

高等学校土木工程专业系列教材

土木工程导论

● 主编 余志武 周朝阳

● 主审 彭立敏

TUMUGONGCHENG
DAOLUN



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

高等学校土木工程专业系列教材

土木工程导论

余志武 周朝阳 主 编
彭立敏 主 审



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

土木工程导论/余志武,周朝阳主编. —长沙:中南大学出版社,
2013.6

ISBN 978 - 7 - 5487 - 0900 - 8

I. ①土... II. ①余... ②周... 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(2013)第 113959 号

土木工程导论

余志武 周朝阳 主编

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 13.5 ☐字数 329 千字 ☐插页

☐版 次 2013 年 6 月第 1 版 ☐2013 年 6 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 0900 - 8

☐定 价 30.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

高等学校土木工程专业系列教材

编审委员会

主 任 曾庆元 院士
委 员 (以姓氏笔画排序)

方理刚	王桂尧	刘 杰	刘锡军
刘 静	吕 昀	任伯帜	阮 波
李九苏	李朝奎	余志武	沈小雄
张向京	杨伟军	周朝阳	周建普
周殿铭	钟新谷	贺跃光	郭少华
高文毅	唐依民	桂 岚	黄立奎
蒋隆敏	彭立敏	韩用顺	谭海洋
戴公连			

出版说明

为了适应培养 21 世纪复合型、应用型创新人才的需要,结合我国高等学校教学的现状,立足培养学生能跟上国际经济的发展水平,按照教育部最新制定的教学大纲,遵循“学科属性及好教好学”原则,中南大学出版社组织专家、教授编写了这套“高等学校土木工程专业系列教材”。

土木工程专业作为我国高等学校的专业设置仅十年之久,它是我国高等教育专业设置调整后的一个新兴专业,土木工程专业与建筑工程、交通土建和岩土工程等传统专业相比,在培养目标、教学内容和教学方法上都有较大的区别,以“厚基础、宽口径、强能力”作为学生培养目标,理论阐述以“必需、够用”为原则,侧重定性分析和实际工程应用。

鉴于我国行业技术标准和规范不统一的现状,大部分高校将土木工程专业分为几个专业方向或课程群组织教学,本套教材是在调查十几所高校多年教学实践的基础上进行编写,编委会成员均为长期从事专业教学的资深教师,具有丰富的教学经验和科研水平。本套教材具有以下特点:

1. 以理论“必需、够用”为原则,以工程实际应用为重点

改变了过于注重知识传授和科学体系严密性的传统教学思想,注重应用型人才培养的特点,结合现行的人才培养计划,做到理论阐述以“必需、够用”为原则,侧重定性分析及其在工程中的应用,充分利用多媒体教学的特点,扩充工程信息量,培养学生的工程概念。

2. 注重培养对象终身发展的需要

土木工程领域范围广,行业标准多,本教材注重专业基础理论与规范的关系,重点阐述规范编制的基本理论、方法和原则,适当介绍土木工程领域的新知识、新技术及其发展趋势,以适应学生今后职业生涯发展的需要。

3. 文字教材和多媒体教学相结合

随着多媒体教学的发展和应用,综合多媒体教学在教学中的优势,提高教学效率,在编写文字教材的同时,配套编写多媒体教案和相关计算软件,使学生适应现代计算技术的发展,提高学生自我训练的能力。

4. 编写严谨规范,语言通俗易懂

根据我国土木工程最新设计与施工规范、规程和技术标准编写,体现了当前我国工程施工技术与管理水平,内容精练、叙述严谨。采取逻辑关系严谨、循序渐进的编写思路,深入浅出,图文并茂,文字表达通俗易懂。

希望本系列教材的出版,能促进土木工程专业的教材建设,为培养符合市场需要的高水平人才起到积极的推动作用。

前 言

土木工程一直是我国国民经济的一个重要支柱产业。进入 21 世纪以来,随着我国经济高速、持续地发展,城市建设和交通基础建设的规模和水平不断提高,使得中国目前已成为土木工程建设的大国和强国。

本书编写的主要目的在于,使得主修土建类专业的大学一年级学生在入学之初就能较全面地了解土木工程所涉及的主要内容和发展情况,熟悉我国未来的几十年内重点开发的土木工程领域,初步构建专业知识构架;并引导他们热爱专业遵循学习规律,掌握学习土木工程的方法,树立事业心和责任感,为今后主动地学好相关专业课程,培养自主学习的能力打下良好基础。

本书力求以较小的篇幅来反映宽广的土木工程领域,秉承中南大学土木工程学科的传统特色,系统扼要地介绍土木工程的重要分支学科所涉及的内容和近些年国内外的新方法、新技术、新进展和新成就,包括土木工程材料、岩土工程、建筑工程、道路工程、铁道工程、桥梁工程、隧道工程、防灾减灾工程以及工程管理等方面。

本书第 1 章由余志武、周朝阳编写;第 2 章由邓德华编写;第 3 章由冷伍明编写;第 4 章由周朝阳编写;第 5 章由周建普编写;第 6 章由娄平、魏庆朝、蒲浩编写;第 7 章由何旭辉编写;第 8 章由彭立敏编写;第 9 章由陈长坤编写;第 10 章由张飞涟编写。全书由余志武、周朝阳、彭立敏负责审定。

本书主要是作为普通高等学校土建类专业的教材和教学参考书,同时亦可作为建设管理、设计、施工、投资等单位及工程技术人员的参考用书,也可作为其他工程类和人文类专业的选修课教材。

由于编者业务水平有限,书中不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2013 年 6 月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 土木工程的概念	(1)
1.2 土木工程的发展	(1)
1.3 土木工程专业的学习	(9)
第 2 章 土木工程材料	(13)
2.1 概 述	(13)
2.2 无机胶凝材料	(15)
2.3 砌体结构材料	(19)
2.4 钢结构材料	(23)
2.5 混凝土结构材料	(25)
2.6 木结构材料	(29)
2.7 沥青路面材料	(30)
2.8 高分子材料	(31)
2.9 建筑功能材料	(33)
第 3 章 岩土工程	(35)
3.1 概念	(35)
3.2 工程勘察	(35)
3.3 基础工程	(36)
3.4 地基处理	(41)
3.5 边坡及基坑支护结构	(45)
3.6 岩土工程事故案例分析与警示	(51)
3.7 展望	(54)
第 4 章 建筑工程	(57)
4.1 房屋建筑的分类	(57)
4.2 房屋建筑的构成	(58)
4.3 不同材料的建筑结构	(59)
4.4 楼盖及屋盖结构	(65)
4.5 多高层建筑结构	(72)
4.6 特种结构	(74)
第 5 章 道路工程	(79)
5.1 道路工程发展概况	(79)
5.2 道路在交通运输体系中的地位及运输特点	(80)
5.3 道路的分类与分级	(81)

5.4	道路的组成	(83)
5.5	道路交叉	(85)
5.6	道路路基路面结构	(92)
5.7	高速公路	(95)
5.8	高架道路	(96)
第6章	铁道工程	(99)
6.1	铁道的 basic 组成与发展	(99)
6.2	高速铁路简介	(103)
6.3	重载铁路	(106)
6.4	城市轨道交通	(110)
6.5	磁浮铁路	(115)
第7章	桥梁工程	(124)
7.1	桥梁的概念	(124)
7.2	桥梁的组成、分类与作用	(125)
7.3	桥梁的起源	(130)
7.4	我国桥梁的发展	(131)
7.5	我国桥梁的现状和未来	(140)
第8章	隧道工程	(141)
8.1	隧道工程的基本概念	(141)
8.2	隧道的种类	(141)
8.3	隧道结构组成与建造方法	(144)
8.4	隧道工程的发展概况	(149)
第9章	防灾减灾工程	(158)
9.1	防灾减灾学概述	(158)
9.2	地质灾害及其防治	(163)
9.3	火灾及建筑防火	(167)
9.4	地震灾害与防震减灾	(170)
9.5	风灾害与抗风设计	(173)
9.6	洪灾及城市防洪	(175)
9.7	城市防雷工程概述	(177)
第10章	工程管理	(181)
10.1	相关概念	(181)
10.2	工程项目管理的起源与发展	(185)
10.3	工程项目建设程序	(188)
10.4	工程项目管理类型和内容	(189)
10.5	建设法规	(197)
10.6	工程监理	(199)
	参考文献	(202)

第1章 绪 论

1.1 土木工程的概念

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。这是中国国务院学位委员会在学科简介中对土木工程的定义。土木工程设施时常也叫基础设施,其范围非常广泛,包括房屋建筑、桥梁、隧道、铁路、公路、城市道路、地铁、轻轨、车站、机场、港口、码头、给水排水管网乃至输电塔架等。国际上,水渠、运河、水库、大坝等水利工程也包含在土木工程之中。

我国古代将大搞基础设施建设说成“大兴土木”,这是由于中国古代哲学(五行学说)认为,世界万物是由“金、木、水、火、土”五大类物质组成的,而在很长一段历史时期内,土木工程所用的材料主要是五行中的“土”(包括泥土、岩石、沙子、石灰以及由土烧制成的砖、瓦和陶器、瓷器等)和“木”(包括木材、竹子、藤条、茅草等植物材料)。因此,英语“Civil Engineering”也被译成“土木工程”,其实该词直译是“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,生活和生产所需的民用设施均属于土木工程。后来这个界限也不明确了,军用的浮桥、战壕、掩体、碉堡、防空洞等战备或防护工程现在已被纳入土木工程的范畴。

土木工程与广大人民群众的日常活动密切相关,因而在国民经济中起着非常重要的作用。人民生活离不开衣、食、住、行,其中“住”的房屋、“行”之所需道路等交通基础设施是土木工程的直接“产品”,而其建设所用材料和设备、人们所需“衣”服和“食”物、以及其他物品的研发、生产、储存和销售得有办公楼、工厂、仓库和商店等场所,也离不开土木工程的间接支持。此外,行政、卫生、文化、教育、运动、娱乐也需要土木工程提供活动空间。正因为土木工程内容如此广泛,作用如此重要,所以国家将房屋建筑、桥梁、隧道、矿井、铁道、公路、给水排水、发电送电、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,中小型项目也归口各级政府有关部门管理。

土木工程专业所要学习的核心内容就是以上各种类型的土木工程设施的规划、勘测、设计、施工、管理和维修。作为入门,本书将在后面各章对主要几个大类的土木工程进行简要的介绍。

1.2 土木工程的发展

人类土木工程的发展历时数千年,迄今可分为古代、近代和现代三个历史阶段。

1.2.1 古代的土木工程

古代土木工程的历史跨度很长,大致可从新石器时代(约公元前 5000 年起)算到 17 世纪中叶。

西安半坡村落遗址(图 1-1)是中国黄河中游新石器时代仰韶文化的遗址,距今已 5000—6000 年。半坡居民居住的房屋大多是半地穴式的,他们先从地表向下挖出一个方形或圆形的穴坑,在穴坑中埋设立柱,然后沿坑壁用树枝捆绑成围墙,内外抹上草泥,最后架设屋顶。

这一时期的土木工程说不上有什么设计理论指导,修建各种设施主要依靠经验。所用材料主要取之于自然,如石块、草筋、土坯等,在公元前 1000 年左右开始采用烧制的砖。这一时期,所用的工具也很简单,只有斧、锤、刀、铲和石夯等手工工具。尽管如此,古代还是留下了许多有历史价值的建筑,有些工程即使从现代角度来看也是非常伟大的,有些甚至难以想象。

西方留下来的宏伟建筑(或者建筑遗址)大多是砖石结构的。如古埃及的金字塔,建于公元前 2700—前 2600 年间,其中最大的一座是胡夫金字塔,用了 230 余万块巨石垒砌而成,该塔基底呈正方形,每边长 230.5m,高达 146.6 m。又如古希腊的帕特农神庙(图 1-2)、古罗马斗兽场(图 1-3)等都是令人神往的古代石结构遗址。532—527 年间,在土耳其伊斯坦布尔修建的索菲亚大教堂为砖砌穹顶,直径达 30 余米,穹顶高 50 多米,整体支承在用巨石砌成的大柱(截面约 7 m×10 m)上,非常宏伟。

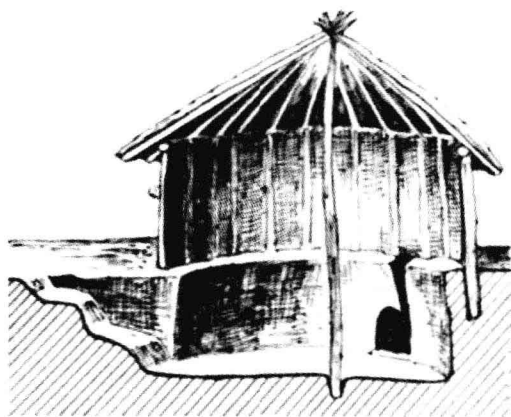


图 1-1 西安半坡村房屋遗址复原图

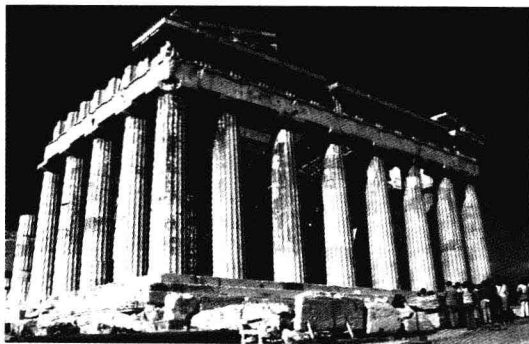


图 1-2 古希腊帕特农神庙



图 1-3 古罗马斗兽场

中国古代建筑大多为木构架加砖墙建成。山西应县木塔(佛宫寺释迦塔)塔高 67.31 m,建成以来经历了多次大地震,历时近千年仍完整耸立,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(图1-4)、天津蓟县的独特寺观音阁等均是具有漫长历史的优秀建筑。

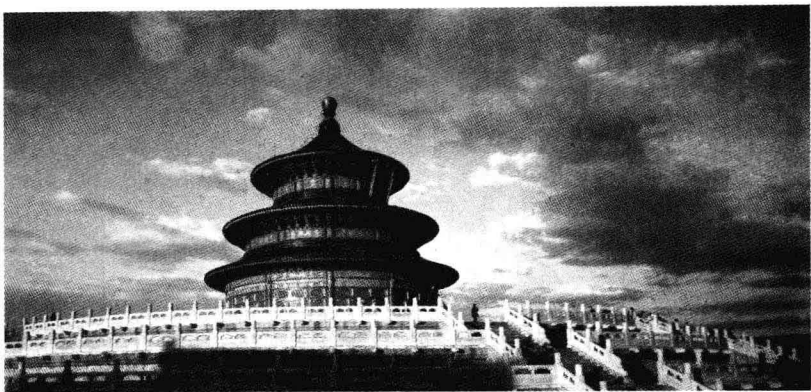


图1-4 北京天坛

中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。又如公元590—608年在河北赵县建成的赵州桥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,共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。

我国一直有兴修水利的优秀传统。传说中的大禹因治水有功而成为我国受人敬仰的伟大人物。四川灌县的都江堰水利工程(图1-5),为秦昭王(前306—前251)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。

在交通土建工程方面,古代也有伟大成就。秦朝统一全国后,以咸阳为中心修建了通往全国郡县的驰道,主要干道宽50步(古代长度单位,1步等于5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。

这一时期还出现了一些总结施工经验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》北宋李诫著的《营造法式》意大利文艺复兴时代贝蒂著的《论建筑》。

1.2.2 近代的土木工程

近代土木工程的时间跨度可从17世纪中叶算到20世纪中叶,大约历时300年。在这一时期,土木工程逐步成为一门独立学科,并有了力学和结构理论的指导。1683年,意大利学者伽利略完成其代表作《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,英国科学家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,法国人纳维于1825年建立了土木工程结构设计

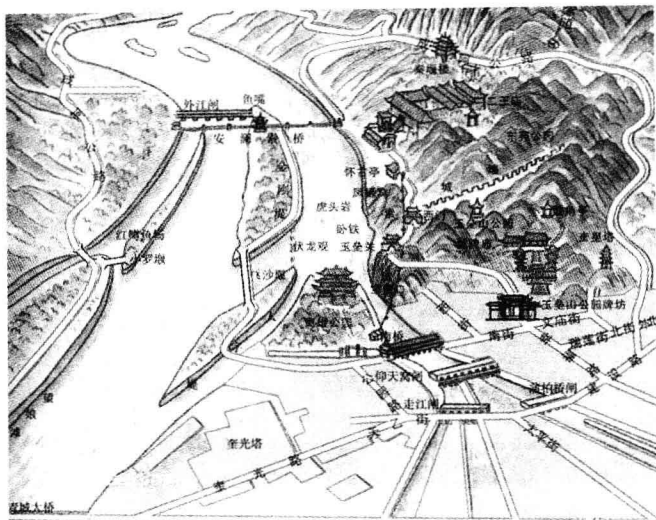


图 1-5 都江堰

的容许应力法。

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、桥梁的建造中。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有很多,下面列举的一些例子只是其中的一小部分。

1875 年,法国莫尼埃主持修建了一座长达 16m 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,这被誉为现代高层建筑的开端。

1889 年,法国建成了高达 300 m 的埃菲尔铁塔(图 1-6),该塔由 18 000 余个构件组成,将这些构件联结起来用了 250 万个铆钉,铁塔总重约 8 500 t。该塔早已成为巴黎乃至法国的标志性建筑,来自世界各地的观光者络绎不绝。

1886 年,美国首先采用了钢筋混凝土楼板,1928 年发明了预应力混凝土,随后预应力空心板在世界各国被广泛使用。

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,英国伦敦建成了世界上第一条地下铁道,随后美、法、德、俄、中国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,将地中海和印度洋联系起来,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,它将太平洋和大西洋直接联系了起来,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。其中的典型工程有美国1936年建成的金门大桥和1931年建成的帝国大厦。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27 512根钢丝组成,其中每452根钢丝组成1股,由61股再组成主缆索,索重11 000 t左右。锚固缆索的两岸锚锭为混凝土巨大块体,北岸混凝土锚锭重量为130 000 t,南岸的小一些,也达50 000 t。纽约帝国大厦共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。

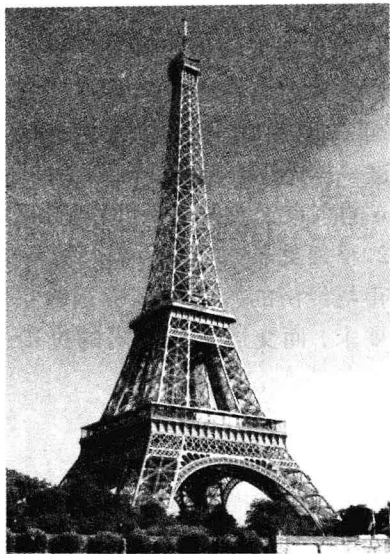


图1-6 埃菲尔铁塔

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。直到清末开始洋务运动,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年詹天佑主持修建了全长200 km的京张铁路,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,其作为中国最高建筑的纪录直到40多年后才被广州白云宾馆所打破。1937年,茅以升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,也是我国近代土木工程的优秀成果。

1.2.3 现代的土木工程

第二次世界大战以后,许多国家经济加速前行,现代科学技术突飞猛进,从而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。这一阶段的土木工程表现出建筑更高、桥隧更长、规模更大等特点。

1. 建筑更高

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,例如1972年建成的纽约世界贸易中心大楼(2001年在美国“9·11”事件中倒塌)(图1-7)高417 m、110层;1974年建成的芝加哥西尔斯大厦高443 m、110层,曾经雄踞世界第一高楼的“王位”20余年。许多发展中国家在经济起飞过程中也争相建造高层建筑。20世纪90年代以来,中国、东南亚及海湾国家的高层建筑得到了迅猛发展。我国目前最高建筑是上海环球金融中心大厦,高492 m、101层,于2008年建成。马来西亚的石油双塔大厦高452 m,中国台湾的台北101大厦高508 m,在世纪之交前后曾经先后位列全球最高建筑榜首,但101大厦的高度如今已经退居第三。2010年年初,阿拉伯联合酋长国位于迪拜的哈里法塔更是以828 m、163层的高度“傲视群雄”,以“一览众山小”的绝对优势登上冠军宝座。

电视塔均为高耸结构,其最新高度排位前三名分别是日本东京天空树、中国广州塔和加拿大多伦多电视塔。多伦多电视塔横截面为Y形,高553 m,建成于1976年,此后20多年一直是全球最高电视塔,2010年,这一桂冠移交给600 m高的广州塔,2012年,高达634 m的东京天空树成为世界第一。

2. 桥隧更长

市场经济的繁荣对客货运输系统提出了快速、高效的要求,而交通土建技术的进步也为满足这种要求提供了条件。

过去有些地方“山路十八弯”,载客运货都得靠它。如今就是登山旅游也不必再绕行盘山公路了,因为缆车、索道和电梯提供了方便、快捷、安全、省力的观光途径。即使面对崇山峻岭和江河湖海,“逢山开路、遇水架桥”也已经成为现实,“天堑变通途”不再是梦想。

目前世界上跨度最大的桥梁主跨已达1 991 m,它是连接了日本的本洲与四国岛的明石海峡大桥,采用悬索桥方案,于1998年建成。斜拉桥是二战以后出现的新桥型,俄罗斯跨东博斯鲁斯海峡的俄罗斯岛大桥(图1-8)、中国苏通大桥和法国诺曼底桥位列跨度前三名,其中俄罗斯岛大桥主跨1 104 m,于2012年建成通车,而2008年竣工的苏通大桥主跨1 088 m,法国诺曼底桥跨度为856 m。拱桥虽是古老桥型,但材料和施工技术的发展使其跨度发生了巨大飞跃。混凝土拱桥方面,我国1997年在四川万州建成一座跨越长江的公路大桥,拱跨420 m,超过南斯拉夫克尔克二号拱桥(跨度390 m),跃居全球第一。大跨钢拱桥前两位是美国的奇尔文科桥和澳大利亚的悉尼港湾桥,跨度分别达到503.6 m和503 m。

桥梁采取跨越的方式直通对面,隧道则通过穿越山岭、江河或海峡开辟捷径。目前世界上最长的山区隧道是瑞士的勒奇山隧道,长度为33.8 km,建成于1980年。海峡隧道往往比山岭隧道更长。连接英、法两国的英吉利海峡隧道全长50.3 km,于1993年竣工通车。1985年,迄今世界最长隧道在日本建成,这座连接北海道的青函海底隧道长达53.8 km。

3. 规模更大

为了适用人口增长和社会发展的需求,土木工程的规模也在不断扩大。这不仅因为楼房高了、桥隧长了,还体现在公路加密、拓宽,铁路延长、提速,机场增多、扩容,城市交通线路在空中、地上和地下多个层面交织成网并相互联系,公共建筑和城市综合体数量越来越多、体量越来越大等方方面面。



图1-7 纽约世界贸易中心



图1-8 俄罗斯岛大桥

公路交通在中短途运输中具有明显优势。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,其中美国公路网络最为发达,总长超过 8 万 km。在“十五”期间,我国以“五纵、七横”为骨干建设全国公路网,其中五条干线纵穿南北,七条干线横贯东西。

面对公路、航空运输的竞争,铁路运输也开始向快速化和高速化发展。速度在 150 ~ 200 km/h 以上的高速铁路先后在日本、法国和德国建成。我国 2003 年在上海建成了世界上第一条用于商业运营的磁悬浮高速铁路。近年又建成了京广深、京沪、哈大等轻轨高铁线路,其运行速度已可达 350 km/h 以上,总里程接近 6 万 km。

飞机是长途运输最快捷的交通工具,但成本高、运量小。二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。美国芝加哥国际机场,年吞吐量 8 000 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。

航空港、体育场、展览馆和大型储罐等基础设施占地面积大、通常跨度也大,是除高楼、高塔以外的大体量建筑物或构筑物。美国西雅图的金群体育馆顶棚为钢结构穹壳,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。北京工人体育馆采用悬索屋盖,直径 90 m。日本于 1993 年建成的预应力混凝土液化气储罐,容量达 $14 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。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。

应该指出,尽管城际运输在不断加快,但伴随着城市规模的扩大、人口密度的增加和汽车工业的发展,城市交通拥挤的问题逐步凸显并愈发突出,使得市内交通越来越慢。为了解决这一国际性难题,国内外许多大中城市纷纷修建快速环线、高架道路、立交桥和地铁、轻轨等轨道交通系统。与鳞次栉比的高楼大厦、大跨建筑和遍地开发的地下工程同步发展,这让城市建设呈现出大规模立体化的壮观景象。

1.2.4 未来的土木工程

未来的土木工程在高度、跨度以及规模等数量方面无疑还将取得新的突破,但更严峻的挑战主要来自质量的提升,这也反映了人类对土木工程的本质要求。

1. 功能更强

近代的土木工程已经超越本来意义上的挖土盖房、架梁为桥的范围。住宅建筑不只要求土木工程提供“徒有四壁”、“风雨不侵”的房屋骨架,而且要求周边环境、结构布置与水、电和煤气供应相结合,室内温度和湿度调控等与现代化设备相结合。大型体育场馆和观演建筑不仅要能容纳大量观众,有时还需要可开合的屋顶、可调控的声光设备等。交通枢纽等公共建筑要求具有方便快捷、完善配套的服务设施。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、防微震、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. 环境更好

由于许多国家在工业化和城镇化的进程中,过度追求经济利益而不注重生态保护和污染治理,人类的生存环境正在日益恶化。工业烟尘、废水毒液、汽车尾气、密集的高楼、拥挤的交通,使得空气质量越来越差、雾霾天气越来越多。面临人口增长和环境恶化的态势,一些

学者呼吁“我们只有一个地球”，并提出“冻结繁荣，停止发展”的口号。这一口号不仅受到发达国家人士的批评，更是受到发展中国家的一致反对。如果“停止发展”，则发展中国家永远停留在落后状态，这是不能接受的。20 世纪 80 年代提出了“可持续发展”的原则，已被广大国家和人民所认同。“可持续发展”是指“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的发展构成危害”。例如，一代人过度消耗能源（如石油）以致枯竭，后代人则无法继续发展，甚至保持原有水平也不可能。这一原则具有远见卓识，我国政府已将“可持续发展”与“计划生育”并列为两大国策，大力加以宣传，我们土木工程工作者对贯彻这一原则具有重大责任。

建设与使用土木工程的过程与能源消耗、资源利用、环境保护、生态平衡有密切关系，对贯彻“可持续发展”原则影响很大。

从资源方面看，建房、修路大多要占地，而我国土地资源十分紧张，以至于美国学者提出质疑：21 世纪谁来养活 16 亿中国人？因而在土木工程中不占或少占土地，尽量不占可耕地是必须坚持的。另外建材中的黏土砖毁地严重，应予禁止或限制。建材生产、工程施工还少不了消耗能源和水资源，这方面应尽可能采用可再生资源 and 循环利用已有资源，例如利用太阳能、利用处理好的废水等。

采用落后的生产工艺（如小造纸厂，小化肥厂等）建立工厂，会对环境造成严重污染，切不可因一时一地之利而容许建设，污染环境。我国对实行新建工厂一定要实行环境评价，对环境不利的项目不准上马，这一政策应坚决贯彻。重大工程如有一些对生态不利的地方应采取措施避免。如长江三峡大坝修建将会影响长江鲟鱼回游产卵，而这一鱼种已极为稀少，且只有中国长江才有。对此，建坝时专门考虑了“鱼道”，来满足生态平衡的要求。

3. 触角更远

在不远的将来，土木工程的触角将向荒漠、海洋乃至遥远的太空延伸。

全世界陆地中约有 1/3 为沙漠或荒漠地区，千里荒沙、渺无人烟，目前还很少开发。沙漠难于利用主要是缺水，生态环境恶劣，日夜温差太大，空气干燥，太阳辐射太强，不适于人类生存。近代许多国家已开始沙漠改造工程。在我国西北部，利用兴修水利，种植固沙植物，改良土壤等方法，使一些沙漠变成了绿洲。但大规模改造沙漠，首先要解决水的问题。目前设想有以下几种可能：①在沙漠地下找水，如利比亚已发现撒哈拉大沙漠下有丰富的地下水，现已部分开始利用。②从南极将巨大的冰山拖入沙漠地区，如沙特阿拉伯曾进行可行性研究，运输不成问题，如何利用冰山才符合成本要求仍有待解决。③进行海水淡化，其方法有多种，但成本均居高不下，如果随着技术进步，成本降低，这是最有希望成为沙漠水源的。沙漠的改造利用不仅增加了有效土地利用面积，同时还改善了全球生态环境。

地球上的海洋面积占整个地球表面积的 70% 左右，现在陆地上土地太少，人类想向海洋发展。向海洋开拓近代已经开始。为了防止噪音对居民的影响，也为了节约用地，许多机场已开始填海造地。如中国澳门机场，日本关西国际机场均修筑了海上的人工岛，在岛上建跑道和候机楼。香港大屿山国际机场劈山填海，荷兰围海造城都是利用海面造福人类的宏大工程。现代海上采油平台体积巨大，在平台上建有生活区，工人在平台上一工作就是几个月，如果将平台扩大，建成海上城市是完全可能的。另外，从航空母舰和大型运输船的建造得到启发，人们已设想建立海上浮动城市。海洋土木工程的兴建，不仅可以扩充陆地面积，同时也将对海底油气资源及矿物的开发提供立足之地。

向太空发展是人类长期的梦想，在 21 世纪这一梦想可能变为现实。美籍华裔科学家林

柱铜博士利用从月球带回来的岩石烧制成了水泥。可以设想,只要将氢、氧带上月球化合成水,则可在月球上就地制造混凝土。林博士预计在月球上建造一个圆形基地,需水泥 100 t、水 300 t 和钢筋 360 t,而除水以外,其他材料均可从月球上就地制造。因为月球上有丰富的矿藏,美国已经计划在月球上建造一个基地。日本人设想在月球上建立六角形的蜂房式基地,用钢铁制成,可以拼接扩大,内部造成人工气候,使之适合人类居住。随着太空站和月球基地的建立,人类可向火星进发。与地球相似的是火星,但火星上缺氧,如何使火星地球化,人们设想利用生物工程,将制氧微生物及低等植物移向火星,使之在较短时间内走完地球几亿年才走完的进程,使火星适于人类居住,那时人类便可向火星移民,而火星到地球可用宇宙飞船联系,人们的生活空间将大大扩展。

1.3 土木工程专业的学习

1.3.1 科学、技术与工程的关系

土木工程是一门工程学科,该专业的大学生在高中阶段都偏重于数学、物理、化学等理科课程的学习,这是因为自然科学知识是学习工科专业的重要基础。同时,人们对“科学技术”、“工程技术”等提法也时有见闻。那么,科学、技术与工程有何联系和区别?土木工程与哪些科学关系密切?本专业大学新生应该对此有所了解。

科学是关于事物的基本原理和事实的有组织、有系统的知识。科学的任务 and 目标是研究和发现世界万物发展变化的客观规律,这些有待发现的规律原本已经存在但人类尚不清楚。科学解决是什么或为什么的问题,如解释天空为什么会下雨。

技术则指根据科学原理或实践经验发展转化而成的各种生产工艺、作业方法、设备装置的总和。技术的任务是开发或发明有应用价值的产品或方法,这些产品或方法原本没有,或未在本领域应用,或不能达到所需使用要求。技术解决怎么干的问题,如怎样实现人工降雨。

可见,科学和技术是两个联系密切的不同概念。例如,放射性元素(如铀 235)的核裂变可以释放出巨大的能量,这一发现是制造原子弹的科学依据。但是从原理到产品还需解决一系列技术问题,如怎样从铀矿中提纯铀 235、控制反应速度、实现快速引爆等,都要找到合适的方法,研制实用的装备。其实每一个具有原子弹的国家在取得成功之前都付出了长期的努力,而有些国家虽然渴望制造原子弹,但因技术不过关还未能如愿。

工程的含义则更为广泛,它是指自然科学或各种专门技术应用到生产部门而形成的各种学科的总称,其目的在于利用科学技术为人类服务。通过工程可以生产或开发对社会有用的产品。所以,工程解决干什么的问题,并利用技术解决怎么干的问题,其中蕴涵为什么这么干的科学道理。

工程不仅与科学和技术有关,往往还要受到经济、政治、伦理、美学等多方面的影响。以基因工程为例,发达国家虽已掌握了克隆动物的技术,并且克隆羊、克隆牛、克隆鼠等均已问世,但就克隆人而言,至今没有一个国家被法律所允许,有的国家还明令禁止。又如,利用多孔纤维吸附受污染水中的杂质使之可以饮用,这一技术已经成熟,用此技术制成的净水器在一些国家已在野战部队中得到应用。但是要在城市供水中大规模地应用,则因其成本