

## 成果与方法

## 煤矿排水对枣庄市清凉泉水源地污染作用分析

姚春梅<sup>1,2</sup>, 姜宏汝<sup>1</sup>, 彭燕<sup>1</sup>, 罗梅<sup>2</sup>, 董玉龙<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014)

**摘要:**近年来, 随着枣庄市陶庄矿区煤矿资源的大规模开发, 矿坑排水对矿区地下水资源及生态环境产生的负面影响愈发突出, 尤其是矿坑水沿地表河流排放途中, 通过灰岩“天窗”大量灌入岩溶地下水水中, 造成地处煤田下游的清凉泉水源地水质遭受明显污染, 供水水质难以保证。根据矿坑排水量、水源地水质、开采现状等分析认为, 对串层污染进行封堵和控制矿坑水排放渠道是防治水源地污染的有效措施。

**关键词:**矿坑排水; 水质评价; 污染机理; 保护对策; 清凉泉水源地; 枣庄

中图分类号:X524 文献标识码:A

清凉泉水源地位于枣庄市薛城区陶庄镇齐湖一小武穴一带, 为一岩溶水水源地(图 1), 控制面积 110 km<sup>2</sup>, 可开采资源为 2117 万 m<sup>3</sup>/a, 主要向陶庄矿和山家林矿生活和生产供水, 由于最近 3 年水质变差, 陶庄矿已停止取水, 山家林矿也仅用作生产供水, 开采量亦较往年大幅下降, 2002 年开采量仅为 562 万 m<sup>3</sup>/a。2003 年地下水水质分析资料表明, 清凉泉水源地地下水中的 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、总硬度、矿化度分别超标(国家饮用水卫生标准)2.51 倍、0.90 倍、0.77 倍, 尤其是蟠龙河两岸污染最为严重。该地段地下水与地表水水力联系密切, 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, 并在多处落水洞成为该区地下水的重要补给来源, 亦是地下水污染的主要原因。从该区地下水主要污染组分分析, 大量排入蟠龙河河内的煤矿矿坑水, 对该区地下水污染影响较大。

## 1 水源地水质现状

### 1.1 水化学动态特征

自 20 世纪 80 年代初至今, 区内地下水水化学动态变化明显, 总趋势是随着煤矿开发程度的加大,

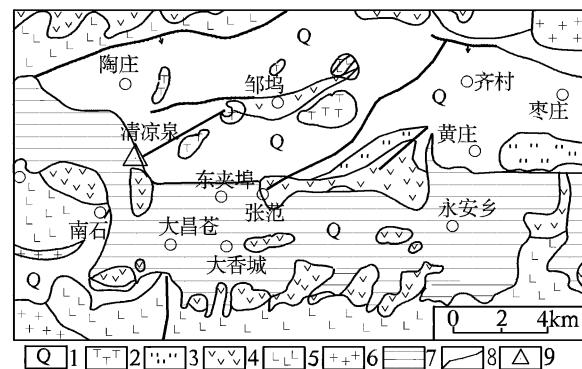


图 1 枣庄市清凉泉水源地地质简图

1 - 第四系; 2 - 石盒子组; 3 - 月门沟群; 4 - 马家沟组; 5 - 九龙群; 6 - 山草峪组; 7 - 隐伏灰岩区; 8 - 地层界线; 9 - 水源地

地下水主要化学组分尤其是 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, 硬度、矿化度等逐年增高, 地下水水化学类型亦由原本简单的 HCO<sub>3</sub>型、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型转化为多样性, 出现了 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>型甚至 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型水, 且其分布面积逐步扩大<sup>[1]</sup>。如齐湖南 120 监测孔地处清凉泉水源地东部, 2003 年其地下水水化学类型已由 1994 年的 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·Ca 型转变为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·Ca<sup>2+</sup>·Na 型, 水中 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、硬度、矿化度含量年均增幅分别为 109.78 mg/L, 72.26 mg/L, 163.76 mg/L, 明显反映出人类活动对水环境的负面影响, 地下水质量逐步下降(表 1)。

收稿日期: 2005-09-29; 修订日期: 2006-05-31; 编辑: 孟舞平

作者简介: 姚春梅(1967-), 女, 研究员, 山东曹县人, 主要从事水文地质环境地质勘查研究工作

姚春梅等, 陶庄煤田闭坑矿山地质环境恢复治理保护对策研究, 2003 年。

表 1 120 监测孔 1994 - 2003 年间主要化学成分含量变化

采样时间	主要化学成分含量 (mg/L)						pH	水化学类型
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	总硬度		
1994-09-14	127.63	203.48	42.83	0.1	16.76	412.83	613.89	8.6
1996-10-09	287.45	280.13	38.16	0.2	43.00	492.24	877.66	7.6
1999-05-24	296.85	202.89	60.35	0.2	44.20	475.83	815.41	7.9
2000-09-16	399.45	270.36	43.38	0.2	66.08	611.49	1078.70	8.2
2003-05-01	1115.65	288.53	58.41	0.4	185.00	1063.16	2087.75	7.3

## 1.2 水质污染评价

根据 2003 年枯水期水源地水质分析资料,采用单因子污染指数叠加法进行污染评价结果发现,清凉泉水源地沿蟠龙河两岸已存在中—重—严重污染现象,总面积约 5.3 km<sup>2</sup>。尤其是在水源地集中开采地段,地下水受污染程度较为明显,如,煤矿集中供水井附近(清凉泉一带),1994-2003 年间水质监测资料分析,地下水中主要污染组分 9 年间具明显递增趋势,叠加型污染指数亦由 1994 年的 6.28 增加至 2003 年的 24.16,地下水污染程度由未-微污染演变为重污染,2000 年水质评价为轻污染,2003 年却为重污染(图 2)。

## 2 矿坑排水水质

### 2.1 矿坑排水现状

据调查,陶枣矿区 2002 年矿坑水产出量为 2 530.3 万 m<sup>3</sup>,外排量为 2 228.9 万 m<sup>3</sup>。其中,薛城

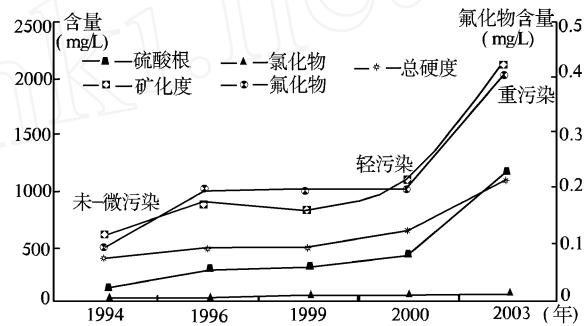


图 2 水源地主要供水污染程度年际变化图

区境内矿坑水年产出量为 2 449.3 万 m<sup>3</sup>,外排量为 2 157.9 万 m<sup>3</sup>。矿坑水年产出量 100 万 m<sup>3</sup> 以上的矿山有 6 家,分别是隶属枣庄矿业集团公司的陶庄矿、山家林矿、甘霖矿,山亭区山亭矿,薛城区夏庄矿、邹坞矿。区内矿坑水利用率很低,大量的矿坑水通过专用排水渠或自然沟排入自东向西流经矿区及清凉泉水源地的蟠龙河中。陶枣矿区主要矿山矿坑水产出及排放情况详见表 2。

表 2 2002 年陶枣矿区主要煤矿矿坑水排放基本情况

矿山名称	地理位置	矿坑水基本情况(万 m <sup>3</sup> /a)				排放去向	利用渠道
		产出量	外排量	处理量	利用量		
陶庄	薛城区陶庄镇	135.0	87.0	48.0	48.0	蟠龙河	电厂循环用水、洗煤用水
山家林	薛城区陶庄镇	165.4	152.6	0	12.8	蟠龙河	农灌
甘霖	薛城区邹坞镇	1366.6	1316.6	50.0	50.0	蟠龙河	井下除尘、广场生活用水、锅炉用水
薛城区合计		2449.3	2157.9	255.2	291.4		

甘霖矿矿坑水产出量和外排量分别占全区矿坑水产出量及外排量的 54.4%,59.5%,而且该矿 2002 年矿坑水产出量是 2000 年的 10.3 倍,这与陶枣煤田东部矿区矿山闭坑矿坑水水位回升造成部分矿坑水通过一定渠道进入西部矿区有关。

### 2.2 水质特征

陶枣矿区矿坑外排水及老窿水水化学类型以 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 盐型和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> · HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 盐型水为主,阳离子以 Ca<sup>2+</sup>,Na<sup>+</sup>,Mg<sup>2+</sup> 3 种离子含量较高。其主要污染组分有 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,F<sup>-</sup>,S<sup>2-</sup>,总硬度、矿化度等,其中,

$\text{SO}_4^{2-}$  含量在  $285 \sim 2728 \text{ mg/L}$  之间,  $\text{F}^-$  含量在  $0.2 \sim 1.35 \text{ mg/L}$  之间,  $\text{S}^{2-}$  含量在  $< 0.03 \sim 0.41 \text{ mg/L}$  之间, 总硬度含量在  $563 \sim 2294 \text{ mg/L}$  之间, 矿化度

含量在  $851 \sim 4521 \text{ mg/L}$  之间, 目前西部主要开采矿山水质情况详见表 3。

表 3 陶枣矿区主要矿山矿坑水水质分析

矿山	主要化学成份含量 (mg/L)						pH	水化学类型	备注
	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^{2-}$	$\text{F}^-$	$\text{S}^{2-}$	总硬度	矿化度			
山家林矿	1620.3	301.8	1.1	< 0.03	930.3	2793.7	7.7	$\text{SO}_4^{2-} \text{--Na} \cdot \text{Ca}$	矿坑外排水
甘霖矿	2700.6	467.8	0.9	0.41	2293.8	4520.7	6.9	$\text{SO}_4^{2-} \text{--Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$	矿坑外排水
陶庄矿	1469.8	252.0	0.6	< 0.03	1389.2	2524.4	6.8	$\text{SO}_4^{2-} \text{--Ca} \cdot \text{Na}$	矿坑外排水

### 3 水源地污染机理分析

#### 3.1 岩溶水水动力场特征

清凉泉水源地位于陶枣煤田西部矿区西南邻, 为陶枣煤田西部矿区枣矿集团开采煤矿(陶庄矿、山家林矿等)供水水源地, 1991 年勘探可采资源量为 2117 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 运行以来除 1996 年开发利用程度高达 125.9% 处于超采状态以外, 长期以来基本处于采补平衡或有开采潜力状态, 尤其是 2000 年以来开采量大幅调减, 开发利用程度仅在 40% ~ 80% 之间。

该水源地地下水动力场不仅受开采量和降水量的影响, 同时与矿坑排水具一定关联性。图 3 反映了 1991—2002 年间清凉泉水源地地下水位年际变化特征, 可以看出, 其水位年动态变化具有相对稳定性, 年际变化与开采量和降水量变化关系不甚密切, 说明矿坑排水对其水动力场作用较强, 沿蟠龙河长期排放的矿坑水通过岩溶水天窗渗漏补给, 已成为地下水稳定的补给来源。

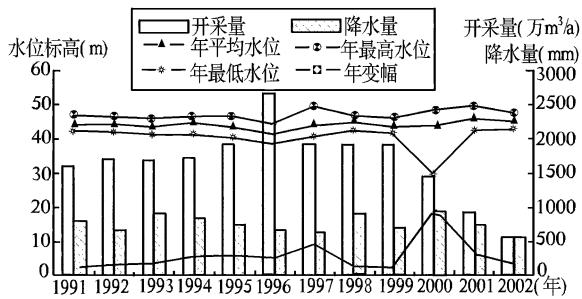


图 3 清凉泉水源地地下水位年际变化曲线图

#### 3.2 矿坑排水对水源地污染分析

清凉泉水源地岩溶水富水区地处煤田下游, 上覆第四系较薄, 局部灰岩裸露, 尤其是分布在河床中

的裸露灰岩以及第四系厚度极薄而不隔水的灰岩天窗, 均可造成地表水体与岩溶水之间密切的水力联系, 在水源地开采状态下(尤其是枯水季节), 岩溶水水位低于河床水位, 河水通过裸露灰岩及岩溶水天窗补给岩溶水, 从而对其造成污染。

从水源地水质污染变化过程亦可说明矿坑排水对水源地的污染影响: 该水源地水质污染在 2000 年以前发展趋势较缓, 之后却发展迅速, 2000 年地下水属于轻度污染, 2003 年即演变为中度污染、重度污染、严重污染。如位于水源地西部齐村南 120 号监测孔, 1994—2000 年间  $\text{SO}_4^{2-}$ 、全硬度、矿化度年均增长幅度为  $45.30 \text{ mg/L}$ 、 $33.11 \text{ mg/L}$ 、 $77.47 \text{ mg/L}$ , 而 2000—2003 年间  $\text{SO}_4^{2-}$ 、全硬度、矿化度年均增长幅度为  $238.73 \text{ mg/L}$ 、 $150.56 \text{ mg/L}$ 、 $336.35 \text{ mg/L}$ , 2000 年水质评价为轻污染, 2003 年却为重污染。该水源地水质污染在 2000 年前后的突然改变, 主要源于沿蟠龙河排放的矿坑水水量的大幅增加, 2000 年矿坑水排放量为 1003.0 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 2003 年排放量则达到 2157.9 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 是 2000 年的 2.15 倍。由于西部矿区尚有一定的开采期, 如果不及时对该水源地采取必要的保护措施, 其水质污染将会愈发严重。

### 4 水源地保护对策

前述及矿坑水对岩溶水造成水质污染的主要途径, 显然对污染通道实行封堵, 是控制岩溶水污染的主要举措。

#### 4.1 对串层污染井进行封堵

对于位于煤田边缘地带, 穿透煤系地层的岩溶水井, 进行水质分析及成井工艺的详细调查, 确定已受到或可能受到矿坑水串层污染的水井, 并进行封堵; 同时, 对以后在类似地段打岩溶水井, 必须对煤

系地层采取严格的井壁止水措施，并在成井时下入可直达灰岩的井壁管。

#### 4.2 控制矿坑水排放渠道

目前开采矿山主要分布于陶枣煤田西部矿区，西部矿区大量沿蟠龙河排放的矿坑水已造成清凉泉水源地严重污染，因此控制矿坑水排放渠道对该水源地水质保护至关重要。

由于沿河流排放的矿坑水主要通过岩溶水天窗及裸露灰岩对岩溶水进行补给，因此应进一步查明岩溶水天窗及裸露灰岩分布位置，尤其是在河床中的分布情况，确定矿坑水灌入岩溶水的具体位置。然后，可以采取两种方案防止矿坑水灌入补给岩溶水：一是对河床中岩溶水天窗及裸露灰岩分布地段

进行注浆封堵或防渗处理，切断进入岩溶水的通道；二是矿坑水遇到河床中的岩溶水天窗及裸露灰岩地段，即采取绕道排放的措施，修专门的防渗排放渠。

值得一提的是，上述控制岩溶水受矿坑水污染的措施建议，必须经过进一步详细勘查及科学论证之后方可实施。总之，岩溶水环境质量保护工作是关系到枣庄市矿区社会稳定和经济发展的大事，应引起有关部门的高度重视。

#### 参 考 文 献：

- [1] 李传谟,康凤新.岩溶水资源及增源增采模型,济南,山东科学技术出版社,1998.

## Analysis of Qingliangquan Water Source Field Polluted by Coal Mine Drainage in Zaozhuang City

YAO Chun - mei<sup>1,2</sup>, JIANG Hong - ru<sup>1</sup>, PENG Yan<sup>1</sup>, LUO Mei<sup>2</sup>, DONG Yu - long<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract :** In recent years, accompanying with large - scale development on coal mine resources in Taozao mining area of Zaozhuang city, more and more bad influences to groundwater resources and ecological environment have been created by drainage. A great deal of draining water leaks into karst water through the bare limestone or the "open window", and Qingliangquan water source has been polluted. According to analysis on mine pit draining water volume, water quality and present exploration condition, it is regarded that plugging water pollution among strata and controlling pit draining channels are effective countermeasures for protecting water source pollution.

**Key words :** Drainage ; water quality evaluation ; pollution mechanism ; protection countermeasures ; Qingliangquan water source ; Zaozhuang city

#### 淄博市开展汛前地质灾害防治全面摸底排查工作

为做好 2006 年汛期地质灾害防治工作，淄博市国土资源局会同山东省国土资源厅地质环境总站淄博分站，对沂源县三岔乡泥石流易发区、沂源县燕崖乡大洪峪崩塌、博山区过境路（205 国道）673 千米路牌桥东 600 米处崩滑危险区、博山区池上镇池上汽车站北西 500 米滑坡和崩塌危险区、淄川区峨庄乡滑坡危险区、临淄区洋浒崖灰坝不稳定斜坡、周村区王村镇李家疃村采空塌陷等地质灾害隐患点进行了全面摸底排查，查看了博山区、临淄区南部山区、淄川区济潍路两旁停止采矿情况，具体了解各区县地质灾害防治工作落实情况。目前，全市国土资源系统层层成立了汛期地质灾害防治领导机构，严格落实汛期值班制度、险情巡视制度、地质灾害速报制度、地质灾害月报制度，成立了应急分队，各地质灾害隐患点的监测任务也已层层落实到乡镇、单位、人，形成了群测群防的地质灾害防治体系。

(张德平 刘士春)