

试验研究

矿井水井下处理用互冲洗过滤装置开发

荣伟国

(煤科集团杭州环保研究院,浙江 杭州 311201)

摘要:以济宁三号煤矿矿井水井下直接处理利用示范工程,开发出适合煤矿矿井水井下工作环境的压力式气水相互冲洗滤池。示范工程应用表明,该滤池具有结构简单、空间占用少、操作管理方便、运行稳定、出水水质好等特点,可在井下矿井水直接处理中推广应用。

关键词:矿井水;井下处理;气水冲洗;压力式过滤

中图分类号:X703 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2017)04-0049-04

EDEVELOPMENT OF THE INTERFLUSH FILTER DEVICE UNDER THE MINE WELL

RONG Wei-guo

(CCTEG Hangzhou Environmental Research Institute, Hangzhou 311201, China)

Abstract:In jining no.3 coal mine well deal directly with the use of demonstration project, under the coal mine well work under the environment of development suitable pressure type air water washing filter to each other. Demonstration engineering application shows that the filter has a simple structure, less space occupied, vice convenient operation management, stable operation and good water quality, can be applied in the underground mine water treatment directly.

Key words:mine water; water treatment in underground mine; gas and water flushing; pressurized filtration.

我国是一个干旱缺水严重的国家,70%的矿区缺水,40%的矿区严重缺水,在许多矿区由于水资源缺乏,已制约了煤矿企业的可持续发展。矿井水是煤矿开采过程中产生的地下涌水及采掘生产中防尘、设备冷却用水、注浆用水及地表渗透水等汇集而成,主要含有以煤粉、岩粉为主的悬浮物,经净化处理后,一般可作为煤矿井下生产用水。是解决矿区缺水问题的最有效途径,也符合国家环境保护、节能减排的方针政策。矿井水通常由煤矿井下排水泵排到地面入矿井水处理厂(站),处理后的清水再通过管路系统从煤矿主井、副井或风井

进入到井下作为生产用水。这样矿井水虽然达到再生利用的目的,但地面矿井水处理构筑物占地面积大,管路来回铺设长,基建投资多,水处理成本高。随着国家保护环境、节能减排力度的不断加大,许多特别是新建的煤矿企业急需绿色开采技术,要求矿井水在井下直接处理利用。矿井水在井下处理后作为生产用水,具有特定的优势,经济、环境和社会效益显著。过滤是矿井水净化处理工艺过程中的重要单元,目前我国矿井水地面处理系统中过滤设施主要有快滤池和无阀滤池。快滤池需要专门冲洗设备,系统复杂;无阀滤池虽然能自动冲洗,但其上部需要设置巨大的冲水水箱,反冲洗时用水量较大。另外,快滤池和无阀滤池总高度较高,也不适应在煤矿井下巷道中使用。基于此,本基金项目根据煤矿井下巷道断面尺寸,开发

收稿日期:2017-06-10

基金项目:科技部科研院所开发专项资金资助项目(编号2012EG122131)作者为项目负责人

作者简介:荣伟国(1964--)男,吉林蛟河人,阜新矿业学院机电工程系电气自动化,高工,本科。从事生态保护与环境治理。

了压力式气水相互冲洗滤池,解决了煤矿矿井水地面处理提升能耗高和占地面积大的问题。

1 压力式气水相互冲洗滤池

1.1 滤池结构

压力式气水相互冲洗滤池结构如图 1a 所示,滤池为方形或圆形,由 4~5 个大小相同的密闭滤格组成,滤格剖面如图 1b 所示。每个滤格内部自上而下由配水板、滤料层、承托层、滤头、滤板和气水室组成。滤池顶部布置进水总管、进水支管、反冲洗出水支管、反冲洗出水总管和通断控制装置(电动阀、液压阀或气动阀),滤池侧面布置出水支管、出水总管、进气支管和通断控制装置。

1.2 滤池工作过程

过滤时,依次或同时导通各滤格的进水支管、出水支管和出水总管,断开各反冲洗出水支管和

冲洗。通常首先对多个滤格中的一个滤格进行气反冲洗后再进行水反冲洗,而其他滤格仍然正常过滤,将一个滤格反冲洗完成后,依次对其他滤格进行反冲洗。当对某一滤格进行气反冲洗时,依次或同时断开待反冲洗滤格的进水支管和出水支管,导通该滤格的反冲洗出水支管和进气支管,通过进气支管通入压力空气,压力空气通过待反冲洗滤格的进气支管自下而上流入滤格,对滤格进行气反冲洗。气反冲洗结束后,进行水反冲洗,依次或同时断开待反冲洗滤格的进水支管和出水总管,导通该滤格的出水支管,此时,其余滤格仍进行正常过滤,但是流出其余滤格的过滤后水将作为反冲洗水通过出水总管,经待反冲洗滤格的出水支管流入该滤格内,并自下而上流过待反冲洗的滤格,进而通过该滤格的反冲洗出水支管流出该滤格,并经反冲洗出水总管流出至外界,从而实现对该滤格的反冲洗,以恢复滤料层的过滤功能。完成对一个滤格的反冲洗后,可重复上述的反冲洗过程依次对其他滤格进行反冲洗,完成对所有滤格的反冲洗后,各滤格恢复正常的过滤。

1.3 滤池特点

气水反冲洗,冲洗效果好,节省冲洗水量,有直接可利用气源在对其中一格滤池进行反冲洗时,先通过压力空气进行气反冲洗,然后进行水反冲洗。由于首先通过压力空气对滤格中的滤料层进行气反冲洗,压力空气产生的冲击气流在上升过程中对滤层的扰动作用使截留在滤料层中的杂质从滤料颗粒上脱落,进而再通过水反冲洗,水反冲洗将被空气反冲洗后分离出来的物质带走,可以降低单独水反冲洗的冲洗强度和冲洗时间,提高了反冲洗时的效率,避免滤料层中滤料板结,同时节省了反冲洗所需的水量。单独水反冲洗冲洗强度需要 $13\sim 16\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,冲洗时间需要 $6\sim 8\text{ min}$,气水反冲洗中水反冲洗强度只要 $8.33\sim 11.11\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,冲洗时间为 $5\sim 6\text{ min}$,可节省冲洗水量 50% 以上,同时节省了冲洗废水冲洗水池的容积。气源来自井下巷道通风管,气量和气压均能够得到保障,滤池不要设置风机及其控制系统,可节省工程投资和运行能耗。

冲洗水由其余滤格提供,可保证冲洗水压,降低滤池高度当其中一格滤池冲洗时,冲洗水量由其余滤格提供,冲洗水压也靠其余滤格进水压力

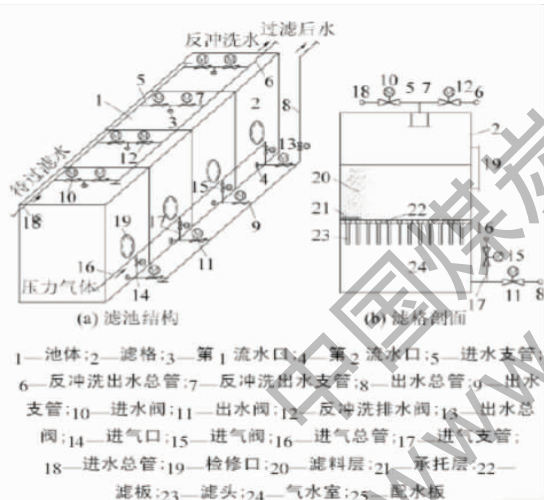


图 1 压力式气水相互冲洗滤池结构示意图

反冲洗出水总管,此时待过滤水通过各进水支管自上而下进入各滤格,流过滤料层,待过滤水中的悬浮物、胶体等物质被截留在滤料层中,经滤料层过滤后形成过滤后水,通过各出水支管流出各滤格并进入出水总管,经出水总管导入外界作为生产用水。各滤格中的滤料层经过一定时段的运行,随着滤料层所截留的悬浮物和胶体物质的增多,滤料层内水流阻力不断增加,从而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,需定期对滤格进行反冲洗,通过反冲洗恢复滤格中滤料层的过滤功能。反冲洗时首先通过压力空气进行气反冲洗,然后通过水进行水反

提供,因此可以通过调节进水压力来保证冲洗水头,不是通过提高池体高度来保证冲洗水头,可大大降低池体高度,减小滤池的占用空间,从而能够适应井下空间大小,降低工程造价。

滤池互相冲洗,节省反冲洗配套设备。进行水反冲洗时,反冲洗水来自其他滤格过滤后的水。该滤池和快滤池相比,节省了快滤池进行水反冲洗时所需的冲洗水泵或高位冲洗水塔和管路系统;和重力式无阀滤池相比,不需要上部体积很大的冲洗水箱。节省了工程投资和运行能耗。

外形小,结构简单,工程实施快。压力式气水相互冲洗滤池内外部结构简单,因此检修维护工作量小,特别适合于中、小处理规模且空间狭小的场所,尤其适合煤矿井下巷道断面尺寸和工作环境。单格滤格体积小,便于运输,在井下仅需简单的管道连接即可投入使用,工程实施快。

2 矿井水井下处理过滤示范工程

本工业性试验在济三矿井下实施,济三煤矿矿井水主要由井下涌水、防尘洒水、设备冷却水等组成,采用压力式气水相互冲洗滤池作为主体处理构筑物,接触氧化过滤去除水中悬浮物、 Fe^{2+} 。并将处理后的清水并入井下供水管网,用于防尘洒水、设备冷却水、乳化液配制用水。

2.1 水量、水质和处理要求

2.1.1 矿井水水量

济三煤矿矿井水涌水量一直稳定在 350~550 m^3/h ,其中五采区涌水量为 250~280 m^3/h ,预计矿井五年内正常涌水量不会低于目前水平。根据济三煤矿井下水现状和远期规划,井下矿井水处理能力为 200 m^3/h 。

2.1.2 矿井水水质

济三煤矿矿井水主要含有以煤粉、岩粉和粘土为主的悬浮物,具有色黑、比重轻、沉速慢等特点,矿井水中的 COD_{Cr} 主要由煤粉的还原性所致,在矿井水中十分稳定,它随着悬浮物的去除而降低。原水水质见表 2-1。

2.1.3 处理要求

矿井水处理后用于防尘洒水、设备冷却水、乳化液配制用水,其中乳化液配制用水要求最高,因此确定出水水质满足并优于《煤矿企业矿山支护标准—液压支架(柱)用乳化油、浓缩物及其高含水液 MT76-2002》中,配制乳化液用水水质

表 2-1 矿井水原水水质

项目	pH	COD_{Cr} (mg/L)	SS (mg/L)	浊度 (NTU)	总硬度 ($CaCO_3$ 计) (mg/L)	总碱度 ($CaCO_3$ 计) (mg/L)	总铁 (mg/L)	总锰 (mg/L)
原水	7.2~7.9	65~172	98~323	347~823	666~923	196~815	<0.3	<0.1

要求,具体指标如表 2-2。

表 2-2 出水水质指标

序号	检测项目	单位	标准要求	设计出水水质
1	外观	-	无色,无异味,无悬浮物和机械杂质	无色,无异味,无悬浮物和机械杂质
2	浊度	NTU		<3
3	PH 值	-	6~9	6.5~8.5
4	总硬度(以 $CaCO_3$ 计)	mg/L	-	≤200
5	硫酸根	mg/L	≤400	≤200
6	氯离子	mg/L	≤200	≤200
7	铁	mg/L		<0.3
8	锰	mg/L		<0.1

2.2 工艺原理及工艺流程

2.2.1 工艺原理

济三煤矿为井工开采方式,煤层开采后形成采空区,不同粒径的煤层上覆岩(砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩、中砂岩)、煤矸石、残煤、粘土和其它一些矿物颗粒构成采空区充填物。采空区空间巨大,空隙、裂隙极为发育,具有较大的纳污能力。将矿井水引导流经采空区时,水流速度极其缓慢,由于采空区内的充填物的特殊构造,在沉淀、过滤、吸附等作用下,矿井水中的悬浮物和胶体物质被截留在采空区内,从而使矿井水中的悬浮物和浊度得以有效去除。

由于采空区中缺少溶解氧,矿井水在流经采空区的过程中,与采空区内的岩石、煤矸、残煤等矿物质之间在物理化学作用下,使矿物质中的铁以二价铁的形式进入矿井水中,使矿井水流经采空区后往往出现铁含量较高的情况。水中铁的含量高时,有铁腥味,易出现黄色沉淀物,阻塞管道,有时会出现红水,严重影响矿井水的利用。

曝气氧化池依靠煤矿井下巷道中的压缩空气,通过在曝气氧化池底部铺设的穿孔曝气管,使流出采空区的矿井水进行充氧曝气。曝气后的矿井水经泵提升后进入压力式气水相互冲洗滤池,在滤池滤料表面的铁质活性滤膜的催化作用将矿井水中的 Fe^{2+} 迅速氧化成 Fe^{3+} ,并水解生成 $Fe(OH)_3$,形成新的催化剂,从而去除矿井水中的铁

离子。处理后的矿井水最后由供水泵供给井下生产用水管网作为生产用水。

2.2.2 工艺流程

济三煤矿井下工作面数量较多,每个工作面相互分散较远,若将井下所有的矿井水都经过采空区预处理,一方面输送成本较高,另一方面缩短采空区的使用寿命,同时在井下突水时存在安全隐患。根据济三煤矿井下实际情况,矿井水井下直接处理循环利用系统在井下汇集后通过水泵或自流一部分进入中央水仓,由排水泵提升至地面矿井水处理系统,处理后作地面生产用水或达标排放;另一部分进入采空区,采空区出水自流入曝气氧化池,再由提升泵提升后进入气水相互冲洗滤池,滤池出水自流入清水池,最后由供水泵通过管网供给井下各用水点,作防尘洒水、设备冷却水、乳化液配制用水等。

由于井下空间狭小,构筑物不能实现集中布置,采空区、曝气氧化池和滤池均采用分散布置,采空区和曝气氧化池均利用原有巷道改造,滤池布置在巷道内,两组滤池成一字型排列。

2.3 主要处理构筑物和设备

2.3.1 主要处理构筑物

济三煤矿矿井水处理主要构筑物包括采空区、曝气氧化池、压力式气水相互冲洗滤池、清水池等组成。

2.3.2 主要处理设备

主要处理设备包括提升泵、供水泵、潜水泵、变频供水系统、电气与自控系统等组成。

2.4 滤池工艺参数和处理效果

2.4.1 滤池工艺参数

济三煤矿矿井水井下直接处理利用压力式气水相互冲洗滤池采用2组并联运行,单组5格,正常滤速6 m/h,强制滤速7.5 m/h,符合室外给水设计规范。先进行气反冲洗后再进行水反冲洗,气反冲洗强度15~20 L/(m²·s),气反冲洗时间3~1 min;水反冲洗强度为8.3 L/(m²·s),水反冲洗时间6~5 min;滤池反冲洗周期为24~48 h。

2.4.2 处理效果

济三煤矿矿井水井下直接处理示范工程,运行稳定可靠,运行效果见表2-3。

表2-3 矿井水出水水质

项 目	pH	COD _{Cr} (mg/L)	SS (mg/L)	浊度 (NTU)	总硬度 (CaCO ₃ 计) (mg/L)	总碱度 (CaCO ₃ 计) (mg/L)	总铁 (mg/L)	总锰 (mg/L)
采空区出水	7.1~7.8	8~15	8~17	10~20	137~193	268~410	1.5~5.5	0.1~0.3
滤池出水	7.0~7.5	5~8	3~5	0.3~0.8	116~174	214~490	0.02~0.13	0.02~0.04

由此可见,出水可满足《煤矿企业矿山支护标准—液压支架(柱)用乳化油、浓缩物及其高含水液 MT76-2002》中,配制乳化液用水水质要求,同时满足防尘洒水和设备冷却用水。

3 结论

研究开发了压力式互冲洗技术,比常规过滤装置省掉了冲洗水箱,压力式进水保证了冲洗水头,常规过滤装置高度在6米以上,压力式互冲洗技术的研发,使得滤池的高度降低50%,节省占地面积30%以上,解决了现有过滤技术和装置不能适合煤矿井下巷道断面尺寸的技术难题。

压力式气水相互冲洗滤池其中一格滤池反冲洗,依靠其余滤池提供水量,省去了常规反冲洗所需要的反冲洗水泵、水塔或高位水池和冲洗管等。

解决了普通快滤池反冲洗时需要专用水泵或水塔和管路系统的技术难题。节省了井下空间,节省了工程投资与运行维护费用。

利用井下巷道现有气源,开发了压力式互冲洗滤池的气水反冲洗技术。不仅反冲洗效率高,且较常规单水反冲洗节省水量50%以上,解决了重力式无阀滤池反冲洗效果差、反冲洗水量大的技术难题。

建立了压力式气水互冲洗过滤技术的示范工程。以济三矿矿井水为水源,通过采空区过滤、曝气氧化,最终进入压力式气水相互冲洗滤池进行接触氧化过滤,去除水中悬浮物、铁锰离子,建成了日处理规模4800 t/d的示范工程。工程通过电磁阀、气动阀、液位计压力传感器、流量计及PLC

(下转第45页)

3.3.4 二级蒸发冷却塔内压力场云图

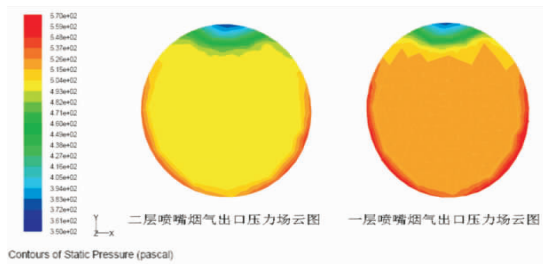


图8 二级蒸发冷却塔内压力场云图

3.4 二级蒸发冷却塔模拟结果分析

由图5可知烟气经过一层喷枪前后温降在250℃左右,经过二层喷枪后温降在100℃左右,烟气在进入二级蒸发冷却塔入口时温度一般在400℃左右,煤气进气柜前要求的温度为60℃以下,所以二级蒸发冷却塔内设置两层喷枪时,处理后的煤气可以直接进气柜。

由图7可知在蒸发冷却塔内设置不同形式的喷枪时,塔内流体速度分布较为均匀,波动在100 Pa以内,塔内进出口压差在500 Pa左右。原湿法除尘采用的二文阻力在10 000 Pa以上,所以采用二级蒸发冷却塔取代文氏管系统阻力将相对减小。

由图8可知蒸发冷却塔内在设置两种形式的喷枪,其出口处压力波动范围不大,在50~100 Pa之间,所以增加喷枪对系统阻力影响较小,不会对风机耗电量产生较大影响。

4 结论

本课题提出的升级优化后的转炉一次半干法除尘技术,车间内主要设备包括:一级蒸发冷却器、储灰仓、环缝洗涤装置、二级蒸发冷却器、复合脱水器等,车间外包括除尘风机、切换站、水封逆

(上接第52页)

控制系统,实现了互冲洗滤池的自动运行与冲洗,可实现无人值守。

示范工程运行半年多来,系统对水中悬浮物、铁锰离子的去除效果非常好,出水浊度可达0.3~0.8 NTU,总铁可达0.02~0.13 mg/L,总锰可达0.02~0.04 mg/L,满足了配制乳化液用水水质要求。主要经济指标为每年可节约水处理成本57.82万元,节省排水费用75.50万元,综合经济效益可达133.32万元。因此,该示范工程对济三矿乃至

止阀、烟囱及电气设备等可根据实际情况进行改造。该半干法系统具有以下特点:1)升级优化后的半干法除尘系统采用两级蒸发冷却搭,经该系统处理后的煤气温度在60℃以下,可直接进气柜;2)二级蒸发冷却塔内不同部位设置喷枪对系统阻力影响较小,所以煤气温度的控制可以通过合理设置喷枪来实现;3)对环缝洗涤装置做了局部的优化改造,改造后的环缝洗涤装置流场更加顺畅,系统阻力更小;4)采用两级蒸发冷却搭+环缝洗涤装置的除尘方式,除尘效果更佳,经该系统净化处理后的转炉煤气含尘浓度<30 mg/m³,远低于国家现行环保标准。5)由于升级改造后的转炉一次烟气半干法除尘系统提高了除尘效率,煤气含尘排放浓度<30 mg/m³,经煤气柜储存后的煤气可直接供用户使用,省去了旧有湿法除尘系统气柜后的电除尘设施,减少了投资。

参考文献

- [1] 刘晨. 转炉第二代半干法除尘技术 [J]. 世界金属导报. 2012.12.27.
- [2] 李昌德. 我国转炉烟气净化技术进入世界先进水平[J]. 冶金环境保护. 2007(1):47-46.
- [3] 刘晨, 裴丽苗, 宋汇江. 转炉烟气半干法除尘工艺[J]. 冶金动力, 2007(3):27-29.
- [4] 崔明远, 翟玉杰. 转炉煤气净化回收技术发展现状[J]. 工业安全与环保. 2006. 32(5):41-42.
- [5] 梁广, 张杰. 炼钢转炉煤气干法净化回收与利用技术[J]. 钢铁技术. 2006(6):3941.
- [6] 刘凯, 仵宗贤, 李学海. LT干法除尘在120 t转炉中的应用[J]. 莱钢科技. 2007:20-22.
- [7] 赵振兴, 郭建春, 敬加强等. FLUENT流体分析及仿真实用教程[M]. 北京:人民邮电出版社, 2010.
- [8] 李进良, 李承曦, 胡仁喜等. 精通FLUENT6.3流场分析[M]. 北京:化学工业出版社, 2009.

全国矿井水井下处理利用有着积极的推动意义。

参考文献

- [1] 曹祖民, 高亮, 崔岗等. 矿井水净化机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. 压力式气水相互冲洗滤池 [P]. 中国专利: 201120193340.2, 2012-01-11
- [3] 周如禄, 高亮等. 煤矿矿井水井下直接处理及循环利用. 中国给水排水, 2013, 29(4):71-79.
- [4] 周如禄等. 压力式气水相互冲洗滤池的开发与应用, 煤矿科学技术, 2013, 41(2):113-115.