

塑料弹药箱中凝露问题研究

李清, 李瑞琴, 管兰芳

(中北大学, 太原 030051)

摘要:目的 分析塑料弹药箱产生凝露的原因,并寻找消除方法。方法 分别采用3种消除凝露的方法:改进箱口密封形式(方法A);改进箱口密封形式,箱内放置防潮剂(方法B);改进箱口密封形式,箱内放置防潮剂,而且产品、包装材料去湿处理(方法C),然后在交变湿热环境下测量、评估塑料箱内的温湿度变化。结果 采取3种措施后,20℃时的箱内平均湿度:方法A达85%,并持续增加;方法B至72%左右达到平衡;方法C维持在51%左右。结论 封装时对产品、包装材料进行去湿处理,箱内放置防潮剂,并改进箱口密封形式,可阻隔外界空气的渗漏,长期维持箱内相对湿度为50%左右,可有效减少凝露的产生,保证弹药的贮存质量。

关键词: 弹药箱;凝露;防潮剂;密封

中图分类号:TB482.2;TB485.5 文献标识码:A 文章编号:1001-3563(2016)03-0126-04

Condensation Problem in Plastic Crates of Ammunition

LI Qing, LI Rui-qin, GUAN Lan-fang

(North China University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to analyze the causes for condensation generated in plastic crates of ammunition, and explore approaches to eliminating condensation. In alternating hot and humid environment, temperature and humidity changes in the plastic crates were measured and evaluated after the implementation of the following methods to eliminate condensation, improved sealed form of caisson(method A), improved sealed form of caisson and placed moisture agent in the crates(method B), improved sealed form of caisson, placed moisture agent in the crates and reduced the moisture content in the products pre-packaged and the packaging material (method C). After taking the three measures, the average humidity at 20℃: A reached 85%, and continued to increase; B reached the balance point of 72%; C maintained at about 51%. Therefore, reducing the moisture content in the packaging material and products pre-packaged, placing moisture agent in the crates and improving the sealed form of caisson, could block the outside air leakage, maintain the relative humidity level of 50% in the caisson for a long time, which could effectively reduce the generation of condensation, and guarantee the quality of ammunition during storage.

KEY WORDS: ammunition caisson; condensation; moisture agent; sealing

野战、高温、湿热环境下,潮湿是军用产品腐蚀、降解、变质、破坏和丧失使用功能的重要原因,将弹药贮存封装在干燥空气中是既经济又行之有效的办法^[1-2],欧美等发达国家目前正积极推进兵器防腐包装和保养计划^[3-4]。随着我军高、精、尖等高价弹药

不断问世,现有木质弹药箱的密封、防护已不能满足要求^[5-6],木质弹药箱防潮性、阻隔有害气体的能力都很差,在野外存放时,耐腐蚀性差,易于变形、破损和虫蛀,降低了弹药的保存期。另外,木质包装箱消耗大量木材,不利于生态,经济性也较差^[7-12]。目前,欧

收稿日期:2015-05-31

基金项目:山西省自然科学基金(2015011060);中北大学校自然科学基金

作者简介:李清(1966—),男,河南洛阳人,博士,中北大学副教授,主要研究方向为包装容器。

美国家已基本采用塑料箱取代木箱用于弹药贮存,我军也在加紧研制、推广塑料弹药包装箱^[13]。塑料弹药箱以其重量轻、密封性好、成型易、制作效率高、制作成本低等优点^[14],应用越来越普遍,使用中产生了一些新的急需解决的问题,如贮存中箱内凝露问题远较木箱严重和普遍,影响了弹药的长期贮存^[15]。文中拟对塑料弹药箱产生凝露的原因进行分析,并进一步研究减少和消除凝露的方法,以减小凝露对弹药贮存的影响,延长弹药贮存期。

1 原因分析

某公司生产的弹药,型号相同,分别采用PE塑料箱和木箱包装,均在自然环境温度20~25℃、湿度70%~80%条件下封装,封装环境相同,并贮存在同一仓库,贮存环境温度、湿度相同,1年后,塑料箱内产生大量凝露,而木箱内凝露较少,甚至没有。

综合分析塑料箱产生凝露的原因如下:与木箱相比,塑料箱及内衬有更好的吸湿性,吸收大量的水分,文献[16]表明,在平均温度26℃,平均湿度高于78%的自然环境下封装,产品、包装箱、包装支撑、缓冲材料等内衬均吸收、含有一定的水分,具有较高的含水量。在装箱时,潮湿的空气,产品、包装材料含有的水分随产品一同封入箱内,塑料箱内隐含有大量的水分;而且,塑料箱的密封性好,箱内气体流动性低。

当昼夜温度变化时,温度上升,箱内水分蒸发,木箱因密闭性差,水分会从缝隙逸出,而塑料箱蒸发的水分难于逸出,密封的塑料箱将水分封入箱内,成为“保湿包装”,相对湿度远高于木箱,木箱的缝隙成为了“通风包装”。温度降低时,塑料箱内相对湿度更是远高于木箱,凝露量自然更多,随着凝露的持续,外界的潮湿空气并没有完全阻隔,塑料箱的渗漏,塑料本身的透湿性(75 μm厚时,PE透湿率约7~8 g/(m²·24 h),4.5 cm厚时透湿度大约1 g/(m²·24 h)^[17-18]),使得潮湿空气依然可以源源不断地进入箱内,只是进入的速度较木箱慢。由于金属弹体的比热小,温度降低更快,因此,弹体及周围凝结了更多的水分。而其中一部分附着于弹体及塑料内衬之间的接触表面,在温度升高时,不易蒸发,日积月累,塑料弹药箱内积聚大量凝露,而木箱内凝露确很少,甚至没有。因此,封装环境温湿度未加控制,箱口密封不严导致气体、水蒸气渗漏,箱内湿度未加控制等3个因素,是塑料箱内产生凝露的主要原因。

2 实验结果分析

根据塑料箱内凝露产生的原因,开展了以下实验以消除凝露:改进箱口密封形式;箱内放置防潮剂,控制箱内湿度;封装前对产品及包装材料进行去湿处理。

选用Fluke 971温湿度测量仪测量塑料箱内温、湿度,按GJB 150.9—86《军用设备环境试验方法湿热试验》进行试验,具体的湿热交替循环方式为:在2 h内,试验箱内的温度升至40℃,相对湿度升至90%,并在此条件下保持16 h;然后在2 h内,试验箱内的温度降至20℃,相对湿度升至95%,并在此条件下保持4 h。上述试验24 h为1个周期,试验12 d。为了检验凝露的消除效果,12 d试验周期结束,2 h内试样降温至10℃,相对湿度(95±5)%保温4 h,开箱检查凝露情况。

2.1 改进密封形式

以倒V型密封垫取代平橡胶垫,见图1。环境温度为23℃,湿度为71%,自然环境温湿度条件下将产品封入箱内。

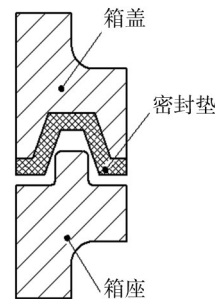


图1 弹药箱密封改进结构

Fig.1 Improved sealing structure of caisson

改进密封后,40℃和20℃保温状态条件下,箱内湿度变化见图2,在试验初期,随着箱内温度升高,包

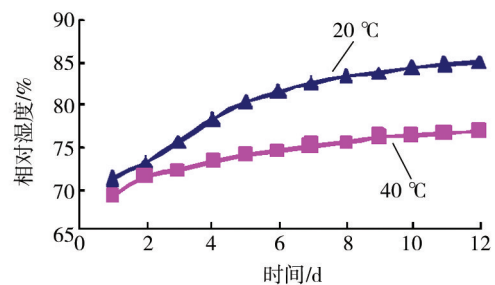


图2 改进密封后箱内湿度曲线

Fig.2 Relative humidity curves in the caisson after improvement of sealing structure

装材料、产品内水分逐步蒸发出来,箱外湿度渗透,使得箱内湿度较快速上升,因此,即使在40℃条件下,箱内相对湿度不降反升,高于封装前相对湿度。蒸发达到平衡后,箱外湿度渗透继续,并逐渐趋缓。而温度降低至20℃,低于封装温度,由于40℃时的水分蒸发,箱内相对湿度更是远高于封装环境湿度,真正成为“保湿包装”。

开箱检查,因箱内含水量高于饱和含水量,箱内壁、支撑材料、产品表面均存在不同程度的凝露现象,因此仅提高箱体的密封性,无法消除凝露。

2.2 箱内放置干燥剂

产品、包装材料依然在自然环境温湿度条件下封入改进密封后的箱内,在箱内放置干燥剂以控制箱内湿度。依据防潮包装标准 GB 5048—1999,选用硅胶干燥剂放入箱内以控制箱内湿度,根据塑料箱的材料、总容积、包装材料总重量和弹药的贮存时间计算防潮剂用量。箱子材料PE,透湿率为 $0.07 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,内部包装衬垫总质量为2.5 kg,贮存期为1年。

防潮剂用量计算如下:

$$m=300R^2t+0.5D=1271 \text{ g}$$

其中: m 为干燥剂用量(g); D 为包装内含湿性材料质量(包装纸、衬垫、缓冲材料等)(g); R^2 为温度为40℃、相对湿度为90%条件下,密封胶带封口罐、塑料罐的水蒸气透过量湿度($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$); t 为贮存时间(年)。

选取安全系数为1.2,实际防潮剂用量为1525 g,箱内三点放置。

放置干燥剂后箱内湿度曲线见图3,箱内湿度先缓慢上升,然后逐步回落,随后又缓缓上升。试验初期,箱内产品、包装材料所含水分的蒸发,有提升箱内湿度的趋势,同时干燥剂强大的吸收能力有降低箱内湿度的趋势,共同作用下,箱内湿度表现为缓慢上升。当包装材料、产品所含水分蒸发达到平衡,干燥剂依然表现出较强的吸收能力,使得箱内湿度下降。

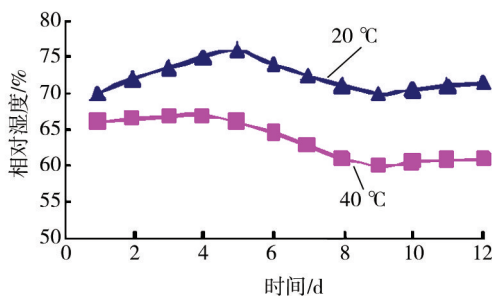


图3 放置干燥剂后箱内的湿度曲线

Fig.3 Relative humidity curves in the caisson after placing moisture agent

箱子湿度渗透持续不停,最终干燥剂吸收能力饱和,箱内湿度又缓缓上升。最终20℃时,箱内湿度依然略高于环境湿度,当温度降低至10℃时,箱内依然存在少量凝露。说明产品、包装材料未除湿条件下,放置干燥剂,可以降低箱内湿度,但不能根本消除凝露,不能保证弹药的贮存质量。

2.3 封装前产品、包装材料的去湿处理

封装前产品、包装箱、缓冲材料在温度20℃,相对湿度50%环境中,放置48 h以上进行去湿处理,密封结构和防潮剂同2.1和2.2章节。箱内湿度曲线见图4,无论在20℃或40℃,箱内湿度都很好地控制在弹药适宜的贮存温度,开箱检视,未发现凝露现象。在初始阶段40℃时,由于干燥剂处于强吸收阶段,箱内湿度有短暂的下落阶段。

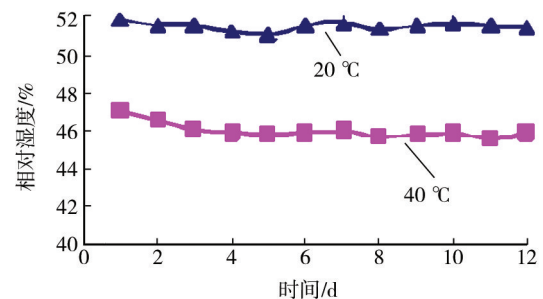


图4 去湿处理后包装箱内湿度曲线

Fig.4 Relative humidity curves in the caisson after reducing the moisture content

3 结语

弹药塑料箱封装中包装工艺不当,未控制包装材料及产品含水量以及封装环境温湿度,将包装材料、空气及产品中的水分密封于箱内,箱内湿度远高于环境湿度以及木箱内湿度,产生了凝露问题。控制产品封装环境温度、湿度,对封装前包装材料及产品进行去湿处理,箱内放置适量的干燥剂,才能发挥塑料弹药箱具有良好密封性的特点,长期保持箱内相对湿度在要求的范围,并减少、消除箱内凝露,保证弹药的贮存质量。

参考文献:

- [1] 刘川文,黄红军,李志广,等.我军弹药防潮技术的现状与发展[J].包装工程,2006,27(2):73—75.
LIU Chuan-wen, HUANG Hong-jun, LI Zhi-guang, et al. The Current Situation and Development our Ammunition

- Moistureproof Technology[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2):73—75.
- [2] 艾云平,刘琼,冯钟林,等. 浅析湿度对海岛弹药储存的影响[J]. 物流工程与管理, 2013(3):146—147.
AI Yun-ping, LIU Qiong, FENG Zhong-lin, et al. Brief Analysis the Influence of Humidity on Ammunition Storage of Island[J]. Storage Transportation & Preservation of Commodities, 2013(3):146—147.
- [3] 王维,宣兆龙,张晓艺,等. 弹药储运方舱透湿率影响因素分析与计算[J]. 装备环境工程, 2015, 12(4):120—123.
WANG Wei, XUAN Zhao-long, ZHANG Xiao-yi, et al. Analysis and Calculation of Influencing Factors of Moisture Permeability of Ammunition Storage and Transportation helter[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(4):120—123.
- [4] 易胜,杨岩峰,陈愚. 外军弹药包装发展研究[J]. 包装工程, 2012, 33(1):129—133.
YI Sheng, YAN Yan-feng, CHEN Yu. Study of Foreign Military Ammunition Packaging Development[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1):129—133.
- [5] 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(6):220—222.
XIAO Bing, HUANG Xiao-xia, PENG Tian-xiu. The Actuality and Development Trend for Ammunition Packaging in Foreign Army[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6):220—222.
- [6] 李家良,赵耀辉,李月平. 关于战术导弹防护包装设计与试验要求的探讨[J]. 包装工程, 2011, 32(23):95—100.
LI Jia-liang, ZHAO Yao-hui, LI Yue-ping. On Design and Test Requirements for Tactical Missile Protectable Package[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(23):95—100.
- [7] 肖军,余保民,樊来恩,等. 机载导弹包装箱技术及其研究进展[J]. 包装工程, 2010, 31(13):136—139.
XIAO Jun, SHE Bao-min, FAN Lai-en, et al. Techniques of Packaging Case for Airborne Missiles and Research Developments[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(13):136—139.
- [8] 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—124.
GAO Xin-bao, HUANG Chun-guang, XIANG Hong-jun. Effect and Development Strategy of Packaging on Ammunition Armament Support[J]. Packaging Engineering, 2013, 17:121—124.
- [9] CHEN Lin, CHEN Qun, LI Zhen, et al. Moisture Transfer Resistance Method For Liquid Desiccant Dehumidification Analysis and Optimization[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(14):1445—1453.
- [10] 李良春,李文钊. 我国通用弹药包装容器与防护方法的现状[J]. 包装工程, 2007, 28(7):46—47.
LI Liang-chun, LI Wen-zhao. Current Situation of the Package Container and the Protection Method for Common Ammunition[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7):46—47.
- [11] 高宏. 海军弹药失效机理分析[J]. 包装工程, 2009, 30(9):67—70.
GAO Hong. Failure Mechanism Analysis of Naval Ammunition [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(9):67—70.
- [12] 杨健,陆军. 我军弹药包装现状分析及发展趋势探讨[J]. 包装工程, 2006, 27(5):265—267.
YANG Jian, LU Jun. Discussion on the Actuality and Developing Trend for Ammunition Packaging[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5):265—267.
- [13] SARRAF A, VAHDAT S F, BEHBAHANINIA A. Relative Humidity and Mean Monthly Temperature Forecasts in Ahwaz Station with ARIMA Model in Time Series Analysis[C]// Proceedings of International Conference on Environment and Industrial Innovation, 2011.
- [14] 谭艳. 国内外弹药包装材料的研究进展[J]. 材料导报, 2013, 27(5):377—381.
TAN Yan. Research Progress on Ammunition Package Worldwide[J]. Materials Review, 2013, 27(5):377—381.
- [15] 王付修,蔡军锋. 海军陆战旅岛屿作战弹药储运环境分析与防护设计[J]. 包装工程, 2014, 35(15):63—66.
WANG Fu-xiu, CAI Jun-feng. Environment Effect Analysis and Protection Design for Marine Brigade Ammunition Storage [J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15):63—66.
- [16] 张晓东,陈红,陈愚. 高价值弹药防潮控湿包装设计[J]. 包装工程, 2008, 29(6):104—105.
ZHANG Xiao-dong, CHEN Hong, CHEN Yu. Moistureproof and Control Humidity Packaging Design of High-value Ammunition[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6):104—105.
- [17] 王波,易建政,祁立雷,等. 弹药包装高阻隔防潮封套材料透湿性研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7):47—51.
WANG Bo, YI Jian-zheng, QI Li-lei, et al. Vapor Transmission Study of High Barrier Moistureproof Envelop Materials [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7):47—51.
- [18] 宣卫芳,王一临. 湿热环境下弹药塑料包装的防潮性研究[J]. 包装工程, 2003, 24(5):31—33.
XUAN Wei-fang, WANG Yi-lin. The Study of Moistureproof Characteristics of Plastics Ammunition Packaging in Hot and Humid Environment[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(5):31—33.