

新疆油田压力式连续流过滤器工业性试验

付 蕾¹ 刘建超¹ 韩丽艳² 李本双² 吴倩怡¹

(1. 中油(新疆)石油工程有限公司设计分公司; 2. 新疆油田公司工程技术研究院)

摘 要 介绍了压力式连续流过滤器用于油田采出水的工业性试验,试验结果表明:采用 0.8~1.2 mm 石英砂滤料处理水质悬浮物,73.7%情况下出水悬浮物可降至 2 mg/L 以下,26.3%情况下出水悬浮物可降至 2~5 mg/L,水质介于一级与二级过滤指标要求之间,处理水质较双滤料过滤器出水水质好;采用 0.5~0.8 mm 金刚砂滤料,处理水质悬浮物在 5~6 mg/L,含油在 1 mg/L 以下。

关键词 压力式连续流过滤器; 处理; 油田采出水; 工业性试验; 评价

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.04.007

文章编号:1005-3158(2019)04-0025-04

0 引 言

目前国内油田采出水处理常用于一级过滤的过滤设备主要是双滤料过滤器,过滤机理是水中的油和悬浮固体颗粒在不同孔隙率、不同颗粒粒径以及不同吸附特性的滤层中进行接触吸附、机械筛除和接触絮凝等被拦截,滤层一般上层采用无烟煤或核桃壳等轻质滤料,下层采用石英砂、金刚砂或磁铁矿等重质滤料^[1]。双滤料过滤器因具有抗冲击负荷能力强、处理量大、处理水质稳定等优点成为油田采出水处理主流过滤器^[2-3]。

处理水质在来水含油 20 mg/L、悬浮物 20 mg/L 情况下,出水含油 ≤ 3 mg/L,出水悬浮物 ≤ 5 mg/L。但双滤料过滤器存在反洗强度高,产生的反洗排污水量大,大大增加采出水处理站污水回收池(罐)容积的问题^[4],例如双滤料过滤器反洗强度为 15 L/s $\cdot$ m²,24 h 反洗一次,每次 15 min,直径 1.2 m 过滤器反洗水量为 61.04 m³/h,反洗排污量为 15.3 m³/d;直径 3.2 m 过滤器,反洗水量为 432 m³/h,反洗排污量为 108 m³/d,大量回收水对采出水系统形成冲击,影响装置平稳运行^[5-6]。为此,新疆油田公司于 2017 年 8 月—11 月在风城 1 号稠油联合站污水系统进行了压力式连续流过滤器工业性试验,以论证压力式连续流过滤器用于油田采出水的技术可行性和经济适用性。

1 工作原理

压力式连续流过滤器是在常压流砂过滤器基础上演变而成的,属于流动床过滤器,设备主要是由一个主罐体与清洗筒组成,主罐体位于下部,上圆下锥,便于滤料下滑,起过滤的容器。清洗筒位于上部,上

圆下锥,设备结构见图 1。

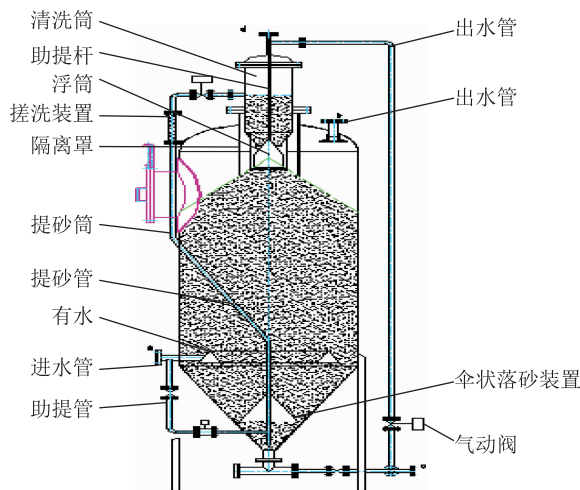


图 1 压力式连续流过滤器结构

1) 过滤。过滤方式采用的是逆向流过滤方式,正常过滤时,原水由过滤器底部进入滤床,并向上流与滤床充分接触,所含悬浮物被截留在滤床上,净化后的过滤水从上部排走,完成过滤流程。当经过短时间过滤后滤床污染,这时需要清洗污染的滤料,但过滤不间断。

2) 反洗。反洗时,主罐体与上部清洗筒连通的反洗阀打开,清洗筒瞬间失压,压力水从下部主罐体涌进清洗筒,同时压力水带动主罐体与清洗筒之间的浮筒(等同于单向阀)上浮,这时主罐体与清洗筒在内部隔离开来,由于上部排污口不间断排污使得上部压力小,主罐体压力大,这时连接主罐体与清洗筒之间的提砂管开始工作,截留污染物的石英砂依靠压力差作用被提升到顶部的清洗筒中进行清洗,通过机械摩擦

作用和紊流作用使污染物从滤砂表面分离出来,含有悬浮物的反洗水通过反洗水排放口排放,滤料较重下沉堆积在清洗筒内,当到达设定时间时,反洗阀关闭,上下罐体压力平衡,滤料自重推开浮筒下落到下罐体内,又形成新的滤床,从而完成反洗过程。由于主罐体下部为锥形结构,因此反洗时滤料和截留物会源源不断的沿主罐下锥下滑至锥体底部。反洗时同时辅以气洗,反洗更彻底。

2 试验目的与试验参数

2.1 试验目的

- 1)通过试验论证压力式连续流过滤器用于油田采出水一级过滤或二级过滤的可行性。
- 2)通过试验获得最佳滤料结构。
- 3)通过试验取得过滤器最佳工作参数,为产品工业化应用提供依据。

2.2 试验流程

试验选用1台处理量 $12\text{ m}^3/\text{h}$ 的压力式连续流过滤器,配套供水泵、空压机及管路阀件。

风城1号稠油联合站脱出的稠油污水经重力除油、旋流反应、混凝沉降后除去大部分油、悬浮物,出水进入过滤缓冲罐,本次试验的压力式连续流过滤器来水就由过滤缓冲罐提供水源,经提升泵提升送至过滤器处理,过滤器反洗排水去污水回收池。

2.3 试验参数

试验进水指标参数见表1。压力式连续流过滤器技术参数见表2。

表1 试验进水指标参数

项目	进水指标
含油/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 20.0
悬浮物/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤ 20.0
矿化度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\leq 70\ 00$
水温/ $^{\circ}\text{C}$	80~95

表2 过滤器技术参数

项目	参数
额定处理量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	12
滤罐直径/mm	1 200
设计压力/MPa	0.60
正常滤速/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	10
水反洗强度/ $\text{L} \cdot (\text{s} \cdot \text{m})^{-1}$	12
气洗强度/ $\text{L} \cdot (\text{s} \cdot \text{m}^2)^{-1}$	10
反洗间隔时间/min	10 min 间隙提升滤料
工作压力/MPa	0.32
气洗压力/MPa	0.32

3 试验结果及分析

试验分两个阶段进行,试验内容以滤料变化为主,检测不同滤料过滤效果。

第一阶段:采用 $0.8\sim 1.2\text{ mm}$ 的石英砂为滤料。

第二阶段:采用 $0.5\sim 0.8\text{ mm}$ 的金刚砂为滤料。

3.1 第一阶段试验结果

3.1.1 油、悬浮物去除效果

过滤器进出口悬浮物、含油指标监测结果见图2、图3。

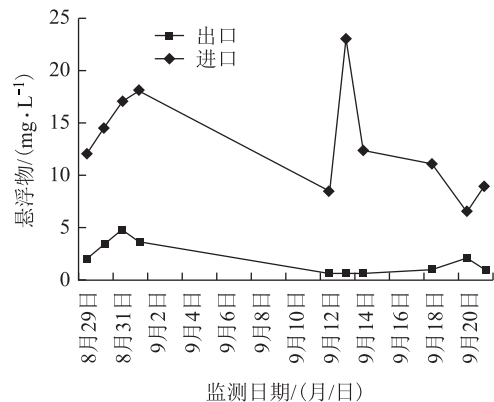


图2 进出口悬浮物监测结果

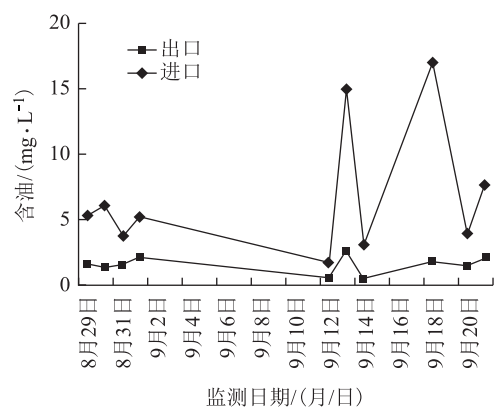


图3 出口含油监测结果

由图2、图3可以看出:

1)过滤器进口悬浮物含量基本在 $10\sim 20\text{ mg/L}$ 、出口悬浮物在 $2\sim 5\text{ mg/L}$;进口含油基本在 $5\sim 10\text{ mg/L}$ 、出口含油在 $2\sim 5\text{ mg/L}$ 。

2)处理后的水质悬浮物、含油均达到设计指标 $\leq 5\text{ mg/L}$ 要求。

3)9月1日之前出水悬浮物含量较高,为 $3\sim 5\text{ mg/L}$,这主要是试验初期反洗后浮筒位置位于下端,使主罐体与清洗筒连通,使得上部未能在反洗时排走的悬浮物及油进入下部过滤出水区随出水排出,影响出水水质,因此9月2日—11日厂家重新设置调整控制程

序,期间水质未监测。9月2日按重新调整的程序运行,使浮筒在反洗后提到上端,阻止了悬浮物及油进入下部过滤出水区,提高了出水效果。说明该过滤器在浮筒结构设计上存在缺陷,如果要达到工业化应用需要进行改进。

3.1.2 反洗周期对出水水质影响

为判断反洗周期对过滤器出水水质的影响,现场进行了每隔 2,5,10,15,30 min 反洗的对比试验,试验结果见图 4。

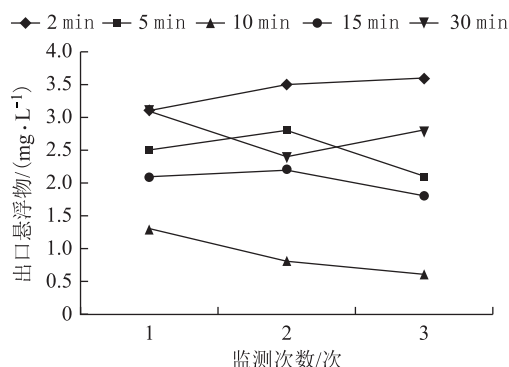


图4 反洗周期与过滤水质关系

由图 4 可以看出:

1)反洗周期 10 min 时,出水水质最好,悬浮物在 2 mg/L 以下。

2)反洗周期 2 min 时,出水水质最差,悬浮物在 3.5 mg/L 左右。据了解,过滤器反洗一次需要 1.5 min,说明此阶段过滤器基本处于边过滤边反洗状态,滤料层连续移动而形成移动床,使滤料间孔隙率增大,滤层截留悬浮物的能力下降,出水水质变差。

3)反洗周期 5,15,30 min 时,出水悬浮物含量约 2~3 mg/L,说明反洗周期过短或过长,过滤效果都不好。分析这可能是反洗周期过短,滤床不能形成良好的过滤工作层;而反洗周期过长,滤层底部积聚的较多较脏的悬浮杂质。

3.1.3 反洗方式对出水水质影响

由于压力式连续流过滤器反洗与过滤过程是在同一罐内进行的,因此反洗效果好坏直接影响过滤效果,现场进行了单独水冲洗和气水联合冲洗试验,其中单独水冲强度为 $14 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$;气水联合冲洗时水冲强度为 $12 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$ 、气冲洗强度为 $10 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$,试验结果见图 5。

由图 5 看出,气水联合反洗效果要明显好于单独水冲洗效果,这是因为气体辅助擦洗的水冲洗,滤料颗粒间互相冲撞和摩擦作用强烈而使石英砂清洗效果好,使处理水质可以达到比较好的处理效果。

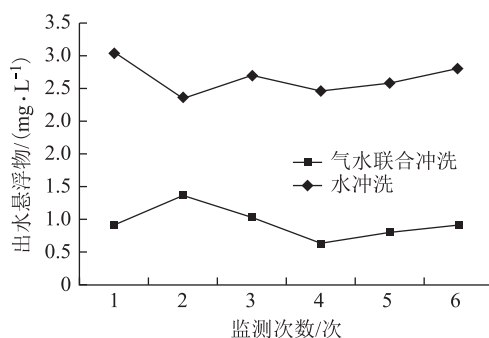


图5 不同反洗方式对出水水质的影响

反洗水量为 $3 \text{ m}^3/\text{h}$,10 min 反洗一次,每次 1.5 min,每小时反洗时间累积 9 min,滤罐每小时产生反洗排污水量为 0.45 m^3 ,反洗排污水量为 $10.8 \text{ m}^3/\text{d}$,较同直径的双滤料过滤器反洗排污量减少 29.4%。

3.2 第二阶段试验结果

过滤器进出口悬浮物、含油指标监测结果见图 6、图 7。

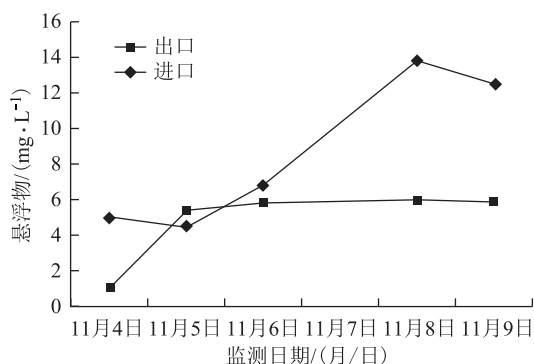


图6 进出口悬浮物监测结果

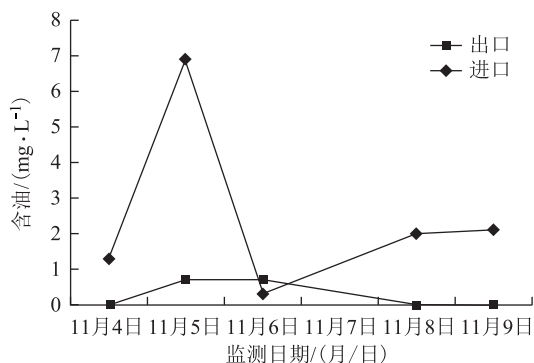


图7 进出口含油监测结果

由图 6、图 7 可以看出:

1)过滤器进口来水水质波动较大,进口悬浮物含量在 4~13 mg/L 时,出口悬浮物含量在 5~6 mg/L;进口含油在 1~7 mg/L 时,出口含油基本在 1 mg/L 以下。

2)处理后的水质含油可达到设计指标 $\leq 5 \text{ mg/L}$ 要求,但悬浮物不能稳定达标。

3)根据了解 11 月 5—6 日由于反洗水量较大,存在跑砂现象,11 月 6 日开始调整反洗水量,但仍然存在跑砂现象,造成反洗不彻底,滤床污染物积压太多,出水水质变差。说明过滤器清洗筒结构设计不适合粒径 0.5~0.8 mm 的金刚砂滤料。

4 与常规双滤料过滤器对比

针对本次试验,对压力式连续流过滤器与双滤料过滤器从过滤水质、反洗特性、出水率及能耗等方面进行对比分析,见表 3。

表 3 两种过滤器技术经济对比

项 目	双滤料过滤器	压力式连续流过滤器
过滤方式	下向流,过滤水流从上到下。	上向流,过滤水流从下到上。
反洗方式	气-水联合,需停机反洗。	气-水联合,不需停机反洗。
滤料粒径	上层 0.8~1.2 mm 无烟煤,下层 0.5~0.8 mm 石英砂或金刚砂。	0.5~1.2 mm 石英砂。
滤前水质	对滤前水质要求不严,油、悬浮物一般控制在 20 mg/L 以下。	对滤前水质含油要求严格,宜控制在 10 mg/L 以下。
滤后水质	含油、悬浮物均达到 5 mg/L。	含油、悬浮物均达到 5 mg/L。
受冲击能力	耐污能力强。	耐污能力稍差。
反洗对水质影响	大	小
反洗排污量	大	较双滤料过滤器少 30%左右。
反洗设施	需配反洗泵、空压机、鼓风机气动阀等。	利用来水压力,无需配置。
产水率	过滤器>3 台时,与压力式连续流过滤器产水量相当或略高。	过滤器台数≤3 台时,较双滤料过滤器产水量高出 20%~60%。
投资	适中	较双滤料过滤器高出 5%。

5 结 论

压力式连续流过滤器是在常压流砂过滤器基础

上改进而成的,常压流砂过滤器目前在石化系统废水及循环水处理应用较广泛,压力式连续流过滤器在油田采出水中应用较少,通过在风城 1 号稠油联合站现场试验,可得出以下结论:

1)0.8~1.2 mm 石英砂处理水质满足一级过滤含油、悬浮物设计指标≤5 mg/L 要求,水质较双滤料过滤器出水水质好。

2)0.5~0.8 mm 金刚砂处理水质含油可达到设计指标≤5 mg/L 要求,但悬浮物不能稳定达标。过滤器清洗筒结构设计存在缺陷,造成金刚砂这种粒径小的滤料容易跑砂。

3)气水联合反洗效果要明显好于单独水冲洗效果;反洗对出水水质没有影响,反洗周期 10 min 时,出水水质最佳,悬浮物在 2 mg/L 以下。

4)本次试验污水水温高,滤料再生效果好,出水水质好,但尚不能以本次试验结果判断压力式连续流过滤器过滤性能,建议在水温比较低的稀油污水站进行试验验证,考察滤料耐污能力、反洗再生效果及水质稳定性。

5)设备自身存在一些缺陷,如关键部件提砂管道和浮筒密封磨损严重、0.5~0.8 mm 金刚砂存在跑砂等问题,需针对油田采出水特点在材料选择、防腐措施等方面进行改进,才能在油田进行推广。

参 考 文 献

- [1] 李善仁,张鹏.大庆石化循环水旁滤系统采用高效流砂过滤器中试研究[J].水处理技术,2009,35(6):22-24.
- [2] 赵小珍.连续流砂过滤器在循环水系统的应用[J].河南化工,2012(29):45-46.
- [3] 李善仁,张鹏.流砂过滤器在石化废水回用试验中的应用[J].三峡环境与生态,2009,2(3):34-36.
- [4] 李雪辉.油田采出水过滤器的原理与应用[J].石油机械,2002,30(11):23-26.
- [5] 刘希佳,杨林.上流式移动床过滤器工作参数对过滤效果的影响[J].大连轻工业学院学报,2005,24(1):12-14.
- [6] 崔昌峰.胜利采油厂污水过滤器应用效果[J].油气田地面工程,2013,32(4):23-25.

(收稿日期 2019-05-15)

(编辑 李娟)

保护环境 从我做起