



全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程概论

刘伯权 主 编
王社良 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程概论

刘伯权 主 编
王社良 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书共 13 章,全面地介绍了目前土木工程领域下属各分支和相关学科概况。本书内容主要包括:土木工程材料,地基与基础,建筑工程,桥梁工程,道路与铁道工程,隧道与地下工程,土木工程施工,建设项目管理,土木工程防灾、减灾,高新技术应用,土木工程与可持续发展,土木工程执业注册制度等。本书内容系统全面,文字叙述简明扼要,是一本难得的土木工程专业学生入门教材。

本书可作为高等学校土木工程、建筑学、城市规划等专业教材,也可作为土木工程相关专业技术人员了解土木工程概论的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程概论/刘伯权主编. —北京:科学出版社, 2009

(全国高等院校土木工程类系列教材)

ISBN 978-7-03-025427-6

I. 土… II. 刘… 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 (2009) 第 152780 号

责任编辑:童安齐 任加林/责任校对:耿耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 9 月第一次印刷 印张:17 1/4

印数:1—3 000 字数:386 800

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

全国高等院校土木工程类系列教材
编委会

主 任 白国良

副 主 任 (以姓氏笔画为序)

马建勋 刘伯权 何明胜 邵生俊 陈宗平

杨 勇 童安齐

秘 书 长 贾凤云

副秘书长 任加林 陈 迅

委 员 (以姓氏笔画为序)

马 斌 马建勋 王士川 王志骞 王泽军

史庆轩 白国良 冯志焱 任加林 刘伯权

苏明周 杜高潮 李 进 李青宁 李建峰

李惠民 余梁蜀 何明胜 何廷树 邵生俊

张 荫 张 倩 张志政 陈 迅 陈宗平

杨 勇 赵 平 赵树德 赵鸿铁 姚继涛

贾凤云 徐 雷 袁伟宁 郭成喜 梁兴文

韩晓雷 童安齐 曾 珂 廖红建 熊仲明

薛建阳

前 言

土木工程建设日新月异,在我国经济发展中基础性地位日益突出。当前土木工程发展所面临的资源、环境压力日益加大。土木工程采用绿色、环保科技,走可持续发展的理念日益深入人心。近年随着高等学校招生规模逐步扩大,土木工程专业招生规模显著增加,将土木工程领域的最新进展和未来发展趋势介绍给本专业的学生,特别是刚入学的新生,对其全面了解专业情况、树立专业理想具有重要意义。

本书编写着重体现“反映时代特点、强化基本概念、实用与创新并重”的思想,具体编写特点如下:

1. 以建筑工程方向为主线,较全面地介绍土木工程专业的各个层面,包括土木工程的内涵和发展简史、土木工程材料、地基与基础、建筑工程、桥梁工程、道路与铁道工程、土木工程施工、土木工程管理、土木工程防灾减灾、高新技术应用、土木工程注册师制度等方面内容。

2. 编写考虑课程特点,以较小的篇幅(按照20~30学时课堂教学计划编写),力求通俗易懂,便于读者自学。

3. 为体现“科学发展”时代特点,在适当介绍了土木工程与资源消耗及可持续发展关系、土木工程高新技术应用等内容。

本书第一章由长安大学刘伯权编写,第四、十一章由西安建筑科技大学王社良编写;第二、五、十三章由长安大学叶艳霞编写,第三、七、八、九章由长安大学黄华编写,第六、十一、十二章由长安大学吴涛编写,西安建筑科技大学赵祥参与第四章和第十一章编写。全书由刘伯权统稿。本书承西安建筑科技大学白国良教授审阅。

本书可作为高等学校土木工程、建筑学、城市规划专业的教材,也可作为建设管理、设计、施工、投资等单位及工程技术人员的参考书,亦可为其他工程类、人文类专业学生的选修教材使用。

编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,恳请读者批评指正,多提宝贵意见。

本书得到长安大学、西安建筑科技大学等有关单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

刘伯权

2009年1月 西安

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 土木工程与土木工程专业	1
1.2 土木工程发展历史概述	1
1.2.1 古代土木工程	1
1.2.2 近代土木工程	3
1.2.3 现代土木工程	5
1.3 土木工程的展望	7
1.3.1 工程材料发展展望	7
1.3.2 建造理论发展展望	8
1.3.3 建造技术发展展望	8
1.3.4 土木工程建造场所的拓展	9
1.4 土木工程专业的学习建议	11
1.4.1 科学、技术与工程的关系	11
1.4.2 土木工程的知识、能力和素质要求	12
1.4.3 土木工程的主要教学方法及学习建议	14
思考题	16
第二章 土木工程材料	17
2.1 常用工程材料	18
2.1.1 胶凝材料	18
2.1.2 砂浆和混凝土	23
2.1.3 钢材	28
2.1.4 木材	29
2.1.5 墙体材料	30
2.2 装饰材料	32
2.2.1 陶瓷	32
2.2.2 玻璃	34
2.2.3 天然石材	35
2.2.4 金属装饰材料	36
2.2.5 装饰塑料	36
2.3 功能材料	37
2.3.1 防水材料	37
2.3.2 保温隔热材料	38
2.3.3 声学材料	38
思考题	39

第三章 地基与基础	40
3.1 概述	40
3.2 工程勘察	40
3.2.1 工程勘察任务	40
3.2.2 工程勘察阶段	41
3.2.3 工程勘察方法	42
3.3 地基	46
3.3.1 地基	46
3.3.2 特殊土地基	49
3.3.3 地基处理	51
3.4 基础工程	53
3.4.1 浅基础	54
3.4.2 深基础	58
思考题	62
第四章 建筑工程	63
4.1 基本构件	63
4.1.1 板	63
4.1.2 梁	64
4.1.3 柱	65
4.1.4 拱	66
4.1.5 桁架	67
4.1.6 墙	68
4.2 单层与多层建筑	69
4.2.1 一般单层建筑	69
4.2.2 大跨度建筑	71
4.2.3 多层建筑	76
4.3 高层与超高层建筑	78
4.3.1 框架结构	79
4.3.2 剪力墙结构	80
4.3.3 框架-剪力墙结构	80
4.3.4 框支剪力墙结构	81
4.3.5 筒体结构	81
4.4 特种结构与智能建筑	84
4.4.1 特种结构	84
4.4.2 智能建筑	89
4.5 结构设计基本理论与方法	91
4.5.1 结构设计基本理论	91
4.5.2 结构设计基本要求及目的	92
4.5.3 结构设计安全可靠性的	93
4.5.4 结构设计基本方法	94

思考题	96
第五章 桥梁工程	97
5.1 概述	97
5.2 桥梁的组成与分类	101
5.2.1 桥梁的组成	101
5.2.2 桥梁的分类	102
5.3 桥梁设计	105
5.3.1 桥梁设计原则	105
5.3.2 桥梁设计主要内容	106
5.4 桥梁工程的发展特点	107
思考题	109
第六章 道路与铁道工程	110
6.1 公路	110
6.1.1 公路的分类	110
6.1.2 公路的几何组成	111
6.1.3 公路的结构建设	112
6.2 城市道路	114
6.2.1 城市道路的要求	114
6.2.2 城市道路的类型	115
6.3 高速公路	116
6.3.1 国内外高速公路发展概况	116
6.3.2 高速公路的特点	119
6.3.3 高速公路的线形设计标准	119
6.3.4 高速公路沿线设施	120
6.4 铁路工程概述	120
6.4.1 引言	120
6.4.2 铁路选线设计与路基	122
6.5 高速铁路	123
6.5.1 国外高速铁路发展概况	123
6.5.2 高速铁路主要特点	124
6.5.3 我国高速铁路发展	125
6.6 城市轨道交通及地铁	126
6.6.1 地铁工程	126
6.6.2 城市轻轨	126
6.6.3 磁悬浮铁路	127
思考题	128
第七章 隧道与地下工程	129
7.1 概述	129
7.2 隧道工程	130
7.2.1 引言	130

7.2.2	隧道工程分类	130
7.2.3	隧道施工技术	136
7.2.4	隧道工程的发展趋势	142
7.3	地下工程	143
7.3.1	引言	143
7.3.2	工业地下工程	144
7.3.3	民用地下工程	148
7.3.4	仓储地下工程	151
7.3.5	市政地下工程	153
	思考题	154
第八章	土木工程施工	155
8.1	基础工程施工	155
8.1.1	土方工程	156
8.1.2	基础施工	158
8.2	结构工程施工	162
8.2.1	脚手架工程	162
8.2.2	砌筑工程	164
8.2.3	钢筋混凝土工程	165
8.2.4	预应力混凝土工程	172
8.2.5	结构安装工程	174
8.3	施工组织设计	179
8.3.1	施工组织设计的内容	179
8.3.2	施工组织设计的分类	179
8.3.3	施工组织设计的编制程序	180
8.3.4	施工进度计划的绘制	181
8.3.5	施工平面图	182
8.4	施工技术的发展趋势	183
8.4.1	我国施工技术的现状	183
8.4.2	施工技术的发展展望	183
	思考题	185
第九章	建设项目管理	186
9.1	工程建设程序与法规	186
9.1.1	建设程序	186
9.1.2	建设法规	187
9.2	项目招投标与合同管理	191
9.2.1	工程项目招投标简述	191
9.2.2	工程项目招投标	193
9.2.3	项目合同管理	197
9.3	工程项目管理	200
9.3.1	工程项目管理的目标及特点	200

9.3.2 工程项目成本控制	201
9.3.3 工程项目进度控制	202
9.3.4 工程项目质量控制	205
9.4 建设监理	207
9.4.1 建设监理的范围和依据	207
9.4.2 建设工程监理的内容	208
思考题	209
第十章 土木工程防灾减灾	210
10.1 概述	210
10.2 地震灾害简述	211
10.2.1 地表破坏	211
10.2.2 工程结构破坏	211
10.2.3 次生灾害	212
10.2.4 减轻地震灾害的工程措施	213
10.2.5 减轻地震灾害的非工程措施	214
10.3 风灾及其工程防治	215
10.3.1 风灾简述	215
10.3.2 风灾害案例	215
10.3.3 风灾害防治简述	217
10.4 土木工程安全性与耐久性	218
10.4.1 土木工程结构的安全性	218
10.4.2 土木工程结构的耐久性	219
10.4.3 改善土木工程结构安全性和耐久性的主要途径	220
思考题	222
第十一章 高新技术应用	223
11.1 计算机与仿真技术	223
11.1.1 土木工程中计算机应用技术	223
11.1.2 土木工程中仿真技术	226
11.2 现代结构试验技术	227
11.2.1 结构抗震试验技术	227
11.2.2 结构风洞试验技术	227
11.2.3 结构抗火试验技术	228
11.3 结构振动控制技术	228
11.3.1 引言	228
11.3.2 结构振动控制方式	229
11.4 结构健康监测与安全预警技术	231
11.4.1 结构健康监测的基本概念	231
11.4.2 传感传输技术	232
11.4.3 结构损伤识别技术	234
思考题	235

第十二章 土木工程与可持续发展	236
12.1 可持续发展的由来与内涵	236
12.1.1 人类文明的演化及其与自然的关系	236
12.1.2 可持续发展思想的形成	237
12.1.3 可持续发展的内涵	237
12.2 土木工程与资源消耗	238
12.2.1 土地问题	239
12.2.2 能源问题	240
12.2.3 水资源问题	242
12.2.4 建材资源问题	243
12.3 绿色建筑	244
12.3.1 绿色建筑特点	244
12.3.2 考虑可持续发展的建筑设计原则	245
12.3.3 采用绿色环保的奥运建筑	245
思考题	248
第十三章 土木工程执业注册制度	249
13.1 注册工程师制度概述	249
13.2 土木工程注册工程师介绍	249
13.2.1 注册建筑师	249
13.2.2 注册城市规划师	250
13.2.3 注册结构工程师	251
13.2.4 注册建造师	252
13.2.5 注册监理工程师	253
13.2.6 注册土木工程师	254
13.2.7 注册造价工程师	256
13.2.8 注册资产评估师	256
13.2.9 注册咨询工程师(投资)	256
13.2.10 注册电气工程师	257
13.2.11 注册环境影响评价工程师	257
13.3 注册工程师职业道德	258
思考题	259
主要参考文献	260

第一章 绪 论

1.1 土木工程与土木工程专业

土木工程，英文为 civil engineering，是 18 世纪末由英国人斯米顿提出的土木工程师（civil engineer）而得来的。civil engineering 直译为民用工程，最初主要用以区别军事工程（military engineering），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。

我国国务院学位委员会在公布的学科简介中为土木工程专业所下的定义为：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。

土木工程涉及领域十分宽广。从建造的对象看，土木工程包括建筑工程、道路工程、桥梁工程、隧道工程、机场工程、地下工程、市政工程、港口工程、海洋工程、水利工程，甚至是航天事业发射塔架和航天基地也属于土木工程范畴。从土木工程使用的材料看，可分为金属结构、混凝土结构、高分子材料结构、木结构、石结构、土结构等。从技术性质看，土木工程涉及勘测、设计、施工、管理、养护、维修等。从职业分工看，有从事土木工程的工程技术人员、工程管理人员、研究人员和教师等。

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有关土木工程的专业。我国土木工程教育事业最早出现在 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，特别是经历改革开放三十年迅速发展，我国目前已有 300 多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。

1.2 土木工程发展历史概述

土木工程是一门古老的学科，它同社会、经济，特别是与科学、技术的发展密切相关。土木工程内涵丰富，就其本身而言，则主要是围绕材料、施工、理论三个方面的演变而不断发展的。按照建筑材料、建造理论和建造技术出现根本性的突破，可将土木工程的发展划分为古代、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。这一时期修建各种土木工程设施主要依靠经验。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，有的甚至难以想象。

在古代土木工程中，一些文明古国如中国、古希腊、古埃及、古印度都有不少传世杰作，部分流传并屹立至今。

在房屋建筑方面：我国建成于 1420 年的北京故宫（图 1.1），是世界上现存最大的古代木结构宫殿建筑群，占地 72 万 m^2 ，从整体规划到单体建筑都体现了中国古代建筑的优秀传统文化和独特风格。公元 532~537 年间，土耳其伊斯坦布尔修建的索菲亚大教堂（图 1.2）为砖砌穹顶，直径约 30m，穹顶高约 50m，整体支承在用巨石砌成的大柱（截面约 7m×10m）上，非常宏伟。

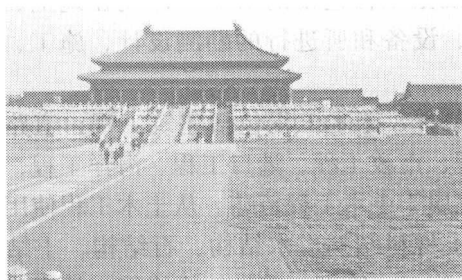


图 1.1 北京故宫

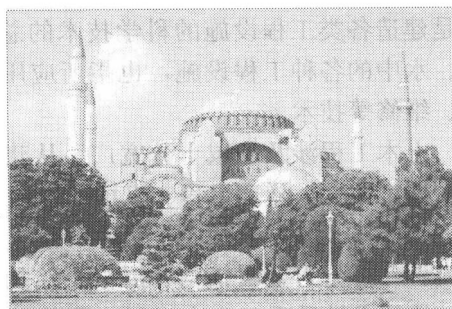


图 1.2 索菲亚大教堂

在桥梁工程方面：公元 6 世纪我国隋朝建成的赵州桥，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，且外表美观，经千余年后尚能正常使用，为世界石拱桥的杰作。

在水利工程方面：公元前 3 世纪，我国建成的都江堰水利工程（图 1.3），是世界历史上最长的无坝引水工程，兼有灌溉、防洪、水运和供水等功能，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 2500 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。

在高塔工程方面：公元 11 世纪建成的山西应县木塔（图 1.4），塔高 67.3m，共九层，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，是以证明我国古代木结构的高超技术。

在交通工程方面：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，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 000km。

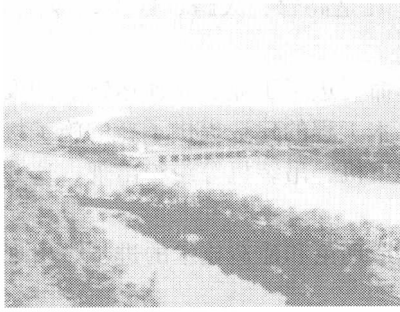


图 1.3 都江堰水利工程



图 1.4 山西应县木塔

在其他工程方面：我国最著名的当数万里长城（图 1.5），始建于公元前 3 世纪，它东起山海关，西至嘉峪关，全长 6700km，至今大部分仍基本完好。建于公元前 2700~前 2600 年间的埃及金字塔（图 1.6），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 140 m，用 230 余万块巨石砌成。

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。

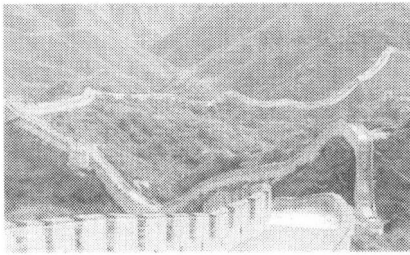


图 1.5 万里长城

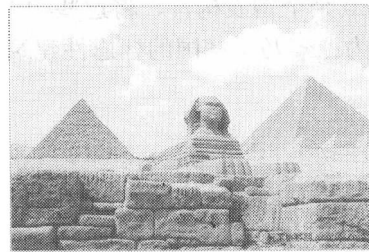


图 1.6 埃及的金字塔和狮身人面像

1.2.2 近代土木工程

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。

在工程设计理论方面，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。

在工程材料方面，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,绝大多数为钢结构或钢筋混凝土结构。

在建造技术方面,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设施提供了有力手段。

在近代土木工程中,由于建筑材料、建造理论和建造技术的进步,出现了许多举世瞩目的土木工程杰作。

在房屋建筑工程方面: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。1931年建成的纽约帝国大厦(图1.7)共102层,高378m,钢骨架总重超过50000t,内装67部电梯,这一建筑高度保持世界纪录达40年之久。

在桥梁工程方面:金门大桥(图1.9)是世界上第一座单跨超过千米的大桥,桥跨1280m,桥头塔架高277m,主缆直径1.125m,由27572根钢丝组成,其中每452根钢丝先组成一股,由61股组成主缆索,索重11000t左右。锚固缆索的两岸锚锭为混凝土巨大块体,北岸混凝土锚锭重为130000t,南岸的小一些,也达50000t。

在高塔工程方面:1889年在法国建成了高达300m的埃菲尔铁塔(图1.8),该塔有18000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8500t。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。



图 1.7 帝国大厦



图 1.8 埃菲尔铁塔

在道路工程方面:1825年英国修建了世界上第一条铁路,长21km,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。

在水利工程方面：最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（图1.10），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好望角；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。

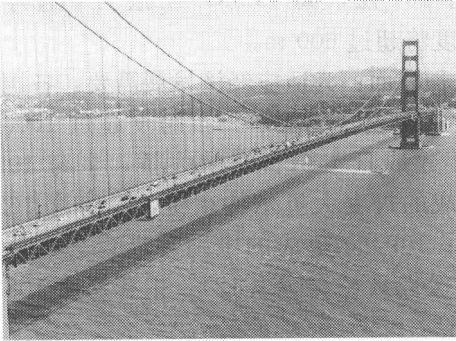


图 1.9 金门大桥

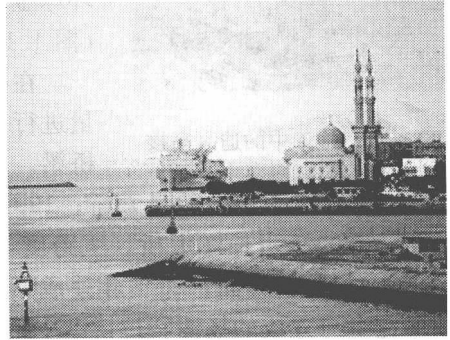


图 1.10 苏伊士运河

1.2.3 现代土木工程

第二次世界大战以后，许多国家经济腾飞，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：

1) 在建筑材料方面，随着化学工业和冶金技术的不断发展，高性能和高强混凝土广泛应用，适应不同要求的各种特种混凝土，如轻骨料混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土也迅速发展。先进的冶金和轧钢技术已能生产高强的低合金钢筋、各种规格的型钢，开创了现代结构工程的一个崭新时代。高分子化学的发展，使高分子材料开始应用于结构，出现膜结构这一新结构体系。

2) 随着工程设施大型化，在结构设计理论方面，借助计算机技术的发展，分析理论已能考虑材料非线性和几何非线性。设计理论也由容许应力设计方法进入基于概率理论的可靠度设计方法。由于分析计算理论的进步，使结构设计更为自由，一些新颖的结构如任意曲面形式的网壳结构、各种类型的斜拉桥、各种外型的索膜结构、不同深度的海洋平台、各种隧道、地下铁道等，都如雨后春笋般的到处涌现。

3) 适应工程结构大型化，在机械、电子、信息技术发展带动下，建造技术由单一使用机械发展到机-电-计算机的一体化。对于复杂的工程，实现了全过程的自动监控和计算机控制，使施工精度、施工质量大大提高，施工进度大大加快。

在现代土木工程中，土木工程已不再是单体工程，许多体现时代特征的工程已成为城市的标志和城市文化的组成部分。

在房屋建筑方面：随着经济发展和人口增长，城市人口密度迅速加大，促使房屋建

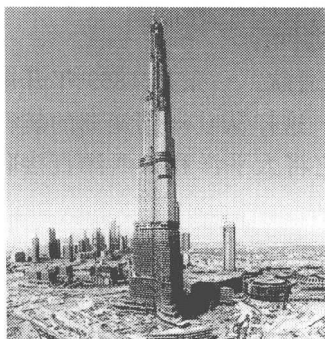


图 1.11 施工中的迪拜高楼

筑向高层发展，出现了一大批高度超过 100m 的超高层建筑，其中具有代表性有：1974 年美国芝加哥建成的西尔斯大厦，110 层，高 443m；1996 年马来西亚吉隆坡建成的石油大厦双塔楼，高 452m；1998 年建成上海金茂大厦，88 层，高 420.5m；2004 年我国台北建成的国际金融中心，高 508m；2008 年 8 月投入使用的上海环球金融中心 101 层，高 492m；在施工中迪拜高楼（图 1.11）高度将超过 600 m。

在桥梁工程方面：为适应经济发展需要，各国都大量进行基础设施建设，建造了一批跨度超过 1000m 的桥梁。1998 年建成日本明石海峡大桥，主跨 1991m，是目前世界上跨度最大的悬索桥；1997 年建成的丹麦大贝尔特东桥，主跨度 1624m；1999 年建成的江阴长江大桥，主跨度 1385m；1997 年建成的中国香港青马大桥主跨 1377m。在斜拉桥方面，2008 年建成苏通长江公路大桥（图 1.12），主孔跨度 1088 m。1993 年在上海建成的杨浦斜拉桥，主跨 602 m。

在隧道工程方面：日本和丹麦自 20 世纪 60 年代率先启动跨海隧道工程，日本于 1985 年建成青函海底隧道，长 53.85 km；1997 年建成英吉利海峡隧道长 50.3 km；随着我国西部大开发政策实行，我国在西部地区进行大规模基础设施建设，建成了许多超长山区公路、铁路隧道，2007 年建成通车的秦岭终南山公路隧道，单洞全长 18.02km，双洞共长 36.04km；2007 年建成通车的乌鞘岭两座单线铁路隧道，全长 20.05km。

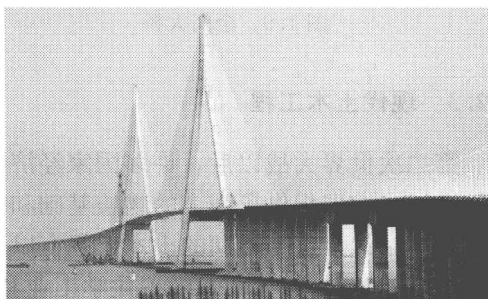


图 1.12 苏通长江大桥

在大跨度建筑方面：主要是体育馆、展览厅和大型储罐。2008 年北京奥运会主体育场——国家体育场（图 1.13），建筑造型呈椭圆的马鞍形，外壳由钢结构有序编织成

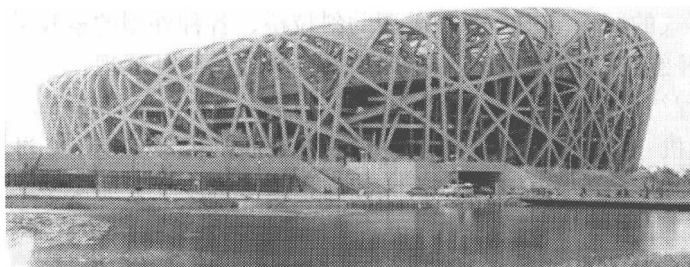


图 1.13 国家体育场鸟巢