

导弹贮存的失效模式及失效机理^{*}

于运治,李建林,龚红良

(海军潜艇学院,山东 青岛 266071)

摘要:分析导弹贮存的失效模式及失效机理,提出导弹贮存可靠性设计思想应该贯穿导弹设计、定型、研制、生产,直至交付部队使用贮存的全过程,为从全方位、全寿命提高导弹贮存可靠性提供参考。

关键词:贮存失效;贮存失效模式;贮存失效机理

中图分类号: T760

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)04-0027-03

导弹是长期贮存,一次使用的复杂系统,在其寿命周期内的主要战备方式是贮存,有相当数量的导弹未得到使用机会,而在仓库里“寿终正寝”,但导弹的使命是用来打仗的,一旦需要使用它时,就必须具备所要求的技术性能^[1]。

为了保证导弹在战备期间的技术性能,需要分析导弹在贮存中的普遍规律,研究出现过的失效模式及失效机理。通过对这些问题的研究,可以找出延长导弹贮存寿命及提高导弹战备完好性的方法,制定导弹贮存可靠性的设计准则^[2]。

1 导弹金属构件腐蚀机理

腐蚀是导弹贮存失效机理之一,它是各种导弹金属构件及电器设备在贮存中发生失效的主要原因。金属材料与周围介质由于化学作用或电化学作用而遭到破坏,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。大气对导弹金属构件的腐蚀由锈蚀引起,在金属表面形成氧化膜。各种金属在应力与化学介质协同作用下,经常引起金属开裂现象。这种现象是在很大的拉应力连续作用下引起的金属过早破裂,大多由巨大的拉应力和海水、凝结水、焊接剂、润滑剂、有机溶剂,以及各种化学剂等腐蚀介质联合作用所造成。在静载荷作用下,金属表面将产生拉应力,腐蚀作用又会导致产生超过金属屈服极限的集中应力。

在导弹金属构件长期暴露的情况下,由于腐蚀和局部应力集中,金属最终受到破坏。这种腐蚀,经常发生在焊接件焊缝处,某些非金属材料也会发生类似的情况。

应力来自3个方面:外加载荷、残余应力和腐蚀产物。外加载荷包括拉力、压力、扭力和弯曲力,残余应力包括热

处理、热加工、铸造、焊接、冷加工、装配等工艺导致的热应力、相变应力和形变应力等,腐蚀产物是指金属构件受空气腐蚀体积的变化。

当应力及腐蚀介质单独作用于导弹金属件时,分别引起形变断裂及腐蚀;当这2个因素协同作用时,应力可加速腐蚀,而腐蚀产物又是应力的一种来源。应力的作用导致金属中的应力场及应变场发生局部形变,可以破坏金属的表面膜,而影响腐蚀。

2 导弹非金属材料老化机理

老化是导弹内部有关部件的重要贮存失效机理之一,是非金属材料橡胶、塑料等制品失效的主要原因。

导弹内部结构复杂,由于密封要求、导线回路等,经常用到多种密封圈和塑性材料,这些材料的性能都会随着时间的推移而下降,因此研究非金属材料老化机理也非常重要。

2.1 弹上橡胶材料的老化机理

橡胶材料是重要的导弹密封材料,橡胶老化分为橡胶氧化降解和橡胶的臭氧劣化。氧化降解使物质结构发生变化,有分子链的断裂、交链、聚合物链的化学结构变化、侧链的变化等。这些变化,一般按连锁反应机理进行,在热、氧、光等因素的作用下,首先生成羟自由基,又与空气中的氧作用,形成过氧自由基,该过氧基按连锁反应方式促进氧化,导致分解或分子断裂。

橡胶的臭氧劣化是大气老化的一部分,他不仅破坏不饱和聚合物,也破坏饱和聚合物。不饱和聚合物同臭氧的反应速度大于饱和聚合物与臭氧的反应速度。由于橡胶材料中含有双链那样的不饱和基,因此容易遭受氧和臭氧的攻击。随着导弹各段应力的变化,拉伸作用时有发生,这就会增加橡胶和氧气的反应而造成龟裂,有时候,在没有光照的贮

* 收稿日期:2008-12-30

作者简介:于运治(1964—),男,山东蓬莱人,高级工程师,硕士研究生,主要从事质量管理研究。

存洞库,导弹密封圈也会发生龟裂,可见,橡胶老化与光照并没有直接关系,而与空气中的氧气和臭氧有关。

2.2 弹上塑料材料的老化机理

塑料可分为热固性树脂和热塑性树脂两大类。热固性树脂是指通过加热可以软化流动,加热到一定温度以上时则发生固化,并且一旦固化,即使再加热也不会恢复到原来状态的一类树脂。热塑性树脂是指通过加热可以软化流动,一经冷却则硬化为固体,再加热又熔融而变成原来的软化流动状态,即使反复加热、冷却,在本质上也不会发生化学性质变化的一类树脂。塑料老化是由于热、紫外线、放射线、臭氧、电气、机械、化学、微生物等的作用,而氧、水分、应变等则能使这些因素的作用加剧,从而加速塑料的老化。塑料被加热时会软化或熔化,特别是在高温下暴露时,会被空气中的氧慢慢氧化;当暴露在熔点以上高温时,不仅在空气中,就是在真空中也会发生热分解;在室外日光直射时,会急剧老化,其中紫外线和氧作用最大,聚合物中的分子链断裂,产生再生链、支化、交联和环化。

3 导弹某些部件霉变失效机理

霉变是各种军用装备的重要贮存失效机理之一,也是导弹上非金属材料及部分金属材料贮存失效的原因之一。为了保密隐蔽,导弹往往贮存在山洞中,温度和湿度有时难以控制,导致在一些塑料、包装、光学仪器、电子仪器和金属制品上均有霉菌生长,使其遭到霉变和破坏。在我国某型号贮存试验现场,对霉菌情况的测量,鉴定获得50多种菌种。可以说,不同的导弹,不同的场所,几乎均有霉菌存在。

3.1 霉变的定义

霉菌的孢子通过空气流动或其他载体的携带,附着于各种导弹的表面。由于霉菌在正常代谢过程中,能分泌酶、有机酸、氨基酸和一些有害的毒素,这些毒素与导弹结构中的有关成分相作用,使材料遭到变质劣化,表面张力减少,潮气的浸透性增大,造成破坏。

3.2 霉变的破坏作用

霉变对导弹上铝、铁、铜等金属材料会造成破坏,对一些非金属材料、橡胶材料造成老化和变质。霉变还能对弹上电子电器设备,如计算机、印刷线路板、发电机线圈、电容器、电器绝缘材料等形成泄露通道,使电子电路失去平衡,形成加速电腐蚀的电偶。吸收湿气会降低这些设备的绝缘及耐压特性。所有的光学仪器,如显微镜、望远镜、放大器、照相机和投影器的透镜、棱镜、反射镜、滤色器等,会因霉菌繁殖而使玻璃遭到溶解,影响观察和作业。

4 “三漏”的机理

在导弹装备中,伺服机构漏红油、燃料漏液、高压容器漏气,对诸如此类贮存失效模式,简称“三漏”。“三漏”是一种常见的贮存失效模式。“三漏”的机理,概言之,包含了密

封件的老化和金属件的腐蚀。

由于功能的需要,密封件在弹体结构、发动机和伺服机构中广泛应用于各部位,起到密封、保压和缓冲等多种作用。工程上为了密封和材料的相容及耐腐蚀,选用高分子材料作密封材料,如各种橡胶材料。橡胶材料在通常温度下处于高弹状态,具有高弹特性,很容易补偿连接中表面凹凸不平处,在预紧力和被密封压力的作用下,密封件易产生形变,增加密封面的接触应力,从而达到良好的密封效果。导弹经长期在仓库、地下井和坑道里贮存,由于环境中的温度、湿度、盐雾、尘埃、微生物、辐射、推进剂挥发物等多种因素的作用,使金属材料中的高弹性的密封件失效。其原因有2种可能存在,一是密封件老化变质,由于长期处于受压状态,产生残余应力变形,造成弹力不够,起不到密封作用;二是密封件的有效压缩面积偏小,虽有弹性,但存在漏油、漏液和漏气的微缝隙,起不到完全密封的作用,这是设计或加工偏差所致。还有一些活门由于弹簧锈蚀、变形,刚性、弹力变小而导致异常。正是以上原因,造成了“三漏”现象的发生。

5 预防导弹贮存失效

除了以上分析的失效机理外,导弹贮存失效机理还有好多方面,比如推进剂老化、火工品性能劣化等。从以上分析可以看出,导弹贮存由于受环境影响,贮存失效有一定的规律。为了保持导弹可靠性,平时在维护保养和贮存环境维护上就应该科学管理,合理分配资源^[3-4]。

1) 导弹武器装备的特点是长期贮存,一次使用。纵观国内外各类导弹贮存及其延寿信息,所发生的许多贮存失效模式,直接影响系统的战备,造成了不当后果。分析这些失效的原因,很大一部分是因设计不当造成的。这说明为了保持装备实力,必须高度重视贮存可靠性的设计工作。

2) 各类导弹的贮存失效模式和机理,可能千差万别,但其主导原因却大同小异,都是由于环境应力(热应力、化学应力和机械应力)的作用,导致导弹的腐蚀、老化和霉变。这3种失效是导弹贮存中最常见的失效,如能控制腐蚀、老化和霉变的发生,即可大幅度提高导弹的贮存可靠性。因此,必须控制引起应力的温度、湿度、盐度、盐雾、霉菌、氧、臭氧、紫外线、震动、冲击等环境因素的量级,使他们造成的影响保持在可接受的程度。

3) 根据国内外各类导弹贮存试验的经验,贮存环境中的温度、湿度、盐雾、霉菌是影响导弹贮存可靠性的关键因素,必须采取措施控制仓库等处的贮存“大环境”,通过密封包装等途径来控制导弹的贮存“小环境”和“微环境”。

4) 根据前面的分析,导弹的贮存失效涉及各类设备、原材料、元器件,涉及贮存环境,涉及生产工艺、导弹包装和管理。任何一项未妥善解决,都有可能成为至关重要的薄弱环节,以致影响系统的贮存可靠性。因此必须采用系统工程的方法去研究导弹贮存失效模式和机理,进行综合治理。

5) 在综合治理中,首要的是提高导弹适应环境的能力,包括优选各类元器件和原材料;对金属构件加以表面防护,使导弹与周围介质隔离;对元器件、设备和系统逐级实施密封包装;另一方面,由于导弹不可能做到全方位、无限制的防护,必须在尽力提高导弹适应贮存环境能力的基础上,考虑贮存环境工程的设计,改善介质条件,尽可能为导弹创造良好的贮存环境,避免或减少导弹的贮存失效。

6) 元器件失效是导弹装备的一种重要贮存失效模式,在全部贮存失效中占有较大的比例。因此,原材料、元器件是导弹贮存可靠性设计的基础,只有选用高可靠、长寿命的原材料和元器件,才有可能获得高可靠、长寿命的系统。然而,目前尚无适用于所有导弹的、全天候的高可靠原材料和元器件,这就只能立足于当前的实际质量技术水平,对原材料、元器件采用多种措施,达到相对而言的高可靠、长寿命。例如对元器件采用气密密封措施,即可消除由于温度、盐雾、霉菌等引起的失效;对金属材料施以镀涂层,即可避免或减少因腐蚀而造成的损失^[5]。

7) 对导弹进行定期检查,监控导弹失效状态,并予以及时维修,有助于维持导弹的贮存可用性,延长导弹的贮存期。因此,导弹贮存中的检测与维修设计是贮存可靠性设计的组成部分,必须应用国内外的先进经验,切实做好

贮存检测与维修设计工作。

6 结束语

导弹贮存可靠性设计思想应该贯穿导弹设计、定型、研制、生产,直至交付部队使用贮存的全过程,全方位地、系统性地研究导弹贮存的可靠性问题。只有这样,在未来高技术条件的战争中,导弹武器才能更好地发挥其性能。

参考文献:

- [1] 武文军,刘军,唐兴诚.防空兵部队战术[M].北京:军事科学出版社,2001.
- [2] 甘茂治,康建设,高崎,等.军用装备维修工程学[M].北京:国防工业出版社,1999.
- [3] 许柏树.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [4] 刘树新.瑞士双35高炮维修原则及技术资料体系分析[J].四川兵工学报,2003(2):21-25.
- [5] 马绍民,章国栋.综合保障工程[M].北京:国防工业出版社,1995.

(上接第19页)

$$P_{B2} = [0.2131, 0.2427, 0.2636, 0.1684, 0.1121]$$

指标 B2 的加权评价平均值为: $V_{B2} = 55.5194$.

4 结束语

本文中采用层次分析法和模糊综合评价方法建立了学员计算机综合能力评估体系,其指标权重的确定和评价的结果比较合理,能客观地反映出学员计算机综合应用能力的总体水平和各个方面知识的水平,该评估体系有利于学员、教员、评价组专家正确评价学员的计算机综合水平,同时对院校的计算机课程设置和教师的教学也能起到很好的导向作用,进而可以不断地提高计算机学科的教学质量。

学质量。

参考文献:

- [1] 诸克军,张新兰,荔瑾. Fuzzy—AHP 方法及其应用[J].系统工程理论与实践,1997,17(12):64-69.
- [2] 王莲芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990.
- [3] 汪培庄,李洪兴.模糊系统理论与模糊计算机[M].北京:北京科学出版社,1996.
- [4] 杨伦标,高英义.模糊数学原理及应用[M].广州:华南理工大学出版社,1992.