

无损检测技术在水利工程质量检测中的应用路径探索

陈宁波

南京水科院瑞迪科技集团有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7631

[摘要] 无损检测技术在水利工程质量检测中具有重要意义。它涵盖多种技术手段,如超声检测、射线检测等。这些技术无需破坏工程结构即可获得内部信息,可检测混凝土质量、金属结构缺陷等。能及时发现质量隐患,为水利工程质量保障提供可靠依据,有助于提高工程安全性与耐久性。

[关键词] 无损检测技术;水利工程;质量检测;应用路径

Exploration of Application Path of Non destructive Testing Technology in Quality Inspection of Water Conservancy Engineering

Chen Ningbo

Nanjing Water Science Institute Ruidi Technology Group Co., Ltd.

[Abstract] Non destructive testing technology is of great significance in the quality inspection of water conservancy engineering. It covers various technological means, such as ultrasonic testing, radiographic testing, etc. These technologies can obtain internal information without damaging the engineering structure, and can detect concrete quality, metal structure defects, etc. Being able to promptly identify quality hazards and provide reliable basis for ensuring the quality of water conservancy projects can help improve engineering safety and durability.

[Key words] non-destructive testing technology; Water conservancy engineering; Quality inspection; Application Path

引言:

水利工程的质量关乎民生与社会稳定。在水利工程建设过程中,质量检测是确保工程安全可靠的关键环节。传统检测方法存在局限性,无损检测技术的出现为水利工程质量检测带来新的思路与方法,其具有非破损、高效等优势,值得深入探索其在水利工程质量检测中的应用路径。

1. 无损检测技术概述

1.1 无损检测技术的定义与内涵

无损检测技术是指在不损害或不影响被检测对象使用性能的前提下,采用射线、超声、红外、电磁等原理技术并结合仪器设备对材料、零件、设备进行缺陷、化学组成、组织结构等检测的技术。无损检测技术内涵丰富,它是多学科交叉融合的成果,涉及物理学、材料科学、电子技术等众多学科领域。其目的在于发现被检测对象内部或表面存在的诸如裂纹、孔洞、夹杂等缺陷,以及测定材料的厚度、组织结构等特性。这种技术通过对被检测对象的物理性质进行探测和分析,从而对其质量、安全性和可靠性进行评估。无损检测技术的应用能够在保障被检测对象完整性的同时,为工程质量控制、设备维护、安全评估等提供重要依据,避免因检测过程对检测对象造成破坏而带来的不必要损失,广泛应用于航空航天、机械制造、建筑工程、水利工程等众多行业领域。

1.2 无损检测技术的主要类型

无损检测技术主要包含以下几种类型。射线检测技术,它是利用射线(如X射线、γ射线等)穿透物体时的衰减特性来

检测物体内部结构和缺陷的方法。射线在穿透不同密度和厚度的物质时会有不同程度的衰减,通过对穿透后的射线强度进行检测和分析,就可以判断物体内部是否存在缺陷以及缺陷的类型、大小和位置等信息。超声检测技术则是利用高频声波在物体中的传播特性来检测物体内部的情况。当超声波在物体中传播遇到缺陷时,会发生反射、折射和散射等现象,通过分析这些声波的变化就可以检测出缺陷。磁粉检测技术主要用于检测铁磁性材料表面和近表面的缺陷。将被检测的铁磁性材料磁化后,若材料表面或近表面存在缺陷,由于缺陷处的磁导率与材料本体不同,会使磁力线发生畸变,从而吸附磁粉形成磁痕,通过观察磁痕的形状、大小和分布等情况就可以判断缺陷的状况。渗透检测技术适用于检测非多孔性固体材料表面开口的缺陷。将含有染料或荧光剂的渗透剂涂覆在被检测表面,使其渗入缺陷中,然后去除多余的渗透剂,再涂上显像剂,缺陷中的渗透剂就会被吸附出来,从而显示出缺陷的形状和位置。涡流检测技术是基于电磁感应原理,当交变电流通过检测线圈时会产生交变磁场,若检测线圈靠近导电材料,会在材料表面产生涡流,当材料表面存在缺陷时会影响涡流的大小和分布,通过检测涡流的变化就可以检测出缺陷。

2. 水利工程质量检测的要求与特点

2.1 水利工程质量检测的目标

水利工程质量检测的目标具有多方面的内涵。首先,是确保工程结构的安全性。水利工程往往规模巨大,结构复杂,如大坝、水闸等结构一旦出现安全问题,可能会引发洪水、溃坝

等严重灾害,危及下游人民生命财产安全。通过质量检测,要能够准确评估结构的承载能力、稳定性等关键安全指标,确保其在设计使用年限内能够安全运行。其次,是保证工程的功能性。例如,灌溉工程要能够有效地将水源输送到农田,满足农作物生长的灌溉需求;供水工程要确保提供符合卫生标准和水量要求的饮用水。质量检测需要验证水利工程各个功能部分是否达到设计要求,包括水流量、水质净化效果等方面。再者,要实现对工程耐久性的监测。水利工程长期处于水环境中,受到水流冲刷、侵蚀、冻融等多种因素的影响,质量检测应能评估工程材料的抗腐蚀、抗磨损等耐久性指标,以便及时采取维护措施,延长工程的使用寿命。此外,还要考虑工程的经济性。在确保工程质量的前提下,合理控制成本,质量检测要为工程建设和运营中的成本控制提供依据,避免过度建设或因质量问题导致的后期高额维修成本。

2.2 水利工程质量检测的特殊要求

水利工程质量检测存在一些特殊要求。一方面,水利工程所处的环境特殊。许多水利工程位于江河湖泊等水域附近或直接处于水中,检测工作需要考虑水的影响。例如,在水中进行检测时,检测设备需要具备防水性能,检测方法要能够适应水介质对信号传播等的干扰。而且,水利工程长期受到水流的冲刷、水压的作用,检测时需要重点关注结构的抗冲刷能力、抗渗性能等。另一方面,水利工程的结构类型多样。既有混凝土结构的大坝、水闸,又有金属结构的闸门、管道等,还有岩土工程部分如堤坝的基础等。不同结构类型对检测技术和方法有不同的要求,需要针对每种结构类型采用合适的检测手段。再者,水利工程建设周期较长,在不同建设阶段需要进行不同内容的质量检测。在建设初期,要对基础岩土的质量进行检测;在建设过程中,要对混凝土浇筑、金属结构安装等进行检测;在工程建成后,还要进行长期的运行监测,这就要求检测工作具有连续性和系统性。

3. 无损检测技术在水利工程质量检测中的应用

3.1 在混凝土结构检测中的应用

在水利工程中,混凝土结构的质量至关重要。无损检测技术为混凝土结构检测提供了多种有效途径。例如超声法,通过发射和接收超声波,能够检测混凝土内部的缺陷,如孔洞、裂缝等。由于超声波在不同介质中的传播速度和衰减特性不同,当混凝土内部存在缺陷时,超声波的传播路径会发生改变,传播速度会降低,衰减会增大。通过精确测量这些参数的变化,可以确定缺陷的位置、大小和形状。另外,回弹法也是常用的无损检测手段,它是根据混凝土表面的硬度与抗压强度之间的关系来推断混凝土的强度。检测人员使用回弹仪对混凝土表面进行弹击,根据回弹值来评估混凝土的强度。这种方法操作简便、快捷,能够在不破坏混凝土结构的基础上对大面积的混凝土进行强度抽检。还有,雷达检测技术可以对混凝土内部的钢筋分布情况进行准确探测。雷达发射的电磁波遇到钢筋会发生反射,通过接收反射波并进行分析,就能得出钢筋的位置、直径、间距等信息,这对于评估混凝土结构的承载能力和耐久性有着重要意义。无损检测技术在混凝土结构检测中的应用,极大地提高了水利工程混凝土结构质量检测的效率和准确性,保

障了水利工程的安全运行。此外,射线检测技术也在混凝土结构检测中发挥作用。它利用射线穿透混凝土时的衰减特性来检测内部缺陷。不同密度的物质对射线的吸收程度不同,当混凝土中有缺陷时,在射线底片上会呈现出不同的影像。这有助于发现混凝土内部较深处的隐蔽缺陷,为水利工程混凝土结构质量评估提供更全面的数据。

3.2 在金属结构检测中的应用

水利工程中的金属结构,如闸门、压力钢管等,其质量状况直接影响到工程的正常运行。无损检测技术在金属结构检测方面发挥着不可或缺的作用。磁粉检测是一种常用的无损检测方法,它基于铁磁性材料在磁场中被磁化后,表面或近表面缺陷处会产生漏磁场吸附磁粉的原理。当对金属结构施加磁场后,在存在裂纹、夹渣等缺陷的部位,磁粉会聚集形成明显的磁痕,从而直观地显示出缺陷的位置和形状。这种方法对于检测表面和近表面的缺陷非常敏感,能够快速发现金属结构表面微小的裂纹等问题。渗透检测则适用于检测非多孔性金属材料表面开口的缺陷。检测时,将含有染料或荧光剂的渗透液涂覆在被检测金属表面,渗透液会渗入到缺陷中,然后去除多余的渗透液,再涂上显像剂,缺陷中的渗透液就会被吸附出来并显示出缺陷的形状和大小。这种方法操作简单,不需要复杂的设备,可用于检测形状复杂的金属结构部件。此外,超声波检测在金属结构检测中也有广泛应用。超声波在金属中传播时,遇到缺陷会发生反射、折射和波型转换等现象。通过分析超声波的回波信号,可以确定缺陷在金属内部的位置、大小和性质。无损检测技术对水利工程金属结构的质量检测提供了可靠的保障,确保了金属结构在水利工程中的安全稳定运行。

3.3 在岩土工程检测中的应用

在水利工程的岩土工程检测方面,无损检测技术有着独特的优势和广泛的应用前景。其中,地震波法是一种重要的无损检测手段。地震波在岩土介质中传播时,其传播速度、振幅、频率等参数会受到岩土的物理性质、结构特征等因素的影响。通过在岩土体表面或钻孔中布置检波器,激发地震波并接收其传播信号,就可以分析得出岩土体的弹性模量、泊松比等力学参数,以及岩土体内部的分层结构、软弱夹层的位置等信息。例如,在水利工程的坝基检测中,地震波法能够准确地探测坝基岩土体是否存在溶洞、断层等不良地质构造,为坝基的稳定性评价提供重要依据。另外,电阻率法也常用于岩土工程检测。岩土体的电阻率与其组成成分、含水量、孔隙度等因素密切相关。当岩土体内部存在不同性质的地质体或存在地下水等情况时,电阻率会发生明显变化。通过在岩土体表面布置电极,测量不同电极间的电阻率,绘制电阻率剖面图,就可以推断岩土体内部的地质结构和地下水分布情况。在水利工程的边坡稳定性检测中,电阻率法可以帮助检测人员及时发现边坡岩土体内部可能存在的滑动面,提前采取相应的加固措施,防止边坡失稳。无损检测技术在岩土工程检测中的应用,有助于提高水利工程岩土工程部分的质量控制水平,保障水利工程的整体安全性和可靠性。

4. 无损检测技术在水利工程质量检测中的发展趋势

4.1 技术创新趋势

随着水利工程建设需求的不断提高和科技的持续进步,无损检测技术在技术创新方面呈现出多维度的发展趋势。一方面,检测原理的创新正在不断涌现。例如,新兴的太赫兹波检测技术有望被引入水利工程质量检测领域。太赫兹波具有独特的频率范围,能够穿透一些传统检测手段难以穿透的材料,并且对水分含量等关键指标具有特殊的敏感性,这对于水利工程中的混凝土结构内部湿度检测以及一些新型复合材料的检测具有巨大的潜力。另一方面,检测设备的创新也在持续推进。小型化、便携化的无损检测设备将成为未来的一个重要发展方向。这使得检测人员能够更方便地在水利工程复杂的环境中进行检测,如在狭窄的管道内部或者高耸的大坝坝体局部难以到达的区域进行检测。同时,设备的精度和分辨率也在不断提高,能够检测到更小的缺陷和更细微的结构变化。此外,多技术融合创新也是一个不可忽视的趋势。将超声检测与射线检测相结合,或者把电磁检测与光学检测相融合,可以克服单一技术的局限性,实现更全面、准确的水利工程质量检测。

4.2 智能化发展趋势

在当今数字化时代的浪潮下,无损检测技术在水利工程质量检测中的智能化发展趋势日益明显。首先,智能化的数据采集与处理系统将成为主流。传感器技术的发展使得无损检测设备能够更高效、准确地采集海量的数据,而智能化算法则可以对这些数据进行实时处理。例如,利用深度学习算法,可以对超声检测图像进行自动识别和分析,快速准确地判断缺陷的类

型、大小和位置,大大提高了检测效率和准确性。其次,智能检测机器人的应用将不断拓展。这些机器人可以按照预设的程序在水利工程施工上进行自主检测,能够适应复杂的工程环境,如在大型水库的坝体表面或者水下结构进行检测。它们不仅可以减少人工检测的风险和工作量,还能够通过内置的智能系统对检测结果进行初步判断并及时反馈。再者,无损检测技术与物联网技术深度融合。通过物联网,各个检测设备之间可以实现互联互通,将检测数据实时传输到云端进行集中管理和分析。这有助于构建水利工程质量检测的大数据平台,为工程的全生命周期管理提供数据支持,实现从建设到运营维护的智能化质量管控。

结语:

无损检测技术在水利工程质量检测中的应用是保障工程质量的重要举措。随着技术的不断发展,其应用路径将不断拓展,检测的准确性与效率也会不断提高。这有助于水利工程更好地发挥作用,为社会发展提供坚实的水利基础设施保障。

[参考文献]

- [1]王立虎.无损检测技术在水利混凝土结构工程质量检测中的运用[J].建材与装饰,2021,17(13):168-169.
- [2]梁艳荟.无损检测技术在水利工程检测中的应用分析[J].建材与装饰,2021,17(22):163-164.
- [3]邝炳添.水利工程质量检测中无损检测技术的应用[J].新材料·新装饰,2022,4(04):142-144.

上接第206页

(八) 建设混凝土检测质量追溯体系

对混凝土检测涉及的各个环节进行详细记录,包括原材料供应商信息、检测样本来源、检测设备使用情况、检测人员操作记录以及检测数据处理过程等。为每个检测样本赋予唯一的标识码,如条形码或二维码,通过扫描该标识码可查询到样本从原材料到最终检测结果的全生命周期信息。建立质量追溯数据库,将所有记录信息进行存储和管理,方便随时追溯查询。当工程出现混凝土质量问题时,可通过追溯体系快速定位问题根源,是原材料问题、检测过程问题还是施工过程中的其他因素导致。依据追溯结果对相关责任方进行问责,促使各方更加重视检测工作质量。定期对质量追溯体系进行评估和优化,不断完善记录内容和追溯流程,提高追溯效率和准确性,为水利工程混凝土质量持续改进提供有力保障。

(九) 注重检测环境控制与优化

在实验室检测方面严格控制温度、湿度等环境参数,混凝土试件的标准养护室应保持温度在 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度在95%以上,为此需配备高精度的温湿度调节设备和监控仪器,确保环境条件稳定且符合标准要求。对于现场检测,要注意天气、场地等环境因素。在进行混凝土抗渗性检测时避免在雨天或湿度较大的环境下进行,以免影响检测结果准确性。对检测场地进行平整、清理,保证检测设备放置平稳、操作方便。通过采用环境模拟设备,在实验室模拟不同的工程环境条件,对混凝土在特殊环境下的性能进行检测和研究,为水利工程在复杂环境中的混凝土质量控制提供更全面的数据支持,优化检测环境

以提高检测结果的可靠性和有效性。

结束语

总之,水利工程建设中的混凝土检测是一项系统而复杂的工作,其重要性贯穿于工程建设的全过程。针对检测过程中出现的各类常见问题及其背后的深层次原因进行剖析,为解决这些问题提供了清晰的方向。在未来的水利工程建设中,应持续关注混凝土检测技术的发展动态,不断加强检测工作的管理与创新,确保混凝土质量始终处于可控状态,从而为水利工程的安全运行、长久耐用奠定坚实基础,为社会经济的可持续发展提供有力支撑,使水利工程在保障民生福祉、推动区域发展等方面发挥出更大的效益。

[参考文献]

- [1]吴世辉.水利工程中混凝土检测试验与质量控制研究[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(29):157-159.
- [2]靳璐.混凝土原材料对水利工程混凝土性能的影响与检测控制[J].黑龙江水利科技,2022,50(02):73-74+123.
- [3]何婷,张永捷.水运工程中混凝土检测试验及其质量控制[J].运输经理世界,2021,(32):143-145.
- [4]葛朝阳,朱晓英,陈锋.水利工程建设中混凝土检测探析[J].建材发展导向,2021,19(20):55-56.
- [5]任众.水利工程中混凝土检测试验及其质量控制途径[J].黑龙江水利科技,2019,47(04):135-136.
- [6]魏新福.探析水利工程的混凝土检测与质量管理[J].建材与装饰,2019,(08):289-290.