

抗凝固泥浆的探讨

李 章 禄

(四川石油管理局川东钻探公司)

内容提要 固井和水泥堵漏施工中, 高温下的泥浆和水泥浆的接触段会迅速初凝。本文对此作了探讨, 并对取得显著成效的抗凝固泥浆作择要介绍。

在固井, 堵漏注水泥过程中, 一般都注入隔离液, 但仍难以避免泥浆与水泥浆混合。尤其是固直径 $\phi 127$ 尾管, 两者直接接触。一些地层压力系数异常井段, 如某些井高压层的固井, 打水泥塞等注水泥施工, 为了保证施工质量, 维持较高液柱压力, 不能注水泥隔离液。若井温高, 混浆往往迅速初凝, 容易发生蹩泵, 打实心套管, 及将送尾管的钻具凝固卡钻等恶性事故。川东钻探公司注入水泥出现复杂情况的大山1井, 板东1井, 座2井, 铜6井, 铜4井, 板东10井, 板东11井等事故较难处理, 代价也是较大的。

一、产生水泥迅速初凝的原因

浅井段, 与泥浆接触的水泥浆不至于迅速凝固。低温下, 泥浆中的处理剂对粘土颗粒的保护作用比在高温下强。深井段, 温度高, 粘土颗粒, 处理剂, 盐类的加成作用和水泥浆性质等因素共同作用下, 导致水泥浆与泥浆接触时, 迅速凝固。钻探一大队1985年2月~1987年8月固井中, 恒温 $70\sim 94^{\circ}\text{C}$ 。作泥浆凝固试验17井次, 4井次 $0:30\sim 0:47$ 初凝, 3井次 $1:53\sim 2:41$ 初凝。注水泥堵漏及打水泥塞11井次作的凝固试验中, 3井次混浆 $0:30\sim 2:09$ 初凝。

1. 水泥浆与泥浆混合后的现象

为了能够反应井下情况, 用水泥浆, 井

浆=1:1, 充分混合, 按井下的最高温度恒温后, 测定凝固时间。

水泥浆与泥浆混合, 在较低温度下不易凝固, 但粘度, 失水, pH值猛升。若泥浆的墩土含量, pH值高, 加入的护胶剂少, 则混浆流动性很差, 容易在施工中发生蹩泵等复杂情况。

这是由于水泥浆内的各种矿物分别与水泥浆发生复杂的水解及水化反应, 生成了 Ca^{2+} , OH^- 。常温时, 处理剂可充分发挥对粘土颗粒的保护作用。煤碱剂、铁铬盐、磺化丹宁与水泥颗粒表面的 Ca^{2+} 络合, 包裹水泥颗粒形成保护膜, 在一定程度上减弱了水的渗入, 减缓了水泥矿物的进一步水化, 从而使混浆不易凝固。

另外, 由于水泥浆发生反应产生 Ca^{2+} , 它吸附于带负电荷的粘土颗粒, 使之 ζ 电位降低, 粘土颗粒聚结趋势增强, 水化能力减弱, 颗粒变粗, 形成较强的网状结构。 OH^- 的上升, 又使有机处理剂的一些吸附基, 例如SMP分子中的酚羟基等反应生成易电离的基团, 增加了聚阴离子本身的负电荷, 使之与带负电荷的粘土颗粒的静电排斥作用增强, 吸附能力减弱, 处理剂因之减效或失去作用。这些因素综合作用的结果, 使水泥浆与泥浆混合(特别是按1:1的比例混合)后流动性变差(见图1), 混浆的失水, pH值,

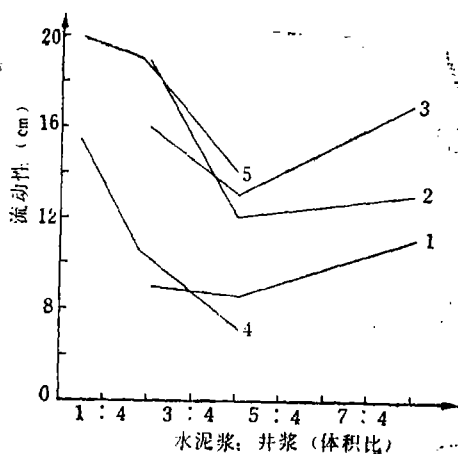


图1 水泥浆与泥浆按不同比例在常温下混合后的流动性

1—嘉华95℃水泥浆（密度1.85）与泥浆（密度1.79）混合

2—广汉95℃水泥浆（密度1.86）与泥浆（密度1.80）混合

3—夹江95℃水泥浆（密度1.77）与泥浆（密度1.48）混合

4—重庆75℃水泥浆（密度1.87）与泥浆（密度1.70）混合

5—重庆75℃水泥浆（密度1.84）与泥浆（密度1.26）混合

水泥浆与井浆混合后的恒温凝固试验 (℃)

表 1

井号	水泥 牌号	水泥浆 密度 (g/cm ³)	浆 性 能							按水泥浆:井浆=1:1 混合恒温试验 (体积比)			
			密 度 (g/cm ³)	粘 度 (s)	固相 含量 (%)	油含量 (%)	Ca ²⁺ 含量 (ppm)	Cl ⁻ 含量 (ppm)	膨土 含量 (g/L)	试验 温度 (℃)	流动性 (cm)	初凝时间 (h)	终凝时间 (h)
板东 12井	广汉 95℃	1.86	1.80	60	37.5	5	406	1755	22	85	13	0:30	
四合 3井	广汉 95℃	1.90	1.95	58	40		528	3686	19	85	18	0:45	3:40
相 34井	夹江 95℃	1.85	1.91	53	25	17.5	101	2048	53.6	80	12	0:45	

注：该3口井的水泥浆在85℃下试验，其初凝时间均在4小时以上。

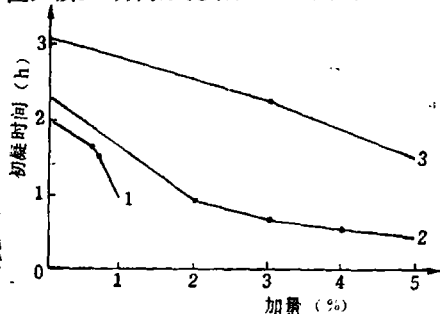


图2 Na₂CO₃, Na₂SiO₃, CaCl₂对水泥凝固时间的影响

切力大幅度上升。

特别在较高温度下，固相含量，含盐量较高的泥浆，若水泥浆与之混合，就会迅速初凝。则注水泥施工无法开泵，形成实心套管，或将钻具凝固于井下等。严重时还会导致该井报废。表1为3口井的水泥浆与井浆混合后的凝固试验情况。

从表1的试验可以看出，原来初凝时间均在4小时以上的水泥浆与上列各井的井内泥浆按1:1混合后，在同样的高温下恒温，凝固时间迅速缩短，仅有几十分钟。

2. 盐类对凝固时间的影响

井越深，温度越高，泥浆受到地层的有害固相污染也越多。盐类可与水泥中的水化产物发生化合反应。例如CaSO₄能与水化铝酸三钙或水化铝酸四钙反应生成硫铝酸钙，降低了这些水化物的含量，促使铝酸钙的进一步水解，因而加速了水泥的水化凝结速度。从图2可看出盐类对水泥凝固时间的影响

1—试温60℃时，Na₂CO₃对75℃水泥凝固时间的影响

2—试温75℃时，Na₂SiO₃对75℃水泥凝固时间的影响

3—试温82℃时，CaCl₂对95℃水泥凝固时间的影响

注：灰水比均为50%，常压，除加Na₂SiO₃为体积比外，其余均为重量百分比

若井浆的煅土含量, pH值, 含盐量高, 又缺乏有效的抗高温处理剂保护时, 其与水泥浆按不同比例混合后, 在高温下便迅速凝固。

二、抗凝固泥浆的配制及施工

针对注水泥施工中出现的这一复杂情况, 作了大量试验。用复配处理剂调整泥浆性能, 再与水泥浆混合后恒温, 使混浆延长初凝时间。

1. 试验的选择

对井浆性能, 钻进及处理剂情况的分析, 认为影响混浆凝固时间的主要因素为泥浆中的煅土含量, 含盐量及油含量。如果含量不高, 井浆缺乏有效的抗高温处理剂和护胶剂, 则可用FCLS和NaC或SMT, SMK复配处理。

例如座1井, 钻至2734.92m, 层位 P_1^3 , 井涌, 压井后井漏。泥浆不够, 用新配浆及上部井段所用的旧泥浆加重, 再与密度

1.90g/cm³, 流动性26.5cm的夹江95℃水泥浆, 以1:1的比例混合, 流动性13cm, 恒温80℃时初凝30分钟。加入FLLS:SMK=1:1干粉, 重量为泥浆体积的2%, 干粉配成 $\frac{1}{5}$ 浓度加入。又用FCLS, NaC混合剂2%及3%处理旧浆, 再加重至1.96g/cm³, 与水泥浆混合, 恒温80℃。凝固时间分别是: 2:00未初凝, 1:50未初凝, 0:25有强度。现场泥浆密度2.01g/cm³, 与水泥浆混合后恒温, 2:20未初凝。

下钻至2670m, 注抗凝泥浆6m³, 隔离液1m³, 接着注95℃水泥7.6t, 水泥浆平均密度1.88g/cm³, 替泥浆后起钻至2392.76m循环, 施工顺利。

对于长段裸眼或深井的泥浆处理, 用上述方法则难于奏效。由于这类泥浆一般含盐类, 煅土, 油含量高, 加入的处理剂多。宜用稀释, 降pH值, 加入护胶剂的办法。表2是3口长裸眼深井的泥浆加处理剂后的恒温抗凝试验情况。

3 口井的泥浆加处理剂后的恒温抗凝试验

表 2

井号	处 理 情 况	密 度 (g/cm ³)	粘 度 (s)	初切/终切 (Pa)	pH	水泥浆:泥浆 = 1:1, 混合恒温		
						流动性 (cm)	温度 (℃)	初凝 (h)
板 东 12	井 浆	1.80	60	2.87/28.71	9	13	85	0:30
	井浆+CMC _{SY-7} 2.5% (1/20) + FCLS3.5% (1/5) +SMP ₁₃ % (1/10) + SH ₁₁ 3.5% (1/5) +重晶石粉	1.76	62	1.44/2.39	8.5	21	85	>4:00
四 合 3	井 浆	1.95	58		9	18	85	0:45
	井浆+CMC _{SY-7} 2.4% (3/100) + FCLS6% (1/5) +SMP ₁₆ % (1/5) + 重晶石粉	1.97	95		8	21	85	>3:00
相 34	井 浆	1.90	53	6.22/10.05	9	12	80	04:5
	井浆+CMC _{SY-1} 0.6% (1/100) + SMT1% (1/5) +FCLS3% (1/5) + SMP ₁₃ % (1/5) +重晶石粉	1.91	56	1.15/1.91	7	18	80	>2:35

注: 1. 表内初凝时间有“>”的, 为现场处理所用

2. 处理剂按干剂在泥浆中的百分含量计算, 表示重量/泥浆体积, “()”内的分数系指水溶液该液的浓度

从表2看出,采用稀释和加入抗温,抗污染能力强的处理剂调整泥浆性能,就能够达到使泥浆延长初凝时间的目的。

2. 现场配制及使用情况

(1) 板东12井固井

板东12井用 $\varnothing 177.8$ 套管下至井采3615.29m。照表2的该井配方,在 10m^3 井浆中,配 $10\sim 12\text{m}^3$ 混合液,用CMC₁₂ 0.25t, FCLS0.35t, SMP₁₂ 0.3t, SH₁₂ 0.35t, 然后加重晶石粉11t。泥浆密度 $1.76\text{g}/\text{cm}^3$ 。

先向井内注抗凝固泥浆 12.5m^3 ,隔离液 4m^3 ,再注缓凝水泥62t,快凝水泥20t,顶胶塞后替泥浆68 m^3 ,返出水泥浆8 m^3 ,憋压3.72~4.90MPa候凝。固井顺利。

(2) 相34井配制抗凝固泥浆固尾管

相34井用 $\varnothing 152.4$ 钻头钻至井深2856m,层位S。下 $\varnothing 127\text{mm}$ 尾管在井深2853.99~2283.20m。井浆密度 $1.919/\text{cm}^3$ 。按表2该井配方配制抗凝固泥浆 $20\sim 25\text{m}^3$,与水泥浆混合恒温 80°C , 2:35末初凝。

先注抗凝固浆 4m^3 ,隔离液 1m^3 ,接着注夹江 95°C 水泥8.5t,然后替隔离液 0.4m^3 ,抗凝固泥浆 6m^3 ,泥浆 8.1m^3 ,碰压 $10.78\sim 11.76\text{MPa}$,起钻循环,再起钻至2113m关井憋压 5.19MPa 候凝。施工安全。

3. 配制抗凝固泥浆的注意事项

通过抗凝固泥浆的实践,要做到:

(1) 将循环罐掏洗干净,方能装入泥

浆,处理中尽量避免混入泥浆。

(2) pH值不宜高,配制混合剂时不必加入烧碱。

(3) 泥浆的初切力应大于 0.48Pa ,利于悬重固井。

(4) 抗凝固泥浆要在地面充分循环后才能下井使用。

(5) 大型固井应先注入处理好的抗凝固泥浆 10m^3 左右,如井下条件许可,也可接着注入CMC、FCLS等混合液 $2\sim 4\text{m}^3$ 作隔离液,若使用两凝水泥,则依次注入缓凝水泥,快凝水泥,再顶胶塞,注入顶替泥浆。若固尾管或打水泥堵漏,则先注抗凝固泥浆 $4\sim 8\text{m}^3$,再注水泥,后注抗凝固泥浆 $2\sim 5\text{m}^3$,再注入预定数量的顶替泥浆后起钻。堵漏施工时务必勤活动钻具,防止卡钻。固尾管或堵漏后如果需要起钻至套管内循环,仍然要勤活动钻具,防止水泥浆与井浆混合后,在钻杆与管壁间半边循环,半边不动,造成凝固卡钻。

抗凝固泥浆粘度 $50\sim 100\text{s}$,初切力 $0.48\sim 2.39\text{Pa}$,终切力 $1.91\sim 9.57\text{Pa}$,pH值 $7\sim 9$ 。根据需要调整密度,消除密度差使抗凝固泥浆,井浆,水泥浆避免置换窜槽的事故。

座1井,相34井注水泥施工的工程资料由李世放工程师提供,特此致谢。

(本文收到日期 1987年10月9日)

1988年第1期更正

1. P.67表4中Q数据有错误,需计算求得。

2. P.68左第13行D应为液滴直径。

3. P.3第16行数字应为数字。

4. P.17页倒5行“对于跨比”应改为“对于矢跨比”。

第7行公式 $M_{x,k}$ 应改为 $M_{x,k} \approx$

第3行公式分母原 $(a \cdot b)$ 应改为 $(a - b)$ 。