

# 充气钻井技术在四川地区的应用

左 星<sup>1</sup> 李发水<sup>2</sup> 李 照<sup>1</sup> 江迎军<sup>1</sup>

(1. 中国石油川庆钻探工程有限公司钻采工艺技术研究院 2. 中国石油川庆钻探工程有限公司国际工程公司)

**摘 要** 充气钻井技术作为欠平衡钻井技术的一个分支,通过合理调节液气比进一步降低钻井液密度,从而达到降低有效液柱压力的目的。运用充气钻井技术不但能够及时发现和保护油气层,同时还能够提高机械钻速,解决由井漏引起的井下复杂问题。近几年,在四川地区开展了多口井的充气钻井试验,成熟了工艺技术,研究了充气钻井参数的合理设置,发现并认识了存在的问题,总结了经验,为充气钻井技术的发展奠定了基础。图 1 表 1 参 6

**关键词** 充气钻井 钻速 井漏

## 1 概述

四川油气田富含天然气,具有很大的勘探潜能,但由于天然气埋藏地层属于碎屑岩地层并具有低压、低孔、低渗的特性,钻进过程中不但存在严重的漏失问题,还极易造成储层伤害。如:宜 13 井在沙溪庙井段钻井过程中漏失钻井液约 1500m<sup>3</sup>;威 117 井在嘉陵江组钻进过程中,漏失钻井液 1508.12m<sup>3</sup>,清水 6471.51m<sup>3</sup>;矿 3 井在须家河、嘉陵江组钻进过程中,漏失钻井液约 2000m<sup>3</sup>;以上现象既消耗大量堵漏材料,还花费大量时间,延长了钻井周期,不利于四川气藏的快速开发。虽然气体钻井能解决井漏并保护油气层,但地层出水和井壁稳定性问题限制了气体钻井技术在该地区的广泛应用。

在四川油气田,针对地层漏失严重的问题,从 2000 年开始尝试了充气钻井技术,并取得较好的效果,之后又在矿山梁、威远、平落坝等多个构造实施该技术,不但较好的解决了井漏,同时提高了机械钻速,发现和保护的油气藏,为该技术在四川地区的发展与应用积累了经验。

## 2 充气钻井技术

### 2.1 技术优点

充气钻井是以常规泥浆或清水为基液,将一定量的气体(空气、氮气、天然气等)连续不断地注入基液内,使其呈均匀气泡分散于基液中,从而有效降

低钻井液密度。该技术具有如下优点:

- 能将钻井液密度控制在 (0.5 ~ 0.9) g/cm<sup>3</sup> 之间,满足低压力层位的欠平衡钻井需要;
- 能大幅度提高机械钻速,提高钻头进尺,提高钻机作业效率;
- 能及时发现并有效保护油气层;
- 成本较低,环境污染小;
- 地层适用范围广。特别适用于易漏失、低压、裂缝性、低压低渗储层以及处于开发中后期的低压枯竭储层。

### 2.2 配套设备

针对四川低压油气田的特征,川庆钻探公司钻采工艺研究院研制了 7MPa、10.5MPa 和 17.5MPa 三个压力级别的旋转控制头,既可满足低压地层的需要,还可保证异常高压地层安全作业的要求。同时,配套了专用节流管汇、专用液气分离器以及空气压缩机、制氮机、增压机等设备,以满足充气钻井的施工要求。

### 2.3 充气钻井工艺技术措施

#### (1) 气体注入方式的确定

充气钻井的注气方式可分为:立管注入法、寄生管法、同心管法及连续油管注入法。在四川油气田,充气钻井主要用于上部松软地层,解决井漏问题,由于表层套管下入较浅,采用寄生管法达不到充气降密度的效果;同心管法需要安装特殊井口装置,连续油管法工艺复杂,都不利于在该地区推广应用。而立管注入法工艺流程简单,不影响井身结构设计,能

降低整个循环系统密度。目前,川内主要采用立柱注入方式实施充气钻井,其工艺流程图见图 1。

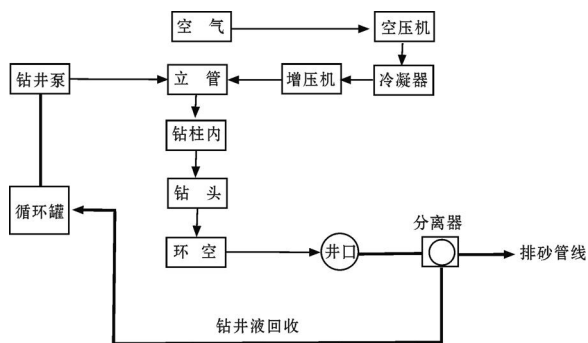


图 1 充气钻井工艺流程图

### (2) 气液比的确定

确定合理的气液比,有效控制钻井液当量密度,使其低于地层破裂压力和孔隙压力,从而达到解决井漏、发现保护油气层的目的。目前,主要采用气液两相流理论进行分析和计算,计算模型见(1)式<sup>[1]</sup>,

$$\frac{dp}{dz} = \rho g + f \frac{\rho v^2}{2D} + \rho v \frac{dv}{dz} \quad (1)$$

式中:

$\frac{dp}{dz}$ —流动压力梯度, MPa/m;

$\frac{dv}{dz}$ —速度梯度, 1/s

$f$ —多相流混合物流动摩阻系数, 无因次;

$\rho$ —流体密度,  $g/cm^3$ ;

$v$ —流体上升速度, m/s

$D$ —管径, mm;

$g$ —重力加速度,  $m/s^2$ 。

另外选择合理的气液比还应考虑增压机实际工作能力。

### (3) 充气钻井液性能控制

充气钻井液性能应具有较好的携岩性,确保携岩顺畅,井内清洁;应尽量与气体均匀混合,同时便于气液混合相有效分离。现场主要通过钻井液粘度进行控制,一般漏斗粘度控制在 40s~45s 即能满足施工要求。粘度过低,会产生“气塞”现象,形成气柱,降低钻井液携岩能力;粘度过高,会使脱气效果不好,造成泥浆泵上水效果差。

另外,还应提高钻井液抑制性,防止泥页岩水化造成井壁失稳。

## 2.4 现场施工要点及措施

(1) 充气钻井过程中,井内流体为非线性两相流,在井底气泡处于压缩状态,随着流体向上运动,气体逐渐膨胀,形成弹状流,具有很大能量,对地面

设备有很大冲击作用,使其剧烈振动,容易造成设备连接处松脱,导致事故发生。因此,在施工前必须将设备固定牢固,防止设备因剧烈振动带来安全隐患;钻井过程中,定时检查设备连接处是否牢固,避免事故发生。此外,可根据地层破裂压力、孔隙压力及携岩效果,在井口施加合理的套压值,减小气体膨胀率,从而减小气柱对设备的冲击作用。

(2) 由于钻井液中混有大量注入气体,且在井筒内分布不均匀,尤其停止循环后气体会滑脱造成气液不均匀返出,循环罐液面会有较大波动,因此不能仅通过液面变化判断地层是否出气,必须加强对钻速、立压、套压和全烃值等参数的实时监测,发现异常及时按“四·七”动作关井处理。

(3) 实钻过程中如出现钻井液携岩效果不好,可采用高粘钻井液进行循环排砂,以达到清洁井眼,减小沉砂卡钻几率的目的。

## 3 充气钻井技术在四川地区的应用效果

### 3.1 解决低压易漏地层的井漏问题

四川威远构造上部地层由于受到地表水的渗透、溶蚀,属于易漏失地层,在常规钻井过程中,由于液柱压力较高,极容易发生井漏,如威 117 井在嘉陵江组 18m~486m 钻进过程中,漏失钻井液 1508.12m<sup>3</sup>,清水 6471.51m<sup>3</sup>,造成大量损失。而威寒 1 井在井段 47m~486m、1301m~2068m 实施了充气钻井,使两井段漏层共漏失清水 1071m<sup>3</sup>,减小了钻井液漏失量,节约了成本。

矿 2 井属于四川矿山梁构造,该构造上部地层压力系数仅 0.7 属于低压易漏地层。钻至井深 1319.9m 时发生漏失,同时造成了严重的井下复杂情况,在飞仙关组 1319.9m~1535.27m 作业周期达到了 111d 进尺仅 215m,由于进度缓慢,从 1535.27m 开始至固井井深 1901m 实施了充气钻井技术。充气参数:注气量 (25~40)m<sup>3</sup>/m 进 钻井液排量 (25~30)L/s 使钻井液当量密度约为 0.7g/cm<sup>3</sup>,有效控制了井漏,确保了钻井作业的顺利进行。

### 3.2 大幅度提高机械钻速,缩短钻井周期

广探 1 井位于四川盆地广安构造南部高点构造,邻井在上部井段沙溪庙一自流井实施常规钻井时,出现了因水化膨胀井眼失稳,提高钻井液密度后又伴随严重井漏的情况,因此在广探 1 井沙二一须家河井段设计采用充气钻井技术。

该井沙溪庙一自流井井段井眼尺寸 311mm,地

层压力系数 1.1, 钻井液基浆密度  $1.1 \text{ g/cm}^3$ , 通过合理调节充气参数: 注气量  $50 \text{ m}^3 / \text{m in}$ , 排量  $35 \text{ L/s}$ , 钻井液当量密度调整为  $0.95 \text{ g/cm}^3$ , 同时控制钻压为

$270 \text{ kN}$ , 转速为  $70 \text{ rpm}$  进行充气钻进, 使机械钻速得到有效提高, 并减少了钻井液漏失量, 达到了快速钻进的目的。

表 1 广探 1 井充气钻井井段与常规钻井井段钻速对比

层位	充气井段 (m)	充气量 ( $\text{m}^3 / \text{m in}$ )	钻速 (m/h)	常规钻井井段 (m)	钻速 (m/h)	钻速提高率 (%)
大安寨	1500~1590	50	3.90	1490~1500	1.23	217
珍珠冲	1723~1793	50	2.62	1793~1872	1.53	71

### 3.3 发现和保护油气层

平落 012-2 井属于四川平落坝构造, 在一开钻井过程中, 由于严重漏失造成无法实施正常钻井作业, 而选择了充气钻井技术。在井段  $368.7 \text{ m} \sim 1600 \text{ m}$ , 井眼尺寸  $311 \text{ mm}$ , 钻井液排量  $25 \text{ L/s}$ , 钻井液基浆密度  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , 注气量  $45 \text{ m}^3 / \text{m in}$ , 充气钻井液当量密度约为  $1.0 \text{ g/cm}^3$ , 低于设计地层压力系数 1.23, 钻至井段  $609 \text{ m} \sim 610 \text{ m}$  发现气显示, 后经测井确定, 该层位为含气层。

## 4 结论

通过四川地区充气钻井技术现场试验与应用, 对该技术的现场实施效果有了充分认识, 得出以下结论:

(1) 充气钻井技术可以将钻井液密度控制在  $(0.5 \sim 0.9) \text{ g/cm}^3$  范围内, 适用于低压、低孔、低渗、低产油气藏, 能及时发现和保护油气藏, 还能适用于压力敏感性地层, 有效避免井漏带来的损失, 特别是当常规钻井钻井液循环当量密度大于地层破裂压力系数, 发生严重漏失时, 充气钻井技术解决井漏的效果更加明显。

(2) 通过对钻井液进行充气, 降低钻井液的当量密度, 减小液柱压力对地层岩石的压实作用, 使机械钻速得到有效的提高, 达到快速钻进的目的。

(3) 运用充气钻井技术能够提高机械钻速, 解决井漏问题, 减少因井漏造成的处理井下复杂的时间, 缩短钻井周期, 降低钻井综合成本。

### 参考文献

- 1 李颖川. 采油工程 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 27-31.
- 2 董振涛, 刘天奎. 胜火 201 井充气钻井技术实践与认识 [J]. 吐哈油气, 2006, 11(1): 75-77.
- 3 施德友, 杨景利, 张斌, 等. 王古 1 井防漏防溢充气钻井液技术 [J]. 天然气勘探与开发, 2005, 28(4): 46-49.
- 4 徐英, 魏武. 空气充气钻井技术在矿 2 井的应用 [J]. 天然气工业, 2004, 23(增刊): 70-72.
- 5 周英操, 王广新, 赵德云, 等. 充气钻井技术在大庆油田的应用 [J], 2006 (9), 51-54.
- 6 艾贵成, 穆辉亮, 王卫国, 等. 充气钻井液技术在青西油田的应用 [J]. 吐哈油气, 2008, 13(2): 170-173.

(修改回稿日期 2009-09-07 编辑 景岷雪)

**ABSTRACT:** In this study, combined with the geological characteristics of northeastern Sichuan Basin, a comprehensive review to casing program is presented, which is used by Sinopec in exploration and development in recent years. Moreover, the exploration and practice of optimizing casing program are also illustrated based on deepening understanding of geology. Suggestions are given to the existing problems.

**KEY WORDS:** northeastern Sichuan Basin, casing program, casing design

## APPLICATION OF AERATED DRILLING TO SICHUAN AREA

ZUO Xing<sup>1</sup>, LI Fashu<sup>2</sup>, LI Zhao<sup>1</sup> and JIANG Yingjun<sup>2</sup> (1. CCDC Drilling & Production Technology Research Institute; 2. CCDC International Ltd.). NATURAL GAS EXPLORATION & DEVELOPMENT, v. 33, no 3, pp 59– 61, 7/25/2010

**ABSTRACT:** Aerated drilling is a branch of underbalanced- drilling technology. Drilling- fluid density is further lowered by reasonably regulating the liquid/gas ratios. Thus, the objective of lowering effective fluid column pressure is achieved. Employing aerated drilling can not only discover and protect oil/gas formation in time but also increase ROP and solve downhole complex problems caused by lost circulation. In recent years, some experiments have been conducted in a number of wells in Sichuan area, which make the technology mature. In this paper, reasonable parameter settings are studied, existing problems are found and recognized, and the experiences are also summed up, which lays foundation for developing aerated drilling technology.

**KEY WORDS:** aerated drilling, ROP, lost circulation

## EFFECT OF SURFACTANT ON GAS STORAGE AND TRANSPORTATION WITH HYDRATE

YANG Mingjun, SONG Yongchen, RUAN Xuke and ZHAN Yangchun (Key Laboratory of Ocean Energy Utilization and Energy Conservation of Ministry of Education, Dalian University of Technology). NATURAL GAS EXPLORATION & DEVELOPMENT, v. 33, no 3, pp 62– 66, 7/25/2010

**ABSTRACT:** For remote areas far away from the gas pipelines and market, the use of hydrate to store and transport natural gas is an ideal choice to realize natural gas transportation. The surfactant can enhance a hydrate formation speed, increase the storage capability, improve the stable existing conditions, and then enhance the economy of natural gas storage and transportation with hydrate. In this study, the mechanism of surfactant effect on storage and transportation with hydrate is presented, the progress that has been made in the study area is summarized, and the shortcomings and future directions are also pointed out.

**KEY WORDS:** hydrate, surfactant, formation speed, gas storage volume

## ZWITTER IONIC ACID- THICKENER

HUANG Zhongyao<sup>1</sup>, WANG Yujie<sup>2</sup> and ZHANG Tailiang<sup>3</sup> (1. Research Institute of Oil Production, Sinopec Jiangnan Oilfield; 2. Higher Vocational and Technical School, Southwest Petroleum University; 3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest Petroleum University). NATURAL GAS EXPLORATION & DEVELOPMENT, v. 33, no 3, pp 67– 69, 7/25/2010

**ABSTRACT:** Adopting AM as the main monomer, cationic monomer DMAAC and anionic monomer AMPS as the auxiliary tertiary copolymerization has been implemented and then an acid thickener is obtained. Dissolving 2.5% thickener in 15% hydrochloric acid, it is found that the thickener has good solubility. At 90°C, its thermal stability is over 60%. When the system temperature is below 90°C, apparent viscosity of the thickener is over 20 mPa·s. With temperature increasing, its descent rate is significantly lower than that of PAM, and the shear stability is over 80%, which is much better than that of PAM. The thickener has good retardative property, which can improve the acidizing effect.