

试验研究

# 煤矿瓦斯抽采泵除垢技术研究

周汝洪

(煤炭开采国家工程技术研究院,安徽 淮南 232001)

**摘要:**为有效去除新庄孜煤矿瓦斯抽采泵泵体内部的结垢,在水质和结垢成分分析的基础上,采用有机酸、无机酸及其混合后酸液,进行了结垢溶解特性试验研究。结果表明:瓦斯抽采泵用循环水中 pH、总硬度、总碱度分别为 8.34、262 mg/L(以  $\text{CaCO}_3$  计)和 449 mg/L(以  $\text{CaCO}_3$  计);泵内结垢成分以钙、镁的碳酸盐沉淀物为主,CaO 和 MgO 的质量百分数分别为 40.22%和 9.94%;采用质量浓度为 6%的盐酸和 8%的柠檬酸混合后的酸液作为溶垢剂,去除瓦斯抽采泵内的结垢,取得了令人满意的效果。

**关键词:**瓦斯抽采泵;重碳酸盐,硬度;除垢

中图分类号:TD712

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)01-0018-03

## RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF SCALE REMOVAL FOR PUMPS USED TO EXTRACT COAL MINE METHANE GAS

ZHOU Ru-hong

(Coal Mining National Engineering Technology Research Institute, Huainan 232001, China)

**Abstract:** In order to effectively remove the scaling existed in the interior of pumps used to extract methane gas in Xinzhuangzi coal mine, based on the analysis of water quality and scaling ingredients, the experiment of the scaling dissolution characteristics were conducted by using organic acids, inorganic acids and mixed acids of them. The results show that pH, total hardness and total alkalinity in the circulating water for pumps are 8.34, 262 mg/L (as  $\text{CaCO}_3$ ) and 449 mg/L (as  $\text{CaCO}_3$ ) respectively. The scaling ingredients existed in the interior of pumps mainly include carbonate precipitate of calcium and magnesium, and the mass percents of CaO and MgO are 40.22% and 9.94% respectively. The satisfied results could be achieved by using the mixed acids, with the mass concentration 6% of HCL and 8% of citric acid, to remove the scaling existed in the interior of pumps used to extract coal mine methane gas.

**Key words:** Pumps used to extract methane gas; Bicarbonate; Hardness; Scale removal

煤矿瓦斯抽采泵是矿井永久瓦斯抽采系统中的主要设备,一般为水环真空循环式,利用水泵产生的高真空来完成对煤层瓦斯气的抽采。瓦斯抽采泵多采用处理后的矿井水、深井水或地表水作

为循环水,矿井水或深井水中含有一定数量的硬度和重碳酸盐,如重碳酸钙、重碳酸镁等。瓦斯抽采泵在工作过程中,由于循环水温的增加及蒸发产生的浓缩,破坏了原有的离子平衡,当超过碳酸盐的溶度积时,碳酸盐结晶便从循环水中析出,形成难溶于水的沉淀物,这些沉淀物滞留在瓦斯抽采泵泵体内部,形成边界滞留层,严重影响瓦斯抽采泵的效率,给煤矿安全生产带来严重危害。新庄

收稿日期:2016-10-11

作者简介:周汝洪(1965-),男,安徽阜阳人,现任煤炭开采国家工程技术研究院平安东于煤矿管理公司总工程师,主要从事煤矿安全生产管理工作。

孜煤矿属于煤与瓦斯突出矿井,瓦斯抽采任务十分繁重,现有5套10台瓦斯抽采泵,结垢现象严重,因此,必须采用一种有效的除垢措施,才能保持安全稳定运行。

## 1 水质与结垢成分分析

### 1.1 循环水水质分析

瓦斯抽采泵用循环水的水质是影响泵体是否结垢的主要因素。新庄孜煤矿使用的瓦斯抽采泵循环水水质主要指标分析结果见表1。

表1 循环水水质主要指标

项目	含量	单位	备注
pH值	8.34		
碱度	449	mg/L	以CaCO <sub>3</sub> 计
Ca <sup>2+</sup>	56	mg/L	
Mg <sup>2+</sup>	29	mg/L	
总硬度	262	mg/L	以CaCO <sub>3</sub> 计
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	36	mg/L	
Cl <sup>-</sup>	22	mg/L	

从表1可以看出,新庄孜煤矿瓦斯抽排站用循环水pH呈弱碱性,碱度大于硬度,钙、镁离子主要以重碳酸盐形式存在,现场目测可以看到循环水储水池池壁有少量白色结晶析出。同时在池壁上还存在少量粘泥,可以推测循环水中存在一定数量微生物,这些微生物在生长和死亡过程中,会分泌或被降解产生的物质形成粘泥,如果在瓦斯泵体内部附着,会对形成的碳酸盐结垢起到胶结作用,进而使结垢变得更为密实和坚硬。

### 1.2 结垢成分分析

通过化学分析方法测定了新庄孜煤矿瓦斯抽采泵泵体内结垢的主要化学成分,结果见表2。

表2 瓦斯抽采泵结垢主要成分

组成	质量百分数(%)	组成	质量百分数(%)
水分	0.35	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.36
烧失量(550℃)	1.22	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48
烧失量(950℃)	41.59	CaO	40.22
酸不溶物	1.03	MgO	9.84

从表2可以看出,结垢中含有少量的铁、铝氧化物,酸不溶物含量很低,仅占水垢含量的1.03%。CaO和MgO的含量在水垢中占50%以上,碳酸酐(CO<sub>2</sub>)在结垢中约占41%,因此结垢的主要成分为钙盐、镁盐的沉淀物。

## 2 溶垢试验

### 2.1 结垢在无机酸中的溶解特性

由于结垢成分主要为钙、镁的碳酸盐,若用硫

酸清除碳酸钙垢时,会生成水溶性差的硫酸钙,影响除垢效果。根据瓦斯抽采泵的材质以及成垢特点,选择无机盐酸和氨基磺酸作为试验除垢剂,不同浓度盐酸对垢块的溶解特性见表3,不同浓度盐酸和氨基磺酸的溶垢速率如图1所示。

表3 不同浓度盐酸对垢块的溶解特性

HCl浓度(质量百分数)	现象
3%	垢块沉在烧杯底部,有气泡从垢块表面缓缓放出,反应速度较慢。
6%	垢块在烧杯底部不断跳动,有大量气泡从垢块表面放出,反应速度较快。
9%	垢块悬浮于溶液中,不断跳动,大量气泡从垢块各表面放出,溶液表面有大量泡沫,垢块在短时间内完全溶解。

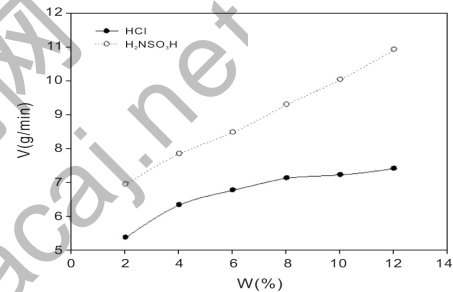


图1 不同浓度盐酸和氨基磺酸的溶垢速率

从表3可以看出,在低浓度时,HCl对垢块的溶解速度较慢,当浓度不断增加后,反应速度逐渐加快,高浓度HCl与垢块表面接触后释放出大量CO<sub>2</sub>,使垢块在气泡释放的反作用力的作用下,不断跳跃悬浮于溶液中,并于短时间内反应完毕。由于反应速度很快,大量气泡会堆积于溶液表面,因此实际酸洗过程中须向清洗试剂中加入消泡剂,以避免大量气泡产生时将清洗试剂顶出泵体。从图1可知,在不同浓度HCl中,垢样的溶解速率不同,HCl浓度越大,反应速度越快,HCl浓度为2%时,溶垢速率约为5.4 g/min;HCl浓度在6~10%范围内,溶垢速率有一小的平台,说明此时浓度的变化对垢样的溶解速率影响较小。

氨基磺酸对钙镁的碳酸盐结垢具有良好的溶解特性,相同浓度的氨基磺酸溶液和盐酸溶液相比较,氨基磺酸溶液对瓦斯抽采泵结垢的溶解速率要大得多,而且氨基磺酸溶液的浓度越大,溶解速度越快,说明氨基磺酸是对瓦斯抽采泵水垢中碳酸盐结垢较好的溶垢试剂。但是氨基磺酸的价格要比盐酸的价格高得多,而且在氨基磺酸溶解后的水样中有部分沉淀。因此,综合考虑溶垢剂采

用盐酸作为主体成分,溶垢浓度选择为6%。

## 2.2 结垢在有机酸中的溶解特性

乙酸、酒石酸和柠檬酸等有机酸对瓦斯抽采泵结垢具有一定溶解能力,三种有机酸对垢块的溶解速度很慢,垢块表面仅有一定数量小气泡放出,而在很长时间内(36 h)都不能将垢块完全溶解。不同浓度乙酸、酒石酸和柠檬酸的溶垢速率如图2所示。三种有机酸中,柠檬酸和酒石酸对垢样具有较快的溶解速率,乙酸较差。在相同浓度下,各有机酸的溶垢速率要远小于无机酸。虽然有机酸与水垢发生化学反应没有无机酸那么激烈,但通过延长反应时间也可以达到除垢的目的。市场上酒石酸的价格比柠檬酸高,且溶垢效率低于柠檬酸。因此,选择柠檬酸作为溶垢剂中另一组分。

## 2.3 结垢在盐酸和柠檬酸的混酸中的溶解特性

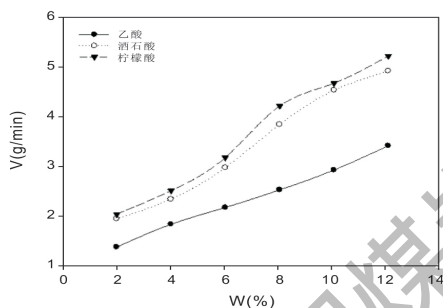


图2 不同浓度乙酸、酒石酸和柠檬酸的溶垢速率

以6%盐酸作为主体溶垢试剂,加入适量(2%,4%,6%,8%,10%,12%)的柠檬酸,可以克服纯HCl清洗时腐蚀性大、使用时散发酸雾刺激性大的缺点,又可以避免有机酸的价格昂贵、除垢效果差等不足。6%HCl和不同浓度柠檬酸的混酸溶垢速率如图3所示。

从图3可以看出,6%HCl存在条件下,不同

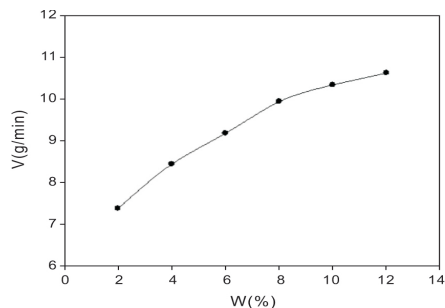


图3 6%HCl和不同浓度柠檬酸的混酸溶垢速率

浓度柠檬酸与之组成的混酸溶液对瓦斯抽采泵结垢具有良好的溶解作用,而且产生了一定的协同反应效果,比单纯使用盐酸或柠檬酸效果更好,6

%盐酸溶液中加入8%的柠檬酸可以起到最佳复合的效果。

在瓦斯抽采泵的实际清洗过程中,采用浸泡手段不能完全将结垢浸没,所以一般采取设备的运行清洗,即利用含有清洗试剂的水作为循环水在泵内形成水环,在泵工作的同时,溶解清除结垢。但在瓦斯抽采泵运行的过程中,水温不断升高,温度甚至可以达到80℃,如果采用普通的盐酸来清洗,此过程中势必会产生大量盐酸酸雾,对设备及相关管道产生气相腐蚀,可以产生设备的严重损坏,因此高浓度纯盐酸不宜直接作为瓦斯抽采泵水垢的清洗试剂。而低浓度盐酸溶垢速度慢,设备很长时间内不能完成清洗,同样也不能满足煤矿企业的瓦斯抽排要求。

## 3 结论

新庄孜矿瓦斯抽采泵用循环水中,钙、镁硬度主要以重碳酸盐形式存在,易在泵体内产生结垢。

通过对瓦斯抽采泵泵体内部结垢的分析,主要成分为钙盐、镁盐的沉淀物,同时含有少量的铁、铝氧化物,酸不溶物含量很低。

无机酸中的盐酸和氨基磺酸对瓦斯抽采泵结垢均具良好溶垢效果,有机酸中的乙酸、酒石酸和柠檬酸也具有一定溶解能力。考虑到经济合理性和除垢效果,无机酸选用盐酸,有机酸选用柠檬酸。

6%的盐酸和8%的柠檬酸复配后的混酸,在溶垢时存在盐酸和柠檬酸的协同效应,可以提高溶垢的速率,比单一盐酸或柠檬酸溶垢效果更佳。新庄孜煤矿瓦斯抽采泵经酸洗溶垢后,打开水环式真空泵的侧盖可以发现大部分结垢已经被清除,进水管内部结垢完全消失,内部表面整洁明亮,达到了预期的效果。

## 参考文献

- [1] 王艳,李锦军. 基于柠檬酸在化学清洗中的应用分析[J]. 科技经济导刊,2016(05).
- [2] 张克兵,高杰,郑彭生. 石灰法软化处理矿井水试验研究[J]. 能源环境保护,2015(01).
- [3] 马树布. 楼堂馆所热水系统管道化学清洗[J]. 科技与创新,2016(19).
- [4] 中国工程建设标准化协会化工分会. GB50050-2007 工业循环冷却水处理设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2008.
- [5] 华东建筑设计研究院有限公司. 给水排水设计手册第4册:工业给水处理(第二版). 北京:中国建筑工业出版社,2002.