

# 激光制导炮弹导引头的抗高过载方法研究

李俊伟, 张丽敏, 朱晓凯

(中国电子科技集团公司 第二十七研究所, 河南 郑州 450047)

**摘要:**针对激光制导炮弹导引头光学系统及后端处理电路无法承受高过载的问题,设计了由橡胶垫和胶状物组合的立体减振装置,对处理电路采取封装固化等措施,从结构设计上提高抗高过载能力.经仿真分析及试验验证,该方法可使导引头受到的冲击减小到5.1 kg,变形值亦在其许可范围之内,可满足系统的抗高过载要求.

**关键词:**激光制导炮弹导引头;高过载;立体减振

**中图分类号:**TN957.2 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.03.015

## Study on laser-guided projectile seeker against high overload

LI Jun-wei, ZHANG Li-min, ZHU Xiao-kai

(The 27th Research Institute of CETC, Zhengzhou 450047, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the optical system of laser-guided projectile seeker and back-end processing circuit of laser-guided projectile can not against high overload, the stereoscopic vibration absorber composed of rubber pad and jelly was designed. The structure against high overload was also designed, such as packaging and solidifying the processing circuit. The simulation analysis and experiment validation showed that the design could decrease the impact effectively to 5.1 kg, and the deformation was also acceptable, so the design could meet the requirements of vibration isolation and shock resistance of the system.

**Key words:** laser-guided projectile seeker; high overload; stereoscopic vibration absorbing

## 0 引言

激光制导炮弹以其命中精度高、成本低、发射简单而逐渐成为武器界的新宠.激光制导炮弹发射时,弹上载荷承受着瞬时、高能、强冲击,最大过载在10 kg以上,如此大的高过载有可能造成导引头中光学系统的损坏.如何解决炮弹发射过程中弹载设备承受的高过载一直是设计难点,国内已经有对这方面的研究,但对激光制导炮弹核心部件光学系统的抗高过载方法却鲜有详细的论述.为确保导引头正常工作,需要采取一定的措施对其进行抗高过载设计.除了选用高强度材料、对结构件进行封装

固化等措施来提高导引头的抗高过载能力外,改善导引头内部组件的受力环境,即增加减振缓冲装置是常用且有效的抗高过载的手段:通过设计合理的减振缓冲装置,减缓导引头内部组件受到的冲击,从而达到保护器件的目的<sup>[1-3]</sup>.本文将依据实际工程经验,从理论分析、隔振缓冲措施选择、仿真及试验等方面着手,建立一种激光制导炮弹导引头光学系统及其后端处理电路抗高过载的方法.

## 1 导引头的抗过载设计

### 1.1 导引头系统特点

该新型炮弹采用筒式结构,弹载设备通过骨架

收稿日期:2014-01-14

作者简介:李俊伟(1980—),男,河南省周口市人,中国电子科技集团公司第二十七研究所工程师,主要研究方向为电子设备结构与仿真分析.

与外筒相连,导引头固定在骨架前端.如图 1 所示,导引头由光学系统、处理电路及壳体组成.光学系统处于导引头的最前端,也是整个弹体的最前端,通过固定装置安装到壳体上;处理电路在壳体内部,通过螺钉固定在壳体上.

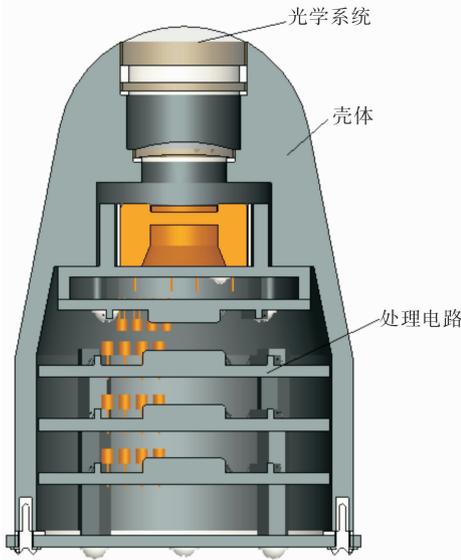


图 1 导引头示意图

在炮弹发射过程中,导引头随外筒施加的高过载做强迫运动,承受很大的冲击力,这些载荷在作用过程中都是变化的,其中轴向载荷最大<sup>[4]</sup>.导引头在发射过程中轴向载荷如图 2 所示.

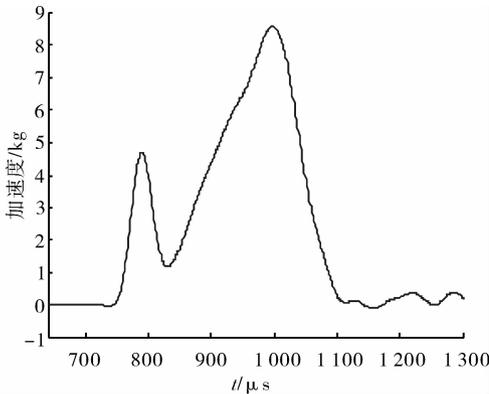


图 2 轴向载荷曲线图

### 1.2 光学系统的抗过载设计

光学系统承受的过载与相对位移不能太大,若直接安装在壳体内,镜片无法承受发射时的高过载,因此,需增加减振缓冲装置.减振缓冲装置的设计要兼顾减振缓冲效率和位移的矛盾,在保证减振效果的前提下,尽可能减小冲击变形,避免光学系统产生过大的相对位移,影响成像效果,进而影响

系统精度<sup>[5]</sup>.

减振装置有很多种,如橡胶垫、碟形弹簧、胶状物等,在各类减振装置中:橡胶垫具有良好的缓冲和阻尼性能,其应力应变特性有利于设备的缓冲减振,但载荷能力较小,减振缓冲效果一般;碟形弹簧为压缩弹簧,承受的冲击载荷很大,但是质量较大,轴向空间占用大,胶状物只能起到缓冲的作用.由于光学系统各镜片之间间距很小,变形量要控制在 0.1 mm 以内,所以根据光学系统结构特点、受力环境及精度要求,本文采用橡胶垫和胶状物相结合的方式:在镜片底部增加吸能和滞回性能良好的泡沫硅橡胶垫,在镜片与壳体之间填充胶状物,形成立体减振装置,其中泡沫硅橡胶垫的厚度根据精度要求进行选择,胶状物的选择要考虑缓冲效果以及炮弹飞行过程中的温度变化,其结构组成如图 3 所示.

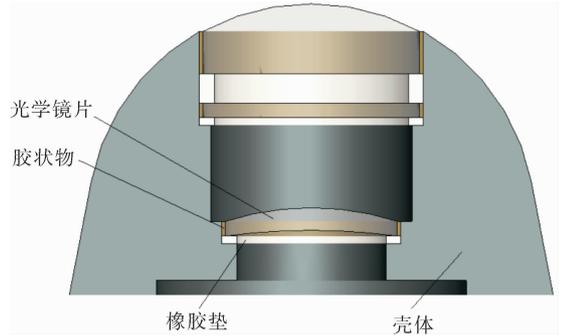


图 3 立体减振装置结构示意图

### 1.3 处理电路的抗过载设计

笔者从器件选取、电路板装配及防护对处理电路进行抗过载设计,措施如下:

- 1) 电子器件尽量选用贴片器件,采用胶脂固封,以减轻自身质量,减小体积,提高抗振、抗冲击能力<sup>[6]</sup>;
- 2) 电路板采取螺柱叠压方式装配,电路板之间用环氧树脂固封,防止各部件之间产生相对位移,加强电路板的强度和抗冲击性能;
- 3) 处理电路固封后通过螺钉安装在后盖板上,后盖板与壳体固连,两者之间采用橡胶垫减振,以提高处理电路的整体抗振能力.

## 2 有限元分析和试验

### 2.1 有限元分析

本文采用有限元分析软件 ANSYS 对导引头的抗过载性能进行仿真分析,结果如图 4 和图 5 所示.将导引头三维模型导入 ANSYS 软件,为方便计

算,将光学系统简化为集中质量处理;壳体作为不计变形的刚性基础;橡胶垫及胶状物采用超弹性三维实体单元;处理电路采用整块的聚四氟乙烯材料替代。橡胶垫与镜片之间采用绑定连接;胶状物与镜片之间采用不分离接触类型,即允许镜片在小范围内无摩擦地滑动。为提高计算效率,在不影响整体分析结果的基础上,分析模型去除内部螺纹孔等特征。由于导引头直接承受加速度载荷做强迫运动,故本文采用大质量法,将加速度载荷转化为力载荷进行计算。载荷作用时间为 1.3 ms,最大加速度出现在 1 ms,峰值为 8 kg。从图 4 和图 5 可知,在 8 kg 轴向加速度冲击下,整机最大应力为 267 MPa,出现在导引头尾部的盖板上;最大变形为 0.06 mm,出现在导引头第一片镜片上;两者均在许可的范围之内。

通过对分析结果后处理,可以得到导引头加速度响应和立体减振装置的变形规律。图 6 为导引头光学系统加速度响应与加速度载荷的对比曲线,可以看出,加速度响应的最大值为 5.1 kg,在系统许可范围之内,说明隔振缓冲装置起到了保护器件的作用。

## 2.2 抗过载试验

对导引头中光学系统采用立体减振设计,对处理电路进行封装固化,增加橡胶垫减振设计等措施进行装配,并在某靶场进行了实弹试验。试验证明:该导引头光学系统结构稳固,未出现镜片破碎及损毁现象,处理电路功能正常,减振效果良好,系统工作稳定。

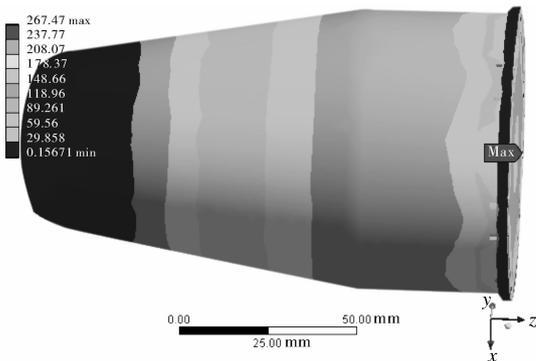


图 4 导引头轴向应力图

## 3 结语

本文给出了一种解决激光制导炮弹导引头抗高过载方法:针对系统的结构特点和受力环境,对导

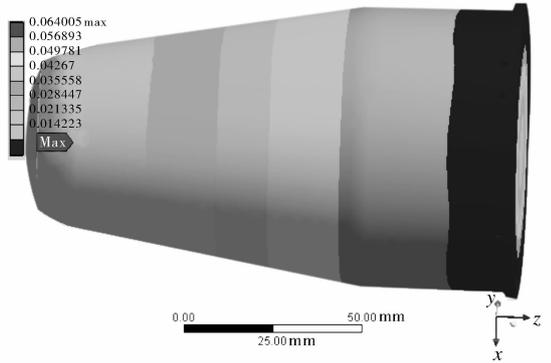


图 5 导引头轴向变形图

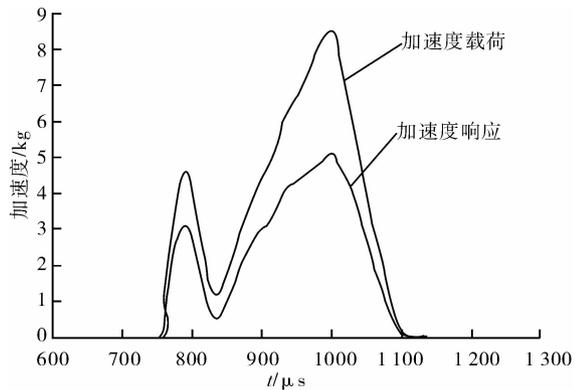


图 6 加速度时间曲线

引头光学系统设计了由橡胶垫和胶状物相结合的立体减振装置,并对处理电路采取封装固化等措施,从结构设计上提高抗高过载能力。软件 ANSYS 仿真计算及实弹试验表明,该方法可使导引头受到的冲击减小到 5.1 kg,变形值亦在其许可范围之内,满足系统的减振抗冲要求。

## 参考文献:

- [1] 钱立志. 弹载任务设备抗高过载方法研究[J]. 兵工学报, 2007(8):1017.
- [2] 宁全利,刘晨涛,汪卫华. 某特种弹天线结构动态响应分析[J]. 弹箭与制导学报, 2004(3):382.
- [3] 刘俊,石云波,马游春. 高过载测试中缓冲材料的试验分析[J]. 中北大学学报:自然科学版, 2005, 26(5):381.
- [4] 朱兵. 制导炮弹电子系统冲击动力学研究[D]. 合肥:国防科学技术大学, 2008.
- [5] 王正平. 冲击载荷下减振系统的优化设计[D]. 北京:北京理工大学, 2003.
- [6] 徐鹏,祖静,李乐. CPLD 芯片抗高 g 值冲击性能分析[J]. 振动与冲击, 2007(1):148.