



全国普通高等院校土木工程类
实用创新型系列规划教材

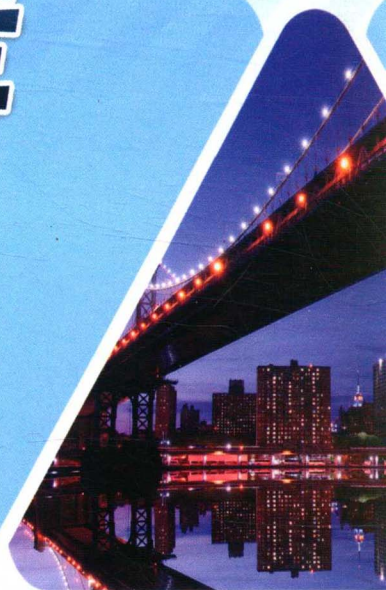
桥梁工程

(修订版)

刘夏平 主 编

于天来 王 岚 副主编

裘伯永 主 审



科学出版社

中国科学院教材建设专家委员会教材建设立项项目

全国普通高等院校土木工程类**实用创新型**系列规划教材

桥 梁 工 程

(修订版)

刘夏平 主编

于天来 主 编 副主编

蔡伯永 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是高等院校土木工程专业专业教材。全书共分十三章,阐述了混凝土梁桥桥面构造,混凝土简支体系梁式桥的构造与设计,混凝土简支梁桥的计算;简要介绍了悬臂梁桥,混凝土连续体系梁桥,梁式桥支座,混凝土梁桥施工方法;还介绍了混凝土拱桥,斜拉桥,悬索桥,组合体系桥和桥梁墩台。重点介绍常用的中小跨径混凝土梁桥、拱桥和桥梁墩台的构造、设计计算和施工方法,也简要介绍大跨径桥梁的构造、设计计算和施工特点。全书按2004年交通部颁布的最新桥梁设计规范编写。

本书可作为高等院校土木工程专业教学用书,也可供从事桥梁设计、科研、施工及管理的人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程(修订版)/刘夏平主编. —北京:科学出版社,2005
(全国普通高等院校土木工程类实用创新型系列规划教材)
ISBN 978-7-03-015741-6

I. 桥… II. 刘… 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(2005)第 065558 号

责任编辑:何舒民 / 责任校对:郝 岚

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年10月修 订 版 印张:21 1/2

2011年11月第九次印刷 字数:500 000

印数:19 501-22 000

定 价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026(HA03)

全国普通高等院校土木工程类实用创新型 系列规划教材

编 委 会

主 任 霍 达

副主任 (按姓氏笔画排序)

周 云 阎兴华 童安齐

秘书长 张志清

委 员 (按姓氏笔画排序)

白晓红 石振武 刘继明 何淅淅 何舒民

张文福 张延庆 张志清 沈 建 周 云

周亦唐 宗 兰 徐向荣 阎兴华 翁维素

傅传国 程赫明 韩建平 童安齐 雷宏刚

霍 达

前 言

“桥梁工程”是土木工程专业的一门专业课程。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,并按照“全国普遍高等院校实用创新型系列规划教材”编写指导思想编写的。按照教学大纲的要求,本书着重系统阐明桥梁工程的基本概念、设计理论和方法。通过对本课程的学习,学生可掌握中小型桥梁的设计和施工方法,并了解大跨度桥梁的构造、设计计算和施工的特点。在编写本书过程中,适逢新的《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)颁布实施,为了适应桥梁设计规范的变化,及时更新教学内容,本书按照新规范编写,并尽可能反映近年来桥梁科学技术的新成果和新的结构形式。

全书共十三章,全面介绍了混凝土简支体系梁桥、悬臂梁桥、混凝土连续体系梁桥、混凝土拱桥、斜拉桥、悬索桥以及梁桥支座、混凝土梁桥施工、桥梁墩台等。为了符合读者的学习和认知规律,各种体系桥梁独立成章;同时,为使读者对组合体系桥有较全面的认识,专门设置了第十二章“组合体系桥”。

第一章总论主要介绍桥梁的组成与分类、国内外桥梁建筑的发展概况、桥梁的设计程序和 design 基本原则、桥梁的作用,并简要介绍了桥梁的造型与美学原则;第二至四章较详细地介绍了混凝土梁桥桥面构造及中小跨径简支体系梁桥的构造和设计计算方法;第五、六章分别介绍悬臂梁桥和连续体系梁桥的主要特点和构造;第七、十三章分别介绍梁桥支座和桥梁墩台的构造和设计计算;第八章简要介绍了梁式桥的各种施工方法;第九章介绍混凝土拱桥的构造和设计与计算;第十、十一章分别介绍了斜拉桥和悬索桥的构造和计算特点;第十二章主要介绍了梁拱组合体系桥、部分斜拉桥等组合体系桥的特点和适用情况。

本书由七所大学的老师共同编写,其中第一、十二章由广州大学刘夏平编写,第二、三章和第十一章中的第 1.1 至 1.4 节由青岛理工大学姜福香编写,第四章由内蒙古工业大学王岚编写,第五、六、八章由兰州理工大学项长生编写,第七、十三章由东北林业大学于天来编写,第九章由昆明理工大学李睿编写,第十章和第十一章中的第 11.5 节由华南理工大学颜全胜编写。全书由刘夏平任主编,于天来和王岚任副主编;中南大学裘伯永教授主审。在本书编写过程中,广州大学张俊平教授提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 总论	1
1.1 概述	1
1.1.1 桥梁的组成与分类	1
1.1.2 国内外桥梁建设成就与展望	5
1.2 桥梁总体规划与设计程序	11
1.2.1 桥梁的总体规划	11
1.2.2 桥梁设计程序简介	14
1.2.3 桥梁建筑造型与美学	16
1.3 公路桥梁结构的作用	18
1.3.1 永久作用	20
1.3.2 可变作用	20
1.3.3 偶然作用	25
1.3.4 作用效应组合	26
1.4 城市桥梁设计荷载	29
思考题	33
第二章 混凝土梁桥桥面构造	34
2.1 桥面铺装	34
2.1.1 桥面铺装作用	34
2.1.2 桥面横坡的设置	34
2.1.3 桥面铺装的类型	35
2.2 桥面防水与排水系统	36
2.2.1 防水层	36
2.2.2 排水系统	36
2.3 桥梁伸缩缝	38
2.3.1 对伸缩缝的要求	38
2.3.2 伸缩缝的类型	39
2.4 人行道、栏杆、护栏与灯柱	42
2.4.1 人行道和安全带	42
2.4.2 栏杆和灯柱	44
2.4.3 护栏	45
思考题	46
第三章 混凝土简支体系梁式桥的构造与设计	47
3.1 简支板桥的构造与设计	47

3.1.1	整体式简支板桥构造	47
3.1.2	装配式简支板桥构造	49
3.1.3	斜交板桥的受力特点及构造	52
3.2	装配式钢筋混凝土简支梁桥的构造与设计	54
3.2.1	横截面设计	54
3.2.2	配筋构造	56
3.2.3	横隔梁布置与构造	58
3.2.4	主梁的横向连接	59
3.2.5	装配式钢筋混凝土简支梁桥实例	61
3.3	装配式预应力混凝土简支梁桥的构造与设计	63
3.3.1	横截面设计	63
3.3.2	配筋构造	65
3.3.3	装配式预应力混凝土简支梁桥实例	69
3.4	组合梁桥	71
	思考题	72
第四章	混凝土简支梁桥的计算	73
4.1	概述	73
4.2	主梁内力计算	73
4.2.1	实用空间计算原理	74
4.2.2	荷载横向分布计算	75
4.2.3	主梁内力计算	100
4.3	桥面板内力计算	107
4.3.1	桥面板的分类	107
4.3.2	车轮荷载在板上的分布	108
4.3.3	桥面板的荷载分布宽度	109
4.3.4	桥面板的内力计算	112
4.4	横隔梁内力计算	116
4.4.1	按刚性横梁计算内力影响线	116
4.4.2	作用在横隔梁上的计算荷载	118
4.4.3	横隔梁内力计算	119
4.5	挠度、预拱度计算	122
4.6	荷载横向分布的有限元计算方法简介	124
	思考题	125
	习题	125
第五章	悬臂梁桥简介	127
5.1	悬臂梁桥结构类型和力学特点	127
5.1.1	悬臂梁桥结构类型	127
5.1.2	悬臂梁桥力学特点	127

5.2 悬臂梁桥一般构造和适用场合	128
5.2.1 悬臂梁桥一般构造	128
5.2.2 悬臂梁桥适用场合	130
5.3 牛腿构造特点和计算	130
5.3.1 牛腿构造特点	130
5.3.2 牛腿计算	131
思考题	133
第六章 混凝土连续体系梁桥	134
6.1 概述	134
6.2 预应力混凝土连续梁桥	134
6.2.1 力学特点及适用范围	134
6.2.2 立面布置	135
6.2.3 截面形式及尺寸	136
6.2.4 预应力钢筋构造	139
6.2.5 设计计算特点	142
6.2.6 预应力混凝土连续梁桥实例	152
6.3 预应力混凝土连续刚构桥	154
6.3.1 力学特点及适用范围	154
6.3.2 立面布置及构造特点	155
6.3.3 预应力混凝土连续刚构桥实例	157
思考题	159
第七章 梁式桥支座	160
7.1 支座的类型及布置	160
7.1.1 支座的类型	160
7.1.2 支座布置	160
7.2 支座的构造及工作原理	161
7.2.1 板式橡胶支座	161
7.2.2 聚四氟乙烯滑板式橡胶支座	162
7.2.3 盆式橡胶支座	162
7.2.4 其他支座	163
7.3 板式橡胶支座的设计计算	164
思考题	171
第八章 混凝土梁桥施工方法简介	172
8.1 现浇法	172
8.1.1 有支架就地浇筑施工法	172
8.1.2 移动式模架逐孔现浇法	174
8.2 吊机架梁法	176
8.2.1 汽车、轮胎式吊机和履带式吊机架设法	176

8.2.2	浮运架设法	176
8.2.3	龙门架架设法	177
8.2.4	架桥机架梁法	178
8.3	悬臂施工法	179
8.3.1	悬臂浇筑法	180
8.3.2	悬臂拼装法	182
8.4	顶推法	184
8.4.1	顶推法施工原理及程序	184
8.4.2	顶推施工方法及特点	184
	思考题	188
第九章	混凝土拱桥	189
9.1	概述	189
9.1.1	拱桥的基本组成及主要特点	189
9.1.2	拱桥的分类	190
9.1.3	拱桥的总体布置	192
9.2	拱桥构造	194
9.2.1	上承式拱桥构造	194
9.2.2	中、下承式拱桥构造简介	209
9.3	拱桥的计算	212
9.3.1	拱轴线的确定	213
9.3.2	拱桥内力计算	219
9.3.3	主拱验算	227
9.3.4	中、下承式钢筋混凝土拱桥吊杆及桥面系计算简述	231
9.3.5	拱轴线确定算例	231
	思考题	238
	习题	239
第十章	斜拉桥	240
10.1	概述	240
10.2	斜拉桥总体布置与构造	241
10.2.1	孔跨布置	241
10.2.2	结构体系	242
10.2.3	斜拉索	243
10.2.4	主梁	246
10.2.5	主塔	247
10.3	斜拉桥的计算分析要点	248
	思考题	250
第十一章	悬索桥	251
11.1	概述	251

11.2	悬索桥的基本类型	251
11.3	悬索桥的总体布置	252
11.4	悬索桥构造简介	254
11.5	悬索桥的静力计算理论	258
	思考题	259
第十二章	组合体系桥	260
12.1	预应力混凝土梁拱组合体系桥	260
12.1.1	引言	260
12.1.2	简支梁拱组合体系桥	262
12.1.3	悬臂梁拱组合体系桥	262
12.1.4	连续梁拱组合体系桥	263
12.2	部分斜拉桥	264
12.2.1	部分斜拉桥结构形式及构造特点	265
12.2.2	部分斜拉桥的力学特点	265
12.2.3	部分斜拉桥其他特点及适用性	265
12.3	刚构-连续组合梁桥	266
12.3.1	刚构-连续组合梁桥构造特点	266
12.3.2	刚构-连续组合梁桥的力学特性	267
12.3.3	刚构-连续组合梁桥其他特点及适用性	267
12.4	其他组合体系桥简介	267
12.4.1	桁架拱桥	267
12.4.2	刚架拱桥	268
	思考题	269
第十三章	桥梁墩台	270
13.1	桥梁墩台的构造和设计	270
13.1.1	引言	270
13.1.2	梁式桥桥墩	271
13.1.3	梁式桥桥台	277
13.1.4	拱桥桥墩	281
13.1.5	拱桥桥台	284
13.2	桥梁墩台的计算	286
13.2.1	重力式桥墩	286
13.2.2	桩柱式桥墩计算特点	297
13.2.3	柔性墩计算特点	300
13.2.4	重力式桥台计算	305
13.2.5	天然地基重力式桥墩计算示例	308
	思考题	316
附录	铰接板荷载横向分布影响线竖标表	318
	参考文献	329

第一章 总 论

1.1 概 述

1.1.1 桥梁的组成与分类

桥梁是一种具有承载能力的架空建筑物,它的主要作用是供铁路、公路、渠道、管线和人群等跨越江河、山谷或其他障碍,是交通线的重要组成部分。在公路建设中,桥梁和涵洞的造价约占公路总造价的 10%~20%。由于桥梁修建的艰巨性,因此它往往是公路工程中的关键工程。

随着科学技术的进步,桥梁设计理论和建造技术的不断发展,人们建造了许多高大的立交桥、城市高架桥及跨越江、河和海湾(或海峡)的大桥,这些巨大的实体工程常常使人们产生美的感受,激发人们的自豪感,成为人们生活环境中使人印象深刻的标志性建筑物。因此,桥梁建筑也常作为一种空间艺术结构存在于社会中。

在国防上,桥梁还是交通运输的咽喉,在需要高度快速、机动的现代战争中,它具有非常重要的地位。

1. 桥梁的组成

桥梁主要由桥跨结构(superstructure)、支座(bearing)、桥墩(pier)、桥台(abutment)和基础(foundation)等组成,如图 1.1 所示。桥跨结构也称上部结构,是跨越结构;支座的作用是支撑上部结构,并传递荷载于桥梁墩台上,保证桥跨结构具有预计的位移功能;桥墩和桥台是支承桥跨的结构,桥台又是桥梁与路堤衔接的结构物,其两侧一般做成填土或填石锥体并在表面加以铺砌,用来保证桥台与路堤很好地衔接,并保证桥头路堤的稳定;基础是将荷载传至地基的结构。通常将桥墩、桥台及基础称为下部结构。

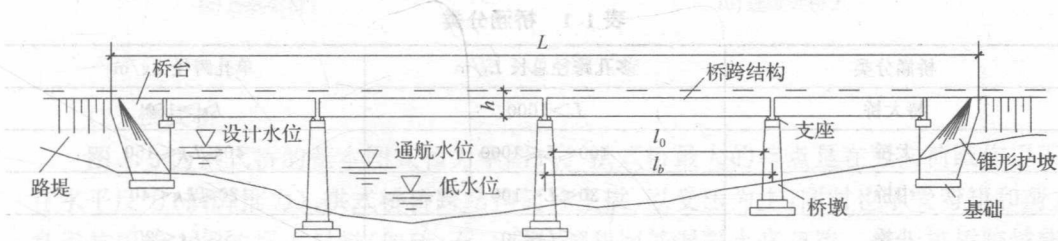


图 1.1 梁式桥概貌

此外,桥梁还有一些附属设施(accessory),包括桥面铺装、排水防水系统、栏杆(或防撞栏杆)、伸缩缝及灯光照明等。附属设施的主要作用是提高桥梁的服务功能。

图 1.1 中还标明了低水位(low water level)、高水位(high water level)、设计水位(designed flood level)和通航水位(navigable water level)。低水位是指枯水季节的最低水

位;高水位是指出现洪峰时的最高水位;设计桥梁所用的洪水位称为设计水位;在各级航道中,能保证船舶正常航行时的水位,称为通航水位。

下面介绍一些与桥梁布置有关的主要术语。

桥梁结构相邻两个支座中心之间的距离 l 称为计算跨径(computed span)。

两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘间的距离 l_b 称为标准跨径(standard span)。

对于梁式桥,两桥台侧墙或八字墙尾端间的距离(无桥台的桥梁为桥面系长度) L 称为桥梁全长(total length of bridge),简称桥长。

设计水位上相邻两个桥墩(或墩与桥台)之间的净距 l_0 称为桥梁的净跨径(clear span)。各孔净跨径的总和称为桥梁的总跨径,它反映了桥下泄洪的能力。

桥面至桥跨结构最下缘之间的高差 h 称为桥梁建筑高度(construction height of bridge)。

设计水位或设计通航水位与桥跨结构最下缘之间的高差 H 称为桥下净空高度(clearance height of span),它应能满足排洪和通航所规定的净空要求。

桥面与低水位之间的高差或桥面与桥下线路路面之间的距离称为桥梁高度(height of bridge),它在某种意义上体现了桥梁施工的难易程度。

2. 桥梁的分类

无论是从外观、使用功能、服务对象还是从结构受力特点等来看,桥梁的种类都是非常多的,为了便于区分,一般将桥梁划分为以下类型。

按用途划分,有公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农用桥、人行桥、水运桥(渡槽)和管线桥等。

按桥梁长度和跨径的不同,又分为特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞。表 1.1 为现行《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)中关于桥涵分类的规定,其中单孔跨径 L_K 反映桥梁技术的复杂程度,多孔跨径总长 L 反映桥梁建设规模的大小,符合其中一个指标即可归入相应类别。

表 1.1 桥涵分类

桥涵分类	多孔跨径总长 L_1 /m	单孔跨径 L_K /m
特大桥	$L>1000$	$L_K>150$
大桥	$100\leq L\leq 1000$	$40\leq L_K\leq 150$
中桥	$30<L<100$	$20\leq L_K<40$
小桥	$8\leq L\leq 30$	$5\leq L_K<20$
涵洞	—	$L_K<5$

注:1) 单孔跨径是指标准跨径;

2) 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长;拱式桥为两岸桥台内起拱线间的距离;其他形式桥梁为桥面系车道长度。

按梁(拱)跨结构使用的建材划分,有木桥、圬工桥(包括砖、石、混凝土桥)、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和结合梁桥。木桥一般只用于临时性桥梁。圬工桥多用于小

跨度桥($<20\text{m}$)。结合梁桥是指钢梁和混凝土桥面板共同受力的一种梁桥。

按跨越障碍的性质,通常分为跨河桥、跨线桥(立交桥)和高架桥。高架桥一般指跨越深沟峡谷以替代高路堤的桥梁,以及在城市桥梁中跨越道路的桥梁。

按上部结构的行车道位置分,有上承式、中承式和下承式桥。

按桥梁是否固定,又分为固定桥、活动桥(又称开启桥或开合桥)和浮桥。浮桥随水位升降,多为临时性桥梁。当河道两岸不允许修建较高的路堤,而桥下通航又需要保持必要的净空高度,在这种情况下,可建造活动桥。活动桥的开启方式可以是平转、立转或升降。因活动桥水陆交通互相干扰,养护又困难,只有在特殊情况下才采用。本课程只介绍固定式桥梁。

根据桥梁的受力情况,一般又分为梁式桥(beam-type bridge)、拱桥(arch bridge)、刚架桥(rigid frame bridge)、悬索桥(suspension bridge)、斜拉桥(cable-stayed bridge)和组合桥(combined system bridge)。在以后的章节中,将详细介绍有关桥型。下面简单介绍各种体系桥的特点。

(1) 梁式桥

梁式桥在竖向荷载作用下,支座只产生竖向反力,桥跨结构承受弯矩和剪力,以受弯为主。梁式桥又分为简支梁桥、连续梁桥和悬臂梁桥。图 1.2 所示为各种体系的基本图式。简支梁桥受力简单,施工方便,在小跨度桥梁中得到广泛应用。连续梁桥受力较合理,行车平顺,是大跨度桥梁常采用的桥式。将简支梁梁体加长至支点外就成为悬臂梁桥,悬臂梁桥的跨中弯矩比简支梁桥小,但构造较复杂,行车不够平顺,目前已较少采用。

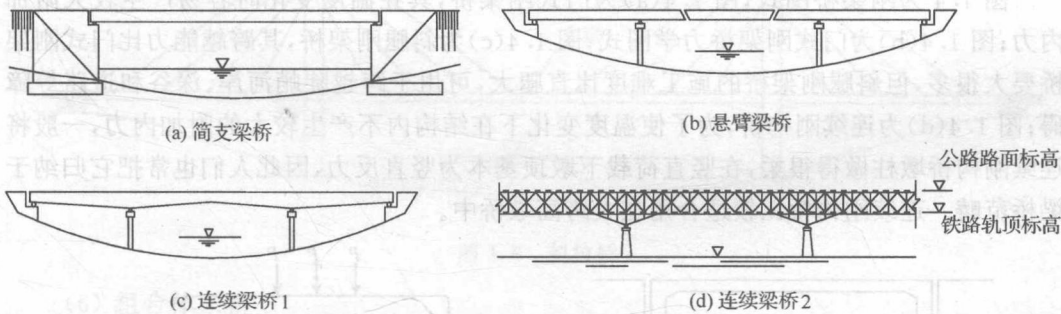


图 1.2 梁式桥

(2) 拱式桥

图 1.3 为拱式桥的基本图式和力学图式。拱式桥最大的特点是在竖向荷载作用下存在水平反力(拱脚推力)。拱式桥桥跨结构简称主拱,以受压为主,同时也承受弯矩和剪力,常用抗压能力强的圬工材料(如砖、石、混凝土)和钢筋混凝土来建造。由于拱桥跨越能力大,造型美观,在地基较好的情况下,一般在跨径 500m 以内均可作为比选方案。

图 1.3(e)为一座系杆拱桥,其水平推力由系杆承受,可用于地基不能承受较大推力的情况。系杆一般可由钢、钢筋混凝土、预应力混凝土或钢绞线索做成。

(3) 刚架桥

刚架桥是一种梁(或板)与墩台(立柱或竖墙)刚性连接成整体的结构,在竖向荷载作用下,柱脚处具有水平反力和支承弯矩。梁部主要受弯,但弯矩较同跨径的简支梁小,跨中

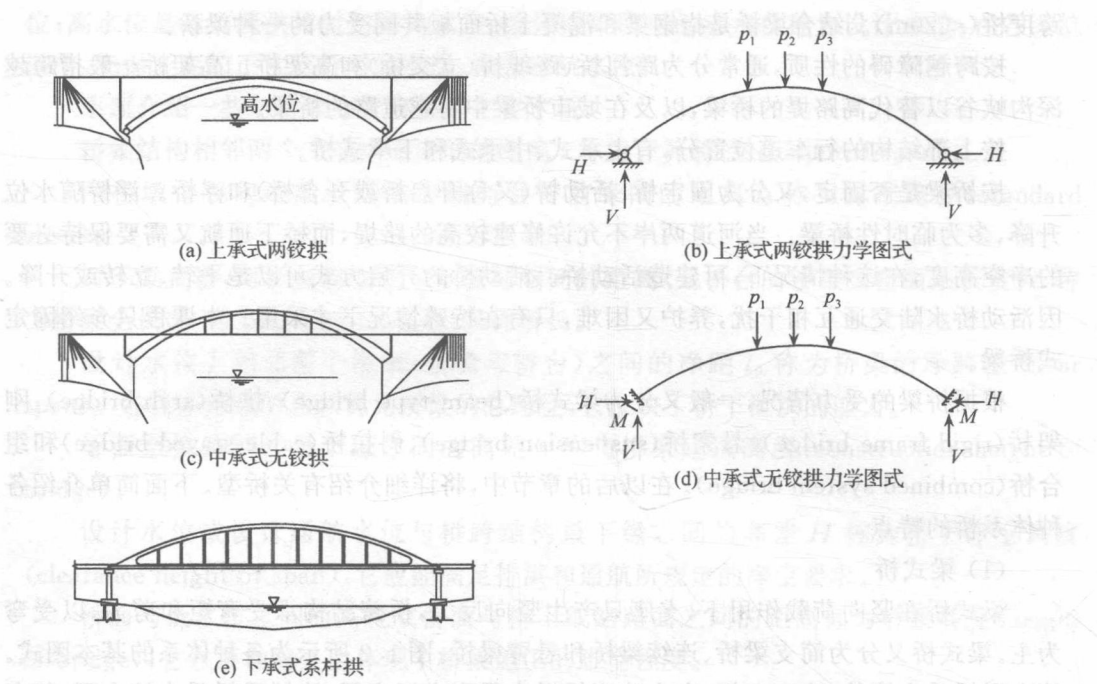


图 1.3 拱式桥

建筑高度可做得较小。普通钢筋混凝土刚架桥的梁柱刚结处，一般较容易产生裂缝。

图 1.4 为刚架桥图式，图 1.4(a)为门式刚架桥，其在温度变化时容易产生较大附加内力；图 1.4(b)为门式刚架桥力学图式；图 1.4(c)为斜腿刚架桥，其跨越能力比门式刚架桥要大很多，但斜腿刚架桥的施工难度比直腿大，可用于跨越陡峭河岸、深谷和道路等障碍；图 1.4(d)为连续刚构桥，为了使温度变化下在结构内不产生较大的附加内力，一般将连续刚构桥墩柱做得很柔，在竖直荷载下墩顶基本为竖直反力，因此人们也常把它归纳于梁桥范畴。连续刚构桥比较适合用在大跨高墩桥中。

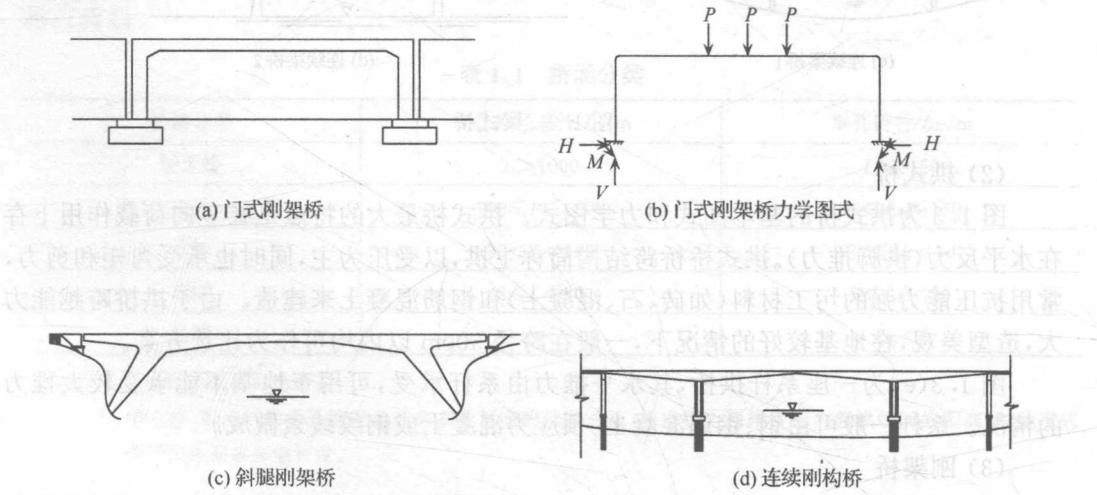


图 1.4 刚架桥

(4) 悬索桥

悬索桥又称吊桥,主要由缆索、桥塔、锚碇、吊杆和加劲梁等组成,如图 1.5 所示。缆索跨过塔顶锚固在锚碇上,是桥的承重结构。缆索上悬挂吊杆,吊着加劲梁,缆索受拉。悬索桥结构的自重较轻,跨越能力比其他桥型大,常用于建造跨越大江大河或跨海的特大桥。

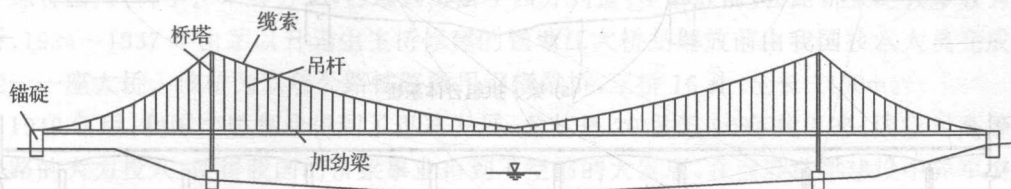


图 1.5 悬索桥

(5) 斜拉桥

斜拉桥由斜拉索、塔和主梁组成(见图 1.6),属组合体系桥梁。斜拉索一端锚在塔上,一端锚在梁上,拉索的作用相当于在主梁跨内增加若干弹性支撑,从而大大减少了梁内弯矩、梁体尺寸和梁体重量,使桥梁的跨越能力显著增强。与悬索桥相比,斜拉桥不需要笨重的锚固装置,抗风能力也优于悬索桥。

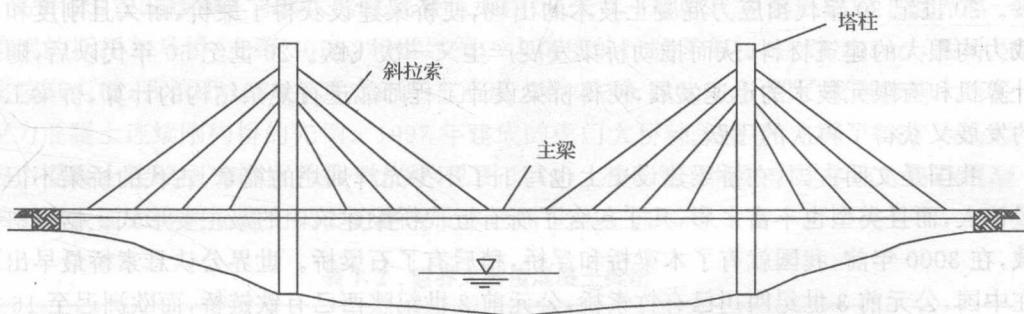


图 1.6 斜拉桥

(6) 组合体系桥

组合体系桥是由不同体系组合而成的桥梁。组合体系桥的种类很多,图 1.3(e)的系杆拱桥即为梁、拱组合体系,梁和拱共同受力,其跨越能力比一般简支梁桥大。图 1.7(a)为拱设置于梁的下方,通过立柱对梁起辅助支撑作用的组合体系桥。斜拉桥是梁、索组合体系,梁和索共同承受荷载,斜拉索使主梁像多点弹性支撑的连续梁一样工作,能跨越很大的跨径。图 1.7(b)为刚构-连续组合体系桥。刚构-连续组合体系桥是在连续刚构桥的某些墩上设置滑动支座,降低因温度变化而在结构内产生的较大附加内力,它适合很长的桥。

1.1.2 国内外桥梁建设成就与展望

1. 国内外桥梁建设成就

人们为克服自然界江、河、湖泊等出行障碍物而修建的桥梁是人类创造的最杰出建筑之一,它不仅是人类生产、生活不可缺少的实用结构物,同时也常常成为人们印象深刻的

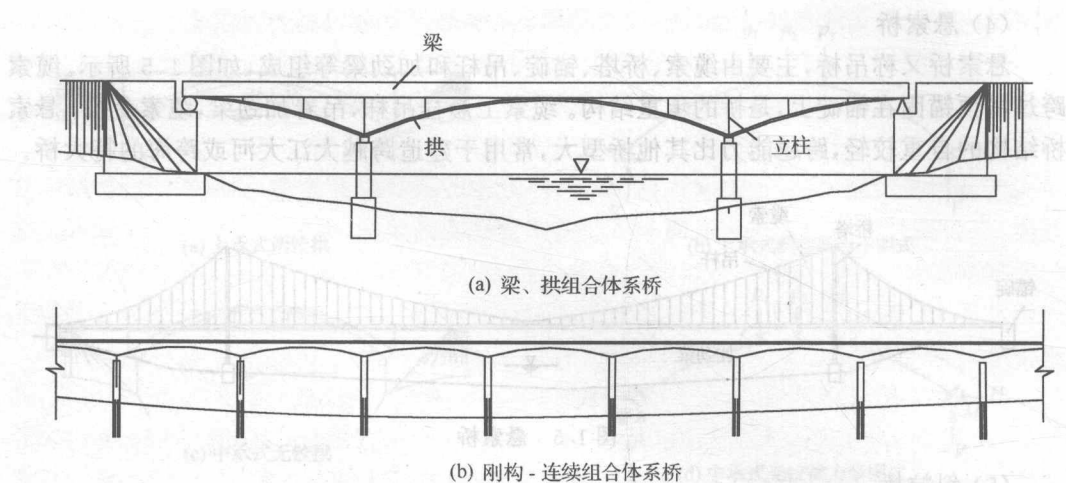


图 1.7 组合体系桥

标志性建筑物。在人类的发展史上,我们的祖先修建了大量的桥梁。早在罗马时代,欧洲的石拱桥艺术已在世界桥梁史上谱写过光辉的篇章。18 世纪的工业革命促使生产力大幅度提高,推动了工业的发展,19 世纪中叶出现了钢材,促进了桥梁建筑技术方面的空前发展。20 世纪 30 年代预应力混凝土技术的出现,使桥梁建设获得了廉价、耐久且刚度和承载力均很大的建筑材料,从而推动桥梁发展产生又一次飞跃。20 世纪 50 年代以后,随着计算机和有限元技术的迅速发展,使得桥梁设计工程师能进行复杂结构的计算,桥梁工程的发展又获得了再次的飞跃。

我国是文明古国,在桥梁建设史上也写下了不少光辉灿烂的篇章。古代的桥梁不但数量惊人,而且类型也丰富多彩,几乎包含了所有近代桥梁建筑中的最主要形式。据史料记载,在 3000 年前,我国就有了木梁桥和浮桥,稍后有了石梁桥。世界公认悬索桥最早出现在中国,公元前 3 世纪四川已有竹索桥,公元前 2 世纪陕西已有铁链桥,而欧洲迟至 16 世纪才开始建造铁链吊桥。举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥),是由石匠李春于公元 591~599 年所建造(图 1.8),它净跨 37.02m,桥面净宽 9m,拱矢高 7.23m,是世界上第一座敞肩石拱桥,像这样的敞肩石拱桥,欧洲到 19 世纪才出现,比我国晚了 1200 多年。建于 1053~1059 年的福建泉州万安桥(也称洛阳桥)是世界上现有的最长、工程最艰巨的古代桥梁(见图 1.9),原桥全长 834m,1996 年修缮后长 731.29m,共 47 孔,每孔用 7 根跨度 11.8m 的石梁组成,宽约 4.9m。该桥在基础工程上首创筏形基础,采用蛎(蚝)种在潮

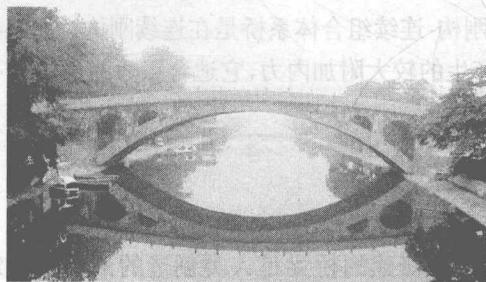


图 1.8 赵州桥

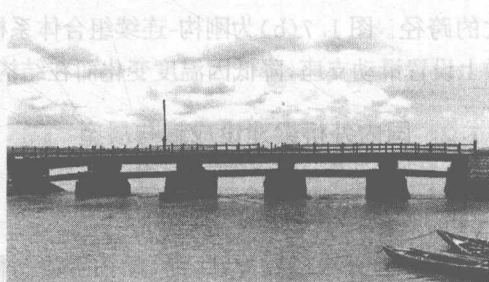


图 1.9 万安桥

水涨前的抛石基底和石砌墩身上,使胶结成整体。公元 1170~1192 年建成的广东潮州湘子桥(又称广济桥),全长 517.95m,东西浅滩部分各建一段石桥,中间深水部分以浮桥衔接。浮桥可开可合,是世界上活动桥的先导。

然而,封建制度在我国的长期统治,大大束缚了生产力的发展。进入 19 世纪以后,我国在综合国力、科学技术等方面,已远远落后于西方列强,至解放前,公路桥梁绝大多数为木桥,1934~1937 年由茅以升先生主持修建的钱塘江大桥是解放前由我国技术人员完成的唯一一座大桥。该桥为双层公路铁路两用钢桁梁桥,正桥 16 孔,全长 1400m。

1949 年后,我国交通事业得到了迅速发展,尤其是 20 世纪 90 年代以来,国家对高等级公路的大力投入,使得我国的桥梁事业得到了空前的大发展,在世界桥梁建设中异军突起,取得了举世瞩目的成就。目前,我国在大跨径桥梁方面,已经跻身于世界先进行列。

下面介绍几种主要桥梁体系中外建设的成就。

(1) 混凝土梁桥

桥梁建设中,中小跨径的桥梁占了大多数,中小跨径桥梁一般采用简支体系。在我国,跨径 30m 以下的桥多采用标准跨径。我国跨径最大的简支梁桥是 1997 年建成的昆明南过境干道高架桥,其跨径为 63m。

大跨度混凝土梁桥的主要桥型有预应力混凝土连续梁桥和预应力混凝土连续刚构桥。近年来,各国修建了许多大跨度混凝土梁桥(见表 1.2),1998 年挪威建成了世界第一大跨度的斯托尔马桥(主跨 301m)和世界第二大跨度的拉脱圣德桥(主跨 298m),两桥均为连续刚构桥。我国于 1988 年建成的广东洛溪大桥(主跨 180m),开创了我国修建大跨径预应力混凝土连续刚构桥的先例。1997 年建成的虎门大桥辅航道桥(主跨 270m)为当时预应力混凝土连续刚构桥世界第一大跨(见图 1.10)。近几年又相继建成多座大跨径混凝土梁桥。我国大跨径混凝土梁桥的建桥技术已居世界先进水平。

表 1.2 世界大跨度混凝土梁桥

排序号	桥名	主跨/m	桥址	建成年份
1	斯托尔马桥(Stolma)	301	挪威艾于斯特沃尔	1998
2	拉脱圣德桥(Raftsundet)	298	挪威洛福坦	1998
3	虎门大桥辅航道桥	270	中国广东省	1997
4	门道桥(Gateway)	260	澳大利亚布里斯班	1986
5	瓦罗德 2 号桥(Varodd-2)	260	挪威克里斯蒂安桑德	1994

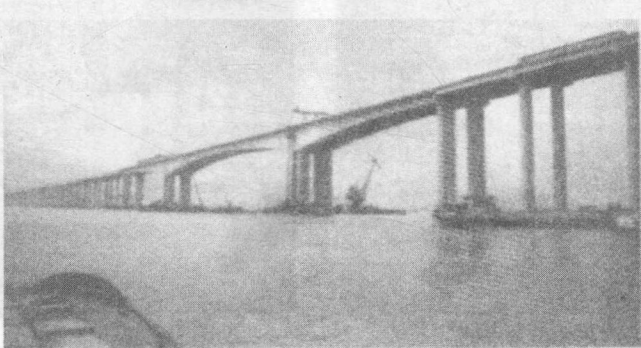


图 1.10 虎门大桥辅航道桥