

高悬浮物高矿化度矿井水处理工艺及工程实践

谭金生¹, 黄昌凤¹, 郭中权²

(1. 冀中能源股份有限公司, 河北 邢台 054000;

2. 中国煤炭科工集团 杭州研究院, 浙江 杭州 311201)

摘要:介绍了煤矿高悬浮物高矿化度矿井水的水质特点、处理工艺、主要处理设施、运行效果和经济效益。根据某矿矿井水处理要求,首先采用预沉、澄清和过滤工艺去除矿井水中的悬浮物,然后采用超滤和反渗透工艺去除矿井水的矿化度。工程运行实践表明:工艺合理、稳定可靠、出水水质好、操作管理简单,具有一定的推广应用前景。

关键词:高悬浮物;高矿化度;矿井水;澄清;过滤;脱盐

中图分类号:TD926;X752 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8759(2013)03-0030-03

TREATMENT PROCESS AND ENGINEERING PRACTICE FOR MINE DRAINAGE WATER WITH HIGH SUSPENDED SOLIDS AND HIGH SALINITY

TAN Jing-shen¹, HUANG Chang-feng¹, GUO Zhong-quan²

(1. Jizhong Energy Resources Co., Ltd, Xingtai 054000, China; 2. Hangzhou Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corp., Hangzhou 311201, China)

Abstract: Introduced the characteristics of water quality, process, main treatment facilities, operation effect and economic benefit for coal mine drainage water with high suspended solids and high salinity. According to the requirements of mine drainage water at a coal mine, the process integrated pre-sedimentation, clarification and filtration is adopted to remove suspended solids of mine drainage water, and the process combined ultrafiltration with reverse osmosis is adopted to remove salinity of mine drainage water. The operating practice shows that the engineering has the characteristics involving reliable performance, good effluent quality, simple management and operation, and certain application prospect.

Keywords: high suspended solids; high salinity; mine drainage water; clarification, filtration; desalination

目前,国内有些煤矿在生产过程中存在排放高悬浮物高矿化度矿井水,这是水处理技术解决的难题。经实地取样检测,总结出水质特点,通过选择合适的矿井水处理工艺,出水作为煤矿生产

和生活用水,既解决了矿井水外排污染环境,又解决煤矿的缺水问题。

1 水质特征及处理工艺

1.1 水质特征

冀中能源某煤矿矿井水原水水质指标如表1,其中悬浮物、溶解性总固体、硬度、硫酸盐、氯化

收稿日期:2013-01-16

作者简介:谭金生(1972-),男,黑龙江鸡东人,高级工程师,1996年毕业于中国矿业大学,现从事煤矿环境保护方面的管理和咨询。

物等指标超标严重。其水质特征主要表现为高悬浮物、高硫酸盐和高硬度,属于高悬浮物高矿化度矿井水类型,水质较差。

表1 某煤矿矿井水原水水质指标

pH	悬浮物	K ⁺ +Na ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	铁	总硬度	HCO ₃ ⁻	矿化度	可溶SiO ₂
7.91	896	74.0	228.9	596.4	34.4	0.0	811.8	366.6	1148.0	8.0

注:表中单位除pH值外,其它均为mg/L,硬度和碱度均以CaCO₃计

现场取样测定,该煤矿矿井水的悬浮物在500~1200mg/L之间波动,高于常规矿井水的悬浮物(100~500mg/L),其高悬浮物水质特征表现在三个方面:①悬浮物含量高,且很不稳定;②悬浮物粒径差异大、比重轻、沉降速度慢;③矿井水中的COD_{Cr}是煤屑中碳分子的有机还原性所致,它将随着悬浮物的去除而消失,故不需要进行生化处理。根据产生高矿化度的离子超标类型不同,高矿化度矿井水分为高硬度型、高硫酸盐型、高氯化物型或这几种类型的混合型^[1-3]。根据该煤矿矿井水水质情况,为高氯化物型和高硬度型的混合型的高矿化度矿井水。

1.2 处理工艺

按照该煤矿矿井水综合利用规划,处理后的矿井水作为煤矿生产和生活用水及辅助产业煤化工用水需求,多余达标外排。回用的水质要求达到《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)。那么,必须采用以去除悬浮物为目的的预处理工艺和以去除离子为目的的脱盐处理工艺,才可实现高悬浮物高矿化度矿井水回用。

目前国内以去除悬浮物为目的的预处理工艺普遍采用给水处理的混凝、沉淀(澄清)、过滤工艺^[3-4]。一般来讲,煤矿的矿井水从井下主排泵房排至地面矿井水处理站的时间短、流量大,矿井水悬浮物含量高,所以净化处理工艺中必须有悬浮物预沉及水量缓冲的功能。根据现场水样混凝试验,确定混凝药剂采用聚合氯化铝(PAC)和聚丙烯酰胺(PAM)配合投加。聚合氯化铝以电性中和为使胶体脱稳的主要作用原理。聚丙烯酰胺以粒间吸附架桥为主要作用原理。因此,确定矿井水预处理采用“预沉、澄清和过滤”工艺。

矿井水的脱盐处理主要有离子交换、蒸馏、电渗析和反渗透等工艺。离子交换工、蒸馏法基本上在国内矿井水脱盐处理没有应用。电渗析和反渗透工艺是国内矿井水脱盐处理最常用的处理工

艺。电渗析工艺不能去除水中的有机物和细菌,运行能耗大,在脱盐处理方面逐渐被反渗透装置所取代。反渗透除盐淡化技术具有适用范围广、脱盐率高(>95%)、水回收率高、操作管理方便、运行稳定、出水水质好等特点^[5]。随着膜科学技术的发展,反渗透工艺的一次性投资大幅下降,低压反渗透膜的应用使反渗透处理运行成本大大降低。由于高悬浮物高矿化度矿井水硬度高,在反渗透处理中结垢现象严重,进行反渗透处理时必须确保MDC220阻垢剂准确投加。因此,高悬浮物高矿化度矿井水脱盐处理采用“超滤、反渗透”工艺。

1.3 工艺流程

高悬浮物高矿化度矿井水处理先采用“预沉、澄清和过滤”的预处理工艺,再采用“超滤、反渗透”脱盐处理工艺,流程图1所示。



图1 高悬浮物高矿化度矿井水处理工艺流程图

2 主要构筑物及设备

(1)预沉调节池:预沉调节池具有悬浮物预沉及水量缓冲的功能,采用平流式沉淀形式,尺寸为42.60×24.90×4.0m,1座2格,总有效容积为4000m³,钢砼结构。

(2)高效澄清池:高效澄清池采用改良型的水力循环结构形式,集混合、絮凝、沉淀于一体的水处理构筑物,且在反应过程中有部分污泥回流,使水中颗粒物质的浓度提高,清水区设斜管,可有效提高混凝、沉淀处理效果。设计流量为240 m³/h(单座),3座,钢砼结构。

(3)多介质滤池:多介质滤池利用石英砂和无烟煤作双层滤料,设计滤速8m/h,能较完全地去除水中悬浮物和胶体,且具有自动反冲洗能力,设计流量240 m³/h(单座),3座,钢砼结构。

(4)中间水池:尺寸为25.8×9.0×4.65m,1座,有效容积为950m³,钢砼结构。

(5)煤泥水浓缩池:尺寸为Φ10.0×5.0m,1座,用于贮存并浓缩煤泥水,池顶部加盖,有效容积为330m³,钢砼结构。

(6)成品水池:尺寸为13.1×8.9×4.65m,1座,有效容积为476m³,钢砼结构。

(7)超滤水池:尺寸为8.4×15.2×4.15m,1座,

有效容积 430m³, 钢砼结构。

(8) 桁架刮泥机: 预沉调节池每格各设 1 台, 型号 MK-GNJ-12, 桁架提板式, 行走速度 1.0m/min, 升降功率 N=0.80kW, 行走功率 N=1.10kW, 材质碳钢。

(9) 脱水系统: 厢式自动拉板压滤机: 1 台, 型号, XMZ/1000, 过滤面积 100m², 材质为增强聚丙烯。

(10) 矿井水自动加药成套设备: 主要由水质自动采样器、在线浊度分析仪、在线电磁流量、计量泵、超声波液位计、变频器、PLC 等组成。设备型号 MK-ADS-18000, 尺寸 3.6×1.5×1.5m, 2 套。

(11) 矿井水自动排泥成套设备: 主要由计量泵、排泥电动阀、变频器、PLC 等组成。设备型号 MK-ASD-9000, 2 套。

(12) 超滤装置: 单套设计产水量 180 m³/h, 水回收率 90%, 水温 20℃, 4 套; 膜元件: 外压式中空纤维, 型号 LH3-1060-V, 尺寸 Φ277×1715mm, PVC 合金材质, 膜面积 40m²。

(13) 反渗透装置: 单套设计产水量 85m³/h, 水回收率 70%, 反渗透脱盐率 ≥95%, 排列(级、段)方式为一二级段, 6 套; 膜元件: 卷式反渗透复合膜, 型号 BW30-400, 聚酰胺复合膜材质; 压力容器型号 8040, 6m, 压力容器材质 FRP, 单根外壳安装膜元件数 6 支/根。

(14) 全过程监控成套设备: 主要由水处理模拟屏、工控机、液晶显示器、打印机、操作控制台、电源柜、仪表柜、PLC 自控系统、在线传感器等组成。实时采集矿井水进水流量、进水浊度、预沉调节池液位、集水池液位、煤泥水池液位、清水池液位、贮药设备液位、出水流量、出水浊度等参数。设备型号 MK-MCS-18000, 1 套。

3 运行效果

该矿的高悬浮物高矿化度矿井水处理站在实际运行两年后, 预处理单元的 PAC 和 PAM 投加量分别为 78 mg/L 和 0.37 mg/L, 脱盐处理单元的 MDC220 阻垢剂投加量 6.8 mg/L, 水回收率控制在 70%。矿井水预处理水量 750 m³/h, 矿井水脱盐处理的产水量为 500 m³/h, 出水指标见表 2 所示, 各项指标也能达煤化工用水水质要求, 作为煤化工的生产水及循环水。

表 2 矿井水处理站出水水质指标和煤化工用水水质要求

水质指标	pH	浊度	悬浮物	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	总硬度	M-碱度	电导率
煤化工用水水质要求	6.5~8.5	≤5	≤5	≤40	≤100	≤200	≤200	≤450
出水水质	7.5	0.15	1.0	2.6	26.7	41.8	29.3	87.3

注: 单位, pH 值无量纲, 浊度为 NTU, 电导率为 μΩ/cm, 其它均为 mg/L, 硬度和碱度均以 CaCO₃ 计。

4 经济效益分析

该矿矿井水预处理成本为 0.33 元/t 水, 如表 3。

表 3 矿井水预处理成本

费用名称	电费	药剂费	维修费	折旧费	人工费	小计
计费/(元/t)	0.14	0.068	0.017	0.06	0.045	0.33

脱盐处理成本为 1.76 元/吨水, 表 4 所示。

表 4 矿井水脱盐处理成本

费用名称	电费	药剂费	维修费	折旧费	人工费	小计
计费/(元/t)	1.10	0.13	0.12	0.35	0.06	1.76

根据该矿矿井水处理水量和水处理成本, 每年需要支出的费用为 $(750 \times 0.33 + 500 \times 1.76) \times 24 \times 365 / 10000 = 987.69$ 万元/a。矿井水预处理后每年可免交排污费, 按 0.7 元/t 水。脱盐处理后的矿井水代替水源井水作为煤化工的生产水及循环水, 水源井水的取水成本按 1.5 元/t 计。每年可节省的费用为 $(750 \times 0.70 + 500 \times 1.5) \times 24 \times 365 / 10000 = 1116.9$ 万元/a。则该矿井水处理站每年可产生的经济效益为 $1116.9 - 987.69 = 129.21$ 万元/a。

5 结语

(1) 高悬浮物高矿化度矿井水水质特征一般表现为高悬浮物、高硫酸盐、高氯化物或高硬度。

(2) 冀中能源某煤矿的高悬浮物高矿化度矿井水先采用“预沉、澄清和过滤”预处理工艺, 再采用“超滤和反渗透”脱盐处理工艺, 出达到煤化工用水水质要求, 作为煤化工的生产水及循环水, 实现了矿井水综合利用。

(3) 矿井水预处理成本为 0.39 元/t 水, 脱盐处理成本为 1.76 元/t 水, 矿井水处理站每年可产生的经济效益为 129.21 万元/a。

(4) 经三年多的运行实践表明: 该工艺合理、稳定可靠、出水水质好、操作管理简单, 具有一定的推广应用前景。

(下转第 42 页)

and Technology, 41(13):2973-2988.

[4]李胜业, 金朝晖, 金晓秋, 等. 还原铁粉反应柱去除地下水中硝酸盐氮的研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(6):1203-1206.

[5]董军, 赵勇胜, 赵晓波, 等. 垃圾渗滤液对地下水污染的 PRB 原位处理技术[J]. 环境科学, 2003, 24(5):151-156.

[6]李铁龙, 刘海水, 金朝晖, 等. 纳米铁去除水中的硝酸盐氮的批试验[J]. 吉林大学学报(工学版), 2006, 36(2):264-268.

[7]Horold S, Tacke T, Vorlop K D. Catalytic removal of nitrate and nitrite from drinking water-1, Screening for hydrogenation catalysts and influence of reaction conditions on activity and selectivity. Environ .Tehmol. , 1993,14:931-945 2007, 23(11):8-12.

[21] Osama E, Kenji J, Tosao H. VSB2TechnicalUniversity of Ostrava, Czech Republic [M]. Fukuoka: 4th International Workshop on Earth Science and Technology, 2006.

[22]金朝晖, 曹骥, 戴树桂. 地下水原位生物修复技术[J]. 城市环境

与城市生态, 2005, 15(1):10-12.

[23]Aslan S, et al. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter[J]. Journal of Hazardous Material, 2007, (148):253-258.

[24]金赞芳, 陈英旭, 小仓纪雄. 以棉花为碳源去除地下水硝酸盐的研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(3):512-515.

[25]王海燕, 曲久辉. 电化学氢自养与硫自养集成去除饮用水中的硝酸盐[J]. 环境科学学报, 2002, 22(6):711-715.

[26] 李胜业, 金朝晖, 金晓秋, 等. 还原铁粉反应柱去除地下水中硝酸盐氮的研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(6):1203-1206.

[27]董军, 赵勇胜, 赵晓波, 等. 垃圾渗滤液对地下水污染的 PRB 原位处理技术[J]. 环境科学, 2003, 24(5):151-156.

[28]李铁龙, 刘海水, 金朝晖, 等. 纳米铁去除水中的硝酸盐氮的批试验[J]. 吉林大学学报(工学版), 2006, 36(2):264-268.

(上接第 32 页)

参考文献

[1]高亮, 周如禄, 徐楚良, 等. 煤种与煤矿矿井水水质特征之间的相关性[J]. 煤矿环境保护, 2004, 18(6):46-48.

[2]曹祖民, 周如禄, 刘雨忠, 等. 矿井水净化及资源化成套技术与装备的开发[J]. 能源环境保护, 2004, 18(1):37-40.

[3]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.

[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]郭中权, 冯曦, 李金合, 等. 反渗透技术在高硫酸盐硬度矿井水处理中的应用研究[J]. 煤矿环境保护, 2006, 20(3):25-26.

(上接第 38 页)

4 结语

该煤矿生活污水处理的自控系统, 利用 PLC、组态软件和工控机等设备实现了工艺过程的自动控制, 提高了污水处理系统自动化程度, 降低了工人劳动强度。同时, 通过 PLC、在线溶解氧检测传感器和变频器实现了风机自动变频控制, 确保了处理工艺中溶解氧需要恒定的关键要求。如果进一步利用网络技术, 还可以实现远程联网监控, 以提高污水处理的监控和管理质量。

参考文献

[1]许光泞, 陈国初, 文欣秀, 等. DCS 在污水处理厂中的应用[J]. 上海电机学院学报. 2010(2): 120~124.

[2]魏德江, 周如禄. 煤矿生活污水处理自动控制系统设计[J]. 煤炭科学技术. 2004(7): 38~40.

[3]崔东锋, 周如禄. 煤矿污水处理信息化系统的设计与应用[J]. 自动化技术与应用. 2012(4): 86~87.

[4]崔东锋, 周如禄, 朱留生, 等. 矿井水处理监控系统的设计与应用[J]. 煤矿机电, 2007(5): 19~21.

[5]刘志涛. 潘北煤矿生活污水处理自控系统的设计与实践[J]. 能源环境保护. 2009(12): 34~36.