



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科

土木建筑系列

实用规划教材



桥梁工程

主 编 周先雁 王解军
主 审 姚玲森



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

U44/31

2008

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

桥梁工程

Bridge Engineering

(土木工程专业用)

主 编	周先雁	王解军	
副主编	宋娃丽	文国华	施晓春
参 编	贺国京	杨仕若	湛发益
	郑大伟	张 玥	姚宏旭
	陈爱军	陈 强	黄民元
	陈建英	张宇辉	
主 审	姚玲森		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本教材是根据全国土木工程专业教学指导委员会及交通部路桥及交通工程专业教学指导委员会审定的《桥梁工程》教学大纲编写的。引入桥梁工程领域的新技术及新进展,如桥梁结构分析的有限元法及悬索桥等内容,而一些现在较少使用的、老的桥型及相关的知识仅作简单的介绍,如双曲拱桥、悬臂梁桥、T型刚构等。

本教材共有 25 章。第 1 章概述,第 2 章桥梁的总体规划设计,第 3 章桥梁设计作用,第 4 章桥梁材料,第 5 章桥面布置与构造,第 6 章混凝土梁桥与刚构桥概述,第 7 章混凝土梁桥与刚构桥的构造及设计,第 8 章简支梁桥的计算,第 9 章连续梁与刚构桥的计算,第 10 章梁式桥的支座,第 11 章混凝土梁式桥的施工,第 12 章梁式桥实例,第 13 章拱桥概述,第 14 章拱桥的设计与构造,第 15 章拱桥的计算,第 16 章拱桥的施工,第 17 章拱桥实例,第 18 章斜拉桥与悬索桥概述,第 19 章斜拉桥的构造,第 20 章斜拉桥的计算,第 21 章悬索桥的构造与计算,第 22 章斜拉桥与悬索桥的施工,第 23 章实例,第 24 章桥梁墩台的构造与设计,第 25 章桥梁墩台的计算。

本书可供高等学校土木工程专业(包括桥梁工程方向)本科生作为必修课的教材使用,亦可供从事桥梁工程设计、施工、监理及管理工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/周先雁,王解军主编. —北京:北京大学出版社,2008.1

(21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-12333-1

I. 桥… II. ①周… ②王… 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(2007)第 080698 号

书 名: 桥梁工程

著作责任者: 周先雁 王解军 主编

责任编辑: 吴 迪

标准书号: ISBN 978-7-301-12333-1/TU·0040

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 32.25 印张 750 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 52.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

丛书总序

我国高等教育发展迅速,全日制高等学校每年招生人数至2004年已达到420万人,毛入学率19%,步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这种大规模的扩招,教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体:一是学生,一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映,教材则是两个主体的媒介,属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出:“一些高校办学定位不明,盲目追求上层次、上规格,导致人才培养规格盲目拔高,培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温,应试学习倾向仍然比较普遍,导致各层次人才培养目标难于全面实现,大学生知识结构不够合理,动手能力弱,实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材,在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用,但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材,缺乏针对性强的实用教材。

近年来,我国房地产行业已经成为国民经济的支柱产业之一,随着本世纪我国城市化的大趋势,土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教学需求,从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书,并派出十多位编辑分赴全国近三十个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上,规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会,在来自全国各地几十所高校的知名专家、教授的共同努力下,不但成立了本丛书的编审委员会,还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的四十多个选题,再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力,并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下,首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中,得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是,在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下,北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校,于2005年11月26日在长沙中南林业科技大学召开了《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》(第二批)组稿会,规划了①建筑学专业;②城市规划专业;③建筑环境与设备工程专业;④给排水工程专业;⑤土木工程专业中的道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近六十个选题。至此,北京大学出版社规划的《大土木建筑系列教材》已经涵盖了“大土建”的六个专业,是近年来全国高等教育出版界唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材,并将于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格,从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理的工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等，并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲，由一批长期在教学第一线从事教学并有多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编，以定位“应用型人才培养”为目标而编撰，具有以下特点：

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案，注重提高学生综合素质和创新能力，注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构，不刻意追求理论研究型教材深度，内容取舍少而精，向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上，深入研究各课程之间的相互关系，各课程教材既要反映本学科发展水平，保证教材自身体系的完整性，又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生，单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法，要取得专门实践的成功是不够的，因为这些方法随科学技术的发展经常改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步，教材的编撰侧重培养学生透析理解教材中的基本理论、基本特性和性能，又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景，以不变应万变，这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程，系1999年—2002年完成的修订，内容有较大的取舍和更新，反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材，为培养学生毕业后获得注册执业资格，在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释义。

(5) 当代土木工程设计，越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件，有些结构特殊要求，则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中，在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上，给出了设计方法的详细步骤，这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图，有助于培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观，从可持续发展的观念，根据课程特点，反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺，以社会发展和科技进步的新近成果充实、更新教材内容，尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式，以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者，没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践，要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台，为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生，不吝指正，随时给我们提出宝贵的意见，以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的PPT电子教案以及习题答案在出版社相关网站上提供下载。

《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年1月

前 言

桥梁工程作为土木工程的专业课,本教材根据全国土木工程专业教学指导委员会和交通部路桥及交通工程专业教学指导委员会审定的《桥梁工程》教学大纲进行编写,并且在此基础上增加了悬索桥部分内容,可供土木工程专业(包括桥梁工程方向)的学生使用。

本教材侧重于学生掌握桥梁工程的基本理论,主要桥梁型式的设计、构造原理与施工方法。对现在较少使用的、老的桥型及相关的知识仅作简单介绍(如:双曲拱桥、悬臂梁桥、T形刚构等)。同时,对桥梁领域的新技术及新进展(如:桥梁结构分析的有限元法及悬索桥等内容)作了阐述。

全书分5篇共有25章,第一篇总论。介绍了桥梁的基本组成和分类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。第二篇混凝土梁桥与刚构桥。主要阐述混凝土板桥、简支梁桥及连续梁桥的构造原理、设计计算及施工方法;简要介绍了悬臂梁桥、刚构桥、曲线梁桥的构造与设计,梁式桥的支座。第三篇拱桥。着重介绍了拱桥的特点、组成和主要类型;上承式拱桥的构造原理、计算及施工方法;对中、下承式拱桥仅作了简要阐述。第四篇斜拉桥与悬索桥。主要阐述斜拉桥与悬索桥的构造原理及施工方法,并简要介绍了斜拉桥与悬索桥的计算特点与方法。第五篇桥梁墩台。介绍了常用墩台的构造及设计计算。

本教材由中南林业科技大学周先雁、王解军主编,河北工业大学宋娃丽、湖南城市学院文国华、宁波工程学院施晓春为副主编。其中第1、18章由周先雁编写,第2章及7.6节由湛发益编写,第3、8章及7.1、7.2、7.3节由宋娃丽编写,第4章由姚宏旭编写,第5、10章由郑大伟编写,第6、9、12章及7.4、7.5节由王解军编写,第11章由张玥编写,第13、14章由杨仕若编写,第15、17章由陈爱军编写,第16章由陈强编写,第19章由黄民元编写,第20章由贺国京编写,第21章及22.2节由施晓春编写,22.1节由陈建英编写,第23章由张宇辉编写,第24、25章由文国华编写。余玲玲、李媛媛、王智丰、王兰彩、唐灿完成了部分图形绘制、文字打印及校对工作。全书由同济大学姚玲森教授主审。

由于编写时间所限,疏漏之处在所难免,恳请广大读者不吝赐教。

编 者

2007年12月

目 录

第一篇 总论	1		
第 1 章 概述	2		
1.1 桥梁的基本组成与分类	2		
1.1.1 桥梁的基本组成	2		
1.1.2 桥梁的分类	4		
1.2 桥梁发展状况	9		
1.2.1 桥梁发展的基本历程	9		
1.2.2 我国桥梁建设成就	9		
1.2.3 国外桥梁发展概况	15		
本章思考题	21		
第 2 章 桥梁的总体规划设计	22		
2.1 桥梁设计的原则、步骤和基本资料	22		
2.1.1 桥梁设计的原则	22		
2.1.2 桥梁设计的步骤	23		
2.1.3 桥梁设计的基本资料	24		
2.2 桥梁平、纵、横断面设计	25		
2.2.1 桥梁平面设计	25		
2.2.2 桥梁纵断面设计	25		
2.2.3 桥梁横断面设计	29		
2.3 桥梁设计方案的选择	32		
2.3.1 设计方案选择的步骤	32		
2.3.2 实例	32		
本章思考题	35		
第 3 章 桥梁设计作用	36		
3.1 作用分类、代表值和作用效应组合	36		
3.1.1 桥梁设计作用的分类	36		
3.1.2 作用代表值	37		
3.1.3 作用效应的组合	38		
3.2 永久作用	40		
3.2.1 结构重力	40		
3.2.2 预加力	40		
3.2.3 土压力	40		
3.2.4 水的浮力	41		
3.2.5 混凝土收缩及徐变作用	41		
3.3 可变作用	41		
3.3.1 汽车荷载	41		
3.3.2 汽车冲击力	45		
3.3.3 汽车离心力	46		
3.3.4 汽车引起的土侧压力	46		
3.3.5 人群荷载	47		
3.3.6 汽车制动力	48		
3.3.7 风荷载	48		
3.3.8 流水压力	49		
3.3.9 冰压力	49		
3.3.10 温度作用	50		
3.3.11 支座摩阻力	51		
3.4 偶然作用	51		
3.4.1 地震作用	51		
3.4.2 船舶或漂流物的撞击作用	52		
3.4.3 汽车撞击作用	52		
本章思考题	52		
第 4 章 桥梁材料	53		
4.1 混凝土	53		
4.1.1 混凝土强度	53		
4.1.2 混凝土的变形和模量	55		
4.2 钢材	56		
4.2.1 普通钢筋	56		
4.2.2 预应力钢筋	56		
4.2.3 斜拉桥的拉索和悬索桥的主缆	58		
4.2.4 钢管混凝土结构的钢管	59		
4.2.5 其他钢结构用钢	60		
本章思考题	61		
第 5 章 桥面布置与构造	62		
5.1 桥面布置	62		

5.1.1 城市桥梁的桥面布置	62	7.1.3 装配式简支板桥的构造	85
5.1.2 高速公路桥梁的桥面布置	63	7.1.4 斜板桥的构造	87
5.2 桥面铺装与桥面纵、横坡	64	7.2 简支梁桥的构造与设计	91
5.2.1 桥面铺装	64	7.2.1 整体式简支梁桥	91
5.2.2 桥面纵、横坡	64	7.2.2 装配式简支 T 形梁桥	92
5.3 桥面防水和排水	65	7.2.3 组合梁桥	101
5.3.1 防水层的设置	65	7.3 悬臂梁桥的构造与设计	103
5.3.2 排水设施的设置	66	7.3.1 悬臂梁桥的受力特点	103
5.4 桥面伸缩缝	68	7.3.2 悬臂梁桥的构造特点	104
5.4.1 伸缩缝的作用及基本要求	68	7.4 连续梁桥的构造与设计	106
5.4.2 常用伸缩缝的构造	68	7.4.1 连续梁桥的受力特点	106
5.5 人行道、栏杆、灯柱和护栏	71	7.4.2 连续梁桥施工方法概要	107
5.5.1 人行道	71	7.4.3 等截面连续梁桥	109
5.5.2 栏杆	73	7.4.4 变截面连续梁桥	109
5.5.3 灯柱	73	7.4.5 截面设计	111
5.5.4 护栏	73	7.4.6 预应力筋布置	113
本章思考题	75	7.5 刚构桥的构造与设计	115
第二篇 混凝土梁桥与刚构桥	77	7.5.1 连续刚构桥详述	115
第 6 章 混凝土梁桥与刚构桥		7.5.2 斜腿刚构桥与门式刚构桥的构造要点	118
概述	78	7.6 曲线梁桥的构造与设计	119
6.1 混凝土梁桥概述	78	7.6.1 曲线梁桥的主要特点及分类	119
6.1.1 混凝土梁桥的基本体系	78	7.6.2 曲线梁桥的构造与布置	122
6.1.2 梁桥的主要截面形式	79	本章思考题	129
6.1.3 梁桥的主要施工方法	80	第 8 章 简支梁桥的计算	130
6.2 刚构桥概述	80	8.1 桥面板计算	130
6.2.1 连续刚构桥	80	8.1.1 桥面板的计算模型	130
6.2.2 斜腿刚构桥	81	8.1.2 车轮荷载在板上的分布	131
6.2.3 门式刚构桥	82	8.1.3 板的有效工作宽度	132
6.2.4 T 形刚构桥	82	8.1.4 桥面板的内力计算	135
本章思考题	82	8.2 主梁内力计算	139
第 7 章 混凝土梁桥与刚构桥的构造及设计	83	8.2.1 活载内力计算	139
7.1 板桥的构造与设计	83	8.2.2 恒载内力计算	158
7.1.1 板桥的特点与分类	83	8.3 横隔梁内力计算	159
7.1.2 整体式简支板桥的构造	83	8.3.1 计算模型	159

8.3.2	内力影响线	159
8.3.3	横隔梁的内力计算	161
8.4	挠度和预拱度计算	162
8.4.1	桥梁挠度的验算	162
8.4.2	桥梁施工预拱度	164
	本章思考题	164
第9章	连续梁与刚构桥的计算	166
9.1	结构恒载内力计算	166
9.1.1	恒载内力计算特点	166
9.1.2	悬臂浇筑法施工时连续梁的恒载内力计算	167
9.1.3	顶推法施工连续梁恒载内力计算	168
9.2	活载内力计算	170
9.2.1	荷载横向分布计算的等代简支梁法	170
9.2.2	荷载增大系数 η	172
9.3	预应力内力计算的等效荷载法	173
9.3.1	预应力内力的概念	173
9.3.2	等效荷载法的基本原理	174
9.3.3	等效荷载法的应用	177
9.3.4	吻合束的概念	179
9.4	混凝土徐变内力计算	180
9.4.1	基本概念	180
9.4.2	静定结构在恒定荷载作用下的徐变变形计算	181
9.4.3	超静定结构的徐变内力与变形计算	181
9.5	混凝土收缩内力计算	188
9.5.1	收缩应变	188
9.5.2	收缩变形	188
9.5.3	收缩内力计算	188
9.6	基础沉降内力计算	190
9.7	温度内力计算	191
9.7.1	基本概念	191
9.7.2	简支梁温度自应力计算	193
9.7.3	连续梁温度次应力计算	195

9.8	挠度、预拱度计算及施工控制	197
9.8.1	挠度计算	197
9.8.2	预拱度计算	198
9.8.3	施工控制	198
	本章思考题	198
第10章	梁式桥的支座	200
10.1	常用支座的类型和构造	200
10.1.1	橡胶支座	200
10.1.2	球形钢支座	203
10.1.3	拉压支座	203
10.1.4	抗震支座	204
10.2	支座的布置	205
10.3	支座的计算	206
10.3.1	支座反力的确定	206
10.3.2	板式橡胶支座的设计计算	207
	本章思考题	211
第11章	混凝土梁式桥的施工	212
11.1	现浇钢筋混凝土简支梁桥的施工	212
11.1.1	支架	212
11.1.2	模板	215
11.1.3	钢筋工程	216
11.1.4	混凝土工程	218
11.1.5	模板拆除及支架卸落	220
11.2	预制混凝土简支梁桥的施工	221
11.2.1	预制钢筋混凝土简支梁的制作工艺	221
11.2.2	先张法预应力混凝土简支梁的制作工艺	222
11.2.3	后张法预应力混凝土简支梁的制作工艺	225
11.2.4	装配式简支梁的运输与安装	228
11.3	连续梁桥的施工	231
11.3.1	逐孔施工法	232
11.3.2	悬臂施工法	235
11.3.3	顶推施工法	241

11.4 刚构桥的施工	245	15.2.2 拱桥有限元计算	312
11.4.1 概述	245	15.3 主拱的验算	325
11.4.2 高墩施工	245	15.3.1 强度验算	325
本章思考题	248	15.3.2 稳定性验算	328
第 12 章 梁式桥实例	249	本章思考题	331
12.1 连续梁桥实例	249	第 16 章 拱桥的施工	332
12.2 连续刚构桥实例	250	16.1 混凝土拱桥施工方法概述	332
本章思考题	256	16.1.1 现场浇筑法	332
第三篇 拱桥	257	16.1.2 预制安装法	334
第 13 章 拱桥概述	258	16.1.3 转体施工法	334
13.1 拱桥的主要特点	258	16.2 拱桥的有支架施工	337
13.2 拱桥的组成及主要类型	259	16.2.1 拱架	337
13.2.1 拱桥的主要组成	259	16.2.2 拱圈或拱肋混凝土的浇筑程序	341
13.2.2 拱桥的主要类型	259	16.2.3 拱上建筑的施工	342
本章思考题	264	16.2.4 拱架的卸落	342
第 14 章 拱桥的设计与构造	265	16.3 上承式拱桥缆索吊装施工	343
14.1 上承式拱桥的设计与构造	265	16.3.1 缆索吊装设备	344
14.1.1 拱桥的设计	265	16.3.2 拱圈(肋)的预制	345
14.1.2 上承式拱桥主拱的构造与尺寸拟定	267	16.3.3 拱肋的吊装	346
14.1.3 拱上建筑构造	277	16.3.4 拱脚临时铰的设置	347
14.1.4 其他细部构造	281	16.3.5 施工加载程序设计	347
14.2 中、下承式混凝土拱桥的设计与构造	286	16.4 其他型式拱桥的施工要点	349
14.2.1 中、下承式拱桥的总体布置与适用情况	286	16.4.1 中、下承式钢管混凝土拱桥的施工要点	349
14.2.2 中、下承式拱桥的基本组成和构造	287	16.4.2 劲性骨架钢管混凝土拱桥的施工要点	350
14.3 拱式组合体系桥的构造	293	16.4.3 梁拱组合体系桥的施工要点	350
14.3.1 拱式组合体系桥的分类与特点	293	本章思考题	354
14.3.2 系杆拱桥的构造	296	第 17 章 拱桥实例	355
本章思考题	298	17.1 湖南益阳茅草街大桥	355
第 15 章 拱桥的计算	300	17.2 重庆万县长江大桥	357
15.1 悬链线拱的计算	300	本章思考题	360
15.1.1 实腹式悬链线拱	300	第四篇 斜拉桥与悬索桥	361
15.1.2 空腹式悬链线拱	304	第 18 章 斜拉桥与悬索桥概述	362
15.2 拱桥计算的有限元法	306	18.1 斜拉桥	362
15.2.1 杆系有限元的基本方法	307	18.1.1 斜拉桥的组成与主要特点	362

18.1.2 斜拉桥的分类·····	363	20.4.2 几何非线性有限元刚度 方程·····	394
18.2 悬索桥·····	364	本章思考题·····	394
18.2.1 悬索桥的组成与受力 特点·····	364	第 21 章 悬索桥的构造与计算 ·····	395
18.2.2 悬索桥的分类·····	367	21.1 悬索桥的总体布置·····	395
本章思考题·····	368	21.1.1 跨径布置·····	395
第 19 章 斜拉桥的构造 ·····	369	21.1.2 主缆的垂跨比·····	395
19.1 总体布置·····	369	21.1.3 加劲梁的尺寸·····	395
19.1.1 跨径布置与分孔·····	369	21.2 主缆的构造·····	396
19.1.2 索塔布置·····	370	21.2.1 主缆的基本要求·····	396
19.1.3 拉索布置·····	371	21.2.2 主缆的类型·····	396
19.1.4 主梁布置·····	372	21.2.3 主缆的结构型式·····	397
19.2 主梁的构造·····	373	21.3 鞍座·····	397
19.2.1 主梁的截面形式·····	373	21.4 吊索与索夹·····	398
19.2.2 梁高的确定·····	374	21.5 桥塔的构造·····	399
19.3 主塔的构造·····	374	21.5.1 结构类型·····	399
19.3.1 塔的组成·····	374	21.5.2 断面形式·····	400
19.3.2 索塔的截面形式与锚固 方式·····	374	21.6 锚碇的构造·····	401
19.4 拉索的构造·····	376	21.7 加劲梁的构造·····	402
19.4.1 拉索的类型与锚具·····	376	21.7.1 加劲梁的结构型式·····	402
19.4.2 拉索的锚固·····	377	21.7.2 钢桁梁的构造·····	403
19.4.3 拉索的减振·····	378	21.7.3 钢箱梁的构造·····	404
本章思考题·····	379	21.8 悬索桥计算理论·····	406
第 20 章 斜拉桥的计算 ·····	380	21.8.1 弹性理论·····	406
20.1 斜拉桥计算的主要特点·····	380	21.8.2 非线性有限元理论·····	407
20.1.1 按施工过程分析·····	381	本章思考题·····	411
20.1.2 结构分析的有限元模型 建立·····	386	第 22 章 斜拉桥与悬索桥的施工 ·····	413
20.2 斜拉索的垂度效应计算·····	387	22.1 斜拉桥的施工·····	413
20.2.1 等效弹性模量法·····	387	22.1.1 主梁施工方法·····	413
20.2.2 拉索两端倾角的修正·····	389	22.1.2 索塔施工要点·····	417
20.3 索力的初拟和调整·····	389	22.1.3 拉索施工·····	420
20.3.1 索力初拟·····	389	22.2 悬索桥的施工·····	425
20.3.2 索力调整·····	390	22.2.1 施工特点·····	425
20.3.3 斜拉桥合理成桥受力状态 的索力分析法·····	390	22.2.2 锚碇的施工·····	426
20.4 斜拉桥非线性计算·····	393	22.2.3 主缆的架设·····	432
20.4.1 斜拉桥的几何非线性影响 因素·····	393	22.2.4 加劲梁的架设·····	435
		本章思考题·····	437
		第 23 章 实例 ·····	438
		23.1 斜拉桥实例·····	438
		23.1.1 宜昌夷陵长江大桥·····	438

23.1.2 日本多多罗大桥	440	25.1.1 桥梁墩台计算中的 作用	472
23.2 悬索桥实例	442	25.1.2 作用效应组合	473
23.2.1 厦门海沧大桥	442	25.2 重力式桥墩计算	477
23.2.2 日本明石海峡大桥	444	25.2.1 截面承载力验算	478
本章思考题	446	25.2.2 稳定性验算	479
第五篇 桥梁墩台	447	25.3 柱式桥墩计算	481
第 24 章 桥梁墩台的构造与设计	448	25.3.1 盖梁计算	481
24.1 概述	448	25.3.2 柱身计算	483
24.1.1 桥梁墩台的作用与 要求	448	25.4 柔性排架桩墩计算	485
24.1.2 桥梁墩台的基本组成与 类型	449	25.4.1 计算图式与假定	485
24.2 梁桥墩台	450	25.4.2 计算步骤	486
24.2.1 梁桥桥墩的构造	450	25.5 桥台计算	490
24.2.2 梁桥桥台的构造	460	25.5.1 重力式 U 形桥台的 验算	490
24.3 拱桥墩台	466	25.5.2 设有支撑梁的轻型桥台的 计算	490
24.3.1 拱桥桥墩的构造	466	25.5.3 拱桥轻型桥台的 计算	493
24.3.2 拱桥桥台的构造	468	本章思考题	497
本章思考题	471	参考文献	499
第 25 章 桥梁墩台的计算	472		
25.1 作用及作用效应组合	472		

第一篇 总 论

第 1 章 概 述

教学提示：本章主要介绍桥梁的基本组成、分类及国内外桥梁发展状况。

教学要求：通过本章学习，要求学生掌握桥梁的基本名词与主要组成部分，掌握梁、拱、吊、刚构及组合体系等基本类型及各自的特点，了解国内外桥梁发展状况。

自 20 世纪 80 年代以来，我国道路、桥梁建设得到了飞速的发展，使我国的交通运输环境和能力得到了巨大的改变，这对改善投资环境、促进经济腾飞、改善人民生活环境都起到了非常重要的作用。

在公路、铁路、城市和农村道路交通建设以及水利建设中，为了跨越各种障碍（如河流、沟谷或其他线路等）必须修建各种类型的桥梁。桥梁是保证道路全线贯通的咽喉，“一桥飞架南北，天堑变通途”，特别是在战争时期，桥梁具有非常重要的战略地位。

桥梁工程是土木工程中最具挑战性的领域。纵观世界各国的大城市，常以工程雄伟且美观的大桥作为城市的标志与骄傲。因而，桥梁建筑已不单纯是作为交通线上重要的工程实体，而是常常作为一种空间艺术品存在于社会之中，并被人们传颂。

近二十几年来，我国的桥梁无论是在建设规模方面，还是在技术水平方面，均已跻身于世界先进行列。各种功能齐全、造型美观的高架桥和立交桥，横跨江河、湖泊、海湾等特大跨径桥梁，在全国各地如雨后春笋般出现。

我国幅员辽阔，大小山脉和江河湖泽纵横全国。尽管我国的道路与桥梁已具相当规模，但要彻底改变交通运输的面貌，我国的道路与桥梁建设任务仍然十分繁重和艰巨。广大桥梁建设者将面临新结构、新工艺及新材料的挑战，肩负着促进我国建设光荣而艰巨的历史使命。

1.1 桥梁的基本组成与分类

1.1.1 桥梁的基本组成

桥梁一般由三个基本部分组成，即上部结构、下部结构和支座。如图 1.1 和图 1.2 所示，分别为公路桥的梁式桥和拱式桥的概貌。

上部结构（或称桥跨结构）是桥梁支座以上（拱桥起拱线或刚架桥主梁底线以上）跨越桥孔的总称，是线路中断时跨越障碍的主要承重结构。

下部结构包括桥墩、桥台和基础。

桥墩和桥台用来支承上部结构，并将其传来的恒载和车辆活载传至基础。设置在桥跨中间部分的称为桥墩，设置在桥跨两端与路堤相衔接的称为桥台。桥台除了上述作用外，还起到了抵御路堤的土压力及防止路堤的滑塌等作用。单孔桥只有两端的桥台，没有中间的桥墩。

对于拱式桥,是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离,用 l 表示,桥跨结构的力学计算是以 l 为基准的。

(4) 桥梁全长(简称桥长)。对于有桥台的桥梁,是指两岸桥台后端点之间的水平距离;对于无桥台的桥梁,则是指桥面行车道的长度,用 L 表示。

3. 高度和净空

(1) 桥梁高度(简称桥高)。是指桥面与低水位之间的高差,或指桥面与桥下线路路面之间的距离(指跨线桥)。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

(2) 桥下净空。为了满足通航、行车或行人等需要,并为了保证桥梁结构安全,而对上部结构底缘以下所规定的净空间的界限,对此,《公路桥涵设计通用规范》(JTJ D60—2004)中有专门的规定。

(3) 桥面净空。是指桥梁行车道、人行道上方应保持的净空间界限,对于公路、铁路和城市桥梁《公路桥涵设计通用规范》(JTJ D60—2004)中也有相应的规定。

(4) 桥梁建筑高度。是指上部结构底缘至桥面顶面的垂直距离如图 1.1 中所示的 h 。线路定线中所确定的桥面标高与桥下净空界限顶部标高之差,称为桥梁的容许建筑高度。因此,桥梁设计的建筑高度不得大于容许建筑高度,否则,就不能保证桥下通航或行车等要求。

(5) 净矢高(对拱桥而言)。是指从拱顶截面下缘至相邻两跨拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离,用 f_0 表示,如图 1.2 中所示。

(6) 计算矢高。是指拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心连线的垂直距离,用 f 表示,如图 1.2 中所示。

1.1.2 桥梁的分类

目前,所建造的桥梁种类繁多,按照桥梁的受力、用途、材料和规模等的区别,有不同的桥梁分类方法,下面分别加以介绍。

1. 按桥梁受力体系分

按照桥梁受力体系分类,可分为梁式桥、拱式桥和悬索桥(或称为吊桥),简称“梁、拱、吊”三大基本体系。另外,由上述三大基本体系相互组合,在受力上形成具有组合特征的桥型,如,刚架桥、斜拉桥及系杆拱桥等。

下面分别阐述各种桥梁体系的主要受力特点及适用场合。

1) 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构,如图 1.3a、b 所示。由于外力(恒载和活载)的作用方向与桥梁结构的轴线接近垂直,因而与同样跨径的其他结构体系相比,梁桥内产生的弯矩最大,即梁式桥以受弯为主。因此,通常需用抗弯、抗拉能力强的材料(如钢、钢筋混凝土等)来建造。对于中、小跨径的公路桥梁,目前应用最广泛的标准跨径钢筋混凝土或预应力混凝土简支梁(板)桥,其施工方法一般有预制装配式和现浇两种。这种梁桥结构简单、施工方便,且对地基承载力的要求也不高,对于钢筋混凝土简支梁桥,其跨径一般要小于 25m,当跨径较大时,应采用预应力混凝土,但其跨径一般不宜超过 50m。为了改善受力条件和使用性能,地质条件较好时,中、小跨径梁桥均可修建连续梁桥,如图 1.3c 所示。对于大跨径和特大跨径的梁桥,可采用预应力混凝土、钢和钢—

混凝土组合梁桥,如图 1.3d、e 所示。

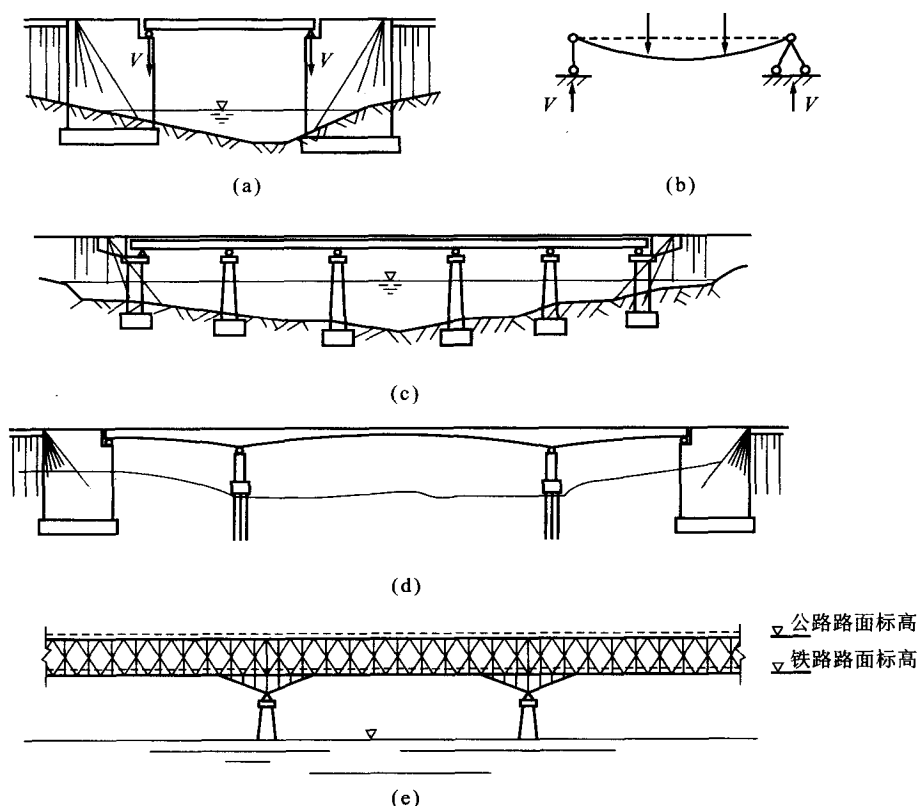


图 1.3 梁式桥

2) 拱式桥

拱式桥的主要承重结构是主拱圈或拱肋,如图 1.4 所示。在竖向荷载作用下,桥墩和桥台将承受水平推力,如图 1.4b 所示,同时,墩台向拱圈或拱肋提供水平反力,这将大大抵消在拱圈或拱肋中由荷载引起的弯矩。因此,与同跨径的梁式桥相比,拱桥的弯矩、剪力和变形却要小得多,拱圈或拱肋以受压为主。拱桥对墩台有水平推力,及承受重结构以受压为主,这是拱桥的主要受力特点。因此,通常可采用抗压能力强的圬工材料(如砖、石、混凝土等)和钢筋混凝土来建筑。但应当注意,由于拱桥往往有较大的水平推力,为了确保拱桥的安全,下部结构(特别是桥台)和地基必须具备能承受很大水平推力的能力。一般应选择地质条件较好的地域修建拱桥。

当然,在地质条件不适合于修建具有很大水平推力拱桥的情况下,也可采用无水平推力的系杆拱桥,如图 1.4c 所示,其水平推力由系杆承受,系杆可由预应力混凝土、钢等制做。另外,也可修建近年来发展起来的水平推力很小的“飞雁式”三跨自锚式系杆拱桥,如图 1.4d 所示,即在边跨的两端施加强大的水平预加力 H ,通过边跨拱传至拱脚,以抵消主跨拱脚处的水平推力。

拱桥不仅跨越能力大,而且外形也较美观,在条件允许的情况下,修建拱桥往往是经济合理的。