

# 四川油气田气体钻井技术现状及发展方向<sup>\*</sup>

艾惊涛<sup>1</sup> 余锐<sup>1</sup> 廖兵<sup>1</sup> 甘红梅<sup>2</sup>

1. 川庆钻探工程公司钻采工艺技术研究院 2. 川庆钻探工程公司工程技术处

艾惊涛等. 四川油气田气体钻井技术现状及发展方向. 天然气工业, 2009, 29(7): 39-41.

**摘要** 因钻井地质条件复杂致使钻井速度慢、井漏、储层易伤害一直是困扰四川油气田钻井技术发展的难题。近年来研究并试验了气体钻井技术,取得了明显的效果,展示了良好的技术优势和发展前景。目前,已形成气体钻井技术规范、干气钻井、雾化钻井、泡沫钻井、气体钻井防斜打快、气液转换、高效排液、气体钻井取心、气体钻井装备及配套工具、气体钻井水平井、气体钻井复杂情况的处理等系列技术,对提高钻井速度、解决井漏复杂情况、发现和保护油气层起到了重要的作用。气体钻井技术在国内还是一项新兴技术,建议开展气体钻井条件下的防喷器冲蚀机理研究,研制适合于气体钻井的井控装备,并建立一套完善的气体钻井数据采集和远程控制系统来提高气体钻井技术的可靠性和安全性。

**关键词** 气体钻井 雾化钻井 泡沫钻井 水平井 取心 防斜 井控装备

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.07.012

## 0 引言

四川油气田岩石可钻性差,钻井速度慢,“十五”期间平均机械钻速为 2.35 m/h,深井、超深井平均机械钻速为 1.87 m/h;此外,井漏频繁、恶性井漏时有发生,2005 年川渝地区井漏各种材料 89 992 m<sup>3</sup>,因堵漏损失钻井周期 15.1 台月,井漏占复杂时率的 60%;再就是低孔、低渗、低压及水敏性油气藏,钻井过程中钻井液往往造成储层不可逆转的伤害,造成油气资源及勘探开发成本浪费,也严重地制约了勘探开发的进程<sup>[1]</sup>。针对以上难点,研究并试验了气体钻井技术,该技术已成为解决井漏、及时发现和保护油气层及大幅度提高机械钻速的关键技术。目前,四川油气田气体钻井技术的应用规模逐渐加大,气体钻井进尺比例逐年增加(图 1),深井、超深井整体机械钻速大幅度提升(图 2),钻井周期大幅降低,并形成了一套适合四川油气田地质特点的气体钻井系列技术。

## 1 气体钻井系列技术

### 1.1 气体钻井技术规范

在气体钻井地质适应性评价、气体携带岩屑、空



图1 四川油气田气体钻井应用情况统计图

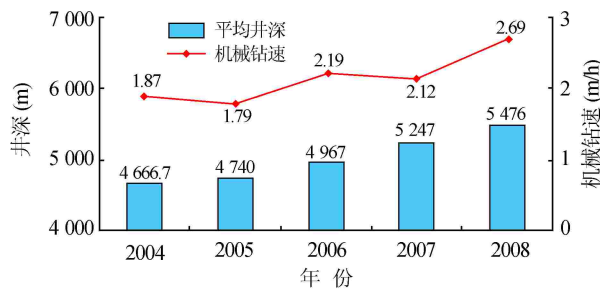


图2 四川油气田深井钻井指标统计图

气钻井井下燃爆机理及控制方法等研究的基础上,结合生产实际,起草了SY/T 6543.2《欠平衡钻井技术规范—气相》行业标准1项,制定了Q/SYCQZ

<sup>\*</sup> 本文为国家高技术研究发展计划(863计划)“气体钻井技术与装备”(编号:2006AA06A103)的研究成果。

**作者简介:**艾惊涛,1965年生,高级工程师;1991年毕业于原石油大学钻井专业并获学士学位,现任川庆钻探工程有限公司钻采工艺技术研究院空气钻井公司副经理;长期从事钻井新技术研究与应用、钻井工程设计、气田开发方案编制等工作。  
地址:(618300)四川省广汉市中山大道南二段。电话:(0838)5152509,13981007103。E-mail:zcyajt2001@163.com

103—2009《空气钻井操作规程》、Q/SYCQZ 104—2009《空气钻井井下燃爆控制技术规范》、Q/SYCQZ 105—2009《气体钻井井控管理规范》、Q/SYCQZ 106—2009《气体钻井井控技术规范》、Q/SYCQZ 108—2009《天然气、氮气、柴油机尾气钻井操作规程》企业标准 5 项,从设计、施工、管理等方面逐步规范了气体钻井。

## 1.2 干气钻井技术

在不产液相流体、井壁稳定、不含硫化氢的常压或低压层段适合干气钻井。空气钻井用于非储层段提速增效或解决井漏等工程复杂,氮气、天然气、尾气钻井用于储层发现和保护,防止井下燃爆。

## 1.3 雾化、泡沫钻井技术

干气钻井一旦地层出水、出油容易造成钻头、钻具泥包卡钻等井下复杂情况,采用雾化、泡沫钻井能有效地解决干气钻井的不足。通过对基液配方的不断优选,形成了抑制性强、半衰期可调范围较宽(3~30 min)的雾化、泡沫基液体系<sup>[2]</sup>。

## 1.4 气体钻井防斜打快技术

气体钻井时井底岩石主要受水平应力作用,与常规钻井液钻井相比地层各向异性显著增大。因此,钻压稍大即导致井斜急增,常规的防斜理论难以满足气体钻井防斜需要。为提高气体钻井防斜打快效果,研制了气体钻井专用工具空气锤,可以在较低钻压条件下获得理想的机械钻速<sup>[3]</sup>,可有效地控制井斜。

## 1.5 气液转换技术

气体钻井后井眼干燥,往往因为替入的钻井液与地层接触后瞬时失水大,导致井壁失稳垮塌,划眼处理时间长。在不断分析总结和研究的基础上,形成了一套具有“低润湿反转角、低渗透、低活度”特点的“三低”水基防塌钻井液体系和一套适合气体钻井钻井液转换特点的转换工艺技术。实现替入钻井液后即可恢复钻进,大大缩短了钻井液转换时间。

## 1.6 高效排液技术

井越深,常规分段气举排液时间越长,井深 3 000 m 左右的井分段气举时间一般在 1 d 左右;此外,常规分段气举压力高、设备负荷大、作业风险高、易造成环境污染。针对这一难题,在对气液两相流体流动机理研究的基础上,试验成功了充气排液技术。井深超过 3 000 m 的井举水时间由原来的 1 d 左右缩短到 3~5 h,大大提高了气体钻井作业效率,

降低了举水过程中的环境污染。

## 1.7 气体取心技术

气体钻井时井底岩石在水平应力作用下极易破碎,所取岩心由于应力快速释放易从胶结薄弱处剥离分开而形成薄片状岩心块;岩心入筒摩阻较大,且受到高速气流冲刷,降低了单筒取心进尺及岩心收获率;此外,金刚石或 PDC 钻头在气体钻井条件下冷却存在问题,极易早期损坏。针对气体钻井取心技术的难点,研制了气体钻井取心专用工具及钻头,完善了取心工艺技术。气体钻井平均单筒取心进尺达到 6.57 m,平均取心收获率大于 94.5%。

## 1.8 气体钻井装备及配套工具

通过多年来的技术攻关,采取引进、消化、研发的模式形成了 6 大系列气体钻井装备及配套工具。自主研发了动密封 3.5~17.5 MPa 旋转控制头、不压井起下钻装置、液气分离器、真空除气器、大通径节流管汇、耐冲蚀排砂管线及气体钻井在线监控系统等;空压机、增压机、制氮机、雾化泵全部实现国产化。

## 1.9 气体钻水平井技术

气体钻水平井将气体钻井保护储层与水平井扩大渗流面积的优点相结合<sup>[4-8]</sup>,是三低油气藏开发的有效手段。研制了专用减阻接头、空气螺杆等专用井下工具,引进了 EM-MWD 随钻监测技术。广安 002-H8 井应用氮气钻井、电磁波随钻轨迹监测(EMWD)及地质导向技术,储层钻遇率高达 80%,产量是直井的 20 倍以上。

## 1.10 气体钻井复杂情况处理技术

气体钻井地层出水、出油、出气、井壁垮塌、井下燃爆等均容易造成事故,经过多年的反复探索和实践,已经基本形成了集井下复杂情况判断、处理及事故预防为一体的气体钻井复杂处理技术,气体钻井复杂事故时率大幅度降低,气体钻井事故时率从 2005 年的 12.3% 降为现在的 0.9%。

## 2 现场应用效果

### 2.1 提高机械钻速

近两年在 15 个构造上累计实施气体钻井技术提速 69 口井、131 井次,平均机械钻速为 12.73 m/h,平均机械钻速提高 2~14 倍。LG 地区陆续开展 44 口井 96 井次的气体钻井作业,总进尺为 122 318 m,占 LG 地区钻井总进尺的 48.96%。LG 地区已完钻的 25 口井平均井深为 6 404 m,平均钻井周期为 190 d,气体钻井平均进尺比例为 46.3%,完钻井

平均机械钻速为 3.77 m/h,平均月速度为 1 012 m/台月。气体钻井技术的应用使超深井钻井能力得到极大提升,超深井钻井速度实现重大突破,与近年同类井(6 000 m 以上气体钻超深井七北 101、黄金 1、东升 1 等井)及近年常规钻井液钻超深井相比,技术指标大幅提高(图 3)。

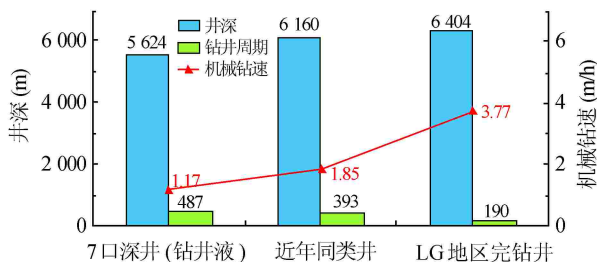


图3 气体钻井提速效果对比图

## 2.2 发现和保护油气层

在采用气体钻井之前,广安构造须家河组气藏获气的 6 口井平均测试产量为  $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。至 2008 年 6 月在广安构造共实施 15 口井气体钻井作业,平均测试产量为  $2.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

LG 地区初始勘探层位为飞仙关组和长兴组,但在上部井段实施气体钻井过程中发现良好的浅层油气显示,其中沙溪庙组 34 层次、凉高山组 12 层次、大安寨组 11 层次、须家河组 38 层次、雷口坡组 3 层次,经测试获得良好的勘探前景。

## 2.3 解决了井漏及工程复杂问题

井漏一直是困扰四川油气田勘探开发的一大难题,如东安 1 井、罗家 3 井、天东 89 等井均因恶性井漏造成工程报废。近年来应用气体钻井技术无一口井因井漏报废,大幅度地降低了恶性井漏造成的损失。

原天井 1 井作业为 120 d,进尺为 911.17 m,共漏失钻井液  $10 168 \text{ m}^3$ ,清水为  $7 883 \text{ m}^3$ ,堵漏水泥 231 t,期间多次堵漏均不见效果,最后被迫弃井重钻。2006 年在同井场井口平移 6 m 后重新开钻,通过空气钻井和泡沫钻井技术综合治漏,成功穿越漏层钻至 966.7 m,并顺利下入技术套管。平落坝构造地层破碎,表层钻进中漏失严重,恶性井漏频发,且机械钻速极低。该构造平落 012-2 井、平落 006-5 井、平落 003-3 井、平落 012-X3 等井采用气体钻井技术后,机械钻速提高 2.2~2.5 倍,单井平均节约处理井漏复杂时间 18.7 d。

## 3 结论与建议

1)目前雾化、泡沫钻井技术的应用还局限于浅层段,而应用于深井、长裸眼段地层及储层的雾化泡沫钻井工艺技术还需进一步研究完善。

2)气体钻井易造成防喷器腔室堵塞,其对防喷器的冲蚀也给井控安全带来了一定的隐患,研究气体钻井条件下防喷器冲蚀机理及研制适合于气体钻井的井控装备是急需解决的问题。气体钻井技术智能化、自动化程度还不高,需建立一套完善的气体钻井数据采集和远程控制系统来提高技术的可靠性、安全性。

3)随着越来越多的气田进入开发后期,地层压力不断下降,常规修井技术已不能满足需要,气体钻井技术恰好能弥补这一缺陷,具有很大的应用空间和发展潜力,应开展相关研究,做好技术储备。

4)四川油气田的须家河组气藏是典型的低孔、低渗气藏,单井产量受裂缝发育程度影响较大,为提高单井产量应大力推行气体钻水平井技术、水平分支井技术,增大了钻遇裂缝的机会。

5)进一步研究以降低成本为目的的气体钻井新工艺、新装备,继续保持技术优势,增强市场竞争力。

## 参考文献

- [1] 魏武,许期聪,邓虎,等.气体钻井技术在七北 101 井的应用与研究[J].天然气工业,2005,25(9):48-50.
- [2] 苏义脑.空气钻井工作特性分析与工艺参数的选择研究[J].石油勘探与开发,2005,32(2):86-95.
- [3] 张晓东.带空气锤的空气钻井破岩机理[J].天然气工业,2009,29(1):55-57.
- [4] 孟英峰,刘绘新.注气欠平衡钻水平井的新技术[J].石油勘探与开发,2005,32(1):100-102.
- [5] 陈忠实,陈敏,常洪渠,等.气体介质条件下的固井技术[J].天然气工业,2009,29(5):63-66.
- [6] 孟英峰,练章华,梁红,等.气体钻水平井的携岩 CFD 数值模拟研究[J].天然气工业,2005,25(7):50-52.
- [7] 魏武,许期聪,余梁,等.利用空气钻井技术提高钻井速度研究[J].天然气工业,2006,26(7):57-58.
- [8] 王霞,钟水清,马发明,等.含硫气井钻井过程中的腐蚀因素与防护研究[J].天然气工业,2006,26(9):80-84.

(收稿日期 2009-02-07 编辑 钟水清)