

建筑空调实用技术丛书

建筑空调

实用技术基础

陈沛霖 主编

JIANZHU KONGTIAO
SHIYONG JISHU CONGSHU



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

建 筑 空 调 实 用 技 术 丛 书

建筑空调

实用技术基础

陈沛霖 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

本书是“建筑空调实用技术丛书”之一。主要介绍有关公共建筑和居住建筑空调的重要的、影响今后发展的技术问题,其中包括:室内空气品质和空气环境、空调节能和新能源的利用、新型空调系统、洁净技术和蓄能技术的应用、空调系统的隔振及消声、防火及排烟和空调系统的运行管理。本书不涉及一般参考书籍中都有的有关空调的最基本的知识,以免重复,而是重点讨论其应用问题,同时适当包含必要的基本原理和新的技术,既考虑当前的需要,也考虑今后发展的需要。

本书可供从事空调工程设计、施工、监理和运行管理的工程技术人员参考,也可作为大专院校学生的教学参考书。



图书在版编目(CIP)数据

建筑空调实用技术基础/陈沛霖主编. —北京:中国电力出版社, 2004

(建筑空调实用技术丛书)

ISBN 7-5083-2324-6

I. 建… II. 陈… III. 建筑物—空气调节系统
IV. TU831.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 037942 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 9 月第一版 2004 年 9 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 15.5 印张 383 千字
印数 0001—4000 册 定价 25.00 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

近年来我国的建筑空调事业取得了迅速的发展。为了生产的需要,工业厂房中广泛地应用着空调设备,而为了改善工作条件和提高生活质量,许多民用建筑中空调也已成为必备的设施。这些情况极大地推动了空调技术和空调产品的研究和开发。编写本书的目的是为了将空调最新的发展情况介绍给读者,以便在工作和学习中参考。

由于工业厂房的空调的设计与运行同工艺过程密切相关,难以作统一的介绍,故本书以民用建筑空调作为编写对象。本书内容将空调技术发展中的重要问题分列成10章。

现代空调不仅要造成舒适的室内空间,而且要提供一个健康的空间,第一章(公共建筑和居住建筑的室内空气条件、室内空气品质和室内环境品质)探讨的就是这一问题。

空调的应用是十分耗能的,第二章(减少空调负荷的综合措施)和第三章(空调节能方法)研究的是在应用空调的同时怎么样避免其能耗过多的增加。而第四章(新型能源的应用)则是介绍天然能源和绿色能源的利用对节能和改善环境的作用以及它们的应用前景。第六章(蓄能)研究的是怎样用蓄能的方法来使空调系统尽量利用低谷时段的电力,减少高峰时段的用电,这也是空调节能的一个重要方面。

第七章(洁净技术)的内容对保证室内空气的洁净度是非常重要的,一些高新技术产业和生物医药事业脱离了空气洁净技术可以说是无法生存的。

空调系统工作效果的好坏不仅与设计、产品选择和系统安装有关,而且同它的运行管理也有密切的关系,这一点正是容易被疏忽的。第八章(空调系统的运行管理)的内容就是向读者提供这方面必要的知识。

作为一个好的空调系统还应当不损害建筑物的安全使用和正常使用,第九章(空调系统的防火及排烟)介绍的是为建筑物的防火和排烟,要求空调系统必须采取的措施。第十章(空调系统的隔振及消声)介绍的是如何防止空调设备产生的振动和噪声对建筑物的使用和人感觉的影响。

以上各章都具有相对独立性,读者不必为参阅某一问题而阅读全书。

本书的编写原则是:

- (1) 一般教科书或基础性书籍中已有的那些基本原理本书不编入。
- (2) 包括的内容以空调设计及空调系统中的重要问题为主,一般不涉及空调设备。
- (3) 内容以实用为主,避免繁复的理论推导和分析。
- (4) 尽量反应近年来出现的、并得到应用的新技术和新方法。对尚在发展中的最新动向也尽可能作简要的介绍。

(5) 书中全部量值都用我国法定计量单位。考虑到目前在某些方面许多人还习惯于用非法定单位,必要时在某些数据后用括号注明非法定单位的量值。

本书第一章和第二章由李峥嵘副教授、博士编写,第三章由秦慧敏教授和陈沛霖教授编

8/10/94

写，第四章和第八章由张旭教授、博士编写（其中第四章第5节由陈沛霖教授编写），第五章、第九章和第十章由刘东副教授、博士编写，第六章由吴喜平教授编写，第七章由徐文华教授编写。全书由陈沛霖教授主编。

热忱欢迎读者们提出改进意见和建议。

编 者

2003年10月

目 录

前言

第一章 建筑的室内环境 1

第一节 建筑的分类 1

第二节 建筑的室内环境 2

第三节 营造健康的室内环境 3

第二章 减少空调负荷的综合措施 6

第一节 减少空调负荷的原理 6

第二节 合理的建筑设计 8

第三节 太阳辐射得热的控制 13

第四节 自然通风 15

第五节 具有节能效果的建筑结构的应用 17

第六节 改善局部的室外环境 23

第七节 减少室内得热量的措施 26

第三章 空调节能方法 29

第一节 节约空调能耗的意义 29

第二节 空调系统排风能量回收 30

第三节 热回收式空调系统 35

第四节 经济循环 37

第五节 空调系统的泵与风机的节能运行 37

第六节 空调运行中新风量调节 38

第四章 新能源及可再生能源的应用 40

第一节 新能源及可再生能源概述 40

第二节 太阳能 40

第三节 地热能 44

第四节 天然气在空调技术中的应用简介 46

第五节 蒸发冷却供冷 53

第六节 其他清洁能源及可再生能源在空调系统中的应用 58

第五章 新型空调系统	64
第一节 变流量系统	64
第二节 除湿法供冷	69
第三节 置换式通风系统	72
第四节 冷却吊顶和热水辐射采暖	76
第五节 复合式空调系统	82
第六章 蓄能技术在空调中的应用	88
第一节 蓄能技术在建筑空调和电力发展中的作用	88
第二节 水蓄冷技术、设备及系统	89
第三节 冰蓄冷技术、设备及系统	93
第四节 水蓄热和蓄热电锅炉	108
第五节 冰蓄冷空调的特殊送风方式及特殊设备	111
第七章 洁净技术	118
第一节 洁净室的定义及应用	118
第二节 洁净度等级标准	120
第三节 洁净技术原理及洁净室分类	126
第四节 洁净技术设备	132
第五节 洁净室设计方法	138
第八章 空调系统的运行管理	146
第一节 空调系统运行调节的意义和作用	146
第二节 空调系统运行与调节的主要参数	146
第三节 室内热湿负荷变化时的运行调节	147
第四节 室外空气状态变化时的运行调节	148
第五节 空调系统的自动控制	155
第六节 空调系统的测定与调试	159
第九章 空调系统的防火及排烟	166
第一节 火灾烟气的形成和性质	166
第二节 建筑防火分区和排烟分区	169
第三节 防排烟计算的理论基础	172
第四节 防排烟系统的管路计算	175
第五节 防排烟工程设计及检测	178
第六节 防排烟设备及附件	182

第十章 空调系统的隔振及消声	187
第一节 空调系统产生振动的原因及隔振目的	187
第二节 空调设备的隔振设计	189
第三节 管道的隔振设计	191
第四节 隔振材料及隔振器	193
第五节 噪声的评价标准	198
第六节 噪声的允许标准	201
第七节 空调系统的噪声	203
第八节 空调系统消声器	212
第九节 空调系统的消声设计	219
附录	222
附录 1 单位换算表	222
附录 2 空调室外空气设计参数	224
附录 3 空气的热力学湿球温度 (大气压力 = 101325Pa)	225
附录 4 空气的热力学湿球温度 (大气压力 = 93326Pa)	226
附录 5 空气的相对湿度 (大气压力 = 101325Pa)	227
附录 6 空气的相对湿度 (大气压力 = 93326Pa)	228
附录 7 室内空气污染物的允许浓度	229
附录 8 人员所需新风量	229
附录 9 乙二醇水溶液的冰点温度和沸点温度	230
附录 10 乙烯乙二醇水溶液的热物性参数	231
附录 11 丙烯乙二醇水溶液的热物性参数	232
附录 12 与空调有关的标准和规范	233
参考文献	235



建筑的室内环境

第一节 建筑的分类

建筑是人类改造自然的实践活动发展到一定程度之后才出现的,其主要功能也从被动地避免自然界对人类可能造成的伤害,发展到为人类各种生产、生活和科研过程提供满足要求的室内环境。因此,围绕各种过程的不同特点和要求,建筑设计、功能及其内部环境也有所区别,即建筑可以被分为很多种类。在建筑的分类方法上,各个国家之间也有所区别。例如,美国将建筑分为三类:工业建筑(Industrial Building)、住宅建筑(Residential Building)和商业建筑(Commercial Building)。我国从1987年开始对建筑的分类方法及相应的建筑类型进行了规定,第一个标准是城乡建设环境保护部1987年颁布的标准JGJ 37—1987《民用建筑设计通则》。目前我国通行的建筑分类方法有两种:①按照建筑的使用功能进行划分,分为工业建筑和民用建筑;②按照建筑的层数(高度)进行划分,分为多层建筑、高层建筑等。其中,民用建筑中的基本类别如下所述。

1. 按照建筑的使用功能进行分类

按照建筑的使用功能可以将民用建筑分为居住建筑和公共建筑两类:

(1) 居住建筑。居住建筑包括住宅建筑和宿舍建筑。

(2) 公共建筑。公共建筑是除了居住建筑以外的其他民用建筑。公共建筑中又可以根据不同的功能特点进一步细分为如下12类建筑:教育建筑、办公建筑、科研建筑、文化建筑、商业建筑、体育建筑、医疗建筑、交通建筑、司法建筑、纪念建筑、园林建筑及综合建筑。

2. 按照建筑的高度进行分类

按照建筑的高度和层数可以将民用建筑分为低层建筑、高层建筑等;对于居住建筑和公共建筑,具体的分类方法略有不同。

(1) 居住建筑。按照建筑高度和层数的不同,居住建筑可以分为如下5类:

1) 低层建筑,即建筑层数为1~3层的建筑。

2) 多层建筑,即建筑层数为4~6层的建筑。

3) 中高层建筑,即建筑层数为7~9层的建筑。

4) 高层建筑,即建筑层数为10层及以上的建筑。

5) 超高层建筑,即建筑高度超过100m的建筑的建筑。

(2) 公共建筑。按照建筑高度和层数的不同,公共建筑可以分为如下几类:

1) 单层、低层和多层建筑,即建筑高度不超过24m的公共建筑。

2) 高层建筑,即建筑高度超过24m的公共建筑(不包括建筑高度超过24m的单层建筑)。

3) 超高层建筑, 即建筑高度超过 100m 的建筑。

本书在以后的叙述中, 如非特别指出, 讨论对象仅仅针对民用建筑而言。

第二节 建筑的室内环境

人们通常所说的环境大致可以分为两个内容: 一是建筑物内部环境, 即建筑的室内环境; 另一个是建筑物外部环境, 即建筑的室外环境。这两个内容实际上是一个不可分割、互相影响的整体。建筑的室外环境通过建筑围护结构直接影响着室内环境, 同时建筑室内环境也将通过建筑围护结构和其他系统、设备对室外环境造成影响。研究建筑室内环境的目的在于人为地创造和维持一个不受建筑室外环境变化影响的建筑室内环境。

一、建筑室内环境的基本概念

根据建筑室内环境研究侧重点的不同, 建筑室内环境可以分为三个部分: 建筑室内空气环境、建筑声环境和建筑光环境。

(一) 建筑室内空气环境

建筑室内空气环境的研究与控制的目的是维持室内空气的状态处于规定的范围内, 从而保证室内人员的生活、科研与工作过程得以顺利进行。在研究建筑室内空气环境的问题中, 常用以下参数 (即空气状态参数) 来描述空气的状态: 大气压力、空气干球温度、热力学湿球温度、空气含湿量、相对湿度、水蒸气分压力、空气露点温度、比焓及空气密度等。除了这些空气状态参数外, 还需要控制的参数包括, 室内空气流速、室内环境中固体壁面的平均辐射温度、空气的洁净度。其中室内空气温度、湿度、空气流速以及洁净度这四个参数的综合则构成了室内空气环境需要研究与控制的核心内容。但是, 在一般的舒适性空调系统中, 往往不强调洁净度这个要求, 而关心室内空气温度、湿度、空气流速以及建筑围护结构内表面的平均辐射温度, 为了与前面所叙述的室内空气环境相区别, 称舒适性空调系统中所控制的室内空气环境为室内热环境。显然, 室内空气环境和热环境有其共同性, 也有不一样的地方。

(二) 建筑声环境

建筑声环境的研究与控制包括两个方面的内容: 一方面要尽可能地控制与减少不需要的声音 (噪声) 和振动 (固体声); 另一方面要尽可能地避免需要的声音 (例如喜欢的音乐等) 衰减或失真。建筑声环境已经形成一门独立的学科, 研究内容中的前一部分将在本书后面的有关章节中展开, 后一部分内容不属于本书的讨论范围。因此, 这里不再就声环境的有关内容进一步展开。

(三) 建筑光环境

良好的室内光环境也是人们正常工作、保持身体健康和工作效率的重要条件。舒适的室内光环境应该包括以下几个方面: ①合适的照度; ②合理的照度分布; ③舒适的亮度分布; ④宜人的光色; ⑤避免眩光干扰; ⑥光的方向性; ⑦自然光的合理使用。

建筑光环境也是一门独立的学科, 这里不再展开。

二、合理的建筑室内环境的确定

建筑室内环境的营造是为了保证某个过程的顺利进行, 或者是为人提供一个健康、舒适的生活、工作环境, 因此, 不同的建筑功能需求确定了不同的建筑室内环境。除了室内空气

的温度、湿度是所有空调空间必须控制的参数外,不同的建筑还有其特殊要求,例如,羽毛球场馆对比赛区的风速要求比较严格,游泳馆重点控制室内湿度,医院的手术室对空气的洁净度要求比较高。

其次,不同的建筑物等级,对室内环境参数的选择也有影响。比如旅馆类建筑,等级比较高的旅馆可以要求室内空气温度终年恒定不变,而等级比较低的旅馆或住宅建筑只需要维持室温适宜就可以了。

最后,建筑的能耗也是约束室内环境的重要因素。随着地球环境的变化,提倡可持续发展的呼声越来越高,几乎各个国家和地区都制定了相应的节能法规和规范,对允许的建筑能耗进行了详细规定,其中主要的内容之一就是室内环境参数的规定。

第三节 营造健康的室内环境

人们对室内环境的认识随着生产、生活水平的不断提高,大致可以划分为四个阶段:第一阶段控制的要求是夏季不热、冬季不冷;第二阶段希望室内空气各参数的组合结果是使人感觉舒适;第三阶段则要求室内空气的品质要好,保证室内人员的健康;第四阶段在前面的基础上,要求为室内人员提供一个舒适、健康、高效、节能、愉快的室内环境。

这四个阶段中的第一个阶段,是人类向营造满足要求的人工环境迈出的第一步,也是最原始的一个阶段;第四个阶段是目前正在努力的方向,称为室内环境控制阶段,英文全称为“Indoor Environment Quality”,简称为 IEQ。关于良好的 IEQ 构成要素,以及 IEQ 对室内人员健康、心情、工作效率和建筑能耗影响的研究正在进行之中。因此本节这两部分的内容不再展开。下面重点介绍两个概念:热舒适和室内空气品质。

一、舒适的室内热环境

(一) 热舒适的概念

建筑热环境研究的是穿着一定衣服、处于一定活动状态下的人在某一个特定环境中是否感到舒适。对于“热舒适”的定义,存在不同的说法。美国供热、制冷和空调工程师协会(ASHRAE)在标准 ASHRAE STANDARD 55-1992 中规定,“热舒适”是人对环境表示满意的意识状态;Fanger 等人认为,“热舒适”是指人体处于不冷不热的“中性”状态下的感觉,等等。无论何种定义方法,对于环境“热舒适”的判定都依赖于在一定客观环境中的人对于自身是否感到“热舒适”的主观感觉。

对于一个稳定的室内环境而言,目前一般认为影响环境“热舒适”的条件包括人的自身因素和环境的客观因素两方面。这可以从下面人体热平衡的分析中进一步了解。

(二) 人体热平衡

1. 人体热平衡的条件

人体在自身的新陈代谢过程中,一方面不断吸收营养物质,制造热量 M ; 另一方面不断地对外做功,消耗热量 W ; 同时也通过皮肤和各种生理过程与外界环境进行着热交换,将产生的热量传递给周围环境,包括人体外表面以对流和辐射的方式向周围环境散发的热量 $(C+R)$ 、人体汗液蒸发和呼吸出来的水蒸气带走的热量 E 。因此,人体是否能实现热平衡就取决于这几方面热量的代数和,即:

当 $M > W + C + R + E$ 时,人体将感觉到热;

当 $M = W + C + R + E$ 时, 人体将感觉到不冷不热, 即人体处于热平衡状态;

当 $M < W + C + R + E$ 时, 人体将感觉到冷。

2. 影响人体热平衡的因素

影响人体热平衡的因素有很多, 主要包括以下几点:

(1) 人体的生理状态。人的身体越强壮, 新陈代谢率越高, 能够产生的热量越多。

(2) 人的活动状态。人体所进行的运动越激烈, 新陈代谢率越高, 消耗的热量也越多。

(3) 人的服装。人体穿着的衣服热阻越大, 通过衣服向外散失的热量越少; 人体外表面因着装导致的裸露面积越小, 通过人体外表面散失的热量越少。

(4) 周围环境空气温度。周围环境空气与人体表面之间的温度差越大, 人体与空气之间的热交换越剧烈; 当空气温度高于人体表面温度时, 人体将得到热量, 否则人体将散热。

(5) 周围环境空气湿度。周围环境空气的相对湿度越高, 人体通过汗液和呼吸出来的水蒸气带走的热量越少; 但较高的相对湿度可能引起人体表面衣服的导热率增加, 导致人体散热量增加。

(6) 周围环境的风速。周围环境的风速越高, 人体外表面通过对流散失的热量越多。

(7) 周围环境中固体壁面的平均辐射温度。周围环境固体壁面与人体表面之间的温度差越大, 人体与壁面之间的辐射热交换越剧烈; 当壁面温度高于人体表面温度时, 人体将得到热量, 否则人体将散热。

(三) 人体热舒适的条件

人体感到热舒适的基本条件就是人体处于热平衡状态下, 即人体新陈代谢产生的热量与人体各种过程的散热总量相等, 这是一个动态的热平衡状态, 当人体产热量大于散热量时, 人就会感到热, 否则人就会感到冷。

人体热平衡状态的产生, 除了依靠环境参数的调整外, 还可以通过人自身的改变实现, 例如根据室内温度的高低可以增加或减少穿衣, 夏天可以在允许的条件下开窗通风, 改善室内热环境等。人的这种主观能动性的发挥对部分减低建筑负荷的措施的采用有着非常重要的作用。

(四) 室内环境热舒适的判定

目前使用的判断室内环境是否舒适的常用方法有三个: 有效温度、舒适区、PMV - PPD。

舒适区是根据美国堪萨斯州立大学等长期研究的结果提出的(《人们居住的热舒适条件》), 在焓湿图上表现为菱形或矩形区域。当室内空气的状态点落在给定的舒适区域内时, 表明处于该环境中的人有 80% 对所处的环境感到满意。

PMV - PPD 指标是丹麦工业大学 P.O.Fanger 等人在 ISO-7730《室中热环境 PMV 与 PPD 指标的确定及热舒适条件的确定》中提出的。PMV 指标表示室内人员对室内环境的预期反映, 根据它的计算结果对室内环境进行打分(见表 1-1)。PPD 指标反映了室内人员对室内环境的预期不满意率, 当 PMV 等于 0 时, PPD 为 5%。

表 1-1

PMV 指标对环境的判断

PMV = -3	PMV = -2	PMV = -1	PMV = 0	PMV = 1	PMV = 2	PMV = 3
很冷	冷	凉	适中	温暖	热	很热

有效温度指标 ET 和标准有效温度指标 SET 是由 Gagge 等人根据建立的人体热调节系统教学模型提出的。在焓湿图上表现为穿过 50% 相对湿度线的一系列线段, 在每一条线段上

的点所对应的环境舒适度都是相同的。

二、室内空气品质问题

(一) 室内空气品质的概念

室内空气品质的英文全称为 Indoor Air Quality, 简称 IAQ。IAQ 最早引起关注是在 20 世纪 70 年代, 由于石油危机引发对建筑节能的思考, 为了节能将建筑的新风量标准从原来的 $30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ 降低到 $8\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$, 并且强调建筑的密闭性能, 导致室内污染物浓度增加, 同时各种新技术产生的人工合成材料在建筑中越来越多的使用, 其散发出来的新污染更加剧了室内环境的恶化, 再加上人在室内的时间越来越长, 结果引发了各种与室内环境相关的病症 [统称病态建筑综合症 (SBS)], 可见, 良好的室内环境是人们得以健康、高效工作的前提。而与室内人员体感相关的室内环境主要是由室内空气构成的, 因此室内空气质量的好坏对室内人员至关重要, 对室内空气质量的研究即成为室内空气品质问题。

对于 IAQ 的理解包含多个层面, 从最狭义的定义上说, 提高室内空气品质, 应该保证室内各污染物浓度对人体不构成危害, 其基本方法是加强通风换气。其次, 达到了上述要求, 室内空气品质未必对人体没有伤害, 这就是第二个层次的内容, 即室内污染物对人体的影响不是独立的, 不同浓度的符合标准的污染物可能联合起来, 从而对人体健康产生危害。最后, 室内空气品质的好坏, 还与室内空气参数、人在室内滞留时间的长短、人的生理条件等因素有关。

目前我国公认的关于室内空气品质的定义来自美国 ASHRAE 标准 62—1999《Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality》, 即可接受的室内空气品质应该是“空气中没有已知的污染物达到公认的权威机构所确定的有害浓度, 且处于该环境中的绝大多数人 ($\geq 80\%$) 没有表示不满。”

(二) 影响室内空气品质的因素

影响室内空气品质的因素包括以下两个方面:

- (1) 空气状态参数。影响室内空气品质的空气参数主要是空气的温度、湿度和风速。
- (2) 室内污染物。影响室内空气品质的污染物有很多, 主要包括空气中的气溶胶颗粒、挥发性有机化合物、香烟、石棉、甲醛、氨、烟气、燃烧产物、人体新陈代谢产物及微生物等。

(三) 室内空气品质的评价方法

室内空气品质的评价方法有两种: 客观评价和主观评价。

1. 客观评价

客观评价通过仪器来检测空气中已知的有害物浓度是否超标, 直接用室内污染物浓度指标来评价室内空气品质。由于涉及到室内空气品质的低浓度污染物太多, 而且不可能对每种污染物浓度都进行测量, 因此需要选择具有代表性的污染物作为评价指标, 来全面、公正地评价室内空气品质状况的好坏。目前各国都有对各种污染物的允许浓度进行规定的卫生标准, 但这些标准只是针对单一有害物, 不能对多种污染物的综合效应进行规定。

2. 主观评价

主观评价利用人自身的感觉器官对空气品质进行描述和评判, 一般都依靠某方面具有敏感器官及长年经验积累的专家。通过对一定背景和场合的人员进行问卷调查, 并采用统计分析等方法得出对所处空气环境的评价。由于均不超标的众多微量有害物与其他环境因素共同作用仍会使人感觉不适, 甚至导致疾病, 而目前各国尚无多种低浓度有害物共同作用的卫生标准, 同时由于人的嗅觉和综合感觉能力要比任何测试仪器灵敏, 所以采用主观评价仍是必要的。

减少空调负荷的综合措施

第一节 减少空调负荷的原理

一、建筑空调负荷的概念

建筑空调系统的目的在于创造和维持一个满足要求的室内环境，而计算空调负荷的根本目的在于合理设计和运行空调系统，因此空调负荷的大小对于空调系统的节能运行具有决定性作用。影响空调负荷大小的因素主要是各种来自室内外的传热和传湿过程。

(一) 建筑的得热

单位时间内散发到建筑室内的热量称为建筑的得热。按照建筑得热的来源不同，建筑得热可以分为室内部分和室外部分（见图 2-1）。

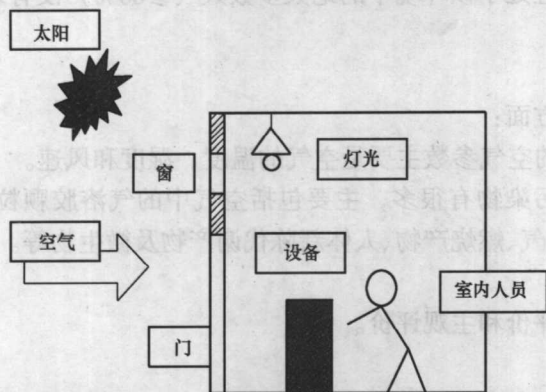


图 2-1 建筑得热的途径

量带入室内，成为部分建筑得热。

太阳辐射对建筑得热的贡献包括以下两个方面：一方面，太阳辐射可以通过建筑围护结构中的透明部分，以辐射传热的方式直接将热量散发到室内；另一方面，太阳辐射可以加热建筑围护结构的外表面，使建筑围护结构的内外表面之间产生温差，促使热量从建筑外部向内部传递。

2. 来自室内的得热

来自室内的得热主要包括室内使用的设备、照明灯具、食品等散热量，以及室内人员散热、伴随某种散湿过程产生的潜热散发。

需要注意的是，设备、照明灯具的散热量与设备、灯具的安装功率是不相等的，它们之

需要说明的是，当建筑得热为负时，说明建筑中发生的热过程不是得热，而是热损失。为了方便起见，在本章的讨论中，如果不作说明，都统称为建筑得热。

1. 来自室外的建筑得热

来自室外的建筑得热主要是室外空气通过围护结构的传热量和太阳辐射得热。

由于室外空气和室内空气之间存在温度差异，在温差的作用下，通过建筑外围护结构的传导作用，室外空气将向室内传递热量，成为一种建筑得热。另外，通过某种渠道渗透或送入室内的空气也会将热量

间的关系取决于设备、灯具的种类和安装方式。具体的散热量数据可以通过大量的实验或现场调查获得。

人员的散热量主要与人员的性别、年龄、活动状态及室内空气状态有关，具体的数据可以参考有关的设计手册。

(二) 建筑得热的成分

划分建筑得热种类的方法有许多，上面所介绍的划分方法是按照得热的来源将得热划分为室内和室外部分。事实上，影响建筑空调负荷大小的因素不是建筑得热来自室内或室外，而是这些得热究竟有多少是散发到室内空气中。

影响这一热量大小的因素主要是热量传递的机理。室内空气状态由通过建筑结构的室内和室外环境之间的复杂热交换过程以及室内各种热过程所决定。室内的各种热源和室内各种建筑围护结构的热交换通过对流和辐射传热实现；室内与室外之间的得热和热损失通过导热、对流和辐射传热实现，并且最终都变成室内各种热交换过程之一。因此建筑的各种得热在室内传递时几乎都包含着对流成分和辐射成分，但针对于不同得热，其对流成分或辐射成分的比例是不同的。具体的数据可以参考有关的设计手册。

(三) 建筑的得湿

建筑的得湿是指单位时间内散发到室内的水蒸气的量。建筑得湿的途径与得热一样可以分为来自室外和来自室内两种。

1. 来自室外的得湿量

来自室外的得湿主要包括两方面：一方面是由于建筑围护结构的传导作用散发到室内的，这部分的建筑得湿量很小，在目前的空调负荷计算中将其忽略；另一方面是由渗透或送入室内的空气带入的水蒸气的量，在比较潮湿地区或季节，这部分的建筑得湿是空调负荷计算中的重要成分。

2. 来自室内的得湿量

来自室内的得湿主要包括以下几个方面：人体在新陈代谢过程中通过汗液蒸发或呼吸散发到室内的水蒸气；室内各种潮湿表面、液面等散发到室内的水蒸气；室内设备、食品的散湿量。

(四) 建筑的空调负荷

建筑的空调负荷是指单位时间内为了维持室内空气温、湿度的稳定，必须从室内空气中排出的多余的热量和湿量，也就是说空调负荷包括空调的热负荷和湿负荷两部分。可见只有散发到室内空气中的得热量和得湿量才可能成为空调负荷。

根据以上对得热和得湿的分析可以得出，建筑的潜热得热、建筑得热中的对流成分直接构成了空调热负荷，建筑的得湿直接构成了空调的湿负荷。这种关系可以简单地用图 2-2 表示。

二、减少空调负荷的可能途径

空调负荷是由建筑得热和得湿引起的，因此，从理论上说，避免建筑得热和得湿是降低空调负荷的根本方法。但是，建筑在实际的使用过程中，是无法避免得热和得湿过程的，因此减少

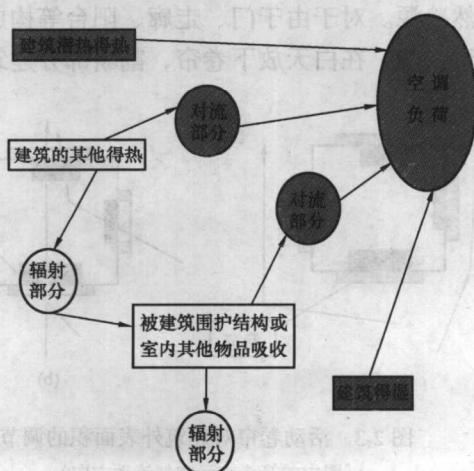


图 2-2 空调负荷的构成示意图

空调负荷的有效途径只能是通过降低建筑的得热和得湿量,或者切断或阻碍通过对流途径向室内空气的传热、传湿过程。

减少空调负荷的方式按照机理可分为以下二类:第一类是减少得热,例如建筑的合理选址、太阳得热控制、保温材料的使用及内部得热控制等;第二类是结合蓄能技术调节得热模式,例如采用热容性比较大的建筑结构,在白天蓄热,夜晚通过自然通风等手段放热达到减少空调负荷的目的,包括自然通风、蒸发冷却、辐射制冷等手段。

第二节 合理的建筑设计

通过合理的建筑设计可以降低来自室外的建筑得热,同时可以充分应用自然冷源(被动供冷系统 passive cooling, 免费供冷系统 free cooling system),降低空调系统容量,达到节省投资和降低运行能耗的目的。

但是,不同的气候特点与不同的建筑功能特点对节能型的建筑设计有着不同的要求。例如,对于热带地区,如何降低太阳辐射得热和通过围护结构的传导得热,在建筑节能设计中将占主要地位;而对于夏季炎热、冬季寒冷地区,不仅需要考虑夏季的降低太阳辐射得热措施,同时必须兼顾冬季采暖需求。

本节将围绕建筑设计的有关内容,介绍用于降低夏季空调冷负荷的有关措施。

一、建筑外形

建筑的外形和内部空间的设计决定了建筑的得热情况,通过减少或增加建筑体形系数(单位建筑容积所需要的建筑外表面积)可以适当调整建筑外型,达到控制建筑的热损失和得热的目的。

对于以空调系统为夏季主要调节手段的建筑,建筑外形应该紧凑,尽量降低建筑的体形系数;但对于其他利用自然冷源的建筑,必须根据具体情况区别对待。

对于干燥、炎热地区,充分降低建筑外表面积、建筑的渗透风量和机械通风量对降低建筑得热有很大意义。但是对于日较差比较大的地区,特别是对于夜晚室外空气温度低于室内空气控制温度的地区,则希望采用比较大的体形系数,尽可能增加建筑通风量,以充分利用自然冷源。对于由于门、走廊、阳台等构成的锯齿型建筑而言,在建筑上可以配备绝热的外卷帘设施,在白天放下卷帘,割断部分建筑外表面积,使之成为建筑内围护结构,夜晚则将卷帘收拢,尽量暴露建筑外表面积,充分散热,降低室内温度(见图 2-3)。

对于湿热地区:通过通风手段不仅是降低室内温度的有效方法,而且是避免室内湿度在局部区域积累的最有效方法。为了强化自然通风的效果,希望采用外表面积比较大的建筑,增加建筑的面积散热;同时配合多方位的开窗、开门措施,从多个方面捕捉自然风,尽可能地加强室内空气的对流。需要注意的是,潮湿地区室外空气的日较差往往比较小,不能完全依靠

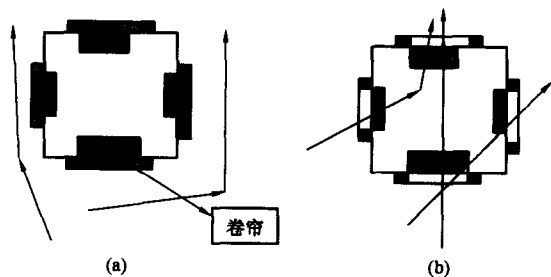


图 2-3 活动卷帘对建筑外表面积的调节

(图中的箭头表示空气流动方向)

(a) 白天; (b) 夜晚

晚间通风降低室内空气温度。另外,对于白天可以采用自然通风的建筑,由于室内空气温度变化趋势与室外相同,因此,通过外围护结构的传热量比较小,这时采用大的外围护结构面积的意义不大,但是在晚间,通过组织良好的自然通风以及比较大的建筑外围护结构面积可以提供迅速降温的可能性。

二、建筑朝向

考虑建筑朝向的关键问题是控制建筑外窗的朝向,其目的在于控制太阳直接辐射得热的大小。至于通过建筑外围护结构传入的间接太阳辐射得热,可以采用反射率大的外墙颜色,或通过周围的植物等遮挡物降低。

通过不同朝向窗户进入的太阳辐射量及其对室内温度的影响,可以在图 2-4 中反映出来。

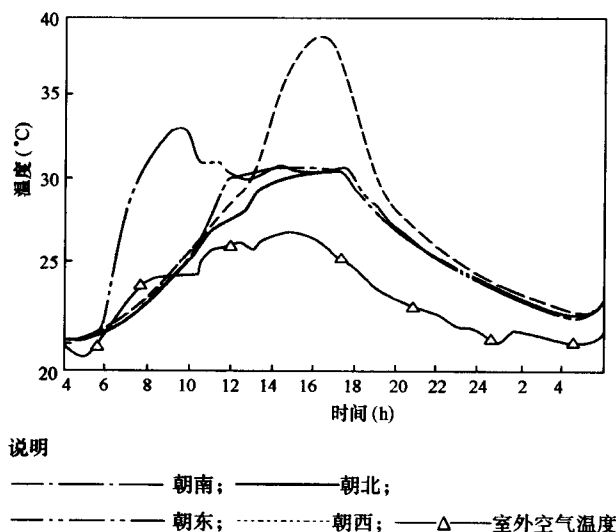


图 2-4 不同朝向窗户对室内温度的影响

图 2-4 所对应的房间是一个封闭的房间,计算过程中,将窗户全部关闭,避免通风的影响。在其他条件都相同的条件下,分别将窗户开在东、南、西、北四个方向,可以得到四个不同的室内温度变化曲线。从该图可以看到,在室外最高温度为 26℃ 时,如果窗户开在东面,室内空气最高温度可达 33℃;开在西面,可达 38℃;开在南面和北面,可达 30℃。可见,不同的开窗方位对室内环境的影响非常大。具体的开窗位置,还应该考虑不同的气候特点,分别对待:

(1) 干热地区。夏季的太阳辐射主要集中在建筑物的东面和西面,而冬季的太阳辐射主要集中在建筑物的南面。因此这些地区建筑物的主立面基本上是南北朝向,窗户基本上也以南北朝向为主。在这些地区,一般南面的窗户采用水平的外遮阳设施。朝向的选择依据中以减少太阳辐射得热为主,通风为辅。

(2) 热湿地区。影响建筑物朝向的主要因素是保证自然通风的合理性。在建筑设计的初始阶段,就要保证建筑物的主要空间处于当地夏季的主导风向上。当然,减少通过窗户和外墙的太阳得热也很重要,但是在建筑物朝向的选择上,当两者的取向矛盾时,应该以保证通风为主。比如低纬度地区的夏季主导风向是东风,此时根据风向确定的建筑主朝向应该朝东,而根据避免太阳辐射得热确定的主朝向应该朝南,两者完全不同。这时应该根据通风要