

回弹法与超声波法联合检测公路桥梁混凝土强度的精度优化研究

熊如洋

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430100

【摘要】：回弹法与超声波法联合检测公路桥梁混凝土强度具备非破损、操作便捷的优势，但其检测精度易受多种因素干扰，难以满足工程质量精准把控需求。本文以提升联合检测精度为核心目标，分析影响检测精度的关键因素，探索针对性的优化技术路径，通过合理的检测参数适配与操作流程规范，实现检测结果与混凝土实际强度的精准匹配。研究表明，科学的联合检测优化方案可有效提升公路桥梁混凝土强度检测的可靠性，为桥梁工程质量评估与养护决策提供有力支撑。

【关键词】：回弹法；超声波法；联合检测；公路桥梁；混凝土强度精度

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.088

公路桥梁作为交通基础设施的核心组成部分，其混凝土结构强度直接决定桥梁承载能力与使用寿命，精准检测混凝土强度是保障桥梁工程质量与运营安全的关键环节。回弹法与超声波法因无需破坏结构、检测效率高，在混凝土强度检测中应用广泛，但若单独使用易受混凝土含水率、骨料种类、构件尺寸等因素影响，检测精度存在局限。联合检测虽可弥补单一方法不足，但现有应用中仍存在参数匹配不合理、操作流程不规范等问题，导致精度提升效果未达预期。基于此，开展回弹法与超声波法联合检测公路桥梁混凝土强度的精度优化研究，明确精度影响机制并构建优化方案，对完善混凝土强度检测技术体系、强化桥梁工程质量管控具有重要现实意义，也为后续工程检测实践提供可行思路。

1 回弹-超声波联合检测公路桥梁混凝土强度的精度影响因素分析

公路桥梁混凝土结构所处环境复杂，回弹-超声波联合检测过程中，多种内外部因素相互作用，直接影响检测精度。从混凝土自身性能来看，含水率的波动会改变混凝土内部介质特性，进而影响超声波传播速度与回弹能量的吸收传递，干燥与饱和状态下的检测数据差异显著，若未针对性修正，易导致强度评估偏差^[1]。骨料的种类、级配及含量同样关键，不同骨料的弹性模量与硬度存在差异，会对超声波传播路径产生干扰，同时影响回弹值的大小，而桥梁工程中骨料选用的多样性进一步加剧了这种影响。

检测操作环节的不规范是精度下降的重要外部因素。检测点位的选择合理性直接决定数据代表性，若未避开钢筋密集区、裂缝区域或结构边角部位，获取的回弹值与超声波速无法真实反映整体混凝土强度。检测仪器的精度状态与参数设置也不容忽视，仪器校准不及时、超声波换能器耦合不充分，会导

致信号传输失真，而回弹仪冲击能量、超声波发射频率等参数与检测对象不匹配，会进一步放大检测误差。检测人员的操作熟练度差异，如回弹角度控制、超声波传播距离测量精度等，也会使检测数据产生离散性，影响联合检测结果的可靠性。

公路桥梁的结构特性与使用环境也会对检测精度产生间接影响。桥梁混凝土构件的尺寸厚度若未达到检测要求，会导致超声波传播过程中出现边界反射干扰，无法准确获取有效波速；而长期暴露在户外的桥梁，受温度变化、干湿循环、冻融破坏等环境作用，混凝土表面性能发生改变，会使回弹值测量产生偏差，同时影响超声波的传播特性。这些因素相互交织，形成复杂的精度影响体系，需系统梳理分析，为后续优化方案制定提供依据。

2 回弹-超声波联合检测精度的优化技术路径

针对混凝土自身性能对检测精度的影响，需建立基于材料特性的参数修正体系。通过开展不同含水率、不同骨料类型的混凝土试块试验，明确各因素对回弹值与超声波速的影响规律，构建针对性的修正公式^[2]。对于含水率修正，可根据检测环境湿度与混凝土表面含水率，对实测数据进行分层修正；对于骨料影响，可按骨料种类与级配类型，建立专属的修正系数库，实现检测数据的精准校准，提升联合检测结果与实际强度的匹配度。

规范检测操作流程是提升精度的关键环节，需制定标准化的联合检测实施细则。在检测点位选择方面，明确避开钢筋密集区、裂缝、边角等区域的具体要求，规定不同尺寸构件的检测点位数量、分布密度与间距，确保点位具有充分代表性。在仪器操作方面，严格规范仪器校准流程，明确检测前的校准标准与频次，要求超声波换能器与混凝土表面实现紧密耦合，避免空气间隙导致的信号衰减；根据桥梁混凝土构件的厚度、强

度等级等特性,优化回弹仪冲击能量、超声波发射频率等核心参数,实现检测仪器与检测对象的精准适配。

针对桥梁结构特性与环境因素的影响,需构建环境适应性的检测优化策略。对于不同尺寸的混凝土构件,根据厚度差异调整超声波传播路径长度,避免边界反射干扰;对于户外桥梁,结合检测环境温度、湿度等气象条件,建立环境因素修正模型,对检测数据进行实时修正。引入数字化检测辅助技术,利用高精度定位设备实现检测点位的精准定位,通过数据采集终端实现回弹值与超声波速的同步记录与自动修正,减少人为操作误差,提升检测数据的稳定性与可靠性。

3 回弹-超声波联合检测精度优化方案的实践应用验证

为验证优化方案的可行性与有效性,选取不同服役年限、不同结构类型的公路桥梁开展实践应用验证。选取新建桥梁、服役5年桥梁与服役10年桥梁各两座,涵盖梁式桥、拱桥等常见桥型,针对各桥梁的主梁、桥墩等核心混凝土构件,分别采用优化后的联合检测方案与传统联合检测方案进行对比检测。在检测过程中,严格遵循优化方案中的参数修正体系与标准化操作流程,同步记录两种检测方案的检测数据,为精度验证提供充足样本。

对两种检测方案的检测结果开展全方位系统性分析,选取钻芯取样检测所得数据作为混凝土实际强度的基准标准值,以此为参照维度,全面对比传统联合检测方案与优化后联合检测方案的检测结果同标准值之间的偏差程度^[3]。分析过程中,重点选取绝对误差、相对误差及离散系数作为核心评价指标,通过对不同桥梁类型、不同服役年限构件的检测数据进行分类统

计与交叉分析,精准定位优化方案在梁式桥、拱桥等不同桥型,以及新建、服役5年、服役10年等不同服役阶段构件中的精度提升表现。统计分析结果清晰显示,优化方案的检测结果与标准值的偏差幅度得到显著缩小,数据离散系数也明显降低,这充分表明优化方案能够有效提升回弹-超声波联合检测的精度,且在多样化工况条件下均展现出良好的适应性与数据稳定性。

结合实践应用过程,总结优化方案的实施要点与应用价值。在实施过程中,材料特性修正体系的精准应用、标准化操作流程的严格执行是保障精度的核心,而数字化辅助技术的应用可进一步提升检测效率与数据可靠性。该优化方案无需新增大量检测设备,仅通过技术参数优化与操作规范完善即可实现精度提升,具备良好的经济性与可操作性。其成功应用可为公路桥梁混凝土强度检测提供精准、高效的技术手段,为桥梁工程质量评估、养护维修决策提供可靠的数据支撑,推动公路桥梁检测技术的规范化与精准化发展。

4 结语

本文围绕回弹法与超声波法联合检测公路桥梁混凝土强度的精度优化展开研究,明确了混凝土自身性能、检测操作流程、桥梁结构与环境等核心精度影响因素,构建了包含材料参数修正、操作流程规范、环境适应性优化的技术路径,并通过实践应用验证了优化方案的有效性。研究表明,优化后的联合检测方案可显著提升检测精度与可靠性,具备良好的工程应用价值。该研究成果可为公路桥梁混凝土强度检测实践提供技术参考,助力桥梁工程质量管控水平的提升,后续可进一步拓展优化方案在特殊环境桥梁中的应用研究。

参考文献:

- [1] 张斌.回弹法在建筑工程混凝土强度检测中的应用[J].质量与认证,2025,(12):103-105.
- [2] 林晨,宗铁夫.超声波法检测镂空式套筒灌浆饱满度研究[J].中国新技术新产品,2025,(23):95-97.
- [3] 陈树辉.非水平状态回弹法检测混凝土构件的试验研究[J].中国建材,2025,(12):123-125.