



普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材



桥梁工程

主编 马光述 李莹



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

桥梁工程

主 编 马光述 李 莹
副主编 张延吉 王兴蕊
逢立伟 包会云



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/马光述,李莹主编. —武汉:武汉大学出版社,2018.11
普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材
ISBN 978-7-307-19993-4

I. 桥… II. ①马… ②李… 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(2018)第 019108 号

责任编辑:孙 丽 杨赛君 责任校对:路亚妮 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:北京虎彩文化传播有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:23 字数:627 千字

版次:2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-19993-4 定价:62.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材 编审委员会

(按姓氏笔画排名)

主任委员:刘殿忠

副主任委员:张 利 孟宪强 金菊顺 郑 毅 秦 力

崔文一 韩玉民

委 员:马光述 王 睿 王文华 王显利 王晓天

牛秀艳 白立华 吕文胜 仲玉侠 刘 伟

刘卫星 李 利 李栋国 杨艳敏 邱国林

宋 敏 张自荣 邵晓双 范国庆 庞 平

赵元勤 侯景鹏 钱 坤 高 兵 郭靳时

程志辉 蒙彦宇 廖明军

总责任编辑:曲生伟

秘 书 长:蔡 巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导模式转变为建设性、发现性的学习,从被动学习转变为主动学习,由教师传播知识到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,逐步配备基本数字教学资源,主要包括:

文本:课程重难点、思考题与习题参考答案、知识拓展等。

图片:课程教学外观图、原理图、设计图等。

视频:课程讲述对象展示视频、模拟动画,课程实验视频,工程实例视频等。

音频:课程讲述对象解说音频、录音材料等。

数字资源获取方法:

- ① 打开微信,点击“扫一扫”。
- ② 将扫描框对准书中所附的二维码。
- ③ 扫描完毕,即可查看文件。

更多数字教学资源共享、图书购买及读者互动敬请关注“开动传媒”微信公众号!





前 言

桥梁工程是土木工程专业的一门专业课。本书以我国交通运输部最新颁布的技术标准和技术规范为依据,系统地介绍了桥梁的基本概念,桥涵工程的发展、分类组成以及规划设计程序等;阐述了钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥、圬工和钢筋混凝土拱桥、斜拉桥与悬索桥、桥梁墩台的主要结构、设计和施工方法。

全书共5篇21章,第1篇总论,介绍了桥梁的基本组成和分类,以及国内外桥梁发展动态;桥梁总体规划设计的原则、方法和程序;桥梁设计荷载、桥梁材料及桥面系的布置与构造。

第2篇钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥,主要阐述钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥的一般特点、主要特点及适用情况,桥面构造,板桥、简支梁桥及连续梁桥的构造原理、设计与计算及施工方法,梁式桥的支座;简要介绍了悬臂梁桥、连续体系梁桥的构造与设计。

第3篇圬工和钢筋混凝土拱桥,着重介绍了拱桥的特点、组成和主要类型,拱桥的构造原理、计算及施工方法。

第4篇斜拉桥与悬索桥,主要阐述了斜拉桥与悬索桥的构造原理及施工方法,并简要介绍了悬索桥的设计。

第5篇桥梁墩台,介绍了常用墩台的构造及设计与计算。

本书由北华大学马光述、长春工程学院李莹担任主编,白城师范学院张延吉、青岛理工大学王兴蕊、长春建筑学院逢立伟、宁夏理工学院包会云担任副主编。具体编写分工为:第1篇(第1~3章)、第2篇(第1章、第4章的4.1~4.4节)、第3篇(第3章)、第4篇(第2章的2.1、2.2节)由马光述编写,第2篇(第2章,第3章,第4章的4.5、4.6节,第6章)、第3篇(第1章)由李莹编写,第1篇(第4章、第5章)由张延吉、李莹编写,第3篇(第4章)由王兴蕊编写,第2篇(第5章)、第4篇(第2章的2.3节)、第5篇由逢立伟编写,第3篇(第2章)、第4篇(第1章)由包会云编写。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评、指正。

编 者

2018年4月



真题在手
考试必过

目 录

第 1 篇 总论

1 概论	2
1.1 桥梁工程的地位和作用/2	
1.2 古代桥梁简述/2	
1.3 我国近代桥梁建筑的成就/3	
1.4 世界各国桥梁建造现状/5	
本章小结/6	
思考题/6	
2 桥梁与环境	7
2.1 千年古桥的启示/7	
2.2 桥梁环境/8	
2.3 可持续发展、生态桥梁景观/11	
本章小结/15	
思考题/15	
3 桥梁的基本组成和分类	16
3.1 桥梁的基本组成/16	
3.2 桥梁的基本类型/19	
本章小结/22	
思考题/22	
4 桥梁的总体规划和设计	23
4.1 桥梁设计的基本原则与程序/23	
4.2 桥梁的纵、横断面设计和平面布置/25	
4.3 桥梁设计的方案比较/30	
本章小结/31	
思考题/31	
5 桥梁的设计作用及其效应组合	32
5.1 作用分类/32	
5.2 永久作用、可变作用和偶然作用/33	

5.3 作用效应组合/40

本章小结/44

思考题/44

第2篇 钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥

1 概论

46

1.1 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥的一般特点/46

1.2 简支梁桥的主要类型及其适用情况/47

本章小结/51

思考题/51

2 桥面构造

52

2.1 桥面铺装/52

2.2 桥面防水及排水设施/54

2.3 桥面伸缩缝与桥面连续/56

2.4 人行道、栏杆与灯柱/60

本章小结/62

思考题/63

3 板桥的设计与构造

64

3.1 简支板桥的构造及特点/64

3.2 斜板桥的受力特点与构造/69

本章小结/71

思考题/71

知识拓展/71

4 简支梁桥的计算

72

4.1 概述/72

4.2 行车道板的计算/72

4.3 荷载横向分布计算/79

4.4 主梁内力计算/110

4.5 横隔梁内力计算/120

4.6 挠度、预拱度的计算/123

本章小结/124

思考题/125

5 梁式桥的支座

126

5.1 概述/126

5.2 支座的类型和构造/128

5.3 支座的设计与计算/135

本章小结/145

思考题/146

6 悬臂与连续体系梁桥

147

6.1 基本结构体系/147

6.2 悬臂、连续体系以及连续刚构的构造与设计/152

6.3 配筋与其他构造设计原则/158

6.4 悬臂和连续体系梁桥的计算要点/164

本章小结/184

思考题/185

知识拓展/185

第3篇 圬工和钢筋混凝土拱桥

1 概论

187

1.1 拱桥的基本特点及其适用范围/187

1.2 拱桥的组成和类型/188

本章小结/193

思考题/194

2 拱桥的设计与构造

195

2.1 拱桥的总体布置/195

2.2 主拱的构造/197

2.3 拱圈截面变化规律和截面尺寸的拟定/209

2.4 拱上建筑和其他细部构造/212

本章小结/217

思考题/217

3 拱桥计算

218

3.1 拱轴线的选择和确定/218

3.2 悬链线无铰拱的内力计算/223

3.3 主拱的强度及稳定性验算/239

3.4 主拱内力调整/243

3.5 圆弧线无铰拱计算要点/245

本章小结/247

思考题/248

4 桁架拱桥、刚架拱桥与钢管混凝土拱桥

249

4.1 桁架拱桥/249

4.2 刚架拱桥/253

4.3 钢管混凝土拱桥/254

本章小结/255

思考题/255

知识拓展/255

第4篇 斜拉桥与悬索桥

1 斜拉桥 257

1.1 斜拉桥的结构特点和结构体系/257

1.2 斜拉桥的构造/259

本章小结/265

思考题/265

2 悬索桥 266

2.1 悬索桥的结构特点和主要构造/266

2.2 悬索桥设计简介/269

2.3 悬索桥施工简介/274

本章小结/281

思考题/282

第5篇 桥梁墩台

1 桥梁墩台类型和构造 284

1.1 墩台的类型及实用性/284

1.2 墩台的一般构造与要求/290

1.3 墩台的作用计算及有关规定/296

1.4 墩台的附属结构物/301

本章小结/302

思考题/302

2 桥墩的设计与计算 303

2.1 实体式(重力式)桥墩/303

2.2 柱(桩)式桥墩/315

2.3 柔性排架桩桥墩/316

2.4 空心薄壁墩/321

本章小结/325

思考题/326

3 桥台的设计与计算 327

3.1 实体(重力式)桥台的计算/327

3.2 轻型桥台/328

3.3 框架式桥台/337

3.4 组合式桥台简介/338

本章小结/339

思考题/339

4 桥梁墩台施工要点

340

4.1 石砌墩台和混凝土墩台/340

4.2 装配式墩台/348

4.3 其他新型桥墩/349

本章小结/352

思考题/352

附录

353

附录 I 铰接板荷载横向分布影响线竖坐标表/353

附录 II G-M 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 值的计算用表/353

参考文献

354



数字资源目录

第 1 篇

总 论



1 概 论

1.1 桥梁工程的地位和作用

桥梁是由于道路路线通过江河湖泊、山谷深沟以及其他线路(公路或铁路)等障碍时,为了保证道路的连续性,充分发挥其正常的运输能力而修建的结构物,因此可以说桥梁是跨越障碍物的结构。桥梁是路线的“延续”,主要起着跨越、承载、传力的作用。桥梁工程在学科分类上是土木工程中的一个分支,它是交通工程中的关键性枢纽。桥梁及桥梁工程的发展反映了社会发展对交通的需求,是交通发展的重要方面之一,它从一定程度上折射出人类社会进步和科学技术发展的程度。

1.2 古代桥梁简述

我国是一个有着五千年文字记载历史的伟大国家。我国幅员辽阔,地形东南低而西北高,河道纵横交错,著名的长江、黄河和珠江等流域孕育了中华民族,创造了灿烂的华夏文化。在历史的长河中,我国人民建造了数以千万计的桥梁,成为华夏文化的重要组成部分。中国古代桥梁的辉煌成就举世瞩目,在东西方桥梁发展史中,占有重要的地位,为世人所公认。

原始时期人们利用天然倒下的树木、自然地壳变化侵蚀而形成的石梁或石拱、溪涧冲流而下的石块或森林里攀缘的藤萝等来搭架人工桥梁,随之出现了原始的建桥技术。可以说人类最早开始构思搭架的桥梁,采用的建筑材料是天然的石块(石板)和树木。

随着社会的进步和科学技术的发展,出现了比石块抗压强度高的铸铁材料,人们因此又建造了铸铁拱桥。从力学特性来看,石头和铸铁都是脆性材料,其抗压能力强而抗拉能力差,如果做成拱桥并采用合理的拱轴线方程,使荷载作用下的压力线与拱轴线重合,则拱桥的任意一个横截面上受到的都是轴向压力,不产生弯矩,横截面上每一点就只会产生压应力而不产生拉应力。但如果用这些脆性材料做成梁桥或板桥,桥梁的横截面上就会产生拉应力,当工作时的拉应力达到其极限强度时就会产生脆性断裂破坏,因而用石头或铸铁等材料建成的梁桥或板桥,其跨径不能太大,也不可能承受较大的荷载。随着科学技术的进一步发展,人们发明了具有比铸铁抗拉强度高得多的钢材。而当新的建筑材料钢出现后,它完全替代了铸铁成为桥梁建筑的主导材料。钢桥的产生以及随后钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥的出现,使桥梁建设有了一个新的飞跃。

宋代建造了为数众多的石墩、石梁桥。两百多年间,仅泉州一地,见于古籍的桥梁就有 110 座,其中名桥 10 座。例如洛阳桥(图 1-1-1),原名万安桥,位于



闽南泉州洛
阳桥视频



福建省泉州东郊的洛阳江上,是我国现存最早的跨海梁式大石桥。宋代泉州太守蔡襄主持建桥工程,从北宋皇祐四年(1052年)至嘉祐四年(1059年),前后历时7年之久,耗银一千四百万两,建成了这座跨江接海的大石桥。桥全为花岗岩石砌筑,初建时桥长360丈,宽1.5丈,武士造像分立两旁。造桥工程规模巨大,工艺技术高超,名震四海。建桥九百余年以来,先后修复17次。现桥长731.29m、宽4.5m、高7.3m,有44座船形桥墩、645个扶栏、104只石狮、1座石亭、7座石塔。桥之中亭附近历代碑刻林立,有“万古安澜”等宋代摩崖石刻;桥北有昭惠庙、真身庵遗址;桥南有蔡襄祠,著名的蔡襄《万安桥记》宋碑立于祠内,被誉为书法、记文、雕刻“三绝”。洛阳桥是世界桥梁筏形基础的开端,为全国重点文物保护单位。

中国石拱桥因南北河道性质及陆上运输工具不同,所以构造也不同。北方大多为平桥(或平坡桥),实腹、厚墩、厚拱,南方水网地区则为驼峰式薄墩、薄拱。北京宛平卢沟桥(图1-1-2),在北京广安门外15km处,跨永定河。桥始建于金大定二十八年(1188年),完工于金明昌三年(1192年)。桥全长212.2m,共11孔,净跨11.4~13.45m不等,桥宽9.3m,墩宽6.5~7.9m不等。拱圈接近半圆形,桥墩迎水面有尖端,镶有三角铁柱的分水尖,背水面为削角方形。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,后历朝改换,制作精良,石狮形态各异,且有诸多小狮,怀抱背负,足抚口噙,趣味横生。桥上及华表柱上的石狮子,已成为鉴赏重点,也是统一变化的美学原则的具体应用。



图 1-1-1 洛阳桥



图 1-1-2 北京宛平卢沟桥

1.3 我国近代桥梁建筑的成就

中华人民共和国成立以后,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世人瞩目的成就,交通事业的大发展和西部大开发为桥梁建设带来了良好的机遇。我国大跨径桥梁的建设进入了一个辉煌时期,在中华大地上建设了一大批结构新颖、技术复杂、设计和施工技术难度大、现代化品位和科技含量高的大跨径斜拉桥、悬索桥、拱桥、连续刚构桥,并积累了丰富的桥梁设计和施工经验,标志着我国桥梁建设水平已跻身世界先进行列。

于1957年建成通车的武汉长江大桥(图1-1-3),位于湖北省武汉市龟山和



《中国桥梁》



武汉长江
大桥视频



港珠澳大桥
施工动画



跨海大桥
施工动画

蛇山之间,是中国跨越长江的第一座大桥。正桥为公路、铁路两用的双层钢桁梁桥,上层为公路桥,车行道宽 18m,人行道每侧各宽 2.25m;下层为双线铁路桥。正桥由 3 联(3 孔为一联)9 孔跨度各为 128m 的连续梁组成,共长 1155.5m,连同公路引桥总长 1670.4m。钢桁梁采用菱形腹杆,H 形截面,3 号桥梁钢,伸臂安装,未设临时墩,安装时间仅为 10 个月。下部结构首次采用新型管柱基础,管柱直径 1.55m,采用振动打桩机下沉,管柱钻孔深度 2~7m,每桩承载力 1910kN;采用导管法水下混凝土封底,其中一种混凝土封底在覆盖层内,另一种封底在岩盘上。管柱基础施工仅用了一年,这种基础的建成,为特大桥梁的深水基础创造了一种有效的新形式。

于 1980 年 7 月 1 日建成通车的重庆长江大桥(图 1-1-4)位于重庆市,是一座预应力混凝土 T 形刚构桥。正桥全长 1120m,分跨为 86.5m+4×138m+156m+174m+104.5m。最大跨度 174m,悬臂端梁高 3.2m,根部高 11m,吊梁跨度 35m,桥宽 21m。上部结构由两个单室箱梁组成,较三肋式节省材料,施工方便;采用三向预应力,悬臂浇筑法施工,3d 强度要求达到 R30;在国内首次采用带有加劲型钢和氯丁橡胶管的预应力弹性伸缩缝,伸缩量可达 0.2m。桥墩采用等截面空心钢筋混凝土结构,桥墩竖壁与箱梁肋板对应设置,自基础襟边至桥面高 60~70m,采用滑动模板施工,每昼夜可升高 2.8~4.0m。



图 1-1-3 武汉长江大桥

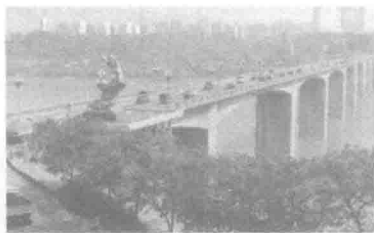


图 1-1-4 重庆长江大桥

于 2005 年 1 月 8 日建成通车的巫山长江大桥(图 1-1-5)位于重庆市。巫山长江大桥在建设创造了当时桥梁建设的 5 项世界第一,即大桥创下组合跨径、每节段绳索吊装重量、吊塔距离、拱圈管道直径和吊装高度 5 个世界第一。巫山大桥属于中承式钢管拱桥,全长 612.2m,主拱净跨 460m,桥宽 19m,居同类型桥梁世界第一。该桥已被列为“世界百座名桥”。巫山长江大桥的建成,连通了湖北巴东、恩施、宜昌、建始以及湖南张家界等地,对拓展巫山旅游发展空间,顺畅渝东交通,促进渝东经济发展有着深远的现实作用和历史意义。

于 1987 年 12 月建成通车的天津永和桥(图 1-1-6)是跨越永定新河的一座公路桥,位于天津市东郊,是山东公路(山海关至广州)的重要通道。桥梁全长 512.4m,是主跨为 260m 的预应力混凝土双塔斜拉桥。桥面全宽 13.6m,包括 9m 车行道及两侧人行道。主梁由预制块件拼装而成,块件重 1200 kN,按“长线法”匹配浇筑,并利用临时支架悬臂安装。桥塔基础为直径 18m 开口圆形沉井,深 35m,桥台及中间墩为预应力混凝土打入桩。桥址处于 8 度地震烈度软土地区,且因濒临渤海而时有强风,选用漂浮体系及流线型主梁断面,提供了良好的抗震抗风性能。

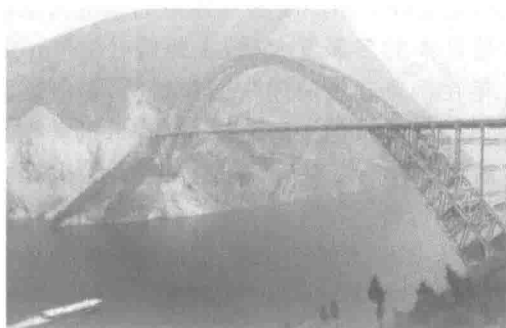


图 1-1-5 巫山长江大桥



图 1-1-6 天津永和桥

于 2005 年 10 月 7 日建成通车的南京长江三桥(图 1-1-7),位于南京长江大桥上游约 19km 处,全长约 15.6km,其中跨江大桥长 4744m,主桥跨径 648m,是世界上第一座“人”字弧线形钢塔斜拉桥。该桥的建成使纵贯华东至西南的沪蓉干线实现了真正意义上的贯通,并首次在国际上采用高 215m、“人”字弧线形全钢结构索塔,这是南京长江三桥建设中最大的亮点和难点。建设者首创钢塔节段焊接变形控制等技术,高质量地完成了钢塔的制作、吊装任务,为我国大型桥梁工程钢塔结构的设计、制造、架设积累了宝贵的经验。

我国首座外海跨海大桥——东海大桥(图 1-1-8)工程于 2002 年 6 月 26 日正式开工建设,历经 35 个月的艰苦施工,于 2005 年 5 月 25 日实现结构贯通。大桥宽 31.5m,分上、下行双幅桥面,双向 6 车道,设计时速为 80km/h。大桥全线按高速公路标准设计,设计基准期为 100 年,设计荷载按集装箱重车密排进行校验,可抗 12 级台风、7 级烈度地震。目前,全世界在外海已经建成的跨海大桥最长的也只有 16km,而东海大桥建设总长 32.5km,是名副其实的“世界之桥”。大桥的最大主航通航孔,离海面净高达 40m,相当于 10 层楼高,可满足万吨级货轮的通航要求。东海大桥施工时采用直升机架缆新技术,该桥于 2005 年 12 月全线通车。



图 1-1-7 南京长江三桥



图 1-1-8 东海大桥

1.4 世界各国桥梁建造现状

1883 年建成的纽约布鲁克林悬索桥,主跨跨径达到 483m,这是现代悬索桥建设的开端。1937 年建成的旧金山金门大桥,主跨跨径达到 1280m。目前世界上跨径最大的是日本明石海峡公路、铁路两用悬索桥,主跨跨径为 1991m。世界第一座现代化斜拉桥是 1978 年瑞典建成的主跨 182.6m

的斯特罗姆海峡桥;美国建成的跨径为 299m 的 P-K 桥,是世界上第一座密索体系的预应力混凝土斜拉桥。到目前为止,斜拉桥跨径的世界纪录保持者是日本的多多罗大桥,主跨跨径 890m,1999 年建成。圬工拱桥在国外已有一百多年的历史,1946 年在瑞典建成的绥依纳松特桥,是一座跨度达 155m 的混凝土圬工拱桥。最大跨径的钢桁架拱是 1977 年建成的主跨跨径为 518m 的美国新乔河大峡谷桥;最大跨径的连续钢桁梁桥是 1992 年建成的主跨跨径为 400m 的日本生月大桥;最大简支钢桁梁桥是 1973 年建成的主跨跨径为 227m 的美国切斯特桥。

由世界桥梁建设的发展趋势可以预计,其必将迎来更大规模的建设高潮,同时也对桥梁的设计和建造技术提出了更高的要求。

本章小结

1. 桥梁是交通线路中的主要组成部分,在经济建设中具有非常重要的地位。

2. 我国古代桥梁建设取得举世公认的成就。中华人民共和国成立以后,特别是近年来,我国桥梁建设接近世界先进水平。近年来桥梁结构逐步向轻巧、纤细方面发展,但桥梁的载重、跨长却不断增长。

思考题

1. 桥梁工程的作用有哪些?
2. 试讨论我国古桥建筑的成就。
3. 我国 20 世纪 60 年代以来的桥梁建设成就有哪些?