

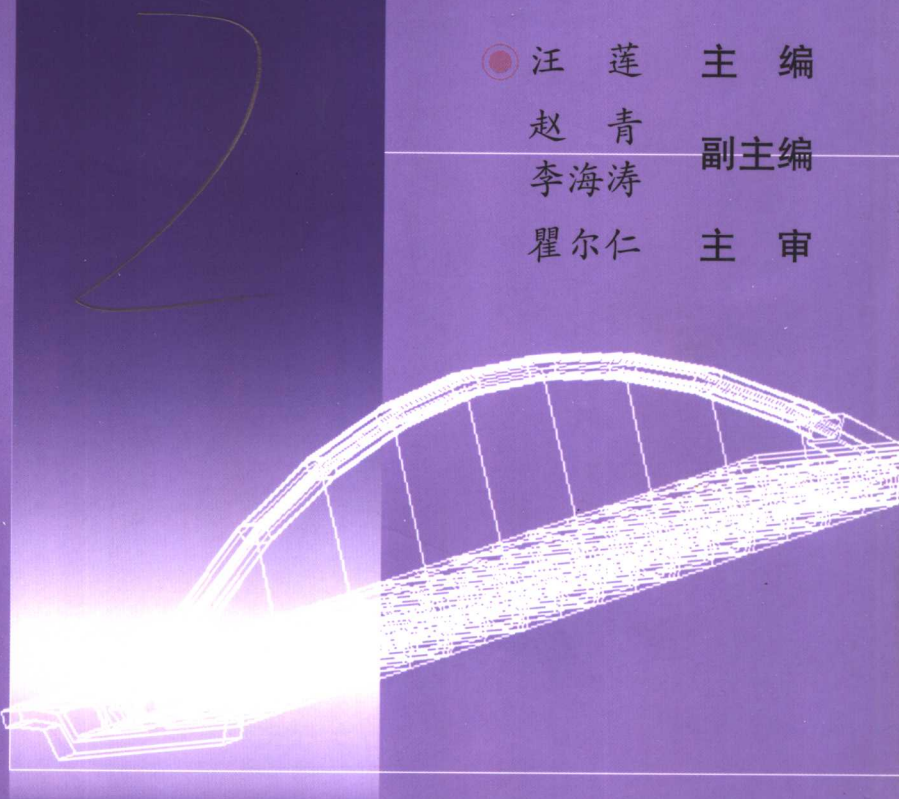
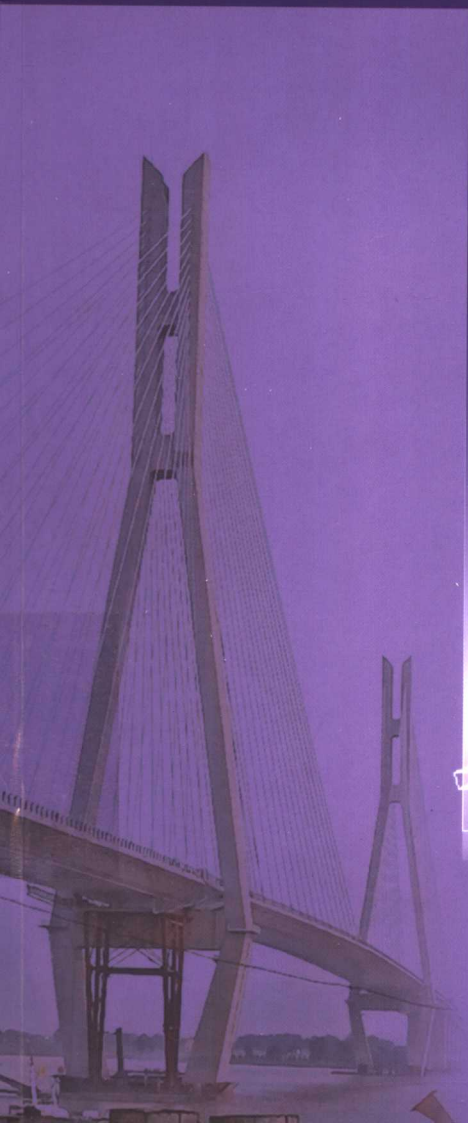
AOLIANG GONGCHENG

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

桥梁工程

Q I A O L I A N G G O N G C H E N G

汪 莲 主 编
赵 青 副主编
李海涛
瞿尔仁 主 审



合肥工业大学出版社

U44

24

2006

高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

桥梁工程

汪 莲 主 编

赵 青 副主编
李海涛

瞿尔仁 主 审

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

《桥梁工程》是高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材之一。本书以土木工程专业桥梁工程课程主要内容为主,重点介绍了常用中、小型桥梁的构造原理,设计计算方法和施工方法。简要介绍了大跨度桥梁的构造、设计和施工特点。

本书可作为高等院校土木工程专业本科生教材,也可供从事桥梁设计、施工、监理等方面的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 汪莲主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006.9

ISBN 7-81083-403-1

I. 桥... II. 汪... 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(2006)第 118013 号

桥梁工程

主 编:汪 莲

责任编辑:陈淮民

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 23009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail Press@hfutpress.com.cn
版 次 2006 年 10 月第 1 版
2006 年 10 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 23
字 数 565 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司

ISBN 7-81093-403-1/U·13

定价:33.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

本教材采用了最新的技术标准、规范和规程,以应用为核心,以实用、实际、实效为原则,及时反映现阶段公路交通的发展和科技成果。加强了课程理论体系的科学性与专业针对性,突出了培养应用型人才为目标的指导思想。

本教材共有7章。在第1章总论里主要介绍国内外桥梁建设的发展概况;桥梁的组成、分类和结构体系;桥梁的总体规划和设计要点;桥梁的设计荷载和桥面布置与构造。该章内容以期在深入学习后续各章内容前对桥梁设计工作的全貌有一概括的了解。

第2章为钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥。通过截面形式和静力体系的分析,介绍了各类梁式桥的特点和适用条件,并以装配式梁桥为主,详细地介绍了公路上最常用的中、小跨径简支梁桥的构造、设计和计算。其中荷载横向分布原理是公路桥梁设计的主要计算理论,本书将常用的各种计算方法归并在一起介绍,并按新规范内容配以相应的算例。

第3章为其他体系桥梁及桥梁支座。主要介绍连续梁桥内力计算特点、方法;悬臂梁桥类型、设计计算要点;预应力混凝土T形刚构桥的类型、特点;悬索桥及斜拉桥的分类、构造、设计要点;最后介绍了梁式桥支座中的常用支座、特殊功能支座以及支座的布置、计算与选择。

第4章为拱桥,主要介绍拱桥的基本特点、组成分类、构造特点、设计要求和计算方法。其中详细介绍了上承式拱桥的构造特点及拱桥设计中的总体布置、拱轴线的选择及拱圈截面变化和截面尺寸拟定的基本要求。重点介绍了等截面悬链线无铰拱的设计与计算。

第5章为桥梁墩台,主要从最基本的桥梁墩台入手,介绍桥梁墩台的基本构造、设计原则及一般的计算方法。

第6章为桥梁施工,主要根据不同的桥梁结构形式,分别介绍了钢筋混凝土简支梁桥、预应力混凝土简支梁桥、装配式简支梁桥的安装;悬臂梁桥、连续梁桥、拱桥、斜拉桥以及悬索桥上部结构的施工工艺。

第7章为计算机辅助桥梁工程设计。介绍了计算机辅助桥梁结构分析的方法——有限元法的基本思路和桥梁结构分析的特点,简要介绍了几种目前常用的桥梁结构分析专用软件,提出了专业软件选用时应注意的问题。

本书第1章由合肥工业大学汪莲编写;第2章由合肥工业大学汪莲、何敏编写;第3章由合肥工业大学何敏、陈菊香、左晓晗编写;第4章由安徽建筑工业学院赵青编写;第5、6章由安徽理工大学李海涛编写;第7章由合肥工业大学陈菊香编写。全书由汪莲主编,瞿尔仁教授主审。本书书稿的整理过程中还得到张鸣祥、覃丹、王勇、柏永春、韦正华等的帮助。

由于我们水平有限,编写时间也较紧迫,错误之处一定不少,敬请读者批评指正。

编 者

2006年9月

目 录

第1章 总论	1
1.1 概述	1
1.2 桥梁的总体规划和设计要点	15
1.3 桥梁的设计荷载	25
1.4 桥面布置与构造	41
第2章 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥	54
2.1 概述	54
2.2 板桥的设计与构造	58
2.3 装配式简支梁桥的构造与设计	67
2.4 简支梁桥计算	85
第3章 其他体系桥梁及桥梁支座	152
3.1 连续梁桥	152
3.2 悬臂梁桥	156
3.3 预应力混凝土 T 形刚构桥	166
3.4 悬索桥	170
3.5 斜拉桥	175
3.6 梁式桥支座	181
第4章 拱桥	188
4.1 概述	188
4.2 拱桥的构造	193
4.3 拱桥的设计	217
4.4 拱桥的计算	225
第5章 桥梁墩台	266
5.1 桥梁墩台的构造和设计	266
5.2 桥墩的计算	284
5.3 桥台的计算	293

第6章 桥梁施工	297
6.1 桥梁施工方法概述	297
6.2 钢筋混凝土简支梁桥施工	301
6.3 预应力混凝土简支梁桥施工	303
6.4 装配式简支梁桥的安装	308
6.5 悬臂体系和连续体系梁桥的施工	311
6.6 拱桥施工	321
6.7 斜拉桥施工	328
6.8 悬索桥施工	331
 第7章 计算机辅助桥梁工程设计	336
7.1 概述	336
7.2 计算机辅助桥梁结构分析的方法	336
7.3 桥梁结构分析专用软件简介	338
 附录	342
 参考文献	359

第 1 章 总 论

1.1 概 述

1.1.1 桥梁在交通事业中的作用和国内外桥梁建设发展概况

1.1.1.1 桥梁在交通事业中的作用

大力发展交通运输事业,是加速实现我国现代化的重要保证。四通八达的现代交通,对于加强全国各族人民的团结,发展国民经济,促进文化交流和巩固国防等方面,都具有非常重要的作用。在公路、铁路、城市和农村道路交通以及水利等建设中,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,所以桥涵又成了陆路交通中的重要组成部分。在经济上,桥梁和涵洞的造价一般平均占公路总造价的 10%~20%,特别是在现代高等级公路以及城市高架道路的修建中,桥梁不仅在工程规模上十分巨大,而且往往也是保证全线早日通车的关键。在国防上,桥梁是交通运输的咽喉,在需要高度快速、机动的现代战争中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,数十公里的海湾和海峡大桥,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,而且犹如一条条地上“彩虹”,将城市装扮得格外妖娆美丽。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。因而桥梁建筑已不单纯作为交通线上的重要工程实体,而且常作为一种空间艺术结构存在于社会之中。

1.1.1.2 国内外桥梁建设发展概况

1. 我国桥梁的发展概述

桥梁不仅是一个国家文化的象征,更是生产力发展和科学进步的写照。

我国幅员辽阔,大小山脉和江河湖泽遍布全国。我国的桥梁建筑在历史上是辉煌的。古代的桥梁不但数量惊人,类型也丰富多彩,几乎包括了所有近代桥梁中的主要形式。所用的材料多是一些天然材料,例如土、木、石等。

根据史料记载,在三千年前的周文王时期,我国就在渭河上架设过大型浮桥。在秦汉时期我国就开始大量建造石桥。隋唐时期,是我国古代桥梁的兴盛时代,其间在桥梁形式、结构构造等方面有着很多创新。宋代之后,建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能又有所提高,充分表现了我国古代工匠的智慧和艺术水平。举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥)(图 1-1),就是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥在隋大业初年(公元 605 年左右)为李春所创建,是一座空腹式圆弧形石拱桥,全桥长 50.82m,净跨 37.02m,桥宽 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,赵州桥至今仍保存完好。

我国是最早有吊桥的国家,迄今至少有三千年左右的历史。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。至今尚保存下来的古代吊桥有四川泸定县的大渡河铁索桥(1706 年)以及灌县的安澜竹索桥(1803 年)等。泸定铁索桥跨长约 100m,桥宽约 2.8m,由 13 条锚固于两岸的铁链组成。1935 年中国工农红军长征途中曾强渡此桥,因此更加闻名。

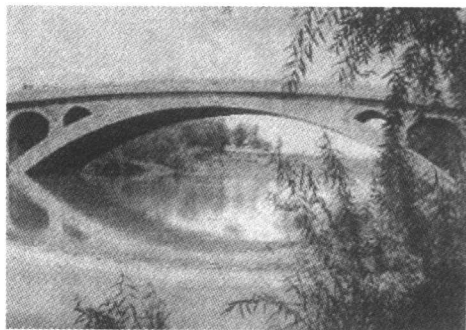


图 1-1 赵州桥

在秦汉时期我国已广泛修建石梁桥。世界上现在尚存最长、工程最艰巨的石梁桥,就是我国于 1053~1059 年在福建泉州建造的万安桥(又称洛阳桥)。此桥长达 800 多米,共 47 孔,位于“波涛汹涌,水深不可测”的海口江面上。此桥以磐石遍铺桥位江底,是近代筏型基础的开端,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。万安桥的石梁共有 300 余根,每根重约 20~30t。在当时,采用“激浪以涨舟,悬机以弦牵”的方法架设这样重的梁,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。

新中国成立后,我国的公路建设事业突飞猛进,桥梁建设取得了很大的成就。特别是改革开放以来,我国社会主义现代化建设和各项事业取得了举世瞩目的成就,公路交通的大力发展和西部地区的大开发为公路桥梁建设带来了良好的机遇。近三十年来,我国大跨径桥梁的建设进入了一个辉煌的时期,在中华大地上建造了一大批结构新颖、技术复杂、设计和施工难度大且科技含量高的大跨径斜拉桥、悬索桥、拱桥、PC 连续刚构桥,积累了丰富的桥梁设计和施工经验,我国公路桥梁建设水平已跻身于国际先进行列。

(1) 钢桥

1957 年,第一座长江大桥——武汉长江大桥(图 1-2)的顺利建成,结束了我国万里长江无桥的历史,标志着建造大跨度钢桥的技术在我国达到新的水平。大桥的正桥为三联 $3 \times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,下层双线铁路,上层公路桥面宽 18m,两侧各设 2.25m 的人行道,包括引桥在内,全桥总长 1 670.4m。1969 年我国又顺利地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,并使用了国产高强钢材的现代化大型桥梁,见图 1-3。该桥上层为公路桥,下层为双线铁路;包括引桥在内,铁路桥全长 6 772m,公路桥全长为 4 589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,大桥桥墩基础的施工极为困难。南京长江大桥的建成,显示出我国建桥技术已达到世界先进水平,也是我国桥梁史上的又一重要里程碑。2003 年 6 月,我国自主设计的跨径为 550m 的卢浦大桥建成通车(图 1-4)。它是当今世界上跨度最大的组合结构拱桥,科技含量高,施工难度大。它的建成,标志着我国桥梁技术取得了重大突破,建桥水平跃上了一个新台阶。



图 1-2 武汉长江大桥

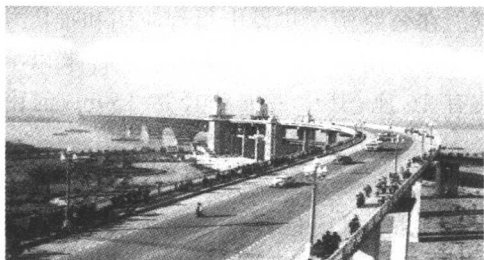


图 1-3 南京长江大桥

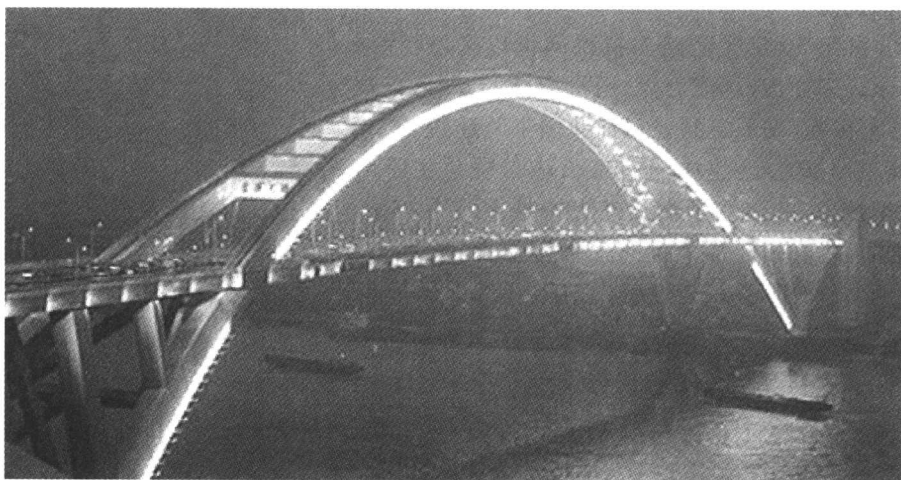


图 1-4 卢浦大桥

(2) 混凝土梁桥

钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥,在我国也取得了很大的发展。对于中小跨径的梁桥(5~20m左右),已广泛采用装配式钢筋混凝土板式或肋板式的标准化设计,它不但经济实用、施工方便,并且能加快建桥的速度。我国装配式预应力混凝土梁桥的标准设计,跨径已达40m。1997年建成的主跨为270m的虎门大桥辅航道桥是中国跨度最大的预应力混凝土梁桥,目前跨度位居世界第三。

(3) 拱桥

我国拱桥有悠久的历史。在建国初期,广大建桥技术人员继承和发扬了我国建造石拱桥的优良传统,因地制宜,就地取材,修建了大量经济美观的石拱桥,目前,我国已修建跨径在百米以上的石拱桥共有7座,其中建于1991年的湖南鸟巢河桥(跨度为120m)创世界纪录(图1-5)。

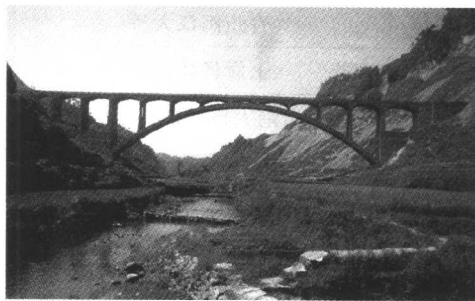


图 1-5 鸟巢河桥

除石拱桥外,我国还创造和推广了不少新颖的拱桥结构。如1964年创建的双曲拱桥,具有材料省、造价低、施工简便和外形美观等

优点。在公路桥梁建设中得到应用和推广,并对当时加快我国公路桥梁建设速度,曾起到很大的推动作用。目前,我国跨径在百米以上的双曲拱桥共有 16 座,其中最大跨径达 150m(河南省前河大桥)。

在拱桥的施工技术方面,除了有支架施工外,对于大跨径拱桥,目前已广泛采用无支架施工,而且在四川、贵州和湖南等省,还采用转体法分别建成跨径为 70m 的肋拱桥和跨径达 200m 的箱型拱桥等。

(4)斜拉桥

自 20 世纪 50 年代公路斜拉桥问世以来,这种结构合理、形式多样、跨越能力大、用材指标低、外形美观的桥梁异军突起,发展迅猛。目前我国主跨超过 600m 的斜拉桥有 4 座。已建成的南京长江二桥是主跨为 628m 的钢箱梁;武汉白沙洲长江大桥是主跨为 618m 的混合梁;福建青州闽江大桥的主跨为 605m;于 1993 年建成的上海杨浦大桥,其主跨为 602m(图 1-6),闽江大桥和杨浦大桥均采用钢—混凝土组合梁。截至 2005 年底,国内外已建成的斜拉桥排名情况见表 1-1。

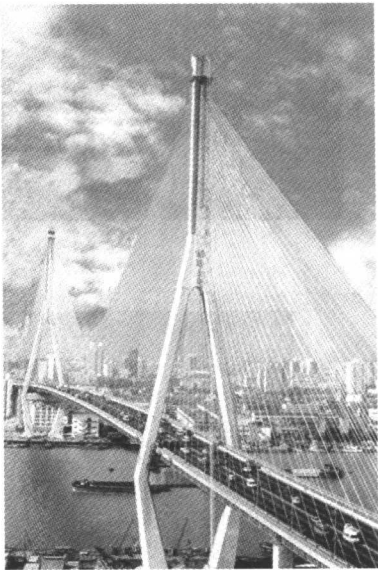


图 1-6 杨浦大桥

表 1-1 截至 2005 年底建成的斜拉桥排名

序号	桥 名	主跨 (m)	桥址	建成年份	结构 形式
1	多多罗桥(Tatara)	890	日本本州四国联络 线(尾道—今治)	1998	H
2	诺曼底桥(Normandie)	856	法国	1995	H
3	南京二桥	628	中国南京	2001	H
4	武汉白沙洲长江大桥	618	中国武汉	2001	H
5	青州闽江大桥	605	中国福州	2001	C
6	上海杨浦大桥	602	中国上海	1993	C
7	中央名港大桥(Meiko—Chuo)	590	日本	1997	S
	上海徐浦大桥	590	中国上海	1997	H
8	斯坎圣德特桥(Skarnsundet)	530	挪威	1991	PC
9	汕头礮石大桥	518	中国汕头	1999	H
10	鹤见航路桥(Tsurumi Fairway)	510	日本	1991	S
11	长江荆沙大桥	500	中国荆州	2000	PC

(续表)

序号	桥 名	主跨 (m)	桥址	建成年份	结构 形式
12	生口桥(Ikuchi)	490	日本	1991	H
	弗莱圣德桥(Fresund)	490	瑞典	1999	S
13	东神户大桥(Higashi - Kobe)	485	日本	1993	S
14	塞黑桥(Seo Hae)	470	韩国	1999	
15	安娜雪丝桥(Annacise)	465	加拿大	1986	C
16	横滨海湾大桥(Yakohama Bay)	460	日本	1989	S
17	胡格莱二号桥(Second Hooghly Bri.)	457	印度	1992	C
18	塞文二号桥(Second Seven Bri.)	456	英国	1996	C
19	昭菲亚桥(Chal Phaya /Rama IX)	450	泰国	1987	S
	伊丽莎白二世女王桥(Queen Elizabeth II)	450	英国	1991	C
20	达福特桥(Darford)	450	英国	1991	C
21	汀久桥(Ting Kau)	448	中国香港	1998	C

[注] H——混合(Hybrid);C——复合(Composite);PC——预应力混凝土(Prestressed Concrete);S——钢桥(Steel)。

(5)悬索桥

悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的。我国 1997 年建成的香港青马大桥,全长 2 160m,主跨 1 377m,是香港 20 世纪标志性建筑。它把传统的造桥技术升华至极高的水平,宏伟的结构令世人感叹,在世界 171 项工程大赛中荣获“建筑业奥斯卡奖”。截至 2005 年底,国内外已建成的悬索桥排名情况见表 1-2。

表 1-2 截至 2005 年底建成的悬索桥排名

序号	桥名	主跨(m)	桥址	建成 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	大贝尔特桥(Great Belt East)	1 624	丹麦	1997
3	润扬长江大桥	1 490	中国江苏	2005
4	汉伯桥(Humber)	1 410	英国	1981
5	江阴长江大桥	1 385	中国江苏	1999
6	青马大桥(Tsing Ma)	1 377	中国香港	1997
7	费拉赞诺桥(Verrazana-Narrows)	1 298	美国纽约	1964
8	金门大桥(Golden Gate)	1 280	美国圣弗朗西斯科(旧金山)	1937

(续表)

序号	桥名	主跨(m)	桥址	建成年份
9	霍加—卡斯滕大桥(Hoga—Kusten)	1 210	瑞典	1997
10	麦金奈克桥(Mackinac)	1 158	美国	1957
11	塔盖斯桥(Tagus)	1 104	葡萄牙里斯本	1960
12	南备赞瀬户大桥(Minami Bisan—seto)	1 100	日本本州四国联络线(兜岛—板出)	1988
13	塔蒂苏丹穆罕穆德桥 (Tatih Sultan—Mehment)	1 090	土耳其伊斯坦布尔	1988
14	博斯普鲁斯桥(Bosporus)	1 074	土耳其伊斯坦布尔	1973
15	乔治华盛顿桥(George Washington)	1 067	美国纽约	1931
16	来岛 3 号桥(Kurshima—3)	1 030	日本本州四国联络线(尾道—今治)	1999
17	来岛 2 号桥(Kurshima—2)	1 020	日本本州四国联络线(尾道—今治)	1999
18	里斯本大桥(Viute e Cinco de Abril)	1 013	葡萄牙里斯本	1966
19	福斯道路桥(Forth Road)	1 006	英国	1964
20	北备赞瀬户大桥(Kite Bisan—seto)	990	日本本州四国联络线(兜岛—板出)	1988

如今,我国的交通事业和桥梁建设呈现出一个崭新的局面,这体现在国道系统的畅通和高速公路建设以及现代化桥梁技术、桥型、美观、跨越能力和施工管理水平的升华。至 2005 年底,我国高速公路的通车里程已达 4.1 万 km,一个干支衔接、布局合理、四通八达的公路网已初步形成,公路交通有效缓解了长期制约国民经济发展的道路“瓶颈”状况。因此,我们应不断努力,善于吸取国内外桥梁建筑的最新技术和有效经验,为我国社会主义桥梁建设做出应有的贡献。

2. 国内外桥梁发展概述

纵观世界桥梁建筑发展的历史,与社会生产力的发展,工业水平的提高,施工技术的进步,数学、力学理论的进展,计算技术的改革等方面都有关系,其中与建筑材料的改革最为密切。

17 世纪中期以前,建筑材料基本上只限于土、木、石、砖等材料,采用的也是很简单的结构,17 世纪 70 年代开始使用生铁。18 世纪末,炼铁技术发展,铁开始应用于桥梁。1779 年首次建成了铸铁拱桥(Coal brookdale 桥,主跨 30m)。留世至今的是著名的法国巴黎塞纳河上的亚历山大三世铸铁拱桥(Alexander 桥,107.5m,1899 年)。

19 世纪开始使用熟铁建造桥梁与房屋,由于这些材料的本身缺陷,土木工程的发展仍然受到很大的限制。19 世纪中期,出现了现代建筑用钢和钢丝,引发了土木工程的第一次飞跃。桥梁采用优质钢材使桁架结构形式有了发展,桥梁主跨从 100m 左右跃至 500m 左右。其标志性建筑为 1883 年建成的美国纽约的布鲁克林桥(Brooklyn 桥,主跨 486m 的悬

索桥)和1890年建成的苏格兰福思湾铁路桥(Firth of Forth 桥,主跨520m的悬臂钢桁桥)。进入20世纪,钢拱桥的第一个世界纪录为美国新河桥(New River 桥,主跨518m);钢桁桥的第一世界纪录为加拿大的魁北克桥(Quebec 桥,主跨549m)。

20世纪,建筑用钢从普通钢材发展到高强合金钢以及全气候钢,结构的连接从铆接、栓接发展到焊接、高强螺栓连接。结构的高强轻型化,钢管和钢箱梁的应用,制造工艺自动化、工厂化和施工机械化,从而创造出千姿百态的现代钢桥。加上钢筋混凝土的广泛应用,以及预应力技术的诞生,实现了土木工程的第二次飞跃,桥梁跨度突破千米大关。20世纪桥梁的发展主要反映在悬索桥和斜拉桥的建设上。现代斜拉桥1955年始建于德国,经过半个多世纪的发展,斜拉桥跨径已跃至890m(日本多多罗桥 Tatara 桥,主跨890m,1998年建成)(图1-7)。悬索桥从20世纪初的1000m左右(纽约 Washington 桥,主跨1067m,1931年建成),到20世纪末已跃至1991m。其标志性建筑物为1937年建成的美国金门大桥(Golden Gate,主跨1280m),世界上第一次采用扁箱流线型加劲梁,改善了结构空气动力稳定性(图1-8)。1998年建成的日本明石海峡大桥(Akashi-kaikyo,主跨1991m),在施工期间经受住了1995年的日本阪神大地震(图1-9)。2004年我国建成通车的长江润扬公路大桥,主跨1490m,目前位居世界第三,如图1-10所示。

从以上可以看出,西方的工业革命促使生产力的大幅度增长,从而促进了桥梁建筑技术的空前发展。

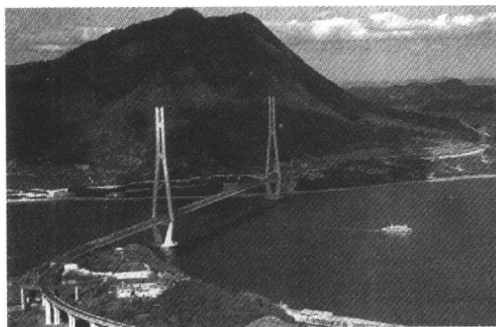


图1-7 多多罗桥

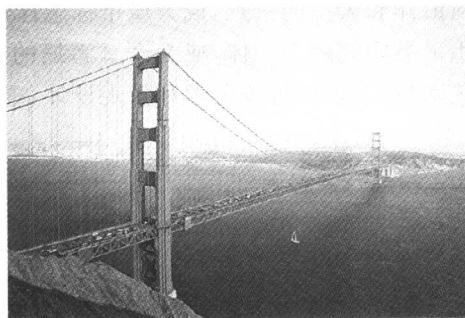


图1-8 金门大桥

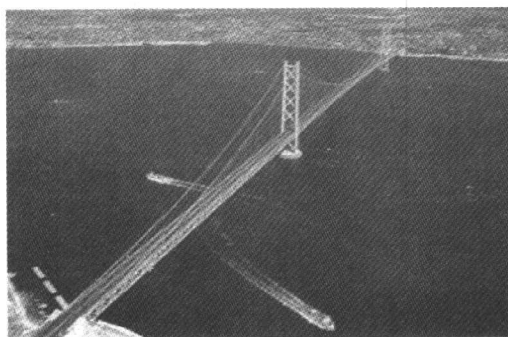


图1-9 明石海峡大桥



图1-10 润扬公路大桥

3. 桥梁建设发展趋势

(1)大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展。研究大跨度桥梁在气动、雨振、地震和行车动力作用下结构的稳定性;将截面做成适应气动要求的各种流线型加劲梁,增大特大跨度桥梁的刚度;采用以斜缆为主的空间网状承重体系以及悬索加斜拉的混合体系;采用轻型且刚度大的复合材料作加劲梁,而以自重轻、强度高的碳纤维材料做主缆。

(2)新材料的开发和应用。新材料应具有高强、高弹模、轻质的特点,研究超强聚合物混凝土、高强双向钢丝钢纤维增强混凝土、纤维塑料等一系列材料取代目前桥梁用的钢和混凝土。

(3)计算机辅助手段。设计中采用快速有效的仿真分析和方案优化,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。

(4)大型深水基础工程。目前世界上桥梁基础还没有超过 100m 的深海基础工程,今后将需要进行 100~300m 深海基础的实践。

(5)桥梁的健康监测。通过自动监测和控制管理系统保证桥梁结构的安全和正常运行,一旦发生故障或损伤,将自动报告损伤部位和养护对策。

(6)重视桥梁美学及环境保护。桥梁是人类最杰出的建筑之一,闻名遐迩的美国旧金山金门大桥、澳大利亚悉尼港桥、英国伦敦桥、日本明石海峡大桥、上海杨浦大桥、香港青马大桥(图 1-11)、上海卢浦大桥等,这些著名的大桥都是一件件宝贵的空间艺术品,成为陆地、江河海洋和天空的景观,成为城市标志性建筑。宏伟壮观的澳大利亚悉尼港桥与别具一格的悉尼歌剧院融为一体,成为今日悉尼的象征。因此,21 世纪的桥梁结构必将更加重视建筑艺术造型,重视桥梁美学和景观设计,重视环境保护,达到人文景观和环境景观的和谐。

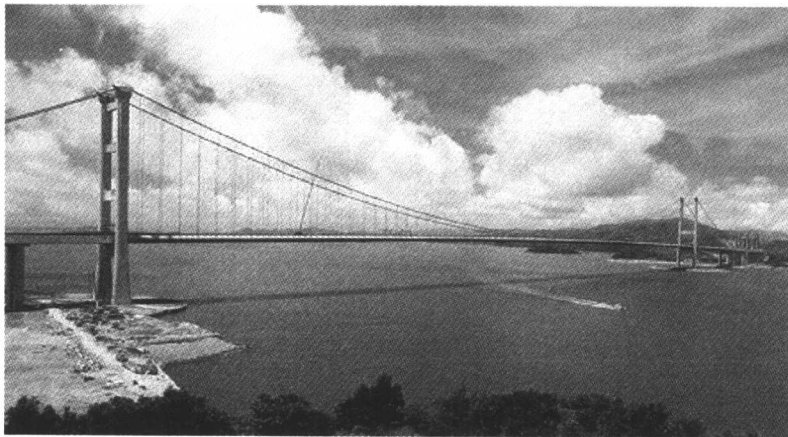


图 1-11 香港青马大桥

1.1.2 桥梁的组成、分类和结构体系

当道路遇到江河湖泊、山谷深沟以及其他线路(铁路或公路)等障碍时,为了保持道路连续性,充分发挥其正常的运输能力,就需要建造专门的人工构造物——桥梁来跨越障碍。桥梁既要保证桥上的交通运行,又要保证桥下洪水宣泄、船只通航或车辆通行。

(5)标准跨径 对于梁桥,是指两相邻桥墩中心线之间的距离,或桥墩中心线至桥台台背前缘之间的距离;对于拱桥,则是指净跨径,用 l_0 表示。我国《公路桥涵设计通用规范》(JTJ D60—2004)(以下简称《桥规》)中规定,对于标准设计或新建桥涵跨径在 50m 及以下时,宜采用标准跨径。我国规定的公路桥涵标准跨径为:0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m、6.0m、8.0m、10m、13m、16m、20m、25m、30m、35m、40m、45m 和 50m,共 21 种。

(6)桥梁全长(简称桥长) 指桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离,以 L 表示(图 1-12)。对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长(图 1-14)。在一条线路中,桥梁和涵洞总长的比重反映它们在整段线路建设中的重要程度。

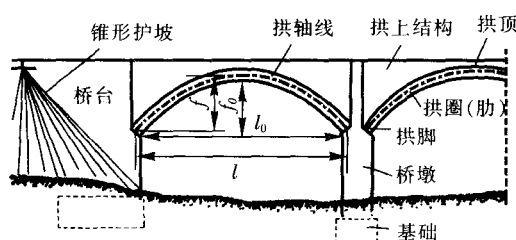


图 1-13 拱桥的概貌

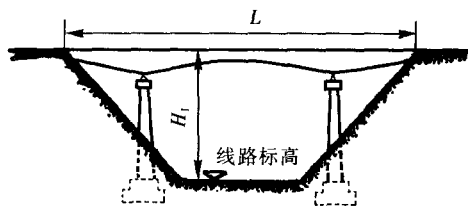


图 1-14 带悬臂的桥梁

(7)桥梁高度(简称桥高) 指桥面与低水位之间的高差或为桥面与桥下线路路面之间的高差(图 1-14)。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

(8)桥下净空高度 指设计洪水位或通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离,以 H 表示(图 1-12),它应能保证桥下安全排洪,并不得小于该河流通航所规定的净空高度。

(9)通航净空 指在桥孔中垂直于流水方向所规定的空间界限(图 1-20 中虚线所示的多边形),任何结构构件或航运设施均不得伸入其内。

(10)建筑高度 指桥上行车路面(或轨顶)标高至桥跨结构最下缘之间的距离(图 1-12 中 h),它不仅与桥梁结构的体系和跨径的大小有关,而且还随行车部分在桥上的布置而异。公路(或铁路)定线中所确定的桥面(或轨顶)的标高,与桥下设计洪水位加超高或与通航净空顶部标高之差,称为容许建筑高度,桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度。

(11)净矢高 指从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点连线的垂直距离,以 f_0 表示(图 1-13)。

(12)计算矢高 指从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心连线的垂直距离,以 f 表示(图 1-13)。

(13)矢跨比 指拱桥中拱圈(或拱肋)的计算矢高与计算跨径之比(f/l),亦称拱矢度,它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

1.1.2.2 桥梁的分类

桥梁的种类繁多,它们都是在长期的生产活动中通过反复的实践和不断地总结,逐步创造变化发展起来的。

1. 按受力体系分类

按照受力体系分类,桥梁可分为梁桥、拱桥和悬索桥三大基本体系。梁桥以受弯为主,

拱桥以受压为主,悬索桥以受拉为主。由三大基本体系的相互组合,派生出在受力上也具组合特征的多种桥型,如刚构桥和斜拉桥等,下面分别阐述各种桥梁体系的主要特点。

(1) 梁桥

梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构(图 1-15(b)),由于外力的作用方向与梁桥承重结构轴线基本垂直,与同样跨径的其他结构体系相比,梁桥产生的弯矩最大,通常需要用抗弯、抗拉能力强的材料(如钢、钢筋混凝土、钢—混凝土组合结构等)来建造,施工方法有预制装配和现浇两种。这种桥梁结构简单,施工方便。钢筋混凝土简支梁桥对地基承载力要求不高,常用跨径在 20m 以下。当跨径较大时,需要采用预应力混凝土结构,但跨度一般不超过 40m。为了改善受力条件和适用性能,地质条件较好时,中、小跨径梁桥可建成连续梁桥,见图 1-15(c),对于大桥和特大桥可以采用预应力混凝土连续梁桥、钢桥和钢—混凝土组合梁桥,见图 1-15(d)和(e)。

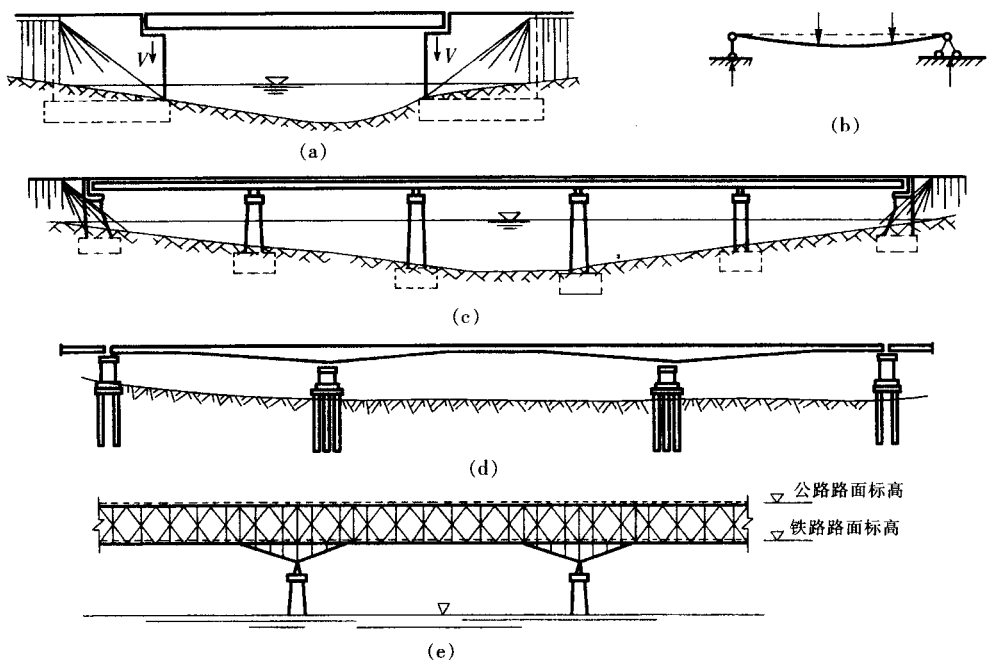


图 1-15 梁桥体系

(2) 拱桥

如图 1-16 所示为拱桥,拱桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。拱结构在竖向荷载作用下桥墩和桥台将承受水平推力,同时,根据作用力和反作用力原理,墩台向拱圈(或拱肋)提供一对水平反力,这种水平反力将大大抵消在拱圈(或拱肋)内作用引起的弯矩。因此,与相同跨径的梁桥相比,拱桥的弯矩、剪力和变形都要小得多。鉴于拱桥的承重结构以受压为主,通常可用抗压能力强的圬工材料(如砖、石、混凝土)或钢筋混凝土等来建造。

拱桥不仅跨越能力很大,而且外形酷似彩虹卧波,十分美观。在条件许可的情况下,修建拱桥往往是经济合理的,一般跨径在 500m 以内均可以作为比选方案。