



移动扫码阅读

何钢,谢毫.潘谢矿区灰岩水水质特征及资源化途径研究[J].能源环境保护,2019,33(6):47-50.

HE Gang, XIE Hao. Study on the water quality characteristics and utilization of limestone water in Panxie mining area[J]. Energy Environmental Protection, 2019,33(6):47-50.

潘谢矿区灰岩水水质特征及资源化途径研究

何钢¹, 谢毫^{2,*}

(1.淮南师范学院,安徽淮南 232038;2.煤矿生态环境保护国家工程实验室,安徽淮南 232001)

摘要:以淮南潘谢矿区灰岩水为研究对象,分析了灰岩水水质特征并有针对性地提出了资源化利用途径。水质分析结果表明:潘谢矿区灰岩水呈弱碱性、高温、高矿化度,富含锂、锶、铁、锰、硒等微量元素,重金属含量较低,含14种稀土元素。灰岩水可作为热源进行热能利用,还可采用分级处理、分质利用的思路对灰岩水进行深度处理,将灰岩水回用作矿井生产用水和高标准用水。灰岩水盐分较高,经浓缩后的灰岩水可通过冷冻结晶、MED、MVR等技术将盐类进行提取和利用。

关键词:煤矿;灰岩水;资源化

中图分类号:X37;TV213

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2019)06-0047-04

Study on the water quality characteristics and utilization of limestone water in Panxie mining area

HE Gang¹, XIE Hao^{2,*}

(1. Huainan Normal University, Huainan 232038, China;

2. National Engineering Laboratory for Protection of Coal Mine Eco-environment, Huainan 232001, China)

Abstract: Taking the limestone water of Panxie mining area in Huainan as the research object, the way of resource utilization for limestone water was put forward after analyzing the water quality characteristics. The results show that the limestone water in Panxie mining area presents slightly alkaline and high temperature, and contains 14 kinds of rare earth elements, low concentrations of heavy metals and high concentrations of trace elements such as lithium, strontium, iron, manganese and selenium. Limestone water can be used as a heat source for thermal energy utilization. It can also be reused as mine production water and high standard water after advanced treatment with classification and quality utilization. Limestone water contains high salinity. The minerals in the concentrated limestone water can be extracted and utilized by freezing crystallization, MED, MVR and other technologies.

Key words: Coal mine; Limestone water; Resource utilization

0 引言

灰岩水常常赋存于煤炭开采层的底部,具有富水性、涌出量大等特点,灰岩水的防治关系到煤矿建设与开采的安全性。采取合适的方法对灰岩水进行治理,在保障矿井安全开采的同时充分利用地下灰岩水资源具有重要意义。为此,笔者针

对淮南煤矿灰岩水水质特征,以潘谢矿区为例,按照煤与水共采、治水与水资源开发协同发展的理念,分析了灰岩水资源化的主要途径^[1,2]。潘谢矿区位于安徽省中北部,横跨淮南和阜阳两市,矿区灰岩主要由太原组灰岩和奥陶系灰岩组成。其中,太原组灰岩整合或假整合于本溪组之上,岩性主要为灰~深灰色结晶灰岩、生物碎屑灰岩与深

收稿日期:2019-08-10

第一作者简介:何钢(1960-),女,浙江桐庐人,副教授,主要从事资源化经济研究。E-mail: hegang17@163.com

通讯作者:谢毫(1981-),男,河南洛阳人,高级工程师,主要从事环境监测分析与煤矿生态环境技术研究。E-mail: xh0554@163.com

灰色砂质泥岩、页岩互层、薄层砂岩、薄层煤,岩性稳定,石灰岩总厚 50~60 m,占整个太原组沉积厚度 50%左右;其富水性不均一,属岩溶裂隙承压水,含水性弱。奥陶系灰岩平均厚度约 270 m,岩性主要为灰~浅灰色白云质灰岩,次为灰~浅灰绿色泥质灰岩,少见灰岩和钙质泥岩,偶见角砾状灰岩;岩溶裂隙发育极不均一,且在中下部比较发育,具水蚀现象,以网状裂隙为主,局部岩溶裂隙发育,具方解石脉充填,弱~中富水性。

1 分析测试方法

以潘谢矿区的灰岩地面水文观测孔水和井下钻孔水为研究对象,开展现场采样工作,共采集到灰岩水样品 40 个,其中:太灰水 16 个,奥灰水 24 个。分别按照《水质 钙和镁的测定 原子吸收分光

光度法》(GB/T 11905-1989)、《水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法》(GB/T 7475-1987)、《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》(HJ 700-2014)、《水质 无机阴离子的测定 离子色谱法》(HJ 84-2016)等标准对样品进行测试分析。

2 灰岩水水质特征分析

2.1 常规水化学指标分析

灰岩含水层水化学指标统计情况见表 1,太灰水水温为 34 ℃~37 ℃,pH 值为 7.68~13.17, TDS 为 1 140.72~2 991.93 mg/L;奥灰水水温为 41 ℃~45 ℃,pH 值为 7.52~9.82, TDS 为 381.11~3 007.31 mg/L,两者均呈现出弱碱性、高温、高矿化度等特点。

表 1 灰岩含水层水化学指标统计

(mg/L, pH 无量纲)

水样类型	统计值	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	TDS	pH
太灰水	平均值	53.54	22.06	839.53	334.73	963.83	295.35	2348.52	8.38
	最大值	436.47	55.91	1128.57	883.26	1407.12	832.67	2991.93	13.17
	最小值	2.00	0.00	417.27	0.00	45.09	11.32	1140.72	7.68
奥灰水	平均值	27.21	12.58	861.56	549.1	850.8	220.25	2247.34	8.61
	最大值	89.64	33.88	1329.54	1470.58	1395.34	576.36	3007.31	9.82
	最小值	1.94	0.50	160.47	118.99	62.39	15.37	381.11	7.52

2.2 微量元素分析

潘谢矿区灰岩水微量元素种类丰富,锶、硒、铜、铬等镧、铈等 39 种元素均有检出,其平均含量

见图 1,呈现出高铁锰、富含锂、铷、锶、钡等碱金属和碱土金属等特点。

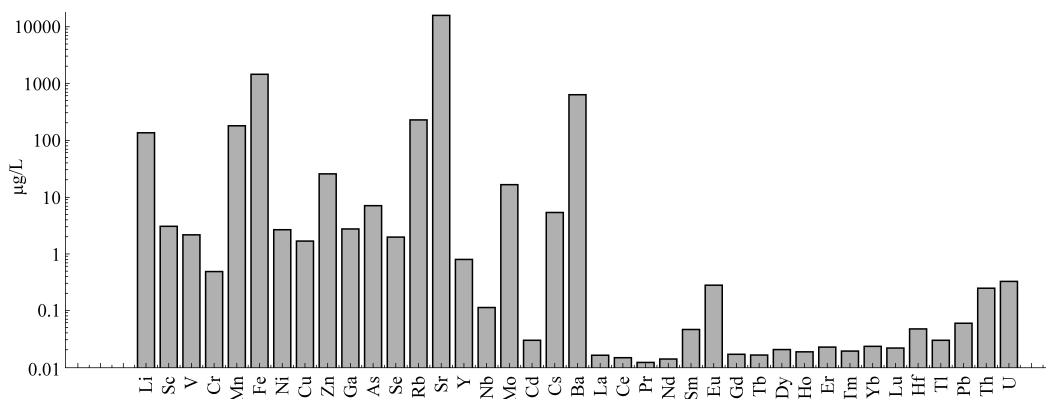


图 1 灰岩水微量元素含量分布

2.3 重金属元素分析

灰岩水重金属含量分布图见图 2,在灰岩水中铬、铜、砷、镉、钡等重金属元素含量较低,其中含量最高的重金属是钡元素,其平均值为 0.630 mg/L。灰岩水中的重金属元素均小于《生活饮用水卫生标准》(GB/T 5749-2006)限值。

2.4 稀土元素分析

灰岩水稀土元素含量分布见图 3,La、Ce、Pr、Nd、Pm 等 14 项稀土元素在灰岩水中均有检出,但含量都在 0.15 μg/L 以下;进行北美页岩标准化处理后发现,太灰水、奥灰水均出现了稀土元素钕 Eu 呈现正异常的情况。

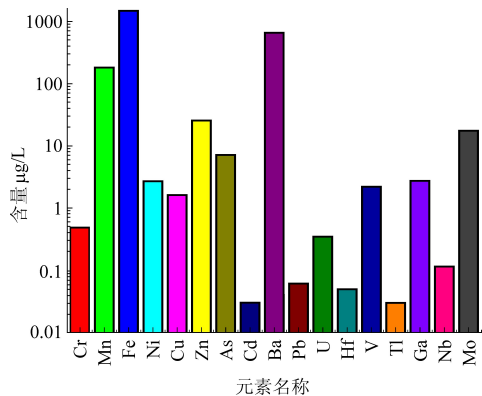


图 2 灰岩水重金属含量分布

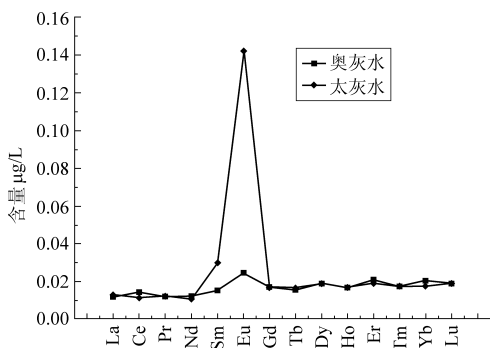


图 3 灰岩水稀土元素含量分布

2 灰岩水资源化利用途径分析

2.1 灰岩水热能资源利用

灰岩水埋藏于地层深处,其热能有待充分利用。以潘谢矿区潘二井为例,预估其疏排灰岩水总水量约为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$,水温为 $37 \text{ }^\circ\text{C} \sim 45 \text{ }^\circ\text{C}$,有效利用温差按 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 计算,灰岩水蕴含地热能约为 $25 \text{ } 120 \text{ kW}$,基本相当于两台 15 t/h 蒸汽锅炉的热负荷,极具开发潜力。将灰岩水中的热能作为资源进行开发利用,符合国家绿色矿山理念和节能中长期节能规划。对于灰岩水热能的利用,常采用水源热泵等热交换技术。灰岩水热能利用工艺流程如图 4 所示,奥灰水水温较高,为了提高能效,应直接进行换热供给井口防冻,供给井口的温度 $33 \text{ }^\circ\text{C}$ 时可以完全保证井口温度,原来矿井涌水的机组直接供给建筑物供热。剩余的奥灰水热量通过两级热泵提取供给建筑物,第一级热泵 COP 值为 5.5,第二级热泵 COP 值为 4.5,总供热能力可满足一个生产矿井的生活供热需求。

2.2 灰岩水水资源利用

影响灰岩水作为水资源利用的指标包括氟、氯、钙、镁、悬浮物,应根据回用对水量和水质的要求,结合灰岩水的水质特点,采用分级处理、分质利用的思路对灰岩水进行处理,可将灰岩水分为

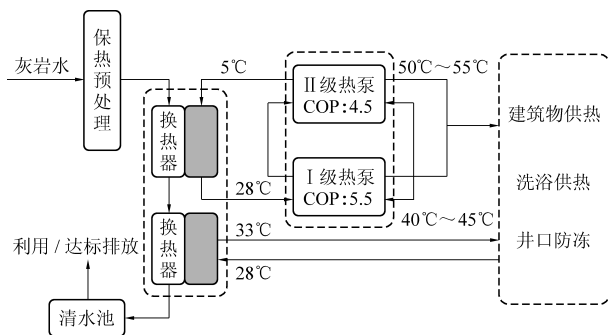


图 4 灰岩水热能利用工艺流程

矿井生产用水、高标准用水两个梯级进行利用^[3]。

灰岩水作为矿井生产用水工艺流程如图 5 所示,矿井生产用水主要包括防尘、注浆、选煤、消防等方面用水,而这些生产活动对水质的要求相对较低,灰岩水可作为生产补给用水应用到以上生产^[4]。潘谢矿区的部分灰岩水铁锰含量较高,较为洁净的灰岩水在输送过程中水质酸化并会产生一定的悬浮物,应根据铁锰的含量和回用要求进行强化处理^[5]。根据灰岩水的水质特征,其可行的处理流程可根据铁锰的含量分为两种。铁锰含量较低的灰岩水可直接经过安全保护过滤装置后进入矿用清水池,作为矿井生产补给用水;对于铁锰含量较高的灰岩水,首先要通过接触氧化过滤除铁,再经过安全保护过滤装置进入矿用清水池,作为矿井生产补给用水^[6]。

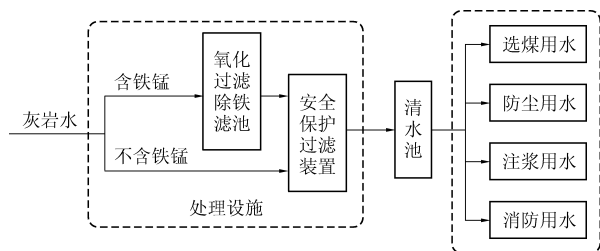


图 5 灰岩水作为矿井生产用水工艺流程

煤矿电机设备循环冷却水、液压系统乳化液配置、坑口电厂循环冷却水对供水水质的要求较高。灰岩水具有氯化物高、TDS 高、含钙、镁离子等特点,直接使用会导致设备或管路腐蚀、结垢,需深度处理,达到《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T 19923-2005)、《工业循环冷却水处理设计规范》(GB/T 50050-2017) 等标准的要求。灰岩水作为高标准用水利用的工艺见图 6,工艺主体为超滤+反渗透技术。该工艺对氯离子、硫酸盐、TDS、浊度的去除率能够达到 90%、99%、92% 和 98%,反渗透出水基本能够满足循环冷却水、乳化液配置用水等高标准用水需求,反渗透浓水可供注浆、选煤等一般性工作用水使用^[7,8]。

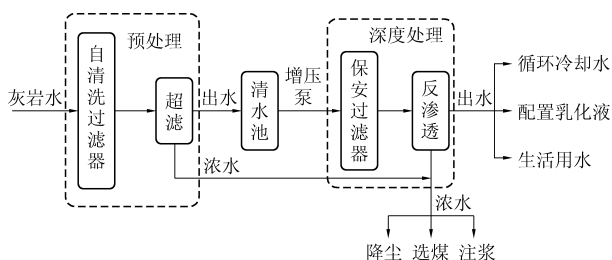


图6 灰岩水作为高标准用水利用工艺流程

2.3 灰岩水盐资源利用技术

对于灰岩水中的矿物资源进行利用,可先采用纳滤分盐,再分别对硫酸钠和氯化钠进行提纯^[9]。灰岩水矿物资源利用流程如图7所示,将经膜处理后的浓水先通过纳滤分盐,其截留下来的硫酸盐经SWRO膜浓缩后进入冷冻结晶工序析出芒硝,母液经高级氧化+微滤处理后返回SWRO膜浓缩工段进行循环利用;氯化物经RO和ED两级浓缩达到蒸发结晶要求时,通过MED/MVR蒸发结晶的方式将氯化钠以结晶盐的形式取出,产生的硫酸钠和氯化钠可进行销售或进一步资源化利用^[10]。

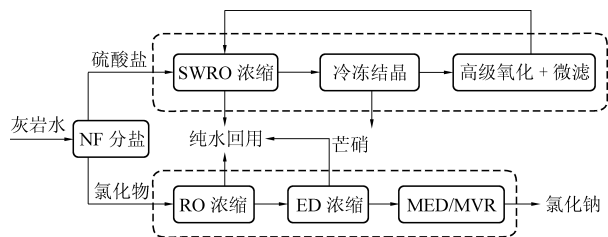


图7 灰岩水矿物资源利用流程

4 结论

(1)潘谢矿区灰岩水呈弱碱性、高温、高矿化度,水化学类型多为 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ + \text{K}^+$ 和

$\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ + \text{K}^+$,富含锂、锶、铁、锰、硒等微量元素,重金属含量较低,检出14种稀土元素。

(2)灰岩水蕴含较为丰富的热能,可作为热源进行热能利用,但要做好灰岩水的预处理和换热设备的防腐蚀功能。

(3)结合灰岩水的水质特点,采用分级处理、分质利用的思路对灰岩水进行处理利用,可将灰岩水回用作矿井生产用水和高标准用水。

(4)灰岩水盐分较高,经浓缩后的灰岩水溶液可通过冷冻结晶、MED、MVR等技术将盐类进行提取和利用。

参考文献

- [1] 顾大钊,张勇,曹志国.我国煤炭开采水资源保护利用技术研究进展[J].煤炭科学技术,2016,44(1):1-7.
- [2] 李翠,毕波,陈永春.淮南矿区矿井井下复用技术探讨[J].能源环境保护,2018,32(3):34-36.
- [3] 李井峰,熊日华.煤炭开发利用水资源需求及应对策略研究[J].煤炭工程,2016,48(7):115-117+121.
- [4] 杨建超,郭中权.塔山煤矿矿井水处理利用工艺改造实践[J].能源环境保护,2016,30(4):41-43.
- [5] 郑彭生,杨建超,郭中权,等.酸性矿井水中和—絮凝沉淀除铁试验研究[J].能源环境保护,2019,33(5):36-38.
- [6] 荣伟国,秦胜.煤矿矿井水井下直接处理及循环利用的工程实践[J].能源环境保护,2018,32(4):30-33.
- [7] 吴雪茜,秦胜,田莉雅,等.预处理混凝剂对高盐矿井水膜浓缩的影响[J].能源环境保护,2018,32(6):40-43.
- [8] 毛维东,周如禄,郭中权.煤矿矿井水零排放处理技术与应用[J].煤炭科学技术,2017,45(11):205-210.
- [9] 何绪文,张晓航,李福勤,等.煤矿矿井水资源化综合利用体系与技术创新[J].煤炭科学技术,2018,46(9):4-11.
- [10] 陈富强,池勇志,秉晖,等.高盐工业废水零排放技术研究进展[J].工业水处理,2018,38(8):1-5+27.

(上接第41页)

油废水[J].中国给水排水,2018,34(8):103-105+109.

- [4] 王振东,刘东方,黄文力,等.混凝-Fenton-生化-臭氧组合工艺处理含油乳化废水[J].水处理技术,2018,44(8):94-98.
- [5] 尹文波.无机盐—电芬顿处理乳化含油废水的研究[D].重庆:重庆大学,2017.
- [6] 郑季鑫.微电解-Fenton法联合处理含油废水的试验研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2017.
- [7] 董晓清,李继,邵培兵,等.UV/Fenton技术处理某工厂高浓度乳化油废水[J].环境工程学报,2014,8(7):2785-2788.
- [8] Xuotong Fan, Kimberly J.B.Sokorai, Joshua B.Gurtler. Advanced oxidation process for the inactivation of Salmonella typhimurium

on tomatoes by combination of gaseous ozone and aerosolized hydrogen peroxide[J].International Journal of Food Microbiology, 2020, 312. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108387.

- [9] Nan Huang, Wenlong Wang, Zibin Xu, et al. A study of synergistic oxidation between ozone and chlorine on benzalkoniumchloride degradation: reactive species and degradation pathway[J].Chemical Engineering Journal, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122856.
- [10] 耿莘惠,肖利萍,李莹.沸石、钢渣和活性炭复合处理城市污水的试验研究[J].非金属矿,2015,38(1):76-78.