

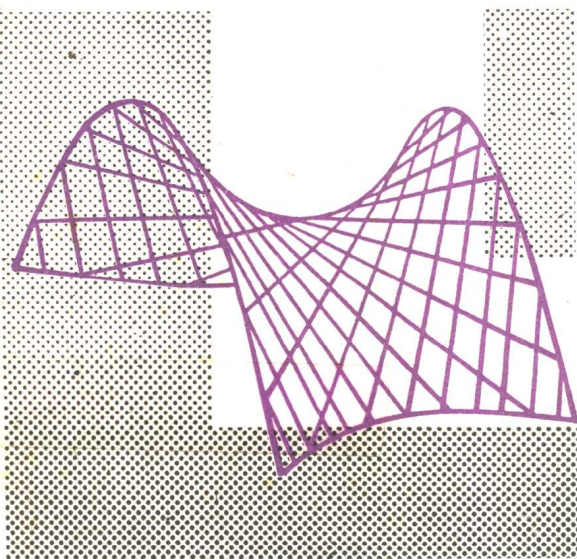
高等学校建筑工程专业系列教材

土木工程总论

991052

丁大钧 蒋永生 编

● 中国建筑工业出版社



991052

高等学校建筑工程专业系列教材

土木工程总论

丁大钧 蒋永生 编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程总论/丁大钧, 蒋永生编. -北京: 中国建筑工业出版社, 1997

高等学校建筑工程专业系列教材

ISBN 7-112-03182-6

I. 土… II. ①丁… ②蒋… III. 土木工程-概论-高等学校-教材 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 05107 号

本书为高等学校与土木工程有关各专业一年级新生的教材, 内容广泛, 包括各类工程结构以及施工、管理、监理工程、经济和计算机应用等多方面的内容。全书共 12 章, 汇集了国内外大量新的工程信息, 列有约一百多幅国内外工程照片和工程线路图。对主要专有名词列有英文译名。书中还阐述了有关政策和法令。对各类工程尽可能作了溯源和现在的发展及未来展望, 加强了爱国主义教育, 同时激发学生对祖国建设的热忱和信心。

本书除可作教材和供工程技术人员的参考外, 也可供在土建工程领域担任领导工作的同志参阅。

高等学校建筑工程专业系列教材

土木工程总论

丁大钧 蒋永生 编

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23½ 字数: 572 千字

1997 年 12 月第一版 1997 年 12 月第一次印刷

印数: 1—8000 册 定价: 24.00 元

ISBN 7-112-03182-6

TU·2451 (8322)

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)

前 言

1989年3月编者根据几年讲授《土木工程概论》的讲授提纲和积累的点滴经验,曾编写一本《土木工程概论》,在东南大学出版社出版,被很多院校用作教材,1994年3月台湾地景企业股份有限公司经东南大学出版社授权,出版发行了繁体字版本,因照片图不清楚,全部被删去。由于近年来土木工程发生了很大变化,特别是国内大工程不断兴建,但因故当时对内容未能作出更新。

这些年来许多院校迫切需要这种教材。全国高等学校建筑工程专业指导委员会在指导性教学课程设置及教材建设规划中,将该教材列为必修课教材。经中国建筑工业出版社与编者协商,重新编写,由中国建筑工业出版社出版,并定名为《土木工程总论》。编者感到义不容辞。从1996年10月初接受这一任务,出版社要求1997年1月底交稿,时间极为紧迫。数月来膏以继晷,笔未停挥,节假并废,同时得到抄写、翻拍照片、描绘底图的有关诸同志的配合,终于如期完成任务。

新书章节较原书作了调整,并作了必要的增删。同时对原有的内容进行了彻底的更新,以适应工程发展和教学改革新形势。新书内容较原书增加约50%,计约50万字以上,工程照片约170幅,线条图约240张。在编写过程中遵循下列主要指导思想:

1. 尽可能介绍国际工程的新发展和我国近些年来建设的巨大成就和达到的新水平。我国确实创造了一些工程的国际纪录,但和国际先进水平比较有的仍有差距。对此,根据编者水平提出有关展望,同时指出应根据工程实际需要而进行设计和建设,不应为“记录而记录”。

2. 注意对国家有关政策法规的介绍,以强化学生的法律政策意识。

3. 贯彻爱国主义教育,对我国历史上的成就给予充分肯定,并指出与现代发展的有联系。如对桥梁结构,将我国古桥与现代化各种类型大桥结合起来阐述,既展示出我国古代文明所创造的辉煌业绩,又教导学生热爱祖国。并指出由于数千年的封建统治的束缚使古代劳动人民的智慧不能充分发挥,在今天的条件下,应奋发图强,积极献身到祖国工程建设的伟大事业中。

4. 宣传人定胜天思想,如虽列举一些地震震害,但也列举了在强震区的未破坏工程实例,指出这是由于设计构造合理、施工质量好和采取了有效抗震措施的结果,说明地震灾害是完全可以抗御的。

5. 本书内容广泛庞大,但编写仍注意到一定的系统性和便于学习。指出土木工程各课程之间的关系,和工程结构的受力机理。掌握结构机理才能深入了解结构的本质而不停留在表面现象上。同时给出各学科间的相互渗透的实例,指出这可能是发展的必然趋势,也是教育体系改革的迫切需要。同时这将启发学生思考问题,灵活掌握基本原理和运用,以便在今后工作中能有所前进,有所创造。

6. 由于课程性质,未给出习题和复习题,但在书中适当提些问题供同学思考。

2006/11/15

7. 立足国内，放眼世界。当前世界，国际交流是必不可少的。为了同学今后的交流，照原书注出和增补一些有关专业英文词汇（一般按单数给出），供同学参考。

8. 本书的信息量是很大的且大多是全新的，它们除由国内外同行帮助提供外，也来自于编者长期剪报积累。在现代六大科技群中，信息科学占首位，这将提醒同学随时注意国内外有关信息，并随时作出自己的记录。

此外参考文献均按正规一一列出，使同学及早养成习惯，学会查找有关资料，才能对问题进行进一步了解、学习和研究。顺便提下，查找资料，应“顺藤摸瓜”；由此及彼，线索不断。在此还要说明一点，原书中未详细列出参考文献，过去学习过的，很难一一忆及，脱漏处敬希有关作者鉴谅。

在编写本书和积累资料中，曾得到国内外同行的许多帮助，阅读了来自国外的许多书刊，编者谨致衷心的感谢。编者有机会学习许多兄弟院校有关博士学位论文，充实了本书内容，在此谨向有关导师表示衷心的感谢。但由于学习面不广，了解不深，挂一漏万，敬请有关同志鉴谅。

在编写本书中还得到王利燕、刘海容、郇扣霞和徐元明诸同志的热情协助，谨在此表示衷心的感谢。

本书共二十章，分工是：第一～十一章、第十九章由丁大钧执笔，其余由蒋永生执笔。

本书将随时间的推移，工程建设的不断发展和前进，材料需不断更新，至希海内外同行惠赐新的资料，裨便引入，不胜感幸。

由于编者水平限制，同时“率尔操觚”，书中不恰当处和错误及挂漏必多，敬请批评指正，以便再版时更正，幸甚。

目 录

第一章 综述	1
第一节 历史简述	1
第二节 土木工程的重要性	6
第三节 土木工程的建设与使用	7
第四节 土木工程中的抗灾	9
第五节 土木工程的现状和我国现阶段达到的水平	17
第六节 展望	19
第二章 工程材料	24
第一节 自然石、砖、瓦	24
第二节 胶凝材料和砂浆	27
第三节 混凝土和混凝土砌块	27
第四节 钢筋、钢筋混凝土和预应力混凝土	29
第五节 钢	42
第六节 木	45
第七节 材料试验与结构试验	47
第八节 展望	50
第三章 土木工程有关专业	58
第一节 概述	58
第二节 与土木工程有关的专业	58
第三节 专业调整的改革方向	59
第四章 土木工程的基本结构形式	61
第一节 板、梁和柱	61
第二节 拱	62
第三节 桁架	65
第四节 框架	69
第五章 土木工程与工程结构	73
第一节 土木工程综述	73
第二节 工程结构的结构作用	73
第三节 房屋建筑	76
第四节 特种结构	120
第五节 桥梁工程	125
第六节 公路、铁道和隧道	153
第七节 水利工程	165
第八节 给水排水工程	172
第六章 土木工程荷载	181
第一节 荷载的定义	181

第二节 作用与效应	181
第三节 荷载种类	181
第七章 基础工程	197
第一节 基础的重要作用	197
第二节 基础的型式	199
第三节 薄壳基础	201
第四节 软弱地基的处理	202
第五节 桩基础	203
第六节 沉井	207
第七节 展望	209
第八章 结构的使用性和耐久性	212
第一节 使用要求	212
第二节 环境污染与材料腐蚀	214
第三节 混凝土结构中钢筋锈蚀的调查和研究	215
第四节 混凝土结构寿命	219
第五节 碱—骨料反应	220
第六节 金属的阴极保护	222
第七节 混凝土耐久性研究的两个阶段	224
第九章 数学和力学与土木工程	226
第一节 一般数学	226
第二节 高等数学	227
第三节 理论力学、材料力学和结构力学	229
第四节 弹性和塑性力学	230
第五节 水力学和流体力学及土力学	231
第六节 断裂力学、损伤力学和微观力学	233
第七节 神经网络	234
第十章 抗震结构工程	237
第一节 结构的延性破坏与脆性破坏	237
第二节 结构抗震试验	237
第三节 结构抗震设计原则	238
第四节 抗震设计的自控制	239
第五节 加装置的被动与主动控制	242
第十一章 工程事故和工程加固以及房屋增层	249
第一节 事故的种类及其分析	249
第二节 工程结构常见的事故	251
第三节 自然灾害中的工程损坏	254
第四节 抗震设防	258
第五节 工程加固方法与试验研究	260
第六节 加固工程实例	265
第七节 房屋增层	270
第八节 小结	271
第十二章 建筑施工	273

第一节	土石方工程施工	273
第二节	高层建筑基础工程施工方案	274
第三节	新型混凝土施工工艺	275
第四节	现代模板工程	276
第五节	现代预应力混凝土施工	278
第六节	安装工程	279
第七节	施工准备工作	282
第八节	施工组织设计的任务与作用	284
第九节	施工组织设计的分类与主要内容	284
第十节	施工总平面图	285
第十一节	施工进度计划	287
第十二节	施工安全与防火	288
第十三章	工程与经济	292
第一节	基本建设在国民经济中的地位和作用	292
第二节	建设项目建议书及可行性研究	293
第三节	市场调查与预测	295
第四节	工程建设条件与地址选择	295
第五节	项目总投资的组成及估算	296
第六节	投资控制	297
第七节	基本建设的工程概(预)算	298
第八节	项目经济评价和社会评价	299
第十四章	施工管理	301
第一节	企业管理	301
第二节	施工项目管理	303
第三节	工程招标与投标	305
第四节	建筑工程合同管理	307
第五节	建筑工程索赔管理	308
第六节	建筑施工信息管理	310
第十五章	国际工程承包	312
第一节	概述	312
第二节	国际工程承包在国民经济中的地位和作用	313
第三节	国际工程承包的内容和特点	314
第四节	国际工程项目的招标与投标	315
第五节	国际工程承包合同与索赔	316
第六节	国际工程承包对人才的要求	318
第十六章	建设监理	319
第一节	概述	319
第二节	建设监理的范围及任务	319
第三节	建设监理与其它管理的区别	321
第四节	中国的建设监理制度	322
第五节	监理工程师的岗位职责标准	326
第六节	业主、监理工程师、承包单位之间的关系	328

第十七章	房地产业与物业管理	330
第一节	国内外房地产业概况	330
第二节	房地产业在国民经济中的地位和作用	332
第三节	房地产开发建设规划与设计	333
第四节	城市土地有偿使用	334
第五节	房屋商品化与房地产市场	336
第六节	房地产经营	337
第七节	房地产开发的风险与决策	338
第八节	物业管理在我国的产生和发展	339
第九节	物业管理的性质、类型和内容	340
第十节	物业管理机构及资金的筹集	341
第十一节	物业管理实务	343
第十八章	计算机在土木工程中的应用	345
第一节	计算机科学技术的迅速发展	345
第二节	人与计算机的关系	345
第三节	人工智能与专家系统	346
第四节	计算机辅助设计 CAD	347
第五节	工程结构计算机仿真分析	348
第六节	企业经营管理中的计算机应用	349
第七节	建筑功能上计算机的应用	349
第十九章	土木工程的未来	351
第一节	向高空延伸	351
第二节	向地下发展	351
第三节	向海洋拓宽	352
第四节	向沙漠进军	354
第五节	向太空迈进	355
第二十章	专业介绍	357
第一节	历史沿革及展望	357
第二节	建筑工程专业培养方案及毕业生基本要求	358
第三节	建筑工程专业课程设置与学分分配	360
第四节	专业评估概述	361
第五节	建筑工程专业教改方案及教学计划示例	362

第一章 综 述

第一节 历史简述

在上古时期，人类野处穴居。旧石器时代[●]的北京猿人旧称中国猿人或称北京人（不少于 69 万年）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，如在 1954 年开始发掘的仰韶文化（约为公元前 5000～3000 年）重要遗址西安东郊半坡遗址中已有居住区并且有制造陶器的窑场。到公元前 20 世纪（约相当于夏代），已发现有夯土的城墙（city wall）。商代时已逐渐采用粘土做成的版筑墙（wall built of rammed clay）[商高宗武丁（公元前 1324～1265 年在位）的贤相傅说（音 yuè），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（tile）。战国（公元前 475～公元前 221 年）墓葬中发现有烧制的大尺寸空心砖（hollow brick），估计至迟这时已有小尺寸的烧制实心砖（solid brick），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 adobe）；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。

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时传说中的夏禹，他奉舜命治理洪水。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。春秋时期[东周平王元年（公元前 770 年）～东周敬王 44 年（公元前 476 年）]公元前 600 年修建了安徽省丰塘灌溉水库（irrigation reservoir）。战国魏文侯（公元前 445 年～公元前 396 年）时西门豹开凿水渠（ditch）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）时，李冰（约在公元前 256～公元前 251 年）任蜀郡守，他在岷江流域兴办了许多水利工程，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，

● 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。

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 (water source)，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”。都江堰以下内、外两江灌溉总面积曾达 300 余万亩，后年久失修逐渐缩减至 200 余万亩。解放后经大力整治扩建，现已扩大至 800 余万亩。

解放后我国大量兴修水利，现已拥有大、中、小型水库 8.4 万多座，总库容量 (total storage capacity) 4700 亿 m^3 ，农田灌溉面积 47 亿 ha。水利部兴建和管理的大中小水电站 4.6 万座，总装机容量 (total installed capacity) 2023 万 kW，年发电量 670 亿 kWh，发展水库养鱼年产量达 81.5 万 t，水库综合经营收入达 513.6 亿元。

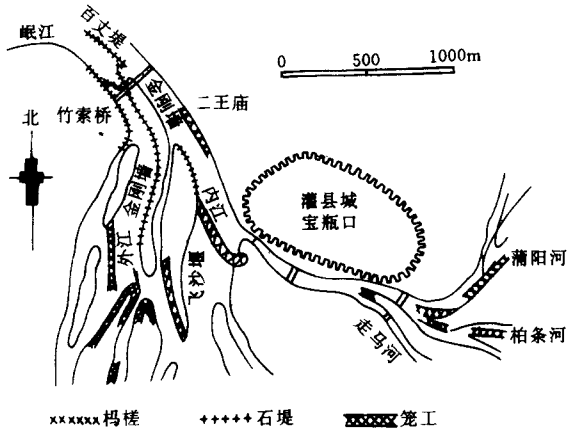


图 1-1 都江堰平面图

长城 (Great Wall) 原是春秋、战国时各诸侯国为了互相防御各在形势险要处修筑的城墙[●]。秦始皇 (公元前 246 年~公元前 210 年) 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，东至辽东。明代为了防御鞑靼、瓦剌族的侵扰，自洪武 (1368 年~1398 年) 至万历 (1572~1620 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、大同二镇之南，直隶、山西界上，并筑有内长城称为“次边” (图 1-2a)。总长 6700km，称“万里长城”[●]，大部分至今仍基本完好。根据近十多年来考证，明辽东镇 (明九边之一) 长城，从山海关起，迤逦向东，再折向东北至镇北关，转而向北延伸至鸭绿江边 (图 1-2b) 是石砌城墙，为辽东镇长城，长约 1050km^[1-4]。

旧长城原为粘土拌合乱石建造的。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，墙高约 12m，宽约 7~10m，全部材料约 3 亿 m^3 ，比埃及最大的胡夫金字塔大 120 倍 (113 倍)，是世界上伟大的工程之一。图 1-3 (a) 所示为距北京 75km 处的明长城，蜿蜒万山中的长城，气势磅礴雄伟。图 1-3 (a) 示明城砖重砌的长城和明辽东镇

● 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 (公元 117~138 年) 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，也起海关卡作用。墙宽约 6~8 英尺 (1.83~2.44m)，高约 15 英尺 (4.57m)，用 2500 万块整齐石块垒成，全长 73 英里 (117.5km)，其中约 20 英里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。此外澳大利亚长城建于本世纪 60 年代，位于昆士兰州，长 5531km，仅次于我国长城，是国外最长的长城。德国长城于 1 世纪由大罗马人在莱茵河和多瑙河之间修建的一座防御墙，是国外最早修筑的长城，比我国长城晚些。以后不断扩建延长，计达 584km。朝鲜长城修建于 1033~1044 年，从朝鲜西北的鸭绿江下游起沿山岭向东海的朝鲜湾海滨延伸，全长 370km，称“朝鲜千里长城”。

● 据中央人民广播电视台“望长城”电视剧组调查走访考证，我国长城扩伸至新疆、内蒙古等地，总长约 5 万 km。

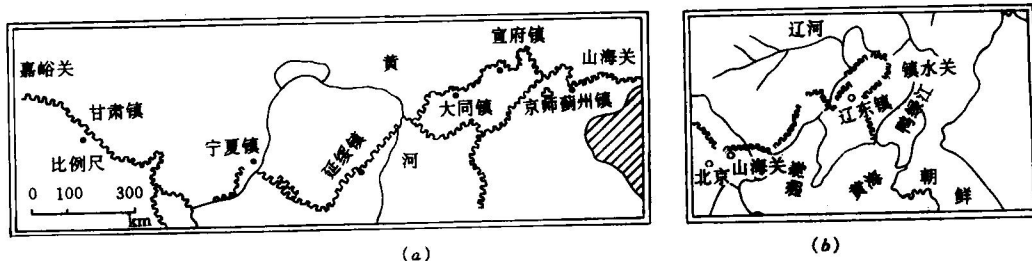


图 1-2 长城平面图

石砌长城大安堡● 城墙遗址。

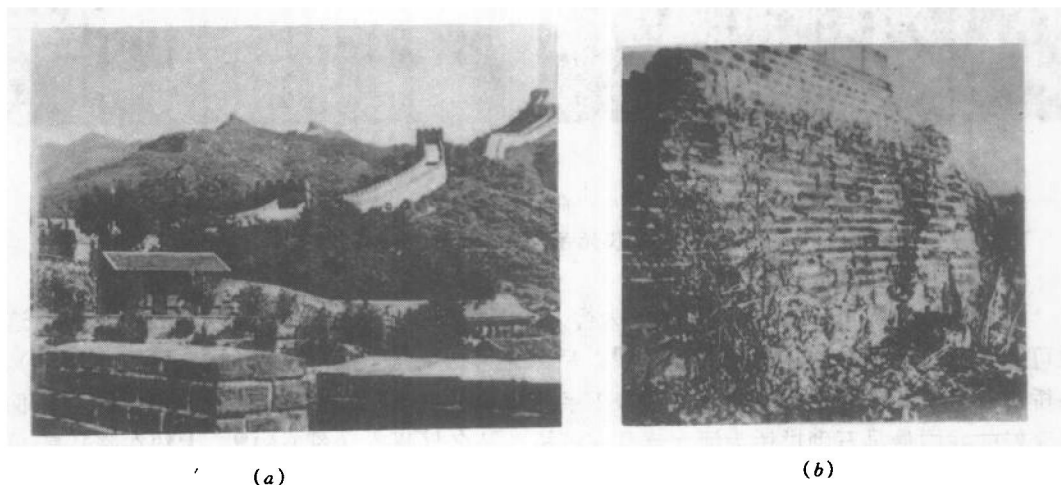


图 1-3 明长城及城墙遗址

(a) 距北京 75km 的砖砌明长城；(b) 明辽东镇石砌长城大安堡城墙遗址

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 年至帝辛（纣）—公元前 1154 年至公元前 1122 年—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（timber frame system），即在同一台基上先用木材立柱上设梁制成构架，于梁上加桁木（purlin），在其上置椽木（rafter），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，古代木建筑被焚燬殆尽，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 1-4a），原认为该寺为现存的最古建筑，后发现山西五台山李家庄南禅寺（图 1-4b）为三开间的佛教建筑，建于 780~783 年（唐德宗元年~3 年）^[5]，虽规模较小，但早于佛光寺约 3/4 个世纪。山西应县佛宫寺木塔建于 1055 年（辽——907—1125——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，现亦仍保持得十分完整。

● 大安堡的位置大致在辽宁义县和周家屯之间、靠近大凌河南岸（从文献 [1] 中所示大安堡位置推测的）。



(a)



(b)

图 1-4 佛光寺及南禅寺
(a) 佛光寺; (b) 南禅寺

桥梁结构 (bridge structure) 最早为行人的石板桥和木梁桥 (timber beam bridge), 这也可能为最简单和最古老的桥梁形式[●]。后来逐步发展成为石拱桥 (stone arch bridge)。拱桥最早见于记载的为晋太康 3 年 (282 年) 建造的洛阳七里涧旅人桥 (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, 又名赵州桥 (图 1-6)[●], 大约在隋开皇 11 年~开皇 19 年 (591~599 年) 李春建造, 净跨 37.02m, 矢高 7.23m, 宽约 10m^[6]。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。1991 年该桥被美国土木工程师学会 (ASCE) 选为世界第 12 个土木工程里程碑, 这对弘扬我国民族文化有深远意义^[7-10]。

《左传·昭公七年》(公元前 535 年): “楚子成章华之台, 愿与诸侯落之” (意为楚国国君一子爵, 第四等爵位一建成章华台, 希望与各国国君共同庆祝落成典礼), 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 (highrise building, tall building)。另有认为世界上第一座高层建筑为约建于公元 120 年的也门霍姆丹宫, 20 层, 约高 100m, 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 2300m, 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

- 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。
- 河南小商河桥于隋开皇 4 年 (584 年) 建造, 在漯河市小商河上, 桥长约 21m, 跨度约 11m, 宽约 6.5m, 基本完好待修 (1995 年 9 月 17 日中央 4 台晚间广播), 这样该桥将早于安济桥 7~15 年。

寺内看到的 3m 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，为驿马通行而开辟的驿道（post road）。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（canal）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 161km，连同伸入地中海和红海的河段，总长 173km。河面宽 160~200m，河底宽 60~100m，平均水深 15m，可通 8 万 t 巨轮，使从西欧到印度洋间的航程（voyage, passage）比绕道非洲好望角缩短 5500~8000km。它地处欧、亚、非三洲交接



图 1-5 佛宫塔

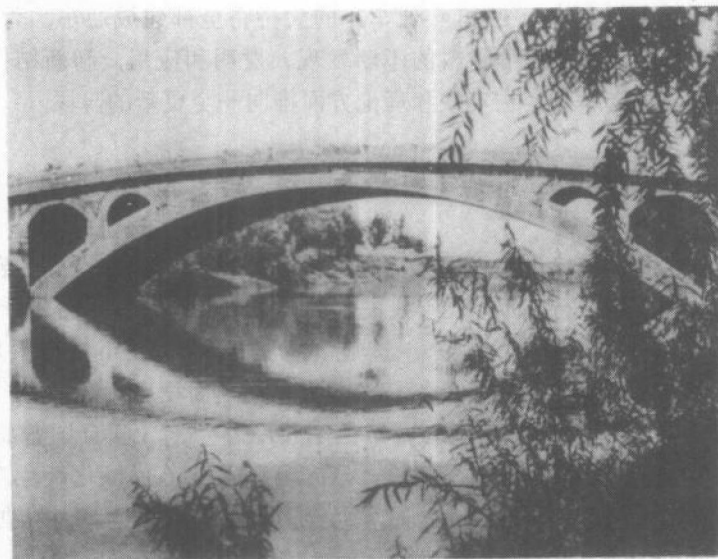


图 1-6 赵州桥

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 81.3km,宽 91~304m,两端各有水闸(sluiice)3 座以升降调节水位(water level),水深 13.5m,可畅通 4~4.5 万 t 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, 主要成分为 CaO , 加水成消石灰 slaked lime, $\text{Ca}(\text{OH})_2$] 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(strength),至于加纸筋则是更后的事了。由于一般石灰是气硬性材料(air-hardening material),只能在空气中才会吸收 CO_2 而硬化成 CaCO_3 , 因而不适宜用于大体积工程和地下工程。水硬材料(dydraulic material)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(volcanic ash)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 100m^2 的混凝土(concrete)地面,强度约相当于 C10 级(即 28 天抗压强度为 10N/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^[11]。

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导航向,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它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次飞跃。此后,高度超过 100m 直至 400m 以上的大楼(波兰华沙附近钢管无线电塔高达 646.38m,是当前人工构筑物达到的最高高度),至本世纪末有 17 座跨度超过 1000m(近 2000m 的大桥也将于 1998 年通车)的大桥将全部建成通车,为人类建设美好的未来提供了物质基础。新的工程材料的不断发现、发明和应用,和新结构的不断创造,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。

第二节 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。1978 年城市人均居住面积为 3.6m^2 ,到 1990 年,尽管城市人口不断增长,但人均居住面积已达 7.1m^2 ,这是多大的变化!我国计划从 1991 年到 2000 年建造城镇住宅 16.5 亿 m^2 。联合国曾将 1986 年订为“住宅年”,每年 10 月 1 日为“世界住宅日”。辽宁辽阳及江苏仪征化纤生产基地的建成,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,为解决食物冷藏提供了保障。公路(highway)(包括高速公路 expressway)、铁路(railway)(包括高速铁路 highspeed railroad)和水运、空运等在不断发展,我国高速公路总长已达 3258km(截至

1996 年底), 已建成第一条准高速铁路 (quasi-highspeed railroad) (广深线) 并已营运一年多。与先进国家相比, 我国飞机和机场 (airport) 数量还较少; 港口 (harbour) 在不断扩建, 内河轮船和码头 (wharf) 设施等在不断改善。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 (thermal power) 固需建设厂房, 核电站 (nuclear power station) 也是这样, 核反应堆 (nuclear reactor) 的基础和保护罩乃至核废料的处理, 都牵涉到土木工程, 我国核电站有 5 座, 如秦山和大亚湾核电站等, 另 2 座在建; 而美国则有 113 座, 在建 4 座; 法国 60 座, 在建 4 座; 日本 55 座, 在建 4 座。即使水力发电 (hydraulic electrogenerating), 也需建坝 (dam) 和建造机房。露天采矿 (opencast mining) 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操作运行。近海平台 (offshore platform) 的设计和兴建, 水下仓库、车库 (underwater storage, garage) 水下和海底隧道 (underwater and submarine tunnel) 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发展扩大。因此, 对土木工程技术人员的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, 因此信息科学和国际交流对土木工程人员亦极端重要; 对专业的掌握应更为深入, 设计建造和科学研究更需紧密联系。现代的土木工程不仅要求保证质量并按计划完成它, 而且必须按最佳方案并以最优方式来设计和建造。我们的任务是光荣而艰巨的。

第三节 土木工程的建设与使用

对一项大的土木工程, 首先必须论证其可行性 (feasibility), 并进行选址 (siting), 作出规划 (planning), 提出最佳方案 (optimum scheme)。对其中个体工程, 例如对某一建筑物或构筑物, 应根据建设任务, 通过调查研究, 综合考虑其功能要求、投资数额 (investment amount)、材料供应、环境及地质水文条件 (geological and hydrologic conditions)、结构和构造、设备 (equipment)、动力及施工等因素, 首先作出初步设计, 其内容应包括拟建工程的方案图 (schematic drawing)、说明书 (manual) 和概算 (preliminary estimate)。经过送审并批准的初步设计文件 (preliminary design document) 是施工准备工作的根据。两阶段设计时的初步设计又名“扩大初步设计”, 而后进行施工图设计 (construction documents design)。对于大型、复杂的工程, 则分为初步设计、技术设计 (technical design, design development) 和施工图设计三个阶段 (phase)。

技术设计的内容为协调编制拟建工程各自有关工种的图纸、说明书和概算。经过送审并批准 (submit for examination and approval) 的技术设计文件是施工图编制及主要材料设备定货的依据, 也是基本建设拨款 (appropriation) 和对拨款使用进行监督的基本文件。

最后进行施工图设计。内容包括确定全部工程的尺寸、材料、结构、构造、设备等据

此施工的图纸、说明书、计算书和预算。

图 1-7 为现浇的钢筋混凝土楼板梁 (cast-in-place reinforced concrete floor beam) 的施工图^[12] (construction drawing), 这是一根 5 跨连续梁 (5-span continuous beam), 这里只画出对称的一半。图中小圆内数字是钢筋的编号, 根据这些编号, 顺次对每种钢筋的构造 (直筋还是弯筋、有无弯钩等)、尺寸 (钢筋的直径, 直的和弯折各部分尺寸)、数量 (每一编号钢筋在一层楼面内有多少根) 等列出明细表, 例如 2 号钢筋是弯筋, 因在截面 1-1 及 2-2 中都有, 写作 $1\oplus 12$, 表示 1 根梁内有 2 根 (因未画出的对称一半中边跨还有一根), $\oplus$ 表示 II 级变形钢筋 (参看第二章第三节), 12 表示钢筋直径为 12mm。

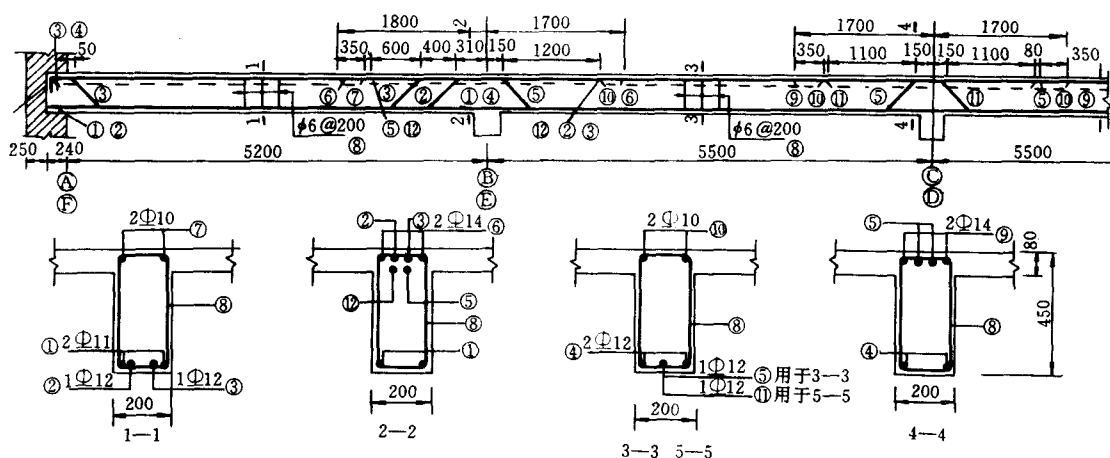


图 1-7 楼板梁施工图

现在数据库 (data bank)、专家系统 (expert system) 和计算机系统工程 (systems engineering)、计算机辅助设计 (computer aided design, CAD) 都在实践中得到应用。

在我国, 建筑设计的原则是“适用、经济、在可能条件下注意美观”。

对经济问题, 有一点值得考虑, 即“牺牲”局部而获得总的效益, 例如近些年来在钢筋混凝土多、高层建筑中采用扁梁 (shallow beam) 的问题, 对梁来说, 梁高减小, 配筋增多是不经济的, 但这时楼层高度减小, 节省了墙、柱和 (垂直) 管线材料, 同时减少冷热空调 (air conditioning) 的能耗 (energy consumption), 对整个建筑, 考虑长、短期效益 (benefit), 可能是合算的。对单个项目和总的建设投资也是这样, 即局部服从整体。

在设计中, 建筑 (architecture)、结构和施工三方面应密切配合, 相互协调。

在施工阶段, 应作出施工组织设计 (construction management plan), 它是指导施工的技术经济文件, 主要内容包括: 选择适当的施工机械和施工方法; 确定最合理的施工顺序和施工进度 (construction sequence and progress); 确定劳动力、施工机械、建筑材料、构件和半成品的需要量及其来源; 确定施工现场的总体布置 (general arrangement), 拟定开工前必须完成的准备工作。

设计和施工都需保证质量, 注意安全, 应“精心设计、精心施工”, 决不能掉以轻心。两方面问题而导致不应发生的严重事故在实践中有时却发生了。这种严重的乃至血的教训