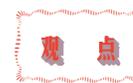


DOI: 10.11943/CJEM2019181

文章编号: 1006-9941(2019)12-0981-03



通用弹药储存可靠性研究面临的问题及对策

众所周知,弹药导弹作为长期储存、一次性使用的特殊装备,其延寿问题背后的主要科学问题,是弹药储存可靠性。弹药储存可靠性主要反映的是弹药在长时间储存过程中,经受各种环境因素影响以后,保持各项设计功能的能力。弹药具有的这种能力越强,其储存可靠性越好。在相同的储存条件下,弹药能够保持预定设计功能的时间越长,弹药的储存可靠性越好。一方面,弹药导弹的实际的储存寿命,是由储存可靠性决定的,当判定弹药导弹实际储存寿命超过生产厂给定的质保期时,一般称之为指标延寿;另一方面,通过维修更换弹药导弹少量的组件(寿命短板),使其储存寿命进一步延长,称之为整修延寿。通过整修延长的寿命,也要由储存可靠性进行评定。

1. 通用弹药储存可靠性研究现状

美国从20世纪50年代就开始研究弹药贮存可靠性,是世界上最早对该问题开展研究的国家,其以自然存储监测数据为主,从新型弹药交付时开始执行贮存监测计划,在整个贮存周期内,对产品的老化趋势进行监测,进而对其贮存可靠性进行评估。目前,已形成成熟完备的理论和相关工业标准。其中,雷锡恩公司对弹药从最低级零件和元器件开始,研究各种环境条件下的失效模式、机理和分布,算出弹药部件的储存可靠性数据,公布了几百种零部件失效数据,并将数据按照军用规范存入数据库,编写了《导弹可靠性预测手册》、《导弹元器件储存可靠性》、《火箭和导弹在储存、运输及使用中所经历的环境条件》等文件(Raytheon Company. *Missile Materiel Reliability Prediction Handbook-part Count Prediction LC-78-1[G], 1978*)。

相比美国而言,俄罗斯(前苏联)的思路是以加速寿命试验技术为主,对新型弹药的贮存可靠性进行评估,同时也会将自然贮存试验所得数据作为补充和比较。俄罗斯火炬设计局(现称火炬科研生产联合体)开发了弹药导弹加速贮存试验技术,该技术能够在六个月乃至更短的时间内进行十年的贮存可靠性的评定。在生产研制阶段即可发现弹药导弹的薄弱环节,改进生产工艺,从而得到产品的贮存寿命(吴力力,丁玉奎,甄建伟. 国外弹药延寿研究现状[J]. 飞航导弹, 2018, 5: 74-77)。

除了美、俄两国以外,英国、德国等西方发达国家对弹药的贮存可靠性也开展了相关研究。相关研究成果,见表1。

以海标枪导弹为例,英国充分考虑了各部件对贮存环境的适应能力差别,规定了具体部组件的贮存寿命。各个部组件寿命各不相同,长者达10~15年,短者为5~6年。由于可定期更换个别易损件,因此其贮存

表1 部分外国导弹贮存寿命

导弹名称	RBS-70	长剑	海标枪	阿斯派德
所属国家	瑞典	英国	英国	意大利
贮存寿命/年	15	5~10	8	5

寿命可维持在8年(朱冰宇,战学民,张兴有,等.国外导弹贮存试验技术概述[J].飞航导弹,2009,10:84-86)。

我国也较早就开展了通用弹药储存可靠性研究,相关项目1958年列入《国家常规武器十二年科学规划》,区分不同地域、气候、环境等条件,开始了长储弹药储存可靠性系列研究和实验。历经近40年,取得了数十万个数据,确定了主要弹种弹药的可靠储存寿命,建立了储存可靠性模型,创立了传统弹药储存可靠性理论,并以此为基础构建了科学的通用弹药质量监控体系,为确保传统弹药长期储存安全、使用可靠奠定了科学基础。然而,近些年弹药装备技术发展进一步加快,又有大量制导弹药等高新技术弹药入役列装部队。这些弹药相对于传统弹药,采用许多新原理、新材料、新工艺,增加了目标识别与制导等功能,其分系统与系统之间关联复杂、相互耦合,失效模式和失效机理发生变化,传统检测、试验和评估方法难以适用,与国外相比也没有形成成熟完备的理论和工程标准。

2. 通用弹药储存可靠性研究面临的主要问题

弹药储存可靠性研究主要分为“数据获取”和“数据处理”两个阶段。

数据获取阶段存在的主要问题

(1) 数据基础薄弱

目前,我国可直接采用的环境应力数据库、材料元件失效数据库、典型部组件可靠性模型数据库等还不够完备,常常在开展型号弹种储存延寿试验时需要重复进行材料和器件级贮存试验。

(2) 自然储存数据匮乏

新型弹药储存期间与使用阶段,其性能与质量信息检测采集机制不健全、检测手段不完备、性能特征参数与失效阈值不确定,导致自然储存检测数据匮乏。

(3) 加速寿命(贮存)试验技术不完备

现有的71℃法、弹药元件加速寿命试验方法等,还不能全面覆盖新型弹药整弹及其元件部件的差异性,一些新元件和部件(比如带火工品的控制舱)加速贮存试验缺乏指导;加速寿命试验与服役过程环境效应的等效关系不清,造成加速因子、应力数量与水平的确定缺乏科学性,较难设计多环境应力加速寿命试验剖面,对冲击振动、电磁等复杂环境应力的研究较少,对产品在复杂应力交互作用下的研究也较少,全历程、多环境应力下整弹加速寿命试验技术缺乏,存在试验效率差、可信度低等不足。

数据处理阶段存在的主要问题

(1) 退化失效、偶发失效及两者竞争失效数据处理问题

新型弹药一些部组件为高可靠性、长寿命产品,在有限时间内,即使通过加速寿命试验也难以获得足够的失效数据,甚至会出现“零失效”,无法建立有效的寿命分布模型。目前,主要通过性能退化数据进行可靠性评估,但面临两个难题:一是实际情况中,与产品失效、可靠性和寿命有关的特征量难以提取和确定,且失效阈值具有不确定性;二是寿命模型的选择与验证中,性能可靠性模型一般比寿命模型更为复杂,过分依赖于模型的假设,不同模型可导致结果差异很大。此外,某些产品不仅存在性能退化,而且受某些随机因素影响而导致偶发失效。因此,退化失效与偶发失效的竞争失效问题也是当前研究的难点。

(2) 多源数据融合问题

不同弹种、不同部组件,其设计研制、定型生产、储备管理和训练使用全寿命阶段数据,其来源比例、数据质量、数据规模等均有差异,需要有针对性地对这些不同来源的数据进行融合处理,难度较大。

(3) 子系统可靠性数据评判系统可靠性的问题

按照当前水平,国内一般通过做复杂弹药部组件、元器件等子系统的加速寿命试验,来评定整弹的储存可靠性。当这些子系统试验数据服从不同分布函数时(比如控制舱与火箭发动机),则这一复杂系统储存可靠性评定方法难用常见的归一法处理,具有挑战性。

3. 建议

就通用弹药而言,其寿命评定和延寿研究是一项繁杂的系统工程。目前国内围绕这个问题的研究,其体系性不强,存在碎片、交叉、重复的现象,严重制约了问题的解决。因此,在军民融合国家战略的大背景下,军民双方结合自身职能特点与优势,应进一步加强信息共享、技术交流与科研合作,发挥承研承制单位技术与研制信息优势、院校的理论及学术优势及军方的军事需求与使用信息优势,各负其责、互惠共赢,积极走体系融合、军民融合的路子,共同推进问题的解决。

同时可以开展以下具体研究:

(1) 开展通用弹药自然贮存试验的相关研究,包括:通用弹药自然贮存试验的检测设备研制,通用弹药自然贮存试验监测标准和规范的制定,通用弹药自然检测数据的智能收集系统研发和通用弹药自然贮存监测体系的构建等问题。

(2) 开展通用弹药加速贮存试验的相关研究,包括:加速试验、加速模型和寿命分布模型的确定,加速寿命试验的优化设计,整机加速寿命试验的开展和加速贮存试验数据的处理方法。

(3) 开展贮存寿命评估技术的相关研究,主要包括单元产品贮存寿命评估技术和系统产品贮存寿命评估技术。

穆希辉¹, 赵晓东²

1. 中国人民解放军 32181 部队; 2. 陆军工程大学石家庄校区
国家自然科学基金资助(61471385)

e-mail: tzqwumu@com