

# 涪陵页岩气水平井定向技术

文涛, 王伟, 唐俊

(中石化江汉石油工程有限公司, 湖北 潜江 433100)

**摘要:**涪陵页岩气产能示范区作为国内首个国家级页岩气示范区,自 2012 年启动以来,通过不断的技术攻关和技术创新,形成了完善的国产化水平井钻井技术系列。2015 年随着区块的转移,地质条件更趋复杂,定向施工面临着更多新的技术难题,在已有成熟技术的基础上,通过技术优化和先进的降摩减扭工具的应用,有效地解决了新区块的施工难题,推进了页岩气产能区的建设。

**关键词:**页岩气;水平井;定向技术

**中图分类号:**P634.7   **文献标识码:**A   **文章编号:**1672-7428(2016)07-0049-03

**Directional Technology of Shale Gas Horizontal Wells in Fuling Area/WEN Tao, WANG Wei, TANG Jun** (Jianghan Petroleum Engineering Co., Ltd., SINOPEC, Qianjiang Hubei 433100, China)

**Abstract:** As the first national shale gas demonstration area, Fuling shale gas productivity demonstration area was started in 2012. Through continuous technological research and innovation, a perfect domestic horizontal well drilling technology series has been formed. With blocks transfer in 2015, the geological conditions became more complex, new technical difficulties were encountered in directional construction. On the basis of the existing mature technologies, by the technology optimization and the application of advanced friction and torsion reducing tools, the construction difficulties in new blocks have been effectively solved, which promotes the construction of shale gas productivity zone.

**Key words:** shale gas; horizontal well; directional technology

2012 年,涪陵页岩气示范区产能建设正式启动,示范区地处四川盆地和盆边山地过渡地带,地势以低山丘陵为主,与国外页岩气开发相比难度更大。2013 年,平台井逐步进入规模化施工,2014 年一期产能建设进入高峰期,井工厂钻井模式广泛应用,页岩气水平井钻井技术得到了飞速发展,通过不断的摸索和实践,形成了一套比较完善的、行之有效的涪陵工区定向技术系列。

2015 年,随着一期产建进入收官期,边缘井增多,地质条件更趋复杂,南北区块差异性凸显,钻井工程面临更大的挑战。作为水平井施工的关键技术,定向技术也出现了诸多新的技术难题,在已有成熟技术的基础上,不断攻坚克难,有效地推进了复杂区块的施工进度,为二期产建完美收官提供了强有力的技术保障。

## 1 2014 年技术攻关成果

2013 年作为涪陵页岩气示范区进入规模化产

能建设的起步之年,在钻头螺杆选型、二开大井眼长稳斜段轨迹控制、定向托压预防及处理、三开长水平段轨迹控制等技术方面都处于摸索和试验阶段。

2014 年,随着一期产建提速,井工厂钻井模式广泛应用,三维水平井数量大幅度增加,定向难度进一步增大。针对前期施工中存在的技术难题,进行了大量的技术攻关和现场试验。根据页岩气水平井特点,制定出了一整套适合涪陵区块钻井的页岩气定向技术规范 and 定向模式。为了保证长水平段水平井定向施工质量,创新总结出了多项先进的定向特色新技术,形成了一套成熟的完全国产化的定向技术系列,降低了井下摩阻扭矩,解决了定向托压难题,提高了水平段延伸能力,大幅度提高了定向机械钻速<sup>[1]</sup>。

具体来说,形成了八大特色优势技术,技术创新有力推动了涪陵工区产能建设的快速有序进行。

(1) 渐增式低摩阻井眼轨道设计:有效地降低了井下摩阻扭矩,提高了钻柱和测量工具的通过能

收稿日期:2016-05-16

作者简介:文涛,男,汉族,1981 年生,油气井工程专业,硕士,从事定向井技术服务工作,重庆市南川区水江镇 80 会所(408403),53005971@qq.com;王伟,男,1973 年生,高级工程师,定向专家,从事定向技术研究与应用工作;唐俊,男,1985 年生,从事定向井现场施工与技术管理工作。

力,提高了水平段延伸能力。

(2)变曲率井眼轨道设计:能够很好的适应和应对新区块因地层不确定因素导致的靶点垂深不断变化调整的难题。

(3)复合钻增斜技术:减少了定向工作量,提高了定向机械钻速,提高了井眼轨迹的平滑度。

(4)PDC 钻头定向技术<sup>[2]</sup>:极大地提高了定向机械钻速和钻井时效,解决了牙轮钻头钻时高、寿命短、井下风险高的难题。

(5)大井眼长稳斜技术:创新出了一套成熟的钻具组合,结合钻井参数优化,解决了  $\varnothing 311.2$  mm 大井眼大斜度长稳斜段钻进中井斜无法控制的难题,提高了机械钻速,保证了井眼轨迹的平滑,并在涪陵区块得到了普遍推广应用。

(6)长水平段穿行技术:创新出了一套适合涪陵地区长水平段穿行的常规钻具组合和水平段穿行施工模式,水平段延伸能力达到 2000 m 以上。

(7)泡沫定向技术<sup>[3]</sup>:在国内首次成功应用了泡沫定向技术并取得了突破,为今后在易漏、易垮、可钻性差的地层实施泡沫定向技术起到了指导作用,具有十分重要的意义。

(8)摩阻扭矩分析预测技术:通过摩阻软件进行钻前、钻中和钻后的摩阻扭矩计算和下套管模拟分析,优化井眼轨迹、钻具组合,减小井下摩阻与扭矩,提升水平段延伸能力,避免卡钻、断钻具等井下安全事故,为钻井后续施工打下了良好的基础,实现了安全优质高效钻井。

## 2 2015 年新区块定向施工面临的技术难题

### 2.1 储层埋藏加深,造成二开裸眼井段更长,影响了水平段延伸能力

2014 年平均储层垂深 2461.30 m,2015 年平均储层垂深为 2892.18 m,深度增加了 430.88 m。与之对应,二开中完井深随之增加。2014 年平均二开中完井深 2568.05 m,2015 年平均二开中完井深 2976.95 m,深度增加了 408.9 m。二开裸眼井段更长,造成井眼清洁、携砂困难,井下摩阻扭矩会更大,对定向施工及水平段的延伸能力影响较大(见图 1)。

### 2.2 “鱼钩型”井增多,二开定向托压问题凸显

2015 年,“鱼钩型”水平井所占比例明显增多。顾名思义,“鱼钩型”井眼轨迹在水平投影上呈鱼钩

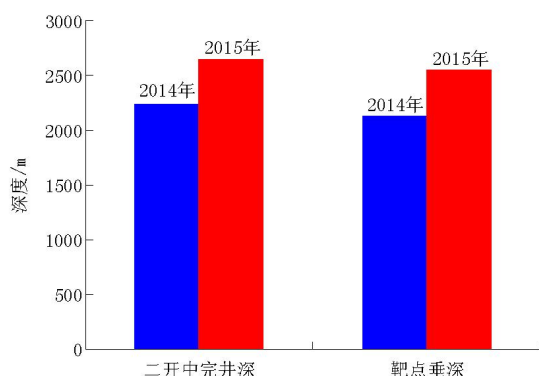


图1 2014 与 2015 年施工井中完井深与靶点垂深对比

形状,其施工难度主要表现在斜井段长、大井斜条件下扭方位工作量大。大井斜连续扭方位势必造成井下摩阻扭矩的急剧增加,极易产生 PDC 钻头定向托压现象,造成定向机械钻速大幅度下降。根据斜井段的长度分为“大鱼钩型”井和“小鱼钩型”井(见图 2、图 3)。

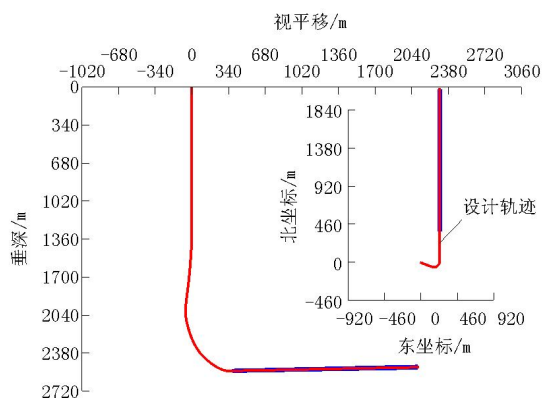


图2 “小鱼钩型”井井眼轨迹

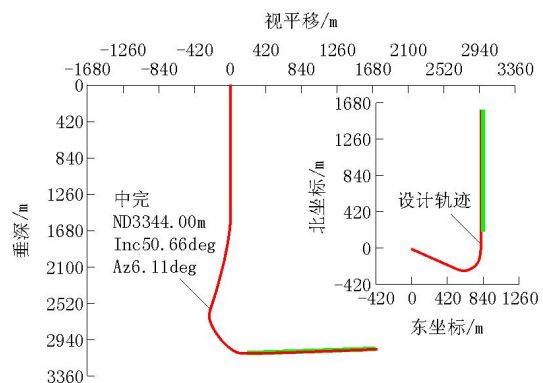


图3 “大鱼钩型”井井眼轨迹

### 2.3 井漏对定向施工的影响

涪陵区块地层裂缝发育,井漏情况较为普遍,特别是南部区块,恶性井漏频繁发生。在定向井段发生井漏,必须进行抢钻、堵漏。抢钻会对井眼轨迹控

制带来难度;频繁堵漏会造成泥浆中大量堵漏材料堆积,导致随钻仪器信号差、井下摩阻大,定向施工频繁托压等现象。并且长期井漏容易造成井垮,一旦出现井垮,定向施工将难以正常进行,严重影响施工速度及施工质量。

### 3 针对新区块技术难题的应对措施

#### 3.1 优化井眼剖面设计<sup>[5-7]</sup>,降低定向施工难度

(1) 优选剖面类型。南部区块井仍采用五段制剖面,即直-增-微增-增-水平剖面。二开增斜段采用造斜率先低后高的渐增式剖面<sup>[4]</sup>,以减小钻具最大侧向力;三开增斜段采用造斜率先高后低的变曲率剖面,确保稳斜探顶,矢量中靶。

(2) 优选造斜点,降低后期扭方位难度。适当提前造斜点,以较小的井斜“吃”连线位移,使扭方位时的井斜角相对较小,有利于减小定向扭方位的难度和工作量。

(3) 分段扭方位,减小“狗腿”度。在剖面设计中,在扭方位井段中设计一段复合钻进井段,减小连续扭方位造成的“狗腿”度,可在一定程度上降低扭方位难度。

(4) 适当调整造斜率,以利于易漏层钻进。井漏对定向施工影响很大,发生井漏后,定向施工势必中断,针对井漏情况有可能会实施抢钻,因此剖面设计在易漏层井段必须留足复合钻进尺或设计相对较低的造斜率。

#### 3.2 定向托压的应对措施

“鱼钩型”井的增多导致定向施工难度增大,PDC钻头定向托压成为制约钻井速度的一大因素。难度大的三维井一般需要在井斜 $40^{\circ}$ 以上的情况下扭方位 $100^{\circ} \sim 130^{\circ}$ ,极易产生严重的定向托压现象。

在处理定向托压问题时,在优化井眼轨迹的前提下,首先应考虑加入润滑剂,提高泥浆润滑性;其次,进行钻具简化,用无磁承压钻杆代替无磁钻铤以减少钻具与井壁的接触,简化钻具能在一定程度上缓解托压现象。在托压极其严重,并导致频繁憋泵、工具面不稳、钻时高等情况出现时,可选择降摩减扭工具。通过现场实践表明,水力振荡器(见图4)可以解决二开扭方位井段和三开水平段定向托压的问

题,且效果非常明显。使用水力振荡器可取得较高的定向段机械钻速<sup>[8]</sup>,但其对泥浆泵排量要求较高,会产生 $2 \sim 3 \text{ MPa}$ 的额外压降,不适用于易发生井漏的井。

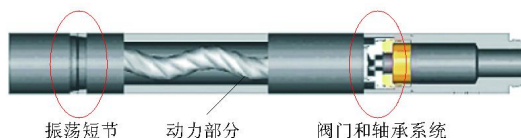


图4 水力振荡器结构示意图

### 4 结论与建议

涪陵页岩气水平定向技术通过前期的摸索和实践,已形成了较为完善的技术系列,针对新区块地质结构复杂,以及“鱼钩型”井增多,定向施工难度加大的情况,通过采取一系列有效措施,有的放矢,取得了较好的效果。

(1) 针对“鱼钩型”井眼,从优化剖面设计入手,减小扭方位井斜,通过分段定向扭方位,可以有效地降低定向施工难度。

(2) 定向托压应对措施及水力振荡器的配合使用为解决复杂井眼中PDC钻头定向托压的难题提供了有力保障。

(3) 建议在部署地面井位时充分考虑工程施工难度。通过井位的优选,尽可能留足靶前位移,减少“鱼钩型”井,从而降低定向施工难度,达到钻井提速的目的。

#### 参考文献:

- [1] 唐向阳,刘志伟. 水平井钻井的几个基本理论问题再探讨[J]. 钻采工艺,2008,31(3):9-12.
- [2] 张建民,孙宪东,夏慧颖. 单弯螺杆+PDC钻头在定向井中的应用问题及对策[J]. 石油天然气学报,2003,25(S1):68-69.
- [3] 杨海平. 泡沫定向钻井技术在涪陵焦石坝地区页岩气井的试验[J]. 石油天然气学报,2013,35(12):121-124.
- [4] 韩志勇. 悬链线剖面的实用设计方法[J]. 石油钻采工艺,1987,(6).
- [5] 王毅. 浅层高造斜率大井眼定向钻井技术[J]. 钻采工艺,2009,32(2):9-10,16.
- [6] 陈世春,王树超,张建春,等. 盐下油层水平井钻井技术[J]. 石油钻采工艺,2008,30(3):7-10.
- [7] 刘伟,李丽,胡大梁,等. 钻井新技术在川西中深层的应用[J]. 钻采工艺,2008,31(2):120-122.
- [8] 黄崇君,谢意,刘伟,等. 水力振荡器在川渝地区水平井的应用[J]. 钻采工艺,2015,38(2):101-102,116.