

新世纪土木工程系列教材

土木工程概论

江见鲸 叶志明 主编

高等教育出版社

责任编辑 王宪平
封面设计 王 睢
责任绘图 李维平
版式设计 周顺银
责任校对 殷 然
责任印制

内容提要

本书为新世纪土木工程系列教材之一,是依据1998年7月教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》编写而成。

本书着重介绍了土木工程专业的基本内容,以简明、新颖、实用的内容帮助学生了解土木工程所涉及的范围、成就及发展情况。全书共16章,分别就土木工程材料、基础工程、建筑工程、道路工程、桥梁工程、隧道与地下工程、机场工程、水利水电工程、给排水工程、土木工程施工、建设项目管理及计算机在土木工程中的应用等方面进行了介绍,反映了土木工程的综合性、社会性及其在技术上、经济上与艺术上的统一性。

本书可作为土木工程、水利工程、建筑学、城市规划等专业的教材,也可作为其他理工类和人文类专业的选修课教材,同时也可供成人自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 江见鲸,叶志明主编. —北京:高等教育出版社,2001.7

新世纪土木工程系列教材

ISBN 7 - 04 - 009628 - 5

. 土... . 江... 叶... . 土木工程 - 高等学校 - 教材 . TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 025827 号

土木工程概论

江见鲸 叶志明 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街55号

邮政编码 100009

电 话 010 - 64054588

传 真 010 - 64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷

开 本 787×1092 1/16

版 次 年 月第 版

印 张 16.75

印 次 年 月第 次印刷

字 数 400 000

定 价 14.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生(湖南大学)

副主任委员：白国良(西安建筑科技大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

强士中(西南交通大学)

委	员：王 健	叶志明	江见鲸
	关宝树	刘 明	张印阁
	张家良	朱彦鹏	吴胜兴
	杨和礼	尚守平	黄醒春
	梁兴文	焦兆平	廖红建

(以上排名先后按姓氏笔画)

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，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。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编辑委员会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系

统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写大纲和初稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

2001年3月

前 言

1998年7月教育部正式颁布了《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，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、交通土建工程、矿井建设、城镇建设(部分)、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。

随着新的土木工程专业目录的实施，迫切需要有一本面向学生的介绍“土木工程”总体情况的教材，以使学生入学后能及早地了解本专业的概况性内容。本书就是为适应这种需要而编写的。

本教材具有以下特点：

1. 以工程概论为主要线索来介绍土木工程中的各个层面，较为详尽地介绍了土木工程各个分支学科所涉及的内容。具体包括房屋建筑工程、道路工程、铁路工程、岩土与地下工程、桥梁工程、飞机场工程、水利工程、给排水工程、土木工程施工、土木工程材料、土木工程勘察、计算机在土木工程中的应用等方面的内容。

2. 本书与国内首次出版的《土木工程概论 CAI》多媒体光盘(世界银行贷款资助、上海市普通高校“九五”重点教材，高等教育出版社2000年出版)相配套，两者内容不尽相同，可以互为补充，以增加学生的学习兴趣和提高学习效果。

3. 本教材在编写时，以教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会的指导意见为依据，充分考虑新专业的特点，力求以较小的篇幅(按20~30学时的教学计划编写)，反映土木工程所涉及各个领域。本书文字力求通俗易懂，便于读者自学。

本书第一章由清华大学江见鲸编写；第五、六、七、八、十五、十六章和附录由上海大学叶志明编写；第二、三、九、十一、十二、十三、十四章由上海大学宋少沪编写；第四、十章由上海大学汪德江编写；上海大学徐旭参与了第五章和第七章的编写，全书由江见鲸和叶志明统稿，本书承清华大学土木系主任石永久教授审阅。

本书除可作为土建类本科和专科有关专业的必修课和选修课教材外，也可供水利类专业参考选用，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，也可以作为其他工程类、人文类专业学生的选修课教材使用。

编著者深知内容如此广泛的教材不易写好，再加之编者水平所限，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。

本书在编写过程中，得到教育部高等教育出版社、清华大学、上海大学等有关部门的大力支持和部分兄弟院校、工程界同行的热情帮助，在此表示衷心的感谢。

编著者

2001年1月 上海

目 录

第1章 绪论	1	6.1 铁路选线设计与路基	89
1.1 土木工程概论课程的任务	1	6.2 高速铁路	91
1.2 土木工程发展历史简述	2	6.3 城市轻轨与地下铁道	93
1.3 土木工程的未来	7	6.4 磁悬浮铁路	95
1.4 土木工程的学习建议	11	第7章 桥梁工程	98
第2章 工程材料与制品	15	7.1 桥梁的分类与选用	99
2.1 砖、瓦、砂、石、灰	15	7.2 桥梁工程的总体规划和设计要点	100
2.2 钢材	19	7.3 桥跨结构	102
2.3 木材	21	7.4 桥墩与桥台	105
2.4 水泥	22	7.5 桥梁基础	107
2.5 混凝土与砂浆	23	第8章 飞机场工程	111
2.6 其他材料	26	8.1 机场规划	111
第3章 基础工程	35	8.2 跑道方案	114
3.1 工程地质勘察	35	8.3 航站区规划与设计	117
3.2 浅基础	40	8.4 机场维护区及环境	119
3.3 深基础	43	第9章 港口工程	121
3.4 地基处理	47	9.1 港口规划与布置	122
第4章 建筑工程	50	9.2 码头建筑	127
4.1 基本构件	50	9.3 防波堤	131
4.2 单层建筑	55	9.4 护岸建筑	135
4.3 多层与高层建筑	59	9.5 港口仓库与货场	138
4.4 特种结构	67	第10章 隧道工程及地下工程	141
4.5 结构设计的基本理论与方法	73	10.1 隧道工程	142
第5章 道路工程	77	10.2 地下工程	154
5.1 道路的分类	77	第11章 水利水电工程	160
5.2 公路建设	79	11.1 防洪	160
5.3 城市道路	82	11.2 农田水利	164
5.4 高速公路	84	11.3 水力发电	173
第6章 铁路工程	88	第12章 给排水工程	180

12.1	给水工程	180	15.2	工程结构抗灾与加固	237
12.2	排水工程	190	15.3	工程结构抗灾与加固实例	239
第 13	章 土木工程施工	197	第 16	章 计算机技术在土木工程中	
13.1	基础工程施工	197		的应用	243
13.2	结构工程施工	203	16.1	计算机辅助设计(CAD)	243
13.3	现代施工技术及其展望	215	16.2	土木工程结构的力学分析与计算	244
第 14	章 建设项目管理	224	16.3	计算机辅助施工管理与专家系统	245
14.1	建设程序与建设法规	224	16.4	计算机模拟仿真在土木工程中	
14.2	工程项目的招标与承包	227		的应用	247
14.3	工程项目管理	229	16.5	土木工程专业中计算机辅助教学与	
14.4	建设监理	232		网络教学	250
第 15	章 土木工程防灾与抗灾	234	附录	土木工程专业简介	253
15.1	灾害简况	234	参考文献	255

第1章 绪论

1.1 土木工程概论课程的任务

1.3 土木工程的未来

1.2 土木工程发展历史简述

1.4 土木工程的学习建议

1.1 土木工程概论课程的任务

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?怎样才能学好等?回答这些问题便是本书的主要任务。

什么是“土木工程”?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日常生活的密切相关,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。

英语的民用工程(Civil Engineering)怎么会译成土木工程呢?原来中国古代哲学(五行学说)认为,世界万物是由五大类物质:“金、木、水、火、土”组成的。而在几千年漫长的时间内,土木工程所用的材料,主要是五行中的“土”(包括岩石,砂子,泥土,石灰以及由土烧制成的砖、瓦和陶、瓷器等)和“木”(包括木材、茅草,藤条,竹子等植物材料),古代常将大兴土木作为大搞工程建设的代名词。因而将“Civil Engineering”翻译成土木工程了。

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、码头工程等。国际上,运河、水库、大坝、水渠等水利工程也包括于土木工程之中。人民生活离不开衣、食、住、行,其中“住”是与土木工程直接有关的;而“行”则需要建造铁道、公路、机场、码头等交通土建工程,与土木工程关系也非常紧密;而“食”需要打井取水,筑渠灌溉,建水库蓄水,建粮食加工厂,粮食储仓等;而“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。此外,各种工业生产必须要建工业厂

房,即使是航天事业也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。正因为土木工程内容如此广泛,作用如此重要,所以国家将工厂、矿井、铁道、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,中小型项目也归口各级政府有关部门管理。

对以上介绍的各种类型的土木工程设施的规划、勘测、设计、施工、管理和维修便构成了土木工程专业所要学习的核心内容。作为入门,本书在以下各章,将对以上各种类型的土木工程作一简要的介绍。

1.2 土木工程发展历史简述

土木工程的发展经历了古代、近代和现代三个阶段。

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程的历史跨度很长,它大致从旧石器时代(约公元前 5000 年起)到 17 世纪中叶。这一时期的土木工程说不上有什么设计理论,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,在公元前一千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,有的甚至难以想象。

西方留下来的宏伟建筑(或建筑遗址)大多是砖石结构。如埃及的金字塔,建于公元前 2700 至前 2600 年间,其中最大的一座是胡夫金字塔,该塔基底呈正方形,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,古罗马斗兽场等都是令人神往的古代石结构遗址。在公元 532 年~537 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,直径约 30 m,穹顶高约 50 m,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。

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 67.3 m,共九层,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。

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 余公里。又如公元 590 年~608 年在河北赵县洹河上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,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。

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我国受人敬仰的伟大人物。四川灌县的都江堰水利工程,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。

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),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》,北宋李诫的《营造法式》,意大利文艺复兴时期贝蒂著的《论建筑》等。

1.2.2 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了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 年法国莫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 的艾菲尔铁塔,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 年预应力混凝土被发明,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,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根钢丝组成,其中每452根钢丝先组成一股,由61股再组成主缆索,索重11 000吨左右。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。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。

这一时期的中国,由于清朝采取闭关锁国政策,土木工程技术发展缓慢。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 2 3 现代土木工程

第二次世界大战以后,许多国家经济起飞,现代科学技术迅速发展,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。这一时期的土木工程有以下几个特点:

一、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。

二、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飞过程中也争相建造高层建筑。近十多年来,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,马来西亚的石油双塔大厦高452 m,居世界第一。美国芝加哥的西尔斯塔楼高443 m,居世界第二,中国上海的金茂大厦高420.5 m,居世界第三。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。

三、交通工程快速化

由于经济的繁荣与发展,对运输系统提出了快速、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快速化和高速化。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。我国的高速铁道已在沈阳至山海关段建设,上海计划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。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 $2.995 \times 10^7 \text{ m}^2$,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4000万人次,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。

四、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二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年才有了第一座跨江大桥。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1991 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1624 m。第三大跨为英国的恒伯尔桥,主跨1410 m。值得自豪的是,中国于1999年建成的江阴长江大桥,主跨1385 m,香港于1997年建成的青马大桥主跨1377 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,在相当长时间内位居世界第一。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。

斜拉桥是二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与杨浦大桥及高架公路配合,组成内环交通线,不仅解决了上海浦东的交通问题,此二桥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。目前世界上最长的山区隧道是挪威的山岭隧道,全长25.8 km,其次为瑞士的圣哥大隧道,长16.91 km,于1980年建成。1980年德国、意大利之间开凿了开尔其隧道,全长近13 km。中国京广复线开凿的大瑶山隧道,全长14.295 km。跨海峡的隧道常比穿山隧道要长,目前穿越英吉利海峡的隧道长50.3 km,于

1993年建成,日本于1985年建成的青函海底隧道,长53.8 km,居世界第一。

在高层建筑方面,1972年美国纽约建成了世界贸易中心大楼,110层,高417 m,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321.9 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,横截面为Y形,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 $14 \times 10^4 \text{ m}^3$,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,在建的尚有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,为防辐射泄露及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,平台的建造可以显示其土木工程的技术水平。

水利工程中筑坝蓄水,对灌溉、航行、发电有许多利益。目前世界上最高的重力坝为瑞士的大狄克桑坝,高285 m,其次为俄国的萨杨苏申克坝,高245 m,我国于1989年建成的青海龙羊峡大坝,高178 m。为了减小坝体断面,减少工程量,二战后发展了钢筋混凝土拱坝。当今世界上最高的双曲拱坝是俄国的英古里坝,坝高272 m,我国贵州乌江渡坝为拱形重力坝,坝高165 m。在装机发电容量方面,超过 $1 \times 10^7 \text{ kW}$ 的电站有3座,分别为美国大古里水电站,总装机容量 $1\,030 \times 10^4 \text{ kW}$;委内瑞拉水电站,装机容量 $1\,083 \times 10^4 \text{ kW}$;巴西-巴拉圭的伊泰普水电站,总装机容量为 $1\,260 \times 10^4 \text{ kW}$,居世界第一。我国在建的三峡水利枢纽,水电站主坝高190 m,总装机容量预计为 $1\,820 \times 10^4 \text{ kW}$,建成后将列世界第一。中国近期建成的水电站还有四川二滩水电站,拱坝高242 m,装机容量 $300 \times 10^4 \text{ kW}$;黄河小浪底水利枢纽,主坝为堆石坝,坝高154 m,总装机容量 $180 \times 10^4 \text{ kW}$,均属世界先进水平。

综观土木工程历史,中国在古代土木工程中有光辉成就,至今仍有许多历史遗存,有的已列入世界文化遗产名录。在近代土木工程中,进展很慢,这与封建时代末期落后的制度有关。在现代土木工程中,我国在近20年来取得了举世瞩目的成就。以往在列举世界有名的土木工程时,只有长城、故宫、赵州桥等古代建筑,而现在无论是高层建筑,大跨桥梁,还是宏伟机场,港口码头,中国在前十名中均有建树,有的已列前三名,甚至第一名,这些成就均为改革开放以来取得的。土木工程的发展可以从一个侧面反映出我国经济的发展,显示中华民族正在开始复兴。这一进程仅仅是开始,有志于土木工程建设的同学们是非常幸运的,可望在未来土木工程的建设中

贡献才华,亮丽人生。

1.3 土木工程的未来

土木工程是一门古老的学科,它已经取得了巨大的成就,未来的土木工程发展的前景怎样,首先要弄清目前人类社会所面临的挑战和发展机遇。土木工程目前面临的形势是:

世界正经历工业革命以来的又一次重大变革,这便是信息(包括计算机、通讯、网络等)工业的迅猛发展,可以预计人类的生产、生活方式将会发生重大变化。

航空、航天事业等高科技事业的发展,月球上已经留下了人类足迹,对火星及太阳系内外星空的探索已取得了巨大进步。

地球上居住人口激增,目前世界人口已达 60 亿,预计到 21 世纪末,人口要接近百亿。而地球上的土地资源是有限的,并且会因过度消耗而日益枯竭。

生态环境受到严重破坏,如:森林植被被破坏,土地荒漠化,河流海洋水体污染,城市垃圾成山,空气混浊,大气臭氧层破坏等,随着工业的发展、技术的进步而人类生存环境却日益恶化。

人类为了争取生存,为了争取舒适的生存环境,预计土木工程必将有重大的发展。

一、重大工程项目将陆续兴建

为了解决城市土地供求矛盾,城市建设将向高、深方向发展。例如高层建筑,目前最高的建筑为马来西亚的石油双塔大厦,高 452 m。目前拟建的更高的建筑有,上海的环球金融大厦,高 460 m。美国拟在芝加哥建 Mgin - Beitler 大厦,地上 141 层,高 610 m。日本竹中工务店技术研究所提出了一个摩天城市(sky city)的方案,底座为 400 m × 400 m,地下深 60 m,地上高 1 000 m,总建筑面积 800 万 m²,可居住 3~4 万人。在我国除了盖标志性的大厦以外,还要大量修建商品住房。目前我国城市人口人均住房面积在 10 m² 左右,而发达国家多在 20 m² 以上。考虑到我国人口基数巨大,加上城市化进程加速,对住宅的需求压力是很大的。这也为今天的学生、明天的工程师们提供了广泛的就业机会和施展才能的舞台。

目前高速公路、高速铁道的建设仍呈发展趋势,交通土建工程在 21 世纪将有巨大的进步。已经设想的环球铁道和环球高速公路已有多种方案。这一工程实现以后,人们可以从南美洲阿根廷的火地岛合恩角北上经中美洲、北美洲,从阿拉斯加穿白令海峡到俄国,经中、蒙、俄到东欧,西欧,再从西班牙穿直布罗陀海峡到摩洛哥,经北非,穿撒哈拉大沙漠到南非,直达好望角。其中跨白令海峡和直布罗陀海峡的大桥已有设计方案,并在土木工程有关杂志上发表。

在中国,交通土建工程也有宏伟的规划。在“十五”期间,我国将以“五纵、七横”为骨干建成全国公路网。“五纵”是从南到北的五条干线,它们是从黑龙江的同江南下直达海南省的三亚市,其间要穿越渤海湾,长江口和琼州海峡,所以不仅要筑路,且有多座大桥或隧道要建设。以下几条是从北京到福州,北京到珠海,内蒙古二连浩特到广西河口,重庆到湛江。“七横”是横贯东西的七条主干线,计有绥芬河到满洲里,丹东到拉萨,青岛到银川,连云港到新疆霍尔果斯,上海到成都,上海到云南瑞丽,衡阳到昆明。这些干线贯通了首都、直辖市和各省市自治区的省会或首府,连接了人口 100 万以上的大城市和很多 50 万人口以上的城市。这个系统有完善的安全保障、通讯和综合服务系统。为各城市间提供了快速,直达舒适的运输系统。

在铁路建设方面,北京到上海的高速铁路、上海到杭州的磁悬浮铁路正在规划决策之中。普

通铁道中江苏北部到福建的南北铁路,四川内江到昆明线,西安到南京线均在建设之中。青藏、川藏、滇藏的铁路和快速公路或高速公路也在研究中。此外,从昆明经缅甸、孟加拉国到印度的铁路,从昆明经仰光到曼谷,或从仰光经马来西亚到新加坡的国际铁道也已经过一些国际会议研究,在技术上已无重大障碍,只要投资及利益分配得到落实,21 世纪前半叶建成通车是有希望的。

在航空港及海港和内河航运码头的建设也会在不久的将来取得巨大的进步。

二、土木工程将向太空、海洋、荒漠地开拓

地球上的海洋面积占整个地球表面积的 70% 左右,陆地面积太少,首先想到可向海洋发展。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。如中国的澳门机场,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 Delf 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,人们已设想建造海上浮动城市。海洋土木工程的兴建,不仅可解决陆地土地少的矛盾,同时也将对海底油、气资源及矿物的开发提供立足之地。

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,已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: 首先在沙漠地下找水,如利比亚已发现撒哈拉大沙漠有丰富的地下水,现已部分开始利用; 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; 海水淡化,海水淡化方法有多种,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。

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,只要带上的氢、氧到月球能化合成水,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。

三、工程材料向轻质、高强、多功能化发展

近百年来,土木工程的结构材料主要还是钢材、混凝土、木材和砖石。21 世纪在工程材料方面希望有较大突破。

(1) 传统材料的改性