

文章编号: 1006-9941(2001)04-0168-04

提高点火管点火性能的一种方法

任慧¹, 乔小晶¹, 焦清介¹, 张忠心²

(1. 北京理工大学机电工程学院, 北京 100081;

2. 国营晋东化工厂科研开发部, 山西 阳泉 045000)

摘要: 根据大口径火炮金属中心点火管设计要求, 提出了一种改善点火稳定性的方法——将黑火药压实成饼状, 装填入金属中心点火管中, 通过改变药饼的几何形状、压药密度来调节点火压力, 以匹配不同的发射装药结构。

关键词: 点火管; 黑火药; 装填结构; 点火压力

中图分类号: TQ565⁺.1

文献标识码: A

1 引言

金属中心点火管技术在大口径火炮点火系统中已得到广泛应用, 几乎完全取代了以往使用的“底火或底火+药包”的传统点火模式, 但随着现代化兵器的迅猛发展, 要求常规弹药器材的威力越来越大, 射击精度越来越高, 因此火炮的口径和药筒的装药量也呈增大趋势, 所有这些都为点火管的设计增加了难度。

在点火管的各项指标中点火压力是表征其性能的关键参数。影响点火压力的因素很多, 如第一孔高度、喷火孔面积、孔数、孔径、孔间距、装药量等。目前尚无一套科学完整的理论指导点火管设计, 只有在生产实践中逐渐摸索各种因素引起点火压力改变的规律^[1]。本实验以黑火药做点火药, 仅就松装和饼装两种装填方式对点火压力的影响进行了分析和研究。

2 不同装填方式对点火管点火压力的影响

装填结构是指点火药在点火管中的存在形式。主要有松散装填、蛇形药袋装填、压实成饼状装填(以下简称饼装)等等。早在70年代, 我国自行研制的坦克火炮金属点火管就使用蛇形药袋装填; 80年代末引进的某金属中心点火管内装有压制成算盘珠状的黑火药药饼(如图1所示)。受此启发, 我们通过改变黑

火药药饼的几何形状和压药密度, 寻找最优的点火药装填方案。从理论和实践上证实药饼装填结构的点火管具有潜在的工程应用前景。

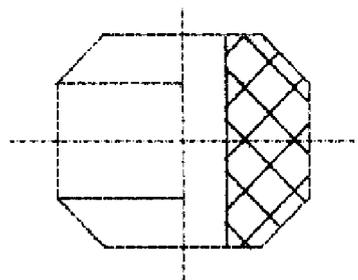


图1 算盘珠状黑火药药饼

Fig. 1 Caky powder with the shape of bead

2.1 松散装填对点火管点火压力的影响

2.1.1 松散装填结构简介

简单的松散装填结构如图2所示。

从图中我们可以看出, 底火被触发的瞬间, 点火管内的黑火药被点燃, 灼热粒子及燃烧产物释放的高温气体由点火孔喷出, 点燃发射药。为使整个药室的点火在时间上尽量趋于一致, 同时为了避免黑火药不均匀堆积, 管中央支撑有一根硝基软管, 黑火药松散地装填入硝基管的两侧, 其装填密度约为 $0.60 \sim 0.70 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

2.1.2 点火压力的测试及动态试验考核

在同一试验条件下对相同结构的三发点火管进行测试。表1所列为静态试验 $p-t$ 曲线测试数据, 每发点火管均以第一孔、中间孔、最末孔为特征点来采集数据

收稿日期: 2000-10-08; 修回日期: 2001-08-22

作者简介: 任慧(1973-), 女, 在读博士研究生, 现从事军事化学与火工烟火技术研究。

(第一孔是指靠近底火的点火孔)。在大口径火炮方案论证阶段,曾采用这种结构的点火管进行内弹道摸底试验^[2]。图3为散药装填结构点火管装配于样炮进行动态射击试验所得膛压、坡膛及压力随时间变化的曲线。由图3、表1数据可看出该结构点火管点火压力跳动很大,因此不适合大口径火炮的点燃。

表1 松散装填结构点火管的点火压力静态测试数据
Table 1 Ignition pressure static testing data of ignition tube with the structure of incompact backfill

序号	第一孔压力/MPa	中间孔压力/MPa	最末孔压力/MPa
1	6.25	5.91	14.60
2	7.43	6.68	17.96
3	8.43	3.95	17.96

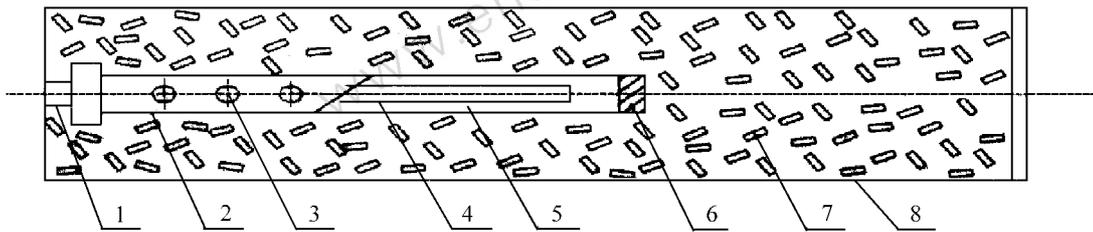


图2 松散装填方式点火管装配示意图

1—底火,2—点火管,3—点火孔,4—支管,5—松散的黑火药,6—堵盖,7—火药,8—药筒

Fig. 2 Assembly sketch of ignition tube with the structure of incompact backfill

1—primer, 2—ignition tube, 3—ignition orifice, 4—branch pipe, 5—incompact black powder, 6—cover, 7—powder, 8—cartridge

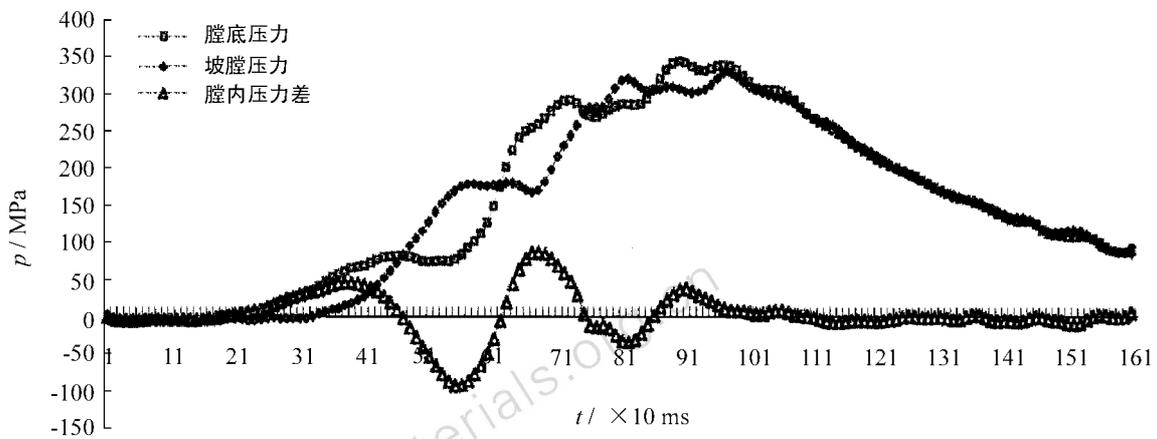


图3 散药装填结构的点管内弹道试验 p-t 曲线

Fig. 3 Interior ballistic p-t curves of ignition tube with the structure of incompact backfill

2.2 药饼装填方式对点火管点火压力的影响

2.2.1 药饼装填结构简介

药饼装填结构的设计应遵循以下原则:

- (1) 药饼中部开孔,以利于传火通畅;
- (2) 药饼的几何形状应使其进行减面燃烧,增加透气性,药饼燃烧产生的气体与压力不可在管内形成累积,避免点火管内外压力在点火瞬间相差太大;
- (3) 药饼的外型尺寸应与点火管内壁尺寸相适应;
- (4) 药饼需有一定强度,在长期贮存及运输中不

会破碎、吸湿、失效。

不同几何形状的药饼对内弹道的影响不同,因此我们需要根据发射药的燃烧性能和药室结构确定药饼的形状。这是本项技术的关键所在。经过理论分析和试验考核,最终选定燃烧性能和工艺性均佳的十字方槽形药饼结构(压药密度达 $1.90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上),其装配示意图如图4所示。

2.2.2 药饼装填结构的点火管点火压力的测试

利用相同的测试手段对药饼装填结构的点火管进

行点火压力测试。表2为药饼结构的点火管静态测试数据。图5所示为该结构点火管用于原理样炮进行动态射击试验时的膛压、坡膛、压差曲线。从中我们可看出压力成长过程较松散装填缓慢,而且膛底与坡膛几乎是同步成长,负压差较小。该结构的点火管经过高、低、常温的动态考核(每组各六发),或然误差均小于 $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,内弹道稳定性较好、射击精度较高。

表2 药饼装填结构点火管点火压力的静态测试数据
Table 2 Ignition pressure static testing data of ignition tube with the structure of caky powder backfill

序号	第一孔压力/MPa	中间孔压力/MPa	最末孔压力/MPa
1	2.08	1.19	0.98
2	1.70	2.00	1.33
3	3.14	0.87	1.12

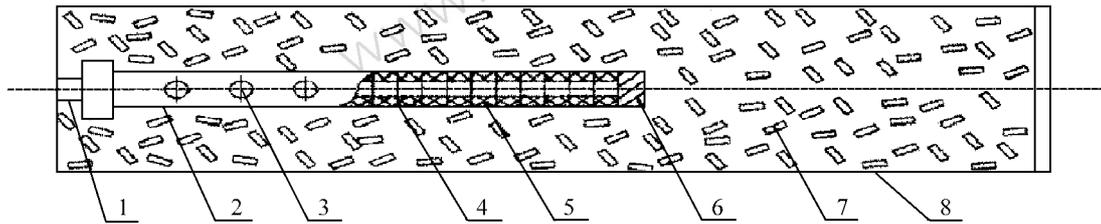


图4 药饼装填方式点火管装配示意图

1—底火,2—点火管,3—点火孔,4—药饼内孔,5—黑药饼,6—堵盖,7—火药,8—药筒

Fig. 4 Assembly sketch of ignition tube with the structure of caky powder backfill

1—primer, 2—ignition tube, 3—ignition orifice, 4—bore of caky, 5—caky powder, 6—cover, 7—powder, 8—cartridge

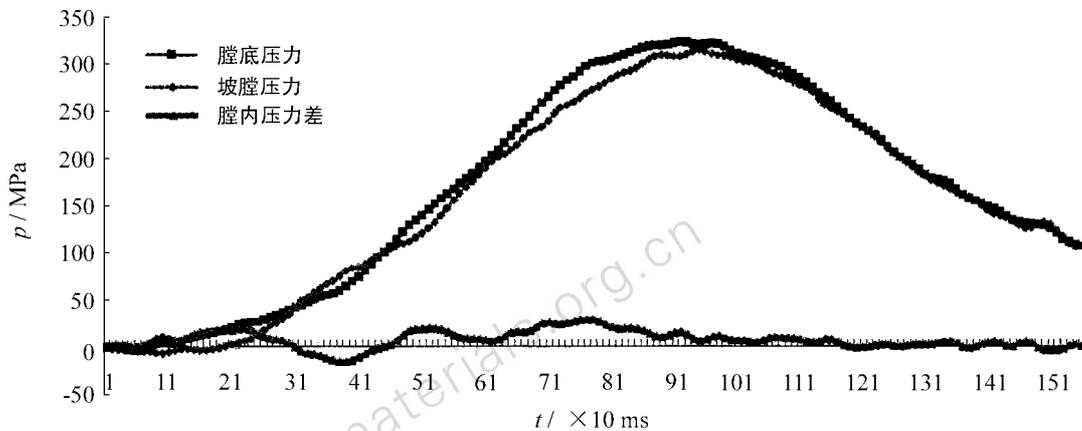


图5 药饼装填结构的点火管内弹道试验 $p-t$ 曲线

Fig. 5 Interior ballistic $p-t$ curves of ignition tube with the structure of caky powder backfill

3 分析与讨论

目前点火管设计还没有形成切实可行的理论,评估点火管结构与性能的优劣主要依赖动态试验效果和静态点火压力值。膛内负压差(即同一时刻膛底压力与坡膛压力之差)是内弹道设计最为重要的数据,负压差数值越大内弹道安全性越差,越易发生膛炸。膛内压力跳动大说明内弹道不稳定,因而影响到弹丸的

射击精度。人们普遍认同的是:轴向点火瞬时性、一致性差是产生较高负压差的主要原因^[3]。从两种结构点火管的内弹道 $p-t$ 曲线可以明显地看出,相同药筒装药条件下,松散装填结构的点火管最大压差达 -100 MPa (图3),采用药饼装填结构的点火管,压差降低为 $-10 \sim -20 \text{ MPa}$ (图5),并具有很好的重现性。由此可见,引入药饼式点火药装填结构,通过调整药饼的几何形状与密度可以达到设计要求。

从理论角度分析,松散的黑火药装入点火管,由于药粒的流散性好易于点燃和火焰传播,大量灼热燃烧的粒子在点火瞬间从点火孔中喷射入发射药床,加速了发射装药的全面引燃。随着火炮口径的增大,射击精度的提高,这种装填结构暴露出很大缺陷。在底火被触发的瞬间,点火管底端的黑火药首先被引燃,火药气体形成的压力冲击使未引燃的黑火药向管的顶端运动,使顶部药粒堆积,顶端压力猛增,造成点火管不同部位输出压力值差加大,极易形成膛内压力波。由松散装填方式的点火管静态测试压力值(见表1)也可得出这个结论。因为黑火药在点火管内是随机堆积,压力数据的重现性和一致性较差。由于发射药量的增加必须辅以点火药量的加大,而在点火管容积一定的情况下,松散装填方式使点火药量调整余地不大,堆积过于密实,不利于弹道安全性。

图5所示为采用药饼装填结构点火管内弹道的 $p-t$ 曲线,由图可看出膛底与坡膛压力曲线起伏平缓,压力几乎同步增长,没有图3所示的尖峰与陡变,压差曲线只有一个极小的负值,是较为理想的内弹道压力曲线。表2的静态测试数据明显没有表1的数值跳动大。这主要是因为排列有序、结构密实、形状一致的药饼串的燃烧远比松散黑火药颗粒有规律,在底火被击

发的瞬间,火焰沿药饼的内孔迅速传及整管药饼;考虑到增加药饼透气性问题,在设计药饼几何形状时,要使药饼与点火管管壁之间有一定间隙,这样底火火焰沿药饼的内外径同时燃烧,产物与高温气流由点火孔喷出,引燃发射药。药饼装填结构改善了装配工艺性,因此点火压力平稳且重现性好,保障了内弹道安全性,大大提高了弹丸射击精度。

4 结 论

由以上试验数据和分析可知,改变金属中心点火管的装填结构,采用药饼装填方案可以优化点火性能,通过调整药饼的几何形状和压实密度、装药量等参数可以满足不同特性的发射装药的需要。利用这种点火管结构能够保证大口径火炮的内弹道精度和安全性。

参考文献:

- [1] 蔡瑞娇. 火工品原理与设计[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [2] 李国新,程国元,焦清介. 火工品实验与测试技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1998.
- [3] 汪佩兰,李桂茗. 火工与烟火安全技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996.

One Way of Improving Ignition Performance of Ignition Tube

REN Hui¹, QIAO Xiao-jing¹, JIAO Qing-jie¹, ZHANG Zhong-xin²

(1. Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. Jin Dong Chemical Plant, Yangquan 045000, China)

Abstract: According to the demand of large-caliber cannon ignition system design, combining the practice of engineering development and manufacture, a new kind of ignition powder backfill structure was proposed, which is to put pressure on black powder and make high-density caky powder, then load it into metallic center ignition. The geometrical shape of caky black power and loading density are modified to modulate ignition pressure, so as to match different propellant structure.

Key words: ignition tube; black powder; backfill structure; ignition pressure