

低压易漏裸眼井段技术套管固井技术

林强¹, 胡萍¹, 仵伟², 姚先荣¹, 蒲明江³, 宁小军³

(1. 川西钻探公司, 四川 成都 610051; 2. 中国石化集团河南石油勘探局, 河南 南阳 473132; 3. 川庆钻探国际工程公司, 四川 成都 610051)

摘要: 龙岗构造是四川盆地北部深层天然气勘探开发的重要区域, 针对该区域 $\varnothing 244.5$ mm 技术套管固井井段长裸眼、含油气层多套、油气显示频繁强烈、钻井过程中涌漏同存问题, 将井眼准备、套管选择、优选水泥浆体系与配方、地面施工工艺等提高固井质量的主要技术措施集成优化, 并采用空井固井、预应力固井等特色技术, 保证了龙岗构造技术套管的固井质量, 应用效果良好。

关键词: 低压易漏地层; 长裸眼; 技术套管; 固井

中图分类号: TE256+.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)07-0010-03

Application of Intermediate Casing Well Cementing Technology for Open Hole Interval in Low Pressure and Lost Circulation Formation/LIN Qiang¹, HU Ping¹, WU Wei², YAO Xian-rong¹, PU Ming-jiang³, NING Xiao-jun³ (1. West Sichuan Drilling Company, Chengdu Sichuan 610051, China; 2. Sinopec Henan Petroleum Exploration Bureau, Nanyang Henan 473132, China; 3. Chuanqing Drilling International Engineering Corporation, Chengdu Sichuan 610051, China)

Abstract: Longgang structure is an important region of deep gas exploration and development in northern Sichuan basin. Aiming at the problems of long open hole in intermediate casing interval and several clusters of oil and gas layer; and because oil gas showed frequently and strongly, well kick and lost circulation existed simultaneity, main technical measures such as borehole preparation, casing selecting, optimization of cement system and formula, construction technology of ground etc. are integrated and optimized to improve cementing quality in the process of 244.5mm intermediate casing cementing. Empty well cementing and pre-stress cementing technology were adopted to ensure the intermediate casing cementing quality of Longgang structure.

Key words: low pressure and lost circulation formation; long open hole; intermediate casing; cementing

龙岗构造主要目的层呈现复合型气藏特征: 埋藏深度大致在 6000 ~ 7000 m 之间; 储层断续相连成透镜体带状分布; 天然气在上覆巨厚膏盐层的封盖下, 不断运移、富集, 储集层段分散但储集性能较为优越, 封盖条件较好; 具备大中型气田成藏的地质环境, 天然气勘探潜力巨大。继龙岗 1 井获重大勘探突破后, 龙岗构造采用批量钻井、规模开发模式进行了深井超深井钻井实践, 在现有装备和技术条件下, 实际钻探采用五开五完井身结构, 技术套管需封固井段长达 2500 ~ 4200 m, 井深且裸眼段长、钻遇地层上部易漏、中下部油气活跃、压稳和防漏难以同时兼顾^[1], 给固井施工作业带来很大的难度。

1 施工作业难点

1.1 套管安全下入难度大

龙岗构造技术套管主要封固井段地层为蓬莱镇—须六地层, 其中自流井组岩性以泥岩、砂岩、页岩

为主, 易出现井壁失稳; 同时, 为缩短钻时, $\varnothing 311.2$ mm 井眼通常采用气体钻井再转换钻井液钻进, 空钻井眼替入钻井液后会出现不同程度的垮塌掉块, 井径更加不规则, 超长的裸眼井段一次性下入的大尺寸套管, 吨位大、活动性差、处理井下复杂情况具有较大的风险和难度。

1.2 多压力系统、涌漏同存

地质资料与钻探实践证明, 龙岗构造 $\varnothing 311.2$ mm 井眼井段纵向上存在多产层、多压力系统, 地层各向异性特征突出。进入沙溪庙地层后, 油气显示频繁活跃, 自流井组则可能钻遇高压地层。龙岗构造多数井采用密度为 $1.30 \sim 1.40$ g/cm³ 的钻井液均能顺利钻至固井井深, 但钻遇异常高压地层, 钻井液密度均高于 1.70 g/cm³, 最高达 1.90 g/cm³, 各压力系统压力相差悬殊。同时, 在高液柱压力作用下, 上部承压能力低的地层易发生不同程度的诱导性漏失。

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 受教育部“长江学者和创新团队发展计划”资助(编号: IRT 0411)

作者简介: 林强(1974-), 男(汉族), 四川人, 川西钻探公司工程师, 石油工程专业, 从事钻井技术管理工作, 四川省成都市成华区华油路 143 号, linqq09@163.com。

1.3 注替量大,施工时间长

受工具功能缺陷的制约,龙岗构造 $\varnothing 244.5$ mm 技术套管首选双胶塞常规一次性注水泥固井工艺。据不完全统计,龙岗构造 $\varnothing 311.2$ mm 井眼平均井深在 3500 m 左右,封固段长、环空间隙大,水泥浆和顶替泥浆配注量都很大,施工作业时间长。因此,要求注水泥设备具有很高的混配性能并能长时间正常工作,从而保障施工作业安全。

1.4 施工压力高,顶替效率低

平衡压稳是固井施工作业的首要前提,在气井固井中尤为重要。龙岗 $\varnothing 311.2$ mm 井眼属大尺寸井眼深井钻井作业,需要的循环排量大,循环压耗高,采用更高密度的水泥浆进行一次性封固作业,静压差增加值大,施工压力高,施工过程中可能憋漏、憋破承压能力低的地层,过程控制难度大。同时,龙岗构造上部地层气体钻井结束后,气液转换导致局部井段井径偏大、窜槽、混浆严重、顶替效率低、界面胶结差,固井质量难以提高^[2]。

2 提高固井质量的工艺措施

勘探开发方案确定后,提高固井质量只能通过优化完善固井技术措施。龙岗地区综合采用了以下工艺技术与工程配套措施。

2.1 长裸眼平衡压力固井技术

平衡压力固井要求注水泥过程中不发生漏失,水泥浆候凝过程中不发生窜流^[3]。根据龙岗构造气井条件,若发生井漏及时进行先期堵漏以提高漏失层承压能力;钻至固井井深后,以平衡压稳下部油气显示层的钻井液密度大排量循环两周,确定不发生漏失的环空最大返速,取得相应的基础数据后,结合油气显示情况用流变学方法进行漏失预测,确定合理水泥浆密度。另一方面,为尽可能降低水泥浆在环空运行造成的超压对长裸眼低压层的影响,根据流变学理论和顶替机理,采用符合施工设计要求的软件,作为科学设计合理施工参数的辅助手段,进而进行注水泥仿真分析与“U”型管效应仿真模拟^[4]。

2.2 套管选择与下入

技术套管在深井超深井钻井作业中起到非常重要的衔接作用,比较特殊的是,龙岗构造技术套管固井后一般采用氮气钻井方式穿过三叠系研磨性强的须家河组地层以提高钻井速度。在固井设计中,技术套管有效外挤力管内按 100% 掏空计算,管外按固井时钻井液密度计算,抗挤安全系数 ≥ 1.125 ,其

余套管柱强度设计采用 API 规范。根据要求,选用了高抗挤、气密封套管,中下部选用了高抗挤、气密封、外加厚非常规尺寸套管,满足了安全钻井需要。为保证套管顺利下入,在钻井过程中即加入专门设计的欠尺寸扶正器以修整井壁、破除台肩;下入套管前将钻井液性能调整稳定,在原钻具组合中加入 $\varnothing 300, 290 \sim 300, 290 \sim 300$ mm 三只扶正器模拟通井做好井眼准备工作;下套管时,根据实测井径情况,采用固井设计软件设计套管扶正器加入位置提高套管居中度,降低下套管摩阻,这些技术措施的综合采用,确保了套管的顺利下入。

2.3 水泥浆体系优选与优化设计

在确定适合长裸眼低压易漏井固井适用水泥浆体系过程中,采取了以下研究步骤:

(1) 根据地层特性提出水泥浆设计准则;

(2) 通过室内模拟试验装置进行环空压差和层间压差对固井质量影响的关系研究;

(3) 对多种水泥浆体系进行了防窜防漏室内研究与工业试验,用工况适应性与测井解释进行综合评价;

(4) 优选具有可靠性高、延展性好,适应范围广、综合成本低的体系为水泥浆配方主体系;

(5) 确定满足单级注水泥工艺要求的领浆、尾浆性能设计要求。

通过以上基础工作并结合现场试验,龙岗构造技术套管固井优化设计出了双密度、两凝或多凝、防漏防窜性能优良的水泥浆体系及配方,采用高强低密度水泥浆解决中上部漏失复杂情况下的固井问题,采用常规密度优化配方的水泥浆解决活跃气层的安全封固问题,实践效果良好。

2.4 提高顶替效率综合技术措施

在提高顶替效率方面,龙岗构造技术套管固井采用了钻井液流变性调控处理技术、前置液紊流设计技术、套管扶正器模拟量化设计技术及注水泥浆流变学计算等综合技术措施。即将钻至固井井深时,在满足井控安全、井眼稳定前提下,龙岗天然气井都提前对钻井液加入稀释剂,大幅度降低钻井液触变性、塑性粘度和动切力,并破坏原钻井液中的絮凝剂从而消除虚泥饼的影响^[4]。对钻井液流变性的调控处理,保持了钻井液与水泥浆合理的密度差、动塑比,钻井液触变性变小,钻井液紊流速度和流动阻力降低,水泥浆的驱动力增大,同一排量下水泥浆具有较大的驱动能量,利于提高长裸眼井段顶替效率。前置液紊流设计,主要是采用适当增大冲洗液

用量达到提高紊流程度和增加接触时间的目的。

3 特色固井技术应用

3.1 干井筒固井技术

龙岗构造部分井 $\varnothing 311.2$ mm 井眼,采用气体钻井至固井井深。若采用替入钻井液再进行常规固井作业,很可能会面临井壁失稳和井漏两大技术难题,同时会造成时间和物资材料的大量消耗。干井筒固井具有井眼稳定性预测困难、施工易漏、水泥浆非连续相流动施工参数可控性差等多重不确定因素。另一方面,干井筒固井也具有常规固井无法比拟的优势。首先,采用水泥浆置换空气,很容易实现套管环空水泥浆的有效充满;其次,与水泥浆接触的两界面无任何介质污染,可以实现良好的原始胶结,从而最大程度地提高固井质量;最后,无泥浆返出和超量水泥浆返出引发的环保问题,大大减轻作业周边环境的负担^[5]。经充分论证和精心组织,采用干井筒下套管固井专有技术,圆满完成了龙岗 2 口井 $\varnothing 244.5$ mm 技术套管固井施工作业任务,套管下深分别达 2342.89、2627.75 m,固井优质率分别为 75.71%、78.95%,固井质量优质率与同构造常规固井相比,提高 10% 以上,经济技术效益十分明显。

3.2 预应力固井技术

钻井固井时水泥浆对套管的挤压力影响常常为人们所忽视。将套管作为一受挤压的整个载体来考虑,套管不仅受到地层以及环空水泥浆柱的外挤作用,同时也受到管内顶替液的内压作用,由于管内液柱压力基本可以保持恒定,忽略地层力学性质及传导效应,管外液柱压力在水泥浆凝固过程中是变化的。钻井队实际作业时,套管柱试压前将管内顶替液替换为清水,这样就降低了管内液柱压力,在套管内外液柱压力同时降低的情况下,固井第一胶结面容易出现微裂隙,从而影响固井质量的评价。预应力固井技术即是采用低密度顶替液(一般采用清水)增大套管内外压差来降低后续作业对固井质量的影响。通过 35 井次技术套管固井施工作业,采用预应力技术固井的优质率达 85.02%,而采用常规

顶替液固井的优质率仅 43.54%。

据对龙岗构造 2006~2008 年 35 口井技术套管固井质量统计,龙岗构造技术套管固井合格率从 48.99% 提高到 83.49%,优质率从 6.33% 提高到 64.25%,其中空井固井节约钻井液 400 m³ 以上,经济技术效益非常明显。

4 结论

龙岗构造深井超深井钻井,技术套管固井面临井深、裸眼段长、多压力系统共存、油气水显示活跃等多方面工程地质复杂因素,通过该区域固井实践,在技术上取得如下认识。

(1) 通过对常规固井工艺与技术的集成和优化,优选水泥浆体系与配方,采用双密度两凝或多凝水泥浆能实现长裸眼井段一次性安全优质封固。

(2) 对于地层承压能力不足且井漏风险大的井,可以采用正注反挤水泥浆施工工艺予以解决,不采用分级固井的主要原因是分级箍的工作可靠性不高。

(3) 干井筒固井技术、预应力固井技术是提高低压易漏长裸眼井固井质量的有效途径;干井筒固井是气体钻井技术的延伸,其在成本节约与环境保护方面有不可比拟的优越性。

(4) 低压易漏长裸眼井固井水泥浆体系与配方在防窜防漏性能方面尚有明显不足,建议加强科技攻关,研究新型水泥浆体系以满足天然气深井固井之需要。

参考文献:

- [1] 郑开华. 高压气井固井技术研讨[J]. 钻采工艺, 2001, (4).
- [2] 徐进. 川西地区高压天然气深井钻井完井技术[J]. 石油钻探技术, 2005, (5).
- [3] 陈忠实, 邓传光. 低密度条件下井眼稳定问题的探讨[J]. 天然气工业, 2003, (7).
- [4] 陈养龙, 田绍臣, 等. 低压易漏井固井技术[J]. 断块油气田, 2001, (5).
- [5] 林强, 郑力会, 等. 平落 006-5 井空井固井初探[J]. 钻采工艺, 2008, (1).

乌拉斯台至芨芨湖公路改建工程开工 总投资 3.7 亿元

中央政府门户网站消息 从新疆维吾尔自治区交通建设局了解到:总投资约 3.7 亿元的乌拉斯台口岸至芨芨湖公路改建工程项目日前开工建设。

该项目位于昌吉回族自治州境内,全长 93 km,起点位于乌拉斯台中蒙边境 74 号界碑处,途经口岸边境检查站、牧业

3 队、北塔山牧场,终点为准东公路岔口。其中,乌拉斯台至北塔山牧场 44 km 为三级公路标准,北塔山牧场至准东公路岔口 49 km 为二级公路标准。

项目的建设将进一步加强我国与蒙古国之间的经贸交流,改善口岸公路交通条件。