

一种新型烟火式气体发生器的设计

何锋彦, 杨正才, 仵和平, 刘海旭, 杨 旗

(北方特种能源集团西安庆华公司, 陕西 西安, 710025)

摘 要: 为了克服高压气瓶和典型烟火式气体发生器的缺点, 设计了具有结构新颖、燃烧稳定、弹体承受过载小等优点的新型烟火式气体发生器。子弹抛撒验证试验表明在相同装药量情况下, 新型烟火式气体发生器作用后子弹获得的速度是典型烟火式气体发生器的 1.17 倍, 是高压气瓶的 1.05 倍。该新型烟火式气体发生器可广泛应用于抛撒或释放机构领域。

关键词: 烟火式气体发生器; 结构; 传火

中图分类号: TJ450.3 文献标识码: A

Design on A New Type of Pyrotechnic Gas Generator

HE Feng-yan, YANG Zheng-cai, WU He-ping, LIU Hai-xu, YANG Qi

(Xi'an Qinghua Company of North Special Energy Group Co., Ltd., Xi'an, 710025)

Abstract: Aimed at defects of high pressure gas cylinder and traditional pyrotechnic gas generator, a new type of pyrotechnic gas generator with the advantages of novel structure, stable combustion performance and lower overload to the missile body was designed. The dispersion test result showed that under the same condition of charge weight, the speed of bullets was 1.17 times larger than that of the traditional device, and 1.05 times larger than that of the high pressure gas cylinder. The new type gas generator would be applied widely in the area of release and dispersal equipment.

Key words: Pyrotechnic gas generator; Structure; Fire propagation

目前, 世界各国都在竞相发展子母弹技术^[1], 这是提高作战威力、扩大毁伤范围、增加武器突防能力的有效途径之一。对于从母弹内抛出较大质量的子弹, 主要采用活塞式抛撒机构, 而给活塞机构提供动力的方式目前主要有火药或推进剂燃烧释放的高压气体和高压气瓶^[2-3]。但这两种方式均存在一定的缺点: 火药或推进剂燃烧时温度高, 对弹体容易造成损坏, 烧蚀子弹, 同时燃速快, 难以控制, 会使弹体内产生的峰值压力过高, 弹体冲击过载大; 而高压气瓶方式简单、安全、费用低廉, 但是高压气瓶无法长期密封保存 (10a 以上), 所以每次使用前, 需对高压气

瓶气压进行检测和补充充气, 不利于后勤保证和快速装配作战任务; 另外气瓶属机械装置, 还需专门设计打开气瓶阀门的装置, 过程多、工作可靠性差。

为克服以上两种缺点, 提高系统的适应能力, 提出了采用新型烟火式气体发生器替代火药或高压气瓶的释放方式。烟火式气体发生器是在特定时期产生预定体积的高压气体的烟火装置, 它具有产气速度可控、气体温度低、气体压力平稳、免维护、作用可靠的特点, 已在各种控制、伺服、机械、电系统和装置中开始应用。烟火式气体发生器从原理上可用于子弹的抛撒, 但某型号导弹需要抛撒多个质量大的子弹,

一般典型的烟火式气体发生器满足不了抛撒要求,因此,设计了一种新型的组合式烟火式气体发生器,满足大质量多子弹的抛撒需求。

1 新型烟火式气体发生器的设计

1.1 典型烟火式气体发生器组成

典型烟火式气体发生器结构示意图如图1所示,主要由6部分构成。当点火器接到点火信号后,点火器输出火焰点燃燃烧室内的产气药剂,产气药剂迅速燃烧,燃烧气体流入过滤室后进行过滤,再经过冷却室冷却后通过喷嘴输出。

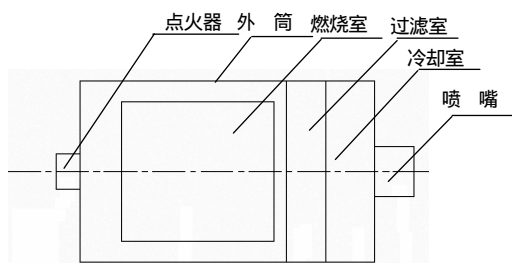


图1 典型烟火式气体发生器结构示意图

Fig.1 Structure schematic of traditional pyrotechnic gas generator

1.2 新型烟火式气体发生器的设计

根据某型导弹子弹抛撒的要求,需要将4个质量分别为100kg以上的子弹水平抛撒速度达到7m/s以上。通过理论分析,若采用常规的烟火式气体发生器结构,由于其单位时间的产气量需求大,造成气体发生器的装药和结构将十分庞大,无法实现工程应用。为此,需设计一种在单位时间内能产生大量气体,且对弹体冲击过载小的新型烟火式气体发生器,其结构示意图如图2所示。

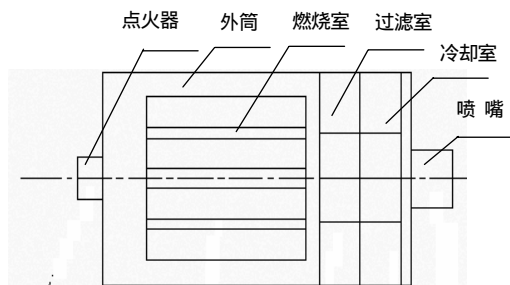


图2 新型烟火式气体发生器结构示意图

Fig.2 Structure schematic of the new pyrotechnic gas generator

该气体发生器的显著特点是设计4个并联式独立

燃烧室,这样瞬间能够产生大量气体,提供足够动力推动子弹抛撒。工作原理为当点火器点火后,4个独立的燃烧室同时燃烧,高温燃气经过独立的过滤冷却室后汇聚到喷口,当气体的压力达到活塞机构的启动压力后,推动活塞和子弹一起运动,使子弹脱离母弹。

2 主要技术特点

2.1 结构设计

根据某型导弹子弹抛撒的要求,如果按典型的气体发生器结构将该气体发生器设计为1个燃烧室和1个过滤降温室,这样一是不易实现增面燃烧,无法提高燃速,导致药剂燃烧一致性和稳定性不高,二是一个过滤降温室强度满足不了要求。综合考虑,将典型烟火式气体发生器的单个药室结构进行创新性的组合设计,实现4个药室同时燃烧,4个过滤室同时过滤降温,新型烟火式气体发生器的外形如图3所示。

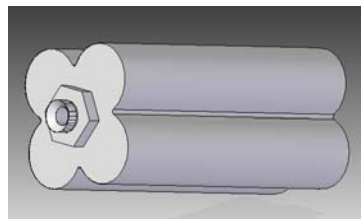


图3 烟火式气体发生器外形图

Fig.3 Appearance drawing of the new pyrotechnic gas generator

2.2 传火方式

该新型烟火式气体发生器的点传火设计是该产品设计的一个难点,主要是其点传火方式不同于典型烟火式气体发生器的轴向中心传火方式。基于结构的特殊性,新型烟火式气体发生器的传火是中心点火沿径向向四周传火,用以保证4个独立的药室同时燃烧,因此该产品传火设计中采用“堵”、“泄”、“导”的传火方式,如图4所示。

主要工作过程为2发一级点火被可靠点燃后,引爆二级点火,同时二级点火又起到“堵”的作用,提高传火压力,实现可靠传火,在气体发生器与一级点火接触面处开有传火孔,在每个药室与传火孔对正的地方开一环形槽,在环形槽的径向上设计有小孔,实现了“泄”、“导”的传火方式。一级点火采用冗余设计,

保证首发点火的可靠性。采用“堵”、“泄”、“导”相结合的传火方式保证了该新型烟火式气体发生器的可靠点火,通过点传火结构设计,简化了该产品的结构设计。

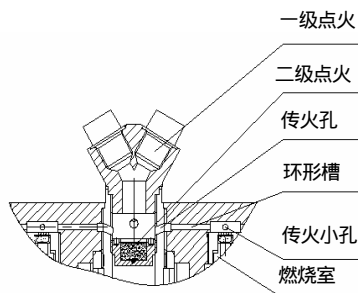


图4 点传火结构示意图

Fig.4 Structure schematic of ignition and fire propagation device

2.3 高压燃烧, 低压推弹的优越性

高压气瓶和典型烟火式气体发生器应用于导弹的子母弹抛撒上均有不足之处。高压气瓶存在初始压力峰值过高、弹体承受过载大的缺点,而典型的烟火式气体发生器一般是单燃烧室结构,燃烧时存在药剂燃烧不充分或剩余问题。以传统的烟火式气体发生器为例,药剂在燃烧室内燃烧(尤其是以发射药作为火药药剂)产生气体,当气体压力达到活塞的启动压力时,推动活塞和子弹一起运动,直至子弹脱离母弹。但随着活塞运动速度的加快,火药燃烧速度逐渐变慢,从而可能产生子弹脱离母弹后火药仍未燃烧完的现象。而新型气体发生器由4个燃烧室构成,每个燃烧室为高压室,燃烧室与壳体间隙形成低压室。当气体发生器被可靠点燃后,4个燃烧室药剂同时燃烧,即在高压室内燃烧,当压力达到一定值时(经测约20MPa),4个高压燃烧室的喷孔的压力膜片被冲开,燃气流入低压室(经测约16MPa),测得的压力曲线如图5所示。

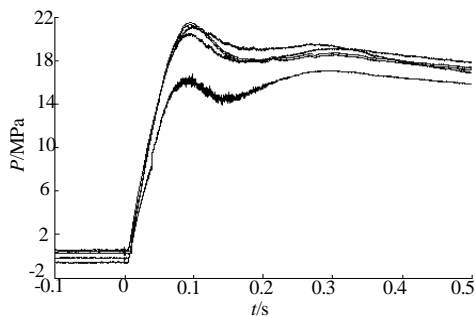


图5 高低压燃烧室 $P-t$ 曲线
Fig.5 $P-t$ curve of high and low pressure combustion chamber

最终燃气通过气体发生器的出气孔流入导弹的启动活塞腔,当压力到达活塞的启动压力时,推动活塞和子弹一起运动。这样可以充分利用高压室内的高压使药剂维持较高的燃烧速度,利用相对较低的低压室压力推动子弹运动,降低子弹所受的冲击。

2.4 主装药药形的设计

新型烟火式气体发生器的药室设计为4组双药室结构,每组药室设计为一个增面和一个减面的燃烧方式,保证总的燃烧面积是等面燃烧。既满足了起始燃面需求大,又满足了燃烧过程面积一致、燃烧稳定产气均匀的需求,实现了组合式气体发生器的4组等面、低冲击稳定燃烧。相对典型气体发生器在相同装药量的情况下,新型气体发生器的燃烧面积比典型烟火式气体发生器的燃烧面积增加近30%。在需要相同燃烧面积时,新型气体发生器体积比典型气体发生器的体积减小50%以上。因此,组合式气体发生器的混合装药结构可实现增面和减面同时燃烧,提高气体发生器的燃烧速度。在相同装药量下,两种烟火式气体发生器燃烧速度对比见表1。

由表1可见新型烟火式气体发生器的燃烧速度可提高12%。

表1 典型烟火式气体发生器与新型烟火式气体发生器对比试验

Tab.1 Comparison of the traditional and the new pyrotechnic gas generator

	燃烧速度/ms (峰值)					
	高温 70℃		低温 -40℃		常温	
典型式结构	293	289	403	396	319	318
新型式结构	268	272	327	314	282	263

2.5 燃烧性能的稳定性

新型烟火式气体发生器所用产气药是以氯化钠为主原料的产气药剂,该药剂的温度系数比较大,产品在高低温度下燃烧性能变化较大。在相同装药量的情况下,对典型的烟火式气体发生器与新型烟火式气体发生器在高低常温度下进行对比试验,测试条件为将气体发生器输出的气体通过管路输入到两个密闭爆发器内,进行 $P-t$ 曲线测量,试验条件及试验结果如表1所示。

从表1试验结果可看出,对于典型结构的烟火式气体发生器,温度对其燃烧性能影响较大,而新型

烟火式气体发生器，温度对其燃烧性能影响较小。

性能优于高压气瓶和典型烟火式气体发生器。

3 子弹抛撒验证试验

某型导弹前期在子弹抛撒方式上采用高压气瓶作为动力源，每次使用前，需对气瓶充入所需的高压气体，这就需要建立充气 and 气压检测手段，不利于后勤保证和快速装配作战任务；另外气瓶属机械装置，还需专门设计打开气瓶阀门的装置，工作可靠性差。因此，为克服气瓶的缺点，选用了利用燃气做功的烟火式气体发生器，并对典型的烟火式气体发生器和新型烟火式气体发生器进行了抛撒对比试验，试验结果如表 2 所示。

表 2 不同抛撒方式对比试验

Tab.2 Comparison of different dispersal modes

抛撒方式	子弹抛撒后获得的速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	子弹承受的过载 $\times g$
高压气瓶方式	7.0	151
典型气体发生器	6.3	135
新型气体发生器	7.4	121

通过表 2 试验结果可看出，采用新型气体发生器的子弹抛撒获得的速度是高压气瓶抛撒的 1.05 倍，是典型烟火式气体发生器抛撒的 1.17 倍，且新型气体发生器作用后子弹承受的过载比高压气瓶和典型烟火式气体发生器均小。因此，该新型烟火式气体发生器

4 结论

新型烟火气体发生器首次使用在子弹抛撒领域，可完全代替传统的高压气瓶，克服了高压气瓶每次使用前充气 and 检测的缺点。通过试验证明使用新型烟火式气体发生器的子弹抛撒速度是典型烟火式气体发生器的 1.17 倍，是高压气瓶的 1.05 倍，且子弹承受的过载比高压气瓶和典型烟火式气体发生器均小。该设计是烟火式气体发生器的一种新的尝试，今后可广泛使用于抛撒或释放机构领域。

参考文献：

- [1] 林靖明,安复兴,于德滨.母弹激波对子弹气动特性影响的研究[J].兵工学报, 2000, 21 (3):334-337.
- [2] 王浩.子弹内燃式气囊抛撒模型及计算机仿真[J].兵工学报,2001,22(2):178-181.
- [3] 郑平泰,李爱丽.子弹活塞式抛撒机构单燃烧室与双燃烧室内弹道内弹道仿真研究[J].兵工学报,2001,22(3):293-297.
- [4] 黄寅生,叶迎华,沈瑞琪,戴实之.汽车安全气囊用气体发生剂燃烧特性影响因素研究[J].火工品,1998(2):40-42.