

全通径射孔与加砂压裂联作技术及其应用

陈锋^{1,2} 唐凯²

(1.重庆大学 2.川庆钻探工程公司测井公司)

陈锋等.全通径射孔与加砂压裂联作技术及其应用.天然气工业,2008,28(11):56-58.

摘要 低效油气藏通常采用射孔后进行增产措施改造,以取得理想产能。普通射孔管柱由于本身结构限制,很难为后续作业提供有效通道。全通径射孔与加砂压裂联作技术是在射孔后,整个射孔管柱形成与油管内径相当的通路,不需起出管柱或丢枪作业就可完成加砂压裂、生产测井等后续作业,也可直接作为完井生产管柱,保护了油气产层,缩短试油周期,提高完井效率。在介绍了全通径射孔与加砂压裂联作技术的工作原理、工艺特点、常用施工作业管柱、适用条件和配套射孔器材技术指标等基础上,在四川盆地岳2井进行了现场应用,避免了多打钻井口袋和射孔后压井多次起下管柱,为开发低效油气藏提供了有效的射孔完井方法。

关键词 射孔 压裂 管柱 四川盆地

一、引言

目前,对于地层压力低、渗透率低、孔隙度低的油气藏,采用常规射孔,很难获得理想的产能,通常在射孔后进行增产改造。随着射孔完井技术的不断发展,射孔与后续增产措施联作技术日益成熟。但常规的TCP技术射孔后,射孔枪管内的弹架在射孔弹等火工器材的爆炸冲击作用下变形扭曲,与射孔弹外壳的碎片一起充填在枪管内,另外射孔枪接头、起爆器等都无法形成有效通道。为了顺利开展加砂压裂、生产测井等后续作业,常采用的做法:进行丢枪作业、带枪进行加砂压裂作业或起出射孔管柱再进行后续作业。在现场作业中有以下几个方面的不足:①要进行丢枪作业,就意味着要多打口袋,增加了钻井成本,有些地区由于地层地质原因不允许把井钻得更深以获得能容纳射孔枪的口袋,这样就不能进行丢枪作业;②带枪进行加砂压裂,为了增加射孔枪与套管的环空间歇,降低压裂的施工难度,常采用较小直径的射孔枪和射孔弹,影响穿深;③多次起下管柱,达不到保护产层的目的,同时增加作业成本,延长试油周期。全通径射孔技术能解决上述问题,并与加砂压裂联作取得较好的施工效果^[1]。

二、全通径射孔与加砂联作技术

全通径射孔与加砂联作技术是用油管将连接射

孔枪的施工管柱下目标深度,在射孔枪的上部替入前置液,替液完成后,坐封封隔器,然后通过井口加压起爆射孔枪。射孔后,在射孔管柱上连接的起爆器、射孔枪、夹层枪和射孔枪接头等,其内部结构全部采用易碎材料制造,射孔时被射孔弹等火工品产生的爆轰波将其粉碎成颗粒状,落入井底,整个管柱形成与油管直径相当的通路。同时前置液经过射孔管柱高速挤入射孔孔眼,随着加砂压裂施工的进行,支撑剂在裂缝中形成有效的支撑裂缝,建立起良好的油气通道。

1. 工艺特点

(1)射孔后,整个射孔管柱形成与油管内径相当的通路,不需起出管柱或丢枪作业就可以完成加砂压裂、生产测井等后续作业,也可直接作为完井生产管柱。

(2)不进行丢枪作业,避免了多打口袋,节约钻井成本。

(3)避免射孔后压井多次起下管柱,降低储层伤害,保护了油气产层,缩短试油周期,提高完井效率。

(4)提供了加砂压裂通道,减小加砂压裂施工压力,降低施工难度。一方面采用全通径射孔枪可以提供更大的加砂通道,如 $\varnothing 127$ mm 套管(内径 $\varnothing 108$ mm)使用89型全通径射孔枪进行射孔,可以提供的流通面积为 $5.31 \times 10^{-3} \text{ m}^2$,而常规射孔枪带枪进行加砂压裂,提供的流通面积为 $2.94 \times 10^{-3} \text{ m}^2$,增加

了44.6%的流通面积。另一方面对于常规加砂压裂,射孔形成的裂缝不能得到充分利用,在进行加砂压裂时射孔裂缝有的已经闭合,从而增加了施工难度。而采用联作技术在射孔的同时就进行加砂压裂,避免了射孔裂缝的闭合,降低了施工压力。

(5)能够满足欠平衡钻井条件下的射孔作业^[2]。

2. 常用施工管柱

(1) 新井中的作业管柱

射孔枪采用双起爆,在射孔枪的上部装有筛管、封隔器和封隔器启动接头等(图1-a)。起爆射孔枪后,高速挤入前置液,从井口投球憋掉封隔器启动接头芯子,封隔器启动接头芯子通过全通径射孔枪掉入井底,后续进行正常加砂压裂作业。该管柱适用于井筒内能憋压和长井段射孔作业。

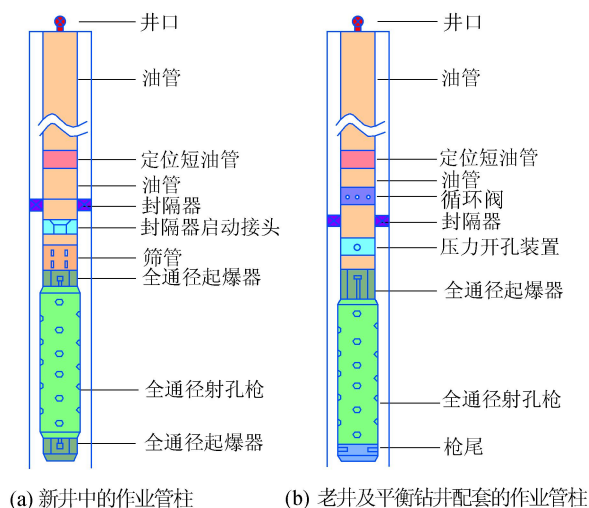


图1 新井、老井及平衡钻井配套的作业管柱图

(2) 老井及欠平衡钻井配套的作业管柱

射孔枪采用单起爆,在射孔枪上部装有封隔器、压力开孔装置和循环阀等(图1-b)。射孔枪下入井内校深定位后,从油管内加压打开循环阀,低替前置液后关闭循环阀。加压坐封封隔器,继续加压起爆射孔枪,完成射孔后进行正常加砂压裂作业。如果射孔枪起爆失败,从油管内加压打开压力开孔装置沟通油套,确保上提作业管柱的安全。该管柱特别适用于老井补孔和欠平衡钻井配套的全通径射孔与加砂压裂联合作业^[3]。

3. 全通径射孔器材技术指标

为实现该联作技术,需要采用专用的全通径射孔枪、低碎屑射孔弹及配套的全通径起爆器、破裂盘等装置。主要技术指标:适用枪型89、127型;89型低碎屑射孔弹穿深大于500 mm(API环形混凝土

靶),127型射孔弹穿深大于1000 mm(API环形混凝土靶);低碎屑射孔弹碎屑直径小于等于2 mm,其他碎屑直径小于等于5 mm。(图2)。



图2 碎屑情况图

89型射孔后通径大于等于 $\varnothing 55$ mm,127型射孔后通径大于等于 $\varnothing 65$ mm;耐压为105 MPa(图3)。



图3 全通径射孔枪图

全通径起爆器及破裂盘耐压105 MPa,93型起爆后通径大于等于 $\varnothing 55$ mm,127型射孔后通径大于等于 $\varnothing 65$ mm。

三、岳2井施工实例

岳2井位于四川省安岳县岳源乡石归村3组,是三叠系须家河组气藏的1口预探井,完钻层位为三叠系雷口坡组,完钻井深2353.0 m。

井况:本次岳2井施工层位为须二段,施工井段为2276~2289 m,厚度13 m,套管为 $\varnothing 177.8$ mm,压井液为清水。

射孔器技术参数:127型全通径射孔枪,低碎屑射孔弹,全通径压力起爆器,孔密为16孔/m,相位为 60° 。

施工设计思路:全通径射孔与加砂压裂联作立足于解除污染,改善近井地带渗流能力,恢复自然产能。该井固井质量差,井筒条件不好,施工设计时选择比较保守的参数,首先立足于施工成功,尽可能从工艺参数上降低施工风险^[4-5]。

2006年8月12日,用 $\varnothing 73$ mm油管带封隔器和全通径射孔枪进行射孔加砂联作(作业管柱见图

1-a),封隔器下入井深 2 246.11 m。施工前先进行低替基液 9.9 m³再坐封封隔器,之后进行憋压射孔,射孔后直接进入高挤前置液。投球憋掉封隔器启动接头芯子后开始进行正常加砂施工。共挤入井筒液量 202.07 m³,挤入地层液量 192.17 m³,其中压裂基液 6.31 m³,前置液 101.19 m³,携砂液 84.67 m³;加入 30/60 目陶粒 16.57 m³ (29 t),施工排量 2.55 m³/min;高挤阶段施工泵压一般 59.6~62.4 MPa,最高 64.5 MPa,高挤时间 88 min,最高砂浓度 483 kg/m³。从图 4 看出,整个施工过程顺利,取得了较好的作业效果。

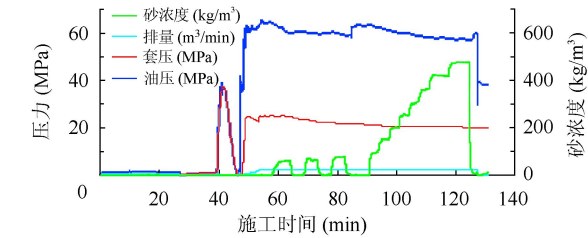


图 4 岳 2 井施工曲线图

四、认识与结论

(1)岳2井的作业成功表明所设计的作业管柱

和选用的全通径射孔枪、低碎屑射孔弹及配套的全通径起爆器等专用射孔器材能满足联作技术的要求。

(2)该技术不需起出射孔作业管柱或丢枪作业就可完成加砂压裂、生产测井等后续作业,降低了储层伤害,保护了油气层,缩短了试油周期,提高了完井效率。

(3)该技术只能在直井、大斜度井内作业,还不能很好解决水平井射孔作业。

参 考 文 献

[1] 李航,桑宇,韩慧芬,等.超正压与加砂联作技术研究[J].天然气工业,2004,24(12):82-85.
[2] 陈锋,姜德义,唐凯,等.欠平衡钻井条件配套的射孔工艺技术[J].测井技术,2006,30(1):22-24.
[3] 万仁溥.现代完井工程[M].2版.北京:石油工业出版社,2000.
[4] 王鸿勋.水力压裂原理[M].北京:石油工业出版社,2002.
[5] 胡永全,曾庆坤.计算射孔井水力压裂破裂压力的有限元方法[J].天然气工业,2003,23(2):58-59.

(收稿日期 2008-02-28 编辑 韩晓渝)