

全国大学版协优秀畅销书



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪  
高等学校  
本科系列教材

# 桥梁工程 (第2版)

Qiaoliang Gongcheng

周水兴 主编  
李传习 主审



重庆大学出版社  
<http://www.cqup.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 桥梁工程

(第2版)

周水兴 主 编  
李传习 主 审

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书系统介绍国内外桥梁的发展概况、桥梁分类、组成,桥梁的构造原理、计算方法和施工要点。全书共分16章,内容包括总论、梁式桥、拱式桥、缆索承重桥、墩台基础5个部分。近年来,钢管混凝土拱桥、钢拱桥、自锚式悬索桥发展较快,本书中增加了这几种桥梁的构造。

本书为高等院校土木工程类、工程管理类学生的教材,也可作为设计、科研部门技术人员参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/周水兴主编. —2版. —重庆:重庆  
大学出版社,2011.7

土木工程专业本科系列教材

ISBN 978-7-5624-5902-6

I. ①桥… II. ①周… III. ①桥梁工程—高等学校—  
教材 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 256131 号

## 桥梁工程

(第2版)

主 编 周水兴

策划编辑:曾令维

责任编辑:曾令维 杨粮菊 版式设计:杨粮菊

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:34.75 字数:867千 插页:8开1页

2011年7月第2版 2011年7月第5次印刷

印数:10 001—13 000

ISBN 978-7-5624-5902-6 定价:59.00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

# 土木工程专业本科系列教材 编审委员会

主 任 朱彦鹏

副主任 张永兴 周志祥 程赫明 陈兴冲 黄双华

委 员(按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于 江 | 王 旭 | 王万江 | 王汝恒 | 王秀丽 |
| 王泽云 | 刘 星 | 刘连新 | 刘德华 | 孙 俊 |
| 朱建国 | 米海珍 | 邢世建 | 宋 彧 | 张东生 |
| 张建平 | 张科强 | 张维权 | 杜 葵 | 沈 凡 |
| 陈朝晖 | 周水兴 | 马铭彬 | 钟 辉 | 郭荣鑫 |
| 肖明葵 | 崔自治 | 曹万智 | 黄 勇 | 黄呈伟 |
| 黄林青 | 彭小芹 | 程光均 | 董羽蕙 | 韩建平 |
| 周亦唐 | 樊 江 |     |     |     |

# 第2版前言

“桥梁工程”是土木工程专业的一门专业必修课,也是土建类和工程管理类专业的重要选修课之一。本教材是根据土木工程专业教材编审委员会审订的《桥梁工程》编写大纲编写的。通过本课程的学习,学生应掌握桥梁工程的构造原理、计算理论和计算方法,熟悉有关施工方面的知识,初步具备解决大中跨径桥梁设计、施工等问题的能力,也为后续课程的学习打下基础。

自第1版出版以来,我国桥梁事业取得了举世瞩目的成果,先后建成了一批具有世界水平的桥梁,同时,公路桥梁设计规范也作了全面修订。因此,有必要结合新规范对第1版教材进行全面修订。

教材共分16章,内容分为总论、梁式桥、拱式桥、缆索承重桥、墩台基础5个部分。总论主要介绍国内外桥梁发展概况、桥梁组成与分类、桥梁设计规划与原则、桥梁设计荷载、桥面构造等内容;梁式桥部分介绍简支梁桥的构造、计算原理与计算方法、非简支体系梁桥以及施工方法。考虑到本教材面向对象较广,为突出教材重点,把简支梁桥中的桥面板计算和横向分布系数调整到简支梁桥一章中;拱式桥部分介绍拱桥的构造、计算方法和施工方法,新增了钢拱桥和钢管混凝土拱桥内容;缆索承重体系桥梁包括悬索桥和斜拉桥,在悬索桥部分增加了自锚式悬索桥内容;墩台基础部分仍分墩台基础构造和墩台计算两章,但在内容上已根据新规范作了修改。

桥梁工程内容广泛,结构体系、截面形式和划分方式繁多,初学者往往容易搞混。因此,学习时应多归纳、多总结;在学习桥梁构造时,建议从力学角度来理解,同时结合桥梁施工方法,这样往往能够起到事半功倍的效果。

本教材第1,2,3,4,5,6,11章由重庆交通大学周水兴编写,第7,8,9,13,14章由重庆交通大学张雪松编写,第10,12章由张雪松、周水兴编写,第15,16章由重庆交通大学邹毅松编写。全书由周水兴教授主编,长沙理工大学李传习教授主审。

由于编者水平有限,其中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

在教材编写过程中,引用了众多学者的专著和论文,若书中没有给出索引,敬请各位学者谅解,在此表示由衷感谢!

编 者

2010 年 9 月

# 第1版前言

《桥梁工程》是土木工程专业的一门专业必修课。本教材是根据土木工程专业教材编审委员会审定的《桥梁工程》编写大纲编写的。通过本课程的学习,使学生掌握目前常用大中型桥梁的构造原理、计算理论和计算方法,熟悉有关施工方面的知识,初步具备解决大跨径桥梁设计、施工等问题的能力。

本教材分上、下册,共14章,上册为第1~6章,下册为第7~14章。第1章主要介绍国内外桥梁建设的发展概况、桥梁的组成与分类,桥梁的总体规划与设计原则。在桥梁的设计荷载中,分别介绍了交通部和建设部对设计荷载的不同行业规定。第2章介绍了桥面构造。着重介绍了目前广泛使用的几种伸缩缝构造。第3、4章介绍了各种梁式体系的构造、桥面板计算,荷载横向分布系数计算及主梁恒、活载内力计算,是本书讲授的重点之一。考虑到目前许多院校专门开设了施工课程,因此第5章仅简要介绍了梁式桥的施工。第6章介绍了刚架桥的构造与计算特点。第7、8章介绍了拱桥的组成与分类、拱桥的设计与计算,是本教材讲授的另一个重点。第9章介绍了拱式桥的几种主要施工方法。随着科学技术的进步,我国缆索承重桥梁得到很大发展,在第10、11章中介绍了缆索承重桥梁(斜拉桥和悬索桥)的构造、计算和施工特点。第12章介绍了目前常用的桥梁支座类型与构造,支座设计与计算。第13、14章则介绍桥梁墩台及基础构造、设计与计算等。书中给出了不同体系的桥梁实例,以便学生增强实感、开阔眼界、拓宽思路。

本教材首先从介绍每种体系的受力特点入手,然后再介绍桥梁的构造,使学生从结构受力要求的角度学习和掌握桥梁的构造、计算和施工方法,这是本教材与众不同之处。

桥梁工程是一门实践性很强的课程,结构构造比较复杂、抽象,学习中应尽可能多地接触实际,以增强感性认识。桥梁的发展与其施工技术发展密不可分,每一种新桥型的产生都与施工技术水平的提高有关,桥梁的内力计算也与所采用的施工方法有关,要对各种施工方法有一定的了解和掌握。

考虑到学生对桥梁工程知识掌握的全面性与系统性要求,

教材内容较多,在教学中可根据实际情况采取重点讲授和学生自学的方法实施教学。

本书第1、7、8章,3.4~3.7节由周水兴编写,第5、9、10、11章由向中富编写,第13、14章由邹毅松编写,第6、12章由王银辉编写,3.1~3.3节、第4章由张永水编写,第2章由胡免缙编写。全书由周水兴、向中富主编。

由于编者水平有限,其中缺点、错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2001.7.30 于重庆交通学院

# 目 录

|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 第 1 章 | 概 述 .....              | 1   |
| 1.1   | 国内外桥梁发展概况 .....        | 1   |
| 1.2   | 桥梁基本组成与分类 .....        | 17  |
| 第 2 章 | 桥梁工程的规划与设计程序 .....     | 27  |
| 2.1   | 桥梁设计的基本原则 .....        | 27  |
| 2.2   | 桥梁设计与建设程序 .....        | 28  |
| 2.3   | 桥梁纵、横断面设计及平面布置 .....   | 32  |
| 2.4   | 桥梁设计方案的比选 .....        | 36  |
| 第 3 章 | 桥梁的设计作用 .....          | 38  |
| 3.1   | 作用的分类与作用代表值 .....      | 38  |
| 3.2   | 永久作用 .....             | 39  |
| 3.3   | 可变作用 .....             | 40  |
| 3.4   | 偶然作用 .....             | 47  |
| 3.5   | 作用效应组合 .....           | 49  |
| 第 4 章 | 桥面构造 .....             | 53  |
| 4.1   | 桥面组成与布置 .....          | 53  |
| 4.2   | 桥面铺装及防排水系统 .....       | 55  |
| 4.3   | 桥面伸缩装置 .....           | 60  |
| 4.4   | 人行道、栏杆、防撞护栏与照明设施 ..... | 65  |
| 第 5 章 | 混凝土简支梁桥 .....          | 69  |
| 5.1   | 简支梁桥设计与构造 .....        | 69  |
| 5.2   | 行车道板计算 .....           | 86  |
| 5.3   | 横向分布系数计算 .....         | 96  |
| 5.4   | 主梁内力计算 .....           | 123 |
| 5.5   | 横隔梁计算 .....            | 126 |
| 第 6 章 | 桥梁支座 .....             | 134 |
| 6.1   | 概 述 .....              | 134 |
| 6.2   | 支座的类型与构造 .....         | 135 |
| 6.3   | 支座的计算 .....            | 139 |
| 第 7 章 | 悬臂梁桥、连续梁桥和连续刚构桥 .....  | 145 |
| 7.1   | 悬臂梁桥 .....             | 145 |
| 7.2   | 钢筋混凝土及预应力混凝土连续梁桥 ..... | 155 |
| 7.3   | 预应力混凝土刚构桥 .....        | 165 |

|               |                          |            |
|---------------|--------------------------|------------|
| 7.4           | 混凝土悬臂体系和连续体系梁桥内力计算 ..... | 175        |
| 7.5           | 预应力引起的次内力计算 .....        | 183        |
| 7.6           | 温度应力计算 .....             | 187        |
| 7.7           | 箱梁分析 .....               | 191        |
| <b>第 8 章</b>  | <b>混凝土刚架桥 .....</b>      | <b>195</b> |
| 8.1           | 概 述 .....                | 195        |
| 8.2           | 单跨刚构桥的构造特点 .....         | 196        |
| 8.3           | 刚架桥的计算特点 .....           | 202        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>梁桥施工 .....</b>        | <b>203</b> |
| 9.1           | 支架施工 .....               | 204        |
| 9.2           | 预制安装施工 .....             | 214        |
| 9.3           | 悬臂施工法 .....              | 217        |
| 9.4           | 顶推施工简介 .....             | 227        |
| <b>第 10 章</b> | <b>拱桥的构造与设计 .....</b>    | <b>230</b> |
| 10.1          | 拱桥的组成与分类 .....           | 230        |
| 10.2          | 拱桥的结构体系与总体布置 .....       | 232        |
| 10.3          | 主拱圈的构造与截面尺寸拟定 .....      | 236        |
| 10.4          | 拱上建筑与其他细部构造 .....        | 251        |
| 10.5          | 桁架拱桥和刚架拱桥的构造 .....       | 261        |
| 10.6          | 中、下承式拱桥的设计与构造 .....      | 269        |
| 10.7          | 钢拱桥 .....                | 278        |
| 10.8          | 钢管混凝土拱桥 .....            | 282        |
| <b>第 11 章</b> | <b>拱桥计算 .....</b>        | <b>296</b> |
| 11.1          | 拱轴线选择与拱轴系数的确定 .....      | 297        |
| 11.2          | 拱桥内力计算 .....             | 305        |
| 11.3          | 主拱强度与稳定性验算 .....         | 326        |
| 11.4          | 连拱计算 .....               | 332        |
| 11.5          | 其他类型拱桥的计算特点 .....        | 335        |
| <b>第 12 章</b> | <b>拱桥施工 .....</b>        | <b>346</b> |
| 12.1          | 有支架施工 .....              | 346        |
| 12.2          | 缆索吊装施工 .....             | 364        |
| 12.3          | 其他施工方法 .....             | 374        |
| <b>第 13 章</b> | <b>悬索桥 .....</b>         | <b>383</b> |
| 13.1          | 概 述 .....                | 383        |
| 13.2          | 地锚式悬索桥 .....             | 388        |
| 13.3          | 自锚式悬索桥 .....             | 403        |
| 13.4          | 悬索桥计算要点 .....            | 407        |
| 13.5          | 润扬长江公路大桥实例 .....         | 413        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第 14 章 斜拉桥</b>         | 421 |
| 14.1 概 述                  | 421 |
| 14.2 总体布置和结构体系            | 423 |
| 14.3 斜拉桥构造                | 435 |
| 14.4 斜拉桥计算                | 444 |
| 14.5 斜拉桥施工简介              | 450 |
| 14.6 斜拉桥实例                | 457 |
| <b>第 15 章 墩台与基础构造</b>     | 465 |
| 15.1 概 述                  | 465 |
| 15.2 墩台基础                 | 468 |
| 15.3 桥 墩                  | 473 |
| 15.4 桥 台                  | 484 |
| 15.5 桥梁抗震简介               | 494 |
| 15.6 桥梁抗震设计方法的发展          | 498 |
| <b>第 16 章 墩台计算</b>        | 500 |
| 16.1 荷载及其组合               | 500 |
| 16.2 重力式桥墩(台)的计算          | 505 |
| 16.3 桩柱式桥墩及轻型桥墩的计算        | 512 |
| 16.4 轻型桥台的计算              | 520 |
| <b>附录 铰接板荷载横向分布影响线竖标表</b> | 525 |
| <b>参考文献</b>               | 539 |

# 第 1 章 概 述

## 1.1 国内外桥梁发展概况

### 1.1.1 桥梁工程的地位和作用

桥梁(Bridge)是跨越河流、山谷或其他既有路线等障碍的结构物,是用石料(Stone)、混凝土(Concrete)、钢筋混凝土(Reinforced concrete)、预应力混凝土(Pre-stressed concrete)以及钢(Steel)等建筑材料建造而成的结构工程。桥梁不仅是一个具有特定功能的结构物,也是一座立体的造型艺术工程,往往成为一个地方的景观标志,具有时代特征。

桥梁工程在交通事业中占有重要地位。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 10% ~ 20%,在山区高等级公路上桥梁工程造价则更高。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的关键。国防上,桥梁是交通运输的命脉;在需要高度快速、机动的现代化战争中具有非常重要的地位。

### 1.1.2 我国桥梁建筑的成就

我国桥梁建筑类型繁多,数量惊人,无论是古代桥梁,还是现代桥梁,都在世界桥梁史上写下了辉煌的一笔。

早在距今约 3 000 年的周文王时,我国就已在宽阔的渭河上架设过大型浮桥(Floating bridge)。公元 35 年东汉光武帝时,在今宜昌和宜都之间,架设了长江上的第一座浮桥,后因战事需要,在黄河、长江上多次架设浮桥,数目不下十余次。在迄今 3 000 多年以前,我国就开始采用吊桥(现称为悬索桥,Suspension Bridge)。据记载,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链桥(1706 年)以及都江堰市的安澜竹索桥(1803 年)等。泸定铁索桥长约 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 余 m,宽 3 m,分 8 孔,最大跨径约 61 m,全桥用由细竹篾编成粗

16.7 cm的4根竹索组成,其中桥面索和扶栏索各半。

古代桥梁所用材料均为大自然赋予人类的天然材料,如树木、藤、石料,其中石料因其耐久性好、分布广、容易开采加工等优点,故几千年来修建的古代桥梁中数石桥最多。

在秦汉时期,我国已广泛修建石梁桥(Stone beam Bridge)。1053—1059年在福建泉州建造的万安桥,也称洛阳桥(图1.1)。此桥长达800 m,共47孔,位于“波涛汹涌,水深不可测”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。用养殖海生牡蛎的方法胶固桥梁基础使其成整体,这在世界上是绝无仅有的造桥方法。



图1.1 福建泉州万安桥(洛阳桥)

富有民族风格的古代石拱桥技术,因其结构精心巧思、艺术造型丰富多姿,长期以来一直驰名中外,举世闻名的河北省赵县赵州桥(又称安济桥),就是我国古代拱桥的杰出代表(图1.2)。该桥在隋唐大业初年(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(Circular stone arch bridge),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,这样既能减轻桥身自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。据对世界桥梁的考证,像这样的敞肩拱桥,欧洲到19世纪中叶才出现,比我国晚了1200年。赵州桥的雕刻艺术,包括栏板、望柱和锁口石等精致秀丽,不愧为文物宝库中的艺术珍品。



图1.2 河北赵县赵州桥

除赵州桥外,其他著名的石拱桥有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。

新中国成立初期,修复和加固了大量旧桥,并在随后的第一、二两个五年计划中修建了铁路干线、公路网线、渡口和许多重要桥梁。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图和桥梁设计计算手册,培养并形成一支强大的桥梁工程设计与施工技术队伍。20世纪80年代中期以来,一批具有世界水平的桥梁相继诞生。

### (1) 钢桁梁桥、钢拱桥

1957年,武汉长江大桥胜利建成,结束了我国万里长江无桥的历史,标志我国修建大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到新的起点。大桥正桥为3联 $3 \times 128$  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1 670.4 m。1969年建成的南京长江大桥(图1.3),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。包括引桥在内,铁路桥梁全长6 772 m,公路桥梁长4 589 m。正桥除北岸第一孔为128 m简支钢桁梁外,其余为3联9孔,每联 $3 \times 160$  m的连续钢桁梁。上层为公路桥,下层为双线铁路。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,桥墩基础施工非常困难,也就是在此,开创了钻孔灌注桩的施工新技术。

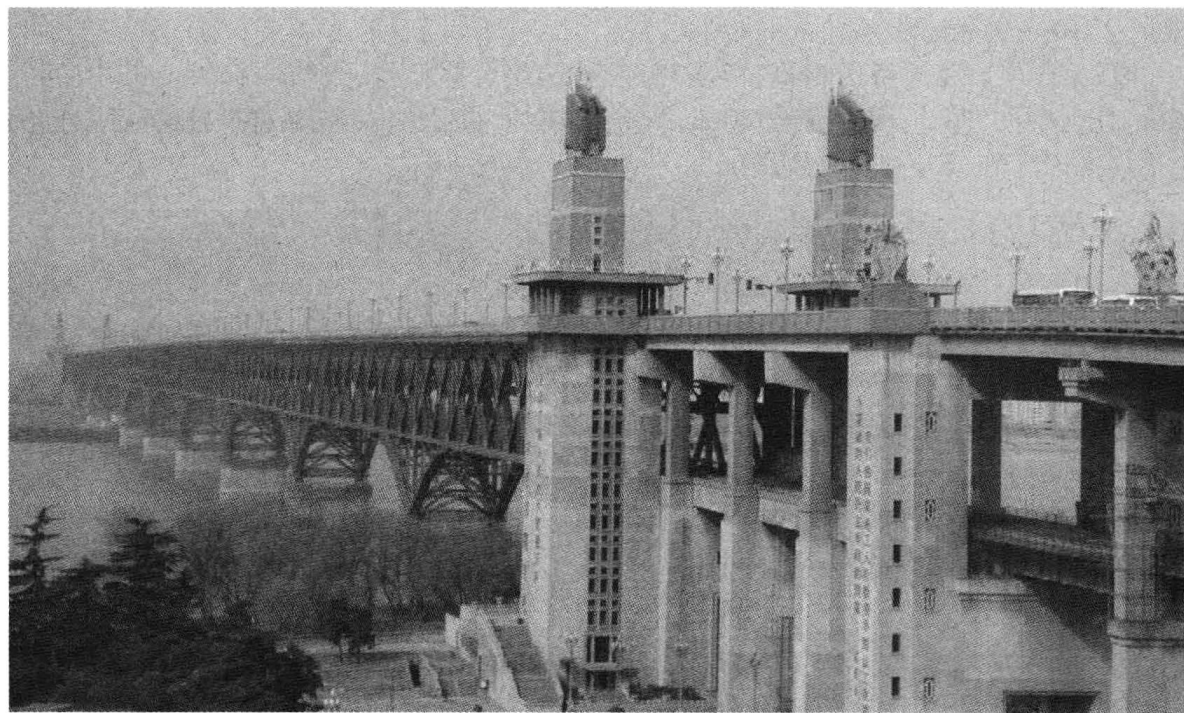


图1.3 南京长江大桥

作为第二京广线要隘的九江长江大桥,是目前长江上建成的长度最长(铁路部分全长7 675.4 m,公路部分长4 215.9 m)、跨度更大(全桥最大跨度为216 m)、施工更为先进的公铁两用钢桥。

近年来,国内钢拱桥建设迅猛,自云南小湾电站大桥建成以来,已先后建成了10多座钢拱桥,其中以上海卢浦大桥(图1.4)、重庆菜园坝长江大桥(图1.5)和重庆朝天门长江大桥(图1.6)较为典型。



图 1.4 上海卢浦大桥

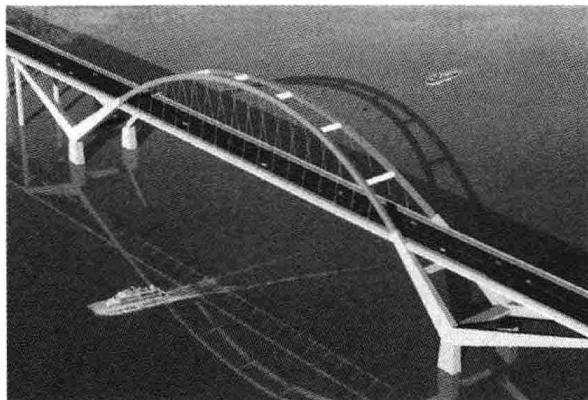


图 1.5 菜园坝长江大桥

上海卢浦大桥是一座主跨 550 m 的中承式箱形钢拱桥,主桥长 750 m,主拱截面高 9 m、宽 5 m,桥面宽 28.75 m,双向 6 车道,为当今世界第二大钢结构拱桥。桥下设计航道净空 46 m,通航净宽 340 m。整座大桥全部采用焊接工艺连接,现场焊接焊缝总长度达 4 万余米。在大桥建造过程中,单件构件吊装重量达到 860 t,河中跨拱肋吊装最大重量为 480 t,主桥结构用钢量 3.5 万多 t,施工期间的临时用钢量 11 000 多 t。现场钢板焊接厚度 100 mm。卢浦大桥的建设创造了 10 项世界记录。

重庆菜园坝长江大桥为钢拱桥与斜腿刚构的组合体系桥,全长 1 866 m,其中主桥长 800 m,北引桥长 886 m,南引桥长 180 m,主跨为 420 m 的中承式钢箱系杆拱桥,桥面分上下两层,上层通行汽车,下层通行轻轨。



图 1.6 朝天门长江大桥

重庆朝天门长江大桥为  $(190 + 552 + 190)$  m 的中承式钢桁连续系杆拱桥,为双层公轨两用桥,上层双向 6 车道,下层是双向轻轨轨道,同时预留 2 车道。主桁结构所有杆件根据受力需要采用箱形截面或工字形截面。系杆拱桥的系杆是关键受力构件之一,设计中充分考虑

了其构造的受力安全性以及耐久性,并考虑其可更换的性能,确保大桥的安全。

## (2) 预应力混凝土梁式桥

我国修建预应力混凝土梁桥起步较晚,但发展迅速。1956 年建成第一座跨径 20 m 的预应力混凝土简支梁桥。此后,这种桥梁得到推广,并提出了装配式预应力混凝土简支梁桥的系列标准设计,最大跨径为 40 m。1970 年在河南建成跨径 52 m 的鱼腹式预应力混凝土简支梁桥,1976 年建成的洛阳黄河公路大桥,为 67 孔 50 m 的预应力混凝土 T 形简支梁桥,全长 3 429 m。1985 年在浙江省建成跨径 62 m 的飞云大桥,是目前国内最大的预应力混凝土简支梁桥。

悬臂施工法的采用,为大跨预应力混凝土连续梁桥、T 形刚构桥和连续刚构桥的建设提供了强有力的保障。20 世纪 60 年代采用悬臂施工法建成第一座 T 形刚构桥,1971 年又用该法建成福建乌龙江公路大桥,主孔跨径为  $3 \times 144$  m,该桥的建成为我国修建大跨度预应力混凝土桥梁迈出了坚实的一步。迄今已修建了十几座大、中跨径的预应力混凝土 T 形刚构桥,1980 年建成的重庆石板坡长江大桥(图 1.7),采用三向预应力技术,主跨为  $(86.50 + 4 \times 138 + 156 + 174 + 104.5)$  m,总长 1 120 m,其最大跨径 174 m 和最大单悬臂长 69.5 m 为国内之最。



图 1.7 重庆石板坡长江大桥

由于 T 形刚构桥悬臂根部负弯矩大、伸缩缝多、桥面不平顺、不利于高速行驶等缺点,目前都转向采用悬臂施工法施工连续刚构体系。1988 年建成的广东番禺洛溪大桥,为双薄壁墩不对称连续刚构桥,桥跨布置为  $(65 + 125 + 180 + 110)$  m,其最大跨径 180 m 居当时亚洲同类桥梁之最。1996 年建成了长江上第一座预应力混凝土连续刚构桥(湖北黄石长江大桥),主跨为 245 m,其主梁连续长度居世界首位。1997 年建成的广东虎门大桥辅航道桥,主跨达到 270 m。2006 年建成的重庆石板坡长江大桥复线桥,主跨 330 m,其中 103 m 为钢箱梁,以减轻结构自重。需要特别指出的是,近年来大跨度连续刚构桥普遍出现主梁下挠、箱梁开裂的问题。

我国修建大跨度预应力混凝土连续梁桥主要集中在 20 世纪 80 年代,迄今已利用平衡悬臂法和顶推法建造了几十座桥梁,其中跨径在 100 m 以上的桥梁有:1985 年建成的湖北沙洋汉江大桥  $(62.4 + 6 \times 111 + 62.4)$  m,全长 1 819 m,连续长度近 800 m;1986 年建成的湖南常德沅水大桥  $(84 + 3 \times 120 + 84)$  m,全长 1 408 m;1991 年建成的云南六库怒江大桥  $(85 + 154 + 85)$  m(图 1.8);1996 年建成的广东南海九江公路大桥  $(50 + 100 + 2 \times 160 + 100 + 50)$  m,是目前国内跨度最大的预应力混凝土连续梁桥。

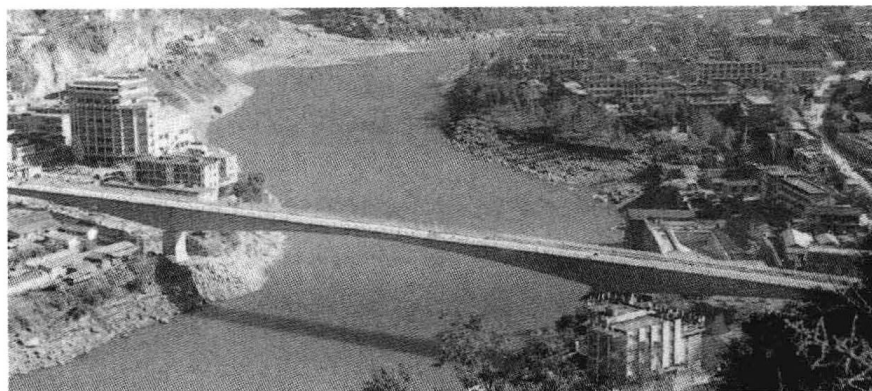


图 1.8 云南省六库怒江大桥

## (3) 斜拉桥和悬索桥

自 20 世纪 50 年代第一座现代斜拉桥问世以来,因其结构合理、跨越能力大、用材指标低、外形美观等优点而得到广泛应用。我国从 1975 年开始修建重庆云阳汤溪河桥(主跨 76 m)和上海松江县新五桥(主跨 54 m)两座试验桥以来,迄今已修建了上百座斜拉桥,其数量居世界第一。1982 年建成济南黄河公路大桥(主跨 220 m);1994 年建成的湖北郧县预应力混凝土斜拉桥,主跨达 414 m;1997 年建成通车的重庆长江二桥,主跨已达 444 m;福州青州闽江大桥则为主跨 605 m 的钢斜拉桥。

在发展预应力混凝土斜拉桥的同时,钢—混凝土叠合梁斜拉桥也得到发展,如上海南浦大桥和杨浦大桥,其中杨浦大桥主跨 602 m(图 1.9)。

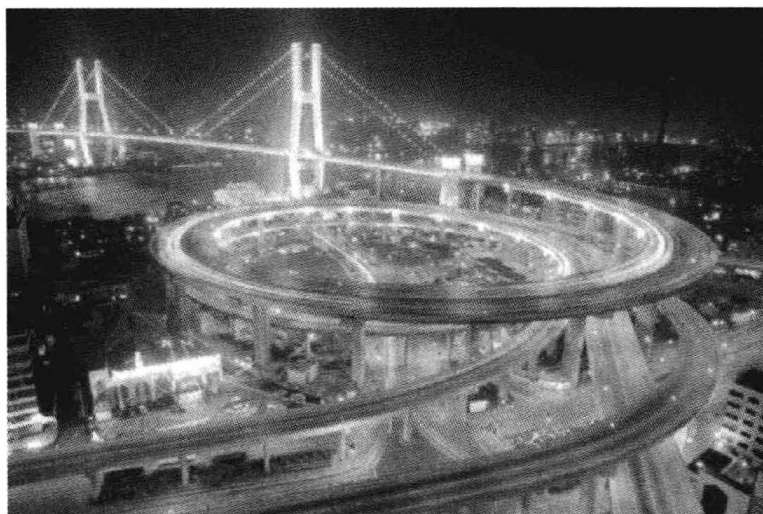


图 1.9 上海黄浦江杨浦大桥

2008 年建成的苏通长江大桥(图 1.10),为主跨 1 088 m 的双塔双索面斜拉桥,是目前世界上仅有的两座单孔跨度超千米的斜拉桥之一;另一座为香港昂船洲大桥(1 018 m)。苏通长江大桥全长 8 146 m,其中第 68 与 69 两个主塔桥墩,每墩耗资约 6 亿元,墩长 114 m、宽 48 m,相当于一个足球场大小,厚约 9 m,灌注混凝土达 50 000 m<sup>3</sup>。墩下由 131 根,长达 120 m,每根直径 2.5~2.8 m 的钻孔灌注桩组成,是目前世界上规模最大、入土最深的桥梁桩基础。

悬索桥,俗称吊桥,是所有桥型中跨越能力最大的桥梁。解放以后我国建成的公路悬索桥有十余座,但跨径不大。进入 20 世纪 90 年代,悬索桥开始得到发展,1995 年建成广东汕头海