

水工环地质

山东省重点矿山地下采矿排水引起环境效应研究

吕晓亮¹, 周鑫², 郭天婵^{2*}, 崔薛萍², 曾凡学³

(1. 蒙阴县自然资源和规划局, 山东 蒙阴 276200; 2. 山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013; 3. 潍坊市勘察测绘研究院, 山东 潍坊 261061)

摘要: 山东省作为矿产资源大省, 地下采矿长期的矿坑疏干排水, 造成的矿区及周围区域地质环境问题频发。本文通过对山东省鲁西南煤矿分布区、鲁中煤矿和铁矿分布区、鲁东金矿分布区的重点矿山矿坑水利用情况调查, 查明了矿坑水水质及引发的环境效应。研究表明: 长期的矿山井下疏干排水, 导致矿区及其附近地区地下水位的大幅度下降, 形成以矿井为中心的大面积疏干漏斗并诱发浅层地下水枯竭、地下水含水层结构破坏、水质恶化等环境效应; 矿坑水不适合作为生活饮用水, 在农业、渔业、工业等方面均有利用价值; 煤矿、金矿相对于铁矿矿坑水水质较差, 个别煤矿矿坑水灌溉区土壤污染风险较高, 需采取一定的安全利用措施。研究成果对合理开发利用矿坑水, 解决水资源短缺和矿坑水环境污染, 实现矿产资源开发与环境协调统一提供科学依据。

关键词: 地下采矿排水; 环境效应; 矿坑水水质; 山东省

中图分类号:P66

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.07.004

0 引言

山东省作为矿产资源大省, 其开发历史悠久。多年来由于矿业经济活动的迅速发展和矿产资源开发规模的日益增大, 导致了各类矿山地质环境问题的发生, 如煤、铁、金等矿山地质灾害、土地资源、水资源和水环境破坏等, 尤其是地下采矿长期的矿坑疏干排水, 造成的矿区及周围区域地下含水层结构破坏、水位下降、甚至枯竭, 地下水和地表水体污染等, 已严重影响人们的正常生活和工农业生产^[1-6]。本文通过对山东省重点矿山地质环境的调查, 查明矿坑水水质及对地质环境的影响情况, 为保护区域地质环境, 合理开发利用和保护水资源, 促进矿业经济发展提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 研究区域

研究区位于鲁西南煤矿分布区、鲁中煤矿和铁

矿分布区、鲁东金矿分布区。主要工作区为济宁市金桥煤矿、泰安市华丰煤矿、济南市谷家台铁矿、淄博市沣水煤矿, 莱州市焦家金矿, 矿区面积约 71.6 km², 研究区面积约 500 km²。

1.2 区域地质和水文地质简述

1.2.1 鲁西南煤矿分布区

该区域属鲁西地层分区, 出露地层主要为新生代第四系, 地层自老至新依次为: 寒武系、奥陶纪马家沟组、石炭纪本溪组、太原组、二叠纪山西组、石盒子组、侏罗纪三台组, 第四纪黄河组; 大地构造位于鲁西南潜隆起, 区内构造以断裂为主, 且较为发育, 以 EW 向和 SN 向为主, 主要有郓城断裂、凫山断裂、济宁断裂、孙氏店断裂、峰山断裂等。济宁市金桥煤矿位于该区内。该区域地质构造复杂, 常被断裂切割成一些独立的断块, 使各煤田之间以断裂为界自成相对独立的水文地质系统。与煤矿关系密切的含水层主要有奥陶系中统灰岩裂隙岩溶水, 广泛分布于石炭系煤系地层底部和边缘, 地表、地下岩溶发育, 富水性强, 局部区域受构造、岩浆岩控制, 含水

收稿日期: 2024-09-27; 修订日期: 2025-02-24; 编辑: 王敏

基金项目: 山东省地质勘查项目(鲁勘字[2009]044 号)

作者简介: 吕晓亮(1983—), 男, 山东蒙阴人, 高级工程师, 主要从事空间规划、矿产管理和生态修复研究工作; E-mail: lx1_151@163.com

* 通信作者: 郭天婵(1993—), 女, 山东德州人, 工程师, 主要从事盆地地质与油气勘查等工作; E-mail: guotcguotc@163.com

层富水性变化较大,在构造发育地段或人为采动破坏影响下,易对煤矿生产构成巨大威胁。

1.2.2 鲁中煤矿和铁矿分布区

该区域属鲁西地层分区,出露地层较全,寒武系、中奥陶系、石炭-二叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系、第四系均有分布;鲁中南隆起东以沂沭断裂带与鲁东迭台隆为界,北以齐河-广饶断裂,西以聊考断裂与华北台坳为界。泰安市华丰煤矿,济南市谷家台、业庄铁矿,淄博市沣水煤矿位于该区内。该区域铁矿成因类型较多,水文地质条件较复杂,奥陶系中统灰岩岩溶裂隙水为热液交代铁矿和接触交代型铁矿矿床的直接充水水源,分布面积广,含水层裂隙岩溶发育,含水丰富,疏干排水对区域岩溶水资源影响显著,极易引发水资源的供需矛盾;基岩裂隙水为变质沉积铁矿的直接充水水源,地下水分布于变质岩及岩浆岩风化裂隙内,富水性受季节控制,变化较大,水文地质条件简单;第四系孔隙水含水层以冲洪积物为主,广泛分布于山前平原及现代河谷内,含水层沿河谷呈带状分布,富水性受大气降水影响,变化较大,丰水期地下水及地表水常沿河谷“天窗”发育地段渗入矿坑。

1.2.3 鲁东金矿分布区

该区域属鲁东地层分区、胶北地层小区,出露地层主要为新生代第四系、太古代胶东群、元古代的粉子山群、白垩系、古近系、新近系、第四系;大地构造位于胶北隆起的西缘,区内构造以断裂为主,且较为发育,以 NE 向为主。莱州市焦家金矿位于该区内。该区域金矿分布于剥蚀低山丘陵区,基岩裸露,沟谷发育,出露地层主要为变质岩类及燕山期花岗岩,矿区地下水以花岗岩风化裂隙水为主,由于矿区沟谷发育,大气降水因地形陡而很快流失,含水层补给源贫乏,富水性普遍较差;其次为第四系孔隙水,岩组由坡积、冲洪积层组成,矿床地段多不发育,含水层富水性明显受大气降水控制,水文地质条件简单。

2 矿坑水化学特征与评价

以研究区为基本分区,以重点矿山为基本单元,在充分收集相关资料的基础上,通过水样、土样的采集与测试,地下水动态监测等,研究区内矿坑水的水化学特征,开展矿坑水水质评价,重点矿山水文地质要素详见图 1。

2.1 矿坑水的水化学特征

2.1.1 煤矿矿坑水的水化学特征

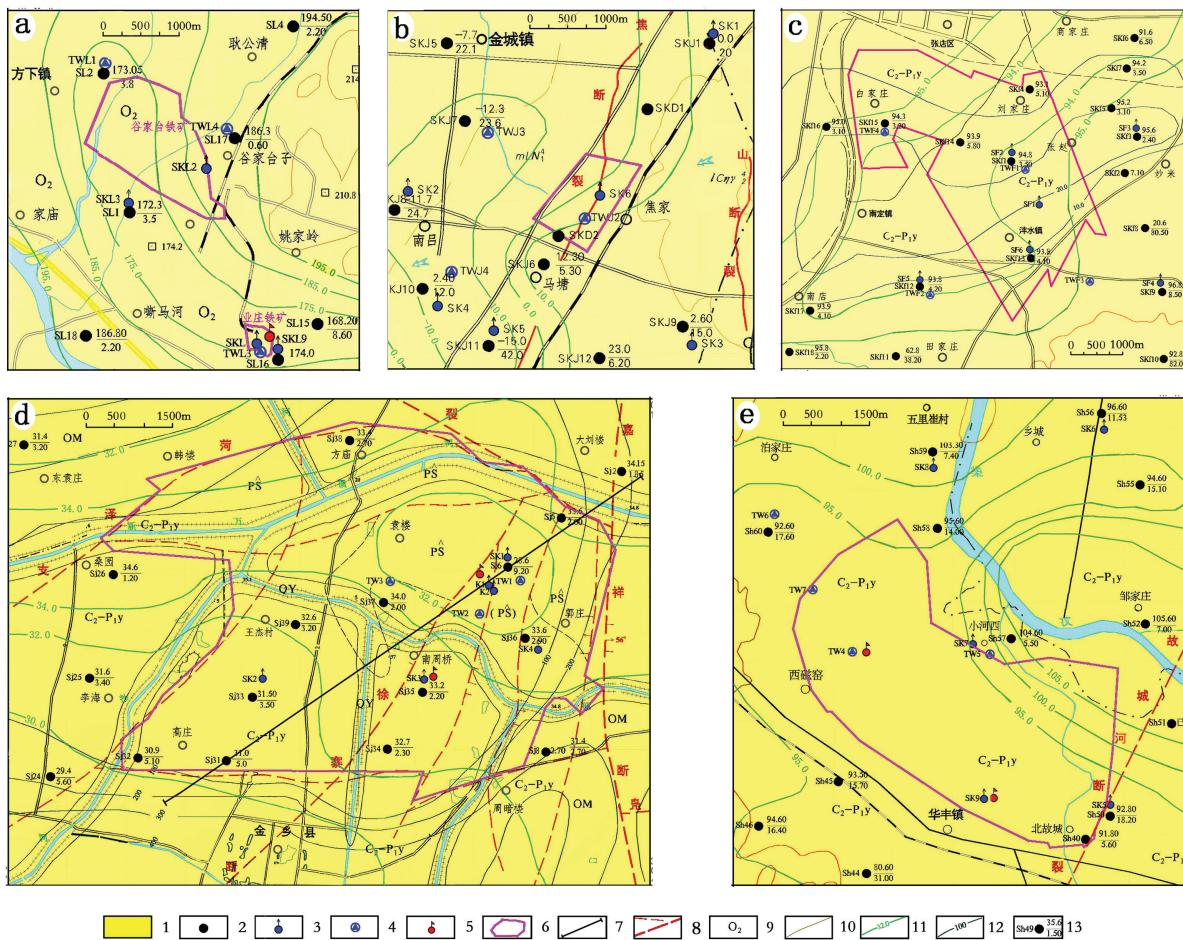
煤田矿井排水水源主要有:煤层顶板砂岩裂隙水、煤层顶板薄层灰岩岩溶裂隙水、石炭系中统徐家庄灰岩岩溶裂隙水、奥陶系中统灰岩岩溶水。第四系覆盖的隐伏煤田,第四系砂砾石层孔隙水通过半疏干的煤系砂岩等充水岩层间接进入矿井,成为矿坑水间接水源。济宁矿坑水化学类型以 SO_4^{2-} 盐型和 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^-$ 盐型水为主,以 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 盐型和 HCO_3^- 盐型水为辅, SO_4^{2-} 含量为 30~2 430 mg/L, 矿化度为 100~2 740 mg/L, 总硬度为 94~1 981 mg/L, 在各矿山经过一级处理后的外排水中悬浮物含量为 3~60 mg/L, 化学需氧量含量为 10~130 mg/L^[7]。淄博市矿坑水化学类型较复杂,以 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^-$ 为主,其次为 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$, $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 或 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型, SO_4^{2-} 含量介于 374.96~2 326 mg/L 之间,收集的沣水煤矿矿坑水水化学离子含量情况详见表 1。

2.1.2 铁矿矿坑水的水化学特征

区域内铁矿矿床大都沿火成岩侵入体与奥陶系灰岩接触带分布,奥陶系石灰岩和大理岩裂隙岩溶水为矿床直接充水水源。裂隙岩溶发育,含水丰富,灰岩岩溶水水质大都良好,大多是大、中型供水水源的所在地。矿山采矿井大量排水,使矿区岩溶水资源量大量减少,加剧了供排矛盾。从业庄铁矿、温石埠铁矿、杜官庄铁矿收集的矿坑水全分析资料(表 1)分析, SO_4^{2-} 含量为 77.16~514.37 mg/L, 总硬度为 236.46~360.52 mg/L, 水化学类型主要为 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型。

2.1.3 金矿矿坑水的水化学特征

区域内金矿矿区水文地质条件简单,矿井充水水源为矿床脉状构造裂隙水和少量上部围岩裂隙水,其补给源贫乏,富水性差,且不同矿脉构造裂隙水含水层之间无水力联系。矿山处于低山丘陵区,地形坡度较大,地下水矿化度多小于 1 000 mg/L。矿坑水化学类型为 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型、 $\text{Cl}^- \cdot \text{Na}$ 型,常量组分中阴离子依次为 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} , 阳离子为 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} , 占矿物含量的 95% 以上,矿化度 1 800~5 800 mg/L, 总硬度为 1 232.73~2 160.42 mg/L。



1—研究区;2—地下水位统测点;3—矿区地下水取样点;4—矿区土壤取样点;5—地下水长观孔;6—矿区范围;7—地下水漏斗剖面;8—断裂或推测断裂;9—前第三纪地层符号;10—地形等高线/m;11—浅层地下水等值线/m;12—第四纪等厚线/m;13—编号水位标高/m水位埋深/m。

图1 重点矿山水文地质要素图

表1 典型矿山矿坑水水化学离子含量表 单位:mg/L

常规水化学离子	沣水煤矿	业庄铁矿	温石埠铁矿	杜官庄铁矿
Ca ²⁺	306.60	360.52	236.46	260.88
Mg ²⁺	81.34	360.52	236.46	260.88
C1 ⁻	203.53	33.73	15.96	63.86
SO ₄ ²⁻	904.42	130.46	77.16	514.37
HCO ₃ ⁻	216.13	—	—	—
NO ₃ ⁻	36.29	15.00	50.50	3.35
水源类型	老空水	岩溶水	岩溶水	岩溶水

但是局部地段受到矿井排水长期影响,矿井水中的Zn、Pb、Cd等微量元素不同程度地超过国家地表水质IV标准,其中Pb最大超标倍数达113.4^[8]。

2.2 重点矿山矿坑水水质评价

2.2.1 矿坑水水质评价

(1) 评价标准及方法

矿坑水质量评价采用《地下水质量标准》(GB/T14848—2017)^[9]作为本次评价标准,地下水质量按地下水的优劣分为5类:I类、II类适用于各种用途;III类地下水化学组分含量中等,以人体健康基准值为依据,主要适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水;IV类地下水化学组分含量较高,以农业和工业用水质量要求及一定水平的人体健康风险为依据,适用于农业和部分工业用水,适当处理后可做生活饮用水;V类地下水化学组分含量高,不宜作为生活饮用水源,其他用水可根据使用目的选用。

本次矿坑水水质评价采用的是全分析结果,测试单位为山东省地质科学研究院,评价因子选取pH、总硬度、矿化度、SO₄²⁻、C1⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、F⁻、Hg⁺、As³⁺、Cr⁶⁺、Cd²⁺、Pb²⁺等13项。

本次评价采用评分法。首先进行各单项组分评价,划分组分所属质量类别,单项组分评价分值 F_i

分为 5 类, I 类为 0, II 类为 1, III 类为 3, IV 类为 6, V 类为 10。重点矿山单项组分评价结果见表 2。

表 2 重点矿山单项组分评价结果一览表

矿坑水评价 化学组分	金桥煤矿(K1)		华丰煤矿(SK9)		沣水煤矿(SKF1)		谷家台铁矿(SKL10)		焦家金矿(SK6)	
	含量/ (mg/L)	评价结果								
Cl ⁻	180.88	III	467.76	V	322.34	IV	27.81	I	120.53	II
SO ₄ ²⁻	1588.14	IV	957.38	III	1542.32	IV	112.11	II	378.3	V
F ⁻	0.97	I	—	—	0.03	I	0.38	I	1	I
NO ₃ ⁻	9.52	III	0.04	I	40.48	V	17.7	III	74	V
总硬度	986.37	V	811.26	V	1953.24	V	282.61	II	502.14	IV
矿化度	2847.46	V	2540	V	3093.59	V	2195.99	V	1040.35	IV
pH	7.49	II	7.6	II	7.38	II	8.03	II	7.88	II
Hg	0.001	III	0.0001	II	<0.0001	II	<0.0001	II	<0.0001	II
As	0.01	II	0.01	II	<0.01	II	<0.01	II	<0.01	II
Cr	0.01	II	0.01	II	<0.01	II	<0.01	II	<0.01	II
Cd	0.001	II	0.001	II	0.001	II	<0.001	II	<0.002	III
Pb	0.001	I	0.01	II	<0.01	II	0.001	I	<0.002	I
CN	0.002	III	0.002	III	0.002	III	<0.002	III	<0.002	III

注:pH 无量纲。

综合评价分值 F 的计算见式(1)、式(2):

$$F = \sqrt{(F_0^2 + F_{\max}^2)/2} \quad (1)$$

$$F_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \quad (2)$$

式中: F_0 —单项组分评分值 F_i 的平均值; F_{\max} —各单项组分评分值 F_i 的最大值; n —参评因子数。

根据 F 值, 矿坑水质量标准级别 <0.80 为优良; $0.80 \leq F < 2.50$ 为良好; $2.50 \leq F < 4.25$ 为一般; $4.25 \leq F < 7.20$ 为较差; ≥ 7.20 为极差。

(2) 评价结果

除铁矿矿坑水为良好外, 其余矿坑水均为极差水, 结果见表 3。

表 3 重点矿山矿坑水质量评价结果表

矿山名称	地下水取样地点编号	评分指数 F	评价结果
金桥煤矿	K1	7.483	极差
华丰煤矿	SK9	8.749	极差
沣水煤矿	SKF1	7.636	极差
谷家台铁矿	SKL10	2.293	良好
焦家金矿	SK6	7.398	极差

2.2.2 矿坑水用途评价

按照《生活饮用水卫生标准》(GB5749—2022)^[10], 选择 Cl⁻、SO₄²⁻、F⁻、NO₃⁻、总硬度、矿化度、pH 等 7 项指标作为评价因子; 按照《农田灌溉水质标准》(GB5084—2021)^[11], 选择 Cl⁻、Hg、As、Cr、CN、F⁻、矿化度、pH 等 8 项指标作为评价因子; 按照《渔业水质标准》(GB11607—89)^[12], 选取 Hg、As、Cr、CN、F⁻、pH 等 6 项指标作为评价因子;

按照《工业循环冷却用水处理设计规范》(GB50050—2017)^[13], 采用间冷开式系统循环冷却水标准, 选取 Cl⁻、SO₄²⁻、C₁⁻、Fe²⁺、钙硬度+全碱度、pH 等 5 个指标作为评价因子, 通过计算评价因子测试值与标准界限值的比值(即评价系数), 矿坑水中 Cl⁻、SO₄²⁻、总硬度、矿化度、NO₃⁻、Hg 等评价因子的评价系数大于 1(图 2), 不适合人类生活饮用, 适合农田灌溉(煤矿矿坑水除外), 符合渔业用水标准(金桥煤矿除外), 可作为间冷开式系统循环冷却水使用。

3 矿山排水引发的环境效应分析

3.1 重点矿山矿坑水灌溉对土壤的影响

3.1.1 综合评价标准及方法

采用内梅罗(N.L.Nemerow)综合指数模式, 采用公式(3)(4)(5)计算:

$$P = \sqrt{(P_0^2 + P_{\max}^2)/2} \quad (3)$$

$$P_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

$$P_i = C_i / S_i \quad (5)$$

式中: P —土壤污染物综合指数; P_0 —各污染物指数 P_i 的平均值; P_{\max} —土壤中各污染物分指数 P_i 的最大值; P_i — i 污染物的分指数; C_i — i 污染物的实测值; S_i — i 污染物土壤环境质量标准值, 参见《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618—2018)^[14]水田类风险筛选值(最高级别)。

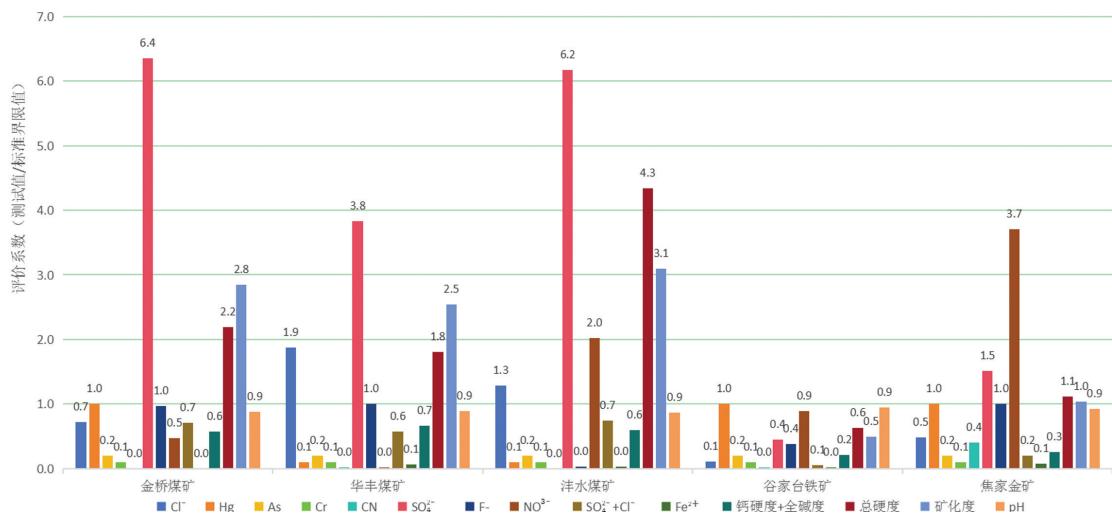


图 2 重点矿山矿坑水用途综合评价图

根据污染程度 P 值, $P < 1.0$ 时, 环境质量级别为 I 级; $1.0 \leq P < 2.0$ 时, 土壤环境质量级别为 II 级; $2.0 \leq P < 6.0$ 时, 环境质量级别为 III 级; ≥ 6.0 时, 土壤环境质量级别为 IV 级。

3.1.2 评价结果

本次所取样品分别代表不同矿区不同地段的环境质量状况, 从综合评价结果看(表 4), 金桥煤矿 TW4 的 Cd 超过风险筛选值(低于风险控制值 1.5), 可以采取农艺调控、替代种植等安全利用措施; 其余土壤未受污染, 质量优良, 土壤污染风险低, 一般情况下可忽略。

3.2 重点矿山矿坑水对周围水环境影响

3.2.1 金桥煤矿水环境影响

矿山排水不可避免地造成一定范围内的煤系地层裂隙水水位下降(或疏干), 影响范围为矿区及外围较近地区。由于开采水平较深, 且有较大厚度煤系地层的阻隔, 孔隙水与裂隙水连通性较差, 正常生产条件下, 孔水补给量较小, 矿坑水水源主要是奥灰岩溶水。矿山排水对区域第四系浅层地下水水位影响较严重, 已经形成降落漏斗区(图 3), 地下水含水层结构破坏。采空塌陷和矿坑排水形成的地表积水区容易与地下含水层联通, 增加了地下水污染风险。

3.2.2 谷家台-业庄铁矿水环境影响

矿山铁矿矿体赋存于矿山背斜两翼燕山期岩浆岩与奥陶系碳酸盐类岩石接触带附近, 充水水源为水水源主要是奥陶系碳酸盐岩裂隙岩溶水, 矿坑排水导致水位大幅度下降, 2 个矿区周围形成了呈 SE—NW 向弧形带状分布的岩溶水漏斗区, 漏斗最

表 4 重点矿山土壤有害元素评价一览表

矿区	编号	As	Hg	Cr	Cd	Pb	综合指数	环境质量等级
金桥煤矿	TW1 风险筛选值 20	16.76	18.62	91.03	0.22	30.61	0.63	I
	TW2 风险筛选值 20	19.24	27.04	91.32	0.24	30.41	0.72	I
	TW3 风险筛选值 20	12.2	14.47	68.74	0.16	20.64	0.46	I
	TW4 风险筛选值 30	17.94	10.64	69.29	0.52	36.64	1.30	II
	TW5 风险筛选值 20	5.44	14.84	34.41	0.12	21.77	0.21	I
华丰煤矿	TW6 风险筛选值 25	12.86	8.97	63.16	0.1	29.68	0.40	I
	TW7 风险筛选值 30	13.6	12.32	59.28	0.12	31.41	0.37	I
	TWf1 风险筛选值 20	11.13	86.34	77.86	0.193	47.74	0.43	I
	TWf2 风险筛选值 20	10.54	75.72	83.2	0.709	82.52	0.69	I
沣水煤矿	TWf3 风险筛选值 20	11.55	32.12	88	0.432	66.94	0.47	I
	TWf4 风险筛选值 20	10.98	35.41	87.98	0.141	44.38	0.42	I
	TWJ1 风险筛选值 20	7.84	59.49	41.78	0.102	29.3	0.30	I
	TWJ2 风险筛选值 20	5.29	126.71	28.56	0.074	34.2	0.21	I
焦家金矿	TWJ3 风险筛选值 20	5.52	82.02	33.31	0.092	48.2	0.22	I
	TWJ4 风险筛选值 20	7.52	70.74	34.64	0.09	29.6	0.29	I

注: Hg 为 $\times 10^{-3}$, 其他元素为 mg/kg; I 为土壤污染大理岩围岩裂隙岩溶水, 含水丰富, 水量较大。矿坑风险低, 一般可忽略; II 为采取农艺调控、替代种植等安全措施。

高水位标高 195 m, 中心水位标高约 170 m, 落差约 25 m, 影响面积约 27.08 km^2 , 最大影响距离 3.5 km。由于铁矿区周围同时又是工业用水、城市生活用水的水源地, 矿坑排水和水源地开采两方面因素叠加, 加剧了岩溶水水头损失程度。采矿过程中的矿井大量排水, 致使矿区岩溶水资源量锐减, 又改变了地下水的天然流场, 加剧了供、排水矛盾, 对

地下水水资源量影响较大。

3.2.3 焦家金矿水环境影响

金矿排水导致水位下降, 矿区周围形成了呈近 SN 向条带状分布的浅层地下水漏斗区, 漏斗最高水位标高 12 m, 中心水位标高约 -10 m, 落差约 22 m, 影响面积约为 38.8 km^2 , 最大影响距离 6.5 km (图 3)。

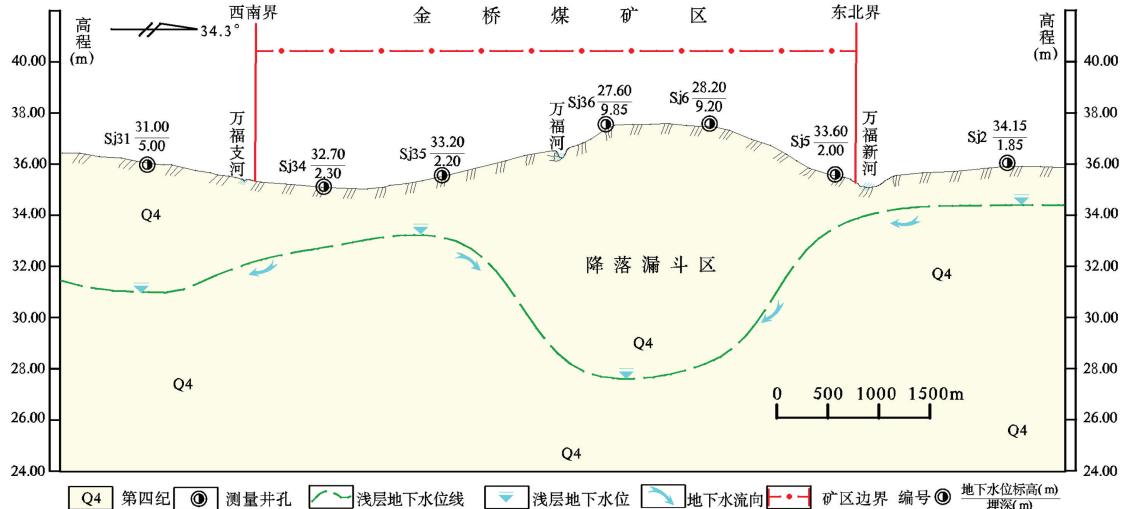


图 3 金桥煤矿浅层地下水漏斗剖面图

金矿排水减少了区内地下水资源, 改变了局部地下水流向, 对当地农业生产影响较大。选矿生产形成点圆状污染, 有机污染物主要是矿山废水池和尾矿池中植物的腐烂, 或者来自选矿厂废水中含有的酚、甲酚、萘酚、油类等有机物; 无机物污染包括重金属离子、无机盐等物质。对于黄金矿山来说, 氰化物的污染十分普遍, 但均采取一定的保护措施, 其生产活动对地下水环境的破坏较轻, 影响小。焦家金矿建成了综合污水处理站, 对生活污水、工业废水进行处理, 实现氰化物零排放。

4 结论

(1) 铁矿矿坑水水质普遍较好, 优于金矿和煤矿; 大多数煤矿矿坑水质较差, SO_4^{2-} 含量、总硬度、矿化度偏高; 鲁东滨海金矿区总硬度、矿化度及氯化物含量偏高。

(2) 矿坑水不适合作为生活饮用水, 在农业、渔业、工业等领域均有利用价值; 煤矿、金矿的矿坑水水质较差, 个别煤矿矿坑水灌溉区土壤污染风险较高, 需采取一定的安全利用措施。

(3) 长期的矿山井下疏干排水, 导致矿区及其附

近地区地下水位的大幅度下降, 形成以矿井为中心的大面积疏干漏斗, 并诱发浅层地下水资源枯竭、地下水含水层结构破坏、供水井干枯、水质恶化、海(咸)水入侵等环境效应, 对周边土壤也产生一定的污染。

参考文献:

- [1] 蒙永辉, 颜堂, 罗梅, 等. 论山东省矿山地质环境现状及存在问题[J]. 山东国土资源, 2018, 34(9): 36-41.
- [2] 蒙永辉, 许燕, 王集宁, 等. 山东省矿山地质环境治理工作形势分析[J]. 山东国土资源, 2016, 32(9): 27-31.
- [3] 张丽霞, 王鲁林, 江泳, 等. 新形势下山东矿山地质环境保护与管理工作探讨[J]. 山东国土资源, 2017, 33(7): 44-49.
- [4] 王海荣, 郭子萍. 闭坑矿山地质环境问题及其治理对策研究: 以河南省新乡市凤泉区为例[J]. 经济研究导刊, 2011(30): 154-155.
- [5] 曾庆铭, 施龙青. 山东省煤炭开采对水资源的影响分析及对策研究[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2009, 28(2): 48-52.
- [6] 冯克印, 刘善军, 董强, 等. 山东省主要矿山排水对地下水系统影响研究[J]. 中国地质灾害与防治, 2010, 21(3): 125-128.
- [7] 孔庆友, 姚春梅, 何国幸, 等. 山东省济宁及枣庄地区煤矿矿坑排水综合利用规划建议[J]. 山东国土资源, 2004, 20(2): 45-48.

- [8] 杨敏, 陈华清, 张江华, 等. 某金矿区地质环境问题及其对策[J]. 黄金, 2011, 32(1): 64-65.
- [9] GB/T14848-2017. 地下水质量标准[S].
- [10] GB5749-2022. 生活饮用水卫生标准[S].
- [11] GB5084-2021. 农田灌溉用水水质标准[S].
- [12] GB11607-89. 渔业水质标准[S].
- [13] GB50050-2017. 工业循环冷却用水处理设计规范[S].
- [14] GB15618-2018. 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S].

Study on Environmental Effects Caused by Underground Mining Drainage in Key Mines in Shandong Province

LV Xiaoliang¹, ZHOU Xin², GUO Tianchan², CUI Xueping¹, ZENG Fanxue³

(1. Mengyin Bureau of Natural Resources and Planning, Shandong Mengyin 276200, China; 2. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 3. Weifang Survey and Mapping Research Institute, Shandong Weifang 261061, China)

Abstract: As a province with abundant mineral resources, due to long-term dewatering and drainage of underground mining pits, frequent geological and environmental problems in mining areas and surrounding areas happened in Shandong province. Through water use investigation of key mines in the coal mine distribution area in southwest, central and eastern Shandong province, the quality of mine water and the resulting environmental effects have been found out. It is showed that long term underground dewatering and drainage in mines have led to a significant decrease in groundwater levels in the mining area and its surrounding areas, formed a large scale dewatering funnel centered on the mine, and induced environmental effects, such as depletion of shallow groundwater resources, structural damage to groundwater aquifers, and deterioration of water quality. Mine water is not suitable as drinking water for daily life. It has practical value in agriculture, fisheries, industry and other fields. Coal mines and gold mines have relatively poor water quality compared to iron mines, and some coal mine water irrigation areas have a higher risk of soil pollution. Certain safety countermeasures should be carried out for utilization. The research results will provide a scientific basis for rational development and utilization of mine water, solving water scarcity and mine water environmental pollution, and achieving the coordinated and unified development of mineral resources and the environment.

Key words: Underground mining drainage; environmental effect; quality of mine water; Shandong province