

文章编号:1673-9469(2010)02-0046-04

煤矿矿井水井下处理就地复用工艺及关键技术

李福勤¹, 李建红¹, 何绪文²

(1. 河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2. 中国矿业大学 化学与环境学院, 北京 100083)

摘要:基于提高矿井水资源化水平,对煤矿矿井水井下处理就地复用工艺及关键技术进行了探讨。矿井水井下处理后主要用于井下消防洒水、采煤设备冷却以及液压支架用水,常规矿井水井下处理工艺流程为:井下水仓→提升泵→沉淀池→细砂过滤器→回用,将过滤器中的细砂换为改性锰砂,可用于高铁锰矿井水处理。高矿化度矿井水在井下处理回用,应充分考虑分质供水,少量液压支架用水可深度除盐处理。酸性矿井水在井下采用升流膨胀过滤中和法处理较合理。科学利用井下空间、解决好安全防爆技术和开发模块化可移动的井下处理装置,是矿井水井下处理就地复用的关键所在。

关键词:矿井水;井下处理;就地复用;安全防爆

中图分类号: X752

文献标识码: A

In-situ utilization process and key technology of mine water underground treatment

LI Fu-qin¹, LI Jian-hong¹, HE Xu-wen²

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on improving the level of mine water recycling, in-situ utilization process and key technology of mine water underground treatment is discussed. After treatment, mine water is mainly used for underground fire sprinkler, coal mining equipment cooling and hydraulic support. The conventional mine water underground treatment process is summarized as follows: pool→elevator pump→sedimentation tank→fine sand filter→utilization. The filter exchanged manganese sand of fine sand, can be used for mine water with high content of iron and manganese. Dual water supply should be taken into full account in the utilization of underground mine water with high-TDS, and advanced desalination treatment is needed with a small amount of water for hydraulic support. The up-flow expanding filtration of neutralization process is feasible for acid mine water underground treatment. It concludes that the key technology of mine water underground treatments are using the underground space scientifically, settling the safety explosion-proof technology and developing modular movable underground treatment devices.

Key words: mine water; underground treatment; in-situ utilization; safety explosion-proof

煤炭是我国重要的基础能源和原料,在国民经济中具有重要的战略地位。采煤的同时必须排水,目前,矿井水排放量约为42亿m³,而利用率只有26%^[1],矿井水的资源化利用已成为煤矿企业可持续发展的必然选择。

矿井水传统的处理利用方法是由井下水仓排

出,在地面上修建调节池以及各种处理构筑物,以达到回用水质要求,部分在地面利用,部分再返回到井下利用,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,当井深超过400m时,还存在供水减压难度大的问题^[2]。采用矿井水井下处理就地复用则因地制宜、节约土地、节省投资、

收稿日期:2009-12-06

基金项目:国家高技术研究发展863计划(2008AA06Z305);国家自然科学基金(50678172)

特约专稿

作者简介:李福勤(1966-),男,山西临县人,博士,教授,从事水污染控制工程及资源化、膜法水处理技术的研究。

节能、运行费用低,具有良好的经济效益和环境效益^[3]。

因此,矿井水的井下处理就地复用具有巨大市场容量和发展空间,开展其相应的工艺及关键技术研究具有重要的战略意义。

1 矿井水的化学特性及回用水质要求

1.1 矿井水的水化学特性

从本质上讲,矿井水就是矿区所采煤层及开拓巷道附近地下水,有时会因地表裂隙而渗入部分地表水。由于煤矿矿井水的水质受到水文地质条件、水动力学、地质化学、矿床地质构造条件和开采条件的影响。在采矿过程中,地下水与煤层、岩层接触,加上人类生产活动的影响,发生了一系列的物理、化学和生化反应,其水质与普通地表水的水质有明显的差异,具有显著的煤炭行业特征。

按照污染物特征,可将矿井水分为含悬浮物矿井水、高矿化矿井水(又称矿井苦咸水)、酸性矿井水和特殊污染物矿井水4类。含悬浮物的矿井水,也称为常规矿井水,地下水受开采的影响带入

煤和岩粉,水中含有较多的悬浮物和细菌,但是其余指标基本符合工业回用水标准;高矿化度矿井水是指矿化度(无机盐总含量)大于1 000mg/L的矿井水,主要含有 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 HCO_3^- 等离子,硬度相应较高;酸性矿井水水质特征为pH值小于5.5的矿井水,一般pH值为3~5.5之间,个别小于3;含有特殊污染物矿井水主要含有Fe、Mn、Cu、Zn、Pb及U、Ra等元素的水,其中,含Fe、Mn矿井水一般是在地下水还原条件下形成,多呈 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 的低价状态,易变浑浊,含Cu、Zn、Pb等重金属及放射性元素的矿井水较少。

实际上矿井水的水质往往是复合型的,要比以上分析复杂的多,给矿井水的资源化带来极大困难。

1.2 矿井水井下回用方向及水质要求

矿井水井下处理主要用于井下消防洒水、采煤设备冷却以及液压支架用水^[4,5],为此应达到《煤矿井下消防、洒水设计规范》(GB50383-2006)井下消防洒水水质标准,以及采煤机、液压支架用水参考水质指标(表1)。

表1 矿井水井下用水水质指标
Tab.1 Mine water underground recycled water indexes

项 目	悬浮物 /(mg·L ⁻¹)	悬浮物粒 径/μm	pH 值	溶解性总固 体/(mg·L ⁻¹)	大肠杆菌群 /(个·L ⁻¹)	总硬度(以 CaCO ₃ 计) /(mg·L ⁻¹)	氯化物 /(mg·L ⁻¹)	Fe、Mn /(mg·L ⁻¹)
消防洒水用水	≤30	<300	6.5~8.5	—	3	—	—	—
采煤机、 液压支架 综合用水	10	5	6.5~8.5	1 000	—	500	200	0.1

2 矿井水井下处理工艺

对于各类矿井水在井上处理都有比较成熟的工艺技术,但是,应用于井下的还较少,针对井下水水质指标,结合井下空间和安全的特殊性,探讨矿井水井下处理工艺。

2.1 常规矿井水处理工艺

在井上,常规矿井水处理工艺普遍采用混凝、沉淀、过滤和消毒^[6],处理后的水用于生产和生

活;而在井下,目前应用的较少。国内首例完善的全自动无人职守矿井水井下处理工程,是中国矿业大学(北京)与神华能源股份有限公司合作,在神东矿区榆家梁煤矿建成^[3]。处理水量100m³/h,原水悬浮物30mg/L,Fe、Mn含量分别为6.5mg/L、0.16mg/L,处理工艺中不投加絮凝剂,为了保证沉淀效果,沉淀池采用高效复合沉淀池,过滤系统由50μm盘式过滤器和双滤料精过滤器组成,出水悬浮物小于3mg/L,Fe、Mn均小于0.1mg/L,颗粒物粒度小于5μm,出水水质满足进口液压支架乳化液用水及设备冷却、井下防尘用水要求。

以邯矿集团某矿矿井水试验,原水悬浮物 100 ~ 140mg/L,2 小时自由沉淀后,悬浮物小于 30mg/L,经石英砂(0.5 ~ 0.6mm 均质细砂)过滤后(滤速 7 ~ 8 m/h,运行周期大于 12h)出水悬浮物小于 5mg/L,悬浮物粒径小于 5 μ m,能够满足井下消防洒水以及采煤机、液压支架用水参考水质指标。

因此,总结常规矿井水井下处理工艺流程为:井下水仓→提升泵→沉淀池→细砂过滤器→回用,工艺流程简单,运行方便,无需加药,适合于井下安全可靠的要求。

2.2 高矿化度矿井水处理工艺

高矿化度矿井水在井上回用主要工艺^[7]是:常规预处理+精滤(或超滤)+反渗透除盐;目前,还没有高矿化度矿井水在井下处理回用的报道。根据井下回用水质要求,针对不同矿化度的矿井水采取不同的处理方法:(1)含盐量为 1 000 ~ 1 500mg/L,如硬度不高(以碳酸钙计小于 250mg/L),可采用常规矿井水处理工艺;如硬度较高,可采取软化处理工艺。(2)含盐量大于 1 500mg/L 时,处理方法与井上相同,需要采取反渗透除盐,这里关键是各类设备进入井下的安全许可(煤安认证)问题。另外,充分考虑分质供水问题,对消防洒水用水可简单处理;少量液压支架用水可深度处理,以减小设备体积和减少投资。

2.3 高铁锰矿井水处理工艺

高铁锰矿井水水质特征不同与一般含铁锰地下水,近年来,其处理方法的研究受到关注,也取得一定经验^[8,9]。主要是改性滤料强化接触氧化法处理高铁锰矿井水,采用高锰酸钾溶液浸泡处理锰砂,使得出水在较短时间内满足回用水要求。这种方法同样适合于井下,其工艺流程与常规矿井水处理相似,只是将过滤器中的细砂换为改性锰砂。

2.4 酸性矿井水处理工艺

化学中和法是酸性矿井水处理常用的方法,常用的碱性药剂包括 NaOH、Na₂CO₃、CaCO₃、石灰等。目前采用较多的是石灰乳中和法,其工艺流程为:酸性矿井水→投加石灰乳中和→沉淀→过滤→回用。在井下处理则要充分考虑中和沉淀后产生的大量污泥如何进行处置:如果 pH 值在 3 ~ 5,可以采用 CaCO₃ 作中和剂,以升流膨胀过滤中

和法进行处理,中和后的矿井水再进入石英砂过滤器,然后回用。

3 矿井水井下处理关键技术

由于矿井井下空间环境的特殊性,使得矿井水井下处理难度远大于地面,需要解决和处理好诸多的关键技术问题,包括井下空间利用、安全防爆技术、完善的自动控制技术、系统的模块化和可移动化设计等。

3.1 井下空间特征及科学利用

由于煤矿井下巷道空间有限,掌握井下空间特征,合理利用废弃巷道十分重要。如井下巷道宽度一般为 5m 左右,高度一般在 4m 左右,需要摸索新的、各个单元的工艺设计参数及控制条件,并对处理设备的几何尺寸进行重新定位,使其符合井下空间特征。

最新研究表明,以采空区填充物为载体,利用井下废弃巷道对矿井水进行人工强化处理,对悬浮物和铁有良好的去除效果,可作为矿井水的一种预处理方法^[10-11]。

3.2 设备的安全防爆技术

煤矿对下井设备有特殊的要求,必须有煤矿矿用产品安全标志,包括防爆、防水、防潮、防尘和防静电(五防)技术,这是与井上设备最大的区别。针对井下设备五防等级高的特点,研究开发定型的产品设备,并配备完善的技术操作规程,如开发具有煤安认证的离子交换软化装置和反渗透除盐装置,是高矿化度矿井水井下处理复用的关键。

3.3 矿井水井下处理装置开发

根据煤矿井下开采工作面的多变性,研究开发模块化、可移动及可拆卸组装的矿井水井下处理装置具有十分重要的意义,也是提高矿井水井下处理利用率的有效方法^[12]。处理水量 50 m³/h 的全自动过滤器已在神东矿区井下安全运行,实现过滤器的模块化和可移动性不存在技术问题,井下模块化设备的处理水量不宜过大,对于过滤器处理水量在 10 ~ 20 m³/h 为宜,对于软化和除盐装置 5 ~ 10 m³/h 为宜。模块化装置要求工艺先进、运行可靠、安全稳定、布置紧凑、拆卸方便、自动控制、可无人职守,并且具有“五防”技术,通过

煤安认证。

最后,要充分考虑井下处理工程施工的难度,解决好施工中遇到的问题,如井下不能常规电焊,最好井上加工完善,井下快速安装。

4 结语

1)煤炭矿井水具有显著的行业特征,井下处理主要用于井下消防洒水、采煤设备冷却以及液压支架用水,为此应达到消防洒水水质以及采煤机、液压支架用水参考水质指标。

2)常规矿井水井下处理工艺流程为:井下水仓→提升泵→沉淀池→细砂过滤器→回用,将过滤器中的细砂换为改性锰砂,可用于高铁锰矿井水处理。高矿化度矿井水在井下处理回用,应充分考虑分质供水,少量液压支架用水可深度除盐处理。酸性矿井水在井下采用升流膨胀过滤中和法处理较合理。

3)考虑井下空间环境的特殊性,科学利用井下空间,解决好安全防爆问题,开发模块化可移动的井下处理装置,是矿井水井下处理回用的关键所在。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张猛,宋恩民.唐口矿井井下排水及供水系统方案的设计优化[J].给水排水,2009,35(9): 72-74.
- [3] 何广东,邵立南,蒋先锋,等.神东矿区矿井水井下处理工艺研究[J].煤炭工程,2007,36(8): 79-81.
- [4] 高振亮,邵立南,蒋先锋,等.大型煤矿基地液压支架用水安全问题的研究[J].煤矿机械,2007,28(12): 66-67.
- [5] 章丽萍,何绪文,张先.矿井水处理后用于液压支柱冷却的试验[J].矿业安全与环保,2006,33(6): 63-64.
- [6] 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.
- [7] 王旭辉,邹元龙,赵锐锐,等.高矿化度矿井废水深度处理及回用[J].中国给水排水,2009,25(22): 56-58.
- [8] 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,2006,31(6): 726-730.
- [9] 李福勤,王锦,秦宇,等.改性滤料强化接触氧化法处理高锰矿井水的研究[J].中国给水排水,2008,24(13): 31-33.
- [10] 邵立南,何绪文,黄静华,等.高浊高铁锰矿井水中的污染物在采空区内的迁移扩散[J].中国矿业大学学报,2009,38(1): 135-139.
- [11] 宋志伟,张英蓉.污泥浓度对膜生物反应器处理焦化废水的影响[J].黑龙江科技学院学报,2009,19(6): 423-426.
- [12] 李建光.矿用易心泵特性曲线拟合方法的比较[J].河北工程大学(自然科学版),2008,25(1): 45-48.

(责任编辑 马立)