

水源判别标准集在矿井防治水中的应用

刘猛¹, 白峰青^{1,2}, 陈少帅¹, 王鹏浩¹

(1. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河北省资源勘测研究重点实验室, 河北 邯郸 056038)

摘要:及时、准确地判断出矿井突水水源是减小矿井损失, 指导矿井防治水工作的有效手段, 而此前建立的水源判别标准集, 是正确判别突水水源的重要基础。通过对邢台矿水化学特征的综合分析, 以水中6大常量组分($\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)作为构建指标, 同时采用Piper三线图、箱型图和聚类分析对矿井水样进行筛选, 建立邢台矿水源判别标准集, 并利用灰色关联度理论建立水源判别模型, 对标准集进行校验。结果表明, 标准集能够准确反映所属含水层的水化学特征, 可作为矿井突水水源判别的背景值。

关键词:水源判别; 构建标准集; Piper三线图; 箱型图; 聚类分析

中图分类号: TD745.2 文献标志码: A 文章编号: 1674-5876(2014)03-0030-04

Application of water irrush source standard set in mine water prevention

LIU Meng¹, BAI Fengqing^{1,2}, CHEN Shaoshuai¹, WANG Penghao¹

(1. College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. Key Laboratory of Resource Exploration Research of Hebei Province, Handan 056038, China)

Abstract: Timely and accurate identification of the water irrush source is an effective way to reduce mine loss and guide mine water prevention. Construction of a water irrush source standard set is an important basis before the identification. This paper makes a comprehensive analysis of the chemical characteristics of the groundwater in Xingtai Mine, which is based on six constant component ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-). The water samples are screened by using Piper diagram, BOX plot and Cluster Analysis. The correctness has been validated by using gray correlation analysis models. Results show that the standard set can reflect the chemical characteristics of aquifer accurately. It can be also used as a reasonable basis for discrimination of water irrush source in mine.

Key words: water - bursting source discrimination; construct a water irrush source standard set; Piper diagram; BOX plot; Cluster Analysis

矿井水害一直是威胁华北岩溶矿区煤矿安全生产的重要问题^[1-5], 近年来, 邯邢地区先后发生过牛儿庄矿、九龙矿、东庞矿和黄沙矿等特大突水灾害, 不仅造成重大的经济损失, 也造成了不良的社会影响。因此, 如果能在矿井发生突水前, 及时捕捉并利用突水水源中隐含的水文地球化学信息, 将对矿井安全生产具有重要的实际意义。为此, 我国科技工作者研究了大量突水水源判别方法^[6-9], 但

均未对水源判别所选取的各含水层的背景值做详细介绍。

文章以邢台矿长期积累的水化学资料为基础, 并结合矿井的地质、水文地质条件进行水源判别研究, 发现同时利用Piper三线图、箱型图和聚类分析3种方法对这些水样进行筛选后, 甄别出能够反映各主要含水层水化学特征的标准集, 再进行水源判别研究, 能够相应的提高判别的准确度。并且, 得

到的标准集具有明显的规律性,能够明显区分于其它含水层.

1 标准集构建原理

受矿井采掘活动的影响,顶底板的扰动破坏可能使含水层之间的水力联系增强,破坏相邻含水层之间水化学特征的相对独立性,从而导致各含水层地下水之间发生不同程度的混合^[10-12].因此,所取各含水层的水样,不一定能够真实反应其所在含水层的水化学特征,这使得在进行突水水源判别过程中,存在由于各含水层背景值选取不当,而导致水源判别结果与实际不符的可能.因此,在进行矿井突水水源判别前应建立矿井水源判别标准集,为后期及时、准确地进行突水水源判别奠定基础.

构建矿井水源判别标准集,首先是对收集到的矿井水样进行编号,同时采用 Piper 三线图、箱型图和聚类分析对这些水样进行筛选,综合利用这3种方法的优点,最终选取不同筛选结果的交集,得到矿井水源判别标准集.

1.1 Piper 三线图

Piper 三线图在研究水文地球化学特征方面最有实用价值的一种图示法,其最大优点是把大量的水分析资料点绘在图上,依据其分布情况,可以解释许多水文地球化学问题.在利用 Piper 线图对水样筛选三过程中,将 Piper 三线图中聚集于独立位置的水样作为独立水样,构建独立水样标准集,这些水样基本不与其它含水层水样重合或相近,能够比较准确地反映各含水层的水水化学特征.

1.2 箱型图

箱型图能够直观地显示出常量组分在各含水层中的分布情况,以及有关数据的位置和分散程度,并且不需要事先假定数据服从特定的分布形式,没有对数据作任何限制性要求,它只是真实直观地表现数据形状的本来面貌.

另一方面,箱形图判断异常值的标准以四分位数和四分位距为基础,四分位数具有一定的耐抗性(抗耐性是指数据的稳定性,即两端异常数据所占比例一般不会超过 1/4),所以异常值不能对 1/4 这个标准产生影响,并且识别异常值的结果也比较客观.由此可见,箱形图在识别异常值方面有一定的优越性.

1.3 聚类分析

聚类分析是一种探索性的分析,在分类的过程

中,不必事先给出一个分类的标准,聚类分析能够从样本数据出发,自动进行分类,因此,同一类别中的对象具有很大的相似性,而不同类别之间则存在很大的差异性.在水化学特征分析中涉及到分类的问题很多,如含水层的分类、水源的分类等,以往的分类主要是靠专业知识和经验,但随着科学的发展仅靠专业知识和经验已感不足,于是,聚类分析这一数学方法便为水文地质工作者广泛应用.

2 邢台矿水源判别标准集的构建

邢台矿位于河北省邢台市西南部,主采 2[#]和 5[#]煤层,矿井采掘过程中主要受含水层水(第四系水、砂岩水、野青水、大青水和奥灰水)的威胁.

2.1 水样采集及指标选取

截止到 2012 年底,共收集到邢台矿各类水样 188 个,其中第四系水样 15 个,砂岩水样 85 个,野青水样 34 个,大青水样 57 个,奥灰水样 39 个,以水中的 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 6 种常量组分为分类整理指标,并对这些水样依据取样时间进行整理编号.

2.2 标准集的构建

利用邢台矿 188 个水样分析结果做 Piper 三线图,如图 1 所示.从图中可以看出,大部分第四系、野青、大青和奥灰含水层水样呈集中分布,仅第四系和野青含水层水样分布相对独立,而部分大青与奥灰水样分布区域重合.85 个砂岩水样在 Piper 三线图中呈分散状态,无集中分布区域,单纯依据 Piper 三线图无法确定标准集.因此,综合利用 Piper 三线图、箱型图和聚类分析进行水样甄别.由于各含水层标准集构建过程类似,现主要以第四系水样为例,说明标准集构建过程.

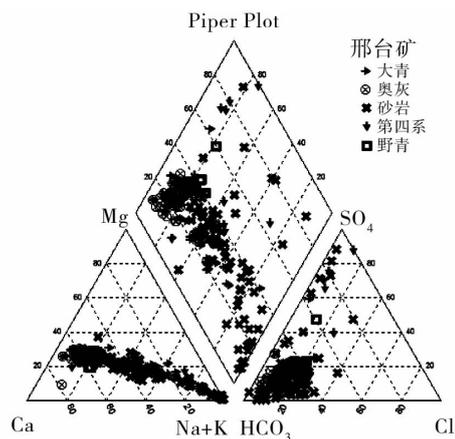


图 1 邢台矿 188 个水样 Piper 三线图

2.2.1 利用 Piper 三线图构建标准集

15 个第四系水样在 Piper 三线图中分布情况如图 2 所示,其中 7 个第四系水样集中分布在 Piper 三线图的中部(图中圈定区域),水样编号为 1~5,7,8,其余 8 个水样零星分布在集中区域的周边和菱形的顶部.利用 Piper 三线图,初步确定水样编号为 1~5,7,8 为第四系含水层的标准集.

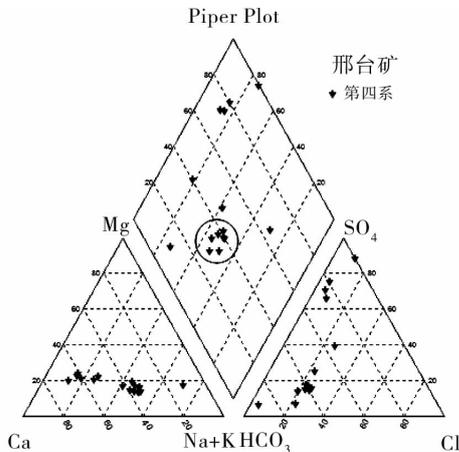


图 2 15 个第四系水样 Piper 三线图

2.2.2 利用箱型图构建标准集

由于选用的离子分析指标不同,出现异常值的水样也不相同,以 Mg 离子作为分析指标,出现异常值的水样为 12,14,15 号,参见图 3.并综合以 $Na^+ + Ka^+, Ca^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-$ 为指标的箱型图结果得出存在异常值的为编号 12,14,15,10,11 号的第四系水样,剩余编号为 1~9,13 号的第四系水样可初步作为第四系含水层的水源判别标准集水样.

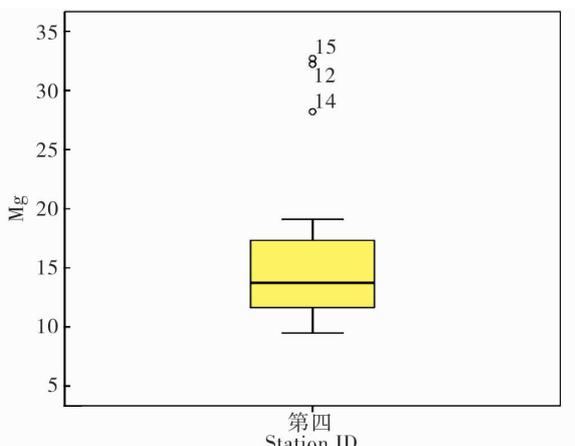


图 3 以 Mg 离子为分析指标的箱型图

2.2.3 利用聚类分析构建标准集

对第四系含水层 15 个水样进行聚类分析,聚类结果参见图 4.

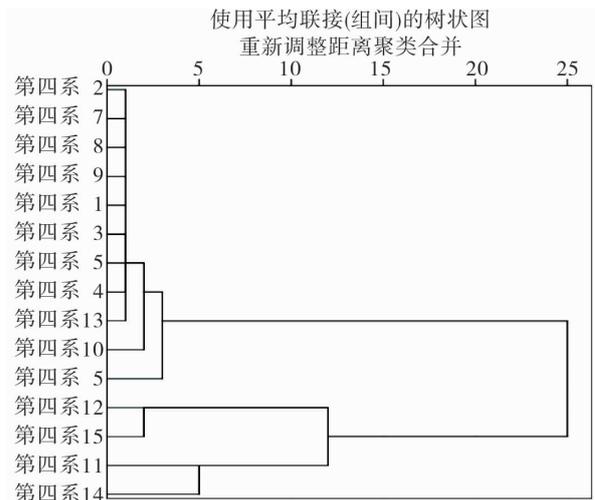


图 4 15 个第四系水样聚类结果树状图

按最终聚类分析结果,编号为 1~5,7~9,13 号共 9 个水样明显聚为一类,剩余 6 个水样与其它水样聚类结果区别较大,需要进一步筛选.利用聚类分析,水样编号为 1~5,7~9,13 号共 9 个水样可以作为第四系含水层的标准集.

综合对比 Piper 三线图,箱型图和聚类分析,取以上三种方法分析结果的交集,得出第四系含水层标准集为编号 1~5,7,8 共 7 个第四系水样,参见表 1.

表 1 第四系含水层标准集 mg/L

第四系水样编号	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	76.10	10.82	44.69	46.09	41.57	260.50
2	66.44	10.58	49.70	49.99	44.04	232.44
3	70.35	15.56	50.30	47.87	45.28	278.20
4	79.78	13.74	47.29	52.83	54.74	247.08
5	70.12	13.13	46.69	51.41	20.17	280.03
7	72.65	11.07	49.50	58.50	46.51	227.56
8	68.51	9.48	42.28	51.77	39.51	211.09

参照第四系含水层标准集构建过程,得到砂岩含水层标准集水样 58 个,野青 22 个,大青 21 个,奥灰 34 个,共计 132 个水样,对比原始水样共剔除 56 个水样.并且,经过筛选得到的标准集水样具有明显的规律性,即在一个较小的范围内波动,能够明显区别于其它含水层.

3 标准集校验

对构建的水源判别标准集进行验证,校验标准集能否作为判别模型的背景值,主要是采用目前通用的、准确性较高、操作性较强的灰色关联度分析

建立水源判别模型对标准集进行验证^[13-19]。灰色关联度分析的基本原理是衡量因素之间的密切程度,因素间关系越密切,关联系数就越大,关联度就越大。通过计算研究对象与各影响因素之间密切程度的关联系数,对比分析这些系数,得出因素之间的关联度,然后通过比较关联度的大小,来判断各影响因素对研究对象的影响程度。

据此,随机选取矿井采掘过程中收集到的12个水样作为待判水样。以标准集水样和未经筛选的水样分别作为背景值,建立水源判别模型进行水源判别,判别结果参见表2。

表2 12个水样水源判别结果

水样编号	实际水样类型	以标准集为背景值 模型判别结果	以原始数据为背景值 模型判别结果
1	大青	大青	大青
2	大青	大青	大青
3	大青	大青	大青
4	大青	大青	大青
5	野青	野青	野青
6	野青	野青	野青
7	野青	野青	奥灰
8	野青	野青	野青
9	野青	野青	野青
10	奥灰	奥灰	奥灰
11	奥灰	奥灰	大青
12	奥灰	奥灰	奥灰

结果显示:以标准集为背景值构建的水源判别模型,判别结果均与实际情况相符,与先前未经筛选而直接选取各含水层水样作为背景值建立的水源判别模型进行对比,发现准确率明显升高,说明构建的水源判别标准集能够更好的反映所在含水层的水化学特征,可作为今后水源判别模型的背景值。

4 结论

1)存在由于含水层背景值选取不当而导致水源判别结果与实际情况不符的情况,因此建立矿井水源判别标准集具有一定的必要性。

2)同时采用Piper三线图、聚类分析和箱型图分析对矿井各含水层水样进行筛选,能够有效的识别出异常水样或发生混合的水样,甄别出能够反映各含水层水化学特征的标准集。

3)以标准集水样为背景值,建立灰色关联度水源判别模型,对随机选取的水样进行水源判别。结果显示,构建的标准集能够更好的反映所在含水

层的水化学特征,可作为今后水源判别模型的背景值,为矿井的防治水工作提供科学依据。

参考文献:

- [1] 刘猛,白峰青,王斌. 受断层影响的水库下采煤可行性分析[J]. 矿业工程研究,2014,29(1):74-77.
- [2] 白峰青,卢兰萍,缙书宝,等. 德盛煤矿特大突水治理技术[J]. 煤炭学报,2007,32(7):741-743.
- [3] 李志明. 大采深高承压矿井水文地质条件及防治水技术[J]. 煤炭科学技术,2010,38(9):104-107.
- [4] 岳卫振. 九龙矿15423N工作面突水原因分析与快速治理[J]. 煤矿安全,2011,42(6):145-147.
- [5] 武强,崔芳鹏,赵苏启,等. 矿井水害类型划分及主要特征分析[J]. 煤炭学报,2013,38(4):561-565.
- [6] 万文. 矿井突水水源分析的Bayes判别分析模型及其应用[J]. 矿业工程研究,2009,24(3):37-41.
- [7] 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,2014,31(2):236-242.
- [8] 贲旭东,郭英海,解奕伟,等. 模糊综合评判在矿井突水水源判别中的应用及探讨[J]. 矿业安全与环保,2006,33(3):57-59.
- [9] 张小明,贾克明,姜祖水. 在建煤矿突水水源分析与防治方法研究[J]. 煤炭科学技术,2013,41(8):106-109.
- [10] 宋淑光,孟辉,张牧,等. 水质特征模型在下组煤首采面突水水源判别中的应用[J]. 煤矿安全,2012,43(6):122-124.
- [11] 李燕,徐志敏,刘勇. 矿井突水水源判别方法概述[J]. 煤炭技术,2010,29(11):87-89.
- [12] 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,2013,41(4):42-45.
- [13] 连会青,刘德民,尹尚先. 水化学综合识别模式在矿井水源判别中的应用[J]. 煤炭工程,2012(8):107-109.
- [14] 李燕,孙亚军,徐智敏. 影响矿井安全的多含水层矿井涌水构成分析[J]. 采矿与工程安全学报,2010,27(3):433-437.
- [15] 姚洁,童敏明,刘涛,等. 基于聚类分析方法的矿井水源识别[J]. 煤矿安全,2013,44(2):29-31.
- [16] 关英斌,郑建,丰成,等. 灰色关联分析在牛西矿水源判别中的应用[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2011,28(1):81-84.
- [17] 王震,朱术云,段宏飞,等. 基于灰色系统关联分析的矿井突水水源判别[J]. 煤矿安全,2012,43(7):132-135.
- [18] 崔佳星. 邢台矿地下水化学特征及突水水源判别模型研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2012.
- [19] 刘鑫. 临涣矿区主要突水含水层的水文地球化学研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2013.