微光像增强器贮存中包装问题的解决

刘志勇，何开远，唐 钦，何宏坤，张 俊
(驻二九八厂军事代表室，昆明 650114)

摘要：微光像增强器是微光夜视装备的核心器件，可将微弱光图像增强到适宜人眼观察的亮度，再通过微光夜视装备目镜系统输出。从微光像增强器贮存失效机理的角度出发，建立了失效模型，并从防护包装的角度提出了解决长期困扰部队的备件贮存储备的问题，提高我军微光夜视装备保障能力。

关键词：微光像增强器；失效机理；贮存；包装
中图分类号：E933.4；TB487　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2011)23-0049-03

Storage in Low-light Image Intensifier Packaging Problems

LIU Zhi-yong，*HE Kai-yuan*，*TANG Qin*，*HE Hong-kun*，*ZHANG Jun*
(The 298 Factory Military Representative Office of PLA，Kunming 650114，China)

Abstract：Glimmer image intensifier is the core of the night vision equipment device，which can enhance weak optical images to fit the observed brightness of the human eyes. And then，through night vision equipment eyepiece system output. In this paper，we establish a failure model of the Glimmer image intensifier from the storage of failure mechanisms. and solve the protective packaging problems form storage of spare parts which take a long-term problem for our military. The solution of this problem can play an active role to improve the ability of our military night vision equipment support .

Key words：glimmer image intensifier；failure mechanism；storage；package

微光像增强器是微光夜视仪的核心，可将微弱光图像增强到足够的亮度，通过微光夜视仪显示为人眼可观察的可见光图像，在20世纪70年代开始在战场上应用。截止目前，微光夜视仪已经成为世界军事强国掌握夜间作战主动权、实现夜战单向透明的主要手段之一，微光夜视技术也因此获得了长足发展，各国夜视仪器装备数量大大提高，主要用于单兵微光夜视头盔、各型微光枪瞄、车载和机载微光观瞄仪。据估计，每年世界范围内对微光像增强器的需求量约为25万具。同样我国微光夜视装备是我军近年来大力发展的技术装备之一，经过30多年的发展，部队已列装了大量各种型号的微光夜视装备，大大地提升了我军在现代高技术战场上的夜间作战能力。但通过对微光像增强器产品售后用户走访、技术服务和对有关军用物资备件库存、野战部队应用情况的调研信息表明：由于包装的防护能力不足，使得相当一部分微光像增强器在流通、贮存、使用过程中损坏，每年由此带来的直接经济损失高达上百万元；同时因为目前部队在编微光夜视仪大多是“九五”、“十五”、“十一五”期间列装，相当一部分装备由于微光像增强器故障已需大修和中修，迫切需要筹措像增强器备件。而我军所列装的微光像增强器由于防护及包装的限制，在普通环境其储存寿命仅4年，比较好的环境下可以达到5年，存储寿命非常有限，再加之微光像增强器生产成品率较低，生产周期较长，价格高昂，所以现在部队战略备件基本不能存储像增强器，修理中转也只能存储少量备件(仓储时间一长器件就失效)，造成部队大量失效微光夜视仪器无法通过更换像增强器方式进行修理，大大降低了微光夜视装备保障能力，与我军列装的微光夜视仪器的数量和规模很不适应，现迫切需要找到微光像增强器贮存失效机理，制定新的防护包装，以提高微光像增强器的贮存寿命。

收稿日期：2011-07-08
作者简介：刘志勇(1966－)，男，湖南娄底人，驻二九八厂军事代表室高级工程师，主要从事光电装备和光电成像器件研究。

1 微光像增强器工作原理及造成贮存期间失效的因素

1.1 微光像增强器工作原理简述

微光像增强器是将在夜天光下收集的微光信息转为电子信息并进行增强后,再将电子信息转换为可见图像的电真空器件;其通常由输入窗、光阴极、微通道板、荧光屏、输出窗和高压电源组成。当微弱的景物辐射光投射到处在高真空状态下的器件输入端(阴极面),该器件的阴极就会发射出光电子或光生载流子,再经过微通道板等电子光学系统进行电子倍增、聚焦并打到荧光屏(阳极面)上,显示出人眼可视的图像,见图 1。

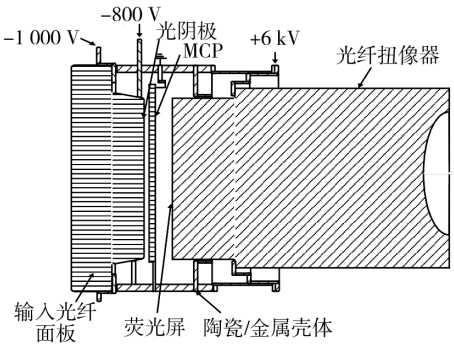

图 1 某型微光像增强器结构

Fig. 1 A certain type of glimmer image intensifier structure

1.2 造成微光像增强器贮存期间失效的因素

经过国内 30 多年的微光装备的生产、使用经验总结,结合大量的数据分析,发现造成微光像增强器贮存期间失效的因素主要有 6 个。

1)环境温度。一方面环境温度越高光阴极稳定性越差,也容易使阴极疲劳衰退,当温度高于 85 ℃时,光阴极在数小时内灵敏度将迅速衰减;另一方面剧烈的温度变化也会使像增强器的输入、输出窗口中的小气泡破裂,释放出气体损坏光阴极,所以环境温度是造成像增强器损坏的一个重要原因。

2)相对湿度。为像增强器提供能量的微型高压电源因空间结构紧凑,为其进行绝缘的填充材料为硅橡胶,虽然具有较好的绝潮性能,但如果长期处在高湿度的环境中,也会出现潮汽渗入高压电源中的情况,进而使电源产生放电、漏电而损坏像管,这也是造成像增强器在贮存期失效的一个原因。

3)机械应力。像增强器的外壳通常由薄壁聚合材料构成,不宜承受较大外应力(一般小于 5 kg);其填充材料在高、低温情况下的膨胀、收缩,使该外应力成几何数量级增长,从而使电源或像增强器真空结构易遭到破坏(泄漏),使管体内部真空度下降,直至损坏像增强器。这种情况在贮存期内是较少发生的。

4)小分子质量气体。氢、氦等小分子气体能从像增强器的陶瓷壁渗透到器件内部,造成器件真空度下降,从而使阴极灵敏度衰退。像增强器的使用、贮存过程中是严格要求要远离这些气体的。

5)器件的真空度。任何高真空器件都存在一定的微漏,特别是该器件的壳体主要由陶瓷件和可阀合金材料采用特殊工艺焊接而成,其综合漏率决定了像管的存储寿命。

6)光阴极疲劳。像管光阴极工作时的照度、时间和不工作时所受到的光照、时间决定了阴极的寿命。微光像增强器的光电阴极不同,它的贮存寿命也不同。早期,阴极疲劳后带来的衰退是微光像增强器失效的原因之一,但随着新的光电阴极材料的发现与应用,现在光阴极寿命已经可以达到上百年,所以这不是贮存寿命降低的主要原因。

2 提高微光像增强器贮存寿命的途径

2.1 高真空包装的提出

从造成微光像增强器贮存期失效的 6 个原因来看,大多是与其贮存的环境和所受的应力有关。在现有的微光像增强器防护包装条件下(常压、简易密封包装),很难保证贮存寿命有大的提高,为此提出了高真空包装的办法。

如果提高微光像增强器贮存容器的真空度,由于器件管壳内外压降相对于未封装前的外界大气压(10^5 Pa)大大的降低了,见图 2,所以采用这种方法可

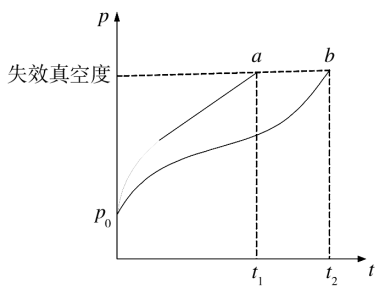

图 2 真空封装与未封装的压强与时间的关系

Fig. 2 The pressure and time package comparison chart between Vacuum packaging or not

有效阻止外界气体向器件内部的渗透,减慢器件真空度的降低,延长产品的贮存寿命。

采用高真空封装对提高微光像增强器的贮存寿命主要有4个好处:有效地阻止了微光像增强器慢漏气的发生;采用较坚固的包装容器可有效避免冲击等机械应力对微光像增强器的影响;真空包装可以有效防止环境温度对微光像增强器的影响;可以隔绝氢、氦等气体的影响。

2.2　高真空包装的实现

在高真空包装的实现上,有2个难题:一是真空度应达到多少比较合适;二是如何使包装长期保持较高的真空度。

对于第1个问题,经过长期试验,结合目前所能达到的条件,并考虑到经济性和实用性,反复权衡后,现在初步将包装内的真空度定为1 Pa。

对于第2个问题,主要是体现在包装容器的材料选取和密封形式的设计上。鉴于铝合金等材料的自身放气率较高,而可阀合金等材料成本很高,加工难度较大,所以现选取了不锈钢为容器本体的制造材料。由于容器本身的封口和抽真空接口2个封装环节的存在,使得密封环节成为了制约容器真空度保持时间的瓶颈,密封形式成为了一个关键环节。在实验中,先是采取了氩弧焊的方法进行封装,这样的确能保证长期保持容器内部真空度,但也存在加工难度大、成本过高的问题,现在又选取了无氧铜螺纹啮合密封、高真空密封胶密封、专用密封环密封这3种密封方法。这3种密封形式都可以实现1 Pa的真空环境,但具体情况如何,还需要进行验证。

2.3　高真空包装的实验验证

为验证微光像增强器高真空包装的可行性,设计了3组实验来进行研究。

1)对高真空包装是否会对微光像增强器造成破坏性影响的实验。因为微光像增强器的高压电源部分是采用硅橡胶进行密封,硅橡胶固化后,内部由于排气不够彻底,会出现气泡状的结构,这些气泡状结构是否会在高真空条件下发生变化,从而影响整个微光像增强器的性能,是验证的一个项目。通过将多种型号的微光像增强器放置在10^{-4} Pa的高真空环境中,经过一段时间的监视和检查,发现微光像增强器的性能未发生任何变化,并且在对实验样品进行解剖后,也未发现硅橡胶的组织结构发生变化,证明了微光像增强器对高真空度有相当的耐受性,可以长期贮存在高真空环境中。

2)对真空包装的真空度选取的验证。由于国内目前设备条件所限,1 Pa已是单级真空泵所能达到的极限,若采用分子泵甚至离子泵作为二级真空泵,确实能够使真空包装达到更高的真空度,但这样做的成本过高,不宜在包装环节使用,且要长期保持更高的真空度,在包装材料及封装形式的选取上也难以找到更加科学合理的途径。经过将微光像增强器长期放置在1 Pa真空容器中保存,并采取一定措施进行加速试验后,认为其贮存寿命得到了大幅延长,几乎达到了原来的2倍左右。

3)对密封方式选取的验证。在对前文所述的3种预选密封方式进行对比实验后发现,这3种方式各有优缺点:无氧铜螺纹啮合密封效果相对较好,但对高真空密封包装的螺纹加工精度要求较高,否则容易出现漏气的情况;高真空密封胶密封效果也较好,但密封胶属于化工材料,在长期贮存中可能会出现老化、变质等情况;专用密封环密封效果相对较差,且密封环中起密封作用的是橡胶密封圈,其本身就是一个较大的放气源,同样也会出现密封圈老化致使密封性被破坏的情况。经过反复对比和综合权衡后认为,在选用优质、长效的高真空密封胶进行密封后,完全可以满足高真空密封的要求,在对密封胶采取一定的保护措施后,同时也能够满足长期贮存的要求,所以,最终选择高真空密封胶密封的方案。

3　结语

在微光像增强器贮存中,现有的防护包装难以满足部队战储、维修等对微光像增强器贮存寿命的要求,经过分析和验证,基本找准了影响微光像增强器贮存寿命的因素,并提出了采用高真空包装的方式来解决微光像增强器贮存寿命过短的问题,设计了专用的高真空密封包装,经过反复验证和对比,确实能够起到将微光像增强器贮存寿命提高到8年以上的水平,这对部队微光夜视仪备件的筹措和贮存有着较大的意义。

参考文献:

[1]　丁美斌.电真空器件非工作状态长期贮存寿命评价研究[D].南京:东南大学,2005.

[2]　苏振华,张立雄.真空电子器件工作和非工作可靠性的探讨[J].电子产品可靠性与环境试验,2000(3):18－20.

[3]　丁美斌,李晓华,赵红平.一种电真空器件的失效研究[J].电子器件,2004(4):763－766.