



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程概论

尹紫红 主 编
苏 谦 钟新樵 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程概论

主 编 尹紫红
副主编 苏 谦 钟新樵
编 写 曾 勇 陈庚生
刘堂辉 马 玲
杨 明 梁 东
主 审 陈伟庆



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书共分10章，分别为建筑材料、建筑工程、道路工程、铁道工程、桥梁工程、隧道及地下工程、港口工程及水工建筑物、飞机场工程、建筑给水排水工程、土木工程防灾减灾。本书内容涵盖了土木工程的主要研究领域，力求构建土木工程的知识体系，尽可能多地反映现代土木工程新技术、新方法、新工艺和新成就，突出综合运用土木工程及相关学科的基础理论和知识，着重培养解决工程实际问题的能力，以满足新时期人才培养的需要。

本书可作为普通高等院校土木工程专业教材，也可作为其他专业选修课教材，还可供从事土木工程设计、研究的专业人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

土木工程概论 / 尹紫红主编. —北京：中国电力出版社，2011.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-1967-7

I. ①土… II. ①尹… 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（2011）第 154295 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年6月第一版 2011年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 423千字

定价 30.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

培养高素质创新人才已成为国内外高水平研究型大学本科教学改革的主要趋势。当前,我国建设创新型国家和人才强国,加快转变经济发展方式,持续调整经济结构,对自主创新能力和高素质创新人才的依存度日益增强。为此,工程人才培养模式改革要在充分借鉴世界各国高等工程教育先进经验的基础上,通过与行业、企业的密切合作,以实际工程为背景,以工程技术为主线,以提高学生的工程意识、工程素质和工程实践能力为目标,培养创新能力强、适应企业发展、类型多样的卓越工程师。

本书是依据教育部《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》、教育部“卓越工程师教育培养计划”、土木工程专业人才的培养目标和培养方案要求编写而成的,是土木工程专业及相关学科学生了解土木工程专业的一本概论性教材。它从不同的角度介绍了宽口径土木工程学科的若干分支领域,介绍了土木工程专业的总体情况和最新发展。全书共分10章,主要包括建筑材料、建筑工程、道路工程、铁道工程、桥梁工程、隧道及地下工程、港口工程及水工建筑物、飞机场工程、建筑给水排水工程、土木工程防灾减灾等内容。

书中扼要地介绍了这些学科的概念和基本知识,是土木工程及相关各专业学生在学习专业课之前,对自己将要从事的专业以及相关的知识有所了解,并奠定一定的专业知识基础的书籍,有助于学生了解土木工程的基本知识,开阔视野,培养对土木工程学科的兴趣和热情。

本书由西南交通大学尹紫红主编,苏谦、钟新樵担任副主编。此外,参与本书编写的人员还有曾勇、陈庚生、梁明学、蒋良淮、杨明、梁东,以及成都市工业职业技术学校的刘堂辉、马玲。本书由西南交通大学陈伟庆主审。

限于编者水平,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2011年6月

目 录

前言

绪论	1
1 建筑材料	16
1.1 概述	16
1.2 砌体结构	23
1.3 瓦	28
1.4 水泥及其他无机胶凝材料	30
1.5 沥青	33
1.6 钢材	33
1.7 砂浆和混凝土	34
1.8 木材	38
1.9 新型建筑材料	40
2 建筑工程	41
2.1 建筑的分类	41
2.2 建筑的组成	42
2.3 建筑结构	47
2.4 特种建筑与智能建筑	69
3 道路工程	72
3.1 概述	72
3.2 道路工程发展史	72
3.3 道路工程的分类	78
3.4 学科内容	84
3.5 现代道路勘测与设计新技术	94
3.6 展望	95
4 铁道工程	97
4.1 概述	97
4.2 铁路轨道	99
4.3 铁路路基	105
4.4 铁路选线	116
4.5 铁路车站	121
4.6 高速铁路	122
5 桥梁工程	125
5.1 桥梁的地位与发展	125
5.2 桥梁的组成和分类	133

5.3	桥梁的结构体系	136
5.4	桥梁的墩台与基础	143
5.5	桥梁上部结构施工方法	156
6	隧道及地下工程	162
6.1	隧道工程	163
6.2	地下工程	171
6.3	隧道及地下工程的施工方法	182
6.4	我国隧道及地下工程的发展前景	188
7	港口工程及水工建筑物	191
7.1	概述	191
7.2	港口的分类	192
7.3	港口的组成	194
7.4	水工建筑物	195
8	飞机场工程	211
8.1	飞机场的功能要求及分类	211
8.2	飞机场的构成	212
8.3	飞机场规划	213
9	建筑给水排水工程	218
9.1	建筑给水工程	218
9.2	建筑排水工程	229
9.3	我国给水排水工程的发展前景	234
10	土木工程防灾减灾	236
10.1	灾害与防灾减灾概论	236
10.2	地震灾害与防震减灾	238
10.3	地质灾害与防治	247
10.4	风灾与风力等级	265
	参考文献	268

绪 论

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、给水和排水及防护工程等。

中国古代哲学（五行学说）认为，世界万物是由金、木、水、火、土五大类物质组成的。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、沙子、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，因而土木工程又得名 Civil Engineering，即民用工程。

一、土木工程的三个基本属性

（一）综合性

工程设施的建造一般要经过勘察、设计和施工三个阶段，需要运用工程地质勘察（见图 0-1）、水文地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济等学科和施工技术、施工组织等领域的知识，以及电子计算机和力学测试等技术。因而，土木工程是一门范围广阔的综合学科。

（二）社会性

土木工程是伴随着人类社会的发展而发展起来的。它所建造的工程设施反映了各个历史时期社会、经济、文化、科学、技术发展的面貌，因而土木工程也就成为社会历史发展的见证之一，显示了人类在该历史时期的创造力，如中国的长城、都江堰、大运河、赵州桥、应县木塔，埃及的金字塔，希腊的巴台农神庙，罗马的给水工程、科洛西姆圆形竞技场（罗马大斗兽场，见图 0-2），以及其他许多著名的教堂、宫殿等。



图 0-1 工程地质勘察



图 0-2 罗马大斗兽场

工业革命以后，特别是到了 20 世纪，社会对土木工程提出了新的要求，同时社会各个领

域也为土木工程的发展创造了良好的条件,如建筑材料(钢材、水泥)工业化生产的实现、机械和能源技术以及设计理论的进展,都为土木工程的发展提供了材料和技术上的保证。因而,这个时期的土木工程得到了突飞猛进的发展,在世界各地出现了现代化规模宏大的工业厂房、摩天大厦、核电站、高速公路和铁路、大跨桥梁、大直径运输管道、长隧道、大运河(见图 0-3)、大堤坝、大飞机场、大海港及海洋工程等。现代土木工程不断地为人类社会创造崭新的物质环境,成为人类社会现代文明的重要组成部分。

(三) 实践性

土木工程是具有很强实践性的学科。在早期,土木工程是通过工程实践,总结成功的经验,尤其是吸取失败的教训发展起来的。在土木工程的发展过程中,工程实践经验常先行于理论,工程事故常显示出未能预见的新因素,触发了新理论的研究和发展。至今,不少工程问题的处理在很大程度上仍然依靠实践经验。

二、技术上、经济上和建筑艺术上的统一性

人们总是力求最经济地建造一项工程设施,以满足使用者的预定需要,其中包括审美要求。而一项工程的经济性又是和各项技术活动密切相关的。工程的经济性首先表现在工程选址、总体规划上,其次表现在设计和施工技术。工程建设的总投资、工程建成后的经济效益和使用期间的维修费用等,都是衡量工程经济性的重要方面。这些技术问题联系密切,需要综合考虑。

在土木工程的长期实践中,人们不仅对房屋建筑艺术给予很大关注,并取得了卓越的成就,而且对其他工程设施,也通过选用不同的建筑材料,如采用石料、钢材和钢筋混凝土,配合自然环境建造了许多艺术上十分优美、功能上十分良好的工程。古代中国的万里长城(见图 0-4)、现代世界上的许多电视塔和斜拉桥,都是这方面的例子。



图 0-3 苏伊士大运河

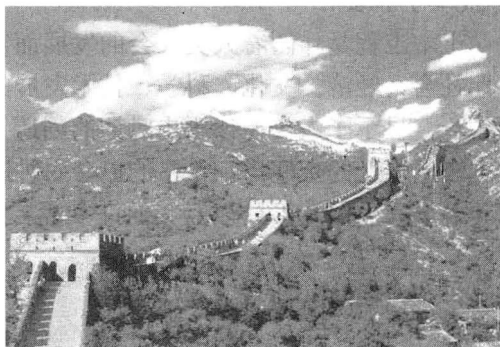


图 0-4 古代中国的万里长城

三、土木工程需要解决的问题

(1) 形成人类活动所需要的、功能良好且舒适美观的空间和通道;它既有物质方面的需要,又有精神方面的需要,这是土木工程建设的根本目的和出发点。

(2) 能够抵御自然或人为的作用力。这是土木工程之所以存在的根本原因。

(3) 充分发挥所采用的材料的作用。材料所需的资金占土木工程投资的大部分。材料是建造土木工程的基本条件。

(4) 通过有效的技术途径和组织手段,利用社会提供的物质设备条件,“好、快、省”地

完成土木工程建设任务，这是土木工程的最终归属。

四、土木工程历史上的三次飞跃

自人类出现以来，为了满足住和行以及生产活动的需要，从构木为巢、掘土为穴的原始操作开始，到今天能建造摩天大厦、万里长桥，以至移山填海的宏伟工程，土木工程经历了漫长的发展过程。

对土木工程的发展起关键作用的，首先是作为工程物质基础的土木建筑材料，其次是随之发展起来的设计理论和施工技术。每当出现新的优良的建筑材料时，土木工程就会有飞跃式的发展。

人类在早期只能依靠泥土、木料及其他天然材料从事营造活动，后来出现了砖和瓦等人工建筑材料，使人类第一次冲破了天然建筑材料的束缚。中国在公元前 11 世纪的西周初期制造出瓦，最早的砖则出现在公元前 5 世纪至公元前 3 世纪战国时期的墓室中。砖和瓦具有比土更优越的力学性能，可以就地取材，且易于加工制作。图 0-5 所示为汉代“大飞鸿”瓦当。

砖和瓦的出现使人们开始广泛、大量地修建房屋和城防工程等，从此土木工程技术得到了飞速的发展。直至 18~19 世纪，在长达 2000 多年的时间里，砖和瓦一直是土木工程的重要建筑材料，为人类文明作出了伟大的贡献，直至目前还被广泛采用。

钢材的大量应用是土木工程的第二次飞跃。17 世纪 70 年代人类开始使用生铁，19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋，这是钢结构出现的前奏。

从 19 世纪中叶开始，冶金业冶炼并轧制出抗拉和抗压强度都很高、延展性好、质量均匀的建筑钢材（见图 0-6），随后又生产出高强度钢丝、钢索。于是，适应发展需要的钢结构得到蓬勃发展。除应用原有的梁、拱结构外，新兴的桁架、框架、网架结构和悬索结构逐渐推广，出现了结构形式多样化的局面。



图 0-5 汉代“大飞鸿”瓦当



图 0-6 建筑钢材

建筑物跨径从砖结构、石结构、木结构的几米、几十米发展到钢结构的百米、几百米，直到现代的千米以上。于是，人类在大江、海峡上架起了大桥，在地面上建造了摩天大楼和高耸的铁塔，甚至在地面下铺设了铁路，创造出了前所未有的奇迹。

为适应钢结构工程发展的需要，在牛顿力学的基础上，材料力学、结构力学、工程结构设计理论等应运而生。施工机械、施工技术和施工组织设计的理论也随之发展，土木工程从经验上升成为科学，在工程实践和基础理论方面都面目一新，从而促进了土木工程更迅速的

发展。

19 世纪 20 年代，波特兰水泥发明后，混凝土问世了。混凝土集料可以就地取材，构件易于成型，但混凝土的抗拉强度很小，用途受到限制。19 世纪中叶以后，钢铁产量激增，随之出现了钢筋混凝土这种新型的复合建筑材料，其中钢筋承担拉力，混凝土承担压力，均发挥了各自的优势。20 世纪初以来，钢筋混凝土广泛应用于土木工程的各个领域。

从 20 世纪 30 年代开始，出现了预应力混凝土。预应力混凝土结构的抗裂性能、刚度和承载能力远远高于钢筋混凝土结构，因而用途更为广阔。从此，土木工程进入了钢筋混凝土和预应力混凝土占主要地位的历史时期。混凝土的出现给建筑物带来了新的经济、美观的工程结构形式，使土木工程产生了新的施工技术和工程结构设计理论，这是土木工程发展的又一次飞跃。

五、土木工程发展简史

土木工程的发展贯通古今，它与社会、经济，特别是科学、技术的发展有着密切的联系。土木工程内涵丰富，而就其本身而言，则主要是围绕着材料、施工、理论三个方面的演变而不断发展的。为便于叙述，权且将土木工程发展史划分为古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程三个阶段。

（一）古代土木工程

古代土木工程的发展史具有很长的时间跨度，大致从公元前 5000 年的新石器时代到 17 世纪中叶，前后约 7000 年。在此阶段，房屋建筑、桥梁工程、水利工程、高塔工程等方面都取得了辉煌的成就。一些文明古国的不少传世杰作至今仍巍然屹立，如我国的八达岭长城（见图 0-7）、埃及的金字塔（见图 0-8）等。公元 6 世纪建成的赵州桥是世界上最早的敞肩式拱桥（见图 0-9），此桥于 1991 年被美国土木工程学会选为世界上第 12 个土木工程里程碑。



图 0-7 八达岭长城

（二）近代土木工程

近代土木工程的发展史时间跨度为 17 世纪中叶到 20 世纪中叶，前后约 300 年。该时期土木工程的主要特征为：



图 0-8 埃及金字塔

(1) 有力学和结构理论作为指导。

(2) 木、石、砖、瓦等的使用日益广泛，混凝土、钢材、钢筋混凝土及早期的预应力混凝土得到发展。

(3) 结构形式，如桁架、框架、拱结构等得到长足发展，高层建筑不断出现。

(4) 施工技术进步很大，建造规模日益扩大，建造速度大大加快。

在这种情况下，土木工程逐渐发展到包括房屋、道路、桥梁、铁路、隧道、港口、市政、卫生等工程建筑和工程设施，不仅能够在地面，而且有的工程还能在地下或水域内修建。

近代土木工程的发展又可分为奠基时期、进步时期和成熟时期三个阶段。

(1) 奠基时期。

17 世纪到 18 世纪下半叶是近代科学的奠基时期，也是近代土木工程的奠基时期。伽利略、牛顿等所阐述的力学原理是近代土木工程发展的起点。意大利学者伽利略在 1638 年出版的著作《关于两门新科学的叙述与数学研究》中论述了建筑材料的力学性质和梁的强度，首次用公式表达了梁的设计理论。该著作是材料力学领域中的第一本著作，也是弹性体力学史的开端。1687 年，牛顿总结的力学运动三大定律是自然科学发展史的一个里程碑，直到现在还是土木工程设计理论的基础。瑞士数学家欧拉在 1744 年出版的《曲线变分法》中建立了柱的压屈公式，计算出了柱的临界压屈荷载。该公式在分析工程构筑物的弹性稳定方面得到了广泛的应用。法国工程师库仑在 1773 年完成的著名论文《建筑静力学各种问题极大极小法则的应用》中说明了材料的强度理论、梁的弯曲理论、挡土墙上的土压力理论及拱的计算理论。这些近代科学奠基人突破了以现象描述、经验总结为主的古代科学的模式，创造出比较严密的逻辑理论体系，加之对工程实践有指导意义的复形理论、振动理论、弹性稳定理论等在 18 世纪相继产生，从而促使土木工程向更深和更广的方向发展。

尽管同土木工程有关的基础理论已经出现，但就建筑物的材料和工艺来看，仍属于古代的范畴，如中国的雍和宫、法国的罗浮宫、印度的泰姬陵（见图 0-10）、俄国的冬宫等。土

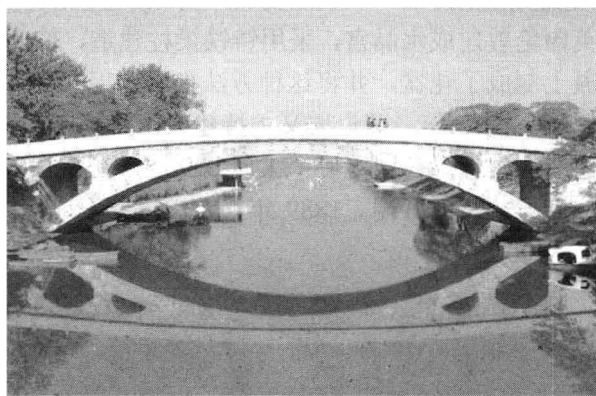


图 0-9 赵州桥

木工程实践的近代化，还有待于工业革命的推动。

随着理论的发展，土木工程作为一门学科逐步建立起来，法国在这方面则是先驱。1716年法国成立道桥部队，1720年成立交通工程队，1747年创立巴黎桥路学校，专门培养建造道路、河渠和桥梁的工程师。所有这些表明，土木工程学科已经形成。

(2) 进步时期。

18世纪下半叶，瓦特对蒸汽机作了根本性的改进，而蒸汽机的使用大力推进了工业革命。规模宏大的工业革命，为土木工程提供了多种性能优良的建筑材料及施工机具，也对土木工程提出了新的需求，从而促使土木工程以空前的速度向前迈进。

土木工程的新材料、新设备接连问世，新型建筑物纷纷出现。1824年，英国人阿斯普丁取得了一种新型水硬性胶结材料——波特兰水泥的专利权，1850年左右开始生产。1856年，大规模炼钢方法——贝塞麦转炉炼钢法发明后，钢材越来越多地应用于土木工程。1851年，英国伦敦建成水晶宫，采用铸铁梁柱建造，玻璃覆盖。1867年，法国人莫尼埃用铁丝加固混凝土制成了花盆，并将这种方法推广到工程中，建造了一座储水池。这是钢筋混凝土应用的开端。1875年，莫尼埃又主持建成了第一座长16m的钢筋混凝土桥。1886年，美国芝加哥建成家庭保险公司大厦；大厦高9层，初次按独立框架设计，并采用钢梁建造，被认为是现代高层建筑的开端。1889年，法国巴黎建成高300m的埃菲尔铁塔（见图0-11），使用熟铁近8000t。

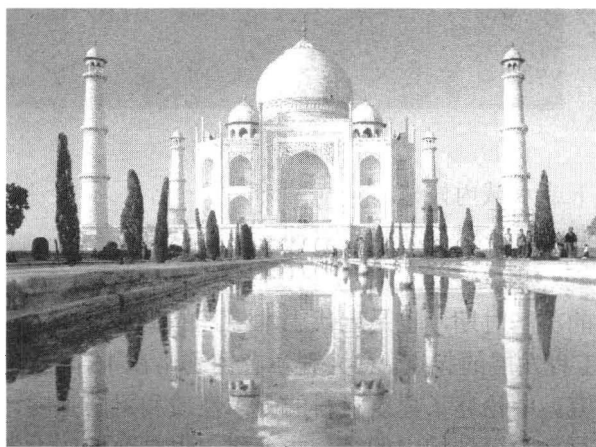


图 0-10 泰姬陵



图 0-11 法国埃菲尔铁塔

土木工程的施工方法在这个时期开始了机械化和电气化的进程。蒸汽机逐步应用于抽水、打桩、挖土、轧石、压路、起重等作业。19世纪60年代内燃机问世和70年代电机出现后，很快便制造出各种各样的供起重运输、材料加工、现场施工用的专用机械和配套机械，使一些难度较大的工程得以加速完工；1825年，英国首次使用盾构开凿泰晤士河河底隧道；1906年，瑞士修筑了通往意大利的19.8km长的辛普朗隧道（见图0-12），使用了大量黄色炸药及凿岩机等先进设备。

工业革命还从交通方面推动了土木工程的发展。在航运方面，有了蒸汽机为动力的轮船，航运事业面目一新，这就要求修筑港口工程，开凿通航轮船的运河。19世纪上半叶开始，英国、美国大规模开凿运河；1869年苏伊士运河的通航和1914年巴拿马运河的凿成，体现了

海上交通已完全将世界连成一体。在铁路方面，1825年，斯蒂芬森建成了从斯托克顿到达灵顿的长32km的世界第一条铁路，并用他自己设计的蒸汽机车行驶，取得了成功。以后，世界上其他国家纷纷建造铁路。1869年，美国建成了横贯北美大陆的铁路；20世纪初，俄国建成西伯利亚大铁路；1863年，英国建成了世界第一条地下铁道，长7.6km。在公路方面，1819年，英国马克当筑路法明确了碎石路的施工工艺和路面锁结理论，提倡积极发展道路建设，促进了近代公路的发展。铁路和公路的空前发展也促进了桥梁工程的进步。早在1779年，英国就用铸铁建成了跨度为30.5m的拱桥；1826年，英国T.特尔福德用锻铁建成了跨度为177m的麦内悬索桥；1850年，R.斯蒂芬森用锻铁和角钢拼接成不列颠箱管桥；1890年，英国福斯湾建成了两孔主跨达521m的悬臂式桁架梁桥。从此，现代桥梁的三种基本形式（梁式桥、拱桥、悬索桥）在这个时期相继出现。



图 0-12 瑞士辛普朗隧道

工程实践经验的积累促进了理论的发展。19世纪，土木工程逐渐需要有定量化的设计方法。对房屋和桥梁设计，要求实现规范化。另一方面，由于材料力学、静力学、运动学、动力学逐步形成，各种静定和超静定桁架内力分析方法和图解法得到很快的发展。19世纪末，G.D.A.里特等人提出钢筋混凝土理论，应用了极限平衡的概念；1900年前后，钢筋混凝土弹性方法被普遍采用，各国还制定了各种类型的设计规范。1818年，英国不列颠土木工程师会的成立是工程师结社的创举，其他各国和国际性的学术团体也相继成立。理论上的突破，极大地促进了工程实践的发展，从而使近代土木工程这个工程学科日臻成熟。

（3）成熟时期。

第一次世界大战以后，近代土木工程发展到成熟阶段。该阶段的一个标志是道路、桥梁、房屋大规模建设的出现。

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法。20世纪初，飞机出现，机场工程迅速发展起来。同时，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；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（见图0-13），为双绞钢拱结构，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、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（见图0-14）落成，共102

层，高 378m，有效面积 16 万 m^2 ，结构用钢约 5 万余吨，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。该建筑保持世界房屋最高纪录达 40 年之久，代表了 20 世纪 30 年代建筑科学技术的发展水平。

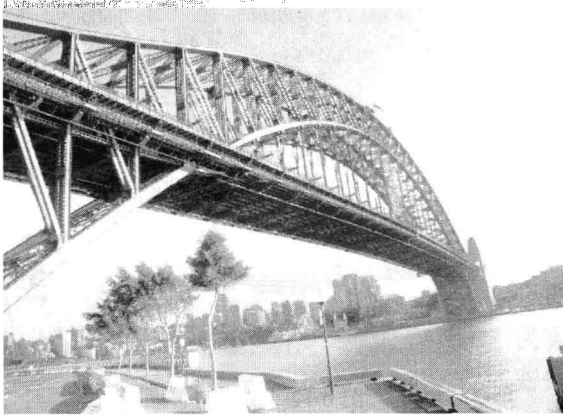


图 0-13 澳大利亚悉尼港桥



图 0-14 帝国大厦

1906 年美国旧金山发生大地震，1923 年日本关东发生大地震，人民生命财产遭受了严重的损失。1940 年美国塔科马悬索桥毁于风振。这些自然灾害推动了结构动力学和工程抗灾技术的发展；此外，超静定结构计算方法也因此不断得到完善，在弹性理论成熟的同时，塑性理论、极限平衡理论也得到发展。

近代土木工程发展到成熟阶段的另一个标志是预应力钢筋混凝土的广泛应用。1886 年，美国人 P.H.杰克逊首次应用预应力混凝土制作建筑构件，后又用于制作楼板。1930 年，法国工程师 E.弗雷西内把高强钢丝用于预应力混凝土。1939 和 1940 年，弗雷西内及比利时工程师 G.马涅尔分别改进了张拉和锚固方法，于是预应力混凝土便广泛地应用于工程领域，将土木工程技术推向现代化。

我国清朝政府实行闭关锁国政策，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，我国著名工程师詹天佑主持的京张铁路建成，铁路全长约 200km，达到当时世界先进水平。全路有四条隧道，其中八达岭隧道长 1091m。到 1911 年辛亥革命时，我国铁路总里程为 9100km。1894 年我国建成了用气压沉箱法施工的滦河桥，1901 年建成了全长 1027m 的松花江桁架桥，1905 年则建成了全长 3015m 的郑州黄河桥。我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。我国近代土木工程教育事业开始于 19 世纪末，其中最具有代表性的教育机构为 1895 年创办的天津北洋西学学堂（后称北洋大学，今天津大学）和 1896 年创办的北洋铁路官学堂（后称唐山交通大学，今西南交通大学）。

我国近代建筑以 1929 年建成的中山陵（见图 0-15）和 1931 年建成的广州中山纪念堂（跨度为 30m）为代表。1934 年，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，我国已有近代公路 11 万 km。我国工程师自己修建了浙赣铁路、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，桥长 1453m，采用沉箱基础。1912 年中华工程师会成立，詹天佑为首任会长；20 世纪 30 年代，中国土木工程学会（现中国土木工程学会）成立。到 1949 年，土木工程高等教育基本形成了完整的体系，我国已拥有一支庞大的近代土木工程技术力量。

（三）现代土木工程

现代土木工程起始于 20 世纪中叶。

发展至今，土木工程在建筑材料、结构理论和建造技术方面都取得了巨大的进步。建筑材料方面，高强度混凝土、高强低合金钢、高分子材料、钢化玻璃越来越多地出现在建筑上。结构理论方面，利用电子计算机强大的运算和绘图能力，力学分析和计算的结果更加符合实际情况，使得在结构设计上更为可靠。对于建造技术，已经发展到机—电—计算机的一体化，施工过程中，不论是上天、入地还是翻山、下海，都已不是施工的障碍；而焊接技术的普遍使用，也使得钢结构的发展进入了一个新的阶段。

现代土木工程造就的举世瞩目的建筑有：我国上海的金茂大厦、马来西亚吉隆坡的石油大厦双塔楼（见图 0-16）和法国的诺曼底斜拉桥等。

现代土木工程以社会生产力的发展为动力，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，土木工程进入了一个新的时代。在近 40 年的时间里，前 20 年土木工程的特点是进一步大规模工业化，而后 20 年的特点则是现代科学技术对土木工程的进一步渗透。

从世界范围来看，为了适应社会经济发展的需求，现代土木工程具有以下特征：

（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提高的生活水平，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、供燃气等现代技术设备结成一体。

现代土木工程的功能化问题日益突出，为了满足专门和更多样的功能需求，土木工程更多地需要与各种现代科学技术相互渗透。

（2）城市立体化。

随着经济的发展和人口的不断增长，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不得不向高空和地下发展。

高层建筑几乎成为现代化城市的象征。1974 年，芝加哥建成了高达 433m 的西尔斯大厦（见图 0-17），楼高已超过 1931 年建造的纽约帝国大厦。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。



图 0-15 中山陵



图 0-16 马来西亚吉隆坡的石油大厦双塔楼

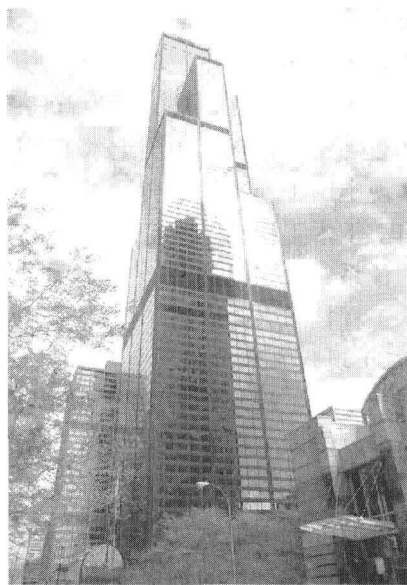


图 0-17 西尔斯大厦

城市道路和铁路很多已采用高架，同时又向地层深处发展。地下铁道近几十年来得到了进一步发展，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（见图 0-18）于 1969 年通车后，1984 年又建成了新的环形线。



图 0-18 北京地下铁道（建国门车站）

地下停车库、地下油库日益增多。城市道路下面密布着电缆及给水、排水、供热、供燃气的管道，构成了城市的脉络。现代城市建设已经成为一个立体、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。

（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，是在第二次世界大战以后。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。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。2008 年 8 月 1 日，京津城铁通车，最高时速达 350km，全长 120km；2009 年 12 月 26 日，武广客运专线建成通车，最高时速可达 394km，全长约 1069km；2010 年 1 月 28 日，郑西客运专线通车，速度目标值为 350km/h，正线长 457km；2011 年，我国还将有近 5000km 的高速铁路工程投产。交通高速化直接推动着桥梁、隧道技术的发展，穿山越江的隧道日益增多，同时也出现了长距离的海底隧道。

航空事业在现代得到了飞速发展，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 2000 个，并出现了大型集装箱码头。

(4) 材料轻质高强度。

现代土木工程的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。标号为 500~600 号的水泥已在工程中普遍应用，轻集料混凝土和加气混凝土近年来也已用于高层建筑。而大跨、高层、结构复杂的工程又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了较大的发展。我国在桥梁工程、房屋工程中广泛采用预应力混凝土结构。重庆长江大桥的预应力 T 构桥，跨度达 174m；24~32m 的预应力混凝土梁在铁路桥梁工程中用了 6 万多孔；先张法和后张法的预应力混凝土屋架、起重机梁和空心板在工业建筑和民用建筑中广泛使用。

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，而新材料的出现与传统材料的改进都是以现代科学技术的进步为背景。

(5) 施工过程工业化。

大规模现代化建设使我国和苏联、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、桥梁的构配件、组合体等。

在标准化向纵深发展的同时，种种现场机械化施工方法在 20 世纪 70 年代以后发展极快。采用了同步液压千斤顶的滑升模板广泛用于高耸结构。1975 年建成的加拿大多伦多电视塔高达 553m（见图 0-19），施工时就采用了滑模，安装天线时还使用了直升飞机。此外，钢制大型模板、大型吊装设备与混凝土自动化搅拌站、混凝土搅拌运输车、输送泵等相结合，形成了一套现场机械化施工工艺，使传统的现场灌注混凝土方法获得了新的发展，在高层、多层房屋和桥梁中部分取代了装配化，成为一种发展很快的方法。

现代技术使许多复杂的工程成为可能。例如，我国宝成铁路有 80% 的线路穿越山岭地带，桥隧相连，成昆铁路桥隧道总长占 40%（见图 0-20）；日本山阳线新大阪至博德段的隧道占 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；我国的川藏公路、青藏公路直通世界屋脊。由于采用了现代化的盾构技术，隧道施工加快，精度也得到提高。土石方工程中广泛采用定向爆破技术，以解决大量土石方的施工问题。

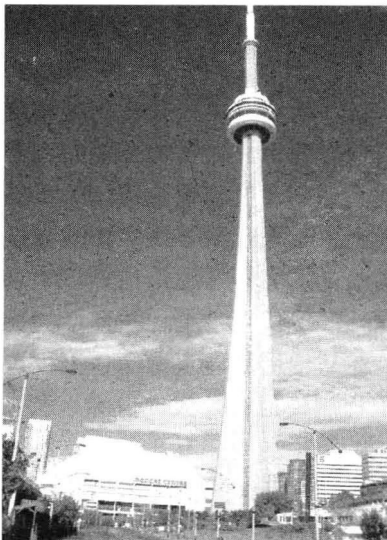


图 0-19 加拿大多伦多电视塔

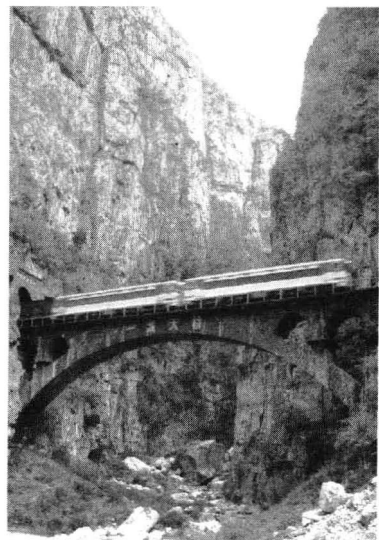


图 0-20 中国成昆线一线天两隧道间拱桥