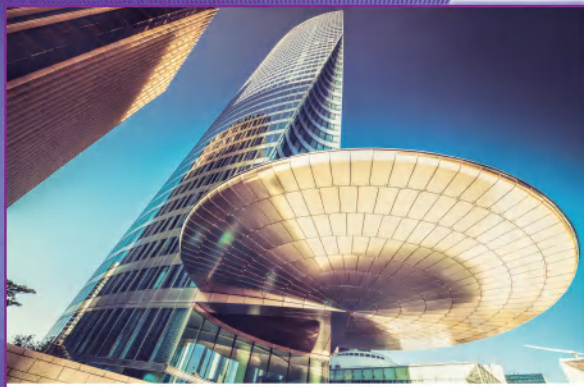


免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



土木工程概论

「互联网+」
高等职业教育
土建系列教材
新形态教材

土木工程概论

主编
孟凡成



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

ISBN 978-7-5661-4041-8



9 787566 140418 >

定价: 49.90元

高等职业教育土建系列教材
“互联网+”新形态教材



土木工程概论

主编 孟凡成



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

选题策划 骆菲菲
责任编辑 苏莉
封面设计 黄燕美

高等职业教育土建系列教材
“互联网+”新形态教材



土木工程概论

主 编 孟凡成
副主编 陈平平 刘余强

内 容 简 介

本书阐述了土木工程的内涵、特点和作用及土木工程的发展简史,从不同的角度介绍了土木工程学科的若干分支领域,如土木工程材料、地基与基础工程、建筑工程、交通运输工程、水利工程等,并对土木工程施工与管理、高新技术在土木工程中的应用等做了必要的介绍。

本书图文并茂,简明实用,既可作为土木建筑类专业的教材和教学参考书,也可作为其他专业的选修课教材,还可作为从事土木工程及相关专业工作的人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 / 孟凡成主编. —哈尔滨: 哈尔滨
工程大学出版社, 2023. 7

ISBN 978-7-5661-4041-8

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

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 126330 号

土木工程概论

TUMU GONGCHENG GAILUN

选题策划 骆菲菲

责任编辑 苏 莉

封面设计 黄燕美

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

发行电话 0451-82519328

传 真 0451-82519699

经 销 新华书店

印 刷 三河市骏杰印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 16.75

字 数 346 千字

版 次 2023 年 7 月第 1 版

印 次 2023 年 7 月第 1 次印刷

定 价 49.90 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



前言

PREFACE

党的二十大报告指出：“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题。育人的根本在于立德。”作为服务区域经济发展的高等职业院校土木建筑类专业，一方面要深入开展校企合作、产教融合；另一方面要密切关注时代变化，将行业发展的最新趋势与前瞻性内容融入教育教学，以保证专业教育与社会人才需求相契合。更重要的是，要全面贯彻落实立德树人根本任务，为党育人、为国育才，推动“大思政”建设，培养建设社会主义现代化强国所需的专业人才。

“土木工程概论”作为土木建筑类专业的入门课程，阐述了土木工程的重要性和它所包含的主要内容，旨在帮助学生全面了解土木工程所涉及的领域，结合管理、经济、法律法规的相关知识掌握土木工程的基本概念、基本理论和基本方法，能够对一些简单的工程实际问题进行定性分析，为后继相关课程的学习打好基础。

本书在编写过程中坚持围绕“大土木”的概念组织教学内容，在构建系统、全面的知识体系的同时，结合各专业的职业需求，坚持够用、实用、适度的原则，使教材内容编排科学合理，符合教学实际及工程实践需要；通过介绍“中国建造”技术的发展和 innovation，激发学生的爱国情怀，培养其社会责任感、创新精神和实践能力。

编者在编写本书的过程中，着重体现如下几个特点。

1. 坚持够用、适度的原则，体现实践性和职业性

本书结合各个专业的职业需求，以够用、适度为准则，重视教学内容的针对性和实用性，并补充大量工程实例和实践活动，方便学生将所学理论与实际工程相结合，进一步增强学生的实践能力。同时，结合工程实际需要，补充了土木工程施工与管理、高新技术在土木工程中的应用等内容。

2. 以模块化教学组织内容，融入“互联网+”思维

本书充分考虑学生的认知规律和本课程的教学规律，围绕“大土木”的概念，根据土木工程学科的若干分支领域组织了 10 个教学模块，教师可根据不同的专业灵活安排学时。本书还依托互联网技术开发了一系列数字资源（如图

片、视频、文本、动画等),通过二维码链接形式呈现在书中,旨在促进学生自主学习和即时学习。

3. 内容丰富,体例科学

本书注重系统性和逻辑性,体例设置科学,符合学生的认知规律。例如,在每个模块的开头设置“案例导入”栏目,介绍工程实例、最新工程技术成果、工程发展历程等内容,目的是在激发学生学习热情的同时,使学生对工程有一个基本的认知;通过“实践活动”“阅读材料”等栏目,引导学生关注实际工程,在丰富学生学习内容的同时,引导学生学会独立分析问题和解决问题,有助于培养学生的实践能力。

4. 认真落实课程思政要求

本书结合工程实例和我国工程技术的发展,体现我国劳动人民的智慧,倡导创新文化和质量意识,弘扬创造伟大的时代风尚和精益求精的工匠精神。

本书内容及推荐学时安排见下表。

模块名	学习内容	学时
绪论	土木工程的内涵、特点与作用,土木工程的发展简史	2
土木工程材料	木材、石材,胶凝材料、混凝土和砂浆,砖、瓦、砌块,金属材料,高分子材料及功能材料,新型土木工程材料	2
土木工程中的力学和结构概念	力、力矩、力偶和平衡,外力、反力和内力,荷载和作用,结构和结构失效	2
地基与基础工程	工程地质勘察,地基与基础,地基处理	2
建筑工程	单层与多层建筑,高层与超高层建筑,特种结构,绿色建筑、装配式建筑与智能建筑	6
交通运输工程	道路工程,铁路工程,桥梁工程,隧道工程,港口工程,机场工程	8
水利工程	水利工程概述,防洪工程,农田水利工程,水力发电工程	6
其他工程	给水排水工程,地下工程,海洋工程	4
土木工程施工与管理	工程项目建设程序,工程施工,土木工程建设中的管理制度,建设法规	4
高新技术在土木工程中的应用	计算机与仿真技术,现代结构试验技术,结构抗震控制技术,结构健康检测与安全预警技术	2

本书由吉林交通职业技术学院孟凡成任主编,辽源职业技术学院陈平平、刘余强任副主编。

本书在编写过程中参考引用了一些专家、学者发表、出版的文献,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者



目录 CONTENTS

模块 1	绪论	1
	案例导入	2
	任务 1.1 土木工程的内涵、特点与作用	3
	任务 1.2 土木工程的发展简史	9
模块 2	土木工程材料	22
	案例导入	23
	任务 2.1 木材、石材	24
	任务 2.2 胶凝材料、混凝土和砂浆	28
	任务 2.3 砖、瓦、砌块	37
	任务 2.4 金属材料	41
	任务 2.5 高分子材料及功能材料	45
	任务 2.6 新型土木工程材料	49
模块 3	土木工程中的力学和结构概念	55
	案例导入	56
	任务 3.1 力、力矩、力偶和平衡	56
	任务 3.2 外力、反力和内力	58
	任务 3.3 荷载和作用	60
	任务 3.4 结构和结构失效	63

模块 4	地基与基础工程	67
»		
案例导入		68
任务 4.1 工程地质勘察		68
任务 4.2 地基与基础		71
任务 4.3 地基处理		80
模块 5	建筑工程	83
»		
案例导入		84
任务 5.1 单层与多层建筑		84
任务 5.2 高层与超高层建筑		92
任务 5.3 特种结构		98
任务 5.4 绿色建筑、装配式建筑与智能建筑		103
模块 6	交通运输工程	111
»		
案例导入		112
任务 6.1 道路工程		113
任务 6.2 铁路工程		125
任务 6.3 桥梁工程		135
任务 6.4 隧道工程		150
任务 6.5 港口工程		157
任务 6.6 机场工程		165
模块 7	水利工程	173
»		
案例导入		174
任务 7.1 水利工程概述		174
任务 7.2 防洪工程		176
任务 7.3 农田水利工程		181
任务 7.4 水力发电工程		188
模块 8	其他工程	196
»		
案例导入		197
任务 8.1 给水排水工程		197

任务 8.2	地下工程	208
任务 8.3	海洋工程	214

模块 9

土木工程	施工与管理	218
------	-------	-----

案例导入	219	
任务 9.1	工程项目建设程序	219
任务 9.2	工程施工	225
任务 9.3	土木工程建设中的管理制度	237
任务 9.4	建设法规	240

模块 10

高新技术	在土木工程中的应用	243
------	-----------	-----

案例导入	244	
任务 10.1	计算机与仿真技术	244
任务 10.2	现代结构试验技术	253
任务 10.3	结构抗震控制技术	256
任务 10.4	结构健康检测与安全预警技术	258

参考文献

260



模块 1

绪 论

学习目标	学习要点
知识目标	(1)了解土市工程的特点及土市工程在国民经济建设中的地位和重要性。 (2)了解古今中外典型的土市工程项目。 (3)了解土市工程的发展趋势
能力目标	能够识别典型的土市工程项目
思政目标	(1)提升科技报国的爱国情怀、民族自豪感和责任感。 (2)具备严谨治学、精益求精的工匠精神

位于四川省成都市都江堰市的都江堰水利工程(见图 1-1)始建于战国时期,距今已有两千多年的历史,是根据岷江的洪涝规律和成都平原悬江的地势特点,因势利导建设的大型生态水利工程,也是全世界迄今为止,年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程。2018年8月,都江堰水利工程被列入世界灌溉工程遗产名录。

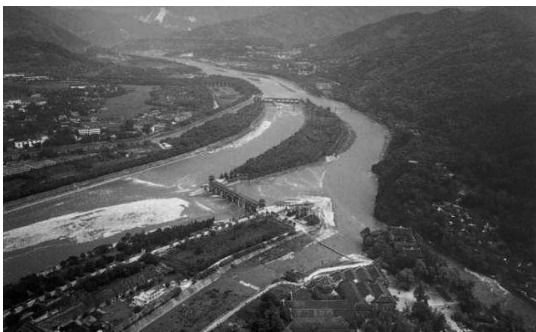


图 1-1 都江堰水利工程

都江堰水利工程被建在成都平原西部的岷江出山口处。这里地处川西高原与成都平原的过渡地带。每当夏秋季节,暖湿气流沿着成都平原向西推进,遇到群山阻挡而被迫爬升,形成频繁的降雨,岷江的水量便会暴增,冲出山口后肆意横流,将平原地带变成一片汪洋。与此同时,岷江冲出山口后,由于受到玉垒山的阻挡而被迫向南,造成了成都平原东旱西涝,一边洪水肆虐,一边赤地千里。

公元前 256 年,蜀郡守李冰在前人鳖灵开凿的基础上,组织修建都江堰水利工程。工程最关键的渠首枢纽由鱼嘴分水堤、飞沙堰泄洪道和宝瓶口引水口组成,如图 1-2 所示。三者借助地势,互相配合,科学地解决了江水自动分流、自动排沙、控制进水流量等问题。

宝瓶口长为 40 m,底宽为 17 m,是从玉垒山伸向岷江的长脊上凿开的一个进水口。其形前窄后宽,状如大瓶,控制流向成都平原的内江水流量,确保成都平原防洪安全,故而得名。开凿玉垒山分离的石堆称为离堆。

宝瓶口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,为了使岷江水能够顺利东流且保持一定的流量,并充分发挥宝瓶口的分洪和灌溉作用,李冰父子又率众在离玉垒山不远的岷江上游江心处,用装满卵石的大竹笼堆成一个形如鱼嘴的分水堤。

岷江水流至鱼嘴时,被分水堤分为内江和外江。内江窄而深,位于东面,用于灌溉成都平原;外江宽而浅,用于泄洪。枯水期时水位较低,水流较缓,大部分的江水会流入河床低的内江;洪水期时水位较高,水流较急,大部分江水会从江面较宽的外江流走。

为了进一步控制流入宝瓶口的水量,李冰在分水堤与离堆之间又修建了一条通向外江的泄洪道。泄洪道前修有弯道,江水形成环流,江水超过堰顶时洪水中夹带的泥石便流入外江,这样便不会使内江和宝瓶口水道淤塞,故取名飞沙堰。

后来,李冰还将内江一分为二、二分为四——蒲阳河、柏条河、走马河、江安河。四条干渠在平原地带发散开来,纵横交错、密如蛛网,共同组成了一个庞大的放射状灌溉系统,灌溉面积在两宋时期便达到 1 300 km²。

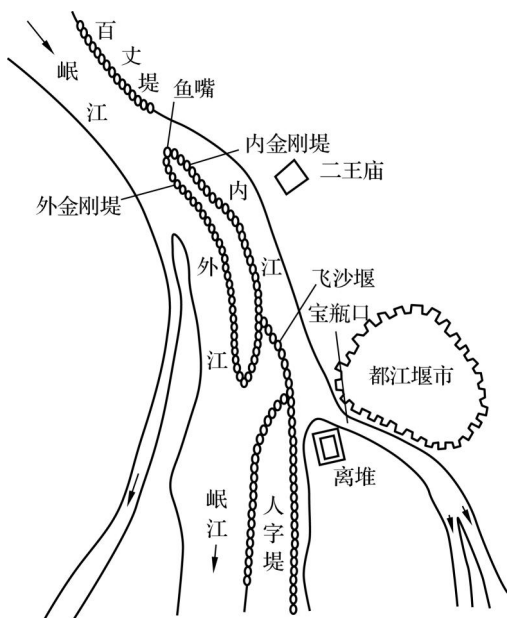


图 1-2 都江堰水利工程示意

最近几十年来,都江堰水利工程在现代科技的加持下逐渐实现了科学化、自动化,水资源调度愈发科学。2006年,紫坪铺水利枢纽全面竣工。它是都江堰总体规划中的水源工程,建于岷江上游,下距都江堰水利工程渠首鱼嘴 3.8 km,总库容为 $1.112 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。紫坪铺水利枢纽可以将都江堰灌区供水保证率由 30% 提高到 80%,增加枯水期引水量,并为都江堰灌区最终实现规划灌面提供水源;同时可将岷江上游百年一遇洪水调蓄后按十年一遇流量下泄,极大地降低了洪水对都江堰水利工程的威胁。

目前,都江堰水利工程担负着四川盆地中西部地区 7 市 38 县 1 076 万亩农田的灌溉任务,受益人口高达 2 300 万,为四川省粮食安全、经济发展、社会稳定和生态环境优美发挥了极为重要的作用,是四川省经济社会发展不可替代的水利基础设施。

来源: <http://www.kepu.gov.cn/www/article/dtxw/fc9fe1fca3e74a2bb676f7c4a6f4849d>,
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/370757645>。

问题: 结合上述案例,从内涵、特点、作用等方面谈谈你对土木工程的认识。



任务 1.1 土木工程的内涵、特点与作用

► 1.1.1 土木工程的内涵

土木工程在国务院学位委员会的学科简介中的定义为“建造各类工程设施的科学技术

的总称,它既指工程建设的对象,即建在地上、地下、水中的各种工程设施,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等技术”。从该定义中可以看出,土木工程具有以下三层含义。

(1)土木工程是指各类工程设施,即工程建设的对象。工程设施的范围非常广泛,既包含建造在地上或地下、陆上或水中,直接或间接为人类生活、生产、工作、科研、国防服务的各种工程设施,又包含运河、水库、大坝、水渠等水利工程设施,如房屋建筑工程、道路工程、铁路工程、管道运输工程、隧道工程、桥梁工程、运河工程、堤坝工程、港口工程、电站与输变电站工程、飞机场工程、海洋平台工程、给水排水工程、防灾减灾工程、防护工程等。

(2)土木工程是指建设所需的工程材料和工程机械设备。其中,工程机械设备既包括生产土木工程材料的生产机械,又包括土木工程建设过程中的施工机械。

(3)土木工程是指一门学科。这门学科既指勘察、测绘、规划、设计等科学技术活动,又指施工、维护、维修、保养、改造、加固、运行管理等生产技术活动,还包括土木工程材料性能试验、工程结构性能试验、工程安全性检测等试验技术活动。

土木工程是一个涉及面极广的普适性行业。土木工程的英文为 civil engineering,意为“民用工程”,它的原意是与军事工程(military engineering)相对应的,即指除了服务于战争设施以外的、一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称。但后来,这一界定就不那么明确了。按照学科的划分,地下防护工程、航天发射塔架等设施也属于土木工程的范畴。

目前,土木工程已发展出许多分支。其中,有些分支,如水利工程,由于工程对象的不断增多及专门科学技术的发展,已从土木工程中分化出来成为独立的学科体系,但是它们在很大程度上仍具有土木工程的共性。土木工程的要素和目的如图 1-3 所示。

► 1.1.2 土木工程的特点

土木工程作为一门应用科学技术,具有以下几个基本属性。

1. 综合性

建造一项工程设施一般要经过勘察、设计、施工和运行管理四个阶段,需要运用工程地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济、工程管理等多个学科的知识,因而土木工程是一门涉及学科范围众多的综合性学科。

2. 社会性

土木工程的发展伴随着人类社会的发展、社会不同历史时期的科学技术和管理水平而发展。利用土木工程所建造的工程设施反映出各个历史时期社会经济、文化、科学、技术发展的水平,因而土木工程也成为社会历史发展的见证之一。例如,远古时代,人们就开始修筑简陋的房舍、道路、桥梁和沟渠,以满足简单的生活和生产需要。后来,人们为了适应战争、生产、生活的需要,兴建了城池、运河、宫殿及其他各种建筑物,如我国的长城、都江堰水利工程、京杭大运河(见图 1-4)等。

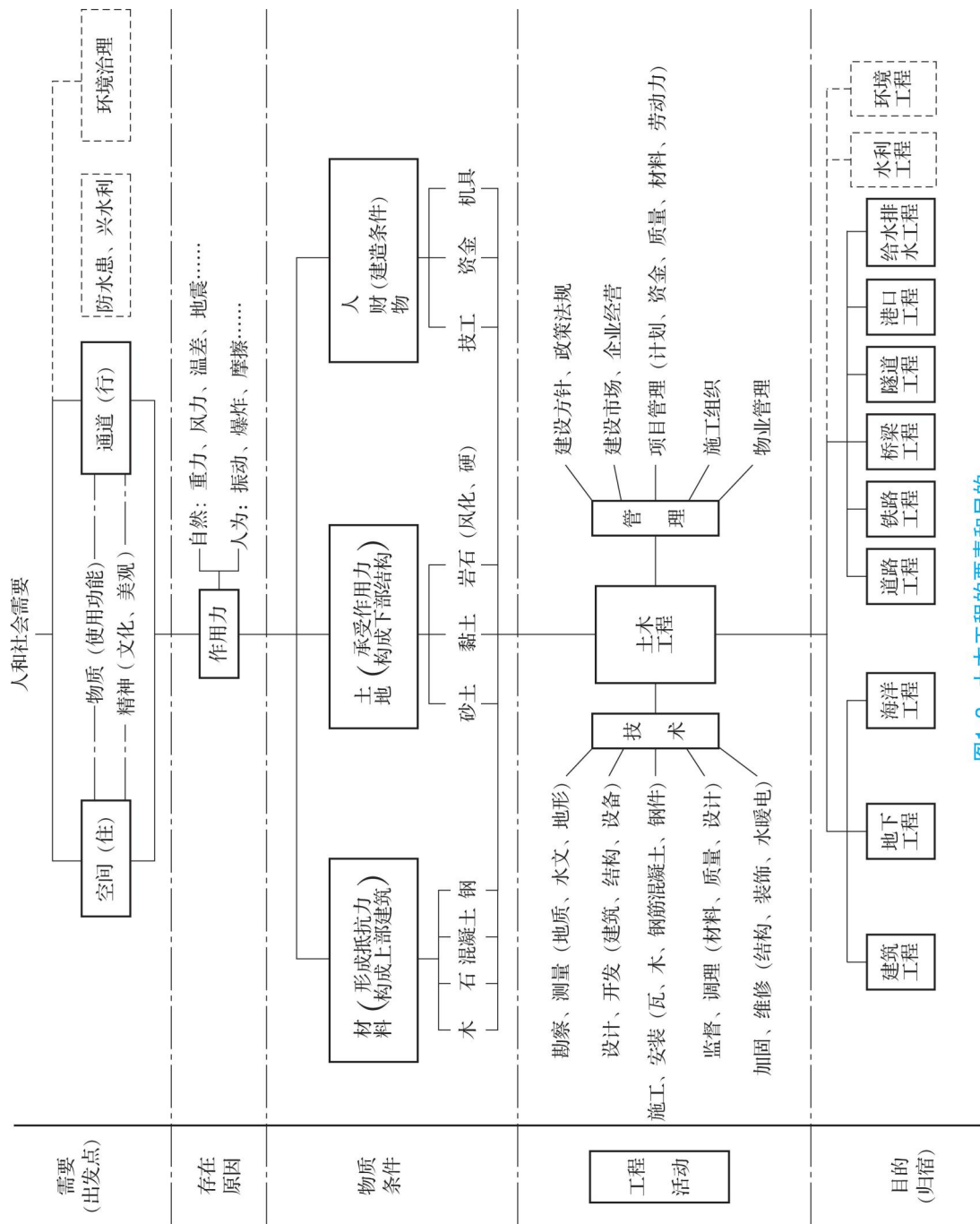


图1-3 土木工程要素和目的



图 1-4 京杭大运河

3. 实践性

影响土木工程的因素既多又错综复杂,因而土木工程是具有很强实践性的学科。在早期,土木工程是通过工程实践,总结成功的经验,尤其是吸取失败的教训发展起来的。从17世纪开始,以伽利略和牛顿为先导的近代力学同土木工程实践结合起来,逐渐形成以材料力学、结构力学、流体力学、土力学、岩体力学等作为力学理论框架的应用学科。这样土木工程才逐渐从经验发展成为科学。

在土木工程的发展过程中,工程实践经验常先行于理论,工程事故常显示出未能预见的新因素,触发新理论的研究和发展。从古至今,对于不少工程问题的处理,在很大程度上仍然依靠实践经验。

4. 技术、经济和艺术的统一性

土木工程既然是为人类生活、生产和娱乐服务的,必然与相应历史时期社会的技术、经济和艺术相协调、相统一。人们力求建造最经济的工程设施,用以满足使用者的各种需求(包括审美需求)。而一项工程的经济性又与各项技术活动密切相关,如工程选址、总体规划、设计和施工技术等。这些都影响着工程建设的总投资、工程建成后的经济效益和使用期间的维修费用。

5. 建造过程单项性

对土木工程一般按照建设单位的设计任务书和招标要求进行单项设计、单项施工,并且多数在自然环境中建造。土木工程的建造周期较长,大自然和社会环境的风险较多,因而建造过程中的质量和安全问题十分重要。

► 1.1.3 土木工程的地位与作用

1. 土木工程是关乎人类生存的基础性产业

人类生存与生活离不开衣、食、住、行,而土木工程密切联系着每个人生活中的以下四件事。

(1)衣:纺纱、织布、制衣等均要在工厂内进行,这与土木工程间接有关。

(2)食:打井取水(见图 1-5),筑渠灌溉,建水库蓄水,建粮食加工厂、粮仓、冷库等,这与土木工程间接有关。

(3)住:人类的生活、生产离不开房屋建筑,这与土木工程直接有关。

(4)行:铁路(见图 1-6)、公路、机场、港口、码头、运河等交通工程设施离不开土木工程,这与土木工程直接有关。



图 1-5 坎儿井



图 1-6 铁路

2. 土木工程是国民经济发展的带动性行业

1) 土木工程涉及行业众多

土木工程的上游和下游企业很多,涉及多个部门,如冶金、建材、机械制造、运输等行业。土木工程物资消耗占全国总消耗量的比例分别为钢材 25%、木材 40%、水泥 70%、玻璃 76%、塑料 25%、运输量 28%。土木工程的发展带动了相关产业的发展和繁荣。

2) 土木工程是挖掘和吸纳劳动力资源的重要平台

土木工程属于劳动密集型产业,其容纳的就业人数占全社会劳动者人数的 8%左右,是转移农村富余劳动力、解决就业问题的主要途径。土木工程的劳务输出也是我国对外输出的重要方面。

3) 土木工程可以大幅度拉动国民经济增长

政府扩大内需采取积极的财政政策时,重要的资金投向就是土木工程方面的基础设施建设。一些大型基本建设工程的投资非常巨大。例如,京九铁路全长超过 2 000 km,预算超过 400 亿元;举世闻名的三峡水利枢纽工程(见图 1-7)的混凝土用量达 $2.643 \times 10^7 \text{ m}^3$,总库容为 $3.93 \times 10^{10} \text{ m}^3$,决算总投资超过 2 000 亿元;京沪高铁工程、南水北调工程、西气东输工程、青藏铁路工程等总投资均超过千亿元。

4) 土木工程能够吸收大量的消费资金

当人民的生活水平提高到一定程度时,社会消费资金会有较大幅度的增加。这时,会出现三种情况:一是增加消费,使消费资金转化为生产资金,从而刺激生产,使经济向良性循环的方向发展;二是消费结构不合理,市场存在供不应求现象,这时消费资金的大幅增加会引起通货膨胀;三是储蓄资金增加,这对市场是潜在的压力,却不能通过市场机制用于生产,若处理不当则可能引起生产萎缩。如果后两种情况同时出现,问题就更为严重。许多国家的经验都表明,把社会消费资金(包括储蓄)吸引到土木工程上来是一个两全其美的办法,一方

面为社会消费资金提供了良好的出路,另一方面为土木工程提供了大量的生产资金,从而达到引导消费、调整消费结构,促进生产的目的。

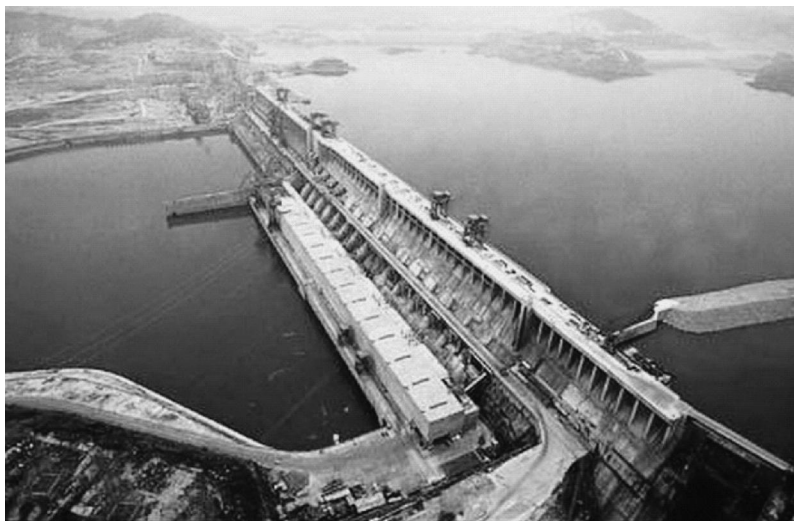


图 1-7 三峡水利枢纽工程

5) 土木工程是国家实现经济宏观调控的重要手段

土木工程对国民经济的发展有一定的调节作用,因此当国民经济处于萧条期时,可以通过扩大国家对公共事业(如市政工程、高速公路等)的投资,使土木工程不衰落,这样也就刺激了与土木工程密切相关的行业的发展,从而引起对其他行业需求的螺旋式增长,使国民经济不出现萧条(至少可以缓解国民经济萧条的程度)。反之,当国民经济出现过热现象时,国家可通过压缩公共投资规模、取消对住宅消费的优惠政策等措施,抑制土木工程的发展,这样也就抑制了其他行业的发展,使国民经济走上稳定发展的轨道。

我国实行的是社会主义市场经济,土木工程对国民经济的调节作用是通过扩大或压缩固定资产投资规模来实现的。例如,2008年由美国两房危机引发的全球金融海啸也波及中国,国务院立即出台了投入4万亿元的救市措施,其中60%用于基础设施和民生工程,这些都与土木工程有关。

6) 土木工程设施是国家财富的重要组成部分

土木工程产值在国内生产总值中占有重要地位,能为社会创造新价值,为国家增加财富积累。长期以来,我国建筑业所创造的总产值和增加值在社会总产值和国民生产总值中分别占到10%和6%左右的份额。土木工程创造的固定资产在固定资产形成总值中占有很大的比重。据联合国统计,各国用于房屋建造的投资占国民生产总值的6%~12%。此外,土木工程也是政府财政收入的重要来源,其每年提供的税利一般可占政府财政收入的10%~40%。

7) 土木工程是关系国计民生的支柱产业

土木工程是国民经济的重要物质生产部门,是国民经济和社会发展的物质技术基础。将土木工程建造的产品转给使用者之后,就形成了各种生产性和非生产性的固定资产。土木工程是国民经济各物质生产部门和交通运输部门进行生产的手段,是人民生活的重要物质基础。美国和其他一些西方国家把土木工程与钢铁工业、汽车工业并列为国民经济的三

大支柱,我国一直将土木工程与工业、农业、交通运输业、商业合称为五大物质生产部门,可见土木工程在国民经济中所占地位的重要性。

8) 土木工程能够创收外汇,增加国家收入

土木工程走向国际承包市场,既能发展经济、扩大影响,又可以带动资本、技术、劳务、设备及商品输出而创收外汇,这对国家的出口创汇工作起到了不可磨灭的作用。

任务 1.2 土木工程的发展简史

人类自出现以来,为了满足住、行及生产活动的需要,从构木为巢、掘土为穴的原始操作开始,到今天能建造摩天大厦、万米长桥,以至移山填海的宏伟工程,经历了漫长的发展过程。在这期间,土木工程可以分为古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程三个阶段。

▶ 1.2.1 古代土木工程

古代土木工程有着很长的时间跨度,大致从新石器时代(公元前 5000 年)开始至 17 世纪中期。随着年代的推移,具有代表性的古代土木工程主要有如下几种。

(1) 中国黄河流域的仰韶文化遗址和半坡文化遗址。仰韶文化(公元前 5000—前 3000 年)是我国新石器时代的一种文化,遗址 1921 年首次被发现于河南渑池仰韶村,分布于黄河中下游流域,有残穴和平面为圆形、方形和多室联排呈矩形的地面建筑残迹,如图 1-8 所示。半坡文化遗址(公元前 4800—前 4300 年,于 1954 年开始发掘)有很多圆形房屋的痕迹,经分析它们是直径为 5~6 m 圆形房屋的土墙(见图 1-9),墙内竖有木柱,支撑着用茅草做成的屋面,茅草下有起龙骨作用的密排树枝。半坡文化遗址中现仍有木柱底的残穴和一些地面建筑的残迹。



图 1-8 仰韶文化遗址



图 1-9 半坡文化遗址(模型)

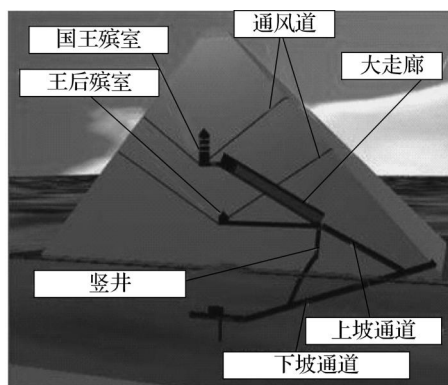
(2)埃及帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群(见图 1-10)。其建于公元前 27 世纪,以古埃及第四王朝法老胡夫的金字塔为最大。胡夫金字塔(见图 1-11)塔基呈方形,每边长约 230 m,高约 146 m,用 230 多万块巨石砌成。塔内有甬道、石阶、墓室等。



图 1-10 吉萨金字塔群



(a)胡夫金字塔的外观(南侧)



(b)胡夫金字塔的内部结构

图 1-11 胡夫金字塔

(3)中国长城。公元前7世纪的春秋时期,楚国开始建造绵延数百里的长城;秦朝统一中国后(公元前221年),将战国时期各国修筑的自卫长城连接起来,其长约2500 km。以后,汉朝、南北朝、隋朝直至明朝都在大规模地修筑长城。目前,西起嘉峪关,东至山海关,绵延8850 km的长城是明朝遗留下来的,如图1-12所示。



图 1-12 长城

(4)中国四川的都江堰水利工程。始建于战国时期秦昭王末年(公元前256—前251年)的四川都江堰水利工程是世界历史上最悠久的无坝引水工程。此工程以灌溉为主,兼有防洪、水运、供水等多种功能,一直被沿用至今。其规模之大、规划之周密、技术之合理均为前所未有的。

(5)土耳其的圣索菲亚大教堂(见图1-13)。公元532—537年建造于君士坦丁堡(今土耳其伊斯坦布尔)的索菲亚大教堂为砖砌穹顶(圆形球壳)。穹顶直径约33 m,高约55 m,支承在大跨砖拱和用巨石砌筑的巨型柱(截面约7 m×10 m)上。



(a)外景



(b)穹顶

图 1-13 圣索菲亚大教堂



图 1-14 赵州桥

(6)中国河北省的赵州桥(见图1-14)。赵州桥又称安济桥,坐落在河北省赵县洹河上。其始建于隋朝开皇至大业年间(公元595—605年),由著名匠师李春设计和建造,距今已有1400多年的历史,是世界上现存最早、保存最完善的敞肩式单孔圆弧弓形石拱桥。赵州桥全长64.4 m,桥面宽约10 m,跨度为37.02 m,采用28条并列的石条砌成拱券。拱券矢高为7.23 m。拱上设有4个小拱,这些小拱既能减轻桥身自重,又便于排洪,且更显美观。该桥在材料使用、结构受力、艺术造型和经济耐用方面都达到极高的成就。

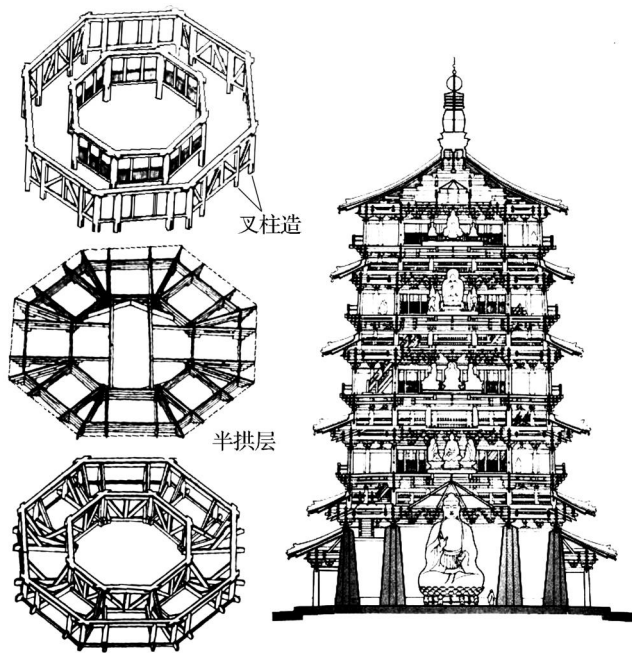
(7)中国山西应县木塔(图 1-15)。应县木塔即佛宫寺释迦塔,建成于公元 1056 年,为八角形,塔高为 67.31 m,底层直径为 30.27 m。该塔共 9 层,其中 8 层是用 3 m 左右长的木柱支顶重叠而成为一内外两环柱网、用交圈的扶壁拱组成的双层套筒式结构。应县木塔是保存至今的唯一木塔,也是我国现存的最高木结构之一。它经多次大地震仍完整无损,足以证明我国历史上木结构的辉煌成就。



(a)外观



(b)内部



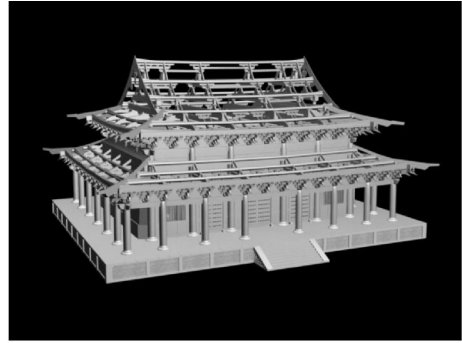
(c)结构体系

图 1-15 应县木塔

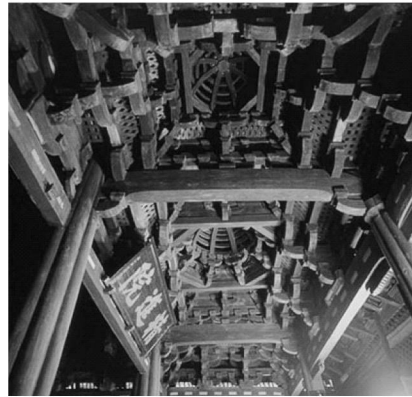
(8)中国的宫殿及庙宇建筑。中国历代封建王朝建造的大量宫殿和庙宇建筑都是木构架结构。木构架结构是用木梁、木柱做成承重骨架,用木质斗拱做成大挑檐,四壁墙体都是自承重隔断墙的一种结构。宁波市的保国寺如图 1-16 所示。



(a)外观



(b)大殿模型



(c)大殿天花

图 1-16 保国寺

(9) 西欧的教堂建筑。以意大利比萨大教堂(见图 1-17)和法国巴黎圣母院(见图 1-18)为代表的西欧教堂建筑都为砖石拱券结构。



图 1-17 意大利比萨大教堂



(a)外观



(b)内部

图 1-18 法国巴黎圣母院

在这一历史时期,土木工程所用的材料最早只是当地的天然材料,如泥土、砾石、树干、树枝、竹、茅草、芦苇等,后来发展了土坯、石材、砖、瓦、木、青铜、铁、铅以及混合材料(如草筋泥、混合土等)。土木工程的工艺技术最早只是利用石斧、石刀等简单工具,后来发展了斧、凿、钻、锯、铲等青铜和铁质工具,兴起了窑制和煅烧加工技术,以及打桩机、桅杆起重机等施工机械。工种的分工也日益细致,有木工、瓦工、泥工、土工、窑工、雕工、石工、彩画工等。

但是,在这一历史时期,除了有一些经验总结和形象描述土木工程的著作,如中国的《考工记》(公元前 5 世纪)、《营造法式》(公元 1100 年),意大利的《建筑论》(文艺复兴时期阿尔贝蒂著)外,土木工程缺乏理论上的依据和指导。

▶ 1.2.2 近代土木工程

近代土木工程的时间跨度为 17 世纪中期至 20 世纪中期的 300 年。这一历史时期土木工程的主要特征是:有力学和结构理论作为指导;砖、瓦、木、石等建筑材料得到日益广泛的使用,混凝土、钢材、钢筋混凝土以及早期的预应力混凝土得到发展;施工技术进步很大,建造规模日益扩大,建造速度大大加快。在这一历史时期,以下几件大事具有重要的意义。

(1)意大利学者伽利略在 1638 年出版的著作《关于两门新科学的谈话和数学证明》中,论述了建筑材料的力学性质和梁的强度,首次用公式表达了梁的设计理论。

(2)英国科学家牛顿在 1687 年总结了力学三大定律,它们是土木工程设计理论的基础。

(3)瑞士数学家欧拉 1744 年发布的著作《曲线的变分法》建立了柱的压屈理论,得到计算柱的临界受压公式,为分析土木工程结构物的稳定问题奠定了基础。

(4)1825 年,法国力学家纳维建立了土木工程中结构设计的容许应力分析法;19 世纪末,学者里特尔等人提出极限平衡的概念。他们都为土木工程的结构理论分析打下了基础。

(5)1824 年,英国人阿斯普丁取得了波特兰水泥的专利权,1850 年开始生产水泥。水泥是形成混凝土的主要材料,这使得混凝土在土木工程中得到广泛的应用。后来,在 20 世纪初,有人发表了水灰比等学说,初步奠定了混凝土强度的理论基础。

(6)1859 年,贝塞麦转炉炼钢法(见图 1-19)被发明,使得钢材得以大量生产,并能越来越多地应用于土木工程。

(7)1867年,法国人莫尼埃用铁丝加固混凝土制成花盆,并把这种技术推广到工程中,建造了一座蓄水池,这是应用钢筋混凝土的开端。1875年,他主持建造了第一座长为16m的钢筋混凝土桥。

(8)1883年,“摩天楼之父”詹尼在美国的芝加哥建造了11层的住宅家庭保险公司大楼,如图1-20所示。该楼是世界上最早用铁框架(部分钢梁)承受全部大楼里的重力,外墙仅为自承重墙的高层建筑。同一年(1883年),美国建成世界上第一座大跨钢悬索桥——布鲁克林大桥(见图1-21),其跨度为 $(930+1\ 595+930)$ ft,即 $(283+486+283)$ m。1889年,法国在巴黎建成高300m的埃菲尔铁塔(见图1-22),该塔使用钢约8000t。它们是近代高层建筑结构的萌芽。此外,由美国发明家奥的斯在19世纪50年代初期发明的安全升降机也使高层建筑成为可能。升降机最先采用的是蒸汽动力,直到1857年人们才在纽约安装了第一台乘人用的升降机,如图1-23所示。

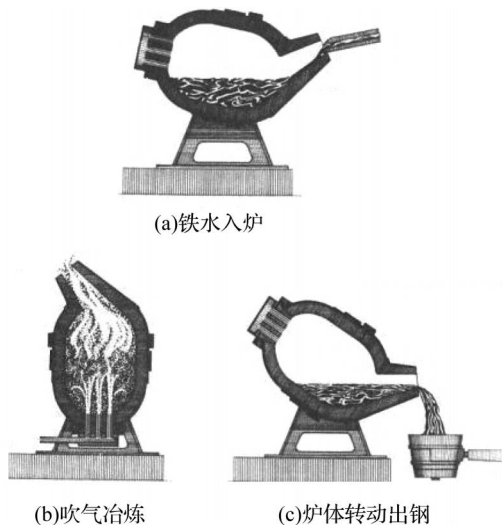


图 1-19 贝塞麦转炉炼钢法



图 1-20 芝加哥家庭保险公司大楼



(a)



(b)

图 1-21 布鲁克林大桥

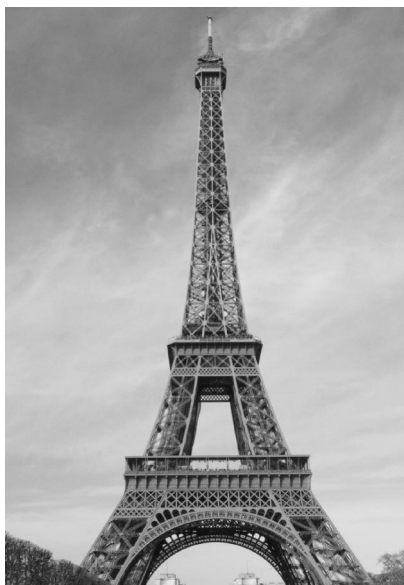


图 1-22 埃菲尔铁塔

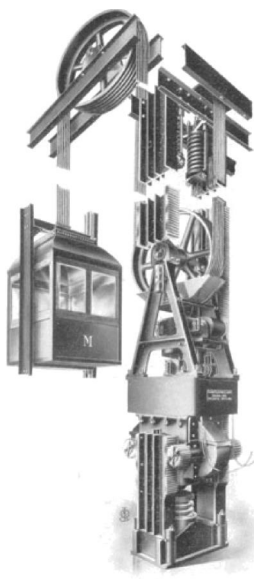


图 1-23 早期的载人电梯

(9) 1886 年, 美国工程师杰克逊首先应用预应力混凝土制作建筑配件, 后又用它制作楼板。1930 年, 法国工程师弗雷西内将高强度钢丝用于预应力混凝土, 克服了因混凝土徐变造成所施加的预应力完全丧失的问题。于是, 预应力混凝土在土木工程中得到广泛的应用。

(10) 土木工程在铁路、公路、桥梁建设中得到大规模发展。代表成果有以下几个方面。

① 1825 年, 英国人斯蒂芬森在英格兰北部斯托克顿和达灵顿之间修筑了世界第一条铁路, 其长约 21 km。1863 年, 英国在伦敦建成了世界第一条地下铁道。

② 1779 年, 英国用铸铁建成跨度为 30.5 m 的拱桥; 1826 年, 英国用锻铁建成一座跨度为 177 m 的悬索桥; 1890 年, 英国又建成两孔主跨长度达 521 m 的悬臂式桁架梁桥。至此, 现代桥梁的 3 种基本形式(拱桥、悬索桥、梁桥)相继出现。

③ 1905—1908 年, 中国铁路工程先驱詹天佑建造了京张(北京—张家口)铁路, 如图 1-24 所示。该铁路全长约 200 km, 造价仅为当时西方各国在中国建造铁路每千米造价的 1/3~1/2。京张铁路的修筑技术达到了当时的世界先进水平。其中, 八达岭隧道长约为 1 091 m, 使该条铁路成为当时的世界奇迹。



(a) 詹天佑



(b) 1908 年通车的八达岭隧道



(c) 京张铁路青龙桥站“人”形铁路(模型)

图 1-24 詹天佑和京张铁路

④1931—1942年,德国率先修筑了总长约3 860 km的高速公路网。

(11)1906年美国旧金山大地震、1923年日本关东大地震等自然灾害推动了结构动力学和工程抗震技术的发展。

► 1.2.3 现代土木工程

第二次世界大战之后,许多国家经济起飞,现代科学技术迅速发展,从而为土木工程的进一步发展提供了强大的物质基础和技术手段,开始了以现代科学技术为后盾的土木工程新时代。现代土木工程有如下的特点。

1. 土木工程功能化

土木工程功能化即土木工程日益同它的使用功能或生产工艺紧密结合,主要表现在以下三方面。

(1)公共和住宅建筑物要求建筑、结构、给水排水、采暖、通风、供燃气、供电等现代技术设备结合成整体。

(2)工业建筑物往往要求恒温、恒湿、防微振、防腐蚀、防辐射、防火、防爆、防磁、除尘、耐高(低)温、耐高(低)湿,并向大跨度、超重型、灵活空间方向发展。

(3)发展高技术和新技术对土木工程提出高标准要求。例如,发展核工业需要建造安全度极高的核反应堆和核电站,如图1-25所示;研究微观世界需要建造技术要求极高的加速器工程;发展海洋采、炼、储油事业要求建造多功能的海洋工程,如海上采油平台(见图1-26)、海上炼油厂、海底油库等。



图 1-25 德国伊萨尔核电站



图 1-26 海上采油平台

2. 城市建设立体化

20世纪中期以来,城市建设有以下三个趋向。

1) 高层建筑的大量兴起

由于城市人口大量集聚,密度猛增,造成城市用房紧张、地价昂贵,这迫使建筑物向空间发展,不少国家的高层建筑几乎占整座城市建筑面积的30%~40%。美国的高层建筑数量最多,高度为160~200 m的建筑就有100多幢。近20多年来,中国、马来西亚、新加坡、韩国等亚洲国家的高层建筑得到很大的发展。钢筋混凝土结构建筑的马来西亚吉隆坡石油双

塔如图 1-27 所示,其高 452 m;钢混组合结构的迪拜哈利法塔如图 1-28 所示,其高 828 m。



图 1-27 马来西亚吉隆坡石油双塔



图 1-28 迪拜哈利法塔

2) 地下工程的高速发展

地下工程,如地下铁道(见图 1-29)、地下商业街(见图 1-30)、地下停车库、地下体育馆、地下影剧院、地下工业厂房、地下仓库等发展迅速,在有些城市已经形成规模宏大的地下建筑群。



图 1-29 伦敦地铁

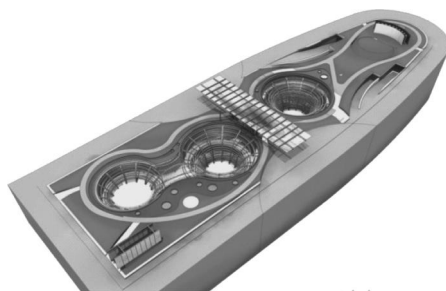


图 1-30 墨西哥地下商业街(模型)

3) 城市高架公路、立交桥的大量涌现

例如,北京从 1974 年开始建造第一座全互通式立交桥起,仅至 1996 年就建成不同类型的道路立交桥 160 余座。它们的建成不仅缓解了城市交通的拥挤、堵塞现象,而且为城市建设的面貌增添了风采,如图 1-31 所示。



图 1-31 立交桥

3. 交通运输高速化

交通运输高速化的标志有以下几个。

1) 高速公路的大规模修建

据不完全统计,21 世纪初全世界就有 60 多个国家和地区拥有高速公路(见图 1-32),总长约 1.7×10^5 km,其中有近 20 个国家地区的高速公路里程为 1 000 km 以上,如美国约 8.4×10^4 km,德国约 9×10^3 km。截至 2022 年年末,我国高速公路总里程已超过 1.7×10^5 km,居世界第一位。高速公路已在一定程度上取代了铁路的职能。



图 1-32 高速公路

2) 铁路电气化的形成和发展

1964 年 10 月,日本东京至大阪的“新干线”运行速度达到 210 km/h,为普通铁路列车行车速度的 3 倍。1981 年,法国巴黎至里昂的高速铁路运行时速高达 270 km,把高速铁路的发展推向新阶段。1983 年,德国建设了一条长 32 km 的磁悬浮列车试验线,行驶速度达 412 km/h。我国高速铁路起步于 2005 年,2010 年开通的京沪高速铁路设计速度为 300 km/h,其全长为 1 318 km,投资 2 000 多亿元,是当时世界上一次建成的最长的高速铁

路。运行在高速铁路上的中国和谐号列车如图 1-33 所示。



图 1-33 中国和谐号列车

3) 长距离海底隧道的出现

日本的青函海底隧道越过津轻海峡,连接本州(青森)与北海道(函馆),长为 53.85 km,是世界上最长的海底铁路隧道。它埋深 100 m,海水深度为 140 m。英法之间的英吉利海峡隧道于 1990 年贯通,它长为 50 km,最浅处埋深 45 m,海水深度为 60 m。上海黄浦江打浦路隧道是我国第一条水底隧道,于 1970 年建成通车,全长为 2.76 km。

► 1.2.4 未来土木工程

由于社会发展出现了上述三方面的要求,必然使得构成土木工程的三个要素(材料、施工和设计理论),以及工程教育理念出现新的发展趋势。

1. 建筑材料的轻质高强度

如今,建筑材料正向轻质高强度方向发展。其中,普通混凝土向轻集料混凝土、加气混凝土和高性能混凝土方向的发展尤其迅速。混凝土的密度由 $2\ 400\ \text{kg}/\text{m}^3$ 降至 $600\sim 1\ 100\ \text{kg}/\text{m}^3$,抗压强度由 $20\sim 40\ \text{MPa}$ 提高到 $60\sim 100\ \text{MPa}$,其他性能也得到了很大的改善。此外,钢材也在向低合金、高强度的方向发展。一批轻质高强材料(如铝合金、建筑塑料、玻璃钢)也得到了迅速的发展。

2. 施工过程的工业化、装配化

在现代土木工程中,出现了在工厂中成批生产房屋、桥梁等的各种构配件、组合体,再将它们运到建设现场进行拼装的施工方式。此外,各种先进的施工手段(如大型吊装设备、混凝土自动搅拌输送设备、现场预制模板、石方工程中的定向爆破等)也得到了很大的发展。

3. 设计理论的精确化、科学化

设计理论的精确化、科学化表现为由线性分析到非线性分析,由平面分析到空间分析,由单个分析到系统的综合整体分析,由静态分析到动态分析,由经验定值分析到随机分析乃至随机过程分析,由数值分析到模拟试验分析,由人工手算、人工设计比较方案、人工制图到

计算机辅助设计、计算机优化设计、计算机制图。此外,土木工程学的学科理论(如可靠性理论、土力学和岩体力学理论、结构抗震理论、动态规划理论、网格理论等)也得到了迅速的发展。

4. 工程教育理念的工程化

随着 20 世纪中期以后科学、技术和工业化程度的迅猛进展,工程教育的理念也在不断进步。许多国家的工程教育从侧重“工程技术教育”进步到侧重“工程科学教育”。20 世纪 90 年代,美国工程教育界提出“回归工程”,强调技术和科学教育的内容必须与工程实践紧密结合,即“工程教育”。不久之后,美国麻省理工学院校长又提出“大工程观(engineering with a big E)”的教育理念,它指的是工程教育所培养的人才要有长远的工程视野、工程的多学科知识及其所需要的科学基础素养,以及相应的人文情怀和工程组织素养。这些工程教育理念已为我国高等工程教育所重视。



实践活动

我国古代的土木工程留下了不少技艺精妙的传世杰作,许多工程被列入世界遗产名录,如战国时期开始修建的长城、隋朝的京杭大运河和赵州桥、北宋的山西应县木塔,无一不凝聚着古代劳动人民的智慧与结晶,彰显了我国古代土木工程高超的技艺。在众多中国古代的土木工程中,最令你印象深刻的是哪一个?它的构造和组成是怎样的?请查找资料,完成令你印象深刻的中国古代土木工程调查报告。



拓展训练

1. 什么是土木工程?你认为哪些工程属于土木工程的范畴?它们有哪些共同点?
2. 试简述土木工程在国民经济发展中的作用。
3. 古代、近代和现代的土木工程分别有什么特点?分别有哪些典型工程?
4. 试分析未来土木工程的发展方向。