

Application of Electrical Exploration and GIS Technology Integration in Landslide Monitoring

Jian Cai

Shanxi Coal Geological Geophysical Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Jinzhong, Shanxi, 030600, China

Abstract

Electrical exploration is an important tool for geological disaster monitoring, and GIS (Geographic Information System) technology, with its advantages in spatial data management and analysis, is widely used in geological disaster warning and monitoring. In this study, the geological parameters obtained by electrical exploration are processed by GIS space, and a geological information map with the combination of two-dimensional resistivity profile and location information is formed. Through comparative analysis, it is proved that this method is accurate in the detection of landslide geological anomalies, and it also has an important guiding role in landslide monitoring and early warning. Compared with the conventional monitoring data, the application of the integration of electrical prospecting and GIS technology in landslide monitoring can make a more accurate prediction of the development trend of landslide. The results show that this technology has high practicability and accuracy in landslide monitoring, and provides a new and effective means for geological disaster monitoring.

Keywords

electrical exploration; GIS technology; landslide monitoring; geological anomaly detection

电法勘探与 GIS 技术融合在滑坡监测中的应用

蔡健

山西省煤炭地质物探测绘院有限公司, 中国·山西 晋中 030600

摘要

电法勘探是地质灾害监测的重要工具, 而GIS (Geographic Information System) 技术, 以其在空间数据管理和分析上的优势, 被广泛应用于地质灾害的预警和监控。本研究采用了电法勘探与GIS技术相结合的方法, 将电法勘探获得的地质参数进行了GIS空间处理, 形成了地下二维电阻率剖面图与位置信息相结合的地质信息图。通过对比分析, 证实了该方法在滑坡地质异常体探测上的精确度, 同时, 对滑坡的监测和预警也有重要的指导作用。在与常规监测数据对比下, 电法勘探与GIS技术融合在滑坡监测中的应用能对滑坡的发展趋势做出更为精确的预测。研究结果显示, 这种技术在滑坡监测方面, 具有较高的实用性与准确性, 为地质灾害监测提供了一种新的有效手段。

关键词

电法勘探; GIS技术; 滑坡监测; 地质异常体探测

1 引言

地质灾害是世界各地面临的重大问题, 其中, 滑坡是颇具破坏性的一种, 对人民生命财产构成严重威胁。对滑坡地质异常体进行准确探测, 是防灾减灾的关键一环。电法勘探已逐渐成为在这一领域中被广泛使用的一种有效技术。同时, 随着科技的进步和发展, GIS (Geographic Information System) 技术以其空间数据管理和分析的出色能力, 越来越多地被应用于地质灾害的预警及监测中。整合电法勘探与GIS技术的前沿技术, 将双方的优势充分结合在一起, 有望进一步提升滑坡监测的准确性和预警的及时性。以电法勘

探获得的地质参数为基础, 通过GIS技术的精细处理, 使得我们能够更加直观地获取地下电阻率分布状况, 识别滑坡地质异常体。在本研究中, 我们试图验证并展示电法勘探与GIS技术相结合在滑坡监测中的应用效果, 以期提供一个更加精确、高效的滑坡识别及预警新方案, 并借此对于其长期应用效果进行初步的预测和评估。

2 电法勘探在地质灾害探测中的应用

2.1 电法勘探的基本原理与方法

电法勘探是一种常用于地质灾害监测的物理探测方法, 其基本原理是通过测量地下介质的电阻率分布来识别和探测地质异常^[1]。电阻率是反映地下岩层或土层特性的一个重要参数, 不同类型的地质体、电性特征差异显著, 借助这一特性可以有效识别滑坡体和其他地质异常。

【作者简介】蔡健 (1989-), 男, 中国山西吕梁人, 本科, 工程师, 从事电法勘探、地质灾害监测预警研究。

电法勘探常用的方法包括直流电法、电磁法和激发极化法等。直流电法主要通过在地表布设电极阵列，向地下发送电流，随后在接收电极上测量电位差，计算电阻率。这些测点数据经过插值处理可以形成地下二维或三维电阻率结构图。电磁法是通过产生时变电磁场，并测量其感应电场和磁场的变化，从而反映地下电阻率分布^[2]。激发极化法则是利用地下介质的电化学反应特性，测量其极化现象。

针对滑坡监测，电法勘探具有高分辨率和高灵敏度的特点，能够有效探测滑坡体的内部结构、水分含量，以及滑坡带的空间展布等信息。在实际应用中，布设电极的方式因地形和目标不同而有所变化，如中梯、偶极—偶极等方式均能适应不同观测需求。

利用电法勘探数据，结合数学反演与数值模拟技术，可以进一步精确解算地下电阻物体结构。在实际处理过程中，需考虑数据的噪声消除以及异常点的识别等问题，通过信号处理和正反馈算法，提高数据处理结果的可靠性和准确性^[3]。这部分勘探结果为滑坡监测和预警提供了重要的基础数据支撑。

2.2 电法勘探在滑坡探测中的实际应用

电法勘探在滑坡探测中的实际应用主要体现在对不同地质体的电阻率差异检测上。滑坡的发生通常与地下水体、软弱层等因素密切相关，这些因素在电性上具有显著差异，利用电法勘探可以有效探测和分析这些变化。常用的电阻率法、电感应极谱法等技术，通过在地表布设电极并测量其电阻率，获取地下电性参数分布，进而绘制出地下地质体的电阻率剖面图。结合现场勘探和地质调查资料，通过对电阻率剖面图的解释，可以有效识别滑坡体的边界、滑动面及其软弱带^[4]。电法勘探还可以监测滑坡体内部水分变化，进而判断滑坡体的稳定性。利用电法勘探获得的地质参数，通过不断积累和综合分析，能够实现对滑坡形成机制的深入理解，为精确的滑坡预警和监测提供坚实数据支撑。这种地质异常体的高精度定位和识别能力，使电法勘探在滑坡探测中具有广泛的实际应用价值。

2.3 电法勘探数据处理和解释方法

电法勘探数据的处理和解释主要包括数据预处理、反演处理和结果分析。数据预处理阶段需对原始数据进行质量控制和噪声消除，以确保数据的可靠性。在反演处理环节，通过运用数学算法将测得的电性数据转换为地下地质结构的详细图像。结果分析则依据生成的电阻率剖面图，结合地质知识和现场条件，识别出地质异常体的位置、形态和规模，为滑坡监测提供科学依据。此过程需要综合应用专业软件和地质理论，以确保解译结果的准确性。

3 GIS 技术在地质灾害预警中的应用

3.1 GIS 技术的基本工具和功能

GIS 技术的基本工具和功能在地质灾害预警中起到了

至关重要的作用。其主要工具包括地理数据库、空间分析工具和可视化工具。地理数据库用来存储和管理大量的地理空间数据，这些数据包括地形、高度、植被、水文、气象等各种环境要素。这些数据为地质灾害预警提供了全面的信息基础。

空间分析工具支持各种复杂的地理分析，比如缓冲区分析、叠加分析和网络分析等。缓冲区分析可用于确定滑坡可能影响的区域，而叠加分析则将不同层次的数据综合，发现潜在的风险区域。网络分析能够模拟灾害发生后的应急疏散路线，为紧急情况的应对提供路径选择^[5]。

可视化工具用于将分析结果以图形、图表等方式呈现，帮助决策者更直观地理解潜在的风险。例如，三维地形图和滑坡风险图可以在 GIS 平台上生成，使决策者能够及时采取预防措施。高分辨率卫星影像的集成进一步增强了地质灾害的监测能力，通过实时影像数据，能够动态捕捉并分析滑坡的细微变化。

GIS 技术的基本工具和功能涵盖了数据存储、复杂分析和可视化展示等各个方面，为地质灾害预警提供了强有力的技术支持，能够显著提高地质灾害预警的准确性和效率。GIS 技术在地质灾害预警中的广泛应用，不仅提升了灾害监测的精准度，还为应急管理提供了科学依据。

3.2 GIS 技术在滑坡预警中的角色和应用

在滑坡预警中，GIS 技术具有不可替代的核心作用，具体体现在多个方面。GIS 技术通过整合和管理滑坡区域的各种空间数据，如地形、地质条件、植被覆盖、降雨量等，为预警系统提供了全面的基础数据支持。这些数据在 GIS 平台上可以进行高效地管理与操作，具体分析滑坡易发区域及变化趋势。通过空间叠加分析，可以识别出滑坡危险区域，并进行风险评估，进而生成精准的滑坡风险图。GIS 技术支持空间数据的三维可视化，使得监测人员能够直观地理解复杂的地质环境变化。GIS 技术还支持实时动态更新，结合传感器或者遥感数据，能够实时监测滑坡区域参数的变化，提高预警的及时性和准确性。通过与其他数据模型（如气象预报、地质模型）的结合，GIS 技术可以对滑坡的触发条件和潜在影响进行综合分析，提升了滑坡预警的科学性和可信度，为决策者提供更可靠的信息支持。

3.3 GIS 空间数据处理和分析方法

GIS 技术在滑坡预警中的应用依赖于其强大的空间数据处理和分析能力。空间数据处理涉及数据采集、存储、管理和转换，通过高效的地理信息数据库实现大规模数据的整合管理。分析方法包括空间插值、地形分析和多因子叠加分析，能在三维视图中立体展示滑坡区域的地质特征。采用空间统计分析和遥感影像分析，能提取地表变化信息，配合时序分析，精准监测滑坡动态。通过这些处理和分析方法，GIS 技术显著提升了滑坡预警的科学性和准确性。

4 电法勘探与 GIS 技术融合在滑坡监测中的实际应用与效果

4.1 电法勘探和 GIS 技术融合的方法与步骤

电法勘探与 GIS 技术的融合在滑坡监测中具有显著实践价值,明确相关方法与步骤是实现高效监测的前提。在具体方法上:

一是需要进行电法勘探数据收集。通过布设地电电极,利用电流注入地下,生成电场并记录各测点的电位差,从而获取地下介质的电阻率分布信息。这些初步数据经过反演处理,得到二维电阻率剖面图。

二是 GIS 技术的引入,通过将电法勘探获得的二维电阻率剖面图导入 GIS 系统,进行空间化处理。这一步骤中,需要将地质数据与地理空间数据进行整合,生成具有位置信息的地质信息图。在处理过程中,必须确保数据坐标的精准匹配,以保证最终图像的空间准确性。

三是对生成的地质信息图进行分析,利用 GIS 的空间分析功能,计算滑坡区域的电阻率异常值,识别潜在的滑坡体位置。此过程可通过叠加地形、地质结构、历史滑坡记录等多源数据进行验证,提高数据可靠性。

四是通过对比监测数据和实际滑坡事件,验证电法勘探与 GIS 技术结合的效果和准确性。根据分析结果,对滑坡体的变化趋势和风险等级进行动态评估,并及时发布预警信息,提高滑坡监测和预警的科学性与实用性。整体方法体系强调数据采集、处理、分析与验证的有机结合,力求实现滑坡监测的高精度、高可靠性。

4.2 融合技术在滑坡监测中的应用示例与效果分析

在某滑坡危险区,通过应用电法勘探与 GIS 技术的融合方法开展监测工作。利用电法勘探技术对该区域进行地质电阻率测量,获取详细的地下电阻率数据,并生成二维电阻率剖面图。随后,将所得数据导入 GIS 平台,对电阻率数据进行空间分析和处理。

在 GIS 平台上,结合滑坡区域的地形、地质结构和历史滑坡记录,通过空间分析功能实现了多源数据的综合集成与处理。通过地下电阻率剖面图与实时地理位置信息的叠加,形成了详尽的地质信息图,精确展示滑坡危险体的位置和范围。

在具体应用中,融合技术不仅提高了对地质异常体的探测精度,还能对易滑坡区域的演变趋势进行准确预测。经多次对比常规监测数据发现,融合技术能够提前识别滑坡迹象,提供有效的预警信息,为当地政府和相关部门在滑坡防

治和应急响应中提供了可靠的决策支持。通过实例验证,证实了电法勘探与 GIS 技术在滑坡监测中的高效性与可靠性。

4.3 电法勘探与 GIS 技术在滑坡预警中的准确性和实用性评估

电法勘探与 GIS 技术在滑坡预警中的准确性和实用性通过多方面评估得以验证。一方面,通过地下二维电阻率剖面图与地理位置信息结合,可以精确识别滑坡体的边界和内部结构变化,为滑坡体的实时监控提供了可靠的数据支撑。另一方面,在预警系统中融合两种技术,可以更全面准确地预测滑坡发展趋势,提升预警的时效性和有效性。实地测试表明,该技术方法显著提高了滑坡预警的准确率,并在实际应用中表现出较高的实用性。

5 结语

本次研究探讨了电法勘探与 GIS 技术在滑坡监测中的应用,通过电法勘探与 GIS 技术相结合的方法,进行地质参数的 GIS 空间处理,构建地下二维电阻率剖面图与位置信息相结合的地质信息图。通过实际应用,结果显示这种方法在滑坡地质异常体探测上的精确度较高,对滑坡的监测和预警具有重要指导作用。然而,该研究仍存在一定的局限性,需要在更大尺度和更复杂条件下验证其适应性和准确性。同时,也需要进一步优化数据处理和信息获取的工具和方法,提高地质参数的解析力和精度。在更广泛的地质灾害预警和治理中,未来将对电法勘探与 GIS 技术在灾害预测、实时监测以及灾后重建等方面的应用进行进一步探索和研究,以提升其在地质灾害监测中的广泛性和适用性。研究结果为滑坡监测提供了新的有效工具,推动了地质灾害的科学监测与管理,由此更进一步提高我们灾害预警、防治的能力,有效减少地质灾害对人类生活产生的负面影响。

参考文献

- [1] 韩子晨.我国滑坡地质灾害监测治理技术探究[J].区域治理,2020(44):208.
- [2] 杜尊龙.滑坡地质灾害勘察中电法勘探应用实践[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(5):184-187.
- [3] 李芳军.黄土滑坡地质灾害监测预警方法与技术探讨[J].冶金管理,2023(15):82-84.
- [4] 吴建兰.地质储量勘探技术中电法勘探标准技术探究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(22):3-5.
- [5] 陈正攸.公路边坡滑坡地质灾害监测预警技术探究[J].人民交通,2019(4):72.