

文章编号: 1003-1480 (2003) 03-0042-04

增效射孔器及其在吐哈油田的应用

王 炜, 谢佃和

(中国石油股份有限公司吐哈分公司鄯善采油厂, 新疆 鄯善, 838200)

摘 要: 本文着重叙述增效射孔器的作用机理, 增效射孔器的应用关键及其在吐哈油田的应用效果。通过列举和分析增效射孔器应用存在的问题, 提出了相应的对策。

关键词: 增效射孔器; 火药推进剂; 聚能射孔弹

中图分类号: TJ459

文献标识码: A

Benefit Increment Perforating Device and Its Application in TuHa Oil Field

WANG Wei, XIE Dian-he

(Shanshan Oil Extraction Plant, Tuha Branch Company of China Petroleum Ltd., Shanshan, 838200)

Abstract: This paper emphatically describes the application mechanisms of benefit increment perforating device, the keystone of application as well as the application results in TuHa oil field. Relative countermeasures have been put forward after listing the applications of the device and analyzing the problems exist.

Key words: Benefit increment perforating device; Propellant; Shaped charge perforator

射孔作业在油田勘探开发中起着至关重要的作用。射孔作业是由射孔器来完成的。射孔器的作用是射穿井下封闭油气产层的套管、水泥环并深入油气层, 形成沟通井筒与油气产层的流体通道。目前常用的是聚能射孔弹。聚能射孔弹引爆时产生带有重金属粉末且高达数百兆帕的高压射流, 射流以每秒 7 000 米以上的高速从射孔枪里径向射出完成射孔作业。

尽管聚能射孔弹的性能指标在逐步提高, 但由于受枪身内径及装药量的限制, 射孔效率的提高也受到限制。同时射孔会对地层带来污染, 不干净的井液也会污染孔眼中的地层表面, 特别是

井液比重高于地面时污染更为严重, 这些都不利于产能提高。增效射孔器的开发研制, 就是在聚能射孔技术的基础上, 增加了高压气体压裂技术, 达到增加产能的目的, 目前已获得应用。

1 增效射孔作用的机理

增效射孔技术是采用高压气体压裂技术, 在聚能射孔的基础上改造油气层, 实现增产的一种新技术。其原理是利用脉冲加载并控制压力上升速度, 使迅速释放的高温高压气体通过聚能射孔形成通道, 在井筒附近压开多方位裂缝, 从而

收稿日期: 2003-06-03

作者简介: 王炜 (1970-), 男, 工程师, 主要从事采油技术工作。

提高完井作用半径,达到增产的目的。

增效射孔器主要由聚能射孔弹和火药推进剂及辅助配件组成。聚能射孔弹与火药推进剂安装在同一射孔枪内,由雷管和导爆索引爆。射孔弹从引爆到穿完孔的作用时间只有 $10\mu\text{s}$ 左右,火药的作用时间是几毫秒到几十毫秒,说明火药的燃速比射孔弹的爆速低得多。射孔弹引爆时产生的瞬间高压可达数百兆帕,但射穿地层后立即下降。这时被射孔弹高速爆轰波(或导爆索)引燃的火药开始燃烧,生成的燃气在射孔弹形成的剩余压力的基础上能

升至 50MPa 以上,经射孔孔道压向地层,形成燃气压力冲击波作用在孔眼侧壁上的破碎带和压实带上。由于作用时间是毫秒级的且与地层之间有较大压差,能在压实带上形成裂缝,从而改善压实带上的渗透性能。燃气压力冲击波作用在射孔孔眼侧壁上,还能把地层污染带孔隙中的污染物推向地层深处,改善地层污染带的渗透性能,能使一部分无效孔眼变成有效孔眼,使一部分低效孔眼变为高效孔眼,从而提高射孔效率。图1显示了增效射孔的作用过程。

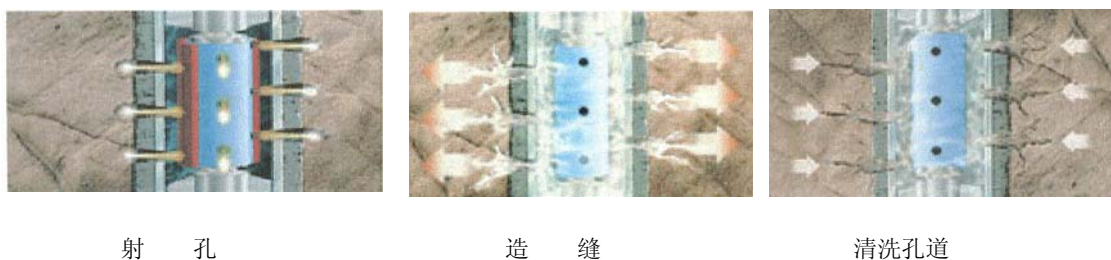


图1 增效射孔的作用过程示意图

2 增效射孔器的种类及选用

2.1 增效射孔器的种类

增效射孔器是目前发展中的能有效提高射孔率的新型射孔器,代表了当今射孔器和工艺的发展主流。按结构分有5种形式:

挂接式,火药柱装在筛管里挂接在射孔枪尾处,由导爆索引燃火药。这种结构简单、装药量大、操作简单。但上举力大不能对准射孔孔眼,油管输送时不便于长射孔井段和有夹层的射孔作业。

对称式,火药装在射孔枪上、下两段的筛管或有泄压孔的枪体里,导爆索引燃火药。特点是在射孔枪上、下两边形成的燃气流对撞作用下,压裂效果好,且适用于小井眼,结构较复杂。

一体式,火药装在射孔弹之间的弹架里,射孔弹爆轰波引燃火药。根据火药的填充方式不同,又有两种类型。一种类型是在同一支枪体内先装入聚能射孔弹,然后在弹的四周间隙内填满发射火药或推进剂。另一种则是将火药推进剂制成药饼,将它们装在同一射孔枪中聚能射孔弹串的一端(非对称式)或二端(对称式)。此种结构用途较广,操作简便,对于新井、探井、老井、注水井和污染较重的井均适用。

双复式,火药装在射孔弹的前仓里,射孔弹的射流点燃火药。特点是射孔弹的前仓装火药而弹体后移,增加了枪身炸高,能提高射孔弹的穿深,射流也能把一部分火药带入孔眼燃烧;缺点是火药装药量小、枪外径大,不适用于老井作业。

滑套式,火药筒套在射孔枪体外边,枪头、枪尾中接头外径均大于枪体并略大于火药筒外径,靠射孔弹的射流点燃火药。特点是装药量大、操作简便、装配简单,不影响射孔枪孔密;缺点是射孔枪身外径减小。

2.2 增效射孔器的选用

吐哈油田位于吐鲁番-哈密盆地台北凹陷地带,为中侏罗纪地层,自上而下发育着两套含油层系,属滨浅湖-辫状河沉积体系。含油层厚 $400\sim 500\text{m}$,平均有效厚度 31.7mm (鄯善油田),储层特征表现为低孔低渗,岩石的润湿性为强亲水性,油井均为注水井,属于低压油藏,为中、低产油田,连续射孔井段短的多,长的少,地层污染较重的油井较多。

根据以上特点,从操作方便及应用效果上考虑,在吐哈油田应首先选用一体式。因为目前一体式射孔器技术比较成熟,操作简便。对于低孔隙度、低渗透性、地层污染严重的油气井效果明显。应用于吐哈油田的射孔器结构见图2。

此射孔器由聚能射孔器（枪头、定位盘、射孔弹、弹架、枪身、枪尾、导爆索）和增效药饼构成。其中增效药饼对称装在聚能射孔弹两端，这样设计既利于射孔密度的调整，又便于实现火药的高质量装药和稳定燃烧，并可根据需要调整火药的装药量。可以避免因射孔弹四周填充推进剂或发射药带来的在装药量、射孔密度等方面的限制；或因设计、操作不当时，火药由燃烧变为爆轰，出现井下事故。

目前的规格有 3 种，其性能见表 1。

根据吐哈油田的特点，笔者认为也可选用滑套式增效射孔器，其结构见图 3。

该射孔器主要由聚能射孔器及复合推进剂（药筒）组成，其规格性能见表 2。

滑套式增效射孔器用于油气井效果较好，它最大特点是不易造成枪身爆炸而损坏油气井，且

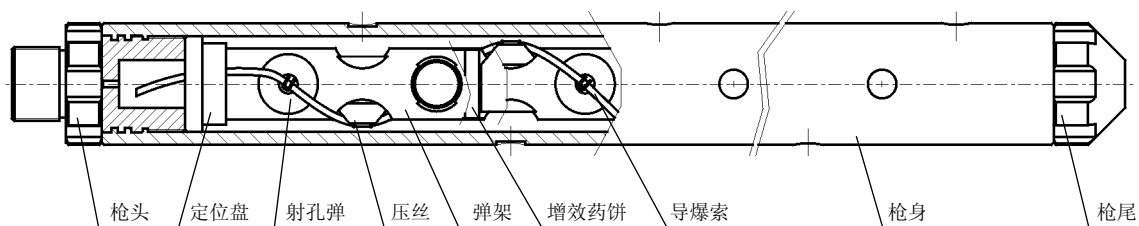


图 2 一体式增效射孔器示意图

表 1 一体式增效射孔器规格及性能表

枪型	复合推进剂				射孔器		
	爆热 / $(\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1})$	火药力 / $(\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1})$	耐温 / $^{\circ}\text{C}$	药饼外径 / mm	孔密孔 / m	耐温	耐压 / MPa
89 型				46	13	170 $^{\circ}\text{C}/2\text{h}$	80
102 型	≥ 5.5	960	170	50		120 $^{\circ}\text{C}/48\text{h}$	
127 型				67			

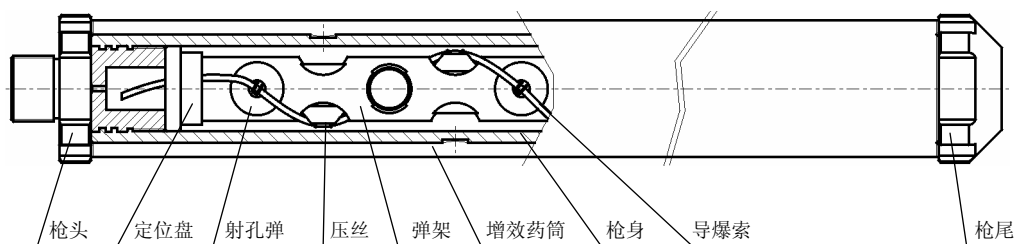


图 3 滑套式增效射孔器示意图

表 2 滑套式增效射孔器规格及性能表

枪型	复合推进剂				射孔器		
	爆热 / $(\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1})$	火药力 / $(\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1})$	耐温 / $^{\circ}\text{C}$	药饼外径 / mm	孔密孔 / m	耐温	耐压 / MPa
89 型				46	13	170 $^{\circ}\text{C}/2\text{h}$	80
102 型	≥ 5.5	960	170	50		120 $^{\circ}\text{C}/48\text{h}$	
127 型				67			

装药量大、效果明显,目前正在试用中。

3 增效射孔器应用中的技术关键

吐哈油田油气井为油管输送时射孔,射孔应严格按照油管输送射孔工艺流程进行作业。

根据射孔层段和夹层井段的长度,合理配置不同长度的射孔器。最短 1m,最长可达 50 余米;根据油气井的井径,选择不同的枪型,配置适用于该枪型的枪头、夹层管等,并注意连接好导爆索接头。

根据不同井和地层的地质资料,合理选择火药推进剂的药型、装药量。因为在增效射孔作业时,火药推进剂和导爆索里的炸药、聚能射孔弹一起下井,火药的耐温性能低于炸药。所以,按井下温度选用增效射孔器时不能按射孔弹的耐温性能来选择,而应当按火药的耐温性能来考虑。特别是采用油管输送方式时,由于增效射孔器在井下停留时间长,火药长时间在温度高的环境中会发生分解,达不到自燃的温度,点燃时燃速会大大加快,泄压不及时会造成炸枪、卡枪、掉枪等事故。

每米枪身火药推进剂的装填量与一次下井的枪身长度有关,对于油管输送式射孔,一次下井十几米甚至几十米,每米装填量较之电缆输送式射孔相应减少。因为压力过高时会加快火药的燃烧过程,其结果可能会炸枪,造成施工事故。

增效射孔是以消除污染而实现增产的作业方式,均属正压射孔。射孔时井筒里必须是清洁的井液,最好用过滤过的清水或无固相完井液。

枪身泄压孔的合理布置也是保证射孔效率的关键之一。泄压孔面积过小,气体泄出过慢,枪内压力上升过快,进而使燃速加快,易引起炸枪。泄压面积过大,气体泄放过快,井内压力上升过快导致井内峰值太大,对保护枪身有利而对套管不利。因此,对泄压孔的合理布局设计应同时考虑保护枪身和套管。

枪身上的泄压孔必须采取可靠的耐压密封措施,以保证施工的成功率。枪身进水多时会造成不起爆,枪身内有少量渗水时,虽然可以起爆,但却会降低射孔效果。可靠的耐压密封对增效射孔的效果至关重要。

4 应用效果

吐哈油田经过多年的高速开发,储采比呈逐年下降的趋势,稳产基础薄弱。针对油田低渗透和特低渗漏特点,采用增效射孔器实施射孔和压裂,使得产量基本保持稳定,主要表现在以下几方面:

a) 对于新井、探井能够客观地反映原始地层状况;

b) 为低孔、低渗透油气井制造较好的渗流条件,有利于后续作业;

c) 对于污染较重的井,可以穿透污染带;

d) 通过对老井的补孔作业,起到了清理旧射孔孔道,达到增产效果;

e) 对于注水井,可以起到增注以及清除水中杂质对金井地带孔道堵塞的作用,使得注水量下降后,同样可保持稳定的产量。

5 目前应用中存在的问题及对策

经过对以往增效射孔施工情况进行分析,找出以下几种应用中存在的问题,并提出相应对策:

射孔器的密封性差。射孔器不密封,枪体进水,会引起射孔弹聚爆,射孔器撕裂并卡在套管内。在下井之前应认真检查密封圈是否上好,是否有伤痕,耐湿和耐腐蚀性能是否符合井况要求。

下钻速度过快,发生蹩钻,导爆索断裂,无法引爆;或弹体错位,影响射孔质量。应严格控制下钻速度,保持平稳匀速。

火药推进剂用量计算不准,用量过少,影响压裂效果,用量过大,压力过大,容易造成炸枪。在选择药饼时,应充分了解其性能参数,在地面经过模拟对比试验,以选取比较合理可靠的推进剂配方及装药量。

参考文献:

- [1] 刘玉芝. 油气井射孔井壁取芯技术手册 [M]. 石油工业出版社, 2000.3.
- [2] 吴艳华, 安丰春, 董建辉. 丢枪式油管输送射孔技术在塔里木油田的应用 [J]. 火工品, 2001, (2).