

试验研究

接触过滤技术在矿井水井下复用工程的应用

李文学¹, 杨建超², 董 军¹, 崔东锋², 李昌杰¹, 魏 然², 孙宁湖¹

(1. 兖州煤业股份有限公司, 山东 济宁 272069;

2. 煤科集团杭州环保研究院有限公司, 浙江 杭州 311201)

摘要: 为了有效降低煤矿生产用水成本并提高矿井水资源利用效率, 采用接触过滤技术在兴隆庄煤矿实施矿井水井下复用, 介绍了接触过滤的技术特点、工艺流程、主要构筑物和设备, 分析了工程应用的实际效果和经济效益。应用结果表明, 处理后的矿井水达到煤矿井下生产用水水质要求, 处理成本为 0.15 元/m³, 综合经济效益可达 114.56 万元/年。

关键词: 矿井水; 接触过滤; 井下处理; 复用

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2018)02-0027-03

APPLICATION OF CONTACT FILTRATION TECHNOLOGY IN THE UNDERGROUND MINE WATER REUSE PROJECT

LI Wen-xue¹, YANG Jian-chao², DONG Jun¹, CUI Dong-feng², LI Chang-jie¹,WEI Ran², SUN Ning-hu¹

(1. Yanzhou Coal Mining Company Limited, Jining 272069, China;

2. Hangzhou Environmental Protection Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, Hangzhou 311201, China)

Abstract: In order to effectively reduce the cost of water use in coal mining and improve the utilization of mine water resources, an underground mine water reuse project was carried out in the Xinglongzhuang coal mine. The characteristics and processes of contact filtration technology were introduced, as well as the main constructions and equipment. The actual effect and economic benefits regarding contact filtration technology were analyzed. The results show that the effluent satisfies the requirements for water used in underground coal mining. The treatment cost is 0.15 yuan/m³. The comprehensive economic benefit reaches 1,145,600 yuan/year.

Key words: Mine water; Contact filtration; Underground treatment; Reuse.

矿井水是由煤矿开采过程中产生的地下涌水与井下采掘生产中的防尘洒水、设备冷却排水等汇集而成, 主要含有煤粉和岩粉, 是具有煤炭行业特点的工业废水。目前, 矿井水的利用模式基本都是将矿井水提升到地面处理后再通过管路输送至井下利用, 该方式对井工开采的煤矿, 存在基建费用高、提升成本高、运行维护复杂等缺点, 而将矿

井水在井下直接处理后复用作为生产用水, 既可以降低煤矿生产用水的处理成本、又可以提高矿井水的利用效率。因此, 兴隆庄煤矿实施了井下矿井水复用工程, 并采用接触过滤技术, 使处理后的矿井水达到煤矿井下生产用水水质要求。

1 接触过滤技术

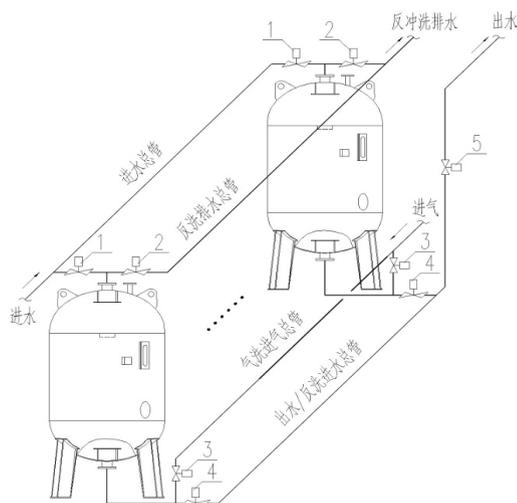
接触过滤技术是近年来的一种水处理新技术, 主要用于去除水中铁离子和悬浮物, 且具有很好的去除效果。

收稿日期: 2018-04-10

第一作者简介: 李文学 (1968-), 男, 安徽淮北人, 大学, 经济师, 主要从事矿山、煤化工、节水、节能及循环经济方面的研究和管理工。

1.1 技术原理

接触过滤系统的结构示意图如图 1 所示。一般由 4~6 个过滤单元并联组成一个完整的接触过滤系统,每个过滤单元均为封闭结构,外部分别连接有进水管、出水/反洗进水管、反洗排水管和气洗管,并在其管路上装有进水阀门、出水/反洗进水阀门、反洗排水阀门和气洗阀门,内部自上而下依次为配水板、配水区、滤料层、承托层、滤头、滤板和气水室。接触过滤系统运行时每个过滤单元的进水管、出水/反洗进水管、反洗排水管和气洗管依次接入进水总管、出水/反洗进水总管、反洗排水总管和气洗总管,并在总出水/反洗进水总管的末端设出水总阀门。



1-进水阀门; 2-反洗排水阀门; 3-气洗阀门;
4-出水/反洗进水阀门; 5-出水总阀门。

图 1 接触过滤系统结构示意图

接触过滤系统运行过程包括过滤和反冲洗两个阶段。过滤时:各过滤单元的进水阀门、出水/反洗进水阀门和总出水阀门打开,反洗排水阀门和气洗阀门关闭,矿井水进入进水总管后分配到各过滤单元,在流过各过滤单元的滤料层时,矿井水中的悬浮物、铁离子沉淀物和胶体等物质被截留于滤料层中,经滤料层进行过滤后出水分别汇流进入出水总管。各过滤单元中的滤料层经过一定时段的运行,随着滤料层所截留的杂质增多,会降低滤料层的过滤效果,影响过滤功能。因此,为恢复滤料层的过滤功能,需定期对过滤单元进行反冲洗,通过反冲洗恢复过滤单元中滤料层的过滤功能。反冲洗时,首先对一个过滤单元进行气反冲

洗后再进行水反冲洗,而其他过滤单元仍然正常过滤,一个过滤单元反冲洗完成后,再依次对其他过滤单元进行反冲洗。当对某一过滤单元进行气反冲洗时,关闭该单元的进水阀门和出水/反洗进水阀门,打开气洗阀门和反洗排水阀门,压力空气自下而上进入过滤单元,对过滤单元进行气反冲洗。气反冲洗结束后,进行水反冲洗,关闭该过滤单元的进水阀门、气洗阀门和出水总阀门,打开出水/反洗进水阀门和反洗排水阀门,此时,其余过滤单元仍进行正常过滤,但是其过滤后的水将作为反冲洗水通过出水总管逆向流入该过滤单元,并自下而上流过,最后通过该过滤单元的反洗排水管流出,并经反洗排水总管流出至外界,从而实现对该过滤单元的反冲洗,以恢复滤料层的过滤功能。完成对一个过滤单元的反冲洗后,可重复上述的反冲洗过程依次对其他过滤单元进行反冲洗,进而完成对所有过滤单元的反冲洗,各过滤单元恢复正常的过滤功能。

1.2 技术特点

与传统的过滤技术相比,该技术具有以下特点。

采用压力式等速过滤,减小了过滤单元的总高度,更适合煤矿井下的特殊环境。

通过各过滤单元之间相洗实现反冲洗,不需要单独配置反冲洗水泵或高位水箱。

过滤和反冲洗过程机电设备少、控制逻辑清晰、易于实现自动控制和无人值守。

2 工程应用

2.1 工程概况

兴隆庄煤矿于 2017 年 12 月完成井下矿井水复用处理工程,主体设备采用两套接触过滤设备,处理后的水质指标达到煤矿井下生产用水水质指标。

2.2 水质和水量

水质:兴隆庄煤矿矿井水复用工程的原水为经过四采上部老采空区的矿井水,利用采空区的过滤、沉淀和吸附作用已将矿井水中大部分悬浮物去除,其采空区出水水质十分稳定,主要是水中的铁离子和悬浮物超标。

设计处理水量:由于本工程主要目的是为煤矿井下提供生产用水,因此,根据实际用水需求,确定处理水量为 80 m³/h。

2.3 工艺流程

井下矿井水经采空区过滤沉淀吸附后,自流进入曝气氧化池,利用压缩空气向曝气氧化池中曝气,将矿井水中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,并形成 $Fe(OH)_3$ 沉淀,再通过提升泵提升进入接触过滤设备,铁离子沉淀物和悬浮物在接触过滤设备的过滤作用下得到去除,从而使得矿井水净化,达标回用。接触过滤设备运行周期满后,通过反冲洗恢复过滤和除铁能力,见图 2。

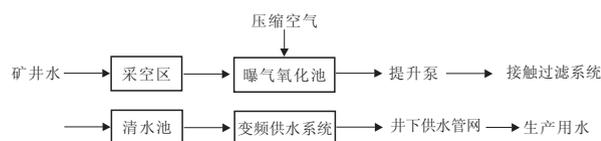


图 2 工艺流程

2.4 主要构筑物

曝气氧化池:主要作用是通过曝气,将矿井水中溶解的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,从而形成 $Fe(OH)_3$ 沉淀,有效容积为 $25m^3$ 。

水处理硐室及配电硐室:用于放置水处理设备和配电设备,有效面积 $120 m^2$;

清水池:主要用于处理清水的储存,有效容积为 $200 m^3$ 。

2.5 主要设备

提升泵:用于将曝气氧化后的矿井水提升到接触过滤设备,流量为 $50 m^3/h$,共 3 台。

接触过滤设备:为水处理系统的核心设备,用于矿井水中的铁离子和悬浮物的分离和去除,采用接触过滤技术,根据兴隆庄煤矿井下特点设计加工制作而成,共 2 套接触过滤设备,单套设备由 5 个过滤单元组成,处理能力为 $50 m^3/h$,2 套设备并联运行。

供水泵:用于将处理后的清水加压后送入井下供水管网,采用卧式多级清水离心泵,流量为 $85 m^3/h$,共 2 台。

电气设备:水处理系统采用 $1140/660 V$ 供电,分别在水处理单元设置 1 台 KBZ-200/660 馈电开关,供水泵房设置 1 台 KBZ-400/1140 馈电开关,用于系统馈电控制;提升泵采用 3 台矿用隔爆型真空电磁启动器 QBZ-30/660 控制,供水泵采用 2 台矿用隔爆兼本安型交流变频器 BPJ-250/1140 控制。

仪表和自控设备:水处理系统的井下自动控

制采用 2 台矿用隔爆兼本安型可编程控制箱 KXJ660 和 1 台矿用隔爆兼本安型显示控制箱 KXJ127H 来完成,每台矿用隔爆兼本安型可编程控制箱负责控制单套接触过滤设备的 11 只气动阀门和机电设备,同时采集来自各检测仪表的工艺参数,并与矿用隔爆兼本安型显示控制箱进行网络通讯,根据设定的工艺参数,完成整个水处理系统的自动控制。

2.6 水质分析

随机选取一周的水处理系统进出水进行了 14 次水样分析,水质指标分析结果如表 1 所示。

表 1 水处理系统进出水水质指标

类别	项目	pH	SS	浊度	Fe^{2+}
进水	范围	7.1~8.3	10~40	10~35	1.1~2.8
	平均值	7.4	31	15.5	1.75
出水	范围	6.9~8.4	1.8~6.5	0.5~2.2	0.07~1.14
	平均值	7.4	2.8	1.15	0.12

注:表中单位除 pH 值无,SS 和 Fe^{2+} 为 mg/L ,浊度为 NTU。

由表 1 中可以看出,该处理系统对悬浮物、浊度、铁离子具有很高的去除效果,均可达到 90% 以上。

3 经济效益分析

本项目节省矿井水上井的提升成本、水处理成本和水资源费,具有明显的经济效益。经过测算,井下矿井水复用工程的水处理成本为 $0.15 元/m^3$,而地面矿井水处理的水处理成本按 $0.80 元/m^3$ 计。兴隆庄煤矿井下到地面的总深度为 $550 m$,井下矿井水的提升能耗为 $0.43 kW \cdot h/m^3 \cdot 100 m$,井下生产用水需要压力约 $400 m$ 水柱;当地水资源费按 $0.50 元/m^3$ 计。

兴隆庄煤矿的井下复用水需求按 $2000 m^3/d$ 计算,则兴隆庄煤矿实施井下矿井水复用工程后,可节约的费用如下:

节约矿井水处理成本 $(0.80 \sim 0.15) 元/m^3 * 2000 m^3/d * 365 d/a = 47.45 万元/a$;

节约矿井水提升成本 $0.43 kW \cdot h/m^3 \cdot 100 m * 0.65 元/kW \cdot h * 2000 m^3/d * (550 \sim 400)m/100 * 365 d/a = 30.61 万元/a$;

节省取水的水资源费 $0.5 元/m^3 * 2000 m^3/d * 365 d/a = 36.5 万元/a$ 。

(下转第 6 页)

- [23]费锡智,张琪,杨茹,李焱等. 火电厂脱硫废水处理工程实例[J]. 水处理技术, 2015, 41 (05): 128-131+135.
- [24]周棚,周鹏. 火电厂脱硫废水处理设计与运行[J]. 安全、健康和环境, 2011, 11(02): 23-26.
- [25]郭静娟. 火电厂脱硫废水烟道处理技术研究[J]. 电力科技与环保, 2014, 30(05): 21-22.
- [26]李明波,范玺,孙克勤. 利用烟道气处理火电厂 WFGD 废水的技术应用[J]. 电力科技与保, 2010,26 (02): 53-55.
- [27]祁利明,赵全中,陈宏伟. 火电厂脱硫废水处理系统存在的问题及建议[J]. 工业用水与废水, 2015,46 (01): 46-48.
- [28]Ma Shuangchen, Yu Weijing, Jia Shaoguang, et al. Research and application progresses of flue gas desulfurization wastewater treatment technologies in coal-fired plants[J]. 2016, 35: 255-262.
- [29]李玉,张乔,王群. 蒸发结晶工艺在火电厂脱硫废水零排放中的应用[J]. 水处理技术, 2016, 42(11): 121-122.
- [30]王森,张广文,蔡井刚. 燃煤电厂湿法烟气脱硫废水"零排放"蒸发浓缩工艺应用综述[J]. 陕西电力, 2014, 42(08): 94-98.
- [31]Liang Zhengxing, Zhang Li, Yang Zhongqing, et al. Evaporation and crystallization of a Droplet of desulfurization wastewater from a coal-fired power plant [J]. Applied thermal engineering, 2017,119: 52-62.
- [32]Shuangchen Ma, Jin Chai, Gongda Chen, et al. Research on desulfurization wastewater evaporation : present and future perspectives[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2016, 58: 1143-1151.
- [34]黄家林,石庆宏. 火力发电厂含煤废水处理工艺探讨[J]. 江西煤炭科技, 2013, 04(04): 168-170.
- [35]郑小,姚向宁,张康年. 火力发电厂含煤废水处理工艺选择与方案探讨[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2014, 27(01): 9-12.
- [36]曹建. 火电厂含煤废水处理技术分析[J]. 企业技术开发, 2013, 32 (08): 168-169.
- [37]王毅. 膜过滤技术在含煤废水处理中应用的探讨 [J]. 陕西电力, 2010,20 (09): 66-68.
- [38]宋晓红,陈君焱,宋国升. 河北南部电网火电厂生活污水处理及回用措施分析[J]. 电力环境保护, 2005, 21(02): 46-48.
- [39]褚贵祥. 火电厂生活污水回用循环冷却水的处理方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2014, 10(01): 21-22.
- [40]张勤,钟运莹. 火电厂生活污水回用方案探讨[J]. 市政技术, 2010,28 (01): 105-108.
- [41]李智华. 国华定洲发电厂生活污水技术改造 [J]. 科学之友, 2010,35 (23): 11-13.
- [42]Moharram Fouad, Ahmed Ei-morsy. Sludge accumulation pattern inside oxidation ditch case study [J]. Water science and technology, 2014, 69: 2468-2475.
- [43]R.Hansen, T.Thegersen, F.Rogslla. Comparing cost and process performance of activated sludge and biological aerated filters over ten years of full scale operation [J]. Water science and Technology, 2007, 55: 99-106.
- [44]Hongjun Lin, Wei Peng, Meijia Zhang, et al. A review on anaerobic membrane bioreactors: applications, future perspectives [J]. Desalination, 2013, 314: 169-188.
- [45]Yongpeng Wang, Hailing Zhang, Weiwei Li, et al. Improving electricity generation and substrate removal of a MFC-SBR system through optimization of COD loading distribution, Biochemical engineering journal, 2014, 85: 15-20.
- [46]Moustapha Harb, Peiyong Hong. Molecular-based detection of potentially pathogenic bacteria in membrane bioreactor systems treating municipal wastewater : a case study [J]. Environ Sci Pollut Res, 2017, 24: 5370-5380.

(上接第 29 页)

可见,综合经济效益可达 114.56 万元/a。

4 结语

接触过滤技术在兴隆庄煤矿井下矿井水复用工程中进行了应用,其出水 SS 平均小于 3 mg/L,铁(Fe^{2+})平均小于 0.12 mg/L,平均去除率可达到 90%以上,具有很好的净化效果。

接触过滤技术与传统的过滤技术相比较,具有适合煤矿井下特殊空间、占地面积小、处理效率高优点。

采用接触过滤技术所构成的煤矿井下矿井水处理复用系统,具有工艺流程简短、出水水质好、

动力设备少、能耗低、运行成本低、操作管理简单等优点,适合在煤矿井下推广应用。

参考文献

- [1]曹祖民,高亮,崔岗,等. 矿井水净化及资源化成套技术与装备[M].北京:煤炭工业出版社,2003:1-5.
- [2]周如禄,高亮,陈明智. 煤矿含悬浮物矿井水净化处理技术探讨[J]. 煤矿环境保护, 2000, 14(1): 10-12.
- [3]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, 120.
- [4]郭中权,王守龙,朱留生. 煤矿矿井水处理利用实用技术[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(7): 3-5.
- [5]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.
- [6]周如禄,高亮,郭中权,等. 煤矿矿井水井下直接处理及循环利用[J]. 中国给水排水, 2013, 29(4): 71-74, 79