

超声波无损检测技术在桩基工程中的应用

陈 超

浙江路建工程检测股份有限公司 浙江 台州 317000

摘 要：超声波无损检测技术在桩基工程中应用广泛。检测流程涵盖检测前准备，如仪器选型校准、声测管检查等；现场检测操作包含仪器调试、探头定位等；检测后需对数据处理分析，以评定桩基完整性。在实际应用中，可用于桩基完整性检测、缺陷定位与程度评估，监测灌注桩施工质量。该技术凭借非破坏性、高效等优势，为桩基工程质量把控提供了关键支持，对保障桩基工程安全稳定意义重大。

关键词：超声波无损检测技术；桩基工程；应用

引言：在桩基检测中，虽超声波无损检测技术优势明显，能检测出空洞、裂缝、离析、夹泥、断桩等缺陷，但准确判断缺陷成因及性质确实需取芯验证。导致桩基出现缺陷的原因多样。施工方面，混凝土浇筑不连续、导管提升不当易造成夹泥、断桩；混凝土和易性差会形成空洞、离析。地质因素上，复杂地质条件下，土体不稳定可能挤压桩身致裂缝。材料质量不佳，如水泥安定性差、骨料含泥量高，也会影响桩基质量。所以，仅靠超声波检测的波形和经验推测不够，取芯验证能为工程质量把控提供更精准可靠的依据。

1 超声波无损检测技术原理

混凝土灌注桩超声波法是一种广泛应用于桩基检测的无损检测技术，其工作原理基于超声波在混凝土中的传播特性。在检测前的准备阶段，需要在被测桩内预埋若干根竖向相互平行的声测管，这些声测管将作为超声脉冲的检测通道。检测时，把超声脉冲发射换能器和接收换能器分别放入声测管中，同时向管内注满清水，清水作为耦合剂，能有效减少超声波传播的能量损失，保证检测的准确性。仪器启动后，发射换能器发射超声脉冲，脉冲穿过待测的桩体混凝土，再由接收换能器接收并传输给仪器。仪器会精确判读出超声波穿过混凝土的声时、接收波首波的波幅以及接收波主频等参数。超声脉冲在混凝土中传播时，由于混凝土并非均匀介质，会发生绕射、折射、多次反射以及不同程度的吸收衰减。这些现象会导致接收信号在传播时间、振动幅度、波形及主频等方面发生变化^[1]。例如，当混凝土中存在缺陷时，超声波会绕过缺陷传播，导致声时延长；缺陷还会使超声波能量衰减，造成波幅下降；同时，波形也会发生畸变，主频降低。因此，接收信号就携带了桩身混凝土的密实度、是否存在缺陷以及完整程度等信息。通过对比正常混凝土和存在缺陷混凝土的声参量差异，软件

可以准确检测桩身混凝土的完整性，判断桩基缺陷的程度，并确定缺陷的具体位置，为桩基质量评估和后续处理提供科学依据。

2 桩基工程中超声波无损检测的流程

2.1 检测前的准备工作

2.1.1 检测仪器的选型与校准

在桩基工程超声波无损检测里，仪器选型非常重要，校准环节也不容忽视。检测仪器应符合国家或行业的相关规范要求，具有波形实时显示和声参量自动判读功能。声波发射应采用高压脉冲激振，脉冲电压宜为250~1000v，且分档可调。检测前应先确认仪器的系统延迟时间，根据声测管的管径和壁厚计算声测管及耦合水层的声时修正值，测量各声测管外壁之间距离，确认声测管内灌满清水，且保证换能器能在声测管中正常升降。现场应避免强的电流、磁场或与检测信号频率相当的其他振动干扰。通过这些方法，能尽可能确保仪器测量数据精准，为检测结果的精确性筑牢根基。

2.1.2 声测管的安装要求与质量检查

声测管是超声波进入桩基内部的通道，其安装质量直接影响检测效果。安装时，声测管应保持垂直且牢固固定在钢筋笼内侧，管身不得有破损、变形或堵塞。各节声测管之间需采用可靠的连接方式，保证密封良好，防止混凝土浆液渗入。安装完成后，要对声测管进行全面质量检查。通过注水检测其密封性，观察是否有漏水现象，并检查声测管的通畅情况，确保超声波能顺利传播。

2.1.3 被测桩基的资料收集与现场勘察

在开展检测工作前，充分收集被测桩基的相关资料十分必要。这些资料包括桩基的设计图纸、施工记录、地质资料等。通过对设计图纸的研究，了解桩基的混凝土设计强度、桩长、桩径等参数；施工记录则能提供桩基成孔、混凝土浇筑等过程的信息。同时，进行现场

勘察也不可或缺。实地查看桩基的位置、周边环境、施工条件等,评估现场是否存在影响检测的因素,如干扰源、障碍物等,以便制定合理的检测方案。

2.2 现场检测操作

在桩基工程中,超声波无损检测的现场检测操作是确保检测结果准确可靠的关键环节,具体步骤如下:

(1) 仪器设备调试:在检测前,再次检查超声波检测仪、发射和接收探头等设备的运行状态。接通电源,预热仪器,调整发射电压、增益等参数至合适范围,并进行仪器的自检和校准,确保设备能够正常稳定地工作。

(2) 声测管注水:向声测管内注满清水,作为超声波传播的耦合介质。注水过程中要注意排除管内的空气,防止空气泡影响超声波的传播和接收信号的质量。(3) 探头安装与定位:将发射探头和接收探头分别置于两根声测管中,并确保探头在管内的位置一致且居中。通过将探头缓慢下放至桩底,同时记录探头的初始位置。

(4) 数据采集:以一定的间距不应大于250mm匀速提升探头,在提升过程中,超声波检测仪发射超声波,接收探头同步的信号,并将其转化为电信号显示在仪器屏幕上。检测人员实时观察信号的变化,确保采集到的数据完整、准确。记录一次声时、波幅等相关参数。(5) 异常情况处理:在检测过程中,如果发现信号异常,如声时突然增大、波幅急剧下降等,应对该位置进行反复检测和分析。必要时,可适当减小检测间距,进一步确定异常区域的范围和特征,为后续的桩基质量评估提供详细依据。

2.3 检测后的数据处理与分析

在桩基工程超声波无损检测完成后,数据处理与分析工作对准确判定桩基质量状况意义重大。将现场采集的声时、波幅等原始数据规整排列,仔细检查有无因仪器波动、操作失误等导致的错误数据,数据因操作、仪器异常,应现场重新采集。因为密实优质的混凝土能让超声波快速传播,所以声速高往往代表混凝土质量佳,通过对比不同位置的声速,能察觉混凝土均匀性的差异。在分析波幅与声速数据时,若波幅显著下降、声速偏离正常范围,极有可能是桩身存在缺陷。根据这些参数变化,就能锁定缺陷的具体位置,还能估算其大小与严重程度^[2]。综合声速、波幅以及缺陷分析结果,参照国家或行业的相关规范标准,对桩基完整性划分类别。最后形成详细检测报告,清晰阐述检测经过、数据处理方式、缺陷情况以及最终评定结论,为桩基工程质量验收、后续决策提供有力支撑。

3 超声波无损检测技术在实际桩基工程中的具体应用

3.1 桩基完整性检测

3.1.1 判定桩身混凝土缺陷类型

在实际桩基工程中,运用超声波无损检测技术进行桩基完整性检测时,判定桩身混凝土缺陷类型是重要环节。检测时,依据超声波在混凝土中的传播特性,若存在空洞,声时显著增长、波幅大幅衰减;离析会使波幅降低、声时增加;夹泥则导致波速下降、波幅减小。不过,仅依靠超声波检测的声时、波幅、频率等参数及波形特征来判断,只能得到初步结果。要准确判断缺陷类型、位置和严重程度,取芯验证是必不可少的步骤。取芯能直观呈现混凝土内部状况,为后续的工程处理提供精准依据。

3.1.2 确定缺陷位置与范围

准确确定桩身缺陷的位置与范围是桩基完整性检测的关键。超声波检测时,根据发射和接收探头的位置以及超声波传播的时间,能够精确测出缺陷在桩身的深度位置。同时,通过移动探头并观察信号变化,可确定缺陷在桩身横截面上的范围大小。比如,当发现某一深度处波幅明显下降,且在相邻检测点也有类似异常时,就可以推断该区域存在一定范围的缺陷,为后续的处理提供准确的位置信息。

3.1.3 评估桩基完整性类别

依据超声波检测所得到的声速、波幅等参数以及对缺陷的分析结果,能够对桩基的完整性等级进行科学评估。相关规范标准对不同完整性等级的桩基有明确的参数界定,如声速较高、信号稳定且无明显缺陷的桩基可评定为完整性良好;而存在较大缺陷、声速明显降低的桩基则可能被判定为完整性差。通过这种评估,可确定桩基是否满足工程设计和使用要求为,工程决策提供重要依据。

3.2 缺陷定位与程度评估

在实际桩基工程中,超声波法在缺陷定位与程度评估方面发挥着重要作用。超声波法主要依据声学参数的变化来定位缺陷。当超声波在桩身混凝土中传播时,若遇到缺陷,如空洞、裂缝、夹泥等,其声时、波幅、频率等参数会发生明显改变。例如,声时延长、波幅衰减、频率降低等。通过对多个检测剖面的声学参数进行分析,绘制出参数变化曲线,就可以初步确定缺陷可能存在的位置。对于桩内跨孔透射法,若某一深度处多个检测剖面的声学参数同时出现异常,那么该深度位置大概率存在缺陷。此外,还可以结合PSD判据法,该方法能更准确地反映因缺陷导致的声时突变,进一步精确定位缺陷位置。评估缺陷程度主要从声学参数的变化幅度入手。声速的降低程度、波幅

的衰减比例等都与缺陷的严重程度相关。一般来说,声速下降越多、波幅衰减越明显,缺陷就越严重。同时,还可以参考波形的畸变程度,波形畸变越剧烈,说明缺陷对超声波传播的影响越大,缺陷程度可能越严重。不过,超声波法对缺陷程度的评估只是初步判断,要得到更准确的结果,通常还需要结合取芯验证等其他方法。通过取芯可以直观地观察到缺陷的实际情况,从而对缺陷程度做出更精准的评估。

3.3 灌注桩施工质量监督

超声波无损检测技术在灌注桩施工质量监督中的应用需严格遵循混凝土龄期和强度要求。(1)检测时机的科学选择:混凝土需达到设计强度的70%且不得小于15MPa,龄期不应少于7d。此时骨料界面胶结充分,超声波传播特性趋于稳定。过早检测会导致声速偏低、波幅衰减异常,易产生误判。(2)声测管预埋系统构建:在钢筋笼制作阶段同步预埋金属声测管,壁厚不应小于2mm,宜采用螺纹连接或套管焊接且不渗漏。声测管应均匀布置在钢筋笼的内侧,互相平行、定位准确,并埋设至桩底,管口宜高出混凝土顶高程100mm。管底应封闭,管口应加盖。(3)全断面检测技术应用:采用平测法进行桩身全断面检测,声波发射与接收的换能器应从桩底向上同步提升,实时显示、记录每条声测线的信号时程曲线,读取首波声时、波幅等数据并保存检测数据。同一检测剖面的发射电压和仪器设置参数应保持不变。(4)多参数综合判别体系:建立声速、波幅、主频的三维评价模型,结合PSD判据进行缺陷定量分析。对可疑区域实施加密测点复核,避免错判、漏判,保证检测结果的准确性。

3.4 桩基承载性能间接验证

在实际桩基工程中,超声波无损检测技术可用于桩基承载性能的间接验证,为工程质量评估提供重要依据。通过超声波检测桩身混凝土的完整性,能间接反映桩基承载性能。若检测发现桩身存在严重缺陷,如较大的空洞、裂缝或夹泥等,会使桩身的有效承载面积减

小,桩身结构的连续性和整体性遭到破坏,从而降低桩基的承载能力。相反,桩身完整性良好,则为桩基具备设计承载能力提供了基础保障。超声波检测还可评估桩身混凝土的均匀性,均匀性差的桩身,其不同部位的力学性能存在差异,在承受荷载时,应力分布不均匀,容易导致局部应力集中,进而影响桩基整体的承载性能^[3]。当检测到桩身混凝土均匀性不佳时,可推测桩基在承载过程中可能出现的问题,需进一步分析和处理。超声波无损检测技术可与其他检测方法相结合,如静载试验、高应变动测等,对桩基承载性能进行更全面的间接验证。通过对比不同检测方法的结果,相互印证和补充,能更准确地评估桩基的实际承载能力,为工程决策提供可靠的依据,确保桩基工程的安全和稳定。

结语

未来,超声波无损检测技术在桩基工程领域的发展前景广阔,但仍面临诸多挑战,需从多方面进行改进提升。在设备与技术层面,持续投入研发,优化仪器性能,提高检测精度与效率。人员素质方面,加强专业培训,提升检测人员的理论知识和实操技能,打造高素质的检测队伍。标准规范上,进一步完善相关检测标准,使其更具科学性与可操作性。同时,积极推动超声波无损检测技术与其他检测方法有机结合,发挥各自优势,弥补单一方法的不足,从而进一步提高检测的准确性和可靠性,为桩基工程质量与安全提供更坚实的保障。

参考文献

- [1]黄静.超声波技术在桩基检测中的应用及判定方法研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(8):199-202.
- [2]许世琦,王均奇.超声波透射检测技术在桩基中的应用研究[J].智能建筑与工程机械,2024,6(6):73-75.
- [3]汤卓伟.超声波透射检测技术在建筑桩基检测中的运用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):0069-0072.