

# 超声波透射法基桩无损检测技术的应用

王 龙

(华设检测科技有限公司宁夏分公司, 宁夏 银川 750000)

**摘 要** 超声波透射法基桩无损检测技术是目前公路桥梁基桩质量检测中应用最广泛的一种工程检测技术, 通过利用超声波在材料中传播的特性, 对桥梁基桩进行非破坏性检测。通过超声波基桩无损检测技术, 可以及时发现基桩桩身存在的问题, 有助于提前预防和及时修复, 避免基桩失效引发交通事故。基于此, 本文介绍了超声波透射法基桩无损检测的原理, 对其数据判据进行分析, 并对超声波技术在基桩检测中的应用进行研究, 希望能给一线检测人员提供有益的参考。

**关键词** 超声波透射技术; 无损检测; 基桩检测

中图分类号: U446

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0001-03

传统的基桩检测方法往往需要对基桩进行破坏性检测或者局部开挖, 不仅费时费力, 而且检测周期较长, 对桥梁的每根基桩都进行检测将会直接影响项目施工进度。超声波技术利用超声波在不同材料中传播速度不同的特性, 通过对声波的绕射、反射和折射等现象进行分析, 可以得到基桩内部混凝土浇筑的详细信息, 而无需对基桩进行破坏性检测。该技术具备非破坏性的特点, 不会对基桩造成任何损伤, 同时避免了额外的修复工作。同时, 该技术具有高效性和准确性, 能够快速获取基桩缺陷分布范围。

## 1 超声波透射法基桩检测原理

在混凝土内部通过超声波脉冲发射源激发高频率弹性脉冲波, 并利用高精度的信号采集系统其在混凝土内部传播的波形进行测量, 如果混凝土中有异常界面, 则会产生波阻抗界, 超声波在此界面上将发生衍射、反射、折射等现象, 导致接收机接收到的信号强度显著下降。以波的初至到达时间和波的能量衰减特征、频率变化及波形畸变程度等特征为基础, 可以获得测区范围内的密实度参数<sup>[1]</sup>。图 1 展示了超声波检测中几种常见的波形。

## 2 超声波法检测数据判据

### 2.1 声速判据

声速是声波在介质中传播的速度, 是超声波基桩无损检测中的一个关键参数。在基桩中传播的超声波会受到材料和结构的影响, 不同的材料和结构会有不同的声速。因此, 通过测量声速的变化可以推断出基桩内部的质量状况和结构特征。基于声速判据进行无损检测时, 首先需要发射探头以一定频率和脉宽发送

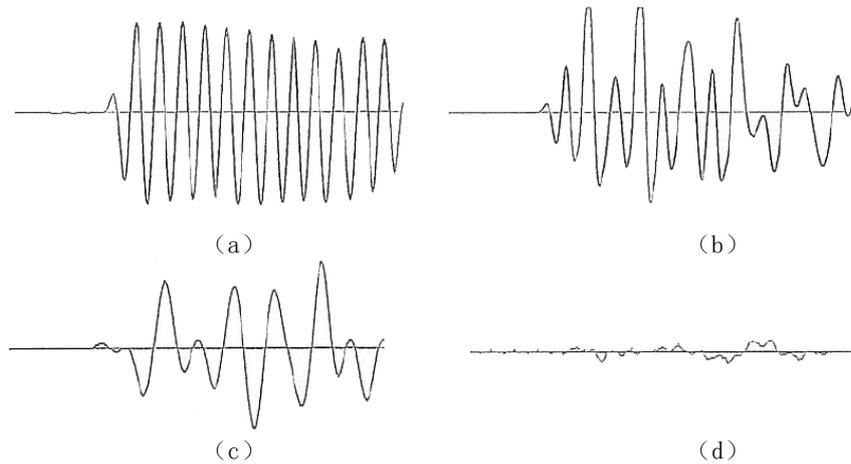
超声波信号, 通过另外一个探头接收透射的超声波信号。接收到的信号经过放大、滤波等处理后, 可以得到声波在基桩内部传播的时间信息<sup>[2]</sup>。根据声速判据可以计算超声波在基桩内部的传播速度。如果基桩质量良好、结构完整, 声速应该与经验参考值相符合; 而如果基桩存在质量问题或结构损坏, 声速将会变化。然而, 声速判据并不能直接判定基桩的具体缺陷类型, 它只是提供了一种初步的评估手段。针对不同的结构和材料, 还需要其他检测方法综合考虑, 如钻孔取芯法、低应变发射波法、高应变法、声波层析成像(CT)技术等, 以获得更准确的评估结果。

### 2.2 波幅判据

波幅判据是根据超声波信号的幅值变化来评估基桩的质量和损伤程度的一种方法。波幅对混凝土内部缺陷的反应往往比声时更具敏感性。它通过分析超声波信号的能量传播情况来确定基桩是否存在质量问题。当超声波传播到基桩中时, 它会受到基桩内部结构的影响而发生反射、折射和散射等现象, 从而导致超声波能量衰减<sup>[3]</sup>。这些现象会导致超声波信号的幅值发生变化。通过对幅值进行分析可以辅助判断基桩内部的结构情况, 例如混凝土是否均匀密实等。对于正常的基桩, 超声波信号的幅值应该相对稳定。而对于存在质量问题的基桩, 波幅的变化趋势可能会明显异常, 如出现突变或剧烈波动。

### 2.3 PSD 判据法

PSD 是相邻两个检测剖面上声时-深度曲线的斜率与声时差的乘积 ( $us^2/m$ ), 若基桩内部混凝土出现缺陷, 必然会引起声时的波动, 使得声时-深度曲线斜率显著增加, 同时, 相邻两个检测断面的声时差值变



(a) 正常的接收波形; (b) 轻微畸变波形; (c) 明显畸变波形; (d) 严重畸变波形

图1 检测中几种常见的波形

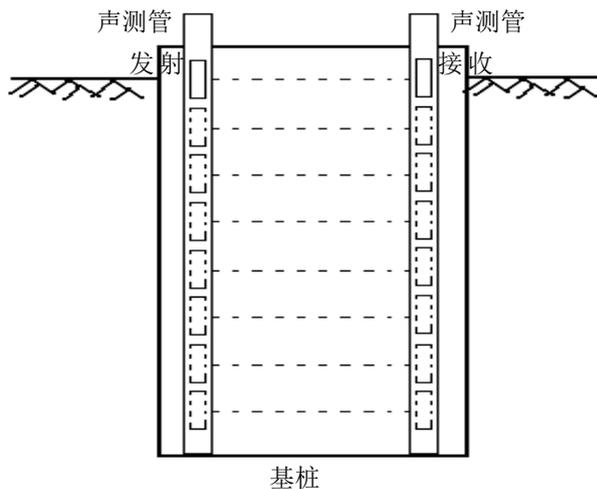


图2 平测法检测示意图

化与缺陷的严重性紧密相关,二者之积,可以更好地反映出缺陷的部位及其上、下界面。利用PSD进行判定,也可以降低因声测管埋设不平行而引起的声时改变对缺陷判定的不利影响<sup>[4]</sup>。

在实际应用中,PSD判据通常与其他参数相结合,例如超声波的传播速度、波幅等,来综合评估基桩的质量。然而,需要注意的是,由于缺乏对PSD变化和缺陷之间对应关系的定量分析,至今仍未能对PSD进行定量规定。

### 3 超声波检测法在基桩检测中的应用

#### 3.1 超声波平测法判断病害缺陷的位置和范围

平测法是目前采用最多的检测方法,将发射、接收换能器分别放置于提前预埋于基桩混凝土内部的声

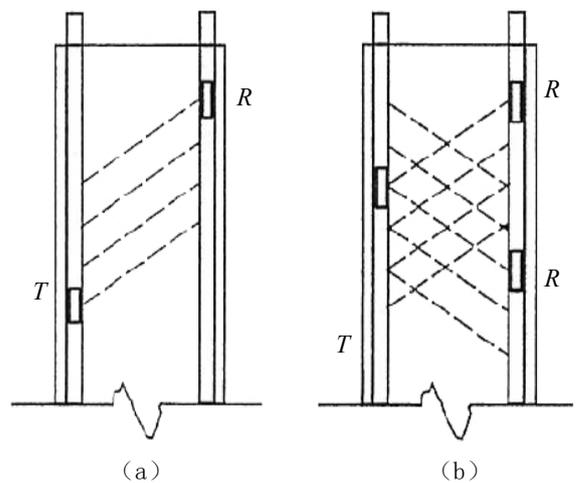
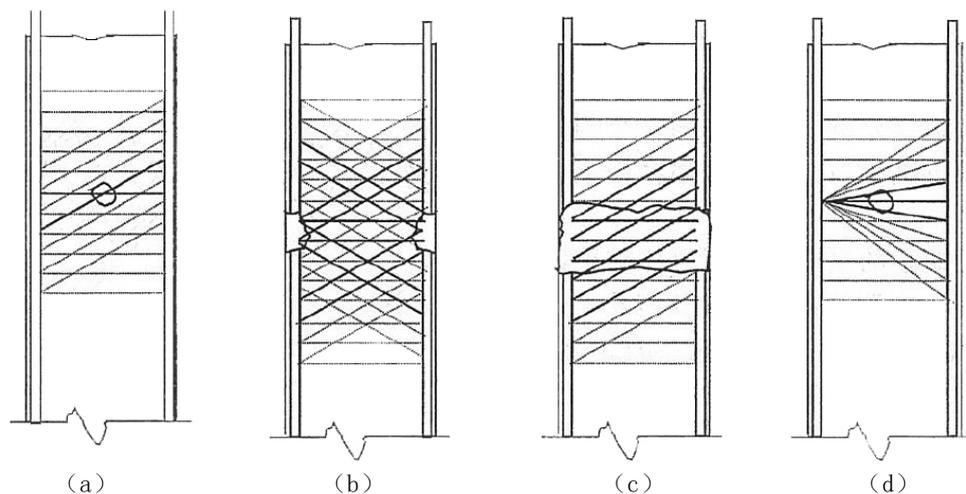


图3 斜测法检测示意图

测管内,从桩底到桩顶由下往上缓慢提升,按照一定间距(公路桥梁一般不应大于250mm)逐点进行检测,提升过程中应时刻校核换能器的深度和高差,如图2所示。对声测线的声波信号进行实时显示和记录,读取声时、首波和波幅,并随时关注测量波形的变化。多根声测管按照两根为一个检测剖面,2根声测管组合为一个检测剖面,预埋3根声测管有3个检测剖面,预埋4根声测管有6个检测剖面,预埋5根声测管有10个检测剖面<sup>[5]</sup>。

按照基桩检测规范对现场采集到的数据进行数理统计分析,获得两声测管间的声时、波幅值。在平测时若出现可疑缺陷区,可以减小测点间距对可疑缺陷区进行加密复测,更加准确地判断缺陷纵向起终点位置。



(a) 局部缺陷; (b) 声测管附着泥团; (c) 层状缺陷 (断桩); (d) 扇形扫测

图 4 超声波交叉斜侧和扇形扫测示意图

### 3.2 超声波斜测法判断病害缺陷位置和范围

对桩身混凝土有可疑部位的, 首先进行加密平测 (减小平测间距, 公路桥梁基桩一般不大于 100mm), 以此确定混凝土缺陷区的纵向起终点范围, 然后再用斜侧法对缺陷区进行检测。斜侧法就是将收发换能器保持一定的高程差, 以相同步长同步升降, 斜侧法又可以分为单向斜测和双向交叉斜测, 如图 3、图 4 所示。

图 4-(b) 为判断声测管附着泥团情况。平测加密检测时, 如果发现某条声测线的测量值有异常, 再进行双向斜测发现只有收发换能器经过的声测管的测量值有异常, 而两条声测管连线的中间部分的声波时域和波幅值都是正常的, 就可以判定该试验断面的桩身中心部位的混凝土是正常浇筑, 缺陷的区域应该是桩身边缘或者靠近声测管的位置, 也就是缩颈或声测管附着泥团。

断桩的判断 (如图 4-(c)), 在平测加密检测过程中, 发现某些声测线测值异常, 然后进行双向斜测, 如果在斜测时, 通过两条测管连线中部的声测线测量值都出现了异常, 那么就可以确定, 在这一区域中, 声测管间存在着相连的缺陷。若同一高度下, 同一基桩上各检测段的检测情况一致, 则可判定为全断面存在缺陷, 如夹泥、松散等, 称为断桩。

在基桩横截面上, 通过对单个检测剖面平测和斜测结果的分析, 仅能得到这一类缺陷在检测剖面上的投影范围。而桩身缺陷在空间上的分布属于不规则的几何体, 要想进一步确定缺陷的范围 (桩身横截面的分布范围), 就应该对各个检测剖面在同一高程或者临近高程上平测和斜测的声测线的测试结果进行综合

分析, 确定每个检测剖面上的投影范围, 大致推断桩身缺陷在桩身横截面上的分布情况。

### 4 结语

超声波透射法检测技术是一种高效、准确的检测方法, 用于评估道路基桩的质量与稳定性。其非侵入式的特点使得检测过程更为安全方便, 同时避免了对桥梁基桩的二次破坏。道路超声波透射法基桩无损检测技术的应用能够及时发现道路基桩存在的隐患和缺陷, 如夹泥、混凝土离析、断桩等问题, 从而及时采取处理措施, 保障桥梁基桩的正常使用和桥梁后期的安全运营。此外, 该技术还可以节省维护成本, 实现资源的最大化利用。目前, 超声波基桩无损检测技术的应用已具有较高的自动化和智能化水平, 通过数据采集与分析, 可以快速生成详尽的检测报告, 为决策者提供科学依据, 推动道路建设与维护工作的精细化管理。

### 参考文献:

- [1] 张忠磊. 超声波中端点反射法在桥梁桩基检测中的应用 [J]. 交通世界 (上旬刊), 2019(09):21-24.
- [2] 陈继岳. 超声波法在基桩无损检测中的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(07):247-248.
- [3] 周志国. 超声波透射法在基桩检测中的应用 [J]. 门窗, 2019(23):234, 237.
- [4] 景胜. 超声波透射法用于工程基桩检测中的效果分析 [J]. 四川水泥, 2020(03):267.
- [5] 宋会川. 超声波透射法在基桩检测中的应用与研究 [J]. 科技经济市场, 2019(09):3-4.