



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

桥梁工程

◎ 谢石连 主编



QIAOLIANG GONGCHENG



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

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 梁 工 程

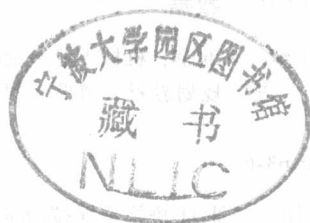
主 编 谢石连

副主编 李锐铎 王 代

参 编 (以姓氏笔画为序)

刘 娜 孙晓珍 李颖颖 潘红霞

主 审 程 斌



NLIC2970843215



机械工业出版社

本书共九章 27 个项目。第一章为总论, 第二章为梁式桥, 第三章为拱桥, 第四章为桥梁墩(台), 第五章为悬索桥及斜拉桥简介, 第六章为涵洞, 第七章为旧桥加固简介, 第八章为桥涵施工图识读, 第九章为桥梁施工。本书对每一项目都是先简述本项目的知识点、重点、难点及学习指导, 然后详述项目内容, 最后安排有小结及形式多样的思考题与习题对本知识点进行巩固, 便于教师教学, 利于学生学习。

本书适用于高职高专院校、成人高校、二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的道路桥梁工程技术专业、市政工程技术专业, 也可作为相关从业人员的培训教材, 亦可供土木工程类专业施工、监理及管理工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/谢石连主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 10

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 978-7-111-40163-6

I. ①桥… II. ①谢… III. ①桥梁工程-高等职业教育-教材

IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 251925 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: 刘怡丹 封面设计: 张 静 责任印制: 张 楠

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.25 印张·549 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-40163-6

定价: 49.00 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

前 言

“桥梁工程”是道路桥梁工程技术专业、市政工程技术专业的一门重要专业课。本书专为高职高专教育编写，旨在培养工程生产第一线的技术型、实践型、应用型人才。本书适用于高职高专院校、成人高校、二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的道路桥梁工程技术专业、市政工程技术专业，也可作为相关从业人员的培训教材，亦可供土木工程类专业施工、监理及管理工程技术人员学习参考。

本书内容坚持理论教学以“必须、够用”为度，按照应用型人才培养的要求，参照国家现行规范规程、现行行业标准等，针对高职、专科院校注重实践、注重应用的特点，以及道桥工程、市政工程等专业的特点，以掌握概念和桥梁的基本设计理论与桥涵的构造，以及强化应用为重点，侧重桥涵构造的分析介绍，结论的定性分析及其在实践中的应用等。以能力培养为主线构建应用型内容体系，重点加强应用知识能力的培养，注重知识的实用性和培养学生分析问题、解决问题的能力。编写时力求语言通顺，文字简练，讲清基本概念，简化公式推导，注重实用，并考虑一定的知识面及反映科技的新成就。

本书对每一项目都是先简述项目的知识点、重点、难点及学习指导，然后详述项目内容，最后安排有小结及形式多样的思考题与习题对本知识点进行巩固，便于教师教学，利于学生学习。

本书由下列人员编写：第一章由上海城市管理学院谢石连编写，第二章的项目5、6、7、9、10由河南城建学院李锐铎编写，第二章的项目8由上海城市管理学院潘红霞编写，第三章由山东城市建设职业学院孙晓珍编写，第四章、第五章及第八章的项目20由日照职业技术学院李颖颖编写，第六章、第七章及第八章的项目21由湖南交通工程职业技术学院刘娜编写，第九章由中州大学王代编写；全书由谢石连任主编，李锐铎、王代任副主编，上海交通大学程斌任主审。

本书在编写的过程中参考了很多专家学者的论著，在此向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限、加之时间仓促，书中难免存在缺点和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 总论..... 1

项目 1 概述 1

项目 2 桥梁设计概述 13

项目 3 桥梁的设计作用 23

项目 4 桥面构造 36

第二章 梁式桥 49

项目 5 概述 49

项目 6 板桥的设计与构造 55

项目 7 装配式简支梁桥的设计与构造 59

项目 8 简支梁桥的计算 72

项目 9 梁式桥的支座 101

项目 10 其他体系梁桥的构造 110

第三章 拱桥..... 117

项目 11 概述 117

项目 12 拱桥的构造 125

项目 13 拱桥的设计 145

第四章 桥梁墩（台） 160

项目 14 桥梁墩（台）的构造和设计 160

第五章 悬索桥及斜拉桥简介..... 182

项目 15 悬索桥 182

项目 16 斜拉桥 193

第六章 涵洞..... 203

项目 17 涵洞的类型与构造 203

项目 18 涵洞的设计计算 216

第七章 旧桥加固简介..... 224

项目 19 桥梁加固的目的及方法简介 224

第八章 桥涵施工图识读..... 230

项目 20 桥梁施工图识读 230

项目 21 涵洞施工图识读 252

第九章 桥梁施工..... 263

项目 22 桥梁施工概述 263

项目 23 混凝土简支梁桥的施工 ... 278

项目 24 其他体系桥梁的施工 300

项目 25 拱桥的施工 313

项目 26 桥梁墩（台）施工 328

项目 27 涵洞施工 337

参考文献..... 349

第一章 总 论

项目 1 概 述

● 主要知识点	桥梁的基本组成，桥梁的术语名称，桥梁的分类，我国桥梁建设成就，国外桥梁发展概况，桥梁发展动态。
● 重点	桥梁的组成，桥梁的术语名称，桥梁的分类。
● 难点	桥梁各种体系的基本特点。
● 学习指导	通过本项目的学习，对桥梁工程的内容有一个总体的了解，要求掌握桥梁的基本组成、专业术语名称；熟悉桥梁的分类；了解国内外桥梁的建设成就、发展动态。由浅入深地引导学生进入桥梁的世界，激发学生对桥梁工程的学习兴趣，为后续学习打下基础。

桥梁是一种具有承载能力的架空建筑物，它的主要作用是供公路、铁路、渠道、管线和人群等跨越江河、山谷或其他障碍，它是交通线的重要组成部分，是公路、市政工程中的关键工程。

涵洞是公路或铁路与沟渠相交的地方使水从路下流过的通道，作用与桥相同，但一般孔径较小，形状有管形、箱形及拱形等。此外，涵洞还是一种洞穴式水利设施，有闸门以调节水量。

桥梁工程指桥梁规划、勘测、设计、施工、养护和检定维修等的工作过程，以及研究这一过程的科学和工程技术，它是土木工程的一个分支。桥梁工程的发展主要取决于交通运输对它的需要。

1.1 桥梁在交通事业中的地位和国内外桥梁的发展概况

1.1.1 桥梁在交通事业中的地位

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、沟谷等），必须修建各种类型的桥梁与涵洞，因此桥涵是交通路线的主要组成部分。随着科学的进步、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，桥梁设计理论和建造技术得到了长足发展，人们建造了许多高大的立交桥、城市高架桥，以及跨越江河和海湾（或海峡）的大桥，这些实体工程常给人们带来美的感受，激发人们的自豪感，成为人们生活环境中印象深刻的标志性建筑物，因而桥梁建筑已不再单纯作为交通线上

重要的工程实体,而是还作为一种空间艺术结构物存在于社会之中。桥梁一般是代表一个地区经济、历史、人文等社会发展的标志性建筑,可以说是社会历史发展的一座不朽丰碑,桥梁是一个国家或地区经济实力、科学技术、生产力发展等综合国力的体现。就数量来说,即使地形不复杂的地段,每千米路线上一般也有2~3座桥涵;就其造价来说,桥梁和涵洞一般要占公路全部造价的10%~20%,而且随着公路、铁路等级的提高,其所占比例还会加大,因此桥梁具有里程不长、难度高、造价大、工期长的特点。此外,为了保证已有公路的正常运行,桥梁的养护与维修加固工作也十分重要。

在国防上,桥梁还是交通运输的咽喉,在需要快速、机动的现代战争中,它具有非常重要的地位。

1.1.2 我国桥梁建筑的成就

我国是世界文明古国之一,在桥梁建设史上写下了光辉灿烂的篇章。我国的古代桥梁不但数量惊人,而且类型也丰富多彩,几乎包含了所有近代桥梁建筑中的主要形式。

据史料记载,在距今约3000年的周文王时代,我国就已在宽阔的渭河上架设过大型浮桥。

近代的大跨径吊桥(或称悬索桥)和斜拉桥也是由古代的藤、竹吊桥发展而来的,在各国有关桥梁的历史书上,大都承认我国是最早建造吊桥的国家。

举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥)(图1-1),就是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥在隋大业初年(公元605年左右)为李春所建造,是一座空腹式的贝弧形石拱桥,净跨37.02m,宽9m,拱矢高度7.23m。在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,这样既能减轻桥身自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。赵州桥采用纵向并列砌筑,将主拱圈分为28圈,每圈由43块拱石组成,每块拱石重达1t左右,用石灰浆砌筑,赵州桥至今仍保存完好。

在秦汉时期,我国已广泛修建石梁桥。世界上现在还保存着的最长、工程最艰巨的石梁桥,就是我国于1053~1059年在福建泉州建造的洛阳桥(又称万安桥),如图1-2所示。

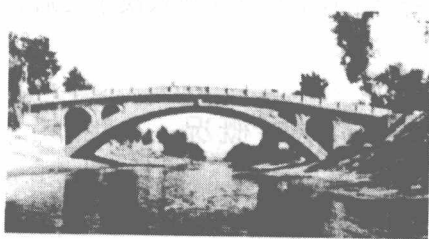


图1-1 河北赵县赵州桥(安济桥)

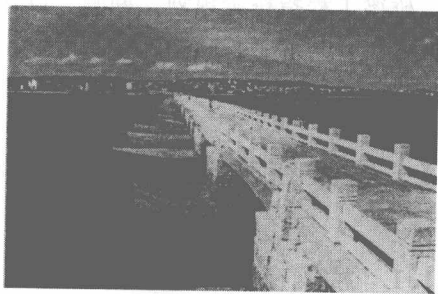


图1-2 福建泉州洛阳桥(万安桥)

我国于1170~1192年建成的广东潮州湘子桥(又称广济桥)全长517.95m,东、西浅滩部分各建一段石桥,中间深水部分以浮桥衔接。浮桥可开可合,是活动桥的先导。

我国于1240年建造的福建漳州虎渡桥,也是令人惊奇的一座梁式石桥。此桥总长约335m,某些石梁长达23.7m;沿宽度用3根石梁组成,每根宽1.7m,高1.9m,质量达200t,该桥一直保存至今。

赵州桥、湘子桥、洛阳桥和卢沟桥是我国的四大古桥。

1934~1937年由茅以升先生主持修建的钱塘江大桥是新中国成立以前由我国技术人员完成的唯一一座大桥工程。该桥为双层公铁两用钢桁梁桥,正桥16孔,全长1400m。

1957年,第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成,结束了我国万里长江无桥的状况,从此“一桥飞架南北,天堑变通途”,也标志着我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到了新的起点。该桥的正桥为8墩9孔3联 $3\times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,下层为双线铁路,上层公路桥面宽18m,两侧各设2.25m宽的人行道,全桥(包括引桥)总长1670m。1969年又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥,这是我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强度钢材的现代化大型桥梁。该桥上层为公路桥,下层为双线铁路,铁路桥梁全长(包括引桥)6772m,公路桥梁全长(包括引桥)4589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,大桥桥墩基础的施工非常困难。南京长江大桥的建成,显示出我国的钢桥建设已接近世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

钢筋混凝土拱桥是一种钢筋混凝土复合材料的拱桥,该桥型在我国近年来发展很快。2000年建成的广州丫髻沙珠江大桥,为主跨360m的中承式钢筋混凝土拱桥,是当时主跨度世界第一的钢筋混凝土拱桥。2005年1月8日竣工通车的巫峡长江大桥也属于中承式钢筋混凝土拱桥,在建设中创造了当时桥梁建设的5项世界第一(即组合跨径、每节段绳索吊装质量、吊塔距离、铁圈管道直径和吊装高度世界第一),主跨跨径492m,居当时同类型桥梁世界领先地位。

钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥,在我国也有很大的发展。对于中小跨径,一般简支梁30m以下宜使用标准化跨径,已广泛采用的是配置低合金钢筋的装配式钢筋混凝土板式或T形梁式设计,它不但经济适用,并且施工方便、建桥速度快。对于高等级公路桥上的多跨简支梁,随着车速和行车舒适性要求的提高,简支梁多采用桥面或结构连续,以减少伸缩缝的数量。

钢箱梁悬索桥,2005年建成通车的润扬长江大桥(悬索桥)(图1-3)建设创造了多项当时国内第一,综合体现了当时我国公路桥梁建设的最高水平。润扬长江大桥的当时国内第一:大桥南汉悬索桥主跨1490m,为国内第一跨径悬索桥;悬索桥主塔高227.21m,为国内第一高塔;悬索桥主缆长2600m,为国内第一长缆;大桥钢箱梁总重34000t,为国内第一重;钢桥面铺装面积达71400 m^2 ,为国内第一大面积钢桥面铺装;悬索桥锚碇锚体浇筑混凝土近6万 m^3 ,为国内第一大锚碇。

预应力混凝土斜拉桥,由于结构合理、跨度能力大、用材指标低和外形美观而迅速发展。我国斜拉桥起步比较晚,1975年建成的跨径76m的四川云阳桥是国内第一座斜拉桥。20世纪80年代以后,因跨越大江大河的需要,斜拉桥得到了快速的发展,我国陆续修建了一系列特大跨度的斜拉桥。据不完全统计,我国建成的斜拉桥已超过100座。2008年建成通车的苏通大桥(斜拉桥)(图1-4)位于江苏省东部的南通市和苏州(常熟)市之间,全长32.4km、主跨1088m,为当时世界最大跨径斜拉桥,创造了当时最深桥梁桩基础、最高索塔、最大跨径、最长斜拉索4项斜拉桥世界纪录,其雄伟的身姿成为横跨在长江之上的一道亮丽风景。苏通大桥的主墩基础由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,是在40m水深以下、厚达300m的软土地基上建起来的,是当时世界上规模最大、入土最深的群桩基础。苏通大桥(斜拉桥)是我国由



图 1-3 润扬长江大桥（悬索桥）

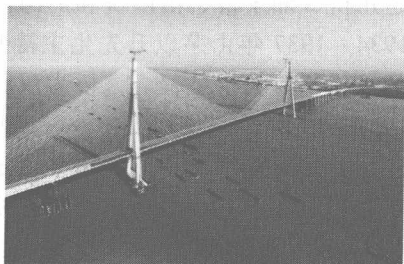


图 1-4 苏通大桥（斜拉桥）

“桥梁建设大国”向“桥梁建设强国”转变的标志性建筑。目前，我国在大跨径桥梁方面已经跻身于世界先进行列。

1.1.3 国外桥梁建设简述

纵观国外桥梁建设发展的历史，对于促进和发展现代桥梁有深远影响的，是继意大利文艺复兴后于 18 世纪在英国、法国和其他欧洲国家兴起的工业革命。它推动了工业的发展，从而也促进了桥梁建筑技术方面空前的发展。

1855 年起，法国建造了第一批应用水泥砂浆砌筑的石拱桥。

目前，世界上最大跨度的石拱桥是 1946 年建成的瑞典绥依纳松特桥，跨度为 155m。

目前，世界上跨度最大的连续刚构桥是 1998 年建成的挪威斯托尔马桥，主跨 301m，桥跨布置为 94m + 301m + 72m。

世界上第一座具有钢筋混凝土主梁的斜拉桥，是 1925 年在西班牙修建的跨越坦波尔河的水道桥（主跨 60.35m）。1999 年建成的日本多多罗桥（图 1-5），其主梁为钢箱梁，主跨达 890m。1998 年通车的日本明石海峡大桥（悬索桥）位于本州岛与四国岛之间（图 1-6），主跨 1991m（960m + 1991m + 960m），全长 3911m，为三跨二铰加劲桁梁式悬索桥。

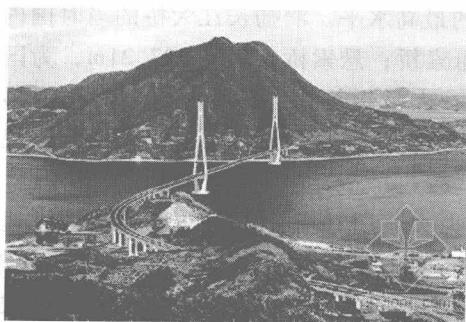


图 1-5 日本多多罗桥（斜拉桥）



图 1-6 日本明石海峡大桥（悬索桥）

1.1.4 国内外桥梁工程前景展望

随着世界经济的发展，可以预料世界桥梁建设必将迎来更大规模的建设高潮，对桥梁技术的发展方向也提出了新的要求。

从现代桥梁发展的趋势来看，21 世纪国内外桥梁工程建设发展的趋向主要集中在

以下几个方向：

(1) 大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展 研究大跨度桥梁在气动、地震和行车动力作用下结构的安全性和稳定性，将截面做成适应气动要求的各种流线型加劲梁，增大特大跨度桥梁的刚度；采用以斜缆为主的空间网状承重体系；采用悬索加斜拉的混合体系；采用轻型并且刚度大的复合材料作加劲梁；采用自重轻、强度高的碳纤维作主缆。

(2) 新材料的开发和应用 开发和应用具有高强度、高弹性模量、轻质特点的新材料。

(3) 新的设计、施工技术的开发和应用 在设计阶段采用计算机辅助手段，进行有效的快速优化和仿真分析；运用智能化制造系统在工厂生产部件；利用全球定位系统和遥控技术控制桥梁施工。

(4) 大型深水基础工程 目前，世界桥梁基础还没有超过 100m 的深海基础工程，将来需进行 100 ~ 300m 的深海基础实践。

(5) 开发和应用桥梁自动监测和管理系统 桥梁建成交付使用后，将通过自动监测和管理系统保证桥梁的安全和正常运行，一旦发生故障或损伤，将自动报告损伤部位和养护对策。

(6) 重视桥梁美学和环境保护 重视桥梁美学和环境保护，加强研究相关理论的内容和具体措施等。

1.2 桥梁的组成与分类

1.2.1 桥梁的组成

桥梁的基本组成：由五“大部件”与五“小部件”（又称为桥面构造）及附属设施组成。桥梁五“大部件”包括：桥跨结构、支座系统、桥墩、桥台、墩（台）基础；五“小部件”包括：桥面铺装（或称为行车道铺装）、排水防水系统、栏杆（或防撞栏杆）、伸缩缝、灯光照明；附属设施主要包括锥形护坡、护岸、导流结构物等。

1. 桥梁的基本组成

如图 1-7 所示为桥梁的基本组成。从图 1-7 中可知，桥梁一般由以下几部分组成：

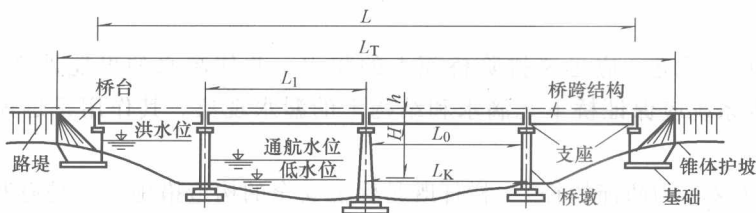


图 1-7 桥梁的基本组成

(1) 桥跨结构（又称为桥孔结构、上部结构）桥跨结构是路线遇到障碍（如河流、山谷等）而中断时，跨越障碍的建筑物。它的作用是承受车辆荷载，并通过支座将荷载传给墩（台）。

(2) 支座系统 支座系统支承上部结构并传递荷载于桥梁墩（台）上。它应保证上部

结构在荷载、温度变化或其他因素作用下所预计的位移功能。

(3) 下部结构 下部结构是指桥梁结构中设置在地基上用以支承桥跨结构，将其荷载传递至地基的结构部分。下部结构一般包括桥墩、桥台及墩（台）基础。

(4) 桥墩 连接相邻桥跨的建筑物称为桥墩，其作用是支承桥跨结构。

(5) 桥台 修建在桥梁两端连接路堤与桥跨并支承上部结构的建筑物称为桥台，其作用是将结构重力和车辆荷载传给基础，抵御路堤的土压力。为保护桥台和路堤填土，桥台两侧常做一些防护和导流工程。

(6) 墩（台）基础 墩（台）基础是承受由上部结构及墩（台）传递的全部荷载，并将荷载传递至地基的结构部分。基础工程在整个桥梁工程施工中属于隐蔽工程，而且常需要在水中施工，因而遇到的问题相当复杂。

2. 拱桥的基本组成

公路拱桥的基本组成如图 1-8 所示，其主要由上部结构（拱圈）、桥墩、桥台和墩（台）基础等组成。

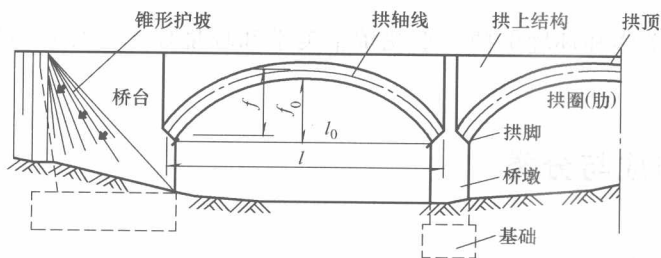


图 1-8 公路拱桥的基本组成

3. 桥面构造

(1) 桥面构造 桥面构造又称为桥梁五“小部件”，包括桥面铺装（或称为行车道铺装）、排水防水系统、栏杆（或防撞栏杆）、伸缩缝、灯光照明。桥梁五“小部件”都是直接与桥梁服务功能有关的部件，主要作用是提高桥梁的服务功能。

(2) 桥面铺装（又称为行车道铺装） 铺装后平整度好、耐磨性好、不翘壳、不渗水是保证行车舒适的关键。特别是在钢箱梁上铺设沥青路面，其技术要求相当高。其作用是保证行车舒适。

(3) 排水防水系统 应迅速排除桥面上的积水，并使渗水的可能性降到最低。此外，城市桥梁的排水系统应保证桥下无滴水 and 结构上的漏水现象。其作用是迅速排除桥面上的积水。

(4) 栏杆（又称为防撞栏杆） 栏杆既是保证安全的构造措施，又是有利于观赏的最佳装饰件。其作用保证安全，利于观赏。

(5) 伸缩缝 在桥跨上部结构之间，或在桥跨上部结构与桥台端墙之间，设有伸缩缝以保证结构在各种因素作用下的变位。为使桥面上行驶顺直，无任何颠动，要设置伸缩缝。特别是大桥或城市桥的伸缩缝，不但要结构牢固，外观整洁，而且还需要经常扫除深入伸缩缝中的杂物，以保证它的功能作用。其作用是满足桥面变形的要求。

(6) 灯光照明 现代城市中标志式的大跨桥梁都安装了变幻的灯光照明，成为城市的

夜景之一。其作用是方便夜间行车，增加城市美感。

4. 桥梁的主要名称、术语

下面介绍与桥梁设计有关的常用名称和主要术语：

(1) 低水位 枯水季节的最低水位称为低水位。

(2) 设计水位 设计桥梁的洪水水位称为设计水位。

(3) 通航水位 在各级航道中，能保持船舶正常航行的水位称为通航水位。

(4) 跨度（也称为跨径） 跨度是指桥梁两相邻桥墩支座间的距离，表示桥梁的跨越能力。对多跨桥梁，最大跨度称为主跨。一般而言，跨度是表征桥梁技术水平的重要指标。

(5) 净跨径 L_0 对于梁式桥，净跨径是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距（图 1-7）；对于拱式桥，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 1-8）。

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

(7) 计算跨径 L_1 对于具有支座的桥梁，计算跨径是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离；对于拱式桥，计算跨径是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。桥跨结构的力学计算是以 L_1 为基准的。

(8) 标准跨径 L_k 对于梁式桥，标准跨径是指两相邻桥墩中线之间的距离，或桥墩中线至桥台台背前缘之间的距离；对于拱桥，标准跨径则是指净跨径（每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离）。

(9) 桥梁全长 L_T 桥梁全长简称桥长，是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字翼墙后端点之间的距离。无桥台的桥梁为桥面系行车道长度。

(10) 多孔跨径总长 L 对于梁桥，多孔跨径总长是指多孔标准跨径的总和，两桥台台背前缘之间的距离；对于拱桥，多孔跨径总长是指两岸桥台内拱脚截面最低点间的距离。多孔跨径总长是划分桥梁规模大小的依据之一。

(11) 桥梁高度 H 桥梁高度简称桥高，是指桥面与低水位之间的高差（如图 1-7 中的 H ）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。

(12) 桥下净空高度 H_0 桥下净空高度是指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。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。

(13) 桥梁建筑高度 桥梁建筑高度是指桥上行车路面标高至桥跨结构最下缘之间的距离。

(14) 净矢高 f_0 净矢高是指从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点的连线的垂直距离。

(15) 计算矢高 f 计算矢高是指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。

(16) 矢跨比 矢跨比是指拱桥中拱圈（或拱肋）的计算矢高 f 与计算跨径 l 之比（ f/l ），也称为拱矢度。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》（JTGB 01—2003）规定，对标准设计或新建桥涵的跨径在 50m 以下时，一般均应尽量采用标准化跨径设计。

1.2.2 桥梁的分类

1. 按结构受力体系划分

(1) 梁式桥（简称梁桥） 梁式桥在竖向荷载作用下，支座只产生竖向反力，桥跨结构承受弯矩和剪力，以受弯为主，如图 1-9 所示。梁式桥又分为简支梁桥、连续梁桥和悬臂梁桥。通常用抗弯能力强的材料（钢、木、钢筋混凝土等）来建造梁式桥。

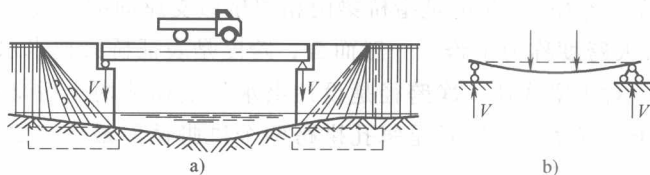


图 1-9 梁式桥

(2) 拱式桥（简称拱桥） 拱式桥的主要承重结构（桥跨结构）是拱圈或拱肋，如图 1-10 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引起的在拱圈（或拱肋）内的弯矩作用。

拱式桥以受压为主，同时也承受弯矩和剪力，可采用抗压能力强的砌体材料（如砖、石、混凝土）和钢筋混凝土来修建。拱是有推力的结构，对地基要求较高，一般常建于地基良好的地区。由于拱桥跨越能力强，造型美观，当地基较好、一般跨径在 500m 以内时可作为比选方案。

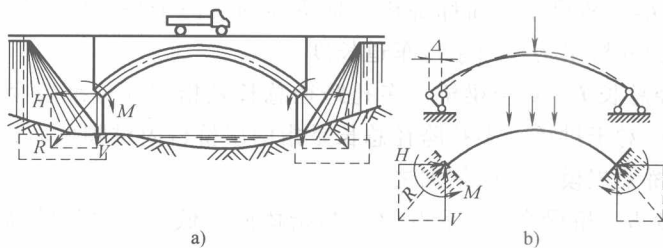


图 1-10 拱式桥

(3) 刚架桥（也称为刚构桥） 刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系，它是由受弯的上部梁（或板）结构与承压的下部柱（或墩）整体结合在一起的结构，如图 1-11 所示。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

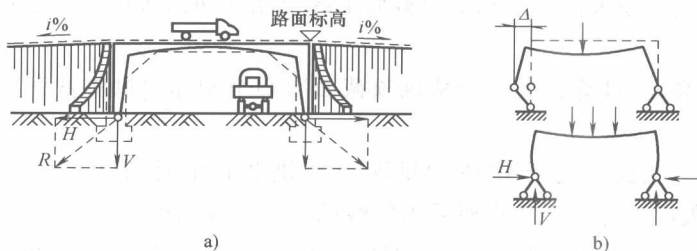


图 1-11 刚架桥

有很大的刚性。由于梁与柱的刚性连接，梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用，整个体系是压弯结构，也是有推力的结构。

(4) 悬索桥（也称为吊桥） 悬索桥主要由缆索、桥塔、锚碇、吊杆和加劲梁等组成，缆索跨过塔顶锚固在锚碇上，是桥的承重结构，如图 1-12 所示。缆索上悬挂吊杆，吊着加劲梁，缆索受拉。悬索桥结构自重较轻，跨越能力比其他桥式要强，常用于建造跨越大江大河或跨海的特大桥。

在现代悬索桥中，由于广泛采用由高强度的钢丝成股编制的钢缆，以充分发挥其优异的抗拉性能，因此结构自重较轻。悬索桥的另一个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。但悬索桥的自重轻，结构的刚度差，在车辆动荷载和风荷载作用下，桥梁有较大的变形和振动。

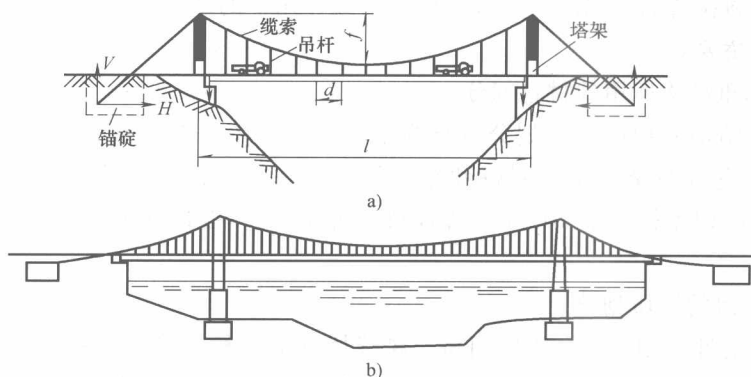


图 1-12 悬索桥

a) 在山区跨越深沟或河谷的单跨式悬索桥 b) 在大江或湖海上跨越深水区的三跨式悬索桥

(5) 组合体系桥 组合体系桥是由上述不同体系的结构组合而成的桥梁。组合体系桥的种类很多，如系杆拱桥、斜拉桥、刚构-连续组合体系桥等。

1) 系杆拱桥是梁、拱组合体系，由梁和拱共同受力的桥（图 1-13），其中梁和拱都是主要承重结构，两者相互配合共同受力。由于吊杆或立柱的作用，相当于给梁施加了一个相反的作用力，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，这样梁除了受弯外还受拉。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，因此对于地基的要求就与一般简支梁桥相同。

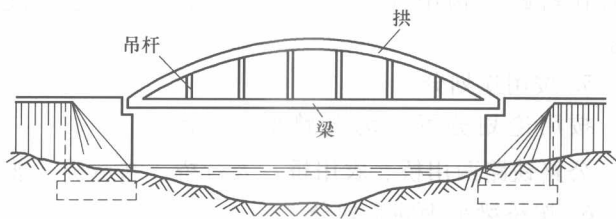


图 1-13 系杆拱桥

2) 刚构-连续组合体系桥 是在连续刚构桥的某些墩上设置滑动支座，在温度降低的情况下，结构内产生较大的附加内力，它适合于很大的跨径。

3) 斜拉桥是由斜索、塔柱和主梁所组成的斜拉桥，如图 1-14 所示。用高强度钢材制成的斜索将主梁多点吊起，并将主梁的恒荷载和车辆荷载传至塔柱，再通过塔柱基础传至地

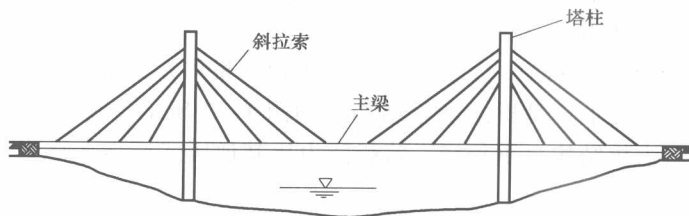


图 1-14 斜拉桥

基。这样，跨度较大的主梁就如一根多点弹性支承的连续梁一样工作，从而可使主梁尺寸显著减小，结构自重显著减轻，既节省了结构材料，又大幅度地增大桥梁的跨越能力。此外，与悬索桥相比，斜拉桥的结构刚度更大，即在荷载作用下的结构变形小得多，且其抵抗风振的能力也比悬索桥要好。

2. 按主要承重结构所用的材料划分

按主要承重结构所用的材料划分可分为木桥、砌体桥（包括砖、石、混凝土桥）、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和结合梁桥。木桥一般只用作临时性桥梁；砌体桥多用作小跨度桥（跨度小于 20m）；结合梁桥指钢梁和混凝土桥面板共同受力的一种梁桥。

3. 按跨越障碍的性质划分

按跨越障碍的性质划分可分为跨河桥、跨线桥（立交桥）、高架桥和栈桥。高架桥一般指跨越深沟峡谷以替代高路堤的桥梁，以及城市桥梁中跨越道路的桥梁。

4. 按上部结构的行车道位置划分

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。桥面在主要承重结构之上的称为上承式桥（图 1-9，图 1-10）；桥面在主要承重结构之下的称为下承式桥（图 1-13，图 1-14）；桥面布置在桥跨结构中部的称为中承式桥（图 1-15）。

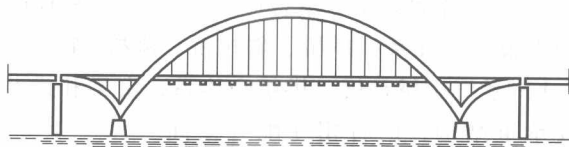


图 1-15 中承式桥

5. 按用途划分

按用途划分可分为公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农用桥、人行桥、水运桥（渡槽）和管线桥等。

6. 按桥梁是否固定划分

按桥梁是否固定划分可分为固定桥、活动桥（又称为开启桥或开合桥）和浮桥。浮桥随水位升降，多为临时性桥梁；当河道两岸不允许修建较高的路堤，而桥下通航又需要保持必要的净空高度时，可建造活动桥。但活动桥的水陆交通互相干扰，养护又困难，只在特殊情况下采用，其开启方式可以是平转、立转或升降。

7. 按桥梁施工方法划分

按桥梁施工方法划分可分为整体施工桥梁——上部结构一次浇筑而成；节段施工桥梁——上部结构分节段组拼而成。

8. 按桥梁的长度和跨径大小划分

按桥梁的长度和跨径大小划分可分为特大桥、大桥、中桥和小桥和涵洞。桥涵的划分标准见表 1-1。

表 1-1 桥涵的划分标准

桥涵分类	多孔跨径总长 L/m	单孔跨径 L_K/m
特大桥	$L > 1000$	$L_K > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_K \leq 150$
中桥	$30 < L \leq 100$	$20 \leq L_K < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_K < 20$
涵洞	—	$L_K < 5$

注：梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长，拱式桥的多孔跨径总长为两岸桥台内起拱线间的距离，其他形式桥梁的多孔跨径总长为桥面车道长度。

【小结】

本项目主要介绍了国内外桥梁的建设成就，桥梁的发展动态，桥梁的专业术语名称，桥梁的基本组成，桥梁的分类。

教学目的在于引导学生进入桥梁的世界，激发学生对桥梁建筑的兴趣，为后续学习打下基础。

【思考题与习题】

一、名词解释

桥梁；涵洞；桥梁工程；桥跨结构；下部结构；桥梁建筑高度；净跨径；计算跨径；矢跨比；桥梁全长；多孔跨径总长。

二、单选题（以下各题只有一个答案是正确的，请选择你认为正确的答案）

1. 在结构功能方面，桥台不同于桥墩的地方是（ ）。
- A. 传递荷载 B. 抵御路堤的土压力 C. 调节水流 D. 支承上部构造
2. 桥跨结构为桥梁的（ ）。
- A. 上部结构 B. 中部结构 C. 下部结构 D. 基础结构
3. 设计洪水位上相邻两个桥墩之间的净距是（ ）。
- A. 净跨径 B. 计算跨径 C. 标准跨径 D. 总跨径
4. 梁式桥中，两桥墩中心线之间的距离或桥墩中线与桥台台背前缘线之间的距离，应称为（ ）。
- A. 净跨径 B. 计算跨径 C. 标准跨径 D. 总跨径
5. 拱桥中，两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离称为（ ）。
- A. 净跨径 B. 计算跨径 C. 标准跨径 D. 总跨径
6. 桥梁总跨径是指多孔桥梁中各孔（ ）的总和。

- A. 净跨径 B. 计算跨径 C. 标准跨径 D. 经济跨径
7. 桥下净空高度是指 ()。
- A. 常水位至桥跨结构最下缘之间的距离
B. 最大洪水位至桥跨结构最下缘之间的距离
C. 设计洪水位至桥跨结构最下缘之间的距离
D. 测时水位至桥跨结构最下缘之间的距离
8. 桥跨结构相邻两支座中心之间的距离为 ()。
- A. 标准跨径 B. 理论跨径 C. 计算跨径 D. 经济跨径
9. 桥面与低水位之间的高差称为 ()。
- A. 桥梁建筑高度 B. 桥梁高度 C. 桥下净空高度 D. 桥梁通航高度
10. 桥下净空高度应 ()。
- A. 小于通航规定的净空高度 B. 大于通航规定的净空高度
C. 小于泄洪的净空高度 D. 大于泄洪的净空高度
11. 拱桥的承重结构以 () 为主。
- A. 受拉 B. 受压 C. 受弯 D. 受扭
12. 斜拉桥属于 ()。
- A. 梁式桥 B. 组合体系桥 C. 拱式桥 D. 悬索桥
13. 桥梁按受力体系划分可分为 ()。
- A. 梁桥、拱桥、刚构桥、吊桥及组合体系桥
B. 简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥和连续刚构桥
C. 木桥、钢桥、砌体桥、钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥
D. 公路桥、铁路桥、人行桥和农用桥
14. 涵洞区别于桥梁的规定是 ()。
- A. 涵洞多孔全长 $\leq 8\text{m}$ 和单孔跨径 $\leq 5\text{m}$
B. 涵洞多孔全长 $\leq 8\text{m}$ 和单孔跨径 $\leq 4\text{m}$
C. 涵洞多孔全长 $< 8\text{m}$ 和单孔跨径 $< 5\text{m}$
D. 涵洞多孔全长 $< 8\text{m}$ 和单孔跨径 $< 4\text{m}$
15. 某桥为四孔等跨径简支梁桥, 跨径为 20m , 该桥属于 ()。
- A. 小桥 B. 中桥 C. 大桥 D. 特大桥

三、多选题 (以下各题有两个或两个以上的答案是正确的, 请选择你认为正确的答案)

1. 桥梁五“大部件”包括 ()。
- A. 桥跨结构 B. 支座系统 C. 桥墩 D. 伸缩缝
E. 桥台 F. 墩(台)基础
2. 桥梁五“小部件”包括 ()。
- A. 桥面铺装 B. 排水防水系统 C. 栏杆 D. 伸缩缝
E. 灯光照明 F. 墩(台)基础
3. 桥梁工程的受力构件总离不开 () 这几种基本受力方式。
- A. 弯 B. 剪 C. 拉 D. 压
4. 根据桥梁工程的受力构件, 桥梁可归纳为 () 三种基本体系。