

21世纪供热通风与空调工程系列规划教材
国家级精品课程建设配套教材

空调与制冷设备 安装技术

主编 徐 勇



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS


www.cmpedu.com

电子课件等

21 世纪供热通风与空调工程系列规划教材
国家级精品课程建设配套教材

空调与制冷设备安装技术

主 编 徐 勇
副主编 苏长满 徐红梅
参 编 陈益武 徐 娟
主 审 黄 炜

机械工业出版社

本书共分9个单元,系统介绍了空调负荷计算、组合式空调机组安装、变风量末端装置安装、风机盘管机组安装、房间空调器安装、单元式空气调节机安装、多联式空调机组安装、蒸汽压缩式冷水机组安装和溴化锂吸收式制冷机组安装等内容。

本书可作为高职高专建筑设备工程技术、供热通风与空调工程技术、供热通风与卫生工程技术、楼宇智能化工程技术等专业的教学用书,还可作为从事本专业工程技术人员的参考用书。

为方便教学,本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机工教育服务网 www.cmpedu.com 注册下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

空调与制冷设备安装技术/徐勇主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 1
21世纪供热通风与空调工程系列规划教材 国家级精品课程建设配套教材
ISBN 978-7-111-40516-0

I. ①空… II. ①徐… III. ①空气调节设备—建筑安装—高等学校—教材
IV. ①TU831

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第281252号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:覃密道 责任编辑:覃密道 常金锋

版式设计:闫玥红 责任校对:常天培

封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm 18.25印张·1插页·448千字
0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40516-0

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

《空调与制冷设备安装技术》是国家示范院校重点建设的供热通风与空调工程技术专业的工学结合系列教材之一，是国家级精品课程“通风空调与制冷技术”的配套教材。编写思路是在工学结合思想指导下，基于工作过程开发建设的理念，以岗位能力培养为主线，突出“实用、适用、够用”的特点，从通风空调系统安装实际入手，重新构建教材的体系和内容，即空调与制冷设备安装、通风空调管道安装和通风空调系统调试与验收三部分，本书仅介绍空调与制冷设备安装部分。

本书依据岗位技能要求，按照空调与制冷设备类型，采用项目任务一体化设计方法，重构教材结构和内容。全书共分9个单元，主要介绍空调与制冷设备的工作原理与性能，设备选择计算与布置，空调与制冷设备安装步骤与方法、质量标准与验收的基本知识等内容。注重引入通风空调与制冷系统设计、设备制造、施工安装验收规范和技术规程；吸收专业领域新技术、新设备和新工艺，把专业理论知识和专业技能融为一体。全书内容突出岗位针对性、内容实用性、操作实践性，同时注重应用知识系统性，保持书中内容与实际工作内容的一致性、实训项目与岗位工作任务的一致性。每个单元后都设计了实训练习题，以培养学生选型计算与施工图绘制、施工安装和调试与验收的能力，突出培养学生的实践技能。

本书具体编写分工为：江苏建筑职业技术学院徐勇编写单元1、2、5、6；江苏建筑职业技术学院陈益武编写单元3；江苏建筑职业技术学院徐红梅编写单元4；徐州美的暖通设备销售有限公司徐娟编写单元7；江苏建筑职业技术学院苏长满编写单元8、9。本书由徐勇任主编，苏长满、徐红梅任副主编，中国矿业大学黄炜教授任主审，全书由徐勇统稿。本书在编写过程中，徐州市建筑设计研究院有限责任公司梁庆谊高级工程师、江苏建筑职业技术学院建筑设备工程学院的领导和老师给予了指导和支持，并提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中如有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
单元1 空调概论与空调负荷计算	1
1.1 空气调节的概念	1
1.2 空气调节系统的分类	4
1.3 空调负荷的计算	6
1.4 新风量的确定和空气平衡	29
单元小结	33
复习思考题	33
实训练习题	33
单元2 组合式空调机组安装	36
2.1 定风量式空调系统	36
2.2 组合式空调机组的功能段	41
2.3 组合式空调机组的性能参数及其选型计算	61
2.4 组合式空调机组安装	70
单元小结	89
复习思考题	89
实训练习题	90
单元3 变风量末端装置安装	91
3.1 变风量空调系统	91
3.2 VAV 末端装置类型及其选型	94
3.3 变风量空调系统总风量控制	106
3.4 VAV 末端装置安装	108
单元小结	113
复习思考题	113
实训练习题	114
单元4 风机盘管机组安装	115
4.1 风机盘管加新风系统	115
4.2 风机盘管机组的构造、分类和工作原理	118
4.3 风机盘管机组的主要技术性能参数及机组的选择	120
4.4 风机盘管水系统的形式及管路计算	125
4.5 风机盘管机组的安装	134
单元小结	138
复习思考题	138
实训练习题	138

单元5 房间空调器安装	141
5.1 房间空调器的工作原理及选择	141
5.2 房间空调器的安装	150
单元小结	153
复习思考题	153
实训练习题	153
单元6 单元式空气调节机安装	154
6.1 单元式空气调节机的结构和工作原理	154
6.2 单元式空气调节机的性能与参数	158
6.3 单元式空气调节机的选择	163
6.4 单元式空气调节机的安装	163
单元小结	166
复习思考题	167
实训练习题	167
单元7 多联式空调机组安装	168
7.1 多联式空调机组的工作原理与性能	168
7.2 多联式空调机组系统的设计	173
7.3 多联式空调机组的安装	178
7.4 多联式空调机组的调试与验收	190
单元小结	196
复习思考题	196
实训练习题	196
单元8 蒸气压缩式冷水机组安装	198
8.1 蒸气压缩式制冷热力学原理	198
8.2 蒸气压缩式冷水机组的选择	202
8.3 蒸气压缩式冷水机组的安装	228
单元小结	245
复习思考题	245
实训练习题	246
单元9 溴化锂吸收式制冷机组安装	247
9.1 溴化锂吸收式制冷循环原理	247
9.2 溴化锂吸收式冷水机组的选择	251
9.3 溴化锂吸收式冷水机组的安装	254
9.4 冷却塔的安裝	261
单元小结	266
复习思考题	266
实训练习题	267
附 录	268
附录A 部分城市室外气象参数	268

附录 B 湿空气焓湿图 269

附录 C 围护结构外表面的太阳辐射热吸收系数 ρ 269

附录 D 围护结构瞬变传热引起冷负荷计算的有关系数 269

附录 E 照明、人体、设备和用具散热冷负荷系数 278

附录 F 部分空气加热器的传热系数和阻力计算公式 280

附录 G 部分水冷式表面冷却器的传热系数和阻力实验公式 281

附录 H 水冷式表面冷却器的 E 值 282

参考文献 283

空调概论与空调负荷计算

知识能力目标

了解空气调节的概念、作用，空气调节系统的组成及分类；掌握室内外空气计算参数的确定原则、方法；掌握空调房间负荷和送风量的计算方法；熟悉室内空气品质的评价，掌握新风量的确定方法。

具备计算空调房间负荷和送风量的能力。

学习任务要求

1. 区分空调系统的方式。
2. 空调房间负荷计算和送风量计算。
3. 新风量的确定。

1.1 空气调节的概念

1.1.1 空气调节的含义与作用

空气调节（Air Conditioning，简称空调）——使房间或封闭空间的空气温度、湿度、洁净度和气体流速等参数，达到给定要求的技术，以保证生产工艺和科学实验过程或人的热舒适的需要，在某些场合也需要对空气的压力、成分、气味及噪声等进行调节与控制。

空气调节应用于工业及科学实验过程，以满足某些生产工艺、操作过程或产品储存对空气环境的特定要求为目的，称之为“工艺性空调”；而应用于以人为主的空气环境调节，满足人体舒适、健康和高效工作的空气调节则称为“舒适性空调”，它涉及与人类活动密切相关的几乎所有建筑领域。在具有恒温恒湿特征的精密机械及仪器制造业中，为避免元器件由于温度变化产生胀缩及湿度过大引起表面锈蚀，一般严格规定环境的基准温度和相对湿度，并制订了温度和相对湿度变化的偏差范围，如： $20^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ， $50\% \pm 5\%$ ，这类空调称为“恒温恒湿”空调。在电子工业中，除有一定的温湿度要求外，尤为重要是保证室内空气的清洁度。对超大规模集成电路生产的某些工艺过程，空气中悬浮粒子的控制粒径已降低到 $0.1\mu\text{m}$ ，规定每升空气中等于和大于 $0.1\mu\text{m}$ 的粒子总数不得超过一定的数量，如3.5粒、0.35粒等，这就是所谓的“工业洁净”。在纺织、印刷等工业部门，对空气的相对湿度要求较高。如在合成纤维工业生产中，锦纶长丝的多数工艺过程要求相对湿度的控制精度为



$\pm 2\%$ 。此外,如胶片、光学仪器、造纸、橡胶、烟草等工业生产也都有一定的温湿度控制要求。作为工业生产中常用的计量室、控制室及计算机房,均要求有比较严格的空气调节。药品、食品工业以及生物实验室、医院病房及手术室等,不仅要求一定的空气温湿度,而且要求控制空气的含尘浓度及细菌数量,这种空调就是人们常说的“生物洁净”。

在公共与民用建筑中,为保证大会堂、会议厅、图书馆、展览馆、影剧院、办公楼等的使用功能均需设空气调节。空气调节在宾馆、酒店、商业中心、游乐场所也是不可缺少的。在居住房间内,随着人民生活水平的提高,人们对实现空气调节的要求也日益提高。近年来,我国家用空调的装备率在逐年上升。交通运输工具如汽车、飞机、火车及船舶,空气调节的装备率有的已经很高,有的则在逐步提高。

现代农业的发展也与空气调节密切相关,如大型温室、禽畜养殖、粮种贮存等都需要对内部空气环境进行调节。另外,在宇航、核能、地下与水下设施以及军事领域,空气调节也都发挥着重要作用。

1.1.2 空调系统的组成

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、空调水系统及空调自动控制和调节装置五大部分组成。

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(例如 7°C)给空气冷却设备,以冷却空气,也有用制冷系统的蒸发器来直接冷却空气的。热源用来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、锅炉、冷热交换站等。

2) 空气处理设备。其作用是对空气进行冷却、加热、减湿或加湿和净化等处理,使空气达到规定的状态。空气处理设备可以集中于一处,也可以分散设置。常用的空气处理设备有组合式空调机组、风机盘管机组、房间空调器等。

3) 空调风系统。其作用是将经过处理的空气按照预定的要求输送到各个空调房间,并从空调房间内抽回或排出一定量的室内空气。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、风管系统和室内送风口装置,其中风机是使空气在管内流动的动力设备;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包括室内排风口、风管系统和风机。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。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。空调水系统的基本组成包括水泵和水管系统。空调水系统分为冷(热)水系统、冷却水系统和冷凝水系统三大类。

5) 空调自动控制和调节装置。由于各种因素,空调系统的冷热负荷是多变的,这就要求空调系统的工作状况也要有变化。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。

如图1-1所示空调系统示意图,该图是一个二次回风的全空气系统,对建筑室内环境的控制方案是:用室外的空气(新风)来稀释室内的污染物;由送入室内的空气来承担室



内的全部冷、热和湿负荷。空气的流程是：室外新鲜的空气和来自空调房间的部分循环空气一并进入空气处理机组，依次经过过滤、冷却和减湿（夏季）或加热和加湿（冬季）等各种处理，待达到空调房间要求的送风状态点时，再由风机、风管和风口送入空调房间。送入室内的空气经过吸热、吸湿或散热、散湿后再经风机、风管排出，其中部分回风排至室外，部分回风循环使用。

本书主要介绍房间的空调负荷计算、空气处理设备和空调用制冷设备的原理、性能、选择和安装等内容。

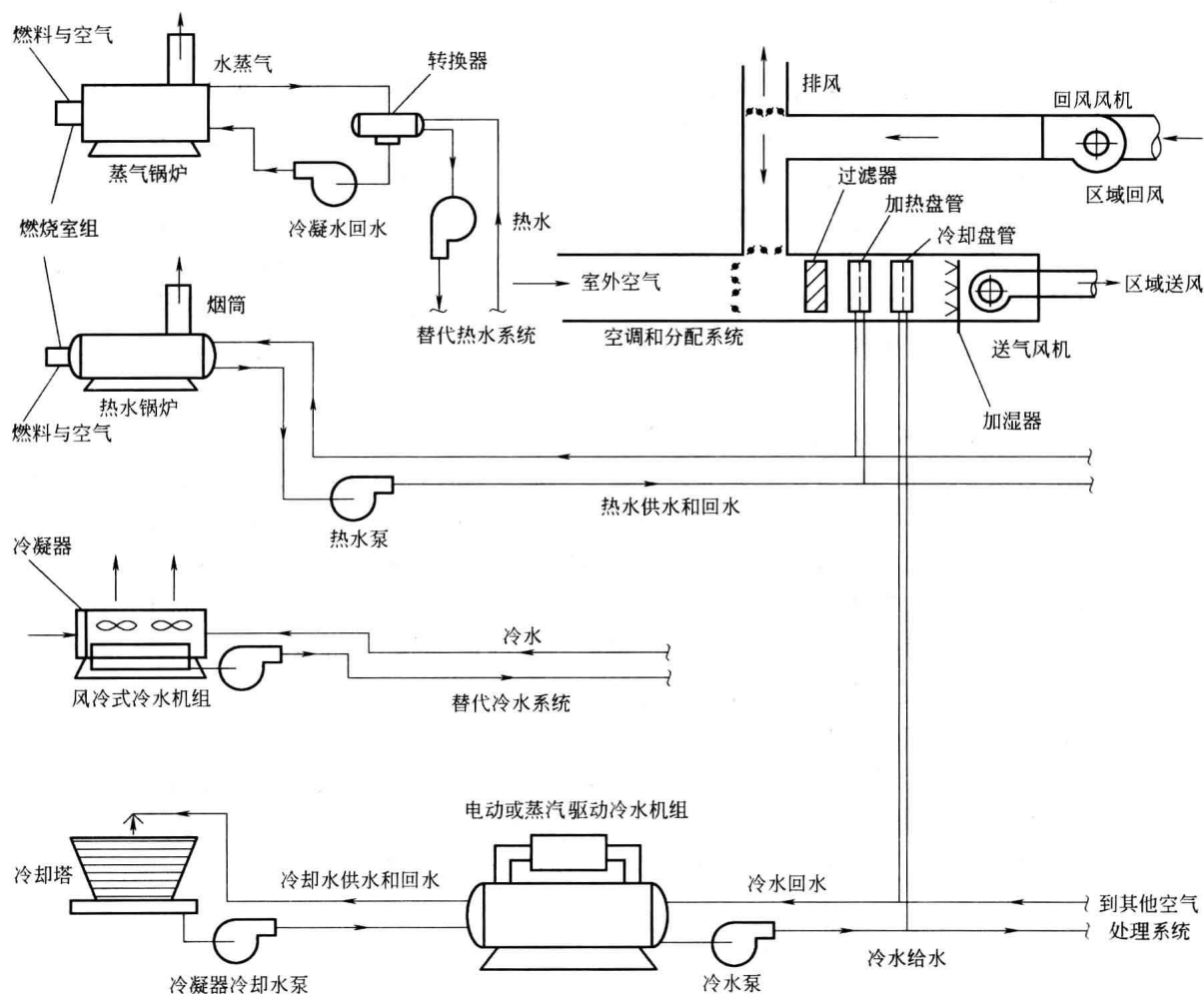


图 1-1 空调系统示意图

1.1.3 空气调节技术的发展趋势

“节约能源、保护环境和获取趋于自然条件的舒适健康环境”是空调技术发展的目标。节约能源仍将是保护环境、促进空调发展的核心，而空调系统与设备的创新以及运行管理的节能与品质的提高，则是深入发展的方向。从某种意义上来说，现代空调的发展，既是节能技术、空调技术的发展过程，又是一个控制不断加强、精确、深化的过程。



1. 能源的合理利用

目前,我国供暖空调所消耗的能源总量已超过一次能源总量的 20%。随着经济发展,工业、公共及商用建筑中的空调能耗迅速增长。考虑到我国是人口大国,空调进入千家万户,将使空调耗能量大幅上升,也将对能源带来严重的影响。空调所消耗的电能或热能大部分来自热电站或锅炉房,其燃烧过程的排放物是造成大气层温室效应的主要原因。要不断提高空调设备的性能,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,如采用蒸发冷却、溶液除湿空调等自然冷却方式和地源热泵空调等。

2. 室内空气品质的改善

由于大量人工合成材料用于建筑装饰和家具制作,造成多种挥发性有机化合物向内部空间散发。同时,通风或新鲜空气的供给得不到保证,导致相当数量的建筑物成为“病态建筑”。长时间在这种建筑物内停留和工作的人会产生闷气,黏膜刺激,头疼及昏睡等各种症状,称为“病态建筑综合症”。特别需要指出的是,作为提供“舒适”环境的空调设备和系统,本身竟也成为“病态建筑”的污染源之一。传统使用的纤维过滤器,产生凝水的表冷器、接水盘和加湿器及传动皮带等是产生气味、挥发性有机物、霉菌和灰尘的根源。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,提高室内空气品质(IAQ)。

3. 加强信息技术和自动控制技术的应用

计算机的发展,全面促进了空调工业的发展,而空调技术的发展也越来越离不开计算机技术或者说信息技术的支撑。应研发分析计算、设计、制图一体化的 CAD 技术体系,服务于工程设计,特别是方案设计和产品制造,以改造传统设计方法。发挥人工智能技术在空调制冷设备与系统控制和管理方面的作用,逐步提高和完善制冷空调设备与系统的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、完善防火安全、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,给空调技术的发展带来了新的活力。计算机自动控制技术与变频技术相结合,在空调领域产生了不可忽视的影响,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。

1.2 空气调节系统的分类

1.2.1 按空气处理设备的位置情况分类

1. 集中式空调系统

将冷(热)源设备集中设置,空气处理设备集中或相对集中设置,空调房间内设有风口或末端处理设备,这种系统称为集中式空调系统。集中式空调系统包括全空气式系统、空气—水式系统和全水式系统。

2. 分散式空调系统

将冷(热)源设备、空气处理设备和空气输送装置都集中或部分集中在一个空调机组



内,组成整体式和分体式等空调机组,根据需要布置在各个不同的空调房间内,这种系统称为分散式空调系统。分散式空调系统又可分为窗式空调器系统、分体式空调器系统、单元式空调系统、户式中央空调系统和水环热泵式系统等。

1.2.2 按负担室内热湿负荷所用的介质分类

1. 全空气空调系统

空调房间的热、湿负荷全部由经过处理的空气来承担的空调系统(图1-2a)称全空气空调系统。全空气系统由于空气的比热容较小,需要较多的空气才能达到消除余热余湿的目的。因此,这种系统要求有较大断面的风管,占用建筑空间较多。全空气系统又可分为定风量式系统(单风道式、双风道式)和变风量式系统。

2. 全水空调系统

在这种系统中,空调房间的热、湿负荷全部由水来负担(图1-2b)。由于水的比热容比空气大得多,在相同负荷情况下只需要较少的水量,因而输送管道占用的空间较少。但是,由于这种系统是靠水来消除空调房间的余热、余湿,解决不了空调房间的通风换气问题,室内空气品质较差,使用较少。

3. 空气—水空调系统

它由空气和水共同负担空调房间的热、湿负荷(图1-2c)。根据设在房间内的末端设备形式可分为以下三种系统。

- 1) 空气—水风机盘管系统:是指在房间内设置风机盘管的空气—水系统。
- 2) 空气—水诱导器系统:是指在房间内设置诱导器(带有盘管)的空气—水系统。
- 3) 空气—水辐射板系统:是指在房间内设置辐射板(供冷或采暖)的空气—水系统。

其优点是既可减小全空气系统的风道占用建筑空间较多的矛盾,又可向空调房间提供一定的新风换气,改善空调房间的卫生要求。

4. 制冷剂空调系统

空调房间的热、湿负荷由制冷剂直接承担的空调系统。这种系统是把制冷系统的蒸发器直接放在室内来吸收空调房间的余热、余湿,常用于分散安装的局部空调机组(图1-2d)。该类空调系统的特点是冷媒直接与空气进行一次热交换,热效率高,输送能耗少;但作用半径比中央空调系统小得多。该系统适用于空调房间布置分散、要求灵活控制空调使用时间、无法设置集中式冷热源的场合。该类空调系统有房间空调器、单元式空调机、VRV系统和水源热泵系统等。

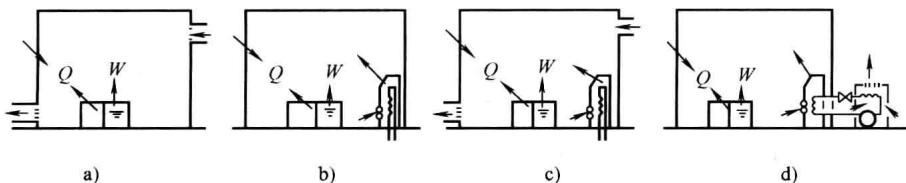


图1-2 按负担室内负荷所用的介质种类分类的空调系统示意图

a) 全空气空调系统 b) 全水空调系统 c) 空气—水空调系统 d) 制冷剂空调系统



1.2.3 按所使用空气的来源分类

1. 全回风式系统（封闭式系统）

全部采用再循环空气的系统，如图 1-3a 所示，即室内空气经处理后，再送回室内消除室内的热、湿负荷。

2. 全新风式系统（直流式系统）

全部采用室外新鲜空气（新风）的系统，新风经处理后送入室内，消除室内的热、湿负荷后，再排到室外（图 1-3b）。

3. 新、回风混合式系统（混合式系统）

采用一部分新鲜空气和室内空气（回风）混合的全空气系统（图 1-3c），介于上述两种系统之间。新风与回风混合并经处理后，送入室内消除室内的热、湿负荷。根据回风参与混合次数，新、回风混合式系统又可分为一次回风方式和二次回风方式。本书只介绍一次回风空调系统。

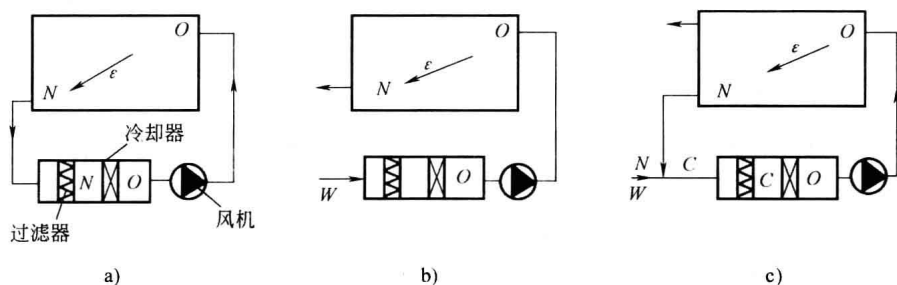


图 1-3 普通集中式空调系统的三种形式

a) 全回风式系统 b) 全新风式系统 c) 新、回风混合式系统

1.3 空调负荷的计算

1.3.1 人体热舒适与室内空气参数标准

1. 空调基数和空调精度

与负荷计算有关的室内空气计算参数通常用空调基数和空调精度两组指标来规定。空调基数是指室内空气所要求的基准温度和基准相对湿度；空调精度是指在空调区内温度和相对湿度允许的波动范围。

例如， $t_n = (22 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $\varphi_n = (50 \pm 10)\%$ 中， 22°C 和 50% 是空调基数， $\pm 1^\circ\text{C}$ 和 $\pm 10\%$ 是空调精度。

工艺性空调的室内空气计算参数主要是根据生产工艺对温度、湿度的特殊要求来确定，同时兼顾人体的卫生要求。而用于民用建筑的舒适性空调，则主要是从满足人体热舒适要求的方面来确定室内空气的计算参数，对精度无严格的要求。

2. 人体热平衡和舒适感

(1) 人体热平衡和舒适感

人体靠食物的化学能来补偿肌体活动所消耗的能量。人体新陈代谢过程所产生的能量以热量的形式释放给环境，使体温维持在 36.5℃ 左右。人体的热平衡可用式（1-1）来表示

$$q_M - q_W = q_d + q_z + q_f + q_{ch} \tag{1-1}$$

式中 q_M ——人体新陈代谢过程所产生的热量（W/m²）；
 q_W ——人体所做的机械功（W/m²）；
 q_d ——人体的对流散热量（W/m²），空气温度低于人体表面平均温度时， q_d 为正；反之， q_d 为负；
 q_z ——人体由汗液蒸发和呼出的水蒸气带走的热量（W/m²）；
 q_f ——人体与周围物体表面之间的辐射换热量（W/m²）；
 q_{ch} ——蓄存在人体内的热量（W/m²）。

在正常的情况下， $q_{ch}=0$ ，这时人体因为保持了热平衡而感到舒适。当人体的散热量难以全部散出时， $q_{ch}>0$ ，导致体温上升，人体就会感到不适，在非感染性病理发热的条件下，体温上升到 38.3℃ 以上则为轻症中暑。在冷环境中，人体的散热增多， $q_{ch}<0$ ；如果人体比正常热平衡时多散发 87W 的热量，则睡眠中的人会被冻醒，这时人的皮肤平均温度相当于下降了 2.8℃，人会感到不适，甚至会导致生病。

影响人体热舒适的主要因素有：室内空气温度、室内空气相对湿度、人体附近空气流速、围护结构内表面及其他物体表面的温度。此外，舒适感还与人的生活习惯、人体的活动量、衣着、年龄等因素有关。例如南方人和北方人的耐寒能力就不一样。

(2) 热舒适环境评价指标

国际标准化组织在 1984 年提出了评价和测量室内热湿环境的标准化方法（ISO 7730 标准），用 PMV—PPD 指标评价环境的热舒适状况，即采用预测平均投票 PMV（Predicted Mean Vote）及预期不满意百分数 PPD（Predicted Percentage of Dissatisfied）指标，综合考虑人体的活动程度、衣着情况、空气温度、平均辐射温度、空气流动速度和空气湿度等因素，来评价人体对环境的舒适感。

热舒适指标 PMV 代表了同一环境下绝大多数人的舒适感，采用了七级分度，见表 1-1。

表 1-1 热感觉标尺

热感觉	热	暖	微暖	适中	微凉	凉	冷
PMV 值	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

由于人们在生理上的差异，会有一些人对用 PMV 指标预测的热舒适环境不满意，其不满意程度的百分比可用 PPD 指标来反映，PPD 与热舒适指标 PMV 的关系可用式（1-2）和图 1-4 来反映。

$$PPD = 100 - 95 \exp[-(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)] \tag{1-2}$$

《中等热环境 PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规定》（GB/T 18049）对 PMV、PPD 指标的推荐值为： $-1 \leq PMV \leq +1$ ， $PPD \leq 27\%$ 。根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50736—2012），热舒适度分为 2 级。



I 级: $-0.5 \leq PMV \leq 0.5$; $PPD \leq 10\%$ 。

II 级: $-1 \leq PMV < -0.5$, $0.5 < PMV \leq 1$; $PPD \leq 27\%$ 。

3. 室内空气计算参数

(1) 舒适性空调

室内空调设计参数的确定,除了需考虑人体的热舒适外,还应根据室外空气参数、冷源情况、建筑的使用特点以及经济性和节能性等方面的因素综合考虑。民用建筑舒适性空调的室内计算参数见表 1-2。

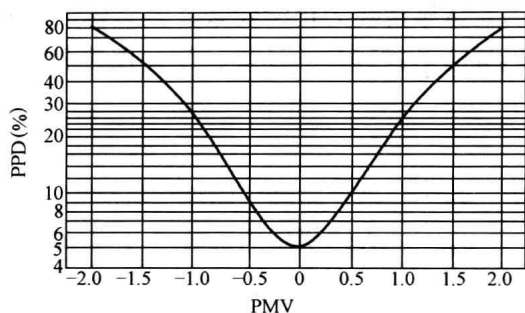


图 1-4 PPD 与 PMV 的关系

表 1-2 舒适性空调室内计算参数

类 别	热舒适度等级	温度/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 (%)	风速/(m/s)
供热工况	I 级	22 ~ 24	≥ 30	≤ 0.2
	II 级	18 ~ 22	—	≤ 0.2
供冷工况	I 级	24 ~ 26	40 ~ 60	≤ 0.25
	II 级	26 ~ 28	≤ 70	≤ 0.3

(2) 工艺性空调

工艺性空调室内设计温度、相对湿度及其允许波动范围,应根据工艺需要及人的健康要求确定。人员活动区的风速,供热工况时,不宜大于 0.3m/s ;供冷工况时,宜为 $0.2 \sim 0.5\text{m/s}$ 。

各种建筑空调室内设计参数的确定,可从有关的空气调节设计手册中查取。

1.3.2 室外气象参数的确定

计算通过围护结构的传热量及处理空气所需要的冷热量都与室外空气的干、湿球温度有关。由于室外空气的干、湿球温度是不断在变化的量,在确定应当采取什么样的空气参数作为设计计算参数之前,需要对室外空气温、湿度的变化规律有所了解。

1. 室外空气温度和湿度的变化规律

(1) 室外温度的日变化

室外空气温度在一昼夜的日变化是以 24h 为周期的周期性波动。一般是早晨 $4 \sim 5$ 点钟最低。随着地面上吸收的太阳辐射热的增加,并以对流方式把热量传给地面的空气层,使气温逐渐升高,到下午 $2 \sim 3$ 点钟达到最高,如图 1-5 所示。工程计算上,把气温的日变化近似看做按正弦或余弦规律变化。

(2) 室外气温的季节性变化

室外气温的季节性变化也呈周期性,最热月一般在七、八月份,最冷月在一月份。图 1-6 是北京、西安和上海地区各月平均气温的变化曲线。

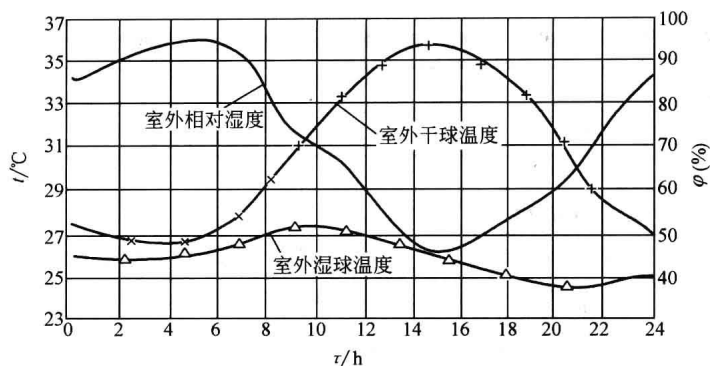


图 1-5 室外气温的日变化

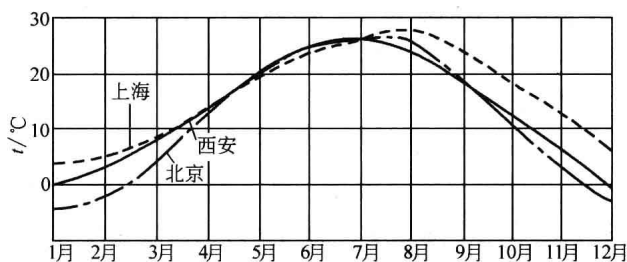


图 1-6 室外气温的季节性变化

(3) 室外空气湿度的变化

空气的相对湿度与干球温度和含湿量有关，在空气的含湿量不变的情况下（一昼夜中大气含湿量变化不大可近似看做定值），相对湿度的日变化规律与干球温度的日变化规律刚好相反，即中午的相对湿度较低，早晚的相对湿度大，如图 1-5 所示。此外，从图 1-5 还可看到，室外湿球温度的变化规律与干球温度的变化规律相似，只是峰值出现的时间不同。

2. 夏季空调室外干、湿球温度的确定

为了保证室内空气温、湿度的设计值，可以采用当地室外最高干、湿球温度作为计算依据，但是这种做法并不合理，因为最高温度出现的时间是极少的，而且持续时间很短，用这样的气温资料所确定的空调设备的容量必然很大，造成不必要的浪费。因此，选取空调室外计算干、湿球温度值要考虑：在全年大多数时间里可使室内的干、湿球温度满足设计要求，而对于出现概率很小的一部分高温时间不予保证；对于不予保证的高温时间，可采用某些临时措施来保证室内的温、湿度要求，例如，利用围护结构的蓄热性能，短时间减少新风负荷，临时调整生产班次等。

(1) 夏季空调室外计算干球温度的确定

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》规定：应采用历年平均每年不保证 50h 的干球温度。即室外计算干球温度应当取近 10 年内每年高于某一干球温度的累计小时数为 50h 的干球温度的平均值。

如表 1-3 为某地 2002 ~ 2009 年的气象资料，各年夏季高于各温度的累计小时数均为 50h。



表 1-3 某地 2002 ~ 2009 年夏季累计小时数高于 50h 的临界气温

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
当地气温/℃	32	31	33	32	30	31	33	32

则夏季空调室外计算干球温度为

$$[(32 + 31 + 33 + 32 + 30 + 31 + 33 + 32)/8]℃ \approx 32℃$$

夏季空调室外计算干球温度的作用是：①作为新风负荷的计算温度；②作为围护结构传热用的最高计算温度；③与夏季空调室外计算湿球温度一起，确定室外的新风状态点。

(2) 夏季空调室外计算湿球温度的确定

对于空气处理所需要的冷量来说，室外计算湿球温度比干球温度更为重要。这是因为湿球温度与焓是对应的。在相同的干球温度下，湿球温度不同则焓值也不同。对于确定夏季空调室外计算湿球温度的方法，与夏季空调室外计算干球温度的确定方法相同，也是采用历年平均每年不保证 50h 的湿球温度。

3. 夏季空调室外计算日平均温度及室外计算逐时温度

计算围护结构传热所采用的室外空气温度和计算新风负荷所用的室外温度是不同的。因为：①计算围护结构传热只需要用干球温度，而与室外的湿球温度无关；②计算围护结构传热应当考虑室外温度波动的影响以及围护结构对温度的衰减和延迟作用，应按不稳定传热计算。这时，除了空调室外计算干球温度外，还需要知道设计日的室外日平均温度和逐时温度。

(1) 夏季空调室外计算日平均温度

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》规定：夏季空调室外计算日平均温度，应采用历年平均每年不保证 5d 的日平均温度。

(2) 夏季空调室外计算逐时温度

任一时刻的围护结构夏季空调室外计算逐时温度可用下式计算

$$t_{w,\tau} = t_{w,p} + \beta_{\tau} \Delta t_r \tag{1-3}$$

式中 $t_{w,\tau}$ ——室外计算逐时温度（℃）；

$t_{w,p}$ ——室外计算日平均温度（℃）；

β_{τ} ——室外温度逐时变化系数，按表 1-4 采用；

Δt_r ——夏季空调室外计算平均日较差，应按式（1-4）计算。

$$\Delta t_r = (t_w - t_{w,p})/0.52 \tag{1-4}$$

式中 t_w ——夏季空调室外计算干球温度（℃）。

表 1-4 室外温度逐时变化系数（ β_{τ} ）

时刻	1	2	3	4	5	6	7	8
β_{τ}	-0.35	-0.38	-0.42	-0.45	-0.47	-0.41	-0.28	-0.12
时刻	9	10	11	12	13	14	15	16
β_{τ}	0.03	0.16	0.29	0.40	0.48	0.52	0.51	0.43
时刻	17	18	19	20	21	22	23	24
β_{τ}	0.39	0.28	0.14	0.00	-0.10	-0.17	-0.23	-0.26