

# 九龙山某井气体钻井技术及事故处理实践

邓昌松, 练章华, 郑建翔, 林铁军, 王 磊

(西南石油大学油气藏地质与开发国家重点实验室, 四川 成都 610500)

**摘 要:**九龙山地区上部地层存在井漏、垮塌的可能,中部地层研磨性强、可钻性极差,下部地层存在多产层多压力系统并可能会钻遇异常高压。为了应对异常情况、缩短钻井周期、节约处理成本,龙某井设计从 350~2000 m 使用气体钻井。空气钻井钻至 1170.28 m 后地层出气,甲烷浓度超过 6%,后改用氮气钻进,钻至 1868 m 时出现井壁垮塌和钻具阻卡,随后停止气体钻进。记录了钻进过程中返出主要气体的浓度变化情况和异常情况处理措施,实践表明,气体钻井在防止井漏、钻遇地层出气(不含 H<sub>2</sub>S)、异常压力等复杂情况具有常规钻井无法比拟的优势。

**关键词:**气体钻井;地层出气;井漏;异常压力

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)10-0023-03

**Gas Drilling Technology in a Well and the Practice of Accident Treatment/DENG Chang-song, LIAN Zhang-hua, ZHENG Jian-xiang, LIN Tie-jun, WANG Lei** (State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan 610500, China)

**Abstract:** There is possibility of circulation loss and collapse in the upper stratum of Jiulongshan region, strong abrasivity and extremely poor drillability in the middle stratum, and multiple field and pressure system in the lower stratum. In order to cope with the abnormal situation, this well is designed to use gas drilling. The stratum is gassing when air drilling was drilled to 1170.28m. Then switch to nitrogen drilling, but when drilled to 1868m, it is wellface collapsed and drill stem blocked and sticking. At last it must finish the gas drilling. The paper records a main gas concentration changes and the handing measures of the abnormal condition during the drilling process, and provides some experiences to gas drilling crews dealing with abnormal condition. In conclusion, gas drilling have more advantage than conventional drilling in preventing circulation loss, stratum gassing without H<sub>2</sub>S, and abnormal pressure.

**Key words:** gas drilling; accident processing; stratum gassing

气体钻井是指用气体代替泥浆作为循环介质,冷却钻头并把钻屑从井底带回地面的一种钻井方式,主要应用为提高非储层段的机械钻速和对付非储集层段恶性井漏问题<sup>[1~6]</sup>。九龙山构造从地面到地腹震旦系均有构造圈闭存在,深大断层不发育,纵向上具多套烃源层与储层组成的多个成气系统,各层段流体均以天然气为主,天然气品质优良,组分基本一致,不含 H<sub>2</sub>S 及其它有毒、有害气体。近几年钻探的数 10 口井均获得工业气流,取得可观的经济效应,目前还有几十口井正在或者将要钻采。

## 1 龙某井基本情况

龙某井是同井场丛式井第一口,也是一口两靶点、定向、开发井,位于四川盆地九龙山构造须二段顶界构造轴线附近,海拔 751.8 m,设计井深 3325 m,目的层是珍珠冲组、须三段、须二段上亚段,完井层位须二中亚段。

一、二、三开均采用直井段,四开采用“直—增—稳”三段式钻进,其中直井段 0~2500 m;增斜段 2500~2700 m,“狗腿”度 4.35°/30 m,井斜 0~29°,弯螺杆增斜;稳斜段 2700~3424 m,井斜 29°,转盘钻进。井身结构如表 1 所示。

表 1 龙某井井身结构设计数据表

开钻次序	斜井段/m	钻头尺寸/mm	套管尺寸/mm	套管下入地层层位	套管下入深度/m	水泥返深/m	备注
一开	30	660.4	508.0	蓬莱组	0~29	地面	
二开	350	444.5	339.7	蓬莱组	0~348	地面	钟摆钻进
三开	2000	311.2	244.5	沙二段	0~1998	地面	空气钻进
四开	3424	215.9	177.8	须二	0~3422	地面	欠平衡钻进

## 2 钻井难点分析及对策

### 2.1 龙某井的钻井难点

(1)本井为同井场丛式井第一口,要降低后期同场井钻井井眼相碰的风险。

(2)有 2 个靶点(珍珠冲 I 旋回顶和须二顶),

收稿日期:2011-02-23;修回日期:2011-07-07

作者简介:邓昌松(1981-),男(汉族),湖南新宁人,西南石油大学硕士研究生,油气井工程专业,从事油气井管柱力学和石油钻探 HSE(健康、安全、环境)风险管理的研究工作,四川省成都市新都区西南石油大学国家重点实验室 A301,des023@163.com。

钻进中要兼顾2个靶点,保证都中靶。

(3)三开采用空气钻井,可能钻遇浅地下水层,空气钻井后的气液转换易发生严重漏失甚至卡钻等事故。

(4)沙二中下部地层井壁稳定性差,气体钻进极易垮塌,影响空气钻井的有效发挥,限制了空气钻井进尺。

(5)地层出油气,邻井证实其纵向上存在多产层(珍珠冲、须家河)、多压力系统(珍珠冲、须家河可能钻遇异常高压),地层易有油气溢出。

(6)千佛岩至珍珠冲地层含有砾岩层,其砾石成分有石英、燧石和黄铁矿等,研磨性强,可钻性极差,严重影响钻井周期。

(7)井场附近是耕地,100~300 m范围内有民房9户,300~500 m范围内有民房32户,对安全、环境要求高。

## 2.2 技术对策

(1)为防止井眼相碰,首先预测在哪些井段可能存在相碰的风险,做好技术交底使工作人员保持高度警觉和规范现场操作。空气钻井采用空气锤防斜打直,若用牙轮钻头必须严格控制钻压,且钻压不超过规定值。合理控制气体钻井速度,加强井眼轨迹监测,每钻进100~150 m单点测斜一次,根据实测数据加强分析及及时调整钻井措施,防止井斜增加过快。录井工作人员做好井眼相碰的报告工作,在捞砂筒附加放置磁铁,观察岩屑是否有金属光泽并及时汇报。

(2)空气钻井过程中地层出气且天然气浓度达

到一定浓度后,可能发生井下燃爆,严重时可能炸断钻具或炸塌井壁,造成卡钻埋钻,危及井下安全。应做好空气钻井期间气测监测工作,防止空气钻井期间井下燃爆。

(3)井壁垮塌、出水情况下,空气钻井要控制井斜、降低机械钻速,将空气锤改用牙轮钻头钻进。为防止在扶正器处发生卡钻,及时倒出扶正器,待处理完恢复正常钻进后再加入扶正器。如果有挂卡发生应间断拔活塞,倒划眼;挂卡严重,上提下放活动无效,钻具卡死,替入解卡液浸泡、振击解卡。

(4)空气钻井易发生井壁坍塌,首先要清楚坍塌的类型是应力性垮塌,是地层破碎、胶结差引起的掉块还是泥岩水敏性失稳。空气钻井能很好地解决水敏性地层的失稳。

(5)空气钻井过程中需要利用上段井的剩余钻井液加入添加剂配制成一定体积和密度的压井液以备不时之需。在气液转换时钻井液中的防塌剂FRH、RSTF的加量达3%以上。

## 3 气体钻井施工方案

### 3.1 气体钻井施工参数

三开时使用气体钻井,钻井段从300~2000 m,先用牙轮钻头(不装水眼)钻完水泥塞后用气体举出井内钻井液并彻底干燥井筒,然后继续用牙轮钻头钻领眼试钻,试钻进正常后,起用空气锤钻进。空气锤钻进钻压 $\geq 60$  kN,转速 $\geq 40$  r/min。具体参数参见表2。

表2 气体钻井参数表

钻头尺寸 /mm	钻头型号	井段 /m	层段	钻井参数				钻速 /(m·h <sup>-1</sup> )
				钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	注气量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	立压/MPa	
Ø311.2	HJT537GK	350~360	蓬莱镇	30~60	50	110~150	2.0~2.2	6~8
Ø313	锤头	360~2000	蓬莱镇~沙二	20~40	30~35	110~150	2.0~2.5	15~20

### 3.2 气体钻井钻具组合

Ø311.2 mm 空气锤(或牙轮钻头)+常闭式止回阀1只(+减震器)+Ø228.6 mm 无磁钻铤1根+Ø228.6 mm 钻铤2根+Ø300 mm 稳定器+Ø228.6 mm 钻铤3根+Ø203.6 mm 钻铤6根+Ø203 mm 随钻震击器+Ø177.8 mm 钻铤6根+Ø127 mm 斜坡钻杆+下旋塞1只+常闭式止回阀1只+Ø127 mm 斜坡钻杆+方保+方钻杆下旋塞+六方钻杆(采用空气锤时不带减震器,牙轮钻头钻进时使用减震器)。

### 3.3 气体钻井设备

#### 3.3.1 特殊钻井设备

KQC275 空气锤2个、Ø313 mm 锤头1个、Ø312 mm 锤头1个、XK35-35 旋转防喷器壳体1个、AD200-3.5/7 旋转防喷器控制头2个、Ø127 mm 胶芯10个、YKX 旋转控制头液控箱1个、133 mm 六棱方钻杆1根、133 mm 六棱方补心1个、5 in 钻具止回阀4个、Ø228.6 mm 强制式止回阀4个。

#### 3.3.2 气体注入设备

900XHH/1150XH 型空压机6台、CKY500 型增压机2台、C5551-3600-95 型制氮机4台(正常空气钻进1台备用,出气改用氮气钻进增加到4台)、

注入管汇等。

### 3.3.3 气体处理装置

Ø254 mm 排砂管线、防回火装置、自动点火装置、火炬、取砂样装置、降尘喷淋装置、电潜泵、沉沙池等。

### 3.3.4 其它

随钻燃爆监测装置及仪表等。

## 4 气体钻井随钻燃爆监测情况

本井采用西南石油大学研制的 UBD 气体监测系统<sup>[7]</sup>对气体进行监测,从 350 m 开始使用空气钻井,从 355 m 开始记录数据。空气钻井地层未出气,排砂管线的各气体体积分数和大气中的相当,氧气浓度 21.1%,二氧化碳浓度 400 ppm。地层浅有地下水层和井筒未完全干燥等原因,湿度达到了 81.83%,正常钻进时钻速达到 19 m/h。钻至井深 1170.28 m 后,甲烷浓度从原来的 0.03% 涨到 0.27%,随钻燃爆监测人员立即报告司钻地层开始出气。继续钻至 1178.4 m 后,甲烷浓度上升到 7.8%,停止钻进,增大空气排量循环,甲烷浓度未明显下降,上提钻具至井深 1173.66 m 继续大排量循环一段时间后仍未下降。停止注入空气,启用 1 台备用的制氮机和 1 台空气压缩机工作,其中空气压缩机轮流工作。转换气体过程中甲烷浓度的峰值达到了 93%,氮气循环后,甲烷浓度下降到 2%。试钻至 1180.22 m 后甲烷浓度再次上升至 6.2%,停止钻进,氮气循环,甲烷一直在 6.5%~8% 跳动。经上级部门同意,起钻至 344 m,放喷管线点火,火焰高 2~3 m,等待调运其它 3 台制氮机。制氮机安装好后进行氮气钻井,设备为 6 台空气压缩机、4 台制氮机、2 台增压机一起工作,甲烷浓度在 6%~7% 间,氧气浓度 4.99%,二氧化碳浓度 340 ppm,接单根的甲烷后效浓度 30%~35%。氮气钻井 1.5 天后,发电机维修以及更换旋转防喷器胶芯作业,在排砂管线口点火,火焰高 2 m 左右。钻至 1868 m 后出现井壁垮塌和阻卡等现象,地层已不适应气体钻进,经甲方同意停止气体钻井。随后氮气循环起钻、电测、通井、下套管固井,四开采用欠平衡钻井。

## 5 异常情况处理措施

### 5.1 空气钻井地层出气采取的措施

(1) 当  $1\% \leq \text{全烃} \leq 3\%$  时,注气压力没有变化,立即停止钻进,上提方钻杆。加大注气量,如果全烃含量降到 1% 以下,实施控制钻时钻进。

(2) 如果全烃含量短暂升高后,迅速降低,可恢复空气钻进。

(3) 如果全烃含量在 20 min 内持续超过 3%,请示甲方转为氮气钻进;如果地层出气影响氮气钻井正常作业,则转为泥浆钻进。

(4) 如果全烃含量迅速上涨,且高于爆炸极限时,立即通知司钻人员进入关井程序。空气钻井人员迅速打开泄压阀,关闭注气阀,将所有供气设备紧急停车,到紧急集合点待命。

### 5.2 井壁失稳的措施

(1) 停止钻进,继续注气循环,分析井壁失稳类型。

(2) 井壁失稳为垮塌,则增大注气量循环,如果增大注气量能满足安全钻井要求,则继续进行气体钻井。

(3) 增大注气量不能满足安全钻井的要求,则立即停止气体钻井,关闭进气闸阀,将钻柱起至中间套管内。

(4) 井壁失稳为软地层缩径,则进行划眼处理,如果反复划眼后能消除缩径影响,可以减慢钻井速度钻进,要坚持“进一退二”的原则,防止卡钻,同时加大气体注入速度,提高携带效率,满足井眼清洁的需要。如果反复划眼不能消除缩径影响,空气设备停止工作,关闭进气闸阀,将钻柱起至中间套管内。

### 5.3 井壁失稳导致的环空堵塞、钻具遇卡的措施

(1) 返出气体流量变化不大时采用增加气体注入量,上下活动钻具并震击钻柱。

(2) 返出气体流量减少,立压上升大于 4 MPa,开放喷管线、点火→关井→注气憋压。

(3) 憋压达到增压机的试压压力时还未通,则开泄压阀,关注气阀,保持立压。

### 5.4 更换旋转防喷器胶芯的措施

旋转防喷器胶芯为橡胶材料在低温条件下变脆变硬易被磨蚀,井口出现漏气时应及时更换胶芯。在含可燃气体且超标的条件下作业程序为:停止钻进→开启井口的防爆排风扇→关闭环形防喷器→放喷管线点火→开放喷阀→停止注气→卸钻杆内气压→上提钻具至安全井段→打开旋转控制头卡箍→将旋转防喷器控制头提到转盘面→坐吊卡、卸扣→更换胶芯→上扣→下放钻具→卡紧控制头卡箍→关防爆风扇、开防喷器→恢复注气→数据正常后开始钻进。

(下转第 29 页)

2根+ $\text{Ø}127$  mm加重钻杆 $\times 15$ 根+震击器+ $\text{Ø}127$  mm加重钻杆 $\times 2$ 根+ $\text{Ø}127$  mm钻杆。

地层钻时和扫水泥塞钻时的对比情况见图5。由图5可见,地层钻时高于水泥塞钻时。对比图2,该井应采用控时侧钻方法。5 h控时钻进3 m后,返出的砂样中地层钻屑所占比例开始显著增加,钻进至3007 m后水泥所占比例 $< 30\%$ ,加压钻进至3020 m后返出钻屑全部为地层砂样,轨迹扫描新老井眼距离0.38 m,据此判断钻头已全部钻入新井眼。此时,井底井斜角 $1^\circ$ ,方位角 $80^\circ$ ,起钻更换单弯螺杆钻具,复合钻进至3118 m,井斜角 $2.9^\circ$ ,方位角 $71^\circ$ ,防碰距离7.89 m,已无磁干扰影响,侧钻成功。

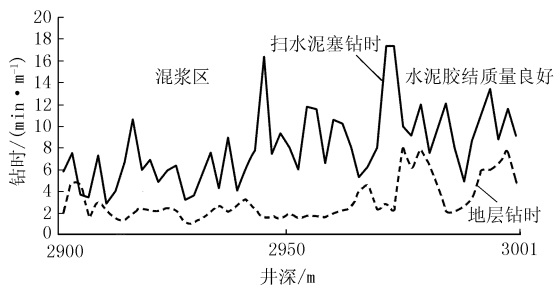


图5 地层钻时和扫水泥塞钻时对比

(上接第25页)

## 6 结论与认识

(1)本次钻进遭遇了地层大量出气、井壁坍塌、环空堵塞、防喷器胶芯多次磨损、降尘泵损坏等多种钻井事故,采用气体钻井技术,克服了在易漏易塌地层的钻井问题,避免了地层出气可能引发的井喷、燃爆等事故,大大提高了机械钻速,缩短了建井周期,提高了井的开发效益。

(2)气体钻井适用于地层不出液或出液量小、井壁稳定不易坍塌、硫化氢浓度低于50 ppm的非产层地段。

(3)气体钻井能很好的解决地层的“上漏下喷”问题,使用时优选空气钻井,氮气钻井能解决地下燃爆问题,适用于甲烷浓度大于3%的地层钻进但使用成本较高。

## 4 结论

(1)侧钻是一个复杂的系统工程,能否成功不仅取决于施工过程本身,更需要综合考虑设计要求、地层性质、固井质量等众多因素,以选择合理的侧钻工艺。

(2)在深井、硬地层、大井眼、井斜小的情况下,优先选用以侧位移为主、侧向力为辅的弯接头配合直马达进行侧钻;反之,选择以侧向力为主的单弯马达侧钻。

(3)在地层强度低于水泥强度的情况下,建议优先选择控压侧钻方式,以提高钻井时效。施工时必须特别注意避开侧钻失败的危险区。

## 参考文献:

- [1] 史洪军,张琳,许新强.裸眼侧钻钻井技术浅析[J].岩土力学,2004,26(S1):151-153.
- [2] 王忠生,邹强.硬地层定向井中几种侧钻方法的灵活应用[J].钻采工艺,2006,(6):19-20.
- [3] 胡茂中,鄢泰宁.FN-1井复杂条件下深井侧钻技术分析[J].探矿工程,2002,(1):17-18.
- [4] 李锁成,谷玉堂等.新120-侧平80井侧钻钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):25-28.
- [5] 吴荣战,张晓文.大牛地气田DP3水平井大井眼定向工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2).

(4)气体钻井没有钻井液对环境的污染,但噪声、粉尘、振动等影响突出,周围500 m内不宜有居民。

## 参考文献:

- [1] 王建艳.大庆油田古龙1井气体钻井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):14-16.
- [2] 王昌利,刘永贵,杨淑静.大庆徐深28井气体钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):24-26.
- [3] 马光长,杜良民.空气钻井技术及其应用[J].钻采工艺,2004,27(3):4-8.
- [4] 罗昭素,等.空气欠平衡钻井技术在徐深21井的应用[J].石油钻采工艺,2006,28(5):16-18.
- [5] 任双双,刘刚,沈飞.空气钻井的应用发展[J].断块油气田,2006,13(6):62-64.
- [6] 王凤屏,等.空气钻井技术在滴北1井石炭系地层的应用[J].新疆石油科技,2008,3(18):5-8.
- [7] 冯靓,等.空气钻井井下燃爆监测系统[J].石油机械,2007,35(5):35-40.