

塑性堵漏在川西地区的应用^{*}

徐 英 李家龙 叶林祥

(四川石油管理局川西钻探公司)

徐英等.塑性堵漏在川西地区的应用.天然气工业,2007,27(7):66-68.

摘 要 井漏是钻井中常见的复杂情况,其根本的原因是钻井液液柱压力与泵送回压之和大于地层压力,并产生指向地层的正压差,这个正压差就是发生井漏的驱动力。针对这一机理,采用减轻堵漏剂密度和提高塑性“失重”能力的方法,有利于实现堵漏剂在漏层定位不发生停泵后的再运动,因而可以提高堵漏的成功率。为此,介绍了一种封固型塑性堵漏的思路与施工步骤,并通过在威阳 28 等井的现场应用表明,按塑性“失重”思路配制的堵漏剂能成功地解决严重漏失井的堵漏和固井问题,塑性“失重”堵漏剂有较好的推广应用价值。

主题词 钻井 井漏 堵漏 注水泥 固井

对于井漏,正确的对策是以防为主,防堵结合。防漏是一系列工艺技术组成的综合性措施,其根本点是掌握压力平衡,即在可能条件下尽量降低钻井液密度以降低液柱压力,还应考虑控制较低泵压和防止其波动,这样可减小井漏的驱动力;与此同时,让钻井液固相颗粒(包括桥堵剂)尺寸大于地层裂隙开口尺寸,这样可封堵地层裂隙开口,如果固相颗粒级配相当好,裂隙开口可被严实封堵。当井漏驱动力充分降低,地层裂隙开口被很好封堵,井漏的几率可以控制在很小。可惜的是,在有些情况下对于井漏是防不胜防,例如地层裂隙开口尺寸大和过流通道良好甚至钻遇溶洞;为了防喷必须保持高的钻井液密度形成一定的正压差等等,井漏也许就会发生。轻微的井漏(漏速小于 $10 \text{ m}^3/\text{h}$)可按防漏的概念和方法来处理,如适当放宽钻井液失水、加入轻质桥塞暂堵剂等,而更大的井漏就要采取专门措施堵漏。堵漏作业大致可分为两类:一类是暂堵,即在井壁表层不太深入的范围使颗粒尺寸大于裂隙开度的暂堵剂在正压差作用下形成壁垒阻止井漏,其特点是在液柱正压差时存在壁垒,压差反向时壁垒被破坏,地层流体可以进入井眼。暂堵特别适用于中等渗透性以下的产层堵漏,因其可以压差反向解堵,以利解放油、气进行开采。缺点是稳定性欠佳,容易被液流冲刷和液柱压力波动解堵,并再次发生漏失。另一类

是封固型堵漏,是向漏层裂隙和通道的纵深挤注化学胶凝剂(例如水泥、多种树脂、有机单体、交联凝胶等),加入或不加入桥塞剂,化学剂凝固后即在漏层形成永久性封堵,当然,若使用酸溶性化学剂体系在酸化后仍可解堵或部分解堵。封固型堵漏最大的优点是其耐久性和抗压差反向,对于钻开的漏失井段,只要作业得法,一经封固,有一劳永逸之功,主要适用于非产层,使用酸溶性化学剂体系也适用于产层。

一、封固型堵漏思路

从井漏基本因素的分析,对于堵漏有这样一个思路:设法降低漏失驱动力是首要问题,若无驱动力何来井漏?在这里,堵剂的密度和结构能力是关键,当密度刚能平衡漏层压力,而其结构性足以使堵剂产生“失重”时,漏失驱动力趋于消失或真正消失,化学剂注替结束,停泵后容易实现就地定位候凝,不至于产生堵剂的再运动。再则是堵剂停留在目的区域还应逐渐固结产生一定强度,能耐受后期作业如继续钻进机械与流体的考验,即具有相当的耐久性。简言之,这一思路的核心是以堵剂的定位候凝为手段,达到准确封固漏层开口及其附近通道制止井漏的目的。由此研究试验了塑性堵漏剂配方与其实施方法,塑性堵剂符合前述堵漏思路。研究试验的塑性堵剂具有低密度、高结构、能蠕变、可挤注和能耐久的特点。

^{*} 本文为四川石油管理局科技攻关项目的研究成果。

作者简介:徐英,1965年生,高级工程师;1985年毕业于西南石油大学,现任四川石油管理局川西钻探公司副经理兼总工程师;长期从事油气井钻探和管理工作。地址:(610051)四川省成都市华油路143号。电话:(028)86012602。E-mail:jfs-njs101@sina.com

二、塑性堵漏的步骤

塑性堵剂堵漏方法的特点:一是堵剂密度可调与漏层压力近平衡,同时具有相当的塑性蠕变能力,因而有很好的“失重”效应,“失重”的堵剂基本不存在自身的重力驱动,其向漏层的推进凭借泵压,泵压停止推进也停止;另一方面,若存在漏层反向压差上推堵剂趋势,其必须克服堵剂的塑性蠕变力才能发生。这种情形犹如一个软塞堵孔,无论需要软塞向孔的哪端运动,都要加上一个相应方向并且足够的推力才能实现是相同道理。二是堵剂具有运动就容易实现在漏层区域定位,不发生再运动,有利提高成功率。三是堵剂随时间延长而逐渐硬化实现强度封堵,即具有耐久性。

1. 确定漏层压力

发生井漏时,可依据井内钻井液液柱高度和密度计算其静止液柱压力,这个液柱压力可近似地看成地层压力。如果液面不在井口而在井下某处,可根据探得的液面井深和漏层井深计算漏层以上的液柱高度。假若漏层井深不够确切或是多个漏层,可以根据情况判断设定一个近似井深(尽量准确),这种较为模糊的漏层井深,对于塑性剂堵漏来说一般不存在很大问题,只要把堵剂用量考虑充分即可。

2. 确定堵剂密度

漏层压力减去预计顶替的钻井液柱压力,就是堵剂柱压力,依据堵剂柱压力计算堵剂的相应密度。

3. 配制堵剂

塑性堵剂由化学胶凝剂、密度调整剂、增塑剂、调凝剂和桥塞剂(或不用桥塞剂)等组成。配成的堵剂密度应相当于计算密度或稍高一点,且具有塑性蠕变能力和终凝能力。配制时先分组进行,最后在井口混合。

4. 挤注堵剂

分组配好的各组分泵往井口,在此混合成塑性体。如是浅井,可用三通混合器直接注入井内,然后关井将堵剂推往漏层。如是较深的井,可用光钻杆下至漏层上部挤注,将堵剂推往漏层。顶替的钻井液到漏层以上几米至十几米即可。这种塑性堵剂不同于其他速凝堵剂,塑性堵剂有较长的蠕变时间,通过配方的调整,其可挤时间能维持1~3 h,在“失重”状态下被挤往漏层,较为安全,所以挤注过程泵压变化不大,但也应注意泵压变化,以防泵压过高。

5. 候凝

挤注结束,起出光钻杆,根据试验求得的凝结时

间确定候凝时间,然后下钻探测凝结情况,堵剂建立强度后即可钻开恢复钻进。一个得当的塑性堵剂作业能在3~5 h恢复钻进。

三、应用实例

1. 威阳28井堵漏固井

该井表层钻进一直有井漏问题,采用清水抢钻,钻至100余米有进无出,井下情况复杂化,拟下 $\varnothing 244.5$ mm套管固井。井漏情况:探液面无,触及井底碰击,干井。井下有地下水流动声清晰可闻,下一根钻杆灌清水可至井口,但很快退水,停泵后水罐内清水自动从管路流入井内,证明井下有一定抽汲(虹吸效应),关水闸门后,最后仍漏成干井。此前曾多次进行过水玻璃速凝水泥堵漏,调整的初凝时间从最初的十几分钟直至最后,多次采用闪凝配方,均未奏效,堵漏后仍能听到地下流动水声,看来地下水蚀严重,估计继续采用“以快制胜”不能解决问题。最后的方案是下套管,将固井与堵漏一并施行。这一方案的难点是井漏严重且有地下水流,如果反注速凝水泥仅能“戴帽”,套管尾部悬空,固井质量不能保证;若正注速凝水泥其结果必然是灌套管,因为管鞋过流面积小,有很大的阻流能力,水泥浆难以出套管,况且有地下水,即使能返至环空也会被水冲蚀;用一般促凝水泥更存在地下水冲蚀问题。最后决定采用塑性水泥挤注,施工结果比预想的要好,水泥返至地面,堵漏兼固井一次作业成功。该井塑性水泥按笔者前述胶凝“失重”、泵压挤注、定位候凝的思路配制与挤注,配制情况如下。A组,低密度水泥浆,G级水泥4比(膨润土)1,水灰比为1.00,配成水泥浆密度为 1.50 g/cm^3 。B组,PAM(粉)配成0.5%水溶液(密度为 1.01 g/cm^3),再加水玻璃(密度为 1.34 g/cm^3),用量是与PAM液等体积混匀,混合液密度为 1.18 g/cm^3 。挤注:用两台水泥车分别泵送A与B按流量比1:1在井口水泥头混合,各 4 m^3 ,然后注入膨润土水泥浆 6 m^3 ,最后替泥浆。施工泵压范围为1.2~3 MPa,膨润土水泥返至井口(有部分塑性水泥)。估计挤入的 8 m^3 塑性水泥已进入漏层实现了封堵,故后注的膨润土水泥返出。该塑性水泥地面试验情况是塑性化时间起点1.5 min,初凝时间1.5 h(均从A、B混合之时起计),就意味着从塑性体到基本凝固有近1.5 h的可供挤注的时间,在这段时间内将堵剂挤入漏层纵深定位,因其“失重”性而不会自身流动且能承受一定的上部液柱压力。该堵剂常温24 h抗压强度3.6 MPa,基本能承受后期钻

井负荷的考验。该堵剂组分作用分析。

(1)水泥:胶结剂,形成堵剂强度的主要材料。

(2)膨润土:减轻剂,调整堵剂密度,有一定增塑作用。

(3)PAM:增塑剂、防水剂,同时降低堵剂密度,对水泥有一定缓凝作用,可延长塑性时间和增强抗水蚀能力。除 PAM 外,亦可采用类似的其他高聚物代替。

(4)水玻璃:胶结剂,可调整堵剂初、终凝时间,因其为无机聚合物,因而有一定增塑作用。选用钠水玻璃(NaSiO_3)或钾钠水玻璃(KNa_2SiO_3)均可,其模数介于 2.2~2.8 为好,过高促凝效果较差,过低容易造成闪凝(当然与其加量有关)。

(5)如果漏层裂隙很大,可加入适当的桥塞剂。

2. 其他井的应用

另外,还在塔 3、老龙 1、赵 2 等井应用这种“失重”概念的塑性堵剂进行过多次堵漏作业,漏层井深从几十米至近二千米,每次作业封堵一个漏层或多个漏层,效果均理想,成功率颇高。

四、结 论

(1)针对井漏最根本的原因是钻井液液柱压力与泵压之和大于地层压力而产生井漏驱动力这一事实,采用减轻堵剂密度和提高塑性“失重”能力的方

法,容易实现堵漏在漏层定位不发生停泵后的再运动,可以提高堵漏成功率。

(2)“失重”的塑性堵剂具有可调整的较长挤注时间,因而比较安全,克服了“以快制胜”堵漏方法的风险性。

(3)塑性堵剂最终能具有相当的强度牢固封堵漏层裂隙,有耐久性和承受后期作业负荷的能力。

(4)塑性堵剂现场施工难度不大,容易掌握。按塑性蠕变和可最终硬化的配方思路,可以衍变出许多实用配方。

(5)酸溶性塑性堵剂应用于堵漏其前景应更好,有利于酸化解堵而用于产层堵漏。

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,1998.
- [2] 伍贤柱,谭宾.溶洞—裂缝性井漏情况下水泥堵漏形成混浆的原因分析及预防措施[J].天然气工业,2003,23(2):43-45.
- [3] 刘崇建,刘孝良.提高小井眼水泥浆顶替效率的研究[J].天然气工业,2003,23(2):46-49.

(收稿日期 2007-03-27 编辑 钟水清)