

Research Progresses on Controlling Factors of Chemical Constitution and Water Source Identification of Groundwater in Mining Area, Northern Anhui Province

—Consideration of Water-Rock Interaction and EPA Unmix Model

Kai Chen^{1,2}, Linhua Sun^{1,2}

¹School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

²School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

Email: ahaqchenkai@126.com, sunlinh@126.com

Received: Apr. 23rd, 2019; accepted: May 7th, 2019; published: May 14th, 2019

Abstract

It is a key point to identify the water-rock interaction mechanism in the aquifers of coal mining area in northern Anhui province. This paper summarized the work of the predecessors and pointed out some problems existing in the current research: 1) the qualitative analysis of major ion sources of groundwater in mining area needs to be verified and 2) the major ion sources require further quantitative analysis. These problems can be solved by combining the water-rock interaction experiment with the EPA Unmix model analysis: the dissolution spectra of various minerals/rocks can be obtained by using the water-rock interaction experiment, whereas the EPA Unmix model can obtain quantitative information of ion sources. Their combination can provide new methods and ideas for identifying water inrush sources based on water-rock interactions in the future.

Keywords

Groundwater, Coal Mine, Hydrochemistry, Water-Rock Interaction, Unmix Model

皖北矿区地下水化学组成控制因素及水源识别研究进展

——基于水岩相互作用和 EPA Unmix 模型的思考

陈 凯^{1,2}, 孙林华^{1,2}

¹安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

²宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

Email: ahaqchenkai@126.com, sunlinh@126.com

收稿日期: 2019年4月23日; 录用日期: 2019年5月7日; 发布日期: 2019年5月14日

摘要

查明皖北煤矿区含水层水岩相互作用机理是进行水源识别的关键所在。本人对前人的工作进行了总结并指出当前研究中存在的一些问题: 1) 矿区地下水主要离子的定性分析需要验证及2) 主要离子来源需要进一步定量分析。这些问题可以通过水岩相互作用实验和EPA Unmix模型分析相结合来进行解决: 利用水岩相互作用实验得到各种矿物/岩石的溶解谱, 而EPA Unmix模型则可以获取离子来源的定量信息, 两者的结合可以为今后基于水岩相互作用来识别突水水源提供新的方法和思路。

关键词

地下水, 煤矿, 水文地球化学, 水岩相互作用, Unmix模型

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤炭是非再生能源, 占据中国消费能源市场的60%左右。由于庞大的需求, 浅层煤炭资源即将告罄, 随之而来的是煤炭开采深度的增加[1]。而突水作为五大(瓦斯、火、水、煤尘、冒顶)主要矿井灾害之一, 对煤矿安全的威胁也愈来愈大, 进行矿区水岩相互作用研究的重要性日益凸显。因为深入理解水岩相互作用机理可以揭示不同含水层中地下水化学组成的控制因素(主要离子来源), 进而区分不同含水层地下水所含化学信息的差异性(这是进行水源识别的关键所在), 最终达到突水水源识别的目的, 从而为煤矿的生产提供一定的安全保障[2]。

皖北矿区作为我国最重要的煤炭生产基地之一, 因其突水问题的典型性和代表性受到了广泛的关注[1][2]。目前, 学者通过传统水化学方法[3][4][5]、数理统计方法[6][7]、Fisher判别模型[8][9][10]、Bayes判别模型[11][12]、微量元素(包括重金属元素和稀土元素)方法[13][14][15]开展了大量的水源识别研究工作。但这些方法均存在自身的局限性(脱离水岩相互作用研究), 因此无法从本质上解决矿井突水问题。基于此, 本文在对前人所进行的煤矿突水水源识别研究总结的基础上, 对当前存在的主要问题(水岩相互作用研究不足)进行了分析, 进而对今后一段时间内, 皖北矿区地下水水岩相互作用研究中定性和定量两个方面需要开展的研究工作进行了分析, 以期对矿区突水水源的识别提供新的思路。

2. 皖北区域概况

皖北地区共辖六个地级市, 包括宿州市、淮北市、亳州市、阜阳市、蚌埠市和淮南市。其中, 煤矿集中分布于宿州市、淮北市和淮南市(图1), 区内先后探明煤炭储量18亿吨, 且煤种齐全。

研究表明, 皖北煤矿地下含水层从浅到深依次可划分为: 第四系松散含水层、煤系砂岩含水层、太

原组灰岩含水层和奥陶纪灰岩含水层[16]。其中, 第四系松散层中主要岩石类型为粘土、砂质粘土和钙质粘土, 层间含水量大且覆盖于煤系地层之上。煤系含水层主要岩石类型为泥岩、粉砂岩和砂岩(主要为长石石英砂岩), 砂岩裂隙中的水直接存在于煤系地层中。太原组灰岩含水层和奥陶纪灰岩含水层中主要岩石类型为灰岩, 并具有少量的泥岩和砂岩, 灰岩风化产生的地下溶穴与溶洞之中储藏着大量高压水。四个主要含水层均会对煤炭的开采产生一定的突水威胁。因此, 对于皖北矿区各含水层中地下水的水源识别研究是必要的。

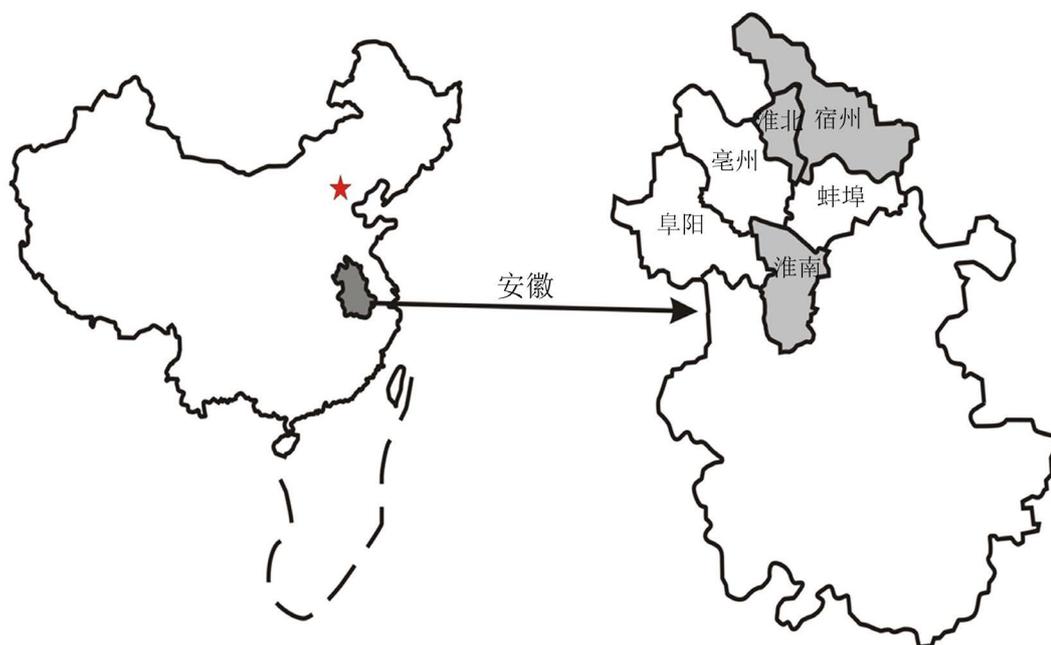


Figure 1. Location of the northern Anhui province
图 1. 皖北地理位置

3. 研究进展

公元 1 世纪古罗马作家、哲学家老普林尼(Pliny the Elder)记录了第一条水文地球化学规则[17]——流水呈现出与它经过的岩石相似的性质。20 世纪 50 年代前苏联地球化学家奥夫琴尼科夫提出了水岩相互作用(water-rock interaction)这一术语[18]。近年来, 学者对水中主要离子来源的定性研究上逐步取得了一定认识, 如 Gibbs [19]对降雨、河流、湖泊和海洋水样进行了水化学分析, 将地表水化学组成控制机理定义为大气降水、水岩相互作用和蒸发作用。Davis [20]等进一步将地下水化学控制因素归纳为硅酸盐矿物的风化、碳酸盐矿物的溶解(或溶滤)作用、离子交换、蒸发作用和人为因素等。截至目前为止, 学者对水化学的研究已经历 2000 余年[21] [22] [23]。

对于煤矿区而言, 不同含水层中地下水水化学控制因素不同(主要与水岩相互作用的类型和程度有关), 具体表现在地下水离子浓度的差异性。基于此, 学者提出了多种方法对矿区水源进行识别。如李乐章[3]、张乐中[4]等通过 Piper 三线图、张俊[5]等利用箱线图进行水源类型划分。此类方法将不同含水层水样中主要离子浓度进行简单的差异对比讨论未知水源的归属问题, 但不同含水层样品水化学信息相似时, 其水源识别能力较为有限。

基于数理统计方法对矿井水源识别方面的研究已有大量报道。如孙林华[1]利用因子分析结合聚类分析建立矿区水源判别模型, 查明 8101 采区(位于煤系含水层之中)工作面的突水来源, 并进一步证实了第

四纪松散含水层与煤系含水层之间具有一定程度的水力联系。鲁金涛[24]等利用主成分分析与 Fisher 判别模型分析结合, 黄平华[25]等将灰色关联法与 Fisher 判别模型分析结合。此类方法消除了部分变量指标间的影响, 其水源识别效果相比单一的 Fisher 模型判别具有一定优势[8] [26]。宫凤强[27]等则采用主成分分析与距离判别分析法对突水水源进行回判, 但其判别准确率对矿区样本数据库具有很大依赖性(由于此类识别方法较多, 在此不一一列举)。

由此可见, 目前针对煤矿水化学的大多数研究仅执着于数理统计方法的不同。然而, 无论哪种数理统计方法都存在自身的局限性。若要实现更为准确的水源识别, 应当从本质上阐明不同含水层中地下水化学组成机理的差异性。

4. 存在的问题

综上所述, 前人在对矿区水文地球化学的研究上取得了许多认识, 但若要查明地下水主要离子来源并进行精准的突水水源识别, 需对下列问题展开进一步研究:

1) 矿区地下水中主要离子来源的定性分析需要进一步验证: 截至目前为止, 针对地下水中主要离子来源的定性研究仍处于猜想阶段。如孙林华[6]等通过 Na^+ 与 HCO_3^- 和 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 在因子分析上的高载荷值推断皖北桃园矿区水化学控制因素主要受硅酸盐矿物的风化和碳酸盐(或蒸发)矿物的溶解控制。陈陆望[28]等通过典型离子组合比确定了宿县矿区地下水化学成分形成作用主要与黄铁矿氧化、碳酸盐溶解和硫酸盐溶解有关。大量文献表明, Cl^- 主要来源于氯盐矿物(如盐岩)的溶解, 硅酸盐矿物(如长石)的风化会向水中释放 Na^+ 和 HCO_3^- , 碳酸盐矿物(如方解石、白云石等)和硫酸盐矿物(如石膏、泻岩、芒硝等)的溶解会产生大量 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} , 煤系地层中黄铁矿的氧化会使水中 SO_4^{2-} 增加等。

但值得注意的是, 同一种离子可能存在于多种矿物之中。这意味着, 在复杂的含水层系统中发生水岩相互作用后同一种离子可能具有多种来源。例如: 地下水中 Na^+ 可能来源于石盐的溶解, 也可能来源于硅酸盐矿物的风化, 并且 Na^+ 可以与水中其他阳离子发生不同程度的离子交换。若简单依靠人为的猜测来讨论 Na^+ 的来源, 其准确性不得而知。同理, 地下水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等也具有多种来源, 目前还未曾有研究对地下水中主要离子来源的定性分析进行系统验证。

2) 地下水主要离子来源需要进行定量分析: 在地球化学的研究中, 水化学组成控制因素相同(相同水岩相互作用贡献)的两个化学分组被认为具有相同的来源, 这一点也为水源的识别提供了可靠的依据。上文提及, 目前针对水中主要离子来源的定性分析还有待考证, 而更深层次的命题是: 如何确定地下水中主要离子的定量来源? 例如: 精确定水中 Na^+ 的来源是一个非常复杂的过程, 目前大多数学者认为, 若地下水样中 $\text{Na}^+/\text{Cl}^- = 1$ (单位: meq/L), 则 Na^+ 离子来源于盐岩的溶解。而实际情况下, 通常 $\text{Na}^+/\text{Cl}^- \neq 1$, 此时认为 Na^+ 具有其他来源(硅酸盐的风化、芒硝的溶解、离子交换作用等)。Schoeller [29]认为氯碱指标(chloro-alkaline indices)可以证明地下水中离子交换作用的存在。在 $\text{Na}^+/\text{Cl}^- > 1$ 的情况下, 孙林华[30]等、Nagaraju [31]等通过氯碱指标对地下水样主要离子浓度进行分析, 认为 Na^+ 与 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 具有一定的置换关系, 从而导致水中 Na^+ 增多, 而具体有多少 Na^+ 来源于盐岩的溶解? 多少 Na^+ 来源于硅酸盐矿物的风化? 又有多少 Na^+ 发生了离子交换? 这些问题尚存疑虑。若要通过水岩相互作用进行突水水源的识别, 这些问题仍需进一步研究。

5. 解决办法与今后的工作

从对地下水主要离子来源的定性分析, 到确定不同水岩相互作用对含水层水样的定量贡献是一个递进的过程。首先可以通过对离子来源的定性分析查明地下水化学组成控制因素, 其次通过分析水岩相互作用对主要离子来源的定量信息, 可以得到不同水岩相互作用对水样的定量贡献, 而将二者结合起来才

有望对水源识别取得更可靠的认识。

5.1. 定性分析的验证

前人研究表明,对于皖北矿区而言,地下水化学控制因素主要与硅酸盐的风化、氯盐、碳酸盐以及硫酸盐的溶解有关[16]。笔者认为,通过岩石或矿物中的化学成分与水岩相互作用后产生的水溶液化学成分迁移规律的研究,可以对水中主要离子的定性来源进行反演。例如:选取硅酸盐中长石为研究对象,首先测定长石中各元素含量,计算 HCO_3^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 之间的比例关系,再进行长石与水的室内浸泡实验。待溶解平衡,即水中各化学组分不再发生变化时,测定水中各离子的浓度含量,再次计算 HCO_3^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 之间比例关系,可以得到长石溶解后的溶解谱(主要离子组成)。同理,根据其他矿物/岩石的溶解实验,也可以得到其他不同矿物/岩石的溶解谱(图2)。这种溶解谱的确定对于识别不同矿物溶解对水化学组成的贡献意义重大,因为这是识别不同矿物溶解贡献的基础。

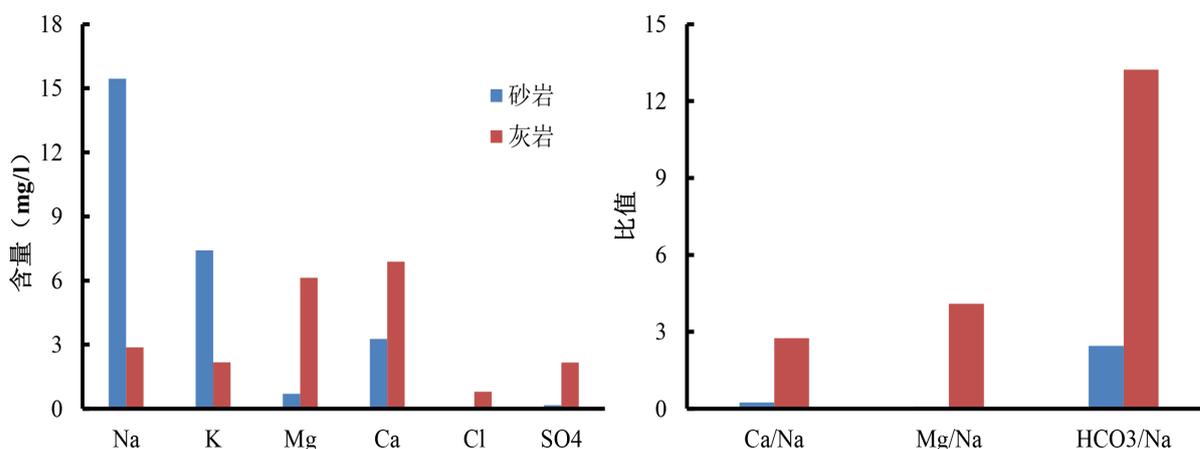


Figure 2. Dissolution results of different types of rocks

图2. 不同类型岩石的溶解实验结果

5.2. 定量分析

源解析技术在环境科学上的成功应用已有先例,这表明在混合组分中将每个源分离开来并计算它们各自的贡献大小是可行的[32] [33] [34] [35]。Unmix模型是美国环保署(US EPA)对污染物(固体、水或气体)来源定量分析的一种数学受体模型。其基本数学原理是: $C_m = \sum X_1 \times S_1 + X_2 \times S_2 \cdots X_n \times S_n$ (C_m 为已知的样品浓度, S_n 为每个源的贡献总和, X_n 为 S_n 的一部分, $(X_n \times S_n) / \sum (X_n \times S_n)$ 为某个源对 C_m 的贡献)。对于矿区地下水而言,可以将不同类型的水岩相互作用视为不同的源,不同程度的水岩相互作用视为源贡献。

文献[36] [37] [38]对这一思路进行了尝试。利用Unmix模型开展了矿区含水层水岩相互作用的定量研究,并进一步应用于突水水源的识别,结果证实该模型的水源识别效果相对于传统的Q-型聚类分析和判别分析具有明显增高。经过模型计算得到每个源对样品的定量贡献,可以很好的量化不同水岩相互作用对每个含水层水样的贡献大小,从而将未知水源与其可能性来源逐步分离,最终将精准查明未知水源的最佳层位(图3、图4)。实际应用结果如图3所示,48~51号水样(文中标记为突水水源)具有高的源1贡献率和低的源2贡献率,这种源贡献趋势与24~37号水样(文中标记为煤系砂岩水样品)高度相似,由此可知,突水水源可能来源于煤系砂岩含水层[36]。

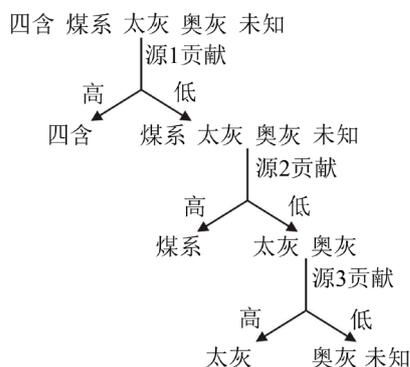


Figure 3. Water source identification based on different source contributions
图 3. 基于源贡献差异性的水源识别

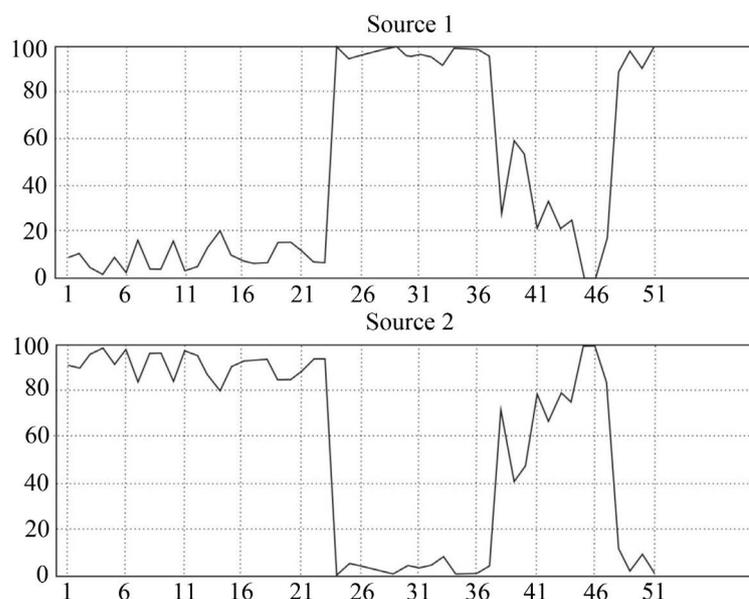


Figure 4. Unmix model analytical results of groundwater samples from Zhuxianzhuang coal mine northern Anhui province (reference [36])

图 4. 皖北朱仙庄煤矿地下水样品 Unmix 模型分析结果(文献[36])

6. 结论

查明含水层地下水化学组成控制因素是进行水源识别的关键所在, 而含水层中岩石矿物组成是决定控制因素差异的根本原因。但在当前的研究中, 依然存在一系列的问题, 尤其是离子来源的定性和定量问题。以室内实验为主导的验证分析可以获得溶解谱, 从而为今后数据解释奠定基础, 而基于 Unmix 模型的来源解析则可以为离子的定量化来源提供准确信息。两者结合可以为今后基于水岩相互作用来识别突水水源提供新的方法和思路。

基金项目

安徽省高校学科(专业)拔尖人才学术资助项目(gxbjZD48)。

参考文献

- [1] Sun, L.H. (2014) Statistical Analysis of Hydrochemistry of Groundwater and Its Implications for Water Source Identi-

- fication: A Case Study. *Arabian Journal of Geosciences*, **9**, 3417-3425. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1061-8>
- [2] Sun, L.H. (2015) Hydrochemistry of Groundwater from Loose Layer Aquifer System in Northern Anhui Province, China: Source of Major Ions and Hydrological Implications. *Water Practice & Technology*, **2**, 269-276. <https://doi.org/10.2166/wpt.2015.030>
- [3] 李乐章. 利用水化学特征识别朱庄煤矿突水水源[J]. 中国煤炭, 2018, 44(5): 100-104.
- [4] 张乐中, 曹海东. 利用水化学特征识别桑树坪煤矿突水水源[J]. 煤田地质与勘探, 2013(4): 42-45.
- [5] 张俊, 李余生, 林曼利, 等. 淮南张集矿水文地球化学特征及水源识别[J]. 水文地质工程地质, 2014, 41(6): 32-37.
- [6] 孙林华, 桂和荣. 皖北桃源矿深部含水层地下水地球化学数理统计分析[J]. 煤炭学报, 2013, 38(z2): 442-447.
- [7] Chen, M., Wu, Y., Gao, D.D., et al. (2017) Identification of Coal Mine Water-Bursting Source Using Multivariate Statistical Analysis and Tracing Test. *Arabian Journal of Geosciences*, **2**, 28. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2779-x>
- [8] 张文泉, 张广鹏, 李伟, 等. 煤层底板突水危险性的 Fisher 判别分析模型[J]. 煤炭学报, 2013, 38(10): 1831-1836.
- [9] 孙福勋, 魏久传, 万云鹏, 等. 基于 Fisher 判别分析和质心距评价法的矿井水源判别[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(1): 80-84.
- [10] 刘鑫, 陈陆望, 林曼利, 等. 采动影响下矿井突水水源 Fisher 判别与地下水补给关系反演[J]. 水文地质工程地质, 2013, 40(4): 36-43.
- [11] 张好, 姚多喜, 鲁海峰, 等. 主成分分析与 Bayes 判别法在突水水源判别中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(5): 87-93.
- [12] 邓清海, 曹家源, 张丽萍, 等. 基于主成分分析的矿井突水水源 Bayes 判别模型[J]. 水文地质工程地质, 2014, 41(6): 20-25.
- [13] 陈陆望, 桂和荣, 殷晓曦, 等. 临涣矿区突水水源标型微量元素及其判别模型[J]. 水文地质工程地质, 2010, 37(3): 17-22.
- [14] Gui, H.R., Sun, L.H., Chen, L.W., et al. (2011) Rare Earth Element Geochemistry of Groundwater from a Deep Seated Sandstone Aquifer, Northern Anhui Province, China. *Mining Science and Technology*, **4**, 477-482. <https://doi.org/10.1016/j.mstc.2011.06.003>
- [15] Sun, L.H., Gui, H.R. and Chen, S. (2011) Rare Earth Element Geochemistry of Groundwaters from Coal Bearing Aquifer in Renlou Coal Mine, Northern Anhui Province, China. *Journal of Rare Earths*, **2**, 185-192. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(10\)60428-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(10)60428-0)
- [16] Sun, L.H. and Gui, H.R. (2012) Establishment of Water Source Discrimination Model in Coal Mine by Using Hydrogeochemistry and Statistical Analysis: A Case Study from Renlou Coal Mine in Northern Anhui Province, China. *Journal of Coal Science & Technology*, **4**, 385-389. <https://doi.org/10.1007/s12404-012-0409-0>
- [17] Edmunds, W.M. (2009) Geochemistry's Vital Contribution to Solving Water Resource Problems. *Applied Geochemistry*, **6**, 1058-1073. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.02.021>
- [18] 沈照理, 王焰新, 郭华明. 水-岩相互作用研究的机遇与挑战[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2012, 37(2): 207-219.
- [19] Gibbs, R.J. (1970) Mechanisms Controlling World Water Chemistry. *Science*, **3962**, 1088-1090. <https://doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>
- [20] Davis, S.N. and De Wiest, R.J.M. (1996) *Hydrogeology*. Wiley, New York.
- [21] Belkhir, L., Mouni, L. and Tiri, A. (2012) Water-Rock Interaction and Geochemistry of Groundwater from the Ain Azel Aquifer, Algeria. *Environmental Geochemistry and Health*, **1**, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10653-011-9376-4>
- [22] 王文才, 沈照理. 平顶山矿区岩溶水系统水-岩相互作用的随机水文地球化学模拟[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(3): 9-11.
- [23] 王周锋, 郝瑞娟, 杨红斌, 等. 水岩相互作用的研究进展[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(3): 210-216.
- [24] 鲁金涛, 李夕兵, 宫凤强, 等. 基于主成分分析与 Fisher 判别分析法的矿井突水水源识别方法[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(7): 109-115.
- [25] Huang, P.H., Wang, X.Y. and Han, S.M. (2017) Recognition Model of Groundwater Inrush Source of Coal Mine: A Case Study on Jiaozuo Coal Mine in China. *Arabian Journal of Geosciences*, **15**, 323.
- [26] 张妹, 刘启蒙. 基于 Fisher 判别法的潘三矿突水水源识别[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2017, 37(z12): 10-14.
- [27] 宫凤强, 鲁金涛. 基于主成分分析与距离判别分析法的突水水源识别方法[J]. 采矿与安全工程学报, 2014(2):

236-242.

- [28] 陈陆望, 许冬清, 殷晓曦, 等. 华北隐伏型煤矿区地下水化学及其控制因素分析——以宿县矿区主要突水含水层为例[J]. 煤炭学报, 2017, 42(4): 996-1004.
- [29] Schoeller, H. (1965) Qualitative Evaluation of Groundwater Resource. In: *Methods and Techniques of Groundwater Investigations and Developments*, UNESCO, Paris, 5483-5516.
- [30] Sun, L.H., Gui, H.R. and Lin, M.L. (2013) Major Ion Chemistry of Groundwater from Limestone Aquifer in Taoyuan Coal Mine, Northern Anhui Province, China. *Fresenius Environmental Bulletin*, **2**, 537-543.
- [31] Nagaraju, A., Balaji, E., Sun, L.H., *et al.* (2018) Processes Controlling Groundwater Chemistry from Mulakalacheruvu Area, Chittoor District, Andhra Pradesh, South India: A Statistical Approach Based on Hydrochemistry. *Journal of the Geological Society of India*, **4**, 425-430. <https://doi.org/10.1007/s12594-018-0875-0>
- [32] Grizzetti, B., Bouraoui, F., De Marsily, G., *et al.* (2005) A Statistical Method for Source Apportionment of Riverine Nitrogen Loads. *Journal of Hydrology*, **304**, 302-315. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.036>
- [33] Liu, C., Tian, F., Chen, J., *et al.* (2010) A Comparative Study on Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments of the Daliao River, China: Positive Matrix Factorization and Factor Analysis with Non-Negative Constraints. *Chinese Science Bulletin*, **10**, 915-920. <https://doi.org/10.1007/s11434-010-0057-y>
- [34] 李发荣, 李玉照, 刘永, 等. 牛栏江污染物源解析与空间差异性分析[J]. 环境科学研究, 2013, 26(12): 1356-1363.
- [35] 刘宗峰, 郎印海, 曹正梅, 等. 黄河口表层沉积物多环芳烃污染源解析研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 79-84.
- [36] Sun, L.H. (2017) Statistical Analyses of Groundwater Chemistry in Coalmine and Its Hydrological Implications. *Journal of Applied Science and Engineering*, **3**, 335-344.
- [37] Sun, L.H. and Gui, H.R. (2015) Source Quantification of Major Ions in Groundwater and Hydrological Implications: Liuqiao Case Study. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, **5**, 1791-1800.
- [38] Liu, X.H. and Sun, L.H. (2015) Chemical Variations of Groundwater in Coal Bearing Aquifer in Northern Anhui Province, China: Study Based on Unmix Model and Major Ions. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, **15**, 6549-6557.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org