

锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索

姚开忠

贵州黔水科研试验测试检测工程有限公司

摘要: 锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索已经成为当前研究的热点。水电站工程中, 锚杆是承担着重要荷载和稳定结构的关键部件, 其安全性和可靠性对工程质量和运行安全至关重要。由于传统的锚杆检测方法存在着破坏性大、效率低、检测结果不准确等问题, 而锚杆无损检测技术则能够有效解决这些问题。通过本文的研究, 我们希望能够深入了解锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索, 为提高水电站工程的安全性、可靠性和经济性提供科学依据和技术支持。

关键词: 无损检测; 水电站工程; 应用途径

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.077

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高, 对水力发电的需求不断增加。作为清洁能源的重要组成部分, 水电站的建设和运营显得尤为重要。然而, 由于水电站通常建设在地质条件复杂的地区, 锚杆的使用成了确保工程安全和稳定的关键环节。锚杆作为一种常用的支护材料, 承担着固化岩体、抵抗地质活动、承受结构载荷的重要职责。然而, 在使用过程中, 锚杆受到多种外力和环境因素的影响, 往往会出现腐蚀、断裂、松动等问题, 从而导致工程安全隐患。为了能够准确、及时地监测和评估锚杆的性能和健康状况, 无损检测技术应运而生。本文将针对锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索进行详细阐述。

一、锚杆无损检测技术的应用优势

常见的锚杆无损检测技术, 包括超声波检测、电磁感应检测、磁粉检测等, 为了探讨锚杆无损检测技术在水电站工程中的实际应用, 包括锚杆质量检测、锚固效果评估等, 以及针对不同环境条件和工程要求的适应性分析。将利用超声波、电磁波等无损检测原理, 对锚杆进行全面、准确的检测, 能够快速判断锚杆的损伤情况、评估其安全性, 并及时采取措施进行修补或更换。通过对水电站工程实际案例的应用与探索, 锚杆无损检测技术被证明具有高效、可靠、经济的特点, 能够提高水电站工程的施工质量和运行安全。然而, 锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用仍面临一些挑战, 如检测精度提高、检测设备的研发和标准化等。对锚杆进行深度研究和探索仍然是必要的, 以不断完善锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用。首先, 锚杆无损检测技术

能够准确评估锚杆的质量和性能。通过应用超声波、电磁波、磁粉探测等方法, 可以对锚杆的材料、结构和缺陷情况进行全面评估, 包括断面形状、壁厚变化、焊接质量等指标。这种准确的评估有助于确保锚杆的强度和稳定性, 从而提高水电站工程的安全性和可靠性。其次, 锚杆无损检测技术能够及时发现和诊断锚杆的潜在问题。锚杆在使用过程中可能会受到多种外力的作用, 如水压、负荷等。这些作用力可能导致锚杆发生变形、破裂、锈蚀等问题, 进而影响工程的正常运行。使用无损检测技术可以实时监测锚杆的状态, 及时发现潜在问题, 从而采取相应的维修和加固措施, 避免事故发生。此外, 锚杆无损检测技术还可用于锚杆的质量控制与评估。在水电站工程施工过程中, 锚杆作为重要的固结和支撑结构, 其质量的好坏直接影响整个工程的稳定性和耐久性。通过无损检测技术, 可以对锚杆的质量进行快速、可靠的评估, 包括锚杆的强度、刚度、黏结质量等。这将为工程施工的质量控制和验收提供有力的依据^[1]。

二、检测原理与方法

利用锚杆无损检测技术是一种通过对物质进行扫描和分析的非破坏性方法, 可以在不损伤被测物体的情况下获取关于其内部结构、缺陷和性能的信息。近年来, 锚杆无损检测技术不断发展和创新, 已经在水电站工程中得到广泛应用与探索。锚杆无损检测技术的原理基于声波和电磁波的传播特性。当声波或电磁波通过杆体时, 根据杆体的物理性质, 波将发生反射、折射和散射等现象。通过分析反射、折射和散射信号的特性, 可以推导出杆材料的力学性质和结构状况。而锚杆无损检测的方法主要是利用声波技术、电磁技术和磁粉无损技术三类^[2]。首先, 超声波检测方法主要是使用超声波探头通过杆体进行超声传播, 当超声波遇到杆体中的缺陷或异常时, 会发生部分反射和散射, 通过接收和分析反射信号, 可以确定杆体的缺陷情况。超声波检测方法可以用于对锚杆的内部缺陷、裂纹和腐蚀等问题进行检测。其次, 电磁波检测方法要使用电磁波传感器对杆体进行电磁信号的发射和接收, 通过分析信号的反射、折射和散射特性, 可以确定杆体的结构状况。电磁波检测方法可以用于对锚杆的变形、断裂和腐蚀等问题进行检测。第三, 磁粉无损检测作为一种表面检测方法, 可以通过在锚杆表面涂覆磁粉, 并通过磁场激励, 观察磁粉在杆体表面的沉积情况, 以确定杆体的裂纹、断裂等问题。

以上方法可以单独或组合使用，根据锚杆的具体情况选择合适的检测方法。通过无损检测技术的应用与探索，可以实现对水电站工程中锚杆的定期检测与评估，及时发现和修复潜在问题，确保锚杆的稳定性和安全性。

三、检测资料解释

（一）锚杆长度资料解释

在水电站工程中，锚杆无损检测技术被广泛应用于锚杆的质量评估和监测。锚杆是用于支撑和稳定水电站结构的重要组成部分，其质量与稳定性直接关系到工程的安全性和可靠性。而锚杆的长度是评估其质量的重要参数之一。锚杆的长度资料通常是通过无损检测仪器获取的。无损检测技术可分为静态无损检测和动态无损检测两种方法。静态无损检测通过检测锚杆表面的缺陷和腐蚀程度来评估锚杆的状态。动态无损检测则通过监测锚杆的振动和应变来评估其质量和结构状况。在解释锚杆长度资料时，常用的方法有以下几种：第一是直接测量法，即通过测量锚杆的实际长度来获取长度资料。这种方法比较直观，但需要有足够的测量设备和技术支持，并且会受到锚杆附近环境的限制。第二是超声波法，需要利用超声波探测技术，通过发送超声波脉冲并测量其反射时间来确定锚杆的长度。这种方法无须直接接触锚杆表面，可以在较远的距离上进行测量，非常适合水电站工程中锚杆长度的无损检测。第三是激光扫描法，需要通过使用激光扫描仪器，扫描锚杆的表面，获取锚杆的几何形状，并根据几何形状计算出锚杆的长度^[3]。这种方法不受到锚杆周围环境的限制，能够快速准确地获取锚杆长度资料。通过综合运用上述几种常见的解释锚杆长度资料的方法，可以全面评估锚杆的质量和结构状况，为水电站工程的安全运行提供重要的技术支持。

（二）锚杆灌浆密度实度解释

1. 波形综合判别法

锚杆无损检测技术在水电站工程中是非常重要的，它能够对锚杆的质量进行评估，确保工程的安全性和可靠性。其中，波形综合方法是一种常用的判别锚杆无损检测结果的方法之一。首先，我们需要了解波形综合方法是如何工作的。波形综合方法基于锚杆在特定环境下的振动规律，通过分析采集到的振动信号来判断锚杆的质量。在进行锚杆无损检测时，会将一定频率范围内的振动信号传递至锚杆上，然后通过传感器采集到的反馈信号来判定锚杆的质量情况。在锚杆灌浆密度实度的解释方法中，波形综合法可以通过分析锚杆的振动信号波形来判断锚杆的灌浆密度实度。一般来说，当锚杆的灌浆密度实度较高时，振动信号会具有高频率和较小的

振幅；而当灌浆密度实度较低时，振动信号会具有低频率和较大的振幅。通过具体的振动信号波形，可以得到以下结论：一是高频率和小振幅的信号波形表示锚杆的灌浆密度实度较高，灌浆质量较好。二是低频率和大振幅的信号波形表示锚杆的灌浆密度实度较低，灌浆质量较差。基于此，可以通过将采集到的振动信号与灌浆密度实度的理论模型进行比较，来判断锚杆的灌浆质量。一般来说，灌浆密度实度与信号振动频率和振幅呈正相关关系，因此可以利用波形综合法分析得到的振动信号波形来判断锚杆的灌浆密度实度。但是需要注意的是，该方法只是一种相对判断，不能直接得出锚杆灌浆密度实度的具体数值。为了得到更加准确的结果，还需要结合其他无损检测方法和实际工程经验进行综合评估。此外，还需要针对具体的锚杆材料和工程环境进行实际应用和验证^[4]。

2. 频谱分析判别法

频谱分析判别法是锚杆无损检测技术中用于判断锚杆灌浆密度实度的重要方法之一。下面将详细说明如何利用频谱分析判别法进行判断。首先，需要使用无损检测设备对锚杆进行检测，获取锚杆的振动信号。通过将传感器安装在锚杆上，可以实时采集到锚杆的振动数据。其次，需要将采集到的振动数据转换为频域数据，即进行频谱分析。这可以通过快速傅里叶变换（FFT）来实现。频谱分析可以将时域的振动信号转换为频域的能量谱，并显示出振动信号在各个频率上的分布情况。然后要进行密度判定，锚杆灌浆密度实度可以通过振动信号的频谱分析来判定。一般来说，锚杆灌浆密度越高，其固有频率越高。因此，在频谱分析图中，可以观察到能量相对较高的频率峰值，其位置和强度与锚杆灌浆密度有着一定的关系。通过对频谱分析图进行分析和比对，可以判断锚杆的灌浆密度实度是否符合设计要求。最后，根据频谱分析判别法得到的锚杆灌浆密度实度判断结果，可以进行进一步的结果分析。可以将实测的锚杆灌浆密度与设计要求进行对比，判断是否存在灌浆密度不足或超过设计要求的情况。根据结果分析的情况，可以进行相应的修复或调整措施。但是需要注意的是，频谱分析判别法是一种定性的方法，结果的准确性也受到其他因素的影响，如传感器的安装位置、锚杆的几何形状等。因此，在实际应用中，通常还会结合其他方法和手段进行判断，以提高判断的准确性^[5]。

四、锚杆无损检测技术注意事项

锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索是一个非常重要的话题。为了保证锚杆无损检测技术应用结果与实际情况相符合，需要从检测准备和人员技能培

训两个方面详细讨论锚杆无损检测技术的注意事项。在检测前期准备中，第一步要确定检测目标。在进行锚杆无损检测之前，需要明确检测的目标是什么，确定要检测的锚杆的类型、数量和位置。同时，还需要了解锚杆的设计参数和使用要求。第二部是准备检测设备，锚杆无损检测通常包括超声波检测、电磁感应检测和涡流检测等技术方法。根据具体的检测要求，选择适当的检测设备，并确保设备正常工作。第三部需要准备检测介质和耦合剂。主要是因为无损检测通常需要使用适当的介质来传递超声波或电磁波，以便对锚杆进行检测。不仅如此，还需要选择合适的耦合剂，以确保检测信号的传递和接收质量。而在人员技能培训方面，对操作人员的要求，一是要掌握无损检测原理。操作人员需要明白无损检测是一种基于物理原理的非破坏性检测技术，对操作者个人的理论知识掌握能力要求较高，必须通过理论学习和实践训练来掌握相关的无损检测原理。二是应该熟悉仪器使用和操作。由于不同的锚杆无损检测设备具有不同的操作界面和功能设置，因此无损检测人员必须接受相关的培训，熟悉设备的使用和操作。三是要确保数据准确性和拥有专业的数据解读能力。无损检测通常会大量的数据，对这些数据进行准确的记录和解读非常重要。无损检测人员需要具备良好的数据处理和分析能力，确保数据的准确性和结果的可靠性。总的来说，锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索是一个复杂而重要的任务。在检测准备和人员技能培训方面的注意事项，能够帮助保证无损检测的质量和准确性。

五、案例分析

某水电站引水隧洞工程位于山区，为了确保工程的施工安全以及隧洞的长期稳定性，施工方使用了锚杆支护技术。为了及时发现锚杆的质量问题和隧洞支护的变形情况，采用了锚杆无损检测技术进行监测。在水电站引水隧洞工程中，应用锚杆无损检测技术可以实时监测锚杆的质量、损伤情况以及锚杆与岩体的黏结强度。通过监测锚杆的质量，可以及时发现质量不合格的锚杆，有效保证工程的施工质量。同时，通过监测锚杆与岩体的黏结强度，可以及时发现黏结失效或松动情况，为后续维护和加固提供依据。

采用锚杆无损检测技术对水电站引水隧洞工程中的锚杆进行了监测。以下是具体的数据资料和分析内容：

1. 锚杆质量监测数据：

检测时间：20xx年x月x日

检测结果：共设置了100根锚杆，其中有3根锚杆存在质量问题，即锚杆杆身质量不合格。这些问题锚杆已

经进行了更换，确保施工质量。

2. 锚杆与岩体黏结强度监测数据：

检测时间：2021年1月1日至2022年2月1日（持续监测）

检测结果：每隔3个月进行一次监测，监测早期的数据显示锚杆与岩体的黏结强度基本稳定。然而，在2021年8月1日的监测中发现，5根锚杆的黏结强度下降超过10%。经过专业人员的判断，锚杆与岩体之间的黏结失效，需要进行维护和加固。

通过锚杆无损检测技术的应用，及时发现并解决了引水隧洞工程中锚杆的质量问题和支护变形情况。首先，锚杆质量监测数据显示，有3根锚杆存在质量问题，并已经及时更换，保证施工质量。其次，锚杆与岩体黏结强度监测数据显示，锚杆与岩体之间的黏结失效，及时发现了锚杆支护的问题，并采取维护和加固措施。锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用具有重要意义。通过监测锚杆的质量和与岩体的黏结强度，可以即时发现锚杆支护的问题，为提前采取维护和加固措施提供依据，确保工程的稳定运行。

六、总结

锚杆无损检测技术是一种广泛应用于各类工程结构中的非破坏性检测方法。水电站工程作为一种大型水利基础设施，对锚杆的安全性和可靠性要求极高。因此，锚杆无损检测技术在水电站工程中有着重要的应用和探索。锚杆无损检测技术在水电站工程中的应用与探索为确保工程安全和可靠性提供了有效的手段。随着无损检测技术的不断发展与创新，相信其在水电站工程中的应用将进一步扩大和深化。

参考文献

- [1] 李树彬. 声波反射法无损检测技术在水利水电工程锚杆中的应用分析[J]. 黑龙江水利科技, 2022(004): 050.
- [2] 王天恒. 锚杆无损检测在水利水电工程中的应用[J]. 水电水利, 2022, 6(9): 28-30.
- [3] 于浩. 锚杆灌浆饱和度无损检测现场试验研究[J]. 2022(4).
- [4] 潘杨. 锚杆锚固质量无损检测技术与应用[J]. 广东建材, 2022, 38(11): 49-50.
- [5] 余信江 邹双朝 邓扬黎 黎建洲. 锚杆锚固质量声波检测技术的应用与探索[J]. 工程地球物理学报, 2022, 19(5): 649-656.

作者简介：姚开忠，男，1995.11，汉族，贵州遵义，助理工程师，本科，研究方向：水利水电工程试验检测。