

# 钻井漏失层位测量及堵漏模拟研究

刘振东

(中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东 东营 257000)

**摘要:**在钻井过程中经常发生严重的钻井液漏失,不仅给井下安全带来了巨大的隐患,同时也导致更加复杂的井下事故的发生,严重制约了油田的勘探与开发进度。如何有效地解决漏失问题是一个长期困扰工程界的难题。重点介绍了漏层判定方法和堵漏配方模拟评价方法。对于地层漏失,可以首先通过判定方法确定漏层位置,然后再对堵漏配方进行评价,最终形成理想的堵漏配方和相应的堵漏方案。该方法对于提高堵漏成功率,解决复杂地层重复漏失等技术难题具有一定的指导意义。

**关键词:**漏层判定;漏失层位;测量仪器;模拟评价;堵漏配方

中图分类号:P634.6 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2015)08-0013-04

**Stimulation of Drilling Leakage Zone Measurement and Plugging/LIU Zhen-dong** (Drilling Technology Research Institute of Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying, Shandong 257017, China)

**Abstract:** Lost circulation often happens during drilling process, which is not only a severe trouble for safe drilling, but also leads to more complex problems to seriously restrict the exploration and development of oil field. The decision method of leakage zone and the stimulation evaluation on plugging agent formula are introduced in the paper. For formation leakage, the lost circulation zone should be located first, and then the evaluation is made on the plugging agent formulas to decide an ideal formula and the corresponding plugging plan. The success rate of plugging can be increased by this way.

**Key words:** leakage zone determination; leakage zone; measuring instrument; stimulation evaluation; plugging agent formula

## 0 引言

井漏是钻井中一项急需解决的难题。它的危害很大,处理起来非常复杂,需要大量的人力、物力和适合的技术方案。虽然堵漏技术一直是广大技术人员研究的热点之一,不断有新的技术和方法出现,但就目前而言,井漏处理过程中仍然存在一定的问题,使得堵漏效果不尽人意。比如漏失位置的确定还没有较为精确的方法,或者一些存在局限性,不适合在复杂漏失情况下进行漏失位置的判定。又如对漏失的室内模拟评价方法还没有统一的标准,各方法有相似性,却又不尽相同,每种方法对漏失的模拟程度还存在一定的局限性,对堵漏效果的评价还不够完善,这就会造成重复漏失等现象的出现,堵漏成功率较低。因此,漏失位置判定和漏失模拟评价技术有着很大的进步空间,有必要进一步提高判定的准确性和模拟的真实性,为有效提高堵漏成功率提供技术支持。本文就是在此背景下,开展了一系列关于漏失位置判定和漏失模拟评价的研究工作。<sup>[1-4]</sup>

## 1 漏失位置判定

漏失位置判定技术采用“地面判断,井下测量”的方式实现漏层位置的精确测量。首先根据钻井液性能及钻井液量综合判断漏失的发生,然后使用判定软件快速判定漏失发生的大体位置,而后下入测量仪器,对漏层位置进行精确测量。此方法通过在地面的初步判断,缩短了井下测量的范围,提高了漏失位置判定的速度,同时避免测量仪器在漏失发生的复杂情况下长时间处于井下的情况,有利于井下的安全。

### 1.1 漏层判定软件

立压变化法的基本原理是立管压力随井漏发生变化。在一定条件下,立管压力变化值主要取决于漏失量和漏层位置,一定的压力损耗对应着一定的漏层位置,由此便可计算出漏层井深(见图 1)。

据立压变化法计算漏层位置的原理,漏失位置判定软件的处理流程如图 2 所示。通过输入井深、井眼直径、漏失前后钻井液泵排量、漏失前后立压及

收稿日期:2014-10-22; 修回日期:2015-05-08

基金项目:中石化石油工程服务有限公司应用开发项目“复杂地层漏失测量仪器研制与实时判识技术”,(编号:SG1303-03K)

作者简介:刘振东,硕士,高分子化学与物理专业,从事钻井液技术研究和现场服务工作,山东省东营市北一路 827 号,lzd7908@sina.com。

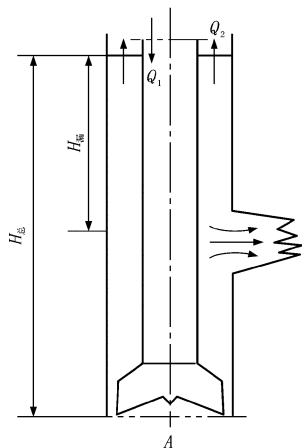


图1 立压变化判定法原理示意图

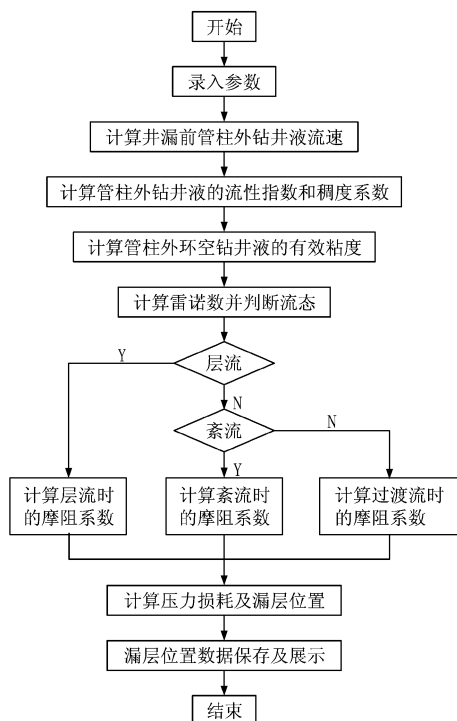


图2 漏层位置计算处理流程图

钻井液密度等钻井基本参数,便可计算得出漏层位置深度。在初步判断出漏层位置后,可再利用漏层测量仪器做精确判定。

### 1.2 漏失位置测量仪器

20世纪70年代,我国漏层测量仪器大多是借助于流体动力学原理研制的,多采用膜片位移和涡轮流量计测量原理进行测量。但这些方法均受到井下恶劣环境的影响,如可动部件的密封问题、涡轮磨损带来的误差问题、背景噪声加大检测误差等,这些问题严重影响仪器的使用效果及对漏层位置的准确判断。为此,本文开展了新型漏层测量仪器的研制

工作,利用井温—噪声和声波两套系统的组合,可极大地提高测量仪器的抗干扰能力和精准度。

#### 1.2.1 测量仪器组成及原理(见图3)

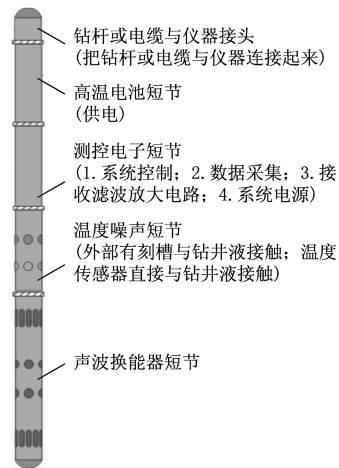


图3 测量仪器原理图

井漏测量仪器由高温电池、测控电子线路和换能器短节组成。高温电池对测控电子线路部分进行供电;测控电子线路部分完成信号采集缓存、数据交互及声波激励控制等功能;换能器短节完成信号的接收和声波方式的信号激励。

电子系统包括 DSP 控制子系统、声波激励信号源子系统、声波信号采集子系统、温度—噪声信号采集子系统、井下供电子系统等5部分,见图4。

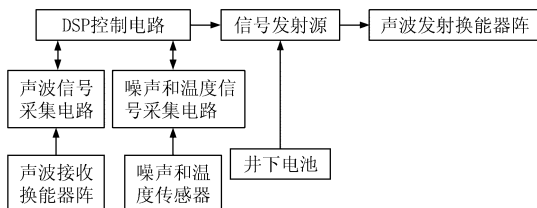


图4 测漏仪电子系统总体框图

仪器的工作原理:在仪器下井之前,设置井下综合测量仪的采集参数和采集时刻,采用电缆或钻杆方式,把仪器放入井下,当到达采集条件时,DSP启动采集。首先,DSP控制声波激励、接收电路和采集电路完成声波信号的激励和接收,并对采集到的声波进行实时处理,把声速、声衰减级声幅等参数缓存到存储器内;然后,DSP启动噪声采集,记录各个频段内的噪声幅度;最后,DSP进行温度的采集和存储。DSP根据地面设置的参数交替,进行声波、噪声和温度信号的采集和实时处理,并把处理结果缓存在存储器内。测量全部漏层之后,上提仪器,回读采

集数据, 进行数据解释, 找出漏层的位置。

### 1.2.2 室内测试

利用加温、加噪声源、变化声波测量部分与井壁

的距离, 延长声波传输距离等方法, 对各种测试条件进行模拟, 图 5 是连续显示的测量结果。

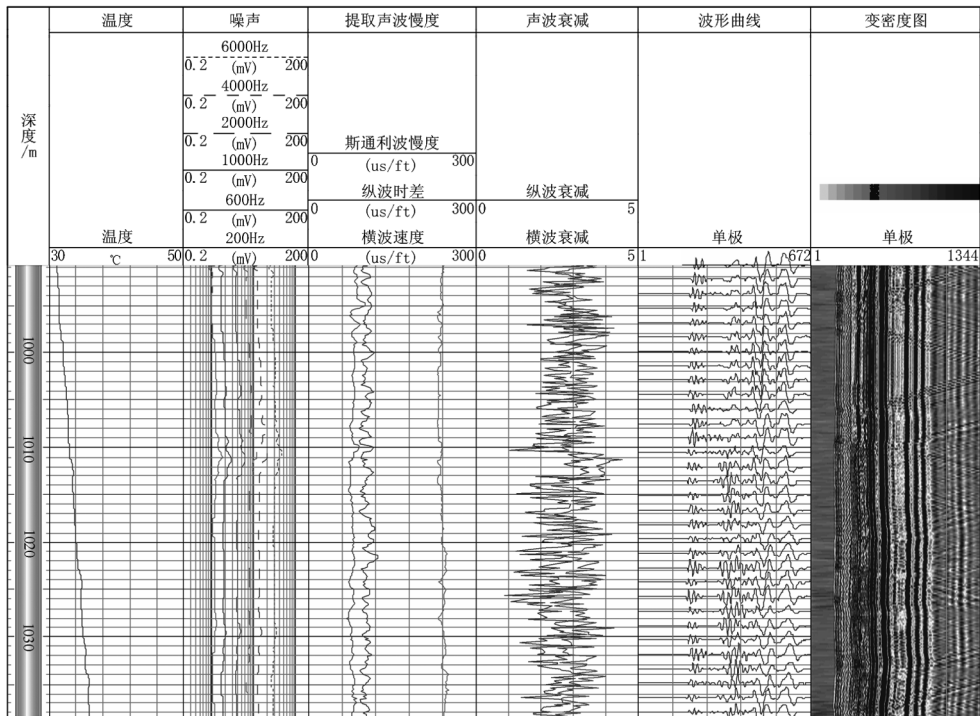


图 5 测漏仪模拟测试结果

从图中可看出, 各种模拟条件在测试曲线上都有较快的反应, 说了测量仪器的灵敏性和可靠性。

## 2 漏失模拟评价

### 2.1 评价仪器<sup>[5-10]</sup>

评价仪器原理是利用模块来模拟地层裂缝, 然后在高温环境下, 让堵漏液不断通过模块, 并最终在模块上形成堵层, 当堵漏液不再漏失时, 此压力即为堵漏液的承压能力。针对裂缝性和孔隙性复合型漏失, 设计了由 DL-A 和 DL-B 两个分系统组成的模拟评价系统, 可分别利用裂缝和砂床在高温高压条件下模拟地层漏失, 具有较好的模拟评价效果。

DL-A 高温高压堵漏模拟试验装置(见图 6)由加压系统、堵漏液容器、模块系统、加热控温系统和反向承压系统组成。最高工作温度可达 180 °C, 最高工作压力可达 40 MPa。该装置根据井下漏层的不同裂缝形式, 设计了平板缝、孔缝、立型缝等多种模块, 可根据井下漏层的特征, 选择适宜的实验模块进行实验。

DL-B 型高温高压堵漏模拟试验装置具有数据



图 6 DL-B 高温高压堵漏模拟试验装置

采集系统和砂床模拟系统, 可在高温高压下用砂床模拟漏失情况, 根据砂床中填装的岩屑及砂子颗粒大小的不同, 可用于孔隙型漏失及微裂缝的堵漏模拟评价。该装置在堵漏后可利用钻井液循环系统模拟钻井液对堵层的冲刷, 测定冲刷后的堵层承压能力。最高工作温度可达 180 °C, 最高工作压力可达 40 MPa。

### 2.2 裂缝-孔隙复合型漏失堵漏配方研究实例使用的堵漏配方如下。

基浆: 4% 膨润土浆 + 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (纯碱) + 2% FT99 (防塌降滤失剂) + 0.3% KPAM (聚合物) +

1% JS-9(降滤失剂) + 1% NH<sub>4</sub>PAN(降滤失剂) + 2% HA 树脂(降滤失剂) + 0.5% GPC(防塌型随钻堵漏剂);

堵漏浆 1:基浆 + 4% SRD-Ⅲ(桥接堵漏剂) + 2% SRD-Ⅱ(桥接堵漏剂) + 3% ZD-B(桥接堵漏剂) + 4% DTR(高失水堵漏剂) + 2% CaCO<sub>3</sub>(超细碳酸钙);

堵漏浆 2:基浆 + 4% SRD-Ⅱ + 3% ZD-B + 4% DTR + 2% CaCO<sub>3</sub>;

堵漏浆 3:基浆 + 4% SRD-Ⅱ + 1% ZD-B + 2% DTR + 2% CaCO<sub>3</sub>。

实验结果如表 1 所示。

表 1 复合型漏失堵漏实验结果

配方	实验条件	实验结果
堵漏浆 1	DL_A 堵漏仪使用钢珠模拟 2 mm 裂缝	7 MPa 未漏
	DL_B 堵漏仪装填 20 ~ 40 目砂子	7 MPa 未漏, 总漏失量 15 mL/30 min
	DL_B 堵漏仪 1 m <sup>3</sup> /h 流量钻井液循环	7 MPa 未漏
堵漏浆 2	DL_A 堵漏仪使用钢珠模拟 1 mm 裂缝	7 MPa 未漏
	DL_B 堵漏仪装填 20 ~ 40 目砂子	7 MPa 未漏, 总漏失量 12 mL/30 min
	DL_B 堵漏仪 1 m <sup>3</sup> /h 流量钻井液循环	7 MPa 未漏
堵漏浆 3	DL_A 堵漏仪使用钢珠模拟 0.5 mm 裂缝	7 MPa 未漏
	DL_B 堵漏仪装填 20 ~ 40 目砂子	7 MPa 未漏, 总漏失量 7 mL/30 min
	DL_B 堵漏仪 1 m <sup>3</sup> /h 流量钻井液循环	7 MPa 未漏

从上述结果可知,堵漏液配方 1、2、3 针对 2、1、0.5 mm 裂缝可承压 7MPa 以上,同时针对 0.42 ~ 0.85 mm 孔隙也可承压 7 MPa,同时试验说明在封堵孔隙时未形成“封门”,堵漏效果理想。这说明堵漏液配方 1、2、3 针对裂缝-孔隙型复合漏失具有良好的封堵效果。

### 3 结论与认识

(1)解决漏失首先要判定出漏层位置,然后才

能有的放矢。本文介绍的漏层测量仪器采用多种参数进行综合判定,能有效排除干扰因素,提高判定的精度。

(2)本文采用判定软件和测量仪器结合,可系统实现“地面判断,井下测定”的测量方式,能减少测量的范围和时间,可较精确地确定漏层位置。

(3)高温高压堵漏模拟试验装置能较好地模拟井下漏层情况,具有较好的真实性和针对性,为新型堵漏剂的开发提供了评价的方法。从模拟评价应用实例来看,利用模拟装置对堵漏配方进行评价具有一定的科学性,能在一定范围内反映出堵漏配方的效果,有助于提高堵漏成功率。

(4)漏层判定是一项非常重要,却又十分复杂、困难的工作,需要做更多的研究来进行完善,包括在方法上、仪器设计上等各个方面。

### 参考文献:

- [1] 徐同台,刘玉杰,申威,等. 钻井工程防漏堵漏技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
- [2] 熊继有,程仲,薛亮,等. 随钻防漏堵漏技术的研究与应用进展[J]. 钻采工艺,2007,30(2):7-10.
- [3] 吴应凯,石晓兵,陈平,等. 低压易漏地层防漏堵漏机理探讨及现场应用[J]. 天然气工业,2004,24(3):81-83.
- [4] 张东海. 防漏堵漏综合技术的应用[J]. 江汉石油科技,2005,15(2):34-36.
- [5] 吕开河. 钻井工程中井漏预防与堵漏技术研究与应用[D]. 山东青岛:中国石油大学(华东),2007.
- [6] 范钢,张宏刚. 深层裂缝性储层防漏堵漏实验评价研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):80-83.
- [7] 景步宏,储明来,等. 大裂缝性漏失堵漏新技术[J]. 特种油气藏,2009,16(1),92-95.
- [8] 林松英,蒋金宝,秦涛. 井漏处理技术的研究及发展[J]. 断块油气田,2005,12(2):4-8.
- [9] 张洪利,郭燕,王志龙. 国内钻井堵漏材料现状[J]. 特种油气藏,2004,11(2):1-4.
- [10] 薛玉志,刘振东,唐代绪,等. 裂缝性地层堵漏配方及规律性研究[J]. 钻井液与完井液,2009,(6):28-30,93-94.