

裸眼侧钻关键技术的研究与应用

王 恒

(胜利石油管理局钻井工程技术公司,山东 东营 257064)

摘 要:裸眼侧钻技术是最常用的钻井工艺技术之一,但若对侧钻技术不熟悉或侧钻方法单一,往往导致侧钻周期长、损失井段多、工具和仪器损耗大,甚至造成侧钻失败。分析了裸眼侧钻的几个关键问题;给出了选择侧钻点的依据;结合井底力学分析模型,评价和优选出最佳的侧钻工具;在对比控压和控时两种侧钻方式优缺点的基础上,绘制出侧钻方式选择图,便于施工人员灵活选择侧钻工艺。用一口井的侧钻施工实例,阐述了上述关键技术的具体应用情况。

关键词:钻井;裸眼侧钻;侧钻方法;侧钻点;侧向力

中图分类号:TE243 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)10-0026-04

Research on Key Technology of Sidetracking in Open Hole and the Application/WANG Heng (Drilling Engineering & Technology Company, Shengli Petroleum Administration, Dongying Shandong 257064, China)

Abstract: Sidetracking in open hole is one of the most popular drilling technologies. Unknowing sidetracking or only with single sidetracking method, the construction time would be longer, more well sections would be lost with tools and instrument loss, even with failure. Some key problems of sidetracking are studied and discussed in this paper; principles of kick-off point are given and the evaluation of tools and control drilling by time or weight on bit are brought forward. In addition, sidetracking in a well is taken as an example to describe the technologies.

Key words: well drilling; sidetracking in open hole; method of sidetracking; kick-off point, side force

1 问题的提出

裸眼侧钻技术是在钻井过程中为达到一定的地质或工艺要求,在原井眼的基础上使用特殊的侧钻工具,控制井身轨迹按照预先设计的轴线偏离原有井眼的工艺技术。广泛应用于井身质量超标、井下存在难以处理的复杂情况、现有井眼无油气显示、需要探明油藏边界、定向井井眼轨迹达不到设计中靶要求以及其它原因造成的井段报废等。

裸眼侧钻分裸眼回填水泥侧钻和悬空侧钻两种。前者以其适用范围广、可靠性高、对完井作业影响小被更广泛采用,是常规的钻井技术之一。然而,由于某些钻井技术人员对侧钻工艺不熟悉、采用的侧钻方法单一、制定的侧钻方案未考虑地层可钻性和井眼轨迹等情况,导致侧钻周期长、损失井段大、工具仪器消耗多,甚至多次侧钻也不能偏离原井眼,造成侧钻失败。因此,有必要在总结现有成功经验的基础上,对裸眼侧钻技术进行更深入地研究分析,为现场施工提供理论依据和技术支撑。

2 关键技术

2.1 侧钻前的准备

收稿日期:2011-02-16

作者简介:王恒(1978-),男(汉族),河北固安人,胜利石油管理局钻井工程技术公司定向井公司副主任工程师,地质工程专业,硕士,从事定向井和水平井的钻井技术管理工作,山东省东营市德州路136号,whengnet@163.com。

侧钻能否取得成功不仅仅取决于施工过程,还取决于侧钻前的充分准备。很多侧钻失败正是由于对地层和原井眼信息掌握不全造成的。侧钻前,必须了解原井眼井身结构、井身质量、岩性、地层倾角、钻头类型、钻速、钻井液性能以及发生井下复杂事故的位置和原因,并查阅相关邻井资料,确定该区块是否有注水井等可能对施工造成影响的因素。

在此基础上,依据原井眼井身轨迹,再结合地质及工程要求初步确定侧钻设计方案。侧钻井段应选在地层均匀、倾角较小、没有夹层或断层、可钻性好、井径规则的稳定地层。填注水泥塞要求水泥浆稠化时间在300 min以上,保证侧钻点以上有10~20 m胶结好的水泥塞、侧钻井段有50~100 m强度较高的水泥塞。固井候凝48 h后,下钻探水泥面,钻水泥塞至预定深度,循环处理好钻井液后即可起钻。

2.2 侧钻点的选择

侧钻点的选择是侧钻工艺的一个重要环节,也是侧钻成功的重要保证。一般来说,侧钻点的选择原则有以下几点。

(1)侧钻点要满足地质设计和工程设计的要求,有利于后续施工及完井作业。

(2)侧钻点应处于稳定、可钻性好的地层,避开断层和软硬交错的井段。

(3)固井质量要好,通常水泥塞的强度用正常钻压钻进不放空,在开泵情况下可承受 200 kN 以上的静压。

(4)避开井眼不规则和井径扩大率大的井段。

(5)侧钻点处全角的变化率较大,侧钻方位与原井眼方位有一定角度。

(6)事故井的侧钻点最好选在事故井段 100 m 以上。

(7)为防止起下钻具破坏窗口,应避免在钻杆接箍位置侧钻。

2.3 侧钻工具的优选

选择合适的侧钻工具是侧钻成功的基本保障。常用的侧钻工具有钟摆钻具、弯壳体马达和弯接头加直马达。钟摆钻具只有降斜作用,适用于高造斜率井段的降斜侧钻;后两种是实际侧钻中最常采用的钻具组合。而这两种侧钻工具的作用原理不同,可细分为侧向力侧钻(弯壳体马达)和侧位移侧钻(弯接头+直马达),分别适用于不同的井眼状况。

弯壳体侧钻工具在井底的模拟受力情况见图 1。图中假设钻具处在滑动钻进状态,钻具不震动,且不考虑钻头旋转切削力的反扭矩作用,可以用静力学进行分析。

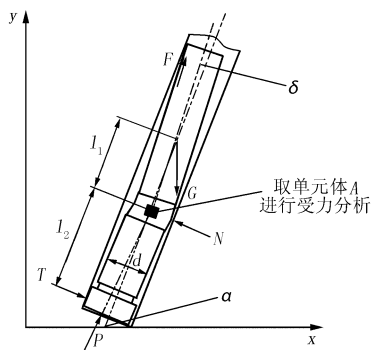


图 1 弯壳体钻具井下受力状况分析示意图

G —钻具浮重, kN; P —井底正压力, kN; T —井壁施加给钻头的反作用侧向力, kN; N —弯点处井壁支撑力, kN; F —上部的摩擦阻力, kN; l_1 —钻具重心至 A 距离, m; l_2 —钻头至 A 距离, m; d —钻具直径, m; δ —弯马达或弯接头的弯角, ($^\circ$); α —现有井眼的井斜角, ($^\circ$); A —钻具弯点中心上单元体

图 1 所示单弯壳体钻具的弯角为 δ , 井斜为 α 的情况下的受力情况, 单元体 A 在 x, y 方向上及扭矩 m 的受力分析如下:

$$x: P \cos(\delta - \alpha) + T \sin \alpha - N \sin \alpha + F \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$y: P \sin(\delta - \alpha) - T \cos \alpha + N \cos \alpha + F \sin \alpha - G = 0 \quad (2)$$

$$m: Gl_1 \cos \alpha + Fd/2 - Tl_2 = 0 \quad (3)$$

由公式(1)、(2)可得出:

$$P = \frac{G \tan \alpha}{\cos(\delta - \alpha) [1 + \tan \alpha \tan(\delta - \alpha)]} - \frac{F}{\cos(2\alpha - \delta)}$$

$$= \frac{G \sin \alpha - F}{\cos(2\alpha - \delta)} \quad (4)$$

钻具组合产生的侧向力 $T = P \sin \delta$, 所以侧向力随着弯角的增加而增大。

因钻具直径 d 相对于钻具长度 l_1 和 l_2 来说很小, 故公式(3)可简化为:

$$l_1/l_2 = T/(G \cos \alpha) \quad (5)$$

若 $l_1/l_2 \approx 1$, 则弯点距钻头和钻具重心的距离接近, 此时受力状况近似于弯接头配合直马达工作的情况;

若 $l_1/l_2 \ll 1$, 说明弯点距钻头近, 而离钻具重心很远, 则受力状况更接近于弯壳体马达在井底的工作状态。

由公式(5)可以看出: 在井斜角 α 一定的情况下, l_1/l_2 越小, 侧位移越大, 但侧向力越小; 若 l_1/l_2 越大, 侧位移越小, 侧向力越大, 且这种侧向力受井斜的影响较大, 井斜小, 产生的侧向力也小, 反之侧向力会随着井斜角的增大而明显增加。

根据上述力学分析, 在深井、硬地层、大井眼、井斜小或井下复杂的情况下, 应优先选用弯接头配合直马达进行侧钻, 充分利用其侧位移较大、侧向力稳定、初始造斜率高的特点, 迅速形成新井眼, 完成侧钻; 在井比较浅、地层松软、井眼尺寸小、井斜大的情况下, 利用大角度弯壳体马达能够产生较大侧向力和连续造斜率高的特性侧钻, 并充分发挥其能够旋转钻进的优势, 一趟钻完成侧钻和新井眼的施工, 提高钻井效率。

2.4 侧钻方法的确定

通常侧钻工艺采用控时侧钻, 即将钻具下至侧钻位置之前, 先调整好马达工具面, 接触水泥塞顶后, 静置循环一段时间并在井底造台阶, 然后开始控时钻进。侧钻之初的钻时一般控制在 2~3 h/m, 之后依据返砂情况逐渐减少控时时间, 直到恢复正常钻进。该方法施工工艺简单、成功率高, 特别适用于深井、硬地层、井眼稳定的情况, 但侧钻时间长、效率低、易发生溜钻和钻具粘卡。

虽然控时侧钻的成功率较高, 但并不适合浅井、疏松地层, 因为在软地层长时间控时, 很容易造成局部井径扩大, 使侧钻工具失去井壁的支撑, 侧钻失败。在这种情况下, 推荐采用控压侧钻方式, 即在掌

握水泥塞胶结强度、地层钻时、扫水泥塞钻时的前提下,以介于地层和水泥塞之间的钻压钻进。该方法特别适用于水泥胶结强度高于地层的情况,而且侧钻时间短、钻井效率高,是一种值得推广的侧钻方法。

可以参照图2的侧钻曲线选择合适的侧钻方式。

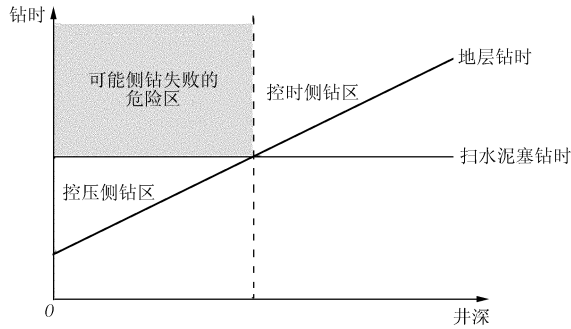


图2 侧钻方式选择图

2.5 新井眼的判断与防碰

新井眼的判断是侧钻技术的一个重要环节,也是决定侧钻过程是否结束的重要标志,其主要依据是钻屑中地层岩屑与水泥所占比率。判断新井眼的标志是:

- (1)新井眼与老井眼的距离达到或超过一个钻头的直径;
- (2)返出岩屑中水泥含量逐渐减少,最终全部为地层砂样,不含水泥;
- (3)钻进过程中能够连续加压,钻时与正常情况相似。

新井眼形成后,为防止重新进入老井眼,要特别注意避开事故井段,随时监测井身轨迹,跟踪钻进直到新、老井之间的防碰距离 > 2 m,重回原井眼的风险才基本排除。若事故井段有“落鱼”,为避免其对新井眼造成磁干扰,防碰距离至少要超过 4 m,否则新井眼的方位数据会受到影响。

3 现场应用实例

某油田 F7 井直井在钻至井深 3378 m 发生卡钻事故,处理无效后填井侧钻。井下“落鱼” 118.37 m,鱼顶井深 3118.08 m。打水泥塞后,在 2900 m 处循环有水泥返出。井身结构、侧钻及“落鱼”等基本数据见图3。在系统分析和研究地层信息、原井眼施工数据后,根据地质和工程要求,决定在 2950 ~ 3020 m 选择一侧钻点,沿现有井眼闭合方位的反方向侧钻。侧钻点附近的录井曲线见图4。

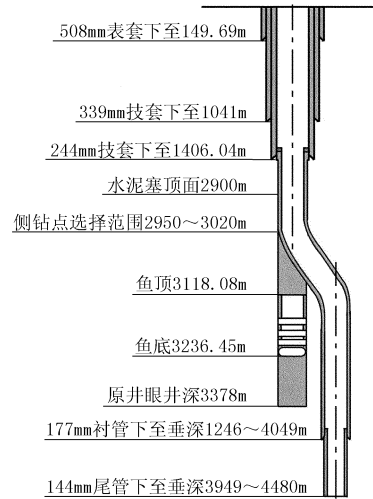


图3 井下复杂情况及井身结构图

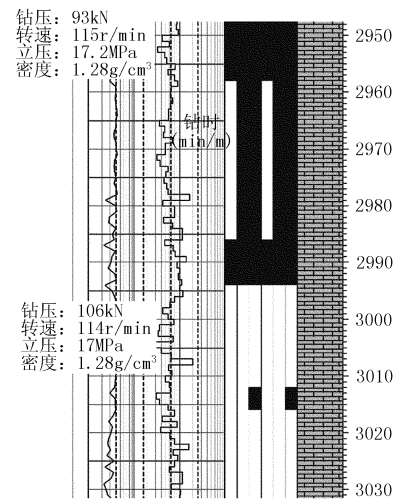


图4 侧钻点附近的录井曲线

从图4中可以看出:2994 m前钻时较慢且显示为油层,不适合侧钻;3001 m处岩性稳定、钻时较快,非常适合作为侧钻点。根据原井眼轨迹数据进行的侧钻设计见表1。

表1 侧钻设计轨道

测深 /m	井斜角 / (°)	方位角 / (°)	垂深 /m	南北坐标 /m	东西坐标 /m	造斜率 (°/100 m)	闭合方位 / (°)
3001	1.26	180.21	3000.60	-10.54	-18.01	0	243
3011	0.67	60	3011.23	-10.62	-17.95	16	242.5
3019	2.15	60	3018.59	-10.53	-17.80	20	241
3038	3.29	60	3037.57	-10.08	-17.02	6	238.7
3378	3.29	60	3377.01	-0.34	-0.14	0	196.8

考虑到井比较深、侧钻点井斜小、侧钻要求高,选用 2.5°弯接头配合直马达的侧钻工具。

钻具组合为:Ø212.7 mm 钻头 + Ø172 mm 直马达 + Ø172 mm 弯接头(2.5°) + Ø172 mm 短无磁钻铤 + MWD + Ø172 mm 无磁钻铤 + Ø172 mm 钻铤 ×

2根+ $\varnothing 127$ mm加重钻杆 $\times 15$ 根+震击器+ $\varnothing 127$ mm加重钻杆 $\times 2$ 根+ $\varnothing 127$ mm钻杆。

地层钻时和扫水泥塞钻时的对比情况见图5。由图5可见,地层钻时高于水泥塞钻时。对比图2,该井应采用控时侧钻方法。5 h控时钻进3 m后,返出的砂样中地层钻屑所占比例开始显著增加,钻进至3007 m后水泥所占比例 $< 30\%$,加压钻进至3020 m后返出钻屑全部为地层砂样,轨迹扫描新、老井眼距离0.38 m,据此判断钻头已全部钻入新井眼。此时,井底井斜角 1° ,方位角 80° ,起钻更换单弯螺杆钻具,复合钻进至3118 m,井斜角 2.9° ,方位角 71° ,防碰距离7.89 m,已无磁干扰影响,侧钻成功。

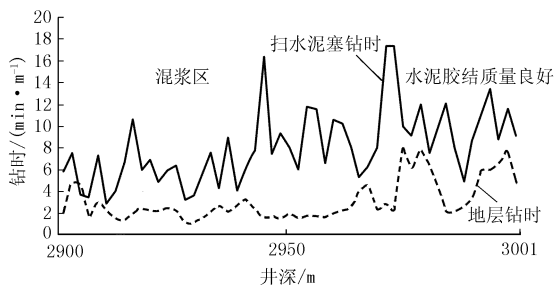


图5 地层钻时和扫水泥塞钻时对比

(上接第25页)

6 结论与认识

(1)本次钻进遭遇了地层大量出气、井壁坍塌、环空堵塞、防喷器胶芯多次磨损、降尘泵损坏等多种钻井事故,采用气体钻井技术,克服了在易漏易塌地层的钻井问题,避免了地层出气可能引发的井喷、燃爆等事故,大大提高了机械钻速,缩短了建井周期,提高了井的开发效益。

(2)气体钻井适用于地层不出液或出液量小、井壁稳定不易坍塌、硫化氢浓度低于50 ppm的非产层地段。

(3)气体钻井能很好的解决地层的“上漏下喷”问题,使用时优选空气钻井,氮气钻井能解决地下燃爆问题,适用于甲烷浓度大于3%的地层钻进但使用成本较高。

4 结论

(1)侧钻是一个复杂的系统工程,能否成功不仅取决于施工过程本身,更需要综合考虑设计要求、地层性质、固井质量等众多因素,以选择合理的侧钻工艺。

(2)在深井、硬地层、大井眼、井斜小的情况下,优先选用以侧位移为主、侧向力为辅的弯接头配合直马达进行侧钻;反之,选择以侧向力为主的单弯马达侧钻。

(3)在地层强度低于水泥强度的情况下,建议优先选择控压侧钻方式,以提高钻井时效。施工时必须特别注意避开侧钻失败的危险区。

参考文献:

- [1] 史洪军,张琳,许新强.裸眼侧钻钻井技术浅析[J].岩土力学,2004,26(S1):151-153.
- [2] 王忠生,邹强.硬地层定向井中几种侧钻方法的灵活应用[J].钻采工艺,2006,(6):19-20.
- [3] 胡茂中,鄢泰宁.FN-1井复杂条件下深井侧钻技术分析[J].探矿工程,2002,(1):17-18.
- [4] 李锁成,谷玉堂等.新120-侧平80井侧钻钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):25-28.
- [5] 吴荣战,张晓文.大牛地气田DP3水平井大井眼定向工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2).

(4)气体钻井没有钻井液对环境的污染,但噪声、粉尘、振动等影响突出,周围500 m内不宜有居民。

参考文献:

- [1] 王建艳.大庆油田古龙1井气体钻井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):14-16.
- [2] 王昌利,刘永贵,杨淑静.大庆徐深28井气体钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):24-26.
- [3] 马光长,杜良民.空气钻井技术及其应用[J].钻采工艺,2004,27(3):4-8.
- [4] 罗昭素,等.空气欠平衡钻井技术在徐深21井的应用[J].石油钻采工艺,2006,28(5):16-18.
- [5] 任双双,刘刚,沈飞.空气钻井的应用发展[J].断块油气田,2006,13(6):62-64.
- [6] 王凤屏,等.空气钻井技术在滴北1井石炭系地层的应用[J].新疆石油科技,2008,3(18):5-8.
- [7] 冯靓,等.空气钻井井下燃爆监测系统[J].石油机械,2007,35(5):35-40.