



成人教育/网络教育系列规划教材

桥梁工程

Qiaoliang Gongcheng

主 编 王慧东
副主编 向 敏
主 审 靳明君



人民交通出版社
China Communications Press



成人教育/网络教育系列规划教材

Qiaoliang Gongcheng

桥梁工程

主 编 王慧东

副主编 向 敏

主 审 靳明君

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为成人及网络教育系列规划教材之一。本书以铁路桥梁为主,兼顾公路桥梁,系统地介绍了混凝土简支梁桥、预应力混凝土连续梁桥及刚构桥、拱桥、斜拉桥与悬索桥、钢梁及结合梁桥等几种常用桥型的构造特点、施工方法及计算原理和方法。本书考虑目前高等院校桥梁工程课程的教学实际情况,按最新修订的铁路、公路和城市道路桥梁的相关规范编写,同时还介绍了高速铁路和城市轨道交通中桥梁工程的相关内容。

本书可作为高等院校成人及网络教育土木工程专业桥梁工程课程的教材使用,亦可供桥梁工程领域相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 王慧东主编. --北京:人民交通出版社,2014.2

ISBN 978-7-114-10504-3

I. ①桥… II. ①王… III. ①桥梁工程—成人教育—网络教育—教材 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 066276 号

成人教育/网络教育系列规划教材

书 名: 桥梁工程

著 作 者: 王慧东

责任编辑: 王 霞 温鹏飞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 20.25

字 数: 515 千

版 次: 2014 年 2 月 第 1 版

印 次: 2014 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10504-3

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

成人教育/网络教育系列规划教材

专家委员会

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 王恩茂 | 兰州交通大学土木工程学院 |
| 任宝良 | 西南交通大学土木工程学院 |
| 吴力宁 | 石家庄铁道大学继续教育学院 |
| 宋玉香 | 石家庄铁道大学土木工程学院 |
| 张鸿儒 | 北京交通大学土木建筑工程学院 |
| 赵晓波 | 北京交通大学远程与继续教育学院 |
| 彭立敏 | 中南大学土木建筑学院 |
| 曾家刚 | 西南交通大学成人教育学院 |
| 韩 敏 | 人民交通出版社 |
| 雷智仕 | 兰州交通大学继续教育学院 |
| 廖 耘 | 中南大学继续教育学院 |

出版说明

随着社会和经济的发展,个人的从业和在职业能力要求在不断提高,使个人的终身学习成为必然。个人通过成人教育、网络教育等方式进行在职学习,提升自身的专业知识水平和能力,同时获得学历层次的提升,成为一个有效的途径。

当前,我国成人及网络教育的学生多以在职学习为主,学习模式以自学为主、面授为辅,具有其独特的学习特点。在教学中使用的教材也大多是借用普通高等教育相关专业全日制学历教育学生使用的教材,因为二者的生源背景、教学定位、教学模式完全不同,所以带来极大的不适用,教学效果欠佳。总的来说,目前的成人及网络教育,尚未建立起成熟的适合该层次学生特点的教材及相关教学服务产品体系,教材建设是一个比较薄弱的环节。因此,建设一套适合其教育定位、特点和教学模式的有特色的高品质教材,非常必要和迫切。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家教育事业第十二个五年规划》都指出,要加大投入力度,加快发展继续教育。在国家的总体方针指导下,为推进我国成人及网络教育的发展,提高其教育教学质量,人民交通出版社特联合一批高等院校的继续教育学院和相关专业院系,成立“成人及网络教育系列规划教材专家委员会”,组织各高等院校长期从事成人及网络教育教学的专家和学者,编写出版一批高品质教材。

本套规划教材及教学服务产品包括:纸质教材、多媒体教学课件、题库、辅导用书以及网络教学资源,为成人及网络教育提供全方位、立体化的服务,并具有如下特点:

(1) 系统性。在以往职业教育中注重以“点”和“实操技能”教育的基础上,在专业知识体系的全面性、系统性上进行提升。

(2) 简明性。该层次教育的目的是注重培养应用型人才,与全日制学历教育相比,教材要相应地降低理论深度,以提供基本的知识体系为目的,“简明”“够用”即可。

(3) 实用性。学生以在职学习为主,因此要能帮助其提高自身工作能力和加强理论联系实际解决问题的能力,讲求“实用性”,同时,教材在内容编排上更适合自学。

作为从我国成人及网络教育实际情况出发而编写出版的专门的全国性通用教材,本套教材主要供成人及网络教育土建类专业学生教学使用,同时还可供普通高等院校相关专业的师生作为参考书和社会人员进修或自学使用,也可作为自学考试参考用书。

本套教材的编写出版,如有不当之处,敬请广大师生不吝指正,以使本套教材日臻完善。

人民交通出版社
成人教育/网络教育系列规划教材专家委员会
2012年年底

前 言

作为成人及网络教育系列规划教材,本书结合成人教育的定位和以自学为主面授为辅的教学特点和模式,在体现桥梁工程学科的系统性、先进性的基础上,本着“够用、实用、适用,适合自学”的原则进行编写。

本书包括:绪论、混凝土简支梁桥、预应力混凝土连续梁桥及刚构桥、拱桥、斜拉桥与悬索桥、钢梁及结合梁桥共六章,按现行的《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—2005)、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 10002.3—2005)、《铁路桥涵混凝土和砌体结构设计规范》(TB 10002.4—2005)、《铁路结合梁设计规定》(TBJ 24—89)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)及《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)、《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》(TZ 203—2008)、《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210—2001)编写,并力求充分反映当前桥梁工程的科研、设计及施工成果。本书在充分阐述铁路与公路桥梁工程共性的基础上,以铁路桥梁工程为主,兼顾公路桥梁工程,并且介绍了高速铁路和城市轨道交通中桥梁工程的基本内容。在阐释规范基本原理和基本方法的同时,给出其使用的过程,对重要内容提供了相应的例题,力求最大限度地贴近工程实践和应用。

通过本书的学习,学生可以掌握土木工程学科的基本原理和基本知识,完成桥梁工程师的基本训练,能胜任一般桥梁工程的技术与管理工作,具有了较扎实的基础理论及桥梁工程专业素养和较强的实践能力。

本书由石家庄铁道大学王慧东编写第一章、第五章,王兴珍编写第二章,孟庆峰、王兴珍编写第三章,陈铁编写第四章,向敏编写第六章,全书由王慧东、向敏整理统稿。靳明君教授审阅了全部文稿,并提出了很多宝贵意见。

本书编者在编写过程中参考和引用了大量其他同行和研究者的成果,在此致以诚挚的谢忱。尽管著者勤奋写作,但由于水平所限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

王慧东 于都市桃园
2013年1月

自学指导

课程性质

本课程是土木工程本科专业桥梁工程方向必修的专业核心课之一,主要论述简支梁桥、连续梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥及其他几种常见组合体系桥型的计算原理、检算内容和方法,是解决桥梁工程上部结构的设计检算和施工问题的基础,与阐述桥梁工程下部结构的《桥梁墩台与基础工程》是有机的整体,两部分共同构成桥梁工程学科体系。

地位和作用

《桥梁工程》是一门专业课程,主要结合现行的桥梁工程规范阐述简支梁桥、连续梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥及其他几种常见组合体系桥型的构造、设计理论、计算方法和施工技术,通过该课程的学习,可以培养学生使用相关桥梁规范进行桥梁上部结构设计检算,具有按相关规范组织桥梁上部结构进行施工的能力,使学生完成桥梁工程师的关于桥梁工程上部结构修养的基本训练。

学习目的与要求

通过本课程的学习,使学生掌握桥梁上部的构造、设计理论、计算方法和施工技术,可以依照现行相关的桥梁规范进行上部结构的设计和检算,能够组织一般桥梁上部结构的施工。

该课程为专业课,具有很强的实践性,因此既要熟悉桥梁上部结构的构造原理,又要掌握规范对构造的相关规定;既要熟悉桥梁上部结构设计理论、设计内容、检算项目,又可以使用规范进行相关内容的检算;同时,还要熟悉相关施工规范的内容,可以组织一般桥梁上部结构的施工。

学习时应抓住以下几点:

- (1) 构造及相关规定。
- (2) 结构计算原理及规范规定的检算内容、项目和指标。
- (3) 理论联系实际,学习的目的是应用。

本课程的学习方法

1. 端正学习态度

“态度决定一切”在本课程的学习中同样适用。本课程涉及桥梁上部结构的构造、计算、施工等内容,并与多门专业基础课和专业课有着十分密切的联系,具有内容繁杂,计算难度大,实践性强等特点。要学好本课程,必须树立端正的态度,才能在学习中取得良好的成绩。

2. 理论联系实际

本课程实践性强,各部分内容中,构造及施工直接与实践紧密相连,需要借助图片、录像等媒介,甚至到工程现场,才能学好;而计算内容的学习需在熟悉构造的基础上,才能保证计算模型的正确性,并对计算结果做出合理的判断。因此,理论联系实际,是学好本课程的重要原则。

3. 做好学习前的准备工作

在学习本课程之前,应认真弄清本课程的地位、主要学习内容以及与其他专业基础课之间的关系,并在学习之前和学习过程中,认真复习相关的知识,为本课程的学习奠定良好的基础。

4. 加强计算内容的学习,多做相关练习

本课程涉及较多的计算内容,与结构力学、材料力学、土力学、结构设计原理等专业基础课联系密切,且又在相关公式的基础上引入了一些假定,其计算内容和过程还与结构的构造,甚至施工工序有直接的关系。如果这些专业基础课的知识不扎实,或对结构的构造和施工技术不能较好地掌握,则会影响到计算内容的正确性。

由于计算内容与其他课程联系较多,易引起学员的畏难思想,但这部分内容非常重要,必须克服畏难心理,在认真研读例题的基础上,增加练习的数量,逐步实现融会贯通。

5. 通过多种手段学习结构的构造及施工知识

结构的构造和施工知识都具有很强的实践性,学员应到工程现场进行实地学习。现阶段网络技术非常发达,学员可以从网络上获取很多有用的知识。就本课程而言,学员可重点关注三类网站,即各拥有土木工程学科的高校网站(重点关注其中国家级或省级土木类精品课程);各专业性网站,如中国桥梁网,中国道桥网,钢结构论坛等;各综合性网站中的结构论坛版块,如网易结构论坛等。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 桥梁的发展历程	3
第二节 桥梁组成分类及结构体系	18
第三节 桥梁设计基本原则与程序	25
第四节 桥梁设计荷载	33
第五节 桥面构造	46
第二章 混凝土简支梁桥	57
第一节 铁路钢筋混凝土简支梁桥	59
第二节 铁路预应力混凝土简支梁桥	68
第三节 公路钢筋混凝土简支梁桥	83
第四节 城市有轨交通轨道梁	104
第五节 桥梁支座	107
第三章 预应力混凝土连续梁桥及刚构桥	117
第一节 预应力混凝土连续梁桥构造与设计内容	119
第二节 连续梁的施工	126
第三节 连续梁结构内力计算	150
第四节 刚构桥	176
第四章 拱桥	189
第一节 拱桥类型与特点	191
第二节 拱桥构造	195
第三节 拱桥设计	211
第四节 拱桥施工	215
第五章 斜拉桥与悬索桥	227
第一节 斜拉桥总体布置	229
第二节 斜拉桥构造与设计	234
第三节 斜拉桥计算与分析	244
第四节 斜拉桥施工	251
第五节 悬索桥的构造	252
第六节 悬索桥施工特点与施工控制	257
第六章 钢梁及结合梁桥	263
第一节 钢板梁桥	265
第二节 下承式简支栓焊钢桁梁	270
第三节 普通钢桥的制造与安装	293
第四节 钢—混凝土结合梁桥	298
参考文献	310

第一章 DIYIZHANG

绪 论



本章导读

本章对桥梁的发展历程,桥梁的作用、组成及分类,桥梁设计基本原则与程序,桥梁的设计荷载,桥面构造等内容进行了介绍,为各项内容的深入展开做好了铺垫。学好本章的内容,将有利于从总体上把握本书的脉络,并为后续学习奠定坚实的基础。



学习目标

1. 桥梁的组成、结构体系划分;
2. 桥梁的设计荷载分类及组合;
3. 桥面构造及组成。



学习重点

1. 桥梁的作用及组成;
2. 桥梁的分类及特点;
3. 桥梁设计荷载;
4. 桥面构造。



学习难点

1. 桥梁的组成、结构体系划分;
2. 桥梁设计荷载。



本章学习计划

内 容	建议自学时间 (学时)	学 习 建 议	学 习 记 录
第一节 桥梁的发展历程	2	了解桥梁的发展历程	
第二节 桥梁组成分类及结构体系	1.5	掌握桥梁的组成分类, 并熟悉桥梁的结构体系	
第三节 桥梁设计基本原则与程序	0.5	了解桥梁设计的基本原则, 掌握设计的程序	
第四节 桥梁设计荷载	1.5	掌握我国规范中对桥梁 设计荷载的分类及组合	
第五节 桥面构造	0.5	了解桥梁结构的桥面 构造	

第一节 桥梁的发展历程

桥梁是供车辆和行人跨越河流、山谷、海湾或其他线路时的工程建筑物,是跨越障碍的通道。桥梁是随着历史的演进和社会的进步而逐渐发展起来的。考察近代桥梁发展的历史可以看出,当陆地交通运输工具发生重大变化,以及工程材料取得重大进步时,对桥梁在载重、跨度方面提出新的要求,推动了桥梁工程技术的发展。桥梁发展到今天,其基本类型虽仍是梁桥、拱桥和悬索桥,但建设技术更加先进合理,建筑材料更加坚固耐用,结构形式更加丰富多彩,使用功能更加完备齐全。

在现代社会中,建立高效的交通运输网络,对发展经济、提高国力具有重要的意义,而桥梁是其不可或缺的组成部分。一座重要的桥梁通常会集中体现出一个国家和地区在工程设计、建筑材料和制造工艺等方面的技术水平。作为建筑实体它会反映当时社会的意识形态,并长久地存在于社会生活之中。这些工程宏大、造型雄伟壮观的大桥,具有很高的审美价值,成为一座城市或者地区的标志。

纵观桥梁建筑的历史特征,按时间顺序将其划分为古代桥梁、现代桥梁和当代桥梁。

古代桥梁大致指 19 世纪中叶以前所修建的桥梁。这些桥梁的设计和施工完全依靠建造者的经验,没有力学知识的指导。建桥材料以天然的或加工过的木材、石材为主,及藤索、铁索、铸铁,乃至锻铁。在桥型方面,有梁桥、拱桥和索桥三大类。当时技术、工具落后,不会修建深水基础,施工周期也长。

现代桥梁指 19 世纪后期以来,由工程师使用工程力学、设计规范及桥梁工程知识所兴建的桥梁。19 世纪 20 年代,世界上出现铁路,现代桥梁主要是为适应铁路建设的需要,在 19 世纪后期逐步发展起来。在铁路发展的初期,建桥材料仍是木材、石材、铸铁和锻铁等。后来钢材逐步占据主导地位。20 世纪初,钢筋混凝土逐渐受到桥梁界重视,开始用于中、小跨度桥梁。建桥工具得到很大发展,出现了蒸汽机、打桩机、电动工具、起重机具、铆钉机等。在深水基础方面,可以施工沉井、气压沉箱和大直径桩。从 20 世纪 30 年代起,随着汽车工业的发展,公路桥梁也开始大力发展。

当代桥梁指在 20 世纪 50 年代左右发展起来的,主要为公路和城市道路服务的桥梁。在材料方面,除常规钢材和钢筋混凝土外,还有预应力混凝土、高强螺栓、高强钢丝、低合金钢以及其他新型材料。用于桥梁建造的机具和设备有焊接机、张拉千斤顶、振动打桩机、大吨位起重机和浮吊、钻机、架桥机等。在桥梁基础方面,可修建高桩承台、大直径打入斜桩和就地灌注桩、浮运沉井等。在梁桥、拱桥和悬索桥等基本桥型的基础上,发展了许多新桥型和构造,如连续刚构桥、斜拉桥、梁拱组合体系、箱形梁、结合梁、正交异性钢桥面板等。结构设计理论得到改进和完善,逐步从容许应力法向极限状态法发展;结构分析也更加注重大跨、纤细结构的振动以及地震问题的研究。施工技术和工艺得到重视,出现了不少新的施工方法,如悬臂施工、转体施工、浮运法以及整件吊装等。

一、我国桥梁建筑

我国历史文化悠久,是世界文明古国之一,我们的祖先在世界桥梁建筑史上写下了光辉灿烂的篇章。据史料记载,远在约 3000 年前的周朝,宽阔的渭河上就出现过浮桥。在隋大业元年约

4 桥梁工程

学习记录

公元 605 年,李春在河北赵县修建了净跨 37.02m,宽 9m 的赵州石拱桥,又称安济桥,见图 1-1。该桥构思巧妙,造型美观,工艺精致,历经 1400 年而无恙,举世闻名,被誉为“国际土木工程里程碑建筑”。1192 年建成的位于北京西南的卢沟桥,共 11 孔,跨度 11.4~13.5m,桥栏上配有栩栩如生大小石狮子 485 个,世所罕见。

建于宋朝的福建泉州万安桥(又称洛阳桥,1053—1059 年),长 834m,共 47 孔,位于“波涛汹涌,水深不可止”的洛阳江口上。建桥时先顺桥向抛投大量块石,在水面上形成一条长堤,然后在块石上放养牡蛎,靠牡蛎壳与块石相胶结形成的整体筏形基础来抵抗风浪。在这水下长堤上,用大条石纵横叠置(不用灰浆)形成桥墩,再架设石梁。世界上最长的石梁桥,当属福建泉州安平桥。该桥始建于南宋绍兴八年(1138 年),前后经历 13 年建成,长近五华里(俗称五里桥),共 352 孔,现存 2070m,被誉为“天下无桥长此桥”,见图 1-2。1237 年建造的福建漳州虎渡桥(长 335m),其所用的巨型条石尺寸达 $1.7\text{m} \times 1.9\text{m} \times 23.7\text{m}$,质量将近 200t。上述颇具代表性的古代桥梁集中体现了我国劳动人民在桥梁美学、力学、基础工程、起重运输工程和制造工艺方面的伟大成就。

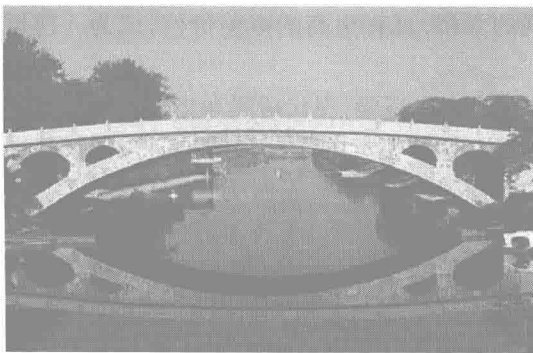


图 1-1 赵州桥(约公元 605 年)



图 1-2 安平桥(公元 1138 年)

近代铁路桥梁方面,1876 年,英商在上海私修吴淞铁路,1881 年清政府修建唐山胥各庄铁路,是中国铁路和铁路桥梁的开端,但大部分桥梁建造是由外商垄断的。20 世纪 30 年代,曾修建过一些钢桁架梁桥和混凝土梁桥、拱桥等。著名的杭州钱塘江桥,其位于浙赣铁路,气压沉箱基础,主跨 $16 \times 65.8\text{m}$,公铁两用,由我国桥梁先驱茅以升先生主持修建,1937 年 9 月通车,同年 12 月侵华日军攻陷杭州,国民政府军队西撤后将桥炸毁,1947 年 3 月修复,如图 1-3 所示,但与当时世界先进的桥梁建筑技术相比,还是落后的。

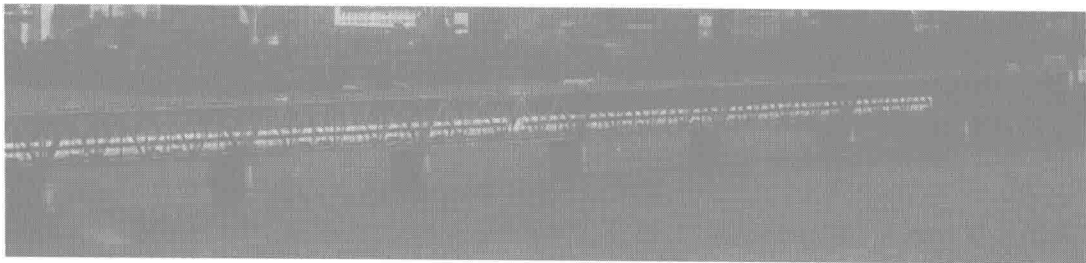


图 1-3 杭州钱塘江大桥(1937 年)

中华人民共和国成立后,桥梁工程得到很大发展。在国民经济恢复时期和第一个五年计划期间,迅速修复并加固了不少旧桥,也新建了不少重要大桥。在 20 世纪 50—60 年代,修订了桥梁设计规范,编制了桥梁标准设计,逐步培养并形成了一支桥梁工程设计与施工队伍,为桥梁工

程的稳步发展创造了有利条件。1978年后,随着国家经济的迅猛发展和国力的增强,桥梁工程出现了前所未有的强劲发展局面,以图赶超世界先进水平。

1957年,武汉长江大桥建成,它使中国的长江南北两岸的铁路网连接起来,结束了我国万里长江无桥的状况,标志着我国钢桥技术提高到新的水平。该桥为公铁两用,大桥全桥为 $3 \times 128\text{m}$ 的连续钢桁架梁,下层为双线铁路,上层为 18m 宽的公路桥面,全桥总长 1670.4m 。1969年,南京长江大桥建成(图1-4),这是我国自行设计、制造、施工,并采用国产高强钢材的现代化公铁两用桥。大桥正桥为3联 $3 \times 160\text{m}$ 的连续钢桁梁及1孔 128m 的简支钢桁梁,下层为双线铁路,全长 6772m ;上层公路桥总长 4589m 。因桥址处水深流急,地质复杂,基础施工非常困难。该桥的建成标志着我国桥梁工程建设技术又上了一个新台阶。

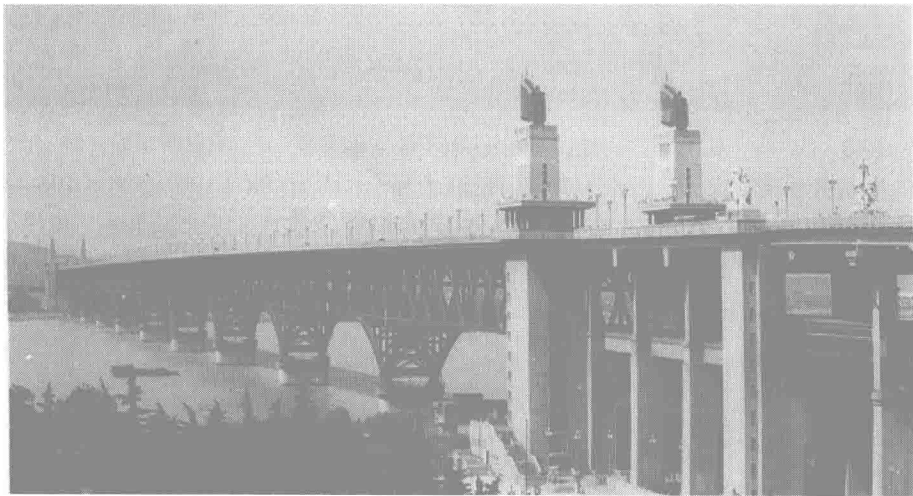


图1-4 南京长江大桥(1969年)

1993年,九江长江大桥(公铁两用桥,见图1-5)建成,该桥主跨采用 $180\text{m} + 126\text{m} + 180\text{m}$ 的钢桁梁加柔性拱,第一次使连续钢桁梁的跨度超过了 200m 。

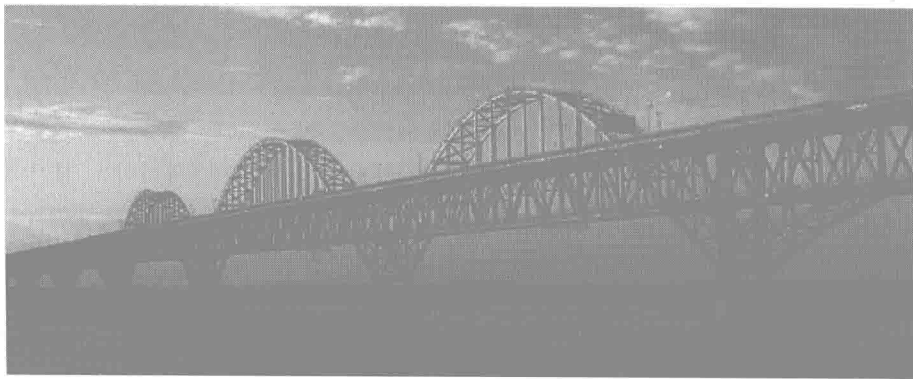


图1-5 九江长江大桥(1993年)

2000年8月,芜湖长江大桥(图1-6)顺利合龙,是目前我国跨度最大、规模最大的公铁两用桥,它是在长江上修建的第九座公铁两用桥,它的建成,表明我国已彻底结束长江上火车轮渡的历史。芜湖长江大桥主跨为连续钢桁架梁加低塔斜拉索加劲的组合体系,分跨为 $180\text{m} + 312\text{m} + 180\text{m}$,其余为最大跨度 144m 的连续钢桁架梁,主跨基础采用双壁钢围堰大直径钻孔桩。下层铁路桥全长 10.6km ,上层公路桥为4车道,宽 18m ,全长 6.08km 。大桥建设体现出钢桥的当代水

学习记录

平。除桥型外,还采用了钢筋混凝土桥面板与主桁架结合的板桁组合结构、厚板焊接整体节点、大尺寸箱形杆件等技术。



图 1-6 芜湖长江大桥(2000 年)

图 1-7 为石武客专武汉天兴洲公铁两用长江大桥,主桥为 $(98 + 196 + 504 + 196 + 98)$ m 的双塔三索面三主桁斜拉桥,上层为 6 车道公路,下层为 4 线铁路(两线客运专线、两线 I 级铁路)。采用纵横梁体系,有砟桥面,混凝土桥面板在纵梁上方加托,桥面采用只与纵梁结合,不与主桁及横梁结合的道砟槽板结合桥面。

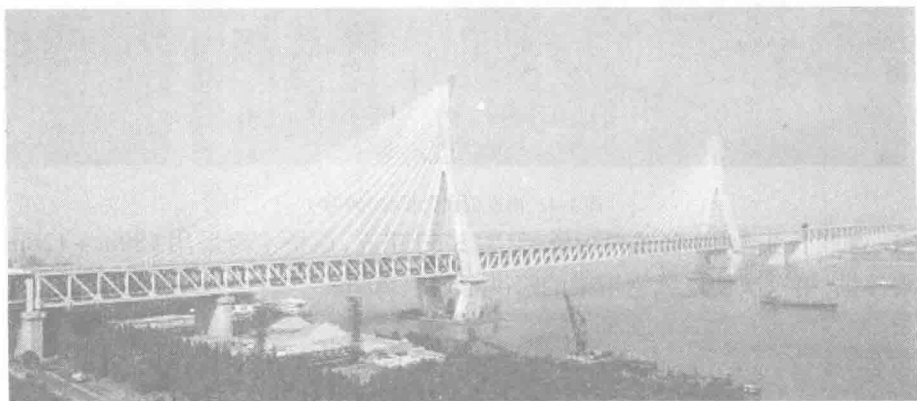


图 1-7 天兴洲长江大桥(2009 年)

京沪高速铁路南京大胜关长江大桥为三主桁拱的 6 线铁路桥梁(图 1-8),其中两线为高速正线、两线为 I 级铁路干线,另两线为地铁;设计行车速度为 300km/h。主桥采用 $(108 + 192 + 336 + 336 + 192 + 108)$ m 连续钢桁拱桥,浅水区域边孔用两联 2×84 m 连续钢桁梁,主桥和边孔都为三片主桁或三片钢桁拱。桥面经多种方案比选,最终采用由正交异性钢桥面板和主桁的下弦杆焊连在一起的整体钢桥面结构。混凝土道砟板与正交异性钢桥面板相结合,形成道砟整体结合桥面。

我国大跨径铁路(包括公铁两用桥梁)以桁架梁形式为主。材料主要采用 16Mnq 钢等低合金钢,结构连接从早期的铆接过渡到栓焊连接,施工采用伸臂拼装等方法。在 20 世纪 80 年代,我国开始研制钢箱梁和正交异性桥面板结构。1982 年,在陕西安康建成了主跨 176 m 的铁路斜腿刚构桥,居世界同类桥梁首位。近三十多年来,随着大跨度公路悬索桥、斜拉桥的建设,全焊加劲钢箱梁结构得到较多的应用。

钢筋混凝土简支梁在小跨度桥梁中应用较早。从 20 世纪 50 年代起,我国开始对预应力混

凝土桥进行研究和试验。1956年,建成第一座使用跨度20m预应力混凝土简支梁的京周公路哑巴河公路桥和第一座使用跨度23.8m预应力混凝土简支梁的东陇海线新沂河铁路桥。六十年来,按各种标准跨度、不同截面形式、先张法或后张法、普通高度梁或低高度梁等,逐步形成了系列标准设计,使混凝土简支梁桥在中小跨度范围内得到广泛应用。例如,至今我国铁路已建成预应力混凝土梁3万孔左右,其中绝大部分是中小跨度的桥梁。公路预应力混凝土简支梁跨径纪录为62m,铁路简支梁桥跨径纪录为64m。

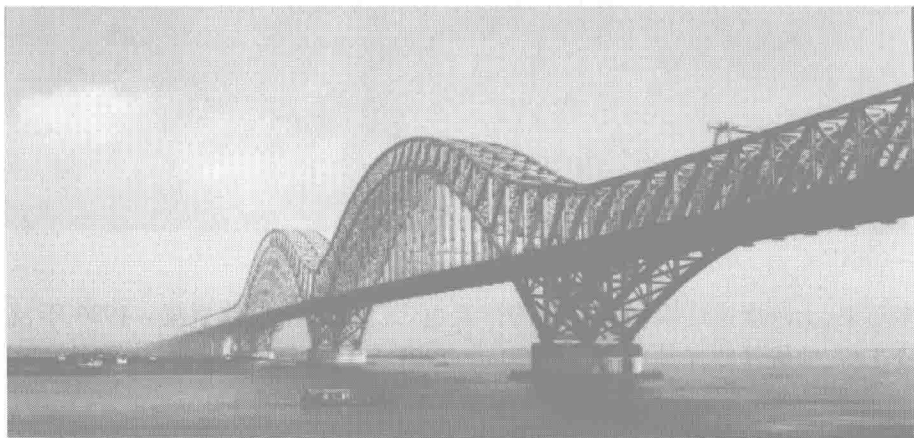


图 1-8 大胜关长江大桥(2011 年)

1965年,我国采用悬臂施工方法,开始建造预应力混凝土T形刚构桥,如江苏盐河公路桥(分跨16.5m+33.0m+16.5m)和河南卫河窄轨铁路桥(分跨25m+50m+25m),这为以后修建大跨度预应力混凝土桥梁积累了经验。从20世纪80年代起,采用悬臂法施工的大跨度预应力混凝土连续梁桥以及连续刚构桥得到迅速发展。通常,这类桥型在纵向采用三跨对称布置的变高度变截面梁,在横向采用单箱(或多箱)单室(或多室)的箱形截面,纵横向钢筋采用钢绞线大吨位预应力体系,竖向预应力采用高强度粗钢筋,施工方法为对称悬臂浇筑或拼装。1988年,首次在国内建成的广东洛溪大桥(双薄壁墩,分跨65m+125m+180m+110m,图1-9),是预应力混凝土梁桥向更大跨度发展的开端,也为这一桥型在国内的发展奠定了坚实基础。在随后的二十多年里,先后修建了几十座同类桥梁,2006年建成的重庆石板坡长江大桥为钢—混凝土混合连续刚构桥,主跨达330m,跨度中部为108m长的钢箱梁,采用浮运吊装架设,见图1-10。

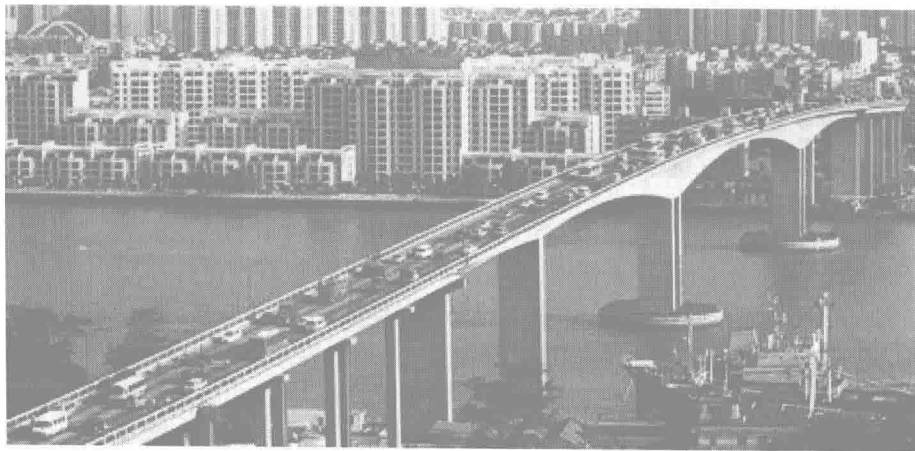


图 1-9 广东洛溪大桥(1988 年)



图 1-10 石板坡长江大桥(2006 年)

三十多年来,大跨度连续梁和连续刚构体系也广泛应用于铁路桥梁。1986 年,在广西防城建成的茅岭江桥,单线铁路连续梁主跨为 80m。1991 年,在浙江杭州建成的钱塘江二桥为双线铁路连续梁,主跨为 80m,一联长度达 1340m,居世界首位,见图 1-11。1995 年,在四川攀枝花建成的攀钢专用线金沙江桥为单线铁路连续刚构,主跨为 168m,居国内同类桥梁首位。1996 年,在南昆线上建成了 4 座各具特色的预应力混凝土桥:清水河桥、板其 2 号桥、喜旧溪桥和南盘江桥。清水河桥采用连续刚构体系,主跨为 128m,从谷底到桥面高达 182m,墩高 100m,为铁路桥梁的最高墩。板其 2 号桥采用曲线连续刚构体系,主跨布置为 $44\text{m} + 72\text{m} + 44\text{m}$,曲线半径为 450m,是我国铁路上第一座弯梁桥。喜旧溪桥是主跨布置为 $44\text{m} + 72\text{m} + 44\text{m}$ 的连续刚构体系,主墩采用布置两个横联的双薄壁结构。南盘江桥的主跨是带“V”形支承的连续梁体系,按部分预应力混凝土理论设计。2004 年,在重庆武隆渝怀线建成的黄草乌江双线铁路桥,主跨达 168m,见图 1-12。



图 1-11 钱塘江二桥(1991 年)



图 1-12 黄草乌江大桥(2004 年)

我国石拱桥历史悠久。建国以来,修建了大量经济美观的石拱桥。1959 年建成的湖南黄虎港桥,主跨 50m,首次采用木板拱架技术施工;1961 年建成的洛阳龙虎门桥,主跨 90m,采用钢拱架施工;同年建成的云南长虹桥主跨达 112.5m。1972 年建成的四川丰都县九溪沟公路大桥,跨度达 116m。1990 年,湖南凤凰建成鸟巢河桥,跨度达 120m,见图 1-13。2000 年完成的山西晋城至河南焦作公路线上的丹河大桥,跨度达 146m,创造了同类桥型新的世界纪录。铁路石拱桥跨度纪录为 1966 年建成的跨度 54m 的成昆铁路一线天桥,见图 1-14。