

某型弹药防护包装设计与验证

白焘¹, 杨昭²

(1.西南技术工程研究所, 重庆 400039; 2.陆航驻株洲地区军事代表室, 株洲 412002)

摘要: **目的** 为某型弹药设计一种结构合理、防护可靠的包装。**方法** 根据弹药的贮运要求, 参照 GJB 1182, GJB 145A 确定防护等级和总体包装方案; 根据弹药包装设计技术要求, 进行包装结构设计和材料选用设计; 通过仿真分析和试验验证, 全面考核防护包装的各项性能。**结果** 设计的防护包装结构合理、防护可靠, 各项性能满足设计技术要求, 可保证弹药在寿命周期内不发生锈蚀和功能失效。**结论** 可应用于该弹药的防护包装, 并为其他类似弹药包装设计提供参考。

关键词: 防护包装; 设计; 验证

中图分类号: TJ410.89 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)23-0120-05

Design and Verification of Certain Ammunition Protective Packaging

BAI Tao¹, YANG Zhao²

(1.Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China; 2.Military Representative Office of General Army Aviation in Zhuzhou, Zhuzhou 412002, China)

ABSTRACT: The work aims to design a packaging with a rational construction and reliable protection. According to the storage and transportation requirements of the ammunition and with reference to GJB 1182 and GJB 145A, the protection level and general packaging scheme were determined. According to the technical requirements for the design of ammunition packaging, the packaging structure was designed and the materials were selected and designed. By means of simulation analysis and experimental verification, the various performances of protective packaging were comprehensively assessed. The protective packaging designed had a rational structure and reliable protection. As all its performances met the technical requirements of design, the protective packaging could ensure that the ammunition would not be rusted or have function failure within the life cycle. Such packaging can be used as the protective packaging of the said ammunition and provide reference for the design of other similar ammunition packagings.

KEY WORDS: protective packaging; design; verification

弹药包装作为弹药的保护容器, 在弹药装卸、运输和储存等过程中发挥着重要作用, 是确保弹药功能和性能稳定、可靠及价值体现的必备条件和重要的技术手段^[1-2]。为防止弹药因潮湿、静电等外界因素而导致锈蚀或功能失效, 设计一种防护包装使弹药在装卸、运输、贮存等过程中具有防雨水、防潮、防静电等功能, 并通过仿真分析和试验验证全面考核防护包装的性能。

1 弹药包装设计技术要求

根据弹药的贮运、使用及功能防护要求^[3], 对其防护包装提出的主要设计技术要求如下: 外形尺寸(长×宽×高)不大于 1 500 mm×500 mm×350 mm; 包装箱质量不大于 35 kg; 满足 5 层堆码强度及稳定性要求; 包装状态满足 0.5 m 高度无损跌落要求;

收稿日期: 2016-09-08

作者简介: 白焘(1988—), 男, 四川平昌人, 西南技术工程研究所工程师, 主要研究方向为弹箭防护技术与应用。

具有防雨水、防静电能力; 满足贮存温度在 $-50 \sim +65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

2 防护包装设计

2.1 设计原则

防护包装在设计时注重遵循几项原则: 力求体积小、质量轻、成本低; 材料来源广泛, 货源充足, 质量可靠; 资源节约, 生态环保; 符合通用化、系列化、组合化的要求^[4]。

2.2 总体方案设计

通过分析弹药包装设计技术要求的可行性, 运用系统的理论和方法, 根据弹药外形结构特点、尺寸、质量、重心位置及功能防护要求等进行总体方案设计, 按 GJB 1182 确定该弹药的防护级别为 B 级, 参照 GJB 145A 确定其防护包装总体方案采用“外包装+内包装”结构形式。

2.3 材料选用设计

2.3.1 外包装材料

外包装作为防护的重要组成部分, 须具有足够的刚度和强度, 稳定的力学性能, 良好的环境适应性^[5]。从工艺性及成本方面考虑, 选择 SMC 作为外包装的主体成型材料, SMC 的主要性能参数为: 拉伸强度 $70 \sim 90\text{ MPa}$, 拉伸模量 $9000 \sim 12\ 000\text{ MPa}$, 弯曲强度 $150 \sim 200\text{ MPa}$, 弯曲模量 $9000 \sim 11\ 000\text{ MPa}$, 密度 $1.8 \sim 2.0\text{ g/cm}^3$, 泊松比 0.4。

2.3.2 内包装材料

内包装直接接触弹药, 应与弹药有良好的相容性, 且不影响弹药性能的发挥。由于弹药易受到外界潮湿空气和静电等因素的影响, 因此内包装材料应选择符合 GJB 2605 的 I 类 II 型防潮、防静电的材料。内包装材料的主要力学性能: 水蒸气透过率 $\leq 0.31\text{ g/(m}^2\cdot 24\text{ h)}$, 测试方法参照 GB/T 1037; 热封合强度 $\geq 40\text{ N/15 mm}$, 测试方法参照 QB/T 2358; 剥离强度 $\geq 2\text{ N/15 mm}$, 测试方法参照 GJB 756; 抗穿刺性 $\geq 70\text{ N}$, 测试方法参照 GJB 756; 拉伸强度 $\geq 60\text{ N/15 mm}$, 测试方法参照 GJB 756。

2.4 外包装结构

外包装作为装载弹药和实现防护功能的主体

构件, 应在力求质量轻、体积小、成本低的条件下, 进行合理的结构设计。参照 GJB 182A 规定的尺寸系列要求, 将外包装设计为矩形、大开盖形式的包装箱, 集装卸、贮存、运输等功能于一体^[6], 主要由箱体、箱盖、锁扣等组成。其中, 箱体、箱盖是外包装的主要零部件, 通过合理设计箱体、箱盖结构, 以达到外包装在弹药贮运及使用过程中对刚度和强度的要求, 实现快速装取、防雨水、堆码和限位、装箱与固定等功能, 外包装外形结构见图 1。

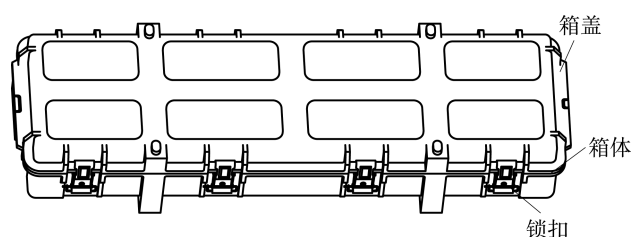


图 1 外包装结构

Fig.1 The outer packing structure

2.4.1 箱体、箱盖设计

箱体、箱盖为实现外包装功能的主要零部件, 应具有足够的刚度和强度, 方便弹药的装取。壁厚的选择为箱体、箱盖设计时首先考虑的问题, 因为壁厚直接影响到包装箱的质量、刚度和强度, 箱体、箱盖结构见图 2。根据 SMC 性能参数、刚度和强度要求, 通过详细的力学计算、仿真分析, 并结合以往的成功设计经验, 将壁厚设计为 3 mm , 将包装箱的质量控制在合理范围内。箱体、箱盖内外表面设置了合理分布的加强筋结构, 以增加其刚度和强度, 外侧设置的立柱结构可保证箱体、箱盖闭合后形成框架, 堆码时承担主要载荷, 减轻侧壁受力, 实现 5 层堆码强度要求。为实现弹药的快速装取, 将箱体、箱盖高度比例设置为 $2:1$, 通过 8 个锁

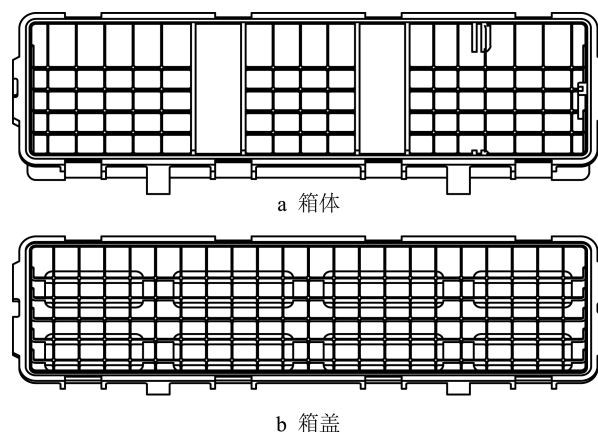


图 2 箱体、箱盖结构

Fig.2 Structure of box tank and case cover

扣连接箱体、箱盖,形成密闭的空间。

2.4.2 防雨水设计

包装箱的防雨水设计主要考虑口部的防雨水密封问题。箱体、箱盖、密封圈和锁扣共同组成密封空间,协同实现包装箱的防雨水功能,见图 3a。在箱盖上设置密封槽、安装密封圈,箱体上相应位置设置凸缘,通过锁扣连接箱体箱盖后,凸缘压缩密封圈,以实现包装箱的防雨水功能。为防止在贮运过程中锁扣的松动,导致防雨水功能丧失,将锁扣设计为具有自锁功能结构,保证防雨水的可靠性,锁扣结构见图 3b。

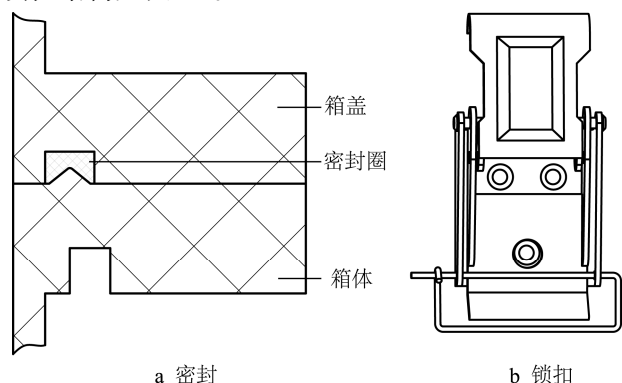


图 3 密封、锁扣结构

Fig.3 Sealing structure of the sealing and Lock

2.4.3 堆码和限位设计

为了使包装箱满足单元化、机械化要求^[7-8],方便装卸和运输,以提高部队的机动性,在包装箱上设置了堆码与限位结构,见图 4。这样既可满足在库房贮存时有效节约空间,又可选用标准军用托盘进行集装,实现 5 层堆码稳定性要求。

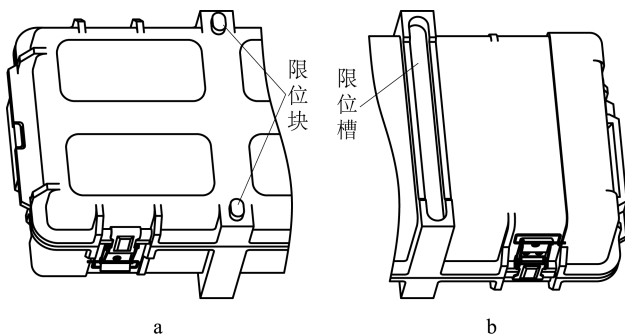


图 4 堆码和限位结构

Fig.4 Stacking and limit structure

2.4.4 装箱与固定设计

为了防止弹药装箱时在包装箱内窜动,应设计合理的固定结构。参照 GJB 1361,选用压缩回弹性良好的聚乙烯泡沫材料,设计与弹药的外形结构

相配合的支撑垫和卡板,见图 5—6,实现弹药在包装箱内的轴向和径向窜动。

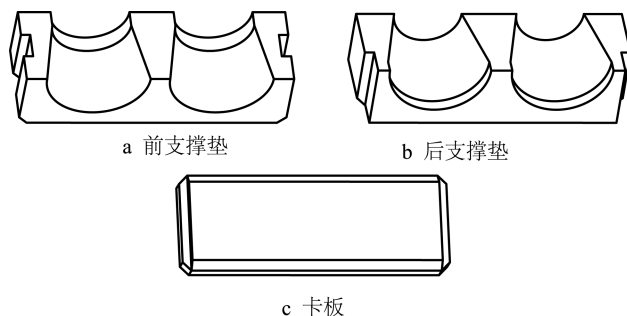


图 5 支撑垫和卡板结构

Fig.5 Support pad and card board structure

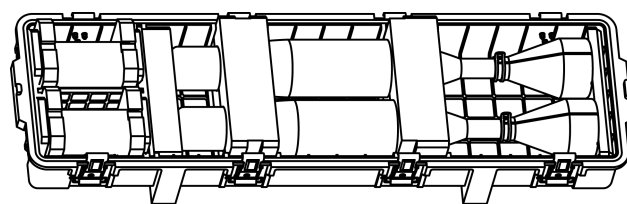


图 6 装箱结构

Fig.6 Encasement structure

2.5 内包装设计

根据弹药的防潮、防静电要求,内包装材料由无纺布、PET、AL、PA、PE 等材料复合而成,通过焊封制成包装袋^[9-10],见图 7。包装袋尺寸由弹药的最大外形尺寸确定,焊缝宽度不小于 8 mm,袋口留有再次热封所需的余量,袋底设置为 V 型切口,方便快速拆封。

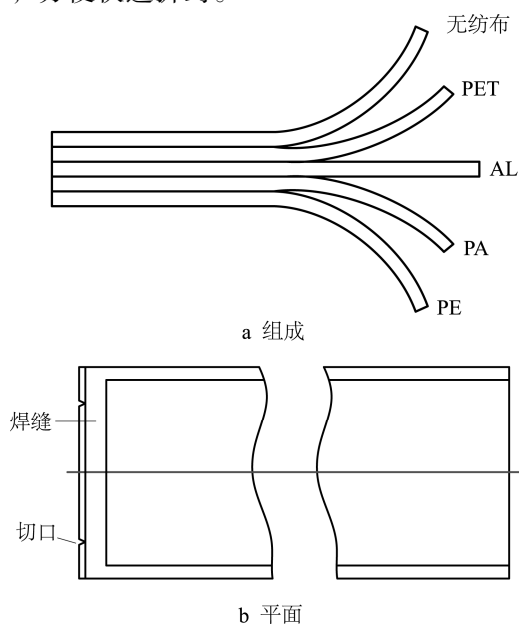


图 7 内包装结构

Fig.7 Inner packing

3 刚度和强度校核

3.1 堆码工况应力、应变分析

包装箱全包装状态的总质量为 60 kg, 采用 Ansys 分析软件, 在 5 层堆码时, 以最底层的包装箱为研究对象, 所受压力为 2.35 kN, 分别作用于外侧立柱。通过仿真分析, 包装箱所受最大应力为 1.17 MPa, 小于 SMC 的拉伸强度 70~90 MPa; 最大应变为 1.4×10^{-4} , 小于 SMC 的应变 $5.83 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$ (应变等于拉伸强度除以拉伸模量), 应力、应变云图见图 8^[11]。

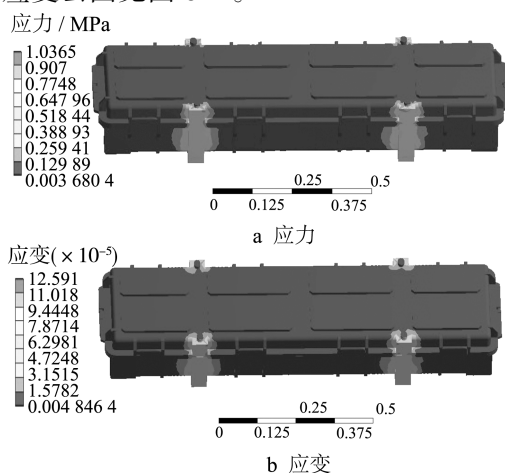


图 8 堆码应力、应变云图

Fig.8 Stacking stress and stacking strain cloud chart

3.2 0.5 m 跌落工况应力、应变分析

应用 Ansys 分析软件在跌落高度为 0.5 m 时进行分析, 包装箱所受最大应力为 56 MPa, 小于 SMC 的拉伸强度 70~90 MPa; 最大应变为 5.33×10^{-3} , 小于 SMC 的应变 $5.83 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$ 。应力、应变云图见图 9^[12]。

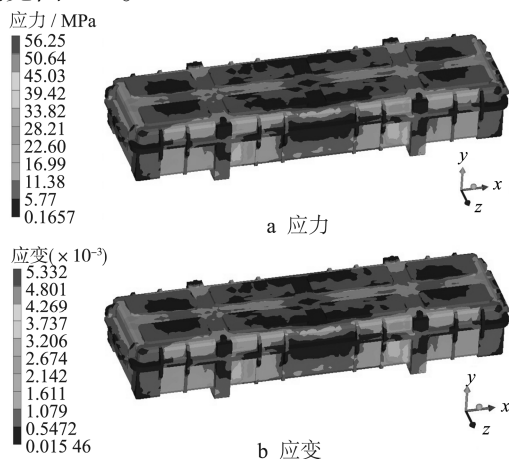


图 9 跌落高度为 0.5 m 时的应力、应变云图

Fig.9 Stress and strain cloud chart at 0.5 meters fell

4 试验验证

为验证包装箱是否满足设计技术要求, 在某权威检测机构对包装箱实物样机按照 GB/T 1410, GJB 150A, GJB 2711, GJB 1444 及相关试验要求进行了试验验证, 试验项目有尺寸和质量检测、内包装电阻率测试、堆码稳定性试验、堆码强度试验、高温贮存试验、低温贮存试验、振动试验、冲击试验、运输试验、0.5 m 跌落试验及 3 m 安全跌落试验等^[13-15]。该包装箱通过了各项试验的考核, 表明包装箱的性能、功能及防护等满足设计技术要求。

5 结语

防护包装采用“外包装+内包装”总体结构, 外包装选用 SMC 为主体成型材料, 内包装选用具有防潮、防静电功能材料制作, 具有防雨水、防静电、防潮密封等功能, 设计合理, 防护可靠, 可应用于某弹药的防护包装及为其他类似弹药包装设计提供参考。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 白焘, 詹永富, 罗俊杰, 等. 浅析弹药包装结构设计材料与选用要求[C]//第四届军品防护与包装发展论坛暨成果展示论文集, 2015: 113—114.
BAI Tao, ZHAN Yong-fu, LUO Jun-jie, et al. Packaging Structure Design and Material Selection Requirements[J]. The Fourth Military Protection & Packaging Development Forum and Exhibition, 2015: 113—114.
- [3] 李秉旗, 宋瑞华, 杨健, 等. 常规弹药包装设计程序及要求[J]. 包装工程, 2011, 32(23): 38—39.
LI Bing-qi, SONG Rui-hua, YANG Jian, et al. Procedure and Requirements of Packaging Design for Common Ammunition[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(23): 38—39.
- [4] WJ 20336-2016, 携行炮弹包装设计要求[S].
WJ 20336-2016, Design Requirements of Packaging for Portable Shells[S].

- [5] 姜秀凤, 娄勇健, 王锐, 等. 玻璃钢包装筒结构设计及成形工艺[J]. 精密成形工程, 2014, 6(2): 60—62.
JIANG Xiu-feng, LOU Yong-jian, WANG Rui, et al. Structure Design and Molding Packaging Process of Glass Reinforced Plastic Packaging Tube[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2014, 6(2): 60—62.
- [6] 黄强, 康冰冰, 卞光荣, 等. 弹药包装储运一体化研究[J]. 包装工程, 2016, 37(1): 158—163.
HUANG Qiang, KANG Bing-bing, BIAN Guang-rong, et al. ZHANG Di. Integration between Storage and Transportation of Ammunition Packaging[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(1): 158—163.
- [7] 高欣宝, 李天鹏. 弹药包装对部队保障能力的影响及对策分析[J]. 包装工程, 2011, 32(23): 154—156.
GAO Xin-bao, LI Tian-peng. Analysis of Influences and Countermeasures of Ammunition Packaging on Army Support Capability[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(23): 154—156.
- [8] PING Yan, WEN Liang-yang, BO Tan, et al. Improving Ammunition Supply Chain Management with RFID Technology[J]. Proceeding of 20th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2013: 1143—1154.
- [9] RONG Zhi-yang, ZHI Li, MENG Kang, et al. Analysis on Influence of Humiture upon Ammunition Storage and Countermeasure[J]. Proceedings of the 15th International Conference on Man-machine-environment System Engineering, 2015: 786—794.
- [10] 蔡建, 詹永富, 胡秉飞. 复合材料密封包装容器干燥控湿设计研究[J]. 包装工程, 2015, 35(2): 112—116.
CAI Jian, ZHAN Yong-fu, HU Bing-fei. Moisture-proof and Humidity- control Design of Sealed Composite Packages[J]. Packaging Engineering, 2015, 35(2): 112—116.
- [11] 魏艳娟, 明志茂. 动静态堆码试验标准解读及应用分析[J]. 中国包装工业, 2015(14): 125—127.
WEI Yan-juan, MING Zhi-mao. Dynamic and Static Stacking Test Standard Interpretation and Analysis of Application[J]. China Packaging Industry, 2015(14): 125—127.
- [12] HERNANDEZ C, BUCHELY M F, MARANON A. Dynamic Characterization of Roma Plastilina No.1 from Drop Test and Inverse Analysis[J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2015, 100: 158—168.
- [13] MIL-STD-1905A, Design and Test Requirements for Level B and Level C Ammunition Packaging[S].
- [14] 靳跃钢, 高海波, 赵耀辉, 等. 美军弹药包装设计与试验要求[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 137—141.
JIN Yue-gang, GAO Hai-bo, ZHAO Yao-hui, et al. Design and Test Requirements of US Military Ammunition Packaging[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 137—141.
- [15] 李家良, 赵耀辉, 李月平, 等. 关于战术导弹防护包装设计 with 试验要求的探讨[J]. 包装工程, 2011, 32(23): 95—100.
LI Jia-liang, ZHAO Yao-hui, LI Yue-ping, et al. Design and Test Requirements for Tactical Missile Protective Packaging[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(23): 95—100.