

稠油采出含聚污水微生物处理研究

栾海波

(中国石油辽河油田公司金马油田开发公司)

摘 要 随着海外河油田聚合物驱采油技术大面积应用,含聚合物(聚丙烯酰胺)污水大量产出。针对含聚污水黏度大、含油多、乳化稳定,采用传统的污水处理方法及设施难以达到油田注水水质标准的问题,在对海外河油田含聚污水水质分析和微生物处理可行性分析的基础上,进行了微生物处理实验,实验表明:经生化处理的污水满足 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》。

关键词 聚合物;污水处理;微生物;海外河油田

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)01-0023-03

0 引 言

随着聚合物驱油技术的大量应用,同时也产生了含聚丙烯酰胺污水(以下简称含聚污水)的处理问题。产出液中聚合物浓度较高,传统的三段式污水处理工艺已不能满足生产需要。目前国内外含聚合物污水处理主要从三方面进行解决^[1]:一是选用高效絮凝剂,提高含聚合物污水中胶体的聚并效率;二是研发截污量大、除油能力强、过滤速度快的新型滤料;三是改进沉降罐结构,增加油水分离效率。其中最为简便的方式是在现有工艺系统的基础上,研究出针对含聚合物污水的高效絮凝剂,从而避免耗费大量资金增建处理设备。

1 海外河油田聚合物产出情况

随着海外河油田聚合物驱采油实验的深入,在提高原油产量的同时也增加了含聚合物污水的处理难度。随着聚合物溶液的注入,海一联合站污水中因含有聚合物,水中油滴及固体悬浮物的乳化稳定性增强,进而导致油、水分离难度加大,海一联合站污水含油量最高为 15 mg/L,含悬浮物最高为 75 mg/L,含油和悬浮物达不到 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》,不能满足回注要求。

2 聚合物对含油污水处理的影响

聚合物驱采油污水与水驱采油污水的最大差别是其中含有聚合物。由于聚合物的存在,使得这种污水具有一些独特的性质^[2-4]。采出水中聚合物的质量浓

度小于 600 mg/L,相对分子量为 200~500 万。聚合物对含油污水处理的影响主要体现在以下几个方面。

2.1 含油污水黏度增加

45℃ 时水驱采出水的黏度一般为 0.6 mPa·s,而聚合物驱采出水的黏度随聚合物含量的增加而增加,一般为 0.8~7.0 mPa·s;黏度的增加会增大水中胶体颗粒的稳定性,使污水处理所需的自然沉降时间增长。

2.2 采出水的油珠变小

粒径测试发现聚合物采出水中小于 10 μm 的油珠粒径占 90% 以上,油珠粒径中值为 3~5 μm;微观测试结果表明:聚合物使油水界面水膜强度增大,界面电荷增强,导致采出水中小油珠稳定地存在于水体中。因而增加了处理难度,使处理后的污水中含油量较高。

2.3 干扰絮凝剂

阴离子型聚合物的存在严重干扰絮凝剂的使用效果,使絮凝作用变差,大大增加药剂的用量。同时处理后的水质达不到 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》。含油量和悬浮固体含量严重超标。

2.4 携带泥沙

由于聚合物吸附性较强,携带的泥沙量较大,大大缩短反冲洗周期,增加反冲洗的工作量。同时由于泥沙量增大,要求处理各工艺环节排泥设施必须得当,必要时需增加污泥处理环节。

3 含聚合物污水处理实验

从工艺角度含聚合物污水处理主要有微生物法、水力旋流分离器+双向过滤器、光化学氧化法、膜分离法等处理工艺,所有新工艺开发中以微生物处理法应用最为广泛^[5]。利用微生物的生物化学作用将污水中复杂的有机物分解为简单的物质,从而使污水得到净化。

3.1 微生物处理技术原理

在含聚污水中通过投加特定的微生物菌群,促进其对特定污染物的降解能力,从而提高污水处理系统去除有毒有害、难降解化学物质的能力。并提供适宜的生长环境,通过与污水中微生物间的竞争形成优势菌群,同时不断的竞争中又提高了生物群抗毒、抗冲击的能力,因而使污水中能够快速建立一个有效降解苯系类、烃类、脂类、萘类等有机污染物的生物群,对污水中各种复杂的脂肪族和芳香族等有机物进行有效生物降解,同时可强化对烃类、蜡类以及酚、萘、胺、苯、煤油等的生物降解。微生物有着很高的繁殖率,其通过水合、活化、氧化、还原、合成,把复杂的有机物降解成为简单的无机物,最终产物为 H_2O 和 CO_2 。微生物以污水中有机污染物为营养并获得能量,实现自身生命的新陈代谢,达到净化污水的目的。

3.2 微生物应用条件

- ◆ 环境温度:10~45℃(最佳 25~35℃);
- ◆ 运行压力:常压(也可以在 ≤ 0.3 MPa 条件下运行);
- ◆ 溶解氧: ≥ 2 mg/L;
- ◆ 一般进水水质条件:①pH 值 6.0~9.0;②含油量 20~1 000 mg/L;③悬浮物 50~300 mg/L;④硫化物 ≤ 100 mg/L;⑤含聚合物浓度 ≤ 300 mg/L,超过浓度需延长水力停留时间;⑥矿化度 $\leq 150\,000$ mg/L;
- ◆ 一般水力停留时间:4~10 h,具体根据实际实验情况决定;
- ◆ 特殊情况另行调整处理。

3.3 实验工艺

海一联合站含聚合物污水进行高效生化(微生物+沉淀)处理工艺实验,实验装置由缓冲水箱、生物接触氧化池和沉淀池三部分组成^[6-7],工艺流程见图 1。污水先进入缓冲水箱,通过生物接触氧化池的曝气和微生物的作用,将污水中的大部分有机物分解代谢,静置沉淀一定时间后,排出处理后合格

水。设计进水水质:含油 20~1 000 mg/L,水温 ≤ 40 ℃,SS ≤ 300 mg/L,pH 值 6.0~9.0;设计处理后水质指标:含油 ≤ 5 mg/L,SS ≤ 5 mg/L,粒径中值 $\leq 2\ \mu m$ 。

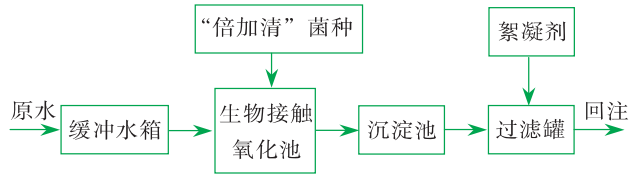


图 1 微生物+沉淀污水处理工艺流程

3.4 实验效果

微生物+沉淀处理工艺出水水质见表 1。

表 1 微生物+沉淀处理工艺出水水质

位置	进生化沉淀前/(mg/L)		出生化沉淀/(mg/L)	
	含油	悬浮物	含油	悬浮物
1# 水样	365	527	6	10
2# 水样	76	112	1.47	2
3# 水样	5	42	≤ 1	≤ 1

由表 1 可知,各水样的含油量在 5~365 mg/L,经微生物处理后,含油为 1~6 mg/L,去除率为 99.3%;悬浮物在 42~527 mg/L,经微生物处理后,悬浮物为 1~10 mg/L,平均去除率为 98.1%。

为了进一步研究微生物处理含聚合物污水的效果,对污水的其他项目进行了检测,结果见表 2。从表 2 可看出,采用微生物处理含聚合物污水在处理含油和悬浮物的同时,可有效去除铁、硫化物和部分 COD。

4 微生物处理法与物化方法的对比

4.1 物化处理工艺的缺点和存在问题

物化处理工艺需要投加大量的有机或无机破乳剂、聚凝剂、杀菌剂,使油田采出水水质变得更加复杂,给污水处理带来困难;同时产生的污泥量大,易造成二次污染;出水水质不稳定;悬浮物、细菌、颗粒直径常超标,长期运行后造成管道腐蚀严重,容易结垢堵塞,严重时会引起地层堵塞,注水压力上升,注水量减少,直接影响采收率。

4.2 处理工艺的比较

微生物处理工艺与物化处理工艺对比见表 3。由表 3 可以看出,采用微生物处理含聚合物污水

表 2 污水其他项目分析数据

检测项目	1 [#] 水样		2 [#] 水样		3 [#] 水样	
	处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后
粒径中值/ μm	—	1.31	—	1.36	—	1.36
硫酸盐还原菌/(个/mL)	2.5×10^2	1.3×10^3	2.5×10^2	2.0×10^3	2.5×10^2	1.2×10^3
腐生菌/(个/mL)	6.0×10^1	6.0×10^2	2.5×10^1	9.0×10^2	6.0×10^1	3.0×10^2
铁细菌/(个/mL)	3.0×10^0	5.0×10^0	1.3×10^0	2.5×10^0	1.2×10^0	2.5×10^0
总铁/(mg/L)	2.57	0.94	3.22	1.09	3.06	0.80
二价铁/(mg/L)	2.32	0.37	2.95	0.30	2.49	0.13
硫化物/(mg/L)	5.0	2.10	5.6	0.44	6.19	0.66
总矿化度/(mg/L)	5 096.81	4 762.83	5 128.65	4 649.20	5 098.49	4 787.56

表 3 污水处理工艺比较

项目	物化处理	微生物处理
工艺流程	沉降除油、气浮浮选、混凝沉淀、核桃壳过滤、二级过滤	沉降除油、微生物反应池、二级过滤
出水水质	油/(mg/L)	≤ 5
	SS/(mg/L)	≤ 3
	粒径/ μm	≤ 1.8
	细菌/(个/mL)	≤ 10
	硫化物/(mg/L)	≤ 3
工艺复杂程度	六段式	四段式
水质稳定性	不稳定	稳定
出水水质*	达到 A3 级	达到 A2 级

* SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》

具有流程简单、操作方便、处理效果好的优点。污水的结垢情况有所改善,减轻了对后级管道的腐蚀;剩余污泥量少,无二次污染;出水水质稳定,避免了常规工艺水质波动大的弊病;整个系统不需加任何药剂,操作简单,降低了运行成本。

5 结 论

实验结果表明,微生物处理含聚污水,在工艺和技术上要优于目前油田用的物化法处理,对油田复杂成分的污水处理适应性更强,同时可有效降低后续污水深度处理的难度。

◆ 微生物工艺处理含聚合物污水可达到回注要求,下一步可进行现场中试。

- ◆ 专性微生物联合菌群,不需要现场长时间驯化,水质稳定快;经微生物处理后,污水中的有毒有害物质得到有效降解,其最终产物为 H_2O 和 CO_2 等无机物,可减少由于加药处理使采出水水质复杂化的现象。
- ◆ 系统无需投加絮凝剂,运行成本低于原物化处理,而且运行时间越长,效果越好,水质越稳定,成本也越低。
- ◆ 经微生物处理后的污泥易于处理。
- ◆ 由于污水中油、悬浮物等有机污染物已基本降解,矿化度降低,更有利于稀释聚合物,可提高注入体系黏度,具有潜在的经济效益。

参 考 文 献

[1] 陈涛平,胡靖邦.石油工程[M].北京:石油工业出版社,2000.

[2] 戚秀云,张冰,武彦辉.油田含聚污水处理技术探讨[J].炼油与化工,2006,17(3):45-46.

[3] 王增林,祝威.胜利油区含聚合物采出液处理技术[J].油气地质与采收率,2008,15(1):92-94.

[4] 马强.倾斜管道内油/水层流的稳定性分析[J].国外油田工程,2009,25(3):48-51.

[5] 李希明.胜利油田污水生化处理技术进展[J].石油钻采工艺,2008,30(2):97-99.

[6] 包木太,骆克峻,陈庆国,等.生物接触氧化法处理油田含聚污水室内模拟实验[J].西安石油大学学报(自然科学版),2009,24(1):79-84.

[7] 王海峰,包木太,陈庆国,等.油田含聚合物污水外排处理技术室内模拟研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2009,36(3):71-75.

(修回日期 2012-07-20)
(编辑 王 薇)