

新编土木工程技术丛书

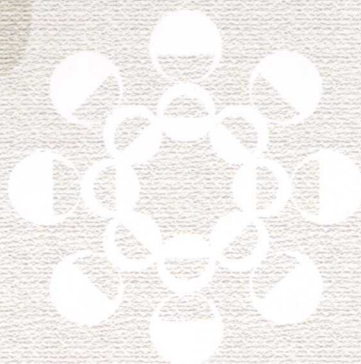
清华大学土木工程系 组织编写

丛书主编 崔京浩

建筑材料

(第三版)

阎培渝 杨静 王强 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013048168

TU5
38-3

新编土木工程技术丛书

清华大学土木工程系 组织编写

丛书主编 崔京浩

建筑材料

(第三版)

阎培渝 杨静 王强 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TU5
38-3

821830310

内 容 提 要

本书是由清华大学土木工程系组织编写的“新编土木工程技术丛书”中的一本。

本书根据材料科学的基础理论和土木工程的实际要求,系统阐述了常用建筑材料的组成、结构、性能及其相互关系。介绍了常用建筑材料的技术性质、衡量指标和测试方法,还介绍了根据工程实际要求,合理地选用材料的原则。

本书在系统介绍目前实际工程中大量使用的常规建筑材料的基础上,力求向读者介绍建筑材料领域的最新研究成果及发展趋势;并论述了如何使建筑材料的生产与使用符合可持续发展的原则。

本书适用于高等院校土木工程、水利工程、交通工程和建筑等专业所开设的“建筑材料”课程,也可供相关行业的科研和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 阎培渝, 杨静, 王强编著. -- 3版. --
北京: 中国水利水电出版社, 2013.5
(新编土木工程技术丛书)
ISBN 978-7-5170-0925-2

I. ①建… II. ①阎… ②杨… ③王… III. ①建筑材
料 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第116389号

书 名	新编土木工程技术丛书 建筑材料 (第三版)
作 者	清华大学土木工程系 组织编写 丛书主编 崔京浩 阎培渝 杨静 王强 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19.25印张 456千字
版 次	2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷 2008年2月第2版 2013年5月第3版 2013年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

土木工程——一个古老而又年轻的学科。

国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是：“土木工程(Civil Engineering)是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象，即建造在地上、地下、水中的各种工程设施，也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术”。

英语中“Civil”一词的意义是民间的和民用的。“Civil Engineering”一词最初是对应于军事工程(Military Engineering)而诞生的，它是指除了服务于战争设施以外的一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称，后来这个界定就不那么明确了。随着科技的进步与发展，防护防灾工程、航天发射塔井、海上采油平台、通讯线路敷设、核电站工程等也都不同程度的属于土木工程的范畴，特别是这些项目的基础性建设。土木工程是专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科。

相对于机械工程等传统学科而言，土木工程诞生得更早，其发展及演变历史更为古老。同时，它又是一个生命力极强的学科，它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖，甚至可以毫不夸张地说，只要有人类存在，土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业，是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台，由于它投入大、带动的行业多，对国民经济的消长具有举足轻重的作用。改革开放后，我国国民经济持续高涨，土建行业的贡献率达到1/3；多年来，我国固定资产的投入接近甚至超过GDP总量的50%，其中绝大多数都与土建行业有关。随着城市化的发展，这一趋势还将继续呈现增长的势头。

随着技术的进步和时代的发展，土木工程不断注入新鲜血液，呈现出勃勃生机。其中工程材料的发展和力学理论的发展起着最为重要的推动作用。现代土木工程早已不是传统意义上的砖、瓦、灰、砂、石，而是由新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法武装起来的，为众多领域和行业不可或缺的一个大型综合性学科，一个古老而又年轻的学科。

综上所述，土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产

业，随着时代的发展和科技的进步，为它编写一套新技术丛书既是社会的召唤和需求，也是我们的责任和义务。

清华大学土木工程系是清华大学建校后成立最早的科系之一，历史悠久，实力也比较雄厚，有较强的社会影响和较广泛的社会联系，组编一套“新编土木工程技术丛书”，既是应尽的责任也是一份贡献，但面对土木工程这样一个覆盖面极广的一级学科，我们组织编写实际起两个作用：其一是组织工作，组织广大兄弟院校及科研设计施工部门的专家和学者们编写；其二是保证质量的作用，我们有一个较为完善的专家库，必要时请专家审阅、定稿。

这套书编写的原则遵循一个“新”字。一方面，“新”体现在组织选编的书目上，当然首选那些与国家建设息息相关、内容新颖、时代感强的书。改革开放以来，国家建设部门除对传统的土木工程结构的计算设计与施工等方面有了长足的发展和改进以外还对运行管理、经济分析、安全保障、质量监控、交通分析以及现代高科技建设过程的基础性工程等方面的需求日益迫切，在书目选择上我们有意识地在这一方面有所侧重；另一方面，“新”体现在内容上努力反映新理论、新规范、新技术、新方法、新技术成果。

这套丛书的读者对象是比较宽泛的，除高等学校师生及土木工程技术人员以外，对建设部门管理人员也是一套很有指导意义的参考读物。特别需要指出的是，这套书的作者几乎全是高等学校的教授，职业决定了他们写书在逻辑性、条理性和可读性诸方面有其独特的优势。在组织编写时我们又强调了深入浅出、说理透彻、理论与实际并重的原则，以便大专院校作为教材甚或研究生的参考书予以选用。

崔京浩

于清华园

2013年2月

崔京浩，男，山东淄博人。清华大学结构力学研究生毕业，改革开放后赴挪威皇家科学技术委员会做博士后，从事围岩应力分析的研究。先后发表论文180多篇，出版8本专著（其中有与他人合著者），参加并组织编写巨著《中国土木工程指南》，任副主编兼编辑办公室主任，并为该书撰写绪论；主持编写由清华大学土木工程系组编的“土木工程新技术丛书”和“简明土木工程系列专辑”并任主编。先后任清华大学土木系副系主任、学术委员会副主任、消防协会常务理事、中国力学学会理事，《工程力学》学报主编，享受国务院特殊津贴。

第三版前言

本书 2004 年出版, 2007 年进行了修改, 编写了第二版。承蒙中国水利水电出版社的盛情邀请, 作为清华大学土木工程系组织编写的“新编土木工程技术丛书”的一部分, 我们编写了《建筑材料》第三版, 希望仍能得到读者的认可。

中国的大规模基本建设已持续了 30 多年, 目前仍是世界上经济最活跃、发展速度最快的国家。在今后相当长的一段时间内, 仍有大量的基础设施需要建设。旺盛的需求促进了建筑材料行业的飞速发展, 中国的大宗结构工程材料的产量占世界总产量的一半以上。近年来, 建筑材料科学研究与工程应用都取得了长足的进步, 生产技术处于世界先进水平, 出现了许多新材料、新工艺, 人们对于常用传统建筑材料的认识随之改变, 由此推动了工程结构设计方法和建筑施工工艺的进步。

本书(第三版)继承和发扬了以前版本的一贯特点, 即: ①强调建筑材料的生产和应用必须符合可持续发展的原则; ②以材料科学理论为基础, 探讨材料的组成、结构与性能的关系, 结合工程实际需要, 介绍建筑材料选用的原则; ③力图引进最新的研究成果, 向读者介绍相关科学技术发展动态, 使读者了解建筑材料未来发展的趋势。

本书第一版由杨静编著; 第二版由阎培渝作了全面的修订; 第三版的编著仍由阎培渝负责, 对内容和章节进行了调整。王强参与了第六章和附录的修订工作。书中涉及的材料性能、计算公式和试验方法等, 均引用了最新的国家标准规范。由于作者学识的限制, 书中难免存在一些不足甚至错误, 恳请读者和同行专家批评指正, 我们将不胜感谢。

阎培渝 杨静 王强

2012 年 10 月于北京清华园

第二版前言

本书自2004年年初出版以来,受到了广大读者的欢迎,现已售罄。承蒙中国水利水电出版社的盛情邀请,我们对本书的第一版进行了修改,编写了第二版,希望仍能得到读者的认可。

目前,中国是世界上经济最活跃的国家,正处于快速发展时期。大量的基础设施正在建设中,需要大量的建筑材料。中国的大宗结构工程材料的产量长期处于世界第一。旺盛的需求促进了建筑材料行业的巨大发展。近年来,建筑材料科学研究与工程应用都取得了长足的进步,出现了许多新材料、新工艺,对于常用传统建筑材料的认识也有所改变,由此推动结构设计方法和建筑施工工艺的进步。本书力图反映这种变化。

本书第二版继承和发扬了第一版的三个特点:

- (1) 强调建筑材料的生产和应用必须符合可持续发展的原则。
- (2) 以材料科学理论为基础,探讨材料的组成、结构与性能的关系,结合工程实际需要,介绍建筑材料选用的原则。
- (3) 力图引进最新的研究成果,向读者介绍建筑材料及其应用的发展动态,使读者了解建筑材料发展的趋势。书中涉及的材料性能、计算公式和试验方法等,均引用了最新的标准规范。

本书的第二版是在第一版的基础上,对章节安排进行了调整,增补和删减了一些内容。由于作者水平所限,书中不足、错误之处在所难免,诚恳地希望广大读者和同行专家批评指正,不胜感谢。

阎培渝 杨静

2007年11月于北京清华园

第一版前言

建筑材料是一门实用性强、与工程实际联系十分密切的专业知识。随着科学技术的发展,社会的进步,人类越来越追求舒适、美好的生活环境,各种社会基础设施的建设规模日趋庞大,建筑材料越来越显示出其重要地位。近半个世纪以来,建筑业蓬勃发展,带动了各种新型材料如雨后春笋,层出不穷。同时随着我国加入WTO,建筑业也正在加入到世界经济与科技的大循环中,近几年为了与国际标准接轨,许多关于建筑材料的质量标准和检验方法、施工规程等都进行了修订,本书正是为了适应这种新的形势而编著的。

本书有以下三个特点:第一,从地球环境、资源和能源的视角论述了建筑材料与人类的生存环境、可持续发展的关系;第二,根据建筑材料科学基础理论和工程实际的要求,系统地阐述了常用建筑的技术性质、衡量指标以及检测方法,并深入分析材料的宏观性能与其内部组成、微观结构之间的关系,论述了如何根据结构物的工作环境、设计要求以及现有材料的性能,正确选用材料等知识;第三,书中涉及的材料质量指标、计算方法以及试验方法等,均引用了最新的标准内容。与已有的建筑材料教科书相比,本书在内容上增加了高性能混凝土、生态型混凝土、水下灌注混凝土、灌浆材料等内容,并对未来建筑材料的发展趋势进行了展望。本书适合用作大专院校土木工程类专业的学生教材,以及供从事本专业工作的科研人员、工程管理人员和技术人员参考。

在本书的编著过程中,作者得到了本研究所的王宏宇、颜士海、许小荣等硕士研究生的大力协作,在此对他们表示衷心感谢。由于作者水平的限制,书中难免存在着一些错误,诚恳地希望广大读者给予批评指正,不胜感激。

杨静

2003年11月于北京

目 录

序

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第一章 绪论	1
第一节 建筑材料及其分类	1
第二节 建筑材料所要求的性能	2
第三节 建筑材料与人类生存环境、可持续发展的关系	3
第四节 建筑材料的历史、现状和未来	6
第二章 建筑材料科学基础及工程性质	13
第一节 材料的组成、结构及其对性能的影响	13
第二节 物质存在状态与微观结构	14
第三节 材料的物理性质	17
第四节 材料的力学性质	22
第五节 材料的耐久性	26
第三章 天然石材与土料	28
第一节 天然石材料	28
第二节 土的组成、分类及性质	31
第三节 固化土	35
第四章 无机胶凝材料	39
第一节 胶凝材料的定义与分类	39
第二节 气硬性胶凝材料	39
第三节 水泥	47
第五章 水泥混凝土	80
第一节 混凝土概述	80
第二节 混凝土用胶凝材料	82
第三节 混凝土外加剂	91
第四节 混凝土用骨料	103

第五节	新拌混凝土的性能	114
第六节	混凝土的相组成与组织结构	122
第七节	混凝土的力学性能	125
第八节	混凝土的变形性能	134
第九节	混凝土的耐久性能	139
第十节	混凝土的质量控制与评定	154
第十一节	普通混凝土配合比设计	157
第六章	具有特定性能的混凝土	165
第一节	高性能混凝土	165
第二节	高强混凝土	168
第三节	自密实混凝土	173
第四节	轻混凝土	178
第五节	纤维混凝土	183
第六节	活性粉末混凝土	187
第七节	补偿收缩混凝土	190
第八节	生态型混凝土	192
第九节	再生骨料混凝土	197
第十节	商品砂浆	198
第七章	砌体结构材料	201
第一节	烧结普通砖	201
第二节	建筑砌块	205
第三节	砌体结构	208
第八章	金属材料	210
第一节	金属材料的微观结构	210
第二节	建筑钢材的技术性质	212
第三节	影响钢材性能的化学成分	217
第四节	钢材的冷加工与热处理	219
第五节	钢材的分类	220
第六节	金属的腐蚀与防护	224
第九章	沥青混凝土	226
第一节	概述	226
第二节	组成材料与配比设计	233
第三节	沥青混凝土的应用	239
第十章	高分子聚合物材料	245
第一节	建筑塑料	245

第二节	建筑涂料	251
第三节	建筑防水材料	253
第十一章	木材	258
第一节	木材的构造	258
第二节	木材的物理和力学性质	259
第三节	木材的腐朽与防腐	263
第四节	木质复合板材	263
建筑材料试验		266
试验 I	建筑材料基本性质试验	266
试验 II	水泥试验	268
试验 III	混凝土用砂、石试验	276
试验 IV	混凝土拌和物性能试验	282
试验 V	混凝土力学性能试验	285
试验 VI	建筑砂浆试验	288
试验 VII	砌墙砖试验	291
试验 VIII	石油沥青试验	294
参考文献		298

第一章 绪 论

第一节 建筑材料及其分类

建筑材料是指用于土木、建筑等各项社会基础设施建设工程中的所有材料。社会基础设施包括的范围很广，例如，用于工业生产的厂房、仓库，电站，采矿、采油设施，储油罐，地下输油管线，海洋工程等；农业水利工程中的水坝、灌溉设施；用于交通运输的道路、桥梁、港湾、隧道、铁道、地铁、机场、火车站等；住宅、商业设施、办公楼、宾馆、饭店等建筑物，旅游、娱乐、文化设施，水、电、煤气等管线（称为“生命线”）设施、通信设施；国防军事基地、军工厂、各种防护工程等。所有这些建筑物、结构物均与工农业生产、国民经济建设及人民生活息息相关，统称之为社会基础设施。用于建造这些基础设施的材料称为建筑材料。

建筑材料种类繁多，应用广泛，即使是同一类材料，也有许多品种。在进行生产和施工管理，制定产品质量标准及试验方法，或进行材料性能研究过程中，通常按以下几种方法对建筑材料进行分类。

一、按照制造方法分类

按照制造方法，建筑材料可分为天然材料和人工材料。天然材料是指对自然界中的物质只进行简单的形状、尺寸、表面状态等物理加工，而不改变其内部组成和结构，例如天然石材、木材、土、砂等。人工材料是对自然界中取得的原料进行煅烧、冶炼、提纯、合成或复合等加工而得到的材料，例如钢材、铝合金、砖瓦、玻璃、塑料、石油沥青、木材制品等。

二、按照化学组成分类

按照化学组成，建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料。无机材料又分为金属材料和非金属材料，用于建筑工程的金属材料主要有建筑钢材、铝及其合金、不锈钢、铜、铸铁等，其中建筑钢材用量最大。非金属材料又称为矿物质材料，是用量最多的建筑材料，包括天然石材、烧土制品、水泥、混凝土、建筑陶瓷、建筑玻璃等。有机材料包括天然的有机材料与人工合成的有机材料。木材、竹材、沥青、漆、植物纤维等属于天然有机材料。合成有机材料有塑料、涂料、合成树脂、粘结剂、密封材料等。复合材料是指两种或两种以上材料复合而成的材料，例如钢筋混凝土、钢纤维混凝土是金属与非金属材料复合而成；聚合物混凝土、沥青混凝土、纤维增强树脂是有机材料与无机材料复合而成；复合材料具有特殊的性能，可以满足一些特定的要求。

三、按照使用功能分类

按照使用功能，建筑材料可分为承重材料、装饰装修材料、隔断材料、防火材料等。承重材料主要用作建筑物中的梁、柱、基础、承重墙体等承受荷载的构件，构成结构物的骨架，通常使用的材料有木材、石材、钢材、混凝土等。装饰、装修材料用于建筑物的内

外表面装饰,以分隔、美观、装饰及保护结构体为目的,主要有涂料、瓷砖、壁纸、玻璃、各类装饰板材、金属板、地毯等。隔断材料是指以防水、防潮、隔声、保温隔热等为目的的功能材料,包括各类防水材料、各种具有控制热量传递功能的玻璃、保温板材与砂浆、密封材料等。防火材料是以防止火灾的发生和蔓延为目的的材料,包括防火门、石棉水泥板、硅钙板、岩棉、混凝土预制构件等。

四、按照施工类别分类

按照施工类别,建筑材料可分为木工材料、混凝土工材料、瓦工材料、喷涂材料等。

五、按照使用部位分类

按照使用部位,建筑材料可分为基础材料、结构材料、屋顶材料、地面材料、墙体材料、顶棚材料等。

建筑材料种类繁多,性能各异,其分类方法也有许多,根据分析问题的不同角度,或者施工管理方便等可采取不同的分类方法。

第二节 建筑材料所要求的性能

一、建筑物的性能要求

建筑材料是构成建筑物的物质基础,所以建筑材料所要求的性能与建筑物的性能密切相关。现代社会人类的日常生活、工作、学习、购物以及度假旅游等活动,无不与各种功

能的社会基础设施紧密相关。因此,现代人类对建筑物的要求不再局限于遮风避雨、阻挡风寒等基本的物理性能,还要求具有舒适性、健康性、美观性和经济性等综合性能。图 1-1 所示为现代人类对建筑物或结构物性能的要求。

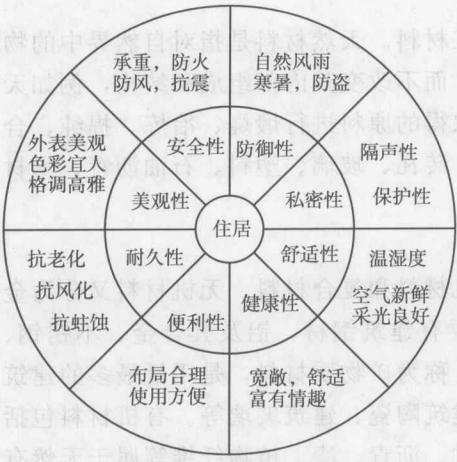


图 1-1 现代人类对建筑物的性能要求

(1) 安全性。安全性是对建筑物或结构物最基本的要求,指在自重及荷载作用下能够安全、正常地使用,在台风、地震等自然灾害及火灾等人为灾害发生时,能够最大限度地保障人身安全。

(2) 耐久性。耐久性是指在长期荷载及环境因素作用下,能保持结构物原有的承载能力和使用功能,不易老化变质、不破坏,保证所设计的使用寿命。

(3) 便利性。便利性是指在平面布局、功能划分等方面规划合理、便于使用,能满足使用者的要求。

(4) 经济性。经济性包括建筑物或结构物从建造、运行使用、维修直到解体整个服务周期内的总成本。

(5) 美观性。美观性是指造型、色彩、风格等与周围环境协调一致,营造一个温馨、快乐、愉快的环境,满足人们对于美的追求。有些典型的建筑物或结构物甚至能构成一个地区或城市的象征。

(6) 节能环保性。节省资源和能源,降低建筑物使用能耗,减少废弃物和有害物质的排放量,减轻对环境的负担。

(7) 健康性与舒适性。有利于居住者的健康,符合健康性指标要求,能为人类提供舒适、健康的生活空间。

(8) 防御性与私密性。具有良好的保温隔热、隔声、防风防雨等功能,保证生活空间的私密性。

二、建筑材料的性能要求

为了使建筑物满足上述性能要求,除了合理规划、设计、正确施工之外,必须选用性能符合要求的建筑材料。例如,要保证安全性,就要求材料具有足够的强度;为保证在地震、台风等突发性、冲击性荷载作用下的安全性,要求材料具有一定的冲击韧性;为防止火灾,要求表层材料具有不燃性或难燃性,以及燃烧时不发烟、不产生有毒气体;要满足耐久性要求,要求材料具有抵抗酸、碱、盐类物质侵蚀的能力,以及在大气因素作用下抗老化、抗虫蛀的能力;要使建筑物具有美观性,要求材料外表尺寸完好,质感高雅,颜色与环境协调;要满足健康性要求,装饰、装修材料要不含有毒、有害物质,等等。因此,对于建筑材料通常要考虑以下性能要求。

(1) 力学性能:包括强度、硬度、刚度、弹性模量、徐变、韧性、耐疲劳性等。

(2) 物理性能:包括密度,变形,热、声、光及水分的透过与反射等。

(3) 耐久性能:包括氧化、变质、劣化、风化、冻害、虫害、腐朽等。

(4) 化学性能:包括对酸、碱、药品等侵蚀性介质的抵抗能力,腐蚀,溶解性等。

(5) 健康性能:包括是否散发有毒气体,对人体是否有害,特殊的建筑物要求有杀菌性能等。

(6) 防火性能:包括燃烧性、引火性、熔融性、发烟性、有毒气体等。

(7) 外观性能:包括色彩、亮度、质感、花纹、触感、耐污染性、尺寸精度、表面平整性等。

(8) 生产、施工性能及可循环利用性能:原材料资源是否丰富,生产、运输及施工过程是否消耗过多的资源和能源,是否污染环境,可加工性、施工性及循环再利用性等。

由此可见,建筑材料涉及的学科范围广泛,要求具有化学、物理学、力学、美学、经济学等各学科的基础知识。对不同种类、不同用途的材料所重点考虑的性能有所不同。例如对于结构材料要重点考虑力学性能、耐久性能、化学性能以及生产性能;对于装饰装修材料要重点考虑外观性能、健康性能、防火耐火性能、物理性能;对于隔断材料则重点考虑耐水性、保温隔热性能,等等。

第三节 建筑材料与人类生存环境、可持续发展的关系

土木、建筑活动是人类最早主动干涉自然的行为,从远古时期起,人类为了生存,除了猎取动物、采集野果等本能的行动之外,最早有意识地对自然界进行的改造和干预就是从事土木建筑活动,例如建造房屋、修筑水渠和堑壕等。现代社会用于人们的生活、生产、出行以及娱乐等各种设施,都是通过土木、建筑工程来实现的,而建筑材料是建造这

些设施的物质基础。因此，建筑材料对于改善人类的生存环境，提高人们的生活质量和生产效率，对自然资源、能源的合理消耗，以及人类的建设活动对自然环境产生怎样的影响等方面具有重要作用。主要表现在以下几个方面。

一、材料构筑了人类的物质文明

材料既是人类文明、文化进步的产物，又是社会生产力发展水平的标志。大自然中存在着木、草、土、石等天然材料，为人类营造自己的居所提供了最基本的建筑材料。4000 多年前人们就开始利用木、草、土等天然材料建造房屋。2000 多年前的古罗马城建筑，所使用的材料大部分是天然石材。我国古代的万里长城，有的段落使用了土、砂和苇柳，有的段落使用黏土砖和石块。世界上最宏伟的宫殿群建筑——北京的故宫，所用的材料主要是木材、青砖、琉璃瓦和汉白玉等。几千年来，人类使用这些天然的或人工的建筑材料，建造了许许多多宏伟的建筑物，为人类留下了宝贵的历史遗产，创造了灿烂辉煌的人类文明与文化。

近代社会建筑材料有了飞跃性的发展，出现了钢铁、水泥、混凝土等人造结构材料，以及塑料、铝合金、不锈钢等新型材料。使用这些材料，人们建造了规模更大、样式更新、功能更强的建筑物。1898 年建成的巴黎埃菲尔铁塔，是早期钢铁材料结构物的代表作。20 世纪初在美国开始建造的高层建筑，采用的材料主要是钢材和钢筋混凝土。2012 年建成的世界最高的日本东京“天空树”电视塔（634m），是由高强混凝土基座和钢结构塔身构成。1980 年代在日本建成了穿越海底超过 200m 深的青函海底隧道，1990 年代开通了英吉利海底隧道，均以钢筋混凝土为主要结构材料。目前世界上最高建筑物，2010 年竣工的阿联酋迪拜的哈里发塔（828m），所使用的主体结构材料是高强钢与高强混凝土。世界最长跨海大桥，2011 年通车的青岛海湾大桥，全长 41.58km，是钢筋混凝土结构。

这些平地拔起的高楼、耸入云端的高塔、横跨海洋的大桥及穿越高山和海底的隧道，都是人类现代物质文明的标志。这些基础设施使人类的生活和行动达到了空前的舒适和便利，使地球变得更加多姿多彩。而建造这些大型现代化设施的物质基础是以钢材和混凝土为主的建筑材料。

二、材料的进步改善了人类的生存环境

到 18 世纪为止，建筑材料一直以天然材料和手工生产为主。传统的建筑材料受到尺寸、强度等限制，难以在宽阔的水面上架设大跨度的桥梁，难以建造大空间的房屋，缺少高效保温隔热材料和防水材料，屋顶、地面及开口缝隙等部位漏雨渗水现象普遍存在，房屋的居住环境差；缺少美观的装修材料，建筑物缺乏美感；道路没有进行路面铺装，雨天或雪天行走困难。自然界的障碍给人类生活带来诸多不便，人类处于较低的生存环境水平。

以 18 世纪的英国产业革命为契机，工业化生产的建筑材料取得了长足的进展。19 世纪钢铁、水泥、混凝土和钢筋混凝土等建筑材料的大量生产与应用，是建筑材料发展史上的一大革命。它打破了传统材料的形状、尺寸的限制，使建筑物向高层、大跨度发展有了可能。这些材料的强度和耐久性都远远优于天然材料。进入 20 世纪以来，又先后出现了塑料、铝合金、不锈钢等新型建筑材料。建筑材料在质和量上的发展，使基础设施的建设速度大大加快，极大地改善了人类的生存条件。例如使用高强度钢材、混凝土等结构材

料,人类能够建造跨度超过 1000m 的桥梁、高度超过 400m 的高层建筑;防水材料的使用使房屋的漏雨、漏水现象大大减少;玻璃作为透明材料的使用使得房间的采光效果大大改善;在墙体及顶棚中采用保温材料,既提高了房屋的热环境质量,改善了居住性,又节约了能源;各种装修材料的开发和使用,使建筑物具有了美观性、健康性和舒适性;路面采用水泥混凝土、沥青混凝土铺设,大大改善了交通条件,方便了人们的旅行;通信设施的建设,使社会进入了信息化时代。

三、材料的大量生产和使用加快了资源、能源的消耗并污染环境

20 世纪 40 年代开始,世界人口的急剧增加和经济的飞速发展,带来了土木、建筑业的空前活跃。各种基础设施的建设,使得建筑材料在量和质上都达到了历史上最高水平。到 20 世纪末,全世界的钢产量大约达到 7 亿 t,水泥产量大约为 14 亿 t,混凝土的年使用量约为 90 亿 t。2011 年我国的钢产量 6.84 亿 t,比 2010 年增长 7.3%;水泥产量 20.6 亿 t,比 2010 年增长 16.1%;均位居世界第一。

建筑材料的大量生产,消耗了自然界中大量的原材料。例如炼铁要采掘铁矿石,生产水泥要使用石灰石和黏土类原材料,占混凝土体积大约三分之二的砂石骨料要开山采矿,挖掘河床,严重破坏了自然景观和自然生态。生产木材需要砍伐森林。自然植被的破坏,加剧了土地的沙漠化。我国现有荒漠化土地面积 263.6 万 km²,占国土总面积的 27.46%。每年因土地荒漠化和土地沙化直接经济损失高达 540 亿元,近 4 亿人的生活受到影响。烧制黏土砖要取土毁掉大片农田,对于人均耕地面积很少的我国不容乐观。

与此同时,材料的生产制造要消耗大量的能量,并产生废气、废渣,对环境构成污染。据统计钢铁工业每吨钢综合能耗折合标准煤 1.66t,耗水 48.6m³;每烧制 1t 水泥熟料耗标准煤 178kg,同时放出 1t 二氧化碳气体。建筑材料在运输和使用过程中,也要消耗能量,并对环境造成污染和破坏。在建筑施工过程中,由于混凝土的振捣及施工机械的运转产生噪声、粉尘、妨碍交通等现象,对周围环境造成各种不良影响。

四、建筑材料的性能影响环境质量

建筑材料的性能和质量,直接影响建筑物或结构物的安全性、耐久性、使用功能、舒适性、健康性和美观性。无论是生活、工作还是出门旅行,现代人的生活都离不开各种建筑物,人们每天都在接触建筑材料,所以材料的性能和质量对人类生存环境的影响很大。

例如,传统的墙体材料多采用实心黏土砖,由于不设保温层,墙体很厚,降低建筑物的面积使用率,浪费了土地资源,增加建筑物的运输重量和施工量,用于控制室内温度的能耗也很大。传统的门窗材料多采用木材,吸水后容易变形,随着季节的变化,会出现门窗关不上或空隙大等现象,而且木材耐火性差,易被蛀蚀和腐朽,20 世纪 80 年代开发使用的钢窗,容易生锈,保温性和密闭性差。塑钢是较理想的门窗材料,我国已推广使用。目前我国用于房屋建筑的防水材料仍不能完全过关,建筑物漏雨、渗水现象仍然存在,影响居住舒适性。路面材料主要采用水泥混凝土和沥青混凝土,开裂、不平、破损现象很多。城市内道路和广场多为不透水性路面,雨天容易积水,排水不畅。这使得城市地下水得不到补充,又加重排水系统的负担,还严重影响交通。

综上所述,材料是人类与自然之间的媒介,是从事土木建筑活动的物质基础。材料的性

能和质量决定了施工水平、结构形式和建筑物的性能，直接影响人类的居住环境、工作环境和景观。建筑材料与人类的生存环境、可持续发展的关系如图 1-2 所示，人类从自然界中取得原材料，进行加工制造得到建筑材料，同时消耗一部分自然资源的能量，并产生一定量的废气、废渣和粉尘等对自然环境有害的物质。人类通过设计、使用建筑材料进行施工，得到所需要的建筑物或结构物，服务于人类的生活、生产或社会公共活动。在进行施工的同时，还将产生粉尘、噪声等，污染环境。这些人工建造的建筑物、结构物，以及从材料制造到使用过程中所产生的有害物质与被人类干预和改造过的自然环境一起，构成了人类生存的总体环境。可见，开发并应用节省资源、能源的建筑材料，尽量减少生产和使用过程中有害物质的排放量，满足使用功能和健康性要求的建筑材料对改善人类的生存环境，使人工环境与自然环境协调共生，实现建设活动的可持续发展具有重要意义。

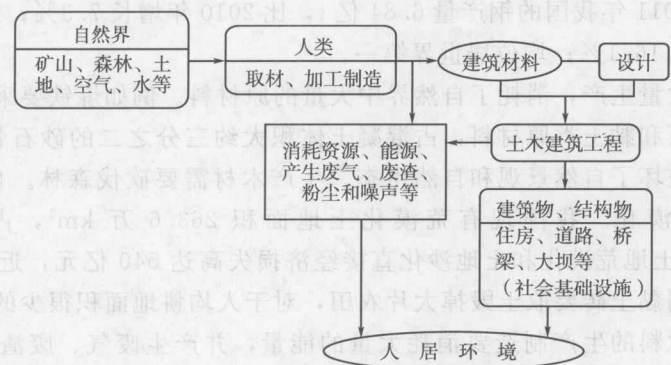


图 1-2 建筑材料与人居环境、可持续发展之间的关系

第四节 建筑材料的历史、现状和未来

如图 1-3 所示，在人类漫长的历史发展过程中，建筑材料的发展经历了从无到有，从天然材料到人工材料，从手工业生产到工业化生产这样几个阶段。

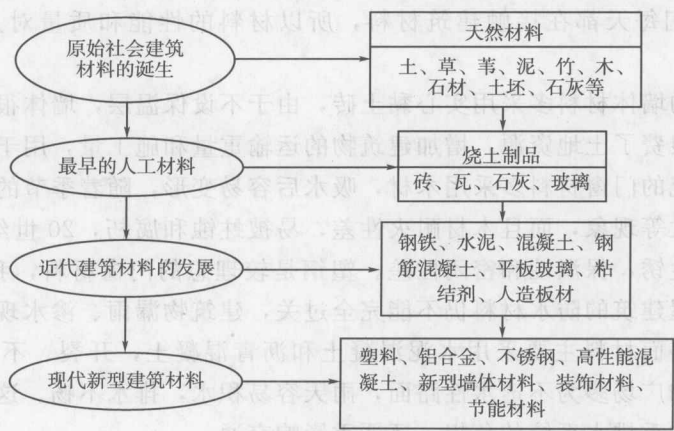


图 1-3 建筑材料的发展历程