

铁路简支梁桥支座更换施工技术优化与安全控制研究

文翼

成都成铁工程项目管理有限公司 610057

DOI:10.32629/ems.v8i3.18697

[摘要] 铁路简支梁桥持续服役期间,易受环境作用和结构变形影响产生支座老化、失效等病害,更换支座是保障桥梁结构安全和运营可靠性的核心手段,结合支座更换施工里受力转换复杂、顶升控制难度大、安全风险集中的特点,靠系统分析施工关键环节和主要风险源,制定顶升工艺、临时支撑布置及施工组织的技术优化方案,建立对应的安全控制和监测体系,该研究成果可给铁路简支梁桥支座更换工程提供技术支撑。

[关键词] 铁路桥梁;简支梁桥;支座更换;施工优化;安全控制

引言:

我国铁路网络里,铁路简支梁桥数量极多、服役时间久,支座属于连接上部结构和下部结构的关键受力构件,性能衰退会直接影响桥梁整体安全和行车可靠性,受长期荷载作用及环境因素作用,支座病害问题日渐突出,支座更换施工渐渐成为铁路桥梁养护的高风险作业,怎样在既有运营条件下达成受力安全转换和施工风险可控,是当前工程实践面对的核心问题,聚焦以上难点,本文围绕铁路简支梁桥支座更换施工技术优化和安全控制展开系统研究,具备较强工程实用价值。

1 铁路简支梁桥支座更换施工技术特点与难点分析

1.1 铁路简支梁桥结构特征对支座更换施工的影响

现有铁路桥梁中铁路简支梁桥占比偏高,常规跨度多集中在16 m、24 m、32 m等标准跨径范围,受力系统明确性较强,墩台结构主要承接经支座传递的梁体竖向荷载,正常工况里,支座需同时承担梁体自重、附加恒载及列车活载作用,恒载反力占总反力的比例一般为60%~70%,列车活载反力占比约30%~40%,列车经过时支座反力呈现显著的瞬时增大特点,受这一受力特点限制,支座更换施工中梁体顶升和受力转换必须严格控制在规定范围内实施,阻止产生有害附加内力。

不同跨度、梁型直接影响施工工艺选择,以32 m简支箱梁做例子,单跨梁体自身重量可达800~1000 t,支座单点反力一般维持在2000~3000 kN区间,要求顶升设备具备较高承载能力与同步控制精度;中小跨度T梁、板梁的梁体质量相对偏小,但梁两端刚度反差明显,顶升阶段更易出现不均匀变形,要根据梁型结构刚度、跨径及支座布置形式明确

顶升方案与施工参数。

1.2 既有支座病害类型及更换必要性分析

正在服役的铁路简支梁桥支座,长期运行中易受温度变化、列车荷载反复作用及环境侵蚀影响,常见病害主要有橡胶老化硬化、剪切变形超限、支座滑移受阻及局部破损,20世纪80~90年代建成的部分桥梁,原有支座已接近或超过设计使用年限,剪切变形值可超出设计允许值的1.5倍,严重削减支座转动与位移能力。

支座病害会改变梁体的受力状态,把本该由支座释放的温度应力和附加位移变成梁体内力,进而带来梁端出现裂缝、支座垫石破损、墩台附加受力上升等问题,病害程度偏轻阶段,可采取局部修复或功能恢复手段解决;支座承载能力或位移性能明显不达标时,强制实施整体更换,不同病害等级时,对顶升高度、支撑体系刚度及施工顺序的技术要求有明显不同,变更施工方案要针对性制定。

1.3 支座更换施工中的关键技术难点

支座更换施工的核心环节是梁体顶升,关键难题为顶升过程中梁体受力的重新分布控制,顶升开始阶段,梁体反力从原支座逐步转移至顶升点,若顶升节奏不统一或控制失误,附加弯矩和剪力集中易出现在梁端,常规要求各顶升点位移差不超0.5 mm,整体顶升高度控制的偏差不得超过 ± 1.0 mm,维持梁体受力均衡。

要实现顶升同步性控制,得对设备和施工组织设定较高标准,多点同步顶升一般用液压系统集中控制,压力偏差必须控制在 $\pm 5\%$ 以内,维持梁体整体抬升状态稳固,临时支撑体系需具备充足承载能力和刚度,设计承载力一般取最大施工荷载的1.3~1.5倍验算,校核局部稳定性和抗倾覆性能,

支撑体系一旦垮塌, 会直接损害桥梁结构和施工安全, 支座更换施工里必须重点防控的风险点。

2 铁路简支梁桥支座更换施工技术优化研究

2.1 梁体顶升施工技术优化

梁体顶升施工, 应参照桥梁跨度、梁型及支座反力大小挑选恰当的顶升设备, 常用设备含大吨位液压千斤顶和同步控制系统, 单台千斤顶额定承载力需达到设计支座反力的1.5倍及以上, 聚焦32m简支箱梁桥, 顶升设备单一点位承载能力一般不低于3000kN, 借助多点同步控制实现整体抬升。

顶升工艺要采用分级、分步的操作方式, 每级顶升高度一般控制2~5mm, 完成单次顶升后, 需开展短时稳定性观测, 核实梁体变形及支撑受力状态正常才可继续作业, 顶升操作期间, 依托位移计和应变监测实时把控梁端竖向位移及局部应力变化, 需将梁体相邻顶升点的位移差控制在0.3~0.5mm, 防止形成附加弯矩和剪力集中。

2.2 临时支撑与受力转换技术优化

临时支撑体系是支座更换施工里承受梁体临时荷载的关键结构, 一般采用钢支撑、型钢托架或组合支撑体系作为构造形式, 支撑体系设计应契合高承载、高刚度和良好稳定性要求, 竖向承载能力需按施工阶段最大荷载的1.3~1.5倍验算, 同时对支撑立柱整体稳定性及节点连接强度展开校核, 支撑布置需契合墩台结构几何条件, 保障受力传递路径清晰。

受力转换实施阶段, 要控制顶升顺序和卸载节奏, 保障梁体反力平稳从原支座过渡到临时支撑体系, 受力转换阶段各支撑点反力变化速率应维持统一, 液压系统压力偏差要控制在±5%以内, 防止局部超载, 以实时监测掌握支撑反力和梁端位移, 能动态调节顶升与卸载参数, 保障受力转换过程的安全性和可控性。

2.3 新支座安装与调整技术优化

新支座安装阶段要提升施工精度要求, 安装支座前, 必须复核支座垫石的平整度和强度, 垫石表面的高度偏差控制范围为±2mm以内, 支座就位操作中, 需保证支座中心线与梁体轴线及墩台轴线对齐, 平面偏位管控标准为±2mm, 保障支座受力均匀。

支座标高和水平度的微调, 一般采用钢垫板或调平砂浆, 支座顶面水平度偏差应控制在1/1000以内, 完成支座安装, 要按既定顺序逐个拆除临时支撑, 让梁体荷载平稳落置新支

座上, 卸载环节采取分级控制, 跟踪监测梁端位移及支座反力变化, 保证结构复位后梁体受力状态和设计工况相符, 为桥梁后续安全运行筑牢可靠防线。

3 铁路简支梁桥支座更换施工安全控制关键技术

3.1 施工阶段结构安全风险识别

实施支座更换施工, 结构安全风险最集中的环节是顶升阶段, 顶升作业启动阶段, 梁体逐步脱离原支座, 受力体系由既有支座转移至顶升装置和临时支撑体系, 结构内力分布出现明显改动, 顶升过程不同步或控制精度不足, 梁端部位容易形成附加弯矩和剪力集中, 短时间内局部应力水平有概率超出正常运营工况, 工程作业管控一般规定各项升点位移差需控制在0.5mm以内, 单次顶升高度不得超5mm, 降低受力突变概率。

临时支撑体系坍塌是支座更换施工里另一类关键安全风险, 施工阶段临时支撑要承受梁体全部恒载及可能叠加的活载作用, 受力状态呈现显著阶段性与不确定性, 当支撑立柱长细比偏大、基础承载能力偏弱或节点连接可靠性不足, 易引发整体失稳、局部屈曲, 常规做法是用最大施工荷载的1.3~1.5倍验算临时支撑体系的设计承载力, 为关键节点实施加固和防滑措施, 保障施工阶段结构稳定。

3.2 施工安全监测与控制技术

实现支座更换施工全环节安全可控, 应打造完备的监测与控制体系, 顶升位移和梁体变形的监测, 常采用位移计、水准仪或光纤传感装置, 实时收集梁端竖向位移、跨中挠度及支座处相对位移, 需让监测点覆盖各项升点和关键截面, 位移监测精度要达0.1mm级, 符合施工控制要求。

对支撑体系受力情况开展监测是保障临时结构安全的核心方法, 把压力传感器装在支撑立柱或顶升设备上, 可实时把控各支撑点反力变化情况, 并同设计值开展对比分析, 单点反力偏差超设计值10%时, 必须马上启动预警机制, 调整顶升、卸载参数, 防范局部过载引发结构危险, 监测数据应实现集中采集和动态显示, 协助现场指挥人员即刻决策。

施工核心节点, 像顶升完成、支座拆除、新支座就位及卸载复位等流程, 需落实动态安全控制, 不间断分析监测数据, 第一时间辨识梁体变形发展走向, 及时处置异常状况, 保持施工过程全程可控。

3.3 铁路运营条件下的施工安全控制措施

铁路简支梁桥支座更换大多在既有线路基础上实施, 施

工安全受行车荷载直接作用, 列车通行期间, 梁体反力瞬间猛增, 顶升设备与临时支撑体系需备足承载冗余, 常规要求施工阶段临时结构按列车活载不利组合验算, 列车经过时段暂停顶升或卸载作业, 防止结构受力叠加风险。

铁路桥梁支座更换主要采用天窗点施工组织方式, 施工时间短、作业强度大, 向安全管理提更高要求, 天窗点内必须严控作业流程, 明确各工序的完成时间点, 杜绝交叉作业引发安全隐患, 需设置齐全的防护措施。

施工和运营协同管理机制是工程顺利实施的必要保障, 建立施工单位、运营管理部门及监控调度单位的信息沟通渠道, 能实现施工计划、行车安排和应急处置精准衔接, 支座更换核心阶段, 要落实联合调度和现场联动管理, 保障施工安全控制措施和铁路运营要求一同落实, 从全局降低施工风险。

4 铁路简支梁桥支座更换施工组织与综合安全管理优化

4.1 施工组织方案优化设计

更换铁路简支梁桥支座的施工要依托现有运营条件开展, 施工组织方案是否合理, 直接关联安全水平和施工效率, 施工流程常被分成准备、顶升、支座拆除、新支座安装及复位 5 个阶段, 各阶段需明确技术交接的判定条件, 顶升与支座拆除工序必须严格区分, 保证梁体受力稳定后进行作业, 单个天窗点里最好安排完成 1~2 个关键工序, 杜绝流程压缩造成风险叠加。

多工序协同作业阶段, 要依托施工平面布置优化设备和人员配置, 降低工序交叉干扰, 顶升设备、临时支撑与支座安装作业区需保留独立作业空间, 并划定明确的安全隔离边界, 工期把控部分, 提前预制支撑构件、采用支座组件化安装, 能压缩现场作业时长, 单跨支座更换作业时间一般可控制在 4~6h 区间, 筑牢安全防线 提升施工速率。

4.2 施工安全管理体系构建

支座更换施工安全管理需构建清晰的责任框架, 把安全职责落实到具体岗位, 施工单位须配备专职安全管理人员, 界定顶升操作、设备监控、结构监测及现场防护各环节的责任分配, 打造纵向到底、横向到边的管理体系, 启动关键工序前需开展专项安全技术交底, 让作业人员清楚掌握施工风险及控制要点。

风险分级管控与隐患排查是施工安全管理的核心工作, 按照施工阶段和作业性质, 把风险分成一般风险、较大风险

和重大风险 3 级, 针对顶升、受力转换等高风险环节做重点管控, 施工全程需开展隐患排查, 发现设备异常、监测数据偏差或操作不规范情形时, 必须马上启动纠错措施, 要编制周全的应急处置预案, 敲定响应流程和处置期限, 保障突发状况下施工与运营安全可控。

4.3 技术优化与安全控制的综合效益分析

优化支座更换施工技术与安全控制措施体系, 能切实强化桥梁结构施工阶段的安全性, 提高顶升精度与支撑稳定性, 优化梁体受力转换的平稳性, 规避梁端附加内力和变形风险, 可保障结构在设计许可范围运行, 施工工作收尾, 优化支座受力状态和结构整体协同能力, 为桥梁持续服役打造可靠支撑。

施工管理模块, 推行技术优化和安全控制措施, 明显减少施工风险与事故发生概率, 规范施工流程、细化监测手段、健全应急管理体系, 大幅提升支座更换作业的可控性和可重复性, 上述办法不单提升了单项工程的落实质量, 还为铁路桥梁养护及病害治理留存了成熟经验, 对提高既有铁路桥梁安全运营水平有重要工程价值。

结语:

铁路简支梁桥支座更换施工面临结构受力转换复杂、施工风险集中及运营条件约束等多重挑战, 对顶升技术、临时支撑体系、施工组织及安全管理措施做系统优化, 可切实增强施工过程的安全性和可控性, 维持桥梁结构受力状态平稳切换, 综合采用相关技术与管理方法, 可降低施工风险、拉长桥梁服役时长, 也为既有铁路桥梁病害治理和养护管理提供可推广的工程技术方法。

[参考文献]

- [1] 马丰博. 高铁混凝土箱梁桥支座损伤评估与更换技术研究[D]. 东南大学, 2022.
- [2] 黄聪. 钢结构简支梁桥采动力学响应研究与结构优化[D]. 中国矿业大学, 2020.
- [3] 王岚. 铁路简支梁桥典型减隔震技术适应性研究[D]. 北京交通大学, 2024.
- [4] 李帅军. 近断层地震作用下减隔震铁路简支梁桥行车性能研究[D]. 中南大学, 2024.
- [5] 孙泽川. 基于质量调谐阻尼器的铁路简支梁桥减隔震性能研究[D]. 中南大学, 2024.