

元坝海相超深井特色修井工艺技术

范小波¹ 李国成¹ 蒋才军¹ 姚金兵² 黄霞¹ 文兵¹

1. 中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司 2. 中石化西南石油工程有限公司

范小波等. 元坝海相超深井特色修井工艺技术. 天然气工业, 2016, 36(增刊 1): 90-93.

摘 要 元坝海相气田的勘探开发是世界级难题, 主力气藏具有超深、高温、高产、高含硫等特征。在勘探开发中易出现管柱卡埋、脱落、炸枪、套管磨损等复杂情况, 严重制约着元坝气田勘探投产开发进程。针对超深含硫气井作业管柱选择受限, 井下情况诊断困难, 结合元坝海相气田投产开发的实际需求, 提出了针对 RTTS 封隔器卡埋、射孔枪断脱、长段水泥塞钻扫的 3 大修井特色工艺技术, 为 RTTS 封隔器打捞、射孔枪处理, 无损钻塞作业提供了强有力的技术支持。在元坝气田 16 井次作业中, 修井成功率达到 100%, 修井效率得到了明显提升, 应用效果显著。

关键词 超深井 修井 RTTS 封隔器 射孔枪 无损钻塞 元坝气田

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2016.S1.016

元坝气田超深产层具有高温、高产、高含硫等特征, 勘探开发是世界级难题^[1]。在勘探阶段, 作业管柱易出现卡埋、脱落、炸枪等复杂情况, 严重制约着勘探的进程; 而开发阶段, 探井转投产井面临长段水泥塞钻扫效率低、合金油层套管易磨损等问题严重影响着开发投产进度。据统计, 2007—2015 年元坝区块总施工井数约 50 井次, 出现复杂情况井数达 17 井次, 其中出现管柱断脱、卡埋造成落鱼井数达 11 井次, 而探转采需要长段水泥塞钻扫井数达 12 井次。如何使勘探井 APR 工具顺利出井, 确保测试资料取全取准, 如何解决投产井钻扫水泥塞效率低、易磨损合金油层套管等问题, 是元坝气田投产建设亟待解决的工程难题。因此, 针对元坝超深海相气井, 研发一套高效、高成功率的特色修井工艺成为元坝气田开发建设的迫切需求。近年来, 在元坝气田多口海相超深复杂气井修井施工基础上, 针对 RTTS 封隔器卡埋、射孔枪断脱、长段水泥塞钻扫分别提出了适配超深海相气井修井特色工艺技术, 为超深含硫气井井内复杂情况的处理提供了强力技术支撑。

1 超深井修井面临的技术挑战

元坝气田长兴组主力气藏接近 7 000 m, 由于海

相气藏高含硫化氢, S135 等常用高强度材质钻具禁止使用, 而复合钻具的使用增大了作业管柱断裂风险。

海相投产井采用 Ø139.7 mm 或 Ø146 mm 小套管完井^[2], 选配使用的常规打捞工具由于尺寸限制, 强度变小, 可靠性变差^[3]。

由于超深气井套管空间为倒金字塔阶梯状结构, 套磨铤产生的铁屑随着套管内径变大返速大幅降低, 携带不充分易造成重复研磨, 增大了卡钻风险。

超深井打捞管柱自身悬重通常大于 1 200 kN, 很难根据悬重变化判断小件落物捞获情况, 旋转造扣等操作受到长段钻具传递影响, 判断难度加大。

2 修井方案要点

超深含硫气井修井难度高, 修井过程中引发的新的复杂情况很可能直接导致该井报废。为降低修井作业带来的风险, 在元坝海相超深气井修井施工中需要遵循以下原则。

2.1 修井管柱

作业管柱选择在满足作业强度校核的条件下尽量降低钢级^[4], 减小作业管柱材质硬度, 降低与油层

套管的硬磨损,同时有助于提升作业管柱防“氢脆”能力。根据元坝海相超深气井井身结构,推荐使用倒塔式结构的G105钢级复合钻具。

2.2 入井工具

采用强度高、操作简单、高温下可靠性好的修井工具,避免修井中出现二次事故或使修井工作复杂化^[5-6]。

2.3 修井液

严格监测修井液高温性能,加入适配压井液体体系的抗高温抗盐降滤失剂、护胶剂,维持压井液高温稳定性,调节压井液pH值为强碱性。

2.4 操作参数

根据超深井优化修井操作参数,包括打捞、套铣、磨铣以及循环排量、泵压等各项施工参数,准确判断,精心操作,适时修正^[7-8]。

3 特色修井工艺技术的应用

针对元坝气田勘探开发中常见的RTTS封隔器卡埋、射孔枪断脱和扫塞作业磨损油层套管等工程难题,形成了适配超深含硫气井的特色修井技术,在元坝多口超深海相气井修井作业中得到成功运用。

3.1 RTTS封隔器打捞技术

3.1.1 修井难点

由于套管腐蚀及变形、地层出砂、井下落物等原因,RTTS封隔器常出现卡埋现象。超深井封隔器下入深度较深,管柱重量重,解封负荷大。RTTS封隔器由J形槽换位机构、机械卡瓦、胶筒和水力锚等组成,结构复杂,磨套铣作业中极易造成工具部件散落复杂井下情况^[9-10]。

3.1.2 处理方案^[11]

针对套管腐蚀变形导致水力锚不能收回情况,宜上提管柱减轻封隔器坐封力,再结合环空加压,促使水力锚回位和封隔器胶筒收缩。如仍不能解封,则从封隔器上安全接头倒开,采用反扣钻具大修:先采用母锥打捞安全接头,再通过套铣筒套铣封隔器上水力锚卡牙,最后使用母锥打捞水力锚及封隔器。

针对砂卡、落物卡,宜多次上下活动管串解卡。若解卡失败,则从封隔器上安全接头倒开,采用反扣钻具大修:先采用套铣筒套铣封隔器上沉砂或落物,再使用母锥打捞安全接头,最后使用母锥打捞水力锚及封隔器。

针对井下复杂情况造成封隔器不能解封时,应采用上提管串环空加压的方式多次活动,使水力锚卡瓦和封隔器胶筒收缩。随后在管串抗拉强度内反复活动管串,如仍不能解封,则从封隔器上安全接头倒开,采用反扣钻具大修:先使用母锥打捞安全接头;其次使用母锥打捞封隔器上水力锚;再使用公锥打捞封隔器本体,此时由于管串下部被卡死,需要尽量上提倒扣使封隔器“J”形槽内凸耳换轨,让卡瓦收回从封隔器下部倒脱;最后使用套铣和倒扣打捞的方法处理封隔器下部管串。

3.1.3 典型案例

YB11井完钻井深7 027.00 m。该井在对上二叠统长兴组(6 797 ~ 6 917 m)采用APR射孔—酸压—重复测试三联作试气后,起出射孔试挤管串,发现封隔器芯轴断裂,从水力锚丝扣处断脱,出井部分为:水力锚+RTTS封隔器上挡环0.03 m,封隔器本体及下部射孔管串掉入井内,鱼顶为封隔器卡瓦,落鱼总长139.43 m。

现场两次作业完成RTTS封隔器打捞。先使用双滑块捞矛打捞卡瓦内腔,捞获封隔器本体0.64 m,井内鱼顶为长约0.7 m、外径 $\varnothing 60.5$ mm封隔器芯轴;再采用打捞范围 $\varnothing 53$ mm ~ $\varnothing 62$ mm卡瓦打捞筒外捞芯轴,顺利捞获封隔器芯轴+油管8根+起爆器+安全枪+射孔枪14 m。

3.1.4 应用效果

RTTS封隔器打捞技术在元坝气田累计应用6井次,修井周期得到有效控制,修井成功率达到100%。

3.2 射孔枪打捞技术

3.2.1 修井难点

射孔枪卡埋、炸枪造成井内落鱼,由于超深气井下部套管内径小,修井工具选择受限,井内情况诊断困难,修井操作难度高,修井过程中二次事故风险激增。

3.2.2 解决方案

根据井下复杂情况形成原因和射孔枪形态^[12],针对性采用震击解卡、套铣倒扣、倒划眼以及剥皮套铣系列射孔枪打捞技术。

3.2.2.1 震击解卡

由于环空钻井液沉淀、堵漏材料、落物等原因造成卡钻,通过操作震击器在卡点瞬间释放上拉力或下压力,从而达到解卡的目的。打捞工序:组下打捞

管柱(钻具+加速器+震击器+打捞工具)、冲洗鱼顶、打捞、震击直至解卡,起出打捞管柱检查捞获情况。震击解卡打捞中选择可退式打捞工具,震击器入井前需调校好震击吨位。

3.2.2.2 套铣倒扣

当井内射孔枪存在卡埋,在抗拉强度范围内打捞不能成功时,采用套铣一段再倒扣打捞一段方式将落鱼全部打捞出井。常用套铣管柱组合:套铣鞋+套铣筒+随钻捞杯+回压凡尔+钻铤+钻杆+方钻杆。套铣参数:钻压 5~30 kN,转速 30~50 r/min,环空上返速度大于等于 0.8 m/s。

3.2.2.3 倒划眼打捞技术

井内落鱼被钻井液沉淀物、压井堵漏材料卡埋,使用打捞工具捞获落鱼后,能够转动落鱼,但强提不能解卡。采用过提井内管柱悬重 10~20 kN 旋转井内管柱,待悬重下降后再过提 10~20 kN,逐渐将落鱼上提,反复操作直至将落鱼提出卡埋井段。

3.2.2.4 剥皮套铣

由于井内射孔枪起爆器接头外径大且无内孔,无法直接进行打捞作业。通过采用特制套铣工具,剥掉一部分起爆器外壁,再采用母锥进行外捞作业。套铣管柱组合:特制套铣工具+随钻捞杯+回压凡尔+钻铤+钻杆+方钻杆。套铣参数:钻压 5~20 kN,转速 30~50 r/min,环空上返速度大于等于 0.8 m/s。

3.2.3 典型案例

YB104 井为超深定向井,井深 6 963 m,最大井斜角 34.30°,该井进行了射孔—酸压—测试三联作、关井压力恢复后进行压井堵漏,起测试管柱时,管柱被卡,活动解卡时,油管柱从公扣丝扣处脱落,鱼顶为 Ø88.9 mm 油管接箍,落鱼为带 APR 测试工具的射孔酸压测试三联作管柱。

该井前期通过打捞筒、油管对扣打捞、倒扣捞矛捞出 SQ-127 射孔枪上接头以上落鱼后,运用套铣倒扣技术,经过 18 趟套铣及母锥、捞筒打捞捞出 8 根 SQ-127 射孔枪。套铣参数:钻压 20~30 kN,转速 40~60 r/min,排量 0.6~0.72 m³/min。套铣管柱结构:套铣鞋+套铣筒+双打捞杯+安全接头+钻铤+回压凡尔+DC+旁通阀+钻杆。倒扣打捞管柱:打捞工具+安全接头+旁通阀+打捞杯+钻铤+回压凡尔+钻铤+高强度钻杆。

3.2.4 应用效果

射孔枪打捞技术在元坝气田累计应用 5 井次,

大幅缩减修井时间,修井成功率达到 100%。

3.3 高效无损防卡钻塞技术

3.3.1 修井难点

元坝海相气井普遍采用厚壁低钢级套管与镍基合金套管组合,套管材质硬度低耐磨性差。主力气藏温度高达 160 °C,部分钻井液处理剂在高温下会失效降解并加速套管磨损,为长段水泥塞钻扫的投产井带来严重隐患^[13]。

3.3.2 解决方案

3.3.2.1 非旋转套管保护器的使用

非旋转套管保护器由滑套、金属加强衬管和止推轴承环组成,滑套位于两轴承环之间,能够与钻杆相对转动。由于保护器直径比钻杆接头外径大,钻杆接头与套管内壁不会接触。在钻扫过程中,钻杆转动而滑套与套管之间仅有滑动。在施工中严禁在某一井深处长时间定点转动转盘,循环钻井液活动钻具时主要以上提下放为主。同时,振动筛处放磁性装置收集铁屑,监测套管磨损情况。

3.3.2.2 钻井液体系低摩阻优化

在旋转作业中加入减磨剂,采用化学手段减少钻杆与套管间的硬磨损。在日常维护中,加入与钻井液体系配套润滑剂,保证钻井液的含油有效含量,提高钻井液体系润滑性。

3.3.2.3 钻磨管柱及操作优化

为防止水泥块堆积而引起卡钻,钻磨管柱中使用双捞杯,管柱结构:钻磨工具+双捞杯+钻铤+回压凡尔+钻杆。每当进尺 20 m,应停止扫塞大排量循环洗井后再继续钻扫。钻扫水泥塞过程中,长时间无进尺时应上提钻具离开水泥塞面 2 m,分析原因,调整钻磨参数等方法。

3.3.3 典型案例

YB10-C1 井完钻井深 7 273 m,造斜点井深 6 404.88 m,最大井斜 76.68°。该井镍基合金油层套管位于大斜度造斜井段,扫塞时偏磨套管风险极高。

根据油层套管防磨需要,扫塞管柱采用未铺焊耐磨涂层 G105 钢级 Ø88.9 mm×9.35 mm+Ø101.6 mm×9.65 mm 的钻具组合。根据井下温度数据,选用 HMK 型套管保护器。在钻扫水泥塞过程中钻井液加入抗磨减阻剂,出口未收集到常见套管丝状铁屑,起钻检查钻杆接头无磨损造成的亮白色,钻杆接头和油层套管得到了有效保护。

3.3.4 应用效果

高效无损防卡钻塞技术在元坝气田累计运用5井次,平均钻扫效率由5 m/h上升至12 m/h,出口未发现套管丝状铁屑,钻扫过程中未发生一起卡钻事故。

4 结论与认识

1) 针对元坝海相超深井修井面临的困难,提出了超深井修井方案要点,为超深井修井作业的实施提供了操作思路。

2) 针对RTTS封隔器卡埋、射孔枪断脱、长段水泥塞钻扫,分别提出了超深井RTTS封隔器打捞技术、射孔枪打捞技术,高效无损防卡钻塞技术,在元坝气田16井次作业中,修井成功率达到100%,修井效率得到了明显提升,应用效果显著。

3) 元坝超深井特色修井技术解决了元坝投产海相气井常见修井难题,为同类超深井修井作业提供了有益技术借鉴。

参 考 文 献

[1] 沈琛. 川东北超深高酸性气田勘探开发工程技术[J]. 中国工程科学, 2010, 12(10): 29-34.

- [2] 胡博仲. 油水井大修工艺技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- [3] 付建华, 骆进, 李朝阳. 国内水平井修井工艺技术现状[J]. 钻采工艺, 2008, 31(6): 91-93.
- [4] 刘伟, 李丽. 复合修井思路在大修井中的应用[J]. 油气井测试, 2007, 16(2): 54-55.
- [5] 李璐安. 小井眼井修井作业技术的应用分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, (6): 121.
- [6] 万仁溥, 罗英俊. 采油技术手册第五分册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989.
- [7] 陈科, 胡桂林, 张超伟. 川东北RTTS封隔器失封原因及对策[J]. 天然气技术与经济, 2012, 6(3): 48-51.
- [8] 杨东, 窦益华, 许爱荣. 高温高压深井酸压封隔器失封原因及对策[J]. 石油机械, 2008, 36(9): 129-131.
- [9] 邵想全, 莫尚贤, 陈忠, 周子明, 颜俊虎, 辛子全. RTTS封隔器解卡方法探讨[J]. 油气井测试, 2008, 17(5): 51-53.
- [10] 曹阳, 史雪枝, 伍强, 刘刚, 金阳. 元坝超深高含硫大斜度气井射孔技术[J]. 石油钻采工艺, 2012, 34(2): 59-61.
- [11] 李国成, 张国兴, 周阳, 吴志国, 张兴超, 张俊松. 油层套管保护技术在元坝投产气井中的应用[J]. 西部探矿工程, 2016, (3): 27-30.
- [12] 刘永刚, 崔顺贤, 李方坡, 李广山, 钟水清. 酸性气田钻具失效研究[J]. 钻采工艺, 2011, 34(5): 83-85.
- [13] 陈明, 窦玉玲, 李文飞, 王光磊. 川东北元坝区块井身结构优化设计[J]. 天然气技术, 2010, 4(3): 44-46.

(收稿日期 2016-07-04 编辑 韩晓渝)