



世纪高等教育土木工程系列规划教材

桥梁工程

董 军 主编
夏 禾 主审



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育土木工程系列规划教材

桥 梁 工 程

主 编 董 军
副主编 龙佩恒 张秀成
参 编 王行耐 陈渊召 胡雄伟
主 审 夏 禾



机 械 工 业 出 版 社

本书是 21 世纪高等教育土木工程系列规划教材之一。本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业本科培养目标、培养方案和教学大纲的要求进行编写。全书共有五篇,总计 15 章。第一篇“总论”,主要介绍了桥梁的组成与分类、设计程序和原则、设计荷载,桥面布置与桥面构造,桥梁支座与抗震设施等内容。第二篇“混凝土梁式桥”,主要对梁式桥的构造与设计、简支梁桥的计算和其他体系桥梁设计与构造等内容。第三篇“拱桥”,主要介绍了拱桥的设计与构造、拱桥的计算等内容。第四篇“桥梁施工”,对支架、模板、拱架、混凝土、钢筋、钢筋预应力混凝土等基本工艺作简要介绍,着重介绍简支梁桥、拱桥的常用施工方法,并对悬臂施工技术、连续梁的顶推施工技术、斜拉桥、悬索桥的一些常用施工方法进行简单介绍。第五篇“桥梁墩台”,主要内容包括桥梁墩台的构造与设计、桥墩计算及桥台计算。

本书可作为高等院校土木工程专业桥梁工程课程的教材,也可供桥梁工程设计、施工、科研、管理等人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/董军主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 3
(21 世纪高等教育土木工程系列规划教材)
ISBN 978-7-111-25983-1

I. 桥… II. 董… III. 桥梁工程—高等教育—教材
IV. U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 210992 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:马军平 版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉
封面设计:张 静 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×239mm · 35 印张 · 681 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-25983-1
定价:49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

序

随着 21 世纪国家建设对专业人才的需求,我国工程专门人才培养模式正在向宽口径方向转变,现行的土木工程专业包括建筑工程、交通土建工程、矿井建设、城镇建设等 8 个专业的内容。经过几年的教学改革和教学实践,组织编写一套能真正体现专业大融合、大土木的教材的时机已日臻成熟。

迄今为止,我国高等教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大贡献。但据 IMD1998 年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标世界排名在第 36 位,与我国科技人员总数排名第一的现状形成了极大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员,特别是工程应用型技术人才供给不足。

科学在于探索客观世界中存在的客观规律,它强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的客观活动,所以它强调综合,强调实用性,强调方案的优选。这就要求我们对工程应用型人才和科学研究型人才的培养实施不同的方案,采用不同的教学模式,使用不同的教材。

机械工业出版社为适应高素质、强能力的工程应用型人才培养的需要而组织编写了本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,结合大土木的专业建设需要,富有特色、有利于应用型人才的培养。本套系列教材的编写原则是:

- 1) 加强基础,确保后劲。在内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后发展具有较强的后劲。

- 2) 突出特色,强化应用。本套系列教材的内容、结构遵循“知识新、结构新、重应用”的方针。教材内容的要求概括为“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通“大土木”教学内容的基础上,挑选出最基本的内容、方法及典型应用实例;“新”指在将本

学科前沿的新技术、新成果、新应用、新标准、新规范纳入教学内容；“广”指在保证本学科教学基本要求前提下，引入与相邻及交叉学科的有关基础知识；“用”指注重基础理论与工程实践的融会贯通，特别是注重对工程实例的分析能力的培养。

3) 抓住重点，合理配套。以土木工程教育的专业基础课、专业课为重点，做好实践教材的同步建设，做好与之配套的电子课件的建设。

我们相信，本套系列教材的出版，对我国土木工程专业教学质量的提高和应用型人才的培养，必将产生积极作用，为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

江見鯨

前 言

本书是 21 世纪高等教育土木工程系列规划教材之一。本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业本科培养目标、培养方案和教学大纲的要求进行编写。按照教学大纲的要求,本书着重介绍桥梁工程的基本概念、设计理论和方法,强调构造要求及原理、设计规范和施工规范的应用、标准设计的应用、施工工艺和方法;通过本课程的学习,使得学生掌握目前常用中小型桥梁的构造原理、计算理论与计算方法,熟悉有关施工方面的基本知识,初步具备解决大跨径桥梁设计、施工等问题的能力;对于较复杂的桥型,强调其构造要求及简单的力学原理,对设计、计算作概论性的介绍,为学生进一步学习奠定基础。

在本书的编写过程中,力求体现 JTG D60—2004《公路桥涵设计通用规范》和 JTG D62—2004《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》中的更新内容,并尽可能反映桥梁技术在设计理论、工艺、材料及施工等方面的新成果或最新动态。

全书共有五篇,总计 15 章。第一篇“总论”,对桥梁的组成与分类、设计程序和原则、设计荷载、桥面布置、桥面构造、桥梁支座等作全面的论述。第二篇“混凝土梁式桥”,对板桥、装配式简支梁桥和其他体系桥梁设计与构造作全面论述,对简支梁桥的计算作详细介绍。第三篇“拱桥”,对拱桥的特点、构造和拱桥的设计等作全面论述,对拱桥的计算作详细介绍。第四篇“桥梁施工”,对支架、模板、拱架、混凝土、钢筋、钢筋预应力混凝土等基本工艺作简要介绍,着重介绍简支梁桥、拱桥的常用施工方法,并对悬臂施工技术、连续梁的顶推施工技术、斜拉桥、悬索桥的一些常用施工方法进行简单讨论,注意渗入一些当今较为先进的施工技术。第五篇“桥梁墩台”,对墩台的构造与计算作较全面的论述,详细介绍重力式墩台的计算要

点, 简要介绍轻型墩台的计算特点。关于桥梁基础施工、施工测量、施工管理等内容, 本书不作专门介绍, 可分别参阅相关书籍。

本书由北京建筑工程学院、山东交通学院、福建莆田学院、长安大学、西南林学院等院校同行编写。本书由董军任主编, 龙佩恒、张秀成任副主编。编写的人员有: 董军(第1章、第7章及第13~15章部分内容), 王行耐(第5章、第8章、第12章), 龙佩恒(第4章及第6章), 张秀成(第2章、第10~11章及第6章部分内容), 陈渊召(第3章及第9章), 胡雄伟(第13~15章部分内容)。北京交通大学夏禾教授审阅了本书, 提出许多有建设性的意见, 在此深表感谢。

考虑到学生对桥梁工程知识掌握的全面性和系统性, 本教材内容较为丰富, 在教学中, 可根据实际教学需要, 进行重点讲授, 或按照课程群的方向对相关内容进行取舍, 桥梁施工内容可以结合现场参观或实习等环节讲授。拱桥部分计算篇幅较多, 可以考虑引导学生在课程设计中或毕业设计中自学掌握。

在本书的编写过程中, 同济大学姚玲森教授就本书的构思和编排等提出了许多宝贵的意见, 交通部公路科学研究院杨昀教授级高工及国家林业局昆明勘察设计院唐芳林院长也提出了很多建议并提供了相关实际工程案例, 研究生俞鑫风、陈波、徐植等参与了本书中部分图形的绘制和算例的验证, 同时还得到了北京建筑工程学院土木与交通工程学院及教务处的的大力支持, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有不妥及错漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序
前言

第一篇 总 论

第1章 概述	2
1.1 桥梁在交通事业中的重要地位及发展状况	2
1.2 桥梁结构的组成与分类	14
1.3 桥梁的总体规划与设计	20
1.4 桥梁建筑美学	27
1.5 桥梁设计方案比选	27
1.6 桥梁结构的设计作用及其效应组合	29
本章小结	45
思考题和习题	45
第2章 桥面布置与桥面构造	46
2.1 桥面组成与布置	46
2.2 桥面铺装及排水、防水系统	47
2.3 桥梁伸缩装置	51
2.4 人行道、栏杆与灯柱	55
本章小结	58
思考题和习题	58
第3章 桥梁支座与抗震设施	59
3.1 梁式桥的支座	59
3.2 桥梁抗震设施	66
3.3 支座的设计与计算	70
本章小结	76
思考题和习题	76

第二篇 混凝土梁式桥

第4章 梁式桥的构造与设计	80
---------------------	----

4.1 混凝土梁式桥的一般特点	81
4.2 混凝土梁式桥的主要类型和适用条件	82
4.3 板桥的设计与构造	90
4.4 装配式简支梁桥的设计与构造	99
4.5 装配式预应力混凝土简支梁桥构造示例	123
本章小结	128
思考题和习题	128
第5章 简支梁桥的计算	129
5.1 概述	129
5.2 行车道板计算	130
5.3 荷载横向分布计算	143
5.4 主梁内力计算	177
5.5 横隔梁内力计算	184
5.6 变形与裂缝计算	194
5.7 计算示例——装配式钢筋混凝土板桥计算	204
本章小结	212
思考题和习题	212
第6章 其他体系桥梁的设计与构造	214
6.1 悬臂与连续体系梁桥的特点和一般构造	214
6.2 预应力混凝土连续梁桥	221
6.3 混凝土刚架桥	229
6.4 斜拉桥	234
6.5 悬索桥	248
本章小结	254
思考题和习题	254

第三篇 拱 桥

第7章 拱桥的设计与构造	258
7.1 拱桥的主要特点	258
7.2 拱桥的组成与分类	259
7.3 拱桥的总体布置	265
7.4 拱桥主拱圈构造	269
7.5 拱上建筑的构造	278
7.6 拱桥的其他细部构造	282
7.7 其他上承式拱桥	287

7.8 钢管混凝土拱桥	290
7.9 拱桥构造示例	293
本章小结	298
思考题和习题	298
第8章 拱桥的计算	299
8.1 概述	299
8.2 拱轴线的选择与拱轴系数的确定	300
8.3 拱桥内力计算	312
8.4 主拱的强度与稳定性验算	351
8.5 连拱实用计算简介	359
本章小结	363
思考题和习题	364
 第四篇 桥梁施工 	
第9章 桥梁施工概述	368
9.1 桥梁施工方法的分类及特点	368
9.2 施工准备与施工组织设计	375
9.3 支架与拱架	376
9.4 混凝土、钢筋及预应力钢筋	378
本章小结	379
思考题和习题	380
第10章 装配式梁桥构件制作与安装	381
10.1 概述	381
10.2 装配式构件的预制工艺	386
10.3 装配式简支梁(板)桥的安装	400
本章小结	405
思考题和习题	405
第11章 拱桥施工	407
11.1 概述	407
11.2 有支架施工	407
11.3 无支架施工	425
本章小结	445
思考题和习题	446
第12章 其他几种主要桥梁的施工方法简介	447
12.1 连续梁桥顶推施工	447

12.2 斜拉桥的施工	460
12.3 悬索桥施工	465
本章小结	469
思考题和习题	469

第五篇 桥梁墩台

第13章 桥梁墩台的构造与设计	472
13.1 概述	472
13.2 桥墩	474
13.3 桥台	489
本章小结	498
思考题和习题	499
第14章 桥墩计算	500
14.1 作用及其组合	500
14.2 重力式桥墩的计算	503
14.3 桩柱式桥墩的计算	511
14.4 柔性排架墩计算	513
本章小结	516
思考题和习题	516
第15章 桥台计算	518
15.1 重力式桥台的计算	518
15.2 梁桥轻型桥台的计算要点	520
15.3 拱桥轻型桥台的计算要点	523
本章小结	526
思考题和习题	527
附录	528
附录 I 铰接板荷载横向分布影响线竖标表	528
附录 II G-M 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 数值计算图	540
参考文献	548

第一篇

总 论

第 1 章

概 述

桥梁是道路交通系统中的重要组成部分，而道路交通系统对于一个国家的国民经济、人民生活水平的改善和发展具有重要且深远的意义，伟大的先行者孙中山这样说过：“道路者文明之母也，财富之脉也，试观今日文明之国，即道路最多之国。”我国在改革开放后，随着国民经济持续、稳定、高速地发展，道路交通建设蓬勃向上，正处在一个前所未有的建设高潮中，高速公路及城市道路上迂回交叉的大型立交桥、高架桥、跨海大桥不断涌现，随着科技的进步和社会需求的不断提高，人们对桥梁建筑也提出了更高的要求。纵观我国道路交通建设的发展，不难看出在新的历史时期，我国道路交通建设不断面临新的挑战；同时，在国民经济持续高速增长及城市化进程不断加快的过程中，各类城市均面临着重建、改造、扩展和再规划，也给道路交通建设带来了前所未有的机遇，桥梁已成为我国当前道路交通和未来城市发展的关键环节之一。

桥梁(Bridge)就是供车辆、行人等跨越障碍物的工程构造物，体现在“跨越”这个关键词上，由此表现出不同于其他土木工程建筑的结构特征。桥梁工程(Bridge Engineering)是指有关桥梁勘测、设计、施工、养护、检测、维修与加固以及与桥梁相关的科学研究和工程技术的总称。因此“桥梁工程”一词，应该有两个方面的含义：①桥梁建筑的实体；②建造桥梁所需要的相关科技知识，包括基础理论和科学研究，以及桥梁的规划、设计、施工、运营、管理和养护维修等。桥梁工程是土木工程的一个重要组成部分。

本章主要介绍有关桥梁的发展概况、基本概念和一些基础知识。

1.1 桥梁在交通事业中的重要地位及发展状况

随着公路与城市道路建设的不断进步，桥梁的作用变得越来越明显。现代化交通需要四通八达的交通网，交通网对于一个国家和地区的经济、文化交流和国防建设都具有非常重要的作用。由于自然地理环境的原因，构建交通

网的道路常常会遇到各种障碍,如河流、沟谷或其他交通线路,就必须修建各种类型的桥梁与涵洞,因此桥涵就成为了陆路交通网的重要组成部分,是保证某一区域的交通能否构成真正交通网络的关键。在经济上,桥梁和涵洞的造价一般说来平均占公路总造价的10%~20%,甚至更多,特别是在现代化高等级公路以及城市高架道路的修建中,桥梁不仅在工程上规模十分巨大,而且也是常常处于交通的咽喉部位。此外,桥梁对于不同地区的经济发展和文化交流也具有十分重要的意义。

纵观历史,可以发现交通的发展和桥梁工程的发展一直都是处于相互协调、相互发展、密不可分的状态。现代交通的发展需要建设具有更大承载力、更大跨径和更多的桥梁,极大程度地推动了桥梁工程技术的发展;桥梁工程技术和现代科学的不断进步使得人们能够设计和建造难度更大的桥梁,特别是大跨度桥梁,推动交通建设向安全、快捷的网络化式发展。例如,50年前,我国长江上还没有一座桥梁,大江南北的交流只能靠运能和速度都十分有限的舟、船,然而在30多年里,长江大桥的建设速度非常之快,有时甚至一年之内就有几座长江大桥通车,所涉及到的桥型有拱桥、梁桥、斜拉桥、悬索桥,其中有的桥梁已经进入了世界著名桥梁行列。这清楚地表明了我国社会经济发 展的历程和速度,也是国家综合经济实力的一个明显标志。

1.1.1 我国桥梁建设的发展

我国幅员辽阔,山河纵横,不仅是一个具有悠久历史和灿烂文化的文明古国,也是一个具有悠久造桥历史的大国。古代桥梁数量惊人,类型丰富,成为了华夏文明的重要组成部分。

据史料记载,早在公元前1135年周文王为迎亲,就在渭河上架设过浮桥;春秋战果时期(公元前770—公元前221年)秦国都城在咸阳,其咸阳宫在渭河之北,行乐宫在渭河之南,为了便利两宫之间的交往,秦王在渭河上架设木桩木梁桥;公元前256—公元前251年秦国蜀太守李冰在岷江中游修筑了都江堰,为了方便岷江两岸之间交往,宋淳化元年(990年)在都江堰鱼嘴处建造跨内外江的竹索桥,此桥全长340m,分8孔,最大跨径达61m,即世界著名的安澜桥;公元前206年西汉大将樊哙建造了樊河铁链桥,至今桥址尚存石条桥基和铁链。

古代桥梁主要以石材、木材和铁链以及用粘土烧制的砖作为建筑材料。保留至今的古代桥梁主要有短跨径石梁桥、石拱桥和铁链桥。

建于1053—1059年的福建泉州的万安桥,也称洛阳桥,如图1-1所示,是我国最早的跨海石梁桥。该桥全长834m,共47孔,位于入海口的江面上,以磬石遍铺桥位江底作为桥基,在其上养殖海生牡蛎使江底磬石胶固成整体,然后在磬石桥基上垒纵横石条成桥墩,再架设石梁,每孔花岗岩石梁有7根,每根

梁长 12m, 宽 0.6m, 高 0.5m。此桥建造方法在世界上绝无仅有, 近千年前就能够在如此复杂的水文条件下建造, 是古代桥梁史上的一次创新, 也是世界上首次将生物学运用于桥梁工程的创举。还值得一提的石梁桥是福建漳州虎渡桥, 该桥全长 335m, 共 25 孔, 桥宽 5.6m, 中间跨径大小不一, 最大的石梁长 23.7m, 宽 1.7m, 高 1.9m, 重达 207t。据历史记载, 这些巨大石梁是利用潮水涨落浮运架设而成, 从中可以看到我国古代加工和安装桥梁的技术是何等巧妙和高超。

举世闻名的河北省赵县赵州桥, 又称安济桥, 既具有民族风格的造桥技术, 又兼有造型优美、精巧, 是我国古代石拱桥的杰出代表, 1991 年被列为世界文化遗产, 如图 1-2 所示。赵州桥是世界上现存最早、跨度最大的空腹式单孔圆弧形石拱桥, 至今仍能正常使用。此桥建成于隋大业初年(公元 605 年左右), 由李春所建, 桥全长 64.40m, 宽 9m, 拱的矢高为 7.23m, 拱的净跨径为 37.02m。由于拱圈两肩上各设有两个跨度不等的腹拱, 既能减轻桥身的自重、节省石料, 又便于提高泄洪能力, 使得造型更加优美。赵州桥的结构设计完全符合现代拱桥结构设计的原则, 结构受力合理, 赵州桥出自于那个年代的设计构思和精湛工艺, 足以让世人为之惊叹!



图 1-1 洛阳桥

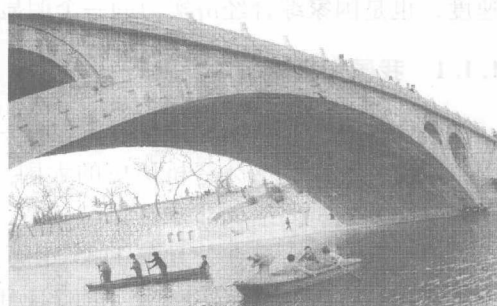


图 1-2 赵州桥

卢沟桥(1188—1192 年), 如图 1-3 所示, 跨北京永定河。桥全长 212.2m, 共 11 孔, 净跨不等, 自 11.4m 到 13.45m, 桥宽 9.3m, 墩宽自 6.5m 到 7.9m。桥面上石栏杆共 269 间, 各望柱头上雕刻有石狮。金代原物简单统一, 自后历朝改换, 制作精良, 石狮形态各异, 趣味横生。卢沟桥也铭记了 1937 年日军侵华的一段历史。赵州桥、卢沟桥以及颐和园内的玉带桥和十七孔桥(图 1-4)为世界拱桥的发展作出了重要的贡献, 充分展示了中华民族的聪明才智。

我国古代虽然拥有过辉煌的桥梁建筑历史, 但是由于封建社会的长期统治, 严重束缚了生产力的发展, 直到 20 世纪中叶, 我国的公路交通极为落后, 桥梁建设也极为滞后。1949 年全国公路通车里程总计仅有 8.07 万公里, 公路密度约

为0.8公里/百平方公里。建国初期,我国的公路交通在经历短暂的恢复后开始得到发展,1952年公路里程增加到12.67万公里。20世纪50年代中后期,为适应经济发展和边疆开发的需要,我国相继修建了川藏公路、青藏公路,并在东南沿海、东北和西南地区修建国防公路,公路里程迅速增长。60年代初达到50多万公里,建成了大量的桥梁。随后在继续大力兴建公路的同时,加强了公路技术改造,有路面道路里程及高级、次高级路面比重显著提高。70年代中期我国开始对青藏公路进行技术改造,80年代全面完成,建成了世界上海拔最高的沥青路面公路。在1949—1978年的30年间,新建公路里程达89万公里,平均每年增加约3万公里,公路密度达到9.3公里/百平方公里,是建国初期的近12倍。

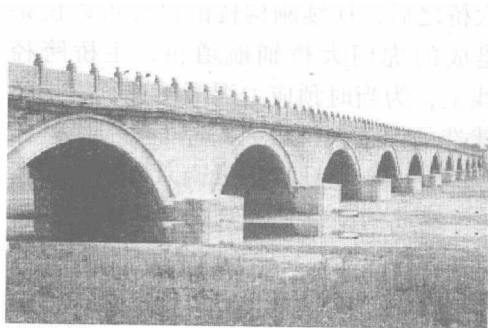


图 1-3 卢沟桥

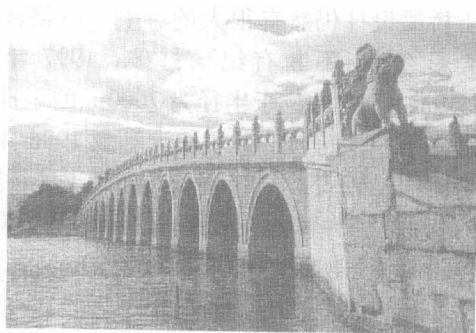


图 1-4 颐和园十七孔桥

特别在改革开放后,国民经济持续高速发展,公路运输需求强劲增长,公路基础设施建设开始发生了历史性转变,“要想富、先修路”,公路建设的重要性逐步为全社会所认识。国家干线公路网和国道主干线系统规划先后制定并实施,使公路建设有了明确的总体目标和阶段目标。在继续扩大总体规模的同时,重点加强了质量水平的提高,高速公路及其他高等级公路的迅速发展,改变了我国公路事业的落后面貌。截至到1999年,全国公路里程达到135万公里,公路密度达到14.1公里/百平方公里,为1978年的1.5倍,1949年的18倍;与此同时在1988年,我国第一条高速公路——沪嘉高速公路(18.5公里)建成通车。此后,又相继建成全长375公里的沈大高速公路和143公里的京津塘高速公路,截至到1999年底,全国高速公路通车里程已达1.16万公里。短短10年间,我国高速公路就走过了发达国家高速公路一般需要40年完成的发展历程。高速公路及其他高等级公路的建设,改善了我国公路的技术等级结构,改变了我国公路事业的落后面貌,同时也大大缩短了我国同发达国家之间的差距。桥是路的关键要素,路的建设带动了桥的发展。

20世纪90年代以来,我国在桥梁建设方面取得了巨大的成就,特别是在大

跨径桥梁建设方面,已经跻身于世界先进行列。

1. 梁式桥

梁式桥是公路建设中常用的一类桥型。中小跨径时一般采用简支梁,跨径在 30m 以下通常采用标准跨径。在高等级公路桥梁建设中,多采用桥面连续简支梁或多跨连续梁,以减少伸缩缝的数量,满足车速和行车舒适性的要求。

大跨度混凝土梁桥的主要桥型有预应力混凝土连续刚构桥和预应力混凝土连续梁桥。我国于 1988 年建成的广东番禺洛溪大桥,为主跨 180m 的预应力混凝土连续刚构桥,就属于当时我国最大跨度预应力混凝土梁式桥,其主跨径居当时亚洲混凝土梁式桥之首、世界排行第七名。现今虽然 20 年过去了,连续刚构桥在我国也取得了很大的发展,但是洛溪大桥的一些设计理念对现在的混凝土桥梁设计仍然有很大的影响。继洛溪大桥之后,连续刚构桥的设计可以说是异彩纷呈,不断有纪录打破。1997 年建成的虎门大桥辅航道桥,主桥跨径 270m,且主桥位于半径为 7000m 的平曲线上,为当时预应力混凝土连续刚构桥世界第一大跨,打破了澳大利亚 1986 年建造的门道大桥最大跨径的纪录。近年来国内比较有影响的预应力混凝土连续梁桥有 1991 年建成的云南六库怒江大桥(主桥跨径为 85m + 154m + 85m)和 2001 年建成的南京长江第二大桥北大汉桥(主桥跨径为 90m + 3 × 165m + 90m)。

2. 拱式桥

拱桥造型优美,跨越能力强,一直是大跨径桥梁的主要形式之一。根据不同的工程条件,采用支架法、劲性骨架法、缆索吊装假设法、转体法等施工技术,近年来大跨径拱桥在我国得到了快速的发展。

1999 年建成的晋(城)焦(作)高速公路新丹河大桥,如图 1-5 所示。桥梁全长 413.17m,主跨 146m,高 81m,宽 24.2m,拱圈用 MU80 料石砌成,为石拱桥世界之最,集实用性和艺术性于一体,堪称世界一绝,被载入吉尼斯世界纪录。

20 世纪 90 年代兴起的钢管混凝土拱桥,使得拱桥的跨越能力得到了进一步的提高。先期合拢的钢管,由于自重轻、强度高,承担起施工拱架的作用。待管内灌注高强度等级混凝土后形成组合截面的主拱圈,共同承受车辆荷载。1998 年建成的广州丫髻沙大桥,主跨 360m,桥梁总长 1084m,主桥跨径组合 76m + 360m + 76m,为连续自锚中承式钢管混凝土拱桥。

以钢管混凝土作为劲性骨架,再外包混凝土形成箱型拱,也是修建大跨径拱桥的极佳构思之一,除了施工方便外,还有效地解决了钢管的防护问题,极大地发挥了钢管的高强承载能力。1997 年建成的重庆万县长江大桥,如图 1-6 所示,就是主跨为 420m 的型钢劲性骨架混凝土拱桥;2003 年建成的上海卢浦大桥,为主跨 550m 的中承式钢箱拱桥,均创造了该类型拱桥的世界纪录,引起了国际同行的注目。