

滑坡灾害监测预警系统的构建与应用

李青炜

中冶武勘工程技术有限公司 湖北 武汉 430080

摘要：文章围绕滑坡灾害监测预警系统的构建与应用展开研究。分析了滑坡灾害形成机制与监测需求，阐述系统总体架构、关键技术与设备选型及软件平台开发。探讨了多源数据融合、预警模型建立与优化、实时监测与动态预警等关键技术。通过应用案例分析证明系统有效性，并提出推广策略，展望系统在智能化、网络化、集成化方向的应用前景，为滑坡灾害防范提供科学依据与技术支持。

关键词：滑坡灾害；监测预警系统；构建；应用

引言：滑坡灾害作为一种常见且危害巨大的地质灾害，严重威胁着人民生命财产安全和社会稳定。其形成受地质条件、地形地貌、降雨、地震及人类活动等多种因素影响。为有效防范滑坡灾害，构建科学合理的监测预警系统至关重要。该系统可实时获取滑坡体相关数据，提前预警滑坡风险。深入研究滑坡灾害监测预警系统的构建与应用，对于提高滑坡灾害防范能力、减少灾害损失具有重要意义。

1 滑坡灾害形成机制与监测需求分析

1.1 滑坡灾害形成机制

滑坡灾害是一种常见的地质灾害，其形成是多种因素共同作用的结果。从地质条件来看，岩土体的类型和结构是影响滑坡发生的关键因素。例如，松散的堆积层、软弱的页岩层等，其力学性质较差，在外部因素作用下更容易发生滑动。地形地貌方面，陡峭的山坡、沟谷等地形为滑坡提供了有利的地形条件，坡度越大，重力沿坡面的分力就越大，滑坡发生的可能性也就越高。降雨是诱发滑坡的重要外部因素，大量的降水会使岩土体饱和，增加其重量，同时降低岩土体之间的摩擦力，导致滑坡的稳定性下降^[1]。地震活动同样会引发滑坡，地震产生的震动会破坏岩土体的原有结构，使其失去平衡而发生滑动，人类活动如工程建设、采矿等，也会改变地质环境，增加滑坡发生的风险。例如，不合理的开挖坡脚会破坏坡体的稳定性，导致滑坡的发生。

1.2 监测需求分析

鉴于滑坡灾害的严重性和复杂性，对滑坡进行实时、准确的监测至关重要。首先，需要监测滑坡体的位移变化，包括水平位移和垂直位移，通过位移数据可以了解滑坡体的运动趋势，判断其是否处于稳定状态。其次，对滑坡体的倾斜角度进行监测，倾斜角度的变化可以反映滑坡体的变形情况，当倾斜角度超过一定阈值

时，可能意味着滑坡即将发生。再者，降雨量的监测也是必不可少的，降雨是诱发滑坡的主要因素之一，实时掌握降雨量数据可以提前预测滑坡发生的可能性。另外，还需要监测滑坡体内部的应力变化，应力异常可能是滑坡发生的前兆。通过综合这些监测需求，可以构建一个全面、有效的滑坡灾害监测预警系统，为滑坡灾害的防范和应对提供科学依据。

2 滑坡灾害监测预警系统的构建

2.1 系统总体架构与设计思路

滑坡灾害监测预警系统的总体架构应包括数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层以及预警发布层。数据采集层负责收集滑坡体的各种监测数据，如位移、倾斜、降雨量等，通过安装在滑坡体上的各类传感器实现。数据传输层将采集到的数据实时传输到数据处理中心，可以采用有线或无线通信方式，确保数据的及时性和准确性。数据处理与分析层对传输过来的数据进行处理和分析，运用多源数据融合技术、预警模型建立与优化技术等，提取有价值的信息，判断滑坡的危险程度。预警发布层根据分析结果，及时向相关部门和人员发布预警信息，以便采取相应的防范措施。设计思路应遵循可靠性、实时性、准确性和可扩展性的原则，确保系统在各种复杂环境下都能稳定运行，为滑坡灾害的监测预警提供有力支持。

2.2 关键技术与设备选型

在滑坡灾害监测预警系统里，多源数据融合技术、预警模型建立与优化技术以及实时监测与动态预警技术是保障系统高效运行的关键所在。多源数据融合技术如同一位精明的“数据管家”，它能将从不同传感器获取、且类型各异的数据进行整合与分析。这些数据可能涉及滑坡体的位移、倾斜角度、降雨量等多方面信息，来源和形式复杂多样。通过融合处理，能有效消除数据

间的误差与矛盾,提升数据的准确性和可靠性,为后续分析提供高质量的数据支撑。预警模型建立与优化技术是系统的“智慧核心”。它深入研究历史滑坡数据和实时监测数据,挖掘其中的规律和关联,建立契合实际的预警模型^[2]。随着时间推移和实际情况变化,模型还需不断优化,以适应新的地质条件和滑坡特征,进而提高预警的准确性,为灾害防范争取宝贵时间。实时监测与动态预警技术则是系统的“敏锐触角”。它能不间断地实时获取滑坡体的各项监测数据,一旦数据出现异常变化,系统会依据预警模型迅速做出判断,并及时发出预警信息。在设备选型上,位移传感器要选精度高、稳定性好的,像激光位移传感器、GNSS位移监测仪;倾斜传感器可选加速度计或陀螺仪;降雨量传感器需测量准确、响应迅速;数据传输设备采用4G/5G模块、LoRa模块等无线通信模块,确保数据可靠传输。

2.3 系统软件平台的开发与实现

系统软件平台作为滑坡灾害监测预警系统的核心枢纽,在整个系统中发挥着举足轻重的作用,其主要功能涵盖了数据接收与存储、数据处理与分析、预警信息发布以及用户界面展示等多个关键环节。数据接收与存储模块犹如系统的“数据入口”,它时刻待命,负责接收来自数据采集层各类传感器所收集的监测数据。这些数据包含了滑坡体的位移、倾斜、降雨量等重要信息。接收完成后,模块会迅速且准确地将这些数据存储到精心设计的数据库中,为后续的数据处理和分析工作提供了坚实的数据基础。数据处理与分析模块则是系统的“智慧大脑”。它运用多种先进的算法和模型,对海量的监测数据进行深度挖掘和处理。通过分析数据的变化趋势和规律,能够精准地提取出滑坡体的变形特征,并评估其危险程度。例如,通过对位移数据的分析,可以判断滑坡体的运动速度和方向;结合降雨量数据,预测滑坡发生的可能性。预警信息发布模块是系统的“预警使者”。它根据数据处理与分析模块得出的结果,及时、准确地向相关部门和人员发送预警信息。为了确保信息能够迅速传达,模块支持多种发送方式,如短信、邮件、APP推送等,让相关人员能够在第一时间获取预警信息,采取防范措施。用户界面展示模块为用户打造了一个直观、便捷的操作界面。用户可以通过这个界面轻松查看滑坡体的实时监测数据、预警信息以及历史数据等,方便进行数据查询和分析。在开发过程中,采用先进的软件开发技术和工具,能够全方位保障软件平台的稳定性、安全性和易用性,使其能够稳定、高效地运行。

3 滑坡灾害监测预警系统关键技术

3.1 多源数据融合技术

多源数据融合技术是将来自不同传感器、不同类型的的数据进行综合处理和分析的技术。在滑坡灾害监测预警系统中,可能涉及到位移数据、倾斜数据、降雨量数据、应力数据等多种数据源。这些数据具有不同的特点和精度,通过多源数据融合技术可以将它们进行有机结合,提高数据的准确性和可靠性。例如,位移数据可以反映滑坡体的整体运动情况,倾斜数据可以反映滑坡体的局部变形,降雨量数据可以反映诱发滑坡的外部因素,应力数据可以反映滑坡体内部的力学状态。通过融合这些数据,可以更全面地了解滑坡体的状态,为预警模型的建立和优化提供更准确的数据支持。

3.2 预警模型建立与优化技术

预警模型建立与优化技术是滑坡灾害监测预警系统的关键技术之一。预警模型的建立需要分析历史滑坡数据和监测数据,找出滑坡发生的规律和影响因素,然后采用合适的数学方法和算法建立预警模型^[3]。常见的预警模型有统计模型、机器学习模型等。统计模型通过对历史数据的统计分析,建立滑坡发生的概率模型;机器学习模型则可以利用大量的监测数据进行训练,自动学习滑坡发生的特征和规律。建立好预警模型后,还需要根据实际情况不断对其进行优化。例如,随着监测数据的积累,可以不断更新模型的参数,提高模型的准确性;当滑坡体的地质环境发生变化时,也需要对模型进行调整,以适应新的情况。

3.3 实时监测与动态预警技术

实时监测与动态预警技术能够实时获取滑坡体的监测数据,并根据数据变化及时发出预警信息。在实时监测方面,需要采用高精度的传感器和快速的数据传输技术,确保监测数据的及时性和准确性。例如,通过GNSS位移监测仪可以实时获取滑坡体的位移数据,并将其传输到数据处理中心。在动态预警方面,需要根据实时监测数据和预警模型,及时判断滑坡的危险程度,并发出相应的预警信息。当监测数据超过预警阈值时,系统应立即发出预警,提醒相关部门和人员采取防范措施。同时,动态预警技术还可以根据滑坡的发展趋势,不断调整预警级别,提高预警的针对性和有效性。

4 滑坡灾害监测预警系统应用案例分析

以某山区滑坡灾害监测预警项目为例,该项目在滑坡体上安装了位移传感器、倾斜传感器、降雨量传感器等多种设备,构建了一个全面的滑坡灾害监测预警系统。在系统运行过程中,实时收集滑坡体的监测数据,并通过多源数据融合技术对数据进行分析处理。通过预

警模型建立与优化技术,建立适合该滑坡体的预警模型。在一次降雨过程中,系统实时监测到降雨量增大,滑坡体的位移和倾斜角度也发生了明显变化。根据预警模型的分析结果,系统及时发出黄色预警信息,提醒相关部门和人员加强防范。随着降雨的持续,滑坡体的变形进一步加剧,系统又及时升级为橙色预警信息。相关部门根据预警信息,迅速组织周边居民的疏散工作,并采取相应的工程措施进行加固。最终,滑坡虽然发生了,但由于预警及时,没有造成人员伤亡和重大财产损失。该案例充分证明了滑坡灾害监测预警系统在滑坡灾害防范中的重要作用。

5 滑坡灾害监测预警系统推广与应用前景

5.1 推广策略

为了推广滑坡灾害监测预警系统,可以采取以下策略。首先,加强宣传教育,提高相关部门和公众对滑坡灾害的认识和重视程度,让他们了解监测预警系统在滑坡灾害防范中的重要作用。可以通过举办培训班、研讨会、宣传活动等方式,向相关部门和人员介绍系统的功能和使用方法。其次,与政府部门合作,争取政策支持和资金投入。政府可以出台相关政策,鼓励和引导企业、科研机构参与滑坡灾害监测预警系统的研发和推广,同时提供一定的资金支持,降低系统的建设和使用成本。另外,建立示范项目,通过实际应用展示系统的效果和优势,吸引更多的用户。可以选择一些滑坡灾害高发地区,建设示范项目,并邀请相关部门和人员进行参观和考察。最后,加强与企业的合作,共同开发适合不同用户需求的监测预警系统产品,提高系统的市场竞争力。

5.2 应用前景展望

随着科技的飞速进步以及人们对滑坡灾害防范意识的日益增强,滑坡灾害监测预警系统的应用前景呈现出极为广阔的态势。在未来,该系统的发展将沿着智能化、网络化、集成化的方向稳步迈进。在智能化领域,系统将积极引入更为先进的人工智能算法和机器学习技

术。这些技术能够深度挖掘监测数据中的潜在规律,精准识别滑坡发生的前兆特征,从而显著提高预警的准确性和及时性。网络化方面,系统将深度融合互联网与物联网技术^[4]。借助物联网,各类传感器可以实时、准确地采集滑坡体的相关数据,并通过互联网实现数据的远程传输和共享。这使得相关部门和人员无论身处何地,都能及时获取滑坡体的最新信息,为科学管理和决策提供有力支持。集成化上,系统将与其他地质灾害监测预警系统进行无缝集成,构建一个综合的地质灾害监测预警网络。该网络能够同时监测多种地质灾害,提高对多种灾害的协同防范能力。滑坡灾害监测预警系统还可与应急救援系统紧密对接,在滑坡灾害发生时,迅速为应急救援提供准确的位置、规模、影响范围等信息,助力救援人员快速制定救援方案,有效提高应急救援的效率和效果。

结束语

滑坡灾害监测预警系统在滑坡灾害防范中发挥着关键作用。通过对其形成机制、监测需求的分析,以及系统构建、关键技术的研究,并结合应用案例验证,证明了该系统的可行性和有效性。推广该系统并展望其应用前景,有助于提高全社会对滑坡灾害的防范水平。未来,随着技术的不断进步,系统将更加智能化、网络化和集成化,为保障人民生命财产安全和促进社会经济发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]张桂川.地质灾害监测预警系统的建设与应用研究[J].数字化用户,2024(19):53-54.
- [2]何满潮,任树林,陶志刚.滑坡地质灾害牛顿力远程监测预警系统及工程应用[J].岩石力学与工程学报,2021,40(11):2161-2172.
- [3]张伟.山区滑坡灾害监测技术研究[J].地质灾害与环境保护,2020,31(2):45-50.
- [4]李敏.地质灾害预警系统的应用现状与发展[J].自然灾害学报,2021,30(1):12-20.