

基于马歇特锤实验的聚氨酯缓冲性能分析

齐明思, 孙亮

(中北大学, 太原 030051)

摘要: **目的** 为了测试聚氨酯材料的缓冲性能,设计合适的环阻尼缓冲防护结构,从而使系统有更好的缓冲性能和稳定性。**方法** 以某高过载测试电子记录器中环阻尼缓冲防护结构为例,建立了有阻尼的质量弹簧系统数学模型,通过动态马歇特锤实验对钢壳内侧壁与内胆盖外侧壁、内胆外侧壁之间灌封的聚氨酯材料的缓冲性能进行了分析研究。**结果** 马歇特锤分别打10个、17个和20个齿时,均是直径为46 mm的内胆最大加速度值最小。**结论** 螺距相同时,直径为46 mm的内胆相对于钢壳运动的位移幅值最小,为最优设计方案。

关键词: 缓冲性能; 高过载; 聚氨酯; 马歇特锤实验

中图分类号: TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)03-0108-03

Buffer Performance of Polyurethane Based on the Machete Hammer Experiment

QI Ming-si, SUN Liang

(North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to test the cushioning property of polyurethane material, design appropriate ring damping buffer protection structure, so as to improve the buffer performance and stability of the system. Using a high overload test electronic recorder central damping buffer door structure as an example, damped mass spring system mathematical model was established, and the buffer performance of polyurethane material filled between the steel shell inner wall and the inner liner cover lateral wall as well as between the lateral walls of the inner container potting material was studied and analyzed through dynamic Machete hammer experiment. When the Machete hammer hit 10, 17, and 20 teeth, the minimum acceleration was all observed with the inner diameter of 46 mm. At the same pitch, the liner with a diameter of 46 mm had the smallest movement displacement relative to steel shell, and was the best design scheme.

KEY WORDS: buffer performance; overload; polyurethane; Machete hammer experiment

近年来,人们开始广泛关注高冲击高过载在航空航天等领域所带来的严重破坏性^[1],复杂的动力学环境对设备的安全可靠性产生了巨大的威胁。随着航天事业的发展,空间碎片严重威胁了航天器的正常安全运行。其中,空间碎片危害航天器最主要的特征是超高速撞击现象^[2]。许多高精密的电子元器件需要在高冲击高过载的环境中使用,而高冲击高过载会对精密

制导武器中的制导电路元器件内部电路造成损坏^[3],从而导致该元器件失效,因此,选择合适的缓冲结构和缓冲材料非常重要^[4]。

1 研究对象

为了研究聚氨酯缓冲材料对高冲击高过载环境的

收稿日期: 2015-07-14

基金项目: 山西省自然科学基金(2013011025-1)

作者简介: 齐明思(1979—),男,河南周口人,博士,中北大学副教授,主要研究方向为缓冲技术、机械系统动态测试与分析。

缓冲防护作用,现以如图1所示的电子记录器为例^[5],这种具有环阻尼缓冲防护结构的高过载测试电子记录器中,钢壳内侧壁、内胆盖外侧壁以及内胆外侧壁均为螺纹结构,并且在钢壳内侧壁与内胆盖外侧壁、内胆外侧壁之间灌封有聚氨酯材料。为了可靠地完成高冲击高过载环境下的工作,结合聚氨酯材料的特性^[6],对其缓冲防护性能进行了研究,采用动态马歇特锤实验进行实验分析,并研究系统的最优结构,从而使系统有更好的缓冲性能和稳定性。图1中缓冲防护结构部分材料特性参数见表1。

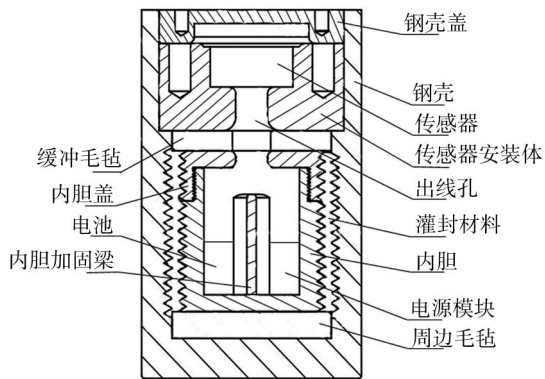


图1 环阻尼缓冲防护结构高过载测试电子记录器

Fig.1 High overload test electronic recorder with ring damping buffer protection structure

表1 缓冲防护结构各部分材料特性参数

Tab.1 Material characteristic parameters for each part of the buffer protection structure

	密度/(g·cm ⁻³)	弹性模量/GPa	泊松比
钢壳	7.85	210	0.31
聚氨酯环	1.15	10	0.30
内胆	7.85	210	0.31

2 动态马歇特锤实验

实验用到马歇特锤(见图2)、存储器电路板(见图3)等器材。马歇特锤是一种获得高速度的装置^[7],锤头固定在黄色的锤柄上,锤柄又固定在弧形转上,转臂转动时带动皮带将重物上拉。将圆盘旋紧在锤头的螺纹孔内,将结构用铝条、螺杆和螺纹固定在圆盘上^[8]。

实验时用存储器电路板转化并存储压电传感器传来的电荷信号。将测钢壳的撞击加速度的压电传感器(本实验所用压电传感器为98884和988016两种)拧进圆盘的螺纹孔内,将测内胆加速度的传感器固定在内胆上。

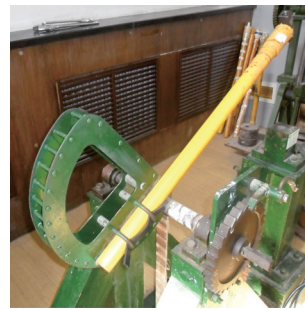


图2 马歇特锤

Fig.2 Machete hammer

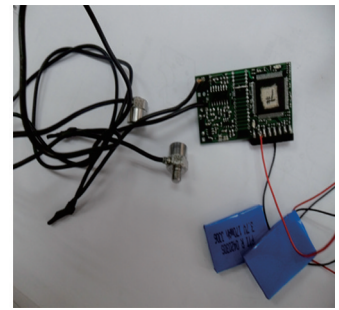


图3 存储器电路板

Fig.3 Memory circuit board

动态马歇特锤实验简图见图4,由于马歇特锤的结构经过特殊设计,使得马歇特锤撞击加速度与马歇特锤上面齿数有固定关系^[9],该马歇特锤每转一个齿可获得2000g的加速度^[10],因而,可以通过锤体上转过的齿数来计算撞击时的加速度值。

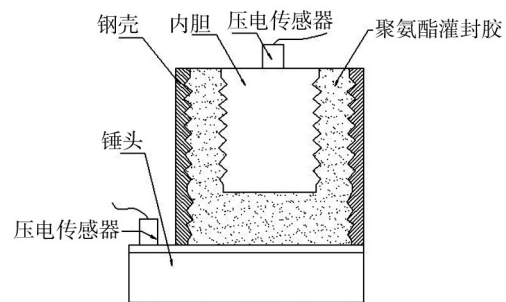


图4 动态马歇特锤实验简图

Fig.4 Schematic for the dynamic experiment of machete hammer

实验时,锤子从高处带动结构往下撞击底盘。当锤头碰到底盘的瞬间,压电传感器1和5分别测得相应的加速度。锤头接触底盘后,钢壳停止运动,内胆4由于惯性和自重继续往下运动。在一定的加速度下,由于聚氨酯灌封胶的胶连和阻尼作用,内胆在钢壳内作上下往复运动,最终停下来。

3 结果与分析

马歇特锤分别打10,17,20个齿的加速度值时,98884和988016等2个压电传感器分别测得的内胆和钢壳的最大加速度值^[11]见表2(CH2指存储器的第二通道,对应的值是压电传感器98884测得的内胆最大加速度值^[12],CH4指存储器的第四通道,对应的值是压电传感器988016测得的钢壳最大加速度值^[13])。

由表2可以看出,马歇特锤分别打10个齿、17个齿和20个齿时,也就是加速度分别为2000g,

表2 传感器测得内胆和钢壳的最大加速度

Tab.2 The maximum acceleration values of liner and steel shell measured by the sensor

齿数	通道号	内胆直径/mm				
		38	40	42	44	46
10	CH2	2603	1754	1741	1713	1605
	CH4	20 023	20 087	20 104	20 007	20 011
17	CH2	6206	4901	4854	4763	4503
	CH4	34 007	33 805	34 204	34 019	34 054
20	CH2	7501	6750	5802	5152	4807
	CH4	40 020	39 982	40 151	40 108	40019

34 000g, 40 000g的时候,均是直径为46 mm的内胆最大加速度值最小,说明内胆相对于钢壳运动的位移幅值最小,即内胆直径为46 mm的环阻尼缓冲防护结构,为最优的设计方案。

4 结语

以聚氨酯灌封胶为联接材料的环阻尼缓冲防护结构为研究对象,探讨了该结构在不同环间距条件下的受力状况和缓冲防护性能^[4]。依据理论力学中相关知识建立了有阻尼的质量弹簧系统数学模型^[5],用动态马歇特锤实验对模型进行了实验验证。在该实验条件下得知,当螺距相同时,内胆直径为46 mm时,结构的缓冲性能最好,过大或过小都不利于结构缓冲性能的提高。

参考文献:

- [1] 姬永强,李映辉,聂飞. 弹载数据存储模块抗高过载防护技术研究[J]. 振动与冲击, 2012, 31(18): 104—106.
JI Yong-qiang, LI Ying-hui, NIE Fei. Research on the Anti Overload Protection Technology of the Missile Borne Data Storage Module[J]. Journal of Vibration and Shock, 2012, 31(18): 104—106.
- [2] 管公顺. 航天器空间碎片防护结构超高速撞击特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
GUAN Gong-shun. Study on the Characteristics of Ultra High Speed Impact for Debris Protection Structures in Spacecraft [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2006.
- [3] 邓琼,李玉龙,索涛,等. 火工品高过载动态力学性能测试方法研究[J]. 火工品, 2007(1): 281.
DENG Qiong, LI Yu-long, SUO Tao, et al. Testing Method on Dynamic Mechanical Properties of High Overload Pyrotechnics[J]. Initiating Explosive Device, 2007(1): 281.
- [4] 吕彩琴,翟成瑞. 高过载测试中的电子线路灌封技术研究[J]. 机械工程与自动化, 2009(5): 90—94.
LYU Cai-qin, ZHAI Cheng-rui. Encapsulation Technology of Electronic Circuit for High Overload Test[J]. Mechanical

- Engineering and Automation, 2009(5): 90—94.
- [5] 刘俊,石云波,马游春. 高过载测试中结构防护模型研究[J]. 测试技术学报, 2006, 19(3): 249—253.
LIU Jun, SHI Yun-bo, MA You-chun. Research on Structure Protection Model in High Overload Test[J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2006, 19(3): 249—253.
- [6] 齐明思,张晋宁,杨卫,等. 泡沫铝-聚氨酯复合结构的缓冲性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(19): 12—18.
QI Ming-si, ZHANG Jin-ning, YANG Wei, et al. Buffer Performance of the Aluminum Foam Polyurethane Composite Structure[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 12—18.
- [7] 王超,陈光焱,邓开举. 一种便携式高g值冲击试验装置的设计[J]. 振动与冲击, 2010, 29(12): 227—229.
WANG Chao, CHEN Guang-yan, DENG Kai-ju. A Portable High G Impact Test Device Design[J]. Journal of Vibration and Shock, 2010, 29(12): 227—229.
- [8] 姚景. 激振面积对弯振矩形板条纹模式振动特性的影响[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014.
YAO Jing. The Influence of the Vibration of the Excited Area on the Vibration of the Rectangular Plate with the Fringe Mode [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2014.
- [9] 张勇,柳玉海. MATLAB在数字语音分析中的应用[J]. 计算机时代, 2010(2): 15.
ZHANG Yong, LIU Yu-hai. Application of MATLAB in Digital Speech Analysis[J]. Computer Age, 2010(2): 15.
- [10] 齐明思,于丽娜,殷强,等. 基于Ansys的冲压式快速空投硬式气囊应力分析[J]. 包装工程, 2010, 31(15): 69—72.
QI Ming-si, YU Li-na, YIN Qiang, et al. Analysis of Stress Stamping Type Quick Airdrop Rigid Airbag Based on Ansys[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15): 69—72.
- [11] 全浩军. 数字音频码流分析系统研究[D]. 天津: 天津大学, 2010.
QUAN Hao-jun. Digital Audio Stream Analysis System Research[D]. Tianjin: Tianjin University, 2010.
- [12] 沙飞. 压电传感器应力/应变传感特性及其在混凝土监测中的应用[D]. 济南: 济南大学, 2014.
SHA Fei. Piezoelectric Sensor Stress/Strain Sensing Characteristics and Monitoring in Concrete Application[D]. Jinan: University of Jinan, 2014.
- [13] 高娜. 微型压电传感器提取听骨链声信号及后期处理[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
GAO Na. Micro Piezoelectric Sensor Signal Extraction of Ossicular Chain and Post Treatment[D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
- [14] OHNO T, YANAGIDA H, MAEKAWA K, et al. Stress Engineering for the Design of Morphotropic Phase Boundary in Piezoelectric Material[J]. Thin Solid Films, 2015, 585: 91—94.
- [15] DUAN Y, HUANG W, CHANG H, et al. Volume Preserved Massspring Model with Novel Constraints for Soft Tissue Deformation[J]. IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics, 2014.