

普通高等教育规划教材



MODERN CIVIL ENGINEERING

现代土木工程

付宏渊 刘建华 汪 优 主 编
李宇峙 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育规划教材

Modern Civil Engineering
现代土木工程

付宏渊 刘建华 汪 优 主 编
李宇峙 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书依据教育部《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》和对土木工程专业人才的培养目标、培养方案要求编写而成。本书着重介绍土木工程领域相关专业的基本内容,以简明、新颖、实用为特点,反映现代土木工程的现状和成就,力求突出土木工程发展的最新成果。本着“以学生为本,以实践为源”的理念,本书采用大量的插图和实例以呈现土木工程领域的有关内容,尽可能从学科概论的视角反映现代土木工程的发展性、综合性、社会性及其在技术、经济与管理方面的统一性,在进行工程教育的过程中注重传授给学生从事土木工程专业的理念和思维方法。本书还配有相应课件,以方便教师将文字教材和电子资源结合起来展开教与学。

本书可以作为土木工程、水利工程、建筑学和城市规划等专业的教材和教学参考书,也可作为其他理工类和人文类专业的选修课教材,同时亦可供高职高专与成人高校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代土木工程/付宏渊等主编. —北京:人民交通出版社,2010.5

ISBN 978-7-114-08279-5

I. ①现… II. ①付… III. ①土木工程 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 067585 号

普通高等教育规划教材

书 名: 现代土木工程

著 作 者: 付宏渊 刘建华 汪 优

责任编辑: 王文华

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 20.75

字 数: 521千

版 次: 2010年5月 第1版

印 次: 2010年5月 第1次印刷

印 数: 0001~3000册

书 号: ISBN 978-7-114-08279-5

定 价: 36.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《现代土木工程》

编写委员会

主 编：付宏渊 刘建华 汪 优

主 审：李宇峙

编写人员：付宏渊 刘建华 汪 优 张军辉 余 俊
 罗 宏 宋 力 彭建新 黄 靓 曾志平
 丰 静

目 录

第1章 绪论	1
1.1 土木工程定义及属性	1
1.2 古代土木工程	5
1.3 近代土木工程	11
1.4 现代土木工程	15
1.5 土木工程专业	23
思考题	25
第2章 土木工程材料	26
2.1 土木工程材料概述	26
2.2 传统土木工程材料	28
2.3 近代土木工程材料	34
2.4 现代土木工程材料	42
思考题	52
第3章 建筑工程	53
3.1 建筑工程概述	53
3.2 建筑结构的基本构件	54
3.3 建筑工程的结构类型	58
3.4 特种结构	70
3.5 现代建筑工程	73
思考题	76
第4章 道路与铁道工程	77
4.1 道路与铁道工程简介	77
4.2 道路与铁道工程组成结构	84
4.3 城市道路	96
4.4 高速铁路和重载运输	98
4.5 现代城市轨道交通系统	101
思考题	104
第5章 桥梁工程	105
5.1 桥梁工程简介	105
5.2 桥梁结构受力体系	111
5.3 桥梁上部结构类型	114

5.4	桥梁下部结构类型	118
5.5	现代桥梁建设与维护	120
5.6	现代桥梁施工技术	125
	思考题.....	133
第 6 章	隧道与地下工程	134
6.1	隧道与地下工程概述	134
6.2	隧道工程	139
6.3	地下工程	148
6.4	隧道与地下工程施工	150
	思考题.....	158
第 7 章	岩土工程	159
7.1	岩土工程定义及分类	159
7.2	岩土工程勘察	161
7.3	基础工程	163
7.4	地基处理	168
7.5	基坑工程	172
	思考题.....	178
第 8 章	水利工程	179
8.1	水利工程简介	179
8.2	主要水工建筑物	183
8.3	典型水利工程简介	195
	思考题.....	201
第 9 章	给水排水工程与环境工程	202
9.1	给水排水工程	202
9.2	环境工程简介	215
	思考题.....	228
第 10 章	港口、海洋与机场工程	229
10.1	港口工程.....	229
10.2	海洋工程.....	237
10.3	机场工程.....	246
	思考题.....	254
第 11 章	土木工程建设项目管理	255
11.1	土木工程建设项目管理简介.....	255
11.2	土木工程建设项目管理招投标与合同管理.....	264
11.3	土木工程建设项目管理目标管理.....	270
11.4	土木工程建设项目管理信息化管理.....	280
	思考题.....	284
第 12 章	土木工程防灾与减灾	285

12.1 土木工程防灾减灾简介.....	285
12.2 主要灾害与防灾减灾对策.....	290
12.3 受灾工程结构的检测与加固.....	309
思考题.....	313
附录 I 现代土木工程常用软件	314
附录 II 现代土木工程注册师制度	317
参考文献.....	320
后记.....	323

第1章 绪 论

1.1 土木工程定义及属性

土木工程是建造各类工程设施的科学、技术和工程的统称。它既指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养维修等技术活动,也指工程建设的对象,即建造在地上或地下、陆上或水中,直接或间接为人类生活、生产、军事、科研服务的各种工程设施,例如房屋、道路、铁路、隧道、桥梁、水利、港口、机场、海洋、给水和排水以及环境工程等。土木工程需要解决的问题及其要素和目的如图 1.1 所示。

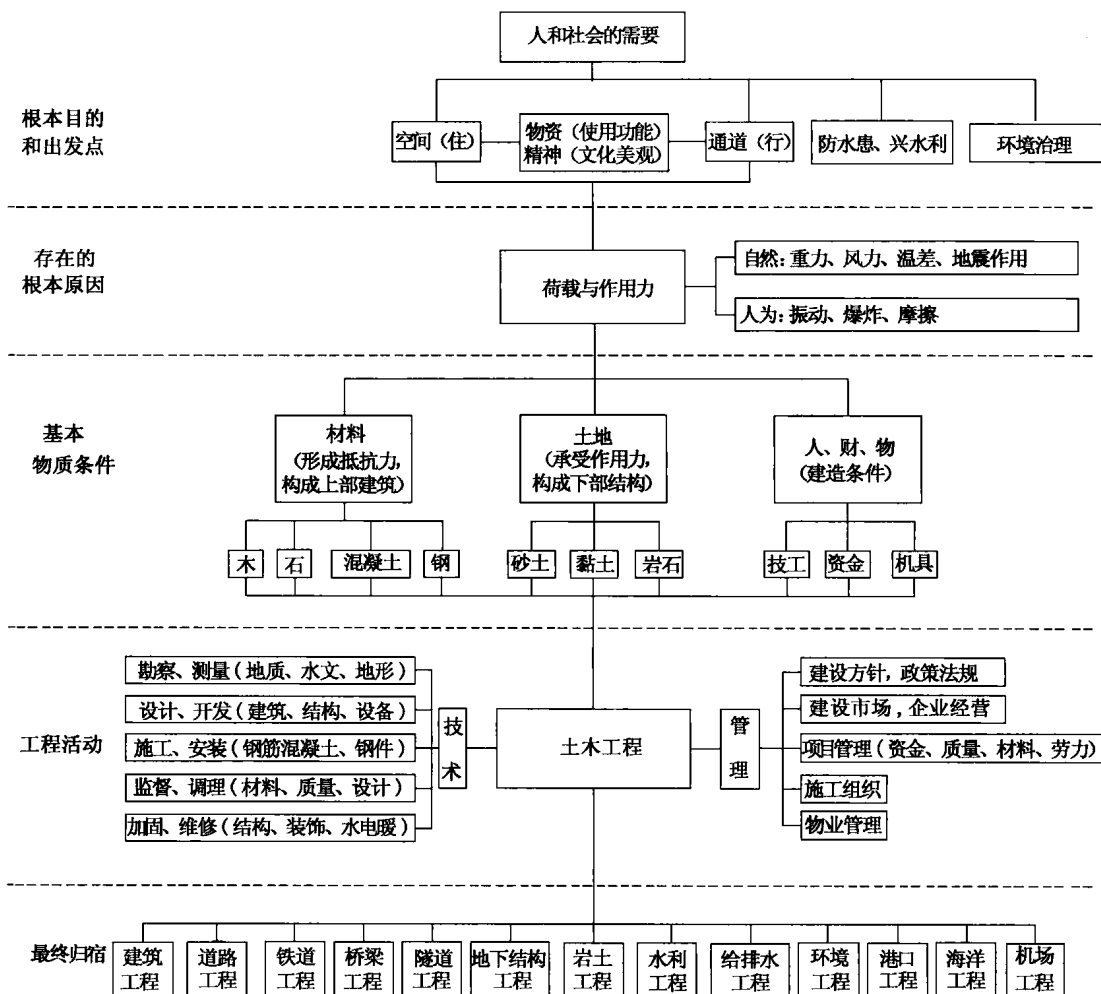


图 1.1 土木工程的要素和目的

(1) 土木工程的建设目的和意义

土木工程的根本目的和出发点是形成人类生产或生活所需要的、功能良好且舒适美观的空间和通道。它既是物质方面的需要,又是精神方面的需求。土木工程的发展为国民经济的发展和人民生活的改善提供了重要的物质技术基础,在国民经济中占有举足轻重的地位,其发展水平能够充分体现国民经济的综合实力,反映一个国家的现代化水平。一方面,人们的生活离不开土木工程,其社会需求推动土木工程不断向前发展。如我国 1995 年城市人均居住面积只有 7.6m^2 ,根据建设部的规划目标,到 2020 年城镇人均居住面积将达到 35m^2 ,城镇最低收入家庭人均住房面积大于 20m^2 。同时与人们生活息息相关的铁路、公路、水运、航空等的发展都离不开土木工程。另一方面,社会的进步进一步推动工程技术的创新和发展。随着社会的发展,工程结构越来越大型化、复杂化,超高层建筑、特大型桥梁、巨型大坝、复杂的地铁系统等不断涌现,既满足人们的生活需求,同时也演变为社会实力的象征。图 1.2 给出了 2009 年世界摩天大楼的高度统计。

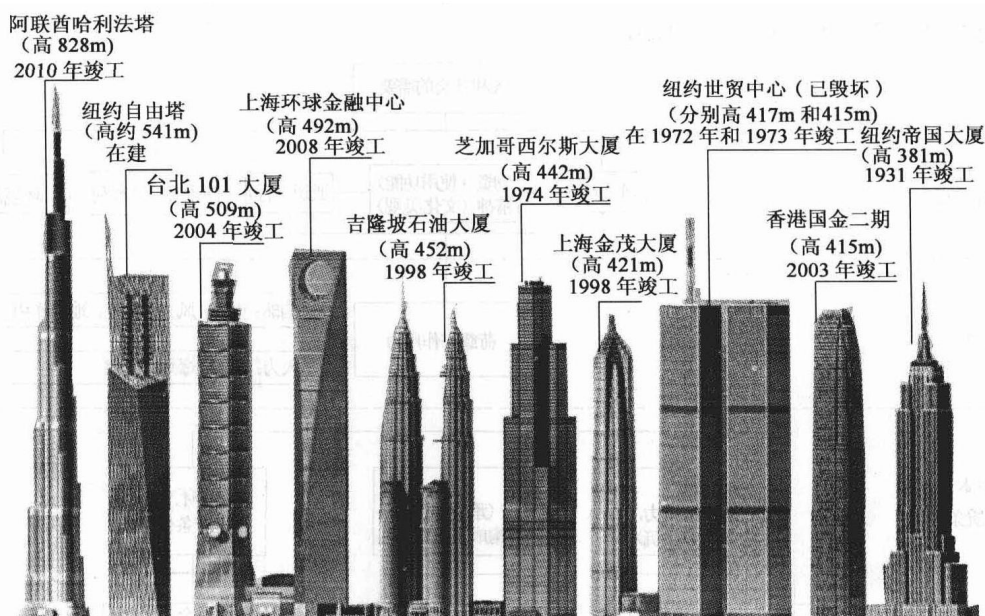


图 1.2 2009 年世界摩天大楼的高度统计

(2) 土木工程存在的根本原因

地球上有各种各样的荷载和作用力,而土木工程存在的根本原因是使结构能够抵抗各种自然或人为的作用力。任何一个工程结构都要承受自身重量、使用荷载、风力等荷载的作用和温度变化对土木工程结构产生的力的作用。

同时,由于环境的持续恶化,导致自然灾害频发,如地震灾害、风灾害、洪水灾害、泥石流灾害、虫灾(如白蚁成灾对木结构的房屋和桥梁损害极大)等,对人们的生命及生活质量构成严重威胁。据联合国统计,近百年来,全世界死于各种灾害的人口约 458 万人。其中,地震造成的人口死亡尤甚,有史以来已发生过 4 次造成 20 万人以上死亡的大地震。全球典型重大自然灾害如表 1.1 所示。因此,自然环境的变化也要求土木工程能够抵御自然灾害,为人类提供安全、可靠的活动空间、通道等。

全球典型重大自然灾害

表 1.1

时 间	国家及地区	灾 害 类 型	死 亡 人 数
1900 年 9 月	美国得克萨斯州	加尔维斯敦飓风	8 000~12 000 人
1920 年 12 月 16 日	中国甘肃	8.6 级地震	20 万多人
1923 年 9 月 1 日	日本的横滨和东京一带	东京大地震引起的大火	7.1 万多人, 其中大火烧死 5.6 万多人
1931 年 6 月~1931 年 7 月	淮河流域	持续暴雨溃堤引起的洪水	7.5 万多人
1970 年 11 月 13 日	孟加拉的恒河三角洲	飓风	30 万多人
1976 年 7 月 28 日	中国唐山	7.8 级地震	24 万多人
2004 年 12 月 26 日	东南亚	海啸	22 万多人
2006 年 2 月 17 日	菲律宾南莱特省	泥石流	1 800 多人
2008 年 5 月 12 日	中国汶川	8.0 级地震	8 万多人

此外,社会灾难也是土木工程在设计、施工过程中不可忽视的,常见的社会灾难有火灾、燃气爆炸、地基沉陷以及工程质量低劣造成工程事故的灾难等。如 2000 年 12 月 25 日,河南省洛阳市东都商厦发生特大火灾事故就是一个典型的社会灾难,由于商厦消防安全管理混乱,长期存在着重大火灾隐患,且娱乐城无照经营、超员纳客,最终造成 309 人死亡,7 人受伤,直接经济损失 275 万元。

(3) 土木工程的建设条件

材料、土地、人财物等都是实现土木工程建造的基本物质条件,而材料的选择、数量的确定是土木工程建设过程中必须解决的最重要内容。材料费往往占土木工程投资的大部分,土木工程造价主要取决于材料所需的资金。土木工程的任务就是要充分发挥材料的作用,在保证结构安全的前提下实现最经济的建造。土木工程材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐渐发展起来的,土木工程材料的发展与土木工程技术的进步有着不可分割的联系。它们相互制约、相互依赖和相互推动,新型建筑材料的诞生推动了土木工程设计方法和施工工艺的变革,而新的土木工程设计方法和施工工艺对建筑材料品种和质量提出了更高和更为多样化的要求。

(4) 土木工程的项目管理

土木工程的最终归宿是将社会所需的工程项目建造成功,投入使用,除了有最优设计外,还需要把蓝图变为现实。因此,需要研究如何利用现有的物资设备条件,通过有效的技术途径和组织手段来进行施工,将社会所需的工程设施建造成功。土木工程的项目管理指的是项目管理者为了使项目取得成功,应用系统的观念、理论和方法,对工程项目全过程进行有序、全面、科学和目标明确的管理,发挥计划职能、组织职能、控制职能、协调职能和监督职能等。土木工程的工程项目管理必须紧紧围绕项目目标进行管理,其中管理目标主要包括工程进度、工程质量、工程费用、安全、资源等目标(图 1.3)。

由此可见,土木工程是一项系统工程,涉及方方面面的知识和技术,对工程实践的依赖性很强,具有综合性、社会性、实践性及技术、经济和建筑艺术的统一性四个基本属性。

①综合性 土木工程是一门涵盖范围广泛的综合性学科,一般要经过勘测、设计和施工三个阶段(图 1.4),需要运用工程地质勘测、水文地质勘测、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济等学科和施工技术、施工组织等领域的知识以及

电子计算机和力学测试等技术。

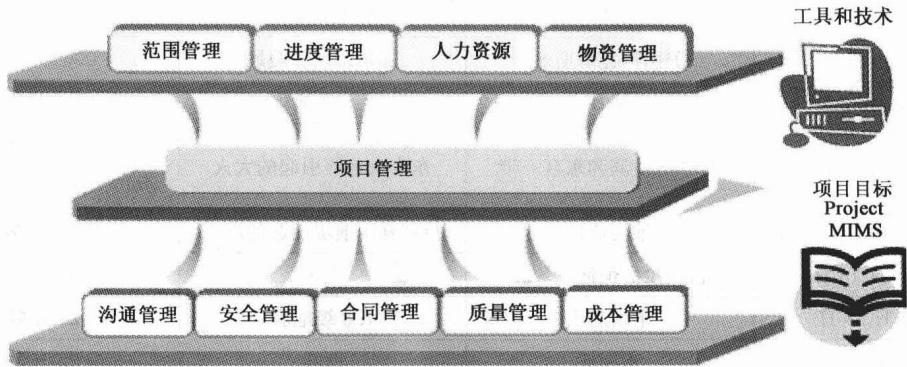


图 1.3 土木工程项目管理

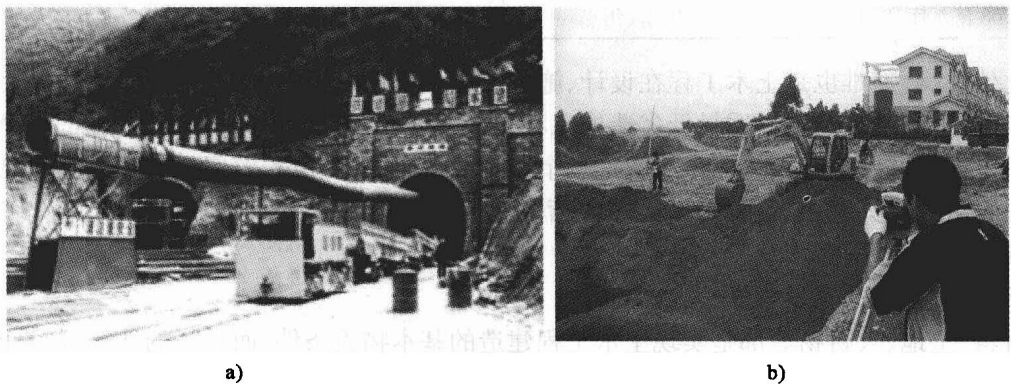


图 1.4 土木工程的施工与勘测
a)施工现场;b)现场勘测

②社会性 土木工程是伴随着人类社会的发展而发展起来的,随社会不同历史时期的科学技术和管理水平而发展,工程设施能反映各个历史时期社会经济、文化、科学、技术发展的面貌。

③实践性 土木工程是具有很强实践性的学科,影响土木工程的因素是非常错综复杂的。在土木工程的发展过程中,工程实践经验常先行于理论。如曾经的世界第一高楼——纽约世界贸易中心大楼,高 417m,单个塔楼的质量约 5 万 t,凭借高强度的建筑钢材和高水平的结构设计技术使得这个庞然大物能够屹立于世。事实也证明纽约世界贸易中心大楼的建筑钢材和结构设计都是过得硬的,大楼不仅经历了近 30 年的风雨依然完好,甚至在“9·11”事件中,质量达 156t 的飞机以 1 000km/h 时速的巨大撞击也未能使之立即倾倒,足以说明该楼的坚固程度。然而超高层建筑也有无法回避的固有缺陷,超高层建筑必须使用的钢遇高温变软,并丧失原有强度。纽约世界贸易中心大楼就是由于长时间猛烈的大火烧软了飞机所撞击的那几个楼层的钢材,使其上部楼层约数千吨到上万吨的质量像一个巨大的铁锤一样自然下落,砸向下面的楼层,于是一层层垂直地垮塌下来。因此,土木工程中的实践经验和教训往往能显示出未能预见的新因素,触发新理论的研究和发展。至今不少工程问题的处理,在很大程度上仍然依靠实践经验。

④技术、经济和建筑艺术的统一性 土木工程是为人类需要服务的,每项工程设施的建造,人们往往力求最经济地达到使用者的预期要求,同时还要考虑工程技术要求、艺术审美要求、环境保护及其生态平衡。因此,任何一项土木工程都要系统地考虑这几方面的问题,土木

工程项目决策的优良与否完全取决于对这几项因素的综合平衡。土木工程是每个历史时期技术、经济、艺术统一的见证,而土木工程受这些因素制约的性质也充分地体现了土木工程的系统性。图 1.5 所示的分别是两个不同历史时期的体育场,图 a)为古罗马竞技场,是古罗马时期最大的圆形角斗场,以宏伟、独特的造型闻名于世,庞大的竞技场可以容纳近 9 万人,全由大理石包裹,围墙共分 4 层,前 3 层均有希腊的古典柱式装饰,显得沉稳而庄重;图 b)中为现代化的巴西马拉卡纳体育场,这座能容纳 20 万人的体育场长 110m、宽 75m、建筑面积达到了 11.85 万 m^2 ,不仅是世界上最大的体育场之一,同时也是世界上最现代化的体育场之一。

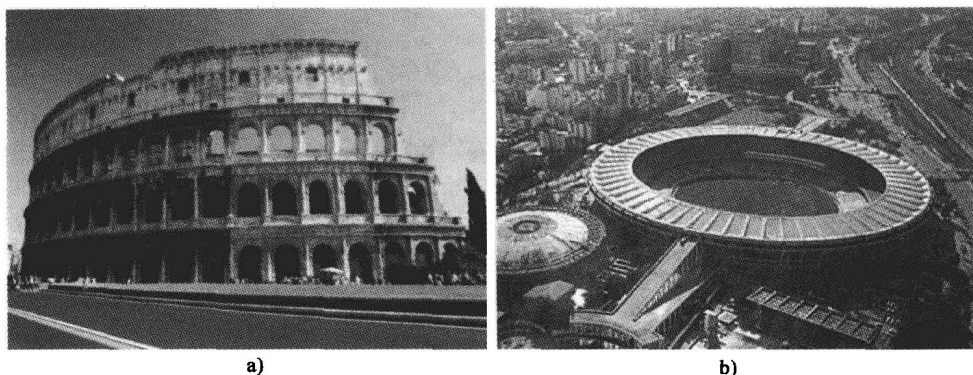


图 1.5 不同历史时期的体育场
a)古罗马竞技场;b)巴西马拉卡纳体育场

土木工程的实体庞大,个体性较强,往往消耗的社会劳动量大,影响因素多(考虑到工程一般在露天下进行,受到各种气候条件的制约,如冬季、雨季、台风、高温等),因此具有生产周期长的特点。

土木工程的发展贯通古今,它同社会、经济,特别是与科学、技术的发展密不可分。土木工程内涵丰富,而就其本身而言,则主要是围绕着材料、施工、理论三个方面的演变而不断发展。对土木工程的发展起关键作用的,首先是作为工程物质基础的土木建筑材料,其次是随之发展起来的设计理论和施工技术。每当出现新的优良的建筑材料时,土木工程就会有飞跃式的发展。土木工程发展史大致可划为古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程三个时期。

1.2 古代土木工程

早期的土木工程,人们只能依靠泥土、木料及其他天然材料从事营造活动,后来出现了砖和瓦这种人工建筑材料,使人类第一次冲破了天然建筑材料的束缚。古代土木工程的时间跨度,大致从旧石器时代(约公元前 5 000 年起)到 17 世纪中叶。古代土木工程所用的材料,最早为当地的天然材料,如泥土、石块、树枝、竹、茅草、芦苇等,后来开发出土坯、石材、木材、砖、瓦、青铜、铁以及如草筋泥、混合土等混合材料。如图 1.6 所示是人类早期居住的房屋。

古代土木工程所用的工具,最早只是石斧、石刀等简单工具,后来开发出斧、凿、锤、钻、铲等青铜和铁制工具,以及打桩机、桅杆起重机等简单施工机械。古代土木工程的建造主要依靠实际生产经验,缺乏设计理论的指导。

古代土木工程是从新石器时代开始的。随着人类文明的进步和生产经验的积累,古代土木工程的发展大体上可分为萌芽时期、形成时期和发达时期三个阶段。

(1)萌芽时期

新石器时代的原始人为避风雨、防兽害等,开始利用天然掩蔽物(如山洞和森林)作为住处。当人们学会播种、收获、驯养动物以后,天然的山洞和森林已不能满足需要,于是使用简单的木、石、骨制工具,伐木采石,以黏土、木材和石头等,模仿天然掩蔽物建造居住场所,开始了人类最早的土木工程活动。

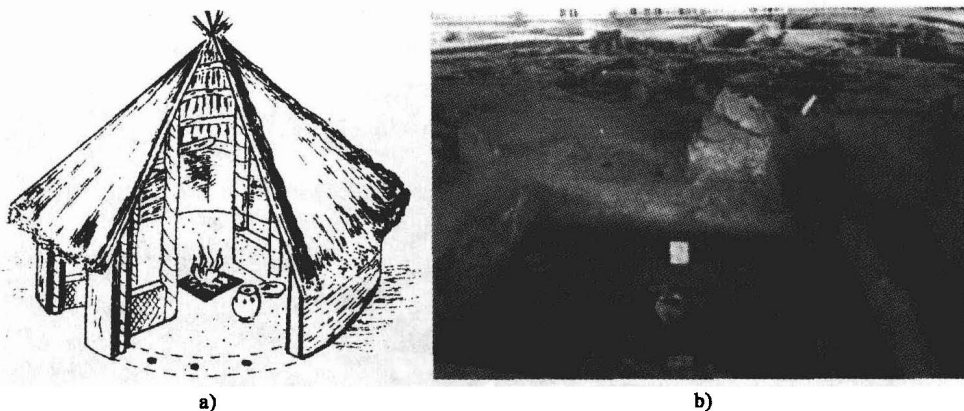


图 1.6 早期居住的房屋

a)早期房屋示意图;b)早期房屋遗址

初期建造的住所因地理、气候等自然条件的差异,仅有“窟穴”和“槽巢”两种类型。在北方气候寒冷干燥地区多为穴居,在山坡上挖造横穴,在平地则挖造袋穴。后来穴的面积逐渐扩大,深度逐渐减小。在中国黄河流域的仰韶文化遗址中,遗存有浅穴和地面建筑,建筑平面有圆形、方形和多室联排的矩形。西安半坡村遗址有很多圆形房屋,直径为5~6m,室内竖有木柱,以支撑上部屋顶,四周密排一圈小木柱,既起承托屋檐的结构作用,又可维护结构的龙骨;还有的是方形房屋,其承重方式完全依靠骨架,柱子纵横排列,这是木骨架的雏形。当时的柱脚均埋在土中,木杆件之间通过绑扎结合,墙壁抹草泥,屋顶铺盖茅草或抹泥。

这个时期的土木工程还只是使用石斧、石刀、石镞、石凿等简单的工具,所用的材料都是取自当地的天然材料。掌握了伐木技术以后,就使用较大的树干做骨架;有了煅烧加工技术,就使用红烧土、白灰粉、土坯等,并逐渐懂得使用草筋泥、混合土等复合材料。人们开始使用简单的工具和天然材料建房、筑路、挖渠、造桥,土木工程完成了从无到有的萌芽阶段。

(2)形成时期

随着生产力的发展,农业、手工业开始分工。在这个时期,土木工程的发展可以体现在材料、构造、工具、工程内容等方面。在材料方面,开始出现经过烧制加工的瓦和砖;在构造方面,形成木构架、石梁柱、券拱等结构体系;在工程内容方面,有宫室、陵墓、庙堂,还有许多较大型的道路、桥梁、水利等工程;在工具方面,美索不达米亚(两河流域)和埃及在公元前3000多年,中国在商代,已开始使用青铜制的斧、凿、钻、锯、刀、铲等工具。

公元前5世纪成书的《考工记》记述了木工、金工等工艺,以及城市、宫殿、房屋建筑规范,对后世的宫殿、城池及祭祀建筑的布局有很大影响。在一些国家或地区已形成早期的土木工程,例如我国修建于公元前3世纪中叶的都江堰解决了围堰、防洪、灌溉以及水陆交通问题,是世界上最早的综合大型水利工程。另外,我国还在大规模的水利工程、城市防护建设和交通工程中,创造了形式多样的桥梁,如在引漳灌邺工程中,在汾河上建成30个墩柱的密柱木梁

桥;在都江堰工程中,为了提供行船的通道,架设了索桥(图 1.7)。

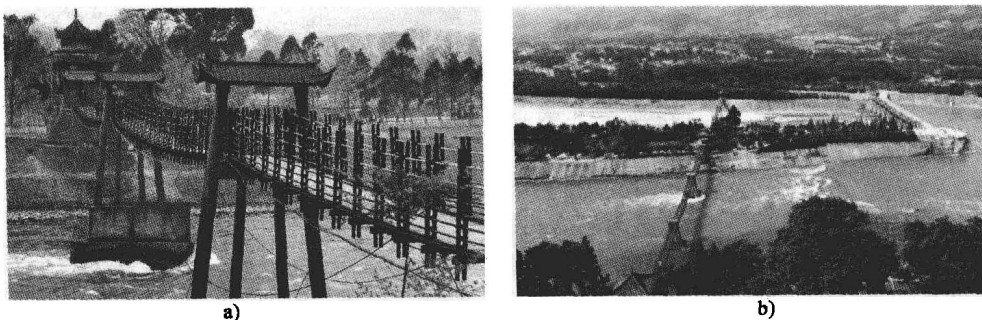


图 1.7 都江堰上的索桥

我国利用黄土高原的黄土为材料创造的夯土技术,在中国土木工程技术发展史上占有很重要的地位。最早在甘肃大地湾新石器时期的大型建筑就用了夯土墙。河南偃师二里头有早商的夯筑筏式浅基础宫殿群遗址,以及郑州发现的商朝中期版筑城墙遗址、安阳殷墟的夯土台基,都说明当时的夯土技术已成熟。在以后相当长的时期里,中国的房屋等建筑都用夯土基础和夯土墙壁。

随着几何学、测量学等方面知识的积累及起重、运输等工具的运用,大型的木构架结构建筑开始出现,并发展起来,当时我国已开始形成了传统使用的柱、额、梁、枋、斗拱等木构架,并出现陶制房屋版瓦、筒瓦、人字形断面的脊瓦和瓦钉,解决了屋面防水问题。依靠大规模协作劳动,世界上一些国家建造了大量的宫殿和神庙建筑群,如埃及的吉萨金字塔群和底比斯的凯尔奈克神庙建筑群(图 1.8)。

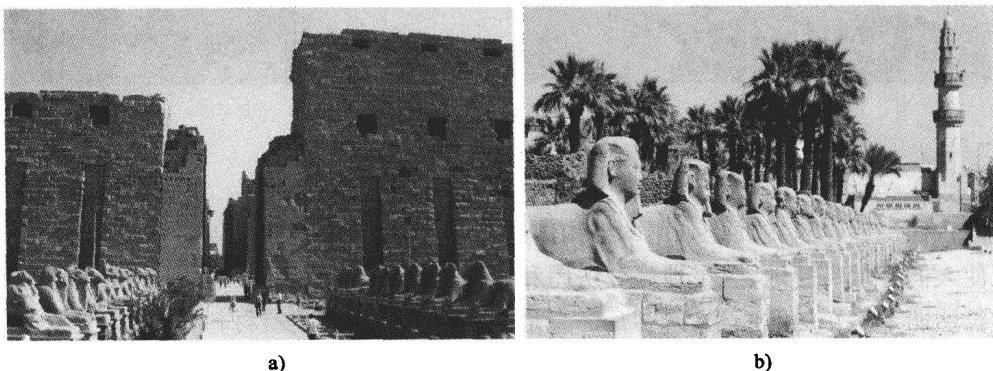


图 1.8 凯尔奈克神庙建筑群

(3)发达时期

由于铁制工具的普遍使用,提高了工效,工程材料中逐渐增添复合材料,工程内容则根据社会的发展,道路、桥梁、水利、排水等工程日益增加,大规模出现了宫殿、寺庙,因而专业分工日益细致,技术日益精湛,从设计到施工已有一套成熟的经验。如建于公元 1420 年的北京故宫,占地面积 72 万 m^2 ,共有各式宫室 8 千余间,是世界上规模最大、保存最完整的宫殿建筑群(图 1.9)。

对土木工程的发展起关键作用的,首先是作为工程物质基础的土木建筑材料,其次是随之发展起来的设计理论和施工技术。古代土木工程主要采用木结构、石结构和砖结构三种结构形式(图 1.10)。

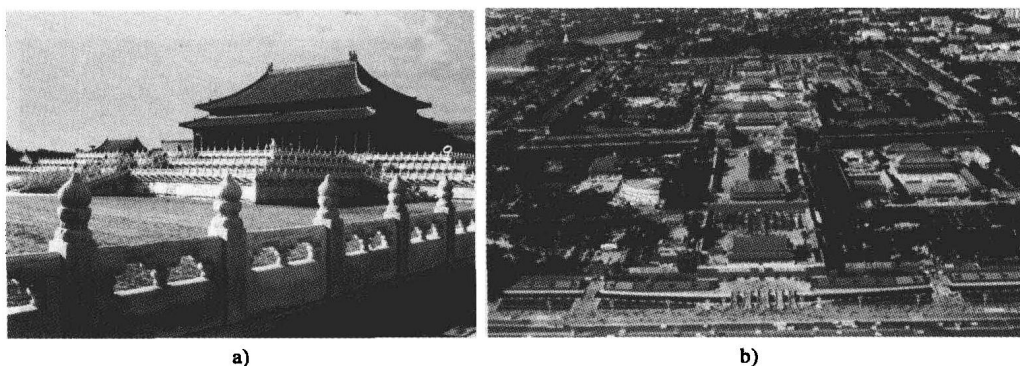


图 1.9 北京故宫建筑群

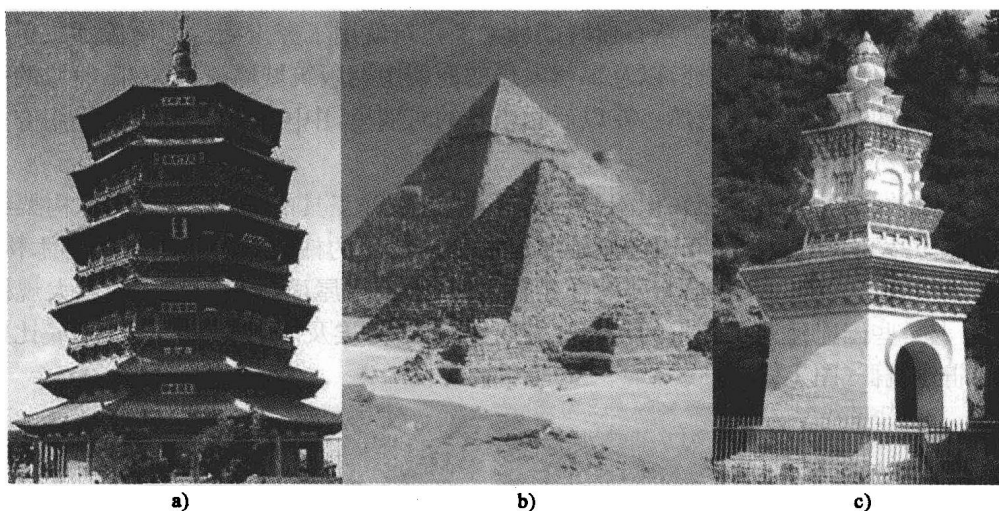


图 1.10 古代土木工程三种常用材料的结构形式
a)木结构(山西省县木塔);b)石结构(金字塔);c)砖结构

我国古代房屋建筑主要是采用木结构体系,欧洲古代房屋建筑则以砖石结构为主,砖和瓦的出现使人们开始广泛地、大量地修建房屋和城防工程等,由此土木工程技术得到了飞速的发展。在长达两千多年的时间里,砖和瓦一直是土木工程的重要建筑材料,为人类文明作出了伟大的贡献,甚至在目前还被广泛采用。

发达时期的其他土木工程也有很多重大成就。秦朝在统一中国的过程中,运用各地不同的建设经验,开辟了连接咸阳各宫殿和苑囿的大道,以咸阳为中心修筑了通向全国的驰道(又称秦直道),主要线路宽 50 步,统一了车轨,形成了全国规模的交通网。在中国的秦驰道之前,古罗马建成了以罗马城为中心,包括有 29 条辐射主干道和 322 条联络干道,总长达 78 000km 的罗马大道网。

随着道路的发展,在通过河流时需要架桥渡河,当时桥的构造已有许多种形式。如秦朝在咸阳修建的渭河桥为 68 跨的木构梁式桥,是秦汉史籍记载中最大的一座木桥。而水利工程也有新的成就,如秦朝开凿的灵渠(图 1.11)、都江堰以及京杭大运河,都是这个时期水利工程的代表。古罗马采用券拱技术筑成隧道、石砌渡槽等城市输水道 11 条,总长 530km。如图 1.12 所示是罗马加尔输水道桥,它是一座三层叠合石拱桥,长 268.8m。



图 1.11 秦朝开凿的灵渠

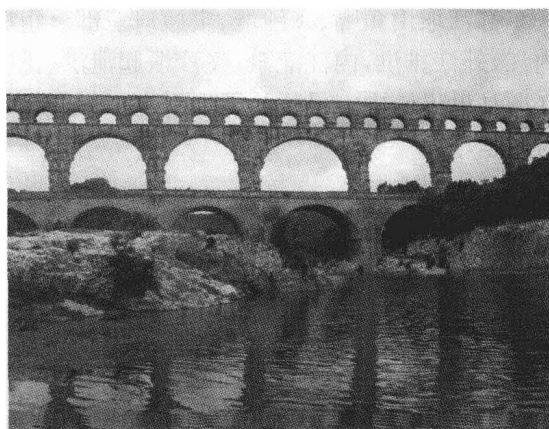


图 1.12 罗马加尔输水道桥

大量的工程实践促进人们认识的深化,编写出了许多优秀的土木工程著作,出现了众多的优秀工匠和技术人才,如中国李诫的《营造法式》及意大利文艺复兴时期阿尔伯蒂的《论建筑》等。欧洲于 12 世纪以后兴起的哥特式建筑结构,到中世纪后期已经有了初步的理论,其计算方法也有专门的记录。

古代土木工程为人类留下了许多伟大的工程,记载着灿烂的古代文明。

(1)万里长城

万里长城(图 1.13)是世界上修建时间最长、工程量最大的工程之一,也是世界七大奇迹之一。从公元前七世纪开始修建,到了秦始皇三十三年(公元前 214 年)修筑的秦长城,把过去秦、赵、燕三国长城连接起来,从临洮到辽东,绵延万里,始有“万里长城”之称。明朝对长城又进行了大规模的整修和扩建,东起鸭绿江,西至嘉峪关,全长 7 000 多公里,设置“九边重镇”,驻防兵力达 100 万人。“上下两千年,纵横十万里”,万里长城不愧为人类历史上伟大的军事防御工程。万里长城的结构形式主要为砖石结构,有些地段采用夯土结构,在沙漠中则采用红柳、芦苇与沙粒层层铺筑的结构。

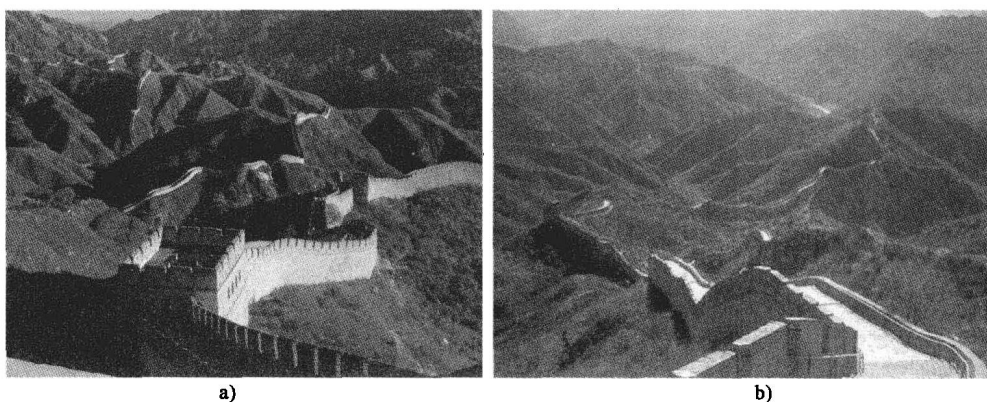


图 1.13 万里长城

(2)都江堰和京杭大运河

都江堰和京杭大运河是我国古代水利工程的两个杰出代表。都江堰位于四川灌县的岷江上,建于公元前 3 世纪,由战国时期秦蜀郡太守李冰父子率众修建,是现存最古老且目前仍用于灌溉的水利工程(图 1.14)。

都江堰由鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三部分组成。鱼嘴是江心的分水堤坝,把岷江分成外江和内江,外江排洪,内江灌溉;飞沙堰起泄洪、排沙和调节水量的作用;宝瓶口控制进水流量。都江堰是世界历史上最长的无坝引水工程,以灌溉为主,兼有防洪、水运、供水等多种功用,一直沿用至今。

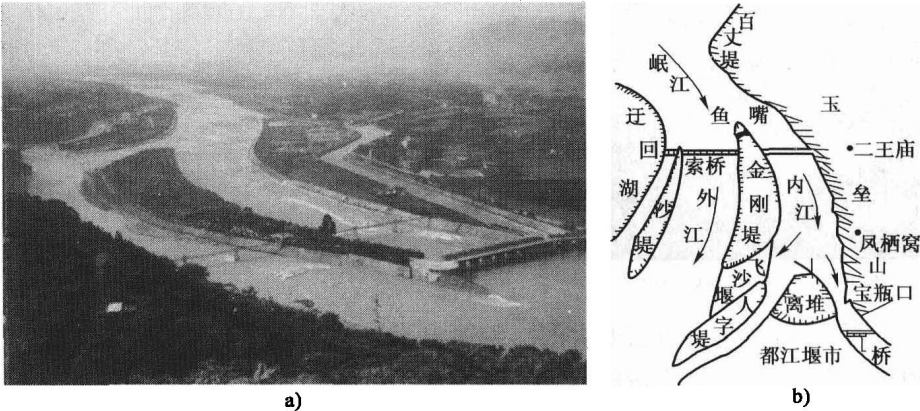


图 1.14 都江堰水利工程
a)都江堰实景;b)都江堰示意图

京杭大运河是世界上建造最早、长度最长的人工开凿的河道(图 1.15)。京杭大运河开凿于春秋战国时期,公元 610 年全部完成,迄今已有 1 400 多年历史。京杭大运河由北京到杭州,流经河北、山东、江苏、浙江四省,沟通海河、黄河、长江、淮河、钱塘江五大水系,全长 1 794km,至今该运河的江苏段和浙江段仍是重要的水运通道。目前,国外著名的大运河有苏伊士运河、巴拿马运河、土库曼运河等,都比京杭大运河短得多。

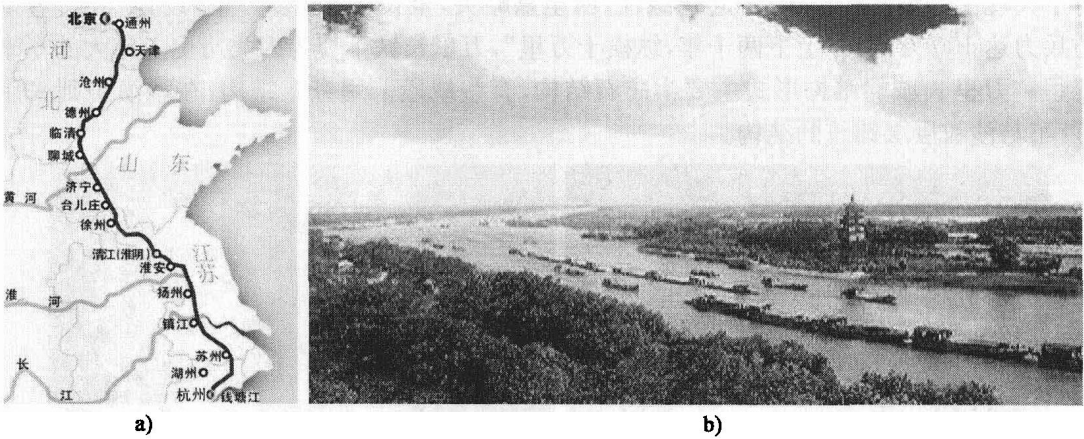


图 1.15 京杭大运河
a)京杭大运河示意图;b)京杭大运河实景

(3)中国古代桥梁

据史料记载,约 3000 年前,我们的祖先就曾在渭河上架设过浮桥。在中国,吊桥具有悠久的历史,早期的缆索是由藤条或竹子做成的,随着冶炼技术水平的提高,后来发展为用铁链代替,并在前秦时代出现了铁制的桥墩。公元 60 年前后就有了铁链悬索桥,至今保留下来的古代吊桥有四川省泸定县的大渡河铁索桥(图 1.16),该桥建成于 1706 年,桥跨 100m,桥宽约 2.8m。