

文章编号:1002-2082(2008)SO-0001-04

光电产品整机调试技术研究

侯录堂¹, 白 波², 崔连川¹

(1. 西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065;

2. 中国人民解放军驻西光集团军事代表室, 陕西 西安 710043)

摘 要: 从光电产品整机调试试验入手, 指出光电系统调试过程中出现的光轴走动(稳定性)和系统可靠性等是影响产品质量的主要问题, 这些问题的解决是调试试验工作成败和提高产品质量的关键。

关键词: 整机调试; 光轴偏移; 可靠性

中图分类号: TN206

文献标志码: A

Adjustment technique of optoelectronic products

HOU Lu-tang¹, BAI Bo², CUI Lian-chuan¹

(1. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China;

2. PLA Representative Office Stationed at Xiguang Group, Xi'an 710043, China)

Abstract: On the basis of adjustment experiment of optoelectronic products, it is pointed out that the drift of optical axes and the reliability of systems are main problems affecting product quality. It is very important for adjustment of the systems and improvement of the product quality to solve the above problems.

Key words: instrument adjustment; optical axis drift; reliability

引言

随着光电技术的飞速发展以及现代军事装备快速、机动和精确打击的需求, 武器装备的轻型化、功能集成化、打击精确化、操控无人化、指挥网络信息化成为人们开发研制的重点方向。光电技术的产品也已由简单的光机电组合发展成为综合应用光电子技术、计算机技术、传感器技术、稳像控制技术、图像跟踪技术、操控与显示技术及多传感器、多光路、多视场、多通道(多环路)组成的复杂光电系统, 它所能完成的任务已由单一瞄准功能发展成为瞄准、稳像、跟踪、测距、显示、导引等多功能的昼夜全天候复杂智能化系统。这就使光电产品整机调试由过去的以光学机械为主、电气为辅变成了光学机械和电气并重或电气系统为主, 光机为辅(从技术含量、重要性、复杂性衡量)的状况。复杂光电系统

的整机调试试验时间往往占居了产品调试的绝大部分时间。同时调试试验工作要解决的问题涉及光电、计算机、传感器、稳像控制、图像跟踪、操控与显示、电磁兼容、可靠性等多个专业领域。解决好这些问题是光电产品调试试验工作成败和提高产品质量的关键。本文从实际工作出发, 从典型问题的解决入手, 浅谈光电系统整机调试应关注的光轴走动(稳定性)及系统可靠性问题。

1 光轴走动

光电系统中常见的问题是光轴走动, 造成它的原因较多, 如部件与部件之间、零件与零件之间的配合松动, 仪器内部的温度梯度等造成光轴的走动, 光机零件或部件的材料内应力和加工应力(稳定性)等因素。本文仅根据各种产品研制生产过程

收稿日期: 2007-12-05; 修回日期: 2008-01-20

作者简介: 侯录堂(1955—), 男, 陕西宝鸡人, 高级工程师, 国防科技工业“511 人才工程”高级技能人才备案人选, 所级技能带头人, 主要从事电气控制系统设计与光机电一体化产品总装调试及产品环境适应性试验工作。

中所出现的因应力引起的光轴走动问题加以说明。一般情况下,零件经时效热处理后应力大部分已得到释放。但处理过程中,因时间较短残余应力还未完全释放,因此,在光机装调过程中,光学零部件和光电传感器的机械装配应力是造成光轴走动的主要原因。在光电系统总调过程中,对光机部件或整机产品进行高温时效处理(精调前预处理)是消除光机装配应力非常有效的方法。

根据对产品不同光轴和精度要求,对光轴走动不稳定性应采取不同的办法。例如,在某项目初生产时,按产品制造与验收技术规范要求望远系统光轴与投影系统光轴的平行度不大于 $40''$,但产品经过高低温和振动、冲击等环境试验后,该项指标往往超差。针对这个问题,在产品整机调试试验工艺程序中增加了高温 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、时间 10 h 的高温时效处理环节,使光机部件的装配应力得到了充分释放,从而使望远系统光轴与投影系统光轴平行度达到了产品要求。在由可见光电视、微光电视、红外热像仪、激光测距机等多传感器组合的光电系统中,光轴平行性发生变化主要由安装这些传感器的光机座及与传感器接合面的机械装配应力引起(这里忽略各种传感器本身的光轴走动量),例如:在某搜索瞄准指示光电系统生产中,激光测距机与红外热像仪的光轴平行性误差要求不大于 0.06 mrad ,但整机经高温 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和低温 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 试验后发生超差,随即在光电系统整机总调试试验程序中增加了高温 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、时间 12 h 的高温时效处理环节,结果使激光测距机与红外热像仪的光轴平行性问题得到了圆满解决。

2 光电系统可靠性

在研制光电系统产品过程中,人们往往注重产品的功能和性能指标,对于可靠性虽然很规范地进行了电气可靠性、机械可靠性、系统可靠性设计,但对影响、干扰器件寿命和系统可靠性的因素容易疏忽,结果造成器件提前失效或可靠性指标的不确定性,影响产品的调试周期和产品的质量(产品会存在隐患)。一般这类可靠性问题出现在最初工作的产品或系统中,只是在产品系统总调试、考机、环境试验、实际使用过程中才暴露出问题或出现故障,并且涉及技术面很广,它包括元器件可靠性、技术设计可靠性、工艺可靠性、机械可靠性、电路可靠性、试验可靠性和软件可靠性等。在此就实际工作中的典型案例说明确保光电系统可靠性要注意的

几个问题。

2.1 机械零件倒角引发的系统可靠性

现代军用光电产品大多数是由光电传感器、机电传感器、空间传感器、执行元件、传动机构和多光路(或多光路同光轴)的光机系统、电气系统、伺服系统、操控系统、跟踪处理系统、显示系统及电视摄像、红外摄像、微光摄像、激光测距等功能仪器(或产品)组成的复杂光电系统。因此,产品腔体内和电子箱内的走线线缆、插头、插座及产品腔体外和电子箱外的连接线缆插头越来越多,构成了光电系统的神经网络缠绕、依附在金属机械零部件上,任何一根导线的绝缘保护层出现破损都将影响产品的可靠工作。而机械零部件的机加锐角则是引起导线或线缆破损的第一杀手。例如三光合一跟踪镜调光电机的引出线(高温导线 AF-250 导线直径 0.15 mm)在通过金属过孔时被金属孔的边缘锐角割破绝缘层,造成电机驱动电路与机壳短路,导致驱动电路过热损坏,自动调光系统不能正常工作。更有甚者,机械零部件的机加锐角对导线或线缆的损伤往往导致2种结果:1)电路与机壳搭接或似接非接;2)电路与电路搭接或似接非接。这2种结果很容易造成产品的隐性故障,一般不容易发现和排除。例如:工程炮长镜产品在经历了电气系统调试、军检环境试验,产品交付后在大系统静态调试试验中均未出现问题,在做系统动态摇摆试验时,俯仰方向 5 min 左右时间图像便漂移出视场,使系统不满足稳像指标要求。但炮长镜单机工作条件下却检查不出任何问题。经理论分析,反复监测电路的相关动态信息,采用故障逐步排除法验证,找到了问题的切入点,图像漂移出视场的根本原因是陀螺支架的棱边没有倒角,割破了俯仰陀螺取样反馈电路的引线,造成电路与机壳搭接或似接非接,从而使俯仰陀螺伺服控制电流反馈电路在系统

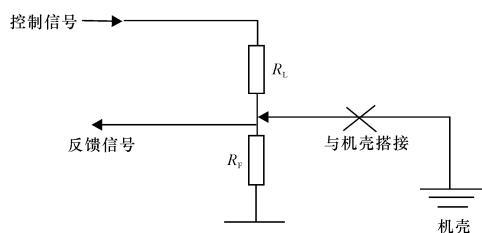


图1 反馈电路引线与机壳搭接示意图

Fig. 1 Schematic diagram of lap for feedback circuit lead wire and chassis

摇摆试验状态下迭加了随机干扰。影响了电路工作的机理分析,如图1所示。

2.2 系统电路参数漂移引发的可靠性问题

电路参数会随着工作环境温度的变化而产生漂移现象,尤其是对模拟电路,温漂现象尤为突出。它可以对电路的性能、功能及正常工作产生较大的影响,特别是对由分立元件组成的模拟电路系统更是如此。常见的电气系统电路参数漂移引发可靠性问题的原因是:1)电路参数未精确调整到位;2)电位器、变容器、可变电感等滑动端固定不牢靠,致使其在振动和冲击条件下产生位移,导致电路参数发生变化;3)电阻、电容、电感、电源模块等电路在品级、精度、耐压、温度工作范围等技术指标不满足电路要求;4)电路板、导线、电缆的绝缘性能不满足电路要求;5)电磁兼容性不满足电路要求(这种影响更大)。例如:某工程上反稳像炮长镜稳像控制调试箱,在产品调试使用过程中暴露出明显的控制系统零位漂移问题。产品的零位稳定性要求 $\leq 0.36'$,但用稳像控制调试箱对产品零位稳定性进行检查时发现:开机15 min内俯仰轴零位向偏下方向漂移 $0.6'$,随着时间的加长(大约25 min)漂移量达到 $1' \sim 1.2'$,这已无法用于炮长镜零位稳定性的检查。究其原因是系统电路零位调整电位器的调整钮在外界作用下松动,以及其他电路参数发生变化,使系统电路零位漂移量增大,导致被检产品的关键技术指标超差。必须明确的是,类似这种电路的零位漂移量只能被减小到不影响系统使用的程度(稳像控制调试箱可调到 $\leq 0.12'$),而不能彻底消除。因此,预防和减小电路参数漂移的途径除了电路设计时要考虑外,电气系统调试时必须做到:1)调整过程要认真细致,电路参数必须精确调整;2)电位器、变容器、可变电感等的调整钮一定要用硅橡胶封粘,防止受外界工作环境影响而松动;3)电阻、电容、电感、电源模块等电路在品级、精度、耐压、温度工作范围等技术指标要严格按照图纸要求,严禁以低代高;4)在调试过程中要对电路板、导线/电缆的绝缘性能做必要的检查;5)严格按照图纸要求捆扎导线/电缆及正确接地,不随意处置。只有这样做才能减少或避免系统电路参数漂移引发的可靠性问题。

2.3 传动间隙引发系统不稳定造成的可靠性问题

现代光电系统一般都包含有伺服控制系统或

稳像控制系统。控制系统的负载往往是光电组合物或者是由电视观瞄、红外热像仪、激光测距机、微光夜视仪等部件组成的综合体,执行电机到负载之间及负载到传感器之间通常用传动机构连接(低速直流力矩电机除外),传动机构的形式一般有齿轮、摆杆、钢带等。在机械装配过程中,由于对传动机构的静摩擦力矩值和电机启动电压值均要求比较小,必须存有一定的微量间隙,这种间隙在光电系统工作磨合一段时间后或经过振动冲击试验后由于装配应力、材料应力、表面磨损等因素会不同程度地变大,甚至影响系统的稳定性而使它产生高频谐振。例如:工程上反稳像炮长镜的连杆传动机构在初生产阶段就出现了上述情况,个别产品在系统调试阶段其稳像控制工作正常,经过振动冲击试验后控制系统出现小幅高频振荡并影响正常观瞄的可靠性问题,这要求对连杆传动机构的间隙进行重新调整,控制系统才能恢复正常工作。实际装调工作中这个间隙又不能太小或者无间隙,那样传动机构有可能在高低温环境下出现摩擦力矩值太大而导致控制系统爬坡步进甚至卡死的情况。所以,除了在设计中要严格控制传动机构的加工精度外,还应在光电控制系统调试过程中按设计要求控制好传动机构的间隙。要控制好这个参数,间隙要求高的传动系统是利用空回测量仪按图纸设计要求控制传动间隙,这样能够获得比较理想的调试效果。

2.4 插头座插针(插孔)及导线引发的可靠性问题

插头座插针(插孔)脱出或接触簧变形及导线受损造成电路搭接和接触不良是电气系统调试过程中的常见故障,这种故障往往是隐性故障,它使电路系统的工作时好时坏且故障点难以判断和查找,例如:某跟踪镜主体腔内的摄像系统12芯直插式插头,由于插座插孔的自锁弹簧倒勾失效,插座插入时插孔被插针顶出,导致连接变成搭接,影响到自动调光系统工作出现时好时坏,用仪器测量各部件和各电路均难以发现故障点,最后故障点虽然被找到,但排查耗用了2天时间。有时这种隐性故障在产品调试和交验过程中并不表现出来,而是在产品实际使用过程中受使用环境的影响才表现出来。但此时这种故障往往会由隐性故障转变为显性故障,电路由搭接、接触不良转变成成为断路,该故障点容易查找。例如:某炮长镜在打炮试验过程中俯仰稳像系统失控,外部检查陀螺无信号输出,打开

炮长镜腔体发现陀螺输出插座的输出端子插孔明显脱出。

插头座插针(插孔)脱出或接触簧变形造成电路搭接、接触不良的原因一般有以下几种:

- 1) 插头座插针(插孔)的质量问题;
 - 2) 插头在插入插座的过程中用力过猛使插孔自锁簧受损脱出;
 - 3) 插头在插入插座的过程中插针未对准插孔使插针弯曲变形;
 - 4) 插头座引出线在电装剥线时受损,焊接根部一旦受力便会出现折断现象,在绝缘套管的作用下形成搭接;
- 由插头座插针(插孔)质量和操作使用不当及导线在电装剥线时受损形成的电路搭接和接触不良的隐性故障一般只能通过提高产品质量、规范操作、提高电装水平来尽量减少,通过加强调试前后

的检验来提早发现和处理,但不可能保证在一批产品中完全消除。对于这种故障一般可采取烤机试验和振动试验的方法来发现和排除以收到较好效果。

3 结束语

光电产品整机调试技术因现代光电系统的组成变得越来越复杂,涉及的问题非常广泛,光电系统调试过程中出现的问题具有多样性,需要具体问题具体分析并对症下药。

参考文献:

[1] 吕仁清,蒋全兴. 电磁兼容结构性设计[M]. 南京:东南大学出版社,1990.

[2] 林宋等. 光机电一体化实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003.