

中央空调

朱勇 刘华 李宾 黄戎丹 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中央空调

中央空调

中央空调

中央空调

TB657.2
188

中央空调

朱 勇 刘 华 李 宾 黄戎丹 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

中央空调 / 朱勇等编著. —北京: 人民邮电出版社,
2008.8
ISBN 978-7-115-17785-8

I. 中… II. 朱… III. 集中空气调节系统 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031441 号

内 容 提 要

本书在简明扼要地讲述空气调节和中央空调基础知识的基础上,较全面系统地讲述了中央空调系统的组成,主要部件的结构及工作原理,空调系统设计的过程及各设计阶段的主要工作(负荷计算、系统划分、末端选型、主机选型、风/水系统设计、自控设计、消声与隔振设计、系统调试),此外对空气热湿处理设备、制冷机组、空调控制系统、管道系统、消声与隔振系统的运行维护及与运行维护有关的技术手段、安全措施也进行了介绍,还简要介绍了中央空调项目招、投标的方法,目的是培养和提高中央空调行业从业人员的工作技能。

本书可供中央空调行业销售、技术支持、技术推广、运行、管理与检修工作人员学习,也可供普通高等学校大专、业余大学和函授大学的学生及参加职业培训的学员参考使用。

中 央 空 调

- ◆ 编 著 朱 勇 刘 华 李 宾 黄戎丹
责任编辑 张 鹏
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24
字数: 603 千字
印数: 1—4 000 册
- 2008 年 8 月第 1 版
2008 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17785-8/TN

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

近年来,伴随着我国经济的高速发展,在各种大中型企业、民用建筑、娱乐场所及购物中心等普遍使用集中的空调系统来对空气进行调节。中央空调的使用极大地改善了人们的工作和生活环境,它已成为了现代社会的必要技术装备。同时,中央空调行业的快速增长也提供了大量的工作机会,使中央空调的安装、运行管理和维修成为一种新兴的热门就业渠道。

本书共有 12 章,本着由浅入深、深入浅出的原则,在介绍空气调节和中央空调基础知识的基础上,较全面系统地讲述了中央空调系统的组成,主要部件的结构及工作原理,空调系统设计的过程及各设计阶段的主要工作,此外对空气热湿处理设备、制冷机组、空调控制系统、管道系统、消声与隔震系统的运行维护及与运行维护有关的技术手段、安全措施也进行了介绍,还简要介绍了中央空调项目招、投标的方法,目的是培养和提高中央空调行业从业人员的工作技能。

中央空调的运行维护要求从业者具备制冷与空调原理、制冷与空调设备结构、电气控制和管理方面的基础知识,具备制冷与空调系统的运行调节、测定与检修工具的熟练使用、测定与检修基本方法等操作技能。本书正是为了满足从业者对中央空调的相关知识和技能的需求而编写的。我们衷心的希望本书能够使读者对于中央空调相关知识、相关工作技能有所了解,并能对他们的工作和学习起到启迪和促进的作用。

本书是一本实用性很强的专业技术书,可广泛适用于从事中央空调产品设计、制造、销售、推广体系的技术和管理人员,中央空调工程设计、施工、维护人员,也可作为有关专业技术培训的教学参考书。为了方便读者学习和教师培训,本书配有中央空调仿真学习软件、中央空调培训课件、中央空调选型及设计软件等实用资料,读者可登录人民邮电出版社网站(www.ptpress.com.cn)查询下载。

本书主要由朱勇、刘华、李宾、黄戎丹等编写,由于编者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。本书编写过程中得到了美的商用空调设备有限公司、重庆美的通用制冷设备有限公司及相关技术、推广、销售人员的支持,借此机会表示深切的谢意!

编者

目 录

第 1 章 空气调节基础知识	1	2.5 怎样做好中央空调系统设计	44
1.1 相关概念	1	2.5.1 方案阶段应吸收设备工种参加	44
1.1.1 空调常用压力单位	1	2.5.2 设计前对建筑物要了解清楚	44
1.1.2 空调常用温度单位	2	2.5.3 空调设计与建筑的关系	45
1.1.3 空调常用能量单位	2	2.5.4 民用建筑空调系统设计的注重点	48
1.1.4 中央空调常用概念	2	2.5.5 中央空调工程设计程序	49
1.2 湿空气相关概念	4	第 3 章 中央空调系统方案的确定	52
1.2.1 相关术语	4	3.1 民用建筑和工业建筑特点	52
1.2.2 湿空气的焓—湿图	6	3.1.1 民用建筑特点及分类	52
1.3 空调对空气的典型处理过程	9	3.1.2 工业建筑特点及分类	53
1.4 负荷估算	11	3.2 空调系统方式的确定和系统划分	53
1.4.1 室内设计参数	11	3.2.1 确定空调系统方案的因素	53
1.4.2 室外设计参数	12	3.2.2 空调系统的分区	55
1.4.3 空调负荷计算过程	13	3.3 典型建筑空间的空调方式	56
1.4.4 空调房间的冷、热、湿负荷	14	3.3.1 酒店、公寓等居住建筑	56
1.4.5 建筑物冷、热负荷估算	15	3.3.2 办公楼、事务所等行政办公建筑	58
1.4.6 算法确定负荷	17	3.3.3 商场类建筑	58
1.4.7 新风冷负荷	17	3.3.4 餐厅、多功能厅类建筑	60
第 2 章 中央空调基础	19	3.3.5 影剧院、大会堂、体育馆类高大 空间建筑	61
2.1 概述	19	3.3.6 共享空间	63
2.1.1 空气调节系统的分类	19	3.3.7 医院类建筑	63
2.1.2 空调系统的选择	24	第 4 章 中央空调的末端设备	64
2.2 常用中央空调系统的类型及特点	24	4.1 末端设备市场状况	64
2.2.1 集中式中央空调系统	24	4.1.1 末端产品的制造和销售方式	64
2.2.2 风机盘管空调系统	26	4.1.2 末端产品的市场状况	64
2.2.3 变制冷剂流量空调系统	29	4.2 常用空气处理部件	65
2.2.4 水冷柜机空调系统	30	4.2.1 空气过滤器	65
2.2.5 水源热泵空调系统	32	4.2.2 空气加热器	68
2.2.6 风冷热泵模块空调系统	34	4.2.3 空气冷却器	70
2.3 中央空调运行参数和工况	34	4.2.4 空气加湿设备	75
2.4 空调系统设计程序及内容	39	4.2.5 空气除湿设备	78
2.4.1 一次冷媒系统的设计程序及内容	39	4.2.6 空气输送装置	81
2.4.2 二次冷媒系统设计程序及内容	42		

4.2.7 空气混合和消声装置	81	5.3.3 离心式冷水机组选型	139
4.3 组合式空调机组	82	5.3.4 R134a 工质离心式冷水机组的 试运转	142
4.3.1 组合式空调机组工作流程及类型	83	5.3.5 离心式冷水机组的运行管理	146
4.3.2 组合式空调机组的典型组合	85	5.4 螺杆式制冷机组	149
4.3.3 组合式空调机组选型方法	87	5.4.1 螺杆式制冷机组特点及分类	149
4.3.4 组合式空调机组的安装、运行与 维修	88	5.4.2 双螺杆式制冷机组原理及结构	150
4.4 风机盘管机组	91	5.4.3 单螺杆式制冷机组原理及结构	158
4.4.1 风机盘管机组的原理及结构	91	5.4.4 螺杆式制冷机组选择	161
4.4.2 风机盘管的选型方法	94	5.4.5 螺杆式冷水机组的运行管理	163
4.4.3 风机盘管的安装与运行	96	5.5 溴化锂吸收式制冷机组	165
4.5 空调箱	99	5.5.1 溴化锂吸收式制冷机的特点及类型	165
4.5.1 空调箱的原理及结构	99	5.5.2 溴化锂吸收式制冷机组的结构及 原理	167
4.5.2 空调箱的选型方法	100	5.5.3 溴化锂吸收式冷水机组的试运行	183
4.6 变风量机组	102	5.5.4 溴化锂吸收式机组的运行调节	188
4.6.1 变风量机组的原理及特点	102	5.6 风冷热泵机组	193
4.6.2 变风量机组的运行管理	104	5.6.1 风冷热泵机组的原理及类型	193
4.7 除湿机组	105	5.6.2 风冷热泵机组的结构	195
4.7.1 除湿机组的原理及结构	105	5.6.3 风冷热泵机组的选型	198
4.7.2 除湿机组选用和使用注意事项	107	5.6.4 风冷热泵机组的运行管理	202
4.8 空气幕	108	5.7 空调热源及热源设备	203
4.8.1 空气幕的送风形式和分类	108	5.7.1 空调热源	203
4.8.2 空气幕的结构及性能	109	5.7.2 锅炉供热	203
4.8.3 空气幕的选用原则	110	5.7.3 热交换器供热	204
第 5 章 中央空调的主机设备	111	5.7.4 热泵供热	204
5.1 中央空调主机设备市场状况	111	5.7.5 热源设备选型	204
5.1.1 中央空调总体市场状况	111	5.8 制冷机房	205
5.1.2 离心式冷水机组市场状况	111	5.8.1 制冷机房的布置	205
5.1.3 螺杆式冷/热水机组市场状况	112	5.8.2 制冷机房设计步骤	205
5.1.4 水/地源热泵机组市场状况	114	第 6 章 中央空调水系统设计	207
5.2 中央空调主机的分类、选型及 检修工具	115	6.1 水系统组成、分类、设计思路及 原则	207
5.2.1 中央空调主机的分类	115	6.1.1 水系统的组成	207
5.2.2 中央空调主机的选型	116	6.1.2 水系统的分类	207
5.2.3 不同冷、热源方案运行费用对比	120	6.1.3 水系统的设计思路	212
5.2.4 制冷机组的检修工具	122	6.1.4 水系统的设计原则	212
5.3 离心式制冷机组	123	6.2 冷冻水系统设计	213
5.3.1 离心式冷水机组工作原理	123	6.2.1 冷冻水循环系统	213
5.3.2 离心式冷水机组结构	129		

6.2.2 水泵的选型	216	8.3.4 送风温度高、低限值控制环节	272
6.2.3 膨胀水箱的选型	219	8.3.5 风量和新风量控制环节	273
6.2.4 分水器、集水器尺寸的确定	220	8.3.6 典型的全空气式舒适型空调的 完整控制系统	275
6.2.5 冷冻水管路系统附件选型	220	8.3.7 露点温度控制环节	275
6.3 冷却水系统设计	221	8.3.8 冷水表冷器和热水加热器的 接管方式和控制	276
6.3.1 冷却水系统配置	221	8.3.9 直接膨胀式冷却器的控制	277
6.3.2 冷却水系统管径的确定	222	8.4 典型空调工程的自动控制	279
6.3.3 冷却水泵的选择	223	8.4.1 相对湿度有上限控制要求的 空调系统	279
6.3.4 冷却水塔的选择	223	8.4.2 一般恒温恒湿型空调系统	280
6.4 冷凝水系统设计	224	8.4.3 精密类恒温恒湿空调系统	281
第 7 章 中央空调风系统设计	225	8.5 中央空调的电气控制	283
7.1 风系统构成、类型、送风参数 及分区	225	8.5.1 中央空调电控线路图	284
7.1.1 风系统的构成	225	8.5.2 冷水机组的控制电路	286
7.1.2 风系统的类型	226	第 9 章 中央空调系统的消声、防振及 空调建筑的防火排烟	295
7.1.3 送风量的确定	227	9.1 空调系统的消声	295
7.1.4 风系统的分区	229	9.1.1 空调系统的噪声源	295
7.2 风管系统布置及风机选型	229	9.1.2 空调房间的允许噪声标准	297
7.2.1 风管系统的布置	229	9.1.3 噪声控制	298
7.2.2 风机的选型	235	9.1.4 消声器	299
7.3 风口的选型布置及气流组织	236	9.2 空调系统的隔振	304
7.3.1 风口的选型布置	236	9.2.1 隔振材料与隔振装置	304
7.3.2 气流组织	238	9.2.2 隔振装置的选择	306
第 8 章 中央空调系统的自动控制	241	9.3 空调系统的防火及防烟、排烟	306
8.1 中央空调自动控制基础知识	241	9.3.1 空调系统的防火	306
8.1.1 中央空调自动控制的意义、类型 及常用术语	241	9.3.2 民用建筑的防烟、排烟	310
8.1.2 自动控制系统的构成	244	第 10 章 中央空调系统的安全技术	314
8.2 中央空调自动控制与保护器件	246	10.1 制冷系统的安全知识	314
8.2.1 保护器件	246	10.1.1 电气安全	315
8.2.2 空调系统中常用的传感器	251	10.1.2 防火防爆	317
8.2.3 空调系统常用的执行器	257	10.2 压力容器	318
8.2.4 控制元件	259	10.2.1 压力容器的条件	319
8.2.5 自控元件的故障诊断与分析	269	10.2.2 压力容器的分类	319
8.3 空调自动控制的基本环节和方式	270	10.2.3 压力容器的安全管理和定期检验	320
8.3.1 选择控制环节	270	10.3 制冷系统中的安全装置	321
8.3.2 分程控制环节	271		
8.3.3 温度设定值的自动再调控制环节	272		

10.3.1 压力安全器件	321	11.4.4 室内正压的测定与调整	347
10.3.2 液位安全器件	323	11.4.5 室内噪声的测定	347
10.3.3 温度安全器件	324	11.5 系统调试中有关问题的分析	
10.3.4 其他安全防护装置	324	和解决	347
10.4 制冷系统的安全操作	325	11.5.1 送风量设计不合要求	347
10.4.1 阀门的安全操作	325	11.5.2 送风状态参数与设计工况不符	348
10.4.2 设备的安全操作	325	11.5.3 室内空气参数不符合设计要求	349
10.4.3 检修时的安全操作	326	11.5.4 室内噪声级和消声量不符合	
10.4.4 制冷剂钢瓶的安全管理	326	设计要求	349
10.4.5 制冷系统事故的预防和紧急救护	327		
第 11 章 中央空调系统的测定和调整	329	第 12 章 中央空调项目招投标与合同	
11.1 空调系统测定用仪表	329	管理	350
11.1.1 温度测量仪表	329	12.1 招投标基础知识	350
11.1.2 湿度测量仪表	333	12.1.1 基本概念	350
11.1.3 风速测量仪表	334	12.1.2 招标方式	352
11.1.4 风压测量仪表	336	12.1.3 招标文件的组成	352
11.2 空调系统风量的测定与调整	337	12.1.4 投标文件的组成	354
11.2.1 空调系统风量的测定	337	12.1.5 评标	355
11.2.2 空调系统风量的调整	339	12.2 投标策略	356
11.3 空气处理设备容量的测定	341	12.2.1 收集与筛选信息	356
11.3.1 空气冷却设备的测定	342	12.2.2 招标文件分析	357
11.3.2 空气加热设备的测定	342	12.2.3 标书编制技巧	358
11.4 空调综合效果的测定	343	12.2.4 报价技巧	359
11.4.1 室内温度和相对湿度的测定	343	12.2.5 现场投标技巧	363
11.4.2 空气气流组织的测定	346	12.2.6 做好细节工作	363
11.4.3 洁净空调系统中空气含尘浓度的		12.2.7 招投标违法行为解析	365
测定	346	附录 中央空调末端选型参数表	369

第 1 章 空气调节基础知识

空气调节简称空调，它是通过对空气的处理使某区域范围内空气的温度、相对湿度、气流速度和洁净度达到一定要求的工程技术。空气的温度、相对湿度、气流速度和洁净度简称“四度”。所谓达到一定的要求就是指空气的参数必须稳定在一定的基数上并且不超过允许的波动范围，常用空调基数和空调精度来表示。

空调基数是指空调房间所要求的基准温度和相对湿度。**空调精度**则表示空调房间空气的温度、相对湿度在所要求的连续时间内允许波动的幅度。例如，某空调房间内温度(t)要求为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度(φ)要求为 $55\% \pm 5\%$ 。那么，此房间的空调基数为 $t=20^\circ\text{C}$ ， $\varphi=55\%$ ；空调精度为 $\Delta t = \pm 2^\circ\text{C}$ ， $\Delta \varphi = \pm 5\%$ 。即空调房间的温度应在 $18 \sim 22^\circ\text{C}$ 之间，相对湿度应在 $50\% \sim 60\%$ 之间，只要在这个范围内，空调系统的运行就是合格的。空调基数直接关系到空调装置系统的初投资和运行费用。空调精度则主要与自动控制系统有关。

凡是 Δt 在 1°C 以上的空调系统都称为一般精度的空调系统，可以通过手动来控制；凡是 $\Delta t = \pm 1^\circ\text{C}$ 的空调系统宜作成自动控制系统；凡是 $\Delta t < 1^\circ\text{C}$ 的空调系统叫高精度空调系统，应采用自动控制。

空调总体上可分为舒适性和生产性两类。

实践证明，人们感到舒适的环境条件为：空气温度 $18 \sim 28^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $40\% \sim 60\%$ ，空气流动速度 0.25m/s 左右。

生产性空调的作用是满足生产、科研等工艺过程所要求的空气参数。

1.1 相关概念

1.1.1 空调常用压力单位

1. 常用的压力单位

压力的工程制单位（非法定计量单位）为 kgf/cm^2 （又称为公斤），工程上为了使用和计算方便将 1kgf/cm^2 作为一个大气压，称为工程大气压（at）， $1\text{at} = 1\text{kgf/cm}^2$ 。

国际单位为帕（Pa）或兆帕（MPa）。

液柱高单位（非法定计量单位）有几种表示法，如毫米汞柱高（mmHg）、毫米水柱高（mmH₂O）和米水柱高（mH₂O）。

物理学上规定，在纬度 45° 的海平面上常年平均大气压定为 1 标准大气压（1atm）或称为一个物理大气压，其值为 1013.25mbar 或 760mmHg 。

2. 几种单位的换算关系

$$1\text{at} = 1\text{kgf/cm}^2 = 98066.5\text{Pa} = 735.6\text{mmHg} \approx 0.1\text{MPa}.$$

$$1\text{mmHg} = 13.5951\text{mmH}_2\text{O} = 133.3224\text{Pa}.$$

$$1\text{mmH}_2\text{O} = 1\text{kgf/m}^2.$$



$$1\text{atm} = 1013.25\text{mbar} = 760\text{mmHg} = 10332.3\text{kgf/m}^2。$$

3. 真空度、绝对压力、相对压力、表压力概念及相互关系

容器内工质的实际压力称为绝对压力，用符号 P 表示。

容器内气体的压力大于大气压力 P_b 时，压力计测得的压力是容器内的压力与外界大气压力 P_b 的差值，是一个相对压力，称为表压力，用符号 P_e 表示， $P_e = P - P_b$ 。

当容器内气体实际压力低于大气压力 P_b 时，压力计上测得的压力称为真空度，用 P_v 表示， $P_v = P_b - P$ 。

绝对压力与大气压的差值称为相对压力，用 P_r 表示， $P_r = P - P_b$ 。

1.1.2 空调常用温度单位

温度是描述空气冷热程度的物理量，主要有三种标定方法：摄氏温标、华氏温标和绝对温标（又称热力学温标或开氏温标）。

摄氏温标用符号 t 表示，单位是 $^{\circ}\text{C}$ ；华氏温标用符号 t_F 表示，单位是 $^{\circ}\text{F}$ ；绝对温标用符号 T 表示，单位是 K 。三种温标间的换算关系如下：

$$T = t + 273$$

$$t_F = \frac{9}{5} \times t + 32$$

1.1.3 空调常用能量单位

1. 性能系数

对于小型中央空调，国家标准用 EER 表示制冷能效比，COP 表示制热时的能效比。制冷量 = EER · 功率，制热量 = COP · 功率。

对于中、大型中央空调，一般用 COP 表示制冷时的能效比。

2. 常用能量单位

在空调行业，常用冷量单位为千瓦 kW 、冷吨 RT 、匹 HP 等。1HP（匹）是 0.735kW ，是功率单位（一般是指输入功率）而非制冷量单位，但常被用来指一匹的电功率输入带来的制冷量。由于能效比 EER 不同，用匹表示制冷量很不准确。一般小的空调器一匹在 2500W （制冷量输出）/HP（输入）左右，中央空调一般很少用匹，日本用得多一点，但是其实质也是指输入电功率。

匹这个单位是应该淘汰的。其实现在用得最广的是 USRT（美国冷吨）， kcal/h （万大卡）和 kW （千瓦），这些都是直接指制冷量，不会混淆。

3. 换算关系

$$1\text{kcal/h} = 1.163\text{W}, 1\text{kW} = 860\text{kcal/h}, 1\text{USRT} = 3.517\text{kW}。$$

1.1.4 中央空调常用概念

1. 制冷量

指空调器进行制冷运行时，单位时间内低压侧制冷剂在蒸发器中吸收的热量。

2. 热泵制热量

指空调器进行热泵制热运行时（一般热泵会辅助电加热器同时运行），在单位时间内，高压侧制冷剂在冷凝器中放出的热量。

3. 能效比

指制冷（热）循环中产生的制冷（热）量与制冷（热）所耗功率之比为能效比，该数值是反映空调机组的一项重要经济指标，也是用户最为关心和在意的一项参数值。能效比的数值越大，表示机组经济性越好，在相同环境条件以及相同运转时间下，用户的运行费用越低。

$$\text{能效比} = \frac{\text{制冷量(制热量)}}{\text{耗功}} \quad \text{或者} \quad \text{能效比} = \frac{\text{耗功}}{\text{制冷量(RT)}}$$

4. 制冷剂

制冷剂是制冷系统中传递能量、实现循环的工作介质，简称工质。除热电制冷器外，其余各种制冷机都需要使用制冷剂。中央空调机组常用制冷剂有 R22、R123、R134a、R410a 和 R407c 等。

5. 载冷剂

在制冷装置中，蒸发器中制冷剂向载冷剂输出冷量，载冷剂向末端设备输出冷量。载冷剂在制冷主机蒸发器中被制冷剂冷却后，送到空气处理设备冷却空气，吸收室内环境的热量，再返回蒸发器被重新冷却，如此不断循环，以达到连续制冷的目的。

(1) 使用载冷剂的优缺点

在制冷装置中使用载冷剂的优点在于：

- ① 可以将制冷系统集中于一处，从而简化制冷系统，便于生产和安装；
- ② 使制冷系统的密封和检修较易进行，便于运行管理；
- ③ 可减少制冷剂充注量，减少制冷剂的泄漏；
- ④ 便于控制和分配制冷量。

在制冷装置中使用载冷剂的缺点在于：

- ⑤ 增加了蒸发器与载冷剂以及载冷剂与末端设备之间的传热温差；
- ⑥ 增加了载冷剂系统，使装置更复杂，造价提高。

(2) 载冷剂的种类

载冷剂的种类很多，凡是凝固温度低于蒸发温度、沸腾温度高于常温的物质均可作为载冷剂，常用的有以下几类。

① 水和空气。水是最常用的载冷剂，其价格低廉、传热性能好、热容量大。常用于蒸发温度高于 2℃ 的场合，如集中空调、食品工业等。如制冷系统上加有防冻结保护机构，也可用于蒸发温度高于 0℃ 的场合。

② 盐水。指各种盐类的水溶液，常用的为氯化钠（NaCl）、氯化钙（CaCl₂）和氯化镁（MgCl₂）的水溶液。

③ 有机化合物。通常是有机化合物的水溶液。指在间接制冷系统中用以传送冷量的中间介质，如乙二醇。

6. 贮冷剂

在间接冷却的制冷装置中，被冷却物体或被冷却空间的热量是通过中间介质传递给载冷剂的，此中间介质被称为贮冷剂。

(1) 贮冷剂的作用

当制冷机工作时，制冷剂蒸发吸热使贮冷剂冻结；制冷机停止工作时，贮冷剂融化吸热，以维持被冷却物体或被冷却空间的低温。



对于空调等用电设备来说,用冷高峰恰是用电高峰,用冷低谷恰是用电低谷。在空调系统中应用贮冷剂储存冷量,可使得冷源设备在用电低谷开机,获得的冷量储存起来,待用电高峰时即可将冷源设备关闭,用储存的冷量来冷却空气。这样的蓄冷式空调系统可提高电力设备的利用率,从整体上看提高了电力系统的效率,即起到了移峰节电的作用。

(2) 常用的贮冷剂

常用的贮冷剂是冰和共晶冰。冰作为贮冷剂使用时,只能用于被冷却空间在 0°C 以上的食品冷却、冷却物冷藏及空调等场合,但其融熔潜热在各种贮冷剂中最大,为 335kJ/kg 。在空调系统中使用时,可以在蒸发盘管上连续结冰、筒状蒸发器外剥离片冰,也可制成浆状冰晶样的冰水混合物。

共晶冰指共晶溶液凝固所形成的固溶体,共晶冰的最低凝固温度称为共晶温度,此时的浓度即共晶浓度。常用共晶冰的凝固温度在 0°C 以下,用于空调蓄冷时,会造成储冷时蒸发温度过低,降低了系统效率。研究开发共晶温度在 0°C 以上的共晶冰是贮冷剂的一个研究方向。

在使用时共晶冰需放置于容器中,如容器为球形,该容器称为蓄冷球;如为板状,则称为共晶板,还可以是槽形蓄冷器。共晶板中还可有蒸发管,形成共晶板蒸发器。

7. 润滑油

制冷机组有机械运转部件,可靠的润滑对系统的可靠运行是至关重要的。润滑油应用于 HCFC 如 R123 类制冷剂时,所用润滑油为矿物油类的冷冻机油。应用 HFC 如 R134a 类制冷剂时,所用润滑油为 PAG 或 POE 油脂类冷冻机油,其中 POE 类性能较好。

选择润滑油时应考虑润滑油的低温性能、在 40°C 时的黏度、与可互溶的制冷剂混合后黏度的降低、压缩机的形式、运行工况等因素。

8. 制冷主机

制冷主机一般是由压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、控制柜及相关设备组成的一整套制冷系统。主机类型有用电驱动的离心机组、螺杆机组、涡旋机组、模块机组;有用热驱动的溴化锂吸收机组、蒸汽吸收式机组、热水吸收式机组等。

1.2 湿空气相关概念

作为空调处理对象的空气或多或少都含有一些水蒸气,所以空气是由干空气和水蒸气组成的混合气体,故称为湿空气。完全不含有水蒸气的空气称为干空气。由于地球大部分表面被海洋、江河和湖泊所覆盖,必然有大量水分要蒸发,变为水蒸气飞散到大气中去,所以在自然界中并不存在绝对的干空气。

1.2.1 相关术语

1. 湿空气

由干空气和水蒸气组成的混合气体称为湿空气。

2. 绝对湿度

每 1m^3 湿空气中所含水蒸气的质量,称为绝对湿度。显然绝对湿度表示在单位容积的湿空气中水蒸气的绝对含量。

3. 未饱和湿空气

由干空气和过热蒸气组成的湿空气，称为未饱和湿空气。

4. 饱和湿空气

由干空气和饱和蒸气组成的湿空气，称为饱和湿空气。

5. 相对湿度

绝对湿度只能说明湿空气中实际所含水蒸气的多少，而不能说明湿空气的饱和程度或吸收水蒸气的能力大小。

湿空气的绝对湿度与同温度下饱和湿空气的绝对湿度之比，称为相对湿度，用符号 φ 表示， $\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \times 100\%$ 。

式中： ρ_v —湿空气的绝对湿度； ρ_s —饱和湿空气的绝对湿度。

相对湿度 φ 之值介于 0~1 之间。 φ 反映了湿空气中水蒸气的实际含量与同温度下的最大可能含量的接近程度，也就是未饱和湿空气接近同温度下饱和湿空气的程度，或湿空气中的水蒸气接近饱和状态的程度，故 φ 又称为饱和度。

相对湿度的大小反映了湿空气的干湿程度，或是吸收水蒸气的能力。 φ 愈小，湿空气吸收水蒸气的能力愈强、也愈干燥； φ 愈大，湿空气吸收水蒸气的能力愈弱、也愈潮湿；当 $\varphi = 1$ 时，就是饱和湿空气，也就失去了吸收水蒸气的能力。

6. 湿空气的露点和露点温度

保持湿空气的水蒸气分压力不变，降低其温度，使之达到饱和湿空气状态，这点称为湿空气的露点。其温度就是湿空气中水蒸气分压力 p_v 所对应的饱和温度，又称为湿空气的露点温度，用符号 t_d 示。利用饱和空气的含湿量与温度有关这一原理，可以通过降低温度的方法，使不饱和空气达到饱和，再由饱和空气凝结出水珠，即结露。

7. 湿球温度

通常所谓的空气温度 t 即干球温度，用符号 t_g 表示。

水蒸发所需要的热量正好等于水从周围空气中所获得的热量时，温度计上的读数不再下降保持一个定值，该温度称为湿球温度，用符号 t_w 表示。

空气的相对湿度 φ 通常通过干湿球温度计测量出来。

干湿球温度计的结构如图 1-1 所示，它是由两个相同的温度计组成。使用时将其放在通风处，其中一个放在空气中直接测量出来的温度为干球温度；另一个温度计的感温部分用纱布包裹起来，纱布下端放在水槽里，水槽里盛满水，测量出来的温度为湿球温度。

根据温度计中干、湿球温度的差值和湿球温度值，从湿度表上查得空气的相对湿度 φ 的大小。

值得注意的是，风速大小对所测湿球温度的准确性有很大影响。当流过湿球的风速较小时，空气与湿球表面热湿交换不完善，湿球读数偏高。当流

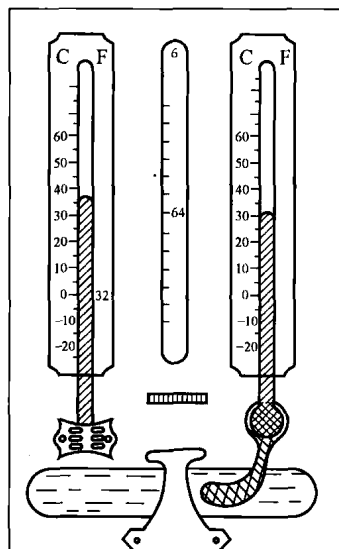


图 1-1 干湿球温度计的结构示意图



经湿球表面的风速为 2.5m/s 以上时, 所测得的湿球温度几乎不变, 数据最准确。

8. 机器露点温度

机器露点温度是指经过人为的对空气加湿或减湿冷却后所达到的近于饱和的空气状态。例如, 表面式冷却器外表面的平均温度, 即为机器露点温度。此外, 工程上将经过喷水室处理比较接近于 $\phi = 100\%$ 的空气状态, 称为机器露点。

9. 含湿量

在通风空调工程中, 往往需要对湿空气进行加湿或去湿, 其中干空气的质量保持不变, 只是增减水蒸气含量而已。这时, 若以湿空气的质量为基准进行分析计算, 将会比较麻烦, 所以提出了以干空气质量为基准的含湿量的概念, 从而给湿空气过程的分析计算带来了方便。

在含有 1kg 干空气的湿空气中所含的水蒸气质量称为含湿量, 它是湿空气的质量与干空气的质量的比值。用符号 d 表示, 单位为 g/kg, 即

$$d = \frac{m_v}{m_a} \quad \text{或} \quad d = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \quad \text{kg/kg (干空气)}$$

式中: m_v 、 m_a —湿空气中水蒸气质量、干空气的质量; P_v 、 P_a —湿空气中水蒸气分压力、干空气的分压力。

10. 湿空气的密度

湿空气的密度为干空气和水蒸气密度之和。在同温同压下, 湿空气的密度总是小于干空气的密度。同时, 随湿空气相对湿度的增大, 湿空气的密度将减小。这是由于当温度一定时, ϕ 愈大所含水蒸气愈多, 从而使湿空气的密度下降。

11. 湿空气的焓

湿空气的焓等于干空气的焓与其中所含水蒸气的焓之和。

在空气处理过程中, 对空气加热加湿或冷却去湿, 空气的状态变化过程一般都可视为定压过程, 因而供给空气或从空气移走的热流量应等于

$$\Phi = (h_2 - h_1)q_m$$

式中, Φ 为热流量, q_m 为质量流量, 单位是 kg/s。

可见, 湿空气的焓可以当作湿空气的能量。

1.2.2 湿空气的焓—湿图

为了简化计算, 工程中常采用根据湿空气状态参数间的关系绘制成的焓—湿图, 如图 1-2 所示。利用焓—湿图可以很方便地确定湿空气的状态参数, 分析计算湿空气的热力过程。

在一定大气压力 P_b 下, 以湿空气的焓和含湿量的计算公式为基础, 以 1kg 干空气组成的湿空气为基准, 分别以焓 h 和含湿量 d 为纵、横坐标绘制而成的湿空气状态坐标图, 称为焓—湿图 (h - d 图)。在图中绘出了湿空气的主要状态参数如焓、含湿量、温度、相对湿度、水蒸气分压力、热湿比等主要参数的定值线簇。

1. 焓—湿图上的等参数线

(1) 等焓线 (h)

等焓线是一组与纵坐标成 135° 夹角的相互平行的斜线, 每条线代表一焓值且每条线上

各点的焓值都相等。

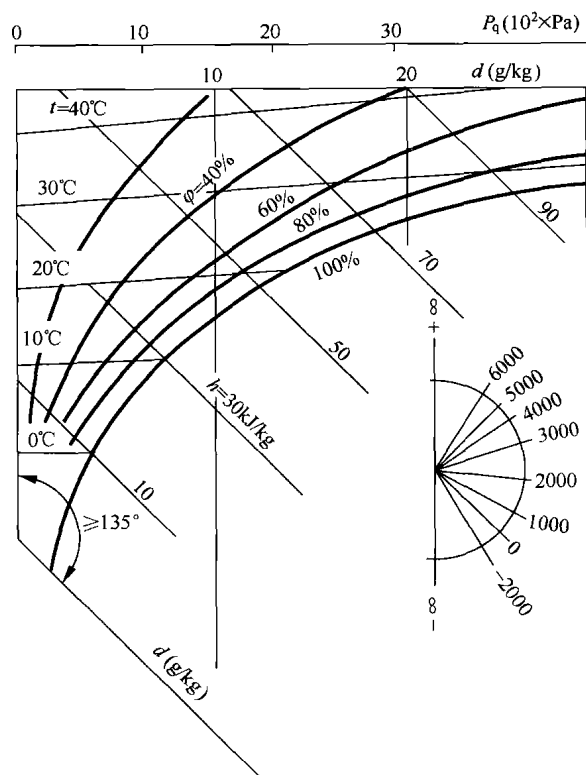


图 1-2 焓-湿图的组成

(2) 等含湿量线 (d)

等含湿量线是一组垂直于水平轴的直线，每条线代表一含湿量且每条线上各点的含湿量值都相等。

(3) 等温线 (t)

等温线是一条斜线，每条线代表一温度且每条线上各点的温度都相等。

(4) 等相对湿度线 (φ)

等相对湿度线是一组向上延伸的发散形曲线，每条线代表一相对湿度且每条线上各点的相对湿度值相等。

(5) 等水蒸气分压线 (P_v)

等水蒸气分压线是一组平行于水平轴的直线，每条线代表一水蒸气分压力且每条线上各点的水蒸气分压值都相等。

(6) 热湿比线

空调过程中，被处理空气常常由一个状态变为另一个状态，为了表示变化过程进行的方向和特性，在图上还有热湿比线 $\varepsilon = \Delta h / \Delta d$ 。

值得注意的是，不同大气压下 $h-d$ 图是不同的，使用时要根据大气压力作适当选择，大气压力的允许选择误差为 2666Pa。例如，广州地区夏季大气压力为 $1004.5 \times 10^2 \text{Pa}$ ，它与标准大气压 $1013.25 \times 10^2 \text{Pa}$ 相差 $8.75 \times 10^2 \text{Pa}$ ，而 $875 \text{Pa} < 2666 \text{Pa}$ 。因此广州地区可选用 $P_b = 1013.25 \times 10^2 \text{Pa}$ (760mmHg) 的 $h-d$ 图。

2. 空气焓—湿图的应用

(1) 确定空气状态参数

焓—湿图上的每一个点都代表了空气的一个状态，只要已知 h 、 d (或 P_v) t 、 ϕ 中的任意两个参数，即可利用焓—湿图确定其他参数。

例1 在 760mmHg 的大气压下，空气的温度 $t=20^\circ\text{C}$ ， $\phi=70\%$ ，求空气的 h 、 d 、 P_v 值 (如图 1-3 所示)。

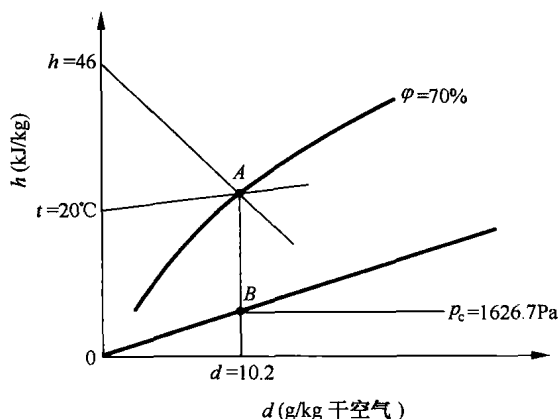


图 1-3 空气状态参数的确定

解：首先根据 $t=20^\circ$ ， $\phi=70\%$ 的交点确定出空气的状态点 A ，过 A 点分别沿等焓线、等含湿线查出空气的 $h=46\text{kJ/kg}$ ， $d=10.2\text{g/kg}$ (干空气)。

P_v 值的查法是：从 A 点沿等含湿量线向下作垂线，与 P_v-d 变换线交于一点，再由 B 点沿水平方向的等水蒸气分压力线查出 $P_v=1626.7\text{Pa}$ (12.2mmHg)。

(2) 确定空气的露点温度 t_d

由露点温度的定义知：在含湿量不变的情况下，给空气降温，当空气的相对湿度 $\phi=100\%$ 时所对应的温度即为露点温度 t_d 。

例2 在 760mmHg 的大气压下，空气的温度 $t=32^\circ\text{C}$ ， $\phi=40\%$ ，求空气的 t_d 。

解：如图 1-4 所示，首先根据 $t=32^\circ\text{C}$ ， $\phi=40\%$ 的交点，确定出空气的状态点 A ，过 A 点沿等含湿量线向下与 $\phi=100\%$ 相交于 L 点， L 点所对应的温度即为 A 点的露点温度，查得 $t_d=17^\circ\text{C}$ 。

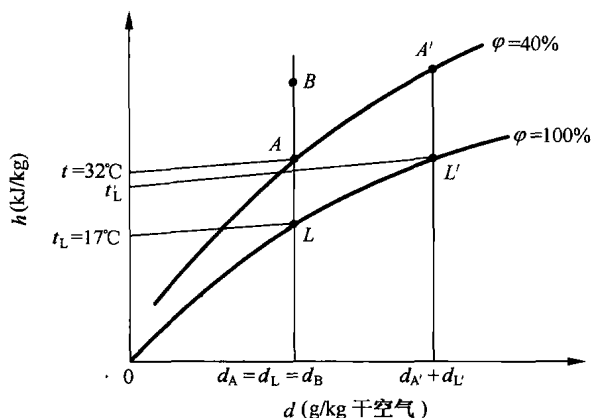


图 1-4 空气露点温度 t_d 的确定