

教育部高职高专规划教材

室内物理环境概论

(环境艺术设计专业适用)

中国美术学院艺术设计职业技术学院

魏澄中 主编



A0967559

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

室内物理环境概论 / 魏澄中主编. —北京: 中国建筑
工业出版社, 2002
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-112-04838-9

I. 室... II. 魏... III. 建筑物—物理环境, 室内
—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 039728 号

本书是环境艺术设计专业的一门主要专业课。本书内容主要包括: 室内空气环境、室内光环境、室内声环境、室内热环境等, 介绍了有关基本概念, 评价指标, 标准规范以及主要技术措施。

本书可作为高职高专环境艺术设计专业教材, 也可供相关专业师生学习参考。

教育部高职高专规划教材

室内物理环境概论

(环境艺术设计专业适用)

中国美术学院艺术设计职业技术学院

魏澄中 主编

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 5 $\frac{3}{4}$ 字数: 140 千字

2002 年 8 月第一版 2002 年 8 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 10.00 元

ISBN 7-112-04838-9

TU·4315 (10316)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

当代人们 80% 的时间生活、工作在室内，适宜的室内环境有助于人们的身心健康和工作、学习效率的提高。据世界卫生组织（WHO）估计，当今人类至少有 10 亿人居住在不健康的室内环境中。随着社会的发展和科学技术的进步，人们对居住环境，包括室内环境的品质要求越来越高，作为室内设计师为人们创造良好、舒适的室内空间是其重要职责。

室内物理环境概论是环境艺术设计专业的一门主要专业课。本教材由室内空气环境、室内光环境、室内声环境和室内热环境等部分组成，介绍了有关基本概念、评价指标、标准规范以及主要技术措施。

色彩环境亦是室内环境的重要方面，本教材未作介绍，也未涉及色彩环境的内容。鉴于本专业其他教材已对这些内容作了较为详细的介绍，本书中就不再重复。

在本教材编写中，考虑到读者主要是环境艺术设计专业学生与从事室内设计、装饰业务的工程技术人员，故尽量少涉及数理公式及推导，而是深入浅出阐述物理概念与其基本原理，便于读者的接受。

本书在编写过程中所参考的材料多为国内外近年来最新研究材料。限于编者水平，加之编写时间仓促且涉及内容广泛，本书缺点与错误在所难免，诚恳地希望广大读者不吝赐教、指正。

目 录

前言

第一章 室内空气环境 1

第一节 室内空气污染源与污染物 1

第二节 室内空气环境的标准 6

第三节 降低室内空气污染对人体的危害 8

习 题 11

第二章 室内光环境 12

第一节 室内光环境基本概念 12

第二节 室内装饰材料的光学特性 16

第三节 天然采光室内环境设计 20

第四节 室内光环境设计概要 26

第五节 眩光的限制 34

习 题 36

第三章 室内声环境 37

第一节 声环境的基本概念 37

第二节 室内声学原理 41

第三节 室内声环境评价 47

第四节 建筑材料和结构的吸声和隔声 50

第五节 建筑隔声 58

第六节 噪声控制 63

第七节 室内声环境设计概要 67

习 题 72

第四章 室内热环境 73

第一节 室内热环境的构成要素 73

第二节 室内热环境的评价 75

第三节 建筑保温 77

第四节 建筑的隔热和遮阳 82

习 题 85

参考文献 86

第一章 室内空气环境

人们早已认识到了大气污染会影响人体的健康。而室内空气污染有时比室外更为严重，只是在 20 世纪中期人们才逐渐认识到。因为室内空气污染物更多，污染源更为广泛，影响因素也较复杂，对人体健康造成的危害也是多方面的。

尤其是近 20 年来，人们更感到研究室内空气环境的重要性和迫切性。其主要原因有以下几方面：

(1) 人们约有 80% 以上的时间是在室内度过的，故室内环境是人们接触最频繁、最密切的环境之一，室内空气质量的好坏将直接关系到每个人的健康。

(2) 室内污染的来源和种类日益增多。人们在室内接触有害物质的种类和数量比以往明显增加。随着社会的发展，人们生活水平日益提高，家用燃料的消耗、食用油的使用、烹调菜肴的种类和数量等均在日益增加；同时随着化工产品的增多，大量能挥发出有害物质的各种建筑材料、装饰材料、人造板材家具等产品进入室内。据统计，至今已发现室内空气污染物约有 300 多种。

(3) 由于建筑物密闭程度的增加，使得室内污染物不易扩散，因而增加了人们与室内污染物的接触机会。当今的房屋建筑设计一般均建造得较为密闭，以防室外的过冷或过热空气影响了室内的适宜温度；对使用空调的室内也尽量减少新风量的进入以减少耗电。因此，这严重影响了室内的通风换气，严重恶化了室内空气品质。

当今，室内空气污染问题已成为许多国家极为关注的环境问题之一，室内空气

质量的研究已成为环境科学领域内的一个新的主要组成部分。

本章着重介绍室内空气污染的来源、产生方式以及造成室内空气污染的各种因素及相应的控制措施。

第一节 室内空气污染源与污染物

一、室内污染源

室内空气污染的来源较多。根据各种污染物形成的原因和进入室内的各种渠道，一般将室内污染源分为室外来源、室内来源（不包括人体本身）以及在室内人员本身等方面。典型的室内污染物的来源为挥发性物质和房屋建筑材料的颗粒，家具设施、办公用品，办公、住宿用清洁设施、人的活动、居住环境中存在的暂时性物质。此外，由于设计的不合理，暖通空调系统的安装和维护的原因，也可能导致有害物质污染室内空气。综上所述，室内空气污染源主要有以下几方面：

1. 建筑材料、建筑构件和室内设施

在某些房屋建筑的建造过程中，尤其是在寒冷的冬季进行混凝土的施工中往往需添加防冻剂而造成氨气污染，即使在房屋建筑施工完毕房屋已交付使用时，该污染仍会存在较长时间。

在目前房屋的装饰中采用了大量的人造板（胶合板、细木工板、刨花板、中密度纤维板等），涂料、填充料、油漆和各种塑料贴面等，这些材料中均含有各种有机溶剂和甲醛，对人体危害较大。

室内设施中的污染源主要是家具,而当今家具的主要材料为人造板以及三聚氰胺改性脲醛树脂浸渍纸面板等,这类材料不同程度地存在着游离甲醛问题,因为上列的人造板产品都是以脲醛树脂为胶合剂制造生产的。在人造板产品寿命全过程中,始终向空气中释放着游离甲醛,而游离甲醛通常认为会对周围的环境产生污染,恶化室内环境,损坏室内清新的空气,损害居住在室内人们的身体健康。人对甲醛气味十分敏感,当空气中甲醛(即游离甲醛)含量达到 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 时,人的眼、鼻、喉都会感到刺激难受。甲醛在人体中会分解出甲醇,吸入一定量后将引起某种程度的中毒,可麻痹中枢神经系统,使人感到疲劳,损害视网膜,使视力减退。

鉴于游离甲醛对人们健康的影响问题,前苏联、日本、欧洲共同体及我国的科技工作者均对其展开研究,也已制定了室内允许的甲醛浓度允许值。

由于脲醛树脂制造工艺简单,生产成本低廉,使用方便,其强度指标能满足一般的要求并具有一定的耐水性,因而被人造板企业广泛使用,用于所生产的人造板。

甲醛在各类人造板中每时每刻都程度不同的向周围空气中释放空气态的游离甲醛,显然,伴随室内装修和家具用量的增加,也使游离甲醛成为危害健康的一种公害问题,这是须认真和慎重对待的。

在室内装修与家具生产中,尽可能选用合格的人造板产品;在加工中,尽一切可能封边,不让素板内部有与空气相接触的条件存在。常用的封边条有 PVC 封边条、纸质浸渍胶纸及塑料封边条等。

2. 家用电器和办公设备的电磁辐射

近年来,电视机、组合音响、微波炉、电热毯等多样家用电器已进入室内,导致人们接触电磁辐射的机会增多。办公环境中使用的设备亦会放出大量的有毒污染物,

其中包括复印机放出的臭氧、炭,无炭复印纸复印机的挥发物,摄像设备放出的醋酸,图像机放出的丙烯酸酯等。

3. 不良的暖通空调设备及系统

不良的暖通空调设备及系统也是造成室内空气污染的来源之一。如空调系统新风采集口受到污染;空调系统的过滤器失效,导致的室内空气污染;气流组织不合理,导致污染物在局部死角滞留、积累,形成室内空气污染;空调系统冷却水中有可能存在的军团菌而导致微生物污染等。

4. 室内生物性污染

因建筑物的密闭,室内小气候趋稳定,温湿度的适宜,加之通风较差,这种密闭环境很容易孳生尘螨、真菌等微生物,还能促使生物性有机物作用下产生很多有害气体,如常见的有 CO_2 、 NH_3 、 H_2S 等。

5. 室外污染源

工业企业排放的有害物质或有害气体、交通运输工具排放的废气、外界环境污染气体,如垃圾堆、臭水坑等,还有花木树丛产生的花粉及孢子,这些大气中的污染物均可通过门窗缝隙或其他管道孔隙途径进入室内。

另外,质量不合格的生活用水在用于室内淋浴、冷却空调、加湿空气等时,以喷雾形式进入室内。水中可能存在的致病菌或化学污染物可随着水雾喷入室内空气中。有的房屋地基的土层中含有某些可逸出有害物质或挥发性有害物质,这些有害物质可通过地基的缝隙逸入室内,如氡及其子体,某些农药、化工染料、汞等。

6. 人体排泄物

人体主要通过呼出气、汗液、大小便等排出大量代谢废弃物。二氧化碳(CO_2)是人体产生得最多的污染物质,在人体呼出的空气中它约占 4%。一个成年人在安静状态下每小时呼出的 CO_2 约为 20L 左

右, 儿童约为成年人的一半。除 CO_2 、水蒸气以及一些氨类化合物等内源性气态物质外, 呼出气中还含有很多其他代谢废气和有害气体。

自然状态下大气中 CO_2 的浓度为 0.03%, 进入 20 世纪后半期, 由于工业生产的活跃, 化石类燃料的大量燃烧, 以及汽车尾气排放量的增大, 使大气中 CO_2 的浓度呈逐年上升的趋势。1990 年初观测大气中 CO_2 的浓度已经达到 0.035%。当环境中 CO_2 浓度达到 0.07%, 体内排出的其他气体也相应达到一定浓度时, 气味敏感者将会有所感觉; 当 CO_2 浓度达到 0.1% 时, 则有较多的人感到不舒服。室内 CO_2 浓度的高低在相当程度上可以反映出室内有害气体的综合水平。由于人体产生的 CO_2 量比较标准, 且易于测量, 因此常将其浓度作为室内通风量是否满足要求的一般指标。但近年来的研究表明, 室内污染物还包括非人产生的污染物, 这些污染物浓度较高时不仅使人感到不舒服, 而且有些还直接影响到人的健康。因此, 简单的以 CO_2 为指标的新风量控制标准有时难以满足人们对室内空气健康和舒适的要求。

需要指出的是: 人们呼气不是 CO_2 惟一来源, 因为所有使用有机燃料的燃烧过程都会产生二氧化碳。而其产生量随燃料种类的不同而稍有区别。除了人体以外, 其他动植物的新陈代谢也要排出 CO_2 。

7. 燃烧或加热的副产物

燃烧或加热的副产物主要指各种燃料的燃烧、烹调油的加热以及吸烟等。这些燃烧产物和烹调油烟, 都是经过高温反应而产生的。煤气炉在烹调时往往产生许多的一氧化碳。小型燃烧煤暖气炉不完全燃烧时产生的大量一氧化碳常是室内居室中 CO 意外中毒的主要原因。

吸烟是最为普遍的室内空气污染。吸烟者吸入的一氧化碳量肯定超过固定值。

对于来自香烟的二次烟气, 亦即两次喷烟之间香烟燃烧时所发出的烟气, 其中所含的 CO 是室内一氧化碳的一个重要来源, 有研究指出: 在一定条件下, 烟气对被动吸烟者的危害比吸烟者还大。

8. 气味

空气质量的制定通常采用污染物浓度阈值这一准确的物理术语, 但实际上人们往往根据室内气味的强烈程度来评价室内空气质量。

室内的气味起因是多方面的。厨房、厕所、烟草烟雾、室内装饰物品以及家具等都是气味的发生源, 其中还包括人体自身。人体呼吸、流汗、蒸发和体表的各种有机排泄物中微生物分解时发出的体臭、汗臭以及人体排泄的氨等。

表 1-1 为亚格隆 (C.P.Yaglon) 制定的臭气强度指标。该指标已被许多国家所接受。

臭气强度指标 表 1-1

臭气强度指标	定 义	说 明
0	无	完全感觉不出
1/2	可感觉临界值	极微, 经训练的人才嗅得出
1	明 确	一般人可感出, 无不适应
2	中	稍有不适
3	强	不 快 感
4	很 强	强烈的不快感
5	极 强	令人作呕

气味的强度和每个人所占的空间体积和通风量有着密切的关系。在经过一段长时间后, 污染物的平衡浓度便与房间体积无关, 而只与通风量和污染物的发生量相关。人体的气味是随时间而衰减, 在气味放出约 15min 后, 气味强度即出现显著的降低。

二、室内污染物

影响空气品质的污染物有成千上万种,归纳起来可分成:烟草烟雾、有毒的蒸气、有害的气体、微生物污染(如各种菌类)、生产性粉尘等五类。

室内空气中成千上万种污染物都处于很低的浓度下,即使用现代化的仪器也难以测量,也根本无法用这些污染物浓度指标来衡量空气的品质。而人的鼻子却能感觉出空气的清新度,能同时感觉 50 万种污染物。长期以来人们对低浓度污染,尤其是不太严重的气味对健康的危害认识不足。其实,长期处于令人讨厌的低浓度污染与腐霉气味中,对人的身心也会产生不良的影响。

在民用建筑中污染物主要有:室内装饰材料、家具等的挥发物,人们生理活动中呼出的 CO_2 及产生的不良气味、室内燃烧设备产生的有害物,特别是厨房中产生的各种有害物以及吸烟产生的烟雾等,甚至空调通风系统本身也是污染源。通风的目的不仅要使空气中已知的污染物浓度达到公认的权威机构所确定的有害浓度指标以下,并且要使室内的绝大多数人员($\geq 80\%$)对空气品质表示满意。

1. 挥发性物质

挥发性有机物质(Volatile Organic Compounds—VOC)是一类重要的室内空气污染物,目前已鉴定出 307 种之多。它们各自的浓度往往不高,如由若干种 VOC 共同存在于室内时,其联合作用是不可忽视的。VOC 中除醛类外,常见的还有苯、甲苯、二甲苯、三氯乙烯、三氯甲烷、萘、异氰酸脂类等,主要都来自各种溶剂、粘合剂等化工产品。

挥发性有机物的主要发生源有以下两类:

(1) 室内装饰材料中 VOC 的释放

室内装饰材料是 VOC 的重要来源。

我们搬入刚装饰完毕的新居室往往有一系列的不良反应,如感觉气味不好,刺激,甚至头痛、恶心等。这是因为所用装饰材料大多能释放出各种 VOC,污染了室内空气。

(2) 家庭常用化学品中 VOC 的释放

这类化工产品包括化妆品、粘合剂、空气消毒剂、杀虫剂、清洗剂、地毯洗洁剂、地板蜡等。这些产品在使用中都能污染空气。

2. 氡及其子体

室内的氡主要来自两方面。一是由于房屋建筑的地基土坯内含有镭,一旦衰变成氡,即可通过地基或建筑物的缝隙、管道引入室内部位等处逸入室内。二是从含镭的建筑材料中衰变而来。氡的半衰期为 3~8 天,平均寿命 5.5 天。氡是一种惰性放射性气体,它易扩散,能溶于水和脂肪。在体温条件下,极易进入人体组织。室内的氡若是来自地基土壤,则地下室和底层房间内的氡浓度总是高于层数高的房间,氡的浓度随层数的升高而降低。如氡来自建筑材料,则与层数无关,而是靠近建筑材料处的氡浓度高,远离处氡浓度低,即氡浓度与建筑材料所在位置的距离有关。

1982 年联合国原子辐射效应科学委员会的报告中指出,建筑材料是室内氡的最主要来源,如花岗岩、砖、沙、水泥及石膏之类,特别是含有放射性元素的天然石材易释放出氡。影响室内氡含量的因素除了污染源的释放量之外,还有室内密闭程度、空气交换率、大气压高低、室内外温差等因素。室内污染物的分类见表 1-2。

国外有关报道认为在建筑材料表面刷上涂料能阻挡氡的逸出,使室内空气中的氡浓度降低,起到防护作用。

室内污染物的分类 表 1-2

污染物种类	典型污染物
燃烧产物	一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、二氧化碳、多环芳烃、烟草烟雾组分
挥发性有机化合物	杀虫剂组分、杀菌剂组分、杀鼠剂组分 乙醇：二丁烯、甲酚、1-十二烷醇、2-乙醛-1-己醇、1-己醇、异丙醇、苯酚 醛类：甲醛、丙烯醛、癸烷、庚醛、己醛、壬醇、丙醛、戊醇 脂肪族：环己胺、癸烷、十二烷、2, 4-二甲基己烷、1, 3-甲基环戊烷、二十烷、庚烷、己烷、壬烷、辛烷、戊烷 芳香烃：苯、二乙基苯、乙烷苯、甲基乙烷苯、萘、4-苯基环己烷、苯乙烯、甲苯、二甲苯 酯：乙烷基醛酸盐、1-己基丁酯 卤化烃：氯仿、二氯苯、二氯甲、四氯乙烯、1, 1, 1-三氯乙烷、三氯乙烯、三氯甲烷
可吸入颗粒物	石棉、玻璃纤维、磨损产生的粉尘、无机尘粒、金属尘粒、砷、镉、铊、汞、有机尘粒、纸张粉尘、花粉
呼吸产物	水蒸气、二氧化碳
生物和生物气溶胶	真菌、细菌、原生动物、病毒、微生物颗粒
放射性物质	氡、氡的衰变产物
气 味	以上物质单独或组合产生的气味

3. 燃烧产物

在室内进行的燃烧产物，主要是各种燃料、烟草的燃烧。燃烧产物其主要污染物为 SO_2 、 CO 、 CO_2 、 NO_x 、甲醛、多环芳烃类化合物，可吸入颗粒、镉、烟碱等。

4. 悬浮颗粒物与微生物

空气中挟带的固体或液体颗粒称为悬浮颗粒物。由于其粒径不同，大者可在短时间内沉降，小者可较长时间停留在空气中。其中直径小于 $10\mu\text{m}$ 者称为可吸入颗粒。因其

可吸入人的呼吸道中，故其对健康危害较大，如尘埃、衣物灰尘及烟雾等。我国公共场所卫生标准中对旅店等行业规定的室内可吸入颗粒物的阈值为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，商场为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。

一种普遍常用的可吸入颗粒物的检测方法是粒子计数器，以粒子数多少来评价空气卫生质量的高低。当粒子数小于 100 个/ cm^3 时为清洁空气，粒子数大于 500 个/ cm^3 时为污染空气。

空气微生物大多附着于固体或液体的颗粒物上而悬浮于空气中，其中以咳嗽产生的飞沫等液体颗粒挟带的微生物最多。由于颗粒小、质量轻，在空气中滞留时间较长，故其对健康的影响最大。在任何环境中，微生物的生长离不开适宜的温度、湿度和适宜的营养物载体。

居室中的微生物主要来自室内人体和室外被污染的空气。由于受日光照射的影响，室外空气中的病原微生物要比室内少得多。居室中的微生物污染程度与周围环境、居住密度和室内温度、湿度、灰尘含量及采光通风等因素有关。环境不洁、通风不良、居住拥挤的室内微生物污染比较严重。

5. 其他污染物

尘螨——尘螨普遍存在于居住和工作环境中。据调查 1m^2 地毯中通常有 4g 灰尘，而每克灰尘中至少有 800 只尘螨。尘螨能在室温 $20\sim 30^\circ\text{C}$ 环境中生存，其适宜湿度为 $75\%\sim 85\%$ 。室内由于使用空调或不注意勤开门窗，室内温湿度及气流较为适宜尘螨孳生，尤其在麻褥和纯毛地毯下，孳生最多。但居室注意勤开门窗，加强室内通风换气，经常清扫孳生场所，尘螨是可以得到控制的。

烹调油烟——烹调油烟是食油加热后产生的油烟。烹调油烟是一种混合性污染物，约有 200 余种成分。该油烟的毒性和

原油品种、加工精制技术、加热容器的材料种类和清洁程度、加热所用燃料种类等因素有关。

军团菌属——军团菌是1976年在美国费城一个退伍军人的大会上首次发现，因此而得名。军团菌属（*Legionella*）是革兰氏阴性杆菌，需氧菌。这种菌广泛存在于土壤、水体中，也可存在于贮水槽、输水管道等供水系统中以及冷却塔、各种存水容器中。这种菌可通过淋浴喷头、各种喷雾设备等途径，随水雾喷入室内空气中，这种菌类最适宜的培养温度为35℃，pH值为6.9~7.0。人们一旦吸入，轻者在体内产生血清学反应，重者则引起军团菌病。

第二节 室内空气环境的标准

室内空气质量直接影响居住者的身体健康，是评价家居环境的重要因素。室内的空气质量首先取决于建筑物所在地区的空气质量，这属于大环境的问题。本节简要介绍室内因素对室内空气质量的影响以及我国近几年制定的有关标准和法规。

室内空气通常会受到物理、化学和生物等三方面的污染，降低室内空气的清洁程度，严重时甚至影响居住者的健康。

1. 可吸入颗粒物

我国制定的室内空气中可吸入颗粒物卫生标准为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，这也是居住区内空气日平均最高容许浓度，即长期在该浓度下机体不受影响；而当浓度大于 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 时，长时间接触该浓度，机体免疫功能开始改变。由于人们在大型公共场所（如候车室、展览馆等）停留的时间较短，故对这些场所空气中的可吸入颗粒物质量浓度规定为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2. 二氧化碳（ CO_2 ）

室内空气中 CO_2 的体积分数与细菌总数、可吸入颗粒物、体臭等污染物浓度呈正相关。许多国家因此把室内 CO_2 的体积分数作为评价室内空气清洁度的综合监测指标。在自然状态下，大气中 CO_2 的体积分数为0.03%~0.04%。卫生专家认为，室内 CO_2 的体积分数在0.07%以下时属于清洁空气，此时人体感觉良好；当 CO_2 的体积分数在0.07%~0.10%时属于普通空气，个别敏感者会感觉有不良气味；当 CO_2 的体积分数在0.1%~0.15%时属临界空气，室内空气状况开始恶化，人们开始有不舒适感觉；室内 CO_2 的体积分数达到0.15%~0.2%时属于轻度污染的空气； CO_2 的体积分数超过0.2%时属于严重污染的空气；体积分数为2.00%时，是保持正常生产活动的极限值；达到20%~25%时，人员将窒息死亡。我国制定的室内 CO_2 卫生标准为0.1%。

3. 一氧化碳（CO）

居室内用煤炉做饭或取暖，常是CO的主要来源。通风良好的夏秋季，居室内CO质量浓度与室外差别不大，日平均浓度为 $1\sim 5\text{mg}/\text{m}^3$ 。采暖季节居室内CO普遍高于室外，尤其是用煤炉做饭取暖的家庭，居室CO的质量浓度约为 $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 。吸烟时散发的烟气也是居室中CO的主要来源。吸一包烟可放出20ml的CO。吸烟的室内，空气中CO质量浓度常在 $8\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 。室内的CO几乎不被氧化，只有靠室内外的空气交换来减少。因此，若室内长时间不打开门窗，由于炊事、取暖、吸烟引起的CO就会在室内不断蓄积。

CO属于内窒息性毒物。空气中的CO体积分数达到一定程度，就会引起中毒症状。

我国规定的公共场所卫生标准中CO的卫生标准见表1-3。

公共场所 CO 卫生标准 (mg/m³) 表 1-3

公 共 场 所	$\rho(\text{CO})$
星级宾馆和带空调旅店的客房	5
普通旅店、招待所和地下室旅店	10
酒吧、茶座、咖啡厅	10
商场、书店	5
医院候诊室	5

4. 甲醛

据文献介绍,室内甲醛的质量浓度大于 0.12mg/m³ 时,对人体健康有影响,无影响的质量浓度为小于 0.06mg/m³。美国、瑞典、德国、日本等国对居室中甲醛的最高容许质量浓度规定为 0.12mg/m³。WHO 建议室内(居室、卧室和工作室)甲醛质量浓度为 0.12mg/m³。我国采用 WHO 规定的室内甲醛质量浓度标准值 0.12mg/m³ 为各类公共场所的卫生标准值,又规定居室内空气中甲醛卫生标准为 0.08mg/m³。

5. 空气细菌总数

我国《旅店业卫生标准》(GB 9663—1996)规定,3~5 星级饭店、宾馆空气细菌总数:撞击法,小于或等于 1000cfu/m³;沉降法,小于或等于 10 个/皿。1 或 2 星级饭店、宾馆和非星级带空调的饭店、宾馆空气细菌总数:撞击法,小于或等于 1500cfu/m³;沉降法,小于或等于 10 个/皿。普通旅店招待所空气细菌总数:撞击法,小于或等于 2500 cfu /m³;沉降法,小于或等于 30 个/皿。(cfu 为菌落数,皿直径为 9cm)

6. 氡

1996 年国家技术监督局和卫生部联合发布了《住房内氡浓度控制标准》和《地下建筑氡及其子体控制标准》。其中规定:对已建住房,可考虑采取简单补救行动来控制氡及其子体的辐射,使住房内氡的平衡当量浓度年平均值不超过 200Bq/m³;对

新建住房,应在设计和建造时加以控制,使住房内氡平衡当量浓度年平均值不超过 100Bq/m³。

7. 室内空气环境标准

近年的有关研究成果表明,68% 的人体疾病与室内污染有关。室内空气的污染是伴随着科技进步和生活水平的提高,人们追求更舒适的生活环境而出现的问题,目前的技术水平和工艺水平完全可以避免室内环境污染。我国政府也曾多次指出居室环境问题关系居民身体健康,必须引起高度重视,并责成有关部门进行研究。

目前我国已颁布的有关室内空气环境的标准主要有:

(1) GB/T 16146—1995《住房内氡浓度控制标准》

(2) GB/T 16127—1995《居室内空气中甲醛卫生标准》

(3) GB/T 17094—1997《室内空气中 CO₂ 卫生标准》

(4) GB/T 17095—1997《室内空气中可吸入颗粒物卫生标准》

(5) GB/T 17096—1997《室内空气中 NO_x 卫生标准》

(6) GB/T 17097—1997《室内空气中 SO₂ 卫生标准》

(7) GB/T 17216—1998《人防工程平时使用环境卫生标准》

(8) GB/T 17093—1997《室内空气中细菌总数卫生标准》

(9) WS/T 182—1999《室内空气中苯并(a)芘卫生标准》

还有公共场所卫生标准,包括:

(10) GB 9663—1996《旅店业卫生标准》

(11) GB 9664—1996《文化娱乐场所卫生标准》

(12) GB 9666—1996《理发店、美容店卫生标准》

(13) GB 9668—1996《体育馆卫生标准》

(14) GB 9669—1996《图书馆、博物馆、美术馆、展览馆卫生标准》

(15) GB 9670—1996《商场(店)、书店卫生标准》

(16) GB 9671—1996《医院候诊室卫生标准》

(17) GB 9672—1996《公共交通等候室卫生标准》

(18) GB 9673—1996《公共交通工具卫生标准》

(19) GB 16153—1996《饭馆(餐厅)卫生标准》

8. 室内空气标准与空气质量标准

室内空气环境卫生标准与环境空气质量标准进行比较, 见表 1-4。

室内空气环境卫生标准与环境空气质量标准的比较
(最高容许浓度单位: mg/m^3)

表 1-4

有害物质	环境标准 (一次)	环境标准 (日平均)	室内 标准	旅店业标准
CO	9.00	3.00	-	星级宾馆和带空调旅店的客房 ≤ 5 , 普通旅店和招待所 ≤ 10
CO ₂	-	-	$\leq 0.1\%$ (2000)	3~5 星级宾馆、饭店 $\leq 0.07\%$, 1 星或 2 星级和非星级 $\leq 0.1\%$
二甲苯	0.3	-	-	-
SO ₂	0.5	0.15	0.15	-
丙酮	0.8	-	-	-
甲醛	0.05	-	0.08	0.12
苯	2.40	0.80	-	-
苯乙烯	0.01	-	-	-

续表

有害物质	环境标准 (一次)	环境标准 (日平均)	室内 标准	旅店业标准
NH ₃	0.20	-	-	-
氧化氮 (换算成 NO ₂)	0.15	-	0.10	-
H ₂ S	0.01	-	-	-
可吸入 颗粒物	-	0.15	0.15	高级宾馆和星级宾馆 0.15, 普通旅店 0.20

第三节 降低室内空气污染对人体的危害

降低室内空气污染, 保持和改善室内空气品质, 使其达到人们能够接受的水准。通常采取以下三方面措施, 这也是改善室内空气质量的基本方法:

(1) 在房屋建筑的设计与施工中, 特别对围护结构表层材料的选择上, 应采用挥发性有机物 (VOC) 释放量少的材料。

(2) 切实保证空调或通风系统的设计, 严格的运行管理和维护, 使可能的污染源产污量降低到最小程度。

(3) 保证足够的新风量或通风换气量, 稀释和排除室内气态污染物。

就技术而言, 最好是减少污染物的排出, 控制污染源甚至消除污染源, 而不是让污染物进入环境空气再进行排除。

1. 排除污染源

在房屋建筑或室内装饰装修中不使用某些建筑材料和陈设。目前对人们健康危害最大的是建筑装饰材料和室内设施方面的污染, 主要来自三个方面: 一是建筑本身造成的污染, 如水泥混凝土浇灌有的加入添加剂, 混凝土材料中含有氢, 矿渣砖

里含有放射性物质；二是装饰装修带来的污染，如人造板材、油漆中的甲醛、苯等，尤其是低档材料污染更为严重；三是家具带来的污染，如人造板家具释放甲醛，布艺沙发喷胶带来苯污染。以氡的污染为例，在施工和装饰装修时，应尽量选择低放射性材料，注意填平、密封地板和墙上的所有裂缝，做好室内的通风换气，这都是降低室内氡浓度的有效方法。但也不必为室内氡浓度问题过度担忧，因为氡浓度过高的房子毕竟是少数。

在上述污染源中，含有挥发性有机化合物达 300 余种，其中最主要、最常见、危害最大的五种污染物质是甲醛、VOC（挥发性有机物）、氨、氡及石材本身的放射性。

2. 污染源的处理

室内空气污染物的来源可以靠降低污染物的扩散直接得到纠正。当今，人们倾心追求的绿色理念和行为，已逐渐深入人心。就家居而言，绿色设计、绿色家装、绿色家具更是大行其道。绿色家具是指基本上不散发有害物质的家具。主要类型有：原木系列家具，不上漆，仅以天然蜡抛光，既保留了天然纹理又不污染环境；在用人造板制作家具时，进行封边处理，再将家具用清漆涂刷一遍，也能将部分甲醛罩封在里面，不易外逸；纸质家具系列，不含损害人体的有毒成分；用未经漂染的牛、羊、猪等皮张制作的家具；以藤、竹等天然材料制作的椅、沙发、茶几等家具；以不锈钢、玻璃、钛金属板等材料制作的家具；以环境保护为宗旨设计生产的无毒无污染的家具。

最好在确定装修方案时，慎重选用石材，最好不要在卧室及老人、病人和儿童的起居室内大面积使用石材。去石材市场选购石材时，要向经销商索取产品放射性合格证，根据石材的放射性等级进行选择，

最为稳妥的办法应请有关的检测机构进行石材的放射性检测，不要使用放射性超标的石材。

3. 通风与空气调节

通风就是室内外空气的交换。一般说，互换效率越高，降低室内产生的污染物的效果越高，但有时也会把室外的污染物带入室内。各种房间换气次数的要求，如表 1-5 所示。

各种房间换气次数的要求 表 1-5

房 间	换气次数 /次·h ⁻¹	房 间	换气次数 /次·h ⁻¹
居室走廊	1.0	厨 房	3.0
室内走廊	0.5	浴 室	1.5
活 动 间	1.0	厕 所	2.0
公共宿舍 舍寝室	1.0	公用大厅 (礼堂、休息室)	1.0 1.5

需全年控制室内微小气候的建筑物要靠机械通风系统。除了稀释室内污染，机械通风还被用来控制室内环境温度、相对湿度、室内外压差，提供防火安全用的气流，使气流流动以改善室内条件。

全面通风可分为自然通风、机械通风、自然通风与机械通风相结合三种通风方式。

自然通风是利用空气的风压和热压进行通风。风的形成需要一定的风力，只有在有风的时期，住宅才便于进行自然通风。热压的形成需要一定的室内外温差和高度差，在冬季高层住宅的垫压作用下，可进行自然通风，但这种通风方式空气品质较差，因为低层产生的有害气体将带到高层，不宜采用这种通风方式。

在建筑设计时，住宅的环境条件、朝向、门窗位置及内部构造应有利于自然通风，要做到起居室、卧室均能进行自然通风，不留死角，保证气流拐弯少、阻力小、

流动顺畅,最好形成穿堂风。厨房、卫生间在住宅中的位置应在夏季主导风向的下风侧,以免自然通风时有害气体散发到居室内。

在建筑设计时,住宅的环境条件具有相当重要意义,它对保障室内的自然通风能力具有重要的意义。一般说,每个地区,根据它们各自不同的地理位置和自然气象条件,都有它们各自不同的全年风玫瑰图和夏季风玫瑰图。这种风玫瑰图对建筑物的朝向的选择和房间的自然通风能力的充分发挥具有重要的指导意义。它对居民区和工业企业区的相对位置的布置,以及工厂内部各个污染程度不同的车间的相对位置的设置都具有重要的指导作用。但须注意的是,往往同一地区的风玫瑰图,由于各种具体条件的不同,如附近的山丘地形的起伏,树丛或邻近建筑物的阻挡影响等,使该地区的局部主导风向与当地总的风玫瑰图所示的主导风向发生偏离,甚至出现相反的现象。因此,在确定某一地段的主导风向时,还应对该地段的具体情况进行深入细致的调查研究后才能做出比较正确的判断。

房屋周围树木的布置往往也能在一定程度上引导风的方向。图 1-1~1-3 所示行列树的布置方式有利于建筑物的自然通风。

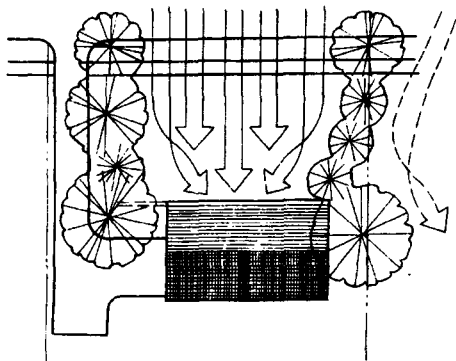


图 1-1 房屋两侧布置行列树示例之一

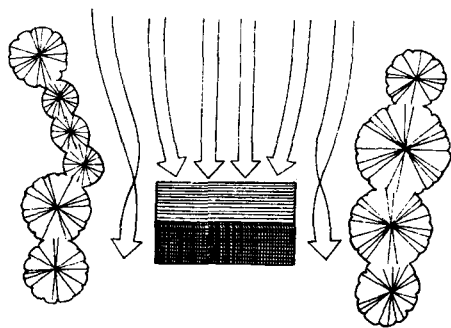


图 1-2 房屋两侧布置行列树示例之二

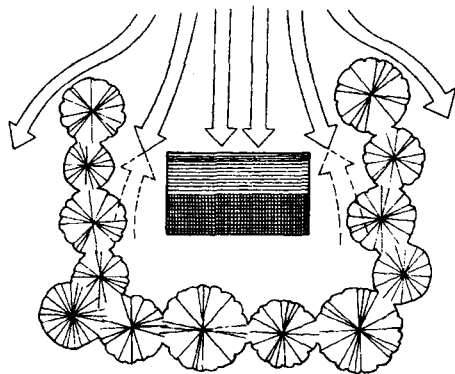


图 1-3 房屋三侧布置行列树示例

自然通风无需消耗动力,节电节能,应充分利用,尤其夏季和季节过渡时期是住宅自然通风的最佳季节。但自然通风受气象条件的限制,可靠性较低,不能完全满足住宅全面通风的要求。

机械通风是利用风机进行强制性通风。当室外无风或者风力软弱时,可启动风机,对住宅进行全面通风。机械通风又分为有管道通风和无管道通风。有管道通风是利用风机、风管对各个房间进行有组织的通风,无管道通风不设风管,仅利用风机向房间送风或排风,气流组织较差。

我国城市住宅的层高大多为 2.70m,在房间内设置风管,系统复杂,占据空间,装修困难,普通住宅不宜采用有管的全面通风,而对层高和装修标准较高的高级住宅可采用有管通风。

多层住宅每户都有两个朝向,全面通

风时,风从一个朝向进入室内,从另一个方向排出室外,回到大气中;而高层住宅有的住户只有一个朝向,全面通风时,废气将排到楼道内,甚至串到别的住宅中,因此,要正确选择通风扇方向,避免发生此种现象。利用通风扇进行机械通风,可不受外界风力的影响,使住宅的全面通风能力大为增强。

通风可以明显降低室内污染程度。这对于间断性污染,如室内吸烟、厨房使用煤气炉尤为重要。但对于连续不断产生的污染问题就不一样了,就甲醛污染源而言,其释放率是挥发压梯度或空气中甲醛值的函数。通风会使该值降低,但释放量却增加了。增加的释放速度部分抵消了稀释和消除的降低值。因此,其效率大为低于污染是间歇性的、释放量恒定的情况。所以,通风有其局限性。特别是污染源较强,或因成本限制而通风速率一定时,其局限性更为明显。

4. 生物学方法

绿化对空气有一定的净化作用,如二氧化碳对于人类是一种空气有害物,植物进行光合作用时,需要大量二氧化碳,同时释放出大量的氧气,所以植物绿化起着使空气中二氧化碳和氧气相对平衡稳定的作用。环境中附着在固体尘埃上的一部分二氧化硫在绿化地区也可被植物所吸附。植物,特别是树木对尘粒有明显的阻挡、过滤和吸附使用。

习 题

1. 室内空气污染源主要有哪几种?
2. 减少室内空气污染物有哪几种方法?最常用、最有效的方法是什么?
3. 室内装修、装饰过程中有哪些材料将导致室内空气的污染?又如何避免或降低污染的产生?
4. 我国目前已颁布的有关室内空气环境标准有哪些?
5. 如何考虑房屋建筑周围树木的布置,以利于室内的自然通风?
6. 房屋建筑的朝向与门窗位置对室内通风有哪些影响?

第二章 室内光环境

对建筑物来说,光环境是由光照射于其内外空间所形成的环境。室外光环境是在建筑物外部空间由光照射而形成的环境。它的功能是要满足物理、生理(视觉)、心理、人体功效学及美学等方面的要求。室内光环境是在建筑物内部空间由光照射而形成的环境。影响室内光环境的因素也很多,如天然光、人工光、室内空间、家具、陈设、表面材料的质地、质感、色彩、室内绿化等。

在当代,光环境已成为建筑环境中的主要组成部分,因为它将发挥以下积极的作用:

(1) 自然光是取之不尽的能源,利用天然光环境,可以有效地获得光能,因此在节约能源方面潜力较大,符合节约能源的需要。

(2) 利用自然光或人工光形成光环境,可创造舒适明亮的环境气氛,从而发挥人们的视觉功效,保障视力健康和人身安全,振奋精神,提高工作效率,满足生理、心理及安全的要求。

(3) 利用天然或人工光实施构图技法,进行光的处理,可显示建筑空间,表现光的艺术效果,美化室内外环境。

(4) 光和色彩是密切相关的,有了光才能显示出色彩,两者协同表现出环境艺术,取得综合的艺术效果,因此,光环境是形成色彩环境的基础。

总之,当代建筑的发展对天然光资源的利用、灯光设计、光的环境艺术处理、建筑装饰、城市夜景设计、照明节能措施等方面提出了更高的要求。光环境是从物

理观点考虑的由光照射而创造客观环境,而视觉环境是从生理观点考虑,通过人的视觉器官看到的主观环境,二者既有共性,又有区别。

第一节 室内光环境 基本概念

光是以电磁波形式传播的辐射能量,这是一种广义的理解。而通常人们却把光的感觉称做光(或称作光或亮)。但,并不是所有的辐射,都能引起人们光或亮的感觉。因此,在很多情况下,人们所说的光或亮指的是能够为人眼所感觉到的那一小段可见光谱的辐射能,其波长约为 $380\sim 760\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)的电磁波称为“可见光”。而人们所不能感觉到波长比它小的紫外线、X射线和波长比它大的红外线、无线电波等,这一类电磁波辐射对人眼产生不了光视觉,称为“不可见光。”辐射波谱如图2-1所示。光在真空中传播时,其频率 f 和波长 λ 的关系为:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2-1)$$

式中, c 是在真空中的传播速度,频率 f 是由光源发光机理所确定。光在介质中传播速度是要改变的,1975年5月在法国巴黎召开的计量全会上所建议采用的真空光速值为 $c=2.997924\times 10^8\text{m/s}$ 。该数值和(2-1)式计算结果非常相近,这为麦克斯韦的理论提供了有力的证据。

由上可知,光是客观存在的一种能量,而且和人的主观感觉有密切的联系。为做

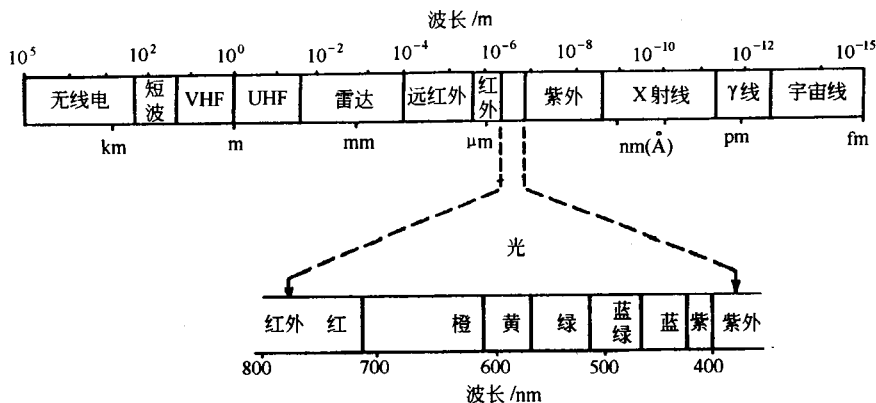


图 2-1 辐射波谱

好光照设计, 必须对光的度量、材料的光学特性等有关基本知识作必要的了解。

光通量 光源在单位时间内, 向周围空间辐射出的光能总能量, 称为光通量, 符号为 Φ , 单位为流明 (lm)。在可见光的范围内眼睛对每一波长的感受也是不均等的。对波长 555nm 的黄绿色光, 眼睛的感受性最高。眼睛对某一波长的敏感度称为光视效能。当对波长为 555nm 的光视效能为 1 时, 各波长的光视效能称为光谱光视效率。就暗视觉来说, 对波长为 507nm 的光 (青绿光) 的光视效能最大, 其他波长的光视效能对最大光视效能之比称标准光谱光视效率。

据实验测定, 辐射功率为 1W 的波长为 555nm 的黄绿光, 主观视觉是 683lm。对此它波长光的辐射功率为 1W 时, 它们的光通量都小于 683lm。由此可得出某一波长的光通量关系式为:

$$\Phi_{\lambda} = 683 V(\lambda) P_{\lambda} \quad (2-2)$$

式中 Φ_{λ} ——波长为 λ 的光的光通量, lm;

$V(\lambda)$ ——波长为 λ 的明视光谱光效率 (查图 2-1);

P_{λ} ——波长为 λ 的光的辐射功率, W。

多色光的光通量为各单色光之和, 即:

$$\begin{aligned} \Phi &= \Phi_{\lambda_1} + \Phi_{\lambda_2} + \Phi_{\lambda_3} + \dots \\ &= 683 \sum V(\lambda) P_{\lambda} \end{aligned} \quad (2-3)$$

发光强度 发光强度指光源所发出的光通量在空间的分布密度。不同光源发出光通量在空间的分布是不同的。例如悬吊在桌面上空一盏 100W 的白炽灯, 它发出 1250lm 光通量。但用或不用灯罩, 投射到桌面的光线是不一样的。加了灯罩后, 灯罩将往上的光向下反射使向下的光通量增加, 桌面上就会感到亮一些。

这说明仅仅知道光源发出的光通量还不够, 还需要了解表征它在空间中的分布状况的单位, 这就是光通量的空间密度, 称为发光强度, 常用符号 I 来表示。

图 2-2 表示一空心球体, 球心 O 处放入一光源, 它向球表面 $ABCD$ 所包的面积 A 上发出 Φ lm 的光通量。

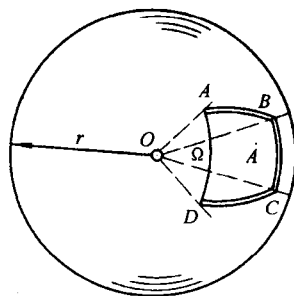


图 2-2 发光强度概念