



高等职业教育
道路桥梁工程专业教学资源库



国家级精品课程配套教材
高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材



桥梁上部 施工技术

主编 满洪高 秦 溱

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

国家级精品课程
高等职业教育专业教学资源库



国家级精品课程配套教材
高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

桥梁上部施工技术

Qiaoliang Shangbu Shigong Jishu

主 编 满洪高 秦 溱
副主编 金 鑫 王伟宏 赵付安
主 审 林玉森 赵方刚



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS · BEIJING

内容提要

本书是高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库建设项目规划教材,国家级精品课程“桥梁工程”的配套教材。

本书在介绍桥梁基本知识和桥梁施工基本作业的基础上,主要讲述各种桥梁的构造和施工过程。教材内容编排以适度、够用为原则,围绕桥梁上部工程施工内容编写了7个部分。主要内容包括:桥梁的基本知识、桥梁施工基本作业、简支梁桥制造与架设、连续梁与连续刚构桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等。

本书可作为高职高专院校的道路桥梁工程技术、工程造价、工程测量、工程监理、铁道工程技术、城市轨道交通、隧道与地下工程、高等级公路维护与管理等专业的教学用书,以及相关专业的继续教育和职业培训教材,亦可供公路工程相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁上部施工技术 / 满洪高, 秦溱主编. —北京: 高等教育出版社, 2012. 6

ISBN 978 - 7 - 04 - 035388 - 4

I. ①桥… II. ①满…②秦… III. ①桥梁结构 - 上部结构 - 桥梁施工 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 068752 号

策划编辑 毛红斌 责任编辑 毛红斌 封面设计 于涛 版式设计 于婕
插图绘制 尹莉 责任校对 刁丽丽 责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	高等教育出版社印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	19.5	版 次	2012 年 6 月第 1 版
字 数	480 千字	印 次	2012 年 6 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	30.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 35388 - 00

高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库建设项目 规划教材编写委员会

顾 问:王秉纲

主任委员:张亚军

委 员(按姓氏笔画排序):

万姜林	万 涛	于国锋	孔七一	王永福	王 彤	王家福
务新超	左宜军	田 文	田景贵	刘正发	刘 志	延西利
朱芳芳	阮志刚	张征文	李全文	李连红	杨转运	杨金华
陆 勇	陈小雄	陈方晔	陈宝军	陈湘青	单光炎	欧阳伟
罗建华	罗 筠	金仲秋	虎良燕	柳俊杰	段东旭	胡拔香
荀家正	费秉胜	赵树青	唐杰军	徐建虎	晏 杉	秦 溱
盛 湧	彭富强	满洪高	谭建岭			

联合建设院校:

辽宁省交通高等专科学校

云南交通职业技术学院

四川交通职业技术学院

贵州交通职业技术学院

湖南交通职业技术学院

湖北交通职业技术学院

浙江交通职业技术学院

青海交通职业技术学院

山东交通职业学院

四川建筑职业技术学院

石家庄铁路职业技术学院

陕西铁路工程职业技术学院

杨凌职业技术学院

黄河水利职业技术学院

广西建设职业技术学院

联合建设企业：

中国交通建设集团有限公司

中铁隧道集团有限公司

中铁十三局集团有限公司

中铁十九局集团有限公司

辽宁省路桥建设集团有限公司

云南阳光道桥股份有限公司

湖南路桥建设集团

贵州省公路桥梁工程总公司

浙江省交通工程建设集团

大连公路工程集团

序

高等职业院校专业教学资源库建设项目是国家教育部重点项目,项目建设的目标是为了进一步促进专业教学改革、提高教学质量,是扩大国家示范高职院校建设成果辐射效应和服务全国高职战线的有效途径。

按照《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)及《教育部关于确定高等职业教育专业教学资源库2010年度立项建设项目的通知》(教高函[2010]9号)精神,道路桥梁工程技术专业于2009年9月联合全国15家国家级及省级示范院校与10多家优秀企业,在交通运输部科教司、交通职业教育教学指导委员会和高等学校路桥交通工程教学指导委员会的指导下,集合大批骨干教师及企业一线技术骨干,经过三年大量的组织建设,建立了以学生、教师、企业、社会为服务对象的具有普适性、代表性、先进性和可持续发展性的资源共享平台。

资源平台围绕公路桥梁建设需求,以课程为主线系统地开发了专业建设中心、课程中心、资源中心、案例中心、虚拟实训、培训中心、考评中心、就业平台、交流平台和专业展示平台。实现了“大容量、无限制、共享型”等特色,目前已在全国范围内推广使用,为推动专业教学改革,提高专业人才的培养质量,提升高等职业教育的社会服务能力,促进高等职业教育信息化,促进职业教育教学方法与手段的改革都起到了一定的积极作用。

道路桥梁工程技术专业规划教材是在高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库建设的基础上,以公路建设为主线,以专业人才培养所应具备的“工程勘察与路桥设计能力”、“工程概算与招投标能力”、“材料试验与检测能力”、“道桥工程施工与组织能力”、“质量验收与评定能力”五个能力为目标,按公路建设的过程对原有的课程体系进行重新构建,在充分调查研究的基础上,校企共同合作,共同开发了“路面工程施工”、“桥梁下部施工技术”等14门专业课程。课程的开发紧密结合道路桥梁工程建设所需,按工程建设阶段及岗位能力的需求进行内容的设计与整合,突出了职业能力与工作岗位相结合的知识要点,突出了学生主体、教师引导的教学理念,建立了与道路桥梁工程技术专业资源库相对应的课程内容,并在学生全面发展及可持续发展等方面增加了相应篇幅,教材编写的目标是为了实现学生主动学习、积极学习和兴趣学习。

本套教材是高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库建设项目的重要成果之一,是项目化课程得以实施的重要支撑,也是未来实现立体化资源教材的基础。多年来,项目组深入开展关于教学改革、课程开发、资源建设、资源应用的各类调查和研究,集合全国教学骨干力量和企业技术核心组成教材编写委员会,在整合各类优质核心资源的基础上,按照课程体系的开发思路,打破传统教材的束缚,将岗位核心能力培养、素质拓展作为教材编写的统一逻辑主线,实现“技能”和“知识”并轨,“运用”与“学习”结合,注重实用、易用易懂,配套资源平台,有效支撑专



业项目化课程教学、网络教学、岗位培训、技能鉴定辅导等资源的同步应用,主要表现为以下几点鲜明的特色。

(1) 突出岗位核心技术的实用性。整套教材是在对行业广泛调研、企业全程参与的课程开发与资源库建设的基础上孕育而生的新型教材,区别于传统教材。我们确立了岗位核心能力培养、素质拓展的教材编写主线,从岗位核心技能入手,突出专业化与岗位技术应用相适应,明确了人才培养的方向性,更加适应于高职技术教育改革的教學理念。

(2) 注重技能培养的学用性。技术教育不同于学术教育,关键在于技术能力的掌握和运用,脱离了生产和实践,技能变得抽象和不易掌握。就技能培养而言,基于工作过程开发的配套课程教材更注重学习者的认知逻辑和学习效能,用浅显生动的语言描述配以丰富的图片展示,加之教材内容的组织考虑了知识、技能的相关性和逻辑性,使学习者学习轻松、运用自如。

(3) 融合丰富资源打造立体化教材。资源库建立与教材编写同步,资源相互借鉴、互为补充,教材和资源配套使用,与资源库课程中心对接,对教与学双向辅助,从而有效地保证了学习者在学习过程中进行资源的检索和运用,将未来以学习者为主体的技术教育变为现实,打造立体化电子教材,将学习变得轻松、简单、有趣。

(4) 教材的实用性满足后续化运用。本套教材的编写紧跟生产技术一线,大量引入工程案例,符合行业标准和技术规范,融合新技术、新工艺,再现真实工作环境下的岗位核心技能,可作为企业岗位培训和职业技能鉴定的主要参考,其较强的实践指导性将成为学生工作阶段技能提升的首选参考用书。

(5) 关注使用者的学习心理,提升学习效能。在编写过程中我们更多的是关注使用者的学习心理,传统教材的编写模式使学习者在长篇阅读中较难抓住重点,容易产生逻辑模糊、技能模糊,学习失去兴趣,因此我们在教材的结构形式上做了大胆尝试和创新。本套教材不仅装帧精美、图文并茂,教材中还引入了大量的工程案例,并以引入思考和重点技能辅助等形式展现教材的阅读魅力和指导价值。

我们架桥修路之人讲求的是国际化的专业技术标准和铺路石的精神,研究的是如何开拓更为广阔的交通建设天地,完成的是国家宏伟蓝图的基础建设,承担的是祖国繁荣富强的使命!多年来我们孜孜以求,不断努力,不仅遵从实用、可靠,我们更希望将职教魅力和企业文化也融合到我们的教材建设中来,开辟一条高等职业教育改革的特色之路、成功之路!

高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库建设项目组

2011年6月

前 言

“桥梁上部施工技术”是道路桥梁工程技术专业、铁道工程技术专业及其他交通类专业的一门重要专业课。本教材基于高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学资源库及国家级精品课程“桥梁工程”的大量资源和先进教学理念,结合高等职业教育培养高端技能型人才的特点,按照国家对高职高专学生的培养要求编写。

本教材主要讲述桥梁工程的基本理论、基本构造、主要施工方法。每章以一种桥型或桥梁中一种相对独立部分的构造、设计、施工为主要内容,便于开展项目教学;突出实用性,摒弃了传统教材重理论轻实践的学科型编写模式,紧密结合国家现行新规范与技术标准的同时,保留传统实用技能的推广,并穿插新工艺、新技术;辅以国家级精品课程和专业教学资源库中大量的工程案例、图片、动画、视频,有效实现“教、学、做”一体化。相关的资源链接可登录道路桥梁工程技术专业教学资源中心(www.cchve.com.cn)进行学习。同时,在书中相应的位置都做了标注,如:



动画链接:简支梁钢筋骨架。

参考学时(推荐)如下表所示。

参考学时(推荐)分配表

序号	授课内容	学时分配		
		小计	讲课	实践
1	桥梁的基本知识	10	8	2
2	桥梁施工基本作业	12	8	4
3	简支梁桥制造与架设	16	8	8
4	连续梁与连续刚构桥	14	10	4
5	拱桥	12	8	4
6	斜拉桥	8	6	2
7	悬索桥	6	4	2
8	机动	2	2	
合计		80	54	26

桥梁工程实践教学尽可能安排在学校周围的桥梁工地,如果不能够到现场,可以在学校实训



室参观或做模型,模拟施工过程。课时不足时,教材内容可选择讲授。

参加本书编写工作的有:满洪高(第1章、第6章);秦溱(第2章,第4章第4.1、4.2节),尹雪倩(第3章第3.1、3.2节,第4章第4.3节);李胜(第5章第5.1、5.2节),金鑫(第3章第3.3节,第4章第4.4节,第7章第7.1节);赵付安(第4章第4.5节,第7章第7.2、7.3节);王卫宏(第4章第4.6节,第5章第5.3、5.4节)。全书由满洪高统稿,满洪高、秦溱任主编,金鑫、王卫宏、赵付安任副主编。林玉森博士和赵方刚高级工程师审阅了全书,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。同时,衷心感谢在教学资源库建设及教材编写中给予关心和帮助的领导及专家!

由于编者水平所限,错误与不妥之处在所难免,敬请批评指正。

编者

2012年2月

目 录

开篇	1	4.4 悬臂施工法	153
第 1 章 桥梁的基本知识	2	4.5 顶推施工法	175
1.1 桥梁的组成与分类	2	4.6 刚架桥	183
1.2 桥梁的设计荷载(作用)	8	思考与练习	194
1.3 桥面构造	17	第 5 章 拱桥	196
思考与练习	27	5.1 概述	196
第 2 章 桥梁施工基本作业	28	5.2 拱桥构造	203
2.1 钢筋工程	28	5.3 有支架施工	223
2.2 支架工程	37	5.4 无支架施工	231
2.3 模板工程	48	思考与练习	250
2.4 混凝土工程	58	第 6 章 斜拉桥	252
2.5 构件吊装	69	6.1 概述	252
思考与练习	74	6.2 斜拉桥的构造	259
第 3 章 简支梁桥制造与架设	75	6.3 斜拉桥的施工	272
3.1 简支梁桥的构造	75	思考与练习	282
3.2 简支梁桥的施工工艺	96	第 7 章 悬索桥	283
3.3 简支梁桥的架设	117	7.1 悬索桥的历史与发展	283
思考与练习	128	7.2 悬索桥的构造	286
第 4 章 连续梁与连续刚构桥	129	7.3 悬索桥的施工特点与施工控制	293
4.1 预应力混凝土连续梁桥概述	129	思考与练习	300
4.2 连续梁支架施工法	139	主要参考文献	301
4.3 逐孔施工法	143		

开篇

跨越障碍的通道称为桥或桥梁。

从对天然桥的利用到人工造桥,这是一个历史的飞跃。从简单的独木桥到今天的钢铁大桥;从单一的梁桥到浮桥、缆索支撑体系桥、拱桥等;建桥的材料从以木料为主,到以石料为主,再到以钢铁和钢筋混凝土为主,这是一个非常漫长的发展过程。其中,中国桥梁建筑取得了惊人的成就。

我国古代劳动人民创造的文明源远流长,在桥梁建设方面也成就斐然。以河北赵州桥、福建泉州洛阳桥、北京卢沟桥等为代表的我国古代桥梁,是我国珍贵的文化遗产,无论是其造型艺术、工程技巧、文化蕴涵还是人文景观,都在世界上占有极高的地位。

桥梁,常常是一个城市或一个国家和地区的名片与象征。无论是泰晤士河上典雅的伦敦塔桥、美国纽约布鲁克林桥和旧金山金门大桥,还是与悉尼歌剧院相得益彰的悉尼海港桥,都代表了那个时代人们对生活的激情和征服自然的能力。“一桥飞架南北,天堑变通途”,武汉长江大桥的建成,实现了多少代中国人的梦想,从此揭开了新中国光辉灿烂的桥梁建设历史篇章。

就功能而言,桥梁往往是交通线路的一个局部;就美观而言,桥梁也只是其周围大环境中的一个局部;而在技术科学领域,桥梁工程相对于土木工程或其他学科领域,更是其一个很小的局部。但是,在实际工程中,桥梁往往是重要的工程难点。

改革开放三十多年来,中国的桥梁建设者呕心沥血、锐意进取、无私奉献,不断刷新国内纪录与世界纪录。杭州湾跨海大桥、苏通长江大桥、重庆朝天门大桥、舟山连岛西堠门大桥、武汉天兴洲大桥和南京大胜关大桥等一系列桥梁,在长度、跨度、主塔高度、基础复杂程度和工程规模方面所创造的纪录,已为世界各国桥梁界所瞩目。

桥的形状千姿百态,桥的气势宏伟磅礴,桥的艺术如诗如画,桥的知识丰富多彩。我们为前人建桥的伟业而无比自豪,也庆幸选择了桥梁建设这一伟大的事业,让我们一起走进奥妙无穷的桥梁世界,了解桥梁的丰富知识和关键创新技术,为人类建造更多不凡的桥梁。

第 1 章

桥梁的基本知识

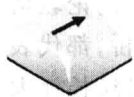
1.1 桥梁的组成与分类



学习目标:能描述桥梁的各组成部分;

能够分析桥梁在经济建设和文化交流中的重要作用;

能描述桥梁各种结构体系。



引入思考

(1) 公路桥梁和铁路桥梁有哪些相同和不同的方面?

(2) 试述所见过的桥梁组成。

在公路建设中,为跨越各种障碍(如江河、山谷或其他线路等),保证道路的连续,需要修建各种桥梁或涵洞来跨越。桥梁既要保证桥上的交通运行,也要保证通常状况下水流的宣泄、船只的通航或车辆的通行。



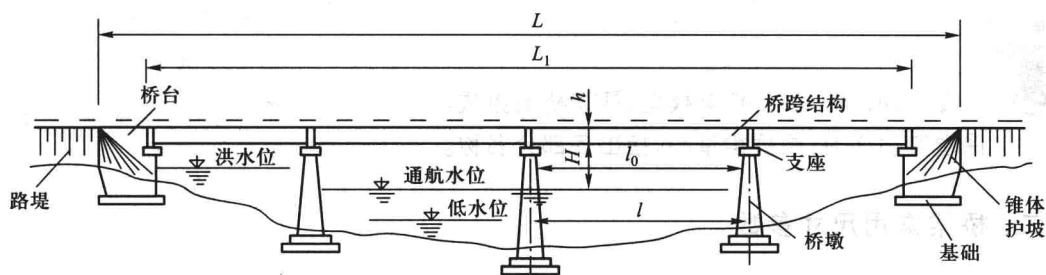
动画资源:双庙大桥。

一、桥梁的基本组成部分

图 1-1 和图 1-2 所示为公路上所用的梁桥及拱桥的结构图式。从图中可见,一般桥梁通常由以下几个部分组成。

1. 桥跨结构(也称桥孔结构、上部结构)

桥跨结构是指桥梁结构中直接承受车辆和其他荷载,并跨越各种障碍物的主要承重结构。桥跨结构的主要作用是跨越山谷、河流及各种障碍物,并将其直接承受的各种荷载通过桥梁支座传递到下部结构上去,同时保证桥上交通能在一定条件下正常安全运营。



L —桥梁全长; L_1 —总跨径; l —计算跨径; l_0 —净跨径; H —桥下净空高度; h —桥梁建筑高度

图 1-1 梁桥的基本组成

2. 下部结构

下部结构是由桥墩、桥台和基础组成的。桥墩和桥台是支承桥跨结构并将上部永久作用和车辆等作用传递给基础的结构物。

桥台设在桥梁两端,桥墩设在两桥台之间。桥墩的作用是支承桥跨结构;而桥台除支承桥跨结构外,还要与路堤相接,并防止路堤滑塌。为了保护桥台和路堤填土,桥台两侧常做一些防护和导流工程。

桥梁墩、台底部与地基相接触的结构部分称为基础。基础的安全性是整个桥梁结构稳定性的关键,基础工程在整个桥梁施工中是比较困难的部分,而且经常需要在水下施工,因此遇到的问题也很复杂。

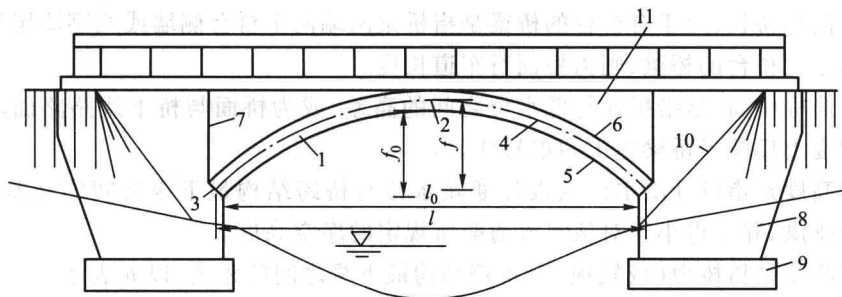
3. 支座

桥梁支座设在墩、台顶。桥梁支座的主要作用是将桥跨结构上部永久作用与可变作用传递到桥梁的墩、台上去。同时保证桥跨结构所要求的位移与转动,以便使结构的实际受力情况与计算的理论因式相符合。

4. 附属设施

桥梁的基本附属设施有桥面系、桥梁与路堤衔接处的桥头搭板、桥台的锥形护坡、护岸、挡土墙、导流结构物、检查设备等。

公路拱桥主要由上部结构(拱圈)、桥墩、桥台和墩台基础等组成,如图 1-2 所示。



1—主拱圈;2—拱顶;3—拱脚;4—拱轴线;5—拱腹;6—拱背;7—伸缩缝;

8—桥台;9—基础;10—锥坡;11—拱上建筑

f_0 —净矢高; f —计算矢高; l_0 —净跨径; l —计算跨径

图 1-2 拱桥的基本组成



主要活动设计:利用桥梁模型,认识桥梁组成。

课堂实训练习:画桥梁草图,指出各部分名称。

二、桥梁常用尺寸参数

河流中的水位是变化的,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;通航水位是指在各级航道中能保持船舶正常通航的水位。

下面介绍一些与桥梁布置和结构有关的主要尺寸和名词术语。

计算跨径:对于有支座的桥梁,指桥跨结构相邻两个支座中心之间的水平距离,用 l 表示,如图 1-1 所示;对于不设支座的桥梁,指支承中心之间的距离。如图 1-2 所示的拱式桥,计算跨径是两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离,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计算跨径为基准的。

净跨径:对于梁式桥,指设计洪水位或通航水位线上两个相邻桥墩(或桥台)之间的水平净距,用 l_0 表示;对于拱式桥,指每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

标准跨径:对于梁式桥或板式桥是指两相邻桥墩中线之间桥中心线长度,或桥墩中线至桥台台背前缘之间桥中心线长度;对于拱桥、涵洞,则是指净跨径。《公路桥涵设计通用规范》(JTG D 60—2004)规定,当标准设计或新建桥涵的跨径在 50 m 以下时,宜采用标准化跨径。桥涵标准化跨径有 0.75 m、1.0 m、1.25 m、1.5 m、2.0 m、2.5 m、3.0 m、4.0 m、5.0 m、6.0 m、8.0 m、10 m、13 m、16 m、20 m、25 m、30 m、35 m、40 m、45 m、50 m,共 21 级。

思考:

- (1) 桥梁跨径的标准化有什么意义?
- (2) 进行桥位处水文调查对桥梁设计有何意义?

总跨径是指多孔桥梁中各孔净跨径的总和,以 L_1 表示,如图 1-1 所示,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,对于有桥台的桥梁是指桥梁两端两个桥台侧墙或八字墙尾端间的距离,以 L 表示。对于无桥台的桥梁,则为桥面行车道长度。

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。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

桥下净空高度是指设计洪水位或设计通航水位与桥跨结构最下缘之间的高差,以 H 表示。应保证能完全排洪,并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。

桥梁建筑高度是指桥面(或轨顶)至桥跨结构最下缘之间的距离,以 h 表示。

容许建筑高度是指公路(或铁路)定线中所确定的桥面(或轨顶)标高,与通航净空顶部标高之差。

如图 1-2 所示,净矢高是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离,以 f_0 表示。计算矢高是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离,以 f 表示。

矢跨比是拱桥中拱圈(或拱肋)的计算矢高 f 与计算跨径 l 之比(f/l),也称拱矢度,是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

三、桥梁的类型

我国《公路桥涵设计通用规范》(JTG D 60—2004)规定桥涵设计洪水频率见表 1-1。

表 1-1 桥涵设计洪水频率

公路等级	设计洪水频率				
	特大桥	大桥	中桥	小桥	涵洞及小型排水构造物
高速公路	1/300	1/100	1/100	1/100	1/100
一级公路	1/300	1/100	1/100	1/100	1/100
二级公路	1/100	1/100	1/100	1/50	1/50
三级公路	1/100	1/50	1/50	1/25	1/25
四级公路	1/100	1/50	1/50	1/25	不做规定

桥梁有很多分类方式,人们通常根据桥梁的结构形式、所用材料、所跨越的障碍以及其用途、跨径大小等对桥梁进行不同的分类。

结构工程上的受力构件,总离不开拉、压和弯三种基本受力方式。由基本构件所组成的各种结构物,在力学上也可归结为梁式、拱式、悬吊式三种基本体系以及它们之间的各种组合。现代的桥梁结构也一样,不过其内容更丰富,形式更多样。

1. 梁式桥

梁式桥是一种在竖向作用下无水平反力的结构(图 1-3)。由于作用的方向与承重结构的轴线接近垂直,故与同样跨径的其他结构体系相比,梁内产生的弯矩最大,通常需用抗弯能力强的材料(钢、木、钢筋混凝土等)来建造。为了节约钢材和木料,目前在公路上应用最广的是预制装配式的钢筋混凝土简支梁桥。对于很大的跨径,以及承受很大作用的特大桥梁可建造钢桥以外,目前也往往修建使用高强度材料的预应力混凝土梁桥。

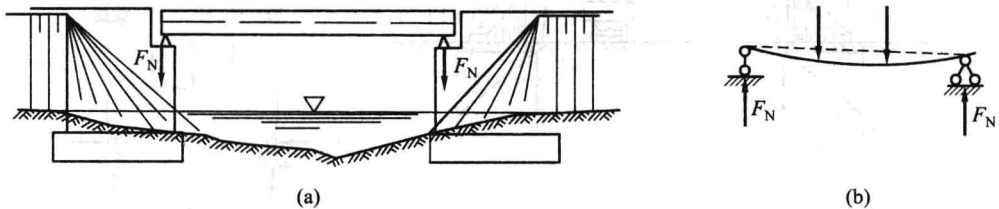


图 1-3 梁式桥

2. 拱式桥

拱式桥的主要承载结构是拱圈或拱肋(图 1-4)。这种结构在竖向荷载作用下,拱圈主要承受压力,但也承受弯矩;桥墩或桥台除了承受竖向力外,还将承受水平推力。同时,这种水平推力将显著抵消荷载引起的拱圈(或拱肋)内的弯矩作用。因此,与同跨径的梁相比,拱的弯矩和变



形要小得多。鉴于拱桥的承重结构以受压为主,通常可用抗压能力强的圬工材料(如砖、石、混凝土)和钢筋混凝土等来建造。

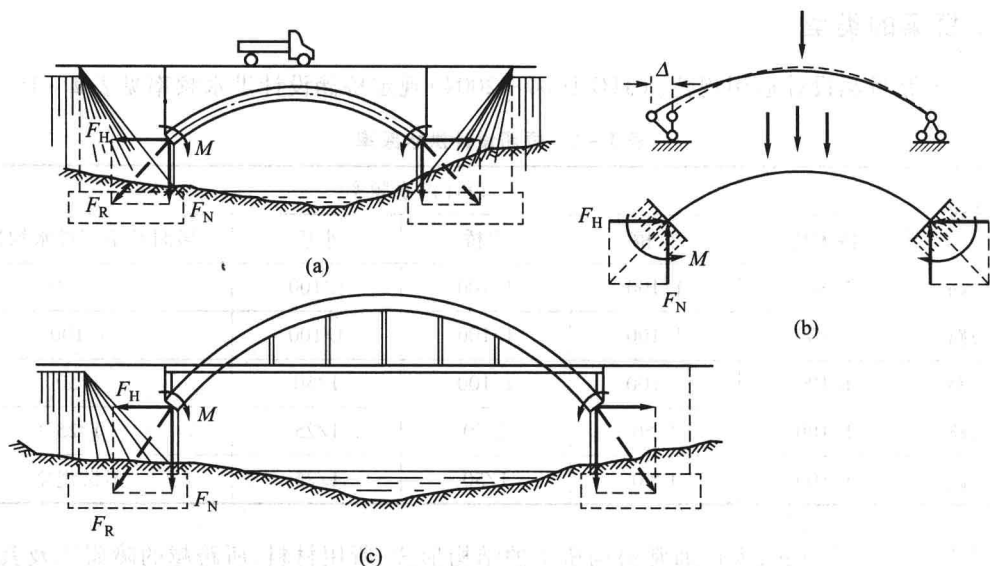


图 1-4 拱式桥

3. 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁与立柱或板与竖墙整体结合在一起的刚架结构(图 1-5),梁和柱的连接处具有很大的刚性。这种结构在竖向荷载作用下,梁部主要受弯,而在柱脚处也具有水平反力,其受力状态介于梁桥和拱桥之间。因此,对于同样的跨径,在相同荷载的作用下,刚架桥的跨中正弯矩要比一般梁桥的小。

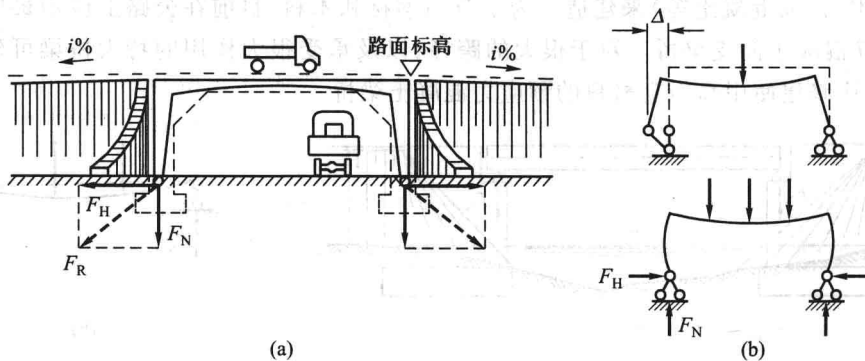


图 1-5 刚架桥

刚架桥大多做成超静定的结构形式,在混凝土收缩徐变、温度变化、墩台不均匀沉陷和预施应力等因素的影响和作用下,内部会产生较大的附加内力。在施工过程中,当结构体系发生体系转换时,徐变也会引起附加内力。刚架桥的缺点是施工比较困难,如用普通钢筋混凝土修建,梁柱刚结处较易裂缝。有时,这些内力可占整个内力相当大的比例。

4. 悬索桥

悬索桥是以悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重构件的桥梁结构,如图 1-6 所示。在竖向荷载的作用下,通常需要在两岸桥台的后方修筑非常巨大的锚碇结构,通过吊杆使缆索承受很大的拉力。吊桥也是具有水平反力(拉力)的结构。现代的悬索桥上,广泛采用高强度钢丝编制的钢缆,以充分发挥其优异的抗拉性能。悬索桥结构自重较轻,能以较小的建筑高度跨越其他任何桥型都无法胜任的特大跨度,其经济跨径在 500 m 以上。

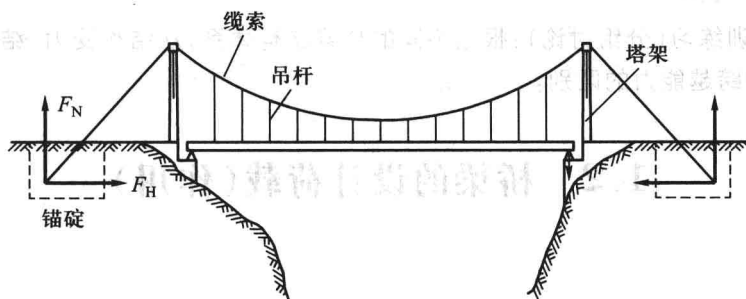


图 1-6 悬索桥

5. 组合体系桥

根据结构的受力特点,由两种以上不同受力体系的结构组合而成的桥梁称为组合体系桥。

梁、拱组合体系桥如图 1-7 所示,这类体系中有系杆拱、桁架拱、多跨拱梁结构等,利用梁的受弯与拱的承压特点组成联合结构。在预应力混凝土结构中,因梁体内可储备巨大的压力来承受拱的水平推力,使这类结构既具有拱的特点,而又非推力结构,对地基要求不高。这种结构施工比较复杂,一般用于城市跨河桥上。

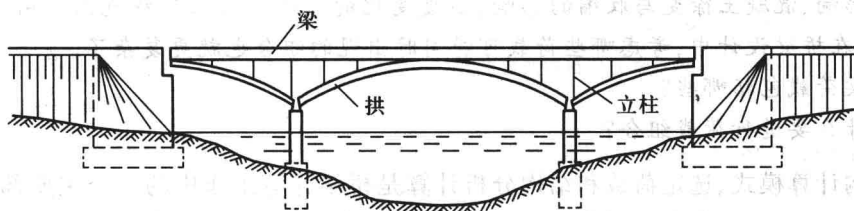


图 1-7 梁拱组合体系桥

斜拉桥如图 1-8 所示,它是由承压的塔柱、受拉的索与承弯的主梁组合起来的一种结构体系。由于斜拉索将主梁吊住,使主梁作为多点弹性支连梁工作,由此减少主梁截面,增加桥跨跨径。斜拉桥这种形式刚度大,造价低,且跨度发展愈来愈大。与悬索桥比,它是一种自锚体系,不需昂贵的地锚基础;防腐技术要求比悬索桥低,从而降低索防腐费用;刚度比悬索桥好,抗风能力强;可用悬臂施工工艺,施工不妨碍通航;钢束用量比悬索桥少。从经济上看,斜拉桥的经济性高于同等情况下的悬索桥。