

# 提升光电编码器湿热环境适应性方法研究

赵光伟

(中国电子科技集团公司第29研究所, 成都 610036)

**摘要:** **目的** 研究提升光电编码器湿热环境适应性的方法。**方法** 对某型军用电子装备中,光电编码器湿热环境适应性低的原因进行分析,并制定相应的工艺改进方法。**结果** 根据分析可知,潮气进入光电编码器内部和芯线接头处是造成故障率高的原因,拟定了相应的解决方法。由验证试验结果可知,实施工艺改进方法后,光电编码器内部和芯线接头处再无潮气进入。**结论** 经过验证,改进的工艺方法非常有效,光电编码器在湿热环境下的适应能力得到了极大提高。

**关键词:** 军用电子装备; 光电编码器; 湿热环境; 工艺改进

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2015.01.025

**中图分类号:** TJ06 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2015)01-0126-05

## Research on Method to Improve the Adaptability of Photoelectric Encoder in Hydrothermal Environment

ZHAO Guang-wei

(The 29th Research Institute of CETC, Chengdu 610036, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the methods to improve the adaptability of photoelectric encoder in hydrothermal environment. **Methods** This paper analyzed the causes for the low adaptability of photoelectric encoders in hydrothermal environment in a certain military electronic system, and then formulated some corresponding process improvement methods. **Results** According to the analysis, moisture entering into the photoelectric encoder and the joint of core wires was the cause for the high failure rate. This paper proposed the corresponding solution. As verified by the test results, no moisture entered the photoelectric encoder and the joint of core wires after implementation of the process improvement methods. **Conclusion** The new methods were verified to be effective by later experiments, and therefore the adaptability of photoelectric encoders in hydrothermal environment was greatly improved.

**KEY WORDS:** military electronic equipment; photoelectric encoder; hydrothermal environment; process improvement

光电编码器是一种旋转式位置传感器,在现代伺服系统中广泛应用于角位移或角速率的测量<sup>[1]</sup>。

某型军用电子装备伺服系统中使用了一种型号

的光电编码器,用于反馈天线的转动角度。一部分光电编码器安装在相对密闭的空间中,另一部分安装在裸露的自然环境中。当装备在环境温度高和湿

收稿日期: 2014-08-31; 修订日期: 2014-12-10

Received: 2014-08-31; Revised: 2014-12-10

作者简介: 赵光伟(1981—),男,四川泸州人,工程师,主要研究方向整机军事装备的研制和生产。

Biography: ZHAO Guang-wei(1981—), Male, from Luzhou, Sichuan, Engineer, Research focus: research and production of military system.

度大的环境中使用时,安装在相对密闭的空间中的光电编码器故障率低,而直接安装在裸露环境中的光电编码器故障率高。这说明该型号光电编码器在没有实施防护措施时适应湿热环境的能力低。

由于光电编码器的安装位置不同,亦可以理解防护措施不同,造成了故障率相差很大。文中力求从工艺防护措施方面入手,找到提升光电编码器湿热环境适应能力的方法,提高装备的可靠性<sup>[2]</sup>。

## 1 原因分析

GJB 4239—2001《装备环境工程通用要求》中定义的环境适应性是指装备(产品)在其寿命期预计可能遇到的各种环境的作用下,能实现其所有预定功能与性能和(或)不被破坏的能力<sup>[3]</sup>。现实情况是光电编码器适应湿热环境的能力低,直接裸露在湿热环境中的光电编码器,在6个月时间内共有6个发生故障。

### 1.1 故障检测

光电编码器的外形如图1所示。通过查阅故障检测报告,发现6个故障光电编码器都是由于电路板短路引起的。如果光电编码器内部有潮气进入,吸附在电路板上会造成电路板短路,或者编码器芯线上有



图1 光电编码器外形  
Fig.1 Appearance of the photoelectric encoder

潮气,造成芯线间短路,最终也会使编码器内部电路板短路。对6个故障件进行检查,检查结果验证了之前的推断,其中4个光电编码器电路板和壳体内部有水渍,如图2所示。另外2个光电编码器芯线接头处有水渍流出,如图3所示。

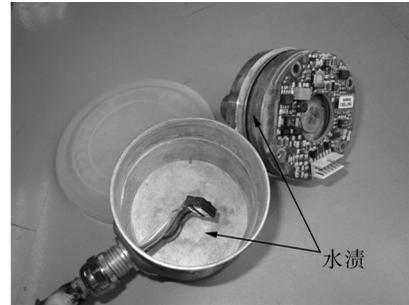


图2 光电编码器内部的水渍  
Fig.2 Water stains inside the photoelectric encoder

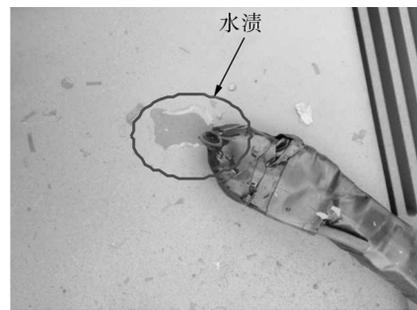


图3 芯线接头处的水渍  
Fig.3 Water stains at the joint of core wires

### 1.2 机理分析

湿热环境对装备的影响大部分是温度和湿度综合作用的结果,温湿度的变化可以导致装备内部出现凝露现象<sup>[4]</sup>,也会使装备及其材料内部或表面出现凝露、吸附、吸收、扩散和呼吸等物理现象,温湿度引起的物理现象见表1<sup>[5-6]</sup>。

表1 温湿度引起的物理现象

Table 1 Physical phenomena related with temperature and humidity

物理现象	产生原因	主要产生阶段	产生部位
凝露	装备表面温度低于周围空气露点温度,水蒸气在表面凝结成液体	升温阶段	装备表面
吸附	相对湿度很高时,水分子在温度比露点高的表面黏附、凝结	升温阶段	装备表面
吸收	材料通过吸附作用将水分子吸入内部而积聚	高温保持阶段	材料缝隙
扩散	高温高湿下,装备与周围环境的水蒸气存在压力差而造成水分子在材料中移动	高温保持阶段	表面向材料内部扩散
呼吸	高湿条件下,温度变化使装备内部气体发生热胀冷缩而形成空气交换的现象,潮气不断被吸入腔体内部	降温阶段	具有封闭而又没有密封的外壳处

由于光电编码器表面为金属材质、芯线接头处的防护材料为热缩套管<sup>[7]</sup>,凝露、吸附和扩散对它们的作用都很小,潮气不可能从这两种材料沁入内部。光电编码器内部和芯线接头处的潮气进入应该是由吸收效应、呼吸效应引起的。

### 1.3 潮气进入点定位

1) 光电编码器内部潮气进入点。由图1可以看出,光电编码器有一个封闭的外壳,但是壳体接缝处和电缆接头处不一定完全密闭,如图4所示。由于呼吸效应,潮气可能从这两处进入。

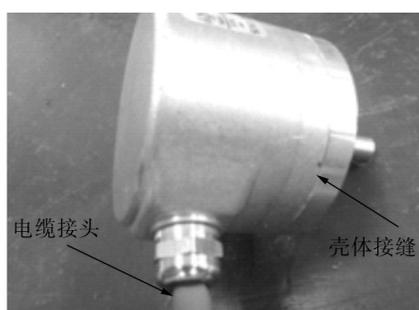


图4 呼吸作用潮气进入点  
Fig.4 The moisture entry points due to respiration

2) 光电编码器芯线接头处潮气进入点。打开芯线是接头处的防护材料,发现编码器未使用的几根芯线采取的是整体防护,没有单独进行绝缘处理,如图5所示。这就形成了一些缝隙,由于吸收效应潮气从缝隙处进入。

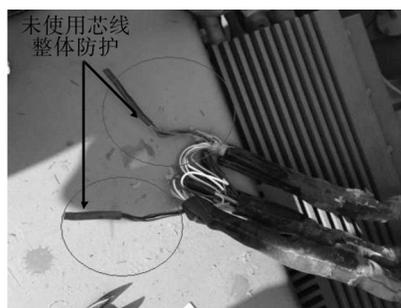


图5 吸收作用潮气进入点  
Fig.5 The moisture entry points due to absorption

## 2 方法研究与验证

### 2.1 光电编码器内部防潮

由于光电编码器内部的潮气是由于呼吸效应进入的,所以必须找到呼吸效应的防止措施。呼吸效应的产生部位为具有封闭结构但又没有完全密封的外壳处,最直接的防护措施是在光电编码器的外部加装防护罩,让光电编码在密闭的环境中工作。当光电编码器外部没有足够加装防护罩的空间的时候,可以换一种思路,直接对光电编码器进行防护,进行密封处理。

可靠的密封方法主要有焊接密封、胶接密封、灌封、O型密封圈密封、油封和包装密封等<sup>[8]</sup>,密封方式对比见表2。

表2 6种密封方式对比  
Table 2 Contrast table for six sealing modes

密封方式	密封原理	优点	缺点
焊接密封	通过焊接用金属构成密封腔体,使腔体的内壁和腔体内的物体处于气密封状态,并因此与大气环境隔离而受到保护	密封效果好	需要足够的安装空间且操作复杂、可维修性差
胶接密封	采用胶接的方式将物体的缝隙密封起来,在物体的内部形成密封腔体,常用于物体缝隙填充,如户外螺钉孔、铆钉孔、法兰盘缝隙等的密封	方法简单	胶接使用的有机材料的透气率远大于金属,且易于老化而大大降低了密封的可靠性
灌封	采用树脂、陶瓷等材料将被保护物体的周围空隙填充起来,以此将被保护物体与大气隔离	密封效果好	需要足够的填充空间且可维修性差
O型密封圈密封	利用结构上的压紧力迫使O型垫圈发生弹性变形,从而达到密封效果	密封效果好	需要在密封对象上进行加装,操作复杂
油封	油封主要用于齿轮、轴承等摩擦部位的密封,用油脂进行填充	密封效果好	油脂易于流动,容易流失
包装密封	主要用于在运输和储存过程中的密封包装,用保护膜把对象密封起来	方法简单	密封效果取决于保护膜的好坏

通过6种密封方式的对比,发现采用胶接密封方式比较适合光电编码器的密封,并采用定期检查

和更换密封胶的方法来弥补有机材料由于老化而降低密封可靠性的缺点。

环氧胶粘剂是以环氧树脂为主体的胶粘剂,它对多种材料都有很高的粘接性能,用环氧胶粘剂胶粘可以得到良好的物理、力学和电性能,是数量最多、应用最广的一种胶粘剂<sup>[9]</sup>。因此,可用环氧胶,例如双组分环氧胶(型号DG-3S)涂抹在光电编码器的壳体接缝处和电缆接头处进行胶接密封。在多种行业设备上大量用热缩套管来保护电线电缆,起到绝缘、密封的作用<sup>[7]</sup>,可用热缩管套对电缆接头处进行密封。处理后的光电编码器外观如图6所示。



图6 胶接密封后光电编码器外形

Fig.6 Appearance of the photoelectric encoder after the glue joint sealing

## 2.2 芯线接头处防潮

由于光电编码器芯线接头处的潮气是由于吸收效应进入的,所以必须找到吸收效应的防止措施。吸收效应的产生部位为导线之间的缝隙处,最直接的防止措施就是让芯线不存在缝隙。从图6中可以看出,未使用芯线没有单独进行绝缘处理造成了缝隙,于是把未使用的芯线用热缩套管<sup>[7]</sup>单根密封,如图7所示,这样就不存在缝隙,最大程度的防止吸收效应的发生。

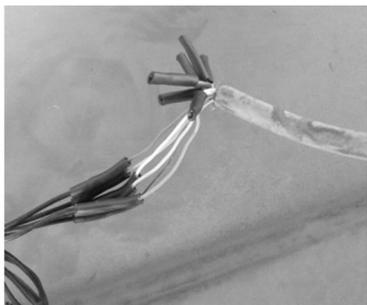


图7 未使用芯线处理后外形

Fig.7 Appearance of unused core wires after processing

## 2.3 验证密封方法有效性

按照以上制定的方法对2个光电编码器进行处

理,然后按照GJB 150A—2009《军用装备实验室环境试验方法》<sup>[4]</sup>中规定的湿热条件要求进行湿热试验。试验结束后,2个光电编码器内部均无进水现象、芯线接头处也很干燥。分别对2个光电编码器进行测试,各项功能指标均正常。

最后,到达装备实际工作现场,对安装在裸露自然环境中的光电编码器,按照制定的措施进行防护处理。经过1年时间的使用验证,安装在裸露自然环境中的全部光电编码器均未发生故障,相对之前6个月时间内6个光电编码器发生故障的情况,其湿热环境适应性有了显著提高,证明密封方法有效。

## 3 结语

通过实验室实验验证、工作环境使用验证,证明采取以上所描述的工艺改进措施,可以使光电编码器的湿热环境适应能力得到很大程度的提高。这些工艺改进措施操作简单、易于实现,并且花费成本较小。军用电子装备的使用环境多种多样,提升军事电子装备的环境适应性是一项复杂的系统工程。现今,新技术、新工艺正在突飞猛进的发展,我们可以很好地加以利用;同时,我们也需要不断的探索新的方法、方向。

### 参考文献:

- [1] 姜义. 光电编码器的原理与应用[J]. 机床电器, 2010(2): 25.  
JIANG Yi. Principle and Application of Photoelectrical Encoders[J]. Machine Tool Electric Apparatus, 2010(2): 25.
- [2] GJB 451—90, 可靠性维修性术语[S].  
GJB 451—90, Reliability and Maintainability Terms[S].
- [3] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].  
GJB 4239—2001, General Requirements for Environmental Engineering [S].
- [4] GJB 150A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].  
GJB 150A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].
- [5] 翁雷, 白显毅. GJB 150A 湿热试验中若干问题探讨[J]. 航天器环境工程, 2013, 30(2): 229—230.  
WENG Lei, BAI Xian-yi. Some Problems of Damp Heat Test Specified in GJB 150A[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2013, 30(2): 229—230.
- [6] 冯彩松. 船用光端机“三防”设计[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 1994(3): 20—21.  
FENG Cai-song. Three Proof Designing on Marine Optical Transceiver[J]. Optical Fiber & Electric Cable and Their

Applications, 1994(3):20—21.

[7] 刘宇明, 丁义刚, 姜利祥, 等. 热缩套管绝缘性能辐照效应研究[J]. 航天器环境工程, 2010, 27(1):59—61.  
LIU Yu-ming, DING Yi-gang, JIANG Li-xiang, et al. Radiation Effects on the Insulation Properties of Heat-shrinkable Sleeves[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2010, 27(1):59—61.

[8] 龚光福. 呼吸效应研究[J]. 雷达科学与技术, 2009, 7(3):

238—239.

GONG Guang-fu. The Research on Respiration Effect[J]. Radar Science and Technology, 2009, 7(3):238—239.

[9] 盛磊. 俄罗斯宇航工程中常用的胶粘剂[J]. 航天返回与遥感, 2001, 22(2):48.  
SHENG Lei. Main Adhesives Applied in Russian Aerospace [J]. Spacecraft Recovery & Remote Sensing, 2001, 22(2):48.

(上接第 81 页)  
备的防护等。

2) 要在使用工程装备中尽量避开和减少沙尘对装备的沾染。

3) 要科学保养、合理分解, 无沙操作和薄涂保护油。

4) 对各种装备进行遮盖, 避免阳光直射对装备的损坏。

实施保养时, 应及时清除车内外各机件上的尘土; 检查空气蒸气阀的性能和泄水管是否畅通, 内燃机启动 1 ~ 2 min 后, 敞开水箱盖, 以便冷却系中的空气逸出; 冷却系、内燃机润滑系、空气滤清器的清洗周期应适当缩短; 检查蓄电池通气孔, 并保持通畅; 沙漠地区气候多变, 昼夜温差大, 夜间停放工程装备时, 应注意保温, 防止发动机被冻坏; 露天停放工程装备时, 要注意遮盖, 防止沙尘进入各部机件的摩擦表面。

## 4 结语

国际维和是军队执行非战争军事行动中的一项

任务, 其他还有抗洪抢险、抗震救灾、抗击冰雪、道路抢修、重大活动安保、国际救援等, 各项行任务所处地域的气候和环境条件对实施工程装备保障都提出明确要求。通过对国际维和行动中特殊气候环境下工程装备技术管理相关问题研究分析, 针对环境特点和影响论证提出的工程装备技术管理及维护措施, 对实施多地域非战争军事行动工程装备保障提供了方法和依据, 将起到并具有较好的军事和经济作用和效益。

### 参考文献:

[1] 张国书, 彭卫东. 特殊条件下部队通用装备技术管理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.  
ZHANG Guo-shu, PENG Wei-dong. The Troops General Equipment Technical Management on the Special Conditions [M]. Beijing: National Defence Industrial Press, 2011.

[2] 陶西贵, 焦金锋, 王清波. 国际维和行动中工程装备保障问题与对策[J]. 工程装备研究, 2012(4):  
TAO Xi-gui, JIAO Jin-feng, WENG Qing-bo. The Counter-measure of Engineering Equipment Support on International Peace-keeping Action[J]. Engineering Equipment Research, 2012(4):

(上接第 119 页)

### 参考文献:

[1] GJB 4.1—83. 舰船电子设备环境试验总则[S].  
GJB 4.1—83. Environmental Testing General Ship Electronic Equipment[S].

[2] 李更年, 汤雪志. 舰船仪器结构的抗冲击振动性设计[J]. 舰船防化, 2008(4):40—43.  
LI Geng-nian, TANG Xue-zhi. Design of Shock Resistance of Ship Instrument Structure[J]. Warship Chemical Defense, 2008(4):40—43.

[3] 张智永. 移动载体稳定跟踪平台测控技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2002.

ZHANG Zhi-yong. Study on Measurement and Control Technology of Tracking Mobile Carrier Stable Platform[D]. Changsha: National University of Defense Technology School, 2002.

[4] 王世虹. 舰载天线伺服系统抗摇摆方案研究[J]. 天线技术, 2003(2):47—49.  
WANG Shi-hong. Research on the scheme of anti swing of Ship-borne antenna servo system[J]. Antenna Technology, 2003(2):47—49.

[5] 张令弥. 振动测试与动态分析[M]. 南京: 航空工业出版社, 1992.  
ZHANG Ling-mi. Vibration Test and Dynamic Analysis[M]. Nanjing: Aviation Industry Publishing Company, 1992.