

文章编号: 1009-6248(2008)04-0142-06

# 基于GIS支持下的新疆哈密双井子26号铁矿区地质灾害危险性评估

余中元<sup>1</sup>, 吴现兴<sup>1</sup>, 帕拉提·阿布都卡迪尔<sup>2</sup>, 刘双<sup>3</sup>

(1. 新疆大学研究生院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆维吾尔自治区经贸委, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 黑龙江省地震工程研究院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘要:** 地质灾害的孕育与发生给社会进步和经济发展带来了极大的破坏和损失, 其致灾因子复杂多样, 空间差异显著。因而确定地质灾害危险性属于空间型的评判问题, 可以采用空间分析的最新技术手段——GIS进行评价研究。笔者以干旱半干旱地区——新疆哈密市双井子26号铁矿为研究区, 通过对崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、沉降、地裂缝6大灾种因子进行定性和定量相结合的危险性分析, 利用GIS的计算与空间分析功能, 将研究区各潜在灾种因子叠加分析, 最终编制出研究区的地质灾害危险性评估分区图。该图描述了在现有自然条件和人类工程活动下的潜在地质灾害危险区。研究成果为全面反映灾情, 确定减灾目标, 优化防御措施, 进行科学地减灾决策提供了重要依据。

**关键词:** 地理信息系统(GIS); 地质灾害; 危险性; 评估; 铁矿

中图分类号: P66 文献标识码: A

## 1 原理及技术方法

国外以Ellis L. Krinitzsky (2002)、Günter (2004)、Jürgen R. Dennis Lemly (1996)为代表的学者们对地质灾害的评估方法进行了一系列研究。国内以唐川 (2002)、费祥俊 (2004)、刘春涌 (2000)、彭素霞 (2005)为代表的学者对地质灾害的发生机理以及GIS在地质灾害评估中的应用等做了积极的探索性研究, 并取得了众多颇有价值的科研成果。笔者在充分参考前人资料的基础上, 在干旱半干旱地区选取研究区进行了评估工作。该工作分四个主层次, 各层次利用地理信息系统(GIS)、和全球定位系统(GPS)进行数据采集、存储、管理、分析和建库, 包括区域调查、因子选择、图件准备

等。其4个主层次包括基础信息分析、现有地质环境问题分析、地质灾害危险性(hazard)评估和地质环境保护与治理。具体的技术程序分五步: ①利用层次1完成的基础信息图形数据库制作因子分析图, 并建立以栅格形式的各因子的图层数据库。根据地质灾害发生的区域地质环境背景因子和灾害点分布图叠合分析, 对参评因子进行现状和预测危险性评估。②应用统计学方法进行区域危险性定量计算; 并按照一定的原则和分级标准, 进行危险性的划分和归类, 并与研究区灾害分布特征相印证与修改, 完成地质灾害危险性评估分区图。③提出地质环境保护与治理措施。④利用GIS提供的计算与分析工具, 按一定叠合数值划分每个灾种的危险度, 作为本研究最终成果评价图。

收稿日期: 2008-01-07; 修回日期: 2008-04-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40561073)

作者简介: 余中元(1982-), 男, 祖籍湖北, 2003年毕业于中国地震局防灾科技学院, 先后于黑龙江省地震局和黑龙江省工程地震研究院从事工程地震与防灾减灾方面的管理与科研工作。现为新疆大学资源与环境科学学院2006级在读硕士研究生, 地球探测与信息技术专业。E-mail: Yuyangzi9811@126.com。

## 2 实例运用分析

### 2.1 基础信息分析

#### 2.1.1 研究区自然环境

研究区地处天山东段哈尔里克山南麓, 属低山丘陵地貌, 山体呈梳状, 基岩裸露; 沟谷洼地弱发育。研究区属大陆性干旱气候, 夏季最高气温33.7 °C, 冬季最低气温-30 °C。研究区内水系不发育, 无常年性河流和地表水系, 有短时暴雨形成的暂时性水流沿冲沟由北向南低洼处汇流, 最终消耗于蒸发, 矿区内的冲沟内形成暂时性洪流流量较小。

研究区地表植被稀疏, 按《全国土地分类表》(试行) 中分类标准划分, 土地类型为未利用的裸岩石砾地和荒草地。研究区在大地构造上属塔里木地台(一级构造单元) 东部的库鲁克塔格-星星峡断隆(二级构造单元), 主要出露地层为石炭系下石炭统红柳园组(C<sub>1</sub>h)、第四系(Q<sub>4</sub>)。区内的岩浆侵入活动相当剧烈, 侵入岩出露面积较大。断裂构造发育, 多为逆断层, 且具多期次活动的迹象特征, 断层破碎带宽5~20 m, 断层面向北陡倾, 倾角50°~60°。

根据区域水文地质资料, 研究区内无泉点分布, 但周边分布有泉点, 单泉流量0.15L/s左右, 矿化度

3.7g/L, 水化学类型为SO<sub>4</sub>·Cl-Na型。研究区水文地质条件较简单。暴雨洪流入渗为研究区主要补给方式。含水构造基本属于封闭式或半封闭式, 迳流滞缓, 总体由北向南径流, 大部分通过构造破碎带于切割较深或地势较低的沟谷处以泉的形式排泄。

研究区内出露的岩体属坚硬块状火山岩组, 由下石炭统红柳园组(C<sub>1</sub>h)组成, 岩性为坚硬砾岩、含砾石英变砂岩, 抗风化能力强, 完整性好, 总体稳定性较好。根据土体的粒度成分和工程地质特征, 矿区内出露的土体属碎石土单层土体, 分布于现代冲沟沟谷中, 为季节性流水所搬运的堆积物。主要为坡积、冲积含土角砾, 砂径5~10 mm, 分选差, 磨圆为次棱角-次圆状, 无胶结, 工程地质条件一般。研究区内无全新活动断裂分布, 区域上未发生过中强地震。根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2001)(中国质量技术监督局, 2001)(中国标准出版社, GB 18306-2001, 2001), 地震动峰值加速度<0.05gal, 地震基本烈度为VI度, 属地壳稳定区。

#### 2.1.2 研究区矿区概况

研究区由采矿工业场地、矿石堆场、干磁选场和生活区等组成。各矿体特征见表1。

表1 研究区各矿体特征表

Tab. 1 The mine features of study area

矿体	标高(m)	长(m)	宽(m)	最大厚度(m)	矿体形态	产状	
						倾向	倾角
26-1	2 020~2 030	28	24	23	透镜状	245°	25°~30°
26-2	1 960~2 030	260	10~48	30	透镜状	270°	26°~30°
26-3	1 950~1 970	18	16	23	透镜状	275°	26°~30°
26-4	2 040~2 080	110	50	27	扁豆状	265°	25°~29°
26-5	1 970~2 020	112	54	28	透镜状	300°	25°~30°
26-6	2 050~2 055	30	24	24	透镜状	290°	25°~30°

### 2.2 现有地质环境问题分析

废渣石主要来源于矿井开采矿石干磁选所产生的废石, 全部用于平整工作平台和矿区道路, 对地质环境的影响小, 但废石的堆放对地表植被的生长有破坏作用, 同时会改变该处的地形地貌条件。

生活垃圾中含有病原微生物、有机污染物和重金属污染物, 通过设置垃圾堆放池, 并定期清运至矿区垃圾掩埋场, 进行压实掩埋处理, 对环境影响较小。

矿井水主要污染物为悬浮物、泥砂。因处于矿

体外围下游, 不会成为矿井充水水源, 对矿区地下开采无影响。另外, 矿区土地类型为未利用地的裸岩石砾地和荒草地, 矿井水排放对周围环境影响较小。生活污水来源于食堂、浴室及生活洗涤水, 主要含有有机污染物、有毒污染物(如合成洗涤剂)及生物污染物(如有害微生物)等, 在现状情况下直接排放地表, 经自然渗透和蒸发蒸腾消耗, 会对矿区水土造成一定污染, 使地下水的水质恶化, 使地表植被的生长受到抑制; 技改扩建以后采用埋地

SWB-II二段氧化生化法对生活污水进行处理，对周围环境基本无不良影响。

## 2.3 地质灾害危险性评估

### 2.3.1 地质灾害危险性现状评估

现状评估是对矿区及其可能影响范围内已有地

质灾害的危险性进行评估，包括地质灾害的种类、规模、成因、发育特征及危害程度等。结合现状条件并按照表2进行评估认为，区内崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害不甚发育，危害程度小，现状评估危险性小。

表2 地质环境条件复杂程度分类表

Tab. 2 The classification of complicated geo-conditions

复 杂	中 等	简 单
1. 地质灾害发育强烈	1. 地质灾害发育中等	1. 地质灾害一般不发育。
2. 地形与地貌类型复杂	2. 地形较简单，地貌单一	2. 地形简单，地貌类型单一
3. 地质构造复杂，岩性岩相变化大，岩土体工程地质性质不良	3. 地质构造较复杂，岩性岩相不稳定，岩土体工程地质性质较差	3. 地质构造简单，岩性单一，岩土体工程地质性质良好
4. 工程水文地质条件不良	4. 工程水文地质条件较差	4. 工程水文地质条件良好
5. 人类工程活动强烈	5. 人类工程活动较强烈	5. 人类工程活动一般

### 2.3.2 地质灾害危险性预测评估

地质灾害危险性预测评估是对矿山工程建设场地及可能危及矿山工程建设安全的邻近地区可能引发或加剧的和矿山工程建设本身可能引发的地质灾害危险性做出评估。预测评估认为，矿山建设不易引发崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，危害程度小，预测评估为危险性小。

笔者采用我国煤炭矿山的研究成果和经验（煤炭科学研究院北京开采研究所，1981；何国清等，1994；邹友峰，2003；长春地质学院，1981；国家煤炭工业部，1984；余中元等，2007；苟新华等，

2003）计算了研究区顶板岩层冒落裂隙带高度，确定了地表塌陷地质灾害的危险程度。

$$\left. \begin{array}{l} H_c = (4-5)M \\ H_t = \frac{100M}{2.4n+2.1} + 11.2 \end{array} \right\} \quad (\text{式1})$$

式中：

$H_c$  为顶板岩层冒落带高度 (m)； $H_t$  为顶板岩层导水裂隙带高度 (m)； $M$  为矿层采厚或厚度 (m)， $n$  为矿体分层层数，采矿方法为（浅孔）电耙留矿采矿法，分层开采厚度 10 m，按 30 m 矿体厚度计取 3；计算结果见表 3。

表3 根据我国经验公式计算结果

Tab. 3 Calculation results based on empirical formula in China

采空区位置		矿体厚度 $M$ (m)	矿体分层层数 $n$	冒落带最大高度 $H_c$ (m)	导水裂隙带最大高度 $H_t$ (m)	备注
小矿体	26-1号矿体	23	3	129	259	$H_c$ 按 $0.5H_t$ 计算
	26-3号矿体	23		129	259	
	26-6号矿体	24		135	269	
大矿体	26-2号矿体	30	3	167	334	$H_c$ 按 $0.5H_t$ 计算
	26-4号矿体	27		151	302	
	26-5号矿体	28		156	312	

从表 3 中可以看出，最大冒落带高度 129~167 m，最大导水裂隙带高度 259~334 m，因最终采空区距地表 150~265 m，地下矿层采空后冒落带及裂隙带可达到地表，易引发地面塌陷灾害。矿山地下开采后，最终将形成约 15 000 m<sup>2</sup> 的地下采空区，根据移动盆地理论，上盘和端部岩石移动角均为 75°；

下盘岩石移动角为 70°；根据三角函数关系，预测评估沿矿区最大矿体 26-2、26-4 矿体边界向两侧上盘和端部 50~60 m，下盘 60~70 m 范围内易产生地面塌陷，并利用 MAPGIS 空间分析功能可得地面塌陷区面积约 8.8 万 m<sup>2</sup>，采深与采厚比 5~8，小于 25~30，地面塌陷的变形特征为无规律、突变的非连续

性变形, 易出现塌陷坑和不规则的伴生地裂缝, 威胁矿区井下人员、设备及地面设施的安全, 破坏矿区地形地貌和生态环境, 危害程度中等, 预测危险性中等。

### 2.3.3 地质灾害危险性综合评估

综合评估是在现状评估和预测评估的基础上, 采取定性与定量相结合的方法评估地质灾害的危险程度, 确定地质灾害危险性级别。根据《地质灾害危险性分级表》进行地质灾害危险性分级, 同时依照地质灾害危险性等级划分, 当地质灾害灾种并存时, 采取就重划分危险性等级的原则, 将评估区地质灾害危险性等级划分为地质灾害危险性小和中等两个区。

## 2.4 地质环境保护与治理

### 2.4.1 地表治理恢复方案

生活区修建防渗厕所, 杜绝随地大小便, 将厕所粪便定期拉运到垃圾掩埋场集中堆放、掩埋。生

活区、生产区内禁止乱堆乱倒垃圾, 将生活区的垃圾倒入垃圾池, 并定期清理, 拉运到垃圾掩埋场集中堆放。现有生活区和采矿工业场地处于预测地面塌陷区影响区, 易受其危害, 规划生活区和采矿工业场地修建时将其全部拆除, 大部分材料可再用于建设, 对地表环境破坏小。矿山闭坑后, 将生活区、生产区的地面设施全部拆除, 拉运到废石场掩埋, 使地表恢复到原有的状态。

### 2.4.2 地质灾害防治方案

在地质灾害危险性中等区外围设立铁丝围栏, 竖警示牌。严格按照设计进行爆破及开采作业, 采空区塌陷隐患区地表严禁修建任何建筑物及运输道路, 今后采矿过程中若发生地面塌陷, 待其基本稳定后及时利用废渣石进行回填, 尽量恢复其原始地形地貌。

## 2.5 基于GIS支持下的灾种因子危险度叠合图

在对上述基础数据整理和各灾种因子分析完毕

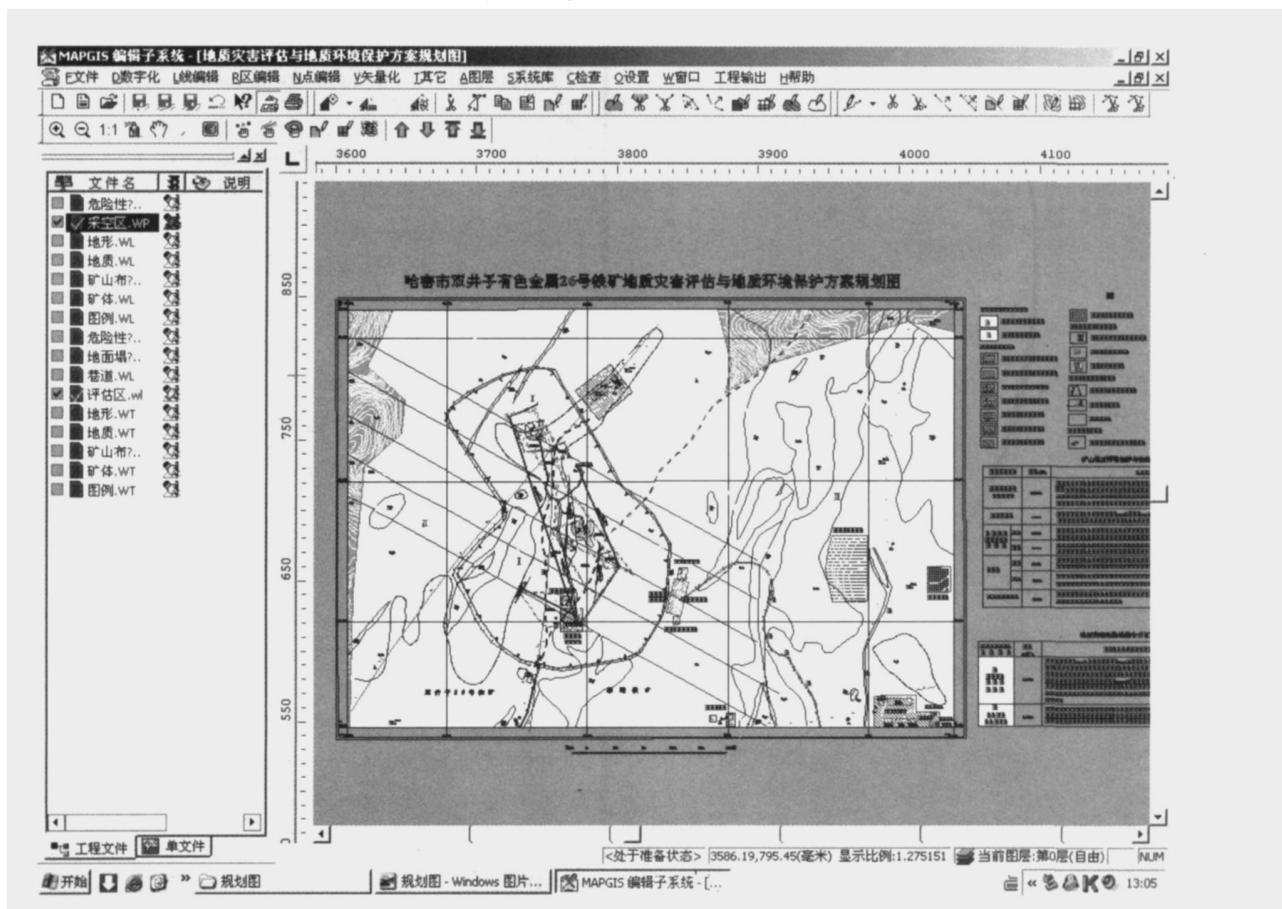


图1 地质灾害评估及灾种因子叠合图

Fig. 1 The stacking map of geological disaster assessment and disaster factor

后, 可通过GIS提供的计算与分析工具, 按一定叠合数值划分每个灾种的危险度, 作为本研究最终成果评价图(图1)。

### 3 结果讨论及应用前景分析

上述计算方法是根据干旱半干旱地区区域特点而定的, 公式和计算方法的选取具有一定的相对意义。地质灾害危险性评估是多个灾种因子的综合评估, 为了便于应用GIS系统的地图代数功能进行地质灾害危险性评估, 笔者按归一化数值分别赋给危险因子图层, 形成 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 栅格的数据层, 参与风险评价的集成分析。根据背景资料和数值叠合分析, 以国土资源部相关规定分别确定危险程度等级, 由此得到研究区地质灾害评估图(图1)。由该图可看出研究区各灾种因子的分布面积, 其地质灾害危险性高的地区的共同特点是崩塌、滑坡泥石流灾害基本不发育, 突出的是采空区的地面塌陷问题。由于本研究涉及的大量空间数据和参评因子在某些条件下是非确定性的或不充足的, 其评价图基本反映出研究区各灾种因子危险程度的相对差异, 要解决区域评价的精确性问题, 需要尽可能将地质、地貌数据和工程勘察结合到危险性评价中去, 并且进一步探讨不同类型承灾体危险性的评价模型, 以提高地质灾害危险性评估结果的可靠性。

运用GIS系统方法, 将实地调查与数据库相结合, 灾情评估与空间分析方法相结合, 防治决策与应用模型库设计相结合, 增强了空间分析和实时更新的能力, 提高了灾情管理空间决策水平, 特别是对多要素形成、多级别危险度的地质灾害危险性评估, 具有广泛和潜在的优越性和应用前景。

### 参考文献 (References):

- 唐川, 朱大奎. 基于GIS技术的泥石流风险评价研究 [J]. 地理科学, 2002, (3): 302-305.
- 费祥俊, 舒安平. 泥石流运动机理与灾害防治 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004, 231-232.
- 刘春涌. 新疆泥石流的灾害性及其防治 [J]. 干旱区研究, 2000, (2): 80-82.
- 彭素霞, 等. 吐鲁番地区矿产资源开发对环境影响研究 [J]. 地球科学与环境学报, 2005, 91-93.

- 《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2001) [M]. 北京: 中国家标准出版社, 2001.
- 煤炭科学研究院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.
- 何国清, 杨伦, 等. 矿山开采沉陷学 [M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1994.
- 邹友峰. 矿山开采沉陷工程 [M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2003.
- 长春地质学院. 专门水文地质学 [Z]. 1981.
- 国家煤炭工业部. 矿井水文地质规程(试行) [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1984.
- 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- 矿区水文地质工程地质勘探规范 [S] (GB 12719-91), 1991.
- 余中元, 帕拉提·阿布都卡迪尔等. 新疆矿山环境地质问题与治理对策研究 [J]. 自然灾害学报, 2007, (4): 67-69.
- 荀新华, 郑玉洁, 张玲. 新疆地质环境主要问题 [J]. 新疆地质, 2003, (3): 344.
- Ellis L. Krinitzsky. How to combine deterministic and probabilistic methods for assessing geological hazards [J]. 2002.
- Günter Leydecker. Seismological hazard assessment for a site in Northern Germany, an area of low seismicity [J]. Germany, 2004.
- A. Dennis Lemly. Environmental Hazard of Selenium in the Animas La Plata Water Development Project, USA, 1996.
- TANG Chuan, ZHU Dakui. A ssesment of Debris Flow Risk by U sing GIS [J]. Sciatica Geographical Sinica, 2002, (3): 302-305.
- FEI Xiangjun, SHU Anping. Hazard prevention and Movement mechanism of debris flow [M]. Tsinghua University press, Beijing, 2004, 231-232.
- LIU Chunyong. Research on hazard and prevention of debris flow in Xinjiang [J]. Arid Zone Research, 2000, (2): 80-82.
- PENG Suxia, LIU Jianchao. Effect of exploitation of mineral resources on ecological environment in the Turpan Prefecture [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, (2): 91-93.
- Seismic ground motion parameter zonation map of China (GB 18306-2001) [M]. Standards Press of China, Beijing, 2001.
- Beijing Mining Institution Subordinate to Coal Scientific College. Application on the law of coal mine surface

- movement and overlying strata destruction [M]. Coal Industry Publishing House, Beijing, 1981.
- HE Guoqing, YANG Lun. The study of mining subsidence [M]. China University of Mining and Technology Publishing House, Beijing, 1994.
- ZHOU Youfeng. The Projection of mining subsidence [M]. China University of Mining and Technology Publishing House, Beijing, 2003.
- Changchun Geological College Specialized Hydrogeology [Z]. 1981.
- National Coal Industry Ministry. The regulation of mine hydro geologic (trial) [M]. Coal Industry Publishing House, Beijing, 1984.
- Bureau of the National Coal Industry. The order of building, water, railway and main well lane coal conserving [M]. Coal Industry Publishing House, Beijing, 2000.
- Code for hydrogeology engineering geological exploration in mining area [S]. (GB 12719-91), 1991.
- YU Zhongyuan, Parati-A budukadi. Environmental geology hazard of mine in Xinjiang and its control strategy [J]. Journal of Natural Disasters, 2007, (4): 67-69.
- GOU Xinhua, ZHEN G Yujie. Mine problem of geoecological environment in Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2003, (3): 344.

## Risk Evaluation of Geology Hazard Based on GIS in the 26th Shuangjingzi Iron Mine in Hami, Xinjiang

YU Zhong-yuan<sup>1</sup>, WU Xian-xing<sup>1</sup>, Parati-A budukadir<sup>2</sup>, LIU Shuang<sup>3</sup>

(1. Graduate College, Xinjiang University, Ürümqi 830046, China; 2. Economy and Trade Commission of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Ürümqi 830000, China;  
3. Earthquake Engineering Research Institute in Province, Heilongjiang, Harbin 150090, China)

**Abstract:** The bred and the occurrence of geology hazard have brought about tremendous destroy and loss in the social progress and economic development, and the hazard factor is diverse, and the space difference is notable. Therefore, it is probable to use GIS, the latest technology means for space analyzing, to determine the geological hazard evaluation of the space problem. The author relied on arid and semi-arid regions—the 26th Shuangjingzi metal iron, in Hami City, Xinjiang, as the study area, combining qualitative with quantitative risk analysis to the collapse, landslides, debris flows, ground subsidence and cracks, settlement, the six major disasters, making full use of the calculation and spatial analysis function of GIS, and studying the potential disaster zone of stacking factor analysis, and making a district map of geological hazard assessment about the study area finally. The map describes the potential danger area under the existing natural conditions and human activities project. The study results offer a valuable basis for reflecting the overall disaster, identifying disaster reduction objectives, optimizing defensive measures, and making scientific and mitigation decisions.

**Key words:** geography information system; geology hazard; risk evaluation; iron ore