

利用空心玻璃微球提高电路板冲击性能

黄加才 李 凡 赵云峰 游少雄 李晓颜

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文摘 针对某系统冲击环境恶劣问题,提出一种提高电路板抗冲能力的新方法——玻璃微球填充。冲击试验表明,采用这一方法使制导系统的冲击响应大大降低,玻璃微球可以衰减电路板冲击中的高频冲击分量,减小低频分量所引起的电路板变形,并且其阻尼作用可迅速使电路板恢复平缓状态。试验结果显示最大的冲击加速度衰减率可达 70%。

关键词 电路板,制导系统,冲击,玻璃微球

Circuit Card to Enhance It's Shock Resistance Ability by Using Granular Matter

Huang Jiakai Li Fan Zhao Yunfeng You Shaoxiong Li Xiaoyan

(Aerospace Research Institute of Materials & Processing Technology, Beijing 100076)

Abstract Circuit cards are important parts of Guidance system. The shock environment is very harsh when bumb is lauching A new method is put forward for Circuit Card to enhance it's shock resistance ability in This thesis It is proved by the test that the shock resoance value is much lower than input value The decay rate can reach 70%.

Key words Circuit card, Guidance system, Shock, Granular matter

1 引言

随着武器发展的日趋高速化和大功率化,而且对命中精度的要求也越来越高,其所受的力学环境也越来越恶劣,强烈的振动和冲击,使得电子设备的可靠性急剧降低。据有关资料显示,现代战争使用的作战装备中电子产品失效率的 50%~60%是由于机械振动及爆炸冲击振动引起的^[1],而在这些电子产品中,有相当一部分是电路板出现了问题。

国外许多学者对电器设备的隔振抗冲技术作过大量研究,其中 MayneTustin^[2]对电器设备如何避免共振问题作了一些探讨,D. S. Steinberg^[3]和 W. Markstein^[4]对于如何设计抗强冲击、振动的电器设备作了一些研究,S. Kannappan和 V. Ku Nakkussil^[5]则利用有限元分析方法对电器设备进行了动态分析,把有限元计算和实际分析相结合为较复杂的电器设备隔振抗冲进行概念优化设计和动态研究提供了可能。

目前军用电路板所采取的主要抗冲设计方法如下^[6]。

(1)防振加固。该方法受使用空间的限制,且在

大量级冲击载荷情况下,所起作用有限。

(2)合理布局电器元器件。该方法不适合已经成型的电路板,对于大量级冲击载荷,作用有限。

(3)应用新型阻尼材料。航天材料及工艺研究所对印刷电路板所采取的约束阻尼处理有效的解决了振动所造成的失效问题^[7]。此外,采用橡胶减振器也是实际工程中应用较多的方法^[8~10]。

近年来,在兵器、航空和舰船领域上冲击问题越来越突出,在大量级冲击载荷作用下,传统电路板抗冲设计方法所起作用有限,必须采用特别的方法来解决这一问题,美国专利 US 6892646提出采用微粒状物作为灌封材料^[11],利用微粒状物变形小以及冲击载荷下可以分散冲击力的特性来对电路板进行缓冲设计。本文就是利用这一思路对电路板进行抗冲击设计与研究。

2 电路板抗冲设计

电路板一般是平行安装在箱体中,如图 1所示。在经受大量级冲击载荷作用时,由于电路板本身的惯性产生弯曲,如图 2所示,在冲击载荷较大时,由于电

收稿日期:2007-09-30

作者简介:黄加才,1978年出生,硕士,主要从事阻尼减振材料的研究
宇航材料工艺 2007年 第6期

路板的弯曲较大,易造成其断裂破坏,同时电路板过大的弯曲变形也可能造成装在其上的元器件、插件管脚焊接脱落,使得整个系统失效。

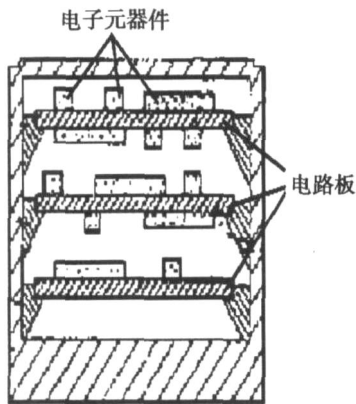


图 1 电路板安装图

Fig 1 Installment schematic diagram for circuit cards

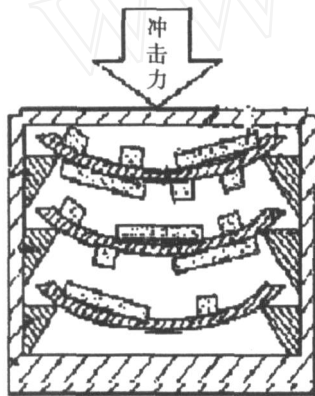


图 2 冲击载荷下电路板力学表现

Fig 2 Mechanical behavior of circuit cards under shock load

如前所述,提高此类电路板抗冲击性能的主要方法之一是对电路板进行灌封,传统灌封材料有硅橡胶及树脂体系。由于本身压缩模量低,变形大,硅橡胶在冲击加速度较大时不适用。树脂体系虽然模量较高,但其在固化后无法再拆卸,而且无法将电路板产生的热量散发出去。

用空心玻璃微球进行灌封有以下优点:第一,在外力作用下变形小;第二,在冲击时微粒会将冲击力向四周均匀得传递,不会造成应力集中;第三,可以在微粒中加入导热、抗电磁干扰等材料,产生各种功能型的作用;第四,可以方便地对电路板进行维护。

我们用某种粒径的空心玻璃微球填充到电路板各层之间,如图 3 所示,目的使其在冲击载荷下电路板不会产生较大的变形,同时还有缓冲作用,如图 4 所示。

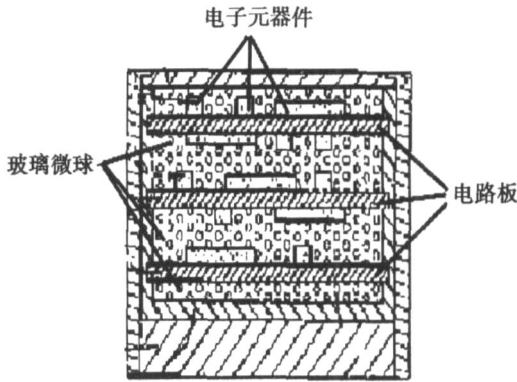


图 3 玻璃微球填充图

Fig 3 Schematic diagram for circuit cards when granular matter is filled between them

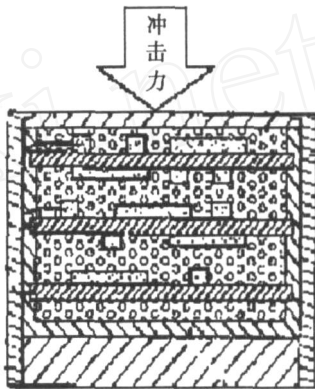


图 4 玻璃微球填充后冲击载荷下电路板力学表现

Fig 4 Mechanical behavior of circuit cards under shock load

3 试验

按照以上思路,设计以下试验件:如图 5 所示,整个试验装置为一圆筒结构,试验时系统共安装 3 块直径为 150 mm 的印刷电路板,板间距为 50 mm,在 1 号和 2 号电路板上各安装一个传感器,电路板之间充满了粒径为 0.3 mm 左右的空心玻璃微球。按此设计用落锤式冲击塔进行冲击试验,通过 1 号 2 号电路板上的加速度传感器得出响应加速度进行数据分析。

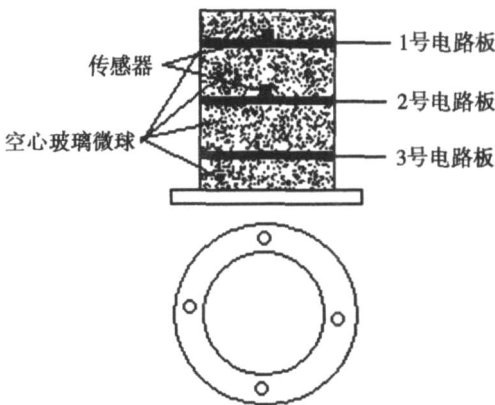


图 5 设计试验件

Fig 5 Device for shock test

4 结果与分析

冲击输入条件如图 6、图 7 所示,冲击响应如图 8、图 9 所示,冲击试验共重复进行两次。

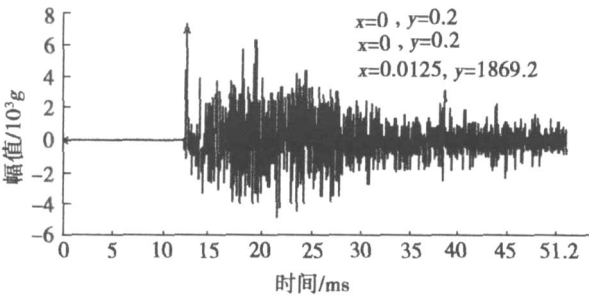


图 6 冲击输入条件时间谱 (第一次)
Fig 6 Input time spectrum (the first time)

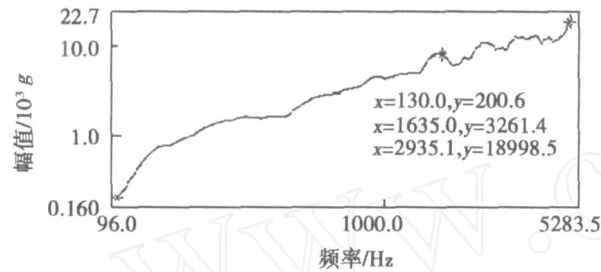


图 7 冲击输入条件频率谱 (第一次)
Fig 7 Input frequency spectrum (the first time)

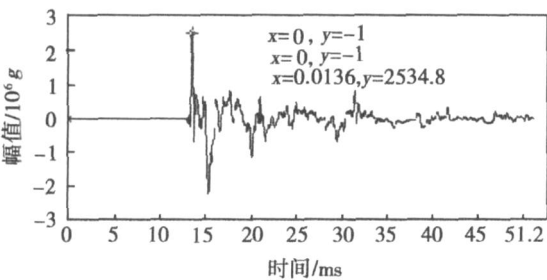


图 8 1号电路板冲击响应时间谱 (第一次)
Fig 8 Responding time spectrum of Na 1 circuit card (the first time)

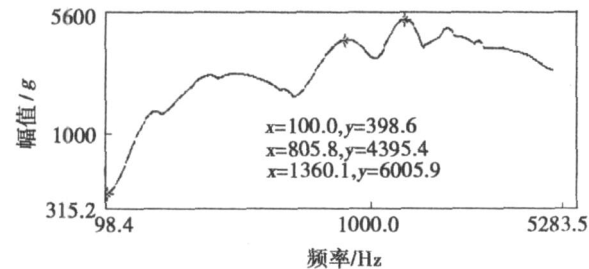


图 9 1号电路板冲击响应频率谱 (第一次)
Fig 9 Responding frequency spectrum of Na 1 circuit card (the first time)

从上述试验结果可得到每次试验输入和响应最大加速度值、持续时间和频谱中含量最高的冲击波频率,如表 1~表 3 所示。

表 1 输入和响应最大加速度值

Tab 1 Maximum acceleration value in input process and responding process

冲击试验	最大输入加速度 (g)	最大响应加速度 (g)	
		1号	2号
第一次	6598.0	1945.4	1782.3
第二次	6869.2	2534.8	2788.4

从表 1 可知试验最大的冲击加速度衰减率可达 70%。在经受冲击时,电路板受力作用产生位移,由于空心玻璃微球在其上下两边的限制,迅速的吸收并分散了冲击的能量,所以响应的加速度值有大幅的降低,并且 1 号和 2 号电路板上冲击响应值差别不大,说明电路板安装位置对缓冲作用的影响不大,这是因为冲击过程中,空心玻璃微球能将各电路板所受冲击能量中的高频成分吸收和分散,低频成分则比较难衰减,而由圆筒壁传至各电路板的低频冲击基本相同,所以经空心玻璃微球缓冲后,各电路板冲击响应差别不大。这意味着采用这种方法进行缓冲时,电路板安装位置可以作为次要考虑因素。

表 2 输入和响应持续时间

Tab 2 Lasting time of input process and responding process

冲击试验	输入持续时间 /ms	响应持续时间 /ms	
		1号	2号
第一次	18	32	32
第二次	23	30	30

从表 2 可看出,电路板的响应谱在短时间内迅速的衰减,这是因为填充的空心玻璃微珠具有一定的阻尼作用,这对保护电路板上元器件有重要的作用,因为反复的弯折电路板会导致元器件的损坏和焊点的脱离,甚至造成电路板的疲劳断裂,阻尼的存在则缩短了响应时间,对电路板及电器元件起到了保护作用。

表 3 频谱中含量最高的冲击波频率

Tab 3 Peak frequency of input spectrum and responding spectrum

冲击试验	输入 /Hz	输出 /Hz	
		1号	2号
第一次	4935.1	1283.7	914.3
第二次	4935.1	1360.1	1415.2

表 3 的数据表明,在经空心玻璃微球缓冲后,输入冲击波中的高频部分很大程度上被衰减,而低频部分则被保留,这是因为对于高频冲击,空心玻璃微

球在单位时间内消耗的能量多,阻尼抑制作用十分明显;而低频冲击,由于其周期长,空心玻璃微球在单位时间内消耗的能量有限,所以阻尼抑制作用有限。

受条件限制,本文只考虑了一种粒径为 0.3 mm 左右的空心玻璃微球的试验情况,实际上影响冲击效果的因素可能有很多,包括玻璃微球的种类、空心玻璃微球的壁厚、粒径的大小及不同粒径的玻璃微球的搭配等等。

5 结论

(1)空心玻璃微球可以衰减电路板冲击中的高频冲击分量,减小低频分量所引起的电路板变形,并且其阻尼作用可迅速使电路板恢复平缓状态。最大的冲击加速度衰减率可达 70%。

(2)不同安装部位的电路板的冲击响应结果相差不多,可初步认为安装位置对缓冲作用影响不大,所以采用这种方法进行缓冲时结构中电路板安装位置可以不作为主要考虑因素。

参考文献

- 1 满强,马辉.浅析振动环境中典型电子产品的损伤规律.装备环境工程,2006;3(5):74~77
- 2 Wayne Tustin. Curing resonances in electronic equip-

ment Evaluation Engineering, 1998; (4): 60~63

- 3 Steinberg D. Vibration analysis of electronic systems John Wiley and Sons, 1988
- 4 Markstein W. Designing electronics for high vibration and shock Electronic Packaging & Production, 1987; (4): 40~43
- 5 Kannappan S, Kunukkassril V. Structural analysis of spacecraft electronics packages Transactions of the ASME 1992; (3): 96~99
- 6 王从思,段宝岩,仇原鹰.电子设备的现代防护技术.电子机械工程,2005;21(3):1~4
- 7 赵云峰. ZN 系列粘弹性阻尼材料的性能及应用.宇航材料工艺,2001;31(2):19~23
- 8 林生义.橡胶减震器的现状及发展趋势.中国橡胶,1999; (16): 4~10
- 9 马大猷.噪声与振动控制工程手册.北京:机械工业出版社,2002
- 10 王贵一.橡胶减震器的设计原理和性能测试.特种橡胶制品,1998;19(6):42~47
- 11 Zimmerman et al Granular matter filled weapon guidance electronics unit US 6892646 B1, 2005

(编辑 吴坚)