

高校环境科学与工程规划教材

徐科峰 钱城 王军英 主编

建筑环境学



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高校环境科学与工程规划教材

建筑环境学

主 编	徐科峰	钱 城	王军英
参 编	王永春	于红霞	刘福智
	刘学贤	孙 波	黄道良
	张如玮	李 雪	张朝晖
	赵 琳		



机械工业出版社

《建筑环境学》教材共分五篇：第一篇 建筑环境概述，包括建筑环境和建筑环境学概述；第二篇 建筑热环境，包括建筑热环境概述、建筑保温、围护结构的防潮、建筑防热；第三篇 建筑光环境，包括建筑光环境与光环境质量评价、天然光环境、人工光环境；第四篇 建筑声环境，包括建筑声环境概述、建筑室内声环境、材料与结构的声学特性、建筑声环境评价与设计、声环境噪声控制；第五篇 建筑外部环境（城市环境），包括城市环境概述、城市环境问题与综合整治、城市环境质量评价与可持续发展等。

本书适合作为建筑学、城市规划、环境工程、建筑环境与设备工程、环境保护、土木工程等专业的教学用书，也可作为其他专业学生了解建筑环境科学知识的辅助教材。本书可供相应部门的科研、管理人员以及关心建筑环境领域的各界人士阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑环境学/徐科峰等主编. —北京：机械工业出版社，
2003.9

高校环境科学与工程规划教材

ISBN 7-111-12903-2

I. 建… II. 徐… III. 建筑学：环境科学与工程—高等学校—教材 IV. TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 073638 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：高文龙 邓海平 版式设计：张世琴 责任校对：姚培新

封面设计：张 静 责任印制：闫 焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·21 印张·515 千字

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

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

为适应 21 世纪教学改革与发展的需要,本着体现加强基础、拓宽专业的指导思想,我们提出将建筑学、城市规划、土木工程、建筑环境与设备工程、环境工程等专业的基础课打通,构建二级基础平台的设想。建筑环境学就是这一平台中的基础课之一。为此,我们组织了各专业的专家和教师制订了该课程建设规划,并组织编写了《建筑环境学》教材,希望能够在土建类和环境类教学改革与发展方面尽一点微薄之力。

《建筑环境学》教材主要内容包括:建筑环境概述、建筑热环境、建筑光环境、建筑声环境、城市环境、城市环境问题与综合整治、城市环境质量评价与可持续发展等。本书编写力求体现以下特点:

(1) 基础性。本着加强基础、拓宽专业的指导思想,系统介绍建筑内、外部环境的基本知识。

(2) 理论性。集多年来从事建筑环境方面研究的专家学者,借鉴多学科在建筑环境方面的研究成果,构建适应 21 世纪教育教学改革需要的建筑环境理论体系。

(3) 应用性。本书较全面地介绍了建筑环境学的具体内容和评价、控制等方法,对于指导规划设计、工程施工、设备运行等实践环节具有重要意义。

(4) 可读性。本书注重深入浅出,强调理论与实践的结合,使其不仅是建筑类院校相关专业的必备教材,也是相关部门和社会各界了解和学习建筑环境理论、方法的重要读物。

本书适合作为建筑学、城市规划、环境工程、建筑环境与设备工程、环境保护、土木工程等专业的教学用书,也可作为其他专业学生了解建筑环境科学知识的辅助教材。可供相应部门的科研、管理人员以及关心建筑环境的各界人士阅读参考。

参加本书编写的有青岛建筑工程学院徐科峰(第一、二、十五、十七章)、钱城(第四、五、六、十三章)、王军英、王永春(第七、八章)、于红霞、刘福智、刘学贤(第十、十一、十二章)、孙波、黄道良(第十四章)、李雪(第三章)、张朝晖、赵琳(第九章)、青岛市规划局张如玮(第十六章)。全书由徐科峰、钱城、王军英主编。

教材编写过程中参考和引用了许多教材、专著及论文,在此我们向作者表示衷心的感谢。因水平有限,错误在所难免,敬请批评指正。

编者

2003 年 7 月

目 录

前言

第一篇 建筑环境和建筑环境学概述

第一章 建筑环境概述	1
第一节 环境概述	1
第二节 建筑环境的构成要素	4
第二章 建筑环境学概述	19
第一节 建筑环境学的基本概念 和任务	19
第二节 建筑环境学的基本体系 和研究方法	20
第二篇 建筑热环境	
第三章 建筑热环境概述	22
第一节 室内热环境	22
第二节 围护结构的传热	25
第四章 建筑保温	41
第一节 建筑保温的综合措施	41
第二节 围护结构的保温设计	46
第五章 围护结构的防潮	50
第一节 围护结构的传湿过程	50
第二节 围护结构表面结露与 内部冷凝	51
第六章 建筑防热	54
第一节 夏季室外热作用和建筑 防热途径	54
第二节 围护结构夏季隔热评价	57
第三节 围护结构的隔热构造	60
第四节 建筑自然通风	63
第五节 建筑日照	67

第六节 建筑遮阳	71
----------------	----

第三篇 建筑光环境

第七章 建筑光环境与光环境 质量评价	75
第一节 建筑光环境概述	75
第二节 视觉	84
第三节 光环境质量评价	91
第八章 天然光环境	103
第一节 昼光光源	103
第二节 采光窗	106
第三节 天然光环境设计	111
第九章 人工光环境	123
第一节 电光源	123
第二节 灯具	129
第三节 人工光环境设计	138

第四篇 建筑声环境

第十章 建筑声环境概述	148
第一节 声音的基本性质	148
第二节 声音的计量	151
第三节 声音的频谱与声源的指向性	156
第四节 人的听觉特性	158
第十一章 建筑室内声环境	163
第一节 室内声场	163
第二节 室内声音随时间的变化	164
第三节 室内混响	166
第四节 室内声压级的计算	169
第五节 室内声音的共振	170
第十二章 材料与结构的声学	

特性	174	第三节 城市环境效应	262
第一节 吸声材料和吸声结构	174	第四节 城市环境容量	264
第二节 隔声和构件的隔声特性	185	第十六章 城市环境问题与环	
第十三章 建筑声环境评价		境综合整治	273
与设计	198	第一节 城市环境问题	273
第一节 音质的主观评价与客观指标	198	第二节 城市环境综合整治	277
第二节 音质设计的方法与步骤	202	第十七章 城市环境质量评价与	
第三节 各类建筑的声环境设计	212	可持续发展	282
第十四章 声环境噪声控制	221	第一节 城市环境质量评价	282
第一节 环境噪声	221	第二节 城市环境规划	285
第二节 噪声控制	225	第三节 城市可持续发展	302
第三节 城市噪声环境	228	附录	318
第五篇 建筑外部环境——		附录 A 建筑材料的热工指标	318
城市环境		附录 B 室外计算参数	322
第十五章 城市环境概述	235	附录 C 常用建筑材料的吸声系数	
第一节 城市环境	235	或吸声单位	323
第二节 城市环境因素	237	附录 D 常用建筑材料的隔声指标	325
		参考文献	327

第一篇 建筑环境和建筑环境学概述

第一章 建筑环境概述

第一节 环境概述

一、环境的基本概念

所谓环境是相对于某一中心事物而言，是作为某一中心事物的对立面和依存体而存在的。它因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。与某一中心事物有关的周围事物，就是这个事物的环境。环境科学所研究的环境，其中心是人类。因此，环境可定义为：围绕人类生存的各种外部条件或要素的总体，包括非生物要素和人类以外的所有生物体。环境包括自然环境和人工环境两大类（图 1-1）。

人工环境从狭义上讲是指人类根据生产、生活、科研、文化、医疗、娱乐等需要而创建的环境空间，如无尘车间、温室、密封舱、高压氧舱、人工气候室、各种建筑以及人工园林等。从广义上说，人工环境是指由于人类活动而形成的环境要素，它包括由人工形成的物质、能量和精神产品以及人类活动过程中所形成的人与人之间的关系（或称上层建筑）。

自然环境是人类出现之前就存在的，是人类目前赖以生存、生活和生产所必需的自然条件和自然资源的总称，是阳光、温度、气候、地磁、空气、水、岩石、土壤、动植物、微生物以及地壳的稳定性等等自然因素的总和，用一句话概括就是“直接或间接影响到人类的一切自然形成的物质、能量和自然现象的总体”，简称为环境，它对人类的影响是根本性的。自然环境构成如图 1-2 所示。

1989 年 12 月 26 日颁布施行的《中华人民共和国环境保护法》第一章第二条指出：“本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。”

二、环境要素及其属性

环境要素又称环境基质，是指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分。理解环境要素，应将其看成是构成各类环境系统功能并参与环境系统行为的必要成分和条件；如在江、河、湖泊等地面水环境系统中，在一定的水文条件

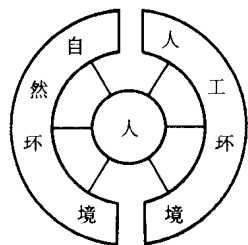


图 1-1 环境的构成

下形成的流动的天然水体，是构成其航运、水产养殖、灌溉、污染物自然净化、旅游等功能的主要成分或母体；在其中生存、繁殖的多种水生动植物和微生物等，既是构成水环境生态系统的必要成分，同时又是实现水产养殖、自然净化等水环境系统行为的必要条件。此外，一定日照条件下的光合作用、一定气候条件下的温度和风力等，又是保证水环境生态系统正常运行和实现上述水环境系统行为的外部环境条件。因此，日照、温度、风力和形成一定水动力作用的地形地貌等，尽管它们不是水环境系统内部要素，但却是参与水环境系统行为、实现其某些系统功能的必要条件。环境要素可分为自然环境要素和人工环境要素。其中自然环境要素通常指水、大气、生物、阳光、岩石、土壤等。

环境要素组成环境结构单元，环境结构单元又组成环境整体或环境系统。例如，由水组成水体，全部水体总称为水圈；由大气组成大气层，整个大气层总称为大气圈；由生物体组成生物群落，全部生物群落构成生物圈，等等。

环境要素具有一些十分重要的特点和属性。它们不仅是制约各环境要素间互相联系，互相作用的基本关系，而且是认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。环境要素的属性，可概括如下：

1) 最差（小）因子限制律。这是针对环境质量而言的。它由德国化学家 J.V. 李比希于 1804 年首先提出，20 世纪初英国科学家布莱克曼所发展而趋于完善。该定律指出：“整体环境的质量，不能由环境诸要素的平均状态决定，而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素所控制”。这就是说，环境质量的好坏取决于诸要素中处于“最低状态”的那个要素，而不能用其余的处于优良状态的环境要素去代替，去弥补。因此，在改造自然和改进环境质量时，必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类，遵循由差到优的顺序，依次改造每个要素，使之均衡地达到最佳状态。

2) 等值性。指各个环境要素，无论它们本身在规模或数量上如何不相同，但只要是一个独立的要素，那么对于环境质量的限制作用并无质的差异。换言之，即各个环境要素对环境质量的限制，只有它们处于最差状态时，才具有等值性。

3) 整体性大于各个体之和，或者说环境的整体性大于环境诸要素之和。即一处环境的性质，不等于组成该环境各个要素性质简单的加和，而是比这种“和”丰富得多，复杂得多。环境诸要素互相联系、互相作用产生的整体效应，是个体效应基础上质的飞跃。

4) 互相联系及互相依赖，环境诸要素在地球演化史上的出现，具有先后之别，但它们又是相互联系、相互依赖的。即从演化的意义上看，某些要素孕育着其他要素。岩石圈的形成大气的出现提供了条件；岩石圈和大气圈的存在，又为水的产生提供了条件；岩石圈、大气圈和水圈又孕育了生物圈。

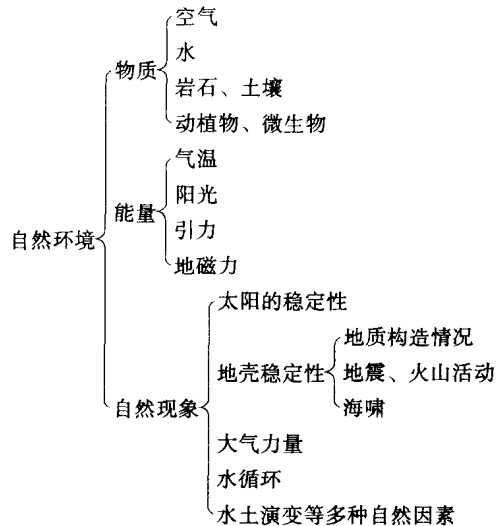


图 1-2 自然环境的构成

三、环境的功能及特性

1. 环境的功能

环境的功能指以相对稳定的有序结构构成的环境系统为人类和其他生命体的生存发展所提供的有益用途和相应的价值。如由森林生态系统构成的环境单元,可为人类提供蓄水、防止泥沙流失、释放氧气、吸收二氧化碳,为多种鸟类和其他野生动植物提供繁衍生息场所等环境功能。江、河、湖泊等水环境,不仅可以提供航运、养殖、纳污等用途,还可以改善地区性小气候,有的还具有旅游观光等功能。对人类和其他生物来说,环境最基本的功能包括三方面:其一为空间功能,指环境提供的人类及其他生物栖息、生长、繁衍的场所,且这种场所是适合他们生存发展要求的;其二为营养功能,这是广义上的营养,包含环境提供的人类及其他生物生长繁衍所必需的各类营养物质及各类资源、能源(后者主要针对人类而言);其三为调节功能,如森林即具有蓄水、防止水土流失、吸收二氧化碳、放出氧气、调节气候的功能。此外,各类环境要素包括河流、土壤、海洋、大气、森林、草原等皆具有吸收、净化污染物,使受到污染的环境得到调节、恢复的能力,但这种调节能力与环境要素的自净能力的有限性是一致的,当污染物的数量及强度超过环境的自净能力,则环境的调节功能将无法发挥作用。对人类来说,当其开发利用自然环境系统或半自然、半人工环境的有用功能时,应遵循环境系统形成、发展、变迁的内在机制,尽力保护原有的环境功能,通过环境建设来扩大它们的功能,逐步实现人类与自然的和谐;否则,环境功能就会逐渐衰退直至消失,破坏人类和其他生命体赖以生存发展的环境资源,造成人类与自然的对抗。

2. 环境的特性

环境系统是一个复杂的,有时、空、量、序变化的动态系统和开放系统。系统内外存在着物质和能量的变化和交换。系统外部的各种物质和能量进入系统内部,这种过程称为输入;系统内部也对外界发生一定的作用,通过系统内部作用,一些物质和能量排放到系统外部,这种过程称为输出。在一定的时空尺度内,若系统的输入等于输出,就出现平衡,叫做环境平衡或生态平衡。

系统的组成和结构越复杂,它的稳定性越大,越容易保持平衡;反之,系统越简单,稳定性越小,越不容易保持平衡。因为任何一个系统,除组成成分的特征外,各成分之间还具有相互作用的机制。这种相互作用越复杂,彼此的调节能力就越强;反之则弱。这种调节的相互作用,称之反馈作用。最常见的反馈作用是负反馈作用,它使系统具有自我调节的能力,以保持系统本身的稳定和平衡。

环境构成一个系统,是由于在各子系统和各组成成分之间,存在着相互作用,并构成一定的网络结构。正是这种网络结构,使环境具有整体功能,形成集体效应,起着协同作用。

由于人类环境存在连续不断的、巨大和高速的物质、能量和信息的流动,表现出其对人类活动的干扰与压力,具有不容忽视的特性如下:

(1) 整体性 人与地球是一个整体,地球的任一部分,或任一个系统,都是人类环境的组成部分。各部分之间存在着紧密的相互联系、相互制约关系。局部地区的环境污染或破坏,总会对其他地区造成影响和危害。所以人类的生存环境及其保护,从整体上看是没有地区界线、省界和国界的。

(2) 有限性 这不仅是指地球在宇宙中独一无二,而且也是指其空间有限,有人称其为

“弱小的地球”。这也同时意味着人类环境的稳定性有限，资源有限，容纳污染物质的能力有限，或对污染物质的自净能力有限。环境在未受到人类干扰的情况下，环境中化学元素、物质和能量分布的正常值，称为环境本底值。环境对于进入其内部的污染物质或污染因素，具有一定的迁移、扩散和同化、异化的能力。在人类生存和自然环境不致受害的前提下，环境可能容纳污染物质的最大负荷量，称为环境容量。环境容量的大小，与其组成成分和结构、污染物的量及其物理和化学性质有关。任何污染物对特定的环境及其功能要求，都具有其确定的环境容量。由于环境的时、空、量、序的变化，导致物质和能量的不同分布和组合，使环境容量发生变化，其变化幅度的大小，表现出环境的可塑性和适应性。污染物质或污染因素进入环境后，将引起一系列物理的、化学的和生物的变化，而自身逐步被清除出去，从而使环境达到自然净化。环境的这种作用，称为环境自净。人类发展及活动产生的污染或污染因素，进入环境的量，超越环境容量或环境自净能力时，就会导致环境质量恶化，出现环境污染，这正说明了环境有限性的特征。

(3) 不可逆性 人类的环境系统在其运转过程中，主要存在两个过程：能量流动和物质循环。后一过程是可逆的，但前一过程不可逆，因此根据热力学理论，整个过程是不可逆的。环境一旦遭到破坏，利用物质循环规律，可以实现局部的恢复，但不能彻底回到原来状态。当然，有些情况下是人为这样做的，否则就没有必要改造环境了。

(4) 隐显性 除了事故性的污染与破坏（如森林大火、农药厂事故等）可直观其后果外，日常的环境污染与环境破坏对人们的影响，其后果的显现要有一个过程，需要经过一段时间。如日本汞污染引起的水俣病，经过了 20 年时间才显现出来；又如 DDT 农药，虽然已经停止使用，但已进入生物圈和人体中的 DDT，还得再经过几十年才能从生物体中彻底排除出去。

(5) 持续反应性 事实告诉人们，环境污染不但影响当代人的健康，而且还会造成世世代代的遗传隐患。目前，我国每年出生有缺陷婴儿约 300 万人，其中残疾婴儿约 30 万人，这不可能与环境污染无关；历史上黄河流域生态环境的破坏，至今仍给炎黄子孙带来无尽的水旱灾害。

(6) 灾害放大性 实践证明，在特定条件下，某方面不引人注目的环境污染与破坏，经过环境的作用以后，其危害性或灾害性，无论从深度和广度，都会明显放大。如河流上游小片林地的毁坏，可能造成下游地区的水、旱、虫灾害；燃烧释放出来的 SO_2 、 CO_2 等气体，不仅造成局部地区空气污染，还可能造成酸沉降，毁坏大片森林，大量湖泊不宜鱼类生存，或因温室效应，使全球气温升高，冰川溶化，海水上涨，淹没大片城市和农田；由于大量生产和使用氟氯烃化合物，破坏了大气臭氧层，结果不仅使人类白内障、皮肤癌患者增加，而且太阳中能量较高的紫外线杀死地球上的浮游生物和幼小生物，截断了大量食物链的始端，以致极可能毁掉整个生物圈。以上例子足以说明环境对危害或灾害的放大作用是何等强大。

第二节 建筑环境的构成要素

一、建筑内环境

1. 建筑热湿环境

热湿环境是建筑环境中最主要的内容，主要反映在空气环境的热湿特性中。建筑室内热

湿环境形成的最主要的原因是各种外扰和内扰的影响。外扰主要包括室外气候参数,如室外空气温湿度、太阳辐射、风速、风向变化,以及邻室的空气温湿度,均可通过围护结构的传热、传湿、空气渗透使热量和湿量进入到室内,对室内热湿环境产生影响。内扰主要包括室内设备、照明、人员等室内热湿源。

无论是通过围护结构的传热传湿,还是室内产热产湿,其作用形式基本为对流换热(对流质交换)、导热(水蒸气渗透)和辐射三种形式。某时刻在内外扰作用下进入房间的总热量叫做该时刻的得热(Heat Gain, HG)包括显热和潜热两部分。得热量的显热部分包括对流得热(例如室内热源的对流散热,通过围护结构导热形成的围护结构内表面与室内空气之间的对流换热)和辐射得热(例如透过窗玻璃进入到室内的太阳辐射、照明器具的辐射散热等)两部分。如果得热量为负,则意味着房间失去显热或潜热量。

由于围护结构本身存在的热惯性,使得其热湿过程的变化规律变得相当复杂,通过围护结构的得热量与外扰之间存在着衰减和延迟的关系。

2. 建筑光环境

合理舒适的建筑室内环境需要多方因素的共同作用才能实现。作为保证人类日常活动得以正常进行的另一个基本条件,光环境的优劣也是评价室内环境质量的重要指标。室内应有良好的、充分的光照。舒适的室内光环境不仅可以减少人的视觉疲劳、提高劳动生产率,对人的身体健康特别是视力健康也有直接影响。光线不足,会使工作效率降低,并容易导致事故的发生,废品增多,造成工作人员视力迅速减退、近视或其他眼疾增加;而对于身体正处于发育时期的中、小学生,若教室和居室的采光照明条件不好,对其视力和生理健康的影响将十分严重。因此,了解和掌握建筑光学的基本知识,具备一定的创造和控制良好光环境的能力是建筑环境领域的专业人员所必须的。

3. 建筑声环境

建筑声环境是指室内音质问题与振动和噪声控制问题。理想的声学环境应该是需要的声音(如讲话、音乐等)能高度保真,而不需要的声音(噪声)不致干扰人的工作、学习和生活。研究声音质量(音质)问题的建筑声学是现代声学最早发展的一个分支,而研究减少噪声干扰的振动和噪声控制则是在20世纪50年代以后,由于工业交通的发展而建立起来的最新分支。随着城市化进程的加快,噪声已成为现代化生活中不可避免的副产品,其影响面非常广,几乎没有一个城市居民不受到噪声的干扰和危害,所以主要问题是对振动和噪声的控制。

噪声控制的基本目的是创造一个良好的室内外声学环境。因此,建筑物内部或周围所有声音的强度和特性都应与空间的要求相一致。如何消除或适当地减少室内外噪声,以创造一个可接受的声学环境,则是建筑声学需要解决的问题。

4. 建筑空气环境

建筑环境中的空气环境是人们生活和工作中最重要的环境之一。室内空气环境主要由热环境、湿环境和空气品质等部分构成。良好的室内空气环境应是一个为大多数室内成员认可的舒适的热湿环境,同时也能够为室内人员提供新鲜宜人、激发活力并且对健康无负面影响的高品质空气,以满足人体舒适和健康的需要。室内空气品质不仅对人体健康有影响,而且对在室人员的生产率也有重要的影响。尤其是近20年来,人们更加感到研究室内空气环境的重要性和迫切性,其主要原因在于:

1) 室内环境是人们接触最频繁、最密切的环境之一。人们约有 80% 以上的时间是在室内度过的, 与室内空气污染物的接触时间多于室外。因此, 室内空气质量的优劣能够直接关系到每个人的健康。

2) 室内污染物的来源和种类日趋增多。由于人们生活水平的提高, 家用燃料的消耗量、食用油的使用量、烹调菜肴的种类和数量等都在不断增加; 随着化工产品的增多, 大量的能够挥发出有害物质的各种建筑材料、装饰材料、人造板家具等民用化工产品进入室内。因此, 人们在室内接触有害物质的种类和数量比以往明显增多。据统计, 至今已发现室内空气污染物约有 300 多种。

3) 建筑物密闭程度的增加, 使得室内污染物不易扩散, 增加了室内人群与污染物的接触机会。随着世界能源的日趋紧张, 包括发达国家在内的许多国家都十分重视节约能源。许多建筑物都被设计和建造得非常密闭, 以防室外的过冷或过热空气影响室内的适宜温度。使用空调的房间也尽量减少新风量的进入以节省耗电。因此, 严重影响了室内的通风换气。室内的污染物不能及时排出室外, 在室内造成大量聚积, 而室外的新鲜空气也不能正常地进入室内, 严重恶化了室内空气品质, 导致人们出现了各种病症, 被统称为病态建筑综合症 (sick building syndrome - SBS)。

至今, 室内空气污染问题已经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经形成成为建筑环境科学领域内的一个新的重要的组成部分。国际性的专业学术会议已经举行过多次, 联合国世界卫生组织对此也极为关注。

二、建筑外环境

建筑物所在地的气候条件, 会通过围护结构, 直接影响室内的环境, 为得到良好的室内气候条件以满足人们生活和生产的需要, 必须了解当地各主要气候要素的变化规律及其特征。

一个地区的气候是在许多因素综合作用下形成的。对建筑密切有关的气候要素有: 太阳辐射、气温、湿度、风、降水等等。

1. 太阳辐射

太阳辐射能是地球上热量的基本来源, 是决定气候的主要因素, 也是建筑物外部最主要的气候条件之一。

(1) 太阳常数与太阳辐射的电磁波 太阳是一个直径相当于地球 110 倍的高温气团, 其表面温度约为 6000K 左右, 内部温度则高达 2×10^7 K。太阳表面不断以电磁辐射形式向宇宙空间发射出巨大的能量, 地球接受的太阳辐射能约为 1.7×10^{14} kW, 仅占其辐射总能量的二十亿分之一左右。

太阳辐射热量的大小用辐射强度 I 来表示。它是指 1m^2 黑体表面在太阳辐射下所获得的热量值, 单位为 W/m^2 。太阳辐射热强度可用仪器直接测量。在地球大气层外, 太阳与地球的平均距离处, 与太阳光线垂直的表面上的辐射强度 $I_0 = 1353\text{W}/\text{m}^2$, 被称为太阳常数。

太阳辐射的波谱见图 1-3, 在各种波长的辐射中, 能转化为热能的主要是可见光和红外线。太阳辐射中约有 46% 来自波长为 $0.38 \sim 0.76\mu\text{m}$ 的可见光, 其次是波长在 $0.76 \sim 3.0\mu\text{m}$ 的近红外线。当太阳辐射透过大气层时, 由于大气对不同波长的射线具有选择性的反射和吸收作用, 因此, 在不同的太阳高度角下, 光谱的成分也不相同, 各种辐射能量占太阳辐射总能量的百分比与太阳高度角的变化见表 1-1。从表中可以看出, 太阳高度角越高,

紫外线及可见光成分越多；红外线则相反，它的成分随太阳高度角的增加而减少。

(2) 大气层对太阳辐射的吸收 太阳辐射通过大气层时，其中一部分辐射能被云层反射到宇宙空间，另一部分则受到天空中的各种气体分子、尘埃、微小水珠等质点的散射，还有一部分被大气中的氧、臭氧、二氧化碳和水蒸气所吸收。由于反射、散射和吸收的共同影响，使到达地球表面的太阳辐射强度大大削弱，辐射光谱也因此发生了变化。到达地面的太阳辐射由两部分组成，一部分是太阳直接照射到地面的部分，称为直射辐射；另一部分是经过大气散射后到达地面的，成为散射辐射。直射辐射与散射辐射之和就是到达地面的太阳辐射总和，称为总辐射。

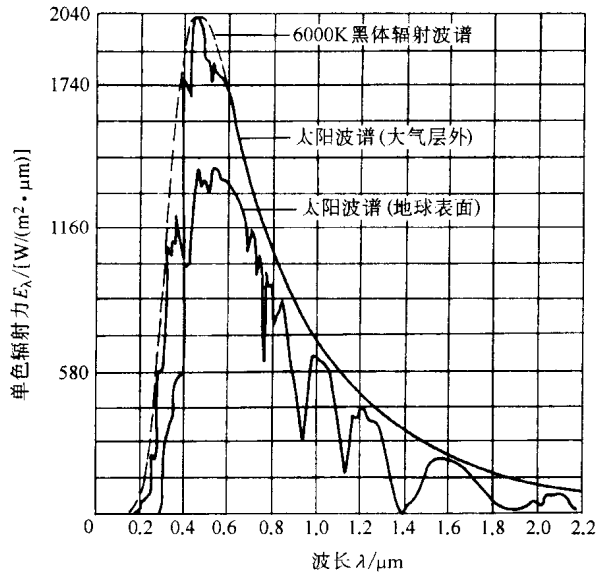


图 1-3 太阳的辐射波谱

表 1-1 太阳辐射与太阳高度角的关系

太阳高度角	紫外线	可见光	红外线	太阳高度角	紫外线	可见光	红外线
90°	4%	46%	50%	0.5°	0	28%	72%
30°	3%	44%	53%				

大气对太阳辐射的削弱程度取决于射线在大气中射程的长短及大气质量。而射程长短又与太阳高度角和海拔高度有关。水平面上太阳直射辐射强度与太阳高度角、大气透明度成正比，在低纬度地区，太阳高度角高，阳光通过的大气层厚度较薄，因而太阳直射辐射强度较大。高纬度地区，太阳高度角低，阳光通过大气层厚度较厚，因此太阳直射辐射强度较小。又如，在中午太阳高度角大，太阳射线穿过大气层的射程短，直射辐射强度就大，早晨和傍晚的太阳高度角小，射程长，直射辐射就小。

(3) 日照的作用与效果 日照是指物体表面被太阳光直接照射的现象。从太阳光谱可以知道，到达大气层表面的太阳光波长范围大约在 $0.2 \sim 3.0 \mu\text{m}$ 之间。太阳光中除了可见光外，还有短波范围的紫外线，长波范围的红外线。

对于住宅室内的日照标准一般是由日照时间和日照质量来衡量。保证足够或最低的日照时间是对日照要求的最低标准。中国地处北半球的温带地区，居住建筑一般总是希望夏季避免日晒，而冬季又能获得充分的阳光照射。居住建筑多为行列式或组团式布置，考虑到前排住宅对后排住宅的遮挡，为了使住户保持最低限度的日照时间，总是首先着眼于底层住户。北半球的太阳高度角全年中的最小值是冬至日，因此以冬至日底层住宅得到的日照时间作为

最低的日照标准。在我国一般民用住宅中,要求冬至日的满窗日照时间不低于 1h。住宅中的日照质量是通过日照时间的积累和每小时的日照面积两方面组成的。只有日照时间和日照面积都得到保证,才能充分发挥阳光中紫外线的杀菌作用。

紫外线的波长大约在 $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 。紫外线具有强大的杀菌作用,尤其是波长在 $0.25\sim 0.295\mu\text{m}$ 范围内杀菌作用更为明显。波长在 $0.29\sim 0.32\mu\text{m}$ 的紫外线还能帮助人体合成维生素 D。由于维生素 D 能帮助人体的骨骼生长,对婴幼儿进行必要和适当的日光浴,则可预防和治疗由于骨骼组织发育不良形成佝偻病。当人体的皮肤被这一段波长所照射后,会产生红斑,继而色素沉淀,也就是人们所说的晒黑。

另一方面,过度的紫外线照射,会危及人类的身体健康。臭氧在地球的大气层中最高浓度是在距地面大约 30000m 处的平流层,也被称为臭氧层或臭氧带。臭氧层吸收波长在 $0.32\mu\text{m}$ 以下的高密度紫外线,对地球的生态环境和大气环流有重要的影响,由于氯氟碳化物(CFCI)的光解破坏和氯原子在平流层中间释放,消耗大量的臭氧从而导致臭氧层浓度降低,会造成紫外线辐射增强。研究表明,波长在 $0.23\sim 0.32\mu\text{m}$ 的紫外线(又称 UV-B 短波)是一种黑瘤的一个致病因素,而目前黑瘤死亡率大约在 45%。

可见光的波长大约在 $0.4\sim 0.77\mu\text{m}$ 的范围内,是我们眼睛所能感知的光线,在照明学上具有重要的意义。波长在 $0.77\sim 0.63\mu\text{m}$ 范围的是红色, $0.63\sim 0.59\mu\text{m}$ 范围的为橙色, $0.59\sim 0.56\mu\text{m}$ 范围为黄色, $0.56\sim 0.49\mu\text{m}$ 范围为绿色, $0.49\sim 0.45\mu\text{m}$ 范围为蓝色, $0.45\sim 0.4\mu\text{m}$ 范围为紫色。

波长在 $0.77\sim 4.0\mu\text{m}$ 左右的红外线是造成热效果的主要因素。建筑物周围或室内有阳光照射,就会受到太阳辐射热能的作用,尤其是红外线含有大量的辐射热能。

日照强度大小和时间长短还会对人类的行为产生影响。研究表明,在一些纬度较高的地区,每当到了日照时间变少的冬季,有些人会变得非常胆小,疲劳而又忧郁。随着春夏的来临,日照时间变长,这些症状会逐渐消失,人又恢复正常。这是因为在无光照的黑暗环境中,人的机体内会分泌一种褪黑激素,由于冬季日短,褪黑激素分泌增多,使得一些人的精神受到压抑。在这种情况下,如果患者连续数次接受光照治疗,包括红外线、紫外线等模拟阳光,忧郁症即可明显缓解。

虽然阳光对生产和生活是不可缺少的,但直射阳光对生产和生活也会产生某些不良影响。如夏季直射阳光会使室内温度过高,人们易于疲劳,尤其是紫外线能破坏眼睛的视觉功能。又如在直射阳光中注视物体,或阳光反射到人的视野范围中,引起显著的明暗对比,会产生眩光感,时间过长会影响视觉功能。通常,直射阳光的高度角低于 30° ,或反射光与工作面所夹的角在 $40^\circ\sim 60^\circ$ 之间的光线是有害的。

(4) 建筑物的配置和外形与日照的关系 建筑对日照的要求主要是根据它的使用性质和当地气候情况而定。寒冷地区的建筑、病房、幼儿活动室等一般都需要争取较好的日照,而在炎热地区的夏季一般建筑都需要避免过量的直射阳光进入室内,尤其是展览室、绘图室、化工车间和药品库都要限制阳光直射到工作面或物体上,以免发生危害。

由于建筑物的配置、间距或者形状造成的日影形状是不同的。对于行列式或组团式的建筑,为了得到充分的日照,必须考虑南北方向的楼间距。在我国一般民用住宅中,要求冬至日的满窗日照时间不低于 1h,有的国家则要求得更高。最低限度日照要求的不同,建筑所在地理位置即纬度的不同,使得建筑物南北方向的相邻楼间距要求也不同。图 1-4 给出了

日照时间与南北方向相邻楼间距和纬度之间的关系。从图中可以看出,对于需要同一日照时间的建筑,由于其所在纬度不同,南北方向的相邻楼间距是不同的,纬度越高,需要的楼间距也越大。以长春(北纬 $43^{\circ}52'$)、北京(北纬 $39^{\circ}57'$)和上海(北纬 $31^{\circ}12'$)为例,如果日照时间为2h,在上海地区的楼间距 d/h 约为0.9,北京地区约为2,而最北的长春则需要2.5左右。

由于有其他建筑的遮挡,有的地方在一天中都没有日照,这种现象称为终日日影,同样在一年中都没有日照的现象称为永久日影。为了居住者的健康,也为了建筑物的寿命起见,终日日影和永久日影都应该避免。

建筑物周围的阴影和建筑物自身阴影在墙面上的遮蔽情况,是与建筑物平面体形、建筑物高度和建筑朝向有关。常

见的建筑平面体形有正方形、长方形、L形及凹形等种类。它们在各朝向产生的阴影和自身阴影遮蔽示意图见图1-5、图1-6、图1-7。

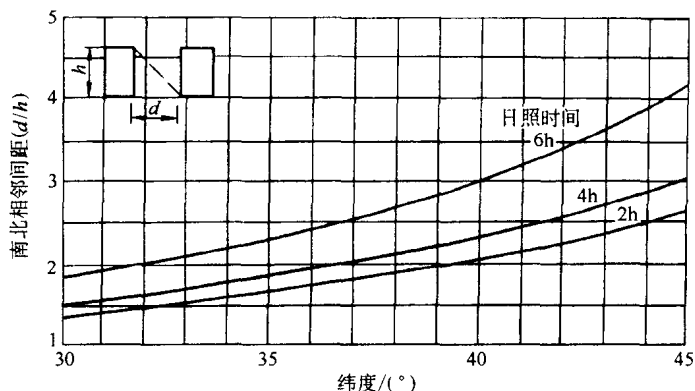


图1-4 纬度下南北相邻楼间距与日照时间的关系

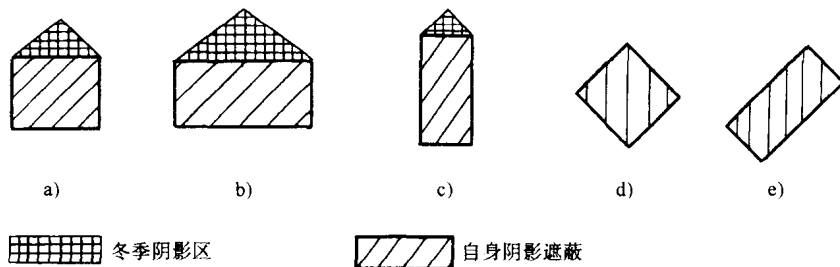


图1-5 正方形和长方形建筑物的阴影区

正方形和长方形是最常用的较简单的平面体形,其最大的优点都是没有永久阴影和自身阴影遮蔽情况。L形体形的建筑会出现终日阴影和建筑自身阴影遮蔽情况。同时,由于L形平面是不对称的,在同一朝向上因转角部分连接在不同方向上的端部,其阴影遮蔽情况也有很大的变化,也会出现局部永久阴影区。

建筑体形较大,并受场地宽度的限制或其他原因,会采用凹形建筑。这种体形虽然南北方向和东西场地没有永久阴影区,但在各朝向上转角部分的连接方向不同,都有不同程度的自身阴影遮蔽情况。

从日照角度来考虑建筑的体形,期望冬季建筑阴影范围小,使建筑周围的场地能接受比较充足的阳光,至少没有大片的永久阴影区。在夏季最好有较大的建筑阴影范围,以便对周围场地起一定的遮阳作用。

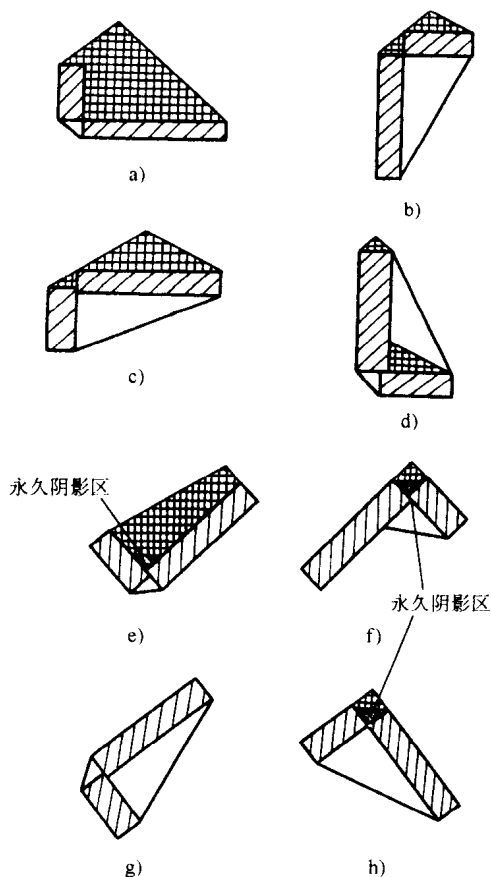


图 1-6 L形建筑阴影区示意图

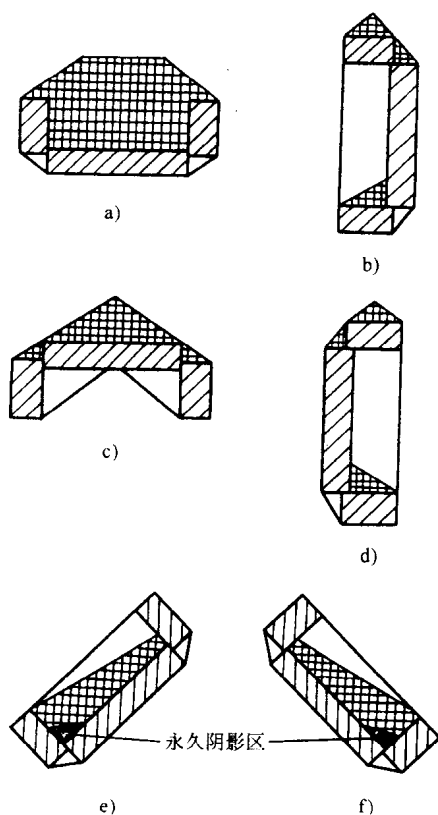


图 1-7 凹形建筑阴影区示意图

正方形体形由于体积小，在各朝向上冬季的阴影区范围都不大，能保证周围场地有良好日照。正方形和长方形体形，如果朝向为东南和西南时，不仅场地上无永久阴影区，而且全年无终日阴影区和自身阴影遮蔽情况。单从日照的角度来考虑时，是最好的朝向和体形。

长方形、L形和凹形这三种体形，在南北朝向时，冬季阴影区范围较大，在建筑物北边有较大面积的终日阴影区，在夏季阴影区范围较小，建筑物南边终年无阴影区。东西朝向时，冬季阴影区范围较小，场地日照良好；夏季阴影区都很大，上午阴影区在西边，下午阴影区在东边。在东南或西北朝向时，阴影区范围在冬季较小，在夏季较大。上午阴影区在建筑物的西北边，下午在东南边。在西南或东北朝向时，阴影变化情况与东南朝向相同，只是方向相反。

2. 室外气候与气候分区

在建筑设计中涉及到的室外气候通常在“微气候”的范畴。微气候是指离地 30~120cm 高度范围内，在建筑物周围地面上及屋面、墙面、窗台等特定地点的风、阳光、辐射、气温与湿度条件。建筑物本身以其高大的墙面而成为一种屏障并在地面与其他建筑物上投下影子，也会改变该处的微气候。

(1) 室外温度 室外气温一般是指距地面 1.5m 高、背阴处的空气温度。大气中的气体

分子在吸收和放射辐射能时具有选择性。它对太阳辐射几乎是透明体，直接接受太阳辐射的增温是非常微弱的，主要靠吸收地面的长波辐射（波长在 $3\sim 120\mu\text{m}$ 范围）而升温，因此地面与空气的热量交换是气温升降的直接原因。与温暖的地表直接接触的空气层，由于导热的作用而被加热，此热量又靠对流的作用而转移到上层空气。因此，气流和风带着空气团不断地与地表接触而被加热。在冬季和夜间，由于向空间的长波辐射作用，地表较空气要冷。这样与地表所接触的空气就会被冷却。影响地面附近气温的因素首先是：入射到地面上的太阳辐射热量，它起着决定性的作用。例如气温有四季的变化、日变化及随着地理纬度的变化，都是由于太阳辐射的热量的变化而引起的。第二是地面的覆盖面，例如草原、森林、沙漠和河流及地形等对气温的影响。不同的地形及地表覆盖面对太阳辐射的吸收和反射本身温度变化的性质均不同，所以地面的增温也不同。第三是大气的对流作用以最强的方式影响气温。无论是水平方向或垂直方向的空气流动，都会使两地的空气进行混合，减少两地的气温差别。

气温有年变化和日变化。一般在晴朗天气下，气温一昼夜的变化是有规律的。图 1-8 是将一天 24h 所测得的温度值，经谐波分析后所得出的曲线。从图中可以看出，气温日变化中有一个最高值和最低值。最高值通常出现在下午 2 时左右，而不是正午太阳高度角最大的时刻。最低气温一般出现在日出前后，而不是在午夜。这是由于空气与地面间因辐射换热而增温或降温都需要经历一段时间。一日内气温的最高值和最低值之差称为气温的日较差，通常用它来表示气温的日变化。另外，如前所述，气温的年变化及日变化取决于地表温度的变化，在这一方面，陆地和水面会产生很大的差异。在同样的太阳辐射条件下，大的水体较地块所受的影响要慢。所以，在同一纬度下，陆地表面与海面比较，夏季热些，冬季冷些。在这些表面上所形成的气团也随之而变。陆地上的平均气温在夏季较海面上的高些，冬季则低些。由于海陆分布与地形起伏的影响，我国各地气温的日较差一般从东南向西北递增。

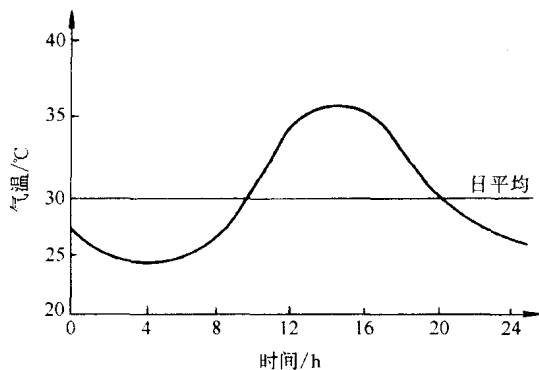


图 1-8 室外空气温度变化

一年中各月平均气温也有最高值和最低值。对处于北半球的我国来说，年最高气温出现在 7 月（大陆地区）或 8 月（沿海或岛屿），而年最低气温出现在 1 月或 2 月。一年内最热月与最冷月的平均气温差叫做气温的年较差。我国各地气温的年较差自南到北、自沿海到内陆逐渐增大。华南和云贵高原约为 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，长江流域增加到 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，华北和东北南部约 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，东北的北部与西北部则超出了 40°C 。

在微气候范围内的空气层温度随着空间和时间的改变会有很大的变化。这一区域的温度会受到土壤反射率、夜间辐射、气流形式及土壤受建筑物或种植物遮挡情况的影响。图 1-9 表示了草地与混凝土地面上典型的温度变化及靠近墙面处的温度所受的影响。从图中可以看出，在同一高度，离建筑物越远，温度越低；草地地面的温度明显低于混凝土地面的温度，最大温差可达 7°C 。在这个范围内，众所周知的温度变化是温度的局地倒置现象，其极