



普通高等学校土木工程专业“十一五”新编系列教材

# 土木工程概论

TUMU GONGCHENG GAILUN

贡力 李明顺 主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等学校土木工程专业“十一五”新编系列教材

# 土木工程概论

贡力 李明顺 主编

中国铁道出版社

2007年·北京

## 内 容 简 介

全教材共分为 14 章,主要内容有:综述,土木工程中的材料与力学性能,建筑工程,铁路工程,桥梁工程,地下工程,道路工程,给排水工程和环境工程,水利工程,港口、海洋和飞机场,土木工程建设,土木工程中的灾难,土木工程展望,土木工程科技论文的写作。本教材主要加强了桥梁工程、铁路工程、地下工程的编写,在许多《土木工程概论》教材中没有水利工程一章,本教材专门设置了水利工程的内容,同时对给排水工程和环境工程的内容有所加强,对海洋和飞机场都有所介绍。教材中加入了许多工程实例和最新的土木工程案例,特别是加入了土木工程科技论文的写作一章,使大学生在大学课程的学习中了解科技论文的撰写规范和基本知识。

本教材可作为土木工程专业、工程管理专业、环境工程专业、城市规划专业、水利工程专业本科和成人教育的教材及参考书,也可作为工程技术人员学习参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/贡力,李明顺主编. —北京:中国铁道出版社,2007.7  
(普通高等学校土木工程专业“十一五”新编系列教材)  
ISBN 978-7-113-08008-2

I. 土… II. ①贡…②李… 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(2007)第 089343 号

书 名:土木工程概论

作 者:贡力 李明顺 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:刘红梅

封面设计:薛小卉

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:18 字数:448千

版 本:2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印 数:1~3000册

书 号:ISBN 978-7-113-08008-2/TU·885

定 价:28.50元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 路电(021)73134

发行部电话 路电(021)73124

市电(010)51873134

市电(010)63545969

1998年教育部颁布了高等学校本科专业的专业目录后,新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。以前教材中的许多内容与新的专业特色联系不紧密。为此根据土木工程专业特点和大学一学生的特点编写了这本新的《土木工程概论》教材。

本教材具有以下特点:

1. 加强了桥梁工程、铁道工程、地下工程的编写,增加了水利工程内容的同时,对给排水工程和环境工程的内容有所添加。
2. 增加了土木工程灾害等最新的内容,对海洋和飞机场都有所介绍。
3. 加入了许多工程实例和最新的土木工程案例。
4. 特别是在课程中加入了土木工程科技论文的写作一章,使大学生在大学课程的学习中了解科技论文的撰写规范和基本知识。
5. 给出大量工程信息,配以一定量的工程照片,加强形象教学。

本书由贡力和李明顺主编;第1、4、7、13、14章由贡力编写;第2、8、10、12章由李明顺编写;第3、5章由杨华中编写;第6、9、11章由孙文编写;全书由贡力统稿。

本书除可作为土建类本科和专科有关专业的必修课或选修课教材外,也可供水利类专业参考选用,同时还可作为管理、设计、施工、投资等单位及工程技术人员的参考书。

编者深知内容如此广泛的教材不易写好,加之水平所限,错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正,多提宝贵意见。

作者

2007年4月15日

<b>1 综 述</b> .....	1
1.1 土木工程和土木工程专业 .....	1
1.2 土木工程的培养目标和任务 .....	2
1.3 土木工程发展简史 .....	4
1.4 土木工程的课程设置和学习建议 .....	11
思考题 .....	17
<b>2 土木工程材料与力学性能</b> .....	18
2.1 土木工程材料 .....	18
2.2 材料的力学性能 .....	32
思考题 .....	38
<b>3 建筑工程</b> .....	40
3.1 建筑工程与建筑学科 .....	40
3.2 建筑物的类别 .....	41
3.3 建筑工程设计 .....	54
3.4 建筑结构基本构造 .....	58
3.5 特种构筑物 .....	65
3.6 结构设计的基本理论与方法 .....	71
思考题 .....	75
<b>4 铁路工程</b> .....	76
4.1 概述 .....	76
4.2 铁路的组成 .....	77
4.3 高速铁路 .....	83
4.4 现代铁路的发展 .....	85
思考题 .....	89
<b>5 桥梁工程</b> .....	90
5.1 概述 .....	90
5.2 桥梁的类别 .....	90
5.3 桥梁的荷载 .....	98
5.4 桥梁的组成 .....	101
5.5 总体规划与设计要点 .....	107



<b>13 土木工程展望</b> .....	247
13.1 重大工程项目陆续开建 .....	247
13.2 土木工程将向太空、海洋、荒漠地开拓 .....	251
13.3 工程材料向轻质、高强、多功能发展 .....	253
13.4 智能化与计算机在土木工程中的应用 .....	254
13.5 土木工程的可持续发展 .....	260
思考题 .....	261
<b>14 土木工程科技论文的写作</b> .....	262
14.1 科技论文的基本特征 .....	262
14.2 科技论文的分类 .....	263
14.3 题名 .....	264
14.4 作者署名 .....	265
14.5 摘要 .....	265
14.6 关键词和中图分类号 .....	266
14.7 引言 .....	268
14.8 正文 .....	269
14.9 参考文献 .....	270
14.10 结论和致谢.....	272
14.11 学术不端行为 .....	273
思考题 .....	278

# 1 综 述

## 1.1 土木工程和土木工程专业

作为刚刚跨进大学校门、并且选择了土木工程专业的同学们来说,非常关心的问题是:“土木工程”包括哪些内容?“土木工程”专业的学生要学习哪些知识、掌握哪些基本技能、具备哪些能力?怎样才能学好?回答这些问题便是本书的主要任务。

中国国务院学位委员会在学科简介中定义为:“土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称,它既指工程建设的对象,即建在地上、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、维修等技术。”可见土木工程的内容非常广泛,它和广大人民群众的生活密切相关,在国民经济中起着非常重要的作用。

土木工程,英语为“civil engineering”,直译是民用工程,它的原意是与军事工程“military engineering”相对应的,即除了服务于战争的工程设施以外,所有服务于生活和生产需要的民用设施均属于土木工程。后来这个界限也不明确了。现在已经把军用的战壕、掩体、碉堡、浮桥、防空洞等防护工程也归入土木工程的范畴了。

土木工程专业含概的内容较广,与土木工程学科有关的专业,大致分为五类,即土建类、水利类、交通运输类、环境与安全类、管理科学与工程类。

土建类有:建筑学(architecture);城市规划(urban planning),包括城市规划、城镇建设(部分)、总图设计与运输工程(部分)、风景园林(部分);建筑环境与设备工程(building environment and equipment engineering),包括供热通风与空调工程、城市燃气工程等;给水排水工程(water supply and sewerage works);土木工程(civil engineering)。

水利类有:水利水电工程(engineering of hydraulic and electric works);港口航道与海岸工程(engineering of harbours, channels and seacoasts)等。

交通运输类有:交通运输(communications and transportation),包括交通运输、道路交通管理工程等;交通工程(traffic engineering),包括交通工程、总图设计与运输工程(部分)、道路交通事故防治工程等。

环境与安全类有:环境工程(environmental engineering),包括环境工程、环境监测、环境规划与管理(部分)、水文地质与工程地质(部分);安全工程(safety engineering),包括矿山通风与安全、安全工程、防火工程等。

管理科学与工程类有:工程管理(engineering management)专业,包括管理工程(部分)、涉外建筑工程营造与管理、国际工程管理、房地产经营管理(部分)及建筑工程管理等。

土木工程范围极为广泛,需要的知识面很宽。实际上与土木工程有关的专业还应包括材料类中的金属材料、无机非金属材料、腐蚀与防护等,仪器仪表类中的测控技术与仪器,电气信息类中的计算机及应用等专业。



## 1.2 土木工程的培养目标和任务

### 1.2.1 培养目标

我国高等学校土木工程专业的培养目标是:培养适应社会主义现代化建设需要,德智体全面发展,掌握土木工程学科的基本理论和基本知识,获得土木工程师基本训练(大专和高职是获得土木工程师初步训练)的,具有创新精神的高级工程技术人才(大专和高职是“高级工程技术应用人才”)。毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作,具有初步的工程项目规划和研究开发能力。

作为刚跨进高等学校大门的学生,理解本专业的培养目标,就是懂得“为什么学习”这个根本问题。这是由高等教育区别于中等教育的特点所决定的。

高等教育,就广义上说,是指一切建立在普通教育(中学进行的就是普通教育)基础上的专业教育。高等学校里任何一个专业的培养目标,就是这个专业教育活动的基本出发点和归宿,也是高等学校所培养人才在毕业时预期的素质特征。大学生在学习过程中要按照这个目标接受教育,进行学习;在思想、知识、技能、能力、体魄等各方面严格要求自己,毕业时用人单位将根据这个目标评价和选择每个毕业生;学生自己则要按照这个目标进行自我评价,选择适合自己发展的工作岗位。

### 1.2.2 业务范围

能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作。

### 1.2.3 毕业生基本要求

#### 1. 思想道德、文化和心理素质

热爱社会主义祖国,拥护中国共产党的领导,掌握马列主义、毛泽东思想和邓小平理论的基本原理;愿为社会主义现代化建设服务,为人民服务,有为国家富强、民族兴盛而奋斗的志向和责任感;具有敬业爱岗、艰苦奋斗、热爱劳动、遵纪守法、团结合作的品质;具有良好的思想品德、社会公德和职业道德。

具有基本的和高尚的科学人文素养和精神,能体现哲理、情趣、品位、人格方面的较高修养。

保持心理健康,能做到心态平和、情绪稳定、乐观、积极、向上。

#### 2. 知识结构

##### (1)人文、社会科学基础知识

懂得马列主义、毛泽东思想、邓小平理论的基本原理,了解哲学、科学、艺术间的相互关系,在哲学及方法论、经济学、法律等方面具有必要的知识,了解社会发展规律和 21 世纪发展趋势,对文学、艺术、伦理、历史、社会学及公共关系学等若干方面进行一定的学习。

掌握一门外国语。

##### (2)自然科学基础知识

掌握高等数学和本专业所必须的工程数学,掌握普通物理的基本理论,掌握与本专业有关的化学原理和分析方法,了解现代物理、化学的基本知识,了解信息科学、环境科学的基本知

识,了解当代科学技术发展的主要方面和应用前景。掌握一种计算机程序语言。

### (3)学科和专业基础知识

掌握理论力学、材料力学、结构力学的基本原理和分析方法,掌握工程地质的基本原理与土力学的基本原理和实验方法,掌握流体力学(主要为水力学)的基本理论和分析方法。

掌握工程材料的基本性能和适用条件,掌握工程测量的基本原理和基本方法,掌握画法几何基本原理。

掌握工程结构构件的力学性能和计算原理,掌握一般基础的设计原理。

掌握土木工程施工与组织、项目管理及技术经济分析的基本方法。

### (4)专业知识

在建筑工程、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、桥梁建筑等范围内,至少应有两项达到下列要求:

掌握土木工程项目的勘测、规划、选型或选线、构造的基本知识。

掌握土木工程结构的设计方法、CAD和其他软件应用技术。

掌握土木工程基础、了解地基处理的基本方法。

掌握土木工程现代施工技术、工程检测与试验的基本方法。

掌握土木工程的防灾与减灾的基本原理及一般设计方法。

了解本专业的有关法规、规范与规程。

了解本专业发展动态。

### (5)相邻学科知识

了解土木工程与可持续发展的关系,了解建筑与交通的基本知识。

了解给排水的一般知识,了解供热通风与空调、电气等建筑设备、机械等的一般知识。

了解工程管理的基本知识。

了解土木工程智能化的一般知识。

## 3. 能力结构

### (1)获取知识的能力

具有查阅文献或其他资料、获得信息水平的能力。

### (2)运用知识的能力

具有根据使用要求、地质地形条件、材料与施工的实际情况,积极合理、安全可靠地进行土木工程勘测和设计的能力。

具有解决施工技术问题和编制施工组织设计的初步能力。

具有工程经济分析的初步能力。

具有进行工程监测、检测、工程质量可靠性评价的初步能力。

具有一般土木工程项目规划的初步能力。

具有应用计算机进行辅助设计、辅助管理的初步能力。

具有阅读本专业外文书刊、技术资料 and 听说写译的初步能力。

### (3)创新能力

具有科学研究的初步能力。

具有科技开发、技术革新的初步能力。

### (4)表达能力和管理、公关能力

具有文字、图纸、口头表达的能力。

具有与工程的设计、施工、使用相关的组织管理的初步能力。

具有社会活动、人际交往和公关能力。

#### 4. 身体素质

具有一定的体育和军事基本知识,掌握科学锻炼身体的基本技能,养成良好的体育锻炼和卫生习惯,受到必要的军事训练,达到国家规定的大学生体育和军事训练合格标准,具备健全的心理和健康的体魄,能够履行建设祖国和保卫祖国的神圣义务。

## 1.3 土木工程发展简史

土木工程的发展经历了古代、近代和现代 3 个历史时期。

### 1.3.1 古代土木工程

古代土木工程有着很长的时间跨度,它大致从新石器时代(约公元前 5000 年起)开始至 17 世纪中叶。随着年代的推移,古代土木工程具有代表性的有:

(1)中国黄河流域的仰韶文化遗址(约公元前 5000 年~公元前 3000 年我国新石器时代有一种文化称仰韶文化,1921 年首次发现于河南渑池仰韶村,分布于黄河中下游流域),如西安半坡村遗址有很多圆形房屋的痕迹,经分析是直径为 5~6 m 圆房屋的土墙,墙内竖有木桩,支撑着用茅草做成的屋面,茅草下有密排树枝起龙骨作用。现仍遗存有木柱底的浅穴和一些地面建筑残痕。半坡村房屋复原示意如图 1.1。

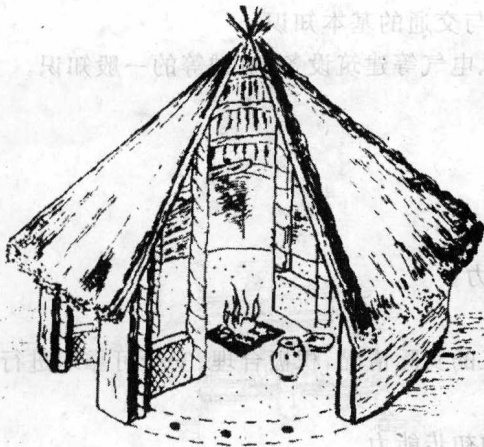


图 1.1 半坡村房屋复原示意

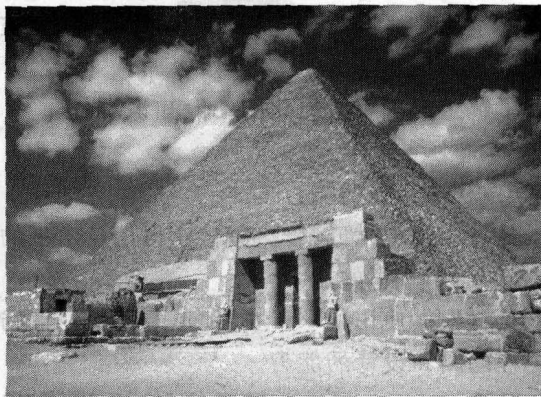


图 1.2 埃及帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群

(2)埃及帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群,如图 1.2,建于公元前 2700 年~公元前 2600 年。其中以古王国第四王朝法老胡夫的金字塔最大。该塔塔基呈方形,每边长 2 305 m,高约 146 m。用 230 余万块巨石砌成。塔内有甬道、石阶、墓室等。

(3)公元前 770 年泰襄公时期,人们曾用以木材(截面尺寸约为 150 mm×150 mm 的方材)和青铜质金钁(发音为 gang)做成的木框架建造房屋。其复原示意如图 1.3。

(4)中国古代建筑大多为木结构加砖墙建成。公元 1056 年建成的山西应县木塔(佛宫寺释迦塔)(图 1.4),塔高 67.3m,外观 5 层,内有 4 暗层,实为 9 层,横截面呈八角形,底层直径达 30.27 m。该塔经历了多次大地震、历时近千年仍完好耸立,足以证明我国古代木结构的高超

技术。其他木结构如北京故宫、天坛,天津蓟县的独乐寺观音阁等均为具有漫长历史的优秀建筑。

(5)我国古代的砖石结构也有伟大成就。最著名的当数万里长城,它东起山海关,西至嘉峪关,全长5 000余 km(图 1.5)。又如公元590年~608年在河北赵县建成的赵州桥(图 1.6)为单孔圆弧弓形石拱桥,全长50.82 m,桥面宽10 m,单孔跨度37.02 m,矢高7.23 m,用28条并列的石条拱砌成,拱肩上有4个小拱,既可减轻桥的自重,又便于排泄洪水,且显得美观,经千余年后尚能正常使用,确为世界石拱桥的杰作。

(6)我国一直有兴修水利的优良传统。传说中的大禹因治水有功而成为受人敬仰的伟大人物。四川灌县的都江堰水利工程(图 1.7),为秦昭王(公元前306年~前251年)时由蜀太守李冰父子主持修建,建成后,使成都平原成为“沃野千里”的天府之乡。这一水利工程,至今仍造福于四川人民。在今天看来,这一水利设施的设计也是非常合理、十分巧妙的,许多国际水利工程专家参观后均十分叹服。隋朝时开凿修建的京杭(北京—杭州)大运河,全长2 500 km,是世界历史上最长的运河。至今该运河的江苏、浙江段仍是重要的水运通道。

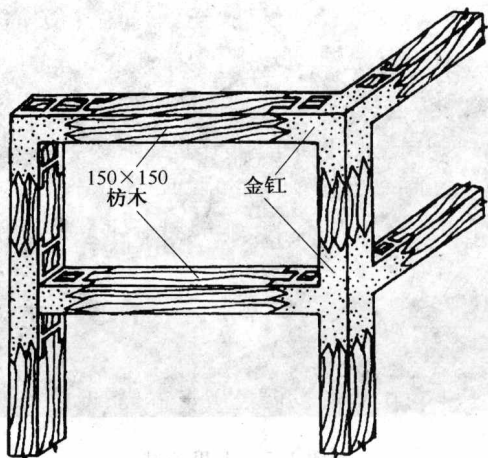
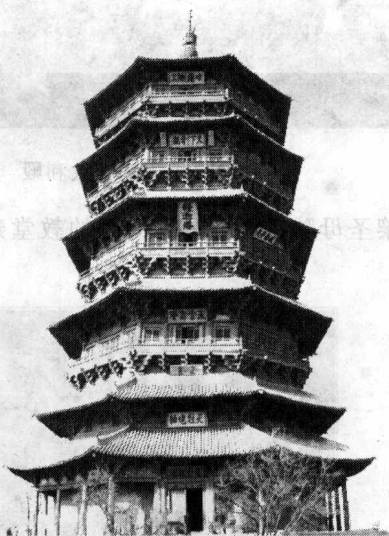
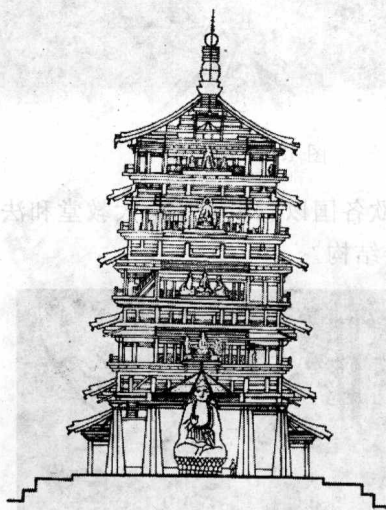


图 1.3 古代金缸木框示意



应县木塔立面(照片)



应县木塔剖面

图 1.4 山西应县木塔立面及剖面

(7)在交通工程方面,古代也有伟大成就,秦朝统一中国后,以咸阳为中心修建了通往全国各郡县的驰道,主要干道宽50步(古代长度单位,1步等于5尺,其中1m=3尺)。形成了全国的交通网。在欧洲,罗马帝国也修建了以罗马为中心的道路网,包括29条主干道和322条联系支线,总长度达78 000 km。

(8)中国历代封建王朝建造的大量宫殿和庙宇建筑,都系木构架结构。它是用木梁、木柱做成承重骨架,用木制斗拱做成大挑檐,四壁墙体都是自承重的隔断墙(图 1.8)。

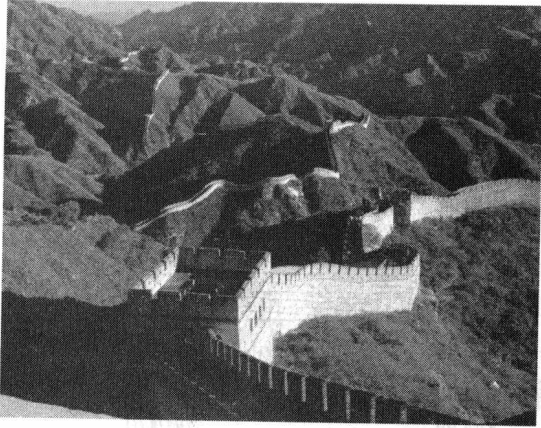


图 1.5 万里长城



图 1.6 赵州桥

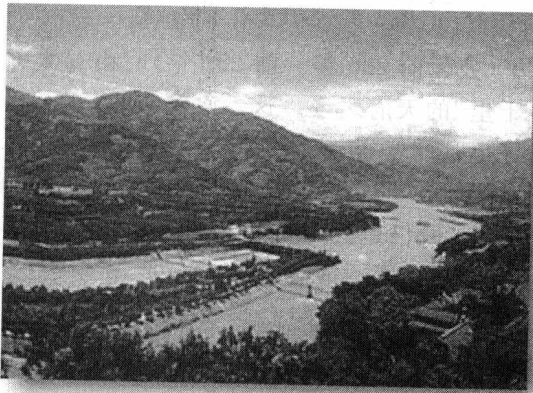


图 1.7 都江堰

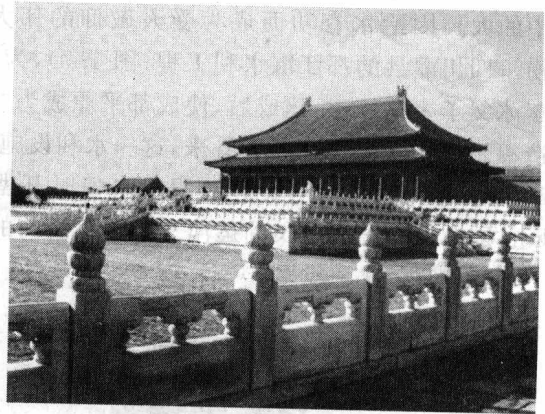


图 1.8 故宫太和殿

(9) 西欧各国以意大利比萨大教堂和法国巴黎圣母院(图 1.9)为代表的教堂建筑,都采用了砖石拱券结构。

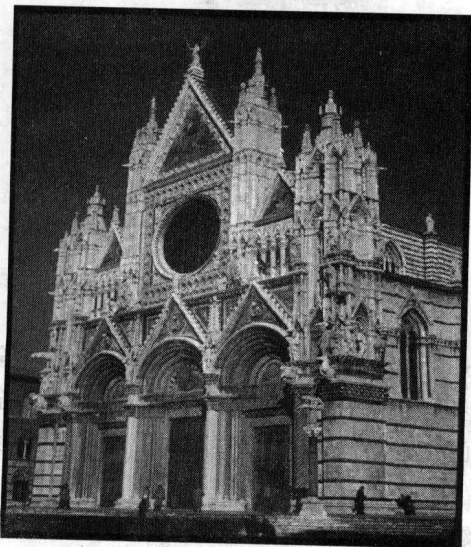


图 1.9 巴黎圣母院

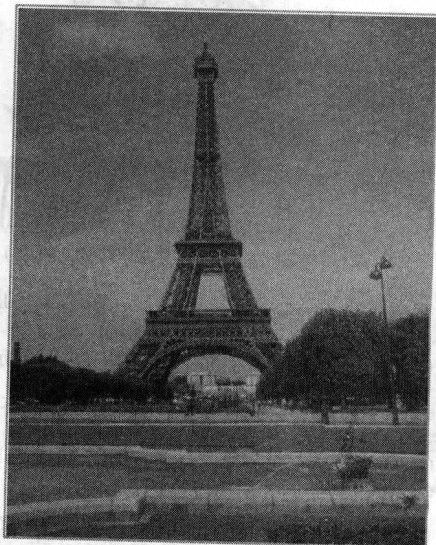


图 1.10 埃菲尔铁塔

这一时期还出现了一些经验总结和描述外形设计的土木工程著作。其中比较有代表性的为公元前 5 世纪的《考工记》、宋代李诫的《营造法式》、意大利文艺复兴时期贝蒂著的《论建筑》等。

### 1.3.2 近代土木工程

一般认为,近代土木工程的时间跨度为 17 世纪中叶到第二次世界大战前后,历时 300 余年。在这一时期,土木工程逐步形成为一门独立学科。

1683 年意大利学者伽利略发表了“关于两门新科学的对话”,首次用公式表达了梁的设计理论。1687 年牛顿总结出力学三大定律,为土木工程奠定了力学分析的基础。随后,在材料力学、弹性力学和材料强度理论的基础上,法国的纳维于 1825 年建立了土木工程中结构设计的容许应力法。从此,土木工程的结构设计有比较系统的理论指导。

从材料方面来讲,1824 年波特兰水泥的发明及 1867 年钢筋混凝土开始应用是土木工程史上的重大事件;1859 年转炉炼钢法的成功使得钢材得以大量生产并应用于房屋、桥梁的建筑;由于混凝土及钢材的推广应用,使得土木工程师可以运用这些材料建造更为复杂的工程设施。

在近代及现代建筑中,凡是高耸、大跨、巨型、复杂的工程结构,绝大多数应用了钢结构或钢筋混凝土结构。这一时期内,产业革命促进了工业、交通运输业的发展,对土木工程设施提出了更广泛的需求,同时也为土木工程的建造提供了新的施工机械和施工方法。打桩机、压路机、挖土机、掘进机、起重机。吊装机等纷纷出现,这为快速高效地建造土木工程提供了有力手段。

这一时期具有历史意义的土木工程很多,下面列举的一些例子只是其中的一小部分。

1875 年法国奥尼埃主持修建了一座长达 16 m 的钢筋混凝土桥。

1883 年美国芝加哥在世界上第一个采用了钢铁框架作为承重结构,建造了一幢 11 层的保险公司大楼,被誉为现代高层建筑的开端。

1889 年在法国建成了高达 300 m 的埃菲尔铁塔(图 1.10),该塔有 18 000 余个钢质构件,将这些构件联结起来用了 250 万个铆钉,铁塔总重 8 500 t。该塔已成为巴黎乃至法国的标志性建筑,至今观光者络绎不绝。

1886 年美国首先采用了钢筋混凝土楼板,1928 年预应力混凝土的发明,随后预应力空心板在世界各国广泛使用。

1825 年英国修建了世界上第一条铁路,长 21 km,1869 年美国建成了横贯东西的北美大陆铁路。

1863 年英国在伦敦建成了世界上第一条地下铁道,随后美、法、德、俄等国均在大城市中相继建设地下铁道交通网。

在水利建设方面宏伟的成就是两条大运河的建成通航,一条是 1869 年开凿成功的苏伊士运河,将地中海和印度洋连接起来,这样从欧洲到亚洲的航行不必再绕行南非,另一条是 1914 年建成的巴拿马运河(图 1.11),它将太平洋和大西洋直接联系起来,在全球运输中发挥了巨大作用。

在第一次世界大战后,许多大跨、高耸和宏大的土木工程相继建成。其中典型的工程有 1936 年在美国旧金山建成的金门大桥(图 1.12)和 1931 年在美国纽约建成的帝国大厦。金门大桥为跨越旧金山海湾的悬索桥,桥跨 1 280 m,是世界上第一座单跨超过千米的大桥,桥头塔架高 277 m。主缆直径 1.125 m,由 27 572 根钢丝织成,其中每 452 根钢丝先组成一股,由

61 股再织成主缆索,索重 11 000 t 左右。锚固缆索的两岸锚锭为混凝土巨大块体,北岸混凝土锚锭质量为 130 000 t,南岸的小一些,也达 50 000 t。帝国大厦共 102 层,高 378 m,钢骨架总重超过 50 000 t,内装 67 部电梯,这一建筑高度保持世界纪录达 40 年之久。



图 1.11 巴拿马运河

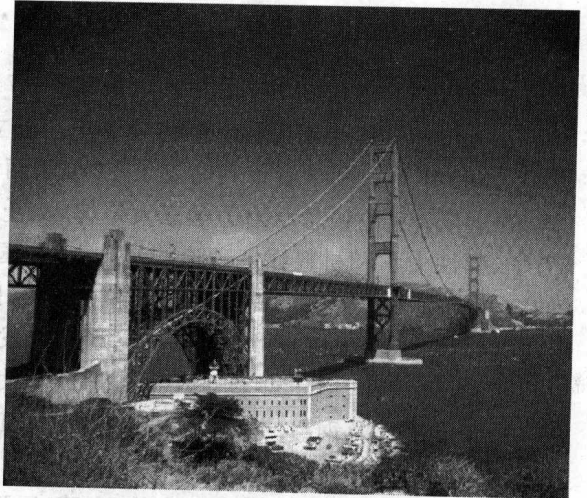


图 1.12 金门大桥

这一时期的中国,由于清朝采取闭关锁国政策,土木工程技术进展缓慢;直到清末洋务运动开始,才引进了一些西方先进技术,并建造了一些对中国近代经济发展有影响的工程。例如,1909 年詹天佑主持修建的京张铁路,全长 200 km。当时,外国人认为中国人依靠自己的力量根本不可能建成,詹天佑的成功大长了中国人的志气,他的业绩至今令人缅怀。1934 年,上海建成了 24 层的国际饭店,直到 20 世纪 80 年代广州白云宾馆建成前,国际饭店一直是中国内陆最高的建筑。1937 年,茅以升先生主持建造了钱塘江大桥,这是公路、铁路两用的双层钢结构桥梁,是我国近代土木工程的优秀成果。

### 1.3.3 现代土木工程

第二次世界大战以后,各国经济复苏和现代科学技术迅速发展为土木工程的进一步发展提供了强大的物质基础和技术手段,开始了以现代科学技术为后盾的土木工程新时代。这一时期的土木工程有以下几个特点:

#### 1. 功能要求多样化

近代的土木建筑工程已经超越本来意义上的挖土盖房、架梁为桥的范围。公共建筑和住宅建筑要求周边环境,结构布置,与水、电、煤气供应,室内温、湿度调节控制等现代化设备相结合,而不满足于仅要土木工程提供“徒有四壁”、“风雨不浸”的房屋骨架。由于电子技术、精密机械,生物基因工程,航空航天等高技术工业的发展,许多工业建筑提出了恒湿、恒温、防微振、防腐蚀、防辐射、防磁、无微尘等要求,并向跨度大、分隔灵活、工厂花园化的方向发展。

#### 2. 城市建设立体化

随着经济发展和人口增长,城市人口密度迅速加大,造成城市用地紧张,交通拥挤,地价昂贵,这就迫使房屋建筑向高层发展,使得高层建筑的兴建几乎成了城市现代化的标志。美国的高层建筑最多,其中高度在 200 m 以上的就有 100 余幢。许多发展中国家在经济起长过程中也争相建造高层建筑。近年来,中国、马来西亚、新加坡等东南亚国家的高层建筑得到了迅猛

发展。现在,中国台北的 101 大厦高 508 m,居世界第一;马来西亚的石油双峰塔大厦(又称佩特纳斯大厦)高 452 m,居世界第二;中国上海的金茂大厦高 420.5 m(图 1.13),居世界第四。

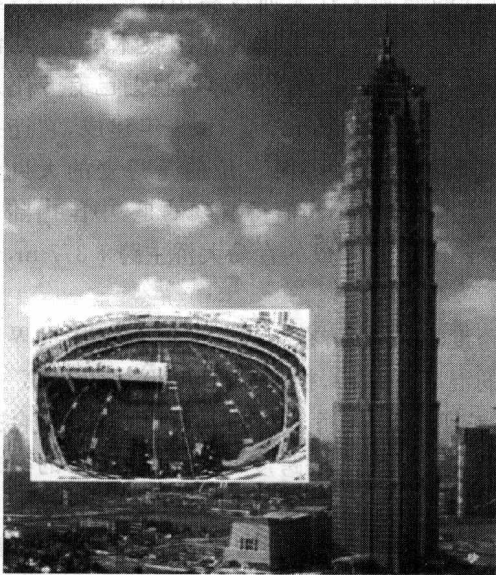


图 1.13 金茂大厦

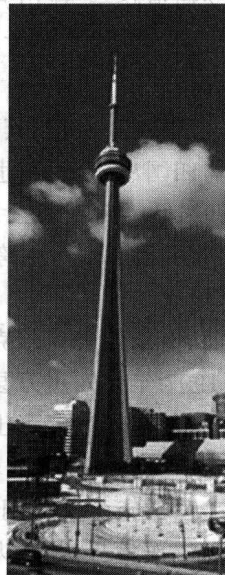


图 1.14 加拿大多伦多电视塔

城市为了解决交通问题,光靠传统的地面交通已无能为力,于是一方面修建地下交通网,另一方面又修建高架公路网或轨道交通。随着地下铁道的兴建,还有地下商业街、地下停车场、地下仓库、地下工厂、地下旅店等也陆续发展起来。而高架道路的造价比地下铁道要经济得多,因而大中城市纷纷建设高架公路、高架轨道交通。高架道路与城市立交桥的兴建不仅缓解了城市交通问题,而且还为城市的面貌增添风采。现代化城市建设是地面、空中、地下同时展开,形成了立体化发展的局面。

### 3. 交通工程高速化

由于经济的繁荣与发展,对运输系统提出了高速、高效的要求,而现代化技术的进步也为满足这种要求提供了条件。现在人们常说:“地球越来越小了”,这是运输高速化的结果。

高速公路出现于第二次世界大战前,但到战后才在各国大规模兴建。据不完全统计,全世界 50 多个国家和地区拥有高速公路,总长超过 17 万 km。铁路运输在公路、航空运输的竞争中也开始专线化和高速化。速度在 200 km/h 以上的高速铁路先后在日本、法国和德国建成。我国的高速铁路已在武汉至广州段建设。上海引进磁悬浮高速铁道系统,其试验速度已达 500 km/h 以上。飞机是最快捷的运输工具,但成本高、运输员小。第二次世界大战以后飞机的容量愈来愈大,功能愈来愈多,对此许多国家和地区相继建设了先进的大型航空港。1974 年投入使用的巴黎戴高乐机场,拥有 4 条跑道,跑道面层混凝土厚 400 mm,机场占地面积 29.96 km<sup>2</sup>,高峰时每分钟可起降 2~3 架飞机。又如美国芝加哥国际机场,年吞吐量 4 000 万人次,高峰时每小时起降飞机 200 架次,居世界第一。我国在北京、上海、香港新建或扩建的机场均已跨入世界大型航空港之列。这种庞大的空中交通设施,对机场的导航系统,客货出入分流系统,安全检查系统,故障紧急救援系统均有很严格的要求,完成这样巨大的航空港建设没有现代土木工程技术是不能实现的。

### 4. 工程设施大型化



为了满足能源、交通、环保及大众公共活动的需要,许多大型的土木工程在第二次世界大战后陆续建成并投入使用。

古代建设交通道路是“逢山开路,遇水架桥”,但真的遇到大江大河或高山险岭,还是得绕行。如我国长江,直到1956年才建了第一座跨江大桥。在有了现代化的施工技术后,跨江河甚至跨海湾的大桥陆续建成。自1937年美国金门悬索桥一跨超过千米以后,目前已有6座悬索桥的跨度超过了金门大桥。其中日本明石海峡大桥,主跨1 991 m,于1998年建成,它连接了日本的本州与四国岛,是目前世界上跨度最大的悬索桥。居世界第二位的是丹麦的大贝尔特东桥,跨度1 624 m。跨度第三为英国的恒伯尔桥,主跨1 410 m。值得自豪的是,中国内陆于1999年建成的江阴长江大桥,主跨1 385 m,中国香港于1997年建成的青马大桥主跨1 377 m,分别居世界第四、第五位。

在拱桥方面,南斯拉夫克尔克二号混凝土拱桥跨度达390 m,在相当长时间内稳居世界第一。但中国于1997年在四川万县建成一座跨长江的混凝土拱桥,拱跨420 m,跃居世界第一。同时,中国黄河上的江界河混凝土拱桥跨度330 m,广西邕江大桥,采用了钢筋混凝土组合拱结构,跨度312 m,均已成为世界名桥。在钢拱桥方面,悉尼港湾桥跨度503 m,为悉尼的标志性建筑之一。美国的奇尔文科钢拱桥,跨度503.6 m,略超悉尼港湾桥,列世界第一。

斜拉桥是第二次世界大战以后出现的新桥型。1993年在上海建成的杨浦斜拉桥,主跨602 m,当时居世界第一。现在跨度最大的斜拉桥为法国的诺曼底桥,跨度达856 m。上海南浦斜拉桥,跨度423 m与杨浦大桥及简架公路配合,组成内环交通线,不仅解决了上海浦东的交通问题,也是显示上海新风貌的宏伟工程。

在隧道方面,近代开凿了许多穿过大山或越过大江、海峡的通道。日本于1985年建成的青函海底隧道,长53.8 km,居世界第一。

在高层建筑方向,1972年美国纽约建成了世界贸易中心大楼,110层,高417 m(曾在9.11恐怖分子袭击事件中倒塌)。1994年美国芝加哥建成的西尔斯大厦,也为110层,高443 m。目前中国内地最高的建筑为上海金茂大厦,88层,高420.5 m。其他有代表性的高层建筑有:深圳地王大厦,高325 m;广州中天广场,高311.9 m;广东国际会议中心,高200 m。

在高耸结构方面,加拿大多伦多电视塔(图1.14),高549 m,为世界之冠。第二位则为1967年建成的莫斯科电视塔,高537 m。我国上海于1995年建成的上海东方明珠电视塔,高468 m,居世界第三。以下依次为吉隆坡电视塔,高421 m;天津电视塔,高406 m;北京电视塔,高380 m。

在大跨度建筑方面,主要是体育馆、展览厅和大型储罐。如美国西雅图的金群体育馆为钢结构穹球顶,直径达202 m。法国巴黎工业展览馆的屋盖跨度为218 m×218 m,由装配式薄壳组成。北京工人体育馆为悬索屋盖,直径为90 m。日本于1993年建成的预应力混凝土液化气储罐,容量达140 000 m<sup>3</sup>,在瑞典、挪威、法国等欧洲国家、在地下岩石中修建不衬砌的油库和气库,其容量高达几十万甚至上百万立方米。

为了满足日益增长的能源要求,海上采油平台,核电站等也加快了建造速度。20世纪50年代才开始和平利用核能建造原子能电站,到80年代已有277座核电站分布于23个国家,待建的尚有613座,分布于40个国家。目前我国已有大亚湾、秦山与连云港核电站,核电站的土木工程非常复杂,为防辐射泄露防爆的核安全壳就是要求十分严格的特种结构,再如海上采油平台,全世界已有300多座,中国在渤海、东海和南海也建有多座采油钻井平台,正在开采海底石油,这种平台所处环境恶劣、荷载复杂、施工困难而功能要求很高,平台的建造可以显