



高等职业教育“十二五”规划教材

铁路桥涵

构造与养护

开永旺 主编

汤永堂
朱兆斌

[杭州铁路设计院] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育“十二五”规划教材

Tielu Qiaohan Gouzao yu Yanghu
铁路桥涵构造与养护

开永旺 主编

汤永堂
朱兆斌 [杭州铁路设计院] 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为高等职业教育“十二五”规划教材。主要内容包括:铁路桥涵认知,桥跨结构,桥梁墩台,涵洞,桥涵养护管理与技术标准,桥涵养护及病害整治,防洪与抢修,桥涵加固改造。

本书为高职高专铁道工程专业、城市轨道交通工程技术专业的教学用书,也可作为铁路工程和铁路工务部门职工的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铁路桥涵构造与养护/开永旺主编. —北京:
人民交通出版社, 2014. 1

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-114-11110-5

I. ①铁… II. ①开… III. ①铁路桥—桥涵
工程—工程结构②铁路桥—桥涵工程—保养 IV.
①U448.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 003452 号

高等职业教育“十二五”规划教材

书 名: 铁路桥涵构造与养护

著 作 者: 开永旺

责任编辑: 袁 方 潘艳霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 11.75

字 数: 300 千

版 次: 2014 年 1 月 第 1 版

印 次: 2014 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11110-5

定 价: 36.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

道路桥梁工程技术专业建设 委员会

主任委员：王怡民

副主任委员：金仲秋 李锦伟

编 委：柴勤芳 屠群锋 兰杏芳 张征文
郭发忠 陈 凯 王建林 彭以舟
陈晓麟 徐忠阳 贾 佳 薛廷河
邵丽芳 钮 宏 开永旺 赵 伟
赵剑丽 单光炎(企业) 胡建福(企业)
刘 芳(企业) 周观根(企业)

前言 Preface

随着铁路建设和地铁建设的迅速发展,对从事铁路工程建设和养护维修的工程技术人员提出了更高的要求。为了适应铁路及地铁的建设和管理的需求,培养素质更高的专业技术人员,我们组织编写了《铁路桥涵构造与养护》。

本书是根据职业院校的宗旨、铁路行业的发展现状,以培养学生职业岗位能力为出发点而编写的,注重铁路现场的实用性,对铁路桥涵的基本构造、基本养护维修作业做了重点阐述。

本书由浙江交通职业技术学院开永旺担任主编,由杭州铁路设计院汤永堂、朱兆斌担任主审。参加编写的人员还有浙江交通职业技术学院的杨洁、许玮珑、张冰冰等。

由于编者水平有限,书中不妥之处,敬请专家、读者批评指正。

编者

2013年12月

目 录 Contents

第一章 铁路桥涵认知.....	1
第一节 桥涵在铁路建设中的重要性.....	1
第二节 桥梁的发展和前景.....	1
第三节 桥涵的作用与要求.....	2
第四节 桥梁的组成与分类.....	4
第五节 桥面布置	12
第六节 铁路桥梁设计荷载	13
复习思考题	16
第二章 桥跨结构	17
第一节 钢筋混凝土简支梁桥	17
第二节 预应力混凝土简支梁桥	20
第三节 钢桥	24
第四节 拱桥	28
第五节 斜拉桥	34
第六节 桥梁支座	36
复习思考题	40
第三章 桥梁墩台	41
第一节 桥墩的类型及适应范围	41
第二节 桥墩构造及主要尺寸拟定	46
第三节 桥台类型及适用范围	52
第四节 桥台构造及主要尺寸拟定	54
第五节 桥梁附属设备	57
复习思考题	60
第四章 涵洞	61
第一节 涵洞的组成与类型	61
第二节 涵洞构造	63
第三节 涵洞设计简介	69
复习思考题	70
第五章 桥涵养护管理与技术标准	71
第一节 桥涵维护工作概要	71
第二节 桥涵养护的基本内容	73
第三节 桥涵大修管理	76
第四节 技术标准	79
复习思考题	83

第六章 桥涵养护及病害整治	84
第一节 桥面的种类	84
第二节 桥上线路	85
第三节 伸缩(温度)调节器	90
第四节 护轨	93
第五节 桥枕	94
第六节 防爬设备	97
第七节 钢桥养护	98
第八节 圯工梁拱和墩台的养护	110
第九节 支座的保养及修理	117
第十节 涵洞的养护	124
复习思考题	128
第七章 防洪与抢修	130
第一节 桥涵防洪、防寒与防凌	130
第二节 紧急抢修	135
复习思考题	142
第八章 桥涵加固改造	143
第一节 桥梁上部结构的加固与改造	143
第二节 桥梁下部结构的加固与改造	148
第三节 桥梁加固案例	161
第四节 涵洞加固	172
复习思考题	176
参考文献	177

第一章 铁路桥涵认知

第一节 桥涵在铁路建设中的重要性

桥涵是铁路的重要组成部分。桥涵设置是否恰当、设计和施工是否合理,对铁路运营关系重大。若发生地质、洪水、流冰等自然灾害时,桥涵往往首当其冲;若桥涵孔径过小,排水不畅,常导致冲毁桥头路堤;若施工质量不良,则需整治加固。总之,若桥涵出现问题,小则影响运营,大则中断行车。

在铁路建设中,桥涵占有很大比重。以已建成的武广客运专线为例,全线正线桥梁共计 574 座,折合 277730.98 双延长米,占线路总长的 31.76%。公路跨铁路立交桥(含人行天桥) 141 座,各类涵洞 2283 座;联络线、动车走行线等其他线路桥梁 40 座,折合 18946.13 延长米。扣除桥隧长度后,每千米线路涵洞约为 5 座。在山区地形复杂地段,桥隧相连,桥涵的数量则更多。

建立四通八达的现代化交通网,大力发展交通运输事业,对发展国民经济,提高综合国力,促进文化交流都有非常重要的作用。随着武汉至广州、郑州至西安、北京至天津、石家庄至太原客运专线等一批铁路建设项目的建成通车,我国铁路新一轮大规模建设已经展开,客运专线的施工推动了现代铁路技术的发展。新建铁路大桥施工往往是重点工程,尤其是深水大桥的施工任务更为复杂艰巨,有时甚至成为全线的关键工程,对通车日期有重要影响。

在国防上,桥涵更是交通运输的咽喉,在现代战争中具有举足轻重的地位。

第二节 桥梁的发展和前景

一、桥梁向大跨度发展

桥梁的跨越能力代表着一个国家的经济、工业和科学技术的整体水平。从当代桥梁的发展趋势看,各种桥型结构都在向大跨度的方向发展,尤其是大跨径的悬索桥和斜拉桥。拱桥是我国的传统桥型,20 世纪 90 年代以来修建的钢管混凝土拱桥成为很有发展前途的拱结构形式。桥型的跨度不断被刷新,该桥型有可能使拱桥的最大跨度与斜拉桥比肩。随着杭州湾跨海大桥的通车和高速铁路客运专线的施工,大跨度箱梁的整片预制已经成为现实,箱梁的施工工艺逐渐成熟,相信在今后必将被进一步推广。

二、轻型墩台、深水基础进一步发展

随着桥梁跨径的增大,基础要求有更大的刚度和更高的承载力。大直径的钢管桩基础在

国外应用较为普遍,沉井基础承载力高、刚性大、抗震能力强、施工方便,可下沉到任意深度,是目前使用较为广泛的大桥基础。沉井不嵌入岩石,只能下沉到岩层顶面。复合基础是指在沉井内设置桩或管柱,它是深水基础常用的一种形式。

空心墩与重力式桥墩相比,可节约大量圬工,应大力推广,有待进一步研究的问题是温度应力、高墩的动力性能、风动力问题、整体稳定与横隔板的关系、自振频率值与发展滑模施工技术。如图 1-1 所示的桩柱式桥台,圬工的使用量为一般桥台的 40%。

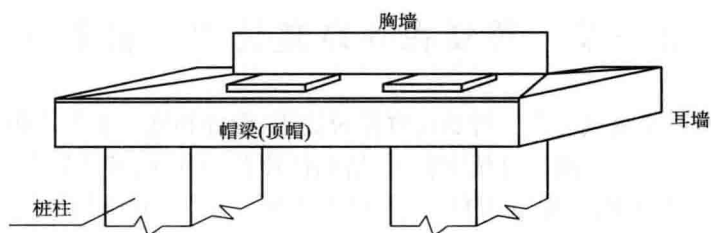


图 1-1 桩柱式桥台

三、新材料的开发和应用

我国的桥梁大多为混凝土结构,要向大跨径发展,必须发展高强度材料,研制和生产桥梁用的高强度钢材。预应力混凝土桥梁仍将是广泛采用的形式,应在建筑材料和施工工艺上多做研究,要研制高性能混凝土,高强度、低松弛的预应力筋,高吨位的预应力锚具及张拉设备。

四、计算机技术在桥梁中应用

首先,在桥梁的规划设计阶段,人们可运用先进的计算机辅助手段进行有效、快速地优化和仿真分析;虚拟现实技术的应用可以十分逼真地预知桥梁建成后的外形、功能;模拟地震和台风袭击下的状况,有助于判断其对环境的不利影响。

其次,在桥梁的制造和架设阶段,人们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。

最后,在桥梁建成交付使用后,将通过自动检测和管理系统,保证桥梁的安全和正常运营。一旦有故障或损伤,健康诊断和专家系统将自动报告损伤部位和养护对策。

总之,展望 21 世纪,知识经济时代的桥梁工程和其他行业一样,具有智能化、信息化和远距离自动控制的特征。我国的桥梁建设也将达到一个新的水平,必将涌现出更多具有世界一流水准的大跨度桥梁。

第三节 桥涵的作用与要求

一、桥涵的作用

桥梁是线路跨越天然障碍物或人工设施的架空用以代替路基的建筑物,涵洞则专指横穿

路基,用以排洪、灌溉或作为通道的建筑物。桥涵是桥梁和涵洞的统称,既排泄洪水,又保持线路的连续性。

二、桥涵的要求

桥梁工程包括两层含义:一是指桥梁建筑的实体;二是指建造桥梁所需的科学知识和技术,包括桥梁的基础理论,桥梁的规划、勘测设计、建造和养护维修等。

为了保证列车的正常运行,桥梁工程的设计应遵循适用、安全、经济 and 美观的基本原则。

桥梁的适用性要求包括:行车通畅、舒适、安全;桥梁的通行能力应既考虑当前需要,又照顾今后发展;对跨越线路或河流的桥梁,要求不妨碍桥下交通或通航;靠近城市、村镇等的桥梁,还应综合考虑桥头和引桥区域的环境和发展;在使用年限内,桥梁一般只需常规养护维修就能保证日常使用。

桥梁的安全既包括桥上车辆、行人的安全,也包括桥梁本身的安全。在使用年限内,在正常使用情况下,桥梁应具有足够的承载能力,并具备一定的安全储备。

在适用、安全的前提下,经济是衡量技术水平和方案选择的主要因素。对于重大的桥梁工程,必须进行方案比选,详细研究技术上的可行性和先进性、经济上的合理性,得出合理的结论。

此外,一座桥梁应具有优美的外形,并与周围的景观相协调。在城市和游览地区,可适当考虑桥梁建筑的艺术处理。合理的结构布局和轮廓是美观的主要因素,不应当片面地追求浮华和繁琐的细部装饰。

三、桥梁与线路平纵面的关系

(一) 线路平面

桥梁宜布置在直线线路上,这对设计、施工、养护及流水条件均有利。曲线桥缺点很多,如行车速度受限制,列车运行不平稳,线路容易变形、钢轨磨损严重、抽换钢轨困难等。故大中跨度的桥梁宜设在直线上,困难条件下必须设在曲线上时,应争取较大的曲线半径。明桥面的桥梁更应尽量设在直线上,否则线路难以固定,轨距不易保持、外轨超高难以处理。因此,将跨度大于 40m 或桥长大于 100m 的明桥面桥设在半径小于 1000m 的曲线上时,须经过技术经济比较,有充分依据。

列车过桥时,如遇反向曲线,势必发生来回摆动,对运营养护不利。所以,桥上应避免采用反向曲线,不得已时,应采用道砟桥面,并尽量设置较长的夹直线。

(二) 纵坡

在线路纵坡受限制的坡道上,可以采用涵洞和道砟桥面的桥梁。

明桥面的桥梁宜设在平坡上;若设在坡道上,钢轨爬行时,则难以锁定线路和维持标准轨距,从而影响行车安全,并给养护带来很大困难。跨度大于 40m 或桥长大于 100m 的明桥面的桥,不应设置在大于 0.4% 的坡道上,确有困难时,应有充分的技术经济论证,但最大坡度不得大于 1.2%。

竖曲线和缓和曲线不应设在明桥面上,否则每根枕木厚度不同,必须特制,并按固定的位置铺设,给施工和养护带来困难。

第四节 桥梁的组成与分类

一、桥梁的组成

桥梁通常由桥跨结构、桥梁墩台、支座和附属设施四个基本部分组成,如图 1-2 所示。



图 1-2 桥梁的基本组成

桥跨结构又称为上部结构,指梁桥支座以上或拱桥起拱线以上跨越桥孔的结构。

桥墩、桥台和基础统称为下部结构,墩台是支撑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建筑物。设在桥梁两端与路堤相衔接的结构称为桥台,桥台除具有上述作用外,还有抵御路堤填土的侧压力,防止路堤填土滑坡和坍落的作用。地基的奠基部分称为基础,它是确保桥梁能安全使用的关键,由于基础多深埋于土层之中,一般在水下施工,故是桥梁施工中比较困难的部分。

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力,并且要满足桥跨结构的变位需要。

桥跨结构的上部设置桥面结构。此外,桥梁还常常需要建造一些附属结构物,如锥体护坡、导流堤、检查设备、台阶扶梯等。

二、桥梁相关术语名称

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。在各级航道中,能保证船舶正常航行的水位称为通航水位。下面介绍一些与桥梁有关的术语和主要尺寸。

(1) 桥梁全长:两桥台纵向边缘最外端的距离、用 L 表示。当 $L > 500\text{m}$ 时,为特大桥;当 $100\text{m} < L \leq 500\text{m}$ 时,为大桥;当 $20\text{m} < L \leq 100\text{m}$ 时,为中桥;当 $L \leq 20\text{m}$ 时,为小桥。

(2)桥梁长度:两桥台挡砟墙胸墙之间的距离,用 L_1 表示。

(3)梁的跨度:梁两端支座中心之间的距离。

(4)计算跨度:桥跨两端相邻支座中心之间的距离,对拱式桥是指拱轴线两端点之间的距离。铁路桥梁常以计算跨度作为标准跨度。铁路桥梁的标准跨度和梁长有统一的规定,见表 1-1。

铁路桥梁标准跨度(单位:mm)

表 1-1

跨度(支点距离)	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32
梁长	4.5	5.5	6.5	8.5	10.5	12.5	16.5	20.6	24.6	32.6
跨度(支点距离)	40	48	56	64	80	96	112	128	144	168
梁长	40.6	49.1	57.1	65.1	81.1	97.1	113.5	129.5	145.5	169.5

(5)净跨径:指设计洪水位线上相邻两个桥墩(台)之间的水平净距,对拱式桥是指每孔拱跨拱脚截面内边缘之间的距离。各孔净跨度之和,称为桥梁的孔径。

(6)桥梁净空:包括桥上净空和桥下净空两部分(图 1-3)。

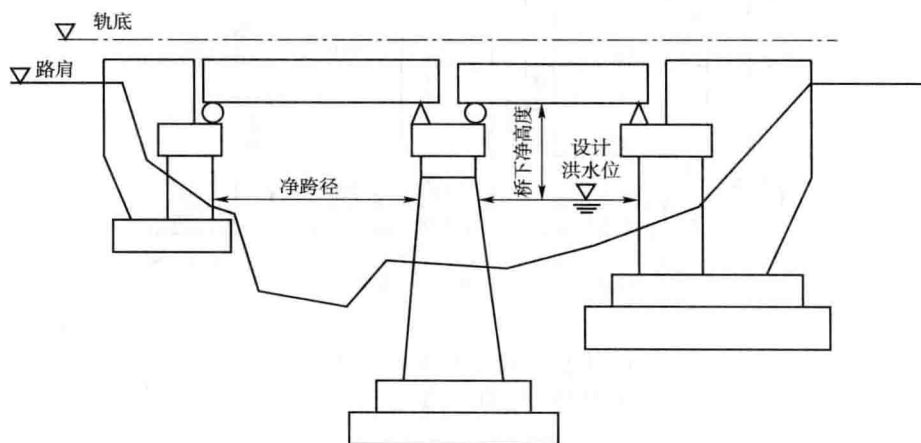


图 1-3 桥下净空

①桥上净空:目的是让列车安全运行,使建筑物不受损坏。钢梁建筑限界:桥跨结构不得入侵(实线部分)。直线建筑接近限界:施工机械、脚手架不得入侵。蒸汽及内燃牵引区段:轨底至顶部为 6m;双线桥的最大宽度为 8.88m(加上一个线间距 4m)。一般大桥均有实际的限界图,实际限界图与标准限界图相比,实际限界图应大于标准限界图。每当有超限货物列车通过时,均由工务段主持测量,如图 1-4 所示。单线桥梁建筑限界简图见图 1-5。

②桥下净空:是指以梁底至设计水位为高,相邻桥墩之间的净距为宽所围成的面积。桥下净孔:是指在设计水位时,相邻墩台边缘间的距离,表示桥下排水的净宽度,各净孔的和即为桥梁孔径。桥下净空高度:是指设计洪水位或设计通航水位至桥跨结构下边缘之间的距离,见表 1-2。桥下水位变化见图 1-6。

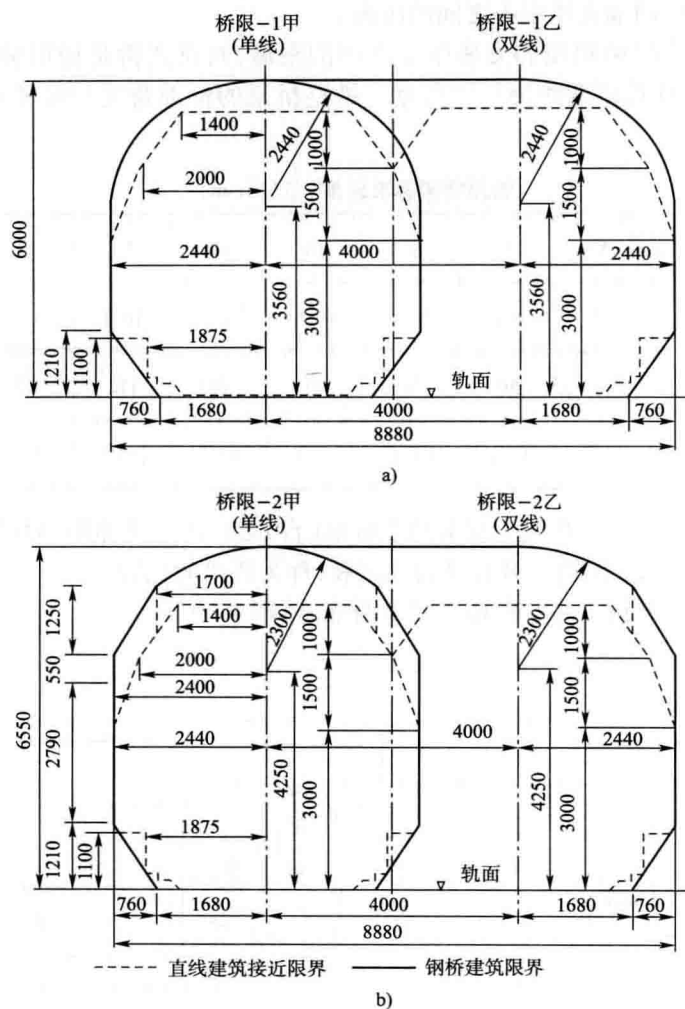


图 1-4 铁路桥梁建筑限界图(尺寸单位:mm)
a)内燃牵引区段;b)电力牵引区段

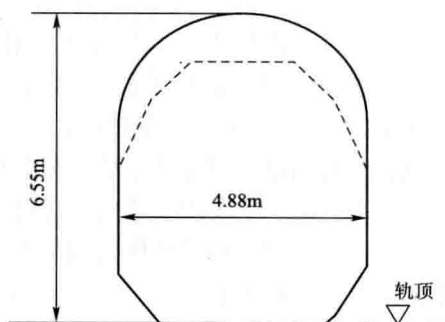


图 1-5 单线桥梁建筑限界简图(电力牵引区段)

桥下净空表

表 1-2

序号	桥的部位	高出设计水位的最小值(m)	高出检算水位的最小值(m)
1	梁底	0.50	0.25
2	梁底(洪水期有大漂流物时)	1.5	1.00
3	梁底(有泥石流时)	1.00	—
4	支承垫石顶	0.25	—
5	拱肋和拱圈的拱脚	0.25	—

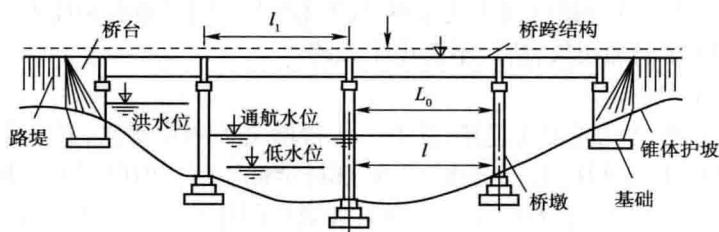


图 1-6 桥下水位变化

(7) 桥梁建筑高度:指轨顶与桥跨结构下缘之间的高差。

(8) 桥梁高度:指低水位至桥面的高差,对于跨线桥是指桥下道路路面至桥面的高差。桥高不同,桥梁的施工方法和难度也会有很大差异。

桥梁专用术语见图 1-7。

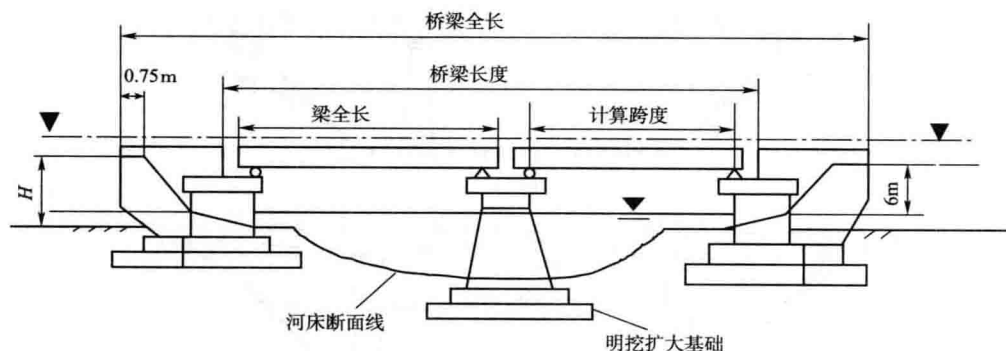


图 1-7 桥梁专用术语图

三、桥梁的分类

铁路桥梁分类的方法有很多种,依据不同的标准,有不同的分类。

(一) 按桥梁长度分

按桥梁长度分为 4 种:特大桥,桥长 500m 以上;大桥,桥长 100 ~ 500m;中桥,桥长 20 ~ 100m;小桥,桥长 20m 及以下。

梁桥桥长指两桥台挡砟墙前墙之间的长度;拱桥指拱上侧墙与桥台侧墙两伸缩缝外端之间的长度;刚架桥指刚架顺跨度方向外侧间的长度。

(二) 按受力体系分

桥梁结构的体系包括:梁桥、拱桥、刚架桥、悬索桥和组合体系桥。

1. 梁桥

梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构,梁作为承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。梁式体系按其结构受力特点可分为简支梁、连续梁和悬臂梁等,按其桥跨结构形式又可分为实腹梁和桁架梁。

(1) 简支梁桥[图 1-8a)]

1969 年建成的金沙江大桥,跨度为 192m,是我国目前最大跨度的简支梁桥。美国米托波里斯桥跨度为 219m,一端为固定支座,一端为活动支座。梁承受弯矩和剪力。 $N=0, Q \neq 0, M \neq 0, Q_{\max}=0.5qL, M_{\max}=0.125qL^2$ 。简支梁桥属于静定结构,所以墩台发生不均匀沉降时,梁体不产生附加内力,所以这种桥可用于地基不良的河道上。但是随着跨度 L 的增大,梁的自重增大,因而跨中弯矩 M 增加很快,所以不能用于大跨。

(2) 连续梁桥[图 1-8b)]

连续梁桥采用一梁两孔或多孔连接,其中一个桥墩上为固定支座,其余墩上为活动支座。连续梁的梁体和墩台遭到破坏时,不会像悬臂梁那样全部坠落。但因其为超静定结构,当基础发生沉降时会引起附加内力,其养护维修时的顶落梁控制比简支梁要严格得多。我国最大跨径的公铁两用连续钢桁梁桥为 3 联 $3 \times 160\text{m} + 128\text{m}$ 。

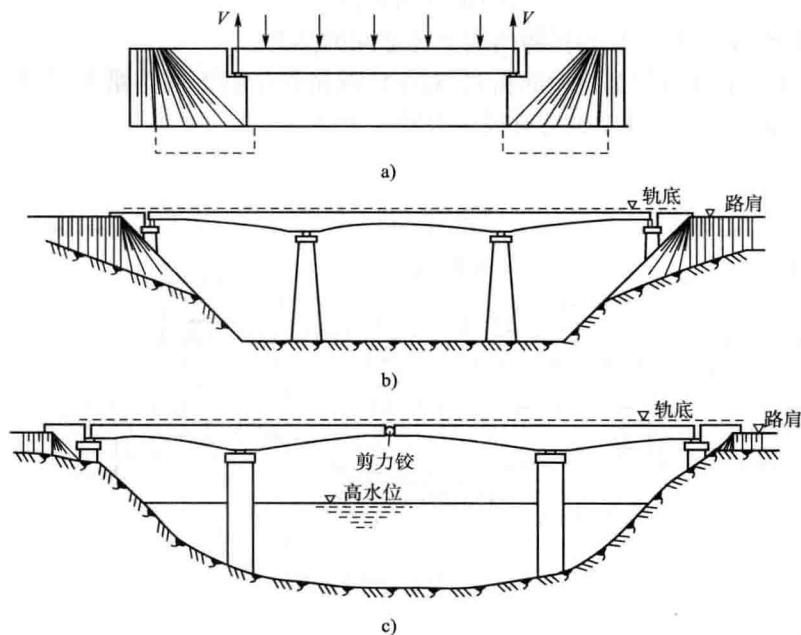


图 1-8 梁桥

a) 简支梁桥; b) 连续梁桥; c) 悬臂梁桥

(3) 悬臂梁桥(图 1-9)

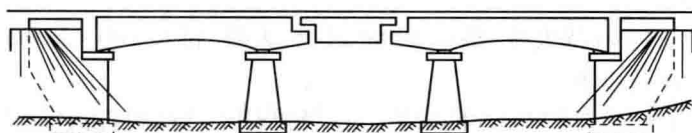


图 1-19 双铰悬臂梁

悬臂梁桥的结构属于静定结构,主附区别明显,并出现一些桥梁垮塌事故,故现代铁路建设中已经较少采用这种桥型。其力学简图如图 1-10 所示。

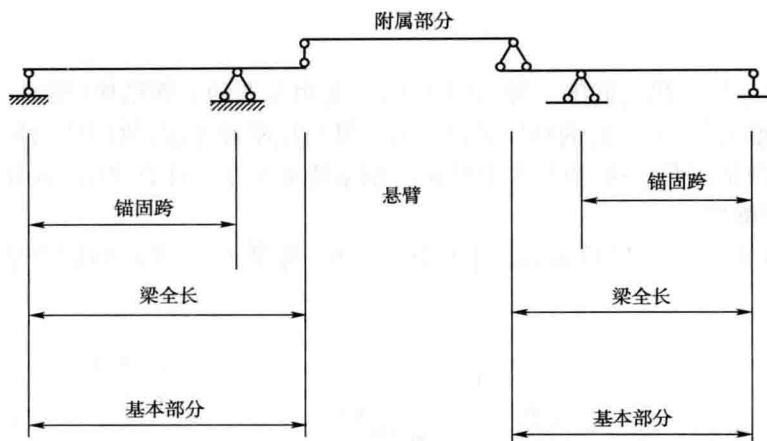


图 1-10 悬臂梁桥的力学简图

2. 拱桥

拱桥的主要承重结构是拱肋(或拱圈),其基本形式如图 1-11 所示,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工材料来修建。墩台除承受竖向压力和弯矩外,还承受水平推力,见图 1-12。

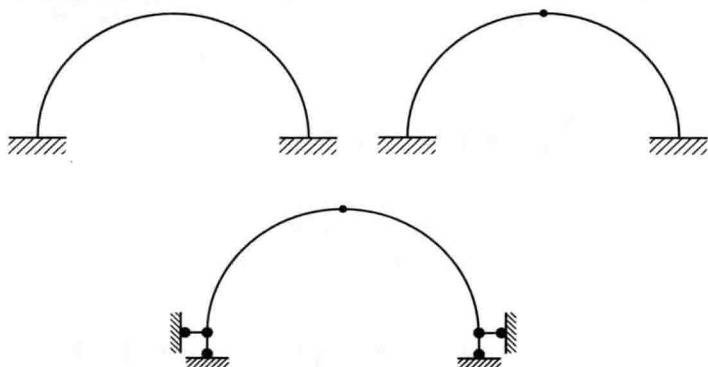


图 1-11 拱的基本形式

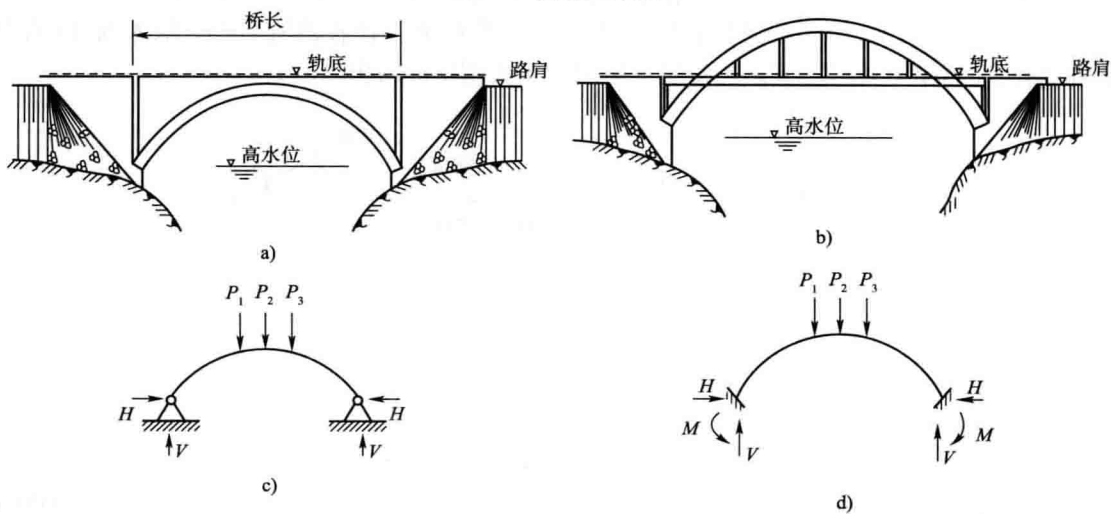


图 1-12 拱桥

3. 刚架桥

刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系,它是由受弯的上部结构(梁或板)与承压的下部结构(桩柱或墩)结合在一起的整体结构。由于梁与柱刚性连接,梁因柱的抗弯而得到卸载作用,整个体系既是压弯结构,也是推力结构。刚架桥多半是立柱直立的(也有斜向布置)、单跨或多跨的门形框架。

刚架桥的桥下净空比拱桥大,适用于中小跨度、建筑高度较低的城市或公路跨线桥,见图 1-13。

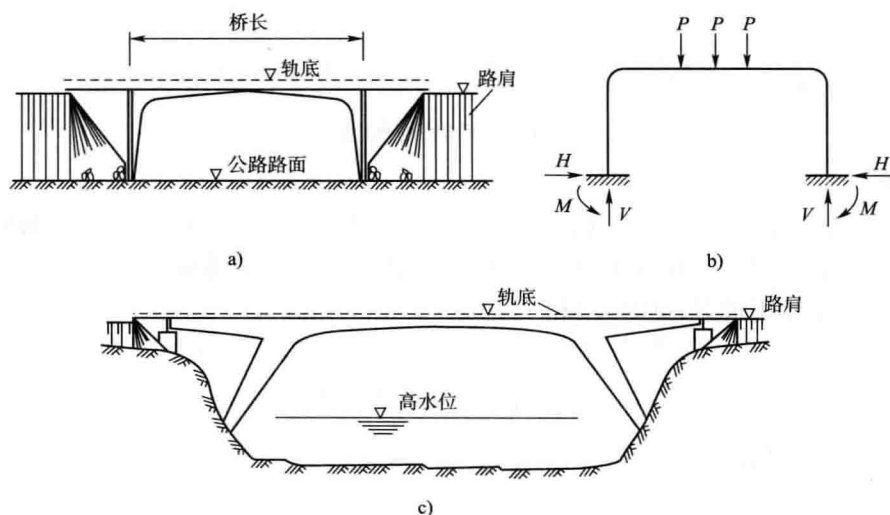


图 1-13 刚架桥

a) 刚架桥; b) 刚架桥受力图; c) 斜腿刚构

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大的锚碇(图 1-14)。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,但结构的刚度较差,整个悬索桥的发展历史也是争取悬索桥刚度的历史。

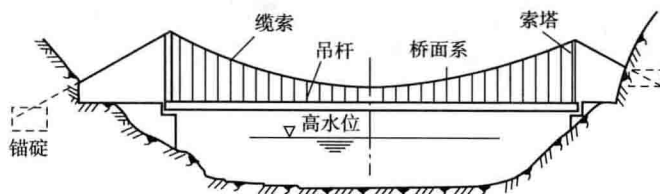


图 1-14 悬索桥

5. 组合体系桥

(1) 梁、拱组合体系

这类体系有系杆拱桥、木桁架拱桥、多跨拱梁结构等。它们是利用梁的受弯与拱的承压轴点组成联合结构。其中,梁和拱都是主要承重物,两者相互配合共同受力,见图 1-15。