

文章编号: 1003-1480 (2022) 03-0018-03

一种爆炸箔隔板点火器的设计

金丽, 梁车平, 张玉若, 何强, 李鹏飞, 杨琨

(陕西应用物理化学研究所, 陕西 西安, 710061)

摘要: 为提升传统隔板起爆器的安全性及电磁环境适应性, 设计了一种不含起爆药的爆炸箔隔板点火器, 进行了6种传火序列的传火性能验证试验, 确定了2种优化的传火序列装药设计方案。针对优化的传火序列, 进行了5种隔板厚度的传火性能裕度试验。结果表明: 当传火序列施主端装药为JH-14、隔板厚度为2mm、受主端装药为经过细化处理的JO-9C时, 试验后隔板结构完好, 输出装药B/KNO₃被点燃, 并且可以保证设计裕度。研究结果可作为工程设计的参考依据。

关键词: 隔板起爆器; 爆炸箔; 传火序列; 隔板厚度; 裕度

中图分类号: TJ450.2 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2022.03.005

Design of An Explosive Foil Through-bulkhead Igniter

JIN Li, LIANG Che-ping, ZHANG Yu-ruo, HE Qiang, LI Peng-fei, YANG Kun

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

Abstract: In order to improve the safety and electromagnetic environment adaptability of traditional through-bulkhead initiator, an explosive foil through-bulkhead igniter without primary explosive was designed. The fire transfer performance verification tests of six fire transfer sequences were carried out, and two optimized charge design schemes of fire transfer sequences were determined. According to the optimized fire transfer sequence, the fire transfer performance margin tests of five bulkhead thicknesses were carried out. The results show that when the donor end charge of the fire transfer sequence is JH-14, the thickness of the bulkhead is 2mm, and the acceptor end charge is refined JO-9C, the bulkhead structure is intact after the test, the output charge B/KNO₃ is ignited, and the design margin can be guaranteed. The study results can be used as a reference for engineering design.

Key words: Through-bulkhead initiator; Explosive foil; Fire transfer sequence; Bulkhead thickness; Margin

金属隔板点火技术能够保证结构完整性与密封性, 防止气体反向泄漏, 广泛应用于导弹、火箭发动机等点火装置的点火序列中^[1]。传统的隔板起爆器中通常装有起爆药, 不能彻底避免杂散电流、静电等引起的安全危害, 且不能适应射频危害、闪电及高空电磁脉冲等复杂环境^[2-4]。而爆炸箔起爆与点火技术在装药上不含起爆药与松装猛炸药, 结构设计上对换能元与装药进行物理隔离, 且其发火刺激形式为自然界中

很难存在的窄脉冲、大电流, 因此具有高安全性^[5-7], 在核武器、各类战术导弹以及航空、航天领域具有良好的应用前景, 被认为是目前起爆及点火系统中最理想、最有前途的技术之一。因此, 将爆炸箔起爆与点火技术和隔板点火技术相结合, 将大大提升隔板点火类火工品的安全性及环境适应能力, 从而拓展爆炸箔起爆与点火技术的应用范围。

本文设计了一种以爆炸箔起爆 HNS-IV作为施主

收稿日期: 2021-04-28

作者简介: 金丽 (1983-), 女, 高级工程师, 从事爆炸箔起爆及点火技术研究。

端能量输入的无起爆药金属隔板点火器,进行了6种传火序列、5种隔板厚度条件下的传火性能试验和裕度试验,为爆炸箔隔板点火器的设计及工程应用提供参考。

1 爆炸箔隔板点火器设计

爆炸箔隔板点火器主要由起爆组件、隔板体、施主端装药、受主端装药、输出装药组成,其结构示意图如图1所示。其中,起爆组件采用爆炸箔换能元起爆 HNS-IV 的结构形式,为隔板施主端提供输入能量。隔板体采用耐高温金属材料,其施主端为平底结构,受主端为球形底结构。输出装药采用高密度的 B/KNO₃ 装药。爆炸箔隔板点火器作用原理为:接收到起爆信号后,起爆组件完成由电能到飞片动能至炸药爆轰输出的能量转化,进而引爆隔板施主端装药,施主装药产生的冲击波通过隔板体引爆受主端装药,最后引燃输出装药。

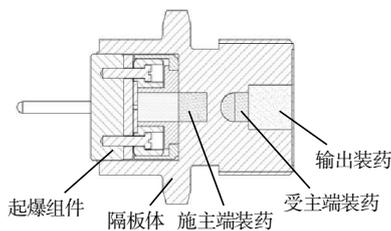


图1 爆炸箔隔板点火器结构图

Fig.1 Structure diagram of explosive foil through-bulkhead igniter

2 传火序列验证试验

设计了6种传火序列(施主端装药-隔板-受主端装药),进行爆炸箔隔板点火器传火性能试验。由专用发火装置(高压发火电容 0.2μF/3kV、高压放电开关 3.5kV)为起爆组件(装药为 HNS-IV,药量 50mg)提供 2 000V 起爆信号,传火序列中隔板厚度为 1.8 mm,爆炸箔隔板点火器输出装药为 B/KNO₃。试验结果见表 1。

由表 1 可知,方案 1 和方案 2 的施主端装药为 HNS-II,不论受主端装药为 B/KNO₃ 还是 HNS-II,试

验后隔板结构均完好,但未点燃输出装药。分析原因是由于 HNS-II 爆速低、爆轰能力较弱,爆炸后形成的冲击波通过隔板衰减后,进入到受主端的初始冲击波压力减少,不能形成稳定爆轰,故不能起爆受主端装药,继而无法点燃输出装药。

表 1 6 种传火序列传火性能试验结果

Tab.1 Fire transfer performance test results of 6 fire transfer sequences

方案	传火序列	试验量/发	试验结果
1	HNS-II-隔板-B/KNO ₃	5	隔板完好,输出装药未点燃
2	HNS-II-隔板-HNS-II	5	隔板完好,输出装药未点燃
3	JH-14-隔板-B/KNO ₃	5	隔板完好,输出装药未点燃
4	JH-14-隔板-HNS-II	5	隔板完好,输出装药未点燃
5	JH-14-隔板-JH-14	15	隔板完好,输出装药被点燃
6	JH-14-隔板-JO-9C	15	隔板完好,输出装药被点燃

注:施主装药 HNS-II 密度为 1.60g·cm⁻³, JH-14 密度为 1.65g·cm⁻³。

方案 3 和方案 4 选用爆轰能力较高的 JH-14 药剂作为施主端装药,受主端装药仍采用 B/KNO₃ 和 HNS-II,试验后隔板结构完好,但仍未点燃输出装药。分析原因是与受主端装药的冲击波感和隔板结构有关。由于隔板受主端为球形底,压药密度难以控制,而隔板起爆过程主要决定于热点点火,在较高的装药密度条件下药剂内部孔隙率下降,会对热点点火过程产生一定影响。

方案 5 和方案 6 的施主端装药为 JH-14 药剂,受主端装药分别选用 JH-14 和 JO-9C(经过细化处理)药剂,试验后隔板结构完好,输出装药被点燃。这是由于当受主端装药为 JH-14 和 JO-9C 2 种爆轰感度高的高能传爆药时,冲击波传递至受主端凹形药面时,冲击波波阵面汇聚在不规则药面上产生局部热点,进而形成爆轰,实现预定的点火功能^[8-10]。

3 传火裕度试验

选用 JH-14-隔板-JH-14、JH-14-隔板-JO-9C 2 种传火序列装药方案,并选取 1.5mm、1.8mm、2.0mm、2.2mm 以及 2.4mm 共 5 种不同厚度的隔板体进行传火裕度试验,点火器输出装药为 B/KNO₃。试验结果如表 2 所示。

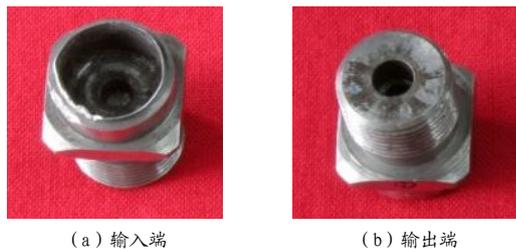
由表 2 可知, JH-14-隔板-JH-14 传火序列中,当隔板厚度为 1.5mm 时,点火器隔板因厚度太薄而出现严重变形或裂纹;当隔板厚度为 1.8mm 和 2.0mm

时, 试验后隔板结构完好, 输出装药被点燃; 当隔板厚度为 2.2mm 和 2.4mm 时, 试验后隔板结构完好, 但均有输出端未作用现象, 试验后输出端未作用产品如图 2 所示。JH-14-隔板-JO-9C 传火序列中, 在隔板厚度为 1.8mm、2.0mm、2.2mm 条件下, 作用后隔板结构均完好, 输出装药均被点燃。当隔板厚度为 2.4mm 时, 出现点火器输出端未作用现象。

表 2 传火裕度试验结果
Tab.2 Test results of fire margin

施主装药	受主装药	隔板厚度/mm	试验量/发	试验结果
JH-14	JH-14	1.5	5	隔板出现变形或裂纹, 输出装药被点燃
		1.8	15	隔板完好, 输出装药被点燃
		2.0	15	隔板完好, 输出装药被点燃
		2.2	12	隔板完好, 11 发输出装药被点燃, 1 发未点燃
		2.4	12	隔板完好, 2 发输出装药被点燃, 10 发未点燃
JH-14	JO-9C	1.8	15	隔板完好, 输出装药被点燃
		2.0	15	隔板完好, 输出装药被点燃
		2.2	15	隔板完好, 输出装药被点燃
		2.4	15	隔板完好, 8 发输出装药被点燃, 7 发未点燃

注: JH-14-隔板-JH-14 传火序列中, 施主装药、受主装药密度均为 $1.65\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; JH-14-隔板-JO-9C 传火序列中, 施主装药密度为 $1.65\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 受主装药密度为 $1.70\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。



(a) 输入端

(b) 输出端

图 2 爆炸箔隔板点火器发火后照片 (输出端未作用)
Fig.2 Photographs of explosive foil through-bulkhead igniter after fire (output is no fire)

由此可见, JH-14-隔板-JO-9C 传火序列传火性能优于 JH-14-隔板-JH-14 传火序列。分析原因是由于 JO-9C 传爆药经过细化处理后孔隙率增加, 热点形成概率也会增加; 且细化后的传爆药爆轰波传爆更快、更稳定、能量释放更加迅速。考虑工程设计中的裕度, 建议爆炸箔隔板点火器的隔板厚度设计为 2mm。

4 结论

本文针对传火序列装药设计和隔板厚度对爆炸

箔隔板点火器传火性能的影响进行了试验研究及分析, 得出如下结论:

(1) 为保证爆炸箔隔板点火器的传爆可靠性, 在保证隔板完整性的前提下, 隔板施主端、受主端均选用爆轰威力较大的 JH-14 和 JO-9C 等装药设计。

(2) 在目前爆炸箔隔板点火器结构下, 当隔板施主端装药采用 JH-14、受主端装药采用经过细化处理的 JO-9C、隔板厚度为 2mm 时, 点火器传火性能最优, 并且可以保证设计裕度, 本研究为爆炸箔隔板点火器工程设计提供参考。

参考文献:

- [1] 杨正才, 等. 某隔板起爆器冲击起爆过程的数值模拟与实验研究[J]. 含能材料, 2011(2): 221-225.
- [2] 王端, 等. 强电磁环境下火箭发动机直列式安全点火系统[J]. 探测与控制学报, 2020(4): 85-91.
- [3] 杨正发, 等. 直列式安全点火系统及其在固体火箭发动机中的应用前景[J]. 火工品, 2002(1): 32-36.
- [4] 杨振英, 等. 爆炸箔点火器研究[J]. 含能材料, 2004, 12(1): 56-58.
- [5] 王雄. 新型冲击片雷管设计与制作关键技术研究[D]. 湖南长沙: 国防科技大学, 2006.
- [6] 张玉若, 等. 冲击片雷管电烤爆安全性研究[J]. 火工品, 2018(2): 5-8.
- [7] 同红海, 等. 高空核电磁脉冲对爆炸箔起爆器安全性的影响[J]. 装备环境工程, 2019, 16(9): 40-43.
- [8] 蔡瑞娇. 火工品设计原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999.
- [9] 李硕, 等. 聚黑-14C 的传爆装置冲击起爆实验及数值模拟[J]. 火炸药学报, 2016(6): 63-68.
- [10] 陈亚芳, 等. 超临界流体反溶剂法制备超细 HMX 传爆药[J]. 火炸药学报, 2011(5): 46-49.