

典型环境中三种自然环境加速试验方法的环境强化效果分析

肖敏^{1,2,3}, 周漪^{1,2,3}, 杨万均^{1,2,3}

(1. 西南技术工程研究所, 重庆 400039; 2. 国防科技工业自然环境试验研究中心, 重庆 400039;
3. 重庆市腐蚀与防护工程技术研究中心, 重庆 400039)

摘要: **目的** 研究自然环境加速试验方法的环境强化效果。**方法** 通过分析实时监测获得的典型环境不同自然环境加速试验装置中, 温湿度环境因素变化数据, 找出典型环境中不同自然环境加速试验装置内部的温湿度环境因素变化规律, 计算得到典型环境中不同自然环境加速试验方法对温湿度环境因素的强化效果。**结果** 得到了典型环境中不同自然环境加速试验装置的特征温湿度变化规律曲线图。**结论** 玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环境加速试验装置对自然环境的光照热效应有明显的强化作用, 其内部温度变化梯度大小与环境中太阳辐射量大小相关。

关键词: 典型环境; 自然环境加速试验方法; 温湿度; 环境强化效果

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.006

中图分类号: TG171 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)02-0026-06

Analysis on Enhanced Environmental Effect of Three Different Natural Environmental Accelerated Test Methods in Typical Environment

XIAO Min^{1,2,3}, ZHOU Yi^{1,2,3}, YANG Wan-jun^{1,2,3}

(1. Southwest Research Institute of Technology and Engineering, Chongqing 400039, China;
2. Natural Environmental Test and Research Center of National Defense and Science Industry, Chongqing 400039, China;
3. Chongqing Engineering Institute for Environmental Corrosion and Protection, Chongqing 400039, China)

ABSTRACT: Objective To study the enhanced environmental effect of natural environmental accelerated test methods. **Methods** A change rule of humidity environmental parameters was found out through analyzing the variation of humidity environmental parameters which were real-time monitored by different natural environmental accelerated test devices in typical environment, and the enhanced environmental effects of different natural environmental accelerated test methods in

收稿日期: 2013-11-15; 修订日期: 2014-01-07

Received: 2013-11-15; Revised: 2014-01-07

作者简介: 肖敏(1972-), 女, 四川绵阳人, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为环境适应性试验与评价技术研究。

Biography: XIAO Min(1972-), Female, from Mianyang, Sichuan, Senior engineer, Research focus: environmental adaption test and evaluation.

typical environment were analyzed by calculating the humidity environmental parameters. **Results** A humidity changing rule graph of different natural environmental accelerated devices was obtained. **Conclusion** Under-glass Exposure, black box exposure and forced ventilation glass box had obvious strengthening effects on illumination heat, and the inner temperature variation gradient was related to the sun radiation amount in the environment.

KEY WORDS: typical environment; natural environmental accelerated test method; humidity; enhanced environmental effect

大气环境试验中,温度和湿度是影响材料老化的主要气象环境因素^[1-2]。高温加速材料化学分解、老化、腐蚀;低温造成材料硬化、脆化;温度冲击引起产品尺寸变化,导致变形、开裂等环境效应。高湿使金属腐蚀加快,电子设备、含能材料性能下降,非金属材料因吸水而长霉;低湿使产品干裂、脆化;干湿交替加速材料吸湿和金属腐蚀^[3-10]。因此大多数自然环境加速试验方法均通过强化温湿度变化来达到环境强化效果^[11-12]。玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框是模拟产品实际使用环境,并重点强化温湿度变化,以加速受试产品产生相应环境效应的自然加速试验装置^[11-13]。研究该3种自然环境加速试验装置对温湿度的强化效果,分析并掌握3种自然环境加速试验装置样品区内的温湿度变化规律,对促进自然环

境加速试验方法在产品环境试验中的应用,以及深入研究试样通过这些自然加速试验方法试验后的环境效应具有重要意义。

1 试验与测试

玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环境加速试验装置在模拟受试样品实际使用环境的同时,主要通过强化光照热效应来加速温度和湿度对材料的影响^[11-13],玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环境加速试验装置实物如图1所示。分别选择了太阳辐射较强的海南试验站、甘肃试验站、西藏试验站等3个典型气候环境开展试验测试,3个试验站的气候类型与有关环境数据见表1。



图1 试验中的自然环境加速试验装置

Fig.1 Natural environmental accelerated test device

表1 3个典型试验站的气候类型与有关环境数据^[14-15]

Table 1 Climate type and related data in 3 typical exposure sites

试验站点	气候类型	年辐射量/(MJ·m ⁻²)	年日照时数/h	年平均温度/℃	年平均相对湿度/%
海南试验站	热带海洋气候	4826	2154.5	24.6	86
甘肃试验站	干热沙漠气候	6560	3057	10.8	41
西藏试验站	高原低气压气候	7598	3100	4.5	55

在2013年4月、5月、6月和7月这4个月份,利用温湿度记录仪对3种典型环境下的3种自然环境加速试验装置样品区和户外大气中的温湿度变化进行了4轮次采集,采集频率为每10 min 1次,每批次连续采集10天,获得了不同典型地区自然环境加速试验与自然环境试验的温湿度变化数据。

2 测试结果

对于测试获得的数据,首先按日进行小时数据整理,以每小时内最接近整点时间的温度值和湿度值作为该小时温湿度数据,作出日小时温湿度数据

变化曲线,然后对每轮次获得的10天小时温湿度数据变化曲线进行对比。结合该试验站的天气观测结果,选取天气现象为晴天,一天中小时温湿度数据变化曲线波动最大,且曲线相对光滑的一天代表该段时间的日温湿度数据变化曲线。

获得的4月、5月、6月和7月共4组日小时温湿度数据,按照相同站点、相同自然加速试验装置,并对对应同一时间点对数据进行逐一平均,形成该装置的特征温湿度数据,将其作成曲线图,可得3站不同自然环境加速试验装置与户外大气暴露温湿度变化趋势图,如图2—4所示。

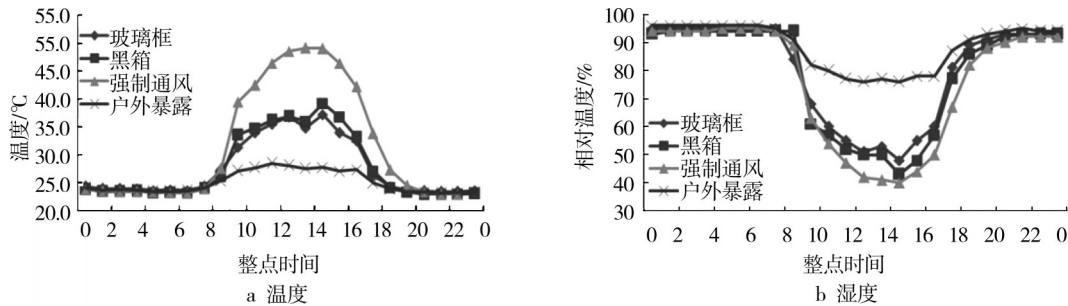


图2 海南试验站不同装置和户外特征温湿度曲线

Fig.2 Different devices and their outdoor temperature, humidity curve in the Hainan exposure site

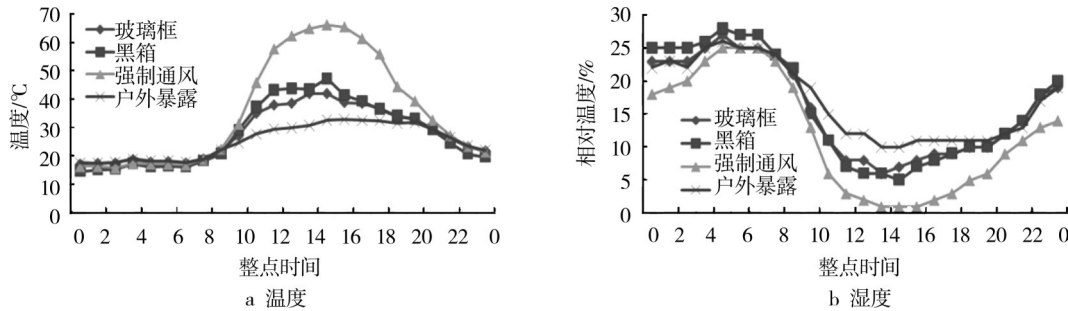


图3 甘肃试验站不同装置和户外特征温湿度曲线

Fig.3 Different devices and their outdoor temperature, humidity curve in the Gansu exposure site

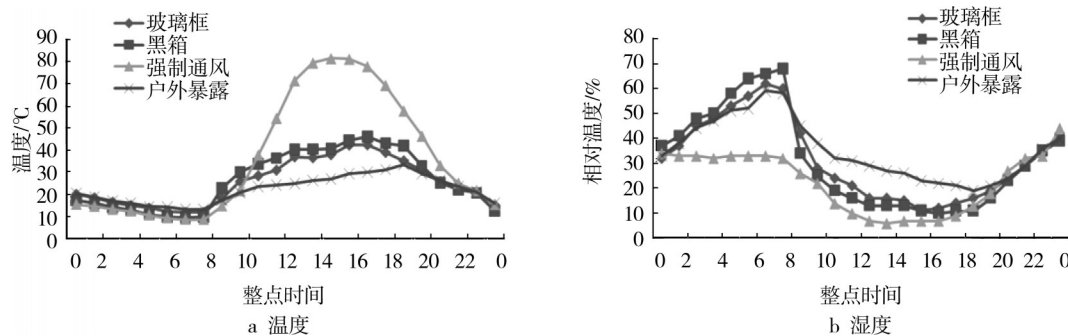


图4 西藏试验站不同装置和户外特征温湿度曲线

Fig.4 Different devices and their outdoor temperature, humidity curve in the Tibet exposure site

3 分析与讨论

从图2—4中各试验站3种自然环境加速试验装置样品区和户外暴露的特征温湿度曲线可以看出,在日照的作用下,自然环境加速试验较户外自然暴露试验强化了样品试验的温湿度冲击幅度,且随着温度上升,幅度越大,各试验方式的相对湿度下降的越快。

3.1 温度对比分析

从图2a、图3a、图4a各试验站3种自然环境加速试验装置样品区和户外暴露的特征温度曲线可以看出,在日落2h左右,3站各自然环境加速试验的温度均与户外大气温度趋于一致,而由于3站日照时长不同,海南试验站在7点到19点,甘肃试验站在8点到20点,西藏试验站在7点到21点间,在太阳辐射的影响下,不同自然环境加速试验装置内的温度出现了较大的差别。其中,强制通风玻璃框试验装置随着太阳辐射的增强,内部温度变化最为剧烈,黑箱的温度变化比玻璃框的温度变化稍大。

在3个典型环境中,西藏试验站的3种自然环境加速试验装置样品区的特征温度与户外特征温度相比,光照热效应的强化效果最好,昼夜温差最大,甘肃试验站次之,海南试验站最小,这与表1中各站点的年太阳总辐射量大小有着明显的对应关系。

对3试验站点中3种自然环境加速试验装置的特征温湿度数据进行对比分析,结果显示,通常3种自然环境加速试验装置强化效果最好的时间,即最大温度强化倍率出现的时间在11点到13点,并不会与装置内部最高温或户外最高温度的时间段完全重合。另外,自然环境加速试验装置中最高温度出现的时间通常较户外暴露最高温度出现的时间早1~2h。如海南试验站和甘肃试验站各试验装置内部的最高温度分别出现在12点—14点和14点—16点时间段,而户外大气最高温通常在15点—17点出现;西藏试验站各自然环境加速试验装置内部的最高温度通常出现在15点—17点之间,而户外大气最高温通常出现在17点—19点之间。3种典型环境条件下,不同自然环境加速试验装置对环境温度的强化效果见表2。

表2 不同自然环境加速试验装置的最大温度强化参数

Table 2 Maximum enhanced temperature parameter in different natural environment accelerated test devices

试验站点	试验方式	最大温度强化倍率	最大温差/°C	相对户外暴露的温湿度冲击倍数
海南	玻璃框	1.3	9.8	2.4
	黑箱	1.4	11.8	2.6
	强制通风玻璃框	1.8	22	2.8
甘肃	玻璃框	1.4	12.5	1.3
	黑箱	1.7	18.9	1.6
	强制通风玻璃框	2.3	37.8	2.0
西藏	玻璃框	1.8	17.6	1.7
	黑箱	2.0	22.3	1.9
	强制通风玻璃框	4.2	57.8	1.8

3.2 湿度对比分析

对比图2a、图3a、图4a与图2b、图3b、图4b可以看出,各试验站3种自然环境加速试验装置内部的

相对湿度变化趋势与温度具有对应关系。随着日落,各试验站3种自然环境加速试验装置内部的相对湿度也逐渐与户外趋于一致。在日照时间内,因太阳辐射的影响,不同自然环境加速试验装置内的

湿度也出现了较大的差别。其中,强制通风玻璃框试验装置随着太阳辐射的增强,内部相对湿度的冲击强度最大,其次是黑箱,再次是玻璃框。3站不同自然环境加速试验相对于户外暴露实验的湿度冲击强化倍率见表3。

表3 3站不同自然环境加速试验方法的湿度强化效果
Table 3 Strengthening effect on humidity with different natural environment accelerated test methods in 3 exposure sites

试验站点	试验方式	相对户外暴露的湿度冲击倍数
海南	玻璃框	2.4
	黑箱	2.6
	强制通风玻璃框	2.8
甘肃	玻璃框	1.3
	黑箱	1.6
	强制通风玻璃框	2.0
西藏	玻璃框	1.7
	黑箱	1.9
	强制通风玻璃框	1.8

从表3的计算结果来看,在3个典型环境中,就3种自然环境加速试验装置来说,海南试验站的湿度冲击强化效果最好,达到户外的2倍以上,而西藏和甘肃的湿度强化效果相接近,均接近2倍的。

4 结论

通过研究典型环境下3种自然环境加速试验装置对温湿度环境参数的强化效果,以及3种自然环境加速试验装置样品区的温湿度变化规律,可以得出以下结论。

1) 玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环境加速试验装置对自然环境的光照热效应有明显的强化作用,其强化效果排序为:强制通风玻璃框>黑箱>玻璃框。随着光照热效应的强化,内部相对湿度的冲击也得到了强化,其强化效果在海南和甘肃试验站均表现为强制通风玻璃框最好,黑箱次之,玻璃框最小,而在西藏试验站则表现为黑箱最好,强制通风玻璃框次之,玻璃框最小。

2) 玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环

境加速试验装置的内部温度变化梯度大小与环境中太阳辐射量大小有关,就西藏、甘肃、海南这3个试验站来说,3种自然环境加速试验装置内部温变梯度排序为:西藏试验站>甘肃试验站>海南试验站。换言之,上述排序也体现了温度强化效果的环境排序。

3) 就西藏、甘肃、海南这3个典型环境试验站来说,玻璃框、黑箱、强制通风玻璃框等3种自然环境加速试验装置的湿度冲击强化效果在海南试验站最好,强化效果可在2倍以上;西藏和甘肃试验站次之,均为接近2倍的效果。

参考文献:

- [1] 汪学华.自然环境试验技术[M].北京:航空工业出版社,2003.
WANG Xue-hua. Natural Environmental Test Technology [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2003.
- [2] 曹楚南.中国材料的自然环境腐蚀[M].北京:化学工业出版社,2005:70—75.
CAO Chu-nan. Material Natural Environment Corrosion [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 70—75.
- [3] 李晓刚,高瑾,张三平,等.高分子材料自然环境老化规律与机理[M].北京:科学出版社,2011.
LI Xiao-gang, GAO Jin, ZHANG San-ping, et al. Natural Environment Aging Rule and Mechanism of High Polymer Material [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [4] 黄永昌,张建旗.现代材料腐蚀与防护[M].北京:上海交通大学出版社,2012:237—244.
HUANG Yong-chang, ZHANG Jian-qi. Material Corrosion and Protection in Modern Times [M]. Beijing: Shanghai Jiaotong University Press, 2012: 237—244.
- [5] 柯伟,杨武.腐蚀科学技术的应用和失效案例[M].北京:化学工业出版社,2006:318—319.
KE Wei, YANG Wu. Application and Failure Case of Corrosion Science Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 318—319.
- [6] 张彩先,郝高海.东南沿海自然环境对地面装备的影响及预防措施[C]//装备环境工程研讨会论文集.北京:总装备部电子信息基础部技术基础局,总装备部技术基础管理中心,2004:197—200.
ZHANG Cai-xian, HAO Gao-hai. Effects and Prevention Measures of Southeast Coastal Environmental on Ground Equipments [C]//Proceeding of Equipment Environmental Engineering Seminar. Beijing: GAD Electronic Information

- Technology Basis of Technology Bureau, GAD Technology Basis Management Center, 2004: 197—200.
- [7] 高春生, 杨红萍, 卞真林. 东南沿海气候及其对陆军导弹电子设备的影响及对策[C]//装备环境工程研讨会论文集. 北京: 总装备部电子信息基础部技术基础局, 总装备部技术基础管理中心, 2004: 201—205.
- GAO Chun-sheng, YANG Hong-ping, BIAN Zhen-lin. Effects of Southeast Coastal Climate on Army Guided Missile Electron Devices and Countermeasure [C]//Proceeding of Equipment Environmental Engineering Seminar. Beijing: GAD Electronic Information Technology Basis of Technology Bureau, GAD Technology Basis Management Center, 2004: 197—205.
- [8] 赵平. 东南沿海气候对地面防空武器装备的影响及防高温高湿的对策[C]//装备环境工程研讨会论文集. 北京: 总装备部电子信息基础部技术基础局, 总装备部技术基础管理中心, 2004: 206—209.
- ZHAO Ping. Effects of Southeast Coastal Climate on Ground-antiaircraft Weapons and Countermeasure of Hot and Humid Prevention [C]//Proceeding of Equipment Environmental Engineering Seminar. Beijing: GAD Electronic Information Technology Basis of Technology Bureau, GAD Technology Basis Management Center, 2004: 197—209.
- [9] 吴宏宇. 东南沿海气候对装备的影响及适应性对策[C]//装备环境工程研讨会论文集. 北京: 总装备部电子信息基础部技术基础局, 总装备部技术基础管理中心, 2004: 214—216.
- WU Hong-yu. Effects of Southeast Coastal Climate on Equipment and Adaptability Countermeasure [C]//Proceeding of Equipment Environmental Engineering Seminar. Beijing: GAD Electronic Information Technology Basis of Technology Bureau, GAD Technology Basis Management Center, 2004: 214—216.
- [10] 廖国栋, 吴国华, 苏少燕, 等. 南海气候特点及对武器装备的影响[C]//装备环境工程研讨会论文集. 北京: 总装备部电子信息基础部技术基础局, 总装备部技术基础管理中心, 2004: 217—222.
- LIAO Guo-dong, WU Guo-hua, SU Shao-yan, et al. Effects of Southeast Coastal Climate on Weapons [C]//Proceeding of Equipment Environmental Engineering Seminar. Beijing: GAD Electronic Information Technology Basis of Technology Bureau, GAD Technology Basis Management Center, 2004: 217—222.
- [11] 宣卫芳, 胥泽奇, 肖敏, 等. 装备与自然环境试验·基础篇[M]. 北京: 航空工业出版社, 2009.
- XUAN Wei-fang, XU Ze-qi, XIAO Min, et al. Equipment and Natural Environmental Test · Basic Course [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2009.
- [12] 宣卫芳, 胥泽奇, 肖敏, 等. 装备与自然环境试验·提高篇[M]. 北京: 航空工业出版社, 2011.
- XUAN Wei-fang, XU Ze-qi, XIAO Min, et al. Equipment and Natural Environmental Test · Advanced Course [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011.
- [13] 何德洪, 肖敏, 周漪, 等. 黑箱加速大气暴露试验热强化效应和相关性研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(2): 43—47.
- HE De-hong, XIAO Min, ZHOU Yi, et al. Research on Heat Intensifying Effect and Correlativity of Black Box Atmospheric Accelerated Exposure Test [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(2): 43—47.
- [14] 秦晓洲. 自然环境试验站典型环境特征及腐蚀图谱[M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.
- QIN Xiao-zhou. Typical Environmental Characteristic and Corrosion Map of Exposure Site [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2010.
- [15] 国防科工委科技与质量司, 国防科技工业自然环境试验研究中心. 国防科技工业自然环境试验试验站网指南[M]. 北京: 航空工业出版社, 2008.
- Science and Quality Department SASTIND, Weathering Test and Research Center of National Defense and Science Technology. Directory of Natural Environmental Test Sites Network [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2008.