

高等学校工程应用型土建类系列教材

桥梁工程

第二版

白宝玉 主 编
王丽荣 副主编

高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材

桥梁工程

QIAOLIANG GONGCHENG

第二版

白宝玉 主 编
王丽荣 副主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书第一版为教育科学“十五”国家规划课题研究成果。本书是高等学校工程应用型土建类系列教材之一,在保持第一版教材特点的基础上,紧密结合现行规范修订而成。

本书重点介绍了常用的中小型桥梁的构造、设计、计算和施工方法,内容包括钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥,圬工和钢筋混凝土拱桥,以及桥梁下部结构——墩台。同时,本书也简要介绍了大跨度较复杂体系桥梁的构造、设计、计算和施工特点。

本书可作为高等学校道路、桥梁与渡河工程专业,土建类其他专业,以及交通运输类专业教学用书,亦可供从事桥梁工程的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/白宝玉主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2014.7

高等学校工程应用型土建类系列教材

ISBN 978-7-04-039914-1

I. ①桥… II. ①白… 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(2014)第103768号

策划编辑 葛 心

责任编辑 葛 心

封面设计 杨立新

版式设计 余 杨

插图绘制 郝 林

责任校对 刘娟娟

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 涿州市星河印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 34.5
字 数 840千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2005年11月第1版
2014年7月第2版
印 次 2014年7月第1次印刷
定 价 54.00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 39914-00

高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

主任委员:

汤放华(湖南城市学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序):

张建勋(福建工程学院)

武 鹤(黑龙江工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

黄双华(攀枝花学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

委员(按姓氏笔画排序):

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王用信(哈尔滨华德学院)

王永春(青岛理工大学)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

石启印(江苏大学)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(长春建筑学院)

司马玉洲(南阳理工学院)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

李晓目(孝感学院)

李 斌(内蒙古科技大学)

李 毅(北华大学)

杨伟军(长沙理工大学)

肖 鹏(扬州大学)

何培玲(南京工程学院)

佘跃心(淮阴工学院)

汪仁和(安徽理工大学)
沈小璞(安徽建筑工业学院)
张文福(大庆石油学院)
张志国(内蒙古大学)
张国栋(三峡大学)
张季超(广州大学)
张 奎(平顶山工学院)
张新东(塔里木大学)
陈 伟(攀枝花学院)
陈伯望(中南林业科技大学)
郑 毅(长春建筑学院)
赵风华(常州工学院)
赵永平(黑龙江工程学院)
赵明耀(长春建筑学院)
荀 勇(盐城工学院)
姚金星(长江大学)
贺国京(中南林业科技大学)
夏军武(中国矿业大学徐海学院)
徐新生(济南大学)
高福聚(中国石油大学)
常伏德(长春建筑学院)
董 黎(广州大学)
蓝宗建(东南大学成贤学院)
窦立军(长春工程学院)
蔡雪峰(福建工程学院)
臧秀平(徐州工程学院)
谭宇胜(茂名学院)
薛志成(黑龙江科技学院)
薛 姝(湖南城市学院)

第二版前言

本书第一版被评为吉林省高等学校优秀教材。本书是高等学校工程应用型土建类系列教材之一,是在第一版的基础上,根据中华人民共和国交通部 2004 年以来发布的系列桥涵设计规范修订而成的。本书可作为高等学校道路、桥梁与渡河工程专业,土建类其他专业及交通运输类专业的学生教材,也可供从事桥梁工程的技术人员学习参考。

本书力求反映交通科技的先进水平,符合高等教育的基本规律。教材除了更新常用的中小跨径桥梁的构造示例外,还增加了大跨度悬索桥的内容,并对书中第一篇、第六篇第三章进行了改写。另外,根据新的规范要求对教材中的个别公式、插图和词句进行了局部修改。

本教材由吉林大学、黑龙江工程学院、长春建筑学院(原吉林建筑工程学院建筑装饰学院)、山东交通学院等院校同行编写。第一篇、第六篇第三章由白宝玉编写;第二篇由张龙、钱晋编写;第三篇、第五篇由李化东编写;第四篇、第六篇第一、第二章由官亚峰编写;各章小结,思考题,习题和附录由王丽荣编写。朱霞为本书编写提出了许多宝贵意见。全书由白宝玉统稿并主编,郇连河主审。

限于编者水平,书中不足之处,欢迎批评指正。

编 者

2014 年 3 月

第一版前言

本书是土木工程专业(交通土建工程方向)学生专业课教材。

全书共有六篇。在第一篇总论中,主要介绍国内外桥梁建筑的发展概况,桥梁的组成部分和分类,桥梁上的作用及其效应组合。而在桥梁的总体规划设计一章中则介绍了桥梁设计基本原则、桥梁设计程序和桥梁的总体规划设计,并扼要阐述了桥梁设计方案的比较和选定,使学生在深入学习各章内容之前对桥梁设计工作的全貌有一个概括地了解。

第二篇为钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥。在第一章概述中,从承重结构的静力体系和截面形式入手,介绍各类梁桥的特点及其适用情况。第二章为桥面布置与构造。桥面布置主要介绍双向车道布置和分车道布置,桥面构造则分别介绍了桥面铺装、防水及排水设施,桥面伸缩装置,人行道与安全带,栏杆与护栏,以及灯柱等。在第三、四章较详细地阐述了公路上最常用的中小跨径简支梁桥的构造与配筋。第五、六章讨论了简支梁桥的计算,主要内容有荷载的横向分布计算,主梁内力、横隔梁内力和桥面板计算,并附有算例。第七章介绍了悬臂与连续体系梁桥的结构特点、构造和计算要点。第八章为梁桥的支座,重点介绍了橡胶支座的构造与计算。

第三篇讲述的是圬工及钢筋混凝土拱桥,这是我国公路上应用较为广泛的桥型之一。第一章介绍了拱桥的类型。第二章较详细地阐述了拱桥的总体布置、主拱的构造、截面的变化规律、截面尺寸拟定、拱上建筑和其他细部构造。第三章重点讨论了等截面悬链线无铰拱的计算,并对圆弧拱和连拱计算作了扼要介绍。第四章简要介绍了桁架拱桥和刚架拱桥与钢管混凝土拱桥的主要构造和计算要点。

第四篇介绍了悬索桥与斜拉桥的构造特点和计算要点,使学生对较复杂体系桥梁有一个初步的了解。

第五篇阐述了桥梁墩台的构造形式和计算方法。其中,除了常用的重力式墩台外,同时介绍了公路桥梁上日益推广使用的各类轻型墩台的构造形式和计算要点,并附有算例。

第六篇为桥梁的施工,主要阐述了钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥、圬工及钢筋混凝土拱桥常用的施工方法,并简要介绍了混凝土斜拉桥主梁、索塔和斜拉索的施工,以及斜拉桥的施工控制与调整。

应该说明,本书是在国内已有的按原公路桥涵设计规范(书中简称原规范)编写的同类教材的基础上,结合现行的设计规范编写而成的。书中引用的按原规范规定编制的“标准设计”,现仅供设计时参考。

本书由吉林大学、黑龙江工程学院、吉林建筑工程学院建筑装饰学院、山东交通学院等院校同行编写。参加编写的人员有:白宝玉(第一篇;第二篇第五、六、八章;第三篇第三章;第五篇第

二章)、田立华(第三篇第一、二、四章;第五篇第一、三章);王丽荣(第二篇第一、二、三、四、七章;第四篇);靳卫东(第六篇)。李化东、张龙参加了本书文稿整理及部分图表绘制。朱霞为本书编写提出了许多宝贵意见。全书由白宝玉统稿,邵连河主审。

由于编者水平有限,书中缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 11 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任;构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一篇 总 论

第一章 概述	2	本章小结	25
第一节 桥梁在交通事业中的地位	2	思考题	25
第二节 桥梁的基本组成和分类	2	第三章 桥梁上的作用及其效应组合	26
第三节 国内外桥梁建筑发展概况	9	第一节 作用分类	26
本章小结	14	第二节 永久作用	27
思考题	14	第三节 可变作用	27
第二章 桥梁的总体规划设计	16	第四节 偶然作用	32
第一节 桥梁设计基本原则与设计程序	16	第五节 作用效应组合	33
第二节 桥梁的总体规划设计	17	本章小结	35
第三节 桥梁设计的方案比较	23	思考题	36

第二篇 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥

第一章 概述	38	思考题	72
第一节 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥的一般特点	38	第四章 装配式简支梁桥的构造	73
第二节 梁桥的主要类型及其适用情况	39	第一节 装配式简支梁桥的构造类型	73
本章小结	44	第二节 装配式钢筋混凝土 T 形梁桥	77
思考题	44	第三节 装配式预应力混凝土 T 形梁桥	85
第二章 桥面布置与构造	45	第四节 组合式梁桥	96
第一节 桥面组成与布置	45	本章小结	100
第二节 桥面铺装、防水及排水设施	47	思考题	101
第三节 桥面伸缩装置	52	第五章 荷载横向分布计算	102
第四节 人行道、栏杆与灯柱	55	第一节 概述	102
本章小结	60	第二节 杠杆原理法	104
思考题	60	第三节 偏心压力法	107
第三章 板桥的构造	61	第四节 考虑主梁抗扭刚度的修正偏心压力法	112
第一节 板桥的特点	61	第五节 铰接板(梁)法和刚接板(梁)法	117
第二节 简支板桥的构造	62	第六节 比拟正交异性板法	131
第三节 悬臂与连续板桥的构造特点	66	第七节 荷载横向分布系数沿桥跨的变化	146
第四节 斜板桥的受力特征与构造	69	本章小结	148
本章小结	71	思考题	148

习题	149	一般构造	191
第六章 简支梁桥的计算	150	第三节 预应力混凝土 T 形刚构桥	198
第一节 主梁内力计算	150	第四节 预应力混凝土连续体系梁桥	204
第二节 横隔梁内力计算	157	第五节 悬臂和连续体系梁桥计算要点	210
第三节 桥面板的计算	167	本章小结	219
第四节 结构挠度与预拱度计算	177	思考题	220
第五节 计算举例	179	第八章 桥梁支座	221
本章小结	187	第一节 概述	221
思考题	187	第二节 支座的类型和构造	222
习题	188	第三节 支座的计算	231
第七章 悬臂和连续体系梁桥	189	本章小结	240
第一节 悬臂和连续体系梁桥的一般特点	189	思考题	240
第二节 钢筋混凝土悬臂和连续体系梁桥的		习题	241

第三篇 圬工和钢筋混凝土拱桥

第一章 概述	244	第二节 悬链线无铰拱的内力计算	293
第一节 拱桥的基本特点及其适用范围	244	第三节 主拱的截面强度及拱的稳定性	
第二节 拱桥的组成及主要类型	245	验算	311
本章小结	250	第四节 主拱内力调整	316
思考题	250	第五节 圆弧线无铰拱计算要点	318
第二章 拱桥的设计与构造	251	第六节 连拱计算	320
第一节 拱桥的总体布置	251	本章小结	329
第二节 主拱的构造	254	思考题	329
第三节 拱圈截面变化规律和截面尺寸的		习题	330
拟定	267	第四章 桁架拱桥、刚架拱桥与钢管	
第四节 拱上建筑的构造	270	混凝土拱桥	331
第五节 拱桥的其他细部构造	275	第一节 桁架拱桥	331
第六节 拱桥构造示例	282	第二节 刚架拱桥	341
本章小结	285	第三节 钢管混凝土拱桥	347
思考题	286	本章小结	352
第三章 拱桥计算	287	思考题	353
第一节 拱轴线的选择与确定	287		

第四篇 悬索桥与斜拉桥

第一章 悬索桥	356	第一节 斜拉桥的构造	369
第一节 悬索桥的构造	356	第二节 斜拉桥的设计	377
第二节 悬索桥的设计与计算简介	362	第三节 斜拉桥计算简介	380
本章小结	367	第四节 风振问题	385
思考题	367	本章小结	388
第二章 斜拉桥	369	思考题	389

第五篇 桥梁墩台

第一章 桥梁墩台的构造与设计	392	第五节 设有支撑梁的轻型桥台的计算	421
第一节 概述	392	第六节 桥台计算举例	424
第二节 桥墩	394	本章小结	434
第三节 桥台	403	思考题	435
本章小结	410	习题	435
思考题	411	第三章 拱桥墩台计算	436
第二章 梁桥墩台计算	412	第一节 拱桥墩台上的作用及其效应组合	436
第一节 梁桥墩台上的作用及其效应组合	412	第二节 拱桥轻型桥台的计算特点	438
第二节 重力式墩台的计算	413	本章小结	441
第三节 桩柱式墩台的计算要点	417	思考题	441
第四节 柔性墩的计算	419		

第六篇 桥梁施工

第一章 梁桥的施工	444	第三节 其他施工方法简介	496
第一节 钢筋混凝土简支梁桥的制造工艺	444	本章小结	500
第二节 预应力混凝土简支梁桥的制造工艺	452	思考题	501
第三节 装配式简支梁桥主梁的运输和安装	461	第三章 混凝土斜拉桥与悬索桥	
第四节 悬臂和连续体系梁桥的施工特点	465	施工简介	502
本章小结	475	第一节 斜拉桥主梁施工方法简介	502
思考题	476	第二节 混凝土索塔施工要点	503
第二章 拱桥的施工	477	第三节 斜拉索的制作、挂索和张拉	505
第一节 有支架施工	477	第四节 斜拉桥的施工控制与调整	510
第二节 缆索吊装施工	487	第五节 悬索桥施工简介	512
		本章小结	514
		思考题	515
附录 I 铰接板荷载横向分布影响线竖标表	516		
附录 II G-M 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 值的计算用表	528		
参考文献	538		

第一篇

总 论

第一章

概述

第一节 桥梁在交通事业中的地位

建立四通八达的现代化交通网,大力发展交通运输事业,对于加强全国各族人民的团结,发展国民经济,促进文化交流和巩固国防,都具有非常重要的意义。在公路、铁路、城市和农村道路及水利建设中,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与涵洞,因此桥涵是交通线路中的重要组成部分。特别是现代高等级公路及城市高架道路的修建中,桥梁往往是保证全线早日通车的关键。在经济上,一般说来桥梁和涵洞的造价平均占公路总造价的 10% ~ 20%,而且随着公路等级的提高,其所占比例还会加大。在国防上,桥梁是交通运输的咽喉,在需要快速机动的现代战争中具有非常重要的地位。

随着科技的进步,工业水平的提高,社会生产力的高速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。现代高速公路上、城市里迂回交叉的立交桥、高架桥,跨越大江、大河的大桥,几十公里长的海湾、海峡大桥等,不但是规模巨大的工程实体,而且犹如一道地上“彩虹”。纵观世界各国的大城市,还常以工程雄伟的大桥作为城市的标志与骄傲。桥梁已作为一种空间艺术结构物存在于社会之中。

第二节 桥梁的基本组成和分类

桥梁是供公路、城市道路、铁路、渠道和管线等跨越江河湖泊、山沟深谷以及其他障碍(如公路、铁路)的人工构造物。桥梁一方面要保证桥上的交通运行、渠道和管路通过,而且也要保证桥下水流的宣泄、船只的通航或车辆的通行。下面介绍桥梁的基本组成和分类。

一、桥梁的基本组成

图 1-1-1 表示一座公路桥梁的概貌。从图中可见桥梁的基本组成,其中:

桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承重结构。桥跨结构的构造比较复杂。

在桥跨结构的上部直接与车辆、行人接触的结构部分为桥面构造,它包括桥面铺装、防水及排水设施、桥面伸缩装置、人行道(或安全带)、栏杆(或护栏)和灯柱等构造。桥面构造的主要功能是对桥梁起保护作用,使桥梁能正常使用。

桥墩、桥台是支承桥跨结构并将恒载和车辆活载传至地基的结构物。桥台设在桥梁两端,桥

墩则在两桥台之间。桥墩的作用是支承桥跨结构;而桥台除了起支承桥跨结构的作用外,还要与路堤衔接,并防止路堤滑塌。

基础是使桥上全部荷载传至地基的底部奠基的结构部分。基础在整个桥梁施工中是比较困难的部位,而且常常需要在水中施工。

习惯上,人们称桥跨结构为桥梁的上部结构,称桥墩、桥台与基础为桥梁的下部结构。

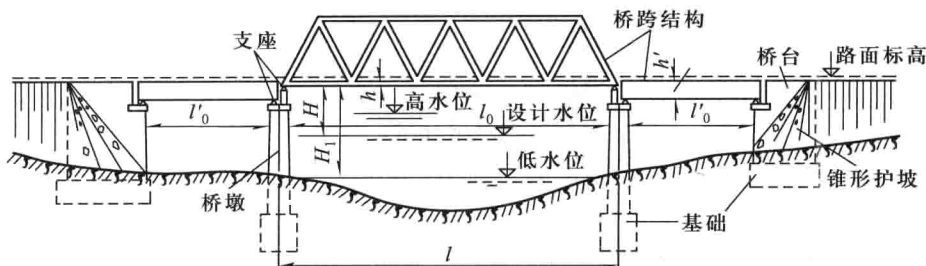


图 1-1-1 梁桥概貌

在桥跨结构与桥墩、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荷载,并且要保证桥跨结构能产生一定的变位。

在路堤与桥台衔接处,一般还在桥台两侧设置石砌的锥体护坡,以保证迎水部分路堤边坡的稳定,并抵御水流的冲刷。

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《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)(后文简称《桥规》)规定的设计洪水频率标准计算所得的高水位,称为设计洪水水位。

下面介绍一些与桥梁布置和结构有关的主要尺寸和名称术语。

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

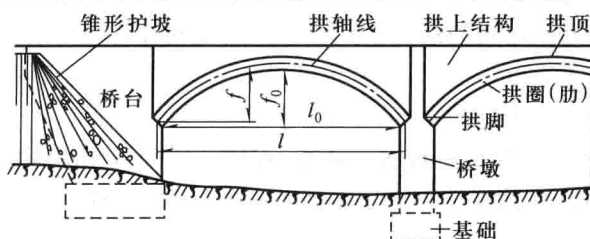


图 1-1-2 拱桥概貌

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。

计算跨径,对于设有支座的桥梁,是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离,用 l 表示;对于图 1-1-2 所示的拱桥,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,故拱桥的净跨径也就是拱轴线两端点之间的水平距离。

桥梁全长简称桥长。对于有桥台的桥梁,桥长为两岸桥台侧墙或八字墙尾端之间的距离,以

L 表示;对于无桥台的桥梁为桥面系长度(图 1-1-3)。在一条线路中,桥梁和涵洞占总长的比例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,如图 1-1-1 中的 H_1 ,或为桥面与桥下线路路面之间的距离(图 1-1-3)。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

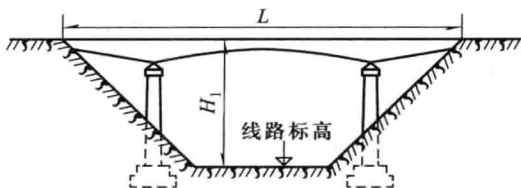


图 1-1-3 带悬臂的桥梁

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的距离,以 H 表示它应保证能安全排洪,能满足河流通航要求。

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(图 1-1-1 中 h 和 h'),它不仅与桥梁结构的体系和跨径的大小有关,而且还随行车部分在桥上布置的高度位置而异。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,又称为容许建筑高度。显然,桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度,否则就不能保证桥下的通航要求。

净矢高是拱桥从拱顶截面下缘至相邻两脚截面下缘最低点之连线的垂直距离,以 f_0 表示(图 1-1-2)。

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(图 1-1-2)。

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,它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

此外,我国《公路工程技术标准》(JTG B 01—2003)中规定,当标准设计或新建桥涵跨径在 50 m 及以下时,宜采用标准化跨径(l_b)。对于梁桥,标准化跨径是指相邻两桥墩中线之间的距离,或墩中线至桥台台背前缘之间的距离;对于拱桥,则是指净跨径。我国规定的公路桥涵标准化跨径为 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。

涵洞是用来宣泄路堤下水流的构造物。通常,在建造涵洞出路堤不中断。为了区别于桥梁,《公路工程技术标准》中规定,凡是单孔跨径不到 5 m 的泄水结构物,均称为涵洞。

二、桥梁分类

(一) 按结构体系分类

工程结构中的构件,总离不开拉、压和弯曲三种基本受力方式。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,不过其形式更多样。按结构体系分类,桥梁有梁桥、拱桥、刚架桥、吊桥等四种基本体系,以及由基本体系组合而成的组合体系桥。

1. 梁桥

梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构(图 1-1-4a 和 b)。由于外力(恒载和活

载)的作用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(木桥使用寿命不长,除战备需要或临时性桥梁外,一般不宜采用),目前在公路上应用最广的是预制装配式的钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥。这种梁桥的结构简单,施工方便,对地基承载力的要求也不高,其常用跨径在 50 m 以下。当跨度较大时,为了达到经济省料的目的,可根据地质条件等修建连续式或悬臂式的梁桥(图 1-1-4c)。对于跨径很大,以及承受很大荷载的特大桥梁可建造钢桥(图 1-1-4d)。

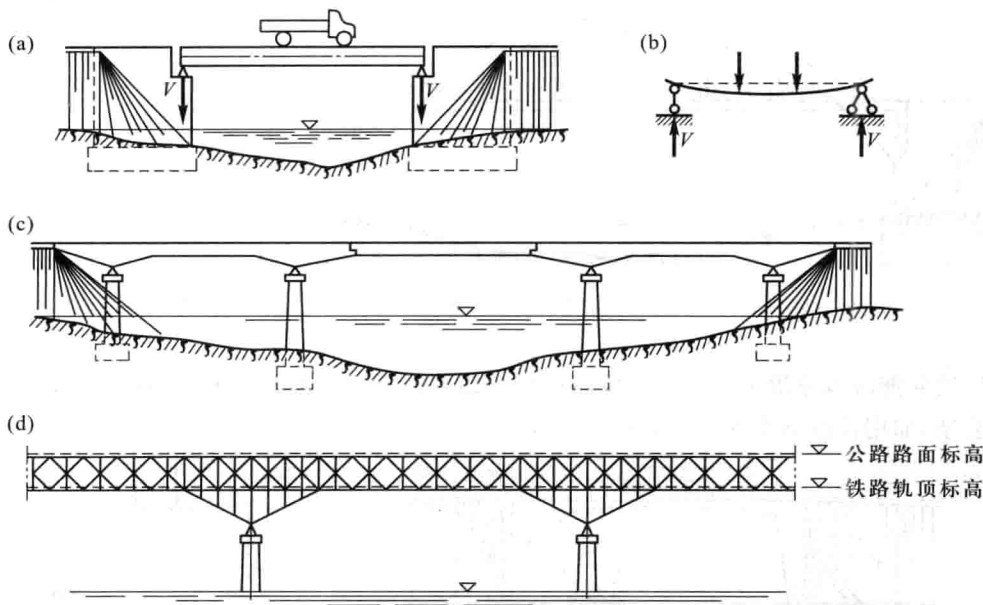


图 1-1-4 梁桥

2. 拱桥

拱桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。这种结构在竖向荷载作用下,桥墩或桥台将承受水平推力(图 1-1-5)。同时,这种水平推力将显著抵消由荷载所引起在拱圈(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,通常就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。对于很大跨度的桥梁,有时也建造钢拱桥。

拱桥的跨越能力很大,外形也较美观,在条件许可的情况下,修建圬工拱桥往往是经济合理的。但为了确保拱桥能安全使用,下部结构和地基必须能经受住很大水平推力的作用。

3. 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁或板和立柱或竖墙整体结合在一起的刚架结构,梁和柱的连接处具有很大的刚性(图 1-1-6a)。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(图 1-1-6b),其受力状态介于梁桥与拱桥之间。因此,对于同样的跨径,在相同的荷载作用下,刚架桥的跨中正弯矩要比一般梁桥的小。根据这一特点,刚架桥跨中的建筑高度就可以做得较小。在城市中当遇到线路立体交叉或需要跨越通航江河时,采用这种桥型能尽量降低线路标高