

充氮包装技术防护性能研究

谢凤宽, 孟令东, 李庆全

(装甲兵工程学院, 北京 100072)

摘要: 为了考察充氮包装技术的防护性能, 通过高低温湿热试验, 测试了氮气介质与空气介质防护下器材表面的平均腐蚀速率与包装袋内氧含量的变化。结果表明: 采用同一外包装材料时, 氮气介质防护的平均腐蚀速率远远低于空气介质, 其平均腐蚀速率低于 NACE RP-0775-91 标准中规定的轻度腐蚀一个数量级; 充氮包装材料阻隔性能优异, 包装袋内氧含量稳定 ($<0.1\%$)。可见, 充氮包装技术能对器材提供较好的防护。

关键词: 包装; 器材; 综合防护

中图分类号: TB485.2; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)13-0084-03

Research on Protection Property of Nitrogen-filled Packaging Technology

XIE Feng-kuan, MENG Ling-dong, LI Qing-quan

(Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: Carbon steel samples were packaged in bags filled with nitrogen and air respectively; high-low temperature and hot-humid tests were carried out on the packaged samples; and the corrosion rate of the samples was measured to evaluate the protection property of nitrogen-filled packaging technology. The results showed that the corrosion rate of sample protected by nitrogen-filled packaging technology is much slower, and the average corrosion rate is in a order lower than the standard of mild corrosion(NACE RP-0775-91). The barrier property of nitrogen-filled packaging technology is perfect, the oxygen concentration in the packaging bag is stable ($<0.1\%$). It was concluded that the nitrogen-filled packaging technology can provide good protection for equipments.

Key words: packaging; equipment; comprehensive protection

光学及电子器材(简称光电器材)多为几种材质组合件,其包装防护较难,在长期储存过程中,受到外界高低温湿热等因素影响,不免会引起其金属件的锈蚀、电子件的短(断)路、高分子材料件的老化和霉变、光学件的生霉生雾等,造成器材的性能劣变,甚至报废。实现光电器材的长效优质储存,最佳方案无疑是营造一个储存器材的“微环境”^[1-2],氮气是营造这个“微环境”的最佳介质之一。大量文献与实践应用表明,充氮包装技术是实现光电器材长效封存快速启封的最佳方案之一^[3-5]。文中主要通过高低温湿热试验研究,评定充氮包装技术对金属材质的防护性能。

1 试验

1.1 设备、材料、样品与工艺

包装设备采用由装甲兵工程学院与潍坊伟士昕

气体设备有限公司联合研制生产的“ZBD-I 军用光电器材制氮封存包装一体化设备”,该设备由制氮系统、抽真空充氮热合封装系统及自动控制系统组成,其主要技术参数:氮气产量 $\geq 5 \text{ Nm}^3/\text{h}$,氮气纯度 $\geq 99.5\%$,氮气露点 $\leq -45^\circ\text{C}$ 。

包装材料采用由装甲兵工程学院与连云港市中元包装有限公司联合研制生产的“军用光电器材充氮封存包装专用材料”,其主要性能指标:水蒸气透过量 $0.3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 30 \text{ d})$,氧气透过量 $\leq 0.3 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$,电磁干扰衰减 $\geq 36 \text{ dB}$,静电屏蔽 $<10 \text{ V}$,防霉包装等级为 1 级。

试样材料为 45 钢,尺寸为 $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$,除油除锈,在超声波中清洗 5 min ,晾干,称重。

包装工艺参数:氮气纯度为 99.5% ,真空度为 95 kPa ,充氮压力约为 0.1 MPa ,热合温度为 140°C 。

收稿日期: 2012-04-20

作者简介: 谢凤宽(1967—),男,山东栖霞人,硕士,装甲兵工程学院副教授,主要研究方向为包装材料与工艺。

1.2 方法

依据 GJB 150.9 军用设备环境试验方法与文献 [6-7] 进行高低温湿热试验,模拟高低温湿热条件下,充氮包装的防护效果。试验设备为 HS 型高低温湿热试验箱,试验条件分 2 个阶段:高温高湿阶段,温度为 60℃,相对湿度为 95%;低温高湿阶段,温度为 30℃,相对湿度为 95%。试验 60 个周期,一周期为 24 h。

用 BS300S 电子天平定期进行试样试验前后的称量,计算平均腐蚀速率。参考美国腐蚀工程师协会制定的标准(NACE RP-0775-91)进行腐蚀程度评定。

肉眼定期观察包装袋内氧浓度指示剂的颜色变化。

2 结果与讨论

2.1 平均腐蚀速率

通常按照式(1)计算平均腐蚀速率:

$$V_a = 8.76 \times 10^4 \times \Delta m / (S t \rho) \quad (1)$$

式中: V_a 为平均腐蚀速率(mm/a); Δm 为试样失重($m_0 - m$)(g); S 为试样表面积(cm^2); t 为腐蚀时间(h); ρ 为试样密度(g/cm^3); m_0 为试样初始质量(g); m 为试样最终质量(g)。充氮防护试验数据见表 1。

同一外包装材料在氮气介质与空气介质中,平均腐蚀速率与时间的关系见图 1。由图 1 可见,试样在

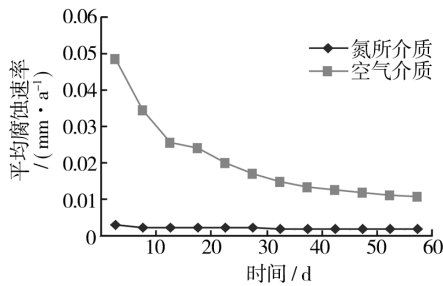


图 1 高低温湿热交替试验平均腐蚀速率与时间的关系曲线
Fig.1 Variation of average corrosion rates with test time

不同的介质中,平均腐蚀速率都随着时间的延长而降低。在氮气介质中,平均腐蚀速率由最初的 0.003 1 mm/a(前 5 天)逐渐降低至 0.002 2 mm/a(前 15 天),然后趋于平稳。这是因为充氮包装袋虽然经过抽真空,但仍然存有少量氧气,会引起腐蚀发生,待原有氧气消耗完毕后,腐蚀速率趋于平稳。与空气介质相比,氮气介质的防护性能优势明显。

表 1 试验数据*

Tab.1 Test data

试样号	时间/h	m_0 /g	m /g	Δm /g	V_a /(mm·a ⁻¹)
1	120	15.700 5	15.700 1	0.000 4	0.003 1
		(15.714 0)	(15.693 8)	(0.006 3)	(0.048 7)
2	240	15.712 0	15.711 4	0.000 6	0.002 3
		(15.732 0)	(15.723 1)	(0.008 9)	(0.034 3)
3	360	15.722 0	15.721 1	0.000 9	0.002 2
		(15.700 8)	(15.690 9)	(0.009 9)	(0.025 7)
4	480	15.690 2	15.689 1	0.001 1	0.002 1
		(15.703 9)	(15.691 5)	(0.012 4)	(0.024 0)
5	600	15.745 9	15.744 5	0.001 4	0.002 1
		(15.697 8)	(15.684 9)	(0.012 9)	(0.020 0)
6	720	15.783 0	15.781 4	0.001 6	0.002 1
		(15.674 0)	(15.660 8)	(0.013 2)	(0.017 0)
7	840	15.720 9	15.719 0	0.001 9	0.002 0
		(15.690 8)	(15.677 3)	(0.013 5)	(0.015 0)
8	960	15.692 3	15.690 0	0.002 3	0.002 0
		(15.687 9)	(15.674 0)	(0.013 9)	(0.013 5)
9	1 080	15.456 9	15.554 5	0.002 4	0.002 0
		(15.788 6)	(15.774 1)	(0.014 5)	(0.012 5)
10	1 200	15.754 9	15.752 1	0.002 8	0.002 0
		(15.697 8)	(15.682 4)	(0.015 4)	(0.012 0)
11	1 320	15.973 2	15.970 2	0.003 0	0.002 0
		(15.756 4)	(15.740 8)	(0.015 6)	(0.011 0)
12	1 440	15.843 2	15.840 1	0.003 1	0.002 0
		(15.674 9)	(15.664 0)	(0.016 9)	(0.010 9)

*:试样表面积为 1 200 mm²;45 钢的密度为 7.85 g/cm³;括号内数据为空气防护介质试验数据。

2.2 腐蚀程度判定

目前,对腐蚀程度的评判一般都参考美国腐蚀工程师协会制定的标准:轻度腐蚀,平均腐蚀速率<0.025 mm/a;中度腐蚀,平均腐蚀速率为 0.025~0.125 mm/a;严重腐蚀,平均腐蚀速率为 0.125~0.254 mm/a;极严重腐蚀平均腐蚀速率>0.254 mm/a^[8]。测得的充氮包装防护的最初平均腐蚀速率为 0.003 1 mm/a,稳定后平均腐蚀速率为 0.002 2 mm/a,可知充氮包装防护的平均腐蚀速率远远低于 0.025 mm/a,属于轻度腐蚀。

2.3 氧含量变化

高低温湿热交替试验过程中,为监测包装袋内氧浓度变化,事先预置氧指示剂。氧指示剂是利用某些显色化合物在某一极限氧含量时(0.1%)会发生可逆

的氧化还原反应原理。当氧含量高于这一极限值时,呈氧化态,当氧浓度低于这一极限值时,呈还原态,且这2种形态分别呈现不同的颜色(蓝色、粉红色),以此来指示包装内是有氧状态还是无氧状态(5 d为一测试周期)。氧指示剂颜色变化结果见表2。氮气介

质包装防护袋内氧指示剂第2个检测周期(第10天)即显示为粉红色,证明其内部氧含量 $<0.1\%$,并一直处于稳定状态。空气介质包装防护袋内氧指示剂在试验周期为蓝色,表明包装袋内氧含量变化趋势与平均腐蚀速率基本一致,再次证明了氮气介质的防护性

表2 氧指示剂颜色变化情况

Tab.2 Color change of oxygen indicator

防护 介质	时间/d									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
氮气	蓝色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色
空气	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	粉红色	粉红色	粉红色

与包装材料阻隔性优异。

3 结论

充氮包装技术为光电器材储存营造了一个良好的“微环境”,在同一外包装材料时,氮气介质防护的平均腐蚀速率远远低于空气介质,其平均腐蚀速率低于美国腐蚀工程师协会制定的标准(NACE RP-0775-91)中的轻度腐蚀一个数量级;充氮包装材料阻隔性能优异,包装袋内氧含量稳定。

参考文献:

- [1] 李子繁,孙红旗,郭宝华.综合防护包装技术在武器装备中的应用[J].包装工程,2009,30(10):59-61.
LI Zi-fan, SUN Hong-qi, GUO Bao-hua. Application of Integrated Protection Packaging Technology in Ordnance [J]. Package Engineering, 2009, 30(10): 59-61.
- [2] 高廷如,傅孝忠,赵明.外军弹药包装特点及发展趋势[J].包装工程,2006,27(4):39-41.
GAO Ting-ru, FU Xiao-zhong, ZHAO Ming. The Features and Development Tendency for Ammunition Packaging in Foreign Army [J]. Package Engineering, 2006, 27(4): 39-41.
- [3] 谢凤宽,梁志杰,杜建华,等.充氮包装技术在军用光电器材中的应用[J].包装工程,2010,31(13):63-65.
XIE Feng-kuan, LIANG Zhi-jie, DU Jian-hua, et al. Application of Nitrogen-filled Packaging Technology in Mil-

- itary Opto-electronic Equipment [J]. Package Engineering, 2010, 31(13): 63-65.
- [4] 褚益可,雷桥,欧杰.气调包装协同天然保鲜剂对冷却牛肉的保鲜研究[J].包装工程,2010,31(13):1-6.
CHU Yi-ke, LEI Qiao, OU Jie. Research on Preservation of Chilled Beef by Using Modified Atmosphere Packaging and Composite Natural Preservative [J]. Package Engineering, 2010, 31(13): 1-6.
- [5] 张莉.大米保鲜包装研究进展[J].包装工程,2010,31(13):114-116.
ZHANG Li. Progress of Research on the Rice Fresh-keeping Packaging [J]. Package Engineering, 2010, 31(13): 114-116.
- [6] 宣卫芳,朱蕾,张伦武.自然环境试验在型号研制生产中的应用[J].装备环境工程,2009,6(3):51-55.
XUAN Wei-fang, ZHU Lei, ZHANG Lun-wu. Applications of Natural Environment Test on Materiel Development [J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(3): 51-55.
- [7] 生建友,关志强.军用电子设备环境适应性设计有关问题探讨[J].装备环境工程,2009,6(3):80-83.
SHENG Jian-you, GUAN Zhi-qiang. Discussion on Environment Worthiness Design of Military Electronic Equipment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(3): 80-83.
- [8] NACE International. NACE RP 077-91 Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations [S]. Houston, TX: NACE, 1991.