

# φ 244.5 mm 套管一趟管柱钻灰塞工艺技术

蔡建平

冀东油田井下作业公司 河北唐山 063200

通讯作者: Email: 979349817@qq.com

引用: 蔡建平. φ 244.5 mm 套管一趟管柱钻灰塞工艺技术[J]. 油气井测试, 2023, 32(4): 34-38.

Cite: CAI Jianping. One-trip cement plug drilling technology in φ 244.5 mm casing[J]. Well Testing, 2023, 32(4): 34-38.

**摘要** 为了解决冀东油田大修动力 φ 244.5 mm 大套管钻灰塞施工成本高的问题, 实现技术增效, 开展了小修修井机提供动力利用螺杆钻具携带钻头一趟工序进行 φ 244.5 mm 套管钻塞技术研究。采用外径 172 mm 螺杆马达携带外径 214 mm 钻头进行灰塞钻磨, 通过向油套环空添加增黏剂, 解决油套环形空间大返排灰屑困难问题; 通过点焊方式解决钻具扭矩大, 钻头易落井的技术难点; 通过对施工工艺参数进行优化, 对管柱组配进行了优选, 形成了一套适用于 φ 244.5 mm 大套管钻塞工艺。经南堡某井现场应用, 解决了环空返排效率低的问题, 取得了较好的应用效果。该技术节约了施工成本, 降低了作业周期, 为 φ 244.5 mm 大套管小修一趟管柱钻灰塞方面提供技术支撑。

**关键词** 冀东油田; 灰塞钻磨; φ 244.5 mm 套管; 增黏剂; 小修动力; 螺杆钻; 一趟钻柱; 工艺参数优化

**中图分类号**: TE353      **文献标识码**: B      **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2023.04.006

## One-trip cement plug drilling technology in φ 244.5 mm casing

CAI Jianping

Jidong Oilfield Downhole Operation Company, Tangshan, Hebei 063200, China

**Abstract:** To address the high construction cost of drilling cement plugs during the overhaul of φ 244.5 mm large power casing in Jidong Oilfield, and to achieve technological efficiency, a study on the technology of drilling cement plugs in φ 244.5 mm casing with one trip using a screw drill bit that powered by a small workover rig was conducted. A screw motor with an outer diameter of 172 mm is used to carry a drill bit with an outer diameter of 214 mm for cement plug drilling and grinding. By adding a thickener to the annular space, the problem of large backflow of debris in the annular space was solved. The technical challenges of high torque and easy bit drop were addressed by using spot welding method. Through the optimization of construction process parameters and the selection of pipe column assemblies, a set of technology suitable for cement plug drilling in φ 244.5 mm large casing was developed. Through on-site application in a well in Nanpu, the problem of low efficiency in debris return in the annular space was successfully solved, achieving good application results. This technology can save construction costs and reduce operation cycles, which will provide a technical support for cement plug drilling with one trip in φ 244.5 mm large casing.

**Keywords:** Jidong oilfield; cement plug drilling and grinding; φ 244.5 mm casing; tackifier; minor repair power; screw drill bit; one-trip drill string; process parameter optimization

冀东油田存在一部分 φ 244.5 mm 大套管灰封井, 该类井在钻穿灰塞施工作业中, 常规工艺采用大修修井机转盘提供旋转动力, 利用钻杆携带钻头钻穿灰塞的工艺方式施工, 由于大修动力搬家周期长, 作业成本高, 小修钻塞采用先钻塞后扩眼方式, 需要两趟工序钻塞, 作业周期长, φ 244.5 mm 大套管小修钻灰塞工艺采用一趟钻塞技术, 大幅度降低了施工成本, 但是该类技术存在油套环形空间较大, 灰屑返排困难, 受套管空间限制, 易发生钻头落井<sup>[1]</sup>等技术难题, 研究采用现场试验方式, 通过向

修井液中添加增黏药剂, 优化修井液返排性能; 在螺杆钻和钻头间点焊, 防止落井事故; 优选钻塞工具, 试验施工参数等形式, 成功完成了现场施工, 工艺可靠, 钻塞效率较高, 施工成本大幅度降低, 具有广阔的推广前景。

### 1 φ 244.5 mm 大套管小修钻灰塞工艺

φ 244.5 mm 大套管小修钻灰塞工艺的关键技术主要是优选工具, 形成最佳的管柱组配, 优选出了 φ 244.5 mm 钻灰塞工艺的螺杆马达和钻头, 并且

对工艺原理和理论参数进行了阐述,并且优选出了地面过滤装置,解决了入井液清洁问题,可以提升螺杆马达的使用寿命,分析了钻磨灰塞效率的主要影响参数,对现场试验起到前期铺垫作用。

### 1.1 工艺原理

$\phi 244.5$  mm 大套管钻塞工艺<sup>[2-3]</sup>是应用小修动力修井机起下油管,利用油管连接螺杆马达,螺杆马达携带钻具,螺杆马达通过修井液作为动力在马达进出口处形成一定的压差,推动螺杆马达旋转,并且将扭矩和转速通过万象轴和传动轴传递给钻具,带动钻具旋转,从而利用钻具钻穿井内灰面的工艺。

### 1.2 钻塞管柱选择

钻塞时管柱组配主要有钻头+螺杆钻+油管+地面过滤装置,螺杆钻是动力工具,过滤器主要是防止修井液中的杂质堵塞螺杆钻,钻头是主要的切割工具,用于切削灰塞。

### 1.3 工具选择及原理分析

#### 1.3.1 螺杆钻具

螺杆钻具<sup>[4-7]</sup>是一种把液体的压力转化成机械能的能量转化装置,当动力液进入液压马达,在液压马达的进出口产生一定的压差,推动液压马达的转子绕定子轴线作行星运动,提供给钻头转速和扭矩。

螺杆钻由旁通阀总成、马达总成、万向节总成、传动轴总成和防掉总成五大部分组成(见图1)。

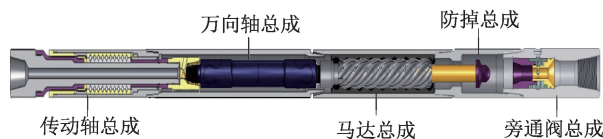


图1 螺杆钻结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of screw drill structure

(1)旁通阀总成:它有旁通和关闭两个位置,在起下钻过程中处于旁通位置,使修井液绕过马达进入环空。当排量和泵压达到工作条件时,阀芯下移,关闭旁通阀,修井液的流量把压力能转化成机械能。

(2)马达总成:马达由定子和转子组成,转子和定子相互啮合,是用两者的导程差而形成的螺旋密封线,同时形成密封腔。随着转子在定子中的转动,密封腔沿着轴向移动,不断生成和消失,完成能量转化。即输入一定的压力能,输出扭矩和转速。转子头数和定子头数为一定比值(一般 $>1$ ),转子头数越少,转速越高,扭矩越小。

(3)万向轴:主要是马达的行星运动转变为传动轴的定轴转动,将马达产生的扭矩及转速传递给传动轴至钻头。

(4)传动轴:主要是将马达的旋转动力传递给钻头,同时承受钻压所产生的轴向和径向负荷。

5LZ172 $\times$ 7-5 螺杆钻具大套管钻塞常用螺杆钻具选型及参数为:外径 172 mm;钻头尺寸 213~251 mm;头数 5:6;级数 5 级;输出扭矩 5 200 N $\cdot$ m;应用套管尺寸  $\phi 244.5$  mm;推荐 947~1 894 L/min;工作钻压 100 kN。

#### 1.3.2 钻头

灰塞常用切割工具是三牙轮钻头(见图2)和六棱钻头(见图3)两种。



图2 三牙轮钻头  
Fig.2 Three-wheel drill bit



图3 六棱钻头  
Fig.3 Hexagonal drill bits

三牙轮钻头主要原理是当锥形牙轮中心线与钻头中心线交于一点时,钻头旋转,牙轮相对灰面作滚动运动,对灰塞进行碾压破碎;牙轮中心线与钻头中心线相互错开时,牙轮除滚动运动之外,还有进给运动,牙齿对灰塞同时产生碾压、破碎与切削作用,将地层逐步破碎。在普通灰塞钻进中具有较好的钻塞效果。

六棱钻头又称 PDC 钻头,它以剪切方式破碎岩石为主,依靠安装钻头上的金刚石的切削齿切削灰面,适用于灰面硬度较高的灰面。

现场钻灰塞时,首先从经济价值等方面考虑,首选三牙轮钻头,当灰面硬度较高,牙轮磨损严重无进尺时,考虑更换金刚石钻头,提升钻塞效率。

#### 1.3.3 地面过滤装置

螺杆钻具马达为容积式,马达的输入流量作用与两端压差决定了钻具的基本性能,因此必须对修井液颗粒记性限制,以保护螺杆马达,现场施工在地面修井液入口端加地面过滤装置<sup>[8]</sup>,从而提升螺杆马达寿命。在循环液出口端要添加用于分离出

口灰渣与修井液的离心分离装置(见图4),防止灰渣循环入井堵钻。



图4 入口过滤装置  
Fig.4 Inlet filter unit

#### 1.4 钻进效果影响因素分析

钻塞效果主要受钻压、泵压与排量、修井液性能三方面影响,通过优化钻压、排量,调整修井液性能等方面成功开展大套管钻塞。

##### 1.4.1 泵压、排量的影响

螺杆钻马达的输出扭矩与马达的压降成正比,输出转速和输入修井液的排量成正比。在地面可以通过控制泵车的泵压和排量控制螺杆钻的扭矩和转速。泵车的选择要根据螺杆钻的性能参数配套,对于 $\phi 244.5\text{ mm}$ 套管建议采用高压泵车进行钻进,能够提供较高的排量,从而螺杆钻达到最佳性能。

##### 1.4.2 钻压对钻速的影响

在钻进过程,钻压与机械钻速之间呈现曲线关系,存在最佳结合点,钻压过高或者过低都会对钻进过程有影响<sup>[9-10]</sup>,钻压太小时,易发生钻进不进尺现象,钻压太大容易发生螺杆钻具反转而不能进尺,因此要根据实际经验合理控制钻压,使钻压在合理范围内。

##### 1.4.3 修井液性能影响

修井液性能影响灰屑返排效果,由于 $\phi 244.5\text{ mm}$ 套管环形空间较大,钻进过程中,灰塞返排效果较差。可以在修井液内加入增黏剂,提高修井液黏性,能够提升灰屑返出效果,但是黏度必须在合理范围内,如果黏度太大,开泵困难,影响钻进速度,引起安全隐患;黏度小,不能够有效的携带灰渣,易发生卡钻现象。

## 2 $\phi 244.5\text{ mm}$ 大套管小修钻灰塞现场试验

为了取得 $\phi 244.5\text{ mm}$ 套管小修钻灰塞各项工

艺参数,并且优选出合理的增黏剂解决套管返排问题,采用了现场试验方式,对管柱组配进行了优化,取得了钻进参数,同时优选出了效果较好的增黏剂,成功解决了环空返排问题,取得了较好的应用效果。

### 2.1 基本情况

南堡X井为一口试油井,前期试油注灰上返,灰塞位置为1 951 m、3 377.95 m,套管外径为244.5 mm,内径为220.52 mm,为了投产,需要钻开灰面。井深结构图如图5所示。

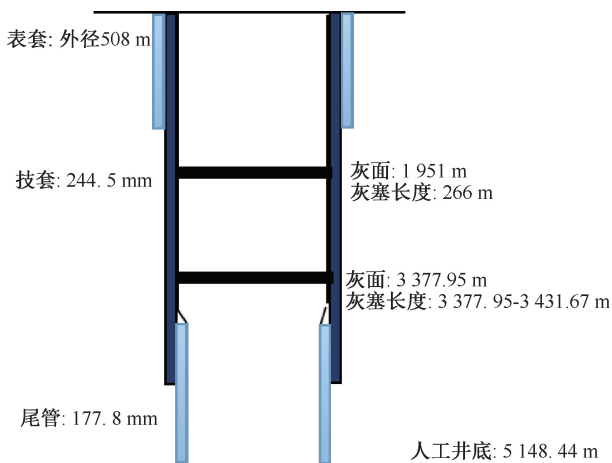


图5 南堡X井井深结构示意图  
Fig.5 Schematic diagram of the wellbore structure of Nanpu X well

### 2.2 技术难点

- (1)油套空间较大,返出灰屑困难,大块灰屑容易沉入井底。
- (2)由于5LZ172螺杆钻施工过程中扭矩较大,容易发生钻头落井事故。
- (3)查询井使井内有落物胶皮。
- (4)灰塞段较长,钻塞施工困难。

### 2.3 施工准备

- (1)管柱组配: $\phi 73\text{ mm}$ 加厚油管+ $\phi 172\text{ mm}$ 螺杆钻+ $\phi 214\text{ mm}$ 六棱钻头/ $\phi 214\text{ mm}$ 三牙轮钻头;在钻头和螺杆钻之间电焊,防止钻头落井;现场准备3辆700型泵车,满足排量要求。

- (2)地面检查螺杆钻具并且连接泵车开泵,地面观察螺杆钻以及钻头工作情况,检查旁通阀是否工作正常。

- (3)连接泵注设备,对地面高压管汇、管线以及防喷器的等井控设备进行试压,在泵车和循环池子之间加装过滤装置(见图6)。



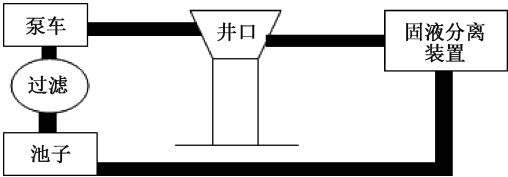


图 6 地面流程图  
Fig. 6 Ground flowchart

(4) 优选增黏药剂: 南堡 X 井分析后优选了 2 种增黏药剂<sup>[11-16]</sup>, 分别是流性调节剂和聚丙烯酰胺类化学药剂, 并对两种增黏剂的特性进行评价和描述(见表 1)。

2.4 现场施工参数试验

南堡 X 井施工前使用搅拌罐充分搅拌配置增黏剂溶液 100 m<sup>3</sup>, 含 1‰聚丙烯酰胺的活性水 100 m<sup>3</sup>

替换出井内活性水, 为了取得最佳施工参数, 调整现场排量、泵压、钻压, 记录不同参数下的钻进速度, 从而确定大套管钻塞最优施工参数(见表 2)。

表 1 增黏剂优选评价表

Table 1 Preferred evaluation table of tackifiers

序 号	增黏剂 名称	状态	性能作用	配套设备
1	流性 调节 剂	为粉末 状, 入水 易结块	主要改变泥浆流变性 能, 增强静切力, 提升钻 塞时修井液的性能, 提 升修井液的黏度, 降低 钻具磨损	搅拌罐, 搅拌活 性水和调节剂才 能达到较好效果
2	聚丙 烯酰 胺	玻璃状晶 体, 易溶 于水	可以将钻塞后的灰渣絮 凝成团状沉淀, 增加修 井液的携带能力, 提升 返排性能。	需要固液分离装 置, 分离返出的 絮状沉淀灰渣和 修井液

表 2 南堡 X 井现场参数优化过程表  
Table 2 Field parameter optimization process table for Nanpu X well

井号	管柱组配	套管结构	灰塞深度/m	排量 L/min	泵压 MPa	钻压 kN	钻进速度 m/h
南堡 X 井	$\phi 214$ mm 六棱钻头 +	$\phi 244.5$ mm	1 951~3 431.67 m	600	6	10~20	0.97
	5LZ172 螺杆钻			900	11	10~20	1.66
				900	11	5~15	1.17
	$\phi 214$ mm 六棱钻头 +			900	11	5~15	1.35
	5LZ172 螺杆钻						

从表 2 中可以看出, 采用管柱组配 5LZ172 螺杆钻底带  $\phi 214$  mm 六棱钻头方式在排量达到 900 L/min, 钻压在 10~20 kN, 泵压 11 MPa, 钻进速度最快达到 1.66 m/h, 为最佳钻塞效果, 同时修井液中添加聚丙烯酰胺, 观察分离出的灰渣内含有少量果冻状增黏剂。

2.5 施工效果评价

通过南堡 X 井, 采用小修动力螺杆钻携带钻头方式钻塞, 累计进尺 1 483 m, 更换钻头两次, 通过添加增黏剂解决了油套环形空间大返出困难问题, 通过钻进试验取得了施工参数, 对  $\phi 244.5$  mm 大套管小修钻灰塞具有指导意义, 对比大修钻塞, 节约了施工成本, 降低了作业周期, 具有很好的推广前景。

3 结论

(1) 钻塞前应确保修井液清洁无杂质, 且进口端加装过滤装置, 防止修井液中杂质堵塞螺杆钻, 造成螺杆钻失效, 修井液中要添加增黏剂, 提升灰渣返排效果, 同时在出口端加装固液分离装置, 分离灰渣和修井液。钻塞施工首选三牙轮钻头和 PDC 钻头, 对于硬度较高灰面建议选用 PDC 金刚石钻头, 钻头硬度高, 切割灰面效果好。

(2) 5LZ172 螺杆钻螺杆钻施工过程中扭矩较

大, 建议在螺杆钻和钻头间点焊, 防止钻头落井事故发生。

(3)  $\phi 244.5$  mm 大套管钻塞施工要合理控制钻压、排量、泵压, 钻压不能过大, 也不能过小, 要优选最优值, 设备可以优选高压泵车或者 3 辆 700 型普通泵车并联, 从而为螺杆钻提供最佳动力。建议钻塞时现场参数可以参考排量 900 L/min, 钻压在 10~20 kN, 泵压 11 MPa。

(4) 钻塞过程中和钻塞完成后要充分洗井, 防止灰渣回落发生卡钻事故。

致谢: 感谢冀东油田油田公司同意本文公开发表, 感谢冀东油田井下作业公司领导和同事对试验结果的大力支持。

参考文献

[1] 刘宝生, 吴德永, 李淑娟, 等. 244.47 mm 套管试油井扫水泥悬空塞新技术研究[J]. 油气井测试, 2005, 14(1): 60-61.  
LIU Baosheng, WU Deyong, LI Shujuan, et al. Study for technology of sweeping cement dangling plug testing in 244.47 mm cased well[J]. Well Testing, 2005, 14(1): 60-61.  
[2] 潘振宇. 浅谈螺杆钻塞工艺[J]. 工程技术, 2016, (87): 240-240.

- PAN Zhenyu. Discussion on screw drilling plug process [J]. Engineering Technology, 2016, (87): 240-240.
- [3] 姚天华. 沈1井小螺杆大套管清水钻塞工艺技术探讨[J]. 试采技术, 2003, 24(3): 25-26, 27.
- YAO Tianhua. Discussion on process technology of clean water drilling plugging of small screw large casing in Shen 1 well [J]. Test mining technology, 2003, 24(3): 25-26, 27.
- [4] 苏义脑. 螺杆钻具研究及应用[M]. 石油工业出版社, 2001, 31-80.
- [5] 张东海, 熊立新, 刘晏华. 螺杆钻具的应用现状及发展方向[J]. 断块油气田, 1999, 6(4): 46-50.
- ZHANG Donghai, XIONG Lixin, LIU Yanhua. The applied status and development trend of dy na-drill [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 1999, 6(4): 46-50.
- [6] 万朝晖. 螺杆钻具工作特性和结构参数的分析研究[J]. 石油机械, 2001, 29(10): 10-13.
- WAN Zhaohui. Operating characteristics and structural parameters of screw drill [J]. China Petroleum Machinery, 2001, 29(10): 10-13.
- [7] 许斌. 螺杆钻具输出性能分析与现场应用研究[D]. 西南石油大学, 2007.
- XU Bin. Analysis of output performance of screw drilling tools and field application research [D]. Southwest Petroleum University, 2007.
- [8] 郭峰, 王华, 陈旭. 螺杆钻具过滤装置: CN206016687U [P]. 3-5.
- GUO Feng, WANG Hua, CHEN Xu. Screw drilling tool filter device; CN206016687U [P]. 3-5.
- [9] 徐月强, 张伟, 陈伟, 等. 连续油管带压钻塞技术在大庆油田的应用[J]. 油气井测试, 2017, 26(3): 69-71, 74.
- XU Yueqiang, ZHANG Wei, CHEN Wei, et al. Application of the continuous tubing pressure drilling technique in Daqing oilfield [J]. Well Testing, 2017, 26(3): 69-71, 74.
- [10] 李辉, 王排营, 余崇霞, 等. 提高钻塞速度技术研究[J]. 石油矿场机械, 2009, 38(11): 79-81.
- LI Hui, WANG Paiying, SHE Chongxia, et al. Study of enhancing drilling plug speed [J]. Oil Field Equipment, 2009, 38(11): 79-81.
- [11] 苑新红, 邵宇, 黄士玮, 等. 高漏失井钻塞冲砂液及使用方法的应用: CN112227986A [P]. 2021. 3-6.
- YUAN Xinhong, SHAO Yu, HUANG Shiwei, et al. High leakage and loss drilling plug punching fluid and its use and application: CN112227986A [P]. 2021. 3-6.
- [12] 丁飞, 戴彩丽, 孙永鹏, 等. 耐温型聚丙烯酰胺减阻剂研究与应用现状[J]. 石油化工, 2022, 51(12): 1502-1507.
- DING Fei, DAI Caili, SUN Yongpeng, et al. Research and application status of temperature resistance polyacrylamide drag reducers [J]. Petrochemical Technology, 2022, 51(12): 1502-1507.
- [13] 谢彬强, 邱正松, 黄维安, 等. 高性能水基钻井液增黏剂研发思路探讨[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(4): 75-80.
- XIE Binqiang, QIU Zhengsong, HUANG Wei'an, et al. Research progress of viscosifier used in water-base drilling fluid [J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2012, 29(4): 75-80.
- [14] 邱正松, 毛惠, 谢彬强, 等. 抗高温钻井液增黏剂的研制及应用[J]. 石油学报, 2015, 36(1): 106-113.
- QIU Zhengsong, MAO Hui, XIE Binqiang, et al. Synthesis and field application of high temperature resistant viscosifying agent for drilling fluid [J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(1): 106-113.
- [15] 郭朝晖. 新型油田注水流变调节剂的研制及流变性能研究[D]. 华东理工大学, 1995.
- GUO Zhaohui. Development and rheological properties of new water-injection rheological regulator in oilfield [D]. East China University of Science and Technology, 1995.
- [16] 吕开河, 王中义, 黄贤斌, 等. 适用于深水水基钻井液的温敏聚合物流型调节剂[J]. 钻井液与完井液, 2021, 38(1): 14-20.
- LYU Kaihe, WANG Zhongyi, HUANG Xianbin, et al. A temperature sensitive polymer flow pattern modifier for water base drilling fluids for deep water drilling [J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2021, 38(1): 14-20.

编辑 穆立婷

第一作者简介: 蔡建平, 女, 1987年出生, 工程师, 2011年毕业于重庆科技学院石油工程专业, 现主要从事井下特种作业技术管理工作。电话: 0315-8763675, 15176546221; Email: 979349817@qq.com。通信地址: 河北省唐山市曹妃甸区井下作业公司, 邮政编码: 063200。