

# 多措并举, 精细管理, 提升桩斜148块开发效益

成振华

胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11774

**[摘要]** 桩斜148块是一个低渗油藏,天然能量较弱,整体物性较差,中孔低渗。地层方面,该块平面矛盾与纵向矛盾均较为突出,水驱效果差异较大,核心部位高渗条带水淹,边部注水不见效。井筒方面,由于注入水质等级较低,洗井用水水型不配伍等情况,导致井筒结垢,单元开发效益较差。通过精细注采管理,及时对水井进行调配或周期注水,调整注水开发效果,减缓单元自然递减;同时优化洗井方式、周期及注入水水质,控制油水井结垢速度,降低躺井率,延长油水井免修期,提高开发效益。对于相同油藏类型、井筒结垢严重的情况具有一定的借鉴意义。

**[关键词]** 结垢; 注采管理; 开发效益

**中图分类号:** TK268. +2 **文献标识码:** A

Take multiple measures and implement precise management, Improve the development efficiency of 148 inclined piles

Zhenhua Cheng

Shengli Oilfield Dongsheng Jingkong Petroleum Development Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Pile inclination 148 block is a low-permeability reservoir with weak natural energy, poor overall physical properties, and low permeability in the middle pore. In terms of stratigraphy, both planar and vertical contradictions are prominent in this block, and there is a significant difference in water flooding effects. The high permeability strip in the core area is flooded, while the edge water injection is ineffective. In terms of the wellbore, due to the low water quality level of injection and incompatible water types for well washing, scaling has occurred in the wellbore, resulting in poor unit development efficiency. Through precise injection and production management, timely allocation or periodic water injection of water wells can be carried out to adjust the water injection development effect and slow down the natural decline of the unit; At the same time, optimize the well cleaning method, cycle, and injection water quality, control the scaling rate of oil and water wells, reduce the lying down rate, extend the maintenance free period of oil and water wells, and improve development efficiency. It has certain reference significance for situations of the same reservoir type and severe wellbore scaling.

**[Key words]** scaling; Injection and procurement management; Development benefits

## 1 前言

桩斜148位于济阳坳陷沾化凹陷桩西潜山披覆构造带北部,储层为S2段,埋深3140-3410m,有效厚度9.3m,渗透率为 $22.45 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均孔隙度为16%,含油面积 $1.4 \text{ km}^2$ ,地质储量 $140.8 \times 10^4 \text{ t}$ ,标定采收率20%。桩148块自2007年正式投入开发,2009年6月投入注水开发,井距300m,采用反五点井网开发。到目前为止先后经历了天然能量开采(2007.02—2009.05)、注水开发(2009.06—至今)阶段。目前该块日油水平27.0吨,累积产油 $20.01 \times 10^4 \text{ t}$ ,综合含水64.2%,采油速度0.6%,整体上处理低采油速度,低采出程度,中等含水开发阶段。区块开发到一定程度,

纵向与平面矛盾均较为突出,且井筒结垢严重,需要通过精细管理来改善开发效果,提高开发效益。

## 2 桩斜148块基本概况

桩斜148块是一个低渗注水开发单元,主力油层沙二段,整体上采用一个反五点法井网开发。区块平均孔隙度16%,平均渗透率 $22.45 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,渗透率级差610,渗透率突进系数2.72,纵向上共钻遇五套油层,由于缺乏稳定隔夹层,作为一套层系开发,纵向上差异也较大,该块平面非均质性与纵向非均质性均较为突出。该块地层温度 $135^\circ\text{C}$ ,地层水矿化 $5248 \text{ mg/L}$ ,水型 $\text{NaHCO}_3$ ,原始地层压力 $38.92 \text{ MPa}$ ,压力系数1.01,属于常温常压系统<sup>[1]</sup>。

### 3 开发中存在问题

#### 3.1 油水井结垢严重

3.1.1 洗井用水水质差, 水型不配伍, 洗井周期不合适, 油井结垢, 频繁躺井

桩斜148块共有油井9口, 从2013年至2017年躺井24井次, 其中23井次均发现有结垢的情况, 其中10井次因为结垢原因躺井, 占到躺井总井次40%。且作业解剖分析所有的单井均存在结垢的情况, 化验水垢类型主要为CaCO<sub>3</sub>。通过论文文献的调查研究, 分析发现结垢主要是受离子含量、温度、压力的影响。

(1) 温度堵结垢的影响。温度的影响主要是改变易结垢盐类的溶解度。除了CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O的溶解度在40~60℃之间有极值外, 其他垢类的溶解度都是随着温度的升高而降低, 沉淀析出量不断增加。

盐类垢中以碳酸盐为主。结垢原因为: 当温度升高时, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>分解, 产生CaCO<sub>3</sub>结垢, 该反应为吸热反应, 温度升高, 平衡向右移动, 有利于CaCO<sub>3</sub>的析出。对于以CaSO<sub>4</sub>、BaSO<sub>4</sub>和SrSO<sub>4</sub>为主的盐类垢, 主要是因为介质中的SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>与Ca<sup>2+</sup>、Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>结合而生成难溶解沉淀。由于这些反应大部分也是吸热反应, 随着温度升高, 沉淀析出将会更多。



(2) 压力对结垢的影响。CaCO<sub>3</sub>、CaSO<sub>4</sub>、BaSO<sub>4</sub>结垢均有影响。但对CaCO<sub>3</sub>结垢的影响最大, 因CaCO<sub>3</sub>生成反应中有CO<sub>2</sub>气体参与。当压力降低后CO<sub>2</sub>在水中的溶解度下降, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>具有减少的趋势, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>依赖的电离平衡为2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>→CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+CO<sub>2</sub>↑+H<sub>2</sub>O, 压力减少将增大CO<sub>2</sub>气体的生成, 使电离平衡向右移动, 增加CaCO<sub>3</sub>的生成量, 增大结垢趋势。

(3) 离子含量对结垢的影响。成垢物质的来源主要有两个方面: 一是注入水中含有一定量Ca<sup>2+</sup>和Mg<sup>2+</sup>, 与CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等离子生成结垢物质在管壁上沉积, 并不断增多; 二是地层水中含有Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>等大量结垢离子, 同时注入水与地层水不配伍混合时析出沉淀物。

于是我们对油井单井的含水及矿化度进行统计。从统计表格中可以看出, 该块3口井无游离水, 4口井含水在50%左右, 含水较低, 矿化度也不高, 1口井含水在80%, 矿化度较高。从单井含水等情况分析, 地层水自身结垢的概率较低。

考虑该块油井含蜡, 周期性进行单井洗井清蜡, 且洗井用水为120热水站热污水, 可能对结垢存在一定影响。对原洗井用水进行水性分析, 发现洗井用水水型为CaCl<sub>2</sub>, 而油井采出水水型为NaHCO<sub>3</sub>, 水型不配伍, 加之入井液高温, 会出现结垢现象。

#### 3.1.2 注入水水质差, 水井结垢

桩斜148块共有水井5口, 2009年转注以后作业16井次, 其中有13井次作业过程中均有结垢情况。水井的严重结垢, 导致水井注入压力高, 注水效果差, 对地层的能量补充不及时, 单井液量下降。且水井频繁检管, 平均检管周期为540天左右, 部分水井检

管频繁, 作业费用高。

表1 桩斜148块水井作业解剖统计表

序号	井号	作业日期	解剖内容
1	ZXH148-X6	2014.4.8	原井油管均有一定程度的结垢, 最厚约6mm, 部分油管丝扣及接箍腐蚀严重。
2	ZXH148-X9	2010.11.28	Φ73mm加厚渗氮油管有42根结垢严重。
3		2013.5.16	油管内堵满水垢
4		2014.9.15	无异常
5		2015.8.5	检查第267根至第390根油管内壁结垢, 结垢最严重程度结垢约3mm, 第325根及335根油管被水垢堵死。
6	ZXH148-X10	2012.12.23	最下部20根油管水垢堵, Φ73mm平式油管腐蚀严重。
7		2013.1.14	检查十字架及十字架以上1.90m有黑色堵塞物, 工艺所检验该物质成分不明。
8		2013.12.11	油管内壁结垢严重
9		2014.9.8	第1500m-3599m共222根Φ73mm平式纳米油管内壁结垢2-3mm, 外壁结垢1-2mm, 其中第211根至234根Φ73mm平式纳米油管被水垢堵死。
10		2015.4.30	油管内、外壁均结垢
11	ZXH148-X11	2014.4.2	原井油管部分内壁结垢严重
12	ZXH148-X13	2013.12.4	检查起出油管结水垢严重
13		2015.7.10	第241根至十字架内壁结一层垢片厚度约为1mm-2mm

表2 桩斜148块水井注入压力统计表

序号	井号	泵压	油压	套压	配注	实注
1	ZXH148-X6	31	31	29	20	16
2	ZXH148-X9	35	35	0.1	20	16
3	ZXH148-X10	35.3	25	0.1	20	21
4	ZXH148-X11	35	8	7.7	20	24
5	ZXH148-X13	35	34	32	30	20
合计					110	97

从上表中可以看出, 水井注水油压有3口井在30MPa以上, 最高达到34MPa, 注水压力高, 注水量低。对注入水水质进行化验, 发现注入水矿化度较达到14538mg/L, 高, 且与地层本身水型不配伍, 加之注水井均为大位移斜井, 井身轨迹复杂, 加重结垢的趋势。

#### 3.2 油藏平面、纵向矛盾突出

桩斜148块平面、纵向矛盾均较为突出, 砂体展布从以桩148-斜5为厚度中心, 向东西方向逐渐变薄。纵向上钻遇5个小层, 油层厚度较大, 平均效厚15.6米, 但是各小层间缺乏稳定泥岩, 合采开发, 纵向非均质性明显。

从区块的液量及含水等值图中可以看出, 区块单井的开发效果差异较大。中心部位由于砂体厚度大, 且渗透率较高, 注水

开发见效明显,单井液量高,含水高;边部油井受物性条件限制,低液低含水生产,水驱效果较差。平面矛盾突出的低渗区块,也需要进行精细的注采管理,通过对地层特征和开发特征的把握,进行调配或者脉冲注水,缓解平面矛盾及纵向矛盾<sup>[2]</sup>。

#### 4 多措并举,提升开发效益

##### 4.1 多点着力,破除结垢难题

###### 4.1.1 优化入井液,缓解油井结垢

经过分析对比,桩斜148块油井结垢与入井液洗井用水水质与地层产出水不配伍,矿化度高密切相关。我们对入井液进行了优化。优化后洗井用水水型为NaHCO<sub>3</sub>,与地层产出水配伍,且无钙镁离子,减缓了单井井筒结垢的情况。

2018年1月至2019年6月共作业5井次,其中仅发现1口井结垢,且单井结垢堵塞情况较原来有明显的减轻。同时我们进一步对洗井用水进行了优化,转变为软化水洗井,不存在钙镁等离子含量,基本杜绝因为入井液不配伍情况导致的结垢,减缓单井因结垢导致的泵杆卡、液量下降的情况。

###### 4.1.2 注精细水,缓解水井结垢,保证地层能量补充

在治理油井结垢的成功经验上,我们剖析水井结垢是因为注水水质较差,等级低等原因造成。于是对注水入进行精细过滤处理确保水井注入水水质达标。矿化度也有油14358mg/L下降至50mg/L。水井注入压力也有所下降,注水效果得到了一定的改善。

###### 4.1.3 强化作业过程管理,酸洗解堵释放产能

由于油井自身产出水的高矿化度及高钙镁离子含量,对于井筒结垢的情况只能够缓解,不能彻底解决。因此,我们有必要在单井作业过程中进行详细的监测管理,发现单井存在结垢情况,可以采取机械除垢或者酸洗解堵的方式对垢进行处理,起到释放单井产能的作用。

##### 4.2 精细注采调整,减缓自然递减

中心井组桩148-斜11是一个一注两采井组,水井桩148-斜11注水压力属于区块中最低的,油压在8MPa,油井桩148-斜11是

主流线方向,桩148-斜7属于次流线方向。油井桩148-斜1一直高液量高含水生产,桩148-斜7在2014年重复压裂后初期液量较高,后期由于在次流线方向,能量得不到有效补充,液量逐渐下降。井组的矛盾较为突出。在开发过程中,对水井进行及时调配或采取脉冲注水的手段,减缓平面矛盾。

从桩148-斜11注采曲线可以看出井组在2019年初产量较高,但是油井桩148-斜1在2019.1月初含水有所上升趋势,桩148-斜7含水在2019年1月底含水也有所上升趋势,于是对水井桩148-斜11进行调配40-20m<sup>3</sup>,油井桩148-斜1的含水得到一定控制,但是桩148-斜4含水仍有上升趋势,2019年7月,对水井桩148-斜11进行计关,一个月后,桩148-斜7的含水有明显下降,井组的自然递减得到了良好的控制<sup>[3]</sup>。

#### 5 实施效果与结论

通过上述的措施,从作业解剖、躺井率、免修期等指标来看,单元的油水井结垢情况均得到良好的控制,结垢趋势明显放缓。同时从水井的精细注采管理入手,缓解单元的平面矛盾,控制自然递减。

(1) 针对桩斜148块的地层高矿化度易结垢的情况,做好入井液的控制是预防结垢的关键。

(2) 针对部分平面矛盾突出井组建议实施调驱实验,缓解平面矛盾,减缓单元的自然递减。

#### [参考文献]

[1] 马广彦,采油井地层深部结垢防治技术[J].石油勘探与开发,2002,29(5):82-84.

[2] 巨全义,罗春勋,武平仓.低渗注水油田地层结垢的防治技术[J].油田化学,1994,11(2):113-117

[3] 贾红育,注水开发油田油层结垢机理及油层伤害[J].石油学报,2001,22(1):59-60.

#### 作者简介:

成振华(1986--),男,汉族,山东东营人,本科,助理工程师,从事采油工程研究。