

气体钻井技术在七北 101 井的应用与研究^{*}

魏武¹ 许期聪¹ 邓虎¹ 徐忠祥¹ 晏凌² 伍贤柱² 刘德平²

(1.四川石油管理局钻采工艺技术研究院 2.四川石油管理局工程技术部)

魏武等.气体钻井技术在七北 101 井的应用与研究.天然气工业,2005;25(9):48~50

摘要 川渝地区的深探井,由于井眼尺寸大,地层复杂,钻井机械钻速低,钻井周期长而且极易发生断钻具等井下复杂事故,严重制约了川渝地区的天然气勘探开发进程,如何提高钻井速度一直是川渝地区钻井工作的一个难题。在七北 101 井的钻井过程中,选择了适当的井段进行气体钻井技术试验研究,研究表明,采用这一技术可大幅地提高钻井速度,钻井机械钻速提高了 3~15 倍。还可保证井下安全,减少井漏和断钻具等井下复杂事故。

关键词 气体 钻井技术 装备配套 钻头 机械钻速 钻井周期

七北 101 井设计井深 4900 m 左右,该井沙溪庙组和须家河组地层塑性强,岩石的可钻性差,钻井速度低,钻井周期长,井下复杂事故多,邻井七里北 1 井钻井周期达到 452 d,须家河组以上地层平均机械钻速仅为 1.29 m/h,比相邻构造的机械钻速 2.42 m/h 低 47%。尤其是须家河组井段钻井机械钻速仅为 0.78 m/h,由于钻速慢跳钻严重导致钻具疲劳加剧,断钻具事故频繁发生,钻至井深 4282 m 发生断钻具事故 18 次。为了更好地解决该构造钻速慢的钻井难题,在七北 101 井进行了气体钻井试验研究,先后开展了空气泡沫钻进、纯空气钻进、纯氮气钻进试验研究,钻井机械钻速提高了 3~15 倍,大大缩短了钻井周期,减少了钻具事故的发生,见到了明显的技术效果和经济效益。

一、七北 101 井气体钻井工艺技术

气体钻井种类和方式分很多种,我们针对七北 101 井的井身结构、地层特点和钻井难点选择了空气泡沫、纯空气和纯氮气钻井这 3 种气体钻井方式,其工艺流程如下。

(1)空气泡沫钻井工艺流程:以空气为工作对象用空压机对空气先进行初级加压,然后经过增压机增压将高压气体通过立管三通压入钻具,同时用一台水泥车,在立管三通处泵入泡沫基液,与进入立管中的空气混合发泡,空气泡沫通过钻头时对钻头进

行冷却,同时完成携带岩屑的任务,再通过井口,空气泡沫携带着钻屑进入排砂管线,最后到岩屑池,排砂管线上安装一个岩屑取样器便于取砂样。采用这一总体工艺流程进行钻井,使用的主要设备有空压机、增压机、水泥车和旋转头等,设备供气量满足空气泡沫钻井设计要求。

(2)纯空气钻井工艺流程:以空气为工作对象用空压机对空气先进行初级加压,然后经过增压机增压将高压气体通过立管三通压入钻具,空气通过钻头时对钻头进行冷却,同时完成携带岩屑的任务,再通过井口,空气和钻屑进入排砂管线,排砂管线上安装一个岩屑取样器便于取砂样,最后到岩屑池,采用这一总体工艺流程进行纯空气钻井。供气设备主要有空压机、增压机和旋转头等,设备供气量满足纯空气钻井设计要求。

(3)纯氮气钻井工艺流程:以空气为工作对象用空压机对空气先进行初级加压,然后压缩空气经过制氮机生产出氮气,再用增压机对氮气进行增压,将高压氮气通过立管三通进入钻具,氮气通过钻头时对钻头进行冷却,同时完成携带岩屑的任务,再通过井口,氮气和钻屑进入排砂管线,排砂管线上安装一个岩屑取样器便于取砂样,最后到岩屑池。采用这一总体工艺流程进行纯氮气钻井,设备供气量满足纯氮气钻井设计要求。

(4)气体钻井对钻头和钻具的要求:钻头选用常

^{*} 本文系中国石油集团公司重点科研项目“七里北构造提高钻井速度现场试验研究”成果。

作者简介:魏武,1963年生,高级工程师,1985年毕业于西南石油学院应化专业;现任四川石油管理局钻采工艺技术研究院空气钻井公司经理,一直从事现场钻井技术等管理工作,负责组织和参与了多项气体钻井作业施工。地址:(618300)四川省广汉市中山大道南二段。电话:(0838)5151378。E-mail:weiwuchymail@sina.com

规钻头和空气锤,钻具仍然按常规设计采用满足井身质量的降斜钻具组合,只是加装单流阀其它不做特殊要求。

二、七北 101 井气体钻井现场 试验及结果

针对七北 101 井井眼尺寸大、裸眼段长、可钻性差、易发生断钻具事故等井下复杂的特点和难点,七北 101 井在 3 个不同尺寸的井眼段进行了 3 种不同方式的气体钻井试验,机械钻速提高了 3~15 倍,井下安全,该井气体钻井的井斜较小,最大井斜仅 2.45°,且井径规则,起下钻顺利,气体钻井总进尺 2709 m,占设计井深的 55%,未发生井漏等复杂。充分体现了气体钻井提高钻井速度的优势,3 种气体钻井方式的试验简况和效果为:① $\varnothing 444.5$ mm 井眼 30~320.23 m 井段用空气泡沫钻进试验。七北 101 井第一次开钻钻至井深 30 m,下入 $\varnothing 508$ mm 套管固井。根据该区域地表水多、井眼尺寸大等特点,在该井段内采用空气泡沫钻进至井深 320.23 m,因地层产水量超过 50 m³/h,地面无法处理而转换为无固相钻井液钻进至井深 472 m,下入 $\varnothing 339.7$ mm 套管固井。充气泡沫钻进进尺 290.23 m,最高钻速 22.22 m/h;最低钻速 1.7 m/h,平均机械钻速 5.08 m/h。其中:115~274 m 井段属正常钻压的空气泡沫钻进,钻压 180 kN,平均机械钻速 8.3 m/h,是无固相钻井液的 3 倍。其余井段由于开钻加钻铤钻压不够和地层出水不能反映空气钻井的正常钻速。② $\varnothing 311.2$ mm 井眼 472~2056.35 m 井段用纯空气钻进试验。从井深 472 m 采用纯空气钻至井深 2056.35 m,纯空气钻井进尺 1584.35 m,层位沙溪庙组,平均机械钻速 13.96 m/h。其中在井段 675.52~2056.35 m 采用空气锤钻进,进尺 1380.80 m,平均机械钻速 16.64 m/h,是无固相钻井液钻进的 5.5 倍。在井深 2056.35 m 之后替入密度 1.23 g/cm³ 低固相钻井液转为常规钻井方式钻进至井深 2588 m,进尺 531.25 m,平均机械钻速 2.19 m/h;下入 $\varnothing 244.5$ mm 套管固井。(七里北 1 井在本井段的机械钻速约 1.90 m/h)。③ $\varnothing 215.9$ mm 井眼 2591~3426.11 m 井段用氮气钻进试验。该井段主要为沙溪庙组地层,是区域性的储产层,从井下和地面安全上考虑,该井段采用氮气钻井,井深 2591 m 开始采用氮气钻至井深 3426.11 m,进入嘉四段 415 m,氮气钻井进尺 835.11 m,平均机械钻速 13.73 m/h,是七里北 1 井钻进速度 1.69 m/h 的 8 倍。单只钻

头穿越 352 m 的须家河组地层,机械钻速达到 12.05 m/h(七里北 1 井 0.78 m/h)。通过以上 3 段的气体钻井试验,和邻井七里北 1 井常规钻井相比,取得了明显的技术效果和经济效益,对比结果见表 1 和表 2。

表 1 七北 101 井与七里北 1 井钻速对比

层位	钻头尺寸 (mm)	七北 101 井(气体)		七里北 1 井(钻井液)		钻速提高倍数	
		井段 (m)	介质	平均钻速 (m/h)	井段 (m)		平均钻速 (m/h)
沙溪庙组	444.5	115~274	泡沫	8.3	147~296	3.03	1.74
沙溪庙组	311.2	1750~2056	空气	16.64	1750~2062	2.93	4.68
须家河组	215.9	2587~2944	氮气	12.05	4061~4282	0.78	14.38
雷口坡组 嘉陵江组	215.9	2944~3426	氮气	15.73	4282~4401	1.69	8.3

表 2 七北 101 井与七里北 1 井进度对比

井段 (m)	七北 101 井 循环介质	钻井时间(d)		时间差 (d)
		七北 101 井	七里北 1 井	
0~30.00	无固相钻井液	3	3	0
30.00~320.23	空气泡沫	5	16	11
320.23~472.00	无固相钻井液	7	2	-5
472.00~2056.35	纯空气	10	83	73
2056.35~2587.6	聚合物钻井液	27	24	-3
2587.6~3426.11	氮气	7	126	118
累计	/	59	256	197

三、认识和建议

通过该井的气体钻井试验,取得了很好的技术效果,认识到气体钻井有很多技术优势,不仅可以大大加快钻井速度,减少井下复杂,而且可以给钻井工程带来很好的经济效益,具体有以下几点认识和建议。

(1) 气体钻井速度快。采用气体钻井技术能够大幅度地提高钻井机械钻速。七北 101 井的试验表明可提高机械钻速的 3~15 倍。在七里北 1 井钻至井深 3426.9 m 耗时 256 d,而在七北 101 井钻至井深 3426.11 m 仅耗时 59 d,七北 101 井较七里北 1 井缩短钻井周期 197 d,大大缩短了钻井周期,提高了经济效益。

(2) 有利于井眼稳定。气体钻井可避免泥页岩地层水化引起的垮塌。四川自流井以上地层易垮塌,一般是通过提高钻井液的密度或改善钻井液性能来实现地层的稳定,而气体钻井解决了上部井眼

稳定问题。该井在 $\varnothing 311.2$ mm 井眼沙溪庙组地层进行空气钻井,裸眼段长 1561 m,井壁稳定,接单根、起下钻顺利,从电测曲线上看空气钻井井径规则且平均井径扩大率为 2.8%,常规钻井井段没有空气钻井井径规则,平均井径扩大率为 3.5%。

(3)可以有效避免井漏复杂。七里北 1 井在相同井段 $\varnothing 311.2$ mm 井眼发生井漏 15 次,损失时间 14 d;本井在易漏的沙溪庙组和嘉陵江组地层均未发生井漏。

(4)有利于延长钻具使用寿命,减少井下复杂事故的发生。由于气体钻井速度快,缩短了钻井时间,减少了钻具和扶正器的磨损;由于钻压低使得钻具负荷轻,减轻了钻具磨损和疲劳损坏,延长了钻具的使用寿命;再者,气体钻井的注气压力低,避免了钻具的刺漏,确保了钻具使用的安全。该井钻至井深 3426.11 m,没有发生一次钻具事故,而七里北 1 井钻至须家河组井深 4282 m,共发生钻具事故 18 次。

(5)节省钻头费用。该井在沙溪庙组地层钻进 1584 m 用了 1 只牙轮钻头和 1 只空气锤,而同构造的七里北 1 井相同井段用了 19 只钻头,平均每只钻头进尺 92.9 m,空气钻井单只钻头的平均进尺是常规钻井的 7 倍。同时在嘉陵江组井段采用气体钻井可以节省 PDC 钻头和螺杆钻具。须家河组地层以石英砂岩为主,一直以来是川渝地区最难钻的井段,厚度 500 m 左右,一般用 7~10 只钻头才能钻完该层段,钻进周期一般都要超过 1 个月。七里北 1 井须家河组井段 534 m,共使用了 9 只钻头其中包括最新型的 7 只宽齿钻头,平均每只钻头进尺 59.3 m,作业周期 56 d,而七北 101 井氮气钻井用 1 只牙轮钻头钻完 353 m 须家河组和 43 m 雷口坡组,作业周期仅 2 d,单只钻头进尺是常规钻井进尺的 6 倍。

(6)具有较好的防斜打快效果。由于气体钻井的钻压低,有利于川东高陡构造防斜打直打快。该井在 $\varnothing 311.2$ mm 井眼钻井的钻压仅为 40 kN 左右,远远低于川东地区任何一口井的钻压,井斜得到有效的控制,该井气体钻井井段的最大井斜角仅为 2.45°。

(7)根据井下具体情况采用不同的气体钻井技术。纯空气、空气泡沫、充气、氮气等钻井技术交替在一口井使用,可以解决出水、浅层气、水敏易垮塌和井漏等地层钻进,避免了井下复杂,大幅地提高了钻井速度。

(8)节省钻井液费用,有利于环境保护。由于采用空气钻井时,不用钻井液,而且钻井速度快,整口

井减少了钻井液的沿程损耗,同时也减少了废弃钻井液的处理量,可节省大量钻井液费用和减少化工产品对环境造成的污染。

(9)今后进行气体钻井的建议。虽然该井的现场试验中见到了好的效果,但仍有许多问题需要进一步探索研究,建议今后从以下几方面进行加强研究:①加强对地层出水问题的研究,力争在气体携水、出水后携岩规律的认识上有所进步;②加强对井壁稳定问题的研究,特别是考虑化学耦合作用的钻前稳定性评价技术,另外高陡构造在地层不出水的条件下,采用气体钻井井下是否会发生垮塌,以及川渝地区井壁失稳情况的分类分析等都是今后需要进一步开展研究的工作;③加强对防斜打直问题的研究,理论上根据空气锤低钻压的特点,符合钻井吊打防斜的规律,同时钻井速度快,下一步可以在高陡构造上探索气体钻井技术的应用,通过合理的钻具组合加空气锤防斜,有可能满足高陡构造防斜打快的技术要求,减少对垂直钻井技术的依赖,但真实情况是否如此,还需进一步试验研究;④加强对膏盐层缩径问题的研究,虽然摸索出气体钻穿过薄层膏盐层的技术措施,但对长井段膏盐层地质力学特性、气体钻能够对付的临界厚度和深度还需进一步深入探索和研究;⑤进一步加大气体钻井在川渝地区其他构造的推广应用研究,让气体钻井技术在石油天然气的勘探开发中发挥出更大的作用。

参 考 文 献

- 1 陈武等.钻井工作量及钻速分析.天然气工业,2003;23(1)
- 2 李福德等.川东地区固井技术.天然气工业,2003;23(1)
- 3 刘崇建等.提高小井眼水泥浆顶替效率的研究.天然气工业,2003;23(2)
- 4 熊继有等.井下增压研究新进展.天然气工业,2003;23(6)
- 5 徐英.空气泡沫钻井液在核桃 1 井的应用.天然气工业,2004;24(10)
- 6 赵大鹏等.天然气欠平衡钻井技术在浅 2 井的应用.天然气工业,2005;25(2)
- 7 程常修等.天然气钻井应重点考虑的几个技术问题.天然气工业,2002;22(2)
- 8 曾时田.四川天然气钻井压力控制.天然气工业,2003;23(4)
- 9 杨令瑞等.四川天然气平衡钻井完井技术研究与应用.天然气工业,2005;25(3)

(收稿日期 2005-08-09 编辑 钟水清)