

综述与专论

矿井水资源化中膜分离技术的应用概述

王 玉

(中煤科工集团西安研究院有限公司,陕西 西安 710054)

摘要:为了解决矿区严重缺水及矿井水污染环境这两大困扰煤炭行业难题,提出了矿井水资源化措施。合理回用矿井水可实现经济、社会及环境三方面效益的统一。通过对微滤膜、超滤膜、纳滤膜及反渗透膜的特点及净化机理的分析,根据其在矿井水资源化的应用现状,分析认为,膜处理系统凭借其出水水质稳定,适用范围广,运行管理简单,投资小等优点,在矿井水资源化中具有良好的发展前景及不可替代的位置。

关键词:膜分离技术;矿井水;资源化;回用。

中图分类号:X703

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2017)03-0006-03

RESEARCH OVERVIEW ON THE APPLICATION OF MEMBRANE SEPARATION TECHNOLOGY IN RECYCLING MINE WATER

WANG Yu

(Xi'an Research Institute of China Coal Technology&Engineering Group Corp,
Xi'an 710054,China)

Abstract: Recycling mine water are put forward, in order to solve the two difficult Problems that are serious face of water & mine water polluting environment in mining areas. , Reasonable reusing will make mine water achieve the unity of economic returns , social effect and environmental benefits. Through the analysis of the characteristics of micro-filtration membrane, ultra-filtration membrane, nano-filtration membrane and recerses osmosis membrane, according to their application situations in the recycling mine water. The results is that: Membrane treatment technology has stable treatment effect, simple running management, low running cost, et, and has good prospects for development and an irreplaceable position in the field of mine water reusing treatment.

Key words: Membrane Separation; mine water; recycling; reusing.

我国矿区面临煤炭产区严重缺水和矿井水污染环境两大难题,煤炭系统每年约排矿井水 38 亿立方米,平均利用率约 22%,北方大型煤矿利用率不足 20%^[1]。2010 年我国神东、晋北、晋中等 13 个煤炭基地中,有 10 个面临严峻的水资源供需矛盾^[2-3],矿井水资源化由此提出。国家发展和改革委员会于 2007 及 2013 年先后发布《矿井水利

用专项规划》及《矿井水利用发展规划》,提出实现矿井水利用产业化,制定了利用率提高至 75% 的目标^[4]。

我国的矿井水处理技术始与上世纪 70 年代,矿井水水质为:以煤岩粉为主的悬浮物,可溶的无机盐类,有机污染物较少,一般不含有毒物质。传统的处理工艺基建投资大,出水水质质量不高^[5]。随着矿井水资源化技术的发展,膜技术由于其处理效果好、操作简单、占地小、投资低等优点,得到了

广泛应用。

1 膜分离技术在矿井水处理中的应用现状

膜分离机理包括:膜表面的机械截留,膜表面及微孔内吸附,膜孔中停留。在污水再生处理中,常用的膜技术包括微滤、超滤、纳滤及反渗透。

1.1 微滤

微滤膜孔径大小为 $0.01\sim 10\ \mu\text{m}$,工作原理为“筛分”作用,去除水中的悬浮物、胶体及细菌等。具有操作压力低,水通量大等特点。

微滤多用于对水质要求不高的过滤工艺或深度处理的预处理工艺。河北某煤矿采用混凝-微滤工艺处理矿井水,悬浮物、细菌及 COD 去除率分别为 86%、99.9%及 98%,出水浊度 $<2\ \text{NTU}$,细菌数 $<35\ \text{CFU/mL}$, $\text{CODMn}<1.4\ \text{mg/L}$,出水用于井下降尘用水^[6]。山西某煤矿采用微滤作为电渗析的预处理工艺,去除悬浮物、胶体、细菌等,出水悬浮物 $<9\ \text{mg/L}$,浊度 $<2\ \text{NTU}$,达到电渗析系统进水要求,保证系统稳定运行,减少膜污染,延长处理系统寿命^[7]。

1.2 超滤

超滤膜孔径大小为 $0.001\sim 0.010\ \mu\text{m}$,工作原理在压力驱动下的膜表面筛分、膜表面及膜孔内吸附。可分离液相物质中蛋白质、胶体等大分子化合物。超滤技术广泛用于溶液分离、浓缩、废水净化再利用等高新技术领域。

当出水水质要求较低时,超滤系统作为二级过滤单元保证出水达标,当出水水质要求较高时,超滤系统多作为深度处理的预处理单元维护后续处理单元的稳定运行。崔家沟煤矿采用混凝/超滤工艺处理矿井水,出水浊度 $<0.3\ \text{NTU}$, $\text{COD}<11\ \text{mg/L}$,细菌去除率 99.9%,出水可回用于煤矿生产生活用水^[8]。天达煤业采用超滤技术处理矿井水,出水水质 $\text{SS}<15\ \text{mg/L}$,悬浮物粒径 $<0.2\ \text{mm}$,每 100 mL 水中未检出大肠杆菌群,回用于消防洒水^[9]。超滤作为反渗透系统的预处理工艺,保证系统稳定运行,延长了反渗透膜的使用寿命^[10-12]。

1.3 纳滤

纳滤又称为低压反渗透,纳滤膜孔径接近于 1 nm,其分离性能介于反渗透和超滤之间,工作原理为筛分效应与道南效应对污染物质进行截留。纳滤膜可去除小分子有机物及无机盐。

纳滤膜用于处理高矿化度废水,或者对出水

水质要求高的处理系统。聂锦旭^[13]等人采用纳滤膜组合工艺处理较清洁矿井水,出水水质达到生活饮用水卫生标准(GB5749-85)。王瑶采用纳滤膜处理高矿化度矿井水,出水达到《工业循环冷却水处理设计规范》50050-2007 中再生水标准^[14]。有学者认为纳滤膜具有离子选择性,出水水质较反渗透膜更适于作为循环冷却水回用^[15]。

1.4 反渗透

膜孔径小于 1 nm。分离过程是膜两侧的静压力差,克服溶剂的渗透压,使溶剂通过反渗透膜而实现对液体混合物进行分离。

反渗透系统用于高品质用水的深度处理单元,出水可达到饮用水、锅炉用水标准。山西大同达子沟矿、太原东山矿、邓家庄等 7 个煤矿及淮南矿区多个煤矿采用反渗透膜处理矿井水,出水均可作为饮用水及锅炉冷却水使用^[16-17]。黄陵一号煤矿采用超滤/反渗透工艺处理矿井水,电导率为 $7\ 530\ \mu\text{S/cm}$ 及 $58.5\ \mu\text{S/cm}$,TDS 为 $5\ 068\ \text{mg/L}$ 及 $34.1\ \text{mg/L}$,总硬度 $100\ \text{mg/L}$ 及 $0.4\ \text{mg/L}$,电导率、TDS 及总硬度去除率分别为 99.2%、99.3%及 99.6%, SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 等主要离子的去除率均大于 97%,出水作为电厂循环冷却水回用^[18]。

2 膜处理技术在矿井水处理中的注意事项

膜处理技术的应用中,选择合理的预处理工艺及运行参数是保证膜系统稳定、高效、长寿的关键因素。

矿井水中悬浮物多为煤屑,加药后形成松散结合的矾花,容易造成膜污染堵塞膜孔,预处理工艺可有效减小膜污染,提过膜通量。微滤膜及超滤膜主要的预处理方法有混凝沉淀,纳滤及反渗透系统预处理应包括混凝沉淀+微滤、超滤等工艺^[25-26]。膜运行压力提高可提高膜通量,但过高的压力会使膜孔变形甚至损伤,增加膜污染速度,影响产水率及出水水质,合理选择膜运行压力及膜清洗周期,提高产水率,降低膜污染,延长膜寿命^[27]。

3 矿井水资源化效益分析

枣庄矿区 10 个矿井的矿井水处理回用效益分析,结果表明矿井水直接外排、简单处理部分回用及深度处理全部回用产生的经济效益分别为: $-0.37\ \text{元/t}$, $0.06\ \text{元/t}$ 及 $0.08\ \text{元/t}$ ^[22]。膜技术处理高

悬浮物矿井水及高矿化度矿井水,与不回用达标外排相比,作为饮用水回用增加处理费用为0.25~0.4元/t,但可减少排污费、水资源费等0.7~1.45元/t^[23]。因此,矿井水资源化可为煤矿带来一定的经济效益。

4 结论

矿井水资源化,是煤矿经济、社会及环境效益的统一。与传统处理工艺相比,膜技术占地小,基建投资少,运行稳定,并且出水可达到高品质水回用。膜处理技术可根据回用水水质水量需求选择组合工艺,节约运行费用,实现矿井水100%资源化。也可作为深度处理工艺,对传统工艺升级改造,使出水达到资源化标准,提高矿井水回用率,减少污染及水资源开采。综上所述,膜处理技术在矿井水资源化领域具有良好的发展前景及不可替代的位置。

参考文献

- [1] 许保玖. 给水处理理论[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000,1.
- [2] 袁存中,陈锦如. 水资源与矿井水处理利用[J]. 合肥工业大学学报,2000,23(51):927-930.
- [3] 何绪文,杨静,邵立南等. 我国矿井水资源化利用存在的问题与解决对策[J]. 煤炭学报,2008,33(1):63-66.
- [4] 郭雷,张璐,胡婵娟等. 我国矿井水管理现状分析及对策[J]. 煤炭学报,2014,39(2):484-489.
- [5] 王娟,张保成,张湃等. V型孔中空纤维超滤膜在矿井水处理及回用中的应用. 第三届膜分离技术在冶金工业中应用研讨会论文集,2009,10.
- [6] 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试验研究[J]. 煤炭学报,2004,29(5):581-584.
- [7] 邱瑞芳,崔莉,杨凤玲等. 微滤-电渗析工艺处理高矿化度矿井水的试验研究[J]. 中国矿业,2009,18:385-388.
- [8] 何嘉琦. 混凝-超滤处理煤矿矿井水的实验研究[A]. 中国矿业,

2009,18:385-388.

- [9] 赵春生,陈怀柱. 超滤技术在矿井污水处理中的应用[J]. 河北煤炭,2011,2:72-73.
- [10] 孙兆龙,盛帅华. 中空超滤在煤矿深井废水预处理中的应用[J]. 现代商贸工业,2011,6.
- [11] 毕志斌. 煤矿矿井水深度处理回用工艺设计[J]. 工业用水与废水,2012,43(2):78-80.
- [12] 赵厚斌,崔东锋,徐细波. 混凝澄清+超滤反渗透工艺处理天池煤矿矿井水[J]. 能源环境保护,2015,29(1):29-33.
- [13] 聂锦旭,肖贤明,陈志正. 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.
- [14] 王瑶. 高悬浮物高矿化度矿井水处理及资源化[D]. 河北,河北工程大学,2013:22-24.
- [15] Ikeda K, Nakano H, Ito H, et al. New composite charge driven osmosis membrane [J]. Desalination, 1988, 68(2-3):109-119.
- [16] 崔玉川,潘耀祖,刘婷等. RO法在高矿化度矿井水处理回用中的应用[J]. 净水技术,2006,5(2):4-6.
- [17] 柳炳俊,郑彭生,谢毫等. 反渗透处理淮南矿区矿井水试验研究[J]. 能源环境保护,2014,28(2):17-20.
- [18] 赵虎群,王庚平等. 反渗透水处理技术在煤矿矿井废水处理回用中的应用[J]. 甘肃科技,2009,25(4):39-41. 94-97.
- [19] Kim Kwan-Yeop, Kim Hyung-Soo, Kim Jihoon, et al. A hybrid microfiltration-granular activated carbon system for water purification and wastewater reclamation/reuse[J]. Desalination, 2014, 309(15):181-186.
- [20] Garcia N, Moreno J, Cartmell E, et al. The cost and performance of an MF-RO/NF plant for trace metal removal [J]. Desalination, 2013, 309(15):181-186.
- [21] Zhu, Hongtao, Wen Xianghua, Huang Xia, et al. Characterization of membrane fouling in a microfiltration ceramic membrane system treating secondary effluent [J]. Desalination, 2012, 284(4):324-331.
- [22] 陈明华. 煤矿矿井水资源化效益分析 [J]. 煤矿环境保护, 2000,14(1).
- [23] 庞振东. 煤矿矿井水资源化研究-以淮南矿区为例[D]. 安徽理工大学.

(上接第22页)

- [11] 徐磊,张学飞,王瑞乾,等. 隔声材料排布顺序对复合板材隔声特性的影响[J]. 噪声与振动控制,36(4):58-62.
- [12] 赵娜. 飞机噪声影响区域敏感建筑物隔声窗设计理念 [J]. 噪声与振动控制,36(4):120-128.
- [13] 陈正林,肖任贤,王兴国等. 氮化硅陶瓷的空气耦合超声纵波传播特性研究[J]. 陶瓷学报,2015,36(4):405-409.

- [14] Antonio J.B, Thdeu, Diogo M.R. Mateus. Sound transmission through single, double and triple glazing. Experimental evaluation. Applied Acoustics, Vol.62(2001):307-325.
- [15] 张海澜. 理论声学 [M]. 北京:高等教育出版社,2007:198-210.
- [16] 刘磊,杨扬,潘永东,等. 空气耦合层状复合材料的声传播研究[J]. 固体力学学报,2014,35(1):1-7.