

液动冲击旋转钻井技术在玉门青西油田的应用

文平¹ 陈波² 雷巨鹏² 颜玉川³

(1. 江苏石油勘探局钻井处 2. 江苏石油勘探局工程技术处 3. 四川石油管理局川南矿区)

文平等. 液动冲击旋转钻井技术在玉门青西油田的应用. 天然气工业, 2004; 24(9): 64~67

摘要 玉门油田青西地区上部志留系、白垩系推覆体老地层的机械钻速一直影响着青西地区钻井速度的提高。从破岩理论上讲, 冲击旋转钻井技术是解决硬地层钻进难题最有效的方法之一。利用液动冲击器进行旋转钻井是常规旋转钻井技术上发展起来的一种钻井新方法, 它可以大幅度提高钻进效率、降低钻井成本、延长钻头的使用寿命。该技术应用在岩石可钻性差的地层中, 可明显提高机械钻速。文章介绍了玉门青西地区地层特点及地质分层、所使用的 DGSC—203 冲击器工作原理和结构特点, 以及在青西地区 L114 井的应用情况, 得出的结论是 DGSC—203 液力冲击器在 L114 井上部推覆体老地层的钻进井段的使用中, 使机械钻速得以明显提高。但由于本井所使用的冲击器尺寸偏小, 井斜未能得到较好控制。文章最后提出了进一步研究液动冲击器的建议: 在使用过程中出现泵压比设计值明显偏大现象, 应研究进一步降低冲击器的工作压强, 提高射流元件的使用寿命。液力冲击器的直径应由小到大并形成系列化产品, 可全面解决石油钻井硬岩钻进难题等。

关键词 冲击钻井 旋转钻井 机械钻速 玉门油田

随着石油工业的发展以及勘探开发难度的增加, 油气钻井不断向更深、更广发展, 硬地层钻进的难题日益突出。如何解决油气井硬岩钻进难题是国内外石油钻井工程技术人员十分关心的课题之一。

从破岩理论上讲, 冲击旋转钻井技术是解决硬地层钻进难题最有效的方法之一。它可以大幅度提高钻进效率、降低钻井成本、延长钻头的使用寿命。该技术成功应用于石油钻井中, 对于硬地层钻进具有很大的现实意义, 必将加速油气田勘探开发的进程。

一、青西地区地层特点及地质分层

玉门油田青西地区地层沉积时间较老, 上部逆掩推覆带推覆上来的志留系、白垩系老地层的岩性以砾岩、砂质泥岩为主, 产状变化很大, 地层倾角在 70 多度, 具有“斜、硬、跳(跳钻)、磨(研磨性强)、变(每口井情况都有差异)”的特性。而且老地层挤压破碎严重, 岩性很不均质, 井斜控制难度大, 钻进中跳钻严重, 容易发生井漏、井斜、掉牙轮和断钻具等井下事故。

青西地区地层可钻性的纵向变化较大, 随井深增加可钻性变差, 横向变化也较大, 尽管是相同的构造、相同的地层, 其可钻性差异大。上述地层特点制

约了机械钻速的提高, 导致钻井周期较长。通过对青西地区窟窿山构造和柳沟庄构造已钻井的测井资料进行地层可钻性评价以及室内测定, 第三系地层的岩石可钻性小于 5 级, 硬度较低, 对钻井速度的影响不大。上部推覆体老地层及第三系下部地层可钻性在 6~9 之间, 最高达 9.73。机械钻速低一直影响着青西地区钻井速度的提高。青西地区(L114 井)上部地质分层见表 1。

二、液动射流冲击器

(1) DGSC—203 工作原理。冲击器由控制机构、动力机构和功率传递机构 3 部分组成。它以一个双稳的射流元件作为控制机构, 由于双稳射流元件具有附壁和切换的特性, 可控制流体按一定的规律进入冲击器活塞工作腔体的上腔和下腔, 从而推动活塞冲锤作上下往复运动。其工作原理如图 1 所示。水泵输出的高压水, 经钻杆柱输入元件 1 的喷嘴时产生附壁效应, 假如先附壁于右侧, 则由 E 输出进入缸体 2 的上腔, 推动活塞 3 及冲锤 4 下行撞击砧子 5, 完成一次冲击。在 E 输出同时, 反馈信号回至 F 控制孔, 在活塞行程末了使主射流切换附壁于左侧并经 C 进入缸体的下腔, 推动活塞及冲锤回程,

作者简介: 文平, 1972 年生, 工程师; 1994 年毕业于西南石油学院钻井工程专业; 现从事钻井工程现场生产和技术管理工作。地址: (225261) 江苏省江都市甘棠路 1 号。电话: 13805259135。

表 1 L114 井上部地质分层表

地层	底界深度 (m)	厚度 (m)	地 层 岩 性	故障提示
第四系	40	40	杂色砾石层, 胶结疏松	
志留系 (S)	1700	1660	上段为大套紫红色、暗红色白云质粉砂岩为主, 中部为浅灰色、灰绿色、绿灰色凝灰岩及绿灰色闪长岩, 下段为大套灰黑色、深灰色板岩、千枚岩、绿灰色白云质砂岩、绿灰色白云岩	本井有被推覆的志留系 (S)、白垩系 (K) 老地层。钻井过程中应注意在整合面处防止钻井液漏失
白垩系 (K ₁)	1870	170	上部为棕红色、灰色、褐灰色含砾泥岩、白云质泥岩、含砾泥灰岩; 中下部为灰色、灰黄色白云质砂岩、砾状砂岩、含砾砂岩与红棕色、灰色含砾泥岩、粉砂质泥岩呈等厚互层	
第三系 (R)	2560	690	上段为厚层状灰色粗砂岩, 杂色、灰色砂砾岩夹薄层棕黄色含砾砂泥岩; 中段为灰黄色、棕黄色、浅棕红色粉砂质泥岩与浅灰色、灰黄色、棕黄色、棕红色泥质粉砂岩、细砂岩、泥质砂岩、含砾泥质砂岩呈不等厚互层, 下段以浅棕红色、棕红色、棕色泥质粉砂岩、粉砂岩、含砾泥质砂岩为主, 夹薄层棕红色粉砂质泥岩	

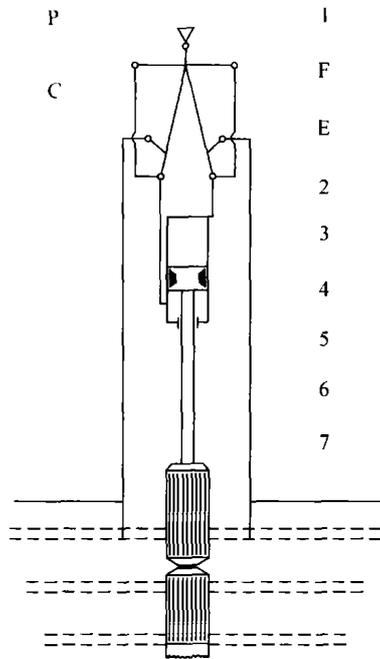


图 1 冲击器工作原理示意图

同样在 C 输出的同时, 反馈信号又回到 D, 将主射流切换到右侧, 如此往返, 实现冲击动作, 上下缸体内回水, 则通过 C、E 输出道而排放到空孔, 再经水道到达井底钻头, 冲洗井底后返回到地表井口。

(2) 冲击器的特点。①射流式冲击器是一开放系统, 从理论上分析, 其受井深引起的围压影响很小。②液动射流式冲击器除活塞冲锤外, 无其它运动零件, 也没有阀及弹簧等易损件, 因而其工作可靠, 使用寿命较长。③液动射流式冲击器的设计特点是性能参数可以大幅度调整, 使用时可根据地层特点、钻头类型及钻井规程等条件调整冲击器的性

能参数。调整方法有三种: a. 改变分流压盖的分流喷嘴尺寸, 调整输入冲击器的工作流量; b. 更换不同长度的调整锥杆, 改变冲击器的冲击行程; c. 改变冲锤的质量。④液动射流式冲击器设计了防空打机构, 当冲击器悬空时, 下接头向下滑动, 活塞随着下滑, 活塞圆柱面封住了缸体的下腔进水通道, 冲击器即不工作, 避免了划眼时冲锤的无效冲击。⑤合理地选配冲击器的结构参数, 可以实现大的单次冲击功, 这样在坚硬岩石中可配硬质合金的球齿钻头以提高钻进效率及延长钻头的使用寿命。⑥射流元件采用了耐磨性很好的合金材料, 大幅度提高了其使用寿命。

三、青西地区 L114 井现场应用情况

L114 井位于酒泉盆地酒西坳陷青西凹陷窟窿山构造南部。井口地理位置位于甘肃省玉门市青西地区 L8 井南西 672.61 m, L9 井北东 1328.1 m。钻井目的是确定窟窿山构造带 L8 井区块 K_1g_1 、 K_1g_0 砂砾岩油藏分布范围, 提高储量控制程度。设计垂深 4700 m, 井别开发评价井, 井型定向井。从表 1 中得知, L114 井上部逆掩推覆带推覆上来的志留系、白垩系老地层较厚 (1870 m)。邻井在钻遇推覆体老地层时, 因为地层可钻性差, 且地层倾角大, 机械钻速很慢; 地层胶结致密, 含砾石较多, 尽管使用了减震器, 跳钻非常严重。加压钻进时, 又因井斜超标而导致填井侧钻等复杂事故, 如邻井 Q2—25 井, 在钻遇志留系的 50~323 m 井段时, 因地层倾角大, 测单点不准, 钻压太大导致井斜超标, 打水侧钻。L114 井实钻从井深 60 m 左右开始进入推覆体老地层, 出

现蹩跳、地层研磨性强(钻杆耐磨带磨损严重)、可钻性差(钻时慢)等现象。2号 $\varnothing 374.6$ SH22R钻头钻进井段85.00~252.00 m,纯钻时89:00,平均机械钻速1.88 m/h,最大井斜角/井深为1.0°/180 m。现场决定从252.00 m开始使用DGSC-203液力冲

击器,1~2号 $\varnothing 374.6$ XHP2C钻头,冲击器外径203 mm,总长3112 mm,设计压力降1~2 MPa,冲击频率10~32 Hz,冲击能200~750 J。使用井段252.00~466.60 m,平均机械钻速2.69 m/h,最大井斜角/井深为3.0°/457 m,见表2统计数据。

表2 1~2号 $\varnothing 374.6$ XHP2C钻头使用液力冲击器钻进统计数据

井段(m)	所用时间(h:min)	钻压(kN)	转数(r/min)	排量(L/s)	泵压(MPa)	地层	井斜/井深[°/m]	密度/粘度(g·cm ³ /s)
252.00~261.00	6:50	40	55	42	15	S	0.45/256	1.12/78
261.00~284.49	12:35	60	55	42	15	S		1.13/90
284.49~294.08	2:30	55	55	42	15	S	1.25/284	1.13/86
294.08~303.59	4:40	50	55	42	15	S		1.13/84
303.59~322.79	3:15	30	55	42	12.5	S	2.0/315	1.13/74
322.79~351.57	10:30	30	55	42	12.5	S	2.5/342	1.14/76
351.57~361.13	3:25	20	55	42	12.5	S	2.5/361	1.14/72
361.13~380.34	6:20	20	55	42	12.5	S		1.14/66
380.34~389.92	3:50	30	55	42	12.5	S	1.5/380	1.14/70
389.92~409.05	7:05	30	55	42	12.5	S	1.75/399	1.14/66
409.05~428.30	5:00	30	55	42	12.5	S	2.25/418	1.14/62
428.30~447.45	7:40	25	55	42	12.5	S		1.15/56
447.45~466.60	6:05	20	55	42	12.5	S	3.0/457	1.15/57

注:BHA $\varnothing 374.6$ XHP2C+ $\varnothing 203$ 液力冲击器+ $\varnothing 228$ 减震器+ $\varnothing 228$ DC $\times 3$ + $\varnothing 374$ STB+ $\varnothing 228$ DC $\times 1$ + $\varnothing 374$ STB+ $\varnothing 203$ $\times 3$ + $\varnothing 178$ $\times 3$ + $\varnothing 127$ HWDP $\times 1$ 。

实际使用冲击器开泵钻进时,上一只未使用冲击器的2号钻头喷嘴 $\varnothing 12$ mm $\times 3$,等效喷嘴直径20.78 mm,泵压10 MPa;使用冲击器的1~2号钻头喷嘴 $\varnothing 16$ mm $\times 2$,等效喷嘴直径22.63 mm,泵压15 MPa,远远高于设计的1~2 MPa压力降。其它方面,使用或不使用冲击器井段,均存在不同程度的蹩跳钻情况,但在冲击器的使用过程中,发现泵压呈分段下降趋势,由最初的15 MPa降到12.5 MPa,每降1 MPa左右均能稳定几个到10个小时。在地面检查未果的情况下起钻。发现冲击器分流压盖水眼(11 $\times 42$ mm方眼+ $\varnothing 10$ mm $\times 4$)有刺的现象(不严重)。

冲击器使用过程中,钻压、转速、排量均在冲击

器设计使用要求参数范围内,钻压大部分时间维持在20~30 kN,小于上一只钻头的80 kN钻压,但最后一个测点(单点测斜),井斜已达到3.0°。分析原因:虽然小钻压可减少钻柱多次弯曲,避免因大钻压产生井斜,但本井由于没有 $\varnothing 228$ 尺寸的冲击器而使用的是 $\varnothing 203$ 尺寸型号,直接接在钻头之上,增加了钻具的柔性。加压后造成侧向力的产生,引起井斜增加。使用冲击器钻进至466.60 m,测斜时井斜/井深为3.0°/457 m,已接近设计最大井斜要求。起钻换用3号 $\varnothing 374.6$ SH22R钻头,未使用液力冲击器,钻进井段466.60~617.22 m,平均机械钻速1.43 m/h,数据见表3。

表3 3号 $\varnothing 374.6$ SH22R钻头未使用液力冲击器钻进统计数据

井段(m)	所用时间(h:min)	钻压(kN)	转数(r/min)	排量(L/s)	泵压(MPa)	地层	井斜/井深[°/m]	密度(g/cm ³)	粘度(s)
466.60~472.66	4:15	20	55	42	10	S	3.0/457	1.15	72
472.66~482.25	6:20	20	55	42	10	S	3.0/476	1.15	73
482.25~501.43	9:40	20	55	42	10	S	3.0/495	1.15	86
501.43~531.05	21:55	20	55	42	10	S	3.0/524	1.14	55
531.05~559.86	21:50	20	55	42	11	S	2.5/553	1.15	50
559.86~588.50	20:05	30	55	41	11.5	S	2.5/581	1.16	48
588.50~617.22	21:10	30	55	40	11.5	S	3.75/612	1.16	49

注:BHA $\varnothing 374.6$ SH22R+ $\varnothing 228$ 减震器+ $\varnothing 228$ DC $\times 2$ + $\varnothing 374$ STB+ $\varnothing 203$ $\times 2$ + $\varnothing 178$ $\times 3$ + $\varnothing 127$ HWDP $\times 1$ 。

表4、表5是分别按钻头序号和相邻井段对比液力冲击器的使用情况。

表4 按钻头序号对比液力冲击器使用情况

钻头序号	钻进井段(m)	进尺(m)	纯钻时间(h:min)	平均机速(m/h)	备注
2	85.00~252.00	167.00	89:00	1.88	未使用冲击器
1-2	252.00~466.60	214.60	79:45	2.69	使用冲击器
3	466.60~617.22	150.62	105:15	1.43	未使用冲击器

从表4中数据可以看出,使用冲击器的钻头所钻进的井段比未使用冲击器的钻头所钻井段的钻速明显增快43%~88%。

表5 按相邻井段对比液力冲击器使用情况

井段(m)	进尺(m)	机速(m/h)	钻井参数				备注
			钻压(kN)	转数(r/min)	泵压(MPa)	排量(L/s)	
231.00~252.00	21.00	1.83	80	55	10	42	未使用冲击器
252.00~274.95	22.95	1.89	40~60	55	15	42	使用冲击器
440.00~466.60	26.60	2.93	20	55	12.5	41	使用冲击器
466.60~491.81	25.21	1.51	20	55	11	42	未使用冲击器

表5中看出,刚下入冲击器时,机械钻速的提高不明显,增加了3.28%,但在冲击器起出后未用井段与使用冲击器时的相邻井段,钻速明显变慢,使用冲击器井段的钻速是下部未使用冲击器相邻井段的近一倍,提高了94%。当然,影响机械钻速的因素不仅与钻井参数有关,更主要的地层岩性的变化与机械钻速有更直接的关系。2号钻头(未使用冲击器)钻进井段的岩性为一套紫红色、暗紫红色白云质粉砂岩、粉砂质泥岩为主;1~2号钻头(使用冲击器)钻进井段的岩性以灰色、灰绿色、绿灰色凝灰岩为主,夹灰色白云质粉砂岩及白云质泥岩;3号钻头(未使用冲击器)钻进井段以灰绿色西晶闪长岩、深灰色沉凝灰岩为主。岩性的变化影响着机械钻速的快慢。

总的来说,在钻井参数没有大的变化的情况下,相邻井段的岩性不应该有太大的变化。在此前提下,通过以上一些数据对比,可以得到的初步结论是:DGSC-203液力冲击器在L114井上部推覆体老地层的钻进井段的使用中,使机械钻速得以明显提高。但由于所使用的冲击器尺寸偏小,井斜未能得到较好控制。

四、结论和建议

(1)DGSC-203液力冲击器在L114井上部推覆体老地层的钻进井段的使用中,使机械钻速得以明显提高。但由于所使用的冲击器尺寸偏小,井斜未能得到较好控制。

(2)液力冲击器使用过程中出现泵压比设计值明显偏大现象,应研究进一步降低冲击器的工作压降,提高射流元件的使用寿命。

(3)旋转冲击钻井是在常规旋转钻井的钻头上直接加上一个液力冲击器,不需要其它辅助设备,在现场简单易行,操作简单,可推广使用。

(4)液力冲击器的直径由小到大并形成系列化产品,可全面解决石油钻井硬岩钻进难题。

(5)从理论分析和试验与应用效果来看,冲击旋转钻井的碎岩方式有别于传统钻井,它可有效地提高硬岩钻速,防止硬岩及复杂地层钻井中的井斜问题,减缓钻头磨损,延长钻头寿命,减少钻具损坏,降低钻井成本,实现水平井及大位移井的井底加压,是一种很有发展前景的钻井方式。

参 考 文 献

- 1 陶兴华. 冲击旋转钻井破岩特点分析. 钻采工艺, 1996; (19)3
- 2 管志军, 张文华等. 钻井液动冲击器研究现状及发展趋势. 石油机械, 2001; (29)11
- 3 陈武等. 钻井工作量及钻速分析. 天然气工业, 2003; 23(1)
- 4 李福德等. 川东地区固井技术. 天然气工业; 2003; 23(1)
- 5 刘崇建等. 非牛顿流体流态判别方法的研究. 天然气工业; 2001; (3)
- 6 刘清友等. 盘式单牙轮钻头台架试验研究. 天然气工业, 2003; 23(2)

(收稿日期 2004-06-28 编辑 钟水清)