



高等学校建筑环境与能源应用工程专业规划教材

建筑环境与能源应用 工程概论

Introduction to Building Environment
and Energy Engineering

龙恩深◎编著



中国建筑工业出版社

高等学校建筑环境与能源应用工程专业规划教材

建筑环境与能源应用工程概论

Introduction to Building Environment and Energy Engineering

龙恩深 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑环境与能源应用工程概论/龙恩深编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2015.9
高等学校建筑环境与能源应用工程专业规划教材
ISBN 978-7-112-18342-5

I. ①建… II. ①龙… III. ①建筑工程-环境管理-
高等学校-教材 IV. ①TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 176626 号

责任编辑: 张文胜 姚荣华

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 姜小莲

高等学校建筑环境与能源应用工程专业规划教材

建筑环境与能源应用工程概论

龙恩深 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

环球印刷 (北京) 有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11½ 字数: 275 千字

2015 年 8 月第一版 2015 年 8 月第一次印刷

定价: 29.00 元

ISBN 978-7-112-18342-5

(27554)

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)

内 容 简 介

本书分 10 章对更名后的建筑环境与能源应用工程专业在新时代背景下的新内涵进行了系统剖析；基于高中数理化知识、冷热感受与环境体验，介绍了将伴随学生整个专业生涯的基本常识；从建筑环境特性及调控原理，建筑环境工程概论，建筑环境的健康与安全，建筑能源的生产、交换与输配原理，建筑能源应用工程概论，建筑区域能源规划概论及建筑自动智能化等 8 大板块系统介绍了相关专业入门的基本知识；回答了大学学习应该重点关注的专业和职业教育问题。

本书为建筑环境与能源应用工程专业的专业入门教育而编写。它可作为有关大专院校师生及工程设计人员的学习参考书，也可作为相关设备安装、管理调试、维修人员的培训和自学教材。

配套资源下载说明

本书配套资源请进入 <http://book.cabplink.com/zydown.jsp> 页面，搜索图书名称找到对应资源点击下载（注：配套资源需免费注册网站用户并登录后才能完成下载，资源包解压密码为本书征订号 27554）。

前 言

继 20 世纪 70 年代后期专业名称由“供热通风”改为“供热通风与空调工程”，1998 年又更名为“建筑环境与设备工程”，2012 年教育部发布新的本科专业目录再次更名为“建筑环境与能源应用工程”。每次更名的时间间隔在缩短，说明专业日新月异、发展步伐加快；名称更迭反映了时代发展和社会需求，专业的内涵也紧跟国家战略需求在不断拓展。

准确理解专业新名称和新时代背景下的新内涵，对专业知识体系和专业能力培养体系的构建至关重要。本书从建筑发展史和近现代科技史的角度，剖析了产生建筑环境问题的根源，阐述了专业新内涵与国家发展战略及人类环保诉求的高度一致性。本专业学生如能树立服务国家和社会需求的使命感和责任感，个人职业生涯和事业发展就插上了腾飞的翅膀。

围绕专业新内涵，本书首先基于高中数理化知识，从专业角度介绍温度、热的概念，讲解建筑环境和能源转化的物质载体、最基本物质（水和大气）的特性以及能源转化及应用必须遵循的基本规律等专业常识；继而从建筑环境特性及调控原理，建筑环境工程概论，建筑环境的健康与安全，建筑能源的生产、交换与输配原理，建筑能源应用，建筑区域能源规划及建筑自动智能化等板块向学生传递专业入门的基本知识。最后回答了大学学习应该重点关注的专业教与学、职业素养修炼等问题。

本书为初涉专业的大一新生或大二学生（大类招生）编写。作者不求让学生学到过多具体的专业知识，但求对本专业的全局问题有深刻的领悟，熟谙各板块专业知识的内在联系，特别是从科学史、城镇化进程、专业发展史角度认识专业未来发展趋势和广阔的发展前景，培养学生专业自豪感，建立对专业学习研究、回馈社会的兴趣和激情，将专业精髓注入学生的职业机体。

四川大学建筑环境与能源应用专业诞生与专业更名巧遇，作者试图将专业新内涵的个人心得注入人才培养体系。本书的内容曾在四川大学 2012 年、2013 年两届学生专业概论课中试授，取得了较好的效果。在编撰出版过程中，全国高校建筑环境与能源应用工程专业评估委员会主任、中国建筑设计研究院潘云钢总工，专业评估委员会委员、中国建筑西南设计研究院戎向阳总工，全国高校建筑环境与能源应用工程专业指导委员会副主任、重庆大学付祥钊教授，全国高校建筑环境与能源应用工程专业指导委员会委员、专业评估委员、东华大学沈恒根教授，重庆大学肖益民教授及中国建筑西南设计研究院徐明顾问总工等对本书提出了若干建设性意见和建议，在此表示衷心感谢！在资料收集和整理过程中，

韩如冰、王军、王子云、马立等老师，李彦儒、王彩霞、颜彪等博士生，王索、陈勇、孟宪宏等硕士生做了大量工作，2012级、2013级明阳、安康等10余位同学分别通读了初稿并提出了意见，在此一并致谢！

作为专业的入门教材，其重要性不言而喻。入门教材需对专业内涵和专业知识体系具有深刻而准确的理解，更需对专业教育和能力培养各个环节有高屋建瓴的提炼升华。作者深知自己才疏学浅，但因四川大学专业教学确需一本能综合反映专业内涵的读本，本人思慎再三，才把不太成熟的所思所想编纂付印，抛砖引玉，以便听取批评，改进完善。书中观点定有不少谬误，恳请读者斧正。

编著者
2015 于川大

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑与建筑环境	1
1.2 建筑环境问题的由来	3
1.3 建筑环境营造方法及能源应用	8
1.4 建筑能源应用与可持续发展.....	10
1.5 建筑能源消耗与环境生态.....	13
1.6 国家意志与本专业内涵.....	16
思考题	17
第 2 章 建筑环境与能源应用工程的基础常识	18
2.1 建筑热环境的基本表征——温度.....	18
2.2 能源的常见形式——热.....	21
2.3 环境与能源转化载体：物质与物态变化.....	26
2.4 专业基本物质载体：水与大气.....	30
2.5 能源转化与应用的基本定律.....	34
思考题	37
第 3 章 建筑环境及调控原理	38
3.1 建筑外环境.....	38
3.2 建筑热湿环境特性及调控.....	42
3.3 空气品质特性及调控.....	46
3.4 建筑通风及调控.....	48
3.5 建筑光环境特性及调控.....	50
3.6 建筑声环境特性及调控.....	56
思考题	59
第 4 章 建筑环境工程概论	60
4.1 人的热感觉与舒适感.....	60
4.2 空调工程.....	63
4.3 供暖工程.....	67
4.4 声光环境调控工程.....	72
思考题	74
第 5 章 建筑环境的健康与安全工程概论	75
5.1 建筑环境的健康.....	75
5.2 建筑的火灾.....	77
5.3 建筑防排烟.....	81
5.4 特殊建筑的火灾控制与安全.....	82

思考题	85
第 6 章 建筑能源的生产、交换与输配	86
6.1 建筑能源的需求	86
6.2 建筑热能的生产原理	89
6.3 制冷的原理	91
6.4 建筑热能采集原理	93
6.5 建筑能源的交换原理	94
6.6 建筑能源的输配	100
思考题	105
第 7 章 建筑能源应用工程概论	106
7.1 能源分类	106
7.2 电能应用	106
7.3 燃气能源应用	109
7.4 清洁能源应用	112
7.5 建筑节能技术	120
思考题	126
第 8 章 建筑能源规划	127
8.1 区域能源规划的基本原理	127
8.2 区域集中供热技术	129
8.3 城市集中供暖技术	136
8.4 城市燃气管网规划	140
8.5 冷热电三联供技术	141
思考题	144
第 9 章 建筑自动化与建筑智能	145
9.1 建筑环境与能源应用的自动控制	145
9.2 建筑自动化系统	147
9.3 建筑智能化系统	149
第 10 章 专业教育与职业规划	152
10.1 专业和个人发展须适应国家战略需求	152
10.2 工程师应该具备哪些基本素养?	155
10.3 如何培养专业能力?	158
10.4 如何进行职业规划?	160
10.5 如何寻找满意的工作?	164
10.6 如何在大学修炼提升竞争力?	166
参考文献	173

第 1 章 绪 论

建筑环境与能源应用工程 (Building Environment and Energy Engineering) 属于工学土木类本科专业之一, 对应的研究生授予学位专业为供热、供燃气、通风及空调工程, 主干学科为工学一级学科土木工程。

建筑环境与能源应用工程专业的任务是以建筑为主要对象, 在充分利用自然能源的基础上, 采用人工环境与能源利用工程技术去创造适合人类生活与工作的舒适、健康、节能、环保的建筑环境和满足产品生产与科学实验要求的工艺环境, 以及特殊应用领域的人工环境 (如地下工程环境、国防工程环境、运载工具内部空间环境等)。随着社会经济发展和科技进步, 人类居住、产品生产等对建筑环境的要求逐渐提高, 建筑能耗快速增长, 对建筑环境与能源应用工程专业的人才培养与科学研究提出了更高的要求, 人才需求也不断增长, 本专业具有良好的就业前景。

为了帮助同学们全面了解本专业, 首先要弄清研究对象——建筑与建筑环境。

1.1 建筑与建筑环境

1.1.1 什么是建筑?

建筑是建筑物与构筑物的总称, 是人们利用泥土、砖、瓦、石材、木材、钢材、玻璃、芦苇、塑料、冰块、钢筋混凝土、型材等一切可以利用的建筑材料, 并运用一定的科学规律、技术手段和美学法则建造的供人居住、工作、学习、生产、经营、娱乐、储藏物品以及进行其他社会活动的工程, 如住宅、厂房、体育馆、窑洞、水塔、寺庙、隧道、桥梁、码头等。广义上来讲, 景观、园林也是建筑的一部分。更广义地讲, 动物有意识建造的巢穴也可算作建筑。但本专业涉及的建筑对象主要是具有特定空间且对其内部空间环境具有某些特殊要求的建筑, 例如, 民用建筑、工业建筑、农业建筑、地下空间、运载工具 (飞机、火车、轮船、太空飞船、核潜艇等) 内部空间等。对于没有内部空间或对内部空间环境没有特定要求的构筑物 (如长城、大桥、纪念碑), 不在本专业研究之列。

1.1.2 什么是建筑环境?

要把本专业所研究的建筑环境说清楚, 还得从广义的环境说起。

广义而言, 环境是指“围绕主体而存在的一切事物”, 而人是地球、城市、建筑的主体。人类的环境分为自然环境和社会环境。自然环境包括大气环境、水环境、生物环境、地质和土壤环境以及其他自然环境; 社会环境包括居住环境、生产环境、交通环境、文化环境和其他社会环境。通俗地讲, 所谓环境, 涵盖了每个人在日常生活中面对的一切。生活空间提供给人们呼吸所需要的空气; 江河湖泊或地下水, 成为可供人们饮用的淡水; 餐桌上的瓜果菜粮从土地中生长出来。仔细想想每天从早到晚的生活, 我们消耗水、电、煤 (或天然气、薪柴)、汽油 (开车乘车的人)、食物及洗涤用品等, 使用棉制品 (如床单、

衣服)、木制品(如家具)、金属制品(如菜刀)、玻璃制品(如杯子)、石油制品(如塑料)等,这些习以为常的消费都来自大自然,它们在生产、加工过程中,往往还需要耗用大量淡水和煤炭、石油等能源。我们靠环境供给的一切生活着。

什么是生态环境?生态环境是指由生物群落及非生物自然因素组成的各种生态系统所构成的整体,主要或完全由自然因素形成,并间接地、潜在地、长远地对人类的生存和发展产生影响。生态环境的破坏,最终会导致人类生活环境的恶化。因此,要保护和改善生活环境,就必须保护和改善生态环境。我国环境保护法把保护和改善生态环境作为其主要任务之一,正是基于生态环境与生活环境的这一密切关系。生态环境与自然环境是两个在含义上十分相近的概念,有时人们将二者混淆,但严格说来,生态环境并不等同于自然环境。自然环境的外延比较广,各种天然因素的总体都可以说是自然环境,但只有具有一定生态关系构成的系统整体才能称为生态环境。仅有非生物因素组成的整体,虽然可以称为自然环境,但并不能叫作生态环境。从这个意义上说,生态环境仅是自然环境的一种,二者具有包含关系。

什么是生活环境?生活环境是指与人类生活密切相关的各种自然条件和社会条件的总体,它由自然环境和社会环境中的物质环境所组成。严格说来,社会环境中的精神环境不属于环境保护法所保护的环境。生活环境按其是否经过人工改造来划分,可分为自然环境和人工环境。自然环境是各种天然因素的总体。如与人类生活密切相关的空气、水源、土地、野生动植物等。人工环境是指经过人工创造的用于人类生活的各种客观条件。如用于人类生活的建筑物、公园、绿地、服务设施,温暖、凉爽的室内环境等。生活环境按其从小到大划分,可分为居室环境、院落环境、村落环境、城市环境等。按其用途可分为休息环境、劳动环境、学习环境、工作环境、旅游环境等。生活环境的优劣与每个人生活质量的好坏息息相关。

什么是建筑环境?按照“环境”的概念来讲,建筑环境就是指围绕着建筑、并对建筑的存在与发展产生影响的一切外界事物。建筑环境包括室内环境与室外环境,以及建筑之间的空间环境,具体地讲,是指它们的热湿环境、声环境、光环境、空气流动与品质环境,而建筑热湿环境主要是指室内空气的温度、湿度和各内表面温度。这些环境要素在自然气候和人类活动的耦合作用下,并不能完全满足人类生活与工作的舒适、健康、高效的需要,不能满足产品生产与科学实验的工艺环境要求,需要在充分利用自然能源的基础上,采用人工环境与能源利用工程技术去创造人们期望的环境。因此,本专业研究的建筑环境是为了营造人类所需环境,更具有目的性和针对性,其含义用英文表达更为确切: Building Environment。例如,冬季室内气温寒冷干燥时,可以通过加热升温和加湿的方式营造一个温暖如春的环境;夏季室内炎热潮湿时,可以通过制冷降温和除湿的技术创造一个凉爽宜人的清凉世界;在黑暗的夜晚,利用光环境技术为城市和建筑空间营造一个璀璨夺目或照度适宜的休闲生活环境;在喧嚣中运用声环境技术营造一个静谧的学习生活环境。又如,空气中的尘埃不仅对人的健康不利,而且会影响生产工艺过程的正常进行和影响室内壁面、家具和设备的清洁,还会恶化某些空气处理设备的处理效果(如加热器,冷却器的传热效果)。某些生产工艺过程,除对空气的温湿度有一定要求外,还对空气的洁净程度有要求。因此,空气在送入室内之前,除进行热、湿处理外,还可能要对其进行净化处理。净化处理主要控制空气中的悬浮颗粒物,以保证产品的高质量、高精度、高纯度

和高成品率。此外，有时还需对空气进行杀菌、除臭和增添负离子，以进一步改善空气的品质。

根据上述对专业涉及建筑与建筑环境的内涵界定，建筑对象宏观上可涵盖区域规划、城市（镇）规划、景观设计各类建筑内部空间及其建筑之间空间的集合体；微观上也可包括规划区域内各类建筑内部空间及其建筑之间空间的集合体；微观上可以指一幢建筑内部各功能空间及房间。宏观建筑环境对中观建筑环境有直接的影响；中观建筑环境又对微观建筑环境有密切的相关性；因此，在人工营造细观建筑环境时，不可避免地会涉及中观或宏观建筑环境，尽管中观或宏观建筑环境很难人工营造，但是，可以通过建筑的规划布局等被动式技术手段的应用，降低城市热岛、污浊岛效应，改善小区风环境、声环境，进而为营造更佳的建筑室内环境提供有利的外部条件。

1.2 建筑环境问题的由来

根据《中国大百科全书（第二版）》，人类的历史已有 600 万年了，而河姆渡遗址发现的干栏式建筑遗迹迄今已有 7000 年。但是，为什么建筑环境问题在最近几十年才暴露出来而且越来越受到人们的关注呢？这可以从建筑的演进和发展史找到答案。

1.2.1 建筑源于生存需求

建筑是人类发展到了一定阶段后才出现的。人类从事建筑的最原始、最直接的动因是为了居住，满足人的生产活动和生存需要。人类经历了由穴居野处、构木为巢到建造房屋的过程。在远古的巢居、穴居时代，建筑的基本功能是防卫、御寒和遮风避雨。随着社会文明与进步，建筑的演进从被动适应到主动采取措施、改善人造空间环境质量、展示建筑的文化品位和艺术风格。

建筑是人类适应相对寒冷气候的产物。人类在从低纬度的热带雨林地区向寒带高纬度地区逐渐迁徙的过程中，利用建筑来适应不同气候，是人类适应与抗衡自然环境的最初体现。考古学家发现，人类活动的发展是从低纬度地区向高纬度地区扩展的。越是高纬度地区，出现人类遗址的时间就越晚。因为人类发源于热带雨林，在这个区域，人类不需要建筑就可以生存。随着建筑的出现，人类的活动逐渐向两极移动，直到科技高度发达的今天，人类活动的足迹几乎遍布全球。

人类最早的居住方式是树居和岩洞居。在热带雨林、热带草原等湿热地区的人类主要栖息在树上，以避免外界的侵害，这是人类祖先南方古猿生活方式的延续（图 1-1）。随着人类向温带迁移，人类住所过渡到了冬暖夏凉的岩洞居（图 1-2），以适应该地区年温差和日温差都较大的特点。随着历史的发展，树居和岩洞居演进成为巢居和穴居，成为人类建筑的雏形。巢居增加了“构木为巢”的人类创造过程，反映了人类改造自然的努力。半穴居方式可获得相对稳定的室内热环境，侧上部及顶部既可采光又可排烟，适应气候的能力更强。而穴居和巢居又在漫长的历史过程中逐渐发展，演变为不同的建筑类型，如图 1-3 所示。

人类在具有一定适应外部环境的建筑知识和技能后，就开始在更大的范围繁衍生息，进而创造出人类的灿烂文明。世界上比较古老的文明，如古埃及、古巴比伦、古印度和古代中国，都位于气候条件相对较好的南北纬度 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 之间，即所谓的中低纬度文明带（图 1-4）。



图 1-1 树居

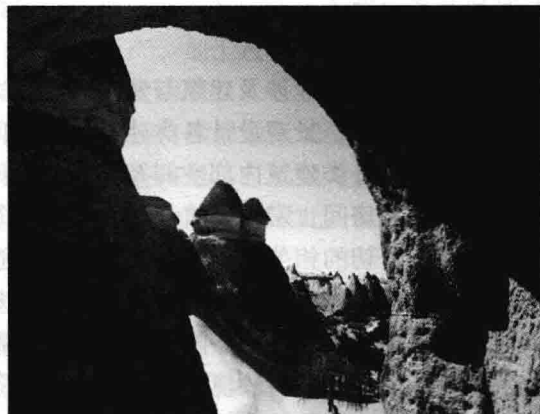


图 1-2 岩洞居

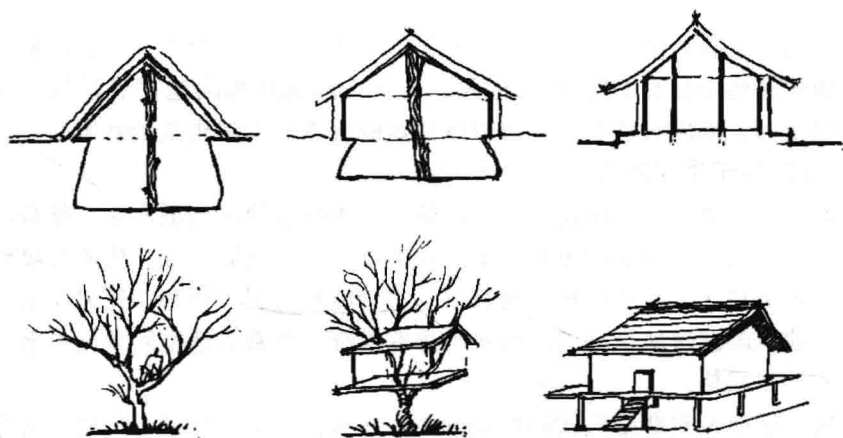


图 1-3 穴居和巢居向不同风格建筑的演变【绘图：方舟】

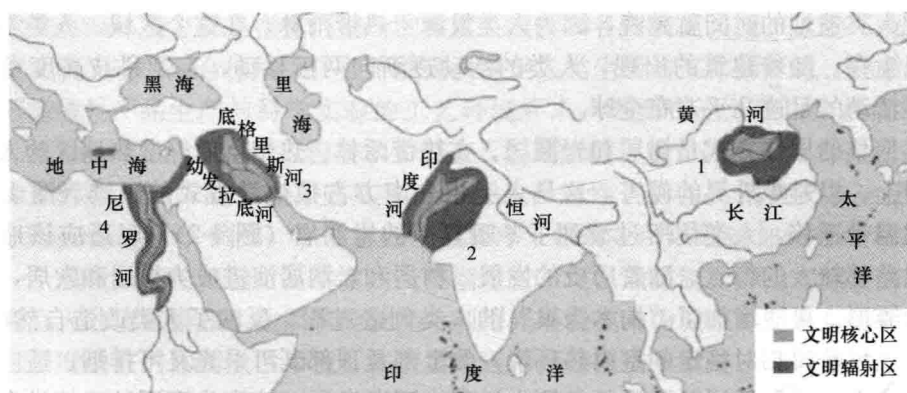


图 1-4 中低纬度文明带

1—中华古文明；2—古印度文明；3—两河文明；4—古埃及文明

1.2.2 建筑在适应气候中发展

随着人类活动范围进一步向高纬度地区扩大，如何适应更加恶劣的自然环境？爱斯基

摩人的建筑智慧给予了我们启示。北美洲高纬度地区常年大风不断，是一片冰天雪地的世界。在酷寒的莽原中，生活着数万因纽特人（爱斯基摩人）。由于气温极低，帐篷无法御寒，所以这一地区的爱斯基摩人建造了有名的圆顶雪屋，迁入地下居住。建造雪屋的第一步是选择一个开阔、向阳的平地，再确定一个具体的地基，然后就用锐利的刀将冰雪切割成各种规格的大雪砖，这样就可以砌雪屋了。以后，每叠加一圈，向内收缩一点，圆圈越来越小，最后形成一个封闭的、半球形的圆顶。在南面一方开一小窗，小窗上方伸出一块板形的雪块，可遮挡雪花飘打窗户，亦可折射太阳光线，使其能直照室内，而不是照在北面的大雪砖上。因为冬天，北极圈周围的太阳角度太低，光线有时几乎是南方的地平线上斜照过来，所以，窗户上方的这块大雪板正好是一个折光镜，让太阳把屋内照亮。雪屋是圆形的，不但可以阻挡刺骨的寒风，还能保护屋顶，使它不会融化。雪屋深挖洞、浅筑顶的做法，使得人们冬日居于地下，要比居于地上相对温暖一些。雪屋建成了，为了防风雪，御寒冷，因纽特人往往还要在半球形的屋顶上盖一层厚厚的野草，再覆以一层海豹皮；同时在屋内螺旋形的墙壁上到处挂满兽皮，亦可防寒。另一御寒方法就是遮蔽窗户，一般是用透明的海兽肠子作遮蔽物，这种窗户只透光不透气，很具特色。在雪屋里，因纽特人还生起炉火来驱寒取暖，他们用石块凿成一个石炉子，里面盛满海兽榨出来的油，用兽毛搓成灯芯，点燃后，即使室外是摄氏零下三四十度的低温，屋内还是挺暖和的。有些雪屋根本没有门，而是在盖好雪屋后从地下挖掘一条通道作为门，这样室内就更暖和了（图 1-5）。

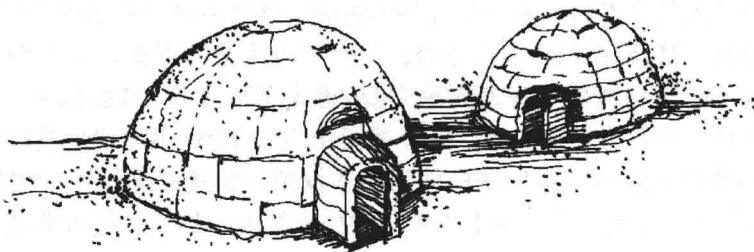


图 1-5 爱斯基摩雪屋【绘图：方舟】

可见，古代建筑是人类与大自然（特别是恶劣气候条件）不断抗争的产物。人们在长期的建筑活动中，结合各自生活所在的地形，为了适应当地的气候条件，就地取材、因地制宜创造了各种风格和形式的建筑。除了爱斯基摩雪屋外，在埃及和伊拉克干热地区，由于室外气温高，空气干燥，传统建筑采用厚重的土坯作围护结构，墙厚 340~450mm，室外昼夜温差达到 25℃时，室内温度波动仅 6℃。在我国寒冷的华北地区，由于冬季干冷，夏季湿热，为了能在冬季保暖防寒，夏季防热防雨以及春季防风沙，就出现了“四合院”，而在我国西北、华北黄土高原地区，由于土质坚实、干燥，地下水位低等特殊地理条件，人们就创造出来“窑洞”来适应当地的冬季寒冷干燥，夏季有暴雨，春季多风沙，气温年较差大的特点（图 1-6）。生活在西双版纳的傣族人民，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“干阑式”竹楼（图 1-7）。

1.2.3 工业革命对建筑环境的影响

自 19 世纪工业革命至今的 200 余年间，现代建筑的发展变化经历了三次重大的技术革命。第一次技术革命是材料技术和结构技术的革命，19 世纪的工业革命提供了现代建



图 1-6 窑洞建筑



图 1-7 干阑式建筑

筑必需的现代手段和新的建筑材料，钢筋混凝土、预制钢构件、平板玻璃等都为现代建筑的实现提供了必需的材料基础。材料和结构技术的革命，对建筑造型艺术所产生的深刻影响，是显而易见的。其中尤其以钢铁、混凝土和玻璃在建筑上的广泛应用最为突出。在房屋建筑上，铁最初应用于屋顶，如 1786 年巴黎法兰西剧院建造的铁结构屋顶以及 1801 年建造的英国曼彻斯特萨尔福特棉纺厂的 7 层生产车间，首次采用了铁结构工字形的断面。另外，为了采光的需要，铁和玻璃两种建筑材料配合应用，在 19 世纪建筑中取得了巨大成就。如巴黎旧王宫的奥尔良廊、第一座完全以铁架和玻璃构成的巨大建筑物——巴黎植物园的温室，而最著名的则是 1851 年建造的伦敦“水晶宫”（图 1-8）。框架结构最初在美国得到发展，其主要特点是以生铁框架代替承重墙，外墙不再担负承重的使命，从而使外墙立面得到了解放。1858~1868 年建造的巴黎圣日内维夫图书馆，是初期生铁框架形式的代表。此外还有：英国利兹货币交易所、伦敦老火车站、米兰埃曼尔美术馆、利物浦议院、伦敦老天鹅院、耶鲁大学法尔南厅等。美国 1850~1880 年间“生铁时代”建造的大量商店、仓库和政府大厦多应用生铁构件门面或框架，如圣路易斯市的河岸上就聚集有 500 座以上生铁结构的建筑，在立面上以生铁梁柱纤细的比例代替了古典建筑沉重稳定的印象，但还未完全摆脱古典形式的羁绊。在新结构技术的条件下，建筑在层数和高度上都出现了巨大的突破，第一座依照现代钢框架结构原理建造起来的高层建筑是芝加哥家庭保险公司大厦，共 10 层，它的外形仍然保持着古典的比例。

第二次技术革命是设备技术的革命。20 世纪以来，电梯、自动扶梯、人工照明、水处理、人工通风、空调等新技术不断涌现，从 20 世纪 30 年代前后开始对建筑产生巨大的影响，建筑使用功能与建筑空间的构成模式，都随之发生了根本的变化。这次设备技术的革命，对建筑的影响则由空间造型转向到功能方面。建筑不再受自然环境的限制，交通、朝向、采光、通风、温湿度调节等都可由人工来处理，建筑的功能组织关系发生了重大的变化。第三次技术革命是信息技术革命。20 世纪 70 年代以后计算机、光纤通信、电子技术和节能技术等高新技术进入建筑领域，自动化的楼宇管理系统、防灾报警系统、保安监控系统的发展，以及可持续发展的建筑观和环境意识的确立，使得当今的建筑朝着智能化和生态化的方向发展。与材料、结构技术的革命相比，信息社会里的高技术对建筑造型的直接作用有限，但其潜在的影响却不容忽视。它对建筑的影响不再是空间造型和功能组织关系，而是改变了建筑的内在中枢。科技的进步，使我们战胜了自然，任何可以想象出来的建筑都能够建造出来，任何需要的室内环境都可以营造出来（图 1-9）。

可以发现，建筑材料和构造技术的革命性突破，彻底改写了气候决定建筑形式的历史。这一方面反映了人类发展和技术进步的必然，但另一方面也对建筑环境营造提出了新的要求，其直接后果就是对资源性能源消耗的迅猛增长。因此，工业文明的利与弊是值得本领域深刻反思的。



图 1-8 伦敦“水晶宫”

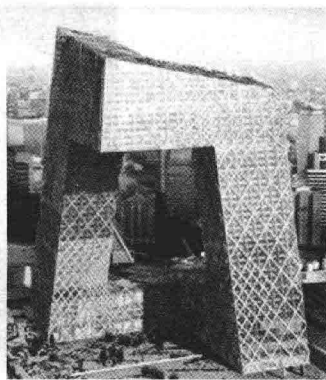


图 1-9 CCTV 新总部大楼

1.2.4 城市化对建筑环境的影响

产业革命后的 200 多年的人类发展过程，某种程度上就是城市化过程。一方面，城市化的优越性势不可挡。火车、汽车、轮船等交通工具促进了城市间的交往，机器生产提高了生产效率，机器的发明使工人的数量急剧增加，城市规模逐渐扩大，交通设施的发展使城市的联系更为快捷，运输量更大，生产力的提高与人口的增加形成良性循环，生产关系的变革带来城市建设管理的变化，聚集效应和规模效益是城市化的关键，生产的社会化、专业化和大协作，使生产力合理配置，市场的竞争、优胜劣汰，是推动生产力发展的动力，合理的规模使生产达到最佳的经济效益。产业革命催生了将大量工人集中在一起的工厂；工厂附近形成生活居住区和生活服务设施集中村镇——共用设施建设成本低；村镇逐渐发展成为城市，交通、服务、基础设施发达；聚集效应使城市越来越大，现代化的技术和信息及环境要求——带动其他城市的发展，发达、迅速的交通使世界变小了，便捷、迅速的网络、信息技术将世界城市连为一体，生活质量的提高要求有更高标准的消费城市。

另一方面，城市化也带来一系列问题，需要包括本专业在内的人才去解决。交通量急剧增加，车速提高，交通堵塞，消耗大量能源，城市环境恶化；人口急剧增长，城市基础设施不敷使用；大众消费社会形成，生产与生活矛盾日益凸显；空气、垃圾、污水、噪声、电磁波等城市环境污染严重；居住环境不佳，住宅密度过高，舒适性差；交通状况堪忧，停车难、事故多发、堵车严重；自然灾害如地震、火灾、洪水、海啸等造成的危害和损失越来越严重。

我国 2014 年城市化率达到 51.3%，离西方发达国家的 75%~80% 尚有不小的差距。城市化的人口聚集对建筑体量大型化提出越来越高的要求，建筑材料种类和消耗量越来越多，建筑使用过程中能源需求越来越大，导致一系列环境问题：密闭性，空气质量差、军团病，空调综合症，城市热岛效应，能源紧张与枯竭等，未来中国建筑与环境的矛盾将会变得越来越尖锐。图 1-10 是目前亚洲单体建筑面积最大的建筑——176 余万平方米的成

都环球中心。该建筑长 800m、宽 500m，占地面积相当于 121 个奥运“鸟巢”标准足球场，如此巨大的室内空间，建筑环境问题的解决是极富挑战性的。

可见，工业文明与城市化带来的负面影响必须通过提倡生态文明来克服。大力发展绿色建筑，倡导建筑适应气候、适度舒适、资源循环利用等是可持续发展的必由之路。



图 1-10 建筑环境极富挑战性的亚洲最大单体建筑——成都环球中心

1.3 建筑环境营造方法及能源应用

要营造健康、舒适、卫生的建筑环境，一般有两种方法：一种是被动式方法，另一种是主动式方法。

1.3.1 建筑环境的被动式营造方法

建筑环境被动式营造方法是指从建筑规划设计角度，通过对建筑朝向的合理布置、建筑体形控制、遮阳的设置、消声吸声技术、自然采光技术、建筑围护结构保温隔热技术的采用、有利于自然通风的建筑开口设计等来实现良好的建筑热、湿、声、光、空气品质环境的营造。

被动式设计方法的核心是因地制宜，目标是建筑适应当地气候。

首先是建筑的朝向。对于不受规划条件约束的建筑，应尽量坐北朝南。其实人类的祖先早就在实践中摸索出来了，只是对其中的科学道理不太明了。为什么呢？因为南向冬天得到的太阳能最大，而夏天太阳辐射最小；南侧留出尺度上许可的室外空间，以利于争取较多的冬季日照和过渡季节的通风。这样，不费吹灰之力就可以大大改善室内建筑环境。

其次是从建筑立面造型与体形系数考虑。所谓建筑立面造型，是指建筑的外观。在城市里，可以看到各种形形色色的建筑，有的立面造型简洁，有的却非常复杂。建筑师从美学角度考虑得更多，但从营造更好的室内环境和节能节材角度，则是去除冗余越简洁越好。为什么呢？让我们从日常体验来解释。冬天在风中行走，什么地方感觉最冷？是耳朵和鼻子。因为它们是面部最突出的“零件”，最容易被风吹，又增加了面部的表面积，所以感觉最冷了。在专业上我们把建筑外表面积与其围合的空间体积之比值称为体形系数，其值越大，就意味着该建筑单位空间对应的外表面越多，当外部很冷时它散发出去的热量就越多，室内温度就越低；夏天炎热时传进去的热量越多，室内温度就越高。因此，建筑师在进行外观设计时注意到了这一点，就对营造更好的室内环境有帮助。

第三是建筑外墙的保温，相当于给建筑穿“羽绒服”。如前面提及，冬天在风中行走，如果穿了“羽绒服”，穿得越厚越好，身体就感觉不冷了，建筑也是一样；但与人不同的是，建筑穿了“羽绒服”，夏天会更凉快，因为外面传进去的热量就少了；建筑需要穿“羽绒服”的地方很多，比如外墙、屋顶、与大气相通的架空楼板等，而且不同的地方“穿”法大不一样。

第四是屋顶和西向的外墙的隔热、外窗的遮阳，相当于给建筑在不同的部位“打伞”，挡住炙热的阳光。不难理解，这些措施肯定也可以使得室内的热环境更好，但它们更适合气候比较炎热的地区，但如果在寒冷地区有太阳的时候，能够把“伞”收起来就完美了。

第五是合理的窗墙面积比。窗户是建筑的“眼睛”，绝对不能少。窗户面积越大，室内的视野越好，美景尽收眼底，且可利用自然光减少人工照明；但由于它是建筑外围护结构最薄弱的部位，热量和冷量最容易通过窗户流失，所以窗户太大，室内热环境就越不好，因此窗户大小要适度。

以上被动式建筑环境营造方法不仅可以使建筑内的热环境受到外界冷热影响更小，波动更小，而且可以使建筑内表面的温度受到外界的影响更小。夏天不会有过热的壁面炙烤感（极端的如帐篷），冬天也不会有过冷的壁面（极端的如冰宫），感觉更加舒适。此外，被动式设计方法还包括外围护结构表面的颜色选择，就如我们如果夏天穿一件深色的衣服，在阳光下会感到更热；屋顶绿化避免被太阳暴晒，外墙垂直绿化可以遮挡夏天太阳照射，若选择冬季落叶的藤蔓植物，又可以得到阳光的温暖；通过自然采光营造室内柔和舒适的光环境；通过自然通风带走室内多余的热量和污浊的空气，减少开启空调的时间等。

被动式设计方法的优点在于在建筑使用过程中不消耗额外的能源就可以获得更好的室内环境；即使有的时候不得不使用空调或供暖等人工调控手段，消耗的能源也会大大降低。但是，被动式技术也可能依赖各种优质材料，如烧结多孔砖、保温隔热材料、保温隔热涂料、高性能门窗、玻璃等，其生产过程也是要消耗大量能源的。

1.3.2 主动式营造方法与能源应用

主动式营造方法是指通过机械电气设备干预手段为建筑提供供暖、空调、通风、照明、空气净化等技术手段实现预期的建筑环境。主动式技术中以优化的设备系统设计，高效的设备选用来实现室内环境的营造。随着建筑规模越来越大，建筑密闭性加强，除了运用被动式技术之外，还需要主动利用新技术手段来获得良好的建筑环境。如：

当室外气温太低，室内需要供暖；

室外气温太高或室内热源发热量太大，需要空调降温；

室外空气太潮湿或室内人员设备散失量太大，就需要除湿；

室内污染物浓度太高，需要送入新风稀释，确保室内空气品质；

建筑空间不可能任何时候都有条件自然采光，对于进深大的建筑，即使白天也需要照明。

可见，主动式营造建筑环境的方法，其代价必然是大量依赖对各种形式能源的应用和消耗。照明、通风一般消耗电力；供暖消耗煤炭、石油、天然气；空调一般消耗电力，也可应用天然气吸收式制冷、制热；除湿可以通过降温的方式，也可以通过溶液吸收除湿，这些建筑环境营造手段的背后都离不开能源。

建筑环境营造方法具有非常强的系统性，主动式与被动式方法是密切相关的，需要多