

土库曼斯坦高难度 Y-3D 井钻井液技术

刘 伟^{1,2}, 向宇宙³, 王 娟^{1,2}

(1. 油气田应用化学四川省重点实验室, 四川 广汉 618300;

2. 中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院, 四川 广汉 618300;

3. 西华大学建筑与土木工程学院, 四川 成都 610039)

摘要: Y-3D 井是土库曼斯坦阿姆河右岸扬古伊气田构造带上的一口大斜度开发井。针对该井上部地层大井眼泥岩段存在易泥包、易垮塌及携砂困难, 中部井段长段膏盐层对钻井液的污染, 高温对钻井液性能的影响, 以及大斜度定向钻进中的润滑防卡和下部地层易喷、易漏、高含 H_2S 等技术难题, 通过对钻井液体系和技术措施优化, 使钻井液性能满足了钻井工程、地质录井和保护油气层的要求, 实现了安全、优质、快速钻井。

关键词: 大井眼; 钻井液; 膏盐污染; 垮塌

中图分类号: TE254.4

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2016)04-0012-04

前 言

土库曼斯坦气田位于里海盆地东南部、土库曼斯坦东部, 地质构造情况复杂^[1]。该气田由于地层水活跃, 浅层存有“人工气藏”以及地层中存在长段的软泥岩、泥砂岩地层、巨厚膏盐地层和异常高压含硫气藏等复杂地层, 钻井施工中地层造浆严重, 易发生缩径、溢流井涌、泥浆严重污染、盐膏层蠕变卡钻等复杂情况^[2], 复杂地质条件引起的事故高发成为该气田钻井开发的主要制约因素。

由于上部地层疏松, 泥岩井段长, 岩石胶结性较差, 存在井壁失稳、大井眼携砂、钻屑分散造浆、钻头泥包、缩径等技术难题; 钻遇高压浅层气时, 还存在强造浆地层钻井液流变性控制及防渗、防卡难题; 开展强包被、强抑制防塌钻井液体系研究, 研制出一套具有强抑制性、较好流变性和防塌性能的钻井液体系实属必要。

上侏罗系基末利膏盐层, 存在膏盐层蠕变(前苏联在该区块至少有 4 口井因膏盐层蠕变

引起的卡钻和挤毁套管而报废)、长段膏盐层对钻井液性能的破坏(膏盐层长达 700 ~ 1 000 m)、高压盐水污染(高压盐水可达 75 ~ 80 MPa)以及高温下形成的高温增稠、高温减稠、高温固化现象等技术难题, 致使前苏联和土库曼斯坦钻井事故频繁、钻探成功率极低, 其中 55% 以上井因钻遇盐膏地层出现钻井工程事故而报废, 山前构造中的钻井成功率仅有 22%。巨厚含水盐膏层易喷易漏, 且高含 H_2S , 成为制约土库曼斯坦阿姆河右岸勘探开发的重要因素。因此, 研究出一套适合土库曼阿姆河右岸复杂巨厚膏盐层的超高密度饱和盐水钻井液体系至关重要, 这对提高钻井成功率、降低钻井周期、确保井控安全, 具有十分重要的意义。

1 Y-3D 井基本情况

1.1 地质概况

Y-3D 井位于土库曼斯坦阿姆河右岸扬古伊气田构造带 Y-6 井区高点附近, 完钻井

收稿日期: 2015-12-02; 修回日期: 2015-05-05

作者简介: 刘 伟(1982-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事钻井液现场技术服务及科研工作。Email: aq236@Sohu.com。

深3 910 m,自上而下钻遇的地层,新近系岩性以沙为主;古近系岩性以泥岩、砂岩为主;白垩系主要以灰绿色泥岩为主;侏罗系基末利阶岩性以石膏、盐岩为主,牛津—卡洛夫阶岩性以灰岩为主。

1.2 工程概况

Y-3D井用26"钻头,采用常规钻井方式开钻,采用四开井深结构,钻至3 910 m完钻,其井身结构见表1。

表1 Y-3D井井深结构
Table 1 The depth structure of Y-3D well

设计井身结构				实际井身结构			
钻头		套管		钻头		套管	
尺寸 /mm	井深 /m	尺寸 /mm	井段 /m	尺寸 /mm	井深 /m	尺寸 /mm	井段 /m
660.4	435	508	434	660.4	475	508	473.82
444.5	1 985	339.4	1 984	444.5	1 692	339.7	1 690.61
311.2	3 595	244.5	2 400	311.2	3 572	244.5	2 346.44
		250.8	3 594			250.8	3 571.01
215.9	4 082	177.8	3 540	215.9	3 910	177.8	3 350.82
		139.7	4 080			139.7	3 906.73

2 钻井液体系优选

2.1 钻井液应具备的特点

根据Y-3D井地质特点和钻井液存在的技术难点,要求所选钻井液应具有以下特点。

1) 钻井液有较好的流变性能,能够满足悬浮携砂等钻井工程的需要;

2) 较强的防塌抑制能力,能够抑制地层造浆、吸水膨胀,防止地层的垮塌;

3) 良好的抗膏盐污染能力;

4) 良好的润滑防卡性能和封堵能力,防止卡钻的发生和预防井漏的出现;

5) 良好的抗温性能(井底温度最高可达130~150℃),必须优选出国内性能较好的抗高温降滤失剂,并进行复配,从而满足抗高温的要求^[3-9]。

2.2 各井段钻井液体系

1) 上部泥岩井段(0~2 550 m)

体系,聚合物低固相体系。

基本配方,5%~8%预水化膨润土浆+聚合物胶液(1%聚合物包被剂+0.2%~0.5%聚合物稀释剂+0.5%~1%CPF)+1%MSJ+2%防塌剂。

2) 膏盐层井段(2 550~3 572 m)

体系,欠饱和盐水钻井液体系—饱和盐水钻井液体系。

基本配方,160 m³上部地层净化后泥浆+100 m³饱和盐水磺化胶液(清水+30%NaCl+1%NaOH+2%沥青+3%磺化降滤失剂1+2%磺化降滤失剂2)+2%润滑剂+5%柴油+BaSO₄($\rho=1.90\text{ g/cm}^3$)。

3) 产层井段(3 572~3 910 m)

膏盐层井段钻井液+胶液(清水+2%磺化降滤失剂1+3%磺化降滤失剂2+1%抗盐降滤失剂)+2%润滑剂+1%~2%除硫剂。

3 钻井液维护与处理

3.1 上部井段(0~2 550 m)

表层以少量的沙层和较松散的砂泥岩为

主,钻井液以较高膨润土含量为佳,加足聚合物,粘度控制在 $50 \sim 80 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,表层钻完前适当提高粘切,加大泵排量把井眼充分清洗净,垫入高粘切泥浆,以保证下套管、固井的顺利。

钻过沙层,岩性以泥岩为主,采用胶液浓度为1%包被剂胶液维持钻井液的流变性和增强钻井液抑制能力。在泥岩层较厚的易造浆和垮塌井段加大包被剂胶液用量,及时补充聚合醇以进一步增强钻井液抑制能力,同时用聚合物降失水剂复合胶液降低钻井液 API 失水滤失量,为防止钻头泥包,加入适量的清洁剂 RH-4。在进入赛诺曼阶后,加入防塌剂,提高钻井液的封堵能力,防止地层垮塌;加强地面固控设备的使用,有效清除劣质固相,定期清理锥形罐,保证钻井液清洁,并配合适当的聚合物稀释剂,使钻井液始终保持良好的流变性。

3.2 膏盐层井段(2 550 ~ 3 572 m)

钻至上石膏层,钻井液体系由聚合物钻井液体系转换为欠饱和盐水钻井液体系。转换前在地面按照配方,清水 + 30% NaCl + 1% NaOH + 2% 沥青 + 3% 磺化降滤失剂 1 + 2% 磺化降滤失剂 2,配 100 m^3 饱和盐水磺化胶液,并加重至转换前钻井液密度,转换时置换出 100 m^3 聚合物钻井液,循环均匀后,加盐、加重至设计钻井液密度。

转换结束后加 2% 沥青、2% 润滑剂、5% 柴油用来调整钻井液的润滑性能,保证定向钻进过程中钻井液的含油量在 5% ~ 7% 左右;钻井中的胶液以 3% 磺化降滤失剂 1 和 2% 磺化降滤失剂 2 进行维护,保证井浆中磺化材料的含量在 5% 左右。随着井斜的增加,加大润滑剂的用量,同时加大磺化材料的用量,保证钻井液抗膏盐污染,抗高温稳定,保持良好的流变性,达到顺利钻进的目的。

3.3 产层井段(3 572 ~ 3 910 m)

产层钻进,主要是防漏、防喷、防 H_2S 。产层钻井液使用膏盐层饱和盐水钻井液进行稀释,维持密度在 $1.87 \sim 1.95 \text{ g/cm}^3$ 。产层属于气层钻进,又属于定向钻进,随着井斜度的增加,对泥浆的润滑性能要求更高,钻进前在原井

浆里补加了足量的润滑剂,保持泥浆良好的润滑性能。

产层存在酸性气体 H_2S 和 CO_2 ,要防止钻井液受到污染,一定要使钻井液保持较高的碱度,同时在钻井液中加入一定量的除硫剂,避免 H_2S 的危害。

为防止恶性井漏的发生,本井四钻进前配了浓度为 15% 的堵漏泥浆 40 m^3 备用,堵漏泥浆的配制是,井浆 + 6% SDL + 4% SQD-98 + 5% 复合堵漏剂。

为保证钻井液的失水造壁性能和润滑性能,在渗透性好的地层要加强封堵,改善泥饼质量,防止地层渗透形成厚泥饼而造成压差、粘附卡钻。

4 钻井液技术成果

1) 良好的悬浮携砂效果,保证了大井眼钻进的顺利进行。

2) 采用上部地层优异钻井液体系和通过精心的维护,整个长段大井眼井段钻进中无泥包,机械钻速快,无垮塌,起下钻畅通无阻,下套管一步到位,整个上部地层井眼扩大率为 5%,比该区块相同构造的临井平均扩大率 30% 大大降低,创造了该区块上部地层井眼最规则、扩大率最小和固井质量最优的先例。

3) 优异的钻井液体系,在膏盐层钻进过程中机械钻速较快,井壁稳定,井眼规则,良好的润滑性能及优异的流变性能,保证了整个定向钻进 1 000 m 井段仅用 19 d 时间完成,创造了该区块和整个阿姆河右岸定向钻井时间最短、钻进最顺利的记录。

4) 针对产层的恶性漏失,配制了浓度高达 30% 的桥浆,并且保证了优异的堵漏钻井液性能,堵漏成功率高,整个产层在漏失钻井液 $1 000 \text{ m}^3$ 的恶性漏失情况下,只用了 30 d 就完成了整个产层的钻进,与该区块其它井产层相比,大大缩短了钻井周期。

5 结 论

1) Y-3D 井上部地层欠压实性,可钻性好,机械钻速高,但水化膨胀严重,维护处理频繁;应将钻井液密度维持在 1.35 g/cm^3 ,防止该

层位出水污染井浆。

2)在定向钻进井段,随着井斜度的增加,必须保证钻井液的润滑性能,同时调整钻井液的流变性能达到最优,保证钻井液的失水造壁性。

3)选择合理的钻井液密度和及时发现、控制高压盐水是土库曼斯坦阿姆河右岸盐膏层安全钻进的首要因素;若发生盐水浸,应尽快平衡地层压力,然后再调节钻井液其它性能。

4)膏盐层钻进过程中,为防止膏盐缩径,应采取常划眼或短起的方式来保持井眼通畅,建议在盐层钻进时每200~300m进行一次短起下作业,石膏层钻进时每100~150m或48h内进行一次短起下作业。

参考文献:

[1] 徐树宝,王素花,孙晓军. 土库曼斯坦油气地质和资源潜力[J]. 石油科技论坛,2007(6):32-34.

[2] 王介坤. 哈萨克斯坦巨厚盐层SLK3井钻井液设计与应用[C]//《第七届石油钻井院所长会议论文集》编委会. 第七届石油钻井院所长会议论文集. 北京:石油工业出版社,2008:325-333.

[3] 徐同台,陈东亮,罗平亚. 深井泥浆[M]. 第1版. 北京:石油工业出版社,1994.

[4] 潘祖仁. 高分子化学[M]. 北京:石油工业出版社,1986.

[5] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 东营:石油大学出版社,2001:5.

[6] Patel A, Stamatakis E, Davis E. Shale hydration inhibition agent and method of use[P]. US Patent, 6247543, 2001, 6.

[7] Patel A, Stamatakis E, Davis E. High performance water-based drilling mud and method of use[P]. US Patent, 0155157, 2003, 8.

[8] Schlemer R, Patel A, Friedheim J, et al. Progression of water-based fluids based on amine chemistry-Can the road lead to true oil mud replacements[J]. AADE-03-NTCE-36, 2003, 4:1-3.

[9] 王建华,鄢捷年. 高性能水基钻井液研究进展. 钻井液与完井液[J]. 2007, 24(1):72-73.

Drilling Fluid Technology for Y-3D Well in Turkmenistan

LIU Wei^{1,2}, XIANG Yu-zhou³, WANG Juan^{1,2}

(1. Sichuan Provincial Key Laboratory of Applied Chemistry for Oil and Gas Fields, Guanghan, 618300, China; 2. Drilling and Recovering Institute, Chuan-qing Drilling Engineering Company, CNPC, Guanghan, 618300, China; 3. College of Architecture and Civil Engineering, Xihua University, Chengdu, 610039, China)

Abstract: Y-3D is a high-angle exploration well in Yanguy field structural belt on right Amu Darya bank, Turkmenistan. There are many technical problems with this big hole well strata, such as mudstone easily balling, easily collapsing, sand transportation difficult in the upper well, the drilling fluid pollution caused by thick-bedded gypsum-salt in the middle well, high temperature influence on drilling fluid properties, lubrication and pipe-sticking prevention of high-angle directional drilling, and easily spraying, easily leaking and high content of H₂S in the lower formations. By optimizing drilling fluid system and technical measures, the drilling fluid performance has met the requirements of drilling engineering, geological logging and reservoir protection. Now the drilling process is safety, high quality and fast.

Key words: Big hole; Drilling fluid; Gypsum-salt pollution; Collapse