



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

# 道路桥梁工程施工

DAOLU QIAOLIANG  
GONGCHENG  
SHIGONG

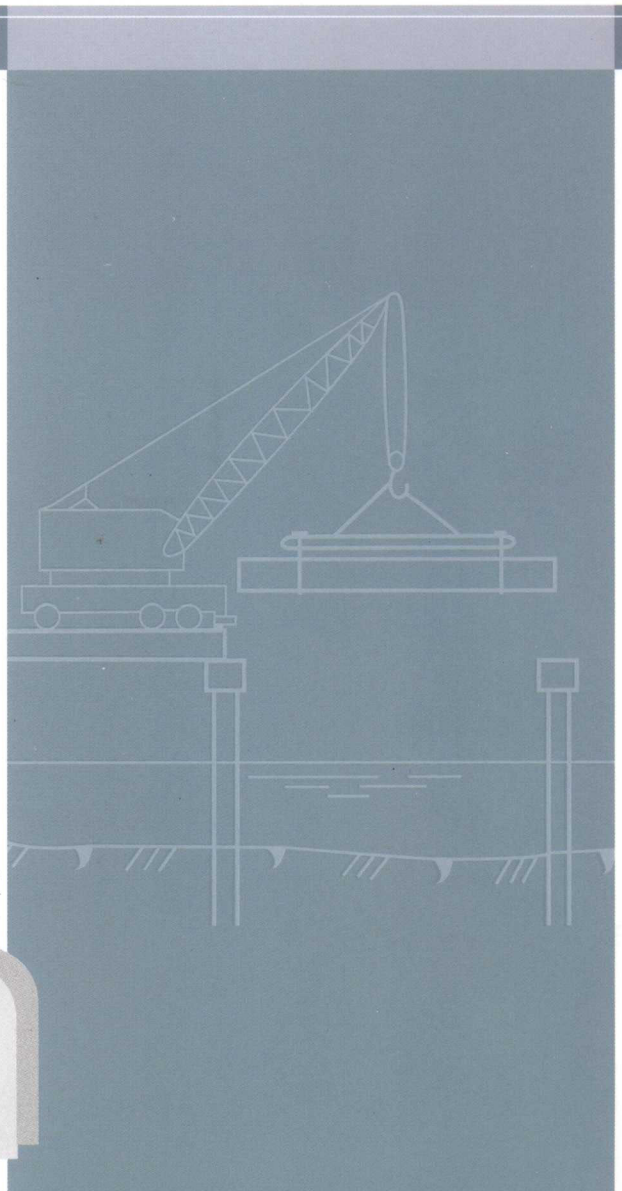
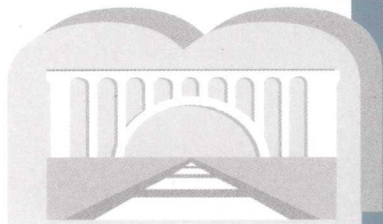
主 编 卜建清 严战友

主 审 方有亮



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

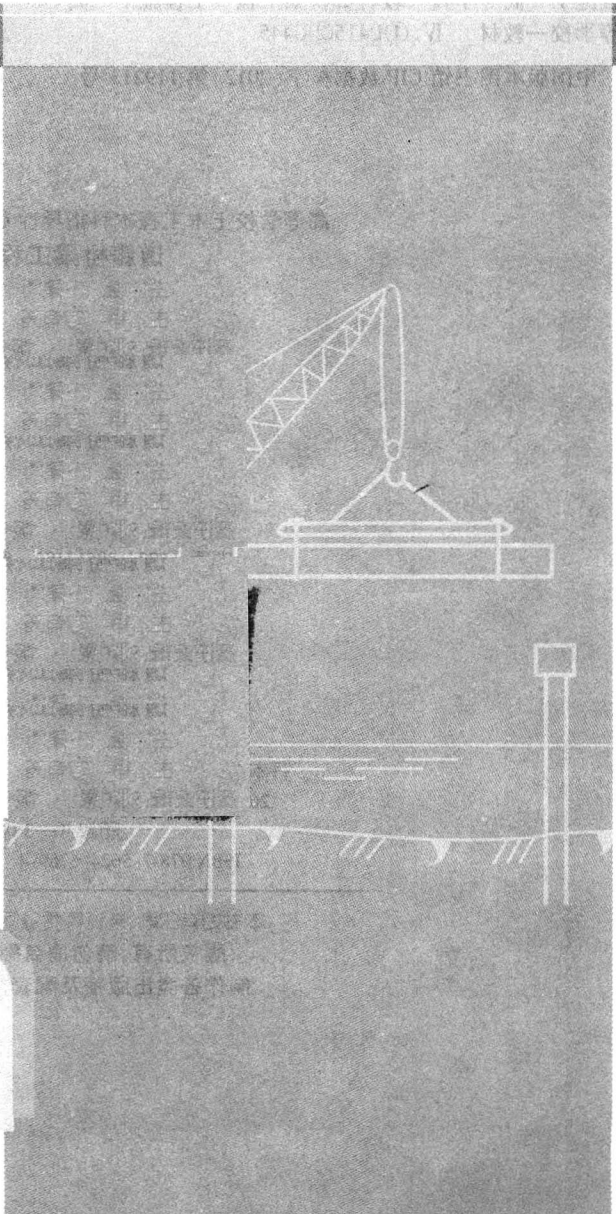
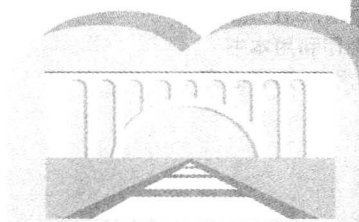
总主编 何若全

# 道路桥梁工程施工

DAOLU QIAOLIANG  
GONGCHENG  
SHIGONG

主 编 卜建清 严战友  
主 审 方有亮  
参 编 张永满 李玉学  
赵 曼 张彦玲

重庆大学出版社



## 内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了道路与桥梁工程施工技术。全书共14章,主要包括道路桥梁工程施工常用设备、路基工程施工、道路基层(底基层)施工技术、沥青路面施工技术、水泥混凝土路面施工、桥梁基础施工、桥梁墩台施工、混凝土简支梁制造与架设、混凝土连续梁施工、拱桥施工、桥面及附属工程施工、道路桥梁工程施工组织与管理、道路桥梁工程施工中的环保与安全问题等。为了便于学生理解和掌握,每章后均附有思考题。

本书可以作为土木工程专业道路与桥梁工程方向及交通工程专业的专业教材或教学参考书,或其他专业的选修课教材,也可供从事道路工程和桥梁工程的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

道路桥梁工程施工/卜建清,严战友主编. —重庆:  
重庆大学出版社,2012.9  
高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材  
ISBN 978-7-5624-6769-4

I. ①道… II. ①卜…②严… III. ①道路工程—工  
程施工—高等学校—教材②桥梁工程—工程施工—高  
等学校—教材 IV. ①U415②U445

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第119213号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

### 道路桥梁工程施工

主 编 卜建清 严战友  
主 审 方有亮

责任编辑:刘颖果 版式设计:莫 西  
责任校对:贾 梅 责任印制:赵 昆

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:543千

2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

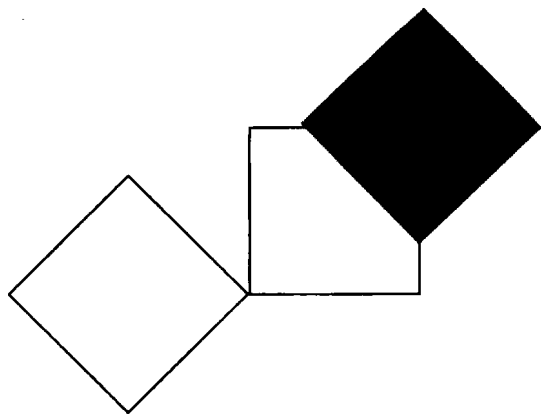
印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6769-4 定价:37.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究



# 编委会名单

总主编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 张永兴

编委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘凡	刘建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚刚
袁建新	高亮	黄林青	崔艳梅
梁波	梁兴文	董军	覃辉
樊江	魏庆朝		

# 总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

# 前 言

为了更好地适应新形势下高等教育改革和发展的需要,更好地满足应用型人才培养的需求,针对当前土木工程专业的培养规格、培养模式和课程体系以及与之相应的知识储备、技能训练、素质拓展和创新意识的要求,我们编写了与最新出版并公布实施的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》相配套的教材。

本书立足当前交通基础设施建设大发展的背景,以培养应用型人才为目标,强调“导向、背景和主线”,即以行业企业需求为导向,以工程实际为背景,以工程技术为主线;注重学生工程素养的提升,着力培养学生的工程实践能力。本教材的主要特点如下:

(1)知识的先进性——由于近年来道路建设的迅猛发展,道路与桥梁施工技术的水平和理念日益更新,有关的技术标准和规范已经重编或修订,本教材以现行的最新标准和规范为依据,力求反映当前道路与桥梁施工的新理论、新方法、新手段和新技术。

(2)内容的实用性——在内容的安排上,以夯实基础、突出能力、注重应用为原则,紧密结合当前道路与桥梁工程建设技术现状,将最新的施工工艺、施工机械、检测技术等吸纳进来,力争做到新颖、实用和系统。

(3)结构的合理性——结合道路与桥梁各种规范和专业知识的要求,将道路桥梁工程施工常用设备、道路桥梁工程施工组织与管理等内容分别整合成一章编写,其余分别成章,并增加了道路桥梁工程施工安全和环境保护等内容。

(4)使用的灵活性——根据不同院校教学计划的实际情况,实行教学内容的弹性化,依据不同学时进行教学内容的合理分配;本教材的主要教学对象是土木工程专业本科生,同时兼顾专升本和继续教育学院学生使用,也可供从事道路与桥梁工程的技术人员参考。

石家庄铁道大学卜建清、严战友负责制定编写大纲及统稿,河北大学的方有亮教授对书稿进行了详细审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议。本书共14章,第1、2、7、8、13、14章由严战友和卜建清共同编写;第3、4、5、6章由张永满编写;第9、10、11、12章由李玉学、赵曼和张彦玲共同编写。

在编写本教材过程中参考了相关的标准、规范、手册、教材和论著,在此对它们的作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限,难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。反馈邮箱:bu-jq2004@163.com。

编者  
2012年4月

# 目 录

1	绪论	1
	本章导读	1
	1.1 概述	1
	1.2 桥梁工程施工技术综述	2
	1.3 道路工程施工技术综述	8
	本章小结	12
	思考题与习题	12
2	道路桥梁工程施工常用设备	13
	本章导读	13
	2.1 概述	13
	2.2 桥梁施工常备式结构及应用	15
	2.3 桥梁施工常用的起重设备	21
	2.4 混凝土施工设备及其应用	26
	2.5 预应力张拉设备及其应用	29
	2.6 道路工程常用的施工机械设备	31
	2.7 施工机械选型的一般原则	37
	本章小结	39
	思考题与习题	40
3	路基工程施工	41
	本章导读	41
	3.1 概述	41
	3.2 路基土方施工	43
	3.3 路基压实	48
	3.4 山区路基施工	51
	本章小结	61
	思考题与习题	62
4	道路基层(底基层)施工	63
	本章导读	63
	4.1 概述	63

4.2	半刚性基层材料的要求及组成设计	64
4.3	半刚性基层施工	67
4.4	粒料类基层(底基层)施工	73
4.5	质量管理与检查验收	78
	本章小结	83
	思考题与习题	83
5	沥青路面施工	84
	本章导读	84
5.1	沥青混合料的材料要求	84
5.2	沥青混合料组成设计	94
5.3	冷拌沥青混合料路面施工	101
5.4	热拌沥青混合料路面施工	102
5.5	层铺法沥青路面施工	110
5.6	封层、粘层、透层施工技术	111
5.7	沥青路面施工质量管理及检查验收	113
	本章小结	114
	思考题与习题	114
6	水泥混凝土路面施工	115
	本章导读	115
6.1	材料要求与混合料组成设计	115
6.2	轨道式摊铺机施工	125
6.3	滑模式摊铺机施工	136
6.4	施工质量控制与交工验收	139
	本章小结	141
	思考题与习题	142
7	桥梁基础施工	143
	本章导读	143
7.1	概述	143
7.2	明挖扩大基础施工	144
7.3	沉入桩基础施工	151
7.4	钻孔桩基础施工	157
7.5	沉井与沉箱基础施工	161
7.6	地下连续墙基础施工	165
	本章小结	167
	思考题与习题	167
8	桥梁墩台施工	168
	本章导读	168
8.1	概述	168
8.2	墩台施工模板类型与构造	170
8.3	墩台混凝土工程	173
8.4	高墩台施工	176



本章小结	182
思考题与习题	182
9 混凝土简支梁制造与架设	183
本章导读	183
9.1 概述	183
9.2 钢筋混凝土简支梁制造	184
9.3 预应力混凝土简支梁制造	195
9.4 简支梁的架设	203
本章小结	209
思考题与习题	209
10 混凝土连续梁施工	210
本章导读	210
10.1 概述	210
10.2 悬臂施工	211
10.3 逐孔施工	231
10.4 顶推施工	233
10.5 连续梁桥施工监控	240
本章小结	241
思考题与习题	242
11 拱桥施工	243
本章导读	243
11.1 概述	243
11.2 就地砌筑与浇筑施工	244
11.3 悬臂施工	251
11.4 拱架卸落	252
11.5 钢管混凝土拱桥施工	256
11.6 转体施工	260
11.7 钢管混凝土拱桥施工监测	263
本章小结	265
思考题与习题	265
12 桥面及附属工程施工	266
本章导读	266
12.1 支座施工	266
12.2 伸缩装置及其安装	273
12.3 桥面铺装层施工	278
12.4 其他附属设施的施工	284
本章小结	290
思考题与习题	290
13 道路桥梁工程施工组织与管理	291
本章导读	291
13.1 概述	291

13.2	施工组织设计的任务与原则	295
13.3	施工组织设计的阶段与内容	297
13.4	施工组织的基本方法	305
13.5	机械化施工组织	308
	本章小结	313
	思考题与习题	313
14	道路桥梁工程施工环保与安全	314
	本章导读	314
14.1	道路桥梁工程施工与环境保护	315
14.2	道路桥梁工程施工安全	323
	本章小结	334
	思考题与习题	334
	参考文献	335



# 绪 论

## 本章导读:

● **内容及要求** 主要介绍国内外桥梁施工技术的发展状况、桥梁施工技术 in 桥梁工程中的地位 and 作用、国内外道路施工技术的发展状况、道路施工技术的地位 and 作用及发展趋势等内容。通过本章学习,需要了解道路与桥梁施工技术在国内外的发展状况及道路与桥梁施工技术的地位及作用,需要熟悉梁式桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥及施工方法。

● **重点** 道路与桥梁施工技术的地位 and 作用。

## 1.1 概 述

道路交通以其自身独有的优势,在国家“大交通”体系中占有十分重要的地位。高等级公路建设的不断增加,使公路建设的基本特点越来越被人们所认识。当前公路建设的特点是工程量巨大、工程质量要求高、施工工艺复杂、建设周期要求短,而且随着招投标制在我国的实行,还要求施工企业注重施工的经济效益。以现代化生产方式修建公路是当今公路建设的发展方向,而机械化施工则是实现公路建设向现代化生产模式转变的重要措施,也是公路建设事业发展的必然趋势。

高等级公路一般由路基、路面、桥梁、隧道和交通工程设施等几大部分组成。道路工程主要是由路基工程和路面工程组成,路基是路面的基础,是用当地的土石填筑或在原地面开挖而成的道路主体结构,它承受着本身的岩土自重和路向重力,以及由路面传递而来的行车荷载,是整个公路构造的重要组成部分。公路路基主要包括路基体、边坡、边沟及其他附属设施等几个部分。路面工程依面层类型不同,可以分为沥青路面、水泥混凝土路面和砂石路面等。路面是用各种筑路材料或混合料分层铺筑在公路路基上供汽车行驶的层状构造物,其作用是保证汽车在道路上能全天候、稳定、高速、舒适、安全和经济地运行。路面通常由路面体、路肩、路线石及中央分隔带等组成。其中路面体在横向又可分为行车道、人行道及路缘带。路面按结构层次自上而下可分为面层、基层、垫层或联结层等。

桥梁工程一般可分为上部结构和下部结构。桥梁的上部结构包括桥面结构和桥跨结构,桥跨结构也称桥梁结构,是线路中断时跨越障碍的主要承载结构。当需要跨越的幅度或承受的荷载越大时,桥跨结构的构造就越复杂,施工也越困难。桥梁下部结构包括桥墩和桥台,它们是支承桥跨结构并将恒载、活载传至地基的结构物。通常将设置在桥跨两端的结构称为桥台,桥台除了支承桥跨结构外,还与路堤相衔接,以抵御路堤土压力,防止路堤填土的滑坡和坍塌。桥墩的作用是支承桥跨结构。墩台基础是将桥墩和桥台中全部荷载传至地基的底部奠基部分。为了保证墩、台安全,通常将基础埋入岩石中。由于基础是整个结构安全的关键,而且常常需要在水中施工,因此它是桥梁建设中比较困难的一个部分。

虽然桥梁所占路线总长度不大,但其工程造价一般占公路总造价的 20% ~ 30%,在山区高等级公路中其比例更高,尤其在现代高速公路和城市高架桥中,常常是保证全线早日通车和正常使用的关键。在国防建筑中,桥梁是交通运输的命脉,在快速、机动的现代化战争中占有非常重要的地位。我国交通部在长远规划中,建成以高速公路和以一、二级汽车专用公路为主的快速通道。正在实施的西部大开发的首要任务是交通基础设施建设,西部地区地理、地形复杂,山高谷深,河流众多,必然要建造大量的桥梁。可以预见,以后是一个不断创造特大跨度桥梁历史的时代。现在桥梁的施工方法多种多样,随着工程技术及工程设备的不断进步,桥梁施工技术也得到了迅速的发展。

## 1.2 桥梁工程施工技术综述

### 1.2.1 国内外桥梁施工技术的发展

根据史料记载,在距今约三千年的周文王时,我国就已在宽阔的渭河上架起大型浮桥。由于浮桥的架设具有简便快速的特点,因此它常被用于军事活动。汉唐以后,浮桥的运用日益普遍。现代桥梁中广为修建的多孔桩柱式桥梁,在我国春秋战国时期(公元前 332 年)就已在黄河流域和其他地区普遍采用,不同的只是古桥多以木桩为墩桩,上置木梁、石梁。近代的大跨径吊桥和斜拉桥也是由古代的藤、竹吊桥发展而来的,在各国有关桥梁的历史书上,大都承认我国是最早建造吊桥的国家。据记载,最晚在唐朝中期,我国就从用藤索、竹索建造吊桥发展到用铁链建造吊桥,而西方在 16 世纪才开始建造铁链吊桥,比我国晚近千年。至今尚保留下来的古代吊桥有四川泸定县的大渡河铁索桥(1706 年)以及灌县的安澜竹索桥(1803 年)等。泸定铁索桥(图 1.1)跨长约 100 m,宽约 2.8 m,由 13 条锚固于两岸的铁链组成。安澜桥是世界上最著名的竹索桥(图 1.2),全长 340 余米,分 8 孔,最大跨经约 61 m,全桥由用细竹蔑编成粗 5 寸的 24 根竹索组成,其中桥面索和扶栏索各半,如图 1.3 所示。

在秦汉时期,我国已广泛修建石梁桥,世界上现在尚保存着的最长、工程最艰巨的石梁桥——万安桥(图 1.4),是我国于 1053—1059 年在福建泉州建造的,也称洛阳桥。此桥长达 800 m,共 47 孔,位于“波涛汹涌,水深不可址”的海口江面上。此桥以磐石铺遍桥位江底,是近代筏形基础的开端,并且独具匠心地用养殖海生牡蛎的方法胶固桥基,使之成为整体,此亦是世界上绝无仅有的造桥方法。近千年前就能在这种艰难复杂的水文条件下建成如此的长桥,实为中外桥梁史上的一个奇迹。

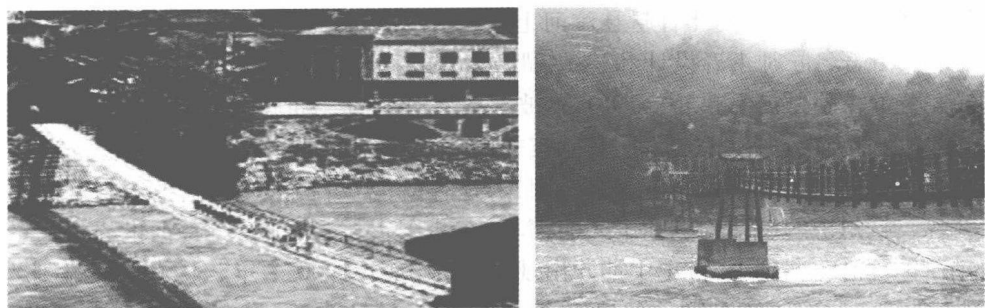


图 1.1 铁索桥

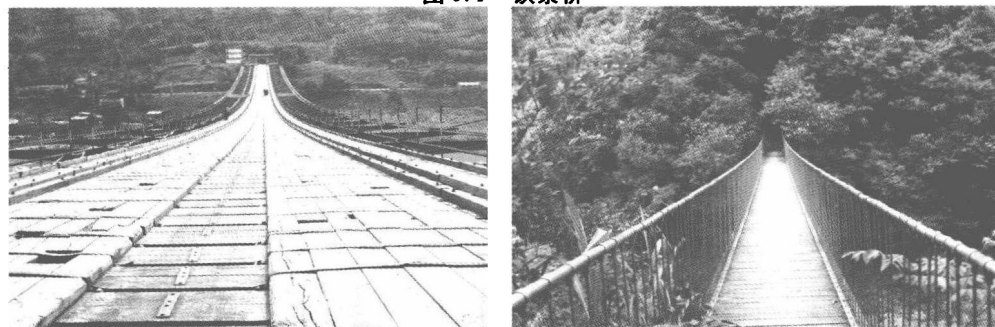


图 1.2 竹索桥

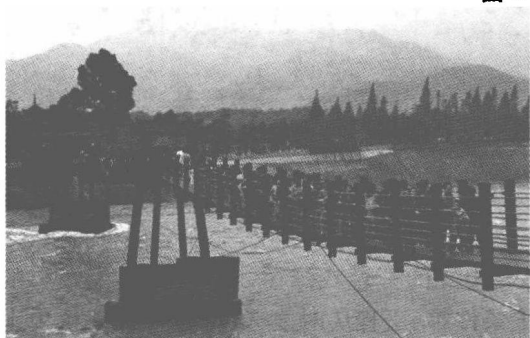


图 1.3 安澜桥

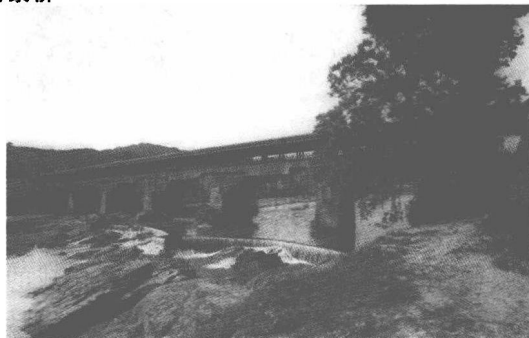


图 1.4 万安桥

1240 年建造的福建漳州虎渡桥(图 1.5),是令人惊奇的一座梁式石桥,此桥总长约 335 m,某些石梁长达 23.7 m,沿宽度用三根石梁组成,每根宽 1.7 m、高 1.9 m,质量达 200 t,该桥一直保存至今。据记载,这些巨大石梁是利用潮水涨落浮运架设的。



图 1.5 漳州虎渡桥

赵州桥(图 1.6)坐落在河北省赵县洨河上,建于隋代(公元 581—618 年)大业年间(公元 605—618 年),由著名匠师李春设计和建造,距今已有约 1 400 年的历史,是当今世界上现存最早、保存最完善的古代敞肩石拱桥。1961 年被国务院列为第一批全国重点文物保护单位。赵州桥是以所在地命名的。赵州桥是一座空腹式的圆弧形石拱桥,净跨 37 m,宽 9 m,拱矢高度 7.23 m,在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,这样既能减轻桥身自重,节省材料,又便于排洪、增加美观。赵州桥的设计构思和工艺的精巧,在我国古桥是首屈一指,据世界桥梁的考证,像这样的敞肩拱桥,欧洲到 19 世纪中期才出现,比我国晚了 1200 多年。赵州桥的雕刻艺术,包括栏板、望柱和锁口石等,其上狮象龙兽形态逼真,琢工精致秀丽,是文物宝库中的艺术珍品。我国石拱桥的建造技术在明朝时曾流传到日本等国,促进了与世界各国人民的文化交流并增进了友谊。除赵州桥外,我国还有其他著名的石拱桥,如北京永定河上的卢沟桥(图 1.7)、颐和园内的玉带桥和 17 孔桥,苏州的枫桥等。

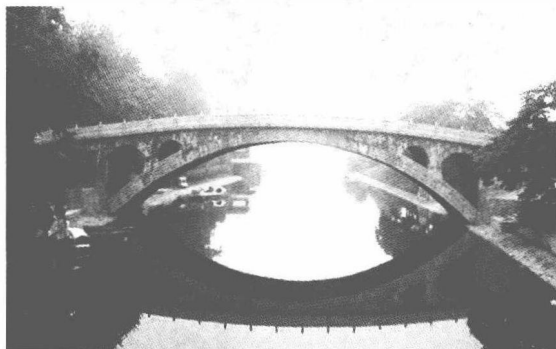


图 1.6 赵州桥正面



图 1.7 卢沟桥

在我国古桥建筑中,尚值得一提的是一广东潮安县横跨韩江的湘子桥(又名广济桥),如图 1.8 所示。此桥始建于公元 1169 年,全长 517.95 m,总共 20 个墩台 19 孔,上部结构有石拱、木梁、石梁等多种形式,还有用 18 条浮船组成的长达 97.30 m 的开合式浮桥。这座世界上最早开启式桥,论石桥之长、石墩之大、桥型之多以及施工条件难、工程历时之久,都是古代建桥史上所罕见的。



图 1.8 湘子桥(又名广济桥)

1957 年,第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成,结束了我国万里长江无桥的状况。从此,“一桥飞架南北,天堑变通途”。该桥的正桥为三联  $3 \times 128$  m 的连续钢桁架梁,下层

为双线铁路,上层公路桥面宽18 m,两侧各设2.25 m人行道,包括引桥在内全桥总长1 670.4 m,如图 1.9 所示。

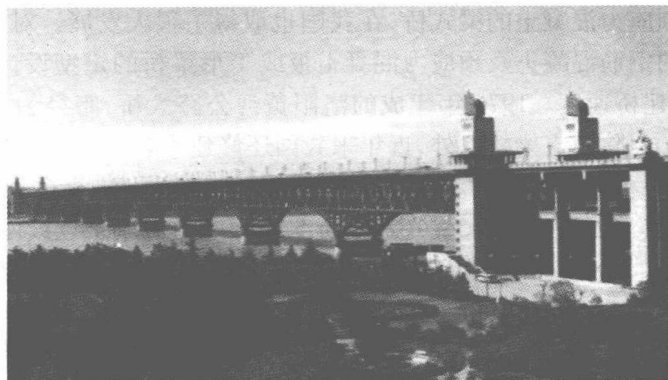


图 1.9 武汉长江大桥

1969 年我国又建成了举世瞩目的南京长江大桥,这是我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强钢材的现代化大型桥梁。正桥除北岸第一孔为128 m简支钢桁梁外,其余为9孔3联,每联为 $3 \times 160$  m的连续钢桁梁。上层为公路桥面,下层为双线铁路。包括引桥在内,铁路桥部分全长6 772 m,公路桥部分为4 589 m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,桥墩基础的施工非常困难。南京长江大桥的建成,显示出我国的建桥事业已达到了世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

我国还创造和推广了不少新颖的拱桥结构,如1964年创建的双曲拱桥(图 1.10),它具有用料省、造价低、施工简便和外形美观等优点,很快在全国公路上得到应用和推广,对加快我国公路桥梁的建设进度起了很大作用。此外,全国各地还因地制宜地创建了一些各具特色的拱式桥型,其中推广较快的有江浙一带建的钢筋混凝土桁架拱桥和刚架拱桥,其特点是上部结构自重小,适合于软土地基上建造拱桥。山东的两铰平板拱,河南的双曲扁拱,山西与甘肃的扁壳拱,广东的悬砌拱,广西的薄壳石拱,湖南的圉工箱形拱和石砌肋板拱等,这些新桥型的结构与施工各具特色。

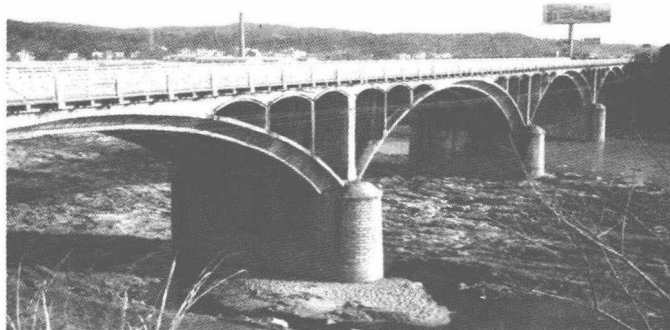


图 1.10 双曲拱桥

在拱桥的施工技术方面,除了有支架施工外,对于大跨拱桥,目前已广泛采用无支架施工、转体施工、刚性骨架施工法等。国道318线上的万县长江大桥,全长856.12 m,主跨为420 m的劲性骨架钢筋混凝土拱桥,跨度居目前世界同类型桥梁之冠。矢跨比 $1/5$ ,拱上结构为14孔30 m预应力简支T梁,引桥为13孔30 m预应力简支T梁(南5孔,北8孔)。桥面连续,宽

24 m, 设  $2 \times 7.5$  m 行车道和  $2 \times 3.0$  m 人行道。设计荷载为汽车-超 20 级, 挂车-120 级, 人群  $3.5 \text{ kN/m}^2$ 。

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥, 在我国也取得了很大发展。对于中小跨径的梁桥, 已广泛采用装配式的钢筋混凝土及预应力混凝土板或 T 形梁桥的定型设计, 不但经济适用, 而且施工方便, 能加快建桥速度。1976 年建成的洛阳黄河公路大桥, 跨径为 50 m 的预应力混凝土梁桥, 全长达 3.4 km。除简支梁桥以外, 近年来我国还修建了多座现代化的大跨径预应力混凝土 T 形刚架桥、连续梁桥和悬臂梁桥。已建成的黄石长江公路大桥, 全桥总长约 2 580.08 m, 其中主桥长 1 060 m, 为  $(162.5 + 3 \times 245 + 162.5)$  m 5 跨预应力混凝土连续刚构桥。采用钢围堰加大直径钻孔灌注桩基础, 桥面净宽 19.5 m, 其中分向行驶的 4 个机动车道宽 15 m, 两侧各设 2.25 m 宽的非机动车道。如图 1.11 所示为江阴长江大桥。



图 1.11 江阴长江大桥

在桥梁基础方面, 除了广泛采用的明挖基础、桩基、沉井等之外, 对于深水中的大桥建设, 目前在大型管柱的施工技术方面已积累了丰富的经验。在深沉井施工方面, 由于成功地采用了先进的触变泥浆套下沉技术, 大幅度地减小了基础土方数量, 并使下沉速度加快 3 ~ 11 倍。此外, 我国还广泛采用和推广了钻孔灌注桩基础, 与国外的同类型基础相比, 所要求的施工机械少, 动力设备简易, 操作方便迅速, 易于掌握, 且能钻入很深的土层。

纵观国外桥梁建设发展的历史, 对于促进和发展现代桥梁有深远影响的, 是继意大利文艺复兴后 18 世纪在英国、法国和其他西欧国家兴起的工业革命, 推动了工业的发展, 从而也促进了桥梁建筑技术方面空前的发展。1855 年起, 法国建造了第一批应用水泥砂浆砌筑的石拱桥。法国谢儒察教授在拱架结构、拱圈砌筑方法以及减少圬工裂缝等方面的研究和改进, 对现代石拱桥的发展起到了重要作用。大约在 1870 年, 德国建造了第一批采用硅酸盐水泥作为胶结材料的混凝土拱桥。之后在 20 世纪初, 法国建成了戴拉卡混凝土箱形拱桥跨度达 139.80 m。目前最大跨度的石拱桥是 1046 年瑞典建成的绥依纳松特桥, 跨度为 155 m。

钢筋混凝土桥的崛起, 要追溯到 1873 年法国的约瑟夫樊尼尔首创建成的一座拱式人行桥。由于有石拱桥的技术和建筑艺术为基础, 加之钢筋混凝土突出的受压性能, 因此钢筋混凝土拱桥的兴起, 一开始就十分引人注目。从 19 世纪末到 20 世纪 50 年代, 钢筋混凝土拱桥无论在跨越能力、结构体系和主拱圈的截面形式上均有很大的发展。由法国弗莱西奈教授设计于 1930 年建成的三孔 186 m 拱桥和 1940 年瑞典建造的跨径 264 m 的桑独桥, 均达到了很高的水平。



后者作为此种拱桥的跨度纪录,一直保持到 1964 年澳大利亚悉尼港帕拉马塔河桥建成。鉴于修建钢筋混凝土拱桥时支架、模板的复杂性,加之耗费大量劳力,在此后 10 多年中,国外较少采用。直至 1980 年,在前南斯拉夫采用无支架悬臂施工方法建成了跨度达 390 m 的克尔克(KRK-Ⅱ)桥(图 1.12),突破了 305 m 的世界纪录。



图 1.12 克尔克(KRK-Ⅱ)桥

可以看出,近年来的桥梁结构逐步向轻巧、纤细方面发展,但桥梁的载重、跨长却不断增长。为了适应社会生产力发展所提出的愈来愈高的要求,需要建造大量的承受更大荷载,跨越海湾、大江等跨径和总长更大的桥梁,这就推动了桥梁结构向高强、轻型、大跨度的方向发展。在结构理论上研究更符合实际状态的力学分析方法与新的设计理论,充分发挥结构潜在的承载力,充分利用建筑材料的强度,力求工程结构的安全度更为科学和可靠;在大跨度桥梁的设计中,愈来愈重视空气动力学、振动、稳定、疲劳、非线性等研究成果的应用,并广泛应用计算机辅助设计;在施工上,力求高度机械化、工厂化、自动化;在工程管理上,则力争高度科学化、自动化。

## 1.2.2 桥梁施工技术在桥梁工程中的地位和作用

高速公路在国外的历史已经有半个世纪,我国的高速公路尽管起步较晚,但却创造了令人惊奇的发展速度,尤其是 20 世纪 90 年代开始进入了高速发展的黄金时代。但无论是在桥梁施工实践,还是桥梁施工技术研究方面都缺乏科学的指导,导致很多弊端和限制,尤其是在高等级、大跨度桥梁施工方面与国际先进技术有着较大的差距。随着公路中高等级、大跨度桥梁的数量与重要性与日俱增,先进桥梁施工技术方面的制约将越来越明显。所以,桥梁施工技术的地位与作用是非常重要的。

在今天,虽然在一般情况下桥梁结构理论分析和受力计算上都不存在问题,但桥梁设计者的设计意图能否真正得以实现往往还取决于施工技术,有些时候由于施工技术的限制而直接影响桥梁建设的发展,因此,高水平的桥梁设计必须要有高水平的桥梁施工技术来支持,桥梁建设事业的发展依赖于桥梁施工技术的发展。另一方面,桥梁施工技术的发展为实现桥梁设计意图提供了灵活多样的手段,为增大桥梁跨越能力、新型桥梁结构体系的开发、新型材料的应用、成桥状态受力与线形的改善、工程质量的提高、建设工期的缩短和工程造价的降低等提供了充分的条件和技术保障。所以,要提高桥梁建设水平,就必须提高其施工技术水平。