

城市桥梁支座病害诊断与更换施工中的安全防护措施改进研究

宋宏强

湖北益通建设股份有限公司 湖北 宜昌 443000

【摘要】：城市桥梁支座病害诊断与更换施工安全防护薄弱，易引发安全事故。本文分析发现，当前存在诊断现场管控粗放、更换施工防护标准缺失、应急处置能力滞后三大突出问题。针对上述问题，从强化诊断现场闭环管控、制定统一防护标准、提升应急处置实战水平三方面提出改进措施。在此基础上，进一步从多层次监管体系、风险动态分区防护、人员行为干预机制、作业环境适应性改造四个维度提出综合保障策略。研究表明，上述改进路径可系统消除安全隐患，完善施工安全防护体系，为城市桥梁支座施工安全提供技术与管理支撑。

【关键词】：城市桥梁支座；病害诊断；支座更换；安全防护；施工改进

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.063

引言

城市桥梁支座承担梁体荷载传递与结构变形适应功能，其健康状况直接决定桥梁运营安全。随服役年限增长，支座老化、破损等病害频发，亟需专业诊断与更换。此类施工多位于城市主干道，环境复杂、风险密集，安全防护难度大。当前施工在防护管控、标准建设、应急处置等方面仍存短板，事故隐患突出。本文分析诊断现场管控薄弱、更换标准缺失、应急能力不足等突出问题，从强化现场闭环管控、制定统一防护标准、提升应急处置实战水平及综合保障措施等方面提出改进路径，为消除施工风险、提升城市桥梁运维管理水平提供技术支撑。

1 城市桥梁支座病害诊断与更换施工安全防护突出问题

1.1 病害诊断现场安全防护管控薄弱

病害诊断现场安全防护管控薄弱体现在多个具体环节，诊断作业区域未设置标准化的封闭隔离设施，仅采用简易警示带围挡，无法有效划分作业区与通行区，易导致过往车辆、行人误入作业范围，引发碰撞、坠落等安全隐患。诊断过程中未根据桥梁结构类型、作业高度及现场环境，配备针对性的安全防护装备，高空诊断作业时未搭建稳固的操作平台，仅依赖简易脚手架，且脚手架搭设未经过专项验收，存在立杆间距超标、防护栏杆缺失等问题。同时，现场未建立完善的安全管控流程，诊断作业前未对作业人员进行专项安全技术交底，作业过程中缺乏专人现场监护，对违规操作行为未及时制止，且未配备充足的应急救援物资，一旦发生安全事故，无法快速开展应急处置工作，进一步扩大事故影响。

1.2 支座更换施工安全防护标准缺失

支座更换施工安全防护标准缺失是当前城市桥梁施工中较为突出的问题，缺乏统一、明确且贴合现场施工实际的专项防护标准，导致施工过程中防护操作无据可依、乱象丛生。现有相关标准多为通用性建筑施工安全规范，未结合城市桥梁支座更换的特殊性制定针对性要求，对支座更换时的临时支撑防

护、高空作业防护、交通导行防护等关键环节的技术参数、操作流程、防护设施规格未作出明确界定^[1]。不同施工单位往往按照自身经验开展防护作业，部分单位为降低成本，随意简化防护流程、降低防护标准，如临时支撑结构的承载力未经过科学验算、高空作业防护设施的搭设不符合规范、交通导行防护的警示标识设置不规范且间距不合理，进而导致防护措施流于形式，无法有效抵御施工过程中的各类安全风险，给施工安全埋下重大隐患。

1.3 安全防护应急处置能力不足

城市桥梁支座更换施工多处于城市主干道或交通枢纽区域，施工环境复杂且受车流、人流干扰较大，安全防护应急处置能力不足的问题尤为突出^[2]。应急处置预案缺乏针对性和可操作性，多为通用模板套用，未结合支座更换施工中可能出现的支座突然脱落、临时支撑失稳、高空坠物伤人、交通拥堵及施工人员突发意外伤害等具体风险，明确应急处置流程、责任分工和操作规范（见图1）。应急物资储备不足且管理混乱，缺乏专用的应急救援设备，如高空救援装备、临时支撑加固材料、急救药品等，部分储备物资存在过期、损坏现象，无法在突发情况时快速调用。应急救援队伍未经过专业培训，对施工突发风险的处置流程不熟悉，应急响应速度缓慢，处置过程中易出现操作失误，无法有效控制风险蔓延，进而扩大事故影响范围，威胁施工人员生命安全、桥梁结构安全及周边公共环境安全。



图1：桥梁支座更换施工突发事故应急处置流程

2 城市桥梁支座病害诊断与更换施工安全防护改进路径

2.1 强化诊断现场安全防护管控力度

城市桥梁支座诊断的作业特性决定安全防护管控强化方向。闭环式管控机制的搭建需聚焦作业全流程隐患防控,依据桥梁跨度、支座布设及周边工况科学划定封闭作业区域,采用硬质围挡实施全封闭隔离,围挡表面张贴反光警示标识与作业公示,标注作业时段、具体内容及安全要点,密封围挡间隙杜绝无关人员擅自闯入。针对支座诊断涉及的高空作业、水下探测等不同工况配备专项防护装备,高空作业区域搭建合规悬挑平台,边缘设置防护挡板与安全警示线,作业面铺设防滑垫层,水下诊断则布设水下防护围栏并配齐应急救援器材^[3]。现场布设实时监测设备动态捕捉作业区域沉降、振动数据及周边交通态势,排查防护设施松动、警示标识缺失等问题,做好防护设施日常巡检与维护,保障管控措施落实到位,推动诊断作业安全有序推进。

2.2 制定更换施工安全防护统一标准

制定更换施工安全防护统一标准。更换施工安全防护统一标准的制定需以顶升工况的精准受力分析为基础,明确规定采用 PLC 液压同步顶升系统进行多点协同控制,确保各项升点位移误差不超过 $\pm 1.0\text{mm}$,以消除因受力不均引发的梁体结构性损伤风险。标准必须强制要求在墩台顶面与主梁底部预留足够的操作空间,依据 CJJ 11-2011 规范,此空间应便于检查与更换操作,并必须设置可靠的临时支撑设施,其强度与稳定性需通过专项计算验证。针对不同支座类型如板式橡胶支座与盆式橡胶支座,标准应细化工艺流程,明确落梁时需保证梁体与支座顶面完全密贴,对活动支座则需在更换前完成滑移面的清洁与硅脂润滑,确保摩擦系数满足设计要求,从而形成涵盖设备、结构与操作的闭环安全准则。

2.3 提升安全防护应急处置实战水平

提升安全防护应急处置实战水平需结合城市桥梁支座诊断与更换施工的风险特点,构建科学完善且具备可操作性的应急处置体系,摒弃形式化应急管理模式。针对施工中可能出现的支座突发脱落、高空坠物、人员受伤、交通拥堵及设备故障等各类突发安全事件,制定专项应急处置预案,明确应急响应流程、处置责任分工、技术操作规范及物资调配方案,确保预案贴合现场实际且可直接落地。配备充足的应急物资,包括急救箱、担架、应急照明设备、牵引设备、防护网及交通疏导器材等,定期对物资进行检查、维护和补充,杜绝过期、损坏物资投入使用。定期组织应急实战演练,模拟各类突发安全场景,检验应急队伍的快速响应能力、协同配合能力及应急处置技能,及时发现预案存在的漏洞和不足并优化完善,同时强化应急处置知识和技能培训,确保应急处置流程熟练掌握,提升突

发安全事件的快速处置效率,最大限度降低人员伤亡和财产损失。

3 城市桥梁支座施工安全防护的综合保障措施

3.1 构建多层次联动的现场作业安全监管体系

城市桥梁支座施工包含诊断、顶升、更换、落梁等多道工序,传统单一现场巡查无法全面排查风险,亟需搭建覆盖施工全过程的层级化安全监管体系。项目管理层配置专职安全总监,统筹全周期安全管理工作,审核专项方案安全内容,对重大风险工序拥有停工否决权。现场执行层级按作业面配齐持证安全监护人员,严格落实定人、定岗、定责管理,监护人员全程在岗履职,重点管控高空作业防护、临时支撑锁定、现场区域隔离等关键安全要点。施工班组层面严格执行作业前安全条件确认制度,每日开工由班组长带队,逐项核查操作平台、防护设施、个人防护用品佩戴等情况,完成检查签字后方可施工。此外引入第三方安全巡检,开展不定期现场抽查,构建管理、执行、作业三级相互制约、逐级落实的安全监管闭环,完善安全管理组织架构,补齐现场安全管控短板,保障施工安全措施全面落地于各施工环节。

3.2 推行基于风险动态评估的分区防护策略

结合城市桥梁支座施工地处交通要道、周边环境复杂的现状,摒弃传统统一标准的粗放防护方式,实行依托实时风险评估的分区动态安全管理。将施工区域科学划分为核心作业区、缓冲区、外围引导区并差异化布设防护设施。核心作业区为支座顶升更换施工区域,采用高强度全封闭围挡与双重门禁,实行人员实名准入,人员全部佩戴定位智能安全帽,严防机械伤害、物体打击及高空坠落风险。缓冲区作为外围过渡区域,搭建上下双层防护棚,上层刚性抗冲击、下层柔性缓冲吸能,并加装红外入侵探测装置,人员车辆误入即刻声光报警,兼顾交通疏导与坠物防护^[4]。外围引导区延伸至道路上下游路口,利用可变情报板、交通标识及渠化设施,提前引导车辆减速绕行。同时结合施工工序动态调整防护方案,施工诊断阶段侧重警示隔离,支座更换阶段强化缓冲区防坠物防护,落梁恢复阶段逐步缩减核心作业范围,重点做好外围交通疏导。通过分区差异化管控与全过程动态调整,优化安全防护资源配置,最大限度防控现场施工风险。

3.3 建立施工全过程的人员行为安全干预机制

人的不安全行为是桥梁支座施工安全管控最难把控的因素,需构建覆盖施工全过程,从事前预防、事中纠偏、事后强化三维度发力的行为安全干预体系,全面提升人员安全作业执行力。事前预防环节,摒弃单纯宣读文件、签字确认的老旧安全交底方式,运用 BIM 可视化技术,以三维动画模拟支座施工关键工序,直观展示梁体偏移、支撑失稳等风险隐患及规范作业操作要点,从源头强化作业人员风险认知^[5]。事中纠偏环

节,在施工现场关键位置布设智能监控设备,依托机器视觉技术自动识别未佩戴防护用品、擅自闯入危险区域、违规翻越围挡等违章行为,识别后立即通过现场广播定向警示,并同步推送预警信息至监护人员终端,实现安全监管由被动巡查转为主动预警。同时推行安全积分管理机制,对规范作业、主动上报安全隐患的人员给予积分奖励,积分可兑换相关物资,以正向激励引导安全施工。事后强化环节,针对各类违章问题开展根源分析,区分操作技能欠缺、安全意识薄弱、现场设施缺陷等不同成因,制定专项复训内容;针对屡教不改的重复违章人员,执行强制脱岗培训及上岗考核,考核合格后方可复工。依托全流程管控、奖惩结合的干预机制,逐步培育现场自觉守规、主动避险的安全作业文化。

3.4 强化施工安全防护的作业环境适应性改造

城市桥梁支座施工受光照、气象及交通流等多变环境因素影响显著,必须对作业环境进行针对性安全改造,以消除外部条件变化引发的衍生风险。在光照不足条件如夜间施工或桥下阴角区域,应布设定向防眩照明系统,确保作业面照度均匀充足,同时避免对周边行车驾驶员造成视觉干扰。针对雨雪、大风等不良天气,需在作业区域上方搭设可快速收放的防雨遮护

棚,并对临时支撑基础采取排水与防滑处理,风力超过作业许可等级时自动触发停工预警。此外,应建立施工环境与交通流的动态协调机制,在作业区上下游布设车速检测与拥堵感知设备,当检测到车速骤降或排队过长时,及时调整围挡开口或增派交通引导员,避免车辆频繁启停对桥下支撑结构产生附加水平冲击。通过对光环境、气象条件及交通动线的适应性改造,变被动应对为主动适配,显著提升施工防护体系对环境扰动的抗逆能力,保障支座更换作业在复杂城市条件下的连续安全推进。

4 结语

城市桥梁支座作为核心传力部件,其病害诊断与更换施工的安全防护水平,直接关系到桥梁运营安全与公共出行保障。本文针对当前施工中存在的管控薄弱、标准缺失、应急滞后等突出问题,提出了诊断现场闭环管控、统一防护标准、应急处置实战化等改进路径,并从多层级监管、分区防护、行为干预、环境适应性改造四方面构建了综合保障体系。后续应结合不同类型桥梁特点,持续推动安全防护措施的常态化、标准化、精细化发展,不断完善施工安全防护体系,为城市基础设施高质量安全运维提供坚实支撑。

参考文献:

- [1] 刘敖然.城市轨道交通桥梁支座更换施工技术探讨[J].科技创新与生产力,2023,44(04):131-133.
- [2] 刘函仲.既有城市轨道交通桥梁支座治理监测方法研究[J].城市勘测,2024,(02):129-132.
- [3] 任新建,任登富,张志新,等.城市轨道交通桥梁支座更换同步顶升受力检算分析[J].山西建筑,2022,48(10):157-162.
- [4] 高云亮.公路桥梁支座病害成因及更换技术研究[J].交通世界,2025,(14):106-108.
- [5] 黄俊,周凡博.在役桥梁橡胶支座的病害分析研究[J].工程质量,2025,43(02):14-17+25.