



高等职业教育土建类专业规划教材

通风与空调工程

田娟荣 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

高等职业教育土建类专业规划教材

通风与空调工程

主 编 田娟荣

副主编 刘婷婷 沈 沁

参 编 刘向龙 邹 艳 欧阳军

主 审 周孝清

机械工业出版社

本书较完整地阐述了通风与空气调节的基础理论知识和国内外相关的最新技术,分为通风和空气调节两大部分。全书注重工程性和实用性,将理论知识与工程实例相结合,重点介绍了空气污染物及室内空气品质、民用建筑通风、建筑防火排烟、空调负荷计算方法、空气的热湿处理、空气调节系统、净化空调、空调风系统、空调冷源设备与水系统、通风与空调节能新技术、通风与空调工程设计等内容。为了培养学生分析问题和解决问题的能力,在各章之后还增加了习题与思考题。

本书是高职高专院校“供热通风与空调工程”、“建筑环境与设备工程技术”、“制冷与空调”等专业及相近专业的主干专业教材,也可供中等职业学校、函授、电大等相关专业师生使用,亦可作为相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通风与空调工程/田娟荣主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 1

高等职业教育土建类专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 29529 - 7

I. 通… II. 田… III. ①通风设备 - 建筑安装工程 - 高等学校: 技术学校 - 教材②空气调节设备 - 建筑安装工程 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 006719 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: 李 莉

版式设计: 霍永明 责任校对: 吴美英

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·409 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 29529 - 7

定价: 28.00 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

本书较完整地阐述了通风与空气调节的基础理论知识和国内外相关的最新技术,分为通风和空气调节两大部分。全书针对高等职业教育的特点,以培养学生的应用能力为目标,将理论知识与工程实例相结合,满足培养高等技术应用型人才的要求。本书的主要特点有:

1) 突出高职特色,以培养学生的应用能力为目标设计教学内容,而基础理论部分则本着“实用为主、必需和够用为度”的原则,对目前现有教材的内容进行了大幅度的调整。如通风部分将目前应用较少的工业通风的内容删除,而对民用建筑通风进行了详细介绍,同时增加了室内空气品质的内容;空气调节部分对于相对较难的理论计算(如负荷计算、风系统设计计算等)仅作简单介绍,而将重点放在应用上。删除空调系统的运行节能、测定、调整等较难内容。

2) 增加了通风空调最新的先进技术,如净化空调、通风空调节能新技术、地下建筑的防火排烟等,使学生了解本专业的发展动态。同时,在编写中贯彻了最新规范、标准和技术措施。

3) 目前通风与空调设计软件的应用已非常普遍,为此,本书增加了对本专业相关设计软件的介绍,同时增加了用软件进行设计的工程实例,将理论知识与设计实践相融合,全面培养学生的专业技能。

本书由田娟荣担任主编,刘婷婷和沈沁担任副主编。编写的具体分工为:绪论、第七章、第十章由田娟荣执笔;第一章第二、三节,第二章,第三章,第九章由刘婷婷执笔;第八章、第十一章由刘向龙执笔;第一章第一节、第四章、第五章、第六章由邹艳执笔;第十二章由欧阳军执笔;沈沁为本书收集了大量的资料,并结合自己长期积累的教学经验提出了许多宝贵意见。本书由广州大学周孝清教授主审,在此谨致谢意。

由于时间仓促、编者水平有限,书中难免有一些疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

前言

绪论 1

第一章 空气污染物及室内空气品质 4

第一节 室内空气质量问题概述 4

第二节 室内污染物的来源及危害 5

第三节 室内空气品质 8

本章小结 13

习题与思考题 13

第二章 民用建筑通风 15

第一节 通风的分类 15

第二节 自然通风 17

第三节 局部通风 26

第四节 全面通风 29

第五节 置换通风 36

本章小结 39

习题与思考题 39

第三章 建筑防火排烟 41

第一节 火灾烟气及其流动规律 42

第二节 火灾烟气的控制措施 44

第三节 地下建筑的通风与防排烟 52

本章小结 57

习题与思考题 57

第四章 湿空气的焓湿图及应用 59

第一节 湿空气的物理性质 59

第二节 湿空气的焓湿图 62

第三节 焓湿图的应用 66

本章小结 69

习题与思考题 69

第五章 空调房间的冷（热）、湿负荷的计算 71

第一节 室内外空气计算参数 71

第二节 太阳辐射热对建筑物的热作用 74

第三节 空调房间冷（热）、湿负荷的计算 75

第四节 冷（热）负荷估算指标 85

第五节 空调房间送风状态及送风量的确定 86

本章小结 90

习题与思考题 91

第六章 空气的热湿处理 92

第一节 概述 92

第二节 用喷水室处理空气 93

第三节 用表面式换热器处理空气 96

第四节 空气的其他热湿处理方法 98

本章小结 103

习题与思考题 103

第七章 空气调节系统 104

第一节 空调系统的分类 104

第二节 普通集中式空调系统 106

第三节 半集中式空调系统 116

第四节 分散式空调系统 121

第五节 变风量空调系统 124

本章小结 127

习题与思考题 127

第八章 净化空调 129

第一节 净化空调的特点及要求 129

第二节 净化空调系统	130	第二节 通风与空调工程设计	
第三节 空调净化设备	133	概述	192
第四节 净化空调系统的节能	135	第三节 软件设计实例	193
本章小结	136	本章小结	204
习题与思考题	136	附录	205
第九章 空调风系统	137	附录 A 居住区大气中有害物质的	
第一节 风管内的阻力	137	最高容许浓度 (摘录)	205
第二节 风管内的压力分布	144	附录 B 湿空气的密度、水蒸气分	
第三节 风管的水力计算	145	压力、含湿量和焓	205
第四节 风系统设计中的有关		附录 C 湿空气焓湿图	208
问题	150	附录 D 我国部分城市室外空气计算	
第五节 空调房间的气流组织	152	参数	209
第六节 空调系统的消声与减振	159	附录 E 北纬 40° 太阳总辐射	
本章小结	166	照度	210
习题与思考题	166	附录 F 北纬 40° 透过标准窗玻璃的	
第十章 空调冷源设备与		太阳辐射照度	211
水系统	167	附录 G 夏季空气调节大气透明度	
第一节 冷水机组	167	分布图	212
第二节 空调冷热水系统	170	附录 H 围护结构外表面太阳辐射	
第三节 空调冷却水系统	175	吸收系数	213
本章小结	178	附录 I 屋面构造类型	213
习题与思考题	178	附录 J 外墙结构类型	214
第十一章 通风与空调节能新		附录 K-1 外墙冷负荷计算温度	215
技术	179	附录 K-2 屋面冷负荷计算温度	216
第一节 蓄冷空调技术	179	附录 L I ~ IV 型结构地点	
第二节 空调系统中的热量回收		修正值	217
技术	183	附录 M-1 单层窗玻璃的 K 值	218
第三节 空调系统的节能控制		附录 M-2 双层窗玻璃的 K 值	218
技术	185	附录 N 玻璃窗的地点修正值 t_d	219
第四节 太阳能空调	187	附录 O 玻璃窗冷负荷系数	219
本章小结	189	附录 P 照明散热冷负荷系数	222
习题与思考题	189	附录 Q 不同温度条件下成年男子	
第十二章 通风与空调工程		散热量、散湿量	223
设计	190	附录 R 人体显热散热冷负荷系数	223
第一节 通风与空调工程设计		附录 S 设备和用具显热散热冷负荷	
软件	190	系数	224
		附录 T 通风管道单位长度摩擦阻力	
		线算图	226



附录 U-1 钢板圆形风管计算表	227	计算表	254
附录 U-2 钢板矩形风管计算表	233	附录 X-2 冷却水管道单位沿程阻力	
附录 V 局部阻力系数	244	计算表	256
附录 W 通风管道统一规格	252	参考文献	258
附录 X-1 冷冻水管道单位沿程阻力			

绪 论

一、通风与空气调节的含义与作用

建筑物是人们生活与工作的场所。现代人类大约有 80% ~ 90% 的时间是在建筑物中度过的。人们已经逐渐意识到建筑环境对人类的寿命、工作效率、产品质量等起着极为重要的作用。人类从穴居到居住现代建筑的漫长发展道路上,始终不懈地在改善室内环境。人们对现代建筑的要求,不只有挡风遮雨的功能,而且还应是一个温湿度宜人、空气清新、光照柔和、宁静舒适的环境。生产和科学实验对环境提出了更为苛刻的要求,如计量室或标准量具生产车间要求温度恒定(称为恒温),纺织车间要求湿度恒定(称为恒湿),有些合成纤维的生产要求恒温恒湿,半导体器件、磁头、磁鼓生产要求严格控制环境中的灰尘,抗菌素生产与分装、无菌实验等要求无菌环境等。这些人类自身对环境的要求和生产、科学实验对环境的要求导致了通风与空气调节技术的产生和发展。建筑环境由热湿环境、室内空气品质、室内光环境和声环境所组成。通风与空气调节技术是控制建筑热湿环境和室内空气品质的技术,同时也包含对系统本身所产生噪声的控制。

通风和空气调节虽然都是建筑环境的控制技术,但是它们所控制的对象和作用有所不同,分别为:

通风(Ventilation)是为改善生产和生活条件,采用自然或机械的方法,对某一空间进行换气,以形成安全、卫生等适宜空气环境的技术。换句话说,通风是利用室外空气(称新鲜空气或新风)来置换建筑物内的空气(称室内空气)以改善室内空气品质。通风的主要功能有:提供人呼吸所需要的氧气;稀释室内污染物或气味;排除室内生产过程产生的污染物;除去室内多余的热量(称余热)或湿量(称余湿);提供室内燃烧设备燃烧所需要的空气。建筑中的通风系统,可能只能完成其中的一项或几项任务。其中利用通风除去室内余热和余湿的功能是有限的,它受室外空气状态的限制。

根据服务对象的不同,通风可以分为民用建筑通风和工业建筑通风。民用建筑通风是对民用建筑中人员活动所产生的污染物进行治理而进行的通风。工业建筑通风是对生产过程中的余热、余湿、粉尘和有害气体等进行控制和治理而进行的通风。本书对工业建筑通风不介绍,主要介绍民用建筑通风的内容。

空气调节(Air Conditioning)是使某一房间或空间内的空气温度、湿度、洁净度和空气流动速度(俗称“四度”)等参数达到给定要求的技术,简称空调。空调可以对建筑热湿环境、空气品质进行全面控制,它包含了通风的部分功能。有些特殊场合还需要对空气的压力、气味、噪声等进行控制。

根据服务对象的不同,空调可以分为舒适性空调和工艺性空调两大类。舒适性空调是以室内人员为对象,着眼于创造满足人体卫生要求,使人感到舒适的室内环境,民用建筑和公共建筑的空调多属于舒适性空调。工艺性空调则主要以工艺过程为对象,着眼于创造满足工艺过程所要求的室内环境,同时兼顾人体的卫生要求。工厂车间、仓库、电子计算机房等的

空调属于工艺性空调。

通风与空气调节作为建筑环境保障技术的重要组成部分,正日益广泛地应用到国民经济与国民生活的各个领域,它对促进现代工业、农业、国防和科技的发展以及人民物质生活水平的提高都起着十分重要的作用。

二、通风与空气调节的研究方法

室内的空气环境,一般要受两个方面的干扰:一方面是来自室内生产过程和人所产生的余热、余湿及其他有害物的干扰;另一方面是来自太阳辐射和气候变化所产生的外热作用及外部有害物的干扰。因此,通风与空气调节的基本方法就是采用适当的手段,消除室内、室外两方面的干扰,从而达到控制室内环境的目的。通风与空气调节,不仅要研究对空气的各种处理方法,还要研究室内空间各种干扰量的计算、通风空调系统的各组成部分的设计选择、处理空气冷热源的选择以及干扰变化情况下通风空调系统的运行调节、自动控制等问题。

通风与空气调节是如何实现对建筑室内环境的控制呢?下面将通过三个典型例子来说明它的研究方法。

图0-1是一个典型的通风系统的简图。该系统属于全面送风系统,新鲜空气经百叶窗进入空气处理室,在空气处

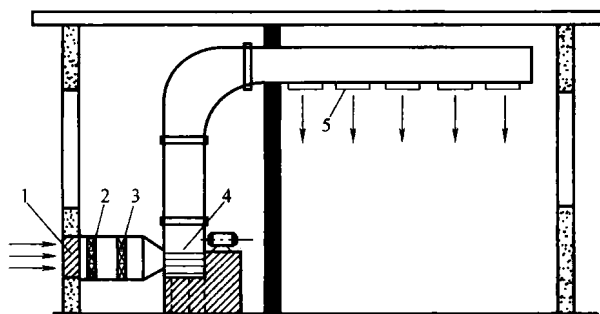


图0-1 机械全面送风系统

1—百叶窗 2—空气过滤器 3—空气换热器 4—风机
5—送风口

理室中,空气首先经过过滤器,除掉空气中的灰尘,然后再进入空气换热器,在换热器中经加热或冷却处理后,经风机、风道、送风口送入房间。

图0-2也是一个典型的通风系统的简图。该系统属于全面排风系统,主要用于处理生产车间产生的粉尘、有害气体等。在该系统中,有害物经排风口、排风管道从室内抽出,经除尘或净化设备处理达到排放标准后,经风帽排至室外。

图0-3是个典型的空气调节系统的简图。新风经百叶窗进入空气处理室后,经过滤、加热(或冷却)处理,再由风机送入房间。在空气的处理过程中,空调系统不是简单地对空气进行过滤、加热,而是从温度、湿度等多方面对空气综合控制。空气调节系统的空气处理室要比通风系统更复杂,对空气参数的处理精度也比通风更高。

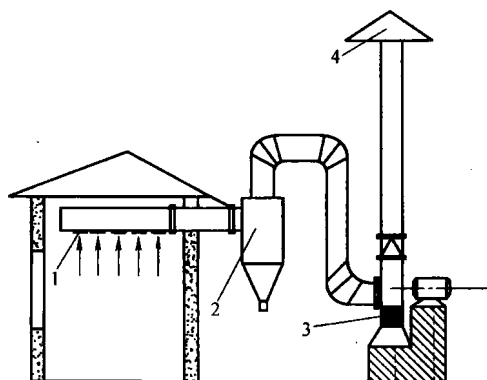


图0-2 机械全面排风系统

1—排气口 2—净化设备 3—风机 4—风帽

通风与空气调节系统由于控制对象不同、要求不同、所用的方法不同、承担冷热负荷的介质不同等,可以分成很多形式。本书将在以后章节中介绍各种系统的基本组成、设备特点、工作原理等内容。

通风与空气调节课程是高等职业技术教育建筑环境与设备工程技术专业的一门主要专业

课,是一门实践性很强的课程,本课程以热工学、流体力学、泵与风机为基础,同时,又与制冷原理与应用、供热工程、锅炉及锅炉房设备、制冷空调自动化等课程密切相关。在实际工程中,需要综合应用上述各方面的理论与实践知识,才能顺利完成通风空调对象的设计、施工安装及运行管理任务。

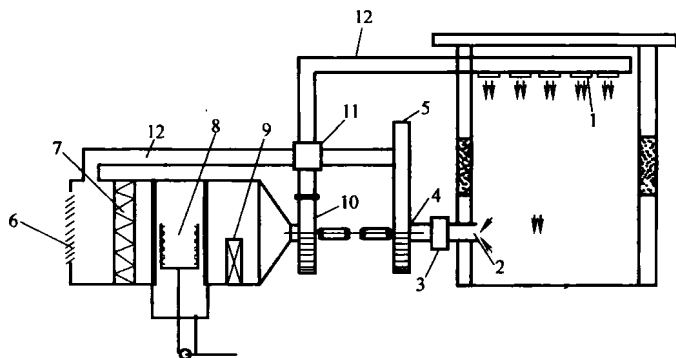


图 0-3 空气调节系统简图

1—送风口 2—回风口 3—消声器 4—回风机 5—排风口 6—百叶窗 7—过滤器
8—喷水池 9—加热器 10—送风机 11—消声器 12—送风管道

三、通风与空气调节的发展概况

通风与空气调节有着悠久的历史。20 世纪初,美国的一家印刷厂首次采用能够实现全年运行的用喷水室进行热湿处理的空气调节系统。在 1919 ~ 1920 年,芝加哥的一家电影院也安装了空调系统,这是人类首次将空调应用到民用建筑。现代的通风与空调技术在我国是近几十年发展起来的。1931 年,我国第一个真正意义的空调系统诞生在上海纺织厂,随后在一些电影院、餐饮店、商场、银行、高档办公楼也实现了空气调节,空调器也陆续进入了普通家庭。我国在 1990 年房间空调器生产量为 24 万台,2003 年增加到 4993 万台,14 年翻了 208 倍,产量已占世界首位。如今,暖通空调已不是某些特定对象享用的“奢侈品”,而成为人们提高生活质量、创造更大价值、谋求更快发展的必需品。

21 世纪,中国的通风与空调行业市场发展的潜力很大,预示着行业的发展前景远大。但是,现代空调也面临着两大主要问题,即能源问题和环境问题。通风与空调是不可再生能源(石油、煤炭、燃气)的消耗大户,因此通风与空调的发展也意味着不可再生能源的消耗将增长。不可再生能源的消耗同时也污染了环境。煤炭燃烧会产生烟尘、 SO_2 、 NO_2 等,它们都对大气环境造成污染。其中 CO_2 气体是温室气体,会导致地球变暖,改变地球的生态环境。此外,空调冷源使用的一些制冷剂,对地球平流层(距离地球 20 ~ 25km)内的臭氧层有所破坏,这也是当前的全球环境问题之一。除室外环境问题外,还有室内环境,即室内空气品质(IAQ)问题。现代建筑的密封性越来越好,使室内污染物无法排出,带来了“病态建筑物综合症”。另外,室内各种装饰材料中的甲醛、石棉、玻璃纤维、氡等污染了空气;水源和空调系统本身也会产生尘埃、微生物等,室内污染物的含量往往会超过了人所能承受的范围。通风与空调行业的人士,无论是从事研究、工程设计、系统管理、设备开发,都应该有可持续发展观,提高节能和环保意识,使行业健康发展。

第一章 空气污染物及室内空气品质

【学习目标】

1. 了解室内空气质量所引起的室内环境问题。
2. 掌握室内污染物的种类、来源及其对人体健康的危害。
3. 掌握可接受的室内空气品质以及感受到的可接受的室内空气品质的概念。
4. 熟悉室内空气品质的影响因素，掌握改善室内空气品质的措施和方法。

第一节 室内空气质量问题概述

室内主要是指居室内，从广义上讲室内包括会议室、教室、医院、办公室等室内环境和餐馆、宾馆、图书馆、体育馆、商店、候车室、候机室、托儿所、养老院等各种室内公共场所以及交通工具（如地铁、公共汽车、火车、轮船和飞机等）内的密闭空间。据统计，人的一生大约有 80% ~ 90% 的时间是在各种室内环境中度过的，因此，室内空气质量的好坏直接关系到人们的生活、工作质量和身体健康。

近年来，随着我国经济的高速发展，工农业现代化水平的不断提高，人们的生活水平也得到了很大程度的提高，人们已不再仅仅满足于拥有住房，而是要求有舒适、优美、典雅的居住环境，于是带来了室内装修的热潮，大量的新设备、新材料走进了人们的生活。然而，它们给人类带来许多欢乐和方便的同时，也对人体健康造成了很大的威胁。另一方面，制冷空调系统的出现，为人们创造了舒适的人工环境。20 世纪 70 年代爆发的石油危机，以及一次性能源储量的日益减少，使制冷空调系统这一能源消耗大户面临着严峻的考验，节约能源、降低损耗成为空调系统设计的关键环节。节能措施之一是减少入室新风量，但是这一措施引起室内空气品质恶化。20 世纪 80 年代以来，制冷空调发展步入一个新的阶段，其标志之一就是由舒适性空调向健康空调的变革。2003 年发生的“SARS”风波更是将健康空调以及室内空气品质的研究提到了一个前所未有的高度。

美国一个历时 5 年的专题调查发现，许多民用和商用建筑室内的空气污染程度是室外的 2 ~ 5 倍，有的甚至超过 100 倍。世界卫生组织（World Health Organization, WHO）1983 年确认室内空气污染会引起“病态建筑物综合症”（Sick Building Syndrome, SBS），症状包括头痛、干咳、皮肤干燥发痒、头晕恶心、注意力难以集中和对气味敏感等，而大多数患者在离开建筑物不久症状即行缓解。一项分析报告显示，美国在 120 万商业建筑物中有 2500 万工作人员患“病态建筑物综合症”。在美国、英国、西班牙、澳大利亚以及其他工业发达国家还曾爆发因室内空气污染引起的军团病（系军团菌引起，因美国退伍军人大会期间发现而命名），并导致大量人员死亡。美国加利福尼亚州空气资源部（California Air Resources Board）监测发现，室内污染要比室外高 25% ~ 62%。而据美国职业安全健康管理委员会

估计,有1/3的人所处的室内空气足以引起疾病。在2002年4月中华预防医学会组织召开的首届全国室内空气质量与健康学术研讨会上,有关部门公布了一组惊人数字:目前发展中国家有近200万例超额死亡可能由室内污染所致,全球约4%的疾病与室内环境相关。据统计,我国每年由室内空气污染引起的超额死亡数达11.1万人,超额门诊数可达22万人次,超额急诊数可达430万人次。室内空气污染已被列为影响公众健康的世界最大危害之一,世界卫生组织在《2002年世界卫生报告》中明确将室内空气污染、高血压、高胆固醇以及肥胖症等共同列为人类健康的十大威胁。据统计全球近一半的人处于室内空气污染中,室内环境污染已经引起超过1/3的呼吸道疾病,超过1/5的慢性肺病和15%的气管炎、支气管炎和肺癌。

国外早在20世纪60年代末期就出现了关于室内空气质量问题的报道。20世纪80年代开始,美国、日本、加拿大和欧洲各国的报纸杂志上频繁出现SBS、BRI和MCS三个英文缩写,分别代表室内空气污染引发的三种疾病名称,即病态建筑物综合症(Sick Building Syndrome, SBS)、建筑相关疾病(Building-related Illness, BRI)和化学物质过敏症(Multiple Chemical Sensitivity, MCS),室内空气质量问题越来越为公众所关注。

我国室内空气质量的研究开展得相对较晚,在20世纪80年代中期开始有学者进行这方面的研究工作。随着研究的深入和室内环境问题的不断出现,国内也开始重视室内空气质量方面的研究工作,各职能部门和科研机构相应地开展了一些工作。近年来,由于经济发展和人民生活水平不断提高,不适当的室内装修等多方面因素使室内空气质量问题在我国又掀高潮。我国在2002年11月制定了《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002),并于2003年3月正式开始实施,这标志着我国在室内空气质量研究方面取得了长足的进展。

由于室内空气质量不良引发的病症、劳动效率的降低以及由此而带来的社会问题越来越得到广泛的关注,室内空气质量(IAQ)已成为现代建筑科学的一个前沿研究课题,它涉及医学卫生、建筑环境工程、建筑设计等诸多方面,研究的目的是创造一种卫生、健康、舒适的室内空气环境。

第二节 室内污染物的来源及危害

一、室内污染物及其分类

室内污染物一般是指室内空气环境中对人体健康和舒适性产生不良影响的物质或能量因素。有关室内污染物的调查研究表明,室内有毒、有害物质达到数千种,常见的也有几十种。

按照污染物的性质可以分为物理性污染、化学性污染和生物性污染。物理性污染是指因物理因素,如电磁辐射、噪声、振动以及不合适的温度、湿度、风速和照明等引起的污染。化学性污染是指因化学物质,如甲醛、苯系物、氨气、氡及其子体和悬浮颗粒物等引起的污染。生物性污染是指因生物污染因子,主要包括细菌、真菌、花粉、病毒、生物体有机成分等引起的污染。

按照污染物在空气中存在的状态可以分为悬浮颗粒物和气态污染物两大类。前者是指悬浮在空气中的固体粒子和液体粒子,包括无机和有机颗粒物、微生物及生物溶胶等;后者是

以分子状态存在的污染物,包括无机化合物、有机化合物和放射性物质等。

二、室内污染物的来源

民用建筑室内空气污染物的来源是多方面的,少部分是来源于室外空气污染,而大部分是由室内装饰、装修材料释放的空气污染物所致。空气污染物主要包括甲醛、挥发性有机物、放射性污染物、病原微生物、悬浮颗粒物和无机化合物等。

1. 甲醛

室内环境中的甲醛按其来源大致可分为两大类:

(1) 来自室外空气的污染 工业废气、汽车尾气、光化学烟雾等在一定程度上均含有一定量的甲醛,但是这部分含量很少。城市空气中甲醛的年平均质量浓度约为 $0.005 \sim 0.01 \text{ mg/m}^3$,一般不超过 0.03 mg/m^3 ,这部分气体有时可进入室内,是构成室内甲醛污染的来源之一。

(2) 来自室内本身的污染 主要以建筑材料、装修物品及生活用品等化工产品在内的使用为主,同时也包括燃料及烟叶的不完全燃烧等一些次要因素。室内环境中甲醛的来源是很广泛的,一般新装修的房子其甲醛的质量浓度可达到 0.40 mg/m^3 ,个别则有可能达到 1.50 mg/m^3 。

2. 挥发性有机物 (VOC)

室内的 VOC 主要来源于建筑材料、室内装饰材料及生活和办公用品等。如建筑材料中的人造板、泡沫隔热材料、塑料板材;室内装饰材料中的油漆、涂料、胶粘剂、壁纸、地毯;生活中用的化妆品、洗涤剂;办公用品主要是指油墨、复印机、打印机等;此外,家用燃料及吸烟、人体排泄物及室外工业废气、汽车尾气、光化学污染也是影响室内挥发性有机物 (VOC) 含有量的主要因素。

3. 放射性污染物

放射性也是室内重要污染因素之一,主要来源于室内各种装饰装修材料,如瓷砖、陶瓷洁具、装饰石材等。其中各种放射性核素,包括铀、钍、镭等衰变的产物——氡气,是对人体危害最大的污染物之一,它在水泥、砂石、砖块中形成后,一部分跑到空气中,被人体吸入体内,在体内形成照射而致癌。WHO 已经证实氡是当前已知的 19 种主要的环境致癌物质之一,并推测每年每百万人中因室内氡暴露而患肺癌者占 $5\% \sim 15\%$,它已被认为是除吸烟以外引起肺癌的第二大因素。

4. 病原微生物

病原微生物主要包括细菌、霉菌、真菌、病菌、螨虫等。其来源是多方面的,主要有以下几个方面:

1) 由于室内通风不良、装修设计不合理、室内卫生条件较差等因素,造成微生物的滋生繁殖,并且许多细菌和霉菌能够产生毒性很高的代谢物质,从而危害人体健康。

2) 由于节能的需要,一般空调房间相对较为封闭,这样就会使细菌、病毒、霉菌等微生物大量繁衍。另外,空气过滤器和冷凝管壁的潮湿环境,导致病毒、军团病的滋生、繁殖,最后弥漫于整个室内,从而导致病毒的大面积蔓延。

3) 室内存在由灰尘引发的灰尘螨,这些灰尘螨大多寄住在软质家具中,如沙发、纺织品、地毯、被单、棉被、枕头和床垫等。当灰尘螨的过敏原浓度超过一定限度时,就会引发

急性或严重的哮喘。

4) 家庭饲养的猫、狗等宠物,也是室内空气过敏原的一个重要来源。

5. 悬浮颗粒物和无机化合物

悬浮颗粒物和无机化合物的种类很多,主要来源于以下三个方面:

1) 吸烟产生的烟雾是室内颗粒物的重要来源之一,其中至少含有 3800 种成分,如:尼古丁、醛类、氮氧化物、二氧化碳、一氧化碳等数百种有害物质。国内外许多学者对吸烟室内空气质量进行研究并指出:烟草烟雾严重危害了人体健康,约有 80% 以上的肺癌是由于长期吸烟引起的。

2) 在烹饪过程中各种燃料在灶具中燃烧产生了氮氧化物、二氧化碳、一氧化碳、粉尘、醛类等毒性很强的污染物,对人的呼吸系统有严重的损害作用。

3) 从室外进入室内的悬浮颗粒物也是室内颗粒物来源的组成部分。由煤燃烧、工业排放、机动车、建筑工地和地面扬尘等所产生的室外颗粒物可通过门窗的缝隙、顶棚等进入室内,污染室内空气。

6. 其他污染源

室内各种电子产品的使用,如电视机、微波炉、电热毯、超声波诊断仪、复印机、传真机等,都会产生一定的电磁辐射、振动和噪声。家用电器的广泛使用带来电磁波污染、静电污染、噪声污染和紫外线辐射等;另外,铝制品、蚊香、一次性餐具、各种塑料制品等也是潜在的污染源。

三、室内污染物对人体健康的危害

室内污染物的种类繁多,每一种污染物单独作用对人体健康的危害也有所不同。实际上,这些污染物是同时存在于室内空气中的,只是每一种污染物的浓度不一,毒性各异。所以,不可能各种污染物独自对人体健康产生危害,而是在室内温度、湿度、气流速度和热辐射的具体条件下,各种污染物协同作用于人体,其危害性更大。

室内空气污染物对于人体健康的危害主要体现在下面几个方面:

1. 病态建筑物综合症和刺激作用

病态建筑物综合症(SBS)也叫不良建筑物综合症,是近年来国外专家提出的一种环境疾病。某些建筑物内房间由于空气污染、空气交换率低,以至于建筑物内房间里生活、工作的人群产生一系列症状,而离开该建筑物后,症状即可消退。这种建筑物被称为“病态(或不良)”建筑物,产生的系列症状被称为“病态建筑物综合症”,其主要症状表现为眼、鼻、咽、喉部有刺激感,头痛,易疲劳,呼吸困难,皮肤刺激,嗜睡,哮喘等非特异症状。

目前认为病态建筑物综合症是多因素综合作用的结果。除了污染和不通风外,室内的温度、湿度、采光、声响等舒适因素的失调,包括精神、情绪等心理因素,协同作用结果产生了病态建筑物综合症。

2. 导致各种呼吸道、神经系统疾病

室内的刺激性气体会刺激呼吸道的神经末梢,引起支气管收缩,使呼吸道阻力增加。长期吸入室内受污染的空气,可以使黏膜分泌物增加,黏膜层变厚,纤毛运动受阻,从而导致呼吸道抵抗力降低,诱发各种炎症。刺激性物质(如 NH_3 、 SO_2 、 NO_x 、 HCHO 、 VOC)、可吸入颗粒物、病菌等均可引发各种呼吸道疾病,甚至导致肺气肿、肺癌等。

有机污染物对人体健康的影响不仅是对免疫系统及各器官的毒害作用,而且还毒害大脑及嗅觉、扁桃体、角膜、视神经等。有机污染物对各种器官的直接或间接影响会产生各种症状,如记忆迟钝、精力难以集中、便秘、腹泻、恐惧症、头晕头痛、呕吐、疲劳症等。

3. 急慢性中毒

长期接触有毒物质或者某些毒性物质,当其浓度突然大量超标时,均会使人中毒。比较典型的有:CO中毒、氟中毒、酚中毒及由吸烟导致的慢性中毒。当血液中CO含量达到0.02%时,2~3h即可出现头晕、脑胀、耳鸣、心悸等症状。血液中CO含量高达0.08%时,2h即可发生昏迷。

4. 致癌作用

室内致癌物主要是苯、多环芳烃及其衍生物、放射性废弃物等。在多环芳烃中,苯并(a)芘被认为是一种具有强致癌活性的物质,它可以通过呼吸进入人体,在不同部位沉积,引发癌症。国际癌症研究机构已确认氡为致癌物,据美国环保局估计,美国每年大约有2000名肺病死亡者与氡暴露有关。

5. 其他不利影响

电磁辐射能对人体神经、生殖、心血管、免疫功能以及眼睛等产生不利影响。实验发现,长期低强度射频电磁辐射有致热效应,对动物神经、内分泌、膜通透性、离子水平都有影响,认为可能引起DNA损伤、染色体畸变等;同时,流行病学调查表明,微波电磁辐射能够引起人体神经、生殖、心血管、免疫功能以及眼睛等方面的改变,会影响中枢神经系统和免疫功能,导致头痛、疲劳、注意力不集中、记忆力下降等症状,还可能使过敏者产生接触性皮炎或光敏性皮炎。

由上述介绍的室内诸多空气污染物协同作用后对人体健康的危害可以看出,引起上述五方面症状的主要污染物依次为甲醛、烟草烟雾、挥发性有机物、苯系物和颗粒物、微生物等。另外,室内空气污染物对人体健康的危害具有多因素、低剂量、长时间的特点,而且受害人群范围广泛,特别是包括婴幼儿、青少年、老年人,甚至慢性病人等敏感人群。

第三节 室内空气品质

由于人们有80%~90%的时间是在各种室内环境中度过的,由于室内空气质量不良所导致的病态建筑物综合症极大地影响了人们的身心健康和工作效率,由此引起的工作效率降低和医疗费用增高等社会问题也受到了广泛的关注。

一、室内空气品质的定义

1989年,丹麦哥本哈根大学教授P. O. Fanger提出了室内空气品质的定义,他指出:品质反映了满足人们要求的程度,如果人们对空气满意,就是高品质;反之,就是低品质。这种定义是从人们的主观感受方面来说的。

英国的CIBSE(Chartered Institute of Building Services Engineers)认为,如果室内少于50%的人能感觉到任何气味,少于20%的人感觉到不舒服,少于10%的人感觉到黏膜刺激,而且少于5%的人在不足2%的时间内感到烦躁,则可认为此时的室内空气品质是可接受的。

美国供暖、制冷、空调工程学会标准ASHRAE-62-1989R中,首次提出了可接受的室内

空气品质（acceptable indoor air quality）和感受到的可接受的室内空气品质（acceptable perceived indoor air quality）的概念。定义如下：

- (1) 可接受的室内空气品质：空调房间内绝大多数人（80% 或更多）没有对室内空气表示不满意，并且空气中没有已知的污染物达到了可能对人体健康产生严重威胁的浓度。
- (2) 感受到的可接受的室内空气品质：空调房间中绝大多数人没有因为气味或刺激性而表示不满。

由于有些气体，如 CO 没有气味，对人也没有刺激作用，不会被人感受到，但却对人危害很大，因而仅用感受到的室内空气品质是不够的，必须同时引入可接受的室内空气品质。该定义相对于其他定义来说，最明显的变化就是它涵盖了客观指标（污染物浓度）和主观指标（人的感受）两方面，比较科学和全面。

二、影响室内空气品质的因素

表 1-1 分五大方面列举了影响室内空气品质的主要因素：建筑外环境、建筑设计、暖通空调系统、建筑装饰材料及设备、在室人员及其活动。

表 1-1 影响室内空气品质的主要因素

影响类别	主要因素
建筑外环境	气候、室外空气品质、土壤、水
建筑设计	外墙、结构、楼层和隔断、污染物路径和驱动力
暖通空调系统	通风系统运行程序和时间、设计参数、日常管理和清洁、设备维护
建筑装饰材料及设备	设备、材料、室内陈列、室内电器
室内人员及其活动	在室人员活动、新陈代谢、个人卫生

美国国家职业安全与卫生健康研究所（National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH）的工业卫生专家们通过对 529 个建筑物室内空气品质变坏原因的调查评估，提供了表 1-2 中所列的调查结果。

表 1-2 表明，有相当大的室内空气品质问题是由于不良通风（空气不流通、通风不足、缺乏户外新鲜空气、气流组织混乱、不能将新风有效地送至室内人员的呼吸区等）及其室内空间中的空气污染物造成。

图 1-1 反映了给定时刻、给定地点的室内空气品质各影响因素之间随时间变化的动态关系。

1. 建筑外环境的影响

室外环境与室内是有关系的，室外的污染必定影响室内。由于我国当前的环境污染还在进一步恶化，特别是一些大型城市，工厂企业、交通车辆排放大量的有害气体、烟尘等，致使大气污染越来越严重。城市空气质量较差，就很难将室内空气品质维持在较好的状态。如

表 1-2 室内空气品质客观评价调查结果

不合适的通风	280 个	53%
内部污染物	80 个	15%
外部污染物	53 个	10%
生物污染	27 个	5%
建筑材料污染	21 个	4%
其他	68 个	13%

北方城市在冬季用燃煤供暖时，城市的大气质量就比较差。

此外，在生产和生活中所产生的垃圾堆、臭水坑等，以及花木树丛产生的花粉及孢子，这些大气中的污染物均可以通过门、窗及其缝隙进入室内。显然，这种情况下新风的进入不但没有改善室内空气品质，反而恶化了室内空气品质。

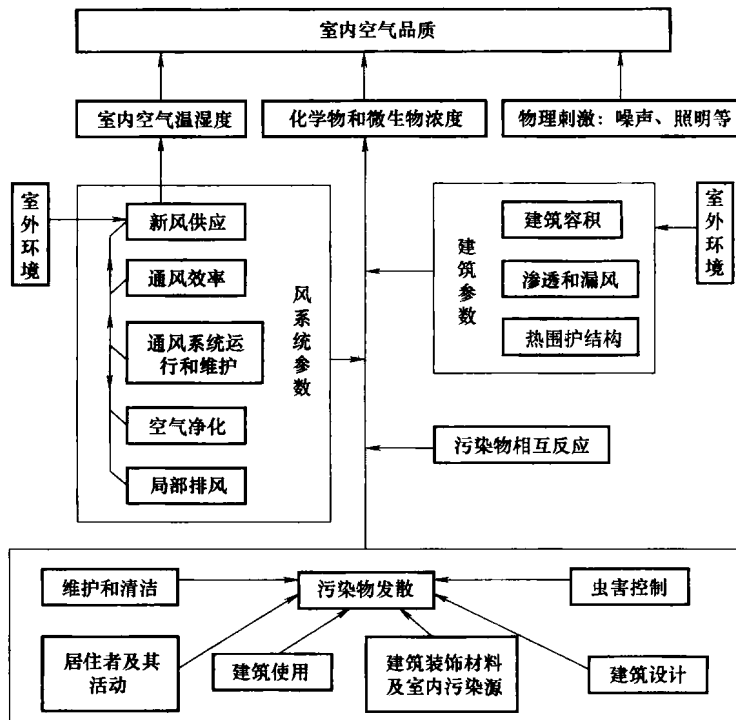


图 1-1 室内空气品质影响因素之间的关系

2. 建筑设计的影响

20 世纪 70 年代能源危机以来，各国都把降低能耗作为节能的手段，包括尽量增加房间的密闭性，减少新风量的摄入，以减少对其预热/冷的能耗，但这样带来了另外一个问题，即新风量的不足，致使室内污染物无法及时稀释，对人体健康和工作效率都产生了不良影响。房间的密闭、新风量的不足是造成室内空气品质下降的重要原因。

3. 暖通空调系统的影响

暖通空调系统是人们为了创造良好、舒适的生活环境采用的空气处理设备，但是如果空调系统运行、管理、维护不当，反而会成为生活空间中的又一主要污染源，其主要表现为以下几个方面：

(1) 室外新风品质下降，新风过滤不足 随着现代生活节奏的加快，生产规模的扩大，人们生活的大气环境品质下降，甚至其本身污染物浓度已超标，在引用室外新风时应充分过滤。舒适性空调一般采用一级过滤。另外，过滤网长期不清理，也会导致新风过滤不足、新风量减少，使室内空气品质下降。

(2) 新风处理设备、送风管道潮湿，滋生细菌 空调系统终日不见阳光，运行时，由于采用露点送风，加湿、减湿处理设备及送风管内湿度很大，使微生物易于滋生和繁殖。制冷