

# 基于无损检测的水利工程施工质量检测方法

谈斌海

浙江通源工程科技有限公司 浙江湖州 313000

**摘要:** 为了提高水利工程施工质量检测的精准性和效率,采用无损检测技术对工程材料和结构的内部缺陷进行评估。通过分析超声波检测、红外热成像、地质雷达等多种无损检测方法,研究其在水利工程施工各阶段的适用性及技术特点。研究表明,无损检测技术能够在不破坏结构的前提下,准确发现施工过程中的隐蔽问题,有效提升施工质量管理水平。此外,结合不同检测手段的综合应用与优化选择,可以进一步提高检测精度和可靠性。引入人工智能、大数据等先进技术有助于推动无损检测的智能化发展,为水利工程施工质量控制提供可靠的技术支持。

**关键词:** 无损检测;水利工程;施工质量;超声波检测;红外热成像;地质雷达

## 引言

近年来,水利工程作为国民经济和社会发展的重要基础设施,其施工质量备受关注。随着工程规模的扩大和复杂性的增加,传统的破坏性检测方法已无法满足高效、精准的质量检测需求。无损检测技术因其在不破坏结构的前提下对材料和结构内部缺陷进行评估的优势,逐渐成为水利工程施工质量检测的重要手段。该技术不仅能够提高检测效率,还能更早发现隐蔽问题,确保工程的安全性和耐久性。因此,深入研究无损检测技术在水利工程中的应用,对于提升工程质量、降低施工风险具有重要的现实意义。文章将探讨几种常见的无损检测方法及其在水利工程施工中的具体应用,为未来工程质量检测提供技术支持。

## 一、无损检测技术的基本原理与分类

### (一) 无损检测的定义与特点

无损检测(Nondestructive Testing, NDT)是一种在不破坏材料或结构的前提下,通过物理、化学或机械方法对其内部或表面的缺陷、性质和状态进行检测和评估的技术。与传统的破坏性检测方法不同,无损检测能够在不改变结构原有性能的情况下提供可靠的质量数据。因此,它在确保工程完整性的同时,避免了因检测过程导致的损坏或资源浪费。无损检测技术的主要特点包括:第一,安全性高。在不破坏结构的基础上,能够评估材料的强度、完整性和潜在的缺陷。第二,检测范围广泛。无损检测技术不仅适用于金属材料,还能应用于混凝土、复合材料等多种工程材料。第三,检测效率高。相比传

统的破坏性检测,操作简便、速度快,适合大面积或复杂结构的检测。第四,经济性好<sup>[1]</sup>。由于不破坏材料或结构,无损检测能够在施工、运行、维护阶段多次使用,从而节省检测成本。

### (二) 常见无损检测技术分类

无损检测技术分类方法很多,常用的分类依据有:探测原理、探测对象和探测环境。在水利水电工程中,常用的无损检测方法有超声法、红外热像法和地雷达法等。超声检测技术是利用声波在材料中的传播特性来探测材料内部的缺陷。它的基本原理是利用声波在介质中传播的速度及反射信号的变化来判断介质中是否存在裂缝、孔洞等不连续体。超声检测因其穿透性强,探测深度大,特别适合对混凝土等厚结构进行检测。红外热像技术是利用红外辐射对物体表面进行探测,分析物体表面的温度分布,从而发现材料内孔洞和渗漏的非接触探测,特别是在水利工程渗漏监测方面具有突出的应用价值<sup>[2]</sup>。地质雷达是部的缺陷和温度异常。由于材料内部缺陷引起的局部温变,红外热成像技术可以实现对材料内部裂纹、利用电磁波在地下传播时,所遇到的各种介质的反射、衰减特性,对地下构造进行探测。该技术在水利水电工程中广泛应用,如地基探测,地下水探测,岩土结构分析等。

### (三) 无损检测技术在水利工程中的重要性

在水利水电工程中,无损检测技术发挥着不可替代的作用,对保证工程质量与安全具有重要意义。水利水电工程建设中,往往涉及大量的混凝土、钢结构及地下设施,其结构形式复杂、隐蔽、多变。因此,传统的破

破坏性检测方法已很难满足工程全寿命周期质量控制的需要。而无损检测能在施工、运营、维修等各个阶段对工程质量进行实时、全面地监测,避免传统检测方法带来的破坏性和资源浪费。首先,无损检测能及时检测出施工及运营过程中出现的裂纹、孔洞、夹杂等结构缺陷,以达到在早期解决隐患的目的,避免因小缺陷而引发大质量隐患。其次,在水利工程运行期,利用无损检测技术,监测混凝土结构老化、钢结构锈蚀、渗漏等状况,达到延长工程使用寿命和提高安全性的目的。

## 二、无损检测技术在水利工程施工质量检测中的应用

### (一) 超声波检测在混凝土结构中的应用

超声波检测技术在混凝土结构中的应用主要是通过高频声波在混凝土中的传播和反射特性,检测其内部的缺陷和不均匀性。这种技术常用于水利工程中的大坝、堤坝、隧道等结构。例如,在某水库大坝的建设过程中,施工方通过超声波检测发现了混凝土内部一条约6米长的裂缝。这一发现促使工程师及时采取补救措施,防止未来可能发生的渗漏或结构失效。通常情况下,超声波在混凝土中的传播速度为3000至4500米/秒,如果混凝土内部存在空隙或裂缝,声波传播的速度会减慢,或者产生异常的反射信号。通过分析声波的衰减、反射时间等参数,可以精准定位裂缝或缺陷的位置和规模。例如,在某一检测中,声波的反射时间比预期长,工程师据此确定了混凝土结构中存在空气夹杂现象<sup>[3]</sup>。超声波检测的优点是能够对较厚的混凝土进行深度检测,并且在破坏结构的情况下,实时提供内部缺陷信息。此外,它还可以在施工后的监测和维护阶段使用,帮助延长结构的使用寿命。其局限性在于,超声波检测对操作人员的技术要求较高,需要具备经验和专业知识来准确解读检测数据。

### (二) 红外热成像技术在渗漏检测中的应用

红外热像技术通过探测物体表面的热辐射,分析其内部温度分布,进而判断材料内部是否存在异常。这一技术在水利水电工程渗漏监测中得到了很好地应用。红外热成像技术可以在不与被测物体接触的前提下,快速探测出因水渗透而产生的温度差,进而定位漏点。例如,利用红外热成像技术,成功地发现了某水电站大坝存在的微小渗漏问题。从红外图像上可以看出,水渗入部位的温度比正常部位要低得多,工程技术人员据此可以准确地定位出渗漏点,并采取相应的封堵措施。实际运行表明,对已发现的渗漏点采用红外热像仪进行修补,可

使渗漏量降低50%以上,有效地提高了工程的安全性。红外热像技术的优点是能够及早发现水利工程中存在的渗漏隐患,避免后续可能造成的结构破坏。

### (三) 地质雷达在地下结构检测中的应用

地质雷达是利用高频电磁波对地下构筑物进行无损检测的一种新方法,在水利工程中广泛应用。它是将电磁波发射到地下,当波遇到不同的介质或结构时,会发生反射、折射等现象,再由接收器捕捉,从而得到地下构造的图像。某大型水利水电工程,施工方采用地质雷达探测技术,对大坝下游地层及土体结构进行探测,结果表明,地质雷达具有良好的探测效果。检测结果表明,某地下结构中存在异常信号,经进一步分析,证实了该区域存在非均匀土层,存在潜在的滑动风险。在此基础上,设计人员根据实测资料,对设计及施工方案进行了调整,以避免可能出现的基础失稳。地质雷达的优势在于它可以探测到地下几十米甚至更深的土层,并具有高分辨率的岩石、土壤和地下水。该方法适用于地下水位变化、裂缝分布及土体密度测量,尤其在大型水利工程地基检测中具有重要应用价值。

### (四) 综合运用无损检测技术提高检测精度

水利工程无损检测技术已不再局限于某一种检测方法,而应综合使用多种检测方法,以提高检测的准确性和可靠性。例如,在一座大型大坝建设中,勘测小组首先利用地质雷达对坝体下的基础结构做了初步扫描,以确定可能的异常区域。然后,利用超声检测技术,对大坝混凝土结构进行了检测,确定了混凝土内部的裂缝状况。最后,利用红外热像技术监测坝体表面温度分布,及时发现可能的渗漏点<sup>[4]</sup>。综合运用多种无损检测技术,不仅能提高检测精度,而且能从多个角度全面评价工程结构。如对红外热像检测发现的渗漏问题,可利用超声技术对裂缝深度及位置进行进一步确认,以保证修复措施的有效性。

## 三、基于无损检测的水利工程施工质量检测优化建议

### (一) 检测方法的优化与选择

在水利工程施工中,选择合适的无损检测方法至关重要。不同的检测技术各有其优势和局限性,合理的优化与选择能够大大提高检测的精度和效率。例如,超声波检测适合检测混凝土内部的深层缺陷,而红外热成像更适合检测大面积的渗漏问题。因此,在实际应用中,需要根据施工材料、检测对象以及检测目标的不同,综

合运用多种检测手段，以确保全面的检测效果。在某水库大坝施工中，工程师采用了超声波检测和红外热成像相结合的方法。首先使用超声波检测对大坝的混凝土结构进行内部裂缝的初步评估，然后使用红外热成像技术进行渗漏检查。这种组合方式确保了检测结果的准确性和全面性，同时节省了检测时间和成本。

## （二）先进检测技术的引入与发展

随着科学技术的不断发展，各种先进的无损检测技术已应用于水利水电工程中。近年来，一些新的检测技术如激光超声波法、声发射法和全波形反演技术正逐步应用到水利建设工程质量检测中。与传统检测方法相比，该方法具有检测数据更精细、检测效率更高等优点。例如，声发射技术能够实时监控结构内部微裂纹的萌生与扩展。这对于长时间运行的水利设施，如水坝、隧道，特别重要，它可以帮助工程人员在裂缝扩展到危及建筑物安全之前，采取预防性维修措施。利用声发射技术对某水利工程大坝进行健康监测，及时发现大坝内部存在的大量潜在裂纹，从而有效地防止了工程后期的失效。因此，在水利工程中引入并开发先进的检测技术，将极大地提高水利水电工程质量检测水平，保障水利工程长期安全稳定运行。

## （三）检测技术在施工全过程的应用

为了保证工程质量的持续稳定，无损检测技术不能只在工程竣工后才能实施。例如，地质雷达技术可用于混凝土浇筑前的地基均匀性检测，保证施工环境稳定。采用超声波检测技术，实时监测混凝土的凝结度及密实度，保证施工质量符合要求。工程竣工后，采用红外热像技术对整个结构进行渗漏检测，以评价整体质量状况<sup>[5]</sup>。在某大型水利建设工程项目中，采用非破坏性测试方法，贯穿整个施工过程。利用地质雷达探测地基，利用超声技术实时监测混凝土浇筑质量，并利用红外热像对大范围渗漏进行检测。将无损检测技术应用于施工全过程，有助于建设单位及时发现施工过程中存在的问题，从而保证整个工程的质量。

## （四）提升技术人员的培训与管理

无损检测的检测精度与效果，除了依靠先进的检测设备外，还与操作者的技术、经验密切相关。因此，加强专业技术人员的培训和管理，对于提高检验质量至

重要。对于无损检测技术人员来说，除了要熟练掌握各种测试设备的使用方法之外，还要具有对数据进行分析判断的能力，能对测试结果进行正确解读，并提出优化意见。在某水利水电工程中，施工方对检测人员进行了专门的无损检测技术培训，主要内容包括超声、红外热像仪、地质雷达等多种检测手段的应用及数据处理。通过模拟测试与现场实践，使技术人员迅速掌握各种测试方法的运用技巧，熟练地对测试数据进行分析。本项目的研究成果将显著提高检测精度与效率，为保障建筑质量提供可靠保障。因此，系统化、经常性的技术培训和严格的管理制度是提高无损检测效果的重要保证。

## 结论

综上所述，无损检测技术在水利工程施工质量检测中具有显著优势，不仅能够在不破坏结构的前提下对材料和结构的内部缺陷进行评估，还能提高检测效率和准确性。文章通过分析超声波检测、红外热成像、地质雷达等常用的无损检测手段，探讨了其在不同施工阶段中的具体应用，并针对现有检测技术提出了优化建议，包括技术组合的合理选择、先进技术的引入及检测全过程的应用等。这些措施有助于提升水利工程的质量管理水平。随着人工智能和大数据等新兴技术的引入，无损检测技术将逐步实现智能化和自动化，进一步提高其在水利工程施工中的应用效果，为未来的工程质量控制提供更加可靠的技术保障。

## 参考文献

- [1] 尚国枫. 水利工程质量检测中无损检测技术的实践应用[J]. 中华建设, 2024, (01): 123-124.
- [2][1] 孙丹丹, 徐昕, 刘昱, 等. 水利工程桩基无损检测技术研究与应用[J]. 水科学与工程技术, 2023, (05): 94-96.
- [3] 黄泽光. 水利工程中无损检测技术的应用探究[J]. 水上安全, 2023, (08): 157-159.
- [4] 赵鹏飞. 无损检测技术在水利工程质量检测中的应用研究[J]. 低碳世界, 2022, 12(12): 76-78.
- [5] 廖文强. 水利工程中无损检测技术应用研究[J]. 大众标准化, 2022, (21): 59-60+63.