

21

世纪高等职业技术教育规划教材

土木工程类

■ 主 编 孙立功 杨江朋

桥梁工程 (铁路)

Qiaoliang Gongcheng



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



图书在版编目 (C I P) 数据

桥梁工程: 铁路 / 孙立功, 杨江朋主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2008.1

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 土木工程类
ISBN 978-7-81104-760-8

I. 桥… II. ①孙…②杨… III. 铁路桥—桥梁工程—高等学校: 技术学校—教材 IV. U448.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 003847 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——土木工程类

桥 梁 工 程

(铁 路)

主 编 孙立功 杨江朋

责任编辑	杨 勇
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川锦祝印务有限公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	21.125
字 数	528 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版
印 次	2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	1—3 000 册
书 号	ISBN 978-7-81104-760-8
定 价	32.80 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

人类进入 21 世纪,科学技术迅猛发展,给传统的铁路桥梁注入了越来越多的新理论、新技术、新工艺、新材料。尤其是近几年,铁路工程步入了一个快速发展的时期,迫使人们不断更新理论,学习先进的工程技术。同时,我国高职教育也在快速发展,而适合高职层次的铁路桥梁方面的教材却几乎没有,这对铁路行业高职教育造成了一定影响,因此,本书的编写迫在眉睫。

本书根据专业教学计划的要求编写。在编写过程中,尽量汲取和结合了国内外桥梁基本理论及施工的成功经验和最新成果。但作为教材,本书主要介绍了铁路桥梁的基本概念、桥梁施工的基本知识和各种结构形式桥梁的施工技术。本书的特点是,将常用的桥梁基本知识和施工技术结合了起来,并列举了一些工程实例,系统性较强,在实际教学时,应根据内容的需要尽量结合施工实例。

本书由陕西铁路工程职业技术学院孙立功、杨江朋主编。参加编写工作的有:孙立功(第六章、第七章、第十四章)、刘杰(第十五章、第十八章)、周永胜(绪论、第一章、第二章)、张团结(第三章、第十章)、张玉鹏(第十一章)、郭亚宇(第四章、第五章、第九章)、中铁二局二处徐天良(第十三章)、中铁一局轨道公司林建平(第十二章)、杨江朋(第八章、第十六章、第十七章)。本书由章韵、任庆国、苗兰弟绘图。

本书在编写过程中,得到了陕西铁路工程职业技术学院有关部门、铁道工程系全体教师以及同仁们的大力帮助和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,不妥之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2007 年 12 月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一部分 桥梁设计

第一章 桥梁概论	6
第一节 桥涵的作用与要求	6
第二节 桥梁的组成与分类	7
第三节 桥梁设计的程序与一般原则	9
第四节 铁路桥梁的设计荷载	12
复习思考题	16
第二章 桥梁墩台的构造与设计	17
第一节 墩台的类型	17
第二节 墩台的构造和尺寸	20
第三节 桥墩(台)的检算	28
第四节 实体桥墩检算算例	35
第五节 轻型墩台	41
第六节 地震区的桥梁墩台	43
第七节 桥梁附属设备	45
复习思考题	46
第三章 桥梁在曲线上及坡道上的布置	47
第一节 钢筋混凝土梁桥在曲线上布置的原则	47
第二节 弧距法计算桥梁工作线	53
第三节 偏角法计算桥梁工作线	60
第四节 支座中心坐标计算	70
第五节 复线桥在坡道上的布置	72
第六节 桥梁在坡道上的布置	73
复习思考题	76
作 业 题	77
第四章 钢筋混凝土筒支梁桥	78
第一节 钢筋混凝土筒支梁桥的构造	78

第二节 钢筋混凝土简支梁的设计与计算	82
第三节 预应力混凝土简支梁	88
第四节 预应力混凝土简支梁的设计与计算	94
第五节 桥梁支座	103
复习思考题	106
第五章 预应力混凝土连续梁桥	108
第一节 概述	108
第二节 预应力混凝土连续梁的构造	111
第三节 连续梁结构内力计算原理	122
复习思考题	126
作业题	126
第六章 拱 桥	127
复习思考题	132
第七章 钢 桥	133
复习思考题	144
第八章 刚架桥与斜拉桥	145
第一节 刚架桥	145
第二节 斜拉桥	146
复习思考题	151
第九章 涵 洞	152
第一节 总论	152
第二节 涵洞的类型与构造	154
第三节 涵洞的设计	159
第四节 陡坡涵洞	166
复习思考题	167
作业题	167

第二部分 桥梁施工

第十章 桥梁施工测量	168
第一节 线路复测与桥轴线测量	168
第二节 直线桥墩台定位	171
第三节 曲线桥墩台定位	174
第四节 高程测量	179
第五节 施工放样与竣工测量	181

复习思考题	183
作业题	184
第十一章 桥梁施工基本知识	185
第一节 桥梁施工方法的分类及特点	185
第二节 支架、拱架及模板	190
第三节 钢筋与混凝土	199
复习思考题	212
第十二章 桥梁墩台施工	214
第一节 混凝土墩台	214
第二节 砌筑墩台	222
第三节 墩台附属设备	225
第四节 地 垄	234
第五节 工程质量与技术安全	239
复习思考题	240
第十三章 钢筋混凝土梁桥施工	241
第一节 钢筋混凝土梁的现场制造	241
第二节 顶推法施工	247
第三节 混凝土简支梁架设	254
第四节 悬臂法施工	260
复习思考题	277
第十四章 拱桥施工	278
第一节 石及混凝土拱桥施工	278
第二节 拱桥的悬臂施工法	283
第三节 转体法施工	286
复习思考题	290
第十五章 钢桥架设	291
第一节 悬臂法安装钢梁	291
第二节 拖拉法架设钢梁	294
第三节 浮运法架设钢梁	297
复习思考题	300
第十六章 涵洞施工	301
第一节 涵洞施工测量	301
第二节 一般涵洞施工	302
第三节 防水层、沉降缝、错台及涵洞缺口填土	306
第四节 桥涵顶进施工	308

复习思考题.....	315
第十七章 便桥施工	316
第一节 桥梁荷载.....	316
第二节 木便桥.....	318
第三节 其他形式的便桥.....	321
复习思考题.....	325
第十八章 桥涵养护与维修简介	326
第一节 桥梁检验.....	326
第二节 桥涵的养护与维修.....	327
复习思考题.....	329
参考文献.....	330

绪 论

一、我国桥梁发展简史

(一) 我国古代桥梁

在人类文明的发展史中,桥梁占有重要的一页。我国历史、文化悠久,是世界文明古国之一。就桥梁讲,古代劳动人民曾修建了许多跨越江河、峡谷的桥梁,其中有一些至今仍巍然屹立,继续发挥着作用,显示了我国古代劳动人民的聪明才智。中国古代木桥、石桥和铁索桥都长时期保持世界领先水平,在桥梁发展史上曾占据重要地位,为世人所公认。

我国桥梁究竟始于何时,无从考查。文献记载较早的著名的桥有:商纣王时,为西伯侯姬昌(即周文王)迎亲之用,在渭水搭建的浮桥(见《诗经·大雅·大明》中“亲迎于渭,造舟为梁”)。秦昭襄王时(公元前257年),在山西蒲州(今风陵渡)黄河上架设的大浮桥(见《史记·秦本纪》),这是有文字记载的第1座跨越黄河的桥。

我国古代石梁桥中,著名的有陕西西安的灞桥、福建泉州的洛阳桥(又名万安桥)与浙江的安平桥等。灞桥位于西安城东10 km,跨越灞水,始建于西汉(约2 000多年前),重建于清道光十三年(公元1833年),桥长386 m,共64孔。洛阳桥位于“波涛汹涌,水深不可址”的泉州洛阳江入海口处,从北宋皇祐五年(公元1053年)至嘉祐四年(公元1059年),前后历7年之久,才建成了这座跨江接海的大石桥。初建时桥长三百六十丈,宽一丈五尺,武士造像分立两旁。造桥工程规模巨大,结构工艺技术高超,名震寰宇。洛阳桥的建造,是对世界桥梁科学的一大贡献。由于当时洛阳江潮狂水急,“水阔五里”、“深不可址”,桥基层被摧毁。造桥工匠创造了一种直到近代才被人们认识的新型桥基——筏形基础,即沿着桥的中轴线抛置大量石块,形成一条连接江底的矮石堤,然后在上面建造船形墩。同时采用“激浪涨舟,浮运架梁”的妙法,把一条条重达数吨的大石板架在桥面上。他们又在桥下养殖大量牡蛎,把桥基石和桥墩石胶合凝结成牢固的整体。这就是造桥史上最别出心裁的“种蛎固基法”,也是世界上第1个把生物学运用于桥梁工程的创举。洛阳桥的建成,不仅使洛阳江天堑变成通途,对泉州海外交通事业的发展也起着重要的作用。而我国现存古代最长的石桥,是位于晋江安海镇的安平桥,它始建于南宋绍兴八年(公元1138年),此桥工程前后历时13年方告落成,是一座用花岗岩构筑的梁式长桥。桥全长为2 070 m,为当时世界上最长的梁式石桥,故有“天下无桥长此桥”的美赞。

我国很早就有石拱桥。由于赵州桥等一批古代拱桥的惊人成就,中国一直被誉为“拱桥王国”。考古挖掘的西周古墓洞穴,采用石拱圈为顶,据此推测至少在3 000年前我国就有石拱桥。最早见于文字记载的石拱桥是晋武帝太康三年(公元282年),在河南洛阳城东六七里处的一座石建“旅人桥”(见《水经注》),它迄今保存良好,仍在使用。现存最著名的石拱桥是建于隋大业年间(公元605—617年)的河北赵县安济桥即赵州桥。此桥建成至今将近1 400年,经过多次洪水、地震的考验,仍完好无损,为世上罕见。此桥是李春主持修建的,全长50.82 m,宽约10 m,是一座单孔圆弧石拱桥,跨度为37.37 m,拱圈矢高7.23 m,矢跨比约为1:5,构成坦拱,便于行人、车马上下,这在世界古代桥梁史上是极少见的。最巧妙的是

在大拱之上，两肩各有两个小拱，创造了世界上最早的空腹式（又称敞肩式）桥型，比欧洲同类型桥早 1 200 余年。结构严谨、造型优美、技术先进的赵州桥，在世界桥梁史上享有盛名。在古代石拱桥中，北京的卢沟桥，苏州的宝带桥是两座很著名的长大石拱桥，前者长 266 m，后者长 317 m。以上三座桥均被国务院列为全国重点文物保护单位。

我国也是公认最早有索桥的国家。我国西南、西北地区的一些河流，谷深流急，在河中修筑桥墩十分困难，于是古代人民利用竹、藤、铁等修建索桥。最早见于文字记载的铁索桥，为杨銜之《洛阳伽蓝记》所载，是北魏时（距今约 1 500 年）新疆地区的铁索桥，这也是世界上最早的铁索桥。我国滇西一带铁索桥最多，不下数十座，其中怒江铁索桥最长，澜沧江上的霁虹桥名气最大。霁虹桥位于保山与永平之间，此地原为古渡口，唐代建竹索桥，明宪宗成化年间（距今 500 余年）改为铁索桥，清代康熙二十年（公元 1681 年）重建，长约 103 m，在过去是大理通往缅甸的要道。著名的索桥还有四川都江堰市朱浦桥和四川泸定县的铁索桥：前者横跨岷江的内外江上，共 8 孔，全长 320 多米，原为竹索桥，后于 1964 年改为钢索桥；后者跨越大渡河，建于清康熙四十五年（公元 1706 年），全长 103 m，1935 年 5 月红军长征经过此桥，从而闻名于世。

（二）我国近代桥梁

1840 年鸦片战争以后，帝国主义势力猖狂地侵入我国，首先侵入沿海一带，以后逐渐深入内地。为了便于掠夺，外国人开始在我国修建铁路，于是在中国出现了现代化的铁路桥梁，著名的有京汉线郑州黄河大桥，津浦线济南黄河大桥等。当年修建铁路全靠外国投资，由外商承包，一切大权掌握在外国人手里，我国技术人员反而无权过问。由于各国技术标准不同，各行其是，于是我国当时的铁路桥梁奉行的技术标准五花八门，不能统一。从 1876 到 1911 年，我国共修建铁路桥梁 6 000 余座。

自 1912 到 1927 年的北洋军政府时期，由于连年军阀混战，铁路及其桥梁建筑进展不大，在此期间全国修建铁路约 4 000 km，其中大部分是向帝国主义国家贷款修建的，并为其控制。

据统计，自 1912 到 1949 年共修建了铁路桥梁 7 000 余座。

回顾这个时期的桥梁，大多数是由洋商承建的。我们唯一能引以自豪的是由茅以升先生主持兴建的杭州钱塘江大桥。该桥由他带领一批留学生自行设计和监造，但实际施工仍由丹麦康益洋行承包下部结构和沉箱基础工程，上部结构钢梁则由英商道门朗公司承包制造和安装。当时我国的承包商还没有建造大桥的能力，而政府交通部门也没有大桥施工队伍，只能做一些公路小桥涵的工程。

（三）我国现代桥梁

铁路是国民经济的大动脉，新中国成立后党和政府十分重视，修建了大量铁路。因此桥梁建设发展很快，在数量和质量上都有很大的飞跃，其中在桥梁工程领域我国也派出了许多留学生赴苏联学习预应力混凝土和钢桥技术。在苏联专家的帮助下，铁道部筹建了山海关、丰台、宝鸡和株洲桥梁厂。

1952 年政府决定建设第 1 座长江大桥——武汉长江大桥，使天堑变通途。武汉长江大桥采用了当时苏联最新的管柱基础技术，管柱由振动打桩机下沉，穿过覆盖层，然后钻孔嵌岩，形成一种新型的深水基础。上部结构钢桁架采用胎具组拼，机器样板钻孔的新技术。1957

年武汉长江大桥建成通车，它是 20 世纪 50 年代中国桥梁的一座里程碑，为中国现代桥梁工程技术和南京长江大桥的兴建以及桥梁深水基础工程的发展奠定了基础。

1968 年修建了举世闻名的南京长江大桥，这是我国自行设计、制造、施工，并采用国产高强钢材的现代化铁路、公路两用桥，下层是双线铁路，上层是公路，行车道宽 15 m，可供 4 辆汽车并行。铁路桥全长 6 772 m，江面正桥全长 1 576 m，由 10 孔钢桁梁所组成，计 3 联 9 孔 160 m 连续梁及 1 孔 128 m 简支梁。因桥址水深流急，河床地质极为复杂，基础施工非常困难。该桥的建成，标志着我国钢桥建设技术又上了一个新台阶。

新中国成立前，在我国西南、西北地区基本上没有铁路，而新中国成立后修建了大量铁路。西南和滇北山地，地形极为复杂，谷深坡陡，河流峡谷两岸分布着数百米高的陡岩峭壁，由于历次地质构造运动的影响，断裂发育，曾被前苏联专家断定为“铁路禁区”。成昆铁路工程艰巨，全线修建各种桥梁 991 座，总延长 92.7 km，占线路长度的 8.5%。比较著名的有“一线天大石拱桥”、“金沙江大钢桥”、“绵川石拱桥”等。1984 年 12 月 8 日，成昆铁路被联合国宣布为 20 世纪人类征服自然的三大杰作之首，使我国铁路建设技术人员终于可以扬眉吐气。

新中国成立后的桥梁设计与施工方面出现了许多新技术，主要有：基础工程采用管柱、挖孔桩、钻孔桩等；桥墩采用了空心墩、柔性墩、基桩排架墩、拼装式桥墩等；桥台采用了锚定板桥台等；上部结构采用了箱形梁、栓焊梁、无碴无枕梁、斜腿刚构桥、悬砌拱桥、双曲拱桥、斜拉桥等。其中 1982 年建成的陕西安康汉江斜腿钢架桥，属铁路钢桥，主跨 176 m，是迄今世界同类桥梁跨度之冠，它代表着全国铁路系统设计、施工、科研单位的集体智慧和水平。1983 年在国内首先开展了斜拉桥三维颤振理论研究，并于 1985 年首次进行了上海南浦大桥结合梁斜拉桥方案的全桥气动弹性模型风洞试验，使我国成为世界上少数几个能进行这种试验的国家之一。1994 年，同济大学土木工程防灾国家重点实验室又建成了实验段尺寸为 15 m（宽）×2 m（高）×14 m（长）的大型桥梁风洞，规模居世界同类风洞第 2 位。该风洞先后完成了主跨 888 m 的虎门珠江悬索桥和主跨 1 385 m 的江阴长江悬索桥的全桥气弹模型风洞实验，标志着我国桥梁抗风研究水平已进入世界先进行列。我国香港的青马大桥，主跨 1 377 m，为公铁两用双层悬索桥，是香港标志性建筑。它把传统的造桥技术升华至极度超卓的水平，宏伟的结构令世人称赞，在世界工程大赛中，荣获“建筑业奥斯卡奖”。

二、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，设计施工质量是否良好，对铁路运营关系重大。如因地质、洪水、流冰等影响发生病害，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，小则影响运量，大则中断行车。

在铁路建设中，桥涵是很重要的部分，以成昆铁路为例，平均每公里线路有桥涵 3 座，桥梁总长度占线路长度的 9%；在山区地形复杂地段，往往桥隧相连，则桥涵数量更多。因此，桥涵的建筑费用在整个铁路修建费用中所占比例很大。

新建铁路施工，大桥往往是重点工程，尤其深水大桥的施工，更为复杂艰巨，有时甚至成为全线的关键工程，对通车日期起控制作用。在地质地形复杂地段，施工中常遇到地质情况与设计文件不同而必须变更设计，有时可能成为能否如期铺轨的决定因素。

铁路桥涵也直接影响铁路沿线居民生活和工农业生产。例如，桥涵孔径过小，洪水排泄不畅，往往导致淹没上游农田和房舍；若灌溉涵修建不当，将迫使下游的水田改成旱地；若交通桥（涵）满足不了需要，将影响交通运输。例如，武汉长江大桥和南京长江大桥两桥因净空高度分别只有 18 m 和 24 m，而成为“腰斩”长江水道、阻碍巨轮畅行之物。

因此，铁路桥涵的设计，必须根据国民经济发展的需要，沿线群众的利益和铁路运营的要求，力求经济合理；施工中应妥善安排，采用先进技术，保证质量，确保工期，降低造价，确保安全、全面地完成任务。

三、发展现状及展望

（一）预应力混凝土梁

1. 我国预应力混凝土梁的现状

新中国成立后，预应力混凝土梁有很大发展。根据近年来的统计资料，按各类桥长统计，预应力混凝土梁约占 60%，普通混凝土梁占 30%~40%，而钢梁仅占 1%。然而预应力混凝土梁的现状与铁路发展形势还不适应，主要问题是其跨度过小，造成上下部结构成本的比例很不合理。

2. 国外预应力混凝土梁的现状

近年来国外预应力混凝土梁发展很快，尽量采用预应力混凝土梁桥取代钢桥已成为普遍趋势，已建成多种形式的大跨度预应力混凝土梁桥；在截面形式上有 T 形、工字形、箱形等，在结构形式上有梁、刚构、桁梁、斜拉桥等。在材料方面，国外已在使用 C120 级的混凝土和 C70 级的轻质混凝土，还有各种类型的高强度预应力钢材，钢绞线松弛率已降至 3% 以下，这对减少预应力损失十分有利。

3. 我国预应力混凝土梁发展方向

（1）施工工业化：16 m 以下梁跨，设置定型化的工厂在现场流动制梁；20~40 m 梁跨，由专业化工厂集中生产；大跨梁采用悬臂灌注或悬臂拼装施工。施工工业化的关键是提高机械化施工水平。

（2）结构轻型化：采用箱形截面和组合体系是减轻梁重的发展方向。

（3）材料高强度：为了减轻梁重，向大跨度发展，必须发展高强度混凝土和高强度、低松弛的预应力钢材；当前的关键问题是预应力钢材松弛率太高，导致预应力损失严重，成为发展大跨度梁的拦路虎。

（二）钢 梁

1. 我国钢桥现状

新中国成立后，我国的钢梁有所发展，但因钢产量不足，钢梁的使用受到限制。目前存在的问题是钢材强度太低，结构形式不理想，跨度太小，导致深水桥墩或高墩过多、造价高、工期长。

2. 国外钢桥现状

（1）材料方面：发达国家所产钢材强度较高。大跨梁采用高强度钢，经济效果更佳。

- (2) 结构方面：目前趋势是向大跨度发展，并广泛采用箱形梁、组合结构（如斜拉桥）等。
- (3) 工艺方面：用全焊或栓焊代替铆接，由手工焊向自动焊发展。
- (4) 设计方面：钢桥设计向三维计算理论发展。钢梁是空间结构，简化按平面结构计算是偏于保守的。

3. 我国钢桥发展方向

我国钢梁应向高强、大跨、轻型、整体发展。主要问题是革新结构形式，发展箱形梁和组合结构，如斜拉桥、箱形梁与桁梁联合或梁拱组合等；采用先进工艺，发展焊接和栓焊，装备革新；提高计算理论水平，开展桥梁整体空间受力计算研究。

(三) 墩 台

1. 加强全桥的整体性

(1) 铰接简支梁桥：用铰把几孔简支梁串成一组，只在桥台和制动墩上设固定支座，其余桥墩上均可设活动支座，可把大部分制动力传给桥台或制动墩，则其余桥墩受力状态得到改善，可设计成轻型墩。

(2) 柔性墩：用铰把几孔简支梁串成一组后，除桥台和制动墩外，其余桥墩只承受很小一部分制动力，于是可设计成柔性墩。

(3) 锚定板桥台：此种桥台由钢筋混凝土墙面、拉杆和锚定板组成，与重力式桥台相比，可节约大量圬工。

2. 采用轻型的结构形式

(1) 空心墩：空心墩与重型桥墩相比，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 etc。

(2) 基桩栈桥及多线双柱桥墩：这是另一种轻型结构形式，可节约圬工。

(四) 未来桥梁的发展

首先，在桥梁的规划和设计阶段，人们将运用高度发展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（Virtual Reality）技术的应用使业主可以十分逼真地事先看到桥梁建成后的外形、功能，模拟地震和台风袭击下的表现，对环境的影响和昼夜的景观等，以便于决策。

其次，在桥梁的制造和架设阶段，人们将运用智能化的制造系统在工厂完成部件的加工，然后用全球定位系统（GPS）和遥控技术，在离工地千里以外的总部管理和控制桥梁的施工。

最后，在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，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。受计算机软件管理的各种智能性建筑机器人将在总部控制人员的指挥下，完成野外条件下的水下和空中作业，精确按计划完成桥梁工程建设，这将是一幅 21 世纪桥梁工程的壮观景象。

第一章 桥梁概论

第一节 桥涵的作用与要求

一、桥涵的作用

桥涵是桥梁和涵洞的统称，都是指跨越障碍物的通道。既能排泄洪水，又能保持线路的连续性，这是桥涵的基本作用。桥梁和涵洞的区别，主要在于其上有无填土：一般桥上没有填土，而涵洞上面则有一定厚度的填土。净跨度在 6 m 以上时，不论上面有无填土均称为桥。

桥梁还有代替路堤的作用。当铁路遇深谷、洼地，若以路堤通过需占大片良田或附近取土无来源时，可采用桥梁通过；当线路临河傍山而行，若地势险峻修筑路堤有困难时，均可用桥梁通过。

二、对桥涵的要求

为了保证列车正常运行，对桥涵建筑物有下列要求：

- (1) 除特殊情况外，桥涵必须是永久性的，具有规定的强度、刚度、稳定性和耐久性，能保证列车长期正常运行。
- (2) 保证洪水、流水、泥石流及漂浮物畅通无阻；对立交桥和跨越通航河道的桥，必须满足桥下水陆交通的要求。
- (3) 桥梁还应适当考虑造型美观，城市附近的桥应与周围环境协调。
- (4) 建筑桥涵必须经济合理，尽量就地取材。

第二节 桥梁的组成与分类

一、桥梁的组成

桥梁一般是由上部结构和下部结构组成。上部结构用来跨越桥孔，又称为桥跨结构，如梁、拱等。下部结构包括桥墩、桥台及其基础，用于支承桥跨结构，并把上部结构传来的荷载连同自重及所受外力，一起传给下面的地基。

二、桥梁的分类

铁路桥梁分类方法很多，这里择其主要者简介如下：

(一) 按桥梁长度分

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

梁桥桥长是指两桥台挡碴前墙之间的长度；拱桥桥长是指拱上侧墙与桥台侧墙间两伸缩缝外端之间的长度；刚架桥桥长是指刚架顺跨度方向外侧之间的长度。

(二) 按受力特征分

按受力特征分为梁桥、拱桥、刚架桥、悬索桥、组合体系桥等。

梁桥在竖直荷载作用下，支座只有竖向反力。

拱桥在竖直荷载作用下，支座有竖直反力和水平反力，无铰拱还有支承弯矩。

刚架桥的特点是桥跨结构和墩台刚性连成整体。在竖直荷载作用下，墩台底部有水平反力和竖直反力，桥跨与墩台连接处还有弯矩。

悬索桥（见图 1.1），又称吊桥。荷载通过桥面系传给缆索，缆索又支承于两端塔架上。为了减少悬索桥在荷载作用下的挠度，常设有加劲梁。

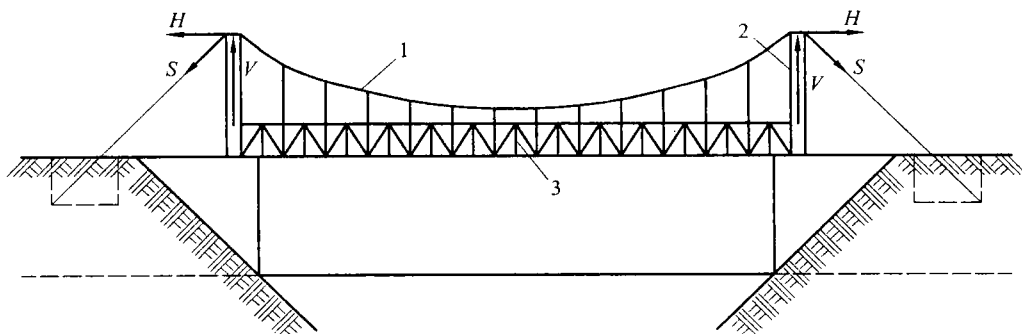


图 1.1 悬索桥

1—缆索；2—塔架；3—加劲梁

组合体系桥的桥跨结构是由几种不同静力特征的构件组成，共同受力。图 1.2 (a) 为柔性系杆刚性拱桥，图 1.2 (b) 为刚性梁柔性拱桥。斜拉桥是梁索组合体系。

(三) 按桥面所在位置分

按桥面所在位置的不同,分为:上承式桥,桥面在桥跨结构的顶部,见图 1.2 (g)和图 1.3 (a);下承式桥,桥面在桥跨下缘,见图 1.2 (e)和图 1.3 (b)、(c);中承式桥,桥面在桥跨结构的中部,见图 1.2 (f)和图 1.3 (d)。下承式桥按桥面上方有无横向联结系,又分为半穿式桥和穿式桥,见图 1.3 (b)和 (c)。

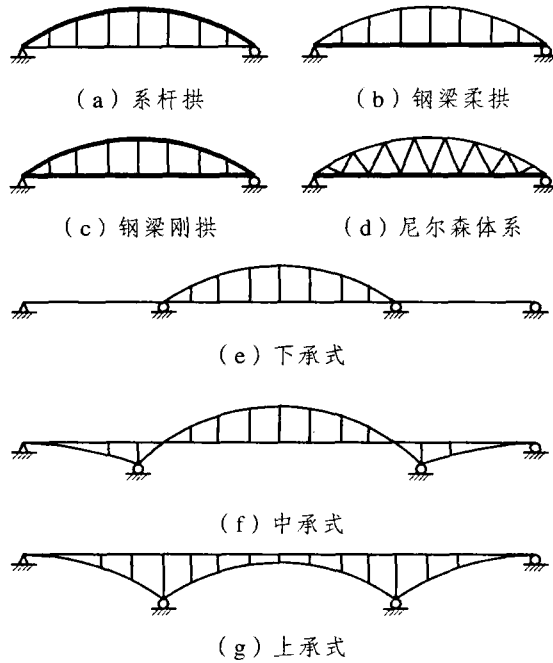


图 1.2 组合体系桥

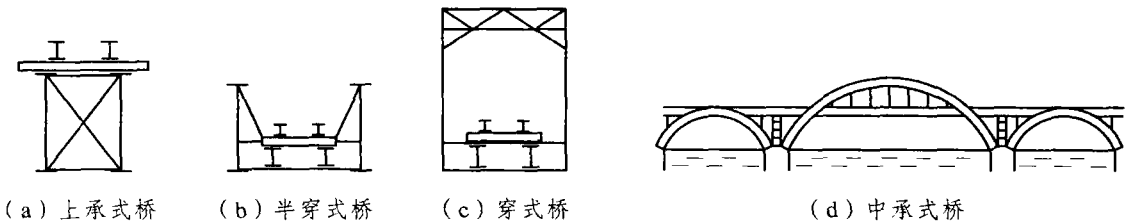


图 1.3 上承式、下承式和中承式桥梁

(四) 按桥跨所用材料分

按桥跨所用材料的不同,桥梁分为钢桥、混凝土桥(钢筋混凝土或预应力混凝土)、圬工桥、结合梁桥(钢筋混凝土板与钢梁结合)、木桥。

(五) 按跨越障碍物分

按跨越障碍物的不同,分为跨河桥、跨线桥、跨谷桥及栈桥。

桥梁分类是为了便于研究。实际上,同一座桥可能同时含有几种不同的种类,例如,跨

越大河的桥，其正桥部分可能是既有连续钢桁梁又有简支钢桁梁的跨河桥，其引桥部分可能是既有预应力混凝土梁又有普通钢筋混凝土梁的栈桥和立交桥；或同一座桥兼有上承式与下承式等。

第三节 桥梁设计的程序与一般原则

一、桥梁设计的程序

(一) 基本程序

大型桥梁的设计工作可分为前期工作和设计两个阶段：前期工作包括编制预可行性研究报告和可行性研究报告；设计阶段按“三阶段设计”进行，即初步设计、技术与施工设计（也称施工图设计），对常规桥梁，通常采取两阶段（初步设计、施工图设计）设计。各个阶段都有各自需要包含的内容和深度，以及要达到的目的和需解决的问题。各阶段设计文件完成后的上报和审批都由国家指定的主管部门（建设单位或业主）办理。批准后的文件就是各建设程序进行的依据，也是下一阶段设计文件编制的依据。

一座桥梁的建设程序包括几个阶段：审批项目建议书进行工程立项，审批可行性研究报告确定设计任务书，在初步设计基础上形成招标文件并进行工程施工设计招投标，工程施工等。

(二) 可行性研究

桥梁建设的前期工作包括预可行性研究报告与可行性研究报告。两者应包括的内容及目的基本是一致的，只是研究的深度不同。这部分工作有时也称为桥梁规划设计。预可行性研究报告是在工程可行的基础上，着重研究工程必要性和经济合理性；可行性研究报告则是在预可行性研究报告审批后，着重研究工程上和投资上的可行性。前期工作的重点在于论证建桥的必要性和可行性，并确定建桥的地点、规模、标准、投资控制等一系列宏观和重大的问题，为科学地进行项目决策提供依据，避免盲目性及其带来的不良后果。

桥梁的必要性主要论证的是是否需要建桥的问题，评估建议修建的桥梁工程在国民经济和交通工程中的作用。铁路桥梁一般不做单独的必要性研究。桥梁的可行性论证包括工程可行性和经济可行性两部分：工程可行性需要基本确定桥梁设计标准、桥位、桥式等技术问题，而经济可行性则需解决工程投资、资金筹措等问题。一座桥梁的工程可行性论证涉及的因素很多，只有通过充分的调查研究，通过全面的权衡分析，才能得出合理的设计方案和参数，提出符合实际的设计任务书。因此，在进行桥梁工程可行性论证时，需要进行相关的勘测和调查工作。

1. 桥梁标准的制订

首先，需调查研究桥上可能通行的交通种类和它们的要求（如是否有等级以外的特殊荷载，桥上是否需要铺设附属设备等），预测交通量和今后可能发生的增长率，由此确定线路等级；其次，要确定容许车速、桥梁纵坡和曲线半径等；此外，还要确定航运标准、航运水位、航运净空、船舶吨位以及要求的航道数量及位置等。

2. 桥位选择

一般而言，桥位的选择在大方向上应服从桥梁所在线路的走向，在大范围内应服从路网规划的要求；在小范围内，桥位可作适当挪动以便比较。从线路的观点来看，既要降低桥梁的建筑和养护费用，也要避免或减少因车辆绕道而增加的投资和运输费用；从桥梁的观点出发，应尽可能把桥位选择在河道顺直、河槽固定、水流平稳、河面较窄、地质良好、河床冲淤变化较小、可基本正交跨越的河段，以降低造价，保证结构的安全性和稳定性。因此，对重要的或在经济上影响较大的桥梁，其桥位选择应通过路桥综合比较后决定。

除路桥比较外，在确定桥位时，还需要对其他因素（如通航条件、地质条件、水文条件、建桥与周边环境的关系等）进行比较。一般需要提交 2~3 个桥位方案，以便进行多方面的综合比较，从中选择出合理桥位。

3. 桥式方案比较

在可行性研究报告阶段进行桥式方案比较的目的，仅在于评估方案的技术可行性，特别是基础工程的可行性，而不是为了提出某一推荐方案。为此，应该采取比较成熟的方案以提高评估的可信性。在编制桥式方案时，当根据水文、地质及航运条件，研究正桥、引桥长度及跨度，并以各种结构形式及不同材料的上部结构进行同等深度的比较，研究它们的可行性，并提供各个方案的工程量。以工程量中适当偏高、技术先进并且可行的方案作为一个桥位的桥式参选方案。

4. 调查工作

上述几项工作应在实地调查的基础上进行，它包括：

(1) 地形测量。为调查自然条件及周围环境而进行的勘测工作称为草测。一般需要根据 1/10 000 地形图，进行纸上定线，在实地桥位两岸设点，用测距仪测得跨河距离加以校正，并进行现场核查。

(2) 地质勘探。本阶段的地质工作以收集资料为主，辅以在两岸适当布置钻孔进行验证。要探明覆盖层的性质、岩面高低、岩性及构造，有无大的断层等。并从地质角度对各桥位做出初步评价。

(3) 水文资料。为确定桥梁的建筑高度、跨径、基础埋置深度等，需要调查和测量河流的水文情况，包括：设计流量，历史最高、最低水位，百年一遇洪水位，常水位情况及流速等资料。

(4) 外部条件。调查、了解其他与建桥有关的情况，包括：当地的砂、石、水、电等的供应情况，当地及附近的运输条件，施工场地的征用（是否占用农田、有无需要拆迁的建筑物等），有无文物、古迹或不能拆迁的建筑物，桥梁高度是否在机场航空净空范围以内；附近有无码头、过江电缆航运锚地等。以上均属要调查清楚的外部条件。对涉及的问题都必须妥善加以处理。

（三）初步设计

在桥梁可行性研究报告的基础上，经主管建设部门审查通过，就可确定一座桥梁工程的建设项目并进行编制设计任务书。设计任务书是初步设计的依据。在初步设计阶段，设计单位应根据设计任务书中所确定的桥位、荷载等级、各项技术要求，按照桥梁设计原则，进行桥梁的方案设计，包括拟定结构形式（桥型、体系、孔径等）及其主要构造尺寸，提出施工