

柔性纠斜防斜钻具组合的应用研究

隆 威, 卫军刚

(中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 柔性纠斜防斜钻具组合在提高机械钻速的情况下能有效地控制井斜增加, 并具有降斜作用, 为大倾角硬地层易斜区快速纠斜防斜钻进提供了一种新的钻具组合类型。介绍了柔性防斜纠斜钻具组合的防斜纠斜机理, 对其力学模型进行了分析, 提出了其防斜纠斜的钻进技术措施。

关键词: 柔性接头; 纠斜防斜; 钻具组合; 工作机理; 力学模型

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)01-0050-03

Application and Research on Combination of the Flexible Deviation Correction and Prevention Drilling Tools/
LONG Wei, WEI Jun-gang (School of Geosciences and Environment Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: Combination of flexible deviation correction and prevention drilling tools can control the increase of deviation of the drilling well effectively while the rate of penetration (ROP) is increased, and can decrease the deviation also. It provides us a new type of the combination of drilling tools for the big inclination angle and hard stratum area, in which deviation is very easy to be encountered during drilling. In this paper, we introduce the mechanism of deviation correction and prevention of the combination of these flexible drilling tools; meanwhile, analyze the mechanical model of this type of drilling tools, then put forward the deviation correction and prevention drilling technical measure.

Key words: flexible joint; deviation correction and prevention; combination of drilling tools; working mechanism; mechanical model

随着矿产勘探开发领域的不断拓展与深入, 高陡构造、大倾角地层的勘探开发工作量越来越大, 在一定程度上井斜问题成了制约这些区域勘探开发工作质量、社会效益, 甚至成败的关键。在不影响钻进效率的情况下, 柔性防斜纠斜钻具组合可以有效地控制井斜, 为大倾角硬地层正常加压钻进提供了一种新型的钻具组合。

1 柔性钻具组合的工作机理

柔性接头是柔性纠斜防斜钻具组合中的重要组件之一, 它相当于一个万向接头, 不传递弯矩, 但可以传递扭矩、轴向力和剪力。柔性接头距钻头和上部稳定器的距离都比较短, 当钻具组合发生小挠度变形时, 在接头处形成的结构弯角可以在小范围内任意发生变化, 从而使钻头始终以降斜方式自转。当有井斜时, 受重力的作用切点以上的钻柱紧贴下井壁, 这时稳定器相当于一个支点, 使钻头偏向向上井壁, 在柔性接头的作用下带动钻头向下偏斜; 当钻柱旋转时, 该变形方式保持不变, 使钻头总是偏向下井

壁从而实现纠斜。在没有井斜时, 下部钻柱并不固定地贴在井壁的某一位置, 较大的钻压引起钻柱屈曲, 钻柱与井壁产生摩擦力促使钻柱涡动带动钻头转动, 使井底周边受相等的切削机会, 达到防斜的目的。同时该钻具组合还具有使钻头降斜力随钻压的增大而增大的特性。钻具组合结构如图 1 所示。

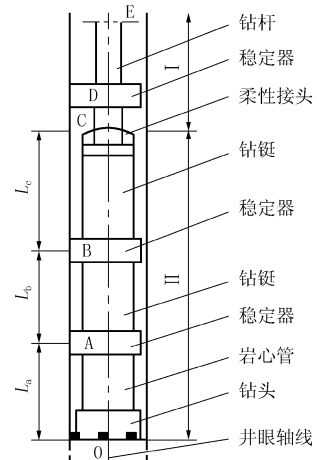


图 1 柔性钻具组合结构示意图 (E 为钻杆与井壁的切点)

收稿日期: 2006-06-02; 改回日期: 2006-10-23

作者简介: 隆威(1962-), 男(汉族), 重庆丰都人, 中南大学地学与环境工程学院副院长、教授, 探矿工程专业, 从事探矿工程专业教学、科研、设计及施工管理工作, 湖南省长沙市中南大学主校区地学楼, (0731)8879241、13508489893, 8Lwei@163.com; 卫军刚(1981-), 男(汉族), 甘肃宁县人, 中南大学在读研究生, 地质工程专业, 13786116342, weijun5163@sohu.com。

2 柔性钻具组合的力学模型及分析

2.1 柔性钻具组合的力学模型

如图 1 所示,该钻具组合以柔性接头为界分为 I、II 两个部分力学模型,以钻头、柔性接头为铰支和若干稳定器为支座,并受纵横载荷作用,如图 2 和图 3 所示。

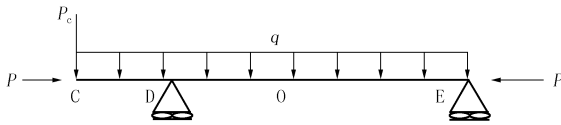


图 2 I 部分钻柱力学模型

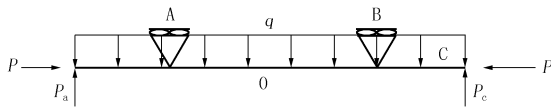


图 3 II 部分钻柱力学模型

该钻具组合产生降斜的条件是柔性接头的中心位于井眼轴线以上,近钻头稳定器 A 必须接触上井壁,即柔性接头的中心位置应满足下式的条件:

$$r \geq (d - R_d)/2 + (d - R_b)/2 \quad (1)$$

式中: r ——柔性接头中心与井眼轴线距离,mm; d ——井径,mm; R_d ——I 部分稳定器 D 直径,mm; R_b ——II 部分稳定器 B 直径,mm。

如图 3 所示,为使柔性钻具组合更好的发挥防斜作用,可在 II 部分设计 2 只稳定器 A 和 B,它们与井壁接触状况不同,钻头处产生的降斜力也不同。下面分 3 种情况进行分析。

(1) 稳定器 A 接触上井壁。在该状态下,II 部分钻柱受力分析如图 4 所示,此时钻头的降斜力 P_a 最大。

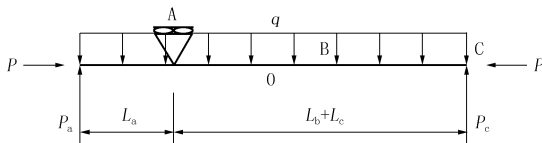


图 4 II 部分钻柱受力分析(稳定器 A 接触上井壁)

$$P_{amax} = [1/(2L_a)] [2P_c(L_a + L_c) + qL_a^2 + q(L_b + L_c)^2 + (P/L_a)(d - R_a)] \quad (2)$$

式中: P_{amax} ——钻头的最大降斜力,N; P_c ——I 部分钻具在柔性接头处产生的径向力, $P_c = q(L_a + L_b + L_c)/2$,N; q ——钻柱所受横向均布载荷,N; P ——钻柱所受的轴向载荷,N; R_a ——II 部分稳定器 A 直径,mm。

(2) 稳定器 B 接触上井壁。在该状态下,II 部分钻柱受力分析如图 5 所示,此时钻头产生的降斜

力 P_{amin} 最小。

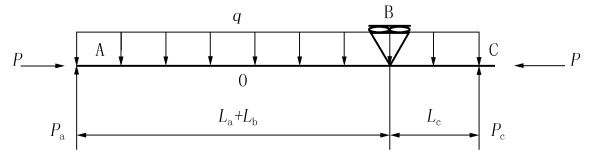


图 5 II 部分钻柱受力分析(稳定器 B 接触上井壁)

$$P_{amin} = \{1/[2(L_a + L_b)]\} [2P_cL_c + qL_c^2 + q(L_a + L_b)^2 + (2P/L_a)(d - R_b)] \quad (3)$$

式中: P_{amin} ——钻头的最小降斜力,N。

(3) 稳定器 A 与 B 均接触上井壁。在该状态下,钻头的降斜力介于最大值和最小值之间,为获得尽量大的钻头降斜力,设计钻具组合时,应满足下列条件:

$$(d - R_b)/(L_a + L_b) \leq (d - R_a)/L_a \quad (4)$$

在设计稳斜钻具组合时,上式取等号。

2.2 柔性钻具结构参数对钻头降斜力的影响

由式(2)可见,前项是由 I 部分上切点以下钻具的重力产生,在钻压小时起主要作用;后项是由钻压和稳定器与钻头产生,钻压起主要作用。而在设计钻具组合时主要考虑大钻压下的防斜纠斜作用,因此主要分析后项。

(1) 近钻头稳定器 A 直径的影响。随着稳定器 A 直径的减小,钻头的降斜力 P_a 减小。

(2) L_a 和 L_c 的影响。由式(2)分析可知,钻头降斜力随着 L_c 的增大而增大;随着 L_a 增大而减小。

(3) 钻压和井斜的影响。随着钻压和井斜增大,钻头降斜力 P_a 也增大。

3 柔性钻具组合的钻进技术措施

(1) 根据所钻地层的自然造斜能力,合理配置钻具组合,主要是稳定器外径、位置及柔性接头的位置。

(2) 钻进过程中,转盘转速不宜过高,钻压必须达到正常值。

(3) 遇研磨性较强的地层,要根据稳定器外径的磨损情况,及时起钻更换满尺寸的稳定器,以免影响防斜效果。

(4) 防斜钻进时,柔性接头下部 2 只稳定器 A 和 B 的外径差值不宜过大,近钻头稳定器 A 的外径磨损不得超过 2 mm。

(5) 纠斜钻进时,近钻头稳定器 A 的外径尽量接近钻头直径,靠近柔性接头的稳定器 B 的外径比稳定器 A 的外径应略小些,在进入纠斜钻进之前,最好先打出降斜井段,以确保后期的纠斜钻进效果。

(6) 钻进过程中,送钻操作要平稳、均匀,尤其

是钻遇复杂地层(如断层、软硬交错地层等)时,必须控制好钻压。

4 柔性钻具组合的应用

某井地层为大倾角硬地层,地层自然造斜能力强,地质因素是引起井斜的主要因素。开井钻至 82 m 时测得井斜 1.3° ,到井深 380 m 时井斜达到 4.8° 。井斜随井深基本呈直线增加的趋势。随后采用改变钻具组合及钻进参数的办法控制井斜,效果并不理想,采用塔式钻具组合纠斜,钻至 630 m 时不仅没有控制井斜的增加,反而使井斜增加到 8.9° 。另外因地层硬,钻压低,机械钻速明显下降。因此必须采用纠斜能力比较好的钟摆钻具组合或柔性钻具组合来降斜。两种钻具组合的结构分别为:

钟摆钻具组合: $\varnothing 225$ mm 钻头 + $\varnothing 219$ mm 岩心管 + $\varnothing 178$ mm 钻铤 $\times 18$ m + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 178$ mm 钻铤 $\times 18$ m + $\varnothing 159$ mm 钻铤 19 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

柔性钻具组合: $\varnothing 225$ mm 钻头 + $\varnothing 219$ mm 岩心管 + $\varnothing 178$ mm 短钻铤 + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 178$ mm 短钻铤 + $\varnothing 212$ mm 稳定器 + $\varnothing 178$ mm 短钻铤 + 柔性接头 + $\varnothing 178$ mm 短钻铤 + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 178$ mm 钻铤 $\times 18$ m + $\varnothing 159$ mm 钻铤 19 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

在不同井斜和钻压下,对钟摆、柔性钻具组合的降斜性能进行计算,其结果如表 1 所示。

表 1 钟摆、柔性钻具组合降斜性能计算结果表

类型参数		钟摆钻具降斜力	柔性钻具降斜力
井斜/ $(^\circ)$	钻压/kN	/kN	/kN
2	60	245	751
2	130	231	910
2	180	216	1122
5	60	683	1223
5	130	616	1418
5	180	527	1643
8	60	1123	1667
8	130	1002	1844
8	180	836	2087

由表 1 可知,在相同的钻压下,柔性钻具组合的降斜力比钟摆钻具组合大得多,并随着钻压的增大而增大,而钟摆钻具组合则随之减小。在随后的现场应用中也证实了这点。

为了纠斜采用钟摆钻具组合: $\varnothing 225$ mm 钻头 + $\varnothing 219$ mm 岩心管 + $\varnothing 178$ mm 钻铤 $\times 18$ m + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 178$ mm 减震器 + $\varnothing 159$ mm 钻铤 19 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。钻压 60 kN,转盘转速 70 r/

min。钻至 680 m 测得井斜为 8.45° ,降斜率为 $1.1^\circ/100$ m;平均机械钻速只有 0.6 m/h。虽然达到了降斜,但由于此钻具组合纠斜采用的是轻吊慢打,影响了钻进的效率。

在此情况下采用柔性钻具组合: $\varnothing 225$ mm 钻头 + $\varnothing 219$ mm 岩心管 + $\varnothing 178$ mm 短钻铤 + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 158$ mm 钻铤 + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + 柔性接头 + $\varnothing 214$ mm 稳定器 + $\varnothing 158$ mm 钻铤 19 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。钻压 80 kN,转盘转速 70 r/min。钻至井深 730 m 处测斜,井斜为 7.1° ,降斜率 $2.7^\circ/100$ m;平均机械钻速达到 1.5 m/h。在相同的转盘转速下,将钻压从 80 kN 增至正常钻压 160 kN 继续钻进至井深 770 m 处测斜,井斜 5.5° ,降斜率 $4.0^\circ/100$ m;平均机械钻速达到 1.45 m/h。达到了纠斜目的,并达到了正常的钻进速度(见表 2)。

表 2 各种钻具纠斜效果对比表

钻具组合	钻进井段 /m	钻压 /kN	钻速 / $(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})$	降斜率 / $[(^\circ) \cdot 100 \text{ m}^{-1}]$
钟摆钻具	630 ~ 680	60	0.6	1.1
柔性钻具	680 ~ 730	80	1.5	2.7
柔性钻具	730 ~ 770	160	1.45	4.0

在以后的钻井过程中,该柔性钻具组合有效地防止了井斜,满足了该井的钻井施工要求。充分证明了柔性钻具组合有防斜、降斜的作用。

5 结语

(1) 柔性防斜钻具组合的钻头降斜力随钻压增大而增大,能够抗衡较强的地层自然造斜力,可实现正常加压条件下的防斜纠斜钻进。

(2) 当柔性防斜纠斜钻具组合中的近钻头稳定器接触上井壁时,钻头降斜力最大。当其磨损后,钻头降斜力减小。

(3) 柔性防斜纠斜钻具组合随着钻压和井斜的增大,钻头降斜力增大。

(4) 柔性防斜纠斜钻具组合能提高钻井速度,为大倾角硬地层易斜区快速防斜纠斜钻进提供了一种新型钻具组合。

参考文献:

- [1] 白家社,苏义脑.井斜控制理论与实践[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [2] 朱宽亮,等.柔性增斜钻具组合在冀东油田的应用[J].石油勘探技术,1997,25(3).
- [3] 柏景海,等.斜直井下部钻具组合受力分析[J].石油勘探技术,1994,22(4).