

2011 全国武器装备防护与包装发展研讨会论文专栏

· 武器装备防护与包装技术/材料/工艺 ·

海军导弹服役环境对导弹寿命的影响及防护包装对策的研究

洪亮, 张福光, 崔旭涛

(海军航空工程学院, 烟台 264001)

摘要: 通过对海军导弹服役环境因素的分析, 确定了影响导弹寿命的单一或复合环境因素, 研究了弹上典型材料的失效模式和失效机理, 提出了针对性技术解决措施和导弹装备防护包装建议, 为现役导弹延寿工作提供理论支撑, 为新研导弹论证、设计提供指导。

关键词: 海军导弹; 服役环境; 防护包装

中图分类号: TB487; E246 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)23-0001-04

Research on Influence of Naval Missile Service Environment on Missile Life and Countermeasures of Protection Packaging

HONG Liang, ZHANG Fu-guang, CUI Xu-tao

(Naval Aviation Engineering College, Yantai 264001, China)

Abstract: The environmental factors of naval missile service environment were analyzed. The single or compound environmental factors influencing missile life were determined. The failure modes and mechanisms of typical materials on the missile were studied. Technical countermeasures of pertinency and protection packaging of missile equipment were put forward. The purpose was to provide theoretical support for life extension of in service missile and guidance for argumentation and design of missile.

Key words: naval missile; service environment; protection packaging

与其它军兵种导弹相比, 海军导弹具有作战平台多样、导弹系列复杂、服役环境恶劣、环境参数控制困难等特点。而且, 随着海军舰艇执行出访、演习、打击海盗、人道主义救援等行动任务日益频繁, 远海长航趋于常态化, 海军导弹历经“三高”(高温、高湿、高盐雾)、甚至超出设计使用环境条件的时间更长, 因此针对海军导弹服役任务剖面, 研究影响海军导弹服役寿命的环境因素, 分析弹上典型材料失效模式和失效机理, 提出针对性的技术解决措施和导弹装备防护包装建议, 可为现役导弹延寿工作提供理论支撑, 为新研导弹论证、设计提供指导, 具有重要的意义。

1 服役任务剖面

导弹是“长期贮存、一次使用”的精确打击武器。导弹服役任务剖面^[1], 是指导弹出厂验收到退役, 期

间所经历的事件、环境和时序描述。海军导弹服役任务剖面, 包含导弹的运输、装卸、贮存、测试、维修、战备值班、发射等事件, 见图 1。

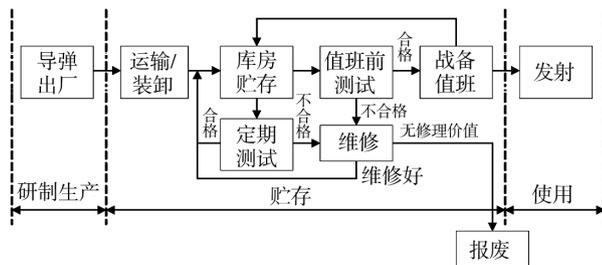


图 1 海军导弹服役任务剖面示意图

Fig. 1 Sketch map of the mission profile of naval missile

2 服役环境特点及其影响

根据服役任务剖面, 海军导弹主要有 3 种典型服

收稿日期: 2011-07-08

作者简介: 洪亮(1978—), 男, 安徽淮南人, 海军航空工程学院工程师, 主要研究方向为可靠性工程、环境试验。

役环境,即在洞库或技术阵地的存储环境、进行空间转移的运输环境和承担作战执勤的战备值班环境。

在导弹任务剖面中,全部环境因素可分为自然环境因素和诱导环境因素 2 大类。自然环境因素包括:温度、湿度、大气压力、降水、太阳辐射、沙尘、霉菌、盐雾和风等;诱导环境因素包括:振动、冲击、加速度、酸性气体、二氧化硫、臭氧、电磁辐射和静电等。

2.1 存储环境影响因素

导弹的存储环境,按其存储场所分为洞库贮存、

地面库贮存和阵地待用贮存等。洞库内的温度和湿度是可以控制的,它是导弹长期存放的主要场所。地面库房可以挡风、遮阳光,但温度、湿度不易控制,其环境随地区和季节而异。阵地待用状态的贮存环境比较恶劣,除了难以控制的温度、湿度外,还有盐雾、霉菌等,因此,存储环境对导弹武器产生影响的因素主要有温度、湿度、霉菌、气压、腐蚀介质等,其中以温度和湿度的影响最大。导弹存储环境所涉及的主要因素,见表 1。

表 1 存储环境因素的影响*

Tab. 1 Influence of storage environmental factors

存储环境	自然环境因素							诱导环境因素				
	温度	湿度	盐雾	霉菌	太阳辐射	大气压力	沙尘	振动	冲击	低频摇摆	电磁辐射	核辐射
洞库	●	●	○	○	—	○	—	○	○	—	—	—
库房	●	●	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○
阵地待用	●	●	●	●	●	○	●	○	○	—	○	○

* : ●为主要影响因素;○为次要影响因素;—为基本无影响

2.2 运输环境影响因素

导弹运输环境可分为陆运(铁路、公路或阵地内)、空运和海运 3 种方式,运输过程中对导弹产生的影响包括:在运输和装卸过程中会遇到的颠簸振动;以及在铁路和公路运输中的启动和急刹车的冲击;装卸中可能遇到的跌落;堆码操作中的叉车移动和其他

包装件的碰撞等。运输工具、装卸固定情况、道路条件等的不同,对运输状态下的导弹所产生的影响也不同。运输过程主要环境因素是振动、冲击,一般而言,陆运环境较海运、空运更为严峻,而陆运中又以公路运输环境最为恶劣。导弹运输环境所涉及的主要因素见表 2。

表 2 运输环境因素的影响*

Tab. 2 Influence of transportation environmental factors

运输环境	自然环境因素							诱导环境因素				
	温度	湿度	盐雾	霉菌	太阳辐射	大气压力	沙尘	振动	冲击	低频摇摆	电磁辐射	核辐射
陆运	●	●	○	○	○	○	○	●	●	—	○	○
海运	●	●	●	●	○	○	—	●	○	○	○	○
空运	●	●	○	○	○	○	—	●	●	—	○	○

* : ●为主要影响因素;○为次要影响因素;—为基本无影响

2.3 战备值班环境影响因素

战备值班环境是指导弹在战斗执勤状态下所处的环境,包括陆上和舰载发射装置、飞机挂架等环境。根据装载平台的不同,导弹所受的环境影响不同,既有温度、湿度、气压等自然环境因素的影响,又有电磁辐射、舰艇摇摆振动、飞机起落过载冲击等平台装载环境因素的影响,还可能有核辐射等战场环境因素的影响。导弹战备值班环境所涉及的主要因素见表 3。

根据以上分析可知,导弹贮存过程中,其寿命主要受温度和湿度的影响;在运输过程中,其寿命则主要受温度、湿度、振动、冲击、海洋盐雾、霉菌等因素影响;在战备值班过程中,其寿命主要受温度、湿度、振动、海洋盐雾、霉菌、电磁辐射以及机载导弹挂飞值班时的低气压等因素影响。

海军导弹服役环境对导弹寿命影响的主要因素有温度、湿度、盐雾、霉菌、大气压力、振动、冲击、电磁辐射。

表 3 战备值班环境因素的影响*

Tab.3 Influence of combat readiness duty environmental factors

值班环境	自然环境因素						诱导环境因素								
	温度冲击	压力速变	温度	湿度	盐雾	霉菌	太阳辐射	大气压力	沙尘	过载冲击	振动	冲击	低频摇摆	电磁辐射	核辐射
车载发射装置	○	—	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	—	●	○
舰载发射装置	○	—	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●	○	●	○
飞机挂架	●	●	●	●	○	○	●	○	○	●	●	●	—	●	○

* : ●为主要影响因素;○为次要影响因素;—为基本无影响

3 环境因素影响机理及防护包装对策

根据国外和国内的有关经验,为控制环境因素对导弹可靠性和服役寿命的影响,应该从装备环境工程出发,重点在设计研制阶段对导弹包装设计采取相应的技术防护措施。

3.1 重视装备环境工程工作

装备研制过程中同步开展环境工程工作,加强环境工程管理、环境分析、环境适应性设计和环境试验与评价等工作^[2]。GJB 4239—2001《装备环境工程通用要求》规定:在武器装备论证阶段,订购方应通过环境分析确定武器装备的寿命期环境剖面和环境适应性要求,并在武器装备研制总要求或有关合同文件中予以明确;在武器装备研制过程中,承制方应根据规定的环境适应性要求开展环境适应性设计;在方案和工程研制阶段,应进行环境适应性研制试验,为改进设计提供信息并验证改进措施的有效性,从而提高武器装备的环境适应性;在定型阶段,应进行环境鉴定试验和必要的使用环境试验,验证所设计的武器装备的环境适应性是否满足规定的要求;在生产阶段,应进行环境验收试验、环境例行试验,验证武器装备生产过程的稳定性,确保武器装备的环境适应性;在使用阶段,应开展必要的使用环境试验和自然环境试验,为评价武器装备的环境适应性提供信息^[3]。

在海军导弹的论证、研制、生产和使用的全过程中应当重视环境工程工作。在论证设计中,依据导弹服役寿命剖面可能经历的环境条件,对不能满足环境条件的设计及时提出改进措施。在工程研制中,按照GJB 150《军用装备环境试验方法》或其他有关国标、国军标等要求进行自然环境试验及实验室环境试验,检验导弹在运输、贮存、战斗值班等环境条件下能否正常工作,并及时采取纠正措施。在生产过程中,严

格控制生产制造车间的环境条件,防止弹上设备受到污染,避免为导弹遭受腐蚀等创造条件。在使用过程中,对导弹库房、备件库、测试间等使用环境,应按照导弹设计贮存环境条件进行控制。

3.2 应用综合防护包装设计技术

控制环境因素对导弹寿命的影响,最佳的解决方案是采用贮运发射箱(筒)、包装箱等形式,创造一个良好的“微环境”,以减轻或避免外界大环境中各种环境因素的影响,降低对库房储存环境的条件要求,减少部队维护保养的工作量。综合防护包装设计,就是根据导弹的材质构成、储存特性、防护重点等需求,科学合理地确定需要达到的“微环境”控制指标,并根据控制指标科学合理地选用材料和方法,对导弹贮运发射箱(筒)、包装箱以及弹体密封结构本身进行设计的过程^[4]。综合防护包装设计主要包括温湿度、大气压力、盐雾、霉菌、振动、冲击、电磁辐射控制与防护技术。

3.2.1 温湿度控制技术

温度和湿度是影响导弹可靠性和寿命的主要因素。高温会加速材料老化过程,低温可使材料和构件产生收缩、脆化,导致变形、强度降低,高湿会造成材料物理性能下降、绝缘电阻降低,低湿会造成材料脆化、机械强度降低。为控制和消除温度、湿度对导弹寿命的影响,可采取以下措施。

1) 贮运发射箱(筒)、包装箱密封技术。数据表明,导弹交付后启封的越早,故障率越高,因此密封环境对于提高导弹可靠性和寿命具有重要意义。应尽可能采用导弹元器件的长寿命设计技术,实现导弹在寿命期内的免维护,即导弹在寿命期内不出贮运发射箱(筒),以保证导弹始终处于密封状态。在贮运发射箱(筒)各舱口盖连接处等易泄漏环节,应采取有效的密封措施,保证良好的气密性,箱(筒)内应充入惰性气体,并保证泄漏率能够满足设计要求。贮运发射箱(筒)外部可采用包装箱或塑料薄膜套等多层密封的

措施,为弹上设备提供良好的贮存环境条件。

2) 复合隔热技术。贮运发射箱(筒)、包装箱以及弹体材料的隔热性能直接影响着内部温度的变化,可选用绝热材料和采用多层复合包装结构设计,尽可能降低外界环境温度对内部“微环境”的影响。对于金属材料的隔热,通常在材料内壁粘贴一层绝热材料,而对于工程塑料和复合材料,可采用夹芯结构或中空结构提高隔热性能。另外,选用的材料还应具有适应高低温变化冲击的能力。

3) 环境控制技术。环境控制包括导弹密封的“微环境”和外界的大环境。“微环境”的调节是采用贫氧防潮剂、吸收剂等来控制贮运发射箱(筒)内的环境湿度和各种有害气体的浓度,确保在比较严酷的潮湿、高低温、盐雾环境中筒内导弹处于良好的贮存环境。对于导弹贮存外界环境的调节,主要是采用空调、除湿机等设备对导弹贮存洞库、测试间、工作间、备品备件库等场所的温湿度进行调节,使得环境条件达到设计使用要求。

3.2.2 大气压力控制技术

大气压力对导弹的影响主要出现在导弹空中运输、机载导弹挂飞过程。起飞时气压由高变低,可能造成密封容器膨胀破裂、气体或燃料泄漏、绝缘性能下降;降落时气压由低变高,可能造成弹上部件结构损坏、密封穿透。

控制和消除大气压力对导弹寿命的影响,可采用合理的压力调节技术措施对导弹包装箱、弹体结构内外气压进行调节^[5],以便将内外压力差控制在一定范围内,确保弹上设备不会因内外压力差过大而造成功能性损坏。通常采取的措施是设计一种可自动双向调节的气压调节装置,当内外压力差达到一定值时,弹簧在压力作用下产生压缩变形,密封垫随之产生位移而开启气体交换通道,当压力差下降到规定值时,密封垫在弹簧压力作用下复位并关闭气体交换通道。

3.2.3 盐雾、霉菌防护技术

对于海军导弹而言,在导弹全寿命周期内都会受到盐雾和霉菌的影响。盐雾会造成弹上设备的锈蚀和电解、机械强度下降、导电性增大,霉菌会造成材料机械强度下降或物理性能变化、有机类材料分解、电子元器件的绝缘性能下降甚至漏电、短路。

控制和消除盐雾霉菌对导弹寿命的影响,通常的措施是采用密封性能好、防护性能优的包装设计和材料。针对霉菌生长所必需的湿度、氧气等条件^[6],可

以在密封的贮运发射箱(筒)、包装箱内部充入干燥空气或惰性气体、放入干燥剂,减少“微环境”内氧气的含量,并保持干燥,防止霉菌的生长。在满足设备性能技术指标要求的情况下,尽量选择抗霉性能好或者本身具有防霉特性的材料,如无机矿物类材料等。

3.2.4 振动、冲击防护技术

振动和冲击主要来自导弹运输转载和战斗值班过程,可能引起控制系统、发动机等结合处密封性丧失、焊接和胶合处损坏以及固体推进剂装药的裂纹和防护层的脱粘,甚至在结构易碎部位形成裂缝和折断。为控制和消除振动冲击对导弹寿命的影响,可采取以下措施。

1) 方案设计时,确定导弹全寿命周期的累计损伤限度。根据弹上设备对产生过载的敏感性、弹体和单个元件保持本身机械特性和形状的能力、长时间施加振动载荷对损伤的累计程度,确定导弹在各种交通工具容许运输的速度和距离以及机载导弹挂飞的起降次数等容许限度。

2) 尽可能采用缓冲包装设计。缓冲包装可吸收或减缓导弹在装卸、运输过程中由于跌落、碰撞、运载设备的振动、颠簸而产生的冲击、振动,防止武器装备产生过载或疲劳而引起的材料破损、结构破坏、功能失效。

3) 包装设计应方便转运,避免误操作。相对导弹在运输过程中受到的振动而言,装卸、运输过程中的跌落、碰撞对导弹的损伤要严重得多,因此贮运发射箱(筒)、包装箱设计应贯彻 GJB 1443《产品包装、运输、贮存质量管理要求》、GJB 1303《导弹吊装安全规程》的规定,保证具有良好的运输性。贮运发射箱(筒)、包装箱应便于在各种运输工具上的装载固定,为方便采用机械设备进行装卸,贮运发射箱(筒)、包装箱应预留叉车口、吊环等。

3.2.5 电磁辐射防护技术

电磁辐射主要出现在战斗值班过程中,导弹处于舰载或机载平台复杂的电磁辐射环境中,会造成弹上系统性能降低或失效,特别是电火工品吸收环境电磁场的射频能量产生误动作,从而造成事故。为控制和消除电磁辐射对导弹寿命的影响,可采取以下措施。

1) 采用电磁屏蔽技术。可以采用电磁屏蔽复合材料制造贮运发射箱(筒)、包装箱,或在贮运发射箱(筒)、包装箱内外壁上喷涂导电屏蔽涂料,亦可采用

3.3 加强食品冷冻冷藏存贮设施设备建设

冷冻冷藏储存是食品冷藏链中重要的环节,也是常常容易被忽视的环节。在食品储存过程中,温湿度的变化是引起食品质量下降的主要原因,因此,加强食品冷冻冷藏配套设施建设显得异常重要。冷冻冷藏存贮设施必须具有良好的温湿度防护能力和调节能力,不但要保持在规定低温环境,更切忌大的温度波动。针对现有舰上冷冻冷藏储存设施设备存在的问题,一是要对舰上存贮设施进行改造,根据食品分类和储存要求设定改造库容,防止因食品混贮而引起的“交叉感染”;二是增加配套的预冷、消毒、除湿和保鲜设备等,确保食品进库温度达到要求,定期进行库房消毒、除湿,避免因湿度过大而引起酵母、霉菌和细菌等微生物的滋生,延长食品保鲜期。

3.4 强化舰艇航行期间食品管理

护航舰艇海上航行条件下,如何在高温、潮湿、气候多变的情况下,有效延长贮藏时间,确保食品质量,是舰上食品管理人员重要的职责。一是要充分考虑环境因素、食品周转环节,预测各种食品的损耗,如由于舰艇海上运动和食品运输、装卸、补给、输转加速食品损耗量,以及因海区气温、湿度的影响而导致食品

损耗量增加,在补给需求基础上应考虑增加一定比例的携带量;二是要加强库存食品的管理,对入库的食品按照“先吃后入、后吃先入”的原则,对于冷冻冷藏要求较高的食品要严格按照要求进行加工、处理、预冷和包装。航行期间实行库存食品定期检查、消毒制度,建立食品安全应急组织与作业规程,一旦发现问题,确保能够及时、有效处理。此外,航行期间还可根据食品消耗情况,调整库存食品存储布局和食用先后顺序,延长食品的保鲜期和贮存期限,减少损耗。

参考文献:

- [1] “蓝盾行动-09”任务后勤保障经验与总结[Z]. 海军某保障基地后勤部,2007.
- [2] 蔡文. 水果和蔬菜的包装特点及要求[N]. 中国包装报, 2008-05-27(3).
- [3] 陆翔华. 国内外冷冻食品发展概况[J]. 食品与机械, 1995(3):6-7.
- [4] 邱爽. 新型冷却肉保鲜方法的研究进展[J]. 现代农业科学, 2009(5):227-228.
- [5] 一鸣. 冷冻食品包装的问题及其对策[N]. 中国食品报, 2010-11-15(6).

(上接第4页)

导电薄膜或导电布等对贮运发射箱(筒)、包装箱进行电磁屏蔽铺层。在密封接口处,采用导电橡胶或导电弹性体制作电磁密封胶圈实现屏蔽,观察指示窗等开口处设计采用透明屏蔽材料。

2) 设计弹上保护电路^[7]。可在导弹电点火系统中设计保护电路,在电磁辐射能量过大时保护电路可瞬时导通,将大部分具有破坏能力的能量泄放掉,从而使电点火系统中的电子线路受到保护,避免产生误动作而造成事故。

4 结论

通过对海军导弹服役环境因素分析,明确了在导弹服役寿命剖面内影响导弹寿命的主要因素是:温度、湿度、盐雾、霉菌、大气压力、振动、冲击、电磁辐射,提出应当在导弹的论证、研制、生产和使用的全过程中重视装备环境工程工作,并对上述主要因素作用下的导弹典型材料失效模式和失效机理进行了分析,有针对性地给出了技术措施和防护包装设计建议。

可以看出,尽管影响导弹可靠性和服役寿命的主要因素有多种,但是通过在导弹设计、生产和使用中采取相应的防护包装对策和措施,能够有效控制和消除环境因素对导弹寿命的影响。

参考文献:

- [1] 李久祥. 装备贮存延寿技术[M]. 北京:中国宇航出版社, 2006.
- [2] 王一临. 军用包装与武器装备的环境适应性[J]. 装备环境工程, 2004, 1(4):52-55.
- [3] GJB 4239-2001, 装备环境工程通用要求[S].
- [4] 李子繁, 孙红旗, 郭宝华. 综合防护包装技术在武器装备中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(10):59-61.
- [5] 蔡建, 胡秉飞, 赵耀辉. 基于适应高原环境的武器装备防护包装设计方法探讨[J]. 包装工程, 2009, 30(10):54-58.
- [6] 齐俊臣, 李新俊, 刘春和. 武器装备的霉菌防护技术[J]. 装备环境工程, 2004, 1(2):69-72.
- [7] 赵炳秋, 汤仕平, 万海军. 电磁辐射对舰载导弹危害及防护技术研究[J]. 舰船电子工程, 2009(8):199-202.