

# 旋转套管固井工艺技术在 LG-A 井的应用

郑友志<sup>1</sup> 刘伟<sup>2</sup> 余才焮<sup>3</sup> 马发明<sup>1</sup> 唐庚<sup>1</sup> 谢明华<sup>1</sup>  
兰祥华<sup>3</sup> 刘洪<sup>4</sup> 蒲勇<sup>3</sup>

1. 中国石油西南油气田公司采气工程研究院 2. 川庆钻探工程公司地球物理勘探公司  
3. 中国石油天然气集团公司川庆钻探工程公司 4. 重庆科技学院石油工程学院

郑友志等. 旋转套管固井工艺技术在 LG-A 井的应用. 天然气工业, 2010, 30(4): 74-76.

**摘要** 川渝气区深井超深井普遍具有高温、高压、高含硫的特点, 保证优质的固井质量是杜绝气井生产过程中重大安全隐患和保证气井有效开发的关键之一。针对目前四川 LG 气田气井固井作业中采用常规固井工艺而造成的普遍固井质量较差的现状, 提出采用旋转套管固井工艺技术来提高气井固井质量的技术思路。介绍了旋转套管固井工艺技术的基础原理、优点及其所需适用条件。旋转套管固井技术在 LG 气井的首次现场应用结果表明: 试验井 LG-A 井固井质量合格率为 86.52%, 其中优质率为 73.5%。由此证明了旋转套管固井工艺技术能大大提高顶替效率、改善界面固井质量、有效防止气窜发生, 具有广阔的推广应用前景。

**关键词** 深井 超深井 水平井 旋转套管 固井质量 LG 气井 顶替效率

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.04.018

## 0 引言

川渝气区深井超深井普遍具有高温、高压、高含硫的特点<sup>[1]</sup>。目前川渝气田固井作业中存在以下影响层间封隔质量的技术难题: ①井深, 一次封固井段长; ②地层压力复杂; ③环空间隙窄; ④气窜; ⑤封固段温差大; ⑥顶替效率低等。

在上述井况的气井中使用常规的固井工艺技术很难保证固井质量, 有时甚至会造成整个工程的失败<sup>[2]</sup>。为进一步提高 LG 气田气井固井质量, 为油气井的开发生产及后续增产工艺措施创造更好的条件, 在 LG 气田气井中探索新的先进固井工艺技术就显得非常有必要。在这种情况下, 旋转套管固井工艺技术被逐渐受到重视。目前旋转套管固井工艺技术是国内外最先进的固井工艺技术之一<sup>[3-4]</sup>。此技术能大幅度地提高顶替效率, 有效改善固井质量, 这已是共识。

## 1 旋转套管固井的原理

注水泥过程中, 旋转套管是提高顶替效率的有效措施之一。其机理为: 当环空窄间隙处有滞留(或流动较慢)的钻井液时, 旋转套管可依靠套管壁拖曳力将钻井液带入进环空的较宽间隙处, 从而被流动的水泥浆顶替走, 提高顶替效率。图 1 表示了旋转套管提高顶替效率的原理。从图 1-(a)、(b)、(c) 的演示可以直观地看出通过旋转套管能够将钻井液尽可能地顶替掉。

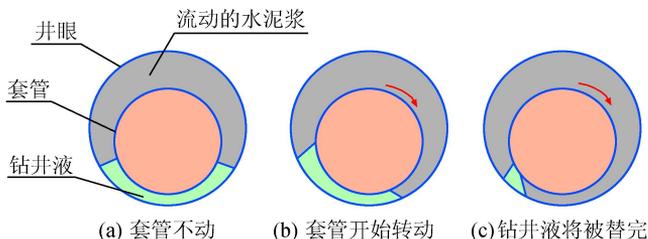


图 1 旋转套管提高顶替效率示意图

**基金项目**: 中国石油天然气集团公司科研项目(编号: 20070304-02-01)和中国石油天然气集团公司先导性项目(编号: 07G2030206)。

**作者简介**: 郑友志, 1979年生, 工程师, 博士; 2001年毕业于原西南石油学院石油工程专业; 现从事油气井固井方面的科研工作。地址: (618300) 四川省广汉市中国石油西南油气田公司采气工程研究院气井工程研究室。电话: (0838) 5152441。E-mail: zyz08@petrochina.com.cn

## 2 旋转套管固井的优点

旋转套管固井技术的主要优点如下:

1)有利于管柱的顺利下入;在下套管过程中如果遇到阻卡,可以通过转动套管串来增加克服阻力,使套管顺利下入到设计位置。

2)有利于改善顶替效率,提高固井质量。

3)有利于提高小间隙井的固井质量。小井眼、小间隙井的环空面积小,使环空水泥浆流动阻力增大,导致固井过程中泵压升高,甚至产生压漏地层和憋泵等重大事故。而通过套管转动,能改善水泥浆的顶替效率,提高钻井液的流动性能,同时可降低施工泵压,提高井眼和井壁的清洗效果,保证水泥环与地层的胶结质量。

4)有利于解决定向井由于套管柱偏心导致顶替效率偏低的问题<sup>[5]</sup>。

5)有利于阻止环空气窜通道的形成。套管在井中是不可能完全居中的。水泥浆一般会尽可能选择通道宽松的一侧流动,这样一来,空间小的一侧往往有钻井液滞留,顶替效率差,形成窜流通道。当套管进行旋转时,套管周边均会有水泥浆通过,可以在一定程度上减少和避免环空死钻井液的形成。因此可避免窜流通道的形成。

## 3 旋转套管固井适用条件

### 3.1 井身质量

旋转套管固井对井身质量的要求严格,必须保证井眼狗腿度在允许范围内。同时,保证井眼稳定、清洁,在钻井过程中未出现井壁垮塌或掉块严重等现象。应确保施工井井径较为规则、无缩颈段、无垮塌段、井眼轨迹变化不大、不含塑性地层或是塑性低的层段(特别是盐膏层)。

由于旋转尾管固井施工过程中,套管柱的旋转包括自转与公转两种状态,所以井眼尺寸最小也应大于套管柱尺寸,并留有一定余地,否则将在井径最小处形成旋转支点,从而导致套管柱在井径最小处形成较大的应力,不利于套管柱安全。

### 3.2 固井软硬件要求

川渝气区在使用旋转套管固井作业中存在需要保护套管挂的密封性问题,故在施工作业过程中需要将套管挂提至防溢管处,导致旋转过程中上部管柱摆动幅度增加,影响固井安全施工。

旋转套管固井技术的核心工具为驱动套管柱转动的旋转套管头,国内与国外在该方面的技术差别主要

为旋转头的旋转轴承受力大小及使用寿命的差别。由于旋转套管固井作业中旋转轴承不直接承受下部套管柱重量,故国内轴承的材料性能完全满足施工要求。对于旋转水泥头及旋转接头的研制,国内目前还处于研发阶段。在 LG-A 井进行旋转套管固井前,该项目组自主设计与研制了 $\varnothing 177.8$  mm 套管旋转头。中国石油西南油气田公司采气工程研究院对旋转固井套管柱扭矩计算分析软件进行了编写,并采用此软件对 LG-A 井旋转套管固井过程中套管柱扭矩预测进行了分析,对保证旋转套管固井套管柱安全起到了重要作用。对旋转扭矩的要求:应使套管在转动过程中扭矩在其能够承受的范围内,最大允许扭矩=套管最佳上扣扭矩 $\times 80\%$ 。

## 4 现场应用实例

LG-A 井是位于四川省达州石桥镇的一口预探井,构造位置属于仪陇—平昌 LG 地区税家槽北潜伏高点。设计井深为 2 800.00 m,设计勘探层位为三叠系须家河组和雷口坡组,钻探目的是了解 LG 地区须家河组和雷口坡组储层分布及含油气性,兼探侏罗系。本次完钻井深为 2 363.09 m,拟采用套管旋转固井。

固井设计说明:①下塞深为 55 m;②采用两凝水泥;密度为 1.60~1.65 g/cm<sup>3</sup> 的缓凝低密度防漏水泥浆,封固 0~1 600 m 井段;密度为 1.90 g/cm<sup>3</sup> 的快干防漏水泥浆,封固 1 600~2 370 m 井段。

固井工艺流程:下套管完一座卡瓦试正转—接管头、扶正器联顶节、旋转水泥头—座卡瓦模拟施工转动—取出卡瓦—(循环钻井液、冲管汇,试压泵注抗污染水泥浆、车注冲洗液、投下胶塞、车注缓凝领浆、车注缓凝水泥浆)—车注快干水泥浆(转动)—开挡销,释放上胶塞(停转)—车注后置液(停转)—泵替钻井液(转动)—车碰压、检查回流、候凝。

表 1 是 LG-A 井固井质量的统计表。统计井段为 0~2 363.0 m。

表 1 固井质量统计表

质量	累计长度/m	所占比例/%
优	1 665	73.50
中	295	13.02
差	305	13.48

旋转套管固井后,工程测井固井质量合格率为 86.52%,其中优质率为 73.5%。固井质量较差段主要在套管重合段。套管重合段固井质量的测井解释一

