

# 九龙山地区珍珠冲砾石层提速试验研究

郭立特 夏明星 王彩玲  
川西钻探公司技术应用与研发中心  
DOI:10.12238/jpm.v4i2.5612

**[摘要]** 九龙山地区存在多产层、多压力系统的的钻井难点,特别是珍珠冲地层含有砾岩层,对钻头的破坏力极高,严重影响了钻井周期。本文就九龙山地区珍珠冲砾石层提速问题展开研究,分析问题根源,制定针对性措施,整合钻井配套技术,优化参数、严格钻头选型等方面入手,从而达到提速提效的目的,并进行推广应用。

**[关键词]** 珍珠冲;砾石;提速

## Experimental study on speed increase of pearl-washed gravel layer in Jiulongshan area

Guo Like Te, Xia Mingxing, Wang Cailing

Technology Application and Research and Development Center of West Sichuan Drilling Company, Chengdu, Sichuan Province 610000

**[Abstract]** There are drilling difficulties of multi-layer and multi-pressure system in Jiulongshan area, especially the pearl rush formation contains conglomerate layer, and the destructive force to the bit is very high, which seriously affects the drilling cycle. In this paper, the paper focuses on the speed improvement of pearl flush gravel layer in Jiulongshan area, analyzes the root cause of the problem, formulates the targeted measures, integrates the drilling supporting technology, optimizes the parameters, strictly selects the bit and other aspects, so as to achieve the purpose of speed and efficiency, and makes the popularization and application.

**[Key words]** pearl flush gravel to speed up

## 1 九龙山构造地质特点及钻井难点分析

### 1.1 地质特点

九龙山构造地面为一短轴背斜。西南端和东南翼与梓潼向斜相邻,西北翼向北隔庙二镇向斜很快过渡为南倾的单斜,东北端在喻家嘴以东消失并向北抬起过渡为南倾的单斜,成为鹰嘴岩隆起南翼的一部分。构造轴向 NE60° ~ NE40°,两翼平缓近于对称。西北翼较陡,倾角一般为 3° ~ 6°,外围增至 12°,局部达 14° ~ 16°;东南翼倾角一般为 3° ~ 6°,外围增至 9° ~ 10°,局部达 12°。顶部较平缓,倾角为 1° ~ 3°。

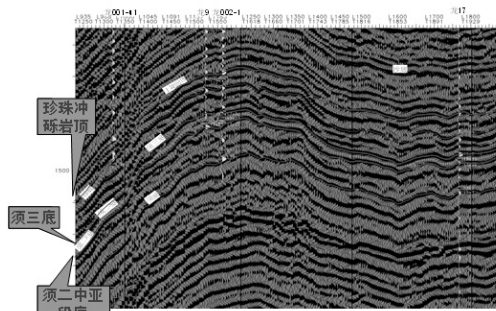


图1 九龙山构造过龙 00X-U1~龙 1X 井的三维地震剖面图

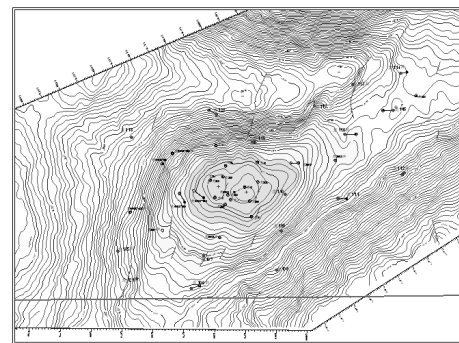


图2 九龙山构造珍珠冲段 I 旋回顶界地震反射构造图

### 1.2 钻井难点

九龙山构造上多口井的钻探证实其纵向上存在多产层(自珍珠冲、须家河)、多压力系统(蓬莱镇~沙二属于正常压力、珍珠冲、须家河可能钻遇异常高压)。珍珠冲地层可能钻遇高压高产,给钻井提速带来一定难度和风险。

珍珠冲地层含有砾岩层,其砾石成分有石英、燧石和黄铁矿等,研磨性强,可钻性极差,对牙轮钻头破坏极其严重,严重影响钻井周期。

## 2 九龙山钻井提速配套技术应用研究

### 2.1 欠平衡钻井和气体钻井规模推广潜力分析

针对九龙山地区提高机械钻速的问题,对九龙山地区影响钻井机械钻速进行了的原因进行了分析,采用常规钻井方式钻进时,在2200m以下钻进中机械钻速明显下降,造成机械钻速下降的主要原因为,进入自流井地层压力逐渐加大,钻井液密度增加,所钻岩石性质主要为砂岩和页岩,或者砂岩页岩交替出现。在井深逐渐增加的情况下,岩石的可钻性较差,高围压情况下,岩石的强度增加、硬度增加、塑性增加,可钻性变差,使用高密度钻井液使产生的压持效应明显加大,再者钻进工艺与钻井参数选择不合理成为影响机械钻速的主要因素。

### 2.1.1 欠平衡与气体钻井可行性综合分析

九龙山构造位于龙门山逆掩覆带南段的前缘陷陷,区内褶皱和断裂作用强烈,在须家河组构造层形成断背斜圈闭。在此种构造背景下,须家河组砂岩地层普遍发育构造裂缝。通过已钻井录井资料分析,在须家沙二—须家河组砂岩及泥页岩井段过平衡钻井均有井漏现象发生。同时九龙构造沙一底—须家河组地层普遍埋深在2600~3600m左右,地层压实作用较强,加之胶结作用改造,须家河组砂岩和泥页岩均致密并且硬度较大,可钻性较差。

### 2.1.2 提速效果分析

已有钻井资料分析表明,九龙山构造沙一底—须家河组可钻性级值在5~9之间,属于中硬~硬地层,过平衡钻井机械钻速普遍在1.5m/h左右。结合实验数据和测井资料分析,在欠平衡钻井条件下,岩石的可钻性系数级值可以降低1~3;在气体钻井条件下,地层的可钻性系数级值可以降低2~5。采用欠平衡钻井可以提高机械钻速至2~3m/h,在目前的技术水平下采用气体钻井可以提高机械钻速至6~10m。因此,采用气体和欠平衡钻井可以大幅度提高机械钻速缩短建井周期。同时,由于井眼始终处于负压条件,可以有效的克服钻井液漏失。另外,气体钻井还兼有防斜打直的作用。

### 2.1.3 井壁稳定性分析

九龙山构造沙一底—须家河组地层砂岩类型主要为石英砂岩、长石砂岩和岩屑砂岩,岩石胶结较致密,液体钻井条件下不存在井壁坍塌问题。但也存在大段的泥页岩地层,岩石矿物成分以伊利石为主,属于硬脆性泥页岩。在液体钻井条件下泥页岩井段坍塌密度在1.1~1.3g/cm<sup>3</sup>之间,液体欠平衡钻井条件下扩径率在60%左右;在干气钻井条件下扩径率在20%~50%,在地层出水条件下扩径率在70%,部分达到100%。因此,如果地层不出水,九龙山构造自流井—须家河组地层气体钻井比液体欠平衡钻井井壁稳定性好。

### 2.2 钻井参数优化

深井上部井段由于井眼尺寸大,破碎体积大,机械钻速低,深井的下部井段的地层由于埋藏深,地层压实作用大,导致岩石本身强度大,岩石还有可能从脆性变为塑性,不易破碎,此外,深井下部井段一般来说井眼尺寸小,钻压小,也导致机械钻速低。

钻头破碎地层的水力能量和机械能量也由于井眼深、沿程损耗大而降低。这些都导致了机械钻速下降,如果单只钻头的进尺少,起下钻时间增加,导致平均机械钻速低。因此,要提高机械钻速,必须使钻头获得较高的机械能量和水力能量入手。提高钻头的水力能力就是要提高钻头的水功率,提高钻头获得的机械能量就是要提高钻压和转速。

增加钻压提高机械钻速,但提高钻压要受到井下条件的制约,如果是钟摆钻具,不可能使用大钻压。提高钻头的旋转速度可以大幅度提高钻压,当转速从通常的60r/min提高到270r/min时,理论上机械钻速可以提高2倍。特别是对于PDC钻头,由于其结构上的特殊性,使之能承受较高的转速,这也是螺杆钻具配PDC钻头的复合钻井方式能够极大提高机械钻速的根本原因。

强化钻井参数就是要提高钻压、转速和泵压(钻头水功率),对于川渝西部地区而言,多数构造地层平缓,钻井时不容易井斜,这为采取强化钻井措施提高了良好的地层条件。通过分析研究,总结出匹配九龙山地区钻井的钻井参数。

表1 钻井参数匹配

井段	钻压	转速	排量	泵压
444mm 井段	加钻铤泥浆中重量的70~80%	60~70rpm		
311mm 井段	2~4T(空气锤)	35~40rpm	150m <sup>3</sup> /分	2~3MPa
216mm 井段	8~22T	80rpm/L	28L/S	>15MPa
152mm 井段	6~15T	60~80 rpm	15L/S	>15MPa

## 3 提速试验方案

### 3.1 钻井方式

444.5mm井眼从蓬莱镇钻至沙一顶,设计井深2100米。通过前期实际论证,为避免在该段因频繁井漏造成井下复杂周期长,也为进一步提高该段的机械钻速,在311.2mm井眼适宜采用气体钻井方式,钻具一般都采用单扶正器钟摆钻具组合,主要问题是要合理使用井下三器,特别是气体钻专用扶正器,这样才能确保井身质量,同时确保后期通井及下套管时井眼通畅。

333.4mm井眼在井深2166m开始造斜,使用单弯螺杆、MWD随钻测量仪造斜钻进,会穿越珍珠冲地层。152.4mm井眼钻深在3600米左右固井。采用单扶正器组合钻进。

### 3.2 钻头选型

表2

井眼尺寸	层位	推荐钻头型号	
		PDC	牙轮/空气锤
444.5mm	沙溪庙	FX65R	气体钻进:空气锤
	自流井	G506XH	SJT517GK/HJT537GK
333.4mm	自流井	GD1606S	HJT617GL
	珍珠冲	FX85R 孕镶+涡轮	HJT617GL

### 3.3 钻井参数

表3

井段	钻压	转速	排量	泵压
444.5mm 井段	2-8T (空气锤)	40-70rpm	260m <sup>3</sup> /min	2-4MPa
333.4mm 井段	25-30T	60-70rpm	50L/S	20-22MPa

#### 4 应用情况

4.1 444.5mm 井段采用气体钻进技术, 有效地提高了机械钻速

表4

井号	井段	地层	进尺	纯钻	机械钻速	钻井方式
龙00X	348~2100	蓬莱组~ 沙溪庙	1752	157	11.16	空钻

九龙山构造 444.5mm 井段, 未采用雾化钻平均机械钻速 7.65 米/小时, 采用气体钻进平均机械钻速 11.16 米/小时, 提高了 45.88%。

4.2 孕镶式 PDC+高速涡轮钻井方式在珍珠冲砾石井段试用提速效果不明显

表5

井号	层位	进尺 m	机械钻速 m/h	起钻原因	岩性及钻时分析
龙10X	珍珠冲	28.04	1.37	涡轮坏	钻时24分钟到243分钟不等, 纯砾石高达244分钟, 砂岩较快
龙10X	珍珠冲	11.74	0.37	涡轮坏	钻时78分钟到272分钟不等, 钻遇纯砾石变慢
龙10X	珍珠冲	6.71	0.39	起钻取芯	钻时78分钟到179分钟不等, 钻遇纯砾石变慢
龙10X	珍珠冲	38.37	0.95	珍珠冲完	钻时29分钟到119分钟不等, 钻遇砾质含量重较慢
龙00X-1	珍珠冲	1.99	0.2	钻时慢起钻	钻遇纯砾石较慢, 涡轮无力
龙00X-15	珍珠冲	8.28	0.33	钻时慢起钻	钻遇纯砾石较慢, 涡轮无力
龙10X-X1	珍珠冲	43.37	0.55	钻时慢起钻	
平均		17.37	0.63		

在珍珠冲使用个性化牙轮钻头, 平均进尺 22.31m, 平均机械钻速 0.87m/h, 使用孕镶式 PDC 平均进尺提高 9.38%, 平均机械钻速降低 38.09%, 钻遇纯砾石层时, 机械钻速最低 0.2

米/小时。

#### 4.3 珍珠冲砾石层氮气钻提速效果显著

九龙山地区珍珠冲地层 152.4mm 井眼, 采用氮气钻平均机械钻速达 3.49m/h, 相比 2011 年珍珠冲地层 152.4mm 井眼平均机械钻速 0.8m/h, 提高 336.35%。因此采用氮气钻在珍珠冲砾石层钻进提速效果明显。

提速试验方案在九龙山构造共应用实施了 1 口井, 空气钻提速效果明显, 相比雾化钻井提速 45.88%。而 PDC 钻头在沙溪庙和自流井有一定的提速效果。而 PDC 钻头在珍珠冲地层, 行程机械钻速提高 27%, 单只钻头进尺提高 269.84%。

珍珠冲地层采用涡轮+孕镶式金刚石钻头钻进方式, 在改造现场机泵条件后, 充分发挥涡轮钻具的优势, 可以达到提速效果。

#### 5 结论和建议

综上所述九龙山珍珠冲地层使用氮气钻提速效果明显, 机械钻速提高 336.35%, 单只钻头进尺提高 73.68%。珍珠冲地层可优选进口 PDC 钻头, 行程机械钻速提高 27%, 单只钻头进尺提高 269.84%。珍珠冲地层采用涡轮+孕镶式金刚石钻头钻进方式, 在改造现场机泵条件后, 充分发挥涡轮钻具的优势, 可以达到提速效果。升级改造现有有机泵条件及循环系统的压力等级以适应不断提高的钻井工艺要求, 在自流井组试验涡轮+孕镶式 PDC 提速。

建议加快涡轮钻具及与之配套钻头的国产化步伐, 降低钻井成本。应加强“孕镶金刚石钻头涡轮钻具”复合钻井技术的地层适应性研究针对地层和岩性特点优选钻头和涡轮钻具优化钻井参数并不断优化现场施工工艺使用国产高转速等壁厚螺杆带孕镶 PDC 钻头, 即降低了成本, 又缩短了钻进时间, 达到了钻探提速、提效的双重目的。九龙山上沙溪庙组坍塌压力相对较低, 已全面推广应用气体钻井; 是否可以考虑在封隔沙溪庙中下部的垮塌层后, 在自流井-须家河井段确保井壁稳定、岩屑能及时排出的情况下开展气体钻, 建议适当延长气体钻井应用井段和深度。

#### [参考文献]

- [1]WR 气田深层页岩气钻井提速提效实践与认识 《天然气技术与经济》2022 年第 3 期 刘伟、朱礼平、潘登雷、周楚坤、梁霄
- [2]四川油气田气体钻井技术 《天然气工业》2007 年第 3 期 许斯聪 刘奇林 侯伟 蒲刚 王卫东 刘云
- [3]气体钻井井壁稳定性分析 《天然气工业》2007 年第 3 期 邓虎 杨令瑞 陈丽萍 杨玻
- [4]欠平衡钻井新技术在夏 72 井的应用 《钻采工艺》2006 年第 1 期 陶冶 刘伟 罗伟 马登宝