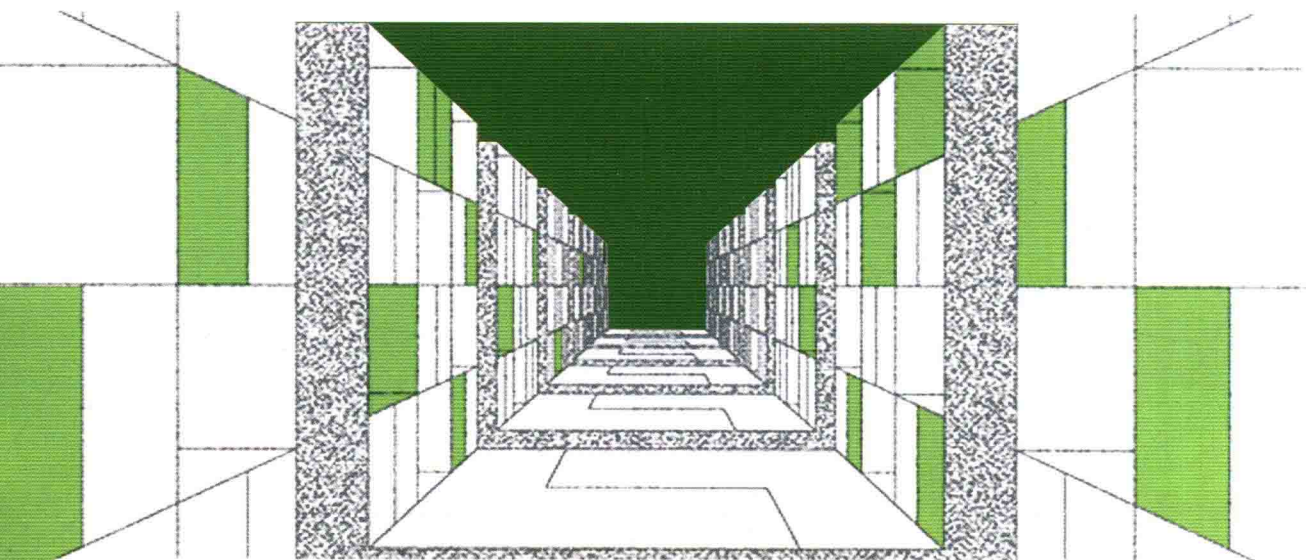


绿色建筑材料及部品

龙恩深 欧阳金龙 王子云 编著



中国建筑工业出版社

绿色建筑材料及部品

龙恩深 欧阳金龙 王子云 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色建筑材料及部品/龙恩深, 欧阳金龙, 王子云编
著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 8
ISBN 978-7-112-20936-1

I. ①绿… II. ①龙… ②欧… ③王… III. ①建筑
材料-无污染技术 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 158619 号

本书系统介绍了绿色建筑材料及部品的定义、特点、分类及评价方法; 阐述了绿色建筑材料的主要物理性能及绿色节能特性; 按照基本材料、化工建材、墙体材料及制品、建筑玻璃及部品、建筑楼板及屋面、建筑装修装饰材料、宜居环境营造材料、建筑垃圾等分门别类地阐述了各自的绿色内涵; 最后以建材产业的关键共性工艺设备系统和建材部品在建筑运行过程的节能功能为主线, 高度概括了绿色建材及部品的核心节能减排原理。本书以建筑材料的开采、生产、使用和回收再利用的生命周期特性为视角, 全面阐述其“四节一环保”的绿色内涵, 既注重对各种材料及部品的绿色个性知识介绍, 更注重对绿色共性知识的提炼总结, 内容全面, 系统性强。

本书既适合于高等院校相关学科本科及研究生教材及教学参考书, 也可供科研机构、相关产业、设计院等的工程技术人员参考。

说明: 书中部分图片来自于公众的网络媒体, 引用仅辅助读者建立感性认识。若原创者有异议, 请与本书作者联系。

责任编辑: 张文胜

责任设计: 李志立

责任校对: 王宇枢 关 健

绿色建筑材料及部品

龙恩深 欧阳金龙 王子云 编著

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

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

北京君升印刷有限公司印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 字数: 498 千字

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-20936-1

(30591)

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)



本书编委会

编 著 龙恩深 欧阳金龙 王子云

参编人员 王 军 王 艳 李彦儒 孟 曦 刘玉兰

熊明理 王梦伟 王 索 陈 勇 赵新辉

刘秦见 金正浩 李皓月

前 言

编写本书有两个目的：一是服务绿色建筑、低碳城镇、建筑工业化、装配式建筑等国家发展战略的需求；二是适应国家双一流学科建设背景下双创人才培养的需要。

建筑材料是绿色建筑和生态城市发展战略的基础，建筑部品是建筑工业化和装配式建筑的支撑。绿色建筑材料及部品纷繁复杂，涉及众多专业学科交叉，系统知识存在盲区，专业人才极度匮乏。

2012年教育部发布的本科专业目录把“建筑环境与设备工程”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。

建筑室内环境的营造及能源的高效应用与建筑材料的性能密切相关；而建筑材料及部品在其生命周期中是否具有绿色、环保、节能内涵，对实现建筑节能和绿色建筑的目标至关重要。但在传统的专业知识体系中，尚缺一门系统介绍绿色建筑材料及部品的专业基础课程，导致学生知识存在盲点，难以适应专业内涵拓展后的国家战略需求。正是在这个背景下，四川大学试图及时把握专业的新内涵，在专业知识体系中新增加的本门课程。

本书在介绍绿色建筑材料的定义、特点、分类及评价的基础上，阐述了绿色建筑材料的主要物理性能、重要的热物理特性，之后分别讲授了基本材料的绿色内涵、化工建材的绿色内涵、墙体材料及制品的绿色内涵、建筑玻璃及部品的绿色内涵、建筑楼板及屋面的绿色化、建筑装修装饰材料的绿色化、宜居环境营造材料的绿色内涵、建筑垃圾的资源化利用等方面的知识。在我国推行建筑工业化和装配式建筑的背景下，普及建筑部品的相关知识尤显必要。

建筑材料的绿色内涵在于从开采、生产、使用和回收再利用的生命周期内的“四节一环保”，本书侧重让学生学习、了解在实际工程中的不同绿色建筑材料和部品，及其在生产和使用过程的节能环保特性，使学生初步具有建筑材料及部品的基本常识，以及建筑环境、建筑能耗、能源应用与材料部品的关联性认识，为后续的建筑环境学、暖通空调、建筑节能原理、绿色建筑概论等专业课程奠定基础。

四川大学已在2012年、2013年、2014年三届本科开设该课程，取得了较好的效果；本书是在原讲义基础上，重新编写的。在资料收集和整理过程中，博士研究生王艳、李彦儒、孟曦、刘玉兰、熊明理，硕士研究生王梦伟、王索、陈勇、赵新辉、刘秦见、金正浩、李皓月等做了大量工作，在此一并致谢！

鉴于绿色建筑材料及部品的日新月异，内容浩繁，书中定有不少谬误，恳请读者斧正。

编著者

2016 于川大望江

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 资源能源环境瓶颈	1
1.2 可持续发展战略	5
1.3 绿色建筑——建设领域可持续发展的方向	8
1.4 绿色建筑的评价方法	10
1.5 绿色建筑行动方案	12
第 2 章 绿色建筑材料及部品概述	15
2.1 建筑材料及部品的绿色内涵	15
2.2 绿色建筑材料	19
2.3 绿色建筑部品	23
2.4 绿色建筑材料的评价	27
第 3 章 绿色建筑材料的重要特性	35
3.1 建筑材料的组成和结构	35
3.2 绿色建筑材料的主要物理特性	38
3.3 重要的热物理性质	49
第 4 章 建筑基本材料的绿色内涵	55
4.1 水泥	55
4.2 混凝土及制品	62
4.3 建筑用钢材及制品	69
4.4 建筑用铝材及制品	77
第 5 章 化学建材的绿色内涵	85
5.1 建筑涂料	85
5.2 建筑保温材料	91
5.3 相变材料	100
5.4 建筑塑料与制品	104
5.5 建筑胶黏剂	111
5.6 化学建材的污染物排放标准	113
第 6 章 墙体材料及制品的绿色内涵	118
6.1 建筑用砖	118
6.2 建筑砌块	126
6.3 建筑墙板	133
6.4 建筑墙体材料的绿色化技术	143
6.5 建筑墙体保温系统及绿色化	148

第 7 章 建筑玻璃及部品的绿色内涵	157
7.1 建筑玻璃	157
7.2 建筑门窗	174
7.3 玻璃幕墙	187
第 8 章 建筑楼板及屋面的绿色化	197
8.1 建筑楼板	197
8.2 建筑屋面	203
8.3 建筑屋面的绿色化技术	207
第 9 章 建筑装修装饰材料的绿色化	213
9.1 建筑木材及制品	213
9.2 建筑石材制品	220
9.3 陶瓷及产品	226
第 10 章 宜居环境营造材料的绿色内涵	235
10.1 吸声材料与结构	235
10.2 建筑隔声构件	241
10.3 表土保持材料	246
10.4 低噪声柔性路面	249
10.5 透水铺地路面	253
第 11 章 建筑垃圾的资源化利用	259
11.1 建筑垃圾	259
11.2 建筑垃圾的资源化利用技术	263
第 12 章 绿色建材及部品的核心节能减排原理	274
12.1 物料处理设备的能耗排放共性	274
12.2 工艺热能设备的节能减排原理	282
12.3 工艺换热设备的节能原理	293
12.4 工艺流体输配设备的节能减排原理	300
12.5 建材及部品的使用过程节能原理	307
参考文献	312

第 1 章 绪 论

建筑建造离不开各种建筑材料及制品,而建筑材料的原料开采和产品制造又是建立在大规模占用资源、消耗能源并且排放污染物的基础上。本章从全球共同面临的资源、能源、环境瓶颈问题切入,简述可持续发展战略思想起源,引出绿色建筑是建设领域因应严峻生态环境问题的必然选择,在介绍绿色建筑评价方法的基础上,进一步提出了绿色建筑对建筑材料及部品的绿色内涵的基本要求,为后续章节围绕这一主题的展开奠定基础。

1.1 资源能源环境瓶颈

1.1.1 资源危机迫在眉睫

建筑材料包括水泥、混凝土、钢材、玻璃、陶瓷、墙砖、石材、木材等,它们的生产依赖消耗大量的资源。如水泥的主要原料是石灰质、黏土;混凝土的原材料有水泥、细骨料、粗骨料、水、矿物掺合料;钢材的原料是铁矿石;玻璃的原料主要是砂岩、石灰石和长石;陶瓷砖的主要原料有黏土、瓷砂、石料;烧结墙砖的主要原料有黏土、页岩;建筑中大量使用的木材、石材则源于砍伐森林和开挖山体。

自然资源是指在一定时间条件下,能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总和,如土地、山河湖泊、森林草地、地下矿石、地下地表水、煤气油田等。由于地球就这么大,资源有限且大多不可再生。人类盲目开采、不节制地消耗资源,导致世界自然资源危机四伏。在建筑材料的生产过程中,土地资源、矿产资源、水资源、能源都是不可或缺的,但大肆挖地取土,开山采石,掘地挖矿,钻井取水,后患无穷。

土地资源主要指陆地面积的大小。世界陆地面积约为 14950 万 hm^2 ,占地球表面的 29.2%,陆地的 2/3 集中在北半球。据联合国人口署预测,世界人口还将以较高的速度持续增长,到 2050 年可能达到 94 亿人。人口增长给本来就十分紧张的土地资源带来更大危机。此外,世界土地资源数量不断减少、质量逐步恶化都加重了世界土地资源短缺问题。我国是土地资源相对贫乏、土地质量较差的国家,情况不容乐观。我国土地面积居世界第三,但人均土地面积仅为 0.777 hm^2 ,相当于世界人均土地的 1/3,其中耕地面积大约占世界总耕地的 7%。而随着人口的不断增长,工矿、交通、城市建设用地不断增加,人均耕地不断减少。与此同时,人们不当的生产活动使得土地流失严重,土地沙化、盐渍化和草场退化面积不断扩大而损失大片良田。因此,合理利用和保护有限的土地资源关系到我国社会、经济和生态环境的可持续发展。

各种各样的矿产资源是在漫长的地质作用过程中形成的,而人类文明对于这样的地质过程而言是非常短暂的。因此,矿产资源大多数是不可再生、有限的耗竭性自然资源。我国矿产资源虽然总量大,但人均占有量只有世界平均水平的 53%,居第 53 位,部分矿产

资源人均甚至居世界百位之后。此外,我国组分复杂的共伴生矿产多,难以开采;大宗支柱性矿产储量不足;资源利用率低等,都是我国矿产资源不可回避的问题。

水资源的情况更是不容乐观。虽然地球表面有 70% 被海洋覆盖,但可直接利用的水资源非常有限,“水荒”是全球性的。联合国“世界水资源评估计划”(WWAP)在 2015 年报告中指出,以目前的用水增长率推算,全球在 15 年后将出现 40% 用水缺口。与日俱增的中产阶级收入大幅增加,生活水平提升导致用水量激增,尤其是在容易缺水或供水不足地区,以及用水、水价和水资源管理不当或未管制的地区;全球人口成长与都市化程度增加,也是造成缺水的元凶之一;用水需求的增长速度通常是人口增长速度的两倍;都市人口增多也使得用水紧张,到了 2050 年预估全球人口有 69% 住在都市,远高于目前的 50%。

我国人口众多,人均水资源不到世界的 1/4,居世界的 110 位。联合国已将中国列为全球最缺水的 13 个国家之一。而中国水资源分布非常不均匀,北方人均水资源量仅 988m³,低于 1000m³ 的重度缺水标准,黄河、淮河、海河流域及内陆河流共有 11 个省、市、区的人均水资源拥有量低于 1750m³ 的缺水紧张线,其中山东为 330m³,北京不足 300m³,天津仅为 150m³,成为世界上最缺水的地区之一。更为严峻的是部分地区水污染严重,造成合格水源减少,水质性缺水已威胁到我国业已不足的水资源供给。

相关资料显示,在全社会消耗的所有资源中,用于建筑领域占比达 60% 以上,而建筑领域消耗的资源主要集中在建筑材料、建材产品及部品的生产环节。可见,建筑材料及部品的绿色化对缓解资源危机的极端重要性。

1.1.2 能源消耗与日俱增

能源是现代社会发展的重要基础。人类进入工业化以来,煤、石油、天然气等化石类能源成为人类社会赖以生存的物质基础。随着世界经济的快速发展,能源消耗大幅增加、传统能源日益减少,成为中国乃至世界经济发展的瓶颈。据 BP 公布的 2016 年世界能源统计年鉴显示,世界一次能源消费增长率为 1.0%,与 2014 的增长率 1.1% 相近,低于近 10 年增长平均值 1.9%;虽然世界一次能源消耗增长率有所放缓,但是在巨大的能源消耗的基础上,一次能源消耗的增长仍然很大。以石油能源为例,2015 年全球石油消费增加了 190 万桶/天(一桶原油为 0.1368t),几乎是近 10 年平均增加量的两倍,高于经济合作与发展组织地区的平均增加量。其中,亚太地区是引领消耗增长的主力,占全球石油消费增长的 74%,而我国的石油消费增加量依然独占鳌头(+77 万桶/天)。

然而,世界范围内化石能源分布非常不均匀。对于煤炭,中国探明储量仅次于美国和俄罗斯,位居世界第三,但人均储量却只有世界平均储量的 1/2。对于石油,中东地区已探明石油资源占全球的 47.3%,其次是欧亚大陆,占全世界的 19.4%;而我国 2014 年探明的石油储量位列第 11,总量却只占全球的 1.1%,人均拥有量相当于世界人均的 1/9。对于天然气,俄罗斯和独联体国家储量最为丰富,其次是中东地区国家,再次是美国及南美诸国,中国探明储量列第 20 位,人均拥有量仅相当于世界人均的 1/22。可见,我国能源的严重匮乏难以支撑社会经济发展和人们生活水平提高的旺盛需求。

自改革开放以来,由于经济高速发展,我国的能源生产和消耗总量逐年上升。据 2015 年统计年鉴,2014 年全年能源生产总量为 36 亿吨标准煤,其中原煤占 73.2%、原

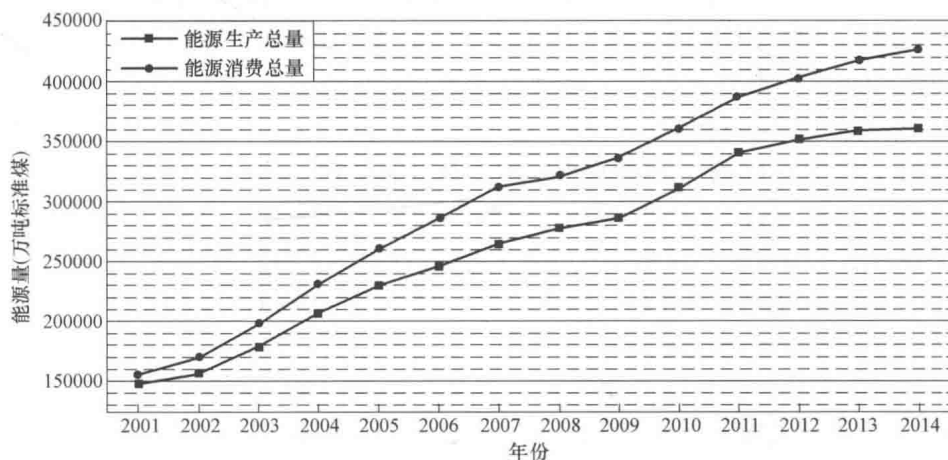


图 1-1 最近 14 年我国能源生产量与消费量的对比

(数据来源: 中国统计年鉴—2015)

油占 8.4%、天然气占 4.8%；但我国能源消费总量上升更为明显，2014 年我国全年能源消费量为 42.6 亿吨标准煤，其中原煤占总量的 66.0%、原油占 17.1%、天然气占 5.7%。图 1-1 是最近 14 年我国能源生产量与消费量的对比。从图中可以看出：我国能源消耗量一直大于生产量，且能源缺口逐年迅速增大。为什么会这样、潜在的后果是什么呢？

(1) 随着家庭轿车的普及和交通运输物流的发展，石油能源供需矛盾日益凸显，原油进口量不断加大。虽然我国只拥有全球石油储量的 1.1%，但开采量占全球的 4.9%，石油消耗占全球的 12.9%，储量与开采量、消耗量不成比例，如果长此以往，不可持续，还会导致我国石油对外依赖度大大提高，会危及国家能源安全。

(2) 随着城镇化建设的推进和环境污染日渐严重，城乡生活天然气普及率提高，北方供暖煤改气工程的快速实施，对相对清洁的天然气需求迅速增加，我国从俄罗斯、中亚五国、东南亚等周边国家进口大量天然气，弥补了部分能源缺口，改善了生态环境。

(3) 由于我国煤炭储量相对丰富的国情，一次能源中煤炭仍然占主导地位（大于 65%），这是今后相当长时间内无法改变的现实。煤炭燃烧在释放宝贵的能量的同时，还产生温室气体、PM2.5、废渣、废水、酸雨酸雾，污染江河湖泊，它们如影随形。

我国建材产业处于粗放阶段，建材原料的开采和建材产品的生产制造，除消耗大量资源外，还消耗巨大的能源外。如水泥、钢材、玻璃、陶瓷、墙砖的生产过程，伴随着煤炭、电力、石油及燃气等能源的大量消耗，其中最主要的是煤炭。据统计，社会总能耗中 17%~18% 用于建筑材料及部品的生产。随着城镇化进程加快，该领域的能耗需求还会与日俱增，瓶颈问题只能通过转变建材生产粗放模式、赋予绿色化内涵加以解决。

1.1.3 环境生态每况愈下

自工业革命以来，特别是进入 20 世纪以来，随着科学技术、经济的迅猛发展，环境问题日益突出，以往局部、小范围的环境污染与生态破坏已经演变成区域性乃至全球性的

环境问题。尤其是 20 世纪 50 年代后,全球生态环境遭到空前破坏,相继出现温室效应、大气臭氧层破坏、酸雨、土壤侵蚀、森林锐减、陆地沙漠化扩大、淡水资源污染和短缺、生物多样性锐减、有毒有害化学品污染与越境转移、海洋环境污染等全球性生态环境问题。

根据联合国开发计划署、联合国环境规划署、世界银行和世界资源所的报告——《世界资源 2000~2001 年:人与生态系统——被磨损的生命网络》,20 世纪全球半数湿地消失;砍伐和占用林地使世界森林缩减一半;全世界约 9%的树种濒临灭绝,每年约有 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上的热带森林遭到破坏;全球近 70%的主要海鱼被过度捕捞;在过去的 50 年中,全世界 2/3 的农田受到土壤退化的影响;堤坝修筑、河流改道及运河开挖几乎破坏了 60%世界大河的完整性;全世界 20%的淡水鱼种类或灭绝,或濒临灭绝,或受到威胁;每天约有 170 km^2 的土地由于过度放牧和风蚀、水冲而成为不毛之地。由此可见,全球生态环境所遭受的破坏是惊人的,从时间上看,其具有跨世纪的特点;从地域上看,其具有普遍性和跨国性;从程度上看,表现出现实和潜在影响大、强度大、作用时间长的特点。

中国改革开放 40 年来,社会经济发展取得了举世瞩目的成就,但环境生态的每况愈下成为当今世界共同面对的问题的缩影。我国城市化率改革开放前二十年(1977~1996 年)从 17.6%提高到 30.5%,年均提高 0.65 个百分点,后二十年(1997~2016 年)从 31.9%提高到 57.4%,年均提高 1.28 个百分点。我国共有建制城市 661 个,城市市辖区土地面积仅占全国土地总面积的 6%;而人口占全国总人口的 57.4%,对 GDP 的贡献达 65.5%。可见城市在整个国民经济中占有十分重要的地位。但触目惊心的是,1/3 的中国地区降过酸雨、七大中国河流中有一半污染严重、1/4 的中国居民没有清洁的饮用水源、1/3 的城市人不得不长期呼吸着污浊的空气、经过环保处理的城市垃圾只占不到 20%。环境污染提高了生产成本,造成的经济损失占到国民生产总值的 8%~15%,而人民的健康代价更是无法估算。有关报道指出,仅在北京,70%~80%的癌症病因与环境有关,尤其是肺癌,已经成为居民的第一大死因。近 40 年来,城市人口的迅速增长和经济的高速发展引起了一系列的环境问题,列举与建筑建材产业密切相关的问题如下:

(1) 水体污染问题突出。由于城市人口的急剧增长、建筑体量剧增、工业(包括建材产业)的飞速发展,大量污水没有得到妥善处理而直接排入水体,致使水环境遭到严重的破坏。我国的水体污染近期呈上升趋势,全国有监测资料的 1200 多条河流中,850 多条受到污染,在七大水系中,以辽河、海河、淮河污染严重,在统计的 138 个城市河段中,有 133 个河段受到了不同程度的污染。全国范围内 78%的河段不适宜作饮用水水源,50%的地下水受到污染,西安、北京等许多城市也出现了供水危机。据估计,我国每年因水污染而造成的经济损失达 400 亿元。

(2) 城市大气质量严重恶化。工业和交通运输业迅速发展以及化石燃料的大量使用,将粉尘、硫氧化物、氮氧化物、碳氧化物、臭氧等物质排入大气层,使大气质量严重恶化。我国以煤为主导的能源结构决定了大气污染属“煤烟型”污染,全国城市空气中总悬浮微粒浓度普遍超标,平均浓度达 $309 \mu\text{g}/\text{m}^3$;二氧化硫浓度水平较高,部分城市污染相当严重,北方城市平均值达到 $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。我国的本溪市也曾经因烟雾弥漫而被称为“卫星上看不到的城市”;而大气中硫化物、氮氧化物严重超标导致了全国大部分地区出现酸雨,宜宾、长沙等城市酸雨出现频率大于 90%,长沙降雨的平均 pH 已达到 3.54,酸雨

的降落不仅破坏生态环境,而且加剧建筑物、铁道、桥梁的腐蚀与破损,给工农业带来巨大的损失。而由大气污染引起的温室效应和臭氧层破坏更是直接地威胁到人类的生存。

2017年1月国际环保组织与上海某环保信息中心联合发布的《2016年中国366个城市PM_{2.5}浓度排名》显示:全国366个城市PM_{2.5}年均浓度高达46.710 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,不仅远高于世界卫生组织年均10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限制标准,也比我国国家环境空气质量标准规定的一级空气指标高得多,即使按照二级指标评判,还有270个城市未达标,占73.7%。

(3) 固体废物泛滥成灾、垃圾围城现象严重。人类的生产和生活产生了大量的固体废物,目前我国每年产生的工业固体废物为6.6亿t,其中有害废物为3000万~4000万t,累积量超过64亿t,侵占5亿多平方米土地;每年的生活垃圾量为1t,并以每年7%~8%的速度增长。由于我国的固体废物露天堆积,全国有2/3的城市处于垃圾的包围之中。固体废物到处堆放,不仅有碍观瞻、侵占土地、传染疾病,而且在自身严重污染环境的同时加剧了水体、大气、土壤的污染。

(4) 噪声扰民现象普遍存在。目前随着我国城市建设、交通运输和文娱事业的快速发展,噪声扰民的现象愈发突出。据44个国控网络城市监测,全国2/3以上的城市居民生活在噪声超标的环境中,区域环境噪声等效声级分布在51.5~65.8dB(A),其中洛阳、大同、开封、海口和兰州五座城市噪声平均等效声级超过60dB(A);道路交通噪声等效声级范围为68.0~76.3dB(A)。

1.2 可持续发展战略

上述资源危机、能源短缺、环境和生态恶化等问题,是人类社会按照近代工业文明模式发展的必然结果。虽然高速发展大大改善了人类生活条件,促进了社会经济的进步,但它已从根本上动摇了人类发展的价值观和伦理学基础。

1.2.1 人类发展的伦理学基础

发展伦理学是针对当代人类社会发展中出现的新问题提出来的,旨在对造成这些新问题的传统发展模式进行价值论的评价和反思,探索符合人类共同利益的发展新模式,并对新的发展模式进行伦理规范。

一个成熟的发展模式,要达到永远保持其合理性,不仅要有动力学的机制,而且应当具有自我评价、自我约束、自我反省、自我规范的机制,只有如此,才能避免付出那些本来可以避免付出的代价。工业文明的发展模式就是一种只有动力机制而没有自我约束、自我评价机制的发展模式。正如美国学者威利斯·哈曼博士所说:“我们唯一最严重的危机主要是工业社会意义上的危机;我们在解决‘如何’一类问题方面相当成功,但却对‘为什么’这种具有价值含义的问题,越来越变得糊涂;我们的发展速度越来越快,但却迷失了方向”。因此,对发展的终极目的(价值)问题的探寻,就成了发展伦理学的首要核心问题。

工业文明的价值观,把聚敛财富、挥霍财富看作成功,把舒适的生活看作幸福。因此,工业文明形成的发展道路追求的无非是两个目的:一是摄取尽量多的物质财富,并拼命地把它消耗掉;二是在技术发展上,追求尽量用外部自然力代替人力,代替人的天然

器官的活动（用汽车代替脚，用机器代替人手的劳动，用药物代替身体的抗病机能等）。人的生命器官的功能遵循着“用进废退”的原理变化。当人们用药物代替人的免疫机能时，人的免疫机能就会降低；当人们使用空调器生活在不冷不热的环境中时，人的抗寒暑能力就会降低；当人们以车代步时，人的奔跑机能、心脏和血液循环等器官的机能也会降低。通过对发展的终极价值的追问，可以看到，人类面临的各种危机，实质是传统发展模式的价值危机。由此可见：人类的健康生存，是发展伦理的终极尺度。它包括以下重要命题：

（1）全人类利益高于一切。当代科学技术和市场经济的发展，缩小了人们之间的距离。地球就像一个村庄（地球村）。全人类都坐在一条船上在风浪中航行，每个人的不良行为都可能影响到人类的生存。因此，发展伦理学要求个人利益、民族利益、国家利益这些局部利益要服从人类利益。应当以人类的生存利益为尺度，对自己的不正当的欲望进行节制。

（2）生存利益高于一切。自然生态环境系统是人类生命的支持系统，能否保持自然生态环境系统的稳定平衡，是关系到人类能否可持续生存的问题。因此，保持生态系统的稳定平衡，是人类一切行为最高的、绝对限度。人类对自然界的改造活动，应当限制在能够保护生态环境的稳定平衡的限度以内。对可再生的生物资源的开发，应当限制在生物资源的自我繁殖和生长的速率的限度以内；生产活动对环境的污染，也应保持在生态系统的自我修复能力的限度内。

（3）在满足当代人需要的同时，不能侵犯后代人的生存和发展权力，这是人类生存与发展的可持续性原则。地球不仅是现代人的，而且是后代人的。我们不仅不应当侵犯其他人的权力，而且不应当侵犯后代人的权力。如发达国家率先发展，对全球环境的恶化负有责任，因为自工业革命以来，发达国家以不能持久的生产和消费方式过度消耗世界的自然资源，对全球的环境造成损害，发展中国家受害更为严重。

（4）浪费不可再生的稀有资源是不道德的行为，不管这些资源属于谁所有，这应当成为发展伦理学的一个重要原则。由于这些不可再生的稀有资源的合理使用直接关系到全人类和后代的生存，因而必须超越传统的所有权观念，不能认为这些资源在我们国土上我就可以随便挥霍，也不能认为这些财产归我所有，我就可以随便浪费。每个人占用资源、使用能源越多，身后的所有生命的可得资源能源就越少。这样，道德上的最高要求便是尽量地减少资源能源的耗费。

（5）当代科学技术的高度发展，也需要对其评价和规范，这也是发展伦理学的重要内容。当技术发展能够毁灭地球因而能够毁灭人类自身时，我们就应当坚持这样一个伦理原则，即“我们能够（有能力）做的，并不一定是应当做的”。因此，对于人类的每一个科学发现及其在技术上的应用，都应当首先进行评价和规范，使其在不伤害人类生存和发展的条件下得到利用。技术伦理，也是发展伦理学的重要组成部分。

以上发展伦理学的价值和伦理原则的确立，对可持续发展战略观的形成起到重要的支撑作用。

1.2.2 可持续发展战略的确立

自石油危机爆发以来，世界范围内的资源、能源、生态环境等发展价值伦理问题频

现,世界各国领袖、有识之士与国际组织一道,凝心聚力关注人类共同难题,逐步形成了可持续发展(sustainable development)的思想共识,并在全世界尤其中国得到积极响应。

可持续发展概念的明确提出,最早可以追溯到1980年由世界自然保护联盟(IUCN)、联合国环境规划署(UNEP)、野生动物基金会(WWF)共同发表的《世界自然保护大纲》。同年,国际自然保护同盟的《世界自然资源保护大纲》提出“必须研究自然的、社会的、生态的、经济的以及利用自然资源过程中的基本关系,以确保全球的可持续发展”。1981年,美国布朗(Lester R. Brown)出版《建设一个可持续发展的社会》,提出以控制人口增长、保护资源基础和开发再生能源来实现可持续发展。1987年以布伦特兰夫人为首的世界环境与发展委员会(WCED)发表了报告《我们共同的未来》,正式使用了可持续发展概念。该报告中,可持续发展被定义为“既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。它有两个基本点,一是必须满足当代人特别是穷人的需求,否则他们就无法生存;二是今天的发展不能损害后代人满足需求的能力。报告系统的阐述产生了广泛的影响,并被世界各国接受和运用。1992年6月,联合国在里约热内卢召开的“环境与发展大会”,通过了以可持续发展为核心的《里约环境与发展宣言》和《21世纪议程》两个纲领性文件以及《关于森林问题的原则声明》,签署了《气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。2015年,《联合国气候变化框架公约》近200个缔约方一致同意通过《巴黎协议》,展现推动全球绿色低碳发展的决心和意志。协议要求加强对气候变化威胁的全球应对,把全球平均气温升高控制在较工业化前高 2°C 之内,并力争在 1.5°C 之内而努力;全球将尽快实现温室气体排放达峰,在21世纪下半叶实现温室气体净零排放。这都预示人类开始自觉、全面地对待环境问题,标志人类文明进入一个新阶段。

可持续发展战略是人类对工业文明进程进行反思的结果,是人类为了克服一系列环境、经济和社会问题,特别是全球性的环境污染和广泛的生态破坏的理性选择,中国政府对这一问题也极为关注。

1991年,我国发起召开了“发展中国家环境与发展部长会议”,发表了《北京宣言》。1992年在里约热内卢世界首脑会议上,中国政府庄严签署了环境与发展宣言。1993年,中国政府为落实联合国大会决议,制定了《中国21世纪议程》,包括总体可持续发展、人口和社会可持续发展、经济可持续发展、资源合理利用、环境保护5个组成部分,70多个行动方案领域,指出“走可持续发展之路,是中国在未来和下世纪发展的自身需要和必然选择”;1994年国务院批准了《中国21世纪议程》,同时还制订了《中国21世纪议程优先项目计划》,成为世界上首部付诸实施的国家级可持续发展计划。1995年,我国把可持续发展作为国家的基本战略,强调“在现代化建设中,必须把实现可持续发展作为一个重大战略。要把控制人口、节约资源、保护环境放到重要位置,使人口增长与社会生产力的发展相适应,使经济建设与资源、环境相协调,实现良性循环。”号召全国人民积极参与这一伟大实践。在之后历次中央重要会议和国家发展规划中,可持续发展、生态环境改善,资源有效利用均置于重要位置。2012年6月对外正式发布《中华人民共和国可持续发展国家报告》,报告总结了我国在可持续发展领域的总体进展情况,客观分析了我国在可持续发展方面面临的挑战和存在的压力,明确提出了我国进一步推进可持续发展的总体思路。2013年《国家适应气候变化战略》、《大气污染防治行动计划》对外发布,提出经

过五年努力,使全国空气质量总体改善,重污染天气较大幅度减少;京津冀、长三角、珠三角等区域空气质量明显好转;力争再用五年或更长时间,逐步消除重污染天气,全国空气质量明显改善。为积极应对全球气候变化,落实《国家适应气候变化战略》的要求,有效提升我国城市适应气候变化能力,2016年住房和城乡建设部颁布了《城市适应气候变化行动方案》。2017年国务院发布了《“十三五”节能减排综合工作方案》,提出公共机构率先执行绿色建筑标准,新建建筑全部达到绿色建筑标准,加强城市废弃物规范有序处理,并健全绿色标识认证体系等。

综上所述,我国采取了一系列举措大力实施可持续发展战略。然而,发展与可持续是一对矛盾体,发展需要资源、能源作为物质基础,而资源、能源的大量消耗又会导致生态和环境的恶化,要处理好这对矛盾,必须各行各业、特别是资源能源消耗举足轻重的建筑行业、建材产业转变发展方式,持之以恒的不懈努力,方可取得显著效果。

1.3 绿色建筑——建设领域可持续发展的方向

1.3.1 绿色建筑的提出

随着可持续发展思想的普及,建筑领域的有识之士逐渐认识到:以可持续发展为指导思想从事本领域的建筑设计与工程实践,符合人类发展的历史潮流。建筑设计理论从现代主义到后现代主义,再从新古典主义、晚期现代主义、地域主义到解构主义,建筑领域在这个世纪的百年时间里,经历了一个不寻常的高度繁荣发展时期。然而,各种各样的建筑学流派,几乎都是围绕建筑本体,在本体论、形式论、方法论等范畴内兜圈子。它们利用近代工业文明模式消耗大量资源能源生产的建筑材料及部品、营建的是一个以人为中心的自然、经济与社会复合起来的人工环境系统。在这一体系中,营造舒适的人工环境是第一需求,是从掠夺式的自然资源利用中发展起来的,其运营模式是资源能源消耗→建筑建造→运行使用→拆除报废的非循环方式,其营建和使用是以大量消耗自然资源和大量排放废气污染物为特征的。若以发展伦理学的价值伦理原则重新审视建筑业在建造和使用过程中的消费方式和其生态意义时,这种高能耗、高污染的传统生产模式已不再适用。如何有效地降低建筑业的能源、资源消耗及减轻建筑业造成的生态环境污染,将建筑业这个传统的、高消耗型发展模式转变为高效绿色型发展模式,将对社会可持续发展起到至关重要的作用。绿色建筑正是在此背景下提出并在行业达成共识的。

1.3.2 绿色建筑的定义与内涵

绿色建筑,也称生态建筑、健康建筑,是指在建筑生命周期的各个阶段,以高效利用能源、资源并最低限度地排放废弃物的方式来营造健康、舒适、高效、环保以及低环境负荷的居住、工作和活动的空间,同时达到人、建筑与环境的健康协调发展。绿色建筑规划、设计时充分考虑并利用了自然环境因素,施工过程对环境造成的影响大幅度减小,运行阶段能为人们提供健康、舒适、低耗、无害空间,拆除后对环境的危害也会降到最低。因此,绿色建筑可以理解为在建筑寿命周期内,通过降低资源和能源的消耗,减少各种废弃物的产生,实现与自然共生的建筑。

绿色建筑的定义多达数十种,但在中国被各界普遍认可的是我国最新的《绿色建筑评价标准》GB 50378—2014 给出的定义:在全寿命期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境、减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生的建筑。绿色建筑的特点可以简单归纳为“四节一环保”。

从绿色建筑的定义上看,绿色建筑的内涵主要包括四个方面。一是节约资源,包含了节约土地资源、节约材料、节约用水、节约能源,即“四节”。众所周知,在建筑的建造和使用过程中,需要消耗大量的自然资源,而资源的储量是有限的,所以就要减少各种资源的浪费。二是保护环境和减少污染,强调的是减少环境污染,减少二氧化碳等温室气体的排放。据统计,与建筑行业和建材产业有关的空气污染、水污染、光污染、电磁污染等占环境总体污染的48%,所以保护环境也就成了绿色建筑的基本要求。三是满足人们使用上的要求,为人们提供“健康”、“适用”和“高效”的使用空间。一切的建筑设施都是为了人们更好地生活,绿色建筑同样也不例外。可以说,这三个词就是绿色建筑概念的缩影:“健康”代表以人为本,满足人们的使用需求,节约不能以牺牲人的健康为代价;“适用”则代表节约资源,不奢侈浪费,提倡一个适度原则;“高效”则代表着资源能源的合理有效的利用,同时减少二氧化碳等温室气体的排放和环境污染。这就要求实现绿色建筑技术的创新,提高绿色建筑的技术含量。四是与自然和谐共生。发展绿色建筑的最终目的就是实现人、建筑与自然的协调统一,对自然生态扰动最小,这也是绿色建筑的价值理念。

1.3.3 绿色建筑的全生命周期

要实现绿色建筑的内涵,必须从建筑的全过程来审视绿色建筑的本质。寿命周期是指从事物的产生至消亡的过程所经历的时间。

对建筑物而言,其全寿命周期是指从原材料开采、材料与构件的加工制造(包括运输过程)、建筑选址、规划设计、现场施工、运行与维护直到拆除与处理(废弃、再循环和再利用等)的全循环过程,即建筑物的全寿命周期,其流程如图1-2所示。由于建筑在其寿命周期中不断与环境进行能源和物质材料的交换,因此不同阶段都对环境造成了影响。

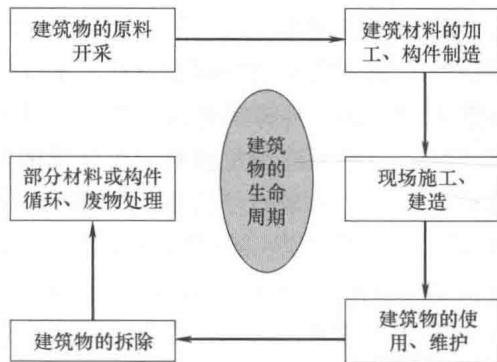


图 1-2 建筑物的全寿命周期流程

(1) 原材料的开采。要从自然界中获得大量的原材料,而大规模从自然界取得原材料必然会对自然界造成极大的影响。

(2) 产品的加工生产和制造。不仅会消耗自然界中大量的原材料,还需要消耗大量的能源,会产生大量的废气、废渣和粉尘,造成温室气体效应和酸雨等污染。

(3) 建筑的建造过程。除需要消耗能量外,还将产生大量的粉尘、噪声、污水等,对周围景观和地表状况也有重大影响。

(4) 建筑的运行阶段。建筑存续时间长,能耗大,建筑能耗中高达65%以上与其运

营方式有关,同时对室内及室外环境、居住者健康造成影响;由于建筑的寿命周期较长,往往需要进行维护、维修,所以需要持续的能源、资源投入。

(5) 建筑的拆除与处理过程。将产生大量的固体垃圾,占用大片土地,还会对周围的水质和土壤等生态环境造成污染。另外,由某些建筑材料,如塑料、橡胶等形成的建筑垃圾,在处理(如焚烧)时还会释放出大量对地球环境和人类健康造成极大损害的物质,如 CO_2 、 SO_x 、 NO_x 、二噁英等。

实现绿色建筑内涵,除了从绿色建筑全生命周期角度入手,还需高度重视在规划、设计、运营、管理全程融入可持续发展的价值伦理原则。绿色建筑在规划、设计时应充分考虑并利用环境因素,减少土地占用,充分利用可再生资源能源,在建筑物建造和使用过程中,依照有关法律、法规的规定,使用节能型的材料、器具、产品和技术,在保证对环境造成的影响大幅度减小的前提下,提高建筑物的保温隔热性能,减少供暖、制冷、照明等能耗问题;在满足人们对建筑物舒适性需求(冬季室温在 18°C 以上,夏季室温在 26°C 以下)的前提下,达到在建筑物使用过程中,能源利用率得以提高的目的;在拆除后也能使对环境的危害降到最低。因此,绿色建筑也可以理解为在建筑寿命周期内,通过采用相关的绿色建筑技术,降低资源和能源的消耗,减少各种废物的产生,实现与自然共生的建筑,使经济效益、社会效益、环境效益得到完美的统一。

1.4 绿色建筑的评价方法

建筑的功能各有不同,建筑所在地气候条件差异很大,资源能源禀赋各不相同,地区社会经济水平参差不齐,如何评价绿色建筑的优劣呢?

总体来说,绿色建筑的评价方法是:紧紧抓住绿色建筑的节约资源能源、保护环境、减少污染、营造健康舒适空间、并与自然和谐的共性,从建筑全生命周期出发,建立评价指标体系,制定绿色建筑评估标准;对绿色建筑各子系统进行精细化评价或打分,量化资源能源消耗、生态环保等各项参数的个性差异,最终综合评定绿色等级。由于不同国家的国情不同、不同标准制定者对绿色建筑的共性认识和个性理解存在差异,因此,多种复杂因素耦合,制定出来的评价指标体系和评价方法存在明显的差异。英国建筑研究中心于1990年最早推出“建筑研究中心环境评价法”(Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM),随后,美国、日本、加拿大、澳大利亚以及中国、意大利、丹麦、法国、芬兰、德国、瑞典等国家和地区也相继推出各自的绿色建筑评价体系。

1. 英国

英国 BREEAM 评价条目包括管理、健康和舒适、能源、运输、水、原材料、土地使用、地区生态、污染九个方面,分别归类于“全球环境影响”、“当地环境影响”及“室内环境影响”三个环境表现类别。每一条目下又分若干子条目,各对应不同的得分点,分别从建筑性能,或是设计与建造,或是管理与运行这3个方面对建筑进行评价,满足要求即可得到相应的分数。评估结论有“通过、好、很好、优秀”四个级别。

2. 美国

美国 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 由美国绿色建筑委员