



钱江四桥 关键技术与应用

The Fourth Qiantang River Bridge:
Key Techniques and Application

◎ 主编 陈阶亮

钱江四桥关键技术与应用

The Fourth Qiantang River Bridge :
Key Techniques and Application

主编 陈阶亮

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

钱江四桥关键技术与应用 / 陈阶亮主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2011.4
ISBN 978-7-308-08518-2

I. ①钱… II. ①陈… III. ①桥梁工程—工程技术—
研究—杭州市 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 048732 号

钱江四桥关键技术与应用

主编 陈阶亮

责任编辑 张 明

封面设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江时代出版服务有限公司

印 刷 杭州丰源印刷有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16

彩 插 16

印 张 23.75

字 数 720 千字

版 次 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-08518-2

定 价 100.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

编写组

名誉主编 俞菊虎 郑翰献 竺豪立

主 编 陈阶亮

副 主 编 (按姓氏笔画)

王劭耘 安云歧 陈 勇 赵林祥 都昌林
揣国新 曾明根 廖海黎 谭永朝

编写组成员 (按姓氏笔画)

马学峰 王 博 石志源 许荣华 邢 燕
吴 冲 吴 峻 张 勇 张浩然 李永乐
李国平 苏庆田 陈 杰 陈光辉 周 宾
周英琦 易春龙 欧阳先凯 郑中雄 郑宪政
段美贵 章关永 曾国锋 葛玉梅 谢晓波
熊永光 潘 杰

前 言

钱江四桥是杭州市“三纵五横”快速路主干网(中河—上塘快速路)跨钱塘江的关键工程,北端通过复兴立交桥与杭州市中河高架桥相接,南端与滨江区中兴立交桥相连,构成了一条连接市中心与江南滨江新区最便捷的通道,它也是杭州市第一座跨越钱塘江的城市桥梁。该桥的建设对缓解钱塘江两岸交通拥挤状况,完善城市路网建设,加快两岸经济发展,具有十分重要的意义。

钱江四桥气势恢宏,结构新颖,全桥集拱桥的上承式、中承式、下承式为一体,190m主跨可以看成是下承式拱桥与中承式拱桥的组合,85m副跨可以看成下承式拱桥与上承式拱桥的组合,如一组优美的彩虹,跃动在钱塘江上。

钱江四桥技术先进、工艺复杂,建设过程中克服了潮差大、潮流急、冲刷深、风浪高、工程地质条件差、水下地形复杂、台风频袭等诸多不利因素,确立了“施工决定设计”的原则,采用了多项施工新技术、新工艺、新材料、新设备,创造了多项奇迹;如国内最大吊重、最大跨径的缆索吊装系统,双层桥面标高的施工监控等。

钱江四桥设计、施工、管理者勇于探索,积极创新,在工程的设计、施工、管理等诸多阶段,针对一个个技术难题,克难攻坚,如钢管拱长效防腐涂层研究,当时国内最大的抗震球型支座研究开发等,都取得了多项自主知识产权的技术创新成果。

本书着重介绍了钱江四桥设计、施工、管理中关键技术的创新与应用,以期为其他类似工程提供有益借鉴。

杭州市建设委员会主任

(杨 军)



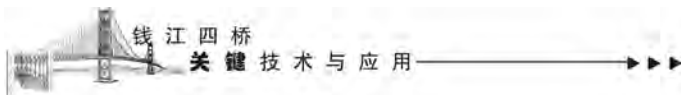
2011年2月于杭州

目 录

概 述	(1)
项目背景	(1)
建设条件	(3)
建设规模	(5)
重大事件	(7)

第一篇 总体设计与理念创新

第一章 基础资料	(9)
第一节 通航要求	(9)
第二节 技术标准	(9)
第三节 设计依据	(10)
第四节 设计技术规范	(11)
第五节 设计补充规定	(12)
第六节 主要材料	(13)
第二章 桥型选择	(15)
第一节 桥位选择	(15)
第二节 桥型选择	(15)
第三章 总体设计	(20)
第一节 路线平面线位设计	(20)
第二节 路线纵断面设计	(20)
第三节 桥跨布置	(20)
第四节 桥梁横断面设计	(21)
第五节 下部结构形式	(22)
第四章 桥梁上部结构设计	(23)
第一节 190m 主跨上部结构设计	(23)
第二节 85m 辅跨上部结构设计	(35)
第五章 桥梁附属部分设计	(44)
第一节 休息平台	(44)
第二节 支座设计	(45)
第三节 桥面排水系统设计	(45)
第四节 主桥伸缩缝设计	(47)
第五节 桥面铺装结构	(47)
第六节 钢结构防腐设计	(48)



第六章 景观设计及理念创新	(51)
第一节 景观设计目标、原则	(51)
第二节 主体结构涂装及色彩设计	(51)
第三节 夜景照明设计	(54)
第四节 设计理念创新	(58)

第二篇 钱江四桥重大专项技术研究

第一章 钱江四桥极限承载力分析研究	(59)
第一节 概 述	(59)
第二节 计算理论和方法	(59)
第三节 钢管混凝土拱肋面内极限承载力试验研究	(64)
第四节 钱江四桥面内极限承载力分析	(80)
第二章 钱江四桥主跨 1:10 整体模型试验	(87)
第一节 模型设计和制作	(87)
第二节 理论计算模型及加载方案	(89)
第三节 静力加载试验	(92)
第四节 试验结果分析	(96)
第五节 结 论	(102)
第三章 钱江四桥重要构件试验	(104)
第一节 1/5 缩尺主跨拱脚节点模型试验	(104)
第二节 吊杆与拱肋节点的疲劳应力分析	(110)
第四章 钱江四桥风洞模型试验与分析研究	(113)
第一节 前 言	(113)
第二节 设计基准风速和颤振检验风速的确定	(113)
第三节 结构动力特性分析	(114)
第四节 主梁节段模型静力三分力试验	(115)
第五节 主梁节段模型颤振试验	(120)
第六节 主梁节段模型涡激振试验	(122)
第七节 拱肋节段模型静力三分力试验	(122)
第八节 风致载内力计算	(125)
第九节 结 论	(128)
第五章 钱江四桥抗震性能计算分析研究	(129)
第一节 前 言	(129)
第二节 桥址场地地震参数	(129)
第三节 地表反应谱及时程的确定	(132)
第四节 桥梁结构动力特性	(133)
第五节 桥梁结构反应谱分析结果	(135)
第六节 桥梁结构动态时程反应分析结果	(142)
第七节 结论及建议	(152)
第六章 钱江四桥车桥耦合振动计算分析研究	(154)
第一节 前 言	(154)

第二节	作用在轻轨车辆和桥梁上的风荷载·····	(154)
第三节	车桥系统动力分析模型·····	(159)
第四节	车桥之间的相互作用·····	(163)
第五节	计算结果·····	(165)
第七章	钱江四桥钢管拱桥长效防腐及设备研究·····	(169)
第一节	钢管拱桥长效防腐复合涂层体系研究及设计·····	(169)
第二节	轻型二次雾化高速电弧喷涂设备的设计和试验·····	(188)
第三节	电弧喷涂长效防腐复合涂层性能试验研究·····	(205)
第四节	二次雾化电弧喷涂技术经济性分析·····	(218)
第八章	KQZ65MN 大吨位抗震球形支座研究·····	(225)
第一节	KQZ65MN 大吨位抗震球形支座研发目标·····	(225)
第二节	KQZ65MN 大吨位抗震球形支座主要研究内容·····	(226)

第三篇 钱江四桥施工关键技术研究

第一章	绪 论·····	(250)
第一节	施工方法及下部结构施工概述·····	(250)
第二节	主桥上部结构特点和施工技术难特点·····	(257)
第三节	关键技术内容及成果·····	(258)
第二章	端横梁及拱脚的施工工艺·····	(263)
第一节	概 况·····	(263)
第二节	施工方案综述·····	(264)
第三节	施工方法·····	(264)
第四节	施工注意事项·····	(267)
第三章	缆索吊系统设计与安装工艺·····	(269)
第一节	工程概况·····	(269)
第二节	钱江四桥缆索吊装总体方案比较·····	(270)
第三节	遇到的困难和问题·····	(273)
第四节	具体研究内容·····	(274)
第四章	钢拱肋主拱安装施工工艺·····	(300)
第一节	工程概况·····	(300)
第二节	扣挂系统设计·····	(300)
第三节	缆索吊吊装钢管拱肋·····	(305)
第五章	系梁高空悬吊法施工工艺·····	(308)
第一节	工程概况·····	(308)
第二节	施工方案选择·····	(308)
第三节	系梁施工时各工况受力计算·····	(308)
第四节	系梁模板安装·····	(311)
第五节	系梁砼浇注·····	(311)
第六节	小 结·····	(312)
第六章	系梁预应力及吊杆张拉工艺·····	(313)
第一节	工程概况·····	(313)

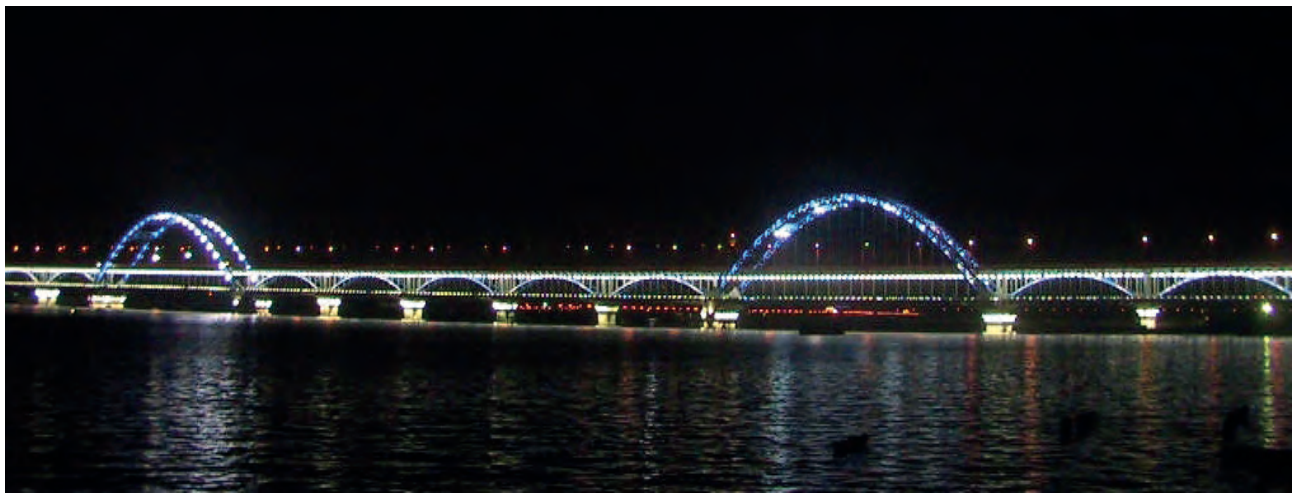
第二节 张拉施工工艺·····	(315)
第三节 小 结·····	(318)
第七章 管压混凝土配合比设计与施工·····	(319)
第一节 配合比设计·····	(319)
第二节 管压混凝土施工·····	(321)
第三节 小 结·····	(323)
第八章 双层拱桥施工桥面标高控制·····	(324)
第一节 概 况·····	(324)
第二节 拱肋安装时标高控制·····	(324)
第三节 系梁施工时标高控制·····	(327)
第四节 拱上立柱施工时标高控制·····	(327)
第五节 190m 跨上层吊杆横梁施工标高控制·····	(328)
第六节 桥面标高控制·····	(328)
第七节 小 结·····	(328)

第四篇 钱江四桥运营关键技术研究

第一章 大桥综合自动化系统·····	(329)
第一节 概 述·····	(329)
第二节 机电设备监控系统设计·····	(331)
第三节 交通监控系统设计·····	(341)
第四节 广播系统设计·····	(346)
第五节 监控中心设计·····	(350)
第六节 安全警示·····	(353)
第七节 系统供电·····	(354)
第八节 系统安全性与可靠性设计·····	(354)
第二章 大桥健康监测系统·····	(356)
第一节 系统设计及实现·····	(356)
第二节 钱江四桥实时健康监测系统研发的关键技术·····	(362)



彩图1 钱江四桥建成图



彩图2 建成的钱江四桥夜景图



彩图3 施工栈桥



彩图4 施工钢围堰



彩图5 钢围堰抽水



彩图6 钢围堰混凝土封底



彩图7 墩身施工



彩图8 施工拱座



彩图9 建成后的拱脚段

彩图10 缆索吊装系统





彩图11 搭设中的缆索吊装系统江中塔架



彩图12 缆索系统地锚



彩图13 6500t支座



彩图14 缆索及跑车



彩图15 85m跨拱上立柱



彩图16 85m跨拱肋吊装及扣挂



彩图17 拱肋法兰临时连接



彩图18 灌注钢管拱肋混凝土





彩图19 灌注拱上立柱混凝土



彩图20 施工85m跨系梁劲性骨



彩图21 安装85m跨系梁间横梁



彩图22 安装85m跨拱上横梁