

阿姆河右岸 B 区块巨厚盐膏层固井技术

陈怀高¹ 余建¹ 乐尚文¹ 汪月鹃²

1. 川庆钻探工程公司土库曼斯坦分公司 2. 川庆钻探工程公司井下作业公司

陈怀高等. 阿姆河右岸 B 区块巨厚盐膏层固井技术. 天然气工业, 2010, 30(5): 66-68.

摘要 土库曼斯坦阿姆河右岸 B 区块上侏罗统启莫里组地层分布有 900~1 200 m 巨厚盐膏层, 在钻井和开发初期发生了盐膏层段井径变化大、盐岩的塑性流动、挤毁套管等复杂情况, 给钻井和固井施工带来了严重的威胁。在分析盐膏层特点和固井难点的基础上, 采用了以下针对巨厚盐膏层的固井工艺技术: ①优化套管强度; ②检测和控制盐膏层蠕变速度, 采用欠饱和盐水水泥浆体系, 提高套管的居中度以及根据上层 $\varnothing 339.7$ mm 套管鞋处地层承压情况, 结合环空液柱组合优化注水泥施工参数, 在井下不漏失的情况下实现大排量顶替, 从而提高顶替效率。以 San-21 井的巨厚盐膏层固井施工为例, 第一级固井采用抗盐两凝欠饱和盐水水泥浆体系, 缓凝水泥浆密度设计为 1.94 g/cm^3 , 封固井段为 2 267~2 800 m, 快干水泥浆密度设计为 1.97 g/cm^3 , 封固井段为 2 800~3 614.92 m; 盐膏层厚 1 138 m, 固井质量优良。

关键词 土库曼斯坦 阿姆河右岸 盐膏层 盐水水泥浆 固井 San-21 井

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.05.016

0 引言

阿姆河右岸 B 区块位于土库曼斯坦国查尔朱市东北方向与乌兹别克斯坦国交界处, 阿姆河盆地东北部的查尔朱大型断阶构造带(在阿姆河台向斜), 油气富气聚集带。阿姆河盆地油气勘探工作始于 1929 年, 1953 年在乌兹别克的 Setalatepe 首次发现了工业性天然气, 到现在已发现了 130 多个油气田, 其中以气田为主, 主要分布于盆地的北部和东部。上侏罗统启莫里组—提塘阶组盐膏岩层是全区主要盖层, 厚度为 900~1 200 m, 分布广泛, 良好封闭了上侏罗统卡洛夫组—牛津阶组碳酸盐岩储层中的天然气。因此, 如何安全快速地钻穿盐膏层是实现该盆地油气勘探突破的首要问题; 而良好的固井质量, 则是油气井顺利钻达设计井深、完成油气勘探任务的关键。

1 地质特征

阿姆河右岸 B 区块上侏罗统启莫里组—提塘阶组潟湖相盐膏岩层埋藏深度为 2 200~3 600 m, 是该地区的钻

井复杂地层, 平均盐膏岩层厚度为 1 000 m, 局部含高压盐水。此外, 由于盐岩层的塑性流动特性, 极易引起井下复杂, 也容易发生塑性流动、挤毁套管等事故。

2 工程难点

2.1 开发初期工程事故频发

该区块勘探历程长, 早、中期技术不过关, 造成已钻的 170 口探井和评价井中 30% 左右为工程报废井(其中大部分并未钻遇目的层), 30% 左右为地质报废井, 40% 左右为勘探成功井。该构造 Pir-4 井用密度为 1.68 g/cm^3 的钻井液钻过该井段; 而 Pir-3 井用密度为 1.45 g/cm^3 的钻井液钻过该段, 遇高压盐水强烈上窜, 导致气井报废。

2.2 井身质量变化大

该区块内盐膏层的多样性和复杂性, 盐层的厚度大(上盐层平均厚度为 500 m, 下盐层平均厚度为 200 m), 底部的硬石膏地层硬度大。使钻井周期变长, 部分盐层井段扩径或石膏层井段缩径, 使井眼不规则, 井径、井斜变化大, 部分井盐膏层段平均井径扩大率高达 15%。

基金项目 中国石油天然气集团公司科研计划科技现场试验项目“土库曼斯坦复杂盐下气田快速高效勘探开发技术”(编号: 2008-15)。

作者简介 陈怀高, 高级工程师; 从事钻井科研与管理工作。地址: (610051) 四川省成都市府青路一段 3 号。电话: (010) 58179401, 13618007674。E-mail: rqjed@163.com

2.3 地层流体影响大

盐膏层间可能存在高压盐水或石膏层夹气层,钻进时需要考虑盐水对钻井液的污染及井控安全;固井时一方面要考虑水泥浆的抗盐能力,另一方面还要考虑水泥浆的防窜能力^[1-2]。

2.4 对套管强度和开发寿命的影响

该区块盐膏层具有一定的蠕变性,邻近 Pir-21 井及区块内多口已钻井发现钻至下石膏层至井底时起下钻中有多处遇阻点,其中通过盐层段正常,通过石膏层段困难,经反复正、倒划眼并调整加重钻井液后正常,通过盐膏层段钻井液平均密度为 1.92 g/cm^3 。盐膏层蠕动会严重破坏水泥环,使套管挤毁变形,严重影响了后续作业和气井寿命,甚至使气井报废^[3-15]。

3 固井技术

3.1 合理的井身结构设计

在盐膏层这类塑性流动地层,套管承受的实际外挤力可能远大于上覆地层压力,因而一般高强度套管本身的强度很难抵御这样大的外挤力。因此,在盐膏层井段采用下入具有 125TT 钢级,壁厚为 15.88 mm 的 $\varnothing 250.8 \text{ mm}$ 外加厚套管并作强度校核。套管鞋坐在启莫里组—提塘阶组(高尔达克层)下部硬石膏底部,完全穿越盐膏层后完钻。

3.2 盐膏层蠕变速率的检测和控制

在钻完盐膏层后,第一趟钻通井,在电测前到电测后通井前安排一段静止观察时间,然后再下钻通井,判断盐膏层蠕变速率,再下钻到底检查有无阻卡存在。若有阻卡存在,应采取合理的通井措施消除并再次短起下钻检验合格后方可下套管固井。

3.3 欠饱和盐水抗盐水泥浆体系

在该地区盐膏层钻井时钻井液密度较高,通过盐膏层段钻井液平均密度为 1.92 g/cm^3 。进行该层次套管固井时,当钻井液密度低于 1.90 g/cm^3 时,采取欠饱和盐水泥浆体系,当钻井液密度大于 1.90 g/cm^3 时,采取钛铁矿加重的高密度欠饱和盐水泥浆体系,拉开钻井液与水泥浆密度差;除要满足正常施工所需的稠化时间、失水控制和抗压强度要求外,还要充分考虑水泥浆体的沉降稳定性和高流动性。

3.4 合理的环空液柱组合进行平衡压力固井设计

认识到巨厚虚滤饼对固井质量的影响,施工前在药水隔离液前注入优质抗钙冲洗性能好的轻质钻井液,达到减少水泥浆对钻井液的污染和增加对井壁的进一步冲

洗清洁的目的。同时结合实测井径合理布置隔离液数量,进行动、静平衡压稳校核。

3.5 提高套管的居中度

在 $\varnothing 250.8 \text{ mm}$ 外加厚套管段加入弹性套管扶正器,尽可能地使套管居中,提高顶替效率,从而提高固井质量。

裸眼段扶正器安放原则:根据井径和地层决定,在盐膏层井径扩大率小并且规则段适当加密,使套管与地层之间形成一个完整的水泥环,使套管负荷均布,消除点载荷与不均匀载荷对套管的损坏。

3.6 了解地层承压情况,优化施工参数,提高顶替效率

根据上层 $\varnothing 339.7 \text{ mm}$ 套管鞋处地层承压情况,结合环空液柱组合优化注水泥及替钻井液施工参数,做到在井下不漏失的情况下实现大排量顶替,从而提高顶替效率。

4 San-21 井盐膏层技术套管固井实例

4.1 该井概况

桑迪克雷气田位于阿姆河右岸 B 区块的中部地区,属于查尔朱断阶桑迪克雷古隆起带。该井的目的是查明桑迪克雷构造特征,探明卡洛夫组—牛津阶组含油气性,兼探中下侏罗统。该次第 3 次开钻 $\varnothing 311.2 \text{ mm}$ 钻头钻至 3 616 m 启莫里阶组盐膏层底中完钻, $\varnothing 244.5 \text{ mm} + \varnothing 250.8 \text{ mm}$ 的复合技术套管(2 325.58 ~ 3 614.92 m 下 $\varnothing 250.8 \text{ mm}$ 125TT 外加厚套管)下到 3 614.92 m,封隔盐膏层及盐上含气层。

4.2 气井情况

1)气测异常显示:从 3 613 m 至井深 3 614 m,启莫里阶组为泥岩层,气测值最高为 95.567 3%,当时钻井液密度为 1.75 g/cm^3 ,后加重钻井液至 1.85 g/cm^3 井下正常,下套管、固井前钻井液密度为 1.85 g/cm^3 ,见表 1。

2)钻至 3 575 m 处遇卡,泡酸后未解,注入低黏切钻井液后解卡,后钻进正常。

3)第一趟通井有多处遇阻点,经反复划眼通井正常后,下套管正常。第一级固井裸眼电测平均井径为 358.49 mm,井径扩大率为 15.19%,2 625 m 最大井径为 471.8 mm,3 160 m 最大井斜为 12.9° ,方位 284.7° 。

4.3 固井技术方案

采用双级固井工艺,分级箍定在 2 267.2 m。
 $\varnothing 244.5 \text{ mm} + \varnothing 250.8 \text{ mm}$ 的复合技术套管(2 325.58

表 1 施工前钻井液性能表

密度/ g · cm ⁻³	漏斗黏度/ s	失水量/ mL · (30 min) ⁻¹	滤饼厚/ mm	切力			pH 值	η_{sp} / mPa · s	η_{sp} / mPa · s	Cl ⁻ / mg · L ⁻¹
				静切力/Pa		动切力 / Pa				
				初	终					
1.85	60	4	0.5	2.5	7.5	7	9	5	35	175 000

注:失水量为 3.5 MPa 下的失水量。

~3 614.38 m 下 $\varnothing$ 250.8 mm125TT 外加厚套管)下到 3 614.92 m。为了套管的顺利下入,根据第一趟通井及电测情况,对复杂井段进行有目的地划眼,保证井眼通过能力。最后一趟钻通井起钻前,在井底至 2 800 m 垫入 4% 的玻璃微球钻井液,降低摩阻,便于套管顺利下入。第一级固井采用抗盐两凝欠饱和盐水水泥浆体系。缓凝水泥浆密度设计为 1.94 g/cm³,封固井段为 2 267~2 800 m,快干水泥浆密度设计为 1.97 g/cm³,封固井段为 2 800~3 614.92 m。

4.4 盐膏层段固井质量

盐膏层段固井质量统计结果表明,盐膏层段 2 476~3 614 m,盐膏层厚为 1 138 m;其中固井质量好为 719.95 m,占 63.26%。

5 结论与认识

1)该区块通过优化井身结构、固井管串结构、环空液柱结构,保证了盐下钻探作业的安全。

2)逐渐形成了该区块有针对性的盐膏层固井工艺技术措施,确保施工顺利,提高了盐膏层段的固井质量。

参 考 文 献

[1] 张德润,张旭.固井液设计与应用:下册[M].北京:石油工业出版社,2000.
[2] 刘崇建.油气井注水泥理论和应用[M].北京:石油工业出版社,2001.
[3] 王树平,李治平,陈平,等.高温油气引发套管附加载荷预

防模型[J].天然气工业,2007,27(9):67-71.
[4] 王希勇,熊继有,钟水清,等.川东北井漏现状及井漏处理对策研究[J].钻采工艺,2007,30(2):135-137.
[5] 刘德平,付华才,吴林龙,等.川东深井固井技术[J].钻采工艺,2005,27(1):16-17.
[6] 练章华,韩建增,董事尔,等.基于数值模拟的复杂地层套管破坏机理研究[J].天然气工业,2002,22(1):48-51.
[7] 钻井手册(甲方)编写组.钻井手册(甲方)[M].北京:石油工业出版社,1990.
[8] 李克向.保护油气层钻井完井技术[M].北京:石油工业出版社,1993.
[9] 万仁溥.现代完井工程[M].北京:石油工业出版社,2000.
[10] 刘崇建.国外油井注水泥技术[M].成都:四川科学技术出版社,1992.
[11] 张林海,郭小阳,李早元,等.一种提高注水泥质量的可固化工作液体系研究[J].西南石油大学学报,2007,29(2):85-88.
[12] 孙建成,王宝新,苗希庆.胜利油田郝科 1 井套管挤毁的启示[J].石油钻采工艺,1998,20(4):21-27.
[13] 崔茂荣,马勇.评价钻井液滤饼对固井二界面胶结质量影响的新方法[J].天然气工业,2006,26(12):92-93.
[14] 谢应权,杨远光,彭志刚.矿渣固化钻井液技术的高温分散剂研究[J].西南石油学院学报,2004,26(3):65-67.
[15] 张兴国,刘崇建,杨远光.水泥浆体系稳定性对水泥浆失重的重要影响[J].西南石油学院学报,2004,26(3):68-70.

(收稿日期 2010-02-27 编辑 钟水清)