

制导炸弹贮存可靠性分析与探讨

樊富友, 余智超, 陈明, 于晓艳, 余里成, 李斌

(中国兵器集团公司长沙机电产品研究开发中心, 长沙 410100)

摘要: 阐述了影响制导炸弹贮存可靠性的因素, 分析了制导炸弹部分常用材料的失效模式、原因及影响因素。提出了提高其贮存可靠性的方法及措施, 列举了部分非金属材料的贮存信息, 以供设计参考使用。通过对制导炸弹贮存可靠性进行分析探讨, 优化了结构、选材、设计及环境条件之间的关系, 对提高贮存可靠性至关重要。

关键词: 贮存可靠性; 失效模式; 免维修设计; 贮存寿命; 制导炸弹

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.04.024

中图分类号: TJ410.89 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)04-0102-04

Analysis and Discussion on Storage Reliability of Guide Bombs

FAN Fu-you, YU Zhi-chao, CHEN Ming, YU Xiao-yan, YU Li-cheng, LI Bin

(Changsha Electromechanical Product Research and Development Center of China South Industries Group Corporation, Changsha 410100, China)

Abstract: Influencing factors of storage reliability of guided bombs was elaborated, and failure mode, causes and influencing factors of some common material of guided bombs was analyzed. A method for improving storage reliability of guided bombs was put forward, and storage information of some nonmetal was introduced for design reference. The storage reliability of the guided bomb was analyzed and discussed from the aspects of structure, material, design and environmental condition optimization.

Key words: storage reliability; failure mode; maintenance-free design; storage life; guided bomb

贮存可靠性是用来保证制导炸弹在规定贮存条件下和规定贮存时间内, 具有规定功能的能力, 是一项重要的战术技术指标。制导炸弹一旦需要使用时, 就必须具备所要求的技术指标^[1]。因此, 制导炸弹贮存可靠性的高低, 关系到能否及时使用和部队战斗力能否迅速形成^[2]。为了保证制导炸弹在贮存期间的技术指标, 需要分析制导炸弹在贮存期间的

普通规律、失效模式及环境对贮存可靠性的影响, 为制导炸弹的设计提供依据。

1 原因及失效模式分析

1.1 贮存环境因素分析

环境是贮存的客观条件, 影响制导炸弹性能变

收稿日期: 2013-02-07

作者简介: 樊富友(1980—), 男, 河南驻马店人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为结构设计及产品防护。

化,是造成失效的外因。贮存环境因素分为自然环境因素和诱导环境因素^[3]。制导炸弹除例行带机训练、演习发射、投入战斗等外,绝大多数时间处于库房中,受到大气压力、降水、太阳辐射、沙尘、生物条件、霉菌、烟雾及风等自然环境因素的影响很小或基本没有,但温度和湿度是制导炸弹必须考虑的因素。温度变化会引起结构应力变化,导致器件被疲劳失效^[3],缩短贮存寿命等;湿度变化会引起材料腐蚀,降低电子器件的阻值,造成短路,降低性能参数等。诱导环境主要包括振动、冲击及大气污染等。振动、冲击主要来源于搬运过程中的装卸、运输及贮存期间的地震;大气污染使金属、复合材料、橡胶、油漆等材料的表面产生破坏、变色等,但一般要有温度、湿度等其它环境一起综合作用。因此,可以确定影响制导炸弹贮存的环境因素主要是温度和湿度。

1.2 贮存环境应力影响分析

由贮存环境引起的应力主要包括机械应力、化学应力,同时制导炸弹在贮存期间进行不开箱或不离箱检测也可能产生电应力,但因其作用时间极短,故不再考虑。

1.2.1 机械失效

在机械应力、化学应力及热应力共同作用下产生机械性失效过程,主要包括高温、低温及温度冲击环境下产生的机械应力可能引起的失效,造成不同材料膨胀不一致引起零件粘接;润滑剂劣化,损失润滑能力;机件运转不灵或卡死;弹体外表面及非密封部件受到侵蚀;材料发硬发脆,在振动或冲击条件下出现裂纹或断裂,连接处松动、脱落、疲劳失效;零部件变形;表面涂层开裂;密封失效等。惯性力也可能造成紧固件松动;配合面和表面处理涂层损伤;电路板短路,焊点开裂等失效。

1.2.2 化学失效

化学失效包括由水分、有害气体及其它化学应力影响引起的失效。对制导炸弹而言,主要是水分,能引起和加速金属件的电化学反应和化学腐蚀;复合材料、塑料等非金属的水解、霉变,使其丧失功能。非金属材料一般不发生电化学反应,而产生物理和化学作用。化学作用主要是酸、碱、盐等化学剂对非金属的腐蚀作用;物理作用主要是溶剂对非金属的溶解和膨胀。

1.3 贮存失效模式分析

1.3.1 金属件失效模式

金属件主要的贮存失效模式是应力释放和锈蚀。金属材料与周围介质由于化学作用、电化学反应或生物条件等而遭到破坏,导致电性能下降、结构材料断裂和机械强度降低等失效模式的发生^[4]。金属腐蚀是一种耗损性失效。随着贮存时间增长,腐蚀加剧,失效率将上升。当制导炸弹包装密封不良、漏气时,金属件也会发生腐蚀,特别是在湿度较大的潮湿环境中,金属件的腐蚀会更严重。

1.3.2 非金属件失效模式

非金属件主要贮存失效模式为老化变质。热、光、臭氧、水分、机械应力、有害

气体及微生物等是导致老化的主要原因^[5]。硫化硅橡胶、塑料及复合材料等是制导炸弹常用的非金属材料。橡胶材料中含有双链式的不饱和基,容易受到氧和臭氧的攻击。随着制导炸弹各舱段应力的变化,拉伸作用时有发生,增加了橡胶材料与氧气的反应而造成龟裂。橡胶件的自然老化是一个缓慢的变质过程,但随着贮存时间的增长,表面也会出现不同程度的龟裂、变硬,直至丧失弹性。塑料材料受日光直射时,会急剧老化,其中紫外线和氧作用最大,使塑料聚合物中的分子断裂,产生再生链、支化、交联和环化。复合材料也容易受到水及其他腐蚀介质的影响,造成树脂和纤维的脱胶和分层^[5]。另外,由于阳光对碳纤维复合材料外表面的照射,紫外线会使基体材料发生老化或机械性能降低。

1.3.3 其它失效模式

制导炸弹中有电子器件、油、脂、液、惯性器件等种类繁多,失效模式各异,但一般都是温度、湿度直接或间接作用的结果。

制导炸弹的结构组成、贮存环境具有相似性,材料的加工及工艺均具有较多的继承性。因此,了解现役制导炸弹的实际贮存状况,寻找以往型号的产品在长期贮存过程中的老化现象,如产品性能降低,包括由于老化造成的性能参数超差、绝缘电阻下降、电阻值增加、防潮能力降低,耐振性降低;材料老化,包括材料变硬、变脆等;机件磨损,腐蚀等^[6]。制导炸弹部分材料、器件典型贮存失效模式、失效原因及对性能的影响见表1。

表 1 制导炸弹贮存失效模式、原因及影响分析
Table 1 Analysis on storage failure mode, causes and influence of guided bombs

名称	失效模式	失效机理	失效原因	加速环境因素
金属件	锈蚀	电化学腐蚀	电介质残余物,湿气的渗入,形成微电池	温度,湿度
橡胶件	老化,膨胀	热氧老化,膨胀	热和紫外线引起降解和氧化,湿气起水解作用 物理反应	温度,湿度,太阳辐射
塑料	老化变脆或收缩	热氧老化,蒸发	热和紫外线引起降解和氧化,湿气起水解作用、因蒸发失去某些增塑剂或其它成分	温度,湿度,太阳辐射
复合材料	老化	热氧老化	热和紫外线引起降解和氧化,湿气起水解作用	温度,湿度,太阳辐射
电子器件	短路,断路,封装失效	触点、导引线腐蚀,封装老化	腐蚀,湿气渗入引起绝缘破坏	温度,湿度
油、脂、液	变质	热老化	吸湿和热起化学反应	温度,湿度
惯性器件	性能参数超差、减振器失效	摩擦力矩变大、材料硬度变化、橡胶老化	环境因素引起润滑剂劣化、橡胶老化	温度,湿度
油漆	开裂,脱落	漆层与基材脱离	漆层附着力不够,油漆厚度过厚	温度,湿度

2 提高贮存可靠性的途径

制导炸弹从出厂到交付部队使用,期间经历包装、运输、装卸、存放、检测、维修、训练、发射等过程,同时要经受振动、冲击、高温、低温、温冲、低气压、盐雾、霉菌、沙尘、雨水等环境因素的作用。在其全寿命周期内,大部分时间是在贮存状态下度过的,因此温度和湿度是主要防范的因素,其它环境条件也应适当考虑。结合以往型号的设计方法、试验方法,以及现有新材料、新工艺、新手段须通过加速寿命试验来预计以便提高制导炸弹的贮存可靠性,使制导炸弹满足贮存需要。

2.1 产品设计

为了提高制导炸弹的贮存可靠性,在吸收类似产品经验教训的基础上采取了一系列措施,包括采用成熟设计,提高零、部、组件可靠性。根据强度、质量、温度和其他因素综合考虑选择材料,尽量避免不同金属的接触,接触部位应采取喷漆、镀层等防腐设计;不能修理的部位尽量避免寿命差异较大的材料混合使用;考虑接触材料的相容性;尽量不使用在贮存期间可能发生致命性故障的材料和元器件,如天然橡胶、矿物油、电解电容等^[6];简化结构设计,减少零、部、组件数量,将发生失效的可能性降至最低。结构中常用的金属材料为铝合金、镁合金及结构钢,

制成后需要进行表面防腐处理,不锈钢多用于防锈困难的部位;常用的非金属材料为硫化硅橡胶板、复合材料、塑料及布等,所选用的材料应具有贮存寿命长、可靠性高等优点。结构设计时,舱段之间应采取密封设计,对制导炸弹尽量采用不开箱检测,在检测窗口处采取密封措施。对紧固件采取防松动和防锈措施,容易积水处尽量采用不锈钢螺钉。采取密封弹衣充氮包装方式,将制导炸弹放入弹衣内,然后对弹衣充干燥的惰性气体氮气,在弹衣内放置硅胶检测弹衣内的湿度,随时了解产品的环境情况,减轻贮存环境对制导炸弹的影响。

2.2 相关试验

除了在设计上采取措施外,还应对部分火工品及非金属件进行加速寿命试验,如某弹用硅橡胶材料在贮存温度为 298 K 时,贮存寿命为 11.7 a^[7]; 30# 机械油在 25 ℃ 条件下的贮存年限为 12 a^[8],均可供参考选择。另外,在研制初样阶段对全弹进行摸底性的环境试验,参照 GJB 150《军用设备环境试验方法》执行,供设计参考。

2.3 免维修设计

通过使用可靠性分析确定满足一定可靠要求的可靠寿命即为免维修期^[9]。通过类比法、试验等手段,分析确定制导炸弹的实际贮存可靠性水平一直大于设计要求的贮存寿命可靠性,即可采用“免维

修”设计,如图1所示。

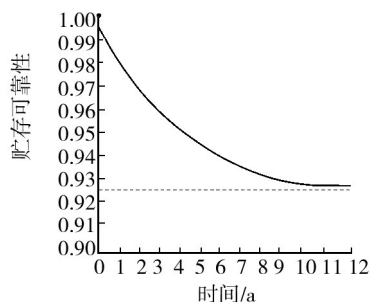


图1 寿命曲线

Fig. 1 Life curve

“免维修”设计具有使用维护简单、方便的特点,不仅可以减少人力、物力消耗,节省寿命周期费用,而且也有助于提高制导炸弹的战备完好性和可用性,更好地满足现代战争的需求。

2.4 改善贮存环境

影响制导炸弹贮存可靠性的因素较多,最主要的是环境因素中的温度和湿度。首先通过贮存环境工程设计来改善贮存现场环境,保证库房温度和湿度等技术要求,为制导炸弹的贮存提供一个良好的“大环境”;然后通过保温、供暖及空调等措施控制温度;通过排水系统、除湿机、排风口等措施控制湿度,使温度和湿度满足制导炸弹的贮存环境指标要求。

航空炸弹、制导炸弹多年的贮存跟踪观察以及收集的导弹部分材料贮存信息情况见表2。部分非金属材料的贮存寿命信息已列出,可以直接运用到设计中,提供贮存可靠性。

3 结论

根据多年来各国开展贮存可靠性工作的经验,制导炸弹的贮存可靠性和贮存寿命在很大程度上取决于设计和选材。设计和选材要综合考虑贮存可靠性、结构及环境条件之间的相互关系,设计不当往往造成制导炸弹的贮存可靠性降低,缩短贮存寿命。通过对制导炸弹的贮存环境进行分析,金属、非金属件以及其它构件进行失效模式分析,有助于设计其它型号的产品。为了提高制导炸弹的贮存可靠性,首先必须做好贮存可靠性设计工作,加强管理;其次通过采用密封弹衣包装或“免维修”方案,减少贮存

表2 非金属材料贮存信息情况

Table 2 Storage information of nonmetal material

材料名称	牌号	贮存信息
硅橡胶	6144	加速老化试验,16 a
橡胶	6103	已有贮存信息,14 a
丁腈橡胶	P219	已有贮存信息,14 a
丁腈橡胶	417	已有贮存信息,10 a
复合材料	碳纤维预浸料	防霉防白蚁存储试验,16 a
胶膜	J-47A	已有贮存信息,15 a
粘合剂	101	已有贮存信息,12 a
密封剂	HJ-1	已有贮存信息,12 a
密封胶	GY-340	已有贮存信息,12 a
铁红环氧底漆	H06-2	对贮存12 a的产品检查,未见油漆问题
有机硅耐热漆	H61-32/83	对贮存12 a的产品检查,未见油漆问题
锌黄环氧硝基磁漆	H04-2	对贮存12 a的产品检查,未见油漆问题

环境的影响,提高制导炸弹的贮存可靠性。另外结合现场实际情况开展贮存增寿和加速寿命试验的技术研究,在理论和试验方面开展对制导炸弹的贮存、延寿的研究,提高其贮存可靠性。

参考文献:

- [1] 武文军,刘军,唐兴诚. 防空兵部队技术[M]. 北京:军事科学出版社,2001.
- [2] 王静. 导弹贮存指标体系研究[J]. 强度与环境,2012,2:9.
- [3] QJ 3135—2002,导弹贮存可靠性设计技术指南[S].
- [4] 于运治,李建林,龚红良. 导弹贮存的失效模式及失效机理[J]. 四川兵工学报,2009,30(4):27—29.
- [5] 敖辽辉,南涛. 复合材料及其涂层耐候性研究[J]. 涂料涂装与电镀,2006,4(4):24—26.
- [6] 朱觅,王卫国,吴昌. 某型空空导弹贮存寿命研究[J]. 国防技术基础,2007(5):40—44.
- [7] 周漪,周堃,马宏艳,等. 某弹用硅橡胶密封材料贮存寿命预测[J]. 装备环境工程,2010,7(5):65—68.
- [8] 张凯,傅强,黄渝鸿,等. 润滑油贮存寿命的预测[J]. 机械工程材,2005,29(10):44—45.
- [9] 王春晖,李忠东,张生鹏. 航空导弹贮存期寿命分析[J]. 装备环境工程,2011,8(4):68—72.