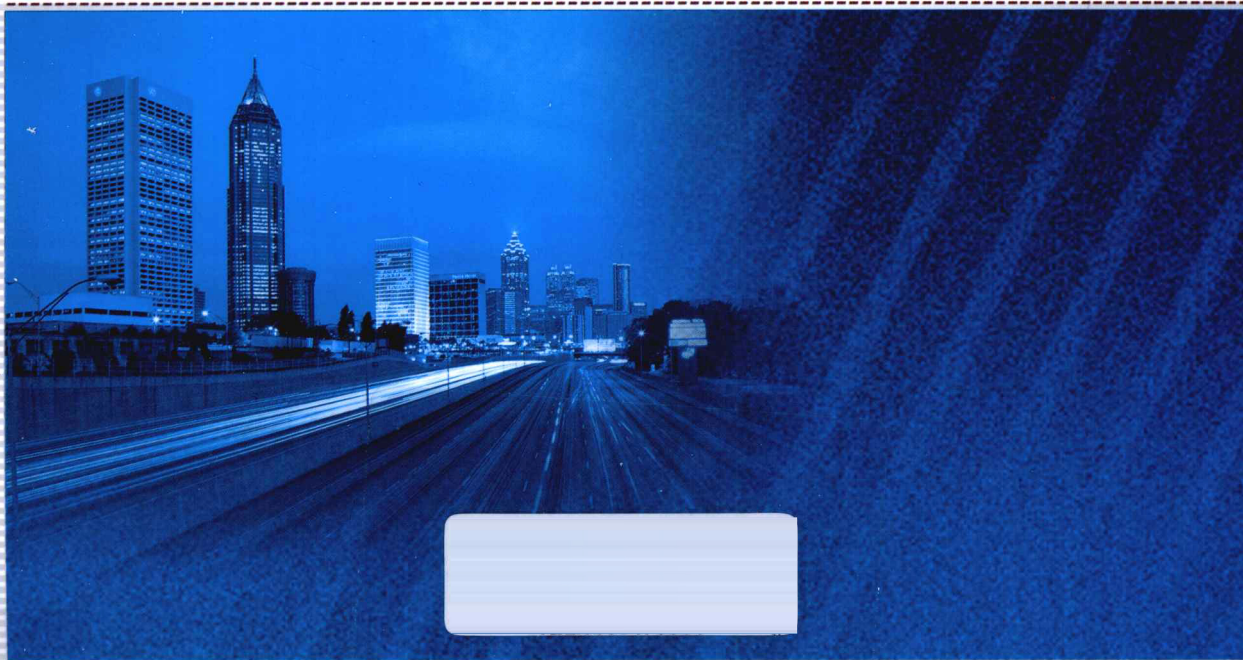




高等职业教育“十二五”规划教材  
——道路桥梁工程技术专业系列规划教材

# 桥涵施工技术

◎ 李灵 主编



QIAOHAN SHIGONG JISHU



免费提供  
电子教案



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

全书摒弃了传统的教材编写模式,采用了由项目载体任务引领的教材编写模式,以项目任务完成的过程和层次编写,具体分为7个学习情境、17个项目和49个任务。分别对桥梁的组成和结构进行分析;对桥梁的下部结构,包括基础、墩(台)、支座及墩(台)附属构造物进行施工介绍;对梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥、涵洞的施工技术进行分析。本书配有典型工程的施工案例,对各项施工技术进行了详细的分析总结和提炼,使理论和实践有效地结合在一起。

本书可作为交通、市政高等职业技术教育道路桥梁工程技术专业、市政工程专业、工程造价专业及工程监理专业的教材,也可供交通中等职业教育土建类专业师生和从事桥梁施工、工程监理工作的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

桥涵施工技术/李灵主编. —北京:机械工业出版社,2013.2

高等职业教育“十二五”规划教材. 道路桥梁工程技术专业系列规划教材

ISBN 978-7-111-41396-7

I. ①桥… II. ①李… III. ①桥涵工程—工程施工—高等职业教育—教材 IV. ①U44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第025089号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张荣荣 责任编辑:张荣荣 陈将浪

版式设计:霍永明 责任校对:姜 婷 刘怡丹

封面设计:张 静 责任印制:张 楠

高教社(天津)印务有限公司印刷

2013年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·381千字

标准书号:ISBN 978-7-111-41396-7

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,道路桥梁的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对道桥专业具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国二十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材在编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专道桥类专业的教材建设。

本系列规划教材共十六本,包括《基础工程》、《桥涵施工技术》、《道路 CAD》、《道路工程材料》、《道路工程测量》、《工程力学》、《路基路面工程》、《桥梁工程》、《土质学与土力学》、《公路工程造价》、《公路工程施工监理》、《道路工程制图》、《道路工程制图习题集》、《公路勘测设计》、《结构设计原理》、《公路工程检测技术》。

本系列规划教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的道桥类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

# 前 言

高等职业技术教育培养的是面向生产和管理第一线的应用型技术人才。为了满足高等职业技术发展的需要，本书系统地介绍了各类体系桥梁的施工方法，具有科学性、先进性、实用性的特点，符合高等职业技术教育培养人才的客观要求。

学习情境一，对桥梁的组成、结构进行分析；学习情境二，对桥梁的下部结构，包括基础、墩（台）、支座及墩（台）附属构造物进行施工介绍；学习情境三、四、五、六、七，分别对梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥、涵洞的施工技术进行分析。本书配有典型的工程施工案例，对各项施工技术进行了详细的分析总结和提炼，使理论和实践有效地结合在一起。

本书由常州工程职业技术学院李灵主编，常州工程职业技术学院徐秀维主审。学习情境一、五、七由李灵编写，学习情境二由江苏广亚建设集团有限公司周惠忠编写，学习情境三、六及附录由常州工程职业技术学院张爱芳编写，学习情境四由许昌职业技术学院任永祥编写。全书由李灵统稿。

在本书的编写和审稿过程中，主审徐秀维老师做了认真审核，同时得到了江苏广亚建设集团有限公司和全国各高等交通职业技术学院老师们的大力支持，在此一并深表谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中缺点和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 出版说明

## 前言

### 学习情境一 绪论..... 1

#### 项目一 桥梁的组成和分类..... 1

##### 任务 1: 桥梁的基本组成部分..... 1

##### 任务 2: 桥梁的主要类型 ..... 3

#### 项目二 桥梁的设计荷载..... 7

##### 任务 1: 荷载类型 ..... 7

##### 任务 2: 荷载组合 ..... 9

#### 小结..... 9

#### 思考题..... 9

### 学习情境二 桥梁基础和墩（台）

#### 施工技术 ..... 10

#### 项目一 桥梁基础施工 ..... 10

##### 任务 1: 明挖扩大基础施工 ..... 10

##### 任务 2: 桩基础施工..... 16

#### 项目二 桥梁墩（台）施工 ..... 23

##### 任务 1: 混凝土墩（台）的施工 ..... 23

##### 任务 2: 墩（台）帽的施工 ..... 26

##### 任务 3: 支座安装 ..... 27

##### 任务 4: 墩（台）附属工程的施工 ..... 28

#### 小结 ..... 29

#### 思考题 ..... 30

### 学习情境三 梁桥的施工 ..... 31

#### 项目一 梁桥的构造 ..... 31

##### 任务 1: 认识梁桥 ..... 31

##### 任务 2: 梁桥的分类..... 34

##### 任务 3: 桥面的构造..... 35

##### 任务 4: 板桥的构造..... 48

##### 任务 5: 装配式钢筋混凝土简支

##### 梁桥的构造..... 52

##### 任务 6: 装配式预应力混凝土简支

##### 梁桥的构造..... 60

##### 任务 7: 其他类型的梁桥构造 ..... 67

#### 项目二 梁桥的施工 ..... 73

##### 任务 1: 钢筋混凝土简支梁桥的

##### 施工 ..... 73

##### 任务 2: 装配式简支梁桥的施工 ..... 89

##### 任务 3: 悬臂体系和连续体系梁桥的

##### 施工 ..... 93

##### 任务 4: 其他施工方法 ..... 101

#### 小结..... 102

#### 思考题..... 103

### 学习情境四 拱桥的施工..... 104

#### 项目一 拱桥的构造..... 104

##### 任务 1: 拱桥的特点 ..... 104

##### 任务 2: 拱桥的主要类型 ..... 108

##### 任务 3: 拱桥的构造 ..... 112

#### 项目二 拱桥的施工..... 127

##### 任务 1: 拱桥基础的施工 ..... 127

##### 任务 2: 拱桥墩（台）的施工 ..... 128

##### 任务 3: 拱桥上部结构的施工..... 133

#### 小结..... 181

#### 思考题..... 182

### 学习情境五 斜拉桥施工..... 183

#### 项目一 施工概述..... 183

#### 项目二 索塔施工..... 184

##### 任务 1: 主塔施工测量控制 ..... 184

##### 任务 2: 钢主塔施工要点 ..... 184

##### 任务 3: 混凝土主塔施工要点..... 185

##### 任务 4: 主塔内拉索张拉施工工艺的

##### 要求 ..... 186

##### 任务 5: 主塔的养护与维修 ..... 187

#### 项目三 主梁施工..... 188

##### 任务 1: 主梁施工方法 ..... 188

##### 任务 2: 塔梁临时固结 ..... 189

##### 任务 3: 中孔合龙 ..... 189

#### 项目四 斜拉索施工..... 190

|                           |     |                           |     |
|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 任务 1: 施工概述 .....          | 190 | 任务 2: 悬索桥的构造 .....        | 207 |
| 任务 2: 钢索的种类、构造和性能 .....   | 190 | 项目二 悬索桥的施工 .....          | 213 |
| 任务 3: 斜拉索制作有关要求 .....     | 192 | 小结 .....                  | 216 |
| 任务 4: 锚具 .....            | 193 | 思考题 .....                 | 216 |
| 任务 5: 挂索及张拉 .....         | 196 | <b>学习情境七 涵洞施工技术</b> ..... | 217 |
| 项目五 斜拉桥施工控制与施工            |     | 项目一 涵洞施工技术概述 .....        | 217 |
| 质量要求 .....                | 199 | 项目二 各种类型涵洞施工技术 .....      | 219 |
| 任务 1: 施工管理 .....          | 199 | 任务 1: 管涵 .....            | 219 |
| 任务 2: 施工测试 .....          | 199 | 任务 2: 拱涵、盖板涵和箱涵 .....     | 225 |
| 任务 3: 施工质量要求 .....        | 199 | 任务 3: 倒虹吸管 .....          | 230 |
| 小结 .....                  | 200 | 任务 4: 涵洞附属工程施工 .....      | 232 |
| 思考题 .....                 | 201 | 小结 .....                  | 235 |
| <b>学习情境六 悬索桥的施工</b> ..... | 202 | 思考题 .....                 | 236 |
| 项目一 悬索桥的构造 .....          | 202 | 附录 .....                  | 237 |
| 任务 1: 认识悬索桥 .....         | 202 | <b>参考文献</b> .....         | 240 |

# 学习情境一 绪 论

|      |                                                                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 能力目标 | <ul style="list-style-type: none"><li>能识读一般桥梁的结构图样。</li><li>能按照要求对桥梁进行分类。</li></ul>                              |
| 知识目标 | <ul style="list-style-type: none"><li>掌握桥梁的组成、分类及常用的专业术语。</li><li>了解桥梁的重要性和国内外桥梁的发展情况。</li></ul>                 |
| 学习要求 | <ul style="list-style-type: none"><li>课前认真预习。</li><li>结合桥梁结构图，区分桥梁各部分的结构名称和作用。</li><li>通过学习、讨论，完成课后习题。</li></ul> |

## 项目一 桥梁的组成和分类

### 任务 1：桥梁的基本组成部分

道路路线遇到江河湖泊、山谷深沟及其他线路（铁路或公路）等障碍时，为了保持道路连续性，充分发挥其正常的运输能力，就需要建造专门的人工构造物——桥梁来跨越障碍。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。

由图 1-1-1 可见，桥梁一般由以下几部分组成：

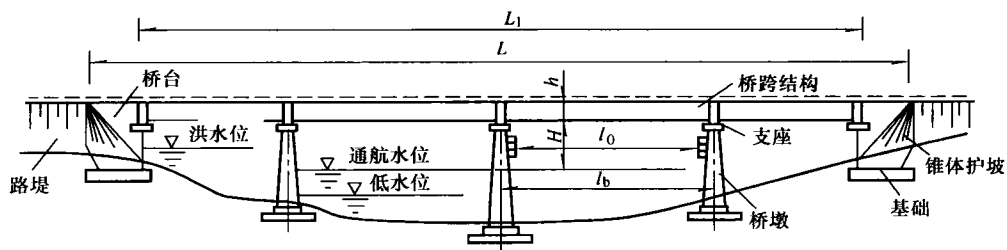


图 1-1-1 桥梁的基本组成

上部结构（或称为桥跨结构）。上部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（恒荷载）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。下部结构是支撑上部结构并将恒载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，防止路堤土的滑坡和塌落。设置在桥梁中间的支撑结构物称为桥墩。单孔桥没有桥墩。对于两端悬出的桥跨结构，则常不用桥台而设置靠近路堤边坡的岸墩。桥墩和桥台中使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，故也是桥梁建筑中施工较困难的一部分。

桥梁中在上部结构与桥墩或桥台的支撑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。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）。通常在路堤与桥台的衔接处，在桥台两侧设置石砌的锥形护坡，以保证迎水部分路堤边坡的稳定。

桥跨结构。桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构。

基础。基础是桥墩和桥台中使全部荷载传至地基的底部奠基部分，是确保桥梁能安全使用的关键。

下面介绍一般桥梁的主要尺寸与术语名称：

(1) 低水位。低水位是指在枯水季节的最低水位。

(2) 高水位。高水位是指在洪峰河流中的最高水位。

(3) 设计洪水位。设计洪水位是指桥梁设计中按规定的设计洪水频率计算所得的高水位。

(4) 净跨径。净跨径对于梁桥是设计洪水位上相邻两桥墩（或桥台）之间的净距；对于拱桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

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

(6) 计算跨径。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；对于拱桥，是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。拱圈（或拱肋）各截面形心点的连线称为拱轴线。

(7) 桥梁全长。桥梁全长简称桥长，是指桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。在一条线路中，桥梁和涵洞的总长反映它们在整段线路建设中的重要程度。

(8) 桥梁高度。桥梁高度简称桥高，是指桥面与低水位之间的高差。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

(9) 桥下净空高度。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，此距离不小于对该河流通航所规定的净空高度。

(10) 建筑高度。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，它不仅与桥梁结构的体系和路径有关，而且还受行车部分在桥上的布置高度影响。

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，称为允许建筑高度。

(11) 净矢高。净矢高是从拱顶截面下缘至相邻拱脚截面下缘最低点的连线的垂直

距离。

(12) 计算矢高。计算矢高是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心的连线的垂直距离。

(13) 矢跨比。矢跨比是拱桥中拱圈（或拱肋）的计算矢高与计算跨径之比，又称拱失度，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

(14) 标准跨径。标准跨径对于梁桥，是指两相邻桥墩中线之间的距离，或墩中线至桥台台前缘之间的距离；对于拱桥，则是指净跨径。此外，我国《公路工程技术标准》（JTG B01—2003）中规定，标准设计或新建桥涵的跨径在 60m 以下时，一般均尽量采用标准跨径。

(15) 涵洞。涵洞是用来宣泄路堤下水流的构造物。凡是多孔跨径的全长不到 8m 和单孔跨径不到 5m 的结构物，均称为涵洞。

## 任务 2：桥梁的主要类型

### 一、桥梁的基本体系

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。

#### 1. 梁桥

梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，如图 1-1-2 所示。由于外力（恒荷载和活荷载）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来建造。目前，在公路上应用最广泛的是预制装配式钢筋混凝土简支梁桥，但其常用跨径在 25m 以下。当跨度较大时，为了满足经济上的要求，可根据地质条件等修建悬臂式或连续式梁桥。对于很大的跨径，以及对于承受很大荷载的特大桥梁，可建造钢桥或预应力混凝土梁桥。

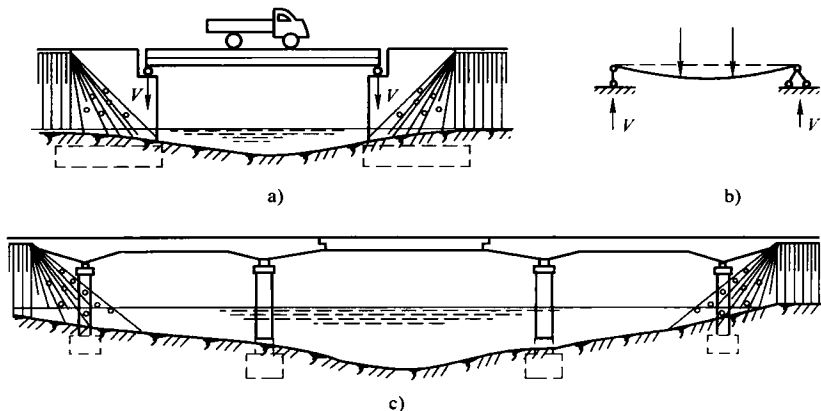


图 1-1-2 梁桥

## 2. 拱桥

拱桥的主要承重结构是拱圈或拱肋，如图 1-1-3 所示。这种结构在竖向荷载作用下，桥墩或桥台将承受水平推力。同时，这种水平推力将显著抵消荷载所引起的在拱圈（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较强的砌体材料（如砖、石、混凝土）和钢筋混凝土等来建造。拱桥的跨越能力很强。

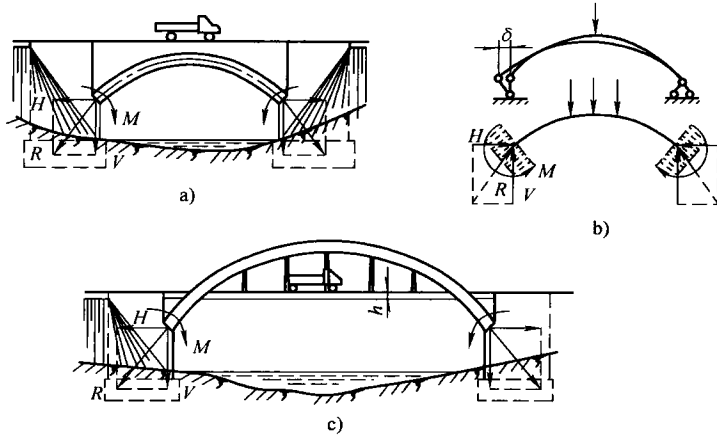


图 1-1-3 拱桥

## 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。结构中梁和柱的连接处具有很大的刚性，如图 1-1-4 所示。在竖向荷载作用下，梁主要受弯，而在柱脚处具有水平反力（图 1-1-4b），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小。

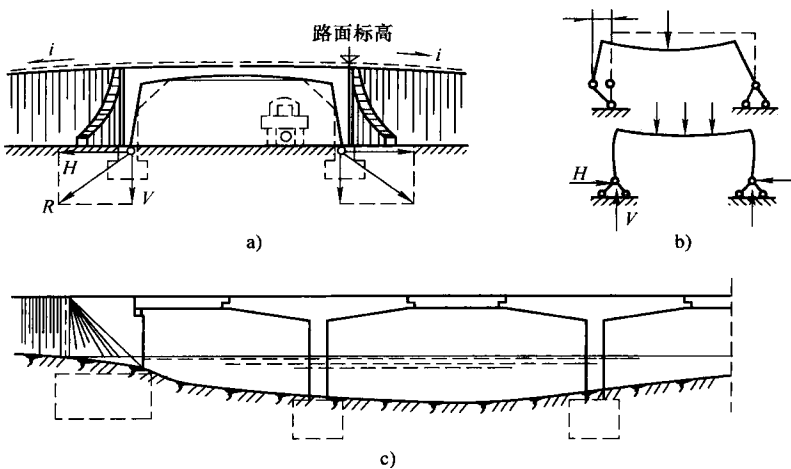


图 1-1-4 刚架桥

#### 4. 吊桥（缆索承重桥）

吊桥又称为缆索承重桥，是以缆索作为主要承重构件。吊桥用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构（图 1-1-5）。在竖向荷载作用下，通过吊杆使缆索承受很大的拉力，这就需要在两岸桥台的后方修筑非常巨大的锚碇结构。吊桥也是具有水平反力（拉力）的结构。现代吊桥广泛采用由高强度钢丝编制的钢缆，以充分发挥其优异的抗拉性能，因此结构自重较小，能以较低的建筑高度跨越其他任何桥型达不到的特大跨度。

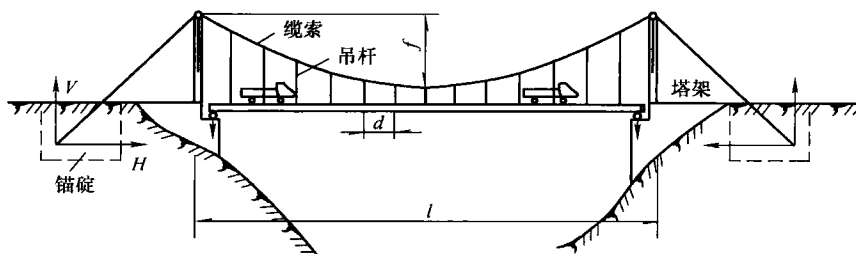


图 1-1-5 吊桥

#### 5. 组合体系桥梁

根据受力特点，由几个不同体系的结构组合而成的桥梁称为组合体系桥梁。图 1-1-6a 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还受拉。这种组合体系桥梁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 1-1-6b 为拱置于梁的下方，通过立柱对梁起辅助支撑作用的组合体系桥。

组合体系桥梁的种类有很多，但究其实质不外乎利用梁、拱、吊三者的不同组合，通过上吊下撑以形成新的结构。组合体系桥梁一般可用钢筋混凝土来建造，对于大跨径桥梁以采用预应力混凝土或钢材修建为宜。

斜拉桥是组合体系桥梁的一种表现形式，用悬挂在塔柱上的被张紧的斜拉缆索将主梁吊起，使主梁如同多点弹性支撑的连续梁一样工作，这样既发挥了高强度材料的性能，又显著减小了主梁截面，达到了减小结构自重和加大跨径的目的。缆索桥的钢缆易于运输，结构的组成构件较轻，便于无支架悬吊拼装。

## 二、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、规模和建桥材料等进行分类：

(1) 桥梁按用途划分，可分为公路桥、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）。

(2) 桥梁按桥梁全长和跨径的不同划分，可分为特殊大桥、大桥、中桥和小桥。《公路工程技术标准》（JTG B 01—2003）规定的桥梁的分类见表 1-1-1。

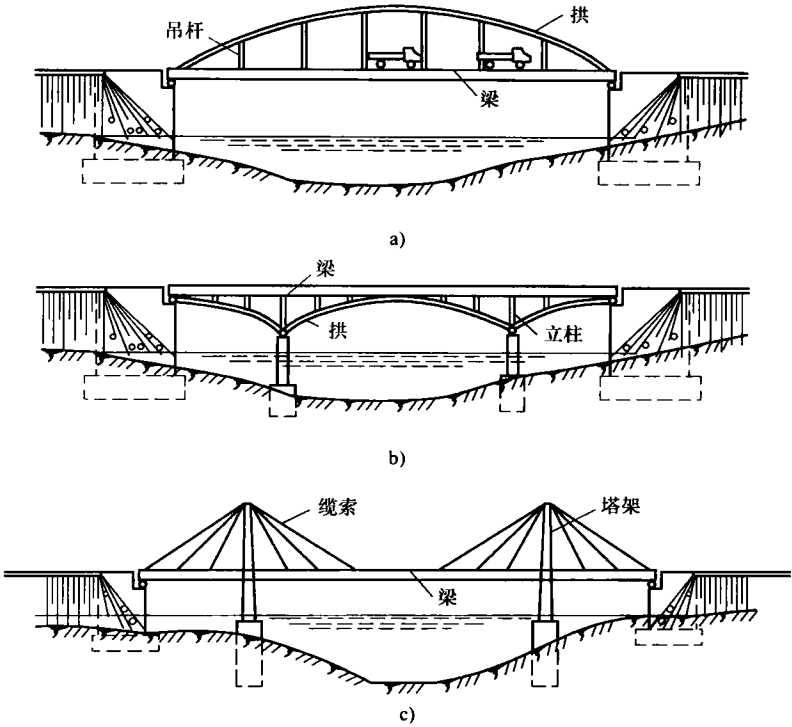


图 1-1-6 组合体系桥

表 1-1-1 桥梁的分类

| 桥 涵 分 类 | 多孔跨径总长 $L/\text{m}$ | 单孔跨径 $L_0/\text{m}$ |
|---------|---------------------|---------------------|
| 特大桥     | $L \geq 500$        | $L_0 \geq 100$      |
| 大桥      | $L \geq 100$        | $L_0 \geq 40$       |
| 中桥      | $30 < L < 100$      | $20 \leq L_0 < 40$  |
| 小桥      | $8 \leq L \leq 30$  | $5 \leq L_0 < 20$   |
| 涵洞      | $L < 8$             | $L_0 < 5$           |

(3) 桥梁按主要承重结构所用的材料划分，可分为砌体桥（包括砖桥、石桥、混凝土桥）、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和木桥等。我国公路体系中应用较多的是钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥和砌体桥。

(4) 桥梁按跨越障碍的性质划分，可分为跨河桥、跨线桥（立体交叉）、高架桥和栈桥。高架桥一般是指跨越深沟峡谷以代替高路堤的桥梁。

(5) 桥梁按上部结构的行车道位置划分，可分为上承式桥、下承式桥和中承式桥。桥面布置在主要承重结构之上的称为上承式桥。桥面布置在主要承重结构之下的称为下承式桥。桥面布置在桥跨结构高度中间的称为中承式桥。

上承式桥构造简单，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。一般来说，上承式桥的承重结构宽度可做得小些，因而可节约墩（台）的材

料用量。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，所以公路桥梁一般应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高。

在建筑高度受限制的情况下，以及修建上承式桥必须提高路面（或轨顶）标高而显著增大桥头路堤的土方量时，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的限制，不允许过分抬高桥面标高时，也可修建下承式桥。

桥梁按特殊的使用条件分类，可分为开合桥、浮桥、漫水桥等。

## 项目二 桥梁的设计荷载

### 任务 1：荷载类型

根据使用任务，桥梁结构除了承受本身自重和各种附加恒荷载以外，还要承受交通荷载及受到风荷载、气候等复杂因素的影响。

通常可以将作用在公路桥梁上的各种荷载和外力归纳成三类：永久荷载；可变荷载；偶然荷载。

#### 一、永久荷载

永久荷载也称为恒荷载，它是在设计使用期内，其作用的位置、大小和方向不随时间发生变化，或其变化与平均值相比可忽略不计的荷载。永久荷载包括结构自重、桥面铺装重量、土的重力及土侧压力、基础变位的影响力、水的浮力、长期作用于结构上的人工预压力，以及混凝土收缩和徐变的影响力。

结构自重和桥面铺装重量可按实际体积乘以材料的堆积密度计算。公路桥的结构自重常占全部设计荷载的大部分，跨径越大，所占的比例就越高。

#### 二、可变荷载

可变荷载是在设计使用期内，其作用的位置、大小和方向随时间发生变化，或其变化与平均值相比不可忽略的荷载。按其影响桥涵结构的程度，又分为基本可变荷载（也称为活荷载）和其他可变荷载。

桥梁设计中考虑的基本可变荷载有汽车、平板挂车和履带车的车辆荷载和人群荷载。同时，对于汽车荷载应计算其冲击力和离心力；对于车辆荷载应计算其引起的土侧压力。

其他可变荷载包括汽车制动力、支座摩擦力、温度影响力、风力、流水压力和冰压力等。

车辆荷载的影响力包括汽车荷载的冲击力、离心力，车辆荷载引起的土侧压力（以上属基本可变荷载）和汽车制动力（属其他可变荷载）。

（1）汽车荷载的冲击力。车辆以较高速度驶过桥梁时，由于桥面不平整、车轮不圆及发动机抖动等原因，会使桥梁结构发生振动，这种动力效应通常称为冲击作用。在此情况下，汽车荷载（动荷载）对桥梁结构引起的应力和变形要比同样大小的静荷载引起的大。冲击作用是根据在现成桥梁上做的振动试验结果分析整理出来的，在设计中可按不同的结构

种类选用相应的冲击系数（表 1-2-1）。

表 1-2-1 钢筋混凝土、混凝土和石砌桥涵等的冲击系数

| 结 构 种 类                      | 跨径或荷载长度/m   | 冲击系数 (1+μ) |
|------------------------------|-------------|------------|
| 梁、刚构、拱上构造、桩式<br>或柱式墩（台）、涵洞盖板 | $l \leq 5$  | 1.30       |
|                              | $l \geq 45$ | 1.00       |
| 拱桥的主拱圈或拱肋                    | $l \leq 20$ | 1.20       |
|                              | $l \geq 70$ | 1.00       |

冲击系数 (1+μ) 是随路径或荷载长度  $l$  的增大而减小的，当  $l$  在表列数值之间时，可用直线内插法求得。

鉴于结构物上的填料能起缓冲和扩散荷载的作用，故对于拱桥、涵洞及重力式墩（台），当填料厚度（包括路面厚度）等于或大于 50cm 时，可以不计冲击作用。

(2) 汽车荷载的制动力。制动力是汽车在桥上制动时为克服其惯性力而在车轮与路面之间发生的滑动摩擦力（摩擦系数可达 0.5 以上）。鉴于一行汽车不可能全部同时制动，制动力就并不等于摩擦系数乘以桥上全部车辆荷载。《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2004）（以下简称《桥规》）规定：对于 1~2 车道，制动力按布置在荷载长度内的一行汽车车队总重量的 10% 计算，但不得小于一辆重车重量的 30%；对于 4 车道的桥梁，制动力按上述规定数值增加一倍。

制动力的方向是行车方向，其着力点在桥面以上 1.2m 处。在计算墩（台）时，制动力可移至支座中心（铰或滚轴中心）或滑动支座、橡胶支座、摆动支座的底板面上；计算刚架桥、拱桥和木桥时，制动力可移至桥面上，但不计算因此而产生的力矩。

(3) 离心力。位于曲线上的桥梁，当曲率半径等于或小于 250m 时，须考虑车辆离心力的作用。离心力  $F$  等于车辆荷载（不计冲击力） $P$  乘以离心力系数  $c$ ，即

$$F = cP$$
$$c = \frac{v^2}{127R}$$

式中  $v$ ——计算车速（km/h）；

$R$ ——弯道半径（m）。

为了计算方便，车辆荷载  $P$  通常采用均匀分布的等代荷载，多车道桥的等代荷载也按规定进行折减。离心力的着力点在桥面以上 1.2m 处（为计算简便也可移至桥面上，但不计由此引起的力和力矩）。

(4) 车辆荷载引起的土侧压力。车辆荷载在桥台或挡土墙后填土上引起的土侧压力，可按换算的等代均布层厚度来计算。有关桥台的计算宽度或挡土墙的计算长度可按《桥规》的相应规定来确定。

(5) 人群荷载。设有人行道的桥梁，在以汽车荷载计算内力时，应同时考虑人行道上人群荷载产生的内力。一般公路桥梁的人群荷载规定为 300kg/m<sup>2</sup>（3000N/m<sup>2</sup>）；城市郊区行人密集地区一般为 350kg/m<sup>2</sup>（3500N/m<sup>2</sup>）。

三、偶然荷载

偶然荷载包括地震力和船只或漂流物的撞击力。这种荷载在设计使用期内不一定出现，

但一旦出现，其持续时间较短而数值很大。

## 任务 2：荷载组合

根据各荷载的不同重要性和同时作用的可能性，《桥规》规定了下述五种荷载组合：

组合Ⅰ：基本可变荷载（平板挂车或履带车除外）的一种或几种，与永久荷载的一种或几种相组合。

组合Ⅱ：基本可变荷载（平板挂车或履带车除外）的一种或几种，与永久荷载的一种或几种与其他可变荷载的一种或几种相结合。

组合Ⅲ：平板挂车或履带车与结构自重、预应力、土的重力及土侧压力中的一种或几种相组合。

组合Ⅳ：基本可变荷载（平板挂车或履带车除外）的一种或几种，与永久荷载的一种或几种和偶然荷载中的船只或漂流物撞击力相组合。

组合Ⅴ：结构自重、预应力、土的重力及土侧压力中的一种或几种与地震力相组合。

## 小结

在这个学习情境中，主要介绍了桥梁的基本组成和主要的名词术语，桥梁的类型和结构体系，桥梁荷载的一般规定。

1. 桥梁由上部结构、下部结构、墩（台）基础三个部分组成。

2. 桥梁的主要尺寸和专业术语包括净跨径、计算跨径、桥梁全长、桥梁高度、建筑高度、净矢高和矢跨比等。

3. 桥梁的结构体系包括梁桥、拱桥、吊桥、刚架桥与组合体系桥梁

（1）梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，以梁作为承重结构来承受荷载。

（2）拱桥的主要承重结构是拱圈或拱肋，在竖向荷载作用下，拱圈以受压为主，但也承受弯矩，可采用抗压能力较强的砌体材料和钢筋混凝土等来建造。

（3）吊桥是用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构的桥梁。

（4）刚架桥是介于梁桥和拱桥之间的一种结构体系，它是由受弯的上部梁（板）结构与承压的下部桩柱（墩）整体结合在一起的结构。

（5）组合体系桥梁是由两种不同的结构作为主要承重结构的桥梁，包括梁—拱组合体系和斜拉桥。

## 思考题

1. 桥梁由哪几部分组成？

2. 桥梁结构的主要尺寸有哪些？

3. 桥梁结构的基本体系有哪几类？

4. 桥梁按照全长和跨径如何分类？

# 学习情境二 桥梁基础和墩（台）施工技术

|      |                                                                                                                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 能力目标 | <ul style="list-style-type: none"><li>能识读桥梁基础及墩（台）的施工图样。</li><li>能结合规范、图样及相关文件资料，制定出桥梁基础和墩（台）的施工方</li><li>能解决桥梁基础施工过程中遇到的一般质量问题。</li><li>能掌握常见桥梁基础和墩（台）施工的质量控制点。</li></ul> |
| 知识目标 | <ul style="list-style-type: none"><li>了解各类桥梁基础和墩（台）的构造。</li><li>掌握桥梁基础和墩（台）工程的施工方法。</li><li>掌握滑模施工法。了解支座的分类和安装方法。</li><li>掌握桥台及锥坡填土的施工技术要点。</li></ul>                      |
| 学习要求 | <ul style="list-style-type: none"><li>预习桥梁基础和墩（台）施工的相关内容，了解桥涵施工的相关规范。</li><li>能在充分预习、听讲、讨论的基础上，独立完成课后思考题。</li></ul>                                                        |

## 项目一 桥梁基础施工

### 任务 1：明挖扩大基础施工

#### 一、旱地基础的基坑开挖

##### 1. 土质地基开挖

基坑开挖前先要准确放样定出基础轴线，以及边线的位置及标高，并用“骑马桩”将中心位置固定。在墩（台）或其他建筑物附近开挖基坑时，应采取适当的防护措施。弃土堆置地点不得妨碍开挖基坑及其他作业，不能影响坑壁稳定，同时应满足水土保持和环境保护的有关要求。

基坑的大小应满足基础施工的要求，一般基底应比设计平面尺寸各边增宽 50 ~ 100cm。当基坑深度在 5m 以内，施工期较短、坑底在地下水位以上，土的湿度正常、土层构造均匀时，坑壁坡度可参考规范的规定来确定。基坑深度大于 5m 时，应将坑壁坡度适当放缓或加设平台，如果土的湿度可能引起坑壁坍塌时，坑壁坡度应缓于该湿度下土的天然坡度。坑顶与动荷载间至少应留有 1m 宽的护道。若工程地质和水文地质不良或者动荷载过大，还要增宽护道或采取加固措施。如果放坡开挖场地受限或工程量太大，可按具体情况采用挡板支

撑、钢木结合支撑、混凝土护壁（喷射混凝土护壁，现浇混凝土护壁）、钢板桩围堰、锚杆支护及地下连续墙等防护措施。

基坑开挖可以采用人工开挖，也可以采用挖掘机、推土机、装载机等机械进行开挖，但无论采用哪一种施工方法，基底均应避免超挖，已经超挖或松动部分应予以清除。若施工时间较长，又可能遇到暴雨天气时，应在基坑外设临时的截水沟或排水沟，防止雨水流入基坑内，使坑内土质发生变化。任何土质基坑挖至标高后，都不能长时间暴露、扰动或浸泡，以防削弱其承载能力。一般土质基坑挖至基底标高时，应保留一层 10 ~ 20cm 厚的土层，在基础砌（浇）筑前由人工挖除，迅速检验，随即进行基础施工。

## 2. 岩石地基开挖

硬质岩可以垂直向下，一般设计开挖深度为风化层厚度。新鲜基岩、微风化或弱风化岩层都可作为基础的持力层。开挖一般采用人工开挖，必要时可进行松动爆破，但要严格控制爆破深度和用药量，防止过量爆破引起持力层松动破坏。根据岩层的风化程度、倾向、倾角及发育情况，采用适当方法进行坑壁防护。挖出的渣石必须运至设计指定地点，不能对施工安全和周围环境造成危害。

# 二、水中地基的基坑开挖

## 1. 围堰

桥涵基础的水中施工，首先应采用围堰或临时改河措施排除水流影响，同时在开挖过程中要采取措施排除坑外渗水和地下水，施工难度要高于旱地作业，施工成本也增加很多。这里主要介绍围堰施工方法。

围堰有土围堰、土袋围堰、钢板桩围堰、钢筋混凝土板桩围堰、竹（钢丝）笼围堰、套箱围堰等几种。一般要求围堰的高度高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高）0.5 ~ 0.7m。围堰的外形应考虑河流断面被压缩后，水流流速增大引起水流对围堰、河床的集中冲刷及影响通航、导流等因素；堰内的面积应能满足基础施工的需要，围堰要力求防水严密并尽量减少渗漏，以减轻排水工作量。

（1）土围堰。适用于水深 1.5m 以内、水流流速  $\leq 0.5\text{m/s}$ 、河床土质渗水性较小的情况。堰顶宽 1 ~ 2m，堰外边坡的坡度为 1:2 ~ 1:3，堰内边坡的坡度一般为 1:1 ~ 1:1.5，坡脚与基坑边缘的距离根据河床土质及基坑深度确定，但不得小于 1m，如图 2-1-1 所示。筑堰宜采用粘土或砂类土，填出水面后应进行夯实。筑堰前应将堰底河床上的树根、石块、杂物等清除，自上游开始填筑至下游合龙。水流流速过大有冲刷危险时，在外坡面用草皮、柴排、片石或草袋等加以防护。

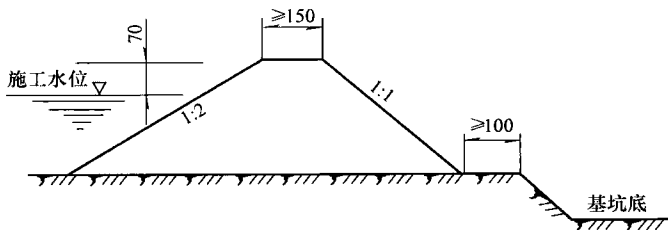


图 2-1-1 土围堰示意图