 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i3.5202

Design and Application of Geological Hazard Monitoring System Based on Surveying and Mapping Technology

Lumu Zhou

Guangxi Gongkan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

Geological disasters pose a very serious threat to human life and property safety. With the rapid development of surveying and mapping technology, its application in disaster monitoring is becoming increasingly widespread. Research has been conducted to construct functional modules for data collection, processing, warning, and visualization. Based on practical cases, the feasibility and effectiveness of the system have been verified. Research shows that surveying technology has advantages in geological hazard monitoring, which can improve monitoring accuracy and early warning efficiency, providing scientific basis for disaster prevention and control. In the future, with the integration of artificial intelligence and big data technology, geological hazard monitoring systems will develop towards intelligence and automation.

Keywords

surveying and mapping technology; Geological hazard monitoring; Remote sensing; GNSS; LiDAR; GIS; early warning system

基于测绘技术的地质灾害监测系统设计及应用

周禄模

广西工勘岩土工程有限公司，中国 · 广西 桂林 541000

摘　要

地质灾害会对人类的生命以及财产安全造成非常严重的威胁，随着测绘技术发展速度变快，它在灾害监测里的应用越来越广泛，研究构建起数据采集、处理、预警和可视化的功能模块。结合实际的案例，验证了系统有可行性与有效性，研究显示，测绘技术在地质灾害监测方面拥有优势，可提升监测精度以及预警效率，为灾害防治给予科学依据，未来随着人工智能和大数据技术的融合，地质灾害监测系统会朝着智能化、自动化的方向去发展。

关键词

测绘技术；地质灾害监测；遥感；GNSS；LiDAR；GIS；预警系统

1 引言

地质灾害属于全球范围内常见的自然灾害类型之一，它所有的突发性以及破坏性会对人类社会经济以及生态环境带来十分严重的影响，近些年来，随着气候变化以及人类活动的不断加剧，地质灾害出现的频率以及规模呈现出上升的态势，怎样可有效地监测以及预警地质灾害变成了当前研究的热点问题。测绘技术作为获取并分析地理空间信息的关键手段，在地质灾害监测方面发挥着不可替代的关键作用。

2 地质灾害类型及其监测需求

2.1 地质灾害的主要类型

地质灾害涉及多种类型，如滑坡、泥石流、崩塌以及地面沉降等，滑坡指的是斜坡之上的岩土体，于重力作用的影响下，沿着滑动面整体向下滑动的一种现象，其往往是由降雨、地震或者人为活动而引发的，泥石流是一种含有大量泥沙以及石块的、快速流动的流体，大多发生在山区，有突发性以及破坏性较强的特性。崩塌是指处于陡峭斜坡上的岩土体，在重力作用之下突然脱离母体向下坠落的现象，大多时候发生在高陡边坡区域，地面沉降是指地表在自然或者人为因素的作用下出现垂直下沉的现象，大多和地下水开采、矿山开采等活动存在关联，不同类型的地质灾害，其形成机理以及特点各不相同。滑坡的形成一般和地质结构、降雨、地震等因素紧密相连，泥石流的发生则和地形、降雨强度以及松散物质积累相关，崩塌大多出现在岩体结构破碎、坡度陡峭的区域，地面沉降主要是由地下水位下降、岩土体压缩等因素所致，要针对不同类型的地质灾害，运用相应的监测技术以及分析方法，以此达成对灾害的精准监测与预警。

2.2 地质灾害监测的需求分析

地质灾害监测有着多方面要求，其中包括实时性、精

【作者简介】周禄模（1987–），男，壮族，中国广西南宁人，工程师，从事测绘、地质与岩土工程、水利水电工程等研究。

确性以及全面性，所谓实时性，就是监测系统要可以及时获取灾害发生进程中的动态信息，以此为灾害预警以及应急响应给予支持，精确性意味着监测数据要可以准确呈现灾害的规模、范围以及变化趋势，为灾害评估以及防治提供科学依据。全面性则是指监测系统要覆盖灾害发生的各个环节，像灾害前兆、发生过程以及后续影响等，

地质灾害监测数据存在多样性和复杂性，这也对监测技术提出了更高要求，监测数据涉及地形地貌数据、地质结构数据、气象水文数据等，这些数据需经过多源数据融合和分析，才可全面呈现灾害的特征以及演变规律。地质灾害监测面临技术挑战，例如复杂地形条件下的数据获取、多源数据的集成与处理、预警模型的构建与优化等。

2.3 测绘技术在地质灾害监测中的作用

测绘技术于地质灾害监测领域起着关键作用，其一测绘技术可获取有高精度的地形地貌数据，为灾害风险评估以及监测布点给予基础数据方面的支持，其二测绘技术可探测地质结构，像是岩土体性质、断层分布等情况，以此为灾害形成机理的研究提供依据，测绘技术还可达成对灾害发生过程的动态监测，例如滑坡位移、地面沉降速率等，为灾害预警提供实时数据支撑。经由遥感、GNSS、LiDAR、GIS 等技术的综合运用，测绘技术得以实现对地质灾害的全方位监测，比如遥感技术可在大范围获取地表信息，GNSS 技术可以精确测量地表变形，LiDAR 技术可获取高分辨率的地形数据，GIS 技术则能对多源数据开展集成与分析，这些技术相互结合，为地质灾害监测提供了强有力的技术支撑。

3 测绘技术在地质灾害监测中的应用

3.1 遥感技术（RS）

遥感技术也就是 Remote Sensing，简称为 RS，它是借助传感器从远处获取地表信息的一种技术手段，这为地质灾害监测给予了高效且覆盖范围大的数据方面的支持，遥感数据的获取主要依靠卫星、航空器以及无人机等平台，利用光学、红外、微波等传感器来捕捉地表特征。数据处理涉及图像预处理、分类、解译等步骤，以此提升数据的可用性与准确性，比如多光谱和高光谱影像可识别地表的细微变化，而合成孔径雷达也就是 SAR，可以在全天候状况下监测地表形变，遥感技术在地质灾害监测里的应用案例多种多样，像在滑坡监测中，遥感影像可识别滑坡体的形态变化，再结合时序分析，预测滑坡的发生概率。在泥石流监测方面，遥感技术可迅速获取流域内的地形、植被以及降雨信息，评估泥石流的潜在风险，另外遥感技术在地震、火山活动等地质灾害监测中也有广泛应用，依靠地表形变、热异常等特征，提前对灾害发生发出预警。

3.2 全球导航卫星系统（GNSS）

全球导航卫星系统也就是 GNSS，借助接收多颗卫星信号来达成高精度定位以及变形监测，于地质灾害监测工作里，GNSS 技术主要是用来监测地表的微小位移状况，像滑坡、地面沉降这类情况，GNSS 接收器被安置在监测点上，历经长时间的数据采集，分析地表的变形趋势。GNSS 技术的精度可达到毫米级，并且有全天候、全球覆盖的长处，GNSS 技术的实时性属于其在地质灾害监测方面的一个优势，凭借实时数据传输以及处理，GNSS 系统可快速对地表变化做出反应，给出及时的预警信息，不过 GNSS 技术的精度会受到多种因素的作用，比如卫星信号的多路径效应、大气延迟等。在实际运用过程中，大多时候会采用差分 GNSS 即 DGPS 或者实时动态定位也就是 RTK 技术，以此提升监测精度，另外 GNSS 技术的布设成本相对较高，同时需要稳定的电力供应以及数据传输网络，这在一定程度上对其广泛应用形成了限制。

3.3 激光雷达技术（LiDAR）

激光雷达技术（Light Detection and Ranging, LiDAR）是借助发射激光脉冲然后接收反射信号，以此来精确测量地表的三维坐标，在地形地貌测绘工作当中，LiDAR 技术可生成高精度的数字高程模型（DEM），为地质灾害监测提供基础数据支持。LiDAR 技术有高分辨率以及高精度的特性，它可穿透植被，直接获取地表相关信息，特别适用于复杂地形的测绘工作，在地质灾害监测领域，LiDAR 技术的优势主要呈现于其高精度和高分辨率方面，举例来说，在滑坡监测过程中，LiDAR 可以精准测量滑坡体的体积以及形态变化，为灾害评估提供可靠的数据依据。在泥石流监测工作里，LiDAR 可快速获取流域内的地形数据，用于评估泥石流的潜在风险，不过 LiDAR 技术也存在一些不足之处，像设备成本比较高、数据处理较为复杂，并且受天气条件的影响比较大，另外 LiDAR 数据的解译需要专业知识，这也增加了其应用的难度。

3.4 地理信息系统（GIS）

地理信息系统，即Geographic Information System(GIS)，借助对空间数据的整合、管理以及分析，为灾害监测提供了有力工具，GIS 技术可把遥感、GNSS、LiDAR 等多源数据集成于同一平台，展开分析与可视化呈现，在灾害数据管理工作里，GIS 技术可构建空间数据库，用以存储和管理各类监测数据，像地形、地质、气象等数据。于数据分析环节，GIS 技术可开展空间叠加、缓冲区分析、网络分析等操作，以此评估灾害风险。

3.5 其他测绘技术

无人机测绘技术借助搭载多种传感器来开展工作，这些传感器包括相机、LiDAR、热成像仪等，以此达成高精度的地形测绘以及灾害监测，无人机有灵活性较强、成本较低、分辨率较高的特性，特别适合用于小范围且地形复杂区域的监测，举例来说，在滑坡监测工作里，无人机可迅速获取滑坡体的高分辨率影像，展开相关的变化分析。而在泥石流监测方面，无人机可以获取流域内的地形以及植被等信息，对

泥石流的风险进行评估。

4 地质灾害监测系统设计

4.1 系统设计目标与原则

在地质灾害监测与预警领域中，通过测绘技术获得精准、准确的地理信息和地理数据的方法越来越广泛地应用。以测绘技术为支撑，建立地质灾害监测与预警系统，能有效将前沿科学技术与地质灾害防治工作相结合，提高人们对地质灾害的应急反应和处理能力。以测绘技术为基础的地质灾害监测与预警系统设计应考虑环境、灾害类型、监测技术等多个因素。系统设计所遵循的技术路线以及构建的框架乃是达成上述目标的关键所在，其中技术路线涉及了数据采集、数据处理、灾害预警以及可视化展示等多个环节，而框架主要由硬件设备、软件平台以及数据交互等部分所组成。

4.2 系统功能模块设计

数据采集模块作为地质灾害监测系统的根基所在，主要借助遥感、GNSS、LiDAR 等技术手段来获取地表相关信息，其中遥感技术是依靠卫星、航空器以及无人机等各类平台，获取大范围的地表影像资料，GNSS 技术则是依靠接收多颗卫星所发出的信号，以此达成高精度的定位以及变形监测工作，LiDAR 技术凭借发射激光脉冲，可精确地测量出地表的三维坐标数据。

数据采集模块在进行设计之时，需要充分考量数据的精度、分辨率以及实时性等方面，以此保证所采集数据的可靠性以及可用性，数据处理模块堪称地质灾害监测系统的核心部分，主要囊括数据清洗、融合以及分析等一系列步骤，数据清洗这一环节是借助去除噪声以及异常值，提高数据的整体质量，数据融合是借助整合多源数据，以此提升数据的完整性与一致性，数据分析则是运用空间叠加、缓冲区分析、网络分析等多种方法，来评估灾害风险状况。

4.3 系统硬件与软件设计

硬件设备作为地质灾害监测系统的根基，主要囊括传感器、数据采集设备以及服务器等，传感器借助遥感、GNSS、LiDAR 等技术来获取地表相关信息，数据采集设备经由接收并处理传感器数据，生成监测数据，服务器依靠存储以及处理监测数据，以此支持系统的正常运行，硬件设备进行设计时要考量设备的稳定性、可靠性与可扩展性，保证系统可长期稳定运行。软件平台身为地质灾害监测系统的关键部分，主要包含数据处理软件、预警模型以及可视化工具等，数据处理软件凭借对数据展开清洗、融合以及分析，以此提升数据的可用性与准确性，预警模型依据数据分析，提供适时的预警信息，可视化工具借助 GIS 平台实施三维可视化展示，为决策给予直观依据。

4.4 系统集成与测试

系统集成对于地质灾害监测系统实现其功能而言非常关键，其主要覆盖各模块的集成以及数据交互这两方面，数据采集模块借助传感器来获取地表信息，之后将其传输至数据处理模块，数据处理模块会对数据展开清洗、融合以及分析等操作，生成监测数据，再把这些数据传输至灾害预警模块，灾害预警模块依据数据分析结果，提供相应的预警信息，随后传输到可视化模块，可视化模块借助 GIS 平台开展三维可视化展示工作。系统集成在进行设计时，要充分考量数据可高效传输以及模块之间实现无缝衔接，以此来保证系统有整体性和一致性，系统测试是地质灾害监测系统保证自身性能的关键所在，主要包含性能测试以及优化这两部分内容，性能测试依靠模拟各种各样的环境条件，以此来评估系统的实时性、精确性、可靠性以及可扩展性，优化则是依靠调整系统参数和算法，提高系统的性能以及稳定性。

5 结论

测绘技术于地质灾害监测领域的应用有相当关键的现实意义，如遥感技术、GNSS 技术、LiDAR 技术以及 GIS 技术等，可为地质灾害监测给予高效且精确的数据支撑，为灾害预警以及决策制定提供科学依据，地质灾害监测系统展开设计时，需全面考量实时性、精确性、可靠性以及可扩展性等方面，经由数据采集、数据处理、灾害预警以及可视化展示等模块的整合，达成系统的高效运转以及可靠性能。在未来，随着技术持续取得进步，地质灾害监测系统会变得日益趋向智能化、自动化，为防灾减灾工作提供更为有力的支持。

参考文献

[1] 刘浩,任荣,李瑞宁,刘义海,姜灵芝.地质灾害实时监测预警系统建设研究[J].地质论评,2020,0(S1).

[2] 张广成,胡小华,郑树东,古韬.地质灾害监测预警系统研究与应用[J].合肥工业大学学报：自然科学版,2019,42(06).

[3] 李星星.地质灾害自动化监测预警系统设计[J].中国新技术新产品,2020,0(03).