

资源评价

唐山平原区主要地质灾害综合评价

王明格¹, 李建录², 李昌存¹

(1. 河北理工大学 资源与环境学院, 河北, 唐山 063009; 2. 河北省环境地质勘察院, 河北 石家庄 050021)

摘要: 应用模糊数学综合评价的方法, 以唐山平原区主要地质灾害(地震、岩溶塌陷、采空塌陷、地面沉降)为评判因子, 进行定量的危险性评价。评价结果表明: 唐山市重度危险区占5%, 较重危险区占13%, 两者之和占18%; 中度危险区占47.13%, 轻度危险区占34.87%, 两者之和占82%。这说明, 从总体上看, 唐山平原区大部分地区地质灾害的危险程度较低, 但重度危险区大部分是人口密度大、工业密集的唐山市区, 因此绝不能忽视地质灾害的危险性。

关键词: 唐山平原区; 地质灾害; 综合评价

中图分类号: X43

文献标识码: A

文章编号: 1673-2464(2007)05-0028-03

COMPREHENSIVE ASSESSMENT ON MAJOR GEOLOGICAL
DISASTERS IN TANGSHAN PLAINWANG Ming-ge¹, LI Jian-lu², LI Chang-cun¹

(1. School of Resources and Environment, Hebei Polytechnic University, Tangshan 063009, China;

2. Hebei Institute of Environmental Geology, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: This paper, based on fuzziness mathematics, assesses quantitatively the potential hazards in the major geological disasters such as earth quakes, karst collapse, mining subsidence and land subsidence in Tangshan plain. The results indicate that the very dangerous area is 5%, dangerous area is 13%, both 18%; the intermediate dangerous area is 47.13% and the less dangerous area is 34.87%, both 82%, in Tangshan city, implying a low geological hazard degree in most Tangshan plain; but the very dangerous area is most located in Tangshan downtown, where is densely populated and highly industrialized, and shall be emphasized to prevent the geological hazards.

Key words: Tangshan plain; geological disasters; comprehensive assessment

唐山地区是河北省地质灾害多发地区^[1], 而包括唐山市区及南部滨海平原在内的唐山平原区则是该地区工业及其他经济发展的重点区域。因此, 摸清该区域主要地质灾害发生的地质背景、现状并对其危害程度进行综合评价, 对唐山地区经济发展有着十分现实的意义。

1 研究范围和方法

本文研究的范围为唐山市区及滦县、滦南、乐亭、唐海4个县(市), 正在迅速发展的曹妃甸经济园区也包括在内, 市区主要包括路南、路北、古冶、开平、丰南、丰润6个区。

本文的研究方法为以区域地质背景分析为基础,

配合地质灾害现状调查, 确定研究区存在的地质灾害类型, 对区内的主要重点灾害进行影响因素分析, 确定危险性评价因子及因子权重并分级, 根据地质灾害的伴生性规律, 对多个灾种进行危险性相关分析, 得出区域地质灾害危险性综合评价。在此基础上, 进行唐山平原区的地质灾害危险性分区工作。地质灾害危险性评价与区划的主要途径是: 将评价区按经纬度划分成等面积的433个单元, 把控制地质灾害活动性的各种因素(地质条件、地貌条件、气候条件、人为条件、植被条件等)转化为可以量化对比的指数(历史灾害强度指数和潜在灾害强度指数)。根据这些指数对地质灾害的控制方式和作用程度, 利用层次分析法建立地质灾害危险性指数的数学模型。根据各单元危险性指数分布特点来划分地质灾害危险区。研究区内

收稿日期: 2007-02-01; 修订日期: 2007-07-08; 责任编辑: 刘英姿。

第一作者简介: 王明格(1967—), 男, 硕士、工程师, 主要从事工程地质与灾害地质研究。

E-mail: wmyl@heut.edu.cn

存在多种地质灾害,其危险性程度不同。进行区域地质灾害危险性评价时,不是简单地将单一灾种的危险性评价结果叠加,而是要根据地质灾害的伴生性规律,对多个灾种进行危险性相关分析,得出区域地质灾害危险性综合评价。在单一灾害危险性评价的基础上进行区域地质灾害危险性总体评价,既要反映各个单一灾种的危险性,又要体现区域的总体特征,为此,可以将研究区按不同的灾种分布特性划分为若干亚区,亚区的地质灾害危险性由某一种或几种灾害的危险性所决定,将上述结果合成为评价区的地质灾害危险区划分^[2]。

2 唐山平原区主要地质灾害及其危险性指标体系的建立

唐山平原区危害较大的地质灾害类型为:地震、岩溶塌陷、采空塌陷、地面沉降。其历史及潜在危险性指数确定方法如下^[3]:

2.1 历史灾害强度指数确定

历史地质灾害危险性的标志是地质灾害的强度或规模、频次、分布密度^[4]等。这些决定了地质灾害的发生次数、危害范围、破坏强度,从而进一步影响地

质灾害的破坏损失程度。历史灾害强度按下式计算:

$$Z_1 = G \cdot W \cdot P, \quad (1)$$

式中: Z_1 为历史灾害强度指数; G 、 W 、 P 分别为历史灾害规模、密度、频次。据表1划分等级,并赋予相应的评判值。

历史地质灾害强度指数的变化范围为0~1000,划分为5个等级,并赋予相应的标度分值(表2)。

2.2 地质灾害潜在强度指数

地质灾害潜在强度指数(Z_q)按下式计算:

$$Z_q = (D \cdot A_d + X \cdot A_x + Q \cdot A_q + R \cdot A_r) \cdot k, \quad (2)$$

式中: D 、 X 、 Q 、 R 分别为控制地质灾害形成与发展的地质条件、地形地貌条件、气候植被条件、人为条件充分程度的标度分值(具体内容和评判标准略)。 A_d 、 A_x 、 A_q 、 A_r 分别为上列4方面形成条件的权重; k 为潜在地质灾害判别系数,其值为0或1(在 D 、 X 、 Q 、 R 4方面形成条件中,若有一方面条件不具备,则该种地质灾害就不可能产生时, k 值取0,否则取1)。利用层次分析法确定各因子权重,具体各层次权重值见表3。

潜在地质灾害强度指数的分布范围为0~10。划分为5个等级,并赋予相应的标度分值(表4)。

表1 地质灾害规模、密度、频次等级划分表

项目	灾害种类及判别标准	0	1	3	6	10
规模	采空塌陷(影响面积/km ²)	<0.01	0.01~1	1~10	10~50	>50
	岩溶塌陷(影响面积/km ²)	<0.01	0.01~1	1~5	5~10	>10
	地震(影响面积)					
	地面沉降(累计沉降量/m)	≤0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	≥2.0
频次	采空塌陷(次/10a)	0	1	2~4	4~8	>8
	岩溶塌陷(次/10a)	0	1	2~3	4~5	>5
	地震(次/10a)					
	地面沉降(沉降速率/mm/a)	≤20	20~40	40~70	70~100	≥100
密度	采空塌陷(处/km ²)	0	1	2	3~5	>5
	岩溶塌陷(处/10 ⁴ km ²)	0	1	2	3~5	>5
	地震(处/10 ⁴ km ²)					
	地面沉降(超采强度)	≤20	20~50	50~100	100~200	≥20

表2 地质灾害历史强度等级划分表

历史灾害强度指数	0	1~10	10~100	100~200	>200
历史灾害强度标度分值	0	1	3	6	10

表3 各种影响条件对地质灾害潜在强度的作用权重表

灾害种类	地质条件	地形地貌条件	气候植被条件	人为条件
采空塌陷	0.25	0.30	0.12	0.31
岩溶塌陷	0.30	0.20	0.21	0.29
地震	0.57	0.12	0.10	0.21
地面沉降	0.33	0.20	0.10	0.37

表 4 地质灾害潜在强度等级划分表

潜在强度指数	0	0~2	2~4	4~6	>6
潜在强度标度分值	0	1	3	6	10

任一类地质灾害的危险性指数 (Z_{wi}) 按下式计算:

$$Z_{wi} = Z_{li} \cdot A_{li} + Z_{qi} \cdot A_{qi} \quad (3)$$

式中: Z_{li} 、 Z_{qi} 分别为该类地质灾害的历史强度标度分值和潜在强度标度分值; A_{li} 、 A_{qi} 分别为历史强度和潜在强度的权重 (由层次分析法得出, 见表 5)。根据公式可得出该地区地质灾害危险性指数。

表 5 三级评价中评判因子对工程地质灾害的权重值

灾害种类	历史强度权重	潜在强度权重
采空塌陷	0.30	0.70
岩溶塌陷	0.30	0.70
地震	0.30	0.70
地面沉降	0.30	0.70

3 地质灾害综合评价

采用模糊数学综合评判法对唐山平原区主要地质灾害进行综合评价。模糊数学是将普通的二值集合 $\{0, 1\}$ 变为在区间上连续分布的模糊集合 $[0, 1]$, 这样, 模糊集合的特征函数——隶属函数——隶属度就可以在 $[0, 1]$ 区间上连续取值。由此可认为, 各单类地质灾害的隶属度不同, 接近 1 的说明危险程度高, 这样就可以消除传统截然划分带来的主观性, 它也是进行唐山地区地质灾害危险性评价的基础。

评价因子选取为地震、采煤塌陷、岩溶塌陷、地面沉降 4 种唐山平原区主要地质灾害, 并以此建立评价的因子集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_4\}$, 地质灾害的危险性划分为 4 个等级。

$$V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\},$$

式中: V_1 : 轻度危险 (评价指标指数分数线为 0~2, 指标指数为 1);

V_2 : 中度危险 (评价指标指数分数线为 2~4, 指标指数为 3);

V_3 : 较重危险 (评价指标指数分数线为 4~7, 指标指数为 6);

V_4 : 重度危险 (评价指标指数分数线为 7~10, 指标指数为 7)。

利用层次分析法得到各因子的权重行矩阵 A 。

将各灾害相对于各单元的危险性指标代入隶属函数, 即可得到隶属度矩阵 R 。

按 $B = A \cdot R$ 即可得出某一待评区的模糊评价结果。

4 评价结果

通过定性分析及定量化的综合评判, 唐山市重度危险区占 5%, 较重危险区占 13%, 两者之和占 18%; 中度危险区占 47.13%, 轻度危险区占 34.87%, 两者之和占 82%。这说明, 从总体上来说, 唐山市大部分地区地质灾害的危险程度较低, 但由于

重度危险区大部分是人口密度大, 工业密集的唐山市区, 因此绝不能忽视地质灾害的危险性。

重度区主要分布于唐山市区北部任各庄周围地区及古冶, 开平区。此区人口稠密, 工业发达, 且处于陡河断裂、唐山断裂断裂带的交汇区, 构造运动活跃, 地壳稳定性差, 潜在的危害也较大。1978 年地震震中在此区, 所以影响最大。此区以厚层、巨厚层灰岩为主, 下部为白云质灰岩、白云岩、泥质白云岩、灰岩等。溶剂灰岩和制碱灰岩主要产在该地层中。又由于该区人口稠密, 工业密集, 长期过量开采地下水, 使地下水位不断下降, 形成了第四系孔隙水和岩溶水双层漏斗, 岩溶发育较多, 历史上造成岩溶塌陷的例子也非常多, 灾害较大。此区有大量地下矿产, 尤其是煤的储量较大, 开滦煤矿采煤历史达百年以上, 至今开采造成的地面塌陷影响面积已达 112 km², 主要分布在唐山市中南部京山铁路两侧以及范各庄和开平、古冶二区等地。

较重区主要分布于唐山北部及丰南、滦县、乐亭、唐海、南堡区域。陡河水库附近为倾斜平原, 属滦河早期扇和中期扇体的中部, 以巨厚的洪冲积层为主。地势平坦连续。但此区地层岩性主要为奥陶纪, 岩溶较为发育。陡河断裂穿越此区, 地震影响较大。地下采矿业发达, 采煤塌陷较多, 但地下水开采较少, 所以地面沉降较弱。丰南区中心、滦南县中心和乐亭县城区域有断裂带穿过, 地震影响较大。此区地层岩性奥陶系较少, 岩溶塌陷基本没有。地下矿产少, 煤也少, 采煤塌陷较少。但此区的地层尤其是粘性土较多, 粘性土的岩性、厚度、固结性和渗透性是产生地面沉降的内部条件。另外, 此区人口稠密, 地下水的开采超量, 造成地面沉降影响范围较大。唐海县城, 南堡盐场为冲洪积滨海平原区, 又有断裂带通过, 人口密度大, 大量过度开采地下水, 造成大面积地面沉降, 海水倒灌影响面积大。

中度区主要分布于唐山市新区、丰润区、唐海柏各庄农垦区六分场及九、十、十一农场、芦台农场、汉沽农场等地为中度区。此区地震影响较大, 基本无采煤、岩溶塌陷, 无地面沉降。

其他地区为轻度区, 这些地区地震影响小, 基本无采煤、无岩溶塌陷, 无地面沉降。

从地质灾害危险性指数和计算结果看, 唐山南部平原地区地质灾害危险性分布的主要特征是地质灾害分布十分广泛, 但不同地区危险水平相差很大。

参考文献

- [1] 王景明, 刘世恩, 苏幼坡. 唐山城市防災的地质灾害分区评价[J]. 河北理工学院学报, 1998, 20(3): 80-88
- [2] 陈奇, 李智毅, 石怀伦. 区域地质灾害危险性评价的思路与基本方法[J]. 地质力学学报, 2004, 10(1): 71-80
- [3] 张梁, 张业成, 罗元华. 地质灾害灾情评估理论与实践[J]. 北京: 地质出版社, 1998
- [4] 许英霞, 甘德清. 多层次多级模糊数学在金属矿山地质灾害评估中的应用[J]. 河北理工学院学报, 2005, 27(1): 146-151