

群库恰克地区井壁失稳影响因素的研究

樊明皓¹, 汤超², 蓝天宇¹, 郝以顺¹

(1. 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541006; 2. 中国石油塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:群库恰克地区钻井复杂事件统计表明,群6、群601及群7井中共发生各类复杂事件129次,严重影响了钻井工程安全和工程进度。对此问题,通过分析失稳井段岩石矿物组分与岩石理化的情况并结合实际钻探中遇到的问题,研究了井壁失稳的主要影响因素,并分析了钻井液在钻探过程中所起的作用及其重要性,为该地区井壁稳定技术的研究提供了合理的依据。

关键词:井壁稳定性;钻井液;影响因素;井壁稳定技术;群库恰克

中图分类号:TE21

文献标识码:A

引文格式:樊明皓,汤超,蓝天宇,等.群库恰克地区井壁失稳影响因素的研究[J].山东国土资源,2016,32(11):7-11.FAN Minghao,TANG Chao,LAN Tianyu,etc.Study on Influence Factors of Sidewall Instability in Qunkuqiak Area[J].Shandong Land and Resources,2016,32(11):7-11.

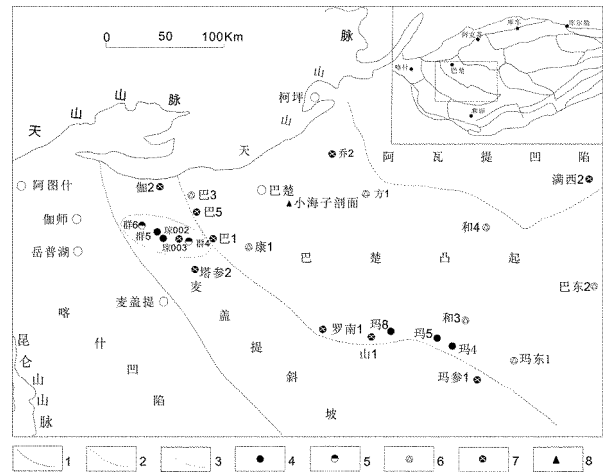
1 概况

1.1 区块概况

群库恰克构造带位于塔里木盆地西南坳陷麦盖提斜坡西段,是麦盖提斜坡的一个次级构造单元,其东部与巴楚断隆相接。麦盖提斜坡西段海西期发育群库恰克和西克尔南2个近EW走向、SN排列的古构造带;由于新近系以来西昆仑山向北强烈的挤压以及南天山向南强烈的逆冲推覆作用,使得喀什凹陷和叶城凹陷急剧沉降,巴楚断隆剧烈隆升;更新世后期群库恰克和西克尔南2个古构造发生翘倾,西翼沉降、东翼抬升,形成与古构造相反的现今构造格局(图1)。

1.2 区块钻井复杂事件统计与分析

群库恰克地区地层情况复杂,在钻井过程中会钻遇到软泥页岩、盐膏层复杂井段,造成卡钻、遇阻等复杂事件的发生,笔者对群6井、群601井及群7井所发生的钻井复杂事件进行了分类统计,群6井共计49次,群601井共计38次,群7井共计42次,上述3口井发生各类钻井复杂事件共计129次,其中又以群6井最具代表性^[1]。



1—极构造带;2—二级构造带;3—研究区范围;4—工业油流;5—低产油流井;6—油气显示井;7—干井;8—野外露头

图1 群库恰克地区构造位置图

群6井共发生各类钻井复杂事件49次,上提钻具遇卡和下钻遇阻,即卡钻,在群6井钻井过程中共发生34次,占群6井钻井复杂事件总次数的69.4%;发生严重钻井事故(钻具落井、钻井井漏)8次,占群6井钻井复杂事件总次数的16.3%^[2]。

钻井复杂事件发生的井段集中在3000~6000m井段,在此井段内,经历了褐色细砂岩,砂质泥岩、

泥岩互层、巨厚石膏夹白云岩、泥岩等复杂岩层,共发生各类钻井复杂事件 45 次,占总次数的 91.8%。岩性复杂,巨厚层白色石膏夹浅灰色泥岩及膏质泥岩,膏质泥岩表现为“软泥岩”特征,易发生蠕变卡钻;石炭系含砾状砂岩、灰岩,志留系含石英砂岩,可钻性差。从地层 N₂a-D,发生多次钻井复杂事件,其中以 N₂a 和 D 层位居多,分别占钻井复杂事件总次数的 36.7%和 22.4%^[3]。

1.3 区块钻井液使用情况

由表 1 可以看出,在群库恰克区块所钻井中,一开井段使用的钻井液为聚合物般土体系,二开后开始使用聚合物钻井液和 KCl-聚磺钻井液。KCl-聚磺钻井液与普通钻井液相比,加进了抑制粘土分散的 K⁺,它能进入粘土晶层之间,抑制粘土和页岩的水化膨胀作用,改善井眼稳定性。另外,聚磺钾盐钻井液有较好的稳定性,长时间静止后性能无大的变化,而且可改善泥饼质量,保护油气层,进而降低钻井液成本^[2,3]。

表 1 群 601 井钻井液使用情况

井段(m)	地层	使用的钻井液体系	钻井液材料
一开(0~300)	第四系	聚合物般土体系	般土,烧碱,纯碱,80A51/KPAM, KHPAN, MMH, 润滑剂
二开(300~2802)	Q, N ₂ a	聚合物体系	般土,烧碱,纯碱,80A51/KPAM, 降失剂 SJ-2 (JMP-1), 小分子 PAN, 润滑剂 MHR-86, 清洁剂 RH-4
三开(2802~4662)	N, E, P	KCl-聚磺体系	般土,烧碱,纯碱,80A51/KPAM, KCl, SMP-1, SPNH, 润滑剂 MHR-86, 清洁剂 RH-4, 乳化沥青 YL-80, 磺化沥青 FT-1, SP-80, 消泡剂 PD-100
四开(4662~5282)	P, C	KCl-聚磺体系	般土,烧碱,纯碱,80A51/KPAM, KCl, SMP-1, SPNH, 润滑剂 MHR-86, 阳离子沥青粉 XHL, 磺化沥青 FT-1, SP-80, 消泡剂 PD-100
五开(5282~5490)	D	KCl-聚磺体系	般土,烧碱,纯碱,80A51, KCl, SMP-1, SPNH, 润滑剂 MHR-86, 阳离子沥青粉 XHL, 磺化沥青 FT-1, SP-80, 消泡剂 PD-100, YX-1, YX-2, FB-2

2 失稳井段岩石矿物组分与岩石理化

2.1 失稳井段岩石膨胀性分析

群 6 井失稳井段岩石线性膨胀量实验方法按 SY/T5613—2000(泥页岩理化性能试验方法),各井段岩石不同评价时间的线性膨胀量见图 2。由图 2 可以看出,群 6 井失稳井段岩石线膨胀率较低,在

5.57%~18.35%之间,属不易膨胀泥页岩地层,岩石的最大膨胀量在 2.5 mm 以下。图 2 表明,由于各井段岩石粘土矿物种类和含量的影响,各井段达到膨胀平衡的时间也不相同,如 4 300~4 600 m 及 4 700~4 750 m 这中间的 7 个井段 1 h 后膨胀基本达到平衡,而剩余的 4 600~4 650m 等 3 个时间点膨胀量差异较大,达到膨胀平衡的时间较长^[1]。

为进一步探寻泥页岩膨胀的影响因素,研究考察了粘土矿物种类和含量、井深及岩石中可溶性盐对泥页岩膨胀量的影响。

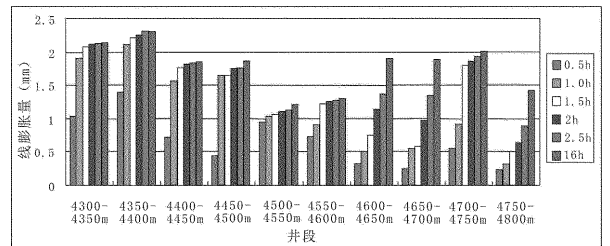


图 2 群 6 井失稳井段岩石线膨胀量

2.1.1 粘土矿物种类和含量对岩石膨胀量的影响

群 6 井失稳井段多为泥页岩层,泥页岩中粘土矿物种类和含量是影响泥页岩膨胀量的主要因素,由于所分析的群 6 井失稳井段蒙脱石缺失,故粘土矿物对泥页岩的膨胀率影响表现在伊蒙间层的含量上。图 3 表明,伊/蒙间层对泥页岩线膨胀率的影响非直线性影响,即随着伊/蒙间层相对含量的增大,泥页岩线膨胀率并非直线型增大或降低,而成折线型,这主要是由于岩石粘土矿物中的伊利石、绿泥石也对岩石的膨胀产生影响,是一个综合作用的结果。伊/蒙间层相对含量较大,伊利石、绿泥石相对含量也较大的井段,其线膨胀率也较大。

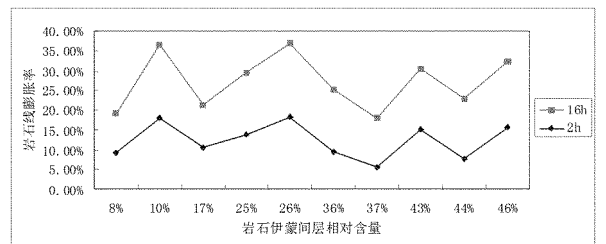


图 3 群 6 井失稳井段粘土矿物伊/蒙间层对线膨胀率的影响

2.1.2 井深对岩石膨胀量的影响

群 6 井失稳井段不同井深岩石 2 h 和 16 h 线性膨胀率见图 4。图 4 中泥页岩膨胀率整体呈下降趋势,但在 4 700~4 750 m 井段出现异常,线膨胀率较

上一井段增大,这主要因为在此井段伊/蒙间层相对含量最高,为 46%,同其他因素相比,伊/蒙间层对膨胀率影响起主要作用。

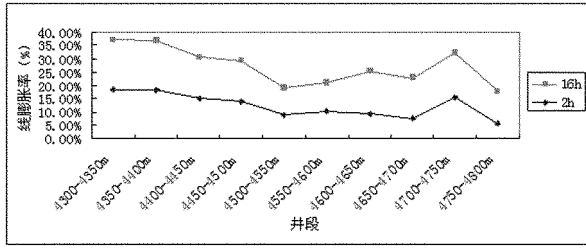


图 4 群 6 井失稳井段 2 h 和 16 h 岩石线膨胀率

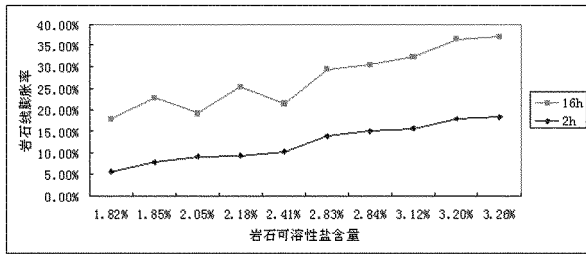


图 5 群 6 井失稳井段可溶性盐含量对岩石线膨胀率的影响

2.1.3 可溶性盐对岩石膨胀量的影响

可溶性盐含量对岩石线膨胀率的影响见图 5。由图 5 可以看出,随着岩石可溶性盐含量的增大,岩石线膨胀率整体也随之增大。同时,对比岩石 2 h 和 16 h 线膨胀率随可溶性盐含量变化的趋势可以发现,可溶性盐含量对初始线膨胀率较大,但随着盐的溶解,由于盐的抑制作用,膨胀率会出现下降,这也就是图 5 中 16 h 线膨胀率变化出现折点的原因^[4-10]。

2.2 失稳井段岩石分散性分析

群 6 井失稳井段岩石线性页岩回收率实验方法按 SY/T5613-2000(泥页岩理化性能试验方法),各井段泥页岩回收率变化见图 6。综合分析图 6 可以发现,粘土矿物中伊利石、绿泥石、高岭石相对含量对地层岩石的分散性影响较大。岩石粘土矿物以伊利石、绿泥石为主的地层,成岩程度低,分散性较强,泥页岩回收率低,如 4 350~4 400 m,4 450~4 500 m,4 650~4 700 m 等几个井段,泥页岩回收率在 10% 以下;岩石粘土矿物以伊利石、高岭石、绿泥石为主的地层,成岩性较好,分散性相对减弱,泥页岩回收率也相对较高,如 4 500~4 550 m 井段,泥页岩回收率为 52%,其正是此类性质的地层,伊利石、高

岭石、绿泥石三者的相对含量分别为 36%,15% 和 35%。说明群库恰克地区地层具有易水化分散的特点。

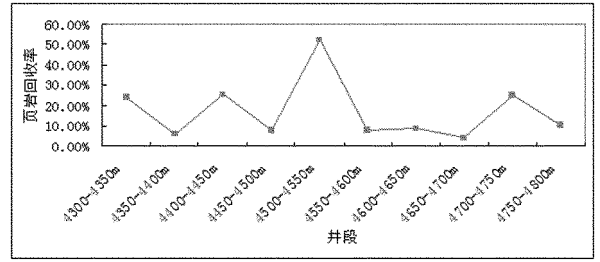


图 6 群 6 井失稳井段页岩回收率

2.3 失稳井段岩石比表面积和比亲水量概况

群 6 井失稳井段岩石比表面积和比亲水量测定结果见图 7 和图 8。可以看出:①群 6 井失稳井段各岩样的比亲水量、比表面积各不相同。比表面积与比亲水量之间存在一定的对应关系,多数情况下,比表面积大的岩样,其比亲水量也较大;②在部分井段,其比表面积大,比亲水量却不很高,如 4 600~4 650m,4 750~4 800 m 井段,此类地层往往容易引发地层膨胀缩径,造成井壁不稳定;③含盐、膏泥页岩地层的比亲水量很高,如 4 500~4 500 m 井段,这类地层井壁稳定性问题较复杂,测试结果及分析也与实际情况相符^[3,5]。

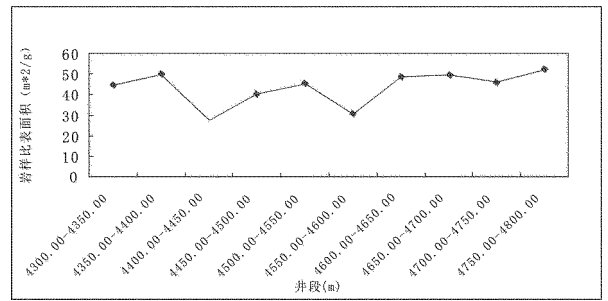


图 7 群 6 井失稳井段岩石比表面积

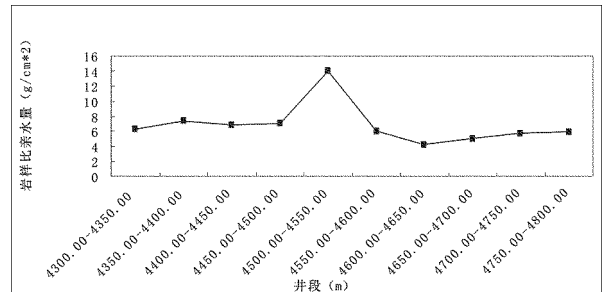


图 8 群 6 井失稳井段岩石比亲水量

综合以上分析结果,群 6 井失稳井段地层特点

为:存在不易膨胀强分散的砂岩与泥页岩互层、中等分散的砂岩与泥页岩互层和大段盐膏层,这也是群库恰克地区地层的共有特性。为防止钻井过程中井壁失稳,应重点加强针对泥页岩地层和盐膏层的防塌钻井液技术和工艺研究。

3 井壁失稳的影响因素

3.1 地质因素

沉积岩中最常见的是砂岩、砾岩、泥页岩、石灰岩等,由于沉积环境、矿物组分、埋藏时间、胶结程度、压实程度不同而各具特性。未胶结或胶结不好的砂岩、砾岩容易发生坍塌。同时,在井眼形成之后,由于其滤失量大,钻井过程中钻井液在井壁上形成一层厚厚的滤饼,而造成井眼缩径^[2,6]。对于泥页岩、盐水层及石膏岩层等地层,由于粘土矿物含量的不同,也容易发生井塌和缩径等复杂事件。

3.2 力学因素

钻井液等流体在井眼中的流动,井眼内静流体压力和地层压力之间的低压或超压关系易引起页岩剥落和断裂,造成井壁失稳。井壁失稳力学因素与钻井液密度密切相关,井壁失稳主要由2方面的力学原因引起:①钻井液密度过低,钻井液液柱压力难以支撑力学不稳定的地层,导致井壁周围岩石的应力大于岩石本身的强度而产生剪切破坏作用,对于脆性地层会发生坍塌掉块,使井径扩大,对于塑性地层则向井眼内发生塑性变性,造成缩径;②钻井液液柱压力高于地层孔隙应力,驱使钻井液进入泥页岩孔隙,产生压力穿透效应,使井眼附近的泥页岩含水量增加,孔隙压力增大,泥页岩强度降低。后一方面的原因已被石油钻井界公认为主要的井壁失稳原因^[7,11]。

3.3 化学因素

钻井液性能是井壁失稳的主要化学影响因素,而钻井液密度是调节井内液柱压力确保安全快速钻井的关键因素,由此形成的井内液柱压力必须与各井段的地层压力相平衡,钻井液密度过大或过小,会引起卡、塌、漏、喷等各种井下复杂问题。钻井液的滤失量大,容易引起水敏性页岩层膨胀,造成井径缩小甚至井壁垮塌,并会损害油气层。如果滤饼较厚,又比较疏松,容易阻卡钻具,甚至发生卡钻事故。

冲洗井底岩屑并把它带到地面,这是钻井液的

重要功能。钻井液流变性则是影响这些功能的重要因素。钻井过程中对井眼净化、携带岩屑和性能处理都是通过钻井液的流变性来实现的。针对地层岩性的特点,使用合适的防塌钻井液体系是影响井壁稳定的一个重要因素^[8]。为了防塌,钻井液中常使用防塌剂(抑制剂),但是各种防塌剂的作用机理和适用范围各不相同,需要根据地层发育情况和地层岩性特点来选择和使用钻井液防塌剂。

3.4 钻具组合的影响

为保持井眼垂直或稳斜钻进,下部钻具往往采用刚性组合,如果钻挺直径太大、扶正起器过多,下部钻具与井眼之间的间隙太小,起下钻时容易产生激动,导致井壁失稳。

3.5 压力激动影响

钻进过程中,如开泵过猛,下钻速度过快,易形成压力激动,使瞬间的井内压力大于地层破裂压力而压裂地层,造成钻井井漏^[4,12]。另外,在有钻头泥包或扶正器泥包的情况下,起钻速度过大,也会产生相当大的抽吸力,导致井内压力低于地层坍塌应力,促使地层过早地发生坍塌造成井壁失稳。

4 结语

井壁失稳归根到底还是岩石的力学失稳,即岩石的强度低于相应的应力而造成岩石的结构破坏。从上面的研究可以得出塔里木油田群库恰克地区失稳井段地层岩石弱膨胀,易水化分散或溶解,回收率低,含有易污染钻井液的盐膏地层,比亲水量大,易发生掉块、垮塌和缩径等井下复杂事故。在群库恰克地区的钻探过程中,所采用的实际钻井液与设计钻井液之间的性能有一定的差异,这是导致井下发生各种复杂事故的原因之一,工程措施不当等因素次之。因此,应针对群库恰克地区地层岩性的特点,筛选和研制合适的防塌钻井液处理剂及体系,提高钻井液的抑制性,增强钻井液的造壁性和封堵能力,优选钻井液流型与流变参数,以满足安全、快速钻井的要求。

参考文献:

- [1] 汤超,谢水祥,邓皓,等. 塔里木油田群库恰克地区井壁失稳机理研究[J]. 吐哈油气, 2011, 169(2): 185-188.
- [2] 蔚宝华,王治中,郭彬. 泥页岩地层井壁失稳理论点研究及其进

- 展[J]. 钻采工艺, 2007, (3): 16-20+148.
- [3] 谢水祥, 蒋官澄, 陈勉, 等. 破解塔里木盆地群库恰克地区井壁失稳难题的钻井液技术[J]. 天然气工业, 2011, (10): 68-72+121-122.
- [4] 郭荣光. 浅谈压力平衡钻进[J]. 山东国土资源, 2007, 23(12): 30-31.
- [5] 邱正松, 李健鹰, 沈忠厚. 泥页岩水敏性评价新方法——比亲水量法研究[J]. 石油钻采工艺, 1999, (2): 1-6+112.
- [6] 姚新珠, 时天钟, 于兴东, 等. 泥页岩井壁失稳原因及对策分析[J]. 钻井液与完井液, 2001, (3): 41-44.
- [7] 陆斌. 钻井井壁稳定性探讨及对策[J]. 内蒙古石油化工, 2009, (10): 115-117.
- [8] 杨振杰. 井壁失稳机理和几种新型防塌泥浆的防塌机理——文献综述[J]. 油田化学, 1999, (2): 179-184.
- [9] 魏武, 邓虎, 李皋, 等. 气体钻井井壁稳定处理剂评价方法探讨[J]. 天然气工业, 2010, (9): 51-54+124-125.
- [10] 屈平, 申瑞臣. 煤层井壁稳定的时间延迟效应探讨[J]. 煤炭学报, 2011, 36(2): 255-260.
- [11] 金衍, 陈勉, 陈治喜. 弱面地层的直井井壁稳定力学模型[J]. 钻采工艺, 1999, 22(3): 13-14.
- [12] 刘向君, 叶仲斌, 陈一健. 岩石弱面结构对井壁稳定性的影响[J]. 天然气工业, 2002, 22(2): 41-42.

Study on Influence Factors of Sidewall Instability in Qunkuqiake Area

FAN Minghao¹, TANG Chao², LAN Tianyu¹, HAO Yishun¹

(1. College of Earth Science, Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541006, China; 2. Tarim Oilfield Brand Company of Petro China, Xinjiang Ku'erle 841000, China)

Abstract: Statistics of drilling complex events indicated that all kinds of complex events totally happened 129 times in group 6, group 601 and group 7 wells, and seriously affected safety and progress of drilling engineering in Qunkuqiake area. In this paper, through analyzing rock mineral composition and physical and chemical conditions of the rock, combining with practical problems encountered in drilling, main influencing factors of sidewall instability, the function and importance of drilling fluid in the drilling process have been analyzed. It will provide a reasonable basis for the research of sidewall stability in this area.

Key words: Sidewall stability; drilling fluid; influence factor; sidewall stability technique; Qunkuqiake area