

水平井钻井摩阻影响因素分析及减摩技术研究

陈 亮 (西部钻探定向井技术服务公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘 要: 针对水平井钻井摩阻影响因素问题, 本次研究结合我国水平井钻井作业现状, 首先对水平井钻井过程中摩阻的影响因素进行全面分析, 在此基础上, 提出水平井钻井减摩技术, 为推动我国水平井钻井作业的进一步发展奠定基础。研究表明: 在进行水平井钻井作业的过程中, 钻柱屈曲行为、轨迹控制以及钻井液密度等三方面的因素都会对钻井的摩阻产生重要影响, 因此, 相关工作人员需要从井眼轨迹优化、优选钻具组合以及合理配置钻井液等角度入手, 分别采取多项有效措施, 全面提高减摩水平。

关键词: 水平井; 钻井摩阻; 影响因素; 减摩技术; 井眼轨迹

0 前言

对于我国部分区域的油田而言, 地层的情况相对较为复杂, 岩石的密度相对较高, 裂缝的发育情况相对较好, 受到地质情况复杂的影响, 进行水平井钻井作业的难度相对较大^[1]。在进行钻井作业的过程中, 钻具与周围介质之间必然存在一定的摩阻, 如果摩阻相对较大, 不但会出现各种类型的安全问题, 还将会严重影响钻井作业的效率, 因此, 如何降低钻井摩阻是一项重要问题。本次研究主要是对摩阻的影响因素进行全面分析, 在此基础上, 提出减摩的相关措施, 为推动我国钻井作业的进一步发展奠定基础。

1 水平井钻井摩阻机理研究

在水平井钻井过程中, 有许多因素会影响摩阻的大小, 而摩阻的大小又决定了水平位移的大小。后期井眼轨迹调整施工中, 由于摩阻大、扭矩大, 钻井过程中被迫将滑动钻进转为复合钻进, 致使不能按设计层位钻进, 甚至提前完钻。摩阻产生的根本原因在于管柱与井壁间的接触正压力和摩擦系数, 见公式 1。

$$F = \mu \cdot N \quad (1)$$

式中, 摩擦系数 μ 越大, 正压力 N 越大, 摩阻力 F 就越大。而管柱与井壁间的正压力, 主要由管柱的重力作用, 管柱中轴向力与弯曲井眼的耦合作用, 管柱的弯曲刚度与弯曲井眼的耦合作用, 管柱屈曲作用引起的附加接触正压力四种作用引起。

2 水平井钻井摩阻影响因素分析

2.1 钻井参数因素

2.1.1 钻压

在对水平井进行钻井作业的过程中, 在水平段内非常容易出现摩阻较大且钻压不足的问题, 如果可以对钻压进行适当的控制, 此时摩阻会得到一定程度的降低, 钻井的速度也会加快, 由此可见, 钻压会对水平井钻井作业的摩阻产生相对较为严重的影响。钻压的影响主要表现在随着钻压的逐渐增加, 钻具与井壁之间的接触点位置会重新排布, 各个接触点位置处所受到的力也会受到严重的变化, 根据钻井作业的经验可以知道, 钻压与摩阻之间将会呈现出正比例的关系, 这主要是随着钻压的逐渐增加, 钻具会出现严重的变形问题, 钻具会压迫

井壁, 井壁与钻具之间的接触力增加, 进而造成钻井作业的摩阻增加。

2.1.2 转速

一般情况下, 转速对摩阻产生的影响要小于钻压对摩阻产生的影响, 当刚性的物质与粘性的物质产生接触作用时, 两者之间的粘滞力与两者的接触时间相关, 与两者之间产生相对运动的频率也具有一定的联系, 在水平井钻井作业的过程中, 钻具与井壁之间的力可以归结为粘滞力, 如果粘滞力增加, 则钻具转动过程中受到的扭矩作用增加, 但是, 如果钻具的转动速度加快, 则钻具与井壁之间产生相对运动的频率就会增加, 此时的粘滞力将降低, 此时钻具受到的扭矩作用将会降低, 在进行钻井作业的过程中出现的粘滞力卡钻问题就是由于该种原因所引起, 因此, 在进行水平井钻井作业的过程中可能通过适当提高转速的方式防止出现粘滞力卡钻问题。

2.2 钻柱屈曲行为

在进行钻井作业的过程中, 受到钻具自身重量的严重影响, 钻具与井壁之间必然会出现严重的摩擦, 同时, 受到地层中压力的影响, 钻具可能会出现变形问题, 例如弯曲问题, 这种变形问题可以被称作屈曲, 在出现屈曲问题以后, 钻具与井壁之间的摩阻必然会进一步的增大, 但是, 在短时间内, 钻具的稳定性并不会出现较大的变化, 但是在钻具受到的载荷超过其屈曲极限以后, 钻具就会被严重损坏, 出现该种类型问题的主要原因在于屈曲现象的出现使得钻具与井壁之间的接触力增大, 摩阻扭矩增加。在另一方面, 在出现屈曲现象以后, 会对钻具轴向力的传动产生严重影响, 因此, 钻头将无法对地层顺利施压, 钻井的速度将会严重降低, 水平段的长度也会严重下降^[2]。

2.3 井眼轨迹

在进行钻井作业之前, 设计人员需要根据地层的实际情况, 对钻井轨迹进行合理的设计, 当轨迹设计存在较大差别时, 其摩阻也将会出现较大的变化。同时, 由于地层属于一个灰色系统, 钻井作业过程中的不确定性相对较强, 因此, 对靶点进行合理的控制十分重要, 在水平段内设置相对较多的控制点, 将会使得钻井轨迹控

制难度降低。为了可以使得井眼轨迹的控制难度进一步降低,需要使得井斜段的起伏度增加,最终水平段将会呈现出W形,该种形状的钻井轨迹必然会使得钻井摩阻增加,同时,在后期进行下套管作业的过程中,其作业难度也将会大幅降低。

2.4 钻井液密度

钻井液属于钻井作业过程中的关键试剂,通过使用高性能的钻井液,可以使得钻井效率得到提升,同时,还可以防止出现各种类型的钻井事故问题。目前,国内外学者对于钻井液进行了充分的研究,因此,油气田企业可以选择的钻井液类型也相对较多。对于致密性相对较强的储层而言,在进行钻井作业的过程中,摩阻相对较大,摩阻的变化性相对较强,这主要是因为钻井过程中所使用的钻井液密度相对较高所引起。在钻井液密度不断增加的前提下,钻具的内外压差也将会增加,受到内外压差的影响,钻具将会紧贴在井壁上,钻具与井壁之间的接触面积增加,进而使得钻井过程中的摩阻增加。因此,在进行钻井作业的过程中,工作人员对钻井液的密度以及类型进行合理的调节十分关键。

3 水平井钻井减摩技术研究

3.1 井眼轨迹优化

为了达到钻井减摩的目的,首先需要对井眼轨迹进行合理的优化,在这一方面,主要可以采取三方面的措施,首先,在对井眼轨迹进行设计之前,工作人员需要进行充分的地质勘探作业,全面了解地层中各类岩石的分布情况,根据地层的实际情况,提出多套钻井轨迹的设计方案,然后使用计算机软件,对这多套方案进行全面的模拟,最终可以优选出一种最佳的钻井轨迹方案;其次,在进行实际钻井作业的过程中,需要引进先进的技术,提高钻井轨迹的控制效果,使得实际轨迹可以与设计轨迹完全相同;最后,如果地层中钻井轨迹的变化相对较大,此时钻井过程中非常容易出现阻卡的问题,这对于钻井安全以及钻井效率十分不利,因此,对于轨迹变化相对较大的区域,工作人员需要采取相关措施,例如在钻井液中加入一定量的润滑剂等,进而防出现钻井阻卡问题。

3.2 优选钻具组合

对钻具组合进行全面的优选也是降低钻井摩阻的关键性措施,钻具优化主要可以分为三个方面,分别是钻具结构的简化、合理配置钻杆以及套管柱结构调整。在钻具结构的简化方面,尽可能对钻具的结构进行简化,并采用管串的方式,使得钻具的柔性得到增强,同时,还需要将可能减小管串之间的间隙,对于钻铤而言,其刚度相对较大,在斜井段进行钻井作业的过程中,工作人员可以使用无磁承压钻杆,进而使得无磁钻铤得到代替,使得测斜的仪器可以处在无磁的环境之中,进而使得下部位置钻柱的刚度降低,钻柱与井壁之间的间隙减小,钻具设备与井壁之间的接触面积减小,最终达到减摩的效果。在合理配置钻杆方面,工作人员需要对井眼

的曲率以及地质情况进行全面分析,根据分析结果,对钻柱的数量进行合理的选择,在钻柱的刚度达到一定的数值以后,可以使得钻柱与井壁之间的接触面积降低,通过该种类型的措施,既可以使得钻柱与井壁之间的接触点数量减少,防止接触点数量增大引发接触力相对较大的问题,还可以避免钻柱与井壁之间的接触面积增加,同时,工作人员还需要对水平段以及斜井段的长度进行全面分析,在直井段合理的位置处安放加重的钻杆,该种类型的钻杆需要在直井段内均匀分布,通过该种类型的措施,可以满足钻具施压的相关要求,同时,还可以充分发挥扶正器的作用,这也是减小管柱与井壁之间接触面积的重要措施;在套管柱结构调整方面,对于筛管完井的油气井而言,工作人员需要采取分级固井的措施,这就需要在套管串的位置处安装合适的封隔器以及分级箍,对于这些附件而言,其壁厚相对较大,刚性相对较强,可以有效防止出现变形问题,同时,为了使得管柱的柔性得到增强,还需要使用套管进行分隔,防止管串出现刚性过于集中的问题,以此降低管串与井壁之间的摩擦阻力,这也是降低下套管作业难度的重要措施。在进行下套管作业的过程中,需要对扶正器进行合理的配置,使得套管可以得到顺利的下放,固井的质量可以得到全面的提升。

3.3 合理配置钻井液

对钻井液进行合理的配置对于钻井作业而言十分关键,目前,国内外在钻井液方面的发展速度相对较快,对于我国的油气田企业而言,可以充分借鉴国外油气田钻井液的配置情况,并根据我国地质的实际条件,对多种类型的钻井液进行合理的筛选。在另一方面,在钻井作业进入到某些特殊位置时,传统的钻井液可能无法满足顺利钻井的基本需求,这就需要工作人员对钻井液进行合理的调整,使得钻井作业过程中钻具与井壁之间的摩阻可以得到全面降低,这是实现减摩目标的重要措施。

4 结论

在进行水平井钻井作业的过程中,受到我国部分地区地质条件相对较为复杂的影响,可能会出现摩阻增大的情况,在摩阻达到一定的数值以后,不但会使得钻井作业的效率严重降低,还可能会出现设备损坏的问题,这对于钻井作业十分不利。在钻井的过程中,摩阻的影响因素相对较多,因此,工作人员需要根据摩阻的影响因素,采取多种类型的措施,最终达到减摩的目的,保证我国水平井钻井作业可以顺利进行。

参考文献:

- [1] 万小勇. 水平井钻井摩阻影响因素分析 [J]. 石化技术, 2020,27(09):165+180.
- [2] 闫铁, 刘珊珊, 毕雪亮. 气体钻井钻柱摩阻转矩影响因素分析 [J]. 石油矿场机械, 2015(08):1-6.

作者简介:

陈亮(1995-),男,四川内江人,助理工程师,从事定向井钻井技术服务工作。