

某自行火炮寿命期环境剖面分析

孙同生, 于存贵

(南京理工大学, 南京 210094)

摘要: **目的** 确定某自行火炮全寿命期环境剖面。**方法** 对某自行火炮寿命期剖面内可能经历的各种环境事件进行分析, 确定寿命期内对武器系统造成影响的主要环境因素量值。**结果** 构建了某自行火炮全寿命期环境剖面, 以图表的形式说明了寿命期环境剖面中各环境因素的量值。**结论** 所构建的全寿命期环境剖面可为改善产品的环境适应性设计, 开展环境试验, 提高自行火炮的环境适应能力提供依据。

关键词: 自行火炮; 全寿命期环境剖面; 环境事件; 环境适应性

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.02.026

中图分类号: TJ301 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2016)02-0144-05

Life Cycle Environmental Profile for a Self-Propelled Gun

SUN Tong-sheng, YU Cun-gui

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

ABSTRACT: **Objective** To find out the existing problems of the active support equipment in the process of the plateau environmental protection, evaluate the performance of the equipment on the plateau and improve the adaptability of the equipment in plateau environment. **Methods** According to the characteristics of plateau environment, the practical performance of active support equipment in plateau environment was fully and accurately mastered and the outstanding problems were found out. On this basis, targeted research on the adaptive technology of support equipment in plateau environment was carried out. **Results** It was proposed to improve the adaptability of the support equipment in plateau environment from the aspects of technical measures, debugging process and matching among the subsystems. **Conclusion** After application of the adaptive technology, the function of plateau type support equipment was complete, the performance was reliable, and it could meet the support needs of active main battle equipment in plateau environment.

KEY WORDS: support equipment; plateau environment; adaptability

根据 GJB 4239 中的定义^[1], 装备自出厂到退役(包括报废)的过程中经历的全部事件和环境条件的时间历程称为寿命期剖面。产品寿命期环境剖面(简称 LCEP)则是指与产品寿命期剖面对应的环境种类及其

收稿日期: 2015-10-27; 修订日期: 2015-11-24

Received: 2015-10-27; Revised: 2015-11-24

作者简介: 孙同生(1991—), 男, 山东威海人, 博士研究生, 主要研究方向为火箭武器发射动力学分析、玻璃钢定向器加速老化寿命、环境试验等。

Biography: SUN Tong-sheng (1991—), Male, from Weihai, Shandong, Ph.D., Research focus: launch dynamics of multiple launch rocket system, accelerated aging life of GFRP redirector, and environmental test.

量值按其时序的描述^[2-4]。寿命期环境剖面分析的目的是通过分析确定产品寿命期内将遇到的环境因素类型及其综合作用和与时间的关系,最终编制出装备的寿命期环境剖面。自行火炮在整个寿命期内,要经历装卸、运输、贮存/后勤供应、执行任务/作战使用和退役报废等状态事件,在这个过程中均会受到各种诱发环境、自然环境或这些环境的综合作用。

在某自行火炮研制过程中全面分析寿命期所经历的各种环境事件,分析影响系统设备功能、性能的主要环境因素,能有效地指导其环境适应性设计,支持环境防护和控制^[5],确定产品环境试验项目、实验条件、试验程序和试验顺序等,从而保证该型号自行火炮在其寿命期内遇到各种恶劣环境因素(如高温、低温、振动及冲击等)作用时能正常使用,并实现其所有预定的功能和性能。同时,寿命剖面也是研究武器系统在研制、生产、使用、后勤保障等方面费用的依据^[6]。

1 自行火炮寿命期剖面

分析武器装备在各种任务剖面内可能遇到的气象环境(如淋雨、高低温、冰雹等)、力学环境(冲击、振动等)、地理环境(滨海盐雾环境、高原高太阳辐射环境等)等因素对装备的作用机理,明确各因素对装备整体以及各分系统功能、性能的影响,是开展其环境适应性设计分析的一项重要基础工作。

文中根据某自行火炮研制合同以及作战指标要求确定其全寿命期剖面主要包括后勤阶段(运输、贮存及维修剖面)和使用阶段(训练、演习及作战剖面),如图1所示。

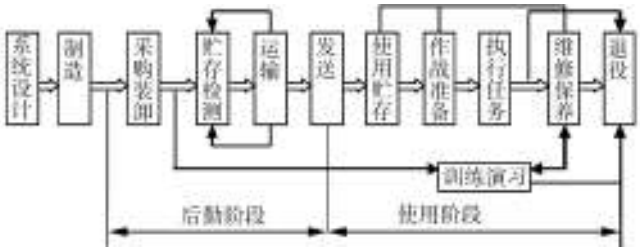


图1 自行火炮全寿命剖面
Fig.1 Life cycle profile for the self-propelled gun

2 自行火炮寿命期环境剖面

确定寿命期环境剖面的方法是对武器装备在全寿命期内可能经历的环境事件进行分析,并根据寿命期剖面的各种状态事件预计发生的地点和状态本身的特点,结合环境应力的产生机理,编制一份能说明与寿命期每一事件有关的自然环境和诱发环境或这些环境综合的清单,尽可能用文字、图表和统计特性说明寿命期环境剖面中各种环境应力的大小^[1]。寿命期内可能经历的环境历程如图2所示。

		诱发环境	自然环境
	装卸和公路行驶	公路冲击(大的突起和坑洼)、公路振动(随机)装卸冲击(跌落和侧倒)	高温、低温、太阳辐射、沙尘、雨/雪/冰雹
	装卸和铁路运输	铁路冲击(起急移动)、铁路振动(随机)、装卸冲击(跌落和侧倒)	高温、低温、太阳辐射、沙尘、雨/雪/冰雹
	装卸和后勤运输	公路冲击(大的突起和坑洼)、公路振动(随机)装卸冲击(跌落和侧倒)	高温、低温、太阳辐射、沙尘、雨/雪/冰雹、盐雾
	有遮蔽贮存(帐篷、仓库)	无	高温、低温/冰冻、盐雾、霉菌、化学侵蚀
	敞开式贮存	无	高温、低温/冰冻、盐雾、霉菌、化学侵蚀、太阳辐射
	训练、演习与作战	道路起伏冲击、振动、噪声、电磁干扰、发射受力振动、爆炸冲击等	高温、低温/冰冻、盐雾、沙尘、霉菌、太阳辐射等

图2 自行火炮寿命期环境历程
Fig.2 Life cycle environmental history of the self-propelled gun

2.1 确定寿命期环境剖面应考虑并纳入的内容

由于武器装备在全寿命期内要经历多种环境因素的单独、组合和综合作用,因此确定武器装备的寿

命期环境剖面应特别考虑并纳入以下内容:武器装备在装卸、运输期间预计的状态;可能遇到的环境事件及其有关的地理位置和气候特性;武器装备所处的安装、贮存和运输平台;寿命期剖面每个阶段暴露于某

环境下的相对和绝对持续时间;寿命期剖面每个阶段预期出现的频度或可能性;由于装备的射击或自然规律,环境对装备的限制或临界值。

2.2 环境条件分析

在分析产品的寿命期环境剖面时,最难确定的是各种环境因素的量值。因此,为了得到自行火炮寿命期环境剖面,采用以下途径对寿命期环境事件中的环境条件进行分析。

1) 研制文件分析。该自行火炮的研制文件中包含了部分寿命期及环境条件信息,有些数据可以直接在环境剖面中应用。

2) 相似环境分析。由于环境因素的具体数据一般情况下很难获得,因此可以分析、整理相似产品的使用环境数据。

3) 文献数据分析。除了根据实测环境数据和相似产品的使用环境数据,还可以应用 GJB 1172《军用设备气候极值》、GJB 150《军用设备环境试验方法》等国家标准中的历史环境数据,通过分析或直接作为环境剖面中的数据。

4) 实测数据。通过初样摸底试验,收集整理可能遇到的典型极限环境观测数据,补充缺失的数据或对相似产品的数据进行修正。

2.2.1 运输环境

自行火炮在运输过程中一般有炮衣遮盖,因此机械冲击、振动、温度(高温、低温及温度变化)、湿热、沙尘等是主要的环境影响因素。

1) 冲击、振动。冲击、振动和稳态加速度对装备的影响主要是造成结构变形、损坏、紧固件松动以及触点短、断路和密封失效等。根据 GJB 3493—98《军用物资运输环境条件》^[7]可知,运输过程中的稳态加速度为 20 m/s²,机械装卸跌落高度为 100~600 mm。公路、铁路运输随机振动量值见表 1,冲击响应谱见表 2。其中,公路行驶时按振动冲击条件的不同,可分为如下三类:汽车在二级及二级以上公路行驶(Ⅰ类);汽车在三级及三级以上公路行驶(Ⅱ类);汽车在无路地区行驶(Ⅲ类)。

2) 温度及温度变化。运输阶段的环境因素除了机械环境条件(也称为诱发环境)以外,主要还有气候环境条件,例如温度极值(低温、高温)、温度变化和湿热等,气候环境条件量值要根据 GJB 3493—98《军用物资运输环境条件》并结合我国领土范围内可能遇到的气候极值情况来确定。对于公路行驶和铁路运输,低温为-55℃,密封舱室内的最高温度为 70℃,通风舱室最

表 1 公路、铁路运输随机振动量值

Table 1 Stochastic vibration values of highway and railway transportation

振动方向	公路行驶			铁路运输
	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	
垂向	13.37	24.89	24.89	16.08
横向	5.73	10.12	10.12	8.50
纵向	3.64	6.29	6.29	3.02

表 2 公路、铁路运输冲击响应谱

Table 2 Impact response spectra of highway and railway transportation

	冲击响应谱峰值 加速度/(m·s ⁻²)	交越频率/Hz	响应后峰锯齿波的 脉冲响应时间/ms
Ⅰ类	100	45	10~11
Ⅱ类	300	50	6~9
Ⅲ类	1000	100	3~5
铁路运输	300	50	6~9

高温为 50℃。考虑到冬、夏运输环境温度的差别,运输过程中温度变化范围为-55~25℃及 50~5℃^[8]。

3) 湿热。湿热以相对湿度达到 95%时的温度来表示,Ⅰ类公路上行驶和铁路运输为 30℃,Ⅱ类和Ⅲ类公路行驶为 45℃。

4) 沙尘。除了温、湿度的影响以外,运输过程中还受到机械活性物质(砂、尘)的影响,GJB 3493—98《军用物资运输环境条件》中规定,在沙漠以外地区的铁路运输或在Ⅰ类公路上行驶时,砂和积尘的量值分别为 0.1 g/m³和 3.0 mg/(m²·h),经沙漠地区铁路运输或在Ⅱ类、Ⅲ类公路行驶时,砂和积尘的量值分别为 10 g/m³和 3.0 mg/(m²·h)。

2.2.2 贮存环境

温度和湿度是对自行火炮静态贮存造成影响的主要环境因素。GJB 2770—1996《军用物资贮存环境条件》^[9]中给出的标准军备仓库装备贮存环境相对于部队临时仓库的贮存环境,其环境相对温和,并且量值可控。因而这里只考虑部队临时简易仓库贮存时可能遇到的环境条件极值,以指导该自行火炮的环境适应性设计与试验。根据 GJB 1172—1991《军用设备气候极值》可知,自行火炮在部队临时仓库贮存时,可能遇到的环境条件极值:高温为 70℃,低温为-55℃,湿热为 95%/(30~60℃),降雨强度为 6 mm/min,太阳辐射为(1120±10%)W/m²,砂和积尘的量值分别为 10 g/m³和 3 mg/(m²·h)。

由于该自行火炮设计指标中要求兼顾海防炮兵部(分)队需要,进行特定地域有限机动作战,满足对海上目标火力打击任务的需求。因此除了上述环境条件以外,还要考虑在海边贮存、使用时盐雾、霉菌等对武器系统造成的影响。

2.2.3 训练、演习与作战环境

除了在常规环境中使用,该自行火炮设计指标还规定要能在严寒、高原、沙漠地区使用。各种环境条件的量值如下所述。

1) 严寒气候环境^[10-11]。漠河的极端温度可到-55℃,年温度范围一般在-55~-37.8℃。极端低温环境将会影响装备的机动性及设备功能、性能的环境适应性,例如瞄准镜、瞄准具起霜,各种电缆、液压管道低温下变脆断裂等;冻土地带地形崎岖,复杂的冻土地形环境还可能会造成装备受冲击、振动等的影响而损坏。

2) 沙漠环境^[12]。主要特点是高温、少雨、低湿、强太阳能辐射、风沙等。在沙漠环境中使用时,太阳辐射最大值能达到1120 W/m²,承受的沙尘浓度极值可达到2 g/m³。在这种条件下,各种非金属部件以及有密封性要求的部件会受到沙尘等的影响。

3) 高原环境。高原环境的特点主要是低气压、高太阳辐射以及温度变化大等。GJB 1172—1991《军用设备气候极值》中给出,高原环境下太阳辐射最大值为1120 W/m²,低气压极值为554.7 hPa,低气压会降低发动机的动力功率,影响自行火炮的作战效能。

除了上述自然环境因素以外,自行火炮在作战使用时还会承受恶劣的战场诱发环境影响,如剧烈的爆炸冲击、战场道路冲击、振动、沙尘、噪声以及电磁干扰等因素。

3 环境适应性试验要求

环境适应性要求是描述研制装备应达到的环境适应性这一质量特性水平的一组定量和定性目标^[13]。我国近年来才逐渐重视武器装备的环境适应性要求,而美国早在20世纪90年代就将环境影响纳入其武器装备研制核心技术领域^[14]。根据上述环境剖面分析,结合自行火炮的设计指标及GJB 150A—2009《军用装备试验室环境试验方法》^[15]对其环境适应性试验提出的要求见表3。

表3 环境适应性试验要求
Table 3 Requirement for the test of environmental adaptability

	高温		低温		淋雨	湿热	沙尘		太阳 辐射	盐雾	霉菌
	贮存	工作	贮存	工作			吹尘	吹砂			
量值	70℃	50℃	-55℃	-43℃	>10 cm/h	相对湿度95%/ (30~60℃)	(10.6±7) g/m ³	(1.1±0.3) g/m ³	(1120±10%) W/m ²	PH值6.5~7.2	-
持续时间	24~48 h	12~24 h	24~48 h	12~24 h	30 min	6~8 h	6 h	≥1.5 h	24 h	≥48 h	≥28 d
循环次数	1	1	1	1	1	5	1	1	3~7	2	1
备注	升温/降温变化速率 不大于10℃/min				淋雨过程进 行射击检验	升温时间小于2 h	沙粒/尘粒成分按 GJB 150A—2009规定进行			沉降率1~3 mL/80 cm ² ·h	依据GJB150— 2009

4 结语

综上所述,振动、冲击、温度、湿度、沙尘及太阳辐射等是影响某自行火炮环境适应性的主要因素。在其整个研制过程中,依据上述分析和方法确定的环境剖面及量值,为制定环境使用文件、开展环境设计分析及环境适应性评价,提出自行火炮试验室高温、低温、振动、冲击、盐雾、湿热、淋雨等试验方案及全炮的环境适应性试验提供依据,从而确保设计出来的武器装备在寿命期可能遭遇到的所有环境中能保持既定的性能和功能,完成作战任务要求。

参考文献:

[1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
GJB 4239—2001, General Requirement of Materiel Environmental Engineering[S].
[2] 傅耘,祝耀昌,陈丹明. 装备环境要求及其确定方法[J]. 装备环境工程,2008,5(6):46—51.
FU Yun, ZHU Yao-chang, CHEN Dan-ming. Materiel Environmental Requirement and Their Determination Method[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(6):46—51.
[3] 王宏伟,赵云峰,陶帅. 装备全寿命周期环境适应性评价若干问题探讨[J]. 装备环境工程,2013,10(1):70—72.
WANG Hong-wei, ZHAO Yun-feng, TAO-Shuai. On Envi-

- ronmental Worthiness Evaluation during Whole Life Cycle Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(1):70—72.
- [4] MIL-STD-810F, Consideration of Environmental Engineering and Laboratory Test[S].
- [5] 康蓉莉,姬广振. 装甲车辆环境剖面分析及环境量值确定[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6):68—71
KANG Rong-li, JI Guang-zhen. Environmental Profiles Analysis and Environment Value Determination of Armored Vehicle[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(6):68—71
- [6] 李明,刘澎. 武器装备发展系统论证方法与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
LI Ming, LIU Peng. Theory and Practice of an Integrated and Systematic Demonstration Methods for Development of Weapon and Equipment[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2000.
- [7] GJB 3493—1998, 军用物资运输环境条件[S].
GJB 3493—1998, Environment Condition of Transportation for Military Materiel[S].
- [8] GJB 1172—1991, 军用设备气候极值[S].
GJB 1172—1991, Climatic Extremes for Military Equipment [S].
- [9] GJB 2770—1996, 军用物资贮存环境条件[S].
GJB 2770—1996, Storage Environment Condition for Military Supplies[S].
- [10] 祝耀昌. 产品环境工程概论[M]. 北京:航空工业出版社, 2003.
ZHU Yao-chang. An Introduction to Environmental Engineering for Products[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2003.
- [11] 赵书平,张亚清,李金国,等. 基于典型地域的地面雷达实验室环境试验设计[J]. 装备环境工程, 2011, 8(5): 104—107.
ZHAO Shu-ping, ZHANG Ya-qing, LI Jin-guo, et al. Laboratory Environmental Test Design of Ground Radar for Typical Zone[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 8(5): 104—107.
- [12] 李春霞,阎逢元. 沙尘环境对金属抗磨损特性的影响[J]. 润滑与密封, 2007, 32(11):150—153.
LI Chun-xia, YAN Feng-yuan. Effect of Sand-dust Environment on the Abrasive Wear Behavior of Several Metallic Materials[J]. Lubrication Engineering, 2007, 32(11):150—153.
- [13] 祝耀昌,王丹. 武器装备环境适应性要求探讨[J]. 航天器环境工程, 2008, 25(5):416—423.
ZHU Yao-chang, WANG Dan. The Environmental Worthiness Requirements with Respect to Weapon Materials[J]. Spacecraft Environmental Engineering, 2008, 25(5): 416—423.
- [14] Defense Laboratories and Test & Evaluation Center Infrastructure Requirements. The Plan for 21st Century Laboratories and Test-and-Evaluation Centers of the Department of Defense, 1996.
- [15] GJB 150A—2009, 军用装备试验室环境试验方法[S].
GJB 150A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].