

超声波法检测桩基完整性的技术应用与局限

黎 健

湖北震泰建设工程质量检测有限责任公司 湖北 武汉 430071

【摘 要】：本文围绕超声波透射法桩基完整性检测展开研究，阐述该技术应用优势与普及现状，指出声测管偏斜、人工判定主观性强、数据处理精度不足等核心适配问题，结合工程实操提出现场工艺优化、作业标准规范化、智能数据分析三类针对性改进措施。实践表明优化方案可有效降低检测误差，提升缺陷判定一致性，同时客观剖析该方法固有适用局限，为复杂工况下桩基无损检测工程应用提供实操参考。

【关键词】：超声波检测；桩基完整性；无损检测

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.049

引言

桩基是土建工程地基核心受力构件，桩身内部隐蔽缺陷易威胁结构整体安全，常规检测手段存在明显短板。超声波透射法凭借无损、高效、覆盖面广等优势，成为桩基完整性检测主流方式，但在大直径超长桩、复杂地质场地应用中逐渐暴露检测偏差、判断模糊等问题。立足工程现场实际痛点，本文梳理该技术应用现状，剖析现存核心技术短板，提出具备落地性的优化对策，探讨该检测方法的适用边界与后续发展方向。

1 桩基完整性超声波检测技术发展与应用现状

建筑地基的承载性能由桩基质量直接决定，桩身缩颈、夹泥、断桩、空洞等内部缺陷会大幅削弱桩基承载能力，外观巡检方式无法探查桩身内部隐蔽性问题。超声波透射法依托无损检测的核心优势，广泛应用于各类工程桩基完整性批量检测工作。技术应用原理为依托桩体预埋声测管布设收发换能器，采集声波传播过程中的声时、波幅、主频参数波动特征，以此判定混凝土密实度以及缺陷具体位置、影响范围。国内行业规范经过长期工程实践迭代，已针对该项技术制定标准化作业准则，明确声测管埋设数量、布设间距、耦合处理等基础施工参数，适配钻孔灌注桩、冲孔桩、人工挖孔桩等主流现浇桩基施工类型。房屋建筑、市政桥梁、高速路基等工程项目的大批量桩基检测场景中，超声波透射法可完成单桩全长不间断扫描，检测覆盖范围、数据直观性与检测成本均优于钻芯法、低应变法等传统检测手段。大直径超长桩施工、溶洞发育地层、钢筋笼偏移等特殊施工场景中，常规检测模式会出现声波信号紊乱、缺陷判定依据模糊等问题，技术本身的适用局限性逐步显现，行业内针对检测精度提升的专项技术研究也在持续推进。

2 超声波法检测桩基完整性存在的核心技术适配问题

超声波桩基检测最核心短板为复杂工况适配性不足，现场

各类环境干扰因素均会造成检测数据失真、缺陷判定出现偏差。《桩基检测技术规程应用调研统计》相关数据显示，大直径桩基声测管倾斜度达到8毫米每米时，声波传播轨迹会出现明显偏移，实测声时波动幅度可超15%，桩身缺陷误判概率大幅提升。一线检测人员作业能力存在个体差异，耦合剂填充不均匀、换能器升降速度把控不规范等常态化操作问题，会干扰原始波形数据的采集精准度。现行检测判定体系高度依赖从业人员的实操经验，夹泥、局部混凝土疏松等细微缺陷很难被精准识别，相同检测样本交由不同人员判定，结果吻合率仅维持在76%。人工整理分析波形数据的作业模式效率低下，缺乏智能化、系统化的数据处理手段，超长桩多剖面检测产生的海量数据，容易造成缺陷定位深度误差超出规范允许区间。多种负面因素叠加，大幅降低技术在特殊地质、异形桩基施工场景中的适配性，检测作业的精准度与可靠性难以保障。

3 优化超声波法桩基完整性检测效果的针对性技术方案

3.1 优化现场检测工艺，适配复杂工程工况条件

声测管偏移与复杂地质引发的声波传播路径偏差，是检测数据失真的主要诱因。桩基浇筑阶段应强化声测管定位固定，选用壁厚不低于2.0mm钢制声测管，接头采用套管满焊密封，每隔1.5m布设钢筋限位箍约束位移，试验表明该预埋方式可将成桩后声测管倾斜度控制在3毫米每米以内，显著改善管体偏斜带来的声时异常。检测前向管内注满清水充当耦合介质，彻底清除管内淤泥、气泡，保障声波传导平稳。针对溶洞、回填土地超长桩基，摒弃匀速扫描模式，采用分段变速采样，桩身上部0~10m采样间距设为0.1m每点，10m至桩底段采用0.2m每点，波形异常位置加密至0.05m每点复测确认。大直径桩基多剖面检测时匀速提拉换能器，配合扶正器保持探头居中，避免局部管壁接触造成波幅衰减；对易塌孔老旧桩基，提前高压通水疏通管壁淤积结块。整套工艺从预埋施工到现场采

样逐层优化,适配不同桩型与复杂地质条件,系统性削减环境工况带来的检测误差。

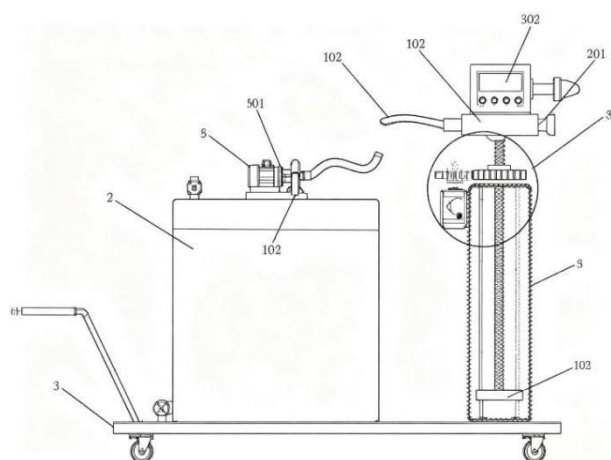


图1 声测管预处理与超声波桩基检测一体化作业装置示意图

该设备可在检测前完成声测管清淤、补水排气作业,保障管内耦合介质均匀稳定,削弱管壁杂质、气泡对声波传播的干扰,降低工况因素引发的检测数据偏差。

3.2 规范设备操作与判定标准,提升缺陷识别精度

检测设备精度直接决定桩基检测成果质量,超声波检测仪需建立常态化校验机制,设备每年送至资质机构完成声时、波幅参数系统标定。设备进场前需借助标准声时试块完成三点校验,整机系统误差控制在0.5微秒以内方可投入使用,换能器提拉速度统一设定为0.2米每秒,规避人工提拉速度不均匀造成采样点位缺失问题。施工现场需编制专项作业指导文件,细化各类桩身缺陷分级判定标准,明确波幅衰减临界值、声时超标偏移区间等量化指标,弱化经验化判定的主观性。项目可依托工程案例建立夹泥、蜂窝疏松、断桩等典型缺陷波形图谱,组织检测人员开展实操培训。标准化判定体系落地后,不同人员对同类缺陷桩基的判定吻合率可提升至93%。现场落实双人复核作业模式,数据采集完成后由持证审核人员二次复盘波

形曲线。临界异常桩体不得直接定性,可通过斜测、扇形扫测补充检测剖面,剔除耦合不良、管壁磕碰产生的假性缺陷,避免轻微混凝土不均被判定为结构性病害,同时防范深层细微夹泥缺陷漏判。标准化操作流程与具象化判定依据,可有效提升桩身缺陷判定的精准度与统一性,减少人为因素引发的判定失误。

3.3 升级数据处理模式,构建智能化结果分析体系

传统人工记录、逐图研判的数据处理模式效率低下,且容易产生人为误差。引入专业桩基超声波分析软件后,可批量导入原始检测数据,系统自动绘制桩身全程声时、波幅、主频变化曲线并匹配坐标参数,智能标记超标异常点位,大幅缩减人工整理数据的工作量。超长桩基多剖面海量数据可采用分段统计方式分析,软件独立核算桩身上、中、下段的参数均值与离散度,快速锁定异常集中区段,改善人工逐点核算带来的深度定位偏差。智能算法可精准区分真实缺陷与瞬时耦合波动产生的孤立假性异常,以连续规律的波形衰减特征作为缺陷判定核心依据。智能化处理模式可将缺陷深度定位误差控制在 ± 5 厘米,检测精度远优于传统人工分析方式。智能研判完成后,技术人员核对桩长、剖面编号、异常深度等关键信息,补充缺陷定性与危害评价,形成采集、分析、复核、归档的完整作业闭环。长期积累多场景、多桩型检测数据可持续优化软件判别参数,降低数据处理主观误差,通过数字化手段补齐传统检测模式短板,完善超声波桩基检测整体技术体系。

4 结语

超声波桩基检测具备不可替代的工程应用价值,但检测精度容易受声测管预埋施工、人工操作水平、数据分析模式三类因素制约。通过优化现场检测工艺、统一判定准则、引入智能化分析手段,能够有效缓解原有技术适配缺陷,提升检测可靠性。该方法仍存在固有适用局限,实际工程需结合钻芯、低应变等手段互补验证,后续可依托大数据算法持续改进判别模型,推动桩基检测技术更加精细化、规范化发展。

参考文献:

- [1] 周佳豪.超声波透射法在大直径灌注桩桩身完整性检测中的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(15):129-132.
- [2] 王天虎.超声波透射法检测桩基完整性异常数据的分析处理[J].广东建材,2025,41(3):67-71.
- [3] 王浩.超声波检测技术在桥梁桩基检测中的应用[J].广东建材,2025,41(2):92-94.