

弹药储运方舱透湿率影响因素分析与计算

王维¹, 宣兆龙², 张晓艺², 王绍山²

(1. 72478部队, 济南 250310; 2. 军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: **目的** 通过研究弹药储运方舱透湿率指标,为下一步制定弹药储运方舱战技指标体系和研制生产提供依据。**方法** 根据弹药储存工作中检测湿度的方法和我国大部分地域年平均温湿度环境条件,通过计算弹药储运方舱内的相对湿度,求解弹药储运方舱透湿率指标。**结果** 经过计算求得方舱透湿率指标应不大于 $3.067 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 。**结论** 综合计算结果和国军标的相关要求,确定方舱透湿率指标不得大于 $3 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$,为制定弹药储运方舱战技指标体系提供了参考。

关键词: 弹药包装; 弹药储运方舱; 透湿率指标

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.04.023

中图分类号: TJ410 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)04-0120-04

Analysis and Calculation of Influencing Factors of Moisture Permeability of Ammunition Storage and Transportation Shelter

WANG Wei¹, XUAN Zhao-long², ZHANG Xiao-yi², WANG Shao-shan²

(1. No.72478 Unit of PLA, Jinan 250310, China; 2. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

ABSTRACT: **Objective** To explore the moisture permeability index of the ammunition storage and transportation shelter, so as to lay the foundation for drawing up the tactical and technical index system and manufacture of the ammunition storage and transportation shelter. **Methods** By the moisture permeability index of the ammunition storage and transportation shelter was calculated through calculation of the relative humidity in the interior of the shelter based on the ammunition storage condition and the average temperature and humidity condition of the most regions of our country. **Results** The moisture permeability index of the ammunition storage and transportation shelter should be less than $3.067 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ by calculation. **Conclusion** The moisture permeability index of the ammunition storage and transportation shelter was determined as less than $3 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$, combining the calculation result and the relevant requirements of the national military standard. This index laid the foundation for drawing up the tactical and technical index system and manufacture of ammunition storage and transportation shelter.

KEY WORDS: ammunition package; ammunition storage and transportation shelter; moisture permeability index

弹药在保障过程中会受到温度、湿度、盐雾、沙尘、淋雨、跌落、振动等环境条件的影响^[1],其中影响其质量变化最主要的因素是温度和湿度,尤其是湿度的影响更为显著^[2]。高湿环境会导致弹药金属元件锈

收稿日期: 2015-03-08; 修订日期: 2015-04-08

Received: 2015-03-08; Revised: 2015-04-08

作者简介: 王维(1987—),男,山东临沂人,在读硕士,主要研究方向为弹药保障与安全技术。

Biography: WANG Wei(1987—), Male, from Linyi, Shandong, Master graduate student, Research focus: ammunition support and security technology.

通讯作者: 宣兆龙(1976—),男,博士,副教授,主要研究方向为装备防护。

Corresponding Author: XUAN Zhao-long(1976—), Male, Ph. D., Associate professor, Research focus: equipment protection.

蚀、装药受潮、电子元件受潮失效等,使弹药降低或失去使用效能,因此控制弹药保障环境的湿度一直是保证弹药质量工作的重要内容^[3]。弹药储运方舱作为储运防护一体化保障单元,应为弹药提供一个适宜的储运环境条件,阻止或延缓湿度对弹药质量的影响。透湿率指标直接关系到弹药储运方舱对湿度防护效果的好坏,透湿率越大,防护效果越差;透湿率越小,防护效果越好,但透湿率指标过小会增加生产工艺难度和提高成本^[4]。因此,合理确定弹药储运方舱透湿率指标具有十分重要的意义。

1 研究方法

在弹药储存管理中,用相对湿度作为衡量弹药储存环境湿度的物理量。根据弹药技术要求,弹药储存环境的相对湿度需控制在40%~70%范围内,最佳相对湿度为55%~65%^[5-6]。因此,弹药储运方舱透湿率指标的确定标准是将方舱内部的相对湿度控制在70%以下。

对于弹药储运方舱来说,其内部水蒸气的质量主要受以下几个因素的影响:通过舱门密封胶条渗进或渗出的水分、密封时封入的水分、内部结构材料吸收或散发的水分及舱体面板材料渗进或渗出的水分。因此,只要分别计算这几部分水蒸气的质量,使它们的和等于相对湿度70%时的水蒸气质量,就可以计算出弹药储运方舱透湿率指标。

2 指标计算

2.1 条件设定

由于弹药的特殊性,需要在全国范围内部署,使用地区范围广泛,沙漠、岛屿、高原都有可能遍及,湿度条件变化大。因此,在条件设定时,需要全面考量,以适应不同地域、不同地区的气候条件^[7]。

我国大部分地域的年平均温度和相对湿度一般低于85%(25℃)^[8],为了方便计算和确保方舱防护可靠,设定条件:温度为25℃、相对湿度为90%的加严环境。为了保证弹药的安全储存和指标的可行性,方舱的使用环境不能高于设定的条件。

由于方舱面板采用的是整体结构,且所用的材料是透湿率为0的玻璃钢^[9],因此,不需要考虑舱体面板材料渗进或渗出的水分。舱门的密封胶条渗进或渗出的水分取决于舱门与舱体接触的孔缝。为了保证

密封性和低透湿率,采用加装密封条的方法,向方舱内渗透水蒸汽的部位为舱门与舱体的孔缝。因此,通过舱门密封胶条渗入水分的量是方舱透湿率与密封胶条压缩量的乘积,密封条的压缩量一般为1.5~2.5 mm^[10]。为保证可靠性,文中按最大情况计算,即渗透面取2.5 mm。根据弹药储运方舱尺寸指标要求,方舱的长宽根据不同弹药的特点从1200 mm×1000 mm,1200 mm×800 mm,1100 mm×1100 mm^[11]中选取,方舱高度不得超过1.2 m^[12]。为了使弹药储运方舱透湿率指标能够满足所有情况,文中取最大的情况,即方舱的长、宽、高分别为:1.2,1.1,1.2 m。

2.2 计算

1) 通过舱门密封胶条渗进或渗出的水分。方舱密封后,水分渗入量为方舱透湿率 Q 、方舱密封胶条压缩量的总面积 S 和储存时间 t 的乘积。则 t 天内向方舱内渗透的水汽质量为:

$$W_1=(Q \times S)t=0.068Qt \quad (1)$$

式中: W_1 为舱门密封胶条渗进的水汽质量。

2) 密封时封入的水分。由弹药储存要求可知,相对湿度保持在40%~70%,力争控制在55%~65%,不能超过70%。假设方舱密封时内部相对湿度为55%,计算方舱内部的水汽质量。由Goff-Gratch^[13]公式可计算出25℃时空气的饱和水汽含量为23.0742 g/m³,根据空气相对湿度与绝对湿度的关系式:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{h}{h_2} \quad (2)$$

式中: α 为绝对湿度,g/m³; h 为相对湿度。

求得温度为25℃、相对湿度为55%时对应的空气绝对湿度为12.69 g/m³,对应的方舱内的水汽质量为:

$$W_2=12.69 \times V=18.43 \text{ g} \quad (3)$$

式中: W_2 为温度在25℃、相对湿度在55%条件下方舱内的水汽质量; V 为方舱体积。

3) 内部结构材料吸收或散发的水分。由于弹药储运方舱内部结构选用的是闭孔率较高的硬质聚氨酯泡沫材料,该材料本身具有不吸水的特性^[14],因此,内部结构材料吸收或散发的水分为0。

4) 舱体面板材料渗进或渗出的水分。据前文所述,舱体面板采用透湿率为0玻璃钢材料,因此,舱体面板材料渗进或渗出的水分为0。

5) 方舱内相对湿度为70%时水汽的质量。假设经过 t 天方舱内部的相对湿度达到70%,按式(2)计算得,25℃下相对湿度为70%时对应的空气绝对湿度为16.2 g/m³,对应的方舱内的水汽质量为:

$$W_3=16.2 \times V=23.52 \text{ g} \quad (4)$$

式中: W_3 为 25 °C 时相对湿度在 70% 条件下方舱内的水汽质量。

6) 方舱透湿率指标。上述水汽质量的关系可归纳为 t 天内向方舱内渗透的水汽质量和方舱密封时的水汽质量之和, 关系式为:

$$W_1+W_2=W_3 \quad (5)$$

由于我军缺乏野战弹药包装储存时间的相关要求, 根据美军弹药防护的要求, 在无其他防护和控制环境条件下(户外)储存 2 年^[15], 即 $t=730$ 天, 将式(1), (3), (4)代入式(5)得:

$$Q=3.076 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d} \quad (6)$$

由于我国大部分地域的年平均温度和相对湿度都低于计算中 25 °C, 90% 的设定条件。因此, 方舱透湿率指标还可稍微再大一些。另外, 按照 GJB 1444—1992^[16] 的规定, 弹药包装在透湿率不大于 $3 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 的密封条件下能够满足野战存放要求。

综合计算结果与国军标的相关要求, 方舱透湿率指标应不大于 $3 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 。

3 结 论

在论证弹药储运方舱透湿率指标时, 首先确定用相对湿度作为计算变量, 并根据我国大部分地域的年平均温湿度情况, 设定了温度为 25 °C、相对湿度为 90% 的加严环境条件。然后, 根据 Goff-Gratch 公式和方舱的实际情况分别计算了影响内部水蒸汽质量的几个因素的数值, 即舱门的密封胶条渗进或渗出的水分为 $0.68Qt$ 、密封时封入的水分为 18.43 g、内部结构材料吸收或散发的水分为 0、舱体面板材料渗进或渗出的水分为 0。最后, 根据各影响因素水分质量的关系式得出方舱透湿率指标应不大于 $3.076 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 。结合国军标的相关要求, 文中确定的方舱透湿率指标为不大于 $3 \text{ g/m}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 。这将为制定方舱战技指标体系和军用标准提供参考, 为方舱的研制生产提供依据。

参考文献:

- [1] 刘亚超. 弹药方舱结构设计与力学性能分析[D]. 石家庄: 军械工程学院, 2012.
LIU Ya-chao. The Structural Design and Mechanical Properties Analysis of Ammunition Shelter[D]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2012.
- [2] 郝冲, 许路铁, 俞卫博, 等. 某灵巧弹药红外敏感器部件贮存加速寿命试验应力的研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9

(4): 23—26.

- HAO Chong, XU Lu-tie, YU Wei-bo, et al. Study on Accelerated Storage Life Testing of Infrared Sensor Component of Smart Ammunition[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(4): 23—26.
- [3] 高飞, 葛强, 李良春, 等. 新型库房温、湿度监测分析管理系统设计研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(2): 79—92.
GAO Fei, GE Qiang, LI Liang-chun, et al. Design of a New Style Temperature and Humidity Monitoring, Analyzing and Management System[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(2): 79—92.
- [4] 段志强, 易建政, 宣兆龙. 野战弹药封套材料的透湿率指标论证[J]. 包装工程, 2004, 25(1): 55—56.
DUAN Zhi-qiang, YI Jian-zheng, XUAN Zhao-long. Reasoning of the Moisture Permeability Standard of the Field Operation Ammunition Envelop Material[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(1): 55—56.
- [5] 安振涛, 高欣宝, 祁立雷. 弹药储存与环境控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
AN Zhen-tao, GAO Xin-bao, QI Li-lei. Ammunition Storage and Environment Control[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2013.
- [6] 高欣宝, 祁立雷. 弹药储运管理[M]. 北京: 解放军出版社, 2003.
GAO Xin-bao, QI Li-lei. Manage and Stock Ammunition[M]. Beijing: Publishing House of PLA, 2003.
- [7] 李良春, 郭宝华, 谢关友. 基于一体化联合作战的军品包装需求分析[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 211—213.
LI Liang-chun, GUO Bao-hua, XIE Guan-you. Requirement Analysis of Military Packaging Based on Joint Operations[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 211—213.
- [8] 高慧, 翁宁泉, 孙刚, 等. 我国不同区域高空温度和相对湿度的分布特征[J]. 大气与环境光学学报, 2012, 7(2): 101—107.
GAO Hui, WENG Ning-quan, SUN Gang, et al. Distribution Feature of Meteorology Parameter of Upper Air of Different Areas in China[J]. Journal of Atmospheric and Environmental Optics, 2012, 7(2): 101—107.
- [9] SMITH T Scott, HU Sheng-hua. FRP-strengthened RC Slabs Anchored with FRP Anchors[J]. Engineering Structures, 2011(33): 1075—1087.
- [10] 朱利华, 朱讯. 屏蔽采光窗改进设计[J]. 指挥信息系统与技术, 2010, 1(6): 83—86.
ZHU Li-hua, ZHU Xun. An Improved Design of Shielding Windows[J]. Command Information System and Technology, 2010, 1(6): 83—86.
- [11] GJB 182A—2000, 军用物资直方体运输包装尺寸系列[S].
GJB 182A—2000, Military Material Transport Packaging Size Series[S].
- [12] 李德鹏, 戴祥军. 弹药储运安全[M]. 石家庄: 军械工程学

院,2004.

LI De-peng, DAI Xiang-jun. Security of Ammunition Storage and Transportation[M]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2004.

- [13] 易建政,李杏军. 有关 Goff-Gratch 公式的简化处理[J]. 包装工程, 1997, 18(6): 21—24.

YI Jian-zheng, LI Xing-jun. A Simplified Treatment of the Relevant Goff-Gratch Formula[J]. Packaging Engineering, 1997, 18(6): 21—24.

- [14] 王维,宣兆龙,段志强. 基于 ANSYS Workbench 的某弹药储运方舱支撑件力学分析[J]. 装备环境工程, 2014, 11(3): 25—29.

WANG Wei, XUAN Zhao-long, DUAN Zhi-qiang. Mechanics Analysis on Supporting in an Ammunition Storage and Transportation Shelter Based on ANSYS Workbench[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(3): 25—29.

- [15] 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.

- [16] GJB 1444—1992, 弹药包装通用规范[S].
GJB 1444—1992, General Specification for Ammunition Package[S].

(上接第 114 页)

Log-modified Weibull Regression Models with Censored Data: Sensitivity and Residual Analysis[J]. Computational Statistics and Data Analysis, 2008 52(8): 4021—4039.

- [9] KIM Seong-Joon, BAE Suk Joo. Cost-effective Degradation Test Plan for a Nonlinear Random-coefficients Model[J]. In Reliability Engineering and System Safety February, 2013, 110: 68—79

- [10] CHAOS M T. Degradation Analysis and Related Topics: Some Thoughts and a Review[J]. Proc Natl Sci Coun. ROC (A), 1999, 23(5): 555—566.

- [11] 张志华. 加速寿命试验及其统计分析[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2002.

ZHANG Zhi-hua. Accelerated Life Test and Statistic Analysis [M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 2002.

- [12] 赵宇,杨军,马小兵. 可靠性数据分析[M]. 北京: 北京航空

航天大学出版社, 2011.

ZHAO Yu, YANG Jun, MA Xiao-bing. Data Analysis of Reliability[M]. Beijing: Beihang University Press.

- [13] YANG Liu-ying, ZHAO Gang, WU Bin-bin, et al. Assembly Sequence Planning for Aircraft Component Based on Improved Clashes Matrix[J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 88/89: 22—28.

- [14] 钟强晖,张志华,王磊. 考虑模型选择的退化数据分析方法[J]. 系统工程, 2009, 27(11): 111—114.

ZHONG Qiang-hui, ZHANG Zhi-hua, WANG Lei. About Model Choice of Degradation Data Analysis Methods[J]. Systems engineering, 2009, 27(11): 111—114.

- [15] LI X J. Study on the Confidence Limits for the Mean of Weibull Distributions[J]. Chinese Journal of Applied Probability and Statistics, 2010, (1): 74—56.

(上接第 119 页)

Data and Bayesian Method[C]// 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS). 2011: 90—94.

- [10] DASGUPTA A, PECHT M. Material Failure Mechanism sand Damage Models[J]. IEEE Trans on Rel, 1991, 40(5): 531—536.

- [11] 张辉,王陶,李明,等. 基于功能仿真的电子产品性能退化分析方法[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 43—48.

ZHANG Hui, WANG Tao, LI Ming, et al. Analysis Method of Performance Degradation of Electronic Product Based on Function Simulation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(5): 43—48.

- [12] 邓爱民,陈循,张春华,等. 基于性能退化数据的可靠性评估[J]. 宇航学报, 2006, 27(3): 546—552.

DENG Ai-min, CHEN Xun, ZHANG Chun-hua, et al. Reliability Assessment Based on Performance Degradation Data

[J]. Journal of Astronautics, 2006, 27(3): 546—552.

- [13] 丁少娜,冯诚,陈毓,等. 基于性能退化数据分析的训练装备精度保持性评估[J]. 装备环境工程, 2014, 11(3): 30—34.

DING Shao-na, FENG Cheng, CHEN Yu, et al. Assessment of Precision Retention of Training Equipment Based on Performance Degradation Data Analysis[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(3): 30—34.

- [14] 潘玉娜. 滚动轴承的性能退化特征提取及评估方法研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.

PAN Yu-na. Research on Feature Extraction and Evaluation Method of Performance Degradation of Rolling Bearings[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.

- [15] 方峻,魏星,樊黎蔽. 基于多性能参数退化数据的可靠性评估及应用[J]. 装备环境工程, 2008, 5(5): 29—32.

FANG Jun, WEI Xing, FAN Li-bi. Reliability Evaluation and Application Based on Multiple Performance Degradation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(5): 29—32.