



全国交通土建高职高专规划教材

(第二版)

桥涵设计

Qiaohan Sheji

李加林 刘孟良 主编

黄 侨 [哈尔滨工业大学] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

全国交通土建高职高专规划教材

Qiaohan Sheji

桥 涵 设 计

(第二版)

李加林 刘孟良 主编
黄 侨[哈尔滨工业大学] 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为 21 世纪交通版交通土建高职高专规划教材。全书共分六篇,第一篇介绍了桥梁基本概念、桥梁总体规划设计及桥梁上的作用;第二篇介绍了梁桥的构造及混凝土简支梁桥的计算;第三篇介绍了拱桥的构造、拱桥的设计及拱桥的计算;第四篇为斜拉桥及悬索桥简介;第五篇介绍了桥梁墩台结构设计、桥墩计算及桥台计算;第六篇介绍了涵洞的构造及涵洞的设计和计算。

本书可作为交通高等职业技术教育道路桥梁工程技术专业桥梁与隧道工程专业、工程监理专业教材,亦可供从事公路与桥梁工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

桥涵设计/李加林,刘孟良主编. —2 版. —北京:人民交通出版社,2007.8

ISBN 978-7-114-06643-6

I. 桥… II. ①李…②刘 III. 桥涵工程—设计 IV. U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 090901 号

书 名: 全国交通土建高职高专规划教材

桥涵设计(第二版)

著 作 者: 李加林 刘孟良

责任编辑: 师 云 邓 莉

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.ccpress.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: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 408 千

版 次: 2002 年 8 月 第 1 版

2007 年 8 月 第 2 版

印 次: 2007 年 8 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 12 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06643-6

印 数: 34001~37000 册

定 价: 29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会

主任委员 张洪滨(吉林交通职业技术学院)

副主任委员(按姓氏笔画为序)

田 平(河北交通职业技术学院)

李全文(四川交通职业技术学院)

陈方晔(湖北交通职业技术学院)

俞高明(安徽交通职业技术学院)

彭富强(湖南交通职业技术学院)

程兴新(陕西交通职业技术学院)

刘建明(青海交通职业技术学院)

张润虎(贵州交通职业技术学院)

陆春其(南京交通职业技术学院)

钟建民(山西交通职业技术学院)

谢远光(重庆交通职业技术学院)

郭发忠(浙江交通职业技术学院)

委员(按姓氏笔画为序)

王 彤(辽宁交通高等专科学校)

王连威(吉林交通职业技术学院)

王常才(安徽交通职业技术学院)

白淑毅(广东交通职业技术学院)

刘孟良(湖南城建职业技术学院)

刘福明(南昌工学院)

张世海(甘肃交通职业技术学院)

张美珍(山西交通职业技术学院)

李中秋(河北交通职业技术学院)

李加林(广东交通职业技术学院)

杨晓丰(黑龙江工程学院)

周传林(南京交通职业技术学院)

金仲秋(浙江交通职业技术学院)

赵树青(山东交通职业学院)

曹雪梅(四川交通职业技术学院)

黄万才(四川交通职业技术学院)

裴俊华(甘肃林业职业技术学院)

晏 杉(云南交通职业技术学院)

王海春(青海交通职业技术学院)

王穗平(河南交通职业技术学院)

孙元桃(宁夏交通学校)

吴继锋(江西交通职业技术学院)

张保成(内蒙古大学职业技术学院)

李仕东(鲁东大学交通学院)

沈建康(徐州建筑职业技术学院)

李绪梅(新疆交通职业技术学院)

周志坚(福建交通职业技术学院)

郭秀芹(山东省公路高级技工学校)

金 桃(贵州交通职业技术学院)

姚 丽(辽宁交通高等专科学校)

夏连学(河南交通职业技术学院)

彭 芳(内蒙古河套大学)

梁金江(广西交通职业技术学院)

薛安顺(陕西交通职业技术学院)

秘 书 长 卢仲贤(人民交通出版社)

总 序

针对高职高专教材建设与发展问题,教育部在《关于加强高职高专教材建设的若干意见》中明确指出:先用2至3年时间,解决好高职高专教材的有无问题。再用2至3年时间,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材,形成**一纲多本、优化配套**的高职高专教育教材体系。

2001年7月,由人民交通出版社发起组织,15所交通高职院校的路桥系主任和骨干教师相聚昆明,研讨交通土建高职高专教材的建设规划,提出了28种高职高专教材的编写与出版计划。后在交通部科教司路桥工程学科委员会的具体指导下,在人民交通出版社精心安排、精心组织下,于2002年7月前完成了28种路桥专业高职高专教材出版工作。

这套教材的出版发行首先解决了交通高职教育教材的有无问题,有力支持了路桥专业高职教育的顺利发展,也受到了全国各高职院校的普遍欢迎。

随着高职教育教学改革的深入发展、高职教学经验的丰富与积累,以及本行业有关技术标准规范的更新,本套教材在使用了2至3轮的基础上,对教材适时进行修订是十分必要的,时机也是成熟的。

2004年8月,人民交通出版社在新疆乌鲁木齐召开了有19所交通高职院校领导、系主任、骨干教师共41人参加的教材修订研讨会。会议商定了本套教材修订的基本原则、方法和具体要求。会议决定本套教材更名为“交通土建高职高专统编教材”,并成立了以吉林交通职业技术学院张洪滨为主任委员的“交通土建高职高专统编教材编审委员会”,全面负责本套教材的修订与后续补充教材的建设工作。

2005年6月,编委会在长春召开了同属交通土建大类、与路桥专业链接紧密的“工程监理专业、工程造价专业、高等级公路维护与管理专业”主干课程教材研讨会,正式规划和启动了这三个专业教材的编写出版工作。

2005年12月,教育部高等教育司发布了“关于申报普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”选题的通知(教高司函[2005]195号),人民交通出版社积极推荐本套教材参加了“十一五”国家级规划教材选题的评选。

2006年6月,经教育部组织专家评选、网上公示,本套教材中有十五种入选为“十一五”国家级规划教材,标志着广大参与本套教材编写的教师的辛勤劳动得到了社会的认可、本套教材的编写质量得到了社会的认同。

在本套教材多数入选“十一五”国家级规划教材的结果的鼓舞和推动下,2006年7月,交通土建高职高专统编教材编审委员会及时在银川召开会议,有24所各省区交通高职院校或开有交通土建类专业的高等学校系主任、专业带头人、骨干教师以及人民交通出版社领导共39位代表出席了本次会议。会议就全面落实教育部“十一五”国家级规划教材的编写工作进行了研讨。与会代表一致认为必须以入选的十五种国家级规划教材为基本标准,进一步全面提升本套教材的编写质量,编审委员会将严格按照国家级规划教材的要求审稿把关,并决定本套教材更名为“**全国交通土建高职高专规划教材**”,原编委会相应更名为“**全国交通土建高职**”

高专规划教材编审委员会”。以期在全国绝大多数交通高职院校和开办有交通土建类专业的高等院校的参与、统筹、规划下,本套教材中有更多的进入“十一五”国家级规划教材行列。

本套高职高专规划教材具有以下特色:

——顺应交通高职院校人才培养模式和教学内容体系改革的要求,按照专业培养目标,进一步加强教材内容的针对性和实用性,适应学制转变,合理精简和完善内容,调整教材体系,贴近模块式教学的要求;

——实施开放式的教材编审模式,聘请高等院校知名教授和生产一线专家直接介入教材的编审工作,更加有利于对教材基本理论的严格把关,有利于反映科研生产一线的最新技术,也使得技能培训与实际密切结合;

——全面反映 2003 年以来的公路工程行业已颁布实施的新标准规范;

——服务于师生、服务于教学,重点突出,逐章均配有思考题或习题,并给出本教材的参考教学大纲;

——注重学生基本素质、基本能力的培养,教材从内容上、形式上力求更加贴近实际;

——为加强学生的实际动手能力,针对《工程测量》、《道路建筑材料》等课程,本套教材特别配套有实训类辅导教材。

本套教材的出版与修订再版始终得到了交通部科教司路桥工程学科委员会和全国交通职教路桥专业委员会的指导与支持,凝聚了交通行业专家、教师群体的智慧和辛勤劳动。愿我们共同向精品教材的目标持续努力。

向所有关心、支持本套教材编写出版的各级领导、专家、教师、同学和朋友们致以敬意和谢意。

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会

人民交通出版社

2006 年 8 月

第二版前言

本教材依据教育部对高职高专人才培养目标、培养标准、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和素质结构的要求,学习掌握最新的技术标准,在第一版的基础上进行修订编写。

按照道路桥梁工程技术专业以培养技能型人才为主线的要求,对传统的专业技术基础课和专业课程进行了整合。第二版所编写的教材更适合高职教育的特点,强调现代教学技术应用的需要和教学课件应用的简捷明了。每章列有内容提要 and 复习思考题,便于学生学习和掌握本章核心内容。

体现以职业能力为本位,以应用为核心,以实用、实际、实效为原则,紧密结合工程实际。采用最新的技术标准、规范和规程。注重培养学生爱岗敬业,树立安全意识和环保意识,按需施教、因材施教。

《桥涵设计》是高职高专院校道路桥梁工程技术专业规划教材之一,编写内容采用国家及行业最新技术标准和技术规范。本书对桥梁的基本概念、总体设计、梁桥、拱桥、墩台、涵洞构造及设计方法作了全面地论述;介绍了工程设计中实用的计算方法;选编了最新的理论、新工艺、新结构、新材料。编写内容力求文字简练,深入浅出,注重理论联系实际,真正体现了职业技术教育特色,具备了科学性、先进性、实用性,注重学生综合素质的提高。

参加本书编写的有:广东交通职业技术学院李加林(编写第一篇的第一章、第二章、第三章、第二篇的第一章、第二章及第五篇的第一章)、吉林交通职业技术学院于辉(编写第三篇的第一章、第二章、第三章)、湖南城建职业技术学院刘孟良(编写第四篇的第一章、第二章及第六篇的第一章、第二章)、湖南交通职业技术学院闵涛(编写第五篇的第二章)。全书由李加林、刘孟良担任主编,哈尔滨工业大学黄侨教授担任主审。

交通土建高职高专统编教材编审委员会特邀哈尔滨工业大学黄侨教授担任本书主审。本教材在修订过程中,得到了广东省公路规划设计院教授级高级工程师柴耀东、人民交通出版社卢仲贤编审的指导和帮助,附于本书末的主要参考文献的作者们对本教材的完成给予了大力支持,同时也得到吉林交通职业技术学院申健老师提供的勘误表及建议。

第二版有配套光盘一张,由湖南城建职业技术学院刘孟良副教授制作,长安大学徐岳教授担任主审,由人民交通音像电子出版社出版。

书中难免有错误之处,敬请广大读者批评指正,在此表示衷心感谢。

编者

2007年7月

第一版前言

公路交通事业作为国民经济的基础产业,发展势头迅猛,这样对职业技术教育提出了更高的要求,如何为社会培养出适应生产、建设、管理、服务第一线需要的技术应用型专门人才是职业技术学院的任务。为了满足交通高等职业技术教育路桥专业实用型人才对桥梁工程的基本知识、基本结构及具备桥涵基本设计能力的需求,填补交通高等职业教育公路与桥梁专业教材的空白,根据路桥工程学科委员会交通职业技术教育路桥专业教学研究与教材建设联络组2001年7月昆明会议精神,编写了本教材。

本书由吉林交通职业技术学院白淑毅教授主编,烟台师范交通学院于敦荣主审。具体编写情况如下:第一篇的第一章、第二章、第三章,第二篇的第一章、第二章,第三篇的第一章,由吉林交通职业技术学院白淑毅编写,第三篇的第二章、第三章由吉林交通职业技术学院于辉编写,第四篇由湖南交通学校王中伟编写,第五篇由湖南交通职业技术学院闵涛编写,第六篇由新疆交通职业技术学院李轮编写。

本书编写内容采用了国家及行业最新技术标准和技术规范,全书对桥梁的基本概念、总体设计、梁桥、拱桥、墩台、涵洞构造及设计方法作出了全面的论述;介绍了工程设计中实用的计算方法,对一些中、小跨径的桥涵如何套用标准图作了说明;选编了最新的理论、新工艺、新结构、新材料。编写内容力求文字简练,深入浅出,注重理论联系实际。为了便于学生学习,在各章节的计算理论后面均附有计算示例,真正体现了职业技术教育特色,具备了科学性、先进性、实用性,注重学生综合素质的提高。

本教材在编写过程中,得到人民交通出版社卢仲贤同志、吉林省公路勘测设计院总工程师柴耀东同志的指导、帮助,附于书末的主要参考文献,作者们对本书完成给予了巨大支持,在此一并致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,编写时间紧迫,书中的不妥和谬误之处在所难免,敬请读者批评指正,在此表示衷心感谢。

编者

2002年3月

目 录

第一篇 总 论

第一章 概论	1
第一节 桥梁建筑概况	1
第二节 桥梁的组成和分类	7
复习思考题	12
第二章 桥梁总体规划设计	13
第一节 桥梁总体规划及基本设计资料	13
第二节 桥梁设计程序及设计方案比选	14
第三节 桥梁纵、横断面设计和平面布置	17
复习思考题	20
第三章 桥梁上的作用	22
第一节 永久作用	23
第二节 可变作用	24
第三节 偶然作用	34
第四节 作用效应组合	34
复习思考题	38

第二篇 梁 桥

第一章 梁式桥的构造	40
第一节 梁桥的分类	40
第二节 梁桥的细部构造	42
第三节 简支板桥的构造	52
第四节 装配式钢筋混凝土简支梁桥的设计与构造	59
复习思考题	68
第二章 混凝土简支梁桥的计算	69
第一节 行车道板的计算	69
第二节 主梁内力计算	76
第三节 横隔梁内力计算	97
第四节 挠度、预拱度的计算	100
复习思考题	101

第三篇 拱 桥

第一章 拱桥的构造	103
-----------	-----

第一节 拱桥的受力特点及适用范围	103
第二节 拱桥的组成及建筑类型	103
第三节 主拱圈的构造	105
第四节 拱上建筑的构造	115
复习思考题	122
第二章 拱桥的设计	123
第一节 拱桥的总体设计	123
第二节 拱轴线的选择及拱上建筑的布置	124
第三节 拱桥主要尺寸的拟定	125
第四节 拱桥上部构造体积计算	127
复习思考题	128
第三章 拱桥的计算	129
第一节 无铰拱的几何性质及弹性中心	129
第二节 永久作用下拱的内力计算	136
第三节 可变作用下拱的内力计算	140
第四节 温度变化和混凝土收缩产生的拱圈内力	142
第五节 拱圈强度及稳定性验算	143
第六节 裸拱圈强度验算	149
复习思考题	150

第四篇 斜拉桥及悬索桥

第一章 斜拉桥	151
第一节 概述	151
第二节 斜拉桥的构造特点	155
第三节 斜拉桥设计简介	167
复习思考题	170
第二章 悬索桥	171
第一节 概述	171
第二节 悬索桥的构造	173
第三节 悬索桥设计简介	179
复习思考题	182

第五篇 桥梁墩台

第一章 桥梁墩台结构设计	183
第一节 概述	183
第二节 桥墩构造	184
第三节 桥台构造	191
复习思考题	200
第二章 桥墩计算	201
第一节 作用及其组合	201

第二节 重力式桥墩计算..... 205

第三节 桩柱式桥墩的计算..... 213

复习思考题..... 215

第三章 桥台计算..... 216

第一节 重力式桥台的计算..... 216

第二节 梁桥轻型桥台计算..... 218

复习思考题..... 221

第六篇 涵 洞

第一章 涵洞的构造..... 222

第一节 概述..... 222

第二节 涵洞的构造..... 224

第三节 涵洞的野外勘测..... 235

复习思考题..... 237

第二章 涵洞的设计和计算..... 238

第一节 涵洞的设计..... 238

第二节 涵洞的计算..... 241

第三节 涵洞设计计算实例..... 247

复习思考题..... 248

附录一 《桥涵设计》课程教学大纲 249

附录二 《桥涵设计》多媒体教程简介 254

主要参考文献..... 255

第一篇 总 论

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,公路建设以前所未有的速度向前发展,这对改善人民的生活环境、改善投资环境,促进经济发展,起到了关键作用。

在公路、铁路、城市和农村道路以及水利建设中,为了跨越各种障碍(如河流、沟谷或其他道路等),必须修建各种类型的桥梁与涵洞,因此桥涵是交通路线中的主要组成部分。随着科技的进步、工业水平的提高、社会生产力的高速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。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。就其造价来说,桥梁一般要占公路全部造价的10%~20%,是保证全线通车的咽喉。同时,桥涵施工也比较复杂。因此,正确地、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。

第一章 概 论

〔提要〕 本章简要介绍了国内外桥梁建筑的概况及桥梁建设发展动态、桥梁的组成及分类,解释了桥梁名称及术语。

第一节 桥梁建筑概况

一、我国桥梁建筑概况

我国改革开放几十年来,随着科学技术的快速进步、工业化水平的提高、社会生产力的高速发展,我国桥梁建筑无论在规模上还是在技术水平上,均已跻身世界先进行列。各种功能齐全、造型美观的城市立交桥、高架桥及跨越各种障碍物的大跨径公路、铁路桥,如雨后春笋般相继建成。在我国公路2020年远景规划中,跨越渤海湾、杭州湾、琼州海峡及舟山群岛连岛工程等大型工程已列入规划建设阶段。如2003年6月开工建设的浙江杭州湾跨海大桥是国道主干线——同三线跨越杭州湾的便捷通道,大桥北起嘉兴市海盐郑家埭,跨越宽阔的杭州湾海域后止于宁波市慈溪水路湾,全长36km,大桥建成后将缩短宁波至上海间的陆路距离120余公里。

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最主要形式。所用的材料多是一些天然材料,例如土、石、木、砖等。

根据史料考证,在三千年前的周文王朝代,就有在渭河上架设浮桥和建造石桥的文字记

载。隋唐时期,是我国古代桥梁的兴盛年代,在桥梁形式、结构构造方面都有很多创新。宋代之后,建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能也有所提高,充分体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。该桥在隋大业初年(公元605年左右)为李春所创建,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。赵州桥至今仍保存完好。

我国是最早有吊桥的国家,迄今已有三千年左右的历史。据记载,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。至今保留下来的古代吊桥有四川泸定县的大渡河铁索桥(1706年)以及灌县的安澜竹索桥(1803年)等。泸定铁索桥桥跨长约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,因此更加闻名。

在秦汉时期我国已广泛修建石梁桥。世界上现在尚存最长、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。此桥长达800多米,共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之成为整体。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原始雏形。

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,从此“一桥飞架南北,天堑变通途”,也标志着我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平被提高到了新的起点。大桥的正桥为8墩9孔三联 $3 \times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,下层为双线铁路,上层公路桥面宽18m,两侧各设2.25m人行道,包括引桥全桥总长1670m。1969年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,并使用国产高强钢材的现代化大型桥梁。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,显示出我国的钢桥建设已接近世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

从拱桥的发展进程来看,在20世纪50年代左右,进入了全盛时期。1958~1960年期间,我国因地制宜、就地取材,修建了大量经济美观的石拱桥。目前已建成的世界跨度最大的石拱桥是于1999年底建成的跨度为146m的山西丹河新桥。世界最大跨度的混凝土拱桥当属1997年建成的重庆万县长江大桥,为420m,其主拱圈是采用劲性骨架法进行施工的。上海2003年建成通车的卢浦大桥主跨550m,为中承式钢箱拱桥,比原世界第一的美国西弗吉尼亚桥还长31.8m,成为世界第一钢拱桥。

钢管混凝土拱桥是一种钢—混凝土复合材料的拱桥,该桥型在我国近年来发展很快。自20世纪90年代以来,我国建成跨径大于120m的钢管混凝土拱桥40多座。2000年建成的广州丫髻沙珠江大桥,为主跨360m的中承式钢管混凝土拱桥,是当时世界第一钢管混凝土拱桥。2005年1月8日竣工通车的巫山长江大桥也属中承式钢管混凝土拱桥,在建设中创造了当时桥梁建设的5项世界第一,即组合跨径、每节段绳索吊装质量、吊塔距离、拱圈管道直径和吊装高度世界第一。主跨跨径492m,居同类型世界第一。

钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥,在我国也有很大的发展。对于中小跨径,一般采用简支梁,30m 以下宜用标准化跨径,已广泛采用的是配置低合金钢筋的装配式钢筋混凝土板式或T形梁式设计,它不但经济适用,并且施工方便,建桥速度快。对于高等级公路桥上的多跨简支梁,随着车速和行车舒适性要求的提高,简支梁多采用桥面或结构连续,以减少伸缩缝的数量。我国跨径最大的简支梁桥,是1997年建成的昆明南过境高架桥,跨径63m。1997年建成的主跨为270m的虎门大桥辅航道桥是我国跨度最大的预应力混凝土梁桥,世界排名第三位。

预应力混凝土斜拉桥,由于结构合理,跨度能力大,用材指标低和外形美观而迅速发展。我国斜拉桥起步比较晚,1975年建成的跨径76m的四川云阳桥是国内第一座斜拉桥,20世纪90年代以后,因跨越大江大河的需要,斜拉桥得到了快速的发展,陆续修建了一系列特大跨度的斜拉桥。据不完全统计,我国建成的斜拉桥已超过100座,其中跨度超过400m的斜拉桥已达20座,居世界首位。目前我国主跨超过600m的钢梁斜拉桥有5座。

2008年建成通车的苏通长江公路大桥路线全长32.4km,其中跨江大桥长8146m,大桥主桥为跨径1088m的斜拉桥,建成后将成为世界最大跨径的斜拉桥;大桥主墩基础由131根长约120m、直径2.5~2.8m的群桩组成,是世界规模最大、入土最深的群桩基础;大桥桥塔采用高300.4m的混凝土塔,为世界最高桥塔;大桥最长拉索长达577m,为世界最长拉索。苏通大桥中跨现已合龙,全桥贯通,标志着世界桥梁建设的最深基础、最高桥塔、最长拉索、最大主跨四项新纪录诞生。

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,是我国第一座跨度超过千米的钢箱梁悬索桥,世界排名第四。该桥在沉井、地下联结墙、锚碇、挂索等工程施工中总结的经验,推动了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。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”。2005年建成通车的江苏润扬长江大桥南汊桥采用跨径为1490m的单孔双铰钢箱梁悬索桥,为目前“中国第一、世界第三”大跨径桥梁。

正在建设的舟山大陆连岛工程中的西堠门大桥,是一座全长2586m,主跨1650m的悬索桥。大桥设计速度为80km/h,桥面全宽35m,设计载荷为公路—I级。大桥建成后,其主跨跨径仅次于日本明石海峡大桥,居世界第二。

我国的交通事业和桥梁建设出现了一个全新的时期。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,我们应不断努力,不断吸取国内外桥梁建筑的先进技术和有益经验,为我国的桥梁建设作出更大的贡献。

二、国外桥梁建筑概况

世界桥梁建筑的发展,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及计算技术的改革等方面都有关系,其中与建筑材料改革的关系最为密切。

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,实现了土木工程第

二次飞跃。

从以上情况可以看出,工业革命促使生产力大幅度增长,从而促进了桥梁建筑技术方面空前的发展。

下面是世界各国的典型桥例,可从中看出其现状和发展概况。

1883年建成的纽约布鲁克林悬索桥,跨径达483m,开创了现代悬索桥的先河。1937年建成的旧金山金门大桥,主跨达1 280m,保持了27年的世界纪录,至今金门大桥仍是举世闻名的桥梁经典之作。1998年四月建成通车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石海峡上的一座大跨径悬索桥,主跨径为1 990m,居当前世界同类桥梁之首,其桥塔高度也为世界之冠。两桥塔矗立于海面以上约300m。桥塔下基岩为花岗岩,但埋置很深,均在海平面150m以下。

世界上第一座现代化斜拉桥是1955年瑞典建成的斯特多姆海峡桥,其主跨跨径达128.6m。加拿大的安纳西斯桥,是当时世界上较大的斜拉桥,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梁组合结构。日本多多罗大桥于1998年竣工,是目前跨径最大的斜拉桥,其主跨跨径为890m。

1977年建成的奥地利的阿尔姆桥,主跨跨径为76m,是世界上跨度最大的预应力混凝土简支梁桥。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,主跨跨径为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(Fremont)桥,是三跨连续加劲拱桥,主跨跨径382.6m,双层桥面。该桥主跨中央275.2m的结构部分重约6 000t,采用一次提升架设。1980年建成的克罗地亚的克拉克大桥,桥跨390m,是世界上跨度第二大的钢筋混凝土拱桥,拱肋为单箱三室断面,采用悬臂拼装法施工,中室先行拼装合龙,再拼装两侧边室。

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方向也提出了新的要求。

(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性和稳定性,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;采用以斜缆为主的空间网状承重体系;采用悬索加斜拉的混合体系;采用轻型并且刚度大的复合材料做加劲梁;采用自重轻、强度高的碳纤维做主缆。

(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,用以取代目前桥梁用的钢和混凝土。

(3) 新的设计、施工技术开发和应用

在设计阶段采用高度发展的计算机辅助手段,进行有效地快速优化和仿真分析,运用智能化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无超过100m深海基础工程,下一步需进行100~300m深海基础的实践。

(5) 自动监测和管理系统的应用

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) 重视桥梁美学和环境保护

对桥梁造型的艺术要求越来越高,重视桥梁美学和环境保护,达到人文景观同环境景观的完美结合。在 20 世纪桥梁工程大发展的基础上,描绘 21 世纪的宏伟蓝图,桥梁建设技术将有更大、更新的发展。

三、桥梁发展动态

桥梁发展大致经历了以下三次飞跃:

- (1)19 世纪中叶钢材的出现及随后又出现的高强度钢材,使桥梁工程的发展获得了第一次飞跃,跨度不断加大。
 - (2)20 世纪初,钢筋混凝土的应用以及 30 年代兴起的预应力混凝土技术,使桥梁建设获得了廉价、耐久、且刚度和承载力均很大的建筑材料,从而推动桥梁工程发展的第二次飞跃。
 - (3)20 世纪 50 年代以后,随着计算机技术和有限元技术的发展,使人们能够方便地完成过去不可能完成的大规模结构计算,使桥梁工程的发展获得了第三次飞跃。
- 目前世界上已建和在建的大跨度桥梁统计情况见表 1-1-1。

世界大跨径排名 表 1-1-1

悬 索 桥					
序号	桥 名	主跨(m)	结构形式	所在国家	建成年限
1	明石海峡大桥	1 991	简支钢桁	日本	1998
2	Great Belt 桥	1 624	连续钢箱	丹麦	1998
3	润扬长江大桥	1 490	钢箱梁	中国	2005
4	Humber 桥	1 410	钢箱	英国	1981
5	江阴长江大桥	1 385	简支钢箱	中国	1999
6	香港青马大桥	1 377	连续钢箱	中国	1997
7	Verrazano-Narrows 桥	1 298	简支钢桁	美国	1964
8	金门大桥	1 280	简支钢桁	美国	1937
9	Kusten 桥	1 210	钢箱	瑞典	1998
10	Mackinac-Straits 桥	1 158	简支钢桥	美国	1957
候补	浙江舟山西堠门大桥	1 650	钢箱梁	中国	在建
候补	武汉阳逻长江大桥	1 280	钢箱梁	中国	在建
斜 拉 桥					
序号	桥 名	主跨(m)	结构形式	所在国家	建成年限
1	多多罗大桥	890	主钢边混凝土混合梁,双塔双索面	日本	1999
2	诺曼底大桥	856	主钢边混凝土混合梁,双塔双索面	法国	1995
3	南京长江三桥	648	钢箱梁,双塔双索面	中国	2001
4	南京长江二桥	628	钢箱梁,双塔双索面	中国	2001
5	武汉白沙洲长江大桥	618	主钢边混凝土混合梁,双塔双索面	中国	2000
6	福州市青州闽江大桥	605	钢混凝土结合梁,双塔双索面	中国	2000
7	上海杨浦大桥	602	钢混凝土结合梁,双塔双索面	中国	1993
8	上海徐浦大桥	590	钢混凝土结合梁,双塔双索面	中国	1997
9	名港中央大桥	590	钢箱梁,双塔双索面	日本	1998

续上表

序号	桥 名	主跨(m)	结构形式	所在国家	建成年限
10	Rion—Antirion 桥	560	钢主梁,四塔双索面	希腊	2004
候补	苏通大桥	1 088	钢箱梁,双塔双索面	中国	在建
候补	香港昂船洲大桥	1 018	钢箱梁,双塔双索面	中国	在建
候补	湖北鄂东长江大桥	926	钢箱梁,双塔双索面	中国	在建

拱 桥

序号	桥 名	主跨(m)	结构形式	所在国家	建成年限
1	卢浦大桥	550	钢箱拱	中国	2003
2	西弗吉尼亚大桥	518	钢桁架拱	美国	1976
3	贝尔桥	504	钢桁架拱	美国	1931
4	悉尼港桥	503	钢桁架拱	澳大利亚	1932
5	巫山长江大桥	460	钢管混凝土拱	中国	2005
6	万州长江公路大桥	420	钢管混凝土劲性骨架拱	中国	1997
7	克拉克大桥	390	钢筋混凝土拱	克罗地亚	1979
8	Fermont 大桥	383	钢桁架拱	美国	1973
9	湖南淞澧洪道桥	368	钢管混凝土拱	中国	2001
10	益阳茅草街大桥	368	钢管混凝土拱	中国	2006
候补	重庆朝天门长江大桥	552	钢桁架拱	中国	在建
候补	广州新光大桥	428	钢管混凝土拱	中国	在建
候补	重庆菜园坝长江大桥	420	钢管混凝土拱	中国	在建

梁 桥

序号	桥 名	主跨(m)	结构形式	所在国家	建成年限
1	Stolma 桥	302	PC 连续钢构	挪威	1998
2	Raftsunder 桥	298	PC 连续钢构	挪威	1998
3	Asuncion 桥	270	PCT 构	巴拉圭	1979
4	虎门大桥辅航道桥	270	PC 连续钢构	中国	1997
5	Gateway 桥	260	PC 连续钢构	澳大利亚	1985
6	Varodd-2 桥	260	PC 连续梁	挪威	1994
7	Schottwien 桥	250	PC 连续钢构	奥地利	1989
8	Doutor 桥	250	PC 连续钢构	葡萄牙	1991
9	Skye 桥	250	PC 连续钢构	英国	1995
10	重庆黄花园嘉陵江大桥	250	PC 连续钢构	中国	1999

注:PC 为 Prestressed Concrete 简写,即预应力混凝土。