

水利水电工程中的大坝安全监测技术探究

郭 威

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘 要：水利水电工程中的大坝安全监测技术至关重要，它利用现代科技手段对大坝进行实时监测和预警。这些技术不仅包括高精度的位移、应力监测，还涉及无人机巡查和物联网与云计算的结合等创新应用。这些技术能够准确评估大坝的安全状况，及时发现潜在风险，并为工程维护提供科学依据。随着科技的不断发展，大坝安全监测技术将持续优化与创新，为水利水电工程的安全运行提供坚实保障。

关键词：水利水电工程；大坝安全；监测技术

引言：水利水电工程中的大坝安全监测技术是确保大坝稳定运行、防范潜在风险的关键环节。基于此，深入探究大坝安全监测技术的最新发展与应用，对于提高大坝安全管理水平、保障水利水电工程安全稳定运行具有重要意义。本文旨在分析当前大坝安全监测技术的现状与趋势，探讨其优化与创新的方向，以此为相关领域的研究和实践提供参考。

1 水利水电工程中大坝安全监测技术的重要性

水利水电工程中的大坝作为重要的基础设施，承载着调节水流、发电、防洪等多种功能。第一，大坝安全监测技术能够及时发现大坝的潜在风险。大坝在长期的运行过程中，受到水流冲刷、地质条件变化、材料老化等多种因素的影响，可能会产生裂缝、位移、渗流等安全隐患。通过安装各类传感器和监测设备，实时监测大坝的各项指标，如位移、应力、渗流等，可以及时发现大坝的异常情况，为及时采取措施提供科学依据。第二，大坝安全监测技术能够为大坝的维护和加固提供指导。根据监测数据的分析结果，可以评估大坝的安全状况，预测大坝未来的发展趋势。针对存在的问题，可以制定相应的维护和加固措施，如加固坝体、修复裂缝、调整水位等，从而确保大坝的安全稳定运行^[1]。第三，大坝安全监测技术还能够为水利水电工程的规划、设计和建设提供重要参考。通过对大坝的监测数据进行分析，可以了解大坝在运行过程中的受力状态、变形情况等，为类似工程的规划、设计和建设提供经验借鉴，还可以用于验证工程设计的合理性和准确性，为工程的改进和优化提供科学依据。

2 水利水电工程中的大坝安全监测技术

2.1 结构监测技术

在水利水电工程中，大坝作为关键的基础设施，其结构安全性直接关系到工程的整体运行和下游人民的生

命财产安全。结构监测技术主要关注大坝的变形、裂缝、位移等结构参数的变化，通过安装各类传感器和监测设备，实时获取这些参数的数据，并对数据进行处理和分析，以评估大坝的结构安全状况。（1）位移监测是大坝结构监测中的重要一环。通过安装位移计、GPS等设备，可以实时监测大坝的水平和垂直位移变化。这些数据能够直接反映大坝的整体变形情况，帮助工程师及时发现大坝的异常变形，并采取相应的措施进行处理。

（2）裂缝监测也是结构监测中的重要内容。大坝在运行过程中，由于材料老化、温度应力等因素的影响，可能会出现裂缝。通过安装裂缝计、声发射监测仪等设备，可以实时监测裂缝的扩展情况，了解裂缝的宽度、长度和深度等参数。这些数据对于评估大坝的结构安全状况具有重要意义，可以帮助工程师及时采取措施进行修复或加固。

2.2 地下水位监测技术

在水利水电工程中，大坝安全监测是确保大坝正常运行、预防潜在风险的关键环节。其中，地下水位监测技术作为大坝安全监测的重要组成部分，对于保障大坝的稳定性和安全性具有重要意义。地下水位监测技术主要是通过监测地下水位的变化，以了解地下水对大坝安全稳定性的影响。地下水位的波动会对大坝坝基的稳定性、渗流条件以及应力状态等方面产生影响，因此，对地下水位的实时监测和数据分析至关重要。地下水位监测技术通常包括多种方法，如井内水位法、水位计法和无线电法等。其中，井内水位法是一种传统的监测方法，通过在井中安装水位计，测量井水位与地表之间的垂直距离，从而获取地下水位的实时数据。这种方法操作相对繁琐，但精度较高，适用于较深的井。水位计法则是一种更为便捷和灵活的监测方法。它利用压力传感器或浮子来测量地下水位的变化。压力传感器通过测量

井水位上方的水压变化来判断地下水位的变化,而浮子则通过上下浮动的方式直接测量地下水位。这两种方法无需开凿井口,操作简便,适用于一般的水井和观测井。地下水位监测数据的处理和分析对于大坝安全评估至关重要。通过对监测数据的分析,可以了解地下水位的波动规律、变化趋势以及与其他因素的关联性等,从而评估地下水对大坝安全稳定性的影响。

2.3 土体位移监测技术

土体位移监测技术作为大坝安全监测的重要组成部分,对于及时发现和评估大坝土体的变形情况,确保大坝的整体安全性具有至关重要的作用。土体位移监测技术主要关注大坝土体的变形情况,通过实时监测土体的位移量、位移速率和位移方向等参数,可以全面了解和掌握大坝土体的变形规律和趋势。这种技术通常利用高精度测量仪器和传感器,如全站仪、位移计、GPS等,进行数据采集和传输。一是需要在大坝的关键位置布置监测点,这些监测点应能够反映大坝土体的整体变形情况。通常,监测点的布置需要考虑大坝的结构特点、地质条件、运行工况等因素。二是在监测点处安装测量仪器和传感器,如全站仪、位移计等。这些仪器和传感器需要具备高精度、高可靠性和长期稳定性等特点,以确保监测数据的准确性和可靠性。三是通过数据采集系统,实时获取监测点的位移数据,并进行处理和分析。数据采集系统需要能够实现数据的自动采集、传输和存储,以便工程师随时查看和分析监测数据。四是根据监测数据的分析结果,评估大坝土体的变形情况和安全性。如果发现异常变形或潜在危险,需要及时采取相应的措施进行处理,如加固坝体、调整水位等,以确保大坝的安全稳定运行。

2.4 水压力和应力监测技术

水压力监测技术主要关注大坝内部及周围水体的压力变化。通过安装水压计等传感器,实时监测水体对大坝产生的压力,从而评估大坝的承压能力和稳定性。水压力监测对于及时发现渗漏、管涌等隐患至关重要,有助于预防大坝的渗透破坏和失稳。在实际应用中,水压力监测技术通常包括以下几个步骤:首先,根据大坝的结构特点和地质条件,确定水压力监测点的位置和数量。然后,在监测点处安装水压计等传感器,确保传感器能够准确测量水体的压力变化。接下来,通过数据采集系统,实时获取水压力数据,并进行处理和分析。最后,根据水压力数据的分析结果,评估大坝的承压能力和稳定性,为工程维护提供决策依据。应力监测技术主要关注大坝在建设和运行过程中受到的应力变化。通过

安装应变计、应力计等传感器,实时监测大坝内部的应力状态,从而评估大坝的结构安全性和稳定性^[2]。应力监测有助于及时发现大坝的裂缝、变形等隐患,为工程维护提供预警信息。在实际应用中,应力监测技术通常包括以下几个步骤:首先,根据大坝的设计和施工情况,确定应力监测点的位置和数量。然后,在监测点处安装应变计、应力计等传感器,确保传感器能够准确测量大坝内部的应力变化。接下来,通过数据采集系统,实时获取应力数据,并进行处理和分析。最后,根据应力数据的分析结果,评估大坝的结构安全性和稳定性,为工程维护提供决策依据。

3 大坝安全监测技术的优化与创新

3.1 自动化与智能化监测

自动化与智能化监测技术作为当前大坝安全监测的重要发展方向,已经在实际应用中展现出显著的优势和潜力。自动化监测技术通过集成多种传感器、数据采集设备以及自动化控制系统,实现了对大坝各项安全参数的实时、连续监测。这一技术的应用,极大地提高了监测的效率和准确性,降低了人力成本,使得大坝安全监测工作更加高效、便捷。在自动化监测系统中,各类传感器负责实时采集大坝的位移、变形、渗流、应力等参数数据,并通过数据采集设备将数据传输至中央控制系统。中央控制系统则对接收到的数据进行处理、分析,并根据预设的安全阈值进行预警和报警。此外,自动化监测系统还可以根据大坝的实际情况,自动调整监测参数和频率,以更好地适应大坝的安全监测需求。再者,智能化监测技术则是在自动化监测技术的基础上,进一步引入人工智能、大数据分析等先进技术,实现对大坝安全状态的智能判断、预测和预警。这一技术的创新,使得大坝安全监测工作更加智能化、精准化。在智能化监测系统中,通过引入人工智能技术,可以实现对监测数据的智能分析、挖掘和预测。系统可以根据历史数据和大数据分析结果,自动识别和预测大坝可能存在的安全隐患,并提前采取相应的预警和应对措施。

3.2 高精度监测技术

随着科技的飞速发展,高精度监测技术不仅提升了监测数据的准确性,还为大坝的安全运行提供了更为可靠的保障。(1)高精度监测技术主要依赖于先进的传感器、数据采集设备以及高精度的分析算法。传感器作为监测数据的直接采集者,其精度直接影响到监测结果的准确性。数据采集设备则负责将传感器采集到的数据传输至中央控制系统,其稳定性和传输速度也影响着监测数据的准确性。而高精度的分析算法则能够更准确地

处理和分析数据,从而更准确地评估大坝的安全状况。

(2) 高精度监测技术广泛应用于大坝的位移、变形、渗流、应力等参数的监测中。利用高精度的位移传感器可以实时监测大坝的微小位移变化,从而及时发现大坝的潜在风险。利用高精度的应力传感器可以实时监测大坝内部的应力状态,评估大坝的结构安全性。(3) 高精度监测技术能够更准确地采集和处理数据,减少误差和干扰因素的影响,提高监测数据的准确性。高精度监测技术能够实时监测大坝的各项参数变化,及时发现潜在的风险和问题,为管理人员提供及时的预警和应对措施。通过高精度监测技术的应用,可以更加准确地评估大坝的安全状况,为大坝的安全运行提供更加可靠的保障。

3.3 无人机监测技术

在大坝安全监测技术的优化与创新中,无人机监测技术作为一种新兴的非接触式监测手段,已经展现出其独特的优势和潜力。无人机监测技术以其高效、灵活、全面等特点,为大坝的安全监测工作带来了革命性的变化。无人机监测技术通过搭载高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等传感器,能够实现对大坝表面的全方位、多角度、高分辨率的实时监测。通过高清摄像头和红外热像仪,无人机可以及时发现大坝表面的裂缝和破损,为修复工作提供准确的信息。无人机可以通过搭载的热成像设备,快速定位大坝的渗漏点,为防渗措施提供有力支持,可以监测大坝周围的植被覆盖情况,评估其对大坝稳定性的影响,为植被管理提供科学依据。在洪水来临时,无人机可以迅速到达灾区,实时监测洪水情况,为应急响应提供重要支持。随着科技的不断进步和应用的不断推广,高精度监测技术将在未来的大坝安全监测中发挥越来越重要的作用,为大坝的安全运行提供更加可靠的保障。

3.4 物联网与云计算的结合

在大坝安全监测技术的优化与创新中,物联网与云计算的结合无疑是一项具有革命性的进步。这种结合不仅提高了监测的效率和准确性,还为大坝的安全管理提供了更为智能、全面的解决方案。物联网(IoT)通过信息传感设备,如射频识别(RFID)、红外感应器、全球

定位系统等,将任何物品与互联网相连接,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。而云计算则通过分布式计算、虚拟化等技术,将计算资源、存储资源等以服务的形式提供给用户,使用户能够按需获取和使用这些资源。另外,在大坝安全监测中,物联网技术可以实时收集大坝的各种安全参数数据,如位移、变形、渗流、应力等。而云计算则提供了强大的数据处理和分析能力,可以对这些数据进行实时处理、分析和挖掘,从而实现大坝安全状况的实时评估和预警。除此之外,物联网与云计算的结合在大坝安全监测中可以采用多种应用模式。单中心、多终端模式适用于分布范围较小的物联网终端,将云中心作为数据处理中心,统一处理终端收集的数据^[1]。对于区域跨度大的企业、单位,可以采用多中心、大量终端的模式,通过多个云中心共同处理数据。物联网与云计算的结合在大坝安全监测中具有显著的优势。它可以实现实时监测和预警,及时发现大坝的潜在风险,通过云计算的数据处理和分析能力,可以对大量的监测数据进行深入挖掘和分析,为大坝的安全管理提供科学依据,还可以降低监测成本,提高监测效率。

结语

总的来说,经过对水利水电工程中大坝安全监测技术的深入探究,我们不难发现,这些技术不仅为大坝的安全稳定运行提供了坚实保障,而且随着科技的不断发展,其监测手段和方法也在持续优化与创新。未来,我们期待更多先进的技术能够应用于大坝安全监测领域,进一步提升监测的精准度和效率,确保水利水电工程的安全可靠。

参考文献

- [1]牛广利,基于云平台的大坝安全监测数据管理及分析系统研发与应用[J].长江科学院院报,2019,36(06):161-165.
- [2]李桂金.水库大坝安全监测要素分析[J].黑龙江水利科技,2019,41(11):98-100.
- [3]郑志成.水利水电工程中的大坝工程安全监测改造分析[J].陕西水利,2019(011):102-104.