

水利工程岩土边坡稳定性检测方法实践探索

姜 佳 王者雯

江苏禹衡工程质量检测有限公司 江苏 盐城 224000

摘 要：水利工程岩土边坡稳定性检测对保障工程安全、发挥工程效益及保护生态环境意义重大。本文介绍了现场实测、室内试验、无损探测和智能监测等检测方法，阐述了其在复杂工况下的适配应用、实施流程、数据整合分析及技术优化创新等内容，旨在为水利工程岩土边坡稳定性检测提供全面的实践参考，提升检测水平与工程安全性。

关键词：水利工程；岩土边坡；稳定性检测方法

引言：水利工程作为国家基础设施的重要组成部分，其安全稳定运行关乎国计民生。岩土边坡作为水利工程的关键部位，其稳定性受多种因素影响，易引发滑坡、泥石流等地质灾害，威胁工程安全与周边环境；因此，开展岩土边坡稳定性检测工作至关重要。通过科学有效的检测方法，可及时发现隐患并采取措施，保障水利工程长期安全运行。

1 水利工程岩土边坡稳定性检测的重要性

水利工程作为关乎民生与发展的重要基础设施，其岩土边坡稳定性检测具有不可忽视的关键意义，贯穿于工程规划、建设及运营的各个阶段。（1）从工程安全维度看：水利工程常处于地质条件复杂区域，岩土边坡受多种因素影响稳定性易受挑战。降雨的持续冲刷、地下水位的变化、地震等自然因素，以及开挖、爆破等人为活动，都可能使边坡出现变形、滑动甚至失稳。一旦边坡失稳引发滑坡、泥石流等灾害，将直接冲击水利工程主体结构。如水库大坝周边边坡失稳，可能破坏坝体结构，形成渗流通道，威胁大坝安全，严重时导致溃坝，对下游地区造成灾难性后果。所以，稳定性检测是预防地质灾害、保障工程安全的首道屏障。（2）在工程效益层面：稳定边坡是水利工程功能正常发挥的基础。边坡失稳会改变河道形态，影响水流方向与流速，降低灌溉效率，破坏发电设备，干扰航运。灌溉工程中，边坡滑坡堵塞渠道会使供水中断，影响农作物生长与农业产出；水电站里，边坡问题破坏输电线路，影响电力稳定供应，制约工业生产与居民生活。通过检测提前发现隐患并加固，可确保工程持续发挥灌溉、发电、防洪等综合效益，为社会经济发展提供有力支撑^[1]。此外，岩土边坡稳定性检测对生态环境保护意义重大。边坡失稳引发的水土流失会破坏植被，降低土壤肥力，导致生态系统退化。长期来看，还可能引发河流淤积、湿地萎缩等连锁反应，影响区域生态平衡。通过检测与治理，可减少

人为活动对自然环境的干扰，促进水利工程与生态环境协调发展，实现人与自然和谐共生。

2 水利工程岩土边坡稳定性检测方法分类

2.1 现场实测类检测方法

现场实测类检测方法能直接获取水利工程岩土边坡的实际状态信息，为稳定性评估提供可靠依据。地表位移监测是基础且重要的手段，在边坡表面合理布置观测点，借助全站仪、GPS等设备定期测量各点坐标；通过对比不同时期的测量结果，能清晰掌握边坡水平与垂直位移情况。若位移量持续增大、位移速率加快，表明边坡稳定性在降低，需及时采取措施。深部位移监测可深入探究边坡内部变形，先在边坡上钻孔，再埋设测斜管，用测斜仪定期测量测斜管不同深度的倾斜角度；依据测量数据，分析边坡内部各层的位移变化，精准判断潜在滑动面的位置和发育程度，为边坡加固提供关键参考。裂缝监测也不可或缺，在边坡已有裂缝或易产生裂缝处设置监测标志，用钢尺、裂缝计等工具测量裂缝宽度、长度变化；裂缝扩展往往是边坡失稳的前兆，持续监测能提前预警，避免灾害发生。孔隙水压力监测能反映边坡内部水文地质状况，在边坡内埋设孔隙水压力计，测量孔隙水压力大小及变化；孔隙水压力改变会影响土体有效应力，进而影响边坡稳定性，通过监测可及时掌握这一关键因素的变化。

2.2 室内试验类检测方法

室内试验类检测方法对于深入了解水利工程岩土边坡的工程性质、准确评估其稳定性起着关键作用。土工试验是基础且常用的方法，通过直剪试验，能测定土体的抗剪强度指标，如内摩擦角和黏聚力，这两个参数对分析边坡土体的抗滑能力至关重要。三轴压缩试验则可模拟土体在不同应力状态下的力学行为，更全面地了解土体的强度和变形特性，为边坡稳定性分析提供更准确的数据支持。颗粒分析试验用于确定土体中不同粒径

颗粒的含量分布,这对于判断土体的类型、评估其透水性和压缩性具有重要意义;例如,粗粒土透水性好但抗剪强度受颗粒间咬合作用影响大,细粒土透水性差却可能存在较高的黏聚力,不同粒径组成会影响边坡的稳定性。渗透试验能测定土体的渗透系数,了解水在土体中的渗透能力。在水利工程中,水的渗透会对边坡土体产生渗流力,影响边坡的稳定性;若渗透系数过大,可能导致边坡内部产生过大的水压力,降低土体的有效应力,进而引发边坡失稳^[2]。此外,固结试验可研究土体在压力作用下的压缩和固结特性,了解土体的压缩性和沉降规律,为分析边坡在长期荷载作用下的稳定性提供依据。

2.3 无损探测类检测方法

在水利工程岩土边坡稳定性检测中,无损探测类检测方法可在不损伤边坡的前提下,精准获取其内部信息,为稳定性评估提供关键依据。地质雷达法是常用手段,它借助高频电磁波,当电磁波射入边坡岩土体,遇到不同电性介质界面时会反射回来;通过分析反射波的波形、振幅和频率等特征,能清晰探测出边坡内部的结构构造,如是否存在软弱夹层、断层破碎带等。这些结构异常往往是影响边坡稳定性的关键因素,提前发现可采取针对性措施。声波探测技术也颇具价值,向边坡发射声波,声波在岩土体传播过程中,其速度、振幅等参数会因岩土体性质改变而变化;若岩土体存在裂隙、破碎等情况,声波传播速度会降低,振幅衰减加快。依据这些变化,可判断边坡内部岩土体的完整程度和强度,进而评估边坡稳定性。此外,红外热成像检测利用边坡表面温度分布差异来发现问题。边坡不同部位因地质条件、含水量等因素不同,温度会有所差异。当边坡存在渗水、内部结构变化等问题时,表面温度分布会出现异常,红外热成像仪可捕捉这些异常,辅助判断边坡稳定性状况。

2.4 智能监测类检测方法

在水利工程岩土边坡稳定性检测领域,智能监测类检测方法凭借其高效、精准、实时等优势,成为保障边坡安全的重要手段。传感器网络监测是智能监测的基础,在边坡关键部位布置多种类型的传感器,如位移传感器、应力传感器、应变传感器和孔隙水压力传感器等。这些传感器能实时采集边坡的位移、应力应变、孔隙水压力等关键参数,并将数据传输至监测中心。通过持续监测这些参数的变化,可及时发现边坡的异常状态,为稳定性评估提供动态依据。光纤传感技术也发挥着重要作用,光纤传感器具有抗电磁干扰、耐腐蚀、灵敏度高等特点,可沿边坡布设形成传感网络;它能精确

感知边坡内部的微小变形和温度变化,尤其适用于对监测精度要求较高的工程。通过分析光纤传感数据,能深入了解边坡内部的力学状态和变化趋势。此外,借助物联网和云计算技术,可实现监测数据的远程传输和智能分析^[3]。监测数据上传至云端后,利用智能算法进行实时处理和分析,能快速判断边坡的稳定性状况,并及时发出预警信息,为工程管理人员采取应对措施提供有力支持,有效保障水利工程岩土边坡的安全稳定。

3 水利工程岩土边坡检测方法实践应用

3.1 复杂工况下检测方法适配应用

水利工程岩土边坡常面临复杂工况,不同工况对检测方法的适配性要求各异,合理选择检测方法至关重要。在降雨频繁且雨量较大的工况下,边坡内部含水量会显著增加,导致土体抗剪强度降低;此时,无损探测类方法中的地质雷达和红外热成像检测能发挥优势。地质雷达可探测边坡内部因水分变化产生的结构异常,判断是否存在因渗水导致的软弱带;红外热成像能捕捉边坡表面因含水量差异产生的温度变化,辅助发现潜在的危险区域。若边坡处于地震活跃区域,地震作用可能使边坡内部产生裂隙或导致原有裂隙扩展。智能监测类方法中的传感器网络监测是不错的选择,通过在边坡布置位移、应力等传感器,能实时监测地震过程中及震后边坡的微小变形和应力变化,及时评估边坡稳定性。当边坡处于施工扰动较大的环境时,如进行开挖、填筑等作业,边坡的应力状态和结构会不断改变。此时可结合室内试验类方法与智能监测,室内试验确定土体基本力学参数,智能监测实时反馈施工过程中的边坡动态,根据监测结果及时调整施工方案,保障边坡稳定。

3.2 检测实施流程落地应用

水利工程岩土边坡稳定性检测实施流程落地需严谨有序。前期准备阶段,要全面收集边坡所在区域的地质、气象、水文等资料,了解边坡的形成历史、周边环境及工程活动情况。同时,依据边坡规模、地质条件等因素,合理规划检测范围与布点方案,确定采用何种检测方法组合,如将无损探测与智能监测结合,为后续检测工作筑牢基础。现场检测环节,严格依照既定方案操作,若采用地质雷达探测,需确保发射与接收装置稳定,按设定路线匀速移动,保证数据采集的连续性与准确性;布置传感器网络时,要精准定位安装点,保证传感器与边坡紧密贴合,能真实反映边坡的位移、应力等参数变化。检测完成后,及时整理分析数据,运用专业软件对采集的数据进行处理,提取关键信息,结合地质力学原理,评估边坡的稳定性状况^[4]。若发现异常,进一

步分析原因,判断是否存在滑坡、崩塌等风险,并及时反馈给相关人员,以便采取加固处理等措施,保障水利工程安全运行。

3.3 检测数据整合分析与应用

水利工程岩土边坡稳定性检测会获取大量不同类型的数据,做好整合分析与应用十分关键。检测数据来源多样,像传感器采集的位移、应力应变数据,地质雷达探测的内部结构信息,还有红外热成像反映的温度分布数据等;首先要对这些数据进行清洗,去除噪声和异常值,保证数据质量。接着进行整合,将不同方法获取的相关数据关联起来,构建全面反映边坡状态的数据库。分析数据时,运用专业软件和地质力学理论,通过分析位移数据的变化趋势,能判断边坡是否处于稳定状态,若位移持续增大,可能预示着存在滑坡风险;应力应变数据可揭示边坡内部的受力情况,异常的应力集中区域往往是潜在的危险点;结合内部结构信息和温度分布,能进一步明确边坡的薄弱部位。依据分析结果,及时评估边坡稳定性,为工程决策提供依据。若发现边坡稳定性不足,可制定针对性的加固方案,如采用锚固、支护等措施,保障水利工程的安全运行,避免因边坡失稳引发安全事故。

3.4 检测技术优化与创新应用

在水利工程岩土边坡稳定性检测中,检测技术的优化与创新是提升检测效果、保障工程安全的关键。传统检测技术存在一定局限性,例如部分无损检测方法对复杂地质条件的适应性不足,智能监测设备的精度和稳定性有待提高;为此,需从多方面进行技术优化。一方面,改进检测设备硬件,提升传感器灵敏度和抗干扰能力,像研发新型高精度位移传感器,能在复杂环境下更精准捕捉边坡微小位移。另一方面,优化软件算法,增

强数据处理和分析能力,例如采用先进的机器学习算法对监测数据进行深度挖掘,更准确预测边坡稳定性变化趋势。创新应用方面,可探索多技术融合;将地质雷达技术与三维激光扫描技术结合,既能获取边坡内部结构信息,又能构建高精度三维模型,全面了解边坡形态与内部特征。同时,借助物联网和云计算技术,实现检测数据的实时传输与远程分析,让工程人员能随时随地掌握边坡动态,及时做出决策^[5]。通过不断优化与创新检测技术,能更有效保障水利工程岩土边坡的稳定性。

结束语:未来,科技持续进步将推动水利工程岩土边坡检测技术更趋完善。人工智能、大数据与物联网的深度融合,将加速检测方法向智能化、自动化升级,实现边坡状态的实时监测与潜在风险的精准预测。这不仅为边坡稳定性提供可靠保障,还将促进生态保护与工程安全的协同发展,推动水利工程事业持续健康发展,助力国民经济稳定增长及生态环境可持续发展。

参考文献

- [1]王志彬.岩土工程中边坡检测以及稳定性分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):0221-0224.
- [2]魏小涛,林坚,罗财金.岩土工程中边坡稳定性分析及检测方法研究[J].粘接,2022,49(3):109-112.
- [3]李清.岩土工程中边坡稳定性分析以及检测方法研究[J].地产,2023(18):289-291.
- [4]许小琴.山区水利施工过程中边坡稳定性控制分析[J].中国厨卫,2025,24(8):108-110.
- [5]王成敏.水利工程深基坑土石方开挖边坡稳定性控制研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(10):009-012.