

# 干涉成像光谱仪的 EMC 特性分析

薛利军<sup>1,2</sup>, 李自田<sup>1</sup>, 张晓春<sup>1</sup>, 刘学斌<sup>1</sup>, 王忠厚<sup>1</sup>, 皮海峰<sup>1</sup>, 李长乐<sup>1</sup>

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710119)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要:**进行了干涉成像光谱仪的 EMC 试验,说明干涉成像光谱仪基本满足 EMC 试验大纲要求,除其中个别项目如 CE102 电源线传导发射、RE102 电场辐射发射部分频点超标外,大纲规定的其它试验项目都合格. 采取滤波、隔离等措施后,CE102、RE102 也合格,表明干涉成像光谱仪可以在其工作的电磁环境中按设计要求运行,并且不对该环境中其它设备构成不能承受的电磁干扰.

**关键词:**EMC;干涉成像光谱仪;LISN;传导发射;辐射发射

中图分类号:TH744.1

文献标识码:A

文章编号:1004-4213(2007)11-2094-4

## 0 引言

光谱成像技术融光谱技术与成像技术为一体,既能对目标成像又可以测量目标波谱特征,实现对目标特性的综合探测与识别,被誉为光学仪器发展史中的一次飞跃. 它始于 20 世纪 80 年代,集光学、光谱学、精密机械、电子技术、计算机技术及软件于一体,具有其它遥感技术所不可取代的作用.

本文所述干涉成像光谱仪跟踪了国际上的先进技术,在国内首先采用了静态干涉型成像光谱技术原理,可以满足对地物高光谱成像的要求.“图谱合一”的宽谱段(0.45~0.95  $\mu\text{m}$ )、精细光谱(5 nm)探测能力是它的主要特点,能够获得被测目标的空间和光谱的丰富信息,因此在航空航天遥感、军事侦察、环境检测、资源勘探等方面都具有广阔的应用前景<sup>[1]</sup>.

干涉成像光谱仪获得的数据称为干涉数据立方体,干涉图像作为中间数据,需要通过傅里叶变换等一系列的处理过程得到复原光谱图,数据量大,处理复杂,对系统信噪比要求极严. 干涉成像光谱仪的 EMC 特性是影响系统信噪比的重要因素之一,决定它的使用环境,影响光谱复原准确度. 因此研究它的 EMC 特性对改善系统信噪比、提高光谱复原准确度具有很重要的意义. 本文通过一系列 EMC 试验,对试验结果仔细论证分析和采取改进措施,使得干涉成像光谱仪具有优良的 EMC 特性.

## 1 干涉成像光谱仪的组成及原理

干涉成像光谱仪获得的图像包含了二维的空间信息和一维的光谱信息. 与传统的色散型干涉成像

光谱仪不同,干涉成像光谱仪首先将入射的一束光送入干涉仪,将之分解为具有一定光程差的光线并进行干涉叠加,由于在一行上各点的光程差不同,从而在成像平面形成具有竖条状干涉条纹的干涉光谱图像,光谱信息就存在于干涉条纹之中. 通过推扫方式产生另一维空间信息. 电子学和控制系统实现干涉光谱图像信息的采集、缓存、处理、压缩和输出等,其原理如图 1.

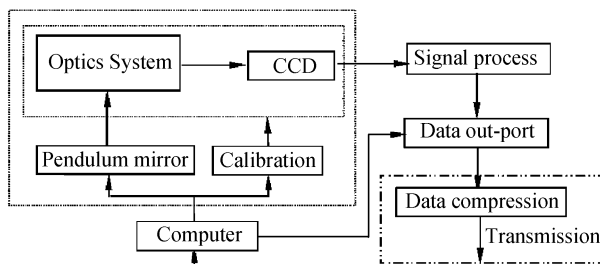


图 1 成像光谱仪原理图

Fig. 1 The principle of image spectrum

干涉成像光谱仪由干涉成像光谱仪主体、电控箱 1 和电控箱 2 组成. 图 2 为干涉成像光谱仪 EMC 试验时主体与电控箱的实际摆放连接图.

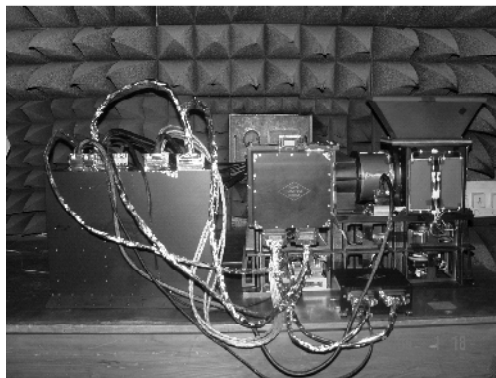


图 2 主体与电控箱 EMC 试验连接图

Fig. 2 The connection of main-body and control-box when EMC

## 2 干涉成像光谱仪 EMC 试验原则和要求

干涉成像光谱仪的 EMC 特性,主要是指其在所处的电磁环境中按设计要求运行的能力,即不会受其它设备的影响而出现性能下降或故障,并且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁干扰。

干涉成像光谱仪 EMC 实验应遵循以下原则:

1)对发射测量,干涉成像光谱仪应在易产生最大发射的状态下工作;2)对敏感度测量,干涉成像光谱仪应在其最敏感的状态下工作。应对发射和敏感度进行足够的多种状态测试,以便对所有的电路进行评估。实验中选择了干涉成像光谱仪的几种常用工作模式,即定标模式、成像模式、摆动模式等。在敏感度测试期间应监测干涉成像光谱仪是否性能降低或误动作,电缆敷设模拟实际的安装和使用情况。在安装图中已规定的情况下才可以使用屏蔽电缆(包括电源线和地线)。应按安装要求检查电缆以确定是否采用正确敷设形式,如使用双绞、屏蔽和屏蔽端接等。在测试配置中整个互连电缆的长度应与实际平台安装的长度一致。电源线应连接到 LISN(线路阻抗稳定网络)。应将输入信号施加到有关接口上以使干涉成像光谱仪所有电路工作<sup>[2-3]</sup>。

干涉成像光谱仪 EMC 试验以设备级别的试验为主,根据要求对整机进行组合 EMC 试验。EMC 试验应达到大纲要求的指标,对所有超标进行分析并采取适当措施后再进行试验。

## 3 干涉成像光谱仪 EMC 试验内容

为了分析研究干涉成像光谱仪的 EMC 特性,控制分系统和设备的 EMC 水平,创造良好的 EMC 环境。开展了如下的电磁兼容性试验项目<sup>[4-5]</sup>。(注:√为指定试验项目)。本文给出了几个容易出问题的试验项目内容及结果,见表 1。

表 1 电磁兼容性试验项目

设备名称	试验项目名称							
	CE 102	CE 101	CS 101	CS 114	CS 115	CS 116	RE 102	RS 103
干涉成像光谱仪主体	√	√	√	√	√	√	√	√
电控箱 1								
电控箱 2	√	√	√	√	√	√	√	√
高频电缆组件	√	√	√	√	√	√	√	√

### 3.1 CE102 电源线传导发射(10 kHz~10 MHz)

本试验要求对各设备的电源导线(包括回线)进行传导发射测试;测试频率范围:10 kHz~10 MHz。

主要考核设备对电源线及其回线的影响,适用

于设备正常工作情形(不包括加断电情形),不适用于二次电源的输出导线。限值要求为:10 kHz 处限值 94 dB $\mu$ V,500 kHz 处限值 60 dB $\mu$ V;500 kHz~10 MHz 范围内限值 60 dB $\mu$ V(即 1 mV)。

CE102 极限要求电源线传导发射不超过图 3 的极限。

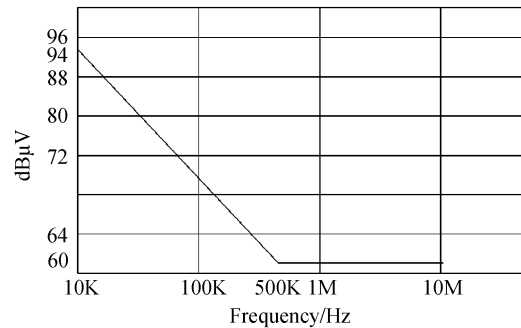


图 3 CE102 电源线传导发射试验要求

Fig. 3 The demand of Emission limit CE102

在 28 V 电源与电控箱中间串联线路阻抗稳定网络 LISN,测试干涉成像光谱仪电源线在 10 kHz~10 MHz 频率段上的辐射量。测试结果为:干涉成像光谱仪以定标模式工作,测试 28 V 电源线的传导发射:个别频段超标,在 0.52 MHz 处超标最大 10 dB。正常工作模式工作,测试 28 V 电源线的传导发射:个别频段超标,在 0.52 MHz 处超标最大 11 dB。

### 3.2 CS101 电源线传导敏感度(25 Hz~50 kHz)

考核设备对系统电源线上耦合信号的承受能力。本试验适用于各设备的直流输入电源线,不包括回线。标准要求为:测试频率 25 Hz~50 kHz。

将 126 dB $\mu$ V(即 2 V)的极限值裁减为 120 dB $\mu$ V(即 1 V),裁减后结果如图 4。

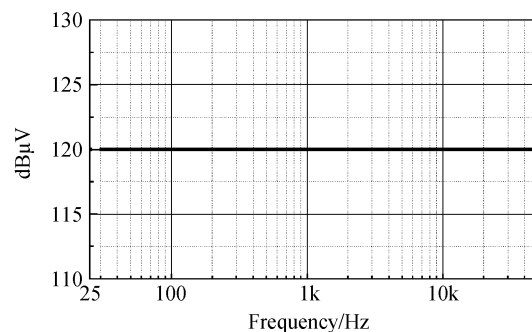


图 4 裁减后的 CS101 电源线传导敏感度要求

Fig. 4 The limit demand of CS101 after reduce

在 28 V 电源线上注入幅度 1 V 的正弦波,频率范围 25 Hz~50 kHz,干涉成像光谱仪以正常工作模式工作,没有出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值;电压、电流和数据传输及图像没有受到干扰。

### 3.3 RE102 电场辐射发射(10 kHz~1 GHz)

测试设备和分系统壳体所有互连电缆的辐射发

射. 频率范围:10 kHz~1 GHz

电场的辐射发射不应超过图5的极限. 在30 MHz以上水平极化场和垂直极化场应满足这些极限要求. 干涉成像光谱仪以正常工作模式工作, 测试天线距离干涉成像光谱仪1 m, 测试结果为10 kHz~30 MHz频率范围内, 23.7 MHz处超标最大9 dB; 30 MHz~200 MHz频率范围内, 水平极化在151 MHz处超标最大, 5 dB; 垂直极化在49 MHz处超标最大, 5 dB; 200 MHz~1 GHz频率范围内, 合格.

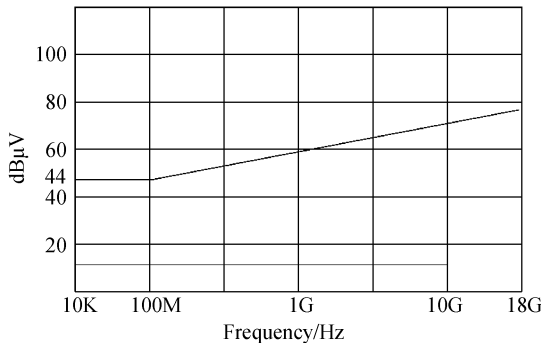


图5 裁减后的RE102电场辐射发射要求

Fig. 5 The limit demand of RE102 after reduce

### 3.4 RS103 电场辐射敏感度(10 kHz~18 GHz)

按照规定的频率(10 kHz~18 GHz)和规定的电场强度(10 V/m)进行试验时, 被测设备不应出现任何故障、性能降低和偏离现定的指标值或超出设备的指标容差. 在30 MHz以下, 对垂直极化场应满足要求或在30 MHz以上, 水平极化场和垂直极化场均应满足这些极限要求.

干涉成像光谱仪以正常工作模式工作, 发射天线距干涉成像光谱仪1 m, 施加电场辐射干扰, 30 MHz以上分别施加水平极化和垂直极化场, 干扰场强为10 V/m;

部分电缆用导电屏蔽胶带包裹后(视频电缆和地面检测设备的电缆没有包), 干涉成像光谱仪在5.98 MHz~30 MHz图像出现异常, 并造成计算机关机又自动重启; 对视频电缆和地面检测设备电缆用导电屏蔽胶带包裹后, 干涉成像光谱仪在10 kHz~18 GHz工作正常. 干涉成像光谱仪的EMC试验规定的其它试验项目都合格.

## 4 分析

通过对比试验前和试验后详细的性能测试, 说明干涉成像光谱仪技术状态、参量、指标无变化, 即设备在试验中未受到损坏. CE102、RE102部分频点超标, 最大11 dB.

依据电磁干扰发生的三要素即干扰源、干扰途径、接收器进行分析:

1) 干扰源: 该设备本身不包含任何可以释放电

磁能量的装置, 产生传导和辐射的电磁能量来源于与直流电源相连的DC/DC电源模块.

2) 干扰途径分析: 该设备有屏蔽良好的金属壳体, 外壳厚度达5 mm, 因此通过金属壳体的电磁辐射发射可以忽略. 其余可能的辐射途径就是与设备连接的互连线、壳体与互联线的接口<sup>[6]</sup>.

基于研究对象的测试结果分析, 可以得出以下结论:

1) 引起干涉成像光谱仪电磁辐射发射和电源线传导发射的干扰源与直流电源变换器DC/DC模块相关.

2) 干扰能量主要通过两根设备互连线即电源线及其回线向外发射.

DC/DC电源模块产生干扰源分析:

开关电源采用功率半导体器件作为开关元件, 通过周期性通断工作, 控制开关元件的时间占空比来调整输出电压. 脉宽调制(PWM)的工作原理使得DC/DC模块不可避免的产生周期杂波, 其周期和脉宽调制器的工作频率相关. 杂波的频谱分布在开关电源频率点和其高阶谐波频率点.

干扰噪音是DC/DC模块的差模噪音和共模噪音共同作用的结果. 差模噪音是指通常意义上的噪音, 发生在其输入、输出线和其回线之间. 共模噪音发生在每根传输线和地线之间. 共模噪音是由共模电流引起的, DC/DC模块中的各部件之间和部件与外壳之间都存在寄生电容. 这些寄生电容是产生共模电流的主要原因. 功率开关转换时高的 $dv/dt$ 引起共模电流,  $I_{CM} = Cp(dv/dt)$ . 每次功率开关和整流器的动作都会通过寄生电容在输入输出线和地线之间产生共模电流. 差模噪音的幅度一般小于50 mV, 然而共模噪音的幅度可能达到几伏.

采取的措施: 通过适当的滤波(如共模滤波器)、隔离等手段来处理DC/DC电源模块等引起的电压瞬变干扰和电流瞬变干扰.

## 5 结论

一系列EMC试验使得本文摸清了干涉成像光谱仪的电磁兼容特性, 证明它具有比较好的EMC特性. 采取滤波、隔离措施后, 干涉成像光谱仪满足EMC试验大纲规定的所有测试项目要求. 说明采取的措施有效, 干涉成像光谱仪可以在其所处的电磁环境中按设计要求运行, 并且不对该环境中其它设备构成不能承受的电磁干扰.

因此, 干涉成像光谱仪的EMC特性满足系统信噪比要求, 不会影响系统光谱复原的计算准确度.

## 参考文献

- [1] XIANG-LI Bin, JI Zhong-ying, HUANG Min, *et al.* On the calibration of the spatially modulated imaging fourier transform spectrometer[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(7): 850-853.  
相里斌, 计忠瑛, 黄旻, 等. 空间调制干涉成像光谱仪定标技术研究[J]. *光子学报*, 2004, **33**(7): 850-853.
- [2] Commission of Science Technology and Industry for National Defense. GJB151A-97 Electromagnetic emission and susceptibility requirements for military equipment and subsystems[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.  
国防科学技术委员会. GJB151A-97 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [3] Defense Department of United States of America. MIL-STD-461D Requirements for the control of electromagnetic interference emissions and susceptibility[S]. 1993.
- [4] Commission of Science Technology and Industry for National Defense. GJB152A-97 Measurement of electromagnetic emission and susceptibility for military equipment and subsystems[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.  
国防科学技术委员会. GJB152A-97 军用设备和分系统电磁发射和敏感度测量[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [5] Defense Department of United States of America. MIL-STD-462D Measurement of electromagnetic interference characteristics[S]. 1993.
- [6] YANG Song-yan. The electric cable separate method research for airplane electromagnetic compatibility design [J]. *Xi'an Airplan Technology*, 2003, 2: 12-15.  
杨松岩. 飞机电磁兼容性设计的电缆分离方法研究[J]. *西飞科技*, 2003, 2: 12-15.

## Research on Spectral Image Electromagnetic Compatibility

XUE Li-jun<sup>1,2</sup>, LI Zi-tian<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-chun<sup>1</sup>, LIU Xue-bin<sup>1</sup>,

WANG Zhong-hou<sup>1</sup>, PI Hai-feng<sup>1</sup>, LI Chang-le<sup>1</sup>

(1 *Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710119, China*)

(2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*)

Received date: 2006-03-20

**Abstract:** By EMC (electromagnetic compatibility) test for the spectral image, the spectral image device was demonstrated that it satisfied all requirements of EMC, with the exclusion of the segment frequency exceed for the conducted emission 102 and radiated emission 102. The EMC précis dictated other items are all eligible. By adopt filter and insulation means etc, all item are satisfied. The spectral image can work according to the design in its electromagnetic condition, and it can't interfere other equipment.

**Key words:** Electromagnetic compatibility; Spectral image; Line impedance stabilization network; Conducted emission; Radiated emission



**XUE Li-jun** was born in 1975 in Shaanxi Province and gained the B. E. degree from Xi'an Jiaotong University in 1998. Now he is studying for his M. S. degree in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. His research interests focus on processing of digital images and electronic.