



国家示范性高等职业院校课程改革教材

桥梁上部结构预制与安装施工

(道路桥梁工程技术专业用)



◎ 主编 张 辉

◎ 主审 吴清伟



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校课程改革教材

Qiaoliang Shangbu Jiegou Yuzhi yu Anzhuang Shigong

桥梁上部结构预制与安装施工

(道路桥梁工程技术专业用)

张 辉 主编

吴清伟 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校课程改革教材。全书共设置六个学习情境,以任务驱动的方式,把学习内容和工作过程、技术理论知识和技术实践知识、专业能力、方法能力和社会能力进行整合。这六个学习情境是:识读施工图,核算工程量;原材料试验及混凝土配合比设计;施工场地规划与设计;施工方案组织设计的编制;上部结构预制与安装;上部构件预制及安装质量检验与评定。

本书是高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书,也可供从事桥梁施工、监理、管理的人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁上部结构预制与安装施工 / 张辉主编. —北京:人民交通出版社, 2010.3

ISBN 978-7-114-08223-8

I. 桥… II. 张… III. ①桥梁结构:上部结构:预制结构②桥梁结构:上部结构—建筑安装工程—工程施工
IV. U443.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 035609 号

国家示范性高等职业院校课程改革教材

书 名: 桥梁上部结构预制与安装施工(道路桥梁工程技术专业用)

著 作 者: 张 辉

责任编辑: 周往莲

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.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15

字 数: 366千

版 次: 2010年 3 月第 1 版

印 次: 2010年 8 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08223-8

定 价: 38.00元

(如有印刷、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课程改革教材 编审委员会

主 任:张亚军

副主任:王 彤 徐雅娜

委 员:欧阳伟 于仁财 姚 丽 赵永生 李云峰
于国锋 于忠涛 刘存柱 吴清伟 郑宝堂
董天文 马真安 张 辉 李立军 王力强
朱芳芳 才西月 高宏新 韩丽馥 李 波
郝晓彬 马 亮 毛海涛 王卓娅 王加弟
李光林 张新财 刘云全 王奕鹏 李荫国
孙守广 李连宏 杨彦海 赵 晖 胥繁荣
付 勇 谷力军 戴国清

序 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命。”探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2006年,辽宁省交通高等专科学校进入国家首批高等职业教育示范院校建设行列,道路桥梁工程技术专业是重点建设专业之一。几年来,该专业团队积极在“类型”概念下探索高等职业教育教学资源建设模式和“高技能人才”培养规格及培养模式。通过对公路建设工程整个过程的各阶段的职业岗位和典型工作任务的调研、分析、论证,确定了面向施工一线的道路桥梁工程技术专业高技能人才的专业能力规格,即工程勘察与初步道桥设计、工程概算与招投标、材料试验与检测、道桥工程施工与组织、质量验收与评定“五项能力”规格,并结合北方地域气候特点,构建了教学安排与施工季节相结合,教学内容与施工过程相结合,校内实训与企业顶岗实习相结合的“三个结合”人才培养模式。针对“五项能力”,按照“三个结合”,着眼于实际操作、技术跟踪和综合素质的提高,系统开展课程体系、课程内容改革,并进行相应的教学资源建设,力图通过“在学习中工作,在工作中学习”的教学过程,实现高技能人才的培养目标。

本次出版的系列教材,是专业课程改革和教学资源建设的阶段性成果,是国家示范性建设成果的组成部分,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。

在教材的开发过程中,得到教育部、国家示范性高等职业院校建设工作协作委员会、辽宁省教育厅等各级领导和诸多专家的关心指导,得到众多企业、行业及兄弟院校的大力支持,在此一并致以崇高的谢意!

由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教!

道路桥梁工程技术专业教材开发组

二〇〇九年四月

前 言

《桥梁上部结构预制与安装施工》是高等职业技术学院道路桥梁工程技术专业的核心课程之一。本书以国家和交通运输部颁发的有关专业技术标准、规范等为依据,以职业岗位工作目标为切入点,紧紧围绕桥梁上部结构预制与安装的施工过程来编写。在编写过程中,注重理论联系实际,强化实用性和可操作性,重点突出行业岗位对从业人员知识结构和职业能力的要求,充分体现高等职业教育的特点。

需要说明的是,教师在具体授课时,应根据授课对象的不同,依据大纲的要求选择相关内容进行讲授。对于识读施工图、核算工程量部分,建议将学生分成若干小组,结合具体桥梁施工图讲授,以后各教学情景的讲授亦应以该施工图为例进行讲授。本教材案例部分将另编辑成册(活页教材)。

本书共分六个学习情境,其中引言、学习情境1、学习情境5(任务三、四、五)由辽宁省交通高等专科学校张辉编写,学习情境2、学习情境6由辽宁省交通高等专科学校张永丹编写,学习情境3、学习情境4由辽宁省交通高等专科学校唐玉勃编写,学习情境5(任务一、二)由辽宁科杰工程监理有限公司李铁强编写。

全书由辽宁省交通高等专科学校张辉担任主编并负责统稿,吴清伟担任主审。

在本书编写过程中,参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者顺致谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

引言	1
学习情境 1 识读施工图,核算工程量	5
任务一 识读桥梁施工图	6
任务二 校核施工图	22
任务三 核算工程量	68
学习情境 2 原材料试验及混凝土配合比设计	80
任务一 原材料试验检测	81
任务二 混凝土配合比设计	97
学习情境 3 施工场地规划与设计	104
任务一 施工现场规划与设计	105
任务二 桥梁预制场、堆放场地的规划与设计	107
任务三 临时供电规划与设计	109
任务四 工地临时供水规划与设计	111
学习情境 4 施工方案组织设计	117
任务一 施工组织设计的内容与方法	118
任务二 施工方案的编制	122
学习情境 5 上部结构预制及安装	128
任务一 施工准备	129
任务二 普通钢筋混凝土板梁施工工艺	132
任务三 先张法预应力混凝土板梁施工工艺	151
任务四 后张法预应力混凝土板梁施工工艺	161
任务五 上部结构构件安装	172
学习情境 6 上部构件预制及安装质量检验与评定	180
任务一 基础知识	181
任务二 质量检测与评定	184
附表 I 铰接板荷载分布影响线竖标表	200
附表 II 桥梁施工记录用表	211
附表 III 桥梁施工质量评定记录用表	220
参考文献	229

一、本课程的性质与研究对象

本课程是道路桥梁工程技术专业核心课程,目标是让学生掌握桥梁上部结构构件的构造、预制与安装施工技术。

本课程的教学主要围绕“装配式桥梁上部结构施工图校核”与“桥梁上部结构预制与安装施工方案设计”两个项目进行,并在每个学习情境中安排一个阶段项目。学生可通过完成阶段项目来学习相关的知识,训练相应的技能,实现能力培养的目标。

二、桥梁工程发展简介

桥梁是道路的组成部分。从工程技术的角度来看,桥梁发展可分为古代、近代和现代三个时期。

● **古代桥梁** 人类在原始时代,跨越水道和峡谷时,是利用自然倒下来的树木,自然形成的石梁或石拱,溪涧突出的石块,谷岸生长的藤萝等来实现。古代桥梁在 17 世纪以前,一般是用木、石材料建造的,并按建桥材料把桥分为石桥和木桥。石桥的主要形式是石拱桥。在罗马时代,欧洲建造的拱桥较多,如公元前 200 年~公元 200 年间,在罗马台伯河上共建造了 8 座石拱桥。其中,建于公元前 62 年的法布里西奥石拱桥,共有 2 孔,每孔跨径为 24.4m。拱桥除圆拱、割圆拱外,还有椭圆拱和坦拱。公元 1542~1632 年,法国建造的皮埃尔桥为 7 孔不等跨椭圆拱,最大跨径约 32m。当时椭圆拱曾盛行一时。1567~1569 年,在佛罗伦萨的圣特里尼塔建成了 3 跨坦拱桥,其矢高与跨度之比为 1:7。11 世纪至 17 世纪建造的桥,有的在桥面两侧设商店,如意大利威尼斯的里亚尔托桥。

举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥),是我国古代石拱桥的杰出代表(图 0-1-1)。该桥在隋大业初年(公元 605 年左右)为李春所创建,是一座空腹式的圆弧形石拱桥,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。赵州桥的设计构思和精巧的工艺,不仅在我国古代桥梁中首屈一指,据对世界桥梁的考证,像这样的敞肩拱桥,欧洲到 19 世纪中叶才出现,比我国晚了 1 200 多年。赵州桥的雕刻艺术,包括栏板、望柱和锁口石等上的雕刻,狮象龙兽形态逼真,琢



图 0-1-1 赵州桥

工精致秀丽,不愧为文物宝库中的艺术珍品。

石梁桥是石桥的又一形式。中国陕西省西安附近的灞桥原为石梁桥,建于汉代,距今已有 2 000 多年。公元 11 世纪至 12 世纪,南宋泉州地区先后建造了几十座较大型石梁桥,其中有洛阳桥、安平桥。安平桥(五里桥)原长 2 500m,共 362 孔,现长 2 070m,共 332 孔。英国达特穆尔现存的石板桥,有的已有 2 000 多年的历史。

早期木桥多为梁桥,如秦代在渭水上建的渭桥,即为多跨梁式桥。木拱桥出现较早,公元 104 年在匈牙利多瑙河上建成的特拉杨木拱桥,共有 21 孔,每孔跨径为 36m。中国在河南开封修建的虹桥,净跨约为 20m,亦为木拱桥,建于公元 1032 年。

中国西南地区有用竹篾缆造的竹索桥。著名的竹索桥是四川灌县珠浦桥,共 8 孔,最大跨径约 60m,总长超过 330m,建于宋代以前。

古代桥梁基础,在罗马时代开始采用围堰法施工,即打木板桩成围堰,抽水后在其中修筑桥梁基础和桥墩。1209 年建成的英国泰晤士河拱桥,其基础就是用围堰法修筑的,但是,那时只能用人工打桩和抽水,基础较浅。11 世纪初,我国著名的洛阳桥在修建时,先在桥址江中遍抛石块,再在其上养殖牡蛎,两三年后胶固而成筏形基础,这是一个创举。

● **近代桥梁** 近代桥梁按建桥材料划分,除木桥、石桥外,还有铁桥、钢桥、钢筋混凝土桥。

18 世纪铁的生产和铸造,为桥梁提供了新的建筑材料。但铸铁抗冲击性能差,抗拉性能也低,易断裂,并非良好的造桥材料。19 世纪 50 年代以后,随着转炉炼钢和平炉炼钢技术的发展,钢材成为重要的造桥材料。钢的抗拉强度大,抗冲击性能好,尤其是 19 世纪 70 年代出现的钢板和矩形轧制断面钢材,为桥梁部件在厂内组装创造了条件,使钢材应用日益广泛。

18 世纪初,发明了用石灰、黏土、赤铁矿混合烧成的水泥。19 世纪 50 年代,开始采用在混凝土中放置钢筋以弥补混凝土抗拉性能差的缺点。此后,于 19 世纪 70 年代出现了钢筋混凝土桥。

近代桥梁建造,促进了桥梁科学理论的兴起和发展。1857 年,由圣沃南在前人对拱的理论、静力学和材料力学研究的基础上,提出了较完整的梁理论和扭转理论。这个时期连续梁和悬臂梁的理论也建立起来了,桥梁桁架分析(如华伦桁架和豪氏桁架的分析方法)也得到解决。19 世纪 70 年代后,结构力学获得很大的发展,能够对桥梁各构件在荷载作用下发生的应力进行分析。这些理论的发展,推动了桁架、连续梁和悬臂梁的发展。19 世纪末,弹性拱理论已较完善,促进了拱桥发展。20 世纪 20 年代土力学的兴起,推动了桥梁基础的理论研究。

铁桥包括铸铁桥和锻铁桥。铸铁性脆,宜于受压,不宜受拉,适宜作拱桥建筑材料。世界上第一座铸铁桥是英国科尔布鲁克代尔厂所造的塞文河桥,建于 1779 年,为半圆拱,由 5 片拱肋组成,跨径 30.7m。中国于 1705 年修建了四川大渡河泸定铁链悬索桥,桥长 100m,宽 2.8m,至今仍在使用。世界上第一座不用铁链而用铁索建造的悬索桥,是瑞士的弗里堡桥,建于 1830~1834 年,桥的跨径为 233m。这座桥用 2 000 根铁丝就地放线,悬在塔上,锚固于深 18m 的锚碇坑中。1937 年,美国建成的旧金山金门桥(主孔长 1 280m,边孔长 344m,塔高 228m),是采用加劲梁的悬索桥。

美国密苏里州圣路易市密西西比河上的伊兹桥,建于 1867~1874 年,是早期建造的公路铁路两用无铰钢桁拱桥,跨径为 153m+158m+153m。19 世纪末,弹性拱理论已逐步完善,促进了 20 世纪 20~30 年代较大跨钢拱桥的修建。如著名的澳大利亚悉尼港桥,建成于 1932

年,跨径 503m,为双铰钢桁拱桥。19 世纪中期,出现了根据力学原理设计的悬臂梁。1896 年,比利时工程师菲伦代尔发明了空腹桁架桥。

1875~1877 年,法国园艺家莫尼埃建造了一座人行钢筋混凝土桥,跨径 16m,宽 4m。

关于桥梁基础施工,在 18 世纪开始应用井筒,英国在修威斯敏斯特拱桥时,木沉井浮运到桥址后,先用石料装载将其下沉,而后修基础及墩。1851 年,英国在肯特郡的罗切斯特处修建梅德韦桥时,首次采用压缩空气沉箱。1845 年以后,蒸汽打桩机开始用于桥梁基础施工。

● **现代桥梁** 20 世纪 30 年代,预应力混凝土和高强度钢材相继出现,材料塑性理论和极限理论的研究,桥梁振动的研究和空气动力学研究,以及土力学的研究等获得了重大进展,从而为节约桥梁建筑材料,减轻桥重,预计基础下沉深度和确定其承载力提供了科学的依据。现代桥梁按建桥材料可分为预应力钢筋混凝土桥、钢筋混凝土桥和钢桥。

1928 年,法国弗雷西内工程师经过 20 年的研究,用高强钢丝和混凝土制成预应力钢筋混凝土,克服了钢筋混凝土易产生裂纹的缺点,使桥梁可以用悬臂安装法、顶推法施工。随着高强钢丝和高强混凝土的不断发展,预应力钢筋混凝土桥的结构不断改进,跨度不断提高。

1974 年建成的法国博诺姆桥,主跨径为 186.25m,是目前最大跨径预应力混凝土刚架桥。预应力钢筋混凝土悬索桥是将预应力梁中的预应力钢丝索作为悬索,并同加劲梁构成自锚式体系。1963 年建成的比利时根特的梅勒尔贝克桥和玛丽亚凯克桥,主跨径分别为 56m 和 100m,就是预应力钢筋混凝土悬索桥。斜拉桥的梁是悬在拉索形成的多弹性支承上,这样能减少梁高,且能提高桥的抗风和抗扭转震动性能,并可利用拉索安装主梁,有利于跨越大河,因而应用广泛。如 1971 年利比亚建造的瓦迪库夫桥,主跨径为 282m;1977 年法国建造的塞纳—马恩省河布罗东纳桥,主跨为 320m。我国已建成十多座预应力混凝土斜拉桥,其中 1982 年建成的山东济南黄河桥主跨为 220m。

第二次世界大战以后,世界上修建了多座较大跨径的钢筋混凝土拱桥,如 1963 年通车的葡萄牙亚拉达拱桥,跨径为 270m,矢高 50m;1964 年完工的澳大利亚悉尼港的格莱兹维尔桥,跨径为 305m。我国 1964 年创造钢筋混凝土双曲拱桥。桥由拱肋和拱波组成,纵向和横向均有曲度,横向也用拱波形式。拱肋和拱波分段预制,因此可用轻型吊装设施安装。这样,在缺乏重型运输工具和重型吊装机具条件下,也可以修建较大跨径拱桥。

钢板梁和箱形钢梁同混凝土相结合的桥型,以及把正交异性板桥面同箱形钢梁相结合的桥型,在大、中跨径的桥梁上广泛运用。1968 年中国建成的南京长江大桥(图 0-1-2),是一座公路铁路两用的连续钢桁架桥,正桥为 $128\text{m} + 9 \times 160\text{m} + 128\text{m}$,全桥长 6km。1972 年日本建成的大阪港的港大桥为悬臂梁钢桥,桥长 980m,由 235m 锚孔和 162m 悬臂、186m 悬孔所组成。1966 年英国建成的塞文悬索桥,主孔长 985m。这座桥根据风洞试验,首次采用梭形正交异性板箱形加劲梁,梁高只有 3.05m。1980 年英国完工的恒比尔悬索桥,主跨为 1410m,也用梭形正交异性板箱形加劲梁,梁高只有 3m。



图 0-1-2 南京长江大桥

20 世纪 60 年代以后,钢斜拉桥逐渐发展起来。第一座钢斜拉桥是瑞典建成的斯特伦松德海峡桥,建于 1956 年,跨径为 $74.7\text{m} + 182.6\text{m} + 74.7\text{m}$ 。这座桥的斜拉索在塔的左右各布置 2 根,由钢筋混凝土板和焊接钢板梁组合作为纵梁。目前,通过对钢斜拉桥抗风抗震性能的

改进,其跨径正在逐渐增大。钢桥的基础多用大直径桩或薄壁井筒建造。

2005 年 4 月 30 日建成通车的润扬长江公路大桥(图 0-1-3)是江苏省“四纵四横四联”公路主骨架和南北跨长江公路通道的重要组成部分,工程全长 35.66km,由北接线、北汉桥、世业洲互通、南汉桥、南接线和南接线延伸段 6 个部分组成。主桥(包括北引桥、北汉桥、世业洲互通、南汉桥、南引桥)长 7.21km,北接线长 12.01km,南接线及其延伸段长 16.44km,其中,南汉桥为主跨 1 490m 单孔双铰钢箱梁悬索桥;北锚碇矩形地下连续墙工程,创造了当时国内特大深基坑支护结构嵌岩最深和体量最大的纪录;南锚碇基础排桩冻结工程,首次实现排桩和冻结两大工艺的完美结合,在世界建桥史上开创了先例;全桥应用低碱水泥,提高了混凝土的耐久性,有利于大桥使用寿命的延长;用自平衡法测试 12 万吨桩基承载力的静荷载试验,达到了国际领先水平;特大吨位全自动液压式跨缆吊机的研制成功,填补了国内特大跨径悬索桥钢箱梁吊装设备的空白。

苏通长江大桥(图 0-1-4)位于江苏东部的南通市和苏州(常熟)市之间,是国家高速公路沈阳至海口通道、江苏省规划的公路主骨架“纵一”线的跨江通道工程。苏通大桥路线全长 32.4km,跨江大桥工程采用了主跨 1 088m 双塔双索面斜拉桥设计,是目前世界上最大跨径的斜拉桥,创造了 4 项世界纪录。最深基础:大桥主墩基础由 131 根长约 120m、直径 2.5~2.8m 的群桩组成,承台长 114m、宽 48m,面积有一个足球场大,是世界规模最大、入土最深的群桩基础。最大主跨:苏通大桥跨径 1 088m,是世界最大跨径的斜拉桥。最长拉索:苏通大桥最长拉索长达 577m,比日本多多罗大桥斜拉索长 100m,为世界上最长的斜拉索。最高桥塔:苏通大桥采用高 300.4m 的混凝土塔,为世界最高的桥塔。



图 0-1-3 润扬长江公路大桥

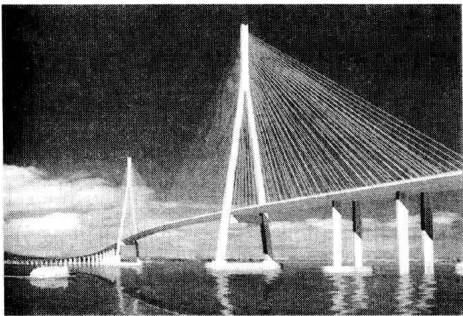


图 0-1-4 苏通长江大桥

识读施工图,核算工程量



情境导入:对于道桥施工承包人,在接到工程中标通知书后,应组织人员对设计图纸进行认真地复核,计算桥梁工程的工程量,为组织施工和计量支付提供依据。



学习目标

【知识目标】 完成本学习情境的学习,学生能够熟练掌握桥梁的基本概念,结合实训场地及某个具体工程,理解施工图纸所代表的具体意义。

【能力目标】 学生能够对施工图纸进行校核,并根据施工图纸,准确地计算桥梁上部结构的工程量。通过训练,熟练地掌握施工图纸的校核方法及工程量计算的方法。



情境设计

- 【实施时间】**
- (1) 投标时,利用工程量清单编制商务标;
 - (2) 开工前,进行施工图校核;
 - (3) 施工过程中,根据工程量清单进行计量。

【实施地点】 项目部、施工现场。

【实施人员】 计量员、预算员、施工员、测量员。

- 【实施内容】**
- (1) 熟悉施工图,对主要构件尺寸进行校核;
 - (2) 计算工程量,为投标、计量与支付提供依据。

- 【实施内容】**
- (1) 熟悉施工图,提取施工测量数据;
 - (2) 计算工程量,为投标、计量与支付提供依据。

任务一

识读桥梁施工图

【知识目标】 学生掌握装配式桥梁上部结构种类、桥梁的有关术语,掌握桥梁上部结构图纸的组成。

【能力目标】 学生能够识读桥梁工程上部结构图纸,分清桥梁工程上部结构类型。



项目导入:在接到施工任务之后,作为施工技术人员,首先应熟悉施工图纸,对施工对象有个全面的了解,然后进行施工组织和施工。在熟悉图纸之前应对桥梁有足够的了解,掌握桥梁的基本概念,了解桥梁施工图的组成。

一、认识桥梁

• 什么是桥梁?

桥梁是道路路线遇到江河湖泊、山谷深沟以及其他线路(铁路或公路)等障碍时,为了保持道路的连续性,充分发挥其正常的运输能力,而专门建造的人工构造物。桥梁具有体形庞大、类型多样和地点固定等特征。桥梁一方面要保证桥上的交通运行,也要保证桥下水流的宣泄、船只的通航或车辆的通行。

1. 桥梁的组成

桥梁主要由上部结构、下部结构和附属构造物组成。

上部结构(或称桥跨结构)是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构。当需要跨越的幅度较大,并且除结构自重(恒载)外要求安全地承受很大车辆荷载的情况下,桥跨结构的构造就比较复杂,施工也相当困难。

下部结构是支承上部结构并将结构重力和车辆等荷载传至地基的建筑物,包括桥墩、桥台和基础三部分。通常设置在桥梁两端的称为桥台,它除了上述作用外还与路堤相衔接,以抵御路堤土压力,防止路堤填土的滑坡和塌落。设置在桥梁中间的支承结构物称为桥墩。单孔桥没有桥墩。对于两端悬出的桥跨结构,则往往不用桥台而设置靠近路堤边坡的岸墩,如图1-1-1所示。桥墩和桥台中将全部荷载传至地基的底部奠基部分,通常称为基础,它是确保桥梁能否安全使用的关键。由于基础深埋于土层之中,并且需在水下施工,故也是桥梁修建中比较困难的一部分。

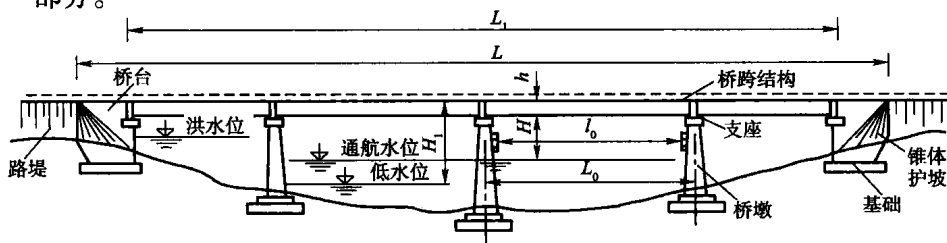


图 1-1-1 桥梁的基本组成

桥梁中在上部结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置,称为支座,它不仅传递很大的荷载,而且要保证上部结构能产生一定的变位。

附属构造物是在桥位处为了能够顺利宣泄洪水,减少水流对桥梁的冲刷及保证桥梁的稳定而修建的其他构造物,包括锥形护坡、导流结构物、护岸等。通常在路堤与桥台衔接处桥台两侧设置石砌的锥形护坡。

2. 桥梁基本尺寸及术语

下面介绍一些与桥梁布置有关的主要尺寸和术语名称。

净跨径对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 1-1-1);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 1-1-2)。

总跨径是多孔桥梁中各孔净跨径的总和,也称桥梁孔径(L_0),它反映了桥下宣泄洪水的能力。

计算跨径对于具有支座的桥梁,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 为基准的。

桥梁全长简称桥长,是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离,以 L 表示,对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长(图 1-1-1)。在一条线路中,桥梁和涵洞总长所占的比重反映它们在整段线路建设中的重要程度。

标准跨径对于梁式桥,它是指两相邻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,用 l_0 来表示。

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。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计算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,并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。

建筑高度是桥上行车路面(或轨顶)高程至桥跨结构最下缘之间的距离(图 1-1-1 中的 h 及 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)高程,与通航净空顶部高程之差,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,见图 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,见图 1-1-2。

矢跨比是拱桥中拱圈(或拱肋)的矢高 f 与跨径 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。

涵洞是用来宣泄路堤下水流的构造物,通常在建造涵洞处路堤不中断。为了区别于桥梁,《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)中规定,凡是多孔跨径全长不到 8m 和单孔跨径不到

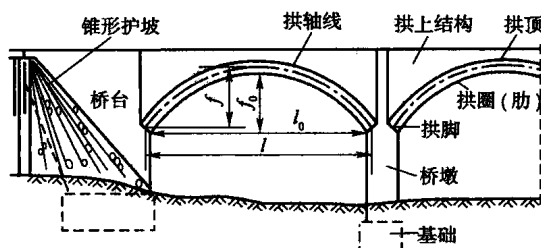


图 1-1-2 拱桥的基本组成

5m 的泄水结构物,均称为涵洞。

3. 桥梁分类

目前人们所见到的桥梁,种类繁多,它们都是在长期的生产活动中,通过反复实践和不断总结逐步创新发展起来的。为了对各种类型的桥梁结构有个概略的认识,下面先对桥梁分类加以简要的分析说明。

1) 按桥梁的基本体系分类

结构工程上的受力构件,总离不开拉、压和弯 3 种基本受力方式。由基本构件所组成的各种结构物,在力学上可归结为梁式、拱式、悬吊式 3 种基本体系以及它们之间的各种组合。现代的桥梁根据其主要承重构件(上部结构)的受力性能可分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、缆索承重桥(悬索桥、斜拉桥)和组合体系桥 5 种基本体系。

(1) 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构(图 1-1-3)。作为主要承重构件的梁在竖向荷载作用下,其内主要产生弯矩。因此,大多选用抗弯性能好的钢筋混凝土或预应力混凝土来修建梁式桥。梁式桥按静力体系又可分为简支梁桥、悬臂梁桥和连续梁桥等。详细情况将在后续内容中介绍。

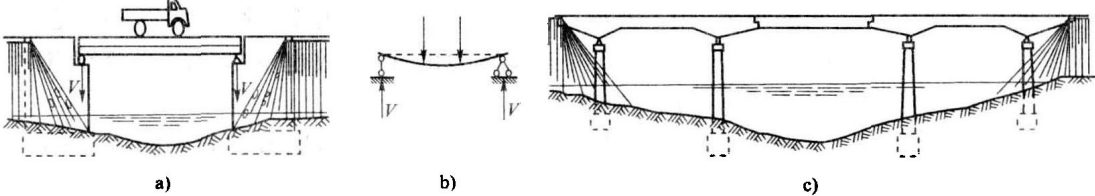


图 1-1-3 梁式桥

(2) 拱式桥

拱式桥的主要承重结构是拱圈或拱肋(图 1-1-4)。在竖向荷载作用下,拱圈(拱肋)主要承受轴向力,弯矩、剪力较小,而在拱的支承处将产生很大的水平推力,即桥墩或桥台将承受水平推力[图 1-1-4b)]。同时,这种水平推力将显著抵消荷载所引起在拱圈(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。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。

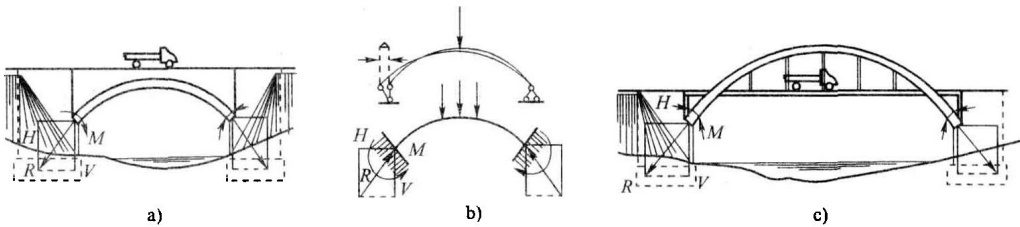


图 1-1-4 拱式桥

同时应当注意,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不利作用。此外,拱桥的施工一般要比梁桥困难些。对于跨径很大的桥梁,有时也建造钢拱桥。

(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 1-1-5)。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 1-1-5b)],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高程以改善纵坡并能减少路堤土方量。当桥面高程已确定时,采用这种桥型能增加桥下净空。这种桥的主要缺点是悬臂根部的负弯矩很大,用普通钢筋混凝土修建时不仅钢材用量大,而且控制混凝土裂缝的开展成为关键,因此跨径就不能做得太大(通常 40 ~ 50m)。

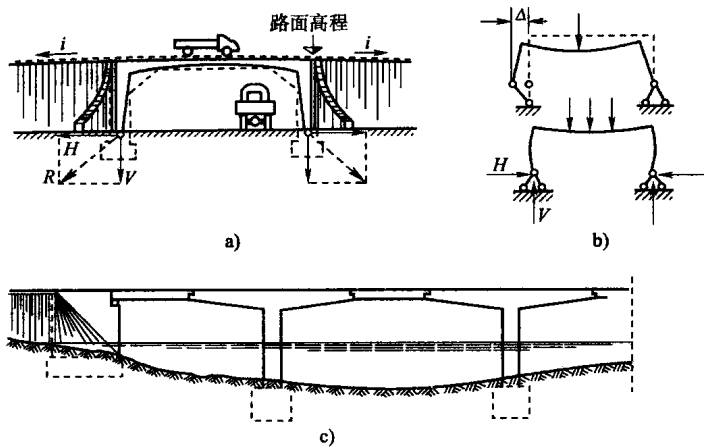


图 1-1-5 刚架桥

(4) 缆索承重桥(悬索桥、斜拉桥)

缆索承重桥是用缆索作为主要承重构件。悬索桥是用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构(图 1-1-6)的,在竖向荷载作用下,通过吊杆使缆索承受很大的拉力,通常需要在两岸桥台的后方修筑非常巨大的锚碇结构。悬索桥也是具有水平反力(拉力)的结构。现代悬索桥广泛采用由高强度钢丝编制而成的钢缆,以充分发挥其优异的抗拉性能,因此结构自重较小,能以较小的建筑高度达到其他任何桥型无与伦比的特大跨度。斜拉桥是用悬挂在塔柱上的被张紧的斜缆将主梁吊住,使主梁像多点弹性支承的连续梁一样工作,这样既发挥了高强度材料的作用,又显著减小了主梁截面,使结构自重减小而达到很大的跨径。缆索承重桥的另一特点是:成卷的钢缆易于运输,结构的组成构件较轻,便于无支架悬吊拼装。

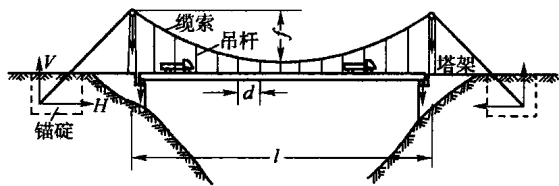


图 1-1-6 缆索承重桥

然而,相对于上述其他体系而言,悬索桥及斜拉桥的自重小,结构刚度差,在车辆动荷载和风荷载作用下有较大的变形和振动。

(5) 组合体系桥

根据结构的受力特点,由几个不同体系的结构组合而成的桥梁称为组合体系桥。图 1-1-7a)所示为一种梁和拱的组合体系,其中梁和拱都是主要承重结构,两者相互配合共同受力。由于吊杆将梁向上(与荷载作用的挠度方向相反)吊住,这样就显著减小了梁中的弯矩;同时由于拱与梁连接在一起,拱的水平推力就传给梁来承受,这样梁除了受弯以外尚且受拉。这种组合体系桥能跨越较一般简支梁桥更大的跨度,而对墩台没有推力作用,因此对地基的要求就与一般简支梁桥一样。图 1-1-7b)所示为拱置于梁的下方,通过立柱对梁起辅助支承作用的组合体系桥。

近几年发展起来的由悬索桥和斜拉桥组合而成的悬吊—斜拉协作体系桥。

组合体系桥的种类很多,但究其实质不外乎利用梁、拱、索三者的不同组合,上吊下撑以形成新的结构。组合体系桥梁一般都可用钢筋混凝土来建造,对于大跨径桥以采用预应力混凝土或钢材修建为宜。一般说来,这种桥梁的施工工艺比较复杂。

2) 桥梁的其他分类简述

除了上述按受力特点分成不同的结构体系外,人们还习惯地按桥梁的用途、大小规模和建桥材料等其他方面进行分类。

按用途来划分,有公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农桥、人行桥、运水桥(渡槽)及其他专用桥梁(如通过管路、电缆等)。

按桥梁全长和跨径的不同,分为特大桥、大桥、中桥和小桥。《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)规定的大、中、小桥划分标准见表 1-1-1。

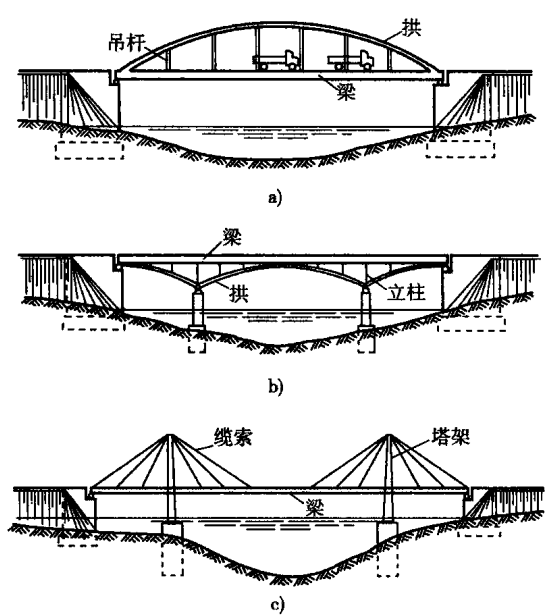


图 1-1-7 组合体系桥

桥梁按跨径分类 表 1-1-1

桥梁分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_k (m)
特大桥	$L \geq 1\,000$	$L_k \geq 150$
大桥	$100 \leq L < 1\,000$	$40 \leq L_k < 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_k < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_k < 20$
涵洞	—	$L_k < 5$

按主要承重结构所用的材料划分,有圬工桥(包括砖、石、混凝土桥)、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和木桥等。木材易腐,而且资源有限,因此除了少数临时性桥梁外,一般不采用。钢材是一种具有广泛用途的材料,但由于其材料价格高,相对来讲钢桥的造价高,因此只在特殊情况下才修建公路钢桥。目前,在我国公路上应用最广的是钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥和圬工桥。

按跨越障碍的性质可分为跨河桥、跨线桥(立体交叉)、高架桥和栈桥。高架桥一般指跨越深沟峡谷以代替高路堤的桥梁。为将车道升高至周围地面以上并使其下面的空间可以通行车辆或作其他用途(如堆栈、店铺等)而修建的桥梁,称为栈桥。

按上部结构的行车道位置,分为上承式桥、下承式桥和中承式桥。桥面布置在主要承重结构之上者称为上承式桥[图 1-1-3 的 a) 和 c), 图 1-1-4 的 a) 等], 桥面布置在承重结构之下的称为下承式桥(图 1-7), 桥面布置在桥跨结构高度中间的称为中承式桥[图 1-1-4c)]。

上承式桥构造较简单,施工方便,而且其主梁或拱肋等的间距可按需要调整,以求得经济合理的布置。一般说来,上承式桥梁的承重结构宽度可做得小些,因而可节约墩台圬工数量。

此外,在上承式桥上行车时,视野开阔、感觉舒适也是其重要优点。所以,公路桥梁一般尽可能采用上承式桥。上承式桥的不足之处是桥梁的建筑高度较大。

在建筑高度受严格限制的情况下,以及修建上承式桥必须提高路面(或轨顶)高程而显著增大桥头路堤土方量时,就应采用下承式桥或中承式桥。对于城市桥梁,有时受周围建筑物等