

◀ 固井与泥浆 ▶

# 元坝 1 井承压堵漏技术

高绍智

(中原石油勘探局 钻井三公司,河南 濮阳 457001)

**摘要:**元坝 1 井是位于四川盆地川东北巴中低缓构造带元坝岩性圈闭的一口重点区域探井,由于该井在嘉陵江组 2 段存在高压层,为满足下部井段安全快速钻进的需要,需对上部裸眼井段地层进行承压堵漏作业,使其承压能力达到  $2.15 \text{ kg/L}$  以上。在室内试验的基础上,优选应用了凝胶复合堵漏剂 NFJ-1,并给出了适用于不同漏失的堵漏浆配方及现场承压堵漏技术方案。该井须家河组、雷口坡组及嘉陵江组 3 段底部地层承压堵漏作业获得成功,地层承压能力均达到了设计要求,从而保证了该井的顺利完钻,并为该区块海相地层堵漏方案的确定积累了经验。介绍了该井承压堵漏技术研究、堵漏浆配方的确定、现场堵漏施工过程及效果等。

**关键词:**承压堵漏;承压能力;元坝 1 井

**中图分类号:**TE28    **文献标识码:**B    **文章编号:**1001-0890(2008)04-0045-04

元坝 1 井是位于四川盆地川东北巴中低缓构造带元坝岩性圈闭的一口重点区域探井,因区块参考资料少,钻井过程中不确定因素多,风险较大。与该井相邻的九龙山构造和通南巴构造带在钻井过程中均钻遇高压地层,并不同程度地出现钻井液漏失等井下复杂情况<sup>[1-3]</sup>。通过与邻近区块的钻探资料对比分析可知,元坝 1 井嘉陵江组 2 段可能存在高压层,为了满足下部高压地层钻进的需要,上部裸眼井段地层承压能力必须达到  $2.15 \text{ kg/L}$  以上。因此,该井在钻井过程中需要采取承压堵漏技术措施,以满足快速、安全钻进的需要。

## 1 主要技术难题

1) 陆相地层厚(厚度大于川东北其它地区),易引起井壁失稳和井漏等井下复杂情况。该井陆相地层砂泥岩互层井段长,岩性多变,岩石坚硬,跳钻严重,尤其是采用空气钻井时钻具事故难以避免。

2) 地层古老,硬度大,研磨性强,可钻性差,机械钻速低,钻头寿命短。

3) 漏层多,钻井液漏失严重,地层承压能力低且难以提高。相邻区块的河坝 1 井、龙 4 井、川巴 88 井等井在钻井过程中均多次发生井漏,且漏失量大,如何防漏堵漏及提高地层承压能力是该井钻井的一大难题。

4) 须家河组和嘉陵江组、飞仙关组等地层可能钻遇含  $\text{H}_2\text{S}$  的异常高压气层。九龙山地区须 2 段

气藏压力系数  $1.67 \sim 1.80$ ,嘉陵江组地层压力系数  $1.79 \sim 2.14$ ,河坝 1 井嘉 2 段地层压力系数  $2.09$ ,九龙山地区飞仙关组地层压力系数  $2.00 \sim 2.15$ ,河坝 1 井飞仙关组气藏压力系数  $2.28$ 。海相地层和陆相地层都存在安全密度窗口小的问题,特别是在海相裂缝性气层,喷漏共存的现象非常普遍,井控难度很大。

5) 在防塌、防漏、堵漏、防卡和润滑等方面对钻井液性能要求高,维护难度大。

## 2 承压堵漏技术研究

综合预测元坝 1 井嘉陵江组 2 段地层压力系数为  $2.00$ ,设计钻井液密度  $2.15 \text{ kg/L}$ ,工程设计要求对嘉陵江组 2 段以上至须家河组井段实施承压堵漏,使其承压能力达到  $2.15 \text{ kg/L}$ 。须家河组地层为陆相沉积,钙质泥岩与砂岩不等厚互层,以孔隙性漏失为主;雷口坡组、嘉陵江组地层为海相沉积,以微裂缝性漏失为主,兼有孔隙性漏失。针对元坝 1 井的地质情况及邻井的堵漏经验,在桥塞堵漏材料的基础上,加入凝胶聚合物 NFJ,形成 NFJ-1 凝胶复合堵漏剂,并进行了一系列的承压堵漏试验。

收稿日期:2008-04-16;改回日期:2008-05-19

作者简介:高绍智(1956—),男,山东阳信人,1996 年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,钻井三公司经理,高级工程师,长期从事石油钻井工作。

联系电话:(0393)4772688

## 2.1 室内试验

室内试验时,渗透性中小漏失(漏失量小于15 m<sup>3</sup>/h)采用Φ4.3 mm钢珠和粒径1~5 mm砂粒模拟漏失层;大漏失(漏失量大于20 m<sup>3</sup>/h)采用Φ14.3 mm弹子模拟漏失层。

### 2.1.1 模拟试验装置及方法

在试验容器底座上,放入高100 mm、直径75 mm装有弹子、滚珠或砂粒的圆柱形容器,然后倒入堵漏浆,氮气瓶做为气源,向容器内施加压力,观察漏失情况和承压能力(见图1)。漏失试验后将堵漏仪带堵漏浆养护6 h,倒入未加堵漏材料的钻井液,接通管线加压直至气瓶最高压力或出现漏失,此时的最大压力即堵漏浆的承压能力。

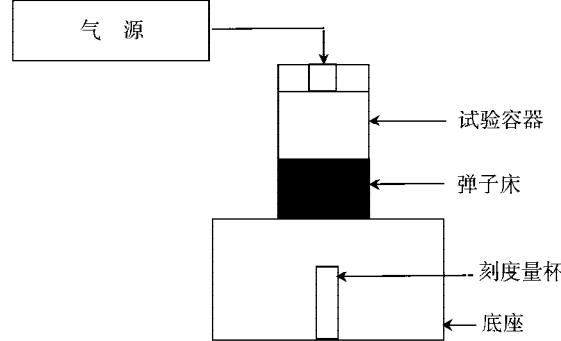


图1 堵漏试验装置

为了更好地模拟井下情况,采取了一些技术措施:试验前,弹子和砂粒均用井浆先过一遍;做完漏失试验以后,将弹子床养护6 h再做承压试验;做承压试验前,将弹子床上的虚泥饼刮掉。

### 2.1.2 性能评价

分别使用Φ14.3 mm弹子、Φ4.3 mm滚珠和1~5 mm砂粒模拟井下不同程度漏失来评价井浆、桥堵浆和NFJ-1凝胶复合堵漏浆的堵漏能力,试验结果见表1~表3。

表1 Φ14.3 mm弹子床模拟堵漏试验结果

试验液	停止漏失时间/s	漏失量 <sup>①</sup> /mL	承压能力/MPa	进入漏层深度/mm	备注
井浆	—	全漏失	0	0	全漏失
A	50	300	1.1	20	流动性好
B	20	50	5.1	40	流动性一般

注:井浆密度1.48 kg/L,粘度43 s(下同);A为井浆+3%DL-1+7%GDJ-2(桥塞堵漏);B为井浆(加水30%)+3.5%NFJ+2.0%DL-1+4.5%GDJ-2(NFJ-1凝胶复合堵漏);①的测试条件为3.5 MPa,30 min(下同)。

表2 Φ4.3 mm滚珠模拟堵漏试验结果

试验液	停止漏失时间/s	漏失量/mL	承压能力/MPa	进入漏层深度/mm	备注
井浆	—	全漏失	0	0	全漏失
C	30	20	0.8	10	流动性好
D	—	0	7	20	流动性一般

注:C为井浆+7%DL-1+3%GDJ-2(桥塞堵漏);D为井浆(加水30%)+3.5%NFJ+2.0%GDJ-2+4.5%DL-1(NFJ-1凝胶复合堵漏)。

表3 1~5 mm砂粒模拟堵漏试验结果

试验液	停止漏失时间/s	漏失量/mL	承压能力/MPa	进入漏层深度/mm	备注
井浆	—	全漏失	0	—	—
E	30	20	0.8	10	流动性一般
F	—	0	7.0	30 s后滴漏	流动性一般

注:E为井浆+7%DL-1+3%GDJ-2(桥塞堵漏);F为井浆(加水70%)+3.5%NFJ+4.5%DL-1+2.0%GDJ-2(NFJ-1凝胶复合堵漏)。

由表1~表3可以看出,对于井下不同程度的钻井液漏失,在相同试验条件下,NFJ-1凝胶复合堵漏的效果明显好于桥塞堵漏,承压能力得到大幅提高,堵漏剂进入砂床的深度也增大。

## 2.2 现场施工工艺

### 2.2.1 钻进时井漏的处理方法

钻进过程中,可根据漏失量的大小来确定堵漏浆的配方,再根据地层的特点和漏失情况,采用静止堵漏或挤堵的方法进行施工<sup>[4~8]</sup>。

1)钻进中发生渗透性漏失,漏失速度小于3 m<sup>3</sup>/h,采取降低排量,提高钻井液粘度或随钻堵漏的方法。

2)对漏失速度大于3 m<sup>3</sup>/h、小于10 m<sup>3</sup>/h的裂隙性漏失,立即停止循环,起钻至套管内,用FCR、DL-1、GDJ-2等堵漏材料与凝胶聚合物复配进行堵漏。

3)发生漏失速度大于10 m<sup>3</sup>/h或只进不出的恶性漏失时,立即起钻至套管内,期间灌入钻井液,防止井漏诱发的井喷。使用大粒径堵漏材料和凝胶复合物复配堵漏,在堵漏无效的情况下,采用注水泥或胶质水泥堵漏。

4)非产层段可选择高效堵漏材料憋压挤堵,提高其抗破能力,满足下部施工的要求,减少出现喷、漏并存的复杂情况。

### 2.2.2 承压堵漏技术

1)井口应加压力计算。

井底需要的总承压能力:  $2.0 \times 5000 \times 0.0098 = 98.0 \text{ MPa}$ ;

井底钻井液液柱压力:  $1.50 \times 5000 \times 0.0098 = 73.5 \text{ MPa}$ ;

井口应加压力为:  $98.0 - 73.5 = 24.5 \text{ MPa}$ 。

井口加压 24.5 MPa 不漏, 即满足承压要求。

2) 根据地层和井下特点, 承压堵漏技术方案为:

a. 配制含 3%~5% 随钻堵漏剂的钻井液, 封裸眼段; 然后起钻至套管鞋或安全井段进行井口加压 (地面压力根据实钻钻井液密度计算, 原则是保证套管鞋处当量钻井液密度不超过 2.15 kg/L), 做地层承压试验。须家河组地层承压能力达到 2.0 kg/L 即满足下部施工条件, 则继续钻进。

b. 若达不到承压要求, 则进行提高地层承压能力堵漏施工, 尽量使用光钻杆钻具组合进行堵漏。堵漏材料采用以小颗粒为主、大颗粒为辅的桥堵剂及凝胶堵漏剂。根据不同地层的漏失情况确定堵漏浆配方。

对于须家河组地层: 中、小漏失堵漏浆配方为井浆 + 3.5% NFJ + 4.5% 小颗粒堵漏剂 + 2.0% 大颗粒堵漏剂; 大型漏失堵漏浆配方为井浆 + 3.5% NFJ + 4.0% 小颗粒堵漏剂 + 6.0% 大颗粒堵漏剂。

对于雷口坡组及嘉陵江组地层: 漏失速度小于  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  的渗透性漏失, 堵漏浆配方为 3.5% NFJ + 4.5% 小颗粒堵漏材料 + 2.0% 大颗粒堵漏材料; 漏失速度大于  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ 、小于  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  的孔隙性漏失, 堵漏浆配方为 3.5% NFJ + 2.0% 小颗粒堵漏材料 + 4.5% 大颗粒堵漏材料; 漏失速度大于  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  的大型漏失, 堵漏浆配方为 3.5% NFJ + 5.0% 小颗粒堵漏材料 + 7.0% 大颗粒堵漏材料 (对于裂缝性漏失可适当提高堵漏剂加量)。

3) 挤堵施工。

注入堵漏浆替浆完毕后, 起钻至套管鞋处, 关井用小排量或单凡尔挤堵, 注意观察泵压, 第一次替浆量要适当大一些, 根据泵压情况, 决定停泵时间, 一般间隔在 10~30 min, 每次采用少量多次的方法挤入, 直到泵压稳定在一定范围内。如果替入钻井液量超过  $5 \text{ m}^3$  压力还没有变化, 则开井观测井口, 只要井口液面不下降, 静止堵漏 8~12 h。

## 2.3 承压堵漏的注意事项

1) 根据地层的实钻井深, 准确计算裸眼容积。

2) 如承压时井口加压过高, 可采用打入重浆的方法, 减小井口应加压力。

3) 做好预防和处理井漏的准备工作, 备有足够的钻井液、水、相关处理剂, 保证相关设备灵活好用, 使用可靠 (包括灌浆管线、配浆泵)。

4) 试压前对循环系统所有的管线、闸门进行细致检查, 发现密封不好或有刺、漏现象的管线, 要及时更换, 确保试压作业顺利进行。

5) 配制堵漏浆时, 应确保堵漏浆的流动性, 以保证堵漏浆能挤入地层。凝胶聚合物有吸水性, 配制凝胶堵漏浆时, 要用水稀释井浆。

## 3 现场应用效果

元坝 1 井在钻至井深 5 074 m 时, 进行了须家河组地层承压堵漏作业。为了防止在钻遇高压油气层时压井而憋漏地层, 按照预先制定的承压堵漏技术方案进行。在  $40 \text{ m}^3$  密度 1.60 kg/L 的钻井液中加入 3% 随钻堵漏剂和 1.5 t FCR-2 替入井深 4 200 m 处, 钻井液入口密度 1.57 kg/L, 井底当量密度 2.0 kg/L, 井口加压 21.5 MPa 未破, 承压堵漏成功。

该井钻至井深 5 530.66 m 时, 地层为雷口坡组底部, 按设计要求进行了地层承压堵漏作业: 1) 在  $45 \text{ m}^3$  密度 1.90 kg/L 的重浆中加入 3% FCR-2; 2) 替入密度 1.90 kg/L 的堵漏重浆; 3) 替入密度 1.57 kg/L 钻井液  $25 \text{ m}^3$ ; 4) 替入密度为 1.90 kg/L 重浆  $20 \text{ m}^3$ ; 5) 关封井器, 开泵憋压至 20 MPa, 稳压 10 min 未破, 井底当量钻井液密度为 2.15 kg/L, 承压堵漏成功。

该井钻至井深 5 991.77 m 时, 地层为嘉陵江组 3 段底部, 按设计要求进行了地层承压堵漏作业: 1) 在  $47 \text{ m}^3$  密度 1.90 kg/L 的重浆中加入 3% FCR-2, 封  $5000 \sim 5991.77 \text{ m}$  井段; 2) 替入密度 1.60 kg/L 的钻井液  $20 \text{ m}^3$ , 替入位置  $4542 \sim 5000 \text{ m}$  井段; 3) 替入密度 1.80 kg/L 的重浆  $43 \text{ m}^3$ , 封钻杆内  $0 \sim 4542 \text{ m}$  井段; 4) 起钻至井深 4 542 m 套管鞋处, 关封井器开泵憋压至 20.5 MPa, 稳压 10 min 未破, 井底当量钻井液密度 2.15 kg/L, 地层承压堵漏成功。

通过采取适宜的技术措施, 顺利完成了须家河组、雷口坡组和嘉陵江组 3 段底部地层的承压堵漏作业, 整个施工过程中均未发生钻井液渗漏现象, 达到了提高上部井段地层承压能力的预期目的, 不但为下部井段的安全钻进提供了良好的施工条件, 也为以后该地区其他井钻井过程中提高地层承压能力

作业积累了经验。

## 4 结论及建议

1) 凝胶复合堵漏剂 NFJ-1 具有较好的变形性和抗温能力, 对不同尺寸孔道的适应能力强, 可将桥堵材料和地层很好地胶结成一个整体, 承压能力高, 具有较强的膨胀堵塞、化学胶结能力, 整体堵漏效果良好。

2) 元坝 1 井通过在须家河组、雷口坡组及嘉陵江组 3 段底部地层实施承压堵漏作业, 提高了地层承压能力, 有力地保证了下部井段安全快速钻进, 同时为该区块海相地层堵漏方案的确定积累了经验。

3) 根据地层及井下的实际情况制定详实的承压堵漏技术方案, 对于承压堵漏作业的成功至关重要。

4) 建议对凝胶复合堵漏剂 (NFJ-1) 进行深入研究, 进一步提高其堵漏能力, 以满足南方海相探区深

井堵漏的需求。

## 参 考 文 献

- [1] 周世良, 李真祥, 陈仕仪, 等. 南方海相地区深井钻井技术的实践与认识 [J]. 石油钻探技术, 2005, 33(5): 72-76.
- [2] 王维斌, 马廷虎, 邓团. 川东宣汉-开江地区恶性井漏特征及地质因素 [J]. 天然气工业, 2005, 25(2): 90-92.
- [3] 丁海峰, 董明键, 魏学成, 等. 河坝 1 井堵漏技术 [J]. 石油钻探技术, 2005, 33(4): 23-25.
- [4] 纪宏博, 王冠军. 冀东油田庄 8-1 井井漏的处理 [J]. 石油钻探技术, 1999, 27(4): 35-36.
- [5] 江天云. 江苏探区井漏特征及处理工艺 [J]. 石油钻探技术, 1995, 23(2): 32-34.
- [6] 陈建平, 张道成. 塔河油田 S105 井承压堵漏技术 [J]. 石油钻探技术, 2004, 32(2): 65-66.
- [7] 陈亮, 王立峰, 蔡利山, 等. 塔河油田盐上承压堵漏工艺技术 [J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 63-66.
- [8] 蔡利山, 张进双, 苏长明. 关于合理使用承压堵漏技术指标的建议 [J]. 石油钻探技术, 2008, 36(2): 84-86.

〔审稿 郭才轩〕

## Leakage Control under Pressure in Well Yuanba-1

Gao Shaozhi

(Third Drilling Company, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan, 457001, China)

**Abstract:** Well Yuanba-1 is a key well designed to explore Yuanba trap in Sichuan basin. Because of the high pressure formation in the Jialingjiang-2 section, leakage control was conducted in the upper open hole section under pressure over 2.15kg/L to meet the requirement of safe and rapid drilling in lower formation. Based on lab tests, the gelatin polymer lost circulation material (LCM) named NFJ-1 selected. Various drilling fluid formula and plugging plans were developed to meet demands for various lost circulation grade. Plugging jobs have been successfully conducted under pressure at three separate formations, the Xujiahe section, the Leikoupo section, and the Jialingjiang section. The formation strength of these formations all meet planned requirements so that the well was drilled to its planned depth. The leakage control technique, determination of plugging fluids, field application and its results were introduced in this paper.

**Key words:** leakage control under pressure; resistance to pressure; Well Yuanba-1

## 美国福斯公司推出具有突破性的降低气体噪音新技术

近日, 美国福斯公司宣布推出一种具有突破性的降低工业控制阀气体噪音的专利产品——Flowserve Valtek Stealth。作为全球泵阀及流体运动控制制造业巨头, 福斯公司的 Stealth 降噪设计结合了减压、速率控制及噪音消除等多种性能特点, 显著地减小了由高压降带来的噪音。

在 Stealth 设计中, 带有激光切槽的圆盘叠装成阀座固定器, 圆盘上的切槽形成了流体可通过的通道。由于应用了经实际检验的福斯 Valtek Tiger Tooth 降噪技术, 当流体通过 Stealth 时会膨胀和收缩, 从而形成平缓的、受控制的压降, 可平缓地减小压力, 不会产生高流速, 而这对降低噪音是极为关键的。除此之外, Stealth 还利用了频率位移技术, 以进一步降低可被听见的噪音。福斯的 Wave Cracker 新技术使用不规则形状横截面设计, 显著改善了现有设计的降噪性能。

3 年来的实际使用结果表明, Stealth 能够在严酷的使用状态中减小噪声达 40 dB, 而这种状态下的噪音及过度振动, 对人的听力及机器设备都会带来损害。Stealth 是目前控制阀中最为有效的降噪设计之一。

(郝嘉佳 张 鸣 供稿)