

第十七届
全国桥梁学术会议
论文集

上册
2006.重庆

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会 编



人民交通出版社
China Communications Press

第十七届全国桥梁学术会议 论文集

(上册)

2006/重庆

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会 编

人民交通出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

第十七届全国桥梁学术会议论文集/土木工程学会桥梁及结构工程分会编. —北京: 人民交通出版社, 2006.4

ISBN 7-114-05970-1

I. 第... II. 土... III. 桥梁工程-文集
IV. U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 027489 号

Dishiqijie Quanguo Qiaoliang Xueshu Huiyi Lunwenji

书 名: 第十七届全国桥梁学术会议论文集 (上册)

著 者: 中国土木工程学会桥梁及结构工程分会

责任编辑: 刘 涛

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) 85285656, 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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 37.5

彩 插: 2

字 数: 947 千

版 次: 2006 年 4 月第 1 版

印 次: 2006 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05970-1

印 数: 0001—2700 册

定 价: 168.00 元 (上、下册)

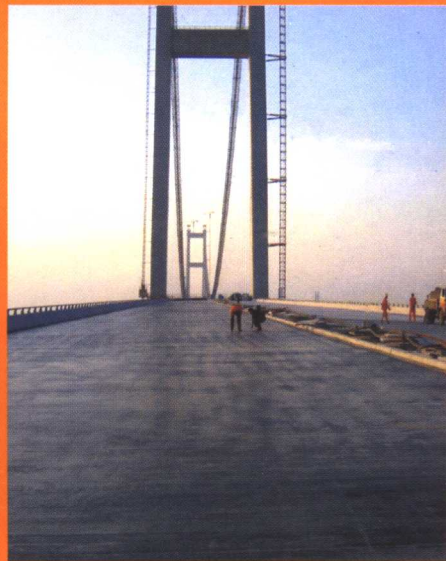
(如有印刷、装订质量问题, 由本社负责调换)

上海汇城建筑装饰有限公司

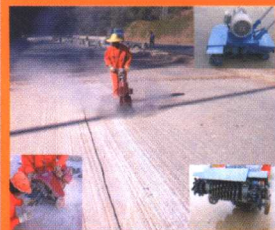
上海汇城建筑装饰有限公司成立于1995年，是以道路和机场嵌缝、桥面防水等为主营业务的专业工程公司。自2000年起和中化建公司苏州防水科研所合作生产和施工桥面防水工程，采用AWP-2000桥面粘结防水涂料先后承接施工了润扬大桥、北京北六环、广东京珠北高速、揭普高速、福建厦门环岛路、福宁高速、漳龙高速、苏州东南环立交、西安高架快速干道、湖北孝襄高速、汉宜高速、襄十高速、襄荆高速、荆东高速、江西乐温高速、昌金高速、四川达渝高速、宜水高速、申苏浙皖高速、南京赛虹桥立交、云南昆石高速公路等的桥面防水工程。年桥面防水材料的生产能力和施工能力超过300万平方米，业务范围覆盖了全国27个省份，公司在04~05年作为施工单位参编起草了现行的建材行业国家标准《道桥用防水涂料》(JC/T975-2005)。公司施工材料性能好、工艺先进、质量佳、施工速度快，多次获得业主好评。

本公司愿和各大设计院、工程总包单位及业主建立真诚互利的长期的业务合作关系，为客户提供优质高效的服务，为国家的市政及交通建设作出贡献。

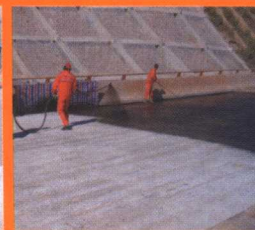
AWP-2000桥面粘结防水涂料 材料先进 施工精湛



润扬大桥



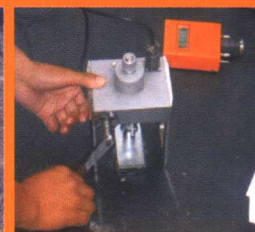
桥面机械打磨清理



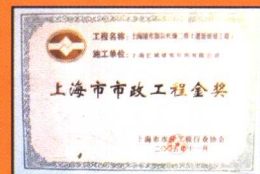
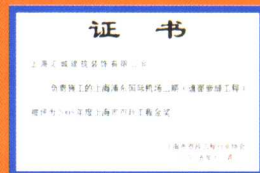
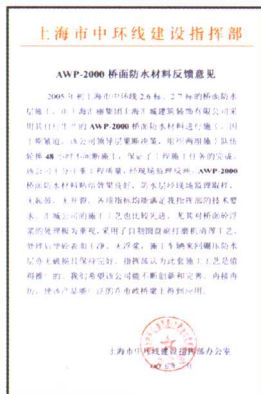
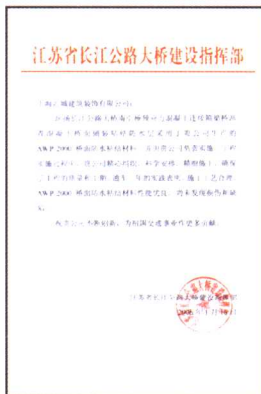
桥面机械喷涂



防水层取芯粘结良好



拉拔试验



上海汇城建筑装饰有限公司

地址：上海市平凉路1550弄金凤大厦1号楼503室

电话：021-65731743 65731997 35120467 65190987

邮编：200090

传真：021-65199183 E-mail:huicheng2626@sina.com

第十七届全国桥梁学术会议

学术委员会

名誉主任 范立础
主 任 项海帆
委 员 周世忠 陈明宪 孟凡超 秦顺全 牛 斌
赵基达 陈艾荣 邵长宇 葛耀君 顾安邦

组织委员会

主 任 刘景元
副 主 任 肖汝诚 程志毅 彭建康 雷尊宇
华渝生 李祖伟 唐伯明 顾庭勇
委 员 杨 忠 李海鹰 向中富 杨其良 杨联章 张 力
祁仁俊 王 俊 杜宇隆 彭建伟 孙峻岭 唐宏炎
孙 斌 张雪松

主办单位

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会
重庆市建设委员会 重庆市交通委员会

承办单位

重庆市城市建设投资公司 重庆高速公路发展有限公司
重庆交通大学 重庆市桥梁协会

协办单位

林同棧国际(重庆)工程咨询公司
重庆交通科研设计院
重庆中港朝天门长江大桥项目建设有限公司
重庆城建控股(集团)有限责任公司
中铁大桥局集团重庆菜园坝长江大桥有限公司
重庆市工程师协会
同济大学桥梁工程系

目 录

一、大会发言

1. 重庆几座新桥的设计理念..... 邓文中(3)
2. 中外新建桥梁中的技术创新比较 项海帆(12)
3. 走向世界的重庆桥梁 张太雄 孙立东(21)
4. 矮寨特大桥方案研究 陈明宪(30)
5. 昂船洲大桥耐久性、维修和安全考虑..... 许志豪 黄剑波(46)
6. 上海长江大桥技术特点 邵长宇 卢永成(54)
7. 天津海河综合开发工程桥梁建设 韩振勇 张振学 井润胜 等(64)
8. 武汉天兴洲长江大桥主塔基础选型及施工技术 秦顺全(73)
9. 海工耐久混凝土配合比试验研究与 70m 预应力混凝土箱梁裂缝控制 赵剑发(80)

二、设计与施工

10. 重庆菜园坝长江大桥主桥设计理念与实践..... 孙峻岭 邓文中 刘孝辉(91)
11. 重庆朝天门长江大桥主桥大跨度中承式连续钢桁系杆拱桥的设计
..... 段雪炜 徐 伟 赵兴亚(103)
12. 论北京城市桥梁设计的创新技术 穆祥纯(109)
13. 天津市新建的具有独特风格的桥梁 黄大健(116)
14. 天津海河综合开发新建桥梁技术特点——大沽桥、奉化桥、蚌埠桥
..... 韩振勇 张振学 井润胜 等(125)

15. 江苏省泰州公路过江通道跨江桥梁方案设计 徐利平 孙 斌 罗晓瑜 等(133)
16. 南昌生米大桥设计 李 映 唐虎翔 郭文復 等(143)
17. 上虞曹娥江部分斜拉桥设计关键技术 葛竞辉(150)
18. 东海大桥港桥连接段颗珠山大桥设计 张剑英 袁建兵 卢永成 等(159)
19. 珠江黄埔大桥北汉独塔斜拉桥设计 冯云成 刘士林 吴永昌 等(167)
20. 佛山平胜大桥方案设计构思与关键技术 胡建华 向建军 刘 榕 等(172)
21. 重庆长江鹅公岩大桥隧道式锚碇的设计 章曾焕 冯紫良 魏乃龙 等(183)
22. 惠州市下角东江大桥方案构思与设计实施 盛 勇 陈艾荣(190)
23. 超大跨径混凝土拱桥的研究进展 陈宝春(198)
24. 大跨度连续组合箱梁桥的发展与技术特点 邵长宇(205)
25. 跨座式轨道交通桥型研究 向中富 张乃基(213)
26. 基于桥梁全寿命总成本优化的设计研究综述 邵旭东 彭建新 晏班夫(222)
27. 缆索支撑桥梁桥塔造型及其评价 涂 静 刘健新(230)
28. 拱塔斜拉桥 惠 斌 罗 飞(239)
29. 缆索部分支承桥梁及其应用 林长川(247)
30. 自锚式悬索桥恒载吊索力的设计方法研究 彭世恩 沈锐利 唐茂林(253)
31. 空钢管雁式拱桥方案构思与研究 罗世东 陈 勇(259)
32. 无推力斜靠式拱桥设计参数研究 李 莹 杨文明 柴玉松 等(266)
33. 主跨 105m 连续组合箱梁桥设计构思 邵长宇(273)
34. 城市桥梁双层交通的概念设计 孙建洲 顾士彬(279)
35. 特大跨径斜拉桥设计理论研究综述 苗家武 肖汝诚 朱培京(286)
36. 以 CFRP 筋作体外预应力束的公路桥梁设计研究
..... 王 鹏 丁如珍 李 浩 等(295)
37. 空间体系转换预应力混凝土连续箱梁桥的设计与施工 芮浩飞 朱 波(304)
38. 大跨预应力混凝土连续刚构体内外混合配索设计研究
..... 徐 栋 吴振荣 敬世红 等(313)
39. 大跨度预应力连续刚构桥体内体外预应力方案对比设计——重庆新滩綦江大桥
对比设计 李方元 徐 栋 郭晓东 等(320)
40. 大跨度桥梁主梁造型研究及其综合评价 蒋含莞 刘健新(329)
41. 桥梁美学设计思考 王慧萍(337)
42. 浅谈城市内河桥梁景观的整治 王慧萍(342)
43. 桥头立交功能与美学问题探讨 孙家驹(347)
44. 桥梁建筑的艺术意蕴 梁 艳 李新琴 刘德柱 等(354)
45. 杭州湾跨海大桥风障造型美学思考 罗晓瑜 陈艾荣 王达磊(360)
46. 组合式公轨两用特大系杆拱桥施工技术——重庆菜园坝长江大桥施工简介
..... 李兴华 李德坤 魏善平(366)
47. 重庆菜园坝长江大桥钢桁梁整体节段施工技术 李德坤 李兴华 涂满明 等(373)
48. 重庆菜园坝长江大桥 Y 构施工支架设计 涂满明 周外男 魏善平 等(381)
49. 重庆菜园坝长江大桥 4200kN 缆索起重吊机设计 李军堂 姚发海 王东辉(391)
50. 重庆石板坡长江大桥复线桥施工技术 李 斌 李勇超 罗森勇 等(399)

51. 重庆石板坡长江大桥拓宽工程正桥主梁挂篮设计及施工
..... 张天许 杨寿忠 朱光华 等(405)
52. 杭州湾跨海大桥工程新型实用施工技术研发与运用 方明山(411)
53. 东海大桥 70m 箱梁整体预制与整孔安装工艺研究 沈阳云(421)
54. 东海大桥近岛段导管架平台施工技术 朱绍锋 邱琼海 郑 机(428)
55. 苏通大桥大体积承台混凝土温控研究 高纪兵 何官健 雷江洪 等(434)
56. 国内外 MSS 移动模架系统在苏通大桥的应用及比较
..... 胡安祥 雷江洪 汪丛斌 等(444)
57. 润扬大桥以耐久性为主的高性能混凝土配合比设计与寿命预测 ... 吴胜东 吉 林(453)
58. 宜万铁路宜昌长江大桥主桥 0 号块施工技术 李海华 张立超(461)
59. 宜万铁路宜昌长江大桥主桥承台施工围堰方案 张立超 陈崇林(467)
60. 奉化桥钢桥面滑动平移架设工艺的开发运用 朱向云(473)
61. 灌河斜拉桥施工 田克平 黄天贵 韩国明(478)
62. 五尺沟大跨度钢管混凝土简支系杆拱桥施工方法研究 殷 奇 蔡 亮(487)
63. 庙子坪岷江大桥主桥中跨合龙段施工技术 陈明凯 黄金平 李邦伟(494)
64. 悬索桥主缆施工牵引系统设计 赵国辉 刘健新(501)
65. 大跨径自锚悬索桥施工工艺研究——西河桥(子牙河大桥)工程 刘华东(508)
66. 缆索吊装特大跨径钢管拱桥 陈定平 张 辉(516)
67. 宽阔游荡型河段多跨钢管混凝土系杆拱桥施工方案的研究和实施 欧阳克武(522)
68. 深水大跨径连续刚构桥梁施工新技术研究 孟新奇 刘云清 贾明浩 等(527)
69. 节段桥梁技术在重庆市新牌坊立交桥中的应用 杨寿忠 陈明华 李 斌 等(535)
70. 箱梁节段短线匹配法预制施工技术 刘先鹏 刘亚东 戴书学 等(541)
71. 义乌江连续梁桥长索单端张拉问题研究 傅工范(548)
72. 桥梁施工常用龙门架浅析 田 炜 仇宁涛(553)
73. 关于 T 型梁预制外观质量控制 邓鹏振 冯强林 梁朝勇 等(557)
74. 庙子坪岷江大桥主梁早期裂缝的成因及控制措施
..... 陈明凯 黄金平 孙跃社 等(562)
75. 忠县高速公路长江大桥深水基础设计与施工 李海鹰 李洪霞 汪 宏 等(568)
76. 泥浆护壁灌注桩桩端后压浆技术在东海大桥工程中的应用
..... 毕桂平 苏洪雯 龚维明 等(575)
77. 全站仪三角高程测量在高墩施工中的应用 汪 洁 刘健新(582)
78. 特大桥基础工程新方案——空气幕管柱基础 朱海涛 唐寰澄(586)

一、大会发言

1. 重庆几座新桥的设计理念

邓文中
(林同棧国际公司)

摘 要:一座新桥的理念必须在方案设计时确定下来。本文主要简述重庆市的三座大桥——菜园坝、石板坡和乌江二桥的设计理念,以及如何克服每一座大桥存在的困难,从而达到创新的目的。

关键词:桥梁设计 创新理念 系杆拱桥 斜拉桥 混合结构

1 工程与创新

桥梁工程是一门艺术。艺术是灵活的,工程也是灵活的。满足既定功能要求的桥梁,可以在外观上、结构上和类型上有很多不同的选择。这种灵活性给工程师提供了创造和创新的空间。因为工程师所依据的,不仅仅是科学的真理,最重要的是贯彻和运用科学真理的智慧以及在工程实践中积累的经验。工程的准则,不是对不对,而是能不能。

创新是一个桥梁工程师的义务。创新不一定是发明。创新可以是贯穿在工程师日常工作的一种理念。这个理念指导工程师通过新的构思,达到增加安全、降低成本、改善使用功能以及美化结构的效果。通过引入新的材料、新的结构形式和新的机械设备,工程师也能够简化施工过程,缩短施工时间。许多时候,桥梁设计和实施中的一些困难,也会激发工程师引进新的理念,来克服当前的困难。

所以,一座桥梁的设计可以是平庸的,可以是传统的,也可以是创新的。

21 世纪的社会是一个高度竞争的社会。创新是生命力的体现。国家通过创新得以富强,企业通过创新增强竞争力,行业通过创新求得发展,个人通过创新实现价值。

创新需要机会。上个世纪,战后的德国在大规模的重建过程中,运用现代的钢材复兴了斜拉桥的桥式;为节约钢材,发明了正交异性板桥面系;为改善施工环境,加快施工工期,完善了混凝土节段预制施工技术。今天的中国正处在前所未有的经济建设和基础设施建设高峰,要

建造的大桥数不胜数。这给中国的工程师们提供了历史上从未出现过的好机会,给大家提供了一个充分发挥聪明才智的平台。作为这一历史时期的工程师,我们将为子孙后代留下怎样的作品,我们应该为桥梁建设史写下怎样的篇章?

我们是幸运的,也是任重道远的!

2 山城重庆

山城重庆坐落在中国大西南,滚滚嘉陵江汇入浩浩长江之处。重庆是一座很美丽的城市,有山有水!几条美丽的河流:长江、嘉陵江、乌江等,蜿蜒于山岭之间,形成了重庆特有的血脉、特有的曲线。

十多年来,重庆的市政建设迅速发展,所有的基础设施都在加快建设。长江、嘉陵江等将主城区分割成几个部分。主城区的发展规划,需要在两江上建造大桥。我们可以说,重庆是国内大桥最多的一个城市。这些大桥,绝大部分是过去这十多年建造的。我很幸运能作为技术总监,主持其中的菜园坝长江大桥、石板坡长江大桥复线改造工程和位于涪陵的乌江二桥三座大桥的设计。我们尽量将创新理念贯穿在整个方案设计、细节设计和施工组织设计中,力求在其特定的条件下建造最合适的桥。

重庆市内还建造了许多大桥。这些桥都各有特色。下面将要介绍的这三座桥,是我直接主持设计的,在这里我和大家一起分享这三座大桥方案拟定的理念和过程。这三座桥,目前都正在施工中。其中两座桥的桥位如图1所示。



图 1

3 菜园坝大桥

在开始设计菜园坝大桥的时候,大家有一个希望。希望这座新桥是一座拱桥,一座特别漂亮的拱桥。

我本人也很喜欢拱桥,尤其因为这座桥是我在中国大陆上真正自己主持设计的第一座大桥。我特地在重庆待了一段时间,把方案明确地确定下来。

菜园坝大桥位于渝中半岛南面,连接渝中的菜园坝和南岸。

菜园坝大桥的桥面是双层结构。上层有六个车道和双侧人行道。下层为双线轻轨车道。为了满足轻轨车道的净空要求,梁的高度为11m。由于长江上通航的要求,主桥的跨度被确定为420m。

首先,我认为主梁应该是桁架结构(图2),让在轻轨列车中的乘客也能欣赏到长江的景色。而如果用11m高的箱梁,看起来会很笨重。而且采用桁架结构也不需要考虑下层桥面的通风设计。上层六车道和下层两车道加双向轻轨的布置,使倒梯形的横截面成为最恰当的选择。在外面两侧加上斜杆,除把吊杆的力传递到中间的桁架外,还可以大大地减小横梁的弯矩。

拱桥可以分为有推力和无推力两种。真正的拱桥是有推力的,即拱脚的水平推力。在菜园坝大桥的桥位处,地质条件不错,可以承受较大的水平推力。但如果由地基直接承受水平推力,拱脚就要做得很低,不能满足通航的要求。

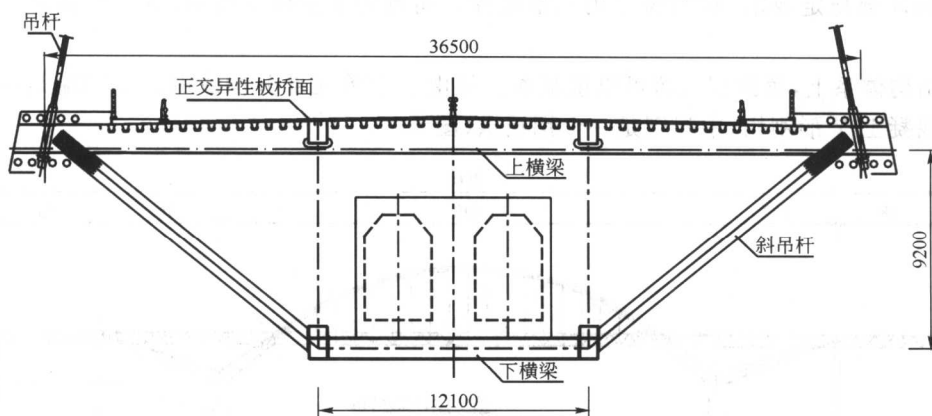


图 2 梁的截面(尺寸单位:cm)

无推力的拱桥是系杆拱桥。它可以是上承式、中承式和下承式。在满足通航要求的前提下,上承式的桥拱会太扁,不能满足结构受力的要求;下承式的拱桥,因为拱身全部在桥面的上面,看起来很粗重,不能满足美观的要求,所以选择中承式的拱桥。在这个地方,主跨的位置偏向南端,高低水位相差很大。为了避免拱肋受到船舶撞击,我们还把拱脚位置向上稍作提高,下部结构采用预应力混凝土,以此获得较高的抗撞击能力。

拱肋是拱桥受力的骨干。拱肋主要是受压的杆件,必须考虑其竖向和横向的稳定。

在竖向方面,由于下层轻轨在变形上有比较严格的要求,桥的结构必须有相当的刚度,以限制变形。幸而轻轨列车的长度比较短,影响范围比较小。主梁是 11m 高的桁架,刚度大,因此拱肋的刚度要求就可以降低。在拱桥的设计上,因为吊杆在不同荷载下的伸长很有限,在验算拱桥的垂直方向的稳定时,大致可以把拱肋的刚度和梁的刚度叠加起来。所以,如果梁的刚度大,拱的刚度就可以小;相反,如果拱的刚度大,梁的刚度就可以小。

菜园坝大桥的梁的刚度很大,拱肋就可以做得很柔。因为拱肋主要是受压的杆件,所以采用箱形截面会比桁架细小。在美观上,如果主梁和拱都是桁架,看起来桥的外形就太沉重,不够轻盈,会把长江的风景和重庆的秀气扰乱。重庆是一座美丽的山城。她的美丽就在于她的秀气。所以,在钢箱拱(图 3)和钢管拱(图 4)之间,我们选择了比较纤秀的、4m 高和 2m 宽的钢箱拱。根据我当时很简单的计算,垂直方向的弹性稳定系数大约是 6.0,超过一般要求的 4.0。

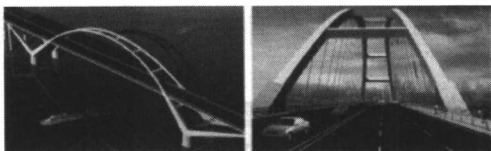


图 3 钢箱拱

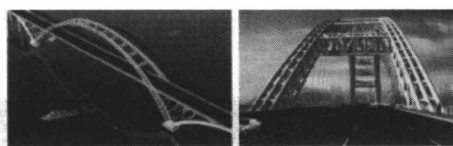


图 4 钢管拱

在横向上,拱肋必须依靠横向的撑杆来保证其稳定。但是,为了美观,撑杆也必须做得纤秀些,让路人看上去不致有凌乱和封闭之感。撑杆的作用是保证拱的横向稳定。若非地震和风振很强烈,一般桥面上面和下面的撑杆都是可以做得很简单。尤其对于提篮式系杆拱,斜拱肋之间的距离比较短,一对拱肋互相支撑,撑杆就可以做得更简单。当时根据 $2.4\text{m} \times 4\text{m}$ 箱

形拱肋的局部稳定要求,暂时决定用六根横撑。而且为了整体的协调,这些横撑都是箱形截面。

在结构体系上,菜园坝大桥可以说基本上是由三个单元部分构成的。在两端是一边一个预应力混凝土 Y 形刚构,中间则是一个钢箱拱(图 5)。

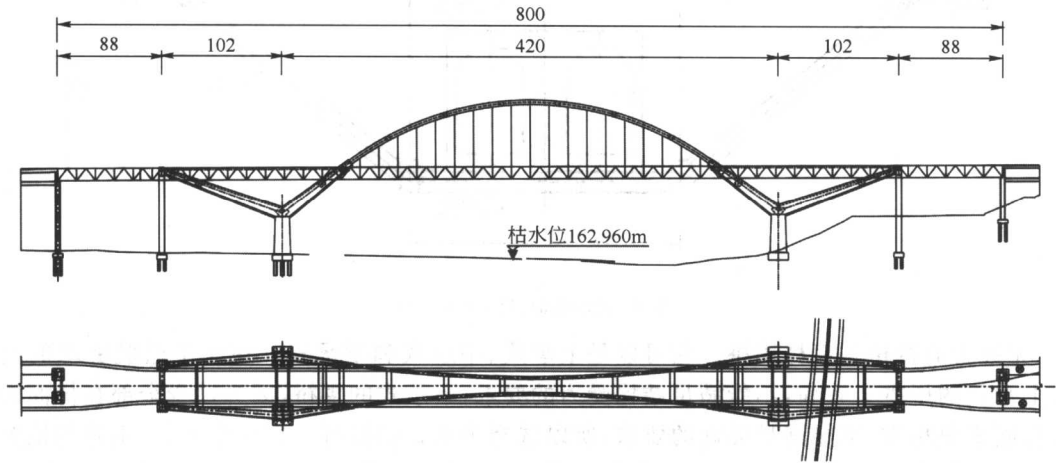


图 5 (尺寸单位:m)

在恒载作用下,通过调节两边刚构上的系杆和尾端的垂直预应力索,使刚构内的杆件的弯矩减少。同时可以通过调节中间拱的系杆索力,达到只将垂直力传递到两边的 Y 形刚构上的效果。所以,在恒载的作用下,我们可以把这三个单元单独考虑,达到一个最理想的受力状态。

当然,事实上这三部分是不能分开的。因为在活载作用下,我们无法调整中间系杆的内力。系杆的内力只能根据结构各杆件的刚度分配。不过,在这样大的桥上,活载毕竟只占总载重的一小部分,比恒载要小很多。

几乎所有中承式系杆拱桥的边跨都设有立杆以支承梁的重量。这些立杆,由于是压杆,本身也有稳定的要求,截面不能太小,所以很不好看。尤其是提篮式的系杆拱,因为边跨的拱肋是倾斜的,使每根立杆的角度都不相同,看起来会很凌乱。菜园坝大桥的主梁高度要求是 11m,而边跨的跨径只有 102m,主梁可以轻松地跨越整个 102m 的边跨,不需立杆的支撑。把边跨的立杆完全除去后,边跨变得十分开阔,全桥看来更特别轻巧。

除去立杆后,边跨的拱肋不再承受垂直的荷载,可改为直线。拱桥的下半部结构是 Y 形的混凝土结构。我们把 Y 形结构三个杆件的尺寸特别加粗,使它看起来更结实、更稳重(图 6)。

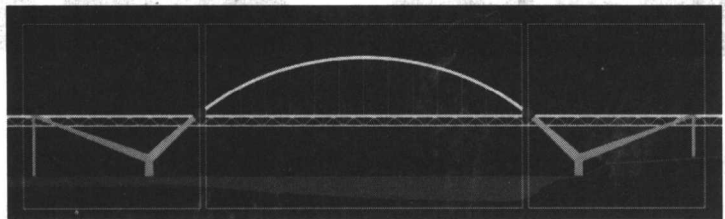


图 6

系杆的设计必须特别留意。在 20 世纪 80 年代,美国曾一度禁止建造系杆拱桥。其主要原因是认为系杆拱全依赖系杆的拉力,如果系杆有问题,系杆拱的安全就不能够保障。所以,我把系杆索与主梁分开,系杆索由多组拉索组成。拉索根据斜拉桥上斜拉索的工艺,采用高品质防锈措施,同时利用拉索的可更换性,达到高度安全的保障。

菜园坝大桥的系杆分为三组。中间拱的系杆和两边 Y 形结构上的系杆是分开的。每组系杆都可以依据其自身情况施加不同的拉力。

在方案设计的同时,也拟订了基本的施工计划。由于两岸的交通情况很不理想,预计所有较大的构件都必须从水路供应。但长江的水位变化很大,所以施工基本要以天吊为主。同时,国内大部分拱桥采用吊索安装,有丰富的经验作为后盾。

4 石板坡大桥复线桥

原有的石板坡大桥旧桥,或称为长江一桥,建成于 1981 年。石板坡大桥旧桥为 $86.5\text{m}+4\times 138.0\text{m}+156.0\text{m}+174.0\text{m}+104.5\text{m}$ 的 8 跨 T 形刚构桥,在每一跨均设有 35m 的简支挂梁。该桥原来的设计车流量是每天 20000 辆。到如今,桥上的车流量已经超过每天 80000 辆,大桥不胜负荷。所以决定增加一座复线桥,以疏导周边的交通。新桥桥址位于旧桥上游,两桥中心相距 25m,上部结构净距 5m。由于这新旧两座桥距离很近,为了美观上的考虑,新桥的总体形式必须和旧桥配合。这是一个难题。因为在美观上,无论新桥的桥型是斜拉桥、拱桥、桁架,或者是悬索桥,都很难和旧桥配合。

业主在详尽考虑后,要求新桥在技术上可行的条件下,应该是连续刚构。正桥总体桥跨必须与旧桥一致。但是,由于新桥和旧桥并排而立,两桥的桥墩的横向幅度就增大了很多。经航道专家们论证,认为新桥的主跨必须提供 292m 的航道净宽。而要满足新桥的其他桥墩都必须与旧桥的桥墩位置吻合对应的要求,唯有把两个主跨之间的桥墩除掉。这样一来,新桥的主跨就变成 $156+174=330\text{m}$ 。

到目前为止,世界上钢箱梁桥跨度最大的是巴西的尼陀螺河大桥(Rio Niteroi),主跨 300m。该桥建于 1974 年。直到目前,钢箱梁桥的跨度都没有增加。究其原因,应该是在跨度大到一定程度时,钢箱底板和腹板的厚度就会增加到难以加工的地步,其经济性也随之急剧下降。

世界上混凝土箱梁桥跨度最大的是挪威的史都马丝湾桥(Stolemastsunde),主跨 301m。挪威在过去十余年中还建了其他两座约 300m 的混凝土箱梁桥。这几座混凝土桥都是普通混凝土和轻质混凝土的混合结构。每座桥的中间一段都用了轻质混凝土,以改善大桥的受力状态。这三座桥所采用的轻质混凝土的骨料,都是从美国进口的。这三座桥的设计和建造,都很成功。

在这样的跨度范围内,混凝土箱梁可以和钢箱梁竞争,主要难度是施工问题。在大跨度混凝土箱梁接近桥墩的地方,使用 200cm 厚的底板在施工上并没有多大的难度。用 60MPa 的混凝土,其允许压应力是 32.5MPa。如果改用 Q345 钢板,其允许应力是 207MPa 的话,那 200cm 厚的混凝土板的承载力应该相当于 $200\times 30/207=29\text{cm}$ 厚的钢板。这样厚的钢板很难生产,加工也极困难,只能用一大堆比较薄的钢板用长列的螺栓连接起来。所以,当桥跨大到一定程度时,钢结构就会很不经济。

如果依照挪威的方式,使用普通混凝土和轻质混凝土的混合结构,在重庆地区也是不容易实现的。我们在美国加利福尼亚州设计宾尼西亚大桥(Benicia)的时候,曾试验了约二十种美

国市场上可以供应的轻质混凝土的骨料,发现只有三种骨料能满足我们在技术上的要求。这也许是挪威要横过大西洋,到美国来买骨料的原因。如果我们要在石板坡大桥上应用轻质混凝土,除非也到美国买骨料,否则要在很短的设计时间内找到合适的国产的骨料,把握不大。而且,适用的轻质混凝土,价格也很高。

在这种情况下,我们决定不用轻质混凝土,而采用钢箱梁和普通混凝土的混合结构。

在这里,我们研究一下使用混合结构的好处。首先我们把 330m 的主跨分为三段,每段 110m(图 7)。为了简单,我们假设这是一根等截面、两端固结的梁。中间一段的重量为 p_1 (kN/m),两边的重量是 p_2 (kN/m)。中间一段重量引起的在两端的力矩是 $4369p_1$ (kN·m); 两边的重量,两个 110m 加起来所引起的在两端的力矩是 $4706p_2$ (kN·m)。加起来是 $4369p_1 + 4706p_2$ 。钢箱梁的重量大约是混凝土梁的 30%。所以,如果我们把中间一段改为钢箱,两边仍用混凝土,假设 $p_1 = 0.3p_2$,我们可以把由自重引起的梁的两端的力矩降低大约三分之一。对一座大桥而言,这是很大的效益。因为这样一来,两端的力矩也就和一根 269m 的全混凝土的箱梁相类似。中国现在混凝土桥的最大跨度是虎门二航道的 270m。两座桥的类比跨度几乎相等。

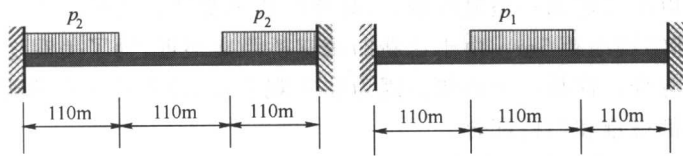


图 7

虽然上面的推算是一个简化的解释,但其基本原则是成立的。

当然,依照这个计算方式,中间一段的长度是愈大愈有利。但是,除了力矩之外,还要考虑价格和施工。在价格方面,钢箱梁要比混凝土箱梁贵。中间段的长度愈大,差价就愈大。所以,我们只能有限地使用钢箱梁。

在施工方面,考虑希望能把中间一段整体吊装。那么在重量上和运输上都有一定的限制。在经过总体考虑之后,认为 103m 的钢箱梁段是比较合理的选择。

这样一来,结构就如图 8 所示。桥跨的布置为 $87.75\text{m} + 4 \times 138\text{m} + 330\text{m} + 133.75\text{m}$,总长 1103.5m。钢箱梁和混凝土梁交接处,采用固结的方式。这样可以减少对徐变的敏感性。

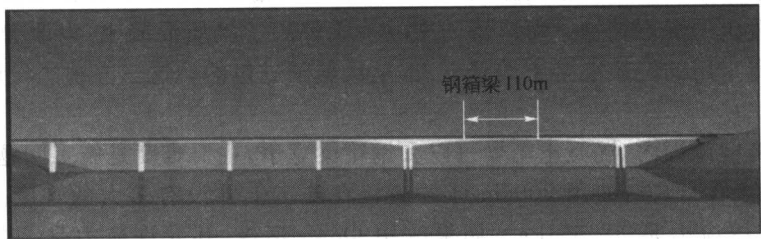


图 8 石板坡大桥(桥跨的布置为 $87.75\text{m} + 4 \times 138\text{m} + 330\text{m} + 133.75\text{m}$)

同时,为了减少维修工作,仅在桥台两端设伸缩缝。这样,在桥上行车也比较舒适。

钢箱梁整体在钢厂里加工,由拖船拖到现场吊装。钢箱梁整体重量大约为 1400t,用钢绞线和千斤顶吊升。这种吊装方式的例子很多。图 9 是香港深圳通道 1700t 钢箱梁吊装的情

形。石板坡大桥的吊装方式基本上相同(图 10)。

当然,有些工艺还是需要研究,例如水上运输时钢箱的稳定和疲劳问题,以及钢混接头的细节等。但这些都不是很新的技术。

在确定了上面的基本原则后,其他的设计和施工都是很成熟的工艺,不再赘言。

石板坡大桥连续刚构之所以能够达到 330m 的跨度,是由于钢箱和混凝土箱的混合应用。整体吊装的方案,借用的是现有的成熟技术,同时能缩短工期。



图 9

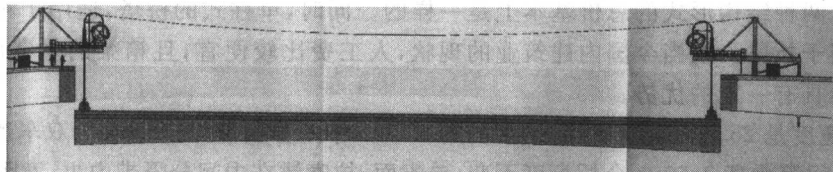


图 10 钢箱梁整体吊升方案

5 涪陵乌江二桥(图 11)

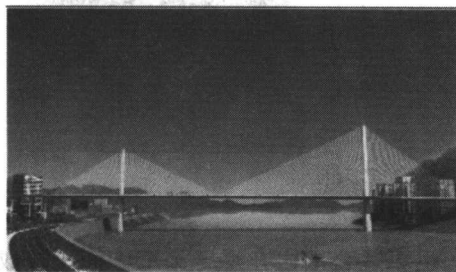


图 11 涪陵乌江二桥

为满足涪陵江东片区开发,完善城区路网的需要,涪陵区政府将乌江二桥确定在位于乌江一桥下游大约 600m,距两江汇合口约 500m 处;西接主城区的南门山,东接涪丰路。在三峡大坝建成蓄水后,这里的常年洪水水位高程是 175m。为了避免深水基础,涪陵区政府要求尽快实施涪陵乌江二桥。

由于防洪的需要,在乌江的两岸都规划了堤坝工程,且靠主城侧的防洪大堤和码头等都已竣工。

考虑到桥位下游约 100m 处有一个码头,预计在成库且水位加高之后,很可能有较大吨位的游轮和货船在桥下通航。所以,航运单位通航论证报告要求乌江二桥的主跨跨径达到 340m。但是,桥位乌江两岸地形都比较陡峭,在西岸,有桥头立交接线的限制;而在北岸,边跨只能延伸 100m。这对于一个 340m 的主跨来说,比例极不协调。南岸的边跨有 150m,对斜拉桥的结构协调性而言,这也不是一个很合理的布跨方式。

340m 的跨度,除斜拉桥外,中承式或上承式的拱桥也可以选择。但是,由于两岸的建筑物的高程大都在桥面以下,拱桥比较庞大的结构会对两岸居民的视线产生严重的干扰,在美观上不合理。而且,拱桥的造价也会比较高。所以,在衡量各种桥型的优劣后,认为应该设计一座斜拉桥。

该工程对设计有三项要求:结构上必须轻盈美观,桥墩必须能抵抗一定的撞击,投资必须最低。

在投资方面,混凝土斜拉桥在涪陵这个地方应该是最经济的。

考虑美观和可能的船舶撞击方面的要求,并尽量减少视野的阻碍,我们建议使用单柱式桥