

油田压差卡钻预防与经济效益分析

解诗磊 (中石化西南石油工程有限公司湖南钻井分公司, 湖南 长沙 410007)

摘要: 在油田钻井过程中, 压差卡钻在任何层位都有可能发生, 想要解决压差卡钻问题, 首先要清楚压差卡钻发生的原理; 压差卡钻的发生会严重影响钻井作业的正常运行, 导致时间和经济的严重损失。如果处理不当, 可能诱发坍塌卡钻、断钻具等次生复杂, 更严重的是, 会导致埋钻具、报废等事故。本文主要描述了压差卡钻的形成原理和预防的常规措施, 以及针对 Dammam 至 Ahmadi 顶岩性特征对钻井液的调整处理手段。结合实际案例, 对采取预防措施后的经济效益进行了评估, 结果表明, 有效的压差卡钻预防措施可以显著提高钻井效率, 降低钻井成本, 从而为石油勘探开发带来可观的经济效益。

关键词: 科威特油田; 压差卡钻; 预防措施; 经济效益; 效益分析

科威特是位于西亚阿拉伯半岛东北部、波斯湾西北岸的君主制国家, 南部与沙特阿拉伯接壤, 北部与伊拉克相邻, 同伊朗隔海相望, 其曾是英国的殖民地, 于 1961 年 6 月 19 日独立。科威特石油和天然气储量丰富。现已探明的石油储量 140 亿吨, 居世界第七位。天然气储量为 1.78 万亿立方米, 居世界第十八位。石油是科威特财政收入的主要来源和国民经济的支柱, 财政收入 90% 以上来自石油。其产值占国内生产总值的 40%, 占出口创汇的 95%。然而, 钻井是勘探与开采石油及天然气资源的一个重要环节, 是勘探和开发石油的重要手段。

1 科威特油田上部地层岩性简介

科威特地层的命名方式与很多国家相似, 根据当地的地名给独具特色的地层命名; 由地表至 AHMADI 组主要由沉积岩组成, 其主要岩性包括粘土、泥灰岩、石灰岩、白云岩、页岩、粉砂岩和硬石膏等。其中石灰岩占比较大, 而石灰岩的质地比较薄, 密度不大, 间隙多, 渗水性较高。

2 压差卡钻形成的原因

通常情况下, 压差卡钻也称为泥饼粘附卡钻。是指当井下钻具静止不动时, 在井下压差作用下, 钻柱的一部分会贴于井壁, 与井壁泥饼粘合在一起, 静止时间越长则钻具与泥饼的接触面积越大, 由此而产生的卡钻现象。因为大多数钻井液是固、液两相流体, 或者是固、液、气三相流体, 其中的固相颗粒吸附在井壁上就形成了泥饼。有人认为泥饼是由于钻井液的滤失造成的, 没有滤失量就不会有泥饼, 基于这种思维, 他们总认为钻井液在砂岩中的滤失量大, 才会形成泥饼, 压差卡钻只能发生在砂岩发育井段。其实不然, 在裸眼井段内, 不但砂岩有泥饼, 泥页岩也有泥饼,

而且要比砂岩井段的泥饼厚得多。这是因为泥饼的形成有三种原因:

第一是吸附, 钻井液中的固相颗粒吸附在岩石表面, 无论砂岩、泥岩都有这种特性。第二是沉积, 钻井液在流动过程中, 靠近井壁的流速几乎等于零, 钻井液中的固相颗粒便沉积在井壁上。第三是滤失作用, 它加速了钻井液中固相颗粒在渗透性岩层表面的沉积。

同时, 任何岩性都有滤失性, 而且是亲水物质, 可以被水浸润, 只要是水基钻井液, 即使滤失量等于零, 这个浸润过程也无法停止。

地层孔隙压力和钻井液液柱压力的压差存在, 是形成压差卡钻的外在原因。外因是变化的条件, 内因是变化的根据, 外因通过内因而起作用, 在同一裸眼井段中, 地层的孔隙压力梯度不会是统一的, 而钻井液液柱压力总是要平衡该井段中的最高地层孔隙压力, 对那些压力梯度相对低的地层必然会形成一个正压差。当钻柱被井壁泥饼粘吸之后, 紧靠井壁一边钻柱的一侧 (粘吸面上) 所受的是通过泥饼传来的地层孔隙压力, 另一侧所受的是钻井液液柱压力, 如果后者大于前者, 即有正压差存在, 可把钻柱压向井壁, 进一步缩小吸附面之间的间隙, 增强了吸附力, 并进一步扩大了钻柱与井壁的接触面积。它的发展过程如图 1 所示。

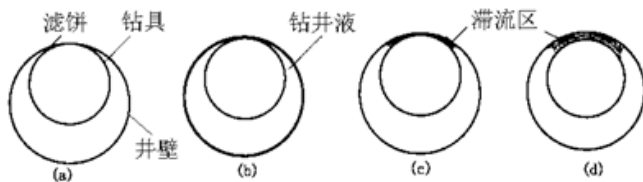


图 1 钻具在井内滤饼 (泥饼) 粘吸的发展过程

图 1 中的图 (a) 表示钻柱接触井壁泥饼, 发生吸

附作用,此时有一个较小的接触面积。

图1中的图(b)表示在压差作用下,进一步将钻柱压向井壁,扩大了与泥饼接触的面积,吸附力量进一步加强。

图1中的图(c)表示在钻柱不能活动的情况下,除已接触的泥饼面积外,在接触面的两边形成了一部份钻井液不能循环的死区,随着时间的延长,大量岩屑和钻井液中的固相颗粒沉淀于此,又形成新的泥饼,进一步扩大了钻柱与泥饼接触的面积。

图1中的图(d)表示,由于井径不规则的原因,从纵向上看,一部份钻柱与井壁泥饼接触,一部份钻柱与井壁泥饼接触不了,但有一部份钻柱与井壁之间的间隙很小,小到钻井液无法循环到此,随着时间的延长,这部份间隙之间也要被钻屑和固体颗粒所充填,形成新的泥饼,增加了钻柱被吸附的长度。

3 针对 Damman 至 Ahmadi 岩性对钻井液的性能及处理

以北部油区 RA-904、SA-809、BH-262 三口井为例,其中 Damman, Rus, Radhuma, Tayarat, Hartha, Sadi 以及部分 Mutriba 均被设计在二开 16 寸井眼中,厚度占 Damman 至 Ahmadi 顶的 70%,而部分 Mutriba, Mishrif 以及 Rumaila, Ahmadi 组被设计在三开 12.25 寸井眼中。

首先来说设计中 16 寸井眼的聚合物水基泥浆,设计要求密度为 8.7-9.2PPG,地层当量密度约为 8.5-8.7 之间,钻井液密度与地层压差不大,产生压差卡钻的概率不高;但把压差卡钻只简单地理解为由压差形成,起码是不全面的,不能忽视泥饼的粘吸作用。如果地层的渗透率较高,钻井液固相含量高、流变性能差,将会增大压差卡钻的风险。

16 寸井眼水基钻井液中,主要由以下几种材料构成:①膨润土,除了水以外,他是水基钻井液最基本的组成物质,为钻井液提供粘度和密度以及水化作用。优质膨润土的造浆率高,它能够产生大量高粘度的高效泥浆,这类泥浆可以对井眼的松散土层岩屑缝隙周边进行凝固、粘结,从而有效保护井壁,防止塌陷。膨润土还可以在井壁周围形成薄泥饼,可以平衡地表压力,有效防止坍塌、涌水等。②烧碱,在本开次中主要作用提升钻井液 pH 值,二开钻进中 pH 值控制在 9.5 为最佳。③纯碱,改善粘土的水化分散性能,加入适量纯碱可使新浆的滤失量下降,粘度、切力增大;也可以去除杂质(主要为钙和镁),使钻井液性能变好;

然而过量的纯碱会导致粘土颗粒发生聚结,使钻井液性能受到破坏,使用纯碱的量要适度。④聚合物,提升钻井液的流变性,桥联与包被作用、絮凝作用、增稠作用、降滤失作用、抑制和防塌作用、降粘作用等。⑤降滤失剂,全方位地堵塞泥饼中的毛细孔道使其光滑而致密,增加泥饼负电荷密度使其形成强有力的极化水层,吸附于粘土晶体颗粒侧面形成桥联缩小毛细孔径,制造出润滑的泥饼,降低泥浆失水性。

二开 16 寸井眼预配 100BBLs 钻井液大约使用的材料,以此配方完成的钻井液密度约为 8.7-8.8PPG,粘度约为 43-44S,如果要提高密度,每 100 桶泥浆加入 1000kg 重晶石,密度约上提 0.1PPG。

二开 16 寸井眼主要使用大排量钻进,冲洗清理井眼,对泥浆要求最重要的参数就是密度,过高的密度不但会增加压差卡钻的风险,还会有井漏的风险;应使用好固控设备,严格按照设计要求控制泥浆密度。另外,提高钻井液的流变性,提升泥饼质量,控制泥饼厚度在 0.5-1mm 以内,控制 API 失水在 14 以内,过大的失水会增加泥饼厚度,增大粘卡的风险。

另外,对于三开设计 12.25 寸井眼中使用的油基钻井液,在钻井中有很大优势;虽然油基钻井液设计的密度更高,在 10.8-12.5PPG 之间,相比于水基钻井液,与地层之间的压差更大;但油基钻井液泥饼主要由重晶石、黏土、暂堵剂、沥青类封堵材料组成,且一般形成的泥饼都比较致密;本身油基钻井液含水量较低,约 5-25%,致密的泥饼和更低的含水量,失水性极低,再加上油基泥浆的高润滑性,更低的摩擦系数,使粘卡的风险降低很多。

4 压差卡钻的预防

在钻井作业中,钻井液的选择和使用是确保井下安全和提高钻井效率的关键因素之一。阴离子体系钻井液因其良好的性能在钻井行业中得到了广泛应用,但同时也带来了一些挑战,特别是在压差卡钻的预防和处理上。为了最大限度地减少压差卡钻的风险,钻井团队必须采取一系列综合措施,从钻井液的配制到钻柱的设计,再到钻井操作的每一个细节。

首先,钻井液的润滑性和滤失控制是防止压差卡钻的基础。通过添加润滑剂、活性剂和塑料球等添加剂,可以显著降低泥饼的摩阻系数,从而减少钻柱与井壁之间的摩擦力。此外,保持钻井液的适当粘度和切力也是至关重要的,这有助于形成均匀且薄弱的泥饼,减少卡钻的可能性。

其次,固控工作是钻井液管理中不可或缺的一部分。通过有效的固控设备,如振动筛、除砂器、除泥器和离心机,可以最大限度地清除钻井液中的无用固相,这不仅有助于形成高质量的滤饼,还能减少循环系统的磨损,延长设备的使用寿命。

在钻井液的密度管理上,应尽可能使用该井段最低的钻井液密度,实现近平衡压力钻进。这不仅可以减少卡钻的风险,还能降低对地层的损害。在需要加重钻井液时,应使用优质的加重材料,并在地面储备罐中充分搅拌水化后再混入井浆中,避免边加重边泵入的情况,以确保钻井液的均匀性和稳定性。

钻柱结构的设计也是防止压差卡钻的重要环节。通过使用螺旋式钻铤、欠尺寸扶正器和加重钻杆等,可以增加钻柱的支撑点,减少接触面,从而降低钻柱与井壁泥饼的接触面积,减少总的粘附力。

在实际操作中,如果钻头在井底无法上提和转动,可以考虑将钻柱悬重的二分之一至三分之二压在钻头上,以求把下部钻柱压弯,减少钻柱与井壁泥饼的接触面积,减少总的粘附力。此外,在测斜前进行短程起、下钻,并在测斜时保持钻具一直处于活动状态中,也是防止卡钻的有效措施。

在设备维护方面,如果顶驱或水龙带发生故障,绝不能将顶驱坐在井口进行维修,而起钻至套管鞋内进行维修,以防止一旦发生卡钻,失去下压的可能。同时,指重表、泵压表、扭矩表等监测设备的灵敏可靠也是确保钻井安全的关键。

最后,无论是钻进还是起下钻过程,详细记录与钻头或扶正器相对应的高扭矩大摩阻的井段,并分析所在地层,可以帮助钻井团队更好地理解井下情况,及时调整钻井策略,预防和处理卡钻问题。

5 压差卡钻预防后的经济效益分析

5.1 缩短钻井周期

通过采取有效的压差卡钻预防措施,可以减少压差卡钻事故的发生,从而缩短钻井周期。缩短钻井周期意味着可以提前进入后续的生产环节,如完井和采油,从而为企业带来更早的经济效益。

5.2 降低钻井成本

压差卡钻是钻井过程中一个不容忽视的问题,其带来的负面影响不仅体现在处理事故的高昂费用上,还涉及到钻井液成本的增加以及钻具使用寿命的缩短。然而,通过采取一系列有效的预防措施,我们可以显著降低这些问题带来的风险和损失。

除了上述提到的减少处理压差卡钻事故的费用、降低钻井液成本以及提高钻具使用寿命外,预防压差卡钻还能够带来其他好处。例如,它可以提高钻井作业的效率。避免了卡钻事故的发生,就减少了处理事故所耗费的时间,使得钻井进程能够更加顺利地进行,从而缩短整个钻井周期,为项目节省时间和成本。

预防压差卡钻有助于保障钻井安全。卡钻事故一旦发生,不仅会对设备造成损坏,还可能对人员安全构成威胁。通过有效的预防措施,降低卡钻事故的发生率,可以为钻井工作人员创造一个更加安全的工作环境,增强整个钻井作业的安全性。

预防压差卡钻是钻井工程中至关重要的一环。它不仅能够避免高昂的处理费用、降低钻井液成本和延长钻具使用寿命,还能提高钻井作业效率和保障钻井安全。因此,钻井企业和工作人员应高度重视压差卡钻的预防工作,加强技术研究和管理措施,确保钻井作业的顺利进行和经济效益的最大化。只有这样,我们才能在钻井领域取得更好的成绩,为能源开发事业做出更大的贡献。

5.3 提高油气产量

缩短钻井周期可以使油气井提前投产,从而增加油气产量。此外,避免压差卡钻对井眼的损害,可以保证井眼的完整性,提高油气井的生产能力和采收率。

6 提高经济效益的实际案例分析

以某油田的一口深井为例,该井在钻井过程中曾发生过压差卡钻事故,导致钻井周期延长了20天,处理压差卡钻事故的费用高达100万元。在后续的钻井过程中,采取了优化钻井液性能、合理控制钻井参数等压差卡钻预防措施,成功避免了压差卡钻事故的再次发生。结果,该井的钻井周期缩短了15天,钻井液成本降低了20万元,钻具使用寿命延长了30%,油气产量也比预期提高了10%。通过对该案例的经济效益分析,发现采取压差卡钻预防措施后,该井的总经济效益提高了300万元以上。

7 结论

科威特油区上部地层使用的钻井液密度小,发生压差卡钻的概率不高。使用好固控设备,控制好泥浆密度及泥饼和失水性,质量好的泥饼对压差卡钻有很好的预防作用。预防压差卡钻应从常规操作和钻井液的处理双向出发。

参考文献:

[1] 代永波. 防压差卡钻技术研究 [J]. 中国高新区, 2018.