

地理信息系统与地质环境评价¹

沈芳 黄润秋 苗放* 许强

(成都理工学院工程地质研究所,成都 610059)

(*成都理工学院计算机工程系,成都 610059)

摘要: 地质灾害的频繁发生,给人类生命财产带来严重损失。因此,地质环境评价与地质灾害预测尤为重要。回顾国内外地理信息系统(GIS)技术在地质环境评价与地质灾害预测中的研究现状,讨论 GIS 在地质环境领域应用中的可行性及技术路线。试图基于 GIS 空间分析方法,结合地质环境评价模型,探索出一条地质环境评价 GIS 系统的新途径。

关键词: 地理信息系统;地质环境;空间分析

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

1 前言

随着计算机技术的发展和系统分析方法的广泛应用,以及信息产业的形成和发展,地球科学的研究手段及分析方法都发生了划时代的变革。从很大程度上讲,进入信息时代的地学的发展水平,取决于对有关地学信息,以及其他与之有关各类信息的采集获取和分析技术水平。因此,地理信息系统(Geographic Information System,简称 GIS)作为一门介于信息科学、计算机科学、现代地理学、测绘遥感学、空间科学、环境科学和管理科学之间的新兴边缘学科应运而生,并且迅速形成一门融上述各学科及其各类应用对象为一体的综合性高新技术。

2 地理信息系统(GIS)

地理信息系统是在计算机软硬件技术支持下的采集、存储、管理、检索和综合分析各种地理空间信息,以多种形式输出数据或图形产品的计算机系统。它的外观表现是计算机软硬件系统,但其内涵却是由一些计算机程序和各种地学信息数据组织而成的现实空间信息模型。通过这些模型,可以从视觉、计量和逻辑上对现实空间从功能上进行模拟;通过计

算机程序的运行和各类数据的变换,还可以对各类信息变化进行仿真。

GIS 与计算机图形技术的区别在于:计算机图形技术所处理的图形数据是不带空间定位及地质属性的纯几何图形,而 GIS 除了能对图形信息数据进行显示和处理外,还能完成数据的地学模型分析和具有空间定位意义的数据处理。

GIS 与数据库管理系统(DBMS)的区别在于:GIS 具有空间实体定义能力及空间关系查询能力,而 DBMS 则不具有这种功能。

总之,GIS 是一种全新的区域空间研究决策支持系统,它能够高效率、高精度、定量地实现真正地学意义上的区域空间分析和过程模拟。

3 GIS 在工程地质环境研究中的现状

W. L. Garrison 1965 年首先提出“地理信息系统”这一术语,开创了这一新技术的发展史。此后,美国、加拿大、英国、澳大利亚等发达国家均对其投入了大量人力、物力和财力,并率先使 GIS 商业化、社会化、产业化。我国 GIS 技术展开最早始于 20 世纪 80 年代,尽管起步较晚,但发展较快。不过至今与发达国家相比,无论是系统技术水平、还是实际应用情

况,都还有一定的差距。

3.1 国外研究现状

国外尤其发达国家,对 GIS 应用于地质灾害研究已做了很多工作。从 20 世纪 80 年代至今,GIS 技术的应用已从数据管理、多源数据集数字化输入和

绘图输出,到数字高程模型(DEM)或数字地形模型(DTM)的使用、GIS 结合灾害评价模型的扩展分析、GIS 与决策支持系统(DSS)的集成、GIS 虚拟现实技术的应用,并逐步发展与深入应用。其发展历程如表 1 所示。

表 1 国外 GIS 在工程地质环境与地质灾害研究中的应用

Table 1 Application of GIS in engineering geological environment and geological hazard in foreign countries

研究者	研究内容	GIS 技术应用
1986 年美国的 Brabb Earl E.	在加利福尼亚 San Mateo 地区进行地质灾害研究	多利用 GIS 的数据处理、数据管理、绘图输出等基本功能
1987 年美国的 Wentworth Carth M. 和 Ellen Stephen D. 等	用 GIS 对区域工程地质作进一步分析	
1989 年美国的 Finney Michael A. 和 Bain Nancy R.	运用 GIS 技术分析滑坡灾害	
1989 年 Peter Douglas C. 等	运用 GIS 对工程数据进行评价	
1990 年印度的 R. P. GUPTA 和 B. C. JOSHI	用 GIS 方法对喜马拉雅山麓的 Ramganga Catchment 地区进行滑坡灾害危险性分带	利用 GIS 的存储、更新、网格化、空间叠加分析功能及很强的面积量算能力
1990 年荷兰 ITC 的 Van Westen C. J. 和哥伦比亚 IGAC 的 Alzate Bonilla J. B.	在山区地质灾害分析中,基于 GIS 开发了斜坡稳定性分析模型,山区落石滚落速率计算模型	利用 GIS 空间定位及空间数据库管理功能, GIS 数字高程模型(DEM)
1991 年美国的 Campbell Russell H. 等	用 GIS 对滑坡灾害进行空间预测	GIS 空间分析功能
1991 年意大利的 Carrara A. 等	GIS 技术结合统计模型,用于滑坡灾害评价	GIS 空间分析及扩展统计模型
1993 年加拿大的 Chung C. F. 和 Fabbri A. G. 等	将 GIS 应用于滑坡灾害分区的多因素综合分析中	基于 GIS 的专业模型扩展分析
1994 年美国的 MARIO MEJIA - NAVARRO 和 ELLEN E. WOHL	在哥伦比亚的麦德林地区,用 GIS 进行地质灾害和风险评估并进行灾害分区	
1995 年美国的 DANIEL J. MILLER	GIS 结合力学模型,评价深层滑坡灾害	用 GIS 中的 DEM 模型,模拟出滑动面位置与形态。用 GIS 的数字地形模型(DTM),勾绘出山脊与沟谷界线,并辅助于切割面
1996 年美国的 MARIO MEJIA - NAVARRO 等	运用 GIS 及工程数学模型建立了自然灾害及风险评估的决策支持系统,并应用在克罗地亚州的 Glenwood Springs 地区	GIS 技术结合决策支持系统(DSS)结合
1997 年加拿大的 TREVOR J. DAVIS 和 C. PETER KELLER	基于 GIS 的模糊分类方法及可视化技术,虚拟真实再现斜坡形态(虚拟现实)	用 GIS 虚拟现实技术

3.2 国内研究现状

国内应用 GIS 技术开展地质环境与灾害评价工作起步较晚,研究程度较低。目前尚未见到较成熟及实用的地质灾害评价预测的 GIS 系统。

姜云、王兰生(1994 年)在山区城市地面岩体稳定性管理与控制中应用了 GIS,以重庆市为典型研究对象,对地面岩体变形破坏进行了时空预测预报;同时,通过分析城市地质环境对土地工程利用的制约关系,运用 GIS 的信息存储、查询、空间叠加运算及 DEM 模型等功能,作出土地能力的定量分级、斜

坡稳定性综合评价分区图。

雷明堂、蒋小珍等(1994 年)运用 GIS 技术于岩溶塌陷评价中。根据塌陷影响因素(如岩溶化程度、断裂分布、土层厚度、水动力条件及已有塌陷分布),利用 GIS 的距离分析、标量分析、网格叠加分析、分级分组分析等功能,完成研究区塌陷危险性评价及分区。

郑世书、孙亚军等(1994 年)在煤矿地下开采工作面涌水预测及矿区岩溶水害预测中应用了 GIS 技术。曹中初、孙苏南等(1996 年)在煤矿底板突水

危险性预测中也应用了GIS技术。

成都理工学院“地质灾害防治与工程地质环境保护国家专业实验室”于1997年承担的“山区小流域地质环境及地质灾害预测的GIS系统”项目,在贵州印江河流域、金沙江流域某工程近坝库区开展了实际预测应用。此项研究基于国产GIS软件MAPGIS、国外ARCVIEW GIS软件,并扩展分析模块。目前已完成流域1:1万地形图、地质图、灾害分布图等图件的数字化输入、数据校正变换处理、定位处理等,以及预测评价分析模型(如统计预测模型、不确定性模糊预测模型、神经网络模型等)的程序编制等工作。此后,还将进一步完成部分模块编制及整体系统调试等工作。但遗憾的是,由于我国以往的工作资料不全面,精度标准不尽相同,数据不标准、不规范,以致数据采集工作难度极大,数字化输入更是困难。因此,目前迫切需要建立全国统一标准的综合信息数据库,这将是此项研究落实到实际应用中的根本保证。

为推动国土资源的现代化管理及保护,国土资源部于1998年底展开新一轮的国土资源调查与评价的科学技术试验(示范)工作,由成都理工学院牵头,全国地质环境监测总站及国土资源部长江三峡地质灾害防治指挥部参加,进行“地质灾害信息系统及防治决策支持系统”专项开发的试验研究。在试验区建立地质灾害的评价分析,提供信息采集、存储、管理、检索、分析及编图等全过程的计算机处理软件工具系统。系统的建立将面向全国地质灾害调查和综合评价工作,是一个专业型综合信息系统(GGIS)。系统根据地质灾害信息在空间的分布特征,提供人机交互的综合分析处理和编图的计算机辅助处理功能,产生对区域规划、灾害防治、管理决策等方面的有用信息。GGIS系统主要建立的子系统有:基于GIS的地质灾害信息系统、基于GIS的地质灾害区域评价与危险区划系统、地质灾害变形评价预测及预警系统、崩滑地质灾害治理方案的辅助设计系统、网络的地质灾害信息发布系统。此系统的建立与成果应用,将会加强国土资源的信息建设、信息管理、信息服务,加速国土资源的信息化、社会化、产业化。

综上所述,可以看出,国外尤其发达国家将GIS应用于地质灾害研究起步较早,研究程度也远远超过我国,这方面的应用也随着GIS技术的自身发展而深入。而我国只能利用现有的技术、有限的人力、财力,探索出一条适合我国国情和地质、地理特色的

GIS技术进行地质环境评价的技术路线和方法体系。

4 地质环境评价的GIS系统

由于地质环境评价是一个复杂的地学多源信息综合分析的过程,地学信息处理和综合分析的模型十分复杂,传统手段不易实现这一过程的模拟。而运用GIS技术可以较真实地再现空间地质实体,这也是有别于其他技术之处。GIS技术所表达的地学空间数据,是指以地球表面空间位置为参照,描述自然、人文景观的数据,包括:①地物实体的地理位置,一般用经纬网坐标来表示;②实体间的空间关系,即拓扑关系;③与几何位置无关的属性,一般用来描述事物或现象的性质,分定性和定量两种:定性的属性如斜坡的类型、岩性、断裂性质、河流地质作用等;定量的属性如斜坡稳定性系数、降雨量、地震烈度、人口密度等。属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量测、统计得到。由于GIS不同于一幅地图,而是一个动态的地学模型,仅有系统软硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,需要系统与技术人员进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并采用适用的地学分析模型提取多源信息,才能有效地为地学研究与服务。根据地质环境评价特点,建立地质环境评价GIS系统,其结构框架见图1所示。

4.1 多源地学信息采集

地学信息通常以两种形式表达,一种是空间几何数据,可以是矢量图形或栅格图像,传统的信息记录媒体为纸质制作的印刷品,如图纸或图片等。这种图件形式的信息数据必须通过数字化仪矢量化成数字信息,或通过扫描仪栅格化图像再经计算机自动或半自动矢量化,即形成所谓的电子地图后,方可进行计算机处理分析。随着现代科学技术的飞速发展,空间技术、遥感技术、GPS技术、计算机等科学技术的综合应用,地学空间信息可以以数字型数据记录到磁盘或磁带上,直接进入计算机内进行处理。另一种是属性数据,即非几何数据,它是实体特征的抽象描述,如地名、高程值、地层岩性、地震烈度、降雨量等等。这一类数据采用键盘输入到属性数据库中,并建立图形与属性数据库之间的关系。对所输入的几何数据或非几何数据可随时进行误差校正、各种几何变换、图形整饰、数据校对等一系列操作。

4.2 模型分析与研究

地质环境评价是一个综合分析评价的过程。由

于其信息来源于岩石圈、水圈、大气圈和生物圈，信息具有多源性、复杂性、模糊性等特点，很难使用单一模型来模拟复杂的地质过程，故需要建立多模型机制，建立研究方法库与专家知识体系，而这一学术思想的实现，传统的研究手段是难以胜任的。GIS 技术的引入，使这一思想的实现成为可能。一般地理信息系统常规的空间分析方法，有空间覆盖分析、空间

搜索分析、空间目标分析及 DEM 或 DTM 分析等。但对于地质环境评价，仅有这些模型还不够，还需要基于 GIS 的空间分析模型开发出适合于地质特点的分析模型，如用数量化理论方法、信息论方法、模糊数学方法、神经网络方法、人工智能与专家系统建立的地学分析模型。这将是 GIS 应用到地质环境评价中取得实用性成果的前提。

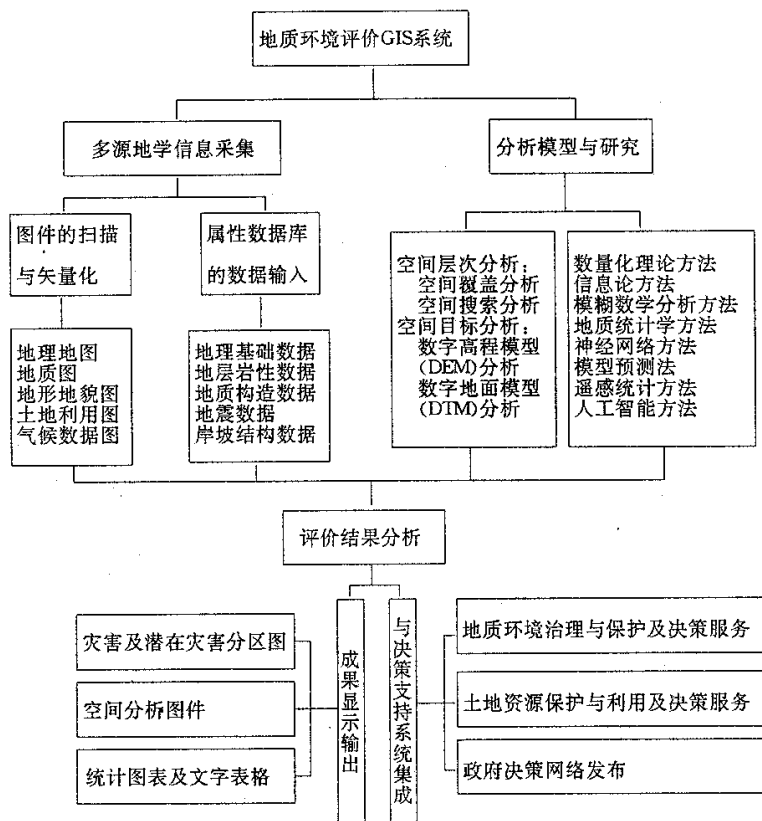


图 1 地质环境评价 GIS 系统结构图

Fig. 1 GIS system frame for geo-environmental evaluation

5 应用实例

作者在四川省与云南省交界的金沙江流域，采用 GIS 技术进行了区域地质环境评价的尝试。数据来源：对已有的纸图资料如基础地理底图、地形图、地质图、工程地质图等进行了数字化并形成几何矢量数据；对已有的文字说明资料如地层代号、高程值、岸坡结构类型等，键盘输入到 GIS 的属性管理

数据库中。由于 MAPGIS 软件的数字化功能、数据校正、图形编辑等功能极为强大，故在数据库管理（包括图形与属性）上被采用。区域地质环境评价分析，用信息论的原理与方法选出岩性、构造、岸坡结构类型、坡度这 4 个地质环境评价的主要影响因素，采用 ARCVIEW 软件实现了区域评价及灾害危险性分区（见图 2）。

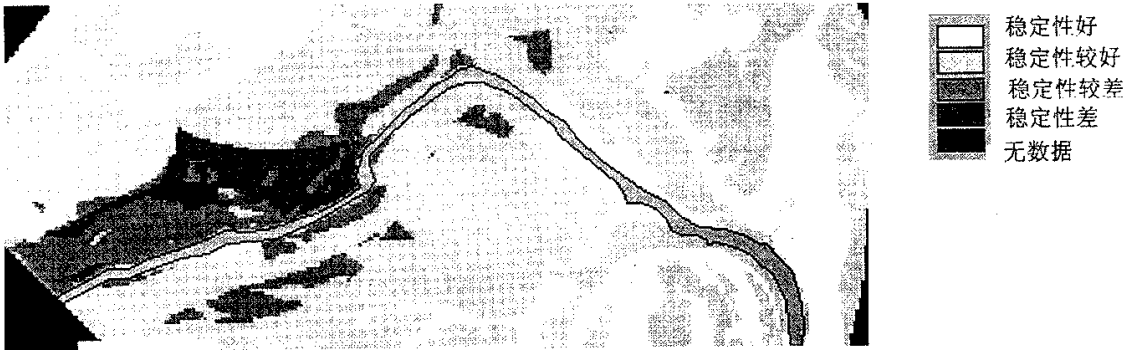


图2 金沙江流域某工程近坝库区地质环境稳定性评价

Fig. 2 Geoenvironmental evaluation of one projection on Jinsha river with GIS

6 结语

综上所述, GIS 在地质环境评价与地质灾害预测中的应用, 方法上是可行的, 技术手段上是非常先进的。GIS 不仅具有很强的空间数据(包括几何数据和属性数据)处理、查询管理, 还可基于 GIS 的空间分析进行专业模型分析的扩展研究, 并已得到实现; 此外, GIS 技术的可视化、图文一体化操作、三维立体模拟和“所见即所得”的效果, 也是传统方法不可比拟的。但是, 基于地理信息系统的地质环境评价与地质灾害预测的模型有待进一步研究与扩展。相信不久后, 地质环境评价与地质灾害预测的 GIS 系统将会取得实用化的成果。

参考文献

- [1] 朱光等. 地理信息系统基本原理及应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.
- [2] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

- [3] 崔伟宏. 空间数据结构[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 6~7.
- [4] Wadge G. The potential of GIS modelling of gravity flows and slope instabilities [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1988, 2(2): 143~152.
- [5] Gupta R P, Joshi B C. Landslide hazard zoning using the GIS approach; a case study from the Ramganga Catchment, Himalayas [J]. Engineering Geology, 1990, 28(1~2): 119~131.
- [6] MARIO MEJIA-NAVARRO, LUIS A, GARCIA. Natural Hazard and Risk Assessment Using Decision Support System, Application: Glenwood Springs, Colorado [J]. Environment and Engineering Geoscience, 1996, II(3): 299~324.
- [7] Mazzoccola D F, Hudson J A. A comprehensive method of mass characterization for indicating natural slope instability [J]. Quarterly Journal of Engineering Geology, 1996, (29): 37~56.
- [8] FERRIER G, WADGE G. An integrated GIS and knowledge-based as an aid for the geological analysis of sedimentary basins [J]. INT. J. Geographic Information Science, 1997, 11(3): 281~297.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND GEOENVIRONMENTAL EVALUATION

Shen Fang Huang Runqiu Miao Fang Xu Qiang

(Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract: Geological hazards such as landslides, rockfalls and debris flows happen frequently in southwestern China and bring about great damage to peoples' life and property. Therefore, it is of great significance to develop an evaluation system of geological hazards based on the data from regional geoenvironmental investigations. In this paper, the up-to-date status in this field is reviewed and a technical path and approach for this purpose based on GIS is discussed, and also a new approach to geoenvironmental evaluation based on GIS is researched.

Key words: geographic information system; geological environment; spatial analysis

第一作者简介: 沈芳,女,34岁。讲师。在读博士研究生。主要从事计算机、遥感、地理信息系统在地质中的应用科研与教学工作。

作者: [沈芳](#), [黄润秋](#), [苗放](#), [许强](#), [Shen Fang](#), [Huang Runqiu](#), [Miao Fang](#), [Xu Qiang](#)
作者单位: [沈芳, 黄润秋, 许强, Shen Fang, Huang Runqiu, Xu Qiang \(成都理工学院工程地质研究所, 成都, 610059\)](#), [苗放, Miao Fang \(成都理工学院计算机工程系, 成都, 610059\)](#)
刊名: [地质灾害与环境保护](#)
英文刊名: [JOURNAL OF GEOLOGICAL HAZARDS AND ENVIRONMENT PRESERVATION](#)
年, 卷(期): 2000, 11 (1)
被引用次数: 85次

参考文献(8条)

1. [朱光](#) [地理信息系统基本原理及应用](#) 1997
2. [张倬元;王士天;王兰生](#) [工程地质分析原理](#) 1994
3. [崔伟宏](#) [空间数据结构](#) 1995
4. [Wadge G](#) [The potential of GIS modelling of gravity flows and slope instabilities](#) 1988 (02)
5. [Gupta R P;Joshi B C](#) [Landslide hazard zoning using the GIS approach;a case study from the Ramganga Catchment, Himalayas](#) 1990(1-2)
6. [MARIO MEJIA-NAVARRO;LUIS A;GARCIA](#) [Natural Hazard and Risk Assessment Using Decision Support System, Application:Glenwood Springs, Colorado](#) 1996 (03)
7. [Mazzoccola D F;Hudson J A](#) [A comprehensive method of mass characterization for indicating natural slope instability](#) 1996 (29)
8. [FERRIER G;WADGE G](#) [An integrated GIS and knowledge-based as an aid for the geological analysis of sedimentary basins](#)[外文期刊] 1997 (03)

本文读者也读过(4条)

1. [廖香俊](#), [冯亚生](#), [丁式江](#), [张本仁](#), [徐忠胜](#), [吴丹](#), [LIAO Xiang-jun](#), [FENG Ya-sheng](#), [DING Shi-jiang](#), [ZHANG Ben-ren](#), [XU Zhong-sheng](#), [WU Dan](#) [海南岛东北部地质环境评价](#)[期刊论文]-[吉林大学学报\(地球科学版\)](#) 2005, 35 (5)
2. [戴福初](#), [李军](#), [张晓晖](#), [Dai Fuchu](#), [Li Jun](#), [Zhang Xiaohui](#) [城市建设用地与地质环境协调性评价的GIS方法及其应用](#)[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2000, 25 (2)
3. [刘彦花](#), [吴湘滨](#), [LIU Yan-hua](#), [WU Xiang-bin](#) [基于GIS与SDM的地质环境评价体系](#)[期刊论文]-[新疆地质](#) 2008, 26 (4)
4. [冯进城](#), [吴艳](#), [赵仕沛](#), [宋文举](#), [邢永强](#) [小秦岭金矿区地质环境评价](#)[期刊论文]-[中国水土保持](#) 2009 (3)

引证文献(85条)

1. [孙乃泉](#), [孙丽](#), [杨咏梅](#) [层次分析法在大庆市地质环境质量评价中的应用](#)[期刊论文]-[地下水](#) 2013 (2)
2. [李娜](#), [高德政](#) [基于GIS的地质环境评价研究](#)[期刊论文]-[四川地质学报](#) 2007 (4)
3. [王学杰](#), [陈廷方](#), [高德政](#) [GIS公路地质环境评价研究](#)[期刊论文]-[上海地质](#) 2006 (3)
4. [李东山](#), [黄润秋](#), [许强](#), [李彦荣](#) [三峡库区滑坡综合预报系统的设计与实现](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 2003 (2)
5. [雒林林](#), [陈情来](#), [张春生](#) [GIS在我国岩土工程中的应用](#)[期刊论文]-[东北测绘](#) 2002 (3)
6. [李运胜](#), [张发明](#), [安如](#), [黄宇](#), [梁欣](#) [基于GIS的库区岸坡稳定性评价系统设计](#)[期刊论文]-[北华大学学报\(自然科学版\)](#) 2013 (3)

7. [黄涛](#) [GIS在滑坡灾害预测预报领域的应用](#)[期刊论文]-[三峡大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(4)
8. [夏逸平](#), [张俊海](#), [林昊](#), [杜乃娟](#) [泥石流的诱发因素及灾害评估思考](#)[期刊论文]-[中国矿业](#) 2011(7)
9. [李鹏远](#), [包春燕](#) [GIS在岩土工程中的开发与应用](#)[期刊论文]-[山西建筑](#) 2010(5)
10. [李斌](#) [试析地理信息系统在岩土工程勘察中的应用](#)[期刊论文]-[科技创新导报](#) 2010(2)
11. [赵忠海](#), [朱红军](#) [基于GIS的北京山区泥石流影响因素及发生概率评价](#)[期刊论文]-[资源环境与工程](#) 2010(4)
12. [田党生](#) [西安市地质灾害管理信息系统研究与实现](#)[期刊论文]-[国土资源信息化](#) 2010(2)
13. [袁腾方](#), [蒋能文](#) [路基路面工程GIS信息管理与服务系统](#)[期刊论文]-[公路与汽运](#) 2009(5)
14. [胡林福](#) [浅谈GIS在岩土工程勘察中的应用](#)[期刊论文]-[科技资讯](#) 2008(28)
15. [刘江龙](#), [刘文剑](#), [吴湘滨](#), [刘会平](#) [基于GIS广州市主城区地面塌陷危险性评价](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2007(5)
16. [杨起明](#), [廖化荣](#), [黄显芝](#) [基于GIS的地质灾害信息系统的研究](#)[期刊论文]-[西部探矿工程](#) 2006(6)
17. [朱良峰](#), [殷坤龙](#), [张梁](#), [李闽](#) [GIS支持下的地质灾害风险分析](#)[期刊论文]-[长江科学院院报](#) 2002(5)
18. [夏玉成](#) [地学信息科技的发展及其研究前沿](#)[期刊论文]-[西安科技学院学报](#) 2001(2)
19. [王卷乐](#), [戴仔强](#), [吴佩](#) [基于GIS的矿区灾害防治系统设计](#)[期刊论文]-[煤矿环境保护](#) 2001(6)
20. [陈玲侠](#), [车自力](#), [杨曼](#) [江西省德安县地质灾害易发性评价](#)[期刊论文]-[煤炭技术](#) 2013(9)
21. [贾男](#) [GIS在岩土工程勘察中的应用综述](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2011(30)
22. [孟庆周](#), [满兵](#) [浅析地质灾害监测方法及监测预警的研究现状](#)[期刊论文]-[商情](#) 2011(39)
23. [王群](#), [郑雪芬](#) [基于GIS的滑坡监测预警系统设计与应用流程](#)[期刊论文]-[测绘与空间地理信息](#) 2010(6)
24. [殷丽](#), [杨泽平](#), [周文斌](#), [罗勇](#) [GIS在地质环境质量评价中的应用](#)[期刊论文]-[水利科技与经济](#) 2010(1)
25. [毕升](#) [浅谈GIS在岩土工程勘察中的应用](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2007(19)
26. [王学杰](#), [陈廷方](#), [高德政](#), [周波](#), [李建](#) [技术支持下的公路地质环境评价方法研究](#)[期刊论文]-[科技情报开发与经济](#) 2006(12)
27. [朱良峰](#), [殷坤龙](#), [张梁](#), [李闽](#) [基于GIS技术的地质灾害风险分析系统研究](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2002(4)
28. [朱良峰](#), [殷坤龙](#), [张梁](#), [李闽](#) [地质灾害风险分析与GIS技术应用研究](#)[期刊论文]-[地理学与国土研究](#) 2002(4)
29. [李斌](#) [基于岩土工程勘察数字化技术及实现的浅析](#)[期刊论文]-[科技与生活](#) 2009(1)
30. [万天佐](#) [岩土工程勘察设计数字化系统分析](#)[期刊论文]-[中国高新技术企业](#) 2009(22)
31. [左双英](#), [梁风](#), [程欣宇](#), [李景阳](#) [贵阳市地质灾害危险性评价的GIS系统](#)[期刊论文]-[贵州工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(6)
32. [钱书铭](#), [谭海樵](#), [杨耀栋](#) [GIS支持下的岩土工程勘察设计区域化](#)[期刊论文]-[苏州科技学院学报\(工程技术版\)](#) 2005(4)
33. [车凌](#), [许强](#), [何政伟](#) [地质灾害多元信息管理在三峡库区塌岸研究中的应用](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2005(1)
34. [赵金平](#), [焦述强](#) [基于GIS的地质环境评价在国外的研究现状](#)[期刊论文]-[南通工学院学报\(自然科学版\)](#) 2004(2)
35. [谢全敏](#) [滑坡灾害风险评价及其治理决策方法研究](#)[学位论文]博士 2004
36. [包惠明](#), [胡长顺](#) [GIS支持下岩土工程勘察设计一体化](#)[期刊论文]-[水文地质工程地质](#) 2002(2)
37. [黄润秋](#), [向喜琼](#) [GIS技术在生态环境地质评价中的应用](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2002(2)
38. [向喜琼](#), [黄润秋](#), [许强](#) [地质灾害危险性评价系统的实现](#)[期刊论文]-[地理学与国土研究](#) 2002(3)

39. [方海东, 施斌, 王宝军](#) GIS在环境岩土工程中应用的回顾与展望[期刊论文]-[桂林工学院学报](#) 2001(4)
40. [方海东, 施斌, 王宝军](#) 环境岩土工程中的GIS应用回顾与展望[期刊论文]-[成都理工学院学报](#) 2001(z1)
41. [王劲骥](#) 珠三角北部地区岩溶地面塌陷危险性评价[期刊论文]-[地球](#) 2013(4)
42. [练建锋, 莫纯鉴, 陈妙顺](#) 基于GIS的省级铀矿成矿区规划管理研究[期刊论文]-[科技广场](#) 2010(1)
43. [解文强](#) 岩土工程勘察数字化技术的实现与展望[期刊论文]-[山西建筑](#) 2007(28)
44. [赵法锁, 宋飞, 王艳婷, 马显春](#) 基于GIS的略阳县地质环境质量评价[期刊论文]-[地球科学与环境学报](#) 2006(1)
45. [高霄军, 王震, 贺可强](#) GIS数据库在地质环境评价中的初步研究[期刊论文]-[青岛理工大学学报](#) 2006(5)
46. [杨耀栋, 谭海樵](#) 基于GIS构建数字城市地质环境管理平台[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报\(自然科学版\)](#) 2005(1)
47. [黄润秋, 向喜琼, 巨能攀](#) 我国区域地质灾害评价的现状与问题[期刊论文]-[地质通报](#) 2004(11)
48. [肖荣波, 周志翔, 谢阳, 叶贞清, 郭尔祥](#) 武钢工业区地理信息数据库的建立[期刊论文]-[华中农业大学学报](#) 2003(5)
49. [王宝军](#) 基于GIS的桥梁工勘信息管理与辅助决策系统研究[学位论文]博士 2003
50. [江净](#) 山西省寿阳县地质灾害发育特征[期刊论文]-[山西建筑](#) 2011(34)
51. [王小明, 王宝军, 施斌, 张大祥](#) GIS支持下工程勘察信息管理系统设计与实现[期刊论文]-[工程勘察](#) 2007(2)
52. [王学杰](#) 基于GIS的西攀高速公路地质环境影响评价[学位论文]硕士 2006
53. [杨冬英](#) 三峡库区巴东库岸地质灾害危险性评估与预测研究[学位论文]硕士 2005
54. [张先](#) 利用GIS构建城市地质环境数字平台[期刊论文]-[河南职业技术师范学院学报](#) 2003(2)
55. [胡新丽, 唐辉明](#) GIS支持的斜坡地质灾害空间预测系统框架设计[期刊论文]-[地质科技情报](#) 2002(1)
56. [ZHU Liangfeng, Zhang Guirong, YIN Kunlong, ZHANG Liang](#) Risk analysis system of geo-hazard based on GIS technique[期刊论文]-[地理学报\(英文版\)](#) 2002(3)
57. [操丽, 邓清禄, 耿丹, 万飞, 谭剑](#) 基于GIS与模糊逻辑法的川气东送管道地质灾害危险性评价[期刊论文]-[安全与环境工程](#) 2013(6)
58. [芮勇勤, 杨侣珍, 陈明芳](#) 道路工程安全性预警GIS网格体系[期刊论文]-[公路工程](#) 2007(6)
59. [姜琪文, 许强, 何政伟](#) 基于SVM多类分类的滑坡区域危险性评价方法研究[期刊论文]-[地质灾害与环境保护](#) 2005(3)
60. [徐翠云](#) 地理信息系统的应用现状及发展趋势[期刊论文]-[地质找矿论丛](#) 2001(1)
61. [刘席军](#) 基于GIS的城市工程地质环境评价模型的建立与应用[学位论文]硕士 2005
62. [黄玉华](#) 地理信息系统(GIS)在我国地学中的应用[期刊论文]-[西北地质](#) 2002(1)
63. [操丽, 邓清禄, 杨辉, 庞伟军](#) 基于ArcGIS的川气东送管道地质灾害空间信息管理与风险评价系统设计[期刊论文]-[安全与环境工程](#) 2013(2)
64. [王哲, 易发成](#) 我国地质灾害区划及其研究现状[期刊论文]-[中国矿业](#) 2006(10)
65. [朱良峰](#) 基于GIS技术的地质灾害风险分析系统研究[学位论文]硕士 2002
66. [邓贤国, 裴桂红](#) GIS发展对岩土工程的影响[期刊论文]-[湖南环境生物职业技术学院学报](#) 2011(3)
67. [黄世秀, 洪天求](#) GIS在环境地质研究中的应用[期刊论文]-[资源调查与环境](#) 2010(1)
68. [王明华](#) 工程岩体三维地质建模与可视化研究[学位论文]博士 2004
69. [孟博](#) 我国核废料管理对策的研究[期刊论文]-[资源节约与环保](#) 2013(7)

70. [张春山, 韩金良, 孙炜锋, 谭成轩, 吴树仁, 王涛, 刘鑫](#) [陕西陇县地质灾害危险性分区评价](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2008(11)
71. [关卓](#) [大连开发区石棉矿塌陷地质灾害评估与治理](#)[学位论文]硕士 2006
72. [郭华锋](#) [龙滩水电站左岸边坡监测信息系统研制及其监测资料分析](#)[学位论文]硕士 2005
73. [贾锦生](#) [城市地质环境数据库设计与应用研究](#)[学位论文]硕士 2005
74. [杨天亮](#) [基于GIS的陕南公路地质灾害数据库建立及危险性评价研究](#)[学位论文]硕士 2005
75. [郭跃, 林孝松](#) [地质灾害系统的复杂性分析](#)[期刊论文]-[重庆师范学院学报（自然科学版）](#) 2001(4)
76. [龚新晖](#) [地质灾害信息系统研究](#)[学位论文]硕士 2005
77. [包世泰](#) [基于GIS的地质勘察信息模型研究及其应用](#)[学位论文]博士 2004
78. [郑师谊, 张绪教, 杨艳, 李宗敏, 张晋喆, 陈洁](#) [层次分析法在滇西怒江河谷潞江盆地段崩塌与滑坡地质灾害危险性评价中的应用](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2012(2)
79. [郅开富](#) [区域工程地质勘察信息管理系统研究](#)[学位论文]硕士 2005
80. [年雁云](#) [基于GIS的兰州地区滑坡空间预测研究](#)[学位论文]硕士 2005
81. [冯文凯](#) [库岸公路边坡稳定性风险分析——以三峡库区渝巴公路岸坡为例](#)[学位论文]博士 2005
82. [马宏剑](#) [湛江地区全风化花岗岩路用特性与地理信息系统应用研究](#)[学位论文]硕士 2006
83. [向喜琼](#) [区域滑坡地质灾害危险性评价与风险管理](#)[学位论文]博士 2005
84. [张芳](#) [场框架下的城市地下空间三维数据模型及相关算法研究](#)[学位论文]博士 2006
85. [李芳玉](#) [基于栅格的三维GIS空间分析若干关键技术研究](#)[学位论文]博士 2004

引用本文格式: [沈芳, 黄润秋, 苗放, 许强, Shen Fang, Huang Runqiu, Miao Fang, Xu Qiang](#) [地理信息系统与地质环境评价](#)[期刊论文]-[地质灾害与环境保护](#) 2000(1)