

◀套管钻井专题▶

# 可更换钻头套管钻井工具及工艺研究

冯 来<sup>1</sup> 王 辉<sup>1</sup> 王 力<sup>2</sup> 郑万江<sup>2</sup>

(1. 中国石油集团公司钻井工程技术研究院,北京 100097;2. 吉林石油集团有限责任公司钻井工艺研究院,吉林 松原 138000)

**摘要:**采用常规钻机、利用转盘驱动的简易套管钻井技术由于受钻头寿命的限制,只能用于一只钻头钻至设计井深的情况下,为此,研制开发了转盘驱动的可更换钻头套管钻井系统。该系统由起下工具、井下锁定工具串及坐底套管3部分组成。进行套管钻进时,井下锁定工具串锁定在坐底套管上,需更换钻头或井下锁定工具串时,往套管内部下入起下工具并解锁锁定装置,起出井下锁定工具串,更换完毕后,再将井下锁定工具串从套管内送入井底,锁定在套管柱末端的坐底套管上,起下过程中可保持钻井液的循环和钻柱的转动。该系统在吉林油田2口井上进行了试验,井下锁定工具串的下入成功率达到100%,并实现了套管正常钻进,但由于打捞矛无法进入到井下锁定工具串的打捞孔中,致使2口井都没有正常起出井下锁定工具串。详细介绍了可更换钻头套管钻井系统的组成、原理、施工工艺及现场试验情况。

**关键词:**可更换钻头;套管钻井;现场试验;吉林油田

中图分类号:TE242.9;TE921

文献标识码:B

文章编号:1001-0890(2007)05-0018-04

套管钻井就是利用套管或尾管代替钻杆来完成钻井作业,边钻进边下套管,完钻后套管柱留在井内直接固井,从而将钻进与下套管合并为一个作业过程<sup>[1-7]</sup>。国内外的大量试验表明,该技术可大幅度降低钻井成本<sup>[3,8]</sup>。随着配套技术的日益完善,其各项优势也将逐渐得到体现,应用的领域也将逐步扩大。

我国东部老油田油气储层大都埋藏浅,很适宜采用套管钻井技术,从而有效降低钻井成本;同时,套管钻井技术也为低压低渗透难动用储量的有效开采提供一种技术手段。

吉林油田与中国石油钻井工程技术研究院合作,针对吉林油田的地质特点、钻井设备状况、井身结构以及钻井成本等,研究开发了采用常规钻机、利用转盘驱动的简易套管钻井技术,并先后进行了8口井的套管钻井现场试验,结果表明,套管钻井在保护储层、提高单井产能和钻井速度、降低钻井成本等方面都有良好表现。但受钻头寿命的限制,该技术只能在一只钻头钻至完钻井深的情况下应用。为了进一步有效降低钻井成本,满足油田高效开发的需求,吉林油田与中国石油钻井工程技术研究院联合开展了可更换钻头式套管钻井工具和工艺技术研究,并进行了2口井的现场试验,井下锁定工具串的下入成功率已达到100%,且实现了正常钻进,但在未能正常起出井下工具串的问题。

## 1 可更换钻头套管钻井施工工艺

### 1.1 可更换钻头套管钻井工具组合

国外 Tesco 公司的可更换钻头套管钻井技术是依靠以顶驱为基础的钻井装备来实现的<sup>[9-10]</sup>,相应的工具组合也是在顶驱的基础上研制开发,同时需要对钻机绞车、天车等部件进行改造。本着降低钻井成本的目的,笔者研制出了采用常规钻机、利用转盘驱动的可更换钻头套管钻井系统(见图1)。该系统由起下工具、井下锁定工具串和坐底套管3部分组成,进行套管钻进时,井下锁定工具串锁定在坐底套管上。

#### 1.1.1 起下工具

起下工具包括钢丝绳旋转接头、钢丝绳安全接头、配重杆以及打捞矛等。

钢丝绳旋转接头是为了防止起下钻过程中钢丝

收稿日期:2007-07-03;改回日期:2007-08-20

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目“先进钻井技术与装备”之“套管钻井技术”专题(编号:2006AA06A107)部分研究内容

作者简介:冯来(1976—),男,1999年毕业于北方交通大学机械工程专业,2002年获中国石油勘探开发研究院机械设计及理论专业硕士学位,现任机械研究所井下工具研究室主任,主要从事套管钻井技术研究,工程师。

联系电话:(010)52781840

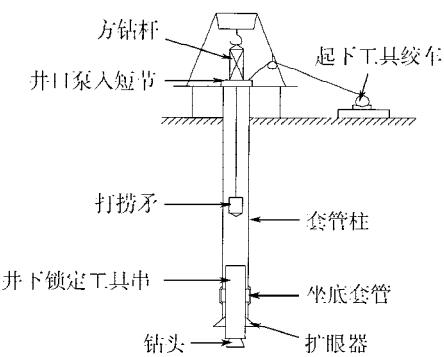


图 1 可更换钻头套管钻井工具组合

绳缠绕打结。

在钢丝绳受到过大拉力时,钢丝绳安全接头将钢丝绳安全释放,防止钢丝绳被拉断而落到井内。

配重杆是为了从井下起出工具串时,给打捞矛施加足够的重力,保证打捞矛顺利进入工具串的内孔中进行打捞。

打捞矛包括 2 种:一种用于下入井下锁定工具串;另一种用于从井下起出井下锁定工具串。下入过程中,打捞矛将井下锁定工具串下入井内并坐放到井底的坐底套管上,然后从井下钻具组合上脱开。起出过程中,打捞矛可与井下锁定工具串对接、锁紧并起出。

### 1.1.2 井下锁定工具串

钢丝绳起下的井下锁定工具串一般由锁定和密封总成、随钻扩眼器和领眼钻头等组成。根据需要还可以加装井下钻井液马达(直马达或弯壳马达)、随钻测量仪器,也可以接取心工具和取心钻头进行取心作业。为了避免套管柱弯曲,可在井下钻具组合下端串接 1~2 根钻铤以增加钻压,同时使套管柱承受拉应力作用。

锁定和密封总成主要由轴向锁定装置、扭矩锁定装置、弹簧加压定位止动器、密封和旁通机构组成。轴向锁定装置在套管柱和井底钻具组合之间传递压缩载荷和拉伸载荷,坐底套管的套管鞋上方有 1 个定位台肩,钻具组合到达定位台肩位置时,弹簧加压,定位止动器和定位槽啮合,同时驱动钻具组合内的 1 根心轴动作,使轴向锁定销锁定在轴向锁定短节上的轴向锁定槽内,同时关闭旁通阀。扭矩锁定装置有 3 个锁定键,可分别与坐底套管扭矩锁定短节上的 3 个扭矩锁定槽锁定,在套管柱和钻具组合之间传递扭矩。在锁定键与锁定槽锁定传递扭矩的状态下,还允许钻具组合作一定程度的轴向移动。锁定和密封总成内有 2 个方向相反的润滑脂皮碗式

密封,可防止套管钻进过程中钻井液绕过钻具组合。在井下钻具组合的起下过程中,旁通阀打开可保持钻井液循环,预防钻井液压力会驱动钻井液马达或使随钻扩眼器张开。

随钻扩眼器的切削齿采用破岩能力极强的大直径 PDC 切削元件,由钻井液压力控制其伸缩。在下入和回收过程中,其切削臂均处于收缩状态,可顺利从套管内通过。

领眼钻头可以采用牙轮钻头,也可以用金刚石钻头。领眼钻头和扩眼器所钻井眼的直径大于套管柱外径,能为套管下入和随后的固井作业提供足够大的环空。定向井和水平井钻进时须将通用钻井液马达更换为钻定向井用的弯壳马达,然后串接随钻测量仪器(MWD/LWD)、无磁钻铤、扩眼器和领眼钻头。在取心作业时只要将领眼钻头换成取心钻头,上接取心筒,接到井底钻具组合上即可,取心完毕后,收缩随钻扩眼器,解锁井底锁定机构,用钢丝绳起下工具将井下锁定工具串连同取心筒和取心钻头一起起出。

### 1.1.3 坐底套管

坐底套管位于套管柱末端,由定位台肩、定位止动器定位槽、轴向锁定短节、扭矩锁定短节和套管鞋组成。轴向锁定短节和扭矩锁定短节分别与井下锁定工具串的轴向锁定装置和扭矩锁定装置配合使用,用以在井下锁定工具串和坐底套管间执行锁定和解锁的任务。套管鞋上装配有 PDC 切削元件(或硬质合金元件),协助随钻扩眼器和领眼钻头钻进,并在随钻扩眼器的切削臂出现异常情况而不能到位回收时起磨铣作用。

## 1.2 施工工艺

套管钻井可采用旋转钻进方式、滑动钻进方式或滑动旋转复合钻进方式。需更换钻头或井下锁定工具串时,往套管内部下入起下工具并解锁锁定装置,起出井下锁定工具串,更换完毕后,再将井下锁定工具串从套管内送入井底,锁定在坐底套管上,起下过程中可保持钻井液的循环和钻柱的转动。

### 1.2.1 钢丝绳井下锁定工具串的下入

井下锁定工具串一般泵送下入,下入过程中工具串上的旁通处于打开状态,钻井液绕过井下锁定工具串的中心流道从旁通孔流过,随钻扩眼器的切削臂处于收缩状态不会张开。当井下锁定工具串上的止动器到达坐底套管定位台肩位置时,使旁通关闭,同时轴向锁定装置和扭矩锁定装置也分别与轴向锁定短节和扭矩锁定短节锁定,下入工具脱开。

钻井液流向井下锁定工具串中心流道,进入随钻扩眼器。由于此时随钻扩眼器的切削臂和钻头已经伸到套管鞋之外,当钻井液压力增大到一定值时,随钻扩眼器中的驱动机构将扩眼器的切削臂张开。一些常规的井下定向工具(弯外壳钻井液马达、无磁钻具、MWD 和 LWD)悬挂在工具组合下伸到套管鞋外面。

### 1.2.2 井下锁定工具串的起出

当完钻或要更换井下工具时,先将钢丝绳起出工具泵送到井下,打捞矛下至井底后与井下锁定工具串上的打捞颈对接。上提钢丝绳,使井下锁定工具串上的旁通打开,同时解锁轴向锁定装置和扭矩锁定装置,此时钻井液不再流经钻具组合的中心,而是从旁通孔流出,扩眼器切削臂在回位弹簧的作用下自动收缩复位,这时即可用钢丝绳起出工具起出井下锁定工具串。有时因种种原因导致随钻扩眼器切削臂不能完全收缩回位,造成起钻时在套管鞋处遇卡,使井下钻具组合解锁后无法起出。这时需要先将井下钻具组合与套管锁定短节解锁脱开,然后旋转套管柱,由于套管鞋上镶有硬质合金或 PDC 切削齿,通过套管鞋的旋转可将切削刀臂铣磨掉,然后再将井下钻具组合起出。

### 1.2.3 固井作业和钻水泥塞

由于套管钻井用的套管没有浮箍,因此固井时要先向套管内泵入 1 个固井浮箍,并锁定在坐底套管上。固井浮箍由铝和橡胶制成,具有较好的可钻性,同时也能可靠地密封住固井水泥的回压。固井浮箍到位后即可采用常规方法进行注水泥作业。需要继续套管钻进时,下入较小直径的套管钻井系统,钻掉固井浮箍和水泥环后即可继续钻进。

## 2 现场试验

目前,可更换钻头套管钻井系统在吉林油田 2 口井进行了试验,其井下锁定工具串的下入成功率已达到 100%,并实现了正常钻进。但由于打捞矛无法进入到井下锁定工具串的打捞孔中,致使 2 口井都没有正常起出井下工具串。

### 2.1 前 40-12 井

前 40-12 井设计井深 1 373 m,Φ273.1 mm 表层套管下深 50 m,应用 ZJ-15D 型钻机钻进。钻具组合为:井下锁定工具串(Φ244.5 mm 牙轮钻头 + Φ355.0 mm 扩眼器)×2 m+Φ273.1 mm×8.89 mm J55 套管×20.60 m+承扭保护器×0.30 m+133 mm 方钻杆×11.50 m。钻井参数为:钻压 50 kN,转速 81~159 r/min,排量 32 L/s,泵冲 85 min<sup>-1</sup>,泵压 13 MPa。

转速 81~159 r/min,排量 32 L/s,泵冲 85 min<sup>-1</sup>,泵压 13 MPa。

该井采用常规钻井技术钻至井深 28 m 后起出钻柱,下入 Φ273.1 mm×8.89 mm J55 套管 2 根,套管柱底端接坐底套管。把套管坐在井口上,接上泵入短节,用钢丝绳向套管内下入井下锁定工具串。工具串到达套管柱下端的坐底套管后,开泵循环 2 周,上提钢丝绳,发现悬重减少,继续上提,起出钢丝绳。

井下锁定工具串与坐底套管锁定后,接上扭矩保护器和方钻杆,进行钻进,钻至井深 50 m,共进尺 22 m,机械钻速 31.20 m/h,钻进试验结束,准备打捞井下锁定工具串。

钢丝绳接打捞矛,下入到套管内对井下锁定工具串进行打捞,尝试几次都没有成功。只好起出套管柱,把坐底套管和连接坐底套管的最下端一根套管甩到地面,恢复常规下套管,固井。初步判断井下锁定工具串没有打捞上来的原因是配重太轻,打捞矛没有进入到井下锁定工具串的打捞孔内,准备再试验一口井。

### 2.2 让 42-1 井

让 42-1 井设计井深 1 611 m,Φ273.1 mm 表层套管下深 220 m,应用 ZJ-15D 型钻机钻进。钻具组合为:井下锁定工具串(Φ244.5 mm 牙轮钻头 + Φ355.0 mm 扩眼器)×2 m+Φ273.1 mm×8.89 mm J55 套管×45 m+承扭保护器×0.30 m+133 mm 方钻杆×11.50 m。钻井参数为:钻压约 65 kN,转速 81~159 r/min,排量 32 L/s,泵冲 75 min<sup>-1</sup>,泵压 14 MPa。

该井采用常规钻井技术钻至井深 48 m 后起出钻柱,下入 Φ273.1 mm×8.89 mm J55 套管 4 根,套管柱底端接坐底套管。把套管坐在井口上,开始向套管内下入井下锁定工具串。工具串到达套管柱下端的坐底套管后,开泵循环 2 周,上提钢丝绳,发现悬重减少,继续上提,起出钢丝绳。

井下锁定工具串与坐底套管锁定后,接上扭矩保护器和方钻杆,进行钻进,钻进 0.5 m 后停钻。采用钢丝绳接 2 根钻杆 +1 根钻铤 + 打捞矛,下入套管内进行打捞,尝试 2 次,没有捞出井下锁定工具串。起出打捞矛,发现打捞矛上有 2 个弹性爪损坏,用气枪切掉损坏的弹性爪后,重新打捞 2 次,仍然没有成功。只好起出套管柱,把坐底套管和连接坐底套管的最下端套管甩到地面,采用常规钻井技术继续钻进。

## 2.3 试验结果及分析

1)前40-12井和42-1井试验过程中,井下锁定工具串与坐底套管能准确锁定,且钻进顺利,证明可更换钻头套管钻井系统能够实现套管钻井的顺利进行。该井现场试验后,在车间用打捞矛顺利将井下锁定工具串从坐底套管内起出,发现扩眼器刀片没有磨损,新度100%;钻压、扭矩承载机构无变形、裂痕和压痕;皮碗密封完好,无磨损和变形。

2)在2口井的现场试验中,由于打捞矛无法进入到井下锁定工具串的打捞孔中,都没有顺利起出井下锁定工具串。因此需要对井下锁定工具串打捞孔部分的结构进行改进,同时加强对打捞矛的扶正,保证打捞矛入位。另外,还需增加井下锁定工具串内孔通径,减小循环压耗。

## 3 结论及建议

1)可更换钻头套管钻井系统由起下工具、井下锁定工具串和坐底套管3部分组成,进行套管钻进时,井下锁定工具串锁定在坐底套管上。

2)井下锁定工具串一般由锁定和密封总成、随钻扩眼器和领眼钻头等组成,根据需要还可以加装井下钻井液马达、随钻测量仪器和取心工具等。

3)通过2口井的现场试验,初步验证了适用于转盘驱动方式的可更换钻头套管钻井工艺及其配套工具

的可行性,但也存在无法打捞出井下锁定工具串的问题,因而需对井下锁定工具串打捞孔部分结构进行改进,同时加强对打捞矛的扶正,保证打捞矛能够入位。

## 参 考 文 献

- [1] 陈维荣,黄涛.国外套管钻井技术的发展和现状[J].石油钻探技术,2002,30(1):16-18.
- [2] 李春吉,单正明,孟祥奎.套管钻井技术简介[J].石油钻探技术,2002,30(6):74.
- [3] Tessari R M, Garret Madell.降低钻井费用的革新方法——套管钻井[J].汪海阁,译.国外石油机械,1999,10(4):9-18.
- [4] 宋生印,杨龙,林凯,等.套管钻井用套管与地层岩石磨损的试验研究[J].石油钻探技术,2004,32(6):1-3.
- [5] 沙东,王光奇,李健,等.套管钻井技术在庄海5井中的应用[J].石油钻探技术,2003,31(6):23-24.
- [6] 周英操,闫铁,刘玉民.大庆油田表层套管钻井技术[J].石油钻探技术,2006,34(5):79-80.
- [7] 陈维荣,许利辉.尾管钻井技术及其应用[J].石油钻探技术,2003,31(2):66-70.
- [8] 王力,张嵇南,步云鹏,等.套管钻井技术研究与试验[C]//中国石油天然气集团公司钻井承包商协会论文编写组.2004年中国石油天然气集团公司钻井承包商协会论文集.北京:石油工业出版社,2004:331-335.
- [9] 张兰江,兰阔,董耀华,等.TESCO底部钻具可回收式套管钻井系统[J].石油机械,2003,31(12):46-48.
- [10] 马认琦,郭巧合,赵建刚.TESCO套管钻井技术[J].石油矿场机械,2006,35(2):81-83.

## Casing Drilling Tool and Technology of Retrievable Drill Bit

Feng Lai<sup>1</sup> Wang Hui<sup>1</sup> Wang Li<sup>2</sup> Zheng Wanjiang<sup>2</sup>

(1. Drilling Engineering & Technology Research Institute, China National Petroleum Corporation, Beijing, 100097, China; 2. Drilling Engineering & Technology Research Institute, Jilin Petroleum Corporation Ltd., Songyuan, Jilin, 138000, China)

**Abstract:** Traditional casing drilling techniques using conventional rigs and driven rotary table can only use one drill bit to drill to the planned depth due to the limit of the drill bit. Therefore, a casing drilling system with retrievable bit driven by rotary table was developed. The system has three parts, including tripping tools, downhole lock tools, and bottom hole casings. The downhole lock tools string are locked on top of bottom hole casing strings during drilling. When the drill bit or lock downhole tools need to be replaced, running tripping tools into casing strings and unlocking, and then tripping out the downhole tool string. After that, the downhole tool string was run into and locked again. Drilling fluids were continuing circulating and drill strings were continuing rotating. The system has been tested on two wells in Jilin Oilfield. The percentage of successful running was 100% and drilling with casing was obtained. However, the downhole locking tools were not pulled out because the releasing spear was not able to reach the fishing pole of downhole locking tools. This paper introduces in detail several aspects of the assembly of the retrievable drill bit, including the component, principles and operation techniques, and field application results.

**Key words:** retrievable bit;casing drilling;field test;Jilin Oilfield