

抗冻型 JYC 降失水剂的室内研究与应用

刘 伟

(中国石化石油工程技术研究院,北京 100101)

摘 要:为了解决高寒地区冬季固井施工中液体降失水剂易结冰的问题,在聚乙烯醇交联反应中通过引入冰点降低剂并控制交联反应的交联度,合成了在低温下具有适度流动性和良好降失水性能的 JYC 降失水剂。通过室内试验对 JYC 降失水剂的抗冻性能、JYC 降失水剂加量对水泥浆性能的影响及海水对 JYC 水泥浆性能的影响进行了评价,结果表明:JYC 降失水剂可以在 -20°C 的环境下使用;随着 JYC 降失水剂加量的增加,水泥浆的失水量逐渐降低,但其加量超过 8% 时,失水量的降低幅度很小;随着 JYC 降失水剂加量的增加,水泥浆的稠度略微增大,稠化时间稍有延长,但对其抗压强度无不良影响;采用海水和部分海水配浆,JYC 水泥浆的失水量会增大,但仍小于 50 mL,水泥浆会增稠,其抗压强度有一定提高。在吉林松南区块的应用表明,JYC 降失水剂不但解决了高寒地区冬季固井施工中液体降失水剂易结冰的问题,而且固井质量也得到了提高。

关键词:降失水剂 水泥浆性能 固井质量 抗冻型

中图分类号:TE256⁺.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2011)06-0056-04

Laboratory Study and Applications of Anti-Frozen JYC Fluid Loss Additive

Liu Wei

(Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: In order to solve the problem of frozen of cementing filtration control agent in winter, adding the freezing point depressant and controlling the degree of crosslinking in the cross-linking reaction of PVA formed the JYC filtration control agent, which has good fluidity and filtration control function at low temperature. Through laboratory test, the frost resistance of filtration control agent and the effect of adding JYC on cement slurry properties, as well as seawater's effect on the JYC cement slurry has been estimated. The results show that JYC can be used in -20°C ; the filtrate loss can be reduced with the increase of JYC, but when JYC's volume is more than 8%, the filtrate loss reduced slightly. With the increase of JYC's volume, the consistency of cement slurry is increasing, and thickening time prolongs, while the compressive strength is not affected. Using the sea water to make JYC slurry can increase the filtrate loss while still less than 50 mL, thickens the slurry, and raise compressive strength. The application in Jilin Songnan shows that JYC can solve the problem of frozen of filtration loss additives in extremely cold zones and improve cementing quality.

Key words: filtrate reducer, slurry property; cementing quality anti-frozen

在水泥浆中加入降失水剂是为了降低水泥浆在地层中的滤失,保护油气层。目前国内外使用的降失水剂种类较多,如纤维素类、聚酰胺类、磺化聚合物、聚乙烯醇^[1-2]等。聚乙烯醇类降失水剂具有价格低、降失水性能好、对水泥浆的强度和稠化时间无不良影响等优点,故被广泛应用。聚乙烯醇类降失水剂以固体和液体两种形式存在。固体聚乙烯醇类降失水剂多以干混形式与水泥混配,存在混配工艺

复杂,混拌不均的问题。而液体聚乙烯醇类降失水剂直接加入到配浆水中,能有效解决混配不均的问题,但液体聚乙烯醇类降失水剂在地表环境温度低

收稿日期:2010-11-07;**改回日期:**2011-10-26。

作者简介:刘伟(1965—),女,黑龙江宝清人,1990年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,2003年获石油大学(北京)油气井工程专业硕士学位,高级工程师,主要从事固井技术研究工作。

联系方式:(010)84988280,liuwei_sripe@sinopec.com。

于 0℃ 时,就会失去流动性^[3],温度再低时还会结冰且不易解冻。为此,中国石化石油工程技术研究院在聚乙烯醇交联反应中引入冰点降低剂^[4-6],通过控制合成反应中的交联度,合成了具有优良降失水性能的抗冻型 JYC 降失水剂,该降失水剂在 -20℃ 的环境温度下仍具有流动性,存放数日不会结冰。现场应用表明,抗冻型 JYC 降失水剂可以解决冬季和高寒地区固井施工中液体降失水剂易结冰失去流动性的问题。

1 抗冻型 JYC 降失水剂的合成

1.1 设计思路

在聚乙烯醇中引入化学稳定性和热稳定性好的多元醇冰点降低剂 JYC-1,通过调节 JYC-1 的加量来降低聚乙烯醇溶液的凝固点。为使合成的降失水剂具有良好的降失水性能,采用特殊的交联剂 JYC-2 与聚乙烯醇、多元醇分子中的羟基进行反应,利用化学键将线型聚乙烯醇连接起来,形成较大的具有桥键的体形结构分子(见图 1),分子中的基团互相键合成为致密的网状结构,这种结构形成的固体膜十分致密,能很好地控制失水。

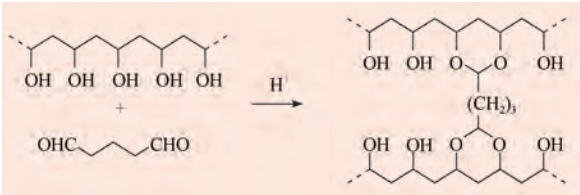


图 1 聚乙烯醇与 JYC-2 的络合反应

Fig. 1 The complex reaction of polyvinyl alcohol and JYC-2

1.2 合成方法

将定量去离子水加入到三颈瓶中,再依次加入称量好的聚乙烯醇、冰点降低剂 JYC-1,加入过程中不断搅拌,加热至液体均匀透明,然后在 60℃ 温度下,分别加入适量的交联剂 JYC-2、pH 值调节剂,反应 1~2 h,然后冷却至室温,即得抗冻型 JYC 降失水剂。

1.3 配方优化

1.3.1 聚乙烯醇加量对反应产物黏度的影响

为了考察聚乙烯醇加量对反应产物黏度的影响,采用 M3600 型流变仪测定了不同聚乙烯醇加量时反应产物的黏度,结果见表 1。从表 1 可以看出:

随聚乙烯醇加量的增大,反应产物黏度升高,当温度从 40℃ 降至 0℃ 时,反应产物的黏度会急剧升高,说明反应产物黏度对温度很敏感。

表 1 聚乙烯醇加量对反应物黏度的影响

Table 1 Effect of amount of polyvinyl alcohol on viscosity of the products

序号	聚乙 烯醇 加量, %	JYC-2 加量, %	黏度/mPa·s	
			40℃	0℃
1	15	0.16	267	786
2	10	0.16	248	679
3	8	0.16	186	525
4	5	0.16	116	29

注:聚乙烯醇加量为聚乙烯醇与水的质量比,下同;JYC-2 加量为 JYC-2 与聚乙烯醇的质量比,下同。

1.3.2 聚乙烯醇加量和交联度对降失水性能与流动性的影响

由于合成反应过程中聚乙烯醇加量和交联度的大小对反应产物的降失水性能和倾倒温度有一定影响,因此在保证失水量满足要求的前提下,合成时要控制好交联剂加量。表 2 为聚乙烯醇、冰点降低剂 JYC-1 和交联剂 JYC-2 在不同加量下合成产物的失水量和倾倒温度。

表 2 聚乙烯醇、JYC-1、JYC-2 加量对反应产物失水量和倾倒温度的影响

Table 2 The effect of amount of polyvinyl alcohol、JYC-1、JYC-2 on temperature and fluid loss of the products

配方	聚乙 烯醇 加量, %	JYC-1加 量, %	JYC-2 加 量, %	失水 量/mL	倾倒 温度/℃
1	15		0.16	23	3
2	10		0.16	36	1
3	15	5	0.16	20	-2
4	15	5	0.14	29	-4
5	15	7	0.14	27	-5
6	10	7	0.16	32	-6
7	10	7	0.14	36	-9
8	10	7	0.12	42	-11
9	7	7	0.23	34	-10
10	7	10	0.23	30	-14
11	7	10	0.20	36	-17
12	7	12	0.18	45	-20
13	7	12	0.16	56	-22
14	7	15	0.14	53	-25

注:倾倒温度是指 JYC 降失水剂失去流动性时的临界温度;JYC-1加量为 JYC-1 与聚乙烯醇的质量比;失水量的测试条件为 70℃。

从表 2 可以看出:聚乙烯醇与交联剂的加量,在一定程度上影响合成产物的倾倒温度;随着交联剂 JYC-2 加量的减小,JYC 降失水剂的倾倒温度逐渐降低,失水量逐渐增大;随着 JYC-1 加量增大,JYC 降失水剂的倾倒温度逐渐降低;JYC-1 加量对 JYC 降失水剂降失水性能的影响不大。

通过大量试验,对聚乙烯醇、JYC-1、JYC-2 的加量进行了优化,考虑综合成本,推荐聚乙烯醇、JYC-1 和 JYC-2 的加量分别为 7%~10%、7%~12%和 0.12%~0.23%。通过调整聚乙醇、JYC-1 和 JYC-2 的加量,JYC 降失水剂的倾倒温度能控制在-10~-20℃。

2 性能评价

2.1 JYC 抗冻型降失水剂的抗冻性能

将按表 2 中配方 12 合成的 JYC 降失水剂与 FSAM 降失水剂进行抗冻性能对比试验,结果见表 3。

表 3 JYC 降失水剂防冻效果试验

Table 3 Anti-freezing effect test with JYC fluid loss additives					
降失水剂	温度/℃	时间/d	状态	流动性	解冻方法
JYC	0	30	液态	优	
	-5	30	液态	优	
	-10	10	液态	优	
	-15	10	液态	良	
	-20	1	液态	无	>0℃
	-25	<1	半固态	无	>40℃
FSAM	0	2	液态	差	>40℃
	-5	1	固态	无	>80℃
	-10	<1	固态	无	>80℃

注:解冻方法是将降失水剂在要求的水浴温度以上进行加温。

从表 3 可以看出,抗冻型 JYC 降失水剂与普通 FSAM 降失水剂相比,具有较好的抗冻性能,可以在-20℃的环境下使用。

2.2 温度对 JYC 水泥浆失水性能的影响

JYC 水泥浆配方为大连 G 级水泥+6.00%JYC+1.10% JYFL+0.15%JYH-1+44.00%自来水。JYC 降失水剂是按表 2 中配方 12 合成的。测试 JYC 水泥浆在不同温度下的失水量,结果见表 4。

从表 4 可以看出,在 25~100℃温度下,JYC 加量为 6%时,水泥浆的 API 失水量小于 50 mL,说明 JYC 降失水剂具有很好的降失水性能。

表 4 温度对 JYC 水泥浆失水量的影响

Table 4 Effect of temperature on the fluid loss of JYC slurry

序号	温度/℃	失水量/mL
1	25	35
2	40	29
3	55	27
4	70	33
5	85	40
6	100	48
7	115	76

2.3 JYC 加量对水泥浆性能的影响

通过调整水泥浆中 JYC 的加量,在同一温度条件下,测试水泥浆的失水量、稠化时间和抗压强度,以观察 JYC 加量对水泥浆性能的影响,结果见表 5。水泥浆配方为大连 G 级水泥+4.00%~10.00% JYC+1.10%~1.50% JYFL+0.25%JYH-1+44.00%自来水。

表 5 JYC 加量对 JYC 水泥浆性能的影响(80℃)

Table 5 The effect of JYC amount on the cement slurry property(80℃)

JYC 加量,%	失水量/mL	初始稠度/Bc	24h 抗压强度/MPa	稠化时间(过渡时间)/min
4	66	8	22.4	222(5)
5	44	8	22.1	235(7)
6	37	10	21.6	241(7)
7	30	13	20.8	247(8)
8	26	15	21.1	250(7)
9	24	16	22.7	257(9)
10	23	18	21.2	270(11)

由表 5 可以看到:随着 JYC 加量增大,水泥浆失水量逐渐降低,当 JYC 加量超过 5%时,水泥浆失水量小于 50 mL,当加量超过 8%以上,失水量降低幅度很小;随着 JYC 加量的增大,水泥浆的稠度略微增大,为了保持良好的流动性,当 JYC 加量增大时,可适当提高分散剂的加量;随着 JYC 加量增大,水泥浆的稠化时间稍有延长,但对抗压强度无不良影响,稠化过渡时间小于 10 min,有利于防止气窜。

2.4 海水对 JYC 水泥浆性能的影响

大多数降失水剂在海水条件下,其降失水性能变差,所以在油层套管固井作业中很少使用海水。为检验 JYC 降失水剂是否能适用于海水,笔者将 JYC 水泥浆的配浆水部分或全部换为海水,测定了 JYC 水泥浆的性能,结果见表 6。

从表 6 可以看出,JYC 水泥浆在混入海水和用海水配浆时,其失水量虽有所增加,但失水量仍小于

表 6 海水对 JYC 水泥浆性能的影响
Table 6 The effect of seawater on JYC slurry property

水泥浆配方	温度/℃	失水量/ mL	稠化时间/ min	稠度/Bc	抗压强度/ MPa
大连 G 级水泥 6.00%JYC+1.10%JJYFL+0.10%JYH-1+44.00%淡水	60	22	202	10	17
大连 G 级水泥 6.00%JYC+1.10%JJYFL+0.10%JYH-1+37.40%淡水+6.60%海水	60	24	170	14	19
大连 G 级水泥 6.00%JYC+1.10%JJYFL+0.10%JYH-1+30.80%淡水+6.60%海水	60	27	134	18	20
大连 G 级水泥 6.00%JYC+1.10%JJYFL+0.22%JYH-1+17.60%淡水+26.40%海水	60	32	184	22	20
大连 G 级水泥 6.00%JYC+1.40%JJYFL+0.22%JYH-1+44.00%海水	60	39	126	16	22
大连 G 级水泥 7.00%JYC+1.90%JJYFL+0.32%JYH-1+44.00%海水	60	36	199	15	21

50 mL,只是浆体略显增稠,可加入分散剂改善其流变性,并通过调整缓凝剂加量来优化稠化时间。

3 现场应用

吉林松南区块属高寒地区,年平均温度只有 13℃,其中有近 5 个月的时间温度低于 0℃,最低温度可达-23℃。由于液体降失水剂在低温下易胶凝,因此在冬季施工时,需采取保温措施,给现场配浆带来诸多不变。为了解决这一问题,该区块采用了 JYC 水泥浆体系,其配方为大连 G 水泥级+7.00%~10.00% JYC+0.12%~0.20%JYH-1+1.80%JYFL+5.00%~15.00%稳定剂+10.00%~30.00%减轻剂+55.00%~75.00%现场水,水泥浆密度 1.37~1.65 kg/L。表 7 为在冬季固井部分井的降失水剂存放条件和固井质量。从表 7 可看出,采用 JYC 降失水剂,降低了降失水剂的存放条件,且固井质量也得到了提高。

表 7 部分井所用降失水剂的存放条件和固井质量
Table 7 Conditions of storage for different filtration control agents at some wellsite as well as cementing quality

井号	地表温度/℃	降失水剂	存放条件	固井质量
Bk203-5	-8	LDAM	暖库	良好
SN79	-18	J-2B	暖库	合格
东深 1	-15	DZJ-Y	暖库	良好
Fk20	-18	JYC	室外	优质
DK11	-15	JYC	室外	优质

4 结 论

- 1) 通过引入多元醇冰点降低剂,有效降低了聚乙烯醇降失水剂的凝固点,其使用最低环境温度由 0℃降至-20℃,满足了冬季和高寒地区的固井施工要求。
- 2) 采用特殊交联剂与聚乙烯醇分子中的羟基进行化学交联反应,使合成的 JYC 降失水剂具有良

- 好的降失水性能。
- 3) JYC 降失水剂不但适用淡水,而且具有良好的抗盐性,在配浆水混入海水或采用海水配浆时,通过调整分散剂和缓凝剂加量,仍能使水泥浆的综合性能满足施工要求。
- 4) 松南地区采用 JYC 降失水剂,不但降低了降失剂的存放条件,方便了冬季施工配浆,而且提高了固井质量。

参 考 文 献
References

[1] 陈涓,彭朴,汪燮卿,等. 化学交联聚乙烯醇的交联度和降失水性能的关系[J]. 钻井液与完井液,2002,19(5):22-25.
Chen Juan, Peng Pu, Wang Xieqing, et al. Correlations between the cross-linking degree of polyvinyl alcohol and its property of fluid loss controlling[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid,2002,19(5):22-25.

[2] 丁岗,倪红坚,武红卫,等. 胶乳对油井水泥浆作用机理的实验研究[J]. 石油大学学报:自然科学版,2001,25(2):16-18.
Ding Gang, Ni Hongjian, Wu Hongwei, et al. Experimental study on action of latex on cement slurry of oil well[J]. Journal of the University of Petroleum, China; Edition of Natural Science,2001,25(2):16-18.

[3] 陈仕先,崔永虎,刘伟. LDAM 低密度水泥浆在松南地区的应用[J]. 石油钻探技术,1995,23(增刊 1):51-53.
Chen Shixian, Cui Yonghu, Liu Wei. Applied researches on a low density cement slurry with LDAM to Songnan Area[J]. Petroleum Drilling Techniques,1995,23(Supplement 1):51-53.

[4] 陶佃彬,童秀凤,曹云龙. 汽车防冻冷却液的研究进展[J]. 材料保护,2007,40(6):49-51.
Tao Dianbin, Tong Xiufeng, Cao Yunlong. Progress in research of antifreezing/cooling fluids for automobiles[J]. Journal of Materials Protection,2007,40(6):49-51.

[5] 李宪平,贺干武,姜丽. 防冻液及其防腐性能的研究[J]. 邵阳学院学报:自然科学版,2006,3(1):83-85.
Li Xianping, He Ganwu, Jiang Li. Study on anti-freezing fluid and its metal protection[J]. Journal of Shaoyang University: Science and Technology,2006,3(1):83-85.

[6] 崔慧枝. 乙二醇在非聚酯领域的应用[J]. 精细与专用化学品,2009,17(3/4):24-26.
Cui Huizhi. Application of glycol in fields except for polyesters [J]. Fine and Specialty Chemicals,2009,17(3/4):24-26.