

第2版

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



桥梁工程

陈从春 李国芬 黄小广 主 编
彭大文 主 审



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

第2版

交通版

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

桥梁工程

Qiaoliang Gongcheng

陈从春 李国芬 黄小广 主 编
彭大文 主 审



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



内 容 提 要

《桥梁工程》是为高等学校道路桥梁与渡河工程(土木工程交通土建方向)本科专业教学编写的教材,以《高等学校土木工程本科指导性专业规范》为指导思想,结合教育部“卓越工程师培养计划”内容,面向应用型人才培养目标,综合考虑公路与城市桥梁的特点编写而成。

本书重点介绍了桥梁组成、设计作用等基本概念以及中小跨径混凝土桥梁(包括钢筋混凝土及预应力混凝土梁式桥、圬工拱桥等)的构造原理、设计计算方法和施工要点。为便于学习,每章都配有习题,并针对每种桥型配有实例构造介绍。个别章节使用数字信息技术,读者可扫描二维码下载相关内容学习。

本书除作为教材外,尚可作为土木工程专业的设计、施工、管理的工程技术及科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 陈从春, 李国芬, 黄小广主编. — 2 版

. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017. 1

交通版高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-114-13468-5

I. ①桥… II. ①陈… ②李… ③黄… 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(2016)第 276266 号

交通版高等学校土木工程专业规划教材

书 名: 桥梁工程(第二版)

著 作 者: 陈从春 李国芬 黄小广

责任编辑: 张征宇 赵瑞琴

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.ccpress.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: 31

字 数: 762 千

版 次: 2007 年 1 月 第 1 版 2017 年 1 月第 2 版

印 次: 2017 年 1 月 第 1 次印刷 累计第 4 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13468-5

定 价: 68.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

编委会

(第二版)

主任委员:戎 贤

副主任委员:张向东 李帼昌 张新天 黄 新
宗 兰 马芹永 党星海 段敬民
黄炳生

委 员:彭大文 张俊平 刘春原 张世海
郭仁东 王 京 符 怡

秘 书 长:张征宇

(第一版)

主任委员:阎兴华

副主任委员:张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘
宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员:彭大文 林继德 张俊平 刘春原
党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长:张征宇

随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平 and 质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路。于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,这套规划教材已陆续出版。

在教材的使用过程中,我们也发现有些教材存在诸如知识体系不够完善,适用性、准确性存在问题,相关教材在内容衔接上不够合理以及随着规范的修订及本学科领域技术的发展而出现的教材内容陈旧、亟待修订的问题。为此,新改组的编委会决定于2010年年底启动了该套教材的修订工作。

这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业的基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、

正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社股份有限公司

前言

QIANYAN



最近十余年我国城市化建设和公路交通发展迅速,桥梁建设又上了一个台阶。为了反映最近十余年桥梁建设的成就,同时反映《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)、《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)、《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015)、《公路悬索桥设计规范》(JTG/T D65-05—2015)等规范的要求,结合教材中的使用情况,对“交通版高等学校土木工程专业规划教材”《桥梁工程》(上、下册)相关内容进行了重编、补充、调整和修订,并根据课程名称设置,将原书上、下册分别更名为《桥梁工程》和《大跨度桥梁》。

本书延续彭大文等编《桥梁工程》的指导思想,以培养学生桥梁专业基础知识和实践应用能力为主,融入现行新规范的内容,使学生通过对本课程的学习,能掌握中等规模及以下桥梁的设计、构造和计算知识,了解桥梁施工方法,初步具有解决一般桥梁问题的能力。

本教材共三篇十九章,第一篇介绍了桥梁工程发展动态、桥梁基本组成以及桥梁建设的基本知识;第二篇重点介绍了简支、悬臂和连续体系混凝土桥梁的设计计算方法和施工要点,而对刚架桥和斜弯桥仅作简介;第三篇介绍拱桥的设计计算和施工方法;各章内容相对独立,可根据需要灵活讲授。另外,书中个别章节使用二维码出版。其内容与书中上下文(例如图、表、公式号)连续,读者学习时需注意连续性。

本书由彭大文、李国芬、黄小广主编《桥梁工程》(上册)修订而来,原书分别由上海应用技术大学彭大文(第一、四、五篇);南京林业大学李国芬(第二篇);河南理工大学黄小广(第三篇一、二、五章)、戎涛(第三篇三章)、张川(第三篇四章);福州大学林国华(第六篇以及第五篇的实例)编写,福州大学郑振飞教授担任主审。

本书各章节工作安排如下:第一篇由上海应用技术大学陈从春负责并编写,第二篇由南京林业大学李国芬负责并编写第一、八章,南京林业大学端茂军编写第二、三、六章,南京林业大学魏洋编写第四、五、七、九章,第三篇由河南理工大学黄小广负责并编写;林同棣国际工程咨询(中国)有限公司刘安双提供资料并参与了部分编写工作。全书由陈从春负责统稿。

彭大文教授认真审阅了全部书稿,修订了书中的一些错误,并提了许多宝贵的意见,使本书更加完善,对此表示衷心感谢!

鉴于作者水平有限,书中错误在所难免,如有疏漏,望各位读者不吝赐教,邮至 chencongchun@163.com,不甚感谢! 如需要授课 PPT,也请致函此邮箱。

陈从春
2016 年 12 月

目录

MULU



第一篇 总 论

第一章 绪论	3
第一节 概述	3
第二节 桥梁的组成和分类	4
第三节 桥梁的发展和现状	11
思考题	27
第二章 桥梁的总体规划设计	28
第一节 桥梁设计的总体要求	28
第二节 桥梁设计与建设程序	30
第三节 桥梁的平、纵、横断面设计	32
第四节 桥梁设计方案比较	38
思考题	42
第三章 桥梁设计作用	43
第一节 作用的分类和代表值	43
第二节 公路桥梁的作用	45
第三节 城市桥梁的作用	63
第四节 极限状态设计法	66
第五节 作用组合	67
思考题	70
第四章 桥面布置与构造	71
第一节 桥面组成与布置	71
第二节 桥面铺装及排水防水系统	73
第三节 桥面伸缩装置	77

第四节 人行道、栏杆、护栏与灯柱	82
思考题	86
第五章 混凝土桥梁结构的耐久性设计	87
第一节 混凝土结构耐久性影响因素	87
第二节 混凝土结构耐久性设计	89
第三节 提高混凝土桥梁结构耐久性的技术措施	93
思考题	96

第二篇 混凝土梁桥和刚架桥

第一章 混凝土梁式桥的构造	102
第一节 板桥的构造	102
第二节 简支梁桥的构造	108
第三节 悬臂体系和连续体系梁桥的构造	116
思考题	140
第二章 混凝土简支梁式桥的计算	141
第一节 桥面板计算	141
第二节 荷载横向分布计算	150
第三节 主梁内力计算	173
第四节 横隔梁内力计算	177
第五节 挠度、预拱度的计算	181
思考题	185
第三章 混凝土连续体系梁桥的计算	186
第一节 结构永久作用内力计算	186
第二节 活载内力计算要点	192
第三节 预应力次内力计算的等效荷载法	193
第四节 混凝土徐变次内力计算的换算弹性模量法	196
第五节 混凝土收缩次内力计算	199
第六节 基础沉降次内力计算	201
第七节 温度次内力和自应力计算	202
第八节 挠度和预拱度计算	206
思考题	207
第四章 箱梁	208
第一节 概述	208
第二节 箱梁的剪力滞	209
第三节 箱梁的扭转	216

第四节 箱梁的畸变..... 218
 第五节 箱梁局部荷载的作用效应..... 218
 思考题..... 221
 第五章 刚架桥..... 222
 第一节 概述..... 222
 第二节 单跨刚架桥的构造..... 223
 第三节 连续刚构桥的构造..... 227
 思考题..... 229
 第六章 梁式桥的支座..... 230
 第一节 常用支座的类型和构造..... 231
 第二节 支座的布置..... 236
 第三节 支座的计算..... 237
 思考题..... 243
 第七章 混凝土斜梁桥与弯梁桥..... 244
 第一节 斜梁桥..... 244
 第二节 弯梁桥..... 255
 思考题..... 261
 第八章 混凝土梁桥的施工..... 262
 第一节 钢筋混凝土简支梁桥就地浇筑法施工..... 262
 第二节 预应力混凝土简支梁桥施工..... 271
 第三节 装配式简支梁桥的运输和安装..... 279
 第四节 悬臂体系和连续体系梁桥的施工..... 283
 第五节 桥梁施工控制简介..... 292
 思考题..... 294
 第九章 梁桥实例..... 295
 第一节 钢筋混凝土简支梁桥..... 295
 第二节 预应力混凝土简支梁桥..... 297
 第三节 连续梁桥..... 300
 第四节 连续刚构桥..... 303
 第五节 弯梁桥..... 307
 第六节 斜梁桥..... 311

第三篇 拱 桥

第一章 概述..... 317
 第一节 拱桥的基本特点..... 317

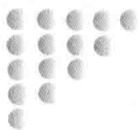
第二节 拱桥的组成	319
第三节 拱桥的主要类型和选型	320
第四节 拱桥的总体布置	325
思考题	329
第二章 拱桥的构造与设计	331
第一节 上承式拱桥的构造与设计	331
第二节 中承式和下承式拱桥的构造与设计	360
第三节 拱式组合体系桥的构造	366
思考题	370
第三章 拱桥的计算	372
第一节 简单体系拱桥的计算	373
第二节 组合体系拱桥的计算	393
第三节 拱桥的稳定性验算	400
第四节 连拱计算简介	408
第五节 拱桥计算的有限元法	409
思考题	422
第四章 拱桥施工	424
第一节 有支架施工	424
第二节 无支架施工	441
第三节 其他施工方法简介	453
思考题	457
第五章 拱桥构造实例	458
第一节 上承式拱桥	458
第二节 中承式拱桥	467
第三节 下承式拱桥	477
参考文献	481
本书配套数字教学资源	483

第一篇

总 论

第一章 绪 论

DIYIZHANG



第一节 概 述

发展交通运输事业,建立四通八达的现代化交通网,对于发展国民经济,促进民族团结和文化交流、巩固国防等具有非常重要的意义。桥梁和涵洞是交通运输中的重要组成部分,在公路、铁路、城市和农村道路以及水利等工程的建设中,往往成为全线通车的关键。在经济上,桥梁和涵洞的造价一般占公路总造价的 20%~30%,随着公路等级的提高,其所占的比例还会增大。在国防及应对突发事件方面,桥梁又是交通运输的咽喉,是抗震减灾的生命线工程,具有非常重要的地位。此外,为了保证既有公路的正常运营,桥梁的养护与维修也十分重要。

桥梁是供汽车、火车、行人等跨越障碍(如河流、海湾、湖泊、山谷或其他线路等)的建筑物。“桥梁工程”一词通常包含两层含义:一是指桥梁建筑的实体;二是指建造桥梁所需的科学知识和工程技术,包括桥梁的基础理论和研究,桥梁的规划、勘测设计、建造和养护维修等。桥梁工程在学科上是土木工程的一个分支,在功能上是交通工程的咽喉。

桥梁是随着历史的演进和社会的进步而逐渐发展起来的。纵观近代历史,每当陆地交通运输工具(火车、汽车)发生重大变化,对桥梁在载重、跨径方面提出新的要求时,便推动了桥梁工程技术的发展。

20 世纪以来,我国的公路交通有了很大发展。在内陆,需要在更多的河流、峡谷之上建桥;在城市以及各种交通线路相交处,需要建造立交桥;在沿海,既需在大船通航的河口、海湾、海峡修建特大跨径桥梁,又需在某些海岛与大陆之间修建长达几十公里的长桥。

桥梁修建需要消耗大量人力、物力、财力,不断提高技术水平,采用新材料、新工艺、新桥式,以及对桥梁的结构行为进行更精确的数值分析、采用更精确的结构试验进行验证,以使桥梁建设的经济效益不断提高,这已成为时代的要求。

科学技术的进步和经济、社会、文化水平的提高,也使人们对桥梁建设提出了更高的要求。经过几十年的努力,我国的桥梁工程无论在建设规模上,还是在科技水平上,均已跻身世界先进行列。各种功能齐全、造型美观的立交桥、高架桥,横跨长江、黄河等大江大河的特大跨径桥梁,如雨后春笋频频建成。随着国家公路网、铁路交通网的实施和完善,跨海湾、海峡特大桥梁的宏伟工程已成为现实,并面临更多的机遇。

回顾过去,展望未来,可以预见,在今后相当长的一个时期内,我国广大的桥梁建设者将不断面临着建设新颖和复杂桥梁结构的挑战,肩负着国家光荣而艰巨的任务。

第二节 桥梁的组成和分类

一、桥梁的组成

1. 桥梁的组成

桥梁组成部分的划分与桥梁结构体系有关。常见的有梁式桥(图 1-1-1)和拱式桥(图 1-1-2),通常由上部结构、下部结构、支座和桥面附属构造组成。

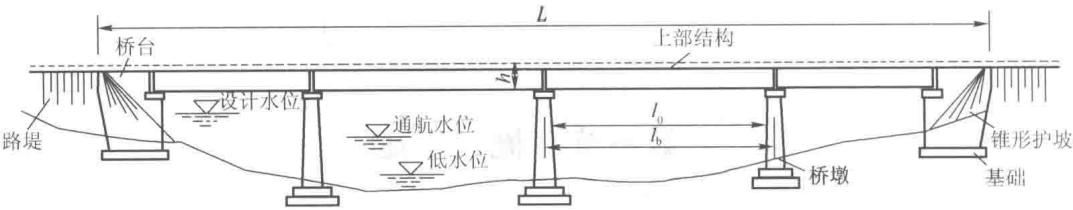


图 1-1-1 梁式桥

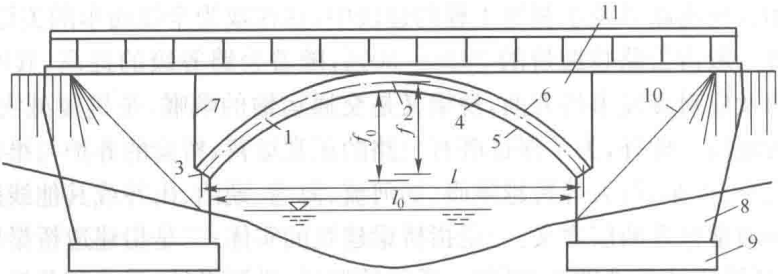


图 1-1-2 拱式桥

1-拱圈;2-拱顶;3-拱脚;4-拱轴线;5-拱腹;6-拱背;7-变形缝;8-桥墩;9-基础;10-锥坡;11-拱上结构

1) 上部结构

上部结构(或称桥跨结构)是指线路跨越障碍(河流、山谷或构筑物)的主要承重结构,直接承受车辆或人行荷载。

2) 下部结构

下部结构包括桥墩、桥台和墩台的基础,是支承上部结构、向下传递荷载的结构物。桥梁墩台的布置是与桥跨结构相对应的。桥台设在桥跨结构的两端,桥墩则设在两桥台之间。桥台除起到支承和传力作用外,还起到与路堤衔接、防止路堤滑塌的作用。因此,通常需在桥台周围设置锥体护坡。

墩台基础承受由上至下的全部作用(包括交通荷载和结构自重),并将其传递给地基的结构物。它通常埋入土层中或建筑在基岩之上,时常需要在水中施工,因而遇到的问题比较复杂。

3) 支座

支座设置在墩台顶部,是支承上部结构并把荷载传递于桥梁墩台上的传力装置,它不仅

传递很大荷载,还要适应上部结构产生的变位。

4) 桥面附属构造

桥面附属构造是指与桥梁服务功能有关的构造,能提高桥梁的使用功能。主要包括:

(1) 桥面铺装(或称行车道铺装)。铺装的平整性、耐磨性、不翘曲、不渗水是保证行车舒适的关键。特别在钢箱梁上铺设沥青路面的技术要求很严格。

(2) 排水防水系统。应迅速排除桥面上积水,并使渗水的可能性降至最小限度。城市桥梁排水系统还应保证桥下无滴水 and 结构上无漏水现象。

(3) 栏杆(或防撞栏杆)。它既是保证安全的构造措施,也应是有利于观赏、表现桥梁特色的一个建筑物。

(4) 伸缩缝。指在桥跨上部结构之间,或在桥跨上部结构与桥台端墙之间所设的缝隙,保证结构在各种因素作用下的变位。为使桥面上行车顺适、不颠簸,在缝隙处要设置伸缩装置。特别是大桥或城市桥梁的伸缩装置,不但要结构牢固、外观光洁,而且需要经常清除伸缩装置中的垃圾尘土,以保证其使用功能。

(5) 灯光照明。现代城市中,大型桥梁通常是一个城市的标志性建筑,大多装置了灯光照明系统,成为构成城市夜景的组成部分。

2. 桥梁设计时与总体布置有关的术语

1) 净跨径

对于设支座的桥梁是指相邻两墩、台身顶内缘之间的水平净距,不设支座的桥梁是指上、下部结构相交处内缘间的水平净距,用 l_0 表示,如图 1-1-1 和图 1-1-2 所示。

2) 总跨径

多孔桥梁中各孔净跨径的总和($\sum l_0$),它反映了桥下宣泄洪水的能力。

3) 计算跨径

对于设支座的桥梁,是指相邻支座中心的水平距离,对于不设支座的桥梁(如拱桥、刚构桥等),是指上、下部结构的相交面之中心间的水平距离,用 l 表示,桥梁结构的力学计算是以 l 为标准的。

4) 标准跨径

对梁式桥是指两相邻桥墩中线间的水平距离,对拱式桥则是指净跨径。

《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)(以下简称《桥规》)规定,当标准设计或新建桥涵的跨径在 50m 及以下时,宜采用标准化跨径。桥涵标准化跨径 l_0 规定如下:0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m、6.0m、8.0m、10m、13m、16m、20m、25m、30m、35m、40m、45m、50m,可见交通运输部颁布的标准图。

5) 桥梁总长

桥梁总长简称桥长,对于有桥台的桥梁为桥台台尾端点间的水平距离;对于无桥台的桥梁为桥面系长度,用 L 表示。

6) 桥下净空

为了满足通航(或行车、行人)的需要和保证桥梁安全而对上部结构底缘以下规定的空间界限。

7) 桥梁建筑高度

上部结构底缘至桥面顶面的垂直距离(图 1-1-1 中的 h),线路定线中所确定的桥面高程与