

问题探讨

淮南矿区矿井水井下复用技术探讨

李翠^{1,2}, 毕波^{1,2}, 陈永春^{1,2}

(1. 煤矿生态环境保护国家工程实验室, 安徽 淮南 232001;

2. 煤炭开采国家工程技术研究院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 为了更好地在淮南矿区推广矿井水井下复用技术, 总结了国内矿井水井下复用理论、方法和应用技术。针对淮南矿区矿井水高悬浮物和高矿化度的水质特点, 分析了矿井水井下复用技术应用的可行性与必要性, 探讨了“采空区预过滤+无机陶瓷膜+防结垢”、“采空区预过滤+悬浮物预处理+离子去除+防结垢”、“采空区预过滤+地面处理+地面供水”等矿井水井下复用新模式在淮南矿区应用的意义。

关键词: 矿井水; 深度处理; 井下复用; 采空区

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2018)03-0034-03

DISCUSSION OF UNDERGROUND MINE WATER REUSE TECHNOLOGY IN HUAINAN MINING AREA

LI Cui^{1,2}, BI Bo^{1,2}, CHEN Yong-chun^{1,2}

(1. National Engineering Laboratory for Protection of Coal Mine Eco-environment,

Huainan 232001, China; 2. Coal Mining National Engineering Technology research
institute, Huainan 232001, China)

Abstract: In order to further promote the underground mine reuse technology in Huainan mining area, the theories, methods and applications of present mine water reuse technologies in China were summarized. The feasibility and necessity of underground mine water reuse technology were analyzed based on the water quality characteristics of high suspension and high salinity in Huainan mining area. The applications of three new underground mine water reuse patterns in Huainan mining area were discussed, which were Gob area pre-filtration + Inorganic ceramic membrane + Anti-fouling, Gob area pre-filtration + Suspended solids pre-treatment + Ion removal + Anti-fouling, and Gob area pre-filtration + Ground treatment + Surface water supply.

Key words: Mine water; Advanced treatment; Underground reuse; Gob area.

2016 年我国原煤产量为 33.1 亿 t, 根据《煤炭工业污染物排放标准》估算矿井水排放量为 66.2 亿 t~82.8 亿 t。另一方面, 我国 2/3 以上的煤炭基地位于缺水地区, 其中 40 % 为严重缺水^[1]。传统的矿井水处理工艺是将其提升到地面处理后部分在地面利用, 部分再返回到井下利用, 存在提升费用高、占地面积大和基建投资大的缺点。矿井水井下

处理就地复用则因地制宜, 可节约土地、节省投资, 降低能耗, 节约运行费用, 具有良好的经济效益和环境效益。深度处理后的矿井水, 既可以用于煤矿企业生产, 又可以用于居民生活。

近年来, 随着煤矿井下大型综采设备的广泛应用, 对井下安全用水水质提出了较高的要求。对于淮南矿区而言, 水资源是煤矿开发的关键性制约因素, 水污染是其面临的重大环境问题之一, 探索出投资小, 有利于保护生态环境, 实施容易的矿

井水资源化井下复用技术,对淮南矿区的可持续发展有重要的意义。

1 国内矿井水井下复用技术

1.1 采空区预过滤技术

采空区预过滤技术是利用煤矿井下采空区空间及矸石等填充物的过滤和沉淀作用净化矿井水,复用于煤矿井下生产^[1-3]。煤和矸石本身富含丰富的孔隙结构,其孔隙结构注定其具有独特的吸附性能,是天然的吸附剂^[4]。利用采空区对矿井水进行预过滤,不但节约传统工艺地面处理系统中的构筑物投资和运行费用,而且大大提高了悬浮物去除率,通过该技术处理可大幅降低后续处理负荷,为深度处理奠定基础。

采空区预过滤技术在国内部分矿井得到工程应用。神华集团神东矿区大柳塔煤矿以采空区矸石作为过滤净化污水的载体,将井下排水直接注入采空区进行净化处理后供井下工作面生产及地面的生产、生活使用^[5],经净化处理后采空区水质指标均达到了《煤矿井下消防、洒水设计规范》(GB50383-2006)中井下消防、洒水水质标准,以及《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)的规定。兖矿集团济宁二号煤矿利用井下采空区处理矿井水技术^[6]将部分矿井水注入采空区进行一级降速沉淀、初级过滤后进行二级处理,处理后的水进入蓄水池,再由加压泵打入井下供水管网利用,出水水质浊度小于1NTU,其他指标达到《污水综合排放标准》(GB8978-88)。

1.2 压力式气水相互冲洗滤技术

为实现矿井水井下复用,周如禄等^[7]研发出适合煤矿井下工作环境的压力式气水相互冲洗滤池。该滤池由多个密闭的滤格组成,采用压力式进出水;反冲洗时先进行气反冲洗,再进行水反冲洗;利用滤格的滤过水及压力对污染滤格进行反冲洗,不需要专用的冲洗设施,提高了冲洗效率,降低了反冲洗水量,系统运行稳定易于实现自动控制。

该技术在山东济宁三号煤矿矿井水井下处理利用工程中得到应用。设计处理水量200 m³/h,原水为采空区出水,浊度15NTU~20NTU,铁离子质量浓度1.5 mg/L~5.5 mg/L,锰离子质量浓度0.1 mg/L~0.3 mg/L。采用2组压力式气水相互冲洗滤池并联运行,单组滤池为5个滤格,经处理后出水

浊度为0.3NTU~0.8NTU,铁离子质量浓度为0.02 mg/L~0.13 mg/L,锰离子质量浓度为0.02 mg/L~0.04 mg/L,达到了井下用水水质要求。

1.3 矿井水反渗透技术

反渗透技术在高矿化度矿井水地面处理中的应用已十分广泛,但因井下安全条件限制等,该技术在井下复用领域应用较少。

较早将反渗透技术应用到煤矿井下的是煤科集团杭州环保研究院有限公司,其2009年开发的煤矿井下乳化液配水处理装置利用井下管网水压,通过三级过滤及纳滤或反渗透处理^[8-9],得到满足《液压支架用乳化油、浓缩油及其高含水液液》(MT 76-2011)标准的乳化液配制用水,在淮北矿业集团、皖北矿业集团等多个煤矿投入实际应用,解决了液压支架、电液阀等的结垢堵塞问题。

永煤集团城郊煤矿于2010年底投产的井下矿井水处理设备,采用石英砂过滤+活性炭过滤+反渗透的传统工艺,系统除盐率稳定在97%以上,出水水质满足井下液压支架的配液用水要求。潞安集团王庄煤炭分公司也投产了5套井下传统反渗透处理设备,总处理水量40 m³/h;处理后水质满足井下消防洒水、配制乳化油、冷却用水要求。

2 淮南矿区矿井水井下复用技术应用

2.1 矿井水水质特点

淮南矿区由淮河南岸的老区和淮河北岸的潘谢新区组成,共14对矿井,部分新建煤矿矿井水水质如表1所示。

表1 淮南矿区矿井水水质

	pH	悬浮物 mg/L	COD mg/L	氨氮 mg/L	矿化度 mg/L
潘一矿	8.20	272	36	0.07	2348
潘二矿	8.12	218	67	0.75	1443
潘三矿	8.37	170	54	0.91	1760
谢桥矿	7.91	205	44	2.75	1932
张集矿	8.64	1089	63	0.20	1512
张集矿北区	8.97	940	53	0.70	1830
丁集矿	8.94	384	40	0.21	1508
顾桥矿	8.84	572	104	0.69	1196
顾桥矿南区	8.86	272	50	1.01	1254
顾北矿	7.97	296	74	2.54	1838

由于淮南矿区煤层顶底板中的砂岩、石灰岩与黄铁矿发生化学反应和水解作用,使矿井水中的pH升高,呈弱碱性^[10],同时悬浮物含量较大,矿

化度普遍>1 000 mg/L,潘一矿达到 2 300 mg/L 以上;部分新建矿井(如顾桥、顾北、丁集等)排水中的悬浮物主要以岩粉为主,含量变化大;同时受井下工人生产生活影响,矿井水中还含有少量的COD和氨氮。总体而言,淮南矿区矿井水属于高悬浮物高矿化度矿井水。

2.2 井下复用可行性与必要性

淮南矿区的大部分矿井都已进入深部开采阶段,如果延续传统的矿井水在地面净化处理模式,用管道向井下供水,不但增加了成本、提高了维护难度和工作量,而且由于井下环境复杂多变、输水线路远,存在较大的不安全因素。针对矿井水进行井下复用,利用原有的巷道和采空区的空间进行布置,在井下建立矿井水净化处理站向供水系统补水,可有效节省投资和土地资源,减少矿井水抽排量和矿井水外排对环境造成的污染,降低矿井水提升费用。

2.3 矿井水井下复用新模式

采空区预过滤技术对悬浮物、油类等大颗粒物质去除效果明显,但对溶解性盐类没有效果;同时矿井水在地下水库和采空区长时间停留,会发生复杂的物理和化学变化,更多的盐类物质会溶入水中,需要对矿井水进行深度处理^[11]才能继续利用。淮南矿业集团矿井水井下复用可以归纳为三种模式:

2.3.1 “采空区预过滤+无机陶瓷膜+防结垢”模式。

淮南矿区煤层顶底板大部分为泥岩和砂质泥岩,其中泥岩含有一定的黏土矿物,易泥化,吸附能力强,有利于矿井水悬浮物的净化^[12]。该技术充分利用泥岩的净化作用及无机陶瓷膜对进水质要求不高,不需要复杂的预处理的特点^[13],实现对悬浮物的分级去除,极大的缩短了工艺流程,加快系统过滤速度,具有出水量大,可反复冲洗,设备使用寿命长等优点,经处理后的矿井水可用于井下日常洒水降尘等。

淮南矿区为高瓦斯矿区,同时存在采空区自燃发火隐患,需定期向采空区注入大量的黄泥浆液进行防灭火。采空区预过滤技术可以兼顾防灭火,减少采空区发火隐患;利用每个工作面都有的瓦斯治理巷道,兼做采空区预过滤的排水和注水巷道,在不增加额外工程量的情况下可以提高采空区预过滤效果;井下矿井水深度处理产生的浓水作为防火灌浆用水注入报废的有自燃发火隐患

的采空区,实现污水不升井。

2.3.2 “采空区预过滤+悬浮物预处理+离子去除+防结垢”模式

该模式在采空区预过滤的基础上,增加“悬浮物预处理+离子去除+防结垢”技术^[9],悬浮物预处理单元主要去除来水中较大的颗粒物,包括各种煤渣、铁锈等。采用袋式过滤技术,截污能力强,无需反冲洗,易更换,适合井下工作环境;离子去除单元采用反渗透技术,直接利用管网压力,运行成本低;防结垢系统实现精确投加阻垢剂、自动运行,无用电设备,适合防爆要求高的井下环境;该技术可以有效去除矿井水中的溶解性盐类,出水水质满足乳化液配制用水要求。

2.3.3 “采空区预过滤+地面处理+地面供水”模式

在井下不具备深度处理条件时,先进行采空区预过滤处理,去除较大颗粒物和大部分悬浮物,出水满足地面一般用水需要;通过地面处理降低硬度后可以作为洗浴用水和井下一般生产用水,也可以作为地面深度处理的水源;多余部分达标排放。地面深度处理的出水可以作为地面优质生产用水、优质生活用水和井下全部生产用水。

3 结语

采空区预过滤技术、压力式气水相互冲洗过滤技术、井下深度处理技术等在国内煤矿矿井水井下复用领域的应用,可以大幅提高矿井水井下处理的技术水平。

针对淮南矿区矿井水高悬浮物高矿化度的水质特点,“采空区预过滤+无机陶瓷膜+防结垢”模式、“采空区预过滤+悬浮物预处理+离子去除+防结垢”模式、“采空区预过滤+地面处理+地面供水”模式可以有效处理淮南矿区矿井水,为矿井水资源化提供了新途径。

参考文献

- [1] 陈苏社. 神东矿区井下采空区水库水资源循环利用关键技术研究[D]. 西安科技大学, 2016.
- [2] 张喜武, 王安, 寇平, 等. 煤矿井下采空区水的净化方法. CN 1482078 A[P]. 2004.
- [3] 何绪文, 李焱, 邵立南, 等. 模拟矿井采空区水处理试验[J]. 煤炭科学技术, 2009(3):110-112.
- [4] 刘杰, 温军杰, 吴怀之等. 原煤吸附净化含油污水的实验研究[J]. 环境科学学报, 2014, 34(1):91-96.

(下转第 49 页)

近自然的自维持生态系统。因此,如何使恢复区建立起良性的、近自然的生态自稳定生态系统,逐步降低维护成本,筛选更科学、经济、合理的生态恢复策略,将是灵泉露天煤矿后期生态恢复工作的重中之重。

参考文献

- [1] 杨勤学,赵冰清,郭东昱. 中国北方露天煤矿区植物恢复研究进展[J]. 生态学杂志, 2015,34(4): 1152-1157.
- [2] 杨永均,张绍良,侯湖平,等. 煤炭开采的生态效应及其地域分异[J]. 中国土地科学,2015,29(1): 55-62.
- [3] 束文圣,张志权,蓝崇钰,等. 中国矿业废弃地的复垦对策研究(I)[J]. 生态科学,2000,19(2): 24-29.
- [4] 罗明,王军. 双轮驱动有力量—澳大利亚土地复垦制度建设与科技研究对我国的启示[J]. 中国土地,2012,4:51-53.
- [5] 王军,张亚男,郭义强. 矿区土地复垦与生态重建[J]. 地域研究与开发, 2014,33(6):113-116.
- [6] 卞正富,许家林,雷少刚. 论矿山生态建设[J]. 煤炭学报,2007,32(1):13-19.
- [7] 王军,李红涛,郭义强,等. 煤矿复垦生物多样性保护与恢复研究进展[J]. 地球科学进展,2016,31(2):126-136.
- [8] 白中科,赵景达,李晋川,等. 大型露天煤矿生态系统受损研究—以平朔露天煤矿为例[J]. 生态学报,1999,19(6):870-875.
- [9] 白中科,郭青霞,王改玲,等. 矿区土地复垦与生态重建效益演变与配置研究[J]. 自然资源学报,2001,16(6):525-530.
- [10] 李晋川,白中科,柴书杰,等. 平朔露天煤矿土地复垦与生态重建技术研究[J]. 科技导报, 2009, 27(17):30-34.
- [11] 李晋川,王翔,岳建英,等. 安太堡露天矿植物恢复过程中土壤生态肥力评价[J]. 水土保持研究,2015,22(1):66-71.
- [12] 王金满,郭凌俐,白中科,等. 2013. 黄土区露天煤矿排土场复垦后土壤与植物的演变规律[J]. 农业工程学报,2013,29(21):223-232.
- [13] Zhao ZQ, Wang LH, Bai ZK, et al. Development of population structure and spatial distribution patterns of a restored forest during 17-year succession (1993-2010) in Pingshou opencast mine spoil, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2015, 187:431-443.
- [14] 任慧君,李素萃,刘永兵. 生态脆弱区露天煤矿生态修复效应研究[J]. 煤炭工程,2016,48(2): 127-130.
- [15] 王丽媛,郭东昱,白中科,等. 露天煤矿生态复垦区刺槐+油松混交林下草本植物组成及空间分布格局 [J]. 应用与环境生物学报, 2012,18(3):399-404.
- [16] 康萨如拉,牛建明,张庆,韩视君,董建军,张靖. 草原区矿产开发对景观格局和初级生产力的影响—以黑岱沟露天煤矿为例. 生态学报,2014,34(11):2855-2867.
- [17] 张笑然,白中科,曹银贵,等. 特大型露天煤矿区生态系统演变及其生态储存估算[J]. 生态学报,2016,36(16):5038-5048.
- [18] 岳辉,毕银丽. 基于主成分分析的矿区微生物复垦生态效应评价[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(4):113-117.
- [19] Gilliam FS. The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems [J]. BioScience, 2007, 57 (10):845-858.
- [20] 原野,赵中秋,白中科,等. 安太堡露天煤矿不同复垦模式下草本植物优势种生态位[J]. 生态学杂志,2016,35(12):3215-3222.
- [21] 武建勇,彭华,蒋学龙,等. 滇西北县域生物多样性本底调查与评估[J]. 生物多样性,2016,24(12): 1414-1420.
- [22] 马克平,黄建辉,于胜利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995,15(3):268-277.
- [23] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:15-28.
- [24] 谢应忠. 植物生态学导论[M]. 银川:宁夏人民出版社,2000:130-138.
- [25] 米文宝,谢应忠. 生态恢复与重建研究综述[J]. 水土保持学报, 2006,13(2):49-53.
- [26] 王建超,朱波,汪涛. 三峡库区典型消落带淹水后草本植物的自然恢复特征[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(5):603-610.
- [27] 于顺利,陈宏伟. 内蒙古高原温带稀树草原生态系统特征与成因[J]. 生态学杂志,2007,26(4): 549-554.
- [28] 乌云娜,张云飞. 锡林郭勒草原植物物种多样性的水分梯度特征[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1998,29(3):407-413.
- [29] 白永飞,李凌浩,王其兵. 锡林河流域草原群落植物多样性和初级生产力沿水热梯度变化的样带研究[J]. 植物生态学报,2000, 24(6): 667-73.
- [10] 何绪文,李福勤. 煤矿矿井水处理新技术及发展趋势[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(11):17-22.
- [11] 杨虎雄,田取珍,王旭杰,等. 采空区积水对下组煤开采影响分析[J]. 煤矿安全, 2013,44(6):196-197.
- [12] 伊茂森. 神东矿区浅埋煤层关键层理论及其应用研究 [D]. 中国矿业大学, 2008.
- [13] 李晓昕,郭明菲. 无机陶瓷膜处理矿井水工艺研究及应用探讨[J]. 能源环境保护, 2015, 29(4):42-44.

(上接第 36 页)

- [5] 陈苏社,鞠金峰. 大柳塔煤矿矿井水资源化利用技术 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(2):125-128.
- [6] 谷勇霞,周忠宁,李意民. 采空区处理矿井水的资源化利用[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(4):94-96.
- [7] 周如禄,张广文,郭中权,等. 压力式气水相互冲洗滤池的开发与应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(2):113-115.
- [8] 煤科集团杭州环保研究院有限公司. 一种煤矿井下用矿井水深度处理装置及方法:中国, 200910252607.8[P]. 2009-11-25.
- [9] 煤科集团杭州环保研究院有限公司. 煤矿井下综采工作面给

水处理装置:中国, 201120132940.8[P]. 2011-04-29.