

# “一趟钻”技术在煤层气L型水平井的应用

李志刚<sup>1</sup>, 王涛<sup>\*1</sup>, 王遂正<sup>2</sup>

(1. 中国煤炭地质总局一二九勘探队, 河北邯郸 056004; 2. 中国煤炭地质总局第一勘探局, 河北邯郸 056004)

**摘要:**“一趟钻”技术是实现安全快速钻完井、降本增效的重要途径。柳林煤层气钻井中采用“一趟钻”技术, 钻井效率和经济效益明显提高, 对已完工的7口L型水平井分析研究表明: 合理配置钻探设备、选用适合该地层特征的PDC钻头、实时优化钻井液体系是实现“一趟钻”的基本保证, 技术先进、性能良好、持续稳定的定向仪器、优化井眼轨迹及精准地质导向是关键技术, 长寿命螺杆、近钻头旋转导向等新技术的应用, 必将助力“一趟钻”技术在该地区的普遍实施。

**关键词:**“一趟钻”; L型水平井; 煤层气钻井; 降本增效

**中图分类号:** TE242   **文献标识码:** B   **文章编号:** 2096-9686(2021)S1-0254-04

## Application of single trip drilling technology in “L” type coalbed methane horizontal wells

LI Zhigang<sup>1</sup>, WANG Tao<sup>\*1</sup>, WANG Suizheng<sup>2</sup>

(1. 129 exploration team, China National Administration of Coal Geology, Handan Hebei 056004, China;

2. No. 1 Bureau of China National Administration of Coal Geology, Handan Hebei 056004, China)

**Abstract:** One trip drilling technology is an important way to achieve safe and fast drilling and completion, reduce cost and increase efficiency. One trip drilling technology was adopted in Liulin CBM drilling, and drilling efficiency and economic benefits were significantly improved. Analysis of 7 completed “L” type horizontal wells showed that: proper selection of drilling equipment and the PDC bit suitable for stratigraphic characteristics, and real time optimization of the drilling fluid system provided basic guarantee to single trip operation; and the MWD survey tool of advanced technology, good performance and reliability, optimization of well trajectory, and accurate geo-steering were the key technology. Application of new technology such as long life mud motors, near-bit rotary steering systems, will certainly help with extensive use of the single trip technology in the region.

**Key words:** single trip drilling; coalbed methane “L” type horizontal well; coalbed methane drilling; cost reduction and efficiency increase

## 0 引言

“一趟钻”技术是指使用一只钻头和一套井下钻具优化组合, 一次入井钻完一个开次或一个井段全部进尺的钻井技术。具有提高机械钻速、缩短钻井周期、降低钻井成本、减少或避免井下复杂情况等优点<sup>[1-4]</sup>。“一趟钻”钻井技术首先是美国为高效开

发北美地区非常规天然气提出的, 获得2016年国际石油十大科技进展。近年来, “一趟钻”技术在我国非常规天然气勘探开发中越来越广泛地应用, 2018年中石化集团在焦页22-S1HF井的水平段钻井施工中, 成功实现了三开水平段“一趟钻”, 创造了2536 m的国内水平段“一趟钻”钻井最长纪录。

收稿日期: 2021-05-31   DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.S1.042

作者简介: 李志刚, 男, 汉族, 1987年生, 工程师, 从事钻井技术工作, 河北省邯郸市滏阳大街华浩天际A座, 297095649@qq.com。

通信作者: 王涛, 男, 汉族, 1985年生, 高级工程师, 从事煤田地质勘查、钻探工作, 河北省邯郸市滏阳大街华浩天际A座, 496153671@qq.com。

引用格式: 李志刚, 王涛, 王遂正. “一趟钻”技术在煤层气L型水平井的应用[J]. 钻探工程, 2021, 48(S1): 254-257.

LI Zhigang, WANG Tao, WANG Suizheng. Application of single trip drilling technology in “L” type coalbed methane horizontal wells [J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1): 254-257.

“一趟钻”技术是一套系统工程,影响的关键因素主要有:简化的井身结构、高效的钻头、合适的钻井液、耐久的井下工具、精准的井眼轨迹控制等。山西柳林区块煤层气开发的主力井型是定向井和L型水平井,在施工过程中,采用“一趟钻”技术,在降本增效上取得了较好效果。

## 1 “一趟钻”技术的适应性

山西柳林煤层气区块位于山西省西部,河东煤田中部,面积183.824 km<sup>2</sup>,其煤层气资源开发潜力巨大。2018年开始进行L型水平井试验,其中L60井产气达10000 m<sup>3</sup>/d。截至2020年共完钻L型水平井25口,L型水平井已成为该区主力开发井型,探索和推广“一趟钻”技术在该区的应用,具有积极意义。

### 1.1 地质适应性

该区块位于河东煤田中部,基本为单斜构造,地层走向从北至南,由北东渐变为南北向,倾向由北西而西,倾角平缓,一般为5°,断层稀少,发育有宽缓的小褶曲,未见陷落柱及岩浆岩活动,构造属简单

类。主力煤层为3、4、8+9号等,分布稳定,标志层较为明显,煤层埋藏深度800 m左右,地层发育比较稳定,有利于“一趟钻”技术的推广应用。

### 1.2 工程适应性

(1) 钻井设备。本区内已完工的L型水平井深度多在2000 m以浅,施工中使用的DB30Q型钻机,配备800 kN顶驱,提升能力和回转能力都能满足要求。

(2) 钻头。广泛应用的PDC钻头适应性强,在破岩能力、稳定性、持久性方面都有很大的提高,本区地层比较稳定,硬度中等,完全满足滑动钻进要求。

(3) 螺杆、MWD仪器。目前普遍使用的螺杆井下工作时间一般都超过200 h,MWD仪器电池寿命也能达到120 h以上。

(4) 钻具结构。L型水平井二开直井段—造斜增斜段—稳斜段的施工,所选钻具组合具备直井段、稳斜段防斜稳斜能力,增斜段复合与滑动钻进可调性,钻头具有快速、耐磨等优势,提高了施工效率,可满足一趟钻要求。见表1。

表1 各开次钻具组合

开次	钻具组合
一开	Ø346.1 mm PDC钻头+Ø185 mm(1.25°)螺杆+Ø165 mm定向接头+Ø165 mm无磁+Ø165 mm悬挂接头+Ø127 mm加重钻杆×4根+Ø127 mm钻杆
二开	Ø241.3 mm PDC钻头+Ø185 mm(1.5°)螺杆+Ø165 mm定向接头+Ø165 mm无磁+Ø165 mm悬挂接头+Ø127 mm加重钻杆×4根+Ø127 mm钻杆×48根+Ø127 mm加重钻杆×22根+Ø127 mm钻杆
三开	Ø171.4 mm PDC钻头+近钻头工具+Ø135 mm(1.5°)螺杆+Ø127 mm定向接头+Ø127 mm无磁+Ø127 mm定向接头+Ø89 mm钻杆×144根+Ø89 mm加重钻杆+Ø89 mm钻杆

(5) 钻井方案。在本区普遍采用三开井身结构(见图1),已完成的20多口井,实践证明井眼结构优

化,符合本区地质情况,见图1。

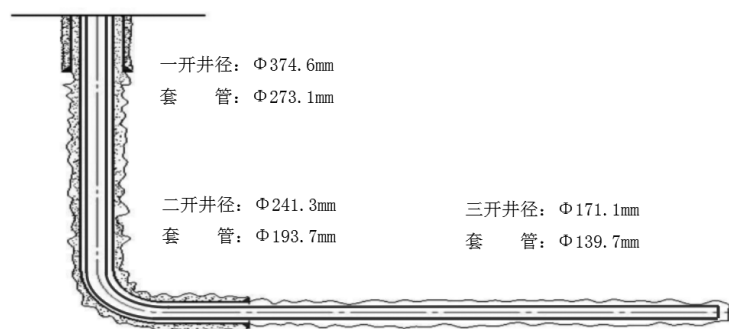


图1 井身结构示意图

## 2 柳林地区钻井工程施工情况

### 2.1 基本情况

该区煤层气井钻遇地层主要为第四系(Q),二叠系上石盒子组(P<sub>2s</sub>)、下石盒子组(P<sub>1x</sub>)、山西组

(P<sub>1s</sub>),埋深浅,压实程度低,地层岩性较软,且区域标志层稳定发育,4号煤层连续分布,地层变化小。见表2。

表2 地质分层数据

层位	底板垂直深度/m	厚度/m	岩性特征	故障提示
第四系(Q)	140	140	主要为黄土	防漏、防塌
上石盒子组(P <sub>2s</sub> )	550	410	中上部主要为紫红色砂质泥岩、泥岩夹灰色砂岩;下部主要为灰绿、灰白色砂岩与紫红、深灰色泥岩互层	防漏
下石盒子组(P <sub>1x</sub> )	640	90	主要为灰色砂岩与泥岩互层	防漏
山西组(P <sub>1s</sub> )	724 (未穿)	84	主要为深灰、灰黑色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩与煤组成的过渡相含煤地层,本组发育1~5号煤层	防塌、防卡

### 2.2 钻井参数

(1)优选PDC钻头。二开、三开井段均采用个性化设计PDC钻头,采用双排进口脱钻复合片,设计各复合片倾角小,对地层的侵入性更强,耐磨性更强,有力地提高PDC钻头的单只进尺和平均机械钻速。经过现场实践及不断改型,从钻速和耐用2个方面进行优化,提升了钻头的综合性能,取得了良好的效果。

(2)优化轨迹设计。水平井施工前根据设计做好井眼剖面优化,施工过程中不断修正剖面设计的准确性,做到勤调少调,提高剖面符合率,确保轨迹圆滑,提高钻井速度。

(3)优化钻井参数。实钻中通过优化各项钻井参数,可以有效提高机械钻速,提升施工效率:一开、二开井眼大,选用螺杆大,需调整排量>35 L/s,提高携岩能力的同时充分发挥螺杆的作用。三开水平段为煤层,钻进时控制排量15 L/s,能有效防止钻井液冲垮煤层的同时满足携砂能力;转速控制在45 r/min,能有效提高机械钻速,同时减小对螺杆的损伤;三开水平段钻进需根据井下摩阻随时调整钻压,确保有充足的钻压可以作用在钻头上,提高机械钻速。

(4)优化钻具结构。采用PDC钻头+螺杆钻具组合,选用长寿命、大功率螺杆,根据地层特性、井身结构,合理优化钻具组合,增加加重钻杆数量,倒装钻具,减少下部钻具的摩阻,提高定向效率。钻具中加装随钻震击器以提高应对井下事故风险的能力。同时配置高性能随钻测量系统,最大可能提高轨迹控制能力。

(5)优化钻井液体系。不断优化钻井液性能,提高井壁稳定性;细化和优化堵漏措施,在进入漏层前添加堵漏材料预防井漏;在操作上在易漏井段钻进时开泵速度要缓,降低激动压力,适当降低排量,控制机械钻速;针对定向托压问题,在造斜初期及时添加润滑剂,随着井斜的增加逐步增加钻井液中润滑剂的含量,减小钻具摩阻,提高施工效率。

### 2.3 2020年钻井工程实施结果

2020年,在柳林区块完成L型水平井7口,累计钻井进尺12746 m。平均机械钻速达21.73 m/h,累计节约钻井周期60.34 d,见表3。

## 3 钻井工程实施效果分析

### 3.1 机械钻速分析

通过对比4-L26井与邻井4-L33二开的机械钻速可以看出,“一趟钻”钻井工艺对于提升钻井速度的优势非常明显了,见表4。

### 3.2 钻井周期分析

通过对上年度本区块完成的7口井的二开、三开完钻时间统计,每一个开次钻效值>200 m/d均实现“一趟钻”,见图2。

### 3.3 钻井工程实施效果及存在问题

上述7口井中,8-L3井为施工的第一口井,出现更换螺杆、回填侧钻等情况,其余6口井,二开实现“一趟钻”,平均缩短钻井周期18.6%,三开实现“一趟钻”,平均缩短钻井周期49.1%。各开次未能实现“一趟钻”完成的主要问题是定向仪器出现故障和钻头穿层。

表3 2020年柳林区块“一趟钻”实践统计

序号	井号	井型	完钻井深/m	平均机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	钻井周期/d	钻机月速/(m·台月 <sup>-1</sup> )	节余周期/d
1	8-L3	水平井	1788	18.26	25.79	1844.36	0.21
2	4-L37	水平井	1606	22.15	17.44	1361.79	8.56
3	4-L38	水平井	1734	19.22	20.92	1827.83	5.08
4	4-L36	水平井	1820	23.42	12.42	3853.21	13.58
5	4-L26	水平井	1890	22.94	16.79	3201.88	9.21
6	4-L92	水平井	1942	22.96	13.63	3944.48	12.37
7	5-L26	水平井	1966	23.22	14.67	2093.96	11.33
合计			12746	21.73	17.38	2589.64	60.34

表4 4-L26井与4-L33井机械钻速对比

井号	井型	开次	井深/m	钻头型号	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )
4-L26	水平井	一开井段	0.00~156.20	RDT1955S	19.82
		二开井段	156.20~889.50	RDT1955S	22.26
		平均			21.04
4-L33	水平井	一开井段	0.00~201.07	HT2555	20.16
		二开井段	201.07~906.00	HT2555	10.28
		平均			15.22

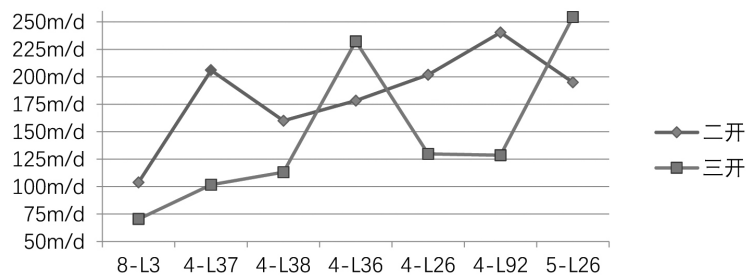


图2 实现“一趟钻”对比

#### 4 结论与认识

(1)柳林区块地层及井眼轨迹设计等条件满足“一趟钻”施工要求,分开次实现“一趟钻”是完全可以的,能够缩短钻井周期,提高经济效益,三开钻井中潜力巨大。

(2)本区实现“一趟钻”的关键是:①使用技术先进、性能良好、持续稳定的定向仪器;②精细研究地层变化,优化井眼轨迹,精准地质导向。

(3)优选品质优良、适合本区地层特征的PDC钻头,实时优化钻井液体系,平衡井壁压力,保持井眼清洁是实现一趟钻的基本保证。

(4)一趟钻技术是综合的系统工程,在柳林煤层

气区块的实施取得了显著的成效,随着长寿命螺杆、近钻头旋转导向等新技术的应用,必将助力“一趟钻”技术普遍实施。

#### 参考文献:

- [1] 刘明,王忠海.胜采油区“一趟钻一口井”施工模式定向技术研究[J].中国化工贸易,2018,10(36):89.
- [2] 刘克强.“一趟钻”关键工具技术现状及发展展望[J].石油机械,2019,4(11):13-17.
- [3] 张忠乾,曹向峰,曹继飞.硬地层PDC钻头优快钻井配套技术研究进展[J].西部探矿工程,2012,24(12):34-37.
- [4] 卢云康,唐明,何义新,等.春光油田“一趟钻”技术应用研究[J].漯河职业技术学院学报,2015,2(14):5-7.