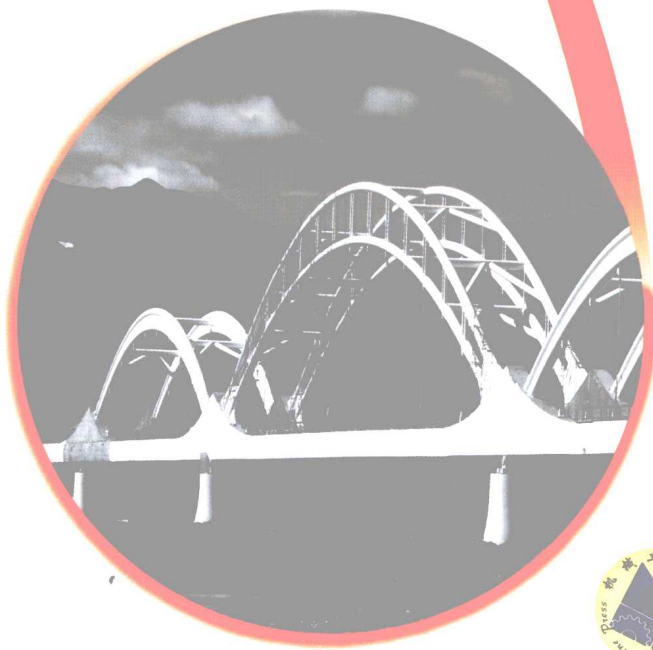




高等职业教育“十一五”规划教材

桥梁工程

马国峰 王保群 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育“十一五”规划教材

桥梁工程

主 编	马国峰	王保群	
副主编	张成华	芦 军	
参 编	赵丽荣	张俊红	高兴元
	徐向锋	龙兴灿	赵树青
	杨东升	平树江	黎 奎
主 审	米永胜		



机械工业出版社

本书为高等职业教育“十一五”规划教材,按交通部最新颁布的技术标准和技术规范编写,全书共分六篇十九章,内容包括总论、钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥的构造和设计、拱桥的构造和设计要点、桥梁墩台的构造与设计、涵洞的构造与设计、桥梁施工。

本书可作为高职高专院校道路与桥梁工程技术专业的教材,也可作为相关专业教学和职业培训教材以及公路与城市道路工程技术人员和管理人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/马国峰,王保群主编. —北京:机械工业出版社, 2007.2

高等职业教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-20880-8

I. 桥… II. ①马…②王… III. 桥梁工程—高等学校: 技术学校—教材 IV. U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 019779 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李俊玲 覃密道 责任编辑:李 莉 版式设计:霍永明
责任校对:张晓蓉 封面设计:姚 毅 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 23 印张 · 569 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-20880-8
定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379050

封面无防伪标均为盗版

高等职业教育“十一五”规划教材

(道路与桥梁、公路监理专业)

编 审 委 员 会

主任委员	孟祥林	南京交通职业技术学院
副主任委员	钟建民	山西交通职业技术学院
	罗凤姿	湖南工程职业技术学院
委 员	王保群	山东交通学院
	田 平	河北交通职业技术学院
	白淑毅	广东交通职业技术学院
	务新超	黄河水利职业技术学院
	刘 武	江西交通职业技术学院
	周志坚	福建交通职业技术学院
	周传林	南京交通职业技术学院
	林丽娟	徐州建筑职业技术学院
	胡兴福	四川建筑职业技术学院
	李俊玲	机械工业出版社(兼委员会秘书)

出版说明

自 20 世纪 90 年代开始,我国公路建设步入了持续、快速发展的轨道。截至 2004 年年底,我国高速公路通车里程已达 3.42 万 km,年增长 21.2%,全国公路通车总里程已达到 185.6 万 km。公路交通建设的发展,使社会急需大量的素质高、应用能力强、富有创新精神的复合型人才,各高等职业院校面临着向社会输送合格的公路专门人才的紧迫任务。“教书育人,教材先行”,人才的培养,离不开优秀的教材。基于此背景和要求,机械工业出版社组织全国多所交通及土建类院校编写了这套针对道路与桥梁、公路监理、高等级公路维护与管理等专业的系列教材。

本系列教材具有以下特点:

1. 贯彻了交通部发布的最新的标准规范,保证了时效性,使教学能与实际紧密结合。

2. 为突出高等职业教育的特点,本套教材的编写班子以双师型教师为主,并吸收了部分企业的技术人员参加教材的编、审工作,使教材能更贴近实际,能反映公路工程建设中最新的技术、工艺和方法。

3. 不追求教材的系统性和完整性,以够用、实用为原则,将理论知识与实际操作融为一体。基础理论知识以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学,重点培养学生的动手能力和思维方法。

4. 每本教材中都有“学时分配建议表”,供授课教师参考;每章前有“学习目标”,章后有“小结”、“思考题”、“习题(或操作实训)”,更利于学生学习和复习。

5. 以学生好学、教师上课方便为宗旨,将教学改革成果引入到教材中,并陆续配备电子教案、学习指导等,力争为一线教师提供较全面的立体化的教材。

6. 在教材内容的选取上,以三年制教学为主,也充分考虑了两年制教学的要求,可供三年制和两年制教学使用。

希望本系列教材的出版,能促进高等职业院校道路与桥梁等专业的教材建设,为培养符合市场需要的高技能人才起到积极的推动作用。

机械工业出版社

前 言

《桥梁工程》是道路与桥梁和公路与城市道路专业的一门主干专业课。本书以交通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、总体设计、公路桥梁作用、桥面及支座构造、钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥的构造和设计、超静定梁桥的构造与设计要点、拱桥的构造和设计要点、桥梁墩台的构造与设计、涵洞的构造与设计等;同时,介绍了上述结构的施工方法、施工工艺和技术;对工程中常用结构的计算和中、小跨径桥梁套用桥涵标准图的方法也作了介绍。

本书在编写过程中,力求内容深入浅出,注重学习者的技能培养和综合素质的提高,按照“理论够用为度,注重实践技术技能培养”的原则选取内容,重点介绍了桥梁结构的构造与施工技术,突出理论与实践技术技能的结合,体现职业技术教育的特色。

本书计划 132 学时,各章分配学时可参考下表。

学时分配建议表

授 课 内 容	建议学时数		
	讲 课	课 程 设 计	小 计
第一章 概 述	2		2
第二章 桥梁总体设计	4		4
第三章 公路桥梁上的作用	6		6
第四章 梁桥桥面布置与细部构造	6		6
第五章 梁桥的构造	12		12
第六章 超静定混凝土梁桥与刚架桥、斜拉桥 的构造设计要点	4		4
第七章 简支梁桥的计算	10	6	16
第八章 拱桥的构造和特点	6		6

VI 桥梁工程

(续)

授 课 内 容	建议学时数		
	讲 课	课 程 设 计	小 计
第九章 拱桥的设计要点	4		4
第十章 桥梁墩台的结构	6		6
第十一章 桥墩计算	6		6
第十二章 桥台计算	4	6	10
第十三章 涵洞构造和涵洞设计	6		6
第十四章 涵洞长度和洞口工程数量计算	4		4
第十五章 桥梁施工准备与测量	6		6
第十六章 梁式桥上部结构施工	16		16
第十七章 拱桥施工	6		6
第十八章 桥梁墩台施工	8		8
第十九章 桥梁的常备式结构与主要施工机具设备	4		4
合计	120	12	132

本书共分六个部分十九章。全书由山西交通职业技术学院马国峰、山东交通学院王保群主编，马国峰统稿，南京交通职业技术学院米永胜主审。具体编写分工为：山西交通职业技术学院马国峰编写第一、二、三、四、六章；山西交通职业技术学院赵丽荣编写第七、十三、十四章；山西交通职业技术学院张俊红编写第五、十二章；四川建筑职业技术学院张成华编写第八和九章；徐州建筑职业技术学院芦军和江苏徐州彭成大学高兴元合编第十、十一章；山东交通学院王保群编写第十五章和十六、十七章的部分内容；山东交通学院徐向锋编写第十六章的部分内容；南京交通职业技术学院龙兴灿编写第十七章的部分内容；山东交通职业技术学院赵树青和山东东营公路管理局杨东升编写第十八章的内容；山东滨州公路管理局平树江和山东交通学院黎奎编写第十九章的内容。

由于编者水平有限，书中的不妥和错误之处，敬请各位同仁、读者批评指正，在此表示衷心感谢。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一篇 总 论

第一章 概述	1	小结	16
第一节 桥梁发展概况	1	思考题	17
第二节 桥梁的组成和分类	4	第三章 公路桥梁上的作用	18
小结	9	第一节 永久作用	19
思考题	9	第二节 可变作用	20
第二章 桥梁总体设计	10	第三节 偶然作用	26
第一节 桥梁总体规划原则及其 基本设计资料	10	第四节 作用效应组合	27
第二节 桥梁纵、横断面设计和平面 布置	12	小结	28
		思考题	29

第二篇 钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥

第四章 梁桥桥面布置与细部构造	31	第六章 超静定混凝土梁桥与刚架桥、 斜拉桥的构造设计要点	76
第一节 桥面系组成与布置	31	第一节 钢筋混凝土悬臂和连续体系 梁桥的构造和设计要点	76
第二节 桥面铺装	33	第二节 预应力混凝土连续梁桥	78
第三节 桥面防水排水设施	35	第三节 混凝土刚架桥构造特点	80
第四节 桥面伸缩装置	36	第四节 预应力混凝土斜拉桥	83
第五节 人行道、栏杆与灯柱	39	小结	85
第六节 常用桥梁支座	41	思考题	86
小结	45	第七章 简支梁桥的计算	87
思考题	46	第一节 行车道板计算	87
第五章 梁桥的构造	47	第二节 主梁梁肋的计算	94
第一节 梁式桥的一般特点和分类	47	第三节 主梁内力计算	106
第二节 板桥的构造	51	第四节 套用标准图进行常用桥梁上部 结构的设计方法	109
第三节 装配式钢筋混凝土简支 梁桥的构造	59	小结	121
第四节 预应力混凝土简支梁桥	67	思考题	121
第五节 组合梁桥	72	习题	122
小结	73		
思考题	74		

第三篇 拱 桥

第八章 拱桥的构造和特点	123
第一节 拱桥的特点及适用范围	123
第二节 拱桥的组成及建筑类型	124
第三节 主拱圈的构造	127
第四节 拱上建筑的构造	138
小结	144
思考题	145
第九章 拱桥的设计要点	146
第一节 拱桥的总体布置	146

第二节 拱轴线的选择及拱上建筑 的布置	147
第三节 拱桥主要尺寸的拟定	148
第四节 等截面悬链线无铰拱的几 何性质	150
第五节 等截面圆弧无铰拱的几何性质 ..	154
第六节 拱桥上部构造体积计算	155
小结	157
思考题	157

第四篇 桥梁墩台

第十章 桥梁墩台的结构	158
第一节 概述	158
第二节 桥墩构造	159
第三节 桥台构造	166
小结	174
思考题	176
第十一章 桥墩计算	177
第一节 作用及其作用效应组合	177
第二节 重力式桥墩计算	181

第三节 桩柱式桥墩的计算	187
小结	189
思考题	189
第十二章 桥台计算	190
第一节 重力式桥台的计算	190
第二节 梁桥轻型桥台的计算	204
小结	207
思考题	208

第五篇 涵 洞

第十三章 涵洞构造和涵洞设计	209
第一节 涵洞分类	209
第二节 洞身和洞口构造	210
第三节 涵洞测设	218
小结	222
思考题	223
第十四章 涵洞长度和洞口工程	

数量计算	224
第一节 涵洞长度计算	224
第二节 洞口建筑工程数量计算	226
小结	229
思考题	229
习题	230

第六篇 桥梁施工

第十五章 桥梁施工准备与测量	231
第一节 概述	231
第二节 桥梁施工准备工作	234
第三节 桥梁施工测量	236
小结	245
思考题	246

第十六章 梁式桥上部结构施工	247
第一节 模板、支架	247
第二节 钢筋混凝土简支梁的预制工艺 ..	252
第三节 预应力混凝土简支梁桥的 制造工艺	259
第四节 装配式简支梁桥的运输和安装 ..	273

第五节 梁式桥就地浇筑法	278	第十八章 桥梁墩台施工	329
第六节 悬臂施工法	281	第一节 墩台就地砌筑(浇筑)	329
第七节 顶推施工法	297	第二节 滑动模板施工	331
第八节 移动模架逐孔施工法	301	第三节 桥头锥坡与台背回填	336
第九节 斜拉桥的施工	303	小结	337
小结	308	思考题	338
思考题	309	第十九章 桥梁的常备式结构与	
第十七章 拱桥施工	311	主要施工机具设备	339
第一节 有支架就地浇筑(砌筑)施工	311	第一节 桥梁常备式结构	339
第二节 拱桥无支架施工	318	第二节 桥梁施工主要机具设备	343
第三节 其他类型拱桥的安装	326	小结	351
小结	328	思考题	351
思考题	328	参考文献	352

第一篇 总 论

第一章 概 述

• 学习目标

1. 了解桥梁在公路交通事业中的地位和发展概况。
2. 掌握桥梁的基本组成、主要尺寸和术语名称。
3. 掌握桥梁的类型和结构体系。

• 本章重点

桥梁的基本组成、主要尺寸和术语名称。

第一节 桥梁发展概况

桥梁不仅是一个国家文化的象征,更是生产力发展和科学进步的写照。改革开放以来,随着我国国民经济迅速发展,公路建设更是以前所未有的速度向前发展,这不仅有利于经济的进一步发展,同时对促进文化交流、加强民族团结、缩小地区差异、巩固国防等都有非常重要的作用。

在公路建筑中,桥涵是公路的重要组成部分。桥梁工程一般要占公路总造价的10%~20%。就其数量来说,即使在地形不复杂的地段,每公里路线上一般也有2~3座桥涵。到2004年年底,全国公路桥梁的数量已达32万座,总长度1161.2万延米。同时桥涵施工也是保证全线通车的咽喉。因此,正确地、合理地进行桥涵设计和施工,对于加快施工进度,降低工程费用,保证工程质量和促进科学技术的发展,都有着极其重要的意义。

一、我国桥梁建设概况

我国的桥梁建筑在历史上是辉煌的,古代的桥梁不但数量惊人,类型也丰富多彩,几乎包括了近代桥梁中的最主要形式。所用的材料多是一些天然材料,如土、石、木、砖等。

根据史料记载,在3000年前的周文王时期,我国就在渭河上架设过大型浮桥。隋唐时期,是我国古代桥梁的兴盛年代,其间在桥梁形式、结构构造方面有着很多创新。宋代之后,建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能又有所提高,充分表现了我国古代工匠的智慧和艺术水平。举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥),就是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥在隋朝初年(公元605年左右)为李春所建造,是一座空腹式的圆弧形石拱桥,全桥长50.82m,净跨37.02m,宽9m,拱矢高度7.23m。在拱圈两肩各设有2个跨度不等的腹拱,这样既能减轻桥身自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。赵州桥采用纵向并列砌

筑,将主拱圈分为28圈,每圈由43块拱石组成,每块拱石重1t左右,用石灰浆砌筑。赵州桥至今仍保存完好。

在秦汉时期我国已广泛修建石梁桥。世界上现存最长、工程最艰巨的石梁桥,就是我国于公元1053~1059年在福建泉州建造的万安桥,也称洛阳桥。此桥长达800多m,共47孔,位于“波涛汹涌,水深不可址”的海口江面上。此桥以警石遍铺桥位江底,是近代筏形基础的开端,并且独具匠心用养殖海生牡蛎的方法胶固桥基,使之成为整体。万安桥的石梁共300余根,每根重20~30t,这样重的梁在当时采用“激浪以涨舟,悬机以弦牵”的方法架设,据分析就是利用潮汐的涨落控制船只的高低位置,这也是现代浮运架桥的原始雏形。

我国是最早有吊桥的国家,迄今至少有3000年左右的历史。据记载,到唐朝中期,我国就从藤索、竹索发展到用铁链建造吊桥。至今尚保留下来的有4处,如泸定县的大渡泸定铁索桥(1706年)以及灌县的安澜竹索桥(1803年)等。泸定铁索桥跨长约100m,宽约2.8m,由13条锚固于两岸的铁链组成,1935年中国工农红军长征途中曾强渡此桥,由此更加闻名。

新中国成立后,我国的公路建设事业突飞猛进,桥梁建设取得了巨大的成就。

1957年,第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成,结束了我国万里长江无桥的状况,标志我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到新的起点。大桥的正桥为三联 $3\times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,下层双线铁路,上层公路桥面宽18m,两侧各设2.25m宽的人行道,包括引桥在内,全桥总长1670.4m。1968年我国又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥,这是我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强度钢材的现代化大型桥梁。该桥上层为公路桥,下层为双线铁路,包括引桥在内,铁路桥梁全长6772m,公路桥梁全长为4589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,大桥桥墩基础的施工非常困难。南京长江大桥的建成,显示出我国的桥梁技术已达到了世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

从拱桥的发展进程来看,我国因地制宜,就地取材,修建了大量经济美观的石拱桥。目前世界跨度最大的石拱桥是于1999年底建成的跨度为146m的山西丹河新桥。世界跨度最大的混凝土拱桥是于1997年建成的重庆万县长江大桥,跨度为420m,其主拱圈是采用钢管混凝土劲性骨架法施工的。世界跨度最大的钢箱拱桥是上海的卢浦大桥,主跨为550m。世界跨度最大的钢管混凝土拱桥是巫山长江大桥,主跨为460m。

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥在我国也获得了很大的发展。中小跨径(跨径在5~25m)的梁桥已广泛采用配置低合金钢筋的装配式钢筋混凝土板式或肋板式梁式的标准化设计。标准化设计不但经济适用,并且施工方便,能加快建桥速度。我国装配式预应力混凝土简支梁桥的标准化设计,跨径达40m。1976年建成了洛阳黄河公路大桥,跨径为50m,全长达3.4km。1997年建成的主跨为270m的虎门大桥辅航道桥是中国跨度最大的预应力混凝土梁桥,跨度排名世界第三位。

斜拉桥由于其结构合理,跨越能力大,用材指标低和外形美观等优点发展迅速,目前我国主跨超过600m的斜拉桥有4座。已建成的南京长江二桥,为主跨628m的钢箱梁;武汉白沙洲长江大桥,为主跨618m的混合梁;福建青州闽江大桥,其主跨为605m;1993年建成的上海杨浦大桥,主跨为602m,闽江大桥和杨浦大桥均为钢-混凝土组合梁。这四座斜拉桥的跨度目前在世界上分别列在第四、五、六和第七位。正在建设中的苏通长江大桥主桥采用主跨1088m双塔双索面钢箱梁,建成后将成为世界跨度最大的斜拉桥。

悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的。我国于1999年9月建成通车的江阴长江大

桥,主跨 1385m,是中国第一座跨度超过千米的钢箱梁悬索桥,世界排名第五。该桥在沉井、地下连接墙、锚碇、挂索等工程施工中创造的经验,推动了我国悬索桥施工技术的进一步发展。2005 年建成通车的润阳长江大桥,主跨 1490m,是我国跨度最大的悬索桥,世界排名第三。我国香港的青马大桥,全长 2160m,主跨 1377m,为公路铁路两用双层悬索桥,是香港 21 世纪标志性建筑。它把传统的造桥技术提升至极高的水平,宏伟的结构令世人赞叹,在世界 171 项工程大赛中荣获“建筑业奥斯卡奖”。

21 世纪初,我国的交通事业和桥梁建设出现了一个全新的时期,突出体现在高速公路网建设和国道系统的畅通以及桥梁技术、桥型、跨越能力和施工管理水平的提升。截止到 2004 年底,我国公路总里程已达 187.2 万公里,高速公路里程达 3.42 万公里,每百平方公里密度达到 21.67km。目前,一个干支衔接、布局合理、四通八达的公路网已初步形成,公路交通对国民经济发展的“瓶颈”制约状况得到有效缓解。所以,我们应不断努力,不断吸取国内外桥梁建设的先进技术和有益经验,为我国的桥梁建设做出更大的贡献。

二、国外桥梁建设概况

纵观世界桥梁建筑发展的历史,与社会生产力的进步,工业水平的提高,施工技术的改进,数学、力学理论的发展,计算机技术的革新等方面都有关系。其中与建筑材料的改良最为密切。

17 世纪中期以前,建筑材料基本上只限于土、石、砖、木等材料,采用的结构也较简单。

17 世纪 70 年代开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁与房屋,由于这些材料的本身缺陷,使土木工程的发展仍然受到限制。

19 世纪中期,钢材的出现使得钢结构得到了蓬勃发展,开始了土木工程的第一次飞跃。

20 世纪初,钢筋混凝土的广泛应用,以及随后预应力混凝土的诞生,实现了土木工程的第二次飞跃。

从以上可看出资本主义时代,工业革命促使生产力大幅度增长,从而促进了桥梁建筑技术方面空前的发展。

下面是世界各国的典型桥例,从中可看出其现状和发展概况。

1998 年 4 月竣工的日本明石海峡大桥是日本神户和濑户内海中大岛淡路岛之间的明石海峡上的一座大跨径悬索桥,主跨径为 1991m,为当前世界同类桥梁之首,其桥塔高度也为世界之冠。两桥塔矗立于海面以上约 300m。桥塔下基岩为花岗岩,但埋置很深,均在海平面 150m 以下。

加拿大的安纳西斯桥是世界上较大的斜拉桥,于 1986 年建成,主跨 465m,桥宽 32m。桥塔采用钢筋混凝土结构,塔高 154.3m,主梁采用混凝土桥面板与钢梁组合结构。日本多多罗桥于 1998 年竣工,是目前跨径最大的斜拉桥,主跨径为 890m。

1977 年建成的奥地利的阿尔姆桥,主跨为 76m,是世界上最大的预应力混凝土简支梁桥。加拿大的魁北克桥是世界跨度最大的悬臂桁架梁桥,桥的主跨为 548.6m,桥全长为 853.6m。

世界上最长的拱、梁组合钢桥是美国的弗莱蒙特(Fremont)桥。这是三跨连续加劲拱桥,主跨 382.6m,双层桥面。该桥主跨中央 275.2m 的结构部分重约 6000t,采用一次提升架设。

世界最高、最长的大桥——法国米约大桥于 2004 年 12 月正式投入使用。法国人希望这座像是一连串惊叹号组成的恢弘建筑能够成为另一座“埃菲尔铁塔”，让全世界叹为观止。这座有史以来最高的桥梁也是连接巴黎、郎格多克以及西班牙巴塞罗那的高速公路的重要组成部分。米约大桥的设计者是英国著名的建筑师福斯特爵士，桥的最高点比埃菲尔铁塔还高 18m。米约桥就像三座斜拉桥，由 7 根巨型塔柱紧紧连接起来，在两个高原上绵延曲折 2.4km。

纵观大跨度桥梁的发展趋势，可以看到世界桥梁工程必将迎来更大规模的建设高潮，同时对桥梁技术的发展提出了更新的要求。

(1) 大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展。研究大跨度桥梁在气动、地震和行车动力作用下，结构的安全和稳定性，将截面做成适应气动要求的各种流线形加劲梁，增大特大跨度桥梁的刚度；采用以斜缆为主的空间网状承重体系；采用悬索加斜拉的混合体系；采用轻型而刚度大的复合材料做加劲梁，采用自重轻、强度高的碳纤维材料做主缆。

(2) 新材料的开发和应用。新材料应具有高强、高弹性模量、轻质的特点，研究超高强硅烷和聚合物混凝土、高强双相钢丝钢纤维增强混凝土、纤维塑料等一系列材料取代目前桥梁用的钢和混凝土。

(3) 在设计阶段采用高度发展的计算机辅助手段，进行有效的快速优化和仿真分析，运用智能化制造系统在工厂生产部件，利用 GPS 和遥控技术控制桥梁施工。

(4) 大型深水基础工程。目前世界桥梁基础尚未超过 100m 深海基础工程，下一步需进行 100~300m 深海基础的实践。

(5) 桥梁建成交付使用后，将通过自动监测和管理系统保证桥梁的安全和正常运行，一旦发生故障或损伤，将自动报告损伤部位和养护对策。

(6) 重视桥梁美学及环境保护。桥梁是人类最杰出的建筑之一，闻名遐迩的美国旧金山金门大桥、澳大利亚悉尼港桥、英国伦敦桥、日本明石海峡大桥、中国上海杨浦大桥、南京长江二桥、香港青马大桥，这些著名大桥都是一件件宝贵的空间艺术品，成为陆地、江河、海洋和天空的景观，成为城市标志性建筑。宏伟壮观的澳大利亚悉尼港桥与现代化、别具一格的悉尼歌剧院融为一体，成为今日悉尼的象征。因此，21 世纪的桥梁结构必将更加重视建筑艺术造型，重视桥梁美学和景观设计，重视环境保护，达到人文景观同环境景观的完美结合。

在 20 世纪桥梁工程大发展的基础上，描绘 21 世纪的宏伟蓝图，桥梁建设技术将有更大、更新的发展。

第二节 桥梁的组成和分类

一、桥梁的组成

图 1-1 和图 1-2 分别是公路上所用的梁桥及拱桥的结构图示。从图中可见，一般桥梁通常是由上部结构和下部结构构成。

上部结构，又称为桥跨结构，包括承重结构和桥面系，是路线遇到障碍（如河流、山谷等）而中断时跨越障碍的建筑物。它的作用是承受车辆荷载，并通过支座传给墩台。

桥墩和桥台为下部结构是支承桥跨结构并将结构重力和车辆荷载等作用传至地基土层的

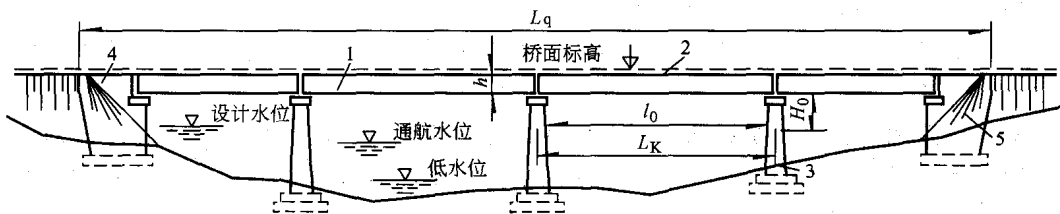


图 1-1 梁桥的基本组成

1—主梁 2—桥面 3—桥墩 4—桥台 5—锥形护坡

建筑物。通常设置在桥两端的称为桥台，它除了上述作用外，还与路堤相衔接，以抵御路堤土侧压力，防止路堤填土的滑坡和坍落。桥墩和桥台使全部作用效应传至地基的底部奠基部分，通常称为基础。它是确保桥梁能安全使用的关键。由于基础往往深埋于土层之中，并且需在水下施工，故也是桥梁建筑中施工比较困难的部分。

梁桥中在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置，称为支座，它不仅要传递很大的作用效应，并且要保证桥跨结构能产生一定的位移。

在路堤与桥台衔接处，一般还在桥台两侧设置砌筑的锥形护坡，以保证路堤迎水部分边坡的稳定。

在桥梁建筑工程中，除了上述基本结构外，根据需要还常常修筑护岸、导流结构物等附属工程。

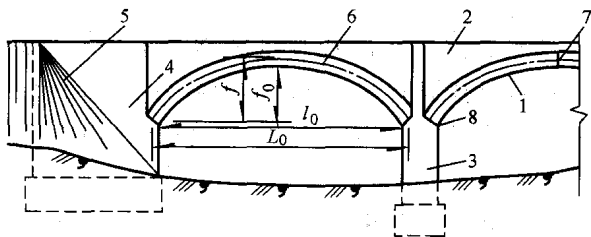


图 1-2 拱桥的基本组成

1—拱圈 2—拱上建筑 3—桥墩 4—桥台 5—锥形护坡
6—拱轴线 7—拱顶 8—拱脚

二、桥梁的主要尺寸和术语名称

河流中的水位是变动的，在枯水季节的最低水位称为低水位；洪峰季节河流中的最高水位称为高水位。桥梁设计中按规定的设计洪水频率计算所得的高水位，称为设计洪水位。对于通航河道，尚需确定通航水位(设计通航水位)。通航水位包括设计最高通航水位和设计最低通航水位，是各级航道代表性船舶对正常运行的航道维护管理和有关工程建筑物的水位设计依据。

净跨径对于梁式桥是设计洪水位上相邻两个桥墩(或桥台)之间的净距，用 l_0 表示(图 1-1)；对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离(图 1-2)。

计算跨径对于有支座的梁桥，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离，用 L_0 表示。对于图 1-2 所示的拱式桥，是两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。因为拱圈(或拱肋)各截面形心点的连线称为拱轴线，故也就是拱轴线两端点之间的水平距离。桥跨结构的力学计算是以 L_0 为基准的。

标准跨径 L_k 为梁式桥、板式桥以两桥墩中线间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘间的距离；拱桥和涵洞为净跨径。根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)规定，当标准设计或新建桥涵的跨径在 50m 及以下时，宜采用标准跨径。桥涵标准跨径为 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。

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

桥梁全长简称桥长，为桥梁两岸桥台侧墙或八字墙尾端间的距离，用 L 表示。对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。在一条线路中，桥梁和涵洞总长的比重反映它们在整段线路建设中的重要程度。

桥梁高度简称桥高，是指桥面与低水位之间的高差，或为桥面与桥下线路路面之间的距离，用 H 表示。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

桥下净空高度是设计洪水位或设计通航水位至桥跨结构最下缘之间垂直距离，以 H_0 表示，它应保证能安全排泄洪，并不得小于该河流通航所规定的最小净空高度。

建筑高度是桥上行车路面(或轨顶)标高至桥跨结构最下缘之间的距离，用 h 表示。容许建筑高度指公路(或铁路)定线中所确定的桥面(或轨顶)标高，对通航净空顶部标高之差。

拱桥矢高和矢跨比从拱顶截面下缘至过起拱线的水平线间的垂直距离，称为净矢高(f_0)；从拱顶截面重心至过拱脚截面重心的水平线间的垂直距离，称为计算矢高(f)，计算矢高与计算跨径之比(f/L_0)，称为拱圈的矢跨比(或称拱矢度)。

三、桥梁的分类

(一) 桥梁的基本体系

桥梁结构的基本体系包括梁式、拱式、悬吊式、刚架与组合体系。

1. 梁式体系

梁式体系是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，梁作为承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。梁分简支梁、连续梁、悬臂梁和固端梁等，如图 1-3 所示。

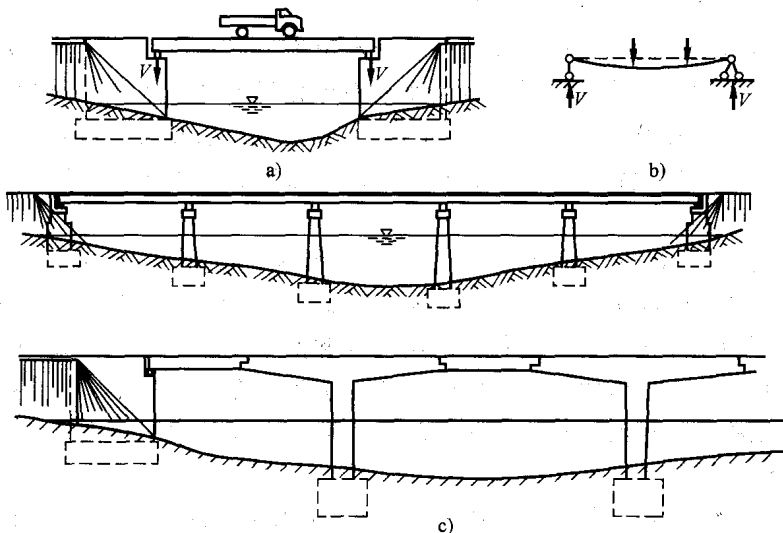


图 1-3 梁式桥

a) 简支梁桥 b) 连续梁桥 c) 悬臂梁桥

2. 拱式体系

拱式体系的主要承重结构是拱肋(或拱圈), 在竖向荷载作用下, 拱圈主要承受压力, 但也承受弯矩, 可采用抗压能力强的圬土材料来修建。墩台除受竖向压力和弯矩外, 还承受水平推力, 如图 1-4 所示。

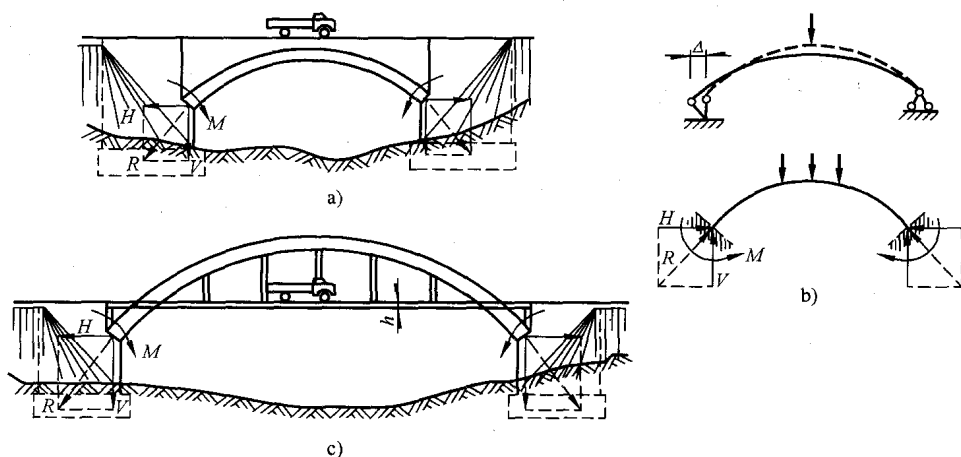


图 1-4 拱式桥

a) 上承式 b) 受力简图 c) 中承式

3. 刚架桥

刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系, 它是由受弯的上部梁(或板)结构与承压的下部墩(或桩柱)体结合在一起的结构。由于梁与柱的刚性连续, 梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用, 整个体系是压弯结构, 也是推力结构。刚架分直腿刚架与斜腿刚架。

刚架的桥下净空比拱桥大, 在同样净空要求下可修建较小的跨径, 如图 1-5 所示。

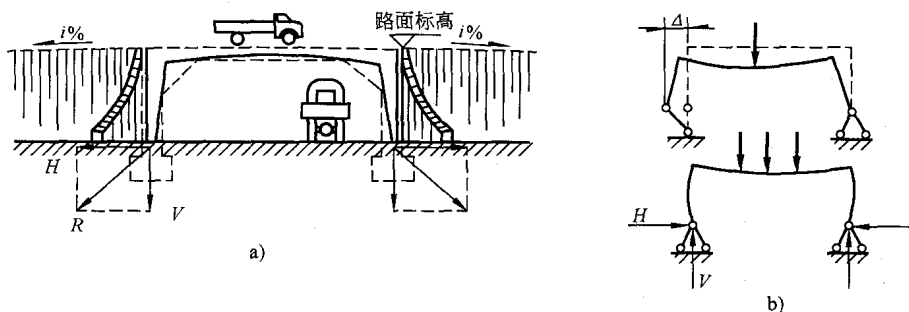


图 1-5 刚架桥

a) 刚架桥 b) 受力简图

4. 悬索桥

传统的悬索桥均用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构。在竖向荷载作用下, 通过吊杆使缆索承受很大的拉力, 通常都需要在两岸桥台的后方修筑非常巨大的锚碇结构(图 1-6)。悬索桥也是具有水平反力(拉力)的结构。悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的, 但结构的刚度差, 整个悬索桥的发展历史也是争取刚度的历史。

5. 组合体系