

制 冷 与 空 调 应 用 技 术 丛 书

冷 水 机 组

陶 慰 祖 林 欧 陶 海 澄 / 编 著



科 学 出 版 社

制冷与空调应用技术丛书

冷水机组

陶慰祖 张 欧 ~~陶海登~~ 编著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书专题介绍了集中空调系统的关键设备——各种冷水机组的特点、分类、原理、典型流程、调节、维护管理、故障分析和排除方法,并对水源热泵机组也作了介绍。

本书可供从事制冷与空调专业的技术人员、生产、管理人员、维修人员、培训班学员学习,亦可供从事制冷与空调专业的设计人员、有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷水机组/陶慰祖,张欧,陶海澄编著.-北京:科学出版社,2001

(制冷与空调应用技术丛书)

ISBN 7-03-009289-9

I.冷… II.①陶… ②张… ③陶… III.中央制冷系统,冷水机组-基本知识 IV.TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 15342 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

北 京 双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001年5月第 一 版 开本:787×1092 1/32

2001年5月第一次印刷 印张:7

印数:1—3 000 字数:151 000

定价:14.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

《制冷与空调应用技术丛书》编委会

主 编 杨 磊

副主编 俞炳丰 王天富 陶慰祖 黄 翔

张华俊 买宏金

编 委 (按姓氏笔画为序)

马鸿鸣 王天富 史美耀 刘卫东

买宏金 米新声 李安桂 李树林

李夏利 李振斋 李彩琴 连之伟

杨启华 杨栓平 杨 磊 张子慧

张华俊 张 欧 张景春 郑爱平

哈 文 赵 忬 赵家禄 俞炳丰

南晓红 陶海澄 陶慰祖 黄清华

黄 翔 韩宝琦

序 言

随着国民经济与科学技术的发展,以及人民生活水平的提高,制冷空调技术的应用日益广泛,相应从事这一技术的教学、科研、生产、工程等从业人员也日益增多。为了适应形势发展的需要,有关制冷空调的教学用书、专著、工程手册、期刊杂志、科普书籍等陆续问世,但至今尚未发现一套既偏重应用又成系列的制冷与空调技术方面的丛书,鉴于此,西安制冷学会组织编写了《制冷与空调应用技术丛书》。

由于制冷与空调技术应用的领域较宽,所以我们挑选了较常应用的内容进行组织编写,全书共 13 分册,每一分册都由学术水平较高且有丰富实践经验的专家撰写。在撰写过程中,他们不仅介绍了国内外的先进技术、设备,以及使用、维修的知识和宝贵经验,同时还提出了自己的见解。由于作者水平所限,书中缺点及不足之处在所难免,尚希读者批评指正。

西安制冷学会理事长
西安建筑科技大学教授
2000 年 4 月

杨磊

前 言

随着国民经济的蓬勃发展,人民生活水平的不断提高,各种类型建筑的集中空调系统也越来越多,从事空调制冷的生产、管理、维修人员迅速增加,只要有集中空调系统,就离不开冷水机组,因而了解各种冷水机组的工作原理和使用、维修方面的知识已成为广大从事空调制冷的生产、管理、维修人员的迫切需要。

冷水机组是工业民用建筑和体育馆、会堂、剧院、影院、各种娱乐场所等公共建筑集中空调系统中的主要设备,用来提供空调和生产工艺所需的冷水,一般冷水供水温度为 7°C ,回水温度为 12°C ;添加乙二醇溶液后,可以制取 $5\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的冷水,供生产工艺使用。

冷水机组就是将压缩机、冷凝器、蒸发器、节流机构、控制器件、仪器仪表组装在一个整体钢架上,外部只需接上冷水管、冷却水管路系统和电源即可使用。冷水系统与末端设备(风机盘管、组合式空调器、吊顶式空调机组、柜式空调器等)、冬季增设热源和换热设备,综合在一起组成集中空调系统,给人们创造一个冬夏舒适的工作、生活环境。

我们在总结实际工作经验的基础上,参阅有关技术书籍和资料,编写了《冷水机组》一书,供读者学习参考。

全书共九章,第一、六、七章由陶慰祖编写,第三、四章由张欧编写,第二、五、八、九章由陶海澄编写。全书由俞炳丰教授审校,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,缺点和不足之处在所难免,希望读者批评指正。

作 者

2000年12月

目 录

序 言 前 言

1 冷水机组的分类和选择	1
1-1 分类	1
1-2 各种冷水机组的优缺点	2
1-3 各种冷水机组容量范围	4
1-4 冷水机组的选择原则	5
2 活塞式冷水机组	9
2-1 活塞式冷水机组的分类	9
2-2 活塞式冷水机组型号表示法	10
2-3 活塞式冷水机组技术参数	11
2-3-1 我国专业标准(JB/T7666-95,JB/T4329-97)中的 一些规定	11
2-3-2 活塞式冷水机组技术参数	12
2-4 机组外形和典型流程	17
2-4-1 活塞式水冷型冷水机组	17
2-4-2 活塞式风冷热泵型冷热水机组	19
2-5 活塞式冷水机组性能特性	23
2-5-1 水冷型冷水机组性能特性	23
2-5-2 风冷型热泵冷热水机组性能特性	24
2-5-3 风冷热泵冷热水机组冬季结霜特性	28

2-6	机组的调节控制	29
2-7	机组的安装、运行、维护管理	31
2-7-1	机组的安装	31
2-7-2	机组的运行	35
2-7-3	机组的维护、保养	37
2-7-4	故障分析和排除方法	43
3	螺杆式冷水机组	50
3-1	螺杆式冷水机组的设计制造条件、机组类型 和型号表示法	50
3-1-1	机组设计制造条件	50
3-1-2	机组类型	51
3-1-3	型号表示法	51
3-2	机组特点和基本参数	52
3-2-1	特点	52
3-2-2	基本参数	52
3-2-3	冷水机组主要技术参数	54
3-3	机组典型流程和外形图	55
3-3-1	典型流程	55
3-3-2	外形图	55
3-4	机组特性曲线	57
3-5	机组调节控制	59
3-5-1	信息显示	59
3-5-2	系统保护及报警	59
3-5-3	调节控制	60
3-6	机组操作管理	60
3-6-1	操作步骤	60
3-6-2	故障分析和排除	62

3-6-3	维护管理	63
4	离心式冷水机组	65
4-1	机组类型、名义工况和常见机组规格型号	65
4-1-1	类型	65
4-1-2	机组名义工况和主要技术参数	65
4-1-3	常见空调用离心式冷水机组规格型号	66
4-2	离心式冷水机组的特点	67
4-3	机组外形和典型流程	68
4-3-1	机组外形	68
4-3-2	典型流程	68
4-4	离心式冷水机组的特性及调节	70
4-4-1	机组的特性及曲线	70
4-4-2	离心式冷水机组的调节	70
4-4-3	离心式冷水机组的“喘振”与“防喘”调节	72
4-5	机组运行及维护管理	74
4-5-1	运转试验	74
4-5-2	运行操作	76
4-5-3	启动操作	80
4-5-4	停机操作(指正常停机)	80
4-5-5	故障分析和排除方法	81
4-5-6	维护管理	83
5	模块化冷水机组	85
5-1	机组类型和型号含义	85
5-2	模块化冷水机组特点	86
5-3	机组技术参数和性能	87
5-3-1	技术参数	87
5-3-2	性能曲线	89

5-4	模块机组典型水系统接管图	91
5-5	机组控制调节和监测安全保护	93
5-5-1	机组控制调节	93
5-5-2	机组监测与保护	94
5-6	机组安装和维护管理	95
5-6-1	机组安装要求	95
5-6-2	机组调试与运行	96
5-6-3	机组维护管理	97
6	水源热泵机组	100
6-1	工作原理和运转模式	100
6-2	水源热泵空调系统特点	101
6-3	典型系统	103
6-3-1	基本系统组成	103
6-3-2	不同季节系统运转过程	104
6-4	水源热泵机组专用设备	107
6-4-1	型号含义	107
6-4-2	机组主要技术参数	107
6-4-3	机组性能曲线	110
6-5	机组运行管理	114
6-5-1	机组运行参数	114
6-5-2	系统调节控制	115
6-5-3	系统运行	116
6-5-4	故障原因和排除	117
7	溴化锂吸收式冷水机组	120
7-1	概述	120
7-1-1	工作原理和过程	120
7-1-2	机组主要部件及其功能	124

7-2	溴化锂水溶液的性质和 $h-\xi$ 图	127
7-2-1	溴化锂水溶液的性质	127
7-2-2	溴化锂水溶液的 $h-\xi$ 图	132
7-3	溴化锂吸收式冷水机组的分类和型号含义	132
7-3-1	机组分类	132
7-3-2	机组型号含义	133
7-3-3	名义工况和性能	134
7-4	溴化锂吸收式机组的特点	137
7-4-1	主要优点	137
7-4-2	主要缺点	138
7-5	溴化锂吸收式机组主要技术参数和 典型流程	139
7-5-1	机组主要技术参数	139
7-5-2	机组典型管道流程和系统安装	139
7-6	溴化锂吸收式机组的调节控制	152
7-6-1	安全保护装置	152
7-6-2	能量调节系统	155
7-6-3	程序控制	155
7-6-4	参数测量记录	156
7-6-5	微机控制	157
7-7	机组运转调试与维护管理	157
7-7-1	机组性能	157
7-7-2	机组运行准备	164
7-7-3	机组开停机和调试	166
7-7-4	机组运行管理	168
7-7-5	常见故障原因和排除方法	173
7-7-6	机组维护保养	178

8 小型冷水机组	181
8-1 机组型号含义	181
8-2 机组特点和应用范围	181
8-2-1 机组特点	181
8-2-2 机组应用范围	182
8-3 机组主要技术参数	182
8-4 机组典型系统	184
8-5 机组运行维护管理	186
8-5-1 设备安装	186
8-5-2 机组运行调试	186
8-5-3 机组的维护保养	187
8-5-4 故障原因和排除方法	188
9 低温冷水机组	191
9-1 机组特点和应用范围	191
9-2 机组型号含义	191
9-3 低温载冷剂	192
9-4 机组主要技术参数	196
9-5 机组典型系统	199
9-6 调节控制和维护管理	199
参考文献	201
附录一 常用公英制单位换算表	203
附录二 产品介绍	204

1 冷水机组的分类和选择

1-1 分 类

常用冷水机组的分类方式及种类见表 1-1。

表 1-1 常用冷水机组的分类方式及种类

分类方式	种 类	分类方式	种 类
按压缩机形式分	活塞式(往复式)	按燃料种类分	燃油型 $\left\{ \begin{array}{l} \text{柴油} \\ \text{重油} \end{array} \right.$ 燃气型 $\left\{ \begin{array}{l} \text{煤气} \\ \text{天然气} \end{array} \right.$
	螺杆式		
按冷凝器冷却方式分	离心式	按冷水出水温度分	空调型 $\left\{ \begin{array}{l} 7^{\circ}\text{C} \\ 10^{\circ}\text{C} \\ 13^{\circ}\text{C} \\ 15^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$ 低温型 $-5 \sim -30^{\circ}\text{C}$
	水冷式		
按能量利用方式分	风冷式	按密封方式分	按载冷剂分
	单冷型		
按能量利用方式分	热泵型	按载冷剂分	R22 R123 R134a
	热回收型		
按能量利用方式分	单冷、冰蓄冷双功能型	按载冷剂分	R22 R123 R134a
	开式		
按密封方式分	半封闭式	按载冷剂分	R22 R123 R134a
	全封闭式		
按能量补偿不同分	电力补偿(压缩式)	按载冷剂分	R22 R123 R134a
	热能补偿(吸收式)		
按热源不同分(吸收式)	热水型	按载冷剂分	R22 R123 R134a
	蒸汽型		
按热源不同分(吸收式)	直燃型	按载冷剂分	R22 R123 R134a

1-2 各种冷水机组的优缺点

各种冷水机组的优缺点列于表 1-2 中。

表 1-2 各种冷水机组的优缺点

名 称	优 点	缺 点
活塞式冷水机组	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用材简单,可用一般金属材料,加工容易,造价低 2. 系统装置简单,润滑容易,不需要排气装置 3. 采用多机头、高速多缸,性能可得到改善 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 零部件多,易损件多,维修复杂、频繁,维护费用高 2. 压缩比低,单机制冷量小 3. 单机头部分负荷下调节性能差,卸缸调节,不能无级调节 4. 属上下往复运动,振动较大 5. 单位制冷量重量指标较大
螺杆式冷水机组	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结构简单,运动部件少,易损件少,仅是活塞式的 $\frac{1}{10}$,故障率低,寿命长 2. 圆周运动平稳,低负荷运转时无“喘振”现象,噪音低,振动小 3. 压缩比可高达 20,EER 值高 4. 调节方便,可在 10%~100%范围内无级调节,部分负荷时效率高,节电显著 5. 体积小,重量轻,可做成立式全封闭大容量机组 6. 对湿冲程不敏感 7. 属正压运行,不存在外气侵入腐蚀问题 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 价格比活塞式高 2. 单机容量比离心式小,转速比离心式低 3. 润滑油系统较复杂,耗油量较大 4. 大容量机组噪声比离心式高 5. 要求加工精度和装配精度高

名称	优点	缺点
离心式冷水机组	<ol style="list-style-type: none"> 1. 叶轮转速高,输气量大,单机容量大 2. 易损件少,工作可靠,结构紧凑,运转平稳,振动小,噪声低 3. 单位制冷量重量指标小 4. 制冷剂中不混有润滑油,蒸发器和冷凝器的传热性能好 5. EER 值高,理论值可达 6.99 6. 调节方便,在 10%~100% 内可无级调节 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单级压缩机在低负荷时会出现“喘振”现象,满负荷运转平稳 2. 对材料强度、加工精度和制造质量要求严格 3. 当运行工况偏离设计工况时效率下降较快,制冷量随蒸发温度降低而减少幅度比活塞式快 4. 离心负压系统,外气易侵入,有产生化学变化、腐蚀管路的危险
模块化冷水机组	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系活塞式和螺杆式的改良型,它是由多个冷水单元组合而成 2. 机组体积小、重量轻、高度低、占地小 3. 安装简便,无需预留安装孔洞,现场组合方便,特别适用于改造工程 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 价格较贵 2. 模块片数一般不宜超过 8 片
水源热泵机组	<ol style="list-style-type: none"> 1. 节约能源,在冬季运行时,可回收热量 2. 无需冷冻机房,不要大的通风管道和循环水管,可不保温,降低造价 3. 便于计量 4. 安装便利,维修费低 5. 应用灵活,调节方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在过渡季节不能最大限度利用新风 2. 较大机组噪声较大 3. 机组多数暗装于吊顶内,给维修带来一定难度

续表

名称	优点	缺点
溴化锂吸收式冷水机组 (蒸汽、热水和直燃型)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运动部件少,故障率低,运行平稳,振动小,噪声低 2. 加工简单,操作方便,可实现10%~100%无级调节 3. 溴化锂溶液无毒,对臭氧层无破坏作用 4. 可利用余热、废热及其他低品位热能 5. 运行费用少,安全性好 6. 以热能为动力,电能耗用小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用寿命比压缩式短 2. 节电不节能,耗汽量大,热效率低 3. 机组长期在真空下运行,外气容易侵入,若空气侵入,造成冷量衰减,故要求严格密封,给制造和使用带来不便 4. 机组排热负荷比压缩式大,对冷却水水质要求较高 5. 溴化锂溶液对碳钢具有强烈的腐蚀性,影响机组寿命和性能

1-3 各种冷水机组容量范围

各种冷水机组容量范围见表 1-3。

表 1-3 各种冷水机组容量范围

冷水机组型式		制冷剂	冷量范围 /kW	热量范围 /kW	EER	ϵ
电 动 式	活塞式 冷水机组	水冷	R22	112~1336		3.38~4.4
		风冷	R22	172~1706	190~844	2.62~3.10
	螺杆式 冷水机组	水冷	R22	125~2374		3.8~5.0
		风冷	R22	116~1488	177~886	2.8~3.5
	模块式冷水机组		R22	65~1690		3.23~3.6
	离心式冷水机组		R22, R123, R134a	528~8800		4.7~5.6