

# 基于GIS空间数据模型的地质测绘中地质灾害风险评估研究

郭简之

江苏省地质矿产局第一地质大队 江苏南京 210041

**摘要:** 地质灾害系统是一个非线性的、动态发展的自然灾害系统,受不可抗力因素的影响,具有多层次结构、多重时间节点以及多元化的作用过程,同时还具有不确定性的复杂系统。基于GIS空间数据模型构建地质测绘中地质灾害的风险评估和预警系统,利用层次分析—信息量法评估矿产勘查时,矿区的地质灾害风险评估。文章经过实验验证了该系统的可行性,经结果表明,基于GIS技术开发的地质灾害风险预警系统具有极强的可行性和准确性。通过该预警系统的发布,可以有效帮助各地监测地质灾害风险预警信息,提高各地地质灾害防治能力。

**关键词:** GIS技术; 地质灾害; 滑坡; 风险评估; 预警系统

## Research on geological hazard risk assessment in geological mapping based on GIS spatial data model

Jianzhi Guo

The First Geological Brigade of Jiangsu Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210041, Jiangsu Province

**Abstract:** The geological hazard system is a nonlinear and dynamically evolving natural disaster system, influenced by uncontrollable factors. It has a multi-level structure, multiple time nodes, and diverse processes, while also being a complex system with uncertainties. A risk assessment and early warning system for geological hazards in geological surveying is constructed based on the GIS spatial data model. The Analytic Hierarchy Process (AHP) and information quantity method are used to evaluate the geological hazard risks in mining areas. The feasibility of this system is experimentally verified, and the results demonstrate that the GIS-based geological hazard risk early warning system is highly feasible and accurate. Through the dissemination of this warning system, it can effectively assist in monitoring geological hazard risk warning information in various regions and enhance their capacity for geological hazard prevention and control.

**Keywords:** GIS technology; Geological disasters; Landslide; Risk assessment; Early warning system

地质测绘工作具有一定难度和危险性,需要有完善的知识结构以及测量数据才能保障测绘工作的安全性和数据的精确性。地质测绘工作在测绘过程中,通常是通过人工测量,工程进度缓慢、费时长<sup>[1]</sup>。并且,工作人员对测绘地区的地质信息掌握有限,遇到地质结构复杂的区域,贸然前进容易受到一些无法预料的地质灾害风险的影响。基于此,需要构建有效的地质灾害风险预估系统,降低地质测绘工作的危险性,文章通过GIS技术进行测绘,提前测量和收集矿山信息,搭建空间数据模型,分析地质勘查区域地质构造情况,从而提高地质测

绘工作的自动化效率<sup>[2]</sup>。

### 一、GIS技术概述

GIS (Geographic Information System, 地理信息系统) 技术是在地理学信息基础上构建信息管理系统,该系统融合现代信息技术的多项技术作为地理数据管理、信息分析的计算机系统<sup>[3]</sup>。GIS技术可以将数据信息转变为空间数据模型,在计算机硬件的支持下,利用系统工程和信息科学理论对具有空间内涵的地理数据进行科学管理和综合分析,根据收集到的地质信息以图表的形式直观地展现出地质情况。目前,广泛应用于地质勘查以及工

程建设等领域，是一项以测量测绘为基础，通过数据库存储和使用的数据库源，利用计算编程为工具为地理空间做即时分析的技术，是一项集获取、存储、分析和管理的地理空间数据为一体的重要工具。

## 二、基于GIS技术的地质灾害风险评估系统

### 1. 系统结构

本系统是基于GIS技术构建的，主要面向地质测绘中地质灾害风险评估和预警的系统，有效降低地质测绘工作中地质灾害对工作人员的威胁，为管理部门提供了精准的数据支持，为相关部门制定决策提供参考和辅助。该系统主要是结合灾害风险的预警原理和自然灾害风险形成的原理，将其作为建立本系统风险评估的地质灾害预警模型，可以利用计算机对其设计程序和数据后开展。本次系统的开发主要是通过自上而下、逐层分化的结构化方法，将系统划分为不同的模块，有针对性的处理问题。该系统主要通过数据库、地图控制、风险预警以及辅助决策模块构成，各个子系统模块间的编码程序相互独立，但运行时却又相辅相成。完整的基于GIS技术的地质灾害风险评估预警系统主要由四个模块构成（如图1所示）。

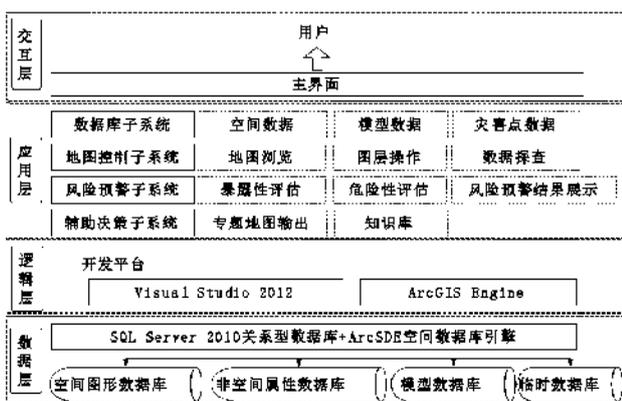


图1 地质灾害风险评估预警系统框架图

该系统利用GIS技术可以通过地图的形式对地质灾害进行预测报警和评估，根据地质以往发生地质灾害的规律构建预测模型，通过动态的形式展示，实现信息的强利用性。该系统结构上有着较快的反应速度，可以在计算机技术的支持下，实现人机交互功能，便于用户自己修改、完善数据信息，提升系统的有效性。

### 2. 模型设计

地质灾害的风险评估预警是该系统的关键核心，系统模型在相关地理学知识的基础上，从风险科学、灾害科学等学科观点的支持下利用GIS技术、Logistic回归等方法确定不同的自然气候条件下对地质灾害的影响，建

立地质灾害风险评估模型，确定地质灾害风险预警模型阈值，最后实现地质灾害风险评估预警功能实现。

### (1) 地质灾害风险评估预警系统

本次研究对象为地质测绘过程中遇到的地质灾害风险预警，主要分为滑坡、泥石流、崩塌等自然地质灾害的警情预估和判断。地质灾害的发生会影响不仅会影响地质测绘工作的开展，同时会对周围人民的生命财产安全造成威胁。风险预警系统的构建需要考虑地质灾害的成因以及该处承载体的共同作用，也就是根据当地地质条件和自然环境变化影响风险变化的因素，这就是影响地质灾害的内生警兆；然而地质灾害预警还需要对地质灾害影响周围的经济状况、人口以及降灾减灾所造成的经济损失，这些称为预警系统的外生警兆。两者共同形成地质灾害风险评估预警指数，最后根据风险评估预警模型的阈值对地质灾害的风险进行等级划分。

在地质测绘中地质灾害危险度较高的为滑坡地质灾害，其危险性和易损性保持着较高的影响值，根据该系统将滑坡地质灾害的风险评估值分为4个等级，即极高风险、高风险、中风险和低风险。通过该模型中的风险评估体系可统计出滑坡地质灾害各个风险等级的单元网格数和面积比（如表1所示）

表1 滑坡地质灾害风险度等级

风险水平	评估分值范围	单元网格数	占地面积百分比
极高风险	$\geq 7.84$	71	6.465%
高风险	[5.76, 7.84)	155	14.321%
中风险	[4, 5.76)	328	30.470%
低风险	$< 4$	533	48.744%

在此基础上，可以将滑坡地质灾害风险按照区域各项要素进行叠加。包括各地区地质灾害的区域元素，如基础地理要素和地质环境条件的不同得出各风险地区存在的地质灾害类型和主要威胁对象（如表2所示）。

表2 滑坡地质灾害风险分布特征表

风险区	区域代号	面积百分比	主要灾害类型
极高风险区 (A)	A1	1.03%	滑坡、坍塌
	A2	1.45%	滑坡、坍塌
高风险区 (B)	B1	3.71%	滑坡、坍塌
	B2	4.86%	滑坡、坍塌
中风险区 (C)	C1	3.55%	滑坡、坍塌
	C2	2.28%	滑坡
低风险区 (D)	D	6.84%	滑坡、坍塌

利用该地质灾害风险评估系统中的预警系统对地质灾害的风险进行评估，为地质测绘工作的安全管理工作提供有效保障，在系统提供的数据和风险等级评估背景

下,做好地质灾害防护工作。

### (2) 地质灾害数据库构建

基于GIS计算,可以将研究对象区域划分的单元网格构建成为具体的形状要素,对单元网格面积不足 $1\text{km}^2$ 的区域进行合并处理。将合并处理之后的单元网格图层分别与系统中区域的地质灾害点图、地形地貌图、坡度图、地质构造图、降雨量等值线图以及居民区缓冲图等各项研究图形中的数据进行空间叠置分析。通过GIS技术对各图层的相关属性和特征按照系统的评估体系进行等级量化分值,构建出具有空间特征的地质灾害单元网格数据库。

### (3) 评估指标体系构建

地质灾害的风险评估指标体系主要包括了历史发展过程中地质灾害发生的频率,活动程度指标和环境地质条件指标等。对历史地质灾害发生的强度、规模频次和分布密度等都是构建该地质灾害风险评估指标体系的重要参考因素。从参考区域对象的地质灾害强度、分布密度等方面的因素考虑,将其分为,面密度、体积密度以及点密度等频次指标。根据其环境的地质条件,包括地形地貌条件、水文条件、地质条件、植被条件、人类活动等条件研究地质灾害形成的机理,在该系统中构建以地貌类型、坡度、河水侧蚀、地层岩性、断裂发育情况、年降水量、地质勘查活动等几个方面的因素作为评价指标的基本要素。为了便于计算机进行数字化处理,将各项影响因素分别进行量化(如表3所示),将其危险性进行分级标准量化。

表3 滑坡地质灾害评估指标

危险性评估		分级标准与量化			
		低危险	中危险	高危险	极高危险
历史灾害发育点密度 $I / (\text{个}/\text{km}^2)$		$\leq 1$	(1, 2]	(1, 2]	$>3$
背景因素	地貌类型	台地	低丘	高丘	低山
	坡度( $^\circ$ )	$\leq 25$	(25, 35]	(35, 45]	$>45$
	地层岩性	Q	$\in h$	$\delta \gamma、\gamma$	E、K
	残坡积层厚度 (m)	$\leq 2$	(2, 3]	(3, 4]	$>4$
	断裂发育情况	不发育	较发育	发育	非常发育
诱发因素	年降雨量 (mm)	$\leq 1500$	(1500, 1600]	(1600, 1700]	$>1700$
抗灾能力	防治工程	强	中	弱	无

根据以往历史过程中的地质灾害造成的损失统计,在该评估系统中应该将风险评估的重点放在人口密度、

土地资源、交通和房屋等几个因素上,该系统根据这几项对经济价值造成严重影响的因素评估,对地质测绘过程中周围的房屋、人口密度以及交通设施等具有附属价值的元素进行重点量化。

### 三、GIS技术在该预警系统中的作用

GIS技术主要有数据加工、显示和数据集成等功能,将电子地图、遥感影像等作为数据加工的来源,通过GIS技术将数据构建图像模型。利用表格和数字高程模型中的运行和校准、验证功能,对模型中的数据进行修改、增加、删除。同时GIS技术也能当做数据库,将其作为数据库管理工具,对模型的数据进行加工,例如在模型中进行空间插值、数据可视化和探索性数据分析等功能。

除此之外,可以利用GIS技术通过矢量数据或是栅格数据进行建模,数据类型取决于数据源、算法和模型的本质,在文章的地质灾害风险评估预警系统中,GIS技术可以实现栅格技术与矢量数据之间相互转换。基于GIS的地质灾害风险评估预警系统利用了传统的研究方法和现代技术的结合,实现了对地质灾害风险的评估预警,更能有效降低地质灾害发生时对社会经济造成的损失,同时为地质测绘工作提供了有效的数据参考,保障地质测绘工作开展的安全性。

### 四、结语

综上所述,在计算机技术迅速发展和普及的时代,为GIS技术的发展提供了良好的技术支持,使其在地理科学领域得到了蓬勃的发展和应用,为我国的地质测绘作业安全管理工作提供了有效的数据参考,GIS技术强大的空间信息管理和分析能力实现了地质灾害风险评估的有效设计。根据GIS设计的地质灾害风险评估系统,可以帮助地质测绘工作制定有效的地质灾害防治措施。该风险评估系统的研发,可以帮助工作人员在测绘作业中做好充分的防灾减灾准备工作,提高测绘工作的安全性。GIS技术的不断发展和深入,促进地质灾害研究进一步深入,其应用潜力逐渐被拓展出来,通过新技术和新方法的支持,促进地质灾害风险评估工作取得更加突出的成就。

### 参考文献:

- [1]段晨玉,张以晨,张继权,等.基于GIS的地质灾害风险预警系统设计[J].灾害学,2022,37(1):199-204.
- [2]张万里.基于遥感和GIS的滑坡地质灾害风险评估探讨[J].科技资讯,2022,20(23):90-93.
- [3]赵娟.GIS数字测绘技术在矿山地质测量中的应用[J].世界有色金属,2023(1):7-9.