

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

TUMU GONGCHENG GAILUN

# 土木工程概论

陈长冰 主编



黄河水利出版社

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

# 土木工程概论

主 编 陈长冰

副主编 杜书廷 钱大行

黄河水利出版社

· 郑州 ·

## 内 容 提 要

本书介绍了土木工程专业的基本内容,展现了土木工程的发展历史、现状、成就及发展趋势。全书主要内容包括绪论、土木工程材料、建筑工程、基础工程、交通土建工程、桥梁工程、水利水电工程、土木工程施工、土木工程经济与项目管理、土木工程防灾减灾、计算机在土木工程中的应用等。

本书可作为高等学校土木工程等专业的教材和教学参考书,同时也可供高职高专及成人高校的师生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/陈长冰主编. —郑州:黄河水利出版社,2010. 8

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 858 - 0

I. ①土… II. ①陈… III. ①土木工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 132334 号

组稿编辑:李洪良 电话:0371-66024331 E-mail:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm × 1092 mm 1/16

印张:14.5

字数:336千字

印数:1—4100

版次:2010年8月第1版

印次:2010年8月第1次印刷

定价:28.00元

# 前 言

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。现在新的土木工程专业包括了原来的建筑工程、交通土建工程、矿井工程、城镇建设、工业设备安装工程、涉外建筑工程等专业,但新的土木工程专业并不是以前土木工程相关专业的简单归并与重复,而是更高意义上的整合与扩展。

1999年初,全国高等学校土木工程专业指导委员会在指导性教学课程设置及教材建设规划中,已经将“土木工程概论”列为必修课程。

本书为普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材之一,是面向21世纪土木工程应用型本科人才培养而编写的,它适用于土木工程类专业新生。本课程旨在使刚入校的新同学了解土木工程的基本内容、历史现状和发展情况,了解土木工程的基本理论知识,提高学生对土木工程专业的兴趣,为后续课程的学习做好铺垫。本书注重引导学生认识和了解土木工程学科,激发他们热爱自己选择的专业,培养他们自主学习的能力。

全书力求结构层次分明、内容条理清楚,既考虑了土木工程的整体性,又结合现阶段课程设置的实际情况,在大土木工程的框架内,突出学科发展的历史脉络,并对学科发展的未来进行了展望,各研究领域自成体系,便于组织教学。

参加本书编写的人员有:合肥学院陈长冰(第一章、第七章),黄河科技学院胡晓娜(第二章、第十一章),许昌学院杜书廷(第三章)、王俊(第九章、第十章),洛阳理工学院钱大行(第四章、第八章),河南理工大学赫中营(第五章、第六章)。全书由陈长冰任主编并统稿,杜书廷、钱大行任副主编。

本书在编写过程中参考了有关专家和学者的著作,并列于书末,以便读者进一步查阅有关资料,在此对各文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,不妥之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正,以便再版时修订完善。

编 者

2010年6月

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 绪 论</b> .....	(1)
第一节 土木工程内涵及其重要性 .....	(1)
第二节 土木工程发展的历史与现状 .....	(4)
第三节 土木工程的展望与可持续发展 .....	(8)
第四节 应用型土木工程人才素质及培养方案 .....	(11)
第五节 土木工程专业的特点及学习方法建议 .....	(13)
第六节 土木工程相关专业介绍 .....	(17)
第七节 土木工程执业注册制度及土木工程专业评估 .....	(17)
<b>第二章 土木工程材料</b> .....	(25)
第一节 土木工程材料的基本知识 .....	(25)
第二节 基本建筑材料 .....	(26)
第三节 建筑装饰材料 .....	(35)
<b>第三章 建筑工程</b> .....	(47)
第一节 建筑构造 .....	(47)
第二节 建筑结构 .....	(63)
<b>第四章 基础工程</b> .....	(77)
第一节 概 述 .....	(77)
第二节 基础的分类 .....	(80)
第三节 地基处理 .....	(86)
<b>第五章 交通土建工程</b> .....	(93)
第一节 道路工程 .....	(93)
第二节 铁路工程 .....	(102)
第三节 机场工程 .....	(105)
第四节 隧道工程 .....	(112)
<b>第六章 桥梁工程</b> .....	(119)
第一节 桥梁建设成就 .....	(119)
第二节 桥梁的基本组成和分类 .....	(121)
第三节 桥面构造 .....	(123)
第四节 桥梁上部结构构造 .....	(125)
第五节 桥梁下部结构构造 .....	(130)
<b>第七章 水利水电工程</b> .....	(136)
第一节 概 述 .....	(136)

---

第二节	水利水电工程的规划与设计 .....	(141)
第三节	水利水电工程展望 .....	(148)
<b>第八章</b>	<b>土木工程施工 .....</b>	<b>(152)</b>
第一节	土木工程施工技术 .....	(152)
第二节	土木工程施工组织 .....	(168)
第三节	土木工程施工展望 .....	(173)
<b>第九章</b>	<b>土木工程经济与项目管理 .....</b>	<b>(176)</b>
第一节	基本建设与建设法规 .....	(176)
第二节	土木工程经济 .....	(181)
第三节	工程项目管理 .....	(185)
第四节	工程项目的招标投标与承发包 .....	(187)
第五节	建设监理 .....	(191)
<b>第十章</b>	<b>土木工程防灾减灾 .....</b>	<b>(194)</b>
第一节	灾害概述 .....	(194)
第二节	常见的土木工程灾害 .....	(198)
第三节	土木工程与防灾减灾 .....	(205)
第四节	土木工程结构灾后检测鉴定与加固 .....	(208)
第五节	土木工程灾害的启示 .....	(209)
<b>第十一章</b>	<b>计算机在土木工程中的应用 .....</b>	<b>(211)</b>
第一节	计算机技术应用概述 .....	(211)
第二节	计算机技术在工程中的应用 .....	(212)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(222)</b>

# 第一章 绪论

土木工程是一门范围广泛的学科。随着科学技术的进步和工程实践的发展,土木工程这门学科已发展成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的体系。土木工程是伴随着人类社会的发展而发展起来的,是一门具有很强实践性的学科。

## 第一节 土木工程的内涵及其重要性

### 一、土木工程的内涵

#### (一) 土木工程的定义

土木工程,英文为 Civil Engineering,是 18 世纪末由英国的斯米顿(John Smeaton)首先提出的土木工程师(Civil Engineer)而得来的。斯米顿在英国被称为土木工程之父。英文 Civil Engineering 直译为民用工程,主要用以区别军事工程(Military Engineering),后来逐渐成为一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称,并发展成为一个学科。

中国国务院学位委员会在学科简介中将土木工程定义为:土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称,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。

因此,土木工程的范围非常广泛,它包括房屋建筑工程、公路与城市道路工程、铁路工程、桥梁工程、隧道工程、机场工程、地下工程、给水排水工程、港口及码头工程等。在国际上,运河、水库、大坝、水渠等水利工程也包括在土木工程之中。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业,是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台,由于它投入大、带动的行业多,对国民经济的增长具有举足轻重的作用。改革开放后,我国国民经济的持续高涨,土木工程行业的贡献率达 1/3。近年来,我国固定资产的投入接近甚至超过 GDP 总量的 50%,其中绝大多数都与土木工程行业有关。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长的势头。

相对于机械工程等传统学科而言,土木工程诞生得更早,其发展及演变历史更为古老。同时,土木工程又是一个生命力极强的学科,它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖,甚至可以毫不夸张地说,只要有人类存在,土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

随着技术的进步和时代的发展,土木工程被不断注入新鲜血液,显示出勃勃生机。其中,工程材料的变革和力学理论的发展起着最为重要的推动作用。现代土木工程早已不是传统意义上的砖瓦灰砂石,而是由新理论、新材料、新技术、新方法武装起来的、为众多领域和行业不可缺少的大型综合性学科,一个古老而又年轻的学科。

综上所述,土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作



用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业。

## (二) 土木工程的性质

土木工程有下述四个基本属性。

### 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,需要运用工程地质勘察、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、施工组织等领域的知识,以及电子计算机和力学测试等技术。因此,土木工程是一门范围广阔的综合学科。

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具有的使用功能而言:有的供生息居住之用,以至作为“入土为安”的坟墓;有的作为生产活动的场所;有的用于海陆空交通运输;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。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、给水排水工程、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,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,因此土木工程就成为社会历史发展的见证之一。在远古时代,人们就开始修筑简陋的房舍、道路、桥梁和沟洫,以满足简单的生产和生活需要。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。例如,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都为土木工程提供了材料和技术上的保证。因此,这个时期的土木工程得到了突飞猛进的发展。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,总结成功的经验,尤其是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,有以下两个方面的原因。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仍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,从而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,其中包括审美要求。而一项工程的经济性又是与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。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。

在土木工程的长期实践中,人们不仅对房屋建筑艺术给予很大的关注,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,如采用石料、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、功能上又十分良好的工程。中国古代的万里长城(见图 1-1)和赵州桥(见图 1-2),现代世界上的多伦多电视塔(见图 1-3)和苏通大桥(见图 1-4),都是这方面的例子。



图 1-1 万里长城

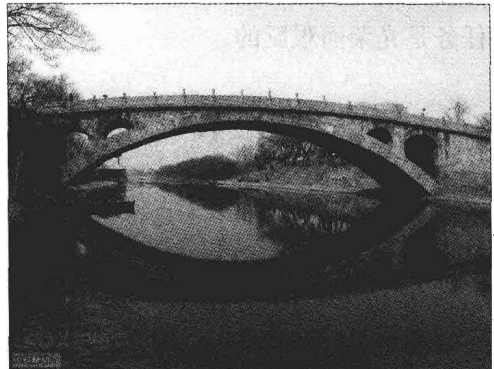


图 1-2 赵州桥

## 二、土木工程的重要性

土木工程对国家的经济建设和人民生活的影响非常明显,是十分重要的。



图 1-3 多伦多电视塔

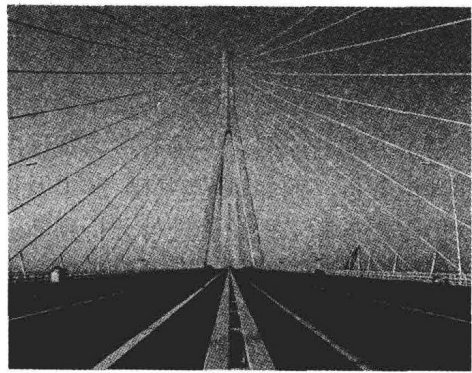


图 1-4 苏通大桥

首先,人民生活离不开衣、食、住、行。其中:“住”是与土木工程直接相关的;“行”则需要建造铁道、公路、机场、码头等交通土建工程,与土木工程的关系也非常紧密;“食”则需要打井取水、筑渠灌溉、建水库蓄水、建粮食加工厂和粮食仓储仓等;“衣”的纺纱、织布、制衣也必须在工厂内进行,这些也离不开土木工程。

其次,各种工业生产必须要建工业厂房,即使是航天事业也必须要建发射塔架和航天基地,这些都是土木工程人员可以施展才华的领域。正因为土木工程的内容如此广泛,作用如此重要,所以国家将工厂、矿井、铁路、公路、桥梁、农田水利、商店、住宅、医院、学校、给水排水、煤气输送等工程建设称为基本建设,大型项目由国家统一规划建设,中小型项目也归属各级政府有关部门管理。

土木工程虽然是古老的学科,但其领域随各种学科的发展而不断发展壮大。因此,土木工程技术人员知识面应更为宽广,对专业的掌握应更为深入,学科间的相互渗透和相互促进的要求也更为迫切,而且要求知识不断更新。信息科学和国际交流对土木工程人员亦极为重要,设计建造和科学研究更需要紧密联系。现代的土木工程不仅要求保证质量并按计划完成,而且必须按最佳方案并以最优方式来设计和建造。土木工程技术人员任务是光荣而艰巨的。

## 第二节 土木工程发展的历史与现状

土木工程的发展经历了古代、近代和现代 3 个历史时期。

### 一、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(公元前 5000 ~ 前 6000 年前算起)开始至 17 世纪中叶。随着年代推移,古代有以下一些具有代表性的著名土木工程。

(1) 中国黄河流域的裴李岗遗址(约公元前 60 世纪前)和仰韶遗址(约公元前 40 世纪前),以复原的西安半坡遗址为代表。

(2) 古埃及的金字塔群,约建于公元前 27 ~ 前 23 世纪,以今埃及吉萨金字塔为代表。

(3) 公元前 14 ~ 前 11 世纪的殷墟遗址,为商代宫殿建筑,建造在夯土台基上,由墙

体、木梁柱和坡屋顶组成,现河南安阳有其复原建筑。

(4)公元前8世纪的亚述建筑,以萨尔贡王宫为代表,该王宫遗址中可见有200余房间、内院、塔楼、拱门等,建于中亚幼发拉底河和底格里斯河流域。

(5)公元前7世纪春秋时期楚国始建长城,战国(公元前4~前2世纪)时赵、郑、魏、齐、燕等国各自建造自己的长城,秦统一中国后将北部长城连接,西起甘肃东至辽东,长万余里。现保存的长城,大部分是明代遗物,东起山海关西达嘉峪关,长约14700里。

(6)公元前5世纪建造的古希腊雅典卫城(含神庙、露天剧场、山门等)。

(7)公元前5世纪春秋末期始建的大运河,13世纪末又进一步开凿沟通,北起北京,经冀鲁苏浙四省,南至杭州,称为京杭大运河,是中国隋至清代的南北交通大动脉,也是世界上开凿最早、最长的大运河。

(8)公元前3世纪(战国时期)始建于秦昭襄王末年的四川都江堰大型引水枢纽,是世界上最长的无坝引水工程,以灌溉为主,兼有防洪、水运、供水等各种效益。

(9)公元123年建成的罗马万神庙,公元537年建成的索菲亚大教堂,公元1436年建成的佛罗伦萨圣玛利亚大教堂。

(10)公元11世纪下半叶法国兴建的哥特式建筑,后英国、意大利、德国相继兴起,以哥特式教堂为代表。

(11)始建于12世纪的莫斯科克里姆林宫,至15世纪已初具规模。

(12)中国历代王朝建造的大量宫殿和庙宇建筑。以明代为例,公元1368年在南京建都,公元1421年迁都北京,前后进行了大规模的宫殿、城垣、陵墓建设。如北京元大都城改建、紫禁城宫殿建设、明十三陵和各地的寺庙建设等。

在这个历史时期内,土木工程所用材料最早只是当地的天然材料(如泥土、树干、茅草、砾石),后来才发展了土坯、石材、砖、瓦、木材、青铜、铁以及混合材料(如草筋泥、混合土)等。土木工程的工艺技术,最早只是利用石斧、石刀等,后来发展了斧、凿、钻、锯、铲等的青铜和铁制工具,兴起了窑制和煅烧技术,以及打桩机、桅杆起重机等机械。

但是在这个历史时期内,除一些经验总结和形象描述的著作外,土木工程缺乏理论上的依据和指导。这些著作如我国公元前5世纪的《考工记》,它只记载了6门工艺30个工种的技术规则;北宋李诫在公元1100年编写的《营造法式》,它主要为建筑的设计、施工、计算工料等各方面的记叙;明代民间匠师用书《鲁班经》,它只介绍了建房工序和常用构架形式,对技术知识写得比较笼统;公元1485年意大利阿尔伯蒂在文艺复兴时期撰写的《论建筑》,则是当时流行的欧洲古典建筑在比例、柱式以及城市规划经验方面的一些总结。

从古代7000余年的历史跨度看,我国的土木工程水平在全世界范围内一直是领先的,这从上述12项中有6项都是我国的土木工程可以看出。但是由于封建制度的延续,限制了包括土木工程在内的生产力的进一步发展。正是由于17世纪以后欧洲社会经济基础的变革,导致了科学技术的发展,才取得后来土木工程的巨大进步,使古代土木工程的历史改写为近代土木工程。

## 二、近代土木工程

近代土木工程跨越了17世纪中叶至20世纪中叶的300年。这个历史时期土木工程

的主要特征有以下方面:

(1)有力学和结构理论作为指导。

(2)木、石、砖、瓦等日益广泛使用,混凝土、钢材、钢筋混凝土以及早期的预应力混凝土得到发展。

(3)结构型式(如桁架、框架、拱结构)等得到长足发展,高层建筑的出现。

(4)施工技术进步很大,建造规模日益扩大,建造速度大大加快。

在这个历史时期内,以下几件大事具有重要意义:

(1)意大利学者伽利略在 1638 年发表的《关于两门新科学的叙述与数学研究》中,论述了建筑材料的力学性质和梁的强度,首次用公式表达了梁的设计理论。

(2)英国科学家牛顿在 1687 年总结了力学三大定律,它是土木工程技术的理论基础。

(3)英国科学家虎克根据弹簧试验观察所得的“力与变形成正比”这一重要物理定律(称虎克定律),是后来土木工程理论的基础。

(4)瑞士数学家欧拉在 1744 年发表的《曲线变分法》中,建立了柱的压屈理论,为分析土木工程结构稳定问题奠定了基础。

(5)1825 年纳维建立了土木工程中结构设计的容许应力分析法,19 世纪末里特尔等人提出极限平衡概念,1922 年英国戴孙提出按破损阶段的强度计算方法,他们都为土木工程的设计计算理论奠定了基础。

(6)1824 年英国人阿斯普丁取得了波特兰水泥的专利,1850 年开始生产。这是形成混凝土的主要材料,在土木工程中得到了广泛应用。20 世纪初,有人发表了水灰比学说,初步奠定了混凝土强度的理论基础。

(7)19 世纪后期在建造铁路中出现桁架和连续梁结构型式的基础上,先由美国的惠普尔提出桁架计算理论,法国的克拉伯龙提出连续梁计算方法;以后在 1864 年由麦克斯韦提出超静定结构的力法方程,1874 ~ 1885 年莫尔发展了利用虚位移原理求位移的理论,1914 年本迪克森最先提出转角位移法,1932 年罗斯首创力矩分配法。它们都是结构力学的基础。

(8)1859 年发明的贝塞麦转炉炼钢法,使钢材得以大量生产,越来越多地用于土木工程。英国 1851 年建成水晶宫、美国 1883 年建成布鲁克林桥、法国 1889 年建成埃菲尔铁塔,这三座在 19 世纪规模最大、跨度最大、高度最高的钢结构的建成,为土木工程的高耸、大跨、大面积建筑奠定了基础。

(9)1861 年法国人莫尼埃在混凝土里埋置铁丝网做成大花盆,并把这种方法推广到工程中,建成了一座蓄水池和一座桥梁,这是应用钢筋混凝土的开端。1884 年德国人购买了莫尼埃的专利,进行了钢筋混凝土的试验研究;1887 年后德国人威斯和鲍兴格尔(一说是德国工程师克嫩在 1886 年)提出应将钢筋配置在结构受拉部位的概念和钢筋混凝土板的计算方法,使钢筋混凝土在建筑中得到广泛应用。

(10)在砖石结构方面,俄国别列留布斯基、拉赫琴等学者曾在 19 世纪中叶至 20 世纪初从事砖、石、砂浆、砌体构件的承载力和稳定性研究,1939 年苏联在建筑科学院建筑结构研究所奥尼希克教授的科研工作基础上,制定了世界上第一个砖石结构规范。

(11) 土木工程在铁路、公路、桥梁建设中也得到大规模发展。

1825 年英国斯蒂芬森在英格兰北部修筑了世界上第一条长 21 km 的铁路,接着 1863 年英国又在伦敦建成了世界第一条地下铁道。

1770 年英国用铸铁建成跨度为 30.5 m 的拱桥,1890 年又建成两孔主跨达 521 m 的悬臂式桁架梁桥,1926 年又用锻铁建成第一座跨度为 177 m 的悬索桥。这样,现代桥梁的 3 种基本形式(拱桥、梁式桥、悬索桥)相继出现。

1931 ~ 1942 年德国率先修筑了长达 3 860 km 的高速公路网。

(12) 1906 年美国旧金山大地震、1923 年日本关东大地震,这些自然灾害推动了结构动力学和工程抗震技术的发展。

### 三、现代土木工程

现代土木工程是指 20 世纪中叶第二次世界大战结束后至今的土木工程,其主要特点如下所述。

#### (一) 土木工程日益与使用功能、生产工艺紧密结合

公共和住宅建筑不但要求建筑、结构与给水排水、暖通、供热、供电等功能相结合,而且日益要求与智能化功能相结合,如具有通信、办公、服务、防火、保卫等自动化功能。

工业和科技建筑要求恒温、恒湿、防震、防腐、防爆、防磁、除尘、耐高(低)温、耐高湿,并向大跨度、超重量、灵活空间发展。如 1959 年建成的巴黎国家工业与技术展览中心的钢筋混凝土薄壳结构,是世界上跨度最大的建筑,跨长 219 m,壳顶离地面 46 m,上下两层壳面的折算总厚度只有 180 mm,厚跨比为 1:1 200。

发展高新技术提出的高标准要求,如核能、海洋、生态、节能建筑设施等。

#### (二) 土木工程日益与城市建设的快速发展休戚相关

土木工程日益与城市建设的快速发展休戚相关,其中有 4 个倾向是很明显的。

(1) 高层建筑大量兴起。由于城市人口大量集聚,用房紧张,地价昂贵,迫使建筑物向空间发展,不少国家的高层建筑面积几乎占整个城市建筑面积的 30%。以往美国高层建筑数量最多,近年来在我国和东南亚大城市中高层建筑有大势发展的趋向。目前,吉隆坡石油双塔大厦(见图 1-5),地面以上 88 层,建筑面积 60 万  $\text{m}^2$ ,高达 450 m;2010 年 1 月 4 日阿拉伯联合酋长国建成总高超过 828 m、楼体 160 层的迪拜塔(见图 1-6)。

(2) 地下工程快速发展。如地下铁道、地下商业街、地下车库、地下厂房、地下储藏库等。

(3) 城市高架道路、轻轨铁路、立交桥等大量涌现。

(4) 城市市政建设、水利建设、园林建设和环境治理等方面的土木工程日益增多。

#### (三) 土木工程是交通运输业高速化的必然基础

(1) 高速公路的大规模修建。如我国改革开放以后已大规模铺设高速公路;今后长期规划的高速公路系统有五纵(如北京至珠海、二连至河口)七横(如丹东至拉萨、江苏连云港至新疆霍尔果斯),它们贯通首都、直辖市和各省会,连接祖国所有目前 100 万人口以上和绝大多数目前 50 万人口的城市。

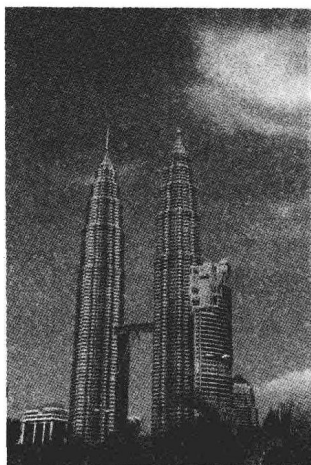


图 1-5 吉隆坡石油双塔大厦



图 1-6 迪拜塔

(2) 铁路电气化的形成和大量发展。如欧洲 12 个国家已制订一项用高速铁路将其主要城市连接起来的计划,将耗资 760 亿美元,铺设 30 000 km 的电气铁路。法国高速铁路时速达 300 km,日本新干线的时速则达 345 km,预期磁悬浮列车的时速可达 500 km。

(3) 长距离海底隧道的出现。如日本青函海底隧道长 53.85 km,是世界上最长的海底铁路隧道,位于海面以下 140 m 深处;1993 年建成的英法海峡隧道长度也有 50.5 km,它最浅处埋深 45 m,海水深度 60 m;从我国福建至台湾岛之间建造海底隧道的设想也在酝酿之中。

### 第三节 土木工程的展望与可持续发展

#### 一、土木工程技术的展望

##### (一) 关于建造材料的展望

##### 1. 建筑材料将大力开展“绿色建材”的研制

传统混凝土的使用将受到限制,“绿色”高性能混凝土和自修复混凝土等将受到广泛的研究和应用。“绿色”高性能混凝土是用以工业废渣为主的细掺料代替大量水泥并以大量增强纤维来克服混凝土的脆性的一种材料。自修复混凝土是在混凝土中灌以树脂、掺入空心纤维,当混凝土开裂时能自动流出树脂封闭裂缝。轻质高强混凝土也是今后的一个发展方向。

##### 2. 金属材料将向高强度发展并提高耐大气腐蚀和耐火性能

高强度、高性能的金属材料可以是钢材,也可以是其他合金材料,能减少金属材料的用量。金属材料的另一个发展方向是开展智能材料的研究,使结构由不变的、无智能和无生命的向可变的、有智能和有生命的方向发展。

##### 3. 其他新型材料

其他新型材料如纳米建筑材料、高分子复合材料、化学合成材料等,在不久的将来必将出现可观的进展。

## (二) 关于建造理论的展望

### 1. 土木工程的计算机仿真分析和虚拟技术的应用

土木工程的计算机仿真分析和虚拟技术的应用将是今后需要重点研究和加以应用的课题。计算机仿真分析应以整个结构体系甚至整个土木工程为对象,对其安全性、适用性、耐久性、经济性和对环境的影响等进行仿真分析,也可以对原型结构在各种灾害作用下的反应作出仿真,借助虚拟技术演示真实情况,以达到优化方案科学决策的目的。

### 2. 重大土木工程的监测系统

对重大土木工程设置“健康”监测系统,建立“健康”档案,以便及时根据土木工程在使用过程中出现的不正常现象找出问题所在,及时维修和解决,以确保土木工程使用安全,延长其使用寿命。

### 3. 开展对各种灾害作用的研究

由于结构工程学科的发展,结构分析理论日趋完善,已能通过精细分析对结构形态的描述得到相当精确的结果。但是,对各种灾害作用的大小、灾害形成的机理和变化的情况却不甚了解,这影响了分析结果的可信度。因此,对各种灾害作用进行研究已是当务之急。

### 4. 开展对整个结构体系可靠度的研究

目前,设计采用的可靠度只是构件的可靠度,设计者并不知道结构可靠度是多少,因此结构设计的结果并不一定十分合理和经济。

## (三) 关于建造技术的展望

计算机技术在建造过程中的应用将是今后发展的重点,包括钢结构构件的计算机辅助制造(CAM)。这样才能加快建造进度,缩短建造工期,确保工程质量。

建筑机器人的开发将提到议事日程上来,其应用也将日益普遍。建筑机器人的使用将使土木工程的施工过程高度机械化和智能化,必将推动土木工程施工过程的发展进入新的阶段。

## 二、未来土木工程建造场所的拓展

今后土木工程的建造必将从地球表面向其他方面拓展。

### (一) 向高空拓展

美籍华裔建筑师、城市和区域规划师崔悦君(Eugene Tsui)以他对于未来派巨型建筑体的热情而著称。崔悦君设计的未来七大空中城市之一的终极塔楼(Ultima Tower,见图1-7)高2 mi(1 mi=1.609 344 km),可以应对寸土寸金的旧金山的人口激增问题。设计构想中的终极塔楼有一个直径6 000 ft(约合1 830 m,1 ft=0.304 8 m)的基座,覆盖总共53 mi<sup>2</sup>的空间,有500层楼那么高,从远处望去,就像一个巨大的圆锥体。崔悦君的终极塔楼展示了一个能容纳100万人口的垂直城市的设计构想,满足甚至超越了之前任何类似的设计方案。

终极塔楼的外立面安装太阳能吸收板和风力涡轮机,并采用一种称为“大气能量转换”的技术,利用楼顶和楼底之间的压差发电,为这座未来派巨型建筑提供常年稳定的能源,同时对环境不会造成任何破坏。一旦建成,终极塔楼在100~165 ft高的楼层设有开



放的绿化空间,特有的叠层设计使人身处这样的高度时,有一种开阔、敞亮的感觉。值得一提的是,尽管终极塔楼高达数千米,但乘坐速度达到每小时 3 mi 的电梯,客人用不了 10 min 就可以从楼底升到顶层。这虽然还只是一个梦想,但说明已有人在探索向超高空拓展的问题。

### (二) 向地下拓展

城市向地下拓展可以有效地解决用地紧张、生存空间拥挤、交通阻塞、环境恶化等一系列的城市病。地下空间还具有低噪声、低能耗、防震、防空袭等特点。地下空间也有许多不足之处,容易造成人的不良心理反应,因此应重视地下空间的开发。

今后地下空间开发的趋势是:尽一切可能把可转入地下的设施转入地下,并向深层发展。

### (三) 向海洋拓展

向海洋拓展包括两个方面:一是向海洋要地,建设人工岛(见图 1-8);二是开发海底。海洋面积约占地球表面积的 70%,向海洋要地拓展的潜力极大,我国从 20 世纪 60 年代起已经建成鸡骨礁人工岛和张巨河人工岛。现在我国还在进一步研究建造海上人工岛的可行性,用现代技术建造人工岛将是土木工程的新任务。海底具有丰富的矿床,对弥补大陆资源的缺乏将起到重要的作用。海底开发中的深海勘探、深海采矿也将对土木工程提出新的挑战。由于向海洋拓展需要投入巨大的资金,技术上也存在巨大的困难,因此目前还只是一种尝试。可以预料,今后土木工程在向海洋拓展中必定大有作为。

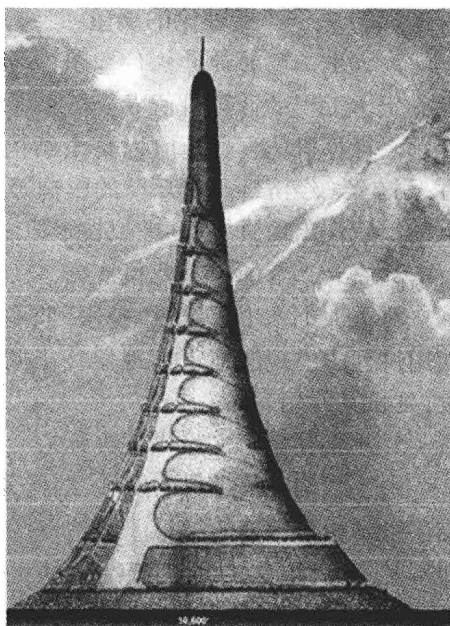


图 1-7 终极塔楼

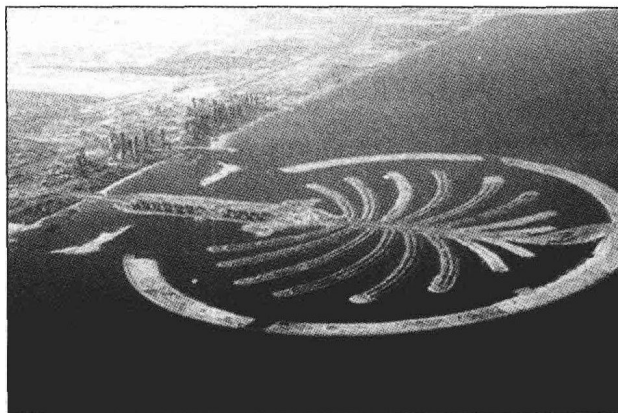


图 1-8 迪拜“朱美拉棕榈岛”

### (四) 向沙漠拓展

全世界约有 1/3 的陆地为沙漠,每年约有 6 万  $\text{km}^2$  的耕地被侵蚀,这将影响上亿人口的生活。世界未来学会对 21 世纪初世界十大工程设想之一是将西亚和非洲的沙漠改造

成绿洲。改造沙漠首先必须有水,然后才能绿化和改造沙土。现在利比亚沙漠地区已经建成一条大型的输水管道,并在班加西建成了一座直径 1 km、深 16 km 的蓄水池,用以沙漠灌溉。在缺乏地下水的沙漠地区,国际上正在研究开发使用沙漠地区太阳能淡化海水的可行性方案,该方案一旦实施,将会启动近海沙漠地区大规模的建设工程。

### (五) 向太空拓展

20 世纪 50 年代以来,太空科学技术迅速发展,已建立了太空站,宇宙飞船已经可以在地球与太空站之间往返,人类实现了太空旅游。要把人类的活动舞台扩展到太空、扩展到另一个星球,还有很远的路要走,需要人类的共同努力,其中也有土木工程师应尽的一份责任。

## 三、土木工程的可持续发展

世界环境与发展委员会在 1987 年为可持续发展做出的定义:可持续是指资源的开发利用、投资的指导、技术发展的方向与制度的变化相互协调,并使当前和未来满足人类需要与渴望的潜在能力得以改善的一种变化过程;可持续发展可在不牺牲后代满足其需要能力的条件下满足当前的需要。

可持续土木工程包括以下几个方面的概念:有能源意识,能促进自然资源保护的建筑;能综合考虑资源和能源效应,能在建筑使用、材料选择、生态平衡、自然景色、社会发展问题上整体考虑,并能在改善生活质量、谋取经济福利的同时大大减少对自然环境的有害冲击;能从再生的能源中获利;尽量少使用可耗尽资源,尽量多采用可更新资源,更有效地利用能源,更大循环地启用合成材料;改建老建筑物,使其得以新生。

土木工程师应当支持可持续发展,并致力于推动民众认识和理解可持续发展的需要,为子孙后代创建一个生态可持续发展的世界所需要的政策和技术。工程师除有这个意识外,还应付出具体的行动,应在创新和规划与设计当中起主导作用。创新是一种推介和使用新思想、新技术、新工艺的活动,在世界各国与全球的市场经济中起着重要作用。就可持续发展来说,规划与设计是关键领域,工程师们对它们颇具影响力。土木工程师在这方面应大有所为。

## 第四节 应用型土木工程人才素质及培养方案

### 一、应用型土木工程专业人才素质

(1) 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;具有为社会主义现代化建设服务、为人民服务的思想觉悟,有为国家富强、民族昌盛而奋斗的志向和责任感;具有爱岗敬业、艰苦求实、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。

(2) 接受必要的军事训练,积极参加各种社会实践活动,能理论联系实际,实事求是。

(3) 懂得社会主义民主和法制,遵纪守法,举止文明,有“勤奋、严谨、求实、创新”的良好作风,具有较好的文化素养和心理素质以及一定的美学修养。