

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Bridge Engineering

桥梁工程

刘龄嘉 编著
徐 岳 主审



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

桥梁工程

Bridge Engineering

刘龄嘉 编著

徐 岳 主审



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为高等学校交通运输与工程类的道路桥梁与渡河工程专业、土木工程专业的规划教材。主要内容包括总论、梁桥、拱桥、刚架桥、斜拉桥与悬索桥、桥梁支座、桥梁墩台等共七篇。第一篇总论主要介绍桥梁分类与组成、桥梁设计方法和设计荷载;其余各篇分别介绍各类型桥型及桥梁墩台的结构类型、结构构造、结构设计、结构计算和结构施工。

本书可作为高等院校道路桥梁与渡河工程专业和土木工程专业用教材,也可作为相关专业本科、研究生教材和工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 刘龄嘉编著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017.2

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-114-13039-7

I. ①桥… II. ①刘… 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(2017)第 012333 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名:桥梁工程

著 作 者:刘龄嘉

责任编辑:李 喆

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:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:43.25

字 数:1086千

版 次:2017年2月 第1版

印 次:2017年2月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13039-7

定 价:69.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

石京 (清华大学)

朱合华 (同济大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

关宏志 (北京工业大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何东坡 (东北林业大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈峻 (东南大学)

陈静云 (大连理工大学)

项贻强 (浙江大学)

黄侨 (东南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

葛耀君 (同济大学)

戴公连 (中南大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

申爱琴 (长安大学)

任伟新 (合肥工业大学)

刘扬 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

李亚东 (西南交通大学)

胡志坚 (武汉理工大学)

何民 (昆明理工大学)

张顶立 (北京交通大学)

陈红 (长安大学)

陈宝春 (福州大学)

邵旭东 (湖南大学)

郭忠印 (同济大学)

黄立葵 (湖南大学)

符锌砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

秘书长:孙玺 (人民交通出版社股份有限公司)

前言

PREFACE

改革开放以来,我国的桥梁建设飞速发展,各高校也为桥梁界培养了大批人才。作为道路桥梁与渡河工程专业和土木工程专业的学生,《桥梁工程》课程是他们的必修课。

学生在学习桥梁工程课程中普遍存在两个问题:一是缺少工程实践经验,学习和理解各种桥型的构造时相对困难;二是虽然已学过工程制图,但毕竟没有长期从事设计绘图训练,缺少经验积累,对课本中的插图辨识与理解较困难。因此,在教材的编写中尽量以实际工程图片配合插图并结合理论内容进行讲解,增强学生对桥梁工程的感性认识,并由此加深对桥梁工程理论的理解,尤其是对各种类型桥梁结构的构造要求、受力特点、计算方法和规范规定等有一定的认知。学习之后,使学生能够掌握常规桥梁设计与施工的基本知识,了解常用桥梁设计规范和设计手册的使用方法。

本教材根据长安大学道路桥梁与渡河工程专业的传统特色,按 72 学时理论课、4 学时试验课(2 学时横向分布系数试验、2 学时拱桥横向分布试验)的教学工作量组织内容,按照桥梁结构体系进行编写,各体系桥梁的编写思路为:结构类型→结构构造→结构设计→结构计算→结构施工。本课程的先修课程包括高等数学、工程制图、桥涵水文、工程地质、理论力学、材料力学、结构力学、结构设计原理等,在学习中注意复习以上相关课程的知识,并应用于桥梁工程课程学习之中。

第一篇:总论。鉴于学生在道路桥梁与渡河工程导论课程中对“桥梁在公路交通中的重要作用及其在社会经济和文化发展中的重要地位、国内外桥梁的建设成就”等内容已有了解,教材中将简化该部分内容,着重介绍桥梁的组成和分类、桥梁的总体规划与设计、作用及作用组合等内容。通过该篇的学习使学生对桥梁工程有一个总体概念,对桥梁结构有一个总体认识,对桥梁设计有一个总体了解。

第二篇:梁桥。应掌握简支梁桥的基本构造要求和受力特点、设计计算方法、梁桥实用空间理论分析、主梁内力计算;了解悬臂与连续梁桥的构造和计算方法;了解梁桥不同施工方法对结构受力的影响。通过该篇与第六篇的学习应能掌握一座简支梁桥的上、下部结构设计、计算、制图等工作。

第三篇:拱桥。应重点掌握拱桥结构特点和受力特点、拱桥的分类、中小跨径拱桥的结构设计计算方法和主要施工方法对结构受力的影响。该篇学习过后,并结合第六篇的学习应能完成一座圬工(或钢筋混凝土)拱桥的设计、计算、制图等工作。

第四篇:刚架桥。应了解刚架桥的受力特点、一般构造、设计与计算方法和主要施工方法对结构受力的影响。T构与连续刚构桥在构造和施工方法上同悬臂与连续梁桥有相似之处,可结合第二篇的相关内容进行学习。

第五篇:斜拉桥与悬索桥。应了解斜拉桥与悬索桥的受力特点、一般构造和 design 方法。

第六篇:桥梁支座。应了解桥梁支座的主要类型,重点掌握公路桥梁常用橡胶支座的构造、工作原理以及在桥梁中的应用。

第七篇:桥梁墩台。应重点掌握常用桥墩、桥台的结构类型及设计计算方法,主要施工方法对结构受力的影响。完成一座简支梁桥墩台的设计、计算、制图等工作。

本教材根据现行规范、公路桥涵设计及施工手册,在所列参考资料的基础上,总结多年讲授桥梁工程课程的体会与经验编写。具体参编人员为:刘龄嘉(第一篇,第二篇,第三篇,第六篇,第七篇第一、二、四章)、陈峰(第四篇第一、二、四章)、周牧(第四篇第三章,第五篇第二章)、王凌波(第五篇第一章)、任更锋(第七篇第三章)。全书由长安大学刘龄嘉教授主编,徐岳教授主审。教材在编写过程中得到了长安大学刘永健教授、赵煜教授、周勇军教授等提供的宝贵意见,得到了已毕

业学生李金凯、邵妍、刘晓等的大力帮助,在文字整理中得到了研究生张俭、赵涛、陈字忠、付强、张海啸、付佳飞等的帮助,在此表示由衷感谢!

由于作者水平有限,编写时间也较紧迫,对规范的理解可能还不够透彻,难免存在谬误之处,敬请读者批评指正。来函请寄:liuljia@126.com,以便再版修订。

编 者

2016 年 10 月

目录

CONTENTS

第一篇 总 论

第一章 概论.....	3
第一节 概述.....	3
第二节 桥梁的基本组成.....	6
第三节 桥梁的主要类型	10
第二章 桥梁总体规划和设计要点	18
第一节 桥梁总体规划与设计基本原则	19
第二节 桥梁设计与建设程序	20
第三节 桥梁平面、立面及横断面设计.....	24
第四节 桥梁设计方案比选	31
第三章 桥梁设计荷载(作用及作用组合)	38
第一节 规范中有关作用的规定与计算	38
第二节 作用的选定和作用组合	51

第二篇 梁 桥

第一章 概论	61
第一节 梁桥的一般特点	61
第二节 主要类型及其适用情况	64
第二章 桥面系构造	69
第一节 桥面铺装	70
第二节 桥面防水及排水设施	71
第三节 伸缩装置与桥面连续	74

第四节 人行道、栏杆与护栏、照明灯柱	85
第三章 简支梁桥构造与设计	92
第一节 简支板桥构造与设计	92
第二节 简支梁桥构造与设计	105
第四章 悬臂及连续梁桥构造与设计	130
第一节 悬臂梁桥构造与设计	130
第二节 连续梁桥构造与设计	133
第五章 简支梁桥计算	163
第一节 简支梁桥计算方法	163
第二节 行车道板计算	165
第三节 荷载横向分布计算	174
第四节 主梁内力计算	207
第五节 横隔梁内力计算	213
第六节 变形计算	217
第六章 悬臂及连续梁桥计算	222
第一节 恒载内力计算	222
第二节 活载内力计算	228
第三节 超静定结构影响力计算	237
第四节 内力组合及包络图	241
第七章 梁桥施工	242
第一节 概述	242
第二节 主要施工方法	243

第三篇 拱 桥

第一章 概论	263
第一节 拱桥的一般特点	265
第二节 主要类型及适用情况	267
第二章 拱桥构造与设计	275
第一节 简单体系拱桥构造	275
第二节 组合体系拱桥构造	296
第三节 拱桥设计	310
第三章 拱桥计算	323
第一节 概述	323
第二节 简单体系拱桥计算	324
第三节 组合体系拱桥计算	346
第四节 承载力与稳定性验算	355

第五节 连拱计算	360
第四章 拱桥施工	365
第一节 有支架施工方法	365
第二节 无支架施工方法	369

第四篇 刚 架 桥

第一章 概论	381
第一节 刚架桥的一般特点	381
第二节 主要类型及适用情况	382
第二章 刚架桥构造与设计	389
第一节 门式刚架桥	389
第二节 斜腿刚架桥	394
第三节 T形刚构桥	400
第四节 连续刚构桥	403
第三章 刚架桥计算方法	410
第一节 受力特点与计算原则	410
第二节 内力计算	411
第三节 超静定结构影响力计算	416
第四章 刚架桥施工方法	421
第一节 整体支架浇筑法	421
第二节 预制装配法	424
第三节 悬臂法	425

第五篇 斜拉桥与悬索桥

第一章 斜拉桥	437
第一节 斜拉桥的特点及适用情况	437
第二节 斜拉桥分类	438
第三节 总体构造与设计	445
第四节 计算方法	457
第五节 施工方法	462
第六节 试验与研究	465
第二章 悬索桥	468
第一节 悬索桥的特点及适用情况	468
第二节 悬索桥分类	470
第三节 总体构造与设计	472
第四节 计算方法	482
第五节 施工方法	487

第六节 试验与研究	491
-----------	-----

第六篇 桥梁支座

第一章 概论	497
第一节 支座功能	498
第二节 支座分类	498
第三节 支座设置	501
第二章 支座构造与安装	505
第一节 支座构造与工作原理	505
第二节 支座安装与更换	508
第三章 支座设计与计算	512
第一节 支座形式选择	512
第二节 支座设计与计算	515

第七篇 桥梁墩台

第一章 概论	525
第一节 一般特点	525
第二节 主要类型及其适用情况	527
第二章 墩台构造与设计	538
第一节 桥墩构造与设计	538
第二节 桥台构造与设计	548
第三章 墩台计算	553
第一节 桥墩计算	553
第二节 桥台计算	579
第四章 墩台施工	596
第一节 主体结构	596
第二节 附属结构	600

附录

附录 I 课程试验任务书	605
附录 II 课程设计任务书	611
附录 III 横向分布计算参考图表	615
附录 IV 等截面悬链线无铰拱计算用表(部分)	660
附录 V 国内外已建成桥梁设计参数参考表	673
参考文献	678

PART 1 | 第一篇 总论

概论

第一节 概 述

一、桥梁

桥梁,形态各异、婀娜多姿、雄伟壮观。桥梁,如长虹卧波,似鳌背连云,飞架江河湖海,跨越山涧深谷,使天堑变通途,将人类从此岸渡到彼岸,由远古引向未来。

人类受自然界的启示,诞生了桥的概念和桥的形态(图 1-1-1),又在谋求生存和发展、改造自然与征服屏障的历史长河中,创造和发展了桥梁(图 1-1-2)。经过千百年的不懈努力,造就了一个庞大的桥梁世界。

桥梁是交通设施,是建筑艺术,是文明的象征,是科学技术进步的结晶,也是综合国力的象征与体现(图 1-1-3)。

20 世纪 80 年代前,由于桥梁结构大多采用手工计算、手工绘图的设计模式,不仅工作效率低,一些受力相对复杂的结构形式因解析困难、费工费时而较少采用,以梁桥、中小跨径拱桥居多。随着计算机普及应用,以及结构分析计算软件、结构设计软件的开发利用,设计水平与工作效率大大提高,对超静定结构尤其是高次超静定结构的解析变得不再难以逾越,加之施工工艺、施工技术、施工机具等的发展与创新,一些大跨径、高水平桥梁相继建成。例如 1991 年

建成的上海南浦大桥(主跨为423m结合梁斜拉桥),开创了我国修建400m以上大跨径斜拉桥的先河。1999年建成的主跨1385m的江阴长江公路大桥,是我国超千米跨径的特大桥,北锚碇基础采用支承于紧密砂层上的巨型沉井,为我国第一个不以岩体为基础的锚碇。2000年建成的主跨146m的丹河大桥[图1-1-3c)]为世界最大跨径石拱桥。2003年建成主跨550m的上海卢浦大桥是世界上第一座全焊接钢结构拱桥[图1-1-3d)],在设计上融入了斜拉桥、拱桥和悬索桥三种不同类型桥梁的设计工艺,是目前世界上单座桥梁建造中施工工艺最复杂、用钢量最多的大桥。2007年建成的主跨420m的重庆菜园坝长江大桥是公路和轨道交通两用桥,大桥主体首创刚构、钢桁梁、系杆拱组合结构体系,不仅在我国,而且在世界桥梁中也具有独特地位。2008年建成的杭州湾跨海大桥[图1-1-3e)]全长36km,成为继青岛胶州湾跨海大桥和美国庞恰特雷恩湖桥后的世界第三长跨海大桥,50m箱梁“梁上运架设”技术、70m箱梁整体预制和海上运架技术等都刷新了世界纪录。2012年矮寨大桥[图1-1-3f)]的建成,创下主跨1176m跨峡谷悬索桥的世界第一。高水平、高质量、新工艺、新技术、新型结构桥梁的设计与施工,预示着我国桥梁建设水平达到甚至赶超国际先进水平。

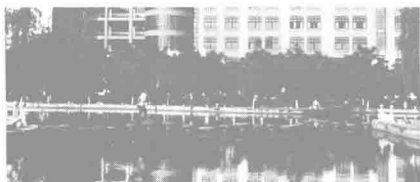


a)倒树桥



b)天生桥

图 1-1-1 自然界的桥



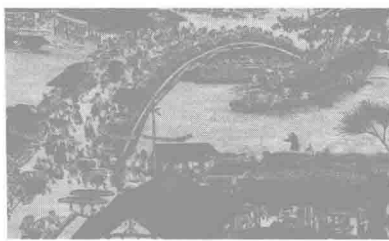
a)踏步桥



b)石板桥



c)伸臂梁桥



d)贯木拱桥

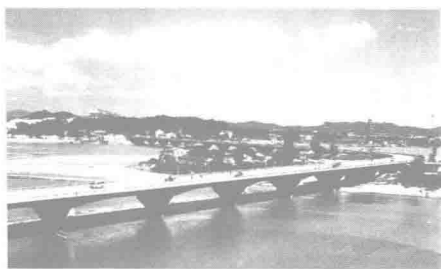


e)藤索桥

图 1-1-2 简易桥

当一处处天堑变通途,一座座桥梁呈现在我们面前,除了惊讶、感叹,还有羡慕与渴望,也许就是这样的引领,使人们对桥梁产生了浓厚兴趣,想搞清楚为什么桥梁可以有这么多种结构

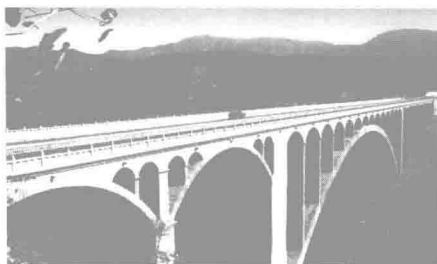
形式,怎样才能设计、建造出形态各异、功能完备的桥梁,这也是桥梁工程课程要回答的问题。



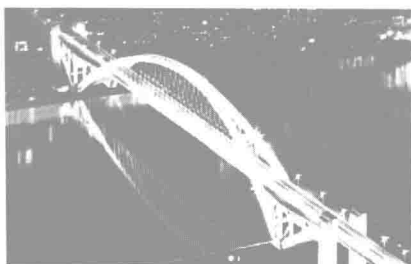
a)广东潮州韩江桥(连续梁桥)



b)重庆石板坡长江大桥复线桥(连续刚构桥)



c)山西丹河大桥(石拱桥)



d)上海卢浦大桥(系杆拱桥)



e)杭州湾大桥(主桥为斜拉桥)



f)矮寨大桥(悬索桥)

图 1-1-3 现代桥梁

桥梁是供铁路、公路、渠道、管线、行人等跨越河流、山谷、海湾、其他线路或障碍时的架空建筑物。铁路、道路、渠道、管线、行人等是桥上的过往荷载(简称活载),活载类型不同,桥梁的使用功能不同。道路桥梁与渡河工程专业的学习重点是公路桥梁的设计、计算与施工等内容。要解决好桥梁设计问题就要庖丁解牛,分清桥梁结构类型以及各种类型相应的结构构造,利用已学过的数学、力学知识简化计算模型,以使计算结果满足相关公路桥涵设计规范的要求。这不仅需要有扎实的数学、力学基础,具备相应的专业基础知识(如:结构设计原理、桥涵水文、工程地质、交通土建制图、工程测量等),还要逐步了解公路桥涵设计规范,同时还应对桥梁施工方法、施工机具等有所了解,并关注在施工及运营过程中可能对桥梁结构造成的损伤。

二、桥梁建设

学习桥梁工程课程之前,首先应了解一座桥梁从建设至服役结束需要经历的工作阶段,以及各阶段需完成的工作内容。

- (1) 研究阶段。包括交通量调查、区域路网和经济状况调查、桥址勘测、方案设计。
- (2) 勘测阶段。包括地形勘测、工程地质勘测、桥涵水文调查、建筑材料的来源调查等。
- (3) 设计阶段。包括初步设计、技术设计、施工图设计、桥梁概预算编制。
- (4) 施工阶段。包括施工组织设计、施工方案设计、桥梁建造、桥梁施工决算编制、施工监控等。
- (5) 运营养护管理。包括定期检查、定期维修、桥梁加固、桥梁荷载试验等。

三、课程学习必备知识

- (1) 数学、力学(理论力学、材料力学、结构力学等)。计算模型的简化与建立→结构受力分析计算。
- (2) 结构设计原理。设计方法的确定→结构构件设计与验算。
- (3) 工程测量、工程地质、桥涵水文、建筑材料等。控制设计的因素。
- (4) 交通土建制图、CAD 等计算机软件。设计手段→绘制设计图,提交设计成果。

四、课程目标

桥梁工程课程学习的重点在于:区分清楚并掌握不同桥型的构造→分析其受力特性→掌握结构分析计算方法→掌握结构验算方法→绘制设计图。课程学习结束后应能完成以下工作:

- (1) 利用图表、公式等结构力学方法设计一座装配式简支梁桥(T形梁或空心板梁或小箱梁)。
- (2) 利用图表、公式等结构力学方法设计一座简单体系拱桥(石拱桥或钢筋混凝土拱桥)。
- (3) 利用图表、公式等结构力学方法设计桥墩(实体墩或柱式墩)和桥台。
- (4) 学会查阅应用相关现行公路桥涵设计规范[如:《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)等]。
- (5) 学会绘制(手绘或使用CAD)设计图。

第二节 桥梁的基本组成

桥梁是由桥跨结构、桥墩、桥台及防护设施等几部分组成。通常人们习惯以支座为界,支座以上的桥跨结构(含桥面构造)称为**桥梁上部结构**,支座以下的桥墩、桥台(包含基础)称为**桥梁下部结构**;也有以基础为界进行划分的,基础以上的桥跨结构(含桥面构造)、桥墩和桥台(不包含基础)称为桥梁上部结构,基础工程称为桥梁下部结构。本书为便于读者查阅其他参考书和资料,仍以支座为界进行划分。

梁桥的基本组成如图 1-1-4 所示,拱桥的基本组成如图 1-1-5 所示。

桥跨结构是在道路中断时跨越障碍的主要承载结构,如图 1-1-4 ~ 图 1-1-6 所示。包括桥面板、桥面梁以及支撑他们的结构构件,如大梁、拱、悬索等,其作用是承受桥上的行人和车辆。当需要跨越的幅度比较大,并且除恒载外要求安全地承受很大车辆荷载的情况时,桥跨结构的