



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

土木工程概论

主 编 邓友生

赠送电子课件

- 涵盖“大土建”各学科主要内容，实物图片丰富，阅读材料新颖有趣
- 密切跟踪学科前沿，增加智能混凝土、结构健康监测等最新研究成果



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要针对土木工程专业所设置的“土木工程概论”课程而编写,该课程设置的目的是帮助土木工程专业及其相关专业学生进行专业方向选择。本书的主要内容有城市规划与建筑设计、土木工程材料、地基与基础工程、建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、港口工程、地下工程、水利水电工程、市政工程与建筑环境、土木工程防灾与加固及改造工程、土木工程建设管理、房地产与物业管理、现代土木工程与计算机技术等。

本书可供普通高等学校土木工程专业学生使用,也可供非土木工程专业的学生选用,还可供土木工程科研人员、技术人员和业余爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/邓友生主编. —北京:北京大学出版社, 2012. 7
(21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)
ISBN 978-7-301-20651-5

I. ①土… II. ①邓… 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(2012)第 095901 号

书 名: 土木工程概论

著作责任者: 邓友生 主编

策 划 编 辑: 卢 东 吴 迪

责 任 编 辑: 卢 东 林章波

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-20651-5/TU·0238

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京富生印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 393 千字

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

土木工程概论是一门综合概括土木工程领域中主要涉及的基础学科与专业学科的引导启发性的课程，主要针对高校土木工程专业学生开设，非土木工程专业可在大学任一学期开设该课程。

本书具有以下特点。

(1) 涵盖学科专业面广。

本书全面介绍了土木工程的各个学科的知识内容：城市规划与建筑设计、土木工程材料、地基与基础工程、建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、港口工程、地下工程、水利水电工程、市政工程与建筑环境、土木工程防灾与加固及改造工程、土木工程建设管理、房地产与物业管理、现代土木工程与计算机技术。

(2) 紧密跟踪学科前沿。

本书与时俱进，将土木工程中一些新型结构和工程及前沿研究成果编入其中，如智能混凝土、结构健康监测、建筑物平移、智能建筑、高速公路生态护坡、深水超长直径群桩基础等，反映了土木工程的一些最新研究成果。

(3) 科普知识趣味性强。

本书在每章的前面和后面都分别附有饶有兴趣的“引例”和耐人寻味的“阅读材料”。这些内容都是经过编者多年积累精心筛选提炼的，有的引发读者的思考，有的激发读者的阅读兴趣，有的扩充读者的科普知识。因此，本书不仅适合土木工程专业人员使用，也适合非土木工程专业的人员使用。

土木工程的建设首先都要涉及用地，尤其是随着中国城市化的快速推进，城市建设用地更需要科学规划，合理布局，以免大拆大建，因此，本书将“城市规划与建筑设计”纳入其中。

本书由湖北工业大学邓友生教授组织编写，具体章节分工如下：邓友生编写第1、3、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15章，第4章的第1节及第5章的第2、4、5节；湖北工业大学吕小彪编写第2章；湖北工业大学胡军安编写第4章第2、3节；湖北工业大学白应华编写第5章第1、3节；各章的引例(第2章除外)和全部阅读材料均由邓友生撰写。全书由邓友生统稿并修改；湖南大学赵明华教授审阅了全书，并提出了一些学科专业合理化分类建议；郑建强对大部分章节进行了小结，并提炼了思考题。

最后，感谢湖北工业大学土木工程与建筑学院的肖本林教授、中铁大桥局集团的时一波高级工程师和刘荣高级工程师，他们为本书的编写提供了一些宝贵素材。

由于编者学识有限，书中疏漏之处在所难免，恳请来函斧正(邮箱：dengys2009@126.com)。

邓友生
2012年2月 武汉

目 录

第 1 章 绪论	1	2.6.1 建筑概述	40
1.1 土木工程的含义	2	2.6.2 建筑的基本构成要素	41
1.2 土木工程的类型	2	2.6.3 建筑设计方法	45
1.3 土木工程的历史	3	本章小结	50
1.3.1 古代土木工程	3	思考题	51
1.3.2 近代土木工程	5	阅读材料	51
1.3.3 现代土木工程	6	第 3 章 土木工程材料	53
1.3.4 土木工程的展望	8	3.1 无机胶凝材料	54
本章小结	10	3.2 混凝土与砂浆	55
思考题	10	3.2.1 普通混凝土	55
阅读材料	10	3.2.2 特殊混凝土	57
第 2 章 城市规划与建筑设计	15	3.2.3 砂浆	59
2.1 城市的形成与发展	16	3.3 砖、瓦与功能材料	60
2.1.1 城市的形成	16	3.3.1 砖	60
2.1.2 城市发展的阶段特征	19	3.3.2 瓦	62
2.2 城市化	22	3.3.3 功能材料	62
2.2.1 城市化的概念	22	3.4 合成高分子材料	64
2.2.2 城市化的进程与特点	23	3.5 建筑钢材与木材	65
2.3 城市规划的基本概念	24	3.5.1 建筑钢材	65
2.3.1 城市规划的授权与 作用	24	3.5.2 木材	66
2.3.2 城市规划体系	26	本章小结	66
2.4 城市规划的工作内容	28	思考题	67
2.4.1 城市发展战略	28	阅读材料	67
2.4.2 城市性质分析与 规模预测	29	第 4 章 地基与基础工程	69
2.4.3 城市用地布局规划	32	4.1 场地勘察与地基处理	70
2.4.4 城市道路交通规则	34	4.1.1 建筑场地勘察	70
2.4.5 城市居住区规划	36	4.1.2 地基处理	74
2.4.6 城市工程系统规划	37	4.2 浅基础	76
2.5 城市规划的实施管理	39	4.3 深基础	80
2.6 建筑设计	40	本章小结	84
		思考题	84
		阅读材料	85

第 5 章 建筑工程	86	6.4 隧道工程	133
5.1 基本构件与结构体系	87	6.4.1 隧道工程的特点及其 分类	134
5.1.1 基本构件	87	6.4.2 隧道结构设计	135
5.1.2 结构体系	90	6.4.3 隧道施工	138
5.2 单层建筑与多层建筑	91	6.5 管道工程	140
5.2.1 单层建筑	91	本章小结	142
5.2.2 多层建筑	94	思考题	142
5.3 高层建筑与超高层建筑	96	阅读材料 1	142
5.3.1 剪力墙结构	97	阅读材料 2	144
5.3.2 框架-剪力墙结构	98	第 7 章 桥梁工程	146
5.3.3 框支剪力墙结构	99	7.1 桥梁的分类与结构形式	148
5.3.4 筒体结构	100	7.1.1 桥梁的分类	148
5.4 智能建筑与绿色建筑	101	7.1.2 桥梁工程总体规划与 设计要点	148
5.4.1 智能建筑	101	7.1.3 桥梁的结构形式	148
5.4.2 绿色建筑	102	7.2 梁桥与拱桥	150
5.5 特种结构	103	7.2.1 梁桥	150
5.5.1 电视塔	103	7.2.2 拱桥	152
5.5.2 水塔	103	7.3 斜拉桥与悬索桥	155
5.5.3 油库	104	7.3.1 斜拉桥	155
5.5.4 筒仓	105	7.3.2 悬索桥	161
5.5.5 烟囱	105	本章小结	163
本章小结	106	思考题	163
思考题	106	阅读材料 1	164
阅读材料 1	107	阅读材料 2	165
阅读材料 2	108	阅读材料 3	166
阅读材料 3	110	第 8 章 港口工程	168
第 6 章 交通土建工程	111	8.1 港口规划	170
6.1 道路工程	113	8.1.1 港口总体规划	170
6.1.1 道路的类型与组成	113	8.1.2 港口总体布局	170
6.1.2 道路的线形与结构	114	8.1.3 港口工程可行性研究	172
6.1.3 高速公路	117	8.2 码头建筑	172
6.2 铁路工程	123	8.2.1 码头平面布置形式	173
6.2.1 铁路的基本组成	124	8.2.2 码头断面形式	174
6.2.2 铁路的分类	127	8.3 防波堤	175
6.3 机场工程	130	8.3.1 防波堤的平面布置	175
6.3.1 机场的分类与组成	130	8.3.2 防波堤的构造形式	176
6.3.2 机场场道布局	131		
6.3.3 航站区布局	132		

本章小结	178	11.4.2 室外环境	210
思考题	178	本章小结	211
阅读材料	179	思考题	212
第 9 章 地下工程	181	阅读材料	212
9.1 人防工程	182	第 12 章 土木工程防灾与	
9.2 地下商业建筑	183	加固及改造工程	214
9.2.1 地下街	183	12.1 土木工程灾害	215
9.2.2 地下商场	184	12.2 土木工程灾害预防及监控	218
9.2.3 地下停车场	185	12.3 建筑物的维修与加固	220
本章小结	185	12.3.1 建筑维修与加固的	
思考题	186	范围和意义	220
阅读材料	186	12.3.2 建筑结构加固的	
第 10 章 水利水电工程	188	程序	221
10.1 水利工程	189	12.4 建筑物的平移与改造	221
10.1.1 水库	189	12.4.1 概述	221
10.1.2 水利枢纽	191	12.4.2 建筑平移的原理及其	
10.2 水电工程	191	施工过程	222
10.2.1 水电建筑物的主要		本章小结	222
类型及其组成	192	思考题	222
10.2.2 水电建筑物的作用	193	阅读材料	223
10.3 防洪工程	194	第 13 章 土木工程建设管理	225
10.3.1 防洪工程的功能与		13.1 建设程序	226
作用	194	13.2 工程项目管理	228
10.3.2 防洪工程设施	195	13.2.1 概述	228
本章小结	196	13.2.2 工程项目管理的	
思考题	196	研究对象	228
阅读材料	196	13.2.3 工程项目管理的	
第 11 章 市政工程与建筑环境	198	方式	229
11.1 概述	199	13.2.4 现代工程项目管理	229
11.2 给排水工程	199	13.3 项目招投标与建设监理	230
11.2.1 城市给水工程	199	13.3.1 项目的招投标	230
11.2.2 建筑给水工程	201	13.3.2 建设监理	232
11.2.3 城市排水工程	202	13.4 国际工程承包	234
11.2.4 建筑排水系统	204	13.4.1 概述	234
11.3 城市燃气工程	205	13.4.2 国际工程承包的特点、	
11.4 建筑环境	206	方式与基本程序	234
11.4.1 室内环境	206	本章小结	236
		思考题	237
		阅读材料	237

第 14 章 房地产与物业管理 239

14.1 概述	240
14.2 房地产的开发与经营	240
14.2.1 房地产的开发	240
14.2.2 房地产的经营	242
14.3 物业管理	243
14.3.1 概述	243
14.3.2 物业管理的原则	243
14.3.3 物业管理的特点	244
14.3.4 物业管理的内容	245
本章小结	246
思考题	246
阅读材料	246

第 15 章 现代土木工程与 计算机技术 248

15.1 计算机辅助设计	249
15.1.1 概述	249

15.1.2 计算机辅助设计的 发展 249

15.2 人工智能与专家系统	251
15.2.1 人工智能	251
15.2.2 专家系统	252
15.3 大型土木工程的健康监测	254
15.3.1 健康监测的概念	254
15.3.2 健康监测的发展	254
15.3.3 健康监测系统	255
15.3.4 土木工程结构常见 监测内容	255
本章小结	256
思考题	256
阅读材料	256

附录 土木工程常用的专业 英语词汇 258

参考文献 265

第1章

绪论

教学目标

本章主要讲述土木工程的概念、类型、历史及其未来发展。通过本章学习，应达到以下目标。

- (1) 掌握土木工程的定义。
- (2) 熟悉土木工程的类型。
- (3) 了解土木工程的历史及发展趋势。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
土木工程的概念	(1) 理解国内土木工程的概念 (2) 理解国外对土木工程的定义	(1) 土木工程在日常生活中的作用 (2) 土木工程的起源
土木工程的类型	熟悉土木工程所包含的工程类型	各类土木工程的特点
土木工程的发展	(1) 了解土木工程发展的3个阶段及各时期土木工程的对应特点 (2) 了解未来土木工程的发展趋势	(1) 各时期典型土木工程 (2) 未来土木工程的发展方向



基本概念

土木工程、建筑工程、公路与城市道路工程、铁道工程、机场工程、隧道工程、桥梁工程、港口工程、地下工程、水利水电工程、给水排水工程。



引例

谁设计了天安门

天安门以其造型优美和气势恢弘而享誉全球。究竟是谁设计了这座永垂史册的经典建筑呢？随着若干珍贵史料的发掘和公开，人们开始了解天安门的设计者——蒯祥。

蒯祥(1398—1481)是苏州吴县香山人。明朝建立后，朱元璋征召工匠建造南京都城，蒯祥少年时就加入了建造行列。明成祖朱棣继位后，迁都北京。1417年，蒯祥被召到北京，这时蒯祥年富力强，被任命为“营缮所丞”，即现在的设计师和施工员。蒯祥按照南京的“奉天”、“华盖”、“谨身”三殿建造，在

午门前设端门，端门前设承天门。当时的承天门就是现在的天安门。

蒯祥设计技艺高超，受到皇帝的赞赏，后来提升为工部侍郎。1440年，他受命建造乾清、坤宁二宫及重建外朝三大殿的工程，还负责建造英宗朱祁镇的陵墓。1465年，蒯祥参加承天门的第二次建设工程，此时他已年过花甲，但仍一丝不苟。明宪宗朱见深称他为“蒯鲁班”。1651年，清顺治帝爱新觉罗·福临将承天门改名为天安门后，沿用至今。

1.1 土木工程的含义

《辞海》对“土木工程”的定义：“建造各类工程设施的科学技术的统称。既包括所应用的材料、设备、机具和所进行的规划、可行性研究、勘测、设计、施工、管理维修等技术活动；也指工程建设的对象，即建造在地上、地下或水中，直接或间接为人类生活、生产、军事和科学研究等服务的各种工程设施，如房屋、道路、铁路、管道、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、电视塔、给水和排水、集中供热和供燃气及防护工程等。”

“土木”在中国是一个古老的术语，意指建筑房屋等的工事，如把大量建造房屋称为大兴土木。古代建房主要依靠泥土和木料，故称土木工程。在国外“土木工程”一词是1750年设计建造艾德斯通灯塔的英国人J. 斯米顿首先引用的，意即民用工程，以区别于当时的军事工程。1828年，伦敦土木工程师学会对土木工程定义如下：Civil Engineering是利用伟大的自然资源为人类造福的艺术。此定义与中国“土木工程”的含义相近，故译做土木工程。

土木工程与人类生活息息相关。人类生活中的衣、食、住、行均离不开土木工程。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、码头等交通土建设施，与土木工程关系非常紧密；而“食”需要打井取水，筑渠灌溉，建水库蓄水，建粮食加工厂、粮仓等；而“衣”需要的纺纱、织布、制衣，也必须在工厂内进行，也都离不开土木工程。

1.2 土木工程的类型

土木工程是工程学科之一，也是一门古老的学科。随着近现代工程建设和科学技术的迅猛发展，土木工程逐渐分成一些专门学科，其包含的内容和涉及的范围非常广泛，包括建筑工程、公路与城市道路工程、铁道工程、机场工程、隧道工程、桥梁工程、港口工程、地下工程、水利水电工程、给水排水工程等。

建筑工程就其实体而言又称建筑物，是指人工修建的，供人们进行生活、生产或其他活动的房屋或场所。建筑工程主要是指房屋工程，也包括纪念性建筑、陵墓建筑、园林建筑和建筑小品等。建筑工程是兴建房屋的规划、勘察、设计、施工的总称。人们对建筑物的基本要求是安全、舒适和经济。

公路与城市道路工程、铁道工程、机场工程、隧道工程等属于交通土建工程。城市道路工程影响着一个城市的发展，城市人口居住密集，交通量大。为了缓解城市交通压力，

城市交通工程逐渐向三维空间发展(高架桥、地面交通及地下交通系统)。铁道工程是关系国民经济的重要通道,具有其他交通工程不可替代的重要作用;机场工程虽不及公路及铁道工程普遍,但航空运输具有快速、安全和高效率的特点,在交通工程中也不可缺少;隧道工程是跨越大山大河的一种重要形式,较桥梁具有安全和跨越能力大的特点。交通工程是一个国家的国民经济命脉,是经济发展的基础,交通建设在土木工程建设中占有重要的地位。

桥梁工程是土木工程中属于结构工程的一个分支学科。桥梁是交通工程中的关键性枢纽,对于道路的贯通起到关键作用。好的桥梁既是人们通行的工具,又是一件赏心悦目的艺术品。随着经济的发展和科技水平的提高,现代桥梁将向着大规模、大跨度和高安全性的方向发展。

港口工程是水陆交通的交汇点,是重要的基础建设之一。港口规划是国家和地区国民经济发展规划的重要组成部分,港口的建设关系到一个城市的后续发展。

地下工程是指修建在地面以下土层或岩体中的各种类型的地下建筑物或结构。开发地下空间已成为拓展人类生存空间、缓解城市用地紧张的有力途径。现在许多西方国家对地下空间的开发已经达到了相当的规模,中国对地下工程起步较晚,但现已加大力度,并已取得了一定的成绩。

水利水电工程是土木工程的重要组成部分。修建水利水电工程的目的是调节宝贵的水资源,使其能根据需要进行分配,并同时借助水的势能发电,创造巨大的经济效益。中国的江河众多,水利资源丰富,兴建水利水电工程,合理利用水资源,为中国经济建设提供了有力支撑。

给水排水工程指用于用水供给、废水排放和水质改善等工程,简称给排水工程,分给水工程和排水工程两部分。给排水工程是土木工程的一个分支,但它与房屋建筑、铁路、桥梁等工程存在学科特征上的差异。给排水工程的学科特征:①用水文学和水文地质学的原理解决从水体内部取水和排水的有关问题;②用水力学原理解决水的输送问题;③用物理、化学和微生物学的原理进行水质处理和检验。因此,物理、化学、水力学、水文学、水文地质学和微生物学是给排水工程的基础学科。

1.3 土木工程的历史

土木工程的发展可以分为3个阶段:古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程。

1.3.1 古代土木工程

古代土木工程的历史跨度很长,大致从旧石器时代(约公元前5000年)到17世纪中叶。在这一时期内,人们修建各种设施主要依靠经验,没有设计理论指导,所运用的材料也大多取之于自然,如石块、草筋、土坯等,大约在公元前1000年才采用烧制的砖。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,古人还是以他们卓越的智慧建造了许多具有历史价值的建筑。

1) 建筑工程

在建筑方面,中国古代大多为木结构或砖石结构。公元1056年建成的山西朔州市

应县木塔(又称佛宫寺释迦塔,见图 1.1),高 67.3m,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,历时近千年仍巍然耸立,足以证明中国古代木结构的高超技艺。该塔也是世界上现存的最高的木结构。其他木结构如北京故宫、天坛等均是历史悠久的优秀建筑。中国古代的砖石结构建筑物也拥有伟大成就,其中最著名的当数世界七大奇迹之一的万里长城(见图 1.2),东起山海关,西至嘉峪关,全长 7000 余千米,是世界上工程量浩大的工程之一。



图 1.1 应县木塔

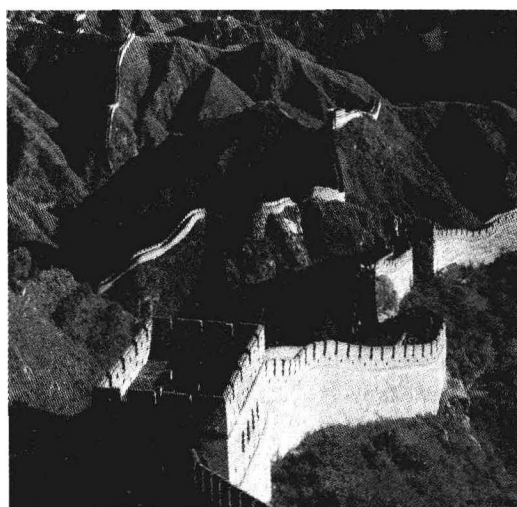


图 1.2 万里长城

西方遗留下来的宏伟建筑(或建筑遗址、遗迹)大多数是砖石结构。例如,埃及的金字塔(见图 1.3),建于公元前 2700 年~公元前 2600 年,其中最大的一座是胡夫金字塔,该塔基底呈正方形,每边长 230.5m,高约 140m,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(见图 1.4)以及法国巴黎的卢浮宫(见图 1.5)等都是古代石结构建筑物的代表作品。

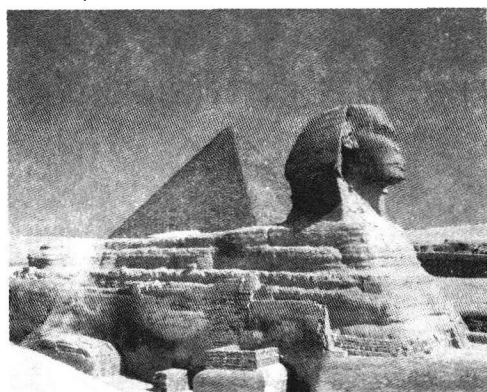


图 1.3 埃及金字塔



图 1.4 古罗马斗兽场

2) 其他土木工程

古代土木工程在建筑方面取得了巨大成就的同时,其他土木工程(如桥梁、水利等)也取得了重大的成就。

桥梁工程方面,如中国河北省赵县赵州桥(见图 1.6),建于 1400 多年前,为单孔圆弧弓形石拱桥,全长 50.82m,桥面宽 10m,单孔跨度 37.02m,矢高 7.23m,用 28 条并列的石条拱砌成,拱肩上有 4 个小拱,既能减轻石桥的自重,又便于泄洪,且显得美观,历经千年仍可正常使用,不愧为世界石拱桥的杰作。

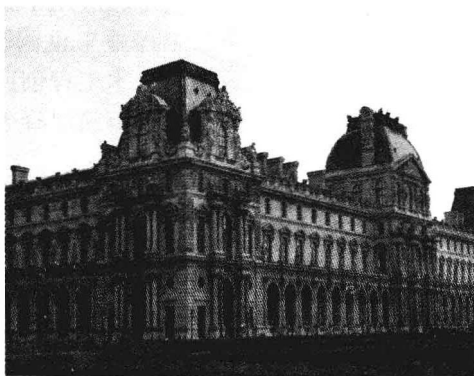


图 1.5 巴黎卢浮宫

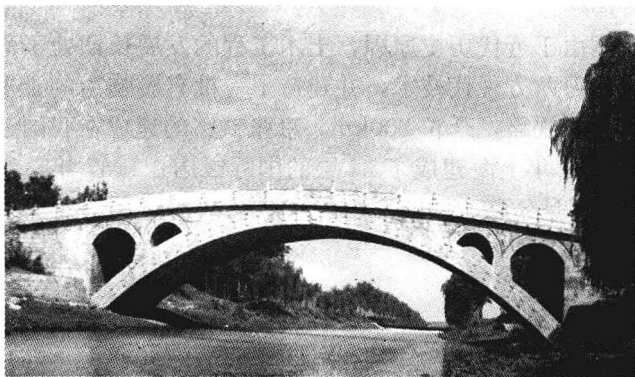


图 1.6 赵州桥

水利工程方面较著名的有中国的都江堰工程,它修建于公元前 3 世纪中叶,由当时的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”的天府之国。该工程被誉为世界上最早的综合型大型水利工程。其他著名的水利工程还有郑国渠和京杭大运河等。

1.3.2 近代土木工程

近代土木工程是指从 17 世纪中叶至 20 世纪中叶这段历史时期。这一时期总共近 300 年,伴随着力学理论和新材料在这期间的发展,土木工程在各方面都取得了飞跃式的进步。

在力学理论方面,1638 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。随后,在 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。1825 年法国的维纳在材料力学、弹性力学和材料强度理论的基础上,建立了土木工程中结构设计的容许应力法。

在材料方面,1824 年英国人 J. 阿斯普丁发明了波特兰水泥。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、桥梁的建筑中。1867 年钢筋混凝土开始应用,1930 年预应力混凝土开始广泛应用于土木工程。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,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。

在这一时期内，土木工程施工也因其他产业(如施工机械等)的发展而取得了较大进步，这也为快速高效地建设土木工程创造了条件。

在这 300 年间，特别是在钢筋混凝土得到广泛应用后，世界各地建设了一大批具有划时代意义的土木工程。

1825 年，英国修建了世界上第一条长 21km 的铁路；1863 年，伦敦修建了世界上第一条地下铁道；1875 年，法国修建了一座长达 16m 的钢筋混凝土桥梁；1889 年，法国建成了高达 300m 的埃菲尔铁塔(见图 1.7)，该塔总重 8500t，现在已成为了巴黎乃至法国的标志性建筑；1890 年，英国在爱丁堡附近修建了福斯桥，该桥主跨达到 521m；1931 年美国纽约建成 102 层的帝国大厦，378m 高的钢骨架总重超过 50000t，这一建筑高度保持世界纪录长达 40 年；1936 年美国旧金山建成了金门大桥，该桥主跨 1280m，是世界上第一座主跨超过 1000m 的桥梁。

在这一时期，我国由于近代历史原因，土木工程的发展长期处于落后状态。直到洋务运动后，我国才开始学习西方现代技术，并建造了一批有影响力的土木工程。例如，1909 年詹天佑主持修建的京张铁路，全长 200km。京张铁路的建成在我国近代土木工程史上具有重要的历史意义；1934 年上海建成了 24 层的国际饭店；1937 年，茅以升主持建造了钱塘江大桥(见图 1.8)，它是公路、铁路两用的双层钢结构桥，是我国近代土木工程的优秀成果。

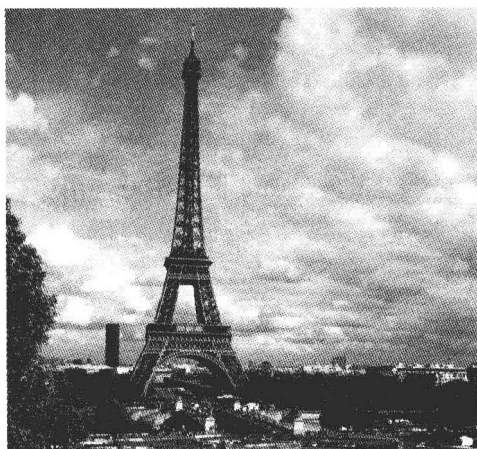


图 1.7 巴黎埃菲尔铁塔



图 1.8 钱塘江大桥

1.3.3 现代土木工程

现代土木工程的时间跨度是 20 世纪中叶的第二次世界大战(以下简称“二战”)结束后至今的这段时期。在这段时间内，战后各国经济迅速复苏，科学技术得到飞速发展，现代土木工程以此为依托，进入了繁荣发展时期。这一时期中的土木工程具有如下特点。

(1) 工程功能多样化。现代的土木工程不仅仅要求“徒有四壁”、“风雨不侵”的房屋骨架，而且要求具有舒适、智能、环保等功能。

(2) 基础设施建设立体化。随着现代城市经济和人口的增长,城市用地越来越紧张,为了缓解这一矛盾,迫使房屋建筑向高层化、城市交通向立体化发展。这也使得大城市中出现了大量高楼和地铁及立交桥。

(3) 交通运输高速化。由于市场经济的繁荣,运输系统朝着快速、高效的方向发展。高速公路、高速铁路和航空运输得到了快速发展。

(4) 工程材料轻质高强度。现代土木工程中的新型材料不断出现,为土木工程的进一步发展提供了条件。新型工程材料具有轻质、高强、多功能的特点。

(5) 施工过程机械化。各种先进的施工机械及施工方法,为现代化的大规模土木工程的建设提供了有利条件,使得土木工程的建设可以大型化、快速化。

(6) 设计理论精确化、科学化。设计理论的分析由线性到非线性,由平面到空间,由静态到动态,由数值分析到精确的模拟分析,这些都使得现代土木工程的设计更加科学化。现代土木工程中优秀的建设实例不胜枚举,下面仅介绍建筑、桥梁隧道以及其他土木工程中的一些典型工程。

建筑方面,美国的高层建筑数量最多,其中高度在 200m 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 20 年以来,中国、马来西亚、新加坡等国家的高层建筑得到了迅猛发展。目前,世界第一高楼为阿联酋的哈利法塔(见图 1.9),共 160 层,高 828m,总耗资达 80 亿美元,该楼已于 2010 年建成完工。其他的还有中国台北 101 大厦,高 508m,居世界第二;上海环球金融中心大厦,(见图 1.10)高 492m,居世界第三;马来西亚的石油双塔大厦高 452m,居世界第四;美国芝加哥的西尔斯大厦高 443m,居世界第五。



图 1.9 阿联哈利法塔

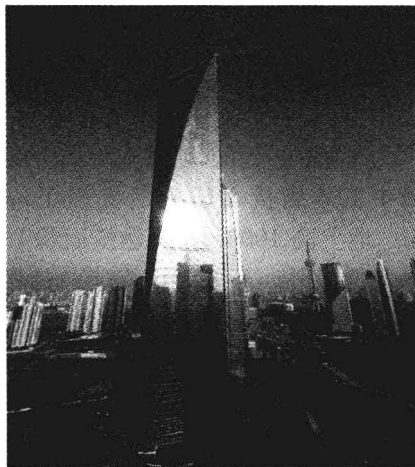


图 1.10 上海环球金融中心大厦

桥梁方面,无论在形式还是在跨度上都有较大的突破。首先,在二战之后出现了一种新型桥梁形式——斜拉桥,这种桥梁形式具有优越的性能,在中大型跨度的桥梁中具有较强的竞争力,目前世界上跨度最大的斜拉桥为中国的苏通长江公路大桥(以下简称“苏通大桥”),其主跨达到 1088m。其次,其他桥型的跨度也都有较大的提高,如悬索桥,从金门大桥的 1280m 到日本明石海峡大桥(见图 1.11)的 1991m,主跨提高超过 700m。隧道方面,得益于施工机械的发展,隧道在近 40 年内取得了较大的突破。目前世界上最长的山

区隧道为瑞士勒奇山隧道，总长 33.8km。最长的海底隧道为 1985 年建成的日本青函海底隧道，隧道总长 53.8km。

在其他土木工程方面，世界各国也都取得了较大的发展，如我国的三峡水电站（见图 1.12），其总装机容量达 $1.82 \times 10^7 \text{ kW}$ ，居世界第一。



图 1.11 日本明石海峡大桥



图 1.12 三峡水电站

1.3.4 土木工程的展望

土木工程是一门古老的学科，迄今为止已取得了巨大的成就。现在世界正处于经济社会的高速发展期，土木工程拥有良好的发展机遇。信息化的进一步发展、人类人口与资源的矛盾等问题，使得土木工程将在今后相当长的一段时间得以继续发展。

1) 重大工程项目将陆续兴建

为了解决城市土地供求矛盾，城市建设将向高层建筑和地下工程方向发展。例如，日本竹中工务店技术研究所提出了一个摩天城市的方案，底座为 $400\text{m} \times 400\text{m}$ ，地下深 60m，地上高 1000m，总建筑面积 $8 \times 10^6 \text{ m}^2$ ，可居住 3 万~4 万人。在中国除了修建标志性的大厦以外，还要大量修建商品房。目前我国城市人口人均住宅面积在 10m^2 左右，而发达国家多在 20m^2 以上。考虑到我国人口基数巨大，加上城市化进程加速，住宅的需求量仍然很大，这也为土木工程师们提供了广阔的就业机会和施展才能的舞台。

在公路和铁路交通方面，今后在我国乃至世界上仍有很大的发展空间。我国在道路长期规划中的国道主干线系统有“五纵”、“七横”，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 万的大城市和人口 50 万以上的多数城市。这个系统还有完善的安全保障、通信和综合服务系统，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，高速铁路的建设在全国范围内展开，我国现已建成的高速铁路 8000km，预计到 2020 年我国还准备将高铁线路总里程扩建至 $1.6 \times 10^4 \text{ km}$ 。普通铁道中，江苏北部到福建的南北铁路、四川内江到昆明、西安到南京的铁路线均在建设之中。此外，从昆明经缅甸、孟加拉国到印度的铁路，从缅甸经马来西亚到新加坡的国际铁道也正在讨论研究，这些都为将来土木工程的发展提供了良好的契机。

2) 工程材料向轻质、高强、多功能化发展

(1) 传统材料的性能改善及品种增加。常用砌体材料的发展方向是努力改善其传统性能,如提高强度、增加延性、改进形状和模数大小、改善孔型、增加空洞率、减轻自重等。混凝土材料应用很广且耐久性好,但其抗拉性能差、韧性小、自重大、易开裂。为此需要改善这些不良性能,如在混凝土中加入微型纤维可在一定程度上改善其韧性等。在强度方面,目前常用的混凝土强度可达 C50~C60(强度为 50~60MPa),特殊工程可达 C80~C100,今后将会有 C400 的混凝土出现,而常用的混凝土可达 C100。

(2) 化学合成高分子材料的广泛应用。目前,化学合成材料主要用于门窗、管材、装饰材料,今后的发展方向:一是扩展用于大面积围护材料及结构骨架材料;二是改善建筑制品的性能,包括保温、隔热、隔声、耐高温、耐高压、耐磨、耐火等新的需求;三是在深入研究、开发其受力和变形的性能后广泛用于抗力结构,国外已有经聚合物处理的碳纤维钢筋和碳纤维钢绞线,可用于混凝土结构。

3) 计算机及信息技术的利用

计算机及信息技术的发展使得工程技术人员对土木工程的设计与计算变得更加精确和高效。在 19 世纪与 20 世纪,力学分析的基本原理和有关微分方程已经建立,用其指导土木工程设计也取得了巨大成功。但是由于土木工程结构的复杂性和人类计算能力的局限性,人们对工程的设计计算还比较粗糙,有一些还主要依靠经验。计算机的快速计算能力及现代化的数值模拟技术,为大规模土木工程的精确计算分析提供了有力的计算保障。

复杂结构的大体积混凝土块在受到较大外力作用下,其整体受力特性极其复杂,如水电站大坝、核电站、大型桥梁等,用数值法分析它们的应力分布,其方程组可达几十万甚至上百万个,用传统的手算方法显然难以实现,计算机的出现使之得以解决。同时计算机辅助设计、计算机辅助制图等软件的出现也使得设计由手工走向自动化。另外还有现在的大型仿真模拟软件,可以在计算机上模拟原型大小的工程结构在灾害荷载作用下从变形到倒塌的全过程,从而揭示结构不安全的部位和因素。用此技术指导设计可大大提高工程结构的可靠性。

信息技术的发展则使得现代土木工程更加智能化、自动化。例如,土木工程施工的信息化,对工期、人力、材料、机械、资金、进度等信息进行收集、存储、处理和交流,并加以科学地综合利用,为施工管理及时准确地提供决策依据。信息化施工可大幅度提高施工效率和保证工程质量,减少工程事故,有效控制安全、可靠、高效。

4) 土木工程将向太空、海洋、荒漠开拓

地球表面只有约 30% 的面积为陆地,而这其中又有大约 1/3 为沙漠或荒漠地区。随着地球上人口的不断增长,资源枯竭,随之带来的人类的生存问题已迫在眉睫。因此,人类大力开发海洋、荒漠甚至太空资源已成为一种趋势。

现在世界各国已有许多这类成功案例,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。中国香港大屿山国际机场劈山填海,荷兰 Deft 围海造城。在中国西北部,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。这些都是成功的造福人类的宏大工程。在外太空,从人类已有的探测资料显示,外太空星球上拥有丰富的资源,有些星球甚至有可能适宜人类居住,届时移民外太空将成为可能,这也将很大程度上扩大人类的生存空间。

5) 土木工程的可持续发展

面临人口的增长、生态失衡、环境污染、资源枯竭,人类生存环境恶化问题,在 20 世纪 80 年代人们就提出了“可持续发展”这一概念,现在已被广为认可。“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。这一原则具有远见卓识,我国政府已将“可持续发展”作为基本国策。

我国人口众多,可利用开发的资源有限,多数自然资源的人均占有率处于世界平均水平以下。改革开放后,我国经济取得了飞速的发展,但在发展过程中,许多地方在建设忽视了对环境的保护,没有对工程进行环境评估,生态环境也遭到较大的破坏。工程建设对资源的利用也较粗放,一些不合理的规划对资源造成了一定的浪费。发展可持续的土木工程,降低工程的能耗,合理利用有限资源,重视环境保护,对我国经济和社会的可持续发展具有重大意义。

本章小结

通过本章的学习,可以加深对土木工程的含义、类型、发展历史及其未来的发展趋势的认识,建立对土木工程的学习兴趣,明确土木工作者的责任。

土木工程与人类的衣食住行密切相关,凝聚着广大劳动者的智慧与汗水。土木工程以科学技术为依托,以其他学科发展和新材料的发明为契机,以社会需求为动力,取得了巨大的发展。在历史的长河中,出现了不少的经典建筑,它们是人类发展史中“凝固的音符”,更推动着历史的发展。未来的土木工程将向着材料新型化、信息化、学科综合化、可持续发展化的方向发展。

通过对土木工程的学习,可以加强对土木工程重要性的认识,明确学习目的,形成个人责任意识。

思考题

- 1-1 什么是土木工程?土木工程对人们生活有何重要意义?
- 1-2 简述土木工程所包含的工程类型,并结合生活各举一个工程实例。
- 1-3 简述土木工程的发展历史。

阅读材料

建筑是凝固的音乐——亭、塔、楼、阁

1) 亭

亭,在古时候是供行人休息的地方。“亭者,停也。人所停集也。”(《释名》)亭的历