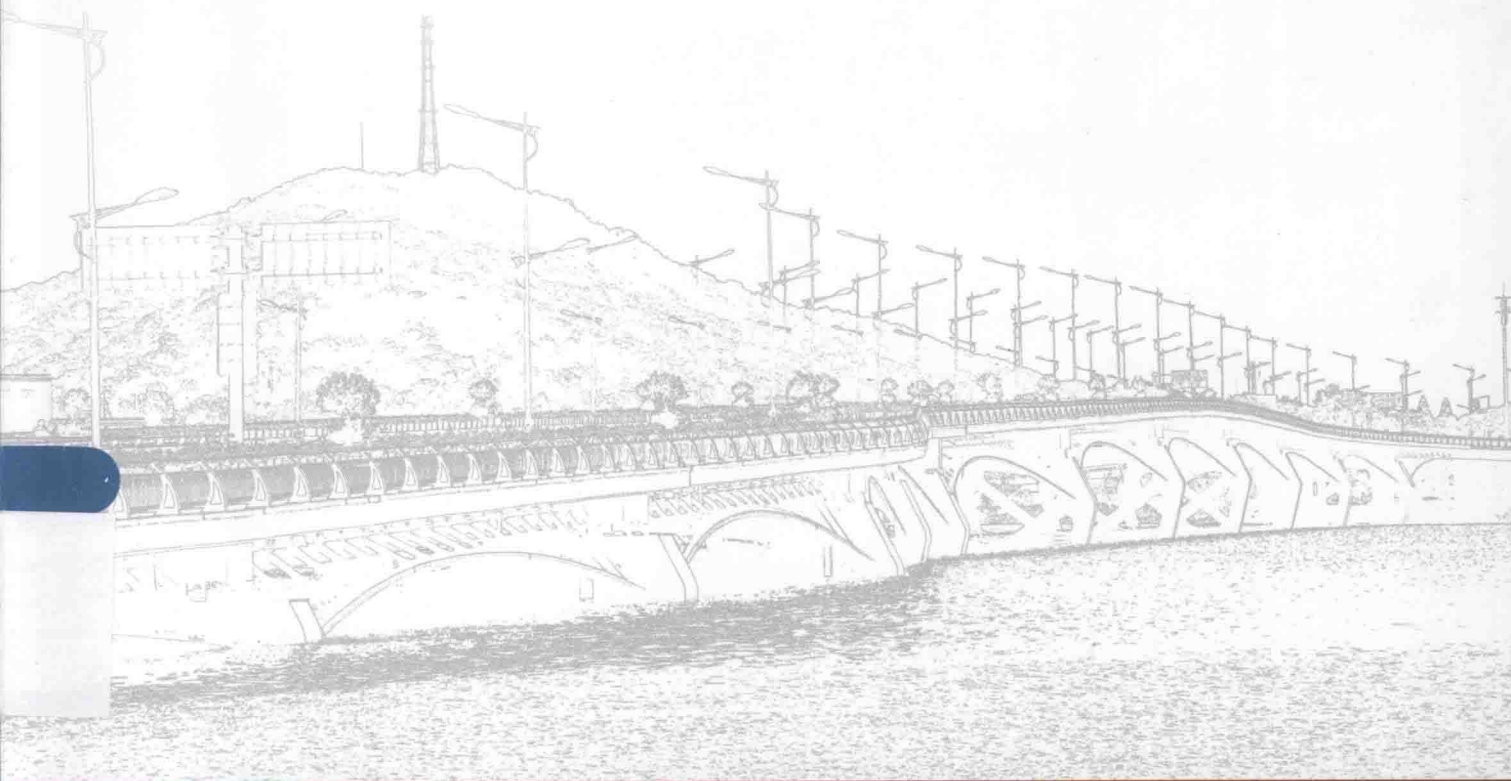




普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

桥梁工程

主编 赵 青 李海涛
主审 孙 强



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

桥梁工程

主 编 赵 青 李海涛

副主编 李宁波 胡水木

主 审 孙 强



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

桥梁工程/赵青,李海涛主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.1
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材
ISBN 978-7-307-12181-2

I. 桥… II. ① 赵… ② 李… 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(2013)第 276998 号

责任编辑:邓 瑶 责任校对:周 阳 装帧设计:吴 极

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: whu_publish@163.com 网址: www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:30.5 字数:840 千字

版次:2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-12181-2 定价:52.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材 编审委员会

(按姓氏笔画排名)

顾问:干 洪 朱大勇 任伟新 张伟林 程 桦 颜事龙

主任委员:丁克伟 高 飞 徐 颖

副主任委员:王 睿 戈海玉 方达宪 白立华 孙 强 杨智良

陆 峰 胡晓军 殷和平 黄 伟

委员:马芹永 王长柏 王佐才 韦 璐 方诗圣 刘运林

关 群 苏少卿 李长花 李栋伟 杨兴荣 杨树萍

肖峻峰 何夕平 何芝仙 沈小璞 张 洵 张 速

张广锋 陈 燕 邵 艳 林 雨 周 安 赵 青

荣传新 姚传勤 姚直书 袁文华 钱德玲 倪修全

郭建营 黄云峰 彭曙光 雷庆关

总责任编辑:曲生伟

秘 书 长:蔡 巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前言

桥梁工程是土木工程专业的一门非常重要的主干课程,具有很强的理论性和实践性。本教材根据高等教育发展的新趋势,立足于最新规范及技术标准,借鉴和吸收国内外成功的经验、成熟的理论及先进的技术,结合建筑类各相关专业的教学特点,依照本科教学大纲的要求编写而成。

本书强调理论联系实际,注重学以致用,既突出基本概念、基本理论,又强调设计原理和设计过程。全书共7章。第1章主要讲述桥梁的发展概况、桥梁的组成和分类、桥梁的总体规划和设计要点、桥梁结构的作用、桥面布置与构造。第2章主要讲述钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁(板)桥的构造与设计以及简支梁桥的设计计算内容。第3章主要讲述预应力混凝土悬臂与连续体系梁桥的构造与设计计算内容。第4章主要讲述钢板梁桥和钢桁架桥的结构类型及构造特点与设计计算内容。第5章主要讲述拱桥的基本特点、适用范围、结构组成、主要类型、构造特点、设计要求和计算。第6章主要讲述斜拉桥和悬索桥的结构类型及构造,斜拉桥和悬索桥的计算及施工简介。第7章主要讲述桥梁墩台的类型与构造,桥墩、桥台的设计计算内容。

本书由安徽建筑大学赵青、安徽理工大学李海涛担任主编;安徽建筑大学李宁波、安徽理工大学胡水木担任副主编;皖西学院郑净,安徽新华学院胡鹏、章秀芝担任参编。

具体编写分工为:

安徽建筑大学,赵青(前言、第1章第1节、第5章、附录);

安徽新华学院,章秀芝(第1章第2节、第3节、第4节);

安徽理工大学,李海涛(第2章);

皖西学院,郑净(第3章);

安徽理工大学,胡水木(第4章);

安徽新华学院,胡鹏(第6章);

安徽建筑大学,李宁波(第7章)。

安徽建筑大学孙强担任本书主审,对本书的编写提出了许多建设性的意见,特致谢意。

本书在编写过程中参考了有关书籍,在此对相关作者表示感谢。

限于编者水平,本书难免有错误和未尽善之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013年9月

目录

1 总论	(1)
1.1 概述	(2)
1.2 桥梁的总体规划和设计要点	(36)
1.3 桥梁结构的作用	(42)
1.4 桥面布置与构成	(57)
知识归纳	(68)
独立思考	(68)
2 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥	(70)
2.1 概述	(71)
2.2 板桥的设计与构造	(75)
2.3 装配式简支梁桥的构造与设计	(84)
2.4 简支梁桥计算	(101)
2.5 梁式桥支座	(163)
2.6 工程实例	(169)
知识归纳	(179)
独立思考	(179)
3 悬臂与连续体系梁桥	(180)
3.1 悬臂梁桥	(181)
3.2 T形刚构桥	(193)
3.3 连续梁桥	(208)
3.4 连续刚构桥	(251)
知识归纳	(262)
独立思考	(262)
4 钢桥	(264)
4.1 钢板梁桥	(265)
4.2 钢桁架桥	(280)
知识归纳	(326)
独立思考	(326)
5 圬工与混凝土拱桥	(327)
5.1 概述	(328)
5.2 拱桥的构造	(333)
5.3 拱桥的设计	(355)
5.4 拱桥的计算	(362)
5.5 工程实例	(399)

知识归纳.....	(406)
独立思考.....	(406)
6 斜拉桥和悬索桥	(408)
6.1 斜拉桥	(409)
6.2 悬索桥	(418)
知识归纳.....	(431)
独立思考.....	(431)
7 桥梁墩台	(432)
7.1 桥梁墩台的类型与构造	(433)
7.2 桥墩的设计与计算	(448)
7.3 桥台的设计与计算	(457)
7.4 工程实例	(461)
知识归纳.....	(463)
独立思考.....	(463)
附录.....	(464)
附录 I 铰接板荷载横向分布影响线竖坐标表.....	(464)
附录 II G-M 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 值的计算用表	(476)
参考文献.....	(480)

总 论

课前导读

▮ 内容提要

本章的主要内容包括桥梁的发展概况、桥梁的组成和分类、桥梁的总体规划和设计要点、桥梁结构的作用、桥面布置与构造。本章重点是桥梁的组成和分类、桥梁结构的作用；难点是依据桥梁总体规划的原则和基本设计资料进行桥梁的纵、横断面设计和平面布置及桥面布置与构造。

▮ 能力要求

通过本章的学习，学生应能够了解桥梁的发展概况、桥梁的组成和分类，掌握桥梁的设计要点和桥梁结构的作用，并能够进行桥梁的纵、横断面设计和平面布置及桥面布置与构造。

1.1 概 述

1.1.1 桥梁在交通事业中的地位和作用

桥梁是人类在生活和生产活动中,为了克服天然障碍而建造的建筑物。它不仅体现了一个国家或地区的经济实力、科学技术和生产力发展的综合水平,还反映了一个国家或地区历史、文化和文明等社会发展的进步程度。

在公路、铁路、城市和农村道路交通以及水利工程等建设中,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或涵洞,因此桥梁是陆路交通线中的重要组成部分。在道路交通的修建中,桥梁是保证全线早日通车的关键;在经济上,桥梁的造价一般占公路总造价的10%~20%;在国防上,桥梁是交通运输的咽喉。因此,桥梁工程具有非常重要的地位。

20世纪50年代以来,由于科学技术的进步,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、高架桥和城市高架道路,数十千米的海湾和海峡大桥,新发展的城郊高速铁路桥与轻轨运输高架桥等,这些新型桥梁不但是规模巨大的工程实体,而且犹如一条地上“彩虹”,将城市装扮得格外美丽。纵观世界的各大城市,常以工程雄伟的大桥作为城市的标志与骄傲。因此,桥梁建筑已不单纯作为交通线上的重要工程实体,常作为一种空间艺术结构存在于社会之中。

1.1.2 国内外桥梁的发展概况

1.1.2.1 我国桥梁的发展概述

我国历史悠久、幅员辽阔,山川河流纵横全国,是世界上文明发达最早的国家之一。我国的桥梁建筑在历史上不仅数量惊人,而且类型丰富,几乎包括了所有近代桥梁中的主要形式。建桥所用的材料都是一些天然材料,如木、石、藤、竹等。

据史料记载,在距今约3000年前的周文王时期,我国就已在宽阔的渭河上架设过大型浮桥。春秋战国时期,黄河流域已遍布以木桩为墩柱,上置木梁、石梁的多孔桩柱式桥梁。汉唐以后,浮桥的运用日趋普遍。几千年来修建较多的古代桥梁以石桥为主。从秦汉时期开始,我国已广泛修建石桥;到隋唐时期,桥梁的形式和结构构造等方面都有了很多创新。

举世闻名的赵州桥(又称安济桥)(图1-1),建于隋朝大业初年(605年左右),坐落在河北省赵县洹河上,由著名匠师李春设计和建造,是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥是一座空腹式圆弧形石拱桥,全长50.82 m,净跨37.02 m,桥宽9 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。赵州桥是当今世界上现存最早、保存最完善的古代敞肩石拱桥,大约1200年以后,欧洲才建成类似的桥梁。

宋代之后,我国建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能又有所提高,充分体现了我国古代工匠的智慧和艺术水平。

世界上现在尚存最长、工程最艰巨的跨海石板桥,就是北宋时期(1053—1059年),在我国福建省泉州市洛阳镇的万安桥(又称洛阳桥)(图1-2),历时6年零8个月。此桥长834 m,宽7 m,共47孔,位于泉州湾和洛阳江汇合处的海口江面上。该桥以磐石遍铺桥位江底,是近代筏形基础的开端,并且独具匠心地采用养殖海生牡蛎的方法胶固桥基成整体。这种用生物加固桥梁的方法,古今

中外,绝无仅有。万安桥的石板长十几米,又厚又大,共有 300 余块,每块重 20~30 t,这样重的石板在当时采用“激浪以涨舟,悬机以弦牵”的方法架设。据分析,就是利用潮汐的涨落控制船只的高低位置,这也是现代浮运架桥的雏形。桥梁专家茅以升在《桥梁谈往》中称誉洛阳桥说:“这种基础,就是近代桥梁的筏形基础,但在国外只有不到一百年的历史,所用桥梁的浮运法,就是今日还很通行。”



图 1-1 赵州桥



图 1-2 万安桥

始建于南宋时期(1171 年)的广济桥(又名湘子桥)(图 1-3),位于广东省潮安县潮州古城东门处,横跨韩江,为古代闽粤交通要津。此桥全长 517.85 m,共 20 个墩台 19 孔,上部结构有石拱、木梁、石梁等多种形式,还有由 18 条浮船组成的长达 97.30 m 的开合式浮桥,形成了中间浮桥与两边梁、拱桥相结合的独特风格。广济桥以其“十八梭船二十四洲”的独特风格与赵州桥、洛阳桥、卢沟桥并称中国四大古桥。桥梁专家茅以升曾撰文指出:“广济桥中有一段,用船只连为浮桥,可以解开,让出航道,成为可分可合的活动桥,是我国桥梁史上的一个特例。”



图 1-3 广济桥

建于南宋时期(1240 年)的虎渡桥(又名江东桥)(图 1-4),坐落于福建漳州东北边,九龙江北溪入海口处,也是一座令人惊奇的石梁桥。它最大的石梁长 23.7 m,宽 1.7 m,高 1.9 m,重 200 余吨。即使在今天要开采、运输、架设这样的石梁,也是十分困难的。著名桥梁专家茅以升在《中国石拱桥》一文中惊叹道:“此桥石梁一块就有 200 来吨重,究竟是如何安装上去的?至今还不完全知道。”英国学者李约瑟博士亲临考察后在他所著的《中国科技史》一书中说:“江东桥建筑是一个有趣的历史性问题。”

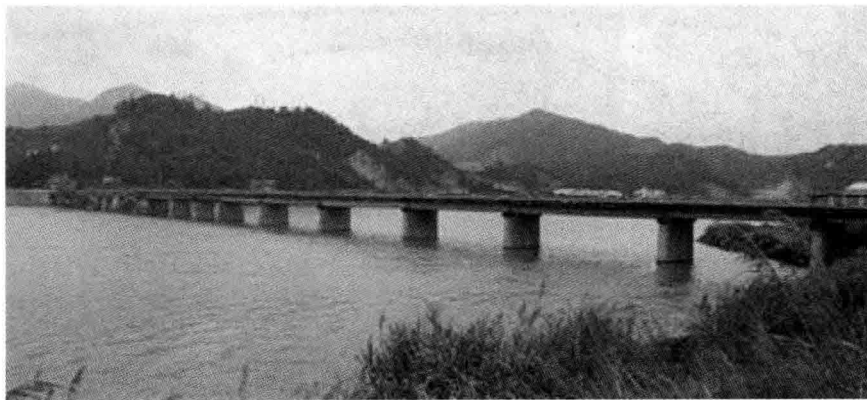


图 1-4 虎渡桥

我国也是最早有吊桥的国家,迄今至少有三千年的历史。据记载,到唐朝中期,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。



图 1-5 泸定桥

泸定桥(图 1-5)建于 1706 年,位于中国四川省西部的大渡河上,是一座由清朝康熙帝御批建造的铁悬索桥。泸定铁索桥跨长 103.67 m,桥宽 3 m,由 13 条锚固于两岸的铁链组成,9 根作为底链,4 根分两侧作为扶手,共有 12164 个铁环相扣,全桥铁件重 40 余吨。1935 年,中国工农红军长征途中曾强渡此桥,因此更加闻名。

四川灌县安澜竹索桥(又名安澜桥、夫妻桥、何公何母桥)(图 1-6)建于 1803 年,位于四川省都江堰市都江堰鱼嘴分水堤之上,飞架岷江南北,横跨内外两江,是古代四川西部与阿坝之间的商业

要道,是藏、汉、羌族人民的联系纽带。该桥全长约 313 m,分 8 孔,桥宽近 3 m,桥高约 23 m,最大跨径约 61 m。全桥以木排石墩承托,用细竹篾片编成 0.167 m 的竹缆索 24 根,粗如碗口的竹缆横飞江面,其中 10 根作为桥底索,上铺木板为桥面,木板两端再压上二索,一同和底索夹牢桥面板,再以 12 根竹缆索分别列于桥的两旁,作为扶栏。

新中国成立后,我国的桥梁建设迅速发展。特别是改革开放以来,我国的经济建设突飞猛进,我国桥梁建设进入了一个辉煌的时期。目前,我国已建造了一大批规模宏大、结构新颖、技术复杂、科技含量高的大跨径斜拉桥、悬索桥、拱桥,积累了丰富的桥梁设计、施工和管理经验,已跻身世界桥梁工程的先进行列。



图 1-6 安澜桥

(1) 梁桥

从 20 世纪 50 年代开始,我国在钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥方面发展很快。对于中小跨径的梁桥,已广泛采用装配式钢筋混凝土简支梁的系列标准设计。由于它经济实用、施工方便,得到广泛推广。同时,我国装配式预应力混凝土梁桥的标准设计,最大跨径已达 40 m。

洛阳黄河公路大桥(图 1-7)于 1977 年 1 月建成通车,位于黄河中下游河南省洛阳市北黄河孟津渡口和孟县之间,是跨越黄河的重要桥梁。大桥全长 3428.9 m,共有 69 孔,68 个桥墩,采用跨度为 50 m 的预应力钢筋混凝土简支梁,桥面宽 11 m。它成为当时中国最长的公路桥。



图 1-7 洛阳黄河公路大桥

飞云江大桥(图 1-8)于 1988 年 10 月建成通车,位于浙江省瑞安市,南北横跨飞云江,是当时中国最大跨度的预应力混凝土简支梁桥。桥全长 1721 m,分跨为 $18 \times 51 + 5 \times 62 + 14 \times 35$ m,其中 5 个主孔跨径均达 62 m,居当时全国乃至亚洲同类桥梁之首。



图 1-8 飞云江大桥

20 世纪 60 年代,平衡悬臂施工法首次在 T 形刚构桥施工中采用。

乌龙江大桥(图 1-9)于 1971 年 9 月建成通车,位于福建省福州市乌龙江下游峡口处,是福厦公路的重要桥梁之一。大桥长 552 m,分跨为 $58+3\times 144+58$ m,桥面宽 9 m,是中国较早建成的一座大跨度预应力混凝土 T 形刚构桥,采用平衡悬臂法施工。跨径纪录保持了整整 10 年。

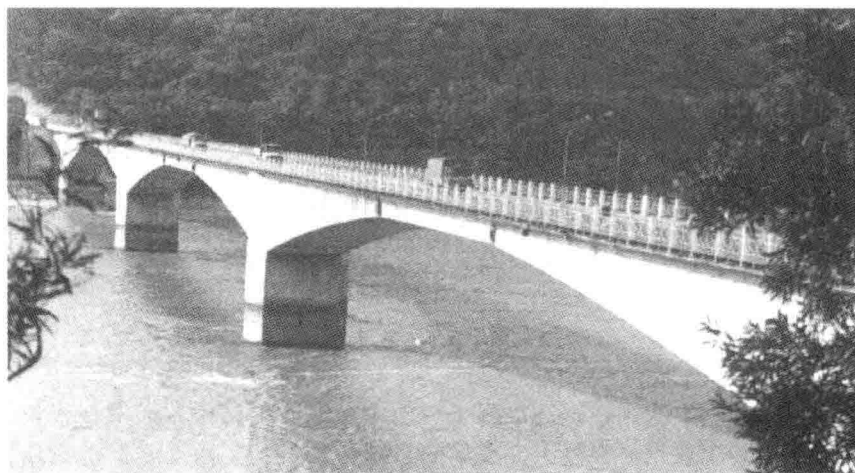


图 1-9 乌龙江大桥

重庆长江大桥(图 1-10)又名重庆石板坡长江大桥,于 1980 年 7 月建成通车,位于重庆渝中区石板坡和南岸区梨子园之间,跨越长江。全长 1120 m,正桥 7 墩 2 台,共 8 孔长 311 m。主跨度 174 m,是当时世界上跨度最大的 T 形刚构桥。



图 1-10 重庆长江大桥

广东虎门大桥辅航道桥(图 1-11)于 1997 年 6 月建成通车,位于广东省东莞市虎门镇和广州南沙区之间的珠江入海口,桥孔径布置为 $150+270+150$ m 预应力混凝土连续刚构桥,单幅桥采用单箱单室箱形梁,主跨 270 m,居同种桥型世界第三,净空高度 60 m,桥下可通行 10 万吨级海轮。

重庆石板坡长江大桥复线桥(图 1-12)于 2006 年 8 月建成通车,与重庆长江大桥相距仅 5 m,由于两桥相距很近,出于美观考虑,新桥的总体造型与老桥一致,但采用连续刚构连续梁混合梁结构。复线桥也设计为 7 个桥墩。后考虑到三峡的通航能力,万吨级船舶难以通过,不得不将主跨之

间的 6 号桥墩去掉。这样一来,5 号和 7 号桥墩连续刚构桥的跨度就达到 330 m,成为了当时世界第一跨径梁桥。

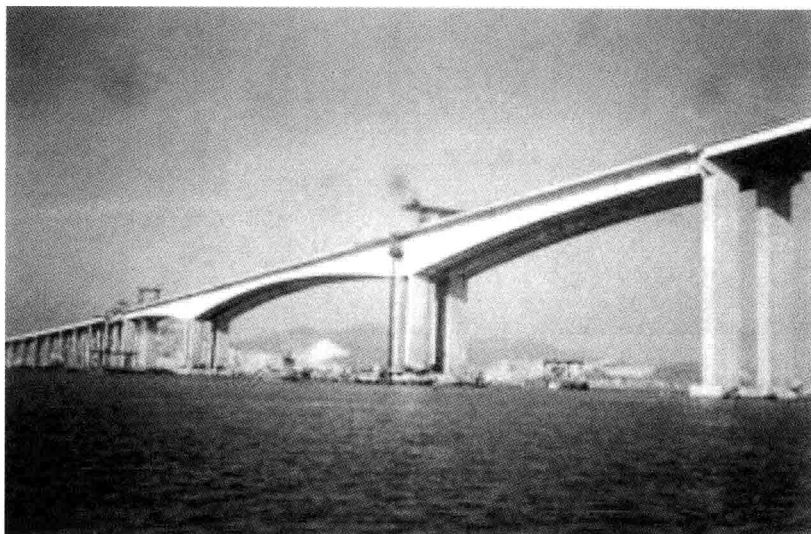


图 1-11 广东虎门大桥辅航道桥



图 1-12 重庆石板坡长江大桥复线桥

我国修建预应力混凝土连续梁桥的起步较晚,最初采用顶推法施工,进入 20 世纪 80 年代,平衡悬臂法施工也获得了迅速发展。

包头黄河大桥(图 1-13)于 1983 年建成通车,位于包头市南郊。大桥全长 810 m,上部结构为 3 联 4 孔 65 m 预应力钢筋混凝土箱形连续梁桥,跨径组合为 $3 \times (4 \times 65) + 20$ m,桥面宽 12 m,采用多点顶推法施工。

南京长江二桥(图 1-14)于 2001 年 3 月建成通车,位于现南京长江大桥下游 11 km 处。其北汉桥为预应力钢筋混凝土箱形连续梁桥,桥长 2158.4 m,主桥跨径为 $90 + 3 \times 165 + 90$ m,该跨径当时在国内领先。



图 1-13 包头黄河大桥



图 1-14 南京长江二桥北汉桥

同期,我国钢梁桥的建设也举世瞩目。

武汉长江大桥(图 1-15)于 1957 年 10 月建成通车,位于湖北省武汉市,大桥横跨于武昌蛇山和汉阳龟山之间,是中国在长江上修建的第一座公路、铁路两用桥梁。大桥的正桥为 3 联 3×128 m 的连续钢桁梁,每联 3 孔,共 8 墩 9 孔。上层为公路桥,宽 22.5 m,下层为双线铁路桥,宽 14.5 m,包括引桥在内,全桥总长 1670.4 m。正桥的两端建有具有民族风格的桥头堡,高 35 m,整座大桥异常雄伟。



图 1-15 武汉长江大桥

南京长江大桥(图 1-16)于 1968 年 12 月建成通车,位于南京市西北面长江上,连通市区与浦口区,是长江上第一座由我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强钢材的公路、铁路两用桥梁。上层的公路桥长 4589 m,下层的铁路桥长 6772 m。南京长江大桥江中正桥长 1577 m,为钢桁梁结构,共有 9 墩 10 孔,由 1 孔 128 m 简支钢桁梁和 3 联 3×160 m 连续钢桁梁组成。桥的南北各有一对桥头堡,高为 70 m。南京长江大桥的建成开创了我国自力更生建设大型桥梁的新纪元。

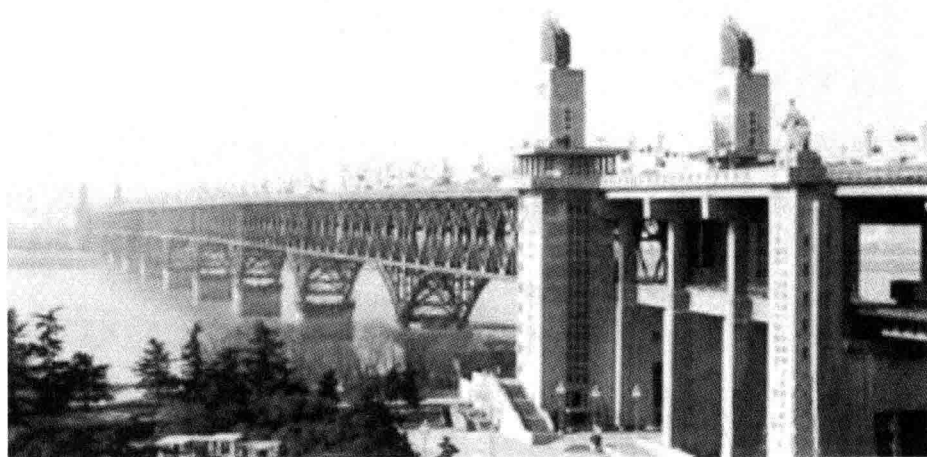


图 1-16 南京长江大桥

三堆子金沙江桥(图 1-17)于 1969 年 10 月建成通车,位于四川省攀枝花市,是在成昆铁路三堆子车站与金江车站之间跨越金沙江的单线铁路桥。桥全长 390.4 m,主跨为 192 m 简支铆接下承钢桁梁,是当时中国最大跨度的铁路桥梁。



图 1-17 三堆子金沙江桥

芜湖长江大桥(图 1-18)于 2000 年 9 月建成通车,是我国第一座公路、铁路两用钢桁梁斜拉桥。上层公路桥长 6078 m,下层铁路桥长 10616 m,其中跨江桥长 2193.7 m。主桥为矮塔斜拉桥,主跨