

文章编号: 1006-9941(2011)01-0094-04

## 油气井用隔板起爆器的起爆能力

彭加斌, 杨学贵, 章松桥, 李哲雨

(陕西应用物理化学研究所, 陕西 西安 710061)

**摘要:** 为了提高油气井用隔板起爆器的起爆能力, 在传统隔板起爆器的基础上, 改变了其受主装药盲孔的几何结构和受主装药结构, 设计出一种油气井用隔板起爆器, 并对其进行了起爆能力的实验研究。实验结果显示, 油气井用隔板起爆器起爆油气井耐温传爆管的最大空气隙距离为 85 mm, 而传统隔板起爆器和油气井耐温传爆管分别为 20 mm 和 65 mm, 因此, 它的空气隙起爆能力很强。

**关键词:** 应用化学; 油气井用隔板起爆器; 空气隙; 起爆能力; 油气井用传爆管; 破片

中图分类号: TJ45; O69

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2011.01.022

### 1 引言

隔板起爆器是一种应用较为广泛的火工品。通常的隔板起爆器是“H”形结构<sup>[1-2]</sup>, 如图 1 所示。施主装药发火时产生强冲击波, 冲击波通过隔板作用于受主装药, 受主装药发火再起爆其下一级的爆炸元件, 从而完成隔板起爆器起爆之功能。隔板起爆器的输出功能, 即起爆功能, 是其最重要的功能之一, 尤其是油气井用隔板起爆器, 对这一点要求更高, 有时甚至要求它的空气隙起爆距离(即一个爆破器材在空气中起爆另一爆破器材的距离。)与具有较强空气隙起爆能力的油气井耐温传爆管(图 2)相当。油气井耐温传爆管是油气井射孔中最为常见, 也是最具有长距离起爆能力的爆破器材之一。它是通过自身爆炸产生的高速破片来实现长距离空气隙起爆另一个传爆管的, 其通常空气隙起爆距离可高达 60 mm 左右<sup>[3]</sup>。很显然, 传统隔板起爆器是很难达到如此强的空气隙起爆能力的。为了满足长距离空气隙起爆要求, 本研究对传统隔板起爆器的几何结构和装药结构等进行了改进, 设计出一种油气井用隔板起爆器, 实验结果显示它的起爆能力得到了很大的提升, 而且还明显好于油气井耐温传爆管。有关油气井用隔板起爆器方面的专利产品在国外曾有报道<sup>[4-6]</sup>, 但国内外尚未见到类似本文这种设计特点的油气井用隔板起爆器及其空气隙起爆能力方面的研究报道。

收稿日期: 2010-03-23; 修回日期: 2010-05-30

作者简介: 彭加斌(1968-), 男, 高级工程师, 从事石油爆破器材方面研究。e-mail: jbpeng68@163.com

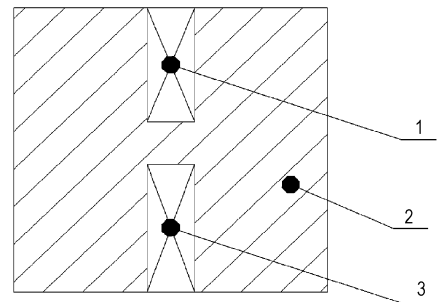


图 1 传统“H”形隔板起爆器结构示意图

1—施主装药, 2—隔板本体, 3—受主装药

**Fig. 1** Illustration of a traditional through bulkhead explosive initiator

1—donor charge, 2—body, 3—receptor charge

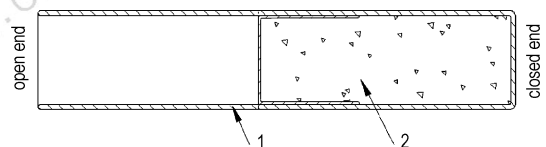


图 2 油气井耐温传爆管示意图

1—金属管壳, 2—猛炸药

**Fig. 2** Illustration of a booster for oil well usage

1—metal shell, 2—secondary high explosive

### 2 实验部分

#### 2.1 油气井用隔板起爆器的设计特点

油气井用隔板起爆器材料采用与军品隔板起爆器相同的材料——不锈钢(1Cr18Ni9Ti)。油气井用隔板起爆器与传统隔板起爆器相比主要有以下不同:

其一、受主装药盲孔的几何结构不同(见图 3)。

传统隔板起爆器为柱形盲孔,而油气井用隔板起爆器受主装药盲孔呈锥形。其二、其受主装药结构与传统隔板起爆器不同。传统隔板起爆器的受主装药是将药剂直接压装到隔板起爆器的盲孔中,而油气井用隔板起爆器是采用间接装药形式,即首先制造一个加长型雷管(其装药结构见图4),然后将该雷管用少许粘合剂粘入隔板受主装药盲孔中(雷管的加强帽端朝向盲孔内)。其施主装药为油气井常用的普通电雷管。

2.2 实验过程

本隔板起爆器是通过起爆与之有一定空气隙距离的油气井用耐温传爆管来评估其空气隙起爆能力的。实验装置如图5所示。

实验的具体做法:将某电雷管(制式产品)用少许粘合剂粘入(雷管的脚线端向外)到隔板起爆器(已粘入加长型雷管)施主装药盲孔中,然后将油气井用耐温传爆管(制式产品)用少许粘合剂粘入传爆管支架孔中(传爆管的封闭端面(closed end)与支架左端面平齐)。接着将隔板起爆器和传爆管支架分别按图5方式固定在钢板条形沟槽上。最后起爆电雷管,观察支架上传爆管的爆炸情况。实验结果见表1。

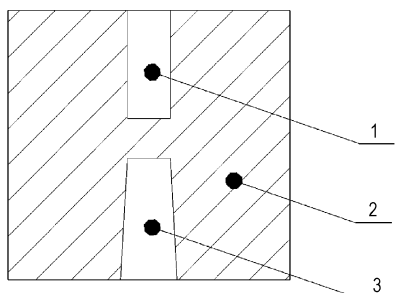


图3 油气井用隔板起爆器隔板结构示意图  
1—施主装药盲孔, 2—油气井用隔板本体, 3—受主装药盲孔  
Fig.3 Profile of a new kind of through bulkhead explosive initiator for oil well usage  
1—donor charge hole, 2—body, 3—receptor charge hole

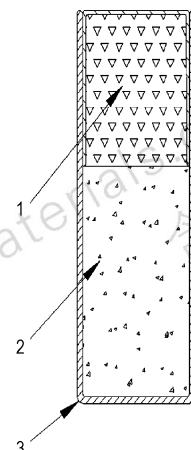


图4 加长型雷管结构示意图  
1—加强帽, 2—猛装药, 3—管壳  
Fig.4 Profile of a lengthened detonator for oil well usage  
1—cap, 2—secondary high explosive, 3—shell

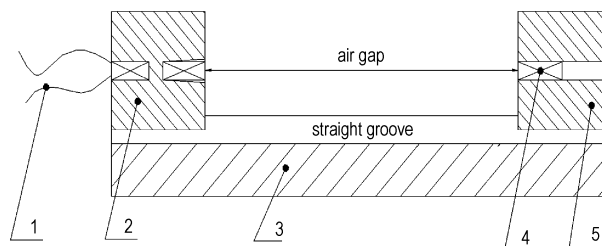


图5 油气井用隔板起爆器(或传统隔板起爆器)起爆油气井用耐温传爆管实验装置示意图  
1—电雷管脚线, 2—油气井用隔板起爆器(或传统隔板起爆器), 3—钢板条, 4—油气井用传爆管, 5—传爆管支架  
Fig.5 Diagram of a new through bulkhead explosive initiator for oil well usage (or a traditional one) initiating a booster for oil well usage in the air  
1—electronic detonator wire, 2—a new through bulkhead explosive initiator for oil well usage (or a traditional one), 3—steel bar, 4—a booster for oil well usage, 5—support for the booster

表1 在空气中油气井用隔板起爆器、油气井用传爆管和传统隔板起爆器起爆油气井用传爆管的实验结果比较

Table 1 Comparison of initiating ability of a through bulkhead explosive initiator for oil well usage initiating a booster for oil well usage in the air with a traditional through bulkhead explosive initiator and a booster for oil well usage

air gap/mm	0	5	10	15	20	25	35	45	55	65	75	85	95
results for A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F
results for B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F		
results for C	S	S	S	S	S	F							

Note: "S" is for success of initiating the booster; "F" is for failure of initiating the booster; "A" is for a through bulkhead explosive initiator for oil well usage; "B" is for a booster for oil well usage; "C" is for a traditional through bulkhead explosive initiator.

为了比较油气井用隔板起爆器、传统隔板起爆器和油气井用传爆管的空气隙起爆能力,笔者分别在相

同的试验条件下完成如下两项对比实验: 用传统隔板起爆器替代油气井用隔板起爆器按图 5 进行对比实验(两者受主装药的种类和质量均相同), 实验结果见表 1。按图 6 进行油气井用耐温传爆管空气隙起爆另一个油气井用耐温传爆管的对比实验, 实验结果见表 1。

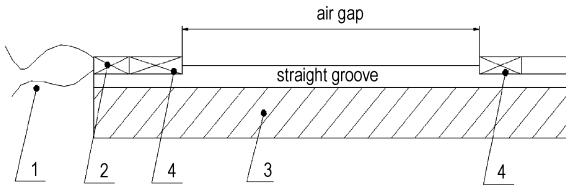


图 6 油气井用耐温传爆管起爆油气井用耐温传爆管实验装置示意图

1—电雷管脚线, 2—电雷管, 3—钢板条, 4—油气井用传爆管

Fig. 6 Diagram of a booster for oil well usage initiating another in the air

1—electronic detonator wire, 2—an electronic detonator, 3—steel bar, 4—a booster for oil well usage

### 3 结果与讨论

表 1 实验结果显示, 在空气中油气井用隔板起爆器空气隙起爆油气井用耐温传爆管的最大距离为 85 mm 左右, 而油气井用耐温传爆管空气隙起爆另一油气井用耐温传爆管的最大空气隙距离在 65 mm 左右, 传统隔板起爆器则在 20 mm 左右。由于三者相同条件下起爆同一类型的油气井用传爆管, 因而完全可以认为油气井用隔板起爆器空气隙起爆能力不仅远远强于传统隔板起爆器, 而且还超过油气井用耐温传爆管。

众所周知, 爆破器材的起爆能力与它输出的三个要素, 即冲击波、破片和热爆炸气体有关。一般爆破器材的起爆能力要素主要为冲击波和破片, 近距离时以冲击波为主, 远距离时以破片为主<sup>[7]</sup>。由于传统隔板起爆器受主装药没有金属外壳, 因此它的起爆方式为冲击波起爆, 因此起爆距离较短(因为冲击波衰减很快), 即起爆能力较弱。而油气井用传爆管和油气井用隔板起爆器受主装药均有外壳, 在爆炸时产生高速破片, 由于破片的速度衰减较慢, 因此它们起爆距离较远, 即起爆能力较强。

在本实验中, 油气井用隔板起爆器的起爆能力取决于其受主装药, 其装药结构为起爆药(0.1 g)和猛炸药(0.5 g HMX), 而油气井用耐温传爆管装药全为猛炸药(0.75 g HMX), 且两者装药压力、管壳材料和尺寸均相同, 由于破片起爆炸药时, 其起爆概率随破片速度和破片密集度的增加而增加<sup>[7-8]</sup>, 因此仅仅从装

药和管壳角度看, 油气井用隔板起爆器起爆能力是不可能强于油气井用耐温传爆管的。为此, 笔者认为本实验中油气井用隔板起爆器如此强的长距离空气隙起爆能力可以从以下几个方面解释。

其一、从稀疏波耗能<sup>[9]</sup>角度看, 由于本隔板的受主装药受到隔板侧面和底面等的坚壁保护, 隔板有效地阻碍了稀疏波的入侵, 防止了爆轰反应区能力散失, 因此其轴向爆轰能量得到很大提高, 这样有利于破片速度的提升, 从而提高了它的起爆能力。

其二、从有效装药量角度看, 有效装药理论<sup>[9]</sup>认为, 假如装药侧面有坚固的外壳, 爆炸产物只能从其两端飞散, 则从理论上可以导出飞向起爆端的爆轰产物质量为总装药量的 5/9, 飞向底端的爆轰产物质量为总装药量的 4/9。由于本隔板受主装药的爆炸产物只有一端飞散, 因此笔者认为此飞散端飞出的爆炸产物质量为总装药量, 这样爆炸产物对破片所施加的压力更大, 压力作用的时间更长, 破片得到了更高速度, 从而提高了起爆能力。

其三、由于本隔板受主装药实行间接装药, 受主装药带有金属管壳, 又由于隔板盲孔多面坚壁限制, 只有一个出口, 因而受主装药的管壳破碎后, 在超高压爆轰产物作用下, 大部分管壳碎片都能成长为高速破片, 有效撞击起爆油气井用耐温传爆管, 提高了有效撞击的概率, 从而提高了起爆能力。这一推想可从作用后的隔板起爆器上的两个盲孔表面状况对比(见图 7)中得以验证。在图 7 中, 左边为作用后的隔板施主装药盲孔状况, 右边为作用后的隔板受主装药盲孔状况, 很明显, 作用后的隔板受主装药盲孔里面基本上是干净、光滑的, 而施主装药盲孔内壁则留有较多爆炸固体残留物。这说明隔板起爆器中的加长雷管爆炸后, 大部分管壳破片都已高速飞出, 从而提高了它的起爆能力。



a. donor hole

b. receptor hole

图 7 油气井用隔板起爆器爆炸后两个盲孔表面状况对比

Fig. 7 Comparison of two holes in the new through bulkhead explosive initiator after firing

其四、从管道效应角度看<sup>[10-11]</sup>,本隔板受主装药盲孔采用小角度锥形,是有意识地将前段装药爆炸产生的强冲击波,通过盲孔侧面反射到后段装药(即后发生爆轰反应段),见图8。由于本隔板起爆器间接装药-加长雷管,其外敷材料为铝片,材质较软,因而强反射冲击波将未发生爆轰反应的炸药进行压实,压实后的炸药密度有所提高,更高的装药密度带来更高的爆速,更高的爆速带来更强的爆轰威力,更强的爆轰威力必将提高破片的飞出速度。

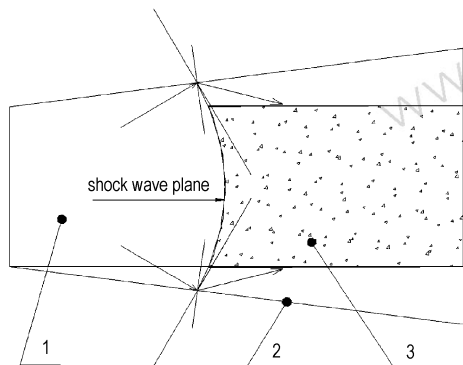


图8 油气井用隔板起爆器受主装药爆炸时的管道效应示意图  
1—已爆炸的装药前段, 2—隔板起爆器受主装药盲孔锥形侧壁, 3—未爆炸的装药后段

Fig.8 Diagram of channel effect in the acceptor charge hole  
1—post-exploding space, 2—the wall of receptor hole of the new through bulkhead explosive initiator, 3—unexploding charge

#### 4 结 论

油气井用隔板起爆器是在改变传统隔板起爆器受主装药盲孔的几何结构(由原来的圆柱形变为微锥形)和受主装药结构(由原来的药剂直接压装变为加

长雷管的间接装药)的基础上形成的。这些设计上的改变使油气井用隔板起爆器的空气隙的起爆能力强于传统隔板起爆器4倍之多,甚至好于具有较强空气隙起爆能力的油气井用传爆管。这对今后隔板起爆器的应用研究和设计具有一定的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 陈志玮,郭崇星. 延时隔板起爆器的设计[J]. 火工品,1995(2): 45-46.
- CHEN Zhi-wei, GUO Chong-xing. Design of a through bulkhead explosive initiator with time-delay [J]. *Initiator & Pyrotechnics*, 1995(2): 45-46.
- [2] 姜春荣. 延时隔板起爆器设计研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- JIANG Chun-rong. Study on a through bulkhead explosive initiator with time-delay [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008.
- [3] Donald N et al. Secondary high explosive booster and method of making and method of using same: USP4616566 [P]. 1986.
- [4] Halliburton Company. Through bulkhead explosive initiator for oil well usage: USA4759291 [P]. Jul 26, 1988.
- [5] Halliburton Logging Services, Inc. Detonation transfer method and apparatus: USA4920883 [P]. May 1, 1990.
- [6] Halliburton Logging Services, Inc. Detonation transfer apparatus for initiating detonating of an insensitive detonating cord utilizing an initiating compound, flyer and shock reflector: USA4998477 [P]. March 12, 1991.
- [7] 蔡瑞娟. 火工品设计原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999: 193-196.
- [8] 王儒策. 弹药工程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002: 86-93.
- [9] 惠君明, 陈天云. 炸药爆炸理论[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1995: 270-276.
- [10] Johansson C H, Persson P A. Detonics of High Explosives [M]. USA: Academic Press, 1970: 73-86.
- [11] 丁长兴. 管道熄爆效应和管道聚能效应的物理实质——管道效应研究[J]. 爆破, 1998(2): 62-66.
- DING Chang-xing. Physical essence of pipe incomplete detonation effect and pipe cavity effect [J]. *Blasting*, 1998(2): 62-66.

### Initiating Ability of Through Bulkhead Explosive Initiator for Oil Well Usage

PENG Jia-bin, YANG Xue-gui, ZHANG Song-qiao, LI Zhe-yu

(Shaanxi Applied Physics-Chemistry Research Institute, Xi'an 710061, China)

**Abstract:** A new kind of through bulkhead explosive initiator for oil well usage was designed in order to achieve stronger initiating ability in the air. Its initiating ability in the air was studied. The maximum air gap, through which the through bulkhead explosive initiator can initiate a secondary high explosive booster for oil well usage, is 85 mm while the ones of a booster for oil well usage and a traditional through bulkhead explosive initiator initiating boosters for oil are 65 mm and 20 mm respectively. So the former is much stronger than the latter in the initiating ability in the air.

**Key words:** applied chemistry; through bulkhead explosive initiator for oil well usage; air gap; initiating ability; booster for oil well usage; flying fragment

CLC number: Tj45; O69

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2011.01.022