



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

桥梁施工技术

主 编 贾亚军

副主编 陈五四 王 博

马 莉 侯小强



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

桥梁施工技术

主 编 贾亚军

副主编 陈五四 王 博

马 莉 侯小强



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据我国高等职业技术教育教学改革精神和专业办学的需要编写,适应高职高专道路桥梁工程技术专业教学的要求,力求结合实践,突出案例教学,内容够用且实用。本书共9章,内容包括:绪论、桥梁施工机械设备、桥梁基础施工技术、桥梁墩台施工、钢筋混凝土简支梁施工、预应力混凝土梁桥施工、拱式桥施工、斜拉桥施工、悬索桥施工技术、桥面系及附属工程施工。

本书适用于高职高专道路桥梁工程技术专业以及其他土建类相关专业的教材使用,也可供工程技术人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工技术 / 贾亚军主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012.2
普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8647-5

I. ①桥… II. ①贾… III. ①桥梁施工—技术—高等职业教育—教材 IV. ①U445.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第014351号

书 名	普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材 桥梁施工技术
作 者	主编 贾亚军 副主编 陈五四 王博 马莉 侯小强
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18印张 427千字
版 次	2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序



“十二五”时期，高等职业教育面临新的机遇和挑战，其教学改革必须动态跟进，才能体现职业教育“以服务为宗旨、以就业为导向”的本质特征，其教材建设也要顺应时代变化，根据市场对职业教育的要求，进一步贯彻“任务导向、项目教学”的教改精神，强化实践技能训练、突出现代高职特色。

鉴于此，从培养应用型技术人才的期许出发，中国水利水电出版社于2010年启动了土建类（包括建筑工程、市政工程、工程管理、建筑设备、房地产等专业）以及道路桥梁工程等相关专业高等职业教育的“十二五”规划教材，本套“普通高等教育高职高专土建类‘十二五’规划教材”编写上力求结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新规范、新案例，内容上力求精简理论、结合就业、突出实践。

随着教改的不断深入，高职院校结合本地实际所展现出的教改成果也各不相同，与之对应的教材也各有特色。本套教材的一个重要组织思想，就是希望突破长久以来习惯以“大一统”设计教材的思维模式。这套教材中，既有以章节为主体的传统教材体例模式，也有以“项目—任务”模式的“任务驱动型”教材，还有基于工作过程的“模块—课题”类教材。不管形式如何，编写目标均是结合课程特点、针对就业实际、突出职业技能，从而符合高职学生学习规律的精品教材。主要特点有以下几方面：

（1）专业针对性强。针对土建类各专业的培养目标、业务规格（包括知识结构和能力结构）和教学大纲的基本要求，充分展示创新思想，突出应用技术。

（2）以培养能力为主。根据高职学生所应具备的相关能力培养体系，构建职业能力训练模块，突出实训、实验内容，加强学生的实践能力与操作技能。

（3）引入校企结合的实践经验。由企业的工程技术人员参与教材的编写，将实际工作中所需的技能与知识引入教材，使最新的知识与最新的应用充实到教学过程中。

(4) 多渠道完善。充分利用多媒体介质,完善传统纸质介质中所欠缺的表达方式和内容,将课件的基本功能有效体现,提高教师的教学效果;将光盘的容量充分发挥,满足学生有效应用的愿望。

本套教材适用于高职高专院校土建类相关专业学生使用,亦可为工程技术人员参考借鉴,也可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书。本套丛书的出版对于“十二五”期间高职高专的教材建设是一次有益的探索,也是一次积累、沉淀、迸发的过程,其丛书的框架构建、编写模式还可进一步探讨,书中不妥之处,恳请广大读者和业内专家、教师批评指正,提出宝贵建议。

编委会

2011年12月

前言



高等职业技术教育培养面向施工技术、工程管理一线需要的高素质技能型专门人才的目标定位；在行业标准指导下，以施工（工作）过程为导向，构建能满足就业岗位需要并使学生具备一定的可持续发展能力，既相互独立又相互联系的理论知识培养系统和实践能力培养系统；理论性课程采用课堂授课的教学组织形式，兼有理论和实践教学要求的课程采用多种形式的理—实一体化教学组织形式，培养实践动手能力的课程采用校内试验、实训和校外实习相结合的教学组织形式。

本书根据以上高等职业技术教育专业人才培养方案提出的最新人才培养模式，系统介绍了常见的四大类桥梁结构与构造的施工方法和施工技术，突出实用性和科学性的特点，引入了行业最新标准，在吸取了大量施工一线的专家意见的基础上编写而成，可作为道路桥梁工程技术专业、市政工程技术专业通用教材，内容包括：绪论、桥梁施工机械设备、桥梁基础施工技术、桥梁墩台施工、钢筋混凝土简支梁施工、预应力混凝土梁桥施工、拱式桥施工、斜拉桥施工、悬索桥施工技术、桥面系及附属工程施工。

本书由甘肃林业职业技术学院贾亚军担任主编，重庆建筑工程职业学院陈五四、甘肃交通职业技术学院王博、甘肃林业职业技术学院马莉、甘肃建筑职业技术学院侯小强担任副主编。具体分工如下：绪论、第1章第1.1节、第3章、第5章、第6章、第7章部分内容、第8章、第9章由甘肃林业职业技术学院贾亚军编写；第1章、第4章、第6章由重庆建筑工程职业学院陈五四编写；第2章由甘肃林业职业技术学院马莉编写；第7章、第9章部分内容由甘肃交通职业技术学院王博编写，第3章第3.1节、第2章第2.3节由甘肃建筑职业技术学院侯小强编写。全书由甘肃林业职业技术学院贾亚军统稿。

在编写过程中得到了中国水利水电出版社的大力支持和帮助；并参阅了大量的文献资料，在此一并深表谢意。

由于编写水平有限，书中难免有疏漏之处，恳切希望读者批评指正，以便再版时修改。

编者

2011年6月17日

目 录

序	
前言	
绪论	1
0.1 桥梁基本知识	1
0.2 桥梁施工方法	17
复习思考题	27
第1章 桥梁施工机械设备	29
1.1 概述	29
1.2 混凝土施工设备	29
1.3 预应力混凝土施工设备	36
1.4 桥梁施工主要起重设备	41
1.5 桥梁施工常用机具及部件	47
复习思考题	54
第2章 桥梁基础施工技术	55
2.1 概述	55
2.2 明挖基础施工	55
2.3 桩基础施工	67
2.4 沉井与沉箱基础施工	80
第3章 桥梁墩台施工	87
3.1 概述	87
3.2 石砌墩台施工	104
3.3 墩台附属工程施工技术	107
复习思考题	113
第4章 钢筋混凝土简支梁施工	114
4.1 概述	114
4.2 施工支架与模板	115
4.3 钢筋骨架安装	119
4.4 混凝土工程	125
4.5 构件的移运和堆放	128

4.6 装配式梁桥的安装	131
第5章 预应力混凝土梁桥施工	137
5.1 先张法预应力简支梁桥的施工工艺	137
5.2 后张法预应力简支梁桥的施工工艺	144
5.3 预应力混凝土连续梁桥施工	157
复习思考题	173
第6章 拱式桥施工	174
6.1 概述	174
6.2 有支架施工	175
6.3 悬臂浇筑施工	182
6.4 拱桥的装配式施工	183
6.5 钢管混凝土拱桥施工	196
6.6 拱桥的转体施工	201
第7章 斜拉桥施工	207
7.1 概述	207
7.2 索塔施工	208
7.3 主梁施工	214
7.4 斜拉索施工	216
7.5 斜拉桥施工控制与施工质量要求	226
复习思考题	227
第8章 悬索桥施工技术	229
8.1 概述	229
8.2 锚碇与塔施工	233
8.3 主缆施工	240
8.4 加劲梁施工	252
复习思考题	258
第9章 桥面系及附属工程施工	259
9.1 概述	259
9.2 桥面铺装	260
9.3 伸缩缝装置及其安装	264
9.4 梁间铰接缝施工	273
9.5 其他附属工程施工	277
复习思考题	279
参考文献	280

绪 论

0.1 桥梁基本知识

0.1.1 桥梁发展概况

0.1.1.1 桥梁在交通建设中的地位

桥梁是一种具有承载能力的架空建筑物，它的主要作用是供铁路、公路、渠道、管线和人群等跨越江河、山谷或其他障碍，它是交通线的重要组成部分。由于桥梁修建的艰巨性，它往往是交通工程中的关键工程。

由于科学技术的进步，桥梁设计理论和建造技术的不断发展，人们建造了许多高大的立交桥、城市高架桥、跨越江、河和海湾（或海峡）的大桥，这些巨大的实体工程常常使人们产生美的感受，激发人们的自豪感，成为人们生活环境中使人印象深刻的标志性建筑物。因此，桥梁建筑也常作为一种空间艺术结构存在于社会中。

在国防上，桥梁还是交通运输的咽喉，在需要高度快速、机动的现代战争中，它具有非常重要的地位。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。改革开放以来，我国社会主义现代化建设和各项事业获得了世人瞩目的成就，公路交通的大发展和西部地区的大开发为公路桥梁建设带来了良好的机遇。近年来，我国大跨径桥梁的建设进入了一个最辉煌的时期，在中华大地上建设了一大批结构新颖、技术复杂、设计和施工难度大、科技含量高的大跨径斜拉桥、悬索桥、拱桥和 PC 连续刚构桥，积累了丰富的桥梁设计和施工经验，我国公路桥梁建设水平已跻身于国际先进行列。

在公路建筑中，桥涵是路线的重要组成部分。就其数量来说，即使地形不复杂的地段，每公里路线上一般也有 2~3 座桥涵。到 2002 年年底，全国公路桥梁的数量已达 29.9 万座，总长度 1161.2 万延米。就其造价来说，桥梁一般要占公路全部造价的 10%~20%。同时，桥涵施工也比较复杂。因此，正确、合理地进行桥涵设计和施工，对于节约材料，加快施工进度，降低工程费用，保证工程质量和公路的正常营运，都有着极其重要的意义。

0.1.1.2 我国桥梁建设概况

我国的桥梁建筑在历史上是辉煌的，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的主要形式。所用的材料多是一些天然材料，例如土、石、木、砖等。

根据史料记载，在三千年前的周文王时期，我国就在渭河上架设过大型浮桥。据考证，在秦汉时代我国就开始大量建造石桥。隋唐时期，是我国古代桥梁的兴盛年代，其间在桥梁形式、结构构造方面有很多创新。宋代之后，建桥数量大增，桥梁的跨越能力、造型和功能都有所提高，充分表现了我国古代工匠的智慧和艺术水平。举世闻名的河北省赵



县的赵州桥（又称安济桥），就是我国古代石拱桥的杰出代表（见图 0-1）。该桥在隋大业初年（公元 605 年左右）由李春父子所建，是一座空腹式的圆弧形石拱桥，全长 50.82m，净跨 37.02m，宽 9m，拱矢高度 7.23m。赵州桥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。赵州桥至今仍保存完好。



图 0-1. 赵州桥

我国是最早有吊桥的国家，迄今已有三千年的历史。据记载，到唐朝中期，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的泸定铁索桥（1706 年）以及灌县的安澜竹索桥（1803 年）等。泸定铁索桥跨长约 100m，宽约 2.8m，由 13 条锚固于两岸的铁链组成，1935 年中国工农红军长征途中曾强渡此桥，由此更加闻名（见图 0-2）。



图 0-2 泸定铁索桥



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，又称洛阳桥（见图0-3）。此桥长达800多米，共47孔，位于“波涛汹涌，水深不可址”的海口江面上。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。万安桥的石梁共300余根，每根重20~30t，这样重的梁在当时采用“激浪以涨舟，悬机以弦牵”的方法架设。据分析就是利用潮汐的涨落控制船只的高低位置，这也是现代浮运架桥的雏形。



图0-3 泉州万安桥

新中国成立后，我国的公路建设事业突飞猛进，桥梁建设取得很大成就。1957年，第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成，结束了我国万里长江无桥的状况，标志我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到新的起点。大桥的正桥为三联 $3\times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁，下层双线铁路，上层公路桥面宽18m，两侧各设2.25m宽的人行道，包括引桥在内全桥总长1670.4m。1969年我国又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥，这是我国自行设计、制造、施工，并使用国产高强度钢材的现代化大型桥梁（见图0-4）。该桥上层为公路桥，下层为双线铁路，包括引桥在内，铁路桥梁全长6772m，公路桥梁全长为4589m。桥址处水深流急，河床地质极为复杂，大桥桥墩基础的施工非常困难。南京长江大桥的建成，标志着我国的建桥技术已达到世界先进水平，也是我国桥梁史上又一个重要标志。

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥，在我国也获得了很大的发展（见图0-5）。对于中小跨径的梁桥（跨径为5~25m），已广泛采用配置低合金钢筋的装配式钢筋混凝土板式或肋板式梁式的标准式设计，它不但经济适用，并且施工方便，能加快建桥速度。我国装配式预应力混凝土简支梁桥的标准化设计，跨径达40m。1976年建成了洛阳黄河公路大桥，跨径为50m，全长达3.4km。1997年建成的主跨为270m的虎门大桥辅航道桥是中国跨度最大的预应力混凝土梁桥，其跨度世界排名第三位。



图 0-4 南京长江大桥

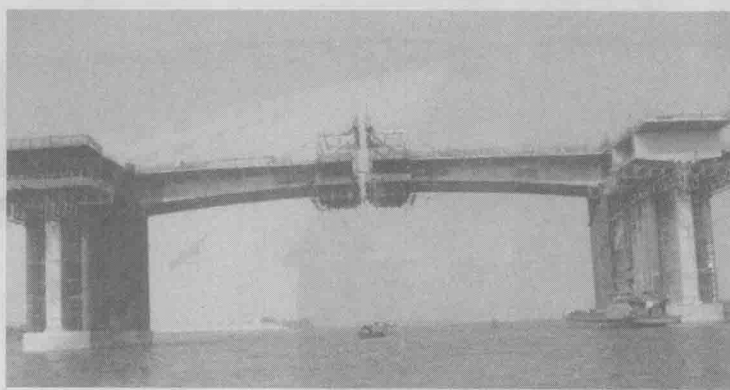


图 0-5 梁式桥

斜拉桥，由于其结构合理，跨度能力大，用材指标低和外形美观等优点发展迅速，目前我国主跨超过 600m 的斜拉桥有 4 座（见图 0-6）。已建成的南京长江二桥，为主跨

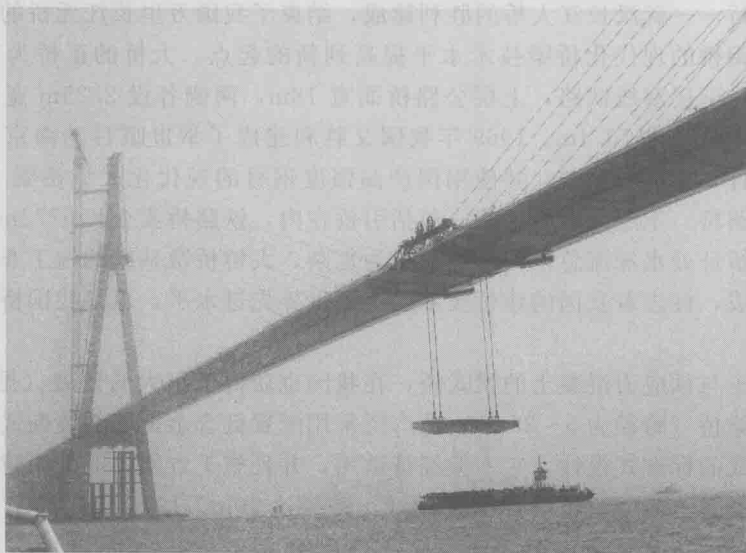


图 0-6 斜拉桥



628m 的钢箱梁；武汉白沙洲长江大桥，为主跨 618m 的混合梁；福建青州闽江大桥，其主跨为 605m；1993 年建成的上海杨浦大桥，主跨为 602m，闽江大桥和杨浦大桥均为钢筋混凝土组合梁。这 4 座斜拉桥的跨度目前在世界上分别列在第 4、第 5、第 6 和第 7 位（以上排位暂未计入已建成的苏通大桥和昂船洲大桥）。

悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的。我国于 1999 年 9 月建成通车的江阴长江大桥，主跨 1385m，是中国第一座跨度超过千米的钢箱悬索桥，世界排名第四。该桥在沉井、地下连接墙、锚碇、挂索等工程施工中创造的经验，将会推动我国悬索桥施工技术的进一步发展。我国香港的青马大桥，全长 2160m，主跨 1377m，为公铁两用双层悬索桥，是香港 21 世纪标志性建筑（见图 0-7）。它把传统的造桥技术升华至极高的水平，宏伟的结构令世人赞叹，在世界 171 项工程大赛中荣获“建筑业奥斯卡奖”。

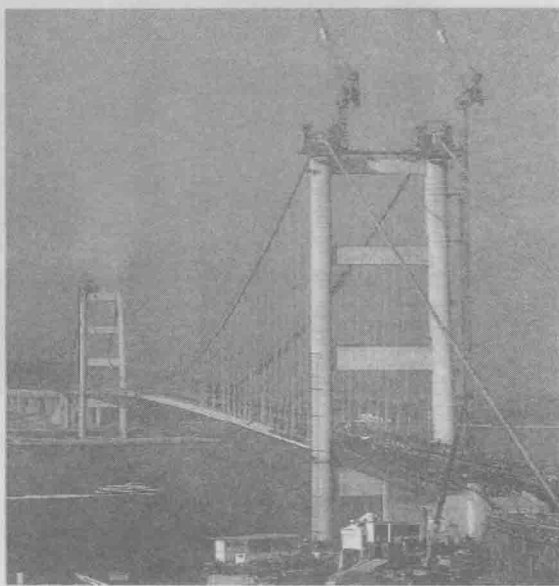


图 0-7 香港青马大桥

21 世纪初，我国的交通事业和桥梁建设出现了一个全新的时期，突出体现在高速公路建设和国道系统的畅通以及桥梁技术、桥型、跨越能力和施工管理水平的升华。截至 2004 年底，高速公路里程达 3.42 万 km，每百平方公里密度达到 21.67km。如今，一个干支衔接、布局合理、四通八达的公路网已经形成，公路交通对国民经济发展的“瓶颈”制约状况得到有效缓解。所以，我们应该不断努力，不断吸取国内外桥梁建设的先进技术和有益经验，为我国的桥梁建设做出更大的贡献。

0.1.1.3 国外桥梁建设概况

纵观世界桥梁建筑发展的历史，桥梁建设的发展与社会生产力的发展，工业水平的提高，施工技术的进步，数学、力学理论的进展，计算技术的改革关系最为密切。

17 世纪中期以前，建筑材料基本上只限于土、石、砖、木等材料，采用的结构也较简单。17 世纪 70 年代开始使用生铁，19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁与房屋，由于这些材料的本身缺陷，使土木工程的发展仍然受到限制。19 世纪中期，钢材的出现使得钢结构得到了蓬勃发展，开始了土木工程的第一次飞跃。20 世纪初，钢筋混凝土的广泛应用，以及随后预应力混凝土的诞生，实现了土木工程的第二次飞跃。

从以上可以看出，资本主义时代，工业革命促使生产力大幅度提高，从而促进了桥梁建筑技术空前的发展。

下面是世界各国的典型桥例，从中可看出其现状和发展概况。

1998 年 4 月竣工的日本明石海峡大桥是日本神户和濑户内海中大岛淡路岛之间的明

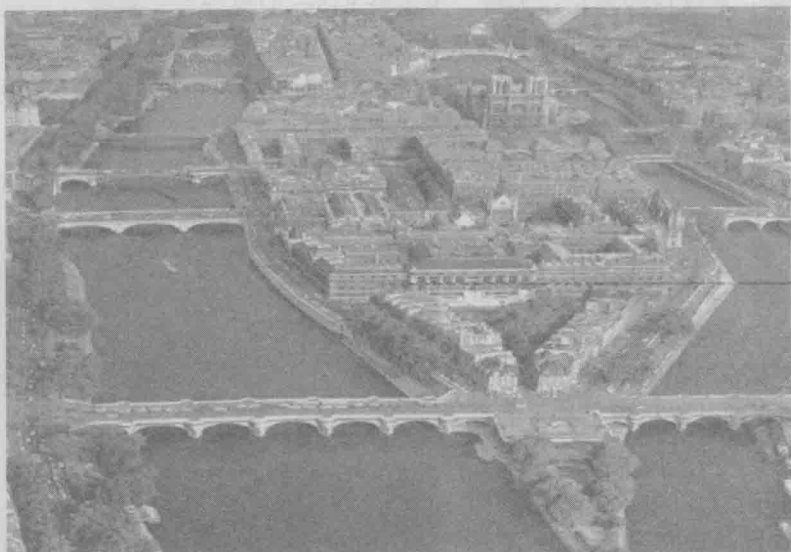


图 0-8 塞纳河西岱岛附近的桥梁群

石海峡上的一座大跨径悬索桥，主跨径为 1991m，为当前世界同类桥梁之首，其桥塔高度也为世界之冠（见图 0-9）。两桥塔矗立于海面以上约 300m。桥塔下基岩为花岗岩，但埋置深度，均距海平面 150m 以下。



图 0-9 日本明石海峡大桥

加拿大的安纳西斯桥，是世界上较大的斜拉桥，于 1986 年建成，主跨 465m，桥宽 32m。桥塔采用钢筋混凝土结构，塔高 154.3m，主梁采用混凝土桥面板与钢筋组合结构。日本多多罗桥于 1998 年竣工，该桥位于日本的本州岛与四国岛联络线上，是目前世界跨径第二大的斜拉桥，主跨为 890m（见图 0-10）。



图 0-10 日本多多罗桥

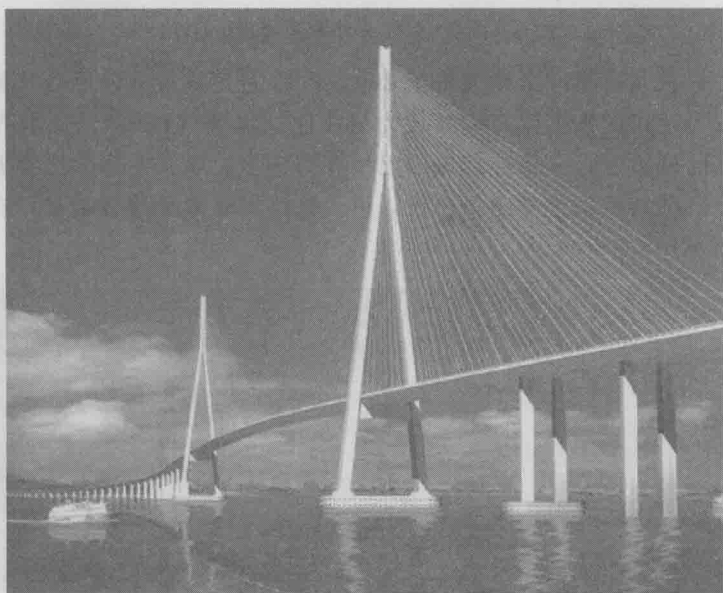


图 0-11 奥地利阿尔姆桥

1977 年建成的奥地利里的阿尔姆桥，主跨为 76m，是世界上最大的预应力混凝土简支桥梁。

加拿大的魁北克桥属于世界著名的跨度最长的悬臂桁架梁桥，桥的主跨为 548.6m，桥全长为 853.6m。

世界上最长的拱、梁组合钢桥首推美国的弗莱蒙特桥。这是三跨连续加劲拱桥，主跨



382.6m, 双层桥面。该桥主跨中央 275.2m 的结构部分重约 6000t, 采用一次提升架设。

前南斯拉夫克罗地区的克尔克 1 号桥, 桥跨 390m, 是世界上除万县长江大桥外的跨度第二大的钢筋混凝土拱桥, 见图 0-12, 拱肋为单箱三室断面, 采用悬臂拼装法施工, 中室先行拼装合拢, 再拼装两侧边室。该桥于 1980 年建成, 充分利用了当地的地理条件, 与周围环境协调自然。

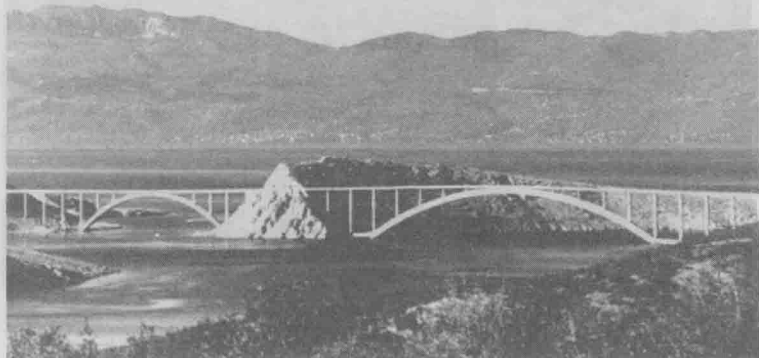


图 0-12 克尔克 1 号桥

世界最高、最长大桥法国米约大桥于 2004 年 12 月正式投入使用。法国人希望这座像是一连串惊叹号建成的恢宏建筑能够成为另一座“埃菲尔铁塔”, 让世界叹为观止。这座有史以来最高的桥梁也是一条连接法国巴黎、郎格多克以及西班牙巴塞罗那的高速公路的重要组成部分。米约桥就像三座斜拉桥, 由 7 根巨型柱紧紧连接起来, 在两个高原上绵延曲折 2.4km (见图 0-13)。



图 0-13 法国米约大桥

纵观大跨度桥梁的发展趋势, 可以看到世界桥梁建设必将迎来更大规模的建设高潮,



同时对桥梁技术的发展提出了更新的要求。

0.1.1.4 现代桥梁发展趋势

(1) 大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展。研究大跨度桥梁在气动、地震和行车动力作用下结构的安全和稳定性,将截面做成适应气动要求的各种流线型加劲梁,增大特大跨度桥梁的刚度;采用以斜揽为主的空间网状承重体系;采用悬索桥加斜拉的混合体系;采用轻型而刚度大的复合材料做加劲梁,采用自重轻、强度高的碳纤维材料做主揽。

(2) 新材料的开发和应用。新材料应具有高强、高弹模、轻质的特点,研究超高强硅烟和聚合物混凝土、高强双相钢丝钢纤维增强混凝土、纤维塑料等一系列材料取代目前桥梁用的钢和混凝土。

(3) 在设计阶段采用高度发展的计算机辅助手段,进行有效的快速优化和仿真分析,运用智能制造系统在工厂生产部件,利用 GPS 和遥控技术控制桥梁施工。

(4) 大型深水基础工程。目前世界桥梁基础尚未有超过 100m 深海基础工程,下一步需进行 100~300m 深海基础的实践。

(5) 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,一旦发生故障或损伤,将自动报告损伤部位和养护对策。

(6) 重视桥梁美学及环境保护。桥梁是人类最杰出的建筑之一,闻名遐迩的有美国旧金山金门大桥、澳大利亚悉尼港桥、日本明石海峡大桥、中国上海杨浦大桥、南京长江二桥、香港青马大桥,这些著名大桥都是一件件宝贵的空间艺术品,成为陆地、江河、海洋和天空的景观,成为城市标志性建筑(图 0-14、图 0-15)。宏伟壮观的澳大利亚悉尼港桥与现代化别具一格的悉尼歌剧院融为一体,成为今日悉尼的象征。因此,21 世纪的桥梁结构必将更加重视桥梁美学和景观设计,重视环境保护,达到人文景观同环境景观的完美结合。



图 0-14 亚历山大三世桥