

鲁中南典型岩溶区岩溶水水化学特征及成因分析 ——以双村岩溶水系统为例

赵庆令^{1,2}, 李清彩^{1,2}, 卜 华¹, 万 森³

(1.山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 2.中国地质大学环境学院, 湖北 武汉 430074;
3.山东省物化探勘察院, 山东 济南 250013)

摘 要:通过对 2013 年 9 月在双村岩溶水区域采集测试的 18 组岩溶水化学资料进行分析,探讨了该区地下水的水化学特征,并利用 R 型因子分析法对影响该区岩溶水化学组分的 3 个主要因素进行了研究,分析结果表明:弱碱性地球化学背景下地下水对包气带的离子类质同象替代作用影响着岩溶水中 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 F^{-} ,人为污染因素控制着 Cl^{-} 、 Na^{+} 、 NO_3^{-} 、 SO_4^{2-} ,岩溶水中的 HCO_3^{-} 、 Ca^{2+} 、pH 值受岩溶碳汇因素所影响。以上 3 种因子可以解释双村岩溶区岩溶水水化学特征 87.103% 的成因。

关键词:成因分析;化学特征;岩溶水

中图分类号:P641.3; P641.134; P942.25 文献标识码:A 文章编号:1000-0852(2015)02-0070-07

地下水水质受水岩作用、大气以及人类活动等因子的共同影响,这些因素既是地下水资源评价的主要内容,也是为制定地下水合理开发利用方案提供的重要依据,因此有关地下水化学特征的形成及影响因素研究一直是国内外水文地球化学的研究重点^[1-2]。由于地下水化学成分多样性的复杂性,往往需要多个变量才能全面刻画地下水水质的真实特征,但是涉及变量的增多,往往会增加计算的复杂性,反而越难以揭示变量间的相关性,使得主要影响因素不能完全凸显出来。因子分析法作为一种多元统计数学方法,可以通过较少的具有代表性的变量组合因子来概括多变量所提供的信息,找出影响观测数据的主要因素,这样既减少因子数目,又能够把握研究对象之间的相互关系,为研究水化学形成的因素提供了很好的研究方法^[3]。

1 双村岩溶水系统概况

双村岩溶水系统位于山东省邹城市西南部的双村至微山县两城地区,东临峰山,西至南阳湖,南接独山湖,北到邹城市北宿-任城区接庄一线(如图 1 所示),

地理坐标东经 $116^{\circ}40' \sim 117^{\circ}03'$,北纬 $35^{\circ}06' \sim 35^{\circ}20'$,面积约 553 km^2 。该区处于暖温带半湿润大陆性季风气候区,年均气温 17.9°C ,多年平均降水量 704 mm ,多年平均蒸发量 2010.9 mm 。

双村岩溶水系统处在鲁西台隆兖州凸起的南部,是一个由东部的峰山断裂、西部的孙氏店断裂、南部的鳊山断裂控制的单斜构造断块,属于鲁中南水文地质单元的一部分,如图 2 所示。分布地层从南往北依次为寒武系、奥陶系和第四系,寒武系主要出露于南部低山丘陵区,奥陶系大面积隐伏于中北部区域第四系之下,在唐村-太平-接庄一线以北,分布石炭-二叠系含煤岩系。区域内南部低山丘陵区含水介质以寒武系碳酸盐岩夹碎屑岩为主,岩溶发育深度多在 100 m 以浅,岩溶形态主要为溶隙、溶孔,发育程度较弱,含水层富水性较差,井孔单位涌水量一般小于 $100 \text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,局部地段可达 $100 \sim 500 \text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 。中北部大面积灰岩隐伏区含水介质以奥陶系碳酸盐岩为主,岩溶发育深度多在 $20 \sim 300 \text{ m}$ 之间,岩溶形态以溶蚀裂隙和溶蚀孔洞为主,发育均一性程度相对较高,含水层富水性好,井孔单位涌水量一般 $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$;双村-唐

收稿日期:2014-06-08

基金项目:山东省地质勘查研究项目——鲁中南典型岩溶水系统地下水水质模型研究(鲁勘字[2012]087)

作者简介:赵庆令(1983-),山东单县人,工程师,主要从事环境影响评价及仪器分析研究工作。E-mail:zqlzh@126.com

村、黄路屯-泉上、两城三个地段井孔单位涌水量大于 $1\,000\text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,形成岩溶强富水地段,如图 3 所示。

天然状态下,岩溶水从南部山区向北部双村、黄路屯一带径流,受煤系地层阻挡后转向西南往湖区方向径流,以泉或侧向径流的方式向南四胡排泄。自 20 世纪 80 年代中后期,为满足当地工农业经济的快速发展需求,邹县发电厂的双村、两城水源地和邹城市的唐村水源地相继建成运行,岩溶水流场发生改变,现形成以双村、唐村为中心,轴向呈北东—南西向展布的长条状水位降落漏斗,岩溶水的主要补给来源是南部低山丘陵区大气降水入渗和山前地带白马河河水的渗漏;其

次是隐伏区第四系孔隙水的越流和山前地带农田灌溉水的回渗;有时来自西南部湖区岩溶水的反向径流也对岩溶水有一定的补给作用。

2 研究方法

2.1 样品采集

双村岩溶水系统是一个由东部的峰山断裂、西部的孙氏店断裂、南部的鳊山断裂控制的单斜构造断块,属于鲁中南水文地质单元的一部分,鉴于区内个别基岩井的水质在丰水期和枯水期波动较大,本文特选择平水期的基岩井水质作为研究对象。2013 年 9

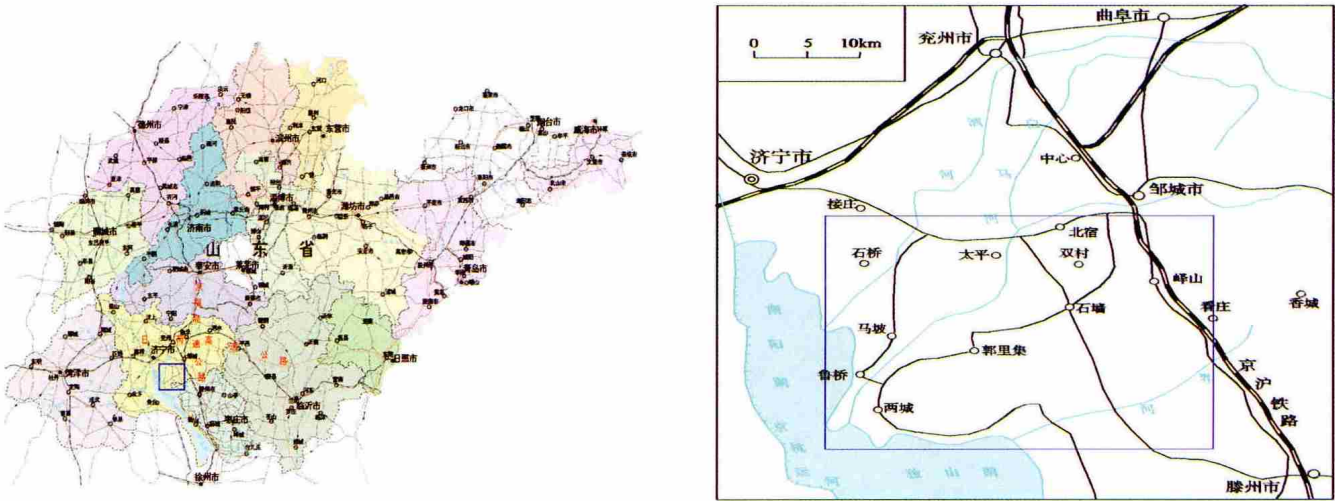


图 1 双村岩溶水系统地理位置图

Fig.1 The location of the karst water in Shuangcui

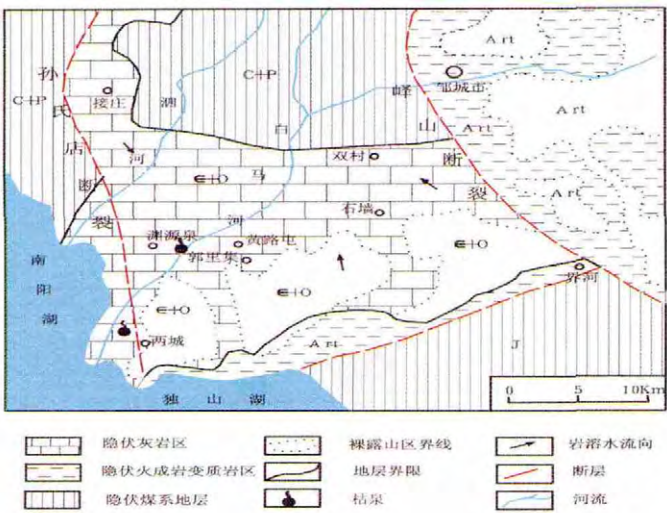


图 2 双村岩溶水系统地质构造示意图

Fig.2 The schematic geological structure of the karst water in Shuangcui

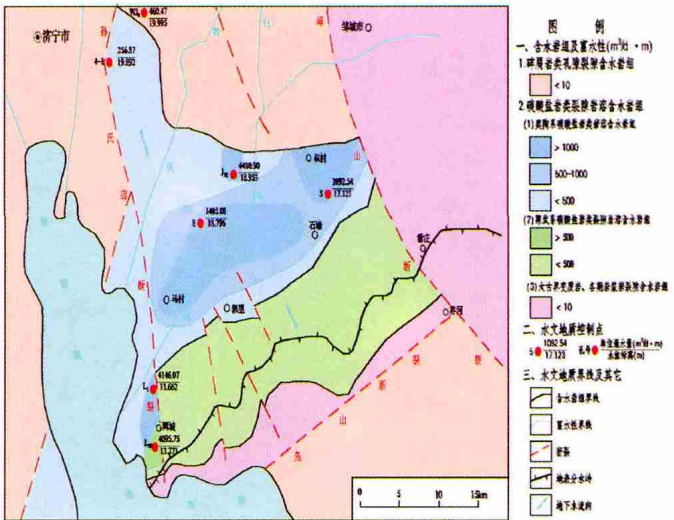


图 3 双村岩溶水系统水文地质示意图

Fig.3 The schematic hydrogeology of the karst water in Shuangcui

月,在研究区的9个乡镇采集基岩钻井水水样18个,采样点分布示意图如图4所示。采样前先对采样水井预抽水20~30 min,待水温及电导率稳定后再采集水样;水样用经稀盐酸清洗过的聚乙烯水桶(容积5 L)采集,采样前用目标水样清洗4~5次;采集约5 L水样后立即密封,并于4℃冷藏、遮光保存,第一时间送至实验室检测。

2.2 测试方法

岩溶水样品由山东省鲁南地质工程勘察院试验测试中心依据GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》要求测试完成,采用火焰原子吸收分光光度法测定 K^+ 、 Na^+ ,乙二胺四乙酸二钠滴定法测定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,硝酸银容量法测定 Cl^- ,硫酸钡烧灼称量法测定 SO_4^{2-} ,盐酸滴定法测定 HCO_3^- ,麝香草酚分光光度法测定 NO_3^- -N,氟离子选择性电极法测定F,玻璃电极法测定

pH值。并在测试期间借助标准样、密码样、监控样等多种监控手段,保证了分析质量的可靠性。

2.3 因子分析方法

因子分析法是一种降低变量维数的方法,根据研究对象的不同,因子分析可以分为Q型因子分析和R型因子分析,前者是从变量群中提取共性因子,后者是研究个案群的共性因子。在水文地球化学研究领域,R型因子分析通过研究变量间相关矩阵内部结构,能够剔除水化学组分中独立和重复的成分,把许多彼此间具有错综复杂联系的变量归纳为少数几个公共因子。每一个公共因子意味着各水化学组分之间的一种基本结合方式,它往往指示水化学特征的某种成因,可以用来解释存在于水化学组分之间错综复杂的关系^[3-6]。

本研究利用SPSS 18.0 统计分析软件,采用通用

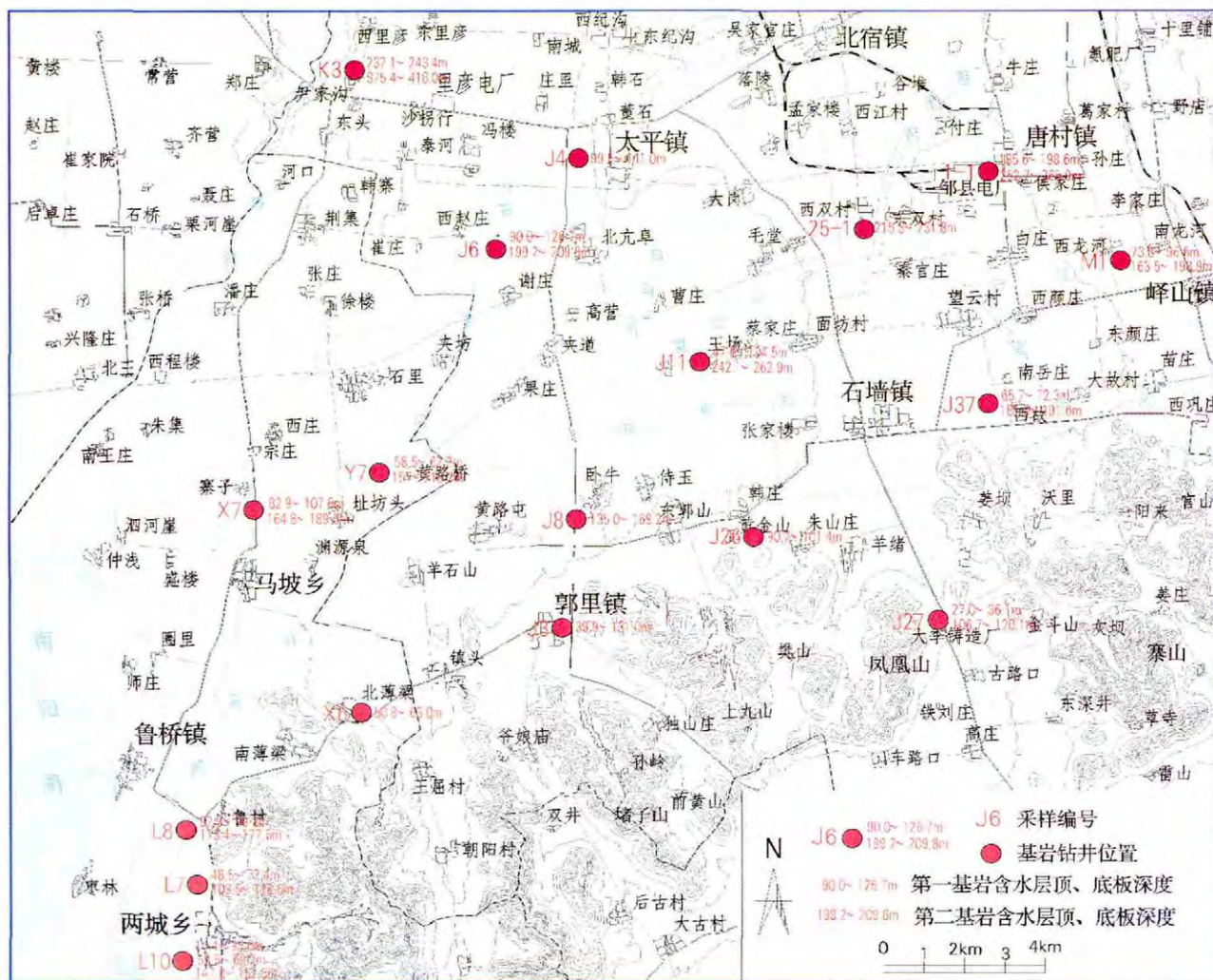


图4 双村岩溶水采集位置及采样深度示意图

Fig.4 The sampling sites and sampling depth of the karst water in Shuangcui

的主成分提取、方差最大正交旋转因子等方法,完成对研究区 18 组地下水样的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 F^- 、 NO_3^- 、pH 共 10 项水质指标的因子分析。

3 结果与讨论

3.1 岩溶水水化学特征

对双村岩溶水系统地区 2013 年 9 月采集的 18 组岩溶水样品中的 10 项化学指标数据进行统计,结果见表 1。阳离子质量浓度由大到小依次是: Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ ,平均质量浓度为 128.66、34.03、26.56、1.37 mg/L;阴离子质量浓度由大到小依次为: HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 F^- ,其平均质量浓度为 264.53、163.00、80.98、40.98、0.29 mg/L;依据 GB 5749—2006《国家生活饮用水卫生标准》,该区域岩溶水大多符合饮用水标准,但部分样品的化学指标的最大浓度值仍然超出了国家标准,例如 NO_3^- 的浓度最大值远超过饮用水标准 (44 g/L),其平均值也接近标准限值。

从 Piper 三线图(图 5)可以看出,南部低山丘陵地区,岩溶水主要接受大气降水的补给,水中的化学成分类型较少,且含量较低,溶解性总固体一般小于 0.5 g/L,水化学类型多为 HCO_3-Ca 型;中北部灰岩隐伏区,随着径流途径增长和补给来源增加,水中的化学成分类型增多,含量升高,水化学类型也逐渐变得相对复杂,溶解性总固体 0.4~1.3 g/L,水化学类型以 $Ca \cdot Mg-HCO_3 \cdot SO_4$ 型、 $Ca \cdot Mg-HCO_3 \cdot SO_4 \cdot Cl$ 型、 $Ca-HCO_3 \cdot Cl \cdot SO_4$ 型为主,个别地区出现 $Ca \cdot Na-HCO_3 \cdot Cl$ 型、 $Ca \cdot Na-HCO_3 \cdot Cl \cdot SO_4$ 型。

3.2 R 型因子分析

在分析双村岩溶地区岩溶水水化学特征值的方差累计贡献率(表 2)的基础上,确定本次研究的 3 个主因子,每个因子的特征值大于 1,其方差累计贡献率达 87.103%,可以反映样本总体 87.103%的信息量,其因子荷载矩阵见表 3。

由于因子荷载矩阵具有非唯一性,本文再采用方

差最大旋转法 (Varimax Rotation) 对因子轴做适当旋转,使每个因子上具有最高荷载的变量数最少,从而简化对因子的解释,更好地揭示水化学数据的内在信息。应用方差最大旋转法得到的因子荷载矩阵见表 3。

本次研究以方差贡献率最大且特征值大于 1.00 的 3 个因子作为主因子,组成评判对象,由表 3 可知,因子 1 的方差贡献率为 39.132%,因子 2 的方差贡献率为 33.740%,因子 3 的方差贡献率为 14.231%,3 个因子的累积贡献率为 87.103%,因此,3 个因子所表达的信息量占总体信息量的 87.103%,可以用于说明双村岩溶系统岩溶水的形成的主要影响因素。其岩溶水成分的影响因素分析如下:

因子 1 与 Mg^{2+} 、 K^+ 、 F^- 显著正相关,方差极大旋转后的方差贡献率为 36.710%,反映了弱碱性地球化学背景下地下水对包气带的离子类质同象替代作用,是控制岩溶水化学成分的最重要因子。由于在包气带层土壤中含有长石($KAlSi_3O_8$) $_x$ ($NaAlSi_3O_8$) $_y$ ($CaAl_2Si_2O_8$) $_z$ 、伊利石 $K_{0.75}(Al_{1.75}Mg)[Si_{3.5}Al_{0.5}O_{10}](OH,F)_2$ 、电气石(Na,K,Ca)(Al,Fe,Li,Mg,Mn) $_3(Al,Cr,Fe,V)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH,F)_4$ 、白云母 $K(Mg,Al)_x[AlSi_3O_{10}](OH,F)_y$ 等铝硅酸盐原生矿物,

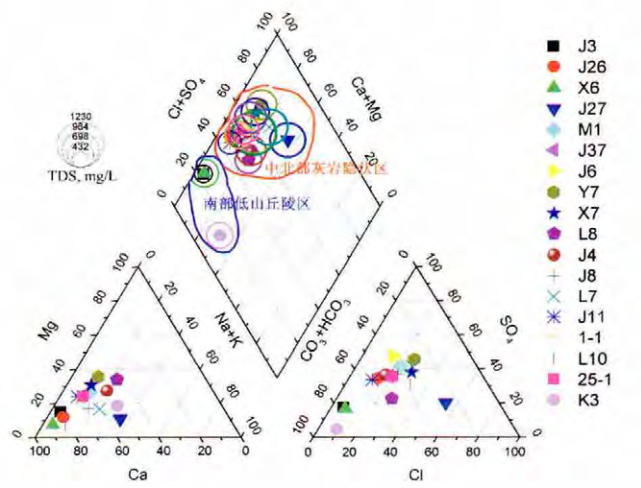
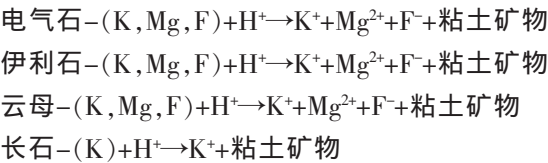


图 5 双村岩溶区域岩溶水 Piper 三线图
Fig.5 Piper trilinear chart of the karst water in Shuangcui

表1 双村岩溶水系统岩溶水水化学指标统计(n=18,pH值为无量纲)
Table 1 The chemical indexes of the karst water in Shuangcui

编号	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	F^-	NO_3^-	pH	TDS
最小值	0.44	7.00	81.28	8.00	12.43	47.38	154.97	0.10	1.03	6.80	432.15
最大值	2.25	78.26	217.86	51.62	257.65	285.25	442.96	0.60	105.51	7.70	1229.16
平均值	1.37	34.03	128.66	26.56	80.98	163.00	264.53	0.29	38.76	7.29	754.61
标准偏差	0.57	22.25	39.74	12.70	58.29	66.39	74.47	0.16	25.17	0.25	202.30
变异系数	41.23	65.39	30.88	47.82	71.98	40.73	28.15	56.05	64.94	3.37	26.81

这些矿物质的离子类质同象替代普遍存在^[7-9],反应式如下:



另外,在碳酸盐类矿物的溶解过程中,当地下水中Mg²⁺含量较低时,Ca²⁺可置换碳酸盐矿物中的Mg²⁺^[9],反应式为:(Mg,Ca)CO₃+Ca²⁺→Mg²⁺+CaCO₃。

因子2与Cl⁻、Na⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻显著正相关,方差极大旋转后的方差贡献率为26.804%,为人为污染因素。研究区内白马河和泗河上游的含煤地层往往伴生黄铁矿,煤矿开采时产生的矿坑排水常含有大量的SO₄²⁻;火电厂及焦化厂排放的废气中含有大量的SO₂及氮氧化合物,被雨水吸收后构成富含硫酸和硝酸的“酸雨”降至地面;化工企业(如化肥厂、造纸厂、铸造厂)及居民生活污水中含有大量的Cl⁻、Na⁺、SO₄²⁻、NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻、含氮有机物,Cl⁻、Na⁺、SO₄²⁻、NO₂⁻、NO₃⁻等离子不

易被植物所吸收,而NH₄⁺、NO₂⁻、及含氮有机物在微生物及O₂的作用下,均会被氧化成稳定的NO₃⁻存在与岩溶水中^[10-11];农作物耕种过程中化肥及农药的长期普遍使用,也会致使土壤层孔隙水中Cl⁻、Na⁺、NO₃⁻含量累计增加。多年来,随着开采量不断增加,双村岩溶地区的地表水对地下水的补给量也逐渐加大,并且双村岩溶水系统具有强开放强渗透特性^[12],以及区域内废弃的基岩水井长期缺乏保护,致使上部被认为污染的地表水和孔隙水可以轻易通过越流或径流方式补给岩溶水,造成岩溶水中Cl⁻、Na⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻含量有逐渐增高的趋势。

因子3与HCO₃⁻、Ca²⁺显著正相关,与pH值显著负相关,方差极大旋转后的方差贡献率为23.589%,为岩溶碳汇因素。岩溶碳汇是发生在岩溶地区的岩石圈、水圈、生物圈、大气圈界面上的水、碳、钙(镁)循环系统(如图6所示),在岩溶动力系统理论中,认为岩溶碳汇作用是发生在一种三相不平衡的开放系统中,在自然界,这种作用必然将水循环系统与碳循环系统

表2 R型因子分析解释的总方差

Table 2 The total square deviation of the results from R factor method

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差贡献率/%	累积贡献率/%	合计	方差贡献率/%	累积贡献率/%	合计	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.913	39.132	39.132	3.913	39.132	39.132	3.671	36.710	36.710
2	3.374	33.740	72.872	3.374	33.740	72.872	2.680	26.804	63.514
3	1.423	14.231	87.103	1.423	14.231	87.103	2.359	23.589	87.103
4	0.621	6.213	93.316						
5	0.286	2.862	96.178						
6	0.156	1.559	97.737						
7	0.151	1.512	99.249						
8	0.042	0.422	99.671						
9	0.023	0.234	99.905						
10	0.009	0.095	100.000						

表3 水化学指标的因子载荷矩阵及方差极大旋转因子载荷矩阵

Table 3 The factor loading matrix of the hydrochemical index and twiddle factor matrix of varimax

化学指标	因子载荷矩阵			方差极大旋转因子载荷矩阵		
	因子1	因子2	因子3	因子1	因子2	因子3
K ⁺	0.937	0.198	0.022	0.919	0.197	-0.186
Na ⁺	0.226	0.830	-0.329	0.246	0.873	0.158
Ca ²⁺	-0.250	0.786	0.422	0.020	0.363	0.852
Mg ²⁺	0.909	0.207	0.220	0.954	0.085	-0.025
Cl ⁻	0.117	0.744	-0.582	0.053	0.949	-0.042
SO ₄ ²⁻	0.668	0.668	0.085	0.760	0.521	0.223
HCO ₃ ⁻	-0.347	0.457	0.762	-0.022	-0.109	0.948
F ⁻	0.877	-0.076	0.318	0.908	-0.202	-0.104
NO ₃ ⁻	-0.420	0.734	-0.184	-0.332	0.674	0.430
pH	0.754	-0.483	-0.161	0.582	-0.249	-0.654

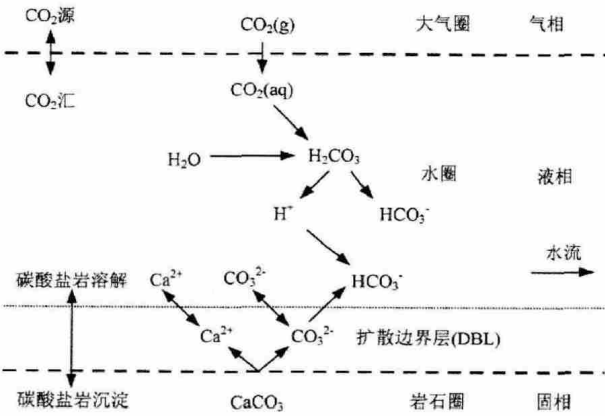


图6 岩溶碳汇系统概念模型

Fig.6 The conceptual model of the karst carbon sink system

相耦联^[13-15]。因此,周而复始的水循环成为大气中 CO₂ 固化的重要载体^[16-17],另外,植物、生物、微生物也会驱动岩溶作用的发生^[18-20]。

4 结论

以双村岩溶水系统的岩溶水为例,运用水文地质学、元素地球化学、环境学等基本理论与数学统计学相结合的手段,创新采用了 R 型因子分析法对岩溶水水化学特征及其成因进行了初步探讨,并为相关岩溶区域地下水水化学特征成因研究提供借鉴。

双村岩溶水系统的南部低山丘陵地区岩溶水水化学类型多为 HCO₃-Ca 型;中北部灰岩隐伏区岩溶水水化学类型以 Ca·Mg-HCO₃·SO₄ 型、Ca·Mg-HCO₃·SO₄·Cl 型、Ca-HCO₃·Cl·SO₄ 型为主,个别地区出现 Ca·Na-HCO₃·Cl 型、Ca·Na-HCO₃·Cl·SO₄ 型。

研究区的岩溶水水化学特征主要是由弱碱性的地球化学背景下地下水对包气带的离子类质同象替代作用、人为污染因素、岩溶碳汇作用等因素共同影响的结果,3 个因素可以解释该区岩溶水水化学特征 87.103% 的成因。弱碱性地球化学背景下地下水对包气带的离子类质同象替代作用是影响双村岩溶水系统岩溶水水化学特征最重要因素,并对岩溶水中 Mg²⁺、K⁺、F⁻ 的浓度影响最大;岩溶水中 Cl⁻、Na⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻ 的广泛检出反映了煤矿开采、工业三废排放、农业耕种、生活排污等人类活动对地下水水化学组分的影响;而 HCO₃⁻、Ca²⁺ 则与岩溶碳汇作用息息相关。

参考文献:

- [1] Jiang Y, Yuan D, Zhang C, et al. Impact of land use change on groundwater quality in a typical karst watershed of southwest, China [J]. Hydromgeology Journal, 2008,16(4):727-735.
- [2] Hinkle S R, Bohlke J K, Duff J H, et al. Aquifer-scale controls on the distribution of nitrate and ammonium in groundwater near La Pine, Oregon, USA [J]. Journal of Hydrology, 2007,333(2-4):486-503.
- [3] 杨毅恒. 多维地学数据处理技术与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. (YANG Yiheng. Multi-dimensional Earth Science Data Processing Techniques and Methods[M]. Beijing: Science Press, 2002. (in Chinese))
- [4] 秦兵,李俊霞. 大同盆地高氟地下水水化学特征及其成因[J]. 地质科技情报, 2012,31(2):106-111. (QIN Bing, LI Junxia. Hydrochemistry and occurrence of high fluoride groundwater in Datong basin [J]. Geological Science and Technology Information, 2012,31 (2):106-111. (in Chinese))
- [5] 朱琳, 苏小四. 吉林西部地区第四系潜水水质影响因素的 R 型因子分析[J]. 地球科学与环境学报, 2006,28(1):51-56. (ZHU Lin, SU Xiaosi. Application of R-mode analysis in determining influencing factors of quaternary unconfined groundwater quality in west area of Jilin province [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2006,28(1):51-56. (in Chinese))
- [6] 张伟敬,孙晓明,柳富田,等. 曹妃甸地区地下水水化学特征及影响因素的 R 型因子分析[J]. 安全与环境工程, 2010,17(1):1-5. (ZHANG Weijing, SUN Xiaoming, LIU Futian, et al. Application of R-mode analysis on chemical characters and influential factors of quaternary groundwater in Caofeidian area [J]. Safety and Environmental Engineering, 2010,17(1):1-5. (in Chinese))
- [7] 刘英俊. 元素地球化学导论 [M]. 北京: 地质出版社, 1993. (LIU Yingjun. Introduction Element Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. (in Chinese))
- [8] 黄奇波,汪玉松,刘秀明. 汤兜地区水文地球化学特征及成因分析[J]. 地下水, 2008,30(6):5-8. (HUANG Qibo, WANG Yusong, LIU Xiuning. Hydro-geochemical characteristics and formation reason of water in Tangdou region [J]. Groundwater, 2008,30(6):5-8. (in Chinese))
- [9] 郎赞超. 喀斯特地下水文系统物质循环的地球化学特征——以贵阳市和遵义市为例 [D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2005: 79-80. (LANG Yunchao. Geochemical Characteristics of Cycling of Substances in Karstic Ground Water System: A Case Study from Guiyang and Zunyi Cities, China [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences, 2005:79-80. (in Chinese))
- [10] 段磊,王文科,孙亚乔,等. 关中盆地浅层地下水氮污染的健康风险评估[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(3):92-97. (DUAN Lei, WANG Wenke, SUN Yaqiao, et al. Health risk assessment of "three nitrogen" in shallow groundwater in the Guanzhong basin [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2011,38 (3):92-97. (in Chinese))
- [11] 李大军. 论人类活动与岩溶水动力环境演化的相互作用 [J]. 能源与环境, 2007,26(4):70-73. (LI Dajun. On human activities and the evolution of dynamic environment of karst water interaction[J]. Energy and Environment, 2007,26(4):70-73. (in Chinese))
- [12] 吴爱民,陆书南,周绍智. 岩溶水开发与水环境演化——山东双村强渗透性开放岩溶水系统典型研究[M]. 北京:地震出版社, 2003. (WU Aimin, LU Shunan, ZHOU Shaozhi. Karst Water Development and Water Environment Evolution: Strong Permeability Typical Village in Shandong Double Open Karst Water System Study[M]. Beijing: Earthquake Press, 2003. (in Chinese))
- [13] 袁道先. 中国岩溶动力系统[M]. 北京:地质出版社, 2002. (YUAN Daoxian. China Karst Dynamic System [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002. (in Chinese))
- [14] 方星,孙健,魏永霞. 安徽省地质碳汇潜力及二氧化碳地质储存[J]. 安徽地质, 2010,20 (2):81-84. (FANG Xing, SUN Jian, WEI Yongxia. Geological carbon sink potential and geological storage of carbon dioxide in Anhui province [J]. Geology of Anhui, 2010,20(2):81-84. (in Chinese))
- [15] Macpherson G L. CO₂ distribution in groundwater and the impact of groundwater extraction on the Global cycle [J]. Chemical Geology, 2009,264(1-4):328-336.

- [16] 康志强,袁道先,常勇,等. 岩溶碳汇的主控因子——水循环[J]. 吉林大学学报, 2011,41(5):1542–1547. (KANG Zhiqiang, YUAN Daoxian, CHANG Yong, et al. The main controlling factor of karst carbon sequestration: About water cycle [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011,41(5): 1542–1547. (in Chinese))
- [17] 袁道先. 我国北方岩溶研究的形势和任务 [J]. 中国岩溶, 2010,29(3):219–221. (YUAN Daoxian. The situation and tasks for northern karst research of our country [J]. Carsologica Sinica, 2010,29(3): 219–221. (in Chinese))
- [18] 连宾,袁道先,刘再华. 岩溶生态系统中微生物对岩溶作用影响的认识 [J]. 科学通报, 2011,56 (26): 2158–2161. (LIAN Bin, YUAN Daoxian, LIU Zaihua. Effect of microbes on karstification in karst ecosystems [J]. Chinese Science Bulletin, 2011,56(26):2158–2161. (in Chinese))
- [19] 章程. 不同土地利用下的岩溶作用强度及其碳汇效应 [J]. 科学通报, 2011,56(26):2174–2180. (ZHANG Cheng. Carbonate rock dissolution rates in different landuses and their carbon sink effect[J]. Chinese Science Bulletin, 2011,56(26):2174–2180. (in Chinese))
- [20] Liu Z., Dreybrodt W., Wang H. A new direction in effective accounting for the atmospheric CO₂ budget: considering the combined action of carbonate dissolution, the global water cycle and photosynthetic uptake of DIC by aquatic organisms [J]. Earth-Science Reviews, 2010,99(3–4):162–172.

Hydrochemical Characteristics and Cause Analysis of Karst Water in Middle and South Shandong Province: Case of Shuangcui Karst Water System

ZHAO Qingling^{1,2}, LI Qingcai^{1,2}, BU Hua¹, WAN Miao³

(1. Lunan Geo-engineering Exploration Institute of Shandong Province, Yanzhou 272100, China;

2. School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Jinan 250013, China)

Abstract: 18 groups of Shuangcui karst water samples were collected in September, 2013. The hydrochemical characteristics of the samples was analyzed, and R factor analysis method was applied to investigate the dominant factor that impacted the chemical composition in this Karst area. According to the results, under the alkalescent geochemical background, Mg²⁺, K⁺ and F⁻ in the Karst water was mainly influenced by ion isomorphism in aeration zone from groundwater. Cl⁻, Na⁺, NO₃⁻ and SO₄²⁻ were related to man-made pollution while HCO₃⁻, Ca²⁺ and PH values were impacted by carbon sink. 87.103% of the formation cause of hydrochemical characteristics of the Karst water in Shuangcui water system could be explained by these 3 factors mention aboved.

Key words: cause analysis; chemical characteristics; Karst water

水利部召开 2015 年水文工作视频会议

2015 年 3 月 11 日,水利部召开 2015 年水文工作视频会议,全面贯彻落实党的十八届三中、四中全会精神,以新时期治水思路为指引,按照今年政府工作报告要求和全国水利厅局长会议部署,分析当前面临的新形势新任务,概要总结 2014 年工作,安排部署 2015 年重点工作。水利部副部长刘宁出席会议并讲话。

刘宁强调,2015 年是全面深化改革的关键之年,是全面推进依法治国的开局之年,也是稳增长调结构的紧要之年。水文部门要继续发扬行业精神,以水文重点工作为抓手,努力开创水文事业发展新局面,为民生水利以及经济社会发展提供更加有力支撑。一要立足于防大汛、抗大旱、防强台,全力做好防汛抗旱水文测报工作。二要结合水文事业改革发展新形势新要求,加快推进体制机制创新,进一步强化水文行业管理。三要切实加强水文项目建设管理,中小河流水文监测系统要力争在今年 8 月底前基本完成建设任务,国家地下水监测工程要抓紧做好各项准备工作。四要不断拓宽水文服务领域,要按照实施最严格水资源管理制度、城乡水生态文明建设的战略部署,不断推进水资源水生态监测和城市水文工作。

刘宁强调,党的十八大以来,党中央高度重视党

风廉政建设。近年来,水文投入显著增加,廉政风险防控任务十分繁重,水文部门要全面落实全国水利系统党风廉政建设工作会议精神,大力推进党风廉政建设。一要贯彻廉政建设责任制,落实领导干部“一岗双责”特别是主要负责同志“第一责任人”职责,做好党风廉政建设责任分解,将压力层层传导到基层水文单位。二要健全廉政风险防控体系,深入学习贯彻《水利行业廉政风险防控手册(水文分册)》,建立健全廉政风险防控体系。要强化项目建设资金监督管理,加强对招标投标、资金拨付等关键环节的监督,确保资金安全和干部安全。四要公正参与水资源管理考核,增强责任意识和担当意识,为水资源管理监督考核提供准确可靠的数据和成果。

部水文局邓坚局长主持会议并作会议总结。部水文局通报了水文基础设施建设管理和国家地下水监测工程项目建设情况。河北、辽宁、江苏、山东、湖南、青海、长江委等水文部门负责人作了交流发言。

水利部机关有关司局负责人在主会场参加会议。各流域机构、各省(自治区、直辖市)水利(水务)厅(局),新疆生产建设兵团水利局相关负责人以及水文、水保部门负责人在各地分会场参加会议。