

无损检测技术在水利工程中的运用

张煜堃 郑 龙

汉中市山河工程检测有限公司 陕西 汉中 723000

摘要：无损检测技术在水利工程中的运用，为提高工程质量和安全性提供了重要保障。该技术通过不破坏工程结构的方式，利用声、光、电、磁等物理原理，对水利工程中的大坝、水闸、渠道及输水工程等关键部位进行内部缺陷、材料性能及结构完整性的检测。无损检测技术的应用，不仅能够有效发现潜在的质量问题，还能为后续的维修和加固提供科学依据，确保水利工程在复杂多变的环境条件下安全运行，为水资源的高效利用和生态环境保护贡献力量。

关键词：无损检测技术；水利工程；实践运用

引言：水利工程作为国民经济和社会发展的重要基础设施，其安全性和稳定性至关重要，水利工程在长期使用过程中，难免会受到自然环境、人为因素等多种因素的影响，导致结构内部出现损伤和缺陷。为了及时发现并解决这些问题，无损检测技术应运而生。该技术能够在不破坏工程结构的前提下，对水利工程进行内部缺陷和材料性能的检测，为工程的安全运行和维修加固提供科学依据。本文将探讨无损检测技术在水利工程中的具体运用及其重要意义。

1 无损检测技术概述

无损检测技术（Non-Destructive Testing, NDT）是一种在不破坏被测物体使用性能、内部结构或外观的前提下，检测其内部和表面缺陷的技术。它利用材料内部结构异常或缺陷引起的物理量变化（如声、光、电、磁等）来检查或测试材料、零件、设备等，确保产品的质量和安全性能。无损检测技术具有非破坏性、全面性、全程性和高效性等特点。非破坏性意味着它不会对检测对象造成任何损害，保证了产品的完整性和使用性能；全面性使得可以对被检测对象进行100%的检测，避免了破坏性检测可能带来的漏检；还可对各中间工艺环节直至最终产成品进行全程检测；高效性则体现在检测速度快、效率高，适合大批量生产中的质量控制。无损检测技术是一种在不破坏待检测材料或结构完整性的前提下，对其内部或表面的缺陷、性质、状态等进行检测和评价的技术。其方法多种多样，包括但不限于射线探伤（RT）、超声波探伤（UT）、磁粉探伤（MT）、涡流探伤（ECT）、液体渗透探伤（PT）等。实际上，无损检测技术的种类远不止这几种，还包括红外热成像检测、漏磁检测、声发射检测、激光全息检测等多种先进技术。每种方法都有其独特的原理、适用范围和优缺点。

在实际应用中需要根据被检测对象的材料、形状、尺寸、缺陷类型以及检测要求等因素来选择合适的方法。它不仅可以发现材料或产品中的缺陷、裂纹、夹杂物等问题，还可以提供质量评价，对于控制和改进产品质量、保证设备的安全运行以及提高生产效率、降低成本等具有重要意义。

2 无损检测技术的优势

2.1 非破坏性

非破坏性是无损检测技术最显著的特点之一，也是其被广泛应用的重要原因。这一特性确保了被测对象在检测过程中不会受到任何形式的物理损害或性能改变，从而保持了其原有的使用价值和完整性。在工业生产中，许多产品都是经过复杂工艺和昂贵材料制成的，一旦受损，不仅会导致成本增加，还可能影响产品的安全性和可靠性^[1]。无损检测技术的非破坏性特点，使得它能够在不破坏产品的前提下，对其内部和表面的缺陷进行全面检测，从而有效避免了因检测而导致的浪费和损失。非破坏性检测还允许对同一产品进行多次检测，这对于那些需要持续监测质量或性能变化的产品尤为重要。例如，在航空航天领域，飞机和航天器的关键部件需要定期接受无损检测，以确保其在使用过程中的安全性和可靠性。由于无损检测技术的非破坏性，这些部件可以在不拆卸或损坏的情况下接受检查，从而大大降低维护成本和停机时间。非破坏性检测还允许在产品生产的各个阶段进行质量监控，从原材料检验到成品测试，确保每个环节都符合质量标准。这种全面的质量监控有助于及时发现和纠正生产过程中的问题，提高产品的整体质量和可靠性。

2.2 高效性

高效性是无损检测技术的另一大优势，它使得检测

过程能够迅速完成,从而提高了生产效率和产品质量。随着现代工业的发展,生产规模不断扩大,产品种类日益增多,对检测速度和准确性的要求也越来越高。无损检测技术以其高效的特点,满足了这一需求。无损检测技术的检测速度通常比传统破坏性检测方法快得多。例如,超声波探伤可以在几秒钟内完成对一个复杂零件的检测,而射线探伤也能在短时间内完成对整个焊缝的检查。这种快速的检测速度不仅提高生产效率,还减少检测过程中的等待时间,使得生产线能够保持连续运行。无损检测技术的自动化和智能化程度越来越高,进一步提高检测效率。现代无损检测设备通常配备有先进的计算机系统和数据处理软件,能够自动完成检测数据的采集、分析和报告生成。这种自动化检测不仅减少人工干预,降低人为错误的风险,还提高了检测的准确性和一致性。无损检测技术的高效性还体现在其能够对大型、复杂结构件的快速检测,在石油化工、船舶制造等领域,许多设备都是大型、复杂的结构件,传统的破坏性检测方法不仅耗时费力,还可能对设备造成不可逆转的损害。而无损检测技术则能够在不破坏设备结构的前提下,快速、准确地检测出潜在的缺陷和隐患。

2.3 准确性

准确性是无损检测技术的核心优势之一,它确保了检测结果的可靠性和有效性。无损检测技术通过利用物理原理和方法,如声、光、电、磁等,对被测对象进行非接触式或微接触式的检测,从而能够精确地识别出材料或产品中的缺陷、裂纹、夹杂物等问题。首先,无损检测技术的准确性得益于其高精度的测量设备和先进的检测技术,现代无损检测设备通常采用高精度的传感器和测量系统,能够实现对微小缺陷的精确测量和定位。随着计算机技术和数据处理技术的发展,无损检测技术也越来越智能化和自动化,能够自动完成检测数据的采集、分析和处理,进一步提高了检测的准确性和可靠性。其次,无损检测技术的准确性还体现在其能够检测出不同类型的缺陷,不同类型的缺陷对产品的质量和安全性有着不同的影响,因此准确识别缺陷类型对于制定有效的修复措施和保障产品质量至关重要。无损检测技术通过利用不同的物理原理和方法,能够实现对不同类型缺陷的准确识别和分类,为产品质量的持续改进和优化提供有力支持。无损检测技术的准确性还体现在其能够实现对产品全生命周期的质量监控,从原材料检验到成品测试,再到产品使用和维护过程中的质量检测,无损检测技术都能够提供准确、可靠的检测结果。这种全生命周期的质量监控有助于及时发现和纠正生产过程中

的问题,提高产品的整体质量和可靠性^[2]。

3 水利工程质量检测需求分析

3.1 水利工程结构特点与质量影响因素

水利工程,作为保障人们生活质量、促进社会发展的重要设施,具有工程量大、施工难度大、工期长、投资大等特点。其结构特点多样,包括混凝土坝、土石坝、堤防、水闸、隧洞等,每种结构都有其特定的功能要求和施工难点。水利工程的质量不仅关乎工程本身的安全和稳定,更与人民群众的生命财产安全息息相关。在水利工程建设过程中,质量影响因素众多。首先,施工人员的技术水平和素质对工程质量有着决定性影响。施工人员需要掌握先进的施工技术,并具备丰富的实践经验,以确保施工过程中的每个环节都符合质量标准。其次,施工材料的质量也是影响工程质量的关键因素。优质的施工材料是建设高质量水利工程的基础,而劣质材料则可能导致工程出现严重的质量问题。另外,施工机械设备的性能、施工方法的选择以及施工过程中的环境气候等因素也会对工程质量产生重要影响。

3.2 传统质量检测方法的局限性

传统的水利工程质量检测方法,如目视检测、尺寸检测、还有一些破坏性工具检测等方法,虽然在一定程度上能够反映工程的质量状况,但存在诸多局限性。传统检测方法往往只能对工程的表面质量进行检测,难以发现内部的缺陷和隐患。例如,目视检测只能观察到工程表面的损伤、变形等问题,而无法检测到内部的裂纹、空洞等缺陷。这可能导致一些潜在的质量问题被忽视,进而引发严重的安全事故。传统检测方法的准确性和可靠性有待提高,由于检测过程中受到人为因素、环境因素等多种因素的影响,传统检测方法的检测结果往往存在一定的误差和不确定性^[3]。这可能导致对工程质量的判断出现偏差,影响后续的施工和修复工作。传统检测方法还存在检测效率低、成本高的问题,传统的检测方法往往需要大量的人力、物力和时间投入,而且检测过程中可能会对工程造成一定的破坏或损伤。这不仅增加了检测成本,还可能影响工程的正常使用和寿命。

4 无损检测技术在水利工程中的具体应用

4.1 大坝工程中的应用

大坝工程作为水利工程的重要组成部分,其质量和安全性能直接关系到下游人民的生命财产安全。在大坝的建造和维护过程中,无损检测技术被广泛应用于混凝土坝、土石坝等各类坝型的检测。其中,超声波检测技术是大坝检测中最为常用的方法之一。该技术通过发射超声波脉冲,利用其在混凝土或土石材料中的传播特

性,来检测大坝内部的缺陷和损伤。超声波在传播过程中,遇到不同介质或缺陷时,会发生反射、折射或衰减等现象,通过分析这些现象,可以判断大坝内部的空洞、裂缝、分层等缺陷的位置、大小和性质。地质雷达技术也是大坝检测中不可或缺的一种无损检测方法,地质雷达通过发射高频电磁波,利用其在地下介质中的传播和反射特性,来探测大坝基础及周围地质结构的稳定性和完整性。该技术能够直观地反映大坝基础的地质构造、断层、软弱夹层等信息,为大坝的安全评估和维护提供重要依据。在大坝的监测和预警系统中,无损检测技术同样发挥着重要作用。通过在大坝内部或表面安装传感器,实时监测大坝的变形、应力、渗流等参数,可以及时发现大坝的异常变化,为采取必要的维修和加固措施提供及时、准确的预警信息。

4.2 水闸及水工建筑物的无损检测技术

水闸,作为水利工程体系中不可或缺的要害,其运行状态的优劣直接关系到水资源管理的效率和效益。在这一背景下,无损检测技术以其独特的优势,在水闸及水工建筑物的检测中占据了重要地位。在水闸的结构完整性检测中,无损检测技术发挥着至关重要的作用;以回弹法检测技术为例,该技术通过精确测量重锤在混凝土表面回弹的高度,并依据混凝土回弹值与强度之间的对应关系,实现对混凝土抗压强度的有效推算。这种方法不仅操作简便、检测迅速,而且不会对水闸结构造成任何损伤,非常适用于对水闸等混凝土结构的强度评估。另外,声发射检测技术也是水闸检测中不可或缺的一种无损检测方法。该技术能够敏锐地捕捉到结构内部或表面因应力变化、裂纹扩展等产生的声发射信号,从而实现对结构损伤程度和位置的准确判断。声发射检测技术的灵敏度高、定位准确,对于水闸等结构复杂、应力状态多变的建筑物而言,具有极高的检测价值;通过向水闸内部充水并观察其渗漏情况,可以直观地评估水闸的密封性能,并准确判断渗漏部位;利用超声波或电磁波等无损检测技术,还可以对水闸的闸门、启闭机等关键部件进行内部缺陷检测,确保这些部件的正常运行和安全性。

4.3 渠道及输水工程的无损检测技术

在渠道衬砌的检测中,无损检测技术被广泛应用于混凝土衬砌的厚度、强度以及内部缺陷的检测。例如,超声波检测技术能够准确测量混凝土衬砌的厚度,并有效判断其内部是否存在空洞、裂缝等缺陷。回弹法检测技术也可以对混凝土衬砌的抗压强度进行精确检测,确保其满足设计要求;在输水工程的管道检测中,无损检测技术同样发挥着不可替代的作用^[4]。漏磁检测技术是其中的一种重要方法,该技术通过向管道内部发射磁场,并检测磁场在管道表面的变化情况,来判断管道内部是否存在腐蚀、磨损等缺陷;电磁波检测技术还可以用于非金属管道的内部缺陷检测,如管道内部的空洞、裂纹等。通过向渠道或管道内部充水并观察其渗漏情况,可以直观判断渗漏部位和渗漏量。同时,示踪剂检测技术还可以对渗漏水源进行追踪和定位,为后续的修复工作提供重要依据。这些无损检测技术的应用,不仅提高渠道及输水工程的检测效率,也为其质量和安全性能的保障提供了有力支持。

结束语

综上所述,无损检测技术在水利工程中的运用,展现了其在提高工程质量、保障工程安全方面的巨大潜力。随着科技的进步和水利工程的发展,无损检测技术将不断得到优化和创新,为水利工程的质量控制和安全性能提供更加精准、高效的手段。未来,期待无损检测技术在水利工程领域发挥更大的作用,为构建安全、高效、可持续的水利工程体系贡献力量,实现人与自然的和谐共生。

参考文献

- [1]郭广明.水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测技术研究[J].海河水利,2021(4):83-85.
- [2]靳子璇.水利工程质量检测的无损检测技术[J].黑龙江水利科技,2021,49(3):177-179.
- [3]张懿.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].工程建设与设计,2020,3(8):128-129.
- [4]热甫卡提.肖吾开提.水利工程质量检测中无损检测技术的实践应用[J].水电水利,2021,5(1):116-117.