

# 漏喷同存井动态平衡快速压井处置技术

## Dynamic Balance and Fast Kill Management Technology for Leak-blowout and Simultaneous Well

惠铁军 何积鹏 郭永鹏

Tiejun Hui Jipeng He Yongpeng Guo

川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司 中国·陕西 西安 710021

Changqing Drilling Company of CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710021, China

**摘要:**长庆油田具有“低压、低渗、低产”的特点,为了提高采收率,先注后采模式开采已成为常态化;原始地层压力破坏,地层压力无法预测,容易形成异常高压及圈闭,但长7储层多存有裂缝,洛河组承压能力低,易发生失返性漏失,喷漏同存现象普遍;发生溢流,处置不当会造成险情进一步扩大甚至井喷事故。论文通过对喷漏同存井原因分析,采用动态平衡处置,形成一套适用于喷漏同存井的快速压井处置技术。

**Abstract:** Changqing Oilfield has the characteristics of “low pressure, low permeability and low production”. In order to improve the recovery rate, injection before mining has become normal; original formation pressure damage, unpredictable pressure and abnormal high pressure and trap, but long 7 reservoir with cracks, low pressure capacity, prone to loss and leakage, leakage is common; overflow, improper disposal will cause further expansion and even blowout accident. Through the analysis of both injection shaft storage reasons and the dynamic balance disposal, a set of rapid well pressing disposal technology suitable for both injection shaft shaft is formed.

**关键词:** 超前注水; 喷漏同存; 窄密度窗口; 动态平衡

**Keywords:** advance water injection; leakage stored together; narrow density window; dynamic balance

**DOI:** 10.12346/se.v4i3.6773

## 1 引言

长庆油田陇东区域钻井漏喷同存时有发生,漏喷同存井占溢流井的30%以上。漏与喷同时存在一般有三种情况:一是上部漏下部喷;二是上部喷下部漏;还有一种同层位既喷又漏。通常采取正向循环堵漏压井方法,但由于循环压耗的存在,就会出现循环漏失,停止循环又溢出的现象,井漏与井喷相互转换,处理难度大。

## 2 漏喷同存发生原因分析

①受井身结构限制,多套压力系统同存于一个裸眼井段内,漏、塌、喷矛盾突出(见图1、图2)。

②提前注水,压力达30MPa;注水井不泄压只停注,

目的层的围压升高,钻井作业过程中时常存在异常的高压,从而使得井控险情频繁发生。

③陇东地区洛河地层的承压低,经常发生失返性漏失或渗透性漏失。

④延长组地层连通性好,长7层位横向裂缝性发育,普遍存在渗透性漏失或失返性井漏。

## 3 喷漏同时存在的井处置措施

①统计钻井作业数据库的资料,对确保了井控安全的泥浆密度进行回归分析,从而得到井控安全时钻井液比重柱状图(见图3),在钻井设计中提示安全的目的层比重,现场施工时进入目的层之前钻井液比重达到安全比重,防止发生井控险情。

【作者简介】惠铁军(1984-),男,中国陕西西安人,本科,工程师,从事钻井井控与井下事故复杂处置与研究。

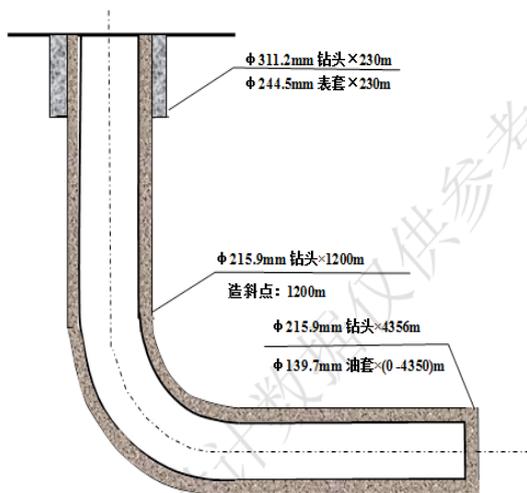


图 1 二开结构水平井井身图

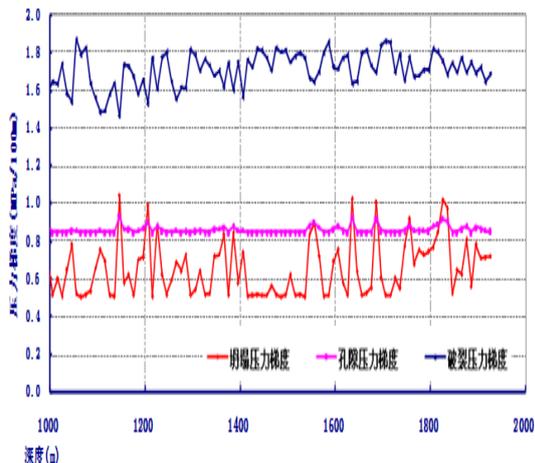


图 2 庄 166 井地层三压力剖面

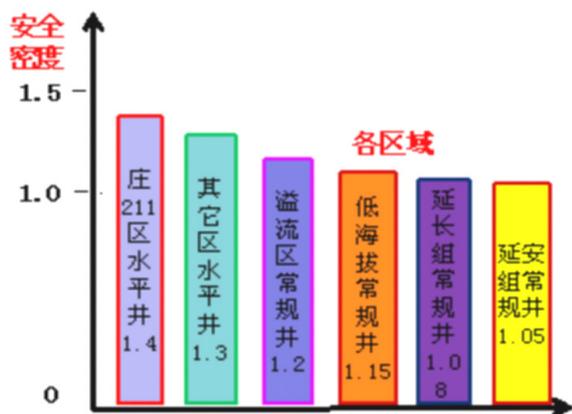


图 3 陇东地区分区域钻井井控安全密度分析回归柱状图

②在同一个裸眼井段，日常的钻进过程中随钻加入堵漏剂、挤封提高承压能力，增加密度窗口。表套没有完全封隔洛河地层的水平井，在洛河层位钻进时加入锯末及 QD-1 等细颗粒堵漏剂预防井漏，同时挤封提高承压能力，使得地层承压达到当量钻井液密度高于  $1.45\text{g}/\text{cm}^3$ 。

③陇东区域的长 7 目的层井眼存在裂缝性发育，漏失发生后，加入细颗粒堵漏剂或者关井进行挤封作业，提高地层的承压能力。对于进行堵漏后仍然没有密度窗口的井，计算井筒的综合压力，进而计算平衡压力及比重，实现液面微溢或者微漏钻进，若漏失较大则降低泥浆泵排量和钻井液比重，并随钻添加堵漏剂，如果溢流较大则相应提高泥浆密度。

④喷与漏同时存在的井关井完成后的现象：溢流发生后，随即关井，在套压上升至套管脚的最大允许的关井压力前，套压停止上升，同时伴随有略微的下降现象，则说明为关井作业后地层已经发生漏失。

⑤喷与漏同时存在井的分类判断：

第一，溢流发生前钻进的过程中，钻进泵压出现突然的下降或者伴随钻压的下降，则可判断属于喷与漏同层（漏与喷转换，两者一起发生）。

第二，溢流发生前地钻进作业中，由于密度提高，泵压出现下降，返出的排量减少或者失返，钻进钻压没有变化时，则判断属于下部喷上部漏（先漏后喷）。

⑥漏喷同存井的压井处置：漏喷同存井一般采用正向循环堵漏压井，即采用正向循环把堵漏作业与压井作业合二为一，进行连续或者间断施工，逐渐提高地层承压能力，把压井负密度窗口向正密度窗口或近似正密度窗口转换的一项井控压井工艺技术<sup>[1]</sup>。

第一，上漏下喷井的压井处置工艺流程见图 4。

处置过程：先堵漏，能返出，再承压，后压井。

处置关键点：漏失层以下重浆密度的确定，泵入时控制方量及泵入压力，防止重浆进入漏层漏失增大。

第二，漏喷同层井的压井处置工艺流程见图 5。

第三，喷与漏同层位处置要点：

依据水力压耗的公式计算出水平段的循环压耗，从而计算出压井的密度时也要考虑到水平段的压耗对井筒压力影响。

$$P_{\text{循}} = \{7628 \times \rho \cdot d^{0.8} \times v^{0.2} / [(Dh-Dp)^3 \times (Dh+Dp)^{1.8}]\} \cdot Lp \times Q^{1.8}$$

计算出地层的压力及漏失压力，从而为实现后期动态平衡钻进提供依据。

$$\text{地层压力：} P_p = \rho gh + P_d$$

$$\text{漏失压力：} P_L = \rho gh + P_{\text{循}}$$

压井液到达入窗点时，应逐渐增大节流阀的开启度，以抵消循环压耗对井底压力的影响，防止造成漏失变大。

压井液中加入细堵剂，提高地层承压，密度窗口逐渐由负窗口恢复为正窗口。

节流压井控制进出口密度差  $< 0.03\text{g}/\text{cm}^3$  时、溢流量小于  $6\text{m}^3/\text{h}$ ，控制入口密度恢复钻进，钻进中微漏，接单根微出，总体液面平衡，实现动态平衡钻进。

通井下钻、下套管过程中分段循环，逐渐排除井内高密度压井液。

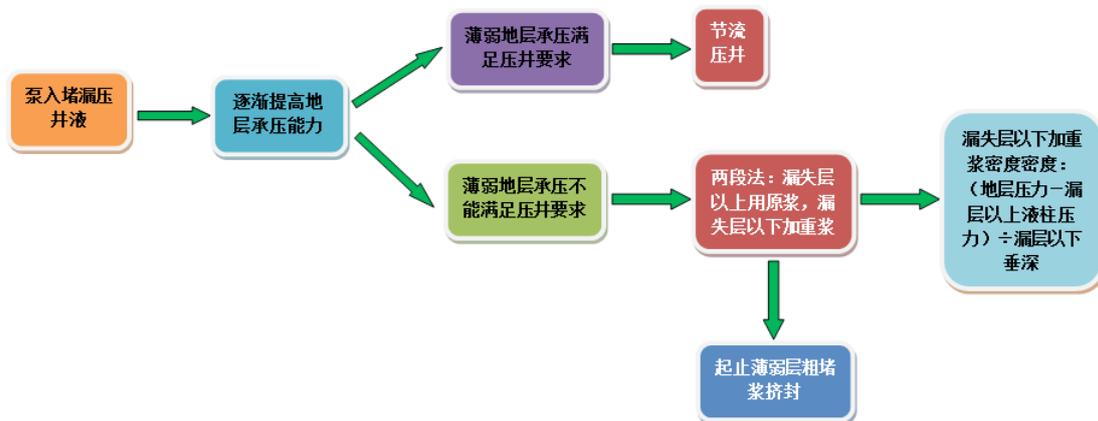


图 4 上漏下喷井压井处置流程图

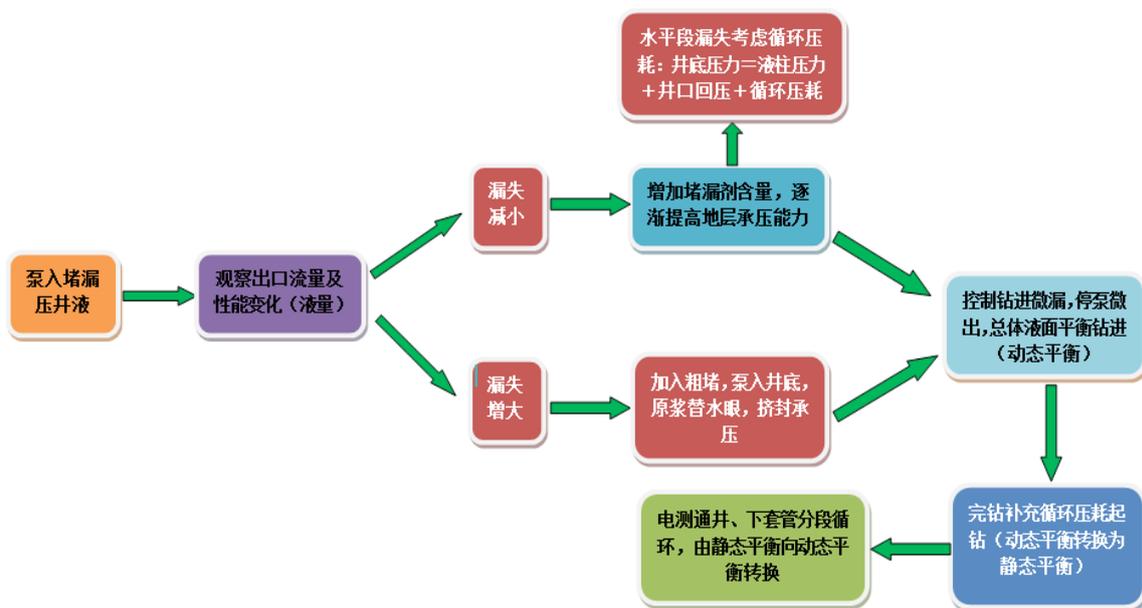


图 5 漏喷同层井压井处置流程图

分段长度计算 = (漏失压力 - 循环压力 - 漏层液柱压力) ÷ 高比重压井液密度。

⑦施工过程注意事项：

第一，注意使用回压阀安放在钻头附近的钻具结构时，采取符合堵漏剂配置堵漏钻井液时，要控制好堵漏剂含量，堵漏剂含量不宜过高<sup>[2]</sup>。

第二，注意堵漏钻井液的净化，预防钻具水眼堵塞。

第三，压井液中加入单封、QD-1 等细堵材料，不得加入粗堵材料，以防堵钻具水眼。

第四，压井时发生漏失打入堵漏浆时，钻具水眼内要用原浆替出堵漏浆。

第五，关井配浆期间，要定期顶泵、活动钻具，防止堵水眼或粘卡事故出现。

第六，计算压井密度时，不得超过裸眼地层的最大承压能力，防止密度过高，压漏地层，造成漏喷转换。

第七，压井开始循环或每次停止后再开泵时，必须先缓慢多次挂泵，待钻井液返出后再根据情况可适当提高排量；禁止大排量压井循环。

⑧压力控制不大于地层漏失压力。

### 4 固平 15-60 井现场应用实例分析

固平 15-60 井，目的层长 63，水平段设计 1000m，周围注水井 6 口，表层井深 352m。钻至井深 2212m，水平段 95m/1000m，发生溢流，入口 1.31g/cm<sup>3</sup>/45s，出口 1.29 g/cm<sup>3</sup>/43s，关井套压 2.2MPa，关井立压 1.2MPa，垂深 1864m，通过计算：

$$\text{井底压力} = 0.0098 \times 1.31 \times 1864 + 1.2 = 25.14 \text{MPa}$$

理论压井密度 = 1.31 + 1.2 / (0.0098 × 1864) + 附加值 0.05g/cm<sup>3</sup> = 1.43g/cm<sup>3</sup>，通过节流双凡尔循环压井时发生漏失，漏失量约 2 方 m<sup>3</sup>/h。略降比重至 1.40 g/cm<sup>3</sup>，停泵微出，钻

进微漏，总体液面动态平衡，恢复钻进。

钻至井深 3184m，水平段 1067m/2000m，完钻准备起钻。需提高密度补充循环压耗，从动态平衡向静态平衡转换。

$$\begin{aligned} \text{循环压耗} &= \{7628 \times \rho d^{0.8} \times pv^{0.2} / [(Dh-Dp)^3 \times (Dh+Dp)^{1.8}] \} \\ &\quad Lp \times Q^{1.8} \\ &= \{7628 \times 1.40^{0.8} \times 35^{0.2} / [(216-127)^3 \times (216+127)^{1.8}] \} \\ &\quad 2212 \times 28^{1.8} = 0.70 \text{Mpa} \end{aligned}$$

循环压耗对应比重 =  $0.70 / (0.0098 \times 2212) = 0.033 \text{g/cm}^3$ ，起钻弥补压耗，起钻比重为  $= 1.40 + 0.03 = 1.43 \text{g/cm}^3$ 。实际控制起钻比重  $1.45 \text{g/cm}^3$ 。泵入  $1.45 \text{g/cm}^3$  加重浆后断流起钻。

通井下钻分段循环段长理论计算：

$$\begin{aligned} \text{分段长度计算} &= (\text{漏失压力} - \text{循环压力} - \text{漏层液柱压力}) \\ &\quad \div \text{高比重压井液密度} \end{aligned}$$

本井理论计算为：

$$\begin{aligned} L &= \{ \{7628 \times 1.40^{0.8} \times 35^{0.2} / [(216-127)^3 \times (216+127)^{1.8}] \} \\ &\quad 2212 \times 28^{1.8} - \{7628 \times 1.40^{0.8} \times 35^{0.2} / [(216-127)^3 \times \\ &\quad (216+127)^{1.8}] \} L \times 28^{1.8} \} \div 1.45 = 481 \text{m} \end{aligned}$$

所以下钻每下入 16 柱或套管 48 根分段循环一次。

非钻进转态时井筒压力控制十分重要，尽可能避免井筒压力突然降低，求取井筒综合压力，通过提高钻井液比重补偿循环过程中的压耗，制定并落实非钻进状态下的技术要求，预防钻井液比重降低导致或者加重的井筒溢流，防止由于钻井液性能的变化导致的井下故障。

## 5 结语

①发生水平段溢流时压井，控制立压要考虑到水平段的

循环压力损耗，尤其是密度窗口较窄的井。

②在可以满足上返速度的前提下，采用减小钻井排量的方法，不但大大减小了钻井泥浆泵的负荷，同时也减小了环空内的循环压耗，相当于降低了未开泵时的井筒压力和地层内压力的差值，对井控工作更为有利。

③喷与漏同时存在的井，下钻时要分井段循环从而排出泵入的重浆，避免斜井段的重浆上行至直井段时液柱压力上升，漏失变大。

④对于密度窗口较窄的井，出入口的性能控制到差值小于  $0.03 \text{g/cm}^3$ ，从而实现动态地平衡钻进。

⑤后期钻进作业时，地层的压力会出现不同程度的下降，比重要依据现场情况进行调整，完钻时的比重只需要依据降低后的井底压力进行换算。

⑥在满足岩屑上返速度的情况下，尽量降低排量，使静平衡与动平衡接近，泥浆维护成本最小。

⑦建议超前注水区喷漏同存井安装旋转防喷器实施控压钻进<sup>[3]</sup>。

## 参考文献

- [1] 李建磊,陈镇,付硕.长庆油田陇东区块漏失井溢流处置技术[J].化工管理,2019(21):209-210.
- [2] 侯军民,包成宗,惠铁军.超前注水区喷漏同存正循环堵漏压井技术[J].石化技术,2018,25(11):299.
- [3] 晏凌,吴会胜,晏琰.精细控压钻井技术在喷漏同存复杂井中的应用[J].天然气工业,2015,35(2):59-63.