



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型



土木工程概论

● 主编 张志国 主审 王慧东



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

014033076

TU-43
54

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程概论

主 编 张志国
副主编 邹 皓 贾正甫 张士彩 宋 帅
主 审 王慧东



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



北航

C1721324

TU-43
54

870880410

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/张志国主编. —武汉:武汉大学出版社, 2014. 3
高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型
ISBN 978-7-307-12640-4

I. 土… II. 张… 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(2013)第 316768 号

张志国 编 主
郭芳 编 主
谢守琪 编 主
吴极 编 主



责任编辑:郭芳 责任校对:谢守琪 装帧设计:吴极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:14.5 字数:396 千字

版次:2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-12640-4 定价:30.00 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。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主任委员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰 冯治流

委员(按姓氏笔画排名)

王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华 刘 琛

李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩 尚晓峰

郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼 蔡 巍

魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘书长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前 言

土木工程概论是设立大土木工程专业之后,为了让学生在入学之初,就能了解土木工程专业结构类型、发展和典型工程,及其人才培养目标、定位等,而开设的一门专业基础课。该课程具有内容广泛、信息量大等特点。本书在编写过程中,主要以结构类型为主线,围绕典型工程,重点体现不同结构的功能及发展,让学生全面地了解土木工程的成就,以激发学生对土木工程专业的学习热情。本书可供土木工程相关专业学生和技术人员参考使用。

本书由石家庄铁道大学张志国担任主编;成都理工大学工程技术学院邹皓、四川大学锦江学院贾正甫、石家庄铁道大学四方学院张士彩、成都理工大学工程技术学院宋帅担任副主编;石家庄铁道大学四方学院王芳、石家庄铁道职业技术学院杨石柱、河北交通职业技术学院陈玉欣、宁夏理工学院张金荣担任参编。全书由张志国统稿。

具体编写分工如下:

石家庄铁道大学,张志国(前言、第1章、第5章、第11章);

成都理工大学工程技术学院,邹皓(第12章);

四川大学锦江学院,贾正甫(第9章、第10章);

石家庄铁道大学四方学院,张士彩(第3章);

成都理工大学工程技术学院,宋帅(第5章、第6章);

石家庄铁道大学四方学院,王芳(第2章);

石家庄铁道职业技术学院,杨石柱(第4章、第7章、第8章);

河北交通职业技术学院,陈玉欣(第4章);

宁夏理工学院,张金荣(第2章)。

石家庄铁道大学王慧东主审了本书,并对本书的编写提出了很多宝贵的建议,在此表示感谢。另外,对本书参考文献的作者,致以最衷心的感谢。

由于时间仓促,且编者学术水平和教学经验有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请本书的使用者批评指正,也恳请将使用意见反馈给出版社,为日后修订提供参考。

编 者

2013年12月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 土木工程的概念	(1)
1.2 土木工程的发展历程及展望	(2)
1.3 土木工程专业学习建议	(8)
本章小结	(15)
独立思考	(15)
参考文献	(15)
2 土木工程材料	(16)
2.1 土木工程材料的分类与性质	(16)
2.2 常用土木工程材料简介	(18)
本章小结	(23)
独立思考	(24)
参考文献	(24)
3 地基与基础	(25)
3.1 概述	(25)
3.2 工程地质勘察	(27)
3.3 地基	(29)
3.4 基础	(35)
本章小结	(41)
独立思考	(41)
参考文献	(41)
4 建筑工程	(42)
4.1 概述	(42)
4.2 建筑结构与构造	(50)
4.3 建筑设计	(52)
4.4 建筑工程施工技术	(54)
本章小结	(70)
独立思考	(71)
参考文献	(71)
5 桥梁工程	(72)
5.1 概述	(72)

5.2	桥梁的组成与分类	(80)
5.3	桥梁的总体规划及设计要点	(86)
5.4	桥梁工程的发展特点	(87)
	本章小结	(88)
	独立思考	(88)
	参考文献	(88)
6	道路工程	(89)
6.1	公路	(89)
6.2	城市道路	(94)
6.3	高速公路	(95)
	本章小结	(99)
	独立思考	(99)
	参考文献	(99)
7	隧道与地下工程	(100)
7.1	概述	(100)
7.2	隧道工程	(102)
7.3	地下工程	(121)
	本章小结	(126)
	独立思考	(127)
	参考文献	(127)
8	铁道工程	(128)
8.1	概述	(128)
8.2	高速铁路	(140)
8.3	城市轨道交通工程	(144)
	本章小结	(152)
	独立思考	(152)
	参考文献	(152)
9	水利工程	(153)
9.1	概述	(153)
9.2	水库及水利枢纽	(156)
9.3	水电站建筑物	(163)
9.4	我国几个典型的水利枢纽工程实例	(167)
9.5	水利水电工程的建设动向	(169)
	本章小结	(172)
	独立思考	(172)
	参考文献	(173)

10 港口和飞机场	(174)
10.1 港口工程.....	(174)
10.2 机场工程.....	(184)
本章小结.....	(192)
独立思考.....	(193)
参考文献.....	(193)
11 工程防灾与减灾	(194)
11.1 工程灾害的类型.....	(194)
11.2 工程灾害的防治.....	(201)
本章小结.....	(204)
独立思考.....	(205)
参考文献.....	(205)
12 建设项目管理	(206)
12.1 建设程序与建设法规.....	(206)
12.2 工程的项目管理.....	(209)
12.3 工程项目的招投标程序.....	(212)
12.4 建设工程的监理.....	(216)
12.5 案例分析.....	(218)
本章小结.....	(219)
独立思考.....	(220)
参考文献.....	(220)

1 绪 论

【内容提要】

本章主要内容为土木工程和土木工程专业的基本概念,土木工程的发展历史和未来展望及土木工程专业学习建议。本章的教学重难点是土木工程的发展历程及展望。

【能力要求】

通过本章的学习,学生应熟悉土木工程概念,了解土木工程发展历史。

1.1 土木工程的概念

1.1.1 土木工程及土木工程专业

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指所应用的材料、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、科研服务的各种工程设施,如房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水和排水以及防护工程等。建造工程设施的物质基础是土地、建筑材料、建筑设备和施工机具。借助这些物质条件,经济而便捷地建成既能满足人们使用要求和审美要求,又能安全承受各种荷载的工程设施,是土木工程学科的出发点和归宿。

土木工程的英语名称为 Civil Engineering,意为“民用工程”。它的原意是与“军事工程”(Military Engineering)相对应的,后来逐渐成为一切为了生活和生产所需的民用工程设施的总称,并发展成为一个学科。

土木工程作为一种系统的产业活动,其实质是生产的过程,或者说,是创造或者制造一种特定产品的过程。作为工程科学的一个门类,它是以土木工程为对象的一门技术科学。

土木工程专业学生主要学习工程力学、岩土工程、结构工程、市政工程、给水排水工程和水利工程学科的基本理论和知识,接受工程制图、工程测量、计算机应用、专业实验、结构设计及施工实践等方面的基本训练,最终具备从事建筑工程、交通土建工程、水利水电工程、港口工程、海岸工程和给水排水工程的规划、设计、施工、管理及相关研究工作的能力。

为培养土木工程所需的各类人员,世界各国在大学本科教学中都设立了土木工程专业。世界上最早培养土木工程师的大学是 1747 年法国创办的巴黎路桥学校。此后,英国、德国等也相继在大学中设置了土木工程相关专业。我国土木工程教育最早出现在 1895 年创办的北洋西学学堂(后称北洋大学,今天津大学)。经过一个多世纪,特别是改革开放 30 多年的迅速发展,我国目前已有 1000 余所高等院校开设土木工程专业,培养能从事土木工程设计、施工、管理、咨询、监理等方面工作的专业技术人员。

1.1.2 科学技术与工程的关系

科学技术与工程是人类认识自然与改造自然的两种形式和手段。科学技术的实质在于以发现和发明为己任,认识自然,揭示自然运动的客观规律,并把主体对客体的规律性认识运用于变革自然的过程中,通过工程实施来改造自然。它主要是以知识的形态来表现,是“思想和文献”。工程的实质在于在特定的相关的科学技术理论和方法指导下改造自然、建造人工自然,最终形成工程实体的活动和过程。它主要通过物质的形态体现出来,是“行动和实体”。

科学技术与工程,又是相互联系的。它们的目的是一致的。科学技术与工程无论是认识自然、改造自然,还是建造人工自然,其目的都是为人类的生存和发展需要服务,维持可持续发展和改善人类生态环境。科学技术与工程相互依存、相互促进、相互作用、相互渗透。在当今的工程实践中,这种联系更加紧密,你中有我,我中有你,已经达到了不可分割的程度。工程领域和活动需要科学思维、科学技术理论的指导,没有科学技术理论的指导,工程就不可能全面实现其目标,就很难建成、建好。可以说,现代的工程凝结和汇聚了相当的科技含量。反过来说,科学技术的应用又往往是以工程为依托的,离开了工程等实践活动,科学技术就成了无本之木、无源之水,科学技术理论和方法只有运用于工程等实践活动,才能得到检验和发展。从哲学上看,这是一个认识和实践的辩证关系问题。从这个意义上讲,科学技术与工程密不可分,科学技术与工程的这种紧密关系反映了科学技术工程一体化,反映了工程与科学技术的融合、统一及互动作用。

1.1.3 土木工程师的责任和义务

土木工程师担负着房屋、桥梁、隧道、道路等重要基础设施的建设与维护重任,在研究自然规律,获取工程知识的基础上,要用其创造性的劳动成果,为人类社会提供适宜的生活环境和生产基础。

技术和科学的紧密结合,使得历史上曾经存在的工匠式的“专家”,转变为现代意义上的工程师。专门化的工程师的出现,可以说是近现代的土木工程区别于古代土木工程的又一个显著标志。土木工程的这一发展,或者说是“进化”,丝毫没有排斥工程活动必须依靠经验积累的事实,直到今天,在工程师的教育活动中仍然高度重视经验的积累。但是,科学素养的培养、技术理论的学习、实验能力的训练,是土木工程师之所以成为工程师而非工匠的一个根本性的要求。

土木工程师是适应现代化建设的需要,掌握土木工程学科的理论 and 基本知识,获得土木工程师的基本训练,具有创新精神的高级工程科学技术人才。现代工程师应具有良好的交流能力、合作精神,懂得如何理解和运用工程技术与社会背景的复杂关系,能胜任跨学科的合作,养成终身学习的能力与习惯,适应多变的职业领域。这是一个合格的现代工程师必须具备的能力和素质,也是人才培养方案的新目标。

1.2 土木工程的发展历程及展望

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程的时间跨度,大致从旧石器时代(约公元前 5000 年起)到 17 世纪中叶。古代土木工程所用材料,最早为当地的天然材料,如泥土、石块、树枝、竹、茅草、芦苇等,后来开发出土坯、石材、砖、瓦、青铜、铁、铅,以及混合材料,如草筋泥、混合土等。古代土木工程所用工具,最早只是

石斧、石刀等简单工具,后来开发出斧、凿、锤、钻、铲等青铜和铁制工具,以及打桩机、桅杆起重机等简单施工机械。古代土木工程的建造主要依靠实际生产经验,缺乏设计理论的指导。尽管如此,古代土木工程还是留下了许多伟大的工程,记载着灿烂的古代文明。

(1) 万里长城

万里长城是世界上修建时间最长、工程量最大的工程之一,也是“世界十大奇迹”之一。长城从公元前 7 世纪开始修建,秦统一六国后,其规模达到空前巨大,西起临洮,东至辽东,蜿蜒一万余里,于是有了“万里长城”的称号。明朝对长城又进行了大规模的整修和扩建,东起鸭绿江,西至嘉峪关,全长有 7000km 以上,设置“九边重镇”,驻防兵力达 100 万人。“上下两千年,纵横十万里”,万里长城不愧是人类历史上伟大的军事防御工程。万里长城的结构形式主要为砖石结构,有些地段采用夯土结构,在沙漠中则采用红柳、芦苇与沙粒层层铺筑的结构。

(2) 都江堰和京杭大运河

都江堰和京杭大运河是我国古代水利工程的两个杰出代表。

都江堰位于四川灌县的岷江上,建于公元前 3 世纪,由战国时期秦蜀郡太守李冰父子率众人修建,是现存最古老且目前仍用于灌溉的伟大水利工程。都江堰以无坝引水为特征,由鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三部分组成。鱼嘴是江心的分水堤坝,把岷江分成外江和内江,外江排洪、内江灌溉;飞沙堰起泄洪、排沙和调节水量的作用;宝瓶口控制进水量。都江堰工程设计的合理与巧妙,令现在的许多国内外水利工程专家都赞叹不已。

京杭大运河是世界上建造最早、长度最长的人工开凿的河道。京杭大运河开凿于春秋战国时期,隋朝大业六年(公元 610 年)全部完成,迄今已有 2400 多年的历史。京杭大运河由北京到杭州,流经河北、山东、江苏、浙江四省,沟通海河、黄河、长江、淮河、钱塘江五大水系,全长 1794km,至今该运河的江苏段和浙江段仍是重要的水运通道。

(3) 中国古代桥梁

我们的祖先在桥梁建设史上也写下了不少光辉灿烂的篇章。据史料记载,约 3000 年前他们已在渭河上架设过浮桥。在中国,吊桥具有悠久的历史。初期的缆索由藤条或竹子做成,后来发展为用铁链代替。在古代,中国的冶炼技术领先于世界。据《水经注》记载,早在前秦时代(约公元前 200 年),就已经有了铁制的桥墩。汉明帝时(公元 60 年前后)就有了铁链悬索桥。至今保留下来的古代吊桥包括四川省泸定县的大渡河铁索桥,其建成于 1706 年,桥跨 100m,桥宽约为 2.8m。

中国早在秦汉时期就已广泛修建石梁桥。福建泉州的万安桥,于 1059 年建成,共 58 孔,长达 540m(有的记载长 800m)。漳州虎波桥,于 1240 年建成,总长约为 335m,一直保存至今;其单个石梁长达 23.7m,重约 2000kg,这样大的石梁,其运输、安装都需要很高的技术。河北赵州桥(又称安济桥),是中国古代石拱桥的杰出代表。该桥为隋朝(公元 605 年左右)工匠李春所建,其特点是跨度大(37.47m)、矢跨比小,主跨带有小拱,轻巧美观,又利于排洪。作为石拱桥其跨度之大,当时居世界之首。

(4) 国外古代建筑

西方留下来的宏伟建筑(或建筑遗址)大多是砖石结构的。如埃及的金字塔,建于公元前 2700 年至公元前 2600 年。其中最大的一座是胡夫金字塔,该塔基底为正方形,每边长 230.5m,高约为 1.40m,用 230 余万块巨石砌成。又如希腊的帕提农神庙、古罗马的斗兽场等都是非常优秀的古代石结构建筑。

中国古代建筑大多用木结构加砖墙建成。公元 1056 年建成的山西应县木塔(佛官寺释迦塔),塔高为 67.31m,共 9 层,横截面呈八角形,底层直径达 30.27m。该塔经历了多次大地震,历时近

千年仍完好耸立,这足以证明我国古代木结构的精湛技术。其他木结构如北京故宫、天坛,天津蓟县的独乐寺、观音阁等,也都是具有悠久历史的优秀木结构建筑。

1.2.2 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,土木工程有了革命性的发展,逐步形成为一门独立学科。这个时期的土木工程的发展有以下几个特点。

(1) 奠定了土木工程的设计理论

土木工程的实践及其他学科的发展为系统的设计理论奠定了基础。在这一时期,意大利学者伽利略于 1683 年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。1744 年,瑞士数学家欧拉建立了柱的压屈理论,给出了柱的临界压力的计算公式。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了比较系统的理论指导。1906 年美国旧金山大地震和 1923 年日本关东大地震推动了土木工程对结构动力学和工程结构抗震的研究,从此土木工程结构设计有了比较系统的理论基础。

(2) 出现了新的土木工程材料

从材料方面来讲,1824 年波特兰水泥的发明及 1867 年钢筋混凝土的应用是近代土木工程发展史上的重大事件。1859 年转炉炼钢法的成功使钢材得以大量生产并应用于房屋、桥梁等建筑。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。

(3) 出现了新的施工机械及其施工技术

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多的要求,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的手段。

(4) 土木工程发展到成熟阶段,其建设规模前所未有

在交通运输方面,由于汽车在陆路交通中具有快速和机动灵活的特点,道路工程的地位日益重要。沥青和混凝土开始用于铺筑高级路面。1931—1942 年,德国首先修筑了长达 3860km 的高速公路网,美国和欧洲其他一些国家相继效仿。20 世纪初出现了飞机,飞机场工程迅速发展起来。钢铁质量的提高和产量的上升,使建造大跨桥梁成为现实。1918 年加拿大建成魁北克悬臂桥,跨度为 548.6m;1931 年,美国纽约建成乔治·华盛顿桥,主跨为 1067m,是第一座单跨超千米的大跨桥梁;1937 年,美国旧金山建成金门悬索桥,跨度为 1280m,全长 2825m,是公路桥的代表性工程;1932 年,澳大利亚建成悉尼港桥,为双铰钢拱结构,跨度为 503m。工业的发达,城市人口的集中,使工业厂房向大跨度发展,民用建筑向高层发展。日益增多的电影院、体育馆、飞机库等都要求采用大跨度结构。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近代的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,高达 378m,有效面积为 $1.6 \times 10^5 \text{ m}^2$,结构用钢约为 $5 \times 10^4 \text{ t}$,内装电梯 67 部,还有各种复杂的管网系统,可谓集当时技术成就之大成,它保持世界房屋最高纪录达 40 年之久。

中国清朝实行闭关锁国政策,近代土木工程进展缓慢,直到清末出现洋务运动,才引进一些西方技术。1909 年,中国著名工程师詹天佑主持修建的京张铁路竣工,全长约为 200km,达到当时的世界先进水平,全程有 4 条隧道,其中八达岭隧道长为 1091m;1894 年用气压沉箱法施工建成的滦

河大桥;1901年建成全长为1027m的松花江桁架桥;1905年建成全长为3015m的郑州黄河桥。中国近代市政工程始于19世纪下半叶,1865年上海开始供应煤气,1879年旅顺建成中国第一个近代给水工程,时隔不久,上海也开始供应自来水和电力。

中国近代建筑以1929年建成的中山陵和1931年建成的广州中山纪念堂(跨度为30m)为代表。1934年在上海建成了24层钢结构的国际饭店、21层的百老汇大厦(今上海大厦)和12层钢筋混凝土结构的大新公司。到1936年,已有近代公路 1.1×10^5 km。由中国工程师设计修建了浙赣铁路、粤汉铁路的株洲至韶关段以及陇海铁路西段等铁路。1937年建成了公路铁路两用钢桁架的钱塘江大桥,长为1453m,采用沉箱基础。在材料方面,1889年在唐山出现了中国第一个水泥厂;1910年开始生产机制砖。这些工程建设在中国近代土木工程史上都具有一定的代表性。

1.2.3 现代土木工程

现代土木工程以现代科学技术为背景,以现代工程材料为基础,以社会生产力的现代发展为动力,以现代工艺与机具为手段高速向前发展。第二次世界大战结束后,社会生产力出现了新的飞跃。现代科学技术突飞猛进,土木工程进入一个新时代。

(1) 工程功能化

现代土木工程的特征之一,是工程设施同它的使用功能或生产工艺更紧密地结合。复杂的现代生产过程和日益上升的生活水平,对土木工程提出了各种专门的要求。现代土木工程为了适应不同工业的发展,有的工程规模极为宏大,如大型水坝混凝土用量达数千万立方米,大型高炉的基础也达数千立方米;有的则要求十分精密,如电子工业和精密仪器工业要求能防微振。现代公用建筑和住宅建筑不再仅仅是传统意义上徒具四壁的房屋,而要求同采暖、通风、给水、排水、供电、供燃气等种种现代技术设备结合成一体。

(2) 城市立体化

随着经济的发展,人口的增长,城市用地更加紧张,交通更加拥挤,这就迫使房屋建筑和道路交通向高空和地下发展。高层建筑成了现代化城市的象征。1974年芝加哥建成高达433m的西尔斯大厦,超过1931年建造的纽约帝国大厦的高度。现代高层建筑由于设计理论的进步和材料的改进,出现了新的结构体系,如剪力墙、筒中筒结构等。美国在1968—1974年建造的3幢超过百层的高层建筑,自重比帝国大厦减轻20%,用钢量减少30%。高层建筑的设计和施工是对现代土木工程成就的一个总检阅。城市道路和铁路很多已采用高架,同时又向地层深处发展。地下铁道在近几十年得到进一步发展,地铁早已电气化,并与建筑物地下室连接,形成地下商业街。北京地下铁道在1969年通车后,1984年又建成新的环形线。地下停车库、地下油库日益增多。城市道路下面密布着电缆、给水、排水、供热、供燃气的管道,构成城市的脉络。现代城市建设已经成为一个立体的、有机的系统,对土木工程各个分支以及它们之间的协作提出了更高的要求。图1-1和图1-2分别为中国台北国际金融中心大厦(台北101)和美国芝加哥西尔斯大楼。

(3) 交通高速化

现代世界是开放的世界,人、物和信息的交流都要求更高的速度。高速公路虽然1934年就在德国出现,但在世界各地较大规模地修建,是第二次世界大战后的事。1983年,世界高速公路已达 1.1×10^5 km,很大程度上取代了铁路的职能。高速公路的里程数,已成为衡量一个国家现代化程度的标志之一。我国从1988年第一条高速公路建成,截止到2013年底通车里程已突破100000km。铁路也出现了电气化和高速化的趋势。日本的“新干线”铁路行车时速达210km以上,法国巴黎到里昂的高速铁路运行时速达260km。目前,我国高速铁路已突破10000km,最高运

行时速达到 350km。从工程角度来看,高速公路、铁路在坡度、曲线半径、路基质量和精度方面都有严格的限制。交通高速化直接促进着桥梁、隧道技术的发展。不仅穿山越江的隧道日益增多,而且出现长距离的海底隧道。如日本从青森至函馆越过津轻海峡的青函海底隧道,全长达 53.85km;我国秦岭终南山隧道全长达 18.4km。

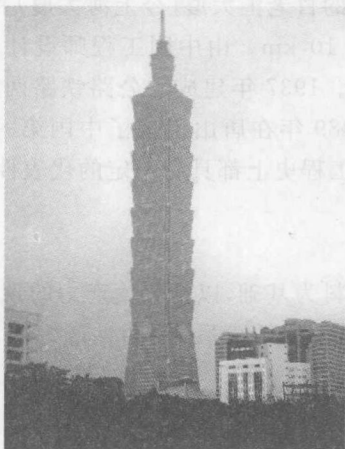


图 1-1 中国台北国际金融中心大厦(508m)

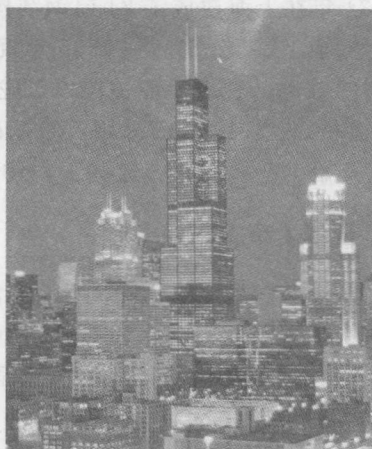


图 1-2 美国芝加哥西尔斯大楼(443m)

(4) 材料轻质高强度

现代土木工程材料进一步变得轻质化和高强度。工程用钢的发展趋势是采用低合金钢。中国从 20 世纪 60 年代起普遍推广了锰硅系列和其他系列的低合金钢,大大节约了钢材用量并改善了结构性能。高强钢丝、钢绞线和粗钢筋的大量生产,使预应力混凝土结构在桥梁、房屋等工程中得以推广。标号为 500~600 号的水泥已在工程中普遍应用,近年来轻集料混凝土和加气混凝土已用于高层建筑。例如,美国休斯敦的贝壳广场大楼,用普通混凝土只能建 35 层,改用了陶粒混凝土,自重大大减轻,用同样的造价建造了 52 层。而大跨、高层、结构复杂的工程又反过来要求混凝土进一步轻质化、高强度;我国客运专线电缆槽盖板要求采用活性粉末混凝土,抗压强度达 130MPa。

(5) 施工过程工业化

大规模现代化建设使中国和前苏联的建筑标准化达到了很高的程度。人们力求推行工业化生产方式,在工厂中成批地生产房屋、桥梁的种种构配件、组合体等。预制装配化的潮流在 20 世纪 50 年代后席卷了以建筑工程为代表的许多土木工程领域。这种标准化在中国土木工程中,起到了积极的作用。中国建设规模在绝对数字上是巨大的,30 年来城市工业与民用建筑面积达 $2.3 \times 10^9 \text{ m}^2$,其中住宅 $1.0 \times 10^9 \text{ m}^2$,若不广泛推行标准化,是难以完成的。装配化不仅对房屋重要,也在中国桥梁建设中引出装配式轻型拱桥,从 20 世纪 60 年代开始采用与推广,对解决农村交通起到了一定的作用。我国铁路桥梁普遍采用标准化的 T 梁和箱形梁,采用工厂化生产,集中预制架设法施工,在保证质量的前提下,促进了施工进度,不到 10 年,我国高铁里程已突破 10000km。

(6) 理论研究精密化

现代科学信息传递速度大大加快,一些新理论与方法,如计算力学、结构动力学、动态规划法、网络理论、随机过程论、滤波理论等的成果,随着计算机的普及而被应用到了土木工程领域。结构动力学已发展完备。荷载不再是静止的和确定性的,而将被当作随时间变化的随机过程来处理。美国和日本使用由计算机控制的强震仪台网系统,提供了大量原始地震记录。日趋完备的反应谱方法和直接动力法在工程抗震中发挥了很大作用。中国在抗震理论、测震、震动台模拟试验以及结

构抗震技术等方面有了很大的发展。静态的、确定的、线性的、单个的分析,逐步被动态的、随机的、非线性的、系统与空间的分析所代替。电子计算机使高次超静定的分析成为可能,如高层建筑中框架—剪刀墙体系和筒中筒体系的空间工作,只有用电算技术才能计算。电算技术也促进了大跨桥梁的实现,1980年英国建成亨伯悬索桥,单跨达1410m;1983年西班牙建成卢纳预应力混凝土斜张桥,跨度达440m;1975年我国在云阳建成第一座斜张桥,后在济南建成黄河斜张桥,跨度为220m,以及天津永和桥,跨度达260m。1998年,日本建成明石海峡大桥,主跨达1990.8m,是最大跨度悬索桥;2008年,我国建成苏通长江大桥,主跨达1088m,建成时是世界最大跨度斜拉桥。

从材料特性、结构分析、结构抗力计算到极限状态理论,土木工程各个分支都得到充分发展。20世纪50年代,美国、苏联开始将可靠性理论引入土木工程领域。土木工程的可靠性理论建立在作用效应和结构抗力的概率分析基础上。工程地质、土力学和岩体力学的发展为研究地基、基础和开拓地下、水下工程创造了条件。计算机不仅用以辅助设计,更被当作优化手段,不但运用于结构分析,而且扩展到建筑、规划领域。理论研究的日益深入,使现代土木工程获得许多质的飞跃,并使工程实践更离不开理论指导。

此外,现代土木工程与环境关系更加密切,不仅要使用功能上使它造福人类,还要注意它与环境的协调问题。现代生产和生活排放大量废水、废气、废渣,污染着环境。环境工程,如废水处理工程等又为土木工程增添了新内容。核电站和海洋工程的快速发展,又产生新的引起人们极为关心的环境问题。现代土木工程规模日益扩大,如世界水利工程中,库容达 $3.0 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 的水库有28座,高于200m的大坝有25座。乌干达欧文瀑布水库库容达 $2.04 \times 10^{11} \text{ m}^3$,前苏联罗贡士石坝高为325m;中国葛洲坝截断了世界最大河流之一的长江,并又建成了三峡高坝,在1983年完成了引滦入津工程。这些大水坝的建设和水系调整还会引起对自然环境的负面影响,即破坏自然生态平衡,而且现代土木工程规模愈大,它对自然环境的影响也愈大。因此,伴随着大规模现代土木工程的建设,带来一个保持自然界生态平衡的课题,有待综合研究解决。

1.2.4 土木工程展望

土木工程的功能化、城市建设的立体化、交通运输的高速化必然使得构成土木工程的三个要素——材料、理论、施工出现了新的发展趋势。

(1) 材料向多功能、智能化发展

从土木工程的发展历史来看,材料品种或性能的变迁,往往是土木工程技术发展的动力和促进施工技术产生显著变革或进步的基础。土木工程材料的发展与土木工程技术的进步有着不可分割的联系,它们相互制约、相互依赖和相互推动。依靠材料科学和现代工业技术,人们已开发出了许多高性能和多功能的新型材料。

智能化材料是指材料本身具有自感知、自调节、自清洁、自修复,实现构筑物自我监控的功能,以及可重复利用性。如将碳纤维材料作为导电材料加入水泥浆中,当纤维用量合适且制备工艺合适时,硬化电阻的特性会随外界压力的变化而变化,也即对应力敏感,当结构内的应力接近损伤区或破坏区时即可自动报警,这就是具有自诊断功能的碳纤维压敏混凝土结构。利用这一特性,可用于大坝、桥梁及重要的工程结构,实现结构在线监测和损伤评估。

为了保护人类赖以生存的环境,未来的土木工程材料在技术性能不断改进的同时,还应遵循工程建设以环境为本的宗旨。绿色建材就是从可持续发展角度出发,尽可能地少用天然资源,充分利用再生资源,大量使用工业或城市固体废弃物,采用低能耗、无污染的生产技术,生产和开发能够降解有害气体、抑菌与杀菌,对人体健康和环境无害并且可循环再生利用的新型材料。因此开发和使

用绿色建材,实现材料与环境的协调及相互适应,将是未来土木工程材料发展的必然趋势。

(2) 设计理论的精确化、科学化

设计理论的精确化、科学化主要表现在理论分析由线性到非线性分析;由平面分析到空间分析;由单个分析到系统的综合整体分析;由静态分析到动态分析;由经验定值分析到随机分析;由数值分析到模拟实验分析;由人工手算、人工做比较方案、人工制图到计算机辅助设计、计算机优化设计、计算机制图等。理论研究的日益深入,使现代土木工程取得许多质的进展,使工程实践更离不开理论指导。土木工程学的学科理论如可靠性理论、土力学和岩土力学理论、结构抗震理论、动态规划理论、网络理论将得到迅速发展。

(3) 施工技术向工业化、装配化方向发展

随着经济的快速发展,钢结构建筑已经从大跨高耸结构向一般民用建筑推广,应用越来越广泛,钢结构最适用于工厂化生产。混凝土结构也普遍推广集中预制装配施工技术,如客运专线应用的大型箱梁采用预制架设法施工,公路中预制箱梁的质量已超过 2000t。施工技术的发展,促进了大型和智能化施工装备的发展。如桥梁施工使用的提梁、运梁、架梁设备,隧道施工使用的盾构机,路面施工使用的滑模式水泥混凝土摊铺机和桥梁预应力施工的智能张拉及自动化压浆设备等。

(4) 土木工程将向太空、海洋、荒漠地区开拓

地球上的海洋面积占整个地球表面积的 71% 左右,现在陆地上土地太少,向海洋开拓的时代已经开始。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。如果将平台扩大,建成海上城市是完全可能的。

全世界陆地中约有 21% 为沙漠或荒漠地区,千里荒沙,渺无人烟,目前还很少开发。沙漠难以利用主要是因为缺水,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。我国西北部,利用兴修水利,植固沙植物,改良土壤等方法,使一些沙漠变成了绿洲。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。

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。美国华裔科学家林柱铜博士将从月球带回来的岩石烧制成了水泥。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,为了使火星地球化,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,等到火星适于人类居住,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 土木工程专业学习建议

1.3.1 土木工程专业培养目标及要求

1.3.1.1 土木工程专业本科培养目标及要求

按照教育部颁布的新的本科专业目录,土木工程专业又分为本科专业目录和工科引导性专业目录两种,后者是构筑在更广阔的专业知识和目标之上的培养模式,即在工科中开设的宽口径培养