

* 1 高河煤矿矿井水井下处理提质技术及运行实践

陈艳慧, 庞亨瑞

(山西省轻工建设有限责任公司, 山西 长治 032300)

摘要:针对高河煤矿水文类型和高河煤矿矿井水处理改造项目要求,在分析比较国内外矿井水处理就地复用的基础上,采用“矿井水涡旋混凝低脉动处理技术”及“高密度迷宫斜板处理矿井水技术”,确定了井下处理的工艺流程,并进行运行实践,出水各项指标均优于《煤炭工业污染物排放标准》(GB20426-2006)和《矿井井下消防、洒水设计规范》(MT/T5023-2003)的排放标准,该技术可以为类似条件下矿井水的治理提供参考。

关键词:矿井水处理; 涡旋混凝; 高密度迷宫斜板

中图分类号: X751

文献标识码: A

Quality Improvement Technology and Operation of Mine Waste Water Treatment in Gaohe Mine

CHEN Yanhui, PANG Hengrui

(Shanxi Light Industry Construction Co., Ltd., Changzhi 032300, China)

Abstract: In view of the hydrological type and requirements of transformation project on mine waste water treatment in Gaohe Coal Mine, based on the comparison of on-site reuse of mine water treatment at home and abroad, Mine Water Vortex Coagulation Low Pulsation Treatment Technology and High Density Labyrinth Sloping Plate Treatment Technology were adopted to determine the process of underground treatment. The results show that all the effluent indicators are superior to the Coal Industry Pollutant Emission Standard (GB20426-2006) and the Design Code for Fire Distinguishing and Water Spray in Mines (MT/T5023-2003). This technology can provide reference for the treatment and application of mine waste water under similar conditions.

Key words: mine waste water treatment; vortex coagulation; high density labyrinth sloping plate

采煤生产中,会产生大量的矿井水,其中含有煤粉、岩粉、油污等污染物,如果不加处理直接外排,不仅会对周边环境造成极大破坏,同时也造成水资源的严重浪费。

我国每年矿井水排放量早已超过 40 亿 m^3 , 矿

井水的大量外排会造成当地地下水及地表水水位迅速下降,导致地表沉降、农耕退化、塌陷开裂等地质灾害,破坏生态平衡环境;另一方面,人们对于环境质量要求越来越高,对于水质的要求也越来越严格,针对排放水的酸碱度 pH 值、生化需氧量 BOD₅、化

* 收稿日期:2018-05-20

作者简介:陈艳慧(1989-),男,山西长治人,大学本科,助理工程师,从事煤炭洗选加工技术研究工作。

学需氧量 COD、悬浮物 SS 等指标进行了严格的限制。面对我国大部分煤矿开采地区缺水严重的现象,因地制宜对煤矿矿井水和生活污水合理资源化利用已成为煤矿企业可持续发展的必然选择,符合我国绿色发展的要求和政策,能够促进我国煤炭产业的可持续发展。因此国内外的学者对矿井水的处理利用进行了大量研究,以求实现绿色发展,达到经济效益与生态环境、社会效益的统一。我国幅员辽阔,各地地质条件迥异,也造就了不同的矿井水问题与解决办法。因此,针对高河矿区高悬浮物、高矿化度矿井水选择设计处理工艺,就显得十分必要,整个过程值得同业参考。

1 矿井水处理国内外研究进展及现状

1.1 国外相关研究情况

前苏联和美国最早开展煤矿矿井水利用技术研究。在 20 世纪 40 年代,美国和苏联的矿井水利用技术已成型,到了 80 年代,矿井水的利用率已经达到了 80%,甚至某些地区达到了 90%^[1]。相比较于早期对矿井水进行简单处理使之达到排放标准直接排入自然水流,后期的处理工艺更为先进,主要为以下几个方面:

1)对于高悬浮物的矿井水,开发出了渗透膜渗透处理工艺。

2)对于高矿化度矿井水,采用电渗析、反渗透、离子交换等处理方法。

3)对于高酸性矿井水,多采用生物硫酸盐还原工艺,利用表面活性剂选择性培养硫杆菌来还原、除去水中的铁、镍、锰、铜等金属元素,中和酸性矿井水,达到利用指标要求,以作生活用水及工业用水;另一种是采用改性滤料来去除铁锰处理矿井水的工艺。

1.2 国内相关进展

我国针对矿井水有意识的利用开发起步较晚,起于 20 世纪 60 年代。由于我国大部分地区对矿井水的利用意识薄弱,导致矿井水利用率长期低下,不到 30%,综合利用技术开发研究进程缓慢,我国大多数煤矿在缺水条件下生产运营,这个矛盾急需解决。随着国家一系列政策的出台与实施,我国对于矿井水的资源化利用才越来越重视。在国外研究的

基础之上,我国目前的研究集中在以下几个方面:

1)对于高悬浮物矿井水处理技术,从处理所用药剂及制度、工艺等方面进行了研究。杨静、李福勤、高亮等学者^[2-4]对混凝药剂选择、用量、添加时间等药剂制度细则进行了探究,以期达到最优条件。武强、聂锦旭等学者^[5-6]对微滤膜或者纳滤膜分离技术在矿井水处理中的运用进行了深入研究。李培云、罗延歆^[7-8]等学者在矿井水超磁分离净化技术上做了大量工作。

2)对于高矿化度矿井水处理,由于电渗析成本大,目前处于淘汰状态,主要采用反渗透法。反渗透处理工艺中容易出现膜污染和膜结垢现象,影响工作效率及系统寿命,对于膜污染的防治及预处理是以何绪文先生为代表的很多学者^[9]的研究方向。

3)对于高酸性矿井水,不同于之前使用石灰中和,利用轻烧镁粉来中和酸性矿井水,不易造成二次污染,操作环节易控且成本较低,效果较好。

2 高河矿矿井水井下处理工艺设计

2.1 矿井水原水特征及用水要求

1)矿井下正常排水量为 6 000 m³/d 左右,最大排水量为 18 000 m³/d。对原矿井水水质分析结果如表 1 所示。

表 1 高河矿原矿井水水质分析
Table 1 Quality analysis of mine water in Gaohe Mine

分析项目	pH 值	悬浮物/NTU	可溶性无机盐类 /(mg·L ⁻¹)	化学需氧量 (COD)/(mg·L ⁻¹)
指标	7~9	300~400 瞬时 最大值 1 000	≥1 000	≥600

结合表 1 结果及测试样品,可知矿井水浑浊、色度明显、硬度大,还含有一定的石油成分,属极硬水范畴。

2)目前井下消防、洗煤厂、地面用水、电厂需水量共约 4 500 m³/d,约 1 500 m³/d 达标排放。考虑一定的余量,本次提质处理外排水量按 3 000 m³/d 考虑,排水水质须稳定达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类标准。

2.2 工艺比较与设计

工艺流程的确定对矿井井下排水处理站的技术经济性能有决定性的因素,考虑地面处理和井下处理两种方案,井下处理方案相较于传统地面处理,安

装成本较大但能最大程度降低水质对提升管道的磨损影响,降低后续处理成本,经济效益较好,因此采用井下处理工艺。鉴于该项目原水水质状况、出水要求、占地面积以及低运行消耗的有关要求,综合考虑采纳高强度、高效率的新型水处理工艺技术“矿井水涡旋混凝低脉动处理技术”及“高密度迷宫斜板处理矿井水技术”,以保证高效率除浊与高质量供水要求。

主要工艺处理环节采用高效絮凝、高密度迷宫斜板沉淀池为主导工艺,以聚合氯化铝(PAC)溶液为混凝药剂,使用自动加药系统,自动排泥系统。工艺流程见图1。

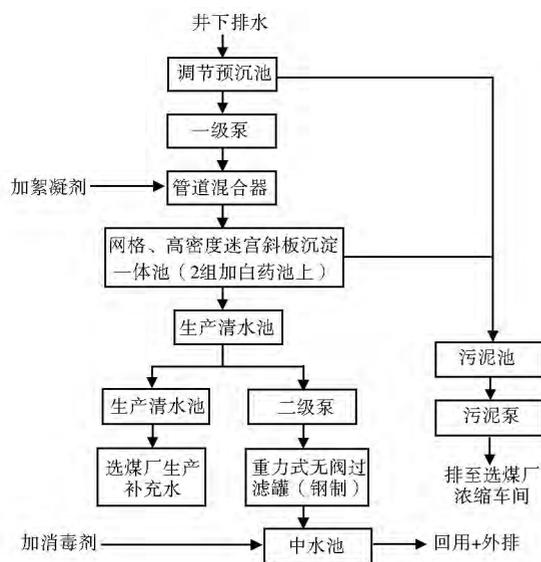


图1 井下矿井水水处理系统工艺流程图

Fig. 1 The process flow chart of mine water treatment system

3 关键技术及原理

根据矿井水原水水质和处理后的水质要求,处理的重点是水中的悬浮物SS、COD、乳化油等。采用高效反应沉淀和乳化油破乳上浮隔离、过滤后再经次氯酸钠发生器消毒的工艺。水流通过高密度斜板孔眼网格时,在格板两侧出水处分别产生众多小涡旋,这些小涡旋在相互碰撞之后会形成更小更多的微涡旋群,涡旋的数目急剧增加,在涡旋的离心力作用下,大大增加了介质的传质速率,增加了水流中各组分的混合,有利于药剂的高效作用。

3.1 高效除油

高密度迷宫斜板沉淀技术是浅池技术的发展,增加了沉淀池中斜板的密度及上升流速,提高了沉

淀效率和排泥负荷,使处理污水的能力进一步提高。水流经过斜板之后产生的微涡流与投加的聚合氯化铝絮凝剂的作用下,乳化状态破坏之后的油污会实现高效油水分离。

3.2 高效絮凝

絮凝是矿井水处理的最重要的工艺环节,其效果决定了滤池出水水质。传统絮凝工艺,出水时尚有很多絮凝不完善的小颗粒,絮凝完善度低。高密度斜板孔眼网格使得水流通过时,速度激烈变化,水中各物质颗粒在惯性效应的作用下充分碰撞,碰撞的几率大大提高;水流通过孔眼网格之后形成的微涡旋群,涡旋的离心惯性效应增加,有效地增加了颗粒碰撞次数;同时在微涡旋群的作用下,混凝剂水解产生的高分子彼此搭桥连接成为矾花,迅速产生强烈的变形,使矾花中处于吸附能级低的部分,由于其变形揉动作用达到高吸能级的部位,这样就使得通过网格之后矾花变得更密实。因此高密度斜板孔眼使得整个絮凝过程在水流速度无须提高的同时,各物质颗粒碰撞概率增加,同时保证了矾花的长大,保证了絮凝的效果,提高了絮凝完善度。

3.3 高效沉淀

斜管沉淀池是一种传统沉淀工艺形式,基于浅池理论设计,上升流速一般为 $1.5\text{ mm/s} \sim 1.8\text{ mm/s}$,其主要问题在于处理效率低,沉泥面积大于排泥面积,在夏季矿井水高浊期容易出现阻塞等。高密度迷宫板沉淀池由于间距小,矾花可快速沉淀分离。使沉淀池清水区上升流速可达到 $3.0\text{ mm/s} \sim 3.5\text{ mm/s}$,沉淀后出水浊度 $\leq 3\text{ NTU}$,最大限度提高效率,提高出水量。

4 运行实践

高河矿矿井水处理系统建成之后,实际处理量达到 $6\ 000\text{ m}^3/\text{d}$,出水水质如表2所示。对照表2数据,可知出水各项指标均优于《煤炭工业污染物排放标准》(GB20426-2006)和《矿井井下消防、洒水设计规范》(MT/T5023-2003)的排放标准,处理后的水一部分作为井下消防洒水、地面洒水防尘及选煤厂洗煤用水等,另一部分进行深度处理,经无阀过滤器处理再经消毒后,可用做工业场地生产、生活用水。

表 2 高河矿出水水质分析
Table 2 Effluent quality analysis in Gaohe Mine

分析 项目	pH 值	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	悬浮物 粒度/mm	悬浮物/ NTU	BOD5/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
指标	6~9	≤ 10	≤ 0.3	≤ 3	≤ 20	≤ 50

了高河煤矿的煤矿基建、水质情况,项目效果好,实现了沉淀效率高、节省基建投资、占地面积小、运行费用少的目标,可以为同类工程提供借鉴。

5 结束语

高河矿矿井水井下处理站的设计应用,考虑到

参考文献:

- [1] Nicola Mead, Vasantha Aravinthan. Investigation of Household Water Consumption Using Smart Metering System [J]. Desalination and Water Treatment, 2009, 11(1-3): 115-123.
- [2] 杨静, 李福勤, 邵立南, 等. 矿井水中悬浮物特征及其净化关键技术[J]. 辽宁工程技术大学学报(自科版), 2008, 28(3): 458-460.
YANG Jing, LI Fuqin, SHAO Linan, et al. Discussion on the Characteristics of SS in Mine Water and the Key Technique of Purification[J]. Journal of Liaoning Technical University(Natural Science), 2008, 28(3): 458-460.
- [3] 李福勤, 田甜, 杨久坡, 等. 高悬浮物矿井水混凝剂的选择及最优 GT 值的研究[J]. 煤矿工程, 2006(9): 89-90.
- [4] 高亮, 周如禄. 一体化净水器处理矿井水工艺技术探讨[J]. 煤矿环境保护, 2001, 15(2): 43-47.
- [5] 武强, 王志强, 叶思源, 等. 混凝·微滤膜分离技术在矿井水处理与回用中的应用[J]. 煤炭学报, 2004, 29(5): 581-584.
- [6] 聂锦旭. 纳滤对煤矿矿井水处理的试验研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(6): 22-24.
NIE Jinxu. Application of Nano-filtration to Treatment of Coal-mine Drainage[J]. Environmental Science Technology, 2006, 29(6): 22-24.
- [7] 李培云, 李爱民, 许晓丽. 超磁分离技术在井下矿井水处理中的应用[J]. 煤炭工程, 2013, 45(S2): 56-57.
- [8] 罗延歆. 矿井水超磁分离净化技术研究与应用[J]. 煤炭工程, 2017, 49(6): 72-74.
LUO Yanxin. Research and Application of Super Magnetic Separation Purification Technology for Mine Water[J]. Coal Engineering, 2017, 49(6): 72-74.
- [9] 李福勤, 杨静, 何绪文, 等. 高铁高锰矿井水水质特征及其净化机制[J]. 煤炭学报, 2013, 28(3): 458-460.
LI Fuqin, YANG Jing, HE Xuwen, et al. Characteristics and Treatment Mechanism of Mine Water with High Concentration of Iron and Manganese[J]. Journal of China Coal Society, 2013, 28(3): 458-460.

(编辑:樊 敏)