

# 模块化射孔工艺技术

郭景学, 姜晓燕, 王文昌

(大庆油田有限责任公司试油试采分公司, 黑龙江大庆 163412)

[摘要] 介绍了一种新型射孔完井技术——模块化电缆射孔工艺技术。它采用单芯电缆传输方式, 首先将射孔器支撑装置锚定到预定深度, 然后将射孔所需全部模块化射孔器分次下入井内, 最后引爆射孔弹, 从而达到多支射孔器分次下井、一次点火完成的目的。在此基础上, 通过特殊的导向装置设计, 实现电缆定方位射孔。它的优点是充分发挥了电缆传输方式动用设备少、作业方便、施工时间短等优势, 又实现了部分油管输送射孔的功能, 如全井负压射孔、防喷等。另外, 在高压油气井射孔时, 模块化射孔器可自动丢到井底, 油气井直接生产, 对高压油气不会产生截流。如果想起出井下工具, 由于井下工具不长, 利用井口防喷管就可完成此项工作。

[关键词] 射孔; 模块化; 定方位

[中图分类号] TE934 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)04-0026-05

## 1 前言

射孔完井是油气田勘探开发过程中一个非常重要的环节, 射孔效果的好坏直接影响油气井的产能。随着油田勘探开发工作的不断深入, 勘探开发地层的条件越来越差, 井况也更加复杂, 对射孔完井技术也提出了更高的要求。现代射孔完井技术不仅要准确打开油气层, 还要保护油气层, 最终要解放油气层, 而且还要降低施工成本, 简化施工工艺。为了进一步发展射孔完井技术, 满足油田市场需要, 在对国内外射孔完井工艺技术进行调研和分析的基础上, 大庆油田开发了模块化电缆输送射孔技术。该技术通过电缆输送方式实现油管输送射孔的目的, 其设计思想不同于目前的常规射孔工艺技术, 整个射孔枪系统采用模块化设计, 并能够实现定方位射孔<sup>[1-3]</sup>。

## 2 工艺原理

### 2.1 系统构成

模块化射孔技术主要由 6 部分构成(见图 1)。

### 2.1.1 射孔器支撑模块

为了支撑全井模块枪的重量以及模块枪引爆后的爆轰震击, 研制了可取式模块枪支撑器(见图 2), 是一种上提下放式锚定支撑器。为了防止射孔残渣或地层出砂造成砂埋, 支撑器的卡瓦采用六相间隔式结构; 同时, 为了避免支撑器在射孔后发生转动或窜动, 6 个卡瓦止动块上的止动槽设计成 4 个横向槽, 两个纵向槽。4 个横向槽保证支撑器向上承载能力, 两个纵向槽防止支撑器在射孔后发生转动。

其技术指标如下: 最大外径为 114 mm, 总长 1 025 mm, 承载能力 >500 kN。

### 2.1.2 电动捞放模块

打捞/释放装置(见图 3)采用机电一体化控制技术, 由直流电动机驱动机械手, 对射孔器模块及支撑器模块进行可靠的打捞与释放。该装置设计为在打捞时可不通电即可捞取, 并且在地面对捞取物释放时也可以不加电就能释放。这样, 该装置既可以手动操作, 又可以电动控制, 操作可靠、简便。

### 2.1.3 深度(方位)定位模块

支撑器上提下放锚定后, 为了确定支撑器的准确深度, 设计了深度定位模块, 该模块主要由磁定位

[收稿日期] 2012-02-14

[作者简介] 郭景学(1960—), 男, 黑龙江双城市人, 高级工程师, 主要研究方向为射孔工艺技术; E-mail: 766abc@sina.com

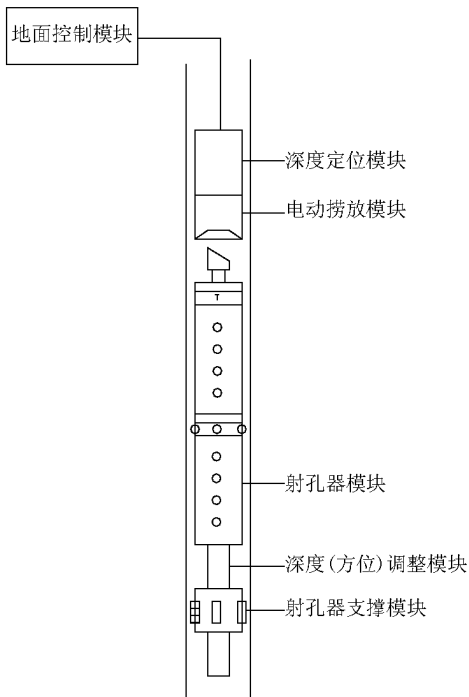


图1 模块化射孔原理示意图

Fig. 1 Diagram of modularized perforation

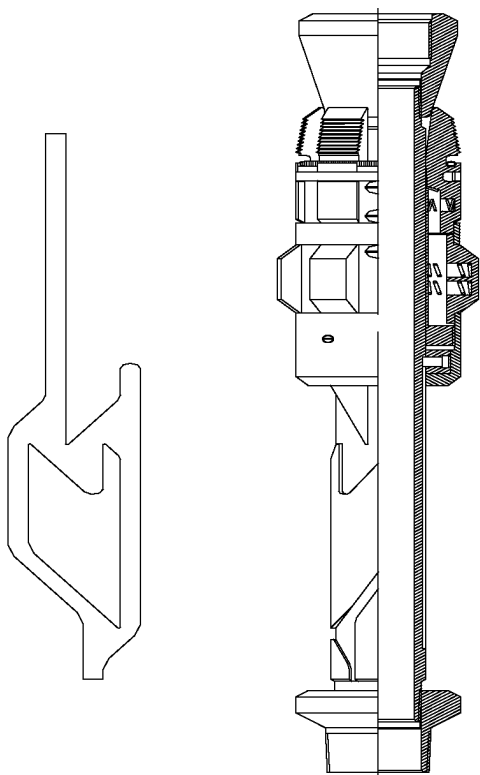


图2 模块枪支撑器

Fig. 2 Carrier of modularized gun



图3 打捞/释放装置

Fig. 3 Salvage / release device

器(CCL)和激磁器组成。其原理是当射孔枪支撑器锚定后,CCL的记录点和激磁器的注磁点与支撑器上端面的距离已知。此时,利用激磁器对套管进行注磁,然后上提仪器,CCL就测得了注磁信号和套管接箍信号,通过对比就知道注磁点深度,这样也就知道了支撑器锚定深度。另外,在定方位射孔时,为了确定支撑器上方位键的准确方位,设计了与之配套的方位陀螺仪,这样就完成了井下工具的定深定向工作。

#### 2.1.4 深度(方位)调整模块

由于支撑器为上提下放锚定方式,其锚定深度不是十分精确。另外,在定方位射孔时,支撑器上导向装置的方向与目的方位可能不一致。因此,设计了一个锁定式双定向调向短接,该短接下井后使其与支撑器锁定,并且在径向不发生旋转,其上部装有外导向器和调向器,依据当前方位和目标方位的差值调整方位角度,保证了模块枪方位上的精度。

#### 2.1.5 射孔器模块

射孔器模块主要由捞放头、射孔枪、弹架、射孔弹、导爆索、对接头以及耐压传爆组件等构成。其中,耐压传爆组件由主爆管和被爆管两部分组成,能够实现在井下(具有液体、温度、压力)条件下两个传爆管之间可靠传爆,其传爆距离大于100 mm,耐压70 MPa,耐温163℃。

为了使模块枪径向旋转灵活和顺利对接,设计了万向球式扶正器(见图4)。其采用六相位独立弹性球式,承载能力径向动载荷及轴向动载荷5 t以上。将扶正器直接置于导向器与枪头之间即可。扶正器的弹子可以万向自由转动,保证了模块枪顺利下井并在井内居中,便于对接与打捞。

电缆定方位射孔时需要增加定向模块,包括导向器和定向器。

导向器(见图5)置于模块枪身上部,与枪头加工为一体,其上部制作为导向斜面 and 定向槽,且带有六相位球式扶正器,中间为凸起的圆柱形,用于连接被爆传爆管;定向器(见图6)置于模块枪身下部,与枪尾加工为一体,中间为凸起的圆柱形,用于连接主爆传爆管。当两柱模块枪在井内对接时,带有键槽

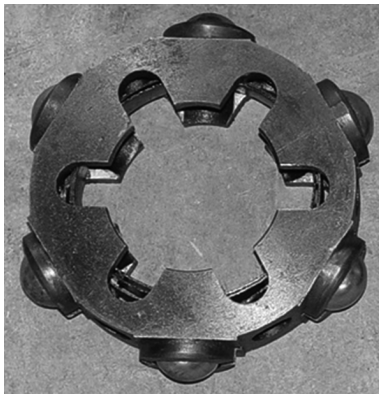


图4 球式扶正器  
Fig. 4 Ball type centralizer

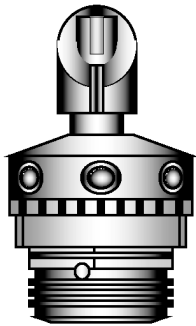


图5 导向器  
Fig. 5 Inlet guide

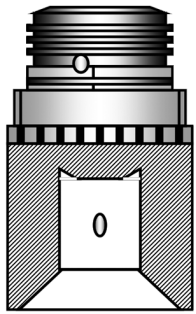


图6 定向器  
Fig. 6 Directional coupler

的定向器与导向器上的定位键接触后,由于导向器导向斜面的存在,导向器在自身重力的作用下,使导向器与定向器发生相对的旋转滑动,最终使定向槽与导向键相互吻合在一起,实现了模块枪的自动定向与对接,从而实现了定方位射孔。

#### 2.1.6 地面控制模块

地面控制模块主要包括磁定位信号采集处理、深度信号采集处理、激磁信号采集处理、激磁控制、

打捞/释放控制、单芯多路传输控制等(见图7)。采用单芯多路传输控制是因为目前射孔队多数采用单芯电缆,为了拓宽该技术的适用范围,利用单芯多路转换分时传输控制技术,单芯电缆可以传输4路信号,即磁定位信号、激磁信号、激磁控制信号、打捞/释放控制信号。磁定位信号采集处理、深度信号采集处理、激磁信号采集处理等,应用常规的数控射孔仪器即可完成。

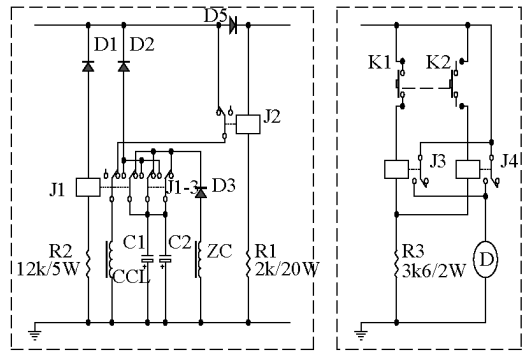


图7 地面控制模块原理图  
Fig. 7 Diagram of surface control module

## 2.2 施工流程

首先用电缆携带深度定位仪和打捞/释放装置,将带有导向功能的模块枪支撑器下入待射油层的预定深度,利用地面数控仪测定其准确深度后,使之锚定在套管上;再用陀螺测斜仪测定坐封后的支撑器上部的定向器方位,以该定向器方位为依据,利用调向短接将该方位调整到目标方位,并将该调向短接下入井中,与支撑器上部的定向器坐键吻合;再将每支具有自动定向和对接功能,且带有扶正器的模块枪依入井中,直至满足全部射孔井段(见图8)。由于支撑器和每支射孔枪上部带有导向斜面 and 定位凹槽,射孔枪下部带有定向凸键,因而在射孔枪自身重力的作用下,使定向凸键与导向斜面发生相对滑动,射孔枪发生旋转,最终使定向凸键嵌入导向凹槽,实现模块枪自动定向对接。

起爆方式可采用电缆对接起爆,也可以采用压力起爆和投棒起爆。

## 3 现场试验情况

在模拟井试验成功的基础上,在 X2 - 2 - P64 井进行了现场试验。射孔器全部起出后,证明射孔弹全部起爆,测后磁结果表明射孔深度准确,见表1。

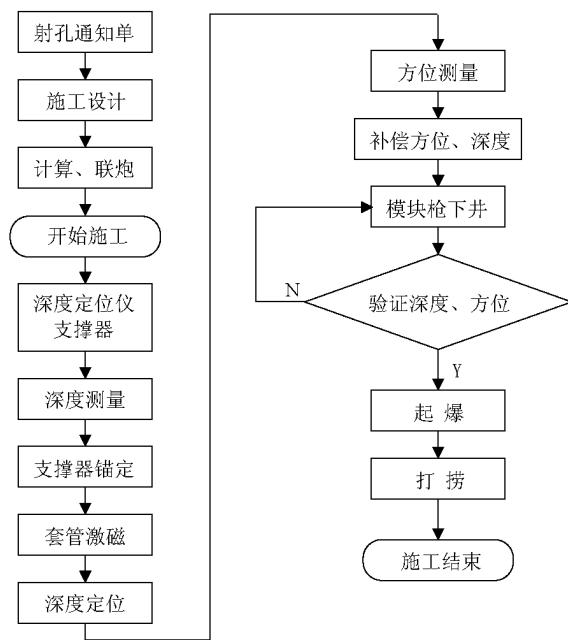


图8 施工流程框图

Fig. 8 Operation flowchart

表1 X2-2-P64 井数据表

Table 1 Datasheet of X2-2-P64

射孔井段	厚度/m		孔密/m	孔	枪型	弹型	枪数/柱	施工起爆方式
	夹层	射开						
1 125.7 ~ 1 140.0	7.0	7.3	16	117	102	DP44RDX-5	4	模块化投棒

#### 4 结语

1) 模块化射孔技术将机电一体化控制、航空航天等技术与聚能射孔技术进行了有机结合, 整体技术含量较高。

2) 模块化射孔技术由于具有施工简便、作业时间短、防喷等技术特点, 其应用规模和领域将会不断扩大。

#### 参考文献

- [1] 刘国志, 刘方玉, 许显志. 大庆油田射孔、试油技术发展与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [2] 刘玉芝. 油气井射孔井壁取芯技术手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
- [3] 万仁溥, 罗英俊. 采油技术手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989.

# Modularization perforating technology

Guo Jingxue, Jiang Xiaoyan, Wang Wenchang

(The Well Testing and Perforating Company of Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163412, China)

[ **Abstract** ] This paper introduces a new type of perforating completion technology modularization wire line perforating technology. It uses monocable to run the hanging device of the perforator to the desired depth; then the full modular perforating guns required by the perforating operations are run to the well one after another; at last, the perforating charges are detonated. With the technology, the aim of running multiple guns individually and detonating at one time is realized. Based on this technology, with a special guiding design, the wire line oriented perforating is completed. The technology is making full use of the special features of the wire line conveyed method, including less equipment, easy operation, and short job time, etc. , also fulfills some functions of tubing conveyed perforating, such as underbalanced perforating in the whole well, preventing blow out, etc. In addition, in the perforation in high pressure oil and gas wells, the modular perforators can be dropped to well bottom. Thus the wells can produce directly without restriction to the high pressure oil and gas. If the down hole tools need to be pulled out, the operation can be completed with the wellhead lubricator for the tool in the well is not long.

[ **Key words** ] perforating technology; modularization; orientation