

大坝安全监测设备故障检测与定位的措施研究

张玉俊 刘纯发

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西西安 710000

摘要：大坝安全监测是确保水坝结构稳定性与预防水灾的关键措施。随着技术的发展，监测设备在大坝安全系统中扮演着越来越重要的角色。然而，监测设备的故障会直接影响到监测结果的准确性和可靠性。本文旨在探讨大坝安全监测设备中故障检测与定位的措施，分析常见的故障类型及其检测方法，并提出一套故障定位的解决方案。

关键词：大坝安全监测；设备故障；定位措施

大坝作为重要的水利工程设施，其安全稳定直接关系到下游人民的生命财产安全和区域生态平衡。近年来，大坝安全监测技术得到了迅速发展，多种监测设备被广泛应用于实时监控大坝的结构健康状况。然而，监测设备本身也可能出现故障，这些故障如果不能及时发现和排除，将严重影响监测数据的准确性，从而对大坝安全造成误导。

一、大坝安全监测的重要性

大坝安全监测对于维护水利枢纽工程的稳定性、预防灾害性事件、保护公共安全以及环境管理具有至关重要的作用。通过实时监测大坝的结构状况和运行情况，可以在早期阶段发现潜在的问题，如裂缝、渗漏、结构变形或水文地质条件的变化，从而及时采取维修和加固措施，防止小问题演变成灾难性的事故。大坝的失事不仅可能导致下游地区的洪水灾害，威胁人们的生命和财产安全，还可能对生态系统造成严重破坏，包括影响水质、破坏水生和陆地生态平衡。此外，大坝监测还有助于优化水库的运营管理，例如，调整水库的蓄水和泄洪策略，以适应变化的气候条件和水文周期，确保水资源的有效利用和电力供应的稳定^[1]。

二、大坝安全监测设备常见故障类型

在大坝监测系统中，传感器负责采集有关大坝结构和环境的各种数据。传感器一旦发生故障，可能会导致测值不稳、测值异常或错误等问题。例如，渗压计如果失效，将无法准确监测到大坝内部的水压力变化，这直接关系到大坝的安全评估。因此，传感器的正常工作是确保监测数据准确性的基础。在大坝监测系统中，测控单元是连接传感器和数据处理中心的关键环节。其负责接收传感器信号，进行初步处理并传输至数据中心。测

控单元故障会表现为数据采集模块呼叫不通。这类故障会导致整个监测系统的数据传输中断，从而影响数据分析和安全评估。通讯系统在大坝监测设备中承担着数据传输的任务。通讯故障会使得监测数据无法实时传输至监控中心，导致监测数据丢失或延迟，影响大坝安全管理的及时性和有效性。特别是在恶劣天气条件下，通讯系统的稳定性尤为重要。电源是保障监测设备正常运行的关键因素之一。电源故障可能由于多种原因引起，如电池老化、线路损坏等。电源问题不仅会导致监测设备无法正常工作，还可能因为突然断电而损坏设备内部的电子元件，增加维护成本和难度。

三、大坝安全监测设备故障检测技术

1. 物理检测方法

物理检测方法在大坝安全监测中扮演着不可或缺的角色，它们通常涉及直接的感官观察与物理量例如，通过定期的视觉检查，技术人员能够发现大坝结构中的裂缝、腐蚀或者混凝土剥落等明显的物理缺陷。这种方法简单易行，但需要专业人员具有丰富的经验来判断问题的严重性。此外，物理检测还包括使用精密仪器进行更为精确的测量，如采用激光测距仪来监测大坝的位移或者变形情况。这些高精度的设备能够在早期阶段就检测到微小的变化，为预防潜在的安全隐患提供了可能。声波检测技术也是一种常用的物理检测方法。通过分析声波在大坝材料中的传播速度和波形，可以评估其内部结构的完整性。如果大坝内部存在空洞或者裂缝，声波的传播将会受到影响，从而被设备捕捉并报警。此外，超声波检测能够提供更为深入的材料性质分析，包括弹性模量、密度、以及内部应力分布的估计^[2]。

2. 化学检测方法

化学检测方法主要应用于监测大坝建材及其周围环境中的化学变化。例如,通过分析水质的化学成分,可以及时发现污染物的泄漏或渗透问题。这种检测对于评估大坝的防渗性能至关重要。同时,化学检测也被用于监测大坝混凝土和金属结构的腐蚀情况。通过分析混凝土样本中的酸碱度、含盐量以及其他化学物质的含量,可以预测材料的退化速度,从而提前采取维护措施。此外,利用特定的化学试剂,技术人员能够检测到应力引起的微细裂缝,因为这些裂缝往往会释放出特定的化学物质。通过定期采集大坝各部位的样品并进行实验室分析,可以及时发现这些化学信号的变化,从而实现大坝稳定性的实时监控。

3. 电子检测方法

电子检测方法在大坝安全监测中发挥着核心作用,这类技术以其高精度和实时监控能力而被广泛采用。其中,传感器技术是最常见的电子检测手段之一。通过安装在大坝关键部位的传感器,可以持续监测温度、压力、位移等多种物理参数。这些传感器收集的数据通过数据采集系统实时传输至监控中心,使得技术人员能够及时分析大坝的结构状态。另外,电子测量仪器如应变计、测斜仪等也被广泛应用于监测大坝的稳定性。这些设备能够提供连续的电子信号输出,便于远程监控和数据分析。例如,应变计能够精确地测量混凝土或金属结构中的微小变形,而这些变形往往是由于应力变化引起的。通过长期跟踪这些数据,技术人员可以掌握大坝在不同季节和不同工况下的变形规律,从而评估其安全性。

四、大坝安全监测设备故障定位技术

1. 信号处理定位法

信号处理定位法在大坝安全监测中扮演着关键角色。该方法通过对采集到的监测信号进行放大、过滤和变换,可以有效识别出故障信号的特征。利用这些特征,技术人员能够准确地判断故障的位置和严重程度。例如,当渗压计信号异常时,通过分析信号的变化趋势和波动模式,可以确定是传感器故障还是周边环境变化所致。此外,信号处理还可以结合时间序列分析,进一步精确故障的时间点和持续时长,为后续的维修工作提

供科学依据^[3]。

2. 图像处理定位法

图像处理定位法是通过分析监测设备拍摄的图像来确定故障位置的一种高效技术。在大坝安全监测中,该方法主要应用于对大坝表面和结构的可视化检查。利用高清摄像头定期捕捉大坝各部位的图像,然后通过图像识别软件分析这些图片,以识别出裂缝、滑坡等明显的结构损伤。图像处理技术不仅能精确到具体的损坏位置,还能提供损坏程度的直观描述,如通过比较不同时间点的图像差异来评估裂缝的扩展速度。

3. 传感器网络定位法

传感器网络定位法依赖于一系列密集布置的传感器节点,这些节点共同构成了一个大坝监测网络。每个节点都具备数据采集和传输的功能,能够实时监测大坝的安全状态。当某个或某些传感器检测到异常数据时,可以通过分析这些异常数据在网络中的分布模式来确定故障的具体位置。这种方法的优势在于其空间覆盖广和监测点密集,能够实现对大坝全域的实时监控,大大提高了故障定位的准确性和及时性。

结语

本文系统地分析了大坝安全监测的必要性,并提出了相应的技术措施。通过对比分析不同的故障检测方法和定位技术,研究发现综合运用多种技术手段可以显著提高故障诊断的准确率和效率。未来应加强对大坝监测设备故障自愈能力的研究,以及提升监测系统的智能化水平,以期实现对大坝安全监测设备故障的自动预警和快速响应,确保大坝安全监测的持续可靠。

参考文献

- [1] 张涛. 水库大坝安全监测存在的问题与对策[J]. 水利技术监督, 2024, (04): 31-33+38.
- [2] 刘恒, 熊敏, 罗正英, 等. 大坝安全监测设备故障检测与定位方法研究[J]. 大坝与安全, 2024, (02): 11-16.
- [3] 姜毅博, 陈琨, 丁玉江, 等. 论大坝安全监测现状及监测设备故障处理[J]. 云南水力发电, 2023, 39(11): 80-83.