

文章编号:1673-9469(2015)03-0101-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.03.025

基于水化学特征的聚类法判别矿井突水水源

王炳强,白喜庆,吴振岭

(中国煤炭地质总局水文地质局,河北邯郸 056004)

摘要:以新阳煤矿为例,通过对不同含水层水样进行取样化验,研究各含水层特征离子组成,应用聚类分析方法,采用SPSS统计软件中的聚类分析进行计算,判断井下涌(突)水层位及补给水源。分析得知,未知层位出水点水源为奥陶系峰峰组岩溶裂隙水;该地下水化学聚类分析模型简单易学,投资少,效果好。

关键词:新阳矿;水化学特征;聚类法;矿井突水;SPSS

中图分类号:TD745

文献标识码:A

Prediction of mine water inrush sources based on cluster analysis of hydrogeo chemical features

Wang Bing-qiang, Bai Xi-qing, Wu Zhen-ling

(Hydrogeological Exploration Bureau, CNACC, Handan, Hebei 056004)

Abstract: Taking XinYang coal mine for an example, water samples was obtained from different aquifer, the component of characteristics ion of each aquifer were studied by using clustering analysis method. The underground gushing bursting water layer and water supply were analyzed by using SPSS statistical software. The results showed that the source of water in uncertain aquifer was Karst fissure water in the Ordovician. This method is simple and easy to learn, and the investment is little, the effect is good.

Key words: XinYang Coal mine; water chemical characteristics; clustering method

我国煤田地质条件十分复杂,煤矿水害已成为影响我国煤矿安全生产的关键问题之一^[1]。矿井突水水源的判定是煤矿水害防治工作的首要任务,及时、准确的查明突水水源是解决和进一步预防突水水害的前提。以前,采用水化学方法,对矿井不同含水层水化学特征进行舒卡列夫分类判定突水水源^[2],此种方法宏观性差,且费时费力。本方以研究各含水层特征离子组成为基础,应用聚类分析方法,利用SPSS统计软件中的聚类分析模块进行统计计算,判断井下涌(突)水层位及补给水源。该方法简单易学,并且投资少,效果好,为矿井防治水工作提供了一条可行的技术思路。

1 主要充水水源及其对采煤的影响

山西新阳煤矿位于吕梁地区孝义市城西

14 km的新阳镇,区内地层自下而上为:寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、第三系、第四系。井田主要含水层自上而下可分为:松散岩类孔隙含水岩组,二叠系碎屑岩类裂隙含水岩组,石炭系碎屑岩夹碳酸盐岩类裂隙岩溶含水岩组,奥陶系岩溶裂隙含水岩组。目前上组煤2[#]煤已基本开采完毕,主采下组煤(9[#]+10[#]+11[#]),开采下组煤主要受上覆石炭系碎屑岩夹碳酸盐岩类裂隙岩溶水与下伏间接奥陶系峰峰组岩溶裂隙水、奥陶系上马家沟组岩溶裂隙水的影响。

1.1 第四系、新近系松散岩类孔隙水

第四系、新近系松散岩类孔隙水含水层主要由3~4层卵砾石层组成,厚度5.65~10.45 m。单位涌水量0.000 3~0.059 2 L/s.m,富水性弱,

收稿日期:2015-03-01

基金项目:中国地质调查局地质矿产评价专项资金资助(1212010913023)

作者简介:王炳强(1979-),男,河北永年县人,工程师,主要从事煤田地质、水文地质、环境地质等方面的研究。

第四系河谷冲积层区富水性中等-强。即河谷冲积层区对开采上组煤有一定影响,其它地方影响不大。

1.2 石炭系碎屑岩夹碳酸盐岩类裂隙岩溶水

碎屑岩夹碳酸盐岩类岩溶裂隙含水层主要由石炭系太原组中-粗粒砂岩及其所夹 K4 - K2 生物碎屑灰岩组成,其中所夹灰岩厚度 10.10 ~ 16.84 m,一般岩溶裂隙发育程度弱-中等,单位涌水量 0.013 6 ~ 0.083 5 L/s · m,富水性弱,局部断裂构造部位岩溶裂隙发育,富水性强。由于此含水层总体补、蓄条件差,以静储量为主,易于疏干,对采煤影响较小。

1.3 奥陶系岩溶裂隙水

井田西南部奥陶系峰峰组含水层单位涌水量为 0.956 9 L/s · m,富水性中等,对开采下组煤存

在较大的突水威胁。在断裂带上,其威胁更大;奥陶系上马家沟组含水层单位涌水量 1.856 6 ~ 2.132 2 L/s · m,富水性极强,但是井田内大部分区域为不带压开采区,少部分区域存在突水危险。

2 地下水的化学成分及其形成作用

地下水由于赋存介质的化学成分及孔隙与裂隙的连通性、水交替条件等存在较大差异,分别表现出独特的水化学特征^[3-4]。

第四系水赋存于以石英砂为主的孔隙介质中,渗透性较好。因其处于地球表面,容易接受富含 CO₂ 大气降水的直接入渗补给,故水中 HCO₃⁻ 相对含量高于其它地下水。此外,其顶底板含钙质结核的粘土层吸附了水中部分 K⁺ + Na⁺,同时置换出 Ca⁺,故水化学类型常以 HCO₃ - Ca 型水为主。

煤系层间灰岩水及砂岩水主要赋存于以钠长

表 1 含水层离子毫克当量百分数

Tab. 1 The ion milligram equivalent percentage of the water content in the aquifer

| 计算 编号 | 层位 | 取样 地点 | 离子含量 $x(B)/\%$ | | | | | 矿化度 /g · L ⁻¹ | 总硬度 /mg · L ⁻¹ | |
|----------|------------------|-----------|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | | K ⁺ + Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | | | HCO ₃ ⁻ |
| 1 | O ₂ s | 韩家滩 | 37.17 | 38.80 | 24.03 | 44.24 | 28.29 | 26.75 | 630.09 | 346.86 |
| 2 | N | 西贾壁 | 13.73 | 60.17 | 26.10 | 12.71 | 28.98 | 53.39 | 331.16 | 254.76 |
| 3 | O ₂ s | 胡家窑 | 32.69 | 41.74 | 25.57 | 19.44 | 50.58 | 28.13 | 837.11 | 472.99 |
| 4 | N | 西曹村 | 38.21 | 42.12 | 19.67 | 6.94 | 37.45 | 53.59 | 457.19 | 245.25 |
| 5 | N | 贤者村 | 31.47 | 52.10 | 16.43 | 9.97 | 29.55 | 57.69 | 323.90 | 196.20 |
| 6 | O ₂ f | 下煤组水仓 | 15.80 | 61.50 | 22.60 | 4.80 | 80.40 | 14.60 | 2139.00 | 1434.00 |
| 7 | O ₂ f | 北胶带 1 | 7.00 | 67.80 | 25.30 | 3.20 | 74.60 | 21.90 | 2110.50 | 1583.80 |
| 8 | O ₂ f | 北胶带 2 | 11.90 | 63.50 | 24.60 | 6.50 | 70.40 | 23.10 | 2178.50 | 1558.70 |
| 9 | O ₂ f | 北采胶带巷出水点 | 7.40 | 67.50 | 25.10 | 3.30 | 73.90 | 22.60 | 2069.15 | 1548.70 |
| 10 | O ₂ f | WW-3-1 | 7.90 | 66.10 | 26.00 | 4.10 | 73.00 | 22.70 | 2155.80 | 1593.80 |
| 11 | O ₂ f | WW-3-2 | 8.20 | 66.10 | 25.70 | 3.90 | 73.50 | 22.50 | 2143.80 | 1588.80 |
| 12 | O ₂ f | WW-6-1 | 7.00 | 67.70 | 25.40 | 3.50 | 73.40 | 22.90 | 2033.20 | 1523.70 |
| 13 | C ₃ t | XF7 | 91.49 | 4.06 | 4.35 | 25.18 | 28.65 | 39.83 | 1148.00 | 67.70 |
| 14 | O ₂ f | XS2 | 66.02 | 20.62 | 13.12 | 16.25 | 50.98 | 32.76 | 1636.00 | 388.07 |
| 15 | O ₂ f | XF4 | 57.93 | 29.36 | 12.69 | 13.72 | 66.87 | 19.41 | 2987.00 | 903.62 |
| 16 | O ₂ f | XF7 | 77.88 | 14.66 | 7.40 | 20.44 | 46.71 | 32.78 | 1533.00 | 236.73 |
| 17 | O ₂ s | XS2 | 61.91 | 25.80 | 12.17 | 40.28 | 18.44 | 41.27 | 701.00 | 192.51 |
| 18 | O ₂ f | XF3 | 60.02 | 28.25 | 11.69 | 14.14 | 65.26 | 20.57 | 2552.00 | 730.97 |
| 19 | C ₃ t | XF6 | 67.99 | 12.75 | 19.00 | 9.41 | 51.10 | 39.49 | 1278.00 | 280.13 |
| 20 | Q ₄ | X3 | 85.26 | 9.85 | 4.79 | 5.07 | 67.45 | 27.48 | 1302.00 | 130.46 |
| 21 | | 未知层位出水点 1 | 77.64 | 15.89 | 6.44 | 4.93 | 76.03 | 19.04 | 2200.00 | 342.88 |
| 22 | | 未知层位出水点 2 | 53.37 | 30.94 | 15.36 | 5.15 | 68.89 | 25.95 | 2155.00 | 701.87 |
| 23 | N | X1 | 86.24 | 9.92 | 1.33 | 19.59 | 55.07 | 23.17 | 213.00 | 18.91 |
| 24 | O ₂ s | 矿用水源井 | 60.45 | 28.69 | 10.75 | 38.20 | 12.54 | 49.26 | 618.00 | 172.65 |

石、钾长石为主的砂岩裂隙中,裂隙连通性较差,水交替缓慢,易积累溶解度较高的 $K^+ + Na^+$ 。而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 因溶积度低,在水中含量相对较低,故水化学学类型常以 $HCO_3^- - Na$ 型水为主。

奥陶系峰峰组岩溶裂隙水赋存于石灰岩、石膏等海相地层的岩溶裂隙中,受富含介质成分的影响,水中富积 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 。但因其埋藏深,与大气间的隔离层厚,环境封闭,故 HCO_3^- 含量相对较低,水化学类型常以 $SO_4 - Na \cdot Ca$ 型为主;奥陶系上马家沟组岩溶裂隙水赋存于石灰岩、白云岩等海相地层的岩溶裂隙中,上马家沟组含水层与峰峰组含水层水化学有明显的区别,主要表现为 SO_4^{2-} 离子含量较峰峰组岩溶裂隙水明显下降,而 Cl^- 、 Ca^{2+} 含量相对较高,水化学类型较为复杂。

3 聚类分析

3.1 聚类分析原理及计算软件

聚类是按照某个特定标准把一个数据分割成不同的类或簇,使得类内相似性尽可能大,同时类间的差异尽可能大^[5]。不同地区和层位地下水携带的特征离子存在一定的差异。采用聚类分析方法,通过计算各类(点)地下水水化学特征组分的聚类距离 R ,来间接判断突水点地下水所属层位及补给来源。

聚类分析程序分析计算快速而准确,本次判断分析水源种类采用的是 SPSS 统计软件中的聚类分析模块进行统计计算。

3.2 聚类分析因子

收集已知含水层的水化学资料,分类统计结果见表 1。选择 $K^+ + Na^+$ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 毫克当量百分数作为水化学特征组分。表中所列各类地下水的水化学特征组分在地下水运移与演化的过程中具有示踪剂的作用,是判断井下突(涌)水点地下水来源的物质基础。

3.3 聚类分析模型

3.3.1 建立模型

运行聚类分析模型,计算未知层位涌(突)水点分析因子与各类地下水水化学特征组分的聚类距离 R 。运用 SPSS 统计软件中的聚类分析模块进行统计计算。详细步骤如下:

打开 SPSS 软件,新建工作表“新阳矿水化学

分析模型”,输入(或粘贴)数据,单击【分析】/【聚类分析】,选择并点击【分层聚类】,将 VAR00001 - VAR00002 从右框一一加入右“变量”框,如图 1,点击【分层聚类】中【绘图】按钮【系统树图】前打“√”,点击【继续】,并点击【分层聚类】中的【确定】按钮,可以得到聚类分析谱系图,如图 2。聚类分析谱系图,清晰直观的反映出各项相对位置与关系。



图1 分层聚类分析

Fig.1 Hierarchical clustering

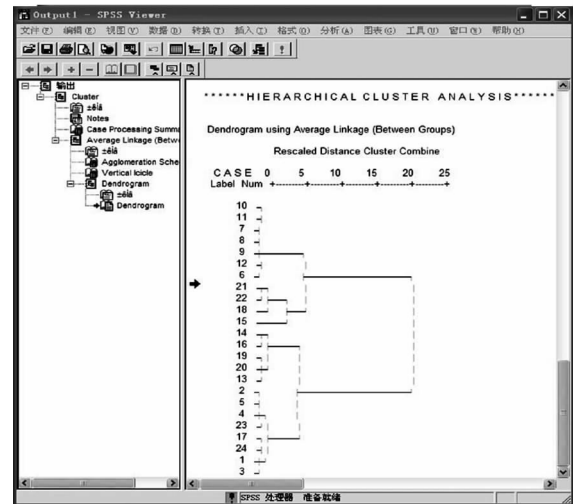


图2 聚类分析谱系图

Fig.2 Cluster analysis pedigree chart

3.3.2 分析结果

如图 1 所知,若取 R 值的可信度范围 ≤ 5 ,可将所有水化学特征组分样品分为 6 组,从上而下分别对应 6 种水源:

第一组:以矿方提供新二采区北胶带化验资料(计算编号 6 - 12)为主,各水化学特征组分数据关系极为密切,聚合为一组。

第二组:未知层位出水点 1、2 两个水样与 XF3、XF4 号孔峰峰组含水层水化学特征组分聚合为一组。

第三组:XS2号孔、XF7号孔峰峰组含水层水化学特征组分聚合为一组。

第四组:XF6号孔、XF7号孔太原组灰岩含水层水化学特征组分与X3号孔第四系含水层水化学特征组分聚合为一组。

第五组:贤者村、西曹村新近系含水层水化学特征组分与X1号孔新近系含水层水化学特征组分聚合为一组。

第六组:韩家滩、胡家窑、矿用水源井为上马家沟组含水层,此含水层水化学特征组分与XS2号孔上马家沟组含水层水化学特征组分聚合为一组。

基本可以分析出:未知含水层水化学特征组分被划分入第二组,第二组已知XF3、XF4号孔为峰峰组含水层水源水化学特征组分资料,并且与未知层位出水点水化学特征组分1、2关系密切。并且第二组与第一组(第一组为峰峰组含水层水化学特征组分)关系密切,更加说明未知层位出水点1、2为奥陶系峰峰组岩溶裂隙水涌(突)水。

3.3.3 模型应用及建议

在下组煤开采情况下,分两种情况判别突水来源,第一种情况:掘进工作面发生突水,欲知其补给来源,待突水点涌水量初稳后取水样作全分析,将已知层位的水化学特征值与突水点的水化学特征值数据输入聚类分析模型,根据 R 值可信度范围,若突水点与模型中A含水层水化学特征组分属一组,则可结合地质情况推断地下水来源于A含水层;第二种情况是:已知突水点发生在A含水层,但涌水点水化学特征值与相邻B含水层水化学特征组分间的 R 值亲近,则可结合地质情

况及水位动态推断A、B含水层是否发生了水力联系,相互间的 R 值越小,水力联系程度越密切。

建议在矿方在开采下组煤过程中,加强监测,如发现涌水量出现逐渐增大趋势,及时采集水样,监测有无奥陶系灰岩裂隙含水层混入迹象,以便采取相应的防治水措施。

4 结论

1)分析得知未知层位出水点水化学特征组分与奥陶系峰峰组岩溶裂隙水关系密切,该水源为奥陶系峰峰组岩溶裂隙水。

2)实践证明,地下水化学聚类分析模型在判断井下突(涌)水点地下水所属层位及补给来源方面具有独特优势,投资少,见效快,值得推广与应用。

参考文献:

- [1]郑琳,孙亚军.基于GIS和聚类分析的矿井突水水源快速判别[J].江苏地质,2006,30(4):299-302.
- [2]吕玉广,任智德.水化学法判定矿井突水水源实例[J].山东煤炭科技,2013(6):96-99.
- [3]王大纯.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1995.
- [4]高卫东,何元东,李新社.水化学法在矿井突水水源判断中的应用[J].矿业安全与环保,2001,28(5):44-45.
- [5]刘铭,朱长军,顿珠加措,等.聚类分析方法在济宁市水质分析中的应用[J].河北工程大学学报:自然版,2014,31(2):67-71.

(责任编辑 王利君)