

支撑剂回流控制技术的新发展^{*}

陈冬林 张保英 谭明文 张绍彬 景泉源

(中国石化西南石油局油气测试中心压裂工艺技术研究所)

陈冬林等.支撑剂回流控制技术的新发展.天然气工业,2006,26(1):101-103.

摘要 水力加砂压裂已成为油气田增产的一种重要措施,但是压后支撑剂的回流给生产带来了严重影响,带到地面的支撑剂可能损坏地面测试设备,增加作业费用,降低水力压裂作业的改造效果。经过几十年的努力,在控制支撑剂回流方面已取得了突破性的进步。现在国内外控制支撑剂回流的新技术主要有树脂包层支撑剂(RCP)防砂技术、纤维防砂技术、热塑性薄膜(TFS)防砂技术和可变形支撑剂(DIP)防砂技术,这些技术在国内的应用还比较少。文章简要介绍了这4种防砂技术的技术特点、防砂原理、使用条件和施工工艺等方面。现场试验证明,这些防砂新技术都可以在一定程度上减少或消除支撑剂的回流,减少作业费用,提高油气井产量,增加油气田的经济效益。

关键词 压裂支撑剂 回流 防砂 技术 效果

一、引言

在水力压裂施工结束后的排液(压裂破胶液)或其后的生产过程中,常常出现支撑剂返排现象,返排量有时达到支撑剂总量的20%以上。带到地面的支撑剂可能侵蚀油嘴、阀门和其它设备,沉降在井筒中的支撑剂可能掩埋射孔孔眼甚至井筒。支撑剂返排导致的另一个潜在危害是支撑裂缝长度、宽度和导流能力的下降,这些都将严重影响压后油气井的产量,增加不必要的作业施工(如冲砂、检泵等)和作业费用。因此,现场应用了一些支撑剂回流控制方法,取得了良好的效果。

二、树脂涂层支撑剂防砂技术

树脂涂层支撑剂(RCP)是在普通的石英砂表面均匀地涂覆一层树脂而制成的防砂材料。这种材料呈松散状,在常温常压下稳定,不发生粘连。树脂涂层支撑剂用于油气田井下作业始于20世纪70年代中期。这种防砂技术就是利用砂粒表面包复的树脂在地层温度、压力下发生固化反应,使涂层砂固结而形成具有中等强度的可渗滤的人工井壁,成为可阻挡地层砂进入井筒的防砂屏障。

由于树脂涂层支撑剂具有以下优点:①抗破碎能力比砂好;②可防止支撑剂吐出及嵌入地层;③防止细粉运移,因而能保持裂缝有较好的渗透率。但树脂涂层支撑剂能与压裂液的部分添加剂(如pH值调节剂、交联剂和破胶剂等)发生化学反应,从而影响支撑剂在裂缝中的堆积,并且RCP的固化需要较长的关井时间,增加了施工时间及费用。另外,树脂涂层支撑剂不能在温度大于200℃时使用,并且在温度低于50℃时需要催化剂以促使包胶树脂固化。所以树脂涂层支撑剂的应用受到了一定的限制,要使用RCP必须进行合理的选井选层。

施工时,用普通压裂设备将它和压裂液混合后泵入井内。但由于RCP与普通压裂用支撑剂相比其成本较高,因此树脂涂层支撑剂一般以占支撑剂总量的20%~40%(重量比)尾追注入。

树脂涂层支撑剂已成功运用于各种井深的油气井水力压裂作业中,井深达4800m,所承受的闭合压力可达100MPa,所使用的温度范围为50~200℃。

三、纤维防砂技术

利用纤维形成的网络结构可以允许流体自由通过而不影响土壤微粒性质的特点,所以纤维早期用

^{*} 本文系中国石化西南石油局重点科研项目“新场气田沙溪庙组气藏压裂井支撑剂回流控制技术研究”(编号:CJ-11-0303)的部分研究成果。

作者简介: 陈冬林,1980年生,助理工程师,硕士;已发表论文2篇,现从事压裂工艺技术和储层增产改造研究工作。地址:(618000)四川省德阳市淮河街11号。电话:13890224227。E-mail:cdlzbhy@163.com

于固定土壤以防止因洪水、塌方和土壤侵蚀引起的自然灾害。

根据纤维的这一原理,我们可以把纤维用来防止支撑剂的回流。纤维材料通过在裂缝中构成一种类似网状的互绕结构(图1),固定住支撑剂、增加支

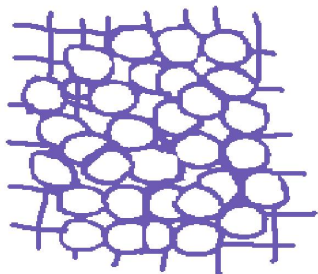


图1 加纤维支撑剂图

撑剂充填层的稳定性,但不影响液体的自由流动。由于它采用的是物理稳固机理、而非复杂的化学固化反应,与压裂液及交联剂、破胶剂等添加剂的配伍性好,它受地层温度、裂缝闭合压力和关井时间的影响较小,应用范围广。作业者有较强的灵活性来选择排液程序,最大限度增加油气井产能、降低排液费用。图2是纤维砂控制支撑剂回流技术的作用原理示意图。

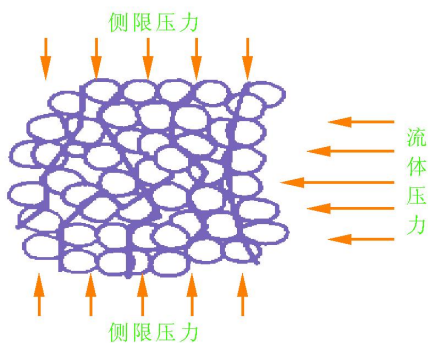


图2 纤维防止支撑剂回流机理示意图

纤维可以在整个携砂过程中使用,但为了降低成本,一般把纤维与一定数量支撑剂尾追注入,其加量一般是尾追砂量的1.0%~1.5%。由于纤维网络的存在限制了裂缝种支撑剂的自由运动,所以压裂施工完后,可以立即开井排液。因此纤维防砂技术可以提高排液速率,缩短排液时间,增加单井产量和减少水力压裂施工成本。

现场试验表明,加入纤维后可以降低湍流摩阻系数,摩阻压降在±10%,当施工结束后15~30 min就可开井排液,排液速度可以达到常规排液速度的数倍以上,并且基本上可以消除支撑剂的回流。

四、热塑性薄膜防砂技术

热塑性薄膜(TFS)与支撑剂一起泵入井底进入裂缝后,这种薄片和支撑剂在裂缝中相互粘结,形成无数固结团,限制了支撑剂的自由运动,使新压开的裂缝保持张开状态并防止支撑剂回流。低温下(小于115℃),热塑性薄膜有较高的摩阻表面,可减缓支撑剂在生产管线内的滚动;高温下,热塑性薄膜通过粘接、收缩作用固定支撑剂。随着温度的升高,薄膜的表面将变得粘稠,它就会把支撑剂粘附在表面形成小的支撑剂团。如果温度进一步提高,薄膜会发生收缩形成更紧密和更牢固的固结团。这些固结团比单个支撑剂微粒曲线度高,更利于桥连在一起形成较大的空间,减小了破胶液在支撑剂充填层中回流时的流动阻力,从而有利于减少支撑剂的回流。

热塑性薄膜片与压裂液配伍性好,不与压裂液添加剂发生化学反应,不影响压裂液的化学性质。而且该薄膜片在油、水、酸液中十分稳定。因为TFS材料的密度较低、体积较大,容易漂浮在上面。所以要在较低的速率下混合使其与压裂液混合均匀。

热塑性薄膜能够在整个压裂过程中或尾追注入阶段使用,它的加入量一般为支撑剂重量的0.25%~1.0%,试验证明TFS的用量主要取决于地层的温度。热塑性薄膜可以用砂泵加入到压裂液中。少量的薄膜可以人工加到砂泵里。

现场实验证明,热塑性薄膜控制支撑剂回流的效果很好,它的使用能较大地增加单井产量,施工费用较低,仅为采用树脂涂层支撑剂的50%~70%。

五、可变形的支撑剂防砂技术

几年前,一种可变形支撑剂(DIP)防砂技术被用来控制支撑剂回流。这些可变形的支撑剂是由树脂和惰性填充物包裹在一起而形成的。它们具有相似的形状和网格分布。更重要的是,在这些微粒被泵送到井底后,在一定地应力下是可以变形的(图3)。

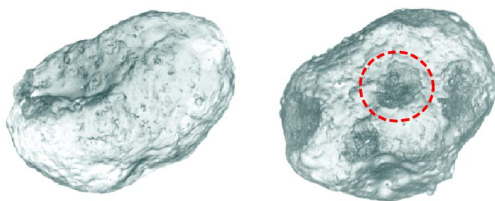


图3 变形支撑剂受力前、后的形状图

当DIP均匀地与普通压裂用支撑剂混合后,在一定

闭合压力下,由于变形在这种支撑剂的表面会形成一些小的窝或凹陷处。这些窝或凹陷处有助于稳定和锁住周围的支撑剂。这种综合效应将增强整个支撑剂填充层抗流动和压力的能力。由于这种支撑剂的内核具有较好的柔韧性并具有较大的外涂层,所以具有较好的抗腐蚀能力,并且在混和、泵送的过程中和在较高的地应力下不易被破坏。

至今在美国和加拿大已经有500次压裂作业中使用了可变形支撑剂。这种支撑剂适用于闭合压力为5~50 MPa和温度小于185℃的地层条件,其用量一般是支撑剂总量的10%~15%。DIP的使用能较好地防止压后积液和生产阶段支撑剂的回流。

六、结 论

到目前为止,国内外支撑剂回流控制技术在不断完善和进步,控制支撑剂回流的技术主要有树脂涂层支撑剂、无机纤维、热塑性薄膜和可变形支撑剂技术。在实际现场应用中可以根据经济效益、设备状况及地层条件等因素选择相应的防止支撑剂回流的方法,达到消除或减少支撑剂回流的目的,从而减少因支撑剂回流给设备带来的损害,减少投入的成本,提高单井产量,增加了经济效益。

参 考 文 献

- [1] NIMERIK K H, MCCONNELL S B, SAMUELSON . Compatibility of resin-coated proppant with crosslinked fracturing fluid[J].SPE 20639 .
- [2] ROGER R MYERS ,JOHN GOTTSCLING ,SHIRISH KULKARNI .Sand flowback control in the rockport gas storage field in northern west virginia [J].SPE 65640 .
- [3] PHIL RACE , NORBERTO BEIGGILER , GINO DI LULLO .New technique for proppant flowback and improved fracture conductivities [J].SPE 69580 .
- [4] NGUYEN P D,WEAVER J D ,M PARKER ,et al .A novel approach for enhancing proppant consolidation :laboratory testing and field applications [J].SPE 77748 .
- [5] PHILIP D NGUYEN ,JIMMIE D WEAVER ,MARK A PARKER ,et al .Proppant flowback control additives [J]. SPE 36689 .
- [6] 胡奥林,陈吉开 .包胶支撑剂及回流控制技术的新进展 [J].钻采工艺,1999,22(3):44-47 .
- [7] 左涟漪,马久岸 .新型树脂涂层支撑剂 [J].石油钻采工艺,1994,16(3):77-79 .

(收稿日期 2005-09-28 编辑 韩晓渝)