

土木工程概论

丁大钧 蒋永生 编著

东南大学出版社



为了读者可同时学习些专业外语，在书中有意识尝试地适当写入一些，也因为专业的限制，有些可能不确切。这样做是否有益？也希望读者提出意见。

在书中的最后一章，加入了我校工民建专业的教学计划作为示例，以提供读者参考。

“教书育人”，应贯穿于教育的全过程中，在本书中，我们注意了这一问题。基本建设中的经济问题是一个重要问题，在此也强调了适合我国国情，考虑节约材料和降低造价。在今后几年里，如何学习和掌握专业知识以为四化建设服务，本课程将是一个起点，希望它是一个腾飞的起点，愿与读者共勉。

总之本书无论取材上和阐述方法上，缺点一定不少，希望得到读者的帮助，向我们及时提出意见，以便在再版时改正。

最后对有关高校对我们工作的大力支持表示衷心的感谢。对美籍学者林同炎教授、荷兰朋友(Dr.J.Brakel)、河海大学钱家欢教授、天津市市政工程勘测设计院姚思廉总工程师、我院唐念慈教授、张寿岸教授、邵容光教授、邓学钧教授、章春梅教授、杜训教授以及朱继澄、宋雅桐、陈荣生、赵惠麟、李俊利等副教授和吴洁汀老师等的热情帮助表示衷心的感谢。对李漪浓老师傅为精心描绘底图以及邵扣霞同志为本书做了许多具体工作同样在此表示感谢。

丁大钧 蒋永生

1988年3月于南京

内 容 提 要

本书阐述了土木工程这一学科的大致内容及其历史、现在和发展。全书共分十章,计有:土木工程总论;工程材料;土木工程典型实例(附照片);荷载及其取值;基本构件及结构体系;基础工程;施工管理;工程经济;计算机在工程中的应用;专业介绍和教学计划。本书还配备与内容有关的各类幻灯片260余张。

本书可作为高等院校土建类各专业“土木工程概论”课教材,也可作为中等专业学校及技术人员培训班教学用书。本书还可供工程技术人员和其它人员了解土木工程基本内容之参考。

责任编辑 刘柱升

责任校对 刘娟娟

土 木 工 程 概 论

丁大钧 蒋永生 编著

东南大学出版社出版

(南京四牌楼2号)

江苏省新华书店发行 繁昌印刷厂印刷

开本850×1168毫米1/32 印张3.50 字数211千字

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数:1—8000册

ISBN 7-81023-145-6

TU.11

定价:2.20元

序

《土木工程概论》是一门新开设的综合性课程，是为新入学的新生讲授的一门课程。它阐述了土木工程的重要性和这一学科所包含的大致内容，以便学生一入学就对自己将终身从事的工作有个概括了解，做到心中有数，从而产生强烈的求知欲和奠定献身这一事业的坚定信念。我们根据多年来积累的国内外有关资料，结合教学实践经验，终于在1987年对我校土木工程系四个专业第一次讲授了这一课程。由于时间匆促，当时只写出约2万字的讲授提纲，配合幻灯片（当时只选做了约70张）讲授。课后我们要求听课学生写小结并提出改进意见，也征询了参加听课教师们的意见，并参考后来获得的国外有关教材，对原提纲进行了补充修改，写成这本书以作为今后在教学中试用。由于该课程内容十分丰富，在编写过程中深感知识面不宽，困难较多，而许多同行和同事给我们以很多热情的帮助。

为了配合讲课，我们这次重新选制了260多张幻灯片，提供有关单位选用。考虑到这本书能便于初、中级技术人员以及有志学习土木工程有关专业知识并报考这些专业的高中毕业生选择志愿时的参考，在书中附印了较多的图片。

在本书中对有些章节适当加入些展望，但不一定确切，目的是引导读者在了解现状后进一步“向前看”。

我们努力写得通俗易懂和扼要些，同时面尽可能宽广些以便适用范围大些。对某些结构的力学概念，也试图作了些浅显易懂的阐述。

目 录

第一章 总 论

1.1 历史简述	1
1.2 土木工程的重要性	8
1.3 土木工程的建设与使用	10
1.4 土木工程中的抗灾	13
1.4.1 灾害的原因	1.4.2 关于地震
1.4.3 其它灾害	
1.5 土木工程的现状和未来	24

第二章 工程材料和构造简述

2.1 自然石、砖、瓦	28
2.2 胶凝材料和砂浆	31
2.3 混凝土和混凝土砌块	31
2.4 钢筋、钢筋混凝土和预应力混凝土	34
2.4.1 钢筋	2.4.2 钢筋混凝土
2.4.3 预应力混凝土	
2.5 钢	47
2.6 木	49
2.7 展望	52
2.7.1 混凝土	2.7.2 预应力混凝土
2.7.3 其它材料	

第三章 土木工程种类

3.1 房屋建筑	61
3.1.1 概述	3.1.2 楼板
3.1.3 楼梯	

3.1.4	单层房屋及大跨房屋	3.1.5	多高层房屋
3.1.6	中国古建筑	3.1.7	特种用途建筑
3.1.8	展望		
3.2	特种结构	99	
3.3	桥梁工程	103	
3.3.1	概述	3.3.2	拱桥
		3.3.3	斜拉桥
3.3.4	悬索桥	3.3.5	立交桥
		3.3.6	展望
3.4	公路、铁路和隧道	124	
3.4.1	公路	3.4.2	铁路
		3.4.3	隧道
3.4.4	涵洞及挡墙	3.4.5	展望
3.5	水利工程	140	
3.5.1	坝	3.5.2	渡槽
		3.5.3	扬水站
3.5.4	水利枢纽	3.5.5	船闸
		3.5.6	船坞
3.5.7	码头	3.5.8	港口
3.6	给水排水工程	148	
3.6.1	给水	3.6.2	排水
第四章 土木工程荷载			
4.1	荷载的定义	154	
4.2	作用与效应	154	
4.3	荷载种类	155	
4.3.1	永久荷载	4.3.2	可变荷载
4.3.3	偶然荷载	4.3.4	荷载代表值与标准值
4.3.5	吊车荷载	4.3.6	雪荷载
		4.3.7	风荷载
4.3.8	车辆荷载(汽车荷载、列车荷载)		
4.3.9	土填荷载	4.3.10	深仓中储料荷载
4.3.11	地震作用	4.3.12	其它
4.3.13	荷载组合(承载能力极限状态、使用极限状态)		
第五章 土木工程的基本结构形式			
5.1	梁、柱	181	

5.2	拱	182
5.3	桁架	186
5.3.1	铰接桁架	5.3.2 刚接桁架
5.4	框架	192
5.4.1	排架	5.4.2 刚架
第六章 基础工程		
6.1	基础的重要作用	197
6.2	基础的型式	199
6.2.1	墙下带形基础	6.2.2 柱下单个基础
6.2.3	柱下带形基础及整片基础	
6.3	薄壳基础	203
6.4	软弱地基的处理	204
6.4.1	强使密实	6.4.2 换置垫层
6.4.3	排水固结	6.4.4 化学加固
6.5	桩基础	208
6.5.1	概述	6.5.2 预制桩
6.5.3	灌注桩	
6.6	沉井	213
6.7	展望	216
第七章 施工与管理		
7.1	施工技术与施工工艺	217
7.2	施工组织	225
7.3	企业管理	226
7.3.1	概述	7.3.2 企业管理现代化
7.3.3	全面质量管理	
第八章 工程与经济		
8.1	基本建设在国民经济中的地位和作用	233
8.2	基本建设投资经济效益与工程技术经济评价	235
8.2.1	基本建设投资的经济效果	
8.2.2	工程技术经济评价方法	

8.3	建设项目的可行性研究·····	239
8.4	设计与施工方案的优化·····	241
第九章 计算机在土木工程中的应用		
9.1	人与计算机的关系·····	244
9.2	计算机在土木工程中的应用概况·····	245
9.2.1	在土木工程各学科的研究方面	
9.2.2	计算机辅助设计	
9.2.3	专家系统和	
9.2.4	人工智能决策系统	
9.2.5	企业经营管理中的	
9.2.5	计算机应用	
9.2.5	建筑功能上计算机的应用	
第十章 关于专业介绍		
10.1	历史沿革及展望·····	248
10.2	专业分类及设置·····	249
10.3	课程分类门数及学分学时数·····	250
10.4	教书育人·····	251
10.5	专业介绍示例·····	251
10.5.1	建筑学专业	
10.5.2	工业与民用建筑专业	
附录：工业与民用建筑工程专业教学计划·····		255
主要参考资料·····		259

第一章 总 论

1.1 历史简述

在上古时期，人类野处穴居。旧石器时代^①的北京猿人（约60万年前）都住在天然岩洞里。距今约18000年前，北京周口店龙骨山山顶洞人，亦还住在天然岩洞里。

我国传说中的有巢氏为巢居的发明者。为了避免野兽侵袭，他教民构木为巢，居于树上。

在新石器时代后期仰韶文化的重要遗址中已发现用木骨泥墙构成的居室（陕西半坡遗址）。到公元前20世纪（约相当于夏代），已发现有夯土的城墙。商代时已逐渐采用粘土做成的版筑墙〔商高宗武丁（公元前1324—1265年在位）的贤相傅说，原即是傅岩地方从事版筑墙的奴隶〕。西周时期已有烧制的瓦。战国墓葬中发现有烧制的大尺寸空心砖，估计至迟这时已有小尺寸的烧制实心砖，因为前者的制作技术远较后者复杂。

在欧洲，大约8000年前已开始采用晒干的砖（土坯）；凿琢自然石的采用，大约在5000～6000年前；至于在建筑中采用烧制的砖，亦有3000年的历史。

① 考古学上人类历史的最初阶段为石器时代，分旧、中、新三个发展阶段。从人类出现直到铜器时代开始为止，共经历了200～300万年为旧石器时代。而后两个阶段很短，分别约2000～3000年和1000～2000年。在最早的旧石器时代，人类使用比较粗糙的打制石器为主要劳动工具，中石器时代则用打制石器和局部磨光的石器，而在新石器时代，则广泛使用磨制石器。

1987年在上海近郊青浦河段发现6000多年前我国最早的直筒水井，井底离地面3.46m，井口略呈椭圆形，直径60cm多，井壁光滑，未见加固材料及遗迹。这是人类为生存而斗争所进行的原始汲水工程。

我国大规模兴修水利工程为传说中的夏禹，奉舜命治理洪水。据后人记载，他领导人民疏通江河，兴修沟渠，发展农业。在治水13年中，他三过家门而不入。传说山西河津县西北龙门(禹门)为夏禹治水时所凿。战国时期(它的起讫年代据一种说法为自公元前475年—公元前221年)魏文侯(公元前445年—公元前396年在位)时西门豹开凿水渠12条，引漳水灌溉，改良土壤，以发展农业生产。秦昭王(公元前306年—公元前251年在位)时，李冰(约在公元前256年—公元前251年)任蜀郡守，他在岷江流域兴办了许多水利

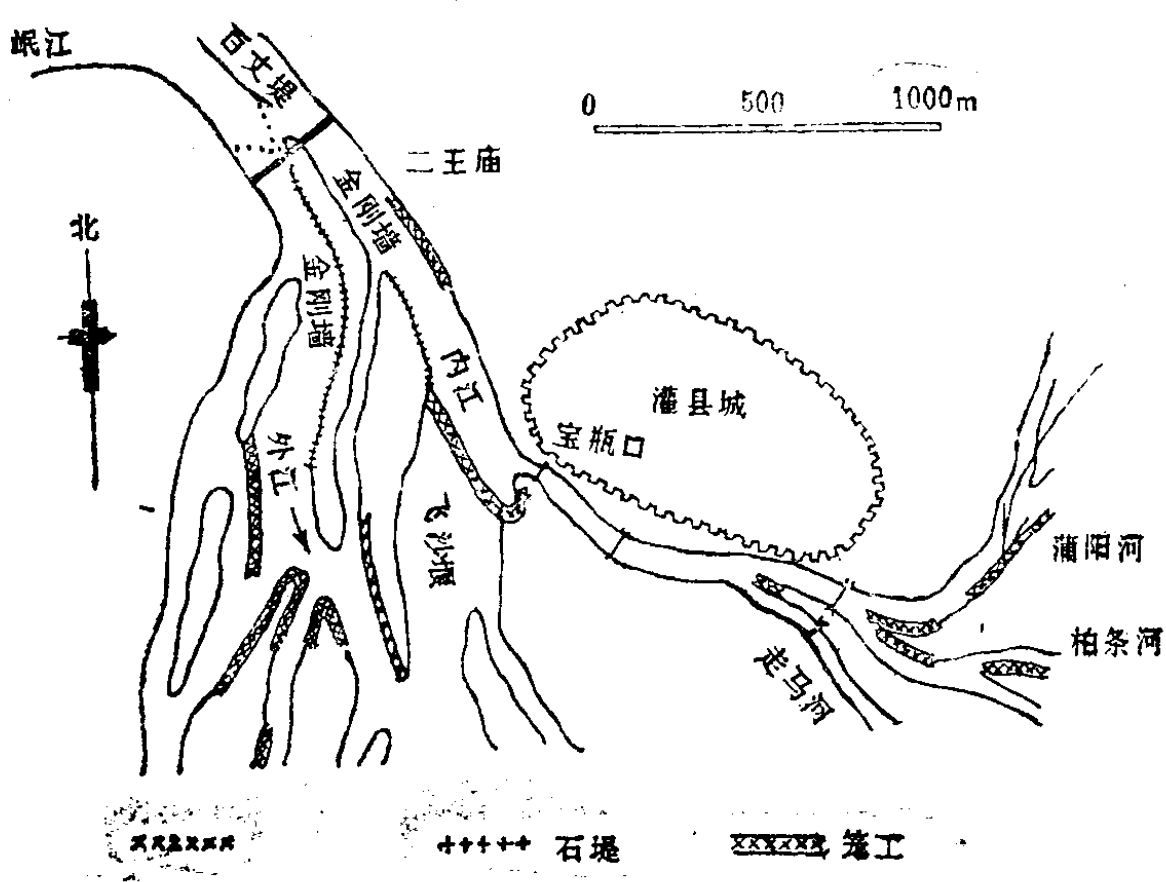


图 1.1

工程，其中以灌县都江堰(图1.1)最为著名。在此之前，战国初期，

蜀相开明决玉垒山，分引岷江水以排水患。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，基本上完成了都江堰的排、灌水利工程，于是成都平原“沃野千里，号为陆海”。

长城（Great Wall）原是春秋（春秋时期的起讫年代一种说法为公元前770年—公元前476年）战国时各国为了互相防御，各在形势险要处修筑的城墙^①。秦始皇（公元前246年—公元前210年在位）于公元前221年统一全国后，为了防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。故址西起临洮（甘肃岷县）北傍阴山，东至辽

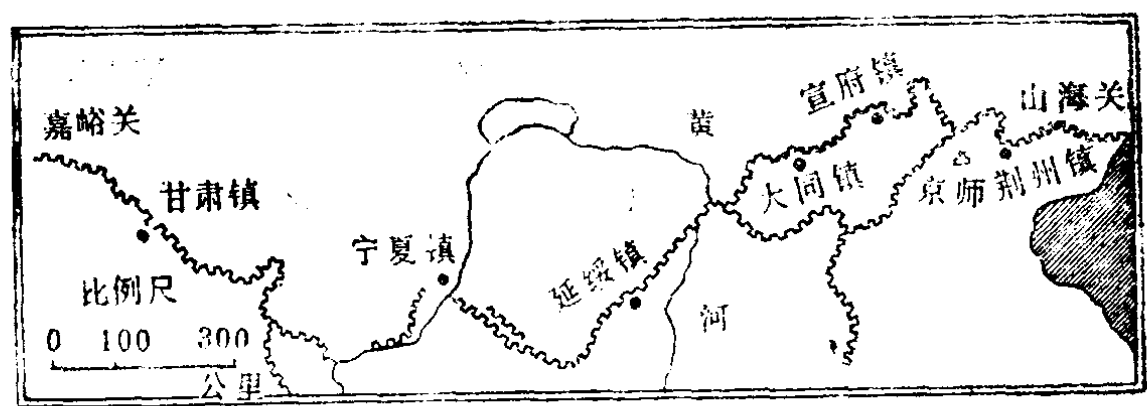


图 1.2

东。明代为了防御鞑靼、瓦剌族的侵扰，自洪武（公元1368年—1398年）至万历（公元1572年—1620年）时，前后修筑长城达18次，西起嘉峪关，东至山海关，称为“边墙”。宣化、大同二

^① 英国哈德里安墙东起泰恩河上的纽卡斯尔，西迄爱尔兰海索尔威湾，是罗马皇帝哈德里安（Hadrian，公元117—138年在位）在罗马帝国占领（自公元34年开始）不列颠期间命令其驻军第2、第6、第20军团成员于公元122年开始修建并于136年建成的，除作防御用外，也起海关关卡作用。墙宽约6—8呎（1.83—2.44m），高约15呎（4.57m），用2500万块整齐石块垒成，全长73哩（117.5公里），其中约20哩长是沿着峭壁边缘建造的，相当壮观，亦系古代一大土木工程。

镇之南，直隶、山西界上，并筑有内长城称为“次边”（图1.2），总长6700公里，称“万里长城”，大部分至今仍基本完好。旧长城原为粘土拌和乱石建造的。现在河北、山西北部的长城明代中叶改用大块精制城砖重修（图1.3）、墙高约12m，宽约7—10m，全部材料约3亿 m^3 ，其中砖石用料约占1/3，比埃及最大的乔鲁斯金字塔约大120倍以上，是世界上伟大的工程之一。



图 1.3

前已述及，半坡遗址中已有木骨泥墙。当时还只是用未加工的树杆。在河南安阳殷墟（商代盘庚—公元前1401年至公元前1373年在位—至帝辛（纣）—公元前1154年至公元前1122年在位—建都于此）发现了宫殿、作坊、陵墓等遗迹。中华民族的建筑体系是木构架制，即在同一台基上先用木材立柱上梁，制成构架，于梁上加桁木，在其上置椽木，再于椽木间加瓦（蝴蝶瓦）构成屋面以遮蔽风雨。这种构架制实为现代钢和钢筋混凝土构架最早在建筑中的应用。因为经历了封建时代的战火，古代木建筑被焚毁殆尽，现仍保存完好的已不多见，其中山西五台县佛光寺大殿建于公元857年（唐宣宗时）（图1.4），以及山西应县佛



图 1.4

宫寺木塔建于公元 1056 年（辽道宗时），有 5 个正层和 4 个暗层，由刹光顶到地面共高 66m（图 1.5）约相当于现代 20 层大厦高度，这些现仍保持得十分完整。

桥梁结构最早为行人的石板桥和木梁桥，这也可能为最简单和最古老的桥梁形式^①。后来逐步发展成为石拱桥。现保存完好的我国最早石砌拱桥为河北赵县安济桥（图 1.6），大约在隋

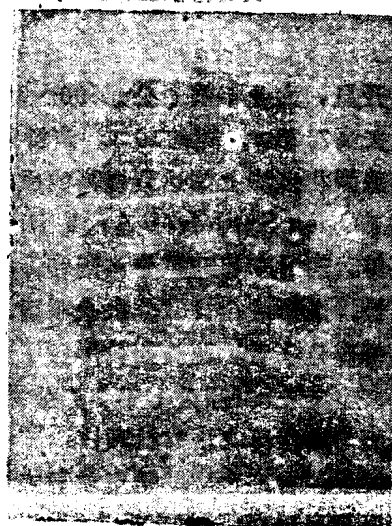


图 1.5

①“在西安半坡遗址中，原始人聚居的四周挖掘成宽 3—4m、深 5—6m 的梯形大围沟，以防野兽入侵，人则通过独木桥（单根树杆）通行，这可能是原始的桥梁。”

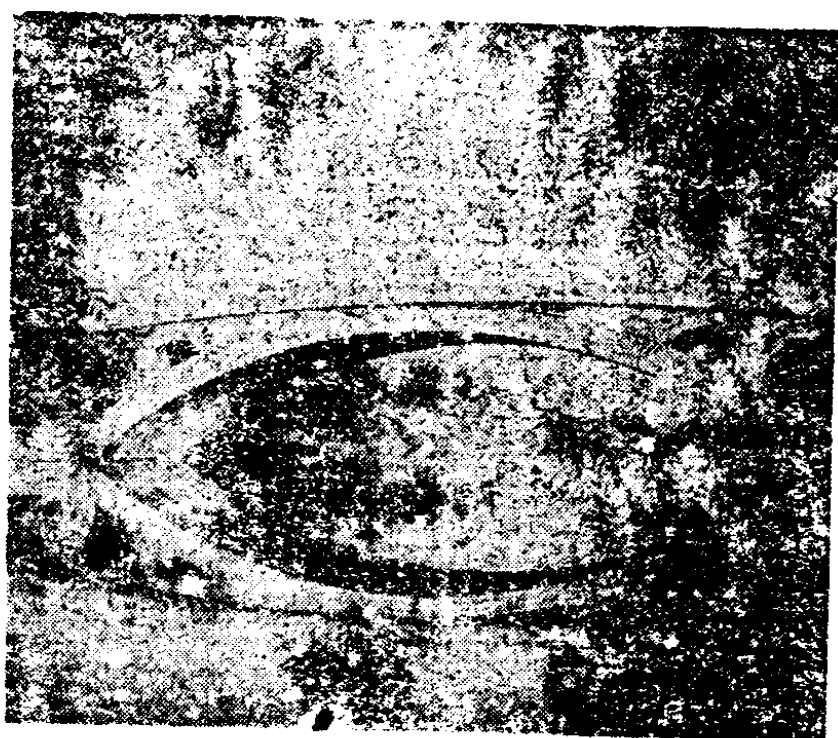


图 1.6

开皇、大业年间（公元590~608年）李春建造，净跨 37.02m，矢高7.23m，宽约10m。该桥无论在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上都达到极高的成就，是世界上最早的敞肩式拱桥（Open Spandrel Arch Bridge），它早于欧洲同类桥约1000年。唐时李德昭重修洛阳利涉桥，迭石代柱，复锐其前，以分水势，遂形成今日“分水金刚墙之先河”。所谓分水金刚墙即桥墩带有分水者，两头如棱形。

《左传·昭公七年》（公元前535年）：“楚子成章华之台，愿与诸侯落之。”杜预注：“台今在华容城内。”《水经·沔水注》：“台高十丈，基广十五丈”，此应为世界上见诸文字记载的很早的高层建筑。另有认为“世界上第一座高层房屋”应为约建于公元120年的也门雷姆丹宫，20层，约高100 m，位于萨那东南纳格姆山麓，可能采用砂、细石和铅溶在一起砌石建成。萨那高原海拔2300 m，四季如春，故该宫为历代帝王作避暑的夏宫。610年，

也门成为阿拉伯帝国（大食，不是“白衣大食”，因后者系指阿拉伯人在西班牙建立的伊斯兰教封建国家，原为阿拉伯帝国的总督区，于756年独立）的一部分，693年派遣曼·本·阿法夫任第一任哈里发，他看到该宫雄伟壮丽，很妒忌和气愤，下令拆除，另建一座大清真寺，现在寺内看到的3 m多高的整石柱，据说为霍姆丹宫的楼柱。

我国战国时期已有邮驿，为驿马通行而开辟驿道。秦始皇统一全国后修建驿道、直道和在今云南、贵州地区通“五尺道”以加强全国陆路交通，可见我国大规模人工修建道路是很早的。

运河为人工开挖的水道，用以沟通不同的河流、水系和海洋，连接重要城镇和矿区，发展水上运输。在春秋战国末，吴国所开的邗沟以及战国初魏国所开的鸿沟，是我国人工开凿的古老的运河。19世纪中叶还开凿了供国际通航用的运河。苏伊士运河位于埃及东北部，1859~1869年，利用数十万埃及劳动力开凿而成，贯通苏伊士海峡，连接地中海和红海。从塞得港至陶菲克港，长161公里，连同伸入地中海和红海的河段，总长173公里。河面宽160—200 m，河底宽60—100 m，平均水深15 m，可通8万吨巨轮，使从西欧到印度洋间的航程比绕道非洲好望角缩短5500—8000公里。它地处欧、亚、非三洲交接地带的要冲，战略地位十分重要。巴拿马运河也是供国际通航用的运河，在中美巴拿马共和国中部，全长81.3公里，宽91—304 m，两端各有水闸3座以升降调节水位，水深13.5 m，可畅通4—4.5万吨海轮。该运河于1881年起开凿，至1914年完工，1920年通航，使太平洋和大西洋沿岸航程缩短1万多公里。

最早的石墙系垒石构成，后来用粘土泥浆砌筑。经过长期的经验积累，人们开始知道在泥浆中加入切短的稻草，以提高抗拉强度。石灰（Lime）发明后则用它砌筑砖墙。后来发现加砂可以减少收缩和提高强度，至于加纸筋则是更后的事了。由于一般

石灰是气硬性材料,只能在空气中才会吸收 CO_2 而硬化,因而不适宜用于大体积工程和地下工程。水硬性材料则不仅能在空气中硬化,也能在水中硬化。显然在古罗马时代,已知道使用天然水硬性的火山灰建筑道路、城墙和下水道等。挖掘发现当时已知道设置铜杆加强用火山灰建筑的下水道。近期在甘肃秦安县大地湾新石器时代文化遗址里出土了一处约5000年前、面积大致为 100 m^2 的混凝土(Concrete)地面,强度约相当于C10级(即抗压强度为 10 N/mm^2),其中水泥成分和现代水泥基本相同,早于罗马时代用天然火山灰建造道路约3000年。

随着社会的发展,海上交通更趋频繁,人们须建造海上灯塔指示航向,因而发明了波特兰水泥(Portland Cement),因为用它做成的混凝土呈青灰色和英国波特兰岛上的岩石颜色相似。根据其成分,解放后在我国则通称硅酸盐(Silicate)水泥。1850年法国人朗波(Lambot)制造了第一只钢筋混凝土(Reinforced Concrete)小船。1872年在纽约建造了第一所钢筋混凝土房屋。钢材在建筑中的应用也是上一世纪中叶的事。这两种新材料在工程中的应用,使建造大跨度桥梁和高层建筑以及其他大型土木工程成为现实,在这一领域里产生了第一次飞跃。1928年预应力混凝土(Prestressed Concrete)制造成功,实现了土木工程第二个飞跃。此后,高度超过100 m直至400 m以上的大楼(无线电塔则有超过600 m的)和跨度超过1000 m的大桥相继建成,为人类建设美好的未来提供了物质基础。而新的工程材料的不断发现、发明和应用,将会把土木工程这一古老学科,在实践和理论方面推向一个更新的阶段。

1.2 土木工程的重要性

土木工程对国家的经济建设和人民生活的影响非常明显,也

是十分重要的。首先，人们生活离不开衣、食、住、行。为了改善人民的居住条件，国家每年在建造住宅方面的投资是十分巨大的。十一届三中全会以来，进展尤为迅速，仅以南京市为例，自1983年到1987年5年来竣工住宅面积达873万 m^2 ，人均居住面积由原有的5.38 m^2 增长至7.4 m^2 。辽宁辽阳及江苏仪征化纤生产基地的建设，对解决人民穿衣问题，起了很大的作用。冷库乃至万吨冷库的建造，为解决食物冷藏问题提供了保障。公路、铁路和水运、空运等，目前还较紧张，公路、铁路还不够长，与先进国家相比，飞机和机场也还较少，轮船和码头设施等也还不适应不断提高的要求，这些都将会逐步得到改善。以上很多都与土木工程有关，亦即土木工程密切联系到每个人生活中的四件事：衣、食、住、行。

各种工业建设，无论其性质和规模如何，首先必须兴建厂房才能投产。火力发电固须建设厂房，核电站也是这样，核反应堆的基础和保护罩乃至核废料的处理，都牵涉到土木工程。即使水力发电，也需建坝和建造机房。露天采矿也不能没有办公用房和生活用房；采矿机械和运输车辆也不能长期露天放置；破碎机和选矿设备也应在室内工作。海洋平台的设计和兴建，水下仓库、车库、水下和海底隧道也无一不需土建人员参加。宇宙火箭和航天飞机的发射基地和发射架，甚至太空试验站都有土木工程人员“用武之地”。

正因为土木工程如此重要，所以称工厂、矿井、铁路、公路、桥梁、农田水利、商店、住宅、医院、学校等等工程的建设为基本建设（Capital Construction）。

土木工程虽然是古老的学科，但其领域随各种学科的发展而不断扩大。因此，对土木工程技术人员知识面要求更为宽广，学科间的相互渗透和相互促进的要求也更为迫切，而且要求知识不断更新，对专业的掌握更为深入，设计建造和科学研究更需紧