

# 欠平衡钻井技术在梨深 1 井的应用

熊 军

(中石化华北石油局第五普查勘探大队,河南 新乡 453700)

**摘 要:**欠平衡钻井技术是准确发现和评价油气资源的方法之一,尤其适合评价和开发低压低渗油气层。介绍了梨深 1 井四开井段实施欠平衡钻井技术的详细情况。该井四开钻井液密度  $0.90 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ ,使钻井液液柱压力低于地层压力,地层大量气体侵入井筒,进一步增大井底欠压差。自井深 3582.5 m 后一直维持点火钻进,为后续井钻井施工提供了很好的借鉴。

**关键词:**梨深 1 井;欠平衡钻井技术;低压低渗地层;钻井液

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)06-0037-04

松南地区属低压低渗地层,当量密度较小,一般在  $0.95 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$  左右。常规钻井易污染油气层,多数井必须经压裂改造后方可投产。梨深 1 井是部署十屋断陷后五家户构造的一口重点探井,主要探索和评价营城组天然气资源为储量计算提供依据。为及时发现和评价油气产层,四开井段实施欠平衡钻井技术。

## 1 工程地质设计简况

梨深 1 井设计井深 4100 m,四级井身结构。一开  $\varnothing 660.4 \text{ mm}$  钻头钻至井深 138.22 m;二开  $\varnothing 406.4 \text{ mm}$  钻头钻至 1497.00 m, $\varnothing 311.2 \text{ mm}$  钻头钻测井口袋至 1547.00 m 后;三开  $\varnothing 311.2 \text{ mm}$  钻头钻至 3500.00 m, $\varnothing 215.9 \text{ mm}$  钻头打测井口袋至 3520.00 m 后;四开  $\varnothing 215.9 \text{ mm}$  钻头钻至设计井深。

四开钻遇地层为营城组中下部及沙河子组。岩性上部为灰黑、浅灰色泥岩与浅灰、灰白色粗砂岩、粉砂岩略等厚互层;中部为灰黑色泥岩与浅灰色中砂岩等厚互层;下部为灰黑色泥岩与灰、灰白色细砂岩、中砂岩、粗砂岩略等厚~等厚互层及灰黑色泥岩与浅灰色泥质粉砂岩、细砂岩、略等厚~不等厚互层。预测地层压力系数为 0.98,误差约 10%。

## 2 欠平衡钻井液体系的选择

松南地区地层水敏性强,采用  $1.20 \text{ g/cm}^3$  水基钻井液井径扩大率超过 10%,部分井段达 20%~30%。实施欠平衡钻井必须解决好井眼稳定问题。油基类钻井液在水敏性地层中有特别强的防塌能

力,而且还具有不可压缩性,易于控制井底负压值,比充氮气欠平衡钻井成本低,而且完钻后可回收利用。

欠平衡钻井液的使用原则是有利于发现和保护油气层,有利于地质资料录取,有利于快速钻进和安全钻井,有利于复杂情况的预防和处理,有利于环境保护。

根据地质预测,该井登娄库组~沙河子组压力梯度  $0.94 \sim 0.98 \text{ MPa/100 m}$ ,四开井段地层比较稳定,选择低密度水包油钻井液体系,设计密度为  $0.90 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$ 。具有井底负压值波动小、密度可调范围广、对油气层污染小等特点。

## 3 梨深 1 井欠平衡钻井技术重点及难点

(1)深探井欠平衡钻井,地层压力预测存在偏差,当遇到异常高压情形时,容易发生井喷,增加了井控风险。

(2)储层物性差,地层非均质性强,多为低渗层和裂缝,为保护油气储层实施欠平衡作业,存在地层漏失、坍塌等井下风险。

(3)在欠压差条件下,地层出气量较大,要做到欠平衡钻井,充分解放和保护好油气层,应注意井下安全。

(4)气井欠平衡钻井风险高,当出现  $\text{H}_2\text{S}$  时必须停止欠平衡钻井,做好防  $\text{H}_2\text{S}$  应急预案,加强井控安全措施,严格坐岗制度,及早发现井涌井喷现象,及早处理,保证欠平衡钻井安全。

(5)对地层岩性了解不够,钻头使用较多,导致

收稿日期:2008-04-11

作者简介:熊军(1979-),男(汉族),湖北荆州人,中石化华北石油局第五普查勘探大队钻井队副队长、助理工程师,钻探工程专业,从事钻井生产和技术管理工作,河南省新乡市洪门,wpjsb513@163.com 或 xiongjun842168@163.com。

钻井周期延长。

(6) 钻井过程中全烃值较高, 瞬时气流量较大, 点火后持续燃烧一直到完钻压井。

(7) 严格按欠平衡钻井工艺要求, 进行井口及地面设备的配套安装及试压。

#### 4 欠平衡钻井施工

四开欠平衡钻进井段 3520 ~ 4336 m, 进尺 816 m, 四开完钻共用台时 817.17 h (合计 34.05 天), 其中纯钻时间 493.75 h, 平均机械钻速 1.65 m/h。

##### 4.1 钻具结构

根据设计要求, 欠平衡段钻进钻具结构如下:  $\varnothing 215.9$  mm 钻头  $\times 0.25$  m +  $\varnothing 165$  mm 箭型阀  $\times 2$  只 +  $\varnothing 158.8$  mm 钻铤  $\times 1$  根 +  $\varnothing 165$  mm 旁通阀  $\times 1$  只 +  $\varnothing 158.8$  mm 钻铤  $\times 20$  根 +  $\varnothing 165$  mm 投入式止回阀 +  $\varnothing 127$  mm 加重钻杆  $\times 15$  根 + 4A11  $\times 410$  配合接头 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + (411  $\times 410$ ) + 下旋塞  $\times 0.55$  m。

##### 4.2 欠平衡钻井准备工作

(1) 四开钻杆必须使用  $\varnothing 127$  mm、 $18^\circ$  坡度钻杆, 如供应不足, 至少提供 700 m。

(2) 四开欠平衡钻井过程中, 必须保证钻井设备运转良好, 避免长时间停泵。

(3) 节流管汇至少有一侧的节流阀为液控节流阀, 便于井口回压控制。

(4) 远程控制台留出一组接头, 并提供相应的液控管线, 用于连接液控平板阀的液控管线。

##### 4.3 欠平衡钻进立压值的确定

钻进的过程中, 节流阀不节流, 读出此时的立压值作为立压参考值。如钻遇油气层, 油气进入环空后, 将逐渐改变钻井液密度, 当受油气侵, 钻井液上升到井眼上部时, 出口流量开始增加, 立压值开始下降, 此时调节节流阀, 保持立压值等于立压参考值。随着井深增加, 新的立压参考值应等于原立压值加上由于井深增加钻具内和环空增加的压耗值。

在油气进入井筒后, 停泵关井, 求取关井立压值, 确定地层压力系数。根据地层压力系数重新确定钻井液密度, 以防欠压值过高, 给地面造成危险。

##### 4.4 欠平衡钻进钻井液流程与工序操作

###### 4.4.1 正常钻进(未见油气显示)钻井液流程

钻井液通过泥浆泵  $\rightarrow$  立管  $\rightarrow$  钻具内  $\rightarrow$  钻头  $\rightarrow$  环空  $\rightarrow$  封井器  $\rightarrow$  液控平板阀  $\rightarrow$  钻井液出口管线  $\rightarrow$  振动筛  $\rightarrow$  钻井液固控系统  $\rightarrow$  钻井液循环罐  $\rightarrow$  钻井液泵。

###### 4.4.2 欠平衡钻进(有油气显示)钻井液流程

钻井液通过泥浆泵  $\rightarrow$  立管  $\rightarrow$  钻具内  $\rightarrow$  钻头  $\rightarrow$  环空  $\rightarrow$  四通  $\rightarrow$  节流管汇  $\rightarrow$  液气分离器  $\rightarrow$  (液)  $\rightarrow$  振动筛  $\rightarrow$  钻井液循环罐  $\rightarrow$  钻井液泵  
(气)  $\rightarrow$  燃烧管线  $\rightarrow$  燃烧池(燃烧)。

###### 4.4.3 接单根操作

循环  $\rightarrow$  上提钻具  $\rightarrow$  停泵  $\rightarrow$  关闭方钻杆下旋塞  $\rightarrow$  卸扣  $\rightarrow$  接单根  $\rightarrow$  打开方钻杆下旋塞  $\rightarrow$  循环打磨接头  $\rightarrow$  钻进。

###### 4.4.4 起钻操作

(1) 关井求压, 计算地层压力。

(2) 根据立压、套压值确定压井密度。

(3) 充分循环, 循环时钻具活动幅度  $\geq 9$  m。

(4) 起钻, 钻头进技术套管 100 m 后, 将近平衡压井液打人井内, 建立井筒压力平衡。

(5) 套压为零时, 停泵, 打开旋转头液动阀, 敞开井口, 观察井口有无溢流。

(6) 压稳后, 将旋转头与钻杆单根一起起出, 立在钻台上, 减少不必要的磨损。

(7) 起钻控制速度, 操作平稳, 注意悬重变化, 2 ~ 3 柱灌满一次泥浆, 注意观察有无抽吸现象。

(8) 用液压大钳卸扣。

(9) 起钻认真检查钻具, 确保再次安全使用。

(10) 对起出的旁通阀、箭形回压凡尔认真检查, 发现问题必须及时更换。

###### 4.4.5 下钻

(1) 接好钻头, 扶正入井钻具, 让钻具缓慢入井, 防止钻头碰坏卡箍密封面。

(2) 控制下钻速度, 防止因压力激动而造成井漏复杂。

(3) 用液压大钳按规定扭矩紧扣, 防止钻进过程中刺坏钻具。

(4) 每下 10 柱, 向钻具内灌满泥浆一次。

(5) 下钻出套管前, 循环一周测后效。如有后效, 则走液气分离器, 分离出的气体进行点火, 待循环正常后, 方可下钻; 如无后效, 可继续下钻。

(6) 下至最后一柱(带旋转头), 应扶正, 缓慢将旋转头下入卡箍内, 并锁定。

(7) 下钻到底, 接总成, 走欠平衡钻井流程。开泵时, 应注意先低泵冲、小排量进行循环, 待钻井液返出后, 再正常排量循环。

##### 4.5 正常钻进时井口压力控制

本井井口回压控制的安全工作压力在 7.0 MPa 以内。在实施欠平衡钻井作业时, 应注意如下几个方面的问题。

(1)应密切观察和严格控制井口回压的变化,当回压升至 7.0 MPa 时,必须停钻排气或加重钻井液,当井口回压恢复至安全压力之后再继续钻进。

(2)井口防喷器组应处于良好的工作状态;泥浆泵与压井管汇连接好,两台泵始终处于完好,特别是处于待命状态的泥浆泵,随时可以投入工作。

(3)井底欠压值的控制是通过控制套管压力来实现的。因井底有欠压,允许产层流体进入井筒内,通过调节节流阀,保持立管压力不变,此时,井底压

力不变,井底欠压值不变,因此实现了对回压的控制。地层压力发生变化、出口油气量增多或井口回压较大时,应通过调节钻井液密度,改变欠压值,确保欠平衡钻井的顺利实施。

### 5 欠平衡钻井应用分析

#### 5.1 欠平衡钻井有关参数

欠平衡钻井压力见表 1。

表 1 欠平衡钻井压力计算表

井深 /m	地层压力系数	地层压力/MPa	钻井液密度 0.9 g/cm <sup>3</sup>		钻井液密度 0.93 g/cm <sup>3</sup>		钻井液密度 0.95 g/cm <sup>3</sup>	
			钻进欠压/MPa	静止欠压/MPa	钻进欠压/MPa	静止欠压/MPa	钻进欠压/MPa	静止欠压/MPa
3550	0.94	32.70		1.39		0.35		
3550	0.96	33.40	0.41	2.09		1.05		0.35
3550	0.98	34.09	1.11	2.78	0.06	1.74		1.04
3550	1.0	34.79	1.80	3.48	0.76	2.44	0.06	1.74
3750	0.94	34.55		1.48		0.37		
3750	0.96	35.28	0.39	2.21		1.10		0.37
3750	0.98	36.02	1.12	2.95	0.02	1.84		1.11
3750	1.0	36.75	1.86	3.68	0.75	2.57	0.01	1.84
3950	0.94	36.39		1.55		0.39		
3950	0.96	37.16	0.41	2.32		1.16		0.39
3950	0.98	37.94	1.18	3.10	0.02	1.94		1.17
3950	1.0	38.71	1.96	3.87	0.79	2.71	0.01	1.94
4100	0.94	37.77		1.61		0.40		
4100	0.96	38.75	0.42	2.41		1.20		0.40
4100	0.98	39.38	1.22	3.22	0.01	2.01		1.21
4100	1.0	40.18	2.03	4.02	0.82	2.81	0.01	2.01

四开钻井液密度 0.90 ~ 1.05 g/cm<sup>3</sup>。因钻井液液柱压力低于地层压力,地层大量气体侵入井筒,进一步增大井底欠压差。为维持欠平衡钻进,保证钻井安全,自井深 3582.5 m 后一直维持点火钻进。为后续井钻井施工提供了很好地借鉴。

### 5.2 欠平衡钻井的效果

#### 5.2.1 保护油气层,提高油气产能

采用密度 0.9 g/cm<sup>3</sup>的钻井液欠平衡钻井,自井深 3582.5 m 开始实现点火。井底处于欠平衡条件时,地层压力大于钻井液循环压力,储层气体侵入井筒,气体流量 200 ~ 2800 m<sup>3</sup>/h,燃烧火焰高度 2 ~ 16 m,井口回压 0 MPa,减轻了钻进过程中钻井液滤液和有害固相侵入地层对储层的污染,很好地达到了本井欠平衡目的,保护了气体储层,四开欠平衡钻进井段的钻时、全烃曲线见图 1、图 2。

#### 5.2.2 连续、实时的地层评价,及早发现和解放油气层

欠平衡作业中,由于井底压力比地层压力低,井底呈欠压差状态,地层油气持续侵入井筒,当打开新

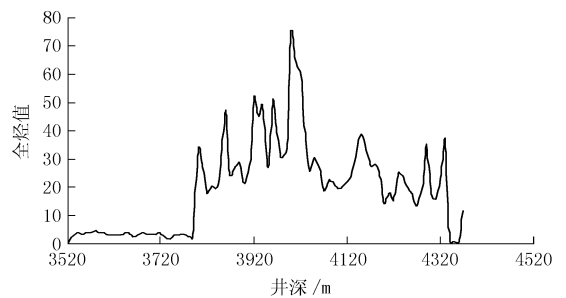


图 1 四开欠平衡段全烃值曲线图

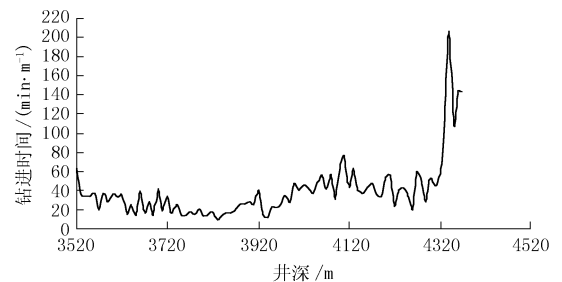


图 2 四开欠平衡段钻时曲线图

的气层,侵入井筒的气量随之增加,从而为及早发现油气层、储层实时评价创造了有利条件。在欠平衡

条件下,可以更多地解放油气层。

### 5.2.3 欠平衡井控更加安全

本井欠平衡钻井施工过程中,一直使用旋转控制头轴承总成密封井口进行钻进、接单根、循环、起下钻等作业。处理接单根气体后效时,旋转控制头承受套压高达5 MPa仍有效工作,自动点火装置对可燃气体的燃烧,降低了环境污染和安全风险,这在设备方面为梨深1井优质、快速、安全钻井提供了有力的支撑和保障。

欠平衡钻进保护了油气层,提高了钻井速度,延长了钻头寿命;钻进过程中发现6套主力气层,为连续、实时地评价油气层,及时发现油气层起到了很好的技术作用。欠平衡设备保证了钻进过程中井口的安全,避免了钻井液漏失、井涌、井喷等复杂情况的发生,安全圆满地完成了本井的欠平衡钻井任务。

## 6 结语

(1)本井采用 $0.9 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$ 的钻井液成功

实现了液相欠平衡钻井,为后续欠平衡钻井施工提供了很好的借鉴。

(2)泥浆密度在满足欠平衡要求的同时,保证了钻井安全、井壁稳定、避免了井漏和压差卡钻。

(3)地层可钻性差,机械钻速较慢。

(4)欠平衡钻井气体流量、钻时和立压数据的变化为及时发现油气层、实时评价储层起到了很好的技术支撑作用。

(5)组织得当,措施到位,准备充分,人员尽职,甲乙双方配合密切,是成功实施欠平衡钻井的重要因素。

### 参考文献:

- [1] 侯绪田,曾义金,等.常压井段负压钻井技术探讨[J].石油钻探技术,1999,27(2):15-17.
- [2] 周英超,王广新,唐丽华,等.欠平衡技术在汪深1井中的应用[J].钻采工艺,2005,28(5):10-13.

## “探矿工具企业发展研讨会”在湖北襄樊召开

**本刊讯** 2008年6月13~15日,由武汉金地探矿机械有限公司主办的“探矿工具企业发展研讨会”在湖北省襄樊市隆重召开。中国矿业联合会地质勘查协会、地矿部地质标准委员会探矿分会、中国冶金地质总局中南局、《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志社、中国地质大学及国内探矿工具知名企业的专家、领导共30人参加会议。

会上听取了矿业联合会地质勘查协会会长邢新田同志的《探矿工具强劲发展的新机遇》、地矿部地质标准委员会探矿分会萧亚民教授的《国内外钻探技术及标准》、《探矿工程(岩土钻掘工程)》副主编周红军同志的《国内外有关钻杆的部分新技术简介》、中国地质大学杨凯华教授对探矿工具企业新产品开发合理化建议,以及各企业负责人就行业发展的相关问题进行交流发言。

与会代表就当前行业形势、行业的发展达成如下共识:

(1)探矿工具企业必须抓住当前地质行业大发展机遇,发展壮大

探矿工具行业;

(2)探矿工具企业必须树立科学发展的思路,适应地质行业的发展需求;

(3)各企业生产必须按照现有的几种标准生产探矿工具,避免标准多、产品互换性差,不利于行业发展;

(4)在当前钢材价格持续上涨的背景下,各厂家应遵循有序竞争的原则,避免无序竞争,扰乱市场秩序;

(5)定期组织举办探矿工具企业厂长经理年度联谊会,为大家提供一个信息交流、技术交流和经验交流的平台。

最后武汉金地探矿机械有限公司总经理王胜全同志就此次研讨会的基本情况,以及座谈交流中提出的一些实际困难和最终达成的共识做了大会总结。

(武汉金地探矿机械有限公司 刘志明 供稿)

## 关于举办第七届水平定向钻进(上岗)培训班通知

为提高我国非开挖技术的总体水平和水平定向钻进机组人员的素质,特别是为适应建设部对施工单位资质的要求,中国非开挖技术协会、中国地质学会探矿工程专业委员会将于2008年7月15~22日在河北省廊坊市举办水平定向钻进铺管施工上岗培训班(总第七期培训班)。培训期间除讲授定向钻进理论基础课程外,大部分课时讲授钻进的安全操作内容,包括各类钻机、泥浆、导航仪、钻具等的使用特性。培训班还将邀请具有实践经验的工程技术人员和国内知名专家、教授作专题讲课,介绍定向钻进铺管技术国内外现状及发展趋势、技术规范、成本核算及市场前景分析等内容。本期培训班共7天,采用理论与实际操作相结合的教学方式,课程除定向钻进技术外,还包括夯管锤与气动矛铺管技术,并组织现场观摩。理论课程由中国地质大学承担,实际操作课程由培训中心和相关公司承担。本期学员人数暂定60人。培训班结束后,授予学员上岗证书。

培训对象:已从事或即将从事非开挖定向钻进铺管工程的工程

技术人员、高中以上学历的钻机机组人员、管理人员;

培训内容:钻进泥浆、导航定向、钻机和钻具等领域的基础理论和实际操作;

培训费用:2100元/人(中国非开挖技术协会会员1900元/人),此费用含学杂费、教材费;食宿自理(每人每天约150元),统一安排;

培训地点:河北廊坊市华宴都酒店(廊坊市金光道67号);

培训时间:2008年7月15~22日,15日报到。

联系方式:

地址:河北省廊坊市金光道77号 邮编:065000

单位:勘探技术研究所

联系人:张林霞 金惠英

电话/传真:(0316)2096827;(010)68992605;13932678655

E-mail:zhanglix@cniat.com 网址:http://www.cstt.org