

新疆博州地区地下水水化学成分特征灰关联分析

陈志军¹, 朱 健¹, 张 晶²

(1. 新疆博州水文水资源勘测局, 新疆 博乐 833400)

(2. 新疆昌吉水文水资源勘测局, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 依据新疆博州地区 20 处地下水水样的水质化验数据, 应用关联分析与相关分析相结合的分析方法, 分析了地下水样中几种成分与总硬度、总碱度、电导率及矿化度 4 个指标之间的关系。结果表明, 总硬度变化主要受 Mg^{2+} 影响, 水中 HCO_3^- 含量与总碱度关系密切, 电导率主要受 SO_4^{2-} 影响, SO_4^{2-} 与 Cl^- 对矿化度有较大影响。通过相关分析, 发现它们之间线性相关性较好。

关键词: 博州; 地下水; 总硬度; 总碱度; 电导率; 矿化度

中图分类号: P641.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2009)01-0027-04

博尔塔拉蒙古自治州(以下简称博州)地处亚欧大陆腹地, 位于新疆维吾尔自治区西北部, 准噶尔盆地西端, 地理位置东经 $79^{\circ}53' \sim 83^{\circ}53'$, 北纬 $44^{\circ}02' \sim 45^{\circ}23'$ 。行政区域包括博乐市、温泉县、精河县和阿拉山口。区域内干旱少雨, 多年平均降雨量为 153.8 mm ; 蒸发量多年平均高达 1988 mm 。在强烈的蒸发条件下, 有些区域的盐分随水分沿毛管带上升, 阳光曝晒, HCO_3^- 转化为 CO_3^{2-} , 形成苏打等覆盖于地表, 造成土壤板结硬化及次生盐碱化。要治理土壤盐碱化、合理开发利用地下水, 首先必须对地下水水质进行准确有效的评价。本文应用灰关联分析方法对该地区地下水中各种离子含量与总硬度、总碱度、矿化度、电导率四个指标之间的关系进行了分析, 指出了它们之间的关联程度, 在此基础上采用相关分析反映它们之间相互关系, 快速判断出水水质状况, 为博州地区地下水资源的开发利用提供参考。

1 研究方法

1. 基本思想。灰关联分析方法是对系统

所包含的相互联系、相互影响、相互制约的因素之间关联程度进行定量比较的一种方法^[1], 其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断它们联系是否紧密。曲线越接近, 表明序列之间的关联度越大, 反之越小。研究序列可以是时间序列, 也可以是空间序列。通过关联分析可以找出对几种指标变化影响大的离子, 再结合相关分析, 分析它们之间的关系。

2 关联分析基本原理。根据灰色系统关联分析理论, 关联分析, 首先要指定参考数据列与比较数据列。设参考数据列为 $X_0 = [X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)]$, 式中 n 为序列长度; 比较数据列记为 $X_1, X_2, \dots, X_k$ 。在计算关联系数之前, 各数列量纲最好是相同的, 采用初值化处理(即用每一个数列的第一项除其它项), 将其化为无量纲数列, 这样也便于分析计算。采用下面关系式来表示比较曲线与参考曲线在各点的差,

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (1)$$

上式中, $\xi_i(k)$ 为 X_i 对 X_0 在 k 时刻的关联系数,

收稿日期: 2008-08-22 修回日期: 2008-12-09

作者简介: 陈志军(1978-), 男, 江苏江阴人, 工程师, 学士学位, 主要从事水环境监测评价工作。E-mail: chenzhijun907@163.com

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$m_i \wedge m_k | X_0(k) - X_i(k) |$ 为两级最小差, 第一级最小差 $\Delta_i(m_i) = m_i | X_0(k) - X_i(k) |$ 是指在绝对值 $| X_0(k) - X_i(k) |$ 中按不同 k 值找出其中最小者。第二级最小者 $m_i \wedge (\Delta_i(m_i)) = m_i \wedge (m_i | X_0(k) - X_i(k) |)$ 是在 $\Delta_1(m_1), \Delta_2(m_2), \dots, \Delta_n(m_n)$ 中选最小者。 $\max_i \max_k | X_0(k) - X_i(k) |$ 是两级最大者, 其算法与两级最小者的求法相反。 $\eta \in (0, 1)$ 是选定的数, 称为分辨系数。本文计算中选取 $\eta = 0.5$ 。由于关联系数很多, 信息过于分散, 不便于比较, 因此有必要将各个时刻关联系数集中成一个值, 在这里采用平均值法进行处理,

即
$$r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \xi_i(k). \tag{2}$$

被称为曲线 对参考曲线 的关联度。

根据计算出的 大小顺序就可以找出比较数列中哪几项与参考数列关系密切, 从而便于从众多因素中能够找出它们之间的紧密程度, 从中找出主要影响因素, 有助于水质分析。

关联分析反映了离散数列空间收敛性和接近程度, 是一种几何分析方法^[2]。关联空间中关联映射并非唯一, 即使是关联子空间特定关联映射如式 (1), 也只有在确定的分辨系数 η 下, 进行确定的纯量化处理后才是唯一的。因素间的关联程度主要用关联度次序来确定, 而不完全是关联度数值大小。

2 计算与分析

根据新疆博州 20 个地下水水样数据, 用灰关联分析与相关分析相结合对地下水水化学成分进行分析, 探讨了主要元素之间的关系。

2.1 总硬度与 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的关系

水的总硬度一般指 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度总和^[3]。硬度主要与水中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量有关, 故对总硬度与 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 进行关联分析, 采用式 (1) 与式 (2), 找出引起总硬度变化的主要因素。经计算 Mg^{2+} 对总硬度的关联度为 $r = 0.936$ Ca^{2+} 对总硬度的关联度为 $r = 0.815$ 见此地区地下水中, 引起总硬度变

化的主要因素是 Mg^{2+} , 相关曲线如图 1 所示。可见随着 Mg^{2+} 含量增加, 水的硬度也随之提高。经图 1 中相关性检验, 两者相关系数 $R = 0.878$, 查表 $\alpha = 0.01$ 时 $R_{0.01}(n-2) = 0.342$ $R > R_{0.01}(n-2)$, 故两者线性相关性较好。

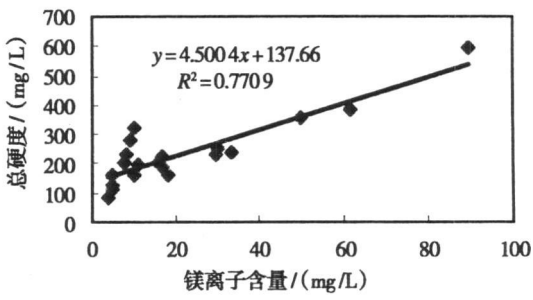


图 1 地下水总硬度与 Mg^{2+} 的关系
Fig 1 Relation between groundwater total hardness and Mg^{2+}

2.2 总碱度与 HCO_3^- 的关系

碱度包括水中重碳酸盐碱度 (HCO_3^-), 碳酸盐碱度 (CO_3^{2-}) 和氢氧化物碱度 (OH^-)^[3]。水中 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 和 OH^- 的总量称为总碱度。地下水碱性与水中弱酸根离子有关, 水样中弱酸根离子有 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} , 监测资料中 CO_3^{2-} 含量全部为零, 故只对 HCO_3^- 与总碱度进行分析。水中 CO_3^{2-} 全部为零, 据碳酸平衡规律^[3] PH 在 4.5 ~ 10 存在 HCO_3^- 碱度, 当 $PH \leq 8.32$ 时, CO_3^{2-} 就全部转化为 HCO_3^- 。20 处水样水质指标中 PH 值在 7.6 ~ 8.2 之间, 故水样中总碱度表现为 HCO_3^- 碱度, 总碱度与 HCO_3^- 相关性非常好, 两者的相关系数 $R \approx 1$, 相关曲线如图 2 所示。监测数据见表 1。

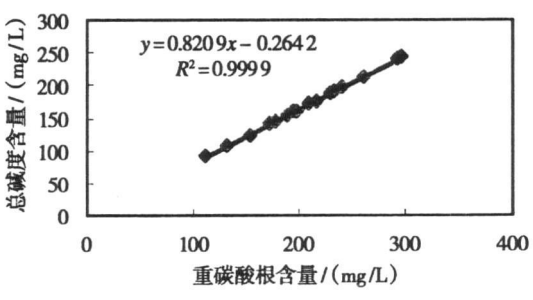


图 2 地下水总碱度与 HCO_3^- 的关系
Fig 2 Relation between groundwater total alkalinity and HCO_3^-

2.3 电导率与 SO_4^{2-} 的关系

电导率表示溶液传导电流的能力,通过电导率测定可以间接推测水中离子成分的总浓度,了解水源矿物质污染程度^[3]。应用关联分析法对地下水中电导率与 SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} 进行分析,它们对电导率的关联度分别为 $\text{f}_1=0.831$, $\text{f}_2=0.712$, $\text{f}_3=0.795$, $\text{f}_4=0.621$, $\text{f}_5=0.746$ f_1 最大,这说明对电导率变化影响的主要因素是 SO_4^{2-} 。按阿列金分类法,说明博州地下水组成以 SO_4^{2-} 为主,即为微咸水或咸水。从电导率变化可以判断地下水的咸化状况,从而说明矿物质的污染程度。相关曲线见图 3 线性相关系数 $R=0.921$,两者线性相关性好。

表 1 HCO_3^- 与 HCO_3^- 监测数据表

监测点	指标		
	HCO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-
1	8.2	0.00	229
2	7.8	0.00	261
3	8.0	0.00	172
4	7.8	0.00	233
5	8.3	0.00	111
6	8.2	0.00	217
7	8.0	0.00	197
8	8.1	0.00	188
9	8.2	0.00	172
10	7.6	0.00	293
11	7.9	0.00	178
12	8.1	0.00	153
13	7.9	0.00	172
14	7.7	0.00	296
15	8.2	0.00	210
16	7.6	0.00	195
17	8.1	0.00	131
18	8.1	0.00	131
19	7.9	0.00	240
20	8.0	0.00	198

2.4 矿化度与 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的关系

矿化度表示水中各种盐类总和,即水中全部阳离子和阴离子总和。地下水中,随着矿化度变化,主要离子成分也随之发生变化,通常情况下低矿化水常以 HCO_3^- 及 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 为主;高矿化水则以 Cl^- 为主;中等矿化水中阴离子以 SO_4^{2-} 为主^[4]。这主要由于各种盐类在水中溶解度不同,氯盐溶解度最大,硫酸盐次之,碳酸盐较小。

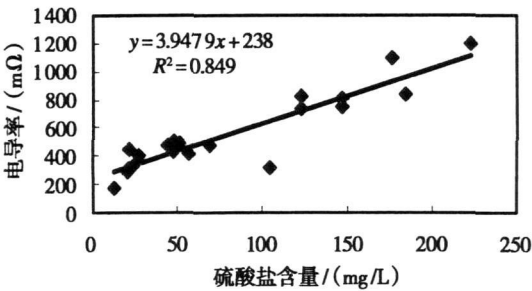


图 3 地下水电导率与 SO_4^{2-} 关系

Fig 3 Relation between groundwater conductivity and SO_4^{2-}

分析地下水中 SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} 对矿化度指标的关联程度,得到关联度分别为 $\text{f}_1=0.941$, $\text{f}_2=0.892$, $\text{f}_3=0.925$, $\text{f}_4=0.811$, $\text{f}_5=0.845$ 由于 $\text{f}_1 > \text{f}_2 > \text{f}_3 > \text{f}_4 > \text{f}_5$ 可知对矿化度变化起主要影响的是 SO_4^{2-} 与 Cl^- ,相关曲线见图 4与图 5。矿化度与 SO_4^{2-} 与 Cl^- 相关系数 R 分别为 0.924和 0.817,线性相关关系良好。从矿化度变化同样可以判断水质的咸化程度,从所监测的数据来看,博州地区地下水(按地下水质量分类标准)一类水占 32.4%,二类水占 31.3%,三类水占 36.3%。

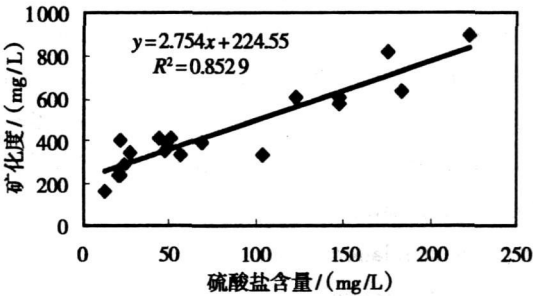


图 4 地下水矿化度与 SO_4^{2-} 关系

Fig 4 Relation between mineralization degree and SO_4^{2-}

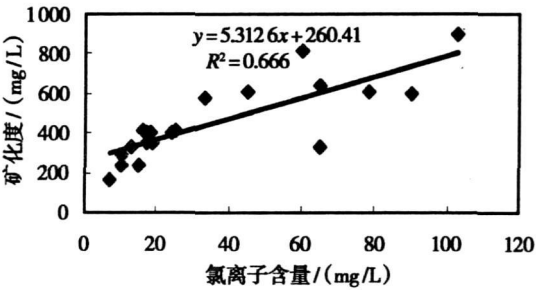


图 5 地下水矿化度与 Cl^- 关系

Fig 5 Relation between mineralization degree and Cl^-

3 结 语

应用关联分析与相关分析相结合的分析方法,分析了博州地区地下水中离子与矿化度、总硬度、总碱度和电导率 4 个指标之间的关系,结果如下:①引起总硬度变化的主要因素是 Mg^{2+} ;② HCO_3^- 与总碱度有非常好的线性关系;③电导率主要受 SO_4^{2-} 的影响;④ SO_4^{2-} 与 Cl^- 同矿化度有良好的线性关系。从以上的相关分析中可以得出,博州地区地下水主要以 SO_4^{2-} 为主,属中等矿化度水质。通过地下水中各离子的变化情况就可以掌握矿化度、总硬度等离

子指标的变化情况,快速判断出地下水质量状况,为博州地区地下水资源的开发利用提供参考。

参考文献:

[1] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 33—78.
[2] 夏军. 灰色系统水文学——理论、方法及应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 2000: 129—138.
[3] 黄君礼. 水分析化学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997: 5—12.
[4] 宋克强. 水文地质及工程地质学[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991: 83—86.

The Properties of Groundwater Chemical Composition by Gray Relevancy Analysis in Boertala, Xinjiang

CHEN Zhi-jun¹, ZHU Jian¹, ZHANG Jing²

(1. Hydrological and Water Resources Survey Bureau of Boertala Prefecture, Boertala 833400, China;
2. Hydrological and Water Resources Survey Bureau of Changji Prefecture, Changji 831100, China)

Abstract: Based on water quality testing data of groundwater samples from 20 different locations in Boertala areas of Xinjiang, the method of relevancy analysis combined with correlation analysis is used to research the relations between several chemical compositions of groundwater samples and 4 indexes which being total hardness, total alkalinity, conductivity and mineralization. The results show that the variation of total hardness is mainly influenced by Mg^{2+} ; HCO_3^- content is closely related to total alkalinity; conductivity is mainly affected by SO_4^{2-} ; and SO_4^{2-} and Cl^- have the great impact upon the mineralization. A good linear relationship among them is found by the correlation analysis.

Key words: Boertala; Groundwater; Total hardness; Total alkalinity; Conductivity; Mineralization degree