

桥梁 隧道 道路 水港

QIAOLIANG SUIDAO DAOLU SHUIGANG

——2016年学术交流会



四川省公路学会工程施工专业委员会编辑委员会 编



电子科技大学出版社

桥梁 隧道 道路 水港

——2016年学术交流会论文集

四川省公路学会工程施工专业委员会 编



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥梁 隧道 道路 水港. 2016年学术交流会论文集/
四川省公路学会工程施工专业委员会编辑委员会编. --
成都: 电子科技大学出版社, 2016.6

ISBN 978-7-5647-3711-5

I. ①桥… II. ①四… III. ①隧道工程-学术会议-文集②道路工程-学术会议-文集③桥梁工程-学术会议-文集④港口工程-学术会议-文集 IV. ①U4-53
②U65-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第150969号

桥梁 隧道 道路 水港

——2016年学术交流会论文集

四川省公路学会工程施工专业委员会编辑委员会 编

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 李述娜

责任编辑: 李述娜

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川经纬印务有限公司

成品尺寸: 210mm×285mm 印张: 20 字数: 600千字

版 次: 2016年6月第一版

印 次: 2016年6月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3711-5

定 价: 108.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

四川省公路学会工程施工专业委员会 2016年学术交流会论文集

编辑委员会

主 编 孙 云

编委会成员 唐永建 熊国斌 杨如刚 甘 洪 马青云 卢 伟
邓运祥 董武斌 陈先国 罗朝基 于志兵 汪捍东
王 芳 缪月华

四川省公路学会工程施工专业委员会

委员名单

主任委员 孙 云

副主任委员 唐永建 王 玮 熊国斌 甘 洪

秘 书 长 董武斌

委 员 (以姓氏笔画为序)

王中林 王传福 仇宁涛 邓运祥 邓享长 冯强林

卢 伟 孙立成 付荣华 庄卫林 许世辉 朱良清

刘德永 刘志刚 刘 勇 汪碧云 张建明 张佐安

张 蓉 张学明 张航川 张剑宁 陈先国 陈良春

陈光军 吴礼刚 罗朝基 罗守宏 罗良学 罗春雨

周明凯 周清学 倪 红 赵桐远 胡延寿 胡 荣

聂 东 唐承平 郭祥辉 蔡乐军 谢应文 谢光辉

裴宾嘉

顾 问 谢邦珠 李文琪 范文理 薛振维 钟正刚 曹 瑞

前 言

2016年四川省公路学会工程施工专业委员会学术年会将在广东省佛山市召开，本次年会将依托在建魁奇路东延线二期工程奇龙大桥设计施工开展广泛的学术交流。

2016年施工专业委员会学术交流会共收到论文77篇。四川省公路学会工程施工专业委员会组织专家对全部论文进行了认真的评审，精选出51篇编辑成论文集。

论文集分为桥梁、隧道、道路、试验四个篇章，这些论文是作者在从事隧道、桥梁、道路、水港工作时，从教学、研究、设计、施工、检测等方面所进行的探索实践和经验总结，其集中反映了我省及我国现阶段隧道、桥梁、道路、水港建设发展的先进技术水平，有较高的学术性、实用性和参考价值。

本论文集得到了四川公路桥梁建设集团有限公司、四川路桥桥梁工程有限责任公司的大力支持和积极参与，在此向上述单位、论文作者、参加论文评审的各位专家，以及对论文征集、编审、出版等工作给予帮助、支持的单位和个人表示衷心感谢！

四川省公路学会工程施工专业委员会编辑委员会

2016年6月

目 录

■ 桥 梁

西藏通麦悬索大桥上部构造施工关键技术·····	裴宾嘉 王忠海 雍 翔 沈卢明 (1)
西宁河大桥缆索吊装施工锚碇设计·····	裴宾嘉 孙 兵 庄开伟 沈 涛 (11)
连续刚构桥0#块长度较短时挂篮施工技术·····	黄兴胜 (20)
大跨径悬索桥施工安全管理要点·····	付 兵 (26)
浅谈深水桩基钢护筒施工方法·····	文 锋 (31)
浅析高速公路桥头跳车的原因及解决措施·····	崔阳平 (40)
浮式导向架转换固定钢平台插打深水基础钢护筒施工工艺·····	钟正波 (45)
连续梁桥边跨现浇段挂篮悬浇施工技术·····	何煜民 王 锋 (53)
拱上排架快速施工技术·····	黄兴胜 (57)
后张法预制T梁施工质量控制·····	孙 锋 (63)
浅谈钢筋混凝土桥梁病害与处理·····	胡 敏 (66)
简析铁路客运专线箱梁制架施工工艺·····	尹劲松 (74)
跨河斜拉桥岸上部位大尺寸钢梁整体安装施工控制技术浅述·····	黄永红 (81)
浅谈粉砂淤泥质地基深基坑承台施工技术控制·····	刘 洋 (92)
浅谈波形钢腹板PC箱梁桥主梁施工工艺·····	李 松 黄兴胜 杜兴忠 (99)
浅谈大体积现浇箱梁施工控制技术·····	李小登 (103)
浅谈粉砂淤泥质土地质大直径桩基施工技术控制·····	白文奇 (110)
浅谈武英高速公路拱形天桥爆破拆除技术·····	董青青 (115)
浅谈下行式移动模架施工安全管理·····	胡青松 (119)
浅谈斜拉桥主塔钢锚箱制作安装施工技术控制·····	刘 猛 (125)
浅谈液压滑模在桥梁高墩柱施工中的应用·····	翁 浩 (130)
浅谈粉砂淤泥质土地基现浇箱梁支架管桩基础设计及施工控制技术·····	黄永红 (136)

浅析互通立交现浇箱梁支架技术控制·····	吴志珪 (145)
浅析菱形空心薄壁墩高节段施工技术控制·····	刘金鑫 (152)
浅析循环水及喷淋养护技术在梁板预制过程中的应用和推广·····	刘东苗 (158)
桥涵背跳车原因及防治新技术·····	黎功林 (162)
万州长江公路三桥Z09#主墩超大异形双壁钢围堰首节段拼装及下放施工技术·····	袁华昭 (165)
预制梁标准化施工浅谈·····	周永军 (179)

■隧 道

浅析公路浅埋偏压隧道的常见施工技术要点·····	龚 民 (190)
浅谈注浆法在隧道采空区处置中的应用·····	杨勇清 (193)
浅谈石头田隧道进洞施工弱扰动降振控制爆破施工技术·····	冉凌波 (198)
浅谈沙溪坝隧道光面爆破施工中的应用·····	费永攀 (206)

■道 路

宜泸高速公路涪溪口隧道路面病害整治及施工·····	秦 博 叶 读 (214)
高铁路基填筑施工要点·····	刘 洋 (224)
公路路基水毁灾害评价及防治对策·····	洪成义 (228)
浅析填石或土石混填路基压实质量及强度均匀性检测技术·····	周卫东 (232)

■试 验

超声波法检测钢管混凝土质量检测技术研究·····	王 鹏 (236)
大跨径连续刚构桥荷载试验研究·····	石锦光 (244)
机制砂钢纤维混凝土泵送施工的试验分析·····	王 彬 (254)
西部藏区冬期大体积混凝土配制与研究·····	余泽文 (263)
悬臂式挡土墙顶点位移分析·····	曹 頔 (270)

■机 械

论水利施工机械设备管理·····	黄 华 (282)
------------------	-----------

■其 他

浅谈临近及上跨既有铁路施工安全管理·····	胡青松 (285)
浅谈路面工程项目管理·····	蒲国伟 (292)
浅析建设工程评标指标体系的建立·····	陈 剑 (295)
浅谈建设工程QC小组活动成果的编写·····	刘 欢 (299)
公路桥梁项目工程造价审计的方法及要点·····	侯 华 (304)
自隆高速公路跨成渝高速公路安全施工·····	赵仕国 (307)
煤炭气化技术在沥青砼拌和楼中的应用·····	喻光林 蒲国伟 柳臣青 (313)
浅谈高速公路的日常绿化养护管理·····	徐 春 (318)
浅谈建筑工程合同管理中的工程计量问题·····	涂 林 (322)

西藏通麦悬索桥上部构造施工关键技术

裴宾嘉 王忠海 雍翔 沈卢明

(四川公路桥梁建设集团有限公司 成都 610071)

摘要 通麦大桥是国内首座单跨空间缆地锚式悬索桥。本文对通麦大桥上部构造施工采用的特殊猫道设置方式、空间吊索安装方法和优化加劲梁安装顺序等关键技术进行了详细介绍, 以为同类桥梁施工提供参考。

关键词 空间缆地锚式悬索桥 上部构造 施工

一、工程概况

1. 设计概况

通麦大桥位于川藏公路318国道西藏林芝境内的通麦镇, 横跨水流湍急的易贡藏布江。该桥采用主跨为256m的单塔单跨悬索桥结构, 两岸锚碇均采用重力式地锚。主桥平面均位于直线段, 纵坡采用2次放坡, 分别为-0.83%、-2.168%。主梁形式为焊接H型钢的华伦式桁架结构, 钢板采用Q345qC, 索塔及预制桥面板、现浇层采用C50混凝土。桥面宽13.4m, 主塔处塔梁间采用纵向漂浮体系。通麦大桥总体设计布置如图1所示。

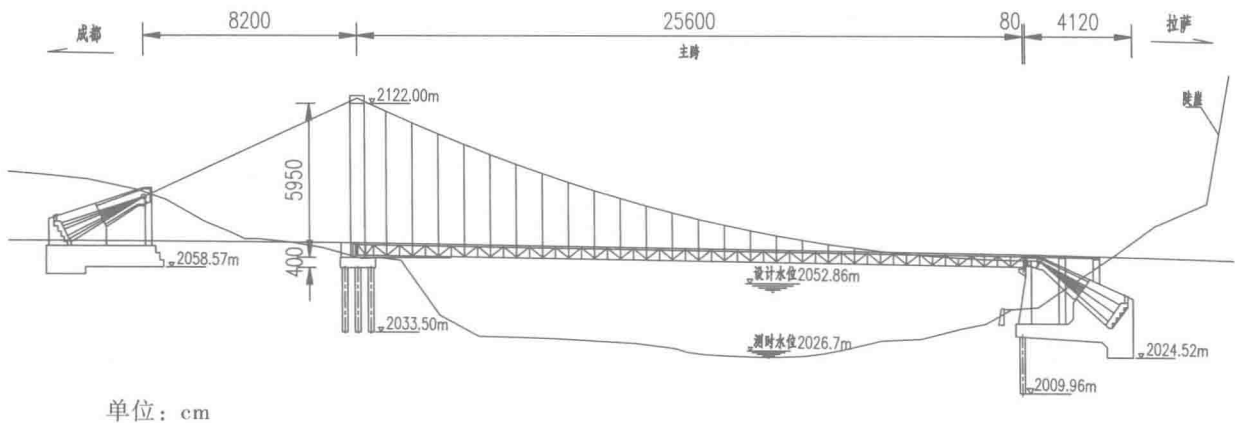


图1 通麦大桥总体设计布置

通麦大桥主缆采用高强度镀锌钢丝,主缆垂跨比为1/17。主缆共有2根,横桥向间距15.0m。每根主缆为37股,共有4699丝,其竖向排列成尖顶正六边形,挤压形成圆形断面,并用定型捆扎带绑扎,两端设热铸锚头。每股索股由127丝 $\phi 5.2\text{mm}$ 高强镀锌钢丝组成。钢丝标准强度为1770MPa。为增加悬索桥稳定性且受地形构造等限制,主缆设计为空间缆,且其两端间距大,中间间距小。主缆在主索鞍和散索鞍处中心间距为15m,在主跨跨中间距为13.6m,主缆设计为PPWS安装。空间主缆示意图2。

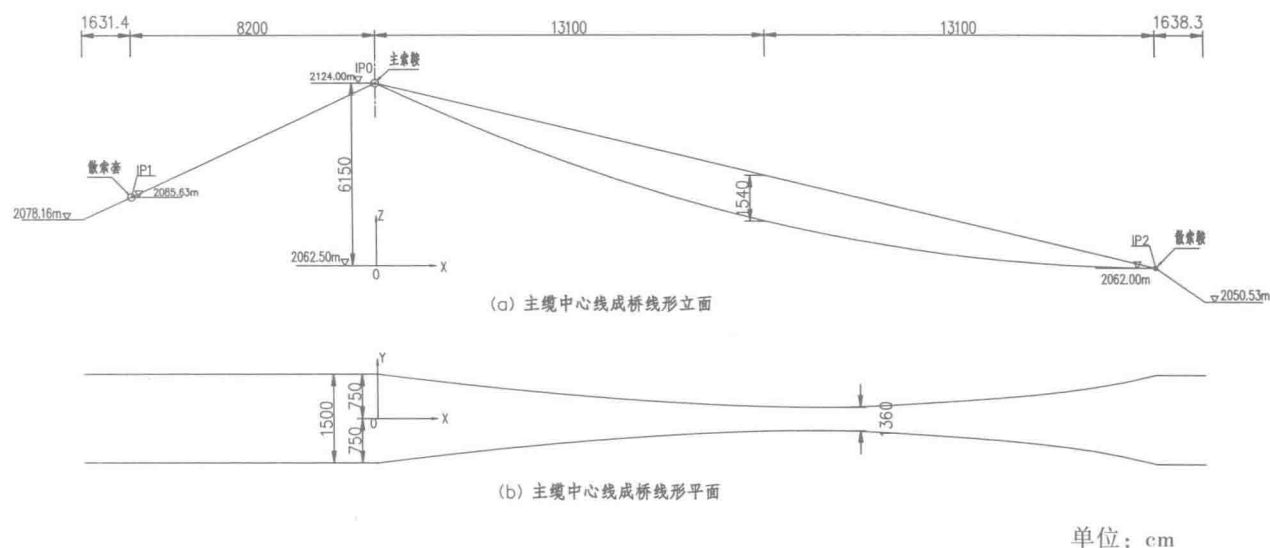


图2 空间主缆示意

加劲梁断面总宽15.53m,桁高4m,两榀桁架间距为13.0m,节间长度5m。共有26个节段,吊装节段最大自重42.5t。上、下平联采用K形体系,主桁上、下弦杆,横梁上、下弦杆,腹杆及上、下平联均采用工字型截面,杆件材质均采用Q345D钢材。

由于通麦大桥桥位处地形狭窄,拉萨岸散索鞍只能设计成低于桥面并紧挨主梁,故主缆有约6个节段低于加劲梁桁架上弦。施工时,主缆位于钢桁梁上弦和下弦之间的特殊位置,这种特殊位置会造成施工中猫道会在部分位置侵占钢桁加劲梁的安装空间,故猫道需要做特殊处理。拉萨岸主缆位于钢桁梁上弦下方,效果图见图3。

位于桥面系以上的吊杆设计成带PE套的平行钢丝,位于桥面系以下的吊杆为刚性带铰吊杆,成桥后略带倾斜状态。通麦大桥空间主缆索夹安装时需要一定角度偏转,类似于国内已施工的自锚式空间缆悬索桥^[1]。

2. 施工概述

将空间主缆坐标通过施工阶段计算转换成为竖直平面主缆坐标后,在竖直平面内进行主缆施工。索夹安装采用预偏竖角度,主缆索股施工采用单线往复式牵引系统,索股牵引采用架空轨道式。猫道采用塔顶埋入式的两跨连续猫道(图4),猫道与钢桁梁相冲突处,在猫道改吊至主缆后,将相互影响的一定长度的猫道承重绳垂度放松,改为安全防护网用绳。钢桁梁使用缆索吊装法进行施工,桥面板为预制

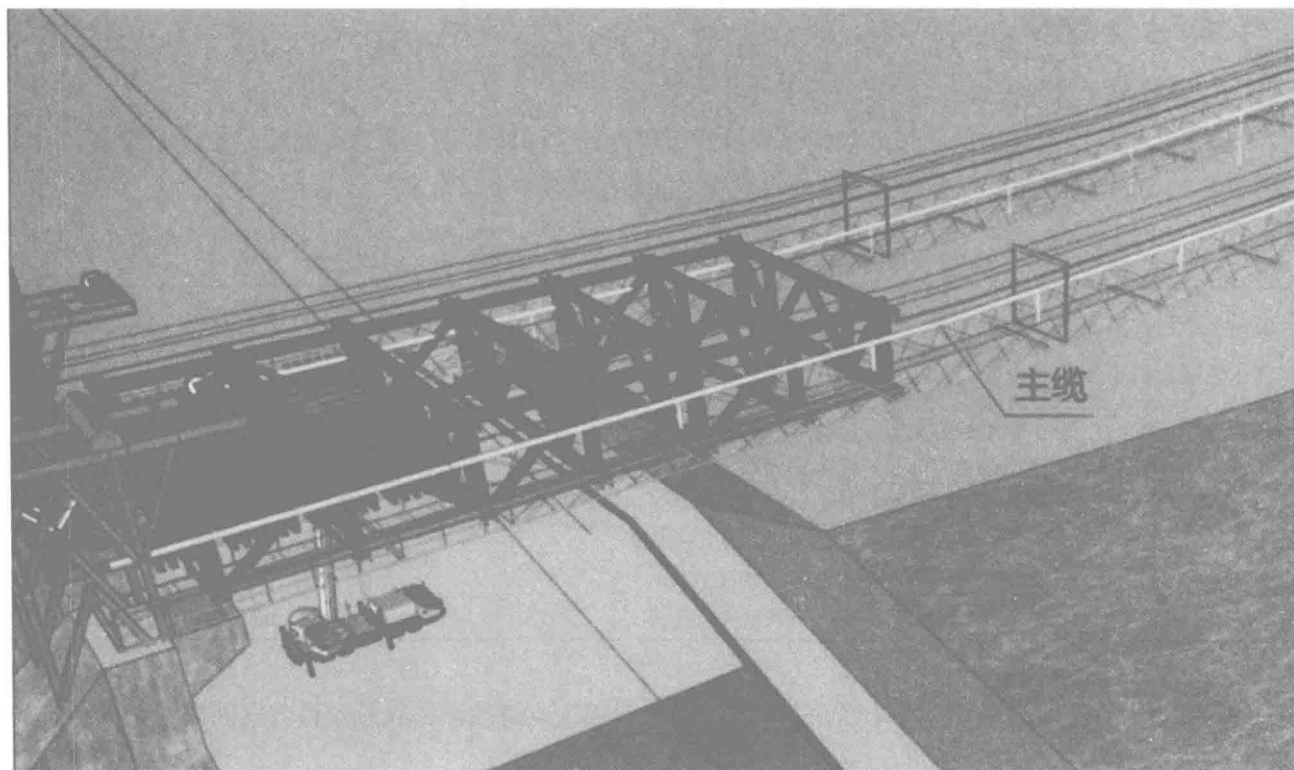


图3 拉萨岸主缆位于钢桁梁上弦下方效果图

实心板，待钢桁梁安装完成后，采用25t吊车安装于钢桁梁顶面的纵横梁上，然后进行纵横湿接缝浇筑，最后进行沥青混凝土面层浇筑^[2]。埋入式连续猫道示意图4。

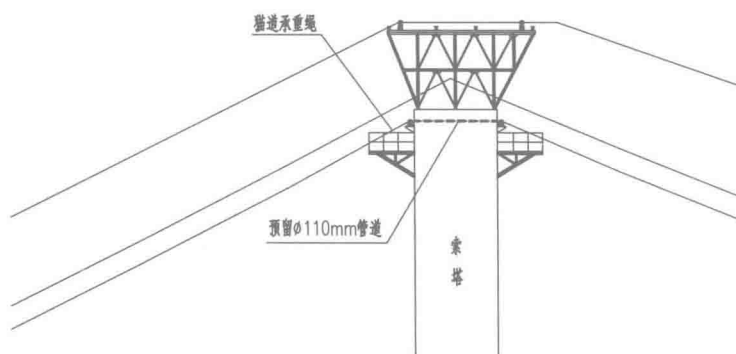


图4 埋入式连续猫道示意

二、主缆安装

1. 主缆施工方法比较

通麦大桥是国内首座空间缆地锚式悬索桥,而国内外空间缆自锚式悬索桥修建数量已非常多,因此施工前对地锚式主缆和吊杆等施工方法与自锚式空间缆悬索桥进行了比较。如表1。

表1 空间缆自锚式和地锚式悬索桥索股、吊杆等施工技术比较

类别	空间缆自锚式悬索桥	空间缆地锚式悬索桥
索股牵引	一般采用先缆后梁,安装时会受主梁安装进度影响	多采用先缆后梁方式,主缆施工时间可以比自锚式悬索桥提前
吊索安装	吊索张拉方案需反复优化计算调整;吊索倾角调整时间长,需要设备多 ^[3]	主缆线型确定后,索夹必须按预偏转角度设定,以保证加劲梁安装后成桥状态与设计相符
计算方法	加劲梁中存在较大轴力,一般加劲梁截面用钢箱或钢箱和桁架的组合;制造线型需要精确计算;体系转换需精确计算 ^[4]	采用成桥状态非线性迭代找形后,倒拆得到每个施工段的受力状态和理论线型
代表桥型	中国佛山平胜大桥、美国奥克兰大桥	挪威 Halogland 桥

经过比较,认为在施工阶段计算方式和体系转换方面,空间缆地锚式悬索桥与空间缆自锚式悬索桥有较大的差异,故对空间缆地锚式悬索桥施工方法需做特别研究。

2. 主缆索股施工概述

对表1进行分析过,确定通麦大桥空间主缆施工采用能快速安装索股的架空索道式牵引系统^[5];猫道系统采用有利于调节无应力长度和适应后期钢桁梁空间干挠问题的埋入式连续系统;空间索夹采用在主缆施工阶段计算预偏修正方法进行安装。主缆索股在施工阶段仍然在竖直平面内施工,待刚性空间吊杆和钢桁架安装后,依靠与吊杆和钢桁梁共同作用形成的空间结构来自动调整为空间缆。

3. 猫道布置

通麦大桥的猫道采用2跨连续结构,跨径与桥型布置相同。每条猫道承重结构由4根 $\Phi 48\text{mm}$ 猫道承重钢丝绳及2根 $\Phi 36\text{mm}$ 架空索道钢丝绳组成,猫道承重钢绳仅与扶手绳形成空间结构。两幅猫道间设置3根横向联系,猫道中心间距与主缆中心间距为15m。为了顺利进行通麦大桥空间主缆和钢桁梁施工,该桥猫道施工具有如下与传统悬索桥施工不同的特点。

(1) 埋入式连续猫道

通麦大桥猫道设计为4根 $\Phi 48\text{mm}$ 承重绳,施工过程中需在索塔顶预留4个小孔。根据计算结果,预留小孔导致周边混凝土的应力集中效应很小,且悬索桥上部构造施工完成,猫道拆除后,可对小孔进行压浆填充封闭,不会影响索塔结构承载受力。因此,确定将连续式猫道的塔顶转索鞍取消,直接改为塔顶直接预埋(图4),以去掉塔顶猫道承重绳转索鞍、变位刚架、下拉索和复杂的塔顶大平台等构造,同时也便于调整猫道的长度,从而达到提高工效的目的。

(2) 猫道锚固形式

作为与在塔顶采用埋入式猫道承重绳相适应的锚固措施,猫道承重绳在成都岸采用传统方法的拉杆及锚梁组合结构锚固,在拉萨岸则采用滑车组锚固形式,见图5。猫道承重绳在滑车组的猫固采用绳夹,

这样猫道承重绳不会受锚头铸件尺寸的影响,可以顺利通过索塔顶内预留的小孔。

拉萨岸猫道承重绳使用80t调平滑车及骑马式绳卡来固定^[6]。猫道绳垂度仅在设置了大小拉杆锚梁的成都岸调整。

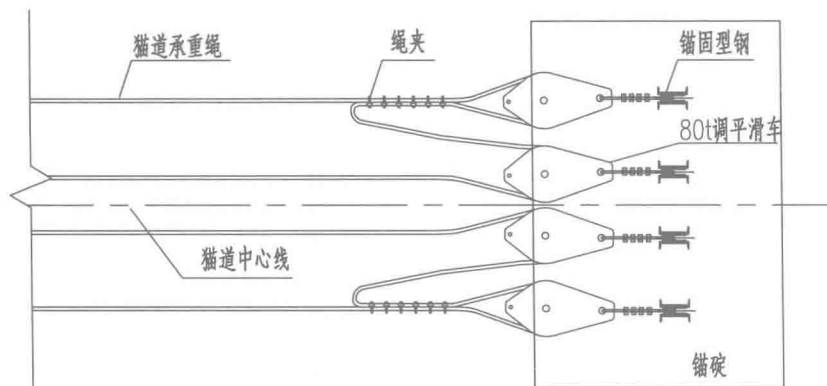


图5 拉萨岸猫道绳滑轮组锚固方式示意

(3) 猫道改吊

钢桁梁安装过程中,主缆会逐渐形成空间缆,猫道与钢桁梁在一定长度范围内会产生冲突。解决措施是在猫道改吊至主缆后,将冲突影响范围内的猫道承重绳拉萨岸末端放松,垂度低于钢桁梁的安装空间即可。同时,在变窄的两幅猫道之间增设横向通道,保证猫道稳定。

4. 主缆牵引系统比选

目前,国内外常用的主缆牵引系统一般有两种:架空索道式和门架式。门架式牵引系统适用于大跨径悬索桥。其导轮组、托滚设置数量较多,牵引索股需克服较大摩阻力,不仅在放索区须采用大吨位卷扬机,而且在对岸一侧转向轮还要增加驱动装置,以提供足够的牵引力^[7]。架空索道式牵引系统由轨道承重绳、牵引索、索股托轮等组成。轨道承重绳设置在猫道上方,将锚头悬挂在其上,并与牵引索连接,通过卷扬机收(放)牵引索,实现索股牵拉。

针对通麦大桥特点,确定选用架空索道法架设主缆。在满足精度要求的前提下,结合本工程索股数量不多、牵引距离短等特点,索股牵引时直接利用猫道上方的架空索道即可,构造非常简单,且完成索股牵引后,还可以将架空索道系统改造为吊索的安装吊点、紧缆机安装和平衡吊点等。

5. 主缆索股安装

根据现场地形条件,通麦大桥主缆通长索股及边跨索均采用单线往复式牵引系统(PPWS),从成都岸向拉萨岸牵引。单根索股最大长度约396m,单根索股最大重量约8.4t。成都岸设置放索场,在锚碇后方设置放索门架。

索股垂度调整时,如果是双塔地锚式悬索桥,则一般是采用一个塔顶固定,另一塔可动,这是传统的有效方法^[8]。但通麦大桥在牵引第1根索施工过程中,如按上述方法调整,则极易出现鼓丝现象。主要原因是通麦大桥边跨索股太短。后来经反复研究,发现单塔2跨悬索桥索股调整时应采用边跨锚固,索塔处可微动。采用这种垂度调节方式后,不仅克服了因通麦大桥边跨索股长度太短而产生鼓丝的问题,而

且还使索股调节速度大大加快。

针对通麦大桥索股安装两岸温差大的特点,按实际温度范围制定了锚固张力温度关系表。基准索股随温度变化锚跨张力趋势见图6。

如果测量数据与计算结果不符,则需反复调整索股两端的锚固长度。在西藏林芝地区温差大,故通麦大桥主缆基准索股调整约需1周,才能使实测数据和理论计算线形控制点特别是跨中控制点满足规范要求。基准索股调整完成后,安装一般索股。索股全部调整好后,进行预紧缆和正式紧缆。

6. 散索套安装

通麦大桥在成都岸设置了散索套,其由上下2半铸钢件构成。在该位置,索股进入上半部分铸件和下半部分铸件后,安装时容易出现闭合困难。通麦大桥散索套安装时采取了两个措施:(1)在散索套的索股扩散端和小端分别设置了带收紧装置的吊带和临时索夹进行约束;(2)对装入散索套下半部分铸件的索股进行竖向导向限位。采取上述两个措施后,散索套安装就会比较简单容易。

7. 空间索夹安装和紧缆

通麦大桥全桥吊杆由8根刚性吊杆和42根柔性吊杆构成。其中,刚性吊杆由40Cr刚性拉杆构成,柔性吊索则采用121 ϕ 5.0mm镀锌钢丝束,外包PE层防护。吊索上接头采用铰销与主缆索夹连接,下接头采用螺母和垫板锚固于加劲梁下弦杆外节点板上的锚箱内,可通过调节下端螺母位置对吊索长度进行调整。在吊索下接头处设置自润滑向心关节轴承以适应其变形,索夹与铅垂面有一定竖直角。吊杆安装采用架空索道改造的吊点完成。

索夹安装采用索股牵引时的轨道索改造的吊点,并按空间缆成桥线型的索夹预偏角度安装。但在西藏林芝地区温度、日照和风等对桥梁架设的影响非常大。因此,通麦大桥空间索夹安装时,采用全站仪测量时遇到了不少困难,无法达到设计和规范要求的预偏角。后经过反复比较研究,确定采用磁座电子侧倾仪,从而提高了测量效率和精度。磁座电子侧倾仪在空间索夹上的应用见图7。

三、钢桁梁安装

1. 钢桁梁施工方式比选

钢桁梁悬索桥主梁架设方法主要有桥面吊机法、缆索吊

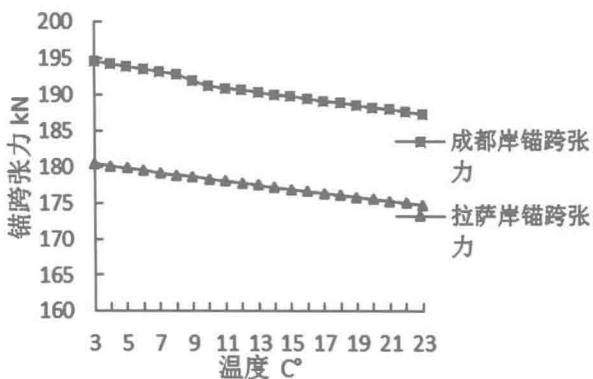


图6 基准索股随温度变化锚跨张力趋势



图7 磁座电子侧倾仪在空间索夹上的应用

装法、缆载吊机吊装法、浮吊架设法、荡移法、顶推法及在矮寨大桥首次使用的轨索移梁架设法（简称轨索法）。不管采用何种方法进行加劲梁安装，均需解决加劲梁水平运输与垂直运输问题。钢桁梁安装国内外常用方法比较见表2。

表2 钢桁梁安装方法比较

项目	缆载吊机法	轨索法	桥面吊机法	缆索吊装法	顶推（临时索）法
工艺描述	缆载吊机借助主缆承重，充分利用了结构自架设能力，解决了垂直提升问题	利用主缆和吊索作为承重及传力结构，在吊索下端安装若干根水平钢丝绳索轨；将钢桁梁节段沿索轨从岸侧水平滑移至跨中完成安装；由跨中逐段向两岸延伸，直至全部主梁贯通	采用全回转液压桥面吊机从塔区开始安装主梁桁片；运梁台车从已架好的梁上水平运输待安装桁片到桥面吊机附近，再由桥面吊机完成桁片吊装	采用缆索吊自有的起吊与牵引系统完成主梁节段的水平运输与安装	在索塔后方拼装场完成钢桁梁拼装；利用临时吊索荡移实现梁体安装
对通麦大桥的适应性	对通麦大桥主缆间距变化不适合；对于主缆低于钢桁梁弦杆部分不适合	通麦大桥跨度短，设置轨索不经济；对于主缆低于钢桁梁弦杆部分不适合	临时铰数量多，局部杆件需加强，不适合	通麦大桥跨度小，桥位处场地风不大，适合本桥施工	通麦大桥索塔后方地势崎岖，场地狭窄；猫道改吊后，部分不连续，安装临时吊杆困难；部分主缆低于钢桁梁，不适合本桥

经过比选，确认通麦大桥钢桁梁吊装采用缆索吊法最合适。

2. 吊装天线承重系统布置

根据通麦大桥钢桁梁横断面宽度较窄的特点，确定在桥中轴线上布置1组缆索吊（以前悬索桥均为2组天线），上设2个吊点，见图8。成都岸直接利用塔顶预应力横梁中间作为缆索吊索鞍支承（索鞍顶部高程2123.72m）；拉萨岸侧设置万能杆件吊塔，塔高仅需25.24m（索鞍顶部高程2088.32m）。缆索吊主跨为257.9m，工作矢跨比为：1/13，额定吊重425kN。

主承重索采用4根Φ56mm钢丝绳，主索上共布置2个吊点，每个吊点采用φ21.5mm的钢丝绳穿6线。每节钢桁梁用主索上的2个吊点抬吊。在两岸各用1台100kN卷扬机作为2个吊点的牵引动力。每组牵引索用2根φ28mm钢丝绳。钢桁梁拼装场地选择在成都岸。

锚碇分为缆索吊承重绳锚碇和抗风锚碇。承重绳锚碇利用通麦大桥主体锚碇。

3. 钢桁梁安装顺序优化

通麦大桥钢桁梁原设计架设顺序为从两岸对称往跨中进行安装。经试算，若按该顺序施工，则这种单跨地锚式悬索桥将导致主缆在施工过程中变形较大，施工过程中钢桁梁梁端转角较大，接头装配困难，且两侧严重不对称。

因此，经反复试算，确定将梁段按照从右到左的顺序进行吊装，计算模型见图9。这样，主缆在吊装钢桁梁期间线形竖向位移变化较平稳（图10，横坐标中的梁段2至梁段26阶段），梁段间转角变化幅度

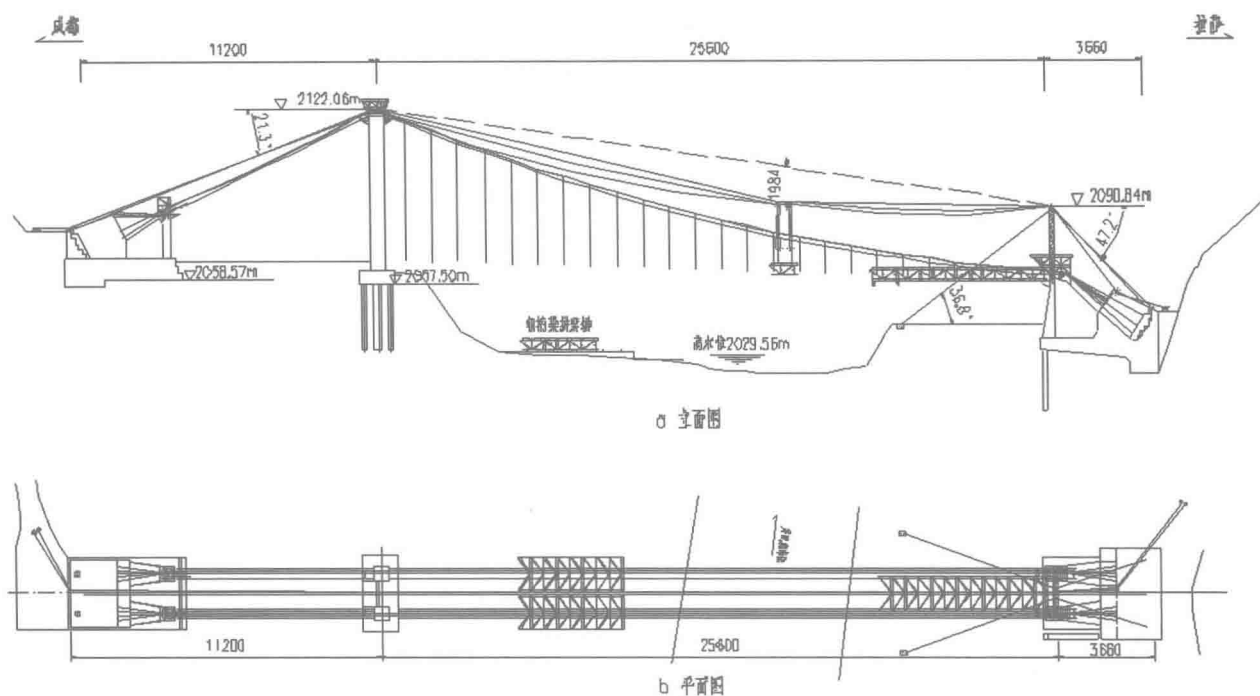


图8 加劲梁缆索吊装系统总体布置

较小,并可将原设计的全桥钢桁梁吊装所有节段设置临时铰,优化为全桥仅设置5个临时铰。实际施工取得了良好设施效果。

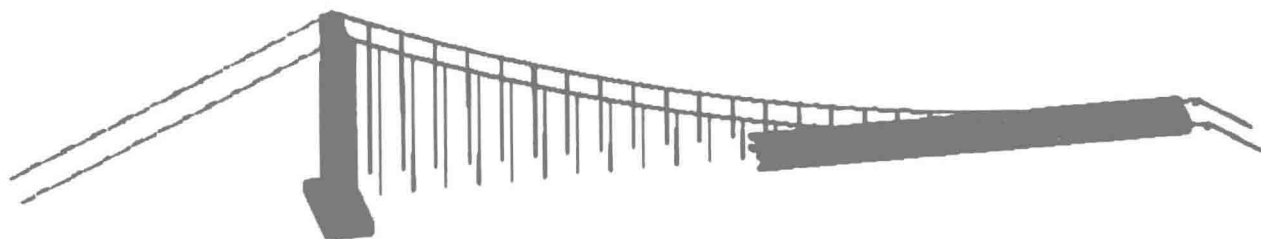


图9 加劲梁从右往左架设施工阶段计算模型

安装带空间缆的钢桁梁时,采用了先安装空间吊杆再安装钢桁梁接头的方法,从而加快了钢桁梁安装进度。同时,接头处上下平联的K撑和接头处斜撑仅安装1个端头,使高强螺栓连接处成为半刚性节点,以有利于销钉和高强螺栓安装。

对主桁梁节段安装进行了详细分析计算,将每节段桁梁铰接优化为每5段铰接,从而减少了安装工序,节约了加工材料。