

# 桑植某抗滑桩工程超声检测信号弱无原因认定及处理

周锐<sup>1</sup> 刘和鑫<sup>1</sup> 周维康<sup>2</sup>

1.湖南省核地质调查所 湖南 长沙 410114

2.湖南省地质科技检测有限公司 湖南 长沙 410114

**【摘要】**：在山区滑坡治理工程中，抗滑桩的完整性检测是保障工程安全的关键。声波透射法在实际应用中常出现信号微弱甚至无信号的问题，严重影响判断。本文针对桑植县某抗滑桩工程出现的这一现象，梳理常见影响因素。通过深入分析信号严重衰减的根本原因。对此，提出“现场快速诊断—针对性处理—复核验证”的标准化流程，给出了包括严控施工过程、优化设备管理在内的具体预防策略，为类似工程的检测与质量控制提供参考。

**【关键词】**：抗滑桩工程；超声检测信号；弱无原因认定

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.076

## 引言

声波透射法因其检测结果可靠、适用范围广，成为桩身完整性检测的重要方法。然而，现场检测时常遇到接收信号异常微弱或完全缺失的情况，给质量评估带来困难。导致该问题的因素众多，且往往相互交织，若不能准确识别根本原因并有效处理，将影响工程验收与安全评价<sup>[1]</sup>。因此，深入分析信号弱无现象的成因，建立清晰的诊断路径与处置方案，具有重要的工程实际意义。

## 1 工程概况

桑植县某滑坡始发于2020年7月，造成了120余万元的直接经济损失，且滑坡仍处在不断发展和变形阶段，严重威胁坡体后缘15户56人的生命财产安全及通村公路的通行安全，潜在经济损失500万元。为彻底消除该处的地质灾害隐患，2021年6月，县自然资源局委托资质单位进行了滑坡治理工程的勘查和设计，确定治理工程主要内容为抗滑桩工程。抗滑桩采用1.2m×1.5m的方桩，纵向主筋：20Φ32+10Φ25，构造筋：8Φ16，箍筋：Φ12@200，桩心间距4.0m，顶部设置联系梁，检测方法采用声波透射法。

## 2 声波透射法超声检测原理与系统组成

### 2.1 声波透射法工作原理

声波透射法作为抗滑桩完整性检测的核心手段，其核心原理是依托超声波在混凝土介质中的传播特性

实现缺陷识别，在桑植这类山区滑坡治理工程中应用尤为广泛。该方法需在抗滑桩施工阶段预先在钢筋笼上绑定声测管，形成超声波传播的固定通道，待混凝土浇筑完成后，通过一对超声换能器完成信号的发射与接收。检测时，工作人员将发射换能器与接收换能器分别置入两根平行的声测管内，从桩底开始同步缓慢提升，确保检测覆盖桩身全断面。超声仪产生的高频电脉冲激励发射换能器，将电能转化为频率超过20kHz的超声波机械振动，该振动通过声测管内的清水耦合介质传递至混凝土内部。当超声波在均匀混凝土中传播时，其声速、波幅及主频等声学参数保持稳定；若遇到裂缝、离析、空洞等缺陷，缺陷界面会产生波的反射与散射，导致透射能量大幅衰减，表现为接收信号声速降低、波幅减小、频率偏移及波形畸变。



图1 声波透射法超声检测

作者简介：

周锐，男，1970年11月，汉，湖南衡阳，工程师，研究方向为工程质量检测新技术新方法。

刘和鑫，男，1992年01月，汉，湖南衡阳，高级工程师，研究方向为工程质量检测新技术新方法。

周维康，男，1998年06月，汉，浙江杭州，助理工程师，研究方向为地质工程。

## 2.2 声波透射法检测设备系统组成

声波透射法检测设备系统是一个协同工作的有机整体,各组件功能互补,共同保障检测数据的准确性,在桑植抗滑桩检测现场的标准化操作中发挥着关键作用。声测管采用厚壁PP管材,在混凝土浇筑前绑定于钢筋笼上,其平直度与密封性直接影响检测效果,本工程通过严格的安装质控避免了管体变形与堵塞问题。清水作为耦合介质,填充于声测管内消除换能器与管壁间的空气间隙,保证声波高效传递。

## 3 桑植某抗滑桩工程超声检测信号弱无原因认定

### 3.1 超声检测无信号问题快速诊断流程

针对桑植抗滑桩检测现场出现的无信号问题,团队制定了“靶向定位、分层排查”的快速诊断流程,确保在复杂山区场地条件下高效锁定问题根源。流程首要环节为核查声测管耦合介质,检测人员携带水位计逐管测量,先确认管内清水是否注满。若水位低于桩长1/3会直接导致信号中断,本工程注满水后观察10分钟水位无下降,初步排除缺水隐患。紧接着开展设备系统自检,先检查超声仪主机电源、电缆接头,用万用表测试导线通断,排除电缆截断或短路问题;随后进行空管模拟测试,将收发换能器提出管外平行放置,间距控制在5cm左右采样,若未出现接收波形则判定设备故障。第三步通过“分段下放监测”判断故障部位,将换能器从桩顶缓慢下放,每下降2米记录一次信号状态,若全程无信号则聚焦设备或声测管整体问题,若某段信号突变则指向局部障碍。最后补充换能器水密性验证,将其浸入清水30分钟后测试波形,确保防水密封未失效。这套流程在现场仅用1.5小时就完成了首轮排查,为后续精准分析奠定了基础,避免了盲目返工。

### 3.2 检测设备及耦合介质因素排除

检测设备与耦合介质是超声信号传递的核心载体,团队通过“直观检查+替换验证”的双重手段,彻底排除了二者导致信号异常的可能。耦合介质排查中,除基础水位检测外,还关注水质状态,山区施工常用的地表水易含泥沙或气泡,会增大声波衰减,本工程采用自来水灌注,并用长杆在管内缓慢搅动排除残留气泡,经测试耦合效果满足“波幅稳定无杂波”的标准。设备排查则从管理流程与现场实操两方面入手,该超声仪为购置3个月的新设备,有完整的校准证书,出任务前已完成登记检查,日常保养记录齐全,排除了设备老化问题。现场先检查电缆与接头,发现接头处有轻微水渍,用干布擦拭并重新紧固后,信号无改善;

随后启动替换法排查,换上备用平面换能器,将辐射面相对放置采样,出现清晰正弦波形,证明超声仪主机发射、接收电路及数据采集模块均正常。额外开展的换能器定位测试显示,探头始终居于声测管中心,无偏移导致的传播路径异常,且下放过程中信号线无拖拽破损痕迹,水密性测试后波形未出现畸变,最终确认设备系统与耦合介质均处于正常工作状态。

### 3.3 钢筋笼密度过高致信号衰减认定

在排除所有常规因素后,现场检测人员聚焦于抗滑桩钢筋笼的特殊构造,通过“直观观察+数据对比”最终认定其密度过高是信号弱无的根本原因。检测中发现,本工程抗滑桩露头钢筋不仅直径大,且排列异常紧密,声测管紧贴主筋布置,这与同类工程常见的配筋方式差异明显。为量化验证,团队选取两个超声信号正常的滑坡治理工程进行参数对比,核心分析纵向钢筋配筋率与每延米钢筋重量两个指标,前者是钢筋截面积与混凝土有效截面积的比值,后者直接反映钢筋密集程度。本工程1.2m×1.5m方桩的纵向主筋为20Φ32+10Φ25,构造筋8Φ16,经计算纵向钢筋配筋率达1.17%,每延米钢筋重量11.05kg;而桑植县陈家河镇工程1.2m圆桩,主筋18Φ32时配筋率仅1.06%,每延米重量6.93kg;中方县铁坡镇同尺寸方桩配筋率0.76%,每延米重量8.79kg。数据显示,本工程配筋率超出两工程平均值的42.3%,重量超出72.4%。从声学机理分析,密集的钢筋会对超声波产生强烈散射与吸收。钢筋的声阻抗远大于混凝土,声波遇到钢筋时大部分能量被反射,仅少量透射,尤其主筋与声测管紧贴时,形成“声波屏障”,导致接收端能量大幅衰减。现场调整换能器位置,避开主筋密集区域时,信号波幅短暂提升但仍未达标,证实钢筋笼过密的影响无法通过操作优化消除,明确该因素是信号弱无的核心症结。

## 4 桑植某抗滑桩工程超声检测信号弱无处理措施

### 4.1 现场快速诊断,排除设备耦合干扰

现场检测班组需按“先介质后设备”的顺序开展快速诊断以排除干扰<sup>[2]</sup>,针对耦合介质,班组携带水位计和长柄搅拌器,逐根检测声测管水位,确保水位至桩顶且稳定无下降,对疑似含气的管体,用搅拌器缓慢上下搅动3分钟排除气泡,同时取样检测水质浊度,确保悬浮物含量低于50mg/L。随后聚焦设备系统,先用万用表逐段测试电缆通断,重点检查接头处绝缘层完整性,发现破损立即用防水胶带缠绕密封;将超声仪调至“自检模式”,把收发换能器平行置于空气中,

间距控制在 5cm 进行信号采集,若出现连续 3 组清晰波形则判定主机正常。针对换能器,采用“干湿双测法”,先在空气中测试振动声,再浸入清水 30 分钟后复测,对比波形参数无差异则排除水密性问题。整个过程需做好书面记录,对每个检测步骤的时间、数据及操作人员签字确认,确保诊断过程可追溯,为后续处理提供明确依据。



图 2 现场快速诊断

#### 4.2 启用备用方法,确定替代检测方案

项目技术负责人应以“规范合规、结果可靠”为核心原则推进,组织检测、施工、监理三方召开现场专题会<sup>[3]</sup>,通报超声检测异常情况前期排查结果,明确因钢筋笼密度超出常规范围,声波透射法已不适用。随后技术负责人调取《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014),结合本工程抗滑桩 1.2m×1.5m 的截面尺寸及 C30 混凝土强度要求,提出“低应变法为主、钻芯法验证”的组合方案,低应变法可快速覆盖全部桩体,钻芯法弥补前者对桩身内部缺陷识别精度不足

的问题。为确保方案可行性,技术负责人对比同类工程案例,核实低应变法对大截面桩的检测有效性,同时明确钻芯法的取样数量与位置要求。

#### 4.3 优化操作参数,尝试低应变法检测

检测工程师需通过参数优化提升检测数据准确性<sup>[4]</sup>,检测前,工程师先对桩顶进行处理,清除浮浆至新鲜混凝土面,用砂纸打磨平整,确保传感器与桩体紧密耦合。根据本工程桩长最大 11m 的特点,将超声仪采样频率设为 50kHz,采样点数调整至 1024 点,增益值从默认 20dB 逐步提升至 40dB,以增强弱信号捕捉能力。传感器选用高频速度型探头,粘贴位置选在距桩心 0.2D 处(D 为桩身截面边长),采用黄油与凡士林混合的耦合剂,按压 30 秒确保贴合牢固。激振时采用尼龙锤轻击桩顶中心,同时用铁锤辅助激振,对比两种激振方式的波形差异<sup>[5]</sup>。每根桩需在不同角度测试 3 次,取波形最清晰的曲线作为分析依据,重点关注桩身阻抗突变点,若出现明显反射波则标记为疑似缺陷。

#### 5 结语

本文通过具体案例,系统探讨了抗滑桩超声检测中信号异常的诊断与应对。分析表明,除常规因素外,钢筋笼设计密度过高可能导致信号严重衰减,拓宽对问题的认识。所提出的诊断流程与处置策略,强调从现场快速排查到最终方案确定的系统性,旨在提升类似复杂情况下检测工作的有效性与可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 任喻云.钢管混凝土拱桥管内混凝土密实度影响因素及超声检测技术[J].四川水泥,2025,(12):185-186+189.
- [2] 赵久圆,吴喜基,刘恒.低合金和镍基耐热合金异种钢焊缝超声检测技术[J].科学技术创新,2025,(23):65-68.
- [3] 刘海东.换热器管板与壳体 C 类焊缝线性缺陷的模拟超声检测分析[J].特种设备安全技术,2025,(06):13-16.
- [4] 刘刚,王笑春.相控阵超声检测技术在风电项目焊缝检测中的应用[J].热处理技术与装备,2025,46(05):77-80.
- [5] 卞伟宏.电梯与起重机钢丝绳缺陷的无损检测技术对比研究——磁检测、超声检测与视觉检测的适用性探讨[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(03):33-35.