

机载光电测量吊舱的电气接地技术

熊文卓

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘要: 为有效降低机载光电测量吊舱地线系统上的电磁干扰和提高电气安全性,必须进行合理的接地设计。介绍了保护性接地、信号接地的原理和实现方法,阐述了地线干扰产生的机理,针对地环路和公共阻抗耦合干扰提出了抑制方法,并结合设计实践,系统分析了机载光电测量吊舱的内部接地设计特点。并以此设计了某型军用电子设备的地线系统,经实际使用表明该设备达到了较好的电磁兼容性能。给出的接地方法可为机载测量设备的接地工程实践提供参考。

关键词: 机载光电测量吊舱;电磁兼容;接地设计

中图分类号: TP802+.6 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 140.3599

Grounding design process and engineering practice of the airborne electro-optical measuring system

Xiong Wenzhuo

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to reduce Electro-magnetic Interference (EMI) and improve electric safety of the Airborne Electro-optical measuring system, reasonable grounding design is necessary. It's issued in the paper that the principle and methods of grounding for safety and EMI. The grounding interference mechanism is expatiated also. Grounding interference and inhibition method of coupling circuit loop and common impedance are described also. The design characters of the grounding design are analyzed in system. It's showed that perfect EMC performance of the system in practice. The main ways of Airborne Electro-optical measuring system's grounding design may provide a reference of the similar engineering fields.

Keywords: airborne electro-optical measuring system; EMC; grounding design

1 引言

电子设备尤其是电子测量设备的接地,对电子设备的安全性和电磁兼容性十分重要。电子设备如何接地是电子设备设计和使用必须面对的问题^[1-7]。电子设备接地的目的有两个方面:保护性接地、信号接地。

1) 保护性接地:包括防电击接地和防雷接地,主要是用于保护设备和人身安全。防电击接地是指将机壳和屏蔽地与大地连在一起,防止因电荷累积或当设备内的电源与机壳之间的绝缘电阻变小时,导致的电击对人身和设备的伤害。而防雷电接地则是出于防雷的目的将设备壳体与大地连接,避免雷电影响设备的安全和正常工作。

2) 信号接地:出于电磁兼容的考虑进行的接地,通过优化电路走线和屏蔽等措施,避免电气设备内部以及相互之间的干扰,保证系统可靠工作。

机载吊舱,在空中无法与大地相连,是一个悬浮的接地面,目前,国内外的机载吊舱系统的接地,也是基于以上两方面的目的^[8]。合理的接地是保障其安全使用、提高电磁兼容能力的成本最低、效果最明显的手段。机载光电测量吊舱悬挂在飞机的挂架上,装有电视摄像机、电机等众多电子设备,电磁环境复杂,为保证图像的稳定采用了橡胶减震器和四框架稳定结构等设计,这给系统的电磁兼容设计带来较大困难,在调试过程中,视频图像易受干扰。从分析电气地线回路的原理,有针对性地提出了采用接地技术大幅减小了视频干扰的方法,保证了系统可靠工作。

2 保护性接地

由于机载吊舱壳体在使用时,随飞机一起悬在空中,不接触大地,不利于系统防雷、防静电。在设计时必须保证吊舱壳体很好的屏蔽效果,并且保证舱壳各部分都有连

收稿日期:2015-05

续可靠的低阻通道,将干扰泄放掉,避免两点间产生很大的电压差,造成对舱内电子设备的损伤。

为了避免吊舱的静电,吊舱舱体与飞机机体间需可靠电气连接,再由飞机的接地系统将静电泄防。

通过将交流电的零线和直流电的负极接到吊舱的系统接地点,保证设备和人员的安全。

3 信号接地

信号的接地系统,应为电源和信号提供一个低阻抗的电流回路,减小地线回路的干扰。

3.1 地线干扰机理分析

地线的干扰依据产生的机理,分为公共阻抗干扰和地环路干扰。

公共阻抗干扰是指不同电路的地电流通过共同的阻抗引起的干扰^[9]。如图1所示,两个电路的地电流 I_1 和 I_2 共同经过具有阻抗为 Z_g 的地线。在 Z_g 产生公共压降 $U_g = (I_1 + I_2)Z_g$ 。如果其中一个电路的电流变大,则 U_g 也随之升高,这样对另一路信号造成干扰。

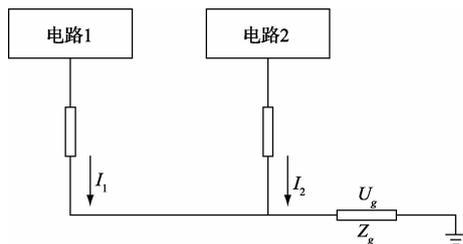


图1 公共阻抗干扰示意

地环路干扰是指由于接地线或接地平台的阻抗,当不同电路的地电流流过时,造成不同接地点产生压差;另一方面由附近电气的交变电磁场在地线产生的感应电动势,都会对信号产生干扰(图2)。

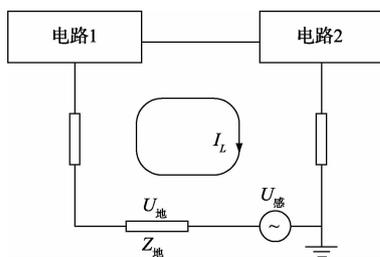


图2 地环路干扰示意

为降低地线的干扰,在地线系统设计时地线的阻抗要尽量的小,地线环路的面积尽可能小。

3.2 接地方法

在实践中根据设备的特点,接地的方法有以下几种:

1) 单点接地

单点接地通常指设备中所有电路的地线在同一公共接地点接地,不在其他位置接地。这样接地的最大好处是设备内各电路单元没有地环路。单点接地一般用于工作频率在1 MHz 以内的各电路并联关系的低频电子设备中

如图3所示。在低频电子设备中,接地线的物理长度远小于工作频率。若工作频率较高,以致于工作波长与系统的接地平面的尺寸或接地线的长度相比拟时,则建议采用多点接地方式。因为当地线的长度 l 接近工作波长的 $1/4$ 时, l 根终端短路传输线,地线上的电流和电压呈驻波分布,地线变成了辐射天线,而不能起到接地的作用^[8]。

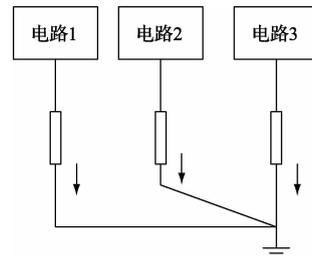


图3 单点接地示意

2) 多点接地

设备的各电路的地线分别就近接地,能够提供较低的接地阻抗,地线很短,有效抑制地线上高频驻波的出现。适合高频电路的接地。但是由于接地点多,增加了地回路。容易对低电平信号传输产生干,如图4所示。

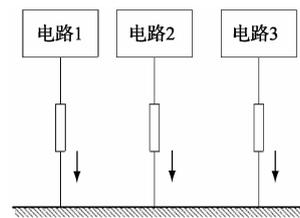


图4 多点接地示意

综上所述,可以把低频和高频接地系统选择准则归纳如下:

对于低频 $f < 10$ MHz,接地面尺寸小的情况, $l < \lambda/20$ 采用单点接地;

对于高频 $f > 10$ MHz 和公共接地面尺寸大的情况 $l > \lambda/20$,采用多点接地式。

3) 混合接地

现代的电子设备信号往往很复杂,即有高频信号又有低频信号,就必须同时运用单点和多点接地方式,可采用单点和多点的混和接地方式。本吊舱就是一个典型的混合接地系统。

4) 屏蔽接地

通过导电或导磁材料制成的屏蔽体将需要保护的区域进行电场或磁场的阻挡或封闭,避免区域内的电磁干扰。

4 机载光电吊舱接地的实现

机载光电测量吊舱挂于飞机挂架上,用于在空中对地面目标进行光电成像跟踪测量。舱内电子设备包括电视摄像机、电机伺服系统、图像处理系统、图像传输系统以及二次电源系统如图5所示。

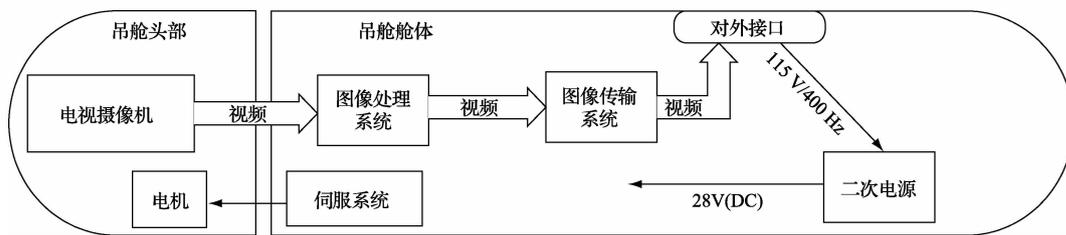


图5 吊舱的电气布局

4.1 保护性接地的考虑

吊舱从结构上分头部和舱体两部分,舱体通过挂架与飞机机体相连,吊舱的壳体采用航空铝合金材料,在吊舱头部与舱体间采用面连接,由螺栓紧固,舱体表面全部进行导电氧化处理。搭接表面必须平整,在安装前均进行严格清洁,确保搭接面的良好接触,保证头部和舱体以及机壳接地点形成连续的低阻抗通道。同时吊舱的电气设备在一点与壳体接地,壳体再通过飞机的放电装置进行放电。这样在雷击和静电累积时可将电流导出,保证舱内电路安全。

机上为吊舱提供的电源为115 V/400 Hz的三相四线制的交流电,经舱内二次电源转为28 V直流电。通过将交流电的零线和28 V直流电的负极在电源处与壳体连接,保证地面调试时的人员安全。

4.2 吊舱信号的接地

由于测量吊舱电气信号的频率频谱很宽,从几 Hz 到几十 MHz,如伺服系统的电机驱动 PWM 波的频率为1 kHz;高速可见光摄像机的视频输出为数字接口,频率可

达60 MHz。这样采用单一的接地方法,难以满足电磁兼容的要求。为此本系统需采用混合接地方式。由于电机驱动器的工作频率较低为1 kHz,电流大且功率波动较大,容易对舱内其他的电子设备的地线产生干扰,所以伺服系统的电源地与其他设备只在电源公共接地端单点接地,其他电气设备的功率较小且稳定,所以采用多点接地方式。同时使地线线径尽量粗,保持低阻抗如图6所示。

4.3 屏蔽接地方法

吊舱的屏蔽接地包括舱体屏蔽、电缆屏蔽和电路屏蔽3个方面^[9]。

为了保证舱体具有良好的屏蔽效果,设计时吊舱壳专门设计了舱体接地点,通过武器挂架确保吊舱壳体与飞机的基本结构可靠搭接。吊舱头部与舱体之间是可拆卸的,接触面为圆环形的面接触,采用导电氧化处理,进一步降低接触电阻。使整个吊舱的外壳成为一个低阻抗的屏蔽体。从维持光电测量吊舱视轴稳定方面考虑,吊舱采用了橡胶减振器,这样造成内框架与壳体绝缘,由于舱体内电气设备众多,内框架感应的电动势,无法泄放到壳体上,又干扰到视频图像信号,后通过在內框架上引出专门接地线加以解决,保证了在舱体内的金属构件必须与壳体良好搭接(图7)。通过示波器测量搭接后的两端电位差,在搭接前为0.47 V,而搭接后降为0.021 V,明显降低了壳体的压差,有效地提高了系统的EMC水平。

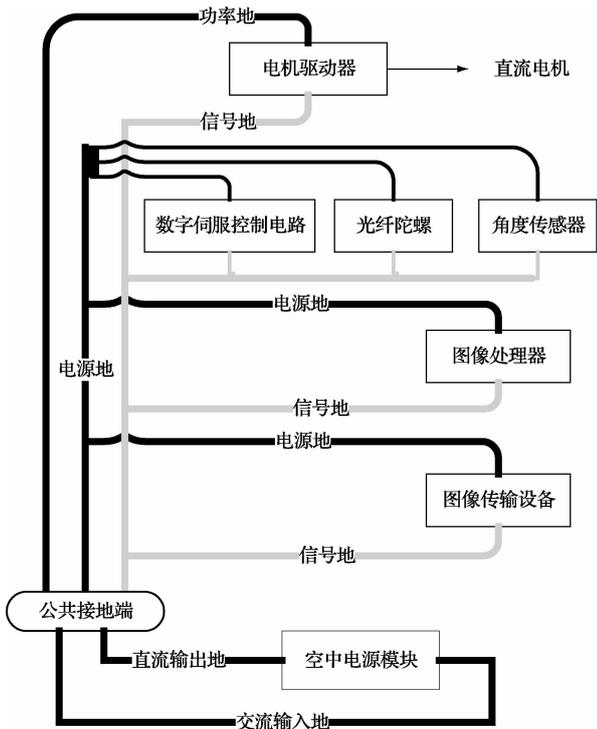


图6 系统信号接地布线

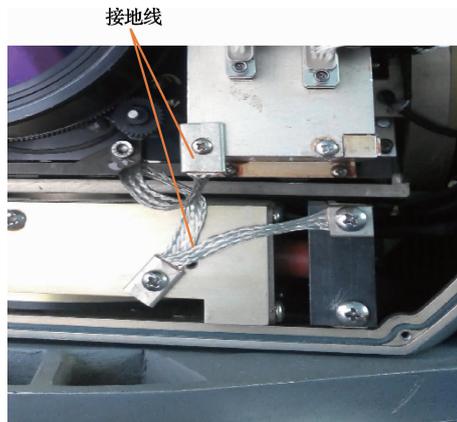


图7 结构件间的地线搭接

舱体内的电缆分低频电缆和高频电缆。结合以往的分析 and 经验^[10-11], 低频电缆的屏蔽采用单点接地, 包括电源电缆和串行通信电缆, 在公共接地点接地并且避免电缆屏蔽层与舱体接触。由于舱体长度有限, 高频电缆的屏蔽采用两端接地。并两端都接到电路的屏蔽盒上。

对于吊舱内的电路均采用屏蔽外壳, 并与舱体的连接保持低阻抗。如平台的直流电机由于换向和电刷等原因, 是较大的干扰源, 当电机工作时对视频信号干扰较大, 图8(a)、(b)为干扰到数字视频的时钟信号造成图像行同步错误的情况。通过专门设计的电机屏蔽罩与电机驱动线的屏蔽地线配合, 将电机及其驱动线的电磁辐射干扰加以有效屏蔽, 避免了电机对其他系统的干扰。对干扰最敏感的图像信号电路在采用屏蔽盒后, 保证了图像不受其他系统的干扰, 如图8(c)。



(a)受电机干扰的图像



(b)受电机干扰的图像



(c)屏蔽掉干扰后的正常图像

图8 采取屏蔽前后的图像对比

5 结论

机载光电测量吊舱的电气接地是保证光电吊舱电磁兼容性的关键环节。由于不同类型的光电吊舱的载体和内部载荷以及供电特性均有较大差异, 其接地的方法, 虽有其规律性, 在设计时予以遵循, 但仍然要结合吊舱的实际情况进行调整和完善。本吊舱通过室内外的反复试验和测试, 不断完善, 目前光电测量吊舱输出的图像数据可靠清晰, 已供用户使用, 通过合理的电气接地方法, 抗干扰效果明显。其对机载吊舱干扰的分析和解决方法对类似设备的接地设计和干扰的排除具有较大参考价值。

参考文献

- [1] 包贵浩, 苏东林, 戴飞. 飞机油量表电磁兼容半实物仿真预测平台设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(2): 152-158.
- [2] 顾金良, 李敬东. 军用电子设备的接地设计及实践[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(6): 163-166.
- [3] 王增发, 孙丽娜, 孙学军. 机载光电侦察平台 EMC 环境频谱研究[J]. 电子测量技术, 2013, 36(1): 55-59.
- [4] 张清鹏, 万健如. 电磁兼容系统中的接地研究[J]. 电子测量技术, 2012, 31(10): 27-29.
- [5] 宋晓南, 王佳宁, 潘旭. 某机载计算机电磁辐射分析与抑制研究[J]. 航空计算技术, 2013, 43(5): 114-118.

- [6] 王尔申,胡青,张淑芳.基于 GPRS 和 GPS 车载终端系统的电磁兼容设计[J].仪器仪表学报,2008,29(3):525-529.
- [7] 惠洋.机载电子对抗系统电磁兼容设计[D].成都:电子科技大学,2013:25-30.
- [8] 王志成,魏瑞刚,孙艳红.星载电子设备电磁兼容接地设计[J].无线电工程,2010,40(11):49-50.
- [9] 魏俊淦,赵波,田建学.抗干扰接地技术在机载电子设备中的应用[J].仪表技术,2013(7):47-49.
- [10] 葛欣宏,宁飞,李晓林.光电系统监测设备电磁屏蔽设计的系统法研究[J].国外电子测量技术,2014,33(9):42-58.
- [11] 张莹,张东亮,黄定卫.电缆屏蔽层接地方式及抗干扰分析[J].电子测量技术,2010,29(11):29-41.
- [12] 赵乾,钱建平,郭恩全.双绞线电磁干扰防护研究[J].电子测量与仪器学报,2010,24(30):279-282.

作者简介

熊文卓,1967年出生,理学硕士,研究员,主要研究方向光电位移测量技术、光电成像与测量技术等。
E-mail:carlx@sina.com

是德科技全新 VXT PXIe 矢量收发信机可更快构建解决方案、减少测试时间和提高测试密度

高度集成的模块化仪器经过工厂校准后可确保无线制造测试中的规定性能和精度

新闻摘要:

- VXT PXIe 矢量收发信机可加快深入分析的速度和减少工作量
- 支持制造商在现有设施的基础上轻松加强生产能力
- 是德科技旗下各款软件均支持 VXT

2015年10月16日,北京——是德科技公司(NYSE:KEYS)日前宣布推出 VXT PXIe 矢量收发信机,该模块可同时提供矢量信号生成以及分析功能,占用4个PXIe插槽。VXT提供极快的测量速度和简单易用的软件,专为快速构建解决方案、提高无线元件和“物联网”(IoT)器件的制造测试吞吐量而设计。

系统开发人员通过直接使用 VXT 的专业测试软件和 FPGA 加速测量功能,能够轻松地构建功率放大器(PA)和前端模块(FEM)测试解决方案。是德科技提供了一个开源功率放大器参考解决方案,包括用于功率放大器和 FEM 测试的经验证的系统配置和软件例程实例,从而减少编程时间。与通用替代解决方案相比,这些功能可加快深入分析的速度和减少工作量。

VXT 提供实时 FFT 等特性,可以快速完成信号功率和相邻信道功率比(ACPR)测量,从而提高测试吞吐量。内置伺服程序可以快速达到精确、最佳的功率放大器输出电平设置,以加快自动测试的速度。

是德科技通信测量解决方案事业部的产品营销经理 Nana Armoa 表示:“VXT 是一款用途明确兼具适应性强的工具,它能够帮助测试工程师减少测试时间、精简测试设置,让他们更加接近最终目标。VXT 还有重要的商业利益,它支持制造商在现有设施的基础上轻松加强生产能力,并迅速开始批量生产。”

单个 18 槽 PXIe 机箱可以容纳最多 4 个 VXT 模块。系统开发人员还创建了通用的单机箱解决方案,包括一台 VXT、Keysight DIO 卡及屡获殊荣的单槽 PXIe VNA。由于 VXT 是高度集成的模块化仪器,它的校准得到了保证。

VXT 覆盖 60 MHz~6 GHz 的频率范围,为矢量信号生成和分析提供了 160 MHz I/Q 带宽。矢量信号发生器的最大输出功率为 +18 dBm,可对开关矩阵中的信号损耗进行补偿。

是德科技的各种软件均支持 VXT。例如,开发人员利用 Signal Studio 软件可简化特定测试信号的生成。另外,他们可以使用 X 系列测量应用软件和 89600 VSA 软件轻松地对测试设置进行故障诊断。

有关产品详情,请访问 www.keysight.com/find/VXT 和 www.keysight.com/find/pxi-poweramplifier。浏览产品图片,请访问 www.keysight.com/find/VXT_images。

是德科技无线解决方案

从 WLAN 到 LTE-Advanced 以及最新的 5G 技术,是德科技专注于提供最丰富的解决方案选择,帮助客户解决棘手的设计与测试问题。借助是德科技先进的电子测量解决方案以及功能强大的台式和模块化硬件与软件,工程师能够获得深入的设计与测试洞察,覆盖从仿真到研发、从验证到制造以及从一致性测试到部署的整个流程。专家工程师深厚的蜂窝与 WLAN 标准制定经验,加上全球数以百计的应用工程师,是德科技能够凭借精湛的技术与经验帮助客户应对挑战。如欲了解更多信息,请访问 www.keysight.com/find/EXM 和 www.keysight.com/find/WLAN。如欲浏览由应用指南、CD 和其他资料组成的知识库,请访问 www.keysight.com/find/wlan-insight。