

井下磁分离水处理系统节能量及经济效益测算

张国光^{1,2,3,4}

(1.煤炭科学技术研究院有限公司 煤化工分院,北京 100013;2.煤炭资源开采与环境保护国家重点实验室,北京 100013;
3.国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室,北京 100013;4.煤炭工业节能技术服务中心,北京 100013)

摘要:为了核算井下磁分离水处理系统的节能量和经济效益,以3处不同水质特点的工程案例为研究对象,测量和验证了工程实施前后每吨矿井水提升百米的电耗指标变化,对比了工程投资、日常运行、设备维修和维护等方面的费用差异,分析了在矿井水减排、生产安全和社会责任等方面产生的间接经济效益。结果表明:井下磁分离净化水处理系统与地面水处理工艺相比,工程投资总额减少了约915.88元/t,日常运行费用减少了0.36~0.61元/t;工程实施后平均节电0.043~0.047 kWh/(t·hm),节能率9.39%~10.26%,节约主排水系统维修、维护费用0.19元/t。

关键词:矿井水;井下磁分离;节能量测算;经济效益评估

中图分类号:X703 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2015)01-0117-04

Energy-saving and economic benefits calculation of mine water underground magnetic separation system

ZHANG Guoguang^{1,2,3,4}

(1. Research Institute of Coal Chemistry, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China;

2. State Key Laboratory of Coal Mining and Environmental Protection (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China; 3. National

Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;

4. Coal Industrial Energy Saving Technology and Service Center, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: In order to improve the economic benefits and lower energy consumption of mine water underground magnetic separation system, three project cases with different water quality characteristics were chosen to test the changes of hectometer drainage electricity consumption per ton index before and after the project implementation. The investment, daily operation and equipment maintenance were compared. The indirect economic benefits brought by mine water emission reduction, production safety and social responsibility was analyzed. The results showed that, compared with the mine water surface treatment process, the total engineering investment and daily operation expenditure of mine water underground magnetic separation system was reduced about RMB 915.88 per ton and RMB 0.36 to 0.61 per ton. After the project implementation, the energy-saving was 0.043 to 0.047 kWh/(t·hm), the energy saving rate was 9.39% to 10.26%, the repair and maintenance cost savings of main drainage system was RMB 0.19 per ton.

Key words: mine water; underground magnetic separation; energy-saving calculation; economic benefits evaluation

0 引言

我国矿井水按水质主要可分为5类:洁净矿井水、含悬浮物矿井水、高矿化度矿井水、酸性矿井水和特殊污染型矿井水^[1-2],其中含悬浮物矿井水最为常见^[3]。此类矿井水水质污染程度较其他工业

废水轻,有机污染物较少,一般不含有毒物质,但由于煤粉的作用,含悬浮物矿井水中黑色颗粒多,感观性状差;水质多为中性;悬浮物的含量多为几十至几百毫克每升,少数超过100 mg/L,且变化较大;金属离子微量或未检出,或基本上不含有毒有害离子,适于做回用水水源^[4-5]。对于井工开采的煤矿,传统

收稿日期:2014-11-06;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.01.027

作者简介:张国光(1982—),男,江苏无锡人,助理研究员,工学学士,从事煤炭行业节能监测、节能审计、评估、节能减排课题和标准化的研究。E-mail: zhang-guoguang@qq.com

引用格式:张国光.井下磁分离水处理系统节能量及经济效益测算[J].洁净煤技术,2015,21(1):117-120.

ZHANG Guoguang. Energy-saving and economic benefits calculation of mine water underground magnetic separation system[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(1): 117-120.

矿井水处理利用方法,是将矿井水集中到井下水仓,由排水系统从井下水仓排至地面,通过地面上的调节池以及各种处理构筑物先进行混凝沉淀、过滤、消毒等处理,再根据后续矿井水用途进行深度处理。达到复用水质要求后,部分在地面利用,部分再返回到井下利用。传统方法存在基建投资大、矿井水提升运行费用高、占地面积大等缺点^[6-8]。随着矿井水处理技术的不断完善,以及节能减排理念的不断深入,矿井水井下处理技术逐步被采用。矿井水井下处理就地复用因地制宜,可节约土地、节省投资、节能、运行费用低,具有良好的经济效益和环境效益^[9],成为煤炭绿色开采技术的重要组成部分之一。磁分离技术是井下矿井水处理技术之一,具有净化效率高、占地少、运行成本低、自动化程度高、安全可靠等显著优势,受到煤矿企业和相关设计单位的关注,目前已在诸多煤矿矿井污水处理设计过程中推广使用^[10]。矿井水经过处理,能够实现清水升井、煤泥回填,带来节能效益和经济效益。笔者通过对3处井下磁分离净化水处理项目实施前后的节能量 and 经济效益进行测量、计算,验证了煤矿井下磁分离净化水处理系统的节能高效。

1 井下磁分离净化水技术工艺及技术特点

80%以上的矿井水中主要含有以煤屑、岩粉为主的悬浮物^[11],是磁分离净化矿井水技术主要处理对象。通过向矿井水投加磁种,在混凝剂(聚丙烯酰胺 PAM、聚合氯化铝 PAC)的作用下磁种与悬浮物形成絮团,当絮团经过重介加载磁分离机时,磁场捕捉吸磁种絮团,从而实现水与悬浮物的分离,达到净化矿井水目的^[12-13]。其工艺流程如图1所示。

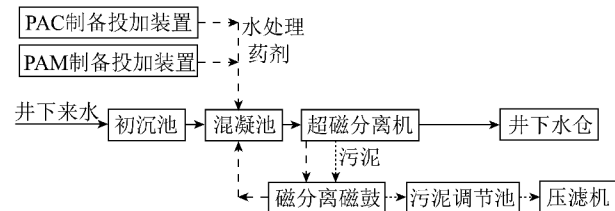


图1 重介加载磁分离技术工艺流程

2 节能及经济效益评估方案

以山东某矿业集团公司3处典型的井下磁分离净化水处理工程项目为例,对煤矿井下磁分离净化水处理系统产生的节能量和经济效益进行测量、计算和验证,并最终对煤矿井下磁分离净化水处理系统的节能和经济效益进行整体评估。

1) 系统边界。项目实施前,系统边界内的主要耗能设备是原有的主排水泵房中的主排水泵。项目实施后,系统边界内的主要耗能设备是原有的主排水泵房中的主排水泵和水处理系统的用能设备。系统实施前后系统边界如图2所示。

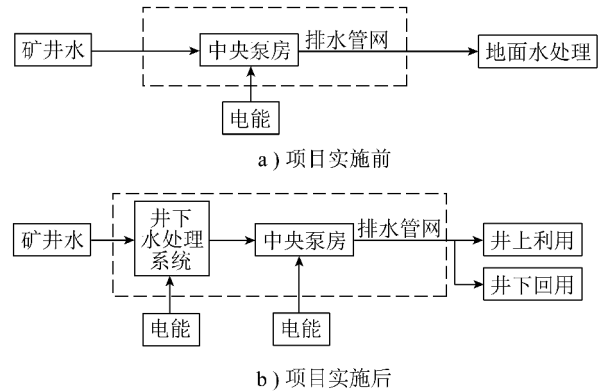


图2 矿井水井下磁分离净化水处理项目实施前后系统边界示意

2) 节能评估。确定煤矿井下磁分离净化水处理系统安装项目节能量的范围、边界和计算方法后,以上述3处工程项目实施前后的实际运行数据为基础,对煤矿井下磁分离净化水处理系统安装项目的节能量进行测量和验证,最终评估和核算项目的节能量^[14-16]。

3) 效益评估。对煤矿井下磁分离净化水处理系统安装项目产生的效益进行评估,主要包括:①节电量产生的直接经济效益;②与传统矿井水地面处理工艺技术经济效益比较,包括投资、人员、矿建与设备选型等方面;③对于井下水处理系统投运后,对节约主排水泵及其管网系统维修和维护、减少主排水水仓清理频次及产生的经济效益;④项目整体经济效益优化评估,包括矿井水回用产生的经济效益和减少污水排放量产生的经济效益。

3 评估结果

3.1 节能评估

根据测算,井下磁分离水处理系统项目实施后节能量 $0.043 \sim 0.047 \text{ kWh}/(\text{t} \cdot \text{hm})$,即每吨矿井水提升100 m可节电 $0.043 \sim 0.047 \text{ kWh}$,平均节电 $0.045 \text{ kWh}/(\text{t} \cdot \text{hm})$;节能率 $9.39\% \sim 10.26\%$,平均为 9.72% 。实际运行数据分析和计算结果见表1。

3.2 节约设备维修和维护费用评估

井下磁分离水处理系统项目安装前设备维修、维护、清仓、清管及相关人工费用合计 $0.27 \text{ 元}/\text{t}$,安

装后 0.08 元/t, 节约 0.19 元/t。各项对比如图 3 所示。

表 1 井下磁分离净化水处理系统节能评估结果

案例	安装地点	设计处理水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	工程特点	工序能耗指标/($\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{hm}^{-1}$)		节能量/ ($\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{hm}^{-1}$)	节能 率/%
				实施前	实施后		
A 矿	-300 m 水平中央水仓前通道, 处理后 经-330 m 中央泵房直排地面	12000	第一个工程 示范项目	0.494	0.447	0.047	9.51
B 矿	-800 m 水平中央水仓前通道, 经-810 m 水平中央泵房直排地面	34000	水处理量大	0.458	0.415	0.043	9.39
C 矿	-850 m 水平, 处理后的矿井水经-850 m 水平中央泵房直接排水至地面	9600	原水浊度大	0.429	0.385	0.044	10.26
平均值	—	—	—	0.460	0.415	0.045	9.72

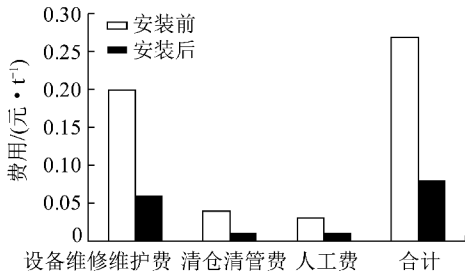


图 3 设备维修、维护、清仓、清管及相关人工费用对比

3.3 与地面水处理工艺对比

1) 工程投资对比。井下磁分离净化水处理系统和传统地面水处理技术工艺, 在达到相同处理水量和水质指标的前提下, 传统地面水处理技术工程投资总额为 1335.21 元/t, 井下磁分离净化水处理系统工程投资总额为 419.33 元/t, 比传统地面水处理技术减少了 915.88 元/t, 降低了 68.59%。其中: ①设备购置费为 339.04 元/t, 比传统地面水处理技术减少了 263.90 元/t, 降低了 43.77%; ②安装调试费 45.64 元/t, 比传统地面水处理技术降低了 26.10 元/t, 降低了 36.38%; ③基本土建费为 34.65 元/t, 比传统地面水处理技术减少了 625.89 元/t, 降低了 94.75%。

从上述分析可知, 井下磁分离净化水处理技术与传统地面水处理技术工艺相比, 在工程投资建设方面具有以下优势: 一是大幅度降低了基本土建费用; 二是降低了设备购置费用。工程投资各分项对比如图 4a 所示。

2) 日常运行费用对比。传统地面水处理技术日常运行费用在 0.55~0.80 元/t, 井下磁分离水处理系统日常运行费用为 0.19 元/t, 比传统地面水处理技术减少了 0.36~0.61 元/t, 降低了 65.45%~76.25%。其中: ①设备药剂费为 0.0644 元/t, 比传

统地面水处理技术减少了 0.17~0.22 元/t, 降低了 72.53%~77.36%; ②电费 0.035 元/t, 比传统地面水处理技术减少了 0.06~0.11 元/t, 降低了 63.16%~75.86%; ③人工及维护费为 0.0919 元/t, 减少了 0.16~0.31 元/t, 降低了 63.52%~77.13%。

从上述分析可知, 井下磁分离净化水处理技术与传统地面水处理技术工艺相比, 大大降低了水处理系统日常运行的费用, 具有较大的经济优势。日常运行费用对比如图 4b 所示。

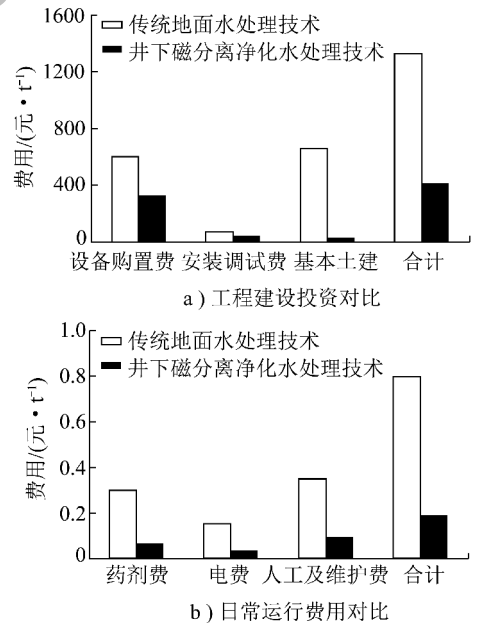


图 4 井下磁分离净化水处理技术与地面水处理工艺工程建设和日常运行费用对比

3.4 间接效益评估

1) 延长主排水系统使用寿命, 优化设备选型。矿井水中的煤泥会增加对水泵泵体和排水管网的磨损, 造成主排水管网的淤积, 严重影响了排水效率。采用矿井水井下处理技术后, 矿井水浊度降低值 10

mg/L以下,大幅度减少了煤泥对排水系统的磨损,提高了主排水泵和管网的使用寿命。同时,在主排水泵选型方面,可选用效率更高、投资更低的清水泵,取代原有的耐磨泵。

2) 提高水仓有效容积效率,减少水仓清淤频次。由于矿井水中的大量煤泥、岩粉等在水仓沉积,减少了水仓的有效容积。通过井下处理后的矿井水煤泥和悬浮物得到及时有效分离,延长了水仓淤积时间,保证了中央水仓的有效容积。水仓清淤频次由原来的1~3次/a降低至1~2次/3a。

3) 实现矿井泥水分离,提高提升和排水系统效率。含煤泥等悬浮物的矿井水经过处理后,煤泥采用压滤机回收,进入矿井运输、提升系统运送至地面或直接用于回填。处理后的部分矿井水直接用于井下降尘、洒水和消防用水以及乳化油配制用水;部分矿井水通过排水系统排至地面,可直接用于景观或绿化等综合利用水源。提高了主排水系统的排水效率,减少了地面水处理系统处理后的矿井水返井利用造成的管路折返铺设、往复运输等浪费。

4) 减少土地占用,运行影响因素较低。以处理能力 $10000\text{ m}^3/\text{d}$ 的矿井水处理厂为例,占地面积约 6000 m^2 ;而井下处理方案占地面积仅 300 m^2 ,可为企业节省大量的资金。同时,由于井下环境、温度条件相对稳定,不受严寒、暴雨、沙尘等不利气象条件的干扰,因此,处理能力连续稳定。

4 建 议

1) 水处理系统可能受到原有巷道、硐室空间的限制,可能增加一定的矿建量进行巷道或硐室改造;同时,工艺设备需要满足井下特殊条件要求,给系统安装、维护和检修带来一定困难。

2) 由于目前大部分矿井都配套了地面水处理厂,因此,井下磁分离净化水系统改造的同时也面临着对原有地面水处理系统的优化问题,给企业带来额外的费用支出。建议根据矿井水后续用水的水质要求,将原有的地面水处理系统改造为深度处理水厂,而井下磁分离净化水系统处理后的水质必须达到地面深度处理工艺进水的要求。

5 结 论

同传统的地面水处理系统相比,井下磁分离净化水处理系统具有以下优势:

1) 煤矿井下磁分离净化水处理系统实施后节

能量 $0.043\sim 0.047\text{ kWh}/(\text{t}\cdot\text{hm})$,即每吨矿井水提升 100 m 可节电 $0.043\sim 0.047\text{ kWh}$,平均节电 $0.045\text{ kWh}/(\text{t}\cdot\text{hm})$ 。煤矿井下磁分离净化水处理系统实施后节能率 $9.39\%\sim 10.26\%$ 。

2) 煤矿井下主排水系统的水泵维修和日常维护、水仓清理和管网清淤等费用合计 $0.27\text{ 元}/\text{t}$,通过实施井下磁分离净化水处理系统可节约费用合计 $0.19\text{ 元}/\text{t}$,节约 70.37% 。

3) 井下磁分离净化水处理系统与地面水处理工艺对比,井下磁分离净化水处理系统工程投资总额比传统地面水处理技术减少了 $915.88\text{ 元}/\text{t}$,降低了 68.59% ;井下磁分离净化水处理系统日常运行费用比传统地面水处理技术减少了 $0.36\sim 0.61\text{ 元}/\text{t}$,降低了 $65.45\%\sim 76.25\%$ 。

参考文献:

- [1] 李福勤,李 硕,何绪文,等.煤矿矿井水处理工程存在的问题及对策[J].中国给水排水,2012,28(2):18-20.
- [2] 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.
- [3] 章丽萍,何绪文,张 先,等.高浊度矿井水处理技术研究[J].矿业安全与环保,2008,35(6):14-16.
- [4] 刘 勇,孙亚军,王 猛.矿井水水质特征及排放污染[J].洁净煤技术,2007,13(3):83-86.
- [5] 高 亮.我国煤矿矿井水处理技术现状及其发展趋势[J].煤炭科学技术,2007,39(9):1-5.
- [6] 周如禄,高 亮,陈明智,等.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.
- [7] 王 平.国内煤矿矿井水处理技术研究现状[J].同煤科技,2008(1):1-4.
- [8] 李福勤,何绪文,吕晓龙,等.煤矿矿井水井下处理新技术及工程应用[J].煤炭科学技术,2014,42(1):117-120.
- [9] 何绪文,贾建丽.矿井水处理及资源化的理论与实践[M].北京:煤炭工业出版社,2009:183-185.
- [10] 董战洪,任卫良,崔 荣.磁种微絮凝强磁分离净化技术在矿井污水处理中的设计应用[J].煤炭工程,2013(12):22-24.
- [11] 周如禄.矿井水净化处理自动化监控系统开发与应用[J].煤炭学报,2012,37(S1):202-206.
- [12] 牛明礼,单绍磊,刘 佳.超磁分离净化技术在矿井水井下处理站中的应用[J].能源环境保护,2013,27(3):33-35.
- [13] 胡建军,郎秀雷.矿井水超磁分离净化技术在矿井的应用[J].山东煤炭科技,2012(6):57-59.
- [14] GB/T 13234—2009,企业节能量计算方法[S].
- [15] MT/T 1002—2006,煤矿在用主排水系统节能监测方法和判定规则[S].
- [16] GB/T 29723.2—2013,煤矿主要工序能耗等级和限值 第2部分:主排水系统[S].