

GIS技术在地质灾害区划中的应用

温守钦¹ 李仁锋^{2,3} 任群智² 周洪清² 金成洙¹

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110006;

2. 辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 辽宁 鞍山 114002;

3. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130021)

摘要:岫岩县是辽宁省东部山地地质灾害最为典型的地区,存在以崩塌、滑坡、泥石流为主的多种地质灾害。本文应用大量野外地质灾害调查所收集的各种资料,建立 Access 数据库,并在 GIS 软件平台上运用投影转换功能,将数据库文件转换为具有属性的图形文件,并得到地质灾害分布图;将研究区进行网格剖分后,对已矢量化的各图层及灾害点文件叠加运算,得到灾害易发程度分区图、等值线图。分区的结果揭示了地质灾害空间分布特征及其与地质环境和人类活动的关系。

关键词:GIS; 地质灾害; 区划; 岫岩

中图分类号:P694 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2005)03-0512-06

GIS是一种由硬件、软件、数据和用户组成的以研究地理或地学数据的数字化或图形化采集、存贮、管理、分析、表达的计算机支持系统。它具有动态性采集、管理、分析和输出多种地学空间信息的能力,以及区域分析、多要素综合分析和动态预测能力,能为决策者提供科学、快速、准确的决策依据。随着社会发展的需要,建立地质灾害监测系统对预防灾害、快速准确地评估灾情和保证社会稳定、减少经济损失和人员伤亡都具有重要意义。

以滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝等为主的地质灾害的发生均以地质环境相关。而构成地质环境的地质结构、地形地貌、气候水文条件、人文活动等是控制地质灾害时空分布和强度的基本因素。这些基本因素都能统一在同一地理坐标之下,这正是 GIS 用于地质灾害研究的基础。借助 GIS 建立专业分析功能,可分析管理贯穿灾害起源、发展和影响范围等地质灾害全过程的大量数据(包括实时和历史的、栅格和矢量的)。而完成采集、存储和组织这些不同类型的数据这项复杂的任务,也正是 GIS 的优势所在。

为了有效地防治地质灾害,减少地质灾害造成的损失,2002 年以来,笔者在位于辽东地区的岫岩县开展了地质灾害调查与区划工作,在大量野外实地调查和对多年以来各类文献资料综合分析的基础上,在本区首次运用 GIS 技术对地质灾害资料进行了系统的处理和研究,

并进行了地质灾害区划,从而对该区地质灾害的时空分布规律有了新的认识,这些有力地支持了本地区的防灾减灾工作。

1 GIS 技术的应用及效果评述

1.1 区域概况与野外调查

岫岩县地处辽东低山丘陵区,为构造剥蚀地形,山地坡度较陡,属温带湿润季风气候,雨水多且集中,多暴雨天气(图 1),是辽东地区崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害最为严重的地区之一。自上世纪 50 年代末以后的数十年间,由于人类经济和工程活动的增加,生态环境系统急剧恶化,形成遇暴雨必遭灾的局面。该区仅 80 年代就发生过 3 次大规模的以泥石流为主的地质灾害,累计受灾农田 43 333 hm²,冲毁公路 1500 余千米、桥涵 757 座、堤坝 1000 余千米、倒房 1.4 万余间,死亡(含失踪)141 人,伤 1000 多人,直接经济损失超过 3.2 亿元。

笔者是在对调查人员进行专业培训的基础上,对全县开展逐村逐屯的调查访问,并严格按照《县(市)地质灾害调查与区划空间数据库系统填表技术要求》及时填写地质灾害调查表。调查点位置的确定采用手持 GPS 定位系统与地形图相互校正的方法。调查表主要包括《泥石流灾害调查表》、《斜坡稳定性调查表》、《滑坡灾害调查表》及《地质塌陷灾害调查表》等等。

收稿日期:2004-11-27;改回日期:2005-01-16

基金项目:辽宁省国土资源厅及中国地质环境监测院项目(中地环发[2002]62号)资助。

作者简介:温守钦,男,1963年生,副教授,主要从事地球化学、农业生态地质、环境地质等研究;E-mail:wensq1963@sina.com.cn。

1.2 数据录入

调查结束后,将所获资料及数据表输入到 GIS 系统所外挂的 Access 数据库。滑坡、崩塌、不稳定斜坡、地面塌陷的稳定性采用专家评定法,分成不稳定、基本稳定、稳定 3 类;而对于泥石流,则采用积分法,按照《县(市)地质灾害调查实施细则》中泥石流数量化表有关标准,确定评估因子为 15 项(各因子及量化值见表 1)。

采用积分值的方法,对泥石流地质灾害进行易发程度评估,公式如下:

$$XI = \sum_{i=1}^{15} (\Phi xi)$$

式中:XI — 易发程度积分值;Φ — 判别因子权重;

xi — 判别因子量化值。

泥石流易发程度分级标准见表 2。

通过填写各类表格以及对泥石流地质灾害的计算,研究区共有泥石流沟谷 358 条,其中高易发 88 处,中易发 249 处,低易发 21 处,不易发 0 处;居民点附近的滑坡、崩塌 9 处,全部为不稳定;不稳定斜坡隐患点 114 处,其中不稳定 94 处,基本稳定 20 处;地面塌陷 3 处,为不稳定。

1.3 数据的转换及地质灾害分布图的生成

研究区各类灾害点表格共有 484 张,用手工的方法上坐标,工作量大且容易出错。如各点添加属性数据,工作量就会成倍增加。借助 GIS 的投影变换功能,可快速准确的完成地质灾害分布图的生成。

为了应用 GIS 的投影变换,首先将数据库中的数据格式进行转化,具体步骤为:

步骤 1:应用 Access 的导出功能,将建立于 GIS 中的各种灾害主表转为 Excel 文件。

步骤 2: 在每个 Excel 表中额外加入 4 个点(4430000, 21490000), (4430000, 21560000), (452000, 21560000), (4520000, 21490000)(即岫岩县的边界点)作为控制点,以作为各个图层对正的标准。应用 Excel 的另存功能,将 Excel 数据表得到的文件转为文本文件(以制表符分隔),以方便 GIS 的读取。

步骤 3: 应用投影变换中的用户文件投影转换功能(图 2),将文本文件(以制表符分隔)转为点文件(扩展名为.wt)。根据步骤 2 中添加的 4 个控制点坐标,通过平移和缩放,使各种灾害点文件种控制点与已矢量化的地理底图配准,即可得到地质灾害分布图。

1.4 分区图的编制

地质灾害易发程度图的是依据地质灾害点的变化趋势(泥石流灾害为易发程度)属性字段通过空间分析叠加得到的。具体步骤为:

步骤 1:建立剖分单元网格

用 GIS 阵列复制线及拓朴建区的功能,可对研究区进行



图 1 多年平均降水量图

Fig.1 Perennial average rainfall map

表 1 泥石流易发程度量化^①

Table 1 Measurements of mudflow-prone degrees

易发程度	高易发	中易发	低易发	不易发
分级值	114 < XI	90 < XI ≤ 114	40 < XI ≤ 90	XI ≤ 40

剖分。考虑到岫岩县的地质环境条件和灾害发育现状,每个单元格的面积为 3 km×3 km。

步骤 2:单元格信息的提取及数字化

运用 GIS 空间分析的面对点相交功能,将剖分的网格的面文件与各类灾害点的点文件(具备易发程度属性)进行面对点相交运算,得到各类灾害的不同级别的分区文件。叠加的原则为:

每个单元格以该范围内出现的一类灾害点的最高级别进行赋值,其中滑坡、崩塌、不稳定斜坡、地面塌陷 4 类灾害中将变化趋势字段中不稳定取值为 4,基本稳定取值为 3,稳定取值为 2,没有点分布的单元格取值为 1;泥石流灾害高易发区取值为 4,中易发区取值为 3,低易发区取值为 2,不易发区或没有点分布的单元格取值为 1。

运用 GIS 空间分析的方法,将剖分的网格的面文件与各类地质灾害点的点文件(具备易发程度属性)进行运算,得到各类灾害的不同级别的分区文件。

① 李仁锋,杨顾,周宏清,等.辽宁省岫岩满族自治县地质灾害调查与区划报告.辽宁省冶金地勘局地勘院,2004.

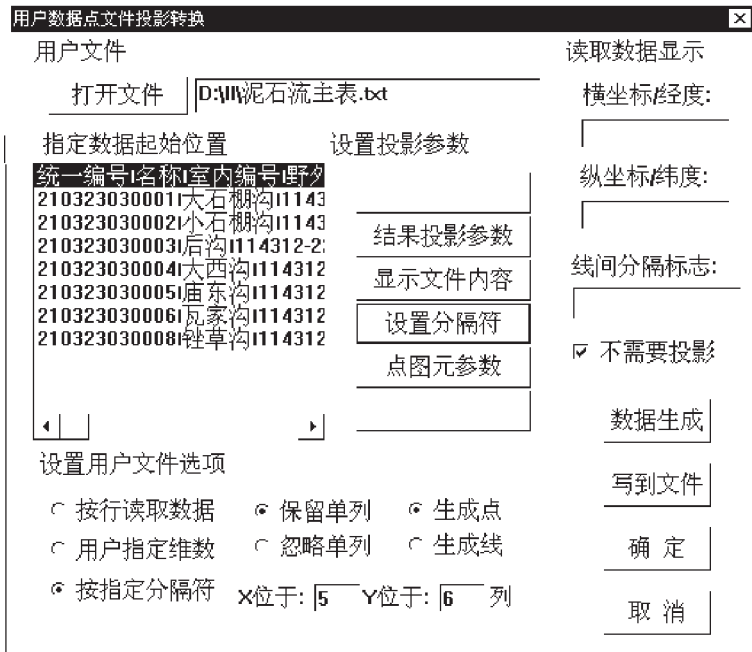


图 2 用户数据点文件投影变换

Fig.2 Spot file projection change of user data

表 2 泥石流易发程度分级标准

Table 2 Classification standards of mudflow-prone degrees

序号	影响因素[权重]	量 级 划 分							
		严重 (A)	得分	中等 (B)	得分	轻微 (C)	得分	一般 (D)	得分
1	不良地质现象 [15.9%]	崩塌滑坡严重,多深层滑坡和大型崩塌,表土疏松,冲沟十分发育	21	崩塌滑坡发育,多浅层滑坡和中小型崩塌,有零星植被,冲沟发育	16	有零星崩塌、滑坡和冲沟发育	12	无崩塌、滑坡,冲沟发育轻微	1
2	泥沙沿程补给长度比(%)[11.8%]	>60	16	60~30	12	30~10	8	<10	1
3	沟口泥石流堆积扇活动程度 [10.8%]	河形弯曲或堵塞,大河主流受挤压偏移	14	河形无较大变化,仅大河主流受迫偏移	11	河形无大变化,大河主流在高水偏低水不偏	7	无河形变化,主流不偏	1
4	河沟纵坡 [9%]	>12°	12	12~6°	9	6~3°	6	<3°	
5	区域构造影响程度 [7.5%]	强抬升区,六级以上地震区	9	抬升区,4~6级地震区,有中小支断层或无断层	7	相对稳定区,4级以下地震区,有小断层	5	沉降区,构造影响小或无影响	1
6	流域植被覆盖率 (%)[6.7%]	<10	9	10~30	7	30~60	5	>60	1
7	河沟近期冲淤变幅 (m)[6.2%]	>2	8	2~1	6	1~0.2	4	<0.2	
8	岩性影响[5.4%]	软岩/黄土	6	软硬相间	5	风化和节理发育	4	硬岩	1
9	沿沟松散物储量 (10 ⁴ m ³)[4.5%]	>10	6	10~5	5	5~1	4	<1	1
10	沟岸山坡坡度[4.5%]	>32°	6	32~25°	5	25~15°	4	<15°	1
11	产沙区沟槽横断面 [3.6%]	V型谷、谷中谷、U型谷	5	拓宽U型谷	4	复式断面	3	平坦型	1
12	产沙区松散物平均厚度 (m) [3.6%]	>10	5	10~5	4	5~1	3	<1	1
13	流域面积(km ²)[3.6%]	0.2~5	5	5~10	4	<0.2或10~100	3	>100	1
14	流域相对高差 (m) [3%]	>500	4	500~300	3	300~100	3	<100	1
15	河沟堵塞程度[3%]	严	4	中	3	轻	2	无	1

步骤 3:地质灾害易发区划分

将上述得到的各类灾害的不同级别的分区文件按照下列公式进行叠加,即得分区的结果。

首先将各类不稳定或高易发区的区文件进行叠加。当有两种以上地质灾害高易发区重叠时,则取值为 5。叠加采用以下公式:

$$G = G_{滑} \cup G_{斜} \cup G_{泥} \cup G_{塌} \cup G_{裂}$$

式中:G 为单元信息叠加的结果,G_滑为滑坡崩塌灾害数值,G_斜为不稳定斜坡数值,G_泥为泥石流灾害数值,G_塌为塌陷灾害数值,G_裂为地裂缝灾害数值。

其次,将各类基本稳定或中易发的面文件与合并后的不稳定或高易发面文件相交,并减去共同部分,按上述公式进行叠加、合并,可得到中易发图层。

再次,将各类稳定或低易发的面文件与合并后的高、中易发文件相交并减去相交部分,按上述公式叠加、合并可得

到低易发图层。

最后,用整幅图减去高、中、低易发区图,剩余区域为不易发区。合并后,即可得到全区的易发程度分区栅格图(图 3)。

步骤 4:绘制易发区等值线

通过易发程度分区面文件生成 table 文件,运用 GIS 的 DTM 绘制等值线的功能,即可得到易发程度分区的等值线。

2 分区结果及评述

2.1 分区结果

根据前文提到的分区原则和方法,该区地质灾害易发程度可分成 3 个区(图 3),即:

地质灾害高易发区:该区可进一步划分成滑、崩、泥、斜高易发区(A₁)和塌、滑、崩、泥、斜高易发区(A₂)2 个亚区。

中易发区(B):该区地质灾害类型为滑坡、崩塌、泥石流、不稳定斜坡。

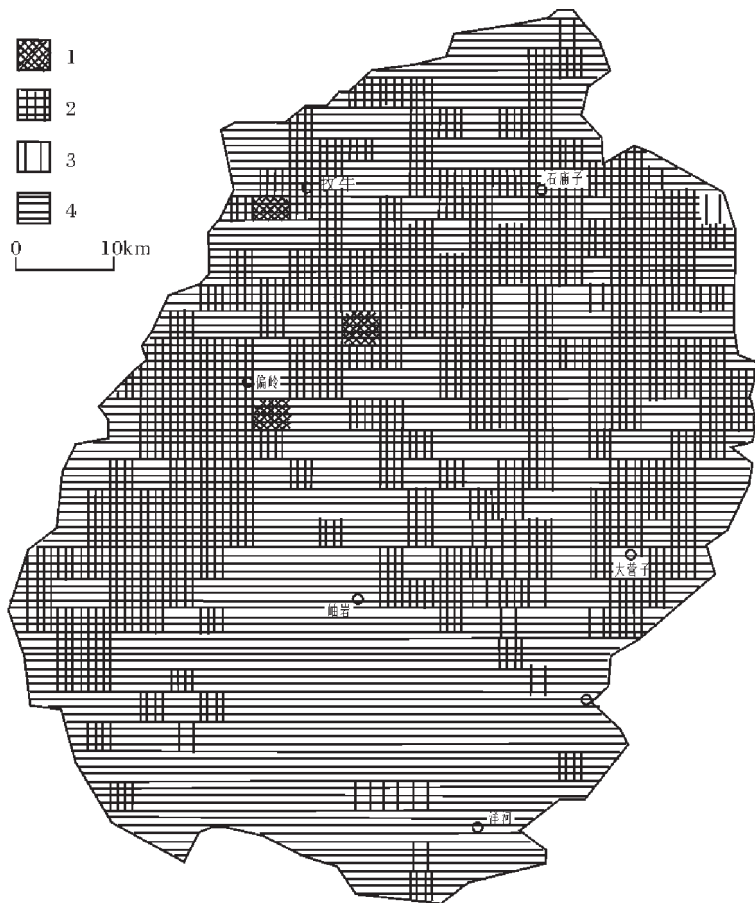


图 3 地质灾害易发程度栅格图

1—崩塌、泥石流、地面塌陷高易发区(A₁);2—崩塌、泥石流高易发区(A₂);3—崩塌、泥石流中易发区(B);4—崩塌、泥石流低易发区(C)

Fig. 3 Grid map of geological hazard—prone degrees

1—The most liable area of collapses, landslides and mud-debris flow(A₁);2—Highly most liable area of collapses and mud-debris flow(A₂);

3—Intermediately liable area of collapses and mud-debris flow(B);4—Loss liable area of collapses and mud-debris flow(C)

低易发区(C): 该区地质灾害类型为滑坡、崩塌、泥石流、不稳定斜坡。

2.2 各分区评价

2.2.1 地质灾害高易发区

本区地质灾害类型齐全,又可进一步分成2个亚区:

(1)滑、崩、泥、斜高易发区(A₁)

这类灾害分布在岫岩县除南部以外的大部分乡镇,包括兴隆乡、石灰窑乡、前营乡、大营子镇、红旗营子乡、苏子沟镇、朝阳乡、汤沟乡、石庙子镇、三家子镇、牧牛乡、黄花甸镇、韭菜沟乡、大房身乡、龙潭乡、偏岭镇、哈达碑镇,形成一个马蹄形,从东、北、西三面将该县包围起来。

本区的山地灾害包括泥石流、崩塌、滑坡尤为严重。野外调查表明,山体的山坡坡度在30°或以上,残坡积层厚度在0.5m,尤其在1m以上者,只要有特大暴雨等条件的配合都极易发生崩塌。本区泥石流活动也十分活跃,先后在1982年、1987年和1989年由大暴雨引发大规模的山体崩塌并形成泥石流,仅石灰窑太平岭村就冲毁房屋60多户,死亡4人,造成重大经济损失。

(2)塌、滑、崩、泥、斜高易发区(A₂)

这类灾害分布在岫岩县牧牛乡、大房身乡、偏岭镇,该区自然条件与A₁区相似,地质灾害类型除泥石流、崩塌、滑坡外,地面塌陷也相当发育,最大规模可达到4.2m×3.25m×4.05m。因此,本区在灾害防治和经济建设中除了应注意泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害外,还应对面面塌陷加强监测。

2.2.2 地质灾害中易发区

主要分布于东北与东南地区,包括红旗乡、杨家堡镇、汤沟镇,部分分布于洋河镇、龙潭镇、哨子河、石庙子镇。本区泥石流、山洪、崩塌都比较发育,以崩塌为主,量多、面广。据实地考察,与A区相似,只要山坡坡度达30°左右,残坡积层厚度在0.5m以上,尤其在1m以上者,不论其方位如何,都能发生崩塌,并导致形成泥石流,危害严重。

2.2.3 地质灾害低易发区

分布在上述两个分区以外的地区,主要为无村庄分布的单元和地形开阔及地形起伏较小的单元。

本区主要是各主河道下游,由于入境水量大,且外区输入大量泥沙,河道成为宽浅型河床,如本区洋河和哨子河。当出现特大暴雨时,易造成洪水泛滥。由此也可产生泥石流、崩塌等地质灾害,如1987年忙牛河流域、干巴河流域和雅河流域及洋河和哨子河干流两岸都发生了大量崩塌,并造成严重损失。

3 结 语

(1)GIS具有强大的动态性采集、管理、分析和输出多种地学空间信息的能力,以及区域分析、多要素综合分析和动态预测能力。借助GIS专业分析功能,可分析管理贯穿灾害

起源、发展和影响范围等地质灾害全过程的大量数据,可快速准确地完成地质灾害分布图、地质灾害易发程度图、易发程度分区的等值线图等专业图件的生成。

(2)应用GIS技术对本区资料处理后,可将其分成地质灾害高易发区、中易发区、低易发区3个区,其中高易发区又可进一步划分成2个二级区。地质灾害高易发区主要分布在岫岩县除南部以外的大部分乡镇,中易发区主要分布于东北与东南地区,低易发区主要为无村庄分布的单元和地形开阔及地形起伏较小的单元。

参考文献(References):

- [1] 钟敦伦,谢洪,程尊兰.低山丘陵区(岫岩满族自治县)山地灾害综合防治研究[M].成都:四川科学技术出版社,1993.
Zhong Dunlun,Xie Hong,Cheng Zunlan. Study on the Prevention and Cure of Mountainous Hazards in Low Mountain and Hill Regions (Xiuyan Manchu Autonomy County)[M].Chengdu: Sichuan Science and Technology Press,1993(in Chinese).
- [2] 陈荣度,李显东,张福生.对辽东古元古代地质若干问题的讨论[J].中国地质,2003,30(2):207~213.
Cheng Rongdu,Li Xiandong,Zhang Fusheng. Several problems about the Paleoproterozoic geology of eastern Liaoning[J].Geology in China,2003,30(2):207~213(in Chinese with English abstract).
- [3] 辜寄蓉,范晓,彭东.九寨沟地质灾害预测的空间分析模型[J].中国地质,2002,29(1):110~112.
Gu Jirong,Fan Xiao,Peng Dong. Spatial analysis model for the forecast of geological disasters in Jiuzhaigou[J]. Geology in China,2002,29(1):110~112 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张春山,张业成,张立海.中国崩塌、滑坡、泥石流灾害危险性评价[J].地质力学学报,2004,10(1):27~32.
Zhang Chunshan,Zhang Yecheng,Zhang Lihai. Danger assessment of collapses,landslides and debris flows of geological hazards in China[J]. Journal of Geomechanics,2004,10(1):27~32 (in Chinese with English abstract).
- [5] 赵雪莲,陈华丽.基于GIS的洪灾遥感监测与损失风险评价系统[J].地质与资源,2003,12(1):54~59.
Zhao Xuelian,Chen Huali.The GIS-based RS monitoring and risk evaluating system for flood hazard[J].Geology and Resources,2003,12(1):54~59 (in Chinese with English abstract).
- [6] 吴信才.MAPGIS地理信息系统[M].北京:电子工业出版社,2004.
Wu Xincan.MAPGIS Geographical Information System [M].Beijing: Electronics Industry Publishing House of ,2004(in Chinese).
- [7] Keefer D K, et al.Real time landslide warning during heavy rainfall[J]. Science,1987,238(13):921~925.
- [8] Duan Yonghou. Introduction of environmental geological map series of China [A].In:Nature Hazards Mapping Proceedings of the International Forum Geological Survey of Japan[C]. Geological Survey of Japan Report,1985,281:1~5.

Application of GIS technology in the regionalization of geological hazards

WEN Shou-qin¹, LI Ren-feng^{1,2}, REN Qun-zhi², ZHOU Hong-qing², JIN Cheng-zhu¹

(1. Resources and Civil Engineering College, Northeastern University, Shenyang 110006, Liaoning, China;

2. Geologic Exploration Institute, Liaoning Bureau of Geology and Mineral Exploration for Metallurgy, Anshan 114002, Liaoning, China;

3. Jilin University, Changchun 130021, Jilin, China)

Abstract: Xiuyan County is a typical area hit by geological hazards of mountains in eastern Liaoning. These hazards mainly include collapses, landslides and mud-debris flow. On the basis of a wealth of data gathered in field investigations of geological hazards, an access database was established. By using the function of projection change on the platform of the GIS software, the files of the database were transformed into graphic files with an attribute and the distribution map of geological hazards was also constructed. Through the superposed calculation on the vectored layers and the files of hazard points after the research area was gridded, the regionalization map and isoline map of hazard-prone degrees were prepared. The hazard regionalization reveals the spatial distribution of geological hazards and their relations with the geological environment and human activities.

Key words: GIS; geological hazards; regionalization; Xiuyan

About the first author: WEN Shou-qin, male, born in 1963, associate professor and master director, mainly engages in geochemical, agro-geological and environmental geological studies; E-mail: wensq1963@sina.com.cn.