

## 邹城市双村岩溶水系统水化学演化分析

张丰, 李爱军

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

**摘要:**以山东省邹城市双村岩溶水系统为研究对象,利用多年水质监测资料对主要离子含量的变化特征及分布规律进行研究对比,分析地下水开采及生活污染对地下水水化学环境的影响,有助于认识在人类生产活动影响下的水化学场时空演化,为地下水合理开发、水源保护提供参考依据。

**关键词:**岩溶; 水源地; 水化学; 邹城双村

**中图分类号:**P641.134

**文献标识码:**B

**引文格式:**张丰,李爱军.邹城市双村岩溶水系统水化学演化分析[J].山东国土资源,2015,31(5):54-56.ZHANG Feng,LI Aijun. Analysis on Water Chemistry Evolution of Shuangcun Village Karst Water System in Zoucheng County[J].Shandong Land and Resources,2015,31(5):54-56.

邹县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,由寒武系、奥陶系的碳酸盐岩组成,为单斜构造式岩溶水系统,即双村岩溶水系统,面积约 553 km<sup>2</sup>,其中裸露区面积 246.75 km<sup>2</sup>,地势南北高,中间低。第四系覆盖层埋深由南向北、由东向西逐渐加厚,最厚近 200 m<sup>①</sup>。双村岩溶水的开采始于 1980 年前后,当时仅部分缺水山村开采岩溶水,用于人畜饮水,总开采量不足 1 万 m<sup>3</sup>/d。到 1985 年邹县发电厂一号机组建成投产后,区内岩溶水开采量已达到 5.36 m<sup>3</sup>/d。其后,随着当地工农业经济的快速发展,对岩溶水的开采也逐年增加,目前开采井 59 眼、开采量已达 25 万~27 万 m<sup>3</sup>/d,形成了我国北方少有的特大型岩溶水水源地。

## 1 水化学多年演化特征

### 1.1 水源地运行初期水化学演化特征

1985—1988 年水源地运行初期,区内地表水体水质均较好,岩溶水受外界干扰影响较小,双村地区岩溶水各项离子含量较稳定,多年变化速率较小,其

特征主要有以下几点:①岩溶水矿化度较低,一般介于 0.25~0.40 mg/L。②水化学成分简单,以 Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 等常规离子为主。③水化学类型单一,一般为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型、HCO<sub>3</sub>-Ca·Mg 型水。④离子成分浓度平面分布总体较均匀,部分离子浓度沿地下水的径流方向增大。

### 1.2 水源地运行中后期水化学演化特征

随着区内工农业快速发展,区内地表水体水环境逐年变差。根据多年水质监测资料<sup>②</sup>,区内地表水多兼做排污水道,水质较差,TDS 为 500~900 mg/L,水化学类型一般为 HCO<sub>3</sub>·Cl·SO<sub>4</sub>-Na·Ca 或 HCO<sub>3</sub>·SO<sub>4</sub>·Cl-Na·Ca 型水,水中 Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> 含量较高;第四系孔隙水受补给源和所处地质环境的影响,水化学类型复杂,以白马河为界,西部一般为 HCO<sub>3</sub>-Na·Ca(Mg)型水,TDS 为 700~1200 mg/L,东部 TDS 局部变化大,水质类型复杂;岩溶水相对第四系水而言,在平面上分布上的变化相对稳定,水质类型由 HCO<sub>3</sub>·SO<sub>4</sub>-Ca(Mg)型水向 HCO<sub>3</sub>-Ca(Mg)型水演变,TDS 一般在 350~650 mg/L 之间。

收稿日期:2014-07-02;修订日期:2014-08-04;编辑:陶卫卫

作者简介:张丰(1983-),男,湖北公安人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:lmyzhangfeng@163.com

①山东省第三水文地质工程地质大队,邹县电厂供水水文地质勘探报告,1977 年

②山东省鲁南地质工程勘察院,山东省济宁市地质环境监测报告,2013 年

多年来由于受开采量不断增加,地表水补给比重不断加大的影响,岩溶水水质有逐渐变差、水化学类型变复杂的趋势<sup>[1]</sup>(图 1),其特征表现为:

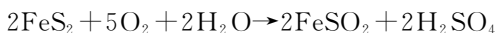
① 岩溶水矿化度增高。水的矿化度均大于 0.30mg/L,一般介于 0.35~0.74 mg/L 之间。② 水化学成分分布不均。水化学成分虽然仍以  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  等离子为主,但其含量差异变化较大。③ 水化学类型复杂。除  $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}$  型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型水外,还出现了  $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- - \text{Ca}$  等较复杂的类型<sup>[2]</sup>。④ 离子成分浓度平面分布受开采径流影响,由原来沿天然径流方向变化逐渐演变为沿开采径流主方向逐渐增加。

## 2 水化学演化形成分析

双村水源地的长期大规模开采,加速了整个岩溶水系统水化学演化,特别是水源地开采水位降落漏斗区的水化学演化。在水源地水位降落漏斗中心,主要离子  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  总硬度等均具有相同的演化趋势:即随着时间延续,岩溶水开采量不断增加,岩溶水中离子成分含量普遍增加<sup>[3]</sup>。引起离子浓度升高的原因主要有以下 2 点:

### 2.1 地下水开采的影响

水源地集中大量开采会造成水位降落漏斗中心地带水位变化活跃,增强了岩溶水、第四系孔隙水及地表水之间的水力联系<sup>[4]</sup>。第四系孔隙水中富集的  $\text{NO}_3^-$  (受污水、化肥污染)转入岩溶水中,使岩溶地下水中的  $\text{NO}_3^-$  含量逐渐增高;此外当开采漏斗扩展,水位下降时,氧气进入含水层被疏干的地带,促使岩层中、硫、铁、锰以及氮化物的氧化作用加强,特别是硫氧化细菌的出现,加剧了金属硫化物的氧化过程。如分布较广泛的  $\text{FeS}_2$ ,在还原环境下很稳定,几乎不溶于水,但在氧化环境下则易于溶解,即



这个化学反应,可以造成一个强酸性环境,使岩层中原来不溶解或不易溶解的化合物(如土层中经常存在的钙、镁、铁、锰的化合物)变得易于溶解,从而使地下水的铁、锰、镁以及硫酸根离子含量大大增加,地下水的溶解性总固体、硬度亦随之升高。

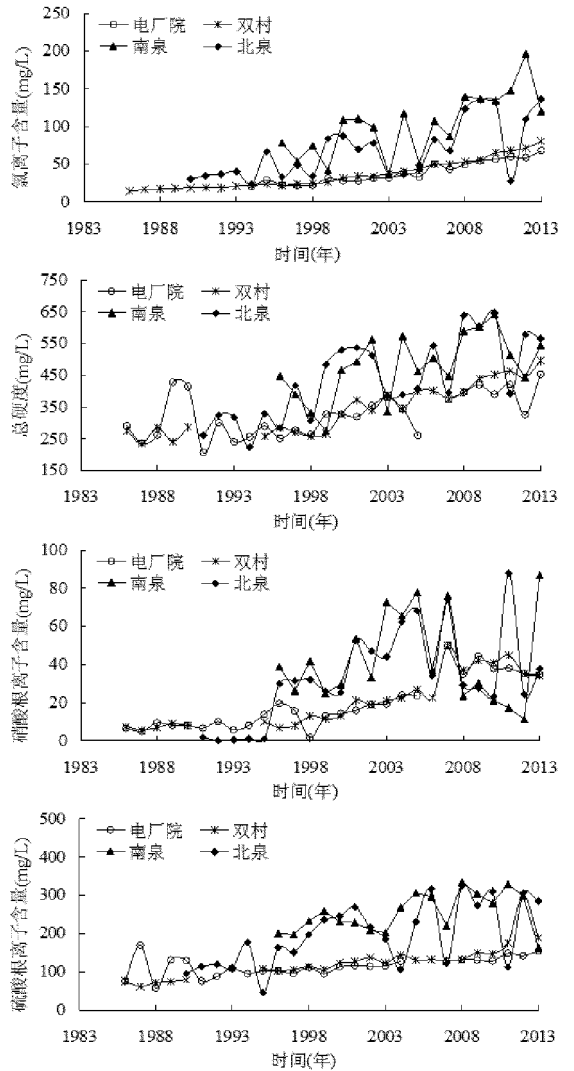
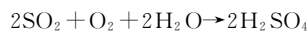
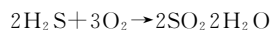
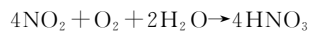
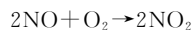
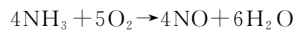


图 1 主要离子浓度多年变化曲线图

### 2.2 生活污染的影响

人类活动的废弃物(包括液、固、气 3 种形式)通过污水灌溉、污水沟渠渗漏、过量使用化肥及大气污染干湿沉降等进入土壤,在土壤中发生机械过滤、生物分解、离子吸附与交换等化学作用,随下渗水进入含水层,使地下水中一种或多种化学组分浓度增加;土壤中的有机物在微生物的参与下分解生成氨、 $\text{H}_2\text{S}$  等,进而再经过氧化生成硝酸、硫酸等酸类,化学反应式为:



此外大气中的  $\text{SO}_2$  进一步氧化也可生成  $\text{H}_2\text{SO}_4$  随降雨进入土壤,这样就改变了土壤的化学环境条件, $\text{H}_2\text{SO}_4$  与环境中的盐类作用形成硫酸盐,与方解石、白云石作用生成  $\text{Ca}, \text{Mg}$  硫酸盐,在不断的溶蚀作用下, $\text{Ca}, \text{Mg}$  离子含量便逐渐增加<sup>[5]</sup>。生活污水中的  $\text{Na}, \text{Cl}$  含量较高,且迁移能力很强,易进入地下水中,使相应离子浓度增加,再与  $\text{Ca}, \text{Mg}$  离子发生阳离子交换作用产生易溶盐类如  $\text{CaCl}_2, \text{MgCl}_2$  等,地下水中的  $\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Cl}, \text{SO}_4$  离子含量便同步上升。水化学演化机理见图 2。

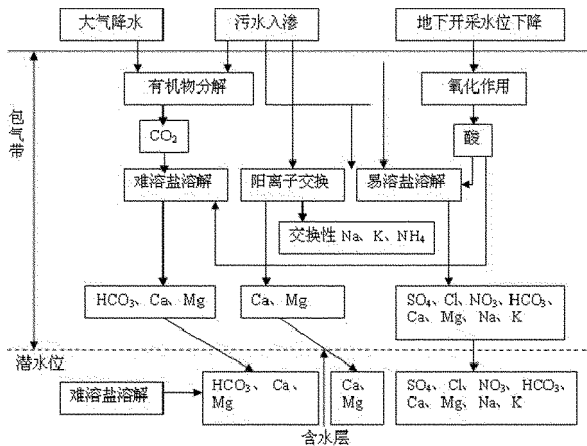


图 2 地下水离子浓度变化化学机理图解

1985 年以前双村岩溶水系统内岩溶水开采量较小,岩溶水基本处于自然均衡状态,其水位波动范围小于 1 m。自 1985 年邹县电厂使用以来,逐年形成了以双村、唐村为中心的岩溶水水位降落漏斗。降落漏斗区域水力梯度较大,补给强度大,岩溶水环境保护能力随之变差,污染物质容易通过漏斗区域快速渗透、迁移进入岩溶地下水中,从而改变地下水环境质量。因此,加强地质环境保护,防止岩溶水遭受污染,对保持岩溶水可持续利用起着至关重要的作用。

参考文献:

[1] 陈洪年.双村岩溶水系统多年开采动态分析及潜力评价[A]//山东省环境地质文集[C].北京:地质出版社,2007.  
 [2] 卜华.邹城市双村岩溶水系统地下水环境质量现状评价[J].山东地质,2000,16(1),52-58.  
 [3] 吴爱民,陆书南,周绍智.岩溶水开发与水资源演化——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,2003:78-82.  
 [4] 陆书南,陈洪年.鲁南双村岩溶水系统铀同位素研究[A]//地质与可持续发展——华东六省一市地学科技论坛文集[C].济南:山东科学技术出版社,2003:117-120.  
 [5] 王现国,刘丕新,董永志,等.浅层孔隙地下水水质演化机理研究[M].郑州:黄河水利出版社,2005:56-66.

3 结论

Analysis on Water Chemistry Evolution of Shuangcun Village Karst Water System in Zoucheng County

ZHANG Feng, LI Aijun

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

**Abstract:** Regarding Shuangcun village karst water system in Zoucheng county in Shandong province as an example, by using water quality monitoring data in many years, change characteristics and distribution regularity of key ion contents have been compared, and the impacts of groundwater exploitation domestic pollution to chemical environment of groundwater have been analyzed. It is contribute to understand spatial and temporal evolution of water chemical field under the impact of the human activities. It also will provide some references for reasonable exploitation and water source protection of groundwater.

**Key words:** Karst; water source; water chemistry; Shuangcun in Zoucheng city