

模糊综合评判在临沂城区岩溶塌陷危险性评价中的应用

杨全城¹, 姚春梅¹, 邵景力², 李景波³, 卞加升³

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 中国地质大学, 北京 100083; 3. 临沂市国土资源局, 山东 临沂 276000)

摘要:岩溶塌陷是山东省临沂市区最重要的地质灾害类型, 该文首次采用基于层次分析的模糊综合评判法对岩溶塌陷进行了危险性现状评价, 综合得出了危险性评价分级图, 为当地岩溶塌陷防治工作提供了基础数据, 也为同类地质灾害预防提供了借鉴模式。

关键词:岩溶塌陷; 模糊综合评判; 危险性评价; 临沂城区

中图分类号: P642.254

文献标识码: B

0 引言

临沂市是一个降水量丰富、地表水系发达, 岩溶地层广泛发育的地区。自20世纪80年代以来, 临沂城区已发生19次岩溶塌陷, 形成塌陷坑30多个, 岩溶塌陷造成地面建筑物开裂、住宅损坏, 交通阻塞, 水质污染等多种危害, 对人民生命财产安全构成很大威胁, 已成为当地突出的地质灾害。

岩溶塌陷是“岩溶-盖层-水”构成的系统在各种因素影响下表现出来的系统失稳过程在地表的宏观表现^[1], 它的发生有很大的随机性, 且发生后对自然环境和人类生活所造成的损失具有很大的不确定性。可以说, 岩溶塌陷对岩溶区有一种潜在的危险。

危险性评价是评价岩溶塌陷发生潜在的危险程度, 确定岩溶塌陷活动的规模、强度、发生概率及可能造成危害的区域范围。该次评价采用基于层次分析的模糊综合评判法对临沂市城区岩溶塌陷进行危险性评价, 主要步骤包括评价因子及其权重的确定、评价等级划分及评价单元隶属函数的确定、运用GIS工具提取单元属性进行综合评价等^①。

1 岩溶塌陷评价因子及等级确定

1.1 评价因子的确定

岩溶塌陷的控制性因素包括地质条件和地下水动力条件: 地质条件包括岩溶发育程度和上覆盖层土体性质和厚度; 地下水条件主要是地下水水位及其变幅、地下水开采强度等。通过综合分析, 确定研究区岩溶塌陷主要与岩溶条件、地下水条件(水位与界面距离、水位变幅、与降落漏斗中心距离)、盖层条件、环境条件(抽水强度、与抽水井距离)和历史条件有关。因此, 此次评价将以上述5个条件共8个因子作为岩溶塌陷危险性评价因子, 从而构建出研究区岩溶塌陷危险性评价层次结构模型。

根据岩溶塌陷条件及影响因素分析, 结合专家经验, 利用A. L. Satty提出的“1-9标度”法^[2,3], 分别列出层次结构中条件层和因子层的判断矩阵。计算各判断矩阵的特征向量, 经归一化后即得出岩溶塌陷各基本条件及相关因子的相对权重值, 再通过条件层与因子层相对权重的连乘, 可得到各评价因子的计算权重值。即:

基本条件层最终权重:

* 收稿日期: 2009-11-23; 修订日期: 2010-04-05; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 杨全城(1965—), 男, 山东济南人, 主要从事水文地质、环境地质勘查研究工作; E-mail: ycm_12@sina.com。

①山东省地质环境监测总站, 姚春梅等, 临沂市城区岩溶塌陷预警系统建设及研究报告, 2008年。

$A_c = (0.2608, 0.3292, 0.1743, 0.1399, 0.0958)$

评价因子层最终权重:

$A_{c_i} = (0.2608, 0.2097, 0.0850, 0.0345, 0.1743, 0.1399, 0.0575, 0.0383)$

1.2 评价因子的等级划分和取值

考虑到岩溶塌陷影响因素错综复杂且没有截然的界限值,具有明显的模糊性,难以用准确的数学描述工具严密地刻划出其从孕育—发展—产生的过程,但各影响因素之间又具有明显的相关性和归类性特征^[4],因此,该文采用层次模糊数学方法进行评价。结合区内岩溶塌陷发育规律,将评价层次结构模型中的评价目标 A 划定评价集为五级^[5](表 1)。

$A = \{ \text{稳定区(1), 基本稳定区(2), 次不稳定区(3), 不稳定区(4), 极不稳定区(5)} \}$

根据各单元评判的结果,按最大隶属度原则,确定其所处单元的级别,然后再根据各单元的级别进行研究区整体危险性分区评价。

表 1 评价目标分区界线

级 别		稳定区 (1)	基本稳定区 (2)	次不稳定区 (3)	不稳定区 (4)	极不稳定区 (5)
岩溶条件	岩溶程度	无	很不发育	不发育	发育	很发育
	地下水条件					
地下水条件	水位与界面距离 (m)	>5	5~2	2~0	0~-3	<-3
	水位变幅 (m)	<1	1~2	2~3	3~5	>5
	与降落漏斗中心距离 (km)	>10	10~7	7~4	4~2	<2
盖层条件	厚度 (m)	<0.5 或 >20	15~20	10~15	5~10	5~0.5
环境条件	抽水强度	<300	300~500	500~1000	1000~1500	>1500
	与抽水井距离 (m)	>500	500~200	200~100	100~50	<50
历史条件	与塌陷点距离 (km)	>10	10~5	5~3	3~1	<1

注:该表评价分级属性值与各分级图层(图 1—图 5)中图例级别一致。

1.3 评价因子等级隶属函数确定

评价因子分定性指标和定量指标 2 类。定性指标是离散性取值,其隶属函数为其相应指标所对应的级别;定量指标常常是连续性区间取值,各级别虽有界限值,但实际上往往呈过渡状态,对定量指标隶属函数的取值一般是在各级别界限值上、下各取 1/4

区间值作为各级别界限值的过渡函数,分属相邻级别共有;其余定量指标区间值隶属于相应级别^[6]。该文是取单元网格中心各评价因子分级属性值作为整个单元的分级隶属值。

2 模糊层次综合评价

2.1 评价方法

层次分析法是以模糊聚类分析和模式识别为理论基础建立的,是一种综合评价模型的方法。由于岩溶是个非常复杂的综合体,具有明显的随机性和模糊性,岩溶塌陷危险性评价是一个典型的定性与定量相结合的问题,综合运用 AHP(层次分析)技术和模糊识别理论将是岩溶塌陷危险性评价的一个重要手段。

该评价采用与地下水模型尺度相同的正方形网格(即 300 m×300 m)作为评价单元,评价区共有 1 792 个单元。逐单元从评价因子分级图层属性库,如与降落漏斗中心距离分级、水位与灰岩顶板距离分级、地下水位变幅分级、第四系厚度分级等(图中 1—5 分别对应表 1 中的分级区)。从各分级图中提取所有二级因子的分级值,确定各评价因子的单因素危险性分级隶属值,得出隶属函数矩阵 R_c ,乘以各评价因子的权重集 A_c ,计算得出每个单元的模糊评价集,取最大值,该值所对应的级别即为该单元所处的级别^[7](图 1—4)。

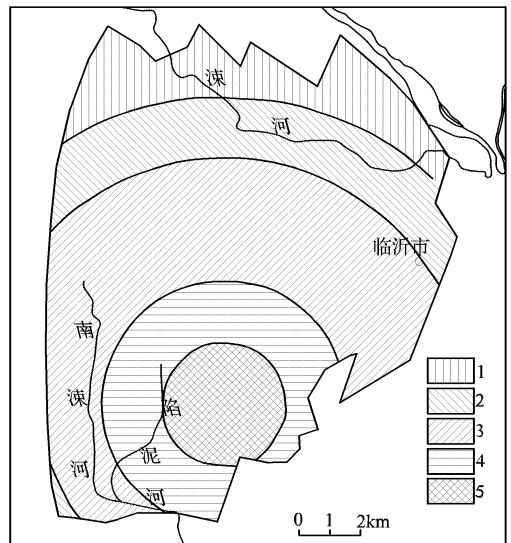


图 1 与降落漏斗中心距离分级图

1—稳定区;2—基本稳定区;3—次不稳定区;4—不稳定区;5—极不稳定区

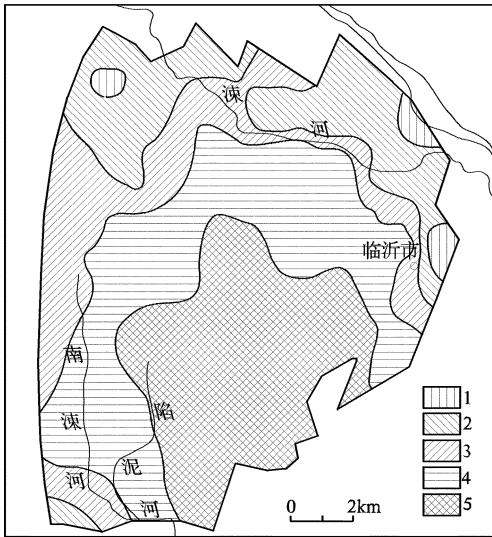


图 2 水位与灰岩顶板距离分级图

1—稳定区;2—基本稳定区;3—一次不稳定区;4—不稳定区;
5—极不稳定区

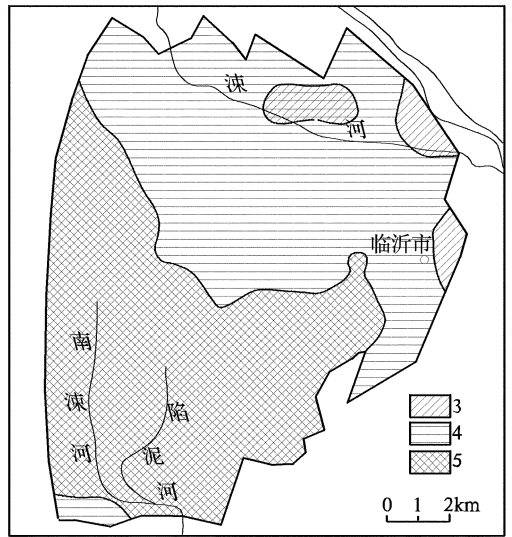


图 4 第四系厚度分级图

3—一次不稳定区;4—不稳定区;5—极不稳定区

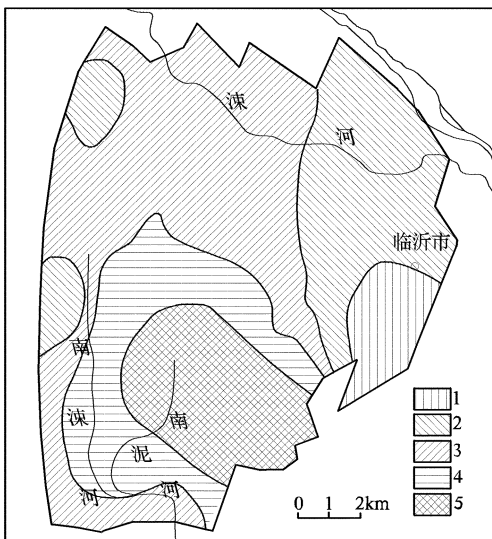


图 3 水位变幅分级图

1—稳定区;2—基本稳定区;3—一次不稳定区;4—不稳定区;
5—极不稳定区

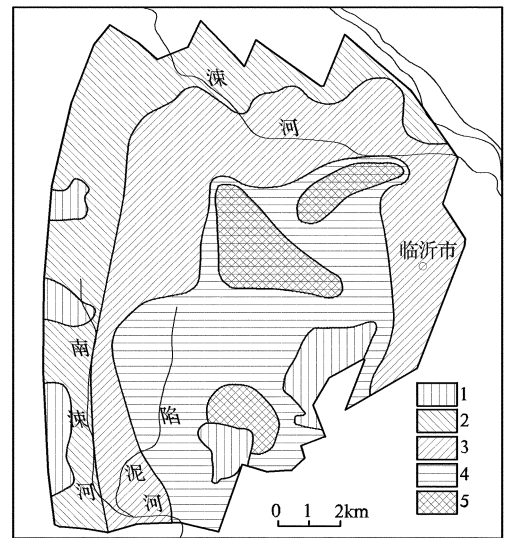


图 5 危险性现状评价分级图

1—稳定区;2—基本稳定区;3—一次不稳定区;4—不稳定区;
5—极不稳定区

2.2 综合评价结果

以上过程通过编制程序自动完成,并将评判结果存到各预测单元的属性库中,最后根据计算结果,把相同隶属度的单元划分为同一级别。从而得到该区岩溶塌陷模糊层次评判分区(图 5)。

由图 5 可知,极不稳定区位于地下水降落漏斗范围内以及预警区东北部岩溶发育程度较高、原有塌陷点附近的地区,属于危险性最大区,总面积约 25.7 km²;不稳定区分布于预警区中部、南部的广大地区,该区地下水水位普遍处于控制水位以下,岩溶

较发育,属于危险性大区,总面积约 69.68 km²;次不稳定区分布于不稳定区外围的环形地带,地下水水位处于控制水位以上,岩溶较不发育,属于危险性中区,总面积 21.82 km²;基本稳定区分布于西部及北部临近预警区边界的地段,地下水水位处于控制水位以上,岩溶不发育,属于危险性小区,总面积约 33.84 km²;稳定区主要位于预警区西部及南部基岩裸露地段,包括后盛庄—大白衣庄一带、湖西一带、庙山—东磊石一带、西石埠—中石埠一带、北桥西一带,属于危险性较小区,总面积约 12.82 km²。

3 结论

岩溶塌陷危险性评价的目的是掌握岩溶塌陷发生的状态以及可能造成的损失程度,以便进行危险管理,减小或控制危险。该文利用模型提供的数据,选定岩溶塌陷的影响因素,对临沂城区岩溶塌陷现状采用基于层次分析的模糊综合评判法进行了危险性评价,得出了危险性评价分级图,现状评价危险性最大的区域位于水位降落漏斗范围内以及东北部岩溶发育程度较高且已有塌陷区附近,一旦发生塌陷损失会比较大,更需要采取有针对性的防治对策。

层次分析法可用于解决具有相互联系、相互制约的多因素复杂问题。由于岩溶是个非常复杂的综合体,具有明显的随机性和模糊性,岩溶塌陷危险性评价是一个典型的定性与定量相结合的问题,综合运用 AHP(层次分析)技术和模糊识别理论将是岩

溶塌陷危险性评价的一个重要手段。

参考文献:

- [1] 康彦仁. 中国南方岩溶塌陷[M]. 南宁:广西科学出版社,1990:25-40.
- [2] 范琦,王贵玲,蔺文静,等. 地下水脆弱性评价方法的探讨及实例[J]. 2007,5(38):601-605.
- [3] 贺新春,邵东国,陈南祥,等. 几种评价地下水环境脆弱性方法之比较[J]. 长江科学院院报,2005,3(22):17-20.
- [4] 付雁鹏. 模糊数学在水质评价中的应用[M]. 武汉:华中工学院出版社,1986:45-60.
- [5] 曾玉莹,郑小战. 岩溶地面塌陷危险性模糊评价方法[J]. 工程地质学报,2007,15(1):62-64.
- [6] 陈学军,罗元华. GIS支持下的岩溶塌陷危险性评价[J]. 水文地质工程地质,2001,4:15-18.
- [7] 陈学军,陈植华,陈先华,等. 桂林市西城区岩溶塌陷模糊层次综合预测[J]. 桂林工学院学报,2000,2(20):112-116.

Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Evaluating Karst Collapse Risks in Linyi Urban District

YANG Quancheng¹, YAO Chunmei¹, SHAO Jingli², LI Jingbo³, BIAN Jiasheng³

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276000, China)

Abstract: Karst collapse is the most important geological disaster in Linyi urban district in Shandong province. By using fuzzy comprehensive evaluation method based on the analytic hierarchy, present condition of risk degree of karst collapse has been evaluated in this article for the first time. The risk appraisal graduation chart has been obtained, which would provide the foundation datas for preventing karst collapse in local areas. It also provide reference models for preventing and controlling the similar geological disasters.

Key words: Karst collapse; Fuzzy comprehensive evaluation; risk evaluation; Linyi district