

地铁轻轨钢混结合梁多支座更换关键技术

李 睿

重庆江跳线轨道交通运营管理有限公司 重庆 402260

摘 要：地铁轻轨钢混结合梁支座长期承受列车动态荷载及环境作用，易出现老化、变形等病害，严重影响结构安全与运营稳定。多支座更换作为保障桥梁功能的关键手段，需攻克同步顶升、精确对位、内力监测等技术难题。通过系统研究病害检测评估方法，优化临时支撑体系设计，研发同步顶升控制、结构内力与变形监测等核心技术，可有效提升支座更换施工精度与效率，降低施工风险，为地铁轻轨钢混结合梁多支座更换工程提供可靠技术支持。

关键词：地铁轻轨；钢混结合梁；多支座更换；关键技术

引言

随着城市轨道交通的快速发展，地铁轻轨钢混结合梁因其结构性能优越被广泛应用。然而，长期运营导致支座病害频发，多支座更换成为保障桥梁安全的重要任务。该过程涉及复杂力学行为与高精度施工要求，同步顶升控制、精确对位等技术直接影响更换效果与结构安全。本文针对地铁轻轨钢混结合梁多支座更换工程，系统研究关键技术，提出科学合理的解决方案，旨在为同类工程提供理论依据与实践指导。

1 地铁轻轨钢混结合梁及支座概述

地铁轻轨作为城市轨道交通的重要组成部分，其桥梁结构的设计与性能对线路整体稳定性和安全性至关重要，钢混结合梁及支座在其中发挥着关键作用。钢混结合梁是由钢材和混凝土两种不同材料组合而成的结构构件，钢材具有强度高、韧性好、自重轻等特点，而混凝土则具备良好的抗压性能和经济性，二者通过特定的连接构造协同工作，充分发挥各自材料优势。钢梁主要承担拉力和部分弯矩，混凝土桥面板则承受压力，在交界面处，剪力连接件有效传递两者间的剪力，使钢梁与混凝土板共同受力，形成高效的受力体系。钢混结合梁在地铁轻轨建设中具有显著优势。相较于传统的钢结构或混凝土结构桥梁，钢混结合梁能有效减轻结构自重，降低下部基础工程的规模和造价，同时其良好的跨越能力，可适应城市复杂的道路、河流等环境，满足大跨度线路铺设需求。这种组合结构还具备较好的耐久性和后期维护性，钢梁表面通过防腐处理，混凝土桥面板采用耐久性混凝土材料，可有效延长桥梁使用寿命。与之配套的支座是保证钢混结合梁正常工作的关键部件，它不仅支撑桥梁上部结构的荷载，还要适应结构因温度变化、混凝土收缩徐变、列车活载等因素产生的位移和转角。支座的类型多样，常见的有板式橡胶支座、盆式橡

胶支座和球形钢支座等。板式橡胶支座凭借良好的弹性和一定的剪切变形能力，适用于中小跨度的钢混结合梁桥；盆式橡胶支座通过钢盆内的橡胶板实现承压和转动，承载能力较大，常用于中等跨度桥梁；球形钢支座则具有更高的承载能力和转动灵活性，能满足大跨度、大吨位钢混结合梁桥的受力需求。随着材料科学和工程技术的不断发展，钢混结合梁及支座的性能也在持续优化，以更好地满足现代地铁轻轨建设日益增长的需求。

2 地铁轻轨钢混结合梁多支座更换方案设计

2.1 病害检测与评估

(1) 采用超声波探伤仪、磁粉探伤仪等设备，对钢混结合梁支座区域进行无损检测。通过分析声时、波幅等参数识别混凝土及钢部件内部缺陷，利用磁粉吸附特性确定钢结构表面裂纹。建立三维病害分布模型，使用高精度全站仪测量支座与梁体、墩台连接部位相对位移，结合应变片监测受力，捕捉微小变形及应力集中。

(2) 运用有限元软件对钢混结合梁进行力学性能模拟，将检测所得病害信息作为边界条件，分析支座病害对结构整体刚度、承载能力及动力响应的影响。考虑列车动荷载、温度荷载等实际工况，计算不同病害程度下梁体的应力分布与变形趋势，量化病害对结构安全储备的削弱程度，评估结构在当前状态下的剩余承载能力和使用寿命。(3) 综合检测数据与模拟结果，采用模糊综合评价法对支座病害程度进行分级，将病害分为轻微、中等、严重三个等级，明确各等级病害的发展趋势及可能引发的连锁反应。针对不同等级病害制定相应的处理建议，为后续支座更换方案的制定提供科学依据，确保方案的针对性与有效性^[1]。

2.2 更换总体方案确定

(1) 基于病害检测与评估结果，对比多种支座更换技术路线，综合考虑施工可行性、对运营的影响程度及

成本效益。对于病害较轻且结构变形较小的区域,优先选择单支座更换方案,通过局部顶升实现单个支座的更换;对于病害较为集中、多支座协同工作失效的区域,采用整体同步顶升更换方案,确保梁体在更换过程中的整体稳定性。(2)结合地铁轻轨的运营特点,制定分阶段施工计划,尽量选择夜间停运时段进行关键工序施工,减少对运营的干扰。优化施工流程,采用模块化施工技术,将支座更换工作分解为多个独立的施工单元,提前在工厂预制相关构件,缩短现场施工时间。合理安排施工顺序,遵循先支撑后更换、先加固后拆除的原则,确保施工过程中梁体结构安全。(3)引入BIM技术进行施工模拟,可视化展示支座更换过程中的每一个环节,预测可能出现的问题并提前制定解决方案。通过BIM模型优化施工资源配置,精确计算所需的施工设备、材料及人员数量,提高施工效率。利用BIM模型进行施工进度管理,实时监控施工进度,及时调整施工计划,保证支座更换工程按时完成。

2.3 临时支撑体系设计

(1)基于钢混结合梁结构与受力特点,设计采用钢管混凝土柱、型钢支架组合的临时支撑体系。合理布置支撑点,使梁体荷载均匀分担,防止局部应力集中。通过力学计算精准确定支撑构件的截面尺寸、长度及连接方式,确保临时支撑体系具备足够强度、刚度与稳定性,可承受梁体自重、施工及列车动荷载。(2)对临时支撑体系进行详细的受力分析,考虑梁体在不同施工阶段的受力状态,运用结构力学和弹性力学理论计算支撑体系各构件的内力与变形。采用有限元软件对临时支撑体系进行非线性分析,模拟支撑体系在极端工况下的力学行为,评估其安全性与可靠性。根据分析结果对临时支撑体系进行优化设计,必要时增加辅助支撑或加强构件,提高临时支撑体系的整体性能。(3)临时支撑体系施工时,严控质量,确保支撑构件安装精度。对焊接、螺栓连接等关键部位,运用超声波探伤、扭矩检测等手段进行质量检测,保障连接强度。建立实时监测系统,通过位移、应力传感器等设备,实时监测体系变形与受力,发现异常及时处理,确保支座更换时体系安全稳定^[2]。

2.4 应急预案制定

(1)针对支座更换过程中可能出现的各类风险,如梁体突然下沉、临时支撑体系失稳、施工设备故障等,进行全面的风险识别与分析。运用故障树分析、事件树分析等方法,确定风险发生的可能性及可能造成的后果,建立风险评估矩阵,对风险进行分级管理。(2)根据风险评估结果制定应急处置措施:梁体下沉时启动备

用支撑系统,用千斤顶紧急顶升复位;临时支撑体系失稳,即刻加固或更换并疏散人员;施工设备故障,调用备用设备保障施工。明确各措施操作流程与责任人员,确保应急响应迅速有效。(3)建立应急物资储备库,储备足够的应急设备、材料和药品,如千斤顶、钢板、钢丝绳、急救箱等,并定期对应急物资进行检查和维护,确保其处于完好状态。组织施工人员进行应急预案培训和演练,提高施工人员的应急意识和应急处置能力,使其熟悉应急流程和操作方法,在遇到紧急情况时能够沉着应对,最大限度地减少事故损失,保障施工安全和地铁轻轨的正常运营。

3 地铁轻轨钢混结合梁多支座更换关键技术

3.1 同步顶升控制技术

地铁轻轨钢混结合梁多支座更换中,同步顶升控制技术是确保结构安全稳定的核心。由于钢混结合梁为超静定结构,各支座协同承载,若顶升不同步,会导致梁体受力不均,产生附加弯矩、剪力,甚至引发裂缝、变形过大等破坏。同步顶升控制需基于精确的力学计算与实时监测,采用高精度液压千斤顶作为顶升设备,其压力和位移控制精度直接影响同步效果。在实施过程中,根据梁体结构特点和支座分布,合理划分顶升区域,每个区域配备独立的液压泵站和控制系统,通过计算机同步控制软件,实现对各千斤顶的统一调控。为保证顶升同步性,需建立完善的位移和压力监测体系。在千斤顶顶部和梁体关键部位安装高精度位移传感器与压力传感器,实时采集顶升数据,并将数据反馈至控制系统。控制系统依据预设的顶升速率和位移量,自动调节各千斤顶的压力和行程,当某一处顶升位移偏差超过允许范围时,系统迅速发出指令,调整对应千斤顶的工作状态,使各千斤顶同步运行。考虑到顶升过程中梁体的非线性变形和结构动态响应,需采用有限元分析软件进行模拟分析,优化顶升方案,确保顶升过程中梁体结构内力始终处于安全范围内。

3.2 支座更换精确对位技术

支座更换精确对位技术对于保障钢混结合梁受力性能和正常使用功能至关重要。新支座安装位置的准确性直接影响梁体荷载传递路径和结构受力状态,微小的偏差都可能导致支座受力不均,缩短支座使用寿命,甚至影响梁体结构安全。在支座更换前,需利用全站仪、水准仪等测量仪器,对原支座位置进行精确测量,获取其三维坐标和高程数据,并与设计图纸进行对比分析,确定偏差值。对新支座的尺寸、型号、安装位置进行严格检查和复核,确保新支座符合设计要求。在新支座安

装过程中,采用定位辅助装置提高对位精度。可制作专用的定位钢板或定位支架,将其固定在梁体和墩台上,作为新支座安装的基准。通过调整定位装置的位置和角度,使新支座的中心线与设计位置精确对齐。安装过程中,利用高精度测量仪器实时监测支座的位置和高程,当出现偏差时,及时进行调整。考虑到施工过程中的温度变化会对支座安装位置产生影响,需选择合适的时间段进行安装,并对温度变化引起的尺寸变化进行修正计算,确保支座安装的精确性。安装完成后,再次对支座位置进行全面测量和检查,确保其符合设计和规范要求^[3]。

3.3 结构内力与变形监测技术

结构内力与变形监测技术是保障地铁轻轨钢混结合梁多支座更换施工安全和质量的重要手段。在支座更换过程中,梁体结构受力状态发生显著变化,通过实时监测结构内力和变形,能够及时掌握梁体的工作状态,判断施工过程是否安全可控,为施工决策提供科学依据。监测内容主要包括梁体的应力、应变、位移、转角等参数,需在梁体关键部位,如跨中、支点、截面突变处等,布置相应的监测传感器。应力和应变监测通常采用光纤光栅传感器或电阻应变片,这些传感器具有精度高、稳定性好的特点,能够实时准确地测量梁体的应力和应变变化。位移和转角监测则可利用全站仪、激光测距仪、倾角传感器等设备,通过定期测量或实时监测,获取梁体的位移和转角数据。监测数据通过无线传输或有线传输方式,实时传输至数据处理中心,利用专业的数据处理软件对数据进行分析 and 处理,绘制结构内力和变形随时间变化的曲线。当监测数据出现异常,如应力超过设计限值、位移突变等情况时,系统立即发出预警信号,施工人员可根据预警信息及时调整施工方案,采取相应的措施,确保梁体结构安全。

3.4 施工安全保障技术

施工安全保障技术贯穿于地铁轻轨钢混结合梁多支座更换施工全过程,旨在预防和控制施工过程中的各类安全风险,确保施工人员、设备和结构的安全。在施

工前,需对施工现场进行全面的安全评估,识别潜在的危险源,如高空作业、起重吊装、临时支撑结构等,并制定相应的风险防控措施。对施工人员进行专业的安全培训和技术交底,使其熟悉施工工艺和安全操作规程,提高安全意识和操作技能。在施工现场,设置完善的安全防护设施。在高空作业区域设置防护栏杆、安全网,为施工人员配备安全带等防护用品;在起重吊装区域设置警示标志,安排专人指挥,确保吊装作业安全有序进行;对临时支撑结构进行严格的设计计算和稳定性分析,确保其在施工过程中能够承受梁体荷载和施工荷载。加强对施工设备的管理和维护,定期对液压千斤顶、起重机械等设备进行检查和保养,确保设备性能良好,运行安全可靠。建立健全施工现场的安全管理制度,加强安全巡查和监督,及时发现和消除安全隐患,对违规操作行为进行严肃处理,确保施工安全^[4]。

结语

综上所述,地铁轻轨钢混结合梁多支座更换关键技术研究通过系统方案设计与核心技术创新,有效解决了施工过程中的同步顶升、精确对位、内力监测等难题。相关技术的应用显著提升了支座更换的安全性与可靠性,保障了地铁轻轨运营的连续性。未来,随着城市轨道交通建设标准的提高,需进一步深化研究,完善多支座更换技术体系,以适应更复杂的工程需求,推动行业技术进步。

参考文献

- [1]冯思雨.地铁轻轨钢混结合梁多支座更换关键技术[J].建筑施工,2023,45(8):1643-1646.
- [2]韦积分,毛振方.拉压支座更换关键技术研究[J].工程技术研究,2020,5(3):110-111.
- [3]刘志国,申聪,朱超,等.桥梁支座更换施工关键技术及质量控制[J].散装水泥,2020(2):9-10.
- [4]刘云朋.桥梁支座更换施工的关键技术及质量控制措施研究[J].建筑工程技术与设计,2020(34):1938.