

# 电子设备静电放电抗扰度性能优化研究

赵 阳<sup>1,2</sup> 褚鹏超<sup>1</sup> 朱志毅<sup>1</sup>

(1. 南京师范大学 电气与自动化工程学院 江苏 南京 210042;  
2. 苏州泰斯特电子科技有限公司 江苏 苏州 215011)

**[摘要]** 静电放电(ESD)抗扰度性能已成为衡量电子产品性能的一项重要指标. 针对某一型号的称重控制器提出了一种用于提高该被测设备静电放电抗扰度性能的新方法. 针对称重控制器的结构,分析其因不良的架构导致静电放电的原因,通过铜带线改良其连接,使其成为一个紧密整体,并分别对于液晶显示部分和内壳结构进行改进. 实验结果表明被测物体可顺利通过测试,证明了该方法的有效性.

**[关键词]** 静电放电 称重控制器 结构 抗扰度

**[中图分类号]** TP274 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2011)02-0001-03

## Research on the ESD Immunity Performance of a Weighing Controller

Zhao Yang<sup>1,2</sup>, Chu Pengchao<sup>1</sup>, Zhu Zhiyi<sup>1</sup>

(1. School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China  
2. Suzhou 3CTest Company, Suzhou 215011, China)

**Abstract:** Electrostatic Discharge (ESD) immunity test is a test of required electromagnetic interference (EMS) project of many electronic products. The weighing controller failed to pass the test, and it is too complicated to modify the circuit with large-scale. This paper presents a new idea of electrostatic discharge improvement. By analyzing its structure, it is deduced that electrostatic discharge due to the poor structure, improves the structure of EUT by using flat type copper wire, then improves the liquid crystal display part and the inner shell structure respectively. The test result shows that the equipment succeeded in passing the test, which proved that the method is effective, and it offers some reference value when some circuits are too complex to modify.

**Key words:** electrostatic discharge, weighing controller, structure, immunity

静电放电 ESD( electrostatic discharge) 现象在电子产品中十分常见,是造成电子产品受过度电应力而失效的重要因素,它将导致电子器件以及电路系统形成一种不可逆转的损害<sup>[1]</sup>,使电子产品无法正常工作. 静电由于广泛存在,同时静电危害的隐蔽性很强而难以发现,已经成为现代电子产业中的隐患. 静电控制不容忽视. 国标 GBT 17626. 2 《电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验》<sup>[2]</sup>对静电放电测试提出了标准的测试方法. 许多产品在设计初期没有考虑到静电放电,未能通过标准测试,如果盲目地大规模重新设计电路,不但复杂且不能确保有效.

鉴于此,本文根据静电放电的定义和一般的防护措施<sup>[3]</sup>,结合某一型号称重控制器提出了一种通过改善器件不良结构的方式来改善其抗静电能力的方案. 根据静电放电的特性,分析器件结构对于静电的影响,通过铜带线引导静电电荷,使其均匀分布在壳体,从而提高其抗静电能力.

## 1 静电放电的定义及一般防护措施

### 1.1 静电定义

静电放电 ESD( electrostatic discharge) 是具有不同静电电位的物体相互靠近或直接接触引起的电荷

收稿日期: 2011-02-24.

基金项目: 江苏省自然科学基金( BK2008429)、毫米波国家重点实验室开放基金( K201106)、南京师范大学研究生优秀论文培育计划( 2010ss0018).

通讯联系人: 赵 阳 教授,博士生导师,研究方向: 电磁兼容. E-mail: zhaoyang2@njnu.edu.cn

转移。

由此可见,静电放电的产生要有两个基本条件,首先是电荷的积累,电荷的积累是前提,然后是“跨越”电荷的剧烈流动就是放电。所以从这两个方面控制就能有效地防护静电放电的产生。

### 1.2 静电防护

静电放电通常难以有效控制,主要原因是它本身不可见,却在生产过程中广泛存在,通常放电现象都不明显,但能达到损坏电子元件的地步。例如人体能够感觉到静电放电就有 3~5 kV,而一般电子元器件抗电压能力只有几百伏。所以对于静电的防护需要合理计划和完善的规范。

对于静电防护已形成了一些切实有效的规范,例如把静电保护设计到元件和产品内,消除产生静电的材料与过程、驱散或中和静电放电、提供对静电放电的物理保护,检测工作的过程与环境<sup>[2]</sup>。在实际生产中遵循以上规范能有效地防止静电危害。

## 2 称重控制器的 ESD 抗扰度性能分析

### 2.1 称重控制器结构

测试用称重控制器具有双层结构,外壳是金属加绝缘漆,外壳盖上后形成一个完整的壳体,没有孔缝,其实物如图 1 所示。外壳打开后,内壳上面有薄膜电路,操作仪器时需要用到。内壳为金属材质,表面涂有绝缘漆,按照国标 GB/T 17626.2 的要求,金属材质表面绝缘的可触摸部位需要进行接触放电,放电等级为 6 kV,表面薄膜电路需要进行空气放电,放电等级为 8 kV。



图 1 称重控制器实物图

Fig.1 Picture of weighing controller

### 2.2 静电测试分析

内壳表面接触放电 6 kV 未通过,数次打击后便出现死机现象。薄膜电路空气放电时,设备较为敏感,持续几次就会出现死机现象。由此可见称重控制器的抗静电能力很差。

静电防护时,被测物体的外部结构常常起到至关重要的作用<sup>[4]</sup>。封闭的外壳能有效地对抗静电,使内部电路较少受到影响。但在工程运用中完全的封闭结构往往是不可能的,由于工程应用需要外壳经常开孔,并存在缝隙,静电易于从孔和缝隙耦合进去,如果遇到敏感的器件就会耦合到电路板,大量的电荷通过电路板泄流,会产生许多问题:例如信号的混乱、触发错误的指令、随着电荷的积累和持续的打击,常常会对器件产生不可恢复的损伤。

测试用称重控制器的内壳结构是一个开口的盒状,前后面板都没有,开口由一块铁板通过两个螺丝连接到壳体,横过来看就像一个方形的管子。壳体之间连接不可靠,且阻抗大,静电打击时容易产生放电,其结构示意图如图 2 所示。依据静电放电定义,电荷的积累不会产生放电,电荷向相反电势移动时才引起静电放电。剧烈的放电会衍生出电场,放电电流会影响参考地电位,使得数字电路逻辑失控,强烈的电磁场会耦合到敏感的信号线,引起信号错位<sup>[5]</sup>。

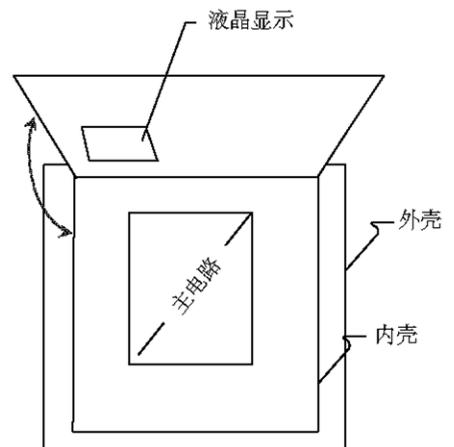


图 2 结构示意图

Fig.2 Structure drawing

## 3 称重控制器的 ESD 抗扰度性能改进

称重控制器未能通过电磁兼容抗干扰测试静电放电测试,其测试要求为接触放电 6 kV,空气放电 8 kV。在进行接触放电打击时存在放电、显示屏有异样、持续打击时会死机,有时可恢复;空气放电时显示屏也会有少许放电,然后死机的诸

多现象.

### 3.1 液晶显示部分的改进

根据测试现象,显示屏周围为敏感地带,显示屏电路固定在上板下面,显示电路有液晶显示和控制电路两部分组成,之间有一定的间隙.经过测试发现无法改善电路接地,因为敏感线路很多,逐一整改不可取,决定采用了加绝缘材料的方法.

在间隙中填充绝缘材料,这样两电路板之间的放电介质不再是空气了,通过绝缘材料增大了介电常数,两板平行放置放电时相当于平行板电容器,电容定义为  $C = \epsilon S/d$ ,其中  $\epsilon$  为极板间介质的介电常数;  $S$  为极板面积;  $d$  为极板间的距离.在电路中电荷定义为电荷  $Q$  与两板间电压  $U$  的比值:

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow U = \frac{Q}{C} \quad (1)$$

电荷相同的情况下,电容增大,两板之间的放电电压将变小,从而抗电压能力提高.测试发现接触放电能力有所提高,位于显示部分上方的薄膜电路通过了空气放电 8 kV 测试.

### 3.2 内壳结构的改进

对于内壳不良的架接,首先使用铜带线使其良好连接,整个壳体都涂有绝缘漆,只有一些螺丝孔金属裸露,用铜带线在螺丝孔之间形成回字形回路,上板通过铜带线与下板回字形回路连接,这样上下壳体就连成了一个整体,具体改进连接如图 3 所示.

测试时发现抗静电能力大有提高,放电火花现象也变弱了.由于壳体连为一体后,电荷流动顺畅,静电放电因为电荷的有序流动而改善.

静电枪如果持续打击 10 次以上会出现死机现象.针对这一问题分析,发现内壳通过螺丝与外壳连接实现接地.对于 6 kV 产生的电荷而言其通路阻抗过大.如果采用不接地的方式,静电打击时可靠性显著提高.打击最初几下会有少许电火花产生,然后就不再出现火花,系统稳定没有任何异常.判断由于电荷没有流走,电荷积累在整个壳体上,积累到一定程度,壳体电位提高,静电枪便不再注入电荷,只是最初几下电荷分布到壳体整体时,会产生一些放电现象.

### 3.3 具体整改及效果

具体整改措施、效果及原因分析如下表所示:

表 1 整改具体措施

Table 1 Specific corrective measures

措施	效果	原因
1. 显示板与控制板间加绝缘	空气放电通过	改变介质结构,增大等效电容,提高抗压能力
2. 数据线加绝缘带	抗压效果改善	数据线过于敏感
3. PCB 与内壳间加绝缘板	稳定性提高	改善主板与内壳之间的介质结构,提高抗压
4. 内壳间加铜带线	接触放电通过	使内壳之间有效连接成一等位体
5. 内壳边缘加绝缘	抗压效果改善	稳定实验效果

通过以上整改,整个壳体能通过静电接触放电 6 kV,空气放电 8 kV 测试.

## 4 结论

本文简要阐述了静电放电原理和一般的防护措施,并结合一个静电防护实例,分析被测物体不良的结构设计所产生的静电问题,以及如何通过结构的改良提高抗静电能力.对于没有通过静电放电测试的器件,改良其电路板结构常常很复杂,所以本文提出的这种新思路,为进一步解决静电放电抗干扰问题提供了很好的参考价值.

(下转第 8 页)



图 3 内壳连接图

Fig.3 Connection figure inside the shell

- Rong Rong ,Zhao Yang ,Xiao Jiawang , et al. Investigation on high frequency characterization and calibration accuracy for artificial mains network impedance [J]. *Electronics Quality* ,2010( 11) : 75-77. ( in Chinese)
- [5] 全国无线电干扰标准化技术委员会. GB/T6113. 102 -2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 [S]. 北京: 中国标准出版社 2008.  
Committee for Standardization in China. GB/T6113. 102-2008. Radio disturbance and immunity measurement apparatus and methods [S]. Beijing: Standards Press of China ,2008. ( in Chinese)
- [6] See K Y. Network for conducted EMI diagnosis [J]. *Electronic Letters* ,1999 ,35( 17) : 1 446-1 447.
- [7] Ting Guo ,Chen D Y ,Lee F C. Separation of the common-mode and differential-mode conducted EMI noise [J]. *IEEE Trans on Power Electronics* ,1996 ,11( 3) : 480-488.
- [8] 赵阳,董颖华,陆婉泉,等. EM I 噪声分离网络在电力线噪声分析中的应用 [J]. *中国电机工程学报* ,2010 ,30( 21) : 114-120.  
Zhao Yang ,Dong Yinghua ,Lu Xiaoquan , et al. EMI noise discrimination network applied in power line EMI noise analysis [J]. *Process of CSEE* ,2010 ,30( 21) : 114-120. ( in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

( 上接第 3 页)

## [参考文献 ](References)

- [1] 樊明龙,倪永宏. 静电及其防护 [J]. *微电子技术* 2002 ,30( 6) :19-21.  
Fan Minglong ,Ni Yonghong. Static electricity and its protect [J]. *Microelectronic Technology* 2002 ,30( 6) :19-21. ( in Chinese)
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17626. 2 -2006 ,电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验 [S]. 北京: 中国标准出版社 2006.  
Committee for Standardization in China. GB/T 17626. 2 -2006 ,Electromagnetic compatibility-Testing and measurement techniques-Electrostatic discharge immunity test [S]. Beijing: Standards Press of China 2006. ( in Chinese)
- [3] 王卫民,孙宇华. ESD 破坏的特点及对策 [J]. *电测与仪表* 2003 ,5( 6) :24-26( 38) .  
Wang Weimin ,Sun Yuhua. The character of damage caused by the ESD and the protective project [J] *Electrical Measurement and Instrumentation* 2003 ,5( 6) :24-26( 38) . ( in Chinese)
- [4] 孙国至,刘尚合,安霆. 某电子系统的 ESD 抗扰度性能研究 [J]. *中国电子科学研究院学报* 2008 ,4( 3) :351-354.  
Sun Guozhi ,Liu Shanghe ,An Ting. Research on the ESD immunity performance of an electronic system [J]. *Journal of China Academy of Electronics and Information Technology* 2008 ,3( 4) :351-354. ( in Chinese)
- [5] ESD Association Standard STM5. 1 -1998 ,For electrostatic discharge sensitivity testing - Human Body Model ( HBM) —component level [S]. ESD Association 2001. American national standard 2007

[责任编辑: 刘 健]