

# 公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的对比及工程应用

吴超

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430050

**【摘要】**：公路桥梁服役过程中钢筋锈蚀问题普遍存在，严重影响结构耐久性与安全性。为实现钢筋锈蚀的有效识别与评估，无损检测技术得到广泛应用。本文系统阐述了电化学、电磁感应、超声波及红外热成像等钢筋锈蚀无损检测技术的检测原理与技术特征，从检测精度、适用性及工程经济性等方面进行对比分析，并结合工程实例探讨其合理选型与应用优化，为公路桥梁运维提供技术参考。

**【关键词】**：公路桥梁；钢筋锈蚀；无损检测技术；技术对比；工程应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.084

公路桥梁在长期服役过程中易受到环境介质、交通荷载等因素影响，钢筋锈蚀问题逐渐显现，成为制约桥梁结构安全与耐久性的关键因素。钢筋锈蚀不仅会降低构件承载能力，还会诱发混凝土开裂、剥落等病害，严重时威胁桥梁运营安全。传统破损检测方法对结构破坏较大，难以满足精细化养护需求。无损检测技术因其检测效率高、对结构扰动小等优势，在钢筋锈蚀检测中得到广泛应用。对多种无损检测技术进行系统对比并探讨其工程适用性，具有重要实践意义。

## 1 公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的核心特征与检测原理

公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的研发与应用，旨在不破坏混凝土保护层及钢筋结构的前提下，准确获取钢筋锈蚀程度与分布范围等关键信息。不同无损检测技术基于各自的物理或化学原理开展检测，其技术流程均围绕“信号采集—信号解析—参数反演”展开，通过专用设备获取信号响应并反演锈蚀参数<sup>[1]</sup>。检测信号类型、传播特性及解析方式的差异，直接影响检测精度、适用环境与操作难度，是技术对比与工程选型的重要依据。

常见的公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术涵盖电化学检测技术、电磁感应检测技术、超声波检测技术等核心类型。电化学检测技术以钢筋锈蚀过程中的电化学特性为核心依据，通过检测钢筋与混凝土界面的电位变化、极化曲线等电化学参数，间接判断钢筋的锈蚀状态，其核心优势在于对钢筋锈蚀的早期阶段具有较高的敏感性，能够提前预警锈蚀病害的发生。电磁感应检测技术则利用电磁感应原理，通过检测设备产生的交变磁场与钢筋感应产生的涡流相互作用，借助磁场强度变化反演钢筋的截面面积、锈蚀程度等参数，该技术对钢筋分布密集区域的检测适用性较强，且检测过程简便高效。

超声波检测技术依托超声波在不同介质中的传播特性差异实现检测，当超声波穿过含锈蚀钢筋的混凝土结构时，锈蚀

产物与混凝土、钢筋的界面会产生超声波反射、折射现象，通过解析反射信号的传播时间、幅值变化等参数，可判断钢筋锈蚀的范围与程度。除上述主流技术外，还有红外热成像检测技术等辅助技术类型，其通过检测混凝土表面因钢筋锈蚀放热产生的温度差异，实现锈蚀区域的初步定位。不同技术的检测原理与核心特征共同构成了公路桥梁钢筋锈蚀无损检测的技术体系，为后续对比分析与工程应用奠定基础。

## 2 公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的对比分析与工程选型

公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的对比分析需围绕技术适配性、检测精准度、操作便捷性及工程经济性等核心维度展开，不同技术在各维度的表现差异直接决定其工程应用价值。电化学检测技术在锈蚀早期预警方面表现突出，能够在钢筋出现明显锈蚀损伤前捕捉到锈蚀信号，但该技术对检测环境的湿度、温度较为敏感，在干燥环境下检测精度会显著下降，且检测结果易受混凝土保护层厚度不均的影响<sup>[2]</sup>。电磁感应检测技术的操作流程相对简便，检测效率较高，适用于大面积桥梁结构的快速普查，但在钢筋间距过小或存在钢筋交叉重叠的区域，磁场会相互干扰，导致检测误差增大。

超声波检测技术的检测精度较高，能够精准定位钢筋锈蚀的具体位置及锈蚀深度，适用于对重点桥梁构件的精细化检测，但该技术对检测人员的专业操作能力要求较高，检测过程耗时较长，难以满足大面积快速检测的需求。红外热成像检测技术具有非接触式检测的优势，能够快速识别大面积桥梁结构中的锈蚀区域，但该技术受外界环境温度、光照条件的影响较大，在阴雨天气或夜间检测时，检测效果会明显变差，且难以准确判断锈蚀的具体程度。通过多维度对比可见，单一无损检测技术难以满足所有工程场景的检测需求，需结合工程实际开展综合选型。

公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的工程选型需紧密结合

桥梁的服役年限、结构类型、病害分布特征及检测目标确定。对于服役年限较短、以锈蚀早期预警为检测目标的桥梁，可优先选用电化学检测技术，实现锈蚀病害的提前防控；对于服役年限较长、需开展大面积锈蚀普查的桥梁，可采用电磁感应检测技术进行快速筛查，锁定锈蚀可疑区域；对于桥梁主梁、桥墩等核心承重构件，需采用超声波检测技术进行精细化检测，精准获取锈蚀参数，为维修加固提供精准数据支撑。在实际工程应用中，还可结合多种检测技术开展联合检测，通过技术互补提升检测结果的可靠性，规避单一技术的检测局限。

### 3 公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的工程应用优化与实践效果

公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的工程应用优化需聚焦检测环境适配、检测流程规范及检测结果转化等核心环节，通过技术应用的全流程管控提升检测质量。在检测环境适配方面，需根据所选检测技术的环境要求，提前梳理检测区域的环境条件，针对电化学检测技术需提前确保检测区域混凝土表面湿润，针对红外热成像检测技术需选择光照充足、温度稳定的时段开展检测，通过环境优化规避外界因素对检测结果的干扰<sup>[3]</sup>。需提前清理检测区域的混凝土表面，去除浮浆、油污等杂质，确保检测设备与混凝土表面的良好接触，提升信号传输的稳定性。

检测流程规范是保障检测质量的关键，需建立标准化的检测操作流程，明确检测设备的校准要求、检测点的布设原则及检测数据的记录规范。检测设备需定期进行计量校准，确保设备性能稳定，检测点的布设需结合桥梁结构的受力特征，在钢筋受力集中区域、混凝土裂缝高发区域加密布设检测点，提升检测的针对性。检测数据需详细记录检测时间、检测位置、环

境参数及检测结果，建立检测数据档案，为后续桥梁结构的长期健康监测提供数据支撑。需加强检测人员的专业培训，提升检测人员对技术原理的理解及操作技能，确保检测流程的规范执行。

公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的工程实践效果已在多个实际桥梁运维项目中得到验证。在某高速公路桥梁运维项目中，通过电化学检测技术提前预警了3处钢筋早期锈蚀区域，及时采取了防腐涂层修复措施，有效延缓了锈蚀病害的发展；在某城市桥梁大面积锈蚀普查项目中，采用电磁感应检测技术完成了全桥的快速筛查，仅用3天时间就锁定了12处锈蚀可疑区域，大幅提升了检测效率。在某旧桥维修加固项目中，通过超声波检测技术精准获取了主梁钢筋的锈蚀参数，为加固方案的制定提供了精准依据，加固后桥梁结构的承载能力显著提升。这些工程实践表明，科学选用并优化无损检测技术，能够有效提升公路桥梁钢筋锈蚀检测的精准度与效率，为桥梁结构安全运维提供有力保障。

### 4 结语

本文围绕公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的对比及工程应用展开研究，明确了不同无损检测技术的核心特征与检测原理，通过多维度对比梳理了各技术的优劣与适用场景，提出了结合工程实际的技术选型策略与应用优化方案。研究表明，科学选用无损检测技术并开展全流程应用管控，能够有效提升钢筋锈蚀检测质量，为桥梁结构安全运维提供支撑。公路桥梁钢筋锈蚀无损检测技术的发展需持续聚焦工程需求，通过技术创新提升检测适应性与精准度，助力交通基础设施的长效安全运维。

### 参考文献：

- [1] 祁永仁.公路桥梁钢筋锈蚀原因分析及防治措施[J].全面腐蚀控制,2025,39(05):75-77.
- [2] 王晓晶.公路桥梁钢筋锈蚀原因分析及防治措施[J].全面腐蚀控制,2025,39(03):212-214.
- [3] 剡海瑞.论钢筋锈蚀检测技术在公路桥梁养护中的应用[J].全面腐蚀控制,2025,39(01):150-153.