

INTRODUCTION TO CIVIL ENGINEERING

土木工程

概论

主编 贾正甫 李章政



四川大学出版社

INTRODUCTION TO CIVIL ENGINEERING

土木工程

概论

主编 贾正甫 李章政

四川大学出版社



责任编辑:周树琴
责任校对:高春玉
封面设计:罗 光
责任印制:杨丽贤

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 / 贾正甫, 李章政主编. — 成都: 四川大学出版社, 2006.8

ISBN 7-5614-3343-3

I. 土... II. ①贾... ②李... III. 土木工程—概论
IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 067728 号

书名 土木工程概论

主 编	贾正甫 李章政
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	170 mm×230 mm
印 张	12
字 数	201 千字
版 次	2006 年 9 月第 1 版
印 次	2006 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0 001~3 000 册
定 价	18.00 元

◆ 读者邮购本书, 请与本社发行科
联系。电 话: 85408408/85401670/
85408023 邮政编码: 610065

◆ 本社图书如有印装质量问题, 请
寄回出版社调换。

◆ 网址: www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究
此书无本社防伪标识一律不准销售

前 言

刚从高中跨入大学,一切都显得那么陌生和不适应。生活上,离开父母的那一刻,怅然若失,顿觉无助。学习上,没有从早到晚陪着我们的教师,没有固定的教室,甚至于没有固定的学习内容。“学什么?怎样学?为什么这样学?以及如何用所学知识解决实际问题?”——这一系列的问题萦绕着学生,也许直到大学毕业仍被某些问题困扰。本课程的目的是对学生进行专业思想教育,指导新生认识专业,引导学生适应大学学习和生活,建立热爱土木工程学科的感情和对土木工程事业的责任心,为今后积极主动学习大学课程、培养自主学习能力打下一定的思想基础。

大学一年级的学生在适应大学生活的过程中,既要有教师的正确引导,更要凭学生本人的主动。学生主动适应大学学习生活,要做到以下几点:树立正确的人生观;明确大学学习任务,认识大学的学习规律和学习过程,建立积极进取的学习动机和目标;认识自我,实现自主性学习,逐渐摸索出良好的学习方法,最大限度地调动自己的学习积极性,不断充实自我,完善自我。

高等教育是指一切建立在普通教育(中小学教育)基础上的专业教育。任何一个专业都有其专业培养目标。土木工程专业的培养目标是:培养适应社会主义现代化建设需要,德、智、体、美全面发展,掌握土木工程学科的基本理论和基本知识,获得土木工程师基本训练的、具有创新精神的高级工程科学技术人才。毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作,具有初步的工程项目规划和研发能力。大学里的所有教学活动都是围绕着这一目标展开的。有关土木工程专业的教学安排将在后面作详细介绍。

本书的特点是:内容简明扼要,但又覆盖了土建工程的主要内容。语言精练,图文并茂,深入浅出,概念清楚,篇幅得当。适合16~24学时的教学安排。

各章编写教师:熊峰(第1章)、雍化年(第2章)、李碧雄(第3章)、李章政(第4章)、贾正甫(第5章)、余民久(第6章)、谭大璐(第7章)。

本书的顺利出版,得到了四川大学出版社的大力支持,周树琴老师的大力支持和关心,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中参考了大量国内外文献,在此向文献作者一并致谢。鉴于我们的水平有限,内容安排和材料取舍不一定得当,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2006年5月于四川大学

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 土木工程的发展	(1)
1.2 土木工程材料	(19)
第2章 建筑艺术及建筑构造	(32)
2.1 建筑艺术	(32)
2.2 建筑构造	(37)
第3章 建筑结构	(42)
3.1 建筑结构的组成	(42)
3.2 建筑结构的荷载	(52)
3.3 结构分析和结构设计	(57)
3.4 结构构件	(58)
3.5 建筑结构的其它形式	(66)
第4章 道路与桥梁工程	(80)
4.1 道桥概述	(80)
4.2 道路工程	(88)
4.3 桥梁工程	(113)
第5章 水利工程	(139)
5.1 水利工程	(139)
5.2 给水排水工程	(157)
第6章 建筑施工	(159)
6.1 建筑产品及其施工的技术经济特点	(159)
6.2 基本建设程序与建筑施工程序	(160)
6.3 工程项目施工	(162)
第7章 工程管理	(168)
7.1 工程管理概述	(168)
7.2 工程经济学	(172)
7.3 工程项目管理	(175)
7.4 建设法规与合同管理	(179)
7.5 工程管理课程体系构成与安排	(184)
参考文献	(186)

第1章 绪论

1.1 土木工程的发展

1.1.1 土木工程 (Civil Engineering)

1. 土木工程的概念

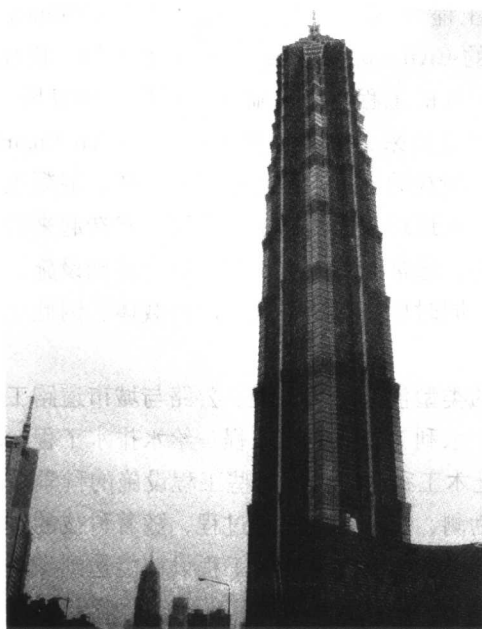
土木工程与人们的生活密切相关。在英语里土木工程称为 Civil Engineering、直译为“民用工程”，原意是与“军事工程”(Military Engineering)相对应的概念。历史上的 Civil Engineering 包括土木工程、机械工程、电气工程、化工工程等具有民用性的工程。后来随着工程技术的发展，分科细化，机械、化工、电气等逐渐独立出来，形成单独的门类，Civil Engineering 才演变成土木工程的专用名词。现在的土木工程是指用石、砖、混凝土、钢材、木材、合金材料及塑料等材料在地球表面的土层或岩层上建造起来的与人类生活、生产活动有关的工程设施。通常又称土木工程设施为基础设施，它不仅满足人们的居住和交通等要求，同时也是其他工业生产的载体，因此土木工程覆盖各行各业。

土木工程设施的类型包括建筑工程、公路与城市道路工程、铁路工程、桥梁工程、隧道工程、水利工程、港口工程、给水排水工程、环境工程及海洋工程等(图1-1)。土木工程也指建设这些工程设施的科学技术活动的总称，建造任何设施都包含勘测、设计、施工等过程，随着科技的进步，每一个环节都需要理论的指导和实施的组织，从而使工程设施能达到安全、经济和美观的建设要求。

土木工程也是一门学科，称为土木工程学，它运用数学、物理、化学等基础科学知识，力学、材料等技术科学知识以及土木工程方面的工程技术知识来研究工程的设计原理、施工技术和实施手段。土木工程正变成一门综合性的学科，集经典理论、实践经验及现代科技为一体，不断与其他学科结合，产生知识的新的增长点，推动着学科的发展和工程实践的进步。

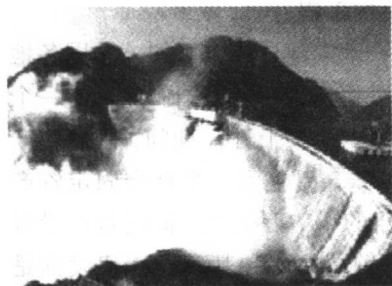


(a) 香港青马大桥主跨长度 178 m, 混凝土桥塔高 206 m



(b) 上海金茂大厦, 88 层, 建筑高度 420.5m,
建筑面积 28.9 万平方米

图 1-1 各种各样的土木工程



(c) 二滩水电站双曲拱坝, 高240 m



(d) 青藏铁路Ⅱ期工程(格尔木至拉萨)

续图 1-1 各种各样的土木工程

2. 土木工程建设要素

土木工程的目的是形成人类生产或生活所需要的、功能良好且舒适美观的空间和通道。它既是物质方面的需要,也有象征性方面即精神方面的需求。随着社会的发展,工程结构越来越大型化、复杂化,超高层建筑、特大型桥梁、巨型大坝、复杂的地铁系统不断涌现,满足人们的生活需求,同时也演变为社会实力的象征。

土木工程需要解决的根本问题是工程的安全,使结构能够抵抗各种自然或人为的作用力。任何一个工程结构都要承受自身重量,以及承受使用荷载和风力的作用,温度变化也会对土木工程结构产生力作用。在地震区,土木工程结构还应考虑抵御地震作用。此外,爆炸、振动等人为作用对土木工程的影响也不能忽略。

材料是实现土木工程建造的基本条件。土木工程的任务就是要充分发挥材料的作用,在保证结构安全的前提下实现最经济的建造,因此材料的选择,数量的确定是土木工程设计过程中必须解决的重要内容。

土木工程的最终实现是将社会所需的工程项目建造成功,付诸使用。有了最优设计还不够,还需要把蓝图变为现实。因此需要研究如何利用现有的物资设备条件,通过有效的技术途径和组织手段来进行施工。

土木工程是个系统工程,涉及方方面面的知识和技术,是运用多种工程技术进行勘测、设计、施工的成果。土木工程随着社会科学技术和管理水平而发展,是技术、经济、艺术统一的历史见证。影响土木工程的因素既多又复杂,

使得土木工程对实践的依赖性很强。

3. 当代中国正建设着世界上最大规模的土木工程

我国改革开放二十多年来,经济飞速发展,基本建设成倍增加,全国各地大兴土木,其建设规模世界上没有任何国家可以相比。整个中国俨然就是一个立体的工地,到处都是建设场所。据有关部门统计,“十五”期间,国内生产总值从2000年的9.5万亿元增长到2005年的12.3万亿元,全社会固定资产投资规模从2000年的3.5万亿元增长到2005年的4.7万亿元。固定资产投资的60%以上要由建筑业和相关产业来完成。目前,住房和基础设施建设都是国家经济发展中的增长点。随着住房和基础设施建设的投资力度加大,必将带来建设事业的快速发展。

在今后相当长时期,加快城市化进程将是我国的重要战略任务。2001年,我国城市化水平为37.7%,2005年达到40%,而发达国家已达到75%,因此我国在城市化的进程中还需要走相当长的道路,要加快城市化发展,基础设施、住房、配套服务以及各类工业项目的建设都要依靠土木工程专业的人才为之奋斗。

目前我们还处于建设高峰期,再过10年、20年,土木工程结构将会进入老化和维修期。根据美国2003年的调查:现美国29%以上的桥梁需要维修、1/3以上道路老化,2600个水坝不安全。估计美国5年内需投入16000亿美金改善基础设施的不安全状态。这就意味着,美国现在平均每年需要投入相当于我国目前每年在新建工程上投入资金的1.5~2.0倍来维护、修缮原有的基础设施和已建工程。中国在不远的将来也将出现这种状况,甚至更为严重,因此在今后相当长的时期内,土木工程建设领域依然会保持兴旺的势态。

最近几年的毕业生就业状况也反应出国内土木工程建设规模庞大,人才急需的情景。尽管土木工程专业的毕业生数量不少,但人才市场仍然需求旺盛。根据人事部“2005年高校毕业生就业接收及2006年需求情况调查分析”显示,大学生需求专业相对比较集中,其中建筑类专业位居专业需求的第6位。2006年,社会对建筑类毕业生总需求为5万余人,其中研究生2600人左右,本科生30000余人,专科生14000人左右。在北京,工业与民用建筑工程,建筑学等专业已经成为主要的紧缺专业。北京市人事局发布了“2006年引进非北京生源本科毕业生紧缺专业目录”,17个急需外地生源的专业中,建筑类占了2个:建筑工程、道路与桥梁工程。据了解,建筑类专业从2001年开始已

连续6年入选北京市紧缺专业目录。2008年,奥运会为北京提供了城市基本建设新契机,也为建筑类毕业生提供了更多的就业空间、更好的就业机会和施展才华的舞台。

1.1.2 土木工程专业与土木工程教育

土木工程师需具有较高的专业技能,需依靠高等学校的专门培养。在我国,土木工程专业既是一个古老的专业,又是一个庞大的专业。大多数工科院校都设有土木工程专业,全国有土木工程的本科院校达到200多所。各校根据教育部土木工程专业教学大纲和自身的特点及优势开展土木工程教育,为国家培养急需的土木工程人才。

1. 土木工程人才培养目标

尽管学校不同,教学模式有差异,但我国土木工程教育对人才培养目标是一致的。土木工程专业培养能适应社会主义现代化建设需要,德、智、体全面发展,具有相应多种工作岗位的适应能力及一定的研究、创新与开发能力和具有工程师基本素质,且受过工程师基本训练的高级人才。学生毕业后可从事建筑工程、市政工程、地下工程、隧道工程、道路与桥梁工程等与土木工程相关部门的设计、规划、研究及管理等方面的工作。

培养目标中有两个主要点:一是强调工程师基本训练,目前我国本科教育正向素质教育过渡,要求学生强基础、宽知识,以适应科技的发展和知识的更新。对土木工程专业的学生来说,工程师基本素质不可缺少。学生应掌握土木工程基础理论,并具备一定的应用能力,毕业后通过一段时期的工程实践和职业的继续教育,方可成为合格的土木工程师。二是规划了学生今后的职业生涯,毕业后可从事设计、施工、管理、开发和研究等工作。由此可看出,土木工程人才有着较宽的就业面,能在基本建设的各个环节开展工作。

2. 土木工程教育

普通高等学校教育和中学教育在课程设置方面有很大的不同。中学阶段主要开设政治、语文、外语、数学、物理、化学、生物、历史、地理、体育、音乐、美术等10余门基础课程和劳动技术、生理卫生等课程,以开发智力、培训技能或开阔视野为目的而开设的各种选修课程,课程多属基础知识型。大学课程分为必修课和选修课(图1-2),必修课通常包括公共课、基础课、专业核心课以及实践性教学环节,选修课包含大量文化素质课、公共基础课或专业

选修课。在学习过程中,学生应在指导性教学计划规定的范围内,在指导教师的指导下,自主选修课程。学生以总学分来衡量其学习量,取得一定的学分方可毕业和获取学位。

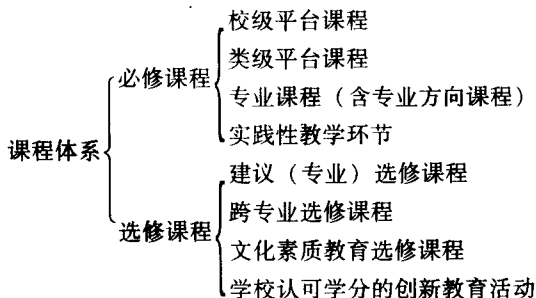


图 1-2 四川大学的课程体系

土木工程专业的课程类型主要包括以下几类:

(1) 公共课。公共课包括国家统一课和校级公共课,是任何专业都必修的课程,是为培养大学生德、智、体全面发展的必要课程。如政治类课程(思想品德修养、马克思主义哲学原理、政治经济学原理、毛泽东思想概论、邓小平理论概论、形势与政策)、体育课、外语课、计算机基础理论、法律知识课及军事理论课等。

(2) 基础课。基础课包括研究自然界的形态、结构、性质、运动规律的课程和有应用背景但不涉及具体的工程或产品,有一定的深度和广度的课程,如数学、物理、土木工程概论、建筑制图、理论力学、材料力学等。它是学生学习知识,进行思维和基本技能训练,培养能力的基础,同时是学生提高基本素质,学好后续的专业核心课的基础。

(3) 专业核心课。专业核心课包括与土木工程有密切联系的课程和有具体应用背景,与本专业的工程技术、技能直接相关的课程。如建筑测量、建筑材料、结构力学、结构设计原理、岩土力学、基础力学实验、工程地质、流体力学、施工技术和组织设计、建筑结构设计、桥梁工程、工程项目管理及房屋建筑学等。

(4) 选修课。根据土木工程专业教学的要求,学生可根据个人的爱好,在指导教师指导下选择自己的主攻方向,也是各校特色所在。四川大学土木工程专业开设了建筑工程、桥梁工程和建筑工程管理三个方向。不同方向专业课的

设置有所不同,如选择建筑工程方向,应选修高层建筑结构设计、建筑抗震设计、建筑结构试验、建筑结构CAD、大跨度房屋结构、基础工程、结构分析程序设计等有关工程和产品类的课程。选修课中还有一部分是为拓宽学生知识面,介绍科学前沿,提高学生某些基本技能或满足学生的兴趣爱好而设置的,学生可根据学分要求和个人的需要来选修。

(5) 实践性教学环节。土木工程专业是一个实践性较强的专业,为达到工程师基本训练目的以及培养相应的技能和能力,各校设置了大量的实践性环节。学生通过实践性环节的训练,强化理论知识的应用,同时培养解决工程实际问题的能力。在这个过程中,学生也可了解工程,了解社会和工程之间的关系。实践性环节通常包括物理实验、测量实习、房屋建筑学课程设计、建筑结构课程设计、施工组织课程设计、桥梁结构课程设计、工程估价课程设计、认识实习、生产实习、毕业实习、毕业设计等。

3. 土木工程知识结构

过去的土木工程教育非常注重理论基础,学生要有坚实的数学、力学知识,整个教育围绕着工程分析进行。计算机的出现,对传统的理论分析带来了冲击,面对越来越复杂的工程,应用经典理论的手算方法已经落后,必须依靠计算机进行准确的结构分析,因此计算机能力成为学生必备的条件。图1-3为某工程的计算模型图。

通过计算机可以模拟结构在地震作用下的反应,以研究结构的抗震性能。同时信息化的进步,使得过去许多经验型的东西逐渐得以发挥,理论分析无法解决的问题,计算机提供了可供选择的方案。例如,通过将专家头脑中的经验储存,可以使工程方案的制订得到无数专家的智慧;另外,实验技能也应工程人才所具备。目前,我们解决工程问题,很多情况下需要试验验证,随着实验设备的发展,已可进行许多大型的试验,模

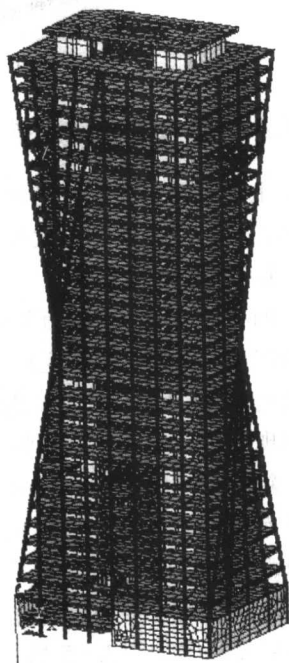


图1-3 某高层建筑结构计算模型图

拟实际工程结构和所受环境荷载,为工程结构研究提供较好的条件,图 1-4 为利用大型振动台模拟拱桥地震反应的试验。同时随着计算机的发展,实验也增添了许多新内容。用计算机模拟结构的反应,在某种程度上相当于实现了结构的“足尺试验”,对传统的试验来说是个极大的扩充。因此,理论、计算、实验构成了土木工程人才的知识结构。



图 1-4 钢管混凝土拱桥振动台试验

1.1.3 土木工程的发展简史

土木工程是一门古老的学科,有着悠久的历史,伴随人类的发展,绵延数千年,经历了古代、近代和现代三个阶段。

1. 古代土木工程

旧石器时代(170 万年前至公元前 8000 年),人类居住于天然洞穴;中石器时代(公元前 8000 年至公元前 6000 年),地穴建筑出现;新石器时代(约公元前 6000 年),半地穴建筑出现;约公元前 5000 年,地面建筑、干栏式建筑出现。古代土木工程缓慢地发展。

新石器时代(公元前 6000 年至公元前 3000 年),黄河流域的仰韶文化遗址(新石器时代的一种文化,因其分布于黄河中下游流域,1921 年首次发现于河南绳池仰韶村而得名)中发现用木骨泥墙构成的居室,是早期的地面建筑。著名的西安半坡村遗址中有许多圆形房屋的痕迹。经考古分析,得出半坡村房屋复原图如图 1-5 所示。可以看出,原始社会的地面建筑由墙体、屋顶两部分组成,墙体为木骨泥墙结构,屋顶由构架和木柱支撑。

约公元前 2000 年,相当于夏代时期,出现了夯土的城墙。西周时期开始

有了烧制的瓦，战国时期的墓葬中发现了大尺寸的空心砖。

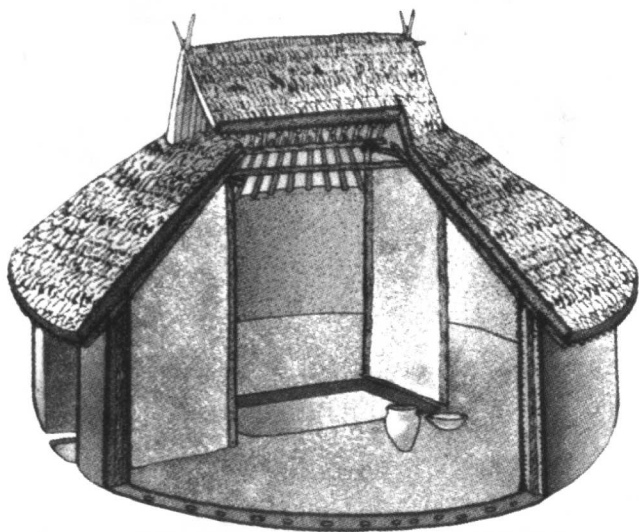


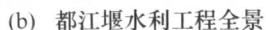
图1-5 西安半坡村房屋复原图

在欧洲，大约 8000 年前已开始采用晒干的砖（土坯）；大约 5000 年至 6000 年前，开始开凿自然石砌筑房屋；采用烧制的砖亦有 3000 年的历史。

古代土木工程虽然发展缓慢，但却出现了许多伟大的工程，在人类的历史长河中熠熠生辉。

约公元前 256 年至公元前 251 年（战国时期），李冰父子在前人治水的基础上访察水脉，因地制宜，因势利导，完成了举世瞩目的都江堰排、灌水利工程（图 1-6）。它是世界上最长的无坝引水枢纽，一直沿用至今，其灌溉面积现在正达一千多万亩，创造了巨大的经济效益。

岷江是长江上游的一条较大的支流，发源于四川北部高山地区。每当春夏山洪暴发之时，江水奔腾而下，从灌县（今都江堰市）进入成都平原，由于河道狭窄，古时常常引起洪灾，洪水一退，又是沙石千里，岷江东岸的玉垒山又阻碍江水东流，造成东旱西涝。秦昭王五十一年（公元前 256 年），李冰任蜀郡太守，为排除洪灾之患，他主持修建了著名的都江堰水利工程。都江堰的主体工程是将岷江水流分成两条，其中一条水流引入成都平原，这样既可以分洪减灾，又达到了引水灌田、变害为利的效果。为此，李冰在其子二郎的协助



下，邀集有治水经验的农民，对岷江水东流的地形和水情作了实地勘察，决心凿穿玉垒山引水。在无火药（火药发明于东汉时期，即公元25年至220年间）爆破的情况下，他采用先以火烧石，再浇江水的办法，使岩石爆裂（热胀冷缩的原理），大大加快了工程进度，终于在玉垒山凿出了一个宽13.3 m，高26.6 m，长53.3 m的山口。山口低水位每秒流速2 m，高水位每秒流速4 m，因形状酷似瓶口，故取名“宝瓶口”，而开凿玉垒山分离的石堆称为“离堆”。“宝瓶口”引水工程完成后，虽然起到了分流和灌溉的作用，但因江东地势较高，江水难以流入宝瓶口，李冰父子率众又在离玉垒山不远的岷江上游江心筑分水堰，用装满卵石的大竹笼放在江心堆成一个狭长的小岛，形如鱼嘴，岷江流经鱼嘴，被分为内外两江。外江仍循原流，内江经人工造渠，通过“宝瓶口”流入成都平原。为了进一步起到分洪和减灾的作用，在分水堰与离堆之间，修建了一条长133.3 m的溢洪道流入外江，以保证内江无灾害，溢洪道前修有弯

道，江水形成环流，江水超过堰顶时洪水中夹带的泥石便流入到外江，这样便不会淤塞内江和宝瓶口水道，故取名“飞沙堰”。为了观测和控制内江水量，李冰召人又雕刻了三个石桩人像，放于水中，让人们知道“枯水（低水位）不淹足，洪水（高水位）不过肩”，还凿制石马置于江心，以此作为每年最小水量时淘滩的标准。现在，都江堰每年都接待不少外国游人，其中有些是水利专家。许多水利专家仔细观看了整个工程的设计后，都对我国当时发达的科学水平惊叹不止，比如飞沙堰的设计就是很好地运用了回旋流的理论。

中国人引以为自豪的长城原是春秋战国时期各国为了相互防御，而各自在地势险要处修筑的城墙。秦始皇统一全国后，为了抵御北方匈奴贵族的南侵，于公元前 214 年将秦、赵、燕三国的北边长城予以修缮，连贯为一。旧长城为黏土拌乱石建造，现在河北、山西北部的长城为明代中叶改用精制城砖重修，墙高约 12m，宽约 7m~10m，是世界上最伟大的工程之一（图 1-7）。

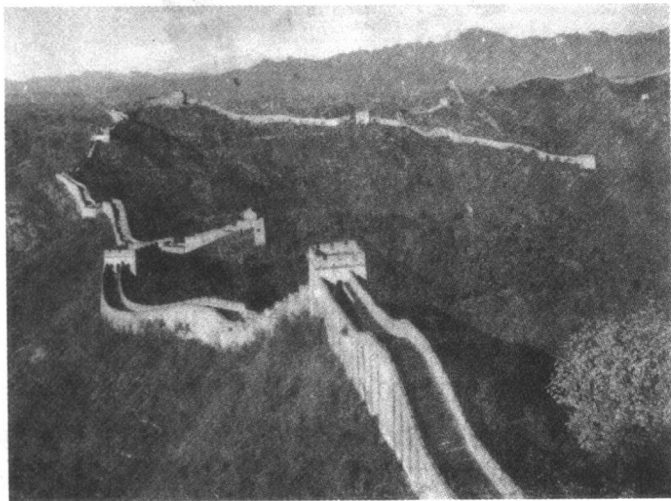


图 1-7 万里长城

中华民族的建筑体系是木构架制，历代王朝建造的大量宫殿和庙宇，都系木构架结构，即用木梁、木柱做成承重骨架，用木制斗拱做成大挑檐，四壁墙体都是自承重的隔断墙。至今保存完好的最早的木建筑是山西五台县佛光寺大殿，建于公元 857 年（唐宣宗时）。公元 1056 年建成的山西应县木塔（图 1-8），塔高 67.3m，该塔共九层，八角形，底层直径 30.27m，是我国现存的

最高的木结构之一，经多次大地震后仍完好无损。



图 1-8 山西应县木塔

建于公元前 2700 至公元前 2600 年的埃及帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群，其中以古国王第四王朝法老胡夫的金字塔最大。该塔塔基呈正方形，每边长 230.5m，高约 146m，用 230 万余块巨石砌成。它的内核是用巨石围砌的扶壁，内倾角约为 75° （图 1-9），越到外围扶壁高度越小，形成台阶状。墓室或安置在金字塔下面的巨石里，或安放在塔身中某处，有很窄的秘密甬道或石阶通往。

公元 532 至公元 537 年间建造在今土耳其伊斯坦布尔的索菲亚大教堂（图 1-10 为砖砌穹顶（圆形球壳），直径 30 余米，穹顶高 50 多米，穹顶支撑在大跨砖拱和用巨石砌筑的巨型柱上（ $7\text{m} \times 10\text{m}$ ）。