

高等学校土木工程专业通用教材



**QIAOLIANG
GONGCHENG**

桥梁工程

(第2版)

主 编◎汪 莲 任伟新
副主编◎赵 青 李海涛 王小松

合肥工业大学出版社

高等学校土木工程专业通用教材

桥梁工程

(第2版)

主 编 ◎ 潘 莲 任伟新

副主编 ◎ 赵 青 李海涛 王小松

合肥工业大学出版社

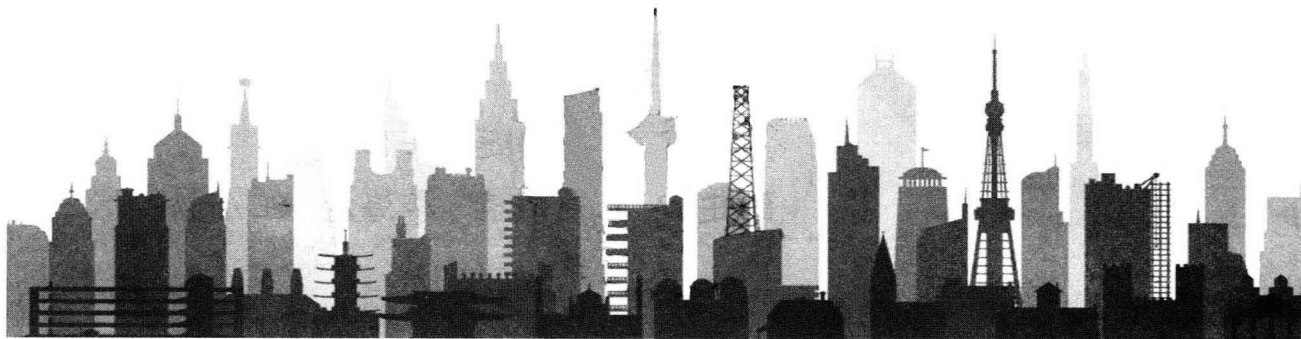
书 名	桥梁工程(第2版)
主 编	汪 莲 任伟新
责任编辑	陈准民
封面设计	诚邦视觉设计
出 版	合肥工业大学出版社
地 址	合肥市屯溪路193号(230009)
电 话	总编室 0551-2903038 发行部 0551-2903198 四编室 0551-2903467
网 址	www.hfutpress.com.cn
版 次	2006年10月第1版 2011年11月第2版
印 次	2011年11月第3次印刷
开 本	787毫米×1092毫米 1/16
印 张	26
字 数	578千字
书 号	ISBN 978-7-5650-0605-0
定 价	49.00元
印 刷	安徽江淮印务有限责任公司
发 行	全国新华书店

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程(第2版)/汪莲主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.11
ISBN 978-7-5650-0605-0

I. ①桥… II. ①汪… 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 224336 号



前 言

(第2版)

本书依据公路工程现行的技术标准、规范和规程,以应用为核心,以实用、实际和实效为原则,及时反映现阶段公路工程的发展和科技成果。结合公路工程人才培养目标和桥梁工程课程的教学特点,加强课程理论体系的科学性与专业针对性,突出了以培养应用型人才为目标的指导思想。

《桥梁工程》第1版于2006年10月出版,多次重印,读者反映良好。第2版在前书的基础上做了较多增删,特别是充实了近几年来桥梁建设的基本信息资料,以及新的施工技术和施工工艺。删去了旧的标准和规范。

本书内容主要有:总论、钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥、其他体系桥梁及桥梁支座、拱桥、桥梁墩台、桥梁施工、计算机辅助桥梁工程设计。每章有具体的知识要点和重点难点,并附有思考题。各章节计算部分均配有计算实例,能使学习者理论联系实际,可以在日后工作中解决桥梁工程设计计算方面的相关问题。

本书由汪莲和任伟新担任主编。参编人员有:赵青、李海涛、王小松、何敏、李雪峰、邵亚会、梅应华、黄天立、孙增寿、韩建刚、杜建文、王赞等。参编单位有:合肥工业大学、安徽建筑工业学院、安徽理工大学、重庆交通大学、中南大学、郑州大学、海南大学、陕西理工学院、安徽省交通规划设计研究院等。

本书在编写过程中得到了作者所在院校和单位的大力支持,并参考了书后所附参考文献的部分资料,在此向他们表示衷心的感谢!

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

2011年9月

目 录

第 1 章 总论	(1)
1.1 概述	(2)
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	(2)
1.1.2 桥梁的组成、分类和结构体系	(10)
1.2 桥梁的总体规划和设计要点	(17)
1.2.1 桥梁的设计规划原则及基本资料	(17)
1.2.2 桥梁的平、纵、横断面设计	(19)
1.2.3 桥梁的设计与建设程序	(23)
1.3 桥梁的设计荷载	(27)
1.3.1 作用分类、代表值和效应组合	(27)
1.3.2 永久作用	(32)
1.3.3 可变作用	(33)
1.3.4 偶然作用	(41)
1.4 桥面布置与构造	(41)
1.4.1 桥面布置	(42)
1.4.2 桥面构造	(42)
第 2 章 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥	(54)
2.1 概述	(55)
2.1.1 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥的一般特点	(55)
2.1.2 梁桥的主要类型及其适用情况	(56)
2.2 板桥的设计与构造	(60)
2.2.1 板桥的类型及其适用情况	(60)
2.2.2 简支板桥的构造	(61)
2.2.3 斜交板桥的受力特点与构造	(65)
2.3 装配式简支梁桥的构造与设计	(68)
2.3.1 装配式简支梁桥的构造	(68)
2.3.2 装配式钢筋混凝土简支梁桥构造布置	(72)
2.3.3 装配式预应力混凝土简支梁桥的构造布置	(79)
2.3.4 组合梁桥	(84)
2.4 简支梁桥计算	(86)
2.4.1 概述	(86)
2.4.2 行车道板的计算	(87)
2.4.3 荷载横向分布系数计算	(100)

2.4.4	主梁内力计算	(149)
2.4.5	横隔梁的内力计算	(153)
2.4.6	挠度、预拱度	(157)
第3章	其他体系桥梁及桥梁支座	(160)
3.1	连续梁桥	(161)
3.1.1	结构类型	(161)
3.1.2	构造特点	(162)
3.1.3	内力计算	(166)
3.2	悬臂梁桥	(170)
3.2.1	结构类型	(170)
3.2.2	构造特点	(171)
3.2.3	内力计算	(174)
3.3	预应力混凝土 T 形刚构桥	(179)
3.3.1	结构类型	(179)
3.3.2	构造特点	(181)
3.4	悬索桥	(184)
3.4.1	悬索桥的分类	(185)
3.4.2	悬索桥的构造	(187)
3.4.3	悬索桥设计要点	(188)
3.4.4	工程实例	(189)
3.4.5	悬索桥的发展展望	(190)
3.5	斜拉桥	(190)
3.5.1	斜拉桥的分类	(190)
3.5.2	斜拉桥的结构体系	(192)
3.5.3	斜拉桥的构造	(193)
3.5.4	斜拉桥的设计要点	(196)
3.5.5	工程实例	(197)
3.5.6	斜拉桥的发展展望	(197)
3.6	梁式桥支座	(198)
3.6.1	常用支座	(198)
3.6.2	特殊功能支座	(200)
3.6.3	支座的布置	(200)
3.6.4	支座的计算与选择	(201)
第4章	拱桥	(206)
4.1	概述	(207)
4.1.1	拱桥的基本特点	(207)
4.1.2	拱桥的主要组成及类型	(207)
4.2	拱桥的构造	(212)
4.2.1	上承式拱桥的构造	(212)

4.2.2	中、下承式拱桥的构造	(228)
4.2.3	其他类型拱桥的构造	(231)
4.3	拱桥的设计	(236)
4.3.1	拱桥的总体布置	(236)
4.3.2	拱轴线的选择	(238)
4.3.3	拱圈截面变化规律和截面尺寸的拟定	(240)
4.4	拱桥的计算	(245)
4.4.1	悬链线无铰拱的拱轴方程和几何性质	(245)
4.4.2	恒载作用下悬链线无铰拱的内力计算	(256)
4.4.3	活载作用下悬链线无铰拱的内力计算	(262)
4.4.4	悬链线无铰拱的其他内力计算	(273)
4.4.5	主拱圈强度和稳定性验算	(278)
4.4.6	主拱圈的内力调整	(284)
第5章	桥梁墩台	(289)
5.1	桥梁墩台的构造和设计	(290)
5.1.1	概述	(290)
5.1.2	桥墩	(292)
5.1.3	桥台	(302)
5.2	桥墩的计算	(312)
5.2.1	作用及其效应组合	(312)
5.2.2	重力式桥墩的计算与验算	(315)
5.2.3	桩柱式桥墩的计算	(320)
5.3	桥台的计算	(324)
5.3.1	重力式桥台的计算	(324)
5.3.2	设有支承梁的轻型桥台的计算特点	(326)
第6章	桥梁施工	(329)
6.1	桥梁施工方法概述	(330)
6.1.1	桥梁基础施工	(330)
6.1.2	桥梁上部结构的施工	(332)
6.1.3	施工方法的选择	(335)
6.2	钢筋混凝土简支梁桥施工	(335)
6.2.1	模板和支架	(335)
6.2.2	钢筋工作	(336)
6.2.3	混凝土工作	(336)
6.3	预应力混凝土简支梁桥施工	(337)
6.3.1	先张法简支梁的施工	(337)
6.3.2	后张法简支梁的施工	(339)
6.4	装配式简支梁桥的安装	(342)
6.4.1	预制梁的出坑和运输	(342)

6.4.2	预制梁的安装	(342)
6.5	悬臂体系和连续体系梁桥的施工	(346)
6.5.1	钢筋混凝土悬臂体系和连续体系梁桥的施工	(346)
6.5.2	预应力混凝土悬臂体系梁桥的施工	(347)
6.5.3	预应力混凝土连续体系梁桥的施工要点	(351)
6.5.4	移动式模架逐孔施工法要点	(356)
6.6	拱桥施工	(357)
6.6.1	拱桥的施工要点	(357)
6.6.2	拱圈及拱上建筑施工	(361)
6.7	斜拉桥施工	(366)
6.7.1	主塔施工	(366)
6.7.2	主梁施工	(367)
6.7.3	合拢段的施工	(367)
6.7.4	拉索施工	(368)
6.7.5	斜拉桥施工控制方法	(368)
6.8	悬索桥施工	(369)
6.8.1	锚碇施工	(369)
6.8.2	桥塔施工	(370)
6.8.3	缆索施工	(370)
6.8.4	加劲梁的架设	(373)
第7章	计算机辅助桥梁工程设计	(375)
7.1	有限元法简介	(376)
7.1.1	结构离散化	(376)
7.1.2	单元特性分析	(376)
7.1.3	求解未知节点位移	(376)
7.2	有限元程序简介	(377)
7.2.1	有限元程序的基本内容	(377)
7.2.2	有限元程序求横向分布系数	(377)
7.3	桥梁结构专业分析软件简介	(381)
7.3.1	桥梁博士简介	(382)
7.3.2	MIDAS/Civil 简介	(383)
7.3.3	桥梁设计师简介	(384)
7.3.4	桥梁通 CAD 系统简介	(384)
7.3.5	GQJS 系统简介	(385)
7.3.6	桥梁结构分析专业软件的选用	(386)
7.4	桥梁博士建模实例	(386)
附录		(391)
参考文献		(407)

第1章

总 论

[本章导读]

本章主要介绍桥梁工程在交通事业中的作用以及国内外桥梁建设的发展概况;通过对桥梁的组成和结构体系的了解,掌握桥梁的基本分类以及各类桥梁的受力特点和适应条件;了解桥梁的设计规划原则和桥梁设计所需的基本资料;熟悉桥梁设计的主要内容以及桥梁的设计与建设程序;掌握桥梁的作用分类和桥梁设计荷载的具体计算方法;通过对桥面布置与构造的学习,在今后的桥梁设计中能正确的选用桥面系各构件的形式,合理的拟定结构细部构造尺寸。

[知识目标]

通过本章学习对国内外桥梁建设的发展概况和发展趋势有所了解;掌握桥梁的基本分类以及各类桥梁的受力特点和适应条件;对桥梁设计工作的全貌有一概括的了解。

[能力目标]

能够依据桥梁的设计规划原则对桥梁结构进行总体规划布置,掌握桥梁设计荷载的具体计算方法,并能进行桥梁设计荷载的计算和荷载的组合与计算。

[重点难点]

本章重点是桥梁的基本组成、分类和桥梁设计荷载的计算;难点是依据桥梁的规划设计原则对桥梁进行纵、横断面设计和构造布置。

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

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 $10\%\sim 20\%$,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,新发展的城际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. 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,几乎包括了近代所有桥梁中的主要形式。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

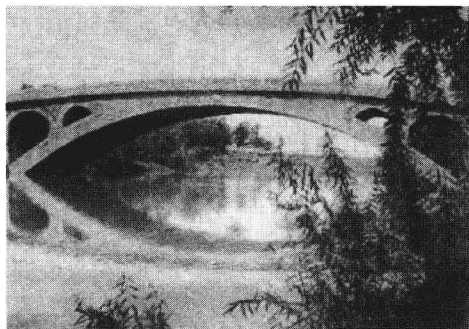


图 1-1 赵州桥

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。

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20~30吨。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。三十多年来,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1670.4m。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1-2。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6772m,公路桥全长为4589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,大桥桥墩基础的施工非常困难。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1-3)。它是当今世界上第一座全焊接钢结构拱型大桥,首次集斜拉桥、钢拱桥、悬索桥三种不同类型的施工工艺于一身,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。2009年4月,主跨552m的重庆朝天门大桥建成通车(图1-4),它是当今世界上跨度最大的钢桁架系杆拱桥。



图 1-2 南京长江大桥



图 1-3 卢浦大桥

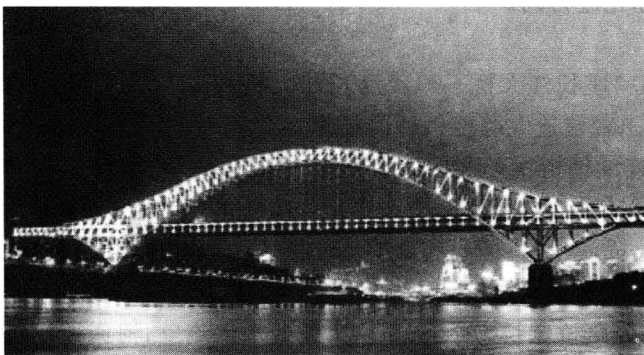


图 1-4 朝天门大桥

(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。截至 2010 年底,国内外已建成的预应力混凝土梁桥排名情况见表 1-1。

表 1-1 截至 2010 年底国内外已建成的预应力混凝土梁桥排名

序号	桥 名	主跨 (m)	结 构 形 式	桥 址	建 成 年 份
1	斯托尔马桥(Stolma)	302	连续刚构	挪威	1998
2	拉托圣德桥(Raftsunder)	298	连续刚构	挪威	1998
3	亚松森桥(Asuncion)	270	三跨 T 构	巴拉圭	1979
	虎门大桥副航道桥	270	连续刚构	中国	1997
4	云南元江大桥	265	连续刚构	中国	2003
5	门道桥(Gateway)	260	连续刚构	澳大利亚	1985
	伐罗德 2 号桥(Varodd-2)	260	连续梁	挪威	1994
	宁德下白石大桥	260	连续刚构	中国	2004
6	泸州长江二桥	252	连续刚构	中国	2001
7	Schottwien 桥	250	连续刚构	奥地利	1989
	Doutor 桥	250	连续刚构	葡萄牙	1991
8	斯克夏桥(Skye)	250	连续刚构	英国	1995
	重庆黄花园嘉陵江大桥	250	连续刚构	中国	1999
	马鞍山嘉陵大桥	250	连续刚构	中国	2002
9	黄石长江大桥	245	连续刚构	中国	1995

(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有十余座,其中建于 2000 年的山西丹河石拱桥(跨度为 146m)创世界纪录(图 1-5)。

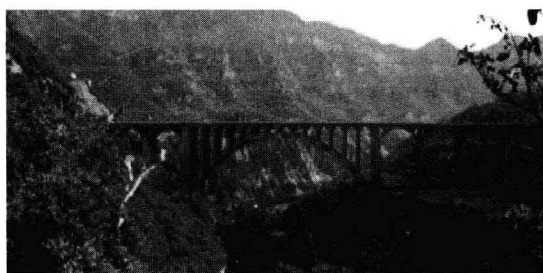


图 1-5 山西丹河石拱桥

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有 16 座,其中最大跨径达 150m(河南前河大桥)。

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。截至 2010 年底,国内外已建成的拱桥排名情况见表 1-2。

表 1-2 截至 2010 年底国内外已建成的拱桥排名

序 号	桥 名	主 跨 (m)	结 构 形 式	桥 址	建 成 年 份
1	朝天门大桥	552	钢桁架拱	中国	2009
2	卢浦大桥	550	钢箱拱	中国	2003
3	新河峡谷大桥	518	钢桁架拱	美国	1977
4	贝尔桥	504	钢桁架拱	美国	1931
5	悉尼港桥	503	钢桁架拱	澳大利亚	1932
6	巫山长江大桥	492	钢管混凝土拱	中国	2005
7	广州新光大桥	428	钢管混凝土拱	中国	2006
8	万州长江公路大桥	420	钢管混凝土劲性骨架拱	中国	1997
	菜园坝长江大桥	420	钢管混凝土土系杆拱	中国	2007
9	克尔克一号大桥(KRK-1)	390	钢筋混凝土拱	克罗地亚	1979
10	弗里芝特大桥(Fermont)	383	钢桁架拱	美国	1973
11	湖南澧澧洪道桥	368	钢管混凝土拱	中国	2001
	益阳茅草街大桥	368	钢管混凝土拱	中国	2006
12	广州丫髻沙珠江大桥	360	钢管混凝土拱	中国	2000
13	塔歇尔大桥	344	钢桁架	巴拿马	1962

(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 10 座。已建成的苏通长江公路大桥是主跨为 1 088m 的钢箱梁,香港昂船洲大桥是主跨为 1 018m 的混合梁,南京长江三桥和二桥主跨分别为 648m 和 628m,全桥均采用钢—混凝土组合梁。截至 2010 年底,国内外已建成的斜拉桥排名情况见表 1-3。

表 1-3 截至 2010 年底国内外已建成的斜拉桥排名

序号	桥 名	主 跨 (m)	结 构 形 式	桥 址	建 成 年 份
1	苏通长江公路大桥	1 088	H	中国苏州	2008
2	香港昂船洲大桥	1 018	H	中国香港	2010
3	鄂东长江大桥	926	H	中国湖北	2010
4	多多罗桥(Tatara)	890	H	日本	1998
5	诺曼底桥(Normandie)	856	H	法国	1995
6	荆岳长江公路大桥	816	H	中国湖北	2010
7	闵浦大桥	708	S	中国上海	2009

(续表1-3)

序号	桥 名	主 跨 (m)	结 构 形 式	桥 址	建 成 年 份
8	南京三桥	648	H	中国南京	2005
9	南京二桥	628	H	中国南京	2001
10	武汉三桥	618	H	中国武汉	2001
11	青州闽江大桥	605	C	中国福州	2001
12	上海杨浦大桥	602	C	中国上海	1993
13	中央名港大桥(Meiko-Chuo)	590	S	日本	1997
	上海徐浦大桥	590	H	中国上海	1997
14	斯坎圣德特桥(Skarnsundet)	530	PC	挪威	1991

〔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2160m,主跨1377m,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2010年底,国内外已建成的悬索桥排名情况见表1-4。

表1-4 截至2010年底国内外已建成的悬索桥排名

序号	桥 名	主跨(m)	桥 址	建 成 年 份
1	明石海峡大桥(Akashi—Kaikyo)	1991	日本	1998
2	舟山西堠门大桥	1650	中国浙江	2010
3	大贝尔特桥(Great Belt East)	1624	丹麦	1997
4	润扬长江大桥	1490	中国江苏	2005
5	汉伯桥(Humber)	1410	英国	1981
6	江阴长江大桥	1385	中国江苏	1999
7	香港青马大桥(Tsing Ma)	1377	中国香港	1997
8	费拉赞诺桥(Verrazana-Narrows)	1298	美国纽约	1964
9	金门大桥(Golden Gate)	1280	美国	1937
	武汉阳逻公路长江大桥	1280	中国武汉	2007
10	霍加-卡斯滕大桥(Hoga-Kusten)	1210	瑞典	1997
11	麦金奈克桥(Mackinac)	1158	美国	1957
12	珠江黄浦大桥	1108	中国广东	2008
13	塔盖斯桥(Tagus)	1104	葡萄牙里斯本	1960
14	南备赞瀬户大桥(Minami Bisan-seto)	1100	日本	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 2010 年底,我国高速公路的通车里程已达 7.4 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. 近现代桥梁发展概述

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 年始于德国,经过半个多世纪的发展,斜拉桥跨径已跃至 1 088m(苏通长江公路大桥,主跨 1 088m,2008 年建成)(图 1-6)。悬索桥从 20 世纪初的 1 000m 左右(纽约 Washington 桥,主跨 1 067m,1931 年建成),到 20 世纪末已跃至 1 991m。其标志性建筑物为 1937 年建成的美国金门大桥(Golden Gate,主跨 1 280m)(图 1-7)。1998 年建成的日本明石海峡大桥(Akashi-kaikyo,主跨 1 991m),在施工期间经受住了 1995 年的日本阪神大地震(图 1-8)。我国 2004 年建成通车的长江润扬公路大桥,主跨 1 490m,目前位居世界第四,如图 1-9 所示。2010 年建成通车的舟山西堠门大桥,主跨 1 650m,目前位居世界第二。

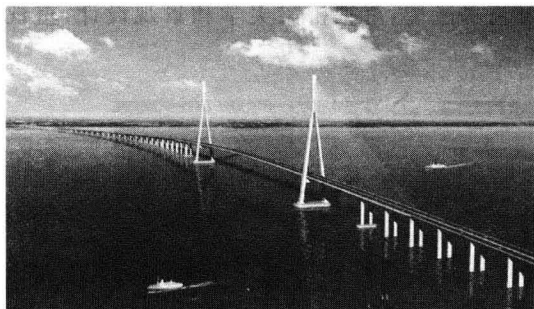


图 1-6 苏通大桥



图 1-7 金门大桥

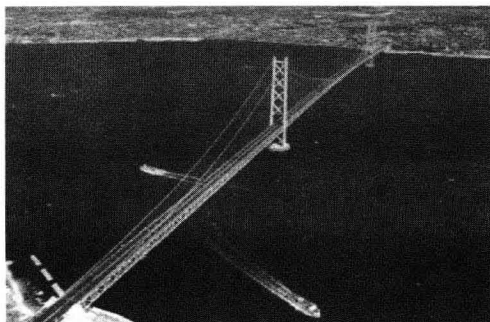


图 1-8 明石海峡大桥



图 1-9 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 1-10)、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