

第三版

民用建筑 空调设计

马最良 姚 杨 主编

MINYONG JIANZHU KONGTIAO SHEJI



化学工业出版社

第三版

民用建筑 空调设计

马最良 姚 杨 主编

MINYONG JIANZHU KONGTIAO SHEJI



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为一本实用而简明的设计参考书籍，详细阐述空调技术的原理与基本知识、各类建筑物空调的设计特点与空调方式、空调系统的设计方法与步骤、冷热源的方式与特点、空调系统自动控制与监测的典型方案等；同时充分反映空调设计近年来的成就与发展。本书可供从事空调设计、营销、安装人员和运行管理人员参考，也可供建筑环境与设备工程专业的本科生、研究生使用和参考。

本次第三版修订和再版主要背景就是基于《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50376—2012于2012年的问世。该规范是我国第一部针对民用建筑暖通空调设计的基础性通用技术规范，为民用建筑暖通空调设计提供了可操作性强的约束和规范性条文。因此，《民用建筑空调设计》（第三版）一书按最新规范的规定与要求，进行了全面修订和完善。

另外，原书第二版出版后五年时间里，我国暖通空调行业发展很快，特别是新的节能减排技术不断得到应用，进步很大，设计水平不断提高，这些都在第三版中得到充分反映。总之，本书第三版继续保留初版结构和特点，实用性更强。这本《民用建筑空调设计》（第三版）将继续伴随着广大读者，亲历我国民用建筑空调行业的不断进步与发展。

图书在版编目（CIP）数据

民用建筑空调设计/马最良，姚杨主编. —3版. —北京：化学工业出版社，2015.5
ISBN 978-7-122-23474-2

I. ①民… II. ①马…②姚… III. ①民用建筑-空气调节系统-设计 IV. ①TU831

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 064305 号

责任编辑：朱 彤

装帧设计：刘丽华

责任校对：王素芹

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 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 32 $\frac{3}{4}$ 字数 898 千字 2015 年 6 月北京第 3 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：89.00 元

版权所有 违者必究

第一版前言

自 19 世纪末纺织厂空调和剧院空调问世以来,空调技术随着经济的发展获得了飞速的提高,现在空调已成为现代建筑中不可缺少的设施之一。近年来,我国各地现代化的宾馆、办公楼、高级公寓、商贸中心、影剧院、体育馆等大型公共建筑和高层建筑大量涌现,如上海 1989 年市区高层建筑仅有 477 幢,1995 年末市区高层建筑达 1484 幢,1997 年末市区高层建筑已达 2437 幢。现代建筑的涌现大大推动了空调的发展,“空调”这个名词再也不那么生疏。进入 21 世纪,人们将会追求更高的物质文化生活水平,要求创造舒适而健康的室内空气环境。因此,已有专家预言,中央空调势必成为 21 世纪健康住宅必不可少的组成部分之一。中央空调将会步入百姓家庭,使空调的应用更为广泛。

为了适应空调的广泛应用,我们特此编写《民用建筑空调设计》一书,其目的是为从事或即将从事空调设计、营销、安装人员和运行管理人员提供一本实用而简明的书;同时也为建筑环境与设备工程专业的学生提供一本设计参考书。该书内容包括:空调技术的原理与基本知识;各类建筑物空调的设计特点与空调方式;空调系统的设计方法与步骤;冷热源的方式与特点;空调系统自动控制与监测的典型方案等。

空调设计问题是个老问题,但始终又是空调界中经常讨论的热点问题。因此,本书根据文献资料,对空调设计近年来的进步与发展进行总结,以期对空调设计提供一些必要的设计资料和经验,对空调设计提供一些新思路与应注意的一些问题。

本书由马最良、姚杨、杨自强、王芳、姜益强、孙丽颖、李本强共同编写,马最良、姚杨担任主编。具体分工为:第 1、2、8、10、13 章由马最良编写;第 4、5 章由姚杨编写;第 7、9 章由王芳编写;第 3 章由孙丽颖编写;第 6 章由李本强编写;第 11 章由杨自强编写;第 12 章由姜益强编写。全书由姚杨统稿。研究生余延顺、王伟、韩志涛、喻银平、江辉民和王洋等为本书成稿做了很多辅助性工作,对此谨致谢意。由于编者水平所限,难免存在缺点和错误,望读者给予批评指正。

编 者

2003 年 1 月

第二版前言

《民用建筑空调设计》第一版于2003年出版以来,深受广大读者关注与欢迎,多次销售一空,不断重印,充分证明这是一本内容丰富、深入浅出、图文并茂、理论与实践并重的工程技术书籍,也是一本实用而简明的设计参考书籍,更是初学者的一本启蒙设计指导教材。但是本书第一版出版后的五年里,我国暖通空调行业发展很快,技术进步很大,设计水平不断提高,主要表现在以下一些方面。

- 有关暖通空调的新标准、新规范、新手册不断问世,推动了我国暖通空调技术的不断发展与进步。

- 热泵技术在我国暖通空调领域得到广泛应用,日益彰显热泵技术是科学使用能源与科学配置能源的典型、成熟和有效的技术。

- 在当前节能减排的形势下,民用建筑空调节能技术发展十分迅速,在新理论、新技术、新系统、新产品等方面取得了可喜成果。

- 编者通过指导相关人员进行毕业设计和工程设计实践,最近五年来有了新的总结和体会,对全书内容的撰写、取材和把握方面有了新的认识。

基于上述理由,编者再次对原书第一版进行增删、调整,增加了新的一章“民用建筑通风设计”,并在相应章节中增加很多有关空调节能技术的新内容,使原书更加充实,重新整理和出版了这本《民用建筑空调设计》第二版。

本书由马最良、姚杨、姜益强、王芳、杨自强、孙丽颖、李本强、倪龙共同编著,马最良、姚杨担任主编。具体分工为:第1、2章由马最良编著,第8、11、14章由姚杨、马最良编著,第4、5章由姚杨编著,第7、9章由王芳编著,第3章由孙丽颖编著,第6章由李本强编著,第12章由杨自强、姚杨编著,第13章由姜益强编著,第10章由倪龙编著。全书由姚杨统稿。笔者所在热泵空调技术研究所的研究生为本书成稿做了很多辅助性工作,在此谨致谢意。

由于编者水平所限,难免存在疏漏,望广大读者给予批评和指正。

编 者

2009年10月

第三版前言

在《民用建筑空调设计》(第一版)前言中,已明确指出:“空调设计问题是个老问题,但始终又是空调界中经常讨论的热点问题。”自2003年(第一版)问世至今,充分体现出:由于空调设计的复杂性,空调新技术、新系统与新设备的不断涌现,基于低碳时代的绿色建筑空调设计的新理念树立等,空调设计始终是这十年里经常讨论与研究的热点问题。正因为如此,《民用建筑空调设计》一书也在不断地进行修订与再版。

本次第三版修订和再版主要背景就是基于《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50376—2012(以下全书中简称《规范》)于2012年的问世。该规范是我国第一部针对民用建筑暖通空调设计的基础性通用技术规范,为民用建筑暖通空调设计提供了可操作性强的约束和规范性条文。众所周知,规范是民用建筑空调设计的依据,不符合规范原则的民用建筑空调工程设计是不合格的。因此,《民用建筑空调设计》(第三版)一书也应按最新规范的规定与要求,进行更新的必要修订。

本次第三版修订的原则是在保持第一版和第二版特点(即民用建筑空调设计基础知识的普及性、设计要点的实用性、设计方案确定与新系统选用的启迪性)的前提下,对第二版按规范进行增删与调整:在相应章节中进一步增加或加强有关空调节能理论与技术;进一步充实第二版内容等,力争再次为民用建筑空调设计的初学者提供一本实用而简明的启蒙设计指导的参考书籍。

本书由马最良、姚杨、姜益强、王芳、杨自强、孙丽颖、李本强、倪龙共同编写,马最良、姚杨担任主编。具体分工为:第1、2章由马最良编写,第8、11、14章由姚杨、马最良编写,第4、5章由姚杨编写,第7、9章由王芳编写,第3章由孙丽颖编写,第6章由李本强编写,第12章由杨自强、姚杨编写,第13章由姜益强编写,第10章、第2章中2.9节由倪龙编写。全书由姚杨统稿。笔者所在单位热泵空调技术研究所的研究生为本书成稿做了很多辅助性工作,对此谨致谢意。化学工业出版社编辑为《民用建筑空调设计》第三版的出版付出了辛勤劳动,一并致谢。

由于编著者水平所限,难免存在疏漏,望广大读者给予批评、指正。

编著者
2015年2月

目 录

第1章 总论	1	2.3 空调房间的冷负荷和制冷系统的冷负荷	40
1.1 空气调节系统的组成	1	2.4 空调冷负荷的计算	41
1.2 湿空气的物理性质	2	2.4.1 围护结构瞬变传热形成冷负荷的计算方法	41
1.2.1 湿空气的状态参数	3	2.4.2 透过玻璃窗的日射得热引起冷负荷的计算方法	51
1.2.2 湿空气的状态方程	4	2.4.3 室内热源散热引起的冷负荷	52
1.3 湿空气的焓湿图与应用	4	2.5 空调新风负荷的计算	60
1.3.1 湿空气的焓湿图	4	2.6 空调湿负荷的计算	61
1.3.2 湿空气焓湿图的应用	6	2.6.1 人体散湿量	61
1.4 风量平衡和热平衡	8	2.6.2 敞开水面散湿量	61
1.4.1 风量平衡	8	2.7 空调热负荷的计算	62
1.4.2 热平衡	9	2.8 民用建筑空调负荷的概算指标及经验数据	64
1.4.3 全年新风量变化时空调系统风量平衡关系	9	2.8.1 国内部分民用建筑空调冷负荷概算指标	64
1.5 暖通空调设计与施工的有关规范和标准	10	2.8.2 国外部分民用建筑空调冷负荷概算指标	66
1.5.1 建筑与暖通空调工程制图标准	10	2.8.3 热负荷概算指标	69
1.5.2 通用设计规范	10	2.8.4 空调扩大初步设计中常用的部分经验数据	69
1.5.3 专用设计规范	10	2.9 空调负荷计算软件介绍	73
1.5.4 暖通空调工程施工及验收规范	11	2.10 送风量的确定	73
1.5.5 常用各种标准代号的意义	11	2.10.1 夏季送风状态及送风量	73
1.6 空调设计程序与深度	11	2.10.2 冬季送风状态和送风量	74
1.6.1 方案设计	12	参考文献	75
1.6.2 初步设计(或扩大初步设计)	12	第3章 空气调节系统	77
1.6.3 施工图设计	14	3.1 空调系统的分类与适用性	77
参考文献	16	3.2 全空气一次回风和二次回风空调系统	78
第2章 空调负荷的计算与送风量的确定	17	3.2.1 全空气一次回风和二次回风空调系统的特点	78
2.1 空调的室内、外计算参数	17	3.2.2 全空气一次回风和二次回风空调系统的空气处理过程与计算方法	79
2.1.1 空调室外空气的计算参数	17	3.2.3 算例	82
2.1.2 空调室内空气的设计参数	21		
2.2 室内空气品质与新风量	30		
2.2.1 室内空气品质	30		
2.2.2 新风量	32		

3.3 变风量空调系统	84
3.3.1 变风量空调系统的特点	84
3.3.2 变风量空调系统的空气处理过程 与计算方法	84
3.3.3 算例	86
3.4 风机盘管加新风系统	86
3.4.1 风机盘管加新风系统的特点	86
3.4.2 风机盘管加新风系统的空气处理 过程与计算方法	87
3.4.3 算例	89
3.5 VRV 空调系统	90
3.5.1 VRV 空调系统的特点	90
3.5.2 VRV 空调系统的空气处理 过程与计算方法	91
3.6 冷却吊顶空调系统	91
3.6.1 冷却吊顶空调系统的特点	91
3.6.2 冷却吊顶空调系统的空气处理过程 与计算方法	91
3.6.3 算例	92
参考文献	93

第4章 民用建筑空调系统的典型形式 与特点

4.1 客房空调系统的形式与特点	94
4.1.1 客房空调的新风系统	94
4.1.2 风机盘管的选择与布置	95
4.1.3 排风系统	95
4.2 写字楼空调系统形式与特点	96
4.2.1 写字楼的功能特点	96
4.2.2 写字楼空调系统的形式与 特点	97
4.3 餐厅、宴会厅、多功能厅空调典型 系统与特点	102
4.3.1 餐厅、宴会厅、多功能厅空调的 特点	102
4.3.2 餐厅、宴会厅、多功能厅空调负荷 特点	103
4.3.3 餐厅、宴会厅、多功能厅的空调 系统	103
4.4 歌舞厅空调典型系统与特点	104
4.4.1 歌舞厅空调的特点	104
4.4.2 歌舞厅空调负荷的特点	104
4.4.3 歌舞厅空调系统设计	104
4.5 康乐中心空调典型系统与特点	105
4.5.1 康乐中心的功能与特点	105
4.5.2 康乐中心空调系统的特点	105

4.5.3 康乐中心空调系统的设计	106
4.6 门厅、四季厅、中庭空调系统形式 与特点	106
4.6.1 门厅、四季厅、中庭空调的 特点	106
4.6.2 门厅、四季厅空调系统的 设计	107
4.6.3 中庭的空调设计	107
4.7 厨房、洗衣房的空调与通风 系统	108
4.7.1 厨房、洗衣房的功能特点	108
4.7.2 厨房、洗衣房的负荷特点	108
4.7.3 厨房的空调与通风系统设计	108
4.7.4 洗衣房的空调与通风系统 设计	110
4.8 商场空调的典型系统与特点	111
4.8.1 商场负荷的特点	111
4.8.2 商场室内参数与空气品质 问题	112
4.8.3 商场的空调系统	112
4.8.4 商场的防排烟设计	113
4.9 影剧院空调的典型系统与 特点	114
4.9.1 影剧院空调负荷的特点	114
4.9.2 观众厅的气流组织	116
4.9.3 舞台空调的气流组织	120
4.9.4 影剧院空调系统的设计 原则	120
4.9.5 影剧院空调的预冷运行	121
4.10 游泳馆空调的典型系统与 特点	121
4.10.1 游泳馆空调的特点	122
4.10.2 游泳馆空调负荷的特殊性	122
4.10.3 游泳馆的采暖、通风与空调 系统	123
4.10.4 设计实例	125
4.11 空调系统节能技术	127
4.11.1 建筑与能源	127
4.11.2 空调系统节能技术措施	127
参考文献	130

第5章 空调设备的分类与选择

5.1 卧式组合式空调机组	131
5.2 吊装式和柜式空调机组	133
5.2.1 吊装式空调机组	133
5.2.2 柜式空调机组	134

5.3 屋顶空调机	136	5.14.6 多联机的能效标准	168
5.3.1 屋顶空调机结构与特点	136	5.14.7 新风输送方式	168
5.3.2 屋顶空调机的性能参数	138	参考文献	168
5.3.3 屋顶空调机的适用性	138	第6章 气流组织	170
5.4 风机盘管机组	138	6.1 概述	170
5.4.1 风机盘管的构造及分类	138	6.2 空调送风口与回风口	171
5.4.2 风机盘管机组的选择及调节 方法	138	6.2.1 送风口	171
5.5 蒸发冷却式空调机组	140	6.2.2 回风口	173
5.5.1 蒸发冷却技术	140	6.3 典型的气流组织形式	176
5.5.2 蒸发冷却式空调机组	141	6.3.1 侧送风的气流组织	176
5.6 小型水/空气热泵空调机	141	6.3.2 顶送风的气流组织	177
5.6.1 小型水/空气热泵空调机的工作 原理	141	6.3.3 下部送风的气流组织	179
5.6.2 小型水/空气热泵空调机的 种类	142	6.4 侧送风设计计算	179
5.7 多联式空调机组	143	6.4.1 侧送风的气流流型	180
5.7.1 多联机系统的分类	143	6.4.2 风口的选择与布置	180
5.7.2 多联机系统的组成和配管	144	6.4.3 侧送气流组织的设计步骤	180
5.8 冷辐射板	146	6.5 喷口送风的设计计算	185
5.8.1 冷却顶板	146	6.5.1 喷口送风的气流流型	185
5.8.2 毛细管辐射式空调末端系统	147	6.5.2 喷口形式	185
5.9 空气的加湿设备	149	6.5.3 喷口侧送风气流组织的设计 步骤	185
5.9.1 等温加湿设备	149	6.5.4 喷口垂直向下送风	187
5.9.2 等焓加湿设备	151	6.5.5 喷口送风设计中应当注意的 问题	188
5.10 空调机组的选择	153	6.6 散流器送风的设计计算	188
5.11 表冷器的选择与校核计算	153	6.6.1 散流器送风的气流流型	188
5.11.1 表冷器的选择与校核计算 方法	153	6.6.2 散流器的选择与布置	188
5.11.2 表冷器校核计算的步骤	160	6.6.3 散流器送风气流组织的设计 步骤	189
5.12 空气加热器的选择与校核 计算	161	6.7 条缝形送风的设计计算	193
5.12.1 空气加热器的选择	161	6.7.1 条缝送风的气流流型	193
5.12.2 空气加热器的校核计算	162	6.7.2 条缝形风口的选择与布置	193
5.13 空气净化设备的选择	163	6.7.3 条缝形风口送风的设计计算	194
5.13.1 初效过滤器	164	6.8 低温送风系统	199
5.13.2 中效过滤器	165	6.8.1 送风温度的确定原则	199
5.14 多联机组的选择计算	165	6.8.2 低温送风系统的气流组织	200
5.14.1 多联机系统的设计内容	165	6.9 地板送风系统	206
5.14.2 多联机系统的设计步骤	166	6.9.1 概述	206
5.14.3 室内机的选择	166	6.9.2 地板送风系统的设计流程	206
5.14.4 室内机与室外机容量的 匹配	166	6.9.3 地板送风系统的空调负荷与 送风量	206
5.14.5 室内机与室外机初选后的 修正	166	6.9.4 地板送风系统静压箱	208
		6.9.5 送、回风口选择与布置	209
		6.9.6 地板送风系统的气流组织	210
		6.9.7 地板送风系统中特殊区域的	

处理	211	8.4.2 空调冷却水系统的典型图示	252
6.10 CFD 技术在气流组织设计中的		8.4.3 冷却水系统的补水量	256
应用	212	8.4.4 冷却塔选择方法与步骤	256
参考文献	213	8.4.5 冷却水循环系统设计中应注意的	
第7章 空调风道设计计算	214	几个问题	256
7.1 概述	214	8.5 热水系统管路设计	258
7.1.1 风道(或称风管)分类	214	8.5.1 热水系统的形式	259
7.1.2 风管规格	215	8.5.2 热水系统与热源的连接	261
7.2 沿程阻力与局部阻力	216	8.5.3 热水系统的防冻措施	263
7.2.1 沿程阻力	216	8.5.4 高温水管路设计中应注意的	
7.2.2 局部阻力	219	问题	264
7.3 风道的水力计算	219	8.6 蒸汽系统设计	264
7.3.1 概述	219	8.6.1 空调蒸汽系统的典型图示	264
7.3.2 风道水力计算方法	220	8.6.2 蒸汽管路和凝结水管路的水力	
7.4 空调风道的保温	228	计算表	266
7.4.1 概述	228	8.6.3 疏水器的选择	274
7.4.2 保温层厚度	228	8.6.4 凝结水箱容积的确定	276
7.5 风道特性曲线与风机的选择	231	8.7 冷凝水管路的设计	276
7.5.1 概述	231	8.8 乙二醇水溶液管路系统设计	277
7.5.2 风道特性曲线与工作点	234	8.8.1 乙二醇水溶液在暖通空调中的	
7.5.3 风机的联合工作及其工况		应用场合	277
分析	234	8.8.2 乙二醇水溶液的物理性能	278
7.5.4 风机的选择	236	8.8.3 乙二醇水溶液应用中应注意的	
7.5.5 风机的工况调节	237	问题	281
7.6 空调风道系统的节能要点	238	8.8.4 乙二醇水溶液系统的管路	
参考文献	240	计算	281
第8章 空调管路系统设计	241	8.9 高层建筑空调水系统的特殊	
8.1 空调管路系统的设计原则	241	问题	283
8.1.1 空调管路系统的划分原则	241	8.9.1 高层建筑空调水系统的承压	
8.1.2 空调管路系统的形式	242	分析	284
8.1.3 空调管路系统的设计原则	243	8.9.2 高层建筑空调水系统竖向分区的	
8.2 空调水系统的管路计算	244	依据	284
8.2.1 管径的确定	244	8.9.3 常用的竖向分区方式	285
8.2.2 水流动阻力的确定	245	8.10 空调水系统的水质管理	286
8.3 冷冻水系统设计	248	8.10.1 空调水系统水质管理的设计	
8.3.1 单级泵冷冻水系统	248	原则	287
8.3.2 双级泵冷冻水系统	249	8.10.2 防垢处理及防止菌和水藻繁殖	
8.3.3 混合式水系统	250	的方法	287
8.3.4 冷水机组与循环水泵的连接		8.10.3 除污器及水处理设备	288
方式	250	8.11 空调水系统的定压	290
8.3.5 供回水总管上的旁通管与压差旁		8.11.1 膨胀水箱定压	291
通阀的选择	250	8.11.2 补给水泵定压	291
8.4 冷却水系统设计	251	8.11.3 气压罐定压	293
8.4.1 空调冷却水系统的形式	251	8.12 空调水系统的补水、泄水与	
		排气	295

8.12.1	水系统的补水	295	计算	326
8.12.2	水系统的泄水与排气	295	9.4.4	机械防烟系统设计要点
8.13	空调管路系统的保温与防腐	297	9.5	中庭及大空间防、排烟系统
8.13.1	保温材料及其制品的主要技术性能	297	设计	329
8.13.2	保温结构	298	9.5.1	中庭式建筑的特点
8.13.3	保温层厚度	299	9.5.2	排烟方式
8.13.4	管路系统的防腐	300	9.5.3	中庭式建筑防火、防烟分区的划分及排烟量的确定
8.14	空调管路系统的管材及附件	302	9.6	地下停车场排烟系统设计
8.14.1	管路系统的管材	302	9.6.1	地下停车场机械通风与机械排烟系统的关系
8.14.2	管路系统的阀门	302	9.6.2	排风、排烟合用系统在实际工程中的应用
8.14.3	管路系统的减压阀	302	9.6.3	地下停车场排风、排烟合用系统设计要点
8.14.4	管路系统的安全阀	306	9.7	通风空调系统的防火
8.14.5	管路伸缩和固定	307	9.7.1	垂直排风管道应采取防止回流的措施
8.14.6	分汽缸、分水器和集水器	307	9.7.2	在必要位置设置防火阀
8.15	空调水系统的节能要点	308	9.7.3	严格选取设备及风管材料
8.15.1	空调水系统的水力平衡	309	9.7.4	合理布置通风空调系统
8.15.2	空调变水量系统	311	9.7.5	注意防爆问题
8.15.3	空调冷冻水系统大温差设计	311	参考文献	336
8.15.4	空调水系统输配耗能指标	313		
参考文献	314			
第9章 防火及防排烟系统设计	316	第10章 民用建筑通风设计	337	
9.1 概述	316	10.1 旅馆、宾馆客房的通风设计	337	
9.1.1 火灾烟气的危害	316	10.1.1 通风风量的计算方法	337	
9.1.2 防、排烟的作用	316	10.1.2 客房通风设计要点	338	
9.1.3 火灾烟气控制的基本原则	317	10.1.3 设计中应注意的几个问题	342	
9.1.4 防火及防排烟系统常用阀门	318	10.2 厨房的通风设计	342	
9.1.5 几个名词解释	319	10.2.1 厨房设备的散热量、散湿量的确定	343	
9.2 自然排烟系统设计	319	10.2.2 通风量的计算	343	
9.2.1 自然排烟的方式	319	10.2.3 设计要点	345	
9.2.2 可以自然排烟的部位及开窗面积规定	320	10.3 地下停车场的通风设计	346	
9.2.3 自然排烟设计要点	320	10.3.1 地下停车场有害物的种类及危害	347	
9.3 机械排烟系统设计	321	10.3.2 排风量与送风量的计算方法	347	
9.3.1 机械排烟的方式	321	10.3.3 设计要点	350	
9.3.2 机械排烟的部位	321	10.4 人防地下室的通风设计	351	
9.3.3 机械排烟系统的布置	321	10.4.1 人防地下室的通风功能	351	
9.3.4 机械排烟系统排烟量的确定	322	10.4.2 防护通风系统	352	
9.3.5 机械排烟系统设计要点	322	10.4.3 设计参数	355	
9.4 机械防烟系统设计	325	10.4.4 防护通风设备的选择	358	
9.4.1 机械加压防烟的设置部位	325	10.4.5 平战结合及平战功能转换	362	
9.4.2 机械防烟加压送风系统的组成	326			
9.4.3 机械防烟系统加压送风量的				

10.5	柴油发电机房的通风设计	363	11.8.4	机房建筑设计及设备布置的要求	397
10.5.1	柴油发电机组的冷却方式	363	11.9	电动冷水机组机房的设计要点	398
10.5.2	机房内散热量和有害物散发量的计算	364	11.9.1	电动冷水机组容量	398
10.5.3	通风量计算	366	11.9.2	电动冷水机组类型与台数的选择	399
10.5.4	排烟系统	368	11.9.3	循环水泵的选择	400
10.5.5	设计要点	369	11.9.4	其他设备的选择	401
10.5.6	人防地下室柴油发电机房的通风设计	370	11.10	吸收式冷水机组机房设计的特殊问题	401
10.6	设备用房的通风设计	370	11.10.1	选用溴化锂吸收式冷水机组应注意的问题	401
10.6.1	制冷机房的通风设计	370	11.10.2	燃气系统的设计要点	402
10.6.2	小型燃油(气)锅炉房的通风设计	371	11.10.3	燃油系统设计要点	404
10.6.3	变配电机房及其他	373	11.10.4	排烟系统设计要点	406
10.7	置换通风	373	11.10.5	机房的安全及防火防爆	408
10.7.1	置换通风的原理	373	11.11	热泵冷热水机组机房的设计要点	409
10.7.2	置换通风的特性	374	11.11.1	空气源热泵冷热水机组机房设计要点	409
10.7.3	置换通风与地板送风的异同点	375	11.11.2	井水源热泵冷热水机组机房的设计要点	413
10.7.4	置换通风的设计要点	376	11.11.3	地埋管地源热泵系统设计要点	415
参考文献		378	11.12	燃油、燃气锅炉房的设计要点	418
第11章	空调系统冷热源设计	380	11.12.1	设计规范及标准	418
11.1	概述	380	11.12.2	锅炉的选择	418
11.2	电动冷水机组	381	11.12.3	蒸汽锅炉房的热力系统	419
11.2.1	活塞式冷水机组	382	11.12.4	热水锅炉房的热力系统	422
11.2.2	螺杆式冷水机组	382	11.12.5	锅炉水处理的设计要点	423
11.2.3	离心式冷水机组	382	11.12.6	锅炉房的布置要求	424
11.2.4	风冷式冷水机组	383	11.13	热力站的设计要点	425
11.3	溴化锂吸收式冷水机组	383	11.13.1	热力站的作用	426
11.4	热泵式冷热水机组	384	11.13.2	几种典型的热力站热力系统图示	426
11.4.1	空气源热泵冷热水机组	384	11.13.3	对热力站设计的要求	427
11.4.2	水源热泵冷热水机组	386	11.14	空调冷热源设计中应注意的节能措施	429
11.5	锅炉	387	11.14.1	设计中应严格遵守有关节能标准	429
11.5.1	热水锅炉	387	11.14.2	设计中杜绝冷水机组选择偏大	429
11.5.2	真空锅炉	388	11.14.3	从节能角度,应尽量选用能量	
11.5.3	蒸汽锅炉	389			
11.5.4	电锅炉	391			
11.6	换热设备	392			
11.6.1	壳管式换热器	392			
11.6.2	板式换热器	392			
11.7	水泵	394			
11.8	冷热源设计的一般要求	395			
11.8.1	设计的原始资料	395			
11.8.2	设计程序	396			
11.8.3	一般设计原则	397			

利用效率高的冷热源设备与系统	430
11.14.4 优先考虑采用天然冷热源	431
11.14.5 回收与利用空调冷源中的冷凝热	432
11.14.6 空调冷热源管路、水泵节能	435
参考文献	435

第12章 蓄能系统设计	436
12.1 概述	436
12.2 水蓄冷系统	437
12.3 冰蓄冷系统	439
12.3.1 外融式冰蓄冷系统	440
12.3.2 内融式冰蓄冷系统	440
12.3.3 封装冰蓄冷系统	440
12.3.4 制冰滑落式蓄冷系统	441
12.3.5 冰晶式蓄冷系统	441
12.4 共晶盐蓄冷系统	442
12.5 冰蓄冷空调系统的设计方法	442
12.5.1 冰蓄冷空调系统的应用条件	442
12.5.2 冰蓄冷空调系统的负荷计算原则	443
12.5.3 典型建筑的逐时冷负荷分布图	443
12.5.4 冰蓄冷空调系统的运行控制策略	444
12.5.5 冰蓄冷空调系统的设备选择	447
12.5.6 冰蓄冷系统主要设备容量的确定	448
12.6 冰蓄冷空调系统的优化简介	451
12.6.1 冰蓄冷系统优化的意义	451
12.6.2 预测控制方法简介	451
12.6.3 冰蓄冷系统优化的应用	452
参考文献	456

第13章 空调系统的消声和隔振	458
13.1 概述	458
13.2 声学计量	459
13.3 暖通空调系统的噪声和噪声源	461
13.3.1 与建筑物有关的噪声、振动源分类	461
13.3.2 空调系统的噪声源	461

13.4 空调系统的消声器	466
13.5 空调系统的噪声控制	468
13.5.1 室内噪声标准	468
13.5.2 空调系统中噪声的自然衰减	470
13.5.3 空气进入室内的噪声衰减	471
13.5.4 空调系统消声设计	472
13.6 空调机房、制冷机房噪声控制	473
13.6.1 机房噪声控制要求及设计原则	473
13.6.2 机房内噪声的降低	473
13.7 空调装置的隔振	474
13.7.1 振动传递率与减振标准	474
13.7.2 工程中常用的减振器	476
13.7.3 减振器的设计选用	476
13.7.4 空调装置隔振设计要点	477
参考文献	478

第14章 空调监测系统与调节系统的典型方案	479
14.1 概述	479
14.1.1 空调监测与调节系统的任务和内容	479
14.1.2 空调自动调节系统的基本组成	480
14.1.3 符号说明	480
14.2 新风系统监测与调节系统的典型方案	481
14.2.1 冷/热盘管合设新风机组的控制方案	481
14.2.2 冷/热盘管分设新风机组的控制方案	482
14.2.3 冷/热盘管分设新风机组的直接数字控制系统	483
14.3 风机盘管空调系统的自动控制方案	484
14.4 定风量一次回风空调系统监测与调节系统的典型方案	485
14.4.1 定风量一次回风空调系统的调节方法	485
14.4.2 定风量一次回风空调系统自动控制的典型方案	488
14.4.3 定风量一次回风空调系统的监测、信号与联锁	491
14.4.4 定风量一次回风空调系统的直接数字控制系统 (DDC 系统)	491

14.5 变风量空调系统监测与调节系统的典型方案	493	14.6.2 电动冷水机组的单元控制器	497
14.5.1 变风量空调系统的典型控制方案	493	14.6.3 单台吸收式冷水机组的控制	500
14.5.2 变风量空调系统的直接数字控制方案	494	14.6.4 多台锅炉、冷却塔、冷水机组、水泵的控制方案	504
14.5.3 变风量末端控制	495	14.6.5 冷冻站、热力站 DDC 控制系统方案	508
14.6 冷热源系统监测与调节系统的典型方案	496	14.6.6 冷水机组与系统一体化控制方案	510
14.6.1 锅炉、热交换设备、冷却塔单台设备控制方案	496	参考文献	510

《第1章》

总 论

1.1 空气调节系统的组成

众所周知,创造并保持某一特定空间内的温度、湿度、清洁度和流动速度等参数符合一定要求并提供足够量新鲜空气的空气环境控制技术,称为空气调节技术,简称空调。也就是说,空调创造的室内空气环境,不受室外气候变化、太阳辐射和大气中有害物的干扰,也不受室内产生的热、湿和其他有害物的干扰,室内空气环境的参数(温度、湿度、洁净度及气流速度等)始终稳定地保持在已定的基数上(如温度 $t=24^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\varphi=60\%$ 等),不得超过允许的波动范围(如 $\Delta t=\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\Delta\varphi=\pm 10\%$ 等)。

图 1-1 所示的是最常用的典型空调系统,其组成包括以下内容。

(1) 空气处理设备。空气处理设备是空调系统对空气进行加热、冷却、加湿、除湿和净化处理的关键设备,如组合式卧式空调机组、吊装式和柜式空调机组、单元式空调机组(自带制冷机的柜式空调机)、蒸发冷却式空调机组、风机盘管空调机组、水源热泵空调机组、冷辐射板等。

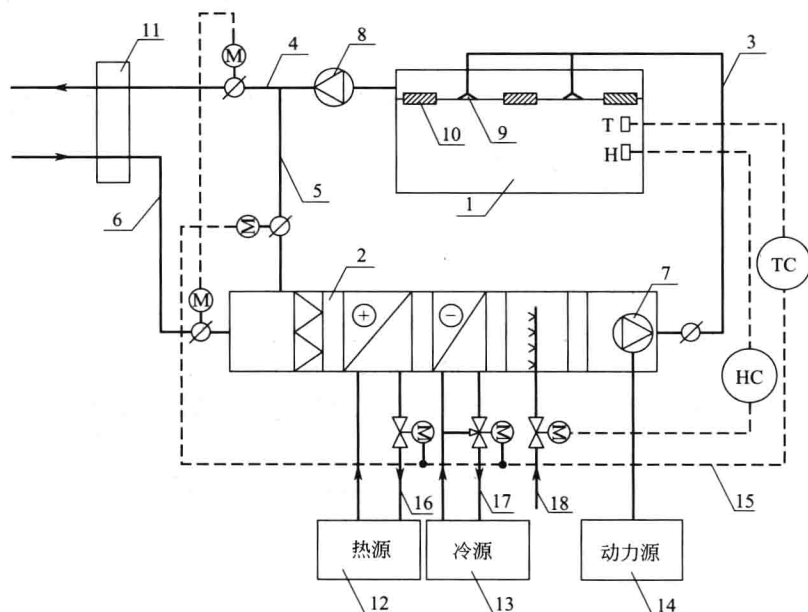


图 1-1 空调系统的基本组成

1—被调房间；2—空气处理设备；3—送风风道；4—排风风道；5—回风风道；6—新风风道；7—送风机；8—回风机；9—送风口；10—回风口；11—能量回收装置；12—热源；13—冷源；14—动力源；15—自动控制系统；16—热媒管路；17—冷冻水管路；18—蒸汽管路

(2) 空气输送设备。空气输送设备主要包括风机、风道系统、调节风阀、消声器等设备。风机是空调系统中主要设备之一,是输送空气的动力装置,目前常用的是离心风机和轴流风机。风道常用金属材料和非金属材料制作,形状有方形、矩形、圆形。设计时常选用标准风道,以便节省材料并与空调附件相适应。调节风阀是空调系统中控制风量的装置,目前常用的风阀有平行式或对开式多叶调节阀。

(3) 空气分配装置。空气分配装置是指空调房间内布置的送风口和回风口。送风口和回风口的形式有侧送风口(单层百叶送风口、双层百叶送风口、格栅送风口、条缝形送风口)、散流器、孔板送风口、喷射式送风口和旋流式送风口等。回风口有矩形网式回风口、格栅、百叶风口、条缝风口等。

(4) 空调管路系统。空调管路系统是指向空气处理设备输送冷冻水系统、热媒系统,以及冷却水系统和凝结水系统。它由循环水泵、过滤与加药装置、定压与补水装置及冷、热媒管道和附件等组成。

(5) 空调的冷热源。空调的冷热源是空调系统中的重要组成部分。目前常用的空调冷热源方式有:①电动冷水机组(离心式冷水机组、螺杆式冷水机组、活塞式冷水机组)供冷,锅炉(燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、电锅炉)供暖;②溴化锂吸收式冷水机组(蒸汽型或热水型、单效或双效型)供冷,锅炉供暖;③直燃式溴化锂吸收式冷热水机组供冷供暖;④空气源热泵冷热水机组、水源热泵冷热水机组作为集中空调的冷热源;⑤天然冷热源(如太阳能、蒸发冷却技术、冷却塔供冷技术、夜间供冷、全新风等)。

(6) 空调的自动控制与监测系统。空调系统是根据室内和室外设计参数进行设计的,但在实际运行中室内和室外的条件是不断变化的,空调系统经常在部分负荷下运行,如不进行调节,就不能保证室内空气参数处于要求的状态,因此控制与监测系统是空调工程中不可缺少的组成部分。通过检测与控制系统,一方面是要了解空调系统实际运行的参数和设备的运行状态,另一方面要使空调系统安全、可靠、经济地运行,实现空调节能。

由上述的空调系统组成可明显看出,一个较完整的空调系统设计内容应包括:

① 明确空调系统的任务与要解决的问题,即要先确定空调房间的冷(热)负荷、湿负荷和空调系统送风量、新风量等;

② 确定空调方案,即确定空调方式,也就是确定空气处理方式与设备形式、冷热源形式等;

③ 空调设备(如空气处理设备)的选择计算;

④ 空调输送系统和空气分配系统的布置与计算;

⑤ 空调冷热源设备的选择与布置;

⑥ 空调管路系统的确定与计算;

⑦ 空调的监测与控制方案的确定。

但要指出一点,由于空调的服务对象不同,通常将它分为工艺性空调和舒适性空调二类。工艺性空调是指创造和维持生产工艺过程或设备运行新要求的空气环境的空调系统。舒适性空调是指创造和维持室内人员舒适而健康空气环境的空调系统。民用建筑(如旅馆、办公楼、餐厅、商场、康乐中心、影剧院、体育馆、游泳馆等)空调基本属于舒适性空调系统。为此,本书除了介绍空调技术的原理与基本知识外,主要为初学者介绍:舒适性空调的设计特点与空调方式;空调系统的设计方法与步骤;冷热源的方式与设计要点;空调系统自动控制与监测的典型方案;民用建筑通风设计等。

1.2 湿空气的物理性质

空气调节的任务是创造一个适合不同要求的、供人们生活与生产用的人工空气环境,湿空气

是构成空气环境的主体,也是空调的基本工质,因此我们首先必须了解湿空气的物理性质。

湿空气是由干空气和水蒸气组成的。

干空气是由氮(体积百分比约为78%)、氧(21%)、氩、氦、二氧化碳和其他一些微量气体所组成的混合气体。在实际空调工程的设计计算中,将湿空气近似看成理想气体,其精度是足够的。

湿空气中水蒸气的含量很少,但对湿度状态变化的影响很大,从而对人体的舒适感、产品质量、工艺过程和设备维护等都有直接影响,这是不能忽视的。因此,在某种意义上,空气调节的任务之一就是对空气中水蒸气含量的调节。

1.2.1 湿空气的状态参数

在空调中,湿空气的状态参数主要有湿空气的压力、温度、比容、含湿量、相对湿度和焓。

(1) 湿空气的压力(B)。湿空气的压力应为干空气压力(p_g)与水蒸气压力(p_q)之和,即:

$$B = p_g + p_q \quad (1-1)$$

大气压力不是一个定值。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,其数值是101325Pa或101.325kPa。海拔高度越高的地方大气压力越低。同时,在同一个地区的不同季节,大气压力也有大约 $\pm 5\%$ 的变化。因此,在空调系统设计和运行中使用的一些空气参数,如果不考虑当地大气压力的大小,就会造成一定误差。

(2) 温度。空气的温度表示空气的冷热程度,是空调中的一个重要参数。温度的高低用“温标”来衡量。

目前,常用的有绝对温标(又称开氏温标),符号为 T ,单位为K。摄氏温标,符号为 t ,单位为 $^\circ\text{C}$ 。摄氏温标 1°C 与绝对温标1K的分度是相等的,两者的关系为:

$$T = t + 273.15 \approx t + 273 \quad (1-2)$$

(3) 含湿量(d)。湿空气的含湿量为所含水蒸气的质量(m_q)与干空气质量(m_g)之比,即:

$$d = \frac{m_q}{m_g} \text{ kg/kg干空气} \quad (1-3)$$

也可导出:

$$d = 0.622 \frac{p_q}{p_g} = 0.622 \frac{p_q}{B - p_q} \quad (1-4)$$

(4) 相对湿度(φ)。所谓相对湿度,就是空气中水蒸气分压力与同温度下饱和状态空气水蒸气分压力之比,用百分率表示,即:

$$\varphi = \frac{p_q}{p_{q,b}} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 p_q ——湿空气的水蒸气分压力, Pa;

$p_{q,b}$ ——同温度下湿空气的饱和水蒸气分压力, Pa。

湿空气的饱和水蒸气分压力是温度的单值函数,也可用表查得。

应该注意:含湿量(d)与相对湿度(φ)虽然都是表示空气湿度的参数,但意义却有所不同。 φ 能够表示空气接近饱和的程度,却不能表示水蒸气含量的多少;而 d 恰与之相反,能表示水蒸气的含量,却不能表示空气的饱和程度。

如果我们近似地认为 $B - p_q \approx B - p_{q,b}$,则空气的 φ 可近似地表示为:

$$\varphi \approx \frac{d}{d_b} \times 100\% \quad (1-6)$$

这样的计算结果,可能会造成 $1\% \sim 3\%$ 的误差。

(5) 比容(ν)和密度(ρ)。单位质量的空气所占有的容积称为空气的比容 ν ,而单位容积空气具有的质量,称为空气的密度。两者互为倒数,因此只能视为一个状态参数。