

CONCEPTUAL
DESIGN OF
BRIDGES

桥梁概念设计

项海帆 等 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Conceptual Design of Bridges

桥梁概念设计

人民交通出版社

内 容 提 要

本书阐述了桥梁概念设计的基本原则,用国内外成功实例剖析了如何在概念设计中树立创新理念和进行设计构思,论述了概念设计中的美学问题、应考虑的技术因素、方案选择及其关键力学问题、防灾与耐久以及概念设计中对新问题的解决方法,最后还专门讨论了城市桥梁中的概念设计特点。

本书可作为高等学校桥梁专业的研究生教材,也可供桥梁工程师和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁概念设计 / 项海帆等编著. —北京:人民交通出版社,2011.3

ISBN 978-7-114-08864-3

I. ①桥… II. ①项… III. ①桥梁工程—设计 IV. ①U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 008931 号

书 名: 桥梁概念设计

著 作 者: 项海帆 等

责任编辑: 沈鸿雁 曲 乐

出版发行: 人民交通出版社

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)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 25.25

字 数: 597千

版 次: 2011年3月第1版

印 次: 2011年3月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08864-3

定 价: 68.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

1952 年院系调整以后,中国的工科高等教育基本上因袭了原苏联的体制,即按行业设校。工科高校调整成土建类和机电类,以及水利、化工、矿冶、航空、地质、交通等专科院校,直接培养各行业需要的工程技术人员。文理科则合并成综合性大学,使工科和文理分家,十分不利于工程教育的发展。

在 20 世纪 50~60 年代,工科教材大都使用从原苏联翻译过来的实用性教材,即教学生按规范进行设计的方法。改革开放以来,开始按学科设系,逐渐向国际体制转变,但行业的影响力依旧存在。2004 年出版的《桥梁工程》新教材,除了按新颁布的规范作了必要的修改外,在篇、章、节安排上基本上还是因袭原苏联老教材的体系,并没有本质上的改变,在教学理念和方法上也没有完全摆脱原苏联模式的影响。

在 2006 年国际桥协布达佩斯年会上,德国柏林工业大学土木系的 M. Schlaich 教授发表了题为“对教育的挑战——概念和结构设计”的大会报告。他介绍了柏林工大正在进行的土木工程教育改革,即将原来传统的按材料划分的钢结构教研室和混凝土教研室合并更名为“概念和结构设计”教研室,所属的三位正教授不再分别讲授“钢结构设计”、“混凝土结构设计”的分析方法和按规范的设计方法,而改为面对所有建筑材料按结构类型(桥梁、高层建筑和空间结构)分工讲授概念设计和结构设计的方法,并且加强对学生创新理念和能力的培养,即不仅教结构设计的基本功,更重要的是培养学生进行概念设计的创造能力。

2007 年起,同济大学桥梁工程系决定为硕士研究生开设一门“桥梁概念设计”的新课,以培养新一代桥梁工程师的概念设计能力,克服中国桥梁在创新理念、工程质量和美学考虑三方面的不足,为中国在 21 世纪通过自主创新的努力,从桥梁大国走向桥梁强国贡献一份力量。

2008 年春季学期第一次开课,先采用讲座的形式,由几位年轻教授分工承担。2008 年暑假中项海帆教授也加入了该课程建设的行列,一起讨论确定了教材大纲,并和肖汝诚教授合作撰写了第 1 章导论和第 2 章桥梁美学设计;桥梁设计分院的总工程师徐利平教授级高工和魏红一教授合作撰写第 3 章概念设计中应考虑

基本因素和第4章概念设计中创新理念的实例剖析;葛耀君教授撰写第5章桥梁结构防灾和耐久性以及第2、第3章中的部分章节;肖汝诚教授撰写第6章桥梁结构体系及其关键力学问题;石雪飞教授撰写第7章概念设计中新问题的解决;最后第8章城市桥梁的概念设计则约请同济校友、天津城建集团总工程师韩振勇教授级高工撰写。全书由项海帆教授进行定稿前的审定。

近来,对“钱学森之问”的热议使我们深感中国工程教育改革的紧迫性和必要性。我们希望《桥梁概念设计》一书的出版能对中国桥梁专业的学生和桥梁界的同仁有所启迪和鼓舞,使中国桥梁设计尽快克服不足,走出误区,也使中国高校的桥梁工程教育尽早摆脱传统教材和方法的束缚,跟上国际工程教育改革的前进步伐。书中的不当之处望桥梁界同仁不吝指正,我们将会再版时加以修改补充,使这本《桥梁概念设计》进一步完善,成为21世纪桥梁工程师的必修教材。

项海帆
2010年2月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 近代桥梁发展概况(1660 ~ 1945 年)	1
1.1.1 奠基时期(1660 ~ 1765 年)	1
1.1.2 进步时期(1765 ~ 1874 年)	1
1.1.3 发展时期 I—钢桥的诞生(1874 ~ 1945 年)	2
1.1.4 发展时期 II—钢悬索桥(1883 ~ 1945 年)	3
1.1.5 发展时期 III—钢筋混凝土桥(1875 ~ 1945 年)	4
1.1.6 小结	5
1.2 现代桥梁发展简史(1945 ~ 2008 年)	7
1.2.1 创新桥型和体系	7
1.2.2 新材料及连接技术	10
1.2.3 创新结构构造及附属设备	11
1.2.4 创新工法及装备	13
1.2.5 创新理论及分析方法	15
1.2.6 小结	17
1.3 中国桥梁建设的成就与不足(1978 ~ 2008 年)	21
1.3.1 引言	21
1.3.2 20 世纪 80 年代中国桥梁的崛起	22
1.3.3 20 世纪 90 年代中国桥梁的腾飞	23
1.3.4 21 世纪初的中国桥梁	24
1.3.5 中国桥梁建设中存在的问题	39
1.4 现代桥梁工程的未来	41
1.4.1 桥梁工程师的使命和任务	41
1.4.2 桥梁工程的研究与发展	42
1.4.3 知识经济时代的桥梁建设	42
1.5 概念设计和创新理念	43
1.5.1 概念设计的重要意义	44
1.5.2 概念设计的基本原则	44
1.5.3 创新的定义	45
1.5.4 创新理念的建立	46
1.5.5 概念设计的任务和内容	47

1.6 本章小结·····	48
复习思考题·····	49
本章参考文献·····	50
第2章 桥梁美学设计 ·····	51
2.1 美学的哲学基础·····	51
2.1.1 西方的哲学基础·····	51
2.1.2 东方的哲学基础·····	53
2.2 桥梁美学的基本法则·····	55
2.2.1 多样与统一(变化与统一)·····	55
2.2.2 比例与匀称·····	55
2.2.3 平衡与和谐·····	56
2.2.4 韵律与协调·····	57
2.2.5 桥梁概念设计中的创新和美学考虑·····	57
2.3 世界桥梁美学设计的成功实例——记20世纪世界最美桥梁评选·····	58
2.4 中国桥梁美学设计的成功实例·····	62
2.4.1 南京长江大桥(1968年)·····	62
2.4.2 福州乌龙江大桥(1971年)·····	62
2.4.3 上海南浦大桥(1991年)·····	62
2.4.4 杭州钱塘江三桥(1996年)·····	62
2.4.5 重庆万县长江大桥(1997年)·····	63
2.4.6 江阴长江大桥(1997年)·····	63
2.4.7 上海卢浦大桥(2003年)·····	64
2.4.8 南京长江三桥(2004年)·····	64
2.4.9 苏通长江大桥(2008年)·····	64
2.4.10 舟山连岛工程西堠门大桥(2009年)·····	65
2.5 中国桥梁美学设计问题剖析·····	65
2.5.1 关于桥梁主孔跨度的合理性·····	65
2.5.2 立面布置的对称性·····	67
2.5.3 斜拉桥的边孔尺度·····	67
2.5.4 斜拉桥边跨中的辅助墩布置·····	68
2.5.5 塔形选择及比例·····	69
2.5.6 不对称独塔斜拉桥及协作体系·····	70
2.5.7 悬索桥的边跨布置·····	71
2.5.8 主梁梁高的合理选择·····	72
2.6 本章小结·····	72
复习思考题·····	73
本章参考文献·····	73

第3章 概念设计中应考虑的基本因素	74
3.1 各种自然条件和功能要求	74
3.1.1 自然条件	75
3.1.2 使用功能	83
3.1.3 景观要求	90
3.2 平、纵线形与分孔布局	90
3.2.1 桥轴线和平面线形布局	90
3.2.2 主通航孔设置	94
3.2.3 分孔布局	97
3.3 各种桥型和基础的适用性	99
3.3.1 各种桥型的演进	99
3.3.2 各种桥型的适用范围和极限	112
3.3.3 各种基础形式的适用范围	113
3.4 影响经济指标的技术因素	125
3.4.1 各种桥型的材料及经济指标	125
3.4.2 总体布置对经济指标的影响	128
3.4.3 基础方案对经济指标的影响	133
3.4.4 施工方法对经济指标的影响	136
复习思考题	141
本章参考文献	141
第4章 概念设计中创新理念的实例剖析	142
4.1 桥梁方案及总体布局构思	142
4.1.1 香港青马大桥	143
4.1.2 香港汀九大桥	145
4.1.3 日本鹤见航道桥	149
4.2 桥梁方案中的技术创新	151
4.2.1 丹麦厄勒海峡大桥钢桁组合梁	151
4.2.2 美国旧金山海湾大桥东桥的抗震索塔	153
4.2.3 重庆新石板坡桥钢与混凝土混合梁	154
4.2.4 杭州九堡大桥组合拱桥	156
4.2.5 采用高性能钢与混凝土的新型组合梁桥	158
4.3 桥梁方案对景观要求的考虑	160
4.3.1 香港昂船洲大桥	160
4.3.2 上海卢浦大桥	163
4.3.3 重庆菜园坝大桥	166
4.4 创跨径纪录的正确理念	168

4.4.1 丹麦大贝尔特桥	169
4.4.2 日本明石海峡大桥	170
4.4.3 日本多多罗大桥	174
4.4.4 苏通长江公路大桥	176
4.5 杰出结构奖获奖之桥简介	179
4.5.1 瑞士 Sunniberg 大桥	179
4.5.2 日本美秀美术馆大桥	182
4.5.3 英国盖茨黑德千禧大桥	184
4.5.4 法国米约大桥	186
复习思考题	189
本章参考文献	189
第 5 章 桥梁结构防灾和耐久性	191
5.1 桥梁抗风设计理念	191
5.1.1 风与桥梁抗风	192
5.1.2 减小静风荷载	195
5.1.3 降低风致振动	199
5.1.4 附加控制措施	203
5.2 桥梁抗震设计理念	206
5.2.1 地震与桥梁抗震	206
5.2.2 各种桥型的抗震原则	209
5.2.3 抗震设计成功案例	210
5.2.4 常用减隔震措施	213
5.3 桥梁防船撞设计理念	216
5.3.1 设防水准和设计原则	216
5.3.2 合理选择桥位和桥轴线	218
5.3.3 防船撞设计成功案例	218
5.3.4 各种防船撞措施	222
5.4 桥梁耐久性设计理念	225
5.4.1 结构耐久性问题	225
5.4.2 耐久性设计基本原则	228
5.4.3 结构耐久性案例分析	228
5.4.4 结构耐久性保证措施	231
复习思考题	233
本章参考文献	233
第 6 章 桥梁结构体系及其关键力学问题	235
6.1 桥梁结构体系	235

6.1.1	桥梁结构体系及其分类	235
6.1.2	评判桥梁体系优劣的标准	236
6.1.3	各种体系的受力特性	238
6.1.4	体系的创新	240
6.2	重要设计参数的优化与调整	249
6.2.1	桥梁结构设计参数的分类	249
6.2.2	设计参数对结构受力的影响	249
6.2.3	结构参数的优化与调整	253
6.3	施工工法选择及其安全性认定	257
6.3.1	桥梁结构的施工方法	257
6.3.2	施工方法与结构受力的关系	258
6.3.3	施工方法的选择	261
6.3.4	施工的安全认定	262
6.4	桥梁结构估算与先进性认定	263
6.4.1	桥梁结构的估算方法	263
6.4.2	常规桥梁的合理尺度	268
6.4.3	常规桥梁的材料指标	271
6.4.4	先进性的认定	273
6.5	概念设计阶段中重要的力学验算	276
6.5.1	结构分析的一般方法	276
6.5.2	强度检算	276
6.5.3	刚度和稳定检算	277
6.5.4	动力特性检算	278
6.6	方案的建模方法	281
6.6.1	模型选择的一般方法	281
6.6.2	几何描述	282
6.6.3	材料和截面特性	282
6.6.4	边界条件	283
6.6.5	质量	283
6.6.6	荷载	283
	复习思考题	287
	本章参考文献	287
第7章	概念设计中新问题的解决	288
7.1	创新设计理念实现的技术保障	288
7.2	改善结构性能的构造细节	289
7.2.1	构造细节的创新点	289
7.2.2	适应结构不同受力要求的边界条件构造	290

7.2.3	创新的组合结构	293
7.2.4	不同材料界面间的连接构造	307
7.2.5	减轻动力破坏的构造措施	312
7.2.6	保证结构耐久性的构造措施	316
7.3	创新工法及相应的装备	320
7.3.1	工法创新的原动力	320
7.3.2	适应特殊要求的桥梁架设新工艺	321
7.3.3	桥梁架设新工艺的装备	328
7.3.4	辅助桥梁架设的检测装备	337
7.4	先进材料与高新技术的应用	338
7.4.1	新材料与高新技术应用的要求	338
7.4.2	高性能钢材(HPS)	339
7.4.3	高性能混凝土(HPC)	341
7.4.4	纤维增强复合材料(FRP)	344
7.4.5	IT 技术对桥梁工程建设的促进作用	348
7.5	复杂桥梁建造过程中研究专题的选择	350
7.5.1	研究专题立项的目的与必要性	350
7.5.2	研究内容的选择	351
7.5.3	研究的技术路线与方法	352
	复习思考题	353
	本章参考文献	353
第 8 章	城市桥梁的概念设计	356
8.1	城市桥梁的概念	358
8.1.1	城市桥梁的定义	358
8.1.2	城市桥梁的历史沿革	359
8.2	城市桥梁的概念设计——总述	366
8.3	城市桥梁的概念设计——结构工程篇	367
8.3.1	城市桥梁的桥式选择	368
8.3.2	城市桥梁的结构特点	373
8.3.3	城市桥梁的技术难点	378
8.4	城市桥梁的概念设计——建筑美学篇	382
8.4.1	与环境协调	383
8.4.2	建筑手法	386
8.4.3	桥梁装饰	388
8.5	城市桥梁的概念设计——结构工程与建筑美学相结合	391
	本章参考文献	392
	后记	393

第1章 导 论

1.1 近代桥梁发展概况(1660~1945年)

1.1.1 奠基时期(1660~1765年)

近代土木工程从17世纪中叶至20世纪中叶的约三百年间,经历了最初一百余年的“理论奠基时期”(1660~1765年)。意大利学者伽利略(Galileo Galilei, 1564~1642年)于1638年出版的著作《关于两门新科学的对话》中论述了材料的力学性质和强度概念,随后,1660年英国学者虎克(Robert Hooke, 1635~1703年)建立了材料的应力和应变关系的虎克定律,以及1687年英国学者牛顿(Isaac Newton, 1642~1727年)提出了关于力学的三大定律,共同奠定了土木工程的理论基础。

法国政府于1715年率先成立了路桥部,并于1747年建立了世界上第一所工科大学——法国巴黎桥路学校。在1765年英国工业革命发生前,由法国工程师佩罗内(Jean-Rodolphe Perronet, 1708~1794年)领导的巴黎桥路学校研究了石拱桥的压力线,并用力学和材料强度理论对拱圈和桥墩的尺寸进行了计算,建造了许多坦拱桥(图1-1),使欧洲的石拱桥设计达到了很高水平。虽然欧洲坦拱桥的出现比中国隋朝的赵州桥晚了一千多年,但却是建立在理论基础上的科学设计。



图1-1 法国巴黎的协和桥

1.1.2 进步时期(1765~1874年)

近代桥梁发展的第二个时期是从英国工业革命到第一次世界大战前的“进步时期”(1765~1874年),金属材料逐渐替代天然的石料和木料成为桥梁的主要建筑材料。

1779年,英国工程师 Abraham Darby III (1750~1790年)设计建造了世界上第一座跨度30.65m的铸铁拱桥——Coalbrookdale桥(图1-2),该桥也被称为是古代桥梁的终结和近代第一桥。

随后,英国工程师 Thomas Telford(1757~1834年)建造了多座跨度更大的铸铁拱桥,其中具有代表性的是1824年建成的跨度45.75m的Eaton Hall桥。为建造多孔铸铁拱桥,1849年R. Stephenson(1803~1859年)创造了带系杆的拱桥,使桥墩免受拱的推力,形成了“系杆拱



桥”的新桥型。

与此同时,受中国游记小说的启发,英国于18世纪后半叶开始了建造近代悬索桥的尝试。跨度从最初的70ft(21.34m)起,逐渐增大,到19世纪初,由英国工程师 John & William Smith 兄弟设计建造了主跨260ft(79.25m)的苏格兰 Dryburgh Abbey 桥,该桥用熟铁眼杆做主缆取得了成功。接着,在威尔士和英格兰也建成了几座熟铁眼杆式悬索桥,如英国工程师 Sammel Brown 于1820年建成的主跨136.86m的 Union 桥。



图1-2 英国 Coalbrookdale 桥

1826年,英国工程师 Telford 建成了威尔士主跨达176.6m(580ft)的 Menai Straits 桥(图1-3)。该桥仍用熟铁眼杆做主缆,采用石砌桥塔和石拱引桥,桥面用木板铺设。不幸的是该桥在1839年遭风毁,于1940年重建。此后,熟铁眼杆悬索桥逐渐向欧洲各国和美洲传布,在奥、匈、俄、美和南美的巴西建成了许多跨度在100~340m范围的悬索桥,成为19世纪欧美铁桥建设的重要成就。

1850年,英国工程师 R. Stephenson 用熟铁板件建成了跨度达141m的巨型箱梁桥——Britannia 桥(图1-4)。由于锻铁箱梁桥过于笨重,1857年,德国工程师 H. Gerber 在木屋桁架的启发下建造了6跨131m的多腹杆格子桁架桥。1864年又建成了第一座带挂孔的悬臂桁架桥,分跨为23.9m+37.9m+23.9m。这种静定的悬臂桁架带挂孔的体系称为盖尔勃式桁架,因受力分析简单清楚,在欧美各国很快流行开来,成为当时大跨度铁路桥梁的主要桥型。如1859年英国的艾伯特桥,主跨达138.6m,1860年法国的鲁扎特高架桥分跨为55.125m+57.75m+49.125m。



图1-3 Menai Straits 桥

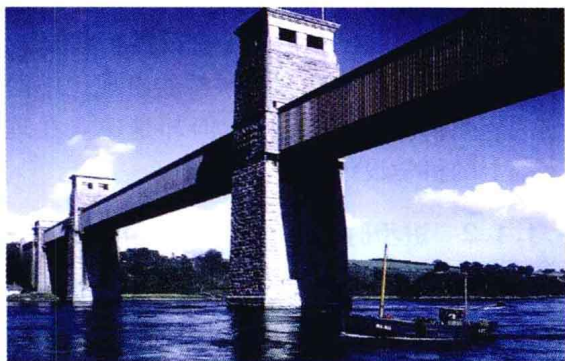


图1-4 Britannia 桥

1.1.3 发展时期 I——钢桥的诞生(1874~1945年)

1874年,美国用钢材代替锻铁建造了第一座钢拱桥,开启了大跨度钢桥建设的新时代。此后,工程师们逐渐放弃铸铁和锻铁,而采用性能更好的钢材,桥梁的跨度也大大增加。1890

年,英国建成了跨度达 521.2m 的英格兰福斯桥。该桥采用悬臂法施工,基础为气压沉箱,成为近代钢桥的代表作之一(图 1-5)。

1909 年,美国建成了连接纽约长岛和曼哈顿跨越东河的昆斯桥,该桥为悬臂桁架桥,分跨为 143.17m + 360.4m + 192.15m + 300m + 140m,并且第一次采用低合金钢(含镍 3%),其强度比碳钢增大了 40%,因而大大减轻了桥的自重。主跨达 548.78m 的加拿大魁北克桥经历了两次悬拼施工事故(第一次为压杆腹板失稳,第二次为挂孔连接铸件压坏),最终于 1918 年艰难建成,创造了悬臂桁架桥的最大跨度。



图 1-5 英格兰福斯桥

1869 年,移居美国的德国工程师罗布林(Roebling)一家三人(父、子、媳)开始建造主跨 486m 的纽约布鲁克林桥,并且第一次使用冷拔钢丝代替熟铁眼杆为主缆,该桥于 1883 年建成(图 1-6),成为近代钢悬索桥的代表作。



图 1-6 纽约布鲁克林桥

1.1.4 发展时期 II——钢悬索桥(1883 ~ 1945 年)

20 世纪初,奥地利工程师米兰(J. Melan)于 1888 年创立的悬索桥挠度理论开始引起人们的注意。1912 年,移居纽约的立陶宛工程师莫西夫(L. S. Moisseiff)第一次用挠度理论设计了曼哈顿桥并获得成功。与附近较早建成的布鲁克林桥(1883 年)和威廉斯堡桥(1903 年)相比,曼哈顿桥塔和主梁都显得比较纤细,取得了很好的经济效益。

此后,挠度理论得到很快推广,美国在 1926 ~ 1940 年期间由莫西夫设计或咨询,采用挠度理论建成了多座大跨度悬索桥,其中著名的有:

- (1) Benjamin Franklin Bridge ($L = 533.75\text{m}$, 1926 年)
- (2) Ambassador Bridge ($L = 564.3\text{m}$, 1929 年)
- (3) George Washington Bridge ($L = 1067\text{m}$, 1931 年, 图 1-7)
- (4) Golden Gate Bridge ($L = 1280\text{m}$, 1937 年, 图 1-8)
- (5) San Francisco Oakland Bay Bridge ($L = 704\text{m}$, 1937 年)
- (6) Bronx-Whitestone Bridge ($L = 701\text{m}$, 1939 年)

挠度理论的优点在于利用悬索桥的重力刚度以降低桥面的弯曲刚度,使设计工程师逐渐



放弃笨重的桁架加劲梁,改用更经济的板梁桥面。随着板梁高度的降低,所承担的弯矩相应减小,从而保证桥面结构的安全。



图 1-7 乔治—华盛顿桥 (George Washington Bridge)

1940 年建成的华盛顿州塔科马桥主跨达 853m,双车道的桥宽仅 11.9m,板梁加劲梁高为 1.3m。由于设计时对桥面扭转刚度的忽视和断面气动性能的恶化,最终导致建成仅四个月的塔科马桥风毁(图 1-9)。此后,悬索桥的加劲梁又回到气动性能较好的空腹桁架,并成为二次大战前悬索桥的基本形式。



图 1-8 金门大桥 (Golden Gate Bridge)

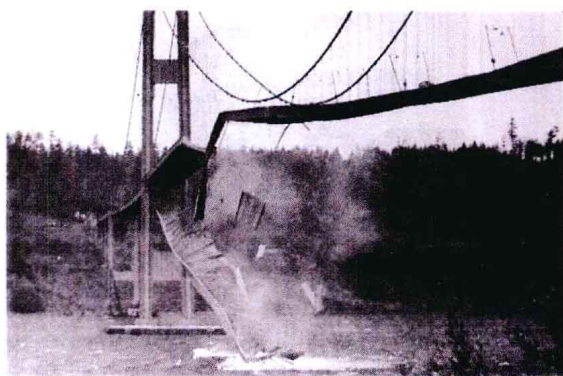


图 1-9 塔科马桥风毁

1.1.5 发展时期 III——钢筋混凝土桥(1875 ~ 1945 年)

1875 年,法国工程师 Joseph Monier 建造了第一座跨度 13.8m、宽 4.25m 的钢筋混凝土人行桥 Chazelet Bridge,这是一座 T 形梁桥,是从房屋的楼盖移植而来的新型桥梁,也是钢筋混凝土桥的先声。1877 年,法国工程师赫尼波柯 (Hennebique) 建造了跨度为 16m、宽 4.0m 的钢筋混凝土人行桥,1898 年,他又设计建成了跨度为 52.46m 的钢筋混凝土拱桥——夏特罗桥 (Châtellerault Bridge)。

奥地利工程师米兰 (J. Melan) 于 1890 年发明了用劲性骨架为拱架、浇筑钢筋混凝土拱桥的工法,被称为米兰法,使拱桥的跨度超过了 100m。如 1911 年建成的罗马复兴桥 (Risorgimento Bridge, $L = 100\text{m}$)、1914 年的瑞士蓝格维斯桥 (Langwies Bridge, $L = 100\text{m}$)。1943 年建造的瑞典桑多桥 (Sandö Bridge, 图 1-10) 跨度达到了 178.4m,是近代钢筋混凝土拱桥的代表作。

早在1886年,美国工程师 Jackson 最早获得预应力的专利,1888年德国工程师 Doebling 也获得了在楼板中加预应力的专利,但均因钢筋中预应力值过低,很快又因混凝土的徐变和收缩损失而失败。直到1928年法国工程师弗莱西奈(Freyssinet)采用了高强度钢丝和高强混凝土,并发明了锥形锚(1939)后才获得成功。二次世界大战后因钢材紧缺,为修复被战争破坏的桥梁,预应力混凝土技术才真正得到了飞速的发展。



图 1-10 瑞典桑多桥

1.1.6 小结

纵观近代桥梁三百年的发展历程:从第一阶段(1660~1765年)的理论奠基,到第二阶段(1765~1874年)的铸铁拱桥、(熟)铁桁架桥和眼杆悬索桥,以及第三阶段(1874~1945年)的钢桥(钢桁架桥、钢拱桥和钢悬索桥)和随后出现的钢筋混凝土桥。可以说,近代桥梁的主流是钢铁桥梁,包括许多铁路桥梁和城市桥梁,其中具有里程碑意义的代表性桥梁当推 Coalbrookdale 铸铁拱桥、苏格兰福思钢桁架桥、纽约布鲁克林钢悬索桥以及20世纪30年代建成的代表近代桥梁最高成就的乔治·华盛顿桥、悉尼拱桥、旧金山金门大桥以及瑞典桑多桥。

桥梁的跨度从最初铸铁拱桥的30.65m发展到钢拱桥和悬臂钢桁架桥已超过500m,悬索桥从不足100ft(30.48m)的熟铁眼杆悬索桥到468m的布鲁克林桥,华盛顿桥已突破千米,金门大桥更达到1280m的惊人纪录,这是十分了不起的成就,凝聚了许多桥梁先驱者的智慧和艰辛,其中最杰出的十五位近代桥梁工程师(16~18世纪出生)是:

- (1)法国 Jean R. Perronet (1708~1794年)(图1-11),石拱桥的压力线;
- (2)英国 Abraham Darby III (1750~1790年)(图1-12),铸铁拱桥;
- (3)英国 Thomas Telford (1757~1834年)(图1-13),铸铁拱桥和眼杆悬索桥;
- (4)德国 John A. Roebling (1806~1869年)(图1-14),布鲁克林桥;



图 1-11 J. R. Perronet

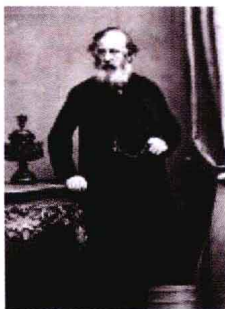


图 1-12 A. Darby III



图 1-13 T. Telford



图 1-14 J. A. Roebling

- (5)法国 Joseph Monier (1823~1906年)(图1-15),第一座钢筋混凝土桥;
- (6)法国 Gustave A. Eiffel (1832~1923年)(图1-16),铸铁、锻铁、钢拱桥;



- (7) 英国 Benjamin Baker (1840 ~ 1907 年) (图 1-17), 福思铁路桁架桥;
- (8) 奥地利 Joseph Melan (1853 ~ 1941 年) (图 1-18), 悬索桥挠度理论, 拱桥米兰施工法;
- (9) 澳大利亚 John Bradfield (1867 ~ 1943 年) (图 1-19), 悉尼拱桥;
- (10) 瑞士 Joseph B. Strauss (1870 ~ 1938 年) (图 1-20), 旧金山金门大桥;
- (11) 瑞士 Robert Maillart (1872 ~ 1940 年) (图 1-21), 萨尔基那山谷桥;
- (12) 立陶宛 Leon. S. Moisseiff (1872 ~ 1943 年) (图 1-22), 曼哈顿桥;
- (13) 瑞士 Othmar H. Ammann (1879 ~ 1965 年) (图 1-23), 乔治·华盛顿桥;
- (14) 法国 E. Freyssinet (1879 ~ 1962 年) (图 1-24), 预应力混凝土创始人;
- (15) 英国 Ralph Freeman (1880 ~ 1950 年) (图 1-25), 悉尼拱桥。



图 1-15 J. Monier



图 1-16 G. A. Eiffel



图 1-17 B. Baker



图 1-18 J. Melan

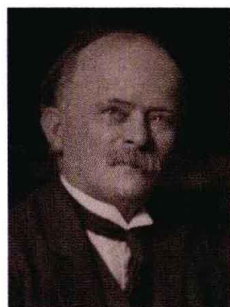


图 1-19 J. Bradfield



图 1-20 J. B. Strauss



图 1-21 R. Maillart



图 1-22 L. S. Moisseiff



图 1-23 O. H. Ammann



图 1-24 E. Freyssinet



图 1-25 R. Freeman