

松散层水与煤系地层砂岩水混合效应的 水文地球化学研究

彭龙超¹, 张 雁², 王成绪²

(1. 皖北煤电集团公司刘桥一矿, 淮北 235162; 2. 煤炭科学研究总院西安研究院, 西安 710054)

摘要: 防止松散层水溃入矿井是祁东煤矿的重点防治水对象, 正确判断出水点和出水水源是解决问题的关键。文章通过对松散层水和煤系地层砂岩水混合效应的水文地球化学研究, 利用对比分析方法找出变化明显的特征离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 和 HCO_3^-), 将其作为水质监测的重点对象, 从而判断突水水源, 为建立防止松散层水溃入矿井的预警系统提供可靠依据。

关键词: 松散层; 顶板突水; 混合效应; 预警系统

中图分类号: P641.4⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2008)04-0034-05

1 引言

煤层顶板突水在许多矿井生产过程中经常发生, 由于其出水的突然性, 给矿井造成的危害极其重大。煤矿水害的工作重点在于预防, 水害预测是其基础。长期以来, 许多专家学者致力于煤层顶板突水机理的研究, 尝试用不同的方法判断突水点、突水水源, 计算涌水量, 提出许多防治顶板突水的措施^[1~6], 并且建立了防治煤层顶板水害的监测预警系统^[7~9], 但还不完善。

祁东煤矿自开采以来, 多次发生顶板突水事故, 严重影响了矿井的安全和生产。本文通过对松散层水和煤系地层砂岩水的水质进行对比分析, 初步建立离子含量背景值, 通过监测混合水中的离子, 判断突水水源, 为将来建立完善的预警系统提供依据。

2 矿井水文地质特征

祁东煤矿于1997年10月开工兴建, 2002年5月22日投产, 是一个设计能力年产原煤 $150 \times 10^4 \text{t}$ 的大型地方国有煤矿, 核定生产能力 $240 \times 10^4 \text{t}$ 。含可采煤层6层, 煤层总厚15.5m, 现已开采的煤层为 3_2 、 6_1 、 7_1 煤^[10]。

祁东煤矿所属井田为新生界巨厚松散含水层覆盖下的隐伏煤田, 煤系地层为石炭二叠系。新生界松散

层覆盖于二叠系煤系地层之上, 厚度变化受古地形控制, 厚80.45~866.70m, 首采区厚度一般在350m左右。煤系地层及其基底奥陶系石灰岩均与第四系松散含水层呈角度不整合接触。

矿内新生界松散层按岩性组合特征及其与区域水文地质剖面对比, 自上而下可划分为四个含水层(组)和三个隔水层(组)。四个含水层(组)分别为第三、四系松散层孔隙含水层、二叠系煤系砂岩裂隙含水层(段)和煤系下伏灰岩岩溶裂隙含水层(段)。第三隔水层厚度大, 分布稳定, 隔水性好, 是区内重要的隔水层(组)。第四含水层(四含水)厚0~59.10m, 据24-25-8、补30-2、补30-3、补30-6和26-27-5孔抽水实验得出: 该层水位标高19~21.75m, 流量为0.034~0.219 L/(s·m), 渗透率为0.114~3.282m/d, 矿化度1.458~1.582g/L, 全硬度31.52~44.15德国度, 水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl}-\text{Na} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型。四含水直接覆盖在二叠系煤系地层之上, 是矿井充水的主要来源之一。本次试验中松散层的水样取自该含水层。

二叠系岩层由砂岩、泥岩、粉砂岩、煤层等组成, 并以泥岩、粉砂岩为主。其中泥岩、粉砂岩为隔水层, 砂岩组成含水层, 各含水层之间均为有效隔水层阻隔, 根据区域资料及主采煤层赋存的位置关系与裂隙发育程度, 划分为三个含水层(段)和四个隔水层(段): 3煤上隔水层(段)、3~4煤层间砂岩裂隙含水层(段)、4~6煤层间隔水层(段)、7~9煤层上下砂岩裂隙含水层(段)、9煤下铝质泥岩隔水层(段)、10煤层上、下砂岩裂隙含水层(段)、10煤层~太原组灰顶隔水层(段)。主采煤层顶板砂岩裂隙含水层是矿井充水的直接来

收稿日期: 2007-11-05; 修订日期: 2008-03-11

作者简介: 彭龙超(1962-), 男, 副总工程师, 现从事技术管理工作。

E-mail: ccrizhangyan@yahoo.com.cn

源。7~ 9 煤(组)上、下砂岩裂隙含水层(段)以中—细粒砂岩为主,主采煤层 71、82 和 9 煤的直接顶板多为砂岩。含水层总厚 11~ 65m,平均 30m。野外施工时有补 28-5、24-12、补 29-3、补 29-6、补 30-6 和 30-3 孔漏水,本段砂岩裂隙较发育,但发育程度不均一,差异较大,总体上看赋水性较弱。据本矿 30-4、补 30-11、27-28-2 和 36-2 孔对该层位抽水,流量为 0.0044~ 0.0231L/(s·m),渗透率为 0.3362~ 0.02527m/d,矿化度 1.525~ 0.851g/L,水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{K} \cdot \text{Na}$ 和 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{K} \cdot \text{Na}$ 型。该含水层(段)是开采 7~ 9 煤的直接充水含水层,试验中的煤系砂岩水样取自该层。

3 松散层水与煤层砂岩水的水质概况

为了更好地找出出水口,判断是松散层水溃入还是煤系地层砂岩水溃入,从而更快地堵住出水口,煤炭科学研究总院西安研究院在祁东煤矿做了松散层水与煤系地层砂岩水混合效应研究,主要研究混合水中水文地球化学特征的变化。

本次共取水样 11 个,其中四含水水样 1 个,煤系砂岩水水样 1 个,四含水与顶板砂岩水的体积比从 1:9 到 9:1 的水样 9 个,每个水样 1~ 1.5L。分别对 11 个样中的阴阳离子及物质含量进行化验(表 1)。

表 1 四含水与煤层砂岩水化学成分

Table 1 Chemical compositions of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones									
水样	K ⁺ + Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	阳离子总量	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	阴离子总量
四含水	304.87	80.16	65.62	450.65	191.57	477.87	406.76	19.4	1095.6
砂岩水	317.10	20.04	18.47	355.61	149.19	16.46	717.37	0	883.02
水样	全硬度*	永久硬度*	暂时硬度*	负硬度*	碱度*	pH 值	游离 CO ₂ *	溶解固形物*	
四含水	470.38	104.47	365.91	0	365.91	8.30	0	1384.00	
砂岩水	126.10	0	126.10	462.19	588.29	7.97	4.14	920.00	

注:除 pH 值,其他数值的单位均为 mg/L,* 表示数值以 CaCO₃ 计。

通过化验结果,可以看出两种水样的水质类型与之前做抽水试验得到的结果是一致的,从而保证了水样的真实可靠性。四含水中的阴阳离子的总含量都高于砂岩水,四含水中的 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 含量明显高于砂岩水,而砂岩水中的 K⁺ + Na⁺ 含量略高;四含水中的 Cl⁻、SO₄²⁻、CO₃²⁻ 含量都高于砂岩水,尤其是 SO₄²⁻ 变化明显,而砂岩水中的 HCO₃⁻ 要明显高于四含水中的

含量。在其他测试项目中,四含水的全硬度和溶解固形物要高于砂岩水,而负硬度和碱度都低于砂岩水,两者都属于碱性水,四含水碱度略高。

4 混合效应研究

把四含水和煤层砂岩水按体积比从 1:9 到 9:1 进行配比,分别做测试,化验结果如表 2。

表 2 混合效应测试结果
Table 2 Results showing the mixture effect

体积比	K ⁺ + Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	阳离子总量	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	阴离子总量
1:9	313.400	26.050	23.190	362.640	153.430	62.600	648.590	881.830
2:8	315.450	32.870	28.560	376.880	159.580	113.520	625.790	916.540
3:7	317.750	38.480	32.980	389.210	164.890	155.210	608.360	946.500
4:6	307.950	43.290	36.670	387.910	164.230	196.250	563.910	942.140
5:5	306.540	49.300	41.390	397.230	168.460	242.390	537.040	965.880
6:4	305.580	55.310	46.100	406.990	172.700	288.530	510.170	989.630
7:3	301.580	60.520	50.160	412.260	175.020	329.890	479.230	1002.420
8:2	309.950	68.340	56.370	434.660	184.590	385.750	467.250	1056.670
9:1	305.810	74.150	60.910	440.870	187.330	431.730	433.630	1071.850

续表

体积比	全硬度*	永久硬度*	暂时硬度*	负硬度*	碱度*	pH 值	游离 CO ₂ *	溶解固形物*
1 9	160.53	0	160.53	405.52	566.05	8.24	0	950
2 8	199.66	0	199.66	347.81	547.47	8.26	0	1 011
3 7	231.91	0	231.91	301.43	533.34	8.26	0	1 066
4 6	259.11	0	259.11	236.57	495.68	8.27	0	1 083
5 5	293.54	0	293.54	179.90	473.44	8.27	0	1 131
6 4	372.96	0	372.96	123.24	451.20	8.28	0	1 181
7 3	357.69	0	357.69	67.62	425.31	8.29	0	1 215
8 2	402.79	0	402.79	13.48	416.27	8.30	0	1 293
9 1	435.95	47.8	388.15	0	388.15	8.30	0	1 325

注:除 pH 值,其他数值的单位均为 mg/L,* 表示数值以 CaCO₃ 计。

为了更直观地看出不同比例的混合水中各种离子的变化趋势,将各个水样中的每个测试项目做出对应的曲线。

4.1 阳离子变化趋势

不同比例的混合水中,如果按 K⁺ + Na⁺ 的质量作曲线,得到的变化趋势不是很明显,因此将质量转化为摩尔数,并计算其在每种混合水中占阳离子的摩尔百分比,用该数值来作曲线,得出图 1。从该图中看出,随着四含水比例的增大, K⁺ + Na⁺ 的摩尔百分比呈逐渐减小趋势。

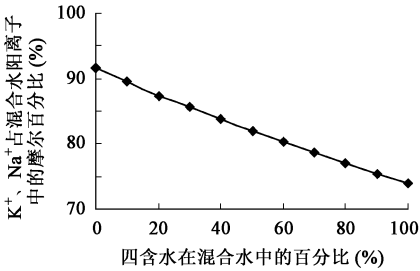


图 1 不同比例的四含水与砂岩水中 K⁺、Na⁺ 摩尔百分比变化趋势

Fig.1 Changes in mol percentage of K⁺ and Na⁺ of different proportion of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones

对于 Mg²⁺、Ca²⁺, 作出其在混合水中的毫克数随着四含水在混合水中的不同比例的变化趋势(图 2)。从图 2 中得出,随着四含水比例的增大, Mg²⁺、Ca²⁺ 的质量呈增加趋势,同时可以看出随着四含水比例的增大,阳离子的总质量逐渐增加。

4.2 阴离子变化趋势

同理作出阴离子的毫克数在不同比例的混合水中的变化趋势,得到图 3 和图 4。从图 3 中看出, Cl⁻ 的

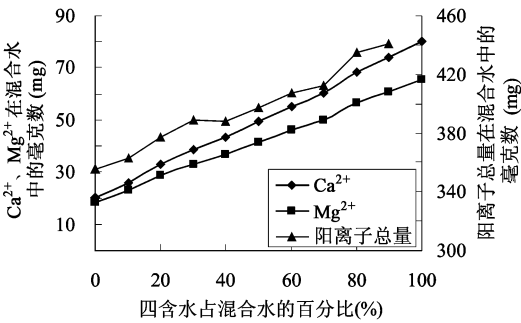


图 2 不同比例的四含水与砂岩水中 Ca²⁺、Mg²⁺、阳离子总量变化趋势

Fig.2 Changes in milligram of Ca²⁺ and Mg²⁺ and other ions of different proportion of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones

毫克数随着四含水比例的增加,呈逐渐增大的趋势。图 4 中 SO₄²⁻ 含量随着四含水比例的增加呈递增趋势十分明显,而 HCO₃⁻ 含量却是随着四含水比例的增加呈递减趋势也比较明显,阴离子总量呈增加趋势。

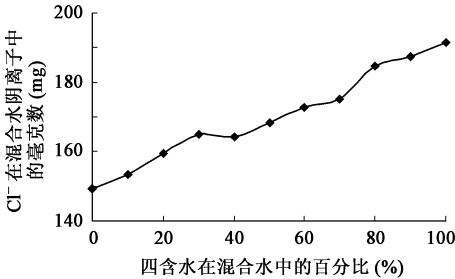


图 3 不同比例的四含水与砂岩水中 Cl⁻ 毫克数变化趋势

Fig.3 Changes in milligram of Cl⁻ of different proportion of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones

4.3 其他测试项目变化趋势

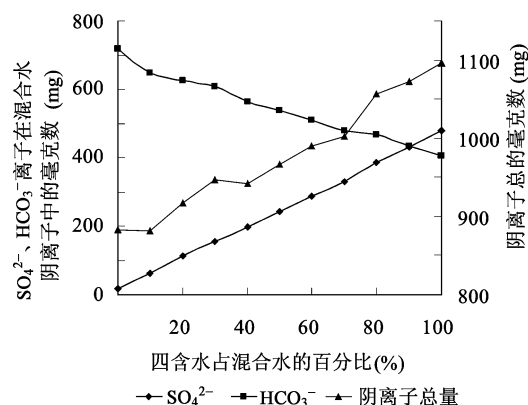


图 4 不同比例的四含水与砂岩水中 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 及阴离子总量的毫克数变化趋势

Fig. 4 Changes in milligram of SO_4^{2-} 、 HCO_3^- and all the ions of different proportion of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones

从表 2 中可以看出, 所有混合水的 pH 值都大于 7, 都是碱性水, 但是随着四含水比例的增大, pH 值也逐渐增大, 但变化微弱。

如图 5 所示, 溶解固形物的含量和总硬度随着四含水比例的增加呈增大趋势, 碱度和负硬度则随着四含水比例的增加呈减小趋势。

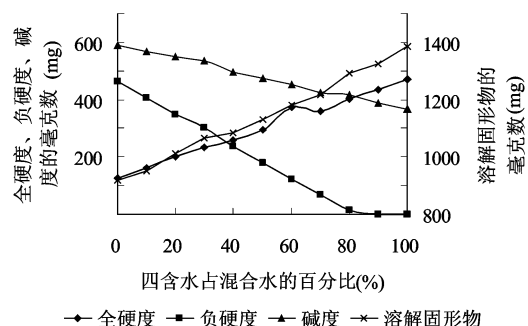


图 5 不同比例的四含水与砂岩水中其他测试项目的毫克数变化趋势

Fig. 5 Changes in milligram of other items of different proportion of groundwater in the Quaternary aquifer and groundwater in the coal bearing sandstones

4.4 结果与讨论

通过对 11 个水样的测试化验, 得到在阳离子中,

变化趋势明显的是 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ; 阴离子中, SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 变化趋势明显; 其他测试项目中, 溶解固形物的含量变化明显, 因此可以将这些作为主要特征离子考虑, 试验效果很好。由于本次试验的水样均取自一个地点, 因此, 试验的重复性没得到验证, 以后应该多做几次类似试验, 进一步验证特征离子的可靠性。

5 结语

根据对祁东煤矿的松散层水与煤系地层砂岩水不同比例混合水样的水质分析, 得到了不同比例混合水中变化趋势明显的一些特征离子, 并初步建立了离子含量背景值。试验得到的特征离子是将来水质检测的主要指标, 可以为将来水质变化的阈值确定提供真实可靠的依据。

祁东煤矿 7 煤正在建立预警系统。在预警系统中利用水质变化判断突水点和突水水源, 在其他矿区也有实践, 效果良好, 因此具有推广价值。

参考文献:

- [1] 武强, 黄晓玲, 董东林, 等. 评价煤层顶板涌(突)水条件的“三图-双预测法”[J]. 煤炭学报, 2000 (1): 60-65.
- [2] 郑纲. 模糊聚类分析法预测顶板砂岩含水层突水点及突水量[J]. 煤矿安全, 2004, 35(1): 24-25.
- [3] 陈朝阳, 王经明, 董书宁, 等. 焦作矿区突水水源判别模型[J]. 煤田地质与勘探, 1996, 24(4): 38-40.
- [4] 洪雷, 彭华, 艳文, 等. 最大效果测度值法研究矿井突水水源[J]. 中国煤田地质, 2002, 14(2): 45-47.
- [5] 刘峰. 矿井水害水源的水文地球化学探测技术[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(4): 62-64.
- [6] 孙亚军, 杨国勇, 郑琳. 基于 GIS 的矿井突水水源判别系统研究[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(2): 34-37.
- [7] 许进鹏. 运用水质分析建立预警系统防范灰岩水[J]. 淮南工业学院学报, 2002, 22(8): 161-163.
- [8] 王兰健, 韩仁桥. 水情监测预警系统在海上采煤中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(12): 54-56.
- [9] 蔡卫, 马尚权. 我国煤矿安全管理的现状及对策[J]. 煤炭科学技术, 2004, 32(12): 74-76.
- [10] 皖北煤电集团有限责任公司祁东煤矿. 祁东煤矿(扩大范围)地质报告[R]. 2007.

Hydrogeochemical research on the mixture effect of groundwater in unconsolidated sediments and groundwater in coal bearing sandstones

PENG Long-chao¹, ZHANG Yan², WANG Cheng-xu²

(1. *Liuqiaoyi mine, Wanbei Coal and Power Group Co. LTD., Huaibei 235162, China;*

2. *Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)*

Abstract: Prevention of groundwater in unconsolidated sediments from bursting into the coal mine is the main objective of water control in the Qidong coal mine. The key to the problem is to locate correctly the exit points of water and the sources of water. Hydrogeochemical research on the mixture effect of groundwater from the unconsolidated sediments and groundwater from the coal bearing sandstones is carried out. The characteristic ions of an obvious change are found out by comparison and analysis methods. The results provide a credible basis for water quality monitoring in the early-warning system of the prevention of inrush of groundwater from the unconsolidated sediments.

Key words: loose bed; apical plate water inrush; mixture effect; early-warning system

责任编辑: 汪美华

(上接第 33 页)

[3] 地质矿产部环境地质研究所与新疆乙烯工程指挥部水源组. 独山子矿区供水决策系统研究[R]. 1991.

[4] 新疆维吾尔自治区奎屯-乌苏地质环境监测站. 新

疆维吾尔自治区奎屯-乌苏地区地下水动态监测五年报告(1996-2000年)[R]. 2001.

[5] 中国地质环境监测院. 奎屯河引水改建应急工程对独山子第二水源地的影响评价报告[R]. 2006.

Characteristics of groundwater recharge of Nanwadi in Kuitun River Basin

LI Ya-min¹, WANG Ying-nan², XU Xu³, LUO Yue-chu¹

(1. *China Institute for Geo-Environmental Monitoring, Beijing 100081, China;*

2. *Land consolidation and rehabilitation center, The ministry of land and resources, Beijing 100035, China;*

3. *Qinghai Bureau of Environmental Geological Exploring, Xining 810007, China)*

Abstract: The second water plant of Dushanzi petrochemical industry base locates in Nanwadi, Kuitun River Basin, Xinjiang. Acquainting the characteristics of groundwater recharge in Nanwadi is important to research and assess the guarantee extent of water supply for Dushanzi petrochemical industry base. The hydrochemical and environmental isotopic characteristics of ground and surfacewater in Nanwadi give some evidence to identify the characteristics of groundwater recharge: (1) groundwater in the middle and northwest part of water plant is mainly refreshed by Kuitun river and Xiaobayingou brooklet, groundwater in the southeast part of water plant is mostly replenished by Wulanbulakegou gully and Qiaolugou gully (2) The whole water plant, the primary groundwater recharge source is Kuitun river and Xiaobayingou brooklet.

Key words: environmental isotopes; hydrochemistry; groundwater recharge; Kuitun River Basin

责任编辑: 王宏