

doi: 10.7690/bgzdh.2013.01.014

一种提高点传火系统安全性的方法

焦旭英, 张玉成, 杜江媛, 张江波, 严文荣, 李强
(西安近代化学研究所六部, 西安 710065)

摘要: 为改善点传火的同时性、一致性, 降低压力波, 提高点传火系统的安全性, 设计一种点传火模拟装置。用带有硝基软片管的药管结构替代传统的药包形式, 进行点传火模拟试验, 并对提出的 3 种试验方案进行模拟、讨论。实验结果表明: 带有硝基软片管的药管结构能缩短轴向传火时间, 维持较高压力, 降低压力波, 提高点传火一致性和发射装药点传火系统的安全性。

关键词: 点传火; 安全性; 压力波

中图分类号: TJ430.3 **文献标志码:** A

One Way to Improve Safety of Ignition and Flame Spreading System

Jiao Xuying, Zhang Yucheng, Du Jiangyuan, Zhang Jiangbo, Yan Wenrong, Li Qiang
(No. 6 Department, Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to increase the simultaneity and consistency of ignition, and reduce pressure wave in chamber, a simulative device for ignition and flame spreading test was designed, which could improve safety of ignition and flame spreading system. Use igniter celluloid tube to replace traditional igniter bag. The 3 test schemes were simulated and discussed. The results show that not only the fire propagation time was shorten, but also the pressure wave was reduced when loading ignition with celluloid tube. It could improve safety of ignition and flame spreading system in propellant charge with igniter celluloid tube.

Key words: ignition and flame propagation; safety; pressure wave

0 引言

火炮发射安全性问题^[1], 即膛内压力波问题受到越来越多的关注, 普遍认为, 轴向点火瞬时性、一致性差是产生较高负压差的主要原因^[2]。膛内压力波形成的物理实质可作如下定性描述^[3]: 在火炮射击条件下装药并非瞬间全面点燃。发射装药在装填密度较高时, 点传火系统会产生一系列安全性问题。这是因为, 随着装填密度的增大, 药室自由空间变小, 装药床透气性降低, 火焰传播困难, 点传火通道变窄, 甚至不畅, 点传火性能恶化, 膛内压力波变大, 易导致膛炸事故的发生; 因此, 点传火系统的安全性是高装填密度发射装药的重要影响因素之一。

一个良好、安全的点传火系统, 可以保证装药的燃烧一致性, 减小弹丸初速中间误差和膛内压力波^[4]。中心传火管能够加强轴向传火作用, 大幅度改善和提高药床的点传火一致性; 并能有效缓解压力冲量, 调整点火压力, 提高点传火系统的安全性。

为提高中心传火管的点传火安全性能, 国内外学者进行了持续的研究。一方面, 通过调整传火管

结构参数提高点传火安全性能; 另一方面, 通过改变点火药种类^[5]及点火药装填方式^[6]来增加点火燃烧的均匀性、降低膛内压力波。蛇形药袋装填方法问世后, 研究者们将黑火药压制成药饼状的黑火药药饼, 以改善点火稳定性^[7]。肖正刚等提出了减小高装填密度发射装药膛内压力波的方案, 主要采用改变制式传火结构为低爆速传火结构, 同时增加横向传火具^[8]。这种方案虽然能够降低压力波, 提高点传火系统安全性, 但面临着在现有制式火炮中应用受限的问题。笔者提出用带有硝基软片管的药管结构替代传统的药包结构这一思路, 设计了 3 种点传火方案, 利用自行设计的点传火模拟试验装置进行点传火试验。

1 试验

1.1 试验装置

图 1 为点传火模拟试验装置, 该装置由试验台架、金属管、发火端及泄压端等构成。传感器利用专门设计的夹具固定在金属管上, 该夹具具有不堵塞的优点, 即在测试孔周围预留喷火通道, 可以有

收稿日期: 2012-08-27; 修回日期: 2012-11-12

作者简介: 焦旭英(1987—), 女, 陕西人, 硕士研究生, 从事发射药技术研究。

效测得管内压力和传火时间。

发火端采用 9 号电底火, 金属管的长度为 500 mm, 管内径 20 mm, 管壁厚 2 mm, 沿金属管轴向开有 4 行均匀排列的小孔, 其中首孔高度为 42 mm, 孔径为 4 mm。试验采用的设备主要有 Kistler 压电传感器、自行研发的狭缝式光电信号传感器及信号调理单元、数据采集系统及高速摄像系统。光电测试孔 1、2 间距离为 150 mm, 压力测试孔 1、2 间距为 150 mm。

发火端点火后, 火焰喷入点传火管内, 点燃点火药材料, 火焰在点火药材料中快速传播。在点传火管工作过程中, 由泄压端控制管内压力, 即当腔内压力达到一定值时, 泄压膜片破裂。传火管内的压力变化情况、火焰传播速度分别由压电传感器和光电传感器测量, 整个传火过程由高速摄像系统进行拍摄。

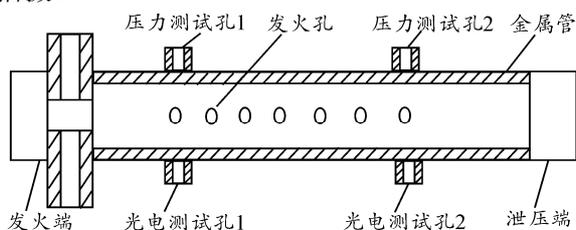


图 1 点传火模拟试验装置

1.2 试验方案

提高点传火系统的安全性, 需要提高中心传火管的点传火一致性、同时性和降低压力波。笔者设计了 3 种方案, 如表 1。

表 1 试验方案

方案	装填方式	点火药	药量/g
1	药包结构	2 号小粒黑	120
2	带有硝基软片管的药管结构	2 号小粒黑	120
3	带有硝基软片管的药管结构	2 号小粒黑+奔奈药条	108.4, 11.6

注: 硝基软片管呈圆筒形, 管壁厚 0.15 mm, 直径 18 mm, 置于传火管中; 奔奈药条直径 2 mm。

2 试验结果与讨论

针对 3 种试验方案进行了点传火模拟试验, 具体试验结果数据见表 2。

表 2 试验结果

方案	压力		火焰波传播(到达光电孔 1、2 的时间)			
	p_1/MPa	p_2/MPa	t_1/ms	t_2/ms	传播时间/ms	传播速度/(m/s)
1	14.7	29.9	0.10	1.86	1.76	85
2	24.4	33.8	0.04	1.08	1.04	144
3	28.3	27.6	0.01	0.74	0.73	205

从表 2 看出, 方案 1 中两压力测试点 p_1 、 p_2 的压力最大值之差为 15.2 MPa, 而方案 2、3 中仅为 9.4 MPa、0.7 MPa。采用方案 2、3 后, 各喷火孔压力分布趋于一致, 能量适中、均匀一致迅速而分散的点火可以显著地减小压力波的强度, 提升点火系统的安全性。从表 2 中数据还可以看出, 方案 2、3 的压力略高于方案 1, 喷火孔压力的增加, 使点火药具有足够的强度引燃主装药, 确保了主装药燃烧的同时性、稳定性, 能够获得良好的弹道效果并保证安全。

方案 1 中火焰在光电孔 1、2 间的总传播时间为 1.76 ms, 而方案 2、3 则为 1.04 ms、0.73 ms, 且火焰波传播至光电孔 1、2 的时间均比方案 1 快。对于方案 2、3: 传火时间的缩短, 使点火药在传火管内能够均匀、快速传播, 有效降低或避免传火管内出现传火不畅甚至爆炸等不安全现象; 传火速度的提高, 确保了点火药点燃主装药的瞬时性和一致性, 进而使主装药能够稳定并同时燃烧, 降低了腔内压力波。轴向点火瞬时性、一致性好降低了负压差, 加强了点传火系统及内弹道系统的安全性。

对比分析表 2 中的数据, 方案 2、3 的试验结果均好于方案 1。采用带有硝基软片管的药管方式代替药包方式, 各喷火孔压力有一定程度地提高且分布趋于一致, 点传火一致性得到了提高。该方法能够提高点传火系统安全性的主要原因如下:

1) 硝基软片管本身作为一种含能可燃材料, 容易被点燃, 当和点火药一起燃烧时能够增加点火药燃烧总能量, 提高火焰传播过程的总能量, 点火激发能量的增大减少了主装药的不完全燃烧, 使因燃烧中间产物积聚引起爆炸性点火的可能性降低, 从而避免了较高压力波的产生。

2) 作为高分子材料, 硝基软片管具有一定的刚性, 能够使点火管内气体维持高压且保持轴向压力均匀分布。传火管内的高温高压气体在总能量增加的基础上又受到强约束, 故火焰在轴向方向的传播速度大幅度提高, 轴向点火瞬时性、一致性提高, 因此降低了压力波。

3) 硝基软片管燃烧后不会堵塞传火孔, 使传火管内装药能量得到均匀释放, 避免了传火不畅现象, 迅速而分散的点火有利于降低压力波并获得较好的点火重现性。