

探析超声法在水利工程质量检测中的应用

范志刚

宁夏正禹工程技术有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：随着科技的不断进步，无损检测技术日益成为保障工程质量与安全的关键；其中，超声波检测技术因其高效与精确而备受瞩目，在水利工程检测中尤为突出，该技术能深入探测材料内部，发现隐藏缺陷，为水利工程的稳固与安全提供有力数据支持。本文深入探讨超声波检测在水利工程中的应用，期望通过精准检测，提升工程质量评估的准确性和检测效率，进而确保水利设施的稳定运行，防范潜在风险，为水利工程的质量与安全保驾护航。

关键词：超声法；水利工程；质量检测；应用

引言：超声波脉冲测量技术是近年来应用广泛的一种无伤、快速测量技术，在工程测量领域取得了较好的效果。本文详细介绍了超声波的基本概念及其在水利工程质量检测中的多种应用；也分析了设备影响和耦合因素等对超声波检测结果的影响，并详细阐述了超声波的脉冲反射法、脉冲透射法和衍射时差法等检测方法。通过超声波检测，可以准确、快速地识别材料内部的缺陷，为水利工程的安全运维提供重要保障。

1 超声波的基本概念

超声波，从字面意义上理解，就是那些超过人类听觉能够感知的频率上限的声波；详细来说，超声波的频率高于20000赫兹，这是一个对于人耳来说无法捕捉的频率范围。尽管我们无法直接通过听觉来感知这种声波，但它在众多领域中的应用价值却是无法忽视的；超声波不仅仅是频率高，更重要的是它具备了声波所有的物理特性。例如，当超声波遇到不同的介质或障碍物时，它会像其他声波一样发生反射、折射、干涉和衍射等现象；这些独特的物理现象使得超声波在特定条件下能够产生易于检测的声学效果，进而被广泛地应用于各种检测和测量中。再者，超声波的传播速度与它所穿越的介质的物理性质紧密相关，介质的密度、弹性模量等都会对超声波的传播速度产生影响；因此，在不同的物质中，超声波的传播速度也是有所差异的。这一特点使得超声波在物质性质检测方面有了用武之地。此外，超声波的波长较短，这使得它具有很好的方向性和穿透力，这两个特点让超声波在探测和成像技术中大放异彩^[1]。无论是医学诊断中的超声影像，还是工业探伤中的缺陷检测，超声波都能凭借其高精度的定位和识别能力，准确地揭示出目标物体的内部结构。

2 超声波在水利工程质量检测中应用的影响因素

2.1 设备影响分析

在水利工程质量检测中，超声波技术的运用受到设备质量和精确度的重要影响，超声波检测设备的影响主要体现在几个关键方面：（1）超声波的声速差异是一个核心因素。在实际检测过程中，检测部分与探头之间的相对运动对结果有很大影响，为了确保超声波能够垂直介入待检测区域，并确保混凝土结构内部有足够的声波覆盖，检测人员需要精确控制声波射入的角度；这样不仅可以更有效地检测和判断内部缺陷，还能显著提高检测的效率和准确性，此外，扫描速度的控制也至关重要，它确保了检测过程中不会遗漏任何缺陷点。（2）确定超声波的频率范围也是一个关键环节，在确定频率时，主要目标是确保不会错过任何微小的缺陷。

2.2 耦合因素分析

在水利工程质量检测中，耦合因素是一个常被忽视但极其重要的环节，当使用超声波进行检测时，耦合剂的作用不可忽视，耦合剂主要用于填充探头与检测材料之间的微小空隙，以确保超声波能够有效地从探头传递到材料中去。耦合剂的选择直接影响检测效果，不同的耦合剂有不同的声阻抗和传播特性，这些都会影响超声波的传递效率和检测精度；例如，某些耦合剂可能会在探头和材料之间形成一层均匀的薄膜，从而减少超声波在传递过程中的衰减，提高检测灵敏度。此外，耦合剂的涂抹方式也很重要。如果涂抹不均匀或者过量，都可能导致超声波的散射或吸收，从而影响检测结果，除了耦合剂，探头与检测表面的贴合程度也是影响检测结果的重要因素，如果探头与检测表面之间存在空隙，超声波就会在空隙处发生反射或散射，导致检测结果失真。

2.3 环境因素分析

在超声波法检测水利工程质量的环节中，环境因素特别是温度，是一个至关重要的考量点。温度的变化能显著地影响检测结果，过高或过低的温度都会对检测

造成干扰，特别是在极端温度下，水利工程所使用的材料，如混凝土等，其物理特性可能会发生明显的变化。例如，在高温环境下，材料会因热胀冷缩而有所形变。这种形变不仅可能在材料内部产生应力集中，还可能导致微裂纹的产生。这些微裂纹和应力状态会直接影响超声波在材料中的传播和反射行为；此外，极端的高温条件还可能引发水利工程材料内部的化学变化，如加速混凝土中的水化反应。这种化学变化会进一步改变材料的内部结构，从而影响超声波的检测结果；若忽视这些由温度引起的材料性质变化，超声波检测的结果可能会出现偏差，甚至在某些情况下，这些偏差会大到使检测结果失去参考价值。

3 超声波检测的方法

3.1 超声波的脉冲反射法

超声波的脉冲反射法是一种先进的无损检测技术，它基于超声波在不同材质界面上的反射原理进行操作。这种方法在水利工程质量检测中发挥着重要作用，特别是在评估混凝土结构的完整性方面，当超声波探头产生的超声波射入到两种不同材质的交界面时，由于这两种材质的物理性质（如声阻抗）存在差异，超声波会在交界处发生反射。这种反射现象是由于超声波在传播过程中遇到了阻抗不匹配的界面，一部分能量被反射回来，而另一部分能量则继续传播。通过接收并分析这些反射波，我们可以获取关于材料内部结构的重要信息；例如，当超声波遇到裂缝、空洞或其他缺陷时，其反射波的特征会发生变化，这些变化可能表现为波幅的减小、波形的畸变或传播时间的延长等。通过对这些特征进行仔细分析，我们可以推断出材料内部可能存在的缺陷类型、位置和大小。脉冲反射法的特点之一是使用同一个超声波探头作为发射和接收装置，这种设计简化了设备结构，使得检测过程更加便捷高效。

3.2 超声波的脉冲透射法

脉冲透射法是一种基于波在物质中传播和衰减特性的检测技术，与X射线检测原理具有相似之处。在水利工程中，脉冲透射法被广泛应用于检测大型构件，如堤坝、桥梁等的内部质量，在脉冲透射法中，两个超声波探头分别置于被测物体的两侧：一个用于发射超声波信号，另一个用于接收透射过来的信号。当超声波穿过被测物体时，其能量会随着传播距离的增加而逐渐衰减，如果物体内部存在缺陷，如裂缝、气泡等，这些缺陷会对超声波的传播产生影响，导致接收到的能量发生变化^[2]。通过移动探头并观察接收到的能量变化，我们可以判断物体内部是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小；例如，当

超声波遇到裂缝时，部分能量会被反射或散射，导致接收到的能量减小。通过对比不同位置的接收能量，我们可以确定裂缝的位置和大致尺寸，脉冲透射法的优点在于其能够穿透较厚的物体并提供物体内部的整体信息，这使得它在检测大型水利工程构件时具有显著优势。

3.3 超声波的衍射时差法

衍射时差法，作为一种高效且精确的超声波检测技术，在水利工程质量检测中展现出了其独特的优势。这种方法巧妙地利用了超声波的衍射和反射特性，通过在不同位置放置多个探头，实现了对物体内部质量的全面检测；在实际操作中，多个探头被精心安置在待检测物体的不同位置。这些探头不仅用于发射超声波，还负责接收衍射波和反射波。当物体内部存在质量问题，如裂缝或杂质时，衍射波和反射波的特征会发生显著变化，这些变化为我们提供了关于物体内部缺陷的宝贵线索。通过仔细计算和分析这些波形的变化，我们能够精确地确定问题的位置和性质，这种方法的精确性得益于超声波的高穿透力和高分辨率。衍射时差法能够捕捉到微小的缺陷，甚至是那些传统方法难以检测的内部缺陷；在水利工程中，衍射时差法的应用具有极高的实用价值，特别是对于那些结构复杂且对安全性要求极高的设施，如拱坝、水闸等，这种方法能够提供准确的缺陷定位和评估。

4 超声法在水利工程质量检测中的应用

4.1 在水利工程金属部件检测中的应用

超声波检测在水利工程金属部件质量检测中占据着举足轻重的地位，水利工程中的金属部件，诸如闸门、水轮机叶片等，承受着长期的水流冲击和各种环境因素的作用，因此容易出现疲劳裂纹、腐蚀损伤以及可能的制造缺陷。这些潜在问题如果不及时发现和处理，可能会对水利工程的整体安全性和稳定性构成严重威胁，超声波检测技术的独特之处在于其能够穿透金属材料的表面，深入探测到材料内部的细微缺陷。当超声波遇到裂纹、气孔或其他内部损伤时，其传播特性会发生变化，这些变化进而被检测设备捕捉并转化为可视化的信号；通过分析这些回波信号的强度、时间和形状等特征，检测人员可以精确地判定缺陷的具体位置、尺寸以及可能的性质^[3]。在实际应用中，超声波检测不仅提供了缺陷的定量信息，还能帮助工程师们评估金属部件的剩余使用寿命，并据此制定合理的维修和更换计划。

4.2 在水利工程混凝土检测中的应用

混凝土作为水利工程中最主要的结构材料，其性能和质量直接关系到整个工程的稳定性和耐久性。因此，

对混凝土进行全面的质量检测是至关重要的，超声波检测在这一领域展现出了显著的优势，当超声波在混凝土中传播时，其速度和衰减程度会受到混凝土内部结构和质量的影响；例如，如果混凝土中存在空洞、裂缝或不均匀的区域，超声波的传播速度会变慢，衰减也会增加。通过测量和分析这些超声波参数的变化，工程师们可以深入了解混凝土内部的状况，包括其密实度、强度以及可能存在的缺陷，这种方法不仅无需破坏混凝土结构，还能提供实时的检测数据，为维护 and 修复工作提供有力的支持；超声波检测在水利工程混凝土检测中的应用，无疑为工程的安全性和长期稳定运行提供了坚实的保障。

4.3 在流速、流量检测中的应用

在水利工程中，准确地测量水流的流速和流量对于水资源管理、洪水预警以及工程运行调度等方面具有至关重要的意义。超声波流量计作为一种先进的测量工具，在这一领域发挥着举足轻重的作用，超声波流量计利用超声波在流体中传播的特性来测量流速和流量。通过在河道或管道中安装适当的超声波传感器，可以实时地监测水流通过时的速度变化，这种方法无需侵入水流中，因此不会对水流的正常状态造成干扰，同时也避免了传统测量方法中可能出现的机械磨损和堵塞等问题。超声波流量计提供的数据不仅准确度高，而且响应速度快，能够满足水利工程中对实时数据的需求，这些数据为工程师们提供了宝贵的决策依据，有助于他们更好地理解和控制水流的动态特性，从而确保水利工程的安全高效运行。

4.4 超声法在钢焊缝中的应用

钢焊缝作为水利工程金属结构中的关键连接点，其质量的好坏直接关系到整个结构的稳固性和安全性。因此，对钢焊缝进行全面的质量检测是至关重要的。超声

波检测在这一环节发挥着举足轻重的作用，由于超声波具有强大的穿透能力，它能够轻松地穿透焊缝金属，探测到焊缝内部可能存在的各种缺陷，如夹渣、未焊透、气孔等。这些缺陷在超声波检测中会产生特定的回声信号，通过分析这些信号的特征，检测人员可以精确地确定缺陷的位置、大小和性质^[4]。与传统的破坏性检测方法相比，超声波检测不仅不会对焊缝造成额外的损伤，还能提供更为全面和准确的检测数据；这些数据为工程师们提供了宝贵的决策依据，帮助他们及时发现并处理焊缝中的质量问题，从而确保水利工程的金属结构连接牢固、安全可靠。超声波检测在钢焊缝质量检测中的应用无疑为水利工程的长期稳定运行提供了有力的技术保障。

结语：超声波检测技术在水利工程质量检测中显示出卓越的优势和广阔的应用潜力，利用这一技术，可以精准地检测水利工程的金属部件、混凝土结构的内部缺陷，准确测量水流的流速和流量，以及探测钢焊缝的质量问题。这种非破坏性的检测方法不仅高效，而且能够提供关键的结构健康信息，从而确保水利设施的安全稳定运行。展望未来，随着科技的不断进步，超声波检测技术将持续革新，为水利工程的安全监测和维护提供更加有力的技术支持。

参考文献

- [1]周劲松.超声波脉冲法在水利工程质量检测中的应用[J].湖南水利水电, 2020, (06):46-47, 53.
- [2]张灵军, 孙战利. 超声法在水利工程质量检测中的应用[J].城市建设理论研究(电子版), 2020, (16):173.
- [3]符祥平.超声脉冲法在水利工程质量检测中的应用[J].工程技术研究,2019(02):107+117.
- [4]聂雪锦.超声波检测技术在水利工程质量检测中的实际应用[J].黑龙江水利科技,2018,0(7):173-175.