

薄夹层堵水技术研究及应用

李家明 罗洪友 雷雨田 石步乾 王学宏

(河南油田分公司石油工程技术研究院 河南桐柏 474780)

摘要 针对老油田开发现状及存在的问题,开展了大厚层内薄夹层堵水技术研究。介绍了该技术的组成、工艺原理、主要技术参数、技术特点及现场应用效果;叙述了Y441-114双向卡瓦封隔器、Y341-114逐级解封封隔器、定位器等配套工具的结构特点、工作原理;并对逐级解封封隔器逐级解封负荷、双向卡瓦封隔器卡瓦解卡负荷进行了计算。现场应用结果证明:该封堵管柱卡得准、封得严、取得出,满足了大厚层内薄夹层单级或多级堵水的需要。

关键词 薄层 夹层 管柱 定位 堵水 研究 应用

作者简介 李家明,1987年毕业于西南石油学院计算机专业,现在机械采油室工作,高级工程师。罗洪友,1976年毕业于华东石油学院采油工程专业,现任院长,教授级高级工程师。雷雨田,1988年毕业于西安石油学院矿机专业,现任机械采油室副主任,工程师。石步乾,1988年毕业于石油大学采油工程专业,现任总工程师,高级工程师。王学宏,1993年毕业于江汉石油学院采油工程专业,现在机械采油室工作,工程师。

河南油田地质构造复杂,层间矛盾、平面矛盾突出,油藏非均质性严重。随着注水开发时间的延长,注入水单层突进严重,开发效果逐渐变差。经过多年强注强采,目前综合含水达92.3%,严重影响着油田的稳产。因此,老油田挖潜对象应从层间转向大厚层内,大厚层内有许多稳定薄隔层,厚度为1~4m。为改善老油田开发状况需对薄夹层单级或多级堵水。薄夹层堵水技术的研究及应用,改善了老油田开发现状,减缓了油田递减,提高了水驱动用程度和最终采收率,提高了油田整体开发水平。

一、管柱组成及工艺原理

1. 管柱组成 如图1,该技术由丢手接头、Y441-114封隔器、Y341-114封隔器、偏孔单流阀、定位器及底部球座等配套工具组成丢手堵水管柱。

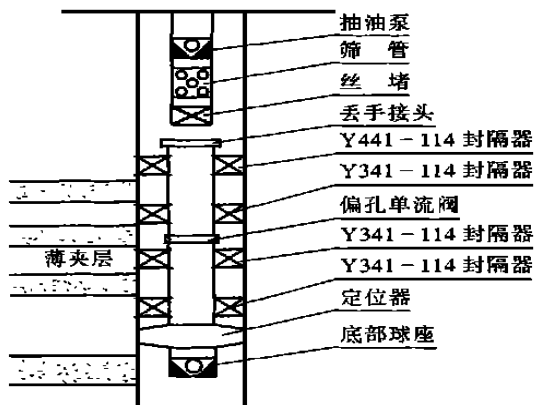


图1 堵水管柱组成示意图

2. 工艺原理

(1)管柱定位。在大厚层内有许多性质较稳定、厚度为1~4m的薄夹层(隔层),层间物性差异大,需进行细分堵水。为了使封隔器卡点准确,首先通过定位器定位,将封隔器准确卡在设计位置。

(2)管柱坐封与验封。管柱定位后,从地面向油管内打压13~15MPa,使各级封隔器坐封。停泵卸压后再向油管内打压15MPa,稳压5min,压降值不超过0.5MPa时,说明堵水管柱密封良好;当压降值超过0.5MPa时,说明堵水管柱密封性不好,起出原井管柱,再下封堵管柱。

(3)管柱丢手。确认各级封隔器密封良好后,向油管内投入丢手接头芯子,丢手接头内支承销在丢手接头芯子撞击力作用下,剪断悬挂销钉,内支承销下行,锁球失去锁紧力,丢手接头内、外管相互脱开,完成管柱丢手,起出丢手施工管柱,再下生产管柱进行生产。

(4)管柱的逐级解封。生产一段时间后,需进行调层或换封时,起出生产管柱,再下打捞管柱,采用下放上提方式解除双向卡瓦锚定并使各级封隔器逐级解封,安全起出丢手堵水管柱。

二、管柱的主要技术参数

工作压差:25MPa;

封隔器最小坐封段:1.0m;

适应套管内径:121~124mm;

工作温度: 120℃;

封隔器级数 ≥ 1 。

三、技术特点

1. 可实现封隔器坐封段 $\geq 1\text{m}$ 薄夹层堵水 通过定位器定位, 可将封隔器准确卡在设计位置, 与磁定位比较, 误差仅为 0.15m, 最小坐封段达 1m, 定位方式简单, 费用仅为磁定位的 1/4。

2. 锚定可靠, 解除锚定安全 双向卡瓦封隔器除了封隔作用外, 还具有双向锚定功能, 使其可靠地悬挂在油层部位。卡瓦解卡时, 用下放上提管柱方式, 使卡瓦、胶筒回收, 最终安全起出地面。

3. 可实现一级或多级多段堵水 设计了封隔器逐级解封机构, 可进行多级堵水, 逐级解封, 解决了普通同类封隔器多级使用解封难的问题。

4. 可验证各级封隔器的密封性, 提高封堵管柱的工艺成功率 设计了封隔器验封机构, 可根据井口压力变化情况判断各级封隔器的密封性。

5. 可实现不压井作业, 消除对油层的污染 设计了偏孔单流阀和管底开关, 在中途洗井、冲砂作业时, 不污染油层。

6. 对下井管柱具有扶正功能, 保护下井工具 定位器除了具有定位功能外, 还具有管柱扶正功能, 对下井工具具有保护作用, 避免了因井斜或井架与井口不对中而损坏下井工具, 从而提高了该封堵管柱密封的可靠性。

7. 防止管柱下井过程中途坐封, 提高封堵管柱可靠性 设计了封隔器胶筒防阻机构, 消除封隔器下井过程中途坐封现象, 保护了封隔器胶筒, 提高了封堵管柱的可靠性。

四、配套工具

1. Y441-114 双向卡瓦封隔器 该封隔器是液压坐封、下放上提解封双向卡瓦支撑式封隔器^[1,2]。

(1) 主要技术参数。

总长: 1690mm;

最大外径: 114mm;

最小通径: 38mm;

两端连接螺纹: 2 1/2" 平式扣;

坐验封压力: 13~15MPa;

解封负荷: 15~20kN;

卡瓦解卡负荷: 18~24kN。

(2) 工作原理。

①坐封。将封隔器下入井内。在井口向油管内打压 13~15MPa, 压力通过中心管传递到上活塞和

下活塞, 上下活塞产生 1 个轴向推力, 压缩胶筒, 同时将卡瓦撑开, 锚定在套管内壁上, 并锁紧。管柱丢手后, 在卡瓦作用下封堵管柱悬挂在井中。待停泵卸压后, 再向油管内打压 15MPa, 观察井口压力变化情况, 验证胶筒的密封性。

②解封与解卡。需要解封时, 起出生产管柱向井内下入打捞管柱, 采用下放上提方式, 迫使卡瓦和胶筒回收, 安全起出该封隔器。

(3) 解封及解卡负荷计算。

①封隔器解封负荷计算(见图 2)。封隔器解封时, 需克服弹簧爪内收力, 计算公式^[3]为

$$F = \frac{3nEJY}{L^3} \quad (1)$$

式中 F —— 爪子内收力, kN;

n —— 爪子数量, 取 $n=16$, 个;

E —— 弹簧爪材料弹性模量(选用 35CrMo), 一般取 $E=2.06 \times 10^5$, MPa;

J —— 惯性矩, 取 $J=56$, mm^4

Y —— 爪子内收挠度, 取 $Y=3$, mm;

L —— 爪子长度, 取 $L=51$, mm;

将以上数据代入式(1), 得弹簧爪内收力为 12.52kN。因爪子外台阶角 $\theta_1=45^\circ$, 所以封隔器解封力亦为 12.52kN。

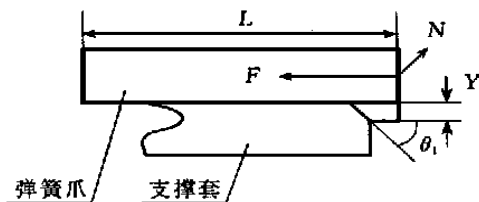


图 2 封隔器解封受力分析

②卡瓦解卡负荷计算。卡瓦解卡负荷体现在下锥块与支承体相对运动时摩擦力的大小(见图 3)。

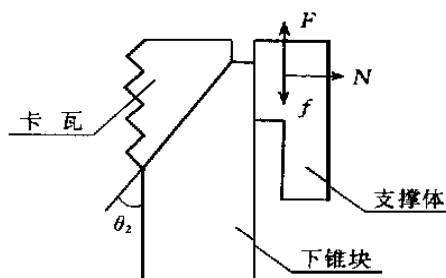


图 3 卡瓦解卡受力分析

单块下锥块产生向上的最大推力为 15kN, 锥块角度 θ_2 为 20° , 则卡瓦对支承体产生正压力 N 为 41.3kN, 钢-钢摩擦系数^[3] $\mu=0.1$, 解卡负荷计算公

式^[3]为

$$F' = n\mu N \quad (2)$$

式中 F' ——卡瓦解封负荷, kN;
 n ——下锥块数, 取 $n=4$, 个;
 μ ——摩擦系数, 取 $\mu=0.1$ 。

代入数据得卡瓦解卡负荷为 16.5kN。

2. Y341-114 逐级解封封隔器 该封隔器是无支撑液压坐封、下放上提解封压缩式封隔器^[1,2]。

(1)主要技术参数。

总长: 1726mm;
 最大外径: 114mm;
 最小通径: 40mm;
 坐验封压力: 13~15MPa;
 解封负荷: 12~20kN。

(2)工作原理。

①坐封、验封。封隔器下井后, 在井口向油管内打压 13~15MPa, 压力通过中心管传递到上活塞、下活塞, 两级活塞产生 1 个轴向推力压缩胶筒, 并锁紧, 当停泵卸压后, 再向油管内打压 15MPa, 观察井口压力变化情况, 验证胶筒的密封性。

②解封。需要解封时, 起出生产管柱, 向井内下打捞管柱, 当捞矛捞住丢手接头后, 继续下放管柱,

然后上提管柱, 胶筒回弹实现解封。

(3)逐级解封负荷的计算。封隔器解封时, 需要克服弹簧爪内收力, 计算公式仍引用(1)式并代入有关数据, 得封隔器的解封负荷为 12.58kN。

3. 定位器 定位器定位方式简单, 定位信号直观可靠, 对下井管柱有扶正作用, 可保护下井工具。

(1)主要技术参数。

总长: 500mm;
 定位器最大外径: 114mm;
 总重: 20kg;
 两端连接螺纹: $2\frac{1}{2}''$ 平式扣;
 最小通径: 32mm。

(2)工作原理。定位器随封隔器一起下入井中, 当管柱下到设计位置后, 下放上提管柱, 根据井口信号仪信号变化情况来确定封隔器当前实际深度, 最后准确将封隔器卡在设计位置。

五、现场应用及效果

该技术到目前为止, 已在河南油田现场应用 42 井次, 累计增油 7352t, 累计降水 $10.4 \times 10^4 \text{m}^3$, 工艺成功率 95.2%, 有效率 92.9%, 取得了较好的经济效益和社会效益。典型井例施工前后有关数据见表。

典型井例施工前后效果对比表

井号	施工日期	坐封段 / m	施 工 前				施 工 后			
			生产层位	液 / $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	油 / $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$	含水 / %	生产层位	液 / $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	油 / $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$	含水 / %
3140	1998.08.09	1	采 III ₁ ¹⁻² III ₁ ^{3,4}	132	3	97.7	堵 III ₁ ^{1,2} 采 III ₁ ^{3,4}	58	4	93.1
14-16	1998.01.20	1.65 2.45 3.60	采 1,2 3,4 层	99	2	98.0	堵 1,3 采 2,4	65	4	93.8
T9-808	1999.04.20	2.13	采 VII ₂ ¹⁻³ VIII ₃ ¹	84	2	97.6	堵 VIII ₂ ^{1,3} 采 VIII ₃ ¹	1	1	0

六、结论

1. 油田注水开发后期, 实施大厚层内薄夹层堵水, 是提高油田开发水平的有效途径。

2. 机械定位技术定位准确, 费用低, 操作简便, 可用于各种工艺管柱定位。

3. 逐级解封封隔器可实现多级多段堵水, 解决了普通同类封隔器多级使用解封难的问题。

4. 双向锚定封隔器使丢手堵水管柱锚定可靠, 解除锚定安全。

参 考 文 献

- 1 王鸿勋, 张琪等. 采油工艺原理. 北京: 石油工业出版社, 1989
- 2 油田用封隔器及井下工具手册编写组. 油田用封隔器及井下工具手册. 北京: 石油工业出版社, 1981
- 3 中国农业机械化科学研究院. 实用机械设计手册. 北京: 中国农业机械出版社出版, 1984

(收稿日期 2000-10-09)

(修改稿收到日期 2000-11-29)

[编辑 付丽霞]

ment, CNPC)

Abstract Formation permeability damage caused by different sizes of suspended particle in produced water is a very important job in oil fields. The diameter summit of porous of the sandstone in A'nan and Ha'nan oil fields of Erlan is 4.0~6.2 μ m according to the data of pressure mercury; the permeability damages are simulated by its produced water containing different sizes of suspended particle through cores of A'nan, while $1/12 \leq D_t/D_p \leq 1$, the maximum damage data would be obtained, while $D_t/D_p \geq 2/3$, the damage is less serious, while $D_t/D_p \leq 1/8$, the damage is small; Meanwhile, referred to the domestic and foreign study and conclusion of match relation in the research field, specially, the "Bridging Rule" of 1/7 which is stricter than 1/3, the advice is given that the key region of suspended particle, which are disposed in produced water is 0.5~7.8 μ m in A'nan and Ha'nan Oilfield.

Subject heading produced water reinjection suspended particle formation damage research

RESEARCH AND APPLICATION OF THE WATER SHUTOFF TECHNIQUE IN THIN INTERCALATION

by Li Jianing, Luo Hongyou, et al (Petroleum Engineering Technology Institute, Henan Oilfield Co.)

Abstract The research of the technology of thin intercalation in thick layer was developed aiming at the production status and the existent problem. The constitute, technology principle, main technique parameter and characteristic of the technology and the effect of field test were introduced. The structure characteristic and work principle about Y441-114 packer, Y341-114 packer, locator and others match tools were narrated. The unpacker load of Y341-114 and the struck freeing load of Y441-114 packer were calculated. Field test indicated, being free point located accuracy, plugging tight and fetching out easily, the technique can content water shutoff in thick layer with thin intercalation.

Subject heading thin layer intercalation pipe string locating water shutoff research application

RESEARCH AND APPLICATION OF SEPARATE LAYER RECOVERY WITH TWO PUMPS PRODUCING IN THE SAME TIME

by Guo Wei, Yu Zhendong (Oil Production Test Co., Daqing Oilfield Co.)

Abstract The necessary of separate layer recovery with two pumps in the same time was narrated. Some projects were put forward aiming at the exist problem. Force analysis about the two pumps producing unit was put up. Some calculation formulas about parameters were advanced. The application status in Daqing Oilfield and Liaohe Oilfield were introduced, and the effects were analyzed.

Subject heading separate layer recovery hollow pump hollow rod tubing pump connection application effect

STUDY AND APPLICATION OF ENHANCED OIL RECOVERY WITH PERIODS WATER FLOODING IN VISCOUS OIL RESERVOIR

by Feng Ruilin, Li Yangmin, et al (No.3 Production Plant, Huabei Oilfield Co.)

Abstract The movement disciplinarian of oil-water in homogeneity or heterogeneity formation was dissected proceed in the process of water control through the research of pulsating flow water flooding mechanism and its adaptability analysis. Compare with general water flooding, periods water flooding can enhance oil recovery and excavate residual oil completely. Combining with the status of fault block Gao30, the technology of "Large scope short period pulsating water flooding" was developed and development effect was improved remarkably. The main used method is to mark off injection-production system as water control unit. With the development practice, new cognition was sum up which made the injection-production system more close to the formation, so some high producing well were cultivated, water drive status of this reservoir was improved sharply.

Subject heading viscous oil reservoir pulsating flow water flooding technique mechanism effect

FIELD TEST OF INJECTION FLUE GAS TO ENHANCE OIL RECOVERY IN VISCOUS OIL STEAM SOAKING WELL

by Li Feng, Zhang Fengshan, et al (Jinzhou Production Plant, Liaohe Oilfield Co.)

Abstract The test of soaking with steam and flue gas mixed was developed aimed at the severe situation of Jinzhou