大型武器装备洞库气相封存技术及效果分析研究

王新坤，封彤波，吴灿伟，夏洪花
（北京航空工程技术研究所，北京 100076）

摘要：基于洞库内环境条件，采用整体气相封存技术，对大型装备进行储存保管，介绍了封存原理及工艺技术，并对不同封存期限装备封存器材的质量和封套内的相对湿度进行了检查和对比，分析了装备气相封存效果的影响因素。

关键词：大型装备；洞库；封存技术；湿度
中图分类号：　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2011)23-0009-03

Gas Phase Seal and Storage Technology and Effect Analysis Large Equipment in Cavern

WANG Xin-kun, *FENG Tong-bo*, *WU Can-wei*, *XIA Hong-hua*
(Beijing Aeronautical Technology Research Center, Beijing 100076, China)

Abstract: Whole body gas phase seal and storage technology was applied for large equipment based on the environmental condition of cavern. The principle and technologies of the seal and storage were introduced. The quality of envelope of different service term and inner humidity of the envelope were inspected and compared. The factors influencing the effect of gas phase seal and storage were analyzed.

Key words: large equipment; cavern; seal and storage technology; humidity

装备封存是世界各军装备建设中一项重要技术工作。和平建设时期，武器装备尤其是大型装备，除一部分用于战备执勤、一部分用于训练外，相当一部分数量的装备（包括状态良好编余装备）必须要完好地保存起来，以备突发事件的需要。

装备在未加防护的贮存过程中不可避免地要受到环境的影响，从而引起装备金属构件的腐蚀，非金属构件的霉变、老化，导致装备性能下降，严重时甚至失效报废[1-4]。封存是装备在贮存过程中，为防止环境影响，确保不发生损坏、不变质、不降低性能，所采取的技术措施[5-6]。国内外的实践表明，科学合理的封存技术，对保证装备性能完好、节约经费、保持战斗力等方面具有重要意义。

基于洞库内这一环境条件，采用整体气相封存技术，对大型装备进行储存保管，在介绍原理及工艺的基础上，对不同封存期限装备封存器材的质量和封套内的相对湿度进行了检查和对比，分析了装备气相封存效果的影响因素。

1　洞库气相封存原理及特点

利用洞库内温度波动范围小、湿度变化不大、无强阳光照射、无风沙侵蚀、灰尘较少等有利条件，减少外界环境对封存装备的侵扰；采用透气、透湿率极低的铝塑布薄膜，为装备营造一个密闭环境，将经过预处理及内外部油封的装备封包在封套内，防止外界水气、腐蚀性介质等有害物质对飞机的侵蚀；在装备内部使用防锈润滑油防止系统内锈蚀，使用防锈油防止金属件锈蚀；使用干燥剂静态去湿控制湿度，防止金属材料锈蚀和非金属材料长霉；使用防霉剂防止金属件、非金属件长霉；使用除氧剂减缓非金属件的氧老化，从而在封套内为装备创造一个适于长期存放的“人工小气候”，实现大型装备的储存保管。

该技术采用五合一铝塑布作为大型装备的封套材料，不仅有效防止了外界水气、腐蚀性介质等有害物质对装备的侵蚀，而且解决了具有复杂外形大型装

收稿日期：2011-07-08
作者简介：王新坤（1972—），男，河南人，硕士，北京航空工程技术研究所工程师，主要从事航空非金属材料失效分析及寿命研究。

备封存的技术难点,防护性高,相容性好,可靠性高,满足了飞机长期封存的要求,具有封存状态监控简便明了,能够及时、动态跟踪和监测封套内的相对湿度,在封存期内除了定期检查湿度指示外无其他维护工作等优点。

2 洞库气相封存技术及工艺

大型装备洞库封存主要包括封存器材准备、封存的实施、主要设备的离位封存等几个方面。

2.1 封存器材的准备

包括封套的设计制作,干燥剂、防霉剂、除氧剂等种类、用量、使用部位的确定,以及活动部位的固定、支撑装置等方面。

结合装备的外形及尺寸,对封套的形状和尺寸进行重新设计、计算。为了便于封包,提高效率,采用组合式封套设计,把封套分成:前部、后部、左右外延部分、机轮部分、外挂装置等部分,封套结合部位使用密封拉链。为了保证密封质量,使用铝塑布焊接将各部分封套拉链的接口部分焊接封闭。封套采用透气透湿率极低的铝塑布复合薄膜,采用自行设计的密封拉链不仅具有较好的咬合性和密封性,而且透气、透湿率较低。

作为气相封存的重要器材,干燥剂、防霉剂、除氧剂等种类、用量、使用部位是否科学合理,将对封存的效果产生重要影响。通过研究分析,选用硅胶作为干燥剂控制封套内相对湿度,使用薄层防锈油、长效低温防锈冷涂脂、新型高效防锈纸等对金属材料进行防锈处理,使用缓释型防霉剂、除氧剂等辅助器材防止非金属材料长霉、减缓非金属材料老化。

根据装备的结构特点,在保证封套内总的环境气氛满足封存要求的前提下,突出重点,针对不同部件、材料的具体特性和封存要求,对具体部位进行特殊防护处理,确定干燥剂、防霉剂、除氧剂的使用部位和用量。

2.2 封存的实施

装备洞库气相封存的实施包括:装备的预先处理→动力装置、各个专业、整套装备的油封→装备的封包→封存期的维护保管等方面。

封存前的预先准备质量与装备的封存保管质量密切相关,封存前的预先处理包括:对装备的锈蚀、霉斑、掉漆、故障等检查,清洗、除锈、表面处理、涂油和涂漆等油封前的预处理,以及装备残留水分的清除等。

动力装置、各个专业、整套装备的油封作为大型装备洞库长期封存的辅助手段,对封存效果起着积极、重要的作用。该工序的实施参照装备各系统、各专业以及整套装备的油封工艺及要求,同时考虑封存期限,对油封部位采取先清洗,再涂敷防锈油,对液压、助力等系统的液压油进行更换,并对油封质量进行检查。

封包质量直接决定了装备的封存保管质量。为了保证封存质量的一致性,封包前必须再次确认:预先准备质量是否合格、各系统是否漏油、漏气,确认无误后按照组合式设计方案,对装备的前部、后部、左右外延部分、机轮部分、外挂装置等部分进行分块封包,实现装备的整体气相封存。按照规定,定期检查封套内的相对湿度,做好封存期间的检查和记录。

3 装备洞库气相封存效果

3.1 相对湿度

通过对 1990,1991,1998,2002,2003,2004 年封存的共 154 套装备封套内的相对湿度检查,发现超过 10 年封存期的共 98 套装备的封套内相对湿度全部大于 60%;2003 年封存的 15 套装备有 13 套装备封套内的相对湿度在 50%以下,占总量的 86.7%,相对相对湿度为 60%的有 2 套,占总量的 13.3%;2004 年封存的 40 套装备有 39 套装备封套内的相对湿度在 50%以下,占总量的 97.5%,相对湿度为 60%的有 1 套,占总量的 2.5%,见图 1。

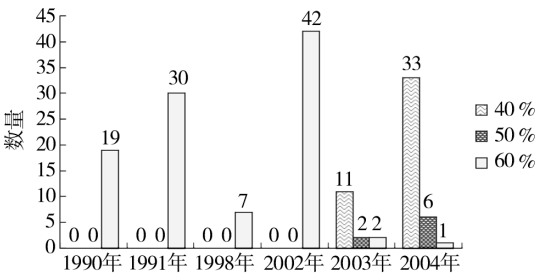

图 1 不同封存期限封套内的相对湿度情况

Fig. 1 Humidity in envelope of different service term

不同封存年份封套内的相对湿度检查结果表明,封存时间超过 7 年封套内的相对湿度全部在 60%以上,而 2003 年和 2004 年封存的装备封套内的相对湿

度只有极个别超出 50%，因此，可以看出封存期限在 7 年以上的封套，由于塑料的老化、微生物的作用，使封套产生霉变，导致密封效果较差，要维持装备良好的技术状态，科学合理的封存期限是装备完好保存的必要条件。

3.2　封套外观

封套内的相对湿度反映了内部环境情况，但这一情况的好坏取决于随时间的延长封套质量的变化程度。通过检查发现，洞库内不同封存年份装备封套的外观不尽相同。根据封套表面霉斑的大小，将封套分为 3 个等级，其中一级封套为外观良好，基本无霉斑；表面有小面积霉斑，霉斑总面积不超过 20%的为二级封套；表面有大面积霉斑，霉斑总面积超过 20%的为三级封套，不同封存年份装备封套的等级见图 2。

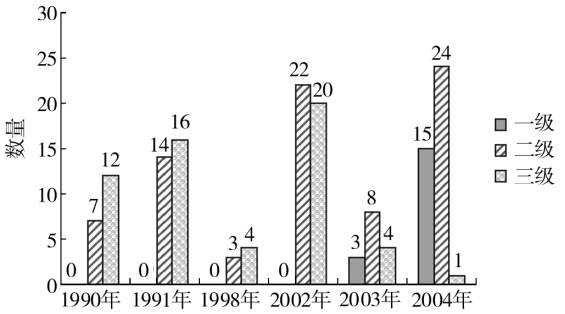

图 2　不同封存期限封套外观等级情况

Fig. 2 Appearance grade of envelope of different service term

从图 2 可以看出，1990，1991，1998，2002 年封存的共 98 套装备的封套均在二级以上，其中 1990 年封存的封套三级比例为 62%，1991 年封存的封套三级比例为 53%，1998 年封存的封套三级比例为 57%，2002 年封存的封套三级比例为 47.6%；而 2003 年和 2004 年封存的一封套比例分别为 20%，37.5%，其三级封套的比例分别为 26.6%，3%。从统计结果可以看出，随着封存期限的延长，封套的低级别等级的比例增加，对级别为三级的封套原则上因其密封效果较差，不能再继续使用。

综合上述分析，可以确定：一是气相封存技术确定的 5 年储存保管期是科学合理的；二是超过 5 年封存保管期后，如果封套降为三级，不能够继续使用，应当启封重新进行封存。

封存保管 7 年以上的装备，封套质量较差，90%以上的封套均在二级以下，表面霉斑较多，封套内相对湿度均大于 50%的比例在 95%以上。超期封存时间长的装备，不仅封套质量明显下降，封套内湿度值也都超过规定标准。

4　分析与讨论

外观检查结果显示 1998 年以前封存的 42 套装备有 38 套装备的封套为 3 级，占 90%，1998 年封存的 29 套装备有 20 套装备的封套为 3 级，占 69%，2000 年封存的 20 套装备封套 3 级的数量为 3，占 15%，未超期封存的装备封套外观良好。这说明装备封存的时间越长，封套的霉变程度增加，从而导致了封套的强度和密封效果下降，见表 1。

表 1　封套等级检查结果

Tab. 1 Appearance inspection result of the envelopes

封存时间	总数量	封套等级			
		二级数量	比例/%	三级数量	比例/%
1998 年以前	42	4	10	38	90
1998 年	29	9	31	20	69
2000 年	20	17	85	3	15

湿度检查统计见表 2，结果显示：1998 年及以前封存的装备封套的湿度均超过 50%，2000 年封存的封套内湿度超过 50%的只有 4 套，未超期封存的装备封套外观良好。这说明装备封存的时间越长，封套的质量越差，封套内的湿度越高。

表 2　封套内湿度检查结果

Tab. 2 Internal humidity inspection results of the envelopes

封存时间	总数量	湿度			
		≥50%	比例/%	<50%	比例/%
1998 年以前	42	42	100	0	0
1998 年	27	27	100	0	0
2000 年	20	4	16	16	84

装备封存满 5 年的封存器材检测结果表明：干燥剂基本达到饱和吸水能力，对封套内的气氛不能起有效的去湿作用；防霉剂已经基本挥发殆尽，不能继续有效发挥防霉作用；许多部位的防锈脂变质、发霉、变色，防锈油已经变干，已经不能继续有效发挥防锈作用。此外，装备各系统内部的密封件、减震垫、软管以及轮胎等橡胶制品等，随时间的延长，老化程度加重，逐渐失去应有的功能，使各个系统或装备不能正常工作。

（下转第 16 页）

方式。对滚塑箱而言，适合用塑料捆扎带固定，捆扎带应符合 GB 12023 的规定，其宽度应不小于 15 mm，厚度应不小于 0.8 mm[8]。

通过防护包装方法的比较分析，结合油料装备维修零配件材质构成、结构特征和防护要求等因素，按照任务需求和功能模块等，制定配套包装的选用方案。

配套化包装流程见图 3。

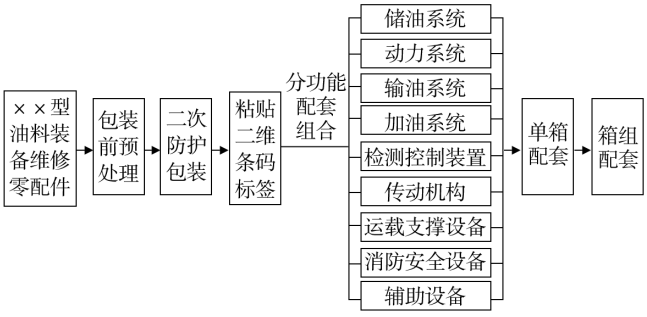

图 3 油料装备维修零配件配套化包装流程

Fig. 3 Flow chart of set package of oil equipment maintenance spare-parts

4 结语

通过建立“单箱配套和箱组配套”相结合的综合配套方案，符合“单元配套、基数储存”，方便存储和使用，能有效保障油料装备的完好性，提高部队油料装备的应急保障能力。

参考文献：

[1] 陈晓峰，朱霞，陈俊斌，等. 军用物资配套包装探析[J]. 后勤科技装备，2008(2)：61－62.

[2] 刘振志. 军用油料装备[M]. 北京：解放军出版社，2002.

[3] 韩军. 最新包装材料创新设计、新材料应用与包装印刷技术规范实用手册[K]. 长春：银声音像出版社，2005.

[4] 赵延伟，赵曜，翁汉钊，等. 武器装备包装改革综合技术研究[J]. 深圳职业技术学院学报，2003(4)：30－35.

[5] 王晶亮，刘士振，杨金华. 武器维修器材新型包装方法探讨[J]. 仓储管理与技术，2010(2)：42－44.

[6] 常晓健，宋元禄，陆军. 武器维修器材基数化保养包装探讨[J]. 仓储管理与技术，2008(5)：38－39.

[7] 郭彦峰. 包装物流技术[M]. 北京：印刷工业出版社，2008.

[8] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京：印刷工业出版社，2011.

（上接第 11 页）

综上所述，超过规定的 5 年封存期后，装备封套表面霉变增加，封套强度和密封效果下降；干燥剂继续吸湿功能接近丧失；防霉剂等其它材料因挥发等也基本失去防护作用。此后，随着封存时间的增加，易腐蚀部位发生腐蚀的可能性、机载设备发生故障的可能性显著增加，因此，满 5 年封存期的装备，应尽快启封使用或重新封存，根据封套状态、封套内湿度情况，也可采取补加干燥剂等措施暂时延长 1～2 年封存期。

5 结论

结果表明，大型装备洞库气相封存期限在 5～7 年内，如果封套降为三级，不能够继续使用，应当启封，根据装备的技术状态重新进行封存；如果封套质量尚好，可以根据湿度情况和封存期限进行重新封存或者采取措施后适当延长封存期限。封存期限超过 7 年，由于三级封套比例增加，90％以上封套内的相对湿度超过 50％，要维持装备的技术状态良好，需启封重新封存。

参考文献：

[1] 总后司令部. 装备封存技术[M]. 北京：海洋出版社，1990.

[2] 潘松年. 包装工艺学[M]. 北京：印刷工业出版社，2007.

[3] 王连杰，蔡建，黎明. 现代武器装备对军品包装的要求及质量控制[J]. 包装工程，2005，26(6)：196－199.

[4] 王黎涛. 高技术战争对军品包装的影响及对策[J]. 国防技术基础，2004(6)：18－19.

[5] 张大全. 绿色气相防锈包装材料的研究与展望[J]. 世界科技研究与发展，2007，29(3)：15－21.

[6] 曾宪光，龚敏，罗宏. 环境友好缓蚀剂的研究现状及展望[J]. 腐蚀与防护，2007，28(3)：147－150.