

第 1 讲

土木工程的重要性

1.1 土木工程的广泛性和普适性^[1~6]

1.1.1 概述

国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是：“土木工程(civil engineering)是建造各类工程设施的科学技术的统称。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,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术。”土木工程是一个专业覆盖面极宽的一级学科。

英语中 civil 一词的意思是民间的、民用的。civil engineering 一词最初是对应于军事工程(military engineering)而诞生的,它是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,后来这个界定就不那么明确了。按照学科划分,地下防护工程、航天发射塔井等设施也属于土木工程的范畴。可见土木工程又是一个行业涉及面极广的普适性行业,近年来兴起的“大土木”之称是名副其实的。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业,是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台。据建设部统计,我国注册的建筑业从业人员超过 4000 万人。由于我国行政部门的分割,这个数字可能还不包括运输行业中公路、铁路和机场等部门的土木工程从业人员。有鉴于此,加之各类参考文献对土木行业名称上的差异,本书提到的“土木”和“土建”其含义基本上是一致的,均指“大土木”的概念。土木工程投入大、带动的行业多,对国民经济的消长具有举足轻重的作用。改革开放后我国国民经济持续增长,土建行业的贡献率达到 1/3;近年来我国固定资产的投入接近甚至超过 GDP 总量的 50%,其中绝大多数都与土建行业有关。即便是建国已经 200 多年、经济高度发达的美国,土木建筑业仍然是它的支柱产业。2005 年美国直接用于土建行业的资金高达 7300 亿美元,占美国 GDP 的 8%。全美土建行业的从业人口接近 1000 万人(包括管理、技术人员及第一线的劳动力),如果算上建筑材料生产

运输和销售行为,总数约占美国就业人口的16%。在能源的消耗上,美国仅住宅一项年耗就高达3500亿美元。随着我国城市化发展,土建行业在国民经济中的地位和作用将更加重要。

相对于机械工程等传统学科而言,土木工程诞生得更早,其发展及演变历史更为古老。同时,它又是一个生命力极强的学科,它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖,可以毫不夸张地说,只要有人类存在,土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

随着技术的进步和时代的发展,土木工程不断注入新鲜血液,显示出勃勃生机。其中工程材料的变革和力学理论的发展起着最为重要的推动作用:现代土木工程早已不是传统意义上的砖瓦灰砂石,而是由新理论、新材料、新技术和新方法武装起来的为众多领域和行业不可或缺的大型综合性学科,一个古老而又年轻的学科。

综上所述,土木工程是一个历史悠久、生命力强,投入巨大、对国民经济具有拉动作用,专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业,具有极强的广泛性和普适性。

1.1.2 专业覆盖面宽,行业涉及面广

新中国成立初期,百废待举、百业待兴,又处在特殊的国际环境下,我国执行全面学习苏联的方针,在政府部门设置上也不例外。图1-1示意性地列出了当时我国政府机构的设置及专业院校的归属。



图1-1 我国政府机构的设置及专业院校的归属示意图

从图 1-1 可以看出,几乎一个行业就有一个部,而部下都有自己管理的专业院校,如化工学院、煤炭学院等。这些学院大部分是工科的,而且大都与土木工程学科有关,且不说公路、铁路、水电、道路、桥梁,即使冶金的高炉、石油的钻井、矿业的采掘,其主干专业知识都或多或少地与土木工程一致。一些院校的土木系在结构方面就只设一个“工业与民用建筑”专业,简称为“工民建”,盖房子而已。

随着改革开放的深入和人们在学科认识上的深化,专业分得过细的弊端逐渐显现,加之政府机构的大改革,一些部委被取消、合并或改为公司,原有部属学校断了“奶”,也出现了一股强劲的综合化趋势。工科院校不仅增设了理科,有的也增设文、经、法等学科,而且纷纷改学院为大学。有意思的是这些大学也大都设立了土木系,一个直接的动因是土木工程专业毕业生知识面较宽,毕业后有较强的适应性。1978 年以前,全国只有 22 所学校设有土木系,如清华大学、同济大学等,到 2007 年,据不完全统计,在全国 1001 所本科大学中至少有一半设有与土木工程有关的学科和专业,如结构工程、岩土工程、市政工程、土木与环境工程、工业与民用建筑工程、土木水利工程、地下工程、铁道建筑、隧道工程、桥梁工程、园林建筑与建设等,令人惊讶的是甚至有的师范大学也设有土木工程专业。这不是一个简单的风潮和起哄,其深层的内在原因是土木工程这个学科有极广的专业覆盖面,具有广泛的适应性和包容性,它的专业知识对各行业有较强的普适性。“大土木”的概念已经被人们普遍接受和认可。

“大土木”的概念不是凭空而来的,其本质上是由土木工程学科的专业覆盖面所决定的。

1949 年新中国成立,在第一个五年计划期间有一批重大的建设项目,其中包括苏联援建的 156 项重点基础项目,如长春第一汽车制造厂、洛阳拖拉机厂等。这一类重大基础性建设项目当时统称为“基本建设”,它的计划、安排和投资等重大事宜统一由国务院基本建设委员会(简称建委)管理。图 1-2 给出了基本建设与国民经济中各行各业的关系简图。从该图可以看出,几乎所有的基本建设项目都离不开土木工程,甚至有的项目本身就是土木工程范畴内的任务,即使那些名称上一眼看上去似乎与土木工程无关的行业,如供电、通信、能源、航天等,它们的基础设施,如发电厂房、高压输电塔、光缆铺设、海上采油平台、发射塔井、……也无不属于土木工程的范畴。

土木工程大都属于基本建设项目,综合性极强。从后面将要介绍的三峡工程可以看出,它不仅需要人们传统认识上的那些土木工程作业,如导流、截流、大坝、船闸和发电厂房等,还需发电机、启闭闸门和升船机等,这些都需要机械、冶炼、采矿、自动控制乃至通信等其他行业的配合与参与。但三峡工程总体上还是土木工程唱主角,从截流、筑坝到船闸、发电厂房等,无论就工作量还是投资的份额,土木工程都是“大头”。近代许多大型项目的建设,如核电站、海上采油平台、卫星发射基地、海底隧道等更具有综合性的工程,也无不是土木工程打前站,创条件,而且大都投入较大的人力、物力和财力。所以说土木工程与其他行业密不可分,如冶金、机械、电气、石油、交通和国防等。总而言之,国民经济中几乎任何行业都与土木工程有关,甚至可以说它们离不开土木工程,而且土木工程往往都占有较大的份额。一般来说,大型建设项目传统意义上的土建投资都占总投资的 50% 左右,有的甚至远超过这个百分比。

可以毫不夸张地说,土木工程的行业涉及面是极为广泛的,它几乎囊括了国民经济所有行业,简而言之,土木工程与人类生活、生产乃至生存都是密不可分的。

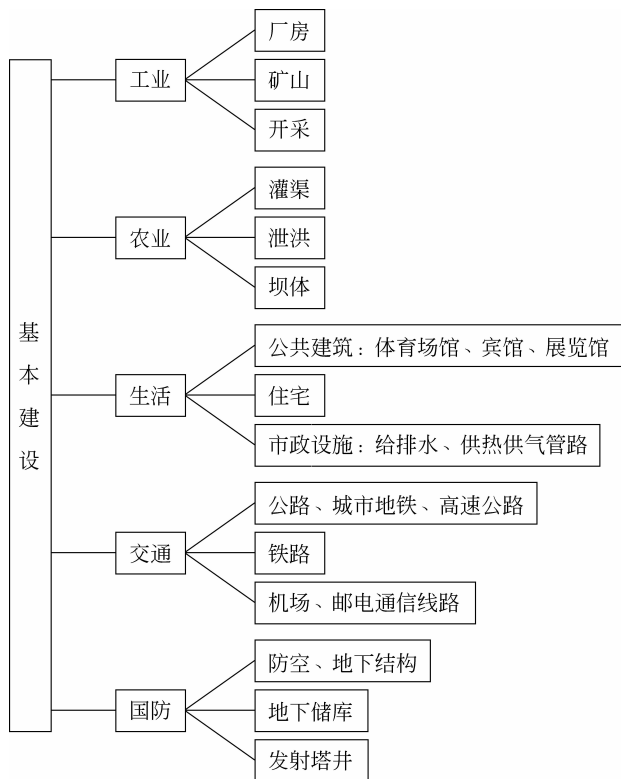


图 1-2 基本建设与各行各业关系简图

表 1-1 给出了我国 2010 年各行业城镇固定资产投资及其增长速度。从表中可以看出，在城镇投资中，第一产业投资 3966 亿元，比 2009 年增长 18.2%；第二产业投资 101 048 亿元，比 2009 年增长 23.2%；第三产业投资 136 401 亿元，比 2009 年增长 25.6%。

表 1-1 2010 年各行业城镇固定资产投资及其增长速度

行 业	投资额/亿元	比 2009 年增长/%	产业界定
总计	241 415	24.5	
农、林、牧、渔业	3966	18.2	I 比 2009 年增长 18.2%
采矿业	9653	18.1	II 101 048 亿元，比 2009 年增长 23.2%
其中：煤炭开采及洗选业	3770	23.3	
石油和天然气开采业	2893	3.6	
制造业	74 528	27.0	II 101 048 亿元，比 2009 年增长 23.2%
其中：农副食品加工业	3626	28.1	
食品制造业	1944	28.8	
纺织业	2230	26.4	
纺织服装、鞋、帽制造业	1412	34.4	

续表

行 业	投资额/亿元	比 2009 年增长/%	产业界定
石油加工、炼焦及核燃料加工业	2076	12.9	II 101 048 亿元,比 2009 年增长 23.2%
化学原料及化学制品制造业	6863	14.8	
非金属矿物制品业	7556	28.0	
黑色金属冶炼及压延加工业	3465	6.1	
有色金属冶炼及压延加工业	2924	35.8	
金属制品业	3622	28.6	
通用设备制造业	5459	22.4	
专用设备制造业	4154	35.1	
交通运输设备制造业	6554	31.7	
电气机械及器材制造业	4996	40.4	
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	3889	48.2	
电力、燃气及水的生产和供应业	14 535	7.3	
其中: 电力、热力的生产与供应业	11 869	6.6	
建筑业	2332	48.6	III 136 401 亿元,比 2009 年增长 25.6%
交通运输、仓储和邮政业	27 820	19.5	
信息传输、计算机服务和软件业	2392	-6.0	
批发和零售业	5216	16.2	
住宿和餐饮业	2971	27.6	
金融业	476	36.5	
房地产业	57 557	33.5	
租赁和商务服务业	2490	32.4	
科学研究、技术服务和地质勘察业	1288	18.8	
水利、环境和公共设施管理业	22 261	24.5	
居民服务和其他服务业	758	46.1	
教育	3717	14.6	
卫生、社会保障和社会福利业	1967	15.9	
文化、体育和娱乐业	2596	22.1	
公共管理和社会组织	4891	21.2	

笔者根据表 1-1 的数字界定了第一、二、三产业的界限,用 I、II、III 在表的右栏标出。可以看出我国的第一产业只计算农、林、牧、渔业(有的国家把采矿计入第一产业),所以投资数显得较小。从年增长的百分比来看,第三产业增长最快,这符合一般工业化国家的发展规律。近年来我国已注意这方面的引导作用。

笔者感兴趣的不是这些投资数据,是想请读者分析一下无论第一、第二、第三产业,有哪一个产业不和土木工程发生关联乃至相互依存。农业首先是灌溉,灌溉就要修渠输水。采矿业的采掘基本上可以列入土木地下工程专业中,国外和我国历史上也这样做过,当然也有列入地质学科的。石油的钻井、海上采油的平台,以及天然气的长距离输送,几乎都离不开土木工程,土木工程是最重要的“先行官”。制造业的厂房也是如此,笔者多次去过机车车辆厂及炼油厂,常常被那些生产线所需要的巨大厂房和复杂的化工萃取管道和蒸馏塔所震撼。至于冶金的高炉、高压电气的远距离输送都是土建安装工人所熟悉的作业。第三产业乍听起来似乎与土木工程无关,其实可能是关系最大的。交通运输的线路(铁路、公路、……),住宿餐饮业的宾馆和餐厅,教育系统的学校校舍和教室,卫生系统的医院和病房等,有哪一个行业能离得开土木工程?笔者无意去夸大土木工程的作用和贡献,它不是万能的,但却是无处不在的。它每时每刻都在为各行各业服务。我们说土木工程具备基础性、防护性、普适性、恒久性等都是从上述材料的分析中得来的,具备这些属性的学科自然是重要的。

1.2 土木工程可以大幅拉动国民经济^[1~6]

1.2.1 发展经济需要投资基础设施

基础设施大都指基本建设,可以形成国家巨大的固定资产范畴的内容和项目,如铁路、公路、水电、奥运场馆、城际轨道交通等,这些项目都离不开土木工程。

“近代土木工程”和“现代土木工程”的发展日益显示出它在国民经济中的地位和作用。第二次世界大战后,许多发达国家由于恢复、改造和扩建的需要,基本建设的投资大都占国民经济的 1/3 左右。据有关人士测算,虽然美国建国 200 多年来大兴土木,基础设施已经具有相当雄厚的基础,但由于新兴科技的需要(如智能建筑等),以及早期兴建的至今已远远超过服役期的土木工程迫切需要维修、加固乃至拆除重建,土木工程投资比例仍然居高不下。我国改革开放以后,尤其是近 20 年来这个趋势更为明显。从表 1-2 提供的数字看,自 2002 年至 2008 年,社会固定资产投资占当年国内生产总值的 50% 左右;2006 年、2007 年和 2008 年更是超过了 50%,2010 年竟高达 70%。排除基本建设中其他行业的份额,土木工程占 1/3~1/2,这是一个公认的事实。

表 1-2 20 世纪末至 21 世纪初我国固定资产投资统计资料

序号	项目名称	时 间	投 资	简 要 概 况	备 注	资料来源
1	“九五”固定资产投资	“九五”期间 (1996—2000 年)	14 万亿元	数万个工程项目及 4 万亿 m ² 住宅		新华社稿
2	2002 年固定资产投资	2002 年全年	4.3 万亿元,占 GDP 43%	基本建设投资 17 251 亿元,更新改造投资 6584 亿元,房地产开发 7736 亿元,其他 约 1.1 亿元	资金来源有 4 种: 国家预算、国内贷款、 外商投资和自筹。2002 年 GDP 10 万亿元	中国工程 咨询,2003, (3)

续表

序号	项目名称	时 间	投 资	简 要 概 况	备 注	资料来源
3	2003 年固定 资产投资	2003 年全年	5.6 万亿元,占 GDP 40%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2003 年 GDP 13.7 万亿元	人民日报
4	2004 年固定 资产投资	2004 年全年	7 万亿元,占 GDP 44%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2004 年 GDP 16 万亿元	人民日报
5	2005 年固定 资产投资	2005 年全年	8.9 万亿元,占 GDP 49%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2005 年 GDP 18.3 万亿元	人民日报
6	2006 年固定 资产投资	2006 年全年	11 万亿元,占 GDP 51%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2006 年 GDP 21.6 万亿元	人民日报
7	2007 年固定 资产投资	2007 年全年	13.7 万亿元,占 GDP 52%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2007 年 GDP 26.5 万亿元	人民日报
8	2008 年固定 资产投资	2008 年全年	17.2 万亿元,占 GDP 55%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2008 年 GDP 31.4 万亿元	人民日报
9	2009 年固定 资产投资	2009 年全年	22.5 万亿元,占 GDP 66%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2009 年 GDP 34.1 万亿元	人民日报
10	2010 年固定 资产投资	2010 年全年	27.8 万亿元,占 GDP 70%	主要用于基础设施 方面的基本建设	2010 年 GDP 39.8 万亿元	人民日报

注:固定资产投资按管理渠道分为基本建设、更新改造和房地产开发三部分,除更新改造涉及较多的其他行业外,基本建设和房地产开发基本上属于土木工程的范畴。

表 1-3 给出了 2010 年固定资产投资新增的主要生产能力。表中显示的新建铁路、高速铁路、铁路复线、电气化铁路、公路、港口基本上都属于土木工程的范畴。至于发电机容量、高变电设备、光缆线路,其基础性工作也是土木工程的贡献。

表 1-3 2010 年固定资产投资新增的主要生产能力

指 标	单 位	绝对数
新增发电机组容量	万 kW	9118
新增 220 kV 及以上变电设备	万 kV · A	25 816
新建铁路投产里程	km	4986
其中:高速铁路	km	1554
增建铁路复线投产里程	km	3747
电气化铁路投产里程	km	5948
新建公路	km	104 457
其中:高速公路	km	8258
港口万吨级码头泊位新增吞吐能力	万 t	27 202
新增光缆线路长度	万 km	166
新增数字蜂窝移动电话交换机容量	万户	6433

图 1-3、图 1-4 是 2010 年 3 月全国人大第 11 届 3 次会议和全国政协第 11 届 3 次会议期间,国家统计局给出的更为详尽的数据,按近年来的惯例,往前推至第 5 年即连续给出 5 年的数据,所以从图中我们可以看出近 5 年来我国 GDP 和固定资产投资及增长的详细数据。

将图 1-4 中固定资产的有关数据与图 1-3 中 GDP 数据加以比较就能看出固定资产投资占 GDP 的百分比是逐步增长的,从 2006 年起分别如表 1-2 中给的 51%、52%、55%、66%,直至 2010 年的 70%,可见 2010 年 GDP 的总值中竟有 70%是靠固定资产投资拉动的。

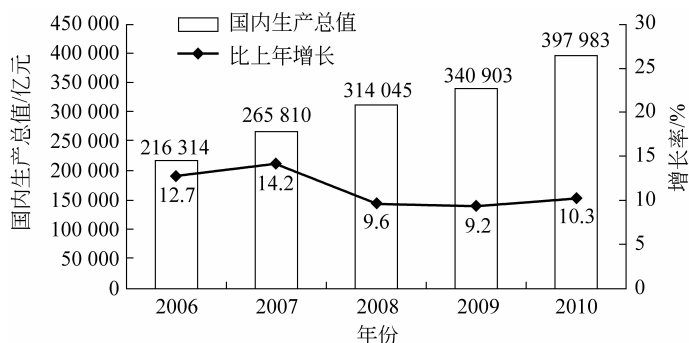


图 1-3 2006—2010 年国内生产总值(GDP)及增长速度

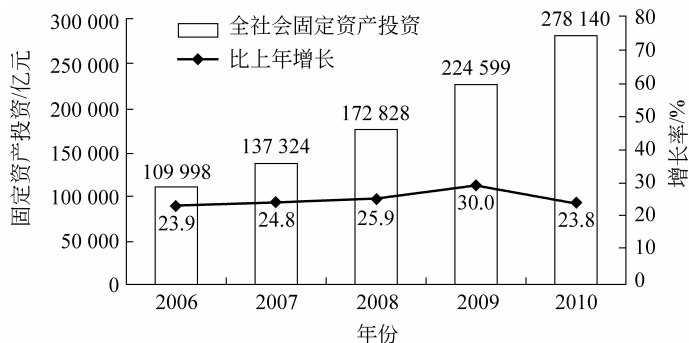


图 1-4 2006—2010 年固定资产投资及增长速度

在拉动国民经济发展的“三驾马车”(投资、消费和出口)中,投资的增长在我国改革开放 30 年来始终是拉动经济发展的主导力量,也是最容易实现政府行为直接干预的一个方面。其间土木工程是最大的受益者,也是最大的贡献者。固定资产投资的长期高速增长意味着国家和社会对土木工程学科和行业的强大需求。全国固定资产投资 1988 年完成 4314 亿元,1998 年完成 28 457 亿元,到 2002 年突破 4 万亿元,达到 43 202 亿元,15 年间固定资产投资增长了 10 倍。2005 年固定资产投资为 8.9 万亿元,同比增长 27%。2006—2010 年固定资产投资逐年同比增长的情况,在图 1-4 中已显示得很清楚了。应注意的是,自 2009 年开始我国强调扩大消费需求,从政策上有意降低了固定资产的投资,以利经济的均衡发展。

我国国民经济的高速增长,多年来一个主要原因是依靠对基础设施的投入来刺激经济高速增长,而几乎所有的基础设施都与土木工程有关。如表 1-4 列出了若干项已建、在建和计划兴建的大型工程,其投资动辄上百亿乃至千亿,而这么大的投入有 50%以上都是土木工程完成的,如西气东输、公路建设。这些工程所带动的上下游产业链和吸纳多余劳动力等附属伴生的贡献是其他行业难以比拟的。表 1-5 是我国近年来公路及城市轨道交通投资的情况。这些项目无一不是投入巨大、效益显著、可以长期受益的基本建设项目,而且都无一例外地属于大土木的范畴。

表 1-4 我国已建、在建和计划兴建的若干重大工程的概况及统计资料

序号	项目名称	时间	投资/亿元	简要概况	备注	资料来源
1	京九线铁路	1994—1997 年	400	纵贯南北大动脉,全长 2000 km		新华社稿
2	西气东输(塔里木轮南—上海)	2002 年 7 月—2005 年,已全线通气	1500	全长约 4167 km,经新、甘、宁、陕、晋、豫、皖、苏、浙、沪 10 个省、市、自治区,管径 1016 mm,壁厚 26.2 mm,最高输气压力 10 MPa(我国目前为 6.4 MPa,美国为 14 MPa),年输气 120 亿 m ³ ,运营 30 年	截至 2005 年底我国输气管路总长可达 4 万 km	土木工程学报,2001(1)
3	清江水电开发(隔河岩、高坝洲和水布垭三大电站)	1987—2001 年,已建成隔河岩和高坝洲电站。2001—2007 年水布垭电站装机	200(静态)	隔河岩和高坝洲两电站总装机 146 万 kW,水布垭电站装机 184 万 kW		土木工程学报,2002(1)
4	三峡工程	1993—2009 年	1800(2008 年底基本竣工,总投入)	混凝土重力坝,长 2335 m,底宽 115 m,顶宽 40 m,坝顶高程 185 m,混凝土用量 2643 万 m ³ ,总库容 393 亿 m ³ ,双线五级船闸可通过 5000 吨级轮船,单线一级垂直升船机提升 3000 吨级轮船,发电装机 27 台(每台 70 万 kW),总装机规模 1890 万 kW,年发电 870 亿 kW·h	移民 113 万人	土木工程学报,2002(1);人民日报近年的报道
5	“十五”电力发展规划的 13 个电站项目	陆续在“十五”(2001—2005 年)期间开工	512	江苏利港电站三期,江苏沙州电厂,浙江瓯江滩水电站,湖南竹山电厂扩建,四川火溪河梯级电站,四川江油电厂,贵州纳雍二电厂,甘肃张掖电厂,内蒙古岱海电厂,内蒙古正蓝旗电厂,安徽阜阳电厂,河南宝象抽水蓄能电站,陕西汉江喜河水电站	增加“十一五”初期建设项目的电力供应能力	中国工程咨询,2003(10)
6	珠三角城际快速轨道交通网	2004—2020 年	1080	以广州为中心放射至广东各主要城市,铁路总长 600 km		中国工程咨询,2004(5)
7	交通部农村公路建设规划	2003—2020 年	500	全国乡、镇、行政村都通公路,多数达到高级或次高级路面	用国债和车购税支付	中国工程咨询,2003(4)
8	澜沧江小湾水电站	2003—	250(已落实的银行贷款)	总装机规模 420 万 kW,是仅次于三峡的第二大水电站		中国工程咨询,2003(4)

注:表中投资除已经完成的项目外,所有在建及计划兴建项目均为预算值。

表 1-5 我国近年来公路及城市轨道交通发展概况

序号	项目名称	时间	投资/亿元	简要概况	备注	资料来源
1	20 世纪最后三年全国公路建设总投资	1998—2000 年	5000	极大缓解了汽车运输的困境		新华社稿
2	2002 年全国公路建设总投资	2002 年全年	3000	建设项目 64 项, 新增通车里程 5 万 km, 其中高速公路为 5000 km	当年的 GDP 为 10 万亿元	新华社稿
3	国家高速公路网规划(简称 7918)	2003—2030 年	45 000(年均投入 1500)	7 条首都放射线, 9 条南北纵向线, 18 条东西横向线(简称 7918), 总长 8.5 万 km	已建 2.9 万 km, 在建 1.6 万 km, 待建 4 万 km	2005 年 1 月 3 日交通部部长向媒体披露
4	全国约五十个大城市的轨道交通建设规划	2005—	预计投资 8000	主要是为了解决城市交通拥挤的地铁和轻轨		新华社稿

图 1-5 是交通部 2005 年公布的《国家高速公路网规划》(简称 7918)的示意图。它包括 7 条首都放射线, 9 条南北纵向线, 18 条东西横向线; 总里程 8.5 万 km, 计划 30 年, 年均投资 1500 亿元人民币, 总投资额为 45 000 亿元; 覆盖 10 多亿人口, 可以大大缓解中国的交通问题。

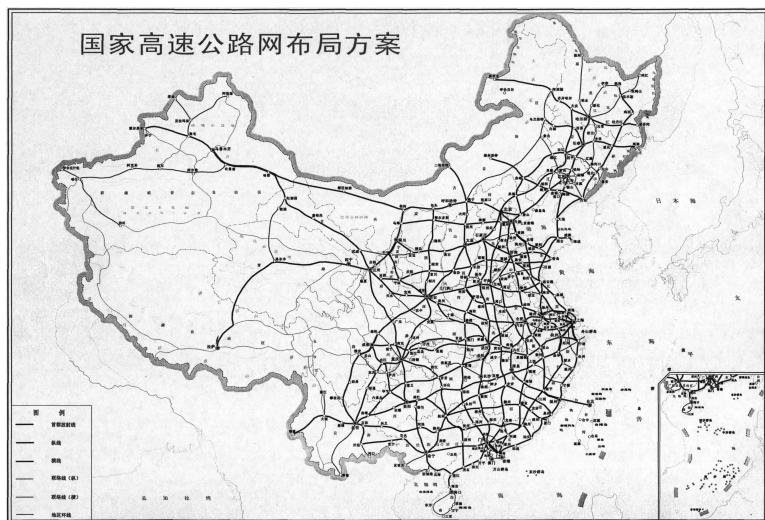


图 1-5 《国家高速公路网规划》示意图

截至 2007 年底, 我国公路总里程接近 360 万 km, 其中高速公路 54 万 km, 仅 2005 年一年公路客运量达 170 亿人次, 占全国总量的 92%, 交通行业的从业人口多达 2868.88 万人。这个领域和行业受到国家的高度重视, 2007 年 12 月交通部、发改委等部门公布了规模 3.5 万 km 的“五纵七横”国道主干线布局图, 详见图 1-6。这些线路已基本贯通, 它覆盖了

全国所有的特大城市(人口在 100 万以上)和 93%的大城市(人口在 50 万以上),成为我国具有政治、经济、国防意义的重要交通干线。

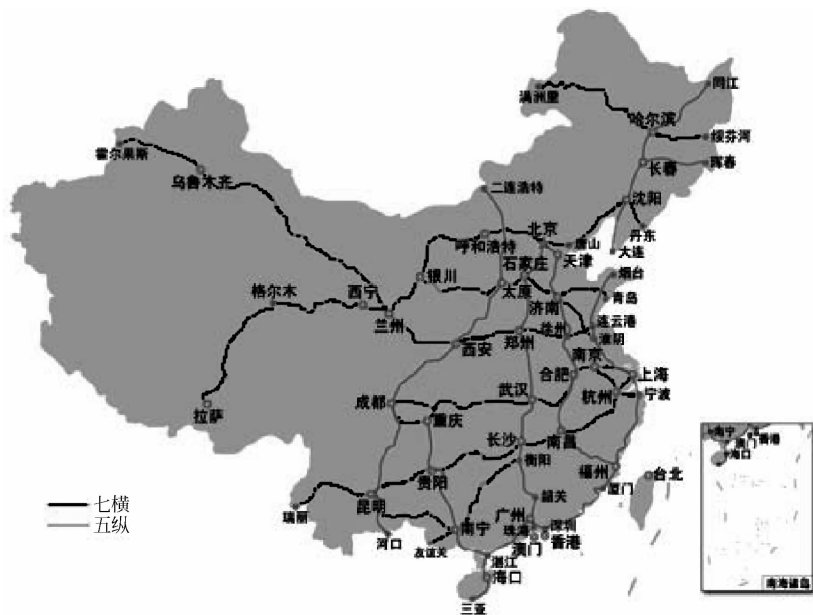


图 1-6 “五纵七横”国道主干线布局图

注：“五纵”为黑龙江同江—海南三亚，北京—福建福州，北京—广东珠海，内蒙古二连浩特—云南河口，重庆—广东湛江；“七横”为黑龙江绥芬河—内蒙古满洲里，辽宁丹东—西藏拉萨，山东青岛—宁夏银川，江苏连云港—新疆霍尔果斯，上海—四川成都，上海—云南瑞丽，湖南衡阳—云南昆明

基础设施的投入是实现改革开放以后我国经济高速增长的重要措施之一，在今天应对全球经济危机的时刻仍不失为一项重要措施。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%属于基础设施和民生工程，这些基础设施都与土木工程有关。有人戏称这 4 万亿元主要投入了“铁公鸡”(铁路、公路、机场)，基本上是符合实际的。据深圳、广州市的统计，城市地铁的建设中土木工程所占的份额为 50%左右；像三峡、小浪底这样的大型水利枢纽，土木工程所占的份额可能还要高些；正在修建的京沪高速铁路 80%以上是高架行驶的，因此线路修建的绝大部分都属于土木工程范畴。

上述事实充分说明了土木工程对国民经济的拉动作用，而且这种拉动具有关键性和恒久性；反之，如果不大力发展这些基础设施，中国经济的腾飞是很难实现的，它们是“瓶颈”。因此，我们可以毫不夸张地说，土木工程可以大幅度地拉动国民经济，它在经济发展中的地位举足轻重。

1.2.2 土木建筑和房地产是国家的支柱产业

如前所述，由于部门设置和归口的不同，我国建筑业和房地产业是归口到城乡建设部，因此国家统计局在统计建筑业的产值及有关数据时，大都不包含公路、铁路、水利、海港等众

多属于土木工程范畴的建设项目,而是统计到它们归属的部门和行业,如公路属于交通部,铁路属于铁道部,水利工程属于水利部等,但从学科和专业来说,这些项目则大都属于土木工程的范畴。

伴随着我国经济的快速发展,我国建筑业也一路攀升。建筑企业完成的建筑业总产值从1980年的347亿元,增加到2003年的21865亿元,年均增长率达18.9%以上,比GDP的年均增长率高出9个百分点左右。其中,2003年我国国民生产总值比上年增长9.1%,而全国建筑企业(指具有资质等级的总承包和专业承包建筑业企业,不含劳务分包建筑业企业)完成的建筑业总产值比上年增长23%,比同年GDP增长率高出13.9个百分点;完成竣工产值14988亿元,比上年增长9.2%。

图1-7给出了我国2006—2010年建筑业增加值及其增长速度,该图就是按照我国关于建筑业的归口方法统计。2006—2007年连续两年的增长率都比同期GDP的增长高出2个百分点以上,2008年出现明显下滑,其原因可能和奥运工程等大项目基本结束,投资开始减少有关。

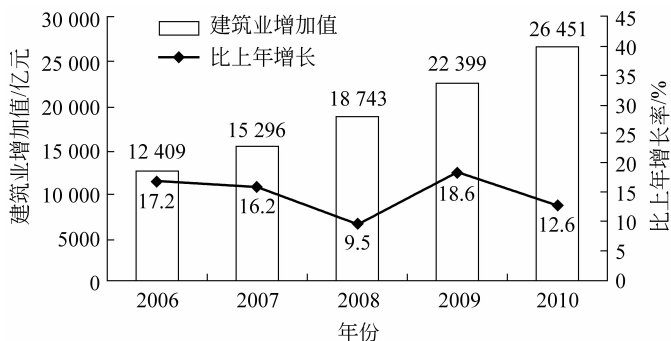


图 1-7 2006—2010 年建筑业增加值及其增长速度

房地产业历来是衡量国家经济消长的重要产业,又是建筑行业的主要产业之一。表1-6给出了我国城乡居民人均居住面积的统计数字,可以看出,1978—2000年20余年间,人均居住面积扩大了3倍。表1-7给出了1997—2001年中国内地房地产开发建设投资总规模,可以看出其增长率远高于当年GDP的增长率,雄辩地说明了土木工程对国民经济的拉动作用,5年内总投资超过6000亿元。请读者注意:南水北调如此大的一个项目,预算50年总投入才5000亿元。房地产业在早已过去的1997—2001年五年内已投入6000亿元。难怪美国建国200多年,住宅问题早已解决,而它却仍然是美国的基础产业,以致“两房”危机出现之后会引发世界性的经济萧条。

表 1-6 城乡居民人均居住面积(1978—2000年)

年份	农村人均居住面积/m ²	城镇人均居住面积/m ²	年份	农村人均居住面积/m ²	城镇人均居住面积/m ²
1978	8.1	3.6	1990	17.8	6.7
1980	9.4	3.9	1995	21.0	8.1
1985	14.7	5.2	2000	24.8	10.3

资料来源:《中国统计年鉴》(2001年),第333页。

表 1-7 1997—2001 年中国内地房地产开发建设投资总规模

亿元

年份	住宅	办公楼	商业用房	其他	合计	年增长率/%
1997	1539.38	388.98	425.85	824.16	3178.37	
1998	2081.56	433.80	475.83	623.04	3614.23	13.6
1999	2638.48	338.60	484.33	641.79	4103.20	13.5
2000	3318.74	292.57	547.75	742.68	4901.74	19.4
2001	4278.74	318.00	720.80	927.94	6244.68	27.4

我国在居民住宅上欠债较多,大力开发民用住宅是体现以人为本的主要方面。截至2005年底统计,中国城乡住宅累计竣工面积多达57亿 m^2 ,其中城镇27亿 m^2 ,农村30亿 m^2 。2008年全年房地产开发投资30580亿元,比上年增长20.9%。其中,东部地区18325亿元,增长17.1%;中部地区6287亿元,增长31.7%;西部地区5967亿元,增长22.7%。按工程用途分,商品住宅投资22081亿元,增长22.6%;办公楼投资1112亿元,增长7.4%;商业营业用房投资3200亿元,增长14.9%。

表1-8给出了中国2008年房地产开发和销售主要指标完成情况,表中显示住宅投资增长最高,达22.6%,而住宅中90 m^2 以下住宅投资比上年增长50.7%,这从一个方面反映了我国人民目前的住宅消费水平在90 m^2 左右。

表 1-8 2008 年房地产开发和销售主要指标完成情况

指 标	单 位	绝 对 数	比上年增长/%
投资完成额	亿元	30580	20.9
住宅	亿元	22081	22.6
90 m^2 以下住宅	亿元	6416	50.7
经济适用房	亿元	983	19.7
房屋施工面积	万 m^2	274149	16.0
住宅	万 m^2	216671	16.0
房屋新开工面积	万 m^2	97574	2.3
住宅	万 m^2	79889	1.4
房屋竣工面积	万 m^2	58502	-3.5
住宅	万 m^2	47750	-4.2
商品房销售面积	万 m^2	62089	-19.7
住宅	万 m^2	55886	-20.3
本年资金来源	亿元	38146	1.8
国内贷款	亿元	7257	3.4
个人按揭贷款	亿元	3573	-29.7
本年购置土地面积	万 m^2	36778	-8.6
完成开发土地面积	万 m^2	26033	-5.6
土地购置费	亿元	5795	10.9

1.2.3 积极应对金融危机

1. 美国引发金融风暴的严重性

2008年春季一场震惊世界的金融风暴席卷而来,全球正面临自20世纪30年代“大萧条”以来最严重的金融危机。它给世界各国经济发展和人民生活带来严重影响,引起了世界各国政府和人民的忧虑。可以预见,危机的演变以及各国的应对将对全球金融、经济乃至政治格局产生深远影响。

这场危机首先是由美国房地产业的次贷危机引发的,并进一步演变为全球金融危机,且不可避免地传导至实体经济领域,拖累甚至阻滞全球经济增长。

危机引发失业率大增。据美国劳工部的报告,仅2008年2月,就有65.1万人失业,失业率从7.6%上升到8.1%,失业率的单月攀升率是1945年以来没有出现过的水平。截至2009年春季,至少1250万美国人失去了工作。面对震惊的失业率,美国总统奥巴马提出了8000亿美元的刺激计划,同时指出:“这个恢复经济的计划,不会使我们的经济好转或解决所有的问题,所有的一切都需要时间和耐心。”

2. 我国能较好应对危机,土木工程是龙头

我国有较好的基础条件。改革开放30年,我国国民经济连上几个大台阶,GDP已跃居世界第三,经济总量占世界经济的份额已达6.0%。人均国民总收入也实现同步快速增长,由1978年的190美元上升至2007年的2360美元。按照世界银行的划分标准,我国已经由低收入国家跃升至世界中等偏下收入国家行列。我国外汇储备比较富足,到2008年底已接近2万亿美元,截至2010年我国的外汇储备已高达3.2万亿美元,是美国的第一大债权国。我国还有超过1000t的黄金储备,位居世界第五,黄金是硬通货,即使美元贬值对我们也不会产生风险性影响。

2008年11月,国务院常务会议研究部署进一步扩大内需,促进经济平稳较快增长的措施,要求扩大投资出手要快,出拳要重,措施要准,工作要实,计划到2010年底投资4万亿元。会议确定了当前进一步扩大内需,促进经济增长的十项措施。一是加快建设保障性安居工程。二是加快农村基础设施建设。加大农村沼气、饮水安全工程和农村公路建设力度,完善农村电网,加快南水北调等重大水利工程建设和病险水库除险加固,加强大型灌区节水改造。三是加快铁路、公路和机场等重大基础设施建设。重点建设一批客运专线、煤运通道项目和西部干线铁路,完善高速公路网,安排中西部干线机场和支线机场建设,加快城市电网改造。四是加快医疗卫生、文化教育事业。加强基层医疗卫生服务体系建设,加快中西部农村初中校舍改造,推进中西部地区特殊教育学校和乡镇综合文化站建设。五是加强生态环境建设。加快城镇污水、垃圾处理设施建设和重点流域水污染防治,加强重点防护林和天然林资源保护工程建设,支持重点节能减排工程建设。六是加快自主创新和结构调整。七是加快地震灾区灾后重建各项工作。八是提高城乡居民收入。九是在全国所有地区、所有行业全面实施增值税转型改革,鼓励企业技术改造,减轻企业负担1200亿元。十是加大金融对经济增长的支持力度。初步匡算,实施上述工程建设,到2010年底约需投资4万亿元。

现在让我们仔细分析一下国务院出台的十项措施。其中一、二、三、四、五、七等项均与土木工程有关。2008年连续在几个月之内开工了14条铁路,公路、水利水电也加速上马,利用政府强大的监管引导机能,刺激经济上扬,扩大就业渠道。我国政府强大的操控能力和改革开放的进一步深化,保证了我国经济的稳健增长。图1-3显示了在爆发金融危机的当年,我国GDP的同比增长率仍然保持在9.6%,到2010年还回升到10.3%。

1.3 土木工程难度大,效益高,服役久^[1~6,16,21]

能称得上基本建设的项目几乎毫不例外地都是难度较大、效益较高且服役周期较长的。正因为如此,人们才肯于向土木工程进行投入,也才使其成为积极的财政政策的重大投资取向,这一点在1.2节中已经作了阐述。正是这种大投入又能长期服役的特点,才造就了土木工程成为大幅度拉动国民经济的学科和行业。表1-4及表1-5中的工程动辄以百亿乃至上千亿计就是明证。

1.3.1 土木工程难度大

1. 南水北调

要说工程难度,大概南水北调是相当典型的,它是一项举世罕见的伟大的土木工程。图1-8给出了南水北调工程的总体布局示意图。该工程分东线、中线、西线三条线,按2000年物价指数估算,约需投入5000亿元,2050年全部竣工后,自长江流域向我国北方总调水达448亿 m^3 ,可谓一项改天换地的伟大壮举。

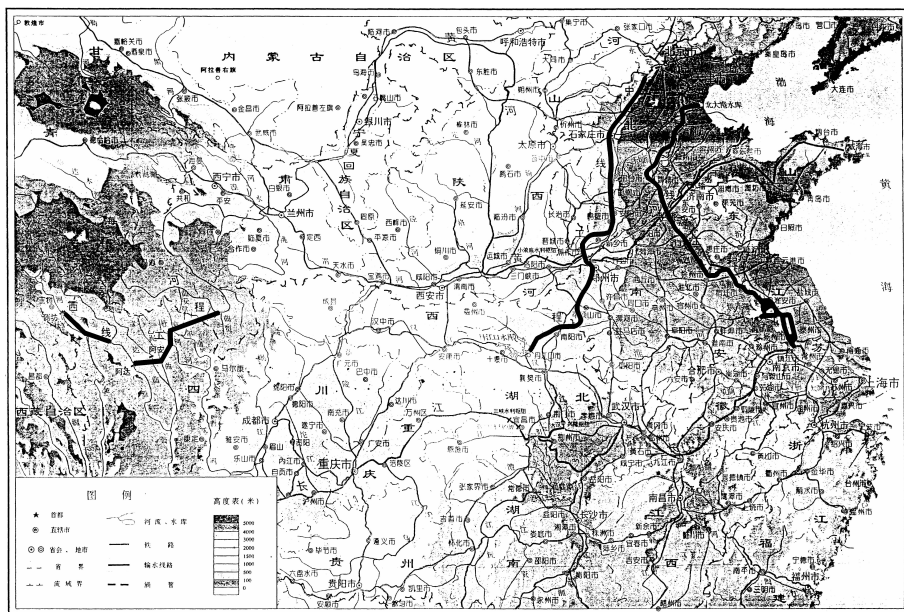


图1-8 南水北调工程总体布局示意图

南水北调工程投入是我国改革开放以来单项工程总投入最大的一笔,按目前北方对水的需求,以及应对当今全球经济危机的需要,可能还要加大投入提前投产。事实上,截至2010年底东线部分线段已经调水运营。

这么巨大的工程,难度大是在意料之中的事。图 1-9 给出了东线的纵剖面图,自扬州至天津,全长 1156 km,要经过十三级提水,总扬程 65 m,然后穿越黄河才开始自流至天津。图 1-10 为中线的纵剖面图,自丹江口至北京团城湖,全长 1267 km,穿越大小河流 686 条,跨越或穿越交叉建筑(如铁路、大型交通枢纽和高速公路等)1774 座,沿途有许多恶劣的地质条件,如经过膨胀土 347 km,黄土 245 km,软黏土 19 km,采矿区 64 km。图 1-11 为西线的纵剖面图,自西藏长江上游的雅砻江东至贾曲进入黄河,全长 304 km,基本上是在我国西南地区崇山峻岭之间靠开挖隧洞来实现的。隧洞总长达 288 km,占西线全长的 95%。为了保证足够的水量和落差,沿途还要修建多个高坝水库。有的坝高超过 300 m,这在世界建坝史上也是少见的,特别是在高原、高寒和强震带修建这种高坝更属罕见。

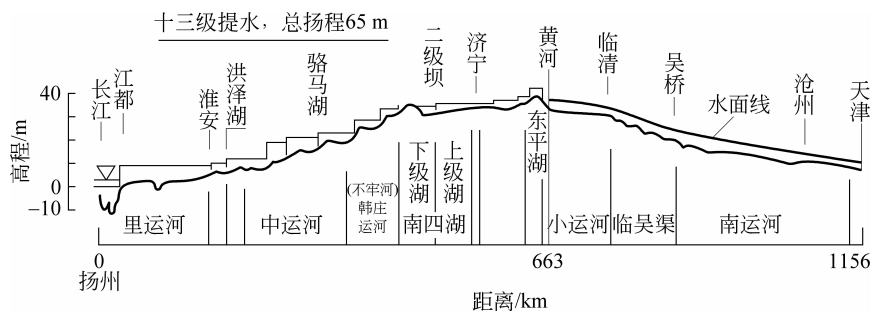


图 1-9 南水北调东线工程输水干线纵剖面示意图

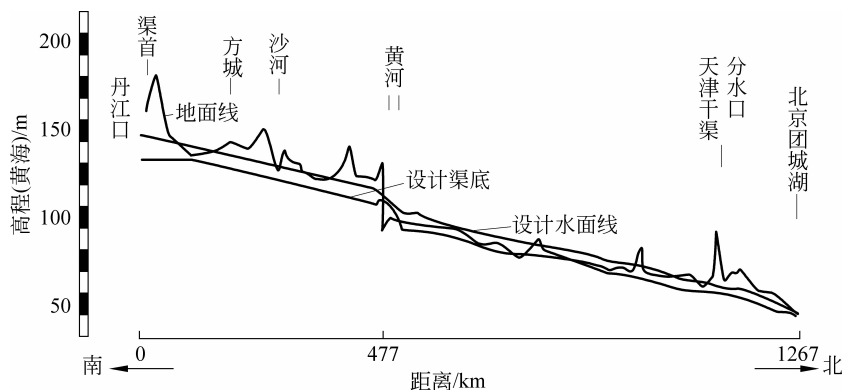


图 1-10 南水北调中线工程输水干线纵剖面示意图

2. 青藏铁路

难度大的土木工程还有很多,在本书第 3 讲中将详细介绍的青藏铁路也是一项举世罕见的高原铁路工程。该路具重要战略意义。青藏铁路北起青海格尔木,南至西藏的拉萨,全长达 1100 km,静态投资近 1300 亿元。全线地质条件复杂,气候条件恶劣,近 90% 的地段在海拔 4000 m 以上,其中北起西大滩,南至安多,长约 550 km 的线路位于高原,全线的最高点在唐古拉山,海拔高达 5072 m,这些多年冻土地区,气候寒冷,气压低,为 560~600 hPa,既

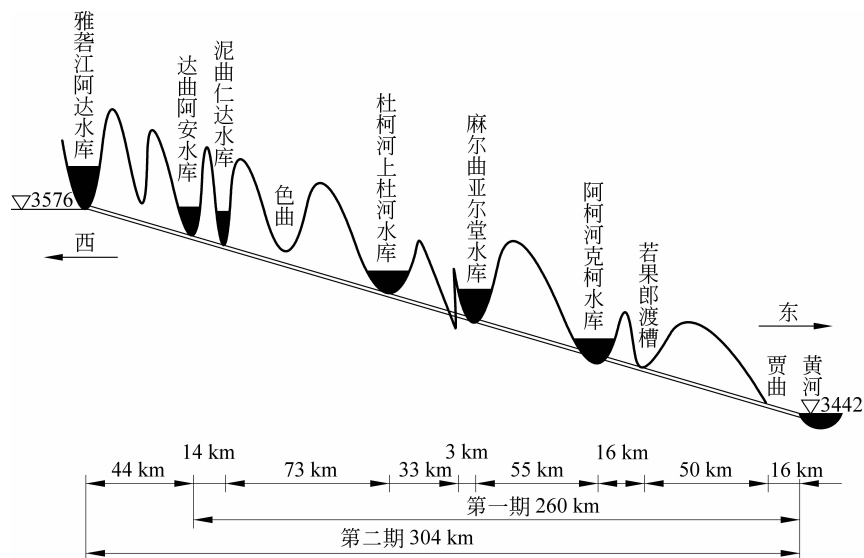


图 1-11 南水北调西线工程输水干线纵剖面示意图

不利于人类生活,更不利于施工。除高原冻土以外,尚有河漫滩地、断陷盆地、谷地及三江源国家自然保护区。

这是一项巨大的土木工程,它所遇到的技术难点,不但在中国是前所未有的,在世界上也是罕见的。例如,冻土路基的沉降及防治,冻土的开挖爆破,冻土区的桥梁抗震,混凝土的冻蚀,隧道支护、通风、热稳定,生态保护等。据媒体报道,仅为了保护藏羚羊、野牦牛等珍稀动物往返穿越栖息地的需要,建有 33 个野生动物通道,连同其他环保方面的支出,总数高达数十亿元之多。

3. 海上采油平台

采油平台是在海上建造的生产车间,会遇到很多通常土建项目中难以遇到的问题。首先,项目的环境恶劣、荷载复杂且随机性强,如风、浪、流、冰、潮汐、海生物侵蚀、氯离子腐蚀等;其次,项目服役的安全度和耐久性要求极高。图 1-12 所示为东海某固定式采油平台。



图 1-12 东海某固定式采油平台

由于石油的巨大利润,人们克服各种困难在恶劣的条件下进行开采。自1947年在墨西哥湾建造了全球第一座钢结构海上采油平台至今,全世界已有采油平台上万座,中国也已有100多座,仅在渤海湾就有50多座,2007年渤海油田的产量已达年产2000万t。

需要说明的是,这种难度极高的土建项目,其风险也很大。表1-9给出了一些典型的海上采油平台事故,可以从一个侧面看出土建工程难度之大、难点之高。

表 1-9 全球海洋平台灾害摘录

时 间	地 点	原 因	损 失	备 注
1964年冬	阿拉斯加(美)库克湾两座平台	被海水推倒	平台失效沉没	新建不久
1965年	英国北海“海上钻石”号	支柱拉杆断裂	平台沉没	
1964—1965年	墨西哥湾共22座平台	飓风	平台失效及沉没	共有1000座,倒塌22座,占2%
1969年	中国渤海二号	被海冰推倒	死亡数十人,平台失效	曾引发诉讼
1980年3月	大西洋北海油田平台	一条腿疲劳断裂倾覆	死亡122人	
1992年	墨西哥湾(此时共有3850座平台)19座平台	Andrew 飓风	19座平台全毁	多为1965年前建造,老化
1998年7月	英国北海 Alpha 平台	火灾	死亡165人	
2001年3月	巴西 P-36 平台	火灾	死亡11人	
2001年4月	巴西 P-7 平台	井喷 1.3 万 L	污染海域大片	
2010年4—9月	墨西哥湾	爆炸	死亡11人,泄漏原油490万桶	污染大片海域

4. 西气东输

图1-13给出了已经开始运营的西气东输工程的平面示意图,该工程全长4000 km,跨越新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏、浙江和上海10个省(市、自治区),被称为我国管线建设史上规模最大、难度最高的工程,可以罗列以下九大“之最”。

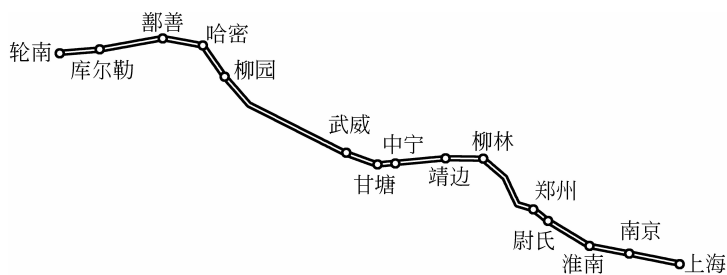


图 1-13 西气东输管线平面示意图

- (1) 距离最长,4000 km。
- (2) 管径最大,1016 mm。
- (3) 管壁最厚,26.2 mm。
- (4) 投资最多,1500 亿元。

(5) 运营压力最大,输气压 10 MPa(目前我国正在运营的管路平均不足 6 MPa)。

(6) 输气量最大,初期年输 120 亿 m^3 ,2010 年输 200 亿 m^3 。

(7) 钢材等级最高,采用针状铁钛体 Z70,用钢 200 万 t。

(8) 经过的地质条件最复杂,线路穿过沙漠、戈壁、山区、丘陵、盆地、黄土高原和农田水网,40%的地区地震烈度超过 7 度。

(9) 施工难度最大,穿越吕梁山、太行山、太岳山,经湿陷黄土,穿河 14 次(长江、淮河 1 次,黄河 3 次)、铁路 35 次、公路 421 次以及江南水乡和城镇繁华区等。

1.3.2 土木工程效益高

土木工程突出地表现在它的高效益。没有巨大效益,就不会有人愿意花巨资进行投入。

1. 三峡工程

三峡工程综合效益巨大,首先是防洪效益,可保证长江遭遇百年一遇的洪水无须启用荆江分洪区。目前我国荆北地区人口 400 多万,耕地 800 万亩,过去一遇洪水动辄搬迁,绝收或减收,损失难以估量。三峡工程总移民 130 万人,支出几乎占用了三峡工程总投资的 $1/3 \sim 1/2$,按 1993 年的预计,移民费 400 亿元,占当年总预算(900 亿元)的 44%。荆江分洪短时间要动迁 400 万人,尽管属于临时动迁,其经费估计也不亚于三峡工程总移民的支出,何况还有 800 万亩良田减收和绝收。2012 年 7 月长江流域暴雨,三峡水库拦洪削峰高达 40%,保证了下游的安全。

至于发电效益更是显而易见,地下厂房装有 27 台每台 70 万 kW 的水轮机,总装机容量 1890 万 kW,年发电 870 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,相当于建设一个年产 4200 万 t 原煤的煤矿或年产 2100 万 t 原油的油田。如果计及水电对环保的优越性,其效益就不仅是能量的等值比价了。

2. 收益快而且深远

前面提到的几项重大的土木工程在后面几讲中都会详细介绍它们的效益,有些还在施工过程中就已经开始创造效益了。早在 2004 年三峡第一台机组就开始发电,至 2009 年初,发电量已相当于北京市全年的用电量了。至于青藏铁路,其效益远不仅仅是促进西藏地区的经济发展,还有一个用经济无法核算的国防安全问题。

国际上两条大的运河更能说明问题。1969 年开通的苏伊士运河和 1914 年开通的巴拿马运河,为了争夺税收和管辖权,竟引发了规模不小的国与国之间的战争。还有在第 4 讲将要提到的海上运河热,也是因为开凿运河缩短航程,征收过往船只的通行费所带来的巨额收入。2012 年 7 月尼加拉瓜国民议会高票通过了一项议案,议案决定在该国南部开凿一条横贯大西洋与太平洋的运河以解决巴拿马运河无法通过巨型油轮的航运问题,预计投资 300 亿美元,这项议案的本质是利益驱动。

1.3.3 土木工程服役久

服役久是指土木工程建设项目大都服役周期很长。土木工程效益高的一个重要原因也是因为它的服役周期长。试想如果一个服役期极其短促的项目,除非有特殊的原因,谁肯投入巨大的财力和人力?

土木工程的服役周期长,处处都可以体现。且不说像三峡工程那样的大型基本建设项目,就是一般民用住宅,公认的基准期是 50 年,而实际使用年限常常多达 100 年甚至更长。上海外滩那些早在 19 世纪末叶就兴建的洋房,至今基本完好无损,如果不发生自然灾害,再用 100 年也还是可能的。许多历史上大型的土木工程设施,如隋炀帝年代(公元 600 年左右)开始兴建的南北大运河,历时已长达 1400 年,至今还在通航,而且有的航段还是南水北调东线工程的输水线路;在战国时期(公元前 300 年左右)由李冰父子主持兴建的都江堰水利工程已服务 2300 年以上,是土木水利界公认的历史奇迹,这项工程为四川盆地的农业增产究竟产生了多大的累计效益,已经无法统计。

1.4 土木工程学科有较强的延续性和适应性^[1~6]

由于土木工程与各行各业的紧密关系,日益显示出它对人类生活、生产乃至生存的重大作用。单从安全和防护的角度看,从战国时期的万里长城到今天的高级地下指挥所,都是土木工程充当主角的。现代的电气化和信息化也离不开土木工程的参与和配合,甚至要先走一步,如发电厂房,远距离输送的高压塔、手机信号的发射接收塔架等。读者如果稍微留心一下就会发现,每个城市甚至道路两侧矗立了很多状似电杆的东西,其顶部有一个插有许多发射接收用的金属针状物的圆盘,那就是手机传递信息的发射接收塔架。土木工程的基础性和与各行各业的紧密关联性,决定了它在学科上有较强的延续性。

这个问题我们首先从现代科学技术的高速增长谈起。

1.4.1 现代科学的高速增长和半衰期

1844 年恩格斯在《政治经济学批判大纲》中指出,“科学的发展同前一代人遗留下来的知识成正比,因此在最普通的情况下,科学也是按几何级数发展的”。

20 世纪中叶,有人提出了科学技术的指数增长理论:

$$B = Ae^{kt} \quad (1.1)$$

式中: A ——开始时科学技术量(可通过图书资料、科研人员数、科学投资等间接测量);
 B ——现有科学技术量; e ——自然对数的底; t ——时间,年; k ——根据不同国家、不同生产发展水平、人口素质等综合决定的参量。20 世纪中叶,美国有的科学家取 $k = 0.07$,按式(1.1)计算发现每 10 年的科学技术增长量分别为

$$t = 10, \quad B = 2.014A$$

$$t = 20, \quad B = 4.055A$$

$$t = 30, \quad B = 8.166A$$

$$t = 40, \quad B = 16.445A$$

$$t = 50, \quad B = 33.12A$$

表 1-10 CA 文摘量的增长

年份	CA 文摘量/条
1957	101 027
1967	240 000
1977	469 883

这一计算结果被美国化学文献(简称 CA)引用文摘量的增长所证实,示于表 1-10,可见,差不多每 10 年翻一番。无独有偶,一位美国统计学家按式(1.1)计算每 10 年美国科研人员的增长情况,居然也出现了这种惊人的吻合,见表 1-11。