



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111765803 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(21) 申请号 202010596960.4

(22) 申请日 2020.06.28

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 马特 袁武 宋宏伟 黄晨光

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int.Cl.

F41B 6/00 (2006.01)

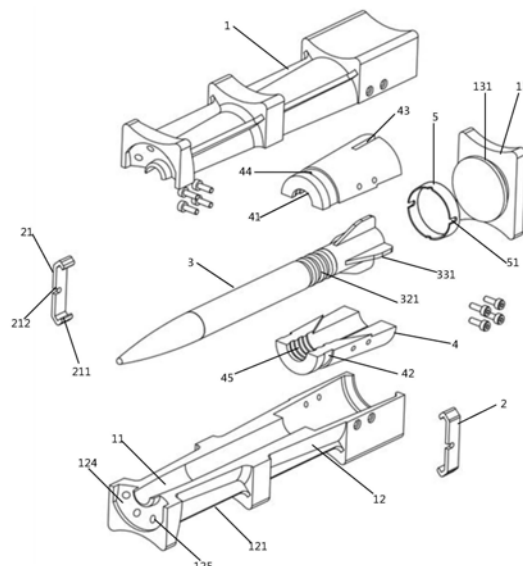
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托

(57) 摘要

本发明提供一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托,包括:内部设置有容纳空腔的保护管的弹托主体,一端安装有封闭容纳空腔的底托;两个结构一致C形卡块构成的卡式弹带,两个卡块通过卡扣对称安装在保护管上;由圆锥形风帽、圆柱形弹体和带有翅片的尾翼构成的飞行体;安装在容纳空腔内固定尾翼保护托;安装在保护托外表面上的环式弹带。本发明中的弹托主体与飞行体接触的部分无结构设计,仅为过渡配合,该设计不仅可以降低弹托的加工难度,而且使飞行体质心前移,提高了飞行稳定性之外,也减小了飞行体表面的摩擦阻力,提高了其存速性能。



1. 一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托,其特征在于,包括:

弹托主体,包括内部设置有容纳空腔的保护管,在保护管的一端设置有与容纳空腔连通的出口,另一端安装有封闭容纳空腔的底托;

卡式弹带,包括两个结构一致的C形卡块,两个卡块利用两端的折边通过卡扣的方式对称安装在保护管设置开口的一端;

飞行体,安装在容纳空腔内,包括依次连接的圆锥形风帽、圆柱形弹体和带有翅片的尾翼,风帽的端部由出口处露出,尾翼的底端与底托接触;

保护托,安装在容纳空腔靠近底托的一端,外表面与容纳空腔的内表面接触,内部设置有容纳尾翼的连通腔;

环式弹带,为一体式环形带状结构,通过设置在保护托外表面上的环形凹槽安装在保护托上。

2. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,在所述保护管的外表面沿轴向设置有多道加强筋。

3. 根据权利要求2所述的一体化弹托,其特征不在于,在所述加强筋上设置有供所述卡式弹带安装的凹口。

4. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,在所述保护托上设置有供所述尾翼上翅片伸出的开口槽。

5. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,所述风帽、弹体和尾翼相互之间通过螺纹连接在一起。

6. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,在所述环式弹带的一端开口上设置有对称的固定槽,在所述环形凹槽内设置有与固定槽对应的限位块。

7. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,在所述弹体靠近所述尾翼的一端设置有多道环形槽,在所述保护托的内表面设置有与环形槽对应的环形凸条。

8. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,所述保护管外表面的前、中、后部分别设置有矩形的支架块,在前端支架相对所述开口的一面上设置有以所述开口为圆心的弧形凹坑,在弧形凹坑上设置有轴向的通风孔。

9. 根据权利要求1所述的一体化弹托,其特征不在于,所述弹性主体采用改性PA610制成,所述保护托采用7075-T6铝合金制成,所述弹体采用钨纤维锆基复合材料制成。

10. 一种计算权利要求9中所述钨纤维锆基复合材料的等效弹性参数的方法,计算过程如下:

弹性模量 E_{11} :

$$X_{\text{Front}} - X_{\text{Back}} = \text{Assigned-value}$$

$$X_{\text{Top,Left}} - X_{\text{Bottom,Right}} = 0$$

$$Y_{\text{Top,Front,Left}} - Y_{\text{Bottom,Back,Right}} = 0$$

$$Z_{\text{Front,Top,Left}} - Y_{\text{Back,Bottom,Right}} = 0$$

对于剪切模量 G_{12} :

$$X_{\text{Front,Left}} - X_{\text{Back,Right}} = 0$$

$$Y_{\text{Front}} - Y_{\text{Back}} = \text{Assigned-value}$$

$$X_{\text{Top}} - X_{\text{Bottom}} = \text{Assigned-value}$$

$$Y_{\text{Top,Left}} - Y_{\text{Bottom,Right}} = 0$$

$$Z_{\text{Front,Top,Left}} - Y_{\text{Back,Bottom,Right}} = 0$$

式中 X, Y, Z 分别为各方向的变形。 Assigned-value 为规定变形量;在插件的数值计算过程当中,输入增强相以及基体相的弹性参数即可得到结果。

一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托

技术领域

[0001] 本发明涉及军事领域,特别是涉及一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托。

背景技术

[0002] 电磁轨道炮作为一种极富应用前景的新概念动能武器,一直受到国际上的高度关注,近几年国际先进水平的能量规模已突破百MJ,技术状态进入演示样机阶段;其工作原理是以电磁能代替传统火药燃烧气体压力,以电磁力推动弹丸加速运动,形成超高速弹丸发射,具有初速高、射程远、威力大、精度高、毁歼能力强的特点。

[0003] 然而电磁轨道炮系统中所配置的弹丸,多为次口径尾翼稳定脱壳穿甲弹,发射时需使用弹托与电磁炮轨道进行适配,目前所使用材料多为铝合金,不仅会导致轨道烧蚀问题,而且弹丸的有效质量占比也较低。并且弹丸在发射过程中还会受到实际工程应用中的影响因素,一体化弹丸在装填过程当中,发射器作用在弹底的气动推进力大约为10~12吨,入膛时由于需要保证枢轨间的接触,所以电枢的过盈量较大,相对的轴向摩擦力也很大,容易出现枢-托分离的情况,枢-托分离之后,当电枢作用在弹丸底部时,不仅仅需计算惯性力效应,分离严重时还需考虑冲击效应。

[0004] 如若弹-垫间的连接方式设计不当,还会对弹托分离带来影响;所以弹-垫-枢之间的连接强度以及连接方式的设计至关重要。此外,电磁轨道炮中的弹丸初速高,意味着短时高加速也即高过载,最大过载超过10万g,传统的弹芯与弹托连接方式容易发生剪切破坏,一旦弹丸在膛内运动过程中发生破坏,则会显著降低电磁轨道炮的发射效率和使用寿命。

发明内容

[0005] 本文发明的目的是提供一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托。

[0006] 具体地,本发明提供一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托,包括:

[0007] 弹托主体,包括内部设置有容纳空腔的保护管,在保护管的一端设置有与容纳空腔连通的出口,另一端安装有封闭容纳空腔的底托;

[0008] 卡式弹带,包括两个结构一致的C形卡块,两个卡块利用两端的折边通过卡扣的方式对称安装在保护管设置开口的一端;

[0009] 飞行体,安装在容纳空腔内,包括依次连接的圆锥形风帽、圆柱形弹体和带有翅片的尾翼,风帽的端部由出口处露出,尾翼的底端与底托接触;

[0010] 保护托,安装在容纳空腔靠近底托的一端,外表面与容纳空腔的内表面接触,内部设置有容纳尾翼的连通腔;

[0011] 环式弹带,为一体式环形带状结构,通过设置在保护托外表面上的环形凹槽安装在保护托上。

[0012] 在本发明的一个实施方式中,在所述保护管的外表面沿轴向设置有多道加强筋。

[0013] 在本发明的一个实施方式中,在所述加强筋上设置有供所述卡式弹带安装的凹口。

[0014] 在本发明的一个实施方式中,在所述保护托上设置有供所述尾翼上翅片伸出的开口槽。

[0015] 在本发明的一个实施方式中,所述风帽、弹体和尾翼相互之间通过螺纹连接在一起。

[0016] 在本发明的一个实施方式中,在所述环式弹带的一端开口上设置有对称的固定槽,在所述环形凹槽内设置有与固定槽对应的限位块。

[0017] 在本发明的一个实施方式中,在所述弹体靠近所述尾翼的一端设置有多道环形槽,在所述保护托的内表面设置有与环形槽对应的环形凸条。

[0018] 在本发明的一个实施方式中,所述保护管外表面的前、中、后部分别设置有矩形的支架块,在前端支架相对所述开口的一面上设置有以所述开口为圆心的弧形凹坑,在弧形凹坑上设置有轴向的通风孔。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,所述弹性主体采用改性PA610制成,所述保护托采用7075-T6铝合金制成,所述弹体采用钨纤维锆基复合材料制成。

[0020] 在本发明的一个实施方式中,公开一种计算前述钨纤维锆基复合材料的等效弹性参数的方法,计算过程如下:

[0021] 弹性模量 E_{11} :

[0022] $X_{\text{Front}}-X_{\text{Back}}=\text{Assigned-value}$

[0023] $X_{\text{Top,Left}}-X_{\text{Bottom,Right}}=0$

[0024] $Y_{\text{Top,Front,Left}}-Y_{\text{Bottom,Back,Right}}=0$

[0025] $Z_{\text{Front,Top,Left}}-Y_{\text{Back,Bottom,Right}}=0$

[0026] 对于剪切模量 G_{12} :

[0027] $X_{\text{Front,Left}}-X_{\text{Back,Right}}=0$

[0028] $Y_{\text{Front}}-Y_{\text{Back}}=\text{Assigned-value}$

[0029] $X_{\text{Top}}-X_{\text{Bottom}}=\text{Assigned-value}$

[0030] $Y_{\text{Top,Left}}-Y_{\text{Bottom,Right}}=0$

[0031] $Z_{\text{Front,Top,Left}}-Y_{\text{Back,Bottom,Right}}=0$

[0032] 式中 X, Y, Z 分别为各方向的变形。 Assigned-value 为规定变形量;在插件的数值计算过程当中,输入增强相以及基体相的弹性参数即可得到结果。

[0033] 本发明采用的铝合金保护托,其环形槽结构起到带动飞行体运动的同时也起到定位作用。于传统环形槽装配形式相比,本发明中利用改性PA610制作的弹托主体与飞行体接触的部分无结构设计,仅为过渡配合,该设计不仅可以降低弹托主体的消极质量以及加工难度,而且使飞行体质心前移,提高了飞行稳定性之外,也减小了飞行体表面的摩擦阻力,提高了其存速性能。

[0034] 通过自主开发的PBC分析插件获得了钨纤维增强锆基复合材料弹体的等效弹性参数,可提高了一体化弹丸抗过载能力的计算效率。

[0035] 本发明设计科学合理,装配安全方便,通过飞行体、复合式保护托和与电磁炮轨道直接接触的弹托主体,可在满足抗过载能力的同时,也使得一体化弹丸的有效质量占比有所提高,并且在发射过程中,利用与轨道材料差异较大的特点,能够有效减缓轨道烧蚀问题,进而提高发射系统寿命。

附图说明

- [0036] 图1是本发明一个实施方式的一体化弹丸结构示意图；
[0037] 图2是本发明一个实施方式的一体化弹托结构剖面示意图；
[0038] 图3是本发明一个实施方式的飞行体结构示意图；
[0039] 图4是本发明一个实施方式的一体化弹丸结构分爆炸图；
[0040] 图5是本发明一个实施方式的钨纤维增强锆基复合材料截面示意图；
[0041] 图6是本发明一个实施方式中不同材料制作的一体化弹托应力云图分布示意；
[0042] 图7是本发明一个实施方式中底托的应力历程曲线示意图。

具体实施方式

- [0043] 以下通过具体实施例和附图对本方案的具体结构和实施过程进行详细说明。
- [0044] 如图1、2所示,在本发明的一个实施方式中公开一种电磁轨道炮用轻质抗高过载一体化弹托100,其一般包括弹托主体1、卡式弹带2、飞行体3、保护托4及环式弹带5。
- [0045] 该弹托主体1作为容纳飞行体3的容器,弹托主体1沿轴向分为对称的上下两部分,包括内部设置有具备容纳空腔11的保护管12,在保护管12的一端设置有与容纳空腔11连通的出口111,另一端安装有封闭容纳空腔11的底托13,底托13为独立的封闭板,其与容纳空腔11接触的一端设置有凸出的圆台131,圆台131的直径与下述的保护托4接触一端的连通腔41直径一致;整个容纳空腔11的形状与待容纳的飞行体3外形一致。
- [0046] 卡式弹带2包括两个结构一致的C形卡块21,两个卡块21利用两端的折边211通过卡扣的方式对称安装在保护管12设置开口111一端的两侧,以避免闭合后的弹托主体1分开。
- [0047] 如图3所示,飞行体3作为电磁炮的弹丸,安装在容纳空腔11内,包括依次连接的圆锥形风帽31、圆柱形弹体32和带有翅片331的尾翼33,风帽31为飞行体3的前端,其端部由出口111处露出,尾翼33位于容纳空腔11内,其底端与底托13接触。
- [0048] 如图4所示,保护托4用于保护尾翼33并对尾翼33上的翅片333形成稳定支撑,其安装在容纳空腔11靠近底托13的一端,外表面与容纳空腔11的内表面接触,内部设置有容纳尾翼33的连通腔41。
- [0049] 环式弹带5为一体式环形带状结构,其通过设置在保护托4外表面上的环形凹槽42安装在保护托4上,将由轴向分成两半后合成的保护托4固定成一体。
- [0050] 在本实施方式中,弹托主体1沿轴向分为对称的上下两部分,通过扣合的方式将飞行体3夹持在中间的容纳空腔11中;保护托4上设置有螺栓孔,安装后的保护托4通过穿过保护管12管壁的螺栓实现两者连接,卡式弹带2的两端分别卡在弹托主体1的上下两部分上,避免扣合后的弹托主体1打开。
- [0051] 本实施方式的保护托与飞行体接触的部分无结构设计,两者仅为过渡配合,该设计不仅可以降低弹托主体的加工难度,而且使飞行体质心前移,提高了飞行体的飞行稳定性之外,也减小了飞行体表面的摩擦阻力,提高了其存速性能。
- [0052] 进一步的,为提高弹托主体1的强度同时减少弹托主体1的重量,在保护管12的外表面沿轴向设置有多道加强筋121。采用加强筋121的结构后,保护管12的厚度可以根据飞行体3的外形设置,不需要增加额外的厚度,仅通过沿轴向分布且向外圆周方向凸出的加强

筋121即可增强保护管12的管壁强度。此外,加强筋121还可以作为卡式弹带2或其它附件安装时的固定点。

[0053] 为方便卡式弹带2的安装,可在弹托主体1上下相对的两部分的加强筋121上设置对应的凹口,卡式弹带2的两个折边211可由扣合后加强筋121上的两个凹口穿过,然后向一侧横移,进而利用折边211与加强筋121的卡合将闭合后的弹托主体1固定住。

[0054] 由于尾翼33上设置有四个垂直对称分布的翅片331,因此在保护托4上设置对应的供尾翼33上翅片331伸出的开口槽43,该结构使保护托4的内表面可以完全与尾翼33外表面接触,同时使翅片331位于开口槽43内,大大提高了固定飞行体3后的稳定性。

[0055] 为避免环式弹带5转动,在环式弹带5靠近弹体32的一端开口上设置四个对称的固定槽51,同时在环形凹槽42内设置与固定槽51对应的限位块44。当环式弹带5卡入环形凹槽42内后,限位块44分别卡入对应的固定槽51中,使环式弹带5不能做圆周转动,进而提高了对飞行体3的固定效果。

[0056] 为方便对飞行体3进行定位,在弹体32靠近尾翼33的一端设置有多道环形槽321,同时在保护托4的内表面设置有与环形槽321对应的环形凸条45,扣合后的保护托4内的环形凸条45分别卡入对应的环形槽内321。环形槽321结构在起到带动飞行体3运动的同时也起到定位作用;同时,相比于传统环形槽装配形式,保护托4与飞行体3接触的部分无结构设计,仅为过渡配合,该设计不仅可以降低保护托4的加工难度,而且使飞行体3质心前移,提高了飞行稳定性之外,也减小了飞行体3表面的摩擦阻力,提高了其存速性能。

[0057] 为保证弹体主体1在电磁发射系统内的运动稳定,在保护管12外表面的前、中、后部分别设置有矩形的支架块121、122、123,并在前端支架121相对开口111的一面上设置有以开口111为圆心的弧形凹坑124,以便完成发射出去后的脱壳行为,在弧形凹坑124上设置有轴向的通风孔125,通过通风孔125的气动载荷可增加弹体主体1的径向力和增加弹体主体1的闭合能力,从而保证运动稳定性。

[0058] 本实施方式中的弹托主体1采用改性PA610制成,保护托4采用7075-T6铝合金制成,弹体32采用钨纤维锆基复合材料制成。风帽31、弹体32和尾翼33相互之间采用螺纹连接在一起。材料选用改性PA610,可在满足抗过载能力的同时,也使得一体化弹托100的有效质量占比有所提高,并且在发射过程中,由于与轨道材料差异较大,能够有效减缓轨道烧蚀问题,进而提高发射系统寿命。

[0059] 在本发明的一个实施方式中,由于飞行体3采用了钨纤维锆基复合材料,为了能够高效率地完成对抗过载能力的校核,如图5所示,在该复合材料结构中提取出一个代表性体积单元(RVE),并通过自主开发的PBC分析插件求得有效的材料响应和演化过程。

[0060] 代表性体积单元均匀化方法的主要内容就是利用均匀应变去计算复合材料的等效弹性参数。由于RVE单元是周期性材料的一部分,因此在有限元分析中,对RVE于周围材料在应变前后的周期性进行模拟是十分重要的。在早期的均质化研究过程当中,通过施加边界条件来保证RVE的平面边界表面在变形后保持平面,从而达到周期性;但上述边界条件只适用于纵向和横向应变下横向各向同性的单元,对于正交各向异性以及剪切模量的均质化并不准确;所以利用节点对应节点方式的周期性边界条件是至关重要的。

[0061] 以下给出一种计算钨纤维锆基复合材料的等效弹性参数的方法,包括如下步骤:

[0062] 弹性模量 E_{11} :

[0063] $X_{\text{Front}}-X_{\text{Back}}=\text{Assigned-value}$

[0064] $X_{\text{Top,Left}}-X_{\text{Bottom,Right}}=0$

[0065] $Y_{\text{Top,Front,Left}}-Y_{\text{Bottom,Back,Right}}=0$

[0066] $Z_{\text{Front,Top,Left}}-Y_{\text{Back,Bottom,Right}}=0$

[0067] 对于剪切模量 G_{12} :

[0068] $X_{\text{Front,Left}}-X_{\text{Back,Right}}=0$

[0069] $Y_{\text{Front}}-Y_{\text{Back}}=\text{Assigned-value}$

[0070] $X_{\text{Top}}-X_{\text{Bottom}}=\text{Assigned-value}$

[0071] $Y_{\text{Top,Left}}-Y_{\text{Bottom,Right}}=0$

[0072] $Z_{\text{Front,Top,Left}}-Y_{\text{Back,Bottom,Right}}=0$

[0073] 式中 X, Y, Z 分别为各方向的变形。 Assigned-value 为规定变形量;在插件的数值计算过程当中,输入增强相以及基体相的弹性参数即可得到结果。

[0074] 图5为钨纤维增强非晶复合材料的横截面形貌以及代表性体积单元示意,其中(a)为横截面SEM背散射;(b)为放大800倍的横截面SEM照片;(c)为有限元中的代表性体积单元。在插件的数值计算过程当中,只需输入增强相以及基体相的相关弹性参数即可。本实施方式中的钨纤维增强锆基复合材料中的钨纤维体积分数为80%,钨纤维直径为0.3mm。所获得的等效弹性参数如表1所示。

[0075] 表1通过代表性体积单元以及PBC获得的等效弹性参数

	E11	E22	E33	G12	G13	G23
[0076] 数值 (GPa)	348.168	291.225	290.212	111.218	110.571	109.722
	V12	V13	V21	V23	V31	V32
数值	0.293	0.293	0.245	0.329	0.245	0.327

[0077] 如图6所示,分别给出了弹托主体1材料全部采用改性PA610尼龙、全部采用7075-T6铝合金以及本发明的复合式弹托时,所受最高过载为12万g条件下的应力云图分布,由图6中可以很直观的看出,一体化弹丸的最危截面发生在弹体底部以及底托上。当弹托主体材料由改性PA610尼龙材料改变为铝合金时,随着弹托主体强度的提升,最危截面处的应力水平有所下降;当采用底托结构采用复合式弹托时,最危截面处的应力大幅下降;弹托主体底部的应力历程曲线,如图7所示,本发明的复合式弹托可使应力水平从2250MPa降至1915MPa。

[0078] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

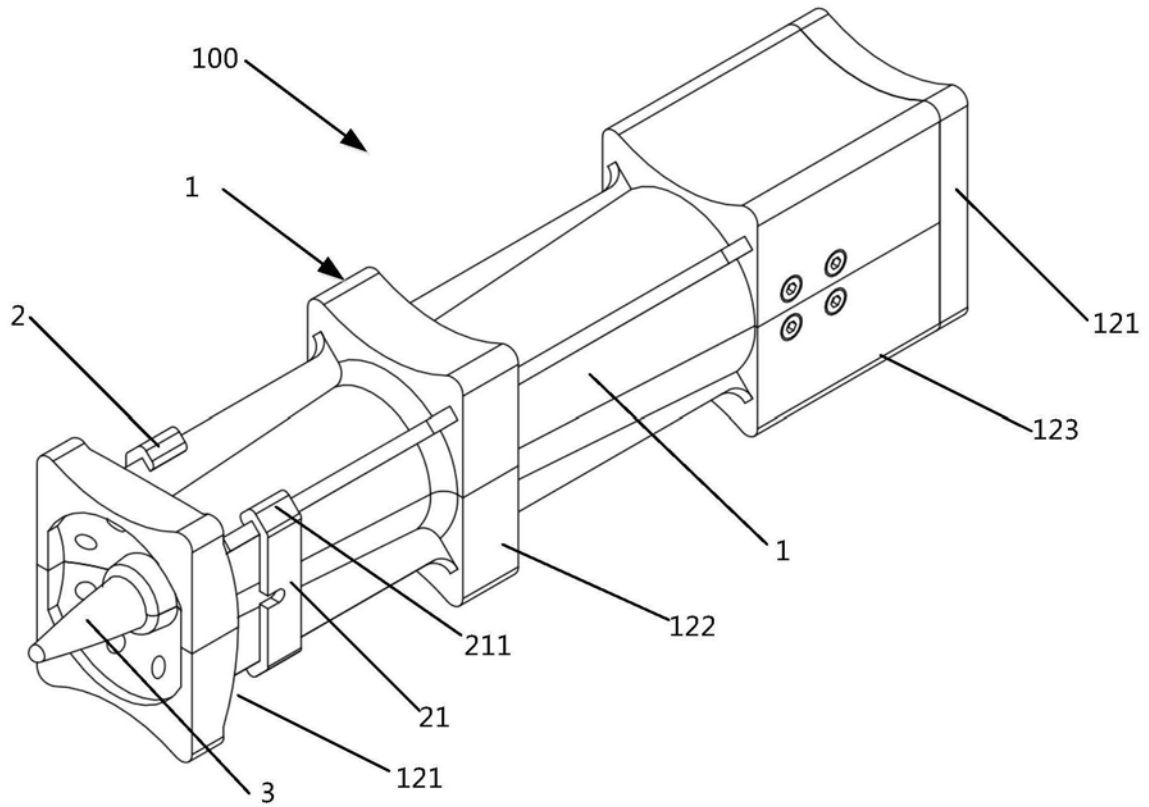


图1

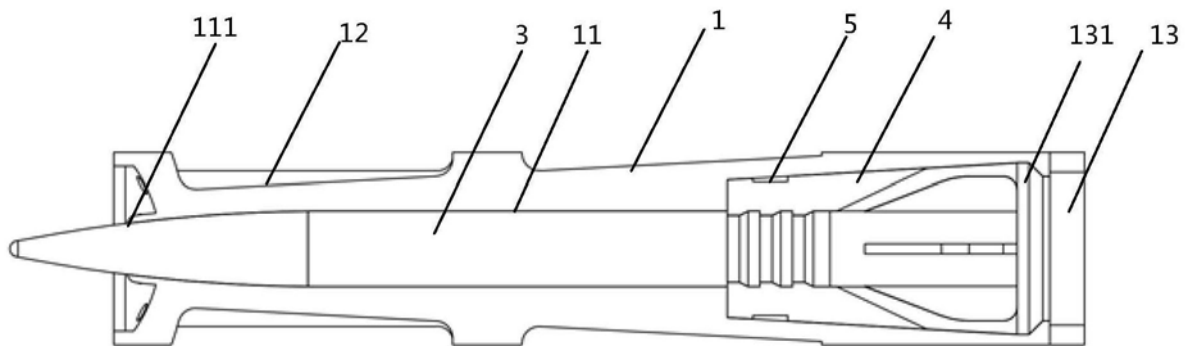


图2

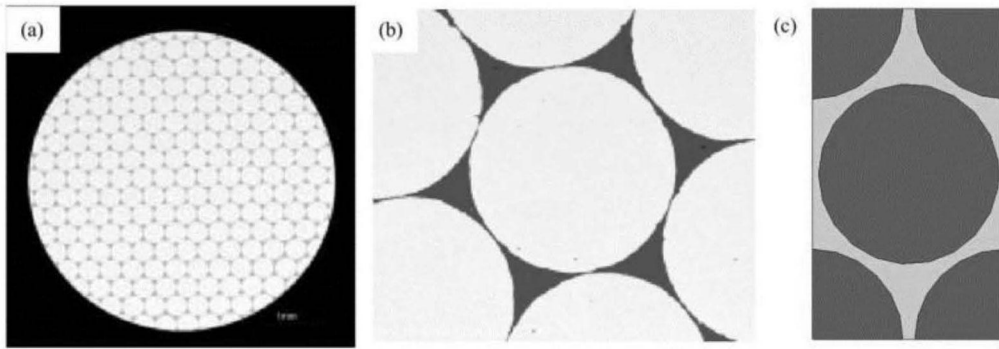


图5

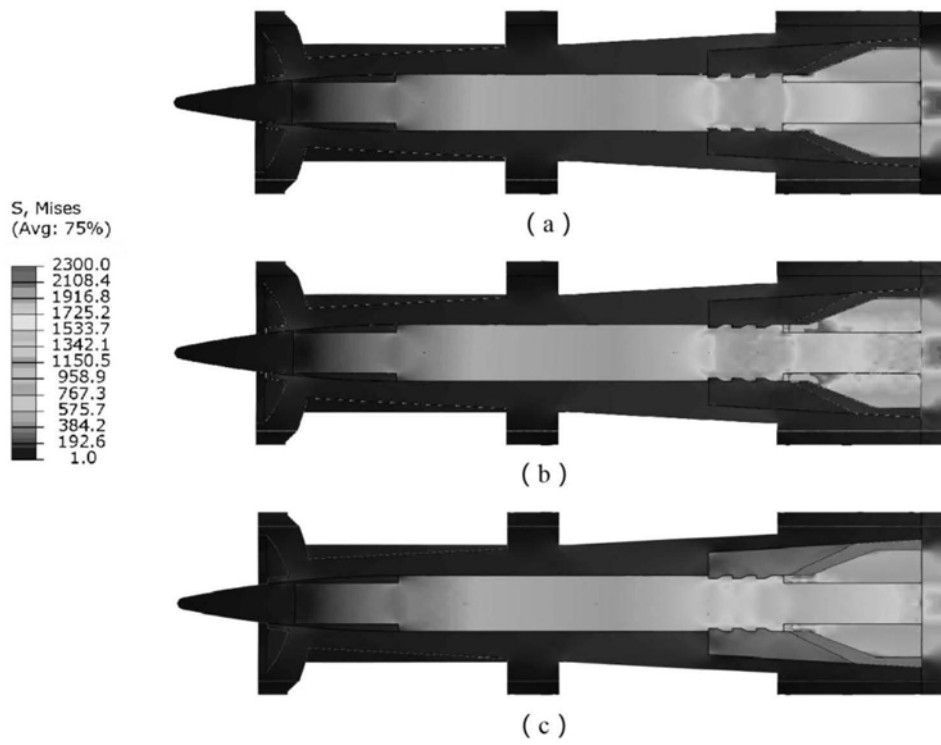


图6

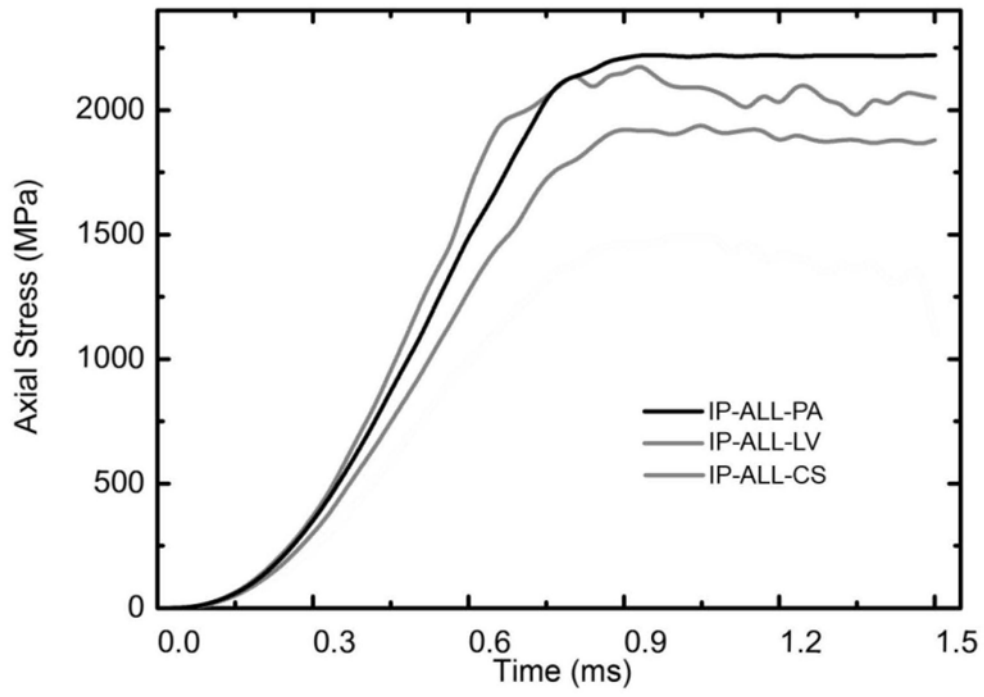


图7