

复合防护设计思想在某型弹药改进中的应用^{*}

石志彬¹,赵晓利¹,翟根红²,王异轩²

(1. 军械工程学院 弹药工程系,石家庄 050003; 2. 62201 部队,西宁 810000)

摘要:提出了储存可靠性关键重要件复合防护设计思想的定义及内涵,然后以某型弹药失效问题为例,介绍了复合防护思想在其改进设计中的应用。

关键词:弹药;关键重要件;储存性可靠性;复合防护

中图分类号: T4; E9

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)10-0126-03

弹药产品中有很多金属零件、高分子材料件、电子元器件及各种火工品等,长期储存后,由于受到弹内外温度、湿度、盐雾、侵蚀性气体、霉菌等各种环境应力的作用,会出现金属零件锈蚀、火炸药分解、有机材料老化等现象^[1-2],导致弹药储存失效。有些零件特别是引信中的零部件,抵抗环境应力的能力较弱,且失效后会致全弹瞎火甚至发生安全事故。这类零件储存性设计时不仅要进行防护,必要时还需对其进行双重的防护。本文中在介绍复合防护思想的基础上对出现储存失效问题的某型弹药的改进设计进行探析。

1 复合防护设计思想

关键重要部件是弹药产品完成作战效能的核心组成部分,也是比较脆弱易受外界环境影响而失效的部分,因此要对这类零部件进行更加严密的防护。复合防护就是至少采用2种措施保证关键重要零部件的储存可靠性,即便当一种储存性设计失效时,仍能在一定可靠度上保证被防护的元部件实现其预定功能。

准确理解复合防护设计思想需要明确几个要点。

1) 针对关键重要零部件

弹药元件的特性根据重要程度可分为关键特性、重要特性和一般特性^[3]。对于关键重要零部件,由于其易损性和在弹药中的特殊重要地位,需要进行格外严密的防护。而对于只具有一般特性的单元件,比如说普通榴弹的弹丸,没必要再用密封包装筒对其进行多重的防护,这主要是因为:第一,弹丸表面防锈蚀处理技术比较成熟,能在一般库存条件下满足储存要求;第二,如果弹丸受到了轻微的腐蚀,仍能在一定程度上完成任务,并不会对其作战效能的发挥产生致命影响。另外还需要考虑经济性和适用性方面的原因,给弹丸加上密封包装筒不仅会增加制造成

本,还会由于体积增大和启封效率影响到后勤及战斗时的勤务保障。

2) 复合防护的重数问题

为保证某产品或零部件的储存性而采取的各种防护措施,其可靠性框图是并联式的,只有每一种措施都失效,被防护的零部件才发生失效。假设每一种措施的可靠度都是 $R=0.8$,通过计算可以得出,双重防护可提高可靠度20%,而三重防护比双重防护仅提高可靠度3%,四重防护比三重防护只提高0.8%。虽然采取的防护措施越多可靠度越高,但其增益越来越小,所以为了较大幅度地提高零部件的储存可靠性,同时又不至于设计太复杂或成本太高,对关键重要零部件要采用双重防护。当然,如果有应用实例能证明某种防护措施满足规定储存性要求,也可只采用此一项措施而不再进行双重防护。

3) 针对可能的最直接的外部威胁进行防护

弹药产品或零部件在贮存过程中不仅会受到外界环境(库存环境、勤务处理环境及阵地使用环境)的影响,还会受到密封包装内小环境或弹内环境的影响,这是因为密封包装或弹体在一定程度上使弹药零部件与外界隔绝,内部(装药或其他高分子材料等)产生的有害气体不能及时被吸收或散发出去。甚至有些弹内零件,受到密闭弹体内有害气体的侵蚀相比其他因素而言更加严重,我军弹药近期出现过较多类似的问题。因此,要可靠保证关、重件长期储存后不失效,不能只着眼于对外界环境的防护,而是要针对可能的最直接的影响长期储存的外部威胁进行复合防护设计。勤务处理及储存过程中弹药及零部件受到最直接的外部威胁,见表1。

4) 注意采取减小外部环境应力水平的措施

储存过程中弹药受到的环境应力主要包括温度、湿度、温湿交变、盐雾、盐水、腐蚀性气体和微生物等,它们是影响产品储存寿命的重要因素。除了要控制弹药库房温湿

* 收稿日期:2009-07-15

作者简介:石志彬(1985—),男,河北馆陶人,硕士研究生,主要从事弹药技术与保障研究。

度在“三七线”以内,还需要在设计中视情况采取以下一些措施:第一,对密封包装的产品,必要时在密封包装内充填惰性气体、放置干燥剂或吸收其他有害气体的药剂;第二,弹体内如果产生的侵蚀性气体,可通过密封或开孔疏导的办法降低对弹内元件的侵蚀。

表1 弹药及零部件受到的最直接的外部威胁

受影响的弹药及零部件	最直接的外部环境	主要环境应力来源	备注
无密封包装的弹药产品	弹药的储存环境	温度、湿度及温湿交变应力,振动、冲击、碰撞等机械应力,昆虫、霉菌、酸碱环境等	
密封包装的弹药产品	密封包装内环境	包装内固有的水分和氧化气体,弹内及包装材料释放出的有害气体	
随弹装配的引信,弹体内各种装填物,发射装药的各个组成部分	密闭弹体环境	弹内火炸药或其他有机材料释放出的有害气体及其他物质	

2 某型弹药的储存质量问题及失效机理分析

2.1 某型弹药简介

某型弹药在预定的条件下可实现破甲、杀伤和纵火燃烧等功能。多用途战斗部类型决定了必须在弹底起爆,配用的某型引信在出厂时就与战斗部装配在一起。引信中引出两极导线与战斗部前端的相关部件相接,构成闭合回路。引信外壳的结构见图1。

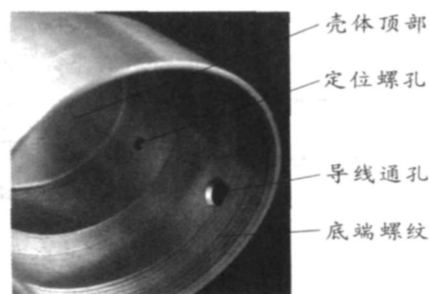


图1 某型引信外壳结构

从图1可以看出,引信壳体顶部是与导爆药和传爆药相互隔绝的,底端与螺盖相互旋接,铝制的引信外壳上有定位螺孔和导线通孔,定位螺钉旋入螺孔中起到周向定位引信的作用,导线通过衬套进入引信内部,衬套的作用是防止导线磨损。

2.2 出现的质量问题及失效机理分析

该型弹药在长贮性能研究的射击试验中,出现了较多

的不爆弹,后经验证肯定了该弹存在不爆率高的问题。

引信分解时发现部分引信内金属零件严重锈蚀,见图2,经过多次的排查、试验,肯定多用途弹不爆率高的原因是引信瞎火所致,而引信内钟表机构锈蚀,造成运动卡滞是引信瞎火的直接原因。之后厂家会同相关专业研究所利用红外光谱分析(FTIR)、扫描电镜与能谱联用(SEM/EDS)等技术分析了锈蚀物成分^[4-7],综合分析后认定引信的失效机理为:战斗部8701炸药的成分为黑索今(RDX)、二硝基甲苯(DNT)、聚醋酸乙烯酯(PVAC)、硬脂酸钙和硬脂酸,略偏酸性,装药中的游离酸、硬脂酸及微量水分对聚醋酸乙烯酯的分解提供了酸性环境,PVAC在弹内相对密封的条件下生成聚乙烯醇(PVA)和醋酸,醋酸会催化水解反应,使反应加速进行,产生大量酸性气体(醋酸);由于引信的壳体不密封,水解出的醋酸扩散到引信腔体内,腐蚀钟表机构的金属零件,生成醋酸的金属盐(醋酸锌、醋酸铁、醋酸铜)等;锈蚀物的存在使金属零件间运动阻尼增大,正常的运动受到阻滞,导致引信不能可靠解除保险,弹丸遇到目标时产生瞎火。

可以看出,造成该种弹药瞎火的原因主要有以下几个层次,第一是战斗部主装药的外相容性太差,容易受潮分解出大量的酸性气体;第二是酸性气体没有得到有效的密封或吸收疏散;第三是引信外壳不密封,使醋酸气体很容易进入引信腐蚀内部零件。

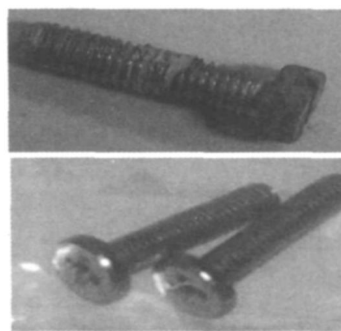


图2 引信内锈蚀的螺钉与新螺钉的对比

3 改进设计中复合防护思想的应用

该弹药所用引信是随弹装配的,而且引信瞎火是由于弹内主装药释放的醋酸腐蚀所造成的,因此,要从战斗部装药和引信2方面考虑进行改进。

3.1 储存性关键重要件的确定

引信内包含有发火机构、传爆序列、隔离机构和保险机构等,零件众多,任一零件的失效都会造成弹药作用不可靠甚至发生安全性事故,且如果引信壳体不能实现可靠密封,这些零件很容易受到外界环境应力的侵蚀而失效,因此引信内零件为储存性关键重要件。另外导线是引信起爆回路的重要组成部分,如果被腐蚀造成断裂,会直接导致瞎火,所以引导导线也是储存可靠性的关键重要件。主装药释放出酸性气体虽然对弹内零件造成了严重的腐蚀,

但并没有影响到本身的爆炸性能,因此不作为关键重要件进行复合防护,对其释放出的醋酸气体采取密封或者吸收、疏散的方法来减轻对其他零件的腐蚀。

造成该多用途弹储存失效的可靠性关键重要件为:引信内零件及导线。

3.2 复合防护设计对策

该型弹药的弹体密封的,将内部装药和引信与外界环境隔绝,弹内零部件受到储存环境的影响不大。由失效机理分析的结果可知,弹药是因为引信内部零件受到主装药释放出的酸性气体侵蚀而瞎火失效的,对此可认定导致引信瞎火的最直接的外部威胁是战斗部装药释放出来的醋酸气体。

相关单位根据引信的结构,经过研究论证,确定了该型弹药的改进方案:

1) 引信及导线的密封方案

GB2515-95《弹药贮存可靠性要求》5.2.1.3.1中规定“结构设计时应优先保证引信具有良好的自身密封性”。该引信为弹内引信,原设计时没有考虑到战斗部装药对其的影响,依靠弹体密封来实现引信与外界环境的隔绝。这本身就是不符合国军标要求的,出现储存失效问题以后,更加说明了引信外壳密封的必要性,因此改进时首先要加强引信的密封性能。

由于引信本身为不密封引信,在引信外壳定位螺钉处、导线引出孔处、底部螺盖合口处等均会产生漏气,特别是导线引出孔处,使引信壳体内直接相通。为提高引信的密封性能,某厂对引信密封性能进行了工艺改进,方案如下: 外壳定位螺钉处:在螺钉拧入前,螺纹处涂覆硅酮密封胶。 导线引出孔处:将原玻璃漆管更换为热塑管,将导线进行全部热塑,在衬套与外壳连接处及衬套外表面涂覆环氧树脂胶。 底部螺盖合口处:在底部螺盖合口前,在螺纹处涂覆硅酮密封胶。

引信改进后,经密封性测试,满足使用要求。

2) 战斗部装药的覆盖涂层

为了更可靠地保证引信内零件免受主装药的影响,还要对战斗部装药采取一定的措施,比如说改进或更换炸药使其相容性更好,或者采取措施吸收或疏散酸性气体。

8701炸药也称为聚黑-2炸药,热安定性良好,酸性比8321(聚黑-1)炸药要小很多,但仍有弱酸性,主要用于破甲聚能装药,我军80%以上的破甲类战斗部都应用此炸药。由于应用广泛,而且在短期内又没有更合适的炸药来取代,所以更换战斗部装药短期内不现实。

战斗部装配时,为完善装配工艺,防止炸药与金属弹体直接接触生成高敏感物质,一般都在装药与弹体之间增涂一层沥青清漆。后来按照专家的建议,在战斗部的引信室表面也增涂一层约1mm厚的沥青清漆涂层,将战斗部装药相对隔绝开来,如图3所示。鉴定试验证明,该方法有效缓解了醋酸气体向引信内的扩散,降低了对引信部件的锈蚀。

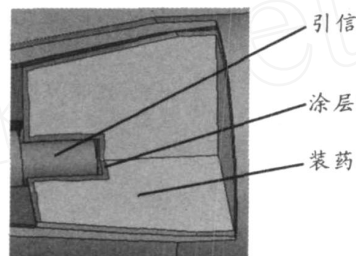


图3 战斗部主装药密封示意图

4 结束语

文中所举是在改进设计中应用了复合防护设计思想案例,其实在新型号弹药研制的过程中就应该进行各种材料的相容性试验,发现影响长贮的因素,并有针对性地对关键重要件进行复合防护设计。将复合防护设计思想应用于新型号弹药的研制过程,并在可接受的成本范围内提高弹药长期储存可靠性,才是其长远目标所在。

参考文献:

- [1] 刘卫星,俞朝晖,张余清. 黄铜药筒大面积锈蚀研究[J]. 火炸药学报,2001(3):64-66.
- [2] 徐皖育,何卫东,张颖. 含RDX高能太根发射药的热分解性能[J]. 火炸药学报,2006,29(2):63-65.
- [3] GB1405A-2006,装备质量管理术语[S].
- [4] 陈智群,王克勇,李惠元,等. 某弹药中引信失效机理分析[J]. 火工品,2008(1):49-52.
- [5] 赵志锋. 某型机电引信长贮瞎火原因分析及对策[J]. 军械军代表工作,2008.
- [6] 刘鹏安,罗兴柏,李岩. 引信内部火工品烧毁机理分析[J]. 四川兵工学报,2007(4):43-45.
- [7] 李科伟,王新政. 基于组合权重分析的引信失效诊断技[J]. 兵工自动化,2006(6):20-21.