

常泰长江大桥天星洲专用航道桥钢桁拱桥 架设施工安全管理

刘猛

中交二航局第四工程有限公司

摘要：常泰长江大桥天星洲专用航道桥采用钢桁拱桥形式，结构刚度大，临时墩、扣挂系统等临时结构受力复杂等重难点，安全管理风险难度大。常泰长江大桥项目采用图表化、网格化水上安全卫士、安全标准化等方法形成常泰钢桁拱桥施工安全特色管理。

关键词：桥梁施工；钢桁拱桥；安全管理；常泰长江大桥

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.051

一、引言

（一）项目工程概况

常泰长江大桥连接泰州市和常州市，跨长江主航道，全场10.03km，采用“三位一体”的设计理念，以“高速公路+城际铁路+普通公路”方式过江，桥梁上层为高速公路，下层为城际铁路和普通公路，主航道桥采用双层斜拉桥，天星洲专用航道桥采用169.5+388+169.5=727m钢桁拱桥，是目前世界上最大跨度的公铁两用钢桁拱桥，形成多功能非对称荷载桥梁结构（如图1 下层桥面效果图）。

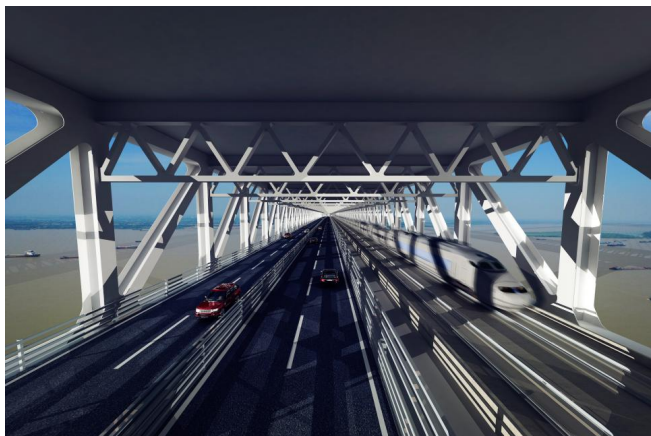


图1 下层桥面效果图

天星洲专用航道桥采用钢桁拱结构形式，主梁平弦采用“N”形桁架，主桁采用两主桁布置，主桁拱采用栓焊结合的整体节点构造，工地连接。运到工地架设时，除弦杆顶板采用熔透焊接连接外，其余板件均在节点外采用高强度螺栓拼接。重量最大杆件为加劲弦节点，重121.8t。

主梁上、下层桥面系采用正交异性整体钢桥面板，在节点处设置组合式横梁，组合式横梁由节点横梁和横

联组成，承担桥面板传递荷载，顶板、底板设2%双向横坡。梁、拱结构刚度大，边中跨比小，结构不对称，采用拱梁同步架设，钢桁拱需辅以扣塔及边跨压重对称悬臂拼装，悬臂长，施工控制难度大。钢构件重量大、种类多、合龙点多，吊装要求高，安装工艺复杂，技术含量、安全风险高。钢桁拱桥跨越池塘、既有道路、天星洲航道，地形多变，施工环境复杂；水、陆、长江航道等交叉作业，施工组织难度大。

（二）安全文明施工要求

（1）安全生产零事故、零伤害、零死亡。

（2）所有进场施工人员安全教育考核率达100%，特殊岗位操作人员持证上岗率达100%；各种防护用品、设施合格率达100%，施工安全技术交底率达100%。

（3）塔吊、浮吊、拱上吊机、运梁车等设备进场手续满足相关规定要求，经项目部组织验收合格，制定操作规程才能使用。

（4）施工现场作业区设置标识牌、安全行车指示牌等。各施工重点部位设立明显、清晰的标志，详细列出该项工程负责人员、工期、材料等情况。

（5）0#墩边跨杆件及桥面板上岸后通过专用运梁车运至指定位置，其他杆件均水上直接起吊，吊装及运输均安排专人指挥。

（6）钢桁梁（拱）吊装前设置施工通道、作业平台，并做好临边防护措施，拱梁悬拼过程中高处作业、水上作业要做好个人防护。

（7）水上配备足额救生船和救生设备，按照海事部门及航道部门要求设置航标及通航限高设施。

（8）施工现场配备消防器材和通讯设施，夜间作业应有足够的照明设备，手持式工作灯应使用安全电压。

（9）充分掌握有关气象资料，特别是突发性风情预报，并做好防范措施。

（10）加强施工现场管理工作，防止发生水上交通安全事故，严格检查施工机械和施工船舶，防止油料泄漏污染水体。

（三）施工概述

边跨起始段施工：边跨起始节间搭设墩旁及临时墩进行安装，0#墩侧利用3200t·m动臂塔吊安装起始段2个节间，3#墩侧利用600t全回旋起重船安装起始段2个节间。

边跨悬臂架施工：利用已安装的起始节间作为拱上吊机安装平台，安装调试100t拱上吊机，边跨其余节间用拱上吊机悬臂安装至中支点，0#墩侧钢构件通过2#墩港池码头和岸边码头180t门式起重机上岸，从陆上起吊，3#墩侧钢构件从水上直接起吊安装。边跨悬臂架设3#-11#节间，施工过程根据需要进行边跨压重、顶升边支点、脱空临时墩；提前安装1#、2#主墩调位装置及支座；采用200t起重船起吊GZ13、TZ13节点和超重杆件，利用边墩、主墩、临时墩顶调位装置，完成边跨合龙。

中跨拱梁并进施工：拱上吊机前移至12#节间，采用“拱梁并进”方式进行，拱上吊机每行走一节间，安装一节间，钢桁拱滞后钢桁梁一节间安装，开始悬臂架设中跨钢桁拱（梁）13#-25#节间，钢构件运输船水上运输至拱上吊机下方，水上喂梁起吊安装，悬臂架设过程中，采用边跨压重和扣塔系统辅助。

合龙段施工：跨中合龙采用先拱肋后主梁的方式进行架设，由两侧向跨中悬拼至26#节间后，利用常州侧吊机安装合龙杆件，通过调整边跨支点预降及活动中支座预偏量，实现钢桁拱及钢桁梁中跨合龙误差调整及合龙口无应力合龙。

全桥成型：边支点顶升至设计标高，分级卸载完压重。施工边墩支座垫石，完成边支座灌浆。拆除临时支架及设备。

二、技术安全措施

（一）采用MIDAS CIVIL有限元软件建立天星洲航道桥有限元模型，吊索和扣背索采用索单元模拟，上、下层桥面板采用带肋板单元模拟，钢桁梁、钢桁拱、上、下层桥面板纵、横梁采用梁单元模拟，桥面板以及桥面板横梁通过刚性连接与主桁相连。

（二）安全通道与防护：突显方案的图表化、图集化，针对“新三宝”细化出图，明确人员、设备站位，便于指导现场施工，提升施工本质安全。上下层桥面临边设置隔离防护措施，防止零星物料掉入江中。边跨钢构件安装时，在0#、3#墩旁设置人员上下通道，通道采用梯笼逐节安装，分别连通至上下层桥面，为保护边跨压重水袋，施工中跨时在1#墩处搭设梯笼作为上下通道；在上下弦安装施工时，需要设置通道，其中拱肋上弦设置两道，一道位于拱肋上弦，一道平行于拱肋上弦，其他位置均为弦上通道，在竖杆、斜杆节点位置，两侧加宽通道绕行通过；上下弦通过在斜腹杆上设置通道进行连通，拱肋上下平联按需要设置横向通道，便于平联安装；节间桥面安装完成后，及时在两侧安装防护栏杆。所有通道两侧安装栏杆并挂设安全网，栏杆采用装配式与弦杆连接牢固，并可周转使用。安装上、下弦杆前，在其上面安装好通道（作为到施工作业点的操作平台）后，再吊装杆件。安装杆件时，为方便施拧螺栓等工作，提前将平台固定在杆件上一同吊装。

（三）吊装作业要求：拱上吊机拼装完成后进行调试和试吊，并取得检测合格报告。吊装前须签订吊装作业令，起重指挥与技术人员在场旁站监督施工全过程，并配备对讲进行吊装指挥，吊装作业严格按照“十不吊”的要求落实。杆件为非对称结构，吊装前须严格吊点设置，保持吊装平衡。及时发布天气预警，恶劣天气禁止进行吊装作业。

（四）高强螺栓施拧：采用悬臂法或半悬臂法拼装钢桁梁（拱）时，连接处冲钉数量不应少于栓孔总数的一半，其余栓孔布置高强度螺栓，冲钉和高强度螺栓应均匀安装。工具螺栓数量须满足板束密贴要求。在支架上拼装钢桁梁时，冲钉和高强度螺栓总数量不应少于栓孔总数的1/3，其中冲钉应占2/3，栓孔较少部位冲钉和高强度螺栓数量不应少于6个。工具螺栓宜安装于拼接板四周和拼缝位置。单个节间吊装完成后，及时补足剩余孔的高强螺栓，高强螺栓终拧后再将冲钉换成高强螺栓并作一般拧紧，注意同时一次拆卸冲钉数量不应超过冲钉总数的20%，节点高栓终拧进度不得落后于拼装部位两个节间。雨天、大雾天气和夏季烈日下不得进行高强度螺栓施拧。高强度螺栓经终拧后用红色油漆在螺母上做标记，对欠拧者（含漏拧者）要补拧，对超拧者（含垫圈转动者）要更换。经检查合格，其螺栓头、螺母、垫圈的外露部分应立即涂装（雨天和严寒天气除外），板层缝隙（尤其是朝上的）应用腻子腻缝。摩擦面涂二道中间漆及一道面漆后，才允许拆除紧螺栓的脚手架。

（五）施工工艺顺序：严格按照方案既定的杆件安装顺序进行现场施工，严格卡控各工艺工序时间节点及作业时间点，减少温度变化带来的误差，应选择无风无太阳偏晒的天气作业。

（六）边跨压重按照方案进行三次加载抗倾覆压重，严格按照统计计划表实施，并通过覆膜工艺达到防水效果。

（七）监控量测：采用无线自动化监测系统，对施工期主梁、临时墩的线形、结构应力、索力、风速、温度等参数进行监测。保证实际结构在逐段施工过程中的受力和变形始终处于可控、安全及合理的范围内。

（八）工地焊接施工：桥面上焊缝，在顶面设置防风防雨棚。主桁杆件高空焊接，设置防风防雨罩，与高空操作平台一体化设计。下雨天雨量过大时应当暂时停止焊接。在焊接操作前首先检查焊接点的干燥情况，有水迹的禁止施焊，烘干后方可焊接。如果遇到强风或暴雨时所有焊接工作应当停止，以保证节点的焊接质量。电焊机应当全部有防雨防护，焊接操作完毕后应当完全断闸，不得存在不焊接的焊机带电的现象。委派专人定期检查，不得出现破皮露芯现象。焊接应设置接火盆及下桥面隔离区域，禁止无关人员进入作业区。

(九) 临时结构及设备安拆: 临时支架、扣塔安拆严格按照方案顺序, 自下而上进行安装, 拆除则反之, 扣塔拆除仍需按照监控指令进行, 拆除的杆件运至后场分类堆放, 集中管理。安拆期间设置统一指挥人员, 现场技术人员旁站监督。

三、安全管理措施

(一) 引入水域电子围栏系统, 以桥梁中心向上下游设置500米、1000米两条预警线, 船舶进入桥区1000米水域时, 触发二级预警; 当船舶进入区域500米水域时, 将触发一级预警, 预警信息以短信的形式发送到专人手机, 联动现场警戒船对其进行驱离, 同时项目部船舶调度通知桥区应急拖轮驱赶, 保证桥区船舶和施工安全。

(二) 借鉴“河长制”, 推广“险长制”安全管理。根据专项风险评估安全风险等级达到III级及以上的施工区域, 由项目经理、总工、生产经理分别担任险长, 明确险长风险管控职责及主要工作内容, 由“险长”亲自负责组织现场风险识别、监测预警、隐患排查等工作, 不定期形成风险管控报告, 定期开展“险长”考核, 进一步强化强化风险动态管控, 完善安全生产风险管理长效机制。

(三) 对特种设备, 推进“黑匣子”安装工作, 特种设备“黑匣子”与“平安守护”系统相连接, 持续监控特种设备使用状态。

(四) 结合公司及常泰桥指相关工作要求, 进一步推进智能化门禁系统、人员定位及智能抓拍系统等科技手段应用, 增加推广红外智能语音播报系统等安全微创新, 不断探索班组安全管理新方法、新措施、新手段, 解决班组安全管理在人员管控、素质提升及“三违”防控等方面的痛点及顽疾, 进一步提高班组安全建设水平。

(五) 推行标准化措施, 由项目部牵头提供全方位的安全作业条件, 施工现场氧气、乙炔、二氧化碳气瓶实行标准化推车, 临电防护、三级配电推行标准化措施, 统一配置到位, 进出场设置车辆门禁, 并自动识别车牌系统, 禁止无关人员、车辆进入现场, 电瓶车内部上牌, 并设置停放充电区, 结合现场实现集约化管理。

(六) 人员智能定位系统配备, 人员进场后建立一人一档, 同时将安全帽电子信息绑定到个人信息, 利用定位安全帽的电子标签信息, 实现人员的实时精准定位, 从而实现语音喊话、预警管理、目标追踪、历史轨迹、隐患拍摄等功能, 同时也可以辅助应急救援决策, 实现对区域内作业人员的智能化管理。

(七) 严格特种作业人员管理, 队伍进场前在合同中明确特种人员配备要求, 人员进场前审核特种作业资质, 告知作业风险及要求, 进场后严控特种作业点人员持证上岗, 加强特种作业人员履约管理。

(八) 现场设置有惊无险告知牌, 由作业人员填写当天作业过程中经历的有惊无险事件, 形成队伍内部的警示告知, 多点警示形成波纹效应, 逐步提升全员安全生产意识。

(九) 推行班组标准化“6S”管理, 规范作业行为, 培养良好习惯, 做到一日一清, 深入开展班前喊话活动, 并安排专人考核班前喊话质量, 点评打分, 纳入“知安全、行安全、奖安全”积分制活动奖惩。同时分阶段分班组开展班组恳谈活动, 深入到一线作业人员中区, 组号双向沟通工作, 畅通交流渠道, 了解一线作业人员的安全诉求, 加强对班组人员缺乏人文关怀, 辨析项目安全管理漏洞, 推动管理层、作业层之间的融合, 打造安全、标准、规范的作业现场, 促使班组人、机、料、作业环境不断完善, 确保作业现场人员人身安全, 预防安全事故的发生。

(十) 实施安全生产监管分离, 项目重新梳理全员安全生产责任清单, 现场明确安全生产责任牌和安全生产监督牌, 夯实季度全员安全生产责任制考核, 并组织召开季度安全生产履职汇报工作, 全力落实新安全法全员安全生产职责。

(十一) 工程施工前, 按规定办理施工许可, 提前申请发布航行通(警)告; 工程施工现场设置警戒维护船提醒过往船舶远离施工水域。施工作业船舶须在规定的作业保护区内有序施工, 不得擅自在施工区域外锚泊、漂航。

四、结语

常泰长江大桥项目天星洲专用航道桥施工安全管理, 通过提高施工监测信息化、安全管理标准化、安全防护图表化等措施, 结合公司现有的安全管理体系, 在临时墩施工、扣塔施工、边跨起始节间架设、钢桁拱(梁)悬臂架设、合拢段施工等阶段, 根据现场实际安全需求, 利用装配化、智能化、定型化、人性化管理手段, 建立了一套适合本项目的安全管理方法, 为后续钢桁梁施工安全监管工作提供参考和经验。

参考文献

- [1] 胡勇. 常泰长江大桥主航道桥桥塔基础选型研究[J]. 桥梁建设, 2021, 51(2): 1-9.
- [2] 徐伟, 苑仁安, 王强, 等. 常泰长江大桥主航道桥结构体系及钢梁设计[J]. 桥梁建设, 2021, 51(3): 1-8.
- [3] 唐震, 周胜国. 常泰长江大桥天星洲专用航道桥起始节间架设方案研究[J]. 现代工程科技, 2023, 2(5): 31-34.
- [4] 李少骏, 徐伟, 李镇, 等. 常泰长江大桥专用航道桥钢梁安装方案设计[J]. 桥梁建设, 2022, 52(1).
- [5] 张春新, 刘代兴. 钢桁拱桥精确合龙施工技术[J]. 铁道建筑, 2010, (1).