

新型发射药包装物设计与性能研究

毛长勇, 刘强, 代久双, 戴秋洪, 谢金莫, 张永明, 梁洪
(泸州北方化学工业有限公司, 四川 泸州 646605)

摘要: **目的** 为解决当前发射药包装物存在的结构复杂、自重大、难以适应包装工艺自动化的突出问题, 提高对发射药包装、贮存、运输、使用过程的适应性, 设计一种结构合理、防护可靠的新型发射药包装物。 **方法** 根据发射药包装物技术要求, 进行包装物材料选用和结构设计, 通过性能研究, 全面考核新型发射药包装物的相容性、防静电性能、老化性能、力学性能、密封性能、环境适应性、防拆封功能等。 **结果** 实验结果表明, 设计和研制的新型发射药包装物与内装典型发射药相容性良好; 表面电阻率为 $1.37 \times 10^6 \sim 7.23 \times 10^8 \Omega$; 在 25°C 贮存条件下, 平均热老化寿命为 17.51 年; 新型发射药包装物配质量为 45 kg, 堆码 3 层, 未出现倒垛、变形及破损现象; 包装物经高温、低温、温度冲击后无变形、失效、永久硬化, 且表面无裂解; 密封性良好, 可有效防止非正常拆封。 **结论** 该新型发射药包装物可实现对现有包装物的替代, 可在火炸药行业推广应用。

关键词: 发射药; 包装物; 结构设计; 防静电性能; 力学性能; 密封性能; 环境适应性; 防拆封功能

中图分类号: TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)01-0190-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.01.030

Design and Performance of New Packaging for Propellant Powder

MAO Chang-yong, LIU Qiang, DAI Jiu-shuang, DAI Qiu-hong, XIE Jin-ming,
ZHANG Yong-ming, LIANG Hong

(Luzhou North Chemical Industry Co., Ltd., Luzhou 646605, China)

ABSTRACT: The work aims to design a new propellant powder packaging with rational construction and reliable protection, to solve the prominent problem of current propellant powder packaging with complicated structure, big weight, maladjustment of automatic packing process, improve the adaptability of propellant powder packaging in pack, stockpile, transportation and use. According to the technical requirements on propellant powder packaging, the material selection and structure design of packaging were finished. Through performance study of packaging, the compatibility, antistatic property, aging characteristic, mechanical property, leakproofness, environmental adaptation and unpacking function of new packaging for propellant powder were examined roundly. The experimental results showed that, the designed and developed new packaging with typical propellant powder had good compatibility. Its sheet resistivity was $1.37 \times 10^6 \sim 7.23 \times 10^8 \Omega$; the average of heat-ageing life was 17.51 years in storage environment of 25°C ; new packaging of propellant powder of 45 kg had no stack transfer, transformation and breakage after three layers stacking; new packaging of propellant powder had no appear transformation, failure, permanent hardening and surface cracking after high temperature, low temperature and temperature shock test; the new packaging had good leakproofness and can prevent abnormal unpacking effectively. The new packaging of propellant powder can replace current packaging and spread in the explosives field.

KEY WORDS: propellant powder; packaging; structure design; antistatic property; mechanical property; leakproofness; environmental adaptation; unpacking function

收稿日期: 2019-10-22

作者简介: 毛长勇 (1980—), 男, 硕士, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为发射药及装药技术、发射药制造工艺。

当前,世界范围的新军事变革促进了未来战争形态的变化。军用包装作为后勤保障的重要因素和物资装备不可或缺的载体,在这场军事变革中起着举足轻重的作用^[1-2]。自 20 世纪 60 年代从前苏联引进火炸药包装技术以来,我国发射药包装基本上一直沿用苏式包装模式,为木箱内套金属箱结构,所执行的标准为 WJ 24—1976, WJ 25—1976, WJ 100—1976, 按照尺寸不同分为 1 号、2 号和 3 号箱,其中常用的 1 号包装物质量约 23 kg,每箱装药量为 70~75 kg^[3]。现有包装物虽能够满足发射药产品的贮存、运输等要求,保证发射药产品质量在长期贮存过程不发生改变,但是存在所用的木材消耗量大、不环保,包装物结构复杂,制造工艺烦琐、落后等问题,已不适应当前快速发展的时代需求,更难以满足弹药自动化、智能化的制造工艺需求^[4-6]。设计并研制一种新型发射药包装物,解决现有发射药包装物及包装工艺过程存在的问题迫在眉睫。

1 发射药包装物技术要求

火炸药产品是战争中消耗数量较多的物资之一,和平时需要储存,战争时期要求使用可靠、包装启封方便。由于我国幅员辽阔,使用和储存环境差异大,因此,火炸药在各流通环节的适应性和方便性就显得非常重要。根据发射药的贮运、功能防护要求,对新型包装物提出的主要技术要求如下:包装物材料与内装发射药相容,其防静电、抗老化等性能应满足要求^[7];包装物自身质量 ≤ 12 kg,内装发射药重量应便于人工操作;包装物应具有良好的密封性、环境适应性、防拆封功能,堆码试验、公路运输试验、振动试验、自由跌落试验等试验结果应满足使用性能要求^[8]。

2 方案设计

2.1 设计原则

根据发射药对包装物的技术要求,在设计时应遵循以下原则:一体化结构;内表面光滑,内装发射药易倒净,不残留;质量轻,便于搬运;材料来源广泛,立足于国内,生态环保;制造工艺成熟,能满足批量生产要求;便于自动化包装工艺的实现。

2.2 材料选用设计

2.2.1 箱体、箱盖材料

作为发射药包装物的主体材料^[9-10],选择箱体、箱盖材料应考虑:良好的综合力学性能,在充分满足刚强度的条件下力求轻量化;透湿度、高低温、长期贮存、相容性、防静电等环境及发射药使用要求;良

好的成型工艺性,成型质量稳定且效率高;应用成熟的材料,材料性能稳定,有可靠供货来源,价格便宜。从以上要求考虑,选择改性 HDPE 材料为箱体、箱盖的主体材料,其主要性能参数为:拉伸强度为 26.01 MPa,弯曲强度为 21.8 MPa,冲击强度为 31.78 kJ/m²。

2.2.2 密封圈材料

针对包装物密封性能要求,密封圈材料应具有良好的高低温性能、耐候性能及物理力学性能,结合现有包装物密封圈的使用效果,选取高温硫化硅橡胶作为密封圈材料,其邵氏硬度为 HA40 $\pm$ 5。

2.2.3 防拆封扣材料

根据防拆封扣的使用要求,其材料应具有较高的拉伸强度、弯曲强度,以及较低的缺口冲击强度。通过对 LDPE, HDPE, ABS 和尼龙及改性尼龙等多种材料进行样品加工和性能测试,最终选取增强尼龙作为防拆封扣的主体材料,该材料的拉伸强度为 130 MPa,弯曲强度为 184 MPa,冲击强度为 6.5 kJ/m²,耐高温(130~140℃),耐低温(<-100℃)。

2.3 结构设计

2.3.1 包装物总体结构设计

根据包装物设计技术要求及设计原则,设计的发射药包装物为单层一体化矩形筒式结构,见图 1,由箱体、箱盖、密封圈和防拆封扣组成。箱体外平行的两侧设计提手,便于人工操作,也适用于机械操作;箱体外表面局部设计光滑平面,适宜标志的喷涂。

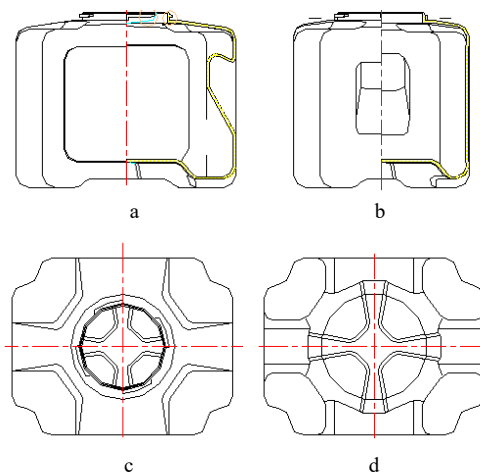


图 1 发射药包装物结构设计

Fig.1 Design of packaging for propellant powder

2.3.2 密封结构设计

密封结构由箱盖密封槽、密封圈及箱口凸沿结构组成。密封槽为设计在箱盖靠近内壁处的圆形结构,截面为梯形且短边朝盖口;密封圈为圆形结构且截面为梯形,密封圈嵌入密封槽中;凸沿为设计在箱体口

部的圆形结构,截面为梯形且短边向上。转配时将截面为梯形的密封圈嵌入箱盖密封槽中,上部与箱盖接触,下部与箱口接触,通过旋转箱盖,将密封圈压紧,从而实现对发射药包装物的密封。密封结构见图2。

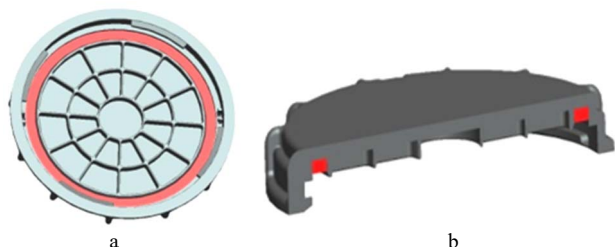


图2 密封结构
Fig.2 Structure of seal

2.3.3 防拆封结构设计

在箱盖位置上设有对称的防拆封孔,见图3。将压入式卡紧结构的防拆封扣插入箱盖的防拆封孔中,实现防拆封功能,防拆封扣与箱体口部螺纹限位槽接触,防止筒盖旋松,且防拆封扣底端的倒钩可防止防拆封扣从防拆封孔中脱落。该防拆封方式实现了封口防拆封一体化设计,且能够实现机械化操作。

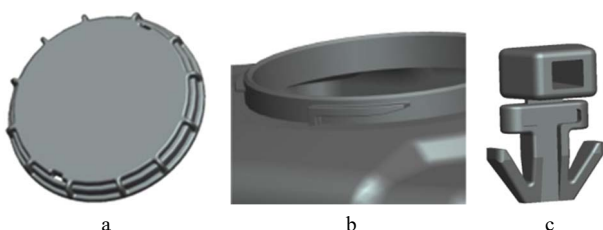


图3 防拆封结构
Fig.3 Structure of unpacking

2.3.4 堆码结构设计

在箱体底部和箱盖顶部设计了限位配合结构,可实现多层堆码,在运输与贮存过程中提高了空间利用率。同时,在箱体底面设计防滑结构并进行表面磨砂粗化,增大摩擦力,保证地面堆放时不滑动,见图4。

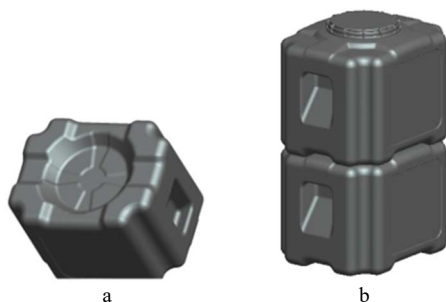


图4 堆码结构
Fig.4 Structure of stacking

3 试验

3.1 相容性试验

通过热分析和真空安定性方法^[11],对改性 HDPE 材料与典型发射药 A, B, C, D, E 的相容性进行了测试。差热扫描量热仪(DSC)为 NETZSCH-204 型,试样量为 1.0 mg,混合试样质量比为 1:1,升温速率为 5, 10, 15, 20 °C/min,流动气氛为高纯氮气(50 mL/min)。真空安定性试验仪(VST)为 YC-1C 型,试样量为 0.5 g,混合试样质量比为 1:1。试验条件为 90 °C加热 40 h,测量被测试样产生的气体量,计算混合试样净增放气量。

通过包装材料试验方法 相容性^[12],对包装物材料之间的相容性进行试验。湿热试验箱为 HUT701P 型,改性 HDPE 样条尺寸为 80 mm×80 mm,硅橡胶样条尺寸为 10 mm×6 mm,试验温度为 (39±2) °C,试验相对湿度≥95%,试验时间为 72 h,检查包装材料试样的变质情况。

3.2 防静电性能试验

采用 GB/T 1410—2006《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》^[13],对包装物的静电防护能力进行试验。电阻仪为 PC68 型,改性 HDPE 样条尺寸为 80 mm×80 mm,电化时间 1 min,测试电压为 50 V,试验温度为 23 °C,试验相对湿度≥50%,测试样条正反面的表面电阻。

3.3 老化性能试验

通过塑料热老化试验方法^[14],对包装物材料的老化性能进行测试。采用 LR-05 型热老化试验箱, SJ-HIT-003 型可控水平冲击试验机,万能材料试验机,将改性 HDPE 测试样件在 4 个温度(50, 60, 70, 80 °C)下同时开展热老化试验,然后进行定期取样测试其各温度下的冲击强度和拉伸强度。取样周期为 4, 8, 16, 32, 48, 64, 80, 92 d。通过热老化试验数据,建立老化方程,预估包装物材料的贮存寿命。

3.4 力学性能试验

分别按照 GJB 1444—92 和 GJB 4403—2002 规定的方法进行 500 km 公路运输模拟试验、振动试验、堆码试验、自由跌落试验^[15]。模拟汽车运输试验台为 Y59-4/ZF 型,模拟三级公路运输 500 km,时速 35 km/h;电动振动试验系统为 DSC-1000-100 型,按规定的振动试验量值进行每轴向 30 min 的随机振动试验;堆码配质量为 45 kg,平整地面堆码 3 层,保持 48 h;大型跌落试验架为 3MX1T 型,包装物配质量为 45 kg,跌落高度为 1.5 m,跌落时包装物温度为常温、高温(50 °C)、低温(-40 °C)。

3.5 密封性试验

按照 GJB 4403—2002 规定的真空保持试验方法进行密封性试验。旋片式真空泵为 2XZ-0.5 型,精密压力表为 LY-0.6 型,真空度为 (1.2±0.1) kPa,保持时间为 10 min。

3.6 环境适应性试验

按照 GJB 150.3A—2009《军用装备实验室环境试验方法 第 3 部分 高温试验》、GJB 150.4A—2009《军用装备实验室环境试验方法 第 4 部分 高温试验》和 GJB 150.5A—2009《军用装备实验室环境试验方法 第 5 部分 温度冲击试验》规定的方法进行高温、低温和温度冲击试验^[16]。HUT701P 型高低温湿热试验箱,高温为 (50±2) °C,保温 48 h;低温为 (- 40±2) °C,保温 48 h;温度冲击试验时试验箱以 3 °C/min 的速率调至 - 40 °C,保温 4 h,然后转入 50 °C 的高温箱中,保温 4 h,再转入 - 40 °C 的低温箱中,保温 4 h。

3.7 防拆封试验

通过采用工具对包装物进行防拆封试验,包装物数量 3 套。

4 结果与讨论

4.1 材料与发射药之间的相容性

5 种典型发射药与改性 HDPE 包装材料的相容性,以及改性 HDPE 包装材料与硅橡胶的相容性试验,结果见表 1。

从表 1 可以看出,改性 HDPE 包装材料与典型发射药之间无明显反应,相容性良好,改性 HDPE 材料与硅橡胶样条相容性良好。

4.2 材料防静电性能

改性 HDPE 包装材料的防静电性能试验结果见表 2。

表 1 改性 HDPE 包装材料与发射药及硅橡胶之间的相容性试验结果
Tab.1 Compatibility test result of modified HDPE packing material, propellant powder and silicone rubber

样 品	DSC 法			VST 法	
	$\Delta t_p/^\circ\text{C}$	$\Delta E/E_d/\%$	试验结果	放气量/mL	试验结果
典型发射药 A	—	—	—	- 0.152	相容
典型发射药 B	< 2	5.3	1 级	0.028	相容
典型发射药 C	< 2	2.9	1 级	0.388	相容
典型发射药 D	< 2	7.6	1 级	0.683	相容
典型发射药 E	< 2	1.6	1 级	0.038	相容
改性 HDPE 材料与硅橡胶样条			2 种材料均无变质,相容		

表 2 改性 HDPE 包装材料防静电试验结果
Tab.2 Antistatic test result of modified HDPE packing material

试样编号	表面电阻率/ Ω	
	正面	反面
1 [#] -1	2.72×10 ⁶	3.97×10 ⁶
1 [#] -2	2.14×10 ⁶	1.47×10 ⁶
1 [#] -3	6.49×10 ⁷	7.23×10 ⁸
1 [#] -4	5.37×10 ⁸	1.82×10 ⁸
1 [#] -5	5.34×10 ⁸	2.75×10 ⁷
2 [#] -1	3.98×10 ⁷	2.6×10 ⁸
2 [#] -2	3.03×10 ⁷	2.02×10 ⁸
2 [#] -3	7.14×10 ⁷	3.26×10 ⁷
2 [#] -4	4.48×10 ⁷	2.68×10 ⁸
2 [#] -5	4.86×10 ⁶	1.37×10 ⁶

从表 2 可以看出,改性 HDPE 包装材料的表面电阻率均小于 1.0×10⁹ Ω ,满足发射药包装物材料防静电性能要求。

4.3 老化性能

HDPE 塑料在长储过程中会不可避免会发生热氧化,该过程是典型的自由基链式降解反应,并按照自动催化的步骤进行。在配方中添加抗氧化剂可以改善 HDPE 塑料的热老化性能,经过热老化试验后改性 HDPE 塑料的冲击强度和拉伸强度分别见表 3 和表 4。

改性 HDPE 材料拉伸强度原始值为 26.01 MPa,冲击强度原始值为 31.78 kJ/m²。在 92 d 的试验时间内,其拉伸强度并未随着老化温度的升高和老化试验时间的延长而表现出明显的劣势规律,而在相同的试验周期和试验条件下,其冲击强度随着老化时间出现明显的下降趋势,且温度越高下降幅度越大,因此采用改性 HDPE 材料冲击强度保留率作为其贮存寿命表征参数。根据 $P=Ae^{-Kt^\alpha}$, $K=Ze^{-E/RT}$,通过试验数据计算得出不同温度条件下的老化速率常数,进而可外推预测贮存温度条件下的老化速率常数。以常温 (25 °C) 作为贮存条件,改性 HDPE 材料在 95%置信度下,其平均寿命约为 17.51 年。

表 3 热老化试验前后材料的冲击强度变化
Tab.3 Change of impact strength of material before and after thermal aging test kJ/m^2

试验时间/d	温度/ $^{\circ}\text{C}$			
	50	60	70	80
0	31.78			
4	30.46	30.2	30.83	30.23
8	30.8	29.68	31.2	31.9
16	30.8	30.9	31.05	29.77
32	28.83	29.78	28.6	26.4
48	30.29	28.13	27.55	29.07
64	29.38	—	27.88	—
80	29.54	28.43	26.1	23.27
92	28.87	27.3	26.62	—

表 4 热老化试验前后材料的拉伸强度变化
Tab.4 Change of tensile strength of material before and after thermal aging test MPa

试验时间/d	温度/ $^{\circ}\text{C}$			
	50	60	70	80
0	26.01			
4	25.13	25.27	25.6	25.31
8	25.08	25.32	25.23	26.09
16	25.58	25.46	25.58	25.64
32	24.97	24.77	25.69	26.38
48	25.91	25.64	26.41	25.96
64	25.54	25.25	25.59	26.19
80	25.62	24.89	26.42	26.52
92	25.27	25.47	26.29	26.46

4.4 力学性能

4.4.1 500 km 公路运输模拟试验

模拟试验后对包装物的密封性进行测试,结果见表 5。

表 5 500 km 公路运输模拟试验后包装物的密封性
Tab.5 Leakproofness of packing after 500 km of simulate road transportation

箱号	运输试验前包装真空度/ kPa	运输试验后包装物真空度/ kPa	变化率/%
1	- 1.25	- 1.24	0.8
2	- 1.22	- 1.18	3.3
3	- 1.30	- 1.29	0.8
4	- 1.23	- 1.22	0.8
5	- 1.21	- 1.18	2.5
6	- 1.23	- 1.21	1.6
7	- 1.30	- 1.28	1.5
8	- 1.17	- 1.15	1.7
9	- 1.27	- 1.25	1.6
10	- 1.23	- 1.22	0.8

试验后对包装物进行逐一检查,其结构均完整,无功能性破坏、损伤,从表 5 中可知经运输试验后包装物的密封性仍满足要求。

4.4.2 振动试验

按照 GJB 4403—2002 规定的“一般振动”方法进行试验,试验后对其密封性进行检测,结果见表 6。

表 6 振动试验后包装物的密封性
Tab.6 Leakproofness of packing after vibration test

箱号	振动试验前包装物真空度/ kPa	振动试验后包装物真空度/ kPa	变化率/%
1	- 1.15	- 1.12	2.6
2	- 1.30	- 1.27	2.3
3	- 1.20	- 1.15	4.2

包装物经振动试验后,其结构均完整,无功能性损坏、损伤,密封性结果仍合格。

4.4.3 堆码试验

按照 GJB 4403—2002 规定的堆码试验方法和程序进行试验,结果见图 5。试验过程中未出现倒塌、破损等现象。从图 5 可知,试验后包装物无损坏、变形,试验结果合格。



图 5 堆码试验
Fig.5 Stacking test

4.4.4 自由跌落试验

发射药包装物在装卸、运输、使用过程中存在跌落危险,为考核其跌落性能,按照 GJB 4403—2002 的方法进行自由跌落试验,见图 6。试验后对包装物的密封性进行检测,试验结果见表 7。



图 6 自由跌落试验
Fig.6 Free Drop Test

表 7 自由跌落试验后包装物的密封性
Tab.7 Leakproofness of packing after free drop test

箱号	温度	跌落部位	自由跌落试验前 包装物真空度/kPa	自由跌落试验后 包装物真空度/kPa	变化率/%
1	常温	侧面	- 1.23	- 1.20	2.4
2		底面	- 1.19	- 1.16	2.5
3		侧棱	- 1.18	- 1.17	0.8
4		底棱	- 1.27	- 1.24	2.4
5		底角	- 1.25	- 1.24	0.8
6	高温 (+50 ℃)	侧面	- 1.27	- 1.25	1.6
7		底面	- 1.20	- 1.16	3.3
8		侧棱	- 1.24	- 1.18	4.8
9		底棱	- 1.22	- 1.18	3.3
10		底角	- 1.17	- 1.15	1.7
11	低温 (- 40 ℃)	侧面	- 1.13	- 1.11	2.1
12		底面	- 1.24	- 1.08	12.9
13		侧棱	- 1.25	- 1.21	3.2
14		底棱	- 1.14	- 1.11	2.6
15		底角	- 1.25	- 1.23	1.6

经不同温度、不同跌落部位自由跌落试验后，包装物结构完整，内装物无溢洒，且试验前后的密封性结果满足要求。

4.5 密封性能

发射药一旦受潮，对其能量、燃烧性能、长储性有较大影响，且在贮存过程存在一定安全隐患，因此，将发射药包装物的密封性作为检验发射药包装性能的一项重要指标，以保证包装物内装发射药在长期贮存过程中，不受外界环境影响，保证产品使用性能。按照 GJB 4403—2002 真空保持试验规定的方法对其密封性进行试验，结果见表 8。从试验结果可知，包装物具有良好的密封性，满足发射药包装要求。

表 8 密封性试验结果
Tab.8 Result of leakproofness test

箱号	试验前包装物 真空度/kPa	试验后包装物 真空度/kPa	变化率/%
1	- 1.29	- 1.29	0
2	- 1.28	- 1.26	1.6
3	- 1.29	- 1.28	0.8

4.6 环境适应性能

按照 GJB 150.3A—2009 的方法对包装物的高温、低温及温度冲击性能进行试验，试验后经检查，包装物材料及零部件无变形失效、永久硬化，表面无裂解、龟裂纹，密封性合格，见图 7。

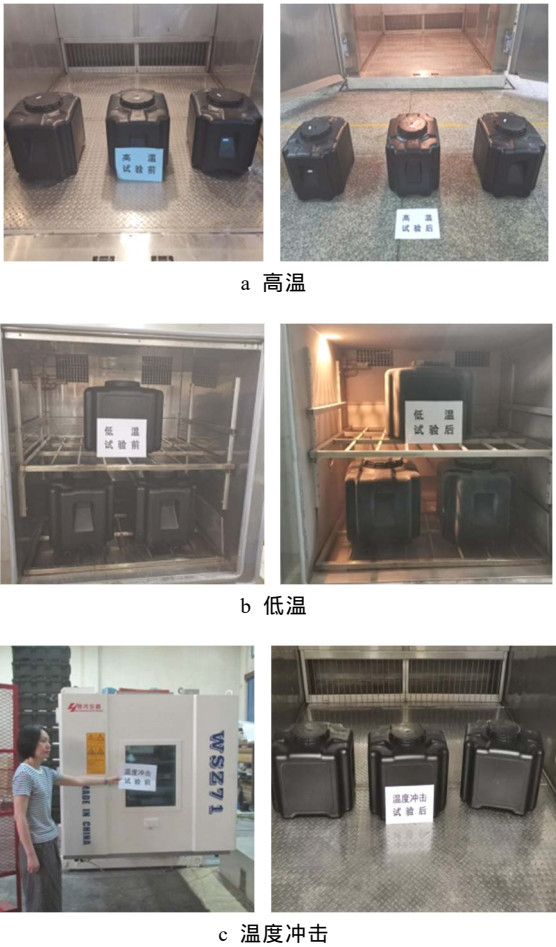


图 7 环境适应性试验
Fig.7 Environmental adaptation test

4.7 防拆封性能

采用工具对包装物进行防拆封试验,结果见图8。从图8可知,拆封后防拆封扣已断裂,无法恢复原状,实现了防拆封功能。



图8 防拆封试验

Fig.8 Unpacking test

5 结语

设计的发射药包装物为矩形筒式一体化结构,箱体和箱盖选用改性HDPE材料,密封圈选用硅橡胶材料,防拆封扣选用增强尼龙材料,具有防拆封功能。研制的新型发射药包装物与内装典型发射药无明显反应,相容性良好;具有优良的防静电性能,其表面电阻率为 $1.37 \sim 723 \text{ M}\Omega$; 25°C 贮存条件下,其平均热老化寿命为17.51年;经500 km公路运输模拟试验、振动试验、堆码试验和自由跌落试验后,新型发射药包装物未出现变形、破损等现象,且密封性仍满足要求。该新型发射药包装物可替代现有包装物,可在火炸药行业进行推广应用。

参考文献:

- [1] 肖冰, 黄晓霞, 彭天秀. 国外弹药包装的现状与发展趋势研究[J]. 包装工程, 2005, 26(5): 220—222.
XIAO Bing, HUANG Xiao-xia, PENG Tian-xiu. The Features and Development Tendency for Ammunition Packaging in Foreign Army[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5): 220—222.
- [2] 高欣宝, 黄春光, 向红军. 包装对弹药装备保障的影响分析及其发展策略[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 121—122.
GAO Xin-bao, HUANG Chun-guang, XIANG Hong-jun. Effect and Development Strategy of Packaging on Ammunition Armament Support[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 121—122.
- [3] 毛长勇, 代久双, 张晓志, 等. 火炸药产品用包装物现状及发展趋势[J]. 包装工程, 2018, 39(15): 250—254.
MAO Chang-yong, DAI Jiu-shuang, ZHANG Xiao-zhi, et al. Present Situation and Development Trend of Packaging Materials for Explosive Products[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(15): 250—254.
- [4] 白焘, 杨昭. 某型弹药防护包装设计验证[J]. 包装工程, 2016, 37(23): 120—124.
BAI Tao, YANG Zhao. Design and Verification of Certain Ammunition Protective Packaging[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 120—124.
- [5] 叶文升, 王青枝, 陈兴泉. 火炸药环境性能试验安全问题的探索[J]. 环境试验, 2014(8): 25—28.
YE Wen-sheng, WANG Qing-zhi, CHEN Xing-quan. Exploration on the Safety Issues of Explosive Environmental Test[J]. Environmental Testing, 2014(8): 25—28.
- [6] 徐永士, 魏晗, 张彬, 等. 影响火炸药吸湿性因素的研究[J]. 当代化工, 2015, 44(4): 733—734.
XU Yong-shi, WEI Han, ZHANG Bin, et al. Study on Factors Influencing Hygroscopicity of Explosives[J]. Contemporary Chemical Industry, 2015, 44(4): 733—734.
- [7] WJ 2146—2016, 兵器行业防静电用品设施验收规程[S].
WJ 2146—2016, Check and Accept Code for Antistatic Installation and Implement for Ordnance Industry[S].
- [8] GJB 4403—2002, 常规兵器弹药包装定型试验规程[S].
GJB 4403—2002, The Approval Test Procedure for the Ammunition Package[S].
- [9] 谭艳. 国内外弹药包装材料的进展[J]. 材料导报, 2013, 27(21): 375—377.
TAN Yan. Research progress on Ammunition Package Worldwide[J]. Material Review, 2013, 27(21): 375—377.
- [10] 孙明亮, 雷坤. 炮弹塑料包装应用探讨[J]. 包装工程, 2003, 24(6): 107—109.
SUN Ming-liang, LEI Kun. Exploration on the Plastic Packaging Application of Ammunitions[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(6): 107—109.
- [11] GJB 772A—97, 炸药试验方法[S].
GJB 772A—97, Explosive Test Method[S].
- [12] GB/T 16265—2008, 包装材料试验方法 相容性[S].
GB/T 16265—2008, Test Method of Packaging Materials-Compatibility[S].
- [13] GB/T 1410—2006, 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法[S].
GB/T 1410—2006, Methods of Test for Volume Resistivity and Surface Resistivity of Solid Electrical Insulating Materials[S].
- [14] GB/T 7141—2008, 塑料热老化试验方法[S].
GB/T 7141—2008, Plastics-Methods of Heat Aging[S].
- [15] GJB 1444—92, 弹药包装通用规范[S].
GJB 1444—92, General Specification for Ammunition Packaging[S].
- [16] GJB 150.3A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].
GJB 150.3A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].