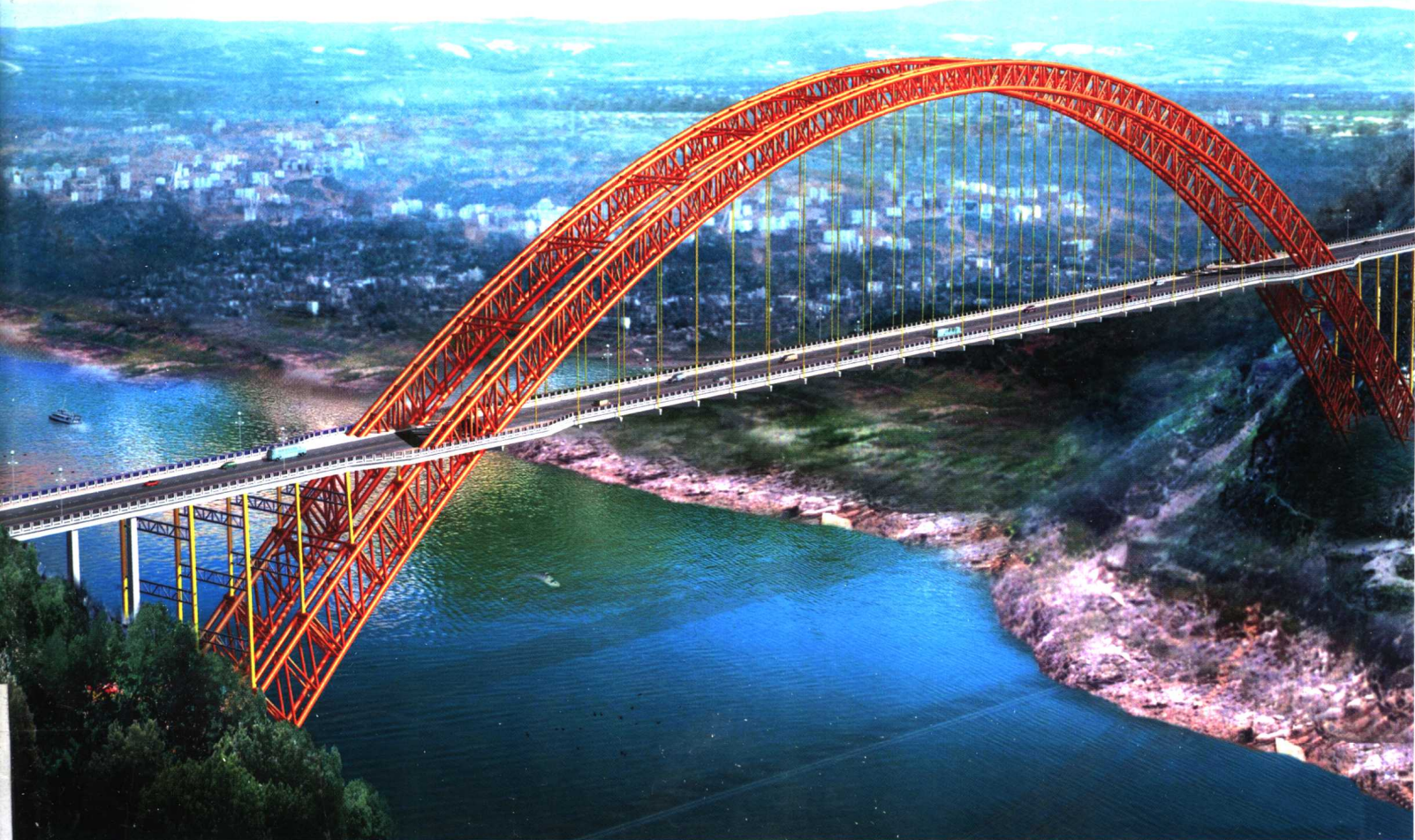


中国公路学会桥梁和结构工程学会

2003 年全国桥梁学术会议

LUNWENJI 论文集



人民交通出版社

中国公路学会桥梁和结构工程学会

2003 年全国桥梁学术会议

论 文 集

中国公路学会桥梁和结构工程学会
四川省公路学会
四川省交通厅公路规划勘察设计研究院
四川公路桥梁建设集团有限公司

人民交通出版社

内 容 提 要

本文是中国公路学会桥梁和结构工程学会 2003 年全国桥梁学术会议论文集。

该文集由 152 篇论文组成,内容包括桥梁规划与设计、施工与控制技术、结构分析和试验研究、桥梁改造与加固。

图书在版编目(CIP)数据

中国公路学会桥梁和结构工程学会 2003 年全国桥梁学术会议论文集 / 《中国公路学会桥梁和结构工程学会 2003 年全国桥梁学术会议论文集》编委会编. —北京: 人民交通出版社, 2003.9

ISBN 7 - 114 - 04800 - 9

I. 中… II. 中… III. 公路桥—桥梁工程—学术会议—文集 IV.U448.14—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 078474 号

中国公路学会桥梁和结构工程学会 2003 年全国桥梁学术会议论文集

正文设计: 孙立宁 责任校对: 宿秀英 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京明十三陵印刷厂印刷

开本: 880×1230 1/16 印张: 53.75 字数: 1692 千字

2003 年 9 月 第 1 版

2003 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 120.00 元

ISBN 7-114-04800-9

中国公路学会桥梁和结构工程学会

2003 年全国桥梁学术会议论文集

主 编：王永珩 曾宪武

副主编：孙 云 张 琪 戴勤堂 李文琪 王仁贵 郭俊礼 杜秋仙

责任编辑：张征宇

序

中国公路学会桥梁和结构工程学会与四川省公路学会、四川省交通厅公路勘察设计规划研究院、四川公路桥梁建设集团有限公司于2003年9月在成都市联合举办全国桥梁学术会议。为了总结我国近年来公路桥梁建设的成功经验,推动桥梁建设的发展,促进科学技术进步,提高工程质量,这次会议的议题,定为“我国公路桥梁建设的新技术、新经验”。

近十年来,随着公路交通事业的迅速发展,我国公路桥梁建设突飞猛进,成就辉煌。在著名大跨径桥梁中,悬索桥有广东虎门桥、江阴长江桥、润扬长江桥。斜拉桥主跨在600m以上的有上海扬浦桥、南京长江二桥、武汉白沙洲长江桥、福建闽江桥。拱桥有上海卢浦桥、万县长江桥、广州丫髻沙桥、贵州江界河桥。这些桥梁在设计与施工方面,均有新的创造。科研方面也做了大量工作。从而,使我国桥梁建筑技术,进入世界先进行列。

最近,我国又有数座特大跨径桥梁开始施工。江苏苏通长江桥,为主跨1088m斜拉桥;南京长江三桥,为主跨648m斜拉桥。特大跨径斜拉桥,技术上难题甚多。我们在借鉴国外经验基础上,自己做了大量试验研究工作,以保证桥梁的质量与安全。杭州湾桥全长35.7km;上海东海桥全长28km,均为我国初次建造的跨海湾联络桥,其特点是水深、风大与浪急,基础施工与上部梁的架设,技术极为艰巨。海水对桥梁材料的侵蚀为害甚大,因此对桥型与跨径布置,材料选用,施工工艺,应做许多研究工作。

我国西部是公路交通发展地区。西南多山,拱桥与环境协调,景色美观。近年来采用钢管拱桥,施工简便,节省工料,可推广应用。西北气候干燥,寒冷季较长,采用钢与混凝土组合结构,施工迅速,较为有利。结合西北黄土特性,如采用加筋土材料,可节省工程费用。

我国桥梁施工技术,多年来积累了丰富的经验,并有新的创造。如钢筋混凝土拱桥,不用支架,以缆索吊装拱肋;万县长江桥以钢管混凝土作为支架;润扬长江桥南锚碇基础采用冻结排桩法;江阴长江桥主缆预制束股安装;多座长江桥采用大直径桩深水钻孔。预应力混凝土梁桥悬臂施工挂篮与浇筑工艺的创新;中等跨径桥梁用移动模板支架浇筑混凝土。这些方法,对桥梁建筑起了重要作用。

我国已建成桥梁,经检查有多座存在缺陷。如混凝土桥梁裂缝甚多,挠度过大,承载能力不足等。因而保证桥梁的安全与耐久性,是当务之急。改进的主要措施是:(1)设计方面应制定保证桥梁质量与安全与耐久性相关文件,欧美等国早已实行;(2)施工严格执行监理制度,并加强施工控制与监测;(3)采用高性能与耐久性材料,以防止侵蚀。

桥梁结构的健康监测和评估,国际上已广泛应用。香港青马、汀九、汲水门三桥曾投入大量资金,建立监测系统,用传感系统、网络系统和电脑辅助系统进行工作。在桥梁施工时评估工程质量与安全。在运营时评估桥梁承载能力、营运状态和耐久性。如有问题,可及早维修。桥梁健康监测,我国有些桥梁仅做了部分工作,润扬桥将全面实施。今后应制订对大桥实行健康监测的规定,以保证工程质量与安全。

论文集在全国广泛征集的论文中,精选152篇汇编而成。其中包括桥梁规划与设计、施工与控制技术、结构分析和试验研究、桥梁改造与加固四大类,内容丰富,有较高的参考价值。我诚挚地向公路工程界广大科技工作者推荐这本书,并以此为序。

戴 竟

2003年8月

目 录

I 规划与设计

四川省公路桥梁建设的回顾与展望	张 琪(3)
长江上的桥	谭 认 高 玲 游向平(9)
基桩承受侧向荷载分析	戴 竞(35)
中国悬索桥的发展	周世忠(40)
介绍日本 21 世纪的超长桥梁	金增洪(48)
苏通大桥主航道桥桥型方案及上部结构设 计研究	裴岷山 徐利平 朱 斌 胡晓光 苗家武 单宏伟(53)
苏通大桥主桥基础结构设计	徐 麟 高 衡 贾立峰 李晓琴(63)
苏通大桥主桥索塔方案设计	华 新 戴 捷 周彦锋(73)
苏通大桥专用航道桥桥型方案研究	孔海霞 李 正 侯 斌 张国泉(77)
苏通长江公路大桥引桥桥型方案	金卫兵(86)
南京长江第三大桥初步设计	孟凡超 崔 冰 许春荣(91)
南京长江第三大桥南塔钢套箱设计	冯良平 崔 冰 许 航 曾 宇(97)
上海崇明越江通道工程桥梁方案综述	黄锦源 潘 龙 陆元春 李 坚(103)
洛阳黄河公路二桥桥型方案构思	史福明(112)
重庆嘉陵江渝澳大桥工程总体设计	王福敏 邹 云 罗 强(118)
北京昆玉河斜拉桥设计	蔡晓明 徐 君 王志亮(124)
地连墙在悬索桥锚碇基础中的应用	马 进(130)
围护桩结构在锚碇基础中的应用	彭运动(138)
安庆长江公路大桥主桥钢箱梁设计与结构分析	汪 宏 刘安双 奉龙成(144)
安徽蚌埠市朝阳路淮河大桥总体设计	孙敦华(149)
宁杭高速公路东芦山服务区匝道上跨桥设计	缪玉玲 张 松(155)
山区公路桥梁设计的若干问题	丰宇琳(161)
润扬长江公路大桥桥位风速观测及设计风速计算	胡文辉 阮 静(166)
润扬长江公路大桥通航净空研究	阮 静 吉 林(170)
连续刚构设计构思的探讨	王 勇 蒋劲松(174)
预应力混凝土连续刚构桥设计	王仁贵 吴伟胜 鹿颂贤(177)
浅谈混凝土连续刚构桥	向中富(181)
宁夏吴忠黄河大桥设计简介	崔俊红 王聪慧 李蔚萍(184)
现有大跨径预应力混凝土梁式桥的缺陷	楼庄鸿(189)
上承式悬索桥	楼庄鸿 刘陌生(194)
大跨度钢箱梁桥面铺装技术在国内外的现状与发展	周泳涛 赵 慧 周军生 周 洲(203)
大位移桥梁伸缩缝装置更新改造技术探讨与应用	钱永龄 孙晓义 朱胜昌(207)
公路桥梁橡胶支座的使用寿命与应用对策	周明华(210)

关于桥梁船舶撞击力的设计与计算初探	汪克来	宋玉祥 (215)
世界最大跨径石拱桥美学研究	刘士林	赵拥辉 (219)
从建设的全过程保证桥梁的安全性与耐久性	王武勤	(223)
钢筋混凝土桥梁耐久性调查及防治措施研究	孙家璞 吴初航 周承功	杨华祖 (226)
部分斜拉桥索鞍锚固区设计探讨	刘 钊 孟少平 臧 华	张宇峰 (233)
广东揭阳市渔湖榕东大桥抗震设防	李鸿滨 徐宏光 黄卫东	杨成斌 (237)
钢筋焊接网在桥面铺装层中的应用	汪立新	徐尚华 (243)
佛山谢边立交枢纽设计	周冰艳	温友宜 (249)
宁杭高速公路南河大桥设计与施工	戴 捷	(253)

II 施工与控制技术

巫山长江大桥拱肋钢管桁架安装的关键技术

..... 张佐安 孙 云 王铭琪 马青云 卢 伟 何 利	(261)
特大跨径钢管混凝土拱桥施工新措施—吊扣塔共体的设计与施工	王铭琪 张佐安 汪平云 (269)
巫山长江大桥吊装系统结构分析	卢 伟 张佐安 王铭琪 于志兵 何 利 (275)
特大跨度缆索吊装系统主动式承索器的设计与应用	张佐安 (282)
巫山长江大桥扣索钢绞线低应力锚固体系的研制	张佐安 王铭琪 于志兵 陈开志 粟建文 (290)
特大跨径钢管混凝土拱桥钢管拱肋吊装施工技术	王铭琪 张佐安 汪平云 (294)
特大跨径钢管混凝土拱桥钢管桁架节段吊装	何 利 卢 伟 于志兵 沈国清 陈显福 (299)
钢绞线扣索在无支架缆索吊装系统中的应用	何 利 于志兵 刘 洪 (304)
复合式锚碇设计与施工	邹 宇 何 利 (307)
巫山长江大桥线形控制的理论和方法	刘俊强 顾安邦 (311)
润扬大桥悬索桥北锚碇基础关键技术问题研究	睦 峰 吴胜东 (317)
信息化施工技术在润扬长江公路大桥悬索桥北锚碇深基坑工程中的应用	徐 肇 沈 斌 (322)
润扬大桥锚体大体积混凝土施工的温控措施	殷海华 杨 宁 (331)
冻结排桩工法在润扬大桥南锚碇基础工程中的运用	王 峻 崔 佳 (336)
深基坑“排桩冻结”维护中的信息化施工	崔 佳 (343)
润扬长江公路大桥南汊悬索桥鞍座制作	林海峰 冯兆祥 (350)
润扬大桥悬索桥猫道系统设计与施工	韦世国 薛光雄 沈良成 赵有明 李 海 陈德荣 (354)
润扬长江公路大桥悬索桥主缆施工	周 畅 周世忠 (363)
润扬大桥悬索桥主缆除湿系统设计	方大东 陈 策 (365)
悬索桥施工控制计算	王 强 (370)
润扬长江公路大桥北汊斜拉桥施工	冯兆祥 吴胜东 吉 林 (376)
润扬大桥北汊斜拉桥钢箱梁安装施工技术	欧庆保 顾碧峰 崔赐根 李宗平 (381)
润扬长江公路大桥北汊斜拉桥施工监控	王 强 欧庆保 (387)
卢浦大桥施工控制	臧 瑜 孙东超 龚建峰 (393)
上海国际航运中心洋山深水港工程东海大桥施工	
技术开发	黄 融 苏洪雯 毕桂平 黄少文 吉青克 (401)
湖北省巴东长江大桥主墩桩基施工	徐基伟 聂 东 缙 勇 徐国挺 党永兴 倪 红 (407)
湖北省巴东长江公路大桥 6 号主索塔施工技术	徐国挺 徐基伟 倪 红 聂 东 缙 勇 (410)
斜拉桥主梁现浇段采用临时索方案施工可行性探讨及	
实施方法	倪 红 缙 勇 徐基伟 聂 东 徐国挺 (415)

巴东长江大桥牵索式挂篮安装工艺	徐基伟 倪红 聂东 缙勇 徐国挺(420)
宜宾金沙江中坝大桥主梁施工技术探讨	甘洪 龙勇 卢伟 曹瑞 石勇(423)
宜宾中坝金沙江大桥主墩基础施工方案的决策与实施	甘洪 曹瑞 龙勇 姜兴模 程邦兴 千大军(430)
宜宾中坝金沙江大桥牵索式挂篮设计	卢伟 甘洪 于志兵 龙勇 潘宝元(434)
绵阳涪江四桥施工技术	黄兵 何富勇 范朝雄(439)
绵阳涪江四桥主梁合拢段施工技术	周孝余 范朝雄 何富勇(445)
万州长江二桥隧洞式锚碇施工新工艺探讨	马青云 邓亨长 黄金平 唐勇(448)
宜昌长江公路大桥主缆架设工艺要点——浅议有关方法及问题	徐基伟(453)
武汉军山长江公路大桥主 6 号墩异型双壁钢围堰锚碇系统施工	王贤成 邓新安(461)
武汉军山长江公路大桥混凝土防腐蚀涂装技术研究与应用	张学锋 陈建阳 黄哲龙 肖跃文 乐云祥 王林 王智和(465)
重庆马桑溪长江大桥施工控制	卜一之 李乔 黄灿(470)
安庆长江公路大桥主桥索塔施工控制计算	胡可(474)
小半径弯坡斜连续刚构桥施工控制	杨超(480)
数据库技术在沙溪庙嘉陵江大桥施工控制中的应用	单德山 李乔 卜一之(488)
转动式拉索锚具设计	饶德军 唐小萍 黎海宁 张玉红(492)
三角轻型挂篮的总体设计	周孝余 范朝雄 何富勇(496)
三角架在拱桥施工中的应用	沈国清 王铭琪(500)
秦沈客运专线双线整孔预应力混凝土箱梁预制液压内模研究	钱纪民 杨吉祥 韦天化(505)
特大型桥梁养护管理系统中“标准任务”的管理	林伍湖(508)
公和斜拉桥施工与监控	陈涛 徐爱敏 黄才良(512)
国内钢筋连接技术的进步——冷模锻多边形直螺纹套筒连接	张有龙(516)
真空辅助压浆在预应力混凝土桥梁结构中的应用	刘征宇 陈勇 杜华(523)
后张预应力结构的灌浆——先进的真空辅助压浆技术及浆体设计	刘征宇 杜华 译(532)
哑铃形钢管混凝土拱腹箱压注混凝土施工研究	王鹏 叶见曙 王成树 吴文清(537)

III 结构分析和试验研究

苏通大桥主航道桥几何非线性影响比较研究	苗家武 裴岷山 徐利平(545)
大跨径 PC 连续刚构模型试验及分析	贺立新(552)
结合梁桥的次应力剖析	顾安邦 徐君兰(563)
基于静力测试数据的预应力连续梁结构损伤识别 ^①	向天宇 赵人达 刘海波(569)
体外预应力钢—混凝土组合梁长短期性能研究 ^①	薛伟辰 王骅(572)
RC 桥桥面板健康诊断研究	侯俊明 周勇军(578)
地震作用下连续梁桥固定墩受力的探讨	杜晓雷 马万权 李建中(582)
高墩弯桥悬臂施工状态实用分析	李亮亮 贺拴海 宋一凡(588)
具有初始缺陷的空心高桥墩非线性稳定分析	何畅 向中富(593)
立交桥曲线梁非正常错位原因分析	李乔 周凌远 强士中(598)
在 ANSYS 软件中预应力施加方法的探讨	陈军刚 赵人达 毛学明(602)
钢筋混凝土多孔双悬臂梁桥加固后的抗震性能研究	李秀芳 彭大文(606)
福建下白石大桥预应力挠度滞后分析	陈礼彪(611)
杭州下沙大桥空间分析	杨昀 向学建(613)

内蒙古磴口黄河大桥动力特性分析·····	王全录	周可哥	张 宁(619)
关于无筋砌体双向偏心受压构件承载力计算的讨论·····	叶征伟	胡大琳	王天利 陈 峰(623)
钢筋混凝土拱极限荷载的计算·····		孙跃社	羊雨林(627)
提篮式系杆拱桥极限承载能力及空间稳定性分析·····		卜一之	赵 雷(634)
钢箱提篮拱桥的施工控制与试验研究·····	田仲初	陈得良	颜东煌 陈政清 刘希恒 段 翔(638)
中下承拱桥悬吊桥面结构的分析与对策研究·····		雷俊卿	钟厚冰(643)
管拱面内多点非对称加载试验研究·····		韦建刚	陈宝春 林 英(648)
钢管混凝土(单圆管)肋拱空间双重非线性有限元分析·····		林嘉阳	陈宝春(655)
钢管混凝土拱桥合拢技术解析·····			范文理(660)
三跨钢管混凝土拱桥静动力性能试验研究·····	郑江敏	严圣友	赵 阳 项贻强(663)
对中承式拱桥吊杆的认识·····			姚永喜(669)
钢管混凝土拱桥多节段安装拱肋轴线几何线形控制算法研究·····		周水兴	张 敏(672)
钢管混凝土结构收缩徐变试验及理论分析·····		刘成才	顾安邦(676)
广东东莞大汾北水道钢管混凝土拱桥受力分析·····		彭桂瀚	陈宝春(681)
Kalman 滤波法在钢管混凝土拱桥施工控制中的应用·····	张治成	叶贵如	王云峰 郑锋利(689)
前进分析法在拱桥加固设计中的应用·····		黄海东	向中雷(694)
石拱桥检测技术与实践·····		谷正红	周水兴(698)
基于自适应控制法的斜拉桥施工控制分析·····		霍永生	雷俊卿(701)
影响大跨度混凝土斜拉桥稳定性的因素分析·····	陈 红	肖军良	顾安邦(707)
斜拉索抗风雨振动气动措施研究·····	覃 虹	寥海黎	何向东(714)
抗风雨激振平行钢丝拉索的研制开发·····	单继安	陆剑峰	董浩泉 姜忠玉 陈亚洪 王 晨(717)
大跨度预应力混凝土斜拉桥的健康监测评 估系统·····	项贻强	翁沙玲	宋 雨 姚永丁 汪劲丰(721)
京珠国道主干线武汉军山长江公路大桥斜拉桥荷载试验 ·····	陈建阳	刘 丽	蔡登山 王天亮 徐海鹰 徐国平(729)
武汉军山长江公路大桥索塔锚固区带锚块足尺节段模型 试验研究·····	易建伟	张望本	陈建阳 刘 丽(735)
润扬长江公路大桥北汊斜拉桥索塔锚固区足尺模型试验·····		欧庆保	王 强(739)
鄂黄长江大桥静载作用下支座摩擦系数的识别 及影响·····	颜东煌	张劲超	涂光亚 孔德洲 周 勇(748)
悬索承重桥梁结构静力分析理论方法·····	许世展	刘来君	贺拴海(752)
悬索桥主缆施工中的温度测试及温度影响的控制·····	白 剑	赵小星	贺拴海(758)
单跨缆索吊装系统悬索计算探讨·····	李传习	杨文典	肖勇刚(762)
悬索桥索鞍处索长的修正分析·····		符林江	徐君兰(766)
大型桥梁健康监测的现状、存在的问题及发展趋势·····	邹晓光	陈长海	赵建良 苟 洁(769)
桥梁结构性能设计基础理论的探讨·····			吴 冲(773)
人致桥梁侧向振动的计算和设计方法研究·····	闫兴非	孙利民	张 锋(779)
钢骨混凝土桥梁结构的构造及强度分析研究·····			孙建渊(785)
预应力技术在钢梁桥中的应用·····			贾艳敏(791)

IV 桥梁改造与加固

混凝土梁桥的维修与加固·····	王武勤(799)
------------------	----------

宜宾小南门金沙江大桥桥面系断裂事故分析与修复	黄道全	谢邦珠	范文理(804)
球铰平行钢丝束吊杆在小南门大桥修复工程中的应用	冉 钊	姚永喜	陈龙泉(810)
龙洞背桥病害检测与加固方案	李本伟	谢邦珠	肖世卫 贺智功(814)
横置桥面板肋拱桥病害整治	李本伟	黄道全	谢邦珠(822)
重庆龙井湾大桥承载能力评价与加固处治	王福敏	王 东	张长青 王丰华 刘宗星 禹 钟(828)
平滩双曲拱桥加固设计与实践	周水兴	张 敏	陈世民(832)
广佛高速公路新旧结构连接试验段设计	鲁昌河	宋神友(836)	
防止落桥装置	朱万旭	黄 颖	周红梅 郑晓龙 唐小萍(840)

I 规划与设计

GUIHUAYUSHEJI

第一章 绪论



四川省公路桥梁建设的回顾与展望

张 琪

(四川省公路设计研究院)

摘 要 对四川省公路桥梁的类型和技术发展进行了总结和回顾,结合西部大开发对今后四川的桥梁建设发展方向和有待突破的关键技术进行了预测和展望。

关键词 桥梁 建设 回顾 展望 四川省

一、四川公路桥梁建设回顾

桥梁是民族文化的象征,也是国家交通和经济发展的标志。在四川 48.5 万 km^2 的土地上,密布着大小河流 1300 多条,流域面积在 500 km^2 以上的有 343 条,省内河流年径流量约 3250 亿 m^3 ,其中除长江干流(包括金沙江)之外,尚有嘉陵江、岷江、沱江、涪江、雅砻江、青衣江、渠江等名川大河。旧中国的巴蜀之地,路少,桥更少。在仅有的 8742 km 公路上,就有 80 余处渡口,“路路都有渡,渡似虎拦路”,人民饱尝缺桥之苦。20 世纪 50 年代后期,我省开始步入桥梁建设正常发展时期,在党和政府的支持下,桥梁建设得到迅速发展,各主要干线公路渡口也大多改渡为桥。最近十年,我省公路交通建设迎来了国道主干线和大跨径桥梁建设新阶段,是公路建设步伐最快的时期。我省公路桥梁建设出现了空前繁荣,其标志是增建的桥梁数量多、跨径大、技术新。拱桥、梁桥、悬索桥等各式桥梁的建设技术得到长足进步,跻身于国内先进行列。

截止 2000 年的统计,全省共建公路桥梁 1.73 万座,总长 610 km 。其中,单孔跨径 ≥ 100 或全长 $\geq 500\text{m}$ 的特大桥 103 座,在全国 31 个省市中排列第五。

1. 拱桥

1) 拱桥技术发展

四川是拱桥之乡,拱式桥梁数量最多。1980 年以前,石拱桥是四川最主要的桥型,在中、小桥中使用频率非常高。1972 年,我省设计并协助地方修建的丰都九溪沟石拱桥,主孔跨径 116 m ,创当时同类桥梁的世界第一,1978 年邮电部为此发行特种纪念邮票(图 1)。

在继承传统拱桥工艺的基础上,我省现代拱桥技术不断创新,起始于 1970 年的四川箱型拱桥,因其具有截面形式合理、刚度大、节省混凝土用量、吊装及拱上作业安全等优点而成为我省特大桥和大、中桥的主要桥型,并在全国各省得到了广泛应用。1983 年,交通部责成四川省公路规划勘察设计院主持编制了交通部部颁标准《缆索吊装箱型拱》标准图在全国发行。1979 年建成的主跨 150 m 宜宾马鸣溪金沙江大桥,把吊装箱型拱的桥跨推向全国新纪录,并获 1980 年国家优秀设计奖。1999 年建成的宜宾岷江二桥主孔跨径 160 m 钢筋混凝土箱型拱,刷新了这一桥跨的纪录,也是我省采用缆索吊装工艺施工的最大跨径箱型拱桥。

2) 大跨拱桥的成拱技术

大跨拱桥的成拱方法是拱桥的技术难点,在发展缆索成拱工艺的同时积极探索大跨拱桥的成拱工艺。在众多的成拱方法中,我省对缆索吊装斜拉扣挂、转体施工、劲型骨架等三种方法的创新发展做出

了贡献。

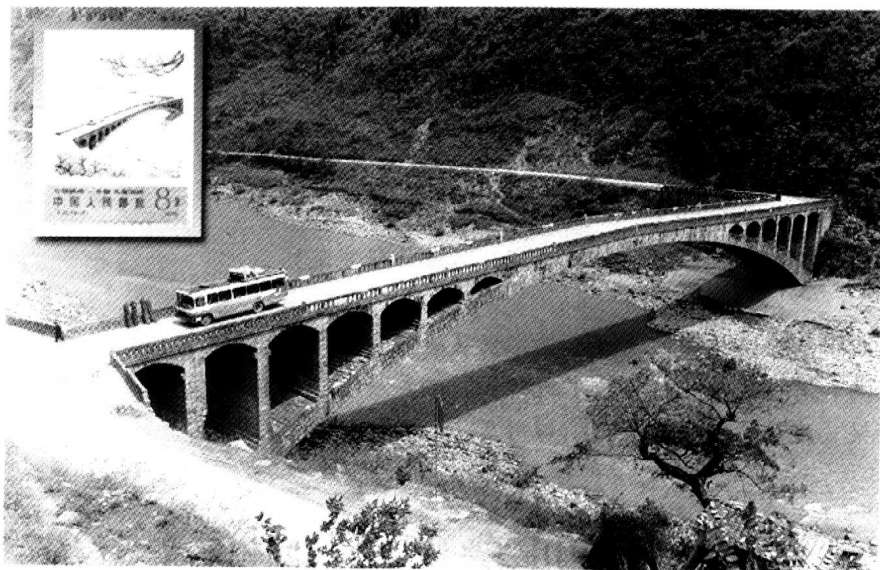


图1 丰都九溪沟石拱桥

(1) 转体施工方法

1989年建成的涪陵乌江大桥,主跨200m,是我国箱型拱首次突破200m跨径的标志。采用无平衡重对称同步转体施工成拱工艺(图2),并将转体工艺发展到了新水平。2000年采用我院设计的平竖综合转体工艺建成了广州丫髻沙大桥,转体重量达136850kN,名列世界第二(图3)。其中,采用程控同步液压张拉千斤顶,较好地解决了竖转中多扣索同步,内力协调平衡的技术难点。截止目前,全国采用转体施工的各式桥梁达70余座,其工艺已推广到斜拉桥、T型刚构等桥型。



图2 涪陵乌江大桥同步转体

(2) 缆索吊装斜拉扣挂悬拼法

传统的缆索吊装只适用7段以下吊装,限制了拱桥跨径的发展。吊段越多、扣索也多,其扣挂和线形控制均成为难点。缆索吊装斜拉扣挂悬拼法由吊装和扣挂悬拼两个系统组成,吊装系统与传统吊装无异,而扣挂悬拼系统有自己的扣塔、扣索(钢绞线或高强钢丝制成)、扣锚构造,可以很好控制拱轴线

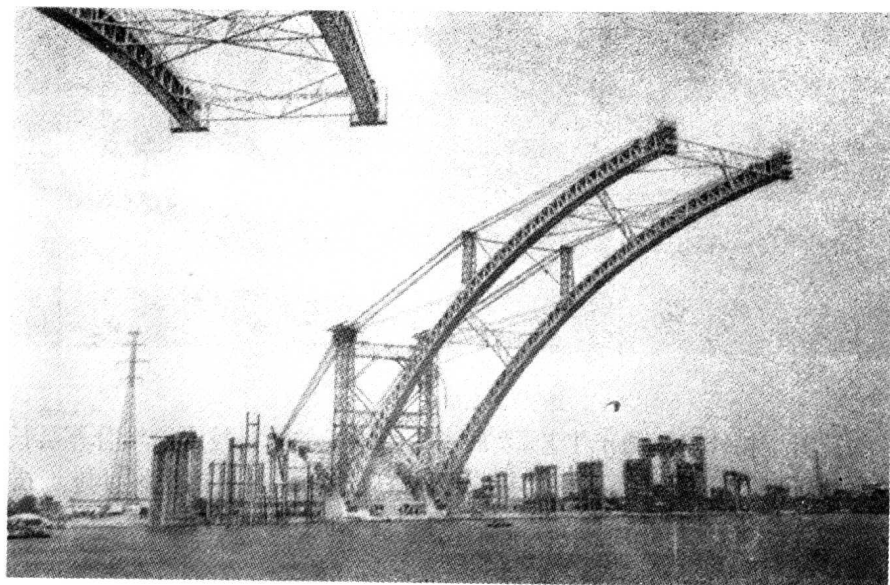


图3 丫髻沙大桥转体现场

形。这种方法与传统方法相比,具有不受吊装节段数量限制,便于安装控制等优点,因而更加完善和科学化。万县长江大桥劲性骨架分36段、吊重60t按此施工方法安装控制得以完美解决(图4)。

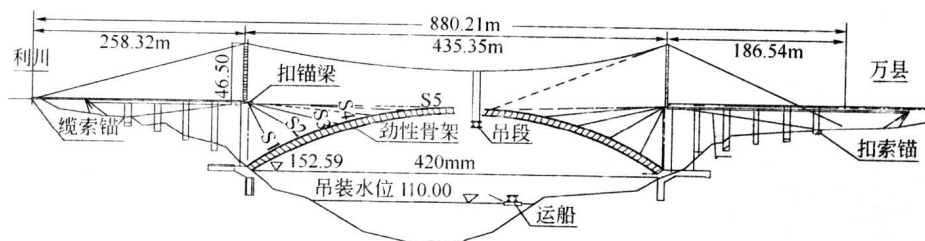


图4 万县长江大桥吊装方案示意图

(3) 劲性骨架法

传统的劲性骨架法常以型钢为骨架。自1990年应用该法建成240m宜宾金沙江大桥后,深感用钢量大、刚度不足、施工风险大、经济性差。在万县长江大桥成拱方法研究中,提出并采用钢管混凝土的成拱技术方案。1994年建成的攀枝花保果金沙江大桥,是桥跨160m中承式肋拱,采用此成拱方法效果极佳,成功的应用于万县长江大桥,经分析比较钢管混凝土劲性骨架用钢量省、刚度大、承载力高、安装重量轻、施工方便。

3) 钢管混凝土结构在拱桥中的应用

自1990年,我国第一座钢管混凝土拱桥(跨径115m下承式拱桥)在四川旺苍建成以来,这种桥型在我国得到飞快的发展。其主要原因是这种复合材料具有高强、支架、模板三大作用,自架设能力强,较好地解决了大跨拱桥中经济、省料、安装方便、后期承载能力高的问题。十几年时间已建和在建的钢管混凝土拱桥已达100余座,1997年建设的绵阳涪江三桥,为三跨中承式系杆拱,主孔为202m钢管混凝土中承式拱,引孔为半拱,形成所谓“飞雁式”桥型(图5)。这种桥型墩台基础基本无推力,特别适合宽浅河床的平原地区。我省设计、施工的重庆市巫山县巫峡长江大桥,主跨跨径460m,是国内最大跨度的钢管混凝土拱桥,两肋为全桁式构造,各由4根 $\phi 1220 \times 22(25)$ mm组成(图6)。配合此桥修建,开展了一系列科学试验研究。

万县长江大桥主跨420m,是目前世界上跨度最大的混凝土拱桥(图7)。拱圈劲性骨架由5片桁架组成,每片桁架上、下弦均采用直径402mm钢管。劲性骨架36段,采用缆索吊装斜拉扣挂悬拼法施工。合拢后,管内灌注混凝土形成劲性骨架,而后挂模板,分环分段浇注拱圈混凝土。万县长江桥提出的钢



图5 绵阳涪江三桥全貌

管混凝土成拱方法及斜拉扣挂悬拼施工工艺,发展了大跨拱桥的成拱技术。结合万县长江大桥的建设,做了大量的科学实验研究,完成了《万县长江特大桥(420m)钢筋混凝土拱桥设计施工技术研究》的8个子课题科研任务,荣获国家科技进步一等奖。

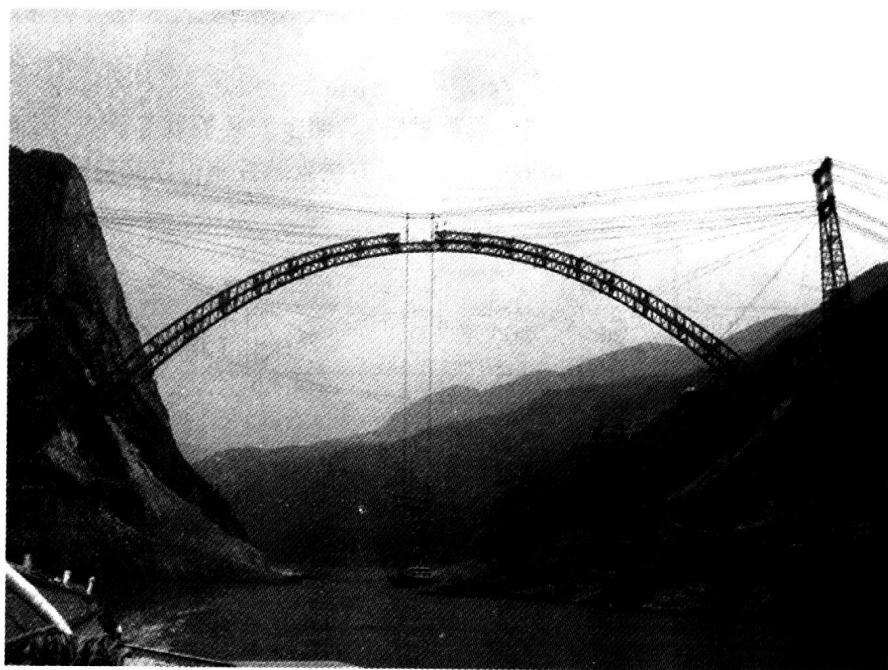


图6 正在施工中的巫山长江大桥

2. 预应力混凝土梁式桥

20世纪70年代末,我省开始了在长江上修建公路桥梁的历史。1982年建成的泸州长江大桥,主孔桥跨结构为 $105 + 3 \times 170 + 105\text{m}$ 带简支挂梁的T型刚构。大桥全长1255.6m,是当时长江上最长的公路桥(公、铁两用桥除外)。该桥在当时的公路桥梁中,其技术是先进的,1984年获国家优秀设计金奖。预应力连续刚构桥由于跨越能力大、墩身数量省、不需大吨位支座、造价较低等优点得以广泛使用。我省已建、在建跨度200m以上大跨连续刚构桥10余座,2000年建成的泸州长江二桥是我省规模和孔跨最大的连续刚构桥,主桥孔跨为 $145 + 252 + 495\text{m}$,因地形限制为不对称布置(图8)。该桥与同类桥型相比,其设计特点有三:一是连续刚构边跨极不对称,于小边跨岸设有长26m起平衡作用的锚固桥台,并与之刚性连接;二是为减少锚固桥台数量,台下布设有18根起抗拔作用的方形嵌岩桩;三是一端嵌固的连续刚构只能向另一端发生水平位移,造成远端主墩及基础受力不利。设计除在沉井与墩之间预设偏心外,还在中跨合拢前预加顶推力。



图7 万县长江大桥全貌



图8 泸州长江二桥

3. 斜拉桥、悬索桥

1975年我国第一座斜拉桥—云阳汤溪河试验桥建成,1980年建成的三台涪江斜拉桥是我国第一座预应力混凝土斜拉桥,主桥布孔为 $56+120+56\text{m}$ 。1991年至今的十余年中,是我省斜拉桥兴盛发展时期,先后设计修建了十余座斜拉桥,出现了一批新结构体系和结构形式。我省设计、施工的涪陵长江大桥主跨 330m ,孔跨布置为 $149+330+149\text{m}$,全长 631m ,其特点是双索面呈空间布置,主梁悬浮,双主梁式截面,桥台一部分成为边跨的压重块,下设双排活动支座。2001年开工建设的宜宾中坝金沙江桥为独塔斜拉桥,主跨 252m ,孔跨布置为 $252+175\text{m}$ 。其特点是主梁悬浮但弹性限制纵移,双主梁式加次纵梁的截面,前支点挂篮施工。

1996年支援三线建设修建的攀枝花雅砻江大桥,桥跨 176m ,加劲高 4m ,全加劲悬索桥,钢桁梁采用工厂制造,工地铆接,是当时我国最正规的一座悬索桥。20世纪90年代后期我省设计建成的丰都长江大桥和忠县长江大桥,它们桥跨虽然都在 600m 以下,但各具特色,在结构静动力计算、考虑风动效应、用材和结构构造、制造安装、防护工艺和防护体系以及施工控制技术和方法上都同大跨悬索桥无异,充