

物联网技术在地质灾害监测预警防治领域的应用研究

Research of Internet of Things Technology in Geological Disaster Monitoring and Early Warning and Control

王利强

Liqiang Wang

中国煤炭地质总局一二九勘探队 中国·河北 邯郸 056004

No.129 Exploration Team, CNACG, Handan, Hebei, 056004, China

摘要: 论文针对中国地质灾害频发的背景, 针对目前地质灾害监测预警和防治领域存在的诸多问题和不足, 探讨研究如何发挥信息技术、人工智能技术、物联网技术, 来提升地质灾害监测预警工作的智能化、高效化和精准化。提出了明确的研究思路和方法, 同时就系统的实现和构成进行了详细的阐述, 并重点就关键的技术点、设备配套等方面进行了总结。最后, 结合实际工程案例对系统的应用效果和价值进行了对比和分析, 并就系统未来的研究和拓展提出了方向

Abstract: The paper focuses on the background of frequent occurrence of geological disasters in China and the many problems and shortcomings in the field of monitoring, warning, and prevention of geological disasters. It explores and studies how to utilize information technology, artificial intelligence technology, and Internet of Things technology to enhance the intelligence, efficiency, and precision of geological disaster monitoring and warning work; Clear research ideas and methods were proposed, and the implementation and composition of the system were elaborated in detail, with a focus on summarizing key technical points, equipment matching, and other aspects; Finally, the application effectiveness and value of the system were compared and analyzed based on actual engineering cases, and directions for future research and expansion of the system were proposed.

关键词: 物联网; 地质灾害; 监测预警; 防治

Keywords: IoT; geological disaster; monitoring and early warning; control

DOI: 10.12346/csai.v1i3.7754

1 引言

中国幅员辽阔, 地形地貌复杂, 导致中国成为世界上地质灾害最严重、受威胁人口最多的国家之一, 每年地质灾害给人民群众造成经济损失和人身伤亡影响巨大。在此背景下, 研究如何发挥信息技术、人工智能技术、物联网技术, 为加强地质灾害的监测和预警服务, 对于提升地质灾害监测预警的智能化、高效化、精准化将具有重大意义。

2 研究背景及意义

多年来中国地质灾害频发, 据自然资源部统计, 2019年全国共发生地质灾害 6181 起, 同比增长 108%, 2020 年更是达到 7840 起, 同比增长 27%。在对经济造成损失的同时,

更是对人民群众的生命安全造成了危害。

常见地质灾害有 12 大类 48 小类, 其中以泥石流、滑坡、崩塌、地面塌陷最为常见, 其带来的危害性也最大。各地借助简单的测量装置, 用监测灾害体、房屋的裂缝、位移变化、观察发生灾害前兆等基础方法, 尽可能减少地质灾害的影响。这些工具虽发挥了一定作用, 但多存在缺乏专业技术支持、设备缺少统一管理、缺乏定期巡检、故障率高、精准度低的问题, 形成了“设备接入难、设备管理难、数据整合难、应急指挥难”的四难问题, 不仅导致监测系统的运行效率低下、精准度降低, 在地质灾害发生时无法为应急管理提供必要的支撑, 对地质灾害监测预警防治工作的支撑力度明显不足^[1]。

【作者简介】王利强 (1979-), 男, 中国河北邢台人, 硕士, 高级工程师, 从事信息技术与地质、测绘技术相结合研究。

3 研究思路和方法

论文研究的思路是利用信息技术、人工智能技术、物联网技术,按照“设备统一化、数据一体化、管理可视化、指令精准化、预警智能化”的目标,打造一体化的智慧地质灾害监测预警系统平台,对地质灾害监测、预警、分析、应急指挥工作提供全流程的信息化服务。

在了解历史地质灾害统计数据基础上,结合中国地质灾害发生的特点、类型和规律,通过“管理”和“技术”两个维度展开相应研究,来提升地质灾害监测预警防治的能力和水平。

3.1 以优化“地质灾害防控四要素”管理为切入点

在地质灾害防治工作中,人、设备、隐患点、物资作为四个主要要素,对于地质灾害防治工作的影响至关重要,实现“四要素”一站式立体化管理,高效协调“四要素”间的关系,才能为地质灾害应急决策指挥提供全要素的沙盘信息,为提高地质灾害防治工作的成效奠定基础。要以优化“四要素”的管理为切入点做好基础工作。

通过细化防灾责任人、监测人、受影响人群等数据管理做好人的工作,达到群测群防目标;通过强化对设备的管理工作,全面增强设备的稳定性和精准性;通过加强对隐患点的巡查和发现,确保风险点的可识别、可管控;通过加强物资管理,特别是应急救援物资的储备和调度能力,提升应急救援的响应速度和救援能力^[2]。

3.2 以细化“日常管理”能力为着力点

在日常管理中,以打造“调查评价、智能监测、综合治理、群测群防”四位一体的日常管理能力为目标,不断细化日常管理的工作能力。

调查评价环节通过调查评价实现隐患点、风险点的识别、收集和确认工作,实时更新基础数据信息;智能监测环节通过“以技防为主”的理念,以专业、高效、精准的监测设备完成对风险点数据的定期采集、上报;综合治理环节通过信息化平台,强化对地质灾害防治工程的全流程监督和管理,实现信息公开化、数据一体化;群测群防环节通过“人防并重”的理念,调动相关人员积极性,明确巡查任务、落实巡查责任,对地质灾害监测预警防治系统提供有效补充。

3.3 以强化“应急管理”水平为关键点

在评估地质灾害监测预警防治系统的效能时,其在灾前提供的“防灾能力”和灾后提供的“应急防治能力”是衡量其整体性能和水平的两个重要评价指标。一个成熟的地质灾害监测预警防治系统,应以不断强化和提升应急管理能力作为重点^[3]。

在灾前的防灾能力环节:实现高效、精准的危害预警,并准确地推送预警信息到目标人群,提醒人员撤离减少损失是防灾能力的主要体现。

在灾后的应用救援环节:实现对灾情的快速精准评估、灾情信息的规范上报、对人员和物资的高效调度,对视频监控、地理信息、三维模型数据整合,为应急救援指挥决策提供高效服务,构建动态高效应急救援指挥体系,是其应急防治能力的综合体现。

控、地理信息、三维模型数据整合,为应急救援指挥决策提供高效服务,构建动态高效应急救援指挥体系,是其应急防治能力的综合体现。

3.4 以深化“物联网”技术为突破点

初期的监测工作主要依靠人工巡查,后开始引入一些监测设备。这些设备多为较初级的传感设备,有些不具备信息远程传递能力和数据双向交互能力,具有局限性。随着物联网技术的高速发展,发挥物联网技术强化监测设备的智能化、精准化、高效化,成为提升地质灾害监测预警防治系统的重要技术突破点。

在设备层:通过采取标准化高、稳定性强、接入方式灵活、功耗低、易维护、可实时交互的终端采集设备,对风险点进行不间断的温度、湿度、风力、位移、速度、变形、闯入、水位等全方位的精准监测。

在网络层:采集的数据借助专业的物联卡,通过运营商的NB-IoT、TD-LED、GSM甚至5G网络进行稳定、快速传输到管理端;并将管理端的下行指令实时下达设备端,更新设备状态和运行参数。

在管理层:对采集的数据进行汇总和利用,为决策分析提供有效支撑。

3.5 以优化“大数据平台”效能为落脚点

在地质灾害监测预警防治工作中,涉及的“人、事、物”因素产生的数据众多,这些数据各成条线,多数是数据孤岛难以整合,导致数据的整体效能无法充分体现。因此,在地质灾害监测预警防治系统的建设中,要将如何有效整合各条线数据、充分挖掘大数据的效能、形成“以数据为中心”的平台作为研究重点。

通过对地质灾害监测预警防治工作的“事前、事中、事后”全生命周期闭环管理,通过统一的数据调度分析和管理中台,实现对基础数据、监测数据、资源数据等各环节数据的一体化管理,提升地质灾害监测预警工作的效率和水平,为应急救援工作提供决策支持服务。

4 系统实现

4.1 系统架构

在系统实现阶段,按照结构化和模块化的系统设计思想,根据对地质灾害监测预警防治工作需求的分析和整理,在系统架构上划分为四个层面,见图1。

①感知层:通过标准化、开放化的数据通讯接口,广泛引入各类感知设备。利用各监测设备的能力,实现对风险点从水流、雨量、温度等环境变化到位移、裂缝、倾角变化等地形变化的全天候、全方位监测。

②接入层:通过采用特定的窄带互联互通设备,充分利用运营商提供的2G/3G/4G/NB-IoT网络,结合GPS等技术,实现感知层所采集数据向平台层的快速、稳定传输,同时完成平台层向感知层设备运行指令和参数的下达。



图 1 系统架构分层示意图

③平台层：通过云计算技术，打造一体化的监测设备管理中心和数据管理中心，作为系统的核心管理层，实现对设备和数据的有效整合。

④应用层：通过开发针对性的 Web 信息系统，实现对设备运行、监测预警、应急救援等各类数据的综合利用，为各管理员随时随地提供高效服务，采用 APP 应用结合手机或专用终端为现场巡查人员提供便捷服务。

4.2 系统搭建

根据地灾防治工作里“灾前、灾中、灾后”不同阶段工作重点不同的特征，按照“各有侧重、有效融合”的特点，将系统划分为四个子系统。各子系统既相互独立提供特定的服务，又相互影响、相互作用，共同融合构成一个完整的系统。

4.2.1 地灾监测能力管理子系统

作为系统的主要数据入口，侧重于对监测智能感知设备的统一化管理，提供对设备的集成、接入、运维管理服务。

提供标准化、开放化的接口，支持多种数据通讯协议，实现对各种类型感知设备的高度兼容和支撑，提升数据的监测能力；对感知设备监测数据实时接收、可视化展示；向感知设备下发设备指令、调整运行参数，对设备状态进行巡检，确保感知设备稳定运行。

4.2.2 地灾监测预警子系统

作为系统“灾前”阶段的主要应用，侧重于对地灾监测预警防治工作全业务流程的管理。

通过调查评价实现对各类人员、隐患点等基础数据的管理；通过智能监测实现对各终端监测的数据的统一动态管理，对采集数据采取多维度的分析和展示，对风险点实时智能监测；通过灾害预警实现监测数据多级阈值预警，触发相应预案；通过防灾能力实现对重点风险源和隐患点的前置干预和提醒，提升系统的防灾能力；通过群测群防实现群防工作联动，借助 APP 和 GPS 定位技术实现群防员对风险点的

定点、定时巡检、实时上报；通过综合治理实现地灾防治项目施工的全流程信息化管理（见图 2）。



图 2 群测群防员现场工作流程示意图

4.2.3 信令大数据子系统

作为系统在“灾前、灾中”阶段的主要应用之一，侧重于将地灾监测预警子系统中产生的预警信息，结合地质灾害影响区域的基础数据和空间地理信息，通过运营商基站信令数据，在对地质灾害影响区域内人员进行统计分析的基础上，将预警信息精准靶向地推送至指定的人群，实现地质灾害预警的精准性和智能性，充分发挥预警的作用，最大限制降低灾害对人民群众生命和财产安全（见图 3）。

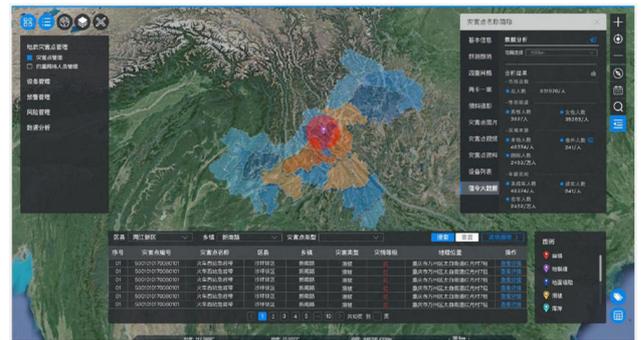


图 3 信令大数据实现区域快速精准预警示意图

4.2.4 应急救援指挥子系统

作为系统在“灾后”阶段的主要应用，侧重于地质灾害发生后的第一时间内，为政府及工作人员提供数据精准、调度高效的应急救援决策指挥服务。

通过提供统一的信息上报途径，在灾害发生后能够快速摸排、汇总各地受灾情况，并对数据进行快速评估，为救灾决策提供高效支撑；通过提供统一的任务下达途径，将应急状态下各类救援任务精准、快捷、批量化下达到各部门、各人员和现场，为抢救救灾赢得宝贵时间。

通过提供统一的资源调度途径，根据各地灾情不同、受损严重程度等情况，实现救援人力、物力等宝贵资源在各区内的高效、合理分配和快速调动，便于充分发挥救灾资源的价值，提升灾后救援能力。

4.3 关键技术点

4.3.1 具备多种数据通讯协议

系统支持多种数据通讯协议，具备高度兼容性；同时提供了标准化、开放化的数据传输接口，拥有丰富而全面的各

类感知设备接入能力,并具备灵活的可扩展性。多种智能化感知设备的接入,有助于大幅提升系统对地质灾害的监测能力。

4.3.2 具备整合多源异构数据的能力

在地质灾害监测预警防治工作当中,往往涉及到多个条线的机构、人和关系,由此也涉及多种类型、多种结构的数据需要进行交互和管理。系统将必须支持对多源异构数据的整合和运用能力作为一个重要原则,全面支持文字、图像、视频、声音、GIS、DB等各种数据类型的兼容能力。丰富而全面的数据源,为发挥大数据分析的效能奠定了基础。

4.3.3 采用特制窄带互联互通设备

系统通过采用特制的窄带互联互通设备模块作为无线2G/3G/4G/5G网络向NB传输的转换设备,在保证插电即用、部署灵活的同时,实现了监测区域内NB信号的全覆盖,确保了信号稳定、无死角。设备采用低功耗的NB传输协议,降低传输功耗,确保了信号的长期、稳定传送,有效解决信号问题。

4.3.4 具备智能监测、定向预警功能

系统支持根据风险等级预设多级预警阈值,实现不同风险的智能监测管理;同时充分结合运营商信令监测网关的信令数据,结合受灾区域空间地理信息,快速、精准确定风险区域内的人员,并实现预警信息的高效、靶向式推送。通过精准预警能力,最大程度发挥系统的应用效能。

4.3.5 具备大数据分析运行能力,为应急救援提供支持

系统通过对各类数据的整合和一体化管理,对数据的分析和挖掘,为应急救援决策提供数据支撑服务,提升应急救援的水平 and 能力。

5 应用效果分析

本系统已在川贵等多地进行了实践,均取得良好效果。以贵州某地开展的地质灾害监测预警防治工程为例,该项目位于黔西南地区,区域内共包括了已查明的65个地质灾害

隐患点。历年来多次发生地质灾害。经资料调查地质灾害隐患的类型主要以山体滑坡、山体崩塌、泥石流、地面塌陷、不稳定性斜坡等为主。

通过设计施工,在区域内共布设了智能采集器RTU、GNSS地表位移监测仪、泥水位监测计、雨量计、深部位移计、倾角仪、渗压计等各种智能传感自动化监测设备共430台,布设了NB传输网关设备近80台,同时部署了5G高清视频摄像头,实现了“5G+NB”模式的地质灾害监测预警防治系统。

系统上线以来,保持了稳定高效运行,先后累计成功预报各类、各等级地质灾害300余起,累计成功预警推送通知5.8万人次,避免直接经济损失约6亿元。同时,区域内群测群防工作的上报率由以往的40%提升至92%,上报效率由原来的20天缩短为2天,极大提高了群测群防的作用,为该区域内的地质灾害监测预警防治工作提供了保障。

6 结语

论文研究实现了对地质灾害监测预警防治各环节的支持,但在应用的效能和数据挖掘深度上仍存在不足之处。今后可进一步开展向后的扩展研究,提升对地质灾害等级评估规范的解析能力,结合灾情上报数据,实现地质灾害的智能快速评估;强化灾区空间地理信息和地质灾害推演模型的研究,实现对灾害发展的推演和预测,为应用救援提供更科学的支撑数据。通过进一步的研究整合,无论是对提升地质灾害监测预警防治系统的整体性能,还是对提高地质灾害防治与应急工作的能力,都必将产生积极影响。

参考文献

- [1] 李烈荣.中国地质灾害与防治[M].北京:地质出版社,2003.
- [2] 张杰.地质灾害监测预警预报系统研制与开发[D].西安:长安大学,2011.
- [3] 周金文.物联网技术在地质灾害防治中的应用研究[J].微计算机信息,2019(8):152-153.