

曝气沉降技术处理含油污水试验及应用

赵立合 吕娜

(中国石油大庆油田工程有限公司)

摘 要 阐述曝气沉降技术及其在大庆油田采出水处理方面的应用情况。选择了 3 个典型采出水处理站,对曝气沉降技术涉及的曝气释放器材质,曝气位置,曝气比等参数进行应用评价分析,试验可知:应采用聚四氟乙烯曝气管,曝气管最佳位置为 1/2 处,曝气比最佳为 1:20。在南五区来水 pH 值平均为 10.1,聚合物含量平均为 712 mg/L,表面活性剂含量平均为 45 mg/L 的试验条件下,曝气后硫化物去除率增加 40%以上,黏度去除率增加 20%以上。

关键词 曝气; 沉降技术; 油田采出水

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)06-0035-04

0 引 言

曝气法就是使废水与空气保持良好接触,用空气氧化硫化物以达到降硫的目的^[1]。连续曝气能破坏硫酸盐还原菌 SRB 的生存繁殖条件,抑制杀灭硫酸盐还原菌,从根本上抑制硫化物的产生^[2]。

大庆油田采出水水质复杂,处理难度大。以三元采出水为例,其污水的黏度高,水中的油珠粒径小且聚并能力下降,污水的乳化程度高,从而导致污水悬浮固体,含油量均有大幅上升,油水分离困难,硫化物含量增高。现有的沉降处理设备不能达到处理要求,进出水含油,悬浮固体去除率低,硫化物没有太大的变化,造成过滤段负担加大,出水很难达标。曝气沉降是油田采出水处理中一种新的技术手段,开展利用曝气沉降技术提高沉降效果研究十分必要。

1 曝气沉降原理

在沉降罐中加入曝气装置,通过空压机或者罗茨鼓风机将空气压缩后经由曝气装置射入曝气沉降罐,曝气产生的气泡有利于污水生化反应,氧化作用可去除污水中部分硫化物,使污水黏度降低;另外,微小油珠也会被气泡携带上浮至液面,曝气后污水在沉降罐下部可以继续沉降分离^[3-4]。

2 曝气沉降技术应用情况

在大庆油田,曝气沉降罐已于 2007 年在水驱站(榆树林东十六站)投产使用,2009 年在强碱三元采出水站(南五区三元采出液处理试验站)进行曝气试

验进而指导曝气罐改造应用,2009 年在弱碱三元采出水站(北二西三元试验站)也已开始进行矿场试验^[5-6]。三个污水站曝气工艺对比见表 1。

表 1 三个污水站曝气工艺对比

联合站	鼓气方式	曝气装置	曝气位置
东十六	空压机	曝气管	下 3m 处
北二西	空压机	曝气盘	上 3m 处
南五区试验装置	罗茨鼓风机	曝气管	1/2 处

曝气沉降技术在这三个污水处理站应用情况如下。

2.1 榆树林东十六站

榆树林油田于 2007 年投产运行了“东十六特低渗透含油污水处理站”,该站处理量为 500 m³/d,处理工艺为:氧化曝气+涡凹气浮+一级砂滤(流砂过滤器或海绿石过滤器)+PVC 中空纤维超滤膜。

该站曝气罐所用曝气管材质为聚氯乙烯,曝气管位于罐内有效高度下 3 m 处,2007 年对罐进出水及该站外输水取样检测水质,考察曝气罐对污水处理效果,结果见表 2。

由表 2 可知,在曝气沉降罐进水含油量平均为 125.16 mg/L,悬浮固体含量平均为 93.2 mg/L,硫化物含量平均为 43.01 mg/L 的条件下,曝气出水含油量平均为 16.36 mg/L,外输含油为痕迹,悬浮固体含量平均为 109.83 mg/L,外输悬浮固体含量为 0.68 mg/L,曝气后硫化物平均值降至 0.21 mg/L。

表 2 东十六水处理站水质情况

取样日期	含油量/(mg/L)			悬浮固体含量/(mg/L)			硫化物/(mg/L)	
	来水	曝气后	外输	来水	曝气后	外输	来水	曝气后
4月11日	38.0	13.9	痕迹	86.7	94.1	0.92	83.94	0.17
4月18日	55.7	3.74	痕迹	95.0	100	1.00	39.71	0.01
5月22日	48.1	14.9	痕迹	185	105	0.41	35.16	痕迹
5月31日	50.9	10.8	痕迹	79.2	134	0.51	49.86	0.56
6月25日	94.4	17.9	0.14	67.5	113	0.80	20.53	0.01
7月9日	30.5	11.5	痕迹	65.2	127	0.60	30.13	0.02
7月23日	39.2	20.4	—	70.8	107	0.80	52.17	0.30
8月3日	32.8	28.6	—	110	106	0.60	44.77	0.25
8月9日	613	16.6	—	97.3	113	0.72	38.86	0.25
9月12日	249	25.2	—	75.3	99.8	0.43	35.01	0.33
平均值	125.16	16.36	—	93.20	109.83	0.68	43.01	0.21

2.2 南五区三元采出液处理试验站

7月15日—9月15日利用处理能力为0.6 m³/h的曝气沉降试验装置开展曝气沉降罐参数优化试验研究,通过试验确定曝气管结构、位置,曝气比等参数,以指导工业化曝气沉降罐的设计。利用曝气沉降试验装置,先后选择聚氯乙烯(PVC)曝气管和聚四氟乙烯(PTFE)曝气管进行了曝气沉降试验研究。

2.2.1 曝气产生泡沫高度极值的捕捉

7月15日12:00来水表面活性剂含量出现极值,高达510 mg/L,曝气后产生泡沫高度极高,为了指导曝气沉降罐的设计,利用60 L(高2 m)曝气沉降柱对泡沫高度与曝气强度之间的关系进行了试验研究。

试验得出,现场能达到的最小气量0.1 m³/h即曝气强度为0.97 L/(s·m²)时,泡沫高度可达1 m。当气量大于0.2 m³/h即曝气强度大于1.96 L/(s·m²)时,泡沫高度大于1.7 m。可见,当表面活性剂含量较高的条件下,曝气产生的泡沫高度也较高,应该采取消泡措施。泡沫高度与曝气强度的关系见表3。

表 3 泡沫高度与曝气强度的关系

气量/ (m ³ /h)	曝气强度/ (L/(s·m ²))	静态 曝气比	泡沫高度/ m
0.25	2.45	30 : 1	>1.7
0.2	1.96	23.5 : 1	>1.7
0.15	1.47	17.6 : 1	1.3
0.1	0.97	11.8 : 1	1

2.2.2 聚氯乙烯(PVC)曝气管曝气试验

7月28日14:00—7月29日14:00在三元含量为A(碱):4 972.8 mg/L,S(表面活性剂):39.2 mg/L,P(聚合物):644 mg/L的条件下,开展曝气比为1 : 10,曝气强度0.94 L/(s·m²)的动态曝气沉降试验,处理量600 L/h,有效停留时间8 h,曝气管位于罐内有效高度下1/3处。

7月29日16:00—7月30日16:00在三元含量为A:4 913 mg/L,S:46.6 mg/L,P:672.4 mg/L的条件下,开展曝气比为1 : 20(曝气强度1.89 L/(s·m²))的动态曝气沉降试验,处理量600 L/h,有效停留时间8 h,曝气管位于罐内有效高度上1/3处。两组试验对比见表4。

表 4 聚四氟乙烯曝气管曝气试验结果

曝气比	曝气管 位置	进水含油量 平均值/ (mg/L)	出水含油量 平均值/ (mg/L)	平均 去除率/ %
1 : 10	下 1/3	127.21	72.85	42.7
1 : 20	上 1/3	221.84	156.56	29.42

表4可知,曝气管位于罐内有效高度上1/3处曝气沉降出水较好,含油量平均去除率为32.76%。27日空白曝气动态沉降出水含油量日平均去除率为23.2%,由此可见,曝气沉降对油水分离起到一定的促进作用。

31日试验过程中沉降罐放空检查发现丰字型曝

气干管一侧两个 20 cm 长曝气管各出现 3 cm 左右豁口,曝气时这两个曝气管的豁口,大量出气,其余曝气管不出气,致使曝气不均匀,还起到了扰动的作用,影响曝气沉降分离效果。由此,得出聚氯乙烯曝气管不适合于三元污水处理。

2.2.3 聚四氟乙烯(PTFE)曝气管曝气

2.2.3.1 单根曝气管曝气试验

利用新更换单根聚四氟乙烯曝气管进行曝气管位置选择试验,位置选择为上 1/3 处,1/2 处和下 1/3 处,曝气比均为 1:5。单根聚四氟乙烯曝气管曝气试验结果见表 5。

表 5 单根聚四氟乙烯曝气管曝气试验结果

项目	曝气管位置		
	下 1/3	上 1/3	中 1/2
进水含油量平均值/(mg/L)	305.49	499.5	298.88
出水含油量平均值/(mg/L)	246.69	367.3	234.11
含油量去除率/%	19.3	22.8	22.0
硫化物去除率/%	42.6	31.9	34.6
黏度去除率/%	11.1	19.0	31.8

综合考虑出水含油量日平均去除率、出水含油量、曝气后硫化物和黏度去除率,最终确定曝气管位置位于 1/2 处。

2.2.3.2 双根曝气管曝气试验

利用双根 50 cm 聚四氟乙烯曝气管进行曝气试验,曝气管位置位于沉降罐 1/2 处,动态曝气比选择分别为 1:20,1:15,1:10。双根聚四氟乙烯曝气管曝气试验结果见表 6。

表 6 双根聚四氟乙烯曝气管曝气试验结果

项目	曝气比		
	1:10	1:15	1:20
进水含油量平均值/(mg/L)	292	333.74	430.47
出水含油量平均值/(mg/L)	262.06	252.69	348.91
含油量去除率/%	10.25	24.29	18.95
硫化物去除率/%	60.8	16.8	62.6
黏度去除率/%	21	20	33.3

从表 6 可看出,曝气比增大,曝气沉降罐除油效果增强,硫化物去除率增加,污水黏度降低幅度变大。

2.2.3.3 四根曝气管曝气试验

由于双根曝气管曝气负荷面积不够,因此对曝气

管丰字型支架进行结构改进,改进之后可安装四根曝气管,利用新更换四根 50 cm 聚四氟乙烯曝气管开展曝气比为 1:10,1:15,1:20 的曝气沉降试验,对比结果见表 7。

表 7 不同曝气比含油数据对比

曝气比	进水含油量	出水含油量	平均
	平均值/ (mg/L)	平均值/ (mg/L)	去除率/ %
1:20	127.21	72.85	42.7
1:15	221.84	156.56	29.42
1:10	211.39	158	22.26

由表 7 可知,在近期试验来水水质条件下,曝气比增大,含油去除效果较好。

2.2.3.4 小结

通过曝气沉降试验得出:

- ◆ 当表面活性剂含量较高的条件下,曝气强度为 0.97 L/(s·m²)时,泡沫高度可达 1 m。当气量大于 0.2 m³/h 即曝气强度大于 1.96 L/(s·m²)时,泡沫高度大于 1.7 m。表面活性剂含量较高的条件下,应采取消泡措施。

- ◆ 聚氯乙烯曝气管不适合于三元污水处理。

- ◆ 曝气管最佳位置为 1/2 处,曝气比最佳为 1:20。

- ◆ 在 7~9 月南五区来水三元含量 pH 值平均为 10.1,聚合物含量平均为 712 mg/L,表面活性剂含量平均为 45 mg/L 的试验条件下,跟空白相比,曝气后除油率增加 10% 左右,曝气后硫化物去除率增加 40% 以上,黏度去除率增加 20% 以上。

2.3 北二西三元试验站

采油三厂北二西三元污水处理试验站于 2009 年投产,处理量为 3 500 m³/d,处理工艺为:来水→曝气沉降罐→气浮沉降罐→石英砂-磁铁矿双层滤料过滤罐→海绿石-磁铁矿双层滤料过滤罐→外输。

该站曝气罐 2 座,设计沉降时间 8 h,曝气比为 1:5,在罐内有效高度上 3 m 处水平截面增设曝气管,曝气管上安装曝气头作为曝气释放器。2009 年对罐进出水及该站外输水取样检测水质,考察曝气罐对污水的处理效果,结果见表 8。

从表 8 可看出,在曝气沉降罐进水含油量平均为 91.18 mg/L,悬浮固体含量平均为 48.28 mg/L,未投加水处理药剂的条件下,曝气出水含油量平均为 70.76 mg/L,外输含油为 7.39 mg/L,悬浮固体含量平均为 49.63 mg/L,外输悬浮固体含量为 17.43 mg/L。

表 8 北二西三元试验站水质情况

取样日期	含油量/(mg/L)			悬浮固体含量/(mg/L)		
	来水	曝气后	外输	来水	曝气后	外输
8月11日	161.5	160	—	53.8	53.4	—
8月13日	110.3	96.43	7.64	53.3	52.2	28.9
8月18日	116.4	51.38	2.06	66.7	58.1	19.6
8月19日	103.3	37.87	3.28	79.3	54.5	16.4
8月25日	74.04	98.66	12.09	38.2	103.1	16.2
8月28日	59.27	52.8	8.18	31	25.4	17.6
10月15日	33.36	24.42	1.58	29.8	25.9	10
10月29日	71.3	44.5	16.9	34.1	24.4	13.3
平均值	91.18	70.76	7.39	48.28	49.63	17.43

10月15日将曝气沉降罐中的一个不实施曝气,作为自然沉降罐运行,而另一个实施曝气,同时进行曝气与不曝气空白沉降对比试验,取样检测硫化物和黏度,结果见表9。

表 9 曝气与未曝气对比试验数据

采出水	硫化物/ (mg/L)	黏度/ (mPa·s)
来水	3.67	1.5
1# 曝气	3.38	1.4
2# 未曝气	0.2	1.5

从表9可看出,曝气后硫化物含量从3.67 mg/L下降到0.2 mg/L,而未曝气的条件下硫化物含量为3.38 mg/L;来水黏度1.5 mPa·s,不高,曝气后黏度只

降低了0.1 mPa·s,未曝气的条件下黏度未发生变化。

3 结束语

◆ 水驱站沉降段采用曝气沉降除油,硫化物去除率高,应用效果好。

◆ 表面活性剂含量较高的条件下,曝气沉降罐应该采取消泡措施。

◆ 聚氯乙烯曝气管不适合于强碱三元复合驱采出水处理,而应采用聚四氟乙烯曝气管,曝气管最佳位置为1/2处,曝气比最佳为1:20。

◆ 在7~9月南五区来水三元含量pH值平均为10.1,聚合物含量平均为712 mg/L,表面活性剂含量平均为45 mg/L的试验条件下,空白相比,曝气后除油率增大10%左右,曝气后硫化物去除率增加40%以上,黏度去除率增加20%以上。

参考文献

- [1] 彭勃,李鹏华,谢水祥.含油污水中硫化物的处理技术[J].油气田环境保护,2004,14(3):10-12.
- [2] 齐志敏,唐光辉,张学锋,等.氧化-混凝法用于油田回注污水处理研究[J].油田化学,2003,20(3):238-241.
- [3] 刘春丽.硫化物的处理技术现场试验[J].油气田地面工程,2008,27(4):19-21.
- [4] 张旭亮,贾英.含油污水外排生物处理工艺影响因素研究[J].化工中间体,2010,12(2):54-57.
- [5] 刘文洪,王蒙,周孝德,等.曝气生物滤池处理含石油废水的实验研究[J].西安理工大学学报,2010,26(3):260-263.
- [6] 吴迪,艾广智,孟祥春,等.曝气对聚合物驱采水流变性和油水分离特性的影响[J].油田化学,2000,17(4):9-11.

(收稿日期 2012-09-26)

(编辑 李娟)

广告索引

久吾高科-油田回注水净化技术

中海石油环保服务(天津)有限公司

GE石化和化工解决方案

杰瑞能源服务有限公司

封 二

后 插 1

封 三

封 底