

露采煤矿山酸性废水治理方法

——以福泉市皮陇河煤矿区为例

丁丁,杨胜兴,周文龙,熊远鹏

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局,贵州 贵阳 55005)

[摘要]为解决露天采煤矿区酸性废水造成的附近水体和土壤酸化污染问题,本文以福泉市皮陇河生态修复项目为例,对大气降水淋滤煤矸石产生酸水、废弃露采坑中残留高硫煤及硫化矿物与积水作用产生酸性积水进行处理,并对废弃露采坑中酸性水通过采坑边邦及底板下渗对地下水的污染问题进行治理,效果较为显著。治理区域下游河流断面水质达到灌溉标准,为矿山解决生态环境污染问题的同时,也为国土空间生态修复打造了可行性强、可供复制的治理样板。

[关键词]煤矿;酸性废水;国土空间生态修复

[中图分类号]X703.1 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2022)04-400-04

1 前言

贵州省是煤矿资源大省,以790余亿吨的资源储量位列全国第五。早期不规范开采情况较为严重,遗留诸多矿山生态环境问题,诸如露天开采煤矸石乱堆乱放、煤矿废水肆意流淌,造成水体酸化污染、自然景观破坏等问题(唐常源等,2009;刘腾飞,2013;李忠,2013;梁浩乾等,2019)。以小流域为单元,对皮陇河源头主要水源涵养区的陆生生态系统、水生生态系统、水陆生态交互生态系统所存在的矿山生态环境问题及水环境问题进行综合治理,对可自然恢复的其他生态系统进行保护,使流域源头区“山水林田湖草”整体生态得到恢复改善。

2 治理区概况

皮陇河酸性废水治理区大地构造位置属扬子准地台黔北台隆复杂变形区,区域构造上位于瓮安复向斜西翼(潘桂棠等,2009)。治理区东面有道新高速,遵义-马场坪省级公路经过,区内乡村

硬化路连通,交通比较方便。行政区划属福泉市龙昌镇煤炭湾,是重安江二级支流皮陇河源头。作为清水江一级支流(刘晓静,2014),重安江流域是长江中上游重要的生态屏障。

治理区内主要出露地层由老到新分别有:寒武系中上统娄山关组($C_{2-3}ls$),奥陶系下统桐梓组(O_1t),二叠系中下统梁山组(P_2l)、栖霞组(P_2q)、茅口组(P_2m),二叠系上统峨眉山组($P_3\beta$)、吴家坪组(P_3w),三叠系下统夜郎组(T_1y)、茅草铺组(T_1m),第四系(Q)。其中梁山组(P_2l)、吴家坪组(P_3w)地层为区内的主要产煤地层。其岩性及厚度详见表1。

露天采矿遭破坏的主要为含煤地层及其上覆地层。治理区破坏的主要是二叠系中统梁山组(P_2l)、上统吴家坪组(P_3w)地层。治理区内早在20世纪八十年代就进行了小规模煤矿开采,开采方式主要为露采。由于开采没有规划,浅表煤矿层破坏严重。采矿活动致使地下水水质、水资源涵养能力、土壤、生物多样性等受到影响(张伟,2014;王旭琴等,2015)。产生的大量煤矸石随意堆放,导致治理区地质环境遭到严重破坏(如图1)。

[收稿日期]2022-04-01 [修回日期]2022-10-09

[作者简介]丁丁(1987—),男,高级工程师,长期从事矿产地质勘查、环境地质工作。

表 1 地层特征表

Table 1 Characteristics of the stratum

系	统	地层代号	组名	厚度(m)	主要岩性
第四系		Q		0~20	粘土,粉土及砂砾
三叠系	下统	T _{1m}	茅草铺组	54~179	下部为灰岩,上部为杂色页岩、砂岩
		T _{1y}	夜郎组	175~317	杂色页岩、灰岩
	上统	P _{3w}	吴家坪组	130~307	硅质岩、硅质页岩夹灰岩,煤矿
二叠系		P _{3β}	峨眉山玄武岩	0~35	为深绿色厚层至块状拉斑玄武岩、含玄武岩矿
	中统	P _{2m}	茅口组	15~213	灰岩,含燧石结核
		P _{2q}	栖霞组	91~145	灰岩
		P _{2l}	梁山组	0~26	砂岩、页岩、粘土岩,煤矿、铝土矿、铁矿
奥陶系	下统	O _{1t}	桐梓组	0~180	灰岩、白云岩,含重晶石矿
寒武系	中上统	Є ₂₋₃ ls	娄山关群	767~1 305	白云岩,上部夹燧石团块,含重晶石矿

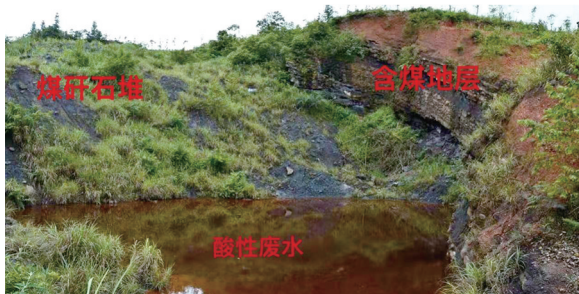


图 1 露天采坑破坏现状图

Fig. 1 Present condition of destroyed open mining pit

煤矸石中含有硫铁矿(FeS₂)与氧气、水发生化学反应而形成硫酸(H₂SO₄),酸性废水主要有以下几个来源:一是大气降水对煤矸石淋滤产生酸水;二是废弃露天采坑中残留高硫煤及硫化矿物与积水作用产生酸性积水;三是采坑边邦及底板遭破坏裂隙发育,地下水径流形式主要表现为隙流(向刚等,2022),废弃露天采坑中酸性水通过下渗对地下水的污染。此外,还包含部分重金属离子(刘伟,2012)。据观测及样品分析,区内水体pH值达2.64,铁离子浓度137.5毫克/升,硫酸根离子高达2 760毫克/升。

3 治理方法及数据采集

3.1 治理方法

通过对治理区地层岩性、地质构造、水文地质特征进行调查和研究,研判治理区被破坏地层范围及其特征,结合酸性废水特性(杨秀丽等,2014;卢裴裴等,2022),采取以下几种治理途径:一是“防止酸性水形成的措施”,包括对露天采坑的防渗及封闭、对矸石堆的处理及防渗;二是“酸性

水的阻断治理措施”,包括采用碱性物质(石灰石等材料)的“中和法”、利用生物吸附和吸收的“湿地法”。

3.1.1 防止酸性水形成的措施

主要针对露天采坑的防渗及封闭、对矸石堆的处理及防渗。对于露天采坑的治理方面,首先使用生石灰对采坑中酸性废水进行中和,然后在露天采坑底部铺设粘土层-HPDE膜,对采场基岩边坡喷砼进行封闭,最后进行回填、植被复绿。通过上述措施,对已破坏含煤地层进行防渗处理,阻隔煤矿酸性废水垂向渗漏污染地下水。针对煤矸石堆的处理,先在矸石堆底部铺设粘土层-HPDE膜,然后进行清表。值得一提的是,可将煤矸石进行包覆回填至露天采坑后,再覆种植土复绿。(如图2)

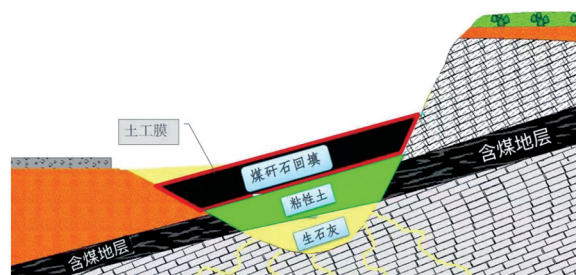


图 2 露天采坑治理示意图

Fig. 2 Diagram of open mining pit treatment

具体措施总结为:采用采坑废水综合吸收+被破坏含煤地层覆膜防渗+煤矸石封装+采坑回填+土地平整+覆土+植被复绿+排水沟工程

3.1.2 酸性水的阻断治理措施

主要针对历史露天采坑积水、矸石堆下渗污染的水体。参照酸性矿井水的治理(吴涛等,2010;邢春峰,2010),采用碱性物质(石灰石等材料)的“中和法”、利用生物吸附和吸收的“湿地

法”进行处理。

酸化水体主要成分为黄铁矿(FeS₂)及其氧化后的产物Fe²⁺、Fe³⁺、H⁺、SO₄²⁻,治理设计结合经济适用、原料易得等原则,就地取材、顺势而为。通过多次水体净化试验结果,选用不同粒径的石灰岩为主材(张河民等,2015),在隔水地层上,修建梯级渗透墙、沉淀反应池和干砌石渗透反应岸(如图3);降低水体流速,加速水中固体颗粒原地沉淀;同时增大煤矿废水与石灰岩的接触面积,使酸性物质与石灰岩进行酸碱中和反应:

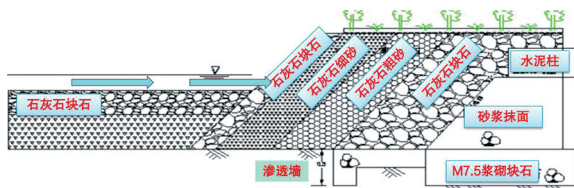
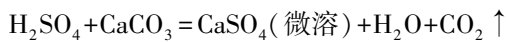
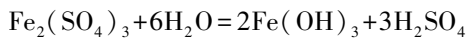
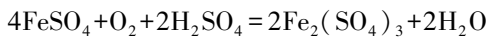
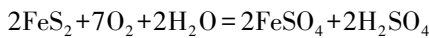


图3 酸性废水净化系统示意图

Fig. 3 Diagram of acid wastewater purification system

与此同时,利用“湿地法”对经生态沉淀反应池综合过滤后的水体进行生物、化学的综合和吸收。湿地设计为浅水(约0.5 cm),便于暴氧,底部采用灰岩沙粒铺设,便于酸性物质综合,种植适宜植物等,便于漂浮物及部分溶于水体重金属物质吸收。煤矸石防渗处理后,覆土种植刺槐等耐酸性植物;生态湿地内种植耐酸性、具重金属富集能力的水生植物香蒲、菖蒲等,为微生物提供生长场所,过滤、截留水中的悬浮物,有效去除水中的酸、铁、硫化物等;河岸混合种植格桑花、节节草等美化生态环境;投放泥鳅、黄鳝及蛙类,扰动水体,加速水体氧化。

此外,利用上游渗透墙与下游沉淀反应池、生态湿地的水位差,建造人工喷泉,扰动水体以增加曝氧时间,从而加速酸性水体氧化。经物理过滤、酸碱中和、化学氧化,实现自我净化,有效解决地表水污染问题。

具体措施总结为:生态沉淀池+渗透墙+植被复绿+人工湿地+排水沟工程+监测工程。

3.2 数据采集

治理区地层情况、含煤地层的层数、采矿导致地质及生态环境破坏状况、水文地质等情况直接

引用于皮陇河煤矿区治理项目资料;矿山酸水pH值、铁离子及硫酸根离子浓度等水质分析数据主要采集于项目治理前设计阶段。除此之外,治理后植被覆盖、水质情况等治理指标完成情况则进行现场调查核实。

4 讨论与结论

4.1 讨论

4.1.1 治理方法的可行性

治理实施后,治理区内被破坏的地貌得以改善,植被覆盖率提升。从社会效益方面,从经济效益方面来看,土地复垦、绿化后,耕地或林地面积相应增加。本治理区以附近常见的石灰石作为主要材料有效解决了水体酸化的历史遗留矿山生态环境问题。相较传统的污水处理厂,具有项目建设维护费用低、治理成本低、维护费用少、治理效果好等特征。

4.1.2 采用本治理方法需注意的问题

采用本方法进行矿山酸性废水治理过程中,应注意以下问题。首先是煤矸石堆的处理。可将其进行防渗包覆后回填至露天采坑,剩余部分煤矸石底部需铺设土工膜,上覆土工膜,防治雨水淋滤造成煤矿酸性废水垂向渗漏污染地下水。其次是截排水沟施工过程中需修建沉沙池,且后期要定期进行清理。在“湿地法”实施进程中,生物植物及水生动植物的选择应遵循“因地制宜,适地适物”的科学原则。

4.1.3 需要进一步研究的方向

一是用于修建梯级渗透墙、沉淀反应池和干砌石渗透反应岸的石灰石耐久度问题。该方法经实验室论证可行,工程效果达到设计要求,但其尚属于工程试验,对于石灰石的使用有效时限尚无明确定论。后期需加强治理区内水质监测进行验证。二是该治理方法的适用范围问题。其设计原理虽适用于煤矿等具有酸性废水影响的矿山治理,但对其他矿种类型国土空间生态修复是否有效未有考证。

4.2 结论

通过实施有效治理措施,使矿山酸性废水污染现状得到了控制,皮陇河观测点水体断面pH值

上升至 6.85,达到灌溉水水质标准。水生植物得以重建、皮陇河源头水源涵养功能得以恢复,周边环境稳定程度得到提升,当地生态环境状况得到明显改善,达到了治理目的。总结如下:

(1)生态沉淀池+渗透墙+植被复绿+人工湿地+排水沟工程+监测工程的系列治理措施是行之有效的,对于存在煤矿酸性废水污染问题的地质环境治理恢复是切实可行的。

(2)经过室内试验采用石灰石对矿山酸性废水进行中和是可行的,经过本矿山治理试验,该材料具有经济、实用等优势。

(3)该综合治理方法对于煤矿山酸性废水治理的有效性,对存在酸性废水污染问题的其他矿种矿山进行试验。

[参考文献]

- 李忠. 2013. 浅析煤矿开采过程中的环境问题及防治办法[J]. 中国高新技术企业,21(1):105-106.
- 梁浩乾,冯启言,周来,等. 2019. 鱼洞河流域废弃煤矿矿井水对环境的影响[J]. 水土保持研究,26(6):382-388.
- 刘伟. 2012. 煤矸石中重金属动态淋滤溶出特征研究[J]. 环境保护,26(1):14-17.
- 刘腾飞. 2013. 煤矿开采地质环境问题类型及特征浅析[J]. 陕西

- 煤炭,1(1):14-16.
- 刘晓静. 2014. 贵州省清水江流域污染治理效果评价[J]. 环保科技,2014(3):33-35.
- 卢裴裴,王诗扬. 2022. 废弃煤矿山酸水地学防治的实验室模拟研究[J]. 贵州地质,39(1):66-71.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质,36(1):1-2.
- 唐常源,吴攀,陶秀珍,等. 2009. 酸性矿坑废水对流域酸化的影响——以贵州兴仁县典型废弃煤矿区小流域为例[J]. 中国岩溶,28(2):135-143.
- 王旭琴,李立军. 2015. 露天煤矿开采的生态环境影响评价[J]. 环境与发展,27(1):25-27.
- 吴涛,司庆超,王济洲. 2010. 煤矿酸性矿井水的危害及其主要防治技术[J]. 山东煤炭科技,2010(5):179-180.
- 向刚,王嘉铭,陈体云. 2022. 贵州省福泉市大湾磷矿地下水动态研究[J]. 贵州地质,39(2):131-136.
- 邢春峰. 2010. 煤矿酸性矿井水防治研究[J]. 科技致富向导,10(1):340-341.
- 杨秀丽,罗维,刘秀伟,等. 2014. 煤矿集中开采区水环境污染源类型及防治对策——以贵州毕节织河矿区为例[J]. 贵州地质,31(3):234-240.
- 张伟. 2014. 露天矿开采对地下水环境的影响分析[J]. 能源与节能,2014(5):105-107.
- 张河民,钟铭君,吴启堂. 2015. 石灰石沟一堆肥湿地系统处理酸性矿山废水的研究[J]. 中国环境科学,35(10):3032-3040.

Treatment Method of Acid Wastewater in Opencast Coal Mine

——A Case Study of Pilinghe Coal Mine in Fuquan

DING Ding, YANG Sheng-xing, ZHOU Wen-long, XIONG Yuan-peng

(Guizhou Bureau of Geological exploration for Non-ferrous Metals and Nuclear Industry, 550005 Guiyang, Guizhou, China)

[Abstract] In order to solve the acid pollution problem of nearby water bodies and soil which caused by acid wastewater in the opencast coal mine, the project of Pilinghe ecological treatment in Fuquan city is taken as the example, the acid wastewater of atmosphere water leaching coal gangue, the acid hydros formed by residuary sulfur coal and sulfide mineral with hydros in abandoned open mining pit were treated, the underground water pollution of infiltrated acid wastewater through the mining pit edge and basement in the abandoned open mining pit were improved, the effect is obvious. The sectional water quality of downstream rivers in the treating area reached the required standard of irrigation. The ecological environment pollution of ore was treated, meanwhile the high-probability and reproducible treating simple were made for ecological restoration of national space.

[Key Words] Coal mine; Acid wastewater; Ecological restoration of national space