

# 过滤器处理含聚采油污水滤料流失及改进技术研究

王伟男<sup>1</sup>, 张雷<sup>2,3</sup>, 刘惠玲<sup>2</sup>

(1.辽宁省固体废物管理中心, 辽宁 沈阳 110161; 2.哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3.东北石油大学地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318; )

**摘要:**为解决石英砂过滤器处理聚驱污水过程中出现的滤料板结、反冲洗憋压、滤料流失问题,通过对石英砂过滤器进行了改造,利用搅拌装置破碎滤饼层,经现场测试,搅拌式石英砂过滤器反冲洗压力由原来的0.27~0.46 Mpa降低到0.12~0.16 Mpa,滤料流失得以解决。在来水含油和悬浮固体平均41 mg/L和21 mg/L,总滤后水质含油达到5.8 mg/L以下,出水悬浮固体3.2 mg/L。油和悬浮固体去除率分别提高85%和86%。

**关键词:**采油污水; 聚合物; 搅拌式石英砂过滤器

**中图分类号:** X703.1

**文献标志码:** A

## Research of Filter Media Loss during Polymer-flooding Wastewater Treatment by Quartz Sand Filter and Improvement Technology

Wu Weinan<sup>1</sup>, Zhang Lei<sup>2,3</sup>, Liu Huiling<sup>2</sup>

(1.Liaoning Provincial Center of Environmental Management of Solid Waste, Shenyang 110161, China;  
2.School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;  
3.School of Earth Science, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

**Abstract:** In this paper, quartz sand filter was innovated for solution of such problems as filter media hardening, backwashing pressure and filter media loss during polymer-flooding wastewater treatment by utilization of such kind of filter. Agitation device was used to break the cake layer into pieces. After on-site testing, the backwashing pressure of the agitated quartz sand filter was reduced from 0.27~0.46 Mpa originally to 0.12~0.16 Mpa and therefore filter media loss was controlled. The contents of oil and SS in the influent were averagely 41 mg/L and 21 mg/L respectively. After filtration, the content of oil got below 5.8mg/L and that of SS in the effluent was 3.2mg/L. The removal efficiency of oil and SS were increased by 85% and 86% accordingly.

**Keywords:** Oil Field Wastewater; PAM; Agitated Quartz Sand Filter

**CLC number:** X703.1

100多年以前的美国宾西法尼亚某油田开始采用过滤技术处理油田污水<sup>[1]</sup>。石英砂过滤器就是其中之一。其以石英砂为过滤介质,利用滤料和在滤料床层上部形成的滤饼层去除杂质,因其简单,高效,出水水质达标的优点在油田得以广泛应用<sup>[2-3]</sup>。

随着采油技术发展,特别是聚驱采油技术发展,其利用聚合物溶液,通过增加驱替剂粘度,提高采收率。开采过程中,大量聚合物进入采出液,导致采出水水质发生了改变<sup>[4]</sup>。石英砂过滤器在处理含聚污水过程中体现了不适应性,反冲洗憋压、跑料,反冲洗不彻底,滤料再生困难。

### 1 聚合物对于石英砂过滤器处理效果影响

过滤器反冲洗时,反冲洗水由下而上通过滤料层,反冲洗强度低的时候,滤料不受影响,滤床处于静止状态。随着反冲洗速度的增加,部分滤料便不再静止而变为彼此间相互摩擦。随着反冲洗速度进一步加大,滤层膨胀起来。当反冲洗强度增至某一值时,大部分滤料独立运动而完全不由别的滤料支承,并且水流对滤料层的动水压力近似等于滤料层中水的重量。根据Ergun理论,文章计算了反冲洗碰撞高度与反冲洗强度和滤料密度关系见下式。

收稿日期: 2013-11-16

作者简介: 王伟男(1982-),男,工程师、硕士。研究方向:固体废物管理。

$$L = \frac{\sqrt[3]{\frac{300 \mu \rho_w U_{mf}}{D_p (\rho_s - \rho_w)} - 2L_0 \varepsilon + L_0}}{1 - \varepsilon}$$

式中： $U_{exp}$ —反冲洗流速，mm/s；

$\rho_s$ —滤料密度， $kg/m^3$ ；

$\rho_w$ —水的密度， $kg/m^3$ ；

$\varepsilon_{exp}$ —滤料孔隙率；

$g$ —重力加速度，N/kg；

$\mu$ —动力粘度，mPa.s。

$D_p$ —滤料直径，mm

$L$ —滤料膨化高度，mm。

从式中可见，膨化高度与滤料密度成反比，与反冲洗强度成正比。对大庆油田各站过滤罐开罐检查以及现场运行情况汇总分析。结果显示造成石英砂过滤器处理聚驱污水憋压，滤料流失的原因在于过滤器形成的滤饼层性质的改变。处理聚驱污水过程中，由于聚丙烯酰胺等大分子有机粘结剂作用下，导致石英砂滤料间的粘性力、毛细力和范德华力阻碍颗粒运动，促使颗粒成团力成为主导作用力，颗粒粘结成团，表层形成了胶冻状滤饼层，反冲洗过程中很难破碎，以块状形式存在，而堆积滤料密度相对较小，根据现场实测数据，随着时间进行，滤料形成堆积滤料密度的变化见表1，根据式1可知滤料膨化高度增加，滤料膨化高度与密度见图1，密度降低导致滤料膨化高度增加，滤料流失<sup>[5]</sup>。

表1 堆积滤料密度与理论膨化高度关系

日期	堆积密度 / $10^3 kg \cdot m^{-3}$	计算膨化高度 / mm
9月6日	1.22	1 900
9月18日	1.05	2 300
9月24日	1.06	2 300
9月30日	0.98	随水流流走

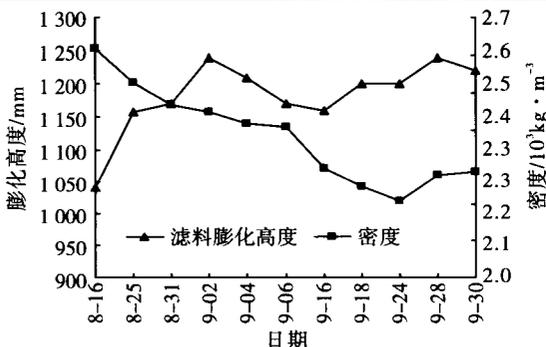
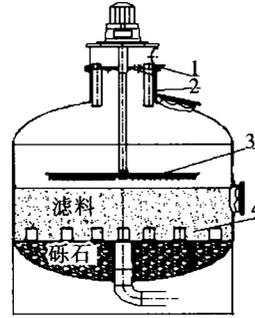


图1 滤料反冲洗膨胀高度和滤料密度关系

## 2 搅拌式石英砂过滤器的研制

普通石英砂过滤器受制于滤料板结，导致反冲洗效果不佳，滤料流失，无法实现滤料彻底再生，从而影响过滤效果，导致出水不达标。通过对其成因分析，对过滤罐内部结构进行改造，设计开发了新型石英砂过滤器，见图2。



(1)集油系统(2)布水系统(3)搅拌系统(4)集水系统

图2 改进后的石英砂过滤器

在保证有效布水和集水基础上，通过罐内增设搅拌装置，利用搅拌桨增加滤料之间的摩擦，破坏滤料的板结层，使滤料上的油污及悬浮物与滤料剥离，打碎块状滤料，有效控制了滤料的膨化高度，避免石英砂滤料流失。从而提高了反冲洗效果，保证了滤罐出水水质达标。

新型石英砂过滤器反冲洗过程中首先利用“最低流态化”水力强度反冲洗保证滤料处于流态化状态，此时启动搅拌装置破碎滤料板结层，将块状滤料破碎，从而避免块状滤料在大强度反冲洗条件下膨化过高造成流失，解决大强度反冲洗下滤罐憋压。从而保证了大强度反冲洗能够提供足够的水量。对于重质滤料，足够的水量是反洗的决定因素，决定了滤料再生效果。新型石英砂过滤器反冲洗压力和水量见图3。

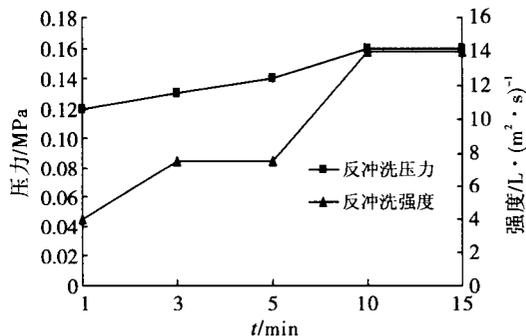


图3 石英砂过滤器反冲洗压力和流量变化对比

从图3中可见反冲洗压力由原来的0.27~0.46 Mpa降低到0.12~0.16 Mpa, 新型过滤器利用低强度同时伴以搅拌破坏滤料板结层, 之后采用14 L/m<sup>2</sup>·s强度的水量保证了滤料的冲洗。较低的压力有利于设施防护, 高强度的水流有利于滤料的反洗, 而搅拌强化了滤料脱附所需的脱附力。粘附在滤料表层的油污和悬浮物得到了彻底的清洗, 反洗后滤料较之普通过滤器反洗的滤料干净, 且彼此分散, 滤罐反冲洗效果好。

### 3 搅拌式石英砂过滤器处理效果研究

大庆油田某污水站采用一级石英砂过滤工艺, 建站初期, 该站出水水质能够达到油和悬浮固体小于20 mg/L的标准, 但随着聚驱采油技术的发展, 聚合物含量为300 mg/L, 出水水质出现了难以达标的问题, 因此对该站过滤器于10月初进行了改造, 同时采用旧料回填, 改造后于10月9日投产。改造前后滤罐出水效果见图4, 5。

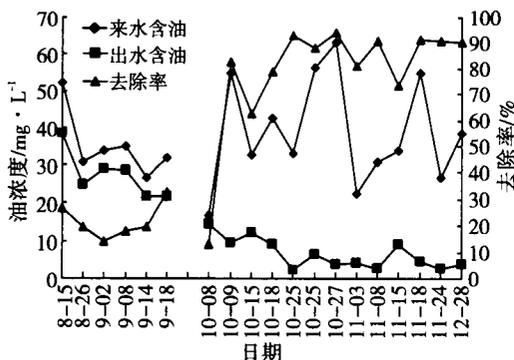


图4 搅拌式过滤器油去除效果

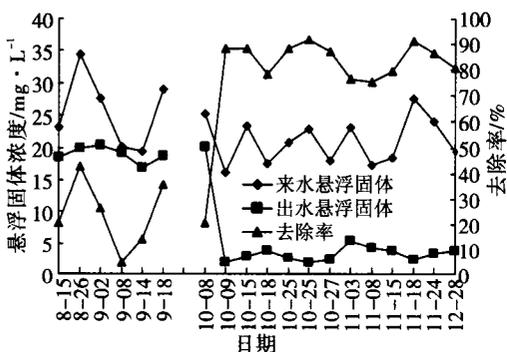


图5 搅拌式过滤器悬浮固体去除效果

从图5中可见, 来水含油和悬浮固体平均41 mg/L和21 mg/L条件下, 总滤后水质含油达到5.8 mg/L以下, 平均油的去除率在85%; 悬浮固体3.2 mg/L左右, 去除率平均在86%。而未改造前滤罐出水油和悬浮固体平均分别为26 mg/L和22 mg/L。改造后油和悬浮物的去除率较之未改造前分别提高50%和60%。可见改造后过滤器改善反冲洗效能得到了有效改善, 搅拌装置将滤料的板结层破坏, 避免滤料流失和堵塞筛管, 降低反冲洗压力, 低压力保证了大强度的水洗, 能够将滤料表层粘附的物质冲洗干净, 滤料实现彻底反冲洗, 干净滤料有利于过滤地进行, 从而保证了过滤的效果。

### 4 结论

(1) 确定了普通石英砂滤罐处理聚驱污水存在问题, 即污水水中聚合物的存在导致滤料表层形成胶冻状滤饼层, 反冲洗过程中不易破碎, 堆积块状滤料整体膨化造成滤罐憋压、跑料, 滤料清洗不彻底, 导致滤罐出水效果差。

(2) 采用滤罐增加搅拌装置对其进行改造, 打碎板结成块滤料, 避免滤料流失, 保证滤料再生。

(3) 通过结构改造提高了滤罐处理效果, 在来水含油和悬浮固体平均41 mg/L和21 mg/L, 总滤后水质含油达到5.8 mg/L以下, 平均油的去除率为85%。悬浮物含量在来水21 mg/L, 出水悬浮固体3.2 mg/L, 去除率平均为86%。

### 参考文献

- [1]陈进富.油田采出水处理技术与进展[J]. 环境工程, 2000, 8(1): 18-20.
- [2]王志奎.化工原理[M].北京: 化学工业出版社, 1998, 100-102.
- [3]王利平, 崔永亮, 康文庆, 等. 石英砂均质滤料过滤性能的试验研究[J]. 包头钢铁学院学报, 2001, 20(2):174-177.
- [4]Dan, D C. Produced Water Regulations in United States: Then, Now and in the Future[J].Paper SPE 77839 presented at the 2002 SPE Annual Technical Conference, San Antonio, TX, September 29-October 02.
- [5]张逢玉, 吕 阳. 悬浮污泥过滤工艺在油田废深度处理中的应用[J]. 现代化工, 2007, 28(8): 55-58.