

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

土木工程概论

易 成 沈世钊 著

TUMU GONGCHENG GAILUN

中国建筑工程出版社

高校土木工程专业规划教材

土 木 工 程 概 论

易 成 沈世钊 著

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/易成, 沈世钊著. —北京: 中国建筑业出版社, 2009

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-11495-5

I. 土… II. ①易…②沈… III. 土木工程-高等学校-教材
IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 203203 号

本书展示了土木工程学科的历史发展轨迹, 介绍了相关领域内的重大事件与相关人物, 让读者以史为镜, 领略土木工程学科的发展规律。本书还从经济与社会发展的角度来讨论土木工程的发展以及对环境、历史等方面的影响, 甚至会牵扯隐藏在土木工程后面的有关诸如国家战略等方面的重大问题。本书与其他教材比较, 增加了诸如“中国古代建筑技术”、“西方古代建筑技术”、“古代园林与现代景观”、“传统建筑环境保护”、“建筑节能与设备”等章节。

本书可作为土木工程、结构工程、市政工程等专业本科教学教材, 也可以作为从事建设工程勘测、设计、施工、科研和管理工作的专业人员的参考书。

* * *

责任编辑: 王 跃 吕小勇

责任设计: 赵明霞

责任校对: 陈 波 陈晶晶

高校土木工程专业规划教材

土木工程概论

易 成 沈世钊 著

*

中国建筑业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 438 千字

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月第一次印刷

定价: 36.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-11495-5

(18709)

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

“土木工程概论”是土木工程学科的专业入门课程，其目的是使学生在开始阶段就对本专业有一个较为完整的概念性了解，启发他们的专业兴趣，从而提高对专业学习的积极性。而要学好这门课，教材的作用是非常关键的。

如同我们反对学龄前儿童提前开始学校教育而应该注重素质培养一样，专业入门课程不宜过多地向学生介绍专业课中将会讲授的具体专业知识。也就是说，“土木工程概论”课程不是各门专业课程压缩版，而应该在更加宏观的背景上展示土木工程的各主要领域，它们在人类社会中所起的作用以及今后的发展前景，重在培养学生的全面观点和发展观点。

我们在规划本书的教学内容和叙述方法时是尽力根据上述认识来进行的。如果用影视镜头语言来描述，本书尽力注意做到以下几点：

（1）让镜头在时域中扫视

本书尽量展示土木工程学科的历史发展轨迹，介绍相关领域内的重大事件与相关人物，让读者以史为镜，领略土木工程学科的发展规律。作者愿意指出的是，本教材在收集史料时十分注意历史资料的严肃性。例如，闻名于世的阿房宫，一直被认为其“覆压三百余里，隔离天日……”，是土木工程的一项杰作，但本教材引用近两年考古界对阿房宫遗址的考古发掘结论，说明阿房宫尚处于规划阶段，未真正实施。对于涉及国外的发明，本教材一般直接查阅国外史料，对于史料之间相互矛盾之处，则更是多方考证得出谨慎的结论，订正了许多以讹传讹的说法。

（2）让镜头在空域上推拉

对事物的观察有宏观和细观之分。当镜头拉近时，人们看到的是细节，因此本书自然会涉及土木工程诸方面的一些具体知识；当镜头逐渐推远的时候，人们的视线更为宏观，这时本书会从经济或社会发展的角度来讨论土木工程的发展以及对环境、历史等方面的影响，甚至会牵扯隐藏在土木工程后面的有关诸如国家战略等方面的重大问题。

（3）以多视角选取镜头

土木工程涉及面广，涵盖建筑材料、建筑工程、公路铁路交通、矿山建设、水利工程、桥梁隧道等许多领域。正因为如此，本书在组织教学内容时就要有所为、有所不为。本书与其他教材比较，增加了诸如“中国古代建筑技术”、“西方古代建筑技术”、“古代园林与现代景观”、“传统建筑环境保护”、“建筑节能与设备”等章节，而对一般教材所单独列出的“地基与基础”、“防灾减灾工程”、“建筑施工”等章节，则将有关内容分散到其他相关章节中。此外，有关职业道德、爱国主义等方面的内容也随时穿插在有关叙述中。之所以这样安排，一方面是为了体现前面阐述的原则，即避免单纯地灌输专业知识，而着重对学生建筑文化、建筑历史等专业素质的培养；另一方面也是为满足现代社会对环境和可持续发展诸方面的需要，适应社会对教育的新需求。

本教材所叙述内容，附有作者收集的大量图片帮助读者理解，计有各种图片上千幅。为增强可读性、保持与时代接轨，本书尤其注意将知识的传播故事化，语言也比一般教科书略显轻松。每一章结束都附有若干思考题，帮助学生总结所学内容。

本书参考了崔京浩、刘敦桢、傅熹年、侯幼彬等（见参考文献，在此不一一列举）学者的论著，书中一些插图也引自这些著作，在此向这些论著和图片的作者表示深深的感谢！

本书在写作过程中，哈尔滨工业大学祝恩纯教授，北京交通大学扬娜副教授，中国矿业大学（北京）的鞠扬教授、高全臣教授、陈忠辉教授、王小莉讲师、郑利军副教授、李晓丹副教授都提出了宝贵的意见或提供了图片资料。除了本书作者拍摄、绘制的一些图片以及注明引用出处的图片外，还承蒙中国矿业大学（北京）建筑系的研究生韩文超、本科生于跃帮助绘制了一些透视图，并制作了相关动画。本书还有很多图片来自网络上的无名作者，在此都深深地表示感谢！

本书随书光盘内容为本书所用图片，教师可根据个人需要选取，以便制作符合本校教学特色的教学课件。另外，本书所配教学课件及相关动画可直接与中国建筑工业出版社教材中心联系索取。电子邮件联系方式：Lvxy2000@126.com。

本书内容已经过多年教学实践，但限于作者水平，错误在所难免，欢迎读者提出宝贵意见！

作者
2009年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 土木工程的内涵	1
1.2 土木工程在国民经济中的地位和作用	1
1.3 土木工程是人类文明和历史的载体	2
1.4 土木工程对人类历史的干预	9
1.5 人类文明的新成就与现代土木工程互为依靠	12
第 2 章 土木工程材料	14
2.1 墙体围护材料	14
2.2 结构材料	16
2.3 各种功能材料	20
2.4 绿色建材	25
第 3 章 西方古代、近代的建筑与建筑技术	27
3.1 古希腊建筑成就	27
3.2 古罗马建筑成就	29
3.3 拜占庭建筑 (4~15 世纪)	33
3.4 西欧中世纪建筑 (4~15 世纪)	35
3.5 文艺复兴、巴洛克和古典主义建筑 (15~18 世纪)	39
3.6 古典复兴建筑、浪漫主义建筑与折中主义建筑	43
第 4 章 中国古代建筑技术与文化	47
4.1 中国古代建筑的特点与组成要素	47
4.2 中国古代建筑成就	51
4.3 中国古代城镇	57
4.4 古代建筑技术的发展	61
4.5 中国古代建筑装饰	70
4.6 中国传统民居	73
第 5 章 现代建筑结构与建筑技术	78
5.1 19 世纪房屋结构的发展	78
5.2 20 世纪以来房屋结构与建筑技术的发展	85
5.3 近现代地基与房屋基础	98
5.4 建筑与结构的协调问题	103
第 6 章 道路工程	107
6.1 中国古代道路	107
6.2 西方古代道路	110
6.3 西方近、现代道路与筑路技术	112
6.4 现代中国的道路建设	114

6.5	城市道路网络	122
6.6	道路建设	124
第7章	铁路工程	132
7.1	铁路运输的起源和在外国的的发展	132
7.2	中国铁路的发展历程	140
7.3	事关战略问题——铁路对历史的干预实例	149
7.4	铁路建设技术简介	149
7.5	城市轨道交通	152
第8章	桥梁工程	157
8.1	古代桥梁	157
8.2	西方的近、现代桥梁	165
8.3	中国的现代桥梁建设	176
第9章	地下工程	186
9.1	兴建地下工程的社会必然性	186
9.2	地下工程的起源	186
9.3	各种地下工程简介	188
9.4	地下工程建筑技术	193
9.5	隧道设计中的安全因素	201
第10章	水利与港口工程	204
10.1	中国古代水利工程	204
10.2	中国古代治水技术	210
10.3	西半球的运河	213
10.4	现代水利水电工程	219
10.5	港口工程	223
10.6	中国港口建设	228
第11章	古代园林与现代景观	232
11.1	中、西方园林的源起、区别	232
11.2	中式园林的特点与构筑	234
11.3	现代园林小品与城市景观	242
第12章	建筑节能与设备	250
12.1	围护结构节能技术	250
12.2	建筑设备节能的新技术	253
12.3	节能的采暖方式	257
12.4	智能建筑	258
第13章	历史建筑与传统建筑环境的保护	260
13.1	巴黎的建筑环境	260
13.2	北京城市建筑环境的演变	265
13.3	如何保护古建筑和建筑环境	273
	主要参考文献	280

第 1 章 绪 论

1.1 土木工程的内涵

土木工程是工程分科之一，指用工程材料，如：土、木、砖、石、混凝土、钢材和其他金属、建筑塑料、沥青等修建房屋、道路、铁路、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口、特种结构和市政卫生工程等的生产活动和工程技术。

这里指的生产活动和工程技术还包括对上述各类工程的勘测、设计、施工、管理、装饰、维修保养等活动以及相应的工程技术。

1.2 土木工程在国民经济中的地位和作用

1.2.1 土木工程投入巨大

对于一些大型的基本建设工程，投入都非常巨大。例如京九铁路线，全长 2000 余公里，预算投入 400 亿元。而三峡工程，混凝土用量 2643 万立方米，总库容 393 亿立方米；年发电量 847 亿千瓦时；决算总投资超过 2000 亿元。西气东送工程和青藏铁路线建设，都是总投资超过千亿元的关系国计民生的特大工程。

1.2.2 作为国民经济的基础产业影响面广

土木工程涉及冶金、建材、机械制造等方面，其影响并带动了许多重要行业的发展。我国是建材生产大国，水泥产量占全世界产量的 50%；混凝土用量为每年 5 亿~6 亿立方米，居世界第一；我国 2003 年钢材产量 2.2 亿吨，居世界第一，其中有三分之一用于土木工程。

土木工程属劳动密集型产业，其就业率高，是充分发挥我国人口资源优势的主要产业。建筑业劳务输出也是我国对外输出的重要方面。根据 1999 年资料，我国建筑业从业人员 3400 万人，占世界建筑业从业人员的 25%，目前我国建筑企业在 100 多个国家和地区设有办事机构，派往国际市场建筑人员达 30 万，承包总额数百亿美元。

由于其影响面如此之广，因此土建投资可以大幅度地拉动国民经济。政府扩大内需采取积极的财政政策，一个主要的资金投向是土建方面的基础设施，如 2008 年的奥运工程群，2010 年上海世博会工程群，京沪高速铁路，七纵三横的高速公路，房地产业的增长，城市化带来的大量基建项目等，都会带动当地乃至周边地区的经济发展。据 2002 年统计，土建对我国国民经济增长的贡献率达到三分之一。

1.2.3 对抗灾减灾具有不可替代性

对于自然和非自然灾害，目前人类的减灾措施基本上依赖土木工程。例如：以修建引水渠、泄洪渠、堤、坝、水库来抵抗旱灾和洪涝灾害；以锚索加固山体、砌筑挡土墙防止山体滑坡和泥石流；以防波堤、海岸护坡工程抵抗海啸、飓风；以建造更结实或者更柔性

的房屋来减少地震对人类的伤害；以引水改沙、编织固沙来抑制沙漠化的蔓延；以建造地下防护工程和地下战略储藏库来减少战争对人员的杀伤和影响；给核反应堆覆盖以特种混凝土防护壳来防止核泄漏等。

此外，对于灾害造成的损失，也有赖土木工程予以弥补。例如：需要借助快硬混凝土及其他相关技术抢修损毁道路桥梁以保障救灾，此外，还有开掘泄洪通道、疏导堰塞湖等。

1.3 土木工程是人类文明和历史的载体

人类为何从事土木工程？土木工程与人类文明发展之间是什么样的关系？让我们对土木工程的缘起作一个简要回顾。人类活动围绕着衣食住行和精神需求几方面来进行，这些方面都与土木工程有密切、直接的关系。

1.3.1 住

土木工程首先要解决安居问题。

人类的祖先最初占据天然洞穴作为居所，以满足安全、御寒防暑的需要。这时，人类没有土木工程的概念。

随着人类由渔猎生活向农耕、游牧生活过渡，土木工程出现了，首先是满足人们居住的需要。新石器文化时期的土木工程，比较有代表性的有我国北方区域仰韶文化的早期村落（图 1-1，图 1-2）^①。

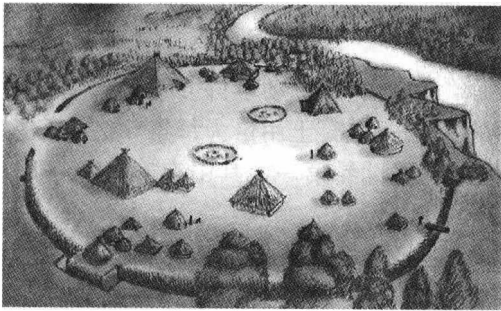


图 1-1 仰韶文化的早期村落示意

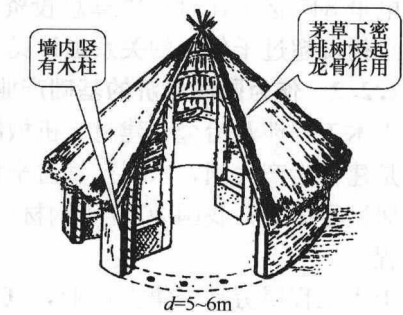


图 1-2 属于仰韶文化的西安半坡原始部落房屋（年代距今约 6800~6300 年）

仰韶文化是以农业为主的文化，其村落或大或小，比较大的村落的房屋有一定的布局，周围有一条围沟，以防野兽和其他部落侵扰，村落外有墓地和窑场。村落内的房屋主要为圆形或方形两种，早期的房屋以圆形单间为多，后期以方形多间为多。房屋的墙壁是泥做的，有用草混在里面的，也有用木头做骨架的。墙的外部多被裹草后点燃烧过，来加强其坚固度和耐水性。选址一般在河流两岸经长期侵蚀而形成的阶地上，或在两河汇流处较高而平坦的地方，这里土地肥美，有利于农业、畜牧，取水和交通也很方便。由此看来，构成

① 仰韶文化是新石器早期文化，持续时间大约在公元前 5000~前 3000 年，1921 年被瑞典人安特生在河南省三门峡市渑（音 miǎn）池县仰韶村发现并得名，它的分布在整个黄河中游从甘肃省到河南省之间。目前我国已发现上千处仰韶文化的遗址。

现代土木工程的诸多要素——城市规划、建筑、结构、建材等，在当时已经初具雏形。

伴随人类征服自然能力的提高，人类因地制宜，创造了许多新的房屋建筑形式。

在民居方面，决定房屋形式的影响因素有：材料来源、气候与地质条件以及文化发展水平与发展方向等。

例如在中国北方干旱的黄土高原，劳动人民创造了窑洞这一民居形式。窑洞一般造型简洁，上部拱圆，下方端直，契合中国传统文化中“天圆地方”的思想（图 1-3）。

在寒冷和森林茂密的地区，人们首选木材作为居所房屋的材料，一方面就地取材，另一方面房屋保暖性能优良，材料可加工性也好（图 1-4 左图）。

在农业发达地区，木材来源不如森林地区丰富，如果雨量充沛，木屋耐久性也显不足，因此这些区域近代民居多以石砌或砖砌墙体房屋为主（图 1-4 右图）。当然在某些地区人们不再采用木屋还有其他原因。例如伦敦木建筑的消失是源于鼠疫的灾难。

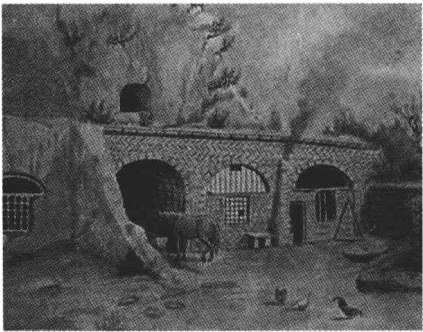


图 1-3 作为黄土高原民居的窑洞



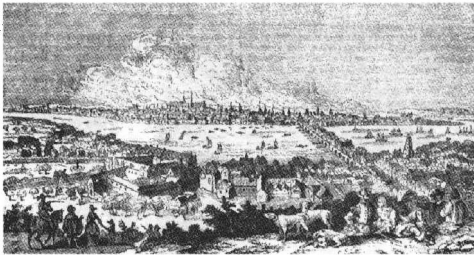
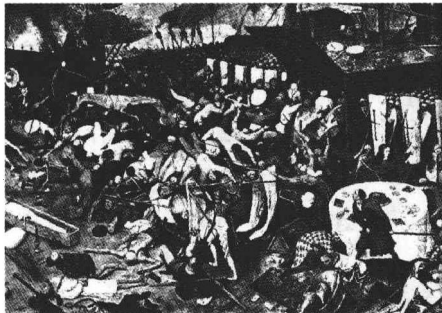
北欧的木结构民居



中欧的砖石结构民居

图 1-4 不同地区不同材质的民居

14 世纪的伦敦有许多木建筑，街巷污水横流，空气弥漫着朽木的恶臭。由于教会认为猫于黑暗中眼放幽光，叫声凄厉恐怖，是魔鬼的化身，禁止居民豢养；老鼠没了天敌，繁衍迅速，成群出没于大街小巷。1348 年鼠疫（也称黑死病）第一次袭击英国，此后断断续续延续了 300 多年，英国近三分之一的人口死于鼠疫，严重时伦敦每周死亡 8000 人，王室和贵族纷纷逃离城市（图 1-5 左图）。1666 年 9 月 10 日，伦敦布丁巷内一家面包店发



▲ 反映 1666 年 9 月 10 日伦敦大火的绘画

◀ 反映 1348 年伦敦鼠疫人畜死亡的绘画

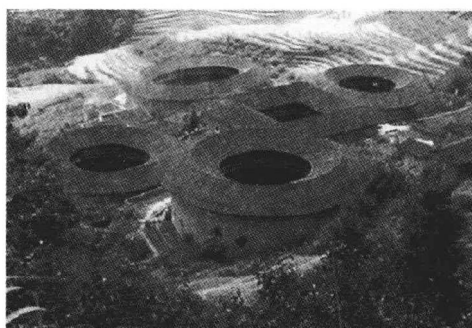
图 1-5 伦敦的鼠疫与木结构的消失

生火灾。火势迅速蔓延到整个城市，连烧了三天三夜，造成五分之四的市区被毁，包括 87 间教堂、44 家公司以及 13000 多幢民房（图 1-5 右图）。奇特的是，之后人类百战不胜的鼠疫竟然彻底从英国消失了。因此，在伦敦不再有木建筑出现。

比较中外民居我们发现，中国的传统民居更加愿意采用院落式的平面布局（图 1-6 左图），这充分反映了传统文化对土木工程的影响。中国文化更注重家族和宗族观念，家庭以合为美，提倡数代同堂，这些思想当然对民居形式产生深刻影响。而主要分布于中国南方赣、闽、粤三省的客家民居，则呈现一村数幢甚至一村一幢的围楼群居现象（图 1-6 右图）；自南北朝始直至南宋，中原居民因战乱分五次大批南下定居，南迁的人们自称“客家”以区别于本地人；由于在迁徙途中形成了密切的相互依赖关系，而且定居后需要群居以抵御当地土著的袭扰，由此产生了围楼这种具有防御功能、体现邻里和睦关系的民居形式。关于中国民居的某些文化内涵，还将在随后章节里作介绍。



中国南方的院落式民居



中国南方的客家围楼

图 1-6 中国不同的院落式布局的民居

除了普通民居之外，古代人类在居住方面从事的土木工程，更多地是为满足帝王生前死后居住需求而修建宫殿和陵墓。

史料记载的中国古代著名宫殿有秦代的阿房宫、汉代未央宫、唐代大明宫等，由于中国宫殿多以木为建筑材料，现大都毁于战火，现仅存建于明代的紫禁城（现北京故宫）、清沈阳故宫和拉萨布达拉宫等不多几处，在本书中，将借助史料和考古资料对中国宫殿建筑进行较为详细的介绍。

在西方，宫殿多以石为材料，比较著名的有伦敦白金汉宫、巴黎卢佛尔宫和凡尔赛宫、圣彼得堡冬宫和夏宫等；西方宫殿尤其注重艺术装饰性，其中尤以凡尔赛宫为甚（图 1-7）。



凡尔赛宫建筑外景



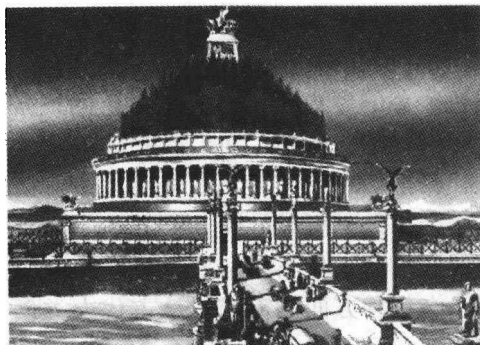
凡尔赛宫镜厅内景

图 1-7 法国凡尔赛宫

凡尔赛宫位于巴黎城郊的西南方约 18 公里的地方，原是狩猎的行宫，法王路易十四因深厌卢佛尔宫内的生活，于 1661 年动员了 4 万民工，历时 20 年，才建成这座别宫，所有的建筑材料都是从文艺复兴之后的意大利订制的。凡尔赛宫的美和富丽堂皇，如果不是亲眼看见是难以想象的。



▲ 古埃及为安葬法老而修建的金字塔



古罗马阿德亚诺皇帝陵墓(卡德斯基绘) ►

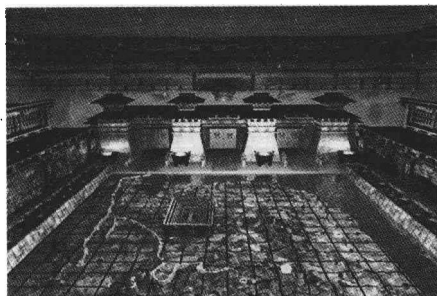
图 1-8 不同的西方帝王的陵墓

在帝王陵墓方面，古代帝王们往往追求死后不朽并保持生前奢华生活，对建造其死后居所——陵寝的投入一点也不亚于宫殿。

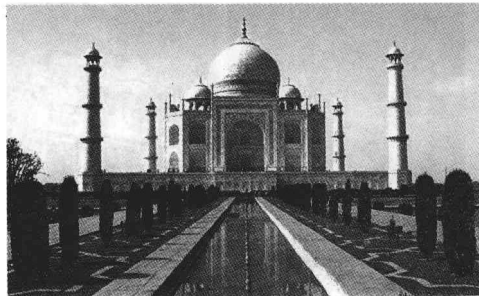
5000 年前古埃及的法老动辄征发数十万奴隶在沙漠中建造日后存放其木乃伊的金字塔（图 1-8 左图）。从石料打制、运输到垒砌塔身，以当时低下的生产力建造即使今天看来也属于巨大的工程，其困难难以想象。古罗马帝国强大的国力，以创造宏伟壮丽的建筑而著称，其皇帝陵墓当然也建造得富丽堂皇（图 1-8 右图）。从古罗马晚期帝国接受基督教作为国教开始，整个欧洲逐渐都皈依了基督教，由于教义不提倡厚葬，西方大规模兴建帝王陵墓之风方止。

而在中国，除了元代因蒙古风俗提倡简葬外，传统上，一个帝王从登基即开始为自己造陵直至死亡工程才会停止。从最早的奴隶制国家建立直至最后一个封建王朝结束，漫漫数千年时间长河，帝王不绝，建陵不休。除非属于秘葬，否则陵墓一般除了地宫和封土外还建有地面的享殿，如明十三陵和清东、西陵等。陵墓规模宏大者尤以陕西临潼秦始皇陵为甚，现今被誉为世界第八大奇迹的兵马俑只是其墓葬的一部分，庞大的封土在平原上堆积成一座山峰，远远望去蔚为壮观；据史书记载，地宫内山河湖泊俱有，以水银为湖，以鲸脂为灯，后人根据这种说法绘制了想象图（图 1-9 左图），不过从土木工程专业角度分析，当时人类尚不能建造如图所示那样大跨度的空间，墓室空间中尚应有结构柱作为支撑。

属于西亚建筑体系的印度，亦有精美的陵墓。泰姬陵被认为是世界上最优雅、最富浪漫风格的建筑之一（图 1-9 右图）。公元 1629 年，莫卧儿王国皇帝沙贾汗的宠妃蒙泰吉·马哈尔在生育他们第十五个子嗣时难产去世。沙贾汗悲痛欲绝，决定建造一座陵墓来纪念她。泰姬陵用闪光的白色大理石建筑而成，主建筑及 4 座祈祷塔的塔楼建在 10 米高的平



秦始皇陵墓室想象图(来自网络)



印度的泰姬陵

图 1-9 分属东亚和西亚的帝王陵

台上。陵墓的每一面都有 33 米高的拱门。《古兰经》的经文镶嵌在门廊的框上。陵墓中央覆盖着一个巨大的穹顶。工程耗尽了国库，皇帝却不知是因为睹物思人还是恋物忘人，下令在白色陵墓的旁边再建造一座黑色的以备自用，最终民心丧尽，被其子发动的政变推翻。其子对他的优待是：在牢狱中安排一间可看到泰姬陵的房间，老皇帝最终遥望着他的工程杰作抑郁而亡。大兴土木可倾人毁国，土木工程需慎之又慎！

一个人下地狱可以借助土木工程，要想上天堂也可以借助土木工程，因为居住建筑还要为神灵和神职人员服务。古代人类通过为神祇和神职人员修建高大巍峨的教堂、庙宇，满足自己在精神方面的需求。从古代人类创造原始崇拜开始，土木工程就与宗教密切相关。英格兰的巨石阵建造年代不详，鉴于当地方圆百里无大石料，再考虑到起重的艰难，其建造技术至今仍是个谜。从印第安玛雅文化遗址到埃及卢克索神庙（图 1-10 左图），从古希腊雅典娜神庙到古罗马万神庙，许多已经消失了的宗教都通过土木工程在世上留下了自己的痕迹。

信奉基督教后的欧洲，教权一度高于王权，宗教主宰社会生活的方方面面，更是大兴修建教堂和修道院之风，一项工程动辄持续上百年，极尽奢华、追求精美（图 1-10 右图）。巴黎圣母院、科隆大教堂等建筑举世闻名。



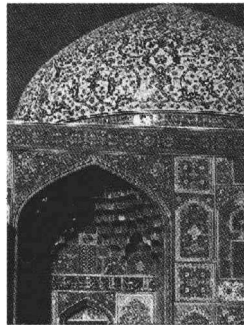
已消失宗教的殿堂：埃及卢克索神庙



基督教的杰作：奥地利梅尔克修道院

图 1-10 宗教建筑是精细还是粗放似乎说明了宗教的兴衰

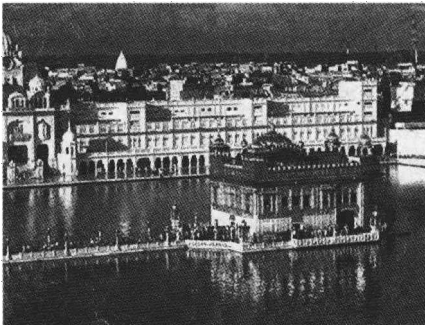
在亚洲，宗教种类繁多，宗教建筑也争奇斗艳、美轮美奂。目前流行于西亚的伊斯兰教清真寺，印度教和锡克教的寺庙，造工讲究、富有特色（图 1-11）；它们分别采用蓝、粉、金色作为其建筑的主色彩，建筑的标志性明显。而同样源于西亚的佛教自从公元 1 世纪传入



清真寺的尖拱



印度教的寺庙



印度锡克教的金庙

图 1-11 在西亚流行的三种不同宗教的建筑

中国后，与本地文化融合，其建筑形式几经演变，除了一些特定的塔式建筑外，其寺庙建筑形式与中国本土宗教道教几乎趋于同一。中国人以其文明和智慧，为人类留下了无数文化与工程上的传奇。以历经千余年的悬空寺为例（图 1-12），这座栈桥式悬崖寺庙是佛寺、道观的混合建筑群。位于北岳恒山石门峪的悬崖峭壁上，顶覆危岩，下临河谷，大小近 40 余座殿宇全部由悬挑的大梁支承。登楼俯视，如临深渊，可谓世界建筑构造的奇观。涉及宗教建筑的知识在本书中将有相对详细的介绍。



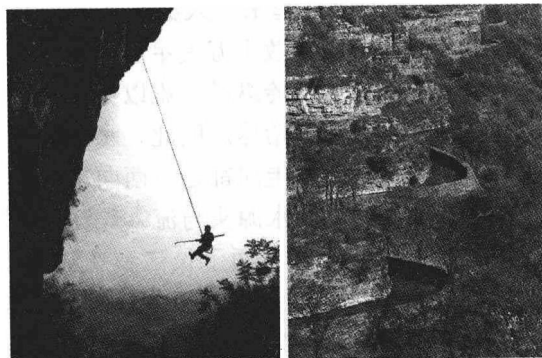
图 1-12 北岳恒山悬空寺

1.3.2 衣食

土木工程还要协助人们解决吃饭穿衣的问题。

棉、粮来自农业，人类历史进入农业文明以后，解决农田灌溉、排除洪涝灾害一直是人们关注的问题。大禹治水的传说表明，中华文明的起源就有水利工程相伴随。一般采用掘井取水的方法，国力强盛时则往往从事修渠引水等大型水利工程。以举世闻名的都江堰工程为例，其建于公元前 3 世纪，位于四川成都平原西部的岷江上，是中国战国时期秦国蜀郡太守李冰及其子率众修建的一座大型水利工程，是全世界至今为止，年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程。成都平原能够如此富饶，从根本上说，是有都江堰的结果。所以《史记》说：都江堰建成，使成都平原“水旱从人，不知饥馑，时无荒年，天下谓之‘天府’也”；从这个角度说土木工程可以改变一个区域的历史并不为过。

都江堰工程不愧为文明世界的伟大杰作，是造福人民的伟大水利工程。



悬吊在悬崖上施工的民工

建成通水后的渠道

图 1-13 河南林县红旗渠被誉为“人工天河”

进入现代，随着自然环境的恶化、人口的增加，水利工程对保证人类生存更是不可或缺。中国是水资源丰富而又极端分布不均匀的国家，新中国建立以来，为改善人民生存环境进行了大规模水利建设。从 20 世纪 60~70 年代的红旗渠（图 1-13）到近年的三峡工程，工程艰苦卓绝，体现了人类在改造自然过程中不屈不挠的精神，也谱写了土木工程史上的不朽篇章。人类在这方面所做的努力也将在本

书中予以介绍。

1.3.3 行

所谓逢山开路，遇水架桥，土木工程还要帮助人类解决出行的问题。

原始社会人群活动范围有限，因生活和生产的需要形成天然人行小径。当人类驯养牲畜后，逐渐利用牛、马、骆驼等乘骑或驮运，因而出现驮运道，之后方有车运。在中国古代传说中，将车轮的发明之功归于华夏文明的始祖黄帝，故称轩辕氏，可见车运对于华夏文明发展影响之重，陆地运输从此进入马路交通时代。世界上诸个文明古国，为了军事和

商旅需要，道路工程方面都有辉煌的成就。

在西方，古罗马帝国有完善的道路网络，所谓“条条大路通罗马”，让我们仿佛看到罗马大军沿着大道浩浩荡荡出征，又满载战利品沿着大道凯旋的景象，交通的便利促进了帝国版图的延伸，继承了古希腊文明的古罗马文明随着罗马大道的延伸在西方广泛传播。几乎在同时代，秦始皇统一六国后，下令“车同轨”，颁行标准，广修栈道和驰道，驰道宽约 69 米，路旁每隔 7 米左右栽种一棵青松，厚筑其外，路面以金属锤夯实^①。驰道就是当时的高速公路。至西汉又出现了横贯亚洲的丝绸之路，对东西文化交流起到巨大影响。于是中国人的音乐中有了唢呐、二胡，饮食中有了胡椒、西瓜，在信仰上，释迦牟尼与玉皇大帝共同主宰维持天界的秩序。

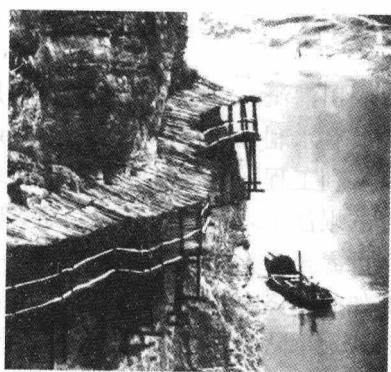


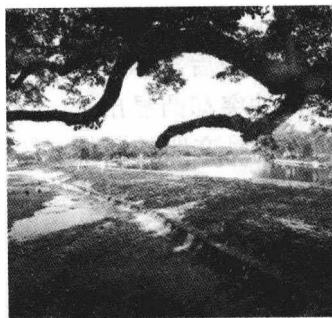
图 1-14 古栈道

有路必有桥，否则道路止于河流沟壑。最早的桥梁大约是小河边因自然倒下的树干而形成的“独木桥”，或两岸藤萝纠结在一起而构成的天生“悬索桥”等；后人造桥仿效自然。桥之所以始称“梁”，也许便是因独木横梁而过的缘故。也有用石块垫起一个接一个略高出水面的石蹬，供人们步步跳跃而过，这可能是后来桥墩的原型（后园林中多仿此原始桥式，称“汀步桥”、“踏步桥”）。以后随着社会生产力的发展，才逐渐产生各种各样的跨空桥梁，如拱桥、索桥等。战国时秦国构筑的沟通汉中与巴蜀的栈道，在山势险峻之处凿石成孔，插木为梁，上铺木板，旁置栏杆，桥路一体，难分彼此（图 1-14）。

当一个个庞大帝国建立起来，人类的活动半径动辄数千里，陆路运输的渺小即暴露出来。秦帝国征讨岭南百越，数十万大军所需给养量巨大，而距离最近的帝国粮仓也在千里之外，南方不同于中原，山岭纵横，难以为路，如以车载或驮马运输，到达目的地时所运物资已被运输和押运者消耗殆尽。因此，水运是唯一解决问题的方法。行船本与土木工程无关，奈何中国河流的基本走向都是由西向东，如何沟通南北？秦人以不可思议的智慧和观察力发现：汇入长江的湘水源头与流入珠江的漓江源头相距不过数十里，秦始皇命令史禄在此修筑一条运河，一举沟通了长江和珠江水系，这就是位于今广西兴安的灵渠（图 1-15 左图）。灵渠设计科学，建造精巧。其与郑国渠、都江堰并称秦国三大杰出水利工程。至隋代，一条更伟大的运河由北至南连接了海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系。中华民族为了维持这条运河的通航付出了艰苦的努力。虽然人类最早的运河由公元前 4000 年的美索不达米亚人（今叙利亚至伊拉克一带）所开挖，但是，若论规模宏大，同时迄今不失效能的古运河，当之无愧地属于中国这条京杭大运河，见图 1-15 右图。

当人类文明从陆地扩展到海洋，港口和码头的修建又成为土木工程涉足的新领域。工业革命之后，在陆地运输方面，人们也发现了比修筑运河更快捷经济的新方法。1825 年人类第一条铁路在英国修通，此后，铁路工程又成为人类文明发展的助推器，给人们带来了新的

^① 《汉书·贾山传》曰：“秦为驰道于天下，东穷燕齐，南极吴楚，江湖之上，滨海之观毕至。道广五十步，三丈而树，厚筑其外，隐以金椎，树以青松。”



灵渠的泄水堤堰



仍在承担航运任务的京杭大运河

图 1-15 中国古代航运工程的杰作

时空观念。通过建设铁路，原来人迹罕见之处迅速得到开发。面对铁路在陆地上的强大竞争，于是运河把它的领域延伸推移到了海洋。1869 年，苏伊士运河连接了地中海与红海；1914 年，巴拿马运河沟通了大西洋与太平洋。巴拿马运河与美国的太平洋铁路因工程量巨大和对世界产生的巨大影响，而被当时的报纸称为“当代世界上最伟大的土木工程”。

本书将有若干章节介绍土木工程为解决人类的交通问题所做的努力和取得的各项成就。

1.4 土木工程对人类历史的干预

如上面的介绍，人类可以通过从事土木工程和其他生产活动而满足衣食住行的需求。然而，在人类历史中，衣食住行还可以通过掠夺手段获得，故人们在处理“居”之类的问题时还要考虑“安”，所谓“安居乐业”是也。于是，土木工程不仅参与了文明的构建，承载了历史，又承担了保卫文明的重任，从而可以干预历史的走向。

1.4.1 冷兵器时代的作用

土木工程的英文说法是“civil engineering”，直译为“民用工程”，区别于所谓“军事工程”（military engineering）。事情的实质是，二者关系并不疏远，土木工程从一开始就直接参与了人类战争活动，与军事有密不可分的联系。城市的出现就体现了军事防御的含义^①，不可或缺地伴随有城墙和墙外壕沟。在冷兵器时代，挡墙是抵御步骑兵攻击的、非常有效的防御手段。

在西方，诞生于公元前 8 世纪的《荷马史诗》描写了这样的故事：古希腊诸城邦联军围攻特洛伊城十年而不下，最后以木马计得入。可见 3000 年前城墙防御之有效。虽然故事来自传说，但特洛伊城的存在已经为考古所证实。中世纪的欧洲四分五裂、战事迭起，王室和贵族们更是将自己严密包裹在一个个城堡之中寻求保护。

目前在中国发现的最早的土石防御工事是在陕西横山县境内的寨山庙底沟二期文化遗址^②，到奴隶制国家建立，生产力大为提高，通常环城而建的挡墙延伸到了野外，至今在

① 《淮南子·原道训》曰：“鲧（音 gǔn）筑城以卫君，造郭以居人，此城郭之始也。”鲧是大禹的父亲，因为能够筑墙，舜派他去治水。由于墙堵洪水不住，鲧被舜杀死。

② 庙底沟二期文化属于中国黄河中游地区的新石器时代晚期文化，年代为公元前 2900～前 2800 年左右。因 1956 年河南陕县庙底沟遗址的发掘而得名。主要分布在豫西地区，在河南郑洛地区、晋南和陕西关中也都有发现，是从仰韶文化到龙山文化过渡阶段的遗存。与仰韶文化相比，其房基布局更加合理，器具制作、纹饰更为精美。

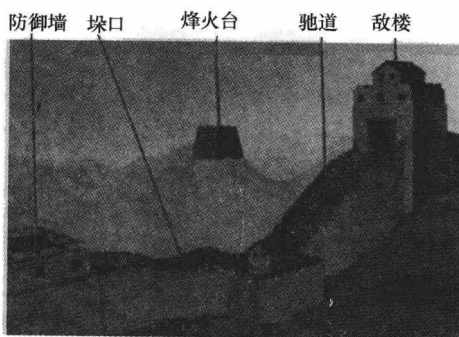


图 1-16 长城及其上的防御设施

长城的存在，在一定程度上保证了中原地区的休养生息。秦以后数朝对其进行过加强维护，最后一次为防御目的修长城是在明代。清代以后乃至现代，对于长城的作用有许多质疑的议论。反对者认为：长城是被动保守、不思进取的产物，耗费巨大却效果有限；千里防守难敌一点突破，如果长城有效，为何汉以后胡骑屡次入关，甚至于会在中原出现五胡十六国？这种言论虽有道理，但也过于偏颇。国之衰亡非盾之过也！长城毕竟不能解决政治层面的问题。再不妨设想如果没有长城，那么胡骑入关将由数年一入转为一年数入，一点突入变为全线侵入，中原将无片刻安宁。由于石敬瑭向契丹割让燕云十六州，北宋未获长城的庇护，在与游牧民族的战争中始终处于被动的劣势即为实例。长城这项伟大的土木工程为华夏文明从萌芽走向灿烂辉煌提供了必要的安全屏障，承担着一个民族的重托、造福于中原大地达 20 个世纪，现在已经成为中华民族不屈精神的象征。壮哉，土木工程！

1.4.2 热兵器时代参与博弈

到热兵器时代，土木工程更是热衷参与。火药传播到欧洲以后，传统的挡墙畏惧火炮抵近轰击，必须设法使挡墙与对方火炮保持距离，解决方法是以火炮对射。因此，一些传统的城堡演变成了厚实的、开有射孔的炮台和要塞（图 1-17）。随着火炮威力的增大，一些防御工事逐渐转入了地下。

依托土木工程，人们完成了热兵器战争史上的一个又一个传奇。1942 年夏秋两季，整个斯大林格勒的所有房屋都是苏军的防御工事，地下水道是包抄渗透德军后方的通道。苏军依托逐屋逐墙的顽强争夺，赢得了时间和空间的相持，成为第二次世界大战的转折点。现代我国新建的高层建筑，其地下室的修建也要满足防空的要求，所谓军事与民用之间有着非常紧密的联系。世界上第一所专门的土木工程学

山东省境内还有分隔齐鲁国境的石砌边墙遗址。

秦统一六国后，中原的战争熄止了，不同文明之间的冲突却凸显出来。华夏民族属于农耕文化，土地是文明的载体，居于草原的匈奴属于游牧文化，马匹是文明的载体，一静一动，从冲突开始就确定了双方攻守的角色。面对攻方日行数百里的机动能力，守方干脆将原分属燕、赵、秦三国阻挡游牧者侵扰的零散边墙连为一体，形成了一条长达上万里的分隔不同文明的分界线，史称万里长城^①，参见图 1-16。



图 1-17 里斯本的贝伦塔，大西洋上的要塞，于 1515~1521 年建造完成

^① 《史记·蒙恬传》载：“始皇二十六年，使蒙恬将三万众，北逐戎狄，收河南，筑长城，因地形，用险制塞，起临洮，至辽东。延袤万余里，于是渡河至阳山，透蛇而北。”