

莲沱特大桥 设计施工论文集

汪昭富 主编

中国铁道出版社

2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书收录了十五篇关于莲沱特大桥设计、施工的论文,涉及总体设计、施工技术研究、钢管拱肋加工及竖转合龙技术、结构分析、预应力束张拉及体系转换施工技术、主拱索上挂梁的预制、移梁及吊装等。

图书在版编目(CIP)数据

莲沱特大桥设计施工论文集/汪昭富主编. - 北京:
中国铁道出版社,2000.10
ISBN 7-113-03912-X

. 莲... . 汪... . 桥涵工程-设计-文集
桥涵工程-工程施工-文集 . U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 49477 号

书 名:莲沱特大桥设计施工论文集

作 者:汪昭富

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:傅希刚

责任编辑:傅希刚

封面设计:陈东山

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:850 mm × 1 168 mm 1/32 印张:5 字数:127 千

版 本:2000 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~1 050 册

书 号:ISBN 7-113-03912-X TU·643

定 价:22.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编委会名单

主 编:汪昭富

副主编:薛继连 胡万毅 刘仁全

编 委:(按姓氏笔画顺序)

方利成 王义兴 王守清 王道斌

马 栋 孙克林 李承根 汪昭富

刘仁全 刘掌兴 陈佑新 吴存文

杜 彬 闵向红 张云波 胡万毅

黄立新 彭济南 廖元裳 薛继连

作 者:(按姓氏笔画顺序)

王道斌 卢之初 孙红锦 孙秀荣

李承根 李 林 刘锦华 刘恩吉

刘 鹤 陈佑新 杜立新 闵向红

武维宏 张博庆 黄立新 彭济南

彭庭佳 雷永伟 廖元裳 薛继连

前 言

莲沱特大桥是三峡对外交通公路上一座重要桥梁，自1996年9月竣工通车以来，至今已安全使用了四年。今年初，经建设、设计、施工、监理四方联合复验，认为大桥各方面技术指标符合设计图纸以及验收规范，功能满足使用要求，造型美观，成为西陵峡畔一道绚丽的人间彩虹。

一座普通的大桥不值得赘言成集，莲沱特大桥的特别之处在于：它是我国首次采用竖转合龙的中承式钢管混凝土大跨拱桥，其应用的多项技术，奠定了它在国内大跨钢管混凝土拱桥设计、施工领域的领先地位。

在两年多的建设过程中，建设、设计、施工和监理单位的广大工程技术人员以科学的态度、严谨的作风，精益求精，攻克了总体设计、结构分析、拱肋管节制造、竖转吊装合龙成拱、泵送拱肋管内混凝土、索上挂梁及桥面结构施工、预应力体系转换和监控监测等多项难题。大桥综合施工技术获中国铁道建筑总公司1997年度科技进步二等奖，并获得1998年度铁道部优质工程奖，根据施工总结而成的《大跨度钢管混凝土拱桥主拱肋竖转合龙工法》获1997~1998年度国家级工法。

在这本文集将要面世之际，特别向参与该桥重大方案决策的老一辈桥梁专家：陈天虎、王弘、陈福厚、王忠诚、王瑞跃、刘恩伯、汤度侯、谢量赢、邓隆泉、杨志文等致

以诚挚的感谢。

该文集中收入的论文均以专题形式展开表述,很多文章已先后在不同刊物上发表,由于各作者视点角度不一,不便做统一太大的改动,故基本按原稿刊出,文责自负。谨希望收抛砖引玉之功,为从事钢管混凝土拱桥研究、设计、施工和教学工作的工程技术人员、大专院校师生提供一本参考资料,为发展我国的钢管混凝土拱桥建设事业尽一份绵薄之力。

编 者

2000年9月于北京

目 录

莲沱特大桥设计简介.....	李承根(1)
莲沱特大桥施工技术研究报告	廖元裳(12)
莲沱特大桥钢管拱肋的加工制造技术	彭济南 雷永伟 孙红锦(21)
莲沱特大桥钢管拱肋竖转合龙施工技术	王道斌 彭济南 卢之初 杜立新 彭庭佳(32)
莲沱特大桥施工阶段拱肋结构分析	刘恩吉(43)
莲沱特大桥施工过程中的计算机监控	李 林(53)
莲沱特大桥钢管拱内泵送混凝土技术	陈佑新 卢之初 杜立新 黄立新(60)
莲沱特大桥钢管混凝土主拱上索挂梁的预制、移梁及吊装	陈佑新 卢之初 孙秀荣(73)
莲沱特大桥拱上立柱及现浇横梁、盖梁施工	刘 鹤 陈佑新 黄立新(87)
预应力技术在莲沱特大桥中的应用	刘锦华(94)
莲沱特大桥通长永久预应力束张拉与体系转换施工技术	王道斌(99)
莲沱特大桥施工过程中拱肋应力、变形测试及拱轴线型控制技术	张博庆(111)
莲沱特大桥静、动载试验简介	武维宏(120)
适用于淤泥层钻孔桩施工的一种方法.....	彭济南 薛继连(132)
大跨度钢管混凝土拱桥主拱肋竖向转体合龙工法	彭济南 薛继连 陈佑新 闵向红 黄立新(136)

莲沱特大桥设计简介

李承根

1 引 言

钢管混凝土作为一种轻质、高强的新型复合结构材料,由于具有优异的材料受力性能,加上它在施工中独特的优越性——空钢管吊装重量轻、便于安装形成稳定的先期结构,然后以其为依托进行混凝土的浇筑施工,使施工工艺大为简化。近年来,钢管混凝土在拱式桥梁结构中得到迅速的推广应用。国内建成或正在修建的钢管拱桥已达百余座。

本文所介绍的三峡对外交通专用公路上的一座三跨中承式钢管混凝土连续拱桥——莲沱特大桥,在结构设计中采用了全桥通长布置的纵向预应力体系,巧妙地解决了中拱和边拱结构的受力需要,以及在施工中所采用拱肋整体竖向转体吊装的新工艺,形成了它不同于其他钢管拱桥而别具一格的特色。

2 概 况

莲沱特大桥是三峡工程对外交通专用公路上的一座重要桥梁。该桥位于湖北省宜昌县境内,跨越西陵峡左岸支流——磨刀溪的出口处。桥位处沟床呈U形,距长江约150 m,沟床宽约200 m。磨刀溪发源于莲沱以北的老木架垭及四毛岭,流域长度44.5 km,汇水面积139.7 km²,百年流量 $Q_{1\%} = 1\,299 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由于下游葛洲坝的修建,受其回水影响及控制,桥位处河床淤积,现有纵坡 $i = 1.32\text{‰}$,按照长江百年水位,同时磨刀溪遭遇百年流量,推算得本桥设计水位为 $H_{1\%} = 75.09 \text{ m}$ (黄海高程)。

桥址处,河床中上覆地层为第四系全新统冲积物,三斗坪侧岸

坡上覆有坡积物,三斗坪桥台及宜昌侧裸露岩层为震旦系下统莲沱组砂岩,下伏地层为前震旦系花岗斑岩。

图 1 莲沱特大桥示意图(单位:m)

3 桥式方案

莲沱特大桥采用(30+20)m预应力T形简支梁+(48.3+114+48.3)m三跨一联中承式钢管混凝土连续拱+(4×16)m框架梁桥,桥全长341.89m(图1)。桥面总宽20m,按四车道布置,其中包括0.5m的中央分隔墩及两侧各0.5m的防撞栏杆和1.25m的检修通道。

设计活载为汽—36级特殊重载车队(横向为两重两轻布置)。验算活载为2000kN平板车组(荷载总量达359t)。

本桥主跨采用中承式钢管混凝土悬链线无铰拱,净跨114m,净矢高38m,矢跨比为1/3。经分析比较,拱轴系数选用 $m = 1.50$,理论计算跨径116.154m,计算矢高38.423m。由于桥上设有0.88%的纵坡,故中拱采用正拱斜梁方式布置。两侧边拱为上承式悬链线拱。经比选,拱轴系数取1.4,宜昌侧边拱端部设10.303m直线段,三斗坪侧边拱端部设11.274m直线段,边拱曲线段端部与拱座固接,直线段端部下设盆式橡胶支座。宜昌侧边拱曲线段拱轴线方程为

$$y = 46.660(\operatorname{ch}0.0241x - 1)$$

三斗坪侧边拱曲线段拱轴线方程为

$$y = 43.883(\operatorname{ch}0.0249x - 1)$$

既有宜莲公路在桥位处以 形式绕行至上游约130 m处跨越磨刀溪,本桥两端均与宜莲公路立交。为保证专用公路施工期间不致中断既有宜莲公路的交通,本桥在宜昌侧以30 m简支梁一跨跨越宜莲公路,三斗坪侧宜莲公路与本线斜交约 55° ,故采用四孔16 m异型框架梁结构与宜莲公路立交,其上架设16 m空心板梁。

4 钢管拱结构构造

4.1 拱肋结构

本桥拱肋采用竖置的哑铃形截面及圆端形截面形式,拱肋全高3.0 m,宽1.2 m(如图2所示)。两肋横向中心距离18.7 m,每道拱肋由两根钢管与两道缀板所组成的腹腔构成。钢管外径 $D = 1.2\text{ m}$,管壁及缀板厚度均为14 mm,钢管与腹腔内泵送C50微膨胀混凝土。

根据结构受力分析需要,在中拱两侧拱脚和边拱拱脚部位以及两边拱端部的直线段部分采用圆端形截面形式,以增加其刚度及抗弯惯性矩。拱肋其余部分均采用哑铃形截面形式。

图2 哑铃形截面(单位:m)

中拱两肋间设置两道钢筋混凝土刚性横梁,九道钢管混凝土横撑及14对钢管混凝土斜撑。每侧边拱两肋之间各设有四道钢筋混凝土刚性横梁、四道钢管混凝土横撑及两对钢管混凝土斜撑。横撑采用外径 $D = 1.0\text{ m}$ 、壁厚10 mm的钢管,斜撑采用外径 $D = 0.6\text{ m}$ 、壁厚10 mm的钢管,横、斜撑钢管内均泵送C50微膨胀混凝土。

为加强拱肋钢管在运输、安装及混凝土泵送等施工过程中的局部刚度,在立柱、吊杆以及每隔2~3 m左右位置的拱肋钢管内设置了环形加劲钢箍及十字撑,并在相应的腹腔缀板间设置M24的螺栓拉杆。

拱上结构钢管表面的防护采用新型防护涂料(无机富锌底漆 + 环氧云铁中间漆 + 聚氨酯面漆)。

4.2 拱上结构

桥面板采用5.6 m的钢筋混凝土空心筒支板梁,梁高0.35 m,宽1.25 m,横向布置14片梁。桥面板均支承于横梁上,梁端下设板式橡胶支座,桥面为10 cm厚的钢丝网—钢纤维混凝土铺装层。

通过立柱和吊杆与拱肋连接的横梁按部分预应力理论设计。梁全长20 m,计算跨度18.7 m,梁高1.8 m,宽1.0 m,梁端1.25 m范围为矩形截面,其余为工字形截面。每根横梁其布置6根5-7.5和6根6-7.5的预应力钢丝束。梁体采用C50混凝土预制或现浇,构件吊装质量58.8 t。在吊装过程中考虑冲击系数后,构件上翼缘将产生较大的拉应力,故横梁上缘0.9 m范围内浇筑C50钢纤维混凝土。

两肋间的钢筋混凝土横梁,梁高1.8~1.93 m,宽1.2 m。为增加结构的横向整体刚度,横梁采用了矩形断面形式。原设计横梁采用C30混凝土预制,吊装质量75 t,梁端预埋T形钢板,与拱肋腹板的接头钢板定位对接施焊后,以现浇混凝土接头的方式与拱肋实现固接。施工过程中,根据施工单位的机具设备情况及施组方案,变更设计改为在临时钢托架上现浇C30微膨胀混凝土制梁,梁端与拱肋的连接部位采用加设钢牛腿支撑的方式予以加强。

拱上立柱为钢管混凝土构件,钢管外径 $D=0.8\text{ m}$,管壁厚10 mm,立柱底座为矩形截面,采用10 mm厚钢板与拱肋焊接,底座中设定位钢筒与拱肋焊接,立柱钢管伸入底座与定位钢筒对焊连接,立柱底座与立柱钢管内泵送C50微膨胀混凝土。立柱上端与预应力横梁联结,钢管上端设角钢加劲环箍,与横梁底面的预埋钢板焊接,横梁梁端设4-80预留孔,用4根32粗钢筋,一端伸入立柱钢管内,另一端穿过横梁预留孔至梁顶面,预留孔内用硫磺砂浆进行锚固。

与吊杆联结的预应力横梁,在每一梁端侧均设置2根由84.5高强钢丝束组成的预应力吊杆,以保证在后期运营时即便是其中

一根吊杆失效,另一根吊杆仍足以承受横梁、桥面板等构件的恒载。吊杆穿过拱肋及横梁梁端的预埋钢管,在拱肋顶部及梁端底面处以DM型墩头锚具锚固。吊杆外露部分采用聚乙烯包裹层进行防护(简称PE管),外设彩色聚氨酯包裹层(简称PU)。吊杆穿过拱肋及横梁部分采用压浆处理。

4.3 纵向预应力体系

本桥为三孔一联的连续拱式结构,而两边拱端部为铰结。从结构受力需要出发,本桥每道拱肋下布置了8根纵向预应力钢丝束,每根钢丝束由1860MPa的12-7.5高强度低松弛钢绞线组成。在边拱拱肋圆端形截面的范围内,以金属波纹管成孔穿过拱肋腹腔,采用OVM锚具锚固于拱肋端部。钢丝束穿出边拱直线段拱肋后,在拱桥的其余部位,以体外束形式全桥通长布置。

钢丝束张拉所产生的预应力效应,一方面用以平衡由中拱拱脚传至两中墩的水平推力;另一方面,它使边拱拱肋中产生轴向压力和偏心弯矩,该弯矩恰与拱上结构恒载及活载作用下的拱肋弯矩方向相反。因此,如何确定合理的边拱与中拱的跨度比,确定纵向预应力钢束的张拉吨位,是设计过程中需要认真分析计算和反复比选的主要课题。

体外预应力钢丝束采用114mm镀锌钢管防护,管内进行压浆处理,在拱肋立柱上端和预应力横梁梁端下方,设置由型钢和角钢组成的劲性骨架,对钢丝束实施定位。考虑到长期运营后钢丝束有因意外因素损伤而失效的可能,在每道拱肋下预留了2根备用钢丝束的位置,以满足届时进行钢丝束抽换的需要。

4.4 下部构造

钢管拱之中墩为工字形截面的肋式桥墩,拱座下方的两侧肋墙中心间距与拱肋间距相同,两肋墙之间设一道横墙联系,横墙下方设三角形的实体段与承台连接以增强结构的刚度。基础为14根1.8m的钻孔嵌岩桩,设计要求桩尖嵌入弱风化花岗岩深度为2m,肋墙上方拱座范围内,除了布置有较密集和普通钢筋外,还设置了32精轧螺纹钢筋的竖向及横向预应力筋,对拱座部分予

以局部加强。

为平衡施工过程中由中拱拱脚传至桥墩的水平推力,在两中墩的肋墙之间,布置4根12-7 5钢绞线束组成的临时预应力束。根据施工过程中的受力变化情况,进行分批张拉。待全桥预应力钢丝束张拉后,拆除临时预应力束。

5 钢管拱桥的施工

5.1 拱肋钢管的加工

拱肋钢管均为工厂加工。首先根据设计给定的理论拱轴坐标和预拱度值,经计算机分析放样,按钢板供货的定尺,将拱肋钢管分为若干长度为1.8 m左右的直线管节,工厂卷制,焊接成10 m左右的拱肋构件。在工厂进行1:1放样试拼,经质量检验、坐标测量验收合格后,解体分段运输至工地,在胎架上进行现场组拼。

钢管均采用坡口对焊,要求拱肋钢管纵向焊缝设在腹腔内,上下钢管环缝应错开布置。焊缝除按规定进行外观检查、超声波检查外,还应进行X射线检查,以确保焊接质量。

5.2 拱肋吊装

两边拱按照设计给定的拱轴线坐标在胎架上一次组拼到位,经高程复测确认无误后,进行现场焊接。同时吊装并焊接边拱的钢管横斜撑构件。

中拱拱肋钢管采用竖转吊装的施工方案,在拱座处构造处理为图3所示的“靠山角”,拱角处设“钢舌头”与“靠山角”紧贴。按照设计拱轴线在桥下方拼装胎架,组拼并焊接拱肋钢管及横、斜撑构件。在墩顶处设扒杆,安装吊索,以“靠山角”为转动中心,竖转起吊半跨拱肋(两

图 3

肋同时整体竖转起吊)。之后以同样的方式组拼焊接并起吊另外半跨拱肋,在空中对接合龙。合龙点设在偏离拱顶约11.5 m的位

置(图 4)。

拱肋竖转吊装的方案较以往缆索吊无支架吊装方法相比,有以下优点:

图 4 吊装示意图

由于拱肋构件的焊接工作绝大部分在胎架上进行,作业条件远优于空中焊接条件,易于保证钢管的焊接质量,且拱轴线的施工精度也比较高。

拱肋半跨竖转吊装时,两肋间的横、斜撑构件业已安装,故在吊装和合龙过程中,结构的稳定性较好。

拱肋合龙后,可以通过在拱脚“钢舌头”处打入钢楔的方法,来对施工过程中产生的误差进行微量调整,对于保证拱肋几何尺寸的正确性有一定的作用。

拱肋竖转吊装的施工方法,已成功地在新安江大桥得以实施。当桥下具备设置拱肋组拼胎架的条件时,采用此方案不但可以节省一套昂贵的缆索吊,而且易于保证钢管拱肋的施工质量,不失为一种有竞争力的施工方法。

5.3 拱肋混凝土施工

待中拱合龙后,封固拱脚混凝土,使拱肋结构由两铰拱转换为无铰拱受力体系,放松扒杆吊索。

拱肋混凝土采用泵送顶升方法施工,以保证施工质量。首先自两侧拱脚处对称泵送拱肋下钢管混凝土,待下钢管混凝土达到强度后,泵送拱肋上钢管及腹腔混凝土。

拱肋中泵送的微膨胀混凝土,按补偿收缩类(绝湿条件下)进

行配制,根据施工过程中拱肋受力变化情况,在拱肋局部范围泵送 C50 钢纤维混凝土,系在 C50 微膨胀混凝土中掺入体积率为 1.5% 的钢纤维,要求其抗拉设计强度大于 4.5 MPa。

为保证拱肋混凝土的施工质量及结构在施工过程中的稳定和安全,要求施工中必须对称泵送混凝土,并采取可靠措施保证混凝土的供应能力,不得中途停泵。混凝土进料口设在两侧拱脚处,拱顶处设排气孔。泵送过程中需准备压重设施,以防止拱顶冒顶事故发生。

边拱拱肋封固拱脚后,在胎架上进行混凝土的泵送施工。由于此时全桥纵向预应力钢丝束尚未张拉,胎架支点需检算确定,要求其具备足够的刚度,并应在支点下设置千斤顶,以便在施工中对拱肋的内力和变形进行调整。

拱肋混凝土达到强度后,按设计指定的顺序,对横、斜撑钢管进行混凝土的泵送施工。

5.4 拱上结构安装

按照设计指定的施工顺序进行拱上立柱、吊杆、横梁(包括刚性横梁及预应力横梁)的现浇施工和安装。

桥面系的施工,首先架设桥中心处的两片 5.6 m 空心板梁,全桥贯通形成通道。然后以形成的通道为依托,对称架设其余的桥面板。安装桥面伸缩缝,按先边拱后中拱的顺序进行桥面铺装层、防撞栏杆、中央分隔墩的施工。最后进行拱上部分人行检修道的安装。

5.5 施工过程的分析计算

由于钢管拱在施工过程中结构刚度变化剧烈,多次变换结构受力体系,内力变化复杂,故在设计时,除了对成桥以后结构的强度、应力、变形以及结构的动力性能和稳定性进行计算分析和检算外,必须对施工过程中的结构进行详尽的分析计算,以确实保证结构在各种工况下的安全。

本桥对钢管拱的施工过程,共安排了 95 种工况进行分析计算,以求准确地反映在拱肋竖转吊装、合龙、混凝土泵送、拱上构件

安装、预应力张拉等各个阶段中结构受力的变化情况,并根据检算和分析,采取必要的构造处理措施,提出对施工的具体要求及建议。

6 施工监测与监控

本桥在施工过程中安排了施工监测与监控,以确实保证施工安全与施工质量。

施工监测主要由应力、应变监测和高程、位移的监测两部分组成,要求在拱肋、吊装、合龙、混凝土泵送,立柱、吊杆及横梁安装,临时预应力束及永久预应力张拉,桥面板架设、桥面铺装等各施工过程中,对拱肋的拱脚、 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $3/8$ 等控制面进行钢管应力、混凝土应力的监测,对横、斜撑钢管应力、预应力吊杆应力进行监测,对刚性横梁、预应力横梁的混凝土应力进行监测,对纵向预应力钢丝束的应力进行监测,对边拱端支座反力进行监测,对拱肋各控制点高程、拱上立柱、预应力吊杆下横梁高程及1、2号桥墩拱座处的竖向及水平位移进行监测。监测所采集到的数据,传输至电子计算机中,利用为本桥施工所开发研制的专用施工监控软件进行分析处理。确定是否需要对拱肋结构进行临时加载(或卸载)或调整上部构件的施工安装顺序,来改善拱肋结构在施工过程中的受力变形条件,避免发生拱肋应力超载失稳,藉以指导施工。

7 变更设计与配合施工

莲沱特大桥是一座科技含量较高的新结构桥梁,所涉及的许多新结构、新技术、新工艺,对于我们设计人员来说,很多都是初次接触,存在一个学习、认识、提高的过程,加上该公路勘测设计周期很短,采用施工招标方式后,该桥由多家施工单位协作施工,从而使该桥的施工实施远超出预期的难度。为此,铁道部第一勘测设计院的技术人员付出了艰辛的劳动,终于使该桥得以顺利建成。

施工中标后,该桥按缆索吊无支架吊装方法开放施工图设计。设计完成后,施工单位提出改变施工方法。经调研论证后,变更设

计改为拱肋整体竖转吊装,不但对主跨钢管拱设计图进行了修改,还根据新的施工顺序对整个施工过程结构受力重新进行了分析检算,给设计带来很大的工作量和时间紧的压力。

在其后施工过程中,我们又根据现场情况从保证施工质量、进度要求、方便施工的角度出发,进行了多项变更设计。如在三斗坪侧4孔16 m框架的基础施工过程中,为避免桩基施工影响既有宜莲公路挡墙的稳定及安全,对桩位进行改移,而引起的框架结构变更设计。为减少施工期间的交叉干扰,取消与宜昌侧宜莲公路立交而设的1孔12 m框架桥,将本桥增扩2孔(30+20) m,一跨直接跨过宜莲公路。由于现场施工吊装困难,将原设计拱肋横梁预制吊装变更设计为现浇施工及型钢混凝土结构。根据施工单位施组安排,为保证施工安全,对通长布置的纵向预应力钢丝束张拉顺序和张拉吨位进行了变更设计,等等。这些变更设计,虽然给设计增加了很多工作量,却极大地方便了施工,另一方面也结合实际情况,进一步完善和优化了设计,对于保证工期和工程质量,起到了很大的作用。

莲沱特大桥1号墩是中拱与边拱的支承墩,位于宜昌侧磨刀溪陡崖下,地表为葛洲坝修建后新近沉积形成的淤泥质软土,下伏岩层为斑状花岗岩,岩面倾斜约 45° ,地质条件极为复杂。该基础设计采用14根1.8 m钻孔嵌岩桩,桩长15~23 m不等,设计要求桩尖嵌入弱风化完整岩层深度不小于2 m。由于判识错误,对桩身钻孔检查发现该基础14根钻孔桩中,有5根桩桩尖未进入弱风化花岗岩层,有8根桩未满足嵌岩2 m的要求。同时引起墩身、承台混凝土出现竖向裂缝,裂缝最大宽度约0.8~1.3 mm,深度约1.8~2.2 m。

受业主委托,铁道部第一勘测设计院对1号墩重新进行了分析检算,提出事故加固处理方案:(1)对已出现裂缝的承台、墩身凿毛处理,加设锚筋后,周边浇筑50 cm厚钢筋混凝土;(2)在1号墩前端补设3根1.8 m钻孔桩,并在桩顶利用加载梁张拉预应力,保证其承受所需的竖向荷载;(3)在墩后,增设两道水平地基梁,将

墩身传来的水平推力直接传向宜昌侧的岩体,以减少桩基所承受的水平力和弯矩;(4)对桩身检查孔进行压浆处理。通过上述综合处理措施的实施,保证了结构的安全和工期要求,避免了更大的损失。

8 结 语

莲沱特大桥自1994年6月23日开始动工,于1996年8月28日胜利竣工。该桥的勘测、设计及施工,有许多经验值得认真总结,该桥的实践不但为中承式钢管混凝土拱桥的设计和施工提供了宝贵的经验,也为今后在超短设计周期条件下进行新结构、新技术桥梁结构的设计提供了许多可以借鉴的经验。