

低温条件下乙二醇基钻井液体系的试验研究

展嘉佳, 徐会文, 冯 哲

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 钻井液在冰点以下能否保持正常的工作性能对低温地层的勘探工作具有十分重要的意义, 选择乙二醇作为钻井液的防冻剂可以满足勘探钻进工作的要求。对乙二醇复合聚合物钻井液的耐低温能力、流变性、失水特性以及钻井液的防塌能力进行了试验研究, 确定了乙二醇及钻井液中其它聚合物的加量, 使其满足低温条件下勘探的要求。

关键词: 低温勘探; 低温钻井液; 乙二醇; 防冻剂

中图分类号: P634.6; TE254 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)11-0017-03

Experimental Study on Ethylene Alcohol-based Drilling Fluid System under Low-temperature Condition/ZHAN Jia-jia, XU Hui-wen, FENG Zhe (College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract: It has great significance for the exploration work in low-temperature formation whether drilling fluid can maintain the normal performance below freezing point. Choosing ethylene alcohol as anti-freezing agent can meet the requests of drilling work. Study was made on low temperature resistance, liquidity, water loss character and preventing collapse capability of the drilling fluid, the amount of ethylene alcohol and other polymers are determined to meet the requests of exploration in low temperature formation.

Key words: low temperature exploration; low temperature drilling fluid; ethylene alcohol; anti-freezing agent

0 引言

近年来世界各国纷纷开展了对冰层、极地及高原冻土层的勘探开发, 这是因为在这些地区赋存大量的、有价值的固体矿产资源和天然气水合物。天然气水合物作为一种清洁的新能源, 已经引起世界各国的广泛关注, 它是在低温高压条件下由水和天然气形成的结晶物, 广泛分布于大陆边缘海底和冻土带沉积物中^[1]。在冰层、极地、冻土层以及天然气水合物赋存地层的勘探钻进中, 钻井液在冰点以下能够正常工作是十分重要和必备的条件。研制出适合于低温条件下的钻井液体系, 确保在低温条件下的钻井液具有良好的流变性能与抑制能力, 具有十分重要的意义。

1 低温钻井液的要求

在以上低温地层中钻进取样时, 工作温度在冰点以下, 通常是在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低工作温度可达到 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右, 因此对冲洗液提出特殊的技术要求:

- (1) 耐低温能力强, 抗冻性能好;
- (2) 要保证低温条件下仍具有良好的流动性;
- (3) 合适的失水特性;

(4) 良好的抑制性, 包括抑制泥页岩地层的水化和天然气水合物的分解;

(5) 钻井液的密度应维护地层的稳定;

(6) 钻井液的组分要少, 以方便配制使用, 且方便调节性能。

研究表明, 已经使用过的抗冻剂主要有煤油、低分子量的醇类, 如甲醇、乙醇、丙醇、异丙醇和烯丙醇等都具有低的冻点^[2]。同时还应添加水溶性高聚物来调节钻井液的流变性, 增强其抑制能力。

2 室内试验研究

2.1 耐低温介质的选择

应用于钻井液的耐低温介质必须是水溶性的, 且综合考虑环保及成本问题, 在试验中选择乙二醇作为抗冻剂。

乙二醇是一种粘稠带有甜味的液体, 沸点 $197\text{ }^{\circ}\text{C}$, 熔点 $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 密度 1.113 g/cm^3 , 与水混溶^[3], 挥发性小, 使用中损耗较少^[4]。另外, 加入的无机电解质 NaCl 也具有一定的耐低温能力。

2.2 试验所用设备仪器

试验中使用的仪器设备主要有: HaierBC/BD-518A(T)型调温冰柜, NGJ-2型泥浆高速搅拌机,

收稿日期: 2008-06-02

作者简介: 展嘉佳(1983-), 女(汉族), 甘肃靖远人, 吉林大学硕士研究生在读, 地质工程专业, 从事地质工程研究工作, 吉林省长春市西民主大街6号, zjj0406@126.com。

ZNN - D6 型六速旋转粘度计, NR - 1 型钻井液润滑仪, ZNS 型泥浆失水仪, 泥浆比重秤等。

2.3 试验所用材料

(1) 乙二醇 (HO - CH₂CH₂ - OH): 抗冻剂。

(2) 水解聚丙烯酰胺 (PHPA): 选择性絮凝剂, 水解度 $H = 20\% \sim 30\%$, 分子量 1600 ~ 1800 万, 浓度 0.5%。

(3) 聚乙烯醇 (PVA17 - 88): 润滑剂, 分子量 17 ~ 22 万, 浓度 10%, 起稳定与润滑孔壁的作用。

(4) 高粘钠羧甲基纤维素 (Na - CMC): 降失水剂, 浓度 1%。

(5) 氯化钠 (NaCl): AR 或 CP 级无机电解质外加剂, 可降低冰点, 具有一定的防塌能力。

2.4 试验方法

采用正交试验法, 研究了以聚乙烯醇 (PVA) 为主的钻井液体系, 优选出具有良好的流变性、失水特性和防塌能力的钻井液配方, 调整其主剂的加量测试低温条件下的各种性能, 确定出乙二醇和聚合物的最优加量, 使满足实际钻井工作对钻井液耐低温性、流变特性、失水特性和保护孔壁的要求。

2.5 低温条件下钻井液性能测试

在正交试验的基础上, 对优选出来的钻井液配方进行低温测试。试验中测试了 0、-5、-10、-15 和 -20 °C 时各配方的流变性、滤失性以及防塌性, 调整主剂的加量使其满足实际钻井工作的要求。

对常温优选的钻井液配方分别加入 10、40、70 和 100 mL 的乙二醇, 得到一组抗低温配方, 测试其在不同的温度下钻井液的性能, 见表 1。

表 1 乙二醇的不同加量对钻井液性能影响

试验号	PVA /mL	PHP /mL	乙二醇 /mL	CMC /mL	NaCl /g	T /°C	θ_{300}	θ_{600}	FL / [mL·(30 min) ⁻¹]	$\rho / (g \cdot cm^{-3})$
1			10			16	11.5	23	78	1.10
					-4	31	61	6	6	1.11
2			40			16	15.5	31	96	1.10
3	100	25	70	30	35	-16	91	180	10	1.12
						16	19	38	75	1.11
4			100			-20	97	187	13	1.12
						16	26	51	68	1.11

由表 1 可知, 随着温度的降低, 钻井液的粘度显著提高, 而失水量则明显下降, 密度变化不大。从图 1 可以看出, 随着温度的降低, 钻井液的粘度逐渐增大。当温度在室温 16 °C 时, 钻井液的流变曲线为直线, 钻井液为牛顿流体, 但当温度为 -20 °C 时, 钻井液变为非牛顿流体。同时, 随着乙二醇加量的逐渐增大, 钻井液的耐低温能力大幅度提高。在 -20 °C

时, 1、2 号配方完全冻结, 3 号配方出现了部分冻结, 温度升高到 -16 °C 时流动性稍有提高, 4 号配方在 -20 °C 时有少许冰凌产生, 流动性较好。通过浸泡试块 48 h, 可以看到随着乙二醇加量的增大, 防塌能力有很大程度的提高, 在室温下浸泡在 4 号试液中的试块仅有微小裂纹产生, 而 -20 °C 时浸泡试块 48 h 后, 试块完整, 没有裂纹出现, 证明 4 号配方具有良好的低温防塌能力, 可以满足实际钻井工作的要求。

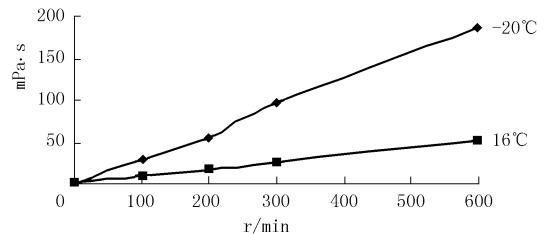


图 1 1~4 号配方的流变曲线

由于上述配方存在低温粘度大、流动性差的缺点, 因此调节 PVA 的加量分别为 60、70、80、90 mL, 试验结果见表 2。

表 2 PVA 的不同加量对钻井液性能影响

试验号	PVA /mL	PHP /mL	乙二醇 /mL	CMC /mL	NaCl /g	T /°C	θ_{300}	θ_{600}	FL / [mL·(30 min) ⁻¹]	$\rho / (g \cdot cm^{-3})$
1	60					-20	61	122	6.8	1.11
						16	15	28	64	1.08
2	70					-20	64	127	3.4	1.11
						16	16	32	63.5	1.09
3	80	25	100	30	30	-20	81	162	3	1.11
						16	18	36	53	1.08
4	90					-20	118	220	1.2	1.11
						16	21	42	49	1.09

从表 2 中可以看出, 随温度的降低, 钻井液的失水量明显降低, 密度也有所增大。当温度降到 -20 °C 时, 1 号钻井液出现了冰晶, 2、3、4 号保持很好的流动性。试验说明在此钻井液体系中 PVA 的加量应大于 60 mL, 即 PVA 加量的增加, 有利于钻井液的抗低温性。图 2 反应了在室温和低温条件下, 钻井液体系粘度和失水量的变化趋势。在室温 16 °C 时, 随着 PVA 加量的增加, 钻井液粘度稍有增大但不太明显; 而在 -20 °C 时, 粘度增加的幅度增大, 降失水能力的变化幅度不大。对比室温和低温条件下钻井液的综合性能, -20 °C 时的失水量比室温条件下大幅降低, 粘度显著提高, 密度有所增加但变化不大。通过试验, 考虑到粘度、失水量以及可调节范围的要求, -20 °C 时, 3 号钻井液体系为优选的最好配方: PVA 80 mL + PHPA 25 mL + 乙二醇 100 mL + Na

- CMC 30 mL + NaCl 30 g/400 mL。

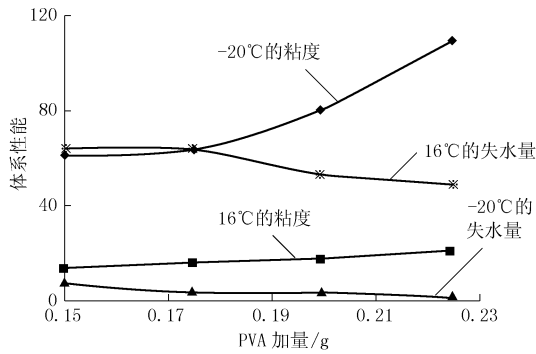


图 2 PVA 加量对体系性能的影响

3 试验结果分析

在低温环境下,钻井液流变性能会受到一定的影响。试验体系中所加的高分子聚合物(如 PVA、PHP 等)有效地改善了钻井液的流变性能,冲洗液适度粘稠,有利于保持孔壁稳定。PVA 是靠与水在试块表面发生竞争吸附而在试块表面成膜的,所形成的膜是平面结构,膜的致密性也较好,保护膜一经形成,便会阻止水分的渗透,所以由 PVA、乙二醇和其它高聚物形成的钻井液体系具有很好的防塌能力。

乙二醇含量的增加对于室温条件下钻井液流变性的影响不很明显,对钻井液的失水量的影响很小,但在低温(-20℃左右)时,乙二醇含量的增加对冲洗液的抗冻性和流变性都有比较大的影响,并且提高了钻井液的防塌能力。主要原因是乙二醇与聚乙烯醇的链节分子结构相近,可提高聚乙烯醇的快速

成膜性,进而提高钻井液的防塌能力。另外,乙二醇显弱酸性($\text{pH} < 7$),有利于高聚物的絮凝,起到协助防塌的作用^[5]。

NaCl 与乙二醇具有很好的协同作用,两者配合提高了钻井液的抗低温能力,并可以保持孔壁稳定。

4 结论

乙二醇抗低温钻井液体系是一种无污染的钻井液体系,能够满足天然气水合物勘探时低温钻井的要求。

试验钻井液体系中的 PVA 吸附成膜速度快,Na-CMC 和 PHP 的加入有助于提高成膜的致密性,乙二醇与体系中各个高聚物的相容性好,因此整个钻井液体系的防塌能力较强。

本试验主要研究了无固相钻井液体系,但是在水合物地层钻井时,为了增强钻井液的造壁性以及增加相对密度,适当提高固相含量是有益的,因此今后在进行室内研究时对固相含量指标应给予关注。

参考文献:

- [1] Sloan E D. Clathrate Hydrates of Natural Gases (second edit) [M]. New York: Marcel Dekker Inc, 1998. 1-628.
- [2] 汤凤林,蒋国盛. 生产条件下冻结岩石钻进的试验研究——冻土钻探专题之三 [J]. 探矿工程, 2002, 3: 28-38.
- [3] 天津大学, 华东石油学院教研室. 有机化学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978. 169-169.
- [4] 曹婧. 低温条件下醇类水溶液粘性变化实验研究 [J]. 石油规划设计, 2005, 16(2): 20-22.
- [5] 鄢捷年, 黄林基. 钻井液优化设计与实用技术 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1993. 75-75.