

高坝施工中的安全监测与风险预警系统研究

张志明

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 841500

摘要: 高坝作为水利工程中的关键组成部分,其施工过程复杂且风险众多,对安全监测与风险预警系统的需求极为迫切。本文旨在探讨高坝施工中的安全监测技术与风险预警系统的构建方法,通过理论分析与技术综述,为高坝施工的安全管理提供科学依据和技术支撑。文章首先概述了高坝施工的特点与安全挑战,随后详细阐述了安全监测系统的组成与功能,接着探讨了风险预警系统的构建框架与关键技术,并提出了相应的实施策略与建议。

关键词: 高坝施工;安全监测;风险预警

引言

随着水利工程的快速发展,高坝建设日益增多,但伴随而来的施工安全风险也愈发凸显。施工过程中的地质条件复杂性、水文环境多变性、施工技术难度高等因素,均增加了事故发生的可能性。因此,构建一套完善的安全监测与风险预警系统,以实现实时监测、数据分析、风险识别与预警,成为高坝施工安全管理的重要课题。本研究不仅能够提升高坝施工的安全管理水平,降低事故发生率,还能为类似工程项目的安全管理提供可借鉴的经验与方法,推动水利工程行业的可持续发展。

1 高坝施工的特点与安全挑战

1.1 高坝施工特点

高坝施工以其规模宏大而著称,不仅涉及大量的土石方开挖与填筑,而且施工量极为庞大,对施工组织、资源配置以及物流管理等提出了极高的要求。技术层面,高坝施工展现出极高的复杂性,包括深基坑开挖的地质稳定性控制、高边坡的稳定处理,以及大体积混凝土浇筑过程中的温度与裂缝控制等,每一项都是对施工技术与经验的严峻考验。此外,施工活动对周边环境的影响也不容忽视,它可能改变原有的地质结构,影响水文环境,甚至可能诱发地质灾害。同时,高坝施工周期长,不确定因素众多,如天气变化、材料供应波动等,都增加了项目管理的难度与复杂性。

1.2 安全挑战

在高坝施工过程中,安全挑战同样严峻。地质灾害风险始终存在,如滑坡、泥石流等,这些自然灾害不仅威胁施工安全,还可能对周边环境造成严重影响。结构安全风险同样需要高度重视,模板支撑系统的稳定性、混凝土浇筑的质量等都是关乎大坝安全的关键因素。一旦出现问题,后果不堪设想。此外,人员与设备的安全也是施工过程中的重要考量^[1]。高空作业、大型机械设备

操作等都存在极高的安全风险,必须采取严格的安全措施加以防范。同时,施工活动对周边环境的影响也不容小觑,如施工废水、废渣的处理不当可能对下游生态造成破坏,施工噪音、粉尘等也可能对周边居民的生活造成干扰。因此,在高坝施工过程中,必须全面考虑各种安全挑战,制定并实施有效的安全措施,确保施工的安全顺利进行。

2 高坝施工中的安全监测与风险预警系统

2.1 系统组成

2.1.1 传感器网络

传感器网络是安全监测的基石,它融合了多种高精度传感器,如位移传感器紧密监控坝体的微小形变,应力应变传感器深入坝体内部评估材料受力,水位监测仪则时刻关注水库水位动态,以及可能还包括的温度、渗流等传感器,共同织就一张全面的安全监测网,确保任何细微变化都能被及时捕捉。

2.1.2 数据采集与传输系统

数据采集与传输系统负责将这些宝贵的数据从传感器端安全、高效地传输至数据中心。它采用先进的采集模块,确保数据转换的精确性,并结合有线与无线通信技术,构建起稳定而灵活的传输网络。同时,数据加密技术的应用为数据传输过程中的信息安全提供了坚实保障。

2.1.3 数据处理与分析平台

数据处理与分析平台是系统的智慧大脑。它首先对收集到的数据进行预处理,提升数据质量,随后运用大数据分析、机器学习等先进技术,深入挖掘数据背后的规律与异常,对坝体的安全状态进行量化评估,并预测潜在风险点,为决策层提供科学依据。

2.1.4 监控中心

监控中心则是整个系统的指挥中心。在这里,实时监测数据、分析结果及预警信息以直观的方式呈现给管

理者,便于他们迅速掌握坝体状态。预警系统根据风险评估结果自动触发,通过多种方式即时通知相关人员,确保应急响应的及时性。同时,监控中心还配备了丰富的决策支持工具,如应急预案库、模拟仿真分析等,助力管理者高效应对各类安全风险,确保高坝施工及运营的安全稳定。

2.2 高坝施工中的安全监测与风险预警系统的功能

2.2.1 实时监测

在高坝施工这一高风险领域中,实时监测是安全监测与风险预警系统的核心功能之一,它如同大坝的“守护者”,全天候、不间断地监控着大坝的每一个关键参数。通过精心布置的传感器网络,系统能够实时捕捉大坝结构在不同时间、不同环境条件下的微小变化。这些传感器如同大坝的“感觉器官”,对位移、应力、应变、水位等关键参数进行精确测量,确保数据的准确性和时效性。无论是白天的烈日炎炎,还是夜晚的寂静无声,系统都能保持高度警觉,不错过任何一丝异常信号。实时监测的实现,离不开高效的数据采集与传输机制。系统采用先进的数据采集技术,确保传感器数据能够迅速、准确地被收集起来,并通过稳定可靠的传输通道,实时发送至数据中心^[2]。这一过程中,系统充分考虑了数据传输的延时性、丢包率等关键因素,确保数据的完整性和实时性。在数据中心,实时监测的数据被迅速处理和分析。通过构建精细的数据处理模型,系统能够实时识别出数据中的异常变化,如位移的突然增大、应力的异常分布等,这些都可能是大坝安全风险的早期预警信号。

2.2.2 数据分析

在高坝施工的安全监测与风险预警系统中,数据分析是连接实时监测与风险预警的关键环节。它不仅仅是对收集到的数据进行简单的整理和汇总,更是通过运用统计学、机器学习等先进方法,深入挖掘数据背后的价值,精准识别出潜在的施工风险。系统首先会运用统计学方法对数据进行初步处理,比如计算各项监测指标的平均值、标准差等统计量,以了解大坝在正常状态下的数据分布特征。这有助于为后续的数据分析提供一个稳定的基准线,便于识别出异常数据。进一步地,系统会引入机器学习算法,如支持向量机、随机森林等,对监测数据进行深度学习和模式识别。这些算法能够自动学习数据中的隐含规律,建立起大坝安全状态与监测数据之间的复杂映射关系。通过训练模型,系统能够更准确地预测大坝的未来状态,并识别出那些可能预示安全风险的数据模式。在数据分析过程中,系统还会结合大坝

的施工计划、地质条件、历史数据等多源信息,进行综合判断。这种多维度的数据分析方法,能够更全面地评估大坝的安全状况,减少误报和漏报的风险。最终,数据分析的结果会以直观的图表、报告等形式呈现给管理人员,帮助他们快速理解大坝的当前状态,并作出相应的决策。

2.2.3 异常报警

在高坝施工的安全监测与风险预警系统中,异常报警机制是确保施工安全的最后一道防线。这一机制的设计,旨在当监测数据超出预设的安全阈值时,能够迅速、自动地触发报警,及时通知相关人员采取应对措施,从而有效避免或减轻安全事故的发生。系统通过前期对大坝施工过程中的各种风险因素进行深入分析,结合专家经验和历史数据,为各项监测指标设定了合理的安全阈值。这些阈值如同大坝安全的“警戒线”,一旦监测数据越过这条线,就意味着可能存在安全风险。当系统实时监测到某项指标超过预设阈值时,异常报警机制会立即启动。首先,系统会自动判断报警的级别和紧急程度,根据不同的风险等级,采取相应的报警方式。例如,对于轻微超标,系统可能会通过短信或邮件的方式提醒相关人员注意;而对于严重超标,系统则会直接触发声光报警,甚至联动现场的应急响应系统,确保信息能够迅速传达给所有相关人员^[3]。同时,异常报警机制还具备智能分析的功能。它不仅能够识别出单一指标的异常,还能通过综合分析多项指标的变化趋势,发现潜在的安全隐患。这种智能分析能力,大大提高了系统对复杂安全风险的识别能力,使得报警更加准确、及时。

2.2.4 远程监控

在高坝施工的安全监测与风险预警系统中,远程监控功能为管理层提供了一个便捷、高效的途径,使他们能够跨越空间限制,实时掌握施工安全的整体状况。通过远程监控功能,管理层可以随时随地通过互联网或专用网络远程访问监控系统。系统界面友好、操作简便,即便是不在施工现场,也能清晰地查看到大坝的各项实时监测数据,如位移、应力、水位等关键指标。这些数据以图表、曲线等形式直观展示,使得管理层能够快速理解大坝的当前安全状态。除了实时数据查看,远程监控功能还支持历史数据查询和对比分析。管理层可以回溯过去的监测数据,了解大坝安全状态的变化趋势,从而更好地把握施工过程中的安全风险。同时,通过对比分析不同时间段的数据,可以揭示出潜在的安全隐患,为管理层的决策提供依据。此外,远程监控功能还具备报警信息推送的功能。一旦系统监测到异常数据或触发

报警机制,相关信息会立即通过远程监控平台推送给管理层。这使得管理层能够在第一时间获知施工现场的安全状况,迅速作出反应,指导现场人员采取应对措施。

3 高坝施工中的安全监测与风险预警系统的实施策略与建议

3.1 加强前期规划与设计

在高坝施工的前期阶段,全面的风险评估是不可或缺的。这包括对大坝所在地区的地质条件、水文环境、气候条件等进行深入调研,分析可能存在的安全风险,并据此制定针对性的监测与预警方案。这一过程中,应充分考虑安全监测与风险预警系统的需求,将其纳入整体设计方案之中,确保系统能够与施工进度同步推进,发挥最大效用。在规划与设计过程中,还需明确系统的监测范围、监测指标、预警阈值等关键参数。这些参数的设置应基于科学分析与实践经验,既要确保系统的敏感性,能够及时发现潜在风险,又要避免误报、漏报,减少不必要的干扰。同时,系统的布局与安装也应与施工现场的实际情况相结合,确保监测设备的稳定性与可靠性。

3.2 强化人员培训与管理

施工人员是安全监测与风险预警系统的直接操作者,他们的素质与能力直接关系到系统的运行效果。因此,定期对施工人员进行安全教育与技能培训至关重要。培训内容应涵盖系统的基本原理、操作流程、常见故障排除等方面,使施工人员能够熟练掌握系统的使用方法,并在实际工作中灵活运用^[4]。除了技能培训,加强人员管理同样重要。应建立严格的岗位责任制,明确每个施工人员在系统操作与维护中的具体职责。同时,通过定期考核与奖惩机制,激励施工人员积极学习、规范操作,确保系统的稳定、高效运行。

3.3 技术创新与升级

随着科技的不断发展,安全监测与风险预警技术也在不断更新换代。为了保持系统的先进性与可靠性,我们应紧跟技术发展趋势,不断引入新技术、新设备。例如,利用物联网技术实现监测设备的远程互联与智能控制;运用大数据分析技术对海量监测数据进行深度挖掘与智能预警;采用人工智能算法提高系统的识别精度与响应速度等。技术创新不仅体现在硬件设备的升级上,

还包括软件系统的优化与完善。应定期对系统进行性能评估与功能升级,修复存在的漏洞与不足,提升系统的整体性能与用户体验。同时,加强与科研机构、高校等外部机构的合作与交流,共同推动安全监测与风险预警技术的创新发展。

3.4 建立应急响应机制

尽管安全监测与风险预警系统能够提前发现潜在风险并发出预警,但风险的发生往往具有突发性和不确定性。因此,建立完善的应急响应机制至关重要。这包括制定详细的应急预案、组建专业的应急救援队伍、储备必要的应急物资与设备等方面。应急预案应根据可能发生的各类风险进行制定,明确应急响应的流程、措施与责任人。同时,应定期组织应急演练活动,检验应急预案的可行性与有效性,并据此进行修订与完善。应急救援队伍应具备快速响应、高效处置的能力,能够迅速抵达事故现场并开展救援工作。应急物资与设备的储备也应充足、完好,确保在风险发生时能够迅速投入使用。

结语

高坝施工中的安全监测与风险预警系统是保障工程顺利进行、减少安全事故的重要手段。通过构建完善的监测体系与预警机制,结合现代科技手段,可以显著提升施工安全管理水平,为水利工程的安全建设提供有力保障。未来,随着技术的不断进步,安全监测与风险预警系统将更加智能化、精准化,为高坝施工的安全管理开辟新的篇章。

参考文献

- [1]金和平,罗惠恒,杨磊,等.流域库坝安全“空—天—地—水”立体监测研究进展[J].水电与抽水蓄能,2024,10(05):1-9+46.
- [2]魏文秀,李长和.小型水电站坝安全监测技术的研究与应用[C]//中国大坝工程学会,巴西大坝委员会,西班牙大坝委员会,美国大坝委员会.建造安全韧性绿色的国家水网之“结”.国家电投集团大坝管理中心,2024:7.
- [3]孙正明,刘本宁.青山冲水库面板堆石坝安全监测设计[J].东北水利水电,2023,41(03):62-64.
- [4]朱利平,李翔.某沥青混凝土心墙堆石坝安全监测设计[J].工程质量,2022,40(07):56-59.