



交通职业教育教学指导委员会推荐教材
中等职业院校公路施工与养护专业教学用书

全国技工学校通用教材

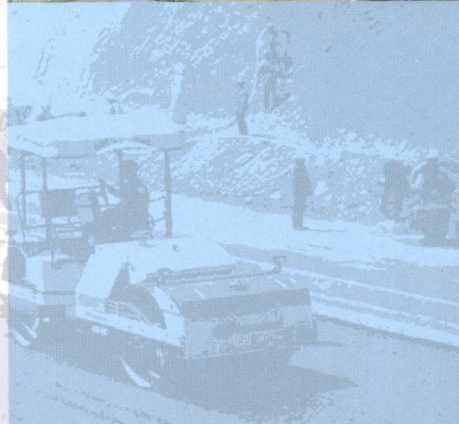
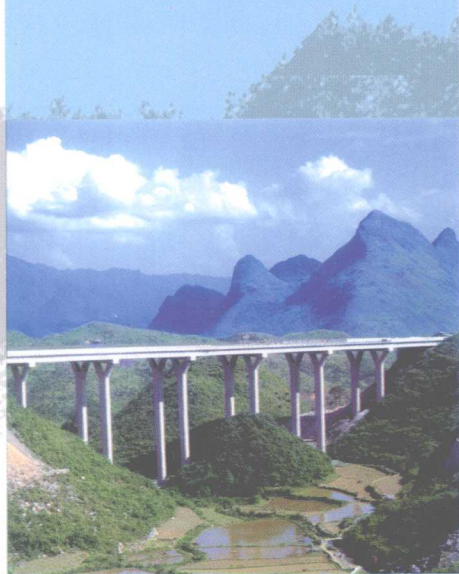
桥涵工程施工技术

□ 主编 / 孙元桃 □ 主审 / 蒋 斌

Qiaohan
Gongcheng
Shigong
Jishu



人民交通出版社
China Communications Press



交通职业教育教学指导委员会推荐教材
中等职业院校公路施工与养护专业教学用书

全国技工学校通用教材

Qiaohan Gongcheng Shigong Jishu

桥涵工程施工技术

孙元桃 主编

蒋 斌 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是全国技工学校通用教材,由交通职业教育教学指导委员会公路(技工)专业指导委员会组织编写。主要内容有:绪论,桥梁施工准备工作与桥位施工测量,桥梁基础施工,桥梁墩、台施工,钢筋混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土桥施工,拱桥施工,涵洞施工,桥面系施工。

本书是中等职业院校公路施工与养护专业教学用书,也可供相关专业教学使用,或作为职业技能培训及鉴定教材。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵工程施工技术. 中级工 / 孙元桃主编—北京:人民交通出版社, 2009.3

ISBN 978-7-114-07616-9

I. 桥… II. 孙… III. 桥涵工程—施工技术 IV. U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018575 号

书 名: 桥涵工程施工技术

著 者: 孙元桃

责任编辑: 周往莲 韩亚楠

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) 59757969, 59757973

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: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.75

字 数: 467千

版 次: 2009年3月 第1版

印 次: 2009年3月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07616-9

印 数: 0001~3000册

定 价: 38.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会
公路(技工)专业指导委员会

主任：周以德

副主任：朱小茹 张文才

委员：卞志强 严 军 周萌芽 高连生 梁柱义 蒋 斌

杜建忠 任义学 刘雅洲

秘书：张宏春

前 言

全国交通技工学校公路施工与养护专业第一轮通用教材于2001年5月出版,至今已经7年,为本专业的人才培养起到了极其重要的作用。但随着教学模式的变革及知识与技术的更新,该套教材已显陈旧。为此,经交通职业教育教学指导委员会公路(技工)专业指导委员会研究,决定对公路施工与养护专业的教学计划和课程内容进行修订,并在此基础上编写第二轮教材。在本套教材编写过程中我们力求做到以下几点:

第一、立足行业。从用人单位的岗位要求入手,分析现代公路建设对专业技术工人的能力结构要求,确定课程体系,明确教学目标,强化教材的针对性和实用性。

第二、立足国家职业标准。本教材以国家职业标准为依据,使教材涵盖了公路施工与养护职业或工种的相关要求,便于双证书制度在人才培养过程中的落实。

第三、立足学生的实际基础情况和学习规律。本教材充分考虑了技工学校学生的基础和学习特点,尽力摒弃冗长的理论叙述和复杂的公式,力求做到以图代文、通俗易懂、简明扼要。

第四、根据公路施工和养护技术的发展趋势,适当地加入了新知识和新技术的内容,使全书教学内容更趋合理。

第五、本套教材的每门课程都配有复习题,便于学生对知识的学习和巩固。

《桥涵工程施工技术》是全国技工学校公路施工与养护专业通用教材之一,内容包括:绪论,桥梁施工准备工作和桥位施工测量,桥梁基础施工,桥梁墩、台施工,钢筋混凝土简支梁桥施工,预应力混凝土桥施工,拱桥施工,涵洞施工,桥面系施工。

参加本书编写工作的有:山东公路高级技工学校武春山(编写单元一、三),宁夏交通技师学院李艳东(编写单元二、五)、孙元桃(编写单元六、九),河南南阳市公路技工学校毕泽亮(编写单元四),山西交通技师学院乔捷(编写单元七)、王桂林(编写单元八)。全书由孙元桃担任主编,广西公路技工学校蒋斌担任主审。公路(技工)专业指导委员会聘请山东公路高级技工学校刘治新担任本套教材的总统稿人。

本套教材在编写过程中得到了全国17个省市交通技工学校领导的大力支持和帮助,共有80余名教师参加了教材的编审工作,在此表示感谢!

由于我们的业务水平和教学经验有限,书中难免有不妥之处,恳请使用本书的广大读者批评指正,并给出宝贵的建议。

交通职业教育教学指导委员会
公路(技工)专业指导委员会
二〇〇八年九月

目 录

单元一 绪论	1
课题一 桥梁的发展史	1
课题二 桥梁的组成与分类	10
课题三 施加在公路桥梁上的作用简介	18
单元二 桥梁施工准备工作与桥位施工测量	23
课题一 桥梁施工准备工作	23
课题二 桥位施工测量	28
单元三 桥梁基础施工	37
课题一 概述	37
课题二 扩大基础施工	40
课题三 桩基础施工	52
课题四 沉井基础施工简介	67
单元四 桥梁墩、台施工	72
课题一 概述	72
课题二 圬工墩、台施工	83
课题三 混凝土墩、台施工	88
课题四 桥台附属工程施工	103
单元五 钢筋混凝土简支梁桥施工	108
课题一 简支梁桥施工方法和施工工序	108
课题二 钢筋混凝土简支梁桥的制造工艺	109
课题三 装配式构件的起吊、运输和安装	135
单元六 预应力混凝土桥施工	148
课题一 装配式预应力混凝土桥的施工	148
课题二 悬臂施工法简介	169
单元七 拱桥施工	186
课题一 拱桥有支架施工	186
课题二 拱桥无支架施工	204



单元八 涵洞施工	222
课题一 涵洞概述	222
课题二 各种类型涵洞的施工技术	232
课题三 涵洞附属工程施工	257
单元九 桥面系施工	265
课题一 梁间铰接缝施工	265
课题二 伸缩装置及其施工	272
课题三 桥面铺装层及桥面防护设施的施工	283
参考文献	292

单元一 绪 论

课题一 桥梁的发展史

知识点:

- ◎我国桥梁的发展史;
- ◎世界桥梁的发展史。

【任务引入】

桥梁不仅是一个国家文化的象征,更是生产发展和科学进步的写照。了解我国桥梁发展的历史和现状,和世界桥梁的发展相对比,从而增强同学们的学习兴趣,激发同学们的学习热情,为以后的进一步学习打下坚实的基础。

【任务分析】

1. 我国桥梁的发展史;
2. 世界桥梁的发展史。

【任务实施】

一、我国桥梁建筑概况

改革开放以来,我国公路建设进入了以高速公路为标志的快速发展阶段。随着国家实施积极的财政政策,公路投资力度不断加大,公路建设更是以前所未有的速度向前发展。这对于加强全国各族人民的团结,促进文化交流,巩固国防等都有非常重要的作用。

就桥梁的发展而言,可分为古代、近代和现代三个阶段,现分别介绍如下:

1. 古代

我国文化历史悠久,是四大文明古国之一。在古代,我国在许多科学技术方面远远超过同时代的欧洲。其中就桥梁而言,我们的祖先也在世界桥梁建筑史上写下了不少光辉灿烂的篇章。我国古代的桥梁不但数量惊人,类型也丰富多彩,几乎包括了所有近代桥梁中最主要的形式。所用的材料多是一些天然材料,例如土、石、木、砖等。

根据史料考证,早在三千年前的周文王朝代,就在宽阔的渭河上架设过大型浮桥。现代桥梁中广为修建的多孔桩柱式桥梁,据历史考证,我国在春秋战国时期(公元前332年)已遍布于黄河流域和其他地区,不同的只是古桥多以木桩为墩柱,上置木梁、石梁,而如今则都用钢筋混凝土土代之。

隋唐时期,是我国古代桥梁的兴盛年代,其间在桥梁形式、结构构造方面有着很多创新。举世闻名的河北赵县的赵州桥(又称安济桥),如图1-1-1所示,就是我国古代石拱桥的杰出代表。

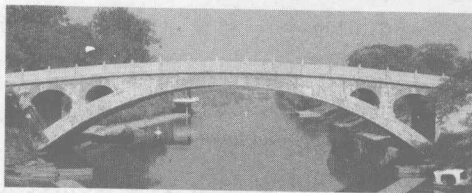


图1-1-1 赵州桥



【知识链接一】

赵州桥在隋大业初年(公元605年左右)为工匠李春所创建。该桥是一座空腹式的圆弧形石拱桥,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1t左右,用石灰浆砌筑。同时,在拱石表面凿有斜纹,在拱石的纵向间安放2对铁箍,在主拱跨中拱背上设置5根铁拉杆,并在拱顶石砌筑时采用刹尖方法使拱石挤压紧密,从而提高了拱圈的强度和整体性。

赵州桥的设计构思和工艺的精巧,不仅在我国古桥中首屈一指,据对世界桥梁的考证,像这样的敞肩拱桥,欧洲到19世纪中叶才出现,比我国晚了1200多年。赵州桥的雕刻艺术,包括栏板、望柱和锁口石等,其上的狮象龙兽形态逼真,琢工精致秀丽,不愧为文物宝库中的艺术珍品,且至今保存完好。

除赵州桥外,还有其他著名的石拱桥,如1189年修建的北京永定河上的卢沟桥(图1-1-2)、宋代建的苏州的枫桥(图1-1-3)和1750年建在颐和园内的玉带桥(图1-1-4)等。我国石拱桥的建造技术在明朝时流传到日本等国家,促进了与世界各国人民的文化交流并增进了友谊。

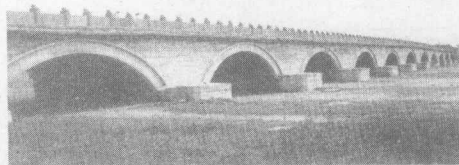


图1-1-2 卢沟桥

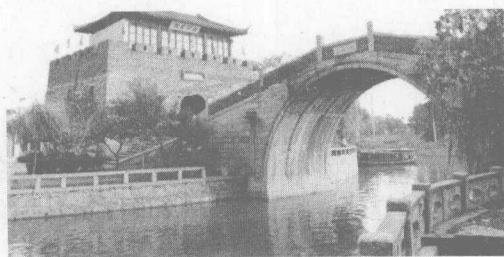


图1-1-3 枫桥

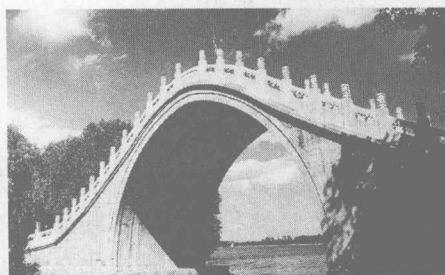


图1-1-4 颐和园内的玉带桥

【知识链接二】

颐和园内的玉带桥为清乾隆时建造,距今已有两百多年的历史。这是一座高拱石桥,造型简洁流畅,桥上望柱刻着仙鹤和祥云的图案。玉带桥在西堤六桥中最负盛名,流传着许多引人入胜的故事。现在,桥头还留有乾隆皇帝的御题,东面是:螺黛一痕平铺明月镜,虹光百尺横映水晶帘。西面是:地到瀛洲星河天上近,景分蓬岛宫阙水边多。

卢沟桥,原名“广利桥”,始建于金大定二十九年(公元1189年)。卢沟桥,全长266.5m,宽30m,由11个石拱联成,每个石拱跨度自16~21.6m不等,是一座典型的联拱石桥,拱与拱之间有石砌的桥墩,桥面平坦几乎与河面平行。桥墩北面像尖尖的箭头,南面呈方形。昔日,永定河水滔滔不绝,自北向南奔流。这样设计桥墩,显然是为了减轻河水对桥身的威胁。卢沟桥东西两端,各有一块石碑,东面的石碑上有清乾隆皇帝的御笔“卢沟晓月”四字,“卢沟晓月”是著名的燕京八大胜景之一。卢沟桥两侧,有石栏石柱。石柱的上面有许多石狮,由于这些石狮雕刻得惟妙惟肖,神态各异,大小混在一起,故有“卢沟桥上的狮子数不清”的说法。解放后,经北京市文物局的同志们编号检查,得出卢沟桥上的石狮总计485只的结论。这近500只

的石狮雌雄形态各异,雌的戏水,雄的弄绣球。从石狮的选料、刀工及风格程度上,人们可以推断:现存的石狮不是同一时期雕刻的。

我国是最早有吊桥的国家,迄今至少有三千年左右的历史。据记载,至迟在唐朝中期,我国就从藤索、竹索发展到用铁链建造吊桥,而西方在16世纪才开始建造铁链吊桥,比我国晚了近千年。至今尚保留下来的古代吊桥有四川泸定县的大渡河铁索桥(1706年)(图1-1-5)以及四川灌县的安澜索桥(1803年)等。

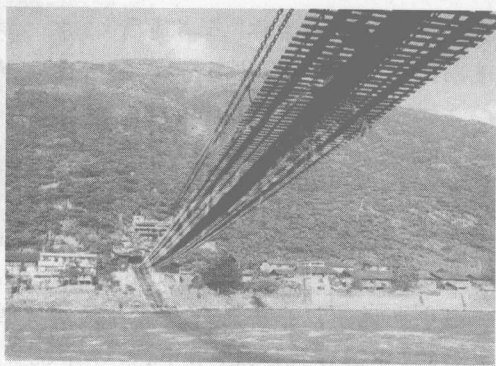


图1-1-5 大渡河铁索桥

【知识链接三】

大渡河上的泸定铁索桥跨长约100m,宽约2.8m,由13条锚固于两岸的铁索链组成。大渡河是岷江的一大支流,河宽300m,水深流急,两岸是险峻的群山,地势险要,大部队通过极其困难,1935年中国工农红军长征途中曾经强渡此桥,由此更加闻名。

安澜桥是世界上最著名的竹索桥,全长约340m,分8孔,最大跨径约为60m,全桥用24根由细竹篾编成的粗五寸(约16.5cm)的竹索组成,其中桥面索和扶栏索各半。

在秦汉时期我国已广泛修建石梁桥。世界上现存最长、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万安桥,也称洛阳桥。此桥长超过800m,共分47孔,位于海口江面上。此桥以磐石遍铺桥位江底,是近代筏形基础的开端,并且独具匠心地用养殖海生牡蛎的方法胶固桥基使成整体,此亦是世界上绝无仅有的造桥方法。

在我国古桥建筑中尚值得一提的是宋代建造的福建漳州江东桥(图1-1-6)和广东省潮安县横跨韩江的湘子桥(又名广济桥)(图1-1-7)。



图1-1-6 江东桥

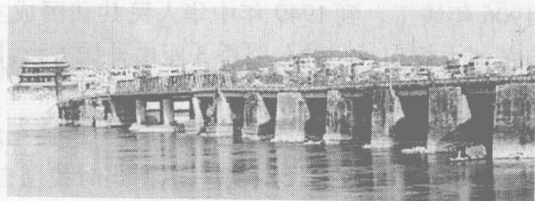


图1-1-7 广济桥

1240年建造的福建漳州江东桥,也是一座梁式石桥。此桥总长约335m,最长的石梁长23.7m。沿宽度用3根石梁组成,每根宽1.7m,高1.9m,重200t。该桥一直保存至今,据历史记载,这些巨大石梁是利用潮水涨落浮运架设的,足见我国古代加工和安装桥梁的技术何等高超。

【知识链接四】

江东桥又名通济桥,也称虎渡桥,是一座多孔梁式石桥,位于福建漳州龙文区与龙海市交界处,横跨于九龙江北溪下游。这里地处九龙江北溪与西溪交汇入海处,两岸峻山夹峙,江宽



流急,地势险要,古称“三省通衢”。相传初建桥时,桥墩屡建不稳,偶有猛虎负子过江,遂依虎道勘得水中礁石,乃就石垒墩,桥墩遂固,故名虎渡桥。

江东桥的石梁每根长22~23m、宽1.15~1.5m、厚1.3~1.6m,重达近200t。这是桥梁建筑中的伟大创举,中外建桥史上的奇迹。我国桥梁专家茅以升在1962年4月3日《人民日报》发表的《中国石拱桥》一文中说:“我国劳动人民在建筑技术上有很多创造,在起重吊装方面更有意想不到的办法,如福建漳州的江东桥,修建于八百年前,有的石梁一块就有二百来吨重,究竟是怎样安装上去的,至今还不完全知道。”英国剑桥大学博士李约瑟在《中国科学技术史》一书中也说:“江东桥是一个有趣的历史性问题。”国家文物局编辑的文物教材之一、罗哲文主编的《中国古代建筑》书中,第一章就提到:“虎渡桥重达二百吨的石梁,工匠们如何把它们架上波涛汹涌的急流之上,至今仍然令人为之惊叹。”

广济桥又称湘子桥,位于广东省潮安县潮城镇东,横跨韩江,始建于南宋乾道六年(1170年),历时57年建成。该桥全长515m,分东西两段18墩,中间一段宽约百米,因水流湍急,未能架桥,只用小船摆渡,当时称济州桥。明宣德十年(1435年)重修,并增建5墩,称广济桥。正德年间,又增建1墩,总共24墩。桥墩用花岗石块砌成,中段用18艘梭船联成浮桥,能开能合,当大船、木排通过时,可以将浮桥中的浮船解开,让船只、木排通过,然后再将浮船归回原处。该桥是中国也是世界上最早的一座开关活动式大石桥。广济桥上有望楼,为我国桥梁史上所仅见。

广济桥与赵州桥、洛阳桥、卢沟桥并称中国古代四大名桥,是中国桥梁建筑中的一份宝贵遗产。

2. 近代

尽管古代我国桥梁发展很快,然而,在近代桥梁建设的发展却是停滞不前。1840年鸦片战争后帝国主义列强的侵入和腐朽的社会制度,更使广大劳动人民处于水深火热之中,人民群众的无穷智慧被压抑和摧残。在桥梁建筑方面,大部分是外国投资、外国人设计、外商承包。黄河上的第一座正式桥梁是由比利时工程公司承包修建的郑州黄河铁路桥。该桥1903年开工,1906年竣工。到1949年中华人民共和国成立时,在黄河上只有郑州黄河铁桥、济南市的泺口黄河大桥和兰州的公路桥3座由外国人设计、施工的桥梁,但济南泺口黄河大桥还未施工完成,外国人就撤走了。

总之,解放前,我国交通事业落后,可供通车的公路里程很少,质量低劣。公路桥梁绝大多数为危桥,年久失修,破烂不堪。纵使当时我国自己也修过一些公路钢桁桥、吊桥和钢筋混凝土拱桥等,但与当时世界上桥梁建筑的技术水平相比,是处于很落后的状态。

3. 现代

1949年,我们迎来了中华人民共和国的诞生。随着我国建设的发展,桥梁建设也出现了突飞猛进的局面。

1957年,第一座长江大桥——武汉长江大桥(图1-1-8)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”。桥的正桥为三联 $3 \times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,双线铁路上层公路桥面宽18m,两侧各设2.25m人行道,包括引桥在内全桥总长1670.4m。大型钢梁的制造和架设、深水管柱基础的施工等,为发展我国现代桥梁技术开创了新路。

1962年建成的跨越伊河的洛阳龙门桥位于我国著名的龙门石窟附近,如图1-1-9所示。此桥主孔为90m,两边各60m,全长295m。龙门桥拱圈薄,造型美观,建筑精良。

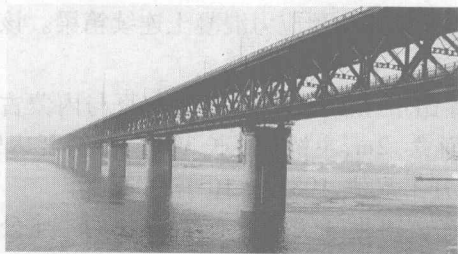


图 1-1-8 武汉长江大桥

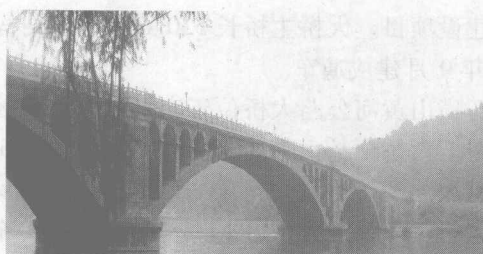


图 1-1-9 河南洛阳龙门桥

1969 年我国建成了举世瞩目的南京长江大桥,如图 1-1-10 所示,这是我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强钢材的现代大型桥梁。正桥除北岸第一孔为 128m 简支钢桁梁外,其余为 9 孔 3 联,每联为 $3 \times 160\text{m}$ 的连续钢桁梁。上层是公路桥面,下层为双线铁路,包括引桥在内,铁路部分全长 6 772m,公路部分为 4 589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,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建桥事业已达到了世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

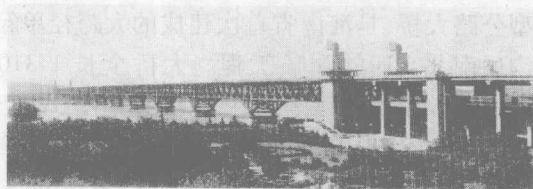


图 1-1-10 南京长江大桥

1972 年建成的山东北镇黄河公路大桥,位于山东省滨州市,主桥采用 $4 \times 112\text{m}$ 的栓焊接连续钢桁梁桥。大桥由钢桁架主桥和预应力引桥两部分组成,全长 1 394m,桥面可并排通过 3 辆卡车,两侧各有 1.5m 宽的人行道。

黄河上第一座特大型桥梁是洛阳黄河公路大桥。该桥为 67 孔跨径达 50m 的预应力混凝土 T 形简支梁桥,全长 3 429m,于 1976 年建成。

1980 年建成的重庆长江公路大桥为 T 型刚构桥梁。该桥共 8 孔,跨径布置为 $86.5\text{m} + 4 \times 138\text{m} + 156\text{m} + 174\text{m} + 104.5\text{m}$,总长 1 120m,桥头有大型人像雕塑。大桥毗连山城重庆,飞越长江,十分宏伟壮观。

济南黄河公路大桥位于山东省济南北郊,是一座预应力混凝土斜拉桥,如图 1-1-11 所示。大桥由主桥和引桥组成,总长 2 023.44m,主桥长 488m,有 5 个孔,其中最大跨径 220m,在当时世界十大预应力混凝土斜拉桥中排行第 8 位。桥面分行车道和人行道两部分,全宽为 19.5m,其中行车道为 15m。该桥于 1978 年 12 月正式破土动工,1982 年 7 月建成通车。

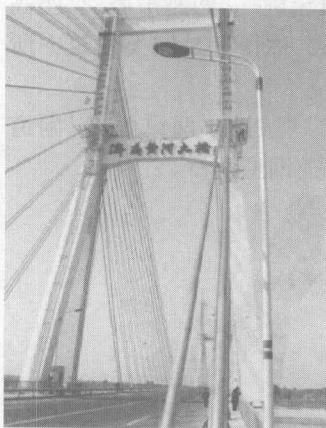


图 1-1-11 济南黄河公路大桥

包头黄河公路大桥位于内蒙古包头市南端,全长 810m,宽 12m,是当时中国建成的跨径最大的多点顶推法施工连续梁桥。该桥于 1983 年 10 月建成通车。

东营黄河公路大桥位于黄河三角洲上的山东省东营市垦利县城附近,地处黄河最下游,距黄河入海口约 40km。大桥全长 2 817.46m,主桥长 682m,共有 76 孔,主孔跨径 288m,桥面宽 19.5m,其中车行道 16m。此桥在国内首次采用了新型钢箱斜拉式结构。在大桥钢梁腹部,还设有直径为 529mm 的大型输油管道。该桥于 1985 年 12 月正式动工修建,1987 年 9 月建成通车。

乌海黄河公路大桥位于内蒙古乌海市,是国家“七五”期间



重点建设项目。大桥主桥长 530.6m,上部结构为 8 孔 1 联的预应力混凝土连续箱梁。该桥于 1988 年 9 月建成通车。

石嘴山黄河公路大桥位于宁夏回族自治区石嘴山市东郊渡口,是连接宁夏与内蒙古的交通枢纽。大桥全长 551.28m,桥头引道 1 000m,桥面宽 12m,主桥 4 孔长 300m,孔跨度达 90m,是一座大跨度 T 型刚构桥梁。该桥于 1987 年 3 月开工兴建,1988 年 10 月建成通车。

东明黄河公路大桥(图 1-1-12)位于山东省菏泽市西北,是山东省境内最长的一座公路大桥,被誉为“齐鲁第一桥”。该桥是国道 106 线跨越黄河的特大桥梁,全长 4 142.14m,宽 18.5m,4 车道。该桥于 1991 年 10 月正式开工修建,1993 年 9 月全桥竣工通车。

三门峡黄河公路大桥位于山西省平陆县和河南省三门峡市之间,是黄河上的第五座特大型公路大桥,是河南省首次建成的大跨径单箱单室连续刚构桥,是国道 209 线联结晋、豫两省,沟通南北交通的咽喉工程。大桥全长 1 310m,宽 18.5m,高 50m,最大跨径 160m。该桥于 1991 年 11 月开工兴建,1993 年 12 月正式通车。

1993 年,作为第二京广线要隘的九江长江大桥(图 1-1-13)竣工通车,该桥铁路部分全长 7 675.4m,主桥的通航主孔为 180m + 216m + 180m 的钢桁梁与钢拱组合体系,是一座结构更新颖、施工更为先进的公路铁路两用特大钢桥。

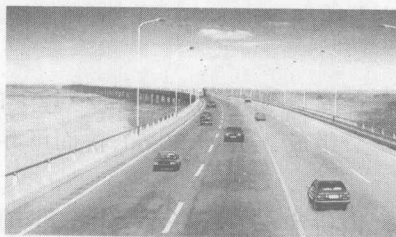


图 1-1-12 东明黄河公路大桥

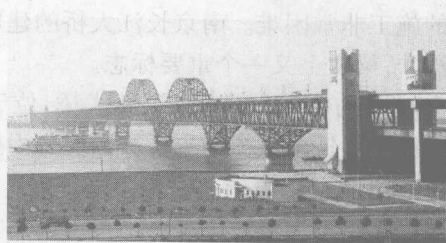


图 1-1-13 九江长江大桥

银川黄河公路大桥全长 1 219.9m,宽 23m,主孔跨径为 90m,是一座预应力钢筋混凝土 T 型刚构桥。该桥于 1994 年 7 月建成通车。

青海龙羊黄河公路大桥为单悬索加劲钢桁架式大桥,跨度为 100m。该桥于 1994 年 12 月开工建设,1996 年 10 月建成通车。

香港青马大桥(图 1-1-14),可算是世界级建筑,它横跨青衣岛及马湾,全长 2 160m,主桥跨度也达 1 377m,同类桥型中名列世界第五,与江阴长江大桥是“姐妹桥”。两座吊塔,每座高 206m,离海面 62m。1992 年,青马大桥开始建造,仅以 5 年时间完成,称得上是同类建筑中所花时间最短的。它壮观恢弘的气势完全超越了美国的金门大桥。

华夏第一桥——江阴长江公路大桥(图 1-1-15),是我国“八五”规划的“两纵两横”国道主干线中沿海主骨架的跨江工程,是目前中国第一、世界第四大跨径钢悬索桥。



图 1-1-14 香港青马大桥

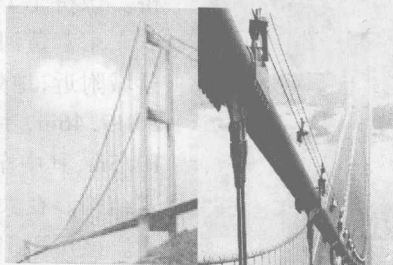


图 1-1-15 江阴长江大桥

【知识链接五】

江阴长江公路大桥由桥塔、主缆、锚碇和钢箱梁等主要部件组成。大桥全长3 071m,主跨1 385m;桥面宽33.8m,双向6车道,设计车速100km/h;通航净空为50m,可通行5万吨级巴拿马型散货轮。江阴长江公路大桥的两根主索,各长约2 400m,直径近1m,每根重约1.4万吨,主索用127根直径5.3mm的钢丝搅成索,再由169股钢索组成主索。主桥每边有85个吊杆,每个吊杆2根,用以连接主索和桥面。两岸索塔高程为196.236m,相当于65层楼高。北塔基长43.5m,宽73.5m,下有123根近90m长的基础桩。北锚的混凝土陈井平面长69m,宽51m(面积相当于一块足球场大)。沉入地面58m,被称为世界第一大沉井。

江阴长江大桥于1994年11月22日正式开工,1999年10月1日顺利通车。

国道205线滨州黄河公路大桥(图1-1-16)是黄河上第一座三塔斜拉桥。大桥总投资7.35亿元,主桥工程自2001年8月28日正式破土动工,历时近3年,于2004年7月18日竣工通车。

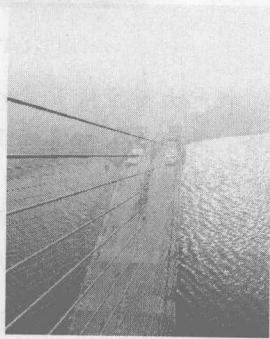


图1-1-16 滨州黄河公路大桥

【知识链接六】

滨州黄河公路大桥全长768m,宽32.8m,创造了我国建桥史上的5个第一:一是黄河上最深的钻孔灌注桩,达120m;二是中塔高达125m,为黄河桥梁之最;三是大桥桥塔梁固结的设计方案在全国斜拉桥中为首例;四是按设计尺寸所做的主梁节段与塔柱节段工程试验为目前国内首次;五是采取了目前国内最先进的液压爬模技术,它是国内最宽的预应力混凝土箱形桥梁。

杭州湾跨海大桥(图1-1-17)北起嘉兴市海盐,跨越杭州湾海域,止于宁波市慈溪,全长36km,成为目前世界上已建成或在建中的最长跨海大桥。

【知识链接七】

杭州湾跨海大桥于2003年11月14日开工,计划于2007年11月30日前完成桥面铺装,2008年奥运会前建成通车。

大桥按双向6车道高速公路设计,设计时速100km,设计使用年限100年,总投资约118亿元。

此桥在科技方面创造了6项世界或国内第一:一是长度在目前世界上在建和已建的跨海大桥中位居第一;二是在国内第一次明确提出了设计使用寿命大于或等于100年的耐久性要求;三是杭州湾跨海大桥50m箱梁“梁上运梁架设”技术,架设运输重量从900t提高到1 430t,到目前为止居世界第一;四是为解决大型混凝土箱梁早期开裂的工程难题,在国内第一次成功实施了“二次张拉技术”;五是整桩螺旋钢管桩长度在国内外桥梁钢管桩中位居第一;六是第一次采用有控制放气的安全施工工艺,这一施工工艺在世界同类地理条件中尚属首创。

武汉天兴洲长江大桥(图1-1-18)是我国首座铁路四线的公铁两用斜拉桥,大桥主跨504m,是目前世界上跨度最大、荷载最大的公铁两用斜拉桥。

【知识链接八】

武汉天兴洲长江大桥,其504m的主跨位居世界同类桥梁之首,大桥荷载也列世界第一。





图 1-1-17 杭州湾跨海大桥

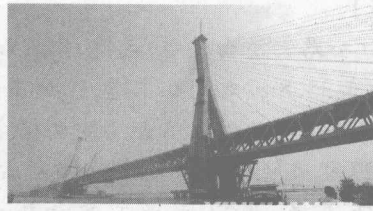


图 1-1-18 武汉天兴洲长江大桥

托起大桥主桥重量的两座主塔均为国内斜拉桥主塔中体积最大、结构最复杂、荷载最大的主塔。其中 3 号主塔高 190m, 连同桩基础共用混凝土 $83\ 200\text{m}^3$ 、钢筋 17 850t, 建成后的桥梁自重达 2 万吨, 均居世界同类斜拉桥主塔之最。

武汉天兴洲大桥钢梁是世界上首次采用三主桁、三索面的新型结构形式。大桥于 2008 年 8 月 31 日建成, 总投资约 30 亿元。

二、世界各国桥梁建筑现状

圬工拱桥在国外也有较早的发展历史, 1855 年起法国建造了第一批应用水泥砂浆砌筑的石拱桥。大约在 1870 年时, 德国建造了第一批采用硅酸盐水泥的混凝土拱桥。目前世界上跨度最大的石拱桥是 1946 年瑞典建成的绥依纳松特桥, 跨度为 155m。

由于钢筋混凝土材料的兴起, 以其突出的受压性能, 又促进了大跨度拱桥的发展。从 19 世纪末到 20 世纪 50 年代间, 钢筋混凝土拱桥无论跨越能力、结构体系或主拱截面形式均有很大发展。法国于 1930 年建成的 3 孔 186m 博浪加斯脱桥和瑞典 1840 年建造的跨径 264m 的桑独桥, 均达到了很高的技术水平。后者的跨度纪录一直保持到 1964 年澳大利亚悉尼港柏拉马塔河桥的问世 ($L=305\text{m}$, 有支架施工)。

鉴于修建钢筋混凝土拱桥的支架、模板的复杂性, 加之耗费劳动力过大, 故以后在国外很少采用。直到 1979 年, 前南斯拉夫用无支架悬臂施工方法建成了跨度达到 390m 的克尔克大桥, 又重新突破了柏拉马塔河桥保持了达 15 年之久的世界纪录。

钢筋混凝土梁式桥, 限于材料本身所固有特性, 其跨越能力远逊色于拱桥。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但波尔河的水道桥, 主跨为 60.35m。

19 世纪后期, 预应力混凝土桥梁迅速发展之前, 在资本主义发达国家内曾风行修建钢桥, 并已达到相当高的技术水平。目前世界上跨度最大的铁路简支钢桁架桥, 当数美国 1917 年建成的都会桥, 跨度 220m。最大跨径的钢连续梁桥是日本 1988 年建成的与岛公铁两用桥 ($L=245\text{m}$) 和 1992 年建成的生月大桥 ($L=400\text{m}$)。1917 年加拿大修建的魁北克桥 (公铁两用, $L=549\text{m}$), 至今仍是钢悬臂梁桥的世界之最。日本 1974 年修建的港大桥是公路钢桁悬臂梁桥, 跨度也达 510m。国外钢拱桥也发展得较早, 澳大利亚在 1932 年修建的公铁两用钢桁架拱桥 ($L=503\text{m}$), 直到 1977 年其跨度纪录才被美国的新河桥所突破 ($L=518\text{m}$)。

19 世纪中期, 预应力技术的渐趋成熟, 又促进了预应力混凝土梁式桥的迅速发展。1977 年奥地利建成了一座跨径达 76m 的预应力混凝土简支梁桥——阿尔姆桥。前联邦德国最早用平衡悬臂法建造预应力混凝土桥梁, 特别是在 1952 年成功地建成了莱茵河上的沃伦姆斯桥 (跨度为 101.65m + 114.20m + 104.20m, 具有跨中剪力铰的 T 型刚构桥) 后, 这种方法就传播

到全世界。后来莱茵河上另一座本道尔夫桥的问世,将这类桥型的跨度推进到 208m,悬臂施工技术也更臻完善。之后,日本于 1976 年建成了跨度达 240m 的浜名大桥,1980 年在美国太平洋托管区的帕洛岛建成了主跨为 240.80m 的斜勒巴贝尔塞浦桥。目前在国外跨度最大的预应力混凝土连续梁桥是瑞士的莫塞尔桥($L = 192\text{m}$,1974 年);悬臂梁桥是英北爱尔兰的马丹桥($L = 252\text{m}$,1988 年);T 型刚构桥是巴拉圭的亚松森桥($L = 270\text{m}$,1978 年);连续刚构桥是澳大利亚的门道桥($L = 260\text{m}$,1986 年);斜腿刚架桥是法国的博诺姆桥($L = 186.3\text{m}$,1974 年)。

悬臂桥在国外发展也很早,美国在 19 世纪中期从法国引进了近代悬索桥技术后,于 19 世纪 70 年代就发明了“空中架线法”编纺桥缆。1937 年建成的旧金山金门大桥,如图 1-1-19 所示,主跨达 1 280m,一直保持了 27 年的世界纪录,至今仍是一座举世闻名的集工程技艺和建筑艺术于一体的宏伟美观的桥梁建筑。而具代表性的现代悬索桥有丹麦的大贝尔公路桥($L = 1624\text{m}$,1988 ~ 1998 年)和日本的明石海峡公铁两用桥(1988 ~ 1998 年)。



图 1-1-19 美国金门大桥

日本明石海峡大桥主跨 1 991m(960m + 1 991m + 960m),全长 3 910m,为三跨两铰加劲桁梁式悬索桥,钢桥 283m,高 333m,桥宽 35.5m,双向 6 车道,加劲梁 14m,抗震强度按 1/150 的频率,承受 8.5 级强烈地震和抗 150 年一遇的 80m/s 的暴风设计,为目前世界上跨度最大的悬索桥,也是世界上最长的双层桥。它跨越日本本州岛—四国岛之间的明石海峡,是连接内陆工业的重要纽带,最终实现了日本人一直想修建一系列桥梁把 4 个大岛连在一起的愿望,创造了本世纪世界建桥史的新纪录,总投资约 40 亿美元。1995 年 1 月 17 日,日本阪神发生里氏 7.2 级大地震(震中距桥址才 4km),大桥附近的神戸市内近 5 000 人丧失,10 万余幢房屋被夷为平地,但该桥经受住了大自然的无情考验,地震时该桥刚刚完成桥塔与主缆施工工作,开始架设加劲梁。大桥在此次地震中仅有微小损坏,由于地面运动,两塔基础之间的距离增加了 80 cm,桥塔顶倾斜了 10 cm,使主跨增加了近 80 cm,从而接近于 1 991m,主缆垂度因此减少了 130 cm。除地震以外,还必须保证大桥在台风季节能够经受住时速超过 200km 的狂风的袭击。

世界上第一座现代公路斜拉桥是 1955 年在瑞典建成的斯特罗姆海峡钢斜拉桥,主跨为 186.2m。之后,1962 年在委内瑞拉马拉开湖上建成了主桥跨度为 160m + 5 × 235m + 160m 的大跨度预应力混凝土斜拉桥。经过 40 多年来的建桥实践,充分证明这种桥型(包括各种混凝土与钢结合形式的斜拉桥)对于大跨度桥梁有很大的适应性。可以相信,在设置锚碇比较困难的情况下,在 1 000m 左右的跨度范围内斜拉桥将能与常用的悬索桥相竞争。1987 年在美国佛罗里达州坦帕海湾上建成的阳光大桥,为主桥跨径 164.6m + 365.8m + 164.6m 的单索面混凝土斜拉桥,桥面总宽度 29.0m。

苏通大桥是目前世界上规模最大、技术难度最度的斜拉桥。大桥主跨径达 1 088m,比已建成的世界上最大路径的日本多多罗大桥和法国诺曼底大桥长 200m 左右,比香港计划建设的昂船州大桥长 70m。苏通大桥建成后,将成为目前世界上最大跨度的斜拉桥。大桥主塔高 298m,为世界第一高桥塔,比日本明石大桥高近 20m,比国内最高桥塔高出近 100m。



课题二 桥梁的组成与分类

模块一 桥梁的基本组成

知识点：

- ◎ 桥梁的组成；
- ◎ 桥梁各部分的尺寸。

技能点：

- ◎ 根据桥梁模型能指出各组成部分；
- ◎ 根据桥梁模型能说明各部分尺寸。

【任务引入】

桥梁指的是路线为跨越山谷、河流或人工障碍物(路线)而修建的结构物。认识桥梁,需要从桥梁的基本组成入手。

【任务分析】

1. 桥梁的组成；
2. 桥梁各部分的尺寸。

【任务实施】

一、桥梁组成

图 1-2-1、图 1-2-2 和图 1-2-3 分别表示几种常见桥梁的实例图。图 1-2-4 和图 1-2-5 分别表示梁桥和拱桥的示意图。从图 1-2-4 和图 1-2-5 示意图中可看出,一般桥梁通常是由上部结构、下部结构、附属结构和支座等部分组成。

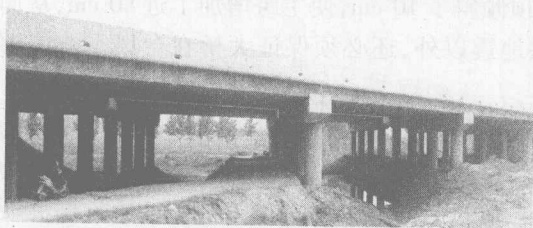


图 1-2-1 梁桥实例图

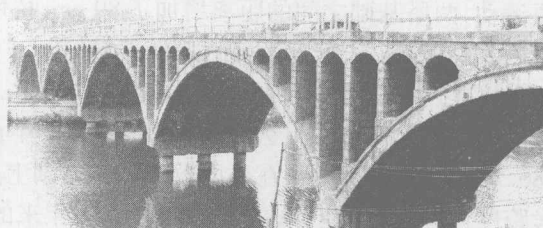


图 1-2-2 拱桥实例图



图 1-2-3 斜拉桥实例图