

Research on Safety Risk Control of Single-line Box Girder Bridge Machine in Railway

Penghu Tang

China National Railway Group Co., Ltd. Engineering Quality Supervision Administration Beijing Supervision Station, Beijing, 100860, China

Abstract

With the rapid development of railway construction, the proportion of bridge engineering is constantly rising, and the bridge erecting machine has become an indispensable key equipment. The high-speed railway changes from a double line parallel line to a single line line, which puts forward new requirements for the single line box girder frame machine. The single line box girder frame machine from the original lower guide beam to the no guide beam, using the front and rear leg drive shift, multi-stage expansion auxiliary leg with the hole, the equipment is more safe and reliable, and the construction efficiency is more efficient. This paper to bridge bridge span transfer, counterhole, beam operation process of the analysis of safety risk, in electrical control and security guidance, intelligent monitoring, technology prevention and control, technical safety measures, strengthen the safety risk management, by the original operator by experience, simple human control, increase video monitoring and contact limit facilities, improve for combining human control, physical control, intelligent control, effectively prevent and dissolve the bridge machine operation risk.

Key words

bridge erecting machine; operation risk; control; research

铁路单线箱梁架桥机作业安全风险控制研究

唐鹏虎

中国国家铁路集团有限公司工程质量监督管理局北京监督站, 中国·北京 100860

摘 要

随着铁路建设的快速发展,桥梁工程所占比重不断上升,架桥机成为不可或缺的关键设备。高速铁路由双线并行线路变成单线线路,对单线箱梁架机提出了新的要求,单线箱梁架桥机从原来的下导梁式到无导梁,采用前后支腿驱动纵移,多级伸缩辅助支腿配合过孔方式,设备更加安全可靠、施工效率更加高效。论文对架桥机桥跨间转移、对位过孔、架梁等作业过程进行了安全风险分析研判,在电气联控、安全导向、智能监控、科技防控等方面,采取了技术安全措施,强化了安全风险管理,由原来操作人员凭经验作业、简单人为控制,增加视频监控和触点限位的设施,改进为人控、物控、技控相结合的智能控制,有效防范和化解了架桥机作业风险。

关键词

架桥机; 作业风险; 控制; 研究

1 引言

近年来,架桥机成为现代桥梁建设中不可或缺的关键设备,对其使用的安全性和危险性引起了人们的重点关注。

2 架桥机作业安全风险分析

目前市场上单线箱梁架桥机种类较多,以 JQ550 架桥机为例,该机设计为双主梁三支腿结构,辅助支腿与主梁铰接,前支腿可沿主梁的下耳梁前后移动,后支腿与主梁刚结。运梁车在架桥机尾部喂梁,前起重小车吊梁拖拉取梁,架桥

机跨一跨架梁,后支腿轮轨走行步履过孔。现就架桥机在过孔和架梁两种主要工况下的安全风险进行分析。

2.1 架桥机过孔状态

①两起重小车退回到机臂尾部,架桥机前支腿呈过孔支撑,准备过孔。②准备工作完成后,后支腿驱动架桥机向前行走,至辅助支腿到达前方墩台。③顶升辅助支腿油缸,待前支腿脱离桥墩后就近插销,整机转换为前辅支腿和后支腿支撑。④解除前支腿与已架箱梁的锚定装置,前支腿走到前方墩台上,收缩辅助支腿,支撑前支腿,整机转换成前、后支腿支撑。前支腿与墩台垫石上锚栓安装孔之间通过专用锚定装置连接。架桥机完成第一次过孔。⑤取出后支腿止轮器,后支腿驱动架桥机二次纵移到位,插入前支腿与机臂的连接竖销,拔出前支腿斜撑杆下部的圆孔插销,解除斜撑杆

【作者简介】唐鹏虎,男,中国北京人,本科,高级工程师,从事工程质量监督研究。

的支撑。后支腿通过油缸转换为架梁支撑，完成过孔作业。

2.2 架桥机过孔期间导致架桥机事故的因素

通过现场调查和资料查阅，在架桥机过孔期间，有以下六点工作过程存在安全风险，可能导致架桥机事故。

①架桥机过孔前，架桥机前支腿斜撑杆插销先插到位，再解除机臂的连接竖销。②架桥机过孔时（包含二次过孔），司机观察前支腿载荷传感器的显示值，发现报警立即停车。③过孔到位时，后支腿先打上止轮器，再动作前辅支腿。④前支腿和前辅助支腿支撑时必须保证竖直。⑤过孔即将到位时，指挥人员在前支腿左右两侧检修平台上根据竖插销孔位指挥架桥机停车。⑥架桥机过孔到位后，架桥机前支腿先插机臂的连接竖销，再解除斜撑杆插销。

2.3 架桥机架梁状态

①架桥机过孔完成后，运梁车开始喂梁，低速走行对位，打好运梁车油缸支腿。②前起重小车落下吊具，将吊杆穿入箱梁吊装孔内，起吊梁片。③前起重小车和驮梁台车同步吊梁拖拉纵移，到达后起重小车取梁位后，后起重小车取梁。④运梁车司机控制驮梁台车返回原位置，而后拔掉供电和信号线，退出架桥机范围。⑤前后起重小车同时吊梁纵移前行，到位落梁，纵横向微调梁位，完成一孔箱梁的架设。⑥两起重小车退回到机臂尾部，前支腿斜撑杆插销伸出到位，之后解除前支腿与机臂的竖插销。后支腿转换为过孔轮轨支撑，架桥机完成一孔箱梁架设。

2.4 架桥机架梁期间导致架桥机事故的因素

通过现场调查和资料查阅，在架桥机架梁期间，有以下九点工作过程存在安全风险，可能导致架桥机事故。

①前小车取梁时，应保证小车中心线距离后支腿中心线小于3m。②起重小车起吊梁片脱离运梁车100mm至150mm，保留后支腿喂梁空间。③起重小车运行期间要有专人看护，防止运转异常。④拖梁过程中注意前小车和台车的速度同步性，若架桥机前小车的钢丝绳出现明显的前后倾斜角度达到3°时，则马上停止动作，调整好后再继续前行。⑤后起重小车取梁位置保证距离后支腿中心线≤4.6m。⑥过孔前，需认真检查前支腿各位置插销的插拔情况。⑦过孔前，前起重小车位置中心距离后支腿中心线>3m。⑧当拖梁至距离落梁位置1m时，要将速度调至0.25m/min前进。⑨两个起重小车同步拖梁时可能存在速差，如发现钢丝绳倾斜达到3°时，要立即调整。

3 技术安全防控措施

通过施工过程安全风险研判，由原来操作人员凭经验作业、简单人为控制，增加视频监控和触点限位的设施，改进为人控、物控、技控相结合的智能控制。

3.1 架桥机三角形前支腿安全技术改进

JQ550架桥机三角形前支腿是架桥的重要保证，为了防止误操作，保证前支腿处于稳定可控状态，前腿插销增设

智能遥感互相控制系统，前腿插销处增加高清摄像头，监控作业人员标准化作业及插销就位。

3.1.1 总原则

①竖销，前支腿与机臂的锁定销轴，共2根；斜销，前支腿斜撑杆插销轴，共2根。②前支腿在受力状态下确保至少有一个销轴是插入状态；先检测确认一个销轴处于插入到位的状态，才允许执行另外一个销轴的拔出操作；两销轴同时插入不做限制。③前支腿在非受力状态下，允许两个销轴同时拔出（强制操作）。

3.1.2 检测硬件

①插销的伸出和收缩到位检测。能够对竖插销和斜插销进行伸出到位和收缩到位的检测，形成检测信号，并将信号接入程序控制系统，参与控制。②前支腿竖插销摄像头。在前支腿水平框架上安装摄像头，可观察后拖轮运行和竖插销动作，并在机臂和前支腿上做标记，辅助架桥机司机判定过孔到位，以便对位插入竖销。

3.1.3 连续正常架桥

①驮运时，前支腿应位于32m梁支撑位，前支腿与机臂竖销插入。拼接前支腿到位后，插入斜撑杆插销，前支腿支撑完成。②过孔时，后支腿转换为过孔支撑，拉斜撑杆。拔出竖销，过孔开始（动作互锁），过孔的前置条件应满足：一是前支腿竖销检测缩回到位；二是斜销检测伸出到位（条件1和2，若不能同时满足，绝不允许整机走行）。③一次过孔到位，前支腿腾空。平坡时，直接自走行；斜坡时，向前自走行至距离桥墩帽沿150mm处，调坡需要同时解除竖销和斜销，采用强制操作；非标准梁，采用强制操作方式。④前支腿呈三角形状态支撑，拉上锚杆。⑤二次过孔到位，插入竖插销，拔出斜插销（动作互锁）。⑥架梁完成，拉上锚杆。插斜插销，拔出竖插销（动作互锁）。

3.1.4 末孔架桥

①一次过孔完成，前支腿腾空，需要转末孔状态，螺栓拆解完成后，需要拔出斜插销收支腿。司机操作拔出斜插销时，会弹出对话框，操作不允许，右下角显示“强制操作”。司机向指挥确认后，点选输入密码按钮，输入预设密码，然后获得一次拔出斜插销操作权限。拔出后，操作复原。意味着一次没拔完，再拔的时候需要再重复以上操作。拔出后，触摸屏报警提示：请注意，双销拔出。斜插销拔出后，可将前支腿收回自走行至梁面安装螺栓。②前支腿过孔。要求：前支腿不插斜插销的情况下只能自走行10s（程序限制），然后停止复位。触摸屏报警提示：请插斜插销。③整机过孔到位，插入竖插销，拔出斜插销（动作互锁）。

3.1.5 驮运工况

驮运前，架桥机前支腿应恢复到32m梁支撑位置。插入竖插销。支撑转换完成后，前支腿腾空。可拔出斜插销，提升前支腿高度。

3.1.6 其他情况

同理，架梁完成，斜插销拔出状态，点选竖插销拔出，弹出如下对话框：

3.2 整机远程安全监控系统

①称重传感器：安装在卷扬钢丝绳末端和滑轮组上，用于检测吊具的实际重量，通过司机室载荷仪显示出起吊载荷质量。具有偏载、超载等报警功能。另外前支腿斜撑处安装轴销传感器，用于检测左右斜撑的载荷变化，当任一传感器压力达到 8t 时报警，达到 11t 时切断整机电源停机。②风速传感器：安装于机臂尾部走台上。当风速大于 5 级时，不允许设备过孔作业，当风速大于 6 级时，按要求不允许设备任何动作。③测速编码器：安装于卷扬机的末端。用于检测起升机构的实际速度，并在司机室主界面动态显示。当遇到超速、溜钩等失速的紧急情况，编码器检测的脉冲值高于实际速度的设定值时，PLC 将闭合电机制动、推杆制动和盘式制动，三级制动保护。④走行编码器：安装于前/后起重小车走行轮上，后支腿走行轮，前支腿计程轮等。用于检测每个行走机构的实际位置。⑤整机前后高差检测：由两个安装在右机臂内侧的激光测距仪和水管连通器组成。检测机臂内前后两点的高度差确定架桥机的纵向水平度。⑥激光传感器：安装在两台起重小车平台底部。检测梁片与起重小车底部的实时高度值，防止梁片提升超高，撞击机臂底面，引发事故。⑦水平传感器：在前支腿上安装水平传感器，可测量支腿横向、纵向垂直度，从而在架梁和过孔过程中监测支腿的水平度、垂直度的状态。⑧视频监控：架桥机视频监控系统采用了高清低照度带红外的一体化摄像机，全方位检查架桥机过孔、运梁车喂梁、同步拖梁和架梁等工况的作业过程。显示器采用具有高的抗振动能力和使用寿命的壁挂式工业液晶显示器，采用高的抗振动性和稳定性的车载硬盘录像机，存储能力能满足国家新标准 GB/T 28264—2012《起重机械安全监控管理系统》中的不小于 72 小时视频监控时间的要求。硬盘录像机内的视频数据可通过网口，指定时间日期将历史视频文件下载到电脑中，供管理人员使用。视频系统具有远程通信接口，可实现现场视频发布到因特网，整合到大吨位设备群远程监控管理云平台中，实现远程视频监控。

3.3 架桥机各部件运行作业工程中程序互锁互控设计

架桥机各部件运行作业工程中程序互锁互控设计见表 1。

表 1 架桥机各部件运行作业工程中程序互锁互控设计

部件名称	各部件相应动作			逻辑关系
起重小车	走行电机	起升电机	横移油缸	互锁
前支腿	走行电机	升降油缸	插销油缸 横移油缸	互锁
后支腿	走行电机	升降油缸	折叠油缸	互锁
前辅腿	升降油缸		提拉油缸	互锁

注：1. 部件与部件之间由：操作台一级菜单互锁。

2. 部件相应动作由：操作台二级菜单互锁（另外：选定“同步拖梁”后，仅前起重小车与运梁台车同步运行，而后起重小车不允许动作）。

3.4 后支腿技防和物防双保险措施

整机纵移过孔过程中，后支腿采用电机驱动轮轨走行方式，是整机过孔走行的驱动机构。走行钢轨端头设有电器限位装置和机械式止轮器，为设备过孔过程提供安全保障。同时后支腿走行测距计程装置和高清摄像头，操作司机能在司机室内实时监控整机走行距离以及查看设备后支腿状况。

4 安全管理防控

①强化全员培训。要对所有架桥作业人员、管理人员进行专题培训，要使所有作业和管理人员熟练掌握安全知识和岗位技能，做到应知应会。②落实岗位责任制。架桥机架桥作业是一个系统工程，明确各岗位任务、职责，落实好逐级负责、岗位负责、专业负责，做到各司其职，各负其责，通力协作。③安全施工保证体系。成立安全施工领导小组，对安全施工方面的重大问题和重点问题进行解决和处理，负责安全施工管理的日常工作，对分部所属工程的安全施工负有监督、检查的管理责任。

5 结语

论文对架桥机作业进行全面分析，研判了安全风险，提出了作业安全技术和现场管理改进措施，取得了良好的成效，可为架桥机安全作业提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 郝晋新.采用架桥机进行跨既有铁路60m钢箱梁安装施工技术[J].铁道建筑技术,2012(11):48-52+59.
- [2] 黄瑞珊,韦昌翼.架桥机架设小箱梁关键工序可行性论证及保证措施[J].广东土木与建筑,2022(3):45-48+53.
- [3] 陈维华,张见会.桥梁预制箱梁架设施工关键技术[J].山东交通科技,2018(3):127-129.