

高等教育“十三五”规划教材



# 建筑环境学

主 编 杜传梅  
副主编 刘晓平 张红英

Jianzhu Huanjingxue

Jianzhu Huanjingxue

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

■ 规划教材

# 建筑环境学

主 编 杜传梅

副主编 刘晓平 张红英

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

建筑环境学是建筑环境与能源应用工程专业的一门核心基础课。本书依据最新专业教学大纲的要求,结合多年的教学经验完成编写。本教材系统地介绍了建筑室外环境、热湿环境、室内空气品质、空气流动、声与光环境;分析了室内污染物的来源;从物理、化学、生理及心理方面阐述了室内主要污染物对人体健康的危害及防治措施,探讨了室内污染物的处理及评价方法。全书共分9章,主要包括:绪论、建筑外环境、建筑环境中热湿环境、人体对热湿环境的反应、室内空气品质、通风与气流组织、建筑声环境、建筑光环境、绿色建筑的评价。每部分均相对独立,各章都提供了思考题、符号说明和参考文献。

本书为高等学校建筑环境与能源应用工程专业基础专业课程用教材,可作为建筑学、土木工程、环境工程等专业教学用书,也可作为相关专业了解建筑环境学知识的辅助教材,并可作为相应部门科研、管理、工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑环境学 / 杜传梅主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3534 - 3

I. ①建… II. ①杜… III. ①建筑学—环境理论  
IV. ①TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 112835 号

书 名 建筑环境学

主 编 杜传梅

责任编辑 杨 洋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 493 千字

版次印次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

为贯彻执行国家节约能源、开发利用新能源和可再生能源、保护环境的法规和政策,创造舒适的建筑室内热、光、声环境,提高冬季采暖和夏季空气调节的能源利用效率,发展节能省地型建筑,达到建设节约型和谐社会的目标。本教材的编写思路是:① 顺应高等教育教学改革形势,打通大土木工程中的专业课,同时保留原专业的主干课程,同时满足大土木工程的需要,培养宽口径复合型人才;② 注重学生的基本素质和基本能力培养,将本教材分为基本知识技能培养、拓展和提高了的教学参考教材,工作的着力点为基本知识技能培养。目前,高等院校土木工程专业通常细分为建筑工程、道路与桥梁专业、岩土工程专业等方向,本教材主要针对土木工程专业建筑工程方向本科生学习建筑环境学而编写。以目前情况来看,要实现大土木工程专业的“一本书”教学,即建筑环境学仅以一门课程就完成专业方向教学,在有限的课时下,尽量做到、做好拓宽专业面。本教材编写的目标是能够适用于各专业的建筑环境专门知识的教学,包括土木工程、交通工程、矿山建设、工程管理等专业。

教材主要内容包括建筑光学、建筑声学、建筑热湿学、室内空气品质及处理、绿色建筑等,内容全面、重点突出、特色鲜明。编者凭借多年的教学与实践经验,对建筑环境学的知识体系进行了系统梳理,使教材内容脉络更具条理性和系统性。编写组计划依据新规范更新已有教材中相应内容。对近几年提出的建筑环境的新理念以及建筑环境设计与施工的新技术均进行了介绍。本教材不仅对建筑光、声、热湿、空气品质的理论知识内容进行了较为系统的阐述,同时紧扣当今建筑环境学的发展,反映建筑环境的最新研究成果。

本教材由安徽理工大学杜传梅主编,副主编为合肥工业大学刘晓平和中国矿业大学张红英,安徽理工大学张琳郝参编。具体编写分工为:安徽理工大学杜传梅编写第1、3、4章;合肥工业大学刘晓平编写第5、6章;中国矿业大学张红英编写第7、8章;安徽理工大学杜传梅和张琳郝编写第2、9章;安徽理工大学土

本建筑学院研究生胡国帅等参与了部分制图和录入工作。

在编写本书过程中,参考了许多同行专家的教材、专著及研究论文,列于各章后以便查阅,谨向相关文献的作者表示感谢。

由于编写时间仓促及本人水平所限,错误和缺点在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

作 者

2017年3月

## 目 录

第一章 绪论	1
第一节 人、建筑与环境的关系	1
第二节 建筑环境、能源利用、环境污染的关系	6
第三节 绿色建筑与病态建筑	7
第四节 建筑环境学的作用与地位	9
第五节 建筑环境学主要研究内容及研究方法	10
思考题	12
参考文献	12
第二章 建筑外环境	13
第一节 地球运行的基本知识	13
第二节 太阳辐射与日照	17
第三节 室外气候	25
第四节 中国的气候分区	38
本章符号说明	43
思考题	43
参考文献	43
第三章 建筑环境中的热湿环境	45
第一节 传热的基本方式	46
第二节 太阳辐射对建筑物的热作用	47
第三节 建筑围护结构的热湿传递与得热	54
第四节 以其他形式进入室内的热量和湿量	77
第五节 冷负荷与热负荷	82
第六节 典型负荷计算方法原理介绍	89
本章符号说明	96
思考题	98
参考文献	99
第四章 人体对热湿环境的反应	100
第一节 人体对热湿环境反应的生理学和心理学基础	100
第二节 影响人体与外界显热交换的几个环境因素	115
第三节 服装的热湿特性及对人的热舒适影响	116

第四节 一般条件下的稳态热环境的评价指标·····	118
第五节 人体在动态热湿环境下的控制要素·····	122
第六节 热环境与工作效率·····	128
本章符号说明·····	133
思考题·····	135
参考文献·····	135
<b>第五章 室内空气品质</b> ·····	<b>136</b>
第一节 室内空气污染·····	136
第二节 室内空气品质·····	148
第三节 室内空气污染物的控制方法·····	160
本章符号说明·····	172
思考题·····	173
参考文献·····	173
<b>第六章 通风与气流组织</b> ·····	<b>175</b>
第一节 通风概述·····	175
第二节 自然通风·····	187
第三节 气流组织·····	201
第四节 室内空气环境模拟·····	211
本章符号说明·····	220
思考题·····	221
参考文献·····	222
<b>第七章 建筑声环境</b> ·····	<b>223</b>
第一节 声音的基本概念及特性·····	223
第二节 人的听觉特性与噪声评价·····	227
第三节 声音的传播·····	234
第四节 吸声与吸声材料·····	236
第五节 环境噪声的控制·····	239
本章符号说明·····	251
思考题·····	252
参考文献·····	253
<b>第八章 建筑光环境</b> ·····	<b>254</b>
第一节 光的性质与度量·····	254
第二节 视觉与光环境·····	263
第三节 天然光环境·····	271
第四节 人工光环境·····	280

第五节 照明的节能措施·····	290
本章符号说明·····	293
思考题·····	293
参考文献·····	294
<b>第九章 绿色建筑的评价·····</b>	<b>295</b>
第一节 绿色建筑体系及绿色建筑设计·····	295
第二节 国内外绿色建筑的认证体系·····	298
第三节 绿色建筑关键技术及案例·····	304
思考题·····	307
参考文献·····	307



# 第一章 绪 论

## 第一节 人、建筑与环境的关系

### 一、人与环境的关系

环境是在人们周围对其生存有很大影响的物质的、生物的和社会条件的综合。它不仅包括空气、水、食物、居住地等生命保障系统,也蓄积了对人们产生刺激甚至袭击的物理的、化学的和生物的力量。研究环境需要针对某一主体。可能危及人们健康的环境因素大致归为三类,即物理的、化学的(或称为无机的环境因素)、生物的(或称为有机的环境因素)和社会文化的环境因素。“人类即是他的环境的创造物,又是他的环境的创造者……在人类在地球上的漫长和曲折的进化过程中,已经到了这样一个阶段,即由于科学技术发展的迅速加快,人们获得了以无数方法和在空前规模上改造环境的能力。”1972年在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议宣言中的这一论述,从本质上分析了人与环境的关系。

### 二、建筑与环境的关系

建筑是人类发展到一定阶段后才出现的。人类的一切建筑活动都是为了满足生产和生活的需要。从最早为了躲避自然环境对人类的伤害,用树枝、石头等天然材料建造的原始小屋,到现代化的高楼大厦,人类几千年的建筑活动无不受到环境条件和科学技术发展的影响,同时,随着人们对人与自然、建筑与人、建筑与环境之间关系的认识不断调整与深化,人们对建筑在人类社会中的地位以及建筑发展模式的认识也在不断提高。

如图 1-1 所示,世界上比较古老的文明都位于南北纬  $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$  纬度之间。人类活动的发展越是高纬度地区,人类遗址的时间就越晚,所以建筑出现也是逐渐向两极移动。随着现代科学技术的发展,目前人类活动遍布全球。人类早期的居住方式——树居和岩洞居。在热带雨林、热带草原等湿热地区的人类主要栖息在树上,可避免外界的侵害,是人类祖先南方古猿生活方式的延续。随着人类向温带迁移,人类住所过渡到冬暖夏凉的岩洞居,适合年温差和日温差都较大的地区。

炎热或高海拔地区的穴居方式见图 1-2,可获得相对稳定的室内热环境,顶部的天窗既可采光又可排烟。

#### 1. 自然环境与建筑环境

环境科学所研究的环境,其中心事物是人类。以人类为主体的外部世界,分为社会环境、自然环境和人工环境。社会环境探讨的是人与人之间的关系;自然环境是人与自然环境之间的关系;人工环境是人工创造的环境(常指物理环境)。一般环境之间有从属关系,依次从属关系为室内环境、建筑环境、城市环境、自然环境。如图 1-3 所示。



图 1-1 古老的文明发源地

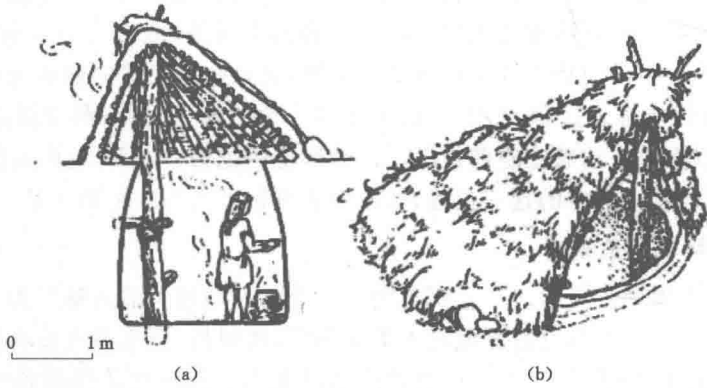


图 1-2 河南偃师汤泉沟穴居遗址

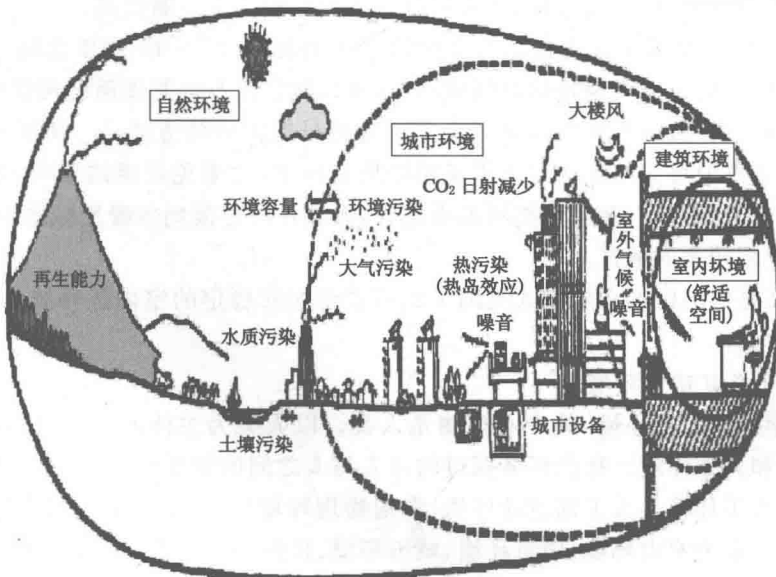


图 1-3 环境之间的从属关系

## 2. 不同地区的建筑环境

人们在长期的建筑活动中,结合各自生活所在地的资源、自然地理和气候条件,就地取材、因地制宜,积累了很多设计经验,也形成了一方水土一方建筑风格。在现代人工环境技术尚未出现的时代,在现今还未能采用现代技术的地区,地区之间巨大的气候差异是造成世界各地建筑形态差异的重要原因。

## (1) 寒冷地区建筑(图 1-4)——因纽特人的雪屋

用干雪砌成,厚度 500 mm 的墙体可以提供较好的保温性能。当室外平均温度 $-30^{\circ}\text{C}$ 时可维持室内在 $-5^{\circ}\text{C}$ 以上。

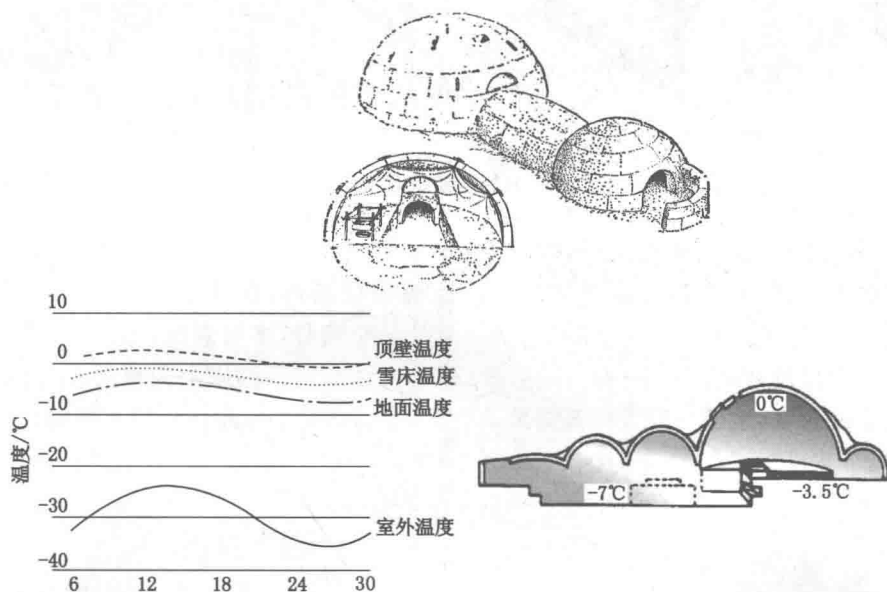


图 1-4 寒冷地区建筑

将兽皮衬在雪屋内表面,通过鲸油灯取暖,可使室内温度达到 $15^{\circ}\text{C}$ 。

## (2) 干热地区建筑——吐鲁番地区的半地窖式(图 1-5)和埃及的民居(图 1-6)

吐鲁番地区室外夏季室外可达 $47^{\circ}\text{C}$ ,太阳直射处可达 $80^{\circ}\text{C}$ ,沙面可烤熟鸡蛋。土坯散热快,室内冬暖夏凉。土壤的散湿减缓干热气候的负面影响。



图 1-5 吐鲁番地区的半地窖式的民居



图 1-6 埃及的民居

巴格达地区的传统建筑:墙厚 340~450 mm,屋面厚度 460 mm,利用土坯热惯性,室外日夜温差 24 °C,室内不到 6 °C,如图 1-7 所示。

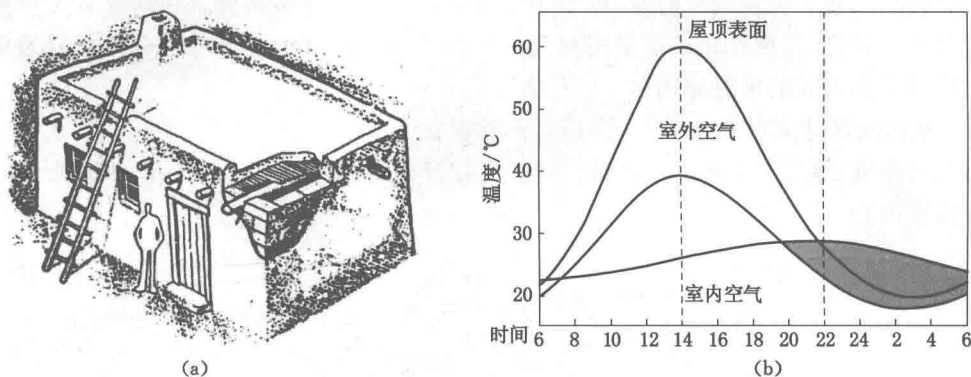


图 1-7 巴格达地区的传统建筑及室内外空气温差变化

### (3) 湿热地区——干栏建筑:吊脚楼/鼓楼

为了防雨、防湿和防热以取得较干爽阴凉的居住条件,创造出了颇具特色的架竹木楼——“干栏”,建筑图见图 1-8。干栏建筑一般处于亚热带,多雨潮湿,加之树林茂密,豺狼虎豹野猪经常出没其间。一般为三层:楼板以下为“地层”,顶棚以上为楼层,中间层为居住层。就其功能而言,地层一般为牲畜圈及杂物间,也有将厨房及碓房设置在此间。楼层主要是贮藏层。



图 1-8 湿热地区的中国民居及云南干栏竹楼:防雨,防湿和防热

### (4) 大陆气候的中国民居

在我国的西北、华北黄土高原地区,由于土质坚实、干燥、地下水水位低等特殊的地理条件,人们“创造”土窑洞借助土壤大热惯性,达到冬暖夏凉的目的,见图 1-9。

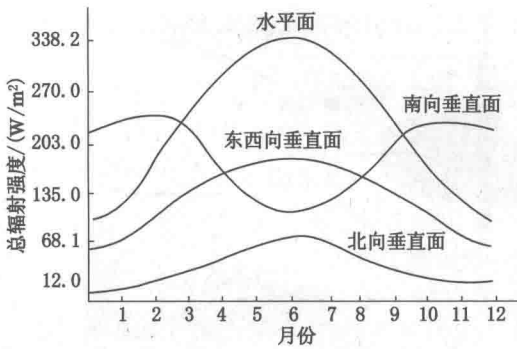
在我国北方寒冷的华北地区,由于冬季干冷,夏季湿热,为了能在冬季保暖防寒,夏季遮阳防热、防雨以及春季防风沙,就出现了大屋顶的“四合院”,见图 1-10。四合院建筑冬季有效利用了太阳能采暖和抵御北风侵袭,屋顶设计避免了夏季室内过热,坐北朝南的典范。利用太阳高度角的特点仅在北方出现。



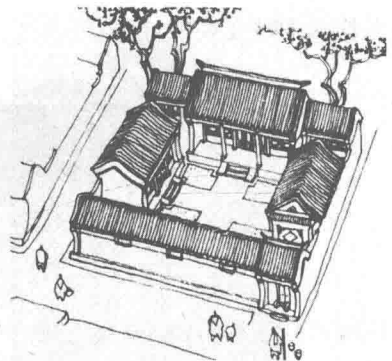
图 1-9 黄土高原地区土窑洞



(a)



(b)



(c)

图 1-10 中国四合院

## 第二节 建筑环境、能源利用、环境污染的关系

### 一、暖通空调设备与耗能

#### 1. 满足室内环境的基本手段

① 采暖——从火炕到集中采暖,控制对象:温度。

② 通风——自然通风,控制对象:温度、湿度。

③ 空调——最早的汉墓用木炭吸湿,用天然冰进行防暑降温,近代中央空调诞生于1904年,我国最早应用于上海大光明剧院。控制对象为所有参数。建筑环境质量的保障总是要以资源,能源的巨额消费为代价,在一些工业发达国家,建筑能耗占总能耗的30%~40%,而其中约2/3消耗于暖通空调系统中(我国建筑能耗约20%)。

#### 2. 能源利用与环境污染

温室效应、酸雨、臭氧层破坏、热污染、放射性污染、能源对人体健康具有不利影响。目前几大世界性环境问题多多少少都与能源利用有关。① 燃煤造成的环境问题:主要的污染是煤的燃烧产生二氧化硫,而二氧化硫是产生酸雨的主要原料。② 制冷造成的环境问题:制冷过程中的氟利昂散发到空气中,会与臭氧发生化学反应,从而破坏臭氧层使臭氧层变薄。削弱了阻挡紫外线的能力,使人类、动物等更容易受到紫外线的伤害。

#### 3. 我国能源结构

将能源进行分类,其中一次常规不可再生能源有:煤、石油、天然气。可再生能源有:水力、地热、海洋能;可再生新能源:太阳能、生物能。不可再生新能源:核燃料。二次能源有:电力、焦炭、煤气、沼气、蒸汽、重油、激光。

#### 4. 我国的能源形势与利用现状

如图1-11所示,我国能源以煤为主(75%,劣质能源),石油(优质能源)一半以上靠进口。能源利用效率低。单位产值能耗高:2000年我国每万美元GDP耗能12.74t标煤,比世界平均水平高2.4倍,比美国、欧盟、日本和印度分别高2.5倍、4.9倍、8.7倍和43%。

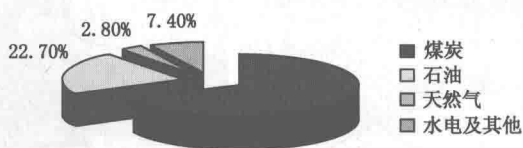


图 1-11 中国一次能源消费构成

单位产品能耗高:2000年石化、电力等8个行业主要产品单位能耗比国际先进水平高40%。能源效率低:比国际先进水平低10个百分点,能源利用中间环节(加工、转换和贮运)损失量大,浪费严重。建筑能耗:中国建筑能源消耗量巨大,中国2001年建筑用商品能源消耗共计3.58亿t标准煤,占当年全社会终端能源消耗量的比重为27.5%。而且根据发达国家的经验,这个比例还会持续上升并将最终达到35%左右;中国目前正在面临新一轮的能源短缺问题,从2002年起这个问题日趋严重。建筑用能效低:单位建筑面积能耗高与气候条件接近的西欧或北美国家相比,中国住宅的单位采暖建筑面积一般要多消耗2~3倍以上

的能源,而且舒适性较差。中国建筑外墙热损失是加拿大和其他北半球国家同类建筑的 3~5 倍,窗的热损失 2 倍以上。建筑能耗污染:中国建筑能源消耗引起的污染严重;建筑用能对温室气体排放的贡献率已达 25%;中国北方城市冬季由于燃煤导致空气污染指数是世界卫生组织推荐的最高标准的 2~5 倍。

#### 5. 节能和环保是我国经济发展长期战略

创造一个舒适的室内环境不能以牺牲室外环境为代价。需要在保证室内舒适性、节能与环境保护之间找到平衡点。建筑环境与能源应用工程专业是将环境与能源联系最紧密的专业,建环的人员肩负着研究室内环境与能源利用两大主题。近几年来,人们提出绿色建筑和可持续发展的概念,在建筑内环境与外环境之间找到平衡点。

### 第三节 绿色建筑与病态建筑

可持续发展的概念:既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。有人预测下一次工业革命:全面否定了自然是为人类而存在,是为了人类服务,人类要征服自然和利用自然的想法、做法,而是工业是自然循环的一部分,不破坏与自然和谐发展,做到零污染。

#### 一、绿色建筑

定义:充分利用可再生的材料和能源、亲和自然(利用自然通风、自然采光),尽量不破坏环境和文化传统,保护居住者的健康,充分体现可持续发展和人类回归自然的理念。如图 1-12 和图 1-13 所示。



图 1-12 上海生态建筑示范楼

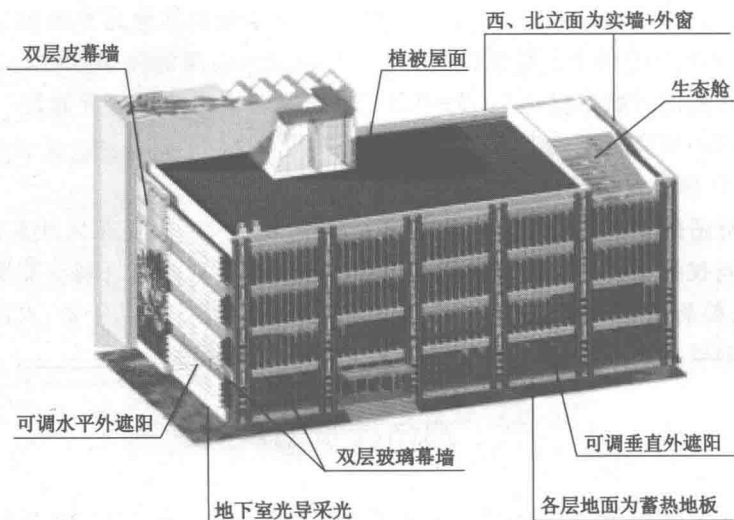


图 1-13 北京超低能耗建筑

## 二、最新提出的绿色建筑九大指标

① 能源系统：避免多条动力管道入户。对住宅的围护结构和供热、空调系统进行节能设计，建筑节能至少达到 50% 以上。

② 水环境系统：设立中水系统、雨水收集利用系统等；景观用水系统要专门设计并将其纳入中水系统一并考虑。小区的供水设施宜采用节水节能型。

③ 气环境系统：室外空气质量达到二级标准。居室内自然通风，卫生间具备通风换气设施，厨房设有烟气集中排放系统。

④ 声环境系统：采用隔音降噪措施使室内声环境系统满足：日间噪声小于 35 dB，夜间小于 30 dB。

⑤ 光环境系统：室内尽量采用自然光，居住区内防止光污染，提倡由新能源提供的绿色照明。

⑥ 热环境系统：冬季室内适宜温度：20~24℃；夏季：22~27℃。采暖、空调应该采用清洁能源。

⑦ 绿化系统：应具备三个功能，包括生态环境功能、休闲活动功能和景观文化功能。

⑧ 废弃物管理与处置系统：生活垃圾的收集要全部袋装，密闭容器存放，收集率应达到 100%。垃圾应实行分类收集，分为有害物、无机物、有机物三类，分类率应达到 50%。

⑨ 绿色建筑材料系统：提倡使用 3R 材料（可重复使用、可循环使用、可再生使用）；选用无毒、无害、有益人体健康的材料和产品。

## 三、病态建筑综合征

### 1. 两个概念

① 由室内空气品质、室内热环境、室内声环境和室内光环境等的恶化而引起的人体病态症状。

症状：眼睛、鼻子和喉咙受到刺激，精神疲劳、头痛、困倦、胸闷、过敏等症状，工作心不在



焉,工作效率下降等现象。

② 室内热环境长期稳定引起的人体隐性病态症状。

症状:人体适应能力下降,生理抵抗力、免疫力减弱。

2. 病态建筑内主要四大污染源

① 物理污染:主要指空气中的粉尘、油烟、悬浮微粒等对室内空气的污染。

② 放射性污染:普通建材中的花岗岩、大理石、页岩、硅等。

③ 化学污染:甲醛、二甲苯、氨气、一氧化碳、二氧化碳以及挥发性有机化合物等。

④ 生物污染:霉菌、细菌、尘螨、病毒、生物皮屑等。

资料表明,有 50.1% 的急性病与室内环境有关,空气受到污染,空气品质恶化,新风量不足,其原因包括:① 建筑设备的操作管理问题;② 通风问题;③ 过滤器问题;④ 室内通风管道及水管道的污染问题。

## 第四节 建筑环境学的作用与地位

### 一、建筑环境学在环境学中的作用与地位

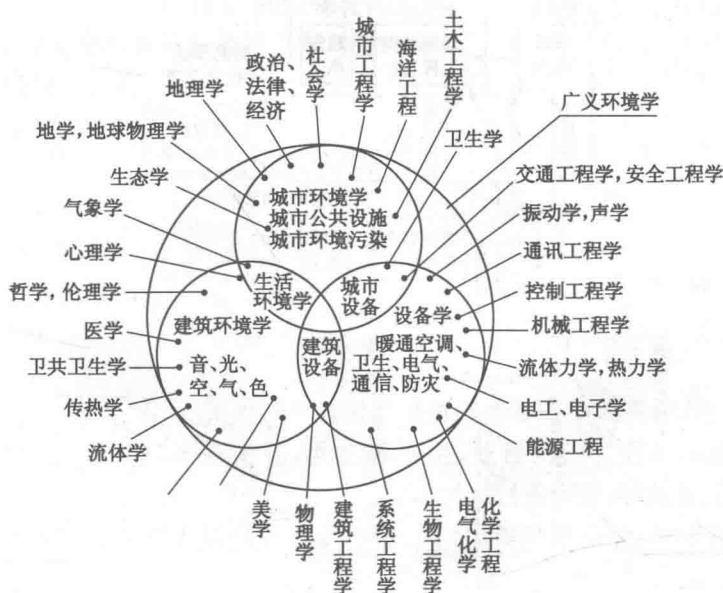


图 1-14 建筑环境学在环境学中的地位

### 二、建筑环境学在建筑领域中的作用与地位

建筑环境学是建筑环境与能源应用工程专业重要的专业基础课。建筑环境与能源应用工程专业有几门专业基础课,包括工程热力学、流体力学、传热学、建筑环境学、热质交换原理与设备、流体输配管网等。专业改名称前(供热通风与空调工程)专业基础工程课:工程热力学、传热学流体力学,改专业名称后增加了几门专业基础课,其中把一部分专业课中的理论部分等进行归纳并增加了新的内容。供热通风与空调工程改为建筑环境与设备工程,增