

·结构与工艺·

电子设备机箱的电磁屏蔽结构设计及仿真

侯 扬,李 伟

(中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300308)

摘要:从结构设计角度出发,阐述了电子设备机箱电磁屏蔽的设计要点,同时给出了解决结构设计中电磁屏蔽问题的设计方法。应用 Ansoft HFSS 软件对某电子设备机箱进行了仿真,计算出了机箱的屏蔽效能和箱体内场的分布,通过器件的优化布局和箱体板的合理设计达到提高电磁屏蔽效能的目的。

关键词:结构设计;电磁屏蔽;屏蔽效能;HFSS 仿真

中图分类号:O441.5

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2018)-02-0059-04

Electromagnetic Shielding Structure Design and Simulation for Electronic Equipment

HOU Yang, LI Wei

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

Abstract: From the perspective of structural design, the design points of electromagnetic shielding for electronic cases are described. And the design method of electromagnetic shielding in structural design is presented. The Ansoft HFSS software is applied to simulate the case of an electronic equipment. And the distribution of the inner field of the case and shielding effectiveness of electronic equipment case are calculated. Through optimizing the layout of the device and the reasonable design of the case plate board, the purpose of improving the electromagnetic shielding effectiveness is achieved.

Key words: structural design; electromagnetic shielding; shielding effectiveness; HFSS simulation

随着现代电子技术的发展,电子设备机箱面临的电磁环境越来越复杂,加之电子装备本身的集成化、小型化的发展需求,要求机箱具有良好的抗电磁干扰能力。机箱电磁屏蔽设计的关键,是要保证箱体的导电连续性,而实际设备因功能需求不可避免的存在缝隙和孔洞,造成了箱体的屏蔽效能降低。如何处理这些缝隙和孔洞成为结构设计人员必须重点考虑的因素。

在电子产品结构设计的初始阶段就需考虑电磁屏蔽,以尽量避免设备不能通过电磁兼容测试而进行设计更改。电磁仿真分析软件可以计算屏蔽

体内场的分布和屏蔽效能,为前期屏蔽方案制定和后期电磁屏蔽检测提供指导依据^[1-2]。

1 机箱电磁屏蔽结构设计要点

机箱的屏蔽效果可用屏蔽效能(SE)定量的评价^[3]。屏蔽效能SE是指空间某点屏蔽前的场强 E_0 、 H_0 和屏蔽后该点场强 E_s 、 H_s 之比,一般以dB为单位表示,其数学表达式为

$$\text{电场屏蔽效能: } SE_e = 20 \lg(E_0/E_s)$$

$$\text{磁场屏蔽效能: } SE_m = 20 \lg(H_0/H_s)$$

影响机箱屏蔽效能的结构要素主要有箱体材料及影响箱体导电连续性的孔缝等。

1.1 箱体材料选择

电子设备机箱材料的选择要综合考虑屏蔽效能、密度、工艺性、价格等多方面因素。材料的电导率、磁导率及厚度是决定其屏蔽性能的关键因素。铁磁材料因其高的磁导率而适用于低频(100 kHz以下)磁场的屏蔽^[4],如纯铁、合金钢等;电导率较高的材料适合高低频电磁场以及静电场的屏蔽,常用的有铝板、铜板、镀锌钢板等。需要注意的是,同一类材料的电导率也因牌号及供应状态的不同略有差异,设计时需综合考虑各方面因素。

1.2 箱体缝隙处理方法

板材拼接机箱不可避免的会在板材结合处形成不导电的缝隙,这些不导电缝隙产生了电磁泄漏。工程上,降低缝隙阻抗的方法有:

(1)提高板材拼接接触面的表面粗糙度,以提高缝隙的密合性。这需要综合考虑制造能力、制造周期和制造成本,而箱体板非接触内表面的粗糙度可不做过高的要求^[5],满足设备安装与使用即可。

(2)适当增加螺钉连接的数量。两个相邻螺钉的间距决定了缝隙的理论最大长度,即螺钉布置的越密集,屏蔽效果越好。螺钉的间距原则上应小于干扰电磁波波长的二分之一^[6],工程中应兼顾装配工艺性和产品维修性等因素。

(3)在板材结合处加电磁密封圈。通常需在接缝处设置密封沟槽,将电磁密封圈安装于沟槽内,在两板材螺接后,电磁密封圈受挤压变形充满缝隙以保证接触处的导电性。两种电磁密封圈的安装示意图如图1所示。

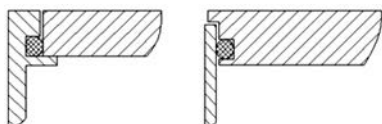


图1 电磁密封圈安装示意图

(4)增大缝隙接触宽度

缝隙的接触宽度越大屏蔽效果越好^[7]。为此对于板材拼接机箱,应尽量使拼接处的缝隙加宽,而单纯的提高板材厚度会影响制造工艺性,图2给出了

两种提高缝隙宽度的拼接形式。

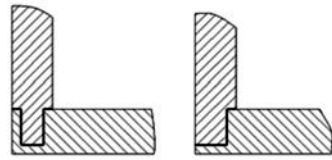


图2 拼接缝隙加宽示意图

1.3 箱体孔洞处理方法

机箱上的孔洞主要包括接插件孔和通风孔。

(1)接插件孔

接插件孔需要重点处理的是接插件与箱体之间的安装接触,箱体外表面通常由于漆面而无法实现与接插件的导电连续,可以采取接插件内装或者在箱体外表面铣制安装槽的处理方式,安装槽内不喷漆,如图3所示。

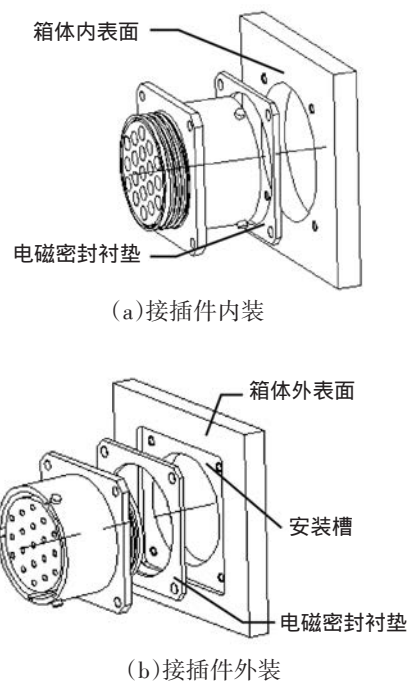


图3 接插件安装示意图

无论哪种方式均需在接插件与箱体之间安装电磁密封衬垫,第二种处理方式会略增加制造成本,但屏蔽效果也是最好的,当安装螺钉旋紧后,可以将电磁密封衬垫压紧以充满安装槽。

(2)通风窗口

机箱上的通风窗口可以采用金属丝网和电磁密封衬垫结合加装的方式,同时在窗口箱体板处开

设通风孔洞,如图4所示。

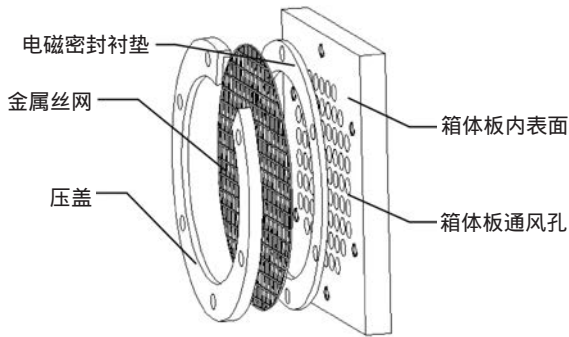


图4 通风窗口屏蔽结构示意图

金属网网的屏蔽效能与网材和网孔目数有关,网材通常选用铜、铝或镀锌铁丝,网孔目数越高,屏蔽效果越好。箱体板上的通风孔宜采用圆形结构,且孔直径在保证通风效果条件下尽量选小,同时通风孔处的箱体板厚度在尺寸重量允许的范围内宜取大,以保证孔深,提高屏蔽效能。

在甚高频,为进一步提高屏蔽效能和保证良好通风,可以采用截止波导式通风窗结构^[8-9]。其原理是利用波导管在引导电磁波传输中产生的衰减。该方式占用空间较大,对于结构紧凑的小型机箱需综合考虑并合理布局。

2 电磁屏蔽仿真技术在机箱结构设计中的应用

按照前文的指导思想,对某电子设备机箱进行了结构设计,并应用三维电磁场仿真软件HFSS^[10]进行了仿真分析。机箱采用2A12铝板材铣制拼接而成,外形尺寸为300 mm×200 mm×162 mm,机箱面板设置三个供电及通信用接插件,箱体内部安装PCB,其工作主频为0.9 GHz,如图5所示建立坐标系。

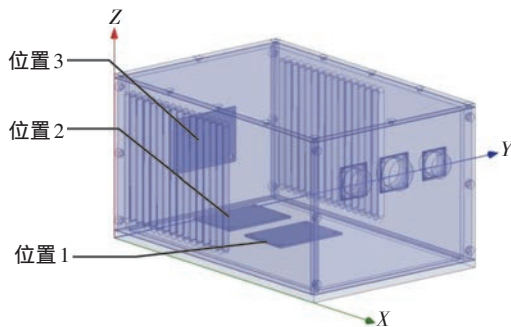


图5 机箱模型及PCB安装位置示意图

设定入射波为平面波,沿X轴负方向垂直入射,沿Y轴正向极化,平面波电场强度为500 V/m。

2.1 PCB的安装位置选择

机箱内器件经过总体结构布局设计后,PCB在箱体内部有三个预安装位置,如图5所示,三个位置中心的坐标为:位置1(150、100、8)、位置2(70、100、8)、位置3(8、100、81)。经仿真,机箱内各位置的屏蔽效能如图6所示。箱体内部频率0.9 GHz时场分布图如图7所示。

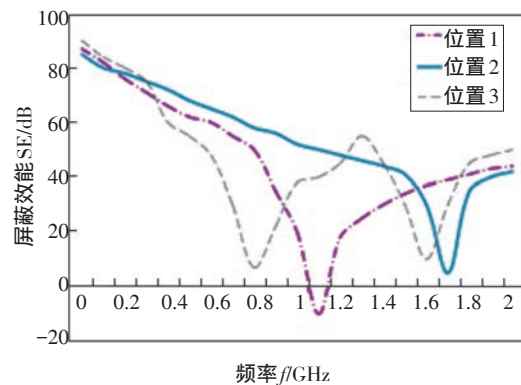


图6 各位置屏蔽效能对比图

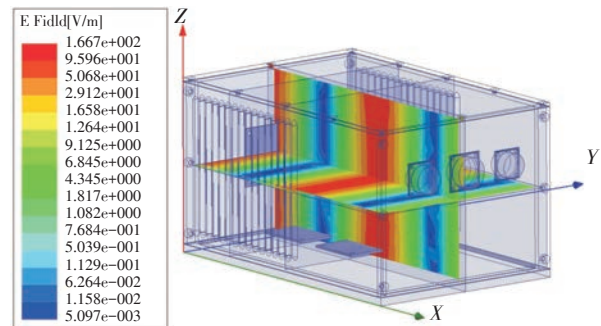


图7 0.9 GHz箱体场分布图

三个预安装位置的谐振点不同,经与PCB固有特性的对比分析,PCB的最佳安装位置为位置2。

2.2 箱体谐振点的偏移

若结构设计中受其它因素限制,PCB只能安装在位置1时,则应设法采取措施改变该位置的电磁场分布,使PCB远离共振区。将PCB采用单独箱体封装起来,屏蔽效能的对比如图8所示。

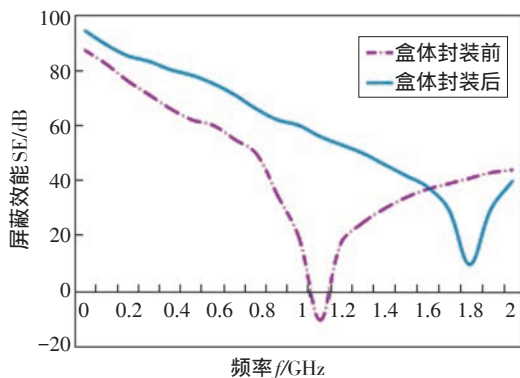


图8 PCB封装前后屏蔽效能对比图

可见采用箱体单独封装的方式可改变同位置的谐振频率,且可较大幅度提高屏蔽效能。结构设计中,还可以采取增加挡板或适当改变机箱尺寸的手段来改善机箱的谐振频率。

2.3 箱体壁厚对屏蔽效能的影响

受质量限制,需要将机箱壁板开设减重槽且在工艺能力范围内尽量深,如图9所示。

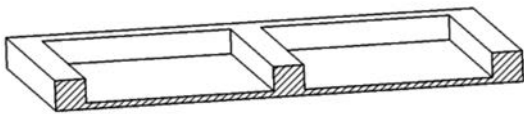


图9 箱体板减重设计示意图

结构设计中容易忽视箱体壁板的局部厚度对电磁屏蔽效能的影响。针对0.5 mm、1 mm、1.5 mm、2 mm三种厚度壁板在箱体位置2处的屏蔽效能对比如图10所示。

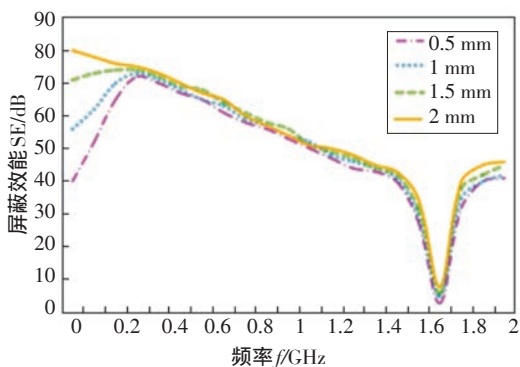


图10 不同壁厚屏蔽效能对比图

在0.3 GHz以内,屏蔽效能随厚度的增加明显提高;当厚度达到2 mm时,屏蔽效能趋于稳定;当频率超过0.3 GHz时,箱体的屏蔽效能几乎不受壁厚变化的影响。在结构设计中,应根据工作频率及箱体材料合理设计箱体壁厚,以达到减重与电磁屏蔽的最优设计。

3 结论

在电子设备电磁屏蔽的结构设计中,需根据环境条件的不同,采用合理的屏蔽结构,既要满足设备功能和性能要求,也要综合考虑工艺能力、生产成本与周期等因素。电磁屏蔽仿真的应用可以在设计初期发现屏蔽问题并指导设计布局,可节约针对实物样机的测试成本与研发周期。文中总结了工程中常见的电磁屏蔽的结构设计要点,同时应用仿真软件对某机箱进行了布局优化及分析,以期作为电子设备结构设计人员的设计参考,从而有效应对日渐复杂的电磁环境。

参考文献

- [1] Andrew C Marvin, John F Dawson, Simon Ward, et al. A proposed new definition and measurement of the shielding effect of equipment enclosures[J]. IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility, 2004, 46(3): 460-468.
- [2] 冯学丽,孙百生,张洪欣.电磁屏蔽设计仿真研究[J].安全与电磁兼容, 2004, 3: 5.
- [3] 滑晓飞.电子设备电磁密封结构屏蔽特性分析[D].成都:电子科技大学, 2013.
- [4] 丁世敬,赵跃智,葛德彪.电磁屏蔽材料研究进展[J].材料导报, 2008, 22(1): 30.
- [5] 李晓波.机箱电磁屏蔽性能研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2012.
- [6] 徐福平.电磁屏蔽技术与结构设计[J].应用科技, 2005, 32(11): 29-30.
- [7] 金鹏.基于电磁屏蔽的箱体设计及有限元仿真的研究[D].合肥:合肥工业大学, 2007.
- [8] 刘江燕,李辉均.某型机箱EMC结构设计[J].舰船电子工程, 2006, 26(1): 173.
- [9] 邱成梯.电子设备结构设计原理[M].南京:东南大学出版社, 2005.
- [10] 李明洋,刘敏.HFSS电磁仿真设计[M].北京:人民邮电出版社, 2013.