

◀ 钻井完井 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2013.06.013

## 高效双分散剂 F-2 的研制与应用

齐志刚

(中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

**摘要:**为解决固井替浆过程中钻井液和水泥浆接触后混合浆体流变性变差的问题,采用氧化-还原引发共聚反应,合成了一种高效双分散剂 F-2。根据行业标准对其性能进行了评价,结果表明:聚合物钻井液和常用水泥浆加入双分散剂 F-2 后,其流变性能得到改善;常用水泥浆加入双分散剂 F-2 有助于提高水泥石强度;加入双分散剂 F-2 的常用水泥浆与聚合物钻井液按不同比例混合后,其流变性能没有出现明显的突变;双分散剂 F-2 的最优加量为 0.5%。双分散剂 F-2 在胜利油田 2 口非常规水平井固井中进行了试验,在水泥浆顶替钻井液的过程中,没有出现由于钻井液与水泥浆相混流变性变差的问题,整个固井施工过程顺利,其中 1 口井的第一界面胶结质量优质率高达 95%,第二界面胶结强度中等以上,而未应用双分散剂 F-2 的邻井第一、二界面胶结质量仅为合格。双分散剂 F-2 不仅能对水泥浆和钻井液起到良好的分散效果,也为固井替浆过程中出现的浆体增黏、变稠问题提供了新的解决途径。

**关键词:**固井 水泥浆 钻井液 分散剂 胜利油田 Y227-1HF 井

**中图分类号:**TE256<sup>+</sup>.6    **文献标识码:**A    **文章编号:**1001-0890(2013)06-0068-04

### Synthesis and Evaluation of a High Efficient Dual Dispersant F-2

Qi Zhigang

(Drilling Technology Research Institute, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257017, China)

**Abstract:** In order to solve the cross-contamination problem of cement slurry and drilling fluid in cementing displacement process, a high efficient dual dispersant F-2 has been developed through copolymerization from oxidation and reduction. According to industry standards its performance is evaluated, the results show that rheological properties of polymer drilling fluid and cement slurry after adding dual dispersing agent F-2 are improved. Common cement and polymer drilling fluid with F-2 in different proportions show no sudden change in rheological properties. Optimal dosage of dual dispersing agent F-2 is 0.5%. Then F-2 was tested in two unconventional horizontal wells in Shengli Oilfield. The rheology deterioration of mixed drilling fluid and cement slurry didn't occur in these tests, and the cementing process was smooth, resulting in premium cementing quality of 95% first interface and above average bond strength of second interface. In comparison, first and second interface cementation quality of the adjacent well without using of dual dispersing agent F-2 is only qualified. The dual-dispersing agent F-2 not only has good double-dispersing effect on cement slurry and drilling fluid, but also provides a new solution to the viscosity increase and thickening of cement slurry in the process of cementing displacement.

**Key words:** cementing; cement slurry; drilling fluid; dispersing agent; Shengli Oilfield; Well Y227-1HF

在固井施工水泥浆顶替钻井液过程中,水泥浆与钻井液接触,二者将发生不同程度的相互污染。钻井液与水泥浆直接接触,混合后的浆体易出现变稠、变黏、甚至絮凝结块的现象,严重的甚至造成井下故障。而水泥浆受到钻井液污染后,

收稿日期:2012-11-23; 改回日期:2013-10-25。

作者简介:齐志刚(1977—),男,山东诸城人,2003 年毕业于石油大学(华东)应用化学专业,2009 年获中国石油大学(华东)油气井工程专业博士学位,工程师,主要从事固井液及其外加剂研究。

联系方式:(0546)8771706,33393059@qq.com。

基金项目:国家科技重大专项“断块油田特高含水期提高水驱采收率”(编号:2011ZX05011-003)和“低渗透油气井完井关键技术”(编号:2011ZX05022-006)资助。

流变性变差, 候凝时间延长、水泥石抗压强度下降, 严重影响层间的封隔质量。为改善这一不良情况, 常在二者之间使用一段前置隔离液<sup>[1-3]</sup>。笔者分析了造成水泥浆和钻井液混合后二者流变性都变差的原因, 认为是二者所用分散剂仅对自己起分散作用<sup>[4-8]</sup>, 但国内外对于同时对水泥浆和钻井液都能起到良好分散效果的处理剂的研究基本处于空白。为此, 笔者合成了一种具有高效双分散作用的分散剂 F-2。

## 1 双分散剂 F-2 的合成

### 1.1 研制思路

石油行业中常用聚马来酸酐(或水解聚马来酸)作为优良的水泥浆分散剂<sup>[9]</sup>, 用聚丙烯酸(或其盐)作为良好的水基钻井液稀释剂。因此考虑利用单体烯丙基磺酸钠(AS)、马来酸酐(MA)、丙烯酸(AA), 采用较好的引发剂, 在合适的温度下进行共聚反应, 合成一种新型高效双分散剂, 既能很好地分散水泥浆, 也能对钻井液起到良好的分散作用。笔者采用正交试验对反应温度、反应时间、反应物质量比和引发剂加量等进行了优化, 确定反应物 AS, MA 和 AA 的最佳质量比为 6.0 : 1.0 : 6.6。

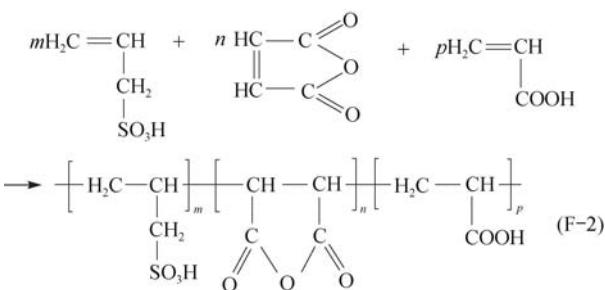
### 1.2 原料及仪器

原料: 烯丙基磺酸钠(AS)、马来酸酐(MA)、丙烯酸(AA)、过硫酸铵、亚硫酸钠、异丙醇、氢氧化钠、木质素磺酸钠、硅酸钠、碳酸钠, 均为分析纯。

仪器: 集热式恒温加热磁力搅拌器、101-A型电热鼓风干燥箱、FA-2204B型分析天平、滚子加热炉、DFC-0710B型增压稠化仪和六速旋转黏度计等。

### 1.3 合成方法

在集热式恒温加热磁力搅拌器内安装带有冷凝管、温度计和滴液漏斗的三口烧瓶进行聚合反应, 在 50 ℃ 温度下, 依次加入烯丙基磺酸钠、马来酸酐、丙烯酸和蒸馏水(AS, MA 和 AA 的质量比为 6.0 : 1.0 : 6.6), 加热搅拌, 待固体完全溶解后, 升温至 70 ℃, 搅拌 15 min 后分别加入 1% 的亚硫酸钠和 2% 的过硫酸铵, 滴加完毕后恒温反应 3 h, 再加入 2 mL 异丙醇, 恒温 0.5 h 后取出, 用 45% 的氢氧化钠溶液将其 pH 值调至 5~6, 放置 24 h 后即得双分散剂 F-2。



## 2 双分散剂 F-2 的性能评价

### 2.1 F-2 的基本性能

按照参考文献[10-11]中的方法, 分别使用常用水泥浆和聚合物钻井液对分散剂 F-2 的基本性能进行评价。常用水泥浆配方为嘉华 G 级水泥 + 0.6% 分散剂 + 0.6% 降滤失剂 SWJ-7, 水灰比 0.44。聚合物钻井液配方为膨润土 + 4.0% 碳酸钠 + 0.4% FA367 + 3.8% XY-27 + 水 + 0.5% 分散剂。

#### 2.1.1 F-2 对水泥浆和钻井液流变性的影响

在常用水泥浆和聚合物钻井液中分别加入双分散剂 F-2、水泥浆用分散剂 SXY 和钻井液用分散剂 SMP, 测试常温下常用水泥浆的流动度和聚合物钻井液的表观黏度, 结果为: 常用水泥浆加入分散剂前的流动度为 14 cm; 加入 F-2, SXY 和 SMP 后的流动度分别为 25, 22 和 15 cm。聚合物钻井液加入分散剂前的表观黏度为 73 mPa·s; 加入 F-2, SXY 和 SMP 后的表观黏度分别为 42, 68 和 40 mPa·s。由此可以看出, SXY 只对水泥浆有较好的分散效果, SMP 只对钻井液有较好的分散效果, 而 F-2 对水泥浆、钻井液都表现出良好的分散性能, 较好地改善了水泥浆和钻井液的流变性。这是因为 F-2 的大分子链上带有较多的  $-\text{SO}_3^-$  和  $-\text{COO}^-$  基团, 容易吸附在水化初期带正电荷的水泥颗粒表面; 同时, F-2 的阴离子型大分子链又能增加黏土颗粒的负电动电位和强化负电颗粒的水化效应<sup>[12-13]</sup>。

#### 2.1.2 F-2 对水泥石抗压强度的影响

在常用水泥浆中分别加入 0.5% 的 F-2, SXY 和 SMP, 测试其所形成水泥石在 90 ℃ 温度下、养护 24 和 72 h 后的抗压强度, 结果为: 常用水泥浆

所形成的水泥石养护 24 和 72 h 后的抗压强度分别为 10.1 和 12.8 MPa; 常用水泥浆加入 F-2, SXY 和 SMP 所形成的水泥石养护 24 h 后的抗压强度分别为 14.8, 12.5 和 6.2 MPa, 养护 72 h 后的抗压强度分别为 17.0, 13.5 和 7.7 MPa。由此可以看出, 常用水泥浆加入 F-2 所形成水泥石的抗压强度高于加入 SXY 和 SMP 所形成的水泥石。其主要原因是: 水泥浆加入 F-2 分散更好, 水泥颗粒与水接触更充分, 水化分散程度更高, 形成的水化产物更为致密均匀, 从而有助于水泥石抗压强度的提高。

## 2.2 F-2 的加量优化

在常用水泥浆和聚合物钻井液中分别加入不同量的 F-2, 并将两者按 75:25 的体积比混合, 测其流变性和所形成水泥石在 90 °C 温度下养护 24 和 72 h 后的抗压强度, 结果见表 1。

表 1 F-2 加量对流变性及混浆水泥石强度的影响

Table 1 Impact of F-2 dosage on mixed-slurry rheology and its stone strength

F-2 加量, 钻井液表观黏度 / 水泥浆流动度 /	抗压强度 / MPa				
	%	(mPa · s)	cm	24 h	72 h
0	68	16	5.3	8.0	
0.1	60	18	5.2	8.0	
0.5	45	25	6.4	9.0	
1.0	39	26	6.7	9.2	
1.5	36	26	6.8	9.1	

由表 1 可知: 随着 F-2 加量的增加, 水泥浆的流动度增加, 但加量超过 0.5% 后变化不明显; F-2 加量的增大对降低钻井液表观黏度有利, 即可改善钻井液的流变性; 随着 F-2 加量的增大, 混浆所形成水泥石的抗压强度增强, 但加量超过 0.5% 后增幅不明显。综合考虑效果和成本, 选择 F-2 的加量为 0.5%。

## 2.3 F-2 的双分散效果

将加入 0.5% F-2 的常用水泥浆与聚合物钻井液按不同比例混合, 测其流变参数, 结果见表 2。

由表 2 可以看出, 将加入 F-2 的常用水泥浆以不同的比例与钻井液相互混合, 无论是流性指数  $n$ , 还是稠度系数  $K$  均没有出现明显的激变。这说明, 加入双分散剂 F-2 可解决钻井液混入水泥浆变稠、变黏、结块及水泥浆混入钻井液流动性变差的问题。

表 2 加入 F-2 常用水泥浆与聚合物钻井液混合后的流变性  
Table 2 Rheology of adding F-2 into common cement slurry mixed with polymer drilling fluid

水泥浆与钻井液的 体积比	流性指数	稠度系数/ (Pa · s <sup>n</sup> )
1.00 : 0	0.881	0.316
0 : 1.00	0.736	0.042
0.95 : 0.05	0.809	0.464
0.75 : 0.25	0.899	0.257
0.50 : 0.50	0.792	0.428
0.25 : 0.75	0.756	0.279
0.05 : 0.95	0.708	0.321

## 3 现场应用

目前, 高效双分散剂 F-2 在胜利油田 Y691-1HF 井、Y227-1HF 井 2 口非常规水平井进行了现场试验。整个固井施工过程中, 未出现钻井液变稠、变黏、结块和水泥浆流变性变差的问题, 且固井质量优。现以 Y227-1HF 井为例介绍其应用情况。

Y227-1HF 井完钻井深 4 591.00 m, 井底垂深 3 608.26 m, 水平段长 1 032.00 m, 目的层为沙 4 段, 岩性以砂砾岩为主。固井前钻井液黏度 98 s, 为保障注水泥顺利进行, 向钻井液中加入双分散剂 F-2, 将钻井液黏度降至 50 s 以下; 固井时注入含 0.5% 双分散剂 F-2 的水泥浆, 注水泥过程中没有出现钻井液增稠、增黏、结块和水泥浆流动性变差的问题。

该井固井后电测结果显示, 固井第一界面胶结质量优质率达 95%, 第二界面胶结质量中等以上。同区块的邻井 Y227-8HF 井, 钻井液和水泥浆都未加双分散剂 F-2, 固井第一、二界面胶结质量仅达到合格。可见, 在钻井液和水泥浆中加入双分散剂 F-2 可以提高固井质量。

## 4 结论与建议

1) 双分散剂 F-2 的最佳合成条件为: AS, MA 和 AA 的质量比为 6.0 : 1.0 : 6.6, 反应温度为 70 °C, 反应时间为 3 h。

2) 双分散剂 F-2 有利于水泥颗粒的充分分散及水化, 从而有助于水泥石强度的发育。

3) 固井时, 在钻井液和水泥浆中加入适量的双分散剂 F-2 可以解决钻井液和水泥浆相混, 钻井液增稠、增黏、结块和水泥浆流变性变差的问题。

4) 建议进一步提高双分散剂 F-2 的双分散效果, 增强其适用性, 从而更好地应用于现场施工。

## 参 考 文 献

### References

- [1] 陈大钧. 油气田应用化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 112-114.  
Chen Dajun. Chemistry applied in oil and gas field[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005: 112-114.
- [2] 陈馥, 陈大钧, 杨世海, 等. 钻井液转变成水泥浆的室内研究[J]. 钻井液与完井液, 1996, 13(6): 33-35.  
Chen Fu, Chen Dajun, Yang Shihai, et al. Laboretory study on converting drilling fluid to cementing slurry[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 1996, 13(6): 33-35.
- [3] 石凤岐, 陈道元, 周亚军, 等. 超高温高密度固井隔离液研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(1): 47-49.  
Shi Fengqi, Chen Daoyuan, Zhou Yajun, et al. An ultra high temperature high density cementing spacer[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2009, 26(1): 47-49.
- [4] 刘东青, 周仕明. SMS抗盐高效前置液的研制与应用[J]. 石油钻探技术, 1999, 27(5): 44-46.  
Liu Dongqing, Zhou Shiming. Study and application of SMS high efficiency salt-resisting pad fluid[J]. Petroleum Drilling Techniques, 1999, 27(5): 44-46.
- [5] 张建云, 李志国, 吴昊, 等. 钻井泥浆稀释剂塔拉磺甲基化单宁(SMT-T)性能的研究[J]. 生物质化学工程, 2007, 47(3): 21-26.  
Zhang Jianyun, Li Zhiguo, Wu Hao, et al. A study on the performance of drilling mud thinner sulfomethylated tannin of tara(SMT-T)[J]. Biomass Chemical Engineering, 2007, 47(3): 21-26.
- [6] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006: 127-128.  
Yan Jienian. Drilling fluid technology[M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 2006: 127-128.
- [7] 何英, 徐依吉, 王槐平, 等. 新型油井水泥分散剂SDJZ-1的研制与应用[J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(3): 18-21.  
He Ying, Xu Yiji, Wang Huaiping, et al. Research and application of oil well cement dispersant SDJZ-1[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2005, 22(3): 18-21.
- [8] 谢应权, 杨远光, 彭志刚. 矿渣固化钻井液技术的高温分散剂研究[J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(3): 65-67.  
Xie Yingquan, Yang Yuanguang, Peng Zhigang. Research of high temperature slag MTC dispersant[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2004, 26(3): 65-67.
- [9] 张德润, 张旭. 固井液设计及应用: 上[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 75-79.  
Zhang Derun, Zhang Xu. Design and application of cementing fluid: party A[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005: 75-79.
- [10] SY/T 5504. 3—2008 油井水泥外加剂评价方法: 第三部分: 减阻剂[S].  
SY/T 5504. 3—2008 Evaluationmethod of well cement additive: part 3: dispersant[S].
- [11] SY/T 5621—1993 钻井液测试程序[S].  
SY/T 562—1993 Test procedure for drilling fluids[S].
- [12] 刘崇建, 黄柏宗, 徐同台, 等. 油气井注水泥理论与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 74-80.  
Liu Chongjian, Huang Bozong, Xu Tongtai, et al. Theory and application of oil and gas well cementing[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 74-80.
- [13] 姚晓. 几种油井水泥外加剂的作用机理[J]. 油田化学, 1993, 10(1): 74-79.  
Yao Xiao. A review on mechanisms of functioning of some basic additives for oil well cement[J]. Oilfield Chemistry, 1993, 10(1): 74-79.

[编辑 刘文臣]

## 石油工程科技名词的规范化使用——“蹩钻”与“憋泵”

在《现代汉语词典》中, “蹩”的释义为: 脚脖子或手腕子扭伤, 主要用于方言, 常用方言词“蹩脚”的释义为“质量不好或本领不强”。“憋”的释义为: 1) 抑制或堵住不让出来; 2) 闷。

(1) 憋钻。“蹩钻”是指钻进中因钻头所受力矩不均, 转盘转动异常的现象, 用来描述一种不正常钻进的现象, 其原因不是“抑制或堵住不让出来”, 而是“受力不均”。根据《现代汉语词典》中“蹩”与“憋”的释义, 使用“蹩钻”更为贴切。全国科学技术名词审定委员会将石油学科中的“蹩钻”作为规范科技术语。因此, “蹩钻”是规范写法, 而“憋钻”是不规范写法。

(2) 憋泵。“憋泵”是指因循环系统堵塞或井眼不畅等原因使泵压剧增的现象, 可见, 出现憋泵的原因是“循环系统堵塞或井眼不畅”, 这与《现代汉语词典》中“憋”为“抑制或堵住不让出来”的释义更接近, 因而使用“憋泵”更为贴切, “憋泵”不能准确表达真实意义。GB/T 28911—2012(石油天然气钻井工程术语)已明确将“憋泵”作为规范术语。因此, “憋泵”是规范写法, 而“蹩泵”是不规范写法。

[供稿 陈会年]