

高等学校“十二五”应用型本科规划教材

土木工程概论

◎主 编 屈钧利 杨耀秦
◎副主编 刘朝科 高丙丽 梁 钰
◎参 编 任改霞 张圆圆 王建斌
李 琴 王平乐



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

014061567

TU-43
58

高等学校“十二五”应用型本科规划教材

土木工程概论

主 编 屈钧利 杨耀秦

副主编 刘朝科 高丙丽 梁 钰

参 编 任改霞 张圆圆 王建斌

李 琴 王平乐



西安电子科技大学出版社



北航

C1748065

782130410

内 容 简 介

本书是根据原国家教委审定的《高等工科院校土木工程概论课程教学的基本要求》编写的,全书由绪论、土木工程材料、基础工程、建筑工程、建筑工程施工等 11 章内容组成。

本书可作为普通高等院校、独立学院、继续教育学院土建类专业“土木工程概论”课程教材或自学参考用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/屈钧利,杨耀秦主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.8
高等学校“十二五”应用型本科规划教材

ISBN 978-7-5606-3479-1

I. ① 土… II. ① 屈… ② 杨… III. ① 土木工程—高等学校—教材 IV. ① TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 176597 号

策 划 戚文艳

责任编辑 阎 彬 董柏娴

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467

邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15.25

字 数 354 千字

印 数 1~2000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3479 - 1/TU

XDUP 3771001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

出版说明

本书为西安科技大学高新学院课程建设的最新成果之一。西安科技大学高新学院是经教育部批准,由西安科技大学主办的全日制普通本科独立学院。学院秉承西安科技大学 50 余年厚重的历史文化传统,充分利用西安科技大学优质教育教学资源,闯出了一条以“产学研”相结合为特色的办学路子,成为一所特色鲜明、管理规范的本科独立学院。

学院开设本、专科专业 32 个,涵盖工、管、文、艺等多个学科门类,在校学生 1.5 万余人,是陕西省在校学生人数最多的独立学院。学院是“中国教育改革创新示范院校”,2010、2011 连续两年被评为“陕西最佳独立学院”,2013 年被评为“最具就业竞争力”院校。学院部分专业现已被纳入二本招生,成为陕西首批纳入二本招生的独立学院。

学院注重教学研究与教学改革,实现了陕西独立学院国家级教改项目零的突破。学院围绕“应用型创新人才”这一培养目标,充分利用合作各方在能源、建筑、机电、文化创意等方面的产业优势,突出以科技引领、产学研相结合的办学特色,加强实践教学,以科研、产业带动就业,为学生提供了实习、就业和创业的广阔平台。学院注重国际交流合作和国际化人才培养模式,与美国、加拿大、英国、德国、澳大利亚以及东南亚各国进行深度合作,开展本科双学位、本硕连读、本升硕、专升硕等多个人才培养交流合作项目。

在学院全面、协调发展的同时,学院以人才培养为根本,高度重视以课程设计为基本内容的各项专业建设,以扎扎实实的专业建设,构建学院社会办学的核心竞争力。学院大力推进教学内容和教学方法的变革与创新,努力建设与时俱进、先进实用的课程教学体系,在师资队伍、教学条件、社会实践及教材建设等各个方面,不断增加投入、提高质量,为广大学子打造能够适应时代挑战、实现自我发展的人才培养模式。为此,学院与西安电子科技大学出版社合作,发挥学院办学条件及优势,不断推出反映学院教学改革与创新成果的新教材,以逐步建设学校特色系列教材为又一举措,推动学院人才培养质量不断迈向新的台阶,同时为在全国建设独立本科教学示范体系,服务全国独立本科人才培养,做出有益探索。

西安科技大学高新学院
西安电子科技大学出版社
2014 年 6 月

高等学校“十二五”应用型本科规划教材

编审专家委员会名单

主任委员 赵建会

副主任委员 孙龙杰 汪 洋 李振富

委 员 翁连正 屈钧利 王军平 沙保胜 乔宝明

前 言

本书是按照原国家教委审定的《高等工科院校土木工程概论课程教学的基本要求》，结合编者多年来为工科相关专业讲授土木工程概论课程的教学经验和教改实践编写而成的。

作为土木工程专业入门教材，本书用丰富的内容概括性地向读者展现了土木工程专业全貌，符合大一新生的知识结构与特定阶段的认知规律，可以帮助学生在进入专业学习之前了解土木工程专业的基本情况和发展趋势，明确学习目标，增强学习信心。

本书按照 32~48 学时的教学要求编写，由绪论、土木工程材料、基础工程、建筑工程、建筑施工等 11 章内容组成。各部分内容之间相对独立又有一定的联系，根据专业要求的不同，可选择本书全部或部分内容讲授。每章后面均配有一定数量的思考题。

本书有与之相配套的计算机辅助教学(CAI)课件，覆盖了全书的主要内容，图文并茂，使用方便，大大地增加了课堂教学的信息量，精简了学时，提高了教学质量，实现了教学手段的现代化。

本书由屈钧利、杨耀秦任主编，刘朝科、高丙丽、梁钰任副主编。参加编写的人员有西安科技大学的刘朝科、高丙丽、梁钰，西安科技大学高新学院的任改霞、张圆圆、王建斌、李琴、王平乐。具体分工为：第 1、4、5 章由刘朝科编写，第 3、7 章由高丙丽编写，第 6、10 章由梁钰编写，第 2 章由王建斌编写，第 8 章由张圆圆编写，第 9 章由任改霞编写，第 11 章的 11.1、11.2 和 11.5 由李琴编写，第 11 章的 11.3 和 11.4 由王平乐编写；屈钧利、杨耀秦统稿。

在编写本书的过程中，编者参阅了国内出版的一些同类教材、资料，并得到了西安科技大学高新学院的支持和帮助，在此对他们及对本书所引用文献的著作者表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。



编 者

2014 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.1.4 岩土工程勘察方法.....	38
1.1 土木工程概况.....	1	3.1.5 岩土工程勘察成果报告.....	40
1.1.1 土木工程定义.....	1	3.2 地基与基础	43
1.1.2 土木工程的性质和特点.....	1	3.2.1 概述.....	43
1.2 土木工程的历史与发展	3	3.2.2 基础的形式.....	44
1.2.1 古代土木工程.....	3	3.2.3 桩基础.....	46
1.2.2 近代土木工程.....	10	3.2.4 沉井.....	50
1.2.3 现代土木工程.....	15	3.3 地基处理技术	52
1.2.4 土木工程的发展趋势.....	19	3.3.1 地基处理的目的.....	52
1.3 土木工程专业的培养目标与素质教育	21	3.3.2 地基处理的对象.....	53
1.3.1 培养目标.....	21	3.3.3 天然地基常用处理方法.....	53
1.3.2 素质培养.....	22	思考题	58
思考题	23	第 4 章 建筑工程	59
第 2 章 土木工程材料	24	4.1 概述.....	59
2.1 土木工程材料概况.....	24	4.1.1 建筑工程基本概念.....	59
2.2 古代工程材料.....	25	4.1.2 建筑工程的类别.....	60
2.2.1 天然材料的利用.....	25	4.2 单层与多层建筑	62
2.2.2 烧土制品——最早的人工土木工程材料.....	26	4.2.1 单层建筑.....	62
2.3 近代工程材料.....	27	4.2.2 多层建筑.....	69
2.4 现代工程材料.....	28	4.3 高层与超高层建筑	70
2.5 土木工程材料的发展趋势.....	29	4.3.1 高层与超高层建筑的发展.....	70
思考题	32	4.3.2 高层与超高层建筑的发展结构体系... ..	72
第 3 章 基础工程	33	4.4 建筑工程的发展前景	74
3.1 岩土工程勘察.....	33	思考题	76
3.1.1 岩土工程勘察的目的与任务.....	34	第 5 章 建筑工程施工	77
3.1.2 岩土工程勘察等级.....	34	5.1 概述.....	77
3.1.3 岩土工程勘察阶段.....	36	5.2 土石方与基础工程.....	77
		5.2.1 土方机械.....	78

5.2.2 场地平整	78
5.2.3 基坑开挖	79
5.2.4 石方爆破	80
5.2.5 深基础工程施工	80
5.3 主体工程施工	82
5.3.1 砌筑工程施工	82
5.3.2 钢筋混凝土工程施工	83
5.3.3 预应力施工	89
5.3.4 结构安装工程施工	91
5.4 土木工程施工组织设计	92
5.4.1 土木工程产品及其特点	92
5.4.2 施工准备	93
5.4.3 施工组织设计文件	95
思考题	96

第6章 桥梁工程	97
6.1 桥梁工程概况	97
6.2 桥梁工程的发展现状	98
6.3 桥梁的基本组成及分类	103
6.3.1 桥梁的基本组成	103
6.3.2 桥梁的分类	104
6.4 桥梁的规划设计	108
6.4.1 桥梁设计原则	108
6.4.2 桥梁设计程序	108
6.4.3 桥梁纵横断面和平面设计	110
6.4.4 桥梁设计的方案比选	113
6.5 桥梁施工技术	113
6.5.1 桥梁上部结构的施工方法	113
6.5.2 桥梁下部结构的施工	115
6.5.3 施工控制	116
6.6 桥梁工程的前景	117
思考题	118

第7章 隧道工程与城市轨道交通工程	119
7.1 隧道工程概况	119
7.2 隧道工程分类与特点	120
7.3 隧道的结构、通风、照明和防水与排水	124

7.3.1 隧道的结构	124
7.3.2 隧道的通风	137
7.3.3 隧道的照明	139
7.3.4 隧道的防水与排水	140
7.4 隧道工程的发展趋势	144
7.5 城市轨道交通工程	146
思考题	149

第8章 给排水工程	150
8.1 给排水工程概述	150
8.2 水源与取水工程	150
8.3 给排水管道系统	151
8.3.1 管材	151
8.3.2 附件	155
8.3.3 卫生器具	157
8.3.4 给水管网的布置与敷设	159
8.4 建筑给水排水工程	160
8.4.1 建筑给水系统	160
8.4.2 建筑排水系统	166
思考题	169

第9章 暖通空调工程	170
9.1 供热与供暖	170
9.1.1 供热与供暖概述	170
9.1.2 常用供暖系统	170
9.1.3 供暖系统的散热设备及附属设备	174
9.1.4 集中供热系统的热力站及系统的主要设备	175
9.1.5 集中供热系统	176
9.2 通风	177
9.2.1 通风概述	177
9.2.2 通风系统	179
9.2.3 通风系统的气流组织设计	179
9.3 空气调节	180
9.3.1 空气调节概述	180
9.3.2 空气处理设备的分类	180
9.3.3 空气调节系统常用设备与冷、热源设备	181
思考题	182

第 10 章 其他工程	183	11.2.2 建设工程监理法律制度.....	212
10.1 铁路工程.....	183	11.2.3 建设工程合同法律制度.....	214
10.1.1 铁路工程.....	183	11.2.4 建设工程质量管理法律制度.....	215
10.1.2 高速铁路.....	184	11.2.5 建设工程安全生产法律制度.....	216
10.1.3 城市轻轨与地下铁道.....	186	11.2.6 环境保护法律制度.....	218
10.1.4 磁悬浮铁路.....	188	11.3 工程项目招标投标.....	220
10.2 机场工程.....	189	11.3.1 工程项目发包与承包.....	220
10.2.1 机场发展概述.....	189	11.3.2 工程项目招标.....	220
10.2.2 机场的分类及系统构成.....	191	11.3.3 工程项目投标.....	221
10.2.3 机场规划.....	192	11.3.4 工程项目开标、评标和定标.....	222
10.2.4 发展趋势.....	194	11.4 施工项目管理.....	222
10.3 港口工程.....	195	11.4.1 施工项目管理概述.....	222
10.3.1 我国港口发展概述.....	196	11.4.2 施工项目成本管理.....	223
10.3.2 港口的分类与组成.....	197	11.4.3 施工项目技术管理.....	224
10.3.3 港口规划.....	199	11.4.4 施工项目质量管理.....	224
10.3.4 发展趋势.....	202	11.4.5 施工项目安全管理.....	225
思考题.....	203	11.4.6 施工项目现场管理.....	225
第 11 章 土木工程项目管理	204	11.5 房地产开发.....	226
11.1 基本建设和基本建设程序.....	204	11.5.1 房地产开发概述.....	226
11.1.1 基本建设的概念.....	204	11.5.2 房地产开发项目的可行性研究.....	227
11.1.2 基本建设的分类.....	205	11.5.3 房地产开发项目的准备.....	228
11.1.3 基本建设项目的层次划分.....	206	11.5.4 房地产开发项目的管理.....	229
11.1.4 基本建设程序.....	207	思考题.....	230
11.2 工程建设法规.....	211	参考文献	232
11.2.1 工程建设法规概述.....	211		

第1章 绪 论

1.1 土木工程概况

1.1.1 土木工程定义

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称。它不但包括土木工程建设的对象,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,如房屋、道路、桥梁、隧道、铁路、机场、港口、给水排水及防护工程等,还包括进行相关的咨询,所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、监理、保养维修等技术活动。

土木工程的英语名称为 **Civil Engineer**, 即“民用工程”,是指一切和水、土、文化有关的基础建设的计划、建造和维修。目前,我国将土木工程分为:房屋工程、铁路工程、道路工程、机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程结构、给排水工程、城市供热供(燃)气工程、交通工程、环境工程、港口工程、水利工程、土方工程。

1.1.2 土木工程的性质和特点

1. 综合性

建造一项工程设施一般要经过勘察、设计和施工三个阶段,需要运用工程地质勘察、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。因而土木工程是一门范围广阔的综合性学科。

随着科学技术的进步和工程实践的发展,土木工程这个学科也已发展成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的综合体系。例如,就土木工程所建造的工程设施所具有的使用功能而言,有供生息居住之用的房屋,有作为生产活动的场所,有用于陆海空交通运输,有用于水利事业,有作为信息传输的工具,有作为能源传输的手段等。这就要求土木工程综合运用各种物质条件,以满足多种多样的需求。土木工程已发展出许多分支,如房屋工程、铁路工程、道路工程、机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程结构、给排水工程、城市供热供燃气工程、港口工程、水利工程等学科。其中有些分支,例如水利工程,由于自身工程对象的不断增多以及专门科学技术的发展,已从土木工程中分化出来成为独立的学科体系,但是它们在很大程度上仍具有土木工程的共性。

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。它所建造的工程设施反映出各个历史时期社会经济、文化、科学、技术发展的面貌,因而土木工程也就成为社会历史发展的见证之一。远古时代,人们就开始修筑简陋的房舍、道路、桥梁和沟渠,以满足简单的生活和生产需要。后来人们为了适应战争、生产和生活以及宗教传播的需要,兴建了城池、运河、宫殿、寺庙以及其他各种建筑物。许多著名的工程设施显示出人类在这个历史时期的创造力,如中国的长城、都江堰、大运河、赵州桥、应县木塔,埃及的金字塔,希腊的巴台农神庙,罗马的给水工程、科洛西姆圆形竞技场(罗马大斗兽场),以及其他许多著名的教堂、宫殿等。

产业革命以后,特别是到了 20 世纪,一方面社会向土木工程提出了新的需求;另一方面社会各个领域为土木工程的发展创造了良好的条件。例如,建筑材料(钢材、水泥)工业化生产的实现,机械和能源技术以及设计理论的进展,都为土木工程提供了材料和技术上的保证。因而这个时期的土木工程得到突飞猛进的发展。在世界各地出现了现代化规模宏大的工业厂房、摩天大厦、核电站、高速公路和铁路、大跨度桥梁、大直径运输管道、长隧道、大运河、大堤坝、大飞机场、大海港以及海洋工程等。现代土木工程不断地为人类社会创造崭新的物质环境,成为人类社会现代文明的重要组成部分。

3. 实践性

土木工程是具有很强的实践性的学科。在早期,土木工程是通过工程实践,总结经验,吸取失败的教训发展起来的。从 17 世纪开始,以伽利略和牛顿为先导的近代力学同土木工程实践结合起来,逐渐形成材料力学、结构力学、流体力学、岩体力学,作为土木工程的基础理论的学科。这样土木工程才逐渐从经验发展成为科学。在土木工程的发展过程中,工程实践经验常先行于理论,工程事故常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。

土木工程技术的发展之所以主要凭借工程实践而不是凭借科学试验和理论研究,有两个原因:一是有些客观情况过于复杂,难以如实地进行室内实验或现场测试和理论分析。例如,地基基础、隧道及地下工程的受力和变形的状态及其随时间的变化,至今还需要参考工程经验进行分析判断。二是只有进行新的工程实践,才能揭示新的问题。例如,建造了高层建筑、高耸塔桅和大跨桥梁等,工程的抗风和抗震问题突出了,才能发展出这方面的新理论和技术。

4. 技术上、经济上和建筑艺术上的统一性

人们力求最经济地建造一项工程设施,用以满足使用者的需要,其中包括审美要求。而一项工程的经济性又是和各项技术活动密切相关的。工程的经济性首先表现在工程选址、总体规划上,其次表现在设计和施工技术上。工程建设的总投资,工程建成后的经济效益和使用期间的维修费用等,都是衡量工程经济性的重要方面。这些技术问题联系密切,需要综合考虑。

符合功能要求的土木工程设施作为一种空间艺术,首先是通过总体布局、本身的体形、各部分的尺寸比例、线条、色彩、明暗阴影与周围环境,包括它同自然景物的协调和谐表现出来的;其次是通过附加于工程设施的局部装饰反映出来的。工程设施的造型和装饰还

能够表现出地方风格、民族风格以及时代风格。一个成功的、优美的工程设施,能够为周围的景物、城镇的容貌增美,给人以美的享受;反之,会使环境受到破坏。

1.2 土木工程的历史与发展

自从人类出现以来,为了满足住和行以及生产活动的需要,从构木为巢、掘土为穴的原始工程,到今天能建造摩天大楼、跨海大桥、海底隧道,以至移山填海的宏伟工程,经历了漫长的发展过程。

从古到今,土木工程的发展与社会的经济、文化,特别是科学技术的发展有密切联系。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的。土木工程发展史可分为古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程三个时代。17世纪前土木工程多依赖工程经验进行设计和施工,因此划分为古代土木工程;17世纪土木工程开始有定量分析,可作为近代土木工程的开端;第二次世界大战后科学技术的突飞猛进,可作为现代土木工程时代的起点。

人类最初居无定所,利用天然掩蔽物作为居所,农业出现以后需要定居,出现了原始村落,从而形成土木工程的萌芽时期。随着古代文明的发展和社会进步,古代土木工程经历了它的形成时期和发达时期。古代土木工程材料最初完全采用天然木材、石块和土,后来出现人工烧制的砖和瓦,这是土木工程发展史上的一件大事。古代的土木工程实践应用简单的工具,依靠手工劳动,没有系统的理论,但通过经验的积累,逐步形成了指导工程实践的成规。

15世纪以后,近代自然科学的诞生和发展,是近代土木工程出现的先声,从而开始理论上的奠基时期。17世纪中叶,伽利略开始对结构进行定量分析,被认为是土木工程进入近代的标志。从此,土木工程成为有理论基础的独立的学科。18世纪下半叶开始的产业革命,使以蒸汽和电力为动力的机械先后进入了土木工程领域,施工工艺和工具都发生了变革。钢铁和水泥是近代工业生产出的新的工程材料,土木工程发生了深刻的变化,使钢结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构相继在土木工程中广泛应用。第一次世界大战后,近代土木工程在理论和实践上都臻于成熟,可称为成熟时期。近代土木工程几百年的发展,在规模和速度上都大大超过了古代。

第二次世界大战后,现代科学技术飞速发展,土木工程也进入了一个新时代。现代土木工程所经历的时间尽管只有几十年,但以计算机技术广泛应用为代表的现代科学技术的发展,使土木工程领域出现了崭新的面貌。现代土木工程的新特征是工程功能化、城市立体化和交通高速化等。土木工程在材料、施工、理论三个方面也出现了新趋势,即材料轻质高强度、施工过程工业化和理论研究精密化。

土木工程的进程可以说是人类文明进程的体现,尤其与科技、经济、文化密切相关。

1.2.1 古代土木工程

土木工程的古代时期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。

1. 萌芽时期

大约在新石器时代,原始人为了避风雨、防兽害,利用天然的掩蔽物,例如山洞和森林作为住处。当人们学会种植、饲养家畜以后,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,以粘土、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。

初期建造的住所受地理、气候等自然条件的影响,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(约公元前 5000 至前 3000 年)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(约公元前 4800 至前 3600 年)有很多圆形房屋,直径为 5~6 米,室内竖有木柱,以支顶上部屋顶,四周密排一圈小木柱,既起承托屋檐的结构作用,又是维护结构的龙骨;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,木杆件之间用绑扎结合,墙壁抹草泥,屋顶铺盖茅草或抹泥。在西伯利亚也发现了用兽骨、北方鹿角架起的半地穴式住所。

基础工程的萌芽在新石器时代已经出现,柱洞里填有碎陶片或鹅卵石,即是柱础石的雏形。洛阳王湾的仰韶文化遗址(约公元前 4000 至前 3000 年)中,有一座面积约为 200 平方米的房屋,墙下挖有基槽,槽内填卵石,这是墙基的雏形。在尼罗河流域的埃及,新石器时代的住宅是用木材或卵石做成墙基,上面造木构架,以芦苇束编墙或土坯砌墙,用密排圆木或芦苇束做屋顶。

在低洼的河流湖泊附近,则从构木为巢发展为用树枝、树干搭成架空窝棚或地窝棚,以后又发展为栽桩架屋的干栏式建筑。中国浙江吴兴钱山漾遗址(约公元前 3000 年)是在密桩上架木梁,上铺悬空的地板。西欧一些地方也出现过相似的做法,今瑞士境内保存着湖居人在湖中木桩上构筑的房屋。浙江余姚河姆渡新石器时代遗址(约公元前 5000 至前 3300 年)中,有跨距达 5~6 米、联排 6~7 间的房屋,底层架空(属于干栏式建筑形式),构件之结点主要是绑扎结合,但个别建筑已使用榫卯结合。在没有金属工具的条件下,用石制工具凿出各种榫卯是很困难的,这种榫卯结合的方法代代相传,延续到后世,为以木结构为主流的中国古建筑开创了先例。

随着氏族群体不断的发展壮大,人们群居在一起,共同劳动和生活。从中国西安半坡村遗址(如图 1-1 所示)还可看到有条不紊的聚落布局,在河东岸的台地上遗存有密集排列的 40~50 座住房,在其中心部分有一座规模相当大的(平面约为 12.5×14 米)房屋,可能是会堂。各房屋之间筑有夯土道路,居住区周围挖有深、宽各约 5 米的用于防范袭击的大壕沟,上面架有独木桥。



图 1-1 西安半坡村遗址

这时期的土木工程还只是使用石斧、石刀、石锛、石凿等简单的工具,所用的材料都是取自当地的天然材料,如茅草、竹、芦苇、树枝、树皮和树叶、砾石、泥土等。掌握了

伐木技术以后,人们就使用较大的树干做骨架;有了锻烧加工技术,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

随着人类社会生产力的发展,农业和手工业开始分工。大约自公元前3千年,在材料方面,开始出现了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,有宫殿、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3千年,中国在商代(公元前16至前11世纪),开始使用青铜制的斧、凿、钻、锯、刀、铲等工具。后来铁制工具逐步推广,并有了简单的施工机械,也有了经验总结及形象描述的土木工程著作。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。

约公元前21世纪,传说中的夏代部落领袖禹用疏导方法治理洪水,挖掘沟洫,进行灌溉。公元前5至前4世纪,在今河北临漳,西门豹主持修筑引漳灌邺工程,是中国最早的多首制灌溉工程。公元前3世纪中叶,在今四川灌县,李冰父子主持修建都江堰水利工程,它规模宏大,地点适宜,布局合理,兼有航行、灌溉、防洪三种作用,是世界上最早的综合性大型水利工程(如图1-2所示)。在历史和科学方面具有突出的普遍价值,因此都江堰被确定为世界文化遗产。

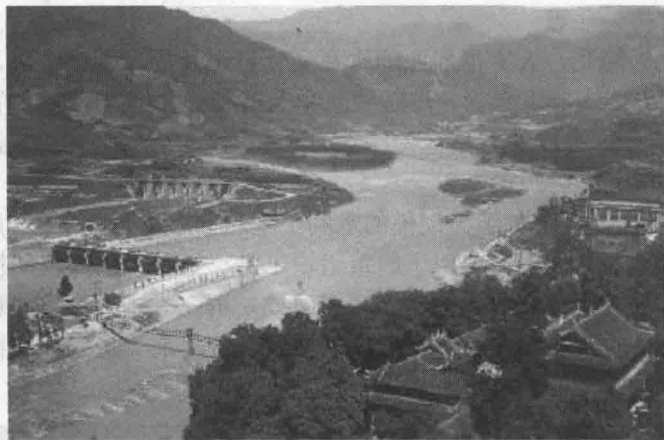


图 1-2 都江堰水利工程

在大规模的水利工程和交通工程中,桥梁工程也得到发展,出现了各式各样的桥梁。公元前12世纪初,中国在渭河上架设浮桥,是中国最早在大河上架设的桥梁。再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。

我国利用黄土创造的夯土技术,在我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。河南偃师二里头有商代早期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(约公元前1100年)的夯土台基,都说明当时的夯土技术已成熟。

春秋战国时期,战争频繁,广泛用夯土筑城防敌。秦代在魏、燕、赵三国夯土长城基础上筑成万里长城,后经历代多次修筑,留存至今,成为举世闻名的中国万里长城(如图 1-3 所示)。



图 1-3 长城

中国这一时期的房屋建筑主要使用木结构。在商朝首都宫室遗址中,残存有一定间距和直线行列的石柱础,柱础上有铜钺,柱础旁有木柱的残余,说明当时已有相当大的木构架建筑。《考工记·匠人》中有“殷人……四阿重屋”的记载,可知当时已有两层楼,四阿顶的建筑了。西周的青铜器上也铸有柱上置桷斗的木构架形象,说明当时在梁柱结合处已使用“斗”,做过过渡层柱间联系构件“额枋”也已形成。这时的木构架已开始有中国传统使用的柱、额、梁、枋、斗等。

陶制房屋版瓦、筒瓦、人字形断面的脊瓦和瓦钉在西周时期已出现,它解决了屋面防水问题。春秋时期出现陶制下水管、陶制井圈和青铜制杆件结合构件。在美索不达米亚(两河流域)制土坯和砌券拱的技术历史悠久。公元前 8 世纪建成的亚述国王萨尔贡二世宫,采用土坯砌墙,用石板、砖、琉璃贴面。

公元前 3000 年埃及人进行了大规模的水利工程和神庙以及金字塔的修建,积累和运用了几何学、测量学方面的知识,使用了起重运输工具,组织了大规模的协作劳动。公元前 27 至前 26 世纪,埃及建造了世界最大的帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群(如图 1-4 所示)。埃及人也建造了大量的宫殿和神庙建筑群,如公元前 16 至前 4 世纪在底比斯等地建造的凯尔奈克神庙建筑群。



图 1-4 埃及吉萨金字塔群

希腊早期的神庙建筑用木屋架和土坯建造,屋顶荷重不用木柱支承,而是用墙壁和石柱承重。约在公元前7世纪,大部分神庙已改用石料建造。公元前5世纪建成的雅典卫城,在建筑、庙宇、柱式等方面都具有极高的水平。其中,如巴台农神庙全用白色大理石砌筑,庙宇宏大,石质梁柱结构精美,是典型的列柱围廊式建筑。

这一时期的城市建设也得到极大的发展,早在公元前2000年前后,印度建摩亨朱达罗城,其城市布局合理,方格道路网主次分明,排水系统完善。中国现存的春秋战国遗址证实了《考工记》中有关周朝都城“方九里、旁三门,国(都城)中九经九纬(纵横干道各九条),经涂九轨(南北方向的干道可九车并行),左祖右社(东设皇家祭祖先的太庙,西设祭国土的坛台),面朝后市(城中前为朝廷,后为市肆)”的记载。这时中国的城市已有相当的规模,如齐国的临淄城,宽3公里,长4公里,城濠上建有8米多跨度的简支木桥,桥两端为石块和夯土制作的桥台。

3. 发达时期

由于铁制工具的广泛应用,提高了效率;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,大规模营建了宫殿、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:

(1) 运用标准化的配件方法加速了设计进度,多数构件都可以按“材”或“斗口”、“柱径”的模数进行加工;

(2) 用预制构件,现场安装,以缩短工期;

(3) 统一筹划,提高效益,如中国北宋的汴京宫殿,施工时先挖河引水,为施工运料和供水提供方便,竣工时用渣土填河;

(4) 改进当时的吊装方法,用木材制成“戥”和绞磨等起重工具,可以吊起三百多吨重的巨材,如北京故宫三台的雕龙御路石以及罗马圣彼得大教堂前的方尖碑等。

中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石拱结构为主。中国古建筑在这一时期又出现了与木结构相适应的建筑风格,形成独特的中国木结构体系。根据气候和木材产地的不同情况,在汉代即分为抬梁、穿斗、井干三种不同的结构方式,其中以抬梁式最为普遍。在平面上形成柱网,柱网之间可按需要砌墙和安门窗。房屋的墙壁不承担屋顶和楼面的荷重,使墙壁有极大的灵活性。在宫殿、庙宇等高级建筑的柱上和檐枋间安装斗拱。

中国东汉以来建筑活动中的一个重要方面是佛教建筑,南北朝和唐朝大量兴建佛寺。公元8世纪建的山西五台山南禅寺正殿和公元9世纪建的佛光寺大殿,是遗留至今较完整的中国木构架建筑。中国佛教建筑对于日本等国也有很大影响。

佛塔的建造促进了高层木结构的发展。公元2世纪末,徐州浮屠寺塔的“上累金盘,下为重楼”,是在吸收、融合和创造的过程中,把具有宗教意义的印度堵坡竖在楼阁之上(称为刹),形成楼阁式木塔。公元11世纪建成山西应县佛宫寺释迦塔(应县木塔),塔高67.3米,八角形,底层直径为30.27米,每层用梁柱斗拱组合为自成体系的完整、稳定的构架,9层的结构中有8层是用3米左右的柱子支顶重叠而成,充分做到了小材大用。塔身采用内外两环柱网,各层柱子都向中心略倾(侧脚),各柱的上端均铺斗拱,用交圈的扶壁拱组成双层套筒式的结构。这座木塔不仅是世界上现存最高的木结构之一,而且在杆件和组合

设计上,也隐涵着对结构力学的巧妙运用(如图 1-5 所示)。

约自公元 1 世纪,中国东汉时,砖石结构有所发展。在汉墓中已可见到从梁式空心砖逐渐发展为券拱和穹窿顶。根据荷载的情况,有单拱券、双层拱券和多层券。每层券上卧铺一层条砖,称为“伏”。这种券伏相结合的方法在后来的发券工程中普遍采用。自公元 4 世纪北魏中期,砖石结构已用于地面上的砖塔、石塔建筑以及石桥等方面。公元 6 世纪建于河南登封县的嵩岳寺塔,是中国现存最早的密檐砖塔(如图 1-6 所示)。



图 1-5 山西应县木塔



图 1-6 河南登封嵩岳寺塔

公元前 4 世纪,罗马采用券拱技术砌筑下水道、隧道、渡槽等土木工程,在建筑工程方面继承和发展了古希腊的传统柱式。公元前 2 世纪,用石灰和火山灰的混合物作胶凝材料(后称罗马水泥)制成的天然混凝土广泛应用,有力地推动了古罗马的券拱结构的大发展。公元前 1 世纪,在券拱技术基础上又发展了十字拱和穹顶。公元 2 世纪时,在陵墓、城墙、水道、桥梁等工程上大量使用发券。券拱结构与天然混凝土并用,其跨越距离和覆盖空间比梁柱结构要大得多,如万神庙(120 至 124 年)的圆形正殿屋顶,直径为 43.43 米,是古代最大的圆顶庙。卡拉卡拉浴室(211 至 217 年)采用十字拱和拱券平衡体系。古罗马的公共建筑类型多,结构设计、施工水平高,样式手法丰富,并初步建立了土木建筑科学理论,如维特鲁威著《建筑十书》(公元前 1 世纪)奠定了欧洲土木建筑科学的体系,系统地总结了古希腊、罗马的建筑实践经验。古罗马的技术成就对欧洲土木建筑的发展有深远影响。

进入中世纪以后,拜占廷建筑继承古希腊、罗马的土木建筑技术并吸收了波斯、小亚一带文化成就,形成了独特的体系,解决了在方形平面上使用穹顶的结构和建筑形式问题,把穹顶支承在独立的柱上,取得开敞的内部空间,如圣索菲亚教堂(532 至 537 年)为砖砌穹顶,外面覆盖铅皮,穹顶下的空间深 68.6 米,宽 32.6 米,中心高 55 米。8 世纪在比利牛斯半岛上的阿拉伯建筑,运用马蹄形、火焰式、尖拱等拱券结构。科尔多瓦大礼拜寺(785 至 987 年),即是用两层叠起的马蹄券(如图 1-7 所示)。

中世纪西欧各国的建筑,意大利仍继承罗马的风格,以比萨大教堂建筑群(11 至 13 世纪)为代表;其他各国则以法国为中心,发展了哥特式教堂建筑的新结构体系。哥特式建筑采用骨架券为拱顶的承重构件,飞券扶壁抵挡拱脚的侧推力,并使用二圆心尖券和尖拱。巴黎圣母院(1163 至 1271 年)的圣母教堂是早期哥特式教堂建筑的代表(如图 1-8 所示)。