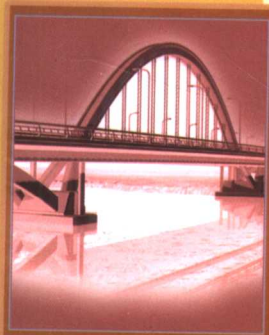


刘龄嘉 主编
陈祥宝 主审

BRIDGE ENGINEERING

桥梁工程

BRIDGE ENGINEERING



人民交通出版社

China Communications Press

BRIDGE ENGINEERING

桥梁工程

刘龄嘉 主编
陈祥宝 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书重点介绍常用的中小型桥梁的构造原理、设计计算方法和施工方法,包括梁式桥、拱桥和桥梁墩台。梁桥部分重点介绍混凝土简支梁桥,拱桥部分重点介绍圬工拱桥,并对桥梁支座作了介绍。

本书可作为土木工程应用型本科及成人教育的专业课程教材,也可供从事桥梁工程设计、施工的工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 刘龄嘉主编. —北京: 人民交通出版社,
2006.3

ISBN 7-114-05932-9

I. 桥… II. 刘… III. 桥梁工程 - 高等学校 - 教材 IV.U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 010012 号

书 名: 桥梁工程
著 作 者: 刘龄嘉
责任编辑: 毛 鹏
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) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 14
字 数: 344 千
版 次: 2006 年 2 月 第 1 版
印 次: 2006 年 2 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-114-05932-9
印 数: 0001-4000 册
定 价: 26.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

为适应于土木工程应用型本科和成人教育的实际需要,更注重应用实践教学的特点,本着理论联系实际的原则编写了《桥梁工程》教材。本教材尽量以实际工程的图片结合理论内容进行讲解,增强学生对桥梁工程的感性认识,并由此加深对桥梁工程理论的理解,尤其是对各种类型桥梁结构的构造要求、受力特点、计算方法和桥规规定等有一定的认知。学习之后,使学生能掌握常规大桥的设计与施工的基本知识,了解常用的桥梁设计规范和设计手册的使用方法。

本课程的先修课程包括“桥涵水文”、“结构力学”、“结构设计原理”及“基础工程”等,在学习中注意复习以上相关课程的知识,并应用于桥梁工程课程的学习之中。

《桥梁工程》共分为八章。第一章绪论,简述桥梁在公路交通中的重要作用及其在社会经济和文化发展中的重要地位,说明桥梁的组成、结构体系和分类,以及国内外桥梁的建设成就,使学生对桥梁工程有一个总体的概念,了解桥梁的发展建设成就。第二章桥梁设计一般原则和程序,介绍桥梁设计应遵循的基本原则,桥梁平面设计、纵断面设计和横断面设计的基本要求,并简要介绍桥梁设计与建设的程序和设计步骤,使学生对桥梁设计程序、建设过程等有一个概括的了解。第三章作用及作用效应组合,学生应掌握作用的分类及各类作用的计算方法、作用效应的组合方法。第四章桥面布置与构造,学生通过本章的学习,应掌握桥面的构造要求和设置原则。第五章梁桥,学生应掌握简支梁桥的构造要求和受力特点、设计计算方法和常用施工方法,了解其他体系梁桥的构造特点。第六章拱桥,学生应重点掌握拱桥结构特点和受力特点、拱桥的分类、中小跨径拱桥的结构设计计算方法和主要施工方法。第七章桥梁支座,学生应重点掌握公路常用的橡胶支座的构造、工作原理以及在桥梁中的应用。第八章桥梁墩台,学生应重点掌握常用桥墩、桥台的设计计算方法。

本教材是在参考文献中所列出的几套“桥梁工程”教材、公路桥涵设计手册及施工手册、现行规范等基础上编写而成的。本书由长安大学刘龄嘉(第一章~第四章、第六章~第八章),长安大学薛晓锋、刘龄嘉(第二章)共同编写完成。长安大学研究生黄江、郑斐、范骏、赵涛、王亚堃参加了本书文稿整理及部分插图的绘制。全书由长安大学刘龄嘉主编,长安大学陈祥宝教授主审。

由于我们水平有限,编写时间也较紧迫,对新规范的理解可能还不很透彻,谬误之处一定不少,敬请读者批评指正。

编 者

2005年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 桥梁的组成和分类	2
第三节 桥梁建设成就与展望	5
思考题	10
第二章 桥梁设计一般原则和程序	11
第一节 桥梁设计的基本原则	11
第二节 桥梁的平面布置和纵断面、横断面设计	12
第三节 桥梁设计与建设程序	17
第四节 桥梁设计方案的比选	18
思考题	21
第三章 作用及作用效应组合	22
第一节 作用的分类	22
第二节 作用的选定和作用效应组合	23
第三节 作用的规定与计算	26
思考题	38
第四章 桥面布置与构造	39
第一节 概述	39
第二节 桥面铺装	39
第三节 桥面防水及排水设施	40
第四节 桥梁伸缩装置与桥面连续	43
第五节 人行道、栏杆、护栏与灯柱	45
思考题	51
第五章 梁桥	52
第一节 概述	52
第二节 混凝土简支梁桥的构造特点	53
第三节 混凝土简支梁的设计与计算	63
第四节 混凝土简支梁桥的制造和架设	86
第五节 其他体系梁桥	97
思考题	100
第六章 拱桥	101
第一节 概述	101

第二节	拱桥的受力特点	102
第三节	拱桥的结构体系和分类	103
第四节	拱桥的构造	107
第五节	拱桥的设计	128
第六节	拱桥的计算	141
第七节	拱桥的施工	160
思考题		167
第七章	桥梁支座	168
第一节	概述	168
第二节	桥梁支座的设置原则	169
第三节	桥梁支座的类型和构造	171
第四节	桥梁支座的设计与计算	174
思考题		179
第八章	桥梁墩台	180
第一节	概述	180
第二节	桥墩的类型与构造	180
第三节	桥台的类型与构造	189
第四节	桥梁墩台的设计与计算	194
思考题		209
参考文献		210

第一章 绪 论

【本章提要】 本章简述桥梁在公路交通中的重要作用及其在社会经济和文化发展中的重要地位,说明桥梁的组成、结构体系和分类,以及国内外桥梁的建设成就。

第一节 概 述

桥梁是供铁路、道路、渠道、管线、行人等跨越河流、山谷、海湾、其他线路或障碍时的架空建筑物。

桥梁是一种永久性的公共建筑物,具有广泛的社会性。因此,从一座桥上不仅可看出当时当地社会的发展状况和工艺技术水平的高低,而且更可折射出一个国家和地区政治、经济、科学、技术、文化等各方面的情况。中国古代木桥、石桥和铁索桥都长时间保持世界领先水平,在桥梁发展史上曾占据重要地位,为世人所公认。18 世纪的英国工业革命造就了近代科学技术,也使欧美各国率先进入现代桥梁工业新时代。不幸的是,旧中国的桥梁,包括黄河上的津浦铁路济南铁路桥、京汉铁路郑州铁路桥和兰州市黄河桥,以及上海、天津、广州等大城市中的一些桥梁无一不是由洋商承建的。当时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。新中国诞生后,于 1957 年建成武汉长江大桥,使长江天堑变通途,为中国现代桥梁工程技术和第二座长江大桥——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。双曲拱桥于 20 世纪 60 年代诞生于江南水乡无锡县,其施工方法为化整为零,预制拱肋和拱波,再组合拼装起来与现浇混凝土拱背层形成拱圈,使桥梁结构比较轻盈,适宜于软土地基上采用,是农村小跨径轻载桥梁的合理桥型,为农村地方交通事业的发展作出了重要贡献。20 世纪 70 年代同济大学创造了桁架拱桥的新桥型,交通部科学研究院亦创建了刚架拱的新桥型,在中、小跨径桥梁中得到广泛应用,这都为中国公路桥梁建设事业作出了贡献。20 世纪 80 年代中国桥梁技术开始崛起,建成了多座斜拉桥、预应力混凝土连续刚构桥、钢管混凝土拱以及无风撑的下承式系杆拱桥,整个 80 年代,中国的桥梁技术在梁桥、拱桥和斜拉桥等全方位上都取得了突飞猛进的发展。其中广州洛溪桥和上海南浦大桥占据着特别重要的地位,起着示范的作用,为 90 年代更加辉煌的成就奠定了精神和物质基础。20 世纪 90 年代是中国向世界先进水平攀登的新时期,在 80 年代建桥的示范带头作用下以及国家对交通建设的大规模投入的背景下,中国的桥梁建设出现了遍地开花的繁荣景象。90 年代全国建造了许多大跨度斜拉桥,著名的有:铜陵长江大桥($L=436\text{m}$, 1995)、武汉长江公路桥($L=400\text{m}$, 1995)、重庆长江二桥($L=444\text{m}$, 1995)以及上海徐浦大桥($L=590\text{m}$, 1996)等。此外,广东虎门大桥辅航道桥($L=270\text{m}$, 1997)建成时创造了连续刚构桥的跨度记录。中国虽然还是一个发展中国家,但在 20 世纪最后 20 年中所取得的成就的鼓舞下,也开始构想 21 世纪更大规模的发展。让中国的桥梁成为世界桥梁史上的里程碑,使中国成为世界桥梁强国中的一员,重现中国古代桥梁的辉煌,是每一位建桥人的理想和为之奋斗的目标。

第二节 桥梁的组成和分类

一、桥梁的基本组成部分

桥梁是由上部结构(包括桥跨结构、桥面构造)、下部结构(包括桥墩、桥台、基础)、支座、防护设备及调节河流构筑物等组成。梁桥的基本组成见图 1-1,拱桥的基本组成见图 1-2。

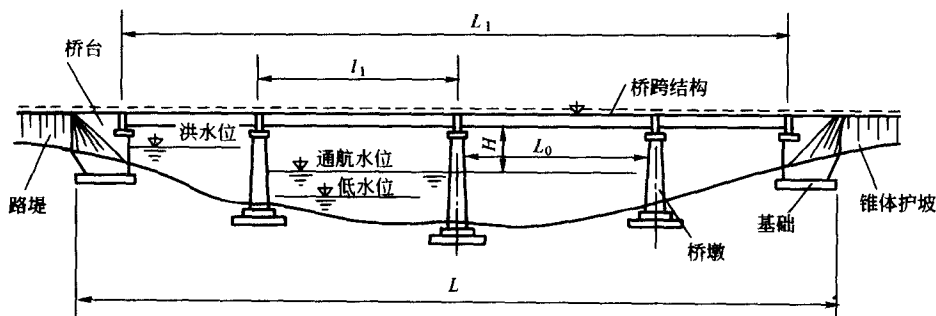


图 1-1 梁桥的基本组成

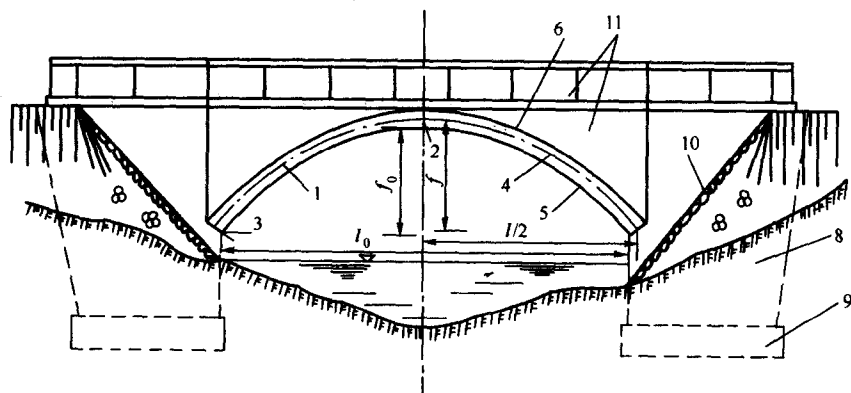


图 1-2 拱桥的基本组成

1-主拱圈;2-拱顶;3-拱脚;4-拱轴线;5-拱腹;6-拱背;7-起拱线;8-桥台;9-桥台基础;10-锥坡;11-拱上建筑
 l_0 ——净跨径; l ——计算跨径; f_0 ——净矢高; f ——计算矢高; f/l ——矢跨比

桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构。

桥面构造是指公路桥的桥面铺装、伸缩缝、人行道、栏杆、安全带、路缘石、防排水设施及照明系统等。

桥墩是多孔桥梁中,处于相邻桥孔之间支承上部结构并将荷载传递到地基上的构造物。

桥台是在岸边或桥孔尽端与路堤连接处、支承桥梁上部结构并将荷载传于地基上的构筑物。它一般具有支承和挡土的功能,使桥梁和路堤连接平顺,行车平稳。

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。它是确保桥梁能安全使用的关键。由于基础深埋于土层中,且大部分需在水下施工,所以也是桥梁建筑中比较困难的一个部分。

支座是设置在桥梁上、下部结构之间的传力和连接装置。它不仅把上部结构的各种荷载传递到墩台上,并且要保证桥跨结构能产生一定的变位,使桥梁的实际受力情况符合结构计算

图式。

锥体护坡是设置在桥台两侧(形似锥形)保护桥两端路堤土边坡稳定、防止冲刷的构造物。在路堤与桥台衔接处,当桥台布置不能完全挡土或采用埋置式、桩式、柱式桥台时采用。

桥梁工程常用名词和术语:

主桥:对于规模较大的桥梁,通常把跨越主要障碍物(如大江、大河)的桥跨称为主桥。由于通航等原因,主桥常需有一定的高度与跨径,一般采用跨越能力较大的结构体系,是整个桥梁工程的重点。

引桥:将主桥与路堤以合理的坡度连接起来的这一部分桥梁称作引桥。

标准跨径:对于梁式桥和板式桥是指相邻两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘线之间桥中心线长度;对于拱桥和涵洞为净跨径。

计算跨径:对于有支座的桥梁,为桥跨结构的相邻两支座中心之间的距离;无支座的桥梁,为支承中心之间的距离;拱桥为拱轴线两端点之间的距离。

净跨径:设计洪水位线或通航水位线上相邻两桥墩(或桥台)间的水平距离。拱桥为起拱线处的水平距离。

总跨径:多孔桥梁中各孔净跨径的总和。

桥梁全长:有桥台的桥梁为两岸桥台侧墙或八字墙尾端间的距离;无桥台的桥梁为桥面系行车道长度。

桥梁总长:两桥台台背前缘之间的距离。

桥梁高度:桥面至低水位(有水河流)之间的距离;或桥面至桥下线路路面(跨线桥)之间的距离;或桥面至桥下沟底(旱桥)之间的距离。

桥梁建筑高度:桥面至桥梁结构最下缘之间的竖向距离。

桥下净空高度:为保证水流、船只、流筏、流木、其他水上漂流物、泥石流、车辆、行人等安全通过所保持的桥下最小空间。

桥面净空高度:又称桥面建筑限界,是指为保证列车、车辆、行人等安全通行,在桥面一定高度和宽度范围内不容许有任何建筑物或障碍物的空间限界。

设计水位:是指相应于设计洪水频率的洪峰流量水位;高水位是指洪峰季节河流中的最高水位;低水位是指枯水季节河流中的最低水位。

二、桥梁的主要类型

1. 按基本结构体系分类

按桥梁的基本结构体系划分,有梁式桥、拱式桥和索桥等,见图 1-3 ~ 图 1-6。

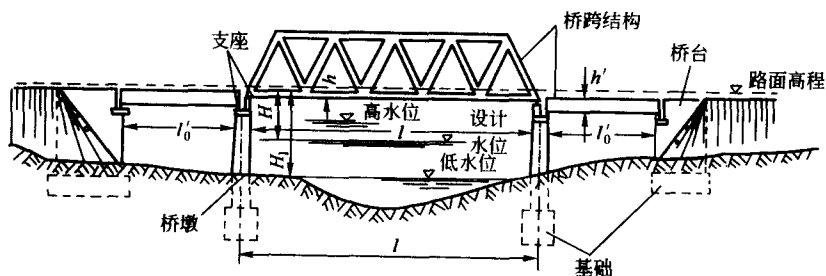


图 1-3 梁式桥概貌

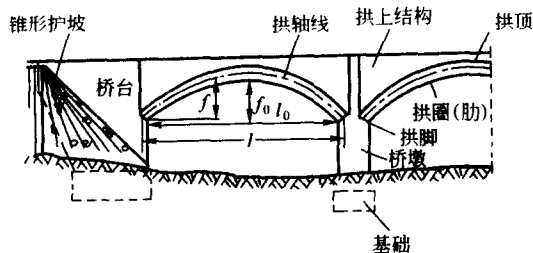


图 1-4 拱桥概貌

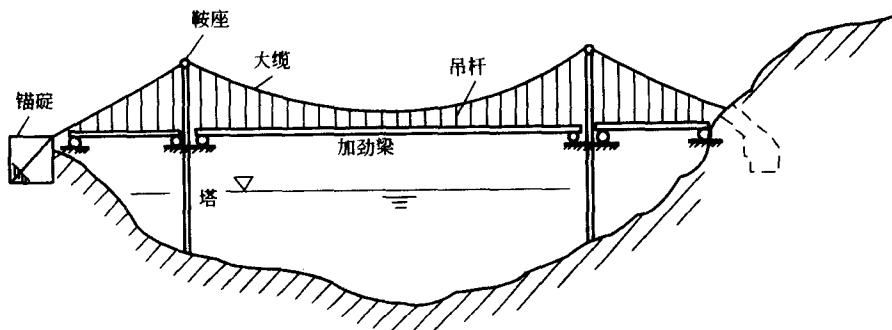


图 1-5 悬索桥示意图

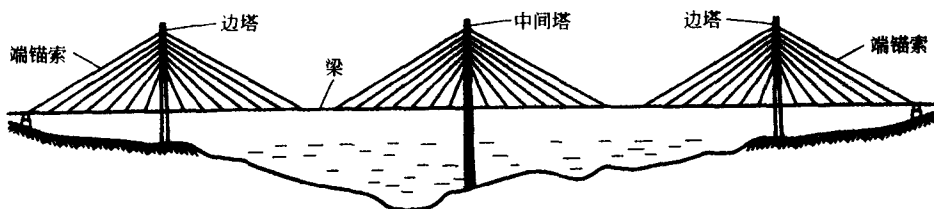


图 1-6 斜拉桥示意图

2. 按工程规模分类

桥梁总长和单孔跨径都是桥梁建设规模的标志,我国《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)规定了公路桥涵的分类标准,见表 1-1。

桥 梁 涵 洞 分 类

表 1-1

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

注:涵洞是指横穿并埋设在路堤中供排泄洪水、灌溉或作为通道的小型构筑物。

3. 按主体结构用材分类

按桥梁主体结构用材分类,有钢桥、混凝土桥、钢及混凝土组合梁桥、石桥、木桥等。混凝

土桥又分为钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、部分预应力混凝土桥等。工程上常把混凝土桥和砖石桥统称为圬工桥。

4. 按用途分类

按桥梁用途划分,有铁路桥、公路桥、城市道路桥、公铁两用桥、人行桥、输水桥、农用桥等。

5. 按平面布置分类

桥梁按平面布置分类,有直桥(正桥)、斜桥、弯桥(曲线梁桥)、坡桥和匝道桥等。

此外,还有其他很多分类方式,如:按行车道设在桥跨结构的上、中、下部分为上承式桥、中承式桥、下承式桥;按梁的截面形式分为T梁桥、箱梁桥等;按跨越对象分为跨河桥、跨谷桥、跨线桥、旱桥等。

第三节 桥梁建设成就与展望

一、桥梁的形成与发展

桥是一种跨越工程,遇到自然的障碍,譬如河流、峡谷,得想办法越过它。水浅了,抛一行石头,踏步而过,称为杠(gong);架一根木梁,那就叫做杠(gang);并列几根木料架空而过,则称为梁;不但梁上要过人、马、车、轿,还可以在梁上造个凉亭,人可停下来休息,观赏风景和过往船只,那就叫做桥。

桥梁可分为四大类型,即梁桥、拱桥、索桥(或称吊桥)和浮桥。直到今天,桥梁仍脱离不了这四大类型或其组合,只不过是内容更丰富,形式更多样,材料更坚固,技术更进步而已。在地心引力作用下,物体基本受到拉力、压力和弯曲三种静力作用。索桥受拉,拱桥受压,梁桥受弯曲,现代桥梁往往是几种形式的组合,受力系统更为复杂。

桥梁是道路的重要组成部分。桥梁的发展与运输业的发展密不可分,每当运输工具发生重大变化,就对桥梁在承载能力、结构布局和跨越能力等方面提出新的要求,于是也就推动了桥梁工程技术的发展。另一方面,整个社会的进步、结构力学和计算力学的发展乃至近年来电子技术的发展都有力地促进了建桥技术水平的不断发展与提高,使之更好地适应交通运输的发展要求。

随着经济的发展、文化交流的加深、科学技术的进步,人类的建桥水平也在不断提高,桥梁的跨越能力越来越大,桥梁的结构形式更加丰富多彩,人们开始更加注重桥梁的功能和美观,使桥梁既满足越来越高的交通需求,又成为点缀、美化桥址区域的人文景观。

二、人类造桥的成就

在19世纪20年代铁路出现以前,人们用来建桥的主要材料是木材和石料,后来也偶尔使用铸铁和锻钢。

木桥,早在公元前2000多年前,巴比伦曾在幼发拉底河上建石墩木梁桥,是一座军事用桥,为了防止敌人偷袭,可随时拆除。公元前55年,在罗马,G.J.恺撒因行军的需要,在莱茵河上修建了一座长达300多米的木排架桥。到了中世纪,则时兴在木桥上造屋,屋内有画,加之造型各异,因此具有一定的艺术价值。1815年美国在宾夕法尼亚州建造了麦考尔渡口桥,它是一座跨径达110m的木桥,这在当时是空前绝后的记录。

中国有世界上独有的木拱桥——又称虹桥、飞桥、贯木桥。其中最新颖别致、且在世界上

绝无仅有的要数宋朝首都汴京(今河南开封)的虹桥。桥见于宋代名画家张择端所绘的清明上河图,图上画的桥,经考证实有其事。虹桥的结构是用“大木相贯”(穿插)而成——称为“贯木拱”,一片为三根(两竖一横),第二片错转一个角度插在第一片横木上,以此类推形成拱型,端头用两根短木连接拱脚与横木,横木起分配拱架内力的作用。这种杆件系统的木拱,世界上唯独中国有,并且成为系统。北宋败亡,朝廷搬到南方,北宋这些木拱都毁坏不见。由唐寰澄提议、美国出资,1999年在上海市青浦区金泽镇建成了一座完全忠实于北宋《清明上河图》上虹桥式样的木拱桥。因为在世界上“唯我独有”,所以能引起诸多外国人的重视,美国已投资拍成科教电影,向全世界进行介绍。

石桥,在秦汉以前,我国就有以石建桥的记载,到隋唐以后用石材建造的梁桥、板梁桥和各种各样的石拱桥缤纷纷呈,成为桥梁的主体。我国在这一时期所取得的许多成就都为世界各国所称道,大体代表了这一时期的世界水平。如世界著名的赵州桥(图1-7),位于河北省赵县以南,建成于隋大业元年(公元594~605年),比欧洲早创建1200年。其净跨37.02m,宽9.6m,拱矢高7.23m,矢跨比1/5.2。在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,既减轻了拱的自重,节省材料,又利于排洪,增加美观。赵州桥的缺点是它的拱圈是并列砌筑的,因此其西面的外侧圈和东面外侧圈的一部分在明末清初倒入洹河,连隋代的栏板一起埋在河底。该桥无论是它的结构设计(轻巧、合理)、使用功能,还是它的雕刻艺术都堪称经典。所以它不但是中国自己的重点文物保护单位,同时是世界公认的“国际历史土木工程里程碑”。

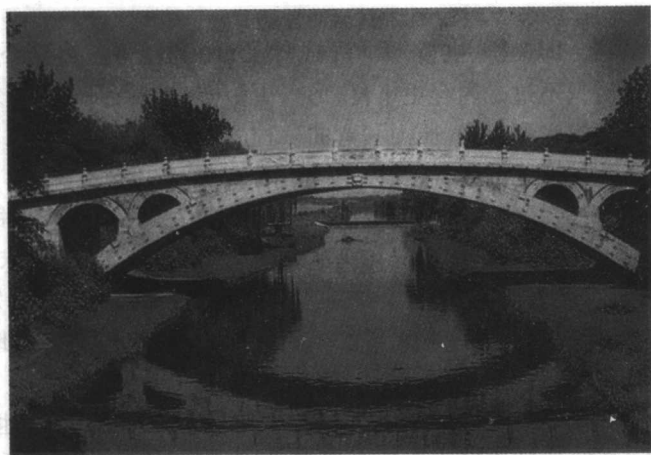


图1-7 赵州桥

在18世纪,欧洲石拱桥达到最高水平。这个时期的桥梁专家当以法国的J. R. 佩罗内为代表,他是巴黎路桥学校创办时(1747年)的校长和老师。他的代表作是跨越瓦兹河的圣马克桑斯桥,共3孔,跨径均为21.8m,矢高1.98m,桥墩各有两对石柱构成,该桥已于1870年毁于战火。

铸铁拱桥,当冶炼业使用焦炭而能生产大型铸件时,英国人于1779年在科尔布鲁克代尔首次建成一座主跨30.5m的铸铁肋拱桥。该桥使用了170年后退役,现已作为文物保存。

索桥,在我国西南和华北地区索桥相当普遍,较为世人瞩目的是四川灌县的安澜桥,该桥建在战国秦李冰父子所创建的伟大水利工程都江堰口,横跨岷江内外二江上,桥长340m,分为8孔,最大跨径61m,是一座有中墩的连续吊桥,竹索现已换成钢丝绳。英国人在1820~1826年在梅奈海峡建造的跨径达177m的锻铁链杆柔式悬索桥,使用百年后才将链杆换成低合金钢链杆。

19 世纪 20 年代至 19 世纪末,随着蒸气机车的出现和发展,列车荷载大,动力效应明显,给桥梁建造提出了更新、更高的要求。虽然法国学者 H. 纳维于 1842 年已提出弹性梁理论,但还没有被工程界所广泛采用,故新的设计构思主要靠试验验证。到 19 世纪 50 年代,静定桁架梁的内力分析方法逐步被工程界所掌握。为了适应铁路荷载的需要,在桥梁用材方面,先是用锻铁,继而用钢材替代以前的木料和石料;就桥式而言,桁架桥、钢板梁桥开始被广泛应用。这一时期的另一个重要进步是对桥梁基础的改进和提高。1845 年,英国 J. 内史密斯发明的蒸气打桩机,1851 年英国在罗彻斯特一座桥的施工中使用气压沉箱基础,下沉深度达 18.5m,从此结束了深水江河不能修桥的历史。

20 世纪初结构力学分析方法被广泛用于桥梁结构的设计计算,结束了桥梁设计主要靠经验和试验的历史,使建造长跨桥梁有了可靠的科学依据,加之钢产量的增加和钢材品质的提高,在这一时期许多长跨钢桥应运而生。1916 年美国建造了主跨 298m 的岳门桥,跨径为 305m;1932 年建成的澳大利亚悉尼港桥(图 1-8)是一跨径为 503m 的钢桁架拱桥。



图 1-8 澳大利亚悉尼港桥

1931 年,美国在纽约建造的跨径为 1067m 的乔治·华盛顿悬索桥(图 1-9)使桥梁跨越能力首次超过 1000m。此后,桥梁跨径纪录就不断被悬索桥刷新:1937 年建成的旧金山金门大桥(图 1-10)跨径是 1280.2m;1964 年跨径为 1298m 的纽约韦拉扎诺悬索桥(图 1-11)建成;1981 年英国建成的亨伯桥跨径为 1410m;1998 年建成大贝耳特桥,日本建成明石海峡桥(图 1-12),跨径分别是 1624m 和 1991m。从 1931 年至今跨径超过 1000m 的桥梁已逾 20 座,它们都是悬索桥。

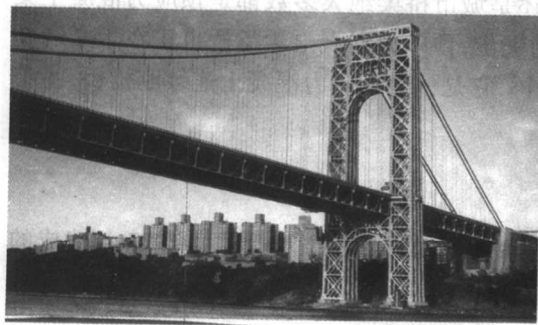


图 1-9 美国纽约乔治·华盛顿悬索桥

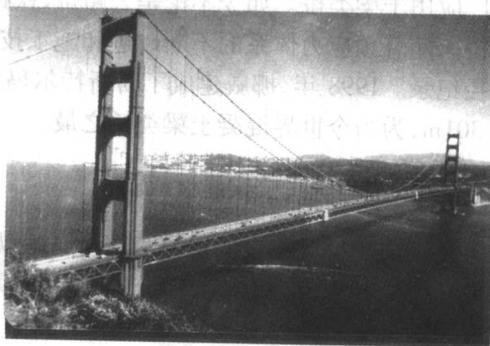


图 1-10 美国旧金山金门大桥

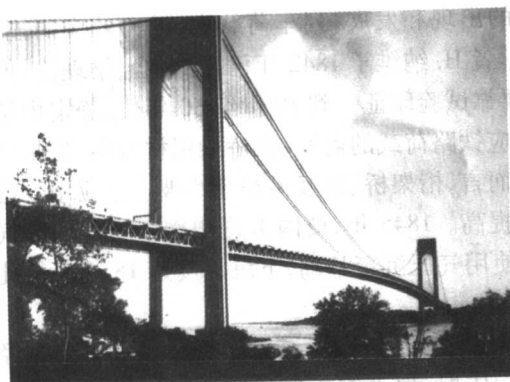


图 1-11 美国纽约韦拉扎诺悬索桥



图 1-12 日本明石海峡桥

1955 年,在瑞典修建了世界第一座斜拉桥,主跨 183m。由于斜拉索对梁的帮助,它比普通梁桥跨越能力大得多,发展十分迅速。1995 年,法国的诺曼底桥(图 1-13)建成,其斜拉桥的主跨达 856m;1999 年在日本建成的多多罗斜拉桥(图 1-14),主跨 890m,这是迄今为止世界上跨径最大的斜拉桥。



图 1-13 法国诺曼底桥

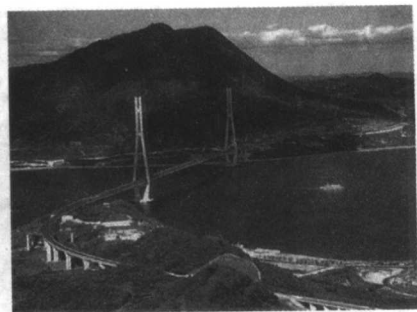


图 1-14 日本多多罗桥

近百年以来,钢筋混凝土逐渐受到桥梁界的重视,被用于修建拱桥和梁桥。钢筋混凝土主要用于中、小跨径桥梁,最大跨径曾达 78m。钢筋混凝土拱桥不仅大量用于中、小跨径,而且大跨径钢筋混凝土拱桥的纪录不断被刷新,1943 年建成的瑞典桑得桥的跨径达 264m。

预应力混凝土梁早在 20 世纪 30 年代就被用于建桥。在法国 E·弗纳西奈对预应力混凝土性能和张拉、锚固工艺深入研究的基础上,预应力混凝土简支梁、连续梁、连续刚架等被迅速推广应用于梁类桥。如今不论是公路桥、铁路桥还是城市桥梁绝大多数都是预应力混凝土梁类桥。随着预应力体系的不断改进和施工技术的进步,预应力混凝土梁类桥也正在不断刷新跨径纪录。1998 年,挪威建成了新斯特尔玛公路桥,它是一座预应力混凝土连续刚构桥,主跨达 301m,为当今世界混凝土梁类桥之最。

三、我国的现代桥梁建设成就

我国现代桥梁建设的奠基工作当属茅以升先生和他的同事在国难深重的 1937 年建成的钱塘江桥。其主桥为 $16 \times 65.8\text{m}$ 简支钢桁梁。为双层桥,上层为公路,下层为单线铁路。施工仅用两年半时间。

20 世纪 50 年代~70 年代,我国相继建成武汉(图 1-15)、南京(图 1-16)、枝城长江大桥,均为公路铁路两用桥。进入 80 年代以后,随着改革开放的不断深入,经济持续增长,交通基础

设施建设规模越来越大,桥梁建设突飞猛进,取得了举世瞩目的成就。特别是近 10 多年来,在长江上修建的桥梁就有 40 多座,正在建设的有 10 多座,有时候一年就有几座长江大桥同时竣工;珠江三角洲水网密集,过去大部分公路都是用轮渡连通,运输速度十分缓慢,而现在这一区域大的河道上都以一座座气势恢弘、形态各异的桥梁取代了轮渡;上海南浦、杨浦、徐浦、卢浦等跨黄浦江的大桥(图 1-17 ~ 图 1-20)在不到 10 年时间相继建成,使浦东建设开发如虎添翼,对带动整个长江流域的经济发展起到了不可忽视的巨大作用。我国近 10 多年来的建桥规模和速度不仅在我国建桥史上是空前的,在世界各国也是绝无仅有的。这 10 多年来,我国不仅建桥数量多,跨大江大河和海湾的大型桥梁多,在建桥技术上也取得了堪称辉煌的成就,我国已处于世界建桥先进国家的行列。



图 1-15 武汉长江大桥

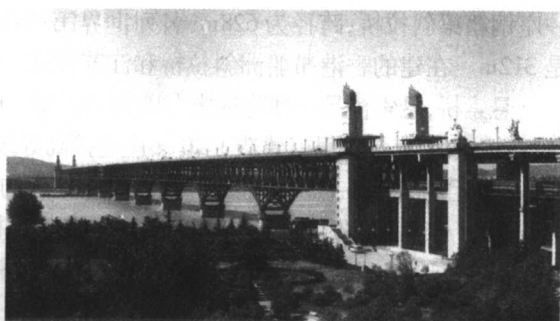


图 1-16 南京长江大桥

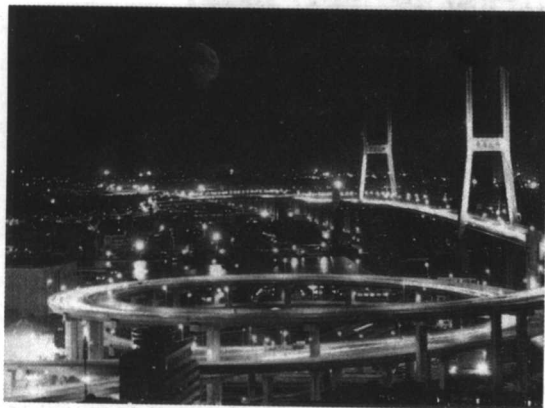


图 1-17 南浦大桥

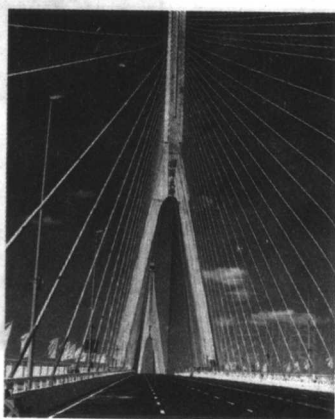


图 1-18 杨浦大桥



图 1-19 徐浦大桥

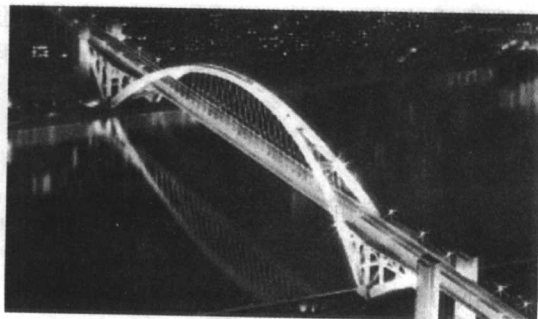


图 1-20 卢浦大桥

混凝土梁类桥,我国公路连续梁桥的跨径已达 165m(南京长江二桥北汊桥),虎门珠江大桥辅航道桥是跨径为 270m 的连续刚构桥,建成时为全世界同类桥梁跨径最大者。

拱桥,我国拱桥建设所取得的成就更是异彩纷呈。混凝土拱桥用转体法施工者,跨径达到 200m,其施工设备十分轻便;用小型起吊设备建造的桁架拱,跨径达 330m;钢管混凝土拱的跨径达 360m。万州横跨长江的劲性骨架拱跨径为 420m,2004 年建成的重庆巫山长江大桥跨径达 460m,为当今世界之最;2002 年建成的上海卢浦钢箱拱桥跨径达 550m,为世界第一;1999 年建成的山西丹河大桥,为传统的石砌拱桥,以 146m 的跨径刷新了同类桥的世界纪录。

斜拉桥,斜拉桥是一种跨越能力大的桥型,其跨径在 300~700m 左右。我国已是世界上斜拉桥最多的国家,跨径在 400m 以上的斜拉桥已有 20 多座。2000 年建成的南京长江二桥南汊桥是一座钢箱梁斜拉桥,跨径为 628m,名列世界第三;同年在芜湖建成的公铁两用重载斜拉桥,跨径是 312m。在建的香港昂船洲斜拉桥和江苏苏通(苏州—南通)斜拉桥,跨径均超过 1000m。

悬索桥,悬索桥是一种跨越能力最大的桥型。1990 年以前我国还没有一座现代化悬索桥。可是,在短短的 10 多年里就建造了 20 多座连接高等级公路的现代悬索桥,其中跨径在 450m 以上的就有 12 座,且桥宽多在 30~40m 之间。1999 年建成的江阴长江大桥(图 1-21)跨径达 1385m,名列世界第四;2004 年 5 月建成的润扬(镇江—扬州)长江大桥跨径为 1490m,位居世界第三。

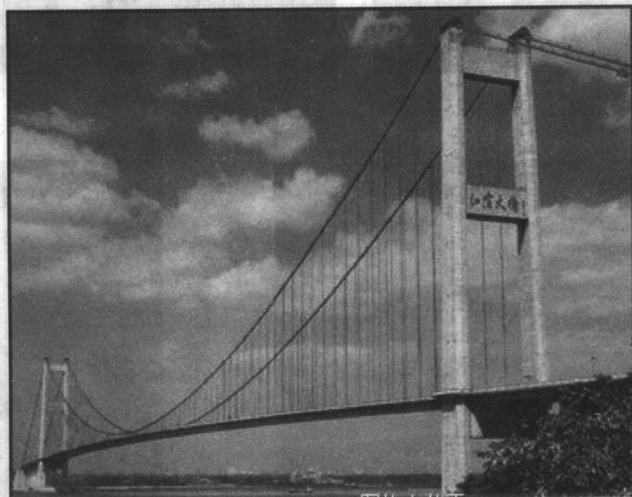


图 1-21 江阴长江大桥

如今我国的建桥技术已赶上世界先进水平。但是,从总体上讲,我国现代桥梁的建桥技术还有待提高。我国幅员辽阔,人口众多,虽然改革开放以来交通基础设施建设取得了前所未有的巨大成就,但是和发达国家相比,不管是人均还是国土平均交通里程仍处于很低水平,还有很多道路和桥梁等待着将来的建设者发挥其聪明才智。

◇ 思考题 ◇

1. 桥梁与涵洞的区别?
2. 桥梁包括那些组成部分?
3. 试简述桥梁的分类?
4. 解释桥梁工程常用名词和术语。

第二章 桥梁设计一般原则和程序

【本章提要】 本章介绍桥梁设计应遵循的基本原则,桥梁平面设计、纵断面设计和横断面设计的基本要求,并简要介绍桥梁设计与建设的程序和设计步骤。

第一节 桥梁设计的基本原则

桥梁是铁路、公路或城市道路的重要组成部分,特别是大、中桥梁的建设对当地政治、经济、国防等都具有重要意义。因此,公路桥梁应根据所在公路的作用、性质和将来发展的需要,除应符合技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理的要求外,还应按照美观和有利环保的原则进行设计,并考虑因地制宜、就地取材、便于施工和养护等因素。

一、安全可靠

- (1)所设计的桥梁结构在强度、稳定和耐久性方面应有足够的安全储备。
- (2)防撞栏杆应具有足够的高度和强度,人与车流之间应设防护栏,防止车辆撞入人行道或撞坏栏杆而落到桥下。
- (3)对于交通繁忙的桥梁,应设计好照明设施,并有明确的交通标志,两端引桥坡度不宜太陡,以避免发生车辆碰撞等引起的车祸。
- (4)对于河床易变迁的河道,应设计好导流设施,防止桥梁基础底部被过度冲刷;对于通行大吨位船舶的河道,除按规定加大桥孔跨径外,必要时设置防撞构筑物等。
- (5)对修建在地震区的桥梁,应按抗震要求采取防震措施;对于大跨柔性桥梁,尚应考虑风振效应。

二、适用耐久

- (1)桥面宽度能满足当前以及今后规划年限内的交通流量(包括行人通道)。
- (2)桥梁结构在通过设计荷载时不出现过大的变形和过宽的裂缝。
- (3)桥跨结构的下方要有利于泄洪、通航(跨河桥)或车辆和行人的通行(立交桥)。
- (4)桥梁的两端要便于车辆的进入和疏散,而不致产生交通堵塞现象等。
- (5)考虑综合利用,方便各种管线(水、电气、通信等)的搭载。

三、经济合理

- (1)桥梁设计应遵循因地制宜,就地取材和方便施工的原则。
- (2)经济的桥型应该是造价和养护费用综合最省的桥型。设计中应充分考虑维修的方便和维修费用少,维修时尽可能不中断交通,或使中断交通的时间最短。
- (3)所选择的桥位应是地质、水文条件好,并使桥梁长度较短。