

枣庄市十里泉电厂第三水源地 地下水位年变幅灰色预测

贺敬¹, 靳丰山¹, 陈素玲²

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 山东中医药大学, 山东 济南 250355)

摘要:该文依据往年地下水位监测数据,通过灰色系统理论的预测模型,对枣庄十里泉电厂地下水位年变幅做出预测,分析了岩溶塌陷发展趋势,为由水动力因素引起的岩溶塌陷地质灾害提供防治依据。

关键词:地下水位年变幅;灰色预测;岩溶塌陷;十里泉电厂;枣庄市

中图分类号: TP301.6

文献标识码: B

0 引言

随着我国经济社会的发展,对岩溶地区的地下水资源开发日益增强,大量抽取地下水导致许多地区都出现了岩溶塌陷地质灾害,尤其是在各类水源地影响范围内,易造成岩溶塌陷群发地质灾害,如湖南益阳2012年1—2月发生岩溶塌陷693起,严重威胁到了人民群众的生命财产安全,引起了社会的极大关注。我国岩溶塌陷分布广泛,从南到北,主要分布于辽宁、河北、江西、湖北、湖南、四川、贵州、云南、广东、广西等24个省区,山东省岩溶塌陷主要见于莱芜、泰安、枣庄等地。岩溶塌陷的发生条件包括下伏岩溶地层、松散盖层和水动力条件,而在前两者地质特征和状态基本确定的情况下,地下水位的动态变化就成了诱发岩溶塌陷的关键因素,因此,通过对地下水位变化的预测来分析岩溶塌陷地质灾害发展趋势,具有重要的研究意义。

灰色系统理论是1982年由我国学者邓聚龙提出的一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的方法。灰色预测基于人们对系统演化不确定性特征的认识,运用序列算子对原始数据进行生成、处理,挖掘系统演变规律,建立灰色系统模型,对系统的未来状态作出科学的定量预测。该文将在以往地下水水位监测资料的基础上,利用灰色系统理论的GM(1,1)模型,对枣庄市十里泉电厂第三水源地的地下水

位进行预测,确定年变幅及对岩溶塌陷的影响程度。

1 水源地概况

该水源地开采岩溶裂隙水,含水岩组为奥陶纪马家沟群灰岩,第四系厚度6~15 m,主要由砂和砂砾组成,底部砾石层与灰岩直接接触(图1),孔隙水与岩溶水联系密切,地下水的人工抽采对水位的影响较大。下伏灰岩岩溶裂隙发育,主要岩溶形态为裂隙和溶洞,呈蜂窝状,岩溶率大于25%,从补给区到排泄区岩溶发育由弱到强,岩溶发育深度一般小于200 m,含水层厚度10~35 m,富水性强。地下水水位标高多年平均45.41 m左右,年变幅4~12 m。

水源地位于中部,为山间剥蚀平原,北、西、南三面为剥蚀-溶蚀丘陵,地势西高东低、南北高中间低,地表分布有多个村庄。水源地补给条件良好,补给方式包括:上游河流通过岩溶裂隙直接补给;农业灌溉大面积入渗补给地下水;地下水通过透水断层的灰岩接触带进行补给;大气降水补给。地下水径流方向为由西向东。水源地为地下水的主要排泄区。水源地主要提供电厂生产用水、当地居民生活用水和农业用水,现状开采量为 $4\ 120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

该水源地的建成,打破了原有的岩溶地下水动平衡状态,在集中开采的各井组附近一定范围内形成地下水的降落漏斗,地下水位的下降,导致原有的土洞成负压状态,发生岩溶塌陷的可能性大大增加,

收稿日期:2013-03-12;修订日期:2013-04-18;编辑:曹丽丽

作者简介:贺敬(1979—),男,湖北天门人,工程师,主要从事水工环地质及地质灾害防治工作;E-mail:hejingsd@163.com。

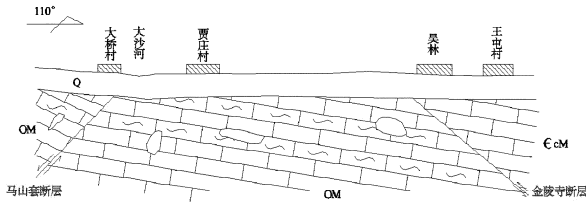


图 1 水源地地质剖面示意图

但岩溶塌陷并不是必然结果。当抽取量与补给量达到平衡时,地下水不再下降,积累于土洞中的负压将逐渐消失,土洞压力与地表压力将达成平衡,此时岩溶地面塌陷将不会发生。

但大规模开采地下水改变了该单元地下水的补、径、排条件,水位的年变幅范围也随之发生变动,当地下水动水位在下伏灰岩与第四系松散层的接触面上、下波动时,同样会引发岩溶塌陷地质灾害。

2 地下水位的灰色预测

水源地西部约 1.5 km 处有一地下水位长期监测孔,孔位处地表高程为 54.7 m。根据该监测孔资料,得知 2006—2011 年地下水位变化情况(表 1)。

表 1 2006—2011 年地下水位变化情况(m)

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011
最低	42.51	41.97	38.98	38.7	35.7	33.91
最高	49.24	48.47	46.59	44.7	43.6	45.3

2.1 求模拟序列

2006—2011 年最高水位原始数值序列

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), X^{(0)}(4), X^{(0)}(5), X^{(0)}(6)) \\ = (49.24, 48.47, 46.59, 44.7, 43.6, 45.3)$$

引入一阶弱化算子 D , 令

$$X^{(0)}D = (X^{(0)}(1)d, X^{(0)}(2)d, X^{(0)}(3)d, X^{(0)}(4)d, X^{(0)}(5)d, \\ X^{(0)}(6)d)$$

$$\text{其中: } X^{(0)}(k)d = \frac{1}{6-k+1}(X^{(0)}(k)d + K +$$

$$X^{(0)}(6)d)$$

$$= (46.32, 45.73, 45.05, 44.53, 44.45, 45.3) \text{ 令为 } X$$

X 的 1-AGO 序列为

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), X^{(1)}(4), X^{(1)}(5), X^{(1)}(6)) \\ = (46.32, 92.05, 137.10, 181.63, 226.08, 271.38)$$

1-AGO 的紧邻均值生成序列为

$$\bar{X}^{(1)}(t) = (69.19, 114.58, 159.37, 203.86, 248.73)$$

建立白化方程

$$\frac{d\bar{X}^{(1)}(t)}{dt} + a\bar{X}^{(1)}(t) = b$$

按最小二乘法,求得发展系数 a 和灰色作用量 b :

$$a = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^6 x^{(0)}(k) \sum_{k=2}^6 \bar{x}^{(1)}(k) - \sum_{k=2}^6 x^{(0)}(k) \sum_{k=2}^6 \bar{x}^{(1)}(k)}{\sum_{k=2}^6 (\bar{x}^{(1)}(k))^2 - \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^6 (\bar{x}^{(1)}(k))^2} \\ = 0.0033$$

$$b = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{k=2}^6 x^{(0)}(k) + a \sum_{k=2}^6 \bar{x}^{(1)}(k) \right] = 45.5322$$

因此可得时间响应函数:

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(t) - \frac{b}{a})e^{-at} + \frac{b}{a}$$

依此计算得到时间响应序列并还原得到:

$$\hat{X}^{(0)} = (46.3200, 45.3067, 45.1589, 45.0115, 44.8646, 44.7182)$$

2.2 计算误差

平均相对误差

$$\Delta = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 (\hat{x}(k) - x(k))^2 = 0.89\%$$

2.3 预测

根据时间响应函数

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(t) - \frac{b}{a})e^{-at} + \frac{b}{a}$$

计算出

$$\hat{x}(7) = 44.57, \quad \hat{x}(8) = 44.43$$

由此得到 2012 年和 2013 年该监测点最高地下水位的预测值分别为 44.57 m 和 44.43 m。

同样的办法建立最低地下水位的 GM(1,1) 模型,计算求得发展系数 $a=0.0275$ 和灰色作用量 $b=39.4907$,平均相对误差为 0.25%,预测得到 2012 年和 2013 年最低水位分别为 33.03 m 和 32.13 m,地下水位年变幅将分别为 11.54 m 和 12.30 m。对比 2006—2011 年数据,该监测孔地下水位年变幅将呈持续增加趋势。

3 预测结果分析

根据以上计算结果,地下水资源的开采,水源地造成地下水位的下降趋势,2012 年和 2013 年监测孔处地下水位埋深变化区间分别为 [10.14, 21.67] 和 [10.27, 22.57],而水源地第四系厚度为 6~15 m,表明未来两年地下水位将持续在岩土接触面上下波动,当地下水位在岩土接触面附近波动时,极易产生土洞或天窗,这是岩溶地面塌陷形成的先决条件,在岩溶水的冲蚀掏空作用下,土洞顶部土体不断

坍塌,顶面向地表移动,盖层逐渐变薄,在土体自重和真空负压作用下,发生岩溶塌陷。

监测资料显示,该水源地地下水位总体呈下降趋势,说明地下水的补给量和抽取量还没有达到平衡,可能在很长时间内,将保持下降势态,那么,随着地下水资源的开采,该水源地的岩溶塌陷存在以下可能:①地下水位持续在岩土接触面波动,在地下水的往复作用下,土层机构被破坏,潜蚀和吸蚀的交替出现,诱发岩溶塌陷;②地下水位波动范围也将逐渐远离岩土和土体的接触面,真空负压逐渐累积,最终导致岩溶塌陷;③地下水位达到平衡状态,真空负压释放完毕,水源地内发生岩溶塌陷的可能性降低,外围地区可能发生岩溶塌陷。

4 结语

地下水位的变化,受到多方面因素的影响,在雨季地下水位会上升,尤其是在暴雨后,地下水位会出现短时间大幅度回升,对预测结果造成一定的偏差,但是不会改变水位变化的总体趋势,地下水位年变

幅的灰度预测利用过去6年的水位监测资料,预测了2012年和2013年的水位区间,通过对预测成果叠代,可对以后多年的地下水位进行预测,并可根据实际监测资料对预测结果进行验证和修正。通过预测结果,研究未来几年岩溶塌陷的发展趋势,为行政主管部门制定水源地开采规划、地质灾害防治规划和防灾减灾措施提供依据。

参考文献:

- [1] 袁杰,高宗军,马海会.论岩溶地下水位对岩溶塌陷形成的控制作用——以山东枣庄市岩溶地面塌陷区为例[J].中国地质灾害与防治学报,2010,21(4):95-98.
- [2] 邓聚龙.灰色数理资源科学导论[M].武汉:华中科技大学出版社,2007.
- [3] 刘思峰,邓聚龙.GM(1,1)模型的适用范围[J].系统工程理论与实践,2000,20(5):121-124.
- [4] 孙风华,袁健.辽宁省近50年降水序列变化规律及干旱预测[J].气象,2004,30(6):32-35.
- [5] 袁杰,高宗军,徐晓慧.枣庄岩溶地面塌陷的影响因素及其发展趋势[J].山东国土资源,2010,26(8):18-21.

Gray Predication of Annual Variation of Underground Water Level in Shiliquan Power Plant in Zaozhuang City of Shandong province

HE jing¹, JIN Fengshan¹, CHEN Suling²

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: According monitoring data of groundwater level in previous years, by using gray theory predication model, annual variation of underground water level of Shiliquan power plant in Zaozhuang city has been predicated, development trend of karst collapse has been analyzed. It will provide some references for prevention and management of karsts collapse caused by hydrodynamic factors.

Key words: Annual variation of underground water level; gray prediction; karst collapse; Zaozhuang city