

长庆油田陇东超 5000 米深探井取心技术

柳伟荣 李坤 姜慧强

川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司

DOI:10.12238/gmsm.v5i4.1415

[摘要] 2021年长庆油田在陇东部署了陇69、陇99井两口二开结构预探井,完钻井深5075米、5520米。陇99井最大取心深度、完钻井深分别创陇东区块气探井最深记录。本文通过对2口井的取心工具使用、钻头选型、提高收获率等方面分析,为后期5000米以上深井取心提供可参考的依据。

[关键词] 预探井; 取心; 岩心; 收获率

中图分类号: P25 **文献标识码:** A

Coring Technology of Longdong Exploration Well over 5000 Meters Deep in Changqing Oilfield

Weirong Liu Kun Li Huiqiang Jiang

Changqing Drilling Corporation, CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co. Ltd

[Abstract] In 2021, Changqing Oilfield will deploy two preliminary prospecting wells in Longdong, Long 69 and Long 99, with a drilling depth of 5,075 meters and 5,520 meters. The maximum coring depth and drilling completion depth of Long 99 well respectively set the record for the deepest gas exploration well in Longdong block. This paper analyzes the use of coring tools, bit selection and improvement of harvest rate in two wells, and provides a reference basis for the later coring of deep wells over 5000 meters.

[Key words] preliminary prospecting well; coring; core; harvest rate

引言

近年来随着勘探的深入,勘探范围不断向苏里格西部及西南部延伸,其构造位置主要处于盆地西侧天环坳陷构造单元^[1]。陇69、陇99井是部署在长庆油田环县演武区块的二开结构气预探井,位于天环坳陷西段,设计井深分别为5175、5375m,实际完钻井深5075m、5520m。该井以二叠系中统石盒子组盒8段、二叠系下统山西组山1段、寒武系中统毛庄组风化壳储层为主要目的层段。为了取得准确的储层物性资料,及时判识油气水层,了解该区烃源岩的生烃能力以及储层发育情况,为地质研究提供所需岩心分析资料,设计在盒8段、山1段、太原组、毛庄组卡层取心,完钻前在蓟县系实施确定地质层位取心。

陇69井身结构为:使用508mm钻头钻进至150m,406mm导管下深150m。一开使用346mm钻头钻进至延安组2007m,273.05mm套管下深2004.42m。二开使用241.3mm钻头钻进至5075m蓟县系,177.8mm套管下深5075m。

陇99井身结构为:使用508mm钻头钻进至153m,406mm导管下深153m。一开使用346mm钻头钻进至延安组2110m,273.05mm套管下深2108m。二开使用241.3mm钻头钻进至5520m徐庄组完钻。

1 取心难点

1.1 深井地层可钻性差

取心层位为盒8段、山1段、毛庄组、蓟县系,主要岩性为浅灰色中一含砾粗砂岩及深灰色泥岩、灰色砂质泥岩、褐灰色粗砂岩、暗紫色砂质泥(页)岩夹鲕状灰岩及云岩、灰色硅质条带白云岩。由于目的层埋深在4800~5400米附近,成岩压实作用强烈,储层变致密^[2],硬度增加,塑性增强^[3],研磨性强,可钻性差,岩芯不易拔断。毛庄组风化壳储层由于受构造运动影响,裂缝相当发育,地层较破碎^[4],取心收获率难以保证。蓟县系硅质白云岩取心钻时明显慢于其它地层^[5],提高了磨芯的概率和割芯的难度,是取心难度最大的环节。

1.2 井下情况复杂

两口井井身结构简单,均为二开结构,下部裸眼段长达3000米。该区块延长组存在井漏^[6],堵漏后依然存在一定漏失量,聚磺体系钻井液^[7]在处理过程中固相含量高、滤失量高、泥饼厚,钻头易被泥包导致起下钻遇阻,影响取心作业安全,作业风险较高。

1.3 井眼较深循环压耗高

陇69、陇99取心时垂深在4824~5054m、5029~5429m,钻井液密度在1.25~1.30g/cm³之间,粘度在60~80s之间,地面泵压23~30MPa,循环压耗2.7MPa。

1.4 取心钻进扭矩波动大

深井钻具伸长量大、钻具柔软,取心钻进期间扭矩波动大,取心钻头工作不平稳、易涡动,取心参数控制不当易造成岩心断裂,增加了堵心和磨心的概率。

2 取心关键技术

2.1 取心工具及井筒准备

根据取心地层及设计取心要求,二叠系上古生界地层下双筒取心筒,二叠系下古生界及以下地层下单筒取心筒。选用带稳定器的川7-4取心筒,提高取心工具运转时的稳定性。

根据取心地层岩性特征,二叠系选用川庆石油钻采科技有限公司生产的 $\phi 215.9\text{mm}$ CQP768取心钻头,寒武系选用 $\phi 215.9\text{mm}$ CQP788取心钻头,蓟县系选用 $\phi 214.4\text{mm}$ CQT508天然金刚石取心钻头。

取心工具到井后,抽出所有内筒,全面检查内筒椭圆度、外筒伤痕情况,丈量各处内外径、长度,仔细检查弯曲度。

检查卡箍式岩芯爪弹性,卡箍自由状态下内径比取心钻头内径大1~2mm,收紧状态下内径比取心钻头内径小4~5mm,上下活动灵活,自由行程大于3cm。

接多个取心筒时,注意先接好外筒及取心钻头,再逐个接内筒(第一个内筒提前接好岩芯爪总成),防止内筒落井。接内筒时检查内筒转动是否灵活。

取心筒组装完毕后,岩芯爪总成底端面与钻头内台肩的纵向距离为10~15mm。

取心钻具组合中钻铤数量以大于取心钻进最大钻压为标准,避免取心钻进期间钻压过大钻具弯曲、扭矩不稳。

准备取心前井筒需正常、无异常现象。井下不正常(井漏、油气显示活跃)、起钻有阻卡等复杂情况时,处理循环钻井液并使钻井液性能稳定,井眼正常后再起钻准备取心,复杂井段进行短程起下钻检验井筒情况。

2.2 下钻

下钻时控制好下放速度,取心钻头过防喷器时操作平稳。下钻遇阻不得超过50KN,严禁使用取心钻头大段、长距离划眼。

取心钻头出表层套管脚后,每下1000米循环一周,循环井内沉砂,排除后效。

到井底时提前30m缓慢开泵,低速转动钻具,下放到井底后循环一周,确保井筒干净。

2.3 树心及取心

树心:使用钻压10~20KN、转速40~50rpm、排量32L/S钻进0.3~0.5m,确保岩心进入内筒。

取心:砂岩地层钻压60KN、转速60rpm、排量32L/S,致密地层钻压最大不超过80KN,破碎地层适当降低钻压、转速和排量。取心钻进期间平稳送钻,中途不停泵、不停转、不上提钻具,指重表、记录仪、泵压表、扭矩仪灵敏可靠。

2.4 割心

割心选择在岩性致密、钻时较慢的地层。若钻时较快,取满内筒前1米增加钻压20KN,降低转速10rpm,加粗岩芯,确保抓牢岩芯。

割芯时缓慢上提钻具,悬重增加50~200KN后立即恢复,则岩芯被拔断。若悬重增加50~150KN后未恢复,停止上提,保持岩芯受拉状态,增加排量循环,直至岩芯拔断。割芯后若显示明显不容许探心。割芯不明显时,起钻过程不允许转动钻具。

3 陇69、陇99井现场应用情况

取心钻具组合:215.9mm取心钻头*0.28m+川7-4取心筒*10.43m+回压阀*0.50m+177.8mmDC*82.02m+127DP。

取心参数:钻压60~100KN,转速50~60rpm,排量36~40L/S。

钻井液性能:密度 $1.27\text{g}/\text{cm}^3$,粘度95s,塑粘35mPa·s,动切10Pa,失水5ml,泥饼0.1mm,PH值9。

3.1 陇69井取心情况分析

第一次取心卡取层位盒8,取心钻头型号德州 $\phi 215.9*101\text{mm}$ FQ476-2。取心起始井深4821米,钻进至4831米钻时由4~7分钟/m升高至34分钟,岩屑为灰色泥质砂岩,决定割芯起钻。割芯顺利。岩芯出筒顺利,岩芯完整。对比岩芯分析,盒8浅灰色含气中砂岩钻时4~6分钟/m,灰色泥质砂岩钻时15~30分钟/m。

第二次取心卡取层位山1,取心钻头型号德州 $\phi 215.9*101\text{mm}$ FQ476-2。取心起始井深4860米,钻进至4862米钻时由16~30分钟/m上升至148分钟/m,泵压、扭矩正常,岩屑为灰色砂质泥岩,按地质要求取够9米后割芯起钻。岩芯出筒顺利,岩芯完整。对比岩芯分析,山1褐灰色含气粗砂岩钻时16~25分钟/m,灰色砂质泥岩钻时100~150分钟/m。

第三次取心卡取层位毛庄组,取心钻头型号川石 $\phi 215.9*101\text{mm}$ CQP788。取心起始井深4954米,钻进至4955米、4956钻时由10分钟/m逐渐上升至87分钟/m,泵压、扭矩正常,岩屑为深灰色泥质云岩,割芯时悬重上升150KN。岩芯无法顺利出筒,需敲击内筒方可出芯,岩芯比较破碎。对比岩芯分析,毛庄组灰褐色泥晶灰岩钻时10~15分钟/m,深灰色泥质云岩钻时80~87分钟/m。

第四次取心确定地质层位,地层蓟县系,取心钻头型号川石 $\phi 214.4*101\text{mm}$ CQT508。取心起始井深5053米,到底后基本无钻时,加压不回,扭矩无明显变化,钻进11小时后起钻,割芯无显示。起出发现筒内无岩芯,岩芯爪端部卷刃、内部有磨痕,取心钻头天然金刚石颗粒全部磨完。

第五次换取心钻头后继续下取心筒,取心钻头型号川石 $\phi 215.9*101\text{mm}$ CQP788。到底后钻压20KN树芯2小时,钻压60KN取心钻进,扭矩变化范围8000~10000N·M,20厘米小钻时分别为364分钟、229分钟、9.1分钟,钻进50厘米后钻压不回。起出后取心钻头切削齿全部磨光,内筒有40厘米岩芯。岩芯主要岩性为灰色硅质云岩,成份中白云石约占65%,隐晶硅质约占35%,致密,性硬,微晶结构,条带状构造。

3.2 陇99井取心情况分析

第一次取心卡取层位盒8,取心钻头型号川石 $\phi 215.9*101\text{mm}$ CQP788。取心起始井深5029.2米,钻进至5036米钻时由10~15分钟/m升高至120分钟/m,泵压正常无变化,扭矩由12~13KM·M下降至9.5~10KM·M。岩屑为深灰色泥岩。录井提示该段泥岩为夹层、钻穿后下部存在下盒8砂体,决定继续钻进。钻进3米后扭

矩变化为8~15KM. M, 钻时下降为70~80分钟/m, 岩屑为灰色泥岩, 割芯显示150KN. 泥岩部分岩芯出筒顺利, 岩芯完整, 砂岩部分出芯困难, 多次活动敲击内筒后岩芯下行, 分析原因为钻时过快岩芯较粗(丈量岩芯外径98mm)、内筒壁粘有微小岩屑颗粒导致。对比岩芯分析, 盒8灰白色含气含砾中砂岩钻时10~15分钟/m, 深灰色泥岩钻时110~120分钟/m。

第二次取心见显示取层位山1(山1钻进3米, 气测全烃值最高值80万, 正常气测全烃值1千), 取心钻头型号川石 ϕ 215.9*101mmCQP788.取心起始井深5068米, 钻进至5074.5米钻时由10~20分钟/m升高至84分钟/m, 扭矩由11~13KM. M下降至9~10KM. M, 泵压正常无变化。气测值为1千, 岩屑为深灰色泥岩。回钻压至50KN后不再下降, 割芯上提最大负荷2000KN不断(原悬重1750KN), 反复甩动、闪动、提拉开泵冲击岩芯, 历时1小时后最终割芯成功。起出后岩芯爪窄端外露出卡箍座1厘米, 拆除岩芯后岩芯爪闭合失去弹性。对比对比岩芯分析, 山1灰白色含气中砂岩钻时8~19分钟/m, 深灰色泥岩钻时80~90分钟/m。

第三次取心确定地质层位, 地层蓟县系, 取心钻头型号川石 ϕ 215.9*101mmCQP788.取心起始井深5420米, 取心期间钻时比较均匀, 小钻时6~10分钟/0.2米, 取满单筒9米进尺后停止钻进。回钻压30分钟后钻压由70KN下降到20KN, 扭矩由10.5~10.8KN·M下降到9.4~9.6KN·M。割芯上提1.5米时悬重先增加100KN后下降50KN时。继续上提0.5米时悬重增加200KN不再下降, 放回原悬重无法转动钻具。反复上下活动后, 提高转动扭矩至25KN·M解卡, 倒划眼出取心井段, 倒划眼期间扭矩波动比较大。岩芯出筒时比较破碎、多呈棱片状, 岩性较疏松, 性硬而脆, 瓷状断口, 细粉晶结构, 整筒岩芯主要岩性为深灰色细粉晶鲕粒云岩。

4 认识与建议

通过陇69井、陇99井深井段取心作业, 对超深井取心作业有以下几点认识:

长庆油田演武区块蓟县系硅质白云岩地层岩性致密, 研磨性强, 川石CQT508、CQP788取心钻头无法满足使用需求, 可以选用抗研磨性更强的类型。

钻遇毛庄组风化壳地层, 岩心易破碎、成柱性差, 容易发生堵心、磨心等情况。在该层位取心作业时, 应适当弱化钻井参数, 降低钻压、转速和排量, 保证钻具稳定性。

超深井段取心钻头入井前, 应检查丈量起出的钻头外径, 确

保取心钻头能下到井底, 避免出现用取心钻头大段扩眼、划眼的情况。

砂岩段快钻时应控制钻压, 避免钻时太快岩心过粗卡心、出心困难。

砂岩地层割心前, 应提高转速, 磨细岩心。割心时悬重增量应小于200KN。对井壁不稳定有掉块、钻井液固相含量高、泥饼厚易导致上提遇阻等情况, 应延长转动循环时间, 利用钻头摆动割断岩心, 观察扭矩达到空转扭矩后缓慢上提, 防止卡钻。

取心应优化钻具组合, 使用非满眼取心钻头, 下1根取心筒, 使用螺旋钻铤替换普通钻铤、减少钻铤数量、使用3~5柱加重钻杆, 避免发生粘卡等井下故障。

5 结语

长庆油田陇东演武区块探井埋深大、地层硬度高, 井身结构简单, 井况复杂, 取心前应优选取心钻头, 优化钻井液性能, 合理使用钻井参数, 优化钻具组合, 可以提高深井破碎地层取心收获率。

[参考文献]

[1]刘文香, 孙磊, 李雪梅, 等. 鄂尔多斯盆地天环坳陷盒8储层特征及成因[C]. 中国石油学会天然气专业委员会. 2018年全国天然气学术年会论文集(01地质勘探). 中国石油学会天然气专业委员会: 中国石油学会天然气专业委员会, 2018: 711-717.

[2]钱可贵. 塔东地区超深井小井眼取心技术的完善与应用[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(10): 26-29.

[3]王大勋, 刘洪, 韩松, 等. 深部岩石力学与深井钻井技术研究[J]. 钻采工艺, 2006(03): 6-10+121.

[4]陈心路, 赵志平, 惠冠洲, 等. 渤海海域变质岩风化壳发育特征及其储层定量预测[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(10): 33-41.

[5]吕殿臣. 螺杆取心技术在深井破碎地层中的应用[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(08): 57-59.

[6]徐维首. 中筒取心技术在乌里赫套地区的研究应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(19): 150-151.

[7]王波, 孙金声, 李伟, 等. 陕北西部地区裂缝性地层堵漏技术研究与实践[J]. 钻井液与完井液, 2020, 37(01): 9-14.

作者简介:

柳伟荣(1981--), 男, 汉族, 浙江省金华市人, 本科, 川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司, 副高级, 石油钻井技术研究。