

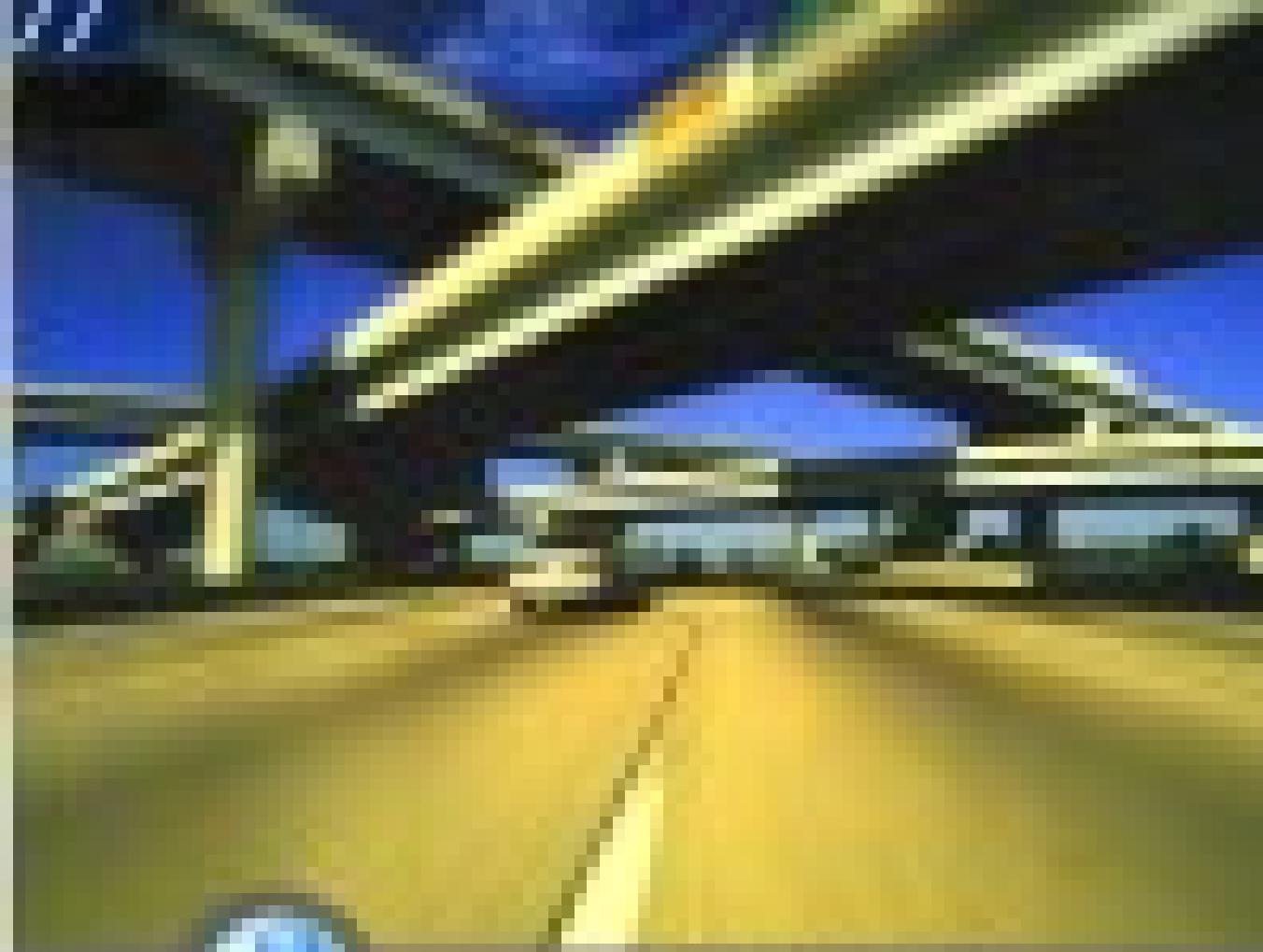


教育科学“十五”国家规划课题研究成果

桥梁工程

白宝玉 主编
王丽荣 副主编

 高等教育出版社



中国公路学会 中国公路学会桥梁工程分会 中国公路学会桥梁工程分会

桥梁工程

主编：王 明
副主编：王 明

中国公路学会 中国公路学会桥梁工程分会



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

桥梁工程

白宝玉 主编
王丽荣 副主编

内容提要

本书为教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一。

本书重点介绍了常用的中小型桥梁的构造、设计、计算和施工方法。内容包括钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥,圬工和钢筋混凝土拱桥,以及桥梁下部结构——墩台。同时本书也简要介绍了大跨度较复杂体系桥梁的构造、设计、计算和施工特点。

本书除作为高等学校土木工程专业(交通土建工程方向)教学用书外,亦可供从事桥梁工程的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/白宝玉主编. —北京:高等教育出版社,
2005. 11

ISBN 7-04-017766-8

I. 桥... II. 白... III. 桥梁工程-高等学校-教材 IV. U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 119137 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 葛 心 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 胡志萍 责任校对 俞声佳 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京奥鑫印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005 年 11 月第 1 版
印 张	33.75	印 次	2005 年 11 月第 1 次印刷
字 数	820 000	定 价	41.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17766-00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型本科人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所以培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课题体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。目前,教材建设工作存在的问题不容忽视,适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对一般院校,尤其是新办本科院校来说,起点较高,难度较大,内容较多,难以适应一般院校的教学需要。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的

有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不深入,特别是随着教育部即将启动的“高等学校教学质量和教学改革工程”的实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003 年 4 月

前 言

本书是土木工程专业(交通土建工程方向)学生专业课教材。

全书共有六篇。在第一篇总论中,主要介绍国内外桥梁建筑的发展概况,桥梁的组成部分和分类,桥梁上的作用及其效应组合。而在桥梁的总体规划设计一章中则介绍了桥梁设计基本原则、桥梁设计程序和桥梁的总体规划设计,并扼要阐述了桥梁设计方案的比较和选定,使学生在深入学习各章内容之前对桥梁设计工作的全貌有一个概括地了解。

第二篇为钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥。在第一章概述中,从承重结构的静力体系和截面形式入手,介绍各类梁桥的特点及其适用情况。第二章为桥面布置与构造。桥面布置主要介绍双向车道布置和分车道布置,桥面构造则分别介绍了桥面铺装、防水及排水设施,桥面伸缩装置,人行道与安全带,栏杆与护栏,以及灯柱等。在第三、四章较详细地阐述了公路上最常用的中小跨径简支梁桥的构造与配筋。第五、六章讨论了简支梁桥的计算,主要内容有荷载的横向分布计算,主梁内力、横隔梁内力和桥面板计算,并附有算例。第七章介绍了悬臂与连续体系梁桥的结构特点、构造和计算要点。第八章为梁桥的支座,重点介绍了橡胶支座的构造与计算。

第三篇讲述的是圬工及钢筋混凝土拱桥,这是我国公路上应用较为广泛的桥型之一。第一章介绍了拱桥的类型。第二章较详细地阐述了拱桥的总体布置、主拱的构造、截面的变化规律、截面尺寸拟定、拱上建筑和其他细部构造。第三章重点讨论了等截面悬链线无铰拱的计算,并对圆弧拱和连拱计算作了扼要介绍。第四章简要介绍了桁架拱桥和刚架拱桥与钢管混凝土拱桥的主要构造和计算要点。

第四篇介绍了悬索桥与斜拉桥的构造特点和计算要点,使学生对较复杂体系桥梁有一个初步的了解。

第五篇阐述了桥梁墩台的构造形式和计算方法。其中,除了常用的重力式墩台外,同时介绍了公路桥梁上日益推广使用的各类轻型墩台的构造形式和计算要点,并附有算例。

第六篇为桥梁的施工,主要阐述了钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥、圬工及钢筋混凝土拱桥常用的施工方法,并简要介绍了混凝土斜拉桥主梁、索塔和斜拉索的施工,以及斜拉桥的施工控制与调整。

应该说明,本书是在国内已有的按原公路桥涵设计规范(书中简称原规范)编写的同类教材的基础上,结合现行的设计规范编写而成的。书中引用的按原规范规定编制的“标准设计”,现仅供设计时参考。

本书由吉林大学、黑龙江工程学院、吉林建筑工程学院建筑装饰学院、山东交通学院等院校同行编写。参加编写的人员有:白宝玉(第一篇;第二篇第五、六、八章;第三篇第三章;第五篇第二章)、田立华(第三篇第一、二、四章;第五篇第一、三章);王丽荣(第二篇第一、二、三、四、七章;第四篇);靳卫东(第六篇)。李化东、张龙参加了本书文稿整理及部分图表绘制。朱霞为本书编

写提出了许多宝贵意见。全书由白宝玉统稿,邵连河主审。

由于编者水平有限,书中缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 11 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 概述	2	本章小结	23
第一节 桥梁在交通事业中的地位和国内 外桥梁的发展概况	2	思考题	23
第二节 桥梁的组成和分类	7	第三章 桥梁上的作用及其效应组合	25
本章小结	13	第一节 作用分类	25
思考题	14	第二节 永久作用	26
第二章 桥梁的总体规划设计	15	第三节 可变作用	26
第一节 桥梁设计基本原则	15	第四节 偶然作用	30
第二节 桥梁的总体规划设计	16	第五节 作用效应组合	31
第三节 桥梁设计的方案比较	21	本章小结	34
		思考题	34

第二篇 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥

第一章 概述	36	第一节 装配式简支梁桥的构造类型	69
第一节 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥的 一般特点	36	第二节 装配式钢筋混凝土 T 形梁桥	73
第二节 梁桥的主要类型及其适用情况	37	第三节 装配式预应力混凝土 T 形梁桥	81
本章小结	41	第四节 组合式梁桥	92
思考题	42	本章小结	96
第二章 桥面布置与构造	43	思考题	97
第一节 桥面组成与布置	43	第五章 荷载横向分布计算	98
第二节 桥面铺装、防水及排水设施	45	第一节 概述	98
第三节 桥面伸缩装置	49	第二节 杠杆原理法	100
第四节 人行道、栏杆与灯柱	51	第三节 偏心压力法	103
本章小结	56	第四节 考虑主梁抗扭刚度的修正偏心 压力法	108
思考题	56	第五节 铰接板(梁)法和刚接板(梁)法	113
第三章 板桥的构造	58	第六节 比拟正交异性板法	127
第一节 板桥的特点	58	第七节 剪力荷载横向分布系数计算	142
第二节 简支板桥的构造	59	本章小结	144
第三节 悬臂与连续板桥的构造特点	63	思考题	145
第四节 斜板桥的受力特征与构造	65	习题	145
本章小结	67	第六章 简支梁桥的计算	146
思考题	68	第一节 主梁结构内力计算	146
第四章 装配式简支梁桥的构造	69	第二节 横隔梁内力计算	154

第三节 桥面板的计算	163	第四节 预应力混凝土连续体系梁桥	201
第四节 结构挠度与预拱度计算	173	第五节 悬臂和连续体系梁桥计算要点	206
第五节 计算举例	175	本章小结	215
本章小结	183	思考题	216
思考题	183	第八章 桥梁支座	217
习题	184	第一节 概述	217
第七章 悬臂和连续体系梁桥	185	第二节 支座的类型和构造	218
第一节 悬臂和连续体系梁桥的一般特点	185	第三节 支座的计算	227
第二节 钢筋混凝土悬臂和连续体系梁桥的 一般构造	187	本章小结	236
第三节 预应力混凝土 T 形刚构桥	194	思考题	236
		习题	236
第三篇 圬工和钢筋混凝土拱桥			
第一章 概述	240	第一节 拱轴线的选择与确定	283
第一节 拱桥的基本特点及其适用范围	240	第二节 悬链线无铰拱的内力计算	289
第二节 拱桥的组成及主要类型	241	第三节 主拱的强度及稳定性验算	306
本章小结	246	第四节 主拱内力调整	310
思考题	246	第五节 圆弧线无铰拱计算要点	313
第二章 拱桥的设计与构造	247	第六节 连拱计算	315
第一节 拱桥的总体布置	247	本章小结	324
第二节 主拱的构造	250	思考题	325
第三节 拱圈截面变化规律和截面尺寸的 拟定	263	习题	325
第四节 拱上建筑的构造	266	第四章 桁架拱桥、刚架拱桥与钢管 混凝土拱桥	326
第五节 拱桥的其他细部构造	271	第一节 桁架拱桥	326
第六节 拱桥构造示例	278	第二节 刚架拱桥	336
本章小结	281	第三节 钢管混凝土拱桥	342
思考题	282	本章小结	347
第三章 拱桥计算	283	思考题	348
第四篇 悬索桥与斜拉桥			
第一章 悬索桥	350	第一节 斜拉桥的构造	363
第一节 悬索桥的构造	350	第二节 斜拉桥的设计	371
第二节 悬索桥的设计与计算简介	356	第三节 斜拉桥计算简介	374
本章小结	361	第四节 风振问题	379
思考题	362	本章小结	382
第二章 斜拉桥	363	思考题	383
第五篇 桥梁墩台			
第一章 桥梁墩台的构造与设计	386	第二节 桥墩	388
第一节 概述	386	第三节 桥台	397

本章小结	404	本章小结	428
思考题	405	思考题	428
第二章 梁桥墩台计算	406	习题	428
第一节 梁桥墩台上的作用及其效应组合	406	第三章 拱桥墩台计算	429
第二节 重力式墩台的计算	407	第一节 拱桥墩台上的作用及其效应组合	429
第三节 桩柱式墩台的计算要点	411	第二节 拱桥轻型桥台的计算特点	431
第四节 柔性墩的计算	412	本章小结	434
第五节 设有支撑梁的轻型桥台的计算	415	思考题	434
第六节 桥台计算举例	418		
第六篇 桥梁施工			
第一章 梁桥施工	436	第二节 缆索吊装施工	480
第一节 钢筋混凝土简支梁桥的制造工艺	436	第三节 其他施工方法简介	489
第二节 预应力混凝土简支梁桥的制造		本章小结	494
工艺	444	思考题	495
第三节 装配式简支梁桥主梁的运输和		第三章 混凝土斜拉桥的施工	496
安装	453	第一节 主梁施工方法简介	496
第四节 悬臂和连续体系梁桥的施工特点	457	第二节 索塔施工要点	497
本章小结	468	第三节 斜拉索的制作、挂索和张拉	499
思考题	468	第四节 斜拉桥的施工控制与调整	504
第二章 拱桥的施工	470	本章小结	506
第一节 有支架施工	470	思考题	506
附录 I 铰接板荷载横向分布影响线竖标表	508		
附录 II G-M 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 值的计算用表	520		
主要参考文献	527		

第一篇

总 论

第一章

概 述

第一节 桥梁在交通事业中的地位和国内外桥梁的发展概况

一、桥梁在交通事业中的地位

建立四通八达的现代化交通网,大力发展交通运输事业,对于加强全国各族人民的团结、发展国民经济、促进各地经济发展、促进文化交流和巩固国防,都具有非常重要的意义。在公路、铁路、城市和农村道路以及水利建设中,为了跨越各种障碍(如河流、沟谷或其他线路等),必须修建各种类型的桥梁与涵洞,因此桥涵是交通线路中的重要组成部分。特别是在现代高等级公路以及城市高架道路的修建中,桥梁往往是保证全线早日通车的关键。在经济上,一般说来桥梁和涵洞的造价平均占公路总造价的 10% ~ 20%,而且随着公路等级的提高,其所占比例还会加大。在国防上,桥梁是交通运输的咽喉,在需要快速机动的现代战争中具有非常重要的地位。

随着科技的进步,工业水平的提高,社会生产力的高速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。现代高速公路上迂回交叉的立交桥、高架桥不但是规模巨大的工程实体,而且犹如一道地上“彩虹”。纵观世界各国的大城市,常以工程雄伟的大桥作为城市的标志与骄傲。桥梁已作为一种空间艺术结构物存在于社会之中。

二、我国桥梁建筑的成就

我国是世界上文明发达最早的国家之一,在世界桥梁建筑史上我们的祖先写下了不少辉煌灿烂的篇章。

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过大型浮桥。由于浮桥的架设具有简便快速的特点,所以它常被用于军事活动。汉唐以后,浮桥的运用日趋普遍。

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就已普遍在黄河流域和其他地区采用,不同的只是古桥多以木桩为墩柱,上置木梁、石梁。

近代的大跨径吊桥(或称悬索桥)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,至迟在唐朝中期,我国就从藤索、竹索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,比我国晚了近千年。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),灌县的安澜竹索桥(1803

年)等。泸定铁索桥跨长约 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,全长 340 m,分 8 孔,最大跨径约 61 m,全桥由 24 根竹索组成(每根竹索粗 0.167 m,用细竹篾编成),其中桥面索和扶栏索各半。

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,就是我国于公元 1053 年—1059 年在福建泉州建造的万安桥(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,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长的桥,实属中外桥梁史上的一个奇迹。

1240 年建造的福建漳州虎渡桥,也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。历史记载,这些巨大石梁是利用潮水涨落浮运架设的。

举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥),是我国古代石拱桥的杰出代表(图 1-1-1)。该桥在隋大业初年(公元 605 年左右)为李春所创建,是一座空腹式的圆弧形石拱桥,净跨 37.02 m,宽 9 m,拱矢高 7.23 m。在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,这样既能减轻自重、节省材料,又便于排洪、增加美感。



图 1-1-1 河北赵县赵州桥(公元 605 年)

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,颐和园内的玉带桥和十七孔桥,苏州的枫桥等。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。

在我国古桥建筑中,尚值得一提的是广东潮安县横跨韩江的湘子桥(又名广济桥)。此桥始建于公元 1169 年,全长 517.85 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。设置浮桥的目的,一方面是适应大型商船和上游木排的通过,另一方面也避免了过多的桥墩阻塞河道,以致加剧桥基冲刷而造成的水害。这座世界上最早的开合式桥,论石桥之长、石墩之大、桥型之多以及施工条件之难、工程历时之久,都是古代建桥史上所罕见的。

我国古代桥梁建筑曾取得举世公认的成就。但自 1840 年鸦片战争后,由于帝国主义列强的侵入、社会制度的腐朽,民不聊生,桥梁建筑的发展也停滞不前。解放前,我国交通事业落后,可供通车的公路里程很少,质量低劣。公路桥梁绝大多数为木桥,年久失修,破烂不堪。虽然也修过一些公路钢桁梁桥、吊桥和钢筋混凝土拱桥,但与当时世界上桥梁建筑的技术水平相比,仍处于非常落后的状态。

中华人民共和国成立后,随着社会主义建设的向前发展,桥梁建设同其他各条战线一样,也出现了突飞猛进的局面。

1957 年,第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成,既结束了我国万里长江无桥的状况,又标志我国的现代化桥梁技术水平提高到了新的起点。大桥的正桥为三联 3×128 m 的连续

钢桁梁,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 1670.4 m。

1969 年我国又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥(图 1-1-2),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 3×160 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,大桥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。

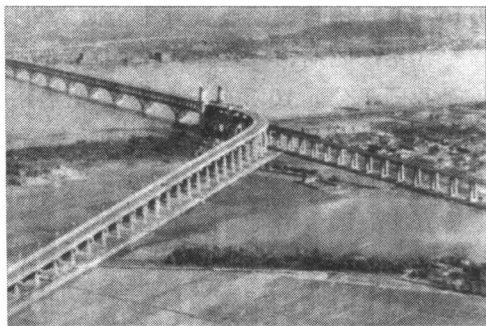


图 1-1-2 南京长江大桥(1969 年)

目前,我国最大跨度的公铁两用钢桥,为 1993 年建成的九江长江大桥,主跨为 216 m。

我国拱桥有悠久的历史。20 世纪 50 至 60 年代修建了大量经济美观的石拱桥,其中跨径最大的是云南省的南盘江长虹桥,跨径 112.5 m。之后跨径纪录一再刷新,1990 年建成的湖南凤凰县鸟巢河大桥最大跨径达 120 m。除石拱桥外,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,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速度,起了很大作用。此外,全国各地还因地制宜创建了其他一些各具特色的拱式桥型,其中推广较快的有江、浙一带修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,适合于在软土地基上建造;山东修建的两铰平板拱、河南修建的双曲扁拱、山西与甘肃修建的扁壳拱、广东修建的悬砌拱、广西修建的薄壳石拱、湖南修建的圉工箱形拱和石砌肋板拱等新桥型在结构或施工上也各具特色。

在拱桥的施工技术方面,除了有支架施工外,对于大跨拱桥,目前广泛采用无支架施工、转体施工、刚性骨架施工法等。图 1-1-3 所示是 1997 年建成的万县长江大桥。此桥是用钢管混凝土劲性骨架作为拱架施工的箱形拱桥,全长 856.12 m,主跨为 420 m,跨径居目前世界同类型桥梁之冠。矢跨比为 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 2×7.5 m 行车道和 2×3.0 m 人行道。主桥下为 I-(2)级航道。

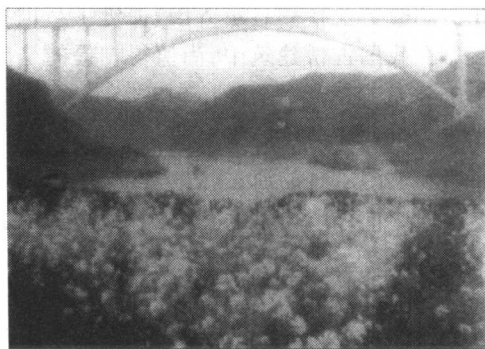


图 1-1-3 万县长江大桥(1997 年)

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥,在我国也获得了很大发展。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式或 T 形梁桥的定型设计,不但经济适用,并且施工方便,能加快建桥速度。1976 年建成的洛阳黄河公路大桥,为跨径 50 m 的预应力混凝土简支梁桥,全长达 3.4 km。目前,我国最大跨径的预应力混凝土简支梁桥是 1988 年建成的浙江瑞安飞云江桥,跨径为 62 m。

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悬臂梁桥和连续

梁桥。1980年建成的重庆长江大桥,为主跨 174 m 的 T 形刚构桥(图 1-1-4)。1991年建成的云南怒江桥,为主跨 154 m 的连续梁桥。1996年建成的黄石长江公路大桥,主跨为 245 m 的连续刚构桥。而 1997年建成的广东虎门大桥,由东引桥、主航道桥、中引桥、辅航道桥及西引桥五部分组成。大桥全长 4 588 m,桥宽 32 m。辅航道桥为主跨 270 m 的连续刚构桥,为当时同类型桥梁的世界最大跨径。它标志我国预应力混凝土桥梁建设水平已跨入世界先进行列。

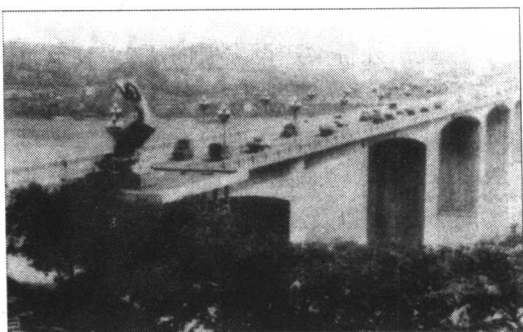


图 1-1-4 重庆长江大桥(1980 年)

近年来在世界桥梁建筑中蓬勃发展的现代斜拉桥,是结构合理、跨越能力大、用材指标低且外形美观的先进桥型。1975 年我国开始建造斜拉桥。从四川省云阳汤溪河桥到上海市的南浦大桥、杨浦大桥,历时 18 年建造了 30 余座,跨径从 76 m 到 602 m。1993 年建成的世界上跨度最大的结合梁斜拉桥——杨浦大桥(图 1-1-5),主跨为 602 m。杨浦大桥的成功兴建,标志着我国的斜拉桥技术已迅速赶上了世界先进水平,不但促进了全国范围内建造大跨度斜拉桥的新高潮,同时迎来了建造大跨度悬索桥的新形势。1998 年建成的香港青马大桥,为钢箱梁悬索桥,主跨 1 377 m,而 1999 建成的钢箱梁悬索桥——江阴长江大桥(图 1-1-6),主跨已达 1 385 m。

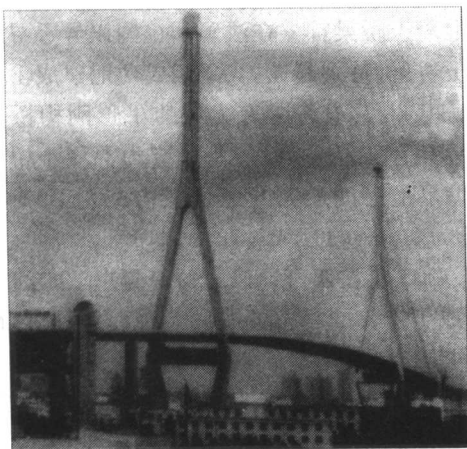


图 1-1-5 杨浦大桥(1993 年)

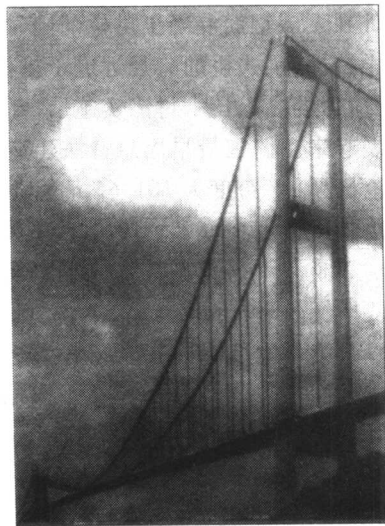


图 1-1-6 江阴长江大桥(1999 年)

在桥梁基础方面,除了广泛采用明挖基础、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,大幅度地减少了基础圬工数量,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,它所要求的施工机械少,动

力设备简易,操作方便迅速,易为群众掌握,且能钻入很深的土层。

三、国外桥梁建设简述和发展趋向

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。它推动了工业的发展,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。法国谢儒奈教授在拱架结构、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,法国建成的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 1946 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 年法国的约瑟夫莫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,所以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 年代间,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发展。法国费莱西奈教授设计,于 1930 年建成的三孔 186 m 拱桥和 1943 年瑞典建造的跨径 264 m 的桑独桥,均达到了很高的技术水平。后者作为此种拱桥的跨度纪录,一直保持到 1964 年澳大利亚悉尼港柏拉马塔河桥的问世。1980 年,在南斯拉夫用无支架悬臂施工方法建造了跨度达 390 m 的克尔克大桥,突破了 305 m 的前世界纪录。

国外在发展钢筋混凝土拱桥的同时,也修建了一些钢筋混凝土梁式桥,但限于材料本身所固有的力学特性,梁式桥的跨径远逊于拱桥。直至 1928 年法国著名工程师费莱西奈经过 20 年研究,使预应力混凝土技术付诸实施后,新颖的预应力混凝土桥梁首先在法国和德国以异乎寻常的速度发展起来。德国最早用悬臂法建造预应力混凝土桥梁,特别是在 1952 年成功地建成了莱茵河上的伦姆斯桥(跨度为 101.65 m + 114.20 m + 104.20 m,具有跨中剪力铰的 T 形刚构桥)后,这个方法就传播到全世界。10 年后莱茵河上另一座本道尔夫桥的问世,将预应力混凝土桥的跨度推进到 208 m,使悬臂施工技术日臻完善。目前,世界上跨度最大的连续刚构桥为 1998 年建成的挪威斯托尔马(Stolma)桥,主跨 301 m,桥跨布置为 94 m + 301 m + 72 m。

世界上第一座具有钢筋混凝土主梁的斜拉桥,是 1925 年在西班牙修建的跨越坦波尔河的水道桥(主跨 60.35 m)。1962 年在委内瑞拉成功地建成了宏伟的马拉卡波湖大桥,为现代大跨度预应力混凝土斜拉桥的蓬勃开展开辟了道路。该桥的主跨为 235 m,桥跨布置为 160 m + 5 × 235 m + 160 m。1995 年建成的法国诺曼底大桥,为混合式斜拉桥,主跨 856 m。目前世界上跨径最大的斜拉桥,为 1999 年建成的日本的多多罗桥,主梁为钢箱梁,主跨达 890 m。

吊桥是能够充分发挥钢材优越性能的一种桥型。美国在 19 世纪 50 年代从法国引进了近代吊桥技术后,于 19 世纪 70 年代发明了“空中架线法”编织桥缆。1937 年建成的旧金山金门大桥,主跨 1280.2 m,保持了 27 年桥梁最大跨径的世界纪录。目前已建成桥梁中最大跨径的桥梁,为 1998 年建成的日本明石海峡大桥,全长 3 910 m,主跨达 1 991 m(图 1-1-7)。

从以上桥梁建设简述可以看出,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。