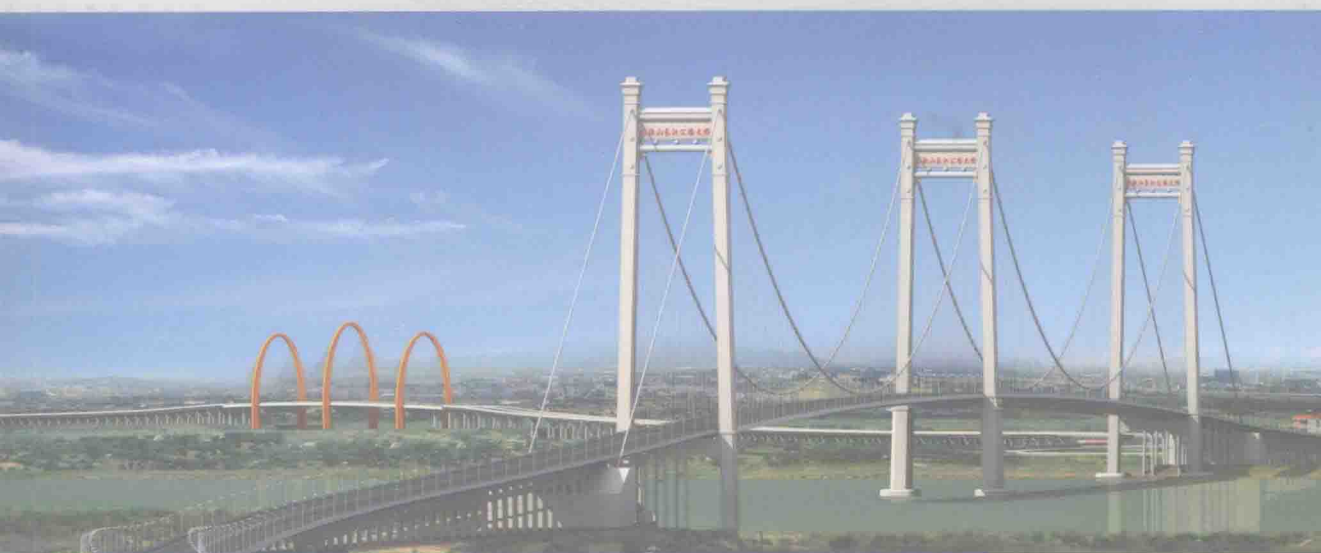


M A'ANSHAN CHANGJIANG GONGLU DAQIAO
SHIGONG TEDING ZHUANGTAI ANQUAN FENGXIAN
PINGGU JI JIANCE JISHU



马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究课题组

编著

马鞍山长江公路大桥 施工特定状态安全风险评估 及监测技术



人民交通出版社
China Communications Press

Ma' anshan Changjiang Gonglu Daqiao

马鞍山长江公路大桥

Shigong Teding Zhuangtai Anquan Fengxian Pinggu Ji Jiance Jishu

施工特定状态安全风险评估及监测技术

马鞍山长江公路大桥施工安全
控制与管理成套技术研究课题组

编著

内 容 提 要

本书在将矛盾分析方法与工程风险评估理论相结合的基础上,选出对大桥施工安全生产最具影响的7种“特定状态”,通过马鞍山长江公路大桥的安全管理实践,从技术措施角度,重点研究这些“特定状态”下施工安全风险评估与监测技术,并提出了相应的风险事态安全防控措施,以有效降低安全事故风险,提高安全生产管理水平。

本书可供从事桥梁工程建设项目的建设、施工、监理单位的技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

马鞍山长江公路大桥施工特定状态安全风险评估及监测技术/马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究课题组编著. —北京:人民交通出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-114-11325-3

I. ①马… II. ①马… III. ①长江—公路桥—桥梁工程—安全评价—马鞍山市 IV. ①U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 056481 号

书 名: 马鞍山长江公路大桥施工特定状态安全风险评估及监测技术
著 作 者: 马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究课题组
责任编辑: 孙玺 牛家鸣
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)59757973
总 经 销: 人民交通出版社发行部
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市密东印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 9.5
字 数: 215 千
版 次: 2014 年 4 月 第 1 版
印 次: 2014 年 4 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-11325-3
定 价: 30.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

“马鞍山长江公路大桥施工安全控制 与管理成套技术研究”

科研项目负责人

何 光 屠筱北 张劲泉 殷治宁 周荣贵 殷永高 刘恒权

《马鞍山长江公路大桥施工特定状态 安全风险评估及监测技术》

编 著 人 员

主 编：殷治宁

副 主 编：蔡曙日 何 光

主要编著人员：殷治宁 蔡曙日 何 光 程寿山

魏文江 郭 佳 毛 燕 刘 京

刘 智 倪振松

统 稿：魏文江 蔡曙日 郭 佳

主 审：殷永高

主要审查人员：孙敦华 张立奎 王 宏

前 言

安全事故与安全管理是桥梁建设工程中的一对尖锐矛盾,风险隐患与风险防控又是这对矛盾中的主要方面。

安全隐患存在于桥梁建设的全过程中。在桥梁建设中,由于采用的工艺工序的不同,所产生的风险隐患也不尽相同。这体现了矛盾论中的普遍性与特殊性。

矛盾分析方法是唯物辩证法的基本方法。它包括一分为二看问题、具体问题具体分析,抓住重点和主流、坚持两点论和重点论的统一。在研究复杂事物矛盾发展过程中,既要研究主要矛盾,又要研究次要矛盾,既要研究矛盾的主要方面,又要研究矛盾的次要方面,二者不可偏废。在坚持两点论的前提下,坚持重点论。依据这个方法原理,在马鞍山长江公路大桥海量般的施工工序中,将深水桩基和深水围堰施工、锚碇沉井施工、钢塔柱安装施工、高索塔爬模施工、悬索桥上部结构施工、斜拉桥上部结构施工、大型临时工程施工等,确定为对大桥施工安全生产最具影响的7种“特定状态”。这些“特定状态”在工程建设中,具有分部或分项工程规模大、施工作业难度大、受自然环境影响大等特点,而且一旦发生安全事故,极易造成群死群伤的作业环境和作业工序。

保障安全生产的路径有多条,方法有多种。大体归纳为:一、工程措施,就是在设计方案、实体形式和机械设备等方面的选择上,做到物的本质安全;二、技术措施,就是通过优化施工方案,科学排查、整改与防控生产隐患,实现安全生产;三、管理措施,就是建立健全工作规程,用制度规范作业人员行为,达到人的本质安全。本书力图通过马鞍山长江公路大桥的安全管理实践,从技术措施角度,重点研究这些“特定状态”下施工安全风险评估与监测技术,以有效降低安全事故风险,提高安全生产管理水平。

全书共分9章,主要内容有:概述、桥梁施工特定状态与风险评估、深水桩基和深水围堰施工、锚碇沉井施工、钢塔柱安装施工、高索塔爬模施工、悬索桥上部结构施工、斜拉桥上部结构施工、大型临时工程施工。

在桥梁工程建设中,将矛盾分析方法与工程风险评估理论相结合是我们的探索;在众多施工工况中,遴选出对大桥施工安全生产最具影响的7种“特定状态”,抓住重点,提高安全管理工作效率是我们的尝试。本书编著的研究内容、方法和结论,是“马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究”的成果之一。

在编写和审定过程中,本书得到了安徽省高速公路控股集团公司、安徽省高等级

公路工程监理公司、中铁大桥局集团有限公司、中交第二公路工程局有限公司、中交第二航务工程局有限公司、路桥华南工程有限公司、安徽省交通建设有限责任公司等单位的大力支持。交通运输部公路科学研究院的楼庄鸿、王迪荣两位专家,为本书提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

由于水平限制等因素,本书中的一些概念与做法仍在研究之中,研究的成果和编写的著作肯定会存在不少问题,敬请读者朋友批评指正。

编 者
2014 年 3 月

目 录

第1章 概述	1
1.1 马鞍山长江公路大桥工程简介	1
1.2 马鞍山长江公路大桥力学结构体系及特点	4
1.3 马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究项目概况	6
1.4 本书主要研究内容	9
第2章 桥梁施工特定状态与风险评估	10
2.1 特定状态定义	10
2.2 桥梁工程风险评估	10
第3章 深水桩基和深水围堰施工	18
3.1 深水桩基施工	18
3.2 深水围堰施工	24
第4章 锚碇沉井施工	34
4.1 锚碇沉井施工工序	34
4.2 锚碇沉井施工风险事态分析	36
4.3 锚碇沉井施工安全监测	38
4.4 锚碇沉井施工显著风险事态安全防控	46
第5章 钢塔柱安装施工	50
5.1 钢塔柱安装施工工序	50
5.2 钢塔柱施工风险事态分析	53
5.3 钢塔柱安装施工安全监测	55
5.4 钢塔柱安装施工显著风险事态安全防控	59
第6章 高索塔爬模施工	60
6.1 高索塔爬模施工工序	60
6.2 高索塔爬模施工风险事态分析	63
6.3 高索塔爬模施工安全监(检)测	65
6.4 高索塔爬模施工显著风险事态安全防控	66
第7章 悬索桥上部结构施工	69
7.1 猫道架设施工	69
7.2 主缆索股架设施工	76

7.3 栈桥存梁施工	80
7.4 主梁吊装施工	85
7.5 猫道拆除施工	95
第8章 斜拉桥上部结构施工	100
8.1 塔梁同步施工	100
8.2 主梁悬臂现浇施工	108
第9章 大型临时工程施工	120
9.1 满堂钢管支架施工	120
9.2 梁式支架施工	131
9.3 钢栈桥施工	136
参考文献	141

第1章 概述

马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究是依托马鞍山长江公路大桥重大建设工程展开的。本章主要介绍马鞍山长江公路大桥工程项目及其施工安全控制与管理成套技术研究的概况,以及本书的主要内容。

1.1 马鞍山长江公路大桥工程简介

1.1.1 项目概况

马鞍山长江公路大桥位于安徽省东部,起自和县姥桥镇上的206省道,接规划中的马鞍山至合肥高速公路,跨江后进入马鞍山市,终点止于马鞍山市当涂县牛路口(皖苏界),与规划中的马鞍山至溧水公路(江苏段)相接,路线全长约36.14km。其中跨江主体工程长11km,南岸接线长19.49km,北岸接线长5.65km,项目总投资约70.8亿元。

马鞍山长江公路大桥是2004年7月国家发展和改革委员会召开的全国长江干流过江通道会议初步规划确定的70座长江过江通道之一,也是2004年1月安徽省发改委、交通厅编制的《长江过江通道布局规划研究》中10座公路大桥之一。在区域路网中,该项目是原交通部编制的《长江三角洲地区现代化公路水路交通规划纲要》中上海—江阴—马鞍山—合肥高速公路的组成部分和《促进中部地区崛起公路水路交通发展规划纲要》中马鞍山—和县—武汉高速公路的重要路段;在安徽省路网中,该项目是规划的“四纵八横”高速公路网规划中“纵一”徐州至杭州高速公路和“横七”南京至九江公路合肥至马鞍山联络线的跨越长江的关键工程。

马鞍山长江公路大桥的建成,将进一步加强安徽省与长江三角洲地区的经济联系,加快长江三角洲及其周边地区的一体化、均衡化发展,贯彻实施党中央、国务院的中部崛起战略及安徽省的东向发展战略,进一步完善安徽省、华东高速公路网和国家、安徽省长江过江通道的规划建设。

1.1.2 技术标准

大桥按全封闭、全立交、6车道高速公路标准设计,设计车速为100km/h,桥梁整幅标准宽度为33m,路基宽度为33.5m,设计荷载为公路—I级,左汊通航净空32m,右汊通航净空18m。

1.1.3 桥型方案

大桥桥型新颖,技术含量高,在设计与施工上做了大量开创性的研究工作。左汊主桥采用 $2 \times 1\,080\text{m}$ 三塔两跨悬索桥,主跨跨径突破千米,位列世界同类桥型第一,主缆长度突破3 000m,钢混叠合塔规模为世界第一,并首次采用塔梁固结体系。右汊主桥采用 $2 \times 260\text{m}$ 三塔斜拉桥,桥塔为椭圆拱形(以下简称左汊悬索桥、右汊斜拉桥)。

大桥在桥型设计中,充分体现了浓厚的徽派特色,含有“安徽元素”。大桥左汊悬索桥的桥塔整体采用比较古朴素雅的古典造型,高大威武,同时在桥塔横梁的设计中,采用了徽派建筑中牌坊的多个元素。右汊斜拉桥桥塔采用拱形,桥塔造型由“A”和“H”组合而成,与“安徽”的汉语拼音首字母一致。大桥的桥塔造型更具寓意,都是门式结构。它们就像打开的大门,开放性的设计,寓意着“敞开东大门,融入长三角”。除此之外,大桥的色彩艳美,尤其是右汊主桥,充满柔性的拱形桥塔、橘红色的塔身,与滨江新区、采石风景区等遥相呼应、相得益彰,见图 1-1 和图 1-2。



图 1-1 左汊悬索桥



图 1-2 右汊斜拉桥

1.1.4 关键技术

1) 左汊悬索桥中塔大直径深水桩基础施工技术

左汊悬索桥中塔位于长江中央主航道,水深流急,具有钻孔桩直径大、钻孔较深,桥位处岩层强度高、软硬不均、裂隙发育,承台一次性浇注混凝土方量大等特点。

对于中塔大直径深水桩基础,其关键技术是钢吊箱水中精确定位、钢护筒定位、深厚砂层钻孔、钻孔桩清渣、基础局部冲刷等。

施工技术方案主要包括:中塔墩基础施工采用围堰钻孔平台一体化施工方案。双壁钢吊箱围堰在岸上整体制造组拼,气囊法断缆下水,整体浮运至墩位,采用重型锚碇精确定位。桩基础采用“KTY4000”型动力头钻机钻进成孔;在钻孔接近各层分界面时,将钻机减压并降低转速防止桩孔偏斜、移位,待桩孔入岩 2.0m 左右时,再恢复至正常的钻压、转速;同时增设稳定装置克服“S 形”孔,钢筋笼采用专门胎具长线制作,在墩位处船上设有翻转架,浮吊采用大小双钩起吊、翻转、竖立,大节段安装以缩短成桩时间,确保桩基质量。

2) 左汊悬索桥边塔混凝土施工技术

左汊悬索桥边塔为混凝土高塔,塔高 175.8m,对于高塔混凝土施工难点在于外观质量控制,为解决高塔混凝土外观质量问题,参建单位主要采取以下关键技术:

(1) 改善传统爬模结构。一是面板后每间隔一定距离增设木板条,并在原横向钢围檩外增设一道钢背枋,由此将模板系统刚度提高了 200%,大大提高了混凝土大面平整度;二是将面板螺钉从正面钉入改为从背面钉入,避免在混凝土表面留下螺钉影;三是将增设的竖向钢背枋沿模板地面延长,在已浇混凝土顶面增设一层拉杆,以避免新老混凝土交界面形成错台;四是为保证塔柱倒角顺直,爬模的倒角模板采用定型钢模板。

(2) 根据塔柱高度不同,采用不同坍落度和初终凝时间的混凝土,保证混凝土性能适用塔柱高度变化。

(3)精细化施工提高混凝土外观质量。细化测量精度要求、细化立模工艺、细化振捣过程、细化模板交界面处理等。

3)左汉悬索桥中塔施工技术

左汉悬索桥中塔采用钢混叠合塔,桥面以下为混凝土,桥面以上为钢结构,采用塔梁固结结构体系,进行中间叠合塔墩接头及塔梁固结部分受力及施工工艺研究。同时,中塔高度达到176m,钢塔柱拼装节段42个,架设难度大,最大吊装重(塔柱底节段)达580t,单节段吊装重180t,吊装精度要求塔柱垂直误差不超过1/4 000,施工控制困难。其关键技术是塔梁固结钢混叠合段施工、大节段钢塔吊装及线形控制。

(1)混凝土塔柱为预应力结构,施工中采用带调整装置的劲性骨架及预埋钢管通过1:1放样弯制弧度,解决了预应力定位和倾斜度控制问题。

(2)塔梁固结段和钢混叠合段施工是中塔核心部位。通过合理安排固结段施工顺序、布置三向调整装置等措施,消除下横梁、支架温度变形对结构的影响,钢塔下横梁安装位置准确,连接时间选择恰当,保证了塔梁固结段施工质量。

(3)采用剪力钉自密实混凝土加高强度砂浆的方案保证了超大断面钢混叠合面的密实性和密贴性。

(4)研发了D5200塔机,创造了吊高超过200m、吊重达240t,钢塔标准节段安装效率平均每节段耗时2.5d的纪录。

4)左汉悬索桥锚碇沉井施工技术

左汉悬索桥锚碇是悬索桥的主要受力构件,承受着巨大的缆力荷载,是大桥建设的控制性工程。锚碇基础采用超大沉井,其中北锚碇沉井高41m,南锚碇沉井高48m。平面尺寸为60.2m×55.4m(第一节沉井长和宽分别为60.6m和55.8m)的矩形截面,第一节为钢壳混凝土沉井,其余为混凝土沉井,平面布置为25个井孔。

锚碇体积庞大,下沉深度大,沉井位置处的地质以砂层为主,存在丰富的潜水,易出现涌砂等不利状况。施工中沉井一旦出现偏斜,纠偏困难。施工方案的选择必须确保长江大堤和附近建筑物的安全。

对于较深的南锚碇沉井,通过多次召开专家会研讨,确定了沉井基础采用三次接高三次下沉的施工工艺,吸泥取土采用“降排水+半排水+不排水”相结合的方式,在沉井下沉至难以下沉的圆砾土层后,开启空气幕助沉,既提高了下沉速度,又保证了沉井姿态。

5)左汉悬索桥猫道架设技术

左汉悬索桥主缆长度突破3 000m,主缆架设不同于常规的两塔悬索桥,需要跨越三个主塔,由两点一线,变为三点一线,增加了技术难度。在猫道架设阶段,作业现场风将使猫道产生比较大的竖向、横向及扭转振动,可能危及猫道及桥上作业人员的安全。

(1)在猫道上设置控制振动的位移和减振的装置,避免猫道振动过大。

(2)左汉悬索桥上部施工要求猫道尽量平行于主缆。

(3)为使主塔承受较小的不平衡外力,猫道承重索按照左右幅对称、两主跨对称的顺序依次架设。

(4)考虑中间桥塔和中塔基础等结构限制,以及综合施工对通航影响等因素,明确先导索越过中塔、过江的优选方案。

6) 左汊悬索桥钢箱梁吊装技术

左汊悬索桥主梁为钢箱梁,采取分段制造安装,全桥梁段对称布置,共划分为 135 个节段,分为 A、B、C、D、E、F、G、H 8 种类型的节段。左汊悬索桥采用了刚度适中的中主塔和在中塔处设塔梁固结体系,以降低中塔两侧产生的不平衡缆力,提高主缆与鞍座间的抗滑移安全系数、增大结构的竖向刚度,由此引起的施工难题除作为特大跨径悬索桥本身具有的施工难题解决外,还应解决由结构特性及施工环境带来的技术难题。

(1) 悬索桥为以悬索承重的柔性结构,当钢箱梁吊装后主缆有相应的变位,本桥在中塔处 H 梁段与中塔固结,且 G 梁段吊索为定长,因而在 G 梁段吊装后,通过厂内加工数据进行现场匹配处理,解决了中塔处线形顺接技术难题。

(2) 由于钢箱梁在中塔处为塔梁固结,与飘浮体系结构不同,钢箱梁吊装顺序和合龙段选择应慎重考虑,通过温度应力、结构应力及线形因素论证,并经设计、监控单位验算,确定了南北主跨钢箱梁吊装顺序和合龙段位置。

(3) 南边塔浅滩区在钢箱梁吊装期间处于无水状态,另由于护坡需要,海事部门已进行抛石防护,造成边塔侧部分梁段安装困难;北主跨在低水位期间沙滩外露超过 400m 宽,运梁船只无法直接到达吊装位置。现场通过设置栈桥平台,将钢箱梁存放于平台处,通过跨缆吊机起吊或荡移进行吊装。

(4) 与飘浮、半飘浮体系相比,固结体系对钢箱梁线形控制要求更高,施工单位应严格按照监控指令进行吊装,严格控制梁段吊装容许数量差及线形测量控制。

7) 右汊斜拉桥拱塔施工技术

右汊斜拉桥采用 $38\text{m} + 82\text{m} + 2 \times 260\text{m} + 82\text{m} + 38\text{m}$ 的三塔六跨双索面半飘浮体系。桥塔为钢筋混凝土拱形塔(由椭圆形曲线、圆曲线和悬链线三种线形组合而成),中塔塔高 106m,桥面以上高 76m;两个边塔塔高 88m,桥面以上高 61m。由于右汊斜拉桥索塔为椭圆拱形混凝土结构,结构复杂,应力可调整幅度小,其在施工过程中有以下难点:模板施工工艺技术要求高;劲性骨架刚度要求大;整体线形和局部线形控制细节难度大。

对于拱形混凝土结构的塔肢,常规施工工艺大部分采用以直代曲施工工艺,该工艺施工的线形在一定程度上存在折线现象,从而影响结构受力。通过对常规工艺进行分析比对,右汊斜拉桥采用新型可调曲率液压爬模施工技术,曲率可调的方式为在龙骨与背楞之间设置可调节螺杆,通过拧动螺栓的长短来调整整个面板的矢高值,从而达到弧线线形,能较好的模拟设计线形进行模板线形的调整,适用于各个节段不同曲率变化的混凝土结构,并可重复使用。为异形塔的设计与施工提供保障。

1.2 马鞍山长江公路大桥力学结构体系及特点

1.2.1 左汊悬索桥力学特点

左汊悬索桥为主跨 $2 \times 1\,080\text{m}$ 的三塔悬索桥,为解决该桥在不平衡荷载作用下引起中塔两侧主缆缆力差值较大的问题,需要选择合理的结构体系,对塔梁固结、支座约束、半飘浮与全飘浮 4 种结构体系进行对比分析。采用有限元软件 BNLAS 分析 4 种结构体系的力学特性,计

算结果表明:塔梁固结结构体系抗滑安全系数最高、结构刚度最大,中塔钢结构段应力在容许范围内,抗风与抗振性能优于飘浮体系,不需要设置支座;4种结构体系在缆索受力方面差异很小;塔梁固结体系加劲梁受力较大,但可以通过调整梁高来控制应力。经综合比选,最终采用塔梁固结的结构体系。

三塔悬索桥相比于传统的双塔悬索桥,最主要的区别就在于多了一个中间塔,因而其在荷载作用下的静动力特性与双塔悬索桥有所不同,在设计中,中塔的结构形式以及刚度的选取至关重要,既不能过刚也不能过柔。如果中塔的刚度选取过大,则在两主跨非对称荷载的不利作用下,要求中塔鞍座与主缆的抗滑移能力较大,这对结构安全性和施工简易性提出了很高的要求;如果中塔设置过柔,则在非对称荷载作用下会引起加劲梁及桥面的过大变形,影响桥面线形和行车平顺。

三塔悬索桥由于多了一个主跨和一个中塔,结构行为特征主要表现在加载工况和主缆对桥塔的约束不同。由于主缆对中塔塔顶的约束较边塔弱,当一边主跨加载,另一边主跨少载或空载时,中塔两侧主缆将出现缆力差值。计算分析表明:

(1)如果中间桥塔刚度很大,当一边主跨加载时,中塔纵向变形很小,则非加载跨主缆拉力增加不多,加载跨主缆与非加载跨主缆在中塔鞍座两侧形成的缆力差较大,有可能引起主缆在鞍槽内滑移,同时,巨大的不平衡力对桥塔及基础的受力不利。

(2)如果中间桥塔刚度较小,当一边主跨加载时,中塔顶纵向变形较大,导致空载跨主缆拉力增加较多,主缆在中塔两侧的缆力差减小,加载跨主梁挠度增大,结构刚度变弱,影响行车的舒适性。

(3)与中塔不同,边跨主缆对边塔塔顶的约束较中塔要强得多,边塔受力与两塔悬索桥基本相同。

1.2.2 右汊斜拉桥力学特点

右汊斜拉桥为 $2 \times 260\text{m}$ 三塔斜拉桥,桥塔为椭圆拱形,是国内首座拱形三塔斜拉桥。跨径布置为 $37.25\text{m} + 82.75\text{m} + 2 \times 260\text{m} + 82.75\text{m} + 37.25\text{m}$,全长 760m ,为三塔双索面半飘浮体系。主梁采用预应力混凝土分离式双箱断面,主塔采用椭圆拱形混凝土桥塔,下部采用承台及群桩基础。

右汊江面宽度不大,桥梁规模较小,是马鞍山长江公路大桥的支汊工程。在本桥的设计中,采用了“亦桥亦景”的设计构想,首先是一座桥梁,其次也是一个景观。

斜拉索沿塔柱锚固按曲线布置,在梁上锚固按直线布置,形成了一个曲面形状,全桥的3个主塔与斜拉索共形成了12个曲面。其中索塔为多种曲线线形,以椭圆线形为主,应力控制范围较为严格,对于施工线形的保障尤为重要,不允许出现折线线形,同时拱形塔的上部内倾角较大,易产生内倾变形和增加额外应力的情况,见图1-3。

斜拉索采用双索面扇形布置,拉索在梁上标准间距为 7.0m ,塔上标准间距为 2.0m ,斜拉索采用平行钢丝新型预应力防腐拉索,拉索采用 7mm 镀锌、高强度、低松弛钢丝,抗拉强度为 1670MPa ,配以带有可转动球形支座的冷铸镦头锚,为使斜拉索安装有足够的调节范围,主梁、主塔处均采用张拉端锚具。

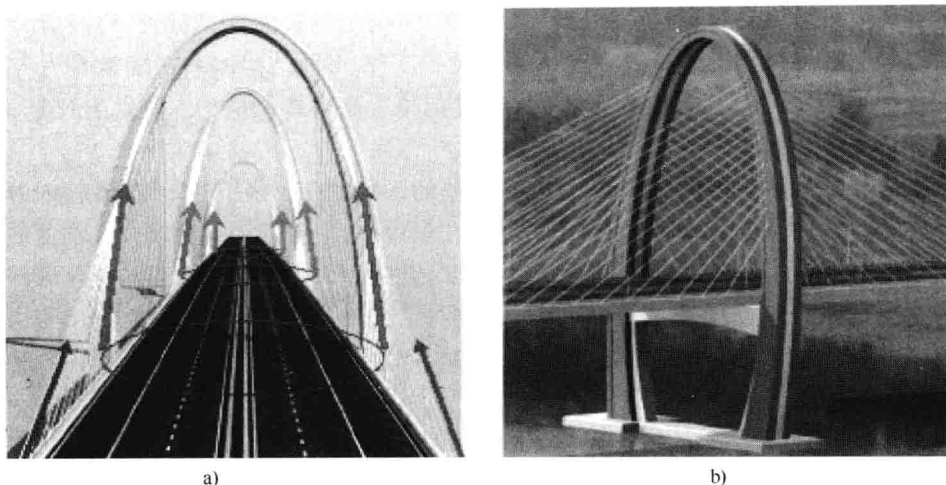


图 1-3 斜拉桥空间效果

1.3 马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究项目概况

1.3.1 研究内容

本研究依托马鞍山长江公路大桥建设工程,针对马鞍山长江公路大桥建设规模大、技术要求高、施工周期长的特点,开展“马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究”的工作。项目研究内容主要包括以下 5 个方面:

1) 桥梁工程施工组织设计安全风险评价技术研究

- (1) 工程风险评估的技术调研;
- (2) 桥梁工程施工组织设计安全风险评估研究与分析;
- (3) 马鞍山长江公路大桥施工组织设计安全风险评估;
- (4) 公路桥梁工程施工组织设计安全风险评估指南。

2) 桥梁施工现场安全风险源辨识与管理方法研究

- (1) 施工现场安全管理状况调研;
- (2) 桥梁施工现场安全风险源辨识与防控;
- (3) 桥梁施工现场安全管理方法研究。

3) 桥梁施工特定状态安全风险评估及监测技术研究

- (1) 特大型桥梁施工特定状态调研;
- (2) 特大型桥梁施工特定状态安全风险评估;
- (3) 特大型桥梁施工特定状态监测技术体系研究;
- (4) 特大型桥梁施工特定状态重大安全风险预警和控制方法研究。

4) 桥梁施工作业区智能监控与系统集成技术研究

- (1) 施工过程重大风险源智能监测技术调研;

- (2) 施工过程安全状态分析、预警及应急控制技术研究;
 - (3) 复杂施工环境下的安全生产监控网络组网及系统集成技术研究。
- 5) 公路工程安全生产监管制度体系研究
- (1) 国内外工程安全监督管理制度分析;
 - (2) 风险管理运行机制研究;
 - (3) 安徽省交通建设重点急需制度研究;
 - (4) 安徽省交通建设工程安全生产监管制度体系构建;
 - (5) 安徽省公路工程安全生产管理研究。

1.3.2 研究意义

本项目的研究意义体现在以下4个方面:

第一,适应马鞍山长江公路大桥建设工程安全生产的需要。

通过本项目研究工作,促进马鞍山长江公路大桥建设工程安全生产管理规范化,使大桥施工安全风险得到有效控制,遏制重、特大事故的发生,实现安全工作从被动防范向源头管理转变,总体提升马鞍山长江公路大桥安全生产管理水平。

第二,总结提炼马鞍山长江公路大桥施工期间安全生产管理经验。

大桥施工期间,参建单位之多,交叉施工之多、作业人数之多都是一般工程不具有的。运用系统论、控制论和信息论的观点,总结提炼大桥建设中先进的理念与做法,为安徽省乃至全国同类型桥梁施工提供安全生产管理经验。

第三,促进我国重大交通建设工程安全生产形势好转。

近年来,全国各地先后发生多起重大建设工程现场的重大、特大伤亡事故,给人民生命和国家财产造成重大损失,并造成不良的社会影响。“马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究”的研究成果,立足于桥梁施工全过程中关键工序和成套管理技术,以重大桥梁建设工程安全生产管理为主要内容,注重预防性、普适性和通用性,为其他行业和领域的重大建设工程安全生产工作提供借鉴和技术支撑,从而促进当前和今后我国重大建设工程安全生产形势好转。

第四,丰富我国公路桥梁建设安全生产管理理论与方法。

为实现交通运输部制订的全国公路水运建设工程安全生产管理目标,亟需开展以公路桥梁安全生产技术为重点的理论与方法研究。长期以来,我国安全生产管理多以行政手段为主,安全生产管理作为一门科学起步较晚。本课题以理论力求创新求实、方法力求简明易用为研究目标,通过对国内外安全管理的理论分析,以及国内外安全生产管理方法的应用比较,探索适应我国公路桥梁建设安全管理现状的安全生产管理方法。

1.3.3 研究技术路线

本项目研究总体技术路线如图1-4所示。

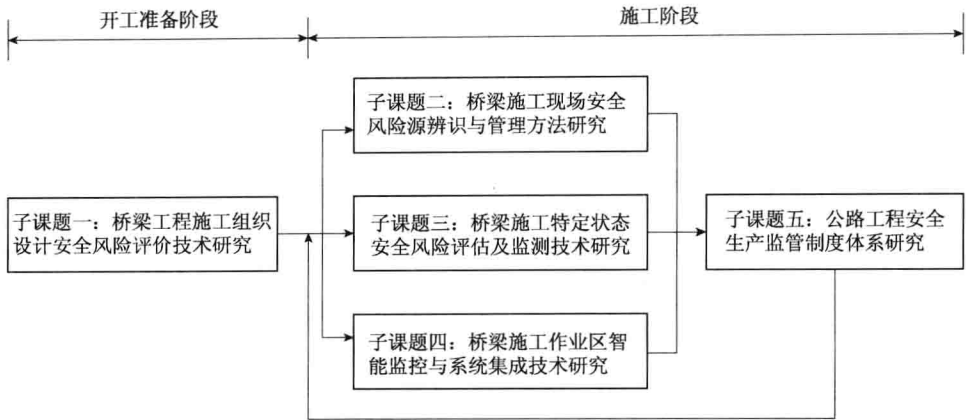


图 1-4 项目研究总体技术路线(各子课题关系)

1.3.4 研究目的与主要研究成果

本项目以保障马鞍山长江公路大桥施工的本质安全为基本目的,主要研究成果包括以下 5 个方面:

(1)研发针对桥梁工程的施工组织设计安全风险评价技术,构建桥梁工程开工准备期安全风险评估体系,并在马鞍山长江公路大桥建设工程中进行有效性验证,形成《桥梁工程施工组织设计安全风险评估指南》。

(2)总结马鞍山长江公路大桥施工期间安全风险分析和预防的安全管理方法,形成专著《马鞍山长江公路大桥施工安全风险源辨识与管理》,地方标准《安徽省公路水运工程施工人员上下通道技术规程》、《安徽省公路水运工程施工满堂钢管支架技术规程》、《安徽省公路水运工程梁式支架技术规程》。

(3)针对马鞍山长江公路大桥在施工期特定状态下重大风险隐患,开展有关桥梁施工期主体结构及临时结构工程的重大风险源的动态监测、预警的关键技术,开发大型支架施工安全监测系统、大型临时结构动态无线应力监测系统、特大桥梁索塔偏位动态实时无线监测系统、桥梁施工高空吊物安全监测预警系统等成套技术装备,形成专著《马鞍山长江公路大桥特定状态施工安全风险监测及预控技术》、软件著作《桥梁施工结构安全无线数据采集系统》、专利《一种可测倾角变化的智能钢管脚手架扣件》和《一种可测受力变化的智能钢管脚手架扣件》。

(4)研究适用于桥梁施工安全的桥梁施工作业区智能监控与系统集成技术,开发《桥梁施工作业区智能监控系统》,形成《马鞍山长江公路大桥施工安全管控平台管理与使用手册》、地方标准《公路交通应急宽带无线接入系统总体要求》、软件著作《马鞍山长江公路大桥施工安全管控平台应急处置系统》。

(5)针对特大型工程安全管理,基本建立开工前预评估、施工现场安全检查和风险评估、风险监控等成套风险管控体系,并在马鞍山长江公路大桥建设工程中进行有效性验证。在此基础上形成《公路工程施工关键工序安全生产作业指导书编制指南》、《安徽省公路水运工程安全生产管理制度体系》和《安徽省公路水运重点工程项目安全生产管理指南》。

1.4 本书主要研究内容

本书是将矛盾分析法与工程风险评估理论相结合,对影响大桥施工安全生产的7种特定状态风险评估与监(检)测技术进行研究,同时简要介绍了显著风险事态相关防控措施。

具体章节安排如下:

(1)第1章概述。简要介绍马鞍山长江公路大桥三塔两跨悬索桥、三塔拱形斜拉桥的结构体系和力学特点,以及马鞍山长江公路大桥施工安全控制与管理成套技术研究的概况,并介绍本书的研究内容。

(2)第2章桥梁施工特定状态与风险评估。通过对马鞍山长江公路大桥桥梁施工特定状态的定义,主要介绍桥梁工程施工风险评估的基本理论、评估流程和评估方法。

(3)第3章深水桩基和深水围堰施工。根据马鞍山长江公路大桥主桥的深水桩基和深水围堰施工工序特点,对其产生风险事态进行辨识,提出深水桩基和深水围堰施工安全监(检)测技术,同时对深水围堰显著风险事态进行相关安全防控介绍。

(4)第4章锚碇沉井施工。根据左汊悬索桥锚碇工程施工工序特点,对锚碇工程的风险事态进行辨识,提出锚碇工程施工安全监(检)测技术,同时对锚碇工程显著风险事态进行相关安全防控介绍。

(5)第5章钢塔柱安装施工。根据左汊悬索桥中塔钢塔柱施工工序特点,对其施工过程的风险事态进行辨识,提出中塔钢塔柱安装安全监(检)测技术,同时对塔吊吊装显著风险事态进行相关安全防控介绍。

(6)第6章高索塔爬模施工。根据左汊悬索桥和右汊斜拉桥的索塔爬模施工工序特点,对其风险事态进行辨识,提出高索塔爬模施工安全监(检)测技术,同时对爬模工程显著风险事态进行相关安全防控介绍。

(7)第7章悬索桥上部结构施工。根据左汊悬索桥上部结构猫道架设施工、主缆索股架设施工、栈桥存梁施工、主梁吊装施工、猫道拆除施工的工序特点,对其施工风险事态进行辨识,提出悬索桥上部结构施工安全监(检)测技术,并对显著风险事态进行相关防控介绍。

(8)第8章斜拉桥上部结构施工。根据右汊斜拉桥塔梁同步施工及主梁悬臂现浇施工工序特点,对其施工风险事态进行辨识,提出斜拉桥上部结构施工安全监(检)测技术,同时对塔梁同步施工显著风险事态进行相关防控介绍。

(9)第9章大型临时工程施工。根据满堂支架、梁式支架以及钢栈桥施工工序特点,对其施工风险事态进行辨识,提出工程施工安全监(检)测技术,同时对满堂支架、梁式支架以及钢栈桥显著风险事态进行相关防控介绍。