

四川公路桥梁建设集团有限公司 2002 年学术交流会论文集编委会

主 编 孙 云

副 主 编 李文琪 唐 勇 甘 洪

委 员 (以姓氏笔画为序)

马青云 王怀忠 王成清 甘宗棠 白 茂 邓运祥

田 义 左孔海 任凌颀 付荣华 冯泽祥 冯强林

刘 刚 刘志刚 刘德永 刘子汉 李四元 李禄铎

何永杰 李继东 李长联 汪程清 张佐安 李元沛

李 卫 何昌泽 杜渭安 何 涛 郑行威 赵庆余

赵志鹏 周德成 钟正刚 胡 荣 郭祥辉 殷贤亮

徐基伟 曹 川 曹 瑞 黄洪华 彭志强 曾继刚

谢永学 董武斌 熊国斌

顾 问 范文理 刘建新 卢 毅 颜东煌

执行主编 李文琪

执行编辑 董武斌 胡旭东 苏新莉

目 录

一、桥梁与隧道

长大桥梁的关键施工技术.....	李文琪(1)
浅议服役桥梁结构的环境断裂	范文理(13)
大跨径斜拉桥斜拉索致振原因与减振装置探讨	刘健新 郑万山(20)
鄂黄大桥主桥主梁施工控制中的标高控制 罗纪彬 张太科 颜东煌 田仲初 张克波	李学文(26)
鄂黄长江公路大桥主 5 号墩深水基础施工方案选择及探讨 ...	李文琪 刘益平(33)
宜宾中坝金沙江大桥索塔横梁施工支架设计	甘洪 卢伟(39)
宜宾中坝金沙江大桥主梁施工	甘洪 龙勇 卢伟 曹瑞 石勇 程邦兴(45)
关于拱桥的吊杆和系杆	李文琪 贺立新(51)
巫山县巫峡长江大桥施工用锚碇的设计	张佐安 胡旭东(57)
鄂黄长江公路大桥主墩塔吊非常规拆除工艺	刘益平 李文琪(63)
公路隧道开挖参数解析	汪程清(68)
宜宾岷江一桥提高等级的改造技术 曹瑞 程明森 陈刚 马绍杰 王中 刘静	李尚昆(72)
宜宾小南门大桥抢修施工总结	姚永喜(77)
成都市三环路成绵立交 N1 加宽桥施工	刘严才 邹志全(83)
国道 108 线龙洞背大桥维修加固施工	陈利(88)
“‘壁可’注入法”在修复结构混凝土裂缝中的应用	熊朝建 罗俊(92)
泸州长江二桥主桥的施工监控技术	许惟国 熊国斌 龙勇(95)
PC 斜拉桥考虑施工监控影响的索长确定	张佐安(103)
沙溪大桥主梁合龙段施工.....	王铭琪(109)
双悬臂提升系统在绵广路 II L 合同段的应用	邓运祥 赵明雄 王明弟(117)
巫山县巫峡长江大桥缆索吊装系统设计	

..... 于志斌 卢伟 何利 汪平云 王铭琪 张佐安(121)	
宜宾中坝金沙江大桥牵索式挂篮结构分析	
..... 卢伟 于志斌 龙勇 潘宝元 张卫红(129)	
成都绕城高速公路白家互通式立交桥的施工..... 车叔平 周平(137)	
桥梁塔(墩)身扭面模板设计与实施..... 张佐安(141)	
桥梁工程项目施工技术管理..... 张佐安 颜 丽(148)	
万州长江二桥隧道式锚碇开挖施工工艺	
..... 牟行勇 黄金平 邓亨长 廖 旭(152)	
万州长江二桥隧道锚施工测量..... 唐 勇 冯昭煌 邓远道(159)	
“悬挂式风包”在桩基工程施工中的应用..... 张佐安(163)	
旋喷桩加固桥台地基..... 吴明辉 吴跃权 唐素芳(166)	
宜昌长江公路大桥主缆架设工艺要点	
..... 徐基伟 冯强林 甘 洪 邓亨长 黄金平(173)	
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 王玉平 党永兴 倪 红(183)	
宜昌长江公路大桥钢箱梁吊装施工	
..... 邓亨长 冯强林 徐基伟 黄金平 马红军(188)	
钢管圆筒节点钻孔平台设计及施工..... 邓运祥 田 炜(194)	
鄂黄长江公路大桥大跨径 50m T 梁架设安装技术	刘益平(197)
扒杆空中接力结架设板梁方法..... 郭成富(200)	
高性能混凝土的设计原则讨论..... 邱卫利 石 勇 曹 瑞(203)	

二、道路与机械

成都绕城高速公路改性沥青抗滑表层施工	
..... 董武斌 白茂 吴毅 高粱嗣 李 斌(210)	
锚索桩的工作原理和关键施工工序的控制..... 何 涛 马 波(216)	
桩板墙在绵广高速公路 II K 合同段的施工..... 樊 简(223)	
榆靖高速公路低塑性稳定土碾压技术探讨..... 孙 忠(228)	
影响水泥砼路面平整度的因素及控制措施..... 张剑宁(231)	
水泥砼路面裂缝的成因及防治措施..... 张剑宁(236)	
沥青混凝土混合料离析现象的控制..... 李险峰(240)	
高速公路沥青路面的水破坏及防治措施..... 田应军(243)	
高边坡深孔爆破施工技术探讨..... 何中福(251)	
低山丘陵区高等级公路主要地质问题及处理措施..... 杨 煜(255)	
预拌混凝土裂缝的成因及防治措施..... 韩建国 周世洪(260)	
高强度大体积混凝土的温度控制..... 邓通平(264)	
数理分析在施工活动日常工作中的应用..... 周世洪 韩建国(272)	

公路线型设计和公路排水设计.....	谭 伟	何慧斌(276)
CASIOfx - 4800p 在公路路线计算中的应用		沈国清(280)
HBT60A - 1406 砼输送泵液压系统分析与故障排除.....		刘元权(289)
工程机械设备更新的技术经济分析.....		刘元权(295)
软土地基处理——塑料排水板施工与沉降观测.....		辜文昱(303)
工程项目机械设备信息管理.....		刘学元(308)
建筑企业项目施工材料管理的探讨.....		罗玉华(313)
玻纤格栅在沥青砼路面病害处理中的应用.....		杨如刚(316)
沥青路面施工工艺及施工技术探讨.....	白 茂 吴 毅	董武斌(319)

三、管 理

加入 WTO 与国有企业成本竞争的宏观因素及其对策		林万祥(323)
国有企业收入分配的制度框架与实现途径.....		卢 毅(330)
总结经验 抓好体系运行关键.....		李四元(334)
公路交通建设项目法人激励模型与机制研究.....	卢 毅 张劲文	杜 军(339)
建立总控制部 实施科学管理		李济琛(349)
职工持股的理论基础与效果因素.....		卢 毅(352)
客户时代的盈利模式构想和营销战略浅析.....		何永杰(358)
深化产权制度改革 积极探索内部职工持股.....		焦蔚华(363)
论项目管理的内部控制.....		白 茂(366)
在建工程的施工索赔.....	冯强林	唐志伟(373)
路桥施工企业高层经营者与一线经营者利润控制权分配探索.....		何永杰(382)
关于项目经理的几点思考.....		段 俭(385)
怎样打造优秀团队.....		苏新莉(388)
万州长江二桥项目管理与思考.....	黄金平	杨雅渝(394)
项目经理部运行模式探讨.....	何 涛	张旭蓉(401)
工程施工项目行政管理初探.....		孙智勇(404)
怎样留住人才.....		何泽中(409)
浅析企业管理中的激励机制.....		周国民(413)
专业失衡与工程分包问题浅析.....		袁成利(419)
组建劳务公司 规范民工队伍管理.....		邓发宝(421)
关于 ERP 和集团公司信息化工作的思考		何永杰(429)
关于建立企业内部信息通道的若干思考.....	邹智勇	冯振民(433)
施工企业财务信息化建设初探.....		熊晓莉(437)
浅析规范保函业务管理.....		王 猛(440)
浅析施工企业财务管理中的税收成本.....		董翠萍(444)
项目成本管理存在的问题及措施.....		杨 君(447)

试论公路施工项目成本预测管理机制.....	雷开云(452)
论责任成本在施工企业项目成本管理中的运用.....	刘永宏(455)
公路施工企业质量成本分析与管理.....	闵学生(460)
路基施工项目管理体会.....	鲜峻岭(464)
浅析建筑施工企业安全管理.....	程 潇(469)
关联关系及其交易的若干分析.....	李继东 邹智勇(473)
新股发行对二级市场配售的影响.....	余 翔(477)
集团公司资产扩张及杠杆收购的若干思考.....	邹智勇(484)
建筑类上市公司资本市场运作分析研究.....	曹 川 冉铮海(488)
如何在项目管理中利用制约机制预防职务犯罪.....	王铭琪(495)
论建设工程分包中法律风险的规避.....	王海洋(498)
四川路桥企业文化建设思考.....	郑 琪(505)

一、桥梁与隧道

长大桥梁的关键施工技术

——四川路桥近年来承建的长大桥梁

李文琪

(四川公路桥梁建设集团有限公司)

【摘要】 本文主要介绍近年来四川路桥承建长大桥梁的关键施工技术,拥有这些关键施工技术,是四川路桥成为国内承建长大桥梁施工的主力军之一。

【关键词】 四川路桥 长大桥梁 滑升翻模 施工监控 特大跨度 钢套箱 悬索桥

据资料报道,2001年底,全国共有公路桥梁28.4万座,1065万延米,其中特大桥梁1580座,144.6万延米,大桥14429座,248.2万延米。随着西部大开发的展开,高速公路不断延伸,更多更大跨的桥梁,等待着我们新建,大批营运多年的桥梁需要我们检测维修,桥梁建设的新技术、新材料、新理论、新工艺需要我们去开发。

我国在斜拉桥、悬索桥、拱桥、PC连续刚构桥等建设领域,已进入世界先进行列。世界和我国桥梁,向更大跨度发展,必将迎来更大的建设高潮。桥梁工作者,任重道远,天地更加广阔。

在我国长大桥梁的建设大军中,四川路桥是一支不可忽视的生力军,从80年代至今,建成了一座又一座追赶世界先进水平的桥梁。掌握了多种桥型的关键施工技术,造就了可同时承建多座长大桥梁的过硬施工队伍,培养一批素质好,经验丰富,协调管理能力强的项目经理,购置了大批长大桥梁施工设备,拥有了雄厚的经济实力,可以承揽目前国内建设的更大跨桥梁。

长大桥梁的建设工期、质量、安全、成本,核心是掌握长大桥梁关键施工技术。

1. 涪陵乌江大桥

1985~1989年建成涪陵乌江大桥,主跨200m上承式砼肋拱桥,主拱采用无平衡重转体施工,是我国首座大跨径砼转体拱桥,跨度为当时亚洲之最。



图1 涪陵乌江大桥



图2 无平衡重转体施工



该桥采用无平衡重转体施工,先在两岸上下游组成 3m 宽的边箱,待转体合龙后再吊
2此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

装中箱顶底板,最后组成 3 箱室。关键技术是完成锚固、转动、位控三大体系的设计和施工。该项目如期完成,工程质量优良,创造了我国拱桥转体施工的新纪录,使我国的拱转体施工技术跃上新水平。

2. 宜宾小南门岷江大桥

1986~1989 年建成,主跨 240m 中承式钢筋砼肋拱桥,型钢劲性骨架成拱。是当时国内最大跨度的砼肋拱桥。缆索吊机无支架吊装型钢节段成拱。



图 3 宜宾小南门岷江大桥



图 4 犍为岷江大桥

3. 犍为岷江大桥

1986年至1990年建成犍为岷江大桥,主跨240mPC斜拉桥,引桥16孔30mT梁,是我国首批建成的大跨度斜拉桥,限于当时的经济、设备实力,设计水平和施工水平,多项施工技术无实施先例可借鉴,施工难度大,完成的以下关键施工技术为以后承建更大跨度斜拉桥打下了基础。

3.1 墩身滑模施工技术

四川路桥从1978年承建泸州长江大桥开始将建筑上的滑模技术引进高墩施工获得成功,本桥是继泸州长江大桥之后再次引进滑模施工技术施工主墩,长22m,宽8m,高38m的主墩身30天左右滑升施工完成,工程质量优良,从此高墩施工不再难。

3.2 PE热挤护套冷铸墩头锚斜拉索制作及运输

当时国内仅一家单位能生产斜拉索,国内独立制作PE热挤护套斜拉索,从广东九江桥开始,鉴于当时犍为岷江大桥的工程造价条件,不能外购PE护套斜拉索。四川路桥和航天工业部719厂联合进行

科技攻关,经过500天64次研制,成为国内第二家独立研制成功PE热挤护套斜拉索的单位,该工艺关键是编束、扭绞、挤塑、冷铸墩头锚技术,斜拉索成品全部满足设计要求。斜拉索跨江运输采用缆索吊机,设四组天线。



图5 墩身滑模施工



图6 滑升翻模施工索塔



3.3 滑升翻模技术

“滑升翻模”工艺集“滑模”和“翻模”施工的优点,省去高塔施工常用的脚手架和塔式

吊机 将模板、吊机(扒杆)工作架合为一体。其工作原理是:模板系统分成 3 节,依靠预埋螺栓在已浇塔柱砼上锚固,滑升桁架安装在焊于模板背面的钢轨上,用悬挂在劲性骨架上的导链沿钢轨提升,到位后用高强螺栓固定在钢轨上承受垂直荷载,起吊系统安装在滑升桁架上,用其拆卸底节钢模板,起吊到顶节安装,如此交叉作业反复提升浇注完成索塔。其工作原理来源于滑模施工滑升千斤顶(猴子爬杆)工作方式。一套(索塔的单肢柱)滑升翻模装置重 32t,配置 5 台 1t 卷扬机,浇注一段 2.5m 高的塔柱砼需 3~5 天,简单的工地自制设备成功解决了高塔施工难题。

3.4 格构扒式杆吊装 30mT 梁(墩高 32m)

五通岸的 13 孔 30mT 梁在河滩预制,无进场道路,采用两台格构扒杆将 60t 重的 30mT 梁抬吊 32m 高安装,每孔间的扒杆移位利用约鱼法行走。两副扒杆重 15t,使用钢绳 5t,5t 卷扬机 4 台,每天可安装 2~3 片 T 梁,3 个月完成全部 T 梁安装。成本低,安全稳妥。



图 7 格构扒杆吊装 30mT 梁

键为岷江大桥的关键施工技术使键为岷江大桥比要求工期提前 164 天实现主桥合龙,工程质量优良。

4. 郧阳汉江大桥关键施工技术

1990 年到 1994 年建成郧阳汉江大桥,主跨 414m 地锚式 PC 斜拉桥,居同类桥型跨度世界第二,为我国最早建成跨度超过 400m 的 PC 斜拉桥,多项施工技术国内无先例,中标价仅 2793 万元,工程风险极大。

4.1 108.5m 索塔滑升翻模施工技术

本桥为宝石形索塔上斜腿最大倾斜 6.3:1,进一步完善滑升翻模施工技术,7 个月完成索塔施工,该桥为国内首座宝石形索塔。滑升翻模施工技术臻于完善。

4.2 大直径 PE 热挤护套冷铸墩头锚斜拉索制作

继键为岷江大桥后,在工地自设的制索厂完成全桥 PE 热挤护套冷铸墩头锚制作。



图8 郟阳汉江大桥

质优价廉,该桥的斜位索使用至今已逾十年,质量良好,斜拉索 PE 料的性能为:密度 0.934kg/ml,熔融指数 0.15g/10min,抗张强度: $>17\text{MPa}$,易脆温度 $<-85^{\circ}$,耐环境应力开裂 $>2000\text{h}$,PE 护套设计厚度 5~7mm。



图9 三角吊机悬拼主梁

4.3 三角吊机悬拼主梁

主桥 414m 主梁实际梁高仅 1.87m,悬拼施工每节段重 104t,要求吊机重量不超过 20t。采用三角吊机悬拼施工,三角吊机由三角承力框架、起吊系统、变幅锚固系统、支座、行走系统、工作挂蓝等组成,自重 20t,平均 7~8 天悬拼 4 块主梁完成安装 2 组斜拉索,较缆索吊机方案提前 4 个月完成主梁施工。该施工方法稳妥安全,获国家实用新型专利(专利号 92221959.1)。该项技术为大跨径 PC 桥梁主梁的悬拼施工提供了一种简便可靠、切实可行的施工手段。

5. 万县长江大桥关键施工技术

1994 年到 1997 年建成万县长江大桥,主跨 420m 上承式钢筋砼拱桥,钢管砼劲性骨架成拱,世界第一大跨砼拱桥,无施工先例,本桥创造的施工技术为建造更大跨度拱桥提供了样板。



图 10 万县长江大桥

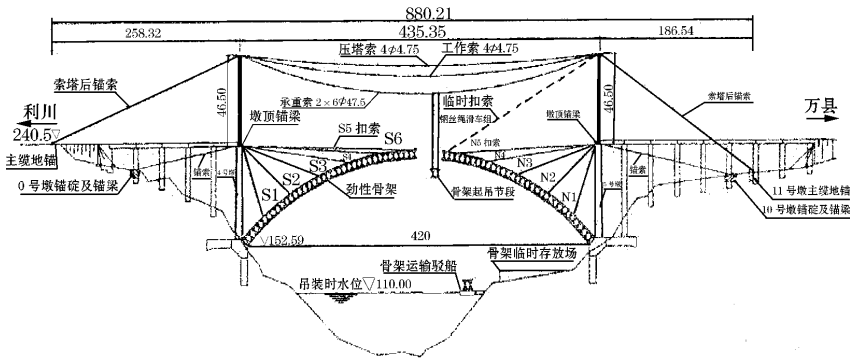


图 11 复合式缆索吊机

5.1 将斜拉桥主梁悬拼技术引进拱桥施工,创造复合式缆索吊机悬拼 36 段劲性骨架,其核心是用缆索吊机悬拼 36 钢管桁架节段组成的拱形斜拉桥。由斜拉桥体系和缆



图 12 缆索吊机悬拼 36 段劲性

索吊机体系复合组成。斜拉桥部分由索塔、钢管桁架和扣、锚索(含地锚)组成,调整扣(锚)索力使其水平分力之和等于“零”。缆索吊机体系的吊装塔铰结安装在扣(锚)塔顶,不设横向缆风,最大起吊能力 80t。安装误差 $\leq 1/5000$,满足设计要求,该项技术获国家实用新型专利(专利号:zL 99230802 X)。



图 13 六工作面施工

5.2 “无水舱平衡压重,六工作面对称同步浇注拱圈砼”

拱圈砼共 11000 方,在劲性骨架上,分环分段逐次加载,泵送 C60 砼浇注完成,不需水箱压重。空中立模 154 次,施工期 10 个月,砼平均强度 73.5MPa,质量优良。

5.3 C60 高标号泵送砼研制和钢管砼压注

通过 500 多次试验研制成功 C60 泵送砼。采用两次搅拌长距离(下、上坡)高扬程泵送压注钢管和拱圈砼成功,超声波检测密实度良好。

5.4 施工监控和安全管理技术

运用挠度、应力监测和软件分析,全过程监控主拱圈浇注施工,通车三年后最终实测

挠度值与设计误差 + 3.4% ,实现了高精度 ,高质量。

桥下一级航道 ,宽度仅 100~140m ,每天过往 500~800 艘船 ,施工全过程不允许断航 ,严格的安全保证措施确保三年工期无一物件掉落事件。

关键施工技术的成功实施 ,该桥比合同工期提前 10 天建成 ,无伤亡事故 ,竣工验收 94.7 分。获国家交通部科技进步一等奖 ,詹天佑土木工程大奖 ,天府杯金奖等多项奖励。巫山长江大桥(主跨 460m 钢管拱桥) ,上海芦浦大桥(550m 钢拱桥) ,均运用了本桥的施工技术。

6. 宜昌长江大桥关键施工技术

1998 年到 2001 年建成宜昌长江大桥 ,主跨 960m 悬索桥 ,是当时我国独立完成设计和施工的特大跨度悬索桥。



图 14 宜昌长江大桥

6.1 南锚 89M 深基坑多台阶光面(预裂)深孔松动控制爆破技术

锚体以下的深基坑采用光面(预裂)爆破 ,出渣后基坑一次成型 ,基坑尺寸误差 < 5%。

6.2 PPWS 法架设主缆

先导索架设锚道 ,在锚道上通过锚道牵引束股(127× ϕ 5.1 钢丝) ,紧缆后缠包钢丝再做防腐体系 ,形成主缆。

7. 鄂黄长江大桥关键施工技术

1999~2002 年建成鄂黄长江大桥 ,主跨 480m PC 斜拉桥 ,全长 2570m。

7.1 主 6# 墩大流速、浅覆盖层、深水岩溶地、大直径钻孔灌注桩及承台施工技术

6# 主墩水深 30m ,施工流速 3m/s ,覆盖层厚 10m ,钢围堰直径 33m ,壁厚 1.5m ,19 根



图 15 PPWS 法架设主缆



图 16 鄂黄长江大桥

φ3.0 钻孔灌注桩。采用钢套箱施工方案：在河床上抛掷沙袋稳定覆盖层，打入钢管桩搭设水上施工平台，上游抛拉锚稳定施工平台获得成功，采用有底钢套箱，完成部分钻孔灌注桩后，钻孔施工和下沉钢套箱施工同时进行，一个枯水期将索塔施工出水面，该施工技术为大型深水基础施工提供了一种新的方法。（注 6# 主墩由二航局施工）

7.2 主 5# 墩深水、厚覆盖层、粉砂地层大直径钻孔灌注桩及套箱散拼施工技术

5# 主墩施工水深 20m，施工平均流速 1.4m/s，覆盖层厚 23~29m，钢围堰直径 33m，壁厚 1.5m，19 根 φ3.0 钻孔灌注桩。采用钢套箱施工方案：打入钢管桩，搭设水上施工平台，在平台上打入钢护筒进行钻孔施工，完成四周的 8 根灌注钻孔桩后，拆出部分钻孔平台，利用已成桩的护筒焊接导向支承架，在其上拼装第一节钢围堰，其余桩孔的钻孔施工和拼装接高钢围堰同时进行，钻孔灌注桩施工完成时，钢围堰亦下沉到设计标高，钢围堰施工由主流程变为非主流程施工，缩短工期 50 天，实现一个枯水期将索塔施工出水面。



图 17 主 6[#]墩钻孔施工与有底钢套箱下沉同时作业

该项技术获 2001 年四川省科技进步三等奖。



图 18 主 5[#]墩钻孔施工和无底钢套箱下沉平行施工

7.3 前支点牵索式全液压工具式挂篮

将拱桥施工技术引进斜拉桥施工 :主梁浇注节段长 8m ,采用前支点挂篮施工 ,挂篮的内摸骨架用五片钢管桁架拱组成 ,液压吊杆提升内摸 ,整拆整装 ;挂篮全液压牵引、升降、行走。操作简单方便 ,减低了斜拉桥主梁悬浇的施工风险 ,实现了主梁悬浇的技术进步 ,该技术获 2002 年四川省科技进步三等奖。

7.4 主 5[#]、主 6[#]墩大体积温度裂缝控制(略)

7.5 主桥施工监测和控制(略)

鄂黄长江大桥关键施工技术实施结果 :比合同工期提前一年建成通车 ,交工验收96.9

分,工程质量优良,无伤亡事故。

长大桥梁的关键施工技术,决定长大桥梁建设的成败。我国正在建设越来越多的长大桥梁,建设标准和工程质量要求越来越高,施工风险越来越大,对施工关键技术的研究和开发尤为重要。

四川路桥的发展壮大,与不断掌握长大桥梁的关键施工技术密不可分。桥梁建筑市场越来越广阔,市场竞争更加激烈,我们掌握关键施工技术的速度和水平还远不适应市场开发的要求。