

TUMU GONGCHENG CAILIAO

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

土木工程材料

TUMU GONGCHENG CAILIAO



◎ 翟红侠 主 编
詹炳根 副主编
刘 瑾
孙道胜 主 审

合肥工业大学出版社

高等学校省级规划教材

——土木工程本科专业系列教材

土木工程材料

翟红侠 主 编

詹炳根 副主编

刘 瑾

孙道胜 主 审



合肥工业大学出版社

内 容 提 要

《土木工程材料》是高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材中的一册。本书采用了最新技术标准,叙述了常用土木工程材料的基本成分、原料及生产工艺、技术性质、应用、试验等基本理论及应用技术,介绍了土木工程材料新技术和发展方向。全书共分16章,内容包括绿色建材、土木工程材料基本性质、气硬性无机胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料和屋面材料、钢材和铝材、木材、沥青与沥青混合料、高分子建筑材料、防水材料、绝热吸声隔声材料、建筑装饰材料以及土木工程材料试验。

本书应用性强,适用面宽。可作为土木工程、道路桥梁、水利等工程专业教学用书,也可供土木工程设计、施工、科研、工程管理和监理人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/翟红侠主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-81093-977-5

I. 土… II. 翟… III. 土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 085109 号

土 木 工 程 材 料

主 编:翟红侠 责任编辑:陈淮民 特约编辑:张永军

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail Press@hfutpress.com.cn
版 次 2009 年 7 月第 1 版
印 次 2009 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 24
字 数 575 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥学苑印务有限公司

主编信箱 zhhx@aiai.edu.cn 责编信箱 Chenhm30@163.com

ISBN 978-7-81093-977-5

定价:39.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

安徽省高校土木工程系列规划教材

编 委 会

主 任：程 桦 干 洪 方潜生（常务）

副主任：朱大勇 王建国 汪仁和 丁克伟

沈小璞

委 员：（按姓氏笔画排列）

马芹永 戈海玉 卢 平 李长花

刘安中 孙 强 张光胜 吴 约

完海鹰 邵 艳 柳炳康 姚传勤

宣以琼 夏 勇 柴阜桐 殷和平

高荣誉 曹成茂 黄 伟

前 言

近年来,我国土木工程行业已经成为国民经济的支柱产业之一,土木建筑行业对实用性人才的需求也逐年剧增。我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会几年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格;从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工 作;业务范围包括设计房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁路工程与桥梁、矿山建筑与农田水利水电工程等,并制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲,由一批长期在教学第一线从事教学并有过多年工程经验和丰富教学经验的教师参与编写,以定位“应用型人才培养”为目标而编撰。

本书以高等学校土木工程专业指导委员会编写的《土木工程材料教学大纲》为依据编写的。《土木工程材料》是工科类高等院校材料学科、土木工程学科必不可少的一门专业基础课程。全书共分 16 章及试验部分,内容包括绿色建材、土木工程材料基本性质、气硬性无机胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料和屋面材料、钢材和铝材、木材、沥青与沥青混合料、高分子建筑材料、防水材料、绝热吸声隔声材料、建筑装饰材料以及土木工程材料试验。各章均采用国家现行的新标准和新规范,如《混凝土配合比设计》(JGJ55—2000)、《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ98—2000)、《通用硅酸盐水泥》(GB175—2007)、《建筑砂浆基本性能试验方法标准》(JGJ/T70—2009)、《金属拉伸试验方法》(GB228—2002)等。各章节尽量与规程实际相结合,以加强工程应用。本书按照科学发展观,从可持续发展的观念,突出反映现代土木工程材料的新理论、新材料、新技术、新规范、新方法,融传统建筑材料和新型建筑材料为一体,涵盖绿色建材及材料的可持续发展、材料质量控制及检测技术。

本书由安徽建筑工业学院翟红侠担任主编,合肥工业大学詹炳根、安徽建筑工业学院刘瑾担任副主编。各章编写人员如下:安徽建筑工业学院翟红侠编写第 1、2、3 章,安徽建筑工业学院胡普华编写第 4 章及建筑材料试验,安徽理工大学程行国编写第 5 章,合肥工业大学詹炳根编写第 6 章,合肥工业大学周万良编写第 7、8 章,安徽新华学院朱兆建编写第 9 章,铜陵学院殷和平编写第 10、12 章,安徽交通职业技术学院章劲松编写第 11 章,安徽建筑工业学院刘瑾编写第 13 章,安徽建筑科学研究设计院廖绍锋编写第 14 章,安徽建筑工业学院任启芳编写第 15 章,安徽建筑工业学院汪翼湧编写第 16 章。全书由孙道胜教授主审。

本教材可供高等院校的土木工程、材料学科及相关专业(建筑学、城市规划、工程管理、

市政工程等)的学生学习和教师参考。

本书在编写过程中得到安徽建筑工业学院领导的支持以及土木工程学院、材料与化学工程学院领导和同仁的大力帮助,也得到其他参编学校的帮助和支持,在此深表谢意。

由于编写水平有限及编写时间仓促,书中不妥和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年7月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 土木工程材料及其分类	(1)
1.2 土木工程材料与人类居住环境、可持续发展的关系	(3)
1.3 土木工程材料的发展历史、现状和未来	(6)
1.4 土木工程材料质量控制	(13)
第 2 章 土木工程材料的基本性质	(24)
2.1 材料的物理性质	(24)
2.2 材料的力学性质	(33)
2.3 材料的耐久性	(37)
2.4 材料的组成、结构及其构造对性能的影响	(38)
第 3 章 天然石材、土	(42)
3.1 天然石材	(42)
3.2 土	(45)
第 4 章 气硬性无机胶凝材料	(50)
4.1 概述	(50)
4.2 石灰	(50)
4.3 石膏	(55)
4.4 水玻璃	(58)
4.5 菱苦土	(59)
第 5 章 水泥	(62)
5.1 硅酸盐水泥	(62)
5.2 通用硅酸盐水泥的其他品种	(74)
5.3 铝酸盐水泥	(79)
5.4 其他水泥	(82)
第 6 章 混凝土	(89)
6.1 概述	(89)
6.2 普通混凝土的组成材料	(89)

6.3	混凝土掺合料	(97)
6.4	混凝土外加剂	(100)
6.5	混凝土拌合物的和易性	(106)
6.6	混凝土的强度	(110)
6.7	混凝土的变形性能	(117)
6.8	混凝土的耐久性	(122)
6.9	混凝土的质量波动与控制	(125)
6.10	混凝土强度的检测及混凝土强度等级的评定	(129)
6.11	普通混凝土的配合比设计	(132)
第7章	其他混凝土	(142)
7.1	轻混凝土	(142)
7.2	粉煤灰混凝土	(148)
7.3	高强混凝土和高性能混凝土	(151)
7.4	防水混凝土	(153)
7.5	泵送混凝土	(154)
7.6	道路混凝土	(155)
7.7	纤维混凝土	(156)
7.8	耐热混凝土	(159)
7.9	耐酸混凝土	(160)
7.10	聚合物混凝土	(160)
第8章	砂浆	(162)
8.1	砂浆的原材料	(162)
8.2	砂浆的技术性质	(163)
8.3	砌筑砂浆	(165)
8.4	抹面砂浆	(167)
8.5	装饰砂浆	(168)
8.6	干粉砂浆	(170)
8.7	其他品种砂浆	(170)
第9章	钢材与铝材	(172)
9.1	钢的冶炼及分类	(172)
9.2	钢材的技术性质	(174)
9.3	钢材的化学成分及其对钢材性能的影响	(182)
9.4	钢材的标准和选用	(184)
9.5	钢材的腐蚀及防护	(197)
9.6	铝合金及其在建筑中的应用	(198)

第 10 章 墙体及屋面材料	(201)
10.1 砌墙砖	(201)
10.2 砌块及墙用板材	(209)
10.3 屋面材料	(217)
第 11 章 沥青与沥青混合料	(219)
11.1 沥青	(219)
11.2 石油沥青	(220)
11.3 煤沥青	(226)
11.4 乳化沥青	(227)
11.5 沥青混合料	(232)
11.6 沥青混合料的结构与强度	(233)
11.7 沥青混合料的技术性质和技术标准	(247)
11.8 沥青混合料配合比设计	(252)
第 12 章 木材	(259)
12.1 木材的构造	(259)
12.2 木材的物理和力学性质	(260)
12.3 木材的腐朽与防护	(263)
12.4 木质复合板	(264)
第 13 章 高分子建筑材料	(268)
13.1 高分子建筑材料分类及特性	(268)
13.2 建筑塑料及制品	(269)
13.3 建筑粘接剂	(274)
13.4 建筑涂料	(277)
第 14 章 防水材料	(281)
14.1 沥青基制品	(283)
14.2 改性沥青防水卷材	(286)
14.3 高分子防水卷材	(289)
14.4 防水涂料	(292)
14.5 建筑密封材料	(293)
第 15 章 绝热、吸声隔声材料	(296)
15.1 绝热材料	(296)
15.2 吸声隔声材料	(299)

第 16 章 建筑装饰材料	(304)
16.1 概述	(304)
16.2 石膏装饰材料	(306)
16.3 纤维装饰织物和制品	(307)
16.4 建筑装饰玻璃制品	(310)
16.5 建筑饰面陶瓷和琉璃制品	(312)
16.6 建筑装饰涂料	(315)
16.7 建筑装饰塑料制品	(318)
16.8 木材装饰制品	(322)
16.9 金属装饰制品	(323)
16.10 装饰石材	(326)
 附录 土木工程材料试验	(331)
试验一 土木工程材料基本性质试验	(331)
试验二 水泥试验	(333)
试验三 混凝土用砂、石试验	(341)
试验四 混凝土拌合物性能试验	(348)
试验五 混凝土力学性能试验	(351)
试验六 砂浆试验	(354)
试验七 砌墙砖试验	(357)
试验八 钢材试验	(358)
试验九 石油沥青试验	(361)
试验十 沥青混合料试验	(365)
 参考文献	(373)

第1章 绪论

1.1 土木工程材料及其分类

1.1.1 土木工程材料的定义及其分类

1. 土木工程材料的定义

土木工程材料是指用于土木、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;交通运输的道路、桥梁、港湾、隧道、铁路、机场、火车站等;城市住宅、商场大厦、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、通讯设施;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土木工程材料。水泥、钢筋、混凝土、砌墙砖、石灰、沥青、瓷砖等是我们常见的土木工程材料。土木工程材料应用广泛,品种达数千种之多。

2. 土木工程材料的分类

(1) 按照制造方法分类

按照制造方法,土木工程材料可分为天然材料和人工生产材料。

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。

人工生产材料是对自然界中取得的素材进行煅烧、冶炼、提纯或合成等加工而得的材料,例如钢材、铝合金、砖瓦、玻璃、石油沥青等。

(2) 按照使用功能分类

按照使用功能,土木工程材料可分为承重材料、装饰—装修材料、隔断材料、防火—耐火材料。

承重材料主要用作建筑物的梁、柱、基础、承重墙体等承受外力度构件,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,以间隔、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材料,包括各类防水材料、各种具有控制温热效果的玻璃、保温板材、防水密封材料等。

防火—耐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。

(3) 按照化学组成分类

通常根据材料的化学组成将材料分为有机材料、无机材料和复合材料三大类,见表1-1。

表 1-1 土木工程材料按化学组成分类

分 类			举 例
无 机 材 料	金属材料	黑色金属	钢、铁、合金、不锈钢等
		有色金属	铝、铜、铝合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石、石材制品
		烧土制品	砖、瓦、玻璃、陶瓷制品
		胶凝材料	水泥、石灰、石膏、水玻璃、菱苦土等
		混凝土及制品	混凝土、砂浆、硅酸盐制品等
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿物棉等
有 机 材 料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青材料		天然沥青、石油沥青、煤沥青、页岩沥青
	合成高分子材料		塑料、合成橡胶、合成纤维、合成胶粘剂、合成树脂、涂料等
复 合 材 料	无机非金属与有机材料的复合		玻璃纤维增强塑料、树脂混凝土、聚合物水泥混凝土、沥青混凝土
	无机金属材料与非金属材料的复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土
	无机金属材料与有机材料的复合		PVC 钢板、金属夹芯板、塑钢等

(4) 按照施工类别分类

按照施工类别,土木工程材料可分为木工材料、混凝土材料、瓦工材料、喷涂材料等。

(5) 按照使用部位分类

按照使用部位,土木工程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。

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

1.1.2 土木工程材料在土木工程建设中的重要地位

任何一种建筑物或构筑物都是用土木工程材料按某种方式组合而成的,没有土木工程材料,就没有土木工程,因此土木工程材料是一切土木工程的物质基础。土木工程材料在土木工程中应用量巨大,材料费用在工程总造价中占有 40%~70%,如何从品种门类繁多的材料中,选择物优价廉的材料,对降低工程造价具有重要意义。土木工程材料的性能影响到土木工程的坚固、耐久和适用,不难想象木结构、砌体结构、钢筋混凝土结构和砖混结构的建筑物性能之间的明显差异。例如砖混结构的建筑物,其坚固性一般优于木结构和砌体结构建筑物,而舒适性不及后者。对于同类材料,性能也会较大差异,例如用矿渣水泥制作的污水管较普通水泥制作的污水管耐久性好。因此选用性能相适的材料是土木工程质量的 important 保证。

任何一个土木工程都由建筑、材料、结构、施工四个方面组成,这里的“建筑”指建筑物(构筑物),它是人类从事土木工程活动的目的,“材料”、“结构”、“施工”是实现这一目的的手

段。其中,材料决定了结构形式,如木结构、钢结构、钢筋混凝土结构等,结构形式一经确定,施工方法也随之而定。土木工程中许多技术问题的突破,往往来源于土木工程材料问题的解决;新材料的出现,将促使建筑设计、结构设计和施工技术革命性的变化。例如粘土砖的出现,产生了砖木结构;水泥和钢筋的出现,产生了钢筋混凝土结构;轻质高强材料的出现,推动了现代建筑向高层和大跨度方向发展;轻质材料和保温材料的出现对减轻建筑物的自重、提高建筑物的抗震能力、改善工作条件与居住环境等起到了十分有益的作用,并推动了节能建筑的发展;新型装饰材料的出现使得建筑物的造型及建筑物的内外装饰焕然一新,生气勃勃。总之,新材料的出现远比通过结构设计、计算和采用先进施工技术对土木工程的影响大,土木工程归根到底都是围绕着土木工程材料来开展的生活活动,土木工程材料是土木工程的基础与核心。

1.2 土木工程材料与人类居住环境、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改造和干预的就是从事土木建筑活动,例如建造房屋、修筑水渠和壕等。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,而土木工程材料是建造这些设施的物质基础。因此,土木工程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,以及人类的建筑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。

1.2.1 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。大自然中存在着的木、草、土、石等天然材料,为人类营造自己的居住提供了最基本的建筑材料。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,有的段落使用粘土砖和石块。世界上最宏伟的宫殿群建筑——北京故宫。所用的材料主要是木材、汉白玉、琉璃瓦和青砖等。几千年来,人类使用这些天然的或人工土木工程材料,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。

近代社会土木工程材料有了飞跃性的发展,出现了钢铁、水泥、混凝土等主体结构材料,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。70年代建造的世界最高的加拿大多伦多CN电视塔(553m),是由高强混凝土的塔身、特殊密实的混凝土结构的发射塔基座和钢结构的顶部发射塔构成的。80年代在日本架设了全长约10km的钢结构跨海大桥和穿越海底超过200m深的青函海底隧道。90年代开通了英吉利海底隧道。目前世界上最高建筑物,马来西亚吉隆坡的佩重纳斯大厦(452m),所使用的主体结构材料是高性能混凝土。

这些平地拔起的高楼、耸入云端的高塔、横跨海洋的大桥、穿越高山和海底的隧道,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

地球变得更加丰富多彩。而建造这些大型、现代化设施所需的物质基础是以钢材、水泥、混凝土为主的土木工程材料。可以说材料构筑了人类的文化、历史和现代物质文明。

1.2.2 材料的进步改善了人类的生存环境

到 18 世纪为止,土木工程材料一直以天然材料和手工业生产为主体,没有大的突破。传统的土木工程材料受到尺寸、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,缺少高效保温隔热和防水材料,房屋的热环境质量差,屋顶、地面及开口缝隙等部位漏雨渗水现象普遍存在;缺少美观的装修材料,室内缺乏美感和舒适性;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,人类的生存环境处于较低的水平。

以 18 世纪的英国产业革命为契机,工业生产的土木工程材料取得了长足的进展。19 世纪前叶,钢铁、水泥、混凝土和钢筋混凝土等土木工程材料的出现与应用,是土木工程材料发展史上的一大革命。首先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。其次无论是强度,还是耐久性都远远优于传统材料。进入 20 世纪以来,又先后出现了塑料、铝合金、不锈钢等新型土木工程材料。土木工程材料在质和量上的发展,使生活、生产、交通、通讯、国防等基础设施的建设步伐大大加快,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,又节约能源;各种装修材料的开发和使用,使建筑物具有美观性、健康性和舒适性;路面采用水泥混凝土、沥青混凝土材料,大大改善了交通条件,方便了人们的旅行;通讯设施的建设,使社会进入了信息化时代。

1.2.3 材料的大量生产和使用,加快了资源和能源的消耗并污染环境

从 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。道路、桥梁、铁路、机场、港湾、城市建筑、通讯等基础设施的建设,使得土木工程材料在质和量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。我国的钢产量为 1.01 亿 t,水泥年产量已达到 4.9 亿 t,均位居世界第一。

土木工程材料的大量使用,消耗了自然界中大量的原材料。例如炼钢要采掘铁矿石,生产水泥要使用石灰石和粘土类原材料,占混凝土体积大约 80% 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。木材取自于森林资源,森林面积的减少,加剧了土地的沙漠化。我国现有荒漠化土地面积约 262.2 万 km^2 ,占国土总面积的 27.3%;目前每年仍有 2460 km^2 的土地沦为沙漠。烧制粘土砖要毁掉大片农田用来取土,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源,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消耗折合标准煤 1.66t,耗水 48.6 m^3 ;每烧制 1t 水泥熟料耗标准煤 178kg,同时放出 1t 二氧化碳气体。土木工程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的噪声、粉尘和妨碍交通等现象,对周围环境也造成了不同程度的影响。

1.2.4 土木工程材料的性能影响环境质量

土木工程材料的性能和质量,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,人们每天都接触土木工程材料,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粘土砖,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,同时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。铝合金、不锈钢以及塑钢是较理想的门窗材料,但在我国尚未普遍使用。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。城市内路面多为不透水性路面,雨天道路积水、车辆及行人行走时容易发生溅水现象。

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。土木工程材料与人类的生存环境、可持续发展的关系如图1-1所示。

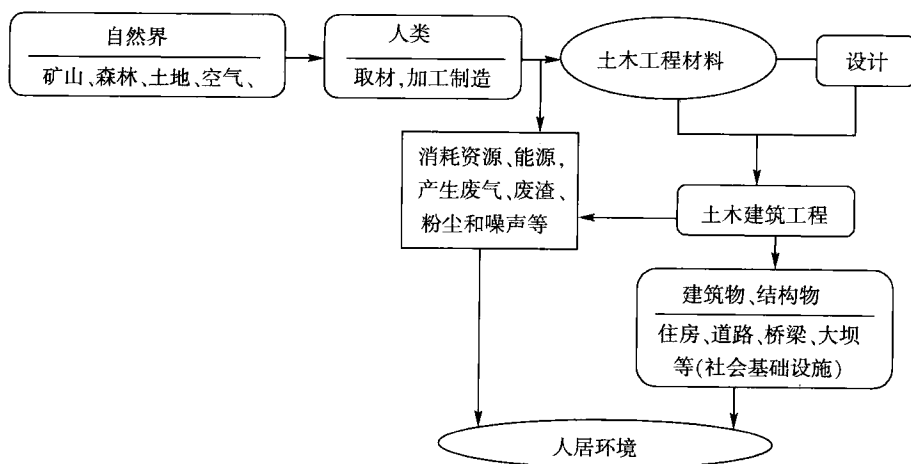


图 1-1 土木工程材料与人居环境、可持续发展之间的关系

人类从自然界中取得原材料,进行加工制造得到土木工程材料,同时消耗一部分自然界的资源和能源,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、使用土木工程材料进行施工,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、能源的土木工程材料,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土木工程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。

1.3 土木工程材料的发展历史、现状和未来

如图 1-2 所示,在人类漫长的历史发展过程中,土木工程材料的发展经历了从无到有,从天然材料到人工材料,从手工生产到工业化生产这样几个阶段。

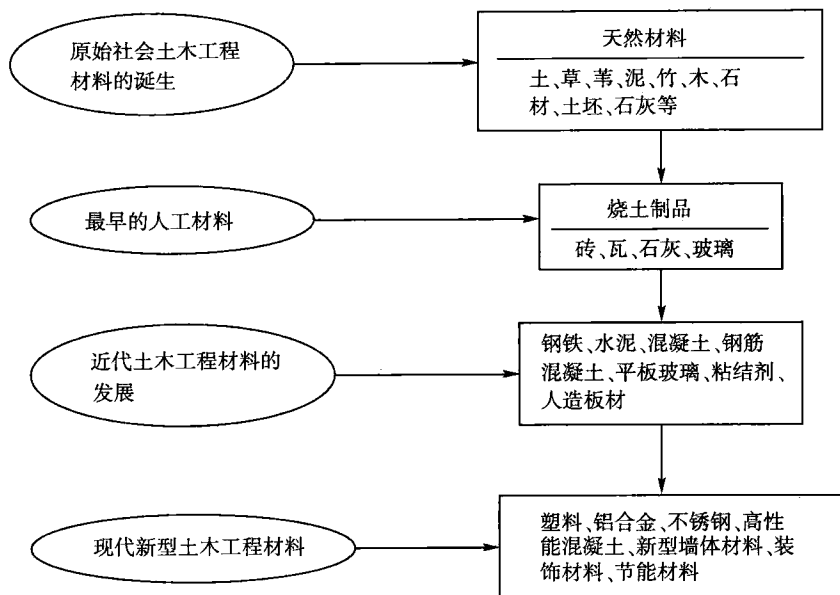


图 1-2 土木工程材料的发展历史

1.3.1 天然材料的利用

距今大约 50 万~10 万年前,原始人过着群居的生活。他们只会利用天然的石块或木棍,采集野果,追杀小动物,来解决生存第一需要——食物。当时人类还没有能力建造居所,只能利用天然的洞穴,或“构木为巢”,以应付风寒雨雪和猛兽虫蛇的侵害。这一时期的居住还谈不上是建筑,当然也谈不上土木工程材料。无论是“巢居”还是“穴居”,只是一种利用天然条件借以栖身的办法。

大约距今 1 万~6 千年前,人类进入了新石器时代。当时中国正处于母系氏族社会的鼎盛时期。这一时期农业已成为人类生产的重要手段,人们开始定居下来,同时出现了畜养家禽、家畜业和制陶业。这一时期的房屋多数建造成半地穴式。所使用的结构材料为天然的木材或竹材墙体多为木骨抹泥,有的表面用火烤得很坚实,屋顶多为茅草或草泥。这种墙体不可能做的很厚重,不仅保温隔热性能差,屏障和防御性能也较低,但与天然洞穴相比,毕竟有了一个可以遮蔽风雨的简单居舍。直到今天,仍然有很多地方以天然木材或竹材作为骨架,在墙壁和屋顶苫草来建造房屋。

随着生产工具的进步,人们开始利用天然石材建造房屋及纪念性结构物。由于石材强度高,承载力强,可以建造较大型的结构物。最早利用大块石材的结构物当数公元前 2500 年前后建造的埃及金字塔。公元前 500~前 400 年建造的古希腊雅典卫城,公元 80~200 年期间兴旺一时的罗马古城,也大量使用了天然石材。进入中世纪,石材建筑更是风靡欧

洲,许多皇家建筑及教堂,均采用石材作为结构材料。由于石材建筑坚固耐用,因此许多建筑物得以长久保存下来,成为人类宝贵的文化遗产。

天然石灰是最早的胶凝材料。很早以前,人类或许在烧烤动物、烧火取暖等偶然机会中发现天然的贝壳烧过以后,其灰具有胶结能力。还有在钟乳洞内挖坑,或在石灰岩上烧过火之后残存下的灰,用水拌合后能固化。于是人们利用这种灰,拌入植物纤维或掺入砂、土等作为胶凝材料使用。采用胶凝材料粘结块体材料,使砌筑结构物更具有整体性,人类有可能建造规模更大的建筑物或结构物。公元前 2500 年建造的埃及金字塔就使用了天然的石灰砂浆做胶结材料,将大块的石块粘结砌成,这是目前现存的使用天然石灰最古老的结构物。

公元前 16~前 11 世纪(商代)的青铜器时代,由于青铜器的大量使用,使得社会生产力水平有了很大提高。同时,青铜器的使用为木结构建筑及“版筑技术”提供了很大的方便。所谓“版筑技术”,就是用木板或木棍作边框,然后在框内浇注黄土,用木杵夯实之后,将木板拆除。这是一种非常经济的筑墙方法,就地取土筑墙,木版框可以重复使用多次。利用这种技术,对天然土进行简单的加工,用于人类的住居及其他建筑物。“干打垒”是现在仍然使用的版筑技术,在我国东北寒冷地区和南方炎热地区,均有“干打垒”式墙体的房屋,具有良好的保温隔热效果。混凝土的浇注技术,也来自于最早的“版筑技术”。

1.3.2 烧土制品——最早的人工土木工程材料

以天然粘土类物质为原料,经高温焙烧获得的材料叫做烧土制品。烧土制品是人类最早加工制作的人工建筑材料,可以说是与人类的文化、历史同步发展的一种土木工程材料。

土坯是粘土砖的前身,将粘土用水拌合成泥,能产生塑性变形。利用这种性质,将粘土泥放入一定尺寸的模型中成型,然后利用太阳的光热干燥制成,这是人类最初加工制造的土木工程材料。这种土坯最早在公元前 8000 年左右出现,就在中东到埃及一带使用。在古埃及和米索布达米亚的遗迹中,有很多构筑物就使用了这种日晒土坯。土坯制作简单,成本低廉,保温性能好,直到现在,在一些干旱少雨、工业生产不发达的偏僻农村仍然有使用土坯砌筑房屋的墙体或内墙。在北方寒冷地区,通常使用土坯砌筑火炕。但土坯组织粗糙,强度低,吸水后软化。为了克服这些缺点,将土坯在高温下焙烧,能成为坚实、耐水的粘土砖。在土坯出现后大约经过了 3000 年(即公元前 5000 年左右),就出现了烧制的粘土砖,这种粘土砖最早被苏美尔人用于建造宫殿。

我国从西周时期(大约公元前 1060~前 711 年)开始出现了粘土砖,到了秦汉时期,粘土砖已经作为最主要的房屋建筑、筑墙材料被大量使用,因此有“秦砖汉瓦”之称。粘土砖是烧土制品的代表性材料,与土坯相比,粘土砖强度高、耐水性好,同时外形规则、尺寸均一,易于砌筑,

2000 多年以来,粘土砖在我国房屋建筑中始终是墙体材料的主角。但是烧制粘土砖要破坏大量的耕地,随着人口的增多,土地资源的匮乏,我国正在逐步限制实心粘土砖的使用和生产,这种传统的墙体材料将逐步被其他材料所取代。

公元前 3000 年左右,米索布达米亚地方最早出现了屋顶瓦。最早的瓦是平板型,逐渐发展成平缓曲面形,最后发展成各种形状的瓦。我国从西周时代开始出现了粘土瓦,到了战国时期(公元前 475 年~公元前 221 年),筒瓦、板瓦已作为屋顶材料广泛使用。到目前为止,粘土瓦仍然是常用的屋面材料。

烧制石灰是最早的人工胶凝材料。生石灰的化学成分主要是 CaO ,是由天然的石灰