

文章编号: 1003-1480 (2014) 01-0049-04

某型枪榴弹公路运输振动试验与损伤分析

安振涛^{1,2}, 李海广^{1,2}, 李飞³, 甄建伟¹

(1.军械工程学院弹药工程系, 河北 石家庄, 050003; 2.弹药保障与安全性评估军队重点实验室, 河北 石家庄, 050003; 3.解放军 75494 部队, 广西 北海, 536004)

摘要: 针对公路运输振动条件下的弹药安全问题, 以某典型枪榴弹为对象, 根据损伤等效原理, 通过设计运输振动模拟试验和跑车试验, 对不同设计车速下振动环境对枪榴弹安全性的影响进行了研究。结果表明: 试验激励的振动环境对该型枪榴弹的质量和性能影响不大, 各项分析指标在试验前后无明显变化, 现行包装设计满足防护要求; 从运输振动环境角度来看, 以试验设计速度进行枪榴弹运输是安全的, 我军现行运输规定偏于保守, 不利于保障效率的提高。

关键词: 枪榴弹; 公路运输; 振动试验; 跑车试验; 损伤分析

中图分类号: TJ411.48 文献标识码: A

Vibration Test and Damage Analysis of Certain Rifle Grenade under Highway Transportation

AN Zhen-tao^{1,2}, LI Hai-guang^{1,2}, LI Fei³, ZHEN Jian-wei¹

(1.Department of Ammunition Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang, 050003; 2.Military Key Laboratory for Ammunition Support and Safety Evaluation, Shijiazhuang, 050003; 3.Unit 75494 of PLA, Beihai, 536004)

Abstract: Taking certain rifle grenade as research object, the simulation test based on equivalent damage principle and field test were carried out, by considering ammunition security under highway transportation vibration. These results indicated that the excited vibration has no clear influence on the rifle grenade performance, and the indexes can remain consistent before and after tests, the package also meet the requirements of protection. From the aspect of transportation vibration, the transportation standard of our army is conservation, which is adverse to the improvement of support efficiency, and it is safe to transport by design velocity.

Key words: Rifle grenade; Highway transportation; Vibration test; Field test; Damage analysis

弹药从出厂、仓库储存到部队使用、报废的全寿命周期内, 都要经过公路运输。运输过程中的冲击和振动是导致弹药损伤或失效, 进而引发安全事故的主要因素。我军历来重视弹药运输的安全问题, 并制定了与运输力学环境有关的试验标准, 但均是参考美军标准 MIL-STD-810 制定的^[1], 与我军实际运输环境并不完全相符, 造成我军制定的弹药运输标准存在一定误差。此外, 有关法规要求: “运输现役弹药的汽车,

在一般道路上, 时速不得超过 35km; 在高速公路上, 时速控制在 50km。运输报废弹药的汽车, 时速不得超过 25km。路况较差时, 减速慢行。”但随着弹药勤务安全水平和部队保障实践需求的整体提高, 这一规定也呈现出一定的滞后性。因此, 急需对相关运输标准进行修订, 以便为弹药保障实践提供更好的指导。

随着我军现代化装卸搬运工具的普遍使用和道路状况的改善, 弹药发生严重冲击的可能性越来越

收稿日期: 2013-10-25

作者简介: 安振涛 (1963-), 男, 教授, 从事装备运用环境与防护技术研究。

基金项目: 总装通保部科研计划项目。

小,振动已逐渐成为运输中诱发弹药安全事故的主要因素。目前,我军对弹药运输中冲击引起的安全性问题研究较多,而对振动的影响多是进行整体把握^[2-4],并未进行深入探讨。在传统弹药定型试验时,多采用的是定频振动试验,与弹药实际运输振动环境并不一致,且已有的随机振动模拟试验采用的功率谱是各种路况和车辆综合考虑的结果,并未突出车辆和速度因素的影响。在国内外有关弹药运输振动研究^[5-7]基础上,以某型枪榴弹为试验对象,本文通过模拟不同车速条件下的振动环境和进行相应的跑车试验,研究不同运输振动环境对其损伤的影响,为其公路运输保障和安全防护提供一定的技术基础。

1 样弹与方法

1.1 样弹

试验选用某型 40mm 杀伤枪榴弹作为样弹,质量等级为新品。该型枪榴弹由引信、战斗部和弹尾 3 部分组成,彼此间由右旋螺纹联结,并在联结处涂有密封胶。其中,弹尾由尾管、捕弹器和标尺组成,捕弹器与弹尾钎联结,密封圈密封。采用塑料包装筒和木箱的内外包装方式,每箱内装 20 个包装筒即 20 发枪榴弹,总质量为 18kg。

由于枪榴弹较枪弹具有装药量大、安全性差等特点,室内模拟试验均采用填砂弹,其结构为填砂弹体,其余部分与全备弹相同,见图 1;跑车试验采用填砂弹与全备弹。试验所用填砂弹均由某军工厂提供。



图 1 填砂弹照片

Fig.1 Photo of blind loaded shell

1.2 试验设计与方法

1.2.1 主要试验设备

模拟振动试验系统采用 DCS-2200 型振动试验系统^[8]。试验时将枪榴弹按实际运输状态下的典型约束限制固定在试验台面上,固定控制传感器。跑车试验车辆采用 JX1043DSL2 型运输防暴车,其最高时速可达 110km/h,载重质量 1 100kg,与我军某型弹药

运输车在主要技术性能方面基本一致,满足试验要求。

1.2.2 公路运输振动试验设计

考虑到试验成本与安全性问题,试验只进行二级公路条件下的振动试验,根据弹药定型试验要求,试验运输里程选为 500km。其中,模拟试验采用我军实测振动功率谱^[9],具体为二级公路条件下,速度为 80km/h 和 60km/h 时的振动功率谱,车型为我军某型弹药运输车;同时,按照 William I. Kipp^[9]提出的等效加速振动的方法,进行 $\sqrt{5}$ 倍加强以符合实际运输工况。跑车试验路线选定石家庄至娘子关的京昆公路,路面质量等级为二级。跑车试验时,每组试验用弹 40 发,分装 6 个木箱内,其中 2 箱分别装填砂弹和全备弹各 5 发,记为 A 箱,其余 4 箱分别装全备弹 5 发,记为 B 箱,同时均进行合理的配重,以符合实际包装要求。车厢每一试验分布点均放置 2 箱弹药,试验箱在车厢位置分布及堆放见图 2。

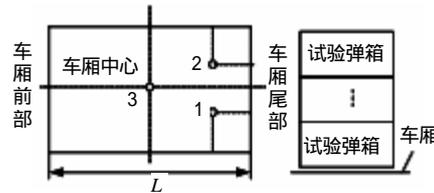


图 2 试验分布点与堆码示意图

Fig.2 The sketch map of distribution point and stack

根据公路运输振动测试经验,并参考 GB/T 4970-2009《汽车平顺性试验方法》设置分布点,1 号点为重点考察分布点,放置 2 箱 A 箱弹药;2 号和 3 号点各放置 2 箱 B 箱弹药。试验车辆装载不超过运输车辆额定载重的 $2/3$,配重采用填砂;驾驶员技术娴熟;正式试验前先选择路面质量较好的路段进行 1~2km 的预试验,速度控制在 10~20km/h,以检验车辆的技术状态。模拟试验、跑车试验及损伤分析试验所需试验弹种类及数量分配见表 1。

表 1 枪榴弹运输振动试验各组样本量 (发)

Tab.1 The sample number of each group in rifle grenade transportation vibration test (round)

| 试验类型 | 试验条件 ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) | 试样 | 试验 弹数 | 技术 检查 | 密封性 试验 | 射击 试验 |
|----------|---------------------------------------------|-----|----------|----------|-----------|----------|
| 模拟 试验 | 60 | 填砂弹 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| | 80 | 填砂弹 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| | | 全备弹 | 30 | 30 | 20 | 30 |
| 跑车 试验 | 60 | 填砂弹 | 10 | 10 | 10 | - |
| | | 全备弹 | 30 | 30 | 20 | 30 |
| | 80 | 填砂弹 | 10 | 10 | 10 | - |
| 合计 | | | 120 | 120 | 100 | 80 |

1.3 枪榴弹损伤分析试验

根据试验思路,在运输振动试验完成后应进行一系列的损伤分析试验,用于分析试验设计的振动环境对枪榴弹的影响。我军一般分析弹药元件安全性时,其顺序由低到高排列为引信、底火、发射装药、弹丸和药筒,但运输过程中,弹丸和药筒的安全性通常较好,一般不会对弹药的安全性造成影响。同时,枪榴弹因其特殊结构而有所不同,其引信为全保险型弹头触发机械引信,有紫铜安全片和回转体两道保险来确保3m安全落高和不少于10m的枪口保险距离,因此,运输环境对其引信安全性影响较小,而对尾管、捕弹器结构的影响相对较大。在此根据GJB 6115-2007通用弹药技术检查要求和GJB 4104.3-2000轻武器测试规程步兵近战武器,并结合试验要求确定损伤分析试验的内容为技术检查、密封性试验和射击试验。

2 结果分析与讨论

2.1 技术检查分析

技术检查是对试验枪榴弹进行初步检验的技术方法,用于考察运输振动环境对枪弹的累积损伤情况,检查结果用损伤率来表述。具体技术检查内容和判定标准参照GJB 6115-2007,技术检查和分析结果分别见图3和表2。



(a) 外观技术检查



(b) 装配正确性检查

图3 技术检查场景图

Fig.3 The scene graph of technical inspection

表2 技术检查结果统计
Tab.2 The result Stat. of technical inspection

| 试验类型 | 组号 | 外观损伤率/% | 装配正确性损伤率/% |
|------|----|---------|------------|
| 模拟试验 | 1 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 |
| 跑车试验 | 1 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 |

技术检查时,枪榴弹捕弹器深度值均为重复3次测量的平均值;测量所得数据用SPSS13.0软件进行统计处理,结果用平均值±标准偏差表示;并运用One-Way ANOVA中的最小显著性差异法(LSD)进行差异显著性分析,其中取 $p < 0.05$ 为差异显著性标准,处理结果见表3。

从表2中可知,试验后的枪弹在外观和装配正确性方面均未出现损伤;从表3中可知,在里程为500km的运输振动试验中,速度对捕弹器深度的变化并无显著影响。因此可知在二级公路条件下,以试验设计速度运输该型枪榴弹不会对其技术检查指标造成影响。

表3 捕弹器深度值结果统计

Tab.3 The result Stat. of bullet trap depth

| 试验类型 | 组号 | 深度值/mm | |
|------|----|------------------|------------------|
| | | 试验前 | 试验后 |
| 模拟试验 | 1 | 124.619±0.062 4* | 124.618±0.063 0* |
| | 2 | 124.597±0.067 2* | 124.598±0.066 7* |
| 跑车试验 | 1 | 124.598±0.044 9* | 124.600±0.044 7* |
| | 2 | 124.599±0.053 7* | 124.598±0.054 6* |

注:跑车试验时,由于1号点样弹所受振动激励最大,故数据处理时采用该处枪榴弹的测量数据;在同一行内具有“*”标志的表示差异性不显著。

2.2 密封性试验分析

密封性试验用于考核试验后枪榴弹密封性能的变化情况,是评定其再储存能力的重要指标。选取每组模拟试验全部填砂弹,以及每组跑车试验时除去1号点上箱和2号点下箱中的各5发全备弹外的全部试验弹,进行浸水试验24h。浸水试验后取出每组模拟试验10发填砂弹和每组跑车试验中的全部填砂弹进行分解检查,检查弹体是否进水。具体试验条件和损伤判定参照GJB 4104.3-2000中26.2.3的方法和要求执行。具体试验条件:室温26℃,水温控制在19℃左右。试验结果以密封性合格率来表示,见表4。

表4 浸水试验结果统计

Tab.4 The result Stat. of immersion test

| 试验类型 | 组号 | 密封性合格率/% |
|------|----|----------|
| 模拟试验 | 1 | 100 |
| | 2 | 100 |
| 跑车试验 | 1 | 100 |
| | 2 | 100 |

从表4可知,试验所激励的运输振动环境对枪榴弹的密封性能影响不明显。

2.3 射击试验分析

射击试验是综合考察枪榴弹战技性能的重要方法。在此进行运输试验后的射击试验,其目的是检验枪榴弹的作用可靠性。试验条件为某型自动步枪;子弹为7.62mm普通枪弹,质量等级为一类堪用品;射程:(50±5)m;目标:野外普通地面;环境条件:常温,风速6m/s。试验选取每组模拟试验中剩余的10发填砂弹和每组跑车试验的30发全备弹进行射击。结果以枪榴弹不爆率、早炸率和半爆率来表述,见表5。

表5 射击试验结果统计
Tab.5 The result Stat. of firing test

| 试验类型 | 组号 | 试验条件 | 不爆率 /% | 早炸率 /% | 半爆率 /% |
|------|----|-------|-----------|-----------|-----------|
| 模拟试验 | 1 | 运输、浸水 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 运输、浸水 | 0 | 0 | 0 |
| 跑车试验 | 1 | 运输 | 0 | 0 | 0 |
| | | 运输、浸水 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 运输 | 0 | 0 | 0 |
| | | 运输、浸水 | 0 | 0 | 0 |

从表5可知,试验所激励的运输环境对枪榴弹的射击作用可靠性能影响并不明显。

3 结论

综合分析试验枪榴弹在二级公路、不同车速条件下运输振动试验的损伤情况,可得出如下结论:

(1)从运输振动环境对枪榴弹的影响来看,我军现有的运输规定偏于保守,不利于其保障能力的发挥。根据损伤等效原理可认定,在我国境内以试验设计路况和车速条件下的最高速度运输时,枪榴弹是安全的,即在二级及以上公路运输时最高速度可达80km/h。

(2)在试验激励的运输振动环境下,该型枪榴弹的现有包装能为其提供足够的防护。从损伤分析试验的结果来看,试验激励的运输振动环境对枪榴弹的安全使用性能和短期再储存性影响不大。

(3)观察试验过程还发现,车速较高激励的运

输振动环境较强烈,对枪榴弹及其包装系统作用效应较大,这也与相关研究结果一致^[11]。

(4)振动试验后枪榴弹的损伤分析侧重于静态检查和勤务性能分析,严格地说还应进行相关弹道一致性和强度分析。此外,试验速度是在对部队调研的基础上设计的,未考虑枪榴弹的损伤失效机理,下一步可将其各易损部件材料的力学性能与运输振动力学特性结合起来,为相关试验研究提供理论支撑。

参考文献:

- [1] 姚国年,卫军胡,王丽娟,等.特种产品运输振动加速模拟试验条件的研究[J].西安交通大学学报,2009,43(3):74-77.
- [2] 姚国年,张卫东,赵辉.弹药公路运输随机振动特性分析[J].测控技术,2004,23(7):67-69.
- [3] 李金明,安振涛,丁玉奎.弹药运输环境振动特性研究[J].包装工程,2005,26(3):105-107.
- [4] 韩保红,齐京礼,闫庆华,等.弹药运输车辆随机振动的测试及理论分析[J].机床与液压,2012,40(1):78-82.
- [5] Abraham M. Frydman, Frank L. Tevelow. An equivalent transportation vibration test-procedures and techniques applicable to the army M732 field artillery fuze[R]. U.S. Army Materials and Mechanics Research Center, 1980.
- [6] 朱学旺,范宣华,宁佐贵.特种包装产品公路运输环境振动室内模拟试验研究[J].强度与环境,2008,35(1):6-12.
- [7] 姚国年,黄海英,王丽娟,等.由实测数据确定特种产品运输模拟试验规范谱[J].振动、测试与诊断,2010,30(5):577-580.
- [8] Haiguang Li, Zhentao An, Xinghui Zhang, et al. Simulation test on highway transportation vibration for cartridge[J]. IEEE QR2MSE, 2013(2): 1 100-1 103.
- [9] 黄海英.弹药运输模拟试验路面谱的测试研究技术总结报告[R].石家庄:军械工程学院,2006.
- [10] WILLIAM I K. Vibration testing equivalence - how many times of testing equals how many miles of transportation[J]. ISTA CON2000, 2008, 4(26): 1-7.
- [11] 李金明.储运力学条件下典型弹药安全评估与防护对策研究[D].石家庄:军械工程学院,2007.