



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

桥梁工程 (上册)

夏 禾 主 编

季文玉 韩 冰 张 楠 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

桥梁工程 (上册)

QIAOLIANG GONGCHENG

夏 禾 主 编

季文玉 韩 冰 张 楠 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是北京高等教育精品教材,从“宽口径”土木工程专业要求出发,综合考虑铁路、公路及城市桥梁的特点编写而成。

全书分为上、下两册,上册适用于土木工程专业本科生学习,通过学习使学生能基本掌握城市、公路及铁路常用中、小跨径桥梁设计和施工的基本知识;下册适用于土木工程专业选修桥梁课群组的本科生使用。各章内容相对独立,可根据需要选学,通过学习使学生能掌握较复杂的大、中型桥梁设计与施工的基本知识,以及桥梁振动、抗震与抗风、桥梁检定与评估等方面的初步知识。

本书为上册,分为 10 章,内容包括:绪论、桥梁的规划与设计、桥梁设计作用(荷载)、桥面构造、混凝土简支梁桥、钢梁桥、桥梁支座、梁桥墩台、桥涵水文和桥渡设计、涵洞等。

本书可作为高等院校土木工程专业及相关专业教材,也可供从事桥梁工程研究、设计和施工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程:上册 / 夏禾主编. —北京:高等教育出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 030886 - 0

I. ①桥… II. ①夏… III. ①桥梁工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 232831 号

策划编辑	赵湘慧	责任编辑	赵湘慧	封面设计	王 晔
责任绘图	于 博	版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲
责任印制	毛斯璐				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 国防工业出版社印刷厂

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 26
字 数 630 000

版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30886 - 00

前 言

20 世纪 80 年代以来,随着我国铁路、公路、城市轨道和道路等交通基础设施的持续发展,桥梁建设的规模、速度和技术创新都进入了一个飞速发展的黄金时期,建成了一大批结构新颖、技术先进、设计和施工难度大、具有高科技含量的现代化桥梁,取得了令国人自豪、世界瞩目的成就。近年来,我国相继建成了重庆朝天门大桥,主跨 552 m,为世界第一拱桥;苏通长江大桥,主跨 1 088 m,为世界第一斜拉桥;西堠门大桥,主跨 1 650 m,为世界第二悬索桥。京沪高速铁路南京大胜关公铁两用长江大桥,具有 6 线铁路,其规模和跨度都达到了世界铁路拱桥之最。目前,我国在桥梁跨度方面已经占据了混凝土梁(刚构)桥、拱桥、斜拉桥三种桥式的世界纪录。在世界十大跨径拱桥中我国占 6 座,十大跨径斜拉桥中我国占 8 座,十大跨径悬索桥中我国占 5 座。我国桥梁建设正在从桥梁大国向桥梁强国迈进,桥梁工程从理论到实践都发生了质的飞跃,这对桥梁工程的创新与发展提出了更高的要求,对“桥梁工程”课程教学也提出了新的挑战和需求。

北京交通大学是新中国成立后较早建立土建类本科专业的高等学校,桥梁工程是我校土木工程专业特色方向之一,已有近 60 年的历史,在教学和科学研究方面具有传统的优势。我校桥梁与隧道工程学科 1986 年被评为铁道部重点学科,2007 年被评为国家重点学科;土木工程专业 1999 年通过住房和城乡建设部专业评估,2004 年和 2009 年通过复评,2008 年被评为北京市和国家级特色专业建设点;“桥梁工程”课程于 2006 年被评为北京市精品课程,2009 年被评为国家精品课程;《桥梁工程》教材 2009 年被评为北京高等教育精品教材建设项目。

根据全国高等学校土木工程专业指导委员会制订的培养方案,“桥梁工程”是土木工程专业的一门专业主干课程。本教材是从“宽口径”土木工程专业的要求出发,综合考虑铁路、公路及城市桥梁的特点,结合现行规范编写而成。全书分为上、下两册:

上册适用于土木工程专业本科生学习,按 48 学时左右安排。共分 10 章:第 1 章国内外桥梁建设的历史和现状,桥梁的组成、类型和基本结构体系;第 2 章桥梁的规划与设计;第 3 章桥梁设计作用(荷载);第 4 章桥面构造;第 5~8 章混凝土简支梁桥、钢梁桥、桥梁支座、梁桥墩台及基础的构造、设计及计算方法;第 9 章桥涵水文和桥渡设计;第 10 章涵洞。通过学习使学生能基本掌握铁路、公路及城市常用中、小跨径桥梁设计和施工的基本知识。

下册适用于土木工程专业选修桥梁课群组的本科生使用,各章内容相对独立,可根据需要灵活选学,用 32~64 学时讲授。共分 10 章:第 10~17 章预应力混凝土连续梁(刚构)桥、拱桥、组合梁桥、悬索桥、斜拉桥等大跨径桥梁及城市桥梁、高速铁路桥梁的结构构造特点、设计的基本内容、计算分析方法及施工特点;第 18~20 章桥梁振动、桥梁抗震与抗风及桥梁检定与评估的基本内容。通过学习使学生能掌握较复杂的大、中型桥梁设计与施工的基本知识,并了解各种桥梁设计规范的区别和联系,以及桥梁振动、抗震与抗风等方面的初步知识。

本书由北京交通大学夏禾担任主编,季文玉、韩冰、张楠担任副主编,负责确定各章节内容、制订编写大纲及全书的统稿工作。上册由夏禾(第 1 章),季文玉(第 3、8、10 章),闫志刚(第 4

章),杨丽辉(第5章),高日(第6章),韩冰、赵冠远(第7章),齐梅兰(第9章),北方工业大学韩艳(第2章)共同编写。下册由雷俊卿(第11、14、15章),韩冰(第12章),刘保东(第13章),朱尔玉、杜进生(第16章),张楠(第17章),郭薇薇(第18章),刘保东、郭薇薇、赵冠远(第19章),战家旺(第20章)共同编写。

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年10月

目 录

第 1 章 绪论	1	6.3 钢板梁桥联结系设计	239
1.1 桥梁建设的历史和现状	1	6.4 钢桁梁桥设计	244
1.2 桥梁的组成	30	思考题	259
1.3 桥梁的类型	32	第 7 章 桥梁支座	260
思考题	41	7.1 概述	260
第 2 章 桥梁的规划与设计	42	7.2 桥梁支座的类型和构造	261
2.1 桥梁总体规划原则	42	7.3 桥梁支座的设计和计算	275
2.2 桥梁设计程序	45	7.4 减隔震支座	287
2.3 桥梁规划设计	47	思考题	291
2.4 桥梁设计的方案比选	63	第 8 章 梁桥墩台	292
思考题	66	8.1 概述	292
第 3 章 桥梁设计作用(荷载)	67	8.2 梁桥桥墩的类型与构造	293
3.1 概述	67	8.3 梁桥桥墩的尺寸拟定	307
3.2 铁路作用(荷载)	67	8.4 梁桥桥墩设计计算	312
3.3 公路作用(荷载)	86	8.5 梁桥桥台的类型与构造	327
3.4 城市桥梁作用(荷载)	111	8.6 梁桥桥台的尺寸拟定	335
思考题	116	8.7 梁桥桥台设计计算	339
第 4 章 桥面构造	117	思考题	347
4.1 铁路桥梁桥面构造及附属装置	117	第 9 章 桥涵水文和桥渡设计	348
4.2 公路桥梁桥面构造及附属装置	130	9.1 概述	348
思考题	143	9.2 桥渡河段河流演变	352
第 5 章 混凝土简支梁桥	144	9.3 河流稳定性与桥位选择	359
5.1 概述	144	9.4 设计洪水流量及水位	364
5.2 简支体系桥的构造	145	9.5 桥孔设计	372
5.3 行车道板计算	163	9.6 墩、台基底高程与桥渡冲刷	377
5.4 荷载横向分布计算	172	9.7 桥渡河段调治结构	390
5.5 钢筋混凝土简支梁设计	194	思考题	391
5.6 预应力混凝土简支梁	207	第 10 章 涵洞	393
思考题	222	10.1 涵洞的构造及类型	393
第 6 章 钢梁桥	223	10.2 涵洞设计与计算	401
6.1 概述	223	思考题	406
6.2 钢板梁桥设计	227	参考文献	407

第 1 章

绪 论

桥梁是架在空中,跨越河流、山谷、线路以及其他障碍物,便于通行的结构(建筑)物。在公路、铁路及城市道路中,桥梁是重要的组成部分。我国幅员辽阔,大小山脉纵横,江河湖泊众多,随着国家经济建设的发展,需要大力加强基础设施建设,迫切需要修建大量的公路、铁路和城市桥梁。

1.1 桥梁建设的历史和现状

从工程技术的角度来看,桥梁的发展按时间可划分为古代桥梁和现代桥梁。

1.1.1 古代桥梁

古代桥梁大致指 18 世纪中期以前所修建的桥梁。这些桥梁的设计和施工完全依靠建造者的经验,缺少现代力学知识的指导,施工技术比较原始,建造工具简单。建桥材料主要以天然或加工过的木材、石材为主,还包括竹索、藤索、铁索等。

中国古代桥梁具有悠久的历史 and 卓越的成就,是灿烂的中华古代文明的重要组成部分。中国桥梁最早的文献记载见于公元前 13 世纪,但不详细。据《水经注》记载,公元前 556 年—公元前 532 年(春秋时期晋国曾在汾水上建造木梁木柱桥。而在公元前 221 年—公元 24 年(秦代至西汉年间)所修建的渭河桥、灞河桥等,在《水经注》、《三辅黄图》中都有明确的记载。几千年来,我国古代劳动人民创造了千姿百态的桥梁,积累了丰富的造桥经验。中国古代桥梁在选址、布局、结构构造、艺术造型及环境谐调等方面都有许多创造,形成了独特的风格。

赵州桥、洛阳桥(万安桥)、广济桥(湘子桥)、卢沟桥并称中国古代四大名桥。

天下闻名的赵州桥(又称安济桥)是世界上现存最早、保存最好的石拱桥,被誉为天下第一桥。赵州桥建于 605 年—618 年(隋代大业年间),距今已有 1 400 多年历史。它是一座单孔石拱桥,造型轻巧美观,见图 1.1。赵州桥全长 64.4 m,跨径 37.02 m,拱矢高 7.23 m,拱顶宽 9 m,两端宽 9.6 m。赵州桥的设计施工都达到了很高的水平。在桥两端的石拱上,辟有两个敞开的小拱,称为“敞肩拱”。这种结构既可以减轻桥身的重量,又起到减少流水冲力的作用,非常符合科学原理,这在当时是世界桥梁中的首创。1991 年,美国土木工程师学会将安济桥选定为第 12 个“国际历史土木工程里程碑”。

1053 年—1059 年建于泉州的万安桥,又称洛阳桥,原桥长度 834 m,1996 年修缮后长

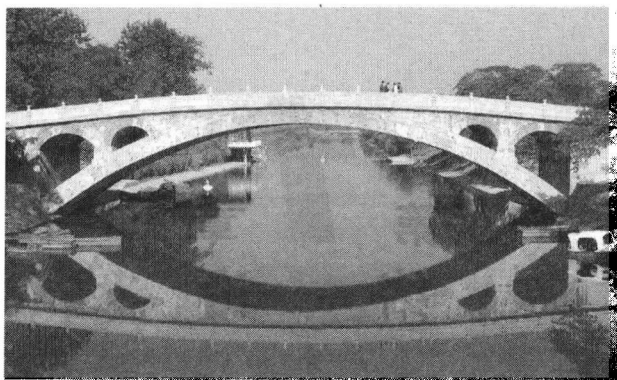


图 1.1 河北赵州桥

731.29 m,共47孔,每孔用7根长为11.8 m的石梁组成,宽约4.9 m,见图1.2。该桥首创在桥梁基础工程上采用筏形基础,并采用生物工程方法,将蛎(蚝)种在潮水涨前的抛石基底和石砌墩身上,使之胶结成整体,表现了我国古代高超的建桥技术。



图 1.2 泉州万安桥(洛阳桥)

1170年—1192年修建的潮州湘子桥,即广济桥,位于潮州城东门外,横卧在滚滚的韩江之上,东临笔架山,西接东门闹市,南眺凤凰洲,北仰金城山,景色壮丽迷人,见图1.3。广济桥全长517.95 m,东西浅滩部分各建一段石桥,中间深水部分以浮桥相连。该桥为我国历史上第一座浮桥,且可开可合,被著名桥梁专家茅以升先生誉为“世界上最早的启闭式桥梁”。

卢沟桥始建于1189年—1192年(金大定二十九年—明昌三年),于1444年(明正统九年)重修。整个桥体都是石结构,全长266.5 m,宽7.5 m,有桥墩10座,共11孔,关键部位均有银锭铁榫连接,为华北最长的古代石桥,见图1.4。两侧石雕护栏各有140条望柱,柱头上均雕有石狮,形态各异,栩栩如生,据记载原有627个,现存501个。石狮多为明清之物,也有少量的金元遗存。在近代,卢沟桥更是因为1937年“七七事变”而闻名天下。

关于中国古代名桥还有其他一些提法,例如茅以升先生在《介绍五座古桥》一文中称中国古代五大桥梁分别是河北赵州桥、陕西西安灞桥、江苏苏州宝带桥、福建泉州洛阳桥及成都安澜桥。也有人将河北赵州桥、泉州洛阳桥、潮州湘子桥、北京卢沟桥、福建安平桥、四川泸定桥、江苏扬州



图 1.3 潮州湘子桥(广济桥)

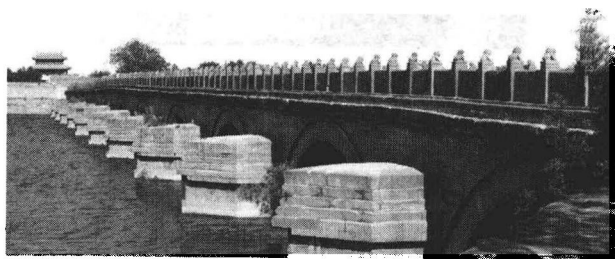


图 1.4 北京卢沟桥

五亭桥、山西太原十字桥、广西三江风雨桥、北京颐和园玉带桥并称为中国古代十大名桥。

苏州宝带桥,又名长桥,始建于 816 年—819 年(唐元和十一年—十四年),是驰名中外的多孔石拱桥。宝带桥桥面宽阔平坦,下由 53 孔联缀,孔长 249.8 m,全长 317 m,宽 4.1 m,北端引道 23.4 m,南端引道 43.06 m,下端宽 6.1 m。整座宝带桥狭长如带,多孔联翩,倒映水中,虚实交映,有如苍龙浮水,又似鳌背连云,为江南水乡增添了旖旎景色,见图 1.5。



图 1.5 苏州宝带桥

目前世界上最长的石梁桥,是福建泉州安平桥,见图 1.6。该桥始建于 1138 年(南宋绍兴八年),前后历经 13 年建成,长近 5 华里(俗称五里桥),共 352 孔,现存 2 070 m,被誉为“天下无桥



图 1.6 天下第一长石梁桥(福建安平桥)

长此桥”。

我国是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。四川灌县的竹索桥(世界上最古老的索桥)始建于宋朝(990 年),明末毁于战火,清嘉庆八年重建,名安澜桥,见图 1.7。索桥以木排石墩承托,用粗如碗口的竹缆横飞江面,两旁以竹索为栏,全长约 500 m,分为 8 孔,最大跨度 61 m。远看如飞虹挂空,又像渔人晒网,形式十分别致。漫步桥上,西望岷江穿山咆哮而来,东望灌渠纵横,都江堰工程的概貌更是一目了然。1975 年,在鱼嘴处建立外江水闸时,把桥下移 100 多米,将竹索改为钢索,承托缆索的木桩桥墩改为钢筋混凝土桩,桥身长度也缩为 240 m。

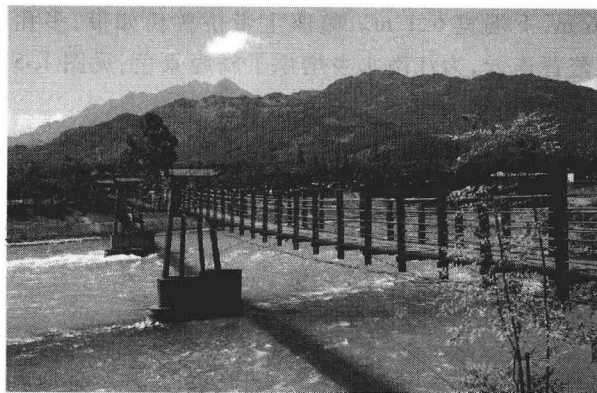


图 1.7 成都灌县安澜桥

四川省泸定县的大渡河铁索桥,建于 1706 年,是一座由清朝康熙帝御批建造的悬索桥。该桥长约 103.67 m,宽约 3 m,由 13 条锚固于两岸的铁链组成,见图 1.8。1935 年,中国工农红军 18 勇士“飞夺泸定桥”,使其成为中国革命史上的一座里程碑,毛泽东的诗句“大渡桥横铁索寒”



图 1.8 大渡桥横铁索寒——泸定桥

更使其名闻天下。

玉带桥位于北京颐和园内,全桥用汉白玉石建成,拱圈为蛋形,两侧雕刻着精美的栏板和望柱,通体洁白、线条流畅,远望犹如一条玉带点缀在碧波粼粼的昆明湖上,被赞为“海上仙岛”,见图 1.9。

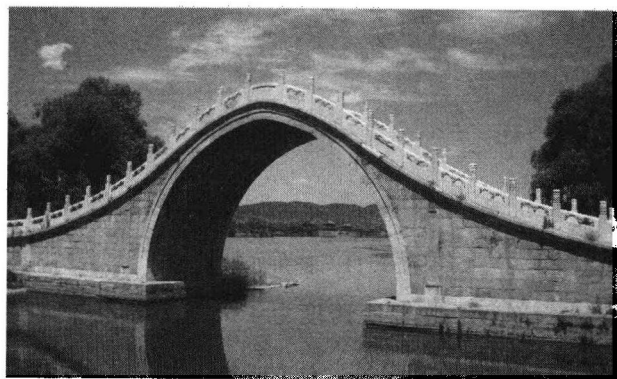


图 1.9 颐和园玉带桥

此外,我国历史上比较著名的桥梁还有很多。例如,建于明朝洪武年间(1368 年—1398 年)的甘肃渭源灞陵桥,全长约 40 m,见图 1.10。它是一种悬臂木梁桥,设计极为巧妙。由两岸向河心依次悬臂伸出四层木梁(上层比下层长),在中间处再以平置木梁连接两悬臂端。

扬州五亭桥建于 1757 年(清代乾隆二十二年),桥上建有 5 座亭子,像 5 朵冉冉出水的并蒂莲花,故又称莲花桥,见图 1.11。五亭桥是一座造型别致的拱形石桥,长 50 多米,桥孔共有 15 个,中心桥孔最大,跨度为 7.13 m,呈大半圆形,直贯东西,旁边 12 个桥孔布置在桥基础的三面,可通南北,呈小半圆形。五亭桥设计奇巧,结构匀称,技艺精湛,是我国桥梁建筑史上的典型杰作。茅以升先生说,中国古典建筑的桥梁中,最古老的桥是赵州桥,最雄伟的桥是卢沟桥,最美丽的桥是五亭桥。

灞桥是位于西安城东 12 km 处的一座颇有影响的古桥。灞桥建于汉代,是一座木梁石柱墩桥。它用 4 段圆形石柱卯榫相接形成 1 根石柱,由 6 根石柱组成 1 座轻型桥墩,墩台上加木梁并铺设灰土石板桥面。灞桥在宋、明、清期间曾先后几次废毁,直到 1834 年才按旧制重建。桥长

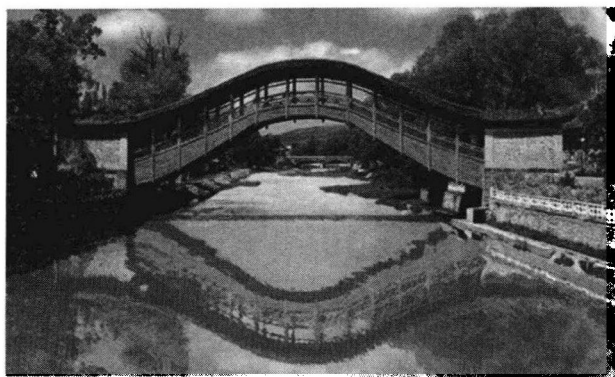


图 1.10 甘肃渭源灈陵桥

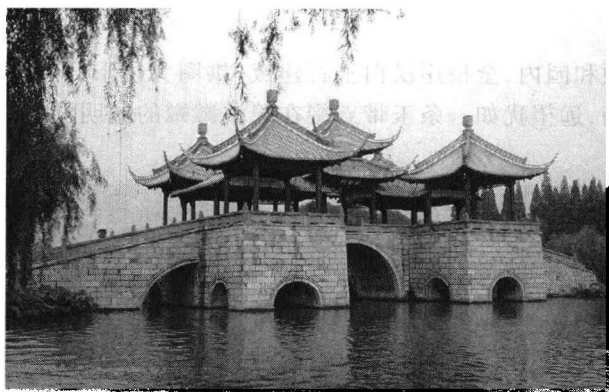


图 1.11 扬州五亭桥

380 m, 宽 7 m, 旁设石栏, 桥下有 72 孔, 桥孔跨度为 4 m 至 7 m 不等, 有桥柱 408 个。1949 年后为加固灈桥, 将原石板桥改为钢筋混凝土桥。

在一些欧洲国家, 也有许多著名的古桥。

在瑞士卢塞恩, 最引人注目的是斜跨在罗伊斯河面上的一座长 200 余米的木制长桥——卡贝尔桥。它是一座盖有木屋顶的河上走廊, 又称“廊桥”, 是卢塞恩极为显著的地标之一。建于 1333 年的卡贝尔桥, 也是欧洲最古老的有顶木桥, 经多次修缮得以保存至今。该桥于 1993 年遭受火灾后重建, 见图 1.12。

法国嘉德水道桥建于公元前 167 年—公元前 158 年。这座横跨嘉德河谷的巨大建筑物是现今保留下来的罗马引水渠中最高大的一座。整座高架桥高达 49 m, 全长 275 m, 引水桥呈 3 层半圆拱结构, 最高的一层为宽 1.22 m、深 1.45 m 的密封水渠, 整个引水桥有 52 个圆拱, 最大跨度 24 m。建成后约 400 年, 桥两端被战争破坏, 于 1670 年重建, 见图 1.13。

罗马跨越台伯河的天使桥, 始建于公元 134 年, 共 5 孔(中间 3 孔为原桥), 跨度为 18 m。1688 年, 在栏杆柱上增加了 10 尊天使与 2 位神使的雕像, 使其成为罗马最优雅美观的桥, 见图 1.14。

法国巴黎的亚历山大三世桥, 横跨塞纳河, 于 1900 年竣工。它连接巴黎著名的香榭丽舍大街、荣军院和艾菲尔铁塔, 整座大桥被装点的金碧辉煌、美轮美奂, 可称是世界上最豪华、最典雅的桥梁, 见图 1.15。大桥全长 107 m、宽 40 m, 是塞纳河上唯一的单拱铁桥。1896 在为此桥奠基



图 1.12 瑞士卢塞恩廊桥

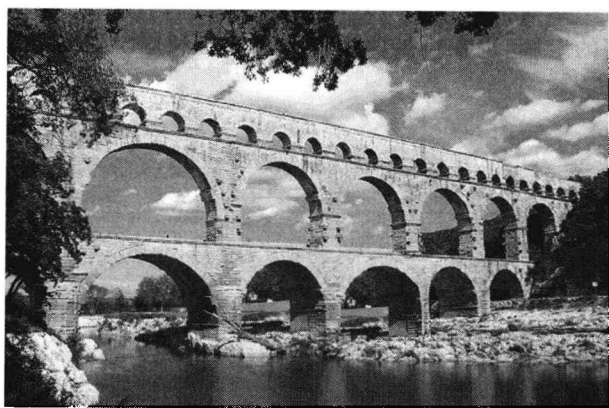


图 1.13 法国嘉德水道桥



图 1.14 罗马天使桥

时,恰逢俄国沙皇尼古拉二世为纪念 1893 年俄法缔结友好同盟到访巴黎,便以沙皇的父亲亚历山大三世来命名。

维琪奥桥(也称旧桥)是意大利佛罗伦萨市内的一座于中世纪建造的石拱桥,位于阿诺河



图 1.15 塞纳河上的亚历山大三世桥

上。旧桥建于 1345 年,是欧洲出现最早的大跨度圆弧拱桥。桥上有二层楼的建筑,以前是乌菲兹宫通往隔岸碧提王宫的走廊,现在桥上两边都是首饰店和旅游纪念品店,是佛罗伦萨著名的地标之一,见图 1.16。



图 1.16 佛罗伦萨旧桥

里亚尔托桥是威尼斯最负盛名的、最优美的桥梁,它是连接运河两岸的重要通道,见图 1.17。大桥长 48 m,宽 22 m,离水面 7 m 高,桥两头用 2 000 根插入水中的木桩支撑。它全部用白色大理石筑成,桥侧用石栏雕栋,桥中间是由石拱门连起的游廊。游廊里满是店铺商贩,桥上桥下游人如织。这里是威尼斯最重要的商业区之一,曾作为欧洲的商业中心达 300 年之久。大文豪莎士比亚的名剧《威尼斯商人》的很多场景都发生在这里,一座普通的桥因此而名闻天下。

布拉格的查理大桥被称为欧洲最美丽的桥梁之一,于 1357 年开始建造。27 岁的设计师彼得·巴雷耗费了整整 60 年的时光,精心打造了这座哥特式风格的巨大石桥。桥长 518 m,桥上装饰了 30 座圣人雕像,见图 1.18。查理大桥之所以得名,与当时盛极一时的国王查理四世(1316 年—1376 年)密不可分。

德国的著名古桥有维尔茨堡的美茵河老桥和海德堡古桥。美茵河老桥被誉为布拉格查理大桥的姐妹桥。这座老桥过去是维尔兹堡人来往两岸的交通要道。1476 年人们在这里建起了一座木桥,后来木桥坏了,于是维尔兹堡人在 17 世纪建造了一座全长 185 m 的石桥,见图 1.19。



图 1.17 威尼斯里亚托桥

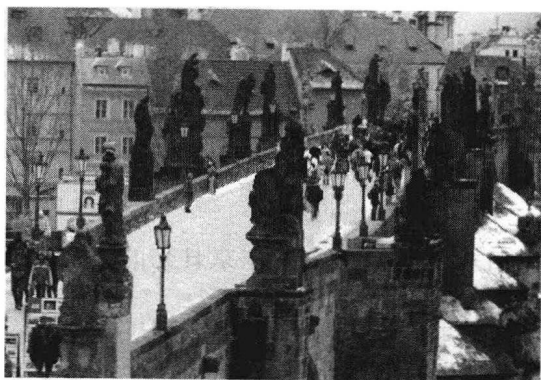


图 1.18 布拉格的查理大桥



图 1.19 维尔茨堡的美茵河老桥

为了石桥能长期完好的存在,人们还在桥上放上了 12 尊硕大的天主教圣人的石像。这些塑像都是巴洛克风格的,它们是维尔兹堡这个城市的历史见证。美茵河在桥下缓缓流过,河中有一道堤坝,使得水面呈现出高低不同。站在桥上看山上的巍巍城堡、钟声袅袅、满眼教堂尖顶的老城,是一种令人赏心悦目的享受。

海德堡古桥又名卡·铁欧德桥。这座有着9个拱门的老桥,是海德堡跨越内卡河的第一座石桥,于1786年—1788年建造。在河的左岸,建有坚实的入口通到桥上,桥头有两座圆塔,护卫着此城的入口,塔里原是阴暗的牢房。目前,古桥保留给行人徒步专用,桥面略见磨损。内卡河岸自1693年因战火而荒废,后来部分改建,因此中心有一点小小的改变。而古堡依旧统辖着城镇,同时也保留了德国最好的文艺复兴时期的建筑。桥上有两座雕像,分别是选帝侯卡尔·铁欧德以及希腊神话中的女神雅典娜,见图1.20。

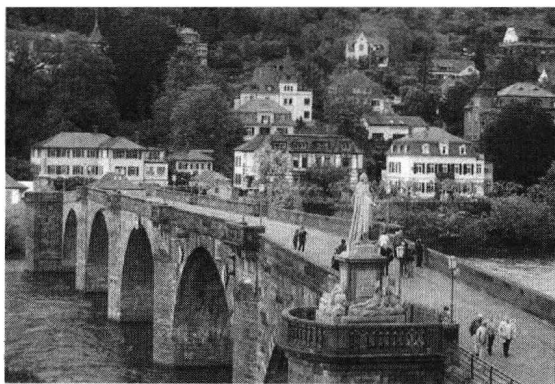


图 1.20 海德堡古桥

日本山梨县的猿桥、东京日光的神桥和山口县的锦带桥,是三座著名的古桥梁建筑,合称“日本三大名桥”。

猿桥相传为奈良时代(710年—789年)受猿群横渡河谷的启示而设计建造,建于山梨县东部桂川西岸的绝壁上。猿桥长约31 m,宽5.5 m,离水面约30 m,是以斗拱式凌空架成的无桥墩桥。即在双方岩壁埋入底层木板,木板上再加一块长度比底层长的木板,木板与木板之间用方木连接,如此一层层凌空架出,最后再于中央搭上桥面。

神桥位于日本东京以北约75英里的日光国立公园。神桥长28 m,宽7.4 m,离水面10.6 m,栏杆是由10根主柱所造,每根柱上都有像镶着宝石一样的乳之木,除了桥栏杆中间的宝珠是黑色以外其余部分都涂以朱红色,见图1.21。日光神桥是日本唯一在山间峡谷使用“吊桥”形式的古桥。现在的神桥是于1636年所改建的。1999年12月被登录为世界遗产。

锦带桥由岩国藩主吉川广嘉于1673年建造,位于日本山口县岩国市的锦川河上,建桥时得到中国高僧戴曼公独立禅师的指点。锦川河畔如今仍保存着独立禅师纪念碑。锦带桥是一座5孔石墩木拱桥,跨度27.5 m,全长193.3 m,宽5 m,因其景致而被称为“锦带桥”,见图1.22。该桥原为木结构,1950年被台风摧毁,1952年重修时改为钢筋混凝土结构。

1.1.2 现代桥梁

现代桥梁指18世纪中期以来,由工程师使用工程力学、设计规范及桥梁工程知识所兴建的桥梁。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。较大跨径梁桥的建造是在铸铁应用于桥梁建设之后才得以实现的。世界上第一座铸铁桥是英国科尔布鲁克代尔厂所造的塞文河桥,建于1779年,为半圆拱,由5片拱肋组成,跨径30.7 m,高15.8 m,宽5.5 m,如图1.23所示。



图 1.21 日本日光神桥

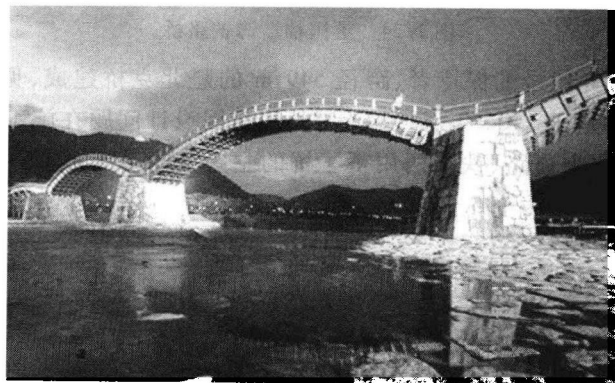


图 1.22 日本锦带桥

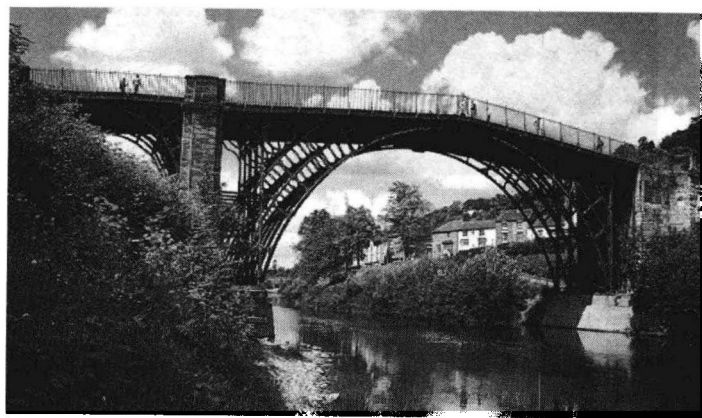


图 1.23 英国塞文河桥

铸铁性脆,宜于受压,不宜受拉,适宜作拱桥建造材料。锻铁抗拉性能较铸铁好,19 世纪中叶跨径大于 60 ~ 70 m 的公路桥都采用锻铁链吊桥。19 世纪中期,钢材问世,极大地推动了桥梁的发展。1890 年,英国建成了福斯湾铁路桥,该桥为悬臂桁架梁,主跨 521.2 m,总长 1 620 m,支