

www.hustp.com

“十二五”江苏省高等学校重点教材



土木工程概论

AN INTRODUCTION TO CIVIL ENGINEERING

(第三版)

主编 王林

普通高等院校土木专业“十三五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 13th Five-Year Plan

主审 宗兰



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2013-1-136)
普通高等院校土木专业“十三五”规划精品教材

土木工程概论

An Introduction to Civil Engineering

(第三版)

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良 李杰
姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书主审 宗 兰

本书主编 王 林

本书副主编 吴 庆 周国宝

本书编写委员会

王素瑞 曾文杰 王博俊 周道传 王炳辉
赵忠超 秦蓁蓁 吴 庆 周国宝

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

全书共 14 章,内容包括导论,土木工程材料,建筑结构,基础与地下工程,道路、桥梁与隧道工程,给排水工程,工程的防灾与减灾,建筑环境与能源应用,港口与海洋工程,水利水电工程,土木工程施工,建设工程项目管理,工程造价,数字技术在土木工程中的应用等。

本书是面向应用型本科生编写的,其特点是易读易懂。可作为普通高等院校土木工程专业及其相关专业的教材和参考用书,也可作为高职高专学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/王林主编. —3 版. —武汉:华中科技大学出版社,2016. 2
ISBN 978-7-5680-0954-6

I. ①土… II. ①王… 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(2015)第 133669 号

土木工程概论(第三版)

Tumu Gongcheng Gailun

王 林 主 编

责任编辑:简晓思

封面设计:张璐

责任校对:曾婷

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:850mm×1065mm 1/16

印 张:20

字 数:524 千字

版 次:2016 年 2 月第 3 版第 1 次印刷

定 价:48.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人的道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现二者的高度结合。

中国经济建设的高速持续发展,国家对各类建筑人才的需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点。

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新,结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容和数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士 王思敬

2006年6月于北京

第三版前言

本书第一版于2008年5月正式出版,为“普通高等院校土木专业‘十一五’规划精品教材”之一,2010年出版第二版,列入“普通高等院校土木专业‘十二五’规划精品教材”。本书被多所大学图书馆收录书目检索,被多家新华书店和建筑书店征订,得到了许多高校教师和学生的认可与厚爱,也得到了土木工程专业人员的关注与好评。在此一并表示感谢!

七年来,经过多校、多个专业的使用,编者根据教学实践中的切身体会,以及读者、出版单位等的反馈,加之教育部“卓越工程师教育培养计划”的推行,为了更好地发挥规划教材的作用,我们对本书进行了修订和补充。

经遴选,本书亦被列入“十二五”江苏省高等学校重点教材。

本次修订的重点主要在以下三个方面:一是知识内容的更新,随着科技的发展,新材料、新工艺的不断出现,以及国内外建设形势的变化,原书的部分内容需要更新;二是由于部分国家规范和标准进行了修订,书中相关内容也做了修改;三是增删和调整了部分章节的内容和次序。

征得原主编北华大学李毅老师同意,本次修订由江苏科技大学王林任主编,江苏科技大学吴庆、周国宝为副主编。全书内容共有14章,由江苏科技大学王林、吴庆、周国宝、王素瑞、曾文杰、王博俊、周道传、王炳辉、赵忠超及苏州理工学院秦蓁蓁等在前两版的基础上修改、编写。全书由南京工程学院宗兰教授主审。

在编写过程中参考了某些同类教材,一并向这些书的作者致谢。同时,向前两版的编者:北华大学李毅、廖明军、蒙彦宇、王凯英、仲玉侠,大连大学肖丽萍,山西农业大学马红梅,江苏科技大学汪宏、张友志等致谢。受编者水平所限,本次修订工作难免会有不足乃至失误之处,恳请读者包涵,并能一如既往地提出宝贵意见,使本书不断完善。书中不妥之处敬请读者批评指正。

编者

2015年6月

前 言

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。1998 年国家教委(现教育部)颁布了新的土木工程专业本科目录,新目录的颁布使我国普通高等学校的土木工程专业正式规范于“大土木”的框架。现今的“大土木”包括了原来的建筑工程专业、交通土建工程、矿井建设、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”课列为必修课程。

本书是以满足 21 世纪高等学校应用型人才培养为宗旨,面向 21 世纪土木工程应用型本科人才培养而编写的。“土木工程概论”课程旨在使土木工程专业的低年级学生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,作为以后学习的良好铺垫。本书注重引导学生认识和了解土木工程专业,激发学生热爱土木工程专业,培养学生自主学习的能力。本书也可以作为高职高专学生的参考教材。

本书由北华大学李毅、江苏科技大学王林任主编。北华大学廖明军、大连大学肖丽萍为副主编。全书内容共有 14 章。其中,第 1 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 14 章由北华大学李毅、王凯英、廖明军、蒙彦宇、仲玉侠,山西农业大学马红梅编写;第 2 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章由江苏科技大学王林、汪宏、王素瑞、曾文杰、张友志等编写,唐柏鉴及研究生王利锐、李鑫、魏延晓等参与收集、整理资料;第 3 章由东南大学张晋编写;第 4 章、第 5 章由大连大学肖丽萍编写。全书由南京工程学院宗兰教授主审。在编写过程中参考了某些同类教材,在此一并向这些书的作者致谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处敬请读者批评指正。

编者

2008 年 1 月

目 录

第 1 章 导论	(1)
1.1 土木工程的性质和特点	(1)
1.2 土木工程的发展历史及其展望	(2)
1.3 应用型土木工程人才素质及培养方案	(11)
1.4 怎样适应大学的学习	(15)
【本章要点】	(18)
【思考与练习】	(18)
第 2 章 土木工程材料	(19)
2.1 土木工程材料的发展历史及发展趋势	(19)
2.2 土木工程材料的作用及其特性	(24)
2.3 新型土木工程材料简介	(28)
【本章要点】	(37)
【思考与练习】	(37)
第 3 章 建筑结构	(38)
3.1 建筑结构的组成及分类	(38)
3.2 建筑结构的发展历史	(49)
3.3 现代建筑结构简介	(51)
3.4 土木工程设计规范简介	(65)
【本章要点】	(67)
【思考与练习】	(67)
第 4 章 基础与地下工程	(68)
4.1 工程地质勘察	(68)
4.2 工程结构对基础的要求	(72)
4.3 基础的类型	(76)
4.4 基础工程设计方法	(82)
4.5 地基处理	(82)
4.6 基坑工程及其特点	(85)
【本章要点】	(87)
【思考与练习】	(87)
第 5 章 道路、桥梁与隧道工程	(88)
5.1 道路与铁路工程	(88)
5.2 桥梁工程	(100)

5.3 地下空间工程与隧道工程	(114)
【本章要点】	(122)
【思考与练习】	(122)
第6章 给排水工程	(123)
6.1 给水工程	(123)
6.2 排水工程	(128)
6.3 建筑给水排水工程	(134)
6.4 给排水材料及施工方法	(140)
【本章要点】	(143)
【思考与练习】	(144)
第7章 工程的防灾与减灾	(145)
7.1 工程灾害概述	(145)
7.2 工程结构的防灾减灾	(154)
7.3 工程结构的加固	(155)
【本章要点】	(160)
【思考与练习】	(160)
第8章 建筑环境与能源应用	(161)
8.1 建筑环境与能源概述	(161)
8.2 建筑室内环境	(166)
8.3 建筑环境性能的评价方法	(168)
8.4 供暖系统	(170)
8.5 通风	(173)
8.6 空气调节	(178)
【本章要点】	(183)
【思考与练习】	(183)
第9章 港口与海洋工程	(184)
9.1 港口工程概述	(184)
9.2 港口工程的规划和设计	(193)
9.3 港口工程的发展	(197)
9.4 海洋工程概述	(199)
9.5 海洋工程发展趋势	(208)
【本章要点】	(210)
【思考与练习】	(211)
第10章 水利水电工程	(212)
10.1 水利水电工程在国民经济中的作用	(212)
10.2 水利水电工程的规划和设计	(216)
10.3 水利水电工程的发展趋势	(224)

【本章要点】	(227)
【思考与练习】	(227)
第 11 章 土木工程施工	(229)
11.1 土木工程施工技术	(229)
11.2 土木工程施工组织	(240)
11.3 土木工程施工的发展与展望	(244)
【本章要点】	(246)
【思考与练习】	(247)
第 12 章 建设工程项目管理	(248)
12.1 工程项目管理	(248)
12.2 建设工程项目的进度、质量、成本、安全生产管理	(253)
12.3 建设工程合同管理	(267)
12.4 建设工程项目管理的发展趋势和前沿理论	(277)
【本章要点】	(283)
【思考与练习】	(283)
第 13 章 工程造价	(284)
13.1 工程造价的含义和特点	(284)
13.2 工程造价管理	(288)
【本章要点】	(293)
【思考与练习】	(293)
第 14 章 数字化技术在土木工程中的应用	(295)
14.1 计算机辅助设计	(295)
14.2 信息化施工	(297)
14.3 仿真系统	(300)
14.4 BIM 技术应用	(302)
【本章要点】	(305)
【思考与练习】	(306)
参考文献	(307)

第 1 章 导 论

1.1 土木工程的性质和特点

1.1.1 什么是土木工程

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。它不但包括所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养维修等技术活动,还包括工程建设的对象,即建造在地上或地下、陆地或水中,以及直接或间接为人类生活、生产、军事和科学服务的各种工程设施,例如房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、给水排水及防护工程等。

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。在英语中,历史上土木工程、机械工程、电气工程、化工工程都属于 Civil Engineering,因为它们都具有民用性。后来,随着工程技术的发展,机械、电气、化工逐渐形成独立的学科,Civil Engineering 就成为土木工程的专用名词。

土木工程是人类赖以生存的基础产业,它伴随人类的文明而产生和发展。该学科体系产生于 18 世纪的英、法等国,现在已发展成为现代科学技术的一个独立分支。中国的土木工程教育开始于 19 世纪(1895 年),在新中国成立后取得了巨大的进展。由于历史的原因,在相当长的时间内,中国高等教育学科的专业设置过于狭窄。土建类专业在过去被划分为桥梁与隧道工程、铁道工程、公路与城市道路工程、水利水电建筑工程、港口与海湾建筑工程、工业与民用建筑工程、环境工程、矿山建筑工程等十多个方向很窄的专业。1998 年教育部颁布的新的《普通高等学校本科专业目录》,使中国高等教育的专业设置更有利于人才的培养和社会发展的需要。

1.1.2 土木工程的性质和特点

土木工程为国民经济的发展和人民生活的改善提供了重要的物质技术基础,在国民经济中占有举足轻重的地位。土木工程的发展水平能够充分体现国民经济的综合实力,反映一个国家的现代化水平,而人们的生活也离不开土木工程。为改善人们的居住条件,国家每年在建造住宅方面的投资是十分巨大的。1995 年城镇人均居住面积为 7.6 m^2 ,到 1997 年,城镇人均居住面积已达 8.8 m^2 。根据建设部的规划目标,到 2020 年城镇人均居住面积将达到 35 m^2 ,城镇最低收入家庭人均居住面积大于 20 m^2 。同时铁路、公路、水运、航空等的发展也都离不开土木工程。

土木工程有下列五个基本性质。

(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,需要综合运用工程地质勘察、水文地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程结构设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济、施工

技术、施工组织等学科的知识。因而土木工程是一门范围广阔的综合性学科。

(2) 社会性

土木工程是伴随着人类社会的进步发展起来的,它反映了各个历史时期社会、经济、文化、科学、技术发展的面貌和水平。因而土木工程也就成为社会历史发展的见证之一。

(3) 实践性

土木工程是一门具有很强的实践性的学科。影响土木工程的因素众多且错综复杂,因此土木工程对实践的依赖性很强。另外,只有进行新的工程实践,才能发现新的问题。例如,建造高层建筑、大跨桥梁等时,工程的抗风和抗震问题比较突出,因而发展出这方面的新理论技术。

(4) 工程周期长

土木工程(产品)实体庞大,个体性强,消耗社会劳动力多,影响因素多(因为工程一般在露天下进行,受到各种气候条件的制约,如冬季、雨季、台风、高温等),由此带来了生产周期长的特点。

(5) 工程的系统性

人们力求最经济地建造一项工程设施,用于满足使用者的预期要求,同时还要考虑工程技术要求、艺术审美要求、环境保护及其生态平衡,任何一项土木工程都要系统地考虑这几方面的问题,土木工程项目决策的优良与否完全取决于对这几项因素的综合平衡和有机结合的程度。因此,土木工程必然是每个历史时期技术、经济、艺术统一的见证。土木工程受这些因素制约的性质充分地体现了土木工程的系统性。

1.2 土木工程的发展历史及其展望

1.2.1 古代土木工程的发展历史简述

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。古代土木工程所用的材料,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、木材、砖、瓦、青铜、铁、铅,以及草筋泥、混合土等混合材料。古代土木工程所用的工具,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,也是世界七大奇迹之一。长城从公元前 7 世纪开始修建,秦统一六国后,其规模达到西起临洮,东止辽东,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 7 000 km 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”,万里长城不愧为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;宝瓶口控制进水流量。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时间最早、长度最大的人工开凿的河道。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1400多年历史。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1794 km。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写下了不少光辉灿烂的篇章。据史料记载,约3000年前已在渭河上架设过浮桥。在中国,吊桥具有悠久的历史。初期的缆索是由藤条或竹子做成的,后来发展为用铁链代替。在中国古代,冶炼技术领先于世界。据《水经注》记载,早在先秦时代(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有四川省泸定县的大渡河铁索桥,其建成于1706年,桥跨100 m,桥宽约2.8 m。

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540 m(有的记载长800 m)。漳州虎波桥,1240年建成,总长约335 m,一直保存至今,其石梁每个长达23.7 m,重约2000 kN,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(37.47 m)、矢跨比小,主跨带小拱,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) 国内外古代建筑

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年间,其中最大的一座是胡夫金字塔,该塔基底为正方形,每边长230.5 m,高约140 m,用230余万块巨石砌成。又如希腊的帕特农神庙、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),塔高67.31 m,共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精湛技术。其他木结构如北京的故宫、天坛,天津市蓟县的独乐寺观音阁等均为具有悠久历史的优秀木结构建筑。

1.2.2 近代土木工程的发展历史简述

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,逐步成为一门独立学科。这个时期的土木工程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。

(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年钢筋混凝土开始应用是近代土木工程发展史上的重大事件。1856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。钢筋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,绝大多数采用了钢材或钢筋混凝土。

(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、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3 860 km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548.6 m;1932年,澳大利亚建成悉尼港桥,为双铰钢拱结构,跨度503 m;1937年,美国旧金山建成金门悬索桥,跨度1 280 m,全长2 825 m,是公路桥的代表性工程。

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、摄影场、体育馆、飞机库等都要求采用大跨度结构。1925—1933年,法国、苏联和美国分别建成了跨度达60 m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381 m,有效面积16万 m^2 ,结构用钢约5万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,它保持世界最高建筑纪录达40年之久。

中国清朝时期实行闭关锁国政策,近代土木工程发展缓慢,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的京张铁路建成,全长约200 km,达到当时世界先进水平。全程有4条隧道,其中八达岭隧道长1 091 m。到1911年辛亥革命时,中国铁路总里程为9 100 km。1894年建成用气压沉箱法施工的滦河桥,1901年建成全长1 027 m的松花江桁架桥,1905年建成全长3 015 m的郑州黄河大桥。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,旅顺建成近代给水工程,相隔不久,上海也开始供应自来水和电力。1889年,唐山设立水泥厂,1910年开始生产机制砖。中国近代土木工程教育事业开始于1895年创办的天津北洋西学学堂(后称北洋大学堂,今天津大学)和1896年创办的山海关北洋铁路官学堂(后称唐山交通大学,今西南交通大学)。

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30 m)为代表。1934年在上海建成了钢结构的24层国际饭店、21层百老汇大厦(今上海大厦)和钢筋混凝土结构的12层大新公司。到1936年,已有近代公路11万 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。1937年建成了公路、铁路两用钢桁架的钱塘江大桥,长1 453 m,采用沉箱基础。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 现代土木工程的发展历史简述

现代土木工程以社会生产力的现代发展为动力,以现代科学技术为背景,以现代工程材料为基础,以现代工艺与机具为手段高速度地向前发展。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。从世界范围来看,现代土木工程为了适应社会经济发展的需求,具有以下一些特征。

(1) 功能要求多样化

现代科学技术的高度发展使得土木工程结构及其设施的使用功能必须适应社会的现代化水平。土木工程结构的多样化功能要求不但体现了社会的生产力发展水平,而且对土木工程的生产要求也越来越高,从而使得学科间的交叉和渗透越来越强烈,生产过程越来越复杂。

随着科学技术的高度发展,现代土木工程装备中装配式工程结构构件的生产和安装精度要求越来越高。

随着社会经济的发展、人们物质及文化水平和需求的提高,公用建筑和住宅等除了有良好的采光、通风、保温、隔音降噪、防火、抗震等功能外,在外观、使用功能、空间划分、内装等方面有了更高的要求。工业的发展带来了新的工程类型和特种工程结构,如核电站、加速器工程等,要求具有很好的抗辐射功能;电子和精密仪器工业要求结构具有较好的防震、隔震能力。20世纪末,随着科学技术的发展,建筑的生态功能越来越为人们所重视。随着电子技术和信息化技术的高度发展,智能化建筑也有了进一步的发展。

现代土木工程的使用功能多样化程度不仅反映了现代社会的科学技术水平,也折射出土木工程学科的发展水平。

(2) 城市立体化

随着经济的发展,人口的增长,用房需求量加大,城市用地更加紧张,交通更加拥挤,建筑和道路交通向高空和地下发展也成为必然。

高层建筑成了现代化城市的象征。哈利法塔(原名迪拜塔),位于阿拉伯联合酋长国的迪拜,共有162层,总高828.14 m,2004年9月21日开始动工,2010年1月4日竣工,总投资超过15亿美元,为当前世界第一高楼。东京晴空塔高度为634.0 m,于2011年11月17日获得吉尼斯世界纪录认证为“世界第一高塔”,成为全世界最高的自立式电波塔,也是当前世界第二高的建筑物。上海中心总高为632 m,主体建筑结构高580 m,由地上121层主楼、5层裙楼和5层地下室组成,总建筑面积57.6万 m²,成为上海最高的摩天大楼,是世界第三高楼。2012年建成的麦加皇家钟塔饭店位于沙特阿拉伯王国的伊斯兰教圣城——麦加,建筑高度601 m,共95层。台北101是位于中国台湾省台北市信义区的一幢摩天大楼,2004年建成,楼高508 m,地上101层,地下5层,2010年以前是当时

全世界最高的摩天大楼。上海环球金融中心位于上海市浦东新区陆家嘴,于2008年竣工,该工程地块面积 3万 m^2 ,总建筑面积 38.16万 m^2 ,紧靠金茂大厦,该工程地上101层,地下3层,建筑主体结构高达492 m。

中国城镇化政策的推行导致城市规模的不断扩张,小轿车进入家庭的速度不断加快,从而带来了轿车工业的迅猛发展,城市交通严重紧张状况由几个大都市向普通的大城市发展,城市交通堵塞由局部地区和局部时间段上向大部分地区 and 较长时间段上发展,给人们正常出行带来了极大的不便。大力发展城市轨道交通是国内外解决城市交通最好的办法。“十一五”期间中国已有13个城市拥有轨道交通,总长度 $1\,500\text{ km}$ ，“十二五”期间城市轨道交通总长度增加到 $2\,500\text{ km}$,据不完全统计,我国规划、准备建设和已经建设城市轨道交通的城市已经有20多个,规划城市轨道交通网总里程达到 $3\,500\text{ km}$ 以上,城市轨道交通发展的前景是宏大的,建设市场是广阔的。

(3) 交通高速化

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,还是第二次世界大战后的事。1983年,世界高速公路通车总里程已达 11万 km 。到2004年底,中国高速公路通车里程已超过 3.4万 km ,继续保持世界第二,在很大程度上取代了铁路的职能。2014年全国新增高速公路通车里程 $7\,450\text{ km}$,至此,全国高速公路通车总里程在2013年 10.4万 km 的基础上达到了 11.145万 km 。其中高速公路通车里程 $5\,000\text{ km}$ 以上的省份,由2013年的6个增加到8个,根据通车里程依次排名为:①广东 $6\,280\text{ km}$;②河北 $6\,029.7\text{ km}$;③山西 $5\,869\text{ km}$;④河南 $5\,858\text{ km}$;⑤湖南 $5\,493\text{ km}$;⑥四川 $5\,241\text{ km}$;⑦山东 $5\,200\text{ km}$;⑧湖北 $5\,106\text{ km}$ 。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。

铁路也出现了电气化和高速化的趋势,在发展铁路电气化方面,先后建成陇海铁路郑州至兰州段、太焦铁路长治至月山段,以及贵昆、成渝、川黔、襄渝、京秦、丰沙大和石太等电气化铁路共 $4\,700\text{ km}$ 以上。2007年4月18日,中国全国铁路正式实施第六次大面积提速,时速达到 200 km/h 以上,其中京哈、京沪、京广、胶济等提速干线部分区段达到时速 250 km/h 。日本的新干线铁路行车时速达 210 km/h 以上,法国巴黎到里昂的高速铁路运行时速达 260 km/h 。中国上海磁悬浮列车于2004年1月1日正式投入商业运营,线路全长 29.873 km ,西起上海地铁2号线龙阳路站,东至浦东国际机场站,设计最高运行时速 430 km/h ,单向运行时间7分20秒。目前世界上已经有中国、西班牙、日本、德国、法国、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、比利时、荷兰、瑞士等16个国家和地区建成运营高速铁路。据国际铁路联盟统计,截至2013年11月1日,世界其他国家和地区高速铁路里程 1.16万 km ,2014年中国高铁新通车里程 $7\,660\text{ km}$,总里程达 1.93万 km ,占世界高铁总里程的一半。与发达国家相比,中国高速铁路发展起步虽晚,但发展最快。目前,高速铁路再度成为世界铁路发展热点。

航空事业在现代得到飞速发展,航空港遍布世界各地。航海业也有很大发展,世界上的国际贸易港口超过2 000个,并出现了大型集装箱码头。上海港是世界第一大集装箱港口,2014年,上海港完成 $3\,528.5\text{万标箱}$ 的吞吐量,连续5年稳坐全球第一的宝座。排名第二的新加坡港与上海港的差距扩大到 141.6万标箱 。深圳港完成集装箱吞吐量 $2\,403.7\text{万标箱}$,位列第三。中国天津塘沽、上海、宁波北仑、广州、湛江等港口也已逐步实现现代化,有的还建成了集装箱码头泊位。

(4) 材料轻质高强度

现代土木工程材料进一步轻质化和高强度,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。强度等级为C50~C60的混凝土已在工程中普遍应用,近年来轻骨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,改用陶粒混凝土后,自重大大减轻,用同样的造价可建造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、高强度。高强钢材与高强混凝土的结合使预应力结构得到较大的发展。预应力混凝土经过近50年的发展,现在已成为世界土建工程中一种非常重要的结构材料,应用范围日益扩大,由以往的单层房屋、多层房屋、公路桥梁、铁路桥梁、轨枕、电杆、压力水管、储罐、水塔等,已扩大到高层建筑、地下建筑、高耸结构、水下建筑、海洋结构、机场跑道、核电站压力容器、大吨位船舶等方面。中国在桥梁工程、房屋工程中广泛采用预应力混凝土结构,如重庆长江大桥的预应力混凝土T型刚构桥,跨度达174 m;先张法和后张法的预应力混凝土屋架、吊车梁和空心板在工业建筑和民用建筑中得到广泛使用。铝合金、镀膜玻璃、石膏板、建筑塑料、玻璃钢等工程材料发展迅速,新材料的出现与传统材料的改进是以现代科学技术的进步为背景的。

(5) 施工过程工业化

大规模现代化建设使中国和苏联、东欧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。这种标准化在中国社会主义建设中,起到了积极作用。中国建设规模在绝对数字上是巨大的,中国既有建筑总面积达600亿 m^2 左右。2012年,中国城市人均住宅建筑面积为32.91 m^2 ,农村人均住宅建筑面积为37.09 m^2 。随着收入水平的提高,未来改善性居住的需求还很大。而且,随着城市化率的提高,为了增大城市人均住宅建筑面积,每年还需新增大量的住房供给,若不广泛推行标准化,大量的住房需求是难以完成的。装配化不仅对建造房屋重要,而且在桥梁建设中也发挥着重要作用。20世纪60年代开始采用与推广的装配式拱桥施工技术,使得桥梁上部结构轻型化、可工厂化生产,大大加快了桥梁的施工速度。2014年12月,长春地铁2号线袁家店站完成2阶段共24环(每环长度2 m)的装配式结构预制和拼装工作。袁家店站是国内第一座预制装配式地铁车站,也是目前国内规模最大、结构体系最独特的地铁车站。

在标准化向纵深发展的同时,多种现场机械化施工方法在20世纪70年代以后进入快速发展期。同步液压千斤顶的滑升模板广泛用于高耸结构,如1975年建成的加拿大多伦多电视塔高达553 m,施工时就用了滑模,在安装天线时还使用了直升机。现场机械化的另一个典型实例是用一群小提升机同步提升大面积平板的提升板结构施工方法。近10年来,中国用这种方法建造了约300万 m^2 房屋。此外,钢制大型模板、大型吊装设备与混凝土自动化搅拌楼、混凝土搅拌运输车、输送泵等相结合,形成了现场机械化施工工艺,使传统的现场浇筑混凝土方法获得了新生命,在高层、多层房屋和桥梁施工中部分地取代了装配化。现代技术使许多复杂的工程实践成为可能,例如,中国宝成铁路有80%的线路穿越山岭地带,桥隧相连,而成昆铁路桥隧总长占40%;日本山阳线新大阪至博多段的隧道占50%;苏联在靠近北极圈的寒冷地带建造了第二条西伯利亚大铁路;中国的青藏铁路、青藏公路直通世界屋脊。由于采用了现代化的盾构设备,隧道施工速度加快,精度也得到提高。土石方工程中广泛采用定向爆破的方法,解决了大量土石方的施工难题。

施工过程中工业化使许多超级工程建设成为可能。例如:港珠澳大桥岛隧道工程于2010年底开工,近6 km长的沉管隧道是世界上目前已建和在建工程中最长的混凝土沉管隧道。该沉管隧道采用柔性管节,这在国内尚属首次,1个管节(180 m×38 m×10 m)由8个22.5 m长的节段组成,是世界上体量最大的沉管隧道管节,节段之间采用柔性接头,允许纵向变形和水平与竖向的转动。本项目是中国第一次采用岛上工厂法预制隧道管节,预制工艺对项目是一个大的挑战。施工中共采用8台液压振动锤联动振沉体系进行钢圆筒岛壁的振沉。港珠澳大桥沉管隧道的建设是土建工程的技术进步和施工设备的提升,同时,大型专业施工设备的研发和应用将提升沉管隧道施工技术的跨越。

(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渗入到土木工程领域。结构动力学已发展完备,荷载不再是静止的和确定性的,而将被作为随时间变化而变化的随机过程来处理。美国和日本使用的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发展。

在结构设计计算中,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,例如,高层建筑中框架-剪力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1 410 m;1983年,西班牙建成卢纳预应力混凝土斜张桥,跨度达440 m;中国于1975年在云阳建成第一座跨度为145.66 m的斜张桥后,又相继建成跨度为220 m的济南黄河斜张桥及跨度达260 m的天津永和桥。

理论研究的日益深入,使现代土木工程取得质的进展,而土木工程实践亦离不开理论指导。电子计算机的应用,使得理论研究趋于精密化,计算机不仅用于辅助设计,更作为优化手段,不但应用于结构分析,而且扩展到建筑、规划等领域。

大跨建筑的设计也是在电算技术条件下理论水平的又一次提升。大跨度建筑的形式层出不穷,薄壳、悬索、网架和充气结构覆盖大片面积,满足了大型社会公共活动的需要。1959年,巴黎建成多波双曲薄壳的跨度达210 m;1976年,美国新奥尔良建成的网壳穹顶直径为207.3 m;1975年,美国密歇根庞蒂亚克体育馆充气塑料薄膜覆盖面积达35 000 m²左右,可容纳观众80 000人。目前世界上跨度最大的建筑是美国底特律的韦恩县体育馆,圆形平面,直径达266 m,为钢网壳结构。我国大跨度建筑是在新中国成立之后才迅速发展起来的,20世纪60年代建成的北京工人体育馆悬索屋面净跨为94 m;20世纪70年代建成的上海体育馆,屋顶网架跨度直径为110 m,钢平板网架结构。我国目前以钢索及膜材做成的结构最大跨度已达到320 m。

从材料特性、结构分析、结构抗力计算到极限状态理论,在土木工程各个分支中都得到充分发展。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。

现代土木工程与环境关系更加密切,从使用功能上考虑它造福人类的同时,还要注意其与环境的协调问题。现代生产和生活排放的大量废水、废气、废渣以及噪声时刻污染着环境。环境工程,如