

# 水力压差式封隔器在裂缝性漏失井中的堵漏研究与应用

Plugging Study and Application of Hydraulic Pressure Differential Packer in Fractured Leaky Well

张迁 陈保民

川庆钻探长庆钻井总公司第二工程项目部, 中国·甘肃 庆阳 745100

Qian Zhang Baomin Chen

The Second Project Department of Chuanqing Drilling Changqing Well Construction Corporate, Qingyang, Gansu, 745100, China

**【摘要】**裂缝性漏失井在西峰油田比较常见,近年来随着西峰油田漏失区域的不断扩大,大型裂缝性漏失井也呈现逐年增加趋势,同时地层水也越来越活跃,大型漏失井漏失静液面逐年下降,漏层承压能力越来越弱,使用桥塞堵漏剂很难架桥封堵,而使用注水泥堵漏时,由于洛河上部出水、漏层内地层水活跃,水泥塞长度和成塞质量很难控制,往往受地层出水影响而无水泥塞,有些井虽然有较长段水泥塞,但是漏层处无水泥塞或水泥交接差,钻至漏层就立即失返,针对这些问题,研究引入了水力压差式封隔器注水泥,有效解决了以上问题。经过现场试验成功后现已推广应用。该工具的推广使用提高了裂缝性漏失井的堵漏效率,并产生了良好的经济价值。

**【Abstract】** Fractured leaky wells are more common in Xifeng Oilfield. In recent years, with the continuous expansion of the leakage area in Xifeng Oilfield, the large fractured leaky wells are also increasing year by year. Meanwhile, the formation water is becoming more and more active, the leakage and static surface of large leakage well falls year by year, and the bearing capacity of the leaky layer is getting weaker and weaker, so it is difficult to bridging and plugging by bridge plug plugging agent. When using cement to plug in the leak, the cement plug length and plugging quality is difficult to control due to the upper outlet of Luohe River and the active formation water of the leak zone. There is often without cement plug affected by the formation water. Although some wells have longer cement plugs, there is no cement plug or poor cement junction at the leakage layer. When drilling to the leaky layer it is immediately absorbed. In view of these problems, the hydraulic pressure differential packer cementing is introduced in the study, which effectively solves the above problems. It has been widely used after the field test. The application of the tool has improved the leakage efficiency of fractured leaky wells and has produced good economic value.

**【关键词】**裂缝性漏失;封隔器;注水泥

**【Keywords】** fractured leaky; packer; cementing

**【DOI】** <http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v1i2.553>

## 1 引言

裂缝性漏失井是西峰油田最常见的一种漏失类型,2012年该区块共发生裂缝性漏失井32口,比去年增加18口井,占总漏失井口数的42.6%,漏失比例也同比增加了15.7个百分点,因此,裂缝性漏失井堵漏技术越来越受到关注。由于裂缝性漏失井漏失通道对堵漏体系中的材料粒度、硬度、密度及体系的流动特性等有特殊的要求,常规堵

漏体系或材料很难在裂缝开口尺寸大、地层水活跃的漏失通道内实现架桥、填充、滞留,所以堵漏成功率往往很低,采用注水泥的形式往往由于水泥塞长度不可控,堵漏成功率低。为了提高堵漏成功率,2017年初经过室内研究,研发了一类注水泥专用堵漏封隔器,并在现场2口大型裂缝性漏失井中实验成功,取得了良好的效果,单次堵漏成功率达到75%,大幅度节约了堵漏损失时间和费用,取得了良好的经济效益<sup>[1]</sup>。

## 2 水力压差式封隔器使用原理

水力压差式封隔器的原理为:将封隔器下入井筒内,从管柱内注入流体加压,由于存在截流嘴,液体经中心管进液孔进入胶管和中心管环空,使胶管内压力增高,胶管逐渐膨胀座封(座封压力大于 1MPa),液体不断进入而保持座封状态。将漏层与上部井段封隔,消除封隔器以上井段的液柱压力,使水泥浆在恒定的液柱压力下缓慢推入漏层,同时也阻断了封隔器以下井段的流体上窜,避免了漏层处水泥浆受水流稀释破坏,使井内水泥塞受控,更能有效成塞,提高堵漏成功率。图 1 为裸眼封隔器的实物图。

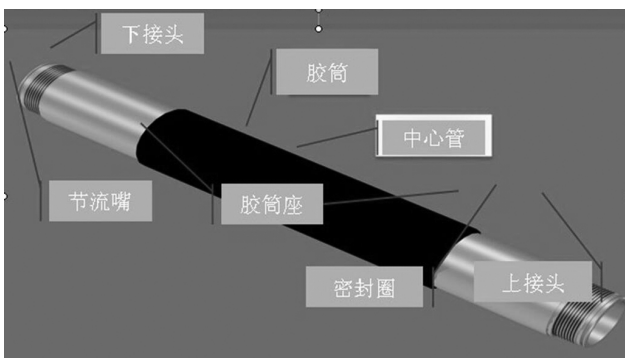


图 1 裸眼封隔器的实物图

## 3 技术关键点

使用封隔器的技术关键点为:注水泥过程中保证附加压力大于 1MPa,保证封隔密封性好,保证对水泥塞的控制效果,防止不座封失去封隔堵漏效果和水泥上窜造成井下复杂。针对此原理,现场主要从以下几个方面研究施工。

### 3.1 漏失程度确定

根据漏失时的技术参数突变,如钻压变化、钻时变化、循环泵压损失量和配合初期堵漏后起钻液面进行分析与确定漏失性质<sup>9</sup>。表 1 为西峰油田漏失地层大致分类。

表 1 西峰油田漏失地层大致分类

洛河局部地层构造特征	一般孔隙	裂缝性漏失	溶洞
漏失时表征现象	加压频次加快;钻时相对加快;漏失后泵压降为 1-2 MPa	钻压变化幅度大,偶尔出现加不上钻压现象;钻时小于 1 米/分钟,偶尔出现放空;漏失后泵压降 3-4 MPa	加不上钻压;放空明显,出现放空现象;漏失后泵压小于 2 MPa 甚至泵压降为零
漏失液面(米)	50-100 米	100-260 米	260 米以上

### 3.2 配制前置液降低地层原始漏失压力

前置液控制漏失速度,如果注水泥过程中泥浆漏失速度大于泵入速度,封隔器将失效,因此针对不同失返漏失采取不同的前置液配方,注意由于堵漏有积累作用,随着堵漏过程的进行,大漏洞会逐渐变成小漏洞,前置液也需要随之变化。

表 2 对不同漏层前置液的配方

不同漏失特征	一般孔隙	裂缝性漏失	溶洞
前置液 30 方	GD-3 100kg QD-1 2000 kg QD-2 1000 kg	GD-3 200 kg QD-1 1000 kg QD-2 2000 kg QD-3 2000 kg	GD-3 200 kg QD-1 1000 kg QD-2 2000 kg QD-3 2000 kg 重晶石>3000 kg 适量米石

## 3.3 施工时胶管泵压参数控制

### 3.3.1 水眼控制

根据喷嘴压力降公式  $\Delta P_b = K^b * Q^2 = [554.4 \rho_d / A_j^2] * Q^2$ ,  $\rho_d$ : 钻井液密度,  $A_j$ : 喷嘴截面积,中心管中的单流阀是固定的,能控制和改变的就是水泥浆比重和下接头中的喷嘴大小,考虑到前置液粗堵漏剂含量高,水眼太小将堵塞憋泵,太大又不能保证封隔器座封的要求,现场优选后最终采用 20-30mm 的水眼<sup>9</sup>。

### 3.3.2 水泥性能控制

根据钻杆内压力降公式  $\Delta P_{in} = K_{in} * L_p * Q^{1.8} = [7628 * \rho_d^{0.2} * \mu_{pw}^{0.2} / d_p^{4.8}] * L_p * Q^{1.8}$ ,  $\rho_d$ : 泥浆密度,  $\mu_{pw}$ : 泥浆塑性黏度,所以钻杆直径一定的情况下,提高排量和泥浆比重和塑性黏度对提高胶管泵压有利,现场控制水泥浆比重大于 1.85g/cm<sup>3</sup> (同时比重高抗稀释能力强,初凝效果好,对堵漏有利)。

### 3.3.3 排量控制

上述两个公式都说明了排量和泵压降成正比关系,所以整个堵漏注水泥过程都尽量以大排量为主,注水泥排量使用三档(0.8m<sup>3</sup>/min),替水四档至三档(0.8-1.2m<sup>3</sup>/min),配合小水眼,提高泵压,保证座封严实,保证前置液和水泥都不上返,注意替水的过程中保持施工连续性,必须要保证供水排量足够。

## 4 施工步骤及注意事项

①配制前置液。前置液的配制应该根据对漏失时的参数变化、前期堵漏效果判断漏失特性而定,要具有针对性。

②封隔器入井检查。场地观察封隔器外形,井口进行试压 2MPa,检验其是否座封正常

③泵入前置液。下至漏点以上 100 米,泵入前置液,观察立压

④注水泥。一般加入速凝剂 3%,水泥灰 12.5 吨,水泥浆密度要大于 1.85g/cm<sup>3</sup>,要求密度均匀,加勤观察水泥车泵压和套压以及是否返出,如果泵压大于 1 MPa,没有套压和泥浆不返出,说明座封成功。如果出现泵压接近为零,说明注水泥时漏失速度非常快,为下次堵漏重制前置液提供依据。如果有套压,甚至出现泥浆返出的情况,说明座封失败,必须加快注水泥节奏,快速起出钻具,防止粘卡。记录好水泥浆量、水泥浆

比重、各种压力变化数值。替量时替空钻具内容积后多替 0.3 方左右。

⑤起钻。起钻熟练迅速,保证井下安全。如发现悬重超过原悬重 5 吨,下放钻具至原位置。关半封闸板,从压井管汇打压反循环解封;如果出现注水泥时泥浆返出,堵漏成功但是封隔器失效,可以起至安全井段后采取循环或者采取单凡尔挤封来控制水泥塞长度<sup>[4]</sup>。

⑥设备维护。堵漏封隔器使用后应清洗干净,并仔细检查胶筒损伤情况,如橡胶筒出现裂纹、老化及腐蚀现象,不得再次使用。堵漏封隔器试应包裹保护,储存于空气流通的场所,避免阳光暴晒或腐蚀。

## 5 现场应用实例

### 5.1 实例一:董 87-55 井堵漏过程

该井 7 月 15 日钻至井深 770 米突然失返,配制泥浆 90 方,第三罐注入 17 分钟返出,钻至 810 米失返,钻至 818 米放空 1 米,泵压降至 2 兆帕(正常 6 兆帕),配制堵漏浆 60 方没有返出,抢钻至 835 米。先后在 810 米使用光钻杆注水泥 2 次,均无水泥塞,静液面一直在 250 米左右,堵漏无效。决定试用 K344-200 裸眼封隔器注水泥堵漏,光钻杆+封隔器下钻至井深 721 米,注入堵漏浆前置液 20 方不返,泵入排量约 30L/S,封隔器水眼 30mm,泵入过程压力 2MPa,封隔器膨胀,泵入完前置液立即尾随注水泥施工,水泥配方为 12.5 吨纯灰+4%速凝剂,注入水泥浆量 8.3 方,平均密度 1.89 g/cm<sup>3</sup>,替水 7 方,施工排量为 0.8m<sup>3</sup>/min,施工过程不返,泵压 1-4MPa,上提钻具有遇阻,关闭钻具闸门,候凝 1 小时后打开闸门起钻。起钻液面依旧 250 米,说明环空液面无变化,封隔器成功膨胀。候凝 8 小时后井口灌浆 6 分钟返出,返量正常,下钻探水泥塞面为 760 米,承压 6 吨且连续,漏层处水泥塞交接良好,钻穿水泥塞无漏失,堵漏成功。

### 5.2 实例二:镇 381-53 井堵漏过程

镇 381-53 井钻进至 1040 米发生突然失返性漏失,漏失瞬间钻时无明显变化,泵压由原来 7MPa 降到 5MPa,起钻漏失液面为 240 米,下光钻杆注水泥堵漏 1 次,井筒无水泥塞,堵漏无效。决定采用封隔器注水泥,光钻杆接压差式封隔器下入井内,封隔器下深 940 米,泵入前置液后接着注入 12.5 吨灰+3%速凝剂的速凝水泥,泵入水泥浆量 8.8 方,替水 8.5 方,平均密度 1.91g/cm<sup>3</sup>,施工排量为 1.2m<sup>3</sup>/min,起钻动液面 190 米,起钻完候凝 8 小时后下钻探水泥塞,水泥塞面 985 米,可承压

6 吨,且连续,钻到 1040 米水泥塞结束,钻井液返出正常,堵漏一次成功<sup>[5]</sup>。

## 5.3 实例分析

以上 2 口井漏失都很严重,先后采用常规注水泥堵漏均没有堵漏成功,主要原因是:由于地层出水,注水泥施工后井筒液柱压力增加,使原本已平衡的液柱压力与漏失压力再次失衡,导致井筒内无水泥塞。采用封隔器注水泥后,很好地隔断漏层与上部出水层,使漏层处所受的液柱压力恒定,水泥浆在可控的情况下缓慢推入漏层内,形成有效的填充封堵,堵漏成功。

## 6 总结及建议

①使用该设备注水泥,座封环空,封隔器以下的漏层将不会受到上部液柱的压差,水泥进入漏层也不会受到井内泥浆和地层出水的稀释,可以人为的控制进入漏层的水泥浆量,水泥成塞率高,成塞质量好,从而达到堵漏效果。

②使用该设备注入堵漏浆时能使堵漏浆有效进入漏层,防止泥浆上返造成泥浆浪费,增加堵漏成本。

③从上述两案例可以看出,封隔器注水泥一方面通过对上部液柱进行隔离,配合使用加高浓度的前置液,较好解决了漏失压力大、自由水活跃的漏层的堵漏问题,同时通过强行给漏层附加压力使水泥很好地进入漏层,保证了悬空注水泥的成塞质量。

④使用裸眼封隔器主要是依靠压差进行座封,所以必须保证前置液的配制具有针对性,先从根本上降低地层漏失压力,同时对注水泥的参数进行控制,保证胶管压力,确保注水泥浆的排量正常和施工连续性,否则有可能出现胶管未膨胀导致水泥浆漏失过快或者环空水泥浆高度增加而造成管具内失去压差,将失去堵漏效果和大大增加井下风险。

### 参考文献:

- [1]蒋希文.钻井事故与复杂问题[M].北京:石油工业出版社,2006.
- [2]徐华义,余志清.井漏失返条件下水泥浆堵漏工艺参数计算[J].钻采工艺,1998,21(5):23-26.
- [3]舒刚,孟英峰,李红涛,等.裂缝内钻井液的漏失规律研究[J].石油钻采工艺,2011,33(6):29-32.
- [4]郝希宁,王志明,薛亮,等.泥浆帽控压钻井裂缝漏失规律[J].石油钻采工艺,2009,31(5):48-51.
- [5]张仕强.裂缝形态描述及其力学、流动特性分析[D].成都:西南石油学院,1997.