



电工实用技术系列

# 中央空调系统 操作与维修教程

◎葛剑青 主编

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电工实用技术系列

# 中央空调系统 操作与维修教程

葛剑青 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是结合职业教育的特点,考虑到初入门维修者的需求而编写的。本书主要包括:空气调节基本知识;中央空调系统组成与设备运行管理;中央空调的自动控制和管理系统;压缩式冷水机组的自动控制;溴化锂吸收式冷水机组的自动控制;压缩式制冷机组的调试与管理;溴化锂吸收式冷水机组的调试与管理;微处理器和微机对中央空调故障诊断举例;中央空调常见故障分析和处理;制冷系统、机组的故障分析;中央空调的配套系统与设备。

本书可供从事中央空调设计、施工、监理、维修与运行管理人员阅读,也可作为相关培训班和中高职院校相关专业的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

中央空调系统操作与维修教程 / 葛剑青主编. —北京:电子工业出版社, 2013.1

(电工实用技术系列)

ISBN 978-7-121-19181-7

I. ①中… II. ①葛… III. ①集中空气调节系统—操作—教材 ②集中空气调节系统—维修—教材  
IV. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 293124 号

策划编辑:张 榕

责任编辑:桑 昀

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18 字数:487.2 千字

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:48.00 元

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

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

服务热线:(010) 88258888。

# 前 言

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

本书对中央空调的系统与组成设备的原理、结构进行了一般性的介绍。对中央空调的自动控制系统与微机管理做了概括性的讲述；重点介绍空调配套冷水机组的自动控制系统、调试与运行管理；微处理器和微机对中央空调故障的诊断；制冷系统与冷水机组的故障分析与维修；中央空调系统的运行管理与检修。

纵观我国 20 世纪 80—90 年代自行设计的写字楼，其空调的设计观念尚比较落后，空调方式不能适应办公楼的功能需求，冷热源形式比较单一，基本上未采取节能措施。现代的写字楼及大型的建筑群，在中央空调的设备和自动控制上有了显著的发展；把可编程控制器、单片机控制及微机集散化控制与管理系统的引入到中央空调系统控制和管理中。并采用了微处理器和微机对中央空调的故障诊断功能，大大提高了中央空调系统的运行效率，改善了室内人员的舒适度。

所以本书在编写过程中，力求靠近前沿，但又要考虑到老式设备的使用现状，采取新老设备兼备交叉的介绍方法，能满足运行管理和维修人员的实际工作需求。

参加本书编写的还有：徐鲁生、周伟、辛星、单茜。

由于我们的工作疏漏，书中肯定存在不少的欠缺和错误，请广大读者和专业人员提出指正意见；并对参考了优秀作品资料的同仁表示由衷的谢意，同时也衷心感谢提供参考资料的朋友们。

编 者

## 绪 论

19 世纪，英国科学家及发明家麦可·法拉第（Michael Faraday），发现压缩及液化某种气体可以将空气冷冻，此现象出现在液化氨气蒸发时，当时其概念仍处于理论化。

1842 年，美国佛罗里达州医生约翰·哥里（John Gorrie）在落成的新大楼中设计了中央空调。一名新泽西州 Hoboken 的工程师 Alfred Wolff 协助设计此崭新的空气调节系统，并把技术由纺织厂迁移至商业大厦，他被认为是令工作环境变得凉快的先驱之一。

1902 年后期，首个现代化电力推动的空气调节系统，由韦利士·夏维兰·加利亚发明。其设计与 Wolff 的设计分别在于并非只控制气温，也控制空气的湿度以提高纽约布克林一间印刷厂的产品质量。此技术提供了低热度及湿度的环境，令纸张面积及油墨的排列更准确。其后，加利亚的技术开始用于在工作间以提升生产效率，开利工程公司也在 1915 年成立以应付激增的需求。随着科学技术的逐渐发展，空气调节开始用于提升家居及汽车的舒适度。

建筑居住环境下的空调系统到 1950 年才真正投入应用。建于 1906 年，位于北爱尔兰贝尔法斯特的皇家维多利亚医院，在建筑工程学上具有特别意义，被称为世界首座设有空气调节系统的大厦。

1906 年，美国北卡罗莱纳州夏洛特的 Stuart W. Cramer 开发出一项技术，以增加其南方纺织厂的空气湿度。Cramer 把此技术命名为“空气调节”，并在同年将其用于专利申请中，来作为水调节（Water Conditioning）的代替品。水调节当时是一个著名的程序，使纺织品的生产较为容易。它把水汽与通风系统结合以“调节”及转变工厂里的空气，控制纺织厂中极为重要的空气湿度。韦利士·加利亚使用这一名称，并把它放进其 1907 年创办的公司名称：“美国加利亚空气调节公司”（当今的开利公司）。

20 世纪末，随着我国经济的发展，在向社会主义市场经济转轨的过程中，由于第三产业的大力发展和外资的大量引进，各地都在兴建高标准的写字楼和商住楼。其建筑水准和设备水准也是一个国家现代化程度和技术水平的标志。

在写字办公楼的空调设计中，最常见的中央空调系统为传统的集中式定风量空调系统，风机盘管机组加新风空调系统，以及吊顶式 VAV（变风量空调系统）系统。由于集中式定风量空调系统的空气处理设备是集成的，温度是统一设定的，因而无法满足个人的需要，且耗能巨大；风机盘管机组加新风空调系统由于机组分散设置，空调区域内有冷冻水管及凝结水管，易产生盘管凝水和霉变，卫生条件差，维护管理也不方便，而且水管一旦发生漏水，将会给用户带来严重的损失；吊顶式 VAV（变风量空调系统）系统当送风风量过小时，新风量不易保证，且室内气流组织会受到一定影响，自动控制系统较复杂，设备大多需要进口，造价较高。更重要的是，在传统空调环境下办公楼内工作的人员，在计算机前工作的时间长，通常会抱怨空气不新鲜、品质差，从而导致工作效率低下。

20 世纪 80 年代以来，制冷空调步入了一个新的发展阶段，其标志之一是“舒适空调”向“健康空调”的变革，即从传统空调的维持舒适环境要求，提高到确保良好的办公室内空气品质的标准。“健康综合征”的出现就起因于室内空气品质的恶化，其中人的感觉起了很大作用。因此提出了“可感受的室内空气品质”的概念，以有效提高室内空气品质。其中一



个主要途径就是保证最小新风量及提高换气效果。

纵观我国在 20 世纪末自行设计的写字楼所使用的空调系统，其设计观念尚比较落后，空调方式不能适应办公楼的功能需求，冷热源形式比较单一，基本上未采取节能措施。传统的混合式空调方式（上送风）一般是根据整个房间的热湿负荷，将处理过的空气由设在房间上部的送风口送出。具备一定初速度的送风气流在整个房间里形成回旋运动，吸收室内的全部余热、余湿量，经充分混合后由回风口排除，所以房间上下各部分温度趋于一致，并力求满足人们的舒适性。但在实际使用过程中，使用者（在一定的衣着量和活动量下）具有不同的生理和心理反应，对空气温度和气流的个体偏好，以及人体对房间温度变化的反应时间不同等，均体现出个体热反应的差异。

对于现代办公室而言，风口定位是在设计阶段就完成了，此时工作间的位置和热负荷尚未确定，待办公室分区定位时也没有考虑到其对气流组织的影响，并且房间气流会随办公设备与文件橱柜的重新布置而改变，可能会进一步导致舒适度和（或）空气质量变得更差，因此现代办公室内想依靠传统的中央空调来维持每个角落人工环境的一致，基本上是没有可能实现的。同时由于每个人对自己偏爱的温度、风速等又有所不同，所以在舒适性方面更加难以令人满意。另有实验表明：在传统的空调系统中处理过的新风有 99% 被浪费了，只有 1% 被人体所利用。不仅造成了巨大的浪费，而且对室内人员的舒适及健康带来了不利的影响，而这样的负面影响又会进一步导致人们工作效率的降低。

从以上问题看出，我国在写字楼空调设计中存在着种种弊端，反映出空调系统的设置并不完全是“以人为本”，而仅仅是“建筑的空调”而已。这就是我国绝大多数写字楼及大型建筑群应用中央空调的现状。

在第三产业高度发展的今天，写字楼空调设计的首要目标，便是保证办公室工作人员工作环境的舒适度以提高工作效率，因此对办公环境质量提出了较高的要求。现代化写字楼在夏季时冷负荷为常规办公楼的 1.3~1.4 倍。OA（办公自动化机器）设备发热量为  $10\sim 40\text{W}/\text{m}^2$ ，甚至更大，照明负荷为  $20\sim 30\text{W}/\text{m}^2$ ；办公楼周边区域空调负荷，负荷的变化幅度及不同朝向的房间的负荷差别很大；一般冬季需要供热，夏季需要制冷，而室内由于不受室外空气和日照的直接影响，室内负荷主要是人体，照明和 OA（办公自动化机器）设备的发热量，全年基本上是冷负荷，且变化较小。

为此，现代的写字楼及大型的建筑群，在中央空调的设备和自动控制上，把可编程控制器、单片机控制及微机集散化控制与管理系统的引入到中央空调系统控制和管理中来，并采用了微处理器和微机对中央空调的故障诊断功能，大大提高了中央空调系统的运行效率，有效地改善了室内人员的舒适度。

# 目 录

绪论	1
第1章 空气调节基本知识	3
1.1 基本概念	3
1.1.1 空气调节	3
1.1.2 空气的组成	3
1.1.3 空气的物理性质	4
1.2 空气的焓与湿	5
1.2.1 空气的焓-湿图	5
1.2.2 水蒸气分压力 $p_e$ 与含湿量 $d$ 的关系	6
1.2.3 空气焓-湿图的应用	6
1.3 空气调节负荷的估算	7
1.3.1 空调负荷的基本构成	7
1.3.2 空调负荷的估算	8
1.4 空调、制冷常用技术名词	9
第2章 中央空调系统组成与设备管理	12
2.1 空调系统与构成	13
2.1.1 中央空调系统	13
2.1.2 空气处理系统	15
2.1.3 风机盘管	15
2.1.4 空调冷媒水系统的压差旁通控制	17
2.1.5 工位空调	18
2.2 集中式中央空调系统	22
2.2.1 类型和技术要求	22
2.2.2 组成结构和功能	26
2.2.3 空调机组的运行与管理	37
2.3 风机盘管空调机组	38
2.3.1 风机盘管空调机组的特点	38
2.3.2 风机盘管空调机组的工作原理	41
2.3.3 风机盘管空调机组的类型与型号	42
2.3.4 风机盘管空调机组的结构	44
2.3.5 风机盘管的安装与运行	45
2.4 变风量机组的末端装置	46
2.4.1 变风量机组的原理及特点	46
2.4.2 变风量机组的运行管理	49
2.5 洁净室	50
2.5.1 洁净室原理	51
2.5.2 空气净化方法	53



2.5.3	洁净室的分类与等级	54
2.5.4	洁净室的空气品质	56
2.5.5	洁净室的设备设置	57
2.5.6	洁净室的能耗和节能	60
2.5.7	洁净室空调故障点的处理	61
<b>第3章</b>	<b>中央空调的自动控制管理系统</b>	<b>64</b>
3.1	可编程控制器的概括性介绍	64
3.1.1	单板机控制系统原理	66
3.1.2	单板机自控系统举例（适用于特灵机组）	69
3.2	微机集散化控制与管理系统的概述	79
3.2.1	微机监控系统应用举例	80
3.2.2	集散化管理系统原理	83
3.2.3	集散化管理系统综合管理功能	86
<b>第4章</b>	<b>压缩式冷水机组的自动控制</b>	<b>95</b>
4.1	自动控制系统的基本组成	95
4.1.1	能量调节子系统	96
4.1.2	安全保护子系统	98
4.2	氨制冷机组的自动控制子系统	98
4.2.1	氨制冷机组的能量调节系统	98
4.2.2	氨制冷机组的安全保护系统	99
4.3	螺杆式冷水机组的自动控制子系统	100
4.3.1	机组的能量调节系统	100
4.3.2	机组的安全保护系统	101
4.3.3	机组控制系统所实现的特殊功能	102
4.3.4	机组的程序控制系统	102
4.4	离心式冷水机组的自动控制	103
4.4.1	机组能量调节系统	103
4.4.2	机组安全保护	105
4.4.3	程序控制系统	106
4.4.4	典型空调冷水机组的程序控制实例（适用于19DM/DK冷水机组）	108
<b>第5章</b>	<b>溴化锂吸收式冷水机组的自动控制</b>	<b>113</b>
5.1	机组能量的自动调节	113
5.1.1	加热蒸汽量调节法	113
5.1.2	加热蒸汽凝结水量调节法	114
5.1.3	冷却水量调节法	114
5.1.4	溶液循环量调节法	116
5.1.5	组合式调节法	117
5.1.6	直燃型机组能量的调节	118
5.2	机组运行的安全保护系统	119
5.2.1	机组安全保护系统的设定范围	119
5.2.2	直燃型热水机组的安全保护系统	121
5.2.3	机组运行安全保护程序	123





5.2.4 可编程逻辑控制器 (PLC) 的应用介绍 .....	128
<b>第 6 章 压缩式制冷机组的调试与管理 .....</b>	<b>136</b>
6.1 制冷压缩机与系统的调试 .....	136
6.1.1 制冷压缩机的调试 .....	136
6.1.2 制冷系统的气密性试验 .....	137
6.1.3 制冷剂的充注 .....	140
6.2 压缩式制冷机组的操作 .....	142
6.2.1 启动操作 .....	143
6.2.2 停止操作 .....	144
6.2.3 运行操作 .....	146
6.2.4 制冷系统的放空 .....	148
6.3 制冷机组的正常运行 .....	150
6.3.1 机组正常运行的标准 .....	150
6.3.2 机组的安全运行 .....	152
<b>第 7 章 溴化锂吸收式冷水机组的调试与管理 .....</b>	<b>153</b>
7.1 机组试运行前的准备 .....	153
7.1.1 管路系统的检查 .....	153
7.1.2 机组的检查 .....	155
7.1.3 机组电气设备和自控元器件的检查 .....	157
7.1.4 工质溶液的充注 .....	159
7.2 机组的性能试验 .....	160
7.2.1 定工况下对机组的性能试验 .....	160
7.2.2 变工况下对机组的性能试验 .....	161
7.3 机组的试运行 .....	162
7.3.1 单效蒸汽型机组的试运行 .....	162
7.3.2 直燃型冷、热水机组的试运行 .....	162
7.3.3 燃烧器的调试 .....	163
7.4 机组运行参数的调整 .....	164
7.4.1 液面的调整 .....	164
7.4.2 溴化锂溶液及冷剂水的加入和取出 .....	167
7.4.3 质量分数的测定 .....	168
7.5 机组正常运行中的管理 .....	169
7.5.1 机组正常运行中的观察 .....	169
7.5.2 机组的节能运行 .....	170
7.5.3 抽气系统的管理 .....	171
7.5.4 机组部分负荷运行时的管理 .....	175
<b>第 8 章 微处理器和微机对中央空调的故障诊断举例 .....</b>	<b>177</b>
8.1 微处理器对多联中央空调故障的诊断 (适用艾克思机组) .....	177
8.1.1 启动时的故障诊断 .....	177
8.1.2 主处理器的诊断 .....	178
8.1.3 通信系统故障诊断 .....	182
8.2 微机对多联中央空调的控制与故障诊断 (适用于艾克思机组) .....	183



8.2.1	机组运行操作	183
8.2.2	微机控制说明	186
8.2.3	故障诊断与处理方法	189
<b>第9章</b>	<b>中央空调常见故障分析和处理</b>	<b>193</b>
9.1	空调区温度、湿度异常故障分析	193
9.1.1	空调区温度异常故障分析	193
9.1.2	空调区湿度异常故障分析	200
9.1.3	空调房间内静压控制异常的故障	206
9.2	空调系统运转设备的常见故障及处理方法	209
9.2.1	水泵故障(冷、热水循环水泵、冷却水水泵)	209
9.2.2	离心式和轴流式风机的故障(空调系统各通风机、冷却塔风机)	210
<b>第10章</b>	<b>制冷系统、机组的故障分析</b>	<b>213</b>
10.1	压缩式冷水机组	213
10.1.1	制冷系统的故障分析	213
10.1.2	制冷机组常见故障与排除	217
10.2	溴化锂吸收式冷水机组与设备故障排除	222
10.2.1	制冷机组常见故障的排除	222
10.2.2	主要组成设备的故障排除	232
<b>第11章</b>	<b>中央空调的配套系统与设备</b>	<b>246</b>
11.1	空调冷水机组水系统的分类	246
11.1.1	开式和闭式水系统	246
11.1.2	同程式和异程式回水系统	248
11.1.3	双水管、三水管、四水管的水系统	249
11.1.4	定流量和变流量水系统	249
11.1.5	单式和复式水泵供水系统	250
11.2	水系统冷、热设备的布置与设备故障处理	251
11.2.1	水系统的承压	251
11.2.2	制冷/热源设备和系统布置	252
11.2.3	水系统设备与常见故障处理	255
11.2.4	附件	261
11.3	溴化锂吸收式冷水机组的配套工作系统	264
11.3.1	冷、温水系统	264
11.3.2	冷却水系统	266
11.3.3	卫生热水系统	266
11.3.4	燃料系统(燃油、燃气)	266
11.3.5	排气系统	266
11.4	中央空调建筑的防火排烟	266
11.4.1	通风空调系统的防火	266
11.4.2	建筑的防烟、排烟	267
11.4.3	防烟、排烟装置	273
<b>参考文献</b>		<b>280</b>

## 绪 论

19 世纪，英国科学家及发明家麦可·法拉第（Michael Faraday），发现压缩及液化某种气体可以将空气冷冻，此现象出现在液化氨气蒸发时，当时其概念仍处于理论化。

1842 年，美国佛罗里达州医生约翰·哥里（John Gorrie）在落成的新大楼中设计了中央空调。一名新泽西州 Hoboken 的工程师 Alfred Wolff 协助设计此崭新的空气调节系统，并把技术由纺织厂迁移至商业大厦，他被认为是令工作环境变得凉快的先驱之一。

1902 年后期，首个现代化电力推动的空气调节系统，由韦利士·夏维兰·加利亚发明。其设计与 Wolff 的设计分别在于并非只控制气温，也控制空气的湿度以提高纽约布克林一间印刷厂的产品质量。此技术提供了低热度及湿度的环境，令纸张面积及油墨的排列更准确。其后，加利亚的技术开始用于在工作间以提升生产效率，开利工程公司也在 1915 年成立以应付激增的需求。随着科学技术的逐渐发展，空气调节开始用于提升家居及汽车的舒适度。

建筑居住环境下的空调系统到 1950 年才真正投入应用。建于 1906 年，位于北爱尔兰贝尔法斯特的皇家维多利亚医院，在建筑工程学上具有特别意义，被称为世界首座设有空气调节系统的大厦。

1906 年，美国北卡罗莱纳州夏洛特的 Stuart W. Cramer 开发出一项技术，以增加其南方纺织厂的空气湿度。Cramer 把此技术命名为“空气调节”，并在同年将其用于专利申请中，来作为水调节（Water Conditioning）的代替品。水调节当时是一个著名的程序，使纺织品的生产较为容易。它把水汽与通风系统结合以“调节”及转变工厂里的空气，控制纺织厂中极为重要的空气湿度。韦利士·加利亚使用这一名称，并把它放进其 1907 年创办的公司名称：“美国加利亚空气调节公司”（当今的开利公司）。

20 世纪末，随着我国经济的发展，在向社会主义市场经济转轨的过程中，由于第三产业的大力发展和外资的大量引进，各地都在兴建高标准的写字楼和商住楼。其建筑水准和设备水准也是一个国家现代化程度和技术水平的标志。

在写字办公楼的空调设计中，最常见的中央空调系统为传统的集中式定风量空调系统，风机盘管机组加新风空调系统，以及吊顶式 VAV（变风量空调系统）系统。由于集中式定风量空调系统的空气处理设备是集成的，温度是统一设定的，因而无法满足个人的需要，且耗能巨大；风机盘管机组加新风空调系统由于机组分散设置，空调区域内有冷冻水管及凝结水管，易产生盘管凝水和霉变，卫生条件差，维护管理也不方便，而且水管一旦发生漏水，将会给用户带来严重的损失；吊顶式 VAV（变风量空调系统）系统当送风风量过小时，新风量不易保证，且室内气流组织会受到一定影响，自动控制系统较复杂，设备大多需要进口，造价较高。更重要的是，在传统空调环境下办公楼内工作的人员，在计算机前工作的时间长，通常会抱怨空气不新鲜、品质差，从而导致工作效率低下。

20 世纪 80 年代以来，制冷空调步入了一个新的发展阶段，其标志之一是“舒适空调”向“健康空调”的变革，即从传统空调的维持舒适环境要求，提高到确保良好的办公室内空气品质的标准。“健康综合征”的出现就起因于室内空气品质的恶化，其中人的感觉起了很大作用。因此提出了“可感受的室内空气品质”的概念，以有效提高室内空气品质。其中一



个主要途径就是保证最小新风量及提高换气效果。

纵观我国在 20 世纪末自行设计的写字楼所使用的空调系统，其设计观念尚比较落后，空调方式不能适应办公楼的功能需求，冷热源形式比较单一，基本上未采取节能措施。传统的混合式空调方式（上送风）一般是根据整个房间的热湿负荷，将处理过的空气由设在房间上部的送风口送出。具备一定初速度的送风气流在整个房间里形成回旋运动，吸收室内的全部余热、余湿量，经充分混合后由回风口排除，所以房间上下各部分温度趋于一致，并力求满足人们的舒适性。但在实际使用过程中，使用者（在一定的衣着量和活动量下）具有不同的生理和心理反应，对空气温度和气流的个体偏好，以及人体对房间温度变化的反应时间不同等，均体现出个体热反应的差异。

对于现代办公室而言，风口定位是在设计阶段就完成了，此时工作间的位置和热负荷尚未确定，待办公室分区定位时也没有考虑到其对气流组织的影响，并且房间气流会随办公设备与文件橱柜的重新布置而改变，可能会进一步导致舒适度和（或）空气品质变得更差，因此现代办公室内想依靠传统的中央空调来维持每个角落人工环境的一致，基本上是没有可能实现的。同时由于每个人对自己偏爱的温度、风速等又有所不同，所以在舒适性方面更加难以令人满意。另有实验表明：在传统的空调系统中处理过的新风有 99% 被浪费了，只有 1% 被人体所利用。不仅造成了巨大的浪费，而且对室内人员的舒适及健康带来了不利的影响，而这样的负面影响又会进一步导致人们工作效率的降低。

从以上问题看出，我国在写字楼空调设计中存在着种种弊端，反映出空调系统的设置并不完全是“以人为本”，而仅仅是“建筑的空调”而已。这就是我国绝大多数写字楼及大型建筑群应用中央空调的现状。

在第三产业高度发展的今天，写字楼空调设计的首要目标，便是保证办公室工作人员工作环境的舒适度以提高工作效率，因此对办公环境质量提出了较高的要求。现代化写字楼在夏季时冷负荷为常规办公楼的 1.3~1.4 倍。OA（办公自动化机器）设备发热量为  $10\sim 40\text{W}/\text{m}^2$ ，甚至更大，照明负荷为  $20\sim 30\text{W}/\text{m}^2$ ；办公楼周边区域空调负荷，负荷的变化幅度及不同朝向的房间的负荷差别很大；一般冬季需要供热，夏季需要制冷，而室内由于不受室外空气和日照的直接影响，室内负荷主要是人体，照明和 OA（办公自动化机器）设备的发热量，全年基本上是冷负荷，且变化较小。

为此，现代的写字楼及大型的建筑群，在中央空调的设备和自动控制上，把可编程控制器、单片机控制及微机集散化控制与管理系统的引入到中央空调系统控制和管理中来，并采用了微处理器和微机对中央空调的故障诊断功能，大大提高了中央空调系统的运行效率，有效地改善了室内人员的舒适度。

# 第 1 章 空气调节基本知识

## 1.1 基本概念

### 1.1.1 空气调节

空气调节简称空调，它是一项通过对空气的处理，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的要求的工程技术；“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连续时间内允许波动的幅度。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，某空调区内温度要求： $t=20^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\phi$ 要求为  $55\%\pm 5\%$ ，那么，此房间的空调基数为  $t=20^{\circ}\text{C}$ 、 $\phi=55\%$ ，空调精度为 $\Delta t=\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta\phi=5\%$ ，即空调房间的温度应在  $18\sim 20^{\circ}\text{C}$  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。

空气基数直接关系到空调装置系统的投资和运行费用，而空调精度主要与自动控制系统有关。凡是 $\Delta t$ 在  $1^{\circ}\text{C}$  以上的空调系统，都称为一般精度的空调，可通过手动来控制；凡是 $\Delta t=\pm 1^{\circ}\text{C}$  的空调系统，称为自动控制空调；凡是 $\Delta t<1^{\circ}\text{C}$  的空调系统称为高精度空调，应采用自动控制技术。

空调技术的诞生，有效地完善了工业生产中需要不同温度、湿度的工艺过程，也创造了舒适的工作环境，为人们的居住、旅游和娱乐提供了良好的条件。

### 1.1.2 空气的组成

自然界中的空气，是由数量基本稳定的干空气和数量经常变化的水蒸气组成的混合物，这种混合物称为湿空气，凡是含有水蒸气的空气均称为湿空气，即人们常说的空气。

#### 1. 干空气

干空气是湿空气的主要组成部分，它是由氮气、氧气、二氧化碳及其他稀有气体按一定比例组成的混合物，参见表 1-1。绝对的干空气在自然界中是不存在的。

#### 2. 饱和空气

干空气具有吸收和容纳水蒸气的能力，并且在一定温度下只能容纳一定量的水蒸气。我们把在一定温度下水蒸气的含量达到最大值的空气称为饱和空气。对应的温度为该空气的饱和温度。空气的饱和度与温度有关，温度越高，空气中水蒸气的容纳量就越大。因此，如果降低饱和空气的温度，空气中水蒸气的含量也随之降低，并且多余的水蒸气会冷凝成液



体。自然界中的结露现象就是这个原理，根据这一原理，人们利用制冷装置对空气进行精确冷却去湿处理。

表 1-1 干空气的组成部分

气体名称	质量百分比/%	体积百分比/%
氮气	75.55	78.13
氧气	23.1	20.9
二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )	0.05	0.03
其他气体 (Ar、He、Ne、Kr 等)	0.05	0.94

### 1.1.3 空气的物理性质

#### 1. 温度

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 °C；华氏温标用符号  $t_F$  表示，单位是 °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：

$$T=t+273$$

$$t=T-273$$

$$t_F=\frac{9}{5}Xt+32$$

#### 2. 压力

空气的压力就是当地的大气压，用符号  $P$  表示。常用单位有国际单位帕 (Pa)、工程单位  $\text{kgf/cm}^2$ 、液柱高单位毫米汞柱 (mmHg) 高和毫米水柱 (mmH<sub>2</sub>O) 高。这几种单位的换算关系如下：

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

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

正如空气是由于干空气和水蒸气两部分组成一样，空气压力  $P$  也是由于干空气的分压力和水蒸气的分压力两部分组成的，即

$$P=P_g+P_c$$

式中  $P_g$ ——干空气的分压力；

$P_c$ ——水蒸气的分压力。

在空调系统中，空气的压力是用仪表测量出来的，但仪表显示的压力不是空气的绝对压力值，而是“表压”，即空气的绝对压力与当地大气压力的差值。只有空气的绝对压力才是其基本状态参数，一般情况下，凡未指明的工作压力均应理解为绝对压力。

#### 3. 湿度

空气湿度是指空气中含水蒸气量的多少，有以下几种表示方法。

(1) 绝对湿度。它是指每立方米空气中含有水蒸气的质量，用符号  $\gamma_z$  表示，单位为  $\text{kg/m}^3$ 。如果在某一温度下，空气中水蒸气的含量达到了最大值，此时的绝对湿度称为饱和空气的绝对湿度，用符号  $\gamma_B$  表示。



(2) 相对湿度。为了能准确说明空气的干湿程度，在空调中采用了相对湿度这个参数，它是空气的绝对湿度 $\gamma_z$ 与同温度下饱和空气的绝对湿度 $\gamma_B$ 的比值，用符号 $\phi$ 表示。相对湿度一般用百分比(%)来表示。

$$\phi = \frac{\gamma_z}{\gamma_B} \times 100\%$$

相对湿度 $\phi$ 表明了空气中水蒸气的含量接近于饱和状态的程度。 $\phi$ 值越小，表明空气越干燥，吸收水分的能力越强； $\phi$ 值越大，表明空气越潮湿，吸收水分的能力越弱。

相对湿度 $\phi$ 的取值范围为 0%~100%，如果 $\phi=0$ ，表示空气中不含有水分，属于干空气；如果 $\phi=100\%$ ，表示空气中的水蒸气含量达到最大值，成为饱和空气。因此，知道 $\phi$ 值的大小，即可知道空气的干湿程度，从而判断是否需要空气进行加湿或去湿处理。

(3) 含湿量(又称比湿量)。它是指 1kg 干空气所容纳的水蒸气的质量，用符号  $d$  表示，单位是 g/kg(干空气)。

在空气调节中，含湿量  $d$  是用来反映对空气进行加湿或去湿处理过程中水蒸气量的增减情况的。在空调工程计算中，常用含湿量的变化来表达加湿和去湿程度。

#### 4. 比焓

空气的焓值是指空气中含有的总热量，通常以干空气的单位质量为基准，称做比焓，工程上简称焓。空气的比焓是指 1kg 干空气的焓和与它相对应的水蒸气的焓的总和，用符号  $h$  表示，单位是 kJ/kg。

在空调工程中，人们常根据空气处理过程中焓值的变化，来判断空气是吸收热量还是放热。空气中焓值增加，表示空气得到热量；空气中焓值减少，表示空气放出热量。利用这一原理，根据焓值的变化来计算空气在处理前后得到或失去热量的多少。

#### 5. 密度和比容

空气的密度是指每立方米空气中干空气的质量与水蒸气的质量之和，用 $\rho$ 表示，单位为  $\text{kg}/\text{cm}^3$ 。

空气的比容是指单位质量的空气所占有的容积，用符号 $v$ 表示，单位为  $\text{m}^3/\text{kg}$ 。因此空气的密度与比容互为倒数关系。

## 1.2 空气的焓与湿

### 1.2.1 空气的焓-湿图

#### 1. 焓-湿图的坐标

焓-湿图建立在斜角坐标上，如图 1-1 所示。纵坐标表示焓值，用  $h$  表示；斜坐标表示含湿量，用  $d$  表示，两坐标间的夹角为  $135^\circ$ 。在实际应用中，为避免图面过长，常取一条水平轴代替含湿量  $d$  轴，这样  $d$  轴就变成了水平轴。

#### 2. 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  $135^\circ$  夹角的相互平行的斜线，每条线代表一个焓值且每条线上各点的焓值都相等。

(2) 等含湿量线( $d$ )。等含湿量线是一组垂直于水平轴的直线，每条线代表一个含湿量且每条线上各点的含湿量值都相等。

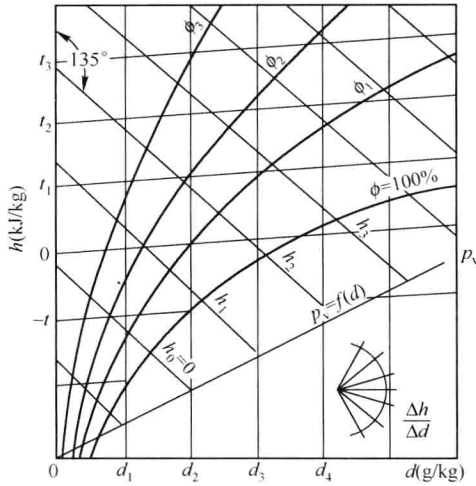


图 1-1 焓-湿图的组成

(3) 等温线 ( $t$ )。等温线是一条斜线，每条线代表一个温度且每条线上各点的温度都相等。

(4) 等相对湿度线 ( $\phi$ )。等相对湿度线是一组向上延伸的发散形曲线，每条线代表一个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 ( $p_c$ )。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。

### 1.2.2 水蒸气分压力 $p_c$ 与含湿量 $d$ 的关系

在一定的大气压下，水蒸气的分压力  $p_c$  值与含湿量  $d$  值之间是一一对应的，为了表达这一关系，作一条  $p_c-d$  变换线，画在焓-湿图的右下角。这样，已知空气的  $d$  值时，通过  $p_c-d$  变换线就可以直接查出  $p_c$  值；反之，已知  $p_c$  值也可查得  $d$  值。

### 1.2.3 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空气的一个状态，只要已知  $h$ 、 $d$ 、 $p_c$ 、 $t$ 、 $\phi$  中任意两个参数，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  $h$ 、 $d$ 、 $p_c$  值，如图 1-2 所示。

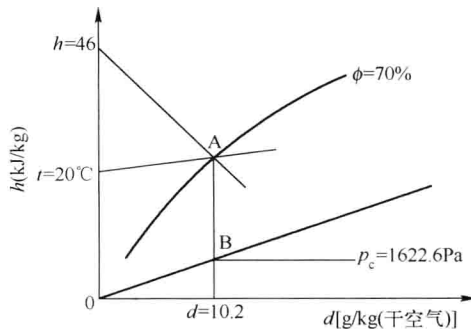


图 1-2 空气状态参数的确定





解：首先根据  $t=20^{\circ}\text{C}$ 、 $\phi=70\%$  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）。

$p_c$  值的查法是：从 A 点沿等含湿量线向下作垂线，与  $p_c-d$  变换线交于一点 B，再由 B 点沿水平方向的等水蒸气分压力线查出  $p_c=1622.6\text{Pa}$ （12.2mmHg）。

## 2. 确定空气的露点温度 $t_L$

由露点温度的定义可知，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  $t_L$ 。

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  $t_L$ 。

解：如图 1-3 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 点所对应的湿度即为 A 点的露点温度，查得  $t_L=17^{\circ}\text{C}$ 。

由图 1-3 可知，含湿量  $d$  相等的任何状态的空气（A、B），都会拥有相同的露点温度，即等湿又同露。含湿量越大的空气（A'），露点温度就越高。

## 3. 确定空气湿球温度 $t_{sh}$

湿球温度计纱布上的水分不断蒸发，使湿球表面形成一层很薄的饱和空气层，这层饱和空气的温度近似等于湿球温度。这时，空气传给湿球的热量又全部由水蒸气返回空气中，所以湿球温度的形成可近似认为是一个等焓过程。因此，求湿球温度的方法是：从空气层状态点沿等焓线下行，与  $\phi=100\%$  的交点所对应的温度即为湿球温度  $t_{sh}$ 。

例 3 在 760mmHg 的大气压下，空气的温度  $t=33.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\phi=40\%$ ，求空气的  $t_{sh}$ ，如图 1-4 所示。

解：首先根据  $t=33.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\phi=40\%$  的交点，确定出空气的状态点 A，过 A 点沿等含焓线下行与  $\phi=100\%$  相交于 sh 点，sh 点所对应的温度即为空气的湿球温度，查图 1-4 得  $t_{sh}=22.8^{\circ}\text{C}$ 。

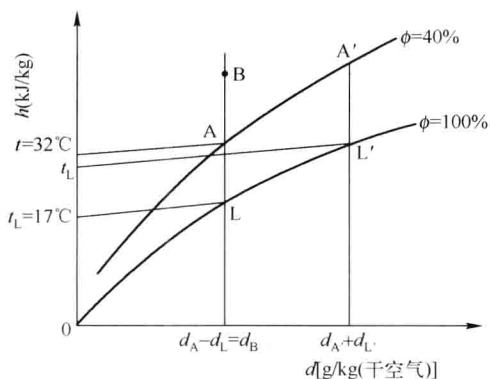


图 1-3 空气露点温度  $t_L$  的确定

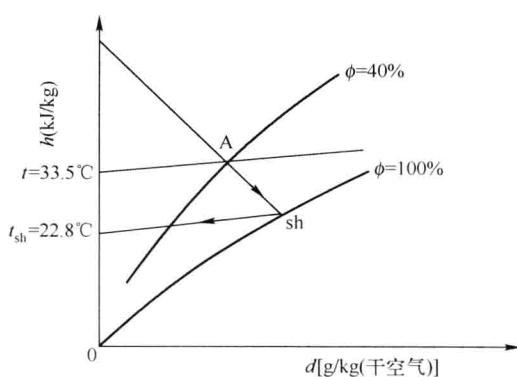


图 1-4 空气湿球温度  $t_{sh}$  的确定

由图 1-4 可知，如果干、湿球温度计处于饱和空气的环境中，由于此时湿纱布上的水分不再蒸发，则空气的干、湿球温度相等。

# 1.3 空气调节负荷的估算

## 1.3.1 空调负荷的基本构成

空调的目的是要保持房间内的温度和湿度在一定的范围之内。对于建筑物来讲，客观