

21 世纪高等职业技术教育规划教材
国家示范性高职院校规划教材

道路与桥梁工程类

桥梁施工技术

罗建华 付润生 主编 周世军 主审

QIAOLIANG SHIGONG JISHU



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

桥梁 (910) 目錄表

西南交通大学
2005 年 12 月
成都

桥梁施工技术

罗建华 付润生 主编

胡娟 副主编

周世军 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

桥梁施工技术 / 罗建华, 付润生主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.8 (2011.1 重印)

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 道路与桥梁工程类

ISBN 978-7-5643-0353-2

I. 桥… II. ①罗…②付… III. 桥梁工程—施工技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 140850 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——道路与桥梁工程类

桥梁施工技术

罗建华 付润生 主编

*

责任编辑 高平

特邀编辑 唐飞

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 24.875

字数: 607 千字 印数: 3 001—6 000 册

2009 年 8 月第 1 版 2011 年 1 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5643-0353-2

定价: 39.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

目 录

本书结合当前高等职业技术教育特点,按照教育部[2006]16号文件关于工学结合的要求,在进行了基于工作过程课程改革探索的基础上,以桥梁施工最新、常用技术为重点内容编写的。

根据高职高专学生教育培养目标和学生就业岗位群的特点,本书对目前国内外较流行的桥梁结构和构造作了较详尽的介绍,重点对梁式桥、拱桥、斜拉桥、刚构桥和墩台的施工方法,以及与以上内容相关的知识作了全面阐述和说明,并尽可能地反映了建桥新技术,陈述了在新材料、新设计理论条件下的新思维。

本书共分九章,第一章桥梁工程基本知识,第二章桥面,第三章桥梁墩台,第四章混凝土工程,第五章钢筋混凝土梁式桥,第六章拱桥,第七章其他体系桥梁,第八章涵洞,第九章桥梁施工辅助和装吊设备。其中第一章、第二章由陕西铁路工程职业技术学院段东旭编写;第三章、第四章由陕西铁路工程职业技术学院蒋平江编写;第五章和绪论由陕西铁路工程职业技术学院罗建华编写;第六章、第九章由陕西铁路工程职业技术学院付润生编写;第七章、第八章由陕西铁路工程职业技术学院胡娟编写。全书由罗建华统稿,罗建华、付润生任主编,胡娟任副主编。

本书由重庆大学周世军教授主审。

在编写本书的过程中,编者参考和引用了参考文献中的相关内容,在此谨向参考文献的作者们表示深深的谢意。

本书既能适应高等职业技术教育的教学需要,也能对桥梁施工现场的技术人员提供一定的参考。

桥梁科学博大精深,施工技术复杂多变,加之编者的水平所限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年6月

第一章 桥梁工程	1
第一节 桥梁工程的发展概况	1
第二节 桥梁工程的主要类型	1
第三节 桥梁工程的主要组成部分	1
第四节 桥梁工程的主要施工方法	1
第五节 桥梁工程的主要材料	1
第六节 桥梁工程的主要设备	1
第七节 桥梁工程的主要规范	1
第八节 桥梁工程的主要标准	1
第九节 桥梁工程的主要术语	1
第十节 桥梁工程的主要符号	1
第十一节 桥梁工程的主要单位	1
第十二节 桥梁工程的主要术语	1
第十三节 桥梁工程的主要符号	1
第十四节 桥梁工程的主要单位	1
第十五节 桥梁工程的主要术语	1
第十六节 桥梁工程的主要符号	1
第十七节 桥梁工程的主要单位	1
第十八节 桥梁工程的主要术语	1
第十九节 桥梁工程的主要符号	1
第二十节 桥梁工程的主要单位	1
第二十一节 桥梁工程的主要术语	1
第二十二节 桥梁工程的主要符号	1
第二十三节 桥梁工程的主要单位	1
第二十四节 桥梁工程的主要术语	1
第二十五节 桥梁工程的主要符号	1
第二十六节 桥梁工程的主要单位	1
第二十七节 桥梁工程的主要术语	1
第二十八节 桥梁工程的主要符号	1
第二十九节 桥梁工程的主要单位	1
第三十节 桥梁工程的主要术语	1
第三十一节 桥梁工程的主要符号	1
第三十二节 桥梁工程的主要单位	1
第三十三节 桥梁工程的主要术语	1
第三十四节 桥梁工程的主要符号	1
第三十五节 桥梁工程的主要单位	1
第三十六节 桥梁工程的主要术语	1
第三十七节 桥梁工程的主要符号	1
第三十八节 桥梁工程的主要单位	1
第三十九节 桥梁工程的主要术语	1
第四十节 桥梁工程的主要符号	1
第四十一节 桥梁工程的主要单位	1
第四十二节 桥梁工程的主要术语	1
第四十三节 桥梁工程的主要符号	1
第四十四节 桥梁工程的主要单位	1
第四十五节 桥梁工程的主要术语	1
第四十六节 桥梁工程的主要符号	1
第四十七节 桥梁工程的主要单位	1
第四十八节 桥梁工程的主要术语	1
第四十九节 桥梁工程的主要符号	1
第五十节 桥梁工程的主要单位	1
第五十一节 桥梁工程的主要术语	1
第五十二节 桥梁工程的主要符号	1
第五十三节 桥梁工程的主要单位	1
第五十四节 桥梁工程的主要术语	1
第五十五节 桥梁工程的主要符号	1
第五十六节 桥梁工程的主要单位	1
第五十七节 桥梁工程的主要术语	1
第五十八节 桥梁工程的主要符号	1
第五十九节 桥梁工程的主要单位	1
第六十节 桥梁工程的主要术语	1
第六十一节 桥梁工程的主要符号	1
第六十二节 桥梁工程的主要单位	1
第六十三节 桥梁工程的主要术语	1
第六十四节 桥梁工程的主要符号	1
第六十五节 桥梁工程的主要单位	1
第六十六节 桥梁工程的主要术语	1
第六十七节 桥梁工程的主要符号	1
第六十八节 桥梁工程的主要单位	1
第六十九节 桥梁工程的主要术语	1
第七十节 桥梁工程的主要符号	1
第七十一节 桥梁工程的主要单位	1
第七十二节 桥梁工程的主要术语	1
第七十三节 桥梁工程的主要符号	1
第七十四节 桥梁工程的主要单位	1
第七十五节 桥梁工程的主要术语	1
第七十六节 桥梁工程的主要符号	1
第七十七节 桥梁工程的主要单位	1
第七十八节 桥梁工程的主要术语	1
第七十九节 桥梁工程的主要符号	1
第八十节 桥梁工程的主要单位	1
第八十一节 桥梁工程的主要术语	1
第八十二节 桥梁工程的主要符号	1
第八十三节 桥梁工程的主要单位	1
第八十四节 桥梁工程的主要术语	1
第八十五节 桥梁工程的主要符号	1
第八十六节 桥梁工程的主要单位	1
第八十七节 桥梁工程的主要术语	1
第八十八节 桥梁工程的主要符号	1
第八十九节 桥梁工程的主要单位	1
第九十节 桥梁工程的主要术语	1
第九十一节 桥梁工程的主要符号	1
第九十二节 桥梁工程的主要单位	1
第九十三节 桥梁工程的主要术语	1
第九十四节 桥梁工程的主要符号	1
第九十五节 桥梁工程的主要单位	1
第九十六节 桥梁工程的主要术语	1
第九十七节 桥梁工程的主要符号	1
第九十八节 桥梁工程的主要单位	1
第九十九节 桥梁工程的主要术语	1
第一百节 桥梁工程的主要符号	1

目 录

绪 论	(1)
第一章 桥梁工程基本知识	(10)
第一节 桥梁的组成和分类	(10)
第二节 桥梁设计综述	(17)
第三节 桥梁设计的作用及其效应组合	(20)
思考题	(28)
第二章 桥 面	(29)
第一节 桥面构成与形式	(29)
第二节 桥面铺装及排水防水系统	(31)
第三节 桥梁伸缩装置	(35)
第四节 人行道、栏杆、护栏与灯柱	(40)
第五节 桥面施工	(44)
思考题	(48)
第三章 桥梁墩台	(49)
第一节 桥墩的构造及受力特点	(50)
第二节 桥台的构造及受力特点	(57)
第三节 桥梁墩台施工	(63)
思考题	(73)
第四章 混凝土工程	(74)
第一节 模板工程	(74)
第二节 钢筋工程	(93)
第三节 混凝土施工	(100)
思考题	(119)
第五章 钢筋混凝土梁式桥	(120)
第一节 梁式桥的主要类型	(120)
第二节 板桥构造及受力分析	(124)
第三节 装配式简支梁桥的构造及受力分析	(128)
第四节 钢筋混凝土悬臂梁桥的构造及受力分析	(140)

第五节	预应力混凝土连续梁桥的构造及受力分析	(146)
第六节	混凝土简支梁的制造与架设	(149)
第七节	预应力混凝土梁悬臂法施工	(168)
第八节	预应力混凝土梁顶推法施工	(190)
	思考题	(198)
第六章	拱 桥	(200)
第一节	拱桥的组成及结构类型	(200)
第二节	上承式拱桥的构造	(207)
第三节	中、下承式拱桥的构造	(224)
第四节	拱式组合体系桥的构造	(229)
第五节	钢管混凝土拱桥的构造	(232)
第六节	拱桥施工	(236)
	思考题	(267)
第七章	其他体系桥梁	(268)
第一节	斜拉桥的构造	(268)
第二节	斜拉桥施工	(283)
第三节	悬索桥的构造	(292)
第四节	悬索桥施工	(302)
第五节	钢桥施工	(312)
第六节	刚构桥概述	(323)
第七节	斜、弯梁桥简介	(326)
	思考题	(330)
第八章	涵 洞	(331)
第一节	涵洞构造与设计要点	(331)
第二节	涵洞施工	(339)
	思考题	(351)
第九章	桥梁施工辅助和装吊设备	(352)
第一节	桥梁施工的常备式结构	(352)
第二节	桥梁施工辅助结构	(366)
第三节	桥梁施工装吊设备	(374)
	思考题	(390)
	参考文献	(392)

绪 论

桥梁是道路的拓展，空间的跨越。从原始的独木桥、藤索桥，古典的木廊桥、石拱桥，近代的混凝土桥、钢结构桥，到现代的斜拉桥、悬索桥，桥梁凝聚着人类的智慧，改变着时空的距离，承载着岁月的蹉跎。桥梁是生产力的标尺，是文化的图腾，是经济发展的通途。纵观世界桥梁的发展，经历了“三次飞跃”：19世纪钢材的出现，随而出现了高强度钢材，使桥梁发展获得了第一次飞跃；20世纪初，钢筋混凝土的应用，以及30年代初兴起的预应力混凝土技术，使桥梁建设获得了廉价、耐久且刚度和承载力均很大的建筑材料，从而推动了桥梁建设的第二次飞跃；20世纪50年代以后，随着计算机技术和有限元技术的迅速发展，使得人民能够方便地完成过去不可能完成的大规模结构计算，这使得桥梁的发展获得了第三次飞跃。

一、桥梁在交通建设中的地位

建立四通八达的现代交通网络不仅对于改善人民的生活环境、改善投资环境和促进经济的腾飞起到了关键性的作用，而且对全面建设小康社会，推进社会主义新农村建设等方面都具有非常重要的意义。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），必须修建各种类型桥梁与涵洞，因此，桥涵是陆路交通线中的重要组成部分。在经济上，桥涵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，特别是战时，即便是高技术战争，桥梁工程也具有非常重要的地位。此外，为了保证已有公路的正常运营，桥梁的维护与管理工也十分重要。

桥梁不仅是一个国家或地区经济实力、科学技术、生产力发展等综合国力的体现，也是一个国家或地区经济、历史、人文等社会发展的标志性建筑，可以说桥梁是社会历史发展的一座不朽的丰碑。

改革开放以来，我国桥梁工程无论在建设规模上，还是在科学技术水平上，均已跻身世界先进行列。各种造型美观、功能齐全的立交桥、高架桥，横跨长江、黄河、海峡等大江大海的特大跨度桥梁，如雨后春笋般建成。目前，随着《国家高速公路网规划》的实施，几十公里长的跨江、跨海大桥等宏伟工程已经逐渐建成。

回顾过去，展望未来，我国广大桥梁工程技术与科学工作者将不断面临着设计和建造新颖、复杂桥梁的光荣而艰巨的任务。

二、我国桥梁建设的发展概况

我国历史悠久，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是辉煌的，古代的桥梁不仅数量惊人，而且类型也丰富多彩，几乎包括了所有近代桥梁中的最主要形式。建桥所用的材料大都是木、石、藤、竹之类的天然材料。

我国古代石拱桥的杰出代表是举世闻名的河北省赵县的赵州桥（又称安济桥，见图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37m，宽9m，拱矢高度7.23m，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，赵州桥的设计构思和工艺的精巧，不仅在我国古桥是首屈一指，据世界桥梁的考证，像这样的敞肩拱桥，欧洲到19世纪中叶才出现，比我国晚了一千二百多年。

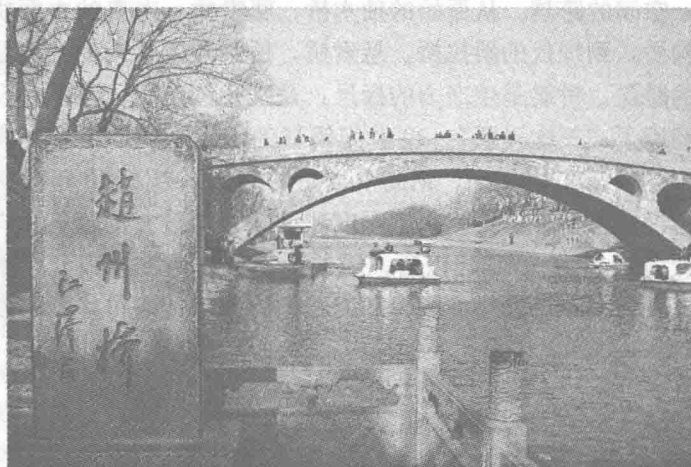


图1 赵州桥

1940年鸦片战争后，中国进入了半殖民地半封建社会，同时西方许多国家经历了工业革命，成为列强。中国成为西方列强掠夺的对象，从强国变为弱国，从先进变为落后，桥梁建设也一样落后于西方国家。

新中国成立后，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，又标志了我国的现代化桥梁技术水平提高到了新的起点。

1969年我国又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥，这是我国自行设计、制造、施工，并使用国产高强度钢材的现代化大型桥梁。

1993年建成的世界上跨度最大的结合梁斜拉桥——杨浦大桥，主跨为602m。

1998年建成的香港青马大桥，为钢箱梁悬索桥，主跨1377m，而1999建成的钢箱梁悬索桥——江阴长江大桥，主跨已达1385m。

杭州湾跨海大桥（见图2）全长36km，其长度为



图2 杭州湾跨海大桥

目前世界上已建成的跨海大桥中位居第一。地处强腐蚀海洋环境，为确保大桥寿命，在国内第一次明确提出了设计使用寿命大于等于 100 年的耐久性要求。按双向六车道高速公路设计，设计时速为 100 km，总投资约 118 亿元。大桥设南、北两个航道，其中北航道桥为主跨 448 m 的钻石型双塔双索面钢箱梁斜拉桥，通航标准 35 000 t；南航道桥为主跨 318 m 的 A 型单塔双索面钢箱梁斜拉桥，通航标准 3 000 t。除南、北航道桥外其余引桥采用 30~80 m 不等的预应力混凝土连续箱梁结构。

桥梁建设水平的高低，代表了一个国家综合国力的强弱，科技水准的高低。它既需要付出较高的经济代价，又需要有较深厚的科学研究，生产技术能力作支撑。放眼全球，凡国力强盛，生产力极其发达的国家，则其桥梁建设能力，不论设计、施工、材料生产、工艺水平无不名列世界前茅。

我国改革开放 30 多年，综合国力有了显著提高，建桥的技术水平也有了大幅度进步。它不仅表现在桥梁的建造工艺水平上，同时也表现在桥梁的设计计算理论，尤其是大型的桥梁设计计算程序的应用和新的建桥材料不断问世上，局面是令人振奋和欣慰的，在桥梁设计和桥梁施工方面达到了世界先进水平，已经成为桥梁强国。

三、国外桥梁建设的发展概况

纵观世界桥梁建筑发展的历史，它与社会生产力的发展、工业水平的提高、施工技术的进步、力学理论的进展、计算能力的提高等方面都有关系，其中与建筑材料的革新能力最为密切。

18 世纪以后，欧洲率先进入工业社会，从根本上改变了 200 年西方文明的历史，促进了大规模的桥梁建设。

18 世纪铁的生产和铸造，为桥梁提供了新的建造材料。但铸铁抗冲击性能差，抗拉性能也低，易断裂，并非良好的造桥材料。19 世纪 50 年代以后，随着酸性转炉炼钢和平炉炼钢技术的发展，钢材成为重要的造桥材料。钢的抗拉强度大，抗冲击性能好，尤其是 19 世纪 70 年代出现钢板和矩形轧制断面钢材，为桥梁的部件在厂内组装创造了条件，使钢材应用日益广泛。

18 世纪初，发明了用石灰、黏土、赤铁矿混合煅烧而成的水泥。19 世纪 50 年代，开始采用在混凝土中放置钢筋以弥补水泥抗拉性能差的缺点。此后，于 19 世纪 70 年代建成了钢筋混凝土桥。

近代桥梁建造，促进了桥梁科学理论的兴起和发展。1857 年由圣沃南在前人对拱的理论、静力学和材料力学研究的基础上，提出了较完整的梁理论和扭转理论。这个时期连续梁和悬臂梁的理论也建立起来。桥梁桁架分析（如华伦桁架和豪氏桁架的分析方法）也得到解决。19 世纪 70 年代后经德国人 K. 库尔曼、英国人 W. J. M. 兰金和 J. C. 麦克斯韦等人的努力，结构力学获得很大的发展，能够对桥梁各构件在荷载作用下发生的应力进行分析。这些理论的发展，推动了桁架、连续梁和悬臂梁的发展。19 世纪末，弹性拱理论已较完善，促进了拱桥发展。20 世纪 20 年代土力学的兴起，推动了桥梁基础的理论研究。

近代桥梁按建桥材料划分，除木桥、石桥外，还有铁桥、钢桥、钢筋混凝土桥。

20 世纪 30 年代，预应力混凝土和高强度钢材相继出现，材料塑性理论和极限理论的研究

究，桥梁振动的研究和空气动力学的研究，以及土力学的研究等获得了重大进展。从而，为节约桥梁建筑材料，减轻桥重，预计基础下沉深度和确定其承载力提供了科学的依据。现代桥梁按建桥材料可分为预应力钢筋混凝土桥、钢筋混凝土桥和钢桥。

预应力钢筋混凝土桥是1928年由法国费雷西内工程师经过20年的研究，用高强钢丝和混凝土制成预应力钢筋混凝土。这种材料，克服了钢筋混凝土易产生裂纹的缺点，使桥梁可以用悬臂安装法、顶推法施工。随着高强钢丝和高强混凝土的不断发展，预应力钢筋混凝土桥的结构不断改进，跨度不断提高。

四、桥梁建设的最新成就

1. 世界十大悬索桥

世界十大悬索桥如表1所示，中国有5座桥梁名列其中。最大跨度悬索桥为日本明石海峡大桥（见图3），位于本州岛与四国之间，主跨1991 m（960+1991+960），全长3910 m，为三跨二铰加劲桁梁式吊桥，钢桥283 m，高出333 m桥宽35.5 m，双向六车道，加劲梁14 m，抗震强度按1/150的频率，承受8.5级强烈地震和抗150年一遇的80 m/s的暴风设计，为目前世界上跨度最大的悬索桥。也是世界上最长的双层桥，是联结内陆工业中的重要纽带。它跨越日本本州岛—四国岛之间的明石海峡，最终实现了日本人一直想修建一系列桥梁把4个大岛连在一起的愿望，创造了本世纪世界建桥史的新纪录。总投资约40亿美元。

表1 世界十大悬索桥

排序	桥名	主跨/m	桥址	年份
1	明石海峡大桥 (Akashi-Kaikyo)	1 991	日本本州四国联络线 (神户—鸣门)	1998
2	舟山西堠门大桥	1 650	中国	2009
3	大贝尔特东桥 (Great Belt East)	1 624	丹麦	1997
4	润扬长江公路大桥	1 490	中国	2005
5	恒比尔 (Humber)	1 410	英国	1981
6	江阴长江公路大桥	1 385	中国	1999
7	青马大桥 (Tsing Ma)	1 377	香港特区, 中国	1998
8	费拉赞诺桥 (Verrazana-Narrows)	1 298	纽约, 美国	1964
9	金门大桥 (Golden Gate)	1 280	旧金山, 美国	1937
10	武汉阳逻长江公路大桥	1 280	中国	2007

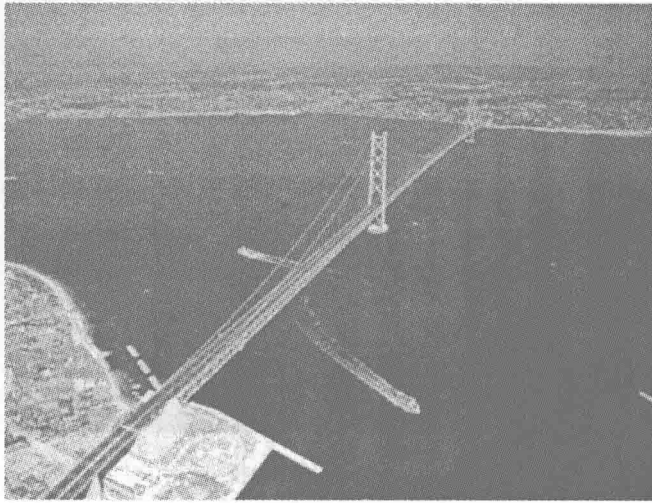


图3 日本明石海峡大桥

2. 世界十大斜拉桥

世界十大斜拉桥如表2所示，中国有8座桥梁名列其中。苏通大桥是世界第一大斜拉桥，连接苏州与南通两座古城的苏通大桥正在显露雄姿。这座全长32.4 km的大桥，是在建中的世界第一大桥。该桥于2008建成通车。日前获得了“乔治·理查德森”国际桥梁大奖，是我国首个荣获该项国际桥梁大奖的工程项目。据了解，苏通大桥全线采用双向六车道高速公路标准。大桥总投资约64.5亿元。苏通大桥的建设过程将攻克一系列世界性难题，并创造4个世界之最。即：最大主跨；最深基础；最高塔桥；最长拉索。正如交通部总工程师凤懋润所说，苏通大桥是世界第一跨度斜拉桥，将成为中国由桥梁大国向桥梁强国转变的第一个标志性建筑。苏通大桥跨径为1 088 m，是当今世界跨径最大斜拉桥。

表2 世界十大斜拉桥

排序	桥名	主跨/m	桥址	年份
1	苏通长江公路大桥	1 088	长江，中国	2008
2	香港昂船洲大桥	1 018	长江，中国	2009
3	多多罗桥 (Tatara)	890	日本本州四国联络线	1998
4	诺曼底桥 (Normandie)	856	法国	1994
5	南京三桥	648	长江，中国	2001
6	南京二桥	628	长江，中国	2001
7	武汉三桥	618	长江，中国	2001
8	青州闽江大桥	605	福州，中国	2000
9	上海杨浦大桥	602	上海，中国	1993
10	上海徐浦大桥	590	上海，中国	1997



图4 苏通长江大桥

3. 世界十大混凝土拱桥

世界十大混凝土拱桥如表3所示, 中国有3座桥梁名列其中。重庆万县长江大桥位于万州区(原四川万县市)上游7 km处, 是国道主干线(成都—上海)国道318线上跨越长江的一座特大公路桥梁。1994年5月1日大桥正式动工, 1997年建成通车。万县长江大桥为劲性骨架钢管混凝土上承式拱桥, 大桥一跨飞渡长江, 全长856.12 m, 主拱圈为钢管混凝土劲性骨架箱型混凝土结构, 主跨420 m, 桥面宽24 m, 为双向四车道, 是当时世界最大跨径的混凝土拱桥, 该设计施工技术的研究成果获国家科技进步一等奖。

表3 世界十大混凝土拱桥

排序	桥名	主跨/m	桥址	年份
1	万县长江大桥	420	万县, 中国	1997
2	克尔克1号桥 (Krk-1)	390	克尔克岛 (Krk Island), 南斯拉夫	1980
3	江界河大桥	330	黄河, 中国	1995
4	邕江大桥	312	广西, 中国	1997
5	格莱兹维尔桥 (Gladesville)	305	悉尼 (Sydney), 澳大利亚	1964
6	艾米赞德桥 (Ponte da Amizade)	290	巴拉那河 (Parana River) 巴西—巴拉圭	1964
7	布洛克兰斯桥 (Bloukrans)	272	布洛克兰斯 (Bloukrans), 南非	1983
8	阿拉比达桥 (Arrabida)	270	奥波托 (Oporto), 葡萄牙	1963
9	山多桥 (Sando)	264	克拉姆福斯 (Kramfors), 瑞典	1943
10	拉兰斯桥 ()	261	法国	1990

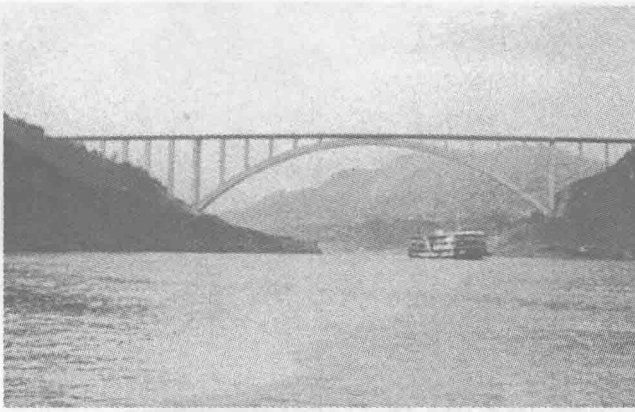


图5 万县长江大桥

4. 世界十大预应力混凝土梁桥

世界十大预应力混凝土梁桥如表4所示, 中国有2座桥梁名列其中。最大跨径为挪威的斯托尔马桥, 跨径301 m。第三为我国珠江的虎门辅航道桥, 跨径270 m, 虎门珠江大桥是我国第一座六车道高速公路全焊接钢箱梁悬索桥, 是中国梁式桥梁建设史上的里程碑。虎门珠江大桥主桥为跨径888 m悬索桥, 辅航道桥为270 m跨径创世界纪录的预应力混凝土连续刚架桥, 是当时世界跨径最长的梁桥, 标志着二十世纪中国桥梁建设的最高成就。

表4 世界十大预应力混凝土梁桥

排序	桥名	主跨/m	桥址	年份
1	斯托尔马桥 (Stolma)	301	挪威	1998
2	拉脱圣德桥 (Raftsundet)	298	洛福坦 (Lofoten), 挪威	1998
3	虎门辅航道桥	270	珠江, 中国	1997
4	瓦罗德2号桥 (Varodd-2)	260	克里斯蒂安桑德 (Kristiansand), 挪威	1994
	门道桥 (Gateway)	260	布里斯班 (Brisbane), 澳大利亚	1986
5	奥波托桥 (Oporto)	250	道罗河 (Douo Eiver), 葡萄牙	1991
	诺日姆伯兰海峡桥 (Northum Berland Strait crossing)	250 (43孔)	新布鲁斯维克 (New Brunswick), 加拿大	1998
	斯克夏桥 (Skye)	250	斯克夏岛 (Skye laland), 英国	1995
6	黄石长江大桥	245	湖北, 中国	1996
7*	科罗巴卜图瓦普桥 (Koror-Babelthuap)	241	太平洋托管区 (Pacific Trust), 美国	1977
8	滨名大桥 (Hamana)	240	静冈县 (Shizuoka), 日本	1976
9	彦岛大桥 (Hikoshima)	236	山口县 (Yamaguchi), 日本	1975
10	诺达尔斯弗乔德桥 (Norddalsfjord)	231	索恩-弗乔丹 (Sogn-Fjordane), 挪威	

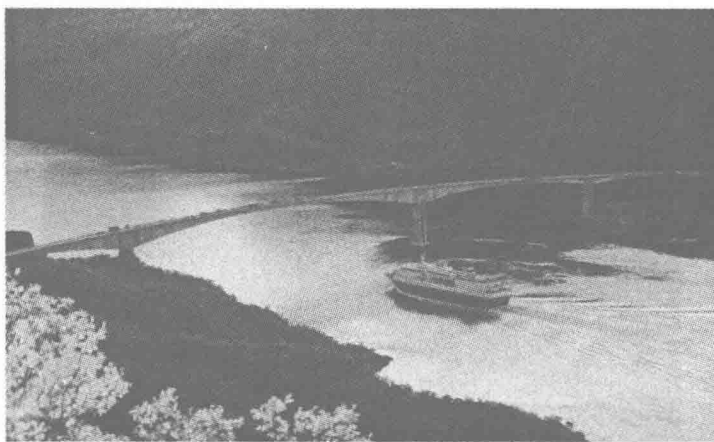


图6 挪威拉脱圣德桥

从以上桥梁列表可以看出,中国已经成为名副其实的桥梁强国。

五、世界桥梁建设发展趋势

1. 学科发展

桥梁结构工程已发展成系统性的工程学科,主体框架已构筑完毕,但远未完善。今后,这些分支将得以独立发展成熟,同时也会相互渗透。桥梁抗风领域,大跨度桥梁风致振动控制技术将成为研究的热点,试验仍将以风洞为依托。随着计算机技术的不断更新进步,数值风洞技术可望有突破。随着计算机微处理器技术的迅猛发展,桥梁CAD技术将面临新的发展机遇。集结构分析、工程制图、工程数据库及专家系统的桥梁CAD软件将会问世,并将迈入桥梁设计的网络时代。桥梁施工控制技术将进一步发展,GPS(Global Positioning System)技术的应用将成为施工测量技术研究的热点。基础工程发展的重点在于海洋钻井平台技术的引进。旧桥加固检测技术的开发应用将成为下一世纪桥梁工程领域的另一道风景线。

2. 材料发展

目前,在世界范围高性能混凝土的研究在深入,应用在扩展。北欧国家如挪威、瑞典,桥梁基本都采用HPC(高性能混凝土)建造,目前对桥梁混凝土除高耐久与高强要求外,又增加了轻质的要求,因为桥梁上部结构使用轻质HPC(容重约 1.9 t/m^3),桥梁自重减轻了,可以降低桥梁下部结构的成本,轻质高强($56\sim 74\text{ MPa}$)HPC已经成功地在挪威一些工程中应用。美国、加拿大在SHRP计划的研究与应用基础上,正在大力宣传和推广应用HPC建设桥梁。有理由相信,高性能混凝土将获得越来越广泛的应用,并且会成为21世纪桥梁建设的优选工程材料。

3. 跨径不断增大

目前,钢梁、钢拱的最大跨径已超过 500 m ,钢斜拉桥为 $1\ 000\text{ m}$,而钢悬索桥达 $1\ 990\text{ m}$ 。随着跨江跨海的需要,钢斜拉桥的跨径将突破 $1\ 500\text{ m}$,钢悬索桥将超过 $3\ 000\text{ m}$ 。至于混凝土桥,梁桥的最大跨径为 301 m ,拱桥已达 420 m ,斜拉桥为 530 m 。这些跨径的

记录将会不断地被超越，大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展。

4. 桥型不断丰富

本世纪 50~60 年代，桥梁技术经历了一次飞跃；混凝土梁桥悬臂平衡施工法、顶推法和拱桥无支架方法的出现，极大地提高了混凝土桥梁的竞争能力；斜拉桥的涌现和崛起，展示了丰富多彩的内容和极大的生命力；悬索桥采用钢箱加劲梁，技术上出现新的突破。在设计阶段采用高度发展的计算机辅助手段，进行有效的快速优化和仿真分析，运用智能化制造系统在工厂生产部件，利用 GPS 和遥控技术控制桥梁施工。所有这一切，使桥梁技术得到空前的发展。

5. 结构不断轻型化

悬索桥采用钢箱加劲梁，斜拉桥在密索体系的基础上采用开口截面甚至是板，使梁的高跨比大大减少，非常轻盈；拱桥采用少箱甚至拱肋或桁架体系；梁桥采用长悬臂、板件减薄等，这些都使桥梁上部结构越来越轻型化。

第一章 桥梁工程基本知识

能力目标

- ◆ 能正确认识各种桥梁的组成部分；
- ◆ 能正确识读桥梁图纸；
- ◆ 能进行结构体系划分，画出基本受力图式；
- ◆ 知道桥梁设计的基本程序和内容；
- ◆ 能说出桥梁所有作用类型和效应组合原则。

学习要求

◆ 要求学生根据桥梁模型和工程实际，结合施工图纸，反复进行结构观察，了解桥梁整体结构、基本构件的构造和组成，进行桥梁体系分类。

第一节 桥梁的组成和分类

一、桥梁的组成

(一) 常见桥梁的基本组成 (见图 1.1、1.2)

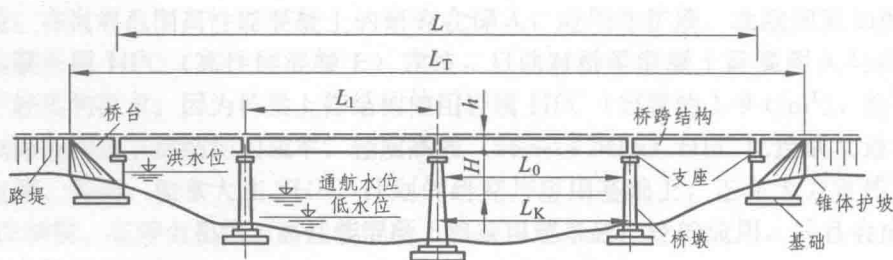
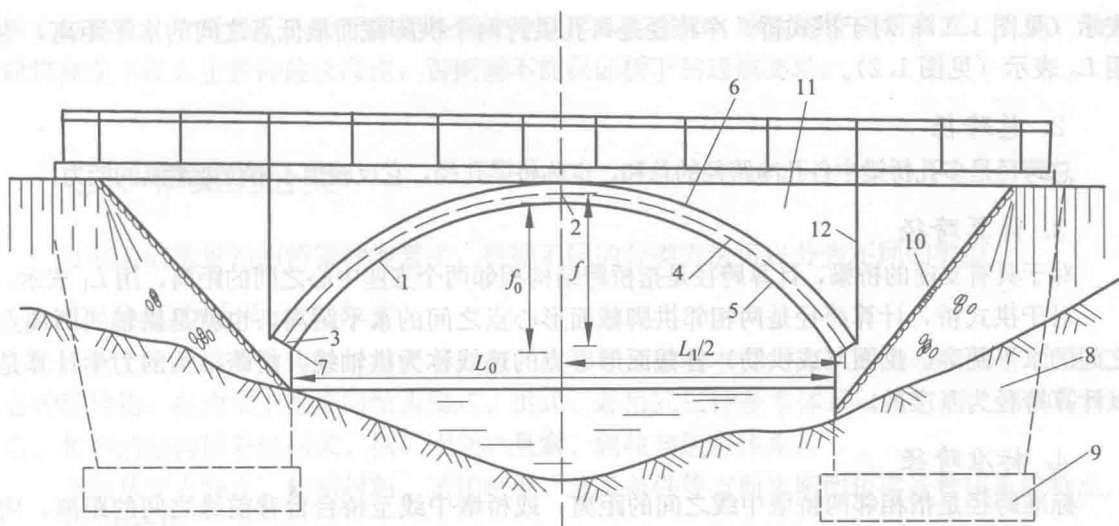


图 1.1 梁式桥的基本组成



1—拱圈；2—拱顶；3—拱脚；4—拱轴线；5—拱腹；6—拱背；7—起拱线；
8—墩台；9—基础；10—锥体护坡；11—拱上建筑

图 1.2 拱式桥的基本组成

1. 上部结构

上部结构包括桥跨结构和支座系统两部分。

桥跨结构是指桥梁中直接承受桥上交通荷载、跨越障碍的部分。支座系统是设置在墩台顶的传力结构装置，其作用是支撑上部结构并把荷载传递给墩台。

2. 下部结构

下部结构包括桥墩、桥台和基础，是支撑上部结构并向下传递荷载的结构物。

桥台设置在桥两端，桥墩设置在桥的中间。桥台除了承受荷载、传递荷载以外，还与路堤相连接，起到承受台后土压力、防止路堤填土坍塌的作用。基础是墩台的最下面部分，修筑在地基上，具有承上启下的作用。基础既要保证墩台安全，同时又将荷载传给地基。

3. 桥梁附属设施

桥梁附属设施主要包括桥面结构、锥体护坡、护岸、导流结构物等几个部分。

桥面结构包括桥面铺装、排水防水系统、栏杆（或防撞护栏）、桥面伸缩装置、灯光照明系统等几部分。锥体护坡是桥台两侧用来保护路堤、桥台不受水流冲刷的结构物。护岸、导流结构物是保证桥位附近水流顺畅及河槽、河岸不受严重冲刷变形而设置的调治水流的构造物。根据水流状况、地形、地质等不同条件，可以采用不同的结构形式，如顺坝、丁坝、河底铺砌等。

通常情况下，我们把桥跨结构、支座系统、桥墩、桥台和基础称为公路桥梁的五大部件；把桥面铺装、排水防水系统、栏杆（或防撞护栏）、桥面伸缩装置和灯光照明系统称为公路桥梁的五小部件。

(二) 与桥梁布置有关的主要尺寸名称和技术术语

结合图 1.1、1.2 对桥梁布置有关的主要尺寸名称和技术术语简要说明如下。

1. 净跨径

对于梁式桥，净跨径是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的水平净距，用 L_0 。