

基于 GIS 的北京市延庆县地质灾害易发性区域划分

张有全^{1,2}, 宫辉力³, 李巧刚⁴

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037; 4. 北京市地质研究所, 北京 100032)

摘要:随着灾害科学研究的深入, 区域地质灾害已成为其重要的研究领域。文章利用遥感技术及 GPS 工具获取地质灾害的特征信息, 在对地质灾害的成因背景分析基础上, 运用 GIS 空间分析功能和地质灾害危险性评价、评估理论构建了地质灾害发育度模型。以北京市延庆县为实验区, 采用 ArcEngine & .NET 进行易发性分区程序的编写, 计算研究区域内单元网格的发育度值。为了克服调查数据的局限性和人为因素, 在计算发育度时引入修正系数, 从延庆县 DEM 数据中提取单元网格内的地形坡度值, 根据坡度值区间确定修正系数。将发育度计算结果按照一定规律、原则聚类, 进行地质灾害易发性区域划分, 取得了与实际情况较为一致的结果。基于“3S”技术及灾害地质条件, 采用地质灾害发育度模型, 可以较好地用于区域地质灾害易发性区域的划分, 并能为防灾、减灾提供重要信息。

关键词:地质灾害; 遥感; GIS; 危险性评价; 易发性区划; 发育度模型; 北京市延庆县

文章编号:1003-8035(2006)04-0017-04

中图分类号:P208; P642.2; P694

文献标识码:A

1 引言

国内外许多学者对区域性自然灾害做了大量的研究工作, 研究内容主要涵盖灾害损失指标体系、灾害损失评估方法、灾害区划原则与原理、灾害综合区划方法、灾害预测预报方法、综合减灾对策等^[1-4]。对地质灾害的研究主要集中于地质灾害的调查, 包括灾害空间分布、形成原因、诱发因素、危害程度及影响范围等^[5]。本文在上述研究的基础上, 利用 ArcGIS 平台进行地质灾害发育度模型计算, 在对地质灾害成因分析的基础上, 对延庆县地质灾害易损性进行分析、灾害易发性分区, 划分出重点防治区域。

2 区域背景

2.1 自然地理特点

延庆县位于北京市西北部, 东经 115°44' ~ 116°34', 北纬 40°16' ~ 40°47'。地处北、东、南三面环山, 西临官厅水库的小盆地延-怀盆地之东部。县域呈东北向西南延伸的长方形, 东西最长 70km, 南北最宽 45.5km, 总面积 1992.5km²。其中山区面积占 72.8%, 平原占 26.2%, 水面占 1%。全境平均海拔 500m 左右。海坨山为境内最高峰, 海拔 2241m, 也是北京市第二高峰, 地形地貌见图 1。

延庆县属大陆性季风气候, 属温带与中温带、半干旱与半湿润带的过渡连带。气候冬冷夏凉, 年平均

气温 8℃。因地处塞外受高山阻截的影响, 降水分布不均。年平均降水量 494mm, 全年降水大多集中于 7 ~ 8 月份, 占全年总降水量的 72%。

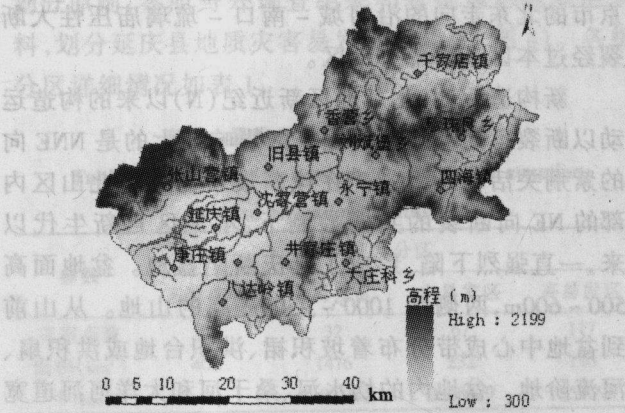


图 1 地形地貌格局图

Fig.1 Map showing terrain and physiognomy of Yanqing County

2.2 地层岩性及地质构造

2.2.1 地层岩性

延庆地处中朝准地台的北缘, 其基底由太古代及

收稿日期: 2005-11-21; 修回日期: 2006-06-06

基金项目: 北京市教委科技重点项目 (05531830)

作者简介: 张有全 (1978—), 男, 地图学与地理信息系统专业, 博士研究生, 研究方向为地理信息系统及遥感应用。

元古代之地层组成。太古界区域内仅有少量出露,零星分布在玉皇庙-张山营西北部,千家店-红旗甸一带;长城系主要分布在东北部千家店镇,南部偏坡峪一带,高家河-佛峪口,大榆树-井家庄一带也有零星分布,与下伏太古界地层为角度不整合接触;蓟县系分布较广,主要分布在东部和北部。青白口系仅在庙梁地区以及白河堡水库北部和东部有零星分布。寒武系仅出露下统地层。侏罗系、第四系分布面积较广,在区域北部,东部和中部均有出露。白垩系下统东岭台组,主要分布在西拨子东北部-大榆树南部以及靳家堡北部有少量出露^[6]。

2.2.2 地质构造

本区的褶皱主要分布在燕山期陆缘活动带褶皱第二亚构造层,后吕梁-印支期地台盖层褶皱第二亚构造层蓟县系岩层中以及第一亚构造层长城系地层中有少量分布。主要位于延庆县的东北部、西北部,以及南部。

本区断裂较发育,多为压性断裂以及推测性一般断裂。主要集中在西部、中部和南部。大断裂有位于西部的近东西向的大王庄-郭家堡推测断裂,贯穿北京市的北东走向的沿河城-南口-琉璃庙压性大断裂经过本区东南部分地区。

新构造活动:北京地区新近纪(N)以来的构造运动以断裂运动为主。对延庆区影响较大的是NNE向的紫荆关活动断裂带。在该断裂带与在冀北山区内部的NE向断裂的共同控制下,本地区自新生代以来,一直强烈下陷,形成了延庆断陷盆地。盆地高500~600m,两侧为1000~2300m高的山地。从山前到盆地中心成带分布着坡积裙、洪积台地或洪积扇、河流阶地。盆地内的妫水河、桑干河和大洋河河道宽展,心滩发育,河漫滩宽达1~2km。

2.3 水文地质特征

延庆县三面环山,一面临水,中央凹陷,独特的自然条件组成了两个不同的水文地质单元。即山区基岩岩溶裂隙水和平原区第四系松散层孔隙地下水。地下水资源总量:平原区1.43亿 m^3 ,山区1.06亿 m^3 ^[7]。

2.4 地质灾害概况

延庆县地质灾害主要以崩(滑)塌及泥石流为主。前者主要分布在菜食河流域石窑地区、妫水河流域以及东北部千家店及其周边地区。由于修路、建房等人类工程活动的加剧,引发多次崩塌灾害,包括井家庄境内110国道崩塌地段,S309市道崩塌地段。后者

主要分布在西北部松山、海陀山地区,东部四海及其周边地区,西南部八达岭地区,南部大庄科地区^[8]。

3 发育度计算模型

根据刘传正等建立的地质灾害发育度模型, $F_i = f(R_{fi}, R_{si}, R_{vi})$, R_{fi} , R_{si} , R_{vi} 为地质灾害发育因子,该模型适用于空间三维展布的地质灾害种^[9]。

3.1 地质灾害频度模数比

设第*i*单元内灾害频率为 f_i 的,单元面积为 S_i ,单元内灾害的频率密度 ρ_{fi} ;整个研究区面积为 S ,灾害总数为 f ,总频率密度 ρ_f ,则:第*i*单元频数比 $R_{fi} = \rho_{fi} / \rho_f$ 。其中, $\rho_{fi} = f_i / S_i$, $\rho_f = f / S$

3.2 地质灾害面积模数比

设第*i*单元内灾害点总面积为 s_i ,单元面积为 S_i ,*i*单元内灾害的面积模数 ρ_{si} ;整个研究区面积为 S ,灾害点总面积为 s ,总面积模数为 ρ_s ,则:

第*i*单元面积模数比 $R_{si} = \rho_{si} / \rho_s$ 。其中, $\rho_{si} = s_i / S_i$, $\rho_s = s / S$ 。

3.3 地质灾害体积模数比

设第*i*单元内灾害点总体积为 V_{si} ,单元面积为 S_i ,*i*单元内灾害的体积模数 ρ_{vi} ;整个研究区总面积为 S ,灾害点总体积为 v ,总体积模数 ρ_v ,则:

第*i*单元体积模数比 $R_{vi} = \rho_{vi} / \rho_v$ 。

式中 $\rho_{vi} = V_{si} / S_i$, $\rho_v = v / S$

$$F_i = R_{fi} + R_{si}^{1/2} + R_{vi}^{1/3} + r \quad (1)$$

其中 r 为发育度修正系数。为了克服调查数据的局限性和人为因素,避免因“以人为本”进行调查而引起计算结果不符合实际的情况,在计算发育度时引入修正系数,采用ArcEngine & .NET编写程序,从延庆县DEM数据中提取单元格网内的地形坡度值,根据坡度值区间确定修正系数:坡度小于15°时, r 取值1;坡度大于15°小于30°时, r 取值1.5;坡度大于30°时, r 取值2。将发育度计算结果按照一定规律、原则聚类,进行地质灾害易发性区域划分。

4 地质灾害危险区划分

采用野外实际调查并结合“3S”技术进行地质灾害信息获取,遵循易发区划分原则,根据地质灾害分布现状,结合本地区灾害历史和发展趋势划分易发区。

4.1 地质灾害易发区划分原则

4.1.1 遵循“县(市)地质灾害调查与区划基本要

求”;

4.1.2 紧密结合防灾需要,突出“以人为本”的原则,根据地质灾害形成发育的发育现状(强度,即单位面积内灾害体个数、面积和体积)进行定量计算、定性评价为辅确定;

4.1.3 按照发育度计算模型,划分评价单元,计算出研究区各单元的灾害发育度数值;

4.1.4 根据各单元计算出的发育度值和地质灾害的分布现状,结合本区地质环境条件划分易发区。

4.2 地质灾害发育度计算

本次定量分析采用1/10万数字化地形图及相应的地貌、地质图层,网格单元划分采用2km×2km网格剖分整个研究区域,借助ArcEngine和.NET开发工具进行发育度计算与地质灾害易发性分区,以调查的泥石流和滑坡(塌)灾害点的数据为计算对象,计算了延庆地区578个单元(本次网格单元计算包括与延庆县边界相交的部分网格),各单元发育度指标计算结果如表2。在调查区域内有439个网格没有灾害点。其中平原区占102个格网单元,山区337个单元。造成山区337个单元无灾害点是调查遗漏或过于针对“以人为本”所致。从而出现调查“盲区”。发育度计算结果分类关系见图2。

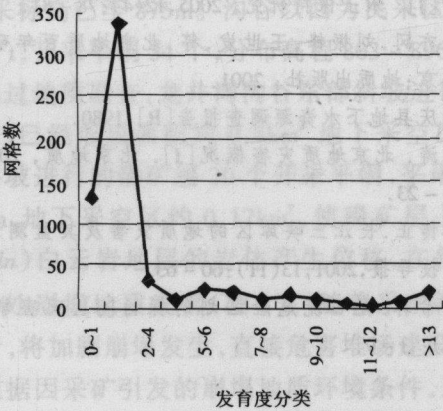


图2 发育度计算结果分类关系图

Fig.2 Classified relation of the developed value

根据发育度计算结果分类关系图趋势,结合延庆地区实际调查情况,综合考虑各类致灾因素将延庆地区地质灾害易发分区分为4级^[10]:地质灾害不发育区($0 \leq F_i \leq 1$);地质灾害低易发区($1 \leq F_i \leq 4$);地质灾害中易发区($4 \leq F_i \leq 8$);地质灾害高易发区($8 \leq F_i$)。根据以上发育度分级标准,延庆地区等级网格分布结果见图3。

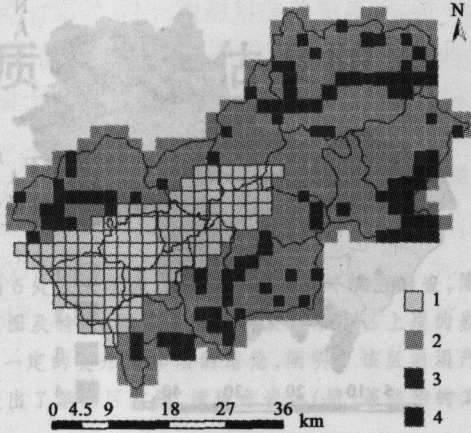


图3 延庆网格发育度分布图

Fig.3 The grid distribution of the different developed value in Yangqing County

1-发育度值0~1; 2-发育度值1~4; 3-发育度值4~8; 4-发育度值≥8

网格发育度分级图与实际情况有较好的一致性。东北部高易发网格的展布是市级公路千家店段,西南处为八达岭高速和110国道部分地段,东南部为四海一带的泥石流高发区。根据上述计算结果及易发区划分原则,参照野外调查结果和基础地形地貌等资料,划分延庆县地质灾害易发区成果图(图4)。各级分区详细情况如表1。

表1 易发区划分与灾害点关系

Table 1 The relation between susceptibility zonation and hazardous points

参数	易发分区			
	不发育区	低易发区	中易发区	高易发区
灾害点数	0	32	67	117
面积(km ²)	408	1476	232	196
个/km ²	0	0.02168	0.28879	0.59694

4.2.1 地质灾害高发育区

高易发区主要分布在千家店石槽西南、黑汉岭楼梁、大庄科、石峡-八达岭一带、张山营、四海和珍珠泉一带。省级公路千家店段、南部110国道两侧和八达岭主要是交通干线沿线地形地貌、地质、构造条件复杂,地质灾害发育,加上修建道路切割山体,更进一步加重了地质灾害的隐患,多次发生崩(滑)塌等地质灾害。四海和珍珠泉一带、大庄科和张山营地区是泥石流灾害的多发区和重灾区。高易发区灾害点占灾害点总数的54.16%,灾害密度为0.59694个/km²,高易发区面积约占全区面积的8.47%。

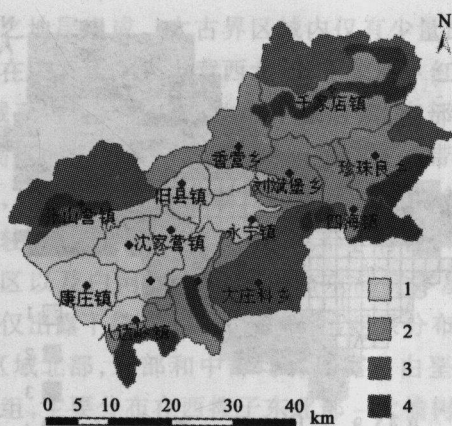


图4 地质灾害易发区划图

Fig.4 The geological hazards susceptibility zonation

1-不发育区;2-低发育区;3-中发育区;4-高发育区

4.2.2 地质灾害中易发区

中易发区地质灾害点占灾害点总数的 31.01%，灾害密度为 0.28879 个/km²。中易发区面积约占全区面积的 10.03%，主要分布在延庆东北部、西北部、中部偏南山区，在千家店镇、张山营镇、大庄科乡和珍珠良乡部分地区。

4.2.3 地质灾害低易发区

低易发区地质灾害点占灾害点总数的 14.8%，灾害密度 0.0216 个/km²。低易发区面积约占全区面积的 63.8%，主要分布在香营乡、刘斌堡乡以及珍珠良乡和千家店镇的部分地区。低易发区以山区为主，地势比较平缓，人类开发活动比较少。虽然目前没有发生地质灾害，仍然具有发生地质灾害的潜在条件。

4.2.4 地质灾害不发育区

不发育区面积 408km²，约占整个区面积的 17.64%。不发育区主要分布在延庆县沈家营镇、延庆镇、大榆树镇、康庄镇以及永宁镇、井家庄镇的北部

平原地区，归县镇、香营乡、张山营镇的山南平原地区。

5 结论

整个延庆县研究区域，地质灾害较易发区是危险性最大的地区。因此是地质灾害预测预警工作的重点地区。不宜进行大的投资建设，人口居住密集的地区，要适当进行迁移；中易发区危险性相对较小，可采取必要的治理措施如卸荷、护坡等，方能进行一定规模的投资建设；低易发区是地质灾害预测预警和群测群防的非重点地区。

参考文献：

- [1] 刘传正. 地质灾害防治工程的理论与技术[J]. 工程地质学报, 2000, 8(1): 100-107.
- [2] 吴健生, 王仰麟, 南凌, 等. 自然灾害对深圳城市建设发展的影响[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(2): 40-45.
- [3] Piers Blaike, Terry Cannon, Ian Davis, et al. Risk: Natural Hazard, People's Vulnerability, and Disasters[M]. London: Routledge, 1994. 147-167.
- [4] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-17.
- [5] 李正国, 吴健生, 李卫峰. 密云县地质灾害危险性评价[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 78-81.
- [6] 鲍亦冈, 刘振铎, 王世发, 等. 北京地质百年研究[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [7] 延庆县地下水资源调查报告[R]. 1980.
- [8] 杜涛. 北京地质灾害概况[J]. 北京地质, 2000, (4): 21-23.
- [9] 刘传正. 长江三峡库区的地质灾害及其监测预警[J]. 科技导报, 2001, 13(11): 60-63.
- [10] 刘希林. 泥石流危险区划的探讨[J]. 灾害学, 1989, 4(4): 3-9.

Geological hazard susceptibility zonation based on GIS in Yanqing County, Beijing

ZHANG You-quan^{1,2}, GONG Hui-li³, LI Qiao-gang⁴

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;

2. Graduate School, CAS, Beijing 100039, China; 3. Beijing Key Lab of Resource Environment & GIS, Beijing 100037, China;

4. Institute of Geology, Beijing 100032, China)

Abstract: Regional geological hazards become an important aspect of research on hazards. In this study we implement the

(下转第 24 页)

remote sensing and GPS for extracting the information of the geological hazards. On the basis of background and cause analysis of the geological hazards, and combining with the GIS and evaluation theory of the geological hazard, a new model for geo-hazards distribution parameter was established based on the ArcEngine & NET platform. As a test area, a susceptibility zonation map of Yanqing in Beijing was drawn by this model with calculation of the distribution parameter values of the grid. The paper introduces correction coefficient in the calculation, obtains the gradient value of grid from the DEM data in Yanqing, and determinates the investigation data according to the zone of gradient value in order to overcome the limitation of the investigation data. Following this, there is a clustering of the calculation result of distribution parameter to carry on the susceptibility zonation and get a good coherency with the reality. This successful test exhibits that the model based on the analysis of geological condition and 3S technique is a useful high-resolution model for susceptibility zonation and can provide significant information for the hazard reduction.

Key words: geological hazard; remote sensing; GIS; risk evaluation; susceptibility zonation; distribution parameter model; Yanqing County of Beijing