



21世纪普通高等教育精品教材

土木工程系列

土木工程概论

TuMuGongChengGaiLun

主 编 王 浩 李 欣 王晓宇



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/王浩,李欣,王晓宇主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.12
21世纪普通高等教育精品教材. 土木工程系列
ISBN 978-7-307-12750-0

I. 土… II. ①王… ②李… ③王… III. 土木工程—高等学校—教材
IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 004448 号

责任编辑:王莹

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:北京泽宇印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:312千字

版次:2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

ISBN 978-7-307-12750-0 定价:35.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 简 介

本书是高等学校土木建筑工程专业的入门教材,是新生入学后必须学习的课程。通过对该课程的学习,加强对该专业的了解,为后续基本理论和专业知识的学习打下基础,并了解工程行业所从事的各种工作,定下自己的人生目标。

本书内容包括:绪论,土木工程材料,基础工程,建筑工程,道路与铁路工程,桥梁工程,隧道工程,水利水电工程,给水排水工程,港口工程,机场工程,土木工程施工技术,土木工程建设与管理,土木工程防灾与减灾,土木工程数字化应用及发展前景等。内容丰富,层次分明。

本书可以作为高等学校土木建筑工程专业本科生和专科生的必修课和选修课教材,也可以作为高等学校相关专业教师以及建设管理、设计、施工、投资等单位工程技术人员的参考用书,还可以作为其他工程类、人文类专业学生的选修课教材使用。

P 前言 REFACE

土木工程是一个内涵广泛的专业,土木工程概论是土木建筑工程类专业本科生或专科生在大学一年级开设的专业总论性课程,该课程对于学生正确认识土木工程专业、热爱土木工程专业、进行特色专业方向的选择、职业生涯设计与就业方向的确立具有重要意义。

根据 2011 年国家住房和城乡建设部高等学校土木建筑工程学科教学指导委员会最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,以工程实际为背景,以工程技术为主线,结合多年教学经验,作者编写了本书,着力提升学生的工程素养,培养学生的创新能力,引导学生面对新世纪的挑战。

本书内容丰富,层次分明,以注重实践为原则,侧重于学生能力的培养。每章后面附有适量的习题,及时反馈加深学生对教材中所述内容的理解和掌握程度。全书共 15 章,主要内容有:绪论,土木工程材料,基础工程,建筑工程,道路与铁路工程,桥梁工程,隧道工程,水利水电工程,给水排水工程,港口工程,机场工程,土木工程施工技术,土木工程建设和管理,土木工程防灾与减灾,土木工程数字化应用及发展前景等。教材在编写时,充分考虑专业的特点,按照 48 学时的教学计划编写。

本书由长春工程学院王浩、吉林大学李欣、中国建筑第八工程局有限公司西北分公司王晓宇担任主编拟定大纲并负责最后的总纂定稿,由吉林省交通规划设计院左振锋和李亮、长春工程学院崔志新、辽宁中审新世纪工程造价咨询有限公司毛晓熙担任副主编。具体分工如下:王浩(第 1 章~第 3 章),李欣(第 4 章、第 5 章),王晓宇(第 11 章、第 14 章),左振锋(第 9 章、第 12 章)、李亮(第 10 章、第 13 章)崔志新(第 6 章~第 8 章)毛晓熙(第 15 章)。

在本教材编写过程中,参考了大量的文献和资料,除了本教材列出的参考文献外,还有来自于期刊、杂志和互联网的图片 and 资料。在此,谨向文献资料的原作者致以诚挚的谢意!

由于作者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正,在此表示衷心的感谢!

编者

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 土木工程的内涵及属性	1
1.2 土木工程的发展简史	4
1.3 土木工程在国民经济中的地位与作用	13
第 2 章 土木工程材料	16
2.1 概述	16
2.2 砖、瓦、砂、石、灰	23
2.3 钢材	29
2.4 水泥	32
2.5 木材	36
2.6 混凝土	39
2.7 砂浆	43
2.8 其他材料	44
第 3 章 基础工程	56
3.1 地基基础	56
3.2 浅基础	57
3.3 深基础	60
3.4 地基处理	66
第 4 章 建筑工程	73
4.1 建筑工程概述	73
4.2 建筑工程的类别	74

4.3	建筑的分级	76
4.4	建筑结构的基本构件	77
4.5	建筑结构的类型	81
第 5 章	道路与铁路工程	92
5.1	道路工程	92
5.2	铁路工程	99
第 6 章	桥梁工程	106
6.1	桥梁与桥梁工程的分类	106
6.2	桥梁的组成	107
6.3	桥梁的结构形式	108
6.4	桥墩、桥台与桥梁基础	112
第 7 章	隧道工程	118
7.1	隧道工程的分类	118
7.2	隧道的结构构造	121
7.3	隧道施工	127
第 8 章	水利水电工程	137
8.1	水利水电工程概况	137
8.2	农田水利工程	141
8.3	防洪工程	147
8.4	水力发电工程	148
第 9 章	给水排水工程	151
9.1	给水工程	152
9.2	排水工程	156
第 10 章	港口工程	162
10.1	港口的分类、组成及港口建设的基本准则	162
10.2	港口的规划	164
10.3	港口布置	164
10.4	码头建筑	166

10.5	防波堤	169
10.6	护岸建筑	171
第 11 章	机场工程	173
11.1	机场的组成、分类及飞行区等级	173
11.2	机场的主要构筑物	175
11.3	飞机场规划	178
11.4	机场工程未来发展趋势	179
第 12 章	土木工程施工技术	181
12.1	土石方工程施工	181
12.2	基础工程施工	183
12.3	结构工程施工	187
12.4	现代施工技术	197
第 13 章	土木工程建设与管理	202
13.1	土木工程的建设程序	202
13.2	工程项目的招标与投标	207
13.3	建设工程招标投标的意义	208
13.4	工程项目管理	208
第 14 章	土木工程防灾与减灾	213
14.1	工程灾害的定义与属性	213
14.2	土木工程灾害的类型	214
14.3	结构抗灾、检测与加固	216
14.4	土木工程的防灾减灾	217
第 15 章	土木工程数字化应用及发展前景	220
15.1	数字化技术应用	220
15.2	土木工程的发展前景与方向	225
参考文献	230



1.1 土木工程的内涵及属性

1.1.1 土木工程的定义

土木工程是一个工程分科,是指用石材、砖、砂浆、水泥、混凝土、钢材、钢筋混凝土、木材、建筑塑料、铝合金等建筑材料修建房屋、铁路、道路、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口等工程的生产活动和工程技术。这种生产活动和工程技术包括对上述各类工程的勘测、设计、施工、保养、维修等活动以及它们所需要的相应工程技术。

土木工程也是一门学科,称为土木工程学。土木工程学是指运用数学、物理、化学等基础科学知识,力学、材料等技术科学知识以及土木工程方面的工程技术知识来研究、设计、修建各种建筑物和构筑物的一门学科。这里,建筑物(通称建筑)是指供人们进行生产、生活或其他活动的房屋或场所,如工业建筑、民用建筑、农业建筑、铁路建筑等;而构筑物则是指人们一般不直接在其内进行生产、生活活动的建筑物,如水浴、烟囱、栈桥、堤坝、蓄水池、囤仓等。

土木工程是一种与人们的衣、食、住、行有着密切关系的工程。其中与“住”的关系是直接的,因为,要解决“住”的问题必须建造各种类型的建筑物;而解决“行、食、衣”的问题既有直接的一面,也有间接的一面。要“行”,必须建造铁路、道路、桥梁;要“食”,必须打井取水、兴修水利、进行农田灌溉、城市供水排水等,这是直接关系。而间接关系则是无论做什么,例如,制造汽车、轮船,纺纱、织布、制衣,乃至生产钢铁、发射人造卫星,开展科学研究等活动都离不开建造各类建筑物、构筑物和修建各种工程设施。因此,可以说,土木工程具有民用性。

1.1.2 土木工程的范围

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。土木工程既是指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等技术活动;也是指工程建设的对象,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、科研服务的设施。

土木工程行业涉及的范围非常广泛,包括房屋建筑工程、公路与城市道路工程、铁道工程、桥梁工程、隧道工程、航空(机场)工程、地下工程、给水排水工程、港口工程、码头工程、海洋工程、水利工程(包括运河、水库、大坝、水渠等)等。建筑工程如图 1-1 所示,道路与桥梁工程如图 1-2 所示,水利工程如图 1-3 所示,海洋工程如图 1-4 所示,铁道工程如图 1-5 所示,

隧道工程如图 1-6 所示。



图 1-1 建筑工程



图 1-2 道路与桥梁工程



图 1-3 水利工程



图 1-4 海洋工程



图 1-5 铁道工程



图 1-6 隧道工程

1.1.3 土木工程的属性

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,涉及工程地质勘察、水文地质勘察、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。因而土木工程是一门范围广泛的综合性学科。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经发展成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的综合体系。例如,就土木工程所建设的工程设施的使用功能而言,有的供生息居住之用;有的作为生产活动的场所;有的用于陆、海、空交通运输;有的用于水利事业;有的作为信息传输的工具;有的作为能源传输的手段,等等。这就要求土木工程综合运用各种物质条件,以满足各种各样的需求。土木工程已发展出许多分支学科,如房屋工程、铁路工程、道路工程、飞机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程结构、给水和排水工程、城市供热供燃气工程、港口工程、水利工程等学科。其中有些分支学科,如水利工程,由于自身工程对象的不断增多以及专项科学技术的发展,也已从土木工程中分化出来成为独立的学科体系,但是这些学科体系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进步而发展起来的,土木工程所建造的工程设施反映出各个历史时期的社会、经济、文化、科学、技术的发展面貌。因而土木工程也就成为社会历史发展进程的见证之一。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、寺庙以及各种其他建筑物。许多著名的工程设施显示出人类在当时那个历史时期的创造力。例如,我国的长城、都江堰、大运河、赵州桥、应县木塔,埃及的金字塔,希腊的帕特农神庙,罗马的给水工程、科洛西姆竞技场,以及许多其他著名的教堂、宫殿等。

工业革命以后,特别是到了 20 世纪,一方面是社会向土木工程提出了新的需求;另一方面是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,这都为土木工程的发展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,在世界各地出现了规模宏大的现代化工业厂房、摩天大厦、核电站、高速公路和铁路、大跨桥梁、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。早期的土木工程是通过工程实践总结经验,尤其是吸取失败的教训发展起来的。从 17 世纪开始,近代力学同土木工程实践结合起来,逐渐形成了材料力学、结构力学、流体力学、岩体力学等,成为土木工程的基础理论学科。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,工程实践经验常常先于理论,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。但今天不少工程

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以理论研究,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试验或现场测试以及理论分析。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,建造高层建筑、高耸塔桅和大跨桥梁时,突出了工程的抗风和抗震问题,这时才能发展出这方面的新理论和新技术。

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,用以满足使用者的预定需要,其中包括经济性要求,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的选址、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因素。这些技术问题联系密切,需要综合考虑。

另外,符合功能要求的土木工程设施的空间艺术,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是否协调表现出来的;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、城镇的容貌增色,给人以美的享受;反之,则会使环境受到影响。

在土木工程的长期实践中,人们不仅对房屋建筑艺术给予了很大重视,取得了卓越的成就;而且对其他工程设施,也通过选用不同的建筑材料,例如石料、钢材和钢筋混凝土,配合自然环境建造了许多在艺术上十分优美、功能上又十分实用的工程设施。例如,我国古代修建的万里长城、现代世界上的许多电视塔和斜拉桥等,都是这方面的例子。

1.2 土木工程的发展简史

土木工程从起源到现在经历了漫长的发展过程,在漫长的演变和发展的过程中不断注入了新的内涵。土木工程与社会、经济、科学技术的发展密切相关,而就其本身而言则主要围绕着材料、施工技术、力学与结构理论的演变而不断发展。

土木工程经历了古代、近代、现代三个历史时期。

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程是从新石器时代开始到公元 17 世纪工程结构有了定量的理论分析为止,这一时期,人类的实践运用简单的工具,依靠手工劳动,没有系统的理论,但是在此期间人类发明了烧制的瓦和砖,这是土木工程发展史上的一件大事。同时,在这一时期,人类也建造了不少辉煌而伟大的工程。

随着历史的发展,人类社会的进步,人们开始掘地为穴、搭木为桥,开始了原始的土木工

程活动。在中国黄河流域的仰韶文化遗址(公元前 5000—前 3000 年)中,就遗存了浅穴和地面建筑。西安半坡村遗址(公元前 4800—前 3600 年)中还有许多圆形房屋,这些房屋直径 5~6m,室内竖有木柱来支撑上部屋顶,如图 1-7 所示。

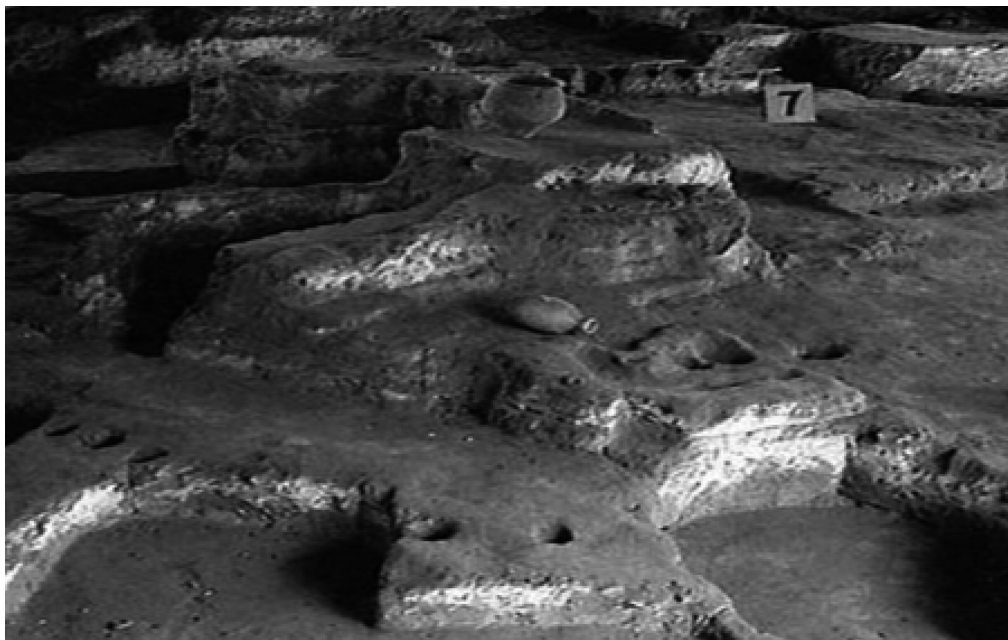


图 1-7 原始建筑物

洛阳王湾的仰韶文化遗址(公元前 4000—前 3000 年)中有一座面积为 200m^2 的房屋,墙下挖有基槽,槽内有卵石,这是墙基的雏形。

英格兰索尔兹伯里的石环,距今已有四千余年的历史,其直径约 32m,单石高达 6m,采用巨型青石近百块,每块重达 10 吨,石环间平放着厚重的石梁,这种梁柱结构方式至今仍是建筑物的基本结构体系之一。同时,大约公元前 3 世纪出现了经过烧制的砖和瓦;在构造方面,形成木构架、石梁柱等结构体系,还有许多较大型的土木工程。

随着生产力的发展,私有制取代了原始的公有制,奴隶社会代替了原始社会。在奴隶社会里,奴隶主利用奴隶们的无偿劳动力,建造了大量的建筑物,推动了社会文明的进步,也促进了建筑技术的发展。古代的埃及、印度、罗马等国先后建造了许多大型建筑,如桥梁、输水管道等。

埃及的吉萨金字塔群(建于公元前 2700—前 2600 年)如图 1-8 所示,金字塔群造型简单、计算准确、施工精细、规模宏大,是人类伟大的文化遗产。公元前 5 世纪—前 4 世纪,在我国河北临漳,西门豹主持修筑了引漳灌邺工程。公元前 3 世纪中叶,在今四川灌县,李冰父子主持修建的都江堰,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性和大型水利工程,如图 1-9 所示。长城原是春秋、战国时各诸侯国为互相防御而修建的城墙,秦始皇(公元前 246—前 210 年)于公元前 201 年统一六国后,为防御北方匈奴贵族的侵犯,于公元前 214 年在魏、赵、燕三国修建的土长城的基础上对长城进行了修缮。明代为了防御

外族的侵扰前后又修建长城 18 次。目前,长城西起嘉峪关,东至山海关,总长 6700km,成为举世闻名的建筑物,如图 1-10 所示。



图 1-8 埃及吉萨金字塔群图

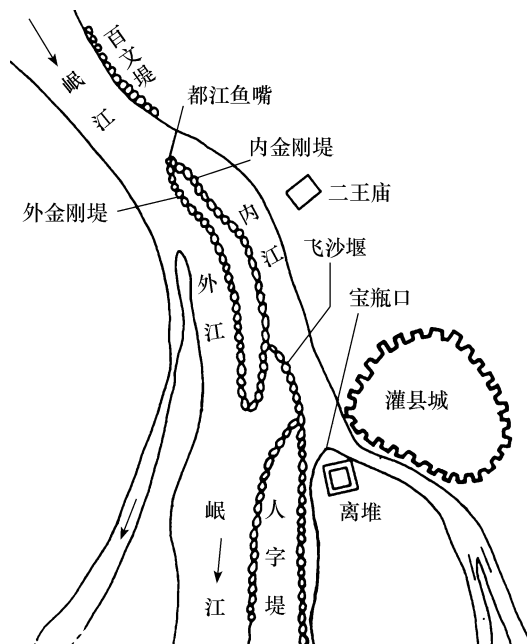


图 1-9 都江堰



图 1-10 万里长城

古希腊是欧洲文化的摇篮,公元前 5 世纪建成的以帕特农神庙为主体的雅典卫城,是最杰出的古希腊建筑,造型典雅壮丽,用白色大理石砌筑,庙宇宏大,石制梁柱结构精美,在建筑和雕刻上都有很高的成就,是典型的列柱围廊式建筑,如图 1-11 所示。



图 1-11 帕特农神庙

古罗马建筑对欧洲乃至世界建筑都产生了巨大的影响。古罗马大斗兽场在功能、形式与结构上做到了和谐统一。其建筑平面成椭圆形,长轴 188m,短轴 156m,立面为 4 层,总高 48.5m,场内有 60 排座位,80 个出入口,可以容纳 4.8 万~8 万名观众,如图 1-12 所示。



图 1-12 古罗马大斗兽场

我国古代建筑的一大特点是木结构占主导地位,现存的高层木结构实物,当以山西应县佛宫寺释迦塔(应县木塔)(建于 1056 年)为代表,塔身外观五层,内有四个暗层,共有九层,高 67m,平面成八角形,是世界上现存最高的木结构佛塔。欧洲以石拱建筑为主的古典建筑达到了很高的水平,早在公元前 4 世纪,罗马采用拱券技术砌筑下水道、隧道渡槽等工程设施,在建筑工程方面继承和发展了古希腊的传统柱式结构。如万神庙(建于公元 120—124 年)的圆形正殿屋顶,直径 43.43m,是古代最大的圆顶庙。意大利的比萨大教堂建筑群、法国的巴黎圣母院教堂(建于公元 1163—1250 年),均为拱券结构。圣保罗大教堂是英国最大的教堂,是英国古典主义建筑的代表,教堂内部进深 141m,翼部宽 30.8m,中央穹顶直径 34m,顶端离地 111.5m。

古代土木工程在房屋建筑上取得巨大成绩的同时,其他的土木工程设施也取得了重大成就。秦朝在统一六国后,修建了以咸阳为中心的通向全国的驰道,形成了全国规模的交通网。在欧洲,罗马建设了以罗马为中心,包括 20 条辐射主干道和 322 条联络干道,总长达 78000km 的罗马大道网。道路的发展推动了桥梁工程的发展,桥梁结构最早为行人的石板桥和木梁桥,后来逐步发展成为石拱桥,现保存最完好的我国最早的石砌拱桥为河北赵县的安济桥,又名赵州桥,如图 1-13 所示。它建于公元 595—605 年,为隋朝匠人李春设计并参与建造的,该桥全部用石灰石建成,全长 50.83m,净跨度 37.02m,矢高 7.23m,矢跨比小于 1/5,桥面宽 9m。该桥在使用材料、受力结构、艺术造型和经济价值上都达到了极高的成就。

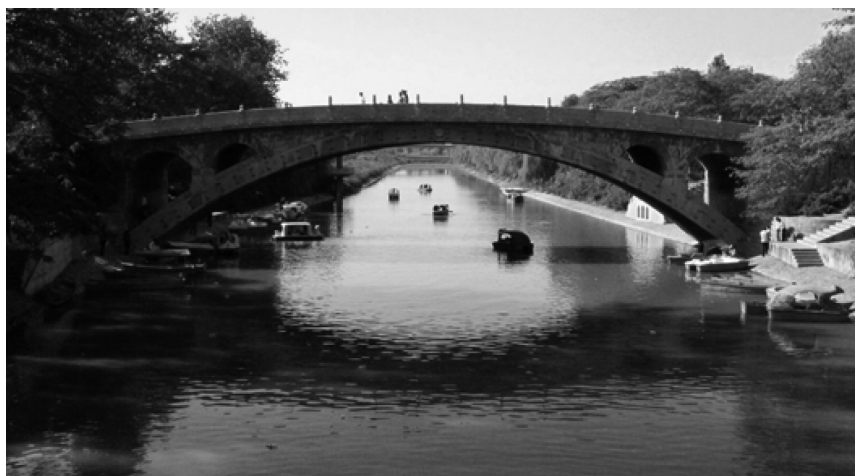


图 1-13 河北赵县安济桥

在水利工程方面,公元前 3 世纪,中国秦代在今广西兴安开凿灵渠,总长 34km,落差 32m,沟通湘江、漓江,连系长江、珠江水系,后建成使用“湘漓分流”的水利工程。古罗马采用拱券技术筑成隧道、石砌渡槽等城市输水道 11 条,总长 530km。运河为人工开挖的水道,用以沟通不同的河流、水系和海洋,连接重要城镇和矿区,发展水上运输。公元七世纪初,我国隋代开凿了世界历史上最长的大运河,全长达 2500km,运河北起北京,经天津市和河北、山东、江苏、浙江四省,南至杭州,沟通海河、黄河、淮河、长江和钱塘江五大水系。这一时期,土木工程活动在城市建设方面和工艺技术方面也都取得了许多成绩。人们在建造大量的土木工程的同时,注意总结经验,促进意识的深化,编写了许多优秀的土木工程著作,如中国的《木经》、李诫著的《营造法式》及意大利阿尔贝蒂著的《论建筑》,同时也出现了许多优秀的工匠和技术人才。

1.2.2 近代土木工程

从 17 世纪中叶到 20 世纪中叶的 300 年间,土木工程得到了飞速迅猛的发展,伽利略在 1638 年出版的著作《关于两门新科学的谈话和数学证明》中,论述了建筑材料的力学性能和梁的强度。1687 年牛顿总结的力学运动三大定律成为土木工程设计理论的基础。瑞士数学家欧拉在 1744 年出版的《曲线的变分法》中建立了柱的压屈公式。1773 年法国工程师库仑著的《建筑静力学各种问题极大极小法则的应用》一文中阐明了材料的强度理论及一些构件的力学理论。18 世纪下半叶,瓦特发明的蒸汽机的使用推动了工业革命的发展,为土木工程提供了多种建筑材料和施工机具,同时也对土木工程提出了新的要求。

1824 年英国学者 J. 阿斯普丁发明了波特兰水泥,1856 年转炉炼钢法取得成功,两项发明为钢筋混凝土的产生奠定了基础。1867 年法国学者 J. 莫尼埃用钢丝加固混凝土制成了花盆,并把这种方法推广到工程中,建造了一座贮水池,这是钢筋混凝土应用的开端。1875 年丁·莫尼埃主持建造了长 16m 的第一座钢筋混凝土桥。1886 年,在美国芝加哥建成的 9

层家庭保险公司大厦,被认为是现代高层建筑的开端,如图 1-14 所示。1889 年在法国巴黎建成高 300m 的埃菲尔铁塔,如图 1-15 所示。



图 1-14 美国家庭保险大厦



图 1-15 埃菲尔铁塔

产业革命还从交通方面推动了土木工程的发展。蒸汽轮船的出现推动了航运事业的发展,同时对修建港口、码头、开凿运河提出了要求。苏伊士运河建于 1859—1869 年,贯通苏伊士海峡,连接地中海和红海。从塞得港至陶菲克港,长 161km,连同深入地中海和红海的河段,总长 173km,河面宽 60~100m,平均水深 15m,可通 8 万吨巨轮,使从西欧到印度洋之间的航程比绕道非洲好望角缩短了 5500~8000km。1825 年 G. 斯蒂芬森建成了从斯托克特到达灵顿的长 21km 的第一条铁路,1869 年美国建成了横贯北美大陆的铁路,20 世纪初俄国建成了西伯利亚铁路。1849 年英国伦敦建成世界上第一条地铁,长 6.7km。1819 年英国马克当筑路法明确了碎石路的施工工艺和路面锁结理论。在桥梁工程方面,1779 年英国用铸铁建成了跨度为 30.5m 的拱桥,1827 年英国学者 T. 特尔福德用锻铁建成了跨度 177m 的梅奈悬索桥。1890 年英国福斯湾建成两孔主跨达 521m 的悬臂式桁架梁桥。19 世纪,设计理论进一步发展并有所突破,土木工程方面的协会团体相继出现。

第一次世界大战以后,道路、桥梁、房屋大规模出现。道路建设方面,沥青混凝土开始用于高等级路面。1931—1942 年德国首先修筑了长达 3860km 的高速公路网。1918 年加拿大建成魁北克悬臂桥,跨度 548.6m。1937 年美国旧金山建成金门悬索桥,跨度 1280m,全长 2825m,如图 1-16 所示。

随着工业的发展和城市人口的增多,大跨度和高层的建筑物相继出现。1925—1933 年在法国、苏联和美国分别建成了跨度达 60m 的圆壳、扁壳和圆形悬索屋盖。中世纪的石砌拱终于被壳体结构和悬索结构所取代。1931 年美国纽约的帝国大厦落成,共 102 层,高 398m,结构用钢 5 万多吨,内有电梯 67 部,可谓集当时技术成就之大成,该建筑保持世界房屋最高纪录达 40 年之久,如图 1-17 所示。



图 1-16 美国金门悬索桥



图 1-17 美国帝国大厦

1886 年美国学者 P. H 杰克逊首次运用预应力混凝土制作建筑构件后,预应力混凝土先后在一些工程中应用并得到进一步发展。后来,超高层建筑相继出现,大跨度桥梁也不断涌现。至此,土木工程向现代化迈进。

必须看到,近代土木工程的发展是以西方土木工程的发展为代表的,在引进西方的先进技术之后,中国先后建造了一些大型的土木工程。1909 年詹天佑主持的京张铁路建成,全长 200km,达到当时的世界先进水平。1889 年唐山设立水泥厂。1910 年机制砖开始生产。1934 年上海建成 20 层的国际饭店,21 层的百老汇大厦。1937 年已有近代公路 11×10^4 km。中国的土木工程教育事业开始于 1895 年的北洋大学(今天津大学)和 1896 年的北洋铁路官学堂(今西南交通大学)。1912 年成立中华工程师学会,詹天佑为首任会长;20 世纪 30 年代成立了中国土木工程学会。

1.2.3 现代土木工程

现代土木工程正以社会生产力的现代发展为动力,以现代科学技术为背景,以现代科学材料为基础,以现代工艺与机具为手段高速度地向前发展。现代土木工程是以第二次世界大战后为起点,由于经济复苏,科学技术取得飞速进步,土木工程也进入了新的时代。从世界范围来看,现代土木工程具有以下特点。

1. 土木工程功能化

现代土木工程的特征之一是工程设施与其使用功能或生产工艺紧密地结合在一起。现代土木工程已超出了它的原始意义的范畴,随着各行各业飞速发展,其他行业对土木工程提出了更高的要求,土木工程必须适应其他行业的发展要求。土木工程与其他行业的关系越来越密切,它们相互依存、相互渗透、相互作用、共同发展,例如大型水坝的混凝土浇筑量达数千万立方米,有的高炉基础达数千万立方米。同时,对土木工程有特殊功能要求的特种工

程结构也发展起来,如核工业的发展带来了新的工程类型。20世纪80年代初已有23个国家拥有核电站277座,在建的还有613座。

随着社会的进步,经济的发展,现代土木工程也要满足人们日益增长的对物质和文化生活的需要,现代化的公用建筑和住宅工程将各种设备及高科技产品成果集于一体,不再仅仅是传统意义上的只有四壁的房屋。

2. 城市建设立体化

城市在平面上向外扩展的同时,也向地下和高空发展,高层建筑成了现代化城市的象征。美国的高层建筑数量最多,高度在160~200m的建筑就有100多幢。1973年在美国芝加哥建成高达443m的西尔斯大厦,如图1-18所示,其高度比1931年建造的纽约帝国大厦高出65m左右。1996年马来西亚建成高450m的吉隆坡石油双塔楼,如图1-19所示。1998年我国建成高421m的上海金茂大厦。



图 1-18 美国西尔斯大厦



图 1-19 吉隆坡佩重纳斯大厦

地铁、地下商店、地下车库和地下油库也日益增多,且道路下面密布着的电缆、给水、排水、供热、煤气、通讯等管网构成了城市的脉络。现代城市建设已成为一个立体的、有机的整体,对土木工程的各个分支以及它们之间的协作提出了更高的要求。

3. 交通运输高速化

第二次世界大战以后,各国开始大规模地建设高速公路,至1984年已建成高速公路的长度是美国81105km、德国12000km、加拿大6268km、英国2793km。我国1988年才建成第一条全长20.5km的沪嘉高速公路,但到2001年高速公路通车里程已达19000km,居世界第二。铁路出现了电气化和高速化。1964年10月日本的“新干线”铁路行车时速达210km。法国巴黎到里昂的高速铁路运行时速达260km。交通高速化促进了桥梁和隧道技术的进步,日本1985年建成的青函海底隧道长达53.85km。1993年建成了贯通英吉利海峡的法英海底隧道,人们用35分钟就可以从欧洲大陆穿越英吉利海峡到达英国本土。

航空业得到飞速发展,航空港遍布世界各地。航海业也取得了很大成就,目前,世界上

国际贸易港口超过 2000 个,大型集装箱码头发展迅速。

同时,土木工程在材料、施工和理论方面也出现了新的趋势。

材料方面向轻质高强方向发展。工程用钢的发展趋势是采用低合金钢。强度达到 1860MPa 的高强钢丝已在预应力结构中得到普遍应用,有的国家已达 2000MPa。钢绞线和粗钢筋的大量生产,使长、大预应力混凝土结构在桥梁房屋中得以推广。

轻骨料混凝土、加气混凝土得到较大发展,混凝土的表观密度由 $2400\text{kg}/\text{m}^3$ 降至 $600\sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。从世界范围来看 C50~C95 的混凝土已相当普遍。马来西亚吉隆坡石油双塔楼中,有的混凝土柱采用了 C80 的高强混凝土。1989 年在美国西雅图建成的双联合广场大厦中有的柱子混凝土强度达到 C120。

施工过程向工业化发展。大规模的现代化建设促进了建筑的标准化和施工的机械化。人们力求推行工业化的生产方式,在工厂中定型地、大量地生产房屋、桥梁的构配件和组合件,然后运到现场装配。在 20 世纪 50 年代后期,这种预制装配化的潮流几乎席卷了以建筑工程为代表的许多土木工程领域。工业化的发展带动了施工机械的发展,大吨位塔吊高度可达 140m,起吊能力达 25000 吨。大型钢模板、商品混凝土、混凝土搅拌运输车、输送泵等相结合,形成了一套现场机械化施工工艺,使传统的现场灌筑混凝土的方法获得了新生命,在高层建筑、桥梁中广泛应用。

理论研究向精确化发展。一些新的理论与方法,如计算力学、结构动力学、网络理论、随机过程论、滤波理论等的成果,随着计算机技术的普及而渗进了土木工程领域。电子计算机使高次超静定的分析成为可能,1980 年英国建成亨伯湾悬索桥,跨度达 1410m;1983 年西班牙建成的卢纳·巴里奥斯桥是世界上跨径最大的预应力混凝土斜拉桥,跨径达 440m;中国济南黄河斜拉桥的最大跨度为 220m,这些桥在设计过程中均采用电算分析。另外,薄壳、悬索、网架和充气结构等也相继出现,1975 年美国密歇根庞蒂亚克体育馆充气塑料薄膜覆盖面积超过 35000m^2 ,可以容纳 8 万观众;上海体育馆圆形网架直径 119m;北京工人体育馆悬索屋面净跨为 94m。大跨度建筑的实现也是理论水平飞速发展的一个标志。

从 20 世纪 50 年代开始,美国等有关国家将可靠性理论引入土木工程领域。我国近年来陆续颁布的工程结构设计标准,都已将基于概率分布的可靠性理论应用于工程实践。计算机技术也远不止是用于结构的力学分析,而是渗透到土木工程的各个领域,如计算机辅助设计、辅助制图、现场管理、网络分析、结构优化及人工智能等。这些都充分说明了现代土木工程在理论上已经达到了相当高的水平。

1.3 土木工程在国民经济中的地位与作用

经济与社会发展的重要标志和目的是不断满足人们日益增长的物质和精神需要;社会财富的积累与增加,就是不断把地球上的各种物质变成人们需要的东西。由上所述,土木工程在经济与社会的发展中起到重要作用,扮演着重要角色。在人们的“衣、食、住、行”四个方面中,“住”和“行”对经济的发展起的作用最大,对土木工程的依赖性也最大。因为住和行所需要的基础设施的建设,具有涉及面广,建设和使用周期长,社会和经济效益大等的显著特点。对我国而言,基础建设不仅直接促进经济社会发展,而且在我国东部与国际接轨、中部崛起、西部大开发、东北老工业基地改造、抵御经济危机等重大国家决策上,以及促进整个社会的可持续发展中也发挥着举足轻重的作用。

从特区建设、浦东开发到抵御 1997 年、2008 年两次金融危机以及 2008 年汶川地震后的灾区重建,土木工程的大发展充分展示了我国改革开放 30 多年的成果。深圳特区的建设、浦东新区的开发,是我国城市化高速发展的缩影,体现了土木工程在城市建设中的地位与作用;1997 年亚洲经济危机、2008 年世界经济危机后,我国所采取的以基础设施建设为主的经济刺激政策,使我国比较平稳地度过了经济危机,防止了经济的大起大落,保持了国民经济较好较快的发展,体现了建筑业在国民经济中的支柱作用。

1998 年我国提出“实施积极财政政策,加快基础设施建设,扩大内需”的决策,决定 1998 年重点实施公路、铁路、通信、环保、农林及水利等基础设施建设,公路是其中的重中之重。到 2007 年年底,总规模约 3.5×10^4 km 的“五纵七横”国道主干线系统比原规划提前 13 年贯通,我国公路通车里程达 357.3×10^4 km,其中,高速公路达 5.36×10^4 km。从 1998 年决定加快公路建设至 2007 年的 10 年里,年均建成高速公路里程超过 44 900 km,相对于前 10 年(1988—1997 年)年均建成 477 km 的速度,提高了 10 倍多,高速公路建设的“中国速度”令世界震惊。2005 年 1 月国务院审议通过的《国家高速公路网规划》提出,我国将用 30 年时间完成 8.5×10^4 km 的国家高速公路网建设。国家高速公路网采用放射线与纵横网络相结合的布局形态,构成由中心城市向外放射以及横连东西、纵贯南北的公路交通大通道,包括 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线,简称“7918 网”。加上各省市和自治区的高速公路建设规划,我国的高速公路规划里程已经超过 12×10^4 km,已建里程达 6×10^4 km。2008 年全球金融危机后,我国加快了公路网的建设步伐。2009 年全国高速公路开工里程达到了 10 000 km,是 1998—2007 年间年均近 5 000 km 的建设速度的两倍。

2008 年我国实施了近 10×10^4 亿元的经济刺激计划,其中超过半数的资金投入到基础设施建设领域。2009 年仅安排的铁路工程投资就达 6000×10^8 元,可以创造 600 万个就业岗位,消耗钢材 2000×10^4 吨,水泥 1.2×10^8 吨。2009—2012 年铁路建设投资达 3.5×10^4 亿元,其中长期投资规模达 5×10^4 元。截至目前,国家已批准的新建铁路里程有 2.3×10^4 km,投资规模超过 2×10^4 亿元。2010 年国家批准的新建铁路里程 1×10^4 km 左右,投资规模 1×10^4 亿元;从 2004—2010 年,国家批准新建铁路 4×10^4 km 以上,总投资达到 4×10^4 亿元以上。预计《中长期铁路网规划》项目全部实施后,到 2020 年铁路建设投资总规模将突破 5×10^4 亿,铁路营业里程达到 12×10^4 km 以上。这些新建的铁路项目都是经济社会发展和人民群众生产、生活急需的,主要分为三大类:一是像京沪高速铁路这样的客运专线和城际铁路,以及对既有的京哈、京广、京沪、陇海等繁忙铁路干线进行强化改造,使之成为以货运为主的大能力运输通道,从根本上缓解铁路运输的“瓶颈”制约。二是包头至西安、太原至中卫、格尔木至朔州等煤运通道项目,2010 年的建设规模达到了近 1×10^4 km。这些通道建成后,大幅度提高了西煤东运、新疆煤外运、“三西”煤炭直达华中的运输能力,从根本上缓解了煤炭运输尤其是电煤运输紧张的状况。三是贵阳至广州、南宁至广州等资源开发性西部干线铁路项目,2010 年的建设规模达到了 1.5×10^4 km。通过实施这些项目,加上对既有铁路的技术改造,将进一步扩大铁路对国土的覆盖率,强化中西部交通基础设施,为西部大开发、中部崛起、东北振兴等战略的实施提供可靠的运力保障。

据不完全统计 2013 年中国的粗钢产量达到 7.52×10^8 吨,占世界钢产量的 48.5%;水泥产量为 24.2×10^8 吨,承接国际水泥业务量的 58% 以上;生产商品混凝土 11.6×10^8 m³;平板玻璃产量为 7.79×10^8 m²;建筑用铝型材产量为 3962×10^4 吨。目前我国约 80% 的建筑排水管道,70% 的建筑雨水排水管道,80% 的建筑给水、热水供应、供热管道,70% 的城市

供水管道,70%的城市燃气管道,90%的建筑电线穿线护套管都采用塑料管道。与建筑有关的产业,如机械制造、交通运输、化工材料等达到50多个。2013年,建筑业总产值为159313人民币。建筑业从业人数由2012年末的4267万人增加到4499万人。截至2013年,我国建筑业实现利润5575亿元左右,增加值为799亿元左右,增加值占GDP的比重多年稳定在6.86%左右,房地产业总收入约为中国制造业总收入的5%左右。

改革开放以来我国土木工程有了飞速发展,取得了令世界瞩目的成绩,土木工程在国民经济中的地位与作用凸显。但与国外相比较,我国工程建设领域还存在许多问题,如从事土木工程行业人员的素质不高、生产力水平与管理水平都不高,单位GDP的能耗大、建筑业增加值占GDP的比重还比较小等,建筑业还处于粗放经营与管理的阶段。

本章小结

土木工程是一个工程分科,是指用石材、砖、砂浆、水泥、混凝土、钢材、钢筋混凝土、木材、建筑塑料、铝合金等建筑材料修建房屋、铁路、道路、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口等工程的生产活动和工程技术。土木工程也是一门学科,称为土木工程学。土木工程学是指运用数学、物理、化学等基础科学知识,力学、材料等技术科学知识以及土木工程方面的工程技术知识来研究、设计、修建各种建筑物和构筑物的一门学科。土木工程行业涉及的范围非常广泛,包括房屋建筑工程、公路与城市道路工程、铁道工程、桥梁工程、隧道工程、航空(机场)工程、地下工程、给水排水工程、港口工程、码头工程、海洋工程、水利工程(包括运河、水库、大坝、水渠等)等。土木工程的属性有综合性、社会性、实践性、技术性。土木工程的发展经历了古代、近代和现代三个阶段。土木工程在经济与社会的发展中起着重要作用,扮演着重要角色。在人们的“衣、食、住、行”四个方面中,“住”和“行”对经济的发展起的作用最大,对土木工程的依赖性也最大。

思考题

一、选择题

- ()是建造各类工程设施的科学技术的总称。
A. 土木工程 B. 基本建设 C. 信息化施工 D. 可持续发展
- 土木工程的发展经历了()的阶段。
A. 古代 B. 近代 C. 现代 D. 未来
- 现代土木工程的特点有()
A. 功能要求多样化 B. 城市建设立体化 C. 交通工程快速化 D. 工程设施大型化

二、简答题

- 土木工程的属性有哪些?
- 什么是土木工程?
- 土木工程的范围包括哪些内容?