

高职高专“十一五”规划教材

空调技术

■ 申小中 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

空 调 技 术

申小中 主 编
王 悦 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以空调原理、空调设备、空调系统、空调工程应用为主线,力求充分体现现代空调技术的知识内涵,将相关知识根据其内在联系融为一体。全书以空气热湿处理调节为主体,加强了空气净化处理的内容,共包括空气与焓湿图、空调负荷与送风状态、空气的处理技术、空气调节系统、空气调节工程、空调系统的测定与节能、户式中央空调系统设计实例。全书在内容上充分体现了空调技术的新成果及发展趋势,在形式上图文并茂,每章后均配有思考题与习题,便于自学和实践。

本书适合作为高职高专制冷与空调专业的教学用书,也可作为空调工程设计、施工与维护管理人员的培训教材,还可供相关技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

空调技术/申小中主编. —北京:化学工业出版社,
2006.12
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5025-9785-6

I. 空… II. 申… III. 空气调节设备-高等学校:
技术学院-教材 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 161325 号

责任编辑:高 钰 韩庆利
责任校对:李 林

装帧设计:于 兵

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 插页 1 字数 378 千字 2007 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:23.00 元

版权所有 违者必究

高职高专制冷与空调专业系列教材 编审委员会

主 任

王绍良

副主任

李晓东 赵玉奇 孙见君 魏 龙

杜存臣 隋继学 魏 琪

委 员

(按姓氏汉语拼音排序)

常新中	杜 垵	杜存臣	冯殿义	傅 璞
郝万新	李少华	李晓东	林慧珠	刘玉梅
潘传九	申小中	隋继学	孙见君	王绍良
魏 龙	魏 琪	杨雨松	赵晓霞	赵玉奇
郑智宏	周 皞	朱明悦		

前 言

从人们的日常生活到国防科技,从传统产业到高新技术产业,空调技术的应用越来越广泛,到处都不可缺少,这直接带来了对空调专业人才需求的持续增长。高等职业技术教育旨在培养在生产、服务、管理第一线工作的高等技术应用型专门人才,其显著特征为具有应用多种知识和技能解决现场实际问题的能力。为此,专业课程内容的优化组合势在必行,本教材即为满足制冷与空调专业或相近专业的空调课程的教学需要而编。

本教材编写过程中,力求尽量符合制冷空调专业人才的知识、能力和素质结构要求,充分体现高职高专教育的培养目标。全书内容精炼实用,文字追求深入浅出。基本理论和基础知识以“必需、够用”为准则,专业知识突出实用性和新成果,尽量剔除一些过时的内容,与现行最新国家设计规范和施工安装规范保持一致,如《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)等。

内容组织上突出层次性,以空调原理、空调设备、空调系统、空调工程应用为主线的编排顺序符合高职高专学生的认知规律。对基本原理、基本设备、基本系统、基本工程技术作了比较深入的和全面的介绍;略去繁琐的理论负荷计算,增加了软件辅助负荷计算的实例;将空调冷热源、气流组织、给排水、消声减振、防火与防排烟整合成空调系统工程一章,有利于学生对教材内容的整体把握;尽量反映出变风量、变水量、温湿度独立控制等现代空调技术;突出节能知识的介绍和节能意识的培养;增加并突出净化空调技术的相关知识及发展趋势;增加的近年发展迅速的户式中央空调系统的设计实例一章,充分结合了目前制冷与空调技术的职业岗位群的特点。所以,本书不仅可以作为高职高专的教学用书,还可以作为相关专业人员的专业参考书。

本书由申小中、王悦、肖玉玲、孙月秋合作编写。申小中担任主编并编写了第1、6、7、8、9章和第5章的5、6、7小节,王悦担任副主编并编写了第5章的1、2、3、4小节,肖玉玲编写了第3、4章,孙月秋编写了第2章。全书由申小中统稿,由魏琪教授主审。李少华、魏龙、杜存臣、陈利军参加了审稿,沈学明、孙万富、石晓明、远飞在编写过程中提供了大力帮助,在此一并表示感谢。

本书编写过程中,参考了众多教材、专著、规范、标准、科技书籍、论文及国内外有关文献,同时汇集了几位参编人员多年的教学改革成果,在此,本书编者谨向有关文献的原作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者及时反馈,编者自当不断完善和改进,并将不胜感激!

编者

2006年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 空气调节的任务	1
1.2 空气调节系统的组成	2
1.3 空调技术发展史及展望	3
1.4 空调技术的实际应用	6
1.5 国内外空气调节设备厂家与品牌介绍	6
思考题与习题	7
第 2 章 空气与焓湿图	8
2.1 空气的组成	8
2.1.1 空气的组成	8
2.1.2 空气中的水蒸气及其影响	9
2.2 空气的状态参数	9
2.2.1 绝对压力、大气压力与水蒸气分压力	9
2.2.2 干球温度、湿球温度与露点温度	10
2.2.3 含湿量与相对湿度	11
2.2.4 空气的焓值	13
2.2.5 特性参数之间的关系	13
2.2.6 室内空气品质及主要影响因素	14
2.3 湿空气的焓湿图	16
2.3.1 焓湿图的组成	17
2.3.2 焓湿图的绘制特点	17
2.3.3 热湿比与热湿比线	17
2.4 焓湿图的常见应用	19
2.4.1 确定空气状态及相应特性参数	19
2.4.2 表示空气处理中的状态变化过程	20
2.4.3 确定不同状态空气相互混合后的状态点	22
思考题与习题	24
第 3 章 空调负荷与送风状态	25
3.1 空调负荷计算用室内空气计算参数	25
3.1.1 室内空气计算参数的确定原则和方法	25
3.1.2 舒适性空调室内空气计算参数	27
3.1.3 工艺性空调室内空气计算参数	29
3.2 空调负荷计算用室外空气计算参数	31
3.2.1 室外空气计算参数的确定原则和方法	31
3.2.2 我国冬夏季室外空气计算参数	32
3.2.3 太阳辐射热引起的冷负荷	32
3.3 空调负荷的工程概算方法	34
3.3.1 空调负荷计算方法介绍	35
3.3.2 空调负荷的工程概算方法	37
3.3.3 空调负荷的软件辅助估算法	40
3.4 空调房间送风状态及送风量的确定	48
3.4.1 夏季空调房间送风状态和送风量的确定	48
3.4.2 冬季空调房间送风状态及送风量的确定	50
思考题与习题	51
第 4 章 空气的处理技术	53
4.1 空气热湿处理各种常见方法	53
4.1.1 常见热湿处理设备的分类	53
4.1.2 电加热设备及使用特点	53
4.2 喷水室处理空气	54
4.2.1 喷水室结构及分类	55
4.2.2 喷水室的热湿交换工作原理	57
4.2.3 喷水室处理空气的实际应用	59
4.3 表面式换热器处理空气	60
4.3.1 空调系统中常用表面式换热器的结构及分类	60
4.3.2 表面式换热器处理空气的实际应用	61
4.4 空气加湿处理方法及设备	62

4.4.1 水加湿设备	62	4.6.1 空气中固态污染物的净化处理	69
4.4.2 蒸汽加湿设备	64	4.6.2 空气中气态污染物及生化污染物的 净化处理	71
4.5 空气除湿处理方法及设备	67	4.6.3 空气过滤器及应用特点	72
4.5.1 冷冻除湿设备	67	思考题与习题	78
4.5.2 转轮除湿设备	68		
4.6 空气净化处理方法及设备	69		
第5章 空气调节系统	79		
5.1 空调系统的常见分类	79	5.4.3 风机盘管空调系统分区设计介绍	92
5.1.1 按空气处理设备的集中程度分类	79	5.5 变风量空调系统	93
5.1.2 按负担室内负荷所用的介质种类 分类	79	5.5.1 变风量空调系统的工作原理及 类型	93
5.1.3 按空调系统中的空气来源分类	80	5.5.2 变风量系统组成及设备	94
5.2 空调系统中新风量的确定	81	5.5.3 变风量空调系统应用	96
5.2.1 新风量的确定原则	81	5.6 低温送风空调系统	100
5.2.2 典型工况下新风量的选择计算标准	82	5.6.1 冰蓄冷装置介绍	100
5.3 普通集中式空调系统	82	5.6.2 低温送风空调系统组成	101
5.3.1 集中式空调系统的分类及组成	83	5.6.3 低温送风空调系统应用特点	103
5.3.2 一次回风空调系统的理论分析及 计算	83	5.7 净化空调系统	104
5.3.3 二次回风空调系统的理论分析及 计算	87	5.7.1 净化空调系统与一般空调系统的 异同点	105
5.4 风机盘管空调系统	90	5.7.2 电子制造企业净化空调系统	106
5.4.1 风机盘管加新风空调系统组成	90	5.7.3 医疗场所净化空调系统	108
5.4.2 风机盘管系统的夏季工况分析	91	思考题与习题	109
第6章 空调系统工程	110		
6.1 空调系统的冷热源	110	6.3.3 空调系统的给排水设计	153
6.1.1 空调冷源设备	110	6.4 空调系统的消声减振	156
6.1.2 空调热源设备	116	6.4.1 噪声的物理度量及室内噪声标准	156
6.1.3 空调冷热源的选择与组合	121	6.4.2 消声器	161
6.2 空调系统的气流组织	126	6.4.3 空调系统的消声设计	163
6.2.1 风管与风机	127	6.4.4 空调系统的减振设计	166
6.2.2 送风口与回风口	130	6.5 空调系统的防火与防排烟	169
6.2.3 空调区气流组织形式	135	6.5.1 建筑防火分区和防排烟分区	169
6.2.4 气流组织计算与常见不当案例	138	6.5.2 防火与防排烟设备	170
6.3 空调系统的给排水	144	6.5.3 空调系统的防火与防排烟设计	171
6.3.1 空调冷却水系统及设备	145	思考题与习题	173
6.3.2 空调冷热水系统及设备	147		
第7章 空调系统的测定	174		
7.1 空调系统的测定与调整	174	7.2.4 空调系统风量的调整	179
7.1.1 测定与调整前的准备工作	174	7.3 空气处理设备性能的测定	181
7.1.2 测定与调整的项目	175	7.3.1 风机性能测定	181
7.2 空调系统风量的测定与调整	175	7.3.2 空气冷却器性能测定	181
7.2.1 测量风速的仪表	176	7.3.3 喷水室性能测定	182
7.2.2 风管风量的测定	176	7.3.4 空气加热器性能测定	182
7.2.3 风口风量的测定	178	7.4 空调系统空气参数的测定与调整	183

7.4.1 空气温度和相对湿度的测定	183	7.4.4 室内气压的测定	184
7.4.2 气流组织的测定	184	7.4.5 空气参数测定后的调整	185
7.4.3 空气含尘浓度的测定	184	思考题与习题	185
第8章 空调系统的节能	187		
8.1 空调系统的余热回收和废热利用	188	8.3.1 合理设置室内空气参数节能	191
8.1.1 空调系统的余热回收	188	8.3.2 直接利用室外空气节能	191
8.1.2 空调系统的废热利用	189	8.3.3 利用新技术节能	192
8.2 空调建筑宜采用的节能措施	189	8.4 天然能源的开发和应用	195
8.2.1 建筑朝向和外形的合理设计	190	8.4.1 太阳能的开发和应用	195
8.2.2 改善建筑物围护结构的保温性能	190	8.4.2 地热能的开发和应用	195
8.2.3 窗户隔热和建筑遮阳	190	8.4.3 其他清洁能源的开发	197
8.3 空调系统运行中的节能措施	190	思考题与习题	197
第9章 户式中央空调系统设计实例	198		
9.1 VRV 户式中央空调系统设计实例	199	实例	206
9.1.1 VRV 系统的工作原理及特点	199	9.3 水管式户式中央空调系统设计实例	209
9.1.2 VRV 系统的设计步骤	199	9.3.1 水管式户式中央空调系统的工作	
9.1.3 VRV 系统的设计实例	200	原理及特点	209
9.2 风管式户式中央空调系统设计实例	205	9.3.2 水管式户式中央空调系统的设计	
9.2.1 风管式户式中央空调系统的工作		实例	210
原理及特点	205	思考题与习题	213
9.2.2 风管式户式中央空调系统的设计			
附录	214		
参考文献	225		

第 1 章 绪 论

1.1 空气调节的任务

《采暖通风与空气调节术语标准》(GB 50155—1992)将空气调节定义为:使房间或封闭空间的空气温度、湿度、洁净度和气流速度等参数,达到给定要求的技术。

空调技术是为满足生产过程、日常工作和生活以及科学实验等对室内空气状态条件的要求而产生和发展起来的。经过 20 世纪一个世纪的发展,已形成了一个独立的,以热力学、传热学、流体力学为主要理论基础,综合建筑、机械、电工电子、自动控制、计算机等工程学科成果的现代空调技术学科分支,它专门研究和解决各类生产、工作、生活和科学实验所要求的特定空间空气环境问题。所以,空气调节的任务就是用人工的方法调节空气温度、湿度、洁净度和气流速度(简称“四度”),使某一特定空间内的空气参数达到满足人体舒适或生产工艺过程的要求。

一个特定空间内的空气环境,一般既要受到来自空间内部产生的热湿量和其他有害物的干扰,同时还要受到来自空间外部的气候变化、太阳辐射和外部空气中有害物的干扰。为了保证特定空间内空气的温度、湿度、气流速度和洁净度等处于限定的变化范围内,必须对这些干扰采取技术的手段来消除它们的影响。通常采用的技术手段主要有:采用热湿交换技术以保证特定空间内空气的温湿度;采用气流组织技术以保证特定空间内的空气合理流动并有合适的流速;采用净化技术以保证特定空间内的空气的洁净度;采用换气技术以保证特定空间内的空气有一定的氧气含量(新鲜度)。

由上可知,空气调节需要涉及以下主要内容:

- ① 内外部空气环境各项参数控制指标的确定;
- ② 特定空间的内外干扰量(通常主要为热湿负荷)的确定与计算;
- ③ 各种空气的处理方法(加热、加湿、冷却、减湿、净化等)及设备的选择;
- ④ 空调系统形式的确定与设计;
- ⑤ 内部气流组织设计与风口选择;
- ⑥ 空调系统的消声、隔振、防火、防排烟;
- ⑦ 空调系统的测试、调整、运行调节。

在工程上将只能对特定空间内空气的温度进行调节和控制的技术手段称为供暖或降温;将只能把特定空间内空气中的有害物含量控制在一定卫生要求范围内的技术手段称为工业通风,而空气调节则是对特定空间内空气环境多个参数的调节和控制。实质上,供暖、降温以及工业通风都是控制特定空间内空气环境的技术手段,只是在调节和控制的要求上及全面性方面与空气调节有差别。因此,可以说空调技术是供暖技术、降温技术和工业通风技术的发展。

按照空气调节的作用可以将空调系统分为舒适性空调和工艺性空调两大类型。舒适性空调是应用于以人为主的环境的空气调节设备,其作用是维持良好的室内空气状态,为人们提供适宜的工作或生活环境,以利于保证工作质量和提高工作效率,以及维持良好的健康水平;工艺性空调主要应用于工农业生产及科学实验过程,其作用是维持生产工艺过程或科学实验要求的室内空气状态,以保证生产的正常进行和产品的质量。

空调系统也可以按空调设备的集中程度分为集中式空调系统、半集中式空调系统和分散式空调系统。

1.2 空气调节系统的组成

一个典型的空调系统应由空调冷热源、空气处理设备、空调风系统、空调水系统及空调控制调节装置五大部分组成。图 1-1 为空气调节系统的示意图。

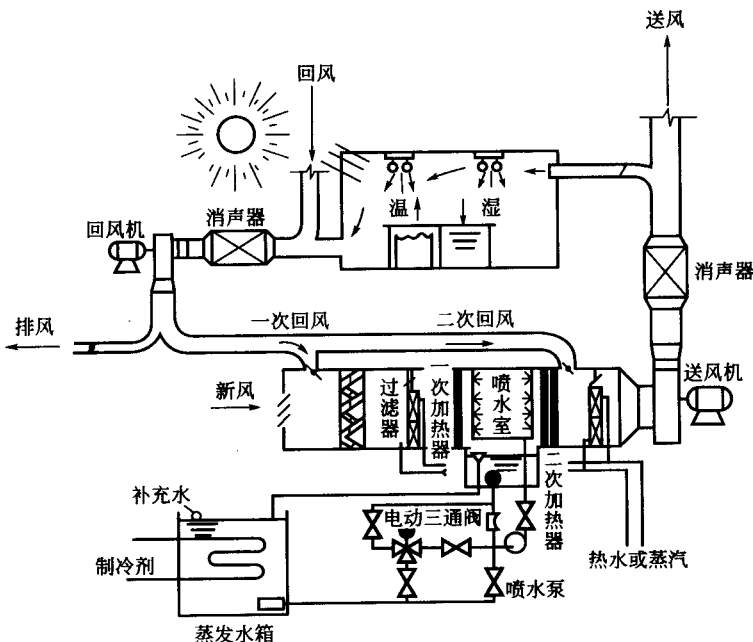


图 1-1 空气调节系统示意图

(1) 空调冷源和热源 冷源为空气处理设备提供冷量以冷却送风空气。常用的空调冷源是各类冷水机组,它们提供低温水(如 7°C)给空气冷却设备,也有用制冷系统的蒸发器来直接冷却空气的。热源提供加热空气所需的热量。常用的空调热源有热泵型冷热水机组、各类锅炉、电加热器等。

(2) 空气处理设备 其作用是将送风空气处理到规定的状态。空气处理设备可以集中于一处,为整幢建筑物服务,也可以分散设置在建筑物各层面。常用的空气处理设备有空气过滤器、空气冷却器、空气加热器、空气加湿器和喷水室等。

(3) 空调风系统 它包括送风系统和排风系统。送风系统的作用是将处理过的空气送到空调区,其基本组成部分是风机、风管和室内送风口装置。排风系统的作用是将空气从室内排出,并将排风输送到规定地点。可将排风排放至室外,也可将部分排风送至空气处理设备与新风混合后作为送风。重复使用的这一部分排风称为回风。排风系统的基本组成是室内排

风口装置、风管和风机。在小型空调系统中,有时送排风系统合用一个风机。

(4) 空调水系统 空调水系统的基本组成是水泵和水管,其作用是将冷媒水(简称冷水)或热媒水(简称热水)从冷源或热源输送至空气处理设备。空调水系统可分为冷(热)水系统、冷却水系统和冷凝水系统三大类。

(5) 空调控制调节装置 由于各种因素,空调系统的各种负荷是多变的,这就要求空调系统的工作运行也要有变化。所以,空调系统应装备必要的控制和调节装置,借助它们可以人工(或自动)调节送风参数、送排风量、供水量和供水参数等,以维持所要求的室内空气状态。

1.3 空调技术发展史及展望

1901年美国的威利斯·开利(Willis H. Carrier)博士在美国建立了世界上第一所空调试验研究室。1902年,美国纽约布鲁克林的一家印刷厂在印刷过程中遇到了困难,由于温度和湿度不恒定,裁剪纸张和调色的工作都受到了影响,画面模糊。1902年7月17日开利博士为他们设计了世界公认的第一套科学空调系统。由于开利博士发明的这套科学空调系统实现了对空气湿度的控制,空调行业将这项发明视为空调业诞生的标志。空调的发明已经列入20世纪全球十大发明之一,它首次向世界证明了人类对环境温度、湿度、通风和空气品质的控制能力。

1906年,开利博士获得了“空气处理装置”的专利权。这是世界上第一台喷水室,它可以加湿或干燥空气。这一装置改善了温湿度控制的效果,使全年性空调系统能够满意地应用于200种以上不同类型的工厂。1911年12月,开利博士得出了空气干球、湿球和露点温度间的关系,以及空气显热、潜热和比焓值间关系的计算公式,绘制了湿空气焓湿图。他将自己提出的“温湿度基本原理”递交给美国机械工程师协会(ASME-American Society of Mechanical Engineer),得到了工程师们的广泛认可,成为空调行业最基本的理论。这一理论被翻译成多种语言,湿空气焓湿图成为今日所有空调计算之基础,它是空气调节史上的一个重要里程碑。

1922年,开利博士还发明了世界上第一台离心式冷水机组,如今该机组陈列于华盛顿国立博物馆。1937年,开利博士又发明了空气-水系统的诱导器装置,是目前常见的风机盘管的前身。个人拥有超过80项发明专利的开利博士,以其一生在空调科技方面的卓越成就,被誉为“空调之父”,他的名字更被列入美国国家伟大发明家纪念馆,与爱迪生、贝尔等杰出发明家齐名,备受世人景仰。由于开利博士对人类文明的突出贡献,他被美国“时代”杂志评为20世纪最有影响力的100位名人之一。

与开利博士同时期另一位对空调发展史产生一定影响的人物是美国工程师克勒谋(Stuart W. Cramer)。1904年身为纺织工程师的克勒谋负责设计和安装了美国南部约1/3纺织厂的空调系统。系统开始采用集中处理空气的喷水室,装置了洁净空气的过滤设备,共包括60项专利,都达到了能够调节空气的温度、湿度和使空气具有一定的流动速度及洁净程度的要求。为了描述他所做的工作,克勒谋先生于1906年5月在一次美国棉业协会(ACMA-American Cotton Manufacturers Association)的会议上正式提出了“空气调节”(Air Conditioning)术语,从而为空气调节命名。

美国舒适空调的发展,远远迟于工业空调。第一座空调电影院是在芝加哥(1911年),纽约空调电影院则是第一座真正可以调节空气各种性能的电影院。自1925年到1931年,估计美国约有400家电影院和剧场配备了舒适空调。旅馆、餐厅甚至教堂也是空调首批常用客

户,早在1920年就有一座教堂配备了舒适空调。大型商店的舒适空调开始于1919年,第一家是布鲁克林 Abraham & Straus 商店。1927年得克萨斯州的圣安东尼奥有一幢办公大楼全部实现了舒适空调。1930年,费城一幢34层摩天大楼全部配备舒适空调。1938年,华盛顿市府大厦配备了当时最大的空调装置(20930kW)。1929年在巴尔的摩-俄亥俄运行线上一辆火车餐车配备了舒适空调。1931年在纽约-华盛顿线路上有一列火车全部实现舒适空调。1946年美国空调列车的数量已增至1.3万辆。从1937年起,美国的公共汽车和大客车也开始采用空调。1946年空调大客车共计有3500辆左右。只是在1945年以后,人们才大规模地实现私人小汽车的空调。

除美国之外的其他国家,空调技术也得到了迅速发展。在南非,1920年就有一座深矿井采用一套700马力(514.5kW)的装置进行降温。在英国,第一座空调旅馆是伦敦的Cumberland旅馆。在德国,1927~1928年,各类工厂尤其是卷烟厂和纺织厂、一些电影制片厂及电影院已采用了空调;1938年,慕尼黑美术馆实现了空调。在法国,1927年巴黎附近的一座医院,1932年一家电话交换局实现了空调。除北美和欧洲之外,日本在当时是关注空调较多的国家,1917年一家私人住宅实现了空调,1920年一家糖果厂实现了空调,1927年一家剧场实现了空调。

可以看出,舒适空调首先用于电影院、剧场、大型商店等公共场所是在第二次世界大战期间,其次用于办公室以及深矿井。1930年后,由于小型制冷机的发展以及可靠性的提高,舒适空调才扩大到各类商店、旅馆、餐厅以及交通运输工具(火车、大客车、轮船)等。在1945年后舒适空调才进入住宅。

在我国,空气调节技术的发展并不太迟,工业空调和舒适空调几乎是同时起步的。20世纪30年代,曾有过一个高峰时期。1931年首先在上海的许多纺织厂安装了带喷水室的空调系统,其冷源为深水井。随后,几座高层建筑的大旅馆和几家所谓“首轮”电影院,先后设置了全空气式空调系统。有一家电影院和一家银行,还安装了离心式制冷机。当时,高层建筑装有空调装置,上海是居全亚洲之冠的。但到1937年,我国遭受日本军国主义的侵略,空气调节事业的发展被迫中断。

建国后,我国从事空调专业的技术人员极少,一批来自其他专业的技术人员根据需要,转行投身于这方面的工程设计、施工安装,以前苏联技术为依托,逐步掌握空调专业技术,解决建设的急需,并开始按照前苏联标准制作空调系统设备和配件。1952年,我国高等学校开始创办“供热供煤气及通风”专业,最早设立该专业的学校有哈尔滨工业大学、清华大学、同济大学、西安冶金建筑学院(现西安建筑科技大学)、天津大学、太原工学院、重庆建筑工程学院(现重庆大学)、湖南大学,号称暖通专业老八校。中国建筑科学研究院开始设置空调技术研究室(现发展为空气调节研究所),有专门的研究人员从事空调方面的研究开发工作。

经过多年的不断发展,目前我国在空调技术方面,高精度恒温技术可保证连续保持静态偏差小于 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$;高精度恒湿,小于 $\pm 2\%\text{RH}$;超高性能洁净室,洁净度达到国标1级标准;已经掌握各种等级的生物洁净整套技术,从而为高新技术发展提供了环境技术保障。为了节省高大厂房空调用能,研究并实施的高大厂房分层空调技术,成功地应用于长江葛洲坝电站厂房空调工程,取得了设计冷负荷比传统全空气空调减少46%的显著效果。我国已研究出谐波反应法和冷负荷系数法两种新的空调冷负荷计算方法,大大方便了工程设计计算。自行开发的计算机空调控制技术已产品化生产,为配合调试而研制成功的以计算机技术为核心的空调系统仿真装置在功能及技术性能上达到了国际先进水平。热环境、特别是地下热环境模拟分析技术已成功用于北京、上海、广州等城市的地铁设计模拟分析,为工程提

供了有力的技术分析手段。完成了全国 270 个气象台站的建筑热环境分析专用气象数据集的编制工作,整理出暖通空调设计用室外气象参数,开发出具有我国自主知识产权的建筑环境模拟软件 DeST,为建筑节能工作的开展做出了应有的贡献。

展望 21 世纪空调技术的发展,“节约能源、保护环境和获取趋于自然条件的舒适健康环境”必将是空调技术发展的总目标。节约能源是空调发展的核心,而充分利用信息技术和自动控制技术促进空调系统与设备的变革以及品质的提高,则是深入发展方向。因此,以下四个方面应是空调技术今后研究和发展的重点。

(1) 合理利用能源 一方面要不断提高空调产品的性能,降低能源消耗;同时,要促进利用余热、自然能源和可再生能源的产品的开发与应用。应优先采用蒸发冷却和溶液除湿空调等自然冷却方式。另一方面,要认真研究制冷空调用的能源结构,特别是民用/商用空调大量使用以来,由于负荷的不均衡性,对电力供应带来的严重影响。这样不但要大力提倡蓄能空调产品的研制与应用,更重要的是研究天然气在空调工程中的合理利用问题。

热泵具有合理利用高品位能量,综合能源效率高;供暖区无污染,环保效益好;夏季可以供冷,冬季可以供暖,一机两用,设备利用率高;以及使用灵活,调节方便等特点。因此鉴于在我国使用热泵对节能与环保方面带来的明显效果,应大力发展热泵技术。

(2) 改善室内空气品质 工业的发展,使危害人体健康的各种微粒与气体不断增长,人类健康所需的空气净化技术已迫在眉睫。因此,应大力研究开发捕集效率高、价廉,而且便于自净的技术与设备。加强对纤维过滤技术、静电过滤技术、吸附技术、光催化技术、负离子技术、臭氧技术、低温等离子技术等空气品质处理技术的研究。

随着我国经济和社会的快速发展和人民生活质量的不断提高,改善人居环境水平成为当今社会关注的问题。人们不但要关心室内空气环境的改善,而且要关心城市,特别是小区空气环境的改善,这些均是对空调行业的展望。因此,将室内空气热湿环境控制技术,空气净化控制技术和计算机调控技术三者相结合,促使舒适空调迈向健康空调,应是今后空调发展的方向。

(3) 加强信息技术和自动控制技术在空调行业的应用 空调事业的发展离不开计算机技术或者说信息技术的支撑。计算机辅助设计(CAD)和人工智能技术(包括控制和管理)是研究和应用的重点,从 20 世纪 70 年代末国内就着手此方面的工作,并取得了一定成绩。今后,一方面应十分关注和促进实现包括分析计算、设计、制图为一体化的 CAD 技术体系,服务于工程设计,特别是方案设计和产品制造;另一方面,促进人工智能技术在空调制冷设备与系统控制和管理方面发挥良好作用,逐步提高和完善空调制冷设备集中控制与管理系统、智能园区系统以及城市冷热能量供应与管理系统等,使之在保证人居环境品质、防火安全、促进设备自动化以及节能降耗等方面扮演重要角色。

信息技术与现代自动控制技术相结合,正在给空调技术的发展带来新的活力。计算机自动控制技术与变频技术相结合,已在空调领域产生不可忽视的影响,变风量、变水量和变制冷剂流量系统就是在这种情况下取得飞速发展的;模糊控制家用空调器是计算机技术与模糊控制技术相结合的产物;预计不久的将来,将会出现神经网络控制空调器。

(4) 加强标准化建设 我国已加入世界贸易组织(WTO),在外贸出口的扩大和外商直接投资的进一步增加等方面均将带来积极的影响。对于空调行业来说,虽然已经制定了相当数量的产品标准、测试标准和设计及施工验收规范,在标准化工作上取得了很大成绩,但因种种原因,标准水平参差不齐,标准体系有待进一步完善。因此,加强标准化建设也是空调行业的重要任务。我们应积极采用国际标准和国外先进标准。我国制定的标准必须符合国情,同时要有利于提高产品质量和促进国际贸易,以及保护国家利益。

1.4 空调技术的实际应用

空调不仅意味着对提高劳动生产率、保护人体健康、创造舒适的工作和生活环境有重大的意义,而且受控的空气环境对各种生产过程的稳定进行和保证产品的质量也有重要的作用。

舒适性空调应用主要是民用建筑。舒适空调虽然较工业空调起步晚,但近些年来发展快、起点高且应用范围广。民用建筑又分为公共建筑和居住建筑。公共建筑如办公建筑(包括写字楼、政府部门办公楼等),商业建筑(如商场、金融建筑等),旅游建筑(如旅馆饭店、娱乐场所等),科教文卫建筑(包括文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等),通信建筑(如邮电、通信、广播用房)以及交通运输用房(如机场、车站建筑等)。居住建筑主要指住宅。舒适性空调以人对特定空间内空气环境的舒适性要求为主要目的,舒适的环境将使人精神愉快,精力充沛,工作和学习效率提高。

工艺性空调的应用先于舒适性空调,主要是服务于工业建筑。工艺性空调可分为一般降温性空调、恒温恒湿空调、净化空调等三类。

① 降温性空调对室内空气的温、湿度要求是夏季工人操作时手不出汗,不使产品受潮,因此一般只规定温度或湿度的上限,无空调精度要求。如纺织工业、印刷工业、胶片工业、橡胶工业、食品工业、卷烟工业、地下建筑、水下隧道、粮食仓库、农业温室、禽畜养殖场等对室内空气的温、湿度都有一定的要求。

② 恒温恒湿空调对室内空气温、湿度和空调精度都有严格要求。如电子工业、仪表工业、精密机械工业、合成纤维工业以及有关工业生产过程和有关科学研究中的控制室、计量室、检验室等,一般除对温、湿度有要求外,同时还规定温、湿度的允许波动范围,规定气流速度的上下限,规定含尘浓度的上限等。

③ 净化空调不仅对室内空气的温、湿度和空调精度有一定要求,而且对空气中所含尘粒的大小和数量有严格要求。如制药工业、医院的手术室、烧伤病房、电子工业等,不但要求室内空气具有一定的温、湿度,还要求不超过一定的含尘浓度,而且规定其所含细菌数的最大限度。

除上述工业与民用建筑方面的应用外,空气调节技术还广泛应用于交通运输工具(如汽车、火车、飞机及轮船等)、核能、国防工业中。像航天飞行中的座舱,它的周围气候环境瞬息万变,而仍需规定舱内温、湿度在一定范围,这就要求用空调技术来解决。

1.5 国内外空气调节设备厂家与品牌介绍

改革开放 20 多年来,我国经济取得了飞速发展。经济建设和社会发展带动了空调的应用和发展,带空调的工程项目显著增多。目前我国各类空调设备的提供厂商众多,用户在进行空调设备的选择时,有极大的挑选空间。

国内空调设备厂家包括自主品牌厂家和国际品牌厂家两大类。自主品牌厂家主要有:青岛海尔、江苏春兰、珠海格力、广东美的、四川长虹、上海双鹿、广东华凌、常州新科、江阴双良、长沙远大、清华同方、南京天加、滁州扬子、江苏雅静、浙江盾安、广东际高、澳柯玛、奥克斯等。进入我国的国际品牌则包括:约克、特灵、麦克维尔、霍尼维尔、艾默森、三菱、大金、松下、日立、三洋等。

在空调设备方面,我国已成为仅次于美、日两国,位居世界第三的制冷空调设备生产国。目前,我国房间空调器产量居世界第一位,海尔等品牌的房间空调器已走向世界,成为

国际品牌。我国同时也是世界上最大的冷水机组市场，其中吸收式冷（热）水机组总产量居世界第二位（若按 352kW 以上机组的产量计算，中国为第一位）。在我国，风机盘管和空气处理机组的产量仅低于房间空调器，而位于其他空调设备产量之上。由于这两种产品与国际同类产品性能和质量相差不远，因此国内绝大多数工程中使用的这两种产品都是国产的。在户式中央空调方面，我国推出热泵冷热水系统（水管机），与日本的制冷剂系统（VRV 系统）及美国的空气系统（风管机）已形成三足鼎立之势。此外，我国相关企业和工程技术人员已经掌握了包括转轮式、静止板式、热管式、闭路盘管式在内的各种空气-空气热回收设备的生产和设计使用技术。

随着我国社会经济的高速发展，科学技术的不断进步，生活水平的不断提高，对空调设备的要求日益提高，空调技术应用的普及率也日益提高，这些都使得空调技术的发展前景越来越广阔。

思考题与习题

- 1-1 空气调节的任务是什么？
- 1-2 空气调节可以分为哪两大类？这种划分的主要依据是什么？
- 1-3 试举出身边一些应用空调系统的例子，并说明它们属于哪一类的空调系统？

第2章 空气与焓湿图

空气是利用空调技术对特定空间的环境进行调节和控制的主体和对象，为此，首先必须了解空气的组成成分以及空气的物理性质。焓湿图是反映空气的状态参数及相互之间关系的线图，会熟练运用焓湿图是学习和掌握空调技术的重要基础。

2.1 空气的组成

空气调节中所研究的空气，就是人们口中常称呼的、无所不在的、时刻要呼吸的“空气”，不过在这里作为一门专门的学科，需要从独特的角度去研究其组成、性质、状态、变化规律等。

2.1.1 空气的组成

环绕地球的空气层称为大气。由于地球表面大部分是海洋、江河和湖泊，必然有大量的水分蒸发成水蒸气进入大气中。从空调技术的角度看，自然界中的干空气和水蒸气的混合物即称为空气（或相对于干空气而言，称为湿空气）。空气是由氮气、氧气、二氧化碳、水蒸气和其他一些稀有气体所组成的混合气体，空气的组成成分如表 2-1 所示。

表 2-1 空气的组成

组 成 成 分		质量分数/%	体积分数/%
干空气	氮(N ₂)	75.55	78.13
	氧(O ₂)	23.10	20.90
	二氧化碳(CO ₂)	0.05 左右	0.03
	稀有气体	1.30	0.94
水蒸气		0.01%~0.40%	忽略不计

从空气中除去全部水蒸气和杂质时，所剩即为干空气，如表 2-1 所示。广泛的测定结果表明，干空气中除二氧化碳外，其组成是比较稳定的。空气中二氧化碳的含量随动植物生长状态、气象条件、海水表面温度、污染状态等有一定的变化，然而，由于其平均含量非常小，故其含量的变化对干空气性质的影响，可以忽略不计。因此，在研究空气物理性质时，允许将干空气作为一个整体，并看作是理想气体。

为统一干空气的热工性质，便于热工计算，一般以海平面高度附近的清洁空气作为干空气的标准。从空调技术的角度看，干空气有以下基本特征：

- ① 在常温常压下不会发生相变，也就是不会液化和凝固；
- ② 各个组成成分及比例基本固定不变；
- ③ 在通常的空气处理过程中，空气的压力变化的范围不大，在这个范围内，干空气可

近似看作不可压缩。

绝对干燥的空气在自然界中几乎是不存在的。为避免混淆,在本书以后的讨论中,只使用“干空气”和“空气”这两个概念。

2.1.2 空气中的水蒸气及其影响

空气中的水蒸气来源于地球上的江、河、湖、海表面水分的蒸发,各种生物的新陈代谢过程以及生产工艺过程,但其含量很少。从表 2-1 可以看出,按体积比计算水蒸气在空气中几乎可以忽略不计;按质量比计算,水蒸气在空气中通常只占 0.01%~0.40%,而且其质量百分比是经常变化的。

空气中水蒸气含量的变化对空气的干燥或潮湿程度会产生重要影响,从而影响人的舒适感甚至身体健康、影响某些产品的质量和成品率、影响设备的状况及生产工艺过程、影响处理空气设备的能耗等。所以平时可以忽略的空气中的水蒸气,在空调范畴内不仅不能忽略,而且还要放在非常重要的地位来对待。

在空气处理的过程中,虽然水蒸气含量的变化较大,但干空气的成分和数量却保持了相对稳定,可以作为一个整体来看待。所以实际空调技术中,往往以干空气为基数,既简化了计算的繁琐程度,又保证了计算的精度。

2.2 空气的状态参数

空气的物理性质除和其组成成分有关外,还决定于它所处的状态。对空气的状态进行定量分析和描述的物理量称为空气的状态参数。在空气调节技术中,常用的空气的状态参数包括压力、温度、含湿量、相对湿度、焓等。

2.2.1 绝对压力、大气压力与水蒸气分压力

在空调工程上人们往往习惯于把物理学中的“压强”称为压力,其国际单位是 Pa。

2.2.1.1 大气压力

围绕地球表面的空气层在单位面积上所形成的压力称大气压力 p_a , 它的单位包括帕 (Pa)、千帕 (kPa) 或兆帕 (MPa) 等。

大气压力不是一个定值,它随各地海拔高度不同而存在差异,同时还随着季节、天气的变化而稍有高低。通常以北纬 45°处海平面的全年平均气压作为一个标准大气压力或物理大气压,其数值为 101325Pa (760mmHg),用 atm 表示, $1\text{atm}=1.01325\times 10^5\text{Pa}$ 。

我国幅员广阔,沿海与高原地区大气压力相差很大,海拔高度越高的地方大气压力越低。例如,我国北部沿海城市天津,夏季大气压力为 100480Pa,冬季为 102660Pa;西藏高原上的拉萨市,夏季的大气压力为 65230Pa,冬季为 65000Pa。因此在空调系统设计和运行中,一定要考虑当地大气压力的大小,及时进行修正调整。

2.2.1.2 绝对压力

在空调系统中,空气的压力值是用仪表测出的,但仪表指示的数值往往不是空气压力的绝对值,而是绝对压力与当地大气压力的差值,称为表压力或真空度。表压力或真空度与绝对压力的关系为

绝对压力 > 当地大气压, 绝对压力 = 当地大气压 + 表压力

绝对压力 < 当地大气压, 绝对压力 = 当地大气压 - 真空度

应当指出,表压力或真空度不能代表空气压力的真正大小,只有空气的绝对压力才是空