

X-A成膜钻井液体系在滇东北地区页岩气调查井中的应用

吕文军, 童俊涛, 曾令, 陈明

(核工业二九〇研究所, 广东 韶关 512000)

摘要:滇东北地区二叠系茅口组灰岩地层十分破碎,存在井漏、塌孔、钻具放空等事故风险。在该地区以往钻井施工过程中采取套管护壁方法进行处理,成本较高、劳动强度大。在页岩气调查井云大地4井施工过程中试验应用X-A成膜钻井液体系,对茅口组灰岩地层掉块、坍塌、地层压力失衡等情况起到很好的抑制和平衡护壁作用,有效地解决了可能出现的各类工程风险,岩心采取率大大提高。

关键词:页岩气调查井;破碎地层;坍塌掉块;压力失衡;X-A成膜钻井液体系

中图分类号:P634;TE254 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2023)S1-0223-04

Application of X-A film forming mud system in shale gas exploration in Northeast Yunnan

LÜ Wenjun, TONG Juntao, ZENG Ling, CHEN Ming

(No.290 Research Institution CNNC, Shaoguan Guangdong 512000, China)

Abstract: According to the stratigraphic data of Northeast Yunnan, the limestone of Maokou formation of Permian in this area is very broken, and there are risks of well leakage, hole collapse and drilling tool blow-off. Casing wall protection method was adopted in the past drilling construction in this area, which has high cost and labor intensity. The introduction of X-A film-forming mud system during the construction of Yundi-4 well has a good effect on restraining and balancing the retaining wall of Maokou limestone formation such as loss of block, collapse and imbalance of formation pressure. All kinds of possible engineering risks are effectively solved and good economic benefits are obtained.

Key words: shale gas survey well; broken formation; collapse and fall off blocks; pressure imbalance; X-A film forming mud system

0 引言

钻井施工在灰岩地层中常遇到井塌、钻具放空、缩径等现象^[1],这些特征在滇东北地区表现的尤为明显。近年中国地质调查局在该地区部署了5口页岩气调查井,针对破碎灰岩地层均采取扩孔套管隔离进行处理。核工业二九〇研究所承担施工云大地4井施工中对X-A成膜钻井液体系配方进行研究并实践应用,取得良好效果,对该地区茅口一栖

霞组破碎灰岩地层施工具有一定指导意义。

1 项目概况

云大地4井位于云南大关高桥向斜偏北部,高桥向斜呈北翼陡、南翼缓的特征^[2],总体为一个南北向长轴的向斜(图1)。工作区高桥向斜主要出露二叠系、泥盆系、志留系地层,缺失中上志留统地层,主要钻探目的为揭示滇东北褶皱带高桥向斜龙马

收稿日期:2023-03-16; 修回日期:2023-05-24 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.033

第一作者:吕文军,男,汉族,1990年生,工程师,勘查技术与工程专业,主要从事煤层气勘探、页岩气勘探、水利勘查等工作,广东省韶关市武江区科技工业园广前路,995719138@qq.com。

引用格式:吕文军,童俊涛,曾令,等.X-A成膜钻井液体系在滇东北地区页岩气调查井中的应用[J].钻探工程,2023,50(S1):223-226.

LÜ Wenjun, TONG Juntao, ZENG Ling, et al. Application of X-A film forming mud system in shale gas exploration in Northeast Yunnan[J]. Drilling Engineering, 2023,50(S1):223-226.

溪组富有机质页岩厚度、岩性、电性、含气性等页岩气基本地质特征,为滇东北复杂构造区页岩气资源评价和有利目标区优选提供依据^[3]。

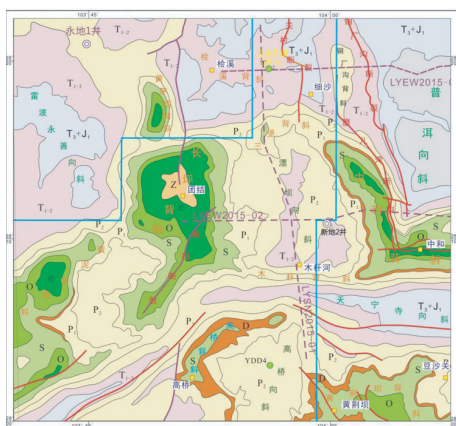


图1 云大地4井井区构造简图

云大地4井采用四开钻进结构,其中一开:Ø200 mm开孔,钻进至12.40 m,下入Ø197 mm套管;二开:换径Ø171 mm钻进,钻进至124.05 m,下入Ø168 mm套管;三开:换径Ø122 mm钻进,钻进至899.29 m,下入Ø114 mm套管;四开换径Ø95 mm钻进,钻进至1582.38 m终孔,各井段钻进规程参数见表1。

表1 云大地4井钻进规程参数

开次	井径/ mm	钻压/ kN	转速/ (r·min ⁻¹)	泵量/ (L·min ⁻¹)	扭矩/ (N·m)
一开	200	2~10	100~110	130~160	100~400
二开	171	25~30	280~400	110~120	300~500
三开	122	25~35	200~350	110~140	400~1100
四开	95	15~25	250~350	100~120	400~1100

云大地4井自上而下钻遇地层为:浮土段(Q);二叠系上统峨眉山玄武岩(P₃β),中统茅口组(P₂m)、栖霞组(P₂q),下统梁山组(P₁l);泥盆系上统红崖坡组(D₂hy)、中统缩头山组(D₂s),下统断层破碎带/箐门组(D₁₋₂q);二叠系中统栖霞组(P₂q),下统梁山组(P₁l);泥盆系上统红崖坡组(D₂hy),中统缩头山组(D₂s),下统箐门组(D₁₋₂q)、坡脚组(D₁pj)、坡松冲组(D₁ps);志留系下统菜地湾组(S₁c)、大路寨组(S₁d)未穿(见表2)。由于地层重复,实钻地层与设计相差较大,本井通过实钻至少钻遇2组断层及相应次级断裂,造成二叠系及泥盆系出现不同程度

的重复。栖霞组与茅口组地层较为破碎,纵向变化较小,标志层不明显,难以准确划分栖霞组与茅口组界线。实钻表明,二叠系底界较设计加深约470 m,泥盆系底界较设计加深约670 m(图2)。其中茅口组与栖霞组为深灰、灰色块状灰岩,极破碎(图3),钻遇工程风险主要为井漏、钻具放空、掉块等^[4-5]。

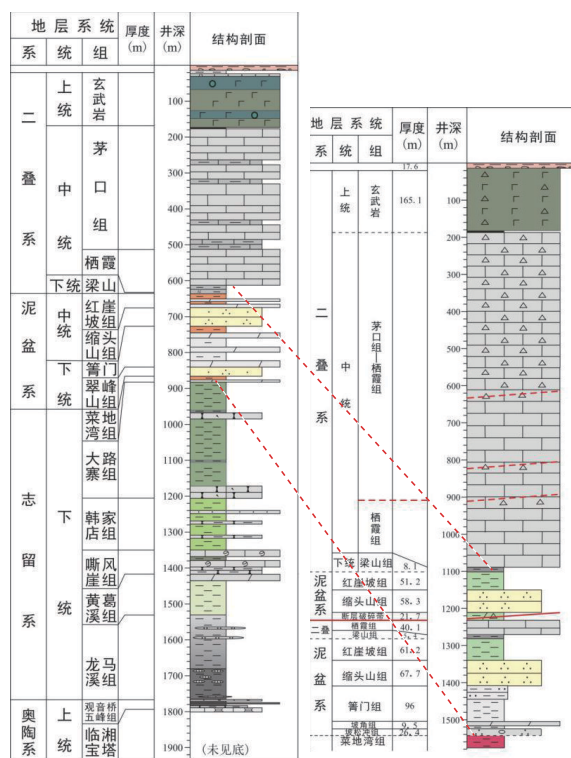


图2 云大地4井设计地层与实际地层对比

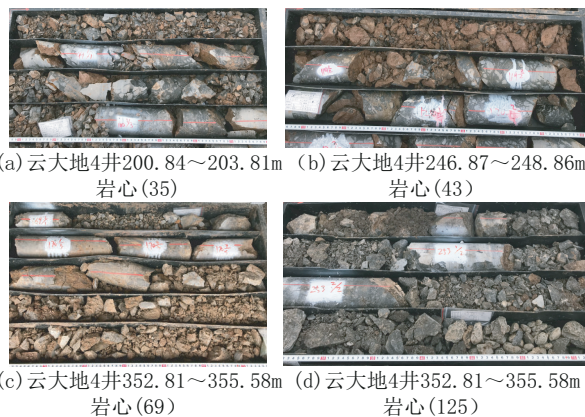


图3 云大地4井钻遇灰岩地层岩心

2 X-A成膜钻井液体系的应用

成膜剂是由有机硅改性聚合物与抗高温黄原胶复配而成的高分子共混物^[6],黄原胶能有效提高成

表2 云大地4井实钻地层厚度统计

界	系	统	组	代码	地质分层		岩性简述
					视深/m	视厚/m	
			浮土段	Q	17.58	17.58	浮土、砾石等坡积物,砾石成份以玄武岩为主
		二叠系	上统 统峨眉山玄武岩	P ₃ β	182.72	165.14	灰黄、灰色致密状、块状、杏仁状、斑孔状玄武岩,夹有泥岩及凝灰岩,方解石发育
			中统 茅口组	P ₂ m	1095.77	913.05	深灰—灰色块状灰岩,中、下部夹灰黑色泥质灰岩,零星夹燧石结核,产珊瑚、腕足
			栖霞组	P ₂ q			
上古生界			下统 梁山组	P ₁ l	1103.9	8.13	上部为黑色碳质泥岩,下部为灰白色铝土矿标志层
			上统 红崖坡组	D ₂ hy	1155.1	51.2	上部为深灰色细粒石英砂岩,下部紫红色泥岩与灰白色细粒石英砂岩互层
		泥盆系	中统 缩头山组	D ₂ s	1213.4	58.3	灰白色细粒石英砂岩夹深灰色粉砂质泥岩
			下统 断层破碎带/箐门组	D ₁₋₂ q	1235.1	21.7	上部为红崖坡组、箐门组角砾均有,下部为灰色砂质白云岩,底部为断层角砾岩
		二叠系	中统 栖霞组	P ₂ q	1275.16	40.06	深灰—灰色块状微晶灰岩,底部产为海百合茎、珊瑚、腕足等生物介壳
			下统 梁山组	P ₁ l	1280.53	5.37	上部为黑色碳质泥岩,下部为灰白色铝土岩
			上统 红崖坡组	D ₂ hy	1341.73	61.2	上部主要为深灰色细粒石英砂岩,下部紫红、灰绿、深灰色泥岩不等厚互层
上古生界		泥盆系	中统 缩头山组	D ₂ s	1409.46	67.73	灰白色细粒石英砂岩
			箐门组	D ₁₋₂ q	1505.4	95.94	灰—深灰色泥岩,下部夹深灰色含泥灰岩、白云岩
			下统 坡脚组	D ₁ p	1524.1	18.7	上部为深灰色、浅灰色砂质白云岩,下部细粒石英砂岩与粉砂质泥岩互层
			坡松冲组	D ₁ ps	1541.4	17.3	灰色含砾石英砂岩
			菜地湾组	S ₁ c	1574.45	33.05	紫红色泥岩为主,顶底部为灰绿色泥岩
下古生界	志留系	下统 大路寨组	S ₁ d	1582.38	7.93	灰色泥质灰岩	
					(未穿)		

膜强度,有机硅聚合物能够形成弱交联的网状结构,通过聚合物的分子结构、分子构型和在水溶液中的构象不同,在孔壁上能够形成半透膜以达到稳定孔壁的目的^[7]。

针对滇东北地区茅口—栖霞破碎地层,以往钻孔往往采用套管隔离处理,该方法具有风险高、成本大、劳动强度高缺点。石油钻井运用成膜钻井液技术已十分成熟,可进行配方调配以适用于小口径页岩气调查井中取心钻进,达到降低成本、为目的层保留口径的目的。

2.1 配方优选试验

选取云大地3井、云大页1井、云大地4井(设计)钻遇茅口—栖霞地层钻井液配方及不同配比X-A成膜钻井液作为岩心浸泡研究对象(表3、表4)。浸泡岩心选择完整栖霞组块状灰岩。

2.2 优选结果

根据表3的试验成果可以看出,加了X-A成膜处理剂的钻井液(D、E、F)漏斗粘度、失水量、泥皮厚度、浸泡时间等都高于配伍A、B、C的各项参数。由于野外试验条件有限,未能测试钻井液流变性质,根据现场观察,加入X-A成膜剂配方对高浓度钻井液具有较强的稀释作用。试验证明成膜剂在水溶液里有膨胀、自洁和封堵作用^[8]。其原理是通过调节钻井液水活度改善成膜效率,能在地层与钻井液之间产生有效的渗透压,此渗透压能部分抵消井下水力压差下的孔隙压力传递和滤液侵入作用,促进井壁稳定,即实施水活度差诱导的“化学反渗透”防塌措施,特别适合不稳定的破碎地层^[9]。

根据云大地4井实际口径、钻具环空间隙及实际地层情况,优选配方D、F现场生产应用。若钻遇

表3 不同钻井液配方对比

名称	配 方	备注
基浆	1000 L 水+6 kg 钠基膨润土+3 kg 纯碱	
A	3% 钠基膨润土+0.3% Na ₂ CO ₃ +0.4% 聚丙烯酰胺+0.3% 纤维素+0.8% 腐植酸钾+0.8% 特效润滑剂	云大地 3井
B	5% 钠基膨润土+0.6% 纤维素+0.75% 植物胶+1.2% 磺化沥青+25% FeLs+8% 特效润滑剂	云大地 4井(设计)
C	5% 钠基膨润土+0.3% 植物胶+0.3% 纤维素+0.5% 淀粉+2%~5% PHAN+1% T型润滑剂	云大页 1井
D	3% 钠基膨润土+0.3% Na ₂ CO ₃ +0.6% 植物胶+0.4% 纤维素+0.3% 磺化沥青+0.3% 护壁王+0.3% S-A 降失水剂+0.1% T型润滑剂+0.5% X-A 成膜剂	试验配 伍(1)
E	5% 钠基膨润土+0.3% Na ₂ CO ₃ +0.6% 植物胶+0.4% 纤维素+0.3% 磺化沥青+0.3% 护壁王+0.3% S-A 降失水剂+0.1% T型润滑剂+0.5% X-A 成膜剂	试验配 伍(2)
F	10% 钠基膨润土+0.2% 植物胶+0.8% 高粘+60% 重晶石粉+0.3% 护壁王+0.3% S-A 降失水剂+0.5% X-A 成膜剂+1% T型润滑剂	试验配 伍(3)

表4 X-A 成膜剂室内试验数据

配方	密度/ (g·cm ⁻³)	粘 度/s	pH 值	失水量/ [mL·(30 min) ⁻¹]	泥皮厚 度/mm	浸泡岩样 分散坍塌 时间/h
基浆	1.05	36	9	34	1.0	0.25
A	1.02	22	9	16	0.8	3
B	1.05	25	9	18	0.9	2
C	1.03	27	10	14	0.8	5
D	1.06	24	9	9	0.3	78
E	1.06	28	11	6.3	0.5	121
F	1.61	32	11	4.8	1.0	232

泥盆系强风化、强缩径地层可选择F现场调配使用。

2.3 应用效果

X-A 成膜体系钻井液使用后携岩能力提升,同地层使用前采取率为 80.97%,使用后平均采取率达到 94.28%,岩心采取率大大提高(图4);观测水位保持在 50~70 m 之间,未发生较大漏失导致地层压力失衡;钻进茅口一栖霞地层过程未发生明显掉块

卡钻,钻穿茅口一栖霞地层开展中途测井过程中也未发生探棒下放受阻现象。



图4 X-A 成膜体系钻井液使用前后岩心采取率对比

通过现场应用,X-A 成膜体系钻井液在护壁堵漏方面效果明显,同时经济效果显著,较下套管方法直接节约成本 22.5 万元。

3 结语

云大地 4 井试验应用 X-A 成膜体系钻井液,顺利钻穿茅口一栖霞组破碎灰岩地层,提高了岩心采取率,为滇东北地区页岩气调查井施工中首次成功应用。对今后滇东北地区类似地层页岩气勘探具有一定借鉴指导意义。

参考文献:

- [1] 蒋国盛,王荣璟.页岩气勘探开发关键技术综述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):3-8.
- [2] 汪正江,余谦,杨平,等.川滇黔邻区龙马溪组页岩气富集主控因素与勘探方向[J].沉积与特提斯地质,2018,38(3):1-15.
- [3] 蒋天国,刘胜彪,孙雄,等.滇东北龙马溪组页岩气成藏条件分析[J].特种油气藏,2014,21(6):23-27.
- [4] 徐同台.对大港油田钻井过程中井塌问题的探讨[J].石油学报,1985(1):11-17.
- [5] 王中华.页岩气水平井钻井液技术的难点及选用原则[J].中外能源,2012(4):43-47.
- [6] 张朔.新型钻井液成膜剂的研制及其在埕海油田的应用[J].石油钻采技术[J].2013(2):2-5.
- [7] 段晓青,任福建.双聚-成膜钻井液体系在甘肃武页 1 井中应用[C]//2017 年钻探工程学术研讨会论文集.中国煤炭学会钻探工程专业委员会,2017:47-52.
- [8] 方静,肖绪玉.新型水基钻井液体系在页岩气钻井中应用探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):96-102.
- [9] 方胜杰,管申.涠洲 12-2 复杂断块油田防塌钻井液技术[J].内江科技,2020,41(6):24-25.

(编辑 王文)