



高职高专工学结合、课程改革规划教材

交通职业教育教学指导委员会  
路桥工程专业指导委员会 组织编写

# 桥梁上部施工技术

(道路桥梁工程技术专业用)

周传林 主 编

[湖南大学] 邵旭东

[江苏省交通规划设计院股份有限公司] 孙大松

主 审



人民交通出版社  
China Communications Press

高职高专工学结合、课程改革规划教材  
交通职业教育教学指导委员会 组织编写  
路桥工程专业指导委员会

Qiaoliang Shangbu Shigong Jishu

# 桥梁上部施工技术

道路桥梁工程技术专业用

周传林 主 编  
邵旭东[湖南大学] 主 审  
孙大松[江苏省交通规划设计院股份有限公司]

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是高职高专工学结合、课程改革规划教材,是在各高等职业院校积极践行和创新先进职业教育理念,深入推进“校企合作,工学结合”人才培养模式的大背景下,由交通职业教育教学指导委员会路桥工程专业指导委员会根据新的课程标准组织编写而成。

本教材以桥梁上部施工“工作项目”为主线,共设置了10个学习情境,主要内容包括:桥梁基本知识,工程结构设计,梁式桥设计,钢筋混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土连续梁桥施工,钢筋混凝土拱桥施工,桥面系及附属工程施工,悬臂施工、转体施工法基本知识,桥梁上部实施性施工组织设计编制。

本教材主要供高等职业教育道路桥梁工程技术专业教学使用,也可作为路桥类工程技术人员的培训教材或自学用书。

本教材根据交通运输部于2011年8月1日起颁布实施的《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)编写。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁上部施工技术 / 周传林主编. —北京:人民  
交通出版社, 2011.7

高职高专工学结合、课程改革规划教材

ISBN 978-7-114-09066-0

I. ①桥… II. ①周… III. ①桥梁结构:上部结构—  
工程施工—高等教育—教材 IV. ①U443.3②U445

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第077151号

高职高专工学结合、课程改革规划教材

书 名:桥梁上部施工技术

著 者:周传林

责任编辑:任雪莲

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:20

字 数:491千

版 次:2011年7月 第1版

印 次:2011年7月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09066-0

印 数:0001-3000册

定 价:50.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 交通职业教育教学指导委员会 路桥工程专业指导委员会

主 任:柴金义

副主任:金仲秋 夏连学

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 彤 王进思 刘创明 刘孟林

孙元桃 孙新军 吴堂林 张洪滨

张美珍 李全文 陈宏志 周传林

周志坚 俞高明 徐国平 梁金江

彭富强 谢远光 戴新忠

秘 书:伍必庆

# 序

为深入贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》及全国普通高等学校教学工作会议的有关精神,积极推行与生产劳动和社会实践相结合的学习模式,把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动教学内容和教学方法改革。交通职业教育教学指导委员会路桥工程专业指导委员会在完成《道路桥梁工程技术专业教学标准和课程标准研究》的基础上,按照职业岗位(群)的任职要求,构建了突出职业能力培养的“教学标准”和“课程标准”,并据此组织全国20多所交通高职高专院校道路桥梁工程技术专业的教师编写了14门课程的工学结合、课程改革规划教材。专业“教学标准”和“课程标准”是全国道路桥梁工程技术专业多年建设成果的总结和提炼。

按照2010年4月路桥工程专业指导委员会所确定的编写原则,本套教材力求体现如下特点:

**体系规范。**以工学结合、校企合作所开发的教材为切入点,在“教学标准”和“课程标准”确定的框架下,改革教学内容和教学方法,突出专业教学的针对性,选定教材的内容。

**内容先进。**用新观点、新思想审视和阐述教材内容,所选定的教材内容适应公路建设发展需要,反映公路建设的新知识、新技术、新工艺和新方法。

**知识实用。**以职业能力为本位,以应用为核心,以“必需、够用”为原则,教材紧密联系生活和生产实际,加强了教学的针对性,能与相应的职业资格标准相互衔接。

**使用灵活。**体现教学内容弹性化,教学要求层次化,教材结构模块化;有利于按需施教,因材施教。

交通职业教育教学指导委员会

路桥工程专业指导委员会

2010年12月



# 前 言

本书是以职业能力培养为核心,以桥梁上部施工“工作项目”为主线编写的、适应道路桥梁工程技术专业的高职高专工学结构、课程改革规划教材。本教材以国家和交通运输部颁发的有关桥梁施工的最新技术标准、规范、规程为依据,以就业岗位目标为切入点,围绕桥梁上部施工过程编写而成。在编写过程中遵循“工学结合”的原则,实现工作与学习的整合,理论与实践的整合,专业能力、方法能力和社会能力的整合。本教材具有以下四个特点:

(1) 打破了传统教材的章节体例格式,变学科型课程体系为任务引领型课程体系。

(2) 依照认知规律,从简单到复杂,从单一到综合,创设学习情境,在学习情境下设置若干工作任务,在每个工作任务下设置学习目标、任务描述和学习指导。

(3) 变知识学科本位为职业能力本位,从“任务与职业能力”分析出发,设定课程能力培养目标。

(4) 以学生就业为导向,紧紧围绕完成工作任务的需要和职业资格证书中相关考核要求来选择学习内容。

本教材共设 10 个学习情境,计划安排 96 学时。主要内容包括:桥梁基本知识,工程结构设计,梁式桥设计,钢筋混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土连续梁桥施工,钢筋混凝土拱桥施工,桥面系及附属工程施工,悬臂施工、转体施工法基本知识,桥梁上部实施性施工组织设计编制。教材内容根据交通运输部于 2011 年 8 月 1 日起颁布实施的《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)编写。

本教材由南京交通职业技术学院周传林主编,由湖南大学邵旭东和江苏省交通规划设计院股份有限公司孙大松主审。其中,学习情境一、学习情境三和学习情境四由南京交通职业技术学院周传林编写,学习情境二、学习情境五由南京交通职业技术学院张文斌编写,学习情境七、学习情境十由南京交通职业技术学院龙兴灿编写,学习情境六、学习情境九由湖南交通职业技术学院李振编写,学习情境八由辽宁省交通高等专科学校毛海涛编写。

在本教材编写过程中,编者参考和引用了大量有关文献资料,在此向原作者致以谢意。由于编者水平有限,教材中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2011 年 5 月

# 目 录

<b>学习情境一 桥梁基本知识</b> .....	1
任务一 认知桥梁结构.....	1
任务二 桥梁设计与建设程序.....	8
任务三 桥梁的规划与设计 .....	10
任务四 桥梁设计荷载 .....	14
课后训练 .....	20
<b>学习情境二 工程结构设计</b> .....	22
任务一 钢筋混凝土结构的基本概念及材料的物理力学性能 .....	22
任务二 钢筋混凝土结构设计的基本原理 .....	36
任务三 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算 .....	42
任务四 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算 .....	60
任务五 钢筋混凝土受弯构件的应力、裂缝与变形验算.....	68
任务六 钢筋混凝土受压构件承载力计算 .....	71
课后训练 .....	84
技能训练 .....	85
<b>学习情境三 梁式桥设计</b> .....	87
任务一 认识简支梁桥 .....	87
任务二 简支梁桥的设计与计算.....	105
<b>学习情境四 钢筋混凝土简支梁桥施工</b> .....	130
任务一 了解桥梁施工方法.....	130
任务二 桥梁施工准备.....	136
任务三 支架与模板施工.....	139
任务四 钢筋骨架的安装.....	145
任务五 混凝土工程.....	146
任务六 构件的移运、堆放 .....	150
任务七 装配式梁桥的安装.....	153
课后训练.....	161
<b>学习情境五 预应力混凝土简支梁桥施工</b> .....	162
任务一 认识预应力混凝土结构.....	163
任务二 预加力的计算与预应力损失的估算的原理和方法.....	170
任务三 预应力混凝土简支梁桥的构造要求和特点.....	173
任务四 先张法预应力混凝土简支梁构件的制作工艺.....	174
任务五 后张法预应力混凝土简支梁构件的制作工艺.....	184

课后训练·····	197
<b>学习情境六 预应力混凝土连续梁桥施工</b> ·····	199
任务一 了解混凝土连续梁桥施工·····	199
任务二 有支架就地浇筑施工·····	200
任务三 逐孔架设法·····	203
任务四 移动模架法·····	206
任务五 顶推法·····	208
课后训练·····	216
<b>学习情境七 钢筋混凝土拱桥施工</b> ·····	217
任务一 认识拱桥·····	217
任务二 拱桥的浇筑施工·····	220
任务三 装配式拱桥施工·····	230
课后训练·····	238
<b>学习情境八 桥面系及附属工程施工</b> ·····	239
任务一 认识桥面系·····	239
任务二 认识桥梁附属结构·····	245
任务三 桥面铺装施工·····	247
任务四 桥面防排水施工·····	249
任务五 伸缩缝施工·····	251
任务六 桥梁支座施工·····	252
任务七 砌石工程施工·····	253
课后训练·····	257
<b>学习情境九 悬臂施工、转体施工法基本知识</b> ·····	258
任务一 悬臂浇筑施工法·····	258
任务二 悬臂拼装施工法·····	266
任务三 转体施工法·····	271
课后训练·····	281
<b>学习情境十 桥梁上部实施性施工组织设计编制</b> ·····	282
任务一 施工组织设计编制程序·····	283
任务二 施工方案·····	286
任务三 施工进度计划编制·····	291
任务四 施工平面图设计·····	295
任务五 施工技术措施·····	301
课后训练·····	306
<b>参考文献</b> ·····	307



# 学习情境一 桥梁基本知识

## 工作任务

1. 认知桥梁结构;
2. 了解桥梁设计与建设程序;
3. 了解桥梁的规划与设计;
4. 了解桥梁设计荷载。

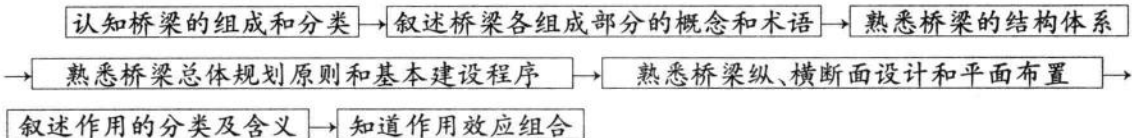
## 学习目标

1. 叙述桥梁的组成和分类;
2. 叙述桥梁各组成部分的概念、术语;
3. 叙述桥梁的结构体系和内容;
4. 知道桥梁总体规划原则、基本设计资料和设计程序;
5. 叙述桥梁纵、横断面设计和平面布置;
6. 知道桥梁设计的方案比较;
7. 叙述作用的分类及含义;
8. 知道作用效应组合。

## 任务描述

桥梁是交通工程中的重要组成部分。桥梁一般由上部结构(也称桥跨结构)、下部结构、支座和附属设施四个基本部分组成。根据结构体系及其受力特点,桥梁可划分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥、组合体系桥六种形式的结构体系。桥梁的规划与设计是一个综合性的系统工程,必须建立一套严格的管理体制和有序的工作程序。桥梁结构设计的主要内容之一,就是荷载的选定和计算。根据作用的性质和影响程度的不同,可将桥梁作用划分为永久作用、可变作用和偶然作用三类。

本学习情境分为4个学习任务。每个学生应沿着如下流程进行学习:



## 任务一 认知桥梁结构

为满足各种车辆、行人的顺利通行或各种管线工程的布设而建造的跨越河流、山谷或其他交通线路等障碍的工程建筑物,一般统称为桥梁。桥梁是交通工程中的重要组成部分。随着经济的发展、科技的进步和社会生产力的不断提高,人们对桥梁建筑提出了越来越高的要求。

## 一、桥梁结构的组成及名词术语

### 1. 桥梁结构的组成

桥梁一般由上部结构(也称桥跨结构)、下部结构、支座和附属设施四个基本部分组成(图 1-1-1、图 1-1-2)。

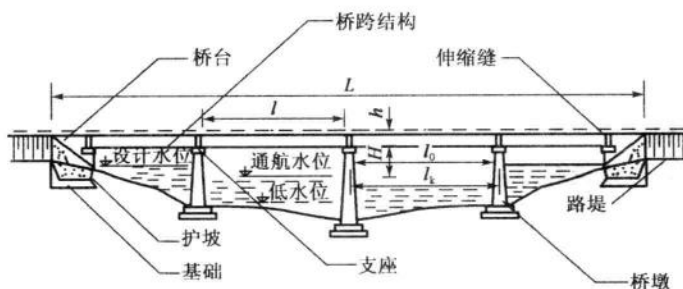


图 1-1-1 梁式桥基本组成

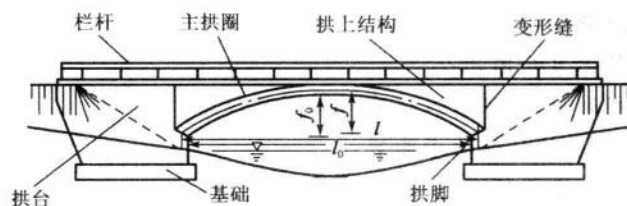


图 1-1-2 拱式桥基本组成

(1) 桥梁上部结构是承担线路荷载,跨越障碍的主要承重结构,它的作用是承担上部结构所受的全部荷载并传给支座。例如,梁式桥中的主梁,拱桥中的拱肋(拱圈)、桁架梁桥中的主桁等都是桥梁上部结构。它是桥梁承载和跨越的重要部分。

(2) 桥梁下部结构是桥墩、桥台及桥梁基础的总称,其作用是支承桥跨结构并将荷载传至地基。桥墩和桥台一般合称墩台。

① 桥墩:位于多孔桥跨的中间部位,支承相邻两跨上部结构的建筑物,其功能是将上部结构荷载传至基础。

② 桥台:位于桥梁的两端,支承桥梁上部结构,并使之与路堤衔接的建筑物,其功能是传递上部结构荷载于基础,并抵抗来自路堤的土压力。为了维持路堤的边坡稳定,并将水流导入桥孔,除带八字形翼墙的桥台外,在桥台左右两侧筑有保持路肩稳定的锥形护坡,其锥体填土,坡面以片石砌筑。

③ 桥梁基础:是桥梁最下部的结构,上承墩台,并将全部桥梁荷载传至地基。基底应设置在有足够承载力的持力层处,并要求有一定的埋置深度。基础工程在整个桥梁工程施工中是比较困难的部分,而且常常需要在水中施工,因而遇到的问题也很复杂。

(3) 支座是设于桥(墩)台顶部,支承上部结构并将荷载传给下部结构的装置。它能保证上部结构在荷载、温度变化或其他因素作用下的位移功能。

(4) 附属设施:包括桥面系、桥头搭板、护坡、导流堤等。桥面系一般由桥面铺装、栏杆(防撞墙)、人行道、伸缩缝、照明系统等组成。桥面铺装用以防止车轮直接磨损桥面板、排水和分布轮重。伸缩缝位于桥梁墩顶上部结构之间或其他桥型上部结构与桥台端墙之间,以保证结

构在各种因素作用下的自由变位,为使桥面上行车顺适、不颠簸。

## 2. 桥梁结构的名词术语

(1) 桥梁全长:简称桥长,对于有桥台的桥梁,为两岸桥台侧墙或八字墙尾端之间的距离;对于无桥台的桥梁,为桥面系的行车道长度。

(2) 净跨径:对于梁式桥,是指设计洪水位上相邻两桥墩(或桥台)间的水平净距;对于拱式桥,是指每孔拱跨两拱脚截面最低点之间的水平距离,用 $l_0$ 表示。

(3) 计算跨径:对于设支座的桥梁,为相邻两支座中心之间的水平距离;对于不设支座的桥梁,为上下部结构的相交面之中心间的水平距离,用 $l$ 表示。桥梁结构的分析计算以计算跨径为准。

(4) 标准跨径:对于梁式桥,是指两相邻桥墩中线间水平距离或桥墩中线与台背前缘之间的水平距离,也称为单孔跨径;对于拱式桥和涵洞,则是指净跨径。用 $l_k$ 表示。标准跨径是划分大、中、小桥及涵洞的指标之一。

(5) 标准化跨径:为了便于编制标准设计,增强构件间的互换性,当跨径在50m及以下时,通常采用标准化跨径。《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)规定了标准化跨径从0.75~50m,共21级,常用者为10m、16m、20m、40m等。采用标准化跨径设计,有利于桥梁制造和施工的机械化,也有利于桥梁养护维修。

(6) 总跨径:指多孔桥梁中各孔净跨径的总和( $\sum l_0$ ),它反映了桥梁排泄洪水的的功能。

(7) 桥下净空高度:设计洪水位或计算通航水位与桥跨结构最下缘之间的高差,称为桥下净空高度。桥下净空高度应满足排洪、通航或通车要求。

(8) 桥梁建筑高度:指桥面路拱中心顶点到桥跨结构最下缘(拱式桥为拱脚线)的高差。线路定线中所确定的桥面高程,与通航(或桥下通车、人)净空界限顶部高程之差,称为容许建筑高度。城市多层立交桥对桥梁建筑高度有较严格的限制。桥梁建筑高度不得大于容许建筑高度。

(9) 桥梁高度:指桥面路拱中心顶点到低水位或桥下线路路面之间的垂直距离。

(10) 净矢高:指拱桥从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点连线的垂直距离,用 $f_0$ 表示。

(11) 计算矢高:指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,用 $f$ 表示。

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

## 二、桥梁的分类

桥梁有各种不同的分类方式,每一种分类方式均反映出桥梁在某一方面的特征。

### 1. 按工程规模划分

根据桥梁多孔跨径总长 $L$ 和单孔跨径 $l_k$ ,可将桥梁划分为:特大桥、大桥、中桥、小桥、涵洞,见表1-1-1。这是我国公路和城市桥梁级别划分的依据。

### 2. 按桥梁的结构体系划分

根据结构体系及其受力特点,桥梁可划分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥、组合体系桥六种形式的结构体系。不同的结构体系对应于不同的力学形式,表现出不同的受力特点。

桥涵按跨径分类

表 1-1-1

桥涵分类	多孔跨径总长 $L$ (m)	单孔跨径 $l_k$ (m)
特大桥	$L > 1\,000$	$l_k > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1\,000$	$40 \leq l_k \leq 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq l_k < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq l_k < 20$
涵洞		$l_k < 5$

### 1) 梁式桥

梁式桥是古老的结构体系之一。梁作为承重结构,主要是以其抗弯能力来承受荷载。在竖向荷载作用下,其支承反力也是竖直的,一般梁体结构只受弯、受剪,不承受轴向力,如图 1-1-3 所示。

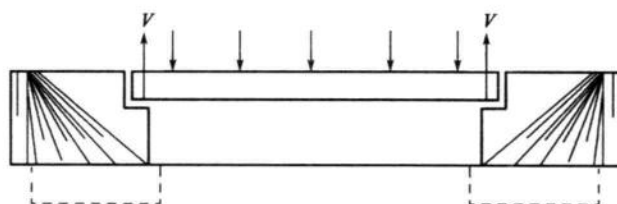


图 1-1-3 简支梁桥

常见的简支梁[图 1-1-4a)]的跨越能力有限,因此,悬臂梁[图 1-1-4b)]和连续梁[图 1-1-4c)]得到发展。它们通过改变或增强中间支承来减少跨中弯矩,以更合理地分配内力,加大跨越能力。悬臂梁采用铰接或简支跨(称为挂孔)来连接其两端,其为静定结构,受力明确,计算简便;但因其结构变形在连接处不连续而对行车和桥面养护产生不利影响,因此近年来已很少采用。连续梁因桥跨结构连续,克服了悬臂梁的不足,是目前采用较多的梁式桥型。

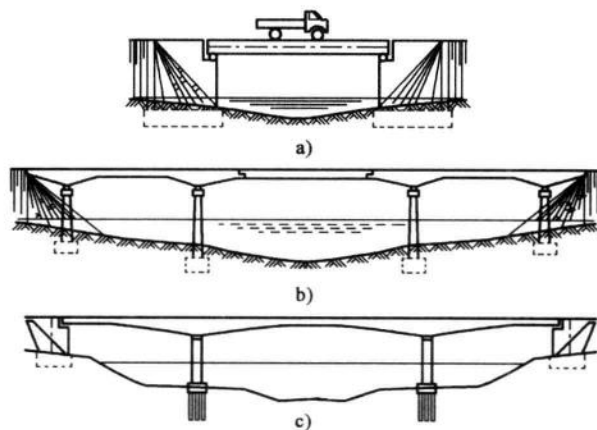


图 1-1-4 梁式桥

a) 简支梁; b) 悬臂梁; c) 连续梁

### 2) 拱式桥

拱式桥(图 1-1-5)的主要承重结构是具有曲线外形的拱(其拱圈的截面形式可以是实体矩形、肋形、箱形、桁架等)。在竖向荷载作用下,拱主要承受轴向压力,同时也承受弯矩、剪

力。支承反力不仅有竖向反力,也承受较大的水平推力。

根据拱的受力特点,多采用抗压能力较强且经济合理的圬工材料和钢筋混凝土来修建拱桥。拱对墩台有较大的水平推力,对地基的要求较高,故一般宜建于地基良好之处。

### 3) 刚架桥

刚架桥(也称为刚构桥)是指梁与立柱(墩柱)或竖墙整体刚性连接的桥梁(图 1-1-6),其主要特点是:立柱具有相当大的抗弯刚度,故可分担梁部跨中正弯矩,达到降低梁高、增大桥下净空的目的。在竖向荷载作用下,主梁与立柱(或竖墙)的连接处会产生负弯矩;主梁、立柱承受弯矩,也承受轴力和剪力;柱底约束处既有竖向反力,也有水平反力。刚架桥的形式大多是立柱直立的(也可斜向布置,如图 1-1-7 所示)单跨,柱底约束可以是铰接也可以是固接。钢筋混凝土和预应力混凝土刚架桥适用于中小跨径、对建筑高度要求较严的城市或公路跨线桥。

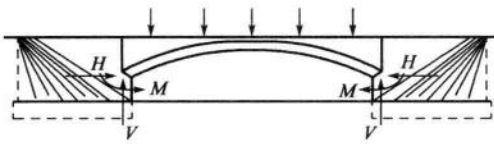


图 1-1-5 拱桥示意图

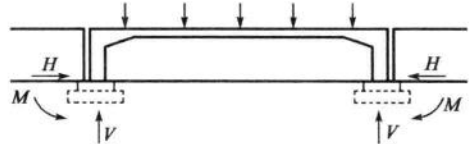


图 1-1-6 直腿(门形)刚架桥

斜腿刚架桥的墩柱斜置并与梁部刚性连接,其受力特点介于梁和拱之间。在竖向荷载作用下,斜腿以承压为主,两斜腿之间的梁部也受到较大的轴向力。斜腿底部可采用铰接或固接形式,并受到较大的水平推力。对跨越深沟峡谷、两侧地形不宜建造直立式桥墩的情况,斜腿刚架桥表现出其独特之处。

### 4) 悬索桥

悬索桥(也称为吊桥)主要由索(又称缆索)、塔、锚碇、加劲梁等组成,如图 1-1-8 所示。对跨径较小(如小于 300m)、活载较大且加劲梁较刚劲的悬索桥,可以视其为缆与梁的组合体系。但大跨径(1 000m 左右)悬索桥的主要承重结构为缆索,组合体系的效应可以忽略。在竖向荷载作用下,其缆索受拉,锚碇处会产生较大的竖向(向上)和水平反力。缆索通常用高强度钢丝制成圆形大缆,加劲梁多采用钢桁架或扁平箱梁,桥塔可采用钢筋混凝土或钢结构。因缆索的抗拉性能得以充分发挥且大缆尺寸基本上不受限制,故悬索桥的跨越能力一直在各种桥型中名列前茅。不过,由于其结构的刚度不足,悬索桥较难以满足当代铁路桥梁的要求。

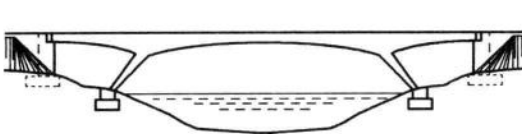


图 1-1-7 斜腿刚架桥

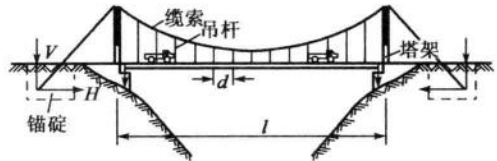


图 1-1-8 悬索桥

### 5) 斜拉桥

斜拉桥(图 1-1-9)由梁、塔和斜索(拉索)组成,结构形式多样,造型优美壮观。在竖向荷载作用下,梁以受弯为主,塔以受压为主,斜索则承受拉力。梁体被斜索多点扣拉,表现出弹性支承连续梁的特点。因此,梁体荷载弯矩减小,梁体高度可以降低,从而减轻了结构自重,并节省了材料。另外,塔和斜索的材料性能也能得到较充分的发挥。因此,斜拉桥的跨越能力仅次于悬索桥,是近几十年来发展很快的一种桥型。但由于刚度问题,斜拉桥在铁路桥梁上的应用极为有限。



### 6) 组合体系桥

将上述几种结构形式进行合理的组合应用,即形成组合体系桥梁,如图 1-1-10 所示。常见的组合方式是梁、拱结构的组合。梁、拱、吊组合体系[图 1-1-10a)]同时具备梁的受弯和拱的承压特点,可以是刚性拱及柔性拉杆,也可以是柔性拱及刚性梁。这类结构的主要优点是:利用梁部受拉,来承受和抵消拱在竖直荷载下产生的水平推力。这样,桥跨结构既具有拱的外形和承压特点,又不存在很大的水平推力,可在一般地基条件下修建。相对而言,这种组合体系桥的施工较为复杂。

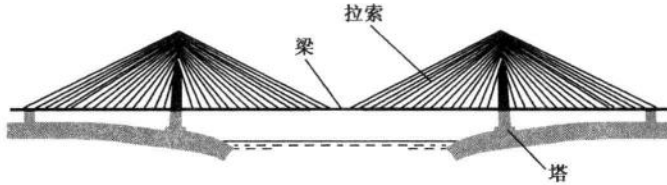


图 1-1-9 斜拉桥

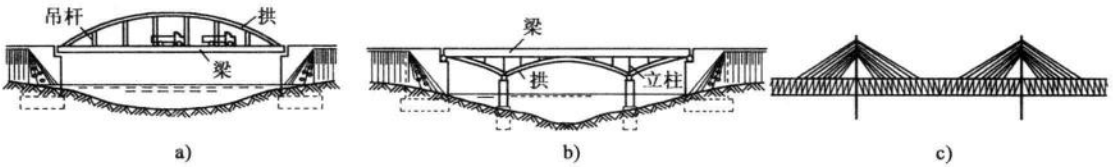


图 1-1-10 组合体系桥

### 3. 桥梁的其他分类

#### 1) 按桥梁上部结构的建筑材料分

按桥梁上部结构的建筑材料,桥梁可分为木桥、石桥、混凝土桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥(有时三者统称混凝土桥)、钢桥等。

#### 2) 按用途分

按用途,桥梁可分为公路桥、铁路桥、公铁两用桥、人行桥、给水桥(渡桥)和供油、供气、供煤粉的管道桥等。

#### 3) 按跨越障碍分

按跨越障碍,桥梁可分为跨河桥、跨谷桥、跨线桥和高架线路桥等。

#### 4) 按桥面位置分

按上部结构的行车道位置,可分为上承式桥、中承式桥、下承式桥和双层桥。将桥面布置在主要承重结构之上的称为上承式桥[图 1-1-10b)],桥面在主要承重结构之下的称为下承式桥[图 1-1-10a)],介于上、下之间的称为中承式桥,上、下均设桥面的称为双层桥。上承式桥具有构造简单、容易养护、制造架设方便、节省墩台圬工数量以及视野开阔等优点,在桥梁设计中常优先选用。中、下承式桥都具有桥梁建筑高度小的优点,根据设计要求而定。双层桥多用于公路铁路两用桥。

#### 5) 按制造方法分

混凝土桥分现场浇筑和装配式两类。后者的构件在工厂(场)中预制,运往工地拼装架设,其优点是:可使桥梁制造工业化、机械化,降低成本,提高速度,而且质量也有保证。也有两者结合的装配、现浇式混凝土桥。钢桥一般都是装配式的。

## 6) 其他特殊桥梁

其他特殊桥梁包括活动桥、军用桥、漫水桥等。活动桥是桥跨结构可以移动或转动,以扩大或开放桥下自由通道的桥梁,多用于河流下游靠近入海的港口处。漫水桥是三、四级公路在交通容许有限度中断时修建的桥梁,桥面建在设计洪水位高程之下,汛期洪水漫顶而过,常采用圬工材料建造。

## 三、桥梁的建设与发展概况

我国历史悠久、文化源远流长,是世界文明古国之一。就桥梁来讲,我们的祖先在世界桥梁建筑史上曾写下辉煌灿烂的一页。

据史料记载,远在约3000年前的周朝,宽阔的渭河上就出现过浮桥。鉴于浮桥的架设具有简便快速的特点,常被用于军事。汉唐以后,浮桥的运用日趋普遍。在公元前550年左右,汾水上建有木柱木梁桥;秦代在长安(今西安)所修建的渭河桥、灞河桥等,在史书中均有确凿记载。这些桥屡毁屡建,多采用木柱木梁或木梁石柱桥式。

在秦汉时期,我国已广泛修建石桥。在隋大业元年(公元605年左右),李春在河北赵县修建了赵州石拱桥(又称安济桥,桥长64.4m,净跨37.02m,宽9m,拱矢高度7.23m),是典型的空腹式坦拱,如图1-1-11所示。该桥构思巧妙,造型美观,工艺精致,历经1400多年而无恙,举世闻名,被誉为“国际土木工程里程碑建筑”,不愧为桥梁文物宝库中的精品,1991年被列为世界文化遗产。

我国古代的石梁桥也同样著名。目前世界上保存时间最长、工程最艰巨的石梁桥,就是我国建于宋朝的福建泉州万安桥,又称洛阳桥(1053~1059年)。此桥现长834m,共47孔。在建桥时,先顺着桥的轴线向水中抛投大量块石,在水面上形成一条长堤,然后在块石上放养牡蛎,靠蛎壳与块石相胶结形成的整体基础来抵抗风浪。在这水下长堤上,用大条石纵横叠置(不用灰浆)形成桥墩,而后再架设石梁。

我国是世界公认最早有索桥的国家。据记载,最迟在唐朝中期,我国就从藤索、竹索发展到用铁链建造索桥,而西方到16世纪才开始建造铁索桥。我国至今保存下来的古代索桥有四川都江堰的竹索桥(世界上最古老的索桥)和泸定县的大渡河铁索桥。都江堰竹索桥始建于宋朝(公元990年),1803年仿旧制重建,名安澜桥,桥长340m,分为8孔,最大跨径61m,竹索现已被换为钢丝绳。

古代桥梁大致指19世纪中叶及其以前所修建的桥梁。这些桥梁的设计和施工完全依靠人们的经验,没有力学知识的指导。建桥材料主要有天然的或加工过的木材、石材,还有竹索、藤索、铁索、铸铁乃至锻铁。在桥式方面,有梁、拱和索桥三大类。当时技术落后,工具简陋,无修建深水基础的技术,施工周期也长。

现代桥梁指19世纪后期以来,由工程师运用工程力学、桥涵规范及桥梁工程知识所兴建的桥梁。19世纪20年代,世界上出现铁路,现代桥梁主要是为适应铁路建设的需要,在19世纪后期逐步发展起来的。在铁路发展的初期,建桥材料仍是木材、石材、铸铁和锻铁等,后来钢材逐步占据主导地位。20世纪初,钢筋混凝土也逐渐受到桥梁界重视,开始被用于中、小跨径桥梁的建造。建桥工具得到很大发展,出现了蒸汽机、打桩机、电动工具、风动工具、起重机具、铆钉机等。在深水基础方面,开始采用沉井、压气沉箱和大直径的桩。从20世纪30年代起,公路桥梁也开始得到大力发展。

一般把在20世纪50年代左右发展起来的、主要为公路和城市道路服务的桥梁称之为当代桥梁。在材料方面,除常规钢材和钢筋混凝土外,还有预应力混凝土、高强螺栓、高强钢丝、低合

金钢以及其他新型材料。用于桥梁建造的机具和设备有焊接机、张拉千斤顶、振动打桩机、水上平台、大吨位起重机和浮吊、钻孔机等。在梁、拱和悬索桥等基本桥型的基础上,发展了许多新桥型,如连续刚构桥、斜拉桥、梁拱组合体系、箱形梁、正交异性钢桥面板等。施工技术和工艺得到重视,出现了不少新的施工方法,如悬臂施工、转体施工、浮运法以及整体吊装等。

20世纪90年代以后,我国公路桥梁建设得到极大发展,在长江、黄河等大江大河和沿海海域,建成了一大批有代表性的世界级桥梁。特别是最近15年,我国共修建了15万余座大中型桥梁(包括公路、铁路、城市桥梁),累计总长度达到8300多公里,平均每年修建1万多座,实现了由桥梁大国向桥梁强国的历史性跨越,成为向世界展示我国综合国力的窗口之一。

江苏润扬大桥(图1-1-12),全部由中国人自己设计、施工、监理、管理,所用建筑材料和设备也绝大部分由我国自行制造或生产。它是由南汉悬索桥和北汉斜拉桥构成,其中南汉主桥为单孔双铰钢箱梁悬索桥,主跨径长1490m,目前位居世界第三,可通行5万吨级巴拿马型货轮。润扬大桥建设条件复杂,技术含量非常高,施工难度极大,被国际桥梁专家称为“中国奇迹”。



图 1-1-11 赵州桥



图 1-1-12 润扬大桥

跨径达1088m的苏通长江公路大桥创造了斜拉桥型的四项世界之最,见图1-1-13,即在世界同类型桥梁中,苏通大桥的主塔最高、群桩基础规模最大、斜拉索最长、跨径最大。

青岛海湾大桥是国道主干线青岛至兰州高速公路的起点段,大桥全长36.48km,是目前世界上已建成的最长的跨海大桥。

此外,还有崇明岛过江通道、深港西部通道、珠港澳大桥等一批世界级桥梁正在建设或进行前期工作,它们的建成将会再次吸引世界的目光,并极大地丰富世界桥梁宝库。

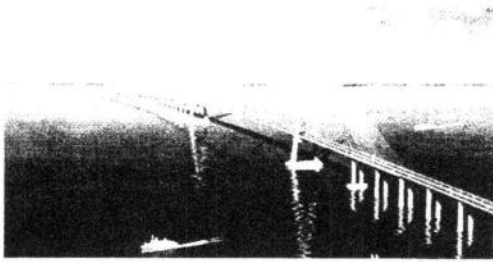


图 1-1-13 江苏苏通长江公路大桥



图 1-1-14 杭州湾跨海大桥

## 任务二 桥梁设计与建设程序

桥梁的规划设计需考虑的因素很多,涉及工程地区的政治、经济、文化以及人文环境,特别是对于工程比较复杂的大、中桥梁,桥梁的规划设计是一个综合性的系统工程。因此,必须建立一套严格的管理体制和有序的工作程序。在我国,基本建设程序分为前期工作和三阶段设计两个大步骤,它们的关系如图1-2-1所示。

## 1. 预可行性研究阶段

预可行性研究(简称“预可”)阶段着重研究建桥的必要性以及宏观经济上的合理性。在“预可”阶段研究形成的“预可工程可行性研究报告”(简称“预可报告”)中,应从经济、政治、国防等方面,详细阐明建桥理由和工程建设的必要性与重要性,同时初步探讨技术上的可行性。对于区域性线路上的桥梁,应以建桥地点(渡口等)的车流量调查(计及国民经济逐年增长)为立论依据。

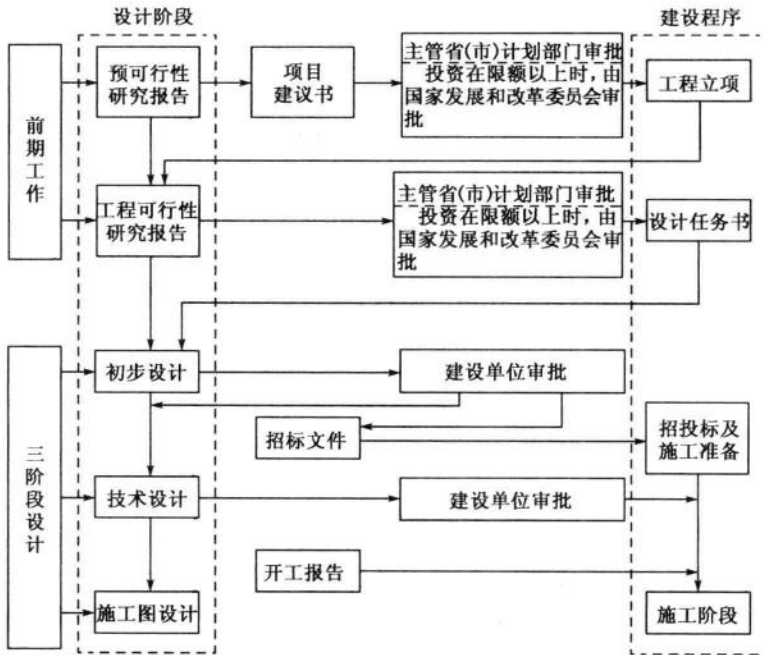


图 1-2-1 设计阶段与建设程序关系图

“预可”阶段的主要工作目标是解决建设项目的上报立项问题,因而,在“预可报告”中,应编制几个可能的桥型方案,并对工程造价、资金来源、投资回报等问题做初步估算和设想。设计方将“预可报告”交业主后,由业主据此编制“项目建议书”并报上级主管审批。

## 2. 工程可行性研究阶段

在“项目建议书”被审批确认后,应着手工程可行性研究(简称“工可”)阶段的工作。在这一阶段,着重研究选用和补充制订桥梁的技术标准,包括:设计荷载标准、桥面宽度、通航标准、设计车速、桥面纵坡、桥面平纵曲线半径等,应与河道、航运、规划等部门共同研究,以共同协商确定相关的技术标准。

在“工可”阶段,应提出多个桥型方案,并按交通运输部《公路基本建设工程投资估算编制办法》估算造价,对资金来源和投资回报等问题应基本落实。

## 3. 初步设计

初步设计应根据批复的可行性研究报告、勘测设计合同和初测、初勘或定测、详勘资料编制。初步设计的目的是确定设计方案,应通过多个桥型方案的比选,推荐最优方案,报上级审批。在编制各个桥型方案时,应提供平、纵、横断面布置图,标明主要尺寸,并估算工程数量和主要材料数量,提出施工方案,编制设计概算,提供文字说明和图表资料。初步设计经批复后,即成为施工准备、编制施工图设计文件和控制建设项目投资等的依据。