

21世纪全国高职高专交通运输系列 **工学结合型** 规划教材

桥梁施工与维护

梁 斌 主编

- 4大学习情境构建桥梁施工与维护的工作过程
- 14个项目详解各式桥梁的施工方法和施工工艺
- 67个任务步步为营提升解决实际问题的操作能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



内 容 简 介

本书根据桥梁施工与维护的一般工作过程,从桥梁施工准备、梁式桥及其他形式桥梁等方面,阐述桥涵的主要构造及其施工方法、工艺要求,介绍桥涵维护的基本知识、基本技能、工作要点等。

本书适用于高职高专院校桥隧工程技术、道路桥梁工程技术、铁道工程与城市轨道交通工程技术等专业教学,也适用于从事桥梁施工与维护方面工作人员的岗前培训与自学,还可用于高职交通土建类相关专业相应层次的教学,并可供铁路、公路桥梁施工及维护专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工与维护/梁斌主编. —北京:北京大学出版社, 2014. 2

(21世纪全国高职高专交通运输系列工学结合型规划教材)

ISBN 978-7-301-23834-9

I. ①桥… II. ①梁… III. ①桥梁施工—技术—高等职业教育—教材②桥—维护—高等职业教育
IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018874 号

书 名: 桥梁施工与维护

著作责任者: 梁 斌 主编

策划编辑: 赖 青 杨星璐

责任编辑: 杨星璐

标准书号: ISBN 978-7-301-23834-9/U·0104

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25 印张 彩插 4 页 588 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn



图 0.1 福建泉州洛阳桥(万安桥)

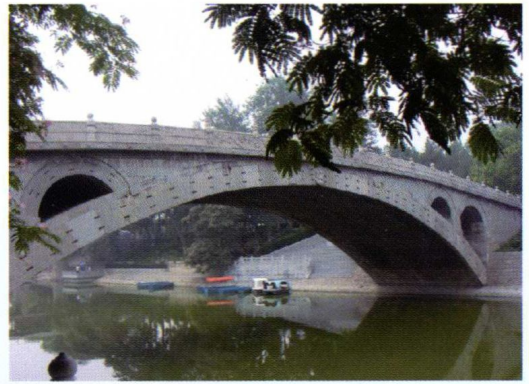


图 0.2 河北赵县安济桥(赵州桥)



图 1.23 双壁钢围堰施工



图 1.34 桥梁钢板桩围堰施工
流程(c)振动锤插打钢板桩



图 1.38 碗扣式脚手架



图 5.8 橡胶抽拔管



图 5.13 轮胎运架一体式架桥机



图 5.16 跨墩门式吊车架梁



图 6.16 挂篮施工状态



图 8.4 桁架拱

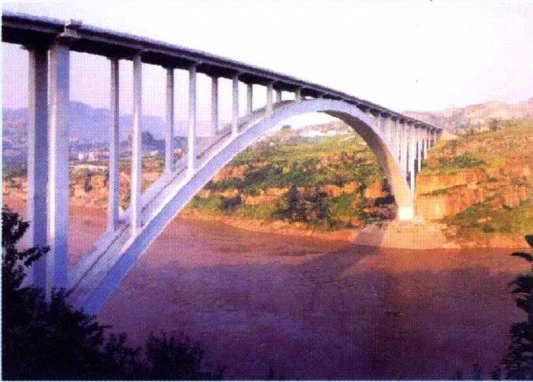


图 8.5 按桥面位置划分拱桥(a)上承式拱桥



图 8.5 按桥面位置划分拱桥(b)中承式拱桥



图 8.5 按桥面位置划分拱桥(c)下承式拱桥



图 8.14 缆索吊装安装拱部



图 8.18 边段拱肋悬挂方法(c)



图 8.19 吊运中段拱肋合龙



图 8.22 平面转体



图 8.23 竖向转体



图 8.30 钢管混凝土拱桥截面形式(a)哑铃形截面



图 8.32 钢管拱肋预拼



图 8.33 拱脚就位



图 8.34 支架法拱肋安装



图 8.35 泵送顶升浇筑拱肋混凝土



图 8.37 钢管混凝土劲性骨架



图 8.38 钢管混凝土劲性骨架合龙



图 10.6 隧道式锚碇



图 10.10 猫道架设(a)



图 10.11 送丝工艺示意图



图 10.14 吊索安装



图 10.15 跨缆吊机

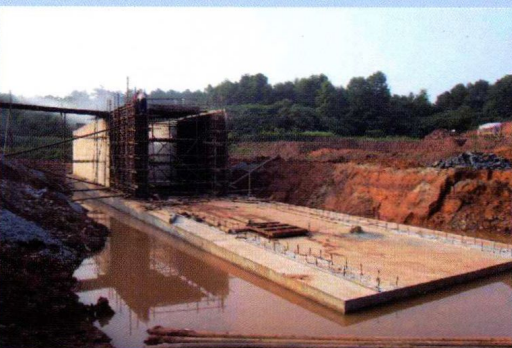


图 12.11 盖板涵的支架、模板



图 12.13 顶进设备及施工临时设施(b)滑板及顶铁

前 言



目 录

我国高速铁路、公路的建设正在加速形成快速交通网,伴随着铁路、公路等交通科学技术的迅猛发展,当前桥梁结构、形式、施工方法、机械设备等发生着巨大的变化,这对从事铁路、公路桥梁施工与维护的专业人员提出了更高的要求,对高职高专院校桥梁工程方面的专业人才培养也提出了新的课题。

本书是广西高等院校铁道工程专业特色专业及课程一体化建设项目的子项目,它贴近高职铁道工程技术等专业的人才培养目标,在理论方面坚持“实用”的原则,基本概念和基本理论力求简明扼要;在实践方面坚持“适用”的原则,项目设置和实践内容注重职业能力培养。

本书按照项目组织教学内容,全书分为4个学习情境,共设置14个项目和67个任务。本书由柳州铁道职业技术学院梁斌担任主编,柳州铁道职业技术学院何江斌、广东铁路职业技术学院郭咏辉、南京铁道职业技术学院魏连峰共同担任副主编,中铁九局集团有限公司高级工程师朱永进、中交路桥技术有限公司高级工程师陈双全共同担任主审。参与本书编写的还有柳州铁道职业技术学院熊辉、杨美玲、谭敏、刘祖军、冯春盛、潘家诚、陈国升、张愿、李萌、李芮、祖雅甜、梁庆庆,南京铁道职业技术学院冯淑珍,广西建设职业技术学院张广欣,南宁铁路局玉林工务段蒋伟兴,南宁铁路局柳州工务段王新莹,广西铁路投资集团廖磊毅,中铁三局贾志强、李军锋,中铁二十五局四公司罗亮江等。本书编写分工如下:熊辉、李芮负责项目1的编写,魏连峰、李萌负责项目2的编写,梁斌、罗亮江负责项目3的编写,梁斌、潘家诚负责项目4的编写,何江斌、刘祖军负责项目5的编写,郭咏辉、祖雅甜负责项目6的编写,张广欣、魏连峰负责项目7的编写,何江斌、冯淑珍负责项目8的编写,何江斌、贾志强、李军锋负责项目9的编写,谭敏、冯春盛负责项目10的编写,何江斌、郭咏辉、廖磊毅负责项目11的编写,梁斌、陈国升负责项目12的编写,杨美玲、梁庆庆、张愿负责项目13的编写,蒋伟兴、王新莹负责项目14的编写。

在编写本书的过程中,编者参考了大量的文献资料,由于参考的文献资料较多,只能将其中主要的文献列于书后,在此谨向所有文献资料的作者表示衷心的感谢和敬意。

限于编者的学术水平、教学经验、写作时间等,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正,以便及时修改。

编 者

2013年10月

任务 3.4 预制箱梁施工	103
任务 3.5 钻孔桩及挖孔桩施工	106
任务 3.6 沉井施工	114
思考与练习	123

目 录

绪论	1
思考与练习	10
学习情境 1 桥梁施工设计	11
项目 1 桥梁工程认知	13
任务 1.1 桥梁的分类与组成认知	14
任务 1.2 桥梁设计的程序与基本原则	20
任务 1.3 桥梁施工方法分类	23
任务 1.4 桥梁常用施工技术术语与分类标准	34
任务 1.5 桥梁施工常备式结构	37
任务 1.6 施工设备	42
思考与练习	53
项目 2 桥梁施工准备	54
任务 2.1 施工图审核	55
任务 2.2 施工调查	59
任务 2.3 施工组织设计与技术交底	61
任务 2.4 施工测量	71
任务 2.5 施工现场准备	72
任务 2.6 开工报告	75
思考与练习	77
学习情境 2 梁式桥构造与施工	78
项目 3 桥梁基础构造与施工	81
任务 3.1 基坑降排水施工	82
任务 3.2 基坑土方开挖与回填	91
任务 3.3 明挖扩大基础施工	93
任务 3.4 预制桩施工	99
任务 3.5 钻孔桩及挖孔桩施工	106
任务 3.6 沉井施工	114
思考与练习	123



项目 4 桥梁墩台构造与施工	124
任务 4.1 墩台的构造和尺寸认知	125
任务 4.2 轻型墩台认知	135
任务 4.3 桥梁附属设备认知	137
任务 4.4 混凝土墩台施工模板类型与构造认知	139
任务 4.5 桥墩钢筋混凝土施工	143
任务 4.6 高墩施工	154
思考与练习	162
项目 5 预应力混凝土简支梁构造与施工	163
任务 5.1 预应力混凝土简支梁构造	164
任务 5.2 预应力混凝土施工	167
任务 5.3 预应力先张法施工	174
任务 5.4 预应力后张法施工	178
任务 5.5 预制梁安装施工	182
任务 5.6 简支梁现浇施工	188
任务 5.7 桥梁支座施工	197
思考与练习	201
项目 6 预应力混凝土连续梁构造与施工	201
任务 6.1 预应力混凝土连续梁的基本构造	203
任务 6.2 悬臂浇筑法施工	212
任务 6.3 悬臂拼装法施工	219
任务 6.4 移动模架法施工	224
任务 6.5 顶推法施工	226
任务 6.6 逐孔架设法施工	233
思考与练习	236
项目 7 桥面系及附属工程构造与施工	237
任务 7.1 公路桥面铺装	238
任务 7.2 伸缩缝施工	240
任务 7.3 梁间铰接缝施工	243
任务 7.4 防排水设施	246
任务 7.5 人行道及栏杆	249
思考与练习	252
学习情境 3 其他形式桥涵的构造与施工	253
项目 8 拱桥构造与施工	255
任务 8.1 拱桥的构造	256
任务 8.2 拱桥就地浇筑施工	260
任务 8.3 装配式拱桥施工	266
任务 8.4 转体施工法	275
任务 8.5 钢管混凝土拱桥施工	284



思考与练习	291
项目 9 斜拉桥构造与施工	292
任务 9.1 斜拉桥分类与构造	293
任务 9.2 斜拉桥施工	299
任务 9.3 斜拉桥施工控制与调整	305
思考与练习	307
项目 10 悬索桥构造与施工	308
任务 10.1 悬索桥分类	309
任务 10.2 悬索桥构造与施工概述	311
思考与练习	318
项目 11 钢桥构造与施工	319
任务 11.1 钢桥类型及构造	320
任务 11.2 悬臂法安装钢梁	329
任务 11.3 拖拉法架设钢梁	331
任务 11.4 浮运法架设钢梁	334
思考与练习	338
项目 12 涵洞构造与施工	339
任务 12.1 涵洞的构造	340
任务 12.2 涵洞施工测量	345
任务 12.3 一般涵洞施工	346
任务 12.4 涵洞顶进施工	351
任务 12.5 涵洞附属工程施工	358
思考与练习	360
学习情境 4 桥涵工程验收与维护	361
项目 13 桥涵验收	363
任务 13.1 桥涵单位工程、分部工程、分项工程及检验批划分	364
任务 13.2 桥涵工程竣工资料目录	372
任务 13.3 竣工图编制	374
任务 13.4 桥涵工程验收概述	375
思考与练习	381
项目 14 桥涵维护	382
任务 14.1 桥梁检查与养护	383
任务 14.2 涵洞养护与维修	388
思考与练习	389
参考文献	390

绪论

1 教学目标

通过对桥梁发展简史、桥梁的作用与要求、桥梁发展动态的学习，了解我国古代和现代的桥梁发展状况，桥梁在铁路及公路中的作用与要求，有代表性的梁式桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥的概况与布置。

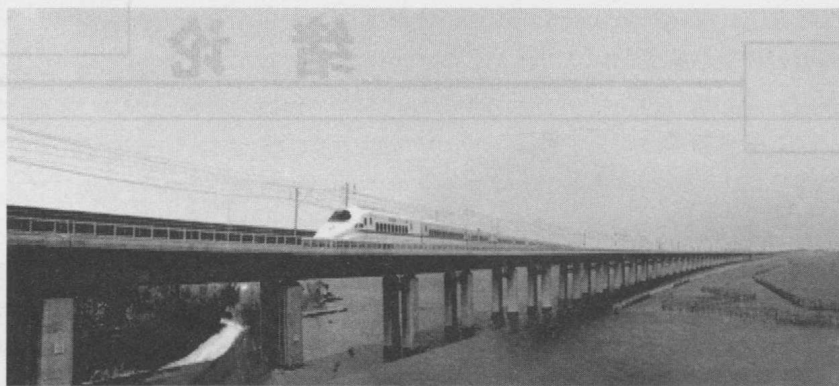
2 教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
我国桥梁发展简史	了解我国古代和现代桥梁的发展状况	桥梁使用功能、工程力学、设计及施工规范
桥涵的作用与要求	了解桥涵在铁路和公路中所起的作用，以及桥涵在设计和施工中的要求	建筑物的使用功能、工程材料基本知识
桥梁发展动态	了解有代表性的梁式桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥的概况与布置	土木工程行业相关知识



引子

在铁路和公路建设中,桥涵是很重要的部分,以成昆铁路为例,平均每公里线路有桥涵3座,桥梁总长度占线路长度的9%。以京沪高铁为例,桥梁总长度占线路长度的86.5%。



京沪高铁丹阳至昆山特大桥

0.1 我国桥梁发展简史

1. 我国古代桥梁

我国历史文化悠久,是四大文明古国之一。中国古代的木桥、石桥和铁索桥长时期保持世界领先水平,在桥梁发展史上曾占据重要地位,为世人所公认,其中有一些桥梁至今仍巍然屹立,继续发挥着作用。

我国古代石梁桥中,著名的有福建晋江的安平桥、福建泉州的洛阳桥(又名万安桥)等。我国现存建造时间最长的古代石桥,是位于晋江安海镇的安平桥。它始建于南宋绍兴八年(公元1138年),历时14年方告落成,是一座用花岗岩构筑的梁式长桥,桥全长为2070m,是当时世界上最长的梁式石桥,故有“天下无桥长此桥”的美赞。洛阳桥位于泉州洛阳江入海口处,从北宋皇祐五年(公元1053年)至嘉祐四年(公元1059年),历时7年建成了这座跨江接海的大石桥,如图0.1所示。造桥工程规模巨大,结构工艺技术高超,是对世界桥梁科学的一大贡献。由于当时洛阳江潮狂水急,“水阔五里”,“深不可址”,造桥工匠创造了一种直到近代才被人们认识的新型桥基——筏形基础;在桥下养殖大量牡蛎,把桥基石和桥墩石胶合凝结成牢固的整体,这就是造桥史上最别出心裁的“种蛎固基法”,也是世界上第一个把生物学运用于桥梁工程的创举。

我国很早就有石拱桥。由于赵州桥等一批古代拱桥的惊人成就,中国一直被誉为“拱桥王国”。最早见于文字记载的石拱桥是建于晋武帝太康三年(公元282年)、位于河南洛阳城东七里处的石建“旅人桥”(见《水经注》),它迄今保存良好,仍在用。现存最著名的石拱桥是建于隋大业年间(公元605~616年)的河北赵县安济桥(又名赵州桥),如图0.2

所示。此桥自建成至今将近 1400 年, 经过多次洪水和地震的考验, 仍完好无损, 为世上罕见。此桥是由李春主持修建的, 全长为 50.82m, 跨度为 37.02m, 拱圈矢高为 7.23m, 矢跨比约为 1:5, 构成坦拱, 便于行人和车马上下, 这在世界古代桥梁史上是极少见的。最巧妙的是在大拱之上, 两肩各有两个小拱, 创造了世界上最早的空腹式(又称敞肩式)桥型, 比欧洲同类型桥早 1200 余年, 在世界桥梁史上享有盛名。

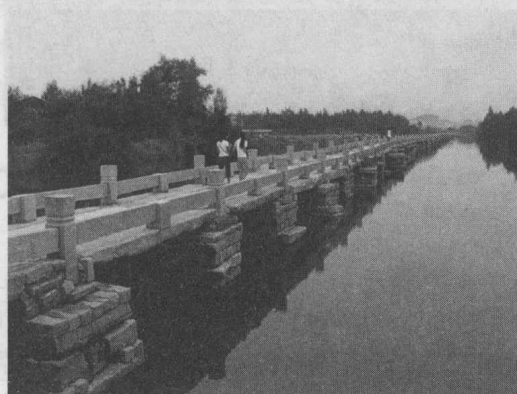


图 0.1 福建泉州洛阳桥(万安桥)

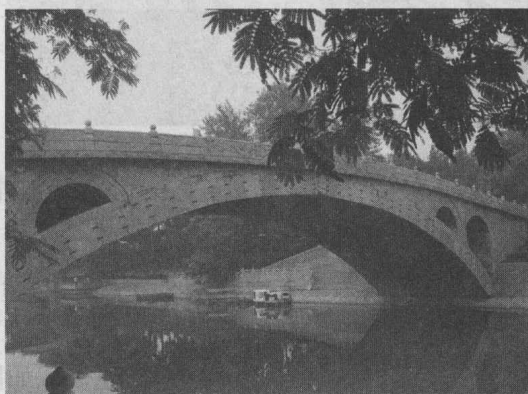


图 0.2 河北赵县安济桥(赵州桥)

我国也是被公认最早有索桥的国家。最早见于文字记载的铁索桥, 为杨衒之的《洛阳伽蓝记》所载, 是北魏时(距今约 1500 年)新疆地区的铁索桥, 这也是世界上最早的铁索桥。我国滇西一带铁索桥最多, 不下数十座。其中, 澜沧江上的霁虹桥名气最大。唐代建竹索桥, 明宪宗成化年间(距今约 500 年)改为铁索桥, 清康熙二十年(公元 1681 年)重建, 长约 103m, 是我国现存最古的铁索桥, 如图 0.3 所示。著名的索桥还有四川泸定县的铁索桥, 它跨越大渡河, 建于清康熙四十五年(公元 1706 年), 全长 103m。1935 年 5 月红军长征经过此桥, 从而闻名于世。

2. 我国近代桥梁

1840 年鸦片战争以后, 帝国主义势力猖狂入侵我国, 为了便于掠夺, 他们开始在我国修建铁路。1876—1911 年, 我国共修建铁路桥梁 6000 余座, 著名的有京汉线郑州黄河大桥、津浦线济南黄河大桥等; 1912—1927 年的北洋军政府时期, 全国修建铁路约 4000km, 其中大部分是向帝国主义国家贷款修建的, 并为其控制; 1912—1949 年共修建了铁路桥梁 7000 余座。

这个时期的桥梁, 我们唯一能引以自豪的是由茅以升先生主持兴建的杭州钱塘江大桥, 如图 0.4 所示, 该桥由他带领一批留学生自行设计和监造。由于当时我国的承包商还没有建造大桥的能力, 实际施工时由丹麦康益洋行承包下部结构和沉箱基础工程, 上部结构钢梁则由英商道门朗公司承包制造和安装。

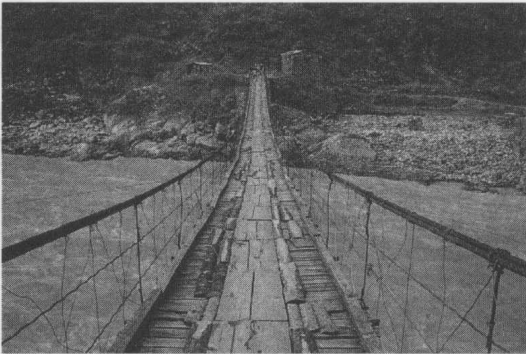


图 0.3 云南保山与永平之间的霁虹桥

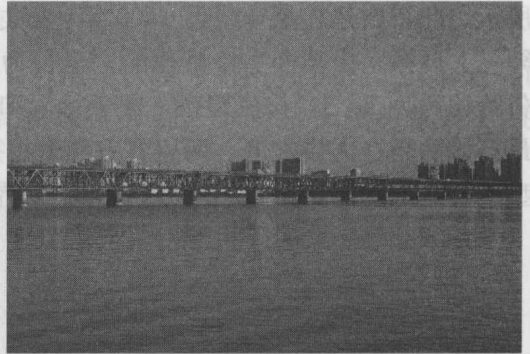


图 0.4 杭州钱塘江大桥

3. 我国现代桥梁

1949年后,党和政府十分重视铁路建设,随之桥梁建设发展很快,在数量和质量上都有很大的飞跃。

1957年,武汉长江大桥建成通车,如图0.5所示。它是20世纪50年代中国桥梁的一座里程碑,为中国现代桥梁工程技术的发展、南京长江大桥的兴建及桥梁深水基础工程的发展奠定了基础。武汉长江大桥采用了当时苏联最新的管柱基础技术。

1968年修建的举世闻名的南京长江大桥,如图0.6所示。这是我国自行设计、制造、施工,并采用国产高强钢材建造的现代化铁路、公路两用桥,下层是双线铁路,上层是公路。铁路桥全长6772m,江面正桥全长1577m,由10孔钢桁梁组成,包括3联9孔160m连续钢桁梁及1孔128m简支钢桁梁。因桥址水深流急,河床地质极为复杂,基础施工非常困难。该桥的建成,标志着我国钢桥建设技术又上了一个新台阶。

我国西南和滇北山地,地形极为复杂,谷深坡陡,河流峡谷两岸分布着数百米高的陡岩峭壁,由于多次地质构造运动形成断裂发育,曾被前苏联专家断定为“铁路禁区”。1984年12月8日,成昆铁路被联合国宣布为20世纪人类征服自然的三大杰作之首。成昆铁路全线修建各种桥梁991座,总线长为92.7km,占线路长度的8.5%,比较著名的有“一线天大石拱桥”、“金沙江大钢桥”、“绵川石拱桥”等。



图 0.5 武汉长江大桥



图 0.6 南京长江大桥

1983年在国内首先开展了斜拉桥三维颤振理论研究,并于1988年首次进行了上海南浦大桥结合梁斜拉桥方案的全桥气动弹性模型风洞试验,使我国成为世界上少数几个能进行这种试验的国家之一。1994年,同济大学土木工程防灾国家重点实验室又建成了实验段尺寸为15m(宽)×2m(高)×14m(长)的大型桥梁风洞,规模居世界同类风洞第2位。该风洞先后完成了主跨888m的虎门珠江悬索桥和主跨1385m的江阴长江悬索桥的全桥气弹模型风洞实验,标志着我国桥梁抗风研究水平已进入世界先进行列。我国香港的青马大桥,主跨1377m,为公铁两用双层悬索桥,是香港的标志性建筑,在世界工程大赛中荣获建筑业“奥斯卡奖”。

0.2 桥涵在铁路及公路建设中的重要性

桥涵是桥梁和涵洞的统称,都是指跨越障碍物的通道。既能排泄洪水,又能保持线路的连续性,这是桥涵的基本作用。桥梁还有代替路堤的作用。当铁路遇深谷、洼地,若以路堤通过需占大片良田或附近取土无来源时,可采用桥梁通过;当铁路临河傍山而行,地势险峻,修筑路堤有困难时,也可用桥梁通过。

桥涵是铁路和公路的重要组成部分。桥涵设置是否恰当,设计施工质量是否良好,对铁路和公路的运营有重大影响。如因地质、洪水、流冰等影响发生灾害,桥涵往往首当其冲;若桥涵孔径过小,排水不畅,常导致冲毁桥头路堤;若桥涵施工质量不良,则需整治加固。总之,若桥涵出现问题,小则影响运量,大则中断行车。

新建铁路和公路,桥涵的建筑费用在整个铁路和公路修建费用中所占比例很大。大桥往往是重点工程,尤其是深水大桥的施工,更为复杂艰巨,往往成为全线的关键工程,对通车日期起控制作用。

铁路桥涵和公路桥涵也直接影响沿线居民的生活和工农业生产。例如,桥涵孔径过小,洪水排泄不畅,往往导致淹没上游农田和房舍;若灌溉涵修建不当,将迫使下游的水田改成旱地;若交通桥(涵)满足不了需要,将影响交通运输。例如,武汉长江大桥和南京长江大桥两桥因净空高度分别只有18m和24m,从而成为“腰斩”长江水道、阻碍巨轮畅行之物。

0.3 我国各类桥梁发展动态

1. 梁桥

钢筋混凝土梁桥是一种常用的中小跨度桥梁。广西南宁邕江桥(1964年),其主跨最大为55m,是中国最早按闭口薄壁构件理论设计的一座箱形悬臂梁桥。

预应力混凝土梁桥在20世纪50年代中国已开始研制。1956年初首先在陇海线新沂河铁路桥上建成了跨度为23.9m的简支梁,目前最大跨度的梁桥为浙江省瑞安飞云江桥(跨度为62m,1988年)。1989年建成的开封黄河大桥为一座跨越黄河的特大公路桥,总长



4475.09m, 共 108 孔, 其中有 77 孔 50m 的简支梁采用连续长度达 450m, 其余 31 孔跨径为 20m, 如图 0.7 所示。

预应力混凝土 T 形刚构桥在中国 20 世纪 60 年代受到重视和发展。悬臂拼装 T 形刚构桥以河南五陵卫河桥(1964 年)为首创, 悬臂浇筑 T 形刚构桥则以广西柳州柳江大桥(1968 年)为先导, 重庆长江大桥(1980 年)是这种体系目前的主跨最大者, 主跨达 174m。柳江大桥位于广西柳州市, 是中国采用悬臂浇筑法建成的第一座预应力混凝土 T 形刚构城市桥, 该桥于 1968 年 12 月建成通车, 如图 0.8 所示。大桥全长 608.04m, 桥宽 20m。主桥长 408.19m, 由 3 个 T 构和挂梁组成, 最大跨度 124m, 挂梁长 25m。

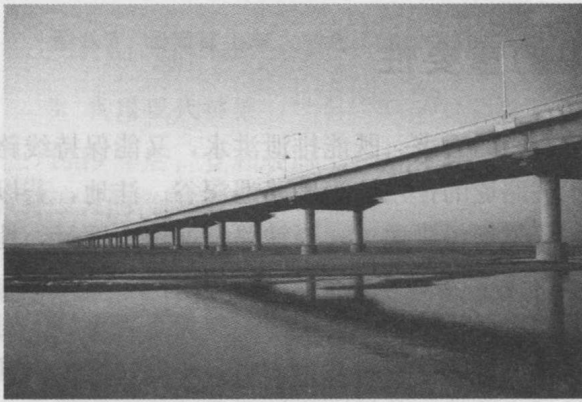


图 0.7 开封黄河公路大桥

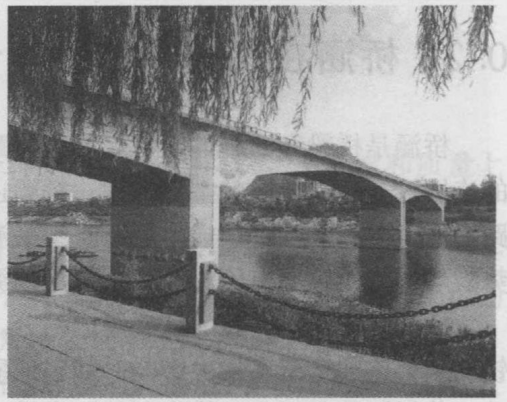


图 0.8 广西柳江大桥

钢桥在中国主要用于铁路桥或公路铁路两用桥建设。公路钢桥以山东省北镇黄河公路桥(1972 年)为最大, 最大跨度为 112m, 是一座铆接连续钢桁梁。基础采用 $\phi 1.5\text{m}$ 钻孔灌注桩, 最长入土深度达 107m, 为目前国内之最。公路、铁路两用的武汉长江大桥(1957 年)采用主跨 128m 的钢连续桁架梁, 3 号钢铆接连接, 首创了新型的 $\phi 1.55\text{m}$ 管柱基础(以后在江西省南昌赣江南桥中发展到 $\phi 5.8\text{m}$, 1962 年), 是中国桥梁建设的又一里程碑。南京长江大桥(1968 年)采用了较好的 16Mnq 钢材和主跨增大为 160m 的铆接连续钢桁架梁, 从材料、设计到施工均依靠本国力量建成, 并且发展了深水基础, 其中重型混凝土沉井穿越深度达 54.87m, 首次采用了 $\phi 3.6\text{m}$ 先张法预应力混凝土管柱, 创造了新颖的复合基础, 清基潜水作业水深达 65m。九江长江大桥(1992 年)采用了更好的国产 15MnVNq 钢材, 最大板厚达 56mm, 栓焊连接, 主跨达 216m, 是以柔拱加劲的连续钢桁架梁, 进一步发展了施工较为简便的双壁钢围堰钻孔基础。

2. 拱桥

拱桥为桥梁的基本体系之一, 适用于大、中、小跨公路或铁路桥, 尤其适宜跨越峡谷, 又因其造型美观, 也常用于城市、风景区的桥梁建筑。

1) 广西柳州文惠大桥

广西柳州文惠大桥于 1993 年动工, 1994 年建成通车。主桥长为 483m, 是广西第一座中承式钢管混凝土拱桥, 如图 0.9 所示。