

新型油井水泥促凝剂 LT-A 及其性能

彭志刚¹ 王成文²

1. 中国石化胜利油田钻井工艺研究院 2. 中国石油大学(华东)石油工程学院

彭志刚等. 新型油井水泥促凝剂 LT-A 及其性能. 天然气工业, 2012, 32(4): 63-65.

摘要 针对低温或表层段固井候凝时间长的问题, 采用价格低廉、早强作用强且性能稳定的促凝剂有利于缩短固井时间和提高固井质量。为此, 研制了过渡金属复合盐类促凝剂 LT-A 并系统评价了该促凝剂不同加量(1%、2% 和 3%) 情况下的油井水泥浆性能, 得到了促凝剂 LT-A 对油井水泥的影响规律: 促凝剂 LT-A 能促进油井水泥的水化能力, 缩短水泥浆稠化时间, 显著提高水泥石早期抗压强度, 加入促凝剂 LT-A 的水泥浆稠化时间与原浆稠化时间之比小于等于 0.5、水泥石 6 h 抗压强度(39 ℃、常压) 大于等于 4.0 MPa, 完全满足促凝剂评价标准 SY/T 5504.4—2008 的相关要求。实验还进一步证实: LT-A 对水泥浆流变参数和初始稠度基本无影响, 是一种性能优于 CaCl₂ 的新型促凝剂。

关键词 新型促凝剂 LT-A 油井水泥 固井 低温早强 稠化时间 抗压强度

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2012.04.015

温度是影响水泥水化反应速率的主要因素。常用油井水泥的主要矿物熟料为硅酸三钙(C₃S)、硅酸二钙(C₂S), 其在低温条件下的水化反应速率较慢, 水泥石的早期抗压强度低, 使固井候凝时间延长, 无法满足低温或表层段等固井要求^[1-4]。针对低温或表层段固井候凝时间长的问题, 常采用氯化钙(CaCl₂) 作为促凝剂。CaCl₂ 促凝剂具有价格低廉、早强作用强等优点, 但会使水泥浆流变性变差、水泥初始水化放热很大、水泥浆增稠、甚至出现“闪凝”现象, 严重危及注水泥作业安全, 并且后期会使水泥石渗透率增大、抗盐腐蚀能力下降等^[5-6]。开展副作用小、低温早强作用强的新型促凝剂研制具有十分重要的现实意义和应用前景, 国外从 2002 年就开始了多羟基胺类、碱土金属氮化物类等新型促凝剂的研究工作^[7-8], 目前国内也在积极开展这方面的研究工作^[9-12]。在此, 笔者依据不同离子对硅酸钙矿物熟料水化速率的影响规律, 研制出过渡金属复合盐类新型低温促凝剂 LT-A, 系统测试了 LT-A 对油井 G 级水泥浆的流变性、稠化时间和抗压强度性能的影响, 并与 CaCl₂ 促凝剂进行比较, 分析说明新型促凝剂 LT-A 的低温促凝效果。

1 实验原料与方法

1.1 实验原料

嘉华 G 级水泥(四川嘉华企业股份有限公司), 促凝剂 LT-A(实验室自制), 氯化钙(化学纯, 中国医药集团上海试剂分公司), 消泡剂 SWX-1(胜利黄河固井公司提供)。

1.2 实验方法

按标准 GB/T 19139—2003“油井水泥试验方法”制备水泥浆, 参考石油天然气行业标准 SY/T 5504.4—2008“油井水泥外加剂评价方法第 4 部分: 促凝剂”评价促凝剂对水泥浆的初始稠度、稠化时间和抗压强度的影响。实验装置为: OWC—2000A 增压稠化仪(沈阳固测井石油仪器研究所)、ZNN-D6 型旋转黏度计(青岛海通达仪器厂)、SL-B 型多功能养护釜(工作温度—10~90 ℃, 工作压力小于等于 30 MPa, 自制), NYL-300 型压力试验机(无锡建材仪器厂)。

1.3 水泥浆流变参数计算

参照标准 SY/T 5480—2007“固井设计规范”测定水泥浆在旋转黏度计以 300、200、100、6 r/min 和

基金项目 教育部博士点基金项目(编号: 20100133120004)和国家高技术研究发展计划(863 计划)(编号: 2006AA09Z340)部分研究成果。

作者简介 彭志刚, 1976 年生, 高级工程师, 博士; 2004 年毕业于原西南石油学院油气井工程专业并获博士学位; 现从事油气田化学处理剂研究工作。地址: (257017) 山东省东营市北一路 827 号。电话: (0546) 8554640。E-mail: slof_pzg@sina.com

3 r/min 转速条件下对应格数值,按下述公式分别计算水泥浆的流性指数和稠度系数:

$$n = 2.092 \lg(\theta_{300} / \theta_{600}) \quad K = 0.511 \theta_{600} / 511^n$$

式中 n 代表流性指数, n 值越大水泥浆流动性能越好; K 为稠度系数, K 值越大表明水泥浆越稠。

2 结果与讨论

2.1 LT-A 对水泥浆流变性能的影响

为评价 LT-A 促凝剂对水泥浆流变性能的影响规律,分别测试了嘉华 G 级水泥中加入 1%、2% 和 3% LT-A 促凝剂(水灰比 0.44)体系在室温(25 °C)条件下的流变参数,并与嘉华 G 级水泥原浆(水灰比 0.44)、嘉华 G 级水泥加 CaCl_2 促凝剂(水灰比 0.44)体系进行对比,结果如图 1 和表 1 所示。测试结果表明,加 CaCl_2 的水泥浆体系随着 CaCl_2 加量增加,水泥浆稠度系数 K 不断增大,当加量达到 3% 时,稠度系数 K 高达 31.231 6,此时水泥浆难以流动,这充分说明 CaCl_2 对水泥浆的流动性影响很大,具有明显的增稠副作用。而加 LT-A 促凝剂的水泥浆体系,虽然随着 LT-A 加量增加,水泥浆在不同旋转黏度计转数下的值都比 G 级水泥原浆大幅度增加,但水泥浆的流性指

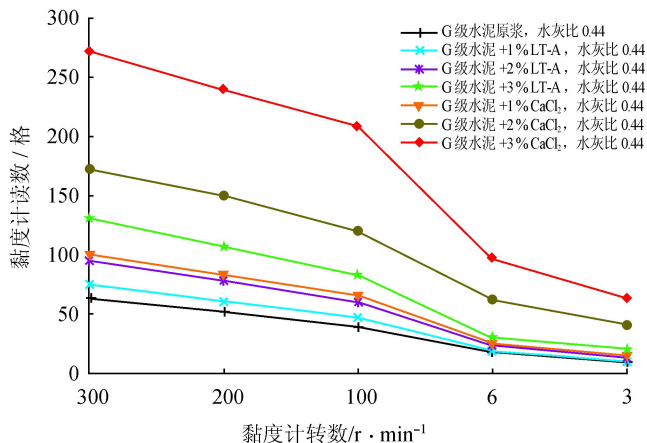


图 1 促凝剂加量对水泥浆流变性能的影响图

表 1 促凝剂对水泥浆流变参数的影响表

促凝剂加量	n	$K/\text{Pa} \cdot \text{s}^n$
0	0.435 7	2.126 7
1.0% LT-A	0.424 6	2.713 2
2.0% LT-A	0.417 5	3.592 3
3.0% LT-A	0.414 6	5.044 1
1.0% CaCl_2	0.377 5	4.852 8
2.0% CaCl_2	0.327 1	11.429 4
3.0% CaCl_2	0.239 4	31.231 6

数 n 和稠度系数 K 都变化很小,水泥浆仍保持非常好的流动性,说明 LT-A 对水泥浆的流变性能影响很微小。

2.2 LT-A 对水泥石抗压强度发展的影响

为评价促凝剂 LT-A 对油井水泥石抗压强度发展的影响,在嘉华 G 级水泥原浆(水灰比 0.44)中分别加入(占水泥质量)1%、2% 和 3% LT-A 促凝剂,测试水泥石在 39 °C、常压条件下养护 6 h、24 h 的抗压强度,并与嘉华 G 级水泥原浆的抗压强度进行对比,结果如图 2 所示。测试结果表明,G 级水泥原浆养护 6 h 的抗压强度值很小,当 LT-A 加量达到 2% 时,其水泥石强度达到 5.51 MPa,满足标准 SY/T 5504.4—2008 中要求促凝剂 6 h 抗压强度(39 °C、常压)大于等于 4.0 MPa 的技术指标,表现出优异的低温早强效果;G 级水泥原浆中加入促凝剂 LT-A 后,水泥石养护 24 h 抗压强度之比大于 1.0,满足标准 SY/T 5504.4—2008 中要求促凝剂 24 h 抗压强度之比(39 °C、常压)大于等于 1.0 的技术指标。结果证实,LT-A 当加量达到 2% 时,就具有较好的早强作用,能显著提高水泥石早期抗压强度,其最优加量(占水泥质量)为 2%~3%。

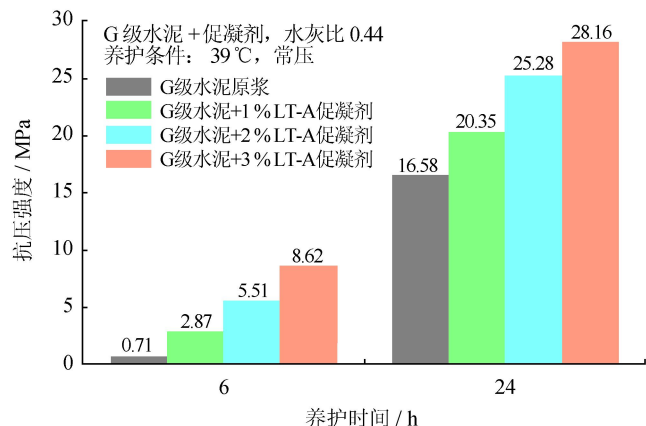


图 2 LT-A 对 G 级水泥浆抗压强度的影响图

2.3 LT-A 对水泥浆稠化性能的影响

为评价促凝剂 LT-A 对油井水泥浆稠化时间的影响,选择 LT-A 加量(占水泥质量)3% 进行实验。分别测试了嘉华 G 级水泥原浆(水灰比 0.44)、嘉华 G 级水泥+3% CaCl_2 促凝剂(水灰比 0.44)体系和嘉华 G 级水泥+3% LT-A 促凝剂(水灰比 0.44)体系在 32 °C、8.3 MPa 条件下稠化曲线图,结果如图 3、4、5 所示。

结果表明,嘉华 G 级水泥+3% CaCl_2 体系的初始稠度却达到 26 Bc,并且水泥浆稠度不断升高,在稠化约 18 min 时稠度骤增至 48 Bc,31 min 时稠度又逐

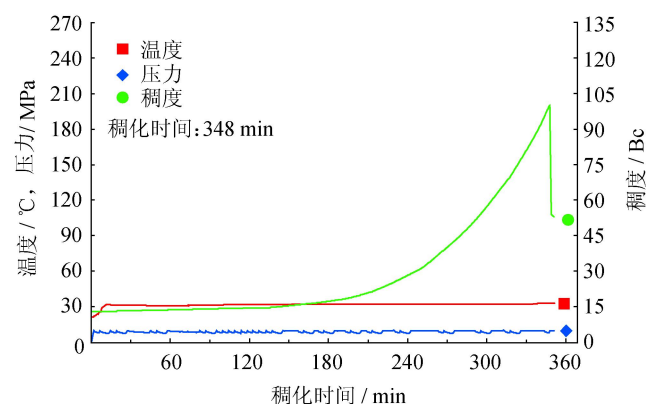


图3 G级水泥原浆的稠化时间图

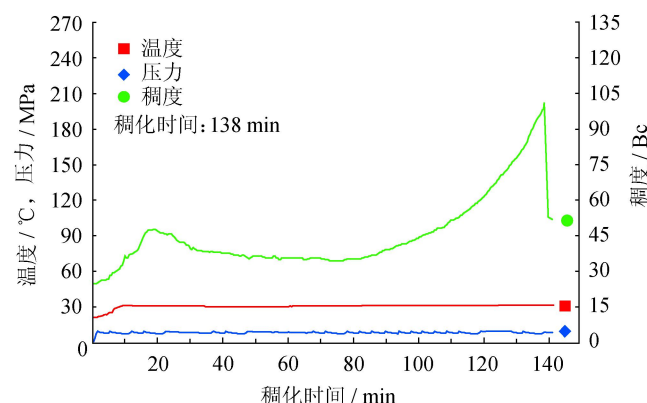


图4 氯化钙促凝剂对G级水泥浆稠化时间的影响图

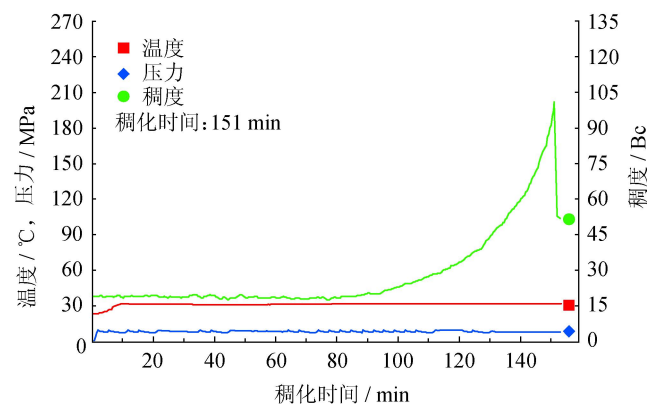


图5 LT-A促凝剂对G级水泥浆稠化时间的影响图

渐降至 38 Bc 左右,发生严重的“闪凝”现象。对比图 3、4、5 可知,LT-A 和 CaCl_2 促凝剂都能显著缩短水泥浆稠化时间,加有 LT-A 和 CaCl_2 促凝剂的水泥浆稠化时间与水泥原浆稠化时间之比(32 °C、8.3 MPa)分别为 0.434 和 0.397,满足标准 SY/T 5504.4—2008 中要求稠化时间之比(32 °C、8.3 MPa)小于等于 0.5 的技术指标。综上所述,说明 LT-A 具有非常好的促凝作用,并且对水泥浆初始稠度基本无影响,是一种综

合性能优异的新型促凝剂。

3 结论

1)促凝剂 LT-A 对水泥浆流变参数的影响很微小,水泥浆仍保持非常好的流动性。

2)促凝剂 LT-A 能显著地缩短水泥浆的稠化时间,并且对水泥浆初始稠度基本无影响,表现出较优的促凝作用。

3)促凝剂 LT-A 能显著提高水泥石早期抗压强度,完全满足 6 h 抗压强度(39 °C、常压)大于等于 4.0 MPa、24 h 的抗压强度与 G 级水泥原浆抗压强度之比大于 1.0 的技术指标,表现出优异的低温早强效果。

4)促凝剂 LT-A 的最优加量(占水泥质量)为 2%~3%,具有优异的低温早强和促凝作用,并且对水泥浆流变参数和初始稠度基本无影响,过渡金属复合盐类促凝剂 LT-A 是一种性能优秀的新型促凝剂。

参考文献

- [1] 屈建省,许树谦,郭小阳,等.特殊固井技术[M].北京:石油工业出版社,2006:4-14.
- [2] 王瑞和,王成文,步玉环,等.深水固井技术研究进展[J].中国石油大学学报:自然科学版,2008,32(1):77-81.
- [3] 张成金,严海兵,冷永红.超细低密度水泥浆的研制及其应用[J].天然气工业,2009,29(10):54-56.
- [4] 雷群,王红岩,赵群,等.国内外非常规油气资源勘探开发现状及建议[J].天然气工业,2008,28(12):7-10.
- [5] ERIK B N. Well Cementing[M]. Netherlands: Schlumberger Educational Services, 1990: 2-5.
- [6] 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,2001:19-43.
- [7] BAIREDDY R R, RUSSELL M F. Cementing casing strings in deepwater offshore wells; USA, 6454004B2[P]. 2002-09-24.
- [8] JACK M, GERG G, STEPHAN H, et al. Process of well cementing in cold environment; USA, 6955220B2[P]. 2005-10-18.
- [9] 韩卫华,佟刚,杨红歧,等.一种新型油井水泥低温早强剂[J].钻井液与完井液,2006,23(3):31-33.
- [10] 王瑞和,齐志刚,步玉环,等.一种新型曼尼希碱促凝剂的性能研究[J].石油钻探技术,2009,37(3):13-16.
- [11] 杨远光,张继尹,马思平.油井水泥低温早强剂室内研究[J].西南石油大学学报:自然科学版,2009,31(1):141-144.
- [12] 王成文,王瑞和,彭志刚,等.新型促凝剂 DWA 改善固井水泥低温性能的实验[J].中国石油大学学报:自然科学版,2011,35(1):159-162.