



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

桥梁工程 (上册)

第2版

强士中 主 编 邵旭东 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

桥梁工程 (上册)

QIAOLIANG GONGCHENG

第2版

强士中 主 编 邵旭东 副主编



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

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“新世纪土木工程系列教材”之一。本书在2004年第1版的基础上,从“大土木”的专业要求出发,根据高等学校土木工程专业指导委员会新修订的土木工程专业规范的指导思想,对各章内容进行了调整和修订。

本书分为上、下两册。上册内容为第1~9章,具体包括绪论、桥梁的设计与规划、桥梁设计荷载、桥梁材料、桥面构造、混凝土简支梁桥、钢桥、桥梁支座、桥梁墩台。下册内容为第10~14章,具体包括预应力混凝土连续梁(刚构)桥、拱桥、城市立交桥、斜拉桥、悬索桥。每章后设有本章小结、思考题与习题,各章内容相对独立,可根据需要选学。

本书可作为高等学校土木工程专业及相关专业桥梁工程课程的教材,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/强士中主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2011.1

ISBN 978-7-04-030891-4

I. ①桥… II. ①强… 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232974号

策划编辑 赵湘慧

责任编辑 葛 心

封面设计 王 晔

责任绘图 尹 莉

版式设计 张 岚

责任校对 胡晓琪

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

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

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.5
字 数 450 000

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

版 次 2004年7月第1版
2011年1月第2版
印 次 2011年1月第1次印刷
定 价 29.10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 30891-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生（湖南大学）

副主任委员：（按姓氏笔画排序）

叶志明（上海大学）

白国良（西安建筑科技大学）

吴胜兴（河海大学）

邹超英（哈尔滨工业大学）

周绪红（兰州大学）

强士中（西南交通大学）

委员：（按姓氏笔画排序）

卫 军（中南大学）

王 湛（华南理工大学）

朱彦鹏（兰州理工大学）

江见鲸（清华大学）

李远富（西南交通大学）

张印阁（东北林业大学）

尚守平（湖南大学）

赵明华（湖南大学）

黄政宇（湖南大学）

梁兴文（西安建筑科技大学）

霍 达（北京工业大学）

王 健（北京建筑工程学院）

王清湘（大连理工大学）

刘 明（沈阳建筑大学）

杨和礼（武汉大学）

沙爱民（长安大学）

张家良（辽宁工业大学）

周 云（广州大学）

高 波（西南交通大学）

黄醒春（上海交通大学）

廖红建（西安交通大学）

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系

统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材第1版出版之后，在教学实践基础上，将组织修订出版第2版、第3版，希望
在不断修订过程中更新内容、消除疏漏，更加适应教学需要。

本系列教材的编写大纲和初稿、修订稿都经过了编委会的审阅，以求教材质量更臻完善。
如有疏漏之处，请读者批评指正！

高等教育出版社
建筑与力学分社
2006年3月

第2版前言

本书第1版付梓以来，经过几年的使用，获得了很多好评，同时也收到了许多使用者的意见、建议和要求。据此第2版做了较多修订。

第1章大部分内容重写，增加了近几年我国桥梁建设的新成就；第2章和第3章均增加了部分高速铁路桥梁的内容；第6章按新的公路桥梁规范做了改写，并增加了城市轨道交通常用桥梁的介绍；第7章重新改写。第10、11章在内容上做了较多的修订，第13、14章增加了一些新的桥例介绍和最新桥梁建设成果介绍。

参加本书上册修订工作的有西南交通大学强士中、卫星、任伟平和叶华文等；参加下册修订的有强士中、赵人达和卫星。文字整理工作由王美媛女士完成。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，真诚地欢迎广大读者多提宝贵意见。

编 者

2010年8月

第 1 版前言

为了适应我国经济体制改革的需要,也是为了与国际教育体制接轨,近年来,我国的原建筑工程、桥梁与地下工程、岩土工程、矿井建设工程、公路和铁道工程等专业已调整归并为土木工程专业。高等学校土木工程专业教学指导委员会相继成立。

根据高等学校土木工程专业教学指导委员会制订的该专业培养方案,“桥梁工程”为一门专业课。本教材从“大土木”的专业要求出发,从整体上考虑专业课程内容。本教材分上、下两册:上册适用于土木工程专业本科生修习,约需 40 左右学时讲授,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,可根据需要灵活选学,用 36~72 学时讲授。学习之后,使学生能掌握较复杂的大、中跨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。

本课程的先修技术基础课包括“结构力学”、“结构设计原理(含钢结构)”、“土力学”及“基础工程”。

《桥梁工程》上册共分九章。第一章绪论介绍桥梁工程的基本属性、桥梁的组成、分类和基本结构体系,国内外桥梁发展概况。第二章简要介绍桥梁的设计程序、设计内容及方案比选等,使学生对桥梁设计程序、建设过程及桥梁美学的一般内容等有一个概括的了解。第三章介绍城市、公路及铁路桥梁设计荷载。第四章介绍桥梁结构用材。第五章讲授桥面构造的一般内容。第六、七、八、九章分别介绍混凝土简支桥梁、简支钢桥、桥梁支座、桥梁墩台及基础的构造、设计及计算方法。这些内容是《桥梁工程》上册的重点,以期通过学习使学生能掌握中、小跨径桥梁设计的基本内容、一般设计过程及计算分析方法。第八章还包括对桥梁支座的介绍。

《桥梁工程》下册主要介绍预应力混凝土连续梁(刚构)桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等大跨径桥梁的结构构造特点、设计的基本内容、计算分析方法及其建造过程和特点。通过学习,使学生能掌握较复杂的大、中跨桥梁设计特点及计算分析方法。这些内容是《桥梁工程》下册的重点。

本教材是在国内原有城市道路工程、公路工程和铁道工程专业各自独立发行的“桥梁工程”教材基础上,结合现行规范编写而成的。本书由西南交通大学强士中(第一章、第七章),湖南大学邵旭东、秦建军、彭旺虎、张伟(第二章至第六章),长安大学贺栓海(第八章、第九章)共同编写。全书由强士中统稿,并对各章内容作了适当增、减和调整。西南交通大学研究生任伟平和李贞新参加了本书文稿整理及部分图表绘制。

北京交通大学夏禾教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的修改意见,使本书增色不少,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，同时将不同的桥梁设计规范在一本教材中使用，也是初次尝试，不足之处在所难免，真诚地欢迎使用者批评指正。

编 者
2003 年 9 月

目 录

第1章 绪论	1	第4章 桥梁材料	51
1.1 桥梁概述	1	4.1 钢材	51
1.2 桥梁的分类	2	4.1.1 结构钢材	51
1.3 桥梁建设的成就与展望	4	4.1.2 钢筋	58
本章小结	14	4.2 混凝土	62
思考题与习题	14	4.2.1 混凝土的强度	62
第2章 桥梁的设计与规划	15	4.2.2 混凝土的弹性模量及变形性能	63
2.1 桥梁设计的基本原则	15	4.2.3 混凝土技术的新发展	64
2.2 桥梁平面设计、桥孔和桥上净空要求	16	本章小结	66
2.2.1 桥梁的平面设计	16	思考题与习题	66
2.2.2 桥跨、孔径	16	第5章 桥面构造	67
2.2.3 桥上净空	20	5.1 桥面铺装及防水、排水系统	67
2.3 桥梁设计与建设程序	22	5.1.1 桥面铺装	67
2.4 桥梁设计方案的比选	24	5.1.2 桥面纵横坡	68
本章小结	25	5.1.3 桥面防水和排水设施	69
思考题与习题	25	5.2 桥梁伸缩装置与桥面连续	71
第3章 桥梁设计荷载	27	5.2.1 桥梁伸缩装置的作用、要求和 伸缩量计算	71
3.1 永久荷载	29	5.2.2 伸缩装置的类型	73
3.2 可变荷载	29	5.2.3 桥面连续	76
3.2.1 基本可变荷载	29	5.3 人行道、安全带、栏杆、护栏及 照明灯柱	78
3.2.2 其他可变荷载	40	5.3.1 人行道或安全带	78
3.3 偶然荷载	44	5.3.2 栏杆与护栏	80
3.3.1 地震力	44	5.3.3 照明灯柱	83
3.3.2 静力法	45	5.4 铁路桥面构造	85
3.3.3 反应谱法	46	5.4.1 道床	85
3.3.4 船只或漂流物撞击力	48	5.4.2 排水防水系统	86
3.4 荷载组合	49	5.4.3 梁缝处理	86
3.4.1 荷载组合	49	5.4.4 人行道与栏杆	87
3.4.2 极限状态设计法	49	本章小结	87
本章小结	50	思考题与习题	87
思考题与习题	50		

第6章 混凝土简支梁桥	89	本章小结	195
6.1 混凝土简支梁桥的设计与构造特点	89	思考题与习题	196
6.1.1 公路混凝土简支板桥	89	第8章 桥梁支座	197
6.1.2 公路混凝土简支肋梁桥	94	8.1 概述	197
6.1.3 公路混凝土箱形简支梁桥	101	8.2 桥梁支座的类型和构造	198
6.1.4 铁路混凝土简支梁桥	101	8.2.1 简易垫层支座	198
6.1.5 其他类型简支梁桥	113	8.2.2 钢支座	198
6.2 混凝土简支梁桥的制造和架设	120	8.2.3 钢筋混凝土支座	201
6.2.1 混凝土简支梁桥的制造工艺	121	8.2.4 橡胶支座	202
6.2.2 装配式混凝土简支梁桥的安装	129	8.2.5 拉力支座	206
6.3 混凝土简支梁的设计与计算	133	8.2.6 常用支座在应用时应注意的 几个问题	206
6.3.1 结构尺寸的拟定	133	8.3 桥梁支座的设计和计算	208
6.3.2 公路桥面板(行车道板)的计算	135	8.3.1 支座的受力与位移分析	208
6.3.3 铁路桥面板(道碴槽板)的计算	142	8.3.2 弧形钢板支座的设计与计算	209
6.3.4 公路桥梁荷载横向分布计算	144	8.3.3 板式橡胶支座的设计与计算	212
6.3.5 公路和铁路主梁内力计算	152	8.3.4 盆式橡胶支座的设计与计算	213
6.3.6 横隔梁内力计算	157	8.3.5 板式橡胶支座算例	217
6.3.7 挠度、预拱度的计算	159	8.3.6 盆式橡胶支座算例	219
本章小结	160	本章小结	221
思考题与习题	161	思考题与习题	221
第7章 钢桥	163	第9章 桥梁墩台	223
7.1 钢桥的发展	163	9.1 梁桥墩台	223
7.2 钢桥的结构形式	166	9.1.1 概述	223
7.3 钢桥的构造	168	9.1.2 梁桥桥墩的类型与构造	224
7.3.1 上承式焊接钢板梁桥	168	9.1.3 梁桥桥台的类型与构造	233
7.3.2 铁路下承式焊接板梁	171	9.1.4 梁桥桥梁墩台的设计与计算	239
7.3.3 结合梁桥	172	9.2 拱桥墩台	265
7.3.4 桁架桥梁	173	9.2.1 概述	265
7.3.5 钢箱梁桥	185	9.2.2 拱桥墩台类型与构造	265
7.4 钢桥计算	186	9.2.3 拱桥墩台计算	272
7.4.1 钢板梁桥的计算	186	本章小结	279
7.4.2 钢桁架桥的计算	187	思考题与习题	279
7.4.3 钢桥的稳定分析和设计	188	参考文献	280
7.4.4 钢桥疲劳	190		
7.5 钢桥的连接	191		
7.6 钢桥制造	193		

第 1 章

绪 论

[本章提要] 本章简述桥梁在交通线路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，阐述国内外各种桥梁发展简况及现状。

1.1 桥梁概述

跨越障碍的通道称为桥或桥梁。

桥梁是一种既普通又特殊的建筑物。说它普通，因为它是过河跨谷所必需，而河流山谷则是遍布大地的；说它特殊，因为它是空中的道路。交通线路运输越繁越重，桥的结构就越复杂。桥的所在地常是险要地方，形成陆上交通之咽喉，战争时期是兵家必争之关隘。为长期保持这个咽喉、关隘的正常使用，修建桥梁就不是百年大计，而往往是千年大计。

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技术工艺水平的高低，而且更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。例如，1957 年以前，我国长江上还没有一座桥梁，大江南北的交流只能靠运能和速度都很有限的舟、船，在 1950 至 1980 年这 30 年中，我国在长江上建了三座大桥，即武汉长江大桥、南京长江大桥和枝城长江大桥，平均 10 年建一座；而最近二十多年，跨长江的大桥就修建了一百多座，有时 1 年之内就有几座跨长江大桥竣工通车。这清楚地表明了我国社会经济发展的速度和历程，也是国家综合经济实力的一个明显标志。

桥梁不仅在物资交流、经济活动中的作用十分重要和明显，在文化交流和整个社会发展中的作用也是十分巨大的。比如，在水网如织的珠江三角洲，如果没有大量桥梁的兴建，那里的经济就不会如现在这样蓬勃地发展。如果不是在上海陆续修建南浦、杨浦等一系列浦江大桥，浦东就不会有现在这样的发展速度和规模。如果在长江、黄河上没有兴建这么多现代化、高标准的桥梁，我国南、北的经济交往、文化交流就不会有现在这样的频繁和便利。正如美国总统 1986 年在给美籍华人土木工程师、著名桥梁专家林同炎颁发美国总统国家科学奖时所说，“他的科学贡献不仅跨越了科学和艺术的鸿沟，也跨越了技术和社会的鸿沟”。这也清楚地说明了桥梁在科学技术、艺术和社会活动中所扮演的重要角色。

位。标准梁制作成本低,质量易于控制和保证,易于更换维修,也有利于战备需要,其优点是显而易见的。公路桥梁标准跨径从0.75 m至60 m,分为22级,常用者为10 m、16 m、20 m、40 m等。铁路桥梁的标准跨径从4 m到160 m,共18级,常用的有16 m、20 m、24 m、32 m、48 m、64 m、96 m等。公路桥梁标准跨径是指两桥墩中线间距离或桥墩中线至桥台背前缘的间距。铁路桥梁标准跨径是指计算跨径,梁的实际长度要比标准跨径稍大一些。

桥长。两桥台侧墙或八字墙尾端之间的距离 L 为桥梁全长。两桥台台背前缘(铁路桥为两桥台挡碴前墙)之间的距离 L_1 为桥梁总长。

桥下净空高度。设计通航水位与桥梁结构最下缘标高之间的垂直距离 H 称为桥下净空高度,其值应根据通航及排洪要求确定。

桥梁建筑高度。桥面(铁路桥梁的轨底)到桥梁结构下缘底的距离 h 称为桥梁建筑高度。公路桥面或铁路轨底标高减去设计洪水位标高,再减去通航(或排洪)所要求的梁底净空高度为桥梁的容许建筑高度。显然,桥梁建筑高度不得大于容许建筑高度。

桥梁分类方式多种多样,主要有以下几种:

(1) 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,其分类见表1.2.1。

表 1.2.1 桥梁规模与长度

规模分类	公 路 桥		铁路桥
	桥梁总长 L_1	单孔跨径 l	桥梁总长 L_1
特大桥	$L_1 \geq 500$ m	$l \geq 100$ m	$L_1 > 500$ m
大桥	$L_1 \geq 100$ m	$l \geq 40$ m	$100 \text{ m} < L_1 \leq 500 \text{ m}$
中桥	$30 \text{ m} < L_1 < 100 \text{ m}$	$20 \text{ m} \leq l < 40 \text{ m}$	$20 \text{ m} < L_1 \leq 100 \text{ m}$
小桥	$5 \text{ m} < L_1 < 30 \text{ m}$	$5 \text{ m} \leq l < 20 \text{ m}$	$L_1 \leq 20 \text{ m}$
涵洞	$L_1 < 8 \text{ m}$	$l < 5 \text{ m}$	$L_1 < 6 \text{ m}$ 且顶上有填土

(2) 按桥梁主体结构用材分类

有钢桥、混凝土桥、钢筋混凝土结合梁桥、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通称为圬工桥。

(3) 按桥梁用途划分

有铁路桥、公路桥、城市道路桥、公铁两用桥、人行及自行车桥、输水桥、农桥等。

(4) 按结构体系划分

最基本的有梁桥、拱桥和索桥等。这三种基本桥型是大自然赋予人类的,经人们在建设中不断发掘、改造、完善,形成了千姿百态的梁、拱、索及其与墩、塔、柱等构件合成的各种组合体系桥梁。如梁桥就有简支梁,连续梁,用杆件拼成的桁梁,梁与墩柱刚性连接而形成的刚架桥,梁与索组合构成的斜拉桥等;梁的截面又可做成矩形、T形、箱形等。上述主要桥型在以后的章节中都要做详细论述。

(5) 桥梁按平面布置分类

有正桥(直桥)、斜桥、弯桥(曲线梁桥)、坡桥和匝道桥等。正桥是指桥梁所在线路与

所跨河流或线路正交的情况,绝大多数桥梁都做成正桥。当桥梁与所跨河流或线路斜交时,桥梁在平面上设计成平行四边形,谓之斜桥。曲线线路上常把桥梁设计成与线路一致的曲梁(弯桥)。斜桥和弯桥设计与施工都比较麻烦,其好处是对线路设计带来较多的方便和自由。城市立交桥常设坡度很大的坡桥和匝道桥,使高处的主车道与低处的另一线路在占地不多的情况下迅速相连。所谓匝道桥就是呈螺旋状下降的空间曲线桥。

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,分别为上承式桥、中承式桥、下承式桥;按梁的截面形式分为T梁桥、箱梁桥及板梁桥等;按跨越对象分为跨河桥、跨谷桥、跨线桥、旱桥等;有时也按桥梁施工及架设方法分类;桥梁还有固定式桥梁、开放桥和活动桥(如浮桥、舟桥)之分;另外还有军用桥、渡槽或水道桥、码头的栈桥等不一而足。

1.3 桥梁建设的成就与展望

1. 桥的形成与发展

古人云“横木为梁”,也就是说,倒在小溪小沟上的树木是大自然赋予人们便利交通的最早最原始的梁桥;石灰岩容易被含二氧化碳的水溶解,在一定的条件下石灰岩山体在这种化学过程中被侵蚀而溶穿,形成天然的拱桥,在我国黔、滇、桂地区均可见这类“天生桥”;热带和亚热带地区森林中旺盛的藤蔓交织成网,人们稍加“梳理”便可借其越过山谷,这便是最原始的“天生索桥”,现在在我国的澜沧江流域仍可见到这种索桥。显然,最基本的桥型——梁桥、拱桥和索桥,都是大自然的产物。当这些“天生桥”不能满足人们经济活动的需要时,人类便开始仿造,随后就有了“人造桥”。随着经济的发展、文化的交流、科学技术的进步,人类的建桥水平不断提高,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,又点缀、美化桥址区域的人文景观。

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,于是推动了桥梁工程技术的发展。另一方面,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。

2. 人类造桥的成就

19世纪20年代铁路出现以前,建桥材料以木材和石料为主,但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,在莱茵河修建了一座长达300多米的木排架桥。到了中世纪,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所建的麦考尔渡口桥是一座跨径达110m的木桥,这在当时是空前绝后的记录。

在我国,民间故事也记述有公元前2000多年前人们建造的用墩柱支撑的木梁桥。从东周之后,史书、文献对桥梁的记载就没有间断过,文人骚客借桥抒情的佳句传下来的也不少。如“伊洛广且深,欲济川无梁”(三国魏·曹植),“二十四桥明月夜,玉人何处教吹箫”(唐·

杜牧),“绿浪东西南北水,红栏三百九十桥”(唐·白居易)等都与桥有关,或抱怨,或抒情,或赞颂,说明了桥在社会生活中的重要地位及其在诗人情绪中的作用。

在拱式木桥中,我国宋代虹桥构造奇特。在宋代名画《清明上河图》上绘有汴京的虹桥,其承重结构由两套多铰木拱组成,配以横木,以篾索扎成。

石桥。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、板梁桥和各式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 1.3.1),位于河北省赵县南,桥成于隋大业元年(公元 605 年),比欧洲早创建 1 200 年。该桥跨洺河,单孔圆弧石拱桥,跨径 37.02 m,全桥长 50.82 m,为世界最古老的圆弧敞肩拱。该地区曾历 14 次破坏性地震及多次洪水,该桥均安然无恙,为我国经历 1 400 多年硕果仅存的唯一古桥。明昌三年(1192 年)在今北京西南建成的卢沟桥(图 1.3.2),为十一孔不等跨石拱桥,桥长 266 m,世界著名旅行家马可·波罗在他的游记中对卢沟桥的造型之美赞叹不已,誉为世所罕见。北京颐和园的十七孔桥(图 1.3.3)和玉带桥(图 1.3.4)建于清乾隆年间。前者的拱洞随桥面缓和的上下坡从桥中向两端逐渐收小,桥身微降如初月,甚是壮观;后者则以两端有反弯曲线玉石穹背高出绿丛,桥身用汉白玉雕砌,堂皇秀丽,两者以同环境协调,使湖山增辉见称。在长江以南,从唐代以来修建了许多以弧形板石和横向长条锁石结成拱圈的石拱桥,以及巨型石梁桥。弧板石拱桥自重轻,对地基承载力要求不高。如唐代在苏州修建的宝带桥(图 1.3.5)(公元 816—819 年)有 53 孔,长 317 m,宽 4.1 m;福建长汀的水东桥(公元 1195—1200 年)和浙江杭州的拱宸桥(图 1.3.6)(公元 1631 年)等都是著名的板石拱桥。福建泉州万安桥(图 1.3.7)也称洛阳桥,为石梁桥,47 孔共 834 m 长,建于宋嘉祐四年(1059 年),建桥时先顺着桥的轴线抛投大量块石,形成一条约 3 万立方米的长堤,然后在堤上养殖牡蛎,待蛎壳与堤石相胶结后在堤上用大条石纵横叠置形成桥墩,然后再架石梁。这种独特的架桥技术至今为世人称道。福建漳州的虎渡桥(图 1.3.8)又叫江东桥,建于南宋嘉熙元年(1237 年),其所用巨型条石尺寸达 $1.7\text{ m} \times 1.9\text{ m} \times 23.7\text{ m}$,重约 200 t。按当时的生产力水平,很难想象如此重的石块是如何开采、运输和架设的。建于宋绍兴八年(公元 1138 年)的泉州安平桥(图 1.3.9),也是石梁桥,长达 2 500 m。古人赞曰“世间有佛宗斯佛,天下无桥长此桥”。

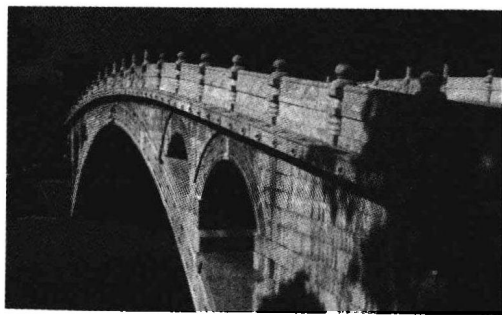


图 1.3.1 赵州桥

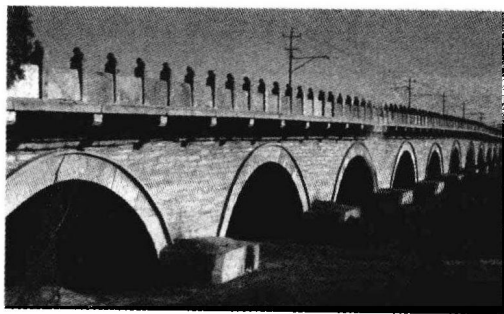


图 1.3.2 卢沟桥

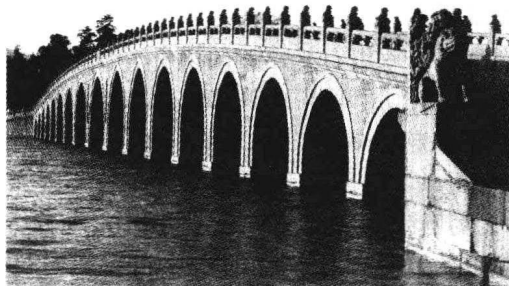


图 1.3.3 北京颐和园十七孔桥

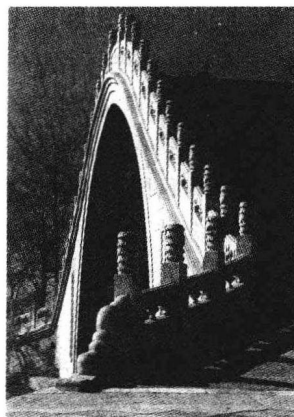


图 1.3.4 北京颐和园玉带桥

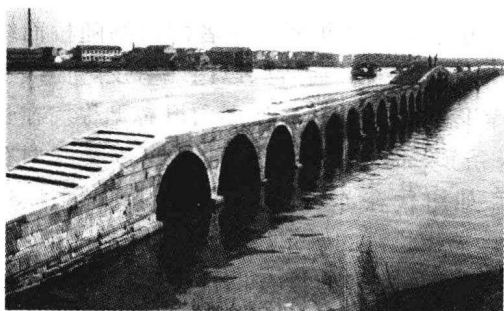


图 1.3.5 江苏苏州宝带桥

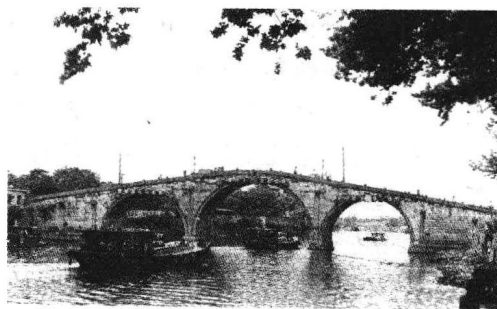


图 1.3.6 浙江杭州拱宸桥

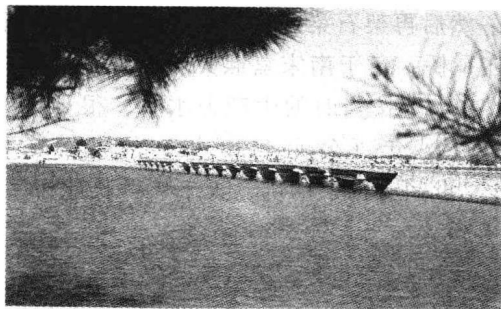


图 1.3.7 福建泉州万安桥

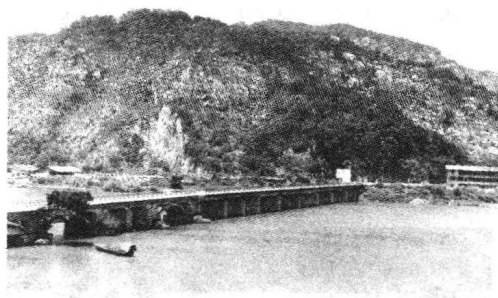


图 1.3.8 福建漳州虎渡桥

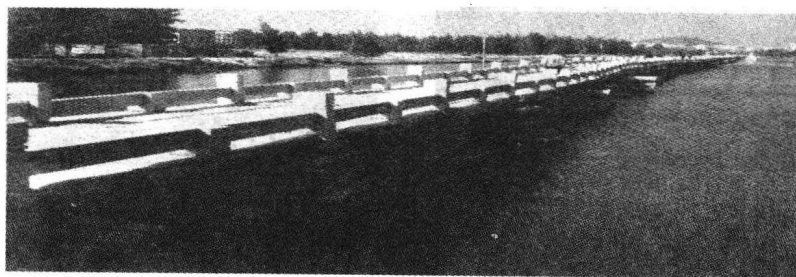


图 1.3.9 福建泉州安平桥