

水电工程中的大坝安全监测技术与防控体系

金哲

330103*****137X

摘要: 大坝安全是水电工程的关键环节,直接关系到人民生命财产安全和生态环境的稳定。本文探讨了水电工程中大坝安全监测技术与防控体系的建设,分析了大坝安全监测的重要性和技术手段,包括变形监测、渗流监测和应力应变监测等。进一步阐述了大坝安全防控体系的构建,包括风险评估、预警机制和应急响应等方面。最后,提出了完善大坝安全监测与防控体系的建议,包括技术创新、制度建设和人才培养等。通过这些措施,可以有效提高大坝的安全性和可靠性,为水电工程的可持续发展提供保障。

关键词: 水电工程; 大坝安全; 监测技术; 防控体系; 风险评估

DOI: 10.64216/3080-1508.25.09.044

引言

水电工程作为重要的清洁能源项目,在全球能源结构中占据重要地位。大坝作为水电工程的核心结构,其安全性直接关系到人民生命财产安全和生态环境的稳定。近年来,随着极端气候事件的增加和工程技术的不断发展,大坝安全监测与防控体系的建设显得尤为重要。通过先进的监测技术和科学的防控体系,可以及时发现大坝的潜在安全隐患,采取有效的措施进行防控,确保大坝的安全运行。本文将从大坝安全监测技术、防控体系构建以及完善建议等方面进行探讨,旨在为水电工程的安全管理提供参考和指导。

1 大坝安全监测技术概述

1.1 变形监测技术

变形监测是大坝安全监测的重要组成部分,主要通过测量大坝的位移、沉降等变形指标,评估大坝的稳定性。传统的变形监测方法包括水准测量、全站仪测量等,这些方法虽然精度较高,但存在测量周期长、自动化程度低等缺点。随着技术的发展,现代变形监测技术逐渐向自动化、连续化方向发展。例如,全球定位系统(GPS)和合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术的应用,可以实现大坝变形的实时、连续监测。GPS技术通过卫星信号定位,能够实时监测大坝的三维位移,具有高精度、自动化程度高的特点。InSAR技术则利用雷达卫星的相位信息,获取大坝表面的微小变形,适用于大面积、长周期的变形监测。

1.2 渗流监测技术

渗流是影响大坝安全的重要因素之一,渗流监测的主要目的是监测大坝的渗流压力、渗流量等参数,评估大坝的防渗性能。传统的渗流监测方法包括渗压计和流

量计的安装,这些方法虽然能够提供基本的渗流信息,但存在数据采集不连续、易受环境干扰等不足。近年来,随着传感器技术和自动化监测系统的不断发展,渗流监测技术也取得了显著进步。例如,分布式光纤传感器(DTS)和无线传感器网络(WSN)的应用,可以实现渗流参数的高精度、连续监测。DTS技术通过光纤传感器的分布式布置,能够实时监测大坝内部的温度和渗流压力变化,具有高精度、抗干扰能力强的特点。

1.3 应力应变监测技术

应力应变监测是评估大坝结构安全的重要手段,主要通过测量大坝内部的应力和应变分布,评估大坝的结构强度和稳定性。传统的应力应变监测方法包括应变片和压力传感器的安装,这些方法虽然能够提供局部的应力应变信息,但存在测量范围有限、易受环境影响等缺点。随着技术的发展,现代应力应变监测技术逐渐向多参数、高精度方向发展。例如,光纤布拉格光栅(FBG)传感器和电阻应变片的结合应用,可以实现大坝内部应力应变的高精度、多参数监测。FBG传感器通过光纤光栅的反射光谱变化,能够实时监测大坝内部的应力应变变化,具有高精度、抗电磁干扰的特点。

2 大坝安全防控体系的构建

2.1 风险评估体系

风险评估是大坝安全防控体系的核心环节,主要通过分析大坝的安全状况和潜在风险,评估大坝的安全等级和风险水平。风险评估体系的构建需要综合考虑大坝的设计参数、施工质量、运行环境和监测数据等多方面因素。首先,通过建立大坝安全评价指标体系,对大坝的变形、渗流、应力应变等关键参数进行量化评估。其次,利用风险评估模型,如层次分析法(AHP)、模糊

综合评价法等,对大坝的安全状况进行综合评估。例如,AHP方法通过构建层次结构模型,对大坝安全评价指标进行权重分配和综合评估,能够有效评估大坝的安全等级和风险水平。

2.2 预警机制

预警机制是大坝安全防控体系的重要组成部分,主要通过监测数据的实时分析和预警模型的应用,及时发出大坝安全预警信号。预警机制的构建需要建立完善的监测数据管理系统和预警模型。首先,通过建立监测数据管理系统,实现监测数据的实时采集、存储和分析,确保数据的完整性和准确性。其次,利用预警模型,如阈值预警模型、趋势预警模型等,对监测数据进行实时分析和预警。例如,阈值预警模型通过设定监测数据的阈值,当监测数据超过阈值时,自动发出预警信号;趋势预警模型则通过分析监测数据的变化趋势,提前预测大坝的潜在风险。

2.3 应急响应体系

应急响应是大坝安全防控体系的重要环节,主要通过制定应急预案和应急响应措施,确保在大坝发生安全事件时能够迅速、有效地进行应急处置。应急响应体系的构建需要综合考虑大坝的安全状况、风险等级和应急资源等多方面因素。首先,通过制定应急预案,明确应急响应的组织机构、职责分工、应急措施和资源调配等内容,确保应急响应的有序进行。其次,建立应急响应机制,通过定期开展应急演练,提高应急响应的效率和效果。例如,通过模拟大坝安全事件,检验应急预案的可行性和有效性,提高应急响应人员的应急处置能力。通过科学的应急响应体系,可以有效减少大坝安全事件的影响,保障大坝的安全运行。

3 大坝安全监测技术的应用

3.1 变形监测技术的应用

变形监测技术在大坝安全监测工作中有着核心作用,通过实时跟踪大坝的位移及沉降变化,能够对大坝稳定性展开评估。在实际应用场景里,变形监测技术可通过多种方式实现。比如,GPS技术可实时监测大坝的三维位移情况,通过安装GPS接收装置,实时收集大坝位移数据,并利用数据处理软件进行分析与评估;InSAR技术则凭借雷达卫星的相位信息,获取大坝表面的微小变形数据,适合大范围、长周期的变形监测工作。依托这些先进的变形监测技术,能够及时发现大坝的异常变形情况,为大坝安全评估提供关键参考。以某大型水

电工程为例,通过联合使用GPS与InSAR技术,成功捕捉到大坝的微小变形,且及时采取处理措施,确保了大坝的安全运行。

3.2 渗流监测技术的应用

渗流监测技术在大坝安全监测中同样有着重要地位,通过监测大坝的渗流压力与渗流量,可对大坝防渗性能进行评定。在实际操作过程中,渗流监测技术可通过多种途径落地。例如,DTS技术通过分布式布置光纤传感器,能够实时监测大坝内部的温度与渗流压力变化,具有高精度、抗干扰能力强的特点;WSN技术则通过网络化部署无线传感器节点,实现渗流数据的实时采集与传输,适合复杂环境下的渗流监测任务。依靠这些先进的渗流监测技术,能够及时察觉渗流异常问题,为大坝安全运行提供保障。比如,在某水电工程中,通过联合运用DTS与WSN技术,成功监测到大坝内部的渗流异常,且及时采取处置措施,保障了大坝的安全运转。

3.3 应力应变监测技术的应用

应力应变监测技术在大坝安全监测领域具有重要价值,通过测量大坝内部的应力与应变分布情况,可对大坝结构强度及稳定性进行评估。在实际应用中,应力应变监测技术可通过多种方法实现。例如,FBG传感器利用光纤光栅的反射光谱变化,能够实时监测大坝内部的应力应变变化,具备高精度、抗电磁干扰的优势;电阻应变片则通过电阻变化来测量应变,适用于局部应力应变的高精度测量需求。借助这些先进的应力应变监测技术,能够及时发现大坝内部的应力应变异常,为大坝安全评估提供重要依据。以某水电工程为例,通过联合运用FBG传感器与电阻应变片,成功监测到大坝内部的应力应变异常,且及时采取应对措施,确保了大坝的安全运行。

4 大坝安全防控体系的实施

4.1 风险评估体系的实施

风险评估体系的落实是大坝安全防控的核心环节,通过科学的风险评估方法,能够对大坝的安全等级及风险水平进行判定。在实际应用过程中,实施风险评估体系需综合考虑大坝的设计参数、施工质量、运行环境及监测数据等多方面因素。首先,通过搭建大坝安全评价指标体系,对大坝变形、渗流、应力应变等关键参数进行量化评估;其次,运用AHP、模糊综合评价法等风险评估模型,对大坝安全状况展开综合判断。比如,在某大型水电工程中,通过AHP方法对大坝安全状况进行评

估,成功识别出大坝的潜在风险,且及时采取处理措施,保障了大坝的安全运转。

4.2 预警机制的实施

预警机制的推进是大坝安全防控的重要环节,通过对监测数据的实时分析及预警模型的运用,能够及时发出大坝安全预警信号。在实际操作中,实施预警机制需构建完善的监测数据管理系统与预警模型。首先,通过建立监测数据管理系统,实现监测数据的实时采集、存储与分析,保证数据的完整性与准确性;其次,运用阈值预警模型、趋势预警模型等工具,对监测数据进行实时分析与预警。以某水电工程为例,通过联合运用阈值预警模型与趋势预警模型,成功监测到大坝的异常变化,且及时发出预警信号,为大坝安全防控提供了及时的预警信息。

4.3 应急响应体系的实施

应急响应体系的执行是大坝安全防控的关键环节,通过制定应急预案与应急响应措施,能够确保大坝发生安全事件时快速、高效地开展应急处置。在实际应用中,实施应急响应体系需综合考量大坝的安全状况、风险等级及应急资源等多方面因素。首先,通过制定应急预案,明确应急响应的组织机构、职责分工、应急措施及资源调配等内容,确保应急响应有序进行;其次,建立应急响应机制,通过定期开展应急演练,提高应急响应的效率与效果。例如,在某大型水电工程中,通过定期组织应急演练,检验应急预案的可行性与有效性,提升应急响应人员的处置能力,为大坝安全运行提供了有力支撑。

5 完善大坝安全监测与防控体系的建议

5.1 技术创新

技术创新是完善大坝安全监测与防控体系的重要手段,通过引入先进的监测技术与防控方式,能够提升大坝的安全性及可靠性。比如,随着物联网、大数据及人工智能技术的不断发展,可将这些技术融入大坝安全监测与防控体系:物联网技术可通过传感器网络实现大坝监测数据的实时采集与传输;大数据技术可通过数据挖掘与分析,为大坝安全评估提供科学依据;人工智能技术可通过机器学习与深度学习算法,实现大坝安全的智能预警与决策支持。依靠技术创新,能够有效提高大坝安全监测与防控的效率及准确性,为大坝安全运行提

供有力保障。

5.2 制度建设

制度建设是完善大坝安全监测与防控体系的重要支撑,通过建立健全的管理制度与规范,能够确保大坝安全监测与防控工作有序推进。例如,可构建大坝安全监测与防控的责任制度,明确各方的责任与义务,确保监测与防控工作落实到位;同时,建立大坝安全监测与防控的评估制度,定期对监测与防控工作进行评估检查,保障工作质量与效果。借助制度建设,能够有效规范大坝安全监测与防控工作,提高大坝安全管理水平。

5.3 人才培养

人才培养是完善大坝安全监测与防控体系的重要基础,通过培育高素质专业人才,能够提升大坝安全监测与防控的技术水平及管理能力。比如,可加大大坝安全监测与防控技术的教育培训,提高从业人员的专业技术水平;同时,强化大坝安全监测与防控管理培训,提升管理人员的管理能力与决策水平。通过人才培养,能够有效提升大坝安全监测与防控的专业水平,为大坝安全运行提供人才支撑。

6 结论

大坝安全是水电工程的关键环节,直接关系到人民生命财产安全和生态环境的稳定。通过系统的安全监测技术和科学的防控体系,可以有效提高大坝的安全性和可靠性。本文从大坝安全监测技术、防控体系构建以及完善建议等方面进行了探讨,旨在为水电工程的安全管理提供参考和指导。未来,随着技术创新、制度建设和人才培养的不断推进,大坝安全监测与防控体系将不断完善,为水电工程的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1]李莉.水利水电工程中的大坝安全监测与评估研究[J].水上安全,2025,(05):61-63.
- [2]张皓.水利水电工程中大坝项目如何进行安全监测控制[J].湖南水利水电,2024,(03):42-44.
- [3]巩庆涛.水利水电工程中的大坝安全监测技术探讨[J].水上安全,2024,(08):53-55.
- [4]谭理则.水利水电工程中的大坝安全监测技术研究[J].四川建材,2021,47(11):237-238.
- [5]强发赞.探究水利水电工程中的大坝工程安全监测控制[J].水电站机电技术,2021,44(04):49-51.