因此，压缩机在运行中的能量调节是通过控制其润滑油的输入情况来实现的。

第二节 离心式制冷压缩机

一、离心式制冷压缩机的分类与结构

(一) 离心式制冷压缩机的分类方法

离心式制冷压缩机的分类方法见表 3-2。

表 3-2 离心式制冷压缩机的分类

分类方式	分 类	分类方式	分 类
按驱动方式	蒸汽轮机驱动 燃气轮机驱动 电动机驱动	按压缩机级数	单级 双级 三级
按压缩机与电动机的连接方式	半封闭式 开式	按能量利用程度	单一制冷型 热泵型 热回收型
按蒸发器、冷凝器的结构形式	单筒式 双筒式	按能耗指标	一般型能耗指标为 0.253kW/kW 节能型能耗指标为 0.238kW/kW 超节能型能耗指标不大于 0.253kW/kW
按冷凝器的冷凝方式	水冷式 风冷式		

从压缩机与电动机的连接方式上看，离心式制冷压缩机除了有半封闭式和开启式外，还有全封闭形式的离心式制冷压缩机。

(二) 离心式制冷压缩机的结构

1. 离心式制冷压缩机的总体结构 离心式制冷压缩机结构可分为单级和多级两种类型，其结构示意图如图 3-13 和图 3-14 所示。

由图可见，离心式制冷压缩机主要由吸气室、叶轮、扩压器、弯道、回流器、蜗壳、主轴、轴承、机体、轴封等零部件组成。



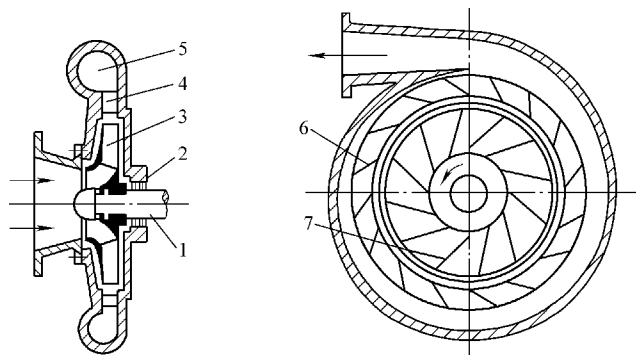


图 3-13 单级离心式制冷压缩机结构

1—轴 2—轴封 3—叶轮 4—扩压器 5—蜗壳 6—扩压器叶片 7—叶片

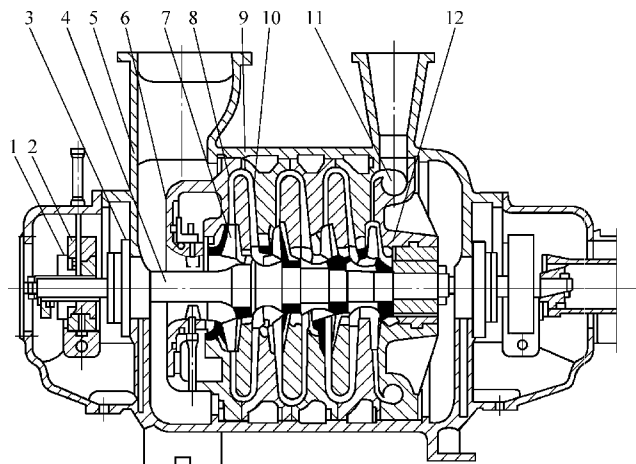


图 3-14 多级离心式压缩机结构

1—机体 2—叶轮 3—扩压器 4—弯道 5—回流器 6—蜗壳 7—主轴  
8—轴承 9—推力轴承 10—梳齿密封 11—轴封 12—进口导流装置

## 2. 离心式压缩机各主要部件的作用

(1) 吸气室。它是用来将制冷剂蒸气从进气管均匀地引入叶轮中去的固定部件。

(2) 进口导叶。它是用于调节压缩机制冷量的。通过转动进口可调动导流叶片，使进入叶轮的气流速度方向得到改变，从而改变进入叶轮的气体流量。进口导叶片由若干扇形叶片组成，其根部带有转轴，安装在吸气室内按圆周等距离分布的轴孔内。每个转轴的端部都与叶片调整机构连接，操纵调节机构时可使进口叶片同时转动。

(3) 叶轮。又称工作轮。压缩机工作时，制冷剂蒸气在叶轮作用下作高速旋

转,同时受旋转离心的作用,被高速地甩向叶轮边缘上的出口。这样,叶轮的入口处气体的密度减小,形成低压区,从而使流体不断地得到补充。气流在流经叶轮的过程中,叶轮对气体作了功,使气体的速度增加,压力提高。所以说,叶轮是将输入的机械能转化为气体能量的工作部件。

(4) 扩压器。气体从叶轮中流出时有很高的流动速度,为了将这部分动能充分地转变为压力能,同时也为了使气体在进入下一级时有较合理的流动速度,在叶轮后面设置了扩压器。它是由前、后隔板组成的流通截面逐渐增大的通道。随着通道直径的增大,通流面积增加,使流经气体速度逐渐减慢,压力得到提高。

(5) 弯道与回流器。在多级离心式制冷压缩机中,为了把气体引入下一级继续增压,在扩压器后面设置了使气流拐弯的弯道和将气体均匀地引入下一级叶轮入口的回流器。弯道是一个弯曲形的环形空间,它使气流由离心方向改为向心方向。回流器是由两块隔板组成的,内部装有导向叶片,使气流能沿轴线方向进入下一级。

(6) 蜗室(又叫蜗壳)。它的主要作用是将从扩压器出来的气体汇集起来,导出压缩机外,由于室外径逐渐增大,也使其对气流起到一定的降速扩压作用。

(7) 推力盘。叶轮两侧的气体压力是不相等的,如双级或多级离心式制冷压缩机中,压缩机每级压出侧的气体压力高于吸入侧的气体压力,因此叶轮会产生指向吸入侧的轴向力。为了减小这种轴向推动力,在压缩机末级之后的主轴上设置推力盘,又称平衡盘。

另外,为了使离心式制冷压缩机持续、安全、高效率地运行,压缩机还设有一些辅助设备和系统,如增速器、油路系统、冷却系统、自动控制和检测及安全保护系统等。

## 二、离心式制冷压缩机的工作原理

离心式压缩机的叶轮称工作叶轮。当叶轮转动时,叶片就带动气体运动或者说使气体得到动能,然后气体的动能转化为压力能,从而提高了制冷剂蒸气的压力。

叶轮与其配合的固定元件组成“级”。压缩机工作时,轴和叶轮以高速旋转,因此将轴和叶轮组成的部件称为转子。转子以外的部分是不动的,称为固定元件。固定元件有吸气室、扩压器及蜗壳等。压缩机工作时,制冷剂蒸气先通过吸气室,引导进入压缩机的蒸气均匀地进入叶轮。为了减少气流的能量损失,流通通道的截面做成渐缩的形状,使气体通过时略有加速,进入叶轮。制冷剂蒸气进入叶轮后,一边跟着叶轮作高速旋轮,一边由于受离心力的作用,在叶轮槽中作扩压流动,从而使气体的压力和速度都得到提高。从叶轮中流出的气体然后进入扩压器。扩压器是一个截面逐渐扩大的环形通道,气体流过扩压器时,速度减小,压力提高。压力得到提高后的气体再进入蜗壳。蜗壳的作用是把由扩压器流出来的气体汇集起来,最后排入排气管。

### 三、离心式制冷压缩机的润滑系统

空调用离心式制冷机组的润滑系统一般采用“组装式”，即将油浸式油泵、油泵电动机、油冷却器、油过滤器以及调节系统等组装在一起，全部密封在蒸发器左端的油槽内，油槽外壳将油槽与蒸发器分开，有的装在压缩机底部。为保证停电或意外事故停机时使其润滑系统仍能向压缩机关键部位供应润滑油，在机组上部高位处设有高位油槽，利用油位的落差以保持压缩机旋转部分的润滑。

滑油系统的主要零部件主要由油泵、油冷却器、油过滤器、油引射回收装置和油引射喷嘴组成。图 3-15 是离心式制冷机的“组装式”润滑油系统流程。

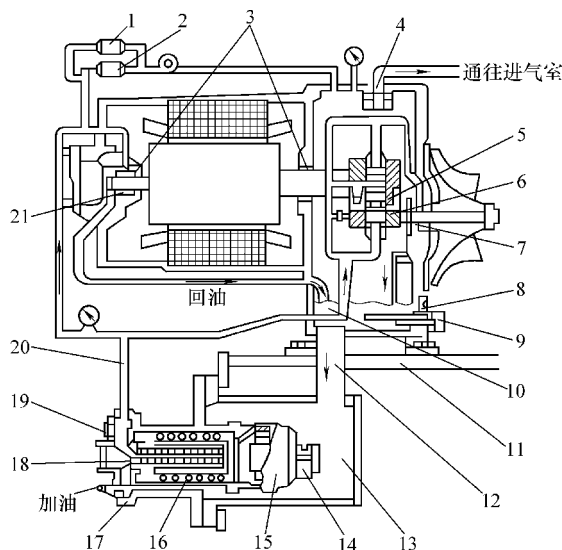


图 3-15 离心式制冷机的“组装式”润滑油系统流程

- 1—导叶开关联锁低压开关 2—低油压开关 3—迷宫密封 4—滤网 5—小齿轮轴承  
6—主轴承 7—推力轴承 8—视镜 9—油加热器 10—油槽 11—蒸发器筒体  
12—总回油管 13—油箱 14—油泵 15—电动机 16—管式油冷却器  
17—油压调节器 18—油过滤器 19—磁性塞头 20—供油管 21—电动机轴承

在离心式制冷压缩机机组中，由于油槽以上空间是和进气室相通的，因此油雾就能进入压缩机内流通，凝结成液态后，润滑油就会沉积在进气室或蜗壳底部。为了使这些沉积的润滑油能返回油槽，采用了油引射回收装置及油引射喷嘴。油引射回收装置及油引射喷嘴如图 3-16 和图 3-17 所示。

油引射回收装置及油引射喷嘴的工作原理是在蜗壳中部引一股高压制冷剂气体，通过引射嘴的引射作用，将压缩机底部的积油通过过滤网抽出，与引射嘴喷出的高压气体混合在一起后，由引射嘴出口管回收至油槽中。油引射回收装置在使用时应注意在起动和停机过程中，应关闭引射嘴的前后波纹管阀，不能使用油引射回收装置。

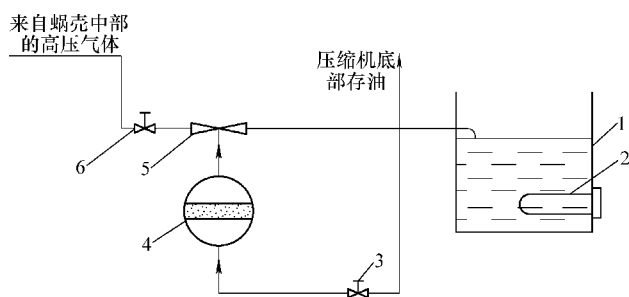


图 3-16 油引射回收装置

1—油槽 2—电加热器 3、6—波纹管阀 4—过滤器 5—油引射喷嘴

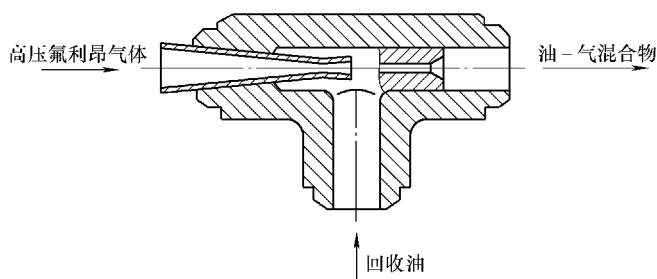


图 3-17 油引射喷嘴

#### 四、离心式制冷压缩机的能量调节

离心式制冷压缩机在运行过程中为了适应空调负荷的变化和安全经济运行，需要对其制冷量进行调节。离心式制冷压缩机制冷量的调节方法主要有如下几种。

##### （一）吸气节流调节法

用改变压缩机吸气截止阀的开度，对压缩机吸入的蒸气进行微量节流的方法来调节压缩机的排气量。这种调节方法可使压缩机的制冷量有较大范围（60% ~ 100%）的变化。

##### （二）转速改变调节法

对于可以改变转速的离心式制冷压缩机，可以采用改变主机转速的方法来进行制冷量的调节。当转速在 100% ~ 80% 范围内变化时，制冷量在 100% ~ 50% 的范围内变化。

##### （三）进口导流叶片角度调节法

将设置在压缩机叶轮前进口导流叶片的角度发生改变时，即改变了制冷剂蒸气进入叶轮的速度和方向，从而使叶轮所产生的能量发生变化，改变了压缩机的制冷量。这种调节方法制冷量可以在 25% ~ 100% 范围内变化。

##### （四）冷却水量调节法

离心式制冷压缩机制冷量的调节也可以通过改变冷却水量的方法进行。当冷却水量减小时，冷却水带走的热量也少，使压缩机的冷凝温度升高，也可使其制冷量

减少。

### (五) 旁通热蒸气调节法

旁通热蒸气调节法也称反喘振调节法,即通过在压缩机进气和排气管之间设置的旁通管路和旁通阀,使一部分高压气体通过旁通管返回到压缩机进气管,达到减少压缩机排气量以改变其制冷量的目的。在使用此种方法进行制冷量调节时,要注意不能使旁通的气体过多,以免造成排气温度过高,导致压缩机损坏。所以在调节时,必须在旁通阀后喷入液体制冷剂,使旁通气体降温,保证压缩机能正常运行。

冷却水量调节法和旁通热蒸气调节法的经济性很差,一般情况下不使用,只有在需要很小的制冷量时才采用。

## 第三节 螺杆式制冷压缩机

### 一、螺杆式制冷压缩机的分类与结构

螺杆式制冷压缩机可分为开启式、半封闭式和全封闭式三种基本类型。

螺杆式制冷压缩机的基本结构如图 3-18 所示。

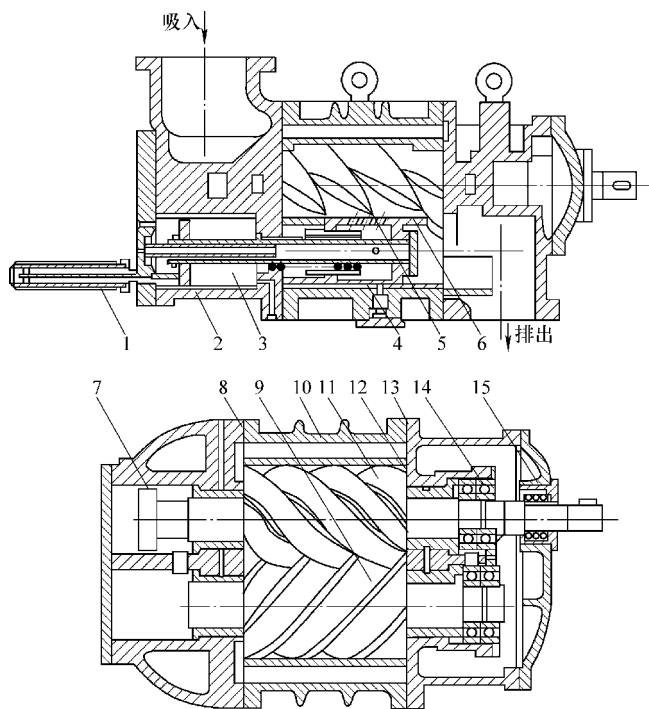


图 3-18 螺杆式制冷压缩机

- 1—负荷指示器 2—油活塞 3—液缸 4—导向块 5—喷油孔  
6—卸载滑阀 7—平衡活塞 8—吸气端坐 9—阴转子 10—气缸  
11—阳转子 12—滑动轴承 13—排气端坐 14—推力轴承 15—轴封

它是由转子、机体、吸排气端盖、滑阀、主轴承、轴封、平衡活塞等主要零件组成的。机体内部呈“∞”字形，水平配置两个按一定传动比反向转动的螺旋形的转子：一个为凸齿，称阳转子；另一个为齿槽，称阴转子。

转子的两端安放在主轴承中，径向载荷由滑动轴承承受，轴向载荷大部分由设在阳转子一端的平衡活塞所承受，剩余的载荷由转子另一端的推力轴承承受。

机体气缸的前后端盖上设有吸气、排气管和吸气、排气口。在阳转子伸出端的端盖处，安装有轴封。机体下部设有排气量调节机构——滑阀，还设有气缸喷油用的喷油孔（一般设置在滑阀上）。

## 二、螺杆式制冷压缩机的工作原理

螺杆式制冷压缩机的工作过程如图 3-19 所示。

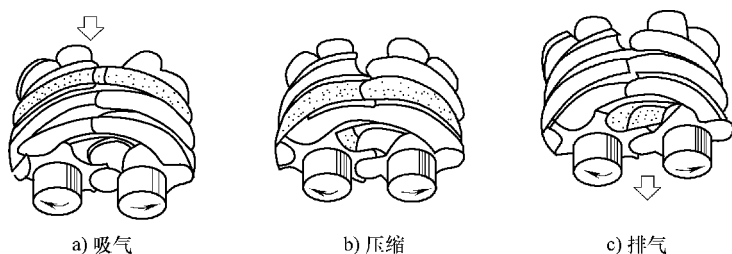


图 3-19 阴阳转子啮合齿间的基元容积变化过程

图 3-19 中上部为吸气端，下部为排气端，在理想工作状态下它有三个工作过程，即吸气过程、压缩过程和排气过程。当转子上部一对齿槽和吸气口连通时，由于螺杆回转啮合空间容积不断扩大，来自蒸发器的制冷剂蒸气由吸气口进入齿槽，即开始了进行吸气过程，如图 3-19a 所示。随着螺杆的继续旋转，吸气端盖上的齿槽被齿的啮合所封闭，即完成了吸气过程。随着螺杆继续旋转，啮合空间的容积逐渐缩小，气体就进入压缩过程，如图 3-19b 所示。当啮合空间和端盖上的排气口相通时，压缩过程结束。随着螺杆的继续旋转，啮合空间内的被压缩气体通过排气口将压缩后的制冷剂蒸气排入至排气管道中（见图 3-19c），直至这一空间逐渐缩小为零，压缩气体全部排出，排气过程结束。随着螺杆的不断旋转，上述过程将连续、重复地进行，制冷剂蒸气就连续不断地从螺杆式制冷压缩机的一端吸入，从另一端排出。

螺杆式制冷压缩机在实际运行中，为保证其安全运行，均组成机组形式，如图 3-20 所示。

螺杆式制冷压缩机机组除制冷压缩机本身外，还包括油分离器、油过滤器、油冷却器、油泵、油分配管、能量调节装置等。概括起来机组系统包括制冷系统和润滑系统两部分。

螺杆式制冷压缩机机组制冷系统的工作过程是：来自蒸发器的制冷剂蒸气，经



过滤器、吸气止回阀进入吸入口。制冷压缩机的一对转子由电动机带动旋转,润滑油由滑阀在适当位置喷入,油与气在气缸中混合。油气混合物被压缩后经排气口排出,进入油分离器。由于油气混合物在油分离器中的流速突然下降,以及油与气的密度差等作用,使一部分润滑油被滞留在油分离器底部,另一部分油气混合物通过排气止回阀进入二次油分离器中,进行二次分离,再将制冷剂蒸气送入冷凝器中。

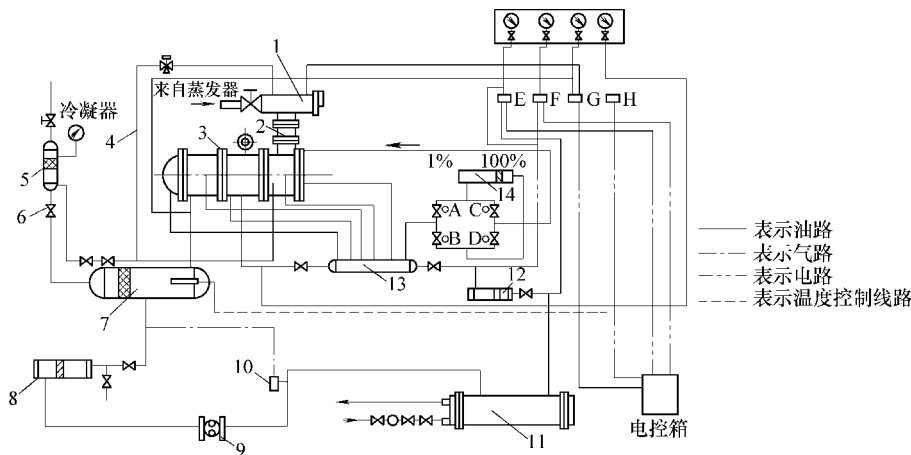


图 3-20 螺杆式制冷压缩机机组系统

- 1—过滤器 2—吸气止回阀 3—螺杆式制冷压缩机 4—旁通管路 5—二次油分离器  
6—排气止回阀 7—油分离器 8—油粗过滤器 9—油泵 10—油压调节阀  
11—油冷却器 12—油精过滤器 13—油分配管 14—油缸  
A、B、C、D—电磁阀 G、E—压差控制器 F—压力控制器 H—温度控制器

系统中设置吸气止回阀的目的是防止制冷压缩机因停机时转子倒转而使转子产生齿损。设置排气止逆阀的目的是防止制冷压缩机停机后,因高压气体倒流而引起机组内的高压状态。设置旁通管路的作用是当制冷压缩机停机后,电磁阀开启,使存在于机腔内压力较高的蒸气通过旁通管路泄至蒸发系统,让机组处于低压状态下,便于再次起动。系统上压差控制器的作用是控制系统的高压及低压的压力。

### 三、螺杆式制冷压缩机的润滑方式

螺杆式制冷压缩机一般采用喷油式压力润滑,即在制冷压缩机工作过程中,通过油泵将润滑油喷射至两螺杆工作部位及其他需要润滑的部位。其目的有四个:一是带走压缩过程中所产生的压缩热,使压缩过程接近于等温压缩,降低排气温度,从而防止机件受热变形;二是向气缸内喷入润滑油,可使转子之间及转子与气缸之间得到密封,减少内部的泄漏;三是对螺杆杆式制冷压缩机的运动部件起润滑作用,提高零部件的寿命,以达到长期、经济、安全地运行;四是使螺杆式制冷压缩机的结构简化,对降低运转噪声有一定作用。

螺杆式制冷压缩机润滑系统的工作过程是:储存在油分离器下部的温度较高的



润滑油，经油粗过滤器过滤后，被油泵加压送到油冷却器。在油冷却器中，润滑油被冷却水冷却降温后进入油精过滤器，经精过滤器进行精过滤后，被送入油分配管，再被分别送到轴封、滑阀喷油孔、前后主轴承、平衡活塞、四通电磁阀（能量调节装置）中。

送入轴封、前后主轴承、四通电磁换向阀的润滑油，经机体内油孔返回到低压侧。部分润滑油与制冷剂蒸气混合后，由制冷压缩机压到油分离器中。转子机腔中的油气混合物，被排至油分离器进行油气分离，分离后的润滑油积存在油分离器的下部，再循环使用，二次分离器中的润滑油，一般应定期放回制冷压缩机的低压侧。

#### 四、螺杆式制冷压缩机的能量调节

螺杆式制冷压缩机的能量调节一般是依靠滑阀来实现的。滑阀的结构如图3-21所示，它安装在螺杆式压缩机排气一侧的气缸两内圆的交点处，其表面组成气缸内表面的一部分，滑阀底面与气缸底部支撑滑阀的平面相贴合，使滑阀可以做平行于气缸轴线的移动。滑阀杆一端连接滑阀，另一端连接油缸内的活塞，依靠油缸活塞两边油压差，使滑阀移动。当滑阀移动而把回流口打开时，转子啮合齿槽吸入的气体一部分经回流口返回到吸入腔，从而使压缩机的排气量减少。能量调节机构中的油缸中的压力油来自压缩机的润滑系统。当油缸的进出油路均被关闭时，油缸内的活塞即停止移动，滑阀就停在某一位置上，压缩机即在某一排气量下工作。

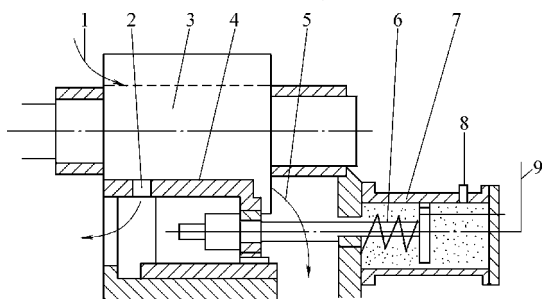


图 3-21 螺杆式制冷压缩机的能量调节机构

- 1—吸入口 2—回流口 3—转子 4—滑阀  
5—排出口 6—油缸 7—平衡弹簧  
8—进油口 9—负荷指示杆

螺杆式制冷压缩机的能量调节机构同时也是一个起动卸载机构。当制冷压缩机起动时，油压尚未建立，回流口处于开启位置，从而实现其卸载起动的目的。滑阀的移动可以通过电动或液压传动的方式，根据吸气压力或温度变化来进行能量调节。滑阀同油缸的活塞连成一体，由油泵供油推动油缸活塞带动滑阀移动。一般是通过四通电磁阀控制进油方向来达到能量调节目的的。

### 第四节 溴化锂吸收式制冷机

#### 一、溴化锂吸收式制冷的原理

吸收式制冷系统是指以溴化锂制冷机为主体的制冷装置。溴化锂吸收式制冷机

以热能为动力,由发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、溶液泵和节流阀等部件组成。

溴化锂吸收式制冷机中通常由两种不同沸点的溶液组成二元溶液,二元溶液中低沸点的溶液称为制冷剂,高沸点的溶液称为吸收剂,制冷剂和吸收剂统称为“工质对”。即在溴化锂吸收式制冷机中的工质对为水-溴化锂,水作为制冷剂,溴化锂作为吸收剂。

溴化锂吸收式制冷机工作原理如图 3-22 所示。

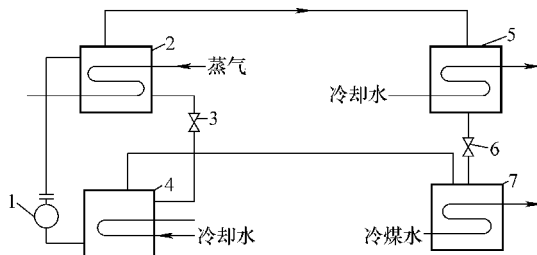


图 3-22 溴化锂吸收式制冷机工作原理

1—屏蔽泵 2—发生器 3—减压阀 4—吸收器 5—冷凝器  
6—节流阀 7—蒸发器

吸收器中溴化锂稀溶液由屏蔽泵输送到发生器中,被加热后,从稀溶液中分离出制冷剂蒸气,在压差作用下进入冷凝器中,被冷却为冷剂水,经节流阀节流后,进入蒸发器,吸收冷媒水的热量后,成为蒸汽。发生器中的浓溶液在重力作用下回流,经减压阀减压后成为溴化锂蒸气,吸收来自蒸发器的蒸汽,成为混合蒸气,经冷却水冷却后,变成溴化锂稀溶液,又被屏蔽泵输送到发生器中,进行再循环。

## 二、溴化锂吸收式制冷机的分类

溴化锂吸收式制冷机组的分类方法很多,主要可以按以下几种方法分类。

- 1) 按溴化锂吸收式制冷机使用的能源分可以分为蒸气型、热水型、直燃型、太阳能型。
- 2) 按溴化锂吸收式制冷机使用能源被利用程度分可分为单效型、双效型。
- 3) 按溴化锂吸收式制冷机中各换热器布置情况分可分为单筒型、双筒型、三筒型。
- 4) 按溴化锂吸收式制冷机的应用范围分可分为冷水型、温水型。
- 5) 按溴化锂吸收式制冷机的综合方法分可分为蒸气单效型、蒸气双效型、直燃型冷温水机组。

## 三、溴化锂吸收式制冷机组的形式和基本参数

### (一) 溴化锂吸收式制冷机组的形式

溴化锂吸收式制冷机组的形式可分为单效机组(XZ)、双效机组(SXZ)、热

水机组（RXZ）、燃油型（ZXY）和燃气型（ZXQ）。

（二）溴化锂吸收式制冷机组的基本参数

1. 蒸气型溴化锂吸收式制冷机组名义工况和性能指标见表 3-3。

表 3-3 蒸气型溴化锂吸收式制冷机组名义工况和性能指标

名义 工 况						性能指标
机组代号	蒸气压力 (表)/MPa	冷媒水出口 温度/℃	冷却水进口 温度/℃	名义制冷量 范围/kW	单位制冷量冷 却水流量 /(m <sup>3</sup> /kW)	单位制冷量蒸气消耗量 /(kg/kW)
XZ	0.10	7	32	125 ~ 6300	0.289	2.35
SXZ	0.25	13				1.45
	0.40	7				1.35
		10				
	0.60	7				1.30
		10				
	0.8	7				

2. 直燃型溴化锂吸收式制冷机组名义工况和性能指标见表 3-4。

表 3-4 直燃型溴化锂吸收式制冷机组名义工况和性能指标

项    目		制    冷	制    热	
冷媒水出口温度		7	—	
冷媒水进、出口温差		5		
冷却水进口温度		32		
单位制冷量冷却水流量		m <sup>3</sup> /（kW·h）	0.260	
单位制热量的 燃料消耗量	轻柴油	kg/（kW·h）	0.077	0.093
	重油		0.079	0.095
	煤气	m <sup>3</sup> （kW·h）	0.221	0.271
	天然气		0.91	0.112

四、蒸气式单效溴化锂吸收式制冷机

（一）单效溴化锂制冷机的工作原理

图 3-23 所示为单效溴化锂吸收式制冷机的工作原理示意图。机组运行时，在发生器中的溴化锂被热源加热后，溶液中的制冷剂变成蒸汽流入冷凝器中，在冷凝器中向冷却水放出热量后，凝结成冷剂水，冷剂水经节流装置节流后流入蒸发器中蒸发，吸收蒸发器中冷媒盘管中冷媒水的热量后变成蒸汽，进入吸收器中被从发生器回来的溴化锂浓溶液吸收，变成溴化锂稀溶液，然后经发生器中，从而完成循环过程。

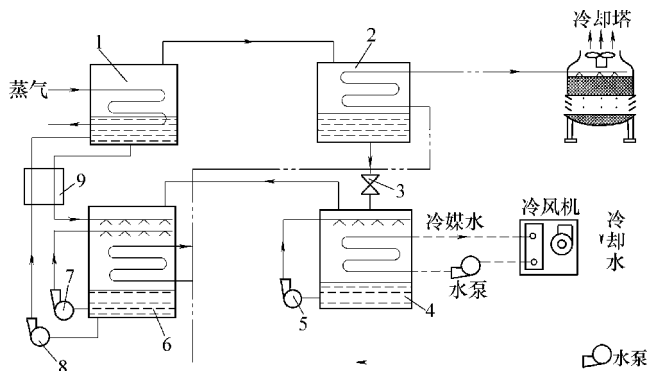


图 3-23 单效溴化锂吸收式制冷机的工作原理

1—发生器 2—冷凝器 3—节流阀 4—蒸发器 5—蒸发器  
6—吸收器 7—吸收泵 8—发生泵 9—溶液热交换器

## （二）单效双筒溴化锂制冷机组的工作流程

图 3-24 是一台单效双筒溴化锂制冷机组的工作流程示意图。

单效溴化锂吸收式制冷机组是由发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、溶液热交换器以及吸收和发生泵溶液泵、阀门、管道等组成。

机组工作时，发生器与冷凝器中的压力较高，将两者密封在一个筒体内，称为高压筒；而蒸发器和吸收器内的压力较低，也将两者密封在一个筒体内，称为低压筒。在机组的布置上将高压筒设置在上方，低压筒设置在下方，以有利于浓溶液依靠重力与压力差的作用自动从发生器回流至吸收器，在高、低压筒之间通过管道进行连接。

单效溴化锂吸收式制冷机组的工作过程如下：

1) 发生过程：在发生器中，浓度较低的溴化锂溶液被蒸气加热，温度升高，并在发生压力下沸腾，制冷剂蒸气从溶液中逸出，溶液被浓缩，这一过程称为发生过程。

2) 冷凝过程：在发生器内，稀溶液中析出的制冷剂蒸气进入冷凝器中，淋洒在冷凝器内冷却水管簇外表面释放出凝结热，凝结成冷剂水，这一过程称为冷凝过

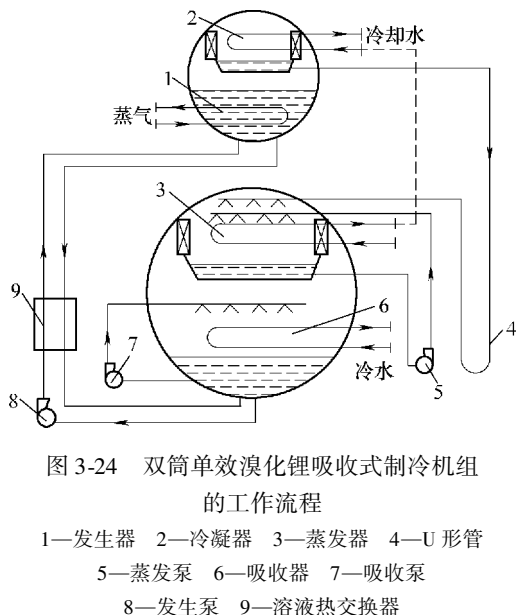


图 3-24 双筒单效溴化锂吸收式制冷机组的工作流程

1—发生器 2—冷凝器 3—蒸发器 4—U形管  
5—蒸发器泵 6—吸收器 7—吸收器  
8—发生泵 9—溶液热交换器

程。凝结过程中放出的凝结热由冷却水携带排出。

3) 节流过程：冷凝过程产生的制冷剂水，通过 U 形管节流入蒸发器中。U 形管不仅起到控制制冷剂流量和维持上、下筒压力差的作用，而且还起到一定的水封作用，防止上、下筒压力串通，破坏上、下筒之间的压力差，这一过程称为节流过程。

4) 蒸发过程：进入蒸发器的制冷剂水，由于压力急剧下降，一部分制冷剂水即刻闪发，使蒸发器内部温度降低。没有闪发的制冷剂水经蒸发器内冷媒水管管簇外表面向下流淌，积聚在蒸发盘内，由蒸发器泵输送并喷淋在蒸发器内冷媒管管簇的外表面，吸收通过蒸发器冷媒管簇内冷媒水的热量后蒸发为制冷剂蒸气，这一过程称为蒸发过程。

5) 吸收过程：发生器内的溴化锂稀溶液由于发生出制冷剂蒸气而形成温度较高的浓溶液，依靠上、下筒的压力差和溶液本身的重量，流经热交换器被低温稀溶液吸热降温后，自流进入吸收器，与吸收器中的溶液混合或中间浓度的浓溶液，由吸收器泵输送并喷淋到吸收器管簇外，吸收从蒸发器出来的制冷剂蒸气后，使溶液浓度降低，这一过程称为吸收过程。过程中放出的吸收热，被通过吸收器管簇内冷却水带走。

## 五、蒸气式双效溴化锂吸收式制冷机

### (一) 双效溴化锂制冷机组的工作原理

双效溴化锂吸收式制冷机组其工作原理，如图 3-25 所示。

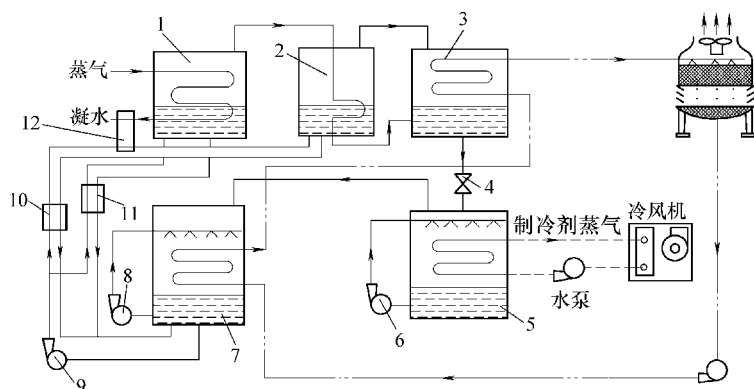


图 3-25 双效溴化锂吸收式制冷机的工作原理

- 1—高压发生器 2—低压发生器 3—冷凝器 4—节流阀 5—蒸发器  
6—蒸发泵 7—吸收器 8—吸收泵 9—发生泵 10—低温溶液  
热交换器 11—高温溶液热交换器 12—凝水器

双效溴化锂制冷机组工作时，在高压发生器中的稀溶液被热源加热，在较高的压力下产生制冷剂蒸气，因为该蒸气具有较高的饱和温度，其冷凝过程中放出的

潜热还可以被利用。所以制冷剂蒸气又被通入低压发生器中作为热源来加热低压发生器中的溶液。散出大量潜热后与低压发生器中产生的制冷剂蒸气一起送入到冷凝器中，向冷却水散出热量后凝结成制冷剂水。制冷剂水经节流装置节流后进入蒸发器中蒸发制冷。吸收冷媒热量后变为制冷剂蒸汽在吸收器中被从高、低压发生器中回来的溴化锂浓溶液吸收，变为溴化锂稀溶液。然后再由发生泵通过高、低温溶液热交换器和凝水器分别送入高、低压发生器中。从而完成工作循环过程。由于在循环过程中热源的热能在高压和低压发生器中得到了两次利用，因此称为双效溴化锂吸收式制冷机。

## (二) 双效溴化锂吸收式制冷机组工作流程

双效溴化锂吸收式制冷机根据稀溶液进入高、低温热交换器的方式，分为串联式流程和并联式流程两种。图 3-26 为双效并联式流程溴化锂吸收式机组的工作流程示意图。

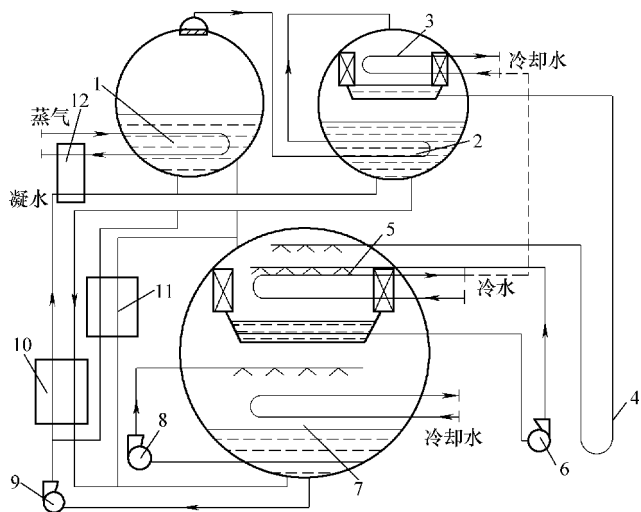


图 3-26 三筒双效溴化锂制冷机组的工作流程

- 1—高压发生器 2—低压发生器 3—冷凝器 4—U形管 5—蒸发器  
6—蒸发泵 7—吸收器 8—吸收泵 9—发生泵 10—低温溶液  
热交换器 11—高温溶液热交换器 12—凝水器

双效溴化锂吸收式制冷机组是由高压发生器、低压发生器、冷凝器、U形管、蒸发器、蒸发泵、吸收器、吸收泵、发生泵、低温溶液热交换器、高温溶液热交换器、凝水器和管道等组成。

机组的高、低压发生器制成两个筒体，称为高压发生器和低压发生器。来自吸收器的溴化锂稀溶液被分别送入其中。工作时，高压发生器中产生的制冷剂蒸气送入低压发生器中，作为热源给低压发生器中溴化锂稀溶液加热，制冷剂蒸气放热后成为



冷剂水与低压发生器中产生的冷剂蒸气一起进入冷凝器中冷却成为冷剂水后, 经 U 形管节流后进入蒸发器中蒸发, 吸收冷媒水热量后, 又变为蒸气, 在压力差的作用下, 又流回吸收器中继续循环。

### 六、热水式单效溴化锂吸收式制冷机

热水型溴化锂冷水机组按照水温度的高低可分为高温热水型和低温热水型; 按循环的流程可分为单级热水型和双级热水型; 按能源利用的程度可分为单效型、双效型和多效型等。热水型溴化锂冷水机组按其结构的组合方式可分为单筒型、双筒型和三筒型。双级热水型溴化锂制冷机组一般做成上下两筒式。第一、第二发生器, 冷凝器, 第一吸收器为上筒体, 其余为下筒体, 热交换器放在两侧。

图 3-27 为双吸热水型溴化锂制冷机的工作原理图。其工作过程是分成高压循环和低压循环两个过程。在高压循环中, 第一发生器泵将第一吸收器中的稀溴化锂溶液经第一热交换器进行热交换, 升温后送至第一发生器中, 被加热后产生的冷剂蒸气进入冷凝器中被冷却成冷剂水后, 流入蒸发器中蒸发。在第一发生器中放出冷剂蒸气的浓溶液经第一热交换器又回到第二发生器中。

在低压循环中, 第二发生器泵将第二吸收器中的溴化锂溶液经第二热交换器升温后抽至第二发生器中被加热后, 放出的冷剂蒸气进入第一吸收器中, 向冷却水放出冷凝热, 再与从第一发生器中回来的浓溶液混合, 生成稀溶液, 从而提高了第一发生器中稀溶液的放气范围, 达到机组的制冷效果。在蒸发器中吸收了冷媒水热量后又成为水蒸气, 被从第二发生器回来的浓溶液吸收, 放出冷凝热后, 又成为稀溶液, 进入往复循环中。

热水型机组使用的热水一般为  $90 \sim 95^{\circ}\text{C}$ , 可制取  $7^{\circ}\text{C}$  左右的冷媒水。

### 七、直燃式单效溴化锂吸收式制冷机

直燃型溴化锂吸收式冷水机组简称直燃机。直燃机是采用燃油或燃气产生的热量为热源生产供吸收式制冷用的热源热水和供洗浴用的卫生热水。

#### (一) 直燃型溴化锂冷水机组的工作原理

直燃机是在蒸气型溴化锂冷水机组的基础上增加热源设备而组成的。直燃型溴化锂冷(热)水机组的结构和工作原理如图 3-28 所示。

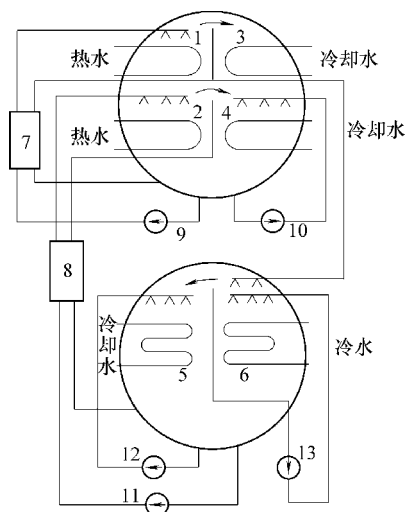


图 3-27 双级热水型溴化锂制冷机工作原理图

- 1—第一发生器 2—第二发生器 3—冷凝器
- 4—第一吸收器 5—第二吸收器 6—蒸发器
- 7—第一热交换器 8—第二热交换器
- 9—第一发生器泵 10—第一吸收器泵
- 11—第二发生器泵 12—第二吸收器泵
- 13—蒸发器泵



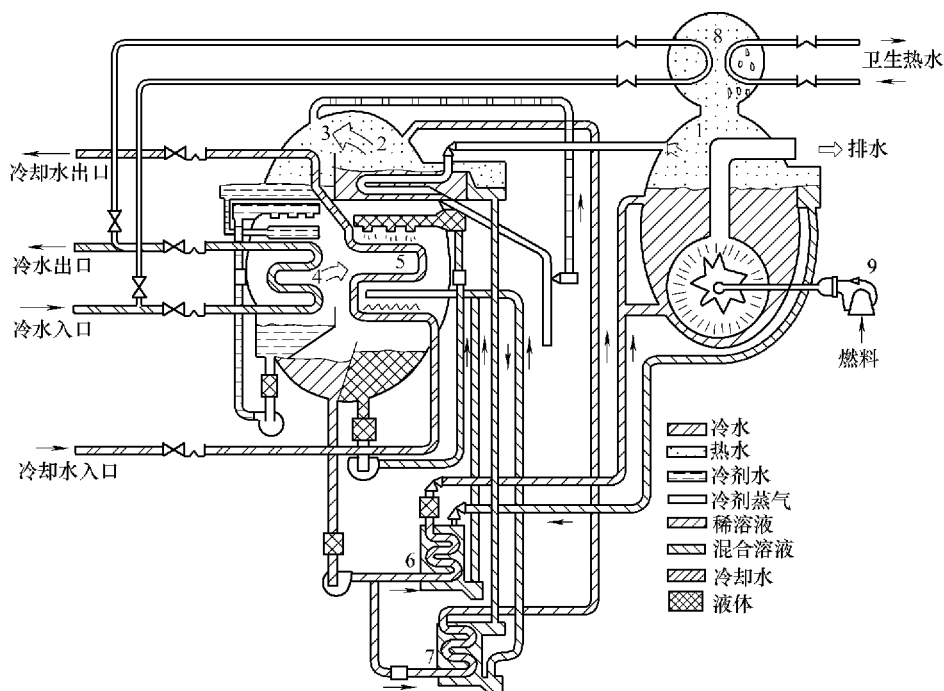


图 3-28 直燃溴冷（热）水机制冷原理图

- 1—高压发生器（压力 93.3kPa） 2—低压发生器（压力 8.0kPa） 3—冷凝器（压力 7.3kPa）  
 4—蒸发器（压力 0.86kPa） 5—吸收器（压力 0.84kPa） 6—高温热交换器  
 7—低温热交换器 8—热水器 9—燃烧机

机组的主要部件为高压发生器、低压发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、高温热交换器、低温热交换器和热水器等。

1. 高压发生器 直燃机的高压发生器是由内筒体、外筒体、前管板、后管板、螺纹烟管及前、后烟箱等组成。燃烧机从前管板插入内筒体，喷出火焰（约 1400℃），使内筒体及烟管周围的溴化锂稀溶液沸腾，产生制冷剂蒸气，同时使溶液浓缩，产生的制冷剂蒸气进入低压发生器，而浓溶液经高温热交换器进入吸收器。

2. 低压发生器 直燃机的低压发生器是由折流板及前后水室组成。由高压发生器产生的制冷剂蒸气进入前水室，将铜管外侧的溴化锂稀溶液加热，使其沸腾产生制冷剂蒸气，同时使溶液浓缩。制冷剂蒸气进入冷凝器，而浓缩后的溶液经低温热交换器进入吸收器。同时铜管内的蒸气被管外溶液冷凝后，经过一内节流阀（针阀），流进冷凝器。

3. 冷凝器 直燃机的冷凝器是由铜管及前后水盖组成的，冷却水从后水盖流进铜管内，使管外侧的来自高压发生器的制冷剂水冷却和来自低压发生器的制冷剂蒸气冷凝；而冷却水从铜管流经前水盖进入冷却塔。冷却水带走了高压发生器、低压发生器的热量（即燃烧产生的热量）。

4. 蒸发器 直燃机的蒸发器是由铜管、前后水盖、喷淋盘、水盘、制冷剂泵组成的。由空调系统来的冷媒水从水盖进入铜管 ( $12^{\circ}\text{C}$ )，而管外来自冷凝器的制冷剂水由于淋漓于铜管上获得热量而蒸发，部分没完全蒸发的制冷剂水回落到水盘中，被制冷剂泵吸入再次送入喷淋盘中循环，使其蒸发。冷媒水温可降至  $7^{\circ}\text{C}$  左右。

5. 吸收器 直燃机的吸收器是由铜管、前后水盖及喷淋盘、溶液箱、吸收泵和发生泵组成的。从冷却塔来的冷却水从水盖进入铜管，使喷淋在管外的来自高、低压发生器的浓溶液冷却。由于溴化锂溶液在一定温度和浓度条件下（如浓度为 63%，温度为  $40^{\circ}\text{C}$  时）具有极强的吸收水分的性能，它大量吸收由同一空间的蒸发器所产生的制冷剂蒸气，并将其吸收的汽化热由冷却水带走，使溴化锂溶液变成稀溶液，由发生泵送入高、低压发生器中进行循环。

6. 高、低温热交换器 直燃机的高、低温热交换器是由铜管、折流板及前、后液室组成，分为稀溶液侧和浓溶液侧。其作用是使稀溶液升温，使浓溶液降温，以达到节省燃料、减少冷却水负荷、提高吸收效果的目的。

7. 热水器 直燃机的热水器实质上是一个壳管式气水换热器，使高压发生器产生的蒸气进入热水器进行热交换，以加热供机组使用的热水和卫生热水，而蒸气自身冷凝成液体后又回流到高压发生器中。

直燃型溴化锂机组的供暖可分为两种形式。

一是主体供暖。燃烧机燃烧加热高压发生器中的溴化锂溶液，分离出来的蒸气直接进入蒸发器，加热其内部管道中的供暖水后自身被冷凝成液态，与高压发生器中产生的溶液混合，生成稀溴化锂溶液进行再循环。

二是热水器供暖。其工作原理如图 3-29 所示。

高压发生器产生的蒸气直接进入热水器进行气水换热，加热盘管中的供暖水自身被冷凝成液态回到高压发生器。这种热交换方式可以提高水温达  $95^{\circ}\text{C}$  左右，可用于暖气片供暖。

## （二）直燃式溴化锂制冷机参数

（1）冷媒水额定出口温度  $7^{\circ}\text{C}$ ，冷媒水额定入口温度  $12^{\circ}\text{C}$ ，冷媒水最低允许出口温度  $7^{\circ}\text{C}$ 。

（2）冷却水额定出口温度  $37.5^{\circ}\text{C}$ ，冷却水额定入口温度  $32^{\circ}\text{C}$ 。

（3）冷却水允许初始最低入口温度  $14^{\circ}\text{C}$ ，冷却水允许运转入口温度  $24 \sim 38^{\circ}\text{C}$ 。

（4）温水额定出口温度  $65^{\circ}\text{C}$ ，温水额定入口温度  $57^{\circ}\text{C}$ 。

（5）卫生热水额定出口温度  $60^{\circ}\text{C}$ ，温水额定入口温度  $44^{\circ}\text{C}$ 。

（6）冷媒水、冷却水、温水、卫生热水压力限制为  $0.8\text{MPa}$ 。

（7）冷媒水、冷却水、温水、卫生热水污垢系数为  $0.86 \times 10^{-4} \text{m}^2\text{C}/\text{kW}$ 。

（8）制冷额定排气温度： $210^{\circ}\text{C} \times (\pm 10\%)$ ，采暖额定排气温度： $180^{\circ}\text{C} \times (1 \pm 10\%)$ 。

- (9) 冷媒水允许流量调节范围为 70% ~ 120%。
- (10) 冷却水允许流量调节范围为 30% ~ 120%。
- (11) 温水、卫生热水允许流量调节范围为 50% ~ 150%。
- (12) 制冷量自动调节范围为 20% ~ 100%，燃料自动调节范围为 30% ~ 100%。
- (13) 制热量自动调节范围为 30% ~ 100%，燃料自动调节范围为 30% ~ 100%。

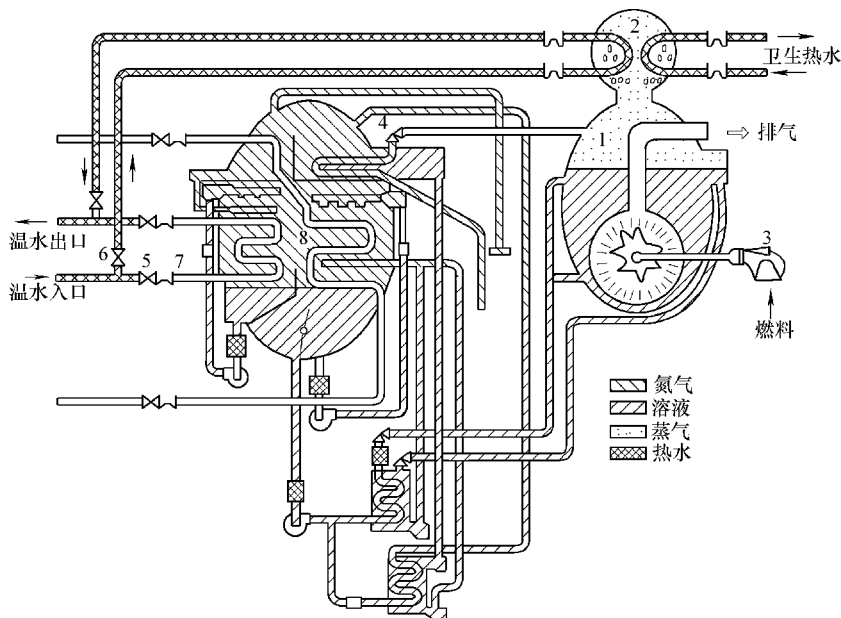


图 3-29 直燃机热水器采暖工作原理图

1—高压发生器 2—热水器 3—燃烧机 4—真空角阀（关） 5—冷水阀（关）  
6—温水阀（开） 7—软接头 8—主体（停止运转，充氮封存）

## 八、溴化锂吸收式制冷机的能量调节

溴化锂吸收式制冷机的制冷量调节，又称为能量调节。其目的就是使制冷量与冷负荷相适应。能量调节的方法有如下几种。

### （一）冷却水量调节法

根据冷媒水出口温度，调节冷却水管上的三通调节阀或普通调节阀，调节冷却水的供应量。即当外界负荷降低时，蒸发器出口冷媒水温度会下降，减少冷凝器的冷却水量，使冷剂水量相应地减少，使制冷量下降，达到控制冷媒水出口温度的目的。

### （二）加热蒸气量调节法

根据冷媒水出口温度的变化,调节蒸气阀的开启度,控制加热蒸气的供应量,以达到调节制冷量的目的。减少制冷量时,减少蒸气阀的开启度,使发生器中冷剂蒸气减少,制冷量就随之减少。反之当增加蒸气供应量时,冷剂蒸气就增加,制冷量也随之增加。

#### (三) 加热蒸气凝结水量调节法

根据冷媒水出口温度,调节加热蒸气凝结水调节阀,调节凝结水的排出量,以达到调节制冷量的目的。当减少凝结水排出量时,发生器管内的凝结水会逐渐积存起来,使其有效的传热面积减少,使产生的冷剂蒸气减少,达到调节制冷量的目的。

#### (四) 稀溶液循环量调节法

根据冷媒水出口温度,通过控制安装在发生器与吸收器的稀溶液管上的三通调节阀,使一部分稀溶液旁通流向浓溶液管,改变稀溶液循环量,从而实现制冷量的调节。

#### (五) 稀溶液循环量与蒸气量调节组合调节法

这种方法是根据冷媒水出口温度,当要调节的制冷量在 50% 以上时,采用加热蒸气量调节法来调节制冷量;当要调节的制冷量在 50% 以下时,同时采用稀溶液循环量调节和加热蒸气量调节法进行制冷量的调节,这样可获得良好的效果。

## 第五节 制冷系统的辅助设备

### 一、冷凝器的分类与特点

冷凝器按冷却方式可分为水冷式、空气冷却式等类型。用于中央空调冷源机组的冷凝器主要有水冷式中的卧壳管式、套管式及空气冷式。卧壳管式冷凝器结构如图 3-30 所示。冷凝器采用水平放置,主要结构为钢板卷制成的筒体,筒体两端焊有固定冷却管,冷却水管采用胀接或焊接在管板上。为提高冷却水在管内的流速,在冷凝器的端盖上设计有隔板,使冷却水在壳体内多流程,快流速。

制冷剂蒸气从冷凝器壳体上部进入,与冷却水管中的冷却水进行热交换,并在冷却水管表面凝结为液体以后,汇集到冷凝器壳底部。

壳管式冷凝器的冷却水进、出口设在同一端盖上,来自冷却塔的低溫冷却水从下部管道流入,从上部管道流出,使冷却水与制冷剂进行充分地热交换。端盖的顶部设有排气旋塞,下部设有放水旋塞。上部的排气旋塞在充水时用来排除冷却水管中的空气,下部的放水旋塞是用来在冷凝器停止使用时,将残留在冷却水管内的水放干净,以防止冷却水管冻裂或被腐蚀。

壳管式冷凝器的工作参数为:冷却氟利昂制冷剂时,冷却水流速为  $1.8 \sim 3.0 \text{ m/s}$ ,冷却水温升一般为  $4 \sim 6^\circ\text{C}$ ,平均传热温差为  $7^\circ\text{C}$ ,传热系数为  $930 \sim 1593 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

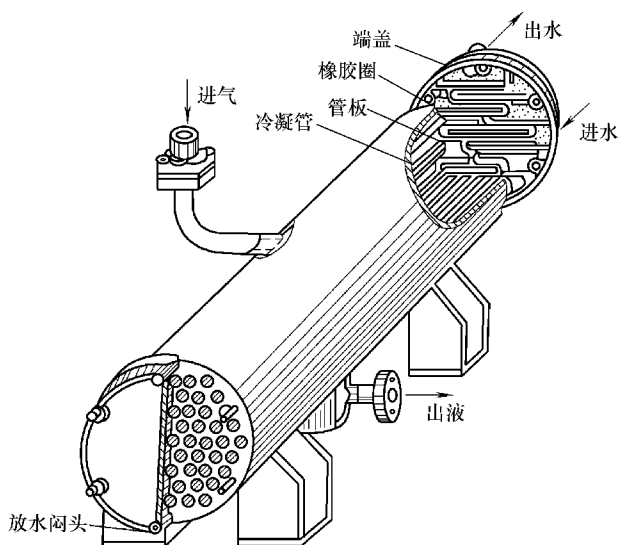


图 3-30 卧式壳管式冷凝器

套管式冷凝器结构如图 3-31 所示。它是在一根大直径的无缝钢管内套有一根或数根小直径的纯铜管（光管或低肋管），并弯制成螺旋形的一种冷凝器。

氟利昂制冷剂蒸气在套管空间内冷凝, 冷凝成为高压过冷液后从下部流出。冷却水由下部进入管内 (与制冷剂逆向流动), 吸收制冷剂蒸气放出的冷凝热以后从上部流出。由于冷却水在管内的流程较长, 所以冷却水的进出口温差较大为  $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。当水流速在  $1 \sim 2\text{m/s}$  时, 传热系数为  $900 \sim 1200\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

用于中央空调冷源机的空气冷却式（又称风冷式）冷凝器主要用于制冷量小于 60kW 的中小型氟利昂机组。这种冷凝器的典型结构如图 3-32 所示。

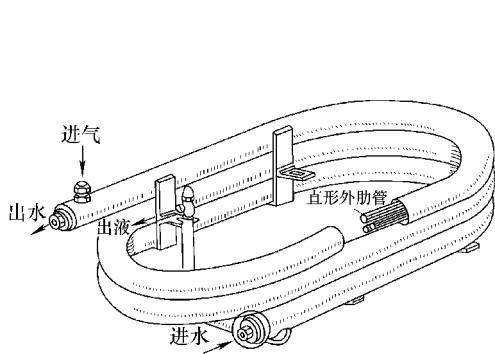


图 3-31 套管式冷凝器

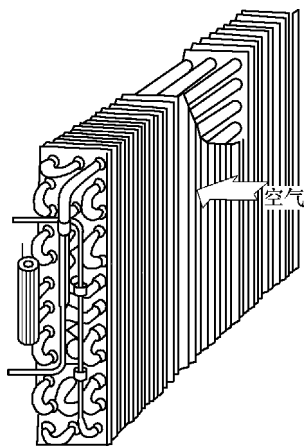


图 3-32 空气冷却式冷凝器

空气冷却式冷凝器一般用直径为  $\phi 10 \times 0.7 \sim 16 \times 1$  mm 的纯铜管弯制成蛇形盘管, 在盘管上用钢球胀接或液压胀接上铝质翅片, 采用集管并联的方式将盘管的进出口并连起来, 使制冷剂蒸气从冷凝器上部的分配集管进入每根蛇形管, 冷凝成液体后沿蛇形盘管流下, 经集液管排出。

风冷式冷凝器的主要工作参数为: 当迎风面风速为  $2 \sim 3$  m/s 时, 传热系数为  $25 \sim 5$  W/( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ), 平均传热温差  $10 \sim 15^\circ\text{C}$ , 冷凝温度一般取比空气温度高  $15^\circ\text{C}$ , 空气进出口温差一般为  $8 \sim 10^\circ\text{C}$ 。冷却盘管排数约为  $4 \sim 6$  排。

为了加强冷凝器的冷却效果, 在中央空调冷源机组中还有使用蒸发冷凝器。蒸发式冷凝器常用的有吸风式和鼓风式两种, 其结构如图 3-33 和图 3-34 所示。

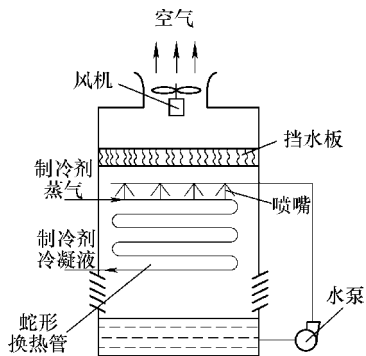


图 3-33 吸风式蒸发冷凝器

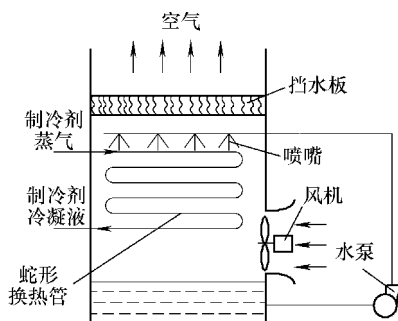


图 3-34 鼓风式蒸发冷凝器

蒸发冷凝器的冷凝过程是: 制冷剂蒸气从冷凝器盘管的上部进入到盘管中, 冷凝后的液体制冷剂从盘管下部流出。冷凝器的盘管组装在一个由钢板制成的箱体内部, 箱体的底部作为水盘, 水盘内用浮球阀保持一定的水位。冷却水由水泵送到冷凝器的盘管上部, 经喷嘴喷淋在盘管的外表面上, 在盘管表面上形成一层水膜。水膜在重力作用下向下流动, 在吸收了盘管内制冷剂的热量后, 在流动空气的共同作用下, 一部分变成了水蒸气被强迫流动的空气带走, 其余的水沿着盘管流入水盘内, 经水泵再送至喷嘴处循环使用。箱体上方的挡水板是用来阻挡空气中夹带的水滴, 以减少水量损失的。

吸风式蒸发冷凝器和鼓风式蒸发冷凝器相比, 鼓风式的使用效果要略好于吸风式。

蒸发冷凝器的主要工作参数有: 耗水量为水冷式冷凝器的  $5\% \sim 10\%$ ; 风速一般为  $3 \sim 5$  m/s, 每  $1\text{kW}$  热负荷所需风量为  $85 \sim 160\text{m}^3/\text{h}$ , 冷却水量  $50 \sim 80\text{kg}/\text{h}$ , 补充水为循环水量的  $5\% \sim 10\%$ 。

## 二、蒸发器的分类与特点

蒸发器是制冷剂与被冷却介质进行热交换的设备, 可分为两大类, 即冷却液体的蒸发器和冷却空气的蒸发器。

常用于中央空调冷源的冷却液体蒸发器有两种形式, 即卧式管壳式蒸发器和干



式蒸发器。卧式管壳式蒸发器是用来冷却如水等液体制冷剂的蒸发器。它的典型结构如图 3-35 所示。

卧式管壳式蒸发器的外壳是用钢板做成的筒体，两端焊有管板，管板上用胀接或焊接的方法将钢管或铜管管簇固定在管板上。两端的端盖上设计有分水隔板。载冷剂在管内流动，制冷剂在壳内管簇间流动。制冷剂要在蒸发器内多次往返流动，一般流程为 4~8 次，以达到与制冷剂间的充分热交换。制冷剂的进、出口设在同一个端盖上，制冷剂从端盖的下方进入，从端盖的上方流出。

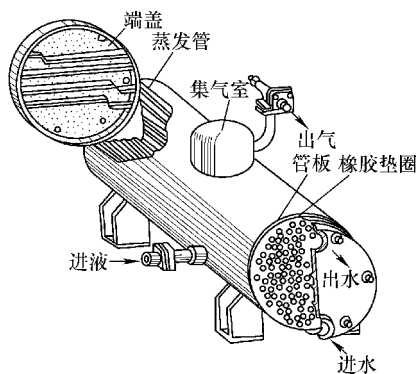


图 3-35 卧式管壳式蒸发器

经过节流后的低温低压液态制冷剂，从蒸发器的下部进入，制冷剂的液面充满蒸发器内大部分空间，通常液面稳定在壳体直径的 70%~80%。因此，又称为满液式蒸发器。在工作运行时液面上只露 1~3 排制冷剂管道，以便使制冷剂气体形成的蒸气不断上升至液面，经过顶部的集气室（又称分液包）分离出蒸气中可能挟带的液滴，成为干蒸气状态的制冷剂蒸气被压缩机吸回。

卧式管壳式蒸发器使用氟利昂为制冷剂时，多采用纯铜管作为载冷剂管道，其平均传热温差为 4~8℃，传热系数为 465~523W/(m<sup>2</sup>·℃)。载冷剂在管道内流速一般为 1~2.5m/s。与冷凝器相比，蒸发器的传热系数要小些。

干式蒸发器的结构如图 3-36 所示。

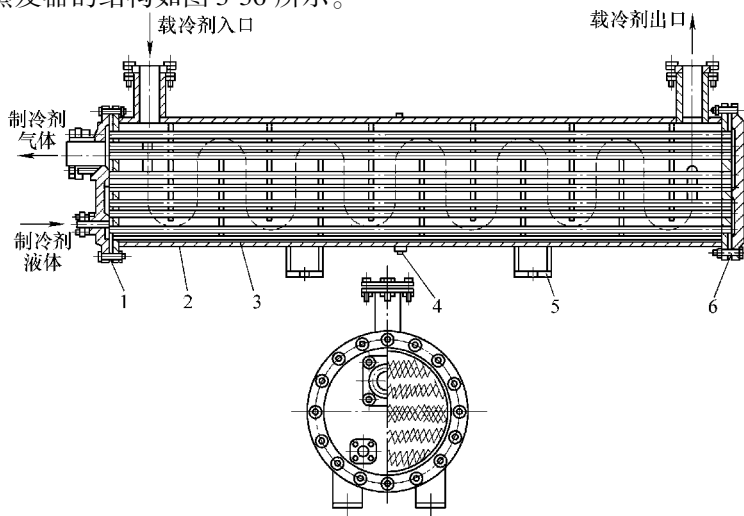


图 3-36 干式蒸发器

1—端盖 2—筒体 3—蒸发管 4—螺塞 5—支座 6—端盖



从外观上看,干式蒸发器与卧式管壳式蒸发器的结构相似,但也有不同之处。干式蒸发器中的制冷剂是在管道中流动的,而管壳式的则是在制冷剂管簇间的蒸发器壳体内流动的。

经过节流后的低温低压制冷剂液体,从前端盖的下部进入蒸发器中的管道内,往返4个流程后,变成干饱和蒸气从端盖上方被压缩机吸回。

制冷剂由壳体上方的一端进入,从另一端流出。为了提高流速以强化传热,在蒸发器的壳体内装有若干块圆缺形的折流板。全部折流板用三根拉杆固定,在相邻两块折流板之间的拉杆上装有等长度的套管,以保证折流板的间距。

干式蒸发器与卧式管壳式蒸发器相比,干式蒸发器中制冷剂的充注量比较少,一般可减少80%~85%。制冷剂在蒸发过程中因为没有自由液面,所以称其为干式蒸发器。

干式蒸发器中的换热用铜管一般选用 $\phi 12 \sim 16$ 的铜管。铜管分为光管和翅片管两种,其传热系数分别为 $523 \sim 580 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 和 $1000 \sim 1160 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。当制冷剂在管内流速大于 $4 \text{ m/s}$ 时,就可以保证将润滑油带回压缩机中。这一点要优于卧式管壳式蒸发器。

中央空调冷源使用的冷却空气的蒸发器一般为表面式蒸发器,其结构如图3-37所示。

这种蒸发器的结构多为翅片盘管式,制冷剂在盘管内蒸发,空气在风机作用下从管外流动被冷却。盘管的材料为纯铜,直径一般为 $\phi 9 \times 0.5 \sim 16 \times 1.0 \text{ mm}$ ,翅片的材料为铝片,其厚度一般在 $0.15 \sim 0.30 \text{ mm}$ ,片距为 $2.0 \sim 4.5 \text{ mm}$ 。

蒸发器的入口处安装有分离器(俗称莲蓬头),其作用是保证液态制冷剂能够均匀地分配给各路盘管,以使蒸发器的所有部分都得到充分利用。

表面式蒸发器的传热系数比较低,当空气的迎面风速为 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ 时,直接传热系数为 $30 \sim 40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

### 三、液流指示器与油冷却器

#### (一) 液流指示器

液流指示器又称视液镜,一般安装在制冷系统高压段液体流动的管道上,用来显示制冷剂液体的流动情况和制冷剂中含水量的情况。

液流指示器根据功用的不同可分为单纯功能的液流指示器和具有液流指示及制

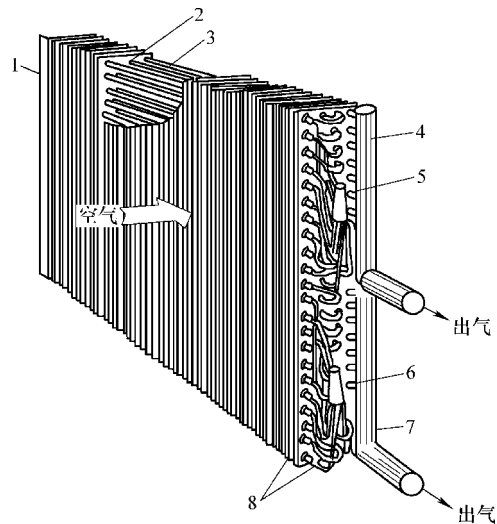


图 3-37 表面式蒸发器的结构

- 1—框架 2—肋片 3—蒸发管  
4、7—集气管 5、6—供液分液器  
8—毛细管

制冷剂含水量指示双重功能的液流指示器。当制冷压缩机运行, 制冷系统正常工作时, 可以从液流指示器中观察到制冷剂液体在管道中的流动情况, 若观察到在液流指示器中有连续的气泡出现时, 说明系统中制冷剂不足。目前, 在制冷设备中使用的多为称作含水量指示器的双重功能的液流指示器, 其结构如图 3-38 所示。

液流指示器指示制冷剂中含水量变化的原理是: 在液流指示器中装有一个纸质圆芯, 在圆芯上涂有金属盐类物质(氯化钴或溴化钴化合物)作为指示剂, 含水量不同时, 其指示剂显示的颜色会不同。当制冷剂中的含水量在安全值以下时, 指示剂呈现淡蓝色, 表示制冷剂是干燥的; 若指示剂呈现黄色时, 则表示制冷剂中的含水量已超标, 需要更换干燥过滤器中的干燥剂。

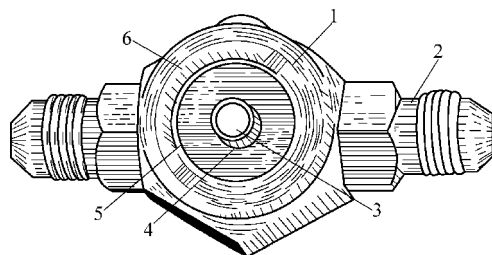


图 3-38 含水量指示器

1—壳体 2—管接头 3—纸质圆芯 4—芯柱  
5—观察镜 6—压环

制冷剂中含水量与氯化钴或溴化钴指示剂的关系见表 3-5。

表 3-5 制冷剂中含水量与氯化钴或溴化钴指示剂的关系

制冷剂	液态制冷剂温度 /℃	绿色(干燥)	黄绿(含有水分)	黄色(水分超标)
		水分含量 ppm		
R12	24	<5	5 ~ 15	>15
	38	<10	10 ~ 30	>30
	52	<20	20 ~ 50	>50
R13	24	<30	30 ~ 90	>90
	38	<45	45 ~ 130	>130
	52	<60	60 ~ 180	>180

## (二) 油冷却器

压缩机机壳内的冷冻润滑油温度一般应限制在 70 ~ 80℃。因此, 中央空调冷源中使用的大型压缩机需要设置油冷却器对冷冻润滑油进行冷却。图 3-39 所示为水冷型油冷却器。

水冷型油冷却器的内部结构与干式蒸发器相似, 冷却水的进、出口均设在端盖的一侧, 冷却水下进上出。冷冻润滑油在管壳内流动, 为提高润滑油流速, 增强换热效果, 在壳体内设计有折流板。为了提高冷却能力, 这种油冷却器也可以将冷却水换成制冷剂, 利用制冷剂的蒸发将冷冻润滑油冷却。

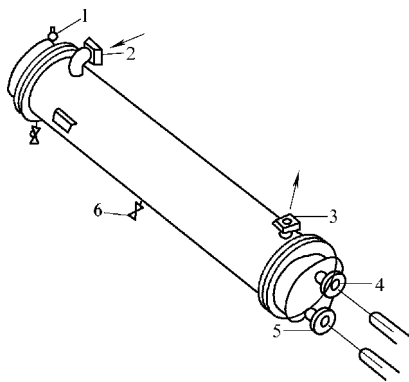


图 3-39 水冷型油冷却器

1—排空阀 2—进油管 3—出油管  
4—出水管 5—进水管 6—排油阀

油冷却器通常安装在压缩机曲轴箱或机壳底部，浸没在润滑油中使用。

#### 四、节流阀的分类与特点

节流机构是制冷系统中的重要部件之一，它的作用是将冷凝器（或储液器）中处于冷凝压力下的制冷剂液体节流后降至蒸发压力和蒸发温度，同时根据负荷的变化，调节进入蒸发器制冷剂的流量。

按节流机构在使用中的调节方式可分为手动调节的节流机构（即手动节流阀）、蒸汽过热度调节的节流机构（即热力膨胀阀）和不用调节的节流机构（即自动膨胀阀、毛细管等）。

手动节流阀又称手动调节阀或膨胀阀，用于干式蒸发器。图 3-40 所示为手动节流阀的结构。

手动调节阀是由阀体、阀芯、阀杆、填料函、压盖、上盖和手轮等零件组成的。手动节流阀的阀芯锥度较小，呈针状或 V 形缺口，以保证阀芯的升程与制冷剂流量之间保持一定的比例关系。阀杆采用细牙螺纹，以保证手轮转动时，阀芯与阀座间空隙变化平缓，便于调节日制冷剂流量。

手动节流阀工作时的开启度随负荷的大小而定，通常开启度为手轮旋转  $1/8$  或  $1/4$  圈，一般不超过一圈，否则就起不到节流的作用。

热力膨胀阀是制冷系统中调节制冷剂流量的设备。它既对制冷剂进行节流，也自动调节向蒸发器的供液量。根据结构不同，热力膨胀阀可分为内平衡式和外平衡式两种。

内平衡式热力膨胀阀的结构如图 3-41 所示。它主要由感温包、毛细管、膜片、阀座、传动杆、阀针及调节机构等组成。在感温包、毛细管和膜片之间组成了一个密闭空间，称为感应机构。感应机构内充注有与制冷系统中工质相同的物质。

内平衡式膨胀阀安装在蒸发器的进液管上，感温包敷设在蒸发器出口管道上，用以感应蒸发器出口的过热温度，自动调节膨胀阀的开度。毛细管的作用是将感温包内的压力传递到膜片上部的空间。膜片是一块厚度为  $0.1 \sim 0.2\text{mm}$  的铍青铜合金片，通常断面冲压成波浪形。膜片在上部压力作用下产生弹性变形，把感温信号传递给顶针，以调节阀门的开启度。

蒸发器工作时热力膨胀阀在一定开度下向蒸发器供应制冷剂液体。若某一时刻蒸发器的热负荷因某种原因突然增大，使其回气过热度增加，此时膨胀阀感温包内压力增大，膜片上部压力上升，使膜片向下弯曲，并通过传动杆推动阀座带动阀针下行，使膨胀阀的节流孔开大，蒸发器的供液量随之增加，以满足热负荷增加的变

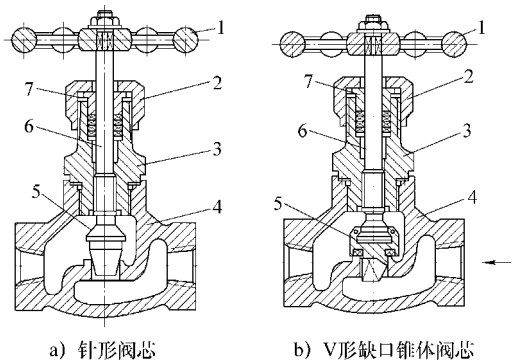


图 3-40 手动节流阀的结构

1—手轮 2—上盖 3—填料函 4—阀体  
5—阀芯 6—阀杆 7—填料压盖

化。反之,若蒸发器的负荷减小,会使蒸发器出口制冷剂蒸气的过热度减小,感温包内压力也随之降低,膜片反向弯曲,在弹簧力的作用下,阀座带动阀针上行,将节流孔关小,蒸发器的供液量也随之减少,以适应热负荷减小的变化。

外平衡式膨胀阀结构如图 3-42 所示。外平衡式膨胀阀与内平衡式热力膨胀阀在结构上的主要区别在于:作用在膜片下部的压力不是节流后的蒸发压力,而是通过外接平衡管将蒸发器出口端的压力引入传动膜片下部。由于外平衡式热力膨胀阀用在液流较大的制冷系统上,因此它采用圆锥形阀芯结构,而不是采用内平衡式膨胀阀的阀针式形式。另外不同的还有:在外平衡式膨胀阀的感温包内一般都填有吸附剂(活性炭或硅胶等),并在感温机构中充注  $\text{CO}_2$  气体。在感温包内填有吸附剂后,可以改善膨胀阀的工作性能,使气箱内的压力只随感温包内的温度变化而变化,而与毛细管所处的环境温度无关。

外平衡式热力膨胀阀的工作原理与内平衡式热力膨胀阀一样。在用途上外平衡式热力膨胀阀主要用于大型制冷系统蒸发压力损失较大的场合,如多用于中央空调冷源蒸发器前的制冷装置上。

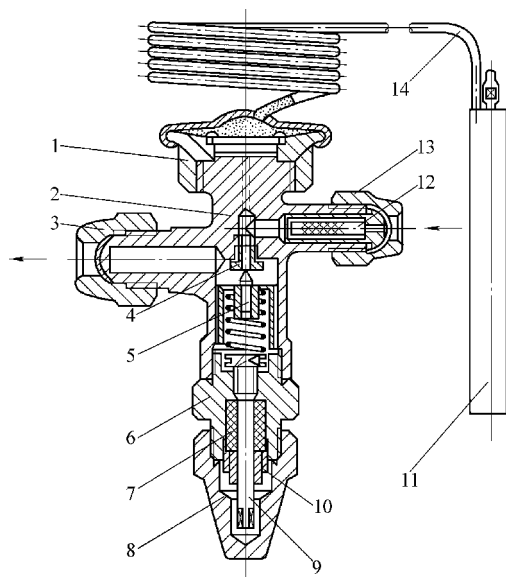


图 3-41 内平衡式热力膨胀阀结构

- 1—气箱座 2—阀体 3、13—螺母 4—阀座  
5—阀针 6—调节杆座 7—填料 8—阀帽  
9—调节杆 10—填料压盖 11—感温包  
12—过滤网 14—毛细管

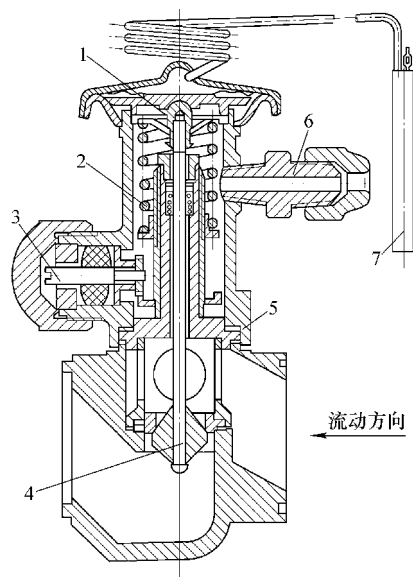


图 3-42 外平衡式热力膨胀阀结构

- 1—阀杆螺母 2—弹簧 3—调节杆  
4—阀杆 5—阀体 6—外平衡接头  
7—感温包

## 五、过滤器与干燥过滤器

为保证制冷设备安全运行,在制冷系统中常安装有过滤器和干燥过滤器。过滤器用于清除制冷剂中的机械杂质,如金属屑、焊渣、氧化皮等。过滤器分为气体过

滤器和液体过滤器两种。气体过滤器安装在压缩机的吸气管路上或压缩机的吸气腔上,以防止杂质进入压缩机气缸。液体过滤器一般安装在热力膨胀阀前的液体管路上,以防止污物堵塞或损坏阀件。氟利昂系统使用的过滤器是由网孔为 0.1 ~ 0.2mm 的铜丝网制成的。图 3-43 所示为氟利昂液体过滤器。它是由一段无缝钢管作为壳体,壳体内装有铜丝网,两端有端盖用螺纹与壳体连接,再用锡焊接,以防泄漏。

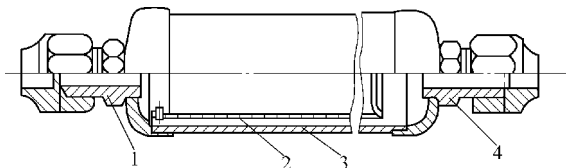


图 3-43 氟利昂液体过滤器

1—进液管接头 2—铜丝网 3—壳体 4—出液管接头

干燥过滤器是在过滤器中充装一些干燥剂,其结构如图 3-44 所示。干燥过滤器中使用的干燥剂一般为硅胶。其两端安装有丝网,并在丝网前或后装有纱布、脱脂棉等。干燥过滤器一般安装在冷凝器与热力膨胀阀之间的管路上,以便除去进入电磁阀、膨胀阀等阀门前液体中的固体杂质及水分,避免引起制冷系统的冰堵。

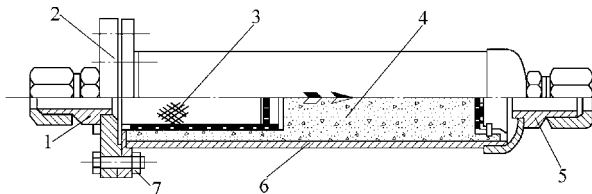


图 3-44 干燥过滤器

1—进液管接头 2—压盖 3—滤网 4—干燥剂  
5—出液管接头 6—壳体 7—连接螺栓

## 六、制冷系统的阀门

### （一）止回阀的作用与结构

止回阀的作用是在制冷系统中限制制冷剂的流动方向,制冷剂只能单向流动,所以又称为单向阀。图 3-45 所示为常用止回阀的结构。

当制冷剂沿图 3-45 中箭头所示方向进入时,依靠其自身压力顶开阀芯而流动。反之,当制冷剂流中断或呈反向流动时,阀门关闭。止回阀多装在压缩机与冷凝器之间的管道中,以防止压缩机停机后冷凝器或储液器内的制冷剂倒流。

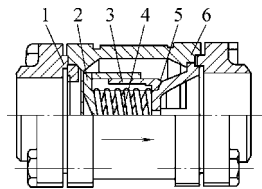


图 3-45 常用止回阀的结构

1—阀座 2—阀芯 3—阀芯座  
4—弹簧 5—支承座 6—阀体

### （二）截止阀的作用与结构

压缩机的吸排气口处安装有截止阀,俗称角阀。



其结构如图 3-46 所示。

在阀体中设计有多用通道和常开通道。多用通道的作用是用来进行压缩机排空、充注制冷剂、补充冷冻润滑油或安装控制仪表等的，常在压缩机操作、调整、检修时使用。图 3-47 所示为截止阀工作状态图。

截止阀的调整方法是：顺时针转动阀杆 2~3 圈，截止阀各通道处于互通状态，称为全开状态；若顺时针转动阀杆至不动位置，则截止阀处于关闭状态，但此时多用通道仍处于导通状态，其连接的控制仪表仍能测试此时的系统参数。

截止阀的阀杆与阀体之间装有耐油橡胶密封填料。使用中若沿阀杆有渗油或制冷剂泄漏现象，可将填料螺钉紧固一下。若有时在开启或关闭时，感觉阀杆很紧，可先将填料压紧螺钉放松半圈至一圈，在调整完毕后应将压紧螺钉再重新紧固好，并拧紧阀帽。

### （三）安全阀的作用与结构

为防止制冷系统高压压力超过限定值而造成管道爆裂，需在制冷系统的管道上设置安全阀。这样，当系统中的高压压力超过限定值时，安全阀自动启动，将制冷剂泄放至低压系统或排至大气中。

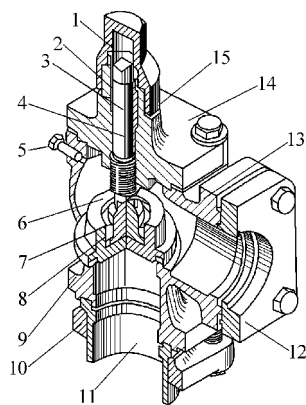


图 3-46 大口径截止阀的结构

- 1—帽盖 2—填料螺钉 3—填料 4—阀杆  
5—铜螺栓 6—阀盘 7—挡圈 8—填块  
9—白合金层 10—法兰 11—法兰套  
12—凹法兰座 13—阀体 14—阀座  
15—填料垫圈

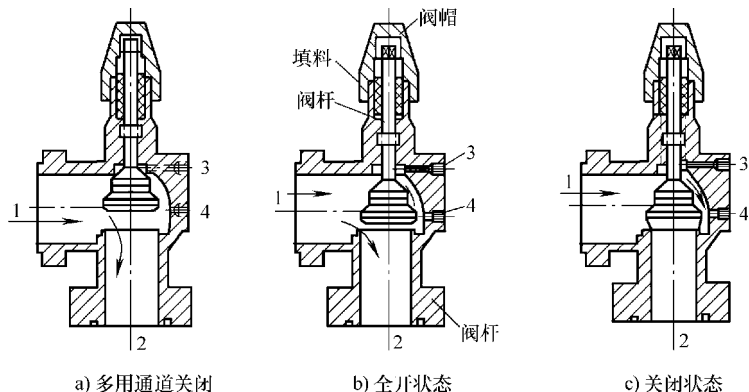


图 3-47 压缩机截止阀

- 1—接压缩机法兰 2—接管道法兰 3—多用通道 4—常开通道

图 3-48 所示为一种制冷系统常用的安全阀。它主要由阀体、阀芯调节弹簧、调节螺杆等组成。安全阀的进口端与高压系统连接，出口端与低压系统连接。当系

统中高压压力超过安全限定值时, 高压气体自动顶开阀芯从出口排入低压系统。通常安全阀的开启压力限定值为: R12 制冷装置 1.6 ~ 1.8 MPa, R22 制冷装置 2.0 ~ 2.1 MPa。

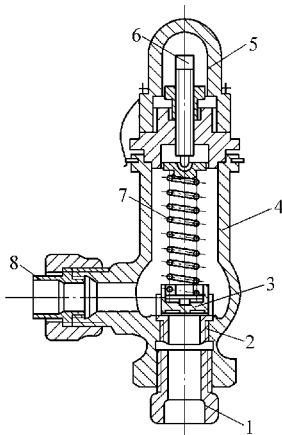


图 3-48 安全阀

1—接头 2—阀座 3—阀芯 4—阀体 5—阀帽  
6—调节杆 7—阀芯调节弹簧 8—排出管接头

## 第六节 制冷系统的测控装置

### 一、电磁阀

电磁阀是制冷系统或中央空调冷媒水系统中控制制冷剂液体或冷媒水自动通、断的阀门。

#### (一) 电磁阀的作用

在制冷系统中的电磁阀通常安装在制冷系统管路中的膨胀阀之前, 并与压缩机同步工作, 压缩机停机时电磁阀关闭, 使液体制冷剂不能继续进入蒸发器内, 防止液体制冷剂进入压缩机气缸中, 当压缩机再次启动时造成“液击”故障。

电磁阀可分为直接作用式和间接作用式两种。在商业制冷设备中使用的电磁阀一般为直接作用式。

(二) 直接作用式电磁阀的结构和工作原理

直接作用式电磁阀的结构如图 3-49 所

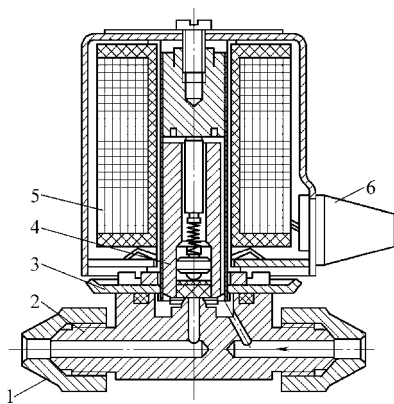


图 3-49 直接作用式电磁阀

1—螺母 2—接头和阀体 3—座板 4—衔铁  
5—电磁线圈 6—接线盒



示。它由阀体和电磁头两部分组成。当电磁头中的线圈通电时,线圈与衔铁产生感应磁场,衔铁带动阀针上移,阀孔被打开,流体正常流动。当电磁头中线圈断电时,磁场消失,衔铁靠自重和弹簧力下落,阀针将阀孔关闭,流体停止流动。直接作用式电磁阀就是利用电磁头中的衔铁直接控制阀孔的启闭。这种电磁阀的结构特点只适用于控制 3mm 以下的阀孔。

### (三) 电磁阀选用与安装

电磁阀一般应根据系统的流量进行选择,并要适合接管的口径。同时还要考虑其工作电压、适用的环境温度、工作压力等参数要求。在安装电磁阀时,电磁阀的阀体应与管道水平垂直,以保证电磁阀阀芯能轻松地上下运动;为保证电磁阀关闭时的严密性,要求系统中介质的流动方向应与电磁阀阀体上的标称方向一致;为防止电磁阀阀芯孔被脏堵,应在电磁阀前端安装过滤器。电磁阀阀体要固定在机组或支架上,以免发生振动造成系统的泄漏。

## 二、温度式液位调节阀

温度式液位调节阀在制冷系统中用于控制满液式蒸发器、气液分离器等容器中的液位。图 3-50 所示为温度式液位调节阀的基本结构。

温度式液位调节阀在外观上酷似内平衡式膨胀阀,不同之处在于它的感温包内装有电热加热器。工作时,感温包安放在容器内所要控制的液面高度,感温包内的电热加热器通电,对感温包进行加热。当容器内的液位上升,制冷剂液体接触到感温包时,感温包内的热量通过制冷剂液体逸散,使感温包内的温度降低,造成感温包中的压力下降,使阀开度变小或完全关闭。如果容器中的制冷剂液体液位下降到感温包位置以下,使感温包处于制冷剂蒸气中时,感温包中的热量较难逸散,感温包内的温度升高,造成感温包中的压力上升,使阀开度变大,系统的供液量增加。

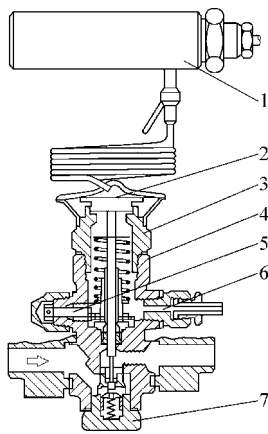


图 3-50 温度式液位调节阀

- 1—带有电热加热器的感温包 2—热里头  
3—连接件 4—阀体 5—设定件  
6—外平衡管 7—节流孔组件

## 三、冷凝压力调节阀

冷凝压力调节阀的作用是在制冷系统运行时,将冷凝压力需维持在正常范围内。制冷系统运行时若冷凝压力过高,会引起制冷设备的损坏和功耗的增大;若冷凝压力过低,会引起制冷剂的液化和膨胀阀的工作,使制冷系统不能正常工作,造成制冷量的大幅度下降。

水冷式冷凝器的冷凝压力调节是通过调节冷却水的流量来实现的。按工作原理的不同冷凝压力调节阀又分为温度控制的水量调节阀和压力控制的水量调节阀。

温度控制的水量调节阀的结构如图 3-51 所示。它又分为直接作用式和间接作

用式两种。

直接作用式水量调节阀的工作原理是：调节阀的温包安装在冷却水出口处，将冷却水的出水温度信号转变为压力信号，并通过毛细管将这一压力信号传递到波纹室，使波纹管在压力作用下变形，使顶杆动作，并带动阀芯移动，改变阀口开度。当水温升高时，阀口开大；当水温降低时，阀口关小。即根据冷却水温度的变化自动调节冷却水的流量，从而达到控制冷凝压力的目的。阀上手轮的作用是调节弹簧的张力，用以改变设定值的。直接作用式水量调节阀一般通径在 25mm 以下，而通径在 32mm 以上时则采用间接作用式水量调节阀。

间接式水量调节阀结构如图 3-52 所示。其工作原理是感温包安装在冷却水出口处，将冷凝器的出水温度信号转变为压力信号，继而控制导阀阀芯的启闭。当温度升高时，导阀阀孔打开，主阀活塞上腔的来自冷却塔高压水经内部通道泄流到阀的出口侧，使活塞上腔压力降为阀下游压力。于是活塞在上下水压力差的作用下被托起，主阀打开；当温度下降时导阀关闭，活塞上下侧流体压力平衡，活塞依靠自重落下，主阀关闭。根据冷却水温度的变化，自动调节向冷凝器的供水量，从而达到控制冷凝压力的目的。

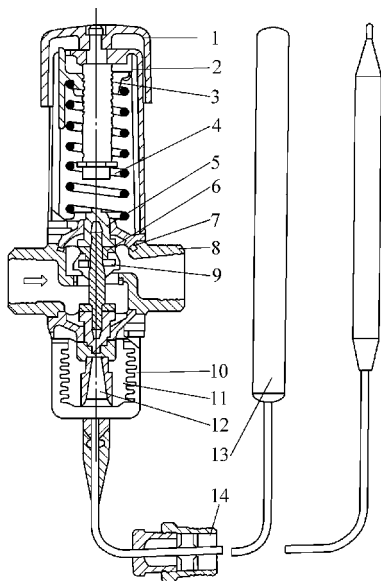


图 3-51 温度控制的水量调节阀  
(直接作用式)

- 1—手轮 2—弹簧室 3—设定螺母  
4—弹簧 5—O形圈 6—顶杆 7—膜片  
8—阀体 9—阀芯 10—波纹室  
11—波纹管 12—压力顶杆  
13—温包 14—毛细管连接密封件

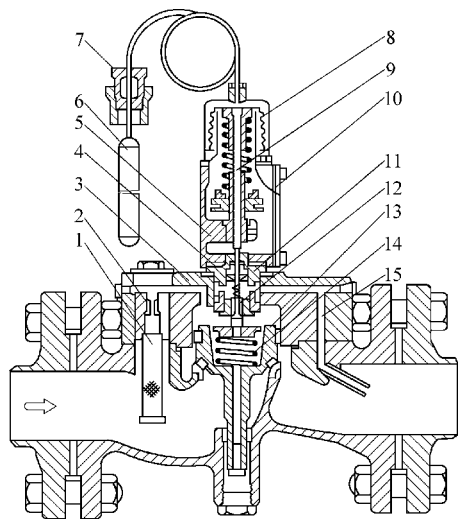


图 3-52 温度控制的水量调节阀  
(间接作用式)

- 1—过滤网 2—控制孔口 3—阀盖 4—密封垫  
5—罩壳 6—温包 7—连接及密封件 8—波纹管  
9—压杆 10—密封垫 11—导阀组件  
12—导阀阀芯 13—活塞（主阀）  
14—弹簧 15—内部通道

压力控制的水量调节阀是直接利用冷凝压力作为控制信号进行阀的开启控制的,其工作原理与温度控制的水量调节阀相同,在此就不再赘述了。在结构上压力控制的水量调节阀也有直接作用式(见图 3-53)和间接作用式(见图 3-54)两种。

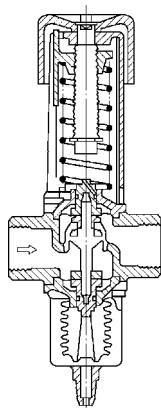


图 3-53 压力控制的直接作用式  
水量调节阀

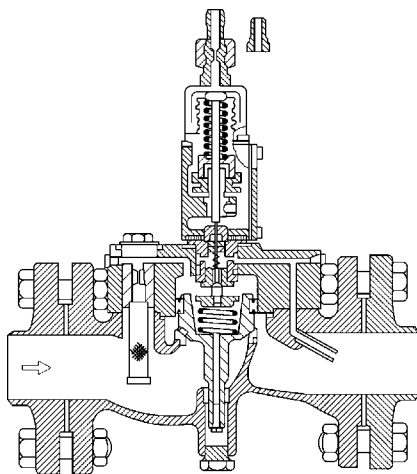


图 3-54 压力控制的间接作用式  
水量调节阀

#### 四、能量调节阀

能量调节阀在制冷系统主属于旁通型能量调节装置。它安装在连接压缩机排气侧与吸气侧的旁通管道上。直接作用式能量调节阀的典型结构如图 3-55 所示。

直接作用式能量调节阀的工作原理是：当压缩机运行时负荷降低，吸气压力降低，当吸气压力降低到能量调节阀的开启设定值时，能量调节阀开启，压缩机的排气一部分旁通到系统的低压侧，使压缩机在低负荷时仍能维持运行所需要的吸气压力而继续运行。

#### 五、压力继电器

压力继电器是由压力信号控制的电开关，因此又叫压力控制器。压力继电器若按控制压力的高低，可分为高压继电器、中压继电器和低压继电器。高压继电器用于制冷压缩机的高压保护，目的是防止因冷凝器断水或水量供应严重不足、启动时排气管路上的阀门未打开、制冷剂灌注量过多、系统中不凝性气体过多等原因造成排气压力急剧上升而产生事故。当排气压力超过警戒值

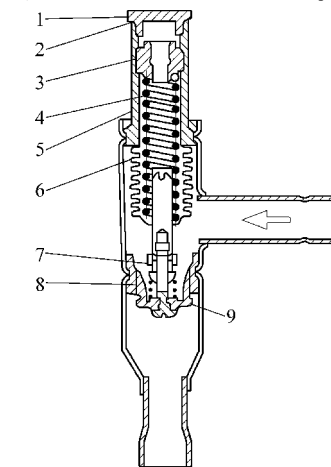


图 3-55 直接作用式能量调节阀  
1—护盖 2—密封垫 3—设定螺钉  
4—主弹簧 5—阀体 6—平衡波纹管  
7—阻尼机构 8—阀座 9—阀板

时, 压力控制器立即切断压缩机电机的电源, 使压缩机保护性停机。

中压控制器主要用于两级压力制冷系统, 控制中间压力 (低压级压缩机的排气压力) 不超过设定值, 以保护低压级压缩机安全、正常地工作。

低压控制器可以用来在小型制冷装置中对压缩机进行开机、停机控制; 在大型制冷装置中可用于控制卸载机构动作, 以实施压缩机的能量调节。同时低压控制器还可以起到防止压缩机吸气压力过低的保护作用。

在实际使用中对一台压缩机而言, 往往既要高压保护, 又要以吸气压力控制压缩机的正常起、停。为了简化结构, 常常将高压控制器与低压控制器做成一体, 称为高低压力控制器。常用的高低压力控制器有 FP 型、KD 型和 YWK-22 型。另外, 只用作高压控制的有 YWK-11 型, 专用于低压控制的有 YWK-12 型。图 3-56 所示为 FD 型压力控制器 (又称压力继电器) 的工作原理图。

FP 型压力继电器结构主要由三部分组成, 即低压部分、高压部分和触头部分。高、低压气箱接口用毛细管分别与压缩机的吸、排气腔连接, 吸、排气压力作用在波纹管外壁的气箱室中, 产生一个顶力矩。它们分别与高低压调节弹簧的张力矩和拉力矩在某一转角位置平衡, 使触头处于闭合状态。

FP 型压力继电器的工作原理如下:

(1) 低压部分。当压缩机的吸气压力下降到稍低于低压控制器的调定值时, 低压弹簧的拉力矩大于气箱中吸气压力所产生的顶力矩, 弹簧拉着低压推杆逆时针方向绕着支点 A 旋转, 带着推杆向上移动, 到推动动触头时, 使动触头与静触头分离而切断电源。当压缩机吸气压力上升到高于低压控制器的调定值时, 气箱中的吸气压力所产生的顶力矩大于低压弹簧的拉力矩, 气箱推着杠杆以顺时针方向旋转, 推杆往下移动接通电源, 触头板在永磁铁的吸力作用下, 使动静两触头迅速闭合以防发生火花而烧毁触头。

若要想调节低压控制器的压力控制值 (即切断电源的压力值), 可旋转低压调节螺钉调整低压弹簧的拉力矩, 顺时针旋转时能增加拉力, 逆时针旋转时则能减小拉力。

低压控制器的差动值 (即触头分与合时的压力差) 由低压差动调节螺钉来调整, 差动值的调整是通过调节推杆端部夹持器的直槽空行程的长短来实现的。空行

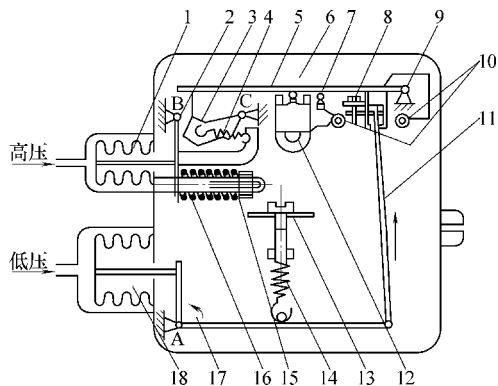


图 3-56 FP 型压力继电器工作原理

- 1—高压气箱 2—杠杆 3—跳板 4—跳簧
- 5—动触头板 6—辅触头 7—主触头
- 8—低压差动调节螺钉 9—转轴 10—接线柱
- 11—推杆 12—永磁铁 13—低压调节螺钉
- 14—低压弹簧 15—高压调节螺母 16—高压弹簧
- 17—直角杆 18—低压气箱

程长,则差动值大;反之,差动值则小。压差调节螺钉每旋转一圈,压力差变化 $0.04\text{MPa}$ 。

(2) 高压部分。当压缩机的排气压力上升至略高于高压控制器的调定值,高压气箱内的排气压力所产生的顶力矩大于高压调节弹簧的张力矩,顶力矩便推动高压杠杆以及时针方向绕着支点 B 旋转,杠杆推动跳簧向上拉,使跳板以刀口 C 为支点,按顺时针方向向上突跳式的旋转,撞击动触头板使触头分离而切断电源。当排气压力下降后,使动触头板复位,动、静触头便又闭合而接通电源。

高压控制器的压力控制值(即切断电源的压力值)的调整,可通过旋转高压调节螺母来调节高压弹簧的张力矩进行。当顺时针方向旋转时,则增大弹簧的张力;反之,逆时针方向旋转螺母,则减小弹簧的张力。可调节的压力范围为 $0.6\sim 1.4\text{MPa}$ 或 $1.0\sim 1.7\text{MPa}$ 。触头通断的差动值为 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$ 。需要注意的是 FP 型高低压力控制器的差动值是不能调节的。

图 3-57 所示为 KD 型压力控制器结构原理图。KD 型压力控制器的结构主要分为低压、高压和接线三部分。它的高、低压气相接口用毛细管分别与压缩机的吸、排气腔连接,气箱接受压力信号后产生位移,通过顶杆直接与弹簧的张力作用,用传动杆直接推动微动开关。与 FP 型不同的是省去了杠杆机构,高、低压部分用两只微动开关分别控制电路,因而较 FP 型结构紧凑,调节方便。

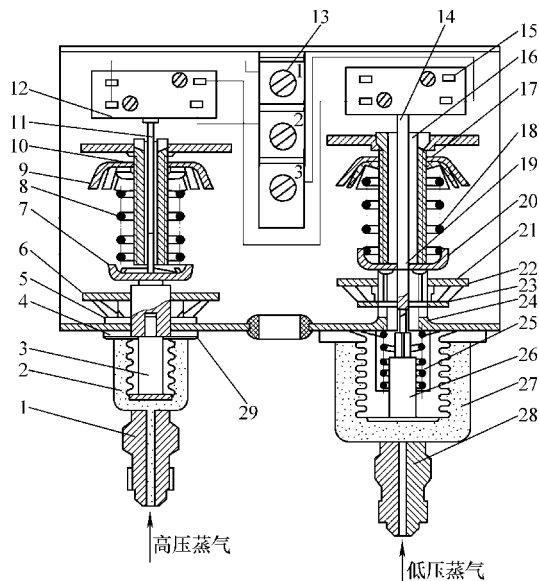


图 3-57 KD 型压力继电器结构原理图

- 1、28—高、低压接头 2、27—高、低压气箱 3、26—顶力棒 4、24—压差调节座  
5、22—碟形簧片 6、21—压差(差动)调节盘 7、20—弹簧座 8、18—弹簧  
9、17—压力调节盘 10、16—螺纹柱门 11、14—传动杆 12、15—微动开关  
13—接线柱 19—传力杆 23、29—簧片垫板 25—复位弹簧



KD 型压力继电器的工作原理如下:

(1) 低压部分。当气箱内的吸气压力低于低压控制器的设定值时, 弹簧的张力大于气箱的顶力, 将传动杆向气箱方向推, 传动杆脱离低压微动开关的按钮, 按钮在内部的弹力作用下弹出, 使微动开关的触头分离而切断电源。当压缩机的吸气压力回升至高于它的设定值时, 气箱中的吸气压力所产生的顶力大于低压弹簧的张力, 将传动杆反方向推动并将微动开关的按钮按下, 使微动开关的触头闭合, 电源又接通。

(2) 高压部分。当气箱内的排气压力高于高压控制器的设定值时, 弹簧的张力小于气箱的顶力, 气箱推动传动杆将微动开关的按钮下掀, 使开关内的触头分离, 切断电源。而当压缩机的排气压力下降到设定值以下时, 弹簧力大于气箱顶力, 传动杆反向移动而脱离微动开关的按钮, 开关触头闭合, 电源又接通。

KD 型的高、低压力控制器的压力调节可通过旋转各自的压力调节盘进行调整, 顺时针转动为压紧弹簧, 逆时针转动为放松弹簧。

KD 型的压差调节盘用于调节高、低压力控制器的各自差动值。当顺时针旋转调节盘时, 弹簧受到压缩差动值增加, 反之, 则减少。

KD 型压力控制器有四种规格, 即 KD155、KD255、KD155S 和 KD255S。型号后面有字母 S 的为有手动复位装置。

手动复位装置的作用是当制冷系统高压超出设定值, 使触头分离后, 压缩机停机, 制冷系统内很快会因高低压力平衡而使高压压力值迅速下降至设定范围内, 使压力控制器复位。此时若无控制触头复位装置, 就会使压缩机在没有排除故障的条件下重新起动, 然后又因故障而停机, 如此反复频繁地停、开机很容易使电动机绕组烧毁。设有手动复位装置后, 当压力控制器的高压部分微动开关的触头分离后有一自锁装置, 使触头不能随系统内的压力平衡而复位, 而是需要用手拨动或按下手动复位装置, 触头才会闭合。因此, 手动复位装置具有保护压缩机电动机的作用。

由于 KD 型压力控制器没有控制值分度指示, 不便于使用中随时调试, 因此, 近年来已被带有控制分度指示的 YK306 型等 YK 系列的压力控制器所取代。YK 系列压力控制器的结构与工作原理与 KD 型相似, 在此就不作介绍了。压力控制器出厂时, 其高、低压力设定值已经调好, 不需要在使用时进行再调整。如果在制冷装置运行中压缩机出现频繁起、停机现象, 应检查制冷系统有无故障, 并可在系统上安装高、低压压力表以检查高、低压压力有无超出正常范围。若没有超出, 就可观察压力控制器的动作情况, 确定故障部位后再进行调节, 修正设定值, 以满足系统正常运行的参数要求。

# 第四章 中央空调系统运行与管理

## 第一节 空调系统的操作要求

### 一、空调系统运行操作与管理的任务

中央空调系统运行操作与管理的三个基本任务有达到满足使用要求、降低运行成本和延长使用寿命。

所谓满足使用要求是指向人们需要提供一个舒适的室内空气环境，向科学实验、高科技生产场所提供环境保证。所谓降低运行成本是指降低中央空调系统能耗费和维护保养费用。所谓延长使用寿命是指保证中央空调系统在正常的使用年限内起到应起的作用。空调制冷设备的平均使用寿命参见表 4-1。

表 4-1 空调制冷设备的平均使用寿命

名 称	平均寿命/年	名 称	平均寿命/年
窗式调器	10	活塞式冷水机组	20
空气热泵（住宅用）	10	离心式冷水机组	23
分体式空调器	15	吸收式冷水机组	23
水冷式空调机	15	离心式风机	23
水热源热泵（商业用）	19	水泵	20
空气热源热泵（商业用）	15	冷却塔	20
屋顶空调机	15	空气冷却盘管	20

中央空调系统从管理的标准上要求上讲，其折旧年限一般为 10 ~ 18 年；而使用寿命的长短主要取决于系统和设备类型，设计、安装、制造质量和操作、保养、检修水平。

中央空调系统从使用结果来看，一般进口主机的使用寿命可达 20 ~ 25 年，国产优质主机的使用寿命可达 15 ~ 20 年，在室外露天安装并且全年运行的热泵机组的平均寿命约为 15 年。

### 二、中央空调系统的技术指标

中央空调系统的技术指标见表 4-2，可用于中央空调系统运行时和进行维护和管理时的技术参数的参考。



表 4-2 中央空调系统的技术指标

名称	范围	名称	范围
冷凝器进水温度	15 ~ 35℃	盘管换热器出口空气温度	10 ~ 21℃
冷凝器出水温度	29 ~ 46℃	每冷吨制冷量的空气循环量	500 ~ 1000m <sup>3</sup> /h
冷凝器冷却水水温升	8 ~ 14℃	舒适性降温的室内温度	25 ~ 30℃
翅片盘管换热器入口空气温度	24 ~ 32℃	每冷吨制冷量冷凝器耗水量	0.17 ~ 1.1m <sup>3</sup> /h
空气经盘管换热器后的温度降	7 ~ 14℃	冷凝器的进水温度	10 ~ 18℃
		冷凝器的出水温度	4 ~ 10℃

三、空调系统运行中的交接班制度

由于空调系统是一个需要连续运行的系统，因此搞好交接班是保障空调系统安全运行的一项重要措施。空调系统交接班制度应包括下述内容：

（1）接班人员应按时到岗。若接班人员因故没能准时接班，交班人员不得离开工作岗位，应向主管领导汇报，有人接班后，方准离开。

（2）交班人员应如实地向接班人员说明以下内容：

- 1) 设备运行情况；
- 2) 各系统的运行参数；
- 3) 冷、热源的供应和电力供应情况；
- 4) 当班运行中所发生的异常情况的原因及处理结果；
- 5) 空调系统中有关设备、供水、供热管路及各种调节器、执行器、各仪器仪表的运行情况；
- 6) 运行中遗留的问题，需下一班次处理的事项；
- 7) 上级的有关指示，生产调度情况等。

（3）值班人员在交班时若有需要及时处理或正在处理的运行事故时，必须在事故处理结束后方可交班。

（4）接班人员在接班时除应向交班人员了解系统运行的各参数外，应将交班中的问题弄清楚，方可接班。

（5）如果接班人员没有进行认真的检查和询问而盲目地接班后，发现上一班次出现的所有问题（包括事故）均应由接班者负全部责任。

第二节 中央空调系统的运行管理

一、空调系统起动操作

（一）空气调节系统起动前的准备工作

空气调节系统起动前的准备工作主要有以下几点：

(1) 检查电动机、风机、电加热器、水泵、表冷器或喷水室、供热设备及自动控制系统等, 确认技术状态良好。

(2) 检查各管路系统连接处的紧固和严密程度, 不允许有松动、泄漏现象。

(3) 对空调系统中有关运转设备(如风机、喷水泵、回水泵等), 应检查各轴承的供油情况。若发现有亏油现象应及时加油。

(4) 根据室外空气状态参数和室内空气状态参数的要求, 调整好温度、湿度等自动控制空气参数装置的设定值与幅差值。

(5) 检查供电系统, 保证按设备要求正确供电。

(6) 检查各种安全保护装置的工作设定值是否在要求的范围内。

## (二) 中央空调机组的起动及要求

空气调节系统起动前的准备工作结束以后, 应按下述要求进行空气系统起动操作。

(1) 打开送风、回风和新风阀, 关闭机组上的检查门和检查孔。起动风机, 测量电动机的电流值, 若超过了额定值, 可将总风量调节阀逐渐关小, 直至达到额定值为止。

(2) 在起动空调节系统时, 应先开风机后开加热器、表冷器、加湿器; 关机时应先关冷、热水和蒸气管路后再停止风机运行。

(3) 空气加热器用于新风加热时, 在冬季使用(尤其是北方地区), 一定要先手动缓缓打开蒸气供气阀门, 使加热器各部分预先加热 5 ~ 10min, 再起动风机, 可避免加热器产生水击。

(4) 喷淋室内喷淋水最好用软化水。如果是普通自来水或深井水, 一定要控制喷淋水的硬度, 可以在绝热加湿处理过程中, 部分打开排污阀门, 补充部分新水, 以降低喷淋水中无机盐浓度, 减少结垢。

## (三) 通风机起动操作

### 1. 起动前对通风机的检查

(1) 检查电动机润滑油的名称、型号、主要性能和加注量是否符合要求。

(2) 通过联轴器或传动带轮盘动通风机, 检查通风机的叶轮是否有卡住和摩擦现象。

(3) 检查通风机壳内、联轴器附近、皮带罩等处是否有影响通风机转动的杂物, 如有及时予以清除; 同时还要检查通风机皮带的松紧度是否合适, 将其调节到合适的位置。

(4) 检查通风机、轴承座、电动机的地脚螺栓或减振支座是否有松动、变形、倾斜、损坏现象, 如有及时予以处理。

(5) 通电点动通风机的电动机, 检查其转向是否正确, 有无摩擦声。

(6) 检查风机皮带罩是否安装牢靠, 不得有松动现象。

### 2. 起动前对风阀和风口的检查

(1) 关好空气处理装置上的检查门和风管上的检查出入口。

(2) 风道上的新、回风口调节阀，干、支风管的风量调节阀要全部开启，风道中的防火阀要位于开启位置，三通调节阀要处于中间位置。

(3) 送、回风阀及排烟阀，正压送风口处于全开位置。

(4) 空气处理装置中的新风、一二次回风口和加热器前的调节阀开启到最大位置，使风系统阻力处于最小状态。

(5) 风机起动总阀或风道总调节阀关闭，使风机在风量为零的状态下起动。

### 3. 通风机的起动操作

(1) 大型中央空调系统一般有多个空气处理装置，配备多台通风机。在进行空调系统起动操作时，应采用顺序式逐台起动的方法。即当第一台通风机起动运行后，其起动电流过渡到正常值时，再进行第二台通风机的起动操作，并依次进行。

(2) 若在起动过程中发现通风机有转向错误时，应先停止通风机电动机运转，待其停稳后再进行调整。

(3) 通风机起动的顺序是先开送风机，后开回风机，以防空调房间内出现负压。

(4) 通风机的转速可用转速表进行测试，要与技术说明书要求的数据一致，以满足系统风压和风量的设计要求。

(5) 通风机运行 2h 后，用温度计测量轴承温度，一般滑动轴承允许最高温度为 70℃，最高温升 35℃，滚动轴承允许最高温度为 80℃，最高温升 40℃。

(6) 通风机运行时的径向振动幅度，应符合表 4-3 中的要求。

表 4-3 通风机运行时径向振动幅度

转速 /(r/min)	<375	375 ~ 550	550 ~ 750	750 ~ 1000	1000 ~ 1450	1450 ~ 3000	>6000
振幅值/mm	<0.18	<0.15	<0.12	<0.10	<0.08	<0.06	<0.04

4. 风机的起动注意事项。风机从起动到达到正常工作转速需要一定时间，而电动机起动时所需要的功率超过其正常运转时的功率。为了保证电机安全起动，应将离心风机进口阀门全关闭后启动，待风机达到正常工作转速后再将阀门逐渐打开，避免因起动负荷过大而危及电动机的安全运转。

### 二、通风机的运行管理

通风机完成起动任务以后，运行管理人员应进行检测管理。其工作任务如下：

(1) 看通风机的运行电流是否过大或过小、运行电压是否过高或过低、通风机地脚弹簧振动幅度是否过大，是否伴有“噼叭”的皮带颤动声。

(2) 听通风机及其电动机运转的声音是否正常。

(3) 摸通风机及其电动机轴承温度是否正常。

(4) 闻通风机及其电动机在运行过程中是否有异味。

若通风机及其电动机在运行过程中存在上述异常情况，应停止其运行进行检查，排除故障后，方可继续运行。

### 第三节 风机盘管系统的运行管理

风机盘管空调系统的运行调节一般分为两部分：一是由使用者依据自己的使用要求，利用风机盘管的风速调节装置，用改变风机盘管的空气循环量，来满足空调房间温湿度的要求；二是通过自动控制或手动控制方式调节通过风机盘管的冷却水流量或温度，实现对供冷热量的调节，满足空调房间的温度控制要求。

#### 一、风机盘管系统的局部运行调节

风机盘管空调系统在设计时，一般是按其在最不利条件下运行的冷热负荷设计的。但风机盘管在全年运行中，由于室外气象条件随时都在变化，为了适应室内外条件的变化，就需要对风机盘管系统进行调节。常用的调节方法有以下几种。

##### （一）水量调节

当空调房间室内外条件发生不好时，为了维持室内一定温度和湿度要求，可以通过改变风机盘管空调系统两通或三通调节阀的开度，以改变风机盘管空调系统的冷（热）水流量。如图 4-1 所示。

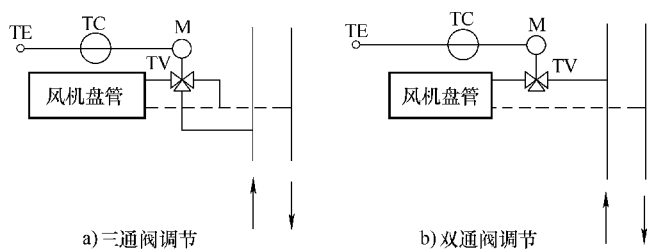


图 4-1 风机盘管的水量调节

TE—温度传感器 TC—温度调节器 M—三通调节阀电动机 TV—三通调节阀

风机盘管在夏季（冬季）运行时，当室内冷（热）负荷处于最大值时，由温度传感器 TE 将空调房间内温度信号传送给温度调节器 TC，温度调节器根据室内温度高低给执行元件三通调节阀 TV 发出指令，使其阀门处于最大开度。当室内冷（热）负荷减少时，由于温度调节器的作用，使三通调节阀或两通调节阀的开度改变，从而减少进入风机盘管机组的冷（热）水量，以维持空调房间内的温度在要求范围内。在夏季运行中，由于室内负荷的减少，在控制系统的作用下，减少了进入风机盘管机组的冷水量，从而使风机盘管机组中的冷水平均温度上升，导致风机盘管机组出口处空气的湿度增大，空调房间内相对湿度会有所上升。

##### （二）风量调节

风机盘管机组风量调节是由其风扇电动机的三挡调速装置来实现的。当空调房

间室内冷（热）负荷变化时，导致室内温湿度的变化，由使用者自己改变风机盘管机组中风机的转速以改变通过风机盘管机组处理的空气量，实现房间内温湿度的调节的目的。采用这种调节风扇时，由于风机盘管出口风量的减少，将会改变室内气流分布情况。

### （三）无级自动调节

风机盘管机组无级自动调节是借助一个电子温控器完成的，使用时只需要设置一个室温要求即可。温控器的温度传感器实时检测室内温度，通过与预设的室温比较来自动调节输入风机盘管机组的电压，对风机的转速进行无级调节。室内温度与预设温度差越大，风机的转速就越高，送风量也越大，反之送风量越小。无级自动调节对室内冷热负荷变化的适应性较好，能克服空调房间应使用者操作不当造成的不舒适感，是风机盘管机组一种较好的调节方式。

### 二、风机盘管加独立新风系统在季节转换时的运行调节

空调房间的冷热负荷可以分成瞬变负荷与渐变负荷两种。瞬变负荷主要是室内灯具、电器设备、人员散热和太阳辐射热所形成的负荷。渐变负荷主要是在室内外温差作用下，通过房间维护结构传递热量所形成的热负荷。

风机盘管加独立新风系统在季节转换时主要有两种运行调节方法。

（1）不转换运行调节法。这种调节方法是将新风和风机盘管机组承担的负荷做严格的区分，即新风负担渐变的热负荷，风机盘管负担室内瞬变的热负荷。目前大部分风机盘管空调系统都采用这种方式。

（2）转换运行调节法。这种方法是在适当的时候对新风和风机盘管做负荷转换，互相承担对方的负荷。如在现夏季运行时，系统仍采用冷风和冷媒水，新风和风机盘管各自承担相应的负荷。随着季节由夏季向秋季变化，当室外温度降低到某一程度时，可关闭盘管的冷媒水供应，转换为由新风承担室内的瞬变负荷。随着室外空气温度的进一步降低，瞬变负荷与传热负荷相比已经很小，这时可由风机盘管供应热水，即由风机盘管承担供热负荷。

## 第四节 中央空调水系统运行管理

### 一、水泵的运行管理

#### （一）水泵起动前准备与检查

当水泵停用时间较长或是在检修及解体清洗后准备投入使用时，必须要在开机前做好以下检查与准备工作：

（1）水泵轴承的润滑油充足、良好。

（2）水泵及电动机的地脚螺栓与联轴器（又叫靠背轮）螺栓无脱落或松动。

（3）水泵及进水管部分全部充满了水，当从手动放气阀放出的水没有气时即可，如果能将出水管也充满水，则更有利于一次开机成功。

(4) 轴封不漏水或为滴水状(但每分钟的滴数符合要求)。如果漏水或滴数过多,要查明原因调节到符合要求为止。

(5) 关闭好出水管的阀门,以有利于水泵的起动。如装有电磁阀,应将手动阀调至开启状态,因为电磁阀在停机状态下是关闭的。

(6) 对卧式泵,要用手盘动联轴器,看水泵叶轮是否能转动,如果转不动,要查明原因,消除隐患。

## (二) 水泵的起动操作

(1) 水泵初次起动时应采用点动起动方式,注意倾听水泵叶轮与泵壳之间有无摩擦声或其他异常声音,并观察水泵电动机旋转方向是否正确,有问题时应及时予以调整。

(2) 待水泵电动机转速稳定以后,调节水泵出口阀门的开度,观察压力表、流量表的读数,同时检查水泵轴封泄漏情况。

(3) 检查水泵电动机及轴承处的温升情况,应不大于  $70^{\circ}\text{C}$ ,若有异常应及时予以排除。

(4) 水泵运行一段时间后,应用长柄螺钉旋具顶住泵体,倾听水泵运行时有无杂音,若有应停机,进行检查。

(5) 对于半封闭式水泵,在其运行时普通软填料允许有少量的水泄漏,要求是  $10 \sim 20$  滴/min 为宜。

## (三) 水泵的停止操作

(1) 关闭水泵出口阀门,同时关闭压力表的控制阀。

(2) 切断水泵电动机的电源。

(3) 关闭水泵进口阀门。

(4) 若要长期停机,应将水泵内的水全部放干净,以防冬季冻坏水泵部件。

## (四) 水泵的运行检查

水泵运行检查的内容主要如下:

(1) 电动机不能有过高的温升,且无异味产生;

(2) 轴承温度不得超过周围环境温度  $35 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ,轴承极限最高温度应不大于  $70^{\circ}\text{C}$ ;

(3) 轴封处(除规定要滴水的形式外)、管接头均无漏水现象;

(4) 水泵运行中无异常噪声和抖动现象;

(5) 基础台下的减振装置受力均匀,地脚螺栓和其他各连接螺栓的螺母无松动现象;

(6) 水泵的进出水管处的软接头无明显变形现象;

(7) 水泵的运行电流要小于额定值;

(8) 水泵的运行时压力表指示应稳定在正常内,并无剧烈抖动现象。水泵的径向振动应符合应负荷随机文件的规定。若无规定时,可参考表 4-4 所列参数。



对于转速在 750 ~ 1500r/min 的水泵，在表 4-4 规定的条件下运行时，手摸泵体应感到很平稳。

表 4-4 水泵的径向振幅（双向值）

转速 /(r/min)	<375	375 ~ 600	600 ~ 750	750 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 3000	3000 ~ 6000	6000 ~ 12000	> 12000
振幅/mm	<0.18	<0.15	<0.12	<0.10	<0.08	<0.06	<0.04	<0.03	<0.02

## 二、冷却塔的运行管理

### （一）启动前的检查与准备工作

当冷却塔停用时间较长，准备重新使用前（如在冬、春季不用，夏季又开始使用）或是在全面检修、清洗后重新投入使用前，必须要做的检查与准备工作内容如下：

（1）由于冷却塔均由出厂散件现场组装而成，因此要检查所有连接螺栓的螺母是否有松动。特别是风机系统部分要重点检查，以免因螺栓的螺母松动，在运行时造成重大事故。

（2）由于冷却塔均放置在室外暴露场所，而且出风口和进风口都很大，有的加设了防护网，但网眼仍很大，难免会有树叶、废纸、塑料袋等杂物在停机时从进、出风口进入冷却塔内，因此要予以清除。如不清除会严重影响冷却塔的散热效率；如果杂物堵住出水管口的过滤网，还会威胁到制冷机的正常工作。

（3）如果使用皮带减速装置，要检查皮带的松紧是否合适，几根皮带的松紧程度是否相同。如果不相同则换成相同的，以免影响风机转速，加速过紧皮带的损坏。

（4）如果使用齿轮减速装置，要检查齿轮箱内润滑油是否充满到规定的油位。如果油不够，要补加到位。但要注意，补加的油应是同型号的润滑油，严禁不同型号的润滑油混合使用，以免影响润滑效果。

（5）检查集水盘（槽）是否漏水，各手动水阀是否开关灵活并设置在要求的位置上。集水盘（槽）有漏水时则补漏，水阀有问题要修理或更换。

（6）拨动风机叶片看其旋转是否灵活，是否与其他物件相碰撞，有问题要马上解决。

（7）检查风机叶片尖与塔体内壁的间隙，该间隙要均匀合适，其值不宜大于  $0.008D$ （ $D$  为风机直径）。

（8）检查圆形塔布水装置的布水管管端与塔体的间隙，该间隙以 20mm 为宜，而布水管的管底与填料的间隙则不宜小于 50mm。

（9）开启手动补水管的阀门，与自动补水管一起将冷却塔集水盘（槽）中的水尽量注满（达到最高水位），以保证冷却塔填料由干燥状态到正常润湿工作状态的耗水量。而自动浮球阀的动作水位则调整到低于集水盘（槽）上沿边 25mm（或



溢流管口 20mm) 处, 或按集水盘 (槽) 的容积为冷却水总流量的 1% ~ 1.5% 确定最低补水水位, 在此水位时能自动控制补水。

(二) 启动检查工作

启动检查工作是启动前检查与准备工作的延续, 因为有些检查内容必须 “动” 起来了才能看出是否有问题, 其主要检查内容如下:

(1) 点动风机, 看其叶片是否俯视时是顺时针转动, 而风是由下向上 (天) 吹的, 如果反了要调过来。

(2) 短时间起动水泵, 看圆形塔的布水装置 (又叫配水、洒水或散水装置) 在俯视时是否是顺时针转动, 转速是否在表 4-5 所给出的范围内。如果不在相应范围就要调整。因为转速过快会降低转头的寿命, 而转速过慢又会导致洒水不均匀, 影响散热效果。布水管上出水孔与垂直面的角度是影响布水装置转速的主要原因之一, 通常该角度为  $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ , 通过调整该角度即可改变转速。此外, 出水孔的水量 (速度) 大小也会影响转速, 根据作用力与反作用力原理, 出水量 (速度) 大, 则反作用力就大, 因而转速就高, 反之转速就低。

表 4-5 圆形冷却塔布水装置参考转速

冷却水量/( $\text{m}^3/\text{h}$ )	6.2 ~ 23	31 ~ 46	62 ~ 195	234 ~ 273	312 ~ 547	626 ~ 781
转速/( $\text{r}/\text{min}$ )	7 ~ 12	5 ~ 8	5 ~ 7	3.5 ~ 5	2.5 ~ 4	2 ~ 3

(3) 通过短时间起动水泵可以检查出水泵的出水管部分是否充满了水, 如果没有, 则连续几次间断地短时间起动水泵, 以赶出空气, 让水充满出水管。

(4) 短时间起动水泵时还要注意检查集水盘 (槽) 内的水是否会出现抽干现象。因为冷却塔在间断了一段时间再使用时, 洒水装置流出的水首先要使填料润湿, 使水层达到一定厚度后, 才能汇流到塔底部的集水盘 (槽)。在下面水陆续被抽走, 上面水还未落下来的短时间内, 集水盘 (槽) 中的水不能干涸, 以保证水泵不发生空吸现象。

(5) 通电检查供回水管上的电磁阀动作是否正常, 如果不正常要修理或更换。

(三) 运行检查工作

运行检查工作的内容, 既是启动前和启动检查工作的延续, 也可以作为冷却塔日常运行时的常规检查项目, 要求运行值班人员经常检查。

(1) 检查圆形塔布水装置的转速是否稳定、均匀。如果不稳定, 可能是管道内有空气存在而使水量供应产生变化所致, 要设法排除空气。

(2) 检查圆形塔布水装置的转速是否减慢或是有部分出水孔不出水。这种现象可能是因为管内有污垢或微生物附着而减少了水的流量或堵塞了出水孔所致, 此时就要做清洁工作。

(3) 检查浮球阀开关是否灵敏, 集水盘 (槽) 中的水位是否合适。如果有问题要及时调整或修理浮球阀。

(4) 对于矩形塔,要经常检查配水槽(又叫散水槽)内是否有杂物堵塞散水孔,如果有堵塞现象要及时清除。槽内积水深度宜不小于 50mm。

(5) 塔内各部位是否有污垢形成或微生物繁殖,特别是填料和集水盘(槽)里,如果有污垢或微生物附着要分析原因,并相应做好水质处理和清洁工作。

(6) 注意倾听冷却塔工作时的声音,是否有异常噪声和振动声。如果有则要迅速查明原因,消除隐患。

(7) 检查布水装置、各管道的连接部位、阀门是否漏水。如果有漏水现象要查明原因,采取相应措施堵漏。

(8) 对使用齿轮减速装置的,要注意齿轮箱是否漏油。如果有漏油现象要查明原因,采取相应措施堵漏。

(9) 注意检查风机轴承的温升情况,一般应不大于 35℃,最高温度低于 70℃。温升过大或温度高于 70℃时要迅速查明原因予以降低。

(10) 查看有无明显的飘水现象,如果有要及时查明原因予以消除。

### 三、喷淋室的运行管理

#### (一) 喷淋室日常运转时的调节

喷淋室日常运转的调节,一般可分为相对湿度调节、温度调节和温度湿度同时调节等三种基本调节方法。

1. 相对湿度调节。当喷淋室运行过程中,室内空气温度符合要求,但相对湿度偏低,达不到设计使用要求时,可用不改变送风参数,可采用只改变送风量的量调节方法进行调节。即在保持机器露点基本不变的情况下,用加大送风量来提高相对湿度,若相对湿度偏高,可在保持机器露点基本不变的情况下,减小送风量来降低相对湿度。

室内空气相对湿度调节也可以用控制喷嘴开启数量的方法进行调节。当室内空气相对湿度偏低时,可多开些喷嘴,以增加喷水量,改变送风参数,使室内空气相对湿度适当提高;若室内空气相对湿度过高时,可以减少些喷嘴数量,以减少喷水量,改变送风参数,使室内空气相对湿度相应降低。

2. 温度调节。当喷淋室运行过程中,室内空气相对湿度符合要求,但温度较高,达不到设计使用要求时,可采用只改变送风参数、不改变送风量的质调节方法进行调节。即可在室内空气相对湿度不变的情况下降低机器露点温度。若室内温度低,可在保持室内空气相对湿度基本不变的情况下,用提高机器露点温度来提高室内温度。

改变机器露点,即改变送风参数常用的方法有改变喷水量、改变机器露点饱和度、改变喷水温度或改变新风、回风比例等方法,可实现对室内温度的调节。

3. 温度湿度同时调节。当喷淋室运行过程中,室内空气温度和相对湿度均偏高时,要进行室内空气温度和相对湿度的同时调整。调节时,首先要将机器露点温度降低,同时减少送风量;若室内空气温度和相对湿度均偏低时,要将机器露点温

度提高,同时加大送风量。这种量和质同时调节的方法称为混合调节。

混合调节的方法多用于热湿负荷改变而室内空气温湿度要求不变、室内空气热湿负荷不改变而室内空气温湿度要求改变或室内空气热湿负荷改变同时室内空气温湿度要求也改变的情况。

## (二) 喷淋室全年运转时的调节

喷淋室全年运转时的调节是指根据不同季节的气候特点和室内温湿度要求,按照空调系统运行的经济性、可靠性和操作方便等原则制定出的喷淋室全年运转方案。

喷淋室全年运转时调节的主要方法如下:

(1) 风量调节。用改变送风阀门的开启度、改变送风机的转速、增加或减少风机开启台数来达到调节风量的目的的调节方法。

(2) 新风、回风混合比例调节。新风、回风混合比例调节简称混合比例调节。这种调节方法是通过调节新风、回风门的开启度进行的。

(3) 水量调节。通过控制喷嘴供水阀大的开度,进行称为水量调节。若为适应负荷变化过大的情况,进行水量调节时还可以使用停止或增加水泵运行台数的方法。

在冬季使用热水进行喷淋时,为了保持水温可在喷淋室的水池内安装加热管。

## (三) 喷淋室运行中的检查内容管理

(1) 每隔 1h 监测一下水泵在运行中的水压力、喷水温度等是否符合要求。

(2) 巡视喷淋室内喷嘴的喷水情况,看是否有喷嘴堵塞喷不出水,喷出水的雾化情况是否充分,并及时进行调整水泵出口水压。

(3) 底池的积水是否正常。如果底池的积水过多,则可能为回水管路堵塞或回水不畅,有可能造成喷淋室底池水的外溢和回水断水而使系统无法运行。

(4) 监测回水系统工作是否正常。如果发现回水不畅,出现堵塞等情况时,应及时采取措施进行处理,以保证喷水系统的正常运行。

(5) 检查各阀门的泄漏情况。一般用于喷水系统的闸板阀、截止阀往往会发生从阀杆处向外泄漏的情况,为保证系统的正常运行和环境的卫生条件,在发现阀门从阀杆处泄漏时,应及时调整填料室压盖的松紧或更换填料。如果发现阀门与其连接的管路法兰或阀门与阀门连接的法兰间有泄漏时,可紧固法兰连接螺栓或更换其间密封垫。

(6) 检查喷淋室检查门的漏风情况。喷淋室如果处于正压区,则可能造成由内向外的漏风;如果喷淋室处于负压区,则可能造成由外向内的漏风。无论是哪一种漏风都会造成能量的过多消耗,且无法保证要求的运行参数。

(7) 查看挡水板的过水量。及时地对挡水板的过水量进行检查,发现过水量较大时则应采取相应措施,如调整通过喷淋室的空气流速或更换修复破损、脱落的挡水板。

(8) 检查水过滤器，是否有堵塞情况。

四、空调系统运行中的管理

空调系统启动完毕后便投入运行，值班人员应忠于职守、认真负责、勤巡视、勤检查、勤调节，并根据外界条件的变化随时调整运行方案。要随时注意控制盘上各仪表及计算机显示屏上的参数的变化情况，并按规定时间做好运行记录，读数要准确，填写要清楚，对空调运行记录表（试样见表 4-6）中各种参数要逐一填写清楚。填写数据时，写错了只能重写，不允许涂改。应对刚维修过的设备加强运行监测，掌握其运转情况，发现问题应及时处理，重大问题应立即报告。

表 4-6 空调运行记录表      年   月   日   天气   上午  
下午

时间	项目 数据	室外		冷 冻 混 合 水 温 度	喷 雾 水 温 度	加 热 送 水 温 度	加 热 回 水 温 度	送风温度			回风温度			被调房间		设备开、停时间											
		温 度	湿 度					干 球 温 度 /℃	湿 球 温 度 /℃	水 蒸 气 分 压 力 /kPa	干 球 温 度 /℃	湿 球 温 度 /℃	水 蒸 气 分 压 力 /kPa	01	02	设备 名称	上午		下午		晚上						
																	开	机	停	机	开	机	停	机	停	机	停
																风机											
																喷水泵											
																回水泵											
																油过滤器											
																电加热器											
																备 注											
运行记录																											

空调系统进入正常运行状态后，应按时进行下列项目的巡视：

- (1) 动力设备的运行情况，包括风机、水泵、电动机的振动、润滑、传动、负荷电流、转速、声响等。
- (2) 喷淋室、加热器、表面冷却器、蒸汽加湿器等运行情况。
- (3) 空气过滤器的工作状态（是否过脏）。
- (4) 空调系统冷源、热源的供应情况。
- (5) 制冷系统运行情况，包括制冷机、冷媒水泵、冷却水泵、冷却塔及油泵等运行情况和冷却水温度、冷凝水温度等。
- (6) 空调运行中采用的运行调节方案是否合理，系统中各有关调节执行机构是否正常。

(7) 控制系统中各有关调节器、执行调节机构是否有异常现象。

(8) 使用电加热器的空调系统, 应注意电气保护装置是否安全可靠, 动作是否灵活。

(9) 空调处理装置及风路系统是否有泄漏现象, 对于吸入式空调系统, 尤其应注意处于负压区的空气处理部分的漏风现象。

(10) 空调处理装置, 内部是否积水、排水情况, 喷淋室系统中是否有泄漏、不畅等现象。

对上述各项巡视内容, 若发现异常应及时采取必要的措施进行处理, 以保证空调系统正常工作。

空调系统运行管理中很重要的一环是运行调节。在空调系统运行中进行调节的主要内容有

(1) 对于采用手动控制的加热器应根据被加热后空气温度与要求的偏差进行调节, 使其达到设计参数要求。

(2) 对于变风量空调系统在冬夏季运行方案变换时, 应及时对末端装置和控制系统中的夏、冬季转换开关进行运行方式转换。

(3) 对于采用露点温度控制的空调系统应根据室内外空气条件, 对供水水温、水压、水量、喷淋排数进行调节。

(4) 根据运行工况, 结合空调房间室内外空气参数情况应适当地进行运行工况的转换, 同时确定出运行中供热、供冷的时间。

(5) 对于既采用蒸气、热水加热又采用电加热器作为补充热源的空调系统, 应尽量减少电加热器的使用时间, 多使用蒸气和热水加热装置进行调节。这样, 既降低了运行费用, 又减少了由于电加热器长时间运行时引发事故的可能性。

(6) 根据空调房间内空气参数的实际情况, 在允许的情况下, 应尽量减少排风量, 以减少空调系统的能量损失。

(7) 在能满足空调房间内的工艺条件的前提下, 应尽量降低室内的正静压值, 以减少室内空气向外的渗透量, 达到节省空调系统能耗的目的。

(8) 空调系统在运行中, 应尽可能地利用天然冷源, 降低系统的运行成本。在冬季和夏季时可采用最小新风运行方式; 而在过渡季节中, 当室外新风状态接近送风状态点时, 应尽量使用最大新风或全部采用新风的运行方式, 减少运行费用。

# 第五章 中央空调制冷设备运行管理

## 第一节 活塞式压缩机的运行管理

### 一、活塞式压缩机起动前的准备工作

活塞式压缩机起动前的准备工作主要有以下工作内容：

#### 1. 检查压缩机

(1) 检查压缩机曲轴箱的油位是否符合要求，油质是否清洁。

(2) 通过储液器的液面指示器观察制冷剂的液位是否正常，一般要求液面高度应在视液镜的  $1/3 \sim 2/3$  处。

(3) 开启压缩机的排气阀及高、低压系统中的有关阀门，但压缩机的吸气阀和储液器上的出液阀可先暂不开启。

(4) 检查制冷压缩机组周围及运转部件附近有无妨碍运转的因素或障碍物。对于开启式压缩机可用手盘动联轴器数圈，检查有无异常。

(5) 对具有手动卸载-能量调节的压缩机，应将能量调节阀的控制手柄放在最小能量位置。

(6) 接通电源，检查电源电压。

(7) 开启冷却水泵（冷凝器冷却水、气缸冷却水、润滑油冷却水等）。对于风冷式机组，开起风机运行。

(8) 调整压缩机高、低压力继电器及温度控制器的设定值，使其指示值在所要求的范围内。压力继电器的压力设定值应根据系统所使用的制冷剂、运转工况和冷却方式而定，一般在使用 R12 为制冷剂时，高压设定范围为  $1.3 \sim 1.5 \text{ MPa}$ ；使用 R22、R717 为制冷剂时，高压设定范围为  $1.5 \sim 1.7 \text{ MPa}$ 。

2. 开起冷媒水泵，使蒸发器中的冷媒水循环起来。

3. 检查制冷系统中所有管路系统，确认制冷管道无泄漏。

### 二、活塞式压缩机的试运转

活塞式压缩机在起动运行之前，应按照 GB/T 10079—2001《活塞式单级制冷压缩机》的规定进行试运行。活塞式压缩机分为无负荷试运转和空载试运转两种方式。

#### (一) 无负荷试运转

无负荷试运转是指压缩机不安装气阀时的试运转，即在试运转时压缩机不安装吸、排气阀和气缸盖。试运转的目的是观察压缩机各部分的供油和润滑情况是否正



常、压缩机运行声音是否正常；检查压缩机的主轴承、轴封等各处的温升情况。

无负荷试运转方法如下：

(1) 拆除压缩机的气缸盖，取出气阀，并用专用工具将气缸套卡紧，以免试运行时将气缸套来出。

(2) 向曲轴箱加入适量的冷冻润滑油，使示油镜中的油位达到中线附近。

(3) 向气缸壁均匀注入适量的冷冻润滑油，对开启式压缩机可盘动联轴器使润滑油均匀地分布在气缸壁上。

(4) 用干净的白布包住气缸口，以防试机时灰尘进入气缸。

(5) 点动压缩机，观察运转方向是否正确，倾听压缩机运转声音是否异常。

(6) 点动压缩机，间歇运行 5min、10min、15min、30min。在间歇运行停机期间检查气缸壁应无异常，其温升不应超过 30℃，曲轴箱中的油温不应超过 50℃。

(7) 在试运转时油压应在 0.15 ~ 0.3MPa，若出现声音异常或油压不正常时，应立即停机检查，排除故障后，再起动压缩机重新试运转。

(8) 试运转完成后，重新装好压缩机的气阀、气缸盖，注意留出适当的余隙容积，使其符合压缩机装配要求。

## (二) 空载试运转

空载试运转是指在压缩机无负载的条件下，进行试运行，以进一步检验压缩机的运动部件的润滑和温升情况。

空载试运转的操作方法如下：

(1) 将压缩机的排气截止阀调至关闭状态，并使截止阀的旁通通道与大气相通。

(2) 将压缩机的吸气截止阀调至关闭状态，并在截止阀的旁通通道上包上浸过干净润滑油的纱布，以便对吸入空气进行过滤。

(3) 起动压缩机运行，同时调整压缩机的排气压力，使其达到 0.2 ~ 0.4MPa。

(4) 压缩机运行状态应稳定，无异常杂声，吸排气阀片起落声清晰。

(5) 压缩机的轴封、主轴承的温升不应超过 65℃。

(6) 曲轴箱内的润滑油油温不应超过 70℃。

(7) 压缩机的油压调节阀应操作灵活，使油压与吸气压力能够调至 0.15 ~ 0.3MPa。

(8) 压缩机的卸载装置应操作灵活，能够灵活地进行加载和卸载工作。

(9) 压缩机的排气温度不应超过 145℃，压缩机个部位不应出现漏气漏油现象。

(10) 压缩机运行 4h，试运行合格后停止压缩机运行，清洗吸排气阀、活塞、气缸和润滑油过滤器等部件，重新更换润滑油，即可正式起动运行。

## 三、活塞式压缩机正式起动操作

(1) 起动准备工作结束以后，可向压缩机电动机瞬时通、断电，点动压缩机



运行 2~3 次,观察压缩机电动机起动状态和转向,确认正常后,重新合闸正式起动压缩机。

(2) 压缩机正式起动后逐渐开启压缩机的吸气阀,注意防止出现“液击”的情况。

(3) 同时缓慢打开储液器的出液阀,向系统供液,待压缩机起动过程完毕,运行正常后将出液阀开至最大。

(4) 对于没有手动卸载-能量调节机构装置的压缩机,待压缩机运行稳定以后,应逐步调节卸载-能量调节机构,即每隔 15min 左右转换一个挡位,直到达到所要求的挡位为止。

(5) 在压缩机起动过程中应注意观察压缩机运转时的振动情况是否正常,系统的高低压及油压是否正常,电磁阀、自动卸载-能量调节阀、膨胀阀等工作是否正常等。待这些项目都正常后,起动工作结束。

#### 四、活塞式压缩机运行中的管理

##### (一) 活塞式压缩机运行中的调整

当压缩机投入正常运行后,必须随时注意系统中各有关参数的变化情况,如压缩机的油压,吸、排气压力,冷凝压力,排气温度,冷却水温度,冷媒水温度,润滑油温度,压缩机、电动机、水泵、风机电机等运行电流笔。同时,在运行管理中还应注意以下情况的管理和监测。

(1) 在运行过程中压缩机的运转声音是否正常,如发现不正常应查明原因,及时处理。

(2) 在运行过程中,如发现气缸有冲击声,则说明有液态制冷剂进入压缩机的吸气腔,此时应将能量调节机构置于空挡,并立即关闭吸气阀,待吸入口的霜层溶化后,使压缩机运行 5~10min 后,再缓慢打开吸气阀,调整至压缩机吸气腔无液体吸入,且吸气管底部有结露状态时,可将吸气阀全部打开。

(3) 运行中应注意监测压缩机的排气压力和排气温度,对于使用 R12 或 R22 的制冷压缩机,其排气温度不应超过 130℃ 或 145℃。

(4) 运行中,压缩机的吸气温度一般应在比蒸发温度高 5~15℃。

(5) 压缩机在运转中各摩擦部件温度不得超过 70℃,如果发现其温度急剧升高或局部过热时,则应立即停机进行检查处理。

(6) 随时检测曲轴箱中的油位、油温。若发现异常情况应及时采取措施处理。

(7) 压缩机运行中润滑油的补充。活塞式制冷压缩机在运行过程中,虽然大部分随排气被带走的冷冻润滑油,在油气分离器的作用下,会回到压缩机,但仍有一部分会随制冷剂的流动而进入整个系统,造成曲轴箱内冷冻润滑油减少,影响压缩机润滑系统的正常工作。因此,在运行中应注意观测油位的变化,随时进行补充。

冷冻润滑油的补充操作方法是:当曲轴箱中的油位低于油面指示器的下限时,

可采用手动回油方法，观察油位能否回到正常位置。若仍不能回到正常位置，则应进行补充润滑油的工作。补油时应使用与压缩机曲轴箱中的润滑油同标号、同牌号的冷冻润滑油。加油时，将加氟管一端拧紧在曲轴箱上端的加油阀上，另一端用手捏住管口放入盛有冷冻润滑油的容器中。将压缩机的吸气阀关闭，待其吸气压力降低到0时（表压），同时打开加油阀，并松开捏紧加油管的手，润滑油即可被吸入曲轴箱中，待从视油镜中观测油位达到要求后，关闭加油阀，然后缓慢打开吸气阀，使制冷系统逐渐恢复正常运行。

（8）压缩机运行过程中的“排空”问题。制冷系统在运行过程中会因各种原因使空气混入系统中，这将会导致压缩机的排气压力和排气温度的升高，造成系统能耗的增加，甚至造成系统运行事故。因此，应在运行中及时排放系统中的空气。

制冷系统中混有空气后的特征为：压缩机在运行过程中高压压力表的表针出现剧烈摆动，排气压力和排气温度都明显高于正常运行时的参数值。

对于氟利昂制冷系统，由于氟利昂制冷剂的密度大于空气的密度。因此，当氟利昂制冷系统中有空气存在时，一般会聚集在储液器或冷凝器的上部。所以，氟利昂制冷系统的“排空”操作可按下述步骤进行。

1）关闭储液器或冷凝器的出液阀（事先应将电气控制系统中的压力继电器短路，以防止它的动作导致压缩机无法运行），使压缩机继续运行，将系统中的制冷剂全部收集到储液器或冷凝器中，在这一过程中让冷却水系统继续工作，将气态制冷剂冷却成为液态制冷剂。当压缩机的低压运行压力达到0（表压）时，停止压缩机运行。

2）在系统停机约1h后，拧松压缩机排气阀的旁通孔的丝堵，调节排气阀至三通状态，使系统中的空气从旁通孔逸出。若在储液器或冷凝器的上部设有排气阀时，可直接将排气阀打开进行“排空”。在放气过程中可将手背放在气流出口，感觉一下排气温度。若感觉到气体较热或为正常温度，则说明排出的基本上是空气；若感觉排出的气体较凉，则说明排出的是制冷剂，此时应立即关闭排气阀口。

3）为检验“排空”效果，可在“排空”工作结束后，恢复制冷系统运行（同时将压力继电器电路恢复正常）后，再观察一下运行状态。若高压压力表的表针不再出现剧烈摆动，冷凝压力和冷凝温度都在正常值范围内，可认为“排空”工作已达到目的。若还是存有空气，就应继续进行“排空”工作。

## （二）活塞式制冷压缩机运行中的记录

制冷机组的运行监测与记录是设备技术档案的重要组成部分之一。通过这些记录，可以使运行和管理人员掌握系统和设备的运行情况和现状，一方面可以防止因为情况不明而盲目使用而发生事故；另一方面还可以从这些记录中找出一些规律性的东西，经过总结、提炼后，再用于实际工作中，使管理和操作水平不断提高。活塞式制冷压缩机的运行管理记录表式样见表5-1。

表 5-1 活塞式冷水机组运行记录表

日期： 年 月 日

记录 时间	蒸发器						冷凝器						主电动机									运行 机头 数或 编号	记 录 人	
	冷媒		水压		水温		冷媒		水压		水温		润滑油			电流/A			电压/V					
	压力	温度 /℃	进水 /MPa	出水 /MPa	进水 /℃	出水 /℃	压力 /MPa	温度 /℃	进水 /MPa	出水 /MPa	进水 /℃	出水 /℃	油位	油温 /℃	油压 差	A 相	B 相	C 相	A 相	B 相	C 相			
备注																								

(三) 活塞式制冷压缩机的正常运行标志

正常运行标志主要是指下列内容：

- (1) 压缩机在运行时其油压应比吸气压力高 0.1 ~0.3MPa。
  - (2) 曲轴箱上若有一个视油孔时，油位不得低于视油孔的 1/2；若有两个视油孔时，油位不超过上视孔的 1/2，不低于下视孔的 1/2。
  - (3) 曲轴箱中的油温一般应保持在 40 ~60℃，最高不得超过 70℃。
  - (4) 压缩机轴封处的温度不得超过 70℃。
  - (5) 压缩机的排气温度，视使用的制冷剂的不同而不同。采用 R12 制冷剂时不超过 130℃，采用 R22 制冷剂时不超过 145℃。
  - (6) 压缩机的吸气温度比蒸发温度高 5 ~15℃。
  - (7) 压缩机的运转声音清晰均匀，且又有节奏，无撞击声。
  - (8) 压缩机电动机的运行电流稳定，机温正常。
  - (9) 装有自动回油装置的油分离器能自动回油。
- 一般活塞式制冷压缩机在运行中主要检测部位及其正常状态见表 5-2。

五、活塞式压缩机运行中突发事故的处理

制冷设备在运行过程中，如遇下述突发事故情况，应做紧急停机处理。

- 1. 突然停电的停机处理 制冷设备在正常运行中，突然停电时，首先应立即迅速关闭系统中的供液阀，停止向蒸发器供液，避免在恢复供电而重新启动压缩机时，造成“液击”故障。接着应迅速关闭压缩机的吸、排气阀。

表 5-2 活塞式制冷压缩机在运行中的检测部位及其正常状态

设备名称	检测部位	检测内容	正 常 运 转 状 态
制冷 压缩机	吸气管	吸气压力	吸气压力 = 蒸发温度对应的饱和压力 - 吸气管压力降
		吸气温度	吸气温度 = 蒸发温度 + 过热度（过热度一般取 5 ~ 15℃）
	排气管	排气压力	排气压力 = 冷凝温度对应饱和压力 + 排气管压力降
		排气温度	与使用的制冷剂种类有关，一般不应超过 145℃
	油泵	油压	油压 $\approx$ 吸气压力 + (0.1 ~ 0.3) MPa
		油温	不得超过 70℃
	视油孔镜	油位	保持在视油孔的中心线左右
		清洁度	透明，不浑浊
	气缸盖	温度	与使用的制冷剂种类有关，一般不应超过 120℃
		声音	清晰、有节奏的跳动声，无撞击声
	轴承	轴承温度	在外部用手摸时感觉稍热，应低于 55℃
轴封	漏油	漏油	不得出现滴油现象
电动机	电源	电压	在额定电压 $\pm 10\%$ 之内
		电流	低于额定电流

恢复供电以后，可先保持供液阀为关闭状态，按正常程序启动压缩机，待蒸发压力下降到一定值时（略低于正常运行工况下的蒸发压力），可再打开供液阀，使系统恢复正常运行。

2. 突然冷却水断水的停机处理 制冷系统在正常运行工况条件下，因某种原因突然造成冷却水供应中断时，应首先切断压缩机电动机的电源，停止压缩机的运行，以避免高温高压状态的制冷剂蒸气得不到冷却，而使系统管道或阀门出现爆裂事故。之后关闭供液阀、压缩机的吸、排气阀，然后再按正常停机程序关闭各种设备。

在冷却水恢复供应以后，系统重新启动时可按停电后恢复运行时的方法处理。但如果由于停水而使冷凝器上的安全阀动作过，就还须对安全阀进行试压一次。

3. 冷媒水突然断水的停机处理 制冷系统在正常运行工况条件下，因某种原因突然造成冷媒水供应中断时，应首先关闭供液阀（贮液器或冷凝器的出口控制阀）或节流阀，停止向蒸发器供液态制冷剂。关闭压缩机的吸气阀，使蒸发器内的液态制冷剂不再蒸发或蒸发压力高于 0℃ 时制冷剂相对应的饱和压力。继续开动制冷压缩机使曲轴箱内的压力接近或略高于 0 时，停止压缩机运行，然后其他操作再按正常停机程序处理。

当冷媒水系统恢复正常工作以后，可按突然停电后又恢复供电时的起动方法处理，恢复冷媒水系统正常运行。

4. 火警时紧急停机 在制冷空调系统正常运行情况下, 空调机房或相邻建筑发生火灾危及系统安全时, 应首先切断电源, 按突然停电的紧急处理措施使系统停止运行。同时向有关部门报警, 并协助灭火工作。

当火警解除之后, 可按突然停电后又恢复供电时的启动方法处理。恢复系统正常运行。

制冷设备在运行过程中, 如遇下述情况应做故障停机处理:

- 1) 油压过低或油压升不上去;
- 2) 油温超过允许温度值;
- 3) 压缩机气缸中有敲击声;
- 4) 压缩机轴封处制冷剂泄漏现象严重;
- 5) 压缩机运行中出现较严重的液击现象;
- 6) 排气压力和排气温度过高;
- 7) 压缩机的能量调节机构动作失灵;
- 8) 冷冻润滑油太脏或出现变质情况。

制冷装置在发生上述故障时, 采取何种方式停机可视具体情况而定, 可采用紧急停机处理或按正常停机方法处理。

## 六、活塞式压缩机的停机操作

对于装有自动控制系统的氟利昂活塞式制冷压缩机的停机操作可由自动控制系统来完成。对于手动控制系统则可按下述程序进行:

(1) 在接到停止运行的指令后, 首先关闭储液器或冷凝器的出口阀 (即供液阀)。

(2) 待压缩机的低压压力表的表压力接近于 0 或略高于大气压力时 (大约在供液阀关闭 10~30min 后, 视制冷系统蒸发器大小而定), 关闭吸气阀, 停止压缩机运转, 同时关闭排气阀。如果由于停机时机掌握不当, 而使停机后压缩机的低压压力低于 0 时, 则应适当开启一下吸气阀, 使低压压力表的压力上升至 0, 以避免停机后, 由于曲轴箱密封不好而导致外界空气的渗入。

(3) 停冷媒水泵、回水泵等, 使冷媒水系统停止运行。

(4) 在制冷压缩机停止运行 10~30min 后, 关闭冷却水系统, 停止冷却水泵、冷却塔风机工作, 使冷却水系统停止运行。

(5) 关闭制冷系统上各阀门。

(6) 为防止冬季可能产生的冻裂故障, 应将系统中残存的水放干净。

## 第二节 螺杆式压缩机的运行管理

### 一、螺杆式压缩机起动前的准备工作

#### (一) 压力吹污和检漏

螺杆式制冷压缩机的压力吹污是指机组在进行大修或新安装结束后,应使用 0.6MPa (表压) 压力的干燥空气或氮气对系统管路和各容器内部进行吹扫,使系统中残存的氧化物、焊渣及其他污垢由机组底部的排污口排出。

压力检漏是指机组在完成排污工作后,向系统内打入压力氮气,进行气密性试验。其操作方法是:关闭机组中所有与大气相通的阀门,打开机组中各部分间的连接阀,然后用干燥空气或氮气向机组内充入 0.6MPa (表压力) 的气压。此时,可用肥皂水对机组的阀门、焊缝、螺纹接头、法兰等部位进行气密性检查。当发现有泄漏现象时,应放掉试漏气体后再进行修补。

排除或没有发现机组泄漏后,可继续向机组内充入干燥空气或氮气,在充入气体的同时可混入少量的制冷剂气体,使机组内混合气体的压力达到 1.4MPa (表压),然后再用肥皂水进行检漏。没有查出漏点后,再用电子检漏仪做进一步细致的检漏,确认无泄漏问题后,进行 24h 保压试漏。在保压过程中,前 6h 内允许压力下降 0.03MPa,后 18h 内压力应稳定不动。24h 后确认机组确实无泄漏后,可将试漏气体由放空阀处排放出去。当压力降至 0.6MPa 时,可关闭放空阀,再次打开机组的排污口,进行再次排污。

## (二) 点车试机

点车试机是指在机组完成试漏工作以后,对于开启式机组,可拆下联轴节上的螺钉和压板,取下传动芯子,将飞轮移向电动机一侧,使电动机与压缩机分开,然后用点动方式通电,检查一下电动机的转动方向是否正确(对于半封闭或全封闭式机组,此项工作可不作),同时再动一下油泵,检查一下油泵的转动方向是否与泵壳上所标的箭头方向一致。检查合格后,将联轴节上的传动芯子和压板装上,并用螺钉紧固。

## (三) 充灌冷冻润滑油

向螺杆式制冷压缩机充灌冷冻润滑油的方法有两种情况:一种是机组内没有润滑油的首次加油方法;另一种是机组内已有一部分润滑油,需要补充润滑油的操作方法。

1. 机组首次充灌冷冻润滑油的操作 首次充灌冷冻润滑油有以下三种常用方法:

(1) 使用外油泵加油。将所使用的加油泵的油管一端接在机组油粗过滤器前的加油阀上,另一端放入盛装冷冻润滑油的容器内,同时,将机组的供油止回阀和喷油控制阀关闭,打开油冷却器的出口阀和加油阀,然后起动加油泵,使冷冻润滑油经加油阀进入机组的油冷却器内,冷冻润滑油充满油冷却器后,将自动流入油分离器内,从而达到给机组加油的目的。

(2) 使用机组本身油泵加油。操作时,将加油管的一端接在机组的加油阀上,另一端置于盛油容器内,开启加油阀及机组的喷油控制阀、供油止回阀,然后起动机组本身的油泵,将冷冻润滑油抽进系统内。



(3) 真空加油法。真空加油法是利用制冷压缩机机组内的真空将冷冻润滑油抽入机组内的。操作时,要先将机组抽成一定程度的真空,将加油管的一端接在加油阀上,另一端放入盛有冷冻润滑油的容器中,然后打开加油阀和喷油控制阀,冷冻润滑油在机组内、外压差作用下被吸入机组内。

机组加油工作结束后,可起动机组的油泵,通过调节油压调节阀来调节油压,使油压维持在 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$  (表压) 范围。开启能量调节装置,检查能量调节在加载和减载时工作能否正常,确认正常后可将能量调节至零位,然后关闭油泵。

2. 机组的补油操作方法 机组在运行过程中,发现冷冻润滑油不足时,可将制冷剂全部抽至冷凝器中,使机组内压力与外界压力平衡,此时再采用利用机组本身油泵加油的操作方法向机组内补充冷冻润滑油。同时,应注意观察机组油分离器上的液面计,待油面达到标志线上端约 $2.5 \text{ cm}$ 时,停止补油工作。

应当注意的是:在进行补油操作中,压缩机必须处于停机状态。如果想在机组运行过程中进行补油操作,可将机组上的压力控制器调到“抽空”位置,用软管连接吸气过滤器上的加油阀,将软管的另一端插入盛油容器的油面以下,但不得插到容器底部。然后关小吸气阀,使吸气压力至真空状态,此时,可将加油阀缓缓打开,使冷冻润滑油缓慢地流入机组,达到加油量后关闭加油阀,调节吸气阀使机组进入正常工作状态。

#### (四) 机组的真空度要求

在制冷系统中充入一定量的冷冻润滑油之后,就应该使用真空泵将机组内抽成真空状态,要求机组内的压力达到绝对压力为 $5.33 \text{ kPa}$ 左右。一般情况下,不要使用机组本身抽真空,以免油分离器内残存一部分空气无法排出。

#### (五) 向机组内充灌制冷剂

当机组的真空度达到要求以后,可向机组内充灌制冷剂,其操作方法如下:

(1) 打开机组冷凝器、蒸发器的进、出水阀门。

(2) 起动冷却水泵、冷媒水泵、冷却塔风机工作,使冷却水系统和冷媒水系统处于正常的工作状态。

(3) 将制冷剂钢瓶置于磅秤上称重,并记下总重量。

(4) 将加氟管一头拧紧在氟瓶上,另一头与机组的加液阀虚接,然后打开氟瓶瓶阀。当看到加液阀与加氟管虚接口处有氟雾喷出时,就说明加氟管中的空气已排净,应迅速拧紧虚接口。

(5) 打开冷凝器的出液阀、制冷剂注入阀、节流阀,关闭压缩机吸气阀,制冷剂在氟瓶与机组内压差作用下进入机组中。当机组内压力升至 $0.4 \text{ MPa}$  (表压) 时,暂时将注入阀关闭,然后使用电子卤素检漏仪对机组的各个阀口和管道接口处进行检漏,在确认机组各处无泄漏点后,可将注入阀再次打开,继续向机组中充灌制冷剂。

(6) 当机组内制冷剂压力和氟瓶内制冷剂压力平衡后,可将压缩机的吸气阀



稍微打开一些,使制冷剂进入压缩机内,直至压力平衡。然后可起动压缩机,按正常的开机程序使机组处于正常的低负荷运行状态(此时应关闭冷凝器的出液阀),同时观察磅秤上的称量值。当达到充灌量后将氟瓶瓶阀关闭,然后再将注入阀关闭,充灌制冷剂工作结束。

## 二、螺杆式压缩机的试运转

### (一) 试运转前的准备工作

(1) 将机组的高低压力继电器的高压压力值调定到高于机组正常运行的压力值,低压压力值调定到低于机组正常运行的压力值;将压差继电器的调定值定到 0.1MPa(表压),使其能在油压与高压压差低于该值时自动停机,或机组的油过滤器前后压差大于该值时自动停机。

(2) 检查机组中各有关开关装置是否处于正常位置。

(3) 检查油位是否保持在视油镜的  $1/2 \sim 1/3$  的正常位置上。

(4) 检查机组中的吸气阀、加油阀、制冷剂注入阀、放空阀及所有的旁通阀是否处于关闭状态,但是机组中的其他阀门应处于开启状态。应重点检查位于压缩机排气口至冷凝器之间管道上的各种阀门是否处于开启状态,油路系统应确保畅通。

(5) 检查冷凝器、蒸发器、油冷却器的冷却水和冷媒水路上的排污阀、排气阀是否处于关闭状态,而水系统中的其他阀门均应处于开启状态。

(6) 检查冷却水泵、冷媒水泵及其出口调节阀、止回阀是否能正常工作。

### (二) 机组的试运转启动程序及运转调整

(1) 起动冷却水泵、冷却塔风机,使冷却水系统正常循环。

(2) 起动冷媒水泵并调整水泵出口压力使其正常循环。

(3) 对于开启式机组应先起动油泵,待工作几分钟后关闭,然后用手盘动联轴器,观察其转动是否轻松。若不轻松,就应进行检查处理。

(4) 检查机组供电的电源电压是否符合要求。

(5) 检查系统中所有阀门所处的状态是否符合要求。

(6) 闭合控制电柜总开关,检查操作控制柜上的指示灯能否正常点亮。若不能点亮,就应查明原因及时排除。

(7) 起动油泵,调节油压使其达到 0.5 ~ 0.6MPa,同时将手动四通阀的手柄分别转动到增载、停止、减载位置,以检验能量调节系统能否正常工作。

(8) 将能量调节手柄置于减载位置,使滑阀退到零位,然后检查机组油温。若低于 30℃ 就应启动电加热器进行加热,使温度升至 30℃ 以上,然后停止电加热器,起动压缩机运行,同时缓慢打开吸气阀。

(9) 机组起动后检查油压,并根据情况调整油压,使其高于排气压力 0.15 ~ 0.3MPa。

(10) 依次递进,进行增载试验,同时调节节流阀的开度,观察机组的吸气压

力、排气压力、油温、油压、油位及运转声音是否正常。如无异常现象,就可对压缩机继续增载至满负荷运行状态。

### (三) 试运转时的停机操作

(1) 机组第一次试运转时间一般以 30min 为宜。达到停机时间后,先进行机组的减载操作,使滑阀回到 40% ~ 50% 位置,关闭机组的供液阀,关小吸气阀,停止主电动机运行,然后再关闭吸气阀。

(2) 待机组滑阀退到零位时,停止油泵运行。

(3) 关闭冷却水水泵和冷却塔风机。

(4) 待 10min 以后关闭冷媒水水泵。

(5) 关闭控制电源。

### 三、螺杆式压缩机正式起动操作

螺杆式制冷压缩机在经过试运转操作,并对发现的问题进行处理后,即可进入正常运转操作程序。具体操作方法如下:

(1) 确认机组中各有关阀门所处的状态是否符合开机要求。

(2) 向机组电气控制装置供电,并打开电源开关,使电源控制指示灯点亮。

(3) 起动冷却水泵、冷却塔风机和冷媒水泵,应能看到三者的运行指示灯亮。

(4) 检测润滑油油温是否达到 30℃。若不到 30℃,就应打开电加热器进行加热,同时可起动油泵,使润滑油循环温度均匀升高。

(5) 油泵起动运行以后,将能量调节控制阀置于减载位置,并确定滑阀处于零位。

(6) 调节油压调节阀,使油压达到 0.5 ~ 0.6MPa。

(7) 闭合压缩机,启动控制电源开关,打开压缩机吸气阀,经延时后压缩机起动运行。在压缩机运行以后进行润滑油压力的调整,使其高于排气压力 0.15 ~ 0.3MPa。

(8) 闭合供液管路中的电磁阀控制电路,启动电磁阀,向蒸发器供液态制冷剂,将能量调节装置置于加载位置,并随着时间的推移,逐级增载,同时观察吸气压力,通过调节膨胀阀,使吸气压力稳定在 0.36 ~ 0.56MPa (表压)。

(9) 压缩机运行以后,当润滑油温度达到 45℃ 时断开电加热器的电源,同时打开油冷却器的冷却水的进、出口阀,使压缩机运行过程中,油温控制在 40 ~ 55℃。

(10) 若冷却水温较低,可暂时将冷却塔的风机关闭。

(11) 将喷油阀开启 1/2 ~ 1 圈。同时应使吸气阀和机组的出液阀处于全开位置。

(12) 将能量调节装置,调节至 100% 的位置,同时调节膨胀阀使吸气过热度保持在 6℃ 以上。

四、螺杆式压缩机运行中的管理

机组起动完毕，投入正常运行后，应注意对下述内容进行的检查和管理，确保机组安全运行。

(1) 检查冷媒水泵、冷却水泵、冷却塔风机运行时的声音、振动情况，水泵的出口压力、水温等各项指标是否在正常工作参数范围内。

(2) 润滑油的油温是否在 60℃ 以下，油压是否高于排气压力 0.15 ~ 0.3MPa，油位是否正常。

(3) 压缩机处于满负荷运行时，检查吸气压力值是否在 0.36 ~ 0.56MPa。

(4) 检查压缩机的排气压力是否在 1.55MPa 以下，排气温度是否在 100℃ 以下。

(5) 压缩机运行过程中，检查电动机的运行电流是否在规定的范围内。若电流过大，就应调节至减载运行，防止电动机由于运行电流过大而烧毁。

(6) 检查压缩机运行时的声音、振动情况是否正常。

上述各项中，若发现有不正常情况时，就应立即停机，查明原因，排除故障后，再重新起动机组。切不可带着问题让机组运行，以免造成重大事故。

(7) 在上述情况正常后，应作好螺杆式制冷压缩机的运行记录。螺杆式制冷压缩机的运行记录表格式样见表 5-3。

表 5-3 螺杆式冷水机组运行记录表

日期：      年      月      日																							
记录 时间	蒸发器						冷凝器						主 电 机									滑阀 位置	记录人
	冷媒		水压		水温		冷媒		水压		水温		润滑油			电 流			电 压				
	压力	温度	进水	出水	进水	出水	压力	温度	进水	出水	进水	出水	油位	油温	油压 差	A 相	B 相	C 相	A 相	B 相	C 相		
备注																							

注：压力单位为 MPa，温度单位为℃，电流单位为 A，电压单位为 V。

五、螺杆式压缩机运行中突发事故的处理

螺杆式制冷压缩机在正常运行过程中，如发现异常现象，为保护机组安全，就

应实施紧急停机。其操作方法如下：

- (1) 停止压缩机运行。
- (2) 关闭压缩机的吸气阀。
- (3) 关闭机组供液管上的电磁阀及冷凝器的出液阀，停止向蒸发器供液。
- (4) 停止油泵工作。
- (5) 关闭油冷却器的冷却水进水阀。
- (6) 停止冷媒水泵、冷却水泵和冷却塔风机。
- (7) 切断总电源。

机组在运行过程中出现停电、停水等故障时的停机方法可参照离心式压缩机紧急停机中的有关内容处理。

机组紧急停机后，应及时查明故障原因，排除故障后，可按正常起动方法重新启动机组。

## 六、螺杆式压缩机的停机操作

螺杆式压缩机的停机操作可分为正常停机、机组的自动停机及机组的长期停机三种情况。

### (一) 正常停机的操作方法

- (1) 将手动卸载控制装置置于减载位置。
- (2) 关闭冷凝器至蒸发器之间的供液管路上的电磁阀、出液阀。
- (3) 停止压缩机运行，同时关闭其吸气阀。
- (4) 待能量减载至零后，停止油泵工作。
- (5) 将能量调节装置置于“停止”位置上。
- (6) 关闭油冷却器的冷却水进水阀。
- (7) 停止冷却水泵和冷却塔风机的运行。
- (8) 停止冷媒水泵的运行。
- (9) 关闭总电源。

### (二) 机组的自动停机

螺杆式制冷压缩机在运行过程中，若机组的压力、温度值超过规定值范围时，机组控制系统中的保护装置会发挥作用，自动停止压缩机工作，这种现象称为机组的自动停机。

机组自动停机时，其机组的电气控制板上相应的故障指示灯会点亮，以指示发生故障的部位。遇到此种情况时，主机停机后，其他部分的停机操作可按紧急停机方法处理。在完成停机操作工作后，应对机组进行检查，待排除故障后才可以按正常的起动程序进行重新启动运行。

### (三) 机组的长期停机

由于用于中央空调冷源的螺杆式制冷压缩机多为季节性运行，因此，机组的停机时间较长。为保证机组的安全，在季节性停机时，可按以下方法进行停机操作。

(1) 在机组正常运行时, 关闭机组的出液阀, 使机组进行减载运行, 将机组中的制冷剂全部抽至冷凝器中。为使机组不会因吸气压力过低而停机, 可将低压压力继电器的调定值调为 0.15MPa。当吸气压力降至 0.15MPa 左右时, 压缩机停机, 当压缩机停机后, 可将低压压力值再调回。

(2) 将停止运行后的油冷却器、冷凝器、蒸发器中的水卸掉, 并放干净残存水, 以防冬季时冻坏其内部的传热管。

(3) 关闭好机组中的有关阀门, 检查是否有泄漏现象。

(4) 每星期应起润滑油油泵运行 10 ~ 20min, 以使润滑油能长期均匀地分布到压缩机内的各个工作面, 防止机组因长期停机而引起机件表面缺油, 造成重新开机困难。

### 第三节 离心式压缩机的运行管理

#### 一、离心式压缩机起动前的准备工作

离心式制冷压缩机启动前的准备工作的内容主要有以下几项:

##### (一) 压力检漏试验

压力检漏是指将干燥的氮气充入离心式制冷压缩机的系统内, 通过对其加压来进行检漏的方法。其具体操作方法如下:

(1) 充入氮气前关闭所有通向大气的阀门;

(2) 打开所有连接管路、压力表、抽气回收装置的阀门;

(3) 向系统内充入氮气。充入氮气的过程可以分成两步进行。第一步先充入氮气, 至压力为 0.05 ~ 0.1MPa 时止, 检查机组有无大的泄漏。确认无大的泄漏后, 再加压。第二步对于使用 R12、R22、R134G 为制冷剂的机组, 可加压至 1.2MPa 左右 (对使用 R11、R123 机组加压至 0.15MPa 左右为宜)。若机组装有防爆片装置的, 则氮气压力应小于防爆片的工作压力。

充入氮气工作结束后, 可用肥皂水涂抹机组的各接合部位、法兰、填料盖、焊接处, 检查有无泄漏, 若有泄漏疑点就应做好记号, 以便维修。对于蒸发器和冷凝器的管板法兰处的检查, 应卸下水室端盖进行检查。

在检查中若发现有微漏现象, 为确定是否泄漏, 可向系统内充入少量制冷剂, 使制冷剂与氮气充分混合后, 再用电子检漏仪或卤素检漏灯进行确认性检漏。

在确认机组各检测部位无泄漏以后, 应进行保压试漏工作, 其要求是在保压试漏的 24h 内, 前 6h 机组的压力下降应不超过 2%, 其余 18h 应保持压力稳定。若考虑环境温度变化对压力值的影响, 可按下式计算压力变化的波动值:

$$\Delta P = P_1 \frac{273 + t_2}{273 + t_1}$$

式中,  $P_1$  为试验开始时机组内的压力, 单位为 Pa;  $t_1$  为试验开始时的环境温度,

单位为 $^{\circ}\text{C}$ ； $t_2$  为试验结束时的环境温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

## （二）机组的干燥除湿

在压力检漏合格后，下一步工作是对机组进行干燥除湿。干燥除湿的方法有两种：一种为真空干燥法，另一种为干燥气体置换法。

真空干燥法的具体方法是：用高效真空泵将机组内压力抽至 666.6 ~ 1333.2Pa 的绝对压力，此时水的沸点降至 1 ~ 10 $^{\circ}\text{C}$ ，使水的沸点远远低于当地温度，造成机组内残留的水分充分汽化，并被真空泵排出。

干燥气体置换法的具体方法是：利用高真空泵将机组内抽成真空状态后，充入干燥氮气，促成机组内残留的水分汽化，通过观察 U 形水银压力计水银柱高度的增加状况，反复抽真空充氮气 2 ~ 3 次，以达到除湿目的。

## （三）真空检漏试验

根据 GB/T 18430.1—2007 标准中的规定，机组的真空度应保持在 1333Pa 的水平。真空检漏试验的操作方法是：将机组内部抽成绝对压力为 2666Pa 的状态，停止真空泵的工作，关闭机组连通真空泵的波纹管阀，等待 1 ~ 2h 后，若机组内压力回升，可再次启动真空泵抽真空至绝对压力 2666Pa 以下，以除去机组内部残留的水分或制冷剂蒸气。若如此反复多次后，机组内压力仍然上升，可怀疑机组某处存在泄漏，应重作压力检漏试验。

从停止真空泵最后一次运行开始计时，若 24h 后机组内压力不再升高，可认为机组基本上无泄漏，可再保持 24h。若再保持 24h 后，机组内真空度的下降总差值不超过 1333Pa，就可认为机组真空度合格。若机组内真空度的下降超过 1333Pa，则需要继续做压力检验直到合格为止。

## （四）灌冷冻润滑油

离心式制冷压缩机在压力检漏和干燥处理工作程序完成以后，在制冷剂充灌之前进行冷冻润滑油的充灌工作。其操作方法如下：

（1）将加油用的软管一端接油泵油箱（或油槽）上的润滑油充灌阀上，另一端的端头上用 300 目铜丝过滤网包扎好后，浸入油桶（罐）之中。开启充灌阀，靠机组内、外压力差将润滑油吸入机组中。

（2）对使用 R123（或 R11）的机组，初次充灌的润滑油油位标准是从视油镜上可以看到油面高度为 5 ~ 10mm。因为当制冷剂充入机组后，制冷剂在一定温度、压力下溶于油中使油位上升。机组中若油位过高，就会淹没增速箱及齿轮，造成油溅，使油压剧烈波动，进而使机组无法正常运行。而对使用 R22 的机组，由于润滑油与制冷剂互溶性差，所以可一次注满。

（3）冷冻润滑油初次充灌工作完成后，应随即接通油槽下部的电加热器，加热油温至 50 ~ 60 $^{\circ}\text{C}$ 后，电加热器投入“自动”操作。润滑油被加热以后，溶入油中的制冷剂会逐渐逸出。当制冷剂基本逸出后，油位处于平衡状态时，润滑油的油位应在视镜刻度中线  $\pm 5\text{mm}$  的位置上。若油量不足，就应再接通油罐，进行补充。



(4) 进行补油操作时, 由于机组中已有制冷剂, 使机组内压力大于大气压力, 此时, 可采用润滑油充填泵进行加油操作。

### (五) 充灌制冷剂

离心式制冷压缩机在完成了充灌冷冻润滑油的工作程序后, 下一步应进行制冷剂的充灌操作, 其操作方法如下:

(1) 用铜管或 PVC (聚氯乙烯) 管的一端与蒸发器下部的加液阀相连, 而另一端与制冷剂储液罐顶部接头连接, 并保证有好的密封性。

(2) 加氟管 (铜管或 PVC 管) 中间应加干燥器, 以去除制冷剂中的水分。

(3) 充灌制冷剂前应对油槽中的润滑油加温至  $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 若在制冷压缩机处于停机状态时充灌制冷剂, 可起动蒸发器的冷媒水泵 (加快充灌速度及防止管内静水结冰)。初灌时, 机组内应具有  $0.866 \times 10^5 \text{ Pa}$  以上的真空度。

(5) 随着充灌过程的进展, 机组内的真空度下降, 吸入困难时 (当制冷剂已浸没两排传热管以上时), 可起动冷却水泵运行, 按正常起动操作程序运转压缩机 (进口导叶开度为  $15\% \sim 25\%$ , 避开喘振点, 但开度又不宜过大), 使机组内保持  $0.4 \times 10^5 \text{ Pa}$  的真空度, 继续吸入制冷剂至规定值。

在制冷剂充灌过程中, 当机组内真空度减小, 吸入困难时, 也可采用吊高制冷剂钢瓶提高液位的办法继续充灌或用温水加热钢瓶。但切不可用明火对钢瓶进行加热。

(6) 充灌制冷剂过程中应严格控制制冷剂的充灌量。各机组的充灌量均标明在《使用说明书》及《产品样本》上。机组首次充入量应约为额定值的  $50\%$ 。待机组投入正式运行时, 根据制冷剂在蒸发器内的沸腾情况进行补充。

制冷剂一次充灌量过多, 会引起压缩机内出现“带液”现象, 造成主电动机功率超负荷和压缩机出口温度急剧下降。而机组中制冷剂充灌量不足, 在运行中会造成蒸发温度 (或冷媒水出口温度) 过低而自动停机。

## 二、离心式压缩机的试运转

离心式压缩机试运转的目的主要是检查机组和对其技术性能进行调整。试运转前的检查及准备工作的内容如下:

(1) 检查主电源、控制电源、控制柜、启动柜之间的电气线路和控制管路, 确认接线正确无误。

(2) 检查控制系统中各调节项目、保护项目、延时项目等的控制设定值, 使其符合技术说明书上的要求, 并且要动作灵活、正确。

(3) 检查机组油槽的油位, 油面应处于视镜的中央位置。

(4) 油槽底部的电加热器应处于自动调节油温位置, 油温应在  $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ ; 点动油泵使润滑油循环, 油循环后油温下降应继续加热使其温度保持在  $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ , 应反复点动多次, 使系统中的润滑油温超过  $40^{\circ}\text{C}$ 。



(5) 开起油泵后调整油压至 0.196 ~ 0.294MPa。

(6) 检查蒸发器视液镜中的液位,看是否达到规定值。若达不到规定值,就应补充,否则,不准开机。

(7) 启动抽气回收装置运行 5 ~ 10min,并观察其电动机转向。

(8) 检查蒸发器、冷凝器进出水管的连接是否正确,管路是否畅通,冷媒水、冷却水系统中的水是否灌满,冷却塔风机能否正常工作。

(9) 将压缩机的进口导叶调至全闭状态,能量调节阀处于“手动”状态。

(10) 起动蒸发器的冷媒水泵,调整冷媒水系统的水量和排除其中的空气。

(11) 起动冷凝器的冷却水泵,调整冷却水系统的水量和排除其中的空气。

(12) 检查控制柜上各仪表指示值是否正常,指示灯是否点亮。

(13) 抽气回收装置未投入运转或机组处于真空状态时,它与蒸发器、冷凝器顶部相通的两个波纹管阀门均应关闭。

(14) 检查润滑油系统,各阀门应处于规定的启闭状态,即高位油箱和油泵油箱的上部与压缩机进口处相通的气相平衡管应处于贯通状态。油引射装置两端波纹管阀门应处于暂时关闭状态。

(15) 检查浮球阀是否处于全闭状态。

(16) 检查主电动机冷却供液管、回液管上的波纹管阀,抽气回收装置中回收冷却供液管、回液管上波纹管阀等供应制冷剂的各阀门是否处于开启状态。

(17) 检查各引压管线阀门、压缩机及主电动机气封引压阀门等是否处于全开状态。

(18) 试运转的操作程序如下:

1) 起动冷却水泵和冷媒水泵;

2) 打开主电动机和油冷却水阀,向主电动机冷却水套及油冷却器供水;

3) 起动油泵,调节油压,使油压(表压)达到  $19.6 \times 10^5 \sim 29.6 \times 10^5 \text{ Pa}$  以上;

4) 启动抽气回收装置;

5) 检查导叶位置及各种仪表;

6) 起动主电动机,开启导叶,达到正常运行。

在确认机组一切正常后,可停止负荷试机,以便为正式起运行做准备。其停机程序是

1) 停止主电动机工作,待完全停止运转后再停油泵;

2) 停止冷却水泵和冷媒水泵运行,关闭供水阀;

3) 根据需要接通油箱的电加热器或使其自动工作,保持油温在  $55 \sim 60^\circ\text{C}$ ,以便为正式运行做准备。

### 三、离心式压缩机正式起启动操作

离心式压缩机的起运行方式有“全自动”运行方式和“部分自动”(即手动

起动)运行方式两种。离心式压缩机无论是全自动运行方式或部分自动运行方式的操作,其起动连锁条件和操作程序都是相同的。制冷机组起动时,若起动连锁回路处于下述任何一项时,即使按下启动按钮,机组也不会起动:导叶没有全部关闭;故障保护电路动作后没有复位;主电动机的启动器不处于启动位置上;按下启动按钮后润滑油的压力虽然上升了,但升至正常油压的时间超过了 20s;机组停机后再起动的的时间未达到 15min;冷媒水泵或冷却水泵没有运行或水量过少等。

离心式压缩机启动的操作方法如下:

(1) 对就地控制机组(A型),按下“清除”按钮,检查除“油压过低”指示灯亮外,是否还有其他故障指示灯亮。若有就应查明原因,并予以排除。

对集中控制机组(B型),待“允许启动”指示灯亮时,闭合操作盘(柜)上的开关至起动位置。

(2) 在“全自动”状态下,油泵起动运转延时 20s 后,主电动机应起动。此时应监听压缩机运转中是否有异常情况,如发现有异常情况就应立即进行调整和处理,若不能马上处理和调整就应迅速停机待处理后再重新起动。

当主电动机运转电流稳定后,迅速按下“导流叶片开大”按钮。每开启 5% ~ 10% 导叶角度,应稳定 3 ~ 5min,待供油压力值回升后,再继续开启导叶。待蒸发器出口冷媒水温度接近要求值时,对导叶的手动控制可改为温度自动控制。

机组在起动过程中还需注意以下几个问题:

- 1) 压缩机的润滑油压力不得低于 0.1 MPa。
- 2) 油槽中油温需大于或等于 40℃。
- 3) 主电动机运转电流应在规定范围内。
- 4) 导叶开度达到 30% 时停机 5 ~ 10min,再根据运行工况要求开大导叶,但最小开度不得低于 40%,以避开压缩机的喘振区。
- 5) 起动以后,打开油冷却器的供水阀,向油冷却器中供应冷却水,使润滑油温度稳定在 40 ~ 45℃。
- 6) 起动运行以后,注意压缩机的运行声音是否正常,若发生喘振现象应立即进行调整。

7) 检查浮球室中制冷剂的液位是否在规定范围内,浮球阀的动作是否正常。

8) 调节冷媒水和冷却水量和温度,使其稳定在工况要求的范围内。

9) 在检查中发现问题,停机处理后,两次开机时间间隔应大于 20min。

#### 四、离心式压缩机运行中的管理

(1) 注意观测冷凝压力表。要求冷凝压力表上读数不允许超过极限值  $0.78 \times 10^5 \text{ Pa}$  (表压),否则会停机。若压力过高,必要时就可用加大冷却水流量来降低冷凝压力。

(2) 压缩机进口导叶由关闭至额定制冷量工况的全开过程,供油压力表上读数约下降  $(0.686 \sim 1.47) \times 10^5 \text{ Pa}$  (表压)。若下降幅度过大,就可在表压  $1.57 \times$

$10^5\text{Pa}$  时稳定 30min, 待机组工况平稳后, 再将供油压力调至规定值 ( $0.98 \sim 1.47$ )  $\times 10^5\text{Pa}$  (表压) 的上限。

要注意观察机组油槽油位的状况, 因为过高的供油压力将会造成漏油故障。压缩机运行时, 必须保证压缩机出口气压比轴承回油处的油压约高  $0.1 \times 10^5\text{Pa}$ 。只有这样才能使压缩机叶轮后充气密封、主电动机充气密封、增速箱箱体与主电动机回液 (气) 腔之间充气密封起到封油的作用。

(3) 油槽油位的高度反映了润滑油系统的循环油量的大小。机组起动之前, 制冷剂可能较多地溶解于油中, 造成油槽视镜中的油位上升。随着机组运行速度趋向正常、进口导叶开度的加大、轴承回油温度上升及油槽油温的稳定, 在油槽油面及内部聚集着大量的制冷剂气泡, 若此时油压指示值稳定, 则这些气泡属于机组起动及运行初期的正常现象。待机组稳定运行 3~4h 后, 气泡即慢慢消失, 此时油槽中的油位, 才是真实的油位。

在机组起动时, 由于油槽中有大量的气泡产生, 供油压力会呈缓慢下降的趋势, 此时, 应严密监视油压的变化。当油压降到机组最低供油压力值 (如表压  $0.78 \times 10^5\text{Pa}$ ) 时, 应做紧急停机处理, 以免造成机组的严重损坏。

(4) 机组起动及运行过程中油槽中的油温应严格控制在  $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 。若油槽中油温过高, 可切断电加热器或加大油冷却器冷却水的供应量, 使油温下降。

(5) 供油油温应严格控制在  $35 \sim 50^\circ\text{C}$ , 若供油油温过高, 可切断油槽中的电加热器或加大油冷却器冷却水的供应量, 使油温下降。

(6) 机组轴承中, 叶轮轴上的推力轴承温度最高, 应严格控制各轴承温度不大于  $65^\circ\text{C}$ 。

(7) 离心式压缩机运行的参数如下:

1) 压缩机吸气口的温度应比蒸发温度高出  $1 \sim 3^\circ\text{C}$ , 蒸发温度一般为  $0 \sim 10^\circ\text{C}$ , 机组温度一般控制在  $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 。

2) 压缩机排气温度一般不应超过  $60 \sim 70^\circ\text{C}$ , 否则会引起冷却水水质变化, 造成设备腐蚀。

3) 油槽中的油温为  $50 \sim 60^\circ\text{C}$ , 润滑油压差应为  $0.15 \sim 0.2\text{MPa}$ 。润滑油泵轴承的温度为  $60 \sim 74^\circ\text{C}$ 。若运行时润滑油泵轴承的温度高于  $83^\circ\text{C}$ , 机组就会停机。

4) 冷凝器中的冷却水通过冷凝器时的压力降范围为  $0.06 \sim 0.07\text{MPa}$ 。冷媒水的通过蒸发器时压力降范围为  $0.05 \sim 0.06\text{MPa}$ 。若压力降超过要求的范围, 可通过水泵的出口阀门或冷凝器、蒸发器的进水阀门进行调节。

5) 冷凝器下部的液体制冷剂温度应比冷凝压力对应的饱和温度低  $2^\circ\text{C}$  左右。

6) 电动机冷却的制冷剂管道上的流液指示器看到制冷剂流动状态和干燥情况正常。

7) 机组的冷凝温度比冷却水的出水温度高  $2 \sim 4^\circ\text{C}$ , 冷凝温度一般在  $40^\circ\text{C}$  左右, 冷凝器进水温度应在  $32^\circ\text{C}$  以下。

8) 机组的蒸发温度比冷媒水的出水温度低 2 ~ 4℃，冷媒水出水温度一般为 5 ~ 7℃。

9) 机组控制盘上电流表的读数小于或等于规定的额定电流值。

10) 机组的运行声音应均匀、平稳，听不到喘振或其他异常声音。

离心式压缩机运行的正常操作参数见表 5-4。

表 5-4 离心式压缩机运行的正常操作参数

操作参数	正 常 值	操作参数	正 常 值
油槽油位	油槽视镜水平中线 $\pm 5\text{mm}$	冷凝压力（表压）	$<0.076\text{MPa}$ （R123 型机组）
油槽油温	55 ~ 65℃（对 19DK/DM 机组为 60 ~ 65℃）	蒸发器冷水出水温度	$(7 \pm 0.3)^\circ\text{C}$
轴承供油温度	35 ~ 50℃	冷凝器冷却水进水温度 <sup>②</sup>	$(32 \pm 0.3)^\circ\text{C}$
轴承温度 <sup>①</sup>	$\leq 70^\circ\text{C}$ （不低于 45℃）	冷凝器与回收冷凝器压差	0.0137 ~ 0.027MPa
机壳顶部轴承位振动 <sup>②</sup>	$\leq 0.03\text{mm}$ （双振幅）	主电动机电流	因机组的不同容量而异
轴承供油压力 <sup>②</sup> （表压）	0.1 ~ 0.2MPa（对 19DK/DM 机组为 0.138 ~ 0.172MPa）	压缩机进口导叶开度	100%
主电动机端盖轴承部位振动 <sup>②</sup>	$\leq 0.03\text{mm}$ （双振幅）	蒸发器中制冷剂液位	视液镜水平中线 $\pm 10\text{mm}$

① 19DK/DM 型机组运行时，要求轴承回油温度应为 66 ~ 80℃。

② 测量应符合 GB/T 18430.1—2007 标准中规定内容。

（8）离心式压缩机运行中的管理应注意的问题如下：

1) 注意监听压缩机转子、齿轮啮合、油泵、主电动机径向轴承等部分是否有金属撞击声、摩擦声或其他异常声响，并判断压缩机在出现异常声响后是否会停机。

2) 监视供油压力表、油槽油位、控制柜上电流表、制冷剂液位等的摆动、波动情况，并判断发生强烈振动的原因，决定是否停机。

3) 若需用“部分自动”方法停机时，应记录（或自动打印出）停机时运行的各主要参数的瞬时读数值，供判断分析故障用。

4) 检查机组外表面是否有过热状况，包括主电动机外壳、蜗壳出气管、供回油管、冷凝器筒体等位置。

5) 冷凝器出水温度一般应在 18℃ 以上。为确保主电动机的冷却效果，冷凝器的进水温度与蒸发器的出水温度之差应大于 20℃。轴承回油温度与供油温度之差应小于 20℃，且应在运行过程中保持稳定。



8) 机组的蒸发温度比冷媒水出水温度低  $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ，冷媒水出水温度一般为  $5 \sim 7^{\circ}\text{C}$ 。

9) 控制盘上电流表的读数应小于或等于规定的额定电流值。

10) 机组运行声音应均匀、平稳，听不到喘振现象或其他异常声响。

### 五、离心式压缩机运行中突发事件的处理

离心式压缩机运行中突发事件的处理是指故障停机和紧急停机操作。

#### (一) 故障停机

机组的故障停机是指机组在运行过程中某部位出现故障，电气控制系统中保护装置动作，实现机组正常自动保护的停机。

故障停机是由机组控制系统自动进行的，与正常停机的不同处在于，主机停止指令是由电脑控制装置发出的，机组的停止程序，与正常停机过程相同。在故障停机时，机组控制装置会有报警（声、光）显示，操作人员可先按机组运行说明书中的提示，先消除报警的声响，再按下控制屏上的显示按钮，故障内容会以代码或汉字显示，按照提示，操作人员即可进行故障排除。若停机后按下显示按钮时，控制屏上无显示，则表示故障已被控制系统自动排除，应在机组停机 30min 后再按正常起动程序重新起动机组。

#### (二) 紧急停机

机组的紧急停机是指机组在运行过程中突然停电、冷却水突然中断、冷媒水突然中断和出现火警时突然停机。紧急停机的操作方法和注意事项与活塞式制冷压缩机组的紧急停机内容和方法相同，可参照执行。

### 六、离心式压缩机的停机操作

机组在正常运行过程中，因为定期维修或其他非故障性的主动方式停机，称为机组的正常停机。正常停机一般采用手动方式，也可以采用自动方式停机。

#### (一) 手动停机

(1) 将导叶控制开关的旋钮转向“减负荷”（或“关”）的位置，则导叶关闭，然后将离心式压缩机组的位置开关从“自动/遥控”改换为“等待/复位”（或按下主电机的停止按钮），使主电机断电。

(2) 停止冷却水泵和冷却塔风机的运转。

(3) 离心式压缩机组停机 15min 后，停止冷媒水泵的运转。

(4) 除了控制电源开关外，断开所有的隔离开关。

#### (二) 自动停机

(1) 当蒸发器的出水温度低于设定的冷媒水供水温度时，主电机和冷却水泵立刻自动停止运转，但冷媒水系统仍保持运行状态。

(2) 冷水机组因发生故障而由安全保护装置动作引起的自动停机，一般均有报警信号出现或相应故障指示灯亮（代码显示）。一般显示器窗口显示的故障诊断代码分为“自锁型”和“非自锁型”两类，前者在诊断的故障状态消除后需要手



动再启动，而后者只要诊断的故障状态消除就可以自动地再启动。

(三) 机组正常停机过程中应注意以下几个问题

(1) 停机后，油槽油温应继续维持在 50 ~ 60℃，以防止制冷剂大量溶入冷冻润滑油中。

(2) 压缩机停止运转后，冷媒水泵应继续运行一段时间，保持蒸发器中制冷剂的温度在 2℃ 以上，防止冷媒水产生冻结。

(3) 在停机过程中要注意主电动机有无反转现象，以免造成事故。主电动机反转是由于在停机过程中，压缩机的增压作用突然消失，蜗壳及冷凝器中的高压制冷剂气体倒灌所致。因此，压缩机停机前在保证安全的前提下，应尽可能关小导叶角度，降低压缩机出口压力。

(4) 停机后，抽气回收装置与冷凝器、蒸发器相通的波纹管阀、小活塞压缩机的加油阀、主电动机、回收冷凝器、油冷却器等的供应制冷剂的液阀，以及抽气装置上的冷却水阀等应全部关闭。

(5) 停机后仍应保持主电动机的供油、回油的管路畅通，油路系统中的各阀门一律不得关闭。

(6) 停机后除向油槽进行加热的供电和控制电路外，机组的其他电路应一律切断，以保证停机安全。

(7) 检查蒸发器内制冷剂液位高度，与机组运行前比较，应略低或基本相同。

(8) 再检查一下导叶的关闭情况，确认处于全关闭状态。

第四节 溴化锂吸收式制冷机的运行管理

一、溴化锂吸收式制冷机的运行管理与定期检查

溴化锂吸收式制冷机的运行管理与定期检查可按表 5-6 和表 5-7 中的项目进行。

表 5-6 溴化锂吸收式制冷机管理表

项 目	检查内容	保养检查期限			
		每日	每周	每月	每年或每季
抽气泵	油的污染情况				
	真空度		●		
	皮带松紧度		●		
	电动机绝缘			●	●
溶液泵 制冷剂泵	有无异常声音	●			
	电机定子绝缘				●
	金属网的清洗				●



(续)

项 目	检查内容	保养检查期限			
		每日	每周	每月	每年或每季
制冷剂密度测定	用密度计测定		开始时	●	●
冷却水、冷媒水管路	pH 值、电导率分析		开始时		●
传热管、管板	腐蚀				●
	清洗				●
调整机构	动作检查		●		
	设定值检查				●
调节阀	动作检查	●			
	拆开检查				●
溶液	浓度（测密度）		开始时		●
	pH 值调整				●
	缓蚀剂				●
	加入制冷量增加剂			●	●
机内气密性	吸收器损失 1℃ 上升时间			●	●
					●
手动阀	泄漏检查				●
	调换膜片				●
控制盘	绝缘情况				●
	控制程序				●

注：●表示全面性检查。

表 5-7 溴化锂吸收式制冷机年度管理计划表

项 目	每日	每月	每 6 个月	每年	一年以上
运行日志的纪录	◎				
运行日志汇总表		◎			
自控装置动作检查		◎			
辅助机械动作检查		◎			
安全装置动作检查			●		
冷却水系统传热管清洗内检查				●	
燃烧设备保养检查			●		
燃烧设备动作检查		◎	●		
空燃比调整			●		
发生器烟道检查		◎	●		

(续)

项 目	每日	每月	每 6 个月	每年	一年以上
抽气泵保养检查			●		
抽气泵分解检查				●	
冷剂再生		◎			
溶液管理			●		
控制盘目视检查		◎			
控制盘检查			●		
溶液泵分解检查					●
冷剂泵分解检查					●
烟道烟囱检查			◎		
冷却塔检查		◎			
冷却塔保养				◎	
冷却水水质检查				◎	

注：◎表示一般性检查，●表示全面性检查。

## 二、溴化锂吸收式制冷机的清洗与溶液灌注

### (一) 溴化锂吸收式制冷机的清洗

开机前的溴化锂机组在经过严格的气密性检验后，必须进行清洗。清洗的目的是检查屏蔽泵的转向和运转性能，清洗内部系统中的污垢，检查冷剂和溶液循环管路是否畅通。

清洗时最好选用蒸馏水。若没有蒸馏水，也可以使用符合表 5-8 所示的冷剂水水质要求的自来水。

表 5-8 冷剂水水质要求

不纯物	容许限度	不纯物	容许限度
pH	7	$\text{Na}^+, \text{K}^+$	50ppm 以下
硬度 (Ca、Mg)	20ppm 以下	$\text{Fe}^{2+}$	5ppm 以下
油分	0	$\text{HN}_4^+$	少
$\text{Cl}_4^{2-}$	10ppm 以下	$\text{Cu}^{2+}$	5ppm 以下
$\text{SO}_4^{2-}$	50ppm 以下	—	—

清洗的操作方法如下：

(1) 将蒸馏水或符合要求的自来水充入机组内，充灌量可略大于机组所需的溴化锂溶液量。

(2) 分别起动发生器泵和吸收器泵，并注意观察运行电流是否正常，泵内有

无“喀喀”声。若有“喀喀”声则说明泵的转向接反了，应及时调整。

(3) 起动冷却水泵和冷媒水泵。

(4) 向机组内送入表压为 0.1 ~ 0.3 MPa 的蒸气，连续运转 30min 左右。

(5) 观察蒸发器内有无积水产生，如有积水产生就可起动蒸发器泵，间断地将蒸发器内的水旁通至吸收器内；若无积水产生就说明管道有堵塞，应及时处理。

(6) 清洗后将所有对外的阀门打开放气、放水。如果机体内过脏时，应反复进行上述过程，直至放出的水透明度良好时为止。

(7) 清洗工作结束后，可向机组内充入氮气，将机组内的存水压出、吹净。

(8) 完成以上各项操作后，起动真空泵运行，抽气至相应温度下水的饱和蒸气压力状态。

## (二) 溴化锂溶液的充灌

溴化锂吸收式制冷机所使用的溴化锂溶液，目前都是以溶液形式供应的，其质量分数一般在 50% 左右。虽然溶液浓度较低，但在机组调试过程中可以进行调整，使其达到正常运行所需要的浓度要求。

若使用含有两个结晶的固体溴化锂 ( $\text{LiBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 或是含有一个结晶的固体溴化锂 ( $\text{LiBr} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 时可按表 5-9 中的比例配制溴化锂溶液。

表 5-9 每千克固体溴化锂 ( $\text{LiBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 或  $\text{LiBr} \cdot \text{H}_2\text{O}$  溴化锂溶液配制参数

质量要求浓度 (%)	54	55	56	57	58	59	60
$\text{LiBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 加水量/g	309.2	285.5	262.5	240.3	219.0	198.2	178.3
$\text{LiBr} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 加水量/g	534.1	506.1	479.2	453.3	428.2	404.7	380.6

用固体溴化锂配置溶液的操作方法：

(1) 准备一个 150L 的容器，按表 5-9 所列的固体溴化锂和蒸馏水按比例分别称好，先将蒸馏水倒入容器中，再将准备好的溴化锂慢慢倒入容器中。

(2) 用木棒缓慢搅拌溶液，待固体溴化锂完全溶解后，用温度计和比体积计同时测量溶液的温度和比体积，确定溶液的浓度。

(3) 若没有达到浓度要求，可向溶液中加入一些固体溴化锂。

(4) 当溶液浓度达到要求后，向溶液中加入 0.3% 的铬酸锂，同时加入适量的氢氧化锂来调节溶液的 pH 值，将溶液的 pH 值调节到 9.5 ~ 10.5。溴化锂溶液没有加入铬酸锂时呈浅黄色。

目前市场上供应的溴化锂溶液一般已加入 0.15% ~ 0.25% 的缓蚀剂（铬酸锂）。溶液的 pH 值已调至 9.0 ~ 10.5，可以直接加入机组中。

向机组中加入溴化锂溶液操作方法如下：

(1) 检查机组内的绝对压力，使其保持在 6 Pa 以下，若机组内有残余水分，则应保持与当时气温相应的饱和蒸气压力。

(2) 在进行溴化锂溶液充灌时，一般可把溶液先倒入事先准备好的溶桶内，

然后用橡胶管（硬橡胶管）与灌注瓶连好后，从溶液灌注瓶上引出一根橡胶管与溶液注入阀相连。溶液充灌示意，如图 5-1 所示。溶液注入瓶与橡胶管内应充满溴化锂溶液，以排除管内的空气，而溶液桶与溶液注入瓶之间的连接管不用注入溶液。

（3）由于此时机组内真空度很高，因此打开溶液注入阀后，溴化锂溶液便会由溶液桶经橡胶管，进入溶液注入瓶中，然后再经橡胶管进入机组中。通过调节注入阀的开启度，可以控制注入速度，以便使溶液注入瓶中的液位基本稳定。

充灌过程中应注意使橡胶管中充满溶液，并始终插入溶液中，以防止空气进入机组内。此外，还应注意使橡胶管的端口与桶底或瓶底保持 30 ~ 50mm 的距离，以免桶底或瓶底的异物被吸入机组内。

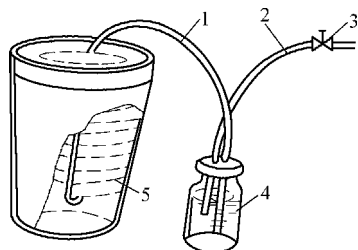


图 5-1 溶液充灌示意图

1、2—软管 3—溶液取样阀  
4—溶液灌注瓶 5—溶液桶

（4）当预定的溶液量充灌完毕后，关闭注入阀，起动发生器泵，观察发生器和吸收器中的液位。若发生器的液位高于最高一排传热管 10 ~ 20mm，吸收器的液位也在抽气管下部与液囊上部之间，则可认为充灌的溶液量基本合适。否则，可停止发生器泵工作，继续进行充灌，直到满足要求为止。

### （三）冷剂水的充灌

溴化锂吸收式制冷机中使用的冷剂水一般为蒸馏水或离子交换水（软水）。冷剂水的注入方法与溴化锂溶液的注入方法相同。冷剂水的充注量与溴化锂溶液的浓度有关。对于浓度为 50% 的溶液，可先不加入冷剂水，而是通过机组运行时浓缩来产生冷剂水，如冷剂水量不足时再进行补充。机组中的溴化锂溶液与冷剂水量是随着运转工况的变化而变化的。在高浓度下运行时（如加热蒸汽压力较高，冷却水进口温度较高，冷媒水出口温度较低），溴化锂溶液量会减少，而冷剂水量会增加。反之，低浓度下运行时（如加热蒸汽压力较低，冷却水进口温度较低，冷媒水出口温度较高），溴化锂溶液量会增加，而冷剂水量会减少。因此，在运行中应注意进行适当的调整。

### （四）冷剂水的取出

在溴化锂机组的运行过程中，如产生的冷剂水量过多，就会影响机组的正常运行，必须排出一部分冷剂水，才能将溴化锂溶液的浓度调整到所需要的范围。冷剂水取出的操作方法如下：

（1）在蒸馏水瓶的橡胶塞上打两个直径为 6 ~ 8mm 的孔，然后插入两根铜管，将两根铜管上分别套紧抽气管和取水管。

（2）按图 5-2 所示的方法，将蒸馏水瓶与真空泵和机组的冷剂水取样阀连接好。

(3) 起动真空泵对蒸馏水瓶内进行抽真空运行 10~20min 然后再关闭真空泵。

(4) 起动制冷剂水泵运行 10~20min 后, 打开制冷剂水取样阀, 制冷剂水会自动流入瓶中。当一瓶水灌满后, 应关闭取样阀, 拔出瓶塞, 记录水量。然后可数次重复上述过程, 直到制冷剂水量符合要求时为止。

### 三、溴化锂吸收式制冷机的开机操作

溴化锂吸收式制冷机在完成了开机前的准备工作以后, 就可以转入起动运行了。现以蒸气双效型机组(并联流程)为例, 看一下溴化锂制冷机的开机操作方法。

机组的起动有手动和自动两种方式。一般机组起动时, 为保证安全多采用手动方式起动, 待机组运行正常后再转入自动控制。

#### (一) 手动起动的操作方法

(1) 起动冷却水泵和冷媒水泵, 缓慢打开却水泵和冷媒水泵的出口阀门, 向机组内送入却水和冷媒水, 调整其流量至规定值的  $\pm 5\%$ 。通水时应先将系统封头箱上的放气旋塞打开, 以排除空气。

(2) 起动发生泵, 通过调节发生器泵出口的两个蝶阀, 分别调节送往高压发生器和低压发生器的溶液量, 使高、低压发生器的液位稳定在顶排传热管, 并保持一致。在采用混合溶液喷淋的两泵系统中, 可调节送往引射嘴的溶液量, 引射由溶液热交换器出来的浓溶液, 使喷淋在吸收器管簇上的溶液具有良好的喷淋效果。

(3) 起动吸收器泵, 打开吸收器泵出口蝶阀, 使溶液喷淋在吸收器的管簇上。根据喷淋情况, 用吸收器泵出口的蝶阀调整吸收器的喷淋溶液量。

(4) 起动真空泵, 对机组抽真空 10~15min。

(5) 打开凝水放泄阀, 排除蒸气管路中的凝水, 然后缓慢打开蒸气截止阀, 向高压发生器供气。对装有调节阀的机组, 缓慢打开调节阀, 按 0.05MPa、0.1MPa、0.125MPa(表压)的递增顺序提高压力至规定值。在初始运行的 20~30min 内, 蒸气压力不宜超过 0.2~0.3MPa(表压), 以免引起严重的汽水冲击。

(6) 打开凝水回热器前疏水器的旁通阀, 防止机组产生水击。

(7) 当蒸发器液囊中的制冷剂液位达到规定值(一般以蒸发器视镜浸没且水位上升速度较快为准)时, 起动制冷剂泵(蒸发器泵), 调整泵出口的喷淋阀门, 使被吸收掉的蒸气与从冷凝器流下来的制冷剂水相平衡, 机组至此也完成了起动过程, 疏水器的旁通阀, 机组逐渐转入正常运转状态。

(8) 机组进入正常运行后, 可在工作蒸气压力为 0.2~0.3MPa(表压)的工况下, 起动真空泵运行, 抽出机组中残余的不凝性气体。抽气工作可分若干次进行, 每次 5~10min。

(9) 溴化锂制冷机运行机组投入运行以后, 要做好运行管理记录。现以双效

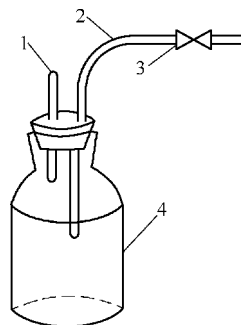


图 5-2 排出制冷剂水的接管示意图

1—接真空泵 2—软管  
3—制冷剂取样阀  
4—玻璃容器



(续)

部件	参 数		单位	8 时	9 时	10 时	11 时	12 时	13 时	14 时	15 时	16 时	17 时
凝水 加热器	稀溶液	进口温度	℃										
		出口温度											
屏蔽泵	发生器泵	电 流	A										
	吸收器泵												
	蒸发器泵												
记录人													
备注													

注：上述运行检测记录表格实例均是按记录一台机组运行数据单独编制的，当实际运行机组多于一台时也可以参照相应表格形式将数台机组运行按机组编号排序进行记录。

(二) 双效溴化锂制冷机自动开机操作方法

1. 开机前准备

- (1) 起动冷媒水泵，检查其运转情况和压力是否正常。
- (2) 起动冷却水泵，检查其运转情况和压力是否正常，确保进水温度不低于安全保护值。
- (3) 起动冷却塔风机运行，并检查冷却塔水位和所有阀门是否正常。
- (4) 检查冷却塔补水系统是否正常。
- (5) 检查蒸气压力是否正常。
- (6) 检查电源电压是否正常。

2. 开机操作程序

- (1) 合上控制箱开关。
- (2) 缓慢打开蒸气供应阀门。
- (3) 电动蒸气供应阀自动开启 15s。
- (4) 数分钟后冷剂泵自动开启。
- (5) 15min 后电动蒸气供应阀全部打开，机组进入正常运行状态，并将冷媒水的出口温度进行自动调节。

四、溴化锂吸收式制冷机的运行管理的参数

(一) 溴化锂吸收式制冷机机型和名义工况下的热源参数

溴化锂吸收式制冷机机型和名义工况下的热源参数见表 5-11。

表 5-11 溴化锂吸收式制冷机机型和名义工况下的热源参数

机 型	热源（燃料）种类及参数
直燃机组	天然气、煤气、轻柴油
蒸气双效机组	蒸气额定压力（表）0. 25MPa、0. 4MPa、0. 6MPa、0. 8MPa



(续)

机 型	热源（燃料）种类及参数
热水双效机组	>150℃热水
蒸气单效机组	废气（0.1 MPa）
热水单效机组	废热（85～150℃热水）

（二）溴化锂吸收式制冷机冷剂水的运行参数

溴化锂吸收式制冷机冷剂水的运行参数见表 5-12。

表 5-12 溴化锂吸收式制冷机冷剂水的运行参数

项目	数值	项目	数值	项目	数值
pH 值	≤7	钠离子	<50	油	化验无
氯根	<10	钾离子	<50	铵根	化验无
硫酸根	<50	硬度（钙镁）	<20	铜离子	<20

（三）溴化锂溶液的质量参数

溴化锂溶液的质量参数见表 5-13。

表 5-13 溴化锂溶液的质量参数

项 目	不合格溶液				合格溶液
	I	II	III	IV	V
质量分数	53.9	58.1	56.5	59.4	55.8
缓蚀剂质量分数（×0.0001%）	170	480	极小	230	1350
碱度（mol/L）	0.010	0.016	0.024	0.048	0.021
铜离子（×0.0001%）	1180	20	590	261	12
铁离子（×0.0001%）	280	13	14.5	80	7
氨/（mg/L）	189	11.5	21	4	2
氯（%）	0.112	0.07	0.011	0.168	0.02

溴化锂吸收式制冷机在运行出现中不合格溴化锂溶液，是因为溴化锂吸收式制冷机机组在运行中因管理不善所致。表现为溴化锂溶液的缓蚀剂减少，碱度上升，铜离子和铁离子增加，氯离子增多。不合格溴化锂溶液是从外观上看呈咖啡色，放入量筒中静置，就会量筒底部沉积一层沉淀物，并会引起一系列危害。

- （1）使溴化锂吸收式制冷机在运行过程中发生腐蚀，特别是会发生“点蚀”，从而生成沉淀物。
- （2）在对机组产生腐蚀的同时产生氢气，使机组的性能下降。
- （3）由于沉淀物的附着作用，使溶液热交换的性能下降。

(4) 由于沉淀物的影响, 会加剧溶液泵的轴承磨损, 并随着轴承磨损的增大, 电动机的转子和定子相碰, 造成电动机无法运转。

(5) 随着铜离子的增多, 会引起机组发生镀铜现象, 发生电动机的转子和定子相碰, 造成电动机无法运转等事故。

溴化锂吸收式制冷机在运行出现中不合格溴化锂溶液时, 应采取对溴化锂溶液进行再生的方法进行处理。

## 五、溴化锂吸收式制冷机的停机操作

### (一) 手动操作停机程序

(1) 关闭蒸气阀门, 停止向发生器供应蒸气。

(2) 关闭蒸气阀门, 让吸收器泵、发生器泵、蒸发器泵、冷却水泵和冷媒水泵继续运行 10 ~ 15min, 使发生器中的溴化锂浓溶液和吸收器中的稀溶液充分混合, 待浓度均匀后再停止所有泵的运行。否则发生器中的溴化锂浓溶液会在停机温度降低后产生结晶。

(3) 若机组准备长时间停机, 机组所在位置的环境温度低于 15℃ 时, 应把蒸发器中的制冷剂水通过旁通管放到吸收器中, 使溶液充分稀释, 防止在机组停机期间发生结晶故障。

(4) 在所有设备均停止运行后, 切断机组的总电源开关, 并记录机组各液面的高度。

### (二) 自动操作停机程序

(1) 关闭蒸气总阀门。

(2) 按下控制箱上的停机按钮。

(3) 进行 15 min 稀释运行, 冷机泵继续运行, 电磁阀动作将制冷剂水打入吸收器内用以冲淡溴化锂浓溶液, 数分钟后制冷剂泵自动停机。

(4) 待溶液泵停机后, 关闭冷媒水泵、关闭冷却水泵及冷却塔风机。

(5) 切断控制箱电源。

## 六、溴化锂吸收式制冷机真空泵的运行管理

### (一) 真空泵的起动

(1) 真空泵起动前应先起动发生气泵, 待吸收器的液位低于规定值时, 方可起动真空泵。

(2) 打开抽气总阀前, 应使真空泵运转 1min, 检查真空泵的真空程度。当真空泵的绝对压力小于 400Pa 时, 再打开抽气总阀。

(3) 抽气结束后, 应在关闭抽气总阀后, 停止真空泵运行后, 使阻油器与大气相通, 以免下次起动时将真空泵的润滑油吸入到溴化锂制冷机组中。

(4) 真空泵运行 1 ~ 2h 后, 应打开真空泵的镇气阀, 停止真空泵运行后, 应关闭镇气阀。

### (二) 真空泵的停机

(1) 关闭机组上的抽起阀。

(2) 关闭真空泵的电源。

### 七、溴化锂吸收式制冷机中突发事件的处理

#### (一) 冷媒水断水故障的处理

在溴化锂制冷机组的运行过程中, 流经蒸发器的冷媒水若突然断水易造成蒸发器传热管冻裂事故。

造成冷媒水断水的原因有动力电源突然中断、冷媒水泵出现故障、水池水位过低使水泵吸空。

冷媒水断水故障的排除方法: 关闭蒸发器泵和吸收器泵, 打开冷剂水旁通阀门, 稀释溶液以免结晶; 打开冷媒水循环阀门, 迅速将蒸发器中冷媒水排管中的积水排干净, 以免冻裂管道; 通知热力供应部门停止供气, 或在打开紧急排气阀门的同时关闭加热蒸气; 保持发生器泵和冷却水泵运行, 若断水故障在短时间能够排除, 就可继续开机进行正常制冷运行。

#### (二) 冷却水断水故障的处理

溴化锂制冷机组冷却水断水的原因与冷媒水断水的原因基本相同。若不及时处理, 就易造成溶液结晶和屏蔽电动机温升过高而受到损坏。

冷却水断水的处理方法是: 立即通知热力供应部门停止供应蒸气, 防止发生器中溶液浓度持续升高, 形成结晶危险; 关闭蒸发器泵出口阀, 并打开冷剂水旁通阀稀释溶液; 停止吸收器泵运行; 当溶液温度下降到 60℃ 左右时, 关闭发生器泵和冷媒水泵, 停止机组运行, 进行停机维修。

#### (三) 机组断电故障的处理

机组突然断电的处理方法是: 溴化锂制冷机组在运行过程中, 若发生突然断电, 就应迅速关闭加热蒸气, 使动力箱电源开关及所有溶液泵和水泵的电源按钮调整到关闭位置, 并应同时关闭水泵出口阀门, 使整个系统处于停机状态。待机组恢复正常供电后, 按正常起动程序, 重新起动机组。

#### (四) 机组屏蔽电动机烧毁故障的处理

溴化锂制冷机组在运行过程中, 出现屏蔽泵电动机烧毁故障时应立即更换备用泵。其操作程序是: 检查备用屏蔽泵的完好程度, 测试水轮转动是否轻快; 检查电动机的绝缘电阻是否在 2MΩ 以上, 通电运转几秒钟后, 看能否正常起动运转; 然后切断机组的总电源; 关闭屏蔽泵进、出口真空阀门, 放净管内溶液, 并拆除烧毁的屏蔽电动机; 将备用屏蔽电动机安装就位后, 进行局部正压检漏。其方法是通过屏蔽电动机出口取样阀向屏蔽电动机内充氮气, 使其压力达到 0.2MPa (表压); 正压试漏完毕并确认无泄漏后, 进行局部抽真空操作。其方法是用橡胶管连接屏蔽泵出口取样阀和抽气系统测试阀, 起动真空泵运行 20 ~ 30min, 确认泵体和管内无空气时, 打开屏蔽泵进出口真空阀门; 起动发生器泵和吸收器运转 10min 后, 观察机组内的真空度, 如果无大的变化, 就可认为机组无泄漏部位, 然后起动真空泵运

行 1~2h, 对机组进行抽真空处理。最后可按正常起动程序, 重新起动机组运行。

#### (五) 机组运行中泄漏故障的处理

溴化锂制冷机组在运行中出现泄漏故障时, 应立即停止机组运行取出机组中的溴化锂溶液和制冷剂水, 然后对机组进行气密性检查。其操作方法是: 向机组的真空系统内充入 0.08~0.1MPa (表压) 的氮气或干燥无油的压缩空气, 然后在机组的各焊缝、法兰等连接处涂抹肥皂水, 并仔细进行检查。若发现有脂皂泡连续出现的部位, 即为泄漏点, 应作好记号, 待将机组中试漏气体放出后, 再做维修。

补漏的方法是: 对焊接处有砂眼、裂缝时可用电气焊进行修补; 对于传热管胀口泄漏, 可采取重新扩胀口的方法进行维修; 对管壁破裂可焊补或更换; 对真空隔膜阀的胶垫或阀体泄漏则应采取更换的方法处理。

对于视镜法兰的衬垫, 如因发生断裂、破损而造成泄漏时, 就应采用与原衬垫相同材料的衬垫进行更换。在更换衬垫时可在其表面涂真空脂, 然后再与设备压紧。更换时一般所使用的衬垫材料有耐热橡胶、高温石棉纸、聚四氟乙烯等。

若机组有的位置的裂痕或砂眼不太好进行焊接时, 可使用铁粉与 102 黏合剂进行混合后涂抹到裂痕处。

机组在修补后应重做压力试验, 直到确认无泄漏时为止。

为检验机组的密封性能, 可在确认无泄漏后进行 24h 保压试验。考虑到环境因素, 一般要求 24h 后机组压降不得大于 66.65Pa。

#### (六) 机组运行中结晶故障的处理

溴化锂制冷机组在运行过程中, 由于加热蒸气压力过高、冷却水进口温度过低、溶液循环量过小或有不凝性气体存在等原因, 都会引起溶液结晶, 造成机组无法正常运行。机组中最容易结晶的部位是溶液热交换器的浓溶液出口处。因为此处的溶液浓度较高, 当其温度降低时就易出现结晶。出现结晶后, 由于浓溶液出口被堵塞, 使发生器中的液位逐渐升高, 当液位超过 J 形管口时, 溶液就绕过低温热交换器, 经 J 形管直接进入吸入器。因此, 用手感觉 J 形管觉得发烫是溶液产生结晶的主要特征之一。同时, 由于此时低压发生器中液位升高, 使机组制冷量下降, 会使冷媒水出口温度上升。

机组出现轻度结晶时, 可通过 J 形溶晶管自动消除。但若出现严重结晶, 用 J 形溶晶管就无法消除, 此时可采取下列方法予以排除: 适当减少供汽量和冷却水供应量; 控制稀溶液温度在 60℃ 左右; 间断起动发生器泵, 使低压发生器中温度较高的溶液, 沿着稀溶液的管路经低温热交换器回流到吸收器。如此反复操作几次, 可消除结晶。若是机组中的高温热交换器产生结晶, 就会使高压发生器液位升高, 排除方法也可采用间断起动发生器泵的方法来消除。若机组的结晶严重, 上述方法均不能奏效时, 可用蒸气凝结水或用蒸气在浓溶液出口侧进行加热来排除。

另外, 在日常运行中遇到下雨天气时, 冷却塔出水温度会降低到 20℃ 左右, 此时应停止风机运行, 减少冷却水循环量, 以防低于 26℃ 的冷却水进入机组而造

成结晶。

## 八、溴化锂吸收式制冷机停机后的维护保养

### (一) 机组短期停机时的维护保养

溴化锂吸收式制冷机短期（1~2周）停机时，一方面要注意将机组内的溶液充分稀释，使其在停机的环境温度下不产生结晶；另一方面要注意机组内保持高度的真空度，若发现有空气渗入机组，要及时启动真空泵抽出机组内的空气，避免机组在停机期间因空气的渗入造成内部腐蚀。

### (二) 机组长期停机时的维护保养

溴化锂吸收式制冷机长期（冬季）停机时，应将蒸发器中的制冷剂水全部旁通到吸收器，将溶液均匀稀释，防止机组停机期间产生结晶故障。为了减少溴化锂溶液对机组设备的腐蚀，有条件时应将机组内的溴化锂溶液全部排到专用的储液器中，然后向机组内充入0.02~0.05MPa（表压）的氮气，以防止机组停机期间有空气渗入内部。

若没有条件将机组内的溴化锂溶液排到专用的储液器中时，也应向机组内充入0.01~0.02MPa（表压）的氮气，以防止机组停机期间有空气渗入内部。

对机组的吸收器、发生器、冷凝器和蒸发器水室内的积水也应全部放干净，并用压缩空气吹干，然后将机组封盖好。

# 第六章 空调系统的维护保养

## 第一节 常用测试仪表的使用方法

### 一、万用表的使用方法

#### (一) 指针式万用表的使用方法与注意事项

指针式万用表的外形如 6-1 图所示,其使用方法及注意事项如下:

(1) 每次测量前应把万用表水平放置,观察指针是否在表盘左侧电压挡的零刻度上,若指针不指向零,可用旋具微调表头的机械零点螺钉,使指针指向零。

(2) 将红、黑色表笔正确插入万用表插孔。根据被测对象(电流、电压、电阻等)的不同,将转换开关拨到需要测量的挡位上,绝不能放错。如果对被测对象的大小拿不准,则应先拨到最大量程挡试测,以保护表头不致损坏,然后再调整到适宜的量程上进行测量,以减少测量中的误差。

(3) 测量直流电压或直流电流时,如果不清楚被测电路的正、负极性,可将转换开关旋钮放在最高一挡,测量时用表笔轻轻碰一下被测电路,同时观察指针的偏转方向,从而判定出电路的正、负极。

(4) 测量时,如果不清楚所要测的电压是交流还是直流,可先用交流电压挡的最高挡来估测,得到电压的大概范围,再用适当量程的直流电压挡进行测量。如果此时表头不发生偏转,就可判定为交流电压,若有读数则为直流电压。

(5) 测量电流、电压时,不能因为怕损坏表头而把量程选择很大,正确的量程选择应该使表头指针的指示值在大于量程一半的位置上,此时测量的结果误差小。

(6) 测量电压时,一定要正确选择挡位,绝不能放在电流或电阻挡上,以免造成万用表的损坏。

(7) 测量高阻值的电器元件时,不能用双手接触电阻两端,以免将人体电阻并联到待测元器件上,造成大的测量误差。

(8) 测量电路中的电阻时,一定要先断掉电源,将电阻一端与电路断开再进行测量。若电路待测部分有容量较大的电容存在,应先将电容放电后再进行测量。

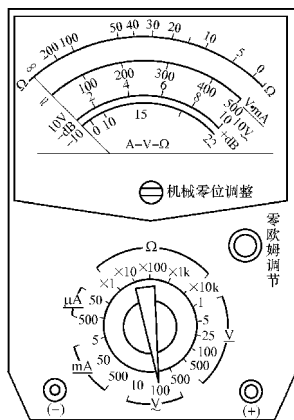


图 6-1 指针式万用表外形



(9) 测量电阻时, 每改变一次量程都应重新调零。若发现调零不能到位, 应更换新电池。

(10) 万用表每次使用完毕后, 应将转换开关旋钮换到交流电压最高挡处, 以防止他人误用造成万用表损坏。若长时间不用, 应将表中的电池取出, 并将其放在干燥、通风处。

## (二) 数字万用表使用与注意事项

数字万用表外形如图 6-2 所示。数字万用表使用方法如下:

(1) 电压测量。将红表笔插入“V· $\Omega$ ”孔内, 根据直流或交流电压合理选择量程, 然后将红、黑两表笔与被测电路并联, 即可进行测量。

(2) 电流测量。将红表笔插入“mA”或“10A”插孔 (根据测量值的大小), 合理选择量程, 然后将红、黑两表笔与被测电路串联, 即可进行测量。

(3) 电阻测量。将红表笔插入“V· $\Omega$ ”孔内, 合理选择量程, 然后将红、黑两表笔与被测元器件的两端并联, 即可进行测量。

(4)  $h_{FE}$  值测量。根据被测器件的类型 (PNP 或 NPN) 的不同, 把量程开关转至“PNP”或“NPN”处, 再把被测器件的三只管脚插入相应的 B、C、E 孔内, 此时, 显示屏将显示出放大系数  $\beta$ 。

(5) 电路通、断的检查。将红表笔插入“V· $\Omega$ ”孔内, 量程开关转至标有“(·)))”符号处, 让表笔触及被测电路, 若表内蜂鸣器发出叫声, 则说明电路导通, 反之, 则不通。

## 二、绝缘电阻表的使用方法

绝缘电阻表的外形如图 6-3 所示。

### (一) 绝缘电阻表的使用前的准备工作

(1) 切断被测设备的电源, 任何情况下都不准带电进行测量;

(2) 切断电源后, 应对带电体进行放电, 以确保操作者人身和设备的安全;

(3) 被测元器件的表面应擦拭干净, 以免被测零件的表面放电造成测量的误差。

(4) 用绝缘电阻表测量被测零件前, 应摇动绝缘电

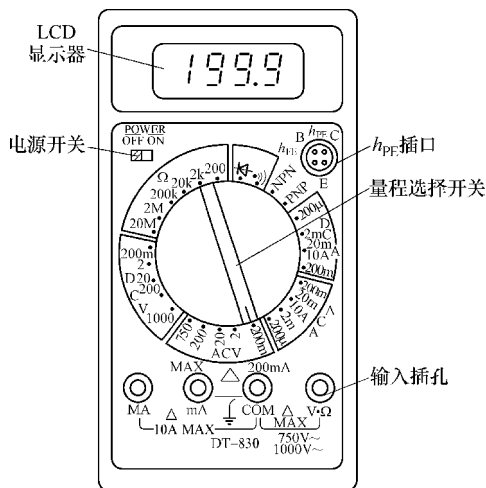


图 6-2 数字万用表外形



图 6-3 绝缘电阻表外形



阻表的摇把,使其发电机的转速达到额定转速(即  $120\text{r}/\text{min}$ ),并且指针应指在“ $\infty$ ”处,然后将“L”和“E”两测试棒短接,缓慢摇动绝缘电阻表的摇把,表针应在“0”处。若达不到上述要求,说明绝缘电阻表有故障,应检修后才能使用。

(5) 绝缘电阻表使用时应放置在平稳处,以免在摇动时出现不稳定的晃动。

### (二) 绝缘电阻表的使用方法

绝缘电阻表的外壳上一般设有三个接线柱,分别标有(L)线路、(E)接地、(G)保护线记号。(L)、(E)接线柱上分别接有测试棒。测量时被测电路接L端,电器外壳、变压器铁心或电机底座接E端。测量电缆芯与电缆外皮绝缘电阻时,将L端接缆芯、E端接电缆外皮,将芯、皮之间的绝缘材料接G端。在测量绝缘电阻以前,应先切断被测设备的电源,然后将其接地进行放电。测量时绝缘电阻表应水平放置,切断外部电源。转动绝缘电阻表摇把,将转速保持在  $90 \sim 150\text{r}/\text{min}$ ,以指针稳定时的读数为准确测量数据。

### 三、钳形电流表的使用方法

钳形电流表外形如图6-4所示。

钳形电流表的使用方法和注意事项如下:

(1) 被测导线夹入钳口后,钳口铁心的两个面应很好地吻合,不能让污垢留在钳夹表面。

(2) 钳形电流表的最小量程是5A,当测量较小电流时显示误差会较大。为能得到正确的读数,可将被测的通电导线在钳形铁心上绕几圈后再进行测量,然后将测出的读数再除以放入钳形电流表内的导线根数。

钳形电流表在测量时,只能测量电路的一根导线,不可同时钳住同一电路的两根导线。因为这两根电线的电流虽然相等,但方向相反,所以它们的磁效应互相抵消,不能在电流互感器的铁心中产生磁力线,因此电流表的读数为零。

钳形电流表在使用时要注意电路的电压,一般应在低压(400V)范围内使用。

钳形电流表每次测量完毕后,应将量程转换开关放在最大量程位置。

### 四、液体温度计的使用方法

液体温度计又称玻璃管液体温度计和棒式温度计。液体温度计是用玻璃毛细管和感温包内充注水银或酒精制成的。充注水银的称水银温度计,充注酒精的称酒精温度计。液体温度计是利用玻璃管内的液体受热膨胀、遇冷收缩产生体积变化,使与感温包相通的毛细管中液位发生变化来工作的。

液体温度计的构造是由温包、毛细管、膨胀泡、玻璃管及标尺组成的,如图6-5所示。

液体温度计在构造上有棒式和内标式两种。两者的不同点是:棒式温度计的标



图6-4 钳形电流表外形

尺直接刻在玻璃棒表面；内标式温度计是将乳白色玻璃板标尺嵌装在玻璃套或金属套管中。

玻璃管液体温度计和棒式温度计的使用方法与要求如下：

(1) 根据测量范围和测量精度要求选取相应分度值的温度计，并要提前进行校验。

(2) 测量温度时，人体要与温度计拉开一些距离，读数时要屏住呼吸，视线与水银液面及标尺线要平行，先读小数，后读整数。

(3) 由于水银温度计的热惰性较大，在使用时应提前 15min 左右将温度计放入被测介质中。

五、电子卤素检漏仪的使用方法

电子卤素检漏仪的结构如图 6-6 所示。其用铂丝作阴极、铂罩作阳极构成一个电场，通电后铂丝达到炽热状态，发射出电子和正离子，仪器的探头（吸管）借助微型风扇的作用，将探测处的空气吸入，并通过电场。如果被吸入的空气中含有卤素（如 R12、R22、R134 等），与炽热的铂丝接触即会分解成卤化气体，电场中一旦出现卤化气体，铂丝（阴极）的离子的放射量就要迅速增加，所形成的离子流随着吸入空气中的卤素多少成比例地增减。因此，可根据离子电流的变化来确定泄漏量的多少。离子电流经过放大并通过仪表显示出量值，同时发出音响信号。

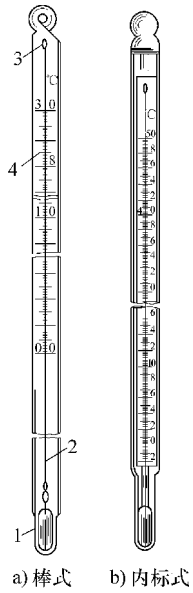


图 6-5 液体温度计  
1—温包 2—毛细管  
3—膨胀泡 4—标尺

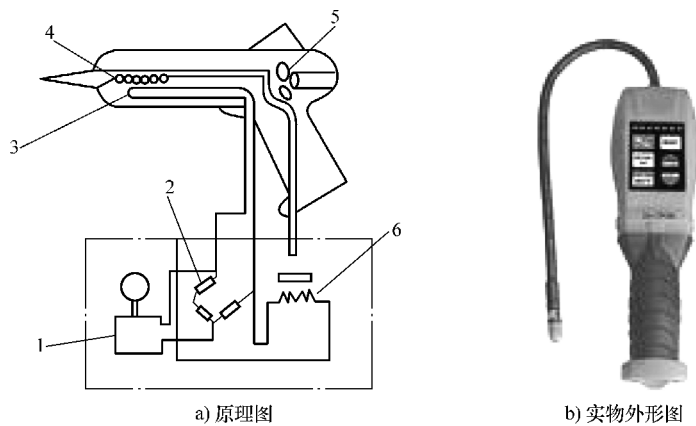


图 6-6 电子卤素检漏仪结构示意图

1—放大器 2—电桥 3—阳极 4—阴极 5—风扇 6—变压器

由于电子检漏仪的灵敏度很高,要求使用时被测试环境没有卤素和其他烟雾污染,因此不宜在污染量超过允许值的电冰箱生产或维修车间内检测。用电子卤素检漏仪进行精确检漏时,必须在空气新鲜的场所进行。检漏仪的灵敏度是可调的,由粗检到精检分为几挡。在有一定污染的环境中检漏时,可选择适当挡次。

使用电子检漏仪检漏时,应使探头与制冷系统被检部位保持3~5mm的距离,探头移动的速度不应超过50mm/s。使用过程中应严防大量制冷剂气体吸入检漏仪,因为过量的制冷剂会对检漏仪的电极造成短时或永久性污染,使其探测的灵敏度大大降低。

## 六、干、湿球温度计的使用方法

### (一) 普通固定式干、湿球温度计及其使用方法

普通型固定式干、湿球温度计是将两个相同的水银温度计固定在一块平板上,其中一个温度计的温包上缠有一直保持湿润状态的纱布,作为湿球温度计;另一个温度计的温包直接露在空气中,作为干球温度计,其结构如图6-7所示。

普通固定式干、湿球温度计测量相对湿度的原理是:湿球温度计由于温包上包裹了湿纱布,水分不断蒸发,使温包表面温度降低,其值一般会低于干球温度。干、湿球温度的差值大小与空气相对湿度的高低有关,两者的差值越大,相对湿度就越小,空气就越干燥,两者差值越小则反之。由于通过湿球温包处的空气流速很小(小于0.5m/s),因此在实际使用中不能根据干、湿球温度计直接读出空气的相对湿度值,而必须使用专门制作的相对湿度查算表。查算表一般附在固定式干、湿球温度计的平板上。

在使用普通固定式干、湿球温度计时,一般是将其悬挂于空调房间的某一固定位置上进行测量。这种温度计结构简单、价格便宜,但测量准确度稍差,一般多用于测量准确度要求不高的场所。

### (二) 通风式干、湿球温度计的使用方法

通风式干、湿球温度计是由两个准确度(刻度为0.1℃或0.2℃)较高的水银温度计组成:一支叫做干球温度计,一支叫做湿球温度计。在两个温度计上部装有一个电动或机械(发条)驱动的小风扇,通过导管使气流以等于或小于2.5m/s的速度通过两个温度计的温包。温包的四周装有金属保护套管,以防止辐射热对它的影响。

通风式干、湿球温度计的外形如图6-8所示。这种温度计测量准确度较高,可以用它来校正测湿仪表。在使用时应始终保持湿球温度计的纱布松软,具有良好的

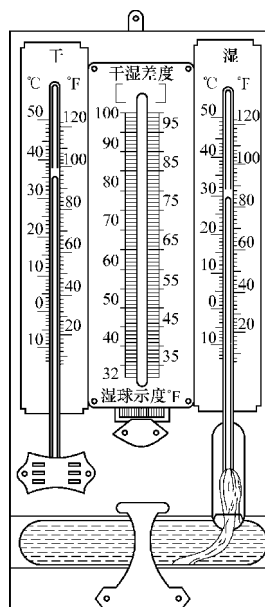


图 6-7 普通固定式干、湿球温度计

吸水性。要提前 15min 放在测量地点，若有风的情况下使用时，人应在下风方向上，以免影响测量效果。

### 七、毛发湿度计的使用方法

毛发湿度计是利用脱脂毛发随环境湿度的变化而改变其长度的原理制成的一种测量空气湿度的测量仪器，其形式有指针式和自记式两种。

图 6-9 所示为指针式毛发湿度计。它是将一根脱脂毛发的一端固定在金属架上，另一端与杠杆相连。当空气的相对湿度发生变化时，毛发会随其伸长或缩短，牵动杠杆机构动作，带动指针沿弧形刻度尺移动，指示出空气的相对湿度值。

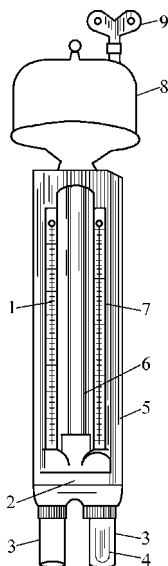


图 6-8 通风式干、湿球温度计

- 1—水银温度计 2—水银温度计  
3—金属总管 4—护板 5—外  
护管 6—外护管 7—风扇外壳  
8—钥匙 9—塑料箍 10—内管

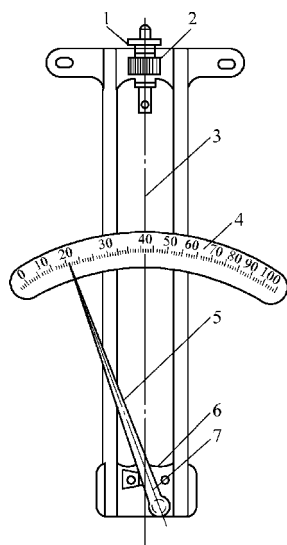


图 6-9 毛发湿度计

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

由于在与毛发相连的机构中存在轴摩擦时会影响它的正确指示，因此，在使用时要先将指针推向使毛发放松的状态，再让它自然复位，观察指示值是否有复现性。平时要保持毛发清洁，如果毛发不干净，可用干净的毛笔蘸蒸馏水轻轻刷洗。再次使用前也要用毛笔蘸蒸馏水洗刷毛发束，使其湿润。若要移动时，动作要轻，并将毛发调至松弛状态。

### 八、风速仪的使用方法

#### （一）叶轮风速仪的使用方法

叶轮风速仪有两种形式：一种叫做自记式叶轮风速仪，另一种叫做转杯式风速

风向仪。图 6-10 所示为自记式叶轮风速仪。它的转轮叶片由几片成一定角度的薄片组成。转轴与表盘平行或垂直。它的工作原理是：当叶轮受到气流压力作用产生旋转运动时，叶轮转数与气流风速成正比，其转数由轮轴上的齿轮传递给指针和计数器，从而在表盘上显示出风速值。

非自记式叶轮风速仪是一种使用时需备秒表的风速测量仪表，它的风速大小 (m/s) 可按下列式计算：

$$\text{风速} = \frac{\text{终读数} - \text{初读数}}{\text{测定时间}}$$

叶轮风速仪测量范围为 0.5 ~ 10m/s，主要用于测量风口和空调系统装置中能够出入的大断面的风速。

### (二) 杯式风速仪的使用方法

杯式风速仪又叫转杯式风速风向仪。它的风速感应元件是三个（或四个）半球形风杯，转轴与记录表盘平行，如图 6-11 所示。

转杯式风速风向仪的工作原理与叶轮风速仪相似，使用时轮的旋转平面应平行于气流。它的测速范围为 1 ~ 40m/s。有的杯式风速仪上还带有风标，用以指示风向。杯式风速仪多用于大风速的测定。

### (三) 热球风速仪的使用方法

热球风速仪是空调测试中常用的仪表。它是根据流体中热物体的散热率与流速存在一定函数关系而制成的风速测量仪表，其工作原理如图 6-12 所示。

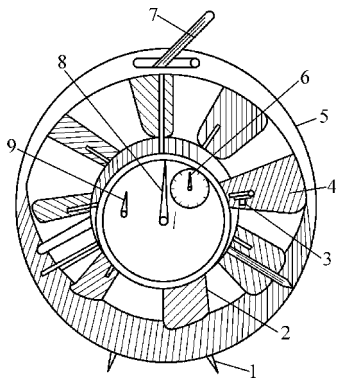


图 6-10 自记式叶轮风速仪

- 1—座架 2—启动杠杆 3—回零压杆  
4—叶轮 5—圆形框架 6—短插针  
7—提环 8—长指针 9—计时红指针

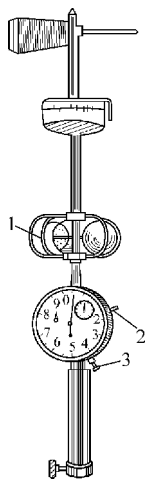


图 6-11 转杯式风速风向仪

- 1—风杯 2—回零压杆 3—启动压杆

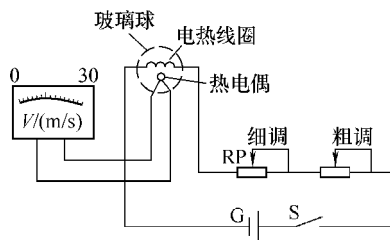


图 6-12 热球风速仪原理图

热球风速仪由两个电路组成,即加热电路和测温电路。其工作原理是:当一定大小的电流通过加热电路的线圈时,电热线圈发热使玻璃球的温度升高,测温电路的热电偶产生热电势,并由表头反映出来。玻璃球的温升、热电势的大小与气流的速度有关。风速越大,球体散热越快,温升越小,热电势也就越小。反之,风速越小,球体散热就越慢,温升越大,热电势也就越大。因此,在表头上直接用风速刻度即可读出风速大小。仪表箱上的粗调、细调是用来调整加热电路电热线圈的,使其保持稳定电流。

热球风速仪具有使用方便、反应快、热惰性小、灵敏度高特点。它的测速范围为  $0.05 \sim 30\text{m/s}$ ,测量低速风时尤为优越,是空调系统测试时的常用仪表。热球风速仪的测头结构娇嫩、易损,使用时要特别小心。具体使用注意事项如下:

- (1) 将测杆连接导线的插头按正、负号或标记插入仪表面板的插座内。
- (2) 测杆要垂直放置,头部朝上,滑套的缩紧应不使测头露出,应保证测头在零风速下校准仪表零位。
- (3) 将选择开关由“断”旋转到“满度”位置,调节满度旋钮,使指针指示在上限刻度上。若达不到上限刻度,应调换电池。
- (4) 将选择开关旋转到“零位”的位置上,然后调节“粗调”、“细调”旋钮,观察表针是否能处于零位上。若达不到零位应更换电池。
- (5) 测量时将测头上的红点对着迎风面,测杆与风向呈垂直状态即可读数。若指针来回摆动,可读取中间数值。

(6) 每次测量  $5 \sim 10\text{min}$  后,要重新校对一下“满度”和“零位”

(7) 测量完毕后将滑套套紧,使工作开关置于“断”的位置,拔下插头,收拾好装箱。

(8) 使用中不要用于触摸测头。测头一旦受污染,将影响其正常工作。

(9) 使用完毕后将电池取出,搬运时要轻拿轻放。

## 九、风压测量仪的使用方法

### (一) 液柱式压力计

液柱式压力计又叫做 U 形管压差计,它是最简单的测量风压的仪表,其外形如图 6-13 所示。液柱式压力计的测压原理是:当被测系统内的压力高于外界大气压力时,在系统内压力  $P_1$  和大气压力  $P_2$  的压差作用下,U 形管两端出现压力差,即

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

式中,  $\rho$  为 U 形管内注入液体的密度,常用的液体有水、酒精等,其密度分别为  $1.0\text{g/cm}^3$ 、 $0.81\text{g/cm}^3$ ;  $h$  为液体液面高度差。

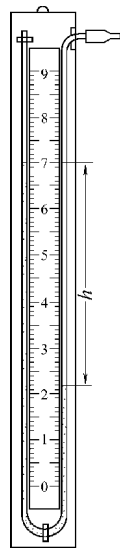


图 6-13 U 形管压差计



液柱式压力计主要在对准确度要求不高的测试中使用,如用来测量各级过滤器的前、后压差。

## (二) 倾斜式微压计

在空调系统的压力测量中,为了测量较小的压力,常采用倾斜式微压计。倾斜式微压计是在液柱式压力计的基础上,将液柱倾斜放置于不同的斜率上制成的,其结构原理如图 6-14 所示。它由一根倾斜的玻璃毛细管做成测量管和一个横断面比测量管断面大得多的液杯构成。测量管与水平面间的夹角是可调的。

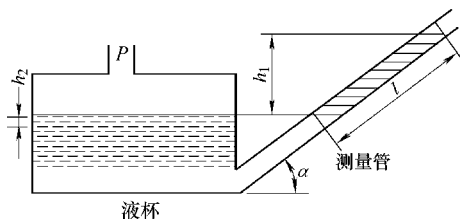


图 6-14 倾斜式微压计

当有一个压力  $P$  作用于液杯时,设液杯液面下降高度为  $h_2$ ,测压管液面升高为  $h_1$ ,则液柱上升总高度为

$$h = h_2 + h_1 = h_2 + l \sin \alpha$$

由于液杯面积远远大于测压管面积,因此  $h_2$  实际很小,可以忽略不计,所以有

$$h = l \sin \alpha$$

于是所测压力为

$$P = 9.8 \rho h = 9.8 \rho l \sin \alpha$$

式中,  $\rho$  为工作液体的密度,通常为  $0.81 \text{ g/cm}^3$  的酒精;  $l$  为测量管液面上升长度;  $\alpha$  为测量管与水平面的夹角。

倾斜式微压计是空调系统风压测试的主要仪器,因此使用时要认真阅读说明书,严格按说明书中规定的操作方法进行操作。同时还必须注意测量管与液杯接管以及液体内部是否有气泡,若存在气泡将造成较大的测量误差。

## (三) 皮托管及其使用方法

皮托管又叫做皮托静压管,是一种与倾斜微压计配合使用、插入流体中与流体流向平行、管嘴对着流向、用以测量流体流速的管状仪器。

皮托管的结构如图 6-15 所示,由外管、内管、端部、水平测压段(测头)、引出接头、定向杆等部分组成。在皮托管测头部分的适当位置上钻有静压感受孔,测头感受的静压,通过内、

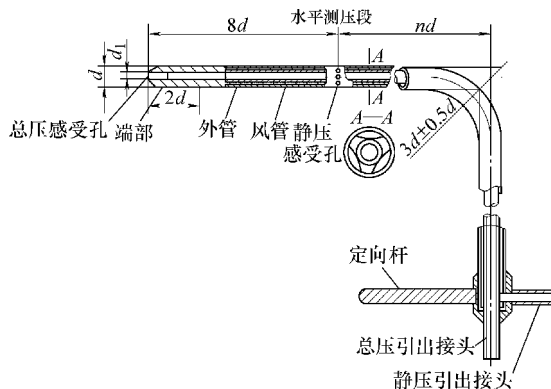


图 6-15 皮托管的结构



外管间的空腔传向静压引出接头。内管的一头与端部开口处（即总压感受孔）相连，另一端与总压引出接头连接。

使用皮托管测压时，需用橡胶（或塑料）软管将其与倾斜微压计连接起来，由微压计指示出风管中的全压、静压和动压值。测试时的连接方法如图 6-16 所示。测试时全压孔必须对准气流，不准倾斜。

由于皮托管结构上种种因素的影响，它所感受的动压与测试的实际动压间存在着差异。因此，必须用一系数对所测动压进行修正。我国采用的修正公式为

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \xi P_b}$$

式中， $v$  为气体流速，单位为  $\text{m/s}$ ； $\rho$  为气体密度，单位为  $\text{kg/m}^3$ ； $\xi$  为皮托管校正系数； $P_b$  为动压，单位为  $\text{Pa}$ 。

**例：**将皮托管放置在风管的某一测点上，从微压计上测得动压  $P_b = 150\text{Pa}$ 。已知  $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$ ，校正系数  $\xi = 1.002$ ，则该测点气流速度为

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \xi P_b} = \sqrt{\frac{2}{1.2} \times 1.002 \times 150} \approx 15.83\text{m/s}$$

用于管内流速测试的皮托管，其测头直径与所测管道直径之比一般可选为  $1/25$ 。测点应选在气流平直段处。

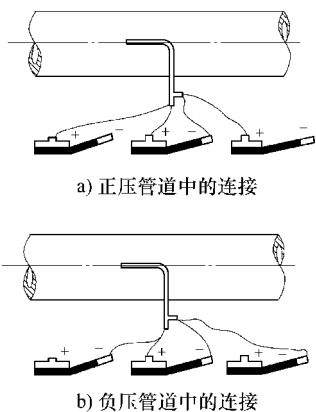


图 6-16 皮托管与微压计的连接

## 第二节 空调系统风量的测量与调整

### 一、空调系统风量的测量

#### (一) 空调系统管内风量的测定

空调系统管内的风量可在送风管道、回风管道、排风和新风管道及各分支管道上采用皮托管静压管和微压计配合进行测量。具体操作步骤如下：

(1) 选择测定断面。测定断面原则上应选择在气流均匀而稳定的直管段上，即尽量选在远离产生涡流的局部构件（如三通、风门、弯头、风口等）等。按气流方向，一般应选在离前一个产生涡流的部件 4 倍以上风管直径（或矩形管道的大边尺寸）、距后一个产生涡流的部件 1.5 倍以上风管直径（或矩形管道的大边尺寸）的地方为最好。若现场达不到上述要求，可适当降低，但也应使测定断面到前一个产生涡流部件的距离大于测定断面到后一个产生涡流部件的距离，同时应适当增加测定断面上测点的数目。

(2) 确定测点。由于管道断面往往因为内壁对空气流动产生摩擦而引起风速

分布不均匀,所以需要按一定的断面划分方法,在同一个断面布置多个测点,分别测得各点动压,求出风速,然后,各点风速相加除以测点数,得出平均风速。

从测量角度看来,测点越多,所得结果就越准确,但也不能太多,往往应根据风管断面的形状和大小,划分成若干个小截面,在每一个小截面的中心布置测点。

矩形风管测点位置如图 6-17 所示,一般要求各小截面面积不大于  $0.05\text{m}^2$  (即边长小于  $200\text{mm}$ )。

圆形风管应根据风管直径的大小,将其划分为若干个面积相等的同心圆环。圆环数由直径大小决定,每一个圆环测 4 个点,并且 4 个测量点应在互相垂直测孔的两个直径上,测点位置如图 6-18 所示。

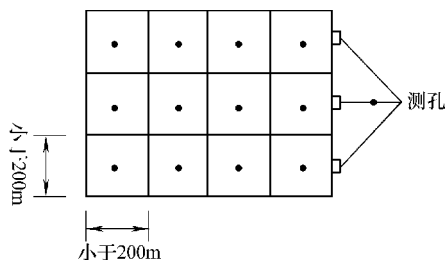


图 6-17 矩形风管的测点布置

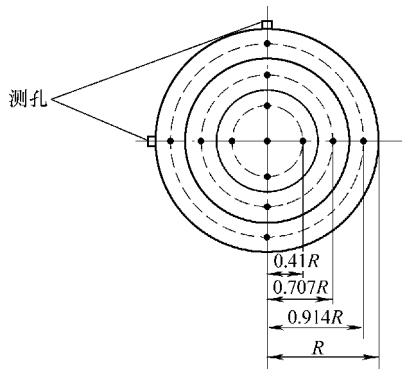


图 6-18 圆形风管的测点布置

各测点距圆心的距离按下式计算:

$$R_n = R \sqrt{(2n-1)/2m}$$

式中,  $R$  为风管断面半径;  $R_n$  为从风管中心到第  $n$  测点的距离;  $n$  为从风管中心算起的测点顺序号;  $m$  为划分的圆环数。

圆形风管划分的圆环数见表 6-1。

表 6-1 圆形风管划分的圆环数表

圆形风管直径	200 以下	200 ~ 400	400 ~ 700	700 以上
圆环个数/个	3	4	5	5 ~ 6

(3) 计算平均风速  $v_{p0}$  各个测点所测参数的算术平均值,可看作是测定断面的平均风速值,即

$$v_p = (v_1 + v_2 + \cdots + v_n) / n$$

式中,  $v_p$  为断面的平均风速值, 单位为  $\text{m/s}$ ;  $(v_1 + v_2 + \cdots + v_n)$  为各测点的风速, 单位为  $\text{m/s}$ ;  $n$  为测点数。

在风量测定中, 用皮托管测出的空气动压值实际上就是流动空气所具有的动能, 即

$$P = (1/2g)v_p^2\rho$$

$$v = \sqrt{2gP/\rho}$$

式中,  $g$  为重力加速度, 一般取  $g = 9.8\text{m/s}^2$ ;  $P$  为风管内气流的动压, 单位为  $\text{kg/m}^2$ ;  $\rho$  为风管内空气的密度, 常温下  $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$ 。

将  $g$  和  $\rho$  代入上式, 则上式可简化为

$$v = 4.04\sqrt{P}$$

利用上式求出每个测点的风速后, 再求出平均风速值  $v_p$ 。

(4) 计算风量  $L$ 。如果已知平均风速  $v_p$ , 便可计算出通过测量断面的风量。风管内风量的计算公式为

$$L = 3600\rho Fv_p$$

式中,  $\rho$  为风管内空气的密度, 常温下  $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$ ;  $F$  为风管测定断面的面积, 单位为  $\text{m}^2$ ;  $v_p$  为风管测定断面上的平均风速, 单位为  $\text{m/s}$ 。

在实际测量中, 测量截面可能处于气流不稳定区域。因此, 在测量仪器使用正确的情况下, 测量的动压可能出现负值, 这表明某些测点产生了涡流。在一般工程测量中, 遇到这种情况, 可在计算平均动压时, 近似假设负值为零, 但测点数不能取消。

## (二) 送风口、回风口风量测量

对于空调房间的风量或各个风口的风量, 如果无法在各分支管上测定, 可以在送、回风口处直接测量风量, 一般可采用热球式风速仪或叶轮风速仪。

当在送风口处测定风量时, 由于该处气流比较复杂, 通常采用加罩法测定, 即在风口外直接加一罩子, 罩子与风口的接缝处不得漏风。这样使得气流稳定, 便于准确测量。但在风口外加罩子会使气流阻力增加, 造成所测风量小于实际风量。对于风管系统阻力较大的场合 (如风口加装高效过滤器的系统) 影响较小。如果风管系统阻力不大, 则应采用如图 6-19 所示的罩子。因为这种罩子对风量影响很小, 使用简便又能保证足够的准确性, 故在风口风量的测定中常用此法。

回风口处由于气流均匀, 所以可以直接在贴近回风口格栅或网格处用测量仪器测定风量。

## 二、空调系统风量的调整

调整空调系统的风量目的是使经处理后的空气能

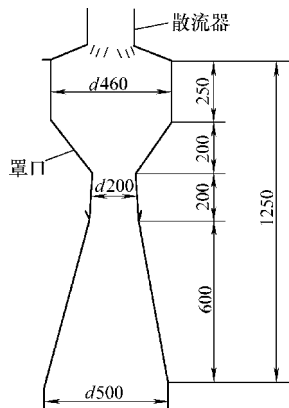


图 6-19 加罩法测定  
送风口风量

按设计要求沿着干管、支干管及支管和送风口输送到各空调房间,为空调房间所需要的温度和湿度环境提供保证。

对于一个正常工作的空调系统来说,各空调房间送风口的实际送风量的总和应等于总的送风量,回风口吸入的总回风量应等于各空调房间回风口实测的风量之和。

在空调系统运行过程中,允许各空调房间全部送风口测得的风量之和与送风机出口处测得的总送风量之和有  $\pm 10\%$  的误差。

### (一) 空调系统风量测定和调整的程序

一般按下列步骤进行:

- (1) 初测各干管、支干管、支管及送风口和回风口的风量;
- (2) 按设计要求调整送风、回风干管、支干管及各送风口和回风口的风量;
- (3) 在进行送风、回风系统的风量调整时,应同时测量与调整新风量,检查系统新风比是否满足要求;
- (4) 按设计要求调整送风机的总风量;
- (5) 在系统风量达到平衡后,进一步调整送风机的总风量,使其满足空调系统的设计要求;
- (6) 调整后,在空调系统各部分调节阀不变动的情况下,重新测定各处的风量,以作为最后的实测风量;
- (7) 空调系统风量测定和调整完毕后,用红漆在所有阀门把柄上做好标记,并将阀门位置固定,不要随意变动。

### (二) 空调系统风量调整的原理

调整空调系统风量是通过改变阀门开启度来实现的。改变调节阀门开启度实质上是改变阀门在管网中的阻力特性,进而改变管网中管段的阻力,阻力改变后,风量也随之相应地发生变化。

由流体力学可知,任一管段的阻力  $\Delta H$  与风量  $L$  之间存在如下关系:

$$\Delta H = KL^2$$

式中,  $\Delta H$  为风管系统的阻力;  $L$  为风管内的风量;  $K$  为风管系统的阻力特性系数。

$K$  是同空气性质、风管长度、尺寸、局部管件阻力系数与摩擦阻力系数有关的比例常数。在给定的管网中,如果只改变风量,其他(包括阀门)都不变,则  $K$  值基本不变。

对于图 6-20 所示的风管系统,管段 1 的风量为  $L_1$ ,阻力特性系数为  $K_1$ ,风管阻力为  $H_1$ ;管段 2 的风量为  $L_2$ ,阻力特性系数为  $K_2$ ,风管阻力为  $H_2$ ,则有

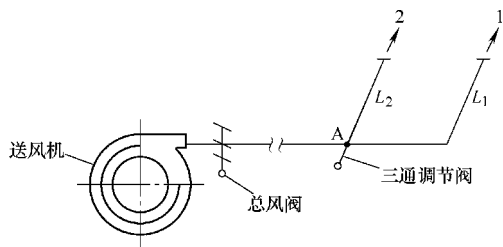


图 6-20 风量分配示意图

$$\Delta H_1 = K_1 L_1^2 \quad \Delta H_2 = K_2 L_2^2$$

由于管段 1 和管段 2 为并联管段, 所以  $\Delta H_1 = \Delta H_2$ , 即有

$$K_1 L_1^2 = K_2 L_2^2$$

$$K_1/K_2 = L_2^2/L_1^2$$

若图中 A 点处的三通调节阀的位置不变, 即  $K_1$ 、 $K_2$  不变, 仅改变送风机出口处的总调节阀使总风量改变, 则管段 1 和管段 2 的风量相应地变化为  $L_1'^2$  和  $L_2'^2$ , 应符合:

$$K_1/K_2 = L_2'^2/L_1'^2$$

由以上公式可知:

$$L_2^2/L_1^2 = L_2'^2/L_1'^2$$

$$L_2/L_1 = L_2'/L_1'$$

上式表明, 只要三通调节阀的位置不变, 即系统阻力特性系数  $K$  不变, 无论总风量如何变化, 管段 1 和管段 2 的风量总是按固定比例进行分配的。也就是说, 若已知各风口的设计风量的比值, 就可以不管此时总风量是否满足设计要求, 只要调整好各风口的实际风量, 就可使它们的比值与设计风量的比值相等, 然后调整总风量达到要求值, 则各风口的送风量必然会按设计比值分配, 并等于各风口的设计风量。

### (三) 空调系统风量的调整方法

空调系统风量的调整应从最远房间的送风支管开始, 逐步调向风机出口。如图 6-21 的系统中, 风量的调整步骤为

(1) 首先调整  $L_1$  与  $L_2$ ,  $L_3$  与  $L_4$ ,  $L_7$  与  $L_8$ , 使它们分别等于对应的设计风量之比;

(2) 调整  $L_5$  与  $L_6$ , 使之等于对应的设计风量之比;

(3) 调整  $L_9$  与  $L_{10}$ , 使之等于对应的设计风量之比;

(4) 调整  $L_{11}$ , 使其等于设计的总风量。

### 三、室内温度和湿度的测定

室内温度和湿度的测定可以用水银玻璃温度计 (分度为  $0.1^\circ\text{C}$ , 量程为  $0 \sim 50^\circ\text{C}$  即可)、热电偶温度计、通风干湿球温度计、相对湿度计等测温测湿仪器。

测点的选择要求是: 要求精度高的空调房间, 要沿房间高度选择几个有代表性的横断面测点和沿房间宽度选择几个纵断面测点。

如对于恒温恒湿房间测点应布置在离房间围护结构  $0.5\text{m}$ , 离地高度  $0.5 \sim 1.5\text{m}$  的地方。纵断面上的测点间隔一般为  $0.5\text{m}$ , 横断面上的测点按面积等分格 (每一分格常为  $1\text{m}^2$ )。

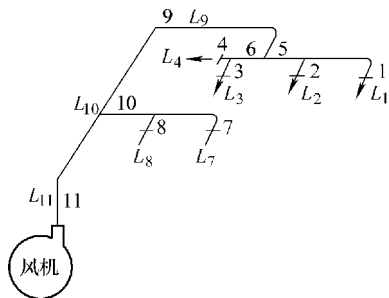


图 6-21 多支分管

在系统运行达到稳定后，分别测定纵、横断面上的温度和相对湿度值，并按断面绘制温度和相对湿度分布图。

对于一般空调房间，测点要选择在工作区和工作面及人员经常活动的范围。

当无条件测定室内温度和相对湿度的分布时，可以在回风口处测定温度和相对湿度。一般空调区域均为回流区，所以可以认为回风口的空气参数为室内空气的平均参数。测定时系统必须连续稳定运行，每隔半小时至一小时测定一次，一般应连续一个白天或者一昼夜。

#### 四、室内气流组织的测定

室内气流组织的测定仅对有下列要求的空调房间进行：

- (1) 恒温精度等级高于  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  的房间；
- (2) 洁净房间；
- (3) 有气流组织要求的房间。

室内气流组织的测定包括室内气流速度和气流流型（气流方向）的测定。

气流速度一般采用热球式风速仪测定。气流型测定一般用轻细的纤维丝或烟雾来观察气流的方向，然后人工描绘下来（测定时人要远离气流流动方向）。

测定完毕后，应将测定结果绘制成速度分布图和气流流型图。

#### 五、超净空调系统中空气含尘浓度的测定

超净空调系统中空气含尘浓度的测定应包括系统中各级空气过滤器效率和室内、外空气含尘浓度的测定。

测定应在系统清扫干净和调整完毕并经渗漏检验和堵漏后，再经连续运行一段时间（自净）后进行，一般采用尘埃粒子计数器测定。

送风含尘浓度应在送风口高效过滤器后测定；新风含尘浓度应在调试期间，选择最佳（雨后含尘量最少时）和最差（风沙天）的天气进行昼夜测定，并记录下数据，绘出变化曲线。

室内空气含尘浓度的测定应在各种静态（测定时室内无生产并且无人员）和动态（测定时室内已处在实际生产）条件下进行多点测量，结果按下列条件乘以不同的系数，才是实际工作条件的含尘浓度；静态条件下，对于平行流净化系统，系数为3；对于乱流高效过滤器空气净化系统，系数为5；动态条件下，系数为1。

#### 六、室内正压的测定与调整

室内正压值是指室内的压力应高于室外压力的数值，宜采用微压计测定。一般空调房间应有  $5 \sim 10\text{Pa}$  的正压值。

测定应在系统送、回风量调整完毕后进行。测定时把被测房间的门窗关闭，将微压计的正、负压接口用橡皮管接至室内和室外（应避免管口迎风），此时通过微压计的压差值即为室内外压差值。

若正压值不满足要求，一般可通过房间回风口的风门（调整回风量）来调整室内正压值。室内正压值的调整应在室内空气含尘浓度测定之前进行，以保证室内



空气含尘浓度的测定。

### 第三节 空调系统维护保养的基本要求

#### 一、中央空调系统的日常维护基本要求

对中央空调机组日常维护保养的基本要求如下：

(1) 中央空调机组在停机期间和运行过程中，应始终保持机组外观的干净、整洁，一尘不染。

(2) 当检测到初效及中效过滤器前后压差达到初阻力的 2 倍时，应将滤袋取出，用肥皂水对初效及中效过滤器进行清洗。然后再用清水洗净，并置于阴凉处晾干。若有破损，应及时修补或更换。

(3) 应定期用中性洗涤剂温水溶液，配以用软毛钢刷，对表冷器肋片沾积的灰尘污物进行清洗，操作时要注意不要碰坏肋片。

(4) 表冷器使用的冷媒水，一般应为  $5 \sim 7^{\circ}\text{C}$ ；热媒水在  $60^{\circ}\text{C}$  左右，并应对热媒水进行洁净软化水处理，以减少结垢。

(5) 中央空调机组在运行中，冷水在表冷器内的流速宜调节到  $0.6 \sim 1.8\text{m/s}$ ，热水在换热器内的流速宜调节到  $0.5 \sim 1.5\text{m/s}$ 。

(6) 中央空调机组喷淋室里的喷嘴应经常清洗检查，防止形成堵塞。当喷嘴孔径因磨损扩大  $1\text{mm}$  时，应及时进行更换。

(7) 每两个月要定时清除中央空调机组喷淋室底槽污垢，并定期排放循环水，以防霉菌滋生，并及时清洗网式水过滤器，使滤网畅通。喷淋室中的浮球阀的启、闭要灵活；底槽注水后，注意调整球体高度，保持一定的水位。

(8) 中央空调机组的检修门必须随时关闭严密，若密封材料发生老化及由于磨损、腐蚀引起漏风时应及时更换。

(9) 中央空调机组的所有排水口设置的水封不要被堵塞，并应经常检查，保持其完好。

(10) 在中央空调机组停用时间里，应使表冷器内充满水，以减少管子锈蚀，但在冬季应将盘管中存水放尽，防止盘管冻裂。

(11) 经常检查中央空调机组各部分照明线路和照明的灯具，防止发生漏电事故。

#### 二、中央空调系统日常维护的基本内容

##### (一) 空气过滤器的日常维护

(1) 初效与中效过滤器应每月清洗一次，灰尘较多时，可适当缩短清洗周期。高效过滤器应按洁净要求及时予以更换。

(2) 空气过滤器清洗时应使用  $40^{\circ}\text{C}$  以下的温水，清洗时不要揉搓。空气过滤器较脏时，可使用中性洗涤剂进行去污。若空气过滤器不太脏时可用喷水进行清洗



即刻。

(3) 空气过滤器清洗干净以后, 沥干水分即可装入机组内。在进行空气过滤器的安装时要注意过滤器上空气流动面的正反, 并按图 6-22 所示要求和方法进行安装。

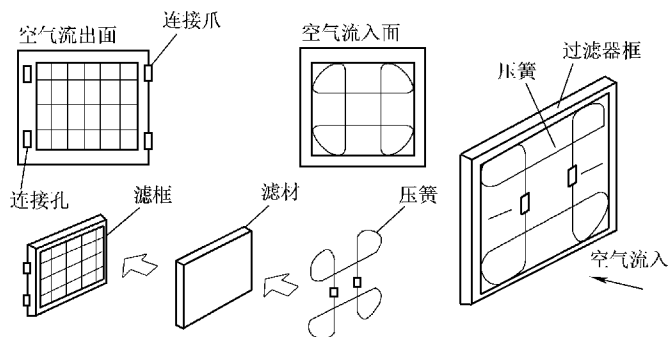


图 6-22 空气过滤器的拆装方法

## (二) 热交换器的日常维护

(1) 冬季时, 水加热器应进行防冻保护。为了预防当气温降至  $+4^{\circ}\text{C}$  以下, 热媒出现中断或者机组管道在运行中破裂时, 应打开水加热器连接管道底部的排水塞, 并用一定压力的压缩空气将水加热器内残存的水吹干净。

(2) 每半年检查一下热交换器的翅片是否变脏, 若变脏, 可用下述方法予以清洗。

- 1) 用吸尘器从空气入口处吸附脏污。
- 2) 用吸尘器从空气排出口处吹出脏污。
- 3) 用专用清洁剂喷洒热交换器的翅片进行清洗, 然后再用清水冲刷热交换器的翅片。

4) 及时排除热交换器内的空气, 以便获得较好的工作效率。在热交换器停止工作期间, 热交换器内的介质流量应保持在最小值范围内, 介质温度不得超过  $60^{\circ}\text{C}$ 。

5) 对于电加热器应每一个季度检查一下电路情况, 看其电气元器件是否完好, 能否正常工作, 并用吸尘器清理一次电加热器表面上的灰尘。

## (三) 加湿器的日常维护

(1) 每个季度要例行对加湿器所有的法兰、螺栓连接处、浮球阀及水位检查一次。

(2) 平时要特别注意机组挡水板处、导风板处空气流动得是否流畅, 加湿器的喷嘴是否工作正常。

(3) 机组停运期间, 要将加湿器水盘中的水放干净。在机组运行时, 若加湿器需要长期停运时, 加湿器的水泵应每隔一周起动运行  $1 \sim 2\text{min}$ , 用以防止水泵内

沉淀固体粒子而使水泵损坏。

(4) 对于使用蒸气的加湿器，当其蒸气喷嘴堵塞时，可用针将蒸气喷嘴内的脏污除掉。然后再向里面喷入蒸气，清洁其内部管道。

第四节 中央空调系统冷却水的管理

中央空调系统的冷却水系统通常都是采用有冷却塔的开式系统，当冷却水在冷却塔中与大气接触进行热交换时，大气中的污染物溶解和混入水中，污染了冷却水。此外，冷却塔中能接收到的光线和水中的大量溶解氧，又为菌藻类生物生长提供了良好条件。而循环冷却水在冷却塔中的水分蒸发和飘散又使得水中溶解盐类的浓度和水的浊度增大，从而使冷却水系统中会出现结垢、腐蚀、污物沉积以及菌藻滋生等现象，其结果是冷却水系统结垢和污物沉积造成热交换效率降低、管道堵塞、水循环量减小、动力消耗增大。冷却水系统腐蚀会造成损坏管道、部件和设备，缩短使用寿命，增加维修费用和更新费用，影响到中央空调系统的正常使用，并加大运行费用的支出。

一、冷却水水质的管理要求

- (1) 当系统采用化学方法进行水处理时，要定期投加化学药剂，防止系统结垢、腐蚀和菌藻繁殖；
- (2) 要定期进行水质检验，随时掌握水质情况和水处理效果；
- (3) 要定期清洗冷却水系统，防止系统中沉积过多的污物垢；
- (4) 要随时检查系统中的水量，及时补充因蒸发和飘损造成的水量亏损。

二、冷却水水质标准

国家标准 GB 50050—2007《工业循环冷却水处理设计规范》规定：敞开式（简称开式）系统循环冷却水的水质标准应根据换热设备的结构形式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀率以及所采用的水处理配方等因素综合确定，并应符合表 6-2 的规定；密闭式（简称闭式）系统循环冷却水的水质标准应根据生产工艺条件确定。

表 6-2 开式系统循环冷却水水质标准

项 目	单位	要求和使用条件	允 许 值
悬浮物	mg/L	换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式	≤10
pH 值		根据药剂配方确定	7.0~9.2
甲基橙碱度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	≤500
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	30~200
Fe <sup>2+</sup>	mg/L		<0.5

(续)

项 目	单位	要求和使用条件	允 许 值
Cl <sup>-</sup>	mg/L	碳钢换热设备	≤1000
		不锈钢换热设备	≤300
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	[ SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]与[ Cl <sup>-</sup> ]之和	≤1500
硅酸 (以 SiO <sub>2</sub> 计)	mg/L		≤175
		[ Mg <sup>2+</sup> ] 与[ SiO <sub>2</sub> ]的乘积	<15000
游离氯	mg/L	在回水总管处	0.5 ~0.1
异养菌数	个/mL		<5 ×10 <sup>5</sup>
粘泥量	mL/m <sup>3</sup>		<4

注：Mg<sup>2+</sup>以 CaCO<sub>3</sub> 计。

另外在《空气调节设计手册（第二版）》中提出了闭式系统循环冷却水的水质要求，见表 6-3。

表 6-3 闭式系统循环冷却水水质要求

项 目	单 位	水 质 标 准
pH 值(25℃)		6.5 ~8.0
电导率(25℃)	μS/cm	<800
氯离子(Cl <sup>-</sup> )	mg/L	<200
硫酸根离子(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	<200
总铁(Fe)	mg/L	<1.0
总碱度(以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	<100
总硬度(以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	<200
硫离子(S <sup>2-</sup> )	mg/L	测不出
铵离子(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	<1.0
二氧化硅(SiO <sub>2</sub> )	mg/L	<50

国家机械行业标准 GB/T 18362—2008 对溴化锂吸收式冷、热水机组的冷却水和补充水的水质要求见表 6-4。

表 6-4 溴化锂吸收式冷、热水机组的水质标准

项 目	单位	基 准 值	
		冷却水	补充水
基准项目	酸碱度 pH 值(25℃)	6.5 ~8.0	6.5 ~8.0
	电导率(25℃)	μS/cm <800	<200
	氯离子(Cl <sup>-</sup> )	mg/L <200	<50

(续)

项 目		单位	基 准 值	
			冷却水	补充水
基准项目	硫酸根离子( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/L	< 200	< 50
	酸消耗量(pH4.8)(以 $\text{CaCO}_3$ 计)	mg/L	< 100	< 50
	全硬度(以 $\text{CaCO}_3$ 计)	mg/L	< 200	< 50
参考项目	铁(Fe)	mg/L	< 1.0	< 0.3
	硫离子( $\text{S}^{2-}$ )	mg/L	检验不出	检验不出
	铵离子( $\text{NH}_4^+$ )	mg/L	< 1.0	< 0.2
	离子状二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )	mg/L	< 50	< 30

冷却水水质检测是水质处理效果是否达到预期目标的必要手段。在中央空调系统使用期间，应每个月检测一次，以决定是否需要补加各种水处理药剂或进行系统清洗。

三、冷却水水质的检测内容

冷却水水质检测主要内容如下：

(一) pH 值

冷却水系统的补充水因外因素的影响，pH 值可能变化；而采用化学方法进行水处理时药剂配方要求将循环水的 pH 值控制在一定范围内才能发挥最大作用。因此，必须随时检测冷却水 pH 值的变化。

(二) 硬度

在空调系统的冷却水中，要求具有一定数量的  $\text{Ca}^{2+}$ 。以磷配方为例， $\text{Ca}^{2+}$  一般不得少于 30mg/L，以形成磷酸钙的保护膜而起到缓蚀作用。只有控制适当，才能达到缓蚀和阻垢的效果。

在循环冷却水中若  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  有较大幅度下降，说明结垢加重； $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量变化不大时，说明阻垢效果稳定。因此，必须随时检测冷却水的硬度。

(三) 碱度

碱度是中央空调系统冷却水的一个重要指标，碱度的变化可以反映系统的结垢趋势。

(四) 电导率

通常将循环冷却水及补充水中的  $\text{Cl}^-$  浓度的比值称为循环水的浓缩倍数。

通过对电导率的测定可以确定水中的含盐量。水中含盐量是水中阴、阳离子的总和，离子浓度越高，则电导率越大，反之，则越小。水中离子组成比较稳定时，含盐量与电导率有一定的比例关系。因此，可用电导率的比值来计算浓缩倍数。

(五) 悬浮物

悬浮物的含量是冷却水检测的一项重要指标。在系统运行中若菌藻繁殖过快,或补充水中的悬浮物过大、空气中灰尘多等都可以增加循环冷却水的悬浮物。悬浮物不仅会影响换热器的传热效率,同时也会加剧金属的腐蚀。

#### (六) 游离氯

控制冷却水中菌藻微生物的数量是冷却水水质检测内容之一。若在冷却水水质检测过程中通氯后仍连续测不出余氯,则说明系统中硫酸盐还原菌大量滋生。因为硫酸盐还原菌滋生时,会产生  $H_2S$ 、 $S_2$ , 它们与氯发生反应,要消耗氯。因此通过余氯测定,可及时发现系统冷却水中菌藻微生物的数量是否超标。

### 四、冷却水系统水垢形成的原因及其危害

#### (一) 水垢的形成原因

粘附在冷却水侧管壁表面上的沉积物统称为“水垢”。按沉积物的成分可分为水垢、污垢和粘泥。

水垢是溶于水中的盐类物质。由于温度升高或冷却水在冷却过程中的不断蒸发浓缩,使冷却水中的盐类物质超过其饱和溶解度而结晶析出沉积在金属表面上,因此又叫盐垢,其成分可分为碳酸钙、硫酸钙、磷酸钙、碳酸镁、氢氧化锰、硅酸钙等。其中碳酸钙垢最常见,它也是危害最大的“水垢”。

盐类物质在结晶析出沉淀成垢的过程中,夹带着微生物新陈代谢产生的分泌物、微生物残骸、腐蚀产生的含水氧化物、粘土、腐殖物以及凝胶状物质集合体时,其所形成的沉积物即为污垢。

沉淀物中金属盐类物质,其主要成分是微生物的分泌物、残骸、凝胶物质以及有机腐殖质时,所形成的粘浊物就称为粘泥,或称为生物粘泥。

影响“水垢”形成的因素主要由以下几方面:

(1) 水质的因素。冷却水的硬度、碱度、悬浮物和含盐量等都会影响垢形成。从硬垢的成分分析来看,钙、镁占主要地位,而污垢中则以泥沙和有机物为最多。从水的酸碱性来看,碱性条件下虽然有利于防止腐蚀,但钙、镁盐类容易从水中析出成垢,胶体杂质在碱性条件下容易混凝沉淀促成污垢,生物污泥在碱性条件下也容易导致产生难以清除的粘垢。

(2) 水温的因素。水温高低直接影响着冷却水的结垢过程,水温越高则冷却水产生垢的倾向就越大。因为水温升高会加速重碳酸盐的分解,进而增高了水的 pH 值; pH 值升高则钙、镁盐的溶解度就降低。此外,由于水中的硫酸钙、氢氧化镁、碳酸钙等硬度盐类均为随水温升高而溶解度减小的反溶解度盐,在水温升高时也易于或加速结晶析出沉积。

(3) 水流速度的因素。冷却水在管道或热交换器中的流速如果太低或水流分布不均匀形成滞流区和死角,则含于水中的悬浮物或其他固形物就易于沉淀;如果水流速度较大,不仅能用水流将沉积物带走,而且可以利用水流的冲刷作用,将粘附在金属表面上的沉积物剥离下来。为了防止沉积,冷却水在系统中流速要求,在

管程式中循环不宜小于  $0.9\text{m/s}$ ，在壳程中循环不应小于  $0.3\text{m/s}$ 。

(4) 微生物的因素。微生物新陈代谢过程中分泌出的粘液物与冷却水中的各种污染物粘聚，常形成难以处理的污垢。铁细菌能吸收水中溶解性铁化合物，使铁的化合物如  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  包围在细菌本身细胞的外面，形成不溶性的粘泥状氧化铁沉积物。藻类微生物主要生长在冷却塔内，当被水冲刷后随水流带入热交换器时，遇到细菌分泌的粘液或冷却水中形成的胶体化合物以及冷却水中的各种污染物，就会粘聚结合，形成污垢或粘泥。

(5) 腐蚀物的因素。金属腐蚀时，在腐蚀部位的阳极析出铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ )，这种铁离子与水中的氢氧根 ( $\text{OH}^-$ ) 离子相结合，生成氢氧化亚铁  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。氢氧化亚铁能粘聚水中的各种有机或无机污染物，形成污垢。此外，氢氧化亚铁进一步氧化还能生成氢氧化铁  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀。

(6) 热交换器结构的因素。热交换器的结构和水流通道的情况会影响到水流状态和热交换器内的温度分布。一般来说，板式和螺旋式热交换器都会使水流处于湍流状态，使其具有剥离污垢的作用，会减缓结垢过程。但冷却水在管道之间流动时，由于设备内存在着死角，水流速度在这些死角区就要降低或趋近于零，易造成局部温度过高或过热现象，使水中盐类物质结晶析出而沉淀。同时流速降低还会导致污垢物质的沉积。

(7) 热交换设备金属材料和表面粗糙度的因素。换热设备金属材料的导热系数越大，壁温就越高，容易使其附近的水中盐类物质析出成垢，附着于壁上。换热设备与水接触的表面越粗糙，水流越缓慢，壁面就越容易沉积垢层。

## (二) “水垢”造成的危害

“水垢”所造成的危害主要表现在以下几个方面：

(1) 增大了冷却水与制冷剂或空气间热传导过程中的热阻，即降低了热交换器的换热效率；

(2) 缩小了管道过水断面，即降低了通水能力，使热交换器的换热效率降低；

(3) 增大了水流阻力，使耗能增加，运行费用加大；

(4) 促进或直接引起金属腐蚀，缩短了管道或设备的正常使用寿命；

(5) 增加检修工作量，缩短了正常运行周期；

(6) 增加水处理的药剂用量或降低了药剂的使用效果。

## 五、冷却水的化学处理方法

在对中央空调系统的冷却水系统管理中，多根据水质标准，通过投加化学药剂或用其他方法来防止结垢、控制金属腐蚀、抑制微生物的繁殖。在对冷却水处理中使用最广泛的是用化学方法进行水处理，化学药剂根据功能可分为阻垢剂、缓蚀剂和杀生剂三种。

### (一) 阻垢剂

对于污垢和粘泥，可以采取定时冲洗并部分排水同时补充新鲜水的排污法来解



决；对于水垢，则可采用加酸法（又叫酸化法）、加  $\text{CO}_2$  法（又叫碳化法）和投加阻垢剂法（又叫药剂法）来阻止其生成。目前国内外应用最广泛、效果最好的是投加阻垢剂法，常用的阻垢剂见表 6-5。

表 6-5 常用阻垢剂

类别	化(聚)合物		用量/mg/L	特 性
聚磷酸盐	六偏磷酸钠( $\text{NaPO}_3$ ) <sub>6</sub>		1 ~ 5	1. 在结垢不严重或要求不太高的情况下可单独使用
	三聚磷酸钠( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ )		2 ~ 5	2. 低剂量时起阻垢作用,高浓度时起缓蚀作用
有机磷酸盐系	含氮	氨基三甲叉膦酸(ATMP)	1 ~ 5	1. 不宜单独使用,一般与锌、铬或磷酸盐共用 2. 含氮的不宜与氯杀菌剂共用
		乙二胺四甲叉膦酸(EDTMP)		
	不含氮	羟基乙叉二膦酸(HEDP)		
磷酸酯类	单元醇磷酸酯 多元醇磷酸酯 氨基磷酸酯		5 ~ 30	与其他抑制剂联合使用时效果最好
聚羧酸类	聚丙烯酸 聚马来酸 聚甲基丙烯酸		1 ~ 5	铜质设备使用时必须加缓蚀剂

阻垢剂的优点是：阻垢效果好，即使在  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SiO}_3^{2-}$  含量较大时，仍有较好的阻垢效果；化学稳定性好，在高浓缩倍数和高温情况下，以及与缓蚀剂、杀生剂共用时，阻垢效果也不明显下降；符合环保要求，无毒或低毒，易生物降解；配制、投放操作等方便；价格低廉，易于采购和运输贮藏。

## （二）冷却水系统腐蚀的机理

1. 腐蚀类型 冷却水系统中所发生的腐蚀一般分为化学腐蚀、电化学腐蚀和微生物腐蚀三种。由于在循环冷却水中一般不存在具有腐蚀作用的化学物质，而且循环水的 pH 值一般都在 6.5 ~ 8.5，又具备电化学腐蚀的基本条件：一是冷却水中含有盐分，构成了电解质，能导电；二是管道、设备等金属内部不同部位之间或两种不同金属之间会产生电位差；三是有起导线作用的金属本体，因而能传递电子，所以冷却水对金属的腐蚀主要是电化学腐蚀。

微生物腐蚀实质上是细菌微生物在繁殖过程中促进了金属腐蚀过程，起着腐蚀的催化作用。如硫酸还原菌可使水中的硫酸根离子产生的还原反应；细菌微生物在新陈代谢过程中所形成的粘泥覆盖在金属表面上，会引起化学或电化学腐蚀。显然这种腐蚀并不是一般常说的“细菌食铁”，而产生的是金属腐蚀。



2. 影响腐蚀的外界因素 影响金属腐蚀的因素分为金属材质及其内部结构组织和外部因素两个方面。作为中央空调系统运行管理者来说,前者是无法改变的,而后者是可以通过努力来改变和控制的。外界因素包括水中溶解氧、二氧化碳、水的 pH 值、水温、水的含盐量、水中沉积物、水流速度、水中离子含量、热负荷等。

冷却水在循环过程中由于和空气能充分接触,水中的溶解氧往往接近于饱和程度。氧在电化学腐蚀过程中是一种去极化剂,是电化学腐蚀的重要因素之一。冷却水中氧含量越多,对金属的腐蚀就越严重。

循环冷却水中的游离二氧化碳( $\text{CO}_2$ )含量一般较少,但是当水中的重碳酸盐含量较高时,在热交换器中受热后会分解出游离  $\text{CO}_2$ ,当 pH 值降低时亦有游离  $\text{CO}_2$  析出。游离  $\text{CO}_2$  能溶解设备和管道的保护膜,从而引起金属的腐蚀。

冷却水的 pH 值在 4.3 ~ 9.5 时,金属的腐蚀速度保持定值,但当 pH 值小于 4.3 时,由于水中放出的氢离子多,因此会加快腐蚀速度,称为酸性腐蚀。

金属的腐蚀速度随着水温的升高而增加。试验表明,温度每升高  $15^\circ\text{C}$  左右,对金属的腐蚀速度可能成倍增加。因为水温升高,水中各种物质的扩散速度就会加快,从而加速了金属的腐蚀。

冷却水中的含盐量决定着腐蚀速度。含盐量多,水的电阻就小,当产生电化学腐蚀时,电流就大,所以金属的腐蚀速度就加快。

冷却水中的各种沉积物沉淀到金属表面会形成贫氧区,引起管道的局部腐蚀。

冷却水中的水流速度大有利于金属表面的清洁,同时也有助于投入水中的缓蚀剂到达金属的所有表面,降低金属的腐蚀速度。但是,水流速度大也会使氧的扩散速度增大,促进腐蚀。此外,水流速度大对金属表面的磨蚀也会增大。

冷却水中的氯离子属于侵蚀性离子,穿透能力强,浓度高时易穿透金属表面的保护膜,且能促进氧化膜的溶解,特别是对不锈钢易产生点蚀或孔蚀作用。

热交换器中热负荷过大,会对金属产生热应力,易破坏管道内壁形成的保护膜,低铁的电极电位,易造成腐蚀。

### (三) 缓蚀剂的工作机理

缓蚀剂一般是指能抑制(减缓或降低)金属处在具有腐蚀性环境中产生腐蚀的药剂。因为实际工作中不论采用何种化学药剂都很难使金属达到完全没有腐蚀的程度,因此,把这种化学药剂称为“腐蚀抑制剂”或“缓蚀剂”。

按缓蚀剂所形成保护膜或称防腐蚀膜(简称防蚀膜)的特性,可将缓蚀剂分为氧化膜型和沉淀膜型两种,常用的缓蚀剂见表 6-6。

氧化膜型缓蚀剂与金属表面接触进行氧化在金属表面上形成一层薄膜,这种薄膜致密且与金属结合牢固,能阻碍水中溶解氧扩散到金属表面,从而抑制腐蚀反应的进行。在中央空调冷水系统中,使用铬盐缓蚀剂所生成的防腐蚀膜效果最好,但其最大缺点是毒性大,若回收及处理措施不到位会产生很大的危害。

表 6-6 缓蚀剂的类型和特性

防蚀膜类型		典型的缓蚀剂		使用量/(mg/L)	防蚀膜特性
氧化膜型		铬酸盐	铬酸钠、铬酸钾	200 ~ 300	膜薄、致密、与金属结合牢固、防腐性能好
		亚硝酸盐	亚硝酸钠、亚硝酸铵	30 ~ 40	
		钼酸盐	钼酸钠	50 以上	
沉淀膜型	水中离子型	聚磷酸盐	六偏磷酸钠、三聚磷酸钠	20 ~ 25	膜多孔、较厚、与金属结合性能较差
		硅酸盐	硅酸钠(水玻璃)	30 ~ 40	
		锌盐	硫酸锌、氯化锌	2 ~ 4	
		有机磷酸盐	HEDP、ATMP、EDTMP	20 ~ 25	
	金属离子型	巯基苯并噻唑(MBT) 苯并三氮唑(BTA) 甲基苯并三氮唑(TTA)		1 ~ 2	膜较薄、比较致密、对铜及铜合金具有特殊缓蚀性能

沉淀膜型缓蚀剂与水中的金属离子（如钙）作用，形成难溶的盐，当从水中析出后沉淀吸附在金属表面上，从而抑制腐蚀反应的进行。金属离子型的缓蚀剂不和水中的离子作用，而是和被防腐的金属离子作用形成不溶性盐，沉积在金属表面上以起到防腐作用。金属离子型缓蚀剂所形成的沉淀膜比水中离子型缓蚀剂所形成的膜致密且薄。金属离子型缓蚀剂不会产生因水中离子型缓蚀剂投加量过量，而产生水垢的可能。

当循环冷却水系统中有铜或铜合金换热设备时，对其进行水处理要注意投加铜缓蚀剂或采用硫酸亚铁进行铜管成膜。

（四）阻垢缓蚀的复合药剂及选用原则

将具有缓蚀和阻垢作用的两种或两种以上的药剂联合使用，或将阻垢剂和缓蚀剂以物理方法混合后所配制成的药剂，都称作复合药剂，也称为复合水处理剂。一般来说，复合药剂的缓蚀阻垢效果均比其中一种药剂单独使用效果要好。

1. 复合药剂

（1）聚磷酸盐 + 锌盐。聚磷酸盐量为 30 ~ 50mg/L，锌盐含量宜小于 4mg/L（以  $Zn^{2+}$  计），pH 值宜小于 8.3，一般控制在 6.8 ~ 7.2。

（2）聚磷酸盐 + 锌 + 芳烃唑类化合物。在磷系列复合药剂中掺和芳烃唑类化合物的主要目的是保护铜及铜合金，一般掺 1 ~ 2mg/L 即可起到有效的保护作用，同时亦能起防止金属产生坑蚀的作用。常用的芳烃唑类化合物有巯基苯并噻唑（MBT）和苯并三氮唑（BZT）。它们都是很有有效的铜缓蚀剂，pH 值的范围为 5.5 ~ 10。

（3）聚磷酸盐 + 聚丙烯酸。主要用于处理结垢趋势不大的循环水，使用的配比为（4 ~ 6mg/L）：（3.5 ~ 7mg/L），适用的范围不如带有“HEDP”的有机磷系复合

抑制剂广泛，但对微生物产生的影响及其控制能力相同。

(4) 六聚磷酸钠 + 钼酸钠。可以形成阴极、阳极共有保护膜，大大提高缓蚀效果和控制点蚀的能力，钼酸盐在温度高于 70℃、pH 值大于 9 的水中缓蚀效果最好，使用量通常为 3mg/L 左右。钼酸盐的毒性小，对环境不会造成严重污染。

## 2. 有机磷系复合药剂

(1) 锌盐 + 磷酸盐。用 35 ~ 40mg/L 的磷酸盐和 10mg/L 的锌盐，在 pH 值为 6.5 ~ 7.0 的条件下可以有效地控制金属腐蚀。当改变上述两种药剂的组成比例，使锌盐的用量为磷酸盐质量的 30% 时，则可获得最佳的缓蚀作用。

(2) 巯基苯并噻唑 + 锌 + 磷酸盐 + 聚丙烯酸盐。巯基苯并噻唑的使用浓度一般为 1 ~ 2mg/L，磷酸盐为 8 ~ 10mg/L，锌为 3 ~ 5mg/L，聚丙烯酸盐为 3 ~ 5mg/L，而钙的硬度最大允许值为 400mg/L。

在有机磷系复合药剂组合中因含有磷，为菌藻类微生物的生长提供了营养物质，所以使用时必须同时投加杀生剂，控制菌藻类微生物的大量繁殖。

有机聚合物 + 硅酸盐。适用于 pH 值为 7.5 ~ 9.5 的冷却水系统，在温度（70℃ ~ 80℃）和低流速运行条件下一般不会有结垢现象。

## 3. 复合药剂的选用原则

(1) 根据水质特性，通过模拟试验筛选出适宜的复合药剂。在实际工作中，应视其效果调整各组分的配比及投加量。在无试验条件的情况下，可以参考同类冷却水系统的运行数据。

(2) 注意协同效应，优先采用有增效作用的复合配方，以增强药效，降低药耗。

(3) 复合药剂的使用费要能承受得了，而且购买要方便。

(4) 配方中的各药剂不应有相互对抗的作用，而且要与配用的杀生剂相容。

(5) 含有复合药剂残液的冷却水排放时，应符合环保部门的规定，对周围环境不造成污染。

(6) 不会造成换热表面传热系数的降低。

## 4. 阻垢缓蚀剂的使用方法：

(1) 首次加药量。循环冷却水系统阻垢缓蚀剂的首次加药量，可按下列式计算：

$$G_f = \frac{Vg}{1000}$$

式中， $G_f$  为系统首次加药量，单位为 kg； $V$  为系统容积，单位为  $m^3$ ； $g$  为单位体积循环冷却水的加药量，单位为 mg/L。

(2) 运行时的加药量。开式冷却水系统运行时，阻垢缓蚀剂的加药量可按下列式计算：

$$G_r = \frac{Q_c g}{1000(N-1)}$$

式中,  $G_r$  为系统运行时的加药量, 单位为  $\text{kg/h}$ ;  $Q_e$  为蒸发水量, 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $N$  为浓缩倍数 (一般不小于 3)。

浓缩倍数 
$$N = Q_m / (Q_b + Q_w)$$

式中,  $Q_m$  为补充水量, 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ , 对于开式系统  $Q_m = Q_e + Q_b + Q_w = Q_e N / (N - 1)$ , 对于密闭式系统  $Q_m = aV$  ( $a$  一般取 0.001);  $Q_b$  为排污水量, 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $Q_w$  为风吹损失水量, 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 六、冷却水水垢的物理处理方法

在中央空调冷却水系统中常用的物理水处理方法有磁化法、高频水改法、静电水处理法和电子水处理法。

### (一) 磁化法

磁化法就是让水流过一个磁场, 使水中钙、镁离子受磁场作用, 破坏了其原来与其他离子之间静电吸引的状态而导致结晶条件发生改变, 不能生成坚硬水垢, 而变成松散渣滓, 随排污过程排出系统。

能进行磁化法水处理的设备称为磁水器, 按产生磁场的能源和结构方式磁水器分为两种, 即永磁式磁水器和电磁式磁水器。

### (二) 高频水改法

对水进行高频水改法处理的设备, 称为高频水改器。高频水改法是让水经高频电场后, 使水中钙、镁盐类结垢物质都变成松散渣滓而不结硬垢。其防垢基本原理是: 水经高频电场后, 水分子大部分由多分子复合体变为二聚体, 极性接近消失而本身稳定性强, 与其他分子间的吸引力减弱, 钙、镁盐不易溶解, 而易结晶析出。同时, 水中的钙、镁离子在高频电场的作用下, 其荷电状态发生改变, 离子的极性呈顺序排列, 使其离子间的引力被破坏, 多离子复合体被分为单个的或短链的离子复合体, 导致结晶条件的改变。

### (三) 电子水处理法

为保证冷却水的质量, 可使用软化水 (去离子水) 或使用电子水处理仪对水进行处理, 并按标准进行日常管理, 每个月进行一次取样测试。

电子水处理仪是近年来被广泛应用于空调水系统中对水质进行处理的高科技产品, 它的基本工作原理是: 电子水处理仪是通过对流经处理仪的水施加高频电磁场, 使其物理结构和物理性质发生变化, 来实现防垢、除垢、杀菌、灭藻、防腐等功能。水在高频电磁场的作用下, 原来缔合成链状的大分子断裂成单个水分子, 使其活性大大增强, 溶解在水中的盐类的正、负离子被单个水分子包围, 运动速度降低, 有效碰撞次数减少, 在管壁上无法成垢, 从而达到防垢的目的。

对于已经在管壁上形成的老垢层, 其主要成分是垢分子 ( $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$  等), 通过分子间的作用力结合在一起, 以网状结构或方石结构附着在管道内壁。而通过高频电磁场作用后, 水分子的偶极矩增大, 极性增强, 水分子处于较高的能量状态。它可有效削弱垢分子间的作用力及其与管壁的附着力, 使垢层逐渐软

化、龟裂，并在水流的冲刷下从管壁上脱落，起到除垢效果。

高频电磁场除了可以破坏垢层结构以外，还可在水体中激发出大量的自由电子，能有效防止管道内壁的金属原子失去电子被氧化，并能有效地破坏引起管道腐蚀的微电池效应，从而起到防止管道氧化和腐蚀的作用。

另外，电子水处理仪的高频电场还能使水中产生一定量的活性氧，如超氧阴离子自由基  $O_2^-$ 、过氧化氢  $H_2O_2$ 、羟基自由基  $OH$  及臭氧  $O_3$ ，这些物质对水中的细菌、藻类有极强的破坏能力，因此电子水处理仪还具有显著的杀菌、灭藻的功效。

第五节 中央空调冷媒水水质的管理

一、冷媒水水质和水处理药剂控制要求

冷媒水水质和水处理药剂控制要求，见表 6-7 和表 6-8。

表 6-7 冷媒水水质指标

项 目	单 位	冷 水	热 水	冷 却 水
pH		8.0 ~ 10.0	8.0 ~ 10.0	7.0 ~ 8.5
总硬度	kg/m <sup>3</sup>	<0.2	<0.2	<0.8
总溶解固体	kg/m <sup>3</sup>	<2.5	<2.5	<3.0
浊度	度(NTU)	<20	<20	<50
总铁	kg/m <sup>3</sup>	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$
总铜	kg/m <sup>3</sup>	$<2 \times 10^{-4}$	$<2 \times 10^{-4}$	$<2 \times 10^{-4}$
细菌总数	个/m <sup>3</sup>	<10 <sup>9</sup>	<10 <sup>9</sup>	<10 <sup>10</sup>

表 6-8 冷媒水水处理药剂控制指标

项 目	单位	冷 水	热 水	冷 却 水
钼酸盐(MoO <sub>4</sub> 计)	kg/m <sup>3</sup>	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(4 \sim 6) \times 10^{-3}$
钨酸盐(WoO <sub>4</sub> 计)	kg/m <sup>3</sup>	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-2}$	$(4 \sim 6) \times 10^{-3}$
亚硝酸盐(NO <sub>2</sub> 计)	kg/m <sup>3</sup>	≥0.8	≥0.8	<10 <sup>-3</sup>
聚合磷酸盐(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 计)	kg/m <sup>3</sup>	$(1 \sim 2) \times 10^{-2}$	$(1 \sim 2) \times 10^{-2}$	$(5 \sim 10) \times 10^{-3}$
硅酸盐(SiO <sub>2</sub> 计)	kg/m <sup>3</sup>	<0.12	<0.12	$(1.5 \sim 2.5) \times 10^{-2}$

中央空调水系统运行一定时间后，系统中常会产生一些盐类沉淀物。这些沉淀物会直接影响热交换器的换热效率和减小管道的通水截面积，因此必须进行清洗。

冷媒水系统的清洗主要是清除蒸发器换热管内表面、冷冻水管道内壁、风机盘管内壁和其他空气处理设备内部的污垢、腐蚀产物等。

二、冷媒水系统清洗方法

清洗方式一般分为物理清洗和化学清洗。



### (一) 化学清洗剂

常用于中央空调水循环系统中设备和管道化学清洗剂主要有以下几种。

1. 无机酸类酸洗剂 常用作酸洗剂的无机酸有盐酸、硫酸、硝酸和氢氟酸。无机酸能电离出大量氢离子 ( $H^+$ )，因而能使水垢和水锈的锈层及金属的腐蚀物快速溶解。

由于氢离子能氧化铁，因此对金属有潜在的腐蚀性。为了防止在酸洗过程中对金属产生腐蚀，通常要在酸洗液中加入缓蚀剂。

(1) 盐酸 ( $HCl$ )。盐酸用于化学清洗时的浓度为 2% ~ 7%，加入缓蚀剂的配方为：盐酸 5% ~ 9%，乌洛托品 0.5%，盐酸 5% ~ 8%，乌洛托品 0.5%，冰醋酸 0.4% ~ 0.5%，苯胺 0.2%。

(2) 硫酸 ( $H_2SO_4$ )。硫酸用于化学清洗时的浓度一般不超过 10%，加入缓蚀剂的配方为：硫酸 8% ~ 10%，若丁 0.5%。

硫酸不适用于有碳酸钙 ( $CaCO_3$ ) 的设备和管道，否则会生成溶解度极低的二次沉淀物，给清洗造成困难。

(3) 硝酸 ( $HNO_3$ )。硝酸用于化学清洗时的浓度一般不超过 5%，加入缓蚀剂的配方为：硝酸 8% ~ 10% 和“兰五”（兰五的成分为乌洛托品 0.3%，苯胺 0.2%，硫氰化钾 0.1%）。

用硝酸清洗形成的清洗废液含有亚硝酸盐这种强致痛物质，因此其废液排放受到环境保护的严格限制。

(4) 氢氟酸 ( $HF$ )。氢氟酸是能溶解硅的非常有效的溶剂，所以它常用来清洗含有二氧化硅 ( $SiO_2$ ) 等沉积物，而且它还是很好的铜类清洗剂。一般用于化学清洗时，其浓度在 2% 以下。应注意的是，氢氟酸有毒，使用时不能用手触摸。

### 2. 有机酸类酸洗剂

(1) 氨基磺酸 ( $NH_2SO_3H$ ) 又称固体硫酸。用以去除铁、铜、钢、不锈钢等材料制造的设备和管道表面的水垢和腐蚀物。利用氨基磺酸水溶液进行清洗时，温度要控制在 66℃ 以下（防止氨基磺酸分解），浓度不超过 10%。

(2) 羟基乙酸 ( $HOCH_2COOH$ )。羟基乙酸易溶于水，腐蚀性低，无臭，毒性低，生物分解能力强，对水垢有很好的溶解能力，但对锈垢的溶解能力不强，所以常与甲酸混合使用，以达到对锈垢溶解良好的效果。

3. 碱洗剂 常用的为碳酸钠 ( $Na_2CO_3$ )。碳酸钠又称纯碱，为白色粉末，它可以使油脂类物质疏松、乳化或分散，变为可溶性物质。在实际碱洗过程中，常将几种碱洗药剂配合在一起使用，以提高碱洗效果。常用的碱洗配方为：氢氧化钠 0.5% ~ 2.5%，碳酸钠 0.5% ~ 2.5%，磷酸三钠 0.5% ~ 2.5%，表面活性剂 0.05% ~ 1%。

### (二) 物理清洗

物理清洗主要是利用水流的冲刷作用来去除设备和管道中的污染物；化学清洗

则是采用酸或碱或有机化合物的复合清洗剂来清除设备和管道中的污染物。

利用清洁的自来水以较大的水流速度（不小于  $1.5\text{m/s}$ ）对与冷却水接触的所有设备和管道进行  $5\sim 8\text{h}$  的循环冲洗，借助水流的冲击力和洗刷力来清除设备和管道中的泥沙、松散沉积物和各种碎屑杂物，并通过主管道的最低点或排污口排放掉清洗水，同时拆洗 Y 形水过滤器。

水冷式冷凝器的清洗时可采用拉刷法、磁化法、刮刷法等方法。对蒸发器来说，由于内部的换热铜管管径较小，为避免系统清洗出来的污泥杂物堵塞换热管，清洗水应从热交换器的旁路管通过。

物理清洗比化学清洗方法能节约费用，可避免化学清洗后清洗废液的处理排放问题，而且不会造成清洗的设备和管道腐蚀。但是物理清洗方法需要在中央空调系统停止运行后才能进行，而且清洗操作时劳动强度大，还容易造成设备和管道内表面损伤等。

### （三）化学清洗

化学清洗是通过化学药剂的化学作用，使被清洗设备和管道中的沉积物溶解、疏松、脱落或剥离的清洗方法。化学清洗一般可采用下述方法进行：

（1）酸洗法（简称酸洗）是利用酸洗液与水垢和金属腐蚀产物进行化学反应生成可溶性物质，达到将其去除的目的。

（2）碱洗法（简称碱洗）是利用碱性药剂的乳化、分散和松散作用，去除系统中的油污及油脂等。其主要用于去除设备内的油污或预涂的除锈剂，此外还用来中和酸洗后的酸性水。

（3）有机化合物清洗法是利用有机化合物，如有机磷酸盐和聚丙烯酸钠的混合物，配制成具有杀菌、分散、剥离、溶解等作用的清洗剂，投入水系统中进行清洗，或将有机化合物清洗剂投到循环水系统中进行清洗。

化学清洗能够将沉积物彻底清除，清洗效果好；可以进行不停机清洗，使中央空调系统照常运行；清洗操作比较简单。但是化学清洗易对设备和管道产生腐蚀，产生的清洗废液易造成二次污染，而清洗费用相对较高。

### （四）停机化学清洗

化学清洗一般程序为：水冲洗→杀菌灭藻清洗→碱洗→水冲洗→酸洗→水冲洗→中和钝化（或预膜）。

1. 水冲洗 水冲洗的作用是尽可能冲洗掉回路中的灰尘、泥沙、脱落的藻类以及腐蚀物等一些疏松的污垢。冲洗时水的流速以大于  $0.15\text{m/s}$  为宜，必要时可作正反向切换冲洗。

2. 杀菌灭藻清洗 杀菌灭藻清洗的作用是杀灭回路中的微生物，并使设备和管道表面附着的生物性污垢剥离脱落。在排尽冲洗水后重新将回路注满水，并加入适当的杀生剂，然后开泵循环清洗。在清洗过程中，应定时测定水的浊度变化，以掌握清洗效果。



3. 碱洗 碱洗的主要作用是清除系统中的油污,以保证酸洗均匀。其方法是在重新注满水的回路中加入适量的碱洗剂,并开泵循环清洗,当回路中的碱度和油含量基本趋于不变时即可结束碱洗,排尽碱洗水。

4. 碱洗后的水冲洗 碱洗后的水冲洗是为了清除系统中残留的碱洗液,并将部分杂质带出回路。在冲洗过程中要经常测试排出的冲洗水的 pH 值和浊度,当排出的水呈中性或微碱性,且浊度降低到一定标准时,水冲洗即可结束。

5. 酸洗 酸洗的作用是清除系统中的水垢和腐蚀产物。其方法是在系统中充满水后,将酸洗剂加入回路中,然后开泵循环清洗。在可能的情况下,应切换清洗液的循环流动方向。

清洗过程中,应定期(一般每半小时一次)测试酸洗液中酸的浓度、金属离子( $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ )的浓度、pH 值等,当金属离子浓度趋于不变时即为酸洗终点,排尽酸洗液即可。

6. 酸洗后的水冲洗 水冲洗是为了清除系统中残留的酸洗液和脱落的固体颗粒。其方法是用大量的水对系统进行开路冲洗,在冲洗过程中,每隔 10min 测试一次排出的冲洗液的 pH 值,当接近中性时停止冲洗。

7. 中和钝化(又称预膜) 空调水系统经过酸洗后,其金属表面处于十分活泼的活性状态,很容易重新与氧结合而被氧化生锈。因此,设备或管道在清洗后暂时不使用时,就需要进行钝化处理,然后加以封存。

钝化是指用金属经阳极氧化或化学方法(如强氧化剂反应)处理后,由活泼态转变为不活泼态(钝态)的过程。钝化后的金属由于表面形成紧密的氧化物保护层,使管道不易被腐蚀。常用的钝化剂有磷酸氢二钠( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )和磷酸二氢钠( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ),在 90℃ 下钝化 1h 即可。

#### (五) 不停机化学清洗

在有些情况下,中央空调系统需要清洗但又不能停止供冷或供暖,此时就要采用不停机的化学清洗方法。

对于冷却水系统,通常利用冷却塔的集水盘(槽)作为配液容器。将各种清洗药剂直接加入冷却塔的集水盘(槽)中,通过冷却水的循环流动,将清洗药剂带到系统各处产生清洗作用。

对于冷冻水系统,清洗时是利用膨胀水箱或外接配液槽来加入清洗药剂。使用膨胀水箱加药时,在加药后应从系统的排污口排除一些冷冻水,使膨胀水箱的药剂能吸入系统中。若使用外接配液槽时,配液槽与系统的连接管要接在冷冻水泵的吸入口段。在清洗药剂吸入系统后,药剂会随冷冻水循环流到系统各处,同时产生清洗作用。

由于不停机清洗不存在清洗后系统不使用的问題,因此在清洗后也就不需要钝化而只需要预膜。此外,一般在使用的中央空调循环水系统中,油污存在的可能性不大,因而也不需要进行碱洗处理。此时,中央空调循环水系统不停机化学清洗的

程序为：杀菌灭藻清洗、酸洗、中和、预膜。

1. 杀菌灭藻清洗 在进行杀菌灭藻清洗时，当看到系统中的水比较浑浊时，可从系统的排污口排放部分水，并同时由冷却塔或膨胀水箱补足新水，以达到使浊度降低即稀释的目的。

2. 酸洗 在酸洗前要先向系统中加入适量的缓蚀剂，待缓蚀剂在系统中循环均匀后再加入酸洗剂。一般不停机酸洗要在低 pH 值下进行，通常维护 pH 值为 2.5 ~ 3.5。

在酸洗过程中，可以加入一些表面活性剂，如多聚磷酸盐等来促进酸洗效果。

酸洗后应向系统中补充新水，同时从排污口排放酸洗废液，以降低系统中水的浊度和铁离子浓度。然后加入少量的碳酸钠中和残余的酸，为预膜做好准备。

3. 预膜 预膜处理是为了保护金属表面不被腐蚀，原理是利用某些化学药剂与水中的两价金属离子（如  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  等）形成络合物，在金属表面形成一层非常薄的膜，牢固地粘附在金属表面上，从而抑制水对金属的腐蚀，也包括防止微生物的腐蚀。这种膜常称为保护膜或防腐蚀膜。

预膜处理的操作方法是向循环水系统中投加某些化学药剂，使与循环水接触的所有经清洗后的设备、管道金属表面形成一层非常薄的、能抗腐蚀、不影响热交换、不易脱落的、均匀致密的保护膜的过程。

在确认系统已清洗干净并换入新水后，投加预膜剂，起动水泵使水循环流动 20 ~ 30h 进行预膜。预膜后如果系统暂不运行，可任由药水浸泡；如果预膜后即转入正常运行，应于一周后分别投加缓蚀阻垢剂和杀生剂。

经预膜处理后的系统，一般均能减轻腐蚀，延长设备和管道的使用寿命，保证连续安全地运行，同时能缓冲循环水中 pH 值波动的影响。

抑制剂用作预膜剂时的主要控制条件，见表 6-9。其中以“六偏磷酸钠 + 硫酸锌”应用较多，而“硫酸亚铁”多用于铜管冷凝器中。

表 6-9 抑制剂用作预膜剂时的主要控制条件

预膜剂	使用浓度 /(mg/L)	处理时间 /h	pH 值	水温 /℃	水中离子含量 /(mg/L)
六偏磷酸钠 + 硫酸锌 (80% : 20%)	600 ~ 800	12 ~ 24	6.0 ~ 6.5	50 ~ 60	$\text{Ca}^{2+} \geq 50$
三聚磷酸钠	200 ~ 300	24 ~ 48	5.5 ~ 6.5	常温	$\text{Ca}^{2+} \geq 50$
铬 + 磷 + 锌 重铬酸钾(以 $\text{CrO}_4^{2-}$ 计) 六偏磷酸钠(以 $\text{PO}_4^{2-}$ 计) 硫酸锌(以 $\text{Z}^{2+}$ 计)	200 200 150 35	> 24	5.5 ~ 6.5		$\text{Ca}^{2+} \geq 50$

(续)

预膜剂	使用浓度 /(mg/L)	处理时间 /h	pH 值	水温 /℃	水中离子含量 /(mg/L)
硅酸盐	200	7.0 ~ 7.2	6.5 ~ 7.5	常温	
铬酸盐	200 ~ 300		6.0 ~ 6.5	常温	
硅酸盐 + 聚磷酸盐 + 锌	150	≥24	7.0 ~ 7.5	常温	
有机聚合物	200 ~ 300		7.0 ~ 8.0		$\text{Ca}^{2+} \geq 50$
硫酸亚铁( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	250 ~ 500	96	5.0 ~ 6.5	30 ~ 40	

保护膜的质量与成膜速度除了与使用的预膜剂直接有关外,还受以下因素的影响:

(1) 水温。水温高有利于分子的扩散,加速预膜剂的反应,成膜快、质地密实。当需要维持较高温度,而实际中难以做时,一般可以通过加长预膜时间来弥补。

(2) 水的 pH 值。水的 pH 值过高会产生磷酸钙沉淀,同时还会影响膜的致密性和与金属表面的结合力。如 pH 值低于 5 则将引起金属的腐蚀,因此要严格控制水的 pH 值,一般应将 pH 值控制在 5.5 ~ 6.5 为宜。

(3) 水中钙( $\text{Ca}^{2+}$ )与锌( $\text{Zn}^{2+}$ )离子。钙与锌离子是预膜水中影响较大的两种离子。如果预膜水中不含钙或钙含量较少,则不会产生密实有效的保护膜。一般规定预膜水中的钙含量不能低于 50mg/L 锌离子能促进成膜速度,在预膜过程中,锌与聚磷酸盐结合能生成磷酸锌,从而牢固地附着在金属表面上,成为其有效的保护膜,所以在聚磷酸盐预膜剂中都要配入锌盐。

(4) 铁离子和悬浮物。铁离子和悬浮物都直接影响成膜的质量,如水中悬浮物较多,生成的膜就较为松散,抗腐蚀性能就会下降。一般应采用过滤后的水或软化水来配制预膜剂。

(5) 预膜剂的浓度。不论采用何种预膜剂,均应根据当地水质特性所做的试验效果来确定预膜剂的使用浓度。

(6) 预膜液流速。在预膜过程中,一般要求预膜液流速要高一些(不低于 1m/s)。流速大,有利于预膜剂和水中溶解氧的扩散,因而成膜速度快,其所生成的膜也较均匀密实。但流速过高(大于 3m/s),则又可能引起预膜液对金属的冲刷侵蚀;如流速太低,成膜速度就慢,且生成的保护膜也不均匀。

## 第六节 中央空调水系统的维护

### 一、喷淋室的日常维护与常见故障及处理

为保证喷淋室的正常工作,应做好下述日常维护工作:

(1) 保持水泵处于良好的工作状态。喷淋室水系统中一般应采用 IS 型单级离心清水泵。

1) 水泵在正常运行中, 其轴承温升不应超过环境温度  $35^{\circ}\text{C}$ , 最高不应高于  $75^{\circ}\text{C}$ 。

2) 悬架油室的油位应保持在油标的  $1/3$  与  $2/3$  处, 且润滑油应保持清洁, 每运转 2000h 应换油一次。

3) 从水泵轴填料室处的泄漏量一般以每分钟 10 ~ 30 滴为宜, 如泄漏量过多, 将会降低水泵的效率, 并四处飞溅, 污染台座及地板; 如泄漏量过少, 则对水泵轴润滑降温不利, 水泄漏量的过多或过少可通过调整填料室压盖的松紧度来解决, 或者更换水泵轴封填料。

4) 定期检查爪型弹性联轴器的同心度, 注意检查水泵、电动机的温升情况。

5) 水泵在运转中如果发现振动或噪声的异常现象时, 应立即停车检查。

6) 如果发现水泵不上水时, 可能为泵体内有空气存在或水泵吸水口被堵塞, 此时应及时判明情况并处理。

(2) 保持喷水系统所有有关线路畅通, 阀门保持严密和灵活。对于泄水管路的阀门, 必须保持其严密、不漏, 否则会造成底池的水流失。对于水平安装的双闸板阀, 在开启时应注意不要使螺杆旋到最大位置, 一般最大开度在螺杆旋杆旋出  $2/3$  处即可, 否则将会由于阀板提起位置过高而将阀体密封圈顶坏或使闸板无法关回。喷淋室回水管上的阀门在调试好后一般不要随意开或关, 以免造成供、回水失去平衡。如果回水管路上的阀门开启度过小或关闭, 那么经喷水管、喷嘴喷出的水落入底池后由于无法回至制冷系统循环使用, 一方面造成冷量的浪费, 另一方面还会由于底池内积水过多而溢出。

(3) 喷淋室应每年在启用前, 应对其底池、供回水管路、喷管及喷嘴、滤水器、阀门等进行一次彻底地清洗和维护, 以清除其内的水垢, 锈渣及其沉淀污物; 更换因锈蚀而损坏的喷管、喷嘴, 以保持水系统的畅通和喷水的雾化效果。

(4) 对于设有旁通风阀的喷淋室, 应保持旁通风阀的启、闭灵活, 能较好地控制其空气处理量 and 处理后空气参数。

(5) 对于金属材料制做的喷淋室, 应每 1 ~ 2 年对喷淋室内的壁板、底池及其他构件进行一次除锈和涂刷防锈涂料, 以避免铁锈进入喷水系统中, 堵塞管路和喷嘴。

(6) 对喷淋室尽量采用快速补水方式, 补水时运行操作人员不得离开现场, 在补水合适后即应关闭补水阀, 以避免造成漫水现象。

喷水室运行中的常见故障及处理方法如下:

(1) 喷水泵故障。喷水泵压不出水, 水压力表的指针剧烈跳动。

产生此种现象的原因可能是泵体内空气没有排除, 因而在水泵运行时由于泵体内空气的存在而使水无法通过泵体压出; 水泵吸水管路或仪表安装部位漏气, 由于

水泵在运行中,吸水管路处于负压区段,如果有漏气现象存在,水和空气将一并进入泵体而使压出管路断续有水通过,造成水泵出口压力表指针剧烈跳动;底阀漏水或水泵吸入口处滤网堵塞或吸水管路阻力太大;吸水高度太高使水无法吸入,也会造成水泵无水压出。处理方法:找出水管路或仪表安装部位漏气的位置,拧紧或更换部件。

(2) 压力表有指示而水泵压不出水。

其原因可能是水泵压出管堵塞、出水管上的阀门未打开、水泵旋转方向不对或水泵叶轮由于水质原因而造成的。

处理方法:检查出水管路阀门并使之真正开启,检查水泵转向、转数,如不符合要求应纠正其转向和提高转数或清洗水泵叶轮。

(3) 水泵流量太小。

原因可能是水泵淤塞,密封环磨损过多,电动机转速过低等。

处理方法:清洗管道和水泵,更换密封环,更换转速合适的电动机。

(4) 水泵消耗功率过大。

其原因可能是由于水泵填料压盖压得太紧,叶轮磨损,水泵供水量增加。

处理方法:松一下水泵填料压盖或将填料适当取出一些,或更换水泵叶轮,或将水泵出口阀门关小一些,以减少出水量。

(5) 水泵内部声音反常,泵不出水。

原因可能为出水量太大,吸水管有堵塞现象或有漏气现象。

处理方法:将闭水泵出口阀门稍微关小一点,以减少水泵出水量、清洗吸水管路堵塞部位。

(6) 水泵的振动过大。

其原因可能为水泵轴与电动机轴不同心。

处理方法:将电机与水泵找正找平即可。

(7) 水泵轴承过热。

其原因可能是轴承处缺少润滑油,泵轴与电动机轴不同心所造成。

处理方法:对轴承加油,或将电动机与泵找同心或清洗,更换轴承即可。

(8) 喷水的雾化效果较差

喷水的雾化效果较差原因可能是喷嘴堵塞。如果孔径为5mm的喷嘴,在使用一段时间后,堵塞后变为2mm时,则喷水量每小时将减少200多千克。由于喷嘴的堵塞,喷水雾化效果差,喷水系数下降,空气与水的湿交换效率显著降低,进而造成空气处理后的机器露点温度升高,很难保证空调房间内的温、湿度。此时,应更换喷嘴或用探针疏通喷嘴,以保证正常的喷雾量。

## 二、水泵的日常维护方法

(一) 水泵的保养要求

(1) 每天检查一次轴承的润滑油油位,发现亏油时应及时补充;



- (2) 每天检查一次水泵的地脚螺栓和连接螺栓的紧固情况；
- (3) 每天检查一次水泵轴封漏水情况，随时进行调整和更换损坏部件；
- (4) 一年要对水泵进行一次解体清洗，发现有损坏的部件要及时更换；
- (5) 要视情况 1~3 年对水泵泵体刷一次油漆。

### (二) 水泵的运行维护要求

(1) 对采用机械密封的水泵，不准在断水状态下运转。调试时，也只可作瞬间点动。正常运转时机械密封的摩擦环处不应有较大漏水出现，否则应检修或更换动、静摩擦环。

(2) 对于采用半封闭型轴承的水泵，出厂时已填充了高温润滑脂，可连续运行两年，两年后每年须加润滑脂一次。若使用机油润滑，可从轴承体上的备用加油孔上加入机油即可。

(3) 如遇水泵叶轮损坏或轧入异物时，应拆下轴承体和尾盖，向后面拉出轴和叶轮进行检修，泵体及进出水管可不动。

(4) 水泵应配套准备三年维修使用的主要易损件，如联轴器弹性块、机械密封动静摩擦环和 O 形橡胶圈等。

(5) 水泵运行第一个月时，当运行时间达到 100h 后，应更换托架内的润滑油。之后，每工作 500h 后，更换一次润滑油，润滑脂（黄油）应在工作 200h 后，更换一次。

(6) 开启式水泵填料函漏水速度，应为每分钟 10~20 滴为宜，过多或过少时，应压紧或放松水泵填料函的压盖。

### (三) 水泵的定期维护保养工作内容

为了使水泵能安全、正常地运行，还需要定期做好以下几方面的维护保养工作。

1. 水泵的加油 水泵的轴承若是采用润滑油进行润滑的，在水泵工作时，每个班次都要观察油位是否在油镜中线附近范围。若油量欠缺，应随时进行补充。水泵的轴承一般应一年清洗一次，并更换一次润滑油。水泵轴承的润滑油，可以采用 20 号或 30 号机械油。

水泵的轴承若是采用润滑脂（俗称黄油）润滑的，在水泵使用期间，每工作 2000h 换油一次。水泵轴承润滑脂，最好使用钙基脂。

2. 水泵密封圈的更换 水泵工作每 2000h 应进行周期检查叶轮和密封环配合处的间隙，不能磨损过大，吸水直径等于或小于 100mm 的泵，其叶轮与密封环的间隙在直径方向的最大值为 1.5mm，吸水直径等于或大于 150mm 的泵其间隙在直径方向的最大值为 2mm，若超过此数值，应更换水泵的密封圈。

3. 水泵轴封的更换 由于填料用一段时间就会磨损，当发现漏水或漏水滴数（ml/h）超标时就要考虑是否需要压紧或更换轴封。对于采用普通填料的轴封，泄漏量一般不得大于 30ml/h~60ml/h，而机械密封的泄漏量则一般不得大于 10ml/h。

4. 水泵的解体检修 一般每年应对水泵进行一次解体检修,内容包括清洗和检查。清洗主要是刮去叶轮内外表面的水垢,特别是叶轮流道内的水垢要清除干净,因为它对水泵的流量和效率影响很大。此外,还要注意清洗泵壳的内表面以及轴承。在清洗过程中,对水泵的各个部件顺便进行详细认真的检查,以便确定是否需要修理或更换,特别是叶轮、密封环、轴承、填料等部件要重点检查。

5. 水泵除锈刷漆 水泵在使用时,通常都处于潮湿的空气环境中,特别是冷媒水泵,在运行时泵体表面易结露,造成泵体的部分表面生锈。因此,每年应对冷媒水泵的泵体表面进行一次除锈刷漆。

6. 放水防冻 水泵若长期停用,应将水泵拆开,把零部件上的水分擦干净,并在其运动部位上涂上防锈油脂,放到储存架上妥善保管。

三、水泵的常见故障及排除方法

水泵常见故障及处理方法见表 6-10。

表 6-10 水泵常见故障及排除方法

故障现象	原因分析	处理方法
流量不足、 压力不够 或不出水	泵体和吸水管路内没有灌引水或灌水不足 底阀入水深度不够  底阀叶轮或管道阻塞 吸水管超过规定值 扬程超过规定值 吸上扬程超过允许值 密封环或叶轮磨损过多 旋转方向错误 转速低 填料损坏或过松 泵的水封管路阻塞	检查底阀是否漏水并重新向水泵内灌足引水 底阀浸入吸水面的深度应大于进水管直径的 1.5 倍 清除脏物 拧紧法兰螺栓 降低管路阻力 减小吸上扬程、降低吸水系统阻力 更换磨损零件 改变电动机接线相序 检查电路的电压 调换填料 清除水封管路脏物
功率消耗 过多	总扬程低于规定范围,供水量增加 填料压得过紧 水泵与电动机的轴线不同心 泵轴弯曲或磨损过大	关小阀门 适当放松填料压盖 调整水泵和电动机的轴线 矫正或更换泵轴
水泵不出水, 但压力表一 压力	出水管阻力过大,止回阀的阀门没有打开 水泵的叶轮堵塞	打开止回阀的阀门,减少出水管阻力 清除叶轮上的阻力
水泵达不到 设计流量和 扬程	泵体内吸入了空气 叶轮、进出水管管路、过滤器部分堵塞 水泵电动机的转速不够	检测是否有空气吸入,若有予以排除 拆卸水泵,清洗叶轮上的异物 检查电源的电压与电流是否正确,给予调整



(续)

故障现象	原因分析	处理方法
水泵噪声及振动过大	水泵或管道内有空气 水泵超负荷运转 水泵轴承缺油或轴承磨损严重	排出水系统内的空气 调节阀门,减载运行 更换轴承,补充润滑油
产生振运、噪声大或滚球轴承发热	吸上扬程超过允许值、水泵产生气蚀 水泵与电动机轴线不同心 滚球轴承损坏 泵轴弯曲或磨损过多 润滑油不够 有水进入轴承壳内使滚球轴承生锈	降低、吸上扬程要求或调换合适的水泵 调整水泵的电动机轴线 更换滚球轴承 矫直或更换泵轴 添加润滑油 查出进水原因,调换润滑油和滚球轴承
填料过热或填料函漏水过多	填料压得太紧,冷却水进不去,填料盖压得太松或磨损后失去弹性和密封作用 泵轴弯曲和摆动,或泵轴表面磨损 填料缠法错误或接头不正确	调整填料压紧螺钉或更换填料  检修泵轴 更换填料
水泵的电动机烧毁	水泵长时间超负荷工作 电动机的定子受潮 电动机运行时断相	调节运行工况,使其间歇运行 对电动机定子进行干燥处理 检修电源,找出断相原因,予以排除

四、中央空调系统水系统的维护

中央空调系统水系统的运行管理主要是做好各种水管、阀门、水过滤器、膨胀水箱以及支承构件的巡检与维护保养工作。

(一) 维护保养的主要部件

1. 水管 空调水管按其用途不同可分为冷冻水管、热水管、冷却水管、凝结水管四类。在运行管理中主要是处理管道支吊架和管卡的防锈,要根据情况及时除锈刷漆。

(1) 冷媒水管和热媒水管。当空调水系统的冷冻水管和热水管均为有压管道,全部要用保温材料层包裹。日常维护保养的主要任务一是要保证保温层和表面防潮层不能有破损或脱落,防止发生管道方面的冷热损失和结露滴水现象;二是要保证管道内没有空气,使冷媒水管或热媒水能正常输送到各个换热盘管。因此,要注意检查管道系统中的自动排气阀是否动作正常,如动作不灵要及时处理。

(2) 冷却水管。冷却水管一般为是有压的裸管,目前使用镀锌钢管,其各方面性能都比较好,管外表一般也不用刷防锈漆,日常一般不需要额外的维护保养。由于冷却水一般都要使用化学药剂进行水处理,因此要注意观察冷却水管道有无腐

蚀问题。

(3) 凝结水管。凝结水管是风机盘管的无压自流排放的水管。对凝结水管的日常维护保养主要是两个方面的任务：一是要保证水流畅，由于是无压自流式，其流速往往容易受管道坡度、阻力、管径、水的浑浊度等影响，当有成块、成团的污物时流动更困难，容易堵塞管道；二是要保证保温层和表面防潮层无破损或脱落。

2. 阀门 在空调系统的水系统中，常用的阀门按阀的结构形式和功能可分为闸阀、蝶阀、截止阀、止回阀（逆止阀）、平衡阀、电磁阀、电动调节阀、排气阀等。为了保证阀门启闭可靠、调节省力、不漏水、不滴水、不锈蚀，日常维护保养就要做好以下几项工作：

(1) 保持阀门的清洁和油漆的完好状态；

(2) 阀杆螺纹部分要涂抹黄油或二硫化钼，室内六个月一次，室外三个月一次，以增加螺杆与螺母摩擦时的润滑作用，减少磨损；

(3) 不经常调节或启闭的阀门必须定期转动手轮或手柄，以防生锈卡住；

(4) 对机械传动的阀门要视缺油情况向变速箱内及时添加润滑油，在经常使用的情况下，一年全部更换一次润滑油；

(5) 在冷冻水管路和热水管路上使用的阀门，要保证其保温层的完好，防止发生冷热损失和出现结露滴水现象；

(6) 对自动动作阀门，如止回阀和自动排气阀，要经常检查动作是否灵活，有问题就要及时修理和更换；

(7) 对电力驱动的阀门，如电磁阀和电动调节阀，除了阀体部分的维护保养外，还要特别注意对电控元器件和线路的维护保养。

此外，还要注意不能用阀门来支承重物，并严禁操作或检修时站在阀门上工作，以免损坏阀门或影响阀门的性能。

阀门常见问题和故障的分析与解决方法见表 6-11。

表 6-11 阀门常见问题和故障的分析及解决方法

问题或故障	原因分析	解决方法
阀门关不严	1. 阀芯与阀座之间有杂物 2. 阀芯与阀座密封面磨损或有伤痕	1. 清除 2. 研磨密封面或更换损坏部分
阀体与阀盖间有渗漏	1. 阀盖旋压不紧 2. 阀体与阀盖间的垫片过薄或损坏 3. 法兰连接的螺栓松紧不一	1. 旋压紧 2. 加厚或更换 3. 均匀拧紧
填料盒有泄漏	1. 填料压盖未压紧或压得不正 2. 填料填装不足 3. 填料变质失效	1. 压紧、压正 2. 补装足 3. 更换

(续)

问题或故障	原因分析	解决方法
阀杆转动不灵活	1. 填料压得过紧 2. 阀杆或阀盖上的螺纹磨损 3. 阀杆弯曲变形卡住 4. 阀杆或阀盖螺纹中结水垢 5. 阀杆下填料接触的表面腐蚀	1. 适当放松 2. 更换阀门 3. 矫直或更换 4. 清除 5. 清除腐蚀产物
止回阀阀芯不能开启	1. 阀座与阀芯粘住 2. 阀芯转轴锈住	1. 清除水垢或铁锈 2. 清除铁锈,使之活动

3. 水过滤器 安装在水泵入口处的水过滤器要定期清洗。新投入使用的系统、冷却水系统和使用年限较长的系统,清洗周期要短,一般三个月应拆开拿出过滤网清洗一次。

4. 膨胀水箱 膨胀水箱通常设置在露天屋面上,应每班检查一次,保证水箱中的水位适中,浮球阀的动作灵敏、出水正常。一年要彻底清洗一次膨胀水箱,并给箱体和基座除锈、刷漆。

(二) 手动阀门运行中的操作

空调系统的水系统中的各种阀门在运行中操作时,应注意在开启过程中,尤其是在接近最大开度时,一定要缓缓扳动手轮或手柄,不能用力过大,以免造成阀芯被阀体卡住、阀板脱落现象。而且在阀门处于最大开度时(以手轮或手柄扳不动为限),应将手轮或手柄回转1~2圈。因为对于一般阀门而言,其开度在70%~100%时流量变化不大。回转的目的是避免操作者日后在不了解阀门是开或关的状态时强行进行开启操作而使阀杆变形或断裂。

为了避免对阀门的误操作而造成事故,需处于常开或常闭状态的阀门可摘掉手轮或手柄,其他阀门最好挂上标明开、关状态的指示牌,起到提示作用。

(三) 空调系统的水系统常见问题和故障的分析与解决方法

水管系统常见问题和故障的分析与解决方法参见表6-12。

表 6-12 水管系统常见问题和故障的分析与解决方法

问题或故障	原因分析	解决方法
漏水	1. 丝扣连接处拧得不够紧 2. 丝扣连接所用的填料不够 3. 法兰连接处不严密 4. 管道腐蚀穿孔	1. 拧紧 2. 在渗漏处涂抹憎水性密封胶或重新加填料连接 3. 拧紧螺栓或更换橡胶垫 4. 补焊或更换新管道

(续)

问题或故障	原因分析	解决方法
保温层受潮或滴水	1. 被保温管道漏水 2. 保温层或防潮层破损	1. 参见上述方法,先解决漏水问题,再更换保温层 2. 受潮和含水部分全部更换
管道内有空气	1. 自动排气阀不起作用 2. 自动排气阀设置过少 3. 自动排气阀位置设置不当	1. 修理或更换 2. 在支环路较长的转弯处增设 3. 应设在水管路的最高处
阀门漏水或产生冷凝水	1. 阀杆或螺纹、螺母磨损 2. 无保温或保温不完整、破损	1. 更换 2. 进行保温或补完整

## 五、冷却塔的日常维护方法

### (一) 冷却塔的日常清洁工作

冷却塔的清洁工作,特别是其内部和布水装置的定期清洁工作,是冷却塔能否正常发挥冷却效能的基本保证,不能忽视。

1. 外壳的清洁 目前常用的圆形和矩形冷却塔,包括那些在出风口和进风口加装了消声装置的冷却塔,其外壳都是采用玻璃钢或高级 PVC 材料制成,能抗太阳紫外线和化学物质的侵蚀,密实耐久,不易褪色,表面光亮,不需另刷油漆作保护层。因此,当其外观不洁时,只需用水或清洁剂清洗即可恢复光亮。

2. 填料的清洁 填料作为空气与水在冷却塔内进行充分热湿交换的媒介体,通常是由高级 PVC 材料加工而成,属于塑料一类,很容易清洁。当发现其有污垢或微生物附着时,用水或清洁剂加压冲洗或从塔中拆出分片刷洗即可恢复原貌。

3. 集水盘(槽)的清洁 集水盘(槽)中的污垢或微生物积存可以采用刷洗的方法予以清除干净。在清除工作时要注意的是,清洗前要堵住冷却塔的出水口,清洗时打开排水阀,让清洗的脏水从排水口排出,避免清洗时的脏水进入冷却水回水管。此种操作方法在清洗布水装置、配水槽、填料时都可以使用。

此外,可以在集水盘(槽)的出水口处加设一个过滤网用以挡住大块杂物(如树叶、纸屑、填料碎片等)随水流进入冷却水回水管道系统。

4. 圆形塔布水装置的清洁 对圆形塔布水装置的清洁工作重点应放在有众多出水孔的几根支管上,要把支管从旋转头上拆卸下来仔细清洗。

5. 矩形冷却塔配水槽的清洁 当矩形冷却塔的配水槽需要清洁时,采用刷洗的方法即可。

6. 吸声垫的清洗 由于吸声垫是疏松纤维型的,长期浸泡在集水盘中很容易附着污物,所以吸声垫清洗时可以用清洁剂配以高压水进行冲洗。

冷却塔上述各部分的清洁工作,除了外壳可以不停机清洁外,其他各项清洗工作都要停机后才能进行。

## (二) 冷却塔的日常维护

为了使冷却塔能安全正常地使用得尽量长一些时间,要做好以下几项维护保养工作。

(1) 对使用皮带减速装置的每两周停机检查一次皮带的松紧度,不合适时要调整。如果几根皮带松紧程度不同则要全套更换;如果冷却塔长时间不运行,则最好将皮带取下来保存。

(2) 对使用齿轮减速装置的每一个月停机检查一次齿轮箱中的油位,油量不够时要补加到位。此外,冷却塔每运行六个月要检查一次油的颜色和黏度,达不到要求必须全部更换。当冷却塔累计使用 5000h 后,不论油质情况如何,都必须对齿轮箱做彻底清洗,并更换润滑油。齿轮减速装置采用的润滑油一般多为 30 号或 40 号机械油。

(3) 由于冷却塔风机的电动机长期在湿热环境下工作,为了保证其绝缘性能,不发生电动机烧毁事故,每年必须做一次电动机绝缘情况测试。如果达不到要求,要及时处理或更换电动机。

(4) 要注意检查填料是否有损坏的,如果有要及时修补或更换。

(5) 风机系统所有轴承的润滑脂一般一年更换一次。

(6) 风机的传动皮带使用寿命一般为 5000 ~ 8000h,累计达到时间后应更换新的传动皮带。

(7) 风机的传动轴应每 6 个月校正准心度一次,并检查轴节垫片和螺栓有无变形和松动现象,及时消除隐患。

(8) 当采用化学药剂进行水处理时,要注意风机叶片的腐蚀问题。为了减缓腐蚀,要每年清除一次叶片上的腐蚀物,并均匀涂刷防锈漆和酚醛漆各一道或者在叶片上涂刷一层 0.2mm 厚的环氧树脂,其防腐性能一般可维持 2 ~ 3 年。

(9) 在冬季冷却塔停止使用期间,有可能因积雪而使风机叶片变形,这时可以采取两种办法避免:一是停机后将叶片旋转到垂直于地面的角度紧固;二是将叶片或连轮毂一起拆下放到室内保存。

(10) 在冬季冷却塔停止使用期间,有可能发生冰冻现象时,要将冷却塔集水盘(槽)和室外部分的冷却水系统中的水全部放光,以免冻坏设备和管道。

(11) 冷却塔的支架、风机系统的结构架以及爬梯通常采用镀锌钢件,一般不需要油漆。

如果发现生锈,再进行去锈刷漆工作。

## 六、冷却塔的常见故障及排除方法

冷却塔在运行过程中经常出现故障的原因分析与排除方法可参见表 6-13。

表 6-13 冷却塔常见故障的分析与排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
出水温度过高	冷却塔循环水量过大 冷却塔布水管(配水槽)部分出水孔堵塞,造成偏流 进出冷却塔空气不畅或短路 冷却塔通风量不足 冷却塔进水温度过高 冷却塔吸、排空气短路 冷却塔填料部分堵塞造成偏流 冷却塔室外温球温度过高	调整水系统阀门开度或调整水泵电动机转速 清除水管中的堵塞物 清除冷却塔进风口处的堵塞物 冷却塔通风机的转速或风机皮带轮的直径 检查冷水机组的工作状态,进行调整 改善冷却塔周围空气循环流动的条件 清除冷却塔填料上的堵塞物 减小冷却塔冷却水量的流量
通风量不足	传动皮带松弛,轴承润滑不良造成风机转速降低 风机叶片角度不合适 风机叶片破损 填料部分堵塞	调整电动机的地脚螺栓位置或更换皮带补 充润滑油或更换轴承 调整风机叶片角度至合适位置 更换风机叶片 清除填料上的堵塞物
集水盘溢水	集水盘(槽)出水口(滤网)堵塞 浮球阀失灵,不能自动关闭 冷却塔循环水量超过冷却塔额定容量	清除堵塞物 修理浮球阀的调节杆 减少循环水量或更换与容量匹配的水泵
集水盘(槽) 中水位偏低	浮球阀开度偏小,造成补水量小 补水压力不足,造成补水量小 管道系统有漏水的地方 冷却塔循环水失水过多 冷却塔循环水补水管径偏小	调整浮球阀的调节杆,使开度合适 修理补水阀门,或提高水压、加大管径 找出漏水处,进行堵漏 调整风扇电动机转速或挡水板角度 更换冷却塔循环水的补水管
有明显飘水 现象	冷却塔循环水飘损量过大 冷却塔通风量过大 填料中有偏流现象 布水装置转速过快 挡水板安装位置不当	调整风扇电动机转速或挡水板角度 降低风机转速或调整风机叶片角度 重新码排填料,使其均流 调整水压,使布水装置转速合适 重新调整挡水板安装角度
布(配)水 不均匀	布水管(配水槽)部分出水孔堵塞 冷却循环水量过小	清除布水管出水孔中的堵塞物 开大循环水阀门或调整水泵电动机转速
配水槽中有 水溢出	配水槽的出水孔堵塞 冷却循环水供水量过大	清除配水槽的出水孔堵塞物 关小循环水阀门或调整水泵电动机转速



(续)

故障现象	故障原因	排除方法
有异常噪声或振动	风机转速过高,通风量过大 风机轴承缺油或损坏 风机叶片与其他部件碰撞 风机部件紧固螺栓螺母松动 风机叶片螺钉松动 皮带与防护罩摩擦 齿轮箱缺油或齿轮组磨损	降低风机转速或调整风机叶片角度 给风机轴承加油或更换轴承 调整风机叶片与其他部件的间隙 拧紧风机部件紧固螺栓螺母 拧紧风机叶片螺钉 张紧皮带,紧固好防护罩的固定螺栓 补充润滑油或更换齿轮组
滴水声过大	填料回水偏流 冷却水量过大	重新码排填料,使其均流 在集水盘中加装吸声垫或换成填料埋入集水盘中的机型
运行中风扇电动机过热	风扇叶片角度变位 风扇轴承损坏 风扇轴承内有异物 风扇轴承润滑油脂干枯变质 风扇电动机本身故障	调整风扇叶片角度 更换风扇轴承 拆卸、清洗风扇轴承 更换风扇轴承中的润滑油脂 检修或更换电动机
冷却塔内填料污染结垢严重	冷却塔吸入的空气过脏 水处理设备效果不好 循环水质硬度过高	清除冷却塔周围的污浊 检修或更换水处理设备 对循环水进行软化处理

第七节 中央空调风系统的维护

一、通风管系统的日常维护

通风管系统的日常维护主要是做好通风管（含保温层）、风阀、风口、风管支承构件的巡检与维护保养工作。

（一）空气调节系统运行管理中需要维护保养的主要部件

1. 通风管 空调系统通风管日常维护保养的主要任务如下：

（1）保证管道保温层、表面防潮层及保护层无破损和脱落，特别要注意与支（吊）架接触的部位；对使用粘胶带封闭防潮层接缝的，要注意粘胶带无胀裂、开胶的现象。

（2）保证管道的密封性，绝对不能漏风，重点是法兰接头和风机及风柜等与风管的软接头处，以及风阀转轴处；

（3）定期通过送（回）风口用吸尘器清除管道内部的积尘；

（4）保温管道有风阀手柄的部位要保证不结露。

2. 风阀 空气调节系统的风阀是风量调节阀的简称，主要有风管调节阀、风口调节阀和风管止回阀等几种类型。风阀在使用一段时间后，会出现松动、变形、

移位、动作不灵、关闭不严等问题，这不仅会影响风量的控制和空调效果，还会产生噪声。因此，日常维护保养除了做好风阀的清洁与润滑工作以外，重点是要保证各种阀门能根据运行调节的要求，变动灵活，定位准确、稳固；关则严实，开则到位；阀板或叶片与阀体无碰撞，不会卡死；拉杆或手柄的转轴与风管结合处应严密不漏风；电动或气动调节阀的调节范围和指示角度应与阀门开启角度一致。

3. 风口 空气调节系统的风口有送风口、回风口、新风口等，日常维护保养工作主要是做好清洁和紧固工作，不让叶片积尘和松动。根据使用情况，送风口每三个月左右应拆下来清洁一次，回风口和新风口则可以结合过滤网的清洁周期一起清洁。

对于可调型风口，在根据空调或送风要求调节后要能保证调后的位置不变，而且转动部件与风管的结合处不能漏风；对于风口的可调叶片或叶片调节零部件（如百叶风口的拉杆、散流器的丝杆等），应松紧适度，既能转动又不松动。

4. 支承构件 空气调节系统的风管系统的支承构件包括支（吊）架、管箍等，在长期运行中会出现断裂、变形、松动、脱落和锈蚀等故障现象。运行维护管理时，应根据支承构件出现的问题和引起的原因，采取更换、修补、紧固和重新补刷油漆的维护修理工作。

## 二、风机的日常维护方法

### （一）风机的运行管理与维护操作方法

#### 1. 检查与维护保养

（1）风机的停机检查及维护保养工作。风机停机不使用可分为日常停机（如白天使用，夜晚停机）或季节性停机。从维护保养的角度出发，停机（特别是日常停机）时主要应做好以下几方面的工作：

1）风机的皮带松紧度检查。对于连续运行的风机，必须定期（一般一个月）停机检查调整一次；对于间歇运行（一天运行 10h 左右空调系统）的风机，则在停机不用时进行检查调整工作，一般也是一个月做一次。

2）各连接螺栓螺母紧固情况检查。在进行皮带松紧度检查时，应同时对风机与基础或机架、风机与电机以及风机自身各部分（主要是外部）连接螺栓螺母是否松动进行检查和紧固。

3）风机的减振装置受力情况检查。日常运行值班时要注意检查风机的各减振装置是否受力均匀，压缩或拉伸的距离是否在允许范围内，有问题要及时调整和更换。

4）风机的轴承润滑情况检查。风机若常年运行，轴承的润滑脂应半年左右更换一次；如果只是季节性使用，可一年更换一次。

5）风机的运行检查工作。风机运行检查的主要检查内容有电机温升情况、轴承温升情况（不能超过 60℃）、轴承润滑情况、噪声情况、振动情况、转速情况、软接头完好情况。

#### 2. 风机的运行调节

风机的运行调节主要是改变其输出的空气流量，以满足相应的变风量要求。调

节方式可以分为两大类：一类是风机转速改变的变速调节，一类是风机转速不变的恒速调节。

(1) 风机变速风量调节。风机变速风量调节常用的主要是改变电动机转速和改变风机与电动机间的传动关系两种方法。

1) 改变电动机转速。常用的电动机调速方法按效率高低顺序有

- ①变极对数调速；
  - ②变频调速、串级调速、无换向器电机调速；
  - ③转子串电阻调速、转子斩波调速、调压调速、涡流（感应）制动器调速。
- 有关电机调速原理和应用的详细内容可参阅有关文献。

2) 改变风机与电动机间的传动关系。调节风机与电动机间的传动机构（即改变传动比）常用的方法有

- ①更换皮带轮；
- ②调节齿轮变速箱；
- ③调节液力（偶）离合器。

①和②两种调节方法显然是不能连续进行的，需要停机，其中更换皮带轮调节风量更麻烦，需要做传动部件的拆装工作。液力偶合器可以根据需要随时进行风量的调节，但作为一个专门的调节装置，需要投入专项资金另外配置。

(2) 风机恒速风量调节。风机恒速风量调节即保持风机转速不变的风量调节方式，其主要方法有

1) 改变叶片角度。改变叶片角度是只适用于轴流风机的定转速风量调节方法，通过改变叶片的安装角度，使风机的性能曲线发生变化。由于叶片角度通常只能在停机时才能进行调节，而调节时操作比较麻烦，同时为了保持风机效率不能降低，使角度的调节范围较小，所以此种调节方法应用不多。

2) 调节进口导流器。调节进口导流器是通过改变安装在风机进口的导流器叶片角度，使进入叶轮的气流方向发生变化，从而使风机性能曲线发生改变的定转速风量调节方法。导流器调节主要用于轴流风机，并且可以进行不停机的无级调节。

## (二) 风机的技术维护

### 1. 离心式通风机一级保养内容与要求

- (1) 擦拭风机的外壳，要求表面不能有的灰尘，要能看到机壳本色。
- (2) 对有保温层的风机，应及时清除保温层上的灰尘，保持保温层的本色。
- (3) 检查风机的地脚或风机底座与减振台座、减振台座与减振器之间的连接螺栓有无松动。
- (4) 检查联轴器或带轮、V带是否完好，保护是否牢靠。
- (5) 检查各润滑部位，保持油质干净、油量适当，油标清楚。
- (6) 检查各摩擦部位的温度是否正常，及时予以调整。
- (7) 监听风机运转声音是否正常。

- (8) 检查各调节阀门，保持开关灵活可靠。
- (9) 检查各软接头是否完好，有无泄漏，及时处理泄漏问题。
- 2. 离心式通风机二级保养内容与要求
  - (1) 进行一级保养各项工作内容。
  - (2) 对风机的外壳、扇叶进行擦拭，检查叶轮是否完好、有无松动现象。
  - (3) 清洗风机的轴承、轴瓦
  - (4) 检查或更换联轴器的螺钉及衬垫或带轮及 V 带。
  - (5) 检查或更换阀门。
  - (6) 修补管道或更换帆布接头。
  - (7) 全面检查各种防护设备及电气控制部件，对损害部件进行更换。

三、风机的常见故障及排除方法

空气调节系统风机的常见故障及排除方法见表 6-14。

表 6-14 风机常见故障及排除方法

故障现象	原因分析	排除方法
轴承箱振动剧烈	机壳或进风口与叶轮摩擦 基础的刚度不够或不牢固 叶轮铆钉松动或皮带轮变形  叶轮轴盘与轴松动 机壳与支架、轴承与支架、轴承箱盖与座连接螺栓松动 风机进出气管道安装不良  转子不平衡	进行整修,消除摩擦部位 基础加固或用型钢加固支架 将松动铆钉铆紧或调换铆钉重铆,更换变形皮带轮 拆下松动的轴盘用电焊加工修复或调换新轴 将松动螺栓旋紧,在容易发生松动的螺栓中添加强簧垫圈防止产生松动 在风机出口与风道连接处加装帆布或橡胶布软管 校正转子至平衡
轴承温升过高	轴承箱振动剧烈 润滑脂质量不良、变质、填充过多或含有灰尘、砂垢等杂质 轴承箱盖座的连接螺栓过紧过松 轴与滚动轴承安装歪斜,前后两轴承不同心 滚动轴承损坏、轴承磨损过大或严重锈蚀	检查振动原因,并加以消除 挖掉旧的润滑脂,用煤油将轴承洗净后更换新油 适当调整轴承座盖螺栓紧固程度 调整前后轴承座安装位置,使之平直同心 更换新轴承
电动机电流过大或温升过高	开车时进气管道内闸门或节流阀未关密 风量超过规定值 输送气体密度过大,使压力增高 电动机输入电压过低或电源单相断电  联轴器连接不正,橡皮圈过紧或间隙不匀 受轴承箱振动剧烈的影响 受并联风机发生的故障的影响	关闭风道内闸门或节流阀(离心式) 调整节流装置或修补损坏的风管 调节节流装置,减少风量,降低负载功率 电压过低应通知电气部门处理,电源单相断电应立即停机修复 调整联轴器或更换橡皮圈 停机排除轴承座振动故障 停机检查和处理风机故障
皮带滑下	两带轮中心位置不平行	调整带轮的位置
皮带跳动	两带轮距离较近或皮带过长	调整电动机的安装位置

(续)

故障现象	原因分析	排除方法
风量或风压不足或过大	转速不合适,或系统阻力不合适 风机旋转方向不对 管道局部堵塞 调节阀门的开度不合适 风机规格不合适	调整转速或改变系统阻力 改变转向,如改变三相交流电动机的接线程序 清除杂物 检查和调节阀门的开启度 选用合适的风机
风机使用日久后风量风压逐渐减少	风机叶轮,叶片或外壳锈蚀损坏 风机叶轮或表面积积灰尘 皮带太松 风道系统内积有杂物	检修或更换损坏部件 彻底清除叶轮和叶片表面的积尘 调整皮带的松紧程度 清除整理
风机噪声过大	通风机噪声较大 振动太大  轴承等部件磨损、间隙过大	采用高效率低噪声风机 检查叶轮的平衡性,检查减振器等隔振装置是否完好 更换损坏部件
风机机壳过热	在进风阀或出风阀关闭的情况下运行时间过长	先停止风机运行,待冷却后再开机
风机振动空载时小,负荷时过大	联轴器安装不正,风机轴和电动机轴不同心 或风机的皮带安装不正,两不平衡	对联轴器和带轮轴进行校正和调整

四、空调系统风道的清扫

中央空调系统的风道中一般多装有风量调节阀、消声器、导流叶片和空气过滤器等部件,这些部件在中央空调系统运行中易使中央空调系统粘附灰尘,一段时间后,会使系统的管道内积蓄大量灰尘,影响空调系统的使用并可能造成空调房间的空气污染。

因此,要定期对空调系统风道进行清扫。风道进行清扫的方法是:清扫时打开风道的检查口或拆除送风口,进入风道内进行清理或擦洗,也可以使用吸尘器进行清理。若风道无法进入,在条件允许的情况下,可将风道逐段拆下,清理后再重新装回。

若风道尺寸较小,不易进行采取人进入或拆卸清洗时,可采用专用空调系统风道清扫设备进行清洗。

专用空调系统风道清扫设备主要有机器人检查器、清扫设备控制系统和灰尘收集器等。

(一) 机器人检查器

这种设备主要包括四轮驱动系统、不送拖欠因控制彩色监视拍摄系统、多方向电控系统、彩色图像系统、记录系统、灯光系统、UL 认定等。

(二) 机器人检查器的系统单元

(1) 电控旋转刷系统可实现正反操作,带动 8"~18"清洗刷进行风道内部的清洗。

(2) 自动和手动气动式水平和垂直旋转转刷系统可通过改变速度以适应小风道内部的清洗要求,也可以通过改变方向以改进清洗方式达到清洗要求。

(3) 圆气带用以清扫时造成的真空。

(4) 灰尘收集器的功能,用以进入风道系统内部,进而起到移动、清洗、除臭和消毒风道系统的作用。

(5) 为保证清洗的效果,一般专用空调系统风道清扫设备还配有专用化学清洗剂。

(三) 专用空调系统风道清扫设备使用的基本方法

专用空调系统风道清扫设备使用的基本程序如图 6-23 所示。

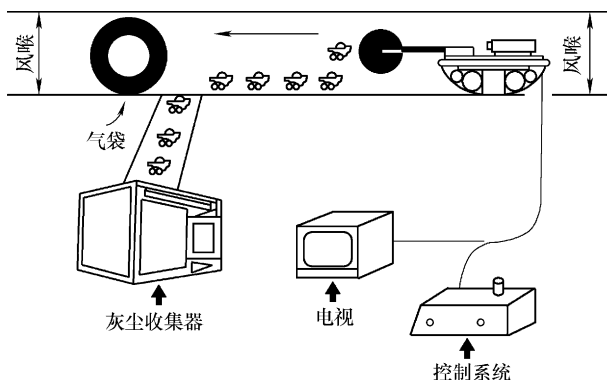


图 6-23 风道清扫设备使用的基本程序

清洗作业程序如下:

(1) 在风道中设置风喉,堵住风道的出口,以便除标记以外的部分。

(2) 在清洗机器人上安装一个适宜的刷子。

(3) 当进行清洗时,清洗机器人的刷子刷下来的灰尘在灰尘收集器的作用下,被收集到灰尘收集器的箱体内部。

(4) 当清洗达到要求后,向风道内喷洒专用化学清洗剂。

(5) 移动清洗设备准备进行下一阶段的清洗。

善后工作如下:

(1) 用拆卸下来的风道板,将风道口重新封好。

(2) 重新安装风道的风门等部件。

(3) 若在清洗过程中发现有污垢粘在风道上时,应及时予以清除。

(4) 风道清洗工作全部结束以后,清理干净工作场地。

## 五、空调系统常见故障及排除方法

空调系统常见故障及排除方法见表 6-15。



表 6-15 空调系统常见故障及排除方法

问题或故障现象	故障原因	排除方法
风量不足 室内空气不新鲜	1. 风阀没开到位 2. 新风门没有开到位	1. 合理调节新风与回风阀的开度 2. 适当开大新风门
风门打不开	电动驱动器或驱动连杆损坏	修理或更换驱动器和驱动连杆
过滤器过滤效果 不好或出现堵塞	1. 过滤器损坏或选型不合适 2. 过滤器表面过脏	1. 更换或重新选择过滤器 2. 清洗过滤器
漏 风	1. 法兰连接处不严密 2. 其他连接处不严密	1. 拧紧螺栓或更换橡胶垫 2. 用玻璃胶或万能胶封堵
保温层脱离管壁	1. 粘结剂失效 2. 保温钉从管壁上脱落	1. 重新粘贴牢固 2. 拆下保温棉，重新粘牢保温钉后再包保温棉
热交换器效率低	1. 表面积灰过多，内部结垢 2. 热交换器内部存有空气	1. 清洗表面，用化学方法清除内部水垢 2. 用手动方法排出内部空气
保温层受潮	1. 保温风管漏风 2. 保温层或防潮层破损	1. 先解决漏风问题，再更换保温层 2. 受潮或含水部分全部更换
风阀转不动 或不够灵活	1. 异物卡住 2. 传动连杆接头生锈	1. 除去异物 2. 加煤油松动，并加润滑油
风阀关不严	1. 安装或使用后变形 2. 风阀制造质量差	1. 校正风阀或重新安装风阀 2. 修理或更换
风阀活动叶片 不能定位或定位后 易松动、位移	1. 调控手柄不能定位 2. 活动叶片太松	1. 改善定位条件 2. 适当紧固
送风口结露 甚至滴水	送风温度低于室内空气露点温度	提高送风温度，使其高于室内空气露点温度 2 ~ 3℃
送风口吹风感太强	1. 送风速度过大 2. 送风口活动导叶位置不合适 3. 送风口形式不合适	1. 开大风口调节阀或增大风口面积 2. 调整到合适位置 3. 更换
风口 出风量过小	1. 去风管或风口阀门开度不够 2. 管道阻力过大 3. 风机方面的原因	1. 开大到合适开度 2. 加大管截面积或提高风机全压 3. 检查和维修风机

## 六、风机盘管的日常维护、保养与检修

### (一) 风机盘管的日常维护、保养要求

- (1) 空气过滤网一般要求每 60 ~ 90 天必须清洁一次。
- (2) 滴水盘一般一年要清洗两次；盘管翅片间的附着粉尘，视情况一个季度吹吸一次，或用清水清洗一次，发现翅片有倒伏的要及时梳理好。
- (3) 视风扇叶轮的附着粉尘情况，每半年清洁一次。
- (4) 管道接头或阀门发现漏水情况，要及时修理或更换。
- (5) 接水盘、水管、风管保温层若出现损坏，要及时修补或更换。
- (6) 控制开关动作不灵活或不正常要及时修理或更换。
- (7) 风机盘管机组停止使用时，要将盘管内充满水，以减少管道的氧化腐蚀。在冬季停止使用时，若室内没有供暖条件时，应采取保温措施，防止管道冻裂。
- (8) 电磁阀开关动作失灵时，应及时修理或更换。

### (二) 维护保养的主要部件

1. 空气过滤网 空气过滤网的维护保养方式，一般可用吸尘器吸过滤网。对于不容易吸干净的湿、重、粘的粉尘，可拆下过滤网用清水加压冲洗或刷洗，或用药水刷洗的清洁方式。

2. 滴水盘 由于风机盘管的空气过滤器一般为粗效过滤器，一些细小粉尘会穿过滤器孔而附着在盘管表面，当盘管表面有凝结水形成时就会将这些粉尘带落到滴水盘里。因此，对滴水盘必须进行定期清洗，否则会由于排泄不及时堵塞排水口，凝结水从滴水盘中溢出损坏房间天花板事故。

滴水盘一般一年清洗两次，如果是季节性使用的空调系统，则在空调系统使用季节结束后清洗一次。清洗方式一般用水来冲刷，污水由排水管排出。为了消毒杀菌，还可以对清洁干净了的滴水盘再用消毒水（如漂白水）刷洗一遍。

3. 盘管 为了保证风机盘管中的盘管的传热高效率，在中央空调系统运行时，风机盘管的盘管的表面必须保持光洁。

盘管的清洁方式可参照空气过滤器的清洁方式进行，但清洁的周期可以长一些，一般一年清洁一次。如果是季节性使用的空调，则在空调使用季节结束后清洁一次。

4. 风机 风机一般采用的是多叶片双进风离心风机，这种风机的叶片形式是弯曲的。由于空气过滤器不可能捕捉到全部粉尘，所以漏网的粉尘就有可能粘附到风机叶片的弯曲部分，从而使风机叶片的性能发生变化。

风机叶轮由于有蜗壳包着，可以采用小型强力吸尘器吸的清洁方式。一般一年清洁一次，或一个空调季节清洁一次。

## 七、风机盘管系统的主要故障的分析与解决方法

风机盘管常见问题和故障的分析与解决方法，见表 6-16。

表 6-16 风机盘管常见问题和故障的分析与解决方法

问题或故障	原因分析		解决方法
风机旋转但 风量较小或 不出风	1. 送风挡位设置不当 2. 过滤网积尘过多 3. 盘管肋片间积尘过多 4. 电压偏低 5. 风机反转		1. 调整到合适挡位 2. 清洁 3. 清洁 4. 查明原因 5. 调换接线相序
吹出的风 不够冷（热）	1. 温度挡位设置不当 2. 盘管内有空气 3. 供水温度异常 4. 供水不足 5. 盘管肋片氧化		1. 调整到合适挡位 2. 开盘管放气阀排出 3. 检查冷热源 4. 开大水阀或加大支管径 5. 更换盘管
关机后风扇 电动机不停	1. 控制开关内触点粘连 2. 控制线路短路		1. 更换控制开关或修复触点 2. 检查控制线路找到短路部位，修复
振动与 噪声偏大	1. 风机轴承润滑不好或损坏 2. 风机叶片积尘太多或损坏 3. 风机叶轮与机壳摩擦 4. 出风口与外接风管或送风口不是软连接 5. 盘管和滴水盘与供回水管及排水管不是软连接 6. 风机盘管在高速挡下运行 7. 固定风机的连接件松动 8. 送风口百叶松动 9. 盘管内有空气		1. 加润滑油或更换 2. 清洁或更换 3. 消除摩擦或更换风机 4. 用软连接 5. 用软连接 6. 调到中、低速挡 7. 紧固 8. 紧固 9. 排除管内空气
漏 水	1. 滴水 盘溢水	(1) 排水口（管）堵塞 (2) 排不出水或排水不畅	(1) 用吸、通、吹、冲等方法疏通 (2) 加大排水管坡度或管径
	2. 滴水盘倾斜 3. 放气阀未关 4. 各管接头连接不严密		2. 调整，使排水口处最低 3. 关闭 4. 连接严密并紧固
漏电	电源线有破损		修复电源线
有异物吹出	1. 过滤网破损 2. 机组或风管内积尘太多 3. 风机叶片表面锈蚀 4. 盘管翅片氧化 5. 机组或风管内保温材料破损		1. 更换 2. 清洁 3. 更换风机 4. 更换盘管 5. 修补或更换
机组外 壳结露	1. 机组内贴保温材料破损或与内壁脱离 2. 机壳破损漏风		1. 修补或粘贴好 2. 修补

(续)

问题或故障	原因分析	解决方法
凝结水 排放不畅	1. 外接管道水平坡度过小 2. 外接管道堵塞	1. 调整坡度 $\geq 8\%$ 2. 疏通
滴水盘结露	滴水盘底部保温层破损或与盘底脱离	修补或粘贴好
冷风（热风） 效果不好	1. 调节阀开度不够 2. 盘管间隙被堵塞 3. 供水内有空气 4. 空气过滤网过脏 5. 供应的冷（热）水温度不达标 6. 气流短路	1. 调整调节阀开度 2. 清理盘管间隙 3. 排除管道内的空气 4. 清洗空气过滤网 5. 调整冷（热）的水温度 6. 检查出风口，清理障碍物

八、空调系统噪声的控制方法

降低风机运行的噪声的方法如下：

(1) 采用高效低噪声风机，尽可能采用后倾的离心风机并使风机运行时的工作点处于或接近风机的最高效率点，因为风机工作在最高效率点时噪声最低。

(2) 风机的传动方式最好采取直联型或联轴器传动方式，以避免由于皮带传动所产生的噪声。

(3) 在满足送风量的情况下，尽量减少风机的剩余压头，以避免产生过大的送风噪声。

(4) 在条件允许的情况下尽量加大送风温差，以减少送风量，降低系统的管道阻力，降低风机运行时的线速度，从而达到控制噪声的目的。

(5) 做好风机进出口处柔性接头的长度控制在 100 ~ 150mm，不宜超过 150mm，柔性接头长度超过 150mm 会引起过大噪声。若发现柔性接头材料有破损、穿孔、老化变硬等现象时应及时予以更换，以免由于柔性接头破损处漏风造成哨声和老化变硬失去减振作用，从而增加噪声通过管道的传播。

(6) 降低主风道内空气流速。对消声要求不高的系统，可使主风道内空气流速小于或等于 8m/s；对消声要求高的系统，可使主风道内空气流速小于或等于 5m/s。

(7) 对空调系统中的各类消声器应及时进行清洗，以保证处于良好的工作状态。对消声器损坏的部件及时进行更换。

(8) 间隔一个月要检修一次风道中的风阀，若发现其叶片有松动情况应及时修复，以免气流通过时产生噪声。

(9) 要经常检查送、回风风道中是否有喘振现象，若有应采取措施予以消除，以减少风道振动噪声的生源。

(10) 做好风机的减振器的维护工作，及时调整松动的减振器，对损坏的减振

器及时予以更换。

### 九、空调系统运行中的节能措施

1. 合理利用新风 合理地利用室外新风是空调系统在运行过程中最有效的节能措施之一。

在空调系统在运行过程中,对空气的处理过程新风的处理要消耗大量的能量。因此,在冬、夏季对空气的处理过程中,空调系统在满足室内卫生要求的情况下,可在运行中采取最小新风量的运行方式,以达到节约能耗的目的。

在过渡季节,空调系统可采用全新风方式运行,缩短制冷机的运行时间,减小新风的耗能,既改善了室内环境的空气质量,又达到了节能的目的。

2. 加大空调系统的送风温差,减少空调系统的送风量 在满足空调房间内卫生要求和工艺条件要求的前提下,加大送风温差,可减少系统的送风量,从而达到节约运行电能的消耗。如某空调系统的送风量为  $40000\text{m}^3/\text{h}$ ,其风机功率为  $40\text{kW}$ ,加大送风温差后,送风量减少了  $20\%$ ,风机所消耗的功率也降低了  $20\%$ 。

3. 在空调系统的运行中要尽量避免使用电加热器 在调节准确度为不小于  $\pm 1^\circ\text{C}$  的空调系统中,多使用中电加热器作为精加热器,这也造成了能耗的增加。因此,对于全年供热便利的地方,应提倡用热水加热器来代替电加热器,以达到节电的目的。

4. 在空调系统的运行中要尽量减少系统运行的漏风量 在空调系统的运行中,若漏风率按  $10\%$  计算,将会使系统多消耗  $10\%$  的能量。因此,对空调系统运行中的过大漏风量一定要及时处理,以减少空调系统的运行能耗,降低运行费用。

5. 在空调系统的运行中要适当提高冷媒水初温 通过压缩机的运行特性曲线可知,当冷凝温度不变,蒸发温度越低,其制冷量就越小,能耗费就越多,效率也越低。因此,适当提高冷媒水的初温,可以节约空调系统运行的能耗。

6. 在空调系统的运行中适当改变空调设备运行方式 对于间歇运行的空调系统,应根据房屋的结构情况、气候变化、房间的使用功能及房间换气次数的多少等确定最合适的启动和停机时间,在保证工艺生产和民用生活舒适的条件下节约空调运行能耗。

对于无正静压要求空调房间,在进行预冷和预热时,可尽量不使用或少使用新风,以减少空调系统处理空气量,达到降低能耗的目的。

7. 在空调系统的运行中要尽量使用自动化管理系统 在空调系统的运行管理中,大多已采用分区多工况调节方式来达到经济运行的目的。但在工况间的相互转换方面,基本上还是由运行操作人员根据运行的状况和工况转换条件进行手动转换。由于运行操作人员的能力差异,有时会造成过多的能耗。

可采用微型计算机对空调系统进行运行管理,以实现对空调区域的分区多工况调节和自动转换及冷、热源的能量控制,新风量控制,设备的起、停时间和运行方

式控制, 温度、湿度设定值控制, 送风温度控制, 自动显示、记录等的自动控制, 以实现最佳的节能效果。

8. 在空调系统的运行中可采取能量回收技术 空调系统运行中, 新风负荷可占总负荷的 20% ~ 30%。因此, 利用热交换器回收排风系统中的能量, 节约新风负荷是空调系统节能的一项有力措施。在系统的排风风道中设置热交换器, 则降低 10% ~ 20% 的空调负荷。

在空调系统的运行中采取能量回收技术, 目前多采用空气-空气全热 (或显热) 交换器。

空气-空气全热交换器分为回转型和静止型两类。回转型全热交换器 (又称转轮式热交换器) 其构造原理如图 6-24 所示。

转轮式全热交换器主要有转轮、驱动电动机、机壳和控制部分组成。在转轮的中央有分隔板, 将转轮隔成排风侧和新风侧, 排风和新风气流逆向流动。转轮以 8 ~ 10r/min 的速度缓慢旋转, 把排风中的冷热量蓄存起来, 然后再传给新风。

转轮式全热交换器工作时, 空气以 2.5 ~ 3.5m/s 的速度经过热交换器, 由于转轮材料和空气之间的温差和水蒸气分压力差而进行热湿交换。

为了防止排风中的臭味、烟味、汗味或细菌向新风中转移, 在全热交换器中设有使少量新风强迫排入排风中的装置, 称为净化扇形器。当转轮从排风侧移向新风侧时, 少量新风经净化扇形器对转轮起净化作用。

转轮热交换器运行时应注意的问题有: 转轮热交换器空气入口处的空气过滤器应及时清洗或更换; 在冬季室外空气较低地区, 新风进风管可配置空气预热器, 以防转轮上出现结霜、结冰现象; 转轮热交换器的转轮上出现霜、冰时应关闭新风或启用新风预热器; 用改变转轮的转速或调节旁通风道上的调节阀的方法, 进行送风参数的调节; 转轮长期不工作时, 要定时进行短时间运行, 防止由于转轮局部吸湿过量而导致转轮的不平衡。

静止型全热交换器形式有多种, 图 6-25 所示为板翅式全热交换器结构。

静止型板翅式全热交换器的外壳一

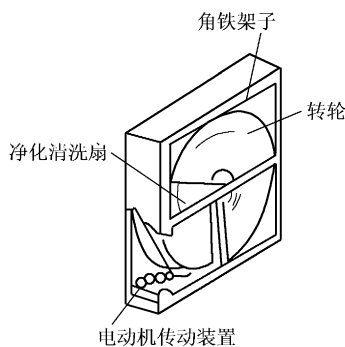


图 6-24 转轮式全热交换器

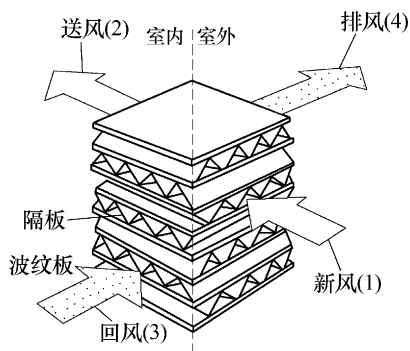


图 6-25 静止型板翅式全热交换器的结构



般由薄钢板制成，其上有4个风管接口，可分别与新风管、送风管、回风管和排风管连接。同时为了便于单体的定位和安装取出及清洁和更换，在壳体的内侧壁上设有定位导轨，并衬有密封填料，防止两股气流的短路混合而造成交叉污染。单体是用特殊加工的纸或经过处理的其他纤维性多孔质材料以及铝箔（一般用于显热交换器）制作的。新风和室内回风以交叉流的形式流经单体，同时当两者之间存在温差和水蒸气分压力差时，经过隔板即可进行热、湿交换。

9. 在空调系统的运行中充分发挥设备的效能实现节能 空调系统中的各种设备，如离心风机、离心水泵和制冷压缩机、溴化锂吸收式制冷机等，可根据其各自的运行特性曲线图找出最佳运行状态点，以求最佳运行方案，实现节能的目的。

# 第七章 制冷机组的维护与检修

## 第一节 活塞式压缩机的维护与检修

### 一、活塞式制冷压缩机的检修内容

活塞式制冷压缩机的维护，以开启式压缩机为例，一般应根据运行时间来决定。一般正常运行情况下，压缩机累计运行 1000h 以后应进行小修；压缩机累计运行 2000h 以后应进行中修；压缩机累计运行 3000h 以后应进行大修。

活塞式制冷压缩机大、中、小检修的内容见表 7-1。

表 7-1 活塞式制冷压缩机的检修内容

序号	主要部件	小 修	中 修	大 修
1	排 气 阀 组，安 全 弹簧与阀	检查和清洗阀片， 内、外阀座，更换已 损坏的阀片及弹簧， 调整其开启度，试验 其密封性	检查安全弹簧是否有斑 痕或裂纹现象；检查余隙， 并进行调整；修理或更换 不严密的阀	检查修理和校检控制阀和安 全阀，更换阀的填料，重浇合 金阀座或更换塑料密封圈
2	气 缸 套 与活塞	检查气缸套与吸气 阀片接触密封面及阀 座面是否良好，检查 气缸壁的粗糙度，并 清洗污垢	检查活塞环和油环的锁 口间隙，环与槽的高度、 深度间隙以及弹力是否符 合要求。否则，应更换新 的。检查活塞销与销座的 间隙及磨损情况	测量气缸套与活塞的间隙， 以及气缸套和活塞的磨损情 况。若超过极限尺寸，应更换 气缸套或活塞（包括活塞环和 油环）
3	连 杆 体 和 连 杆 大 头轴瓦	检查连杆螺栓和开 口销或防松铅丝，有 无松脱及折断现象	检查连杆大头轴瓦径向 和轴向间隙，以及小头衬 套的径向间隙和磨损情况。 若超过极限尺寸，应更换 新的	依照修复后的曲拐轴径配大 头轴瓦，或重浇轴承合金；用 修复后的连杆大头孔来配大头 轴瓦；测量活塞销的椭圆度、 圆锥度以及磨损情况；测量连 杆大头与小头孔的两个方向的 平行度，以确定连杆是否弯曲
4	曲 轴 和 主轴承	—	测量各轴承的径向和轴 向间隙，需要时应修整	测量曲轴主轴颈与曲拐轴径 的平行度，或各轴颈的磨损度 （椭圆度和圆锥度），以便修 整或更换曲轴；修整主轴承或 重浇轴承合金

(续)

序号	主要部件	小 修	中 修	大 修
5	轴封	—	检查调整轴封的各零件配合情况。若密封性良好,待大修时进行拆卸	检查静环和动环的密封面是否良好,内、外弹性圈是否老化,弹簧性能是否符合要求。否则,应更换新的
6	润 滑 系 统	清洗曲轴箱及粗滤油器,更换润滑油	检查和清洗油三通阀以及润滑系统;检查卸载装置是否良好,如有问题,应进行修理或更换新的	检查油泵齿轮的配合间隙,或更换齿轮和泵轴轴衬;检查和清洗精滤油器;检查和清洗油分配阀,如弹性圈老化,就应更换新的
7	其他	检查卸载装置的灵活性,查看油冷却器是否有漏水现象,清除污垢,检查和清洗吸气过滤器	检查电动机与压缩机传动装置的倾斜度和轴的同心率;检查压缩机基础螺栓和联轴器的紧固情况,以及活塞销或橡胶套的磨损情况	检查和校验压缩机的压力表、控制仪表和安全装置;检查和清洗回油浮球阀,或进行修理;清洗气缸盖水套的污垢

二、活塞式压缩机维护保养时润滑油的补充方法

制冷压缩机运转一段时间后,压缩机曲轴箱中的冷冻润滑油会出现一定的亏损,在机组运行过程中需要补充润滑油。

充灌过程中均应防止空气、水分、污垢进入系统。充灌的润滑油牌号应符合规定,并与原压缩机润滑油牌号相同,不允许把不同牌号的润滑油混合使用。

(一) 活塞式压缩机的润滑油的补充方法

压缩机补充冷冻润滑油操作主要有三种方法:

1. 低压吸入法 这种充注方法是油从压缩机吸气截止阀多用通道注入。具体操作步骤如下:

(1) 将润滑油倒入一个清洁、干燥的容器内。在压缩机吸入阀多用通道上装一个“T”形三通接头,并在“T”形三通接头上分别接一压力表和一根清洁、干燥的软管。

(2) 用棘轮扳手将压缩机吸气截止阀多用通道稍微开启一点,排出少量制冷剂气体,把软管内空气赶走。随即用手指按住管口,并迅速将管口浸入盛油容器油面以下。

(3) 将压缩机吸气截止阀调至全关状态,起动压缩机,待低压达到 300 ~ 400mmHg<sup>⊖</sup>真空度时,停止压缩机运行。

(4) 放开手指,瞬时冷冻润滑油在压差作用下,被吸入压缩机,并经吸气腔

⊖ 1mmHg = 133.322Pa。

的回油孔流入曲轴箱中。

(5) 观察曲轴箱示油镜,待油面达到视油镜中线以后,用棘轮扳手将压缩机吸气截止阀多用通道调至全开状态,压缩机补充加油工作完毕。

2. 不停机加油法 对于装有充、放油三通阀的压缩机可实现不停机加油。具体充油步骤如下:

(1) 压缩机正常运转,把油三通阀置于运转位置(阀芯应退足)旋下外通道螺塞,接上注油管,油管通至盛油容器。盛油容器的油面应高于曲轴箱的油面。

(2) 关小吸入阀,使曲轴箱压力(即低压值)略高于“0” MPa。将油三通阀芯向前(右)旋转少许,置于放油位置,让曲轴箱内的油流出,赶走管内的空气。然后迅速将阀芯向前(右)旋至极限位置,处于装油位置,盛油器内的油就会被油泵吸入。

(3) 待油加至要求油位时,把油三通阀转至运转位置。然后拆下注油管,并把装置调整在正常的运转工况。

### 3. 高压强制压入和常压注油孔注入法

(1) 高压强制压入法。高压强制压入法的原理是在注油管压力较曲轴箱油面压力(低压压力)更高的条件下,将润滑油强行注入曲轴箱。整个过程要借助于补油器来完成。注油管连接于补油器和曲轴箱之间,而补油器中的压力一般来自油泵或压缩机的排气端。补油器的结构参见前面章节相关内容。

补油器初次使用时,要利用压缩机的低压制冷剂蒸气来排除空气,排除后,方可向补油器中注入符合要求的润滑油。在必须向压缩机曲轴箱补油时,只要打开连接于压缩机排气端和注油管上的阀门,就可利用压缩机的排气压力强行将润滑油压入曲轴箱,当油位达到要求时关闭阀门。

(2) 常压注油孔注入法。有些压缩机既没有加油三通阀,吸气阀上也没有多用通道,而在压缩机曲轴箱上部设有注油孔,此时用其就可以用常压加油。加油时,先起动压缩机,关闭吸入阀,待低压压力降至表压 0 MPa 或稍高时,使压缩机停车,关闭排出阀,然后拆下注油孔闷头,用清洁干燥的漏斗直接将清洁油注入曲轴箱。因注油孔位置较高,曲轴箱内又有稍高于大气压力的压力,所以此时曲轴箱内充满比空气重的制冷剂气体,空气不容易进入曲轴箱内。待注油量达到要求,拿出漏斗,旋紧闷头,然后开起压缩机吸、排气阀,重新起动压缩机,加油工作即告结束。

### (二) 润滑油的更换

压缩机的润滑油在污蚀而颜色变深,黏度下降达 15% 以上时,在压缩机定期检查或拆修时才予以更换。更换时,应关闭压缩机吸入阀,起动压缩机将曲轴箱抽空,使溶解在滑油中的制冷剂逸出而回收。由于曲轴箱压力迅速降低,滑油呈沸腾状态,有可能被吸入气缸,如听到机内有液击声,应立即停机,稍停片刻,再瞬时

起动两三次，直至液击声消失，再继续运转。抽至规定真空度稳定后，停机并关闭排出阀；稍开压缩机吸入阀，使曲轴箱内压力回升到大气压力相等或稍高再关闭；打开曲轴箱的放油孔和注油孔闷头，放尽脏油；打开曲轴箱侧盖，清洁曲轴箱内部。清洗时应用棉布擦洗而不允许用棉纱或毛料。清洗完毕后，旋紧放油孔闷头，从注油孔注入合格的润滑油，至油位镜一半高度，然后拧紧注油孔闷头。最后按拆修装复的压缩机一样，使压缩机排出阀多用通道上的接管接通大气，继续起动压缩机，使曲轴箱抽空，把空气排净，再关闭此多用通道，并停车检查压缩机的抽真空性能。若真空性能合格，则在多用通道上复装压力表和压力控制器，并开起压缩机吸、排气阀。到此，换油完毕，压缩机即可重新开车运转。

冷冻润滑油的补充或重新充灌时，应准确把握充灌量，既不能过多，也不能过少。过多可能引起油击，冷凝器、蒸发器传热恶化以及通过膨胀阀的制冷剂流量减少等不正常现象；过少会使压缩机润滑状况恶化，造成压缩机卡缸、抱轴等问题发生。

### 三、活塞式压缩机运行维护中的监控

在中央空调系统运行中，为保证中央空调活塞式压缩机制冷机组在运行过程中的安全，应做到：“一看”即看压缩机的运行压力、温度、电流等参数的变化趋势；“二听”即听压缩机及辅助设备的运行声音；“三闻”即闻压缩机及其辅助设备在运行中有无异味；“四摸”即用手摸压缩机管道的温度变化情况，以便及早发现问题。

活塞式压缩机在运行中正常与否，可以通过对下列运行状态进行检查予以判断。

- (1) 活塞式压缩机起动运行后，应只能听到吸、排气阀片的起落声，不能有其他杂声；
- (2) 系统的冷凝器的进出水温差、水压应在规定的范围内；
- (3) 活塞式压缩机的润滑油压力值，应比吸气压力值高 0.15 ~ 0.3 MPa；
- (4) 压缩机的吸气温度应比蒸发温度高 15℃ 左右；
- (5) 活塞式压缩机运行中其气缸壁不能出现结露现象；
- (6) 活塞式压缩机曲轴箱内的润滑油温度不能超过 70℃，曲轴箱内的润滑油不能起泡沫，润滑油的液面不能低于视油镜的 1/2；
- (7) 制冷系统的储液器内制冷剂液面不能低于液面计的 1/3；
- (8) 活塞式压缩机自动回油管手摸时应时冷时热，系统的干燥过滤器两端应无明显的温度差，并且在所有接头处不应看到有泄漏造成的油污现象；
- (9) 用手触摸水冷式冷凝器时，应明显感到上半部热，下半部凉。

### 四、活塞式压缩机的常见故障及处理方法

活塞式压缩机的常见故障及处理方法见表 7-2。

表 7-2 活塞式制冷压缩机的常见故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
压缩机不运转	电气线路故障、熔丝熔断、热继电器动作 电动机绕组烧毁或匝间短路 活塞卡住或抱轴 压力继电器动作	找出断电原因，更换熔丝或按下复位按钮 测量各相电阻及绝缘电阻、修理电动机 打开机盖、检查修理 检查油压、温度、压力继电器、找出故障、修复后按下复位按钮
压缩机不能正常启动	线路电压过低或接触不良 排气阀片漏气，造成曲轴箱内压力过高 温度控制器失灵 压力控制器失灵	检查线路电压过低的原因及其电动机连接的起动元器件 修理研磨阀片与阀座的密封线 校验调整温度控制器 校验调整压力控制器
压缩机启动、停机频繁	温度继电器幅差太小 排气压力过高，高压继电器动作	调整温度继电器的控制温度 检查冷凝器的供水情况
压缩机不停机	制冷剂不足或泄漏 温控器、压力继电器或电磁阀失灵	检漏、补充制冷剂 检查后修复或更换
压缩机启动后没有油压	供油管路或油过滤器堵塞 油压调节阀开启过大或阀芯损坏 曲轴箱内有氟液，油泵不上油	疏通清洗油管和油过滤器 调整油压调节阀，使油压调至需要数值，或修复阀芯 打开加热器，加热曲轴箱中液体驱除氟液
油压过高	油压调节阀未开或开启过小 油压调节阀阀芯卡住	调整油压达到要求值 修理油压调节阀
油压不稳	油泵吸入带有泡沫的油 油路不畅通	排除油起泡沫的原因 检查疏通油路
油温过高	曲轴箱油冷却器缺水 主轴承装配间隙太小 油封摩擦环装配过紧或摩擦环拉毛 润滑油不清洁	检查水阀及供水管路 调整装配间隙，使之符合技术要求 检查修理轴封 清洗油过滤器、换上新油
油泵不上油	油泵严重磨损，间隙过大 油泵装配不当 油管堵塞	检修更换零件 拆卸检查、重新装配 清洗过滤器和油管
曲轴箱中润滑油起泡沫	油中混有大量氟液，压力降低时由于氟液蒸发引起泡沫 曲轴箱中油太多，连杆大头搅动油引起泡沫	将曲轴箱中氟液抽空，换上新油 从曲轴箱中放油，降到规定的油面



(续)

故障现象	故障原因	处理方法
压缩机耗油量过多	油环严重磨损, 装配间隙过大 油环装反, 环的锁口在一条线上 活塞与气缸间隙过大 油分离器自动回油阀失灵	更换油环 重新装配 调整活塞环, 必要时更换活塞或缸套 检修自动回油阀, 使油及时返回曲轴箱
曲轴箱压力升高	活塞环密封不严, 高低压串气 排气阀片关闭不严 缸套与机座不密封 氟液进入曲轴箱蒸发所致	检查修理 检修阀片密封线 清洗或更换垫片 抽空曲轴箱氟液
能量调节机构失灵	油压过低 油管堵塞 油活塞卡住 拉杆与转动环卡住 油分配阀安装不合适	调整油压 清洗油管 重新装配 检修拉杆与转动环, 重新装配 用通气法检查各工作位置是否适当
排气温度过高	冷凝温度太高 吸气温度太低 回气温度过热 活塞上止点余隙过大	加大冷却水量, 放空气 调整供液量或向系统加氟 按吸气温度过热处理 按设备技术要求调整余隙
回气过热度过高	蒸发器中供液太少或系统缺氟 吸气阀片漏气或破损 吸气管道隔热失效	调整供液量, 或向系统加氟 检查研磨阀片或更换阀片 检查更换隔热材料
压缩机排气压力比冷凝压力高	排气管道中的阀门未全开 排气管道内局部堵塞 排气管道管径太小	开足排气管道中的阀门 检查去污, 清理堵塞物 通过验算, 更换管径
吸气压力比正常蒸发压力低	制冷量大于蒸发器的热负荷。进入蒸发器的氟液未来得及蒸发吸热即被压缩机吸入	调整压缩机, 使制冷量与蒸发器的热负荷相一致
压力表指针跳动剧烈	系统内有空气 压力表失灵	进行放空气 检修或更换压力表
气缸中有敲击声	活塞上死点余隙过小 活塞销与连杆小头孔间隙过大 吸排气阀固定螺栓松动 安全弹簧变形, 丧失弹性 活塞与气缸间隙过大 阀片破碎, 碎片落入气缸内 润滑油中残渣过多 气缸与曲轴连杆中心线不正 氟液进入气缸产生液击	按要求重新调整余隙 更换磨损严重的零件 紧固螺栓 更换弹簧 检修或更换活塞环与缸套 停机检查更换阀片 清洗换油 检查修理 调整操作

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
曲轴箱有 敲击声	连杆大头瓦与曲拐轴颈的间隙过大 主轴承与主轴颈间隙过大 开口销断裂, 连杆螺母松动 联轴器中心不正或联轴器键槽松动 主轴滚动轴承的轴承架断裂或钢珠磨损	调整或换上新瓦 修理或换上新瓦 更换开口销, 紧固螺母 调整联轴器或检修键槽 更换轴承
气缸拉毛	活塞与气缸间隙过小, 活塞环锁口尺寸 不正确 排气温度过高, 引起油的黏度降低 吸气中含有杂质 润滑油黏度太低, 含有杂质 连杆中心与曲轴颈不垂直, 活塞走偏	按要求间隙重新装配  调整操作, 降低排气温度 检查吸气过滤器, 清洗或换新 更换润滑油 检修校正
阀片变形 或断裂	压缩机液击 阀片装配不正确 阀片质量差	调整操作, 避免压缩机严重来霜 细心、正确地装配阀片 换上合格阀片
轴封严重 漏油	装配不良 动环与静环摩擦面拉毛 橡胶密封圈变形 轴封弹簧变形、弹力减弱 曲轴箱压力过高	正确装配 检查校验密封面 更换密封圈 更换弹簧 检修排气阀泄漏, 停机前使曲轴箱降压
轴封油温 过高	动环与静环摩擦面比压过大 主轴承装配间隙过小 填料压盖过紧 润滑油含杂质多或油量不足	调整弹簧强度 调整间隙达到配合要求 适当紧固压盖螺母 检查油质, 更换油或清理油路油泵
压缩机主 轴承发热	润滑油不足或缺油 主轴承径向间隙过小 主轴瓦拉毛 油冷却器冷却水不畅	检查油泵、油路, 补充新油 检修主轴承径向间隙, 达到要求 检修或换新瓦 检修油冷却器管路, 保证供水畅通
连杆大头 瓦熔化	大头瓦缺油, 形成干摩擦 大头瓦装配间隙过小 曲轴油孔堵塞 润滑油含杂质太多, 造成轴瓦拉毛发热 熔化	检修清洗油泵, 换上新瓦 按间隙要求重新装配 检查清洗曲轴油孔 换上新油和新轴瓦
活塞在气 缸中卡住	气缸缺油 活塞环搭口间隙太少 气缸温度变化剧烈 油含杂质多, 质量差	疏通油路, 检修油泵 按要求调整装配间隙 调整操作, 避免气缸温度剧烈变化 换上合格的润滑油

## 第二节 螺杆式压缩机的维护与检修

### 一、螺杆式压缩机的保养内容

螺杆式压缩机的保养的主要内容包括日常的保养和定期检修。一般情况下,由于螺杆式压缩机的装配精度要求很高,为确保质量和配件的质量,螺杆式压缩机主机的维护保养,多交与制造厂家进行。

冷凝器的清洗保养一般是在运行维护操作中,多进行的是冷凝器的清洗保养。其方法一是使用专用的清管枪对管子进行清洗;二是使用专用清洗剂进行循环冲洗,或是在循环水中加入清洗剂,循环 24h,然后放掉清洗剂,用清水洗净至干净为止。

螺杆式压缩机运行一段时间后,其润滑油因混入杂质和水分,质量会变差,应定期观察和检查油质,一旦发现问题,应及时用同牌号或同技术参数的润滑油予以更换。

为保证制冷系统安全运行,每年应检查一次干燥过滤器滤芯是否为干燥状态,若有问题,应予更换。

机组在运行过程,会因各种原因造成制冷剂的泄漏,应随时监测机组制冷剂的状态,及时予以补充,使机组的制冷剂处于充足状态。

### 二、螺杆式压缩机运行中常见的问题

螺杆式制冷压缩机运行中常见的问题主要有以下几个:

(1) 泄漏故障。螺杆式冷水机组制冷剂泄漏可分为内漏和外漏两种。内漏是指各个阀门(如供液阀、吸排气阀)关不紧,制冷剂在机组系统内部泄漏,影响机组的操作和制冷效果。外漏是指机组系统内制冷剂向外界环境(即大气)的泄漏,它使机组无法运行并产生严重经济损失。相对而言机组外漏的概率较高,其原因可能有

1) 机组一些铸件在铸造中由于型砂质量较差或铸造工艺不好,形成砂眼和裂纹,而机组管理人员在检漏时重点放在密封连接处,常忽略对铸件机体的检漏,从而发生制冷剂外漏。

2) 密封件磨损或破裂,如吸排气阀阀杆和阀体的 O 形环老化、磨损导致密封失效,轴封内动环擦伤,静环破裂。

3) 换热器内泄漏,蒸发器由于低压过低(低压控制器失灵)或冷冻水循环不畅,使得蒸发温度低于 0℃,冻裂蒸发器传热管,制冷剂从冷冻水系统中漏掉。蒸发器和冷凝器的传热管与管扳胀管未胀紧亦可导致制冷剂漏出。

当机组出现外漏时,将外漏点前后阀门关紧,整个机组内的制冷剂即可保住。若既有外漏又有内漏而不及时处理,机组内的制冷剂可能全部漏光。

(2) 石墨环炸裂。螺杆式冷水机组的螺杆是高速旋转的机械,它的轴端采用

机械密封，其动环和静环（石墨环）密封面经常会由于操作不当发生磨损的裂纹。

1) 冷却水断水。当冷却水系统中混入空气或者冷却水循环不畅时，冷凝器内制冷剂冷凝困难，压缩机高压端排气压力骤然上升，动环和静环密封油膜被击破，出现半干摩擦或干摩擦。在摩擦应力作用下，石墨环产生裂纹；压缩机启动时加载过快，高压突然增大同样会使石墨环破裂。

2) 轴封的弹簧及压盖安装不当，使石墨环受力不均，造成石墨环破裂。

3) 轴封润滑油的压力和黏度也会影响密封动压液膜的形成，是石墨环损坏的重要因素。

(3) 电器控制元器件失灵。电器控制元器件不稳定有下述几种原因：

1) 电器控制元器件质量有问题；

2) 电器控制元器件安装技术存在缺陷；

3) 电器控制元器件使用空间内部湿度太大，使电器控制元器件生锈、腐蚀。因此，在机组运行和停机期间要注意保持场地的干燥和通风，以免电器控制元器件生锈、腐蚀。

三、螺杆式压缩机的常见故障及处理方法

螺杆式制冷压缩机常见故障及其处理方法见表 7-3。

表 7-3 螺杆式冷水机组常见故障和处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
起动负荷大，不能起动或起动后立即停车	能量调节未至零位	减载至零位
	压缩机与电动机不同轴度过大	重新校正同轴度
	压缩机内充满油或液体制冷剂	盘动压缩机联轴节，将机腔内积液排出
	压缩机内磨损烧伤	拆卸检修
	电源断电或电压过低（低于额定值 10% 以上）	排除电路故障，按要求正常供电
	压力控制器或温度控制器调节不当，使触头常开	按要求调整触头
	压差控制器或热继电器断开后未复位	按下复位键
	电动机绕组烧毁或短路	检修
压缩机在运转中突然停车	变位器、接触器、中间继电器线圈烧毁或触头接触不良	拆卸检查，修复
	温度控制器调整不当或出故障不能打开电磁阀	调整温度控制器的调定值或更换温器
	电控柜或仪表箱电路接线有误	检查、改正
	吸气压力低于低压继电器调定值	查明原因，排除故障
	排气压力过高，使高压继电器动作	查明原因，排除故障
	温度控制器调得过小或失灵	调大控制范围，更换温控器

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
压缩机在运转中突然停车	电动机过载使热继电器动作或熔丝熔断 油压过低使压差控制器动作 油精滤器压差控制器动作或压差控制器失灵 控制电路故障 仪表箱接线端松动，接触不良 油温过高，油温继电器动作	排除故障，更换熔丝 查明原因，排除故障 拆洗精滤器、压差继电器调到规定值，更换压差控制器 查明原因，排除故障 查明后上紧 增加油冷却器冷却水量
机组振动过大	机组地脚未紧固 压缩机与电动机不同轴度过大 机组与管道固有振动频率相近而共振 吸入过量的润滑油或液体制冷剂	塞紧调整垫铁，拧紧地脚螺栓 重新校正同轴度 改变管道支撑点位置 停机，盘动联轴器将液体排出
运行中有异常声音	压缩机内有异物 止推轴承磨损破裂 滑动轴承磨损，转子与机壳磨擦 联轴节的键松动	检修压缩机及吸气过滤器 更换 更换滑动轴承，检修 紧固螺栓或更换键
排气温度过高	冷凝器冷却水量不足 冷却水温过高 制冷剂充灌量过多 膨胀阀开启过小 系统中存有空气（压力表指针明显跳动） 冷凝器内传热管上有水垢 冷凝器内传热管上有油膜 机内喷油量不足 蒸发器配用过小 热负荷过大 油温过高 吸气过热度过大	增加冷却水量 开启冷却塔 适量放出制冷剂 适当调节 排出空气 清除水垢 回收冷冻机油 调整喷油量 更换 减少热负荷 增加油冷却器冷却水量 适当开大供液阀，增加供液量
压缩机本体温度过高	吸气温度过高 部件磨损造成摩擦部位发热 压力比过大 油冷却器能力不足 喷油量不足 由于杂质等原因造成压缩机烧伤	适当调大节流阀 停车检查 降低排气压力 增加冷却水量，降低油温 增加喷油量 停车检查
蒸发温度过低	制冷剂不足 节流阀开启过小 节流阀出现脏堵或冰堵 干燥过滤器堵塞 电磁阀未全打开或失灵 蒸发器结霜太厚	添加制冷剂到规定量 适当调节 清洗、修理 清洗、更换 开启、更换 关小膨胀阀

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
油压过低	油压调节阀开启过大 油量不足（未达到规定油位） 油路管道或油过滤器堵塞 油泵故障 油泵转子磨损 油压表损坏，指示错误	适当调节 添加冷冻机油到规定值 清洗 检查、修理 检修、更换 检修、更换
油压过高	油压调节阀开启度太小 油压表损坏，指示错误 油泵排出管堵塞	适当增大开启度 检修、更换 检修
油温过高	油冷却器效果下降	清除油冷却器传热面上的污垢，降低冷却水温或增大水量
冷凝压力过高	冷凝器冷却水量不足 冷凝器传热面结垢 系统中空气含量过多 冷却水温过高	加大冷却水量 清洗 排放空气 开启冷却塔
润滑油消耗量过大	加油过多 奔油 油分离器效果不佳	放油到规定量 查明原因，进行处理 检修
油位上升	制冷剂溶于油内	关小节流阀，提高油温
吸气压力过高	节流阀开启过大或感温包未扎紧 制冷剂充灌过多 系统中有空气	关小节流阀，正确捆扎 放出多余的制冷剂 排放空气
制冷量不足	吸气过滤器堵塞 压缩机磨损后间隙过大 冷却水量不足或水温过高 蒸发器配用过小 蒸发器结霜太厚 膨胀阀开得过大或过小 干燥过滤器堵塞 节流阀脏堵或冰堵 系统内有较多空气 制冷剂充灌量不足 蒸发器内有大量润滑油 电磁阀损坏 膨胀阀感温包内充灌剂泄漏 冷凝器或储液器的出液阀未开启或开启度过小 制冷剂泄漏过多 能量调节指示不正确 喷油量不足	清洗 检修更换 调整水量，开启冷却塔 减小热负荷或更换蒸发器 定期融霜 按工况要求调整阀门开启度 清洗 清洗 排放空气 添加至规定值 回收冷冻机油 修复或更换 修复或更换 开启出液阀到适当 查出漏处，检修后添加制冷剂 检修 检修油路、油泵，提高油量



(续)

故障现象	故障原因	处理方法
压缩机结霜严重或机体温度过低	热力膨胀阀开启过大 系统制冷剂充灌量过多 热负荷过小 热力膨胀阀感温包未扎紧或捆扎位置不正确 供油温度过低	适当关小阀门 排出多余的制冷剂 增加热负荷或减小冷量 按要求重新捆扎  减小油冷却器冷却水量
压缩机能量调节机构不动作	四通阀不通 油管路或接头处堵塞 油活塞间隙大 滑阀或油活塞卡住 指示器故障 油压过低	检修或更换 检修、清洗 检修或更换 拆卸检修 检修 调节油压调节阀
压缩机轴封漏油（允许值为6滴/min）	轴封磨损过量 动环、静环平面度过大或擦伤 密封阀、O形环过松、过紧或变形 弹簧座、推环销钉装配不当 轴封弹簧弹力不足 轴封压盖处纸垫破损 压缩机与电动机不同轴度过大引起较大振动	更换 研磨，更换 更换 重新装配 更换 更换 重新校正同轴度
压缩机运行中油压表指针振动	油量不足 精过滤器堵塞 油泵故障 油温过低 油泵吸入气体 油压调节阀动作不良	补充油 清洗 检修或更换 提高油温 查明原因进行处理 调整或拆修
停机时压缩机反转不停（反转几转属正常）	吸气止回阀故障（如止回阀卡住，弹簧弹性不足或止回阀损坏）	检修或更换
蒸发器压力或压缩机吸气压力不等	吸气过滤器堵塞 压力表故障 压力传感元件故障 阀的操作错误 管道堵塞	清洗过滤器 检修、更换 更换 检查吸入系统 检查、清理

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
机组奔油	在正常情况下发生奔油 油温过低 供液量过大 增载过快 加油过多 热负荷减小	注意操作 提高油温 关小节流阀 分几次增载 放油到适量 增大热负荷或减小冷量
润滑油进入 蒸发器和冷凝器	吸气带液 油温低于 20℃ 停机时, 吸气止回阀卡住	关小冷凝器出液阀 将油温升至 30℃ 以上 检修吸气止回阀
制冷剂大量 泄漏	蒸发器传热管冻裂 传热管与管板胀管处未胀紧  机体的铸件由于型砂质量较差或铸造工艺不合理而形成砂眼和裂纹 密封件磨损或破裂, 如吸、排气阀阀杆和阀体 O 形环老化、磨损导致泄漏	更换冻裂的传热管 将蒸发器、冷凝器端盖拆下, 检查胀管处, 有泄漏重新胀紧 修补或更换  更换密封件
石墨环炸裂	由于冷却水系统中混入空气或循环不畅, 冷凝器内制冷剂冷凝困难, 压缩机排气压力上升, 轴端动、静环密封油膜被冲破, 出现半干或干摩擦, 在摩擦热力作用下石墨环产生炸裂 压缩机启动时增载过快, 高压突然增大使石墨环炸裂 轴封的弹簧及压盖安装不当使石墨环受力不均造成破裂 轴封润滑油的压力和黏度影响密封动压液膜的形成而造成石墨环炸裂	停机更换, 排除冷却水系统中的空气, 降低排气压力  更换, 压缩机启动时应缓慢增载  停机更换, 注意更换时使其受力均匀  停机更换, 注意油压, 黏度过低时应更换符合质量标准的润滑油

第三节 离心式压缩机的维护与检修

一、离心式压缩机每月保养工作内容

离心式压缩机在运行过程中每个月都要进行保养工作, 以保证压缩机安全运行。其主要工作内容如下:

(1) 检测机组润滑油的颜色和液面, 使其保持正常工作状态, 若有问题, 应及时处理。

(2) 检查机组制冷剂的液面，使其保持正常工作状态，若有问题，应及时处理。

(3) 检查和调节机组的供油和回油温度。

(4) 检查机组运行时的噪声和振动是否异常。

(5) 检查机组制冷剂和润滑油有无泄漏现象。

(6) 检查机组水系统的安全保护装置是否正常。

## 二、离心式压缩机年度停机时的维护保养

离心式冷水机组在年度停机时，应在以下各个方面做好相关维护保养工作：

(1) 清洁控制柜；

(2) 检查各接线端子并加强紧固；

(3) 清理各接触器触头；

(4) 紧固各接线点螺钉；

(5) 测量主电机绝缘电阻，检查其是否符合机组规定的数值；

(6) 检查电源交流电压和直流电压是否正常；

(7) 校准各电流表和电压表；

(8) 校正压力传感器；

(9) 查测温探头；

(10) 检查各安全保护装置的整定值是否符合规定要求；

(11) 清洁浮球阀室内部过滤网及阀体，用手触动浮球阀各组件，看其动作是否灵活轻巧，检查过滤网和盖板垫片，有破损要更换；

(12) 手动检查导叶开度是否与控制指示同步，并处于全关闭位置，传动构件连接是否牢固；

(13) 不论是否已用化学方法清洗，每年都必须采用机械方法清洗一次冷凝器中的水管；

(14) 由于蒸发器通常是冷冻水闭式循环系统的一部分，一般每三年清洗一次其中的水管即可；

(15) 更换油过滤芯、油过滤网；

(16) 根据油质情况，决定是否更换新冷冻油；

(17) 更换干燥过滤器；

(18) 对制冷系统进行抽真空、加氮气保压、检漏；

(19) 停机期间，要求每周一次手动操作油泵运行 10min。对于制冷剂为 R11 和 R123 的机组还要每两周运行抽气回收装置 30min 和 2h，防止空气和不凝性气体在机组中聚积；

(20) 在停机过冬时，如果有可能发生水冻结的情况，则要将冷凝器和蒸发器中的水全部排空；

(21) 给 R11 机组的抽气回收装置换油，清洗其冷凝器；

(22) 如果是 R11 机组需长期停机, 应放空机组内的制冷剂和润滑油, 并充注 0.03 ~ 0.05 MPa (表压) 的氮气, 关闭电源开关和油加热器。

### 三、离心式压缩机运行中常见问题的处理

#### (一) 润滑油系统常见故障分析

##### 1. 润滑油压力太低

(1) 油泵接线错误。润滑油泵不能起动或转向错误, 应检查油泵的接线是否正确, 予以调整。

(2) 油温过低。润滑油中溶入过多的制冷剂, 轴承中无法形成油膜。油泵吸入过多由制冷剂和润滑油混合形成的泡沫, 使油泵产生空吸现象而剧烈振动, 造成油压过低。其主要是开机前对润滑油加热时间过短所致, 应停止机组运行, 对润滑油进行加热, 达到油温要求后再重新开机。

(3) 油过滤器堵塞。机组油过滤器前后压差过大, 使供油压力下降, 油泵电动机过电流, 机组停机。应放出机组的润滑油, 更换油过滤器的滤网, 清洗油槽, 重新灌注新的润滑油。

(4) 油压阀调节不当, 造成油压过低, 应重新调整油压阀。

##### 2. 润滑油压力过高

(1) 油压调节阀开度过小。油压调节阀开度不够, 造成油压过高, 应适当加大油压阀的开启度。

(2) 油系统的管路有堵塞。使油压调节阀开度合适, 但由于油系统的管路有堵塞, 会造成油压力表指示读数过高。检查油系统的管路是否有堵塞现象, 并予以疏通。

##### 3. 油压波动

(1) 油系统管路中混入制冷剂蒸气造成压力表指针波动。造成原因是开机前, 对润滑油加热时间过短, 润滑油中混有大量制冷剂蒸气所致。此时, 应打开机组加热, 对润滑油进行加热, 排除润滑油中的制冷剂蒸气。

(2) 机组油槽内的油位过低。机组油槽内的油位低于总回油管口, 造成油泵吸入大量制冷剂泡沫和蒸气。此时应适量给机组补充润滑油, 使机组油槽内的油位高过总回油管口。

#### (二) 离心式制冷压缩机的常见故障分析

1. 通电后压缩机不能起动压缩机 离心式制冷压缩机通电后不能起动的故障原因主要有 4 个: 一是供电电源有问题; 二是离心式制冷压缩机的导叶没有处在全关位置; 三是控制电路中的熔断器烧毁; 四是机组的过载继电器动作。

排除方法: 一是检查电源供电线路, 找出问题, 恢复正常供电; 二是将离心式制冷压缩机的导叶自动-手动开关换到手动位置上, 并用手动将导叶关闭; 三是找出控制电路中的熔断器烧毁的原因, 更换新的熔断器; 四是按下机组过载继电器的复位开关, 看其能否工作, 或重新调整过载继电器的动作参数的设定值。

2. 离心式制冷压缩机运行时转动不平稳 造成离心式制冷压缩机运行时转动不平稳问题的原因主要有：一是机组运行时油压过高；二是机组的轴承间隙过大；三是机组的防振装置调整的位置不对；四是机组密封填料和旋转体接触；五是机组的增速齿轮磨损严重；六是机组的主轴发生了弯曲。

排除方法：一是将机组的油压降至额定值；二是调整机组的轴承间隙或更换轴承；三是调整或更换防振装置中的弹簧；四是调整机组密封填料和旋转体之间的间隙；五是修理或更换机组的增速齿轮；六是校正机组的主轴。

3. 离心式制冷压缩机运行时电动机负荷过大 造成离心式制冷压缩机运行时电动机负荷过大问题的主要原因有：一是机组的制冷负荷过大；二是压缩机吸入大量的液体制冷剂；三是机组运行中冷凝器中的冷却水温度过高；四是冷凝器中的冷却水量过少；五是制冷系统内有不凝性气体。

排除方法：一是采取开启备用机组的方法，减小机组的制冷负荷；二是降低蒸发器中的液面，杜绝压缩机吸入大量的液体制冷剂；三是通过调整冷却水流量或改善冷却塔工况的方法，降低冷凝器中冷却水的温度；四是通过提高水泵转速或增加水泵工作台数的方法，加大冷却水流量；五是开启机组的抽气回收装置，排除制冷系统内的不凝性气体。

4. 离心式制冷压缩机运行时出现“喘振” 造成离心式制冷压缩机运行时出现“喘振”问题的主要原因有：一是机组运行时冷凝压力过高；二是机组运行时蒸发压力过低；三是机组运行时进口导叶开度过大。

排除方法：一是通过提高水泵转速的或增加水泵工作台数的方法，加大冷却水流量，降低冷凝压力；二是通过开启旁通阀，增加机组的吸气量，提高机组吸气的蒸气压力；三是调整机组运行时进口导叶开度，使之与机组运行负荷相适应。

5. 离心式制冷压缩机运行时冷凝压力过高 造成离心式制冷压缩机运行时冷凝压力过高问题的主要原因有：一是机组内渗入了空气；二是冷却水系统流量不足；三是冷却水系统的水温过高；四是冷凝器管壁上结垢太厚。

排除方法：一是启动机组的抽气回收装置，排除系统中的空气；二是通过清洗水系统的过滤器或提高水泵转速的方法，加大冷却水流量，降低冷凝压力；三是改善冷却水系统的散热条件，用降低冷却水的温度方法，达到降低冷凝压力的目的；四是用机械或化学方法清洗冷凝器的管壁，除去冷凝器管壁上的水垢，改善热交换条件，降低机组的冷凝压力。

6. 离心式制冷压缩机运行时蒸发压力过高 造成离心式制冷压缩机运行时蒸发压力过高问题的主要原因有：一是系统的制冷负荷过大；二是机组的浮球室液面下降，没有形成液封。

排除方法：一是在机组运行时开大进口导叶；二是检修机组的浮球室，使其形成液封。

7. 离心式制冷压缩机运行时蒸发压力过低 造成离心式制冷压缩机运行时蒸

发压力过低问题的主要原因有：一是系统中的制冷剂不足；二是蒸发器管路中污垢太多；三是机组的浮球阀动作失灵；四是制冷剂不纯；五是制冷系统的负荷减少；六是水路系统中有空气。

排除方法：一是适量向系统中补充制冷剂；使其满足制冷运行的需求；二是清洗蒸发器管路系统；三是检修浮球阀使其动作灵活；四是用收氟机提纯或更换制冷剂；五是适度关小机组的进口导叶；六是排除水系统中的空气。

8. 离心式制冷压缩机运行时润滑油压力过低 造成离心式制冷压缩机运行时润滑油压力过低问题的主要原因有：一是润滑油含有制冷剂，使起润滑能力变低；二是系统润滑油的过滤器堵塞；三是机组的润滑油压力调节阀失灵；四是机组油箱内的压力过低。

排除方法：一是减少机组油冷却器的冷却水供应量，提高润滑油的温度；二是清洗油路系统的过滤器；三是检修或更换机组的润滑油压力调节阀；四是调整机组润滑油系统均压管的开度。

#### 四、离心式压缩机的常见故障及处理方法

离心式制冷压缩机在运行过程中的常见故障还有很多，具体见表 7-4。

表 7-4 离心式制冷压缩机的常见故障及处理方法

项目	故障现象	故障原因	处理方法
压缩机不起动	准备工作已经完成	电动机的电源事故 导叶不能全关 控制线路熔断 过载继电器动作	检查电源，使之供电 将导叶自动手动切换开关切换到自动位置 检查熔断器，加以更换 按下继电器的复位按钮，或检查继电器的设定电流。检查导叶控制装置的限流继电器。限流继电器用以调节导叶，使主电动机不致过载。因此其设定值应低于过载继电器
	油泵起动不了	防止频繁起动的定时器动作 开关不能合闸	等待过了所定的时间后再起动 按下过载继电器的复位按钮，检查熔断器是否断线
	油压上不去	油柜内油位太低 油泵倒转  过滤器堵塞 油起泡沫	补到规定油位 重新接线（三相时更改任意二相的接线次序） 清洗过滤器或更换 冷媒水温度降低而只给蒸发器供水时，机器内部压力下降，油柜内的油起泡沫，要在消泡后起动



(续)

项目	故障现象	故障原因	处理方法
冷凝压力异常升高	冷却水出口温度和冷凝温度的差增大	空气漏入机内 冷凝器管子结垢 冷却水中混有空气	开动抽气装置，将空气排掉 对管子内部进行除垢 改进泵吸入口的填料函等
	故障现象同上，且冷却水出、入口温度差和阻力损失都减小	水室内的垫片外移或隔板破损	克服冷却水短路而不流入管内的现象
	冷却水入口温度或出口温度高	冷却塔不好  冷却水量不足	检查风机的旋转 检查补给水是否足够 检查淋水喷嘴是否堵塞，旋转喷嘴的旋转情况 检查泵的排量是否正常 检查冷却水管路的阀是否全开 检查冷却水系统的滤器是否堵塞
冷凝压力降低	压力表的指示值低于冷却水温度的相应值	压力表接管内有制冷剂凝结	不能有管子过长和中途冷却的现象，修正接管的弯圈，防止凝结
	制冷剂冷却电动机的绕组温度上升	冷却水温降低 水量过大	减小到恰当的冷却水量，将冷却水出口温度升到规定值以上
载制冷剂不能冷却到规定温度	蒸发压力升高，电动机功率有多余	温度调节器的设定值太高 测温电阻管结露 导叶无法打开  导叶不能自动  导叶不能手动操纵  控制导叶开度的温度计信号变而电流值不变	修正调节器的设定值 干燥后将电阻线密封 检查导叶自动手动切换开关是否位于自动位置 将切换开关置于手动位置，使导叶开关与负荷平衡，并检查温度调节器是否有故障 可考虑为手动操纵器、导叶电动机或导叶驱动机构有故障，予以改善 导叶的内部驱动机构破损，予以修理
载制冷剂冷却效果差	蒸发压力升高，电动机满功率运行	制冷负荷过大	增加运转台数，减少每一台承担的负荷 空调区的外部大气漏入量过大，应加以调节
	冷凝压力降低	参照“冷凝压力异常升高”项	
	蒸发压力降低	参照“蒸发压力降低”项	
	压缩机排气温度降低	制冷剂量充注过多，压缩机中吸入制冷剂液	将制冷剂抽出一部分，使机组中的制冷剂存有量达到额定要求

(续)

项目	故障现象	故障原因	处理方法
蒸发压力降低	制冷剂温度与载冷剂出口温度的差增大, 压缩机排气温度上升	制冷剂注入量不足 (液位下降) 制冷剂损失 (液位下降) 制冷剂污染 制冷剂浮球阀动作不对 漏水 (液位上升) 蒸发器内漏水 浮球阀冻结 (液位下降) 水室内的垫片外移或隔板损坏 (压力损失低) 冷媒水泵吸入口有空气混入	加注制冷剂  停下制冷机, 检查制冷剂液位, 排除制冷剂损失的原因 (气密性不好或抽气装置不好), 添加更换制冷剂 修理浮球阀 修理漏水部位, 在机器内充分干燥后再运转 同上 改进冷媒水在水室内的短路  改进泵吸入口的填料函, 将吸入管插到水面下
	压缩机排气温度并没有上升多少, 载冷剂出口温度与制冷剂温度差增加	管子污染或一部分堵塞	清理管子, 除去障碍物
	载冷剂出口温度降低	温度调节器的设定值低 导叶开得过大 制冷负荷太小 自动起停用恒温控制器工作不正常	重新调节设定值 适当关小导叶开口 适当提高冷却水温度 检查调整恒温控制器
轴承和润滑系统不好	油压降低	油过滤器堵塞 油压调节阀不好 油起泡沫	清洗过滤器或加以更换 将阀磨合或更换 减少油冷却器的冷媒水或制冷剂量, 使油温上升, 将油中的制冷剂蒸发掉
	油压表激烈摆动	油压表接管中混入制冷剂气体或空气 油压调节阀不好 油位降低, 油泵汽蚀 油起泡沫	松开油压表的外套螺母, 放出接管中的空气或气体 更换调节阀 补油 减少油冷却器的冷媒水或制冷剂量, 使油温上升, 将油中的制冷剂蒸发掉
	油温过低	油冷却器过冷 油加热器恒温控制器设定温度不对 油加热器断线	调节到保持适当温度 再检查设定温度  更换油加热器

(续)

项目	故障现象	故障原因	处理方法
轴承和润滑系统不好	油温过高	油加热器恒温控制器设定温度不对 油冷却器冷却介质供给量不当  油冷却器污染 运转中油加热器工作不好	调整设定温度  调节冷却水或制冷剂，增加冷却器的能力，在采用制冷剂冷却方式时调整阀的节流量，充分蒸发，加以冷却 清洗或更换 检查电气线路，排除原因
	轴承温度高	连接不好 轴瓦不好 油污染或混入水 油冷却器脏污 油冷却器冷却介质供给量不当 压缩机排气温度过高  冷凝压力异常升高	调整连接情况 更换轴瓦或重新浇铸白合金 更换油或修理漏水部位 清洗或更换 参照“油温过高”项  参照“冷凝压力异常升高”、“蒸发压力降低”项 参照“冷凝压力异常升高”项
过负荷和制冷量不足	过负荷	连接不好 载冷剂入口温度高  吸入制冷剂液 水漏入压缩机内 限流继电器设定不好 仪表不好	调整连接情况 消除制冷负荷过大的原因 参照“载冷剂不能冷却到规定温度”项 抽出制冷剂液，降低液位 修理漏水部位，使压缩机内干燥 调节限流继电器，不要造成过负荷 更换仪表
	制冷量不足	冷凝压力上升 蒸发压力降低 降低转速或倒转 叶轮磨损或被腐蚀 迷宫密封磨损 仪表不好	参照“冷凝压力异常升高”项 参照“蒸发压力降低”项 调成正转 更换叶轮 更换迷宫密封 更换仪表
振动与噪声	转子振动	叶轮因磨损、腐蚀而不平衡 连接不好 轴瓦间隙大 转子与迷宫密封接触 压缩机吸入大量制冷剂液 轴弯曲 防振装置不好 基础下沉 制冷剂接管连接不好，造成轴中心线歪斜	再调整转子的平衡 再调整连接情况 更换轴瓦或浇铸白合金 调整配合状态 抽出制冷剂液，降低液位 校直 更换防振装置 调整机组与基础之间的连结情况 再调整制冷剂接管

(续)

项目	故障现象	故障原因	处理方法
振动与噪声	噪声	喘振  油起泡沫 齿轮增速装置不好 联结不良 制冷剂、冷却水 接管传声  电动机有噪声 电刷有异常响声	参照“冷凝压力异常升高”、“蒸发压力降低”项 参照“轴承与润滑系统”不好 调整齿轮或更换 调整联结情况 接管中间加装挠性接头 接管重量不要加到制冷机上,或者接管的悬架上装弹簧 调整定子与转子间的间隙 检查或更换电刷
抽气回收装置不好	压缩机油减少	活塞的刮油环不良 油分离器不良	更换刮油环 检查浮球阀的工作和加热器是否断线
	压缩机油位上升	制冷剂混入油中	排出阀不良(制冷剂从排出侧逆流),调整吸入压力调节阀,使之与室温相适应停下抽空压缩机时,关闭吸入和排出管路的阀
	压缩作用不完全	阀不好 空气排出阀不好 皮带打滑 液态压缩	清理压缩机阀座或更换阀 调整设定值或更换 张紧皮带 调整吸入压力调节阀,使之与室温配合
	制冷剂损失大	抽气柜浮球阀不良 空气放出阀设定不对 辅冷凝器冷却不良 截止阀工作不良 抽气压缩机金属密封不良  过量空气漏入制冷机	拆开清洗浮球阀,磨合阀座,检查浮球阀根据室温和冷却水温正确设定放出压力 检查冷却水量,清除冷却面的污垢 检查制冷剂回流阀是否开,自动运转方式时检查阀是否在自动位置重配密封片或予以更换 检查漏气部位,加以修补
腐蚀	机器内腐蚀	气密不好 湿气渗入漏水 漏制冷剂,压缩机排气温 度在 100℃ 以上	修补漏气部位 修理漏水部位,使机内干燥 为了避免制冷剂分解,在压缩机中间级喷射制冷剂液,降低排气温度
	油柜系统腐蚀	油加热器	经常保持油柜中的正常油位
	管内或管板腐蚀	水质不好	进行水处理,改善水质,在制冷剂中加缓蚀剂,装滤器,控制 pH 值等

第四节 溴化锂吸收式制冷机的维护与检修

一、溴化锂吸收式制冷机组各部件的使用寿命

了解和熟悉溴化锂吸收式制冷机组各部件的使用寿命，对溴化锂吸收式制冷机组的维护和检修计划的制订具有很重要的参考意义。

表 7-5 列出了溴化锂吸收式制冷机组各部件的使用寿命，可供大家在制定溴化锂吸收式制冷机组的维护和检修计划时参考。

表 7-5 溴化锂吸收式制冷机组各部件的使用寿命

项目	部件名称	使用年限	备 注
吸收液	溴化锂溶液	半永久	需要定期检测、分析和做再生处理
溶液泵 冷剂泵	本体 轴承	7 ~ 10 年 3 年或 15000h	定期检测
抽气装置	抽气泵（真空泵） 真空泵电动机 真空电磁阀 钎加热器	5 ~ 7 年 5 ~ 7 年 2 年 3 ~ 4 年	定期检测
机组控制	继电器 开关 指示灯 电子温度调节器 燃烧控制器	3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 2 ~ 3 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年	一年需要做两次检测
安全装置 计量仪表	压力开关 压力表 温度计 真空计 液面继电器	5 ~ 7 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 约 2 年 约 2 年	一年需要做两次检测
燃烧装置	燃烧器风机 电动机 燃烧器本体 引导燃烧器 火焰探测器 煤气蔗断阀 煤气电磁阀	7 ~ 10 年 5 年 5 ~ 7 年 5 ~ 7 年 2 年或 1200h 5 ~ 7 年 5 ~ 7 年	一年需要做两次检测
其他	燃烧器计时器 视镜玻璃 真空隔膜阀隔膜 垫片类	2 ~ 3 年 2 ~ 3 年 2 ~ 3 年 2 ~ 3 年	

## 二、机组运行时辛醇的使用要求

在溴化锂制冷机组的运行中,为了提高机组的性能,在溶液中一般都要加入一种能量增强剂——辛醇。辛醇的添加量一般为溶液量的 0.1% ~ 0.3%。辛醇的加入方法与加入氢溴酸的方法相同。机组在运行过程中,由于一部分辛醇会漂浮在冷剂水的表面或在真空泵排气时,随同机组内的不凝性气体被一同排出机外,使机组内辛醇循环量减少。判别辛醇是否需要补充的简单办法是:在机组的正常运行中,可在低负荷运行时,将冷剂水旁通至吸收器中,当发现抽出的气体中辛辣味较淡时,可作适当的补充。

## 三、溴化锂酸碱度与铬酸锂的测定方法

铬酸锂含量的测定方法为:取 15g 混合样品,称准至 0.0002g;置于 250mL 碘量瓶中;加入 25mL 蒸馏水,2g 碘化钾和 10mL 4 当量浓度的硫酸,摇匀于暗处放置 10min;加 150mL 蒸馏水(不超过 10℃),用 0.1 当量浓度的硫代硫酸钠标准溶液滴定,近终点时加 3mL 0.5% 的淀粉指示液,继续滴定至溶液由蓝色变为亮绿色;同时作空白试验。测得铬酸锂在溴化锂溶液中的百分比含量为

$$m = \frac{\text{铬酸锂含量}}{\text{溴化锂溶液}} \times 100\% = \frac{0.0433(V_1 - V_2)c}{G}$$

式中,  $m$  为铬酸锂在溴化锂溶液中的质量百分比含量;  $V_1$  为硫代硫酸钠标准溶液用量,单位为 mL;  $V_2$  为空白试验硫代硫酸钠标准液用量,单位为 mL;  $c$  为硫代硫酸钠标准溶液的当量浓度;  $G$  为样品质量,单位为 g; 0.0433 为每毫克当量铬酸锂的克数。

## 四、pH 值的测定与铬酸锂含量的调整方法

1. pH 值的测定 称取 10g 混合液,加入 90mL 蒸馏水稀释摇匀,放入烧杯中用酸度计或万能 pH 试纸测定即可直接取得结果。

2. pH 值调整和铬酸锂的添加 当溶液的 pH 值和铬酸锂含量超出应用范围时,应予以调整或添加。

国产铬酸锂为液状,含量约为 34%,为紫红色,pH 值为 1.0。在加入铬酸锂的同时还要添加一部分氢氧化锂,以调整溶液的 pH 值。氢氧化锂为强碱,呈白色的颗粒状,进入机组前应进行稀释。

调整 pH 值和铬酸锂含量的要求如下:

- (1) 铬酸锂和氢氧化锂必须用蒸馏水稀释方可添加,但须空车运行。
- (2) 试剂的注入口应设在溶液进吸收器的管段。
- (3) 试剂的添加应分几次完成,每次均应取样测定,测定间隔时间应在 24h 以上。
- (4) 调整铬酸锂含量和 pH 值可同时进行。先以调整铬酸锂含量为主,然后调整溶液 pH 值。
- (5) 如需添加氢溴酸(HBr),绝不能直接注入机组。要从机内取出相当重量



(或全部放出)的溶液注入容器中,慢慢加入用5倍以上蒸馏水稀释后的氢溴酸溶液(浓度约为4%),待完全混合后,方能注入机组内。

3. 设备空载运行时添加铬酸锂及调整 pH 值的操作如下:

- (1) 将定量的铬酸锂放入容器中,加定量的蒸馏水均匀搅拌稀释;
- (2) 加入少量的氢氧化锂水溶液;
- (3) 测定混合液的 pH 值,使其达到 9.0 为止;
- (4) 将混合液注入机组并运行溶液泵;
- (5) 起动真空泵,抽出可能带入的空气及预膜过程产生的不凝性气体;
- (6) 空车运行 24h 后,取样测定铬酸锂含量;
- (7) 继续重复(1)~(6)的操作过程,直至铬酸锂含量达到 0.2%~0.3% 为止;
- (8) 用添加铬酸锂的相同的方法注入氢氧化锂水溶液,隔 1~2h 测定、调整使 pH 值达到要求。

4. 目测溴化锂溶液颜色判断溶液含杂质情况 溴化锂制冷机内含有空气会促使溶液发生化学反应,引起腐蚀。在机组运行一段时间后可用目测的方法判断一下,溶液中的杂质含量,以确定溴化锂溶液的处理方案。目测判断可参照表 7-6。

表 7-6 溴化锂目测检查

项目	状态	判 断	项目	状态	判 断
颜 色	淡黄	缓蚀剂消耗过大	浮 游 物	极少	没问题
	无色	缓蚀剂消耗过大		少量	机组有腐蚀现象
	黑色	氧化铁多,缓蚀剂消耗过大		有铁锈	氧化铁过多
	绿色	有铜元素析出		大量	氧化铁过多

### 五、溴化锂吸收式制冷机的常见问题

溴化锂吸收式制冷机组常见的问题有溶液结晶、冷水及冷剂水结冰、冷剂水污染、机组性能低下、机组气密性差及燃烧器故障等。

#### (一) 结晶故障成因及排除方法

1. 停机期间的结晶成因及排除方法 停机期间,由于溶液在停机时稀释不足或环境温度过低等原因,使得溴化锂溶液质量分数冷却到平衡图中的下方向发生结晶。一旦发生结晶,溶液泵就无法运行。可按下列步骤进行熔晶:

(1) 用蒸气对溶液泵壳和进出口管加热,直到泵能运转。加热时要注意不让蒸气和凝水进入电动机和控制设备。在进行对溶液泵壳和进出口管加热时,绝对不能对电动机直接加热,以免烧毁电动机线圈。

(2) 屏蔽泵是否运行不能直接观察,如溶液泵出口处未装设真空压力表,可在取样阀处装真空压力表。若真空压力表上指示为一个大气压(即表指示为 0),表示泵内及出口结晶未消除;若表指示为高真空,则表明泵不运转,机内部分结

晶,应继续用蒸气加热,使晶体完全溶解,泵运行时,真空压力表上指示的压力高于大气压,则结晶已溶解。但是,有时溶液泵扬程不高,取样阀处压力总是低于大气压时,这时应用取样器取样,或者观察吸收器喷淋、发生器有无液位,也可听泵出口管内有无溶液流动声音来判断结晶是否已溶解。

2. 运行期间的结晶成因及排除方法 机组在运行期间,最容易结晶的部位是溶液热交换器的浓溶液侧及浓溶液出口处。因为这里是溶液的质量分数最高及浓溶液温度最低处。当温度低于该质量分数的结晶温度时,结晶逐渐产生。在全负荷运行时,熔晶管不发烫,说明机组运行正常。一旦出现结晶,由于浓溶液出口被堵塞,发生器的液位越来越高,当液位高到熔晶管位置时,溶液就绕过低温热交换器,直接从熔晶管回到吸收器。因此,熔晶管发烫是溶液结晶的显著特征。此时,机组的低压发生器液位高,吸收器液位较低,机组性能下降。

当结晶比较轻微时,机组本身能自动熔晶。温度高的浓溶液经熔晶管直接进入吸收器,使稀溶液温度升高。当稀溶液流过热交换器时,壳体侧结晶的浓溶液,可将结晶溶解,稀溶液又经热交换器到吸收器喷淋,低压发生器液位下降,机组恢复正常运行,这种方法称为熔晶管熔晶。如果机组无法自动熔晶,可采用下面的方法进行熔晶:

(1) 机组继续运行。

1) 关闭小热源阀门,减少供热量,使发生器溶液温度降低,溶液质量分数也降低。

2) 关闭冷却塔风机(或减少冷却水流量),使稀溶液温度升高、一般控制在 $60^{\circ}\text{C}$ 左右,但不要超过 $70^{\circ}\text{C}$ 。

3) 为使溶液质量分数降低,或不使吸收器液位过低,可将冷剂泵再生阀门慢慢打开,使部分冷剂水旁通到吸收器。

4) 机组继续运行,由于稀溶液温度提高,经过热交换器时加热壳体侧结晶的浓溶液,经过一段时间后,结晶一般可以消除。

(2) 机组继续运行并伴有加热。如果结晶较严重,上述方法一时难以解决,可借助于外界热源加热来消除结晶。

1) 按照上面的方法,关闭小热源阀门,使稀溶液温度上升,对结晶的浓溶液加热。

2) 同时用蒸气或蒸气凝水直接对热交换器全面加热。

(3) 采用溶液泵间歇起动和停止

1) 为了不使溶液过分浓缩,关闭小热源阀门,并关闭冷却水。

2) 打开冷剂水旁通阀,把冷剂水旁通至吸收器。

3) 停止溶液泵的运行。

4) 待高温溶液通过稀溶液管路流下后,再起动溶液泵。当高温溶液被加热到一定温度后,再暂停溶液泵的运转,如此反复操作,使在热交换器内结晶的浓溶

液,受发生器回来的高温溶液加热而溶解。不过,这种方法不适用于浓溶液不能从稀溶液管路流回到吸收器的机组。

(4) 间歇启、停并加热。把上述方法结合起来使用,可使熔晶速度加快,对结晶严重场合的熔晶,可采用此方法。具体操作如下:

1) 用蒸气软管对热交换器加热。

2) 溶液泵内部结晶不能运行时,对泵壳、连接管道一起加热。

3) 采取上述措施后,如果泵仍然不能运行,可对溶液管道、热交换器和吸收器中引起结晶部位进行加热。

4) 采用(3)中溶液泵间歇起、停运转方法。

5) 熔晶后机组开始工作,若抽气管路结晶,也应熔晶。若抽气装置不起作用,不凝性气体无法排除,尽管结晶已经消除,随着机组的运行又会重新结晶。

6) 寻找结晶的原因,并采取相应的措施。

如果高温溶液热交换器结晶,高压发生器液位升高,因高压发生器没有熔晶管,同样需要采用溶液泵间歇起动和停止的方法,利用温度较高的溶液回流来消除结晶。

熔晶后机组在全负荷运行,自动熔晶管不发烫,则说明机组已恢复正常运转。

3. 机组起动时的结晶成因及排除方法 在机组起动时,由于冷却水温度过低、机内有不凝性气体或热源阀门开得过大等原因,使溶液产生结晶,大都是在热交换器浓溶液侧,也有可能在发生器中产生结晶。熔晶方法如下:

(1) 如果是低温热交换器溶液结晶,其熔晶方法参见机组运行期间的结晶。

(2) 发生器结晶时,熔晶方法为

1) 微微打开热源阀门,向机组微量供热,通过传热管加热结晶的溶液,使结晶熔解。

2) 为加速熔晶,可外用蒸气全面加热发生器壳体。

3) 待结晶熔解后,起动溶液泵,使机组内溶液混合均匀后,即可正式起动机组。

(3) 如果低温溶液热交换器和发生器同时结晶,则按照上述方法,先处理发生器结晶,再处理溶液热交换器结晶。

4. 蒸发器中制冷剂水结冰或冷水结冰成因及排除方法

(1) 制冷剂水结冰原因如下:

1) 冷水出口温度过低。

2) 冷水量过小。

3) 安全保护装置发生故障。

(2) 制冷剂水结冰解冻处理方法。当蒸发器中制冷剂水结冰时,可按下述方法解冻:

1) 将冷却塔风机停下,使冷却水温度升高。

2) 将冷却水泵出口阀门关小, 使冷却水流量减小。

3) 按通常方法启动机组, 一段时间后方可解冻。

(3) 如上述方法仍不能解冻, 可采用下面方法:

1) 将热源阀门关闭。

2) 将溶液泵排出阀关闭。

3) 让冷水继续通过蒸发器, 加热水盘中冻结的制冷剂水, 即可使蒸发器制冷剂水解冻。

## (二) 制冷剂水污染故障成因及排除方法

在溴化锂吸收式机组的运行过程中, 溴化锂溶液会混入制冷剂水中, 这种现象称为制冷剂水污染。制冷剂水污染后, 机组的性能会有所下降, 严重时机组的性能大幅度下降, 甚至无法运行。因此, 从制冷剂泵出口的取样阀取样, 测量其相对密度, 若相对密度大于 1.04 时, 制冷剂水应进行再生处理。

1. 制冷剂水污染原因。制冷剂水污染主要有下列原因:

(1) 溶液循环量过大或发生器液位过高。

(2) 加热热源压力过高, 发生器中溶液沸腾过于激烈, 将溶液带入冷凝器启动初期, 溶液质量分数较低, 沸腾更剧烈。

(3) 冷却水温度过低。

(4) 冷水温度过高, 溶液质量分数低, 沸腾激烈。

(5) 溶液中有气泡, 表明含有易挥发物质, 溶液质量不好。

2. 制冷剂水污染的排除方法

(1) 制冷剂水迅速再生。

1) 关闭制冷剂泵出口阀门, 打开制冷剂水再生阀 (旁通阀), 将混有溴化锂溶液的制冷剂水全部旁通到吸收器, 然后送往发生器进行制冷剂水再生。

2) 当蒸发器液位很低时, 关闭再生阀和制冷剂泵 (制冷剂泵有液位自动控制则不必手动关泵)。

3) 待蒸发器液面达到规定值后, 打开制冷剂泵出口阀门, 启动制冷剂泵, 机组进入正常运行。

4) 重新测量制冷剂水的密度, 如达不到要求, 可反复进行制冷剂水的再生, 直至合格。

5) 热源温度过高、冷却水温度过低、溶液循环量过大、进入发生器的溶液过稀等都会影响制冷剂水的再生效果。制冷剂水再生时要妥善处理。

(2) 制冷剂水缓慢再生。

1) 适当关小制冷剂泵出口阀门。

2) 慢慢打开制冷剂水再生阀。再生阀开度不要太大 (要求不要全开), 将部分混有溴化锂溶液的制冷剂水旁通到吸收器, 然后经发生器进行制冷剂水再生。

3) 隔一段时间后, 测量制冷剂水的密度, 如达不到要求, 可反复进行制冷剂水的

再生，直至合格。

4) 关闭再生阀，打开冷剂水出口阀门，机组进入正常运行。

这种冷剂水再生方法会使机组性能略有下降，但机组仍能维持使用。若冷剂水迅速全部旁通到吸收器，会使机组性能下降很大，运行出现剧烈变化。同时，这种方法在冷剂水再生期间，不会由于冷剂水再生而重新引起冷剂水的污染，但这种方法冷剂水再生时间较长。

(3) 冷剂水污染和辅助排除方法。如果通过冷剂水反复再生后，冷剂水的相对密度仍然达不到要求，可采用如下辅助排除方法：

1) 由于溴化锂溶液质量分数过低，发生效果加剧，使溶液随冷剂蒸气通过挡液装置进入冷凝器，应采取下列措施消除：关小热源阀门，降低加热热源压力或减小加热热源阀开度，降低发生器液位高度；关小冷却水进口阀，减小冷却水量，降低冷凝效果；减少溶液循环量，降低发生器液位高度。

2) 在机组运行中，可从发生器视镜中观察溴化锂溶液沸腾时有无气泡。对于结构紧凑、体积小的机组，若操作不当，则溶液中的溴化锂溶液更易随冷剂蒸气进入冷凝器，造成冷剂水的污染。这可通过减少溶液循环量，降低发生器液位的高度来消除。

但是发生器中溴化锂溶液气泡若呈蟹沫状，说明溴化锂溶液质量存在问题，含有过多易挥发物质，应对溴化锂溶液进行分析检验。若溶液确有问题，应换上质量符合要求的溶液。

(4) 查找冷剂水污染源的方法。如果采取上面措施之后，冷剂水的污染仍无法消除，则可通过下面步骤进一步检查机组哪一部位引起了冷剂水污染。

1) 通过高压发生器冷剂蒸气凝水样阀取样，并测量其相对密度。若冷剂水的相对密度大于 1.0，则说明高压发生器冷剂蒸汽凝水中混入溴化锂溶液。这可能是因为高压发生器液位过高或高压发生器挡液装置效果较差，应查明原因及时处理。若冷剂水的相对密度为 1.0，则说明高压发生器蒸气系统无污染。

2) 通过冷凝器凝水出口管上取样阀取样，并测量其相对密度。若相对密度为 1.0，说明冷凝器凝水无污染；若冷凝器凝水相对密度大于 1，说明溴化锂溶液混入冷凝器，则可认为低压发生器蒸气凝水系统污染。这可能是因为低压发生器液位过高或低压发生器挡液装置效果较差，应查明原因及时处理。

3) 若高压发生器冷剂蒸气凝水和冷凝器冷剂凝水都没有混入溴化锂溶液，那么冷剂水的污染则是来自蒸发器和吸收器之间。

如高压发生器冷剂蒸气凝水和冷凝器冷剂凝水，两者之中有一处产生污染，并不能说明蒸发器和吸收器之间无污染，只有先处理已查出的受污染的部位后再检查其他部位，一步步消除污染源，最后消除机组的污染。

4) 蒸发器吸收器间污染冷剂水的主要根源是：由吸收器喷淋造成污染，喷淋在吸收器传热管簇上的溴化锂溶液，由于挡液装置效果差溅入蒸发器；蒸发器液囊



和吸收器壳体间有渗漏；吸收器溶液液位过高、溶液通过挡液板进入蒸发器；制冷剂水旁通阀泄漏。

### （三）机组抽气能力低下故障成因及排除方法

溴化锂吸收式机组不管是运行还是停机时间，保持机内真空度是十分重要的。要保持高真空，必须具有良好的抽气系统。若机组抽气性能下降，应及时找出原因，尽快排除故障，恢复抽气系统的抽气能力。

1. 真空泵故障 真空泵是抽气系统的核心，影响真空泵抽气效果主要有以下几点：

（1）真空泵油的选用。真空泵应选用真空泵专用油，不能使用其他的润滑油代替。

（2）真空泵油的乳化。在抽气过程中，制冷剂水蒸气会随不凝性气体一起被抽出，即使机组中装有制冷剂分离器，也会有一定的制冷剂水蒸气随不凝性气体进入真空泵，制冷剂水蒸汽凝水使油乳化，呈乳白色，黏度下降。

（3）溴化锂溶液进入真空泵。机组抽气时，由于操作不当，机组内溴化锂溶液可能被抽至真空泵。这样不仅会使抽气效率降低，而且由于溴化锂溶液有腐蚀性会使泵体内腔腐蚀生锈，应及时放尽旧油，并将真空泵内部清洗干净，重新装入真空泵油。

（4）油温太高。真空泵运行时间过长或冷却不够，致使油温升高，黏度下降，不仅影响抽气效果，还会使泵发生故障。通常油温应小于 70℃。

（5）真空泵零件的损坏。排气阀片变形、损坏或螺钉松脱，阀片弹簧失去弹性或折断，旋片偏心或定子内腔有严重痕迹等都会导致抽气能力下降。

（6）杂物进入真空泵。杂物的进入不仅会使零件损坏，也可能在缸体内壁刻痕，影响气密性，还可能使油孔堵塞，造成真空泵极跟真空度下降。

（7）真空泵气镇阀故障。装有气镇阀的机组，气镇阀故障对真空泵的抽气性能也有较大的影响。

2. 真空电磁阀故障及处理方法 真空电磁阀内有线圈与弹簧，通过直流电后产生磁力。当启动真空泵时，线圈通电，真空电磁阀切断外界通路，打开抽气通路；当真空泵停止时，电磁阀断电，靠弹簧的作用，使通往机组的抽气管路关闭，而使真空泵吸气管路与大气相通，以防止真空泵油被压入机内。其常见故障及处理方法如下：

（1）二极管烧毁，打开真空电磁阀罩盖，更换二极管。

（2）熔丝烧毁，更换熔丝。

（3）滑杆或弹簧生锈，由于环境湿度大或者抽气时溴化锂水溶液或制冷剂水进入真空电磁阀，使之生锈而卡住。此时，应拆开清除铁锈等杂物。

3. 真空隔膜阀故障及处理方法 真空隔膜阀手柄打滑或隔膜与阀杆脱落，虽作开关动作，但膜片未产生位移，使阀无法打开或关闭。另外，由于隔膜老化等也

会影响抽气效果。此时，应更换手柄或真空阀隔膜。

#### 4. 抽气系统操作不当

(1) 由于操作失误，抽不出气体，甚至将溴化锂溶液抽出。此时，应掌握抽气系统的正确操作方法，参照抽气系统的管理有关内容。

(2) 检查旁通阀是否开启或旁通管路是否因结晶堵塞，查找原因，并消除故障。

#### (四) 突然停机故障成因及排除方法

机组在运行中，若运行参数超过规定值、安全装置动作或突然停电等原因，机组就会按设定程序停机或突然停机。

1. 机组报警停机 当机组安全保护装置动作时，机组报警并按设定的程序停机。这时应按下列步骤处理：

- (1) 立即关闭热源手动截止阀，停止热能供应。
- (2) 若机组正在抽气，应迅速关闭抽气阀门，以防外界空气漏入机组。
- (3) 将溶液泵开关放到手动位置，报警开关放到报警位置。
- (4) 检查停机报警原因，并及时进行处理。
- (5) 按下机组复位开关，恢复机组正常运行。

2. 因停电造成停机 机组在运行中因停电而突然停机。此时机内溴化锂溶液质量分数较高，一般为 60% ~ 65%，机组又不能进行稀释运行，随着停电时间的延长，机内的溴化锂溶液会发生结晶。

(1) 短时间停电（1h 以内）。如果停电时间较短，机组内溶液温度较高，一般来说，溶液结晶的可能性不大。按下列程序进行启动：

1) 启动冷水泵和冷却水泵。因为停电时，大多数冷水泵和冷却水泵也停止，因此断水指示灯亮。

2) 按下复位开关。

3) 将自动-手动开关置于自动位置，启动溶液泵及冷剂泵，进行稀释运转。需要注意蒸发器中冷剂水的液位，如果液面过低，冷剂泵会发生吸空现象，这时应停止冷剂泵运转。

4) 将自动-手动开关置于自动位置，按正常顺序启动机组。

5) 检查冷剂水，如其相对密度超过 1.04，应进行再生处理。

(2) 长时间停电（1h 以上）。由于机组内溶液质量分数较高，停电时间又长，溶液温度逐渐降低，容易发生结晶。这时应按下面步骤进行处理：

1) 立即关闭热源截止阀，停止热能供应。

2) 如果机组正在抽气，应立即关闭抽气主阀，以防空气漏入机组，停止真空泵运转。

3) 停止冷却水泵运转。

4) 熔晶开关放在开的位置（运行指示灯亮）。



5) 将溶液泵置于停止位置。

6) 若恢复供电时, 将热源调节阀门放在 30% 的位置, 注意溶液温度不应超过 70℃。

7) 此时应将熔晶开关置于开的位置, 即 30min 内进行熔晶操作。

8) 起动冷却水泵及溶液泵。

9) 在注意观察吸收器液面的同时, 进行 30min 左右的试运转。

10) 如果在 30min 以内, 吸收器液位过低, 溶液泵发生气蚀现象, 则不可继续运行。这说明机组中溶液发生了结晶, 应立即切断电源, 使机组停止运转。

11) 通过上述步骤确认机组溶液结晶后, 则可按熔晶及排除方法进行熔晶。

12) 机组熔晶结束后, 可正常起动机组, 并测量制冷剂水相对密度是否超过 1.04。

3. 发生地震、火灾等紧急情况时

(1) 切断电源。

(2) 迅速关闭热源手动截止阀。

(3) 机组正在抽真空时, 立即关闭抽气筒。

(4) 再次起动机组前, 应检查机组是否结晶, 是否安全。

(五) 性能低下故障成因及排除方法

溴化锂吸收式机组的性能低下, 大致有下列几方面原因:

1. 冷凝器性能降低 冷凝器性能降低主要表现为冷凝压力升高, 其主要原因如下:

(1) 机组密封性不好, 空气漏入机内; 因机组内部溴化锂溶液的腐蚀而产生氢气, 两者均为不凝性气体。

(2) 真空泵抽气性能下降; 抽气系统阀门不能开启或关闭; 真空泵抽气方法不恰当; 自动抽气装置操作有误。

(3) 冷凝器传热管内表面结垢。

(4) 冷却水量减少。

(5) 冷却塔性能下降, 冷却水温度升高。

(6) 冷却水泵吸水口位置不当, 冷却水中含有气泡。

(7) 由于冷却水室隔板或垫片损坏, 冷却水在水室内旁通, 有效水量减少。

(8) 冷却水部分传热管口被杂物堵塞, 有效传热管减少。

(9) 外界负荷过大。

2. 蒸发器性能降低 蒸发器性能降低主要表现为机组在制取同样温度冷水时, 蒸发压力降低, 即蒸发温度下降, 主要由下列原因造成:

(1) 蒸发器内表面结垢。

(2) 制冷剂污染。

(3) 制冷剂充注量不足。

- (4) 冷水水量减少。
- (5) 冷水泵吸口位置不恰当, 冷水中含有气泡。
- (6) 冷水在水室中旁通, 有效冷水量减少。
- (7) 蒸发器部分传热管口被杂物堵塞, 有效传热管减少。
- (8) 外界负荷降低。
- (9) 蒸发器喷嘴有堵塞, 冷剂水喷淋不良。
- (10) 冷剂泵旋转方向相反。

3. 发生器性能降低 机组发生器性能下降, 主要有下列原因:

- (1) 发生器传热管结垢, 尤其是热水型及直燃型机组。
- (2) 加热量减少。
- (3) 热源温度降低或热源品位(压力)下降。
- (4) 对于蒸汽型机组, 阻气排出阀出现故障。
- (5) 对于热水型及蒸气型机组, 水室内隔板或垫片损坏。
- (6) 对于直燃型机组, 制冷-采暖切换阀密封不严。
- (7) 对于双效机组, 高压发生器产生的水蒸气经低压发生器冷凝后, 进入冷凝器, 但节流装置不可靠。

(8) 发生器传热管损坏或胀管松动泄漏, 发生器传热管内的热水或蒸汽泄漏。若泄漏量过大, 则机组蒸发器及吸收器液位上升, 不仅制冷量大幅度下降, 而且还会腐蚀机器。

- (9) 溶液循环量不恰当, 偏大或偏小, 即发生器液位偏高或偏低。

4. 吸收器性能降低 吸收器性能降低主要原因如下:

- (1) 吸收器传热管内表面结垢。
- (2) 辛醇消耗。机组中辛醇量减少, 机内若无辛醇, 则机组制冷量下降。
- (3) 冷剂水由冷剂再生阀(旁通阀)进入吸收器。
- (4) 冷剂水通过蒸发器水盘泄漏或溢流进入吸收器。
- (5) 冷剂水滴经挡液板进入吸收器。
- (6) 吸收器传热管损坏或胀管松动, 冷却水漏入机内, 吸收器液位与冷剂水液位均升高, 制冷量下降, 腐蚀性增强。

- (7) 吸收器喷嘴被堵塞, 喷淋效果差。

(8) 吸收器喷淋量偏大或偏小。若喷淋量过大, 喷淋的浓溶液(或中间溶液)喷至传热管外, 直接进入吸收器; 喷淋量过小, 喷淋效果不佳, 吸收效果差。

- (9) 溶液泵旋转方向相反。

(六) 运转异常的安全装置动作的处理方法

机组因安全保护装置动作而停机报警, 应先切断热源的供应, 然后按消声按钮, 查明故障原因并排除后, 可重新启动机组。点火失败的信号, 可由燃烧控制箱上的报警灯显示。查明故障原因并排除后, 按燃烧控制箱上的复位按钮。

溴化锂吸收式机组安全保护装置动作后，应查明原因并予以排除。有的安全装置动作时，机组能自动处理，例如制冷剂水低位控制器动作时，暂停制冷剂泵的运转，待制冷剂水上升到一定高度时，制冷剂泵又会自动起动。但有的安全装置动作时，需故障排除后，才能重新起动，如制冷剂泵过载继电器动作，则机组按照停机程序自动停机，必须人工排除故障后才能重新开机。

安全装置一动作，蜂鸣器等要发生报警信号，通常都要紧急停机。同时，控制盘上的指示灯表明故障的原因，应首先立即关闭热源供应主截止阀，停止能量供应，然后再参照说明书上的处理方法，并依据运行日记，确认故障的具体原因，进行有针对性的处理。

### （七）燃烧器故障成因及排除方法

#### 1. 燃烧器故障原因及处理

（1）手动燃烧供应阀门关闭，无燃烧供应，无法点火，燃烧器反馈保护装置动作，发出报警声。此时应打开燃料阀门，提供燃料，同时按燃烧器复位按钮、消声，再按下起动按钮。

（2）点火电极间隙距离太大。由于电极棒的磨损，使火花间距加大，应调节电极间距离到规定值。

（3）点火电极和电路绝缘不良。这是由于点火电极受潮或电极和电路绝缘下降，应排除并接地，同时清洁电极或更换受损的电极和电线。一般来说，电极棒使用两年要更换。

（4）燃烧器控制器失灵。检修控制器，更换零件。

（5）燃烧器电动机不运转。

2. 燃烧器电动机不运转 这类故障一般由于下列原因引起：

（1）没有供电，应供给电源。

（2）熔丝损坏，更换熔丝。

（3）燃烧器电动机故障，应检查电动机接线是否正确，测量电动机绕线和壳体之间电阻、绝缘性能，如有问题应进行检修或更换电动机。

（4）控制器失灵或控制线路中断，应更换控制器，检查控制线路，寻找断开点并接通。

（5）燃料供应中断，应检查燃料系统，检查主燃料供应阀。打开燃烧供应阀门，检查油泵是否运转。

#### 3. 燃料泵故障

（1）不输油。对于燃油燃烧器，燃料泵不供油主要有下述几种原因：①泵本身有故障，如齿轮损坏，应检修或更换；②吸入阀不密封而泄漏，应拆下清洁或更换；③吸入管泄漏，检查原因并处理（如接头漏接，拧紧接头）；④过滤器受污染而堵塞或者泄漏，应清洁过滤器，必要时更换过滤器；⑤燃料量少或压力控制阀有故障，应更换燃料泵。

(2) 燃料泵机械噪声过大。泵内有空气会造成较大噪声，应旋紧接头并将泵内空气排除；燃料泵油管内真空度太高，是由于过滤器污染堵塞或阀门未全打开，应清洗或更换过滤器，打开所有阀门，以防泵吸空。

4. 燃料泵喷嘴故障 对燃烧器来说，喷嘴的好坏直接影响燃料的燃烧状况。其主要故障有

(1) 雾化不均匀。喷嘴受损或受污染堵塞，应拆下喷嘴，进行清洗或者更换；使用时间过长，喷嘴磨损，拆下更换喷嘴；过滤器堵塞，拆下清洗；旋流盘松动，拆下喷嘴，上紧旋流盘。

(2) 无油喷出。喷嘴堵塞，无法使油喷出，应拆下喷嘴进行清洗。

(3) 喷嘴泄漏。关闭机构，应更换之。

(八) 屏蔽泵气蚀故障的成因及排除方法

溴化锂吸收式机组运行中由气蚀生成的气泡在屏蔽泵的排出侧管路中突然破灭时会产生噪声和振动，称为屏蔽泵气蚀故障。屏蔽泵气蚀故障开始时可以听到管道中有皮“噼噼啪啪”的声响，严重时会有振动声。

屏蔽泵产生气蚀故障会使泵的流量和排出压力下降，导致吸收器和蒸发器的喷淋情况恶化，使机组的制冷能力降低。

屏蔽泵气蚀原因和排除方法见表 7-7 所示。

表 7-7 屏蔽泵气蚀原因和排除方法

气蚀原因	排除方法
1. 溶液浓度过高	1. 检查加热蒸气压力和机组是否漏气，调整蒸气调节阀的开度
2. 冷剂水域溶液量不足	2. 添加冷剂水域溶液至额定值
3. 热交换器内结晶，使发生器内液位升高	3. 将冷剂水旁通至吸收器中，根据具体情况注入冷剂水或溶液
4. 冷剂水旁通阀打开时冷剂泵运转	4. 关闭冷剂水旁通阀
5. 负荷过低	5. 根据负荷调节冷剂泵排出的冷剂水量
6. 稀释运转时间过长	6. 调节稀释控制继电器，缩短稀释时间

(九) 溴化锂吸收式机组故障成因及处理方法小结

蒸气型溴化锂吸收式机组主要故障及其排除方法已在上面作了较详细的叙述，概括起来有以下几个方面：

(1) 机组中即使存在少量不凝性气体，也可使机组性能大幅度下降，同时也会加剧溴化锂溶液对机组金属材料的腐蚀。因此，机组的真空度，特别是机组的气密性是十分重要的，是引起溴化锂吸收式机组产生故障的主要根源，应特别注意。

(2) 溴化锂溶液的结晶故障，在机组运行中或停机期间也是经常遇到的。在机组运行中，要注意能量供应不应过高过快，冷却水温度不应过低；在停机时，溶液应稀释至在环境最低温度下不产生结晶的质量分数范围。

(3) 为了防止冷剂水及冷水的结冰而损坏机组，首先应检查低温保护（温度传感器）的好坏，更重要的是，应按实际温度来校准传感器的显示温度，两者尽量一致。此外，还应检查和调节流量开关（靶式流量计），以防冷水泵断电或因故障停止送水和传热管因冷水结冰而损坏。

(4) 冷剂水的污染也是常见的经常要解决的问题。应经常观察冷剂水的颜色，定期测量冷剂水的相对密度。

(5) 在停机期间，当环境温度低于 0℃ 时，应将机组各部件中所有存水放尽，以防结冰损坏机组。

六、溴化锂吸收式制冷机常见故障及处理方法

溴化锂吸收式冷水机组常见故障及其处理方法见表 7-8。

表 7-8 溴化锂吸收式冷水机组常见故障及其处理方法

故障现象	原 因	处理方法
起动运转时，发生器液面波动、偏低或偏高，吸收器液面随之而偏高或偏低（有时产生气蚀）	溶液调节阀开度不当，使溶液循环量偏小或偏大	调整送往高、低压发生器的溶液循环量
	加热蒸气压力不当，偏高或偏低	调整加热蒸气的压力
	冷却水温低或高时，水量偏大或偏小	调整冷却水温或水量
	机器内有不凝性气体，真空度未达到要求	起动真空泵，排除不凝性气体，使之达到真空度要求
制冷量低于设计值	送往发生器的溶液循环量不当	调节送往发生器的溶液循环量，满足工况要求
	机器密封性不良，有空气漏入	运转真空泵并排除泄漏
	抽气不良	测定真空泵的抽气性能，并排除故障
	喷淋管喷嘴堵塞	冲洗喷淋管喷嘴
	传热管结垢	清洗传热管内的污垢与杂质
	冷剂水中溴化锂含量超过预定标准	测定冷剂水相对密度，当超过 1.04 时应进行再生
	蒸气压力过低	调整蒸气压力
	冷剂水和溶液充注量不足	添加适量的冷剂水和溶液
	溶液泵和冷剂泵有故障	测量泵的电流，注意运转声音，检查故障，并予以排除
	冷却水进口温度过高	检查冷却水系统，降低冷却水温
	冷却水量或冷媒水量过小	适当加大冷却水量或冷媒水量
	阻气排水器故障	检修阻气排水器
	结晶	排除结晶
	能量增强剂不足	添加能量增强剂

(续)

故障现象	原 因	处理方法
结晶	蒸气压力高，浓溶液温度高	降低加热蒸气压力
	溶液循环量不足，浓溶液浓度高	加大送往发生器的溶液循环量
	漏入空气，制冷量降低	运转真空泵，抽除不凝性气体，并消除泄漏
	冷却水温急剧下降	提高冷却水温度或减少冷却水量，并检查冷却塔及冷却水循环系统
	安全保护继电器有故障	检查溶液高温、制冷剂防冻结等安全保护继电器，并调整至给定值
	运转结束后，稀释不充分	延长稀释循环时间，检查调整时间继电器或温度继电器的给定数值，并在稀释运转的同时，通以冷却水
制冷剂水中含有溴化锂溶液	送往发生器的溶液循环量过大，或发生器中液位过高	调节溶液循环量，降低发生器液位
	加热蒸气压力过高	降低加热蒸气压力
	冷却水温过低或水量调节阀有故障	提高冷却水温度并检修水量调节阀
	运转中由冷凝器抽气	停止从冷凝器中抽气
浓溶液温度高	蒸气压力过高	调整减压阀，压力维持在给定值
	机内漏入空气	运转真空泵并排除泄漏
	溶液循环量少	加大溶液循环量
制冷剂水温度低	低负荷时，蒸气阀开度值比规定的大	关小蒸气阀并检查蒸气阀开大的原因
	冷却水温过低或水量调节阀有故障	提高冷却水温度，并检修水量调节阀
	冷媒水量不足	检查冷媒水量与冷媒水循环系统
冷媒水出口温度越来越高	外界负荷大于制冷能力	适当降低外界负荷
	机组制冷能力降低	见制冷量低于设计值时的排除方法
	冷媒水量过大	适当降低冷媒水量
运转中突然停机	断电	检查电源，排除故障，继续供电
	溶液泵或制冷剂泵出现故障	检查溶液泵或制冷剂泵，排除故障或进行更换
	冷却水与冷媒水断水	检查冷却水与冷媒水系统，恢复供水
	防冻结的低温继电器动作	检查低温继电器刻度，调整至适当位置



(续)

故障现象	原 因	处理方法
真空泵抽气能力下降	真空泵有故障： (1) 排气阀损坏 (2) 旋片弹簧失支弹性或断折，旋片不能紧密接触定子内腔，旋转时有撞击声 (3) 泵内脏及抽气系统内部严重污染	检查真空泵运转情况，拆开真空泵 (1) 更换排气阀 (2) 更换弹簧  (3) 拆开清洗
	真空泵油中混入大量冷剂蒸气，油呈乳白色，黏度下降，抽气效果降低 (1) 抽气管位置布置不当 (2) 冷剂分离器中喷嘴堵塞或冷却水中断	 (1) 更改抽气管位置，应在吸收器管簇下方抽气 (2) 清洗喷嘴，检查冷却水系统
	冷剂分离器中结晶	清除结晶
自动抽气装置运转不正常	溶液泵出口无溶液送至自动抽气装置	检查阀门是否处于正常状态
	抽气装置结晶	消除结晶
机组因安全装置而停机	电动机因过载而不转	使过载继电器复位，寻找过载的原因
	屏蔽泵因过载而损坏	寻找原因，若是泵气蚀，则加入溶液或冷剂水，若是泵内部结晶，则熔晶；若泵壳温度过高，则应采取冷却措施
	冷剂水低温继电器不动作	检查温度继电器动作的给定值，重新调整
	安全保护装置动作而停机	寻找原因，若继电器的给定值设置不当，则重新调整

第五节 制冷系统辅助设备的维护与检修

一、冷凝器的日常维护与保养

(一) 预防冷凝器腐蚀的化学药品

1. 聚磷盐酸 在冷却水防腐蚀中常用的聚磷盐酸有三聚磷盐酸钠和六偏磷酸盐两种，其中以六偏磷酸盐使用最为广泛。聚磷盐酸属于阴极型缓蚀剂，它与水中的钙、铁等二价金属离子分别进行络合反应，生成络合物沉积在阴极表面形成沉淀膜，以阻止溶解氧扩散到阴极，从而有效地抑制了电极反应，达到缓蚀的目的。

为了达到对多种金属的良好的保护作用，聚磷盐酸的 pH 值使用范围应在 6.5

~7.5 为宜。聚磷盐酸类缓蚀剂的使用剂量为 20 ~ 25mg/L。同时要求水中钙离子浓度大于 50mg/L。

2. 钼盐 作为缓蚀剂用的钼盐主要是钼酸钠。钼酸盐属于阳极型或氧化膜型缓蚀剂。钼酸盐在金属管道表面的阳极上生成一层具有保护膜作用的亚铁-高铁-钼氧化化合物的络合物钝化膜,使金属与保护膜紧密结合。

钼酸钠单独使用时,要求投入量较高,一般在 50mg/L 以上才能获得满意的缓蚀效果。为减少钼酸钠的投药量,通常让钼酸钠与其他缓蚀剂共同使用,如与六偏磷酸钠配合使用。可使投药量减少到 3.0mg/L 左右。

钼酸钠在水温高于 70℃, pH 值大于 9 的冷却水中缓蚀效果最好。

3. 锌盐 在冷却水系统中,锌盐是最常用的阴极型缓蚀剂。可溶性的锌盐(如七水硫酸锌)投入冷却水中会在靠金属表面处形成氢氧化锌沉淀并覆盖在阴极表面,形成良好的阴极缓蚀膜。锌盐形成的保护膜的速度很快,但不持久,因此锌盐很少单独使用,而是多与其他缓蚀剂配合使用。锌盐缓蚀剂使用量通常为 2 ~ 4mg/L。

4. 铜缓蚀剂 当冷却水系统中有铜或铜合金设备时,会产生铜或铜合金被腐蚀的问题。因此,必须对铜的腐蚀进行控制。

防止铜腐蚀的缓蚀剂有巯基苯并噻唑,简称 MBT 和苯并三氮唑。以苯并三氮唑最常用。使用时其 pH 值为 5.5 ~ 10 或更高,投药浓度一般是 1.0mg/L 左右。

## (二) 预防冷凝器结垢的化学药品

1. 聚磷盐酸 聚磷盐酸有三聚磷酸钠和六偏磷酸钠等。三聚磷酸钠和六偏磷酸钠两者不仅有缓蚀作用而且也是良好的阻垢剂。聚磷盐酸能抑制和干扰碳酸钙晶体的生长过程。使其晶体颗粒不在长大,也不能附着在固体表面上,而是分散在流动的水中,从而达到阻止结垢的目的。

冷却循环水投放六偏磷酸钠的浓度可按 1 ~ 5mg/L 控制。冷却循环水的 pH 值不宜超过 7.5,水温不得超过 45℃。

2. 磷盐酸(有机磷盐酸) 磷盐酸具有类似聚磷盐酸的抑制碳酸钙的能力。常用的磷盐酸有羟基乙叉二磷酸(简称 HEDP)、乙二胺四甲叉磷酸钠(简称 EDT-MP)、氨基三甲叉磷酸钠(简称 ATMP)等。

作为阻垢剂使用时,冷却循环水中磷酸盐的剂量为 1 ~ 5mg/L。

3. 聚羧酸 聚羧酸型阻垢剂有聚丙烯酸及其钠盐、聚甲基丙烯酸等。其中以聚丙烯酸钠工艺成熟,价格便宜,应用广泛。

聚羧酸型阻垢剂主要是依靠分散作用和晶格畸变作用实现阻垢的。聚羧酸型阻垢剂在冷却循环水中能够保持的极限碳酸盐硬度约为 7 ~ 8mgN/L。在冷却循环水中聚羧酸型阻垢剂的剂量为 1 ~ 5mg/L。聚羧酸型阻垢剂在冷却循环水中的自然平衡 pH 值为 7.5 ~ 8.5,适用水温为 45 ~ 50℃。

## (三) 冷却循环水中的污垢控制

冷却循环水中的污垢控制主要是控制循环水中的悬浮物和杀灭水中的微生物。

1. 悬浮物控制和过滤 防止冷却循环水中悬浮物沉积可以采取以下的方法：

(1) 向冷却循环水中投放混凝剂，使循环水中的悬浮物凝结成松散的矾化沉淀在集水池底部，通过排污口排除。

(2) 加过滤装置。一般可采取取循环水量的 1% ~ 5% 的循环水进行系统外的过滤，如采用压力罐进行旁滤。过滤处理后的水再回到循环水系统中去。

(3) 加分散剂。向冷却循环水中冷却循环水中放入分散剂，使悬浮颗粒分散在水中而不下沉，使水中的悬浮颗粒随排污过程，排出系统，从而达到控制污垢的目的。

2. 微生物的控制 控制微生物主要是通过投加药物进行抑制或杀灭。适用冷却循环水的杀菌剂主要有：

(1) 氯和氯的化合物。氯和氯的化合物主要是指氯气、次氯酸钠、次氯酸钙和漂白粉。在大型中央空调系统的循环水系统中多使用液氯，循环水量少的冷却水系统使用次氯酸钠和漂白粉。

氯和氯的化合物是性能良好的氧化剂型杀菌剂，其使用方便、价格低、效果好，而且可以和许多水处理剂一起使用而互不干扰或干扰很少。此外，它对环境污染小，被广泛应用于大、中型中央空调系统的循环水系统中的微生物杀菌剂。氯用于酸性冷却水系统的效果好。

(2) 季铵盐。季铵盐是非氧化型杀生剂，通常在碱性范围内对藻类和细菌的杀灭最有效。

目前在大、中型中央空调系统的循环水系统中常用的季铵盐类广谱杀生剂是“洁而灭”和“新洁而灭”，它们对藻类、真菌和异养菌都有较好的杀生效果，还能对污泥有剥离作用，使用浓度一般为 50 ~ 100mg/L。

使用杀菌剂主要的问题如下：

1) 各种杀菌剂不能对所有细菌都有满意的杀菌效果，因此应选择几种药剂配合使用。

2) 投放杀菌剂要保持足够的剂量，因为剂量低了反而会刺激菌类的新陈代谢，促使其生长。并要保证细菌与药剂接触一定时间后还有一定的剩余浓度。

3) 投药方式可以采取连续投加、间歇投加、瞬间投加等方式。在投药量相同的情况下，采取瞬间投加可以造成某时间内的高浓度，从而收到良好的杀菌效果。连续投加的投药方式多用于间歇投加、瞬间投加等方式不起作用的情况下。

4) 为了防止细菌产生抗药性，可以选择几种药品，安排一个日程轮换投放周期。

(四) 水冷式冷凝器的维护

水冷式冷凝器的维护主要是指要定期清除和预防冷凝器结水垢。水冷式冷凝器的维护清除冷凝器水垢的方法大致有以下两种：

1. 机械除垢法 用软轴洗管器对钢管内的水垢进行除垢,不适用于铜管冷凝器。将特制的括刀连接在软轴上,软轴由电动机带动,进行滚括除垢。在除垢过程中,根据管内结垢厚度、锈蚀程度等情况来确定所选用括刀的直径,首次除垢时所选用的括刀直径应比冷凝管内径适当小一些,以防损伤管壁,然后再选用与冷凝管内径接近的括刀再次除垢,这样 95% 以上的水垢,污锈可去除掉。这种机械除垢法对冷凝器没有伤害,除垢也比较干净,但既费时间、劳动强度又大,主要适用于壳管式冷凝器的除垢。除垢过程中必须停止冷凝器的工作,将制冷剂抽尽,关闭与制冷系统连接的阀门,冷却水正常循环。在除垢完毕后,对冷凝器一定要进行气密性试验,确保气密性良好后才能投入正常运行。

2. 酸洗法 用配置好的弱酸性盐酸对冷凝器进行清洗、除垢。操作时需停止冷凝器工作,将气体抽尽、关闭与制冷系统连接的阀门,并停止冷却水泵的工作。在酸洗槽内配制好酸洗溶液(10% 盐酸溶液,每千克约加入缓蚀剂 0.5g),缓蚀剂可用六次甲基四胺或苯胺与六次甲基四胺的聚合物等,它的作用是减轻盐酸溶液对管壁的作用。然后开动酸洗泵,使酸洗液在管道内循环流动 24h 后再停止酸洗泵,用圆柱形钢丝刷在管内来回拉刷,并用清水反复冲洗。再用 1% 的氢氧化钠溶液或 5% 的碳酸钠溶液循环清洗 15min,以中和残留在冷凝管内的酸溶液。除垢工作结束也要对冷凝器进行气密性试验。酸洗法除水垢适用于立式和卧式壳管式冷凝器,尤其适用于铜质冷凝管。

3. 电子水垢处理仪 电子水垢处理仪是近年来被广泛应用于冷却水系统中对水质进行处理的高科技产品,它是通过对流经处理仪的水施加高频电磁场,使其物理结构和物理性质发生变化,来实现防垢、除垢、杀菌、灭藻、防腐等功能。

水在高频电磁场的作用下,原来缔合成链状的大分子断裂成单个水分子,使其活性大大增强,溶解在水中的盐类的正、负离子被单个水分子包围,运动速度降低,有效碰撞次数减少,在管壁上无法成垢,从而达到防垢的目的。

已经在管壁上形成的老的垢层主要成分是垢分子( $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$  等),通过分子间的作用力结合在一起,以网状结构或方石结构附着在管道内壁上。而通过高频电磁场作用后,水分子的偶极矩增大,极性增强,使水分子处于较高的能量状态,从而有效削弱垢分子间的作用力及其与管壁的附着力,使垢层逐渐软化,龟裂在水流的冲刷下从管壁上脱落,起到除垢效果。

高频电磁场除可破坏垢层结构以外,还可在水体中激发出大量的自由电子,能有效防止管道内壁的金属原子失去电子被氧化,并能有效地破坏引起管道腐蚀的微生物效应,从而起到防止管道氧化和腐蚀的作用。

另外,电子水垢处理仪的高频电场还能使水中产生一定量的活性氧,如超氧阴离子自由基  $\text{O}_2^-$  过氧化氢  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 羟基自由基  $\text{OH}^\cdot$  及臭氧  $\text{O}_3$ , 这些物质对水中的细菌、藻类有极强的破坏能力,因此电子水处理仪还具有显著的杀菌、灭藻的功效。

二、屏蔽泵的日常维护与保养

屏蔽泵故障原因和排除方法见表 7-9。

表 7-9 屏蔽泵常见故障及排除方法

故 障	故障原因	处理方法
通电后，电泵不能起动，发出“嗡嗡”的声音	电源电压过低	必须调整电压使其在 342 ~ 418V 范围内
	三相电源有一相断电	检查线路是否良好，接头处是否接触良好
	电泵绕组烧坏	必须进行大修，调换线圈
运行中电泵迅速发热，转速下降	电压过低，电流增大，使线圈发热	调整电压
	两相运转	检查线路及接头是否良好
	过滤器阻塞	检查过滤器并清查过滤网
	定转子之间相擦	轴承磨损大，调换轴承
	电泵绕组短路	必须进行大修，调换线圈
电动机启动时熔丝烧坏或跳闸	电泵叶轮卡住	拆开检查，清除垃圾
	电动机线圈短路	调换线圈
	定子屏蔽套破裂，液体进入线圈，绝缘电阻下降，绕组对地击穿	进行大修，调换线圈及屏蔽套
泵不出液体或流量、扬程不够	泵内或吸入管内留有空气	开启旋塞，驱除空气
	吸上扬程过高或灌注头不够	减少吸入管阻力，增大进口压力
	管路漏气	检查并拧紧
	电泵或管路内有杂物堵塞	检查并清理
	电路断线，轴承扼住轴而不转	检查并清理
消耗功率过大	密封圈磨损过多	更换叶轮或密封环
	转动部分与固定部分发生碰撞	进行检查，排除碰撞
泵发生振动	泵内或吸入管内有空气	开启旋塞，驱除空气
	吸上扬程过高或灌注头不够	降低标高，减少吸入阻力
	轴承损坏	更换轴承
	转子部分不平衡引起振动	检查并排除故障
	泵内或管路内有杂物堵塞	检查并排除故障

三、真空泵的日常维护与保养

(一) 真空泵的保养

(1) 在溴化锂吸收式制冷机运行中发现真空泵的润滑油内出现凝结水珠时，其极限真空由  $6 \times 10^{-2} \text{Pa}$  下降到  $5.7 \times 10^{-2} \text{Pa}$ ，当发现真空泵内润滑油出现乳化时，应立即更换新润滑油。将真空泵内润滑油排放到大桶内，对桶进行加热，待油

水分离后可重复使用。

(2) 真空泵停止使用时要进行净缸处理，方法是起动真空泵运行 3 ~ 5min 后停泵，打开真空泵的放油孔，把真空泵内的润滑油放干净，再向真空泵内注入再生真空泵油，运转运行 3 ~ 5min，反复两次后将真空泵内的润滑油放干净，最后再向真空泵内注入干净的真空泵油即可。

(3) 在真空泵运行时，若溴化锂溶液进入了真空泵腔内，而发出“啪啪”的异常声响时，必须马上停止真空泵运行，从系统上拆下真空泵，进行解体彻底清洗，并用高压氮气把真空泵内的润滑油孔道吹干净。重新组装后，再充满再生真空泵油，起动真空泵运行 10min 后将泵内的润滑油放掉，反复进行两次，即可避免真空泵内腔接触溴化锂溶液而产生的强烈腐蚀。

(二) 真空泵常见故障及排除方法

1. 真空泵轴承的检修 在真空泵高低压隔板上装有黄铜材质的滑动轴承，其兼有支承转子和密封双重作用。滑动轴承的配合为机轴制。标准配合间隙应为小于 0.05mm，若配合间隙大于 0.1mm 时，应更换滑动轴承。

2. 真空泵轴封的检修 当真空泵运行时，若真空泵腔内旋片胀簧因疲劳而折断，而使真空泵内发出“啪啪”的异常声响。应马上停止真空泵运行，从系统上拆下真空泵，更换真空泵的轴封。

3. 真空泵常见故障及排除方法见表 7-10 所示。

表 7-10 真空泵故障原因及排除方法

故障内容	造成原因	解决方法
极限真空达不到要求	泵腔内配件间隙超差、轴封不严密、旋片弹簧折断、真空泵油缺少或乳化、密封件损坏等	检查后，进行检修或更换新品，放掉乳化油，添加新润滑油
运转时发出“啪啪”的响声	旋片弹簧失灵、旋片撞击缸腔壁、泵腔内进入溴化锂溶液	更换新弹簧，做彻底清洗，更换新润滑油
油温超过 40℃	排气量大、冷却水量少或水温高、油量不足旋片和缸壁接触面粗糙	减少排气量，增加冷却水量，添加或更换新润滑油，进行检修，提高光洁度
振动双振幅超过 0.5mm	排气量过大、轴承游隙超差、油量过多	减少排气量，检查轴承质量，排放真空泵油

四、溴化锂溶液的再生

(一) 溴化锂溶液质变的判断

溴化锂吸收式制冷机在运行过程中，要定期对溴化锂溶液进行检查，若发现以下情况应对溴化锂溶液进行再生处理，以保证溴化锂吸收式制冷机组正常运行。

(1) 溴化锂溶液颜色由淡黄色变为暗黄色；



- (2) 溴化锂溶液的 pH 值有较明显的变化;
- (3) 溴化锂溶液中的溴化锂的含量有较明显的变化;
- (4) 溴化锂溶液中的其他阳离子或阴离子有明显增加。

## (二) 溴化锂溶液的再生方法

### 1. 单项指标的再生处理

(1) 溴化锂溶液的 pH 值大于 10 溶液的碱性过大时, 可取浓度为 20% 的氢溴酸溶液加入到溴化锂溶液中, 调整溴化锂溶液的 pH 值为 8 ~ 10。

(2) 溴化锂溶液中铬酸锂含量小于 0.25% 时, 将需要再生的溶液总量统计一下, 把浓度为 10% 的铬酸锂溶液, 按含铬酸锂 0.25% ~ 0.30% 的要求加入到溴化锂再生溶液中。

(3) 溴化锂溶液浑浊不清或沉淀物较多时, 可将溴化锂溶液加热到沸腾, 调整溴化锂溶液的 pH 值在 8 ~ 9 后静置 24h, 将上层的清液吸到过滤器中, 把溴化锂溶液浑浊物或沉淀物过滤干净。

(4) 溴化锂溶液呈暗红色 pH 值 < 8 使溴化锂溶液显酸性时, 可用浓度为 10% 的氢氧化锂溶液, 调整溴化锂溶液的 pH 值为 8 ~ 9。

(5) 溴化锂溶液含量低于 50% 时, 可将需要再生的溶液总量统计一下, 然后加入固体溴化锂。

2. 多项指标的再生处理 经分析测试溴化锂溶液多项指标不合格时, 可将需要再生处理的溴化锂溶液送到溴化锂溶液生产厂进行再生处理。

## 参 考 文 献

- [1] 李援瑛. 中央空调运行管理与维修 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [2] 李援瑛. 空气调节技术与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 陈沛霖, 岳孝方. 空调与制冷技术手册 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [4] 本书编写组. 中央空调选型、调试、控制和维修 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [5] 李援瑛. 空调与供暖系统运行管理与维护 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [6] 付小平, 等. 中央空调系统运行管理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [7] 何耀东. 空调用溴化锂吸收式制冷机 (结构 操作 维护) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [8] 李德英. 暖通空调设备管理与维修 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2001.
- [9] 孙见君. 空调工程施工与运行管理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [10] 陈维刚. 制冷空调维修实用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [11] 孟宪章, 罗晓梅. 空调系统的电气运行维护 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

## 机械工业出版社相关图书

序号	书 名	书号	定价	出版时间
1	全程图解空调器电控维修基础知识 (1DVD)	35614 - 1	38	201110
2	变频空调器维修一线资料速查速用	35995 - 1	39.8	201110
3	制冷设备的维修操作	34943 - 3	33	201108
4	一问一答轻松学修电冰箱空调器	33804 - 8	48	201106
5	高新空调器电脑板控制电路维修从零起步到就业	33954 - 0	68	201105
6	轻松解读新型变频空调器控制电路与速修技巧	30464 - 7	39.8	201005

以上图书在全国新华书店均有销售，您也可以在金书网（[www. golden-book. com](http://www.golden-book.com)，电话：010-88379639/88379641）联系购书事宜。

图书内容垂询电话：010-88379768，010-68326336

E-mail：[maryxu1975@163. com](mailto:maryxu1975@163.com)

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号

机械工业出版社 电工电子分社

邮编：100037

○ ISBN 978-7-111-37135-9

○ 策划编辑：徐明煜

○ 封面设计：马精明



上架指导：工业技术/制冷

地址：北京市百万庄大街22号  
电话服务  
社服务中心：(010)88361066  
销售一部：(010)68326294  
销售二部：(010)88379649  
读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037  
网络服务  
门户网：<http://www.cmpbook.com>  
教材网：<http://www.cmpedu.com>  
封面无防伪标均为盗版

定价：39.80元

ISBN 978-7-111-37135-9



9 787111 371359 >