

# 斜板混凝沉降—过滤法处理低渗透油田采油污水的研究及应用

吴新民, 王晓昌

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西西安 710055)

[摘要] 随着油田注水开发的深入, 油田采出污水水质变化幅度和处理难度不断增加, 采用常规处理难以达到油田注水标准, 严重影响了油田的正常生产。以陕北某低渗透油田采油污水为研究对象, 采用斜板混凝沉降—过滤法对该采油污水进行处理研究。研究结果表明, 采用无机聚合物絮凝剂 WXT-766 与有机阳离子助凝剂 WT-831 复配使用具有很好的处理效果。在这种处理工艺条件下, 可使处理后污水含油质量浓度降至 5.0 mg/L、悬浮物质量浓度降至 3.0 mg/L、悬浮物粒径  $< 2.0 \mu\text{m}$ , 达到了低渗透油藏注入水水质指标。

[关键词] 采油污水; 污水处理; 混凝沉降法

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2009)04-0050-04

## Experimental study of the treatment of oil extraction wastewater by sloping plank coagulation sedimentation-filtration method

Wu Xinmin, Wang Xiaochang

(School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** With the deepened development of oil field water injection, the changing range of oilfield extracted wastewater quality and the treatment difficulty are increasing. It is very difficulty to reach the oilfield water injection standard by using traditional treatment methods which affect the oilfield normal production seriously. Taking the example of oil extraction wastewater with low permeability in an oilfield in northern Shaanxi as research target, the sloping plank coagulation sedimentation-filtration method has been used for treating the oil extraction wastewater. The result shows that the method which uses inorganic polymer flocculent WXT-766 combining with organic cationic coagulation agent WT-831 has very good treating effect. Under this technical conditions, the oil content of the treated wastewater can be lowered to 5.0 mg/L, the suspended matter can be lowered to 3.0 mg/L, and the grain size of suspended matter is smaller than  $2.0 \mu\text{m}$ , reaching the water injection quality indexes of oil with low permeability.

**Key words:** oil extraction wastewater; wastewater treatment; coagulation sedimentation method

目前,我国大部分油田已进入注水开发中后期,油井采出液含水率已高达 70%~80%,日产含油污水量非常大<sup>[1]</sup>。这些污水不经处理直接排放到环境中,会造成土壤、水系的严重污染。同时在采油过程中又需要大量油田注入水回注于地下油层中。如果能对采出污水进行有效处理后作为回注水,则不仅可以满足石油开采过程中对注水量日益增长的需要,同时也可以节约大量水资源,有效保护环境,为油田带来显著经济效益。

注入水水质是影响油田尤其是低渗透油藏注水开发效果的重要因素。如果回注水水质不能得到保

证,不仅影响油田地面设施的正常运行,还会因油层堵塞带来危害<sup>[2]</sup>。因此,根据采油污水水质状况,确定合理处理方法,使处理后的采油污水满足回注要求,对油田注水开发具有重要意义。

### 1 实验部分

#### 1.1 主要仪器及试剂

仪器:电子天平(量程 200 g,最小显示值 0.1 mg),上海天平仪器厂;紫外可见分光光度计,UV7504 型,上海欣茂仪器有限公司;pH 计, pH5-3C 型,上海雷磁仪器厂;激光粒度仪,MS-2000,英国 Malvern 仪器有限公司;固体悬浮物测定仪,1 L/300,天津市科亿隆实

验设备有限公司;水处理动态模拟实验装置自制。

药剂:聚合氯化铝、聚合氯化铁、硫酸铝、活化硅酸、WXT-766、聚丙烯酰胺、聚二甲基二烯丙基氯化铵、WT-831 和改性淀粉<sup>[3]</sup>、酸碱调节剂等。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 水质分析方法

水质分析按照中国石油天然气行业标准 SY/T 5523—2000《油气田水分析方法》和 SY/T 5325—1994《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》进行测定。

### 1.2.2 絮凝评价试验

絮凝评价实验依据 SY/T 5796—1993《絮凝剂评定方法》进行。取采油污水水样 1 000 mL,调节污水 pH,加入絮凝剂,在 120 r/min 转速下搅拌 2.0 min,在 30~50 r/min 转速下搅拌 10 min,静置 30 min,取上清液做相应水质项目测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水质分析

采用上述分析方法,对陕北某低渗透油田采油污水进行现场水质分析,结果见表 1。

表 1 采油污水现场水质分析结果

| 项目                                                   | 数值            | 注入水主要控制指标   |
|------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| 总矿化度/(mg·L <sup>-1</sup> )                           | 32 080~38 120 | —           |
| Ca <sup>2+</sup> /(mg·L <sup>-1</sup> )              | 6 045~7 429   | —           |
| Mg <sup>2+</sup> /(mg·L <sup>-1</sup> )              | 123~155       | —           |
| Cl <sup>-</sup> /(mg·L <sup>-1</sup> )               | 19 292~23 378 | —           |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /(mg·L <sup>-1</sup> ) | 205~512       | —           |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /(mg·L <sup>-1</sup> ) | 171~312       | —           |
| pH                                                   | 7.11~7.87     | —           |
| 总铁/(mg·L <sup>-1</sup> )                             | 0.31~0.51     | 0.50        |
| 油/(mg·L <sup>-1</sup> )                              | 98~1 022      | 10.0        |
| 固体悬浮物/(mg·L <sup>-1</sup> )                          | 56~198        | 5.0         |
| 水温/℃                                                 | 17.5~27.1     | —           |
| 悬浮物粒径/μm                                             | 0.4~100       | ≤2.0, P≥70% |

注:≤2.0, P≥70%指粒径≤2.0 μm 的悬浮物占 70%以上。

污水中固体悬浮物粒径分布见图 1。

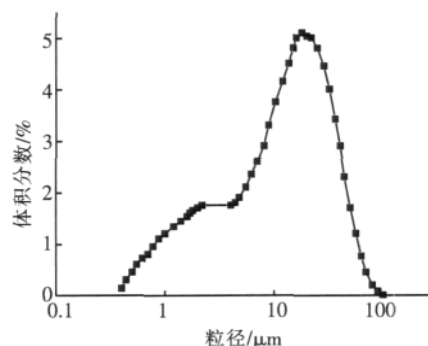


图 1 采油污水中固体悬浮物粒径分布

从表 1 和图 1 可以看出,采油污水中固体悬浮物含量、含油量、悬浮物粒径均远远超过油田注入水水质控制指标。为了使该油田采油污水能够达标回注、不污染环境和油气储层,必须采用合适的处理方法,除去污水中的固体悬浮物、油等污染物,使其达到油田注入水控制指标。

### 2.2 絮凝剂的筛选及絮凝效果评价

通过大量絮凝试验,筛选出 WXT-766 絮凝剂作为主絮凝剂。WXT-766 是由铝、铁、硅等无机盐复合而成的一种无机聚合物絮凝剂,对采油污水具有良好的破乳、絮凝效果,絮体形成速度快、絮体大而致密,易于下沉。

#### 2.2.1 絮凝剂投加量对絮凝效果的影响

不同投加量下 WXT-766 絮凝剂和聚合氯化铝的絮凝试验结果见表 2。

从表 2 可以看出,WXT-766 的絮凝效果明显优于聚合氯化铝,且随着投加量增加,处理效果明显提高。当投加质量浓度达到 50 mg/L 以上时,对不同含油量和固体悬浮物含量的采出污水都有很好的絮凝效果。

#### 2.2.2 pH 对 WXT-766 絮凝效果的影响

由于 WXT-766 是由铝、铁、硅等组成的一种无机聚合物,pH 对其絮凝效果影响较大。为此进一步

表 2 絮凝剂投加量对絮凝效果的影响

| 絮凝剂投加质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 0    | 20   | 50   | 80   | 120  | 160  | 200  | 原水水质                    |                          |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|--------------------------|------|
|                                 |      |      |      |      |      |      |      | 油/(mg·L <sup>-1</sup> ) | SS/(mg·L <sup>-1</sup> ) | pH   |
| 聚合氯化铝透光率/%                      | 17.5 | 49.8 | 62.1 | 69.2 | 73.8 | 71.6 | 69.8 | 97.7                    | 65.75                    | 7.41 |
| WXT-766 透光率/%                   | 17.5 | 63.6 | 88.7 | 89.5 | 91.2 | 92.6 | 92.5 |                         |                          |      |
| 聚合氯化铝透光率/%                      | 6.3  | 36.2 | 59.6 | 66.1 | 74.4 | 73.6 | 73.1 | 473.6                   | 109.4                    | 7.28 |
| WXT-766 透光率/%                   | 6.3  | 55.8 | 85.7 | 87.5 | 89.2 | 90.6 | 90.1 |                         |                          |      |

分析评价了 WXT-766 投加质量浓度为 80 mg/L 时,不同 pH 对絮凝效果的影响。试验结果见表 3。

表 3 pH 对 WXT-766 絮凝效果的影响

| pH    | 5.05 | 5.56 | 6.01 | 6.58 | 7.03 | 7.58 | 8.09 | 8.99 | 原水水质                    |                          |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|--------------------------|------|
|       |      |      |      |      |      |      |      |      | 油/(mg·L <sup>-1</sup> ) | SS/(mg·L <sup>-1</sup> ) | pH   |
| 透光率/% | 49.2 | 59.1 | 75.3 | 87.5 | 89.0 | 90.3 | 89.2 | 87.8 | 97.7                    | 65.75                    | 7.41 |
|       | 43.9 | 56.9 | 71.7 | 85.5 | 87.1 | 88.3 | 86.7 | 85.9 | 473.6                   | 109.4                    | 7.28 |

由表 3 可以看出,pH 对 WXT-766 的絮凝效果影响较大;当 pH 较低时,WXT-766 的絮凝效果相

对较差;随着 pH 增加,WXT-766 的絮凝效果显著提高,当 pH 超过 7.58 以后,随着 pH 的升高,絮凝效果又逐渐降低。因此,WXT-766 絮凝剂絮凝的最佳 pH 为 7.00~8.00。由于该油田采出水的 pH 在 7.10~7.90 之间,用 WXT-766 进行絮凝处理时不需要调节 pH 即可达到最佳处理效果,处理后水与油层配伍性好,回注地层后不会造成储层伤害。

### 2.2.3 有机助凝剂的筛选评价

为了进一步提高无机絮凝剂 WXT-766 的处理效果,使处理后的采油污水能够达到低渗透油田回注水标准,通过试验筛选评价出了与无机絮凝剂 WXT-766 配伍性良好的助凝剂 WT-831。WT-831 是一种有机阳离子高分子助凝剂。试验结果见表 4。

表 4 WT-831 投加量对助凝效果的影响

| WT-831 投加质量浓度/<br>( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 0    | 0.1  | 0.5  | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 3.0  | 5.0  |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 透光率/%                                               | 87.8 | 89.5 | 93.8 | 97.8 | 98.9 | 98.5 | 97.3 | 94.2 |

注:原水含油质量浓度为 258.6  $\text{mg/L}$ ;悬浮物质量浓度为 99.8  $\text{mg/L}$ ;  
pH=7.35;WXT-766 投加质量浓度为 50  $\text{mg/L}$ 。

由表 4 可以看出,有机助凝剂 WT-831 投加质量浓度为 1.0~2.0  $\text{mg/L}$  时,可以显著提高无机絮凝剂 WXT-766 处理效果,处理后水的透光率可以达到 97% 以上。

### 2.2.4 采油污水动态模拟实验

在 WXT-766 投加质量浓度为 50  $\text{mg/L}$ 、WT-831 投加质量浓度为 2.0  $\text{mg/L}$  的条件下,对不同时间采出污水进行斜管(板)混凝沉降和过滤处理,处理结果见表 5。

表 5 采油污水动态模拟试验结果

| 水样             | 处理过程 | 油/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 悬浮物/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | pH   |
|----------------|------|-------------------------------------|---------------------------------------|------|
| 1 <sup>#</sup> | 处理前  | 238.0                               | 112                                   | 7.38 |
|                | 处理后  | 0.7                                 | 0.9                                   | 7.39 |
| 2 <sup>#</sup> | 处理前  | 151.7                               | 94.3                                  | 7.59 |
|                | 处理后  | 0.3                                 | 0.5                                   | 7.59 |
| 3 <sup>#</sup> | 处理前  | 423.2                               | 164.4                                 | 7.11 |
|                | 处理后  | 1.8                                 | 1.5                                   | 7.10 |

注:处理前 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 水质为原水水质。

由表 5 动态模拟试验结果可看出,当 WXT-766 投加质量浓度为 50  $\text{mg/L}$ 、WT-831 投加质量浓度为 2.0  $\text{mg/L}$  的条件下,采用斜管(板)混凝沉降和过滤处理后,采出水中的油质量浓度和悬浮物质量浓度均 <2.0  $\text{mg/L}$ 。

## 3 现场应用效果分析

### 3.1 污水处理工艺的确定

由于原油脱水工艺决定了该低渗透油田采出污水为间歇式来水,水量波动大,且污水中的含油量和

固体悬浮物含量变化非常大。为了均匀和稳定水质,保证污水处理工艺的平稳运行,在确定水处理工艺时,首先将采油污水收集到污水罐中,利用污水罐的沉降分离作用,除去水中的浮油和大部分乳化油、大粒径的固体悬浮颗粒;然后再进行斜板混凝沉降和过滤处理。通过综合分析并结合现场实际情况,最终确定采油污水处理工艺流程见图 2。

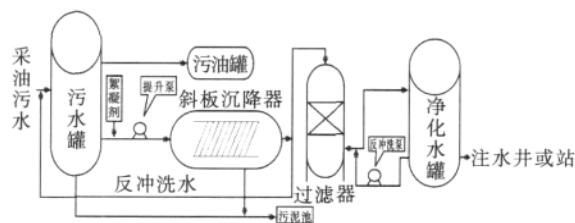


图 2 斜管(板)混凝沉降—过滤法工艺流程

### 3.2 现场应用效果分析

该污水处理厂于 2007 年 9 月建成投入运行。在现场运行过程中,WXT-766 投加质量浓度为 50  $\text{mg/L}$ 、WT-831 投加质量浓度为 2.0  $\text{mg/L}$ ;处理过程中污水罐和过滤器出口水质分析结果见表 6。

表 6 采油污水现场处理结果

| 时间         | 项目  | 油/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 悬浮物/<br>( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 悬浮物粒<br>径/ $\mu\text{m}$ | pH   |
|------------|-----|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------|
| 2007-10-10 | 处理前 | 216                                 | 110                                       |                          | 7.11 |
|            | 处理后 | 1.5                                 | 1.9                                       | $\leq 2.0$               | 7.09 |
| 2007-12-5  | 处理前 | 358                                 | 188                                       |                          | 7.28 |
|            | 处理后 | 4.9                                 | 2.8                                       | $\leq 2.0$               | 7.28 |
| 2008-3-18  | 处理前 | 209                                 | 98                                        |                          | 7.56 |
|            | 处理后 | 2.5                                 | 2.0                                       | $\leq 2.0$               | 7.58 |
| 2008-5-20  | 处理前 | 198                                 | 88                                        |                          | 7.51 |
|            | 处理后 | 2.0                                 | 2.7                                       | $\leq 2.0$               | 7.51 |
| 2008-8-20  | 处理前 | 176                                 | 78                                        |                          | 7.42 |
|            | 处理后 | 1.6                                 | 1.5                                       | $\leq 2.0$               | 7.40 |

由表 6 可以看出:经过 1 a 多的现场应用效果证明,通过加入 WXT-766 絮凝剂和 WT-831 助凝剂,采用斜板混凝沉降—过滤处理工艺对低渗透油田采出污水进行处理后,污水中的油质量浓度、悬浮物质量浓度、悬浮物粒径分别降到 5.0、3.0  $\text{mg/L}$  和 2.0  $\mu\text{m}$  以下,达到了低渗透油田注入水水质标准,实现了 100% 有效回注,污水处理成本为 0.79 元/ $\text{m}^3$ 。

## 4 结论

(1) 采油污水中含油量、固体悬浮物含量高且变化幅度大,通过常规处理方法无法达到低渗透油田注入水水质控制指标。

(2) 采油污水水质特点、絮凝剂的性质和污水处理工艺影响污水处理效果。

(3) 无机聚合物絮凝剂 WXT-766 具有良好的

# 车辆喷涂漆雾沉漆水处理剂的研究

李淑静,周桃玉,闫 标,冯晨辉,魏无际

(南京工业大学,江苏南京 210009)

[摘要] 实验采用碱化聚丙烯酰胺与硫酸锌制成车辆喷涂漆雾沉漆水处理剂以达到喷漆循环水中的沉漆得以消黏与上浮及管泵免堵减缓腐蚀之目的。通过正交试验、红外光谱、扫描电镜、电化学极化和旋转挂片腐蚀试验的方法考察了消黏上浮效果、谱峰振动变化、凝聚絮体形貌及碳钢腐蚀情况。结果表明,该处理剂对醇酸树脂底漆消黏上浮效果满意,处理后的水中碳钢腐蚀速率为 0.113 mm/a。

[关键词] 漆雾沉漆水处理剂;红外光谱;扫描电镜;腐蚀试验

[中图分类号] TQ085+4 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2009)04-0053-04

## Study on the water treatment agent for fog-like residues of vehicle spray-paint

Li Shujing, Zhou Taoyu, Yan Biao, Feng Chenhui, Wei Wuji

(Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

**Abstract:** Alkalized polyacrylamide and zinc sulfate have been used for preparing the water treatment agent of vehicle spray-paint, in order to make the drop-like paint remove the viscosity and float up and avoid blocking up and inhibit the corrosion in the spray-paint circulating water. By means of orthogonal test, infra-red spectrum, scanning electron microscope, electrochemical polarization curve and rotary hanged slices corrosion test, the effects of viscosity removing and floating up, the changes of spectral peak vibration, the shape of the coagulant, and the corrosion status are investigated. The results show that this treatment agent makes alkyd resin remove the viscosity and float up satisfactorily; the average of corrosion rate of carbon steel in treated paint-water system is 0.113 mm/a.

**Key words:** spray-paint water treatment agent; infra-red spectrum; scanning electron microscope; corrosion test

车辆涂装工序在油漆喷涂金属部件过程中,产生大量漆雾及残漆沉入喷漆循环水系统中。喷涂漆

雾与沉漆黏性大,会黏附于设备上堵塞管泵系统及造成局部腐蚀,需用漆雾沉漆水处理剂使其脱黏、

破乳、絮凝效果,絮体形成速度快、絮体大而致密,与有机助凝剂 WT-831 配合使用后,可以大大提高絮凝沉降效果。

(4)通过加入 WXT-766 絮凝剂和 WT-831 助凝剂,采用斜板混凝沉降—过滤处理工艺对低渗透油田采出污水进行处理后,污水中的油质量浓度、悬浮物质量浓度、悬浮物粒径分别降到 5.0、3.0 mg/L 和 2.0  $\mu\text{m}$  以下,达到了低渗透油层注入水水质标准。

### [参考文献]

- [1] 陈健,郑海军.油田污水处理回注技术研究[J].北方环境,2004,29(3):19-20.

- [2] 罗江涛,周毅,孔祥宝,等.低渗透油藏污水回注处理技术研究[J].小型油气藏,2006,11(1):53-57.

- [3] 刘睿,周启星,张兰英,等.水处理絮凝剂研究与应用进展[J].应用生态学报,2005,16(8):1558-1562.

[作者简介] 吴新民(1964—),1985 年毕业于兰州大学获学士学位,1994 年毕业于西南石油学院获硕士学位,主要从事油田化学和油气层保护方面的教学与科研工作。电话:029-88383139,13891808552,E-mail:xmwu@xsyu.edu.cn.

[收稿日期] 2008-12-08(修改稿)