

文章编号: 1673-9469(2011)01-0081-04

灰色关联分析在牛西矿水源判别中的应用

关英斌¹, 郑建^{1,3}, 丰成², 庞小宇¹

(1. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038; 2. 张家口矿业集团有限公司 牛西矿业分公司, 河北 张家口 075600; 3. 山东省兖矿集团(东华)地质工程公司, 山东 邹城 273500)

摘要:运用灰色系统理论对牛西矿多个出水点的水样中主要离子含量的数据进行多变量关联分析, 得到透水点水样与桑干河水样的关联度值较大。而地面直流电测深探测结果显示, 桑干河地下150m处有一由南向北的水流运移通道。因此判定南翼9370地区顶板含水层水源来自地表桑干河, 桑干河水通过补给髻髻山组安山岩二段含水层, 水经采空后形成的顶板冒裂带透入到工作面。

关键词:灰色关联分析; 水质; 判别水源

中图分类号: TD745

文献标识码: A

Application of the grey correlation analysis in the identification of water source in Niuxi mine

GUAN Ying-bin¹, ZHENG Jian¹, FENG Cheng², PANG Xiao-yu¹

(1. Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Niuxi Mining Company of Zhangjiakou Coal Mining Group Company, Hebei Zhangjiakou 075600, China; 3. Geological Company of Yanzhou Coal Mining Group in Shandong Province, Shandong Zoucheng 273500, China)

Abstract: The multivariate correlative analysis of the grey system theory was applied to deal with the data of the main ion contents of the multivariate water outlets in the Niuxi mine. The result shows that the correlation degree is relatively high between the permeable water sample and the river water sample of Sanggan river. And according to the consequence of the geophysical prospecting, there is a flow migration channel from the south to the north, which is about 150 meters under the ground of the north bank of Sanggan river. It is almost certain that the water source of roof aquifer in 9370 working face in Southwing is from the river of Sanggan, which supplies the andesite aquifer of Tiaoji Mountain Group, and penetrates into the working face along the roof fracture zone after the mining.

Key words: grey correlation analysis; water quality; identification of water source

由于采矿活动常常会破坏地应力的平衡, 各含水层的水力平衡状态也将不可避免地遭到破坏, 进而引起矿井涌(突)水, 如何确定涌(突)水水源, 是矿井安全防治水的关键。一般情况下, 根据矿井地质及水文地质条件、水样中某种离子含量对比、井下钻探等方法可以对矿井涌(突)水源进行判别, 但是判别过程受人为因素的干扰影响大, 结果不可靠。

灰色关联分析是对研究对象建立适当的数学模型, 对模型数据进行动态量化分析, 确定影响系

统变化的主要因素^[1-2]。该方法简单、快捷, 不需要太多的信息数据, 便可较准确地确定评价结果, 有效地减少了人为因素的影响。谢玉波^[3]应用灰色关联度法判断滕南矿区地下水系统水力联系, 孔组抽水有力证明了判别结果的可靠性; 吴晓鹏^[4]应用灰色关联度法判别峨八井涌水水源, 经验证取得满意的结果; 付成祥^[5]利用灰色关联分析对老采空区渗水水源进行判别, 准确地判别出老采空区积水的补给来源。

本文应用灰色关联分析对牛西矿采集水样的

水质资料进行分析,快速对含水层的补给水源进行判别。

1 牛西矿概况

张家口矿业集团牛西矿位于河北省西北部,涿鹿县城西约 20km,涿鹿煤矿西约 5km 的蛮子营村附近,行政区划隶属于涿鹿县武家沟镇。牛西矿南翼采区在回采 901 和 9370 工作面过程中发生顶板透水事故,水量最大 $110\text{m}^3/\text{h}$,稳定水量 $75\text{m}^3/\text{h}$,由于顶板砂岩、泥岩遇水泥化严重,水泵不能正常排水,回采工作被迫中断。分析透水事故的主要原因是回采后冒裂带发育至或超过顶板髻髻山组二段安山岩含水层,该含水层富水性中等,根据单位透入水量、水量与季节的变化关系、透水持续时间等迹象表明,含水层有稳定的补给源。

2 灰色关联分析

2.1 灰色关联分析判别原理

灰色关联分析是灰色系统理论的重要组成部分

分^[9],灰色系统理论是华中科技大学邓聚龙教授于 1982 年提出的,该理论经过近 30 年的发展,已广泛应用于社会、经济农业等领域,尤其是分析对象为“小样本”、“贫信息”,为灰色系统理论提供了广阔的发展空间^[7-8]。灰色关联分析的特点是充分利用已占有的“最少信息”,对数据进行灰色关联分析处理,得到新的数据系列,使数据变化更具规律性,计算数据之间的关联性,灰色关联分析所利用的关联度值,表征了判别系统特征序列与相关因素序列的关联程度^[9-10],为确立决定事物发展变化的主要因素提供数量依据。

2.2 对数据作灰色关联分析处理

为判别透水地点水样与其他出水点水样之间的水力联系,在不同地段出水点及地面河水采集水样 8 组,进行水质化验分析,将主要化学成分含量作为原始数据,进行灰色关联分析,原始数据为表 1 所示。

表 1 水样主要化学成分原始数据

Tab. 1 The main chemical composition initial data of the water sample

水样采集地点	离子浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)							pH
	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	
透水点水样	9.413	0.598	2.477	1.938	2.974	6.484	1.037	9.08
804 运巷	9.874	0.427	2.393	2.423	3.084	6.614	0.519	9.19
9370 副巷	9.488	0.513	2.390	2.035	2.793	6.743	0.778	9.04
902 运巷	7.860	0.598	2.732	1.647	3.060	7.392	1.556	8.78
北翼 420 运巷	3.313	0.920	3.966	1.163	3.343	2.444	1.399	8.78
288 运巷	7.728	0.513	2.306	1.454	2.938	4.539	1.556	9.59
420 水仓运巷	8.989	0.598	2.564	1.066	3.248	5.965	1.608	9.19
桑干河河水	9.620	0.781	2.581	2.190	3.197	6.594	1.071	9.24

注:巷道里采集的水样均来自顶板滴水或淋水。

表 2 初值化处理后的数据

Tab. 2 The data after the initial treatment

水样采集地点	相对离子浓度							相对 pH
	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	
804 运巷	1.049	0.714	0.966	1.250	1.037	1.020	0.500	1.012
9370 副巷	1.008	0.858	0.965	1.050	0.939	1.040	0.750	0.996
902 运巷	0.835	1.000	1.103	0.850	1.029	1.140	1.500	0.967
北翼 420 运巷	0.352	1.538	1.601	0.600	1.124	0.377	1.349	0.967
288 运巷	0.821	0.858	0.931	0.750	0.988	0.700	1.500	1.056
420 水仓运巷	0.955	1.000	1.035	0.550	1.092	0.920	1.551	1.012
桑干河河水	1.022	1.306	1.042	1.130	1.075	1.017	1.033	1.018

为判别与透水点水样之间的关联度, 先将透水点水样作为母序列, 对原始数据作初值化处理, 即原始数据除以对应母序列的值:

$$x_i(k) = \frac{X_i(k)}{X_0(k)} \quad (i = 1, 2, \dots, 7; k = 1, 2, \dots, 8)$$

式中 $x_i(k)$ —初值化处理后的数据序列; $X_i(k)$ —原始数据序列; $X_0(k)$ —母序列。

与表 1 相对应, 得 8 个标准化序列, 如表 2 所示。

2.3 关联系数的计算

要求得子序列与母序列之间的关联程度, 还必须将子序列对应值与母序列相减, 求绝对值, 得到新的序列 $\Delta X_i(k)$ ($i = 1, 2, \dots, 7; k = 1, 2, \dots, 8$), 如 0.049, 0.286, 0.034, 0.250, 0.037, 0.020, 0.500, 0.012。

$$\text{两级最小差: } a = \min_i \min_k \Delta X_i(k) = \min_i \min_k |x_i(k) - 1| = 0.000$$

$$\text{两级最大差: } b = \max_i \max_k \Delta X_i(k) = \max_i \max_k |x_i(k) - 1| = 0.648$$

$$|x_i(k) - 1| = 0.648$$

则有联系系数计算公式为: $L_i(k) = \frac{a + \alpha b}{\Delta X_i(k) + \alpha b}$

式中 $L_i(k)$ —第 i 个子序列中的第 k 个元素与对应母序列之间的关联系数; α —分辨系数, $\alpha = 0.5$ 。

2.4 关联度的计算

因为关联系数 $L_i(k)$ 是被比较数据列 (子序列) 与参考数据列 (母序列) 在各个时刻 (即曲线中的各点) 的关联程度值 R_i , 数据多, 信息过于分散不便于进行整体性比较。因此有必要将各个时刻 (即曲线中的各点) 的关联系数集中为一个值, 即求其平均值, 作为比较数列与参考数列间关联程度的数量表示。

$$R_i = \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 L_i(k) \quad (i = 1, 2, \dots, 7; k = 1, 2, \dots, 8)$$

($i = 1, 2, \dots, 7; k = 1, 2, \dots, 8$)

则求得的关联度 R_i 的大小反应了母序列与子序列之间的关联程度。计算所得关联程度, 如表 4 所示, 按关联度大小排列。

表 3 各被比较数据列 $X_i(k)$ 对母序列 $X_0(k)$ 的关联度

Tab. 3 The association degree of each analyze project between the sequence and maternal subsequence

水样采集地点	各化学指标与被判别对象只之间的关联度							
	K ⁺ Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	pH
804 运巷	0.869	0.531	0.905	0.564	0.898	0.942	0.393	0.964
9370 副巷	0.976	0.695	0.903	0.866	0.842	0.890	0.564	0.988
902 运巷	0.663	1.000	0.759	0.684	0.918	0.698	0.393	0.908
北翼 420 运巷	0.333	0.376	0.350	0.448	0.723	0.342	0.481	0.908
288 运巷	0.644	0.695	0.824	0.564	0.964	0.519	0.393	0.853
420 水仓运巷	0.878	1.000	0.903	0.419	0.779	0.802	0.370	0.964
桑干河河水	0.936	0.514	0.885	0.714	0.812	0.950	0.908	0.947

表 4 子序列与母序列关联程度表

Tab. 4 The association degree between each sequence and maternal subsequence

母序列	子序列						
	9370 副巷	桑干河河水	804 运巷	420 水仓运巷	902 运巷	288 运巷	北翼 420 运巷
透水点水样	0.840	0.833	0.758	0.764	0.753	0.682	0.495

3 水源判别

关联度 R_i 的大小反映与母序列之间的关联程度, 关联度值越大, 表明与母序列之间的关联程度越密切^[11], 最大关联度为 1。显然与透水点水样关系最为密切的是 9370 副巷和桑干河河水; 关系度一般的为 804 运巷、420 水仓运巷、902 运巷、288 运巷; 北翼 420 运巷与 9370 地区水源基本无关联。从地理位置上看, 9370 副巷水样点离透水点最近, 可判定 9370 副巷水样与透水点水样均来至同一水源。桑干河为常年性河流, 河流底部即为髫髻山组安山岩, 河流北岸为第四系松散粘土砂砾石层, 经地面直流电测深探测技术对井下富水区及导水通道的探查结果表明, 桑干河北缘地下 150m 处垂直河流方向有一低阻异常区, 分析说明为水源运移通道。最终确定牛西矿南翼采区透水水源来至桑干河河水。

4 结论

1) 应用灰色关联分析判别说明, 透水点水样与桑干河水样的关联度值比较大, 两者存在水力联系的可能性比较大。

2) 经地面直流电测深探测结果表明, 地下 150m 处有一由南向北的水流运移通道, 最终确定南翼 9370 地区顶板含水层水源来至地表桑干河, 桑干河河水补给髫髻山组安山岩二段含水层, 水

经采空后形成的顶板冒裂带透入到工作面。

参考文献:

- [1] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [2] 周书敬, 朱志, 王飞. 基于灰色层次分析的房地产投资决策[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2010, 27(2): 83—86.
- [3] 谢玉波. 利用灰色关联度法判断滕南矿区地下水系统水力联系[J]. 中国煤田地质, 2001, 13(2): 45, 48.
- [4] 吴晓鹏. 灰色关联度法在峨八井涌水水源判别中的应用[J]. 江西煤炭科技, 2000(3): 31—33.
- [5] 付成祥. 用灰色关联分析对老采空区渗水水源的判别[J]. 水力采煤与管道运输, 2006, 3(3): 23—24.
- [6] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [7] LIU S F. The current developing status on grey system theory [J]. Journal of Grey System, 2007, 19 (4): 397.
- [8] XIA, J. A grey system method applied to forecasting of lake water quality [J]. Journal of Grey System, 1990, 2(3): 257—266.
- [9] 庞彦军, 周少玲, 杨珠, 等. 水质模糊综合评判模型的改进[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2007, 24(3): 89—93.
- [10] 朱长军, 卢军燕, 郝振纯, 等. 应用灰色新陈代谢 GM (1, 1) 模型预测河流水质[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2007, 24(1): 45—47.
- [11] 岳梅. 判断矿井突水水源灰色系统关联分析的应用[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(4): 37—39.

(责任编辑 马立)