



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校土木工程学科
专业指导委员会规划教材（按新专业规范编写）

土木工程概论

周新刚 主编
何若全 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按新专业规范编写)

土 木 工 程 概 论

周新刚	王建平	范云	周新刚	主编
			贺国栋	编写
			何若全	主审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/周新刚主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011.6

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高等学校
土木工程学科专业指导委员会规划教材(按新专业规范编写)
ISBN 978-7-112-13278-2

I. ①土… II. ①周… 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 105329 号

本书是全国高校土木工程专业教学指导委员会颁布的《土木工程指导性专业规范》的配套教材。主要讲授土木工程的基本概念及土木工程专业涉及的主要技术领域, 帮助土木工程专业大一学生认识土木、走近土木、热爱土木、将来更好地学好和服务土木。

全书共分 5 章, 其主要内容有: 概述、土木工程的对象和范畴、土木工程的功能及其实现、土木工程专业知识构成概要、土木工程师的能力素质及职业发展。

本书既可作为土木工程本、专科专业的教材, 也可作为从事土木工程专业及相关工科专业工程技术与管理人士的参考书。

为支持本课程教学, 本书配有多媒体教学课件, 有需要的读者请发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任设计: 陈 旭

责任校对: 陈晶晶 赵 颖

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(按新专业规范编写)

土 木 工 程 概 论

周新刚 主编

周新刚 王建平 范 云 贺国栋 编写

何若全 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{3}{4}$ 字数: 310 千字

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月第一次印刷

定价: 23.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-13278-2
(20707)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本系列教材编审委员会名单

主 任：李国强

常务副主任：何若全

副 主 任：沈元勤 高延伟

委 员：（按拼音排序）

白国良	房贞政	高延伟	顾祥林	何若全	黄 勇
李国强	李远富	刘 凡	刘伟庆	祁 皓	沈元勤
王 燕	王 跃	熊海贝	阎 石	张永兴	周新刚
朱彦鹏					

组 织 单 位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

从 2007 年开始高校土木工程学科专业教学指导委员会对全国土木工程专业的教学现状的调研结果显示, 2000 年至今, 全国的土木工程教育情况发生了很大变化, 主要表现在: 一是教学规模不断扩大。据统计, 目前我国有超过 300 余所院校开设了土木工程专业, 但是约有一半是 2000 年以后才开设此专业的, 大众化教育面临许多新的形势和任务; 二是学生的就业岗位发生了很大变化, 土木工程专业本科毕业生中 90% 以上在施工、监理、管理等部门就业, 在高等院校、研究设计单位工作的大学生越来越少; 三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同, 多样化人才的需求愈加明显。《土木工程指导性专业规范》(以下简称《规范》)就是在这种背景下开展研究制定的。

《规范》按照规范性与多样性相结合的原则、拓宽专业口径的原则、规范内容最小化的原则和核心内容最低标准的原则, 对专业基础课提出了明确要求。2009 年 12 月高校土木工程学科专业教学指导委员会和中国建筑工业出版社在厦门召开了《规范》研究及配套教材规划会议, 会上成立了以参与《规范》编制的专家为主要成员的系列教材编审委员会。此后, 通过在全国范围内开展的主编征集工作, 确定了 20 门专业基础课教材的主编, 主编均参与了《规范》的研制, 他们都是各自学校的学科带头人和教学负责人, 都具有丰富的教学经验和教材编写经历。2010 年 4 月又在烟台召开了系列规划教材编写工作会议, 进一步明确了本系列规划教材的定位和编写原则: 规划教材的内容满足建筑工程、道路桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要方向的需要; 满足应用型人才培养要求, 注重工程背景和工程案例的引入; 编写方式具有时代特征, 以学生为主体, 注意 90 后学生的思维习惯、学习方式和特点; 注意系列教材之间尽量不出现不必要的重复等编写原则。为保证教材质量, 系列教材编审委员会还邀请了本领域知名教授对每本教材进行审稿, 对教材是否符合《规范》思想, 定位是否准确, 是否采用新规范、新技术、新材料, 以及内容安排、文字叙述等是否合理进行全方位审读。

本系列规划教材是贯彻《规范》精神、延续教学改革成果的最好实践, 具有很好的社会效益和影响, 住房和城乡建设部已经确定本系列规划教材为《普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材》。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和学院的大力支持, 在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议, 以便我们在规划和出版专业课教材时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社
2011 年 6 月

前 言

2009年12月，高校土木工程学科专业指导委员会在厦门召开了“土木工程指导性专业规范”研究及配套教材规划会，确定了首批20本规划教材。2010年4月，高校土木工程学科专业指导委员会和中国建筑工业出版社又在烟台大学召开了“土木工程指导性专业规范”研讨会及配套教材编写工作会议，确定了教材编写的原则与基本要求。

根据“土木工程指导性专业规范”的思想，本教材在编写过程中，充分考虑了拓宽专业口径、满足应用型人才培养要求、内容最小化的原则。全书只有5章，但力求内容丰富、信息量大，做到核心内容全覆盖。在内容安排和表达上，充分考虑了土木工程专业的知识体系及其认知特点与规律，努力做到通俗易懂、形象生动、反映土木工程的最新发展，而且对学生的大学学习有所帮助、有所启迪。

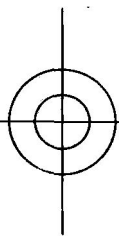
本书由周新刚、王建平、范云、贺国栋等编写，其中第1章，第2章第2.1、2.2、2.11，第3章第3.1、3.4、3.7，第4章由周新刚编写；第5章，第2章第2.12由王建平编写；第3章第3.2、3.3、3.5、3.6由范云编写；第2章第2.3由贺国栋编写；第2章其他节分别由黄志军、郭健、冀伟编写。周新刚对全书进行了整理、修改和定稿。全书由苏州科技学院何若全教授审稿。

目 录

第 1 章 概述	1	2.5.3 地下工程与隧道工程发展	
本章知识点	1	趋势	73
1.1 土木工程与土木工程专业	1	2.6 水利水电工程	74
1.1.1 土木工程	1	2.6.1 水利工程	74
1.1.2 土木工程专业	2	2.6.2 水电工程	76
1.2 土木工程发展简史	2	2.6.3 防洪工程	77
1.2.1 中世纪以前的土木工程	2	2.6.4 水利水电发展前景展望	79
1.2.2 近代土木工程	8	2.7 港口工程	79
1.2.3 现代土木工程及我国土木工程		2.7.1 港口的分类	80
技术的最新成就	10	2.7.2 港口的组成	80
1.3 土木工程与人类社会文明	19	2.7.3 港口规划与布置	81
1.4 土木工程在国民经济中的		2.7.4 我国港口工程的未来发展	
地位与作用	20	前景	82
1.5 土木工程与可持续发展	21	2.8 海洋工程	82
阅读与思考	23	2.8.1 海洋工程的分类	82
第 2 章 土木工程的对象和范畴	24	2.8.2 海洋工程主要结构形式	83
本章知识点	24	2.8.3 我国海洋工程的未来发展	
2.1 土木工程及其系统性、		前景	83
综合性	24	2.9 给水排水工程	84
2.2 建筑工程	25	2.9.1 给水工程	84
2.2.1 建筑工程的对象与主要内容	26	2.9.2 排水工程	87
2.2.2 建筑分类与结构体系	29	2.10 环境工程	89
2.2.3 建筑工程的发展	38	2.10.1 环境工程学的发展简史	89
2.3 交通工程	43	2.10.2 环境工程的主要研究内容	90
2.3.1 道路工程	43	2.10.3 环境工程与土木工程	91
2.3.2 铁道工程	49	2.11 土力学基础工程	91
2.4 桥梁工程	58	2.11.1 工程地质	92
2.4.1 桥梁的组成	58	2.11.2 土力学	93
2.4.2 桥梁的分类	59	2.11.3 基础工程	93
2.4.3 桥梁的主要类型	59	2.11.4 边坡工程	94
2.5 地下工程与隧道工程	67	2.12 土木工程项目规划、设计、	
2.5.1 地下工程	68	施工及运营概述	94
2.5.2 隧道工程	70	2.12.1 项目立项与建设基本程序	94

2.12.2 土木工程项目管理与运营	
概述	98
阅读与思考	105
第3章 土木工程的功能及其	
实现	106
本章知识点	106
3.1 土木工程与工程结构	106
3.2 工程结构的功能	109
3.3 工程结构承受的作用及	
效应	111
3.4 结构组成原理	114
3.4.1 结构与构件	114
3.4.2 构件与连接	116
3.4.3 结构与材料	118
3.4.4 材料的线性与非线性力学	
性能	119
3.4.5 工程材料的分类	120
3.5 工程结构的正常使用与长期	
寿命	122
3.6 工程结构的防灾减灾	123
3.6.1 火灾及防灾、减灾措施	124
3.6.2 地震灾害及工程减灾	125
3.6.3 风灾、洪灾与雪灾	128
3.6.4 地质灾害及防治	129
3.7 工程结构的维护与改造	131
3.7.1 工程结构的检测与维护	131
3.7.2 工程结构的再设计	132
3.7.3 既有建筑改造加固的发展	
趋势	133
阅读与思考	134
第4章 土木工程专业知识构成	
概要	135
本章知识点	135
4.1 工程科学、技术、美学与	
经济	135
4.1.1 材料科学与材料技术	135
4.1.2 结构与力学	137
4.1.3 结构与美学	138
4.1.4 结构与经济	143
4.2 土木工程专业的知识结构与	
能力结构	143
4.2.1 土木工程专业的知识结构与	
体系	144
4.2.2 土木工程专业的能力结构	146
4.3 数学、力学及其工程应用	147
4.3.1 土木工程专业中的主要数学、	
力学课程	147
4.3.2 力学建模与数学求解	148
4.3.3 从生活中学习力学	149
4.4 结构设计、施工及其质量	
监督	150
4.4.1 结构与施工	150
4.4.2 设计与施工的质量监督	150
4.5 结构试验与结构检验	153
4.6 工程语言及表达	154
4.7 计算机技术的应用与土木	
工程的发展	155
4.7.1 计算机辅助设计技术	155
4.7.2 信息化施工与施工自动化	156
4.7.3 结构智能体系	156
4.7.4 实验与虚拟实验技术	157
4.7.5 智能建筑	157
4.7.6 管理信息系统	158
4.8 工程标准	158
阅读与思考	159
第5章 土木工程师的能力素质及	
职业发展	160
本章知识点	160
5.1 知识、能力与素质的关系	160
5.2 土木工程师的专业技能	162
5.3 土木工程师的综合素质和	
创新意识	163
5.3.1 土木工程师的综合素质	163
5.3.2 土木工程师的创新意识	164
5.4 土木工程师的法律意识	165
5.4.1 工程建设法的基本概念	165
5.4.2 建设法规体系及构成	166
5.4.3 建设法规的法律地位及作用	168

5.4.4 建设法规的实施	169	5.6.1 人类社会面临的问题与 挑战	177
5.4.5 合同法律制度	170	5.6.2 可持续发展的基本要求	186
5.4.6 工程纠纷	171	5.7 土木工程师的职业发展与 继续教育	188
5.5 土木工程师的风险意识	172	5.7.1 土木工程师的职业发展	188
5.5.1 建设工程中的风险	172	5.7.2 土木工程师的继续教育	190
5.5.2 建设工程中的风险评估	173	阅读与思考	191
5.5.3 控制建设工程风险的措施	174	参考文献	192
5.6 土木工程师的可持续发展 意识	176		



第1章

概 述

本章知识点

本章主要介绍土木工程的基本概念及土木工程专业涉及的主要技术领域。通过本章的学习，学生应从人类生存与发展的基本需求角度，认识和思考土木工程及土木工程专业的发展，了解土木工程与人类文明、社会进步和科技发展的关系及其相互作用，了解我国土木工程的成就及土木工程专业的前途及其发展。

1.1 土木工程与土木工程专业

1.1.1 土木工程

人类生存与发展离不开“衣、食、住、行”，也离不开政治、经济、军事、文化，而这一切都离不开土木工程。为满足人类“衣、食、住、行”的基本需求，维持国家、组织等运转，都需要建造一些固定的空间或实体，创造一定的环境，如建筑、道路、桥梁、港口、大坝等。可以说，地球上一切人类建造的固定空间或实体、环境等都是土木工程的成果。概括地说，土木工程为人类生产、生活营建空间与设施，为人与物流构建通道，其内容十分广泛。房屋是人类最早开始建设的土木工程。由于早期的房屋都直接应用土和木两种材料，土木工程又可简单地理解为应用土木材料建造的工程。在中国古代就有“大兴土木”的说法。土木工程的说法由此而生。英文土木工程为 Civil engineering，是由英国的斯米顿(John Smeaton)在 18 世纪末提出的。Civil engineering 直译为民用工程，主要用于区别军事工程(Military engineering)。随着土木工程的发展，土木工程的概念已发展为建造各种设施的科学技术总称。它既指工程建设的对象，即建造在地上、地下、水中的各种工程设施，也指应用材料、设备和所进行的勘察、设计、施工、管理、养护、维修等专业技术。当今，虽然土木工程材料有了非常迅速的发展，但至今任何土木工程中都直接或间接地应用土和木两种材料。

我国土木工程包括或涉及的领域主要有：房屋工程、铁路工程、道路工程、机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程、给排水工程、城市供热供燃气工程、交通工程、环境工程、港口工程、水利工程等。美国的土

木工程包括结构工程(Structural engineering)、岩土工程(Geotechnical engineering)、交通工程(Transportation engineering)、环境工程(Environmental engineering)、水利工程(Hydraulic engineering)、建设工程(Construction engineering)、材料科学(Materials science)、测量学(Surveying)、城市工程(Urban engineering)等。土木工程不仅为人类生存与发展建造了单体的建筑、桥梁、隧道、大坝等,也创造了城市、乡村、厂矿等综合的生态与环境。

1.1.2 土木工程专业

土木工程专业是为培养土木工程专门技术人才而设的。早在1747年法国就创立了巴黎路桥学校。我国土木工程教育则始于1895年天津大学。目前全国有近500余所各类高等院校开展土木工程教育。从1872年清政府第一批官办留学开始到20世纪初,我国派遣了一批优秀人才到国外学习桥梁工程、采矿工程、地质工程等工科专业。这些留学生回国后不仅为我国的工程技术与工业发展作出了开创性的贡献,而且大都奠定了各学科的基础。如我们熟知的铁道专家詹天佑(1872年耶鲁大学留学)、黄仲良(1872年里海大学留学),桥梁专家茅以升(1916年康奈尔大学留学),地质学家李四光(1913留学英国伯明翰大学)、刘恢先(1937年康奈尔大学博士)。新中国成立后,特别是改革开放后我国土木工程专业的教育有很大的发展,也出现了大批卓有成绩的专家学者,目前我国土木水利学科的院士有58名,他们为我国土木工程及教育的发展作出了杰出的贡献。

从人才培养的层次分,土木工程专业培养的人才有专科、本科(工学学士)、硕士(工学硕士)、博士(工学博士)等几个层次。按照“大土木”的人才培养目标与方案,土木工程本科下设建筑工程、道路工程、桥梁工程等若干专业方向,但专业都统一为土木工程。在本科教育阶段,土木工程专业属于大的一级学科专业,到硕士或博士阶段则具体分二级学科专业,如岩土工程、结构工程、防灾减灾工程与防护工程、桥隧工程等。

1.2 土木工程发展简史

土木工程是一个古老的学科,也是一个长盛不衰的学科。土木工程产生与发展的动力来源于人类生存与发展的需要;人类生存与发展需求的不断提高,又不断推动土木工程的发展。纵观人类生存与发展的长河,土木工程既是人类生存与发展的结晶,又是人类生存与发展的不竭动力。

从土木工程所用的材料、土木工程理论的发展、土木工程建设规模与水平及所使用的机械设备等几个方面综合分析,土木工程的发展大体经历了以下几个阶段。

1.2.1 中世纪以前的土木工程

古代社会的穴居、独木桥、独石桥、藤索道、人类长期活动所形成的道

路等,就是最原始的土木工程。但类似的、非常简陋的土木工程至今还可以在现代社会中找到踪迹。在旧石器时代以前,原始人群主要以天然崖洞等作为居住处所。到新石器时代才开始出现利用黄土层为壁体的土穴居,用木架和草泥建造简单的穴居和浅穴居(图 1-1)。根据考古发掘,从我国夏朝开始到春秋战国,夯土技术逐渐发展与成熟,可以建造规模比较大的宫室和陵墓(图 1-2),而且逐渐形成了“方九里、旁三门。国中九经九纬,经涂九轨,左祖右社、面朝后市……”的都市之制。



图 1-1 原始房屋(穴居与草木建筑)

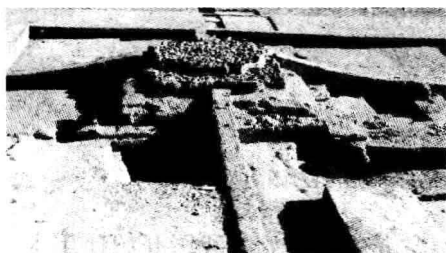


图 1-2 古代夯土陵墓

夯土技术是最早的土木工程技术,在我国有几千年的发展历史。不仅在人类文明的早期被广泛应用(图 1-3),在近现代社会仍保存和使用大量的夯土建筑(图 1-4)。福建土楼从 1622 年到 20 世纪 70 年代一直在建设与使用,是我国土木建筑的杰出代表之一,并于 2008 年 7 月 7 日被列为世界文化遗产。



图 1-3 楼兰遗址(夯土建筑)

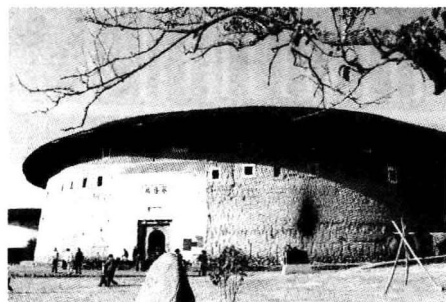


图 1-4 福建土楼(夯土建筑)

原始土木工程的主要特点是:应用天然的土木材料,材料很少被加工或使用原始的以手工为主的加工方法,工程对周围环境的改造和影响都比较少,工程设计与建造完全依靠经验和简单的工具,工程建造的主要目的是为了满足不同人们最基本的需要。如建造房屋或穴居只是为了遮风挡雨、抵御寒冷、防范野兽等;建造独木桥只是为了人畜的行走等。正所谓“上古穴居而野外,后世圣人易之以宫室,上栋下宇,以蔽风雨”。

到了封建社会,由于铁器的使用,推动了生产力的发展;由于工农业、

商业和文化的发展促进了城市发展,我国开始了秦砖汉瓦的土木工程技术时代。秦朝开始建设的万里长城、大型宫殿、陵墓等,春秋战国时代秦国建设的都江堰,都是这个时期土木工程的不朽代表。长城被誉为人类的奇迹(图 1-5);都江堰工程至今仍发挥着巨大的抗旱防洪作用(图 1-6),使成都平原变成天府之地。

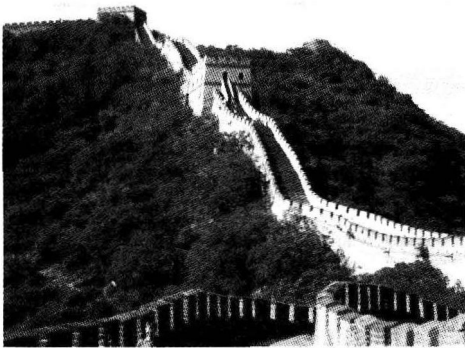


图 1-5 长城



图 1-6 都江堰水利工程

从东汉开始,我国开始使用木材建造房屋,斗拱结构逐渐发展成熟。我国不仅在一般房屋的水平屋盖结构中主要使用木材,在宫殿、寺庙等建筑的

竖向构件中也大量使用木材,并发展完善了斗拱结构这一独特的木结构形式(图 1-7)。斗拱结构不仅受力合理,而且形成了我国古建筑的独特风格,创造和发展了中国建筑文化。由于木结构技术的发展和建筑风格与文化的形成,我国保存下来的大量木结构建筑已成为全人类的宝贵文化遗产。北京故宫(始建于公元 1406 年,建成于 1420 年)是世界上现存最大、最完整的古代木结构建筑群,占地 72 万 m^2 ,有房屋 8700 余间,总建筑面积 15 万 m^2 (图 1-8)。应县木塔(建于公元 11 世纪,9 层、66m 高)也反映了我国木结构技术的高超水平(图 1-9)。该木塔几百年来经受多次大地震至今巍然屹立。除中国外,东方其他国家,如日本也大量使用木结构建造房屋、庙宇等。日本奈良法隆寺五重塔(建于公元 607 年,塔高 31.5m)可以说是日本木结构建筑的重要代表之一(图 1-10)。值得一提的是,超过 28m

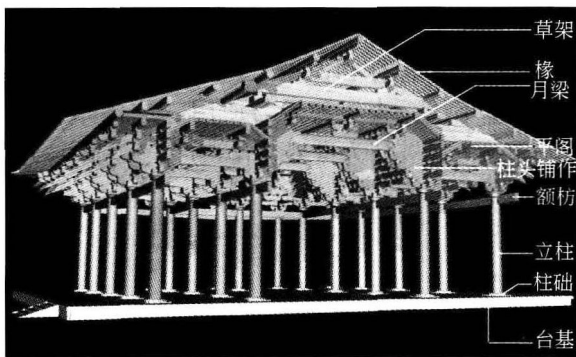


图 1-7 我国典型木结构



图 1-8 北京故宫

的建筑在现代也可称之为高层建筑，说明人类只用天然材料建造高层建筑的历史可以追溯到 1000 多年前。

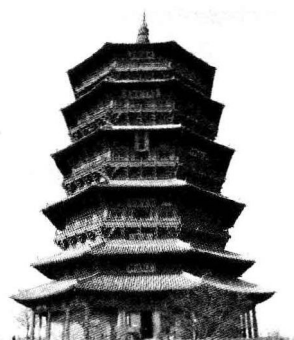


图 1-9 应县木塔



图 1-10 法隆寺五重塔

中世纪前，西方国家的土木工程也达到了很高的水平，为现代社会留下了很多文化遗产。但是，与我国和东方国家不同的是，中世纪前西方国家主要使用砖石建造房屋，图 1-11~图 1-15 都是国外古代建筑的杰出代表，这些建筑所使用的主要材料都是石材。尽管西方国家在建筑中比较少的采用木材，但西方国家的木结构技术也有很高的水平。古罗马时期，人们就能区别桁架的拉杆和压杆，而且建成了跨度 25m 以木桁架为主要结构的罗马城图拉真(古罗马皇帝)巴西利卡(巴西利卡是古罗马的一种公共建筑形式)。如果用跨度来衡量，这样的跨度已达到了现代桥梁的中桥水平。



图 1-11 古埃及金字塔



图 1-12 玛雅金字塔



图 1-13 古罗马斗兽场

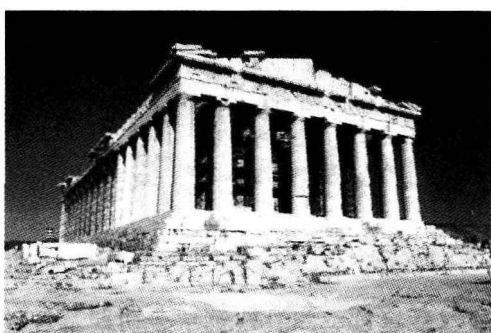


图 1-14 古希腊雅典卫城

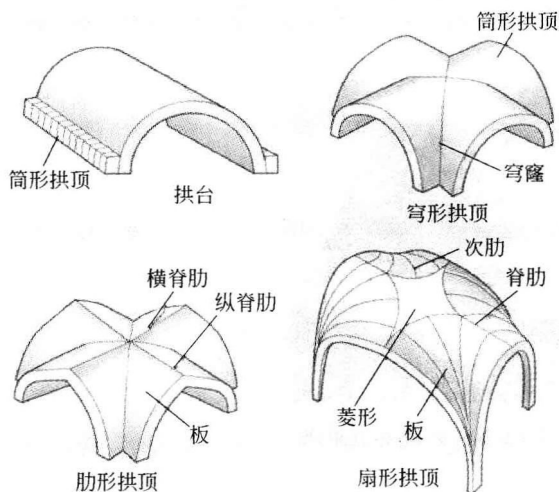


图 1-15 西方古建筑拱顶结构

由于广泛使用砖石材料建造房屋，特别是大型、大跨公共建筑，促进了石拱券、砖拱券等在西方建筑中的大力发展和广泛应用，并且在古罗马时期人们就开始利用天然火山灰混凝土建造大型宫殿、教堂的拱顶，形成了有代表的古罗马建筑、罗曼建筑和哥特式建筑。至今这些建筑仍闪耀着耀眼的光芒。这些建筑尽管建筑风格各异，但其共同点都是利用砖石等块状建筑材料，通过受力合理的拱券结构及其组合，形成大跨度建筑空间，并在建筑的外立面和内部空间中用雕塑、壁画等加以装饰，形成独特的建筑风格，营造特有的文化与精神氛围。图 1-15 为几种典型的拱券形式。

古罗马建筑 古罗马建筑能满足各种复杂的功能要求，主要依靠水平很高的拱券结构，获得宽阔的内部空间。巴拉丁山上的弗莱维王朝宫殿主厅的筒形拱，跨度达 29.3m。万神庙穹顶的直径是 43.3m(图 1-16、图 1-17)。公元 1 世纪中叶，出现了十字拱，它覆盖方形的建筑空间，把拱顶的重量集中到四角的墩子上，无需连续的承重墙，空间因此更为开敞。把几个十字拱筒形拱、穹窿组合起来，能够覆盖复杂的内部空间。古罗马城中心广场东边的君士坦丁巴西利卡，中央用三间十字拱，跨度 25.3m，高 40m，左右各有三个跨度为 23.5m 的筒形拱抵抗水平推力，结构水平很高。剧场和角斗场庞大的观众席，也架在复杂的拱券体系上。由此可见，无论从结构形式，还是建筑所达到的跨度与高度等方面看，古代西方建筑技术都达到了很高的水平。



图 1-16 意大利万神庙全景

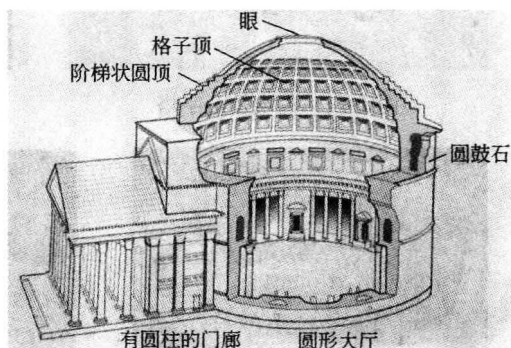


图 1-17 万神庙结构解剖

罗曼建筑 罗曼建筑承袭初期基督教建筑的特点，采用古罗马建筑的一些传统做法，如半圆拱、十字拱等，并对罗马的拱券技术不断进行试验和发

展,采用扶壁以平衡沉重拱顶的横推力,后来又逐渐用骨架券代替厚拱顶(图 1-18为罗曼建筑的代表)。随着罗曼建筑的发展,中厅愈来愈高。为减少和平衡高耸的中厅上拱脚的横推力,并使拱顶适应于不同尺寸和形式的平面,后来又创造出了哥特式建筑。罗曼建筑作为一种过渡形式,它的贡献不仅在于把沉重的结构与垂直上升的动势结合起来,而且在于它在建筑史上第一次成功地把高塔组织到建筑的完整构图之中。

哥特建筑 哥特式建筑是以法国为中心发展起来的。在 12~15 世纪,城市手工业和商业行会相当发达,城市内实行一定程度的民主政体,市民们以极高的热情建造教堂,以此相互争胜来表现自己的城市,犹如现代城市争相建设地标建筑一样。哥特式建筑的特点是尖塔高耸、尖形拱门、大窗户及绘有圣经故事的花窗玻璃。在设计中利用尖肋拱顶、飞扶壁、修长的束柱,营造出轻盈修长的飞天感,使整个建筑表现出以直升线条为特征的雄伟外观,营造空阔的室内空间。哥特式建筑的代表作非常多,图 1-19 为意大利米兰大教堂。该教堂 1386 年开始建造,1500 年完成拱顶,1774 年中央塔上的镀金圣母玛丽亚雕像就位,主体建造历时一百多年,最终完成近 300 年,其工程之宏伟可见一斑。



图 1-18 意大利比萨主教堂建筑



图 1-19 意大利米兰大教堂

利用简单的砖石材料建造房屋,拱结构是最合理的结构形式,只有拱结构才能在采用砖石材料的情况下,建设大跨度结构。我国在利用拱结构建造土木工程方面也取得了杰出的成绩,公元 6 世纪隋朝建成的赵州桥,跨度 37.02m,全长 50.82m,桥面宽约 10m(图 1-20),1991 年被美国土木工程学会评为世界上第 12 个土木工程里程碑。明朝建设的南京开元寺无梁殿也是我国砖拱结构的杰出代表(图 1-21)。在砖石结构建造技术方面,除了都发展了合理的结构外,早期西方主要使用天然火山灰材料作为粘结材料,而我国则采用黏土材料,其中添加一些改性材料。

随着土木工程的建设,人们也不断总结土木工程建造的经验。公元 5 世纪我国有了第一部工程技术专著《考工记》,到了公元 12 世纪又编著了《营造法式》;国外在公元 1 世纪罗马建筑师、工程师维特鲁威就编写了《建筑十书》;公元 15 世纪意大利阿尔贝蒂编著了《论建筑》。这些著作对工程建设及建筑的制式与规格化发挥了重要作用,但这些著作中还没有形成系统的结构理论。



图 1-20 赵州桥

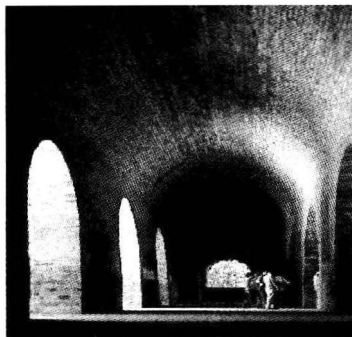


图 1-21 南京开元寺无梁殿

概括地说,古代土木工程技术有以下特点和成就:

- (1) 在建筑材料方面,从利用自然的土、木,到发展夯土技术、砖瓦烧制技术、石材与木材加工技术,直到利用火山灰混凝土建造拱顶等;
- (2) 在建造技术方面,从简单的穴居,到单层房屋、多层房屋,最后发展到建造大跨度、大空间的殿堂、庙宇、教堂、公共建筑等;
- (3) 在发展结构形式方面,从利用自然洞穴,到搭建简单的锥形木架、独木桥,最后发展到木结构桁架、斗拱以及砖石、混凝土拱顶等;
- (4) 在建筑与建造技术方面,总结建筑材料、建筑法式、规格、结构形式等方面的经验,形成了一些系统的建造标准与技术,包括建筑装饰等;能合理利用材料的基本特性,利用拱结构建造了大量建筑和桥梁,并开始应用火山灰混凝土。

1.2.2 近代土木工程

1824 年波特兰水泥的发明和 1856 年转炉炼钢技术的发展,标志着土木工程材料的发展达到了一个新的高度。由于水泥的发明和应用,钢材冶炼技术的进步,从此土木工程告别了以天然材料为主的时代,迈向了以钢筋混凝土结构和钢结构为主的新时代。土木工程技术也告别了依靠经验建造的时代,来到了主要以力学为基础的科学建造时代。力学、混凝土结构学、钢结构学等在工程实践中不断发展,形成了系统的知识与理论体系。土木工程的设计建造理论也发展成为一门完整的学科——结构工程。

结构工程的主要理论基础是数学、力学。在力学基础上,构成土木工程这座大厦的主要支柱是土力学与地基基础、混凝土结构和钢结构。由于经典力学的发展和工业革命的推动,18 世纪中叶至 20 世纪初期,结构工程理论逐渐成熟,为大型、复杂工程的设计建造,混凝土结构与钢结构的广泛应用奠定了基础。

力学 在力学领域,1774 年欧拉建立了柱的轴心受压屈曲理论,使结构和构件的稳定分析成为现实;1773 年库伦提出了材料强度概念和挡土墙土压力理论,为材料力学与土力学的发展奠定了基础;1825 年维纳建立了结构设计的容许应力分析方法,为结构设计提出了通用的方法;20 世纪上半叶克罗斯提出了力矩分配法,促进了刚架结构的应用。