

# 杏南区采出水配注合格率的影响因素及治理措施

吕旭 张智斌 金小壮 吕磊 长庆油田分公司采油一厂

**摘要:** 安塞油田杏南区属于特低渗透砂岩油藏。注水系统能力不足、计量误差、阀门腐蚀失效和地层堵塞等因素导致注水井欠注和隐形超注,是影响杏南区采出水回注配注合格率的因素。因此,在杏南区采取了强化水质监控,强化活动洗井车闭路循环洗井,强化注水系统流程维护,利用移动式洗井车挤注活性水,以及实施酸化压裂增注等措施。通过采取上述措施2014年杏南区采出水回注系统平均消除注水井欠注 $200\text{ m}^3/\text{d}$ ,平均消除注水井隐形超注 $90\text{ m}^3/\text{d}$ ,采出水配注合格率从91.7%提高到97.6%。

**关键词:** 杏南区; 特低渗透; 采出水回注; 配注合格率; 欠注; 隐形超注

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.12.019

## 1 采出水回注现状

安塞油田杏南区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡东部,为特低渗透砂岩油藏,动用储量 $0.3 \times 10^8\text{ t}$ 。开发油层为三叠系延长组长6层,平均埋深1580 m,平均渗透率1.9 mD。

杏南区块采出水回注站2座,采出水回注井84口,日配注 $2\,300\text{ m}^3$ ,分注井35口。采出水配出干线4条,采出水配水阀组28座。配水阀组采用LCKJ高压流量自控仪计量注水井流量。数字化站控中心实施注水井远程监控和远程调配。

## 2 影响因素

### 2.1 注水系统能力

(1) 杏六注由于单井配注量增加、调剖供水量增加,导致2台泵排量不足,3台泵全部启用。由于站内无备用泵,注水泵频繁维护,导致平均欠注 $30\text{ m}^3/\text{d}$ 。

(2) 由于杏二注主干线注水管网频繁发生腐蚀破裂,实际承压不能满足需要,一方面导致注水时率较低,另一方面导致泵压运行较低,注水井油压下降,导致下游单井注水量低<sup>[1]</sup>。杏二注下游注水井欠注 $80\text{ m}^3/\text{d}$ 。

### 2.2 计量误差

LCKJ高压流量自控仪属于电磁式涡街流量计,通过检测漩涡的频率测试流体流速<sup>[2]</sup>。采出水中絮凝的油滴及固相杂质,粘附在机芯三角柱上使漩涡发育异常,粘附在机芯探头上使信号检测异常,严重时还可导致机芯损坏。LCKJ高压流量自控仪因此出现计量误差。这时注水井通常计量流量不变或下降,油套压反而上升,而实际流量却超过配注流量,出现了隐形超注。管压上升1 MPa,对

应超注流量 $0.5 \sim 1\text{ m}^3/\text{h}$ 。每天有2~3口注水井产生隐形超注 $50 \sim 80\text{ m}^3/\text{d}$ 。

### 2.3 阀门腐蚀失效

(1) 洗井旁通阀腐蚀失效。在配水阀组,每口注水井均有一个与注水流程并联的流程洗井旁通阀门。正常注水时流程洗井旁通阀处于关闭状态。采出水的腐蚀导致该阀门频繁失效,对应注水井产生无计量的注水即隐形超注,单井可达 $30 \sim 70\text{ m}^3/\text{d}$ 。

(2) 井口阀门腐蚀失效。采出水的腐蚀导致注水井口单流阀或套管进口阀失效。当注水站压力下降、停注、倒泵,或下游管线破裂时,地层压力高,管网压力低。由于井口单流阀或套管进口阀失效,地层水直接返吐至破裂的注水管网,或者从高压井地层水返吐注入低压注水井。返排流量较大时,携带出一定的地层原油或地层砂、调剖堵剂,诱发地层堵塞,注水井欠注。返吐原油进入地面流程,污染整个阀组所有注水井LCKJ高压流量自控仪机芯,这也是LCKJ高压流量自控仪频繁产生计量误差的主要原因之一。

### 2.4 地层堵塞

长期回注采出水后,悬浮油或固相杂质堵塞注水井地层,注水井地层渗透率下降。与注清水井相比采出水回注井的井口压力上升更快<sup>[3]</sup>,更加容易发生欠注。此外,当井口阀门腐蚀失效和注水系统压力下降时,地层水向管网反吐,携带出地层原油或调剖堵剂、地层砂,诱发地层堵塞。2014年因为地层堵塞平均产生欠注 $130\text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 3 治理措施

杏南区采出水回注系统,通过注水系统维护减少欠注 $90\text{ m}^3/\text{d}$ ,减少隐形超注 $80\text{ m}^3/\text{d}$ ,通过挤注活性水减少欠注 $120\text{ m}^3/\text{d}$ ,通过注水井增注减少欠



注 100 m<sup>3</sup>/d。

(1) 强化采出水水质监控。强化采出水水质监控, 提高采出水水质。严格实施过滤器反冲洗, 及时更换滤料。确保含油量≤20 mg/L、悬浮物含量≤10 mg/L。优化杀菌剂和缓蚀剂的添加, 确保细菌含量和腐蚀率合格。两年清理一次采出水处理站、注水站储水罐罐底沉积污泥, 防止产生次生污染。

(2) 强化移动式洗井车闭路循环洗井。采出水回注井每季度洗井一次。采用活动洗井车循环洗井, 属于车载式注水井闭路循环污水处理系统<sup>[4]</sup>循环洗井作业。洗井压力与地层压力平衡, 避免发生地层返吐、地层漏失。洗井排量 20~40 m<sup>3</sup>/h, 洗井水量达到 3 次循环。注水管柱下深要求射孔段以下 5~10 m, 循环洗井可以洗出井底泥砂。2014 年通过移动式循环洗井解除了 7 口分注井调配遇阻。

(3) 强化注水系统流程维护。杏六注配注增加后, 采取更换大柱塞的方式, 确保 2 台泵运行、1 泵备用, 避免因修泵产生欠注, 确保堵水调剖顺利实施, 2014 年平均每天减少欠注 20 m<sup>3</sup>; 每个注水系统配套 1~2 台注水泵配套自动变频调速装置, 监控分水器压力变化, 根据设定的分水器压力自动调节注水泵排量, 确保注水系统压力运行稳定; 杏二注更新腐蚀段注水管网, 注水系统提压 0.6 MPa, 注水时率提高 5%, 2014 年减少下游单井欠注 70 m<sup>3</sup>/d; 每季度标定 LCKJ 自控仪误差 1 次, 每天对油套压异常上升的注水井清洗维护机芯。2014 年清洗维护机芯约 850 井次, 平均每天减少隐形超注 60 m<sup>3</sup>; 2014 年排查并更新配水阀组旁通阀门 12 个, 减少隐形超注 30 m<sup>3</sup>/d, 更新注水井口 17 套, 减少了地层返吐造成的地层堵塞和 LCKJ 自控仪机芯污染, 减轻了机芯清洗工作量; 严格实施三年一次注水管柱检查和井下工具更新。

(4) 利用移动式洗井车挤注活性水。向地层挤注表面活性剂溶液, 使油水界面张力大大降低, 提高地层对水的渗透率<sup>[4-5]</sup>, 解除地层堵塞, 是一种低成本的增注技术。平均单井挤入活性水 10~20 m<sup>3</sup>, 8608 表面活性剂浓度 2%~4%, 挤注排量 5~10 m<sup>3</sup>/h。一般利用 1 台水泥车和 1~2 台水罐车, 从井口测试阀门堵头处注入。由于非注水专用车辆组织难度大, 难以及时实施。2014 年杏南区利用移动式洗井车挤注活性水。利用手摇计量加油泵或铲车举升, 提前将药品倒入移动式洗井车 5 m<sup>3</sup>储水罐。挤注前将阀组来水从注水井口单流阀前端堵头倒入移动式洗井车储水罐。待表面活性剂被有效稀释后, 关闭井口油管进口阀和套管进口阀, 再利用移动式洗井车将活性水从井口测试阀门堵头挤入。加水稀

释和挤注作业还可以同时进行。大大提高了挤注作业效率, 节省了罐车的费用。2014 年挤注活性水增注 14 口 20 井次, 10 口有效、日增注 120 m<sup>3</sup>, 平均增注 60 m<sup>3</sup>/d。有效井中 6 口井平均有效期 3 个月, 连续挤注两次, 仍然有效, 还有 4 口井增注长期有效。利用移动式洗井车挤注活性水, 下一步将针对井筒污染情况, 采用先洗井后挤注活性水、洗井和挤注活性水联作, 达到降低费用、提高效率和增强效果的目的。

(5) 酸化压裂增注。挤注活性水增注无效或有效期短, 则实施酸化增注或压裂增注。初次酸化增注, 一般采用缓速酸, 解除油污和无机垢堵塞。多次酸化配合水力射流解堵或加入一定土酸, 解除油污、无机垢和基质堵塞。少数地层压力特高井实施小型水力压裂。2014 年实施 6 口井, 有效 5 口井, 日增注 100 m<sup>3</sup>, 平均增注 50 m<sup>3</sup>/d, 平均注水压力下降 1.2 MPa, 目前仍然有效。

## 4 认识与结论

(1) 注水系统能力不足、计量误差、阀门腐蚀失效和地层堵塞等因素, 使杏南区产生注水井欠注和隐形超注, 是影响杏南区采出水回注合格率的主要因素。

(2) 强化采出水水质监控, 强化注水井循环洗井, 是提高采出水配注合格率的基础。注水流程维护、挤注活性水、酸化压裂增注是提高采出水配注合格率的主要手段。

(3) 2014 年杏南区采出水回注系统平均消除注水井欠注 200 m<sup>3</sup>/d, 平均消除注水井隐形超注 90 m<sup>3</sup>/d。注水井欠注从 160 m<sup>3</sup>/d 下降到 40 m<sup>3</sup>/d, 隐形超注从 55 m<sup>3</sup>/d 下降到 20 m<sup>3</sup>/d, 采出水配注合格率从 91.7% 提高到 97.6%。

## 参考文献

- [1] 冉令菲. 影响注水合格率的因素[J]. 油气田地面工程, 2012, 23 (10): 94.
- [2] 莫德举, 李立, 郭红晓. 电磁法检测漩涡频率的涡街流量计[J]. 北京化工大学学报, 2001, 28 (1): 70-72.
- [3] 王晓娥, 王昌龄, 黄远. 杏河油田污水回注定量动态评价[J]. 石油天然气学报, 2007, 29 (3): 240-242.
- [4] 时广霞. 注水井洗井工艺的改进[J]. 油气田地面工程, 2014, 33 (2): 37.
- [5] 闫飞, 刘东. 低渗透油田降压增注提高采收率技术研究[J]. 石油天然气学报, 2005, 27 (1): 104-105.

[第一作者简介] 吕旭: 工程师, 2003 年毕业于中国地质大学(武汉)石油工程专业, 从事注水工艺工作。(029) 86504261、lxu\_cq@petrochina.com.cn

收稿日期 2015-05-08

(栏目主持 张秀丽)

