

# 气田压裂返排液微涡流混凝处理效果分析

范婧<sup>1,2</sup> 刘宁<sup>1,2</sup> 朱妍<sup>1,2</sup> 李岩<sup>1,2</sup> 蒋继辉<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油长庆油田油气工艺研究院; 2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室)

**摘 要** 试验针对气田压裂返排液,采用撬装微涡流混凝装置进行了混凝试验研究。通过试验研究发现,絮凝剂选用 PAC 与膨润土复合剂,且当膨润土与 PAC 复配比例为 1:1,投加量为 500 mg/L,投加位置在管道混合器时,混凝效果最好;助凝剂 PAM 的最佳投加量为 20 mg/L,最佳搅拌时间为 1 min,投加位置在搅拌罐。采用“管道混合器+微涡流混凝器+搅拌罐”处理工艺,处理后水质 SS、油类的去除率分别达到 97.3%和 58.1%,黏度可降低 52.3%。对混凝处理剂种类、投加量、搅拌时间等参数进行了优选,并对处理剂在设备中的投加位置进行优化,为实现气井压裂返排液不落地处理提供依据。

**关键词** 气田压裂返排液; 微涡流混凝; 混凝处理剂

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.05.008

文章编号:1005-3158(2019)05-0031-03

## 0 引 言

压裂作业是油气井增产的主要措施之一,其产生的压裂返排液量大,且由于返排液中残存着高分子聚合物、溶解性有机物及返排时所带出地层中的泥沙、盐水等,致使其成分复杂多变,处置不当会对环境产生危害<sup>[1-3]</sup>。当前长庆油田压裂返排液处理主要采用混凝工艺,且针对油气田处理规模小、区块分散的特点,采用撬装化移动处理装置,解决了区域环境污染、压裂返排液不落地的问题<sup>[4-6]</sup>。传统混凝处理药剂用量大、混凝不彻底,有研究者发现微涡流混凝通过“涡流凝聚、接触絮凝”的作用,能够提高混凝效果、降低药剂投加量<sup>[7]</sup>。该工艺已在市政污水处理广泛应用<sup>[8]</sup>,但在处理压裂返排液方面应用较少。

本次研究采用撬装微涡流混凝装置处理气田压裂返排液,通过试验对混凝处理剂种类、投加量、搅拌时间等参数进行了优选,并对处理剂在设备中的投加位置进行优化,为实现气井压裂返排液不落地处理提供依据。

## 1 气田压裂返排液特点和处理工艺

### 1.1 返排液水质特点分析

本次在长庆油田某气井井场开展了胍胶压裂返排液现场处理试验,返排液水质分析结果见表 1。

由表 1 可知,各种添加剂使压裂返排液具有悬浮物含量高、黏度高的特点。

表 1 气田压裂返排液水质指标

项目	J-1 井	J-2 井	J-3 井
pH 值	7.1	6.3	6.8
SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	837	637	758
含油量/(mg·L <sup>-1</sup> )	7.63	4.38	8.84
黏度/(mPa·s)	4.83	4.64	5.35

### 1.2 微涡流混凝工艺流程

试验采用以撬装微涡流装置为主的处理工艺,见图 1。



图 1 气田压裂返排液处理工艺流程

该处理工艺主要由管道混合、微涡流混凝、过滤等 3 个主要工序组成,主要是降低返排液黏度,除悬浮物、离子等,使处理后的出水达到合理使用点。

## 2 材料与方 法

### 2.1 药品与仪器

药剂:聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铁(PFS)、聚合氯化铝铁(PAFC)、聚合硅酸铝铁(PSAF)、膨润土、聚丙烯酰胺(PAM)。

仪器:便携式浊度仪、便携式红外测油仪、便携式 pH 计等。

### 2.2 试验方法

混凝处理剂的筛选、投加量及搅拌时间确定试验在 500 mL 的烧杯中进行,分别加入不同处理剂,均匀搅拌,静置后,对上清液进行分析。

现场试验部分采用撬装微涡流装置,对装置进水、出水进行采样分析。

pH 值、含油、黏度测定采用便携式仪器。悬浮物测定一般采用重量法,但考虑到现场条件限制,为了快速评价处理剂混凝效果,以浊度表征水质处理效果<sup>[7]</sup>,采用便携式浊度仪测定浊度。

## 3 结果与讨论

### 3.1 絮凝剂筛选

PAC、PFS、PAFC、PSAF 等 4 种絮凝剂的混凝效果见图 2。

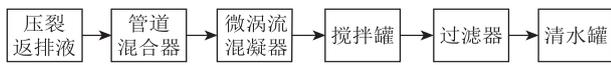


图 2 不同絮凝剂的混凝效果

由图 2 可知,4 种絮凝剂的处理效果为:PAC 的处理效果最好,固液分层明显且上清液浊度较低,优于 PFS 和 PAFC,而 PFS 处理效果最差。

### 3.2 PAC 投加量确定

不同剂量 PAC 的混凝效果见图 3。

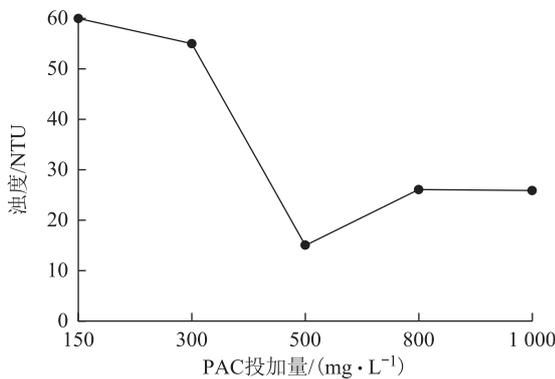


图 3 PAC 投加量对混凝效果的影响

随着 PAC 投加量的增加絮体量增多,聚结程度不断加大,由图 3 可知,PAC 投加量为 500 mg/L 时,上清液浊度最低。但当 PAC 投加量继续增加时,絮体开始变得松散,沉降速度显著变慢,上清液变浊。

### 3.3 膨润土加量对混凝效果的影响

气田压裂返排液混凝过程中发现,产生絮体小、难于沉降,沉降时间须 1 h 以上,且上清液出水量小,仅占 30%~40%。试验发现,在返排液中添加膨润土,可以加快絮体沉降。因此,试验将不同比例的膨

润土加入 PAC,混凝效果见表 2。

表 2 膨润土加量对混凝的影响

膨润土与 PAC 比例	pH 值	浊度/NTU	沉降时间/s	污泥量/%
1 : 0	6.46	15	60	70
1 : 1	6.57	24	24	50
2 : 1	6.64	22	50	80
5 : 1	6.59	30	53	50

由表 2 可知,加入膨润土后能有效降低混凝的沉降时间,这是由于膨润土具有良好的吸附性和较高的密度,能使悬浮固体、有机物及油类吸附到黏土颗粒表面,促进絮体形成,提高絮体密度,加快絮体沉降<sup>[9]</sup>。当膨润土与 PAC 复配比例为 1 : 1 时,沉降时间最短,约 24 s,比单独使用 PAC 沉降时间缩短 60%。因此,试验采取在混凝前,将 PAC 和膨润土按 1 : 1 的比例混合溶解后添加至返排液中。

### 3.4 PAM 投加量确定

不同剂量 PAM 的混凝效果见图 4。

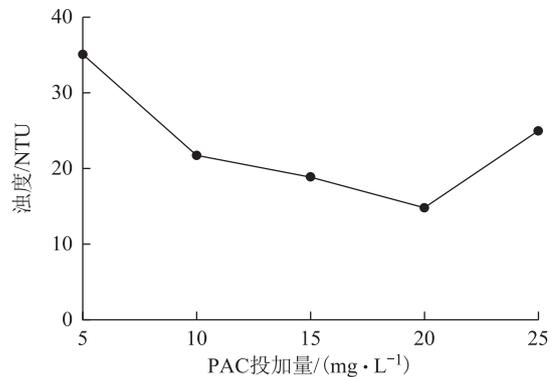


图 4 PAM 投加量对混凝效果的影响

由图 4 可知,随着 PAM 投加量的增加,上清液浊度先降低后增加,最佳投加量为 20 mg/L。当投加量不足时,不足以将产生的絮体聚结起来,絮体较小;当投加量过多时,由于 PAM 水解后形成丙烯酰胺和丙烯酸盐的共聚物,一些酰胺基带有负电荷,水解度过高会对 PAC 的絮凝产生阻碍作用,使得絮体量多且松散,增加了上清液浊度。

### 3.5 助凝剂搅拌时间确定

试验发现,搅拌时间对混凝效果影响较大,助凝剂搅动时间在压裂返排液处理过程中的影响见表 3。

由表 3 可知,助凝剂投加后搅拌时间为 1 min 时,搅拌强度最适宜,形成絮团最大,且絮团下沉速度最快。搅拌时间过长,形成的絮团又被搅拌器冲散,

无法实现絮团快速下沉。

表3 助凝剂投加后搅拌时间分析

搅拌时间/ min	混凝效果	浊度/ NTU	分析
0.5	沉泥细密,不明显,几乎不下沉。	—	搅动不充分,助凝剂未完全分散。
1	沉泥大,下沉快速。	24	搅动充分,助凝剂完全分散。
1.5	沉泥较大,下沉较快。	26	搅动稍过充分,絮体变的松散。
2	沉泥由小变大后再变小,下沉较慢。	58	搅动稍过充分,少量絮体被搅散。
3	沉泥由小变大再变小,下沉缓慢。	135	搅动稍过充分,絮体被基本搅散。

### 3.6 现场试验

#### 3.6.1 混凝处理剂投加位置确定

采用撬装微涡流装置处理压裂返排液时,混凝剂投加位置、时间对处理效果的影响见表4。

表4 混凝处理剂不同投加位置效果对比

PAC 投加位置	PAM 投加位置	水质浊度/NTU	沉降时间/h	污泥产量/%
管道混合器前段	管道混合器中段	66	25	40
管道混合器前段	微涡流设备后端	34	12	33
管道混合器前段	搅拌罐	25	0.3	23
搅拌罐	搅拌罐	27	搅拌0.5 沉降1	28

由表4可知,在管道混合器处投加PAC+膨润土、在搅拌罐处投加PAM,混凝剂与返排液反应时间更加充足,沉降时间约20 min,混凝沉降效果最好。由此可见“管道混合器+微涡流混凝器+搅拌罐”的处理工艺处理效果最好。

#### 3.6.2 处理效果

在长庆油田某气井井场采用撬装微涡流装置对3口井进行处理,处理后水质见表5,其中SS、油类的去除率达到97.3%和58.1%,黏度可降低52.3%。

表5 气田压裂返排液处理后水质指标

检测项目	J-1井	J-2井	J-3井
pH值	6.3	6.5	6.4
SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	25	21	14
含油量/(mg·L <sup>-1</sup> )	2.3	2.5	3.4
黏度/(mPa·s)	2.34	2.54	2.13

## 4 结论

1)撬装微涡流混凝装置处理工艺为“管道混合器+微涡流混凝器+搅拌罐”,处理后水质SS、油类的去除率达到97.3%和58.1%,黏度可降低52.3%。

2)絮凝剂的混凝效果为PAC>PFS>PAFC>PSAF;当膨润土与PAC复配比例为1:1,投加量为500 mg/L时,混凝效果最好。助凝剂PAM的最佳投加量为20 mg/L,最佳搅拌时间为1 min。

3)采用撬装微涡流混凝装置处理气田压裂返排液时,在管道混合器处投加PAC+膨润土、在搅拌罐处投加PAM,混凝沉降效果最好。

4)通过现场试验发现,随着气田压裂返排持续进行,返排液存放时间的延长也会导致水质恶化、处理难度增加,建议优先开展返排液量大的井施工,随井作业废液处理需提前1~2 d施工,防止水质恶化;同时应进一步研究水处理方法及药剂,以解决返排液长时间存放水质恶化的问题。

### 参考文献

- [1] 马云,何顺安,侯亚龙.油田废压裂液的危害及其处理技术研究进展[J].石油化工应用,2009,28(8):1-3.
- [2] 陈昊,王宝辉,韩洪晶.油田压裂废液危害及其处理技术研究进展[J].当代化工,2015,144(11):2635-2637.
- [3] 贺美,邵波,刘勇,等.页岩气压裂返排液及排放废液的研究现状及微藻资源化处理应用前景综述[J].生态科学,2018,37(5):195-202.
- [4] 杜杰,郭志强,张帆,等.一体化采出水处理装置研究及应用[J].油气田环境保护,2014,24(4):21-22.
- [5] 杨志刚,魏彦林,吕雷,等.页岩气压裂返排液回用处理技术研究与应用[J].安全与管理,2015,35(5):131-136.
- [6] 杨博丽.压裂返排液不落地回收处理技术在苏里格气田的应用[J].石油与天然气化工,2017,46(5):98-105.
- [7] 刘沛华,张璇,赵元寿,等.井场措施废液微涡流混凝处理试验[J].油气田环境保护,2018,28(4):21-25.
- [8] 熊伟,胡锋平,朱纭文.微涡流澄清工艺应用现状与研究进展[J].给水排水工程,2012,30(6):70-76.
- [9] 冀忠伦,蒋继辉,张海玲.高黏度压裂废液絮凝处理实验[J].油气田环境保护,2014,24(1):30-32.

(收稿日期 2019-04-01)

(编辑 李娟)