

# 中原老区井壁稳定技术应用

秦献民, 赵润琦, 路 艳

(中原油田钻井二公司技术发展部, 河南 濮阳 457001)

**摘 要:**造成井壁失稳的原因是多方面的, 主要影响可归结为力学因素、化学因素和工程技术因素。通过对 2010 年施工的钻井数据进行分析, 对中原油田老区井壁稳定技术进行了研究。根据施工中遇到的问题, 采取的措施, 提出了对油田老区井壁稳定技术的一些想法, 利于提高油田老区钻井的速度和质量。

**关键词:**井壁稳定; 力学因素; 化学因素; 抑制性; 中原油田老区

**中图分类号:** TE24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)02-0028-03

**Application of Borehole Wall Stability Technology in Old Area of Zhongyuan Oilfield/QIN Xian-min, ZHAO Run-qi, LU Yan** (No. 2 Drilling Company of Zhongyuan Oilfield, Puyang Henan 457001, China)

**Abstract:** The causes of borehole instability are mainly mechanical, chemical and engineering factors. By the analysis on drilling construction data of 2010, study was made on borehole wall stability technology in old area of Zhongyuan oilfield. Based on the problems in construction and the measures adopted, some suggestions were put forward for borehole wall stability in old area of Zhongyuan oilfield.

**Key words:** borehole wall stability; mechanical factor; chemical factor; inhibition; old area of Zhongyuan oilfield

钻井过程中钻遇的泥页岩由于力学和化学等方面因素影响, 井壁会发生不同程度的失稳现象, 有的井眼失稳问题非常严重, 这会给钻井、固井等作业带来严重影响和后果。

井眼失稳的原因主要可归结为力学因素、化学因素和工程技术因素等。井壁不稳定的实质是力学不稳定。力学因素引起井眼失稳的主要原因有负压差钻井和坍塌层压力异常。化学因素所引起的井眼失稳主要原因则是地层中粘土矿物的吸水膨胀与分散。坍塌层中的粘土矿物大多数由蒙脱石、伊利石、高岭石、绿泥石、伊蒙混层、绿蒙混层构成, 遇水后便会发生水化膨胀, 其膨胀率可在极短时间内达到很大, 从而引起井眼失稳。另外, 钻井工程因素和钻井液处理方法也会造成井眼失稳。

中原油田老区钻井过程中井塌时有发生, 严重影响了勘探开发的速度和质量。为了解决井壁不稳定问题, 工程技术人员做了许多研究工作, 以解决井壁失稳问题。

## 1 施工中遇到的问题

中原油田东濮凹陷是一个中新界陆相沉积的盆地, 既有湖泊相沉积, 也有河流相沉积, 地层复杂。其主要垮塌井段如下:

沙一上主要为灰、深灰色泥岩夹生物灰岩、泥灰岩、白云质泥岩、粉砂岩, 易垮塌, 井径极不规则;

沙二上主要为紫红色、灰色泥岩与灰白色粉砂岩、细砂岩呈不等厚互层, 易垮塌, 井径大;

沙二下主要为紫红色、棕红色泥岩与浅棕色粉砂岩互层, 井径不规则;

沙三 1 主要为灰色泥岩与浅灰色、灰白色粉砂岩不等厚互层, 下部见页岩、油页岩, 易垮塌, 井径不规则;

沙三 2 有盐剖面主要为灰白色盐岩、膏岩与深灰色含膏泥岩、页岩、泥质白云岩, 无盐剖面主要为灰色、深灰色泥岩与浅灰色粉砂岩、页岩、泥质白云岩互层, 易垮塌, 井径不规则。

东濮凹陷不同区块井壁失稳情况又各不相同, 钻井施工中井壁不失稳现象比较严重。普遍存在如下共性问题。

(1) 井壁不稳定。所使用的钻井液体系少, 突出表现为钻井液体系针对有的区块的抑制性差, 井径扩大率大, 导致井眼不规则, 对测井和固井产生很大影响。

(2) 井底压力失衡。为了平衡地层压力而提高钻井液密度, 常常造成实际钻井液密度大于地层孔隙压力, 压漏地层, 造成井底压力下降而出现井塌或

收稿日期: 2011-07-21; 修回日期: 2011-12-06

作者简介: 秦献民(1975-), 男(汉族), 河南汤阴人, 中原油田钻井二公司技术发展部钻井工艺室副主任、工程师, 钻井工程专业, 从事石油钻井技术与管理工, 河南省濮阳市北环路 40 号。

压死油气层,影响油气层的发现和保护,影响了勘探开发的速度和质量。

(3)地下水影响。因井下出水造成泥浆污染而加剧地层的不稳定。

## 2 实施对策与技术措施

以2010年采油四厂文72区块和采油二厂濮城区块两口井壁失稳井为例,将出现现象及采取的技术措施分别表述如下。

### 2.1 文72-429井

文72-429井位于东濮凹陷中央隆起带文留构造文72断块区北部。该区块地层压力系数高,上部地层吸水性好,造浆性强、沙二段剥落膨胀,引起垮塌掉块;下部污染水敏性好、易涌、易漏、压力不稳,钻进中压差大、污染、水敏性强、垮塌掉块同步出现,钻井液粘切的控制、流动性的调整,压差卡钻的预防,如何能协调满足井下需要是关键。

该井设计井深3520/3648 m,实际钻达井深3648 m,设计最高密度1.77/1.95 g/cm<sup>3</sup>,实际密度1.90 g/cm<sup>3</sup>。全井最大井斜43°×方位129°×井深3648 m。该井设计层位井深如表1所示。

表1 文72-429井设计参数

层位	层位垂深 /m	对应井深 /m	钻井液密度 / (g·cm <sup>-3</sup> )	地层压力系数	
平原组	300	300	1.03 ~ 1.08	1.05	
明化镇	1200	1200			
馆陶组	1450	1450	~ 1.10		
东营组	2180	2180	~ 1.15		
沙一段	上	2310	~ 1.20		
	下	2620			
沙二段	上	3050	1.20 ~ 1.30	1.10 ~ 1.20	
	下	3250	3279	1.40 ~ 1.50	1.30 ~ 1.40
沙三段	上	3280	3320	1.77 ~ 1.95	1.70 ~ 1.80
	中	3520	3648		
	下				

第三次开钻(2630 ~ 3648 m)转换为聚磺钾盐钻井液,配方为:水100 m<sup>3</sup> + NaOH 1000 kg + LV - CMC 1000 kg + COP - HFL 1000 kg + PL 1000 kg + SMP 2000 kg + CAS 4000 kg + PMC 4000 kg + KCl 14000 kg,替浆35 m<sup>3</sup>。性能:密度1.45 g/cm<sup>3</sup>,粘度56 s, 壤土含量MBT 18 g/L,高温高压失水HTHP 10 mL。

钻进中为满足井下要求,密度始终走的上限,在井深2788 m循环均匀后又混入原油976 t,加入乳化剂SEA 0.3%;各项指标十分稳定,转换后壤土含量、固相比较低,剪切稀释性好;用NaOH、PL、SMP、

PMC、KCl复配胶液精心维护,性能:密度1.60 g/cm<sup>3</sup>,粘度50 s,失水3.6 mL,泥饼0.2 mm,切力0/0,pH值10。钻穿沙二下进入沙三上组井下掉块20%,密度维持1.60 ~ 1.65 g/cm<sup>3</sup>之间,性能稳定掉块消失,起下钻畅通无阻,井下正常。该井有一个特点,钻井液密度加高一次(0.03 ~ 0.05 g/cm<sup>3</sup>),掉块消失一天,随着钻进一天掉块又增多,再加再控制,钻井液密度逐渐加至1.90 g/cm<sup>3</sup>。

该井出技套不到100 m后,钻时就逐渐减慢。井深3220 m,显示井斜26°×方位130°,钻时越来越慢,在短程起下钻时起遇阻,出口返出有大的掉块(如图1),严重威胁井下安全,从地面加LV - CMC 300 kg,把粘切提升到107 s,循环一周返出大量的掉块和细砂,经分析可能是粘切低携砂不好,建议再提粘切,后又加COP - HFL 500 kg,性能:密度1.85 g/cm<sup>3</sup>,粘度165 s,失水2.6 mL,泥饼0.3 mm,切力6/12,pH值10。井下正常。在进入沙三中前把密度提升到1.90 g/cm<sup>3</sup>。复配胶液以SMP、KCl、CAS、PMC、PL为主,改善泥饼质量,保护井壁预防井漏,控制壤土固相抑制造浆,有着良好的热稳定性和流变性,润滑性和抑制性,及时了解性能的变化,满足悬浮携沙的要求。



图1 文72-429井实钻中的掉块

在井深2940 m时,缓慢加入油层保护剂GYB - I 2000 kg, QS - II 4000 kg,以有利于发现和保护油气层,提前把中压、高温高压失水控制在最小范围内,满足井下要求。严格按照设计施工。提高机械钻速,减少对油气层浸泡时间。

进入沙三中后,一天钻进20 ~ 30 m,一天短起下一次(超过一天就遇阻),长短起相互结合。确保了井下安全。

随着频繁的短起下清砂,充分净化清洁井底,2010年9月29日钻至完钻井深3648 m。完钻性能:密度1.90 g/cm<sup>3</sup>,粘度140 s,失水3 mL,泥饼0.3 mm,切力6/10,pH值10。起钻换三牙轮+双扶正器通井,配制封闭液30 m<sup>3</sup>,原浆+CGY 1000 kg +

玻璃球 700 kg。性能:密度  $1.90 \text{ g/cm}^3$ , 粘度 130 s。替浆  $28 \text{ m}^3$ , 封至裸眼约 1000 m, 电测顺利到底。再测 RFT、电测情况, 配制封闭液  $46 \text{ m}^3$ , 原浆 + CGY 9000 kg + 玻璃球 700 kg。性能:密度  $1.90 \text{ g/cm}^3$ , 粘度 120 s。由于密度高电测遇阻, 后经商议加测 MFT, 电测顺利到底。配压塞液  $3 \text{ m}^3$  + 黄河 II 号 + SMP + HV - CMC 各 75 kg。粘度 220 s。配置顶替液, 原浆  $19.5 \text{ m}^3$  + 黄河 II 号 400 kg + SMP 200 kg。性能:密度  $1.75 \text{ g/cm}^3$ , 粘度 94 s, 加热  $90^\circ$  后粘度为 63 s, 静止无沉淀无分层无增稠无变化。下套管顺利, 固井、试压合格。于 2010 年 10 月 9 日顺利交井。

## 2.2 濮 75-1 井

濮 75-1 井位于濮城区块, 因长期产层注水导致自沙二下地层开始出现地层压力异常。个别产层压力系数高达  $1.55 \sim 1.70$ , 从馆陶到沙三中易发生井漏。产层连通性好, 易受到注水井的影响。同一裸眼内多套压力系统共存, 为了平衡异常高压层而提高密度时, 低压层极易发生漏失。产层抗破能力一般为 1.50 左右, 钻进过程中涌和漏往往都是成对出现。濮 75-1 井设计层位井深如表 2 所示。

表 2 濮 75-1 井设计参数

层位	深度 /m	钻井液密度 /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	地层压力系数
平原组	300	$1.05 \sim 1.10$	
明化镇	1250	$1.03 \sim 1.08$	
馆陶组	1460	$\sim 1.10$	
东营组	2060	$\sim 1.12$	1.05
沙一段	2350	$\sim 1.15$	
沙二上	2520	$\sim 1.20$	
沙二下	2850	$\sim 1.20$	
沙三上	3260	$1.25 \sim 1.55$	$1.05 \sim 1.10$
沙三中 <sup>1-5</sup>	3540	$1.50 \sim 1.55$	
沙三中 <sup>6-7</sup>	3630	$1.50 \sim 1.55$	1.20
沙三中 <sup>8-10</sup>	3700	$1.50 \sim 1.55$	
沙三下			

濮 75-1 井, 三开后采用饱和盐水钻井液, 该井钻至沙二后掉块增多(如图 2), 采取了提高钻井液密度, 增粘的措施, 逐步由  $1.20 \text{ g/cm}^3$  提高至  $1.55 \text{ g/cm}^3$ , 井下掉块得到控制。但在钻进中, 井漏时有发生, 该井段共发生井漏 7 次, 均采用起钻静止 + 随钻堵漏剂堵漏成功。钻进至沙三中后掉块基本得到控制。井下恢复正常。

## 3 实施效果

文 72-429 井采取井壁稳定措施后完钻电测井



图 2 濮 75-1 井返出的掉块

径曲线显示, 进入沙二下后井径明显增大, 在进入沙三上后, 井径得到一定程度的控制。

濮 75-1 井钻穿沙二进入沙三段后, 按设计取心 35 m, 通过钻井液的处理, 频繁的短起下清沙, 下入川 83 取心筒 5 趟, 均一次到底, 保证了取心施工正常。该井钻至 3762 m 完钻, 通过短起下清沙, 打入封闭液起钻电测。该井电测一次到底。电测井径曲线显示比文 72-429 井的井径控制的好。不论是沙二下还是沙三上段。虽然该井井漏多次, 但是该井很好地控制了井壁的稳定。

## 4 结论

造成井壁失稳的原因是多方面的, 预防井壁失稳应以钻井液为主, 工程技术为辅, 而钻井液以力学因素为主, 化学因素为辅。本文分析了井壁失稳的类型和原因, 并结合原油田老区所钻井提出以下井壁稳定的几点认识。

(1) 集成新技术, 提高钻井速度。例如气体钻井可以避免易水化地层坍塌问题, 既解决了部分复杂井段的井壁失稳问题, 另一方面也能大幅度提高钻井速度。

(2) 开展基于随钻技术的井壁失稳实时监测技术研究。井壁失稳随钻预测与监测是利用随钻测量数据或地面综合录井数据进行井壁失稳评价。该技术可为后续的井壁失稳预防和处理提供宝贵时间和基础数据, 为避免出现井下复杂和事故提供了技术支持。

(3) 加强临井调研, 确定合适的钻井液密度, 使井眼周围岩石的应力状态保持为原地应力状态或接近原地应力状态。确定钻井液合理的密度窗口, 上限对应于破裂压力, 下限对应于地层坍塌压力。

(4) 地层粘土水化膨胀是井壁不稳定的主要原因, 应优选抑制性强的防塌钻井液体系, 采取物理化学方法阻止或抑制地层的水化作用。钻遇易塌地

(下转第 34 页)



图3 ZK1903号钻孔捞砂器捞起的钻渣照片

## 5 结语

通过队校合作攻关,研究出了新型泥浆体系,在白马矿区复杂地层钻探中得到成功应用。研究和应用中,获得以下体会:

(1)攀西钒钛磁铁矿整装勘查钻孔施工中建立的新型泥浆体系使用对复杂地层钻进具有很强的针对性和较好的使用效果,对下一步外围深部普查项目的钻探施工具有普遍的指导意义。

(2)对于复杂地层钻探施工,采用“产、学、研”

(上接第27页)

## 5 结论与认识

(1)水平井长段密闭取心技术在树35-平27井中得到了成功应用,填补了大庆油田水平井水平段长段密闭取心空白。

(2)树35-平27井井眼轨道优化设计合理,有利于现场施工。通过设计稳斜段和探油顶段,消除了造斜工具造斜率的不确定性和油层误差带来的影响;通过降低造斜段“狗腿”度,为取心工具的顺利下入创造了条件。

(上接第30页)

层,防塌钻井液体系的选择应多样,不同的防塌钻井液体系针对不同的区块效果不同。

(5)在钻井液研发或优选方面,适当控制滤失量,加强抑制性研究。调整好钻井液性能,物理防塌和化学防塌并重,做到低失水、高矿化度、高滤液粘度、适当密度和粘度,有效地控制钻井液中自由水向地层渗透,严禁负压钻进。钻入易塌层段前,按泥浆设计要求一次性加入防塌剂,含量达到3%左右,以后钻进中要注意不断补充。

(6)强化短起下清沙,保证上部井段的通畅,为复杂情况处理提供保障。减化钻具结构,少下钻铤。

模式有机结合,对于指导钻探生产和提高生产单位钻探技术水平大有益处。

## 参考文献:

- [1] 黄汉仁,杨坤鹏,罗平亚. 泥浆工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [2] 鄢秦宁,孙友宏,彭振斌. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 吴隆杰,杨凤霞. 钻井液处理剂胶体化学原理[M]. 四川成都:成都科技大学出版社,1992.
- [4] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [5] 李之军,陈礼仪,贾军,等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):13-15,19.
- [6] 中国煤田地质总局. 煤田钻探工程 第五分册 钻井液[M]. 北京:煤炭工业出版社,1994.
- [7] 孙丙伦,陈师逊,陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术讨论与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [8] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [9] 周金葵. 钻井液工艺技术[M]. 北京:石油工业出版社,2009.

(3)水平段取心钻具组合设计合理,通过调整不同的钻具组合来进行井眼轨迹控制,取得了良好的效果。全井在取心过程中,未使用单弯螺杆进行井眼轨迹调整,实现了水平段连续取心。

(4)通过取心工具和取心参数优选,提高了岩心收获率和密闭率。

## 参考文献:

- [1] 易贵华,等. 密闭取心技术[J]. 新疆石油天然气,2008,(4).
- [2] 王建毅,等. 影响岩心密闭率因素[J]. 吐哈油气,2000,(1).
- [3] 龚志敏. 定向井长筒取心技术应用[J]. 石油钻探技术,1995,(3).

每钻进80~100m短起下清砂一次。

(7)在钻时慢的区块如72块,增加钻头选型,加快钻时利于维护井壁稳定。

## 参考文献:

- [1] 崔杰,赵金海,等. 井壁稳定性分析及应用[J]. 石油工程技术,2009,7(1):16-20.
- [2] 李炎军,萧林,等. 井壁稳定技术在涪洲11-1油田的应用[J]. 石油钻采工艺,2007,9(6):19-21.
- [3] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [4] 罗建生,鄢捷年. 页岩水化对其力学性质和井壁稳定性的影响[J]. 石油钻采工艺,1999,21(2):7-13.