

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

钢 桥

Steel Bridge

吉伯海 傅中秋 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

钢 桥

吉伯海 傅中秋 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书在介绍桥梁用钢的基础上,以钢主梁类型为主线,系统介绍了各类钢桥的受力和构造原理,并包含了钢拱、钢塔、钢墩、钢管混凝土构件等桥梁重要钢部件。全书内容结合《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015),介绍了设计计算方法以及钢桥的制造、施工、维护等内容。部分内容配合我国典型的钢桥工程实例进行介绍,并考虑了读者不同层次的学习需求。

本书可作为高等学校土建类或相关专业桥梁方向课程的教材,也可供公路、铁路和城市道路等从事桥梁设计、施工、检测、养护及管理的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢桥/吉伯海,傅中秋编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.6
ISBN 978-7-114-13002-1

I. ①钢… II. ①吉… ②傅… III. ①钢桥—高等学校—教材 IV. ①U448.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 099920 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名: 钢桥

著 作 者: 吉伯海 傅中秋

责任编辑: 卢俊丽

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 27.5

字 数: 673 千

版 次: 2016 年 6 月 第 1 版

印 次: 2016 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13002-1

定 价: 53.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

由于钢材的自重轻、强度高、受力特征优越,钢桥在大跨径桥梁中得到了广泛应用。随着我国经济实力的不断提高,已相继建成一大批世界级著名钢桥,同时还有大量的钢桥正在建设和规划中,规模和数量均居世界前列。这些钢桥的建设和管理需要对应专业人才的培养。因此,土建专业对桥梁工程知识的学习,需顺应钢桥建设和管理需求,强化对钢桥知识的了解。

自 2002 年开始,作者一直从事组合结构桥梁及钢桥相关教学工作,长期以来,针对钢桥以及钢—混凝土组合结构桥梁也进行了相关系列研究。在多年教学实践和理论研究的基础上,参考多部相关著作编写了本书。本书主要有以下特色:

一、系统性和全面性兼顾。以主梁分类为主线进行桥型介绍,在此基础上介绍了各种钢桥结构体系,并含有施工、维护等内容。

二、狭义和广义“钢桥”概念兼顾。本书内容不仅包含钢主梁和结构体系,同时涉及钢塔、钢桥墩、缆索以及组合结构构件等桥梁重要钢部件。

三、强化了钢桥的材料特征。对桥梁用钢材的特征、标示和特别性能要求进行了重点介绍。

四、考虑了不同层次的学习需求。除了基本的设计及计算原理外,简述了部分难度较大的复杂受力内容,主要针对有更深学习要求的读者对象,其中部分内

容为作者的研究成果或者参考了最新文献。

本书共分为 11 章,第 1 章概论介绍了钢桥的发展和特点;第 2 章介绍了桥梁用钢材;第 3 章介绍了钢桥的连接,包括传统的连接计算以及连接施工方法和连接缺陷等;第 4 章~第 7 章重点介绍了不同主梁类型的钢桥,包括钢板梁、钢箱梁、钢桁梁、组合梁等;第 8 章介绍了主梁以外的重要桥梁钢部件,包括钢拱、钢塔、钢墩、钢管混凝土构件等;第 9 章从结构体系角度介绍了钢斜拉桥和悬索桥;第 10 章介绍了钢桥的制造和施工;第 11 章介绍了钢桥典型病害和维护方法。

本书内容吸纳了《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)、《钢—混凝土组合桥梁设计规范》(GB 50917—2013)、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01—2015)等规范内容,侧重公路钢桥的介绍。部分内容参考了铁路、城市桥梁的相关规定,并列出了规范名称,方便读者查阅和更深入的了解。

特别感谢同济大学袁万城教授、东南大学叶见曙教授对本书进行了认真、细致审阅,并提出了很多宝贵的意见。

本书编写过程中,河海大学桥梁工程研究所谢发祥副教授、刘荣副教授等提出了很多建议并参与了部分工作。研究生袁周致远、陈林、陈祥、李坤坤、余振鹏、孔祥明、王秋东、谢民滇等以及本科生王益逊、姚悦、刘海生等参与了书稿相关资料的收集和图例的绘制。本书在河海大学 2012 级土木专业试用过程中也获取了许多宝贵的反馈意见。

本书的编写感谢“江苏省品牌专业建设工程一期项目(PPZY2015B12)”和“河海大学重点教材(新编)”的经费资助。

由于编写水平有限,本书不可避免地存在不足,敬请读者提出批评和建议,并将意见寄至江苏省南京市西路 1 号河海大学土木与交通学院桥梁工程研究所(210098)。

编 者

2016 年 5 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 钢桥发展	1
1.2 结构类型及特点	13
1.3 钢桥设计一般要求	19
【复习思考题与习题】	27
第2章 桥梁钢材	28
2.1 类型与规格	28
2.2 力学性能	38
2.3 钢材韧性	40
2.4 钢材的疲劳	44
2.5 高性能钢材	54
【复习思考题与习题】	59
第3章 钢桥连接	61
3.1 钢桥连接形式	61
3.2 焊缝连接计算	71
3.3 螺栓连接计算	81
3.4 连接施工方法	94
3.5 连接缺陷	98
【复习思考题与习题】	104
第4章 钢板梁桥	106
4.1 结构形式	106
4.2 构造与布置	111
4.3 设计计算	123
4.4 受力分析	135
【复习思考题与习题】	139

第5章 钢箱梁桥	141
5.1 结构形式	141
5.2 构造与布置	151
5.3 设计计算	158
5.4 受力分析	169
【复习思考题与习题】	177
第6章 钢桁梁桥	178
6.1 结构形式	178
6.2 构造与布置	186
6.3 设计计算	195
6.4 受力分析	211
【复习思考题与习题】	215
第7章 组合梁桥	216
7.1 组合梁桥形式	216
7.2 连接构造与性能	223
7.3 组合梁设计计算	230
7.4 剪力连接件计算	243
7.5 钢与混凝土组合变形	248
【复习思考题与习题】	252
第8章 桥梁钢部件	254
8.1 钢拱	254
8.2 钢塔	259
8.3 钢桥墩	267
8.4 钢管混凝土构件	272
8.5 缆索	281
【复习思考题与习题】	288
第9章 钢斜拉桥与钢悬索桥结构体系	290
9.1 钢斜拉桥	290
9.2 钢悬索桥	306
9.3 缆索支承桥梁的动力问题	321
【复习思考题与习题】	326
第10章 钢桥制造与施工	327
10.1 钢桥制造	327
10.2 钢桥施工方法	339
10.3 钢桥涂装与铺装施工	364
10.4 钢桥质量控制	375
【复习思考题与习题】	382
第11章 钢桥病害与维护	383
11.1 钢桥典型病害	383

11.2	涂装病害维护.....	394
11.3	腐蚀病害维护.....	400
11.4	疲劳病害维护.....	405
11.5	钢桥面铺装病害维护.....	413
	【复习思考题与习题】	418
附录.....		419
参考文献.....		423

第 1 章

概 论

1.1 钢桥发展

1.1.1 钢桥发展历程

19 世纪初,随着蒸汽机的不断改进及蒸汽机车的出现,人类开始逐步迈进铁路时代,铁路桥梁得到了迅速的发展。早期铁路桥的修建,造桥材料还只限于木材、砖、石、铸铁,随后出现了锻铁型材(板、角铁)、钢材。19 世纪 90 年代后,钢材在桥梁建设中得到了广泛的应用。随着公路的蓬勃发展及公路桥梁的不断建设,各大公路钢桥逐渐取代了原铁路钢桥的最大跨径纪录。随着大量公路钢桥的建设与使用,钢桥设计理论与制造施工技术不断完善,现已建立较为系统和完善的钢桥设计规范与制造施工工艺。

钢桥的发展历程总体上可分为两个阶段:初期钢桥阶段和现代钢桥阶段。这里把 20 世纪 50 年代以前的钢桥发展阶段统称为初期钢桥阶段,而 20 世纪 50 年代之后则称为现代钢桥阶段。

1) 初期钢桥的发展

1890 年之前,钢桥使用的材料主要是铸铁和锻铁,因此并不是真正意义上的钢桥,称之为

铁桥更为贴切。当时设计桥梁所需的力学知识正处在逐步形成、逐步完备之中,且没有可参照的桥梁设计规范。当时大多数桥梁工程师并没有接受过专业的教育,均需要沿着前人的足迹前进,自学成才。由于桥梁建设缺乏系统理论的指导,铁桥的事故也特别多,平均每年发生铁路铁桥事故近4件。例如,1847年5月24日发生在英国 Chester 的 Dee 河桥事故,死亡5人。该桥的跨径为 $3 \times 29.9\text{m}$,各跨度采用铸铁制成工形截面的若干梁段拼装成上弦,下加两根短立柱,再用锻铁作下弦,组合成双柱式的简支型桁架梁。建成之后6个月,就发生这一事故。1877年12月美国 Ashtabula 的铁桁梁桥(梁的跨度是 50.3m ,建成于1865年)发生了断裂下落事故。在梁桥下落之后,列车逐节下落,死亡92人,伤64人。

虽然在这期间桥梁事故较多,但工程师们也设计建造了一些跨径创纪录的大桥,且经受住了多年营运的考验,现已成为历史名桥。例如,1850年建成的英国 Britainia 锻铁巨型箱管连续梁桥,造桥材料是锻铁(当时用于造船),成桥的跨径组合为 $70\text{m} + 140\text{m} + 140\text{m} + 70\text{m}$,箱梁总高达 9.09m ,列车从箱中通行。但是该桥在建成使用120年之际被烧毁。1874年建成的美国圣路易密西西比河无铰桁架钢拱桥共计三孔,跨径分别是 153m 、 158m 及 153m 。它是双线铁路及公路两用桥,上层公路,下层为铁路,至今仍在使使用。美国人自豪地称该桥曾创了5个纪录:①用压气沉箱下沉至水下 30.0m ,创了深度纪录;②在铁路拱桥方面,创了跨径纪录;③第一次在上弦和下弦都使用圆钢管;④在钢材质量还受怀疑的情况下,该桥的主体结构首先有一部分采用了高质量的合金钢;⑤在桥梁安装过程中,第一次采用了悬臂拼装法(图1-1)。

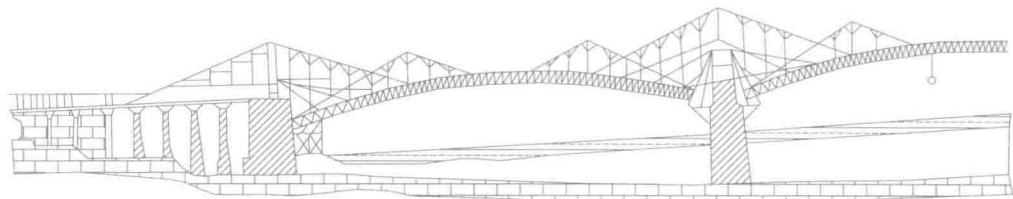


图1-1 美国圣路易密西西比河无铰桁架钢拱桥的悬臂拼装(1874年建成)

1918年之前,位于世界跨径记录前列的简支和连续桁架梁、钢拱桥,均建成于第一次世界大战主战场之外的北美洲,在此期间钢材得到了广泛应用。例如:美国1916年在伊利诺伊州建成的 Metropolis 简支桁架梁桥,跨径为 220m ,大多数杆件使用硅钢,拉杆有一部分使用眼杆,采用镍钢。加拿大1918年在魁北克建成双线铁路悬臂桁架梁桥(图1-2),历经两次重大施工事故之后,创造了钢桁梁桥跨径 548.6m 的世界纪录。该桥于1900年基础开工,第一次事故是1907年8月29日上午,当吊机向前一个节间行进时, $9\,000\text{t}$ 钢结构悬臂连同悬挂跨的一部分轰然坍落,86名在场工人只有11人幸免于难。事故主要原因是:受压弦杆的拼接铆钉和组装螺栓尚未完成拼装,由于角钢缀条过分单薄,不能将强大的腹板组合成一整根杆件。此次事故之后,该桥主要杆件的钢材改用镍钢,重新设计,并将桥址中心线向南移动 20m 重新修建基础。新的钢桁梁的锚跨和伸臂的制造和架设工作很顺利,其悬挂跨则是改用整体提升的方法安装。1916年9月11日上午11时,当悬挂跨已经提升 3.6m 之后,位于扁担梁之上、用于支承该悬挂跨的多个十字状铸铁支座中的一个突然被压碎,悬挂跨随即倾斜,由于它惯性大,挡具被撞毁,悬挂跨滑落水,13人当场死亡。一年之后另制一新的悬挂跨仍用整体提升方法,但将铸铁支座改为铅板,成功完成了架设任务。该桥1918年建成,其立面图见图1-2。

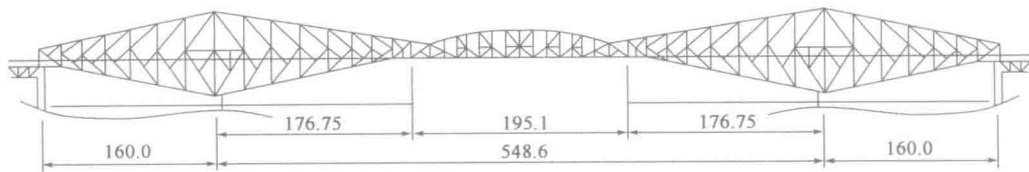


图 1-2 加拿大魁北克悬臂桁梁桥(1918 年建成,尺寸单位:m)

20 世纪第二次世界大战前,由于汽车交通的需要,修建了大量公路桥梁。其特点是:具有更好更高强度的钢,较成熟的设计方法以及更精确的制造和安装手段。在此期间美国建造了第一座主跨为 236m 的大型钢连续桁架梁桥,该跨径纪录一直保持了 40 年。1931 年建成的新泽西州贝荣 (Bayonne) 的基凡库 (Kill-Vau-Kull) 钢拱桥和 1932 年建成的澳大利亚悉尼港 (Sydney Harbor) 钢拱桥,其跨径分别为 503.5m 和 502.9m,是当时世界上最大的钢拱桥。在此期间悬索桥亦有很大发展,1937 年建成净跨径为 1 280m 的金门大桥,桥塔高达 227.4m,每根主索直径为 1.029m,由 27 572 股钢丝组成。1940 年 Tacoma 悬索桥在大风中破坏,使悬索桥的空气动力稳定性成为一个迫切需要研究的课题,风洞试验成为桥梁设计师的研究工具。这项研究成果引发悬索桥设计的变革,并应用于第二次世界大战之后修建的桥梁中。

2) 现代钢桥的发展

20 世纪 50 年代后,在公路桥梁蓬勃发展的背景下,出现了现代钢桥,钢桥设计理论和施工工艺得到了极大的发展,现代钢桥有以下特点。

- (1)材料上:高强度低合金钢、预应力钢筋、高强度混凝土、聚合物等新材料的应用。
- (2)结构上:桥梁上部结构采用正交异性钢桥面板和钢与混凝土的组合结构,箱形梁、高次超静定的结构(多为连续梁或直腿刚架、斜腿刚架、斜拉桥、各种组合体系结构等)。
- (3)结构设计上:结构设计方面可以针对不同情况,按需要进行非线性(材料非线性、几何非线性)分析、空间分析、动力分析、可靠性分析。
- (4)施工工艺上:施工工艺方面用钻孔桩机械(土层及岩层)、大直径桩、双壁钢围堰、自升式平台等修建深水基础,用焊接、高强度螺栓、预应力等方式进行连接;用悬臂施工(混凝土浇筑及各种预制件的拼装)及整体架设等方法降低造价并压缩工期。

现代钢桥不但在跨径上实现了较大的突破,且随着钢材逐渐向高强、耐锈蚀的特种钢发展,施工工艺逐渐向全焊结构方面发展,其自重更轻,跨越能力更强,形成了更多的优美、合理、实用的结构体系。

(1) 悬索桥

截至 2015 年,世界跨径排名前十的已建悬索桥如表 1-1 所示。

悬索桥世界排名情况(截至 2015 年) 表 1-1

排名	桥梁名称	主跨径(m)	所属国家	建成时间(年)
1	明石海峡大桥	1 991	日本	1998
2	西堠门大桥	1 650	中国	2009
3	Great Belt Bridge	1 624	丹麦	1998
4	Gwangyang Bridge	1 545	韩国	2012
5	润扬长江大桥	1 490	中国	2005

续上表

排名	桥梁名称	主跨径(m)	所属国家	建成时间(年)
6	南京长江四桥	1 418	中国	2012
7	Humber Bridge	1 410	英国	1981
8	江阴长江大桥	1 385	中国	1999
9	香港青马大桥	1 377	中国	1997
10	Hardanger Bridge	1 310	挪威	2013

明石海峡大桥(图 1-3)坐落在日本神户市与淡路岛之间,全长 3 911m,主桥墩跨径 1 991m。两座主桥墩海拔 297m,基础直径 80m,水中部分高 60m。两条主钢缆每条约 4 000m,直径 1.12m,由 290 根细钢缆组成,重约 5 万 t。大桥于 1988 年 5 月动工,1998 年 3 月竣工。明石海峡大桥首次采用 1 800MPa 级超高强钢丝,使主缆直径缩小并简化了连接构造,首创悬索桥主缆,同时也是第一座用顶推法施工的跨谷悬索桥。

Great Belt Bridge(图 1-4)为公路铁路两用桥。从菲英岛至海峡中斯坡洛格岛为 6.6km 长的西桥于 1996 年 7 月完工,从西兰岛至斯坡洛格岛铁路隧道的东桥于 1995 年夏季开通。东桥的公路桥在水面上,这部分大桥中有一段为悬索桥,桥塔高 254m,两桥塔之间的跨度达 1 624m。桥孔高度为 65m,可通行任何巨轮。悬索桥使用了 1.9 万 t 钢缆,其主钢缆直径达 85cm。



图 1-3 明石海峡大桥



图 1-4 Great Belt Bridge

Gwangyang Bridge 为 3 跨悬索桥(357.5m + 1 545m + 357.5m),全长 2 260m,主跨径为 1 545m,主梁采用分离式双箱梁结构,可容许 18 000TEU 集装箱货船通航,降低了货轮撞击塔墩的风险。主缆采用 1 860MPa 高强钢丝制作,主缆垂跨比为 1/9,减小了锚碇基础尺寸,节约了工程总造价。

Humber Bridge(图 1-5)是世界著名的大跨度悬索桥(主跨 1 410m),1981 年建成通车。大桥横跨英国亨伯河,位于北岸的赫斯尔和南岸的巴顿之间。北岸边跨长 280m,南岸边跨长 530m,引桥为钢筋混凝土高架桥。

Hardanger Bridge(图 1-6)是跨越挪威西南部哈当厄尔峡湾的一座大跨度悬索桥,全长 1 380m,主跨 1 310m,加劲梁宽仅 17.7m,2013 年建成后成为挪威第一大跨度桥梁和世界上最大跨度双车道窄幅桥面悬索桥。

(2) 钢斜拉桥

截至 2015 年,世界跨径排名前十的已建斜拉桥如表 1-2 所示。



图 1-5 Humber Bridge



图 1-6 Hardanger Bridge

斜拉桥世界排名情况(截至 2015 年)

表 1-2

排名	桥梁名称	主跨径(m)	所属国家	建成时间(年)
1	Ostrov Russkiy Bridge	1 104	俄罗斯	2012
2	苏通大桥	1 088	中国	2008
3	昂船洲大桥	1 018	中国	2009
4	鄂东长江大桥	926	中国	2010
5	多多罗大桥	890	日本	1999
6	诺曼底大桥	856	法国	1995
7	九江长江公路大桥	818	中国	2013
8	荆岳长江大桥	816	中国	2010
9	Incheon Bridge	800	韩国	2009
10	厦漳北汊桥	780	中国	2013

Ostrov Russkiy Bridge(图 1-7)全长 3 150m,其跨径布置为:60m + 72m + 3 × 84m + 1 104m + 3 × 84m + 72m + 60m,建成后主跨超过苏通大桥(主跨 1 088m),成为当时世界上主跨跨径最大的斜拉桥。

多多罗大桥(图 1-8)位于日本濑户内海的生口岛及爱媛县的大三岛之间。大桥于 1999 年竣工,同年 5 月 1 日启用,最高桥塔为 224m 钢塔,主跨径为 890m,连引道全长为 1 480m,四线行车,并设行人及自行车专用通道。



图 1-7 Ostrov Russkiy Bridge



图 1-8 多多罗大桥

由 M. Virlogeux 设计的诺曼底大桥(图 1-9)是一座混合梁桥,其主径为 856m,其中 624m 为钢梁,其他为混凝土梁。它是一座与当地景观完美协调的斜拉桥,以其细长的结构和典雅的

造型而著称,被授予“20 世纪世界最美的桥梁”。

Incheon Bridge(图 1-10)由斜拉桥、引桥和高架桥组成,倒 Y 字形钢筋混凝土主塔高 238m,墩基采用钻孔桩基。该桥主跨径为 800m,通航净空 74m。



图 1-9 诺曼底大桥



图 1-10 Incheon Bridge

俄罗斯金角湾大桥位于俄罗斯符拉迪沃斯托克市中心,跨越金角湾,全长 1 388m。该桥主跨径为 737m,通航净高 67m。V 形桥塔高 224m,桥塔的两肢塔柱在主梁下方通过 1 个组合式桁架横梁连接。主跨采用钢梁,边跨采用后张预应力混凝土梁。

(3) 钢拱桥

截至 2015 年,世界跨径排名前十的已建拱桥如表 1-3 所示。

拱桥世界排名情况(截至 2015 年)

表 1-3

序号	桥梁名称	主跨径(m)	所属国家	建成时间	主拱形式
1	朝天门大桥	552	中国	2009	钢桁架拱
2	卢浦大桥	550	中国	2003	钢拱
3	波司登长江大桥	530	中国	2012	钢管混凝土拱
4	新河峡谷大桥	518	美国	1977	钢桁架拱
5	贝尔桥	504	美国	1931	钢桁架拱
6	悉尼港大桥	503	澳大利亚	1932	钢拱
7	巫山长江大桥	492	中国	2005	钢管混凝土拱
8	明州大桥	450	中国	2011	钢拱
9	南广铁路西江大桥	450	中国	2014	钢拱
10	支井河大桥	430	中国	2009	钢管混凝土拱

新河峡谷大桥(图 1-11)是一座主跨 518m 的上承式钢桁架拱桥建成于 1977 年。贝尔桥是一座主跨 504m 的钢桁架拱桥,建成于 1931 年。悉尼港大桥(图 1-12)号称世界第一单孔拱桥,主跨 502.9m,是早期悉尼的代表建筑。这座大桥从 1857 年设计到 1932 年竣工,是连接港口南北两岸的重要桥梁。

1.1.2 我国钢桥建设成就

我国的钢桥建设有 100 多年的历史,早期修建的钢桥大部分由外国人设计和建造,如 1896 年由俄国和比利时建造的哈尔滨松花江桥,1905 年由比利时建造的郑州黄河桥等。我国第一座自主修建的钢桥是由詹天佑设计的成滦河大桥,且由他主持修建的京张铁路,其上的钢桥均由我国自主设计、制造和安装,开创了我国铁路钢桥的新篇章。1937 年,由我

国著名桥梁专家茅以升负责设计并监督施工的钱塘江大桥顺利建成,拉开了我国修建大跨度钢桥的序幕。新中国成立后,我国钢桥建设取得了较大的发展,在 1990 年以前主跨大于 100m 的铁路钢桥就有十余座。如 1957 年建成的武汉长江大桥,为公铁两用桥,正桥为三联,每联为 $3 \times 128\text{m}$ 的连续铆接钢桁梁;1968 年建成的南京长江大桥,也为公铁两用桥,上部结构的主要部分由一孔 128 m 的剪支钢桁梁和三联 $3 \times 160\text{m}$ 连续钢桁梁组成。在此时期,公路钢桥发展也尤为迅速,如 1984 年建成的拉萨河达孜悬索桥,其主跨径为 500 m,1989 年建成的上海南浦大桥为主跨长 464 m 的三跨连续组合斜拉桥。20 世纪 90 年代以后,我国经济高速发展,钢桥发展也突飞猛进,材料、工艺、制造、架设等多项技术实现了历史性突破。尤其是缆索支承桥梁在中国大跨径桥梁领域崛起后,钢桥因其跨越能力强、施工周期短、工厂化程度高等优点,在公路、铁路及城市道路桥梁中被广泛应用,已成为缆索支承桥梁体系中最主要的结构类型。



图 1-11 新河峡谷大桥



图 1-12 悉尼港大桥

我国钢桥建设正由大型化向装配化发展,大量世界级缆索承重桥梁在我国相继建成或正在建设中。当代我国钢桥建设成就的里程碑如图 1-13 所示。

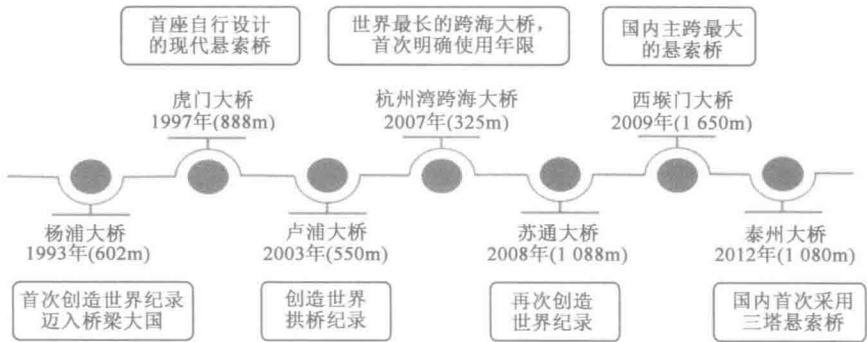


图 1-13 当代我国桥梁建设成就的里程碑

截至 2015 年,世界跨径排名前十的已建斜拉桥和悬索桥中,约一半位于中国境内。我国建设的钢桥数次成为世界上跨度最大的桥梁。以斜拉桥为例,世界历次最大跨径斜拉桥一览如图 1-14 所示。

1) 铁路钢桥

铁路桥梁的发展与我国的经济发展息息相关。新中国成立以来,我国铁路钢桥无论是在数量上,还是在设计理论、制造工艺及建造技术上,均取得了巨大的发展,在各个不同时期均呈现出较为明显的特点。

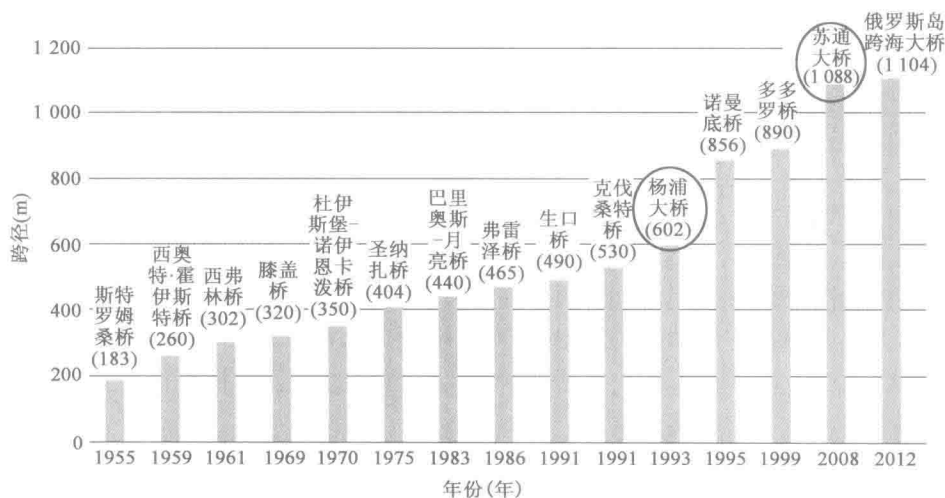


图 1-14 世界历次最大跨径斜拉桥

我国第一座长江大桥——武汉长江大桥(图 1-15),是我国在长江上修建的第一座公铁两用桥梁,被称为“万里长江第一桥”。桥身为三联连续钢桁梁,每联 3 孔,共 8 墩 9 孔。每孔跨径为 128m,为保证长年巨轮航行无阻起了很大的作用。

南京长江大桥(图 1-16)是我国完全自主建设长江大桥的一个里程碑,是新中国第一座依靠自己的力量设计施工建造而成的公铁两用桥,它的建成开创了我国“自力更生”建设大型桥梁的新纪元。南京长江大桥江中正桥为连续钢桁梁结构,共有 9 墩 10 孔,由 1 孔 128m 简支钢桁梁和 3 联(3 孔为一联)9 孔跨径各 160m 连续钢桁梁组成。



图 1-15 武汉长江大桥



图 1-16 南京长江大桥

九江长江大桥(图 1-17)为双层双线公铁两用桥,由正桥和南北两岸的公路、铁路引桥组成。正桥上层为公路,三大拱范围外的行车道宽 14m,两侧各设宽 2m 的人行道;三大拱部分行车道宽 11m,拱外侧各设 3.75m 的机动车道及 1m 宽的人行道。下层为铁路,双线间距 4.2m。主桥的通航主孔为钢桁梁与钢拱组合体系。建成之时,九江大桥是世界上最长的公铁两用钢桁梁桥。

芜湖长江大桥(图 1-18)是国家“九五”期间重点交通项目,建造之时工程规模居中国长江大桥之首。铁路为 I 级,双线;公路为 4 车道,车行道宽 18m,两侧人行道各宽 1.5m。公路在上层,铁路在下层。大桥采用低塔斜拉桥桥型,主跨 312m,建成之时,是国内跨度最大的公铁两用桥梁。

钱塘江大桥(图 1-19)位于浙江省杭州市西湖之南和塔附近的钱塘江上,由桥梁专家茅以升主持设计,是我国自行设计、建造的第一座双层公铁两用桥。该桥为上下双层钢结构桁梁

桥,全长1453m,宽9.1m,高7.1m,正桥长1072m,南、北公路引桥各长93m和288m。铁路桥由16孔跨度为65.84m的简支华伦式桁梁和两孔14.63m板梁组成。公路除16孔桁梁上层为公路外,北岸引桥由3孔50m桁拱及其两端15m平台和5孔9.2m钢筋混凝土框架组成;南岸引桥由1孔50m桁拱及其两端15m平台和两孔9.2m钢筋混凝土框架组成。



图 1-17 九江长江大桥



图 1-18 芜湖长江大桥

2) 悬索桥

悬索桥是目前跨越能力最强的桥型。我国现代悬索桥的建造起步较晚,20世纪90年代以前虽然修建了几十座悬索桥,但跨度小、宽度窄、荷载标准低。改革开放以来,随着我国经济建设的发展,交通运输在国民经济中的地位和作用日益重要,对大跨径、特大跨径桥梁的需求日益迫切,悬索桥得到了迅速的发展。

西堠门大桥(图1-20)是连接舟山本岛与宁波的舟山连岛工程5座跨海大桥中技术要求最高的特大型跨海桥梁,主桥为两跨连续钢箱梁悬索桥,主跨1650m。



图 1-19 钱塘江大桥



图 1-20 西堠门大桥

润扬长江大桥(图1-21)由北接线、北汊桥、世业洲互通高架桥、南汊桥、南接线及延伸段等部分组成,其中南汊主桥采用单孔双铰钢箱梁悬索桥,索塔高209.9m,两根主缆直径0.868m,跨径布置为470m+1490m+470m,桥下最大通航净宽700m、最大通航净高50m,可通行5万t级巴拿马货轮。

南京长江四桥(图1-22)是一座双塔三跨悬索桥,被誉为“中国的金门大桥”,起于六合区横梁镇以东与宁通高速公路相交处,经龙袍镇跨越长江,与对岸石埠桥连接,止于沪宁高速公路相交处的麒麟枢纽,接在建的南京绕城高速公路东南环段,全长28.996km,其中跨江大桥长约5.448km,主跨采用1418m三跨悬索桥方案,全线按双向六车道高速公路标准设计,跨江大桥设计速度为100km/h,两岸接线设计速度为120km/h。

江阴长江大桥(图1-23)采用主跨为1385m的钢悬索桥,是我国第一座跨径超越千米的