

技术方法

Q型聚类分析在枣庄市地下水污染研究中的应用

周亚醒

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

摘要:该文给出了Q型聚类分析的原理和计算方法,并结合清凉泉水源地的污染问题进行了研究。通过长系列的水质监测资料,查明了清凉泉水源地水质动态变化特征,并对特征污染因子进行了聚类分析,基本查明了清凉泉水源地的污染途径,得到了较满意的结果。

关键词:聚类分析;地下水;污染;枣庄市清凉泉

中图分类号:P578.4

文献标识码:B

近年来,随着工农业的迅猛发展,地下水污染的问题日益突出。地下水是我国居民生活用水的主要供水水源,地下水污染直接影响居民的生活饮用水安全。因此,开展地下水污染研究与治理迫在眉睫。地下水不同于地表水,一旦遭受污染,治理需要甚至上千年的时间,只有查明污染途径才能有效防治地下水污染。传统的多元统计法难以定量化表征不同污染源对地下水污染的影响程度^[1]。相比之下,Q型聚类分析是数理统计中研究“物以类聚”的一种方法^[2],是根据样本的属性和特征用数学方法确定样本的亲疏关系,并按其亲疏程度自然地、客观地进行分类的系统,是定量分析污染程度的有效方法。

1 研究机理及方法

Q型聚类分析是以每个样品的监测指标作变量,来分析样品与样品之间的亲疏关系,也是定量搜索补给源、污染源的一种途径,其基本思路为:单一的地球化学过程形成水的化学组分含量服从正态分布;由数个地球化学过程形成的水,水环境中组分含量偏离正态分布^[3]。水环境条件相似的水,其化学组分类型及含量必然相近或相似^①。数据标准化处理^[4],由于各个性状所使用的单位不同,故要对其进行无量纲化,公式如下:

$$C'_{ik} = \frac{C_{ik}}{\max(C_{ik})}$$

式中: C'_{ik} 为处理后的数据; C_{ik} 为*i*样品*k*指标的监测值; $\max(C_{ik})$ 为第*i*个样品*k*指标的最大值。

采用平方欧氏距离 S_{ij} 和夹角余弦 $\cos(\theta_{ij})$ 两种距离(相似系数)计算方法进行计算及验证,表示为:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n (C_{ik} - C_{jk})^2$$

$$\cos(\theta_{ij}) = \frac{\sum_{k=1}^n C_{ik} C_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (C_{ik})^2 \sum_{k=1}^n (C_{jk})^2}}$$

式中:*i*样品*k*指标的监测值为 C_{ik} (mg/L,pH值除外)。则 $i,j=1,2,\dots,P,i \neq j,P$ 为样品数; $k,z=1,2,\dots,n,k \neq z,n$ 为指标项目数。

2 应用实例

清凉泉水源地位于陶枣煤田西部矿区西南邻,为一隐伏型裂隙岩溶水水源地(图1)^②,可采资源量2117万 m^3/a 。20世纪90年代,受陶枣煤田矿坑排水影响,齐湖一带开采井受到了严重污染;根据(1991—2011年)地下水水质分析资料^③,清凉泉水源地地下水中的 SO_4^{2-} 、总硬度、矿化度等逐年增高(图2),

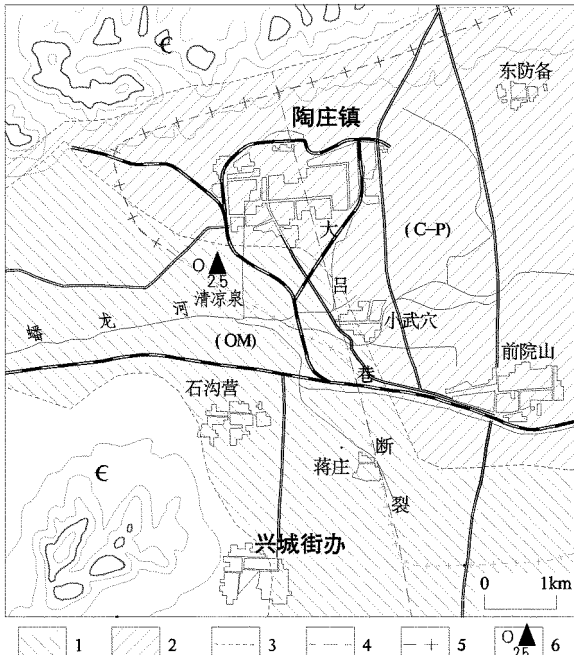
收稿日期:2014-05-26;修订日期:2014-09-12;编辑:曹丽丽

作者简介:周亚醒(1981—),女,河北安平人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:xingxing400732@126.com

①山东省鲁南地质工程勘察院,啤酒厂地下水污染调查报告,1999年

②山东省鲁南地质工程勘察院,充滕-两淮能源开发区山东省枣庄市清凉泉地区水文地质详查报告,1993年

③山东省鲁南地质工程勘察院,枣庄陶枣煤田地下水串层污染调查报告,2013年



1—裂隙岩溶含水岩组(隐伏型);2—孔隙裂隙岩溶含水岩组(隐伏型);3—含水岩组界线;4—断裂;5—陶枣煤田界线;6—水源地
图 1 研究区基岩水文地质略图

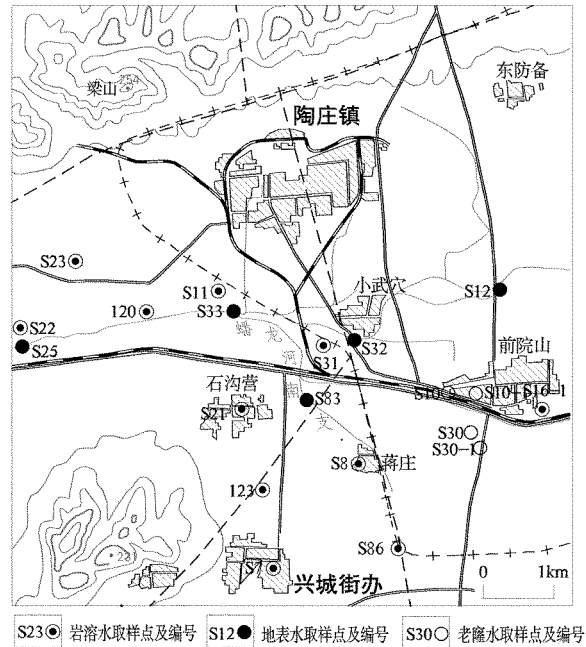


图 3 研究区取样点位置图

固体等 4 项,聚类结果见图 4、图 5。其中平方欧氏距离 S_{ij} 数值越小,相似度越高;夹角余弦 $\cos(\theta_{ij})$ 数值越大,相似度越高。

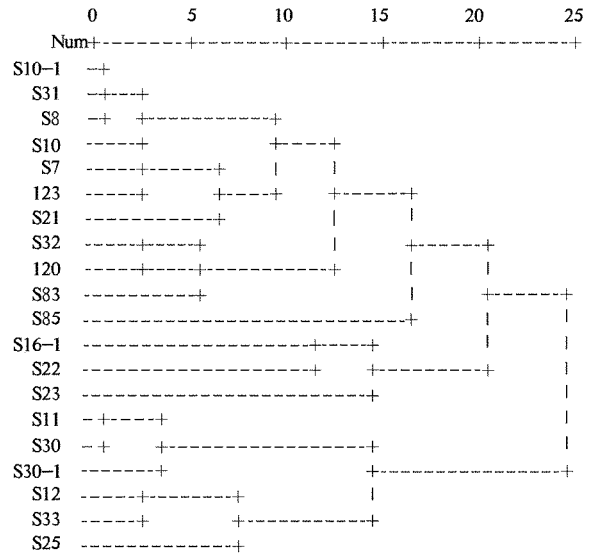


图 4 平方欧氏距离(S_{ij})聚类谱系图

根据聚类谱系图,可获取如下聚类信息:

(1)同一水环境的水样单独成群,如 S10-1, S10 同为老窿水,相似系数、欧氏距离分别为 0.916, 0.088; S32, S83, S12, S33 同为潘龙河的上游,相似系数、欧氏距离分别为 0.936, 0.082, 0.955, 0.322。说明本次聚类分析采用平方欧氏距离、夹角余弦均具有

均超出了生活饮用水卫生标准,尤以蟠龙河两岸污染最为严重^[5]。蟠龙河是流域内近 40 家煤矿企业的矿坑排水河道,河道内基岩裸露或上覆较薄第四系,地表水与地下水相互连通,存在的多处落水洞为该区地下水的重要补给来源,是地下水污染的主要原因。

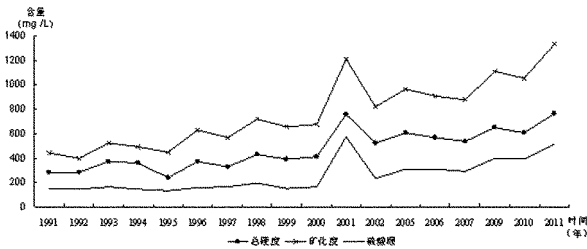


图 2 清凉泉水源地水质动态特征

2.1 水质取样

为分析岩溶地下水与地表水、老窿水之间的补排关系,分别对以上 3 种水资源进行了取样分析,包括岩溶水 11 组、地表水 5 组、老窿水 4 组,分析项目包括 pH, NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , F^- , Cl^- , CN^- , As, Hg, Cr^{6+} , Pb, Cd、总硬度、挥发性酚和溶解性总固体等共 16 项,取样点空间分布位置见图 3。

2.2 聚类结果

该次聚类指标为 Ca^{2+} , SO_4^{2-} 、总硬度、溶解性总

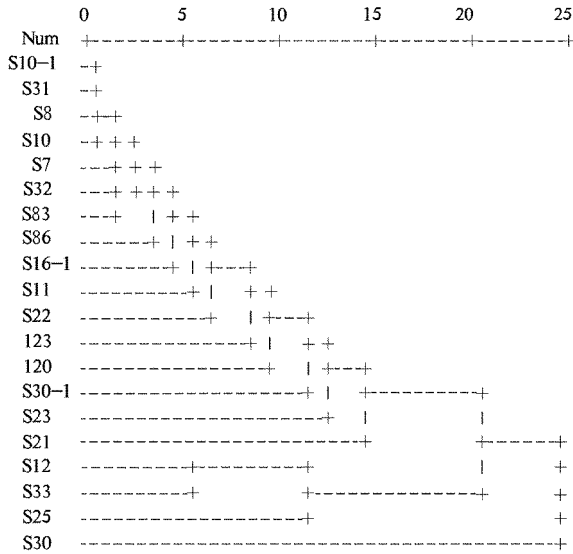


图 5 夹角余弦 $\cos(\theta_{ij})$ 聚类谱系图

较高的可行性和可靠性。

(2) 根据图 4、图 5，两种聚类方法 S10-1, S31, S8 和 S10 都可单独成群，说明老窿水 S10-1, S10 和岩溶水 S31, S8 之间存在水力联系；岩溶水 S31, S8 和老窿水 S10-1, S10 分别位于大吕巷断裂两侧，且岩溶水紧邻大吕巷左侧，说明大吕巷断裂是岩溶水、老窿水发生水力联系的通道之一。

(3) 聚类数据分析可知，120 号取样点水质受地表水影响明显，且影响程度明显大于老窿水（表 1）；120 号孔为陶庄镇齐湖村，位于潘龙河北侧，且该河道基岩裸露，并存在多处落水洞；由此说明，地表水亦是地下水污染的原因之一。

表 1 清凉泉水源地地下水与地表水、老窿水聚类分析

地下水编号	120			120				
地表水编号	S32	S33	S83	老窿水编号	S30	S30-1	S10	S10-1
S_{ij}	0.574	0.815	0.722	S_{ij}	3.004	1.227	0.990	0.885
$\cos(\theta_{ij})$	0.954	0.869	0.869	$\cos(\theta_{ij})$	0.714	0.717	0.785	0.852

因此，通过 Q 型聚类分析可知，地表水是清凉泉水源地污染的主要途径，结果与实际基本相符。聚类结果表明，岩溶水与老窿水水环境也具有相似性，通过大吕巷断裂发生水力联系。

3 结论

Q 型聚类分析作为一种统计方法，能够有效的应用到水化学数据的处理上。通过对水样进行分类，分析分类间的联系程度，揭示地下水污染的途径及影响程度，是有效防治地下水污染的途径之一。

参考文献：

- [1] 马荣, 石建省. 模糊因子分析在地下水污染评估中的应用——以河南省洛阳市为例[J]. 地球学报, 2011, 32(5): 611-622.
- [2] 马立文, 窦齐丰. 用 Q 型聚类分析与判别函数法进行储层评价[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(1): 83-86.
- [3] 成秋明. 多维分形理论和地球化学元素分布规律[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(3): 53-63.
- [4] 王焰新. 地下水污染与防治(C)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 109-112.
- [5] 姚春梅, 姜宏汝. 煤矿排水对枣庄市清凉泉水源地污染作用分析[J]. 山东国土资源, 2006, 22(5): 46-49.

Application of Q Cluster Analysis in Underground Pollution Research in Zaozhuang City

ZHOU Yaxing

(Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: In this paper, principle and method of Q cluster analysis have been introduced. According to monitoring data and the characteristics of dynamic change of cool spring water quality, pollution factors are determined by Q cluster analysis, and the causes for the pollution of the cool spring water have been identified. It is showed that Q cluster analysis is an effective method in the water pollution investigation.

Key words: Cluster analysis; groundwater; pollution; Qingliangquan spring in Zaozhuang city