

调湿涂层性能试验研究

王磊¹, 马重芳², 贾宏¹

(1. 北京空间飞行器总体设计部, 北京 100086; 2. 北京工业大学 能源与环境工程学院, 北京 100022)

摘要: 湿度是载人航天器舱内环境质量的重要参数之一。调湿涂层是一项新的技术, 文中对调湿涂层的吸湿性能进行了试验验证。试验结果表明, 研制的调湿涂料可以在 40 min 内使密闭环境的相对湿度由 92.5% 下降到 79.5%, 在 13 h 内可由 92.5% 下降到 66%, 试验结果表明研制的调湿涂层具有良好的吸湿性能。

关键词: 湿度; 调湿涂层; 载人航天器; 吸湿性能

中图分类号: V45; V42 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)03-0011-02

Performance Test and Study of Humidity Control Coating

WANG Lei¹, MA Chong-fang², JIA Hong¹

(1. Beijing Institute of Spacecraft System Engineering, Beijing 100094, China;

2. Environmental and Energy Engineering College, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Humidity is one of important parameters of manned spacecraft and humidity control coating is a new technology. The moisture absorption characteristic of the humidity control coating was studied by experiment. The result showed that the coating has very well performance for humidity control with the relative humidity of closed container decrease from 92.5% to 79.5% in 40min, from 92.5% to 66% in 13 hours.

Key words: humidity; humidity control coating; manned spacecraft; moisture absorption

载人航天技术是现代高科技之一,它在科学研究和工程应用方面有十分重要的地位。湿度是载人航天器舱内环境质量的重要参数之一,对航天员的健康及舱内精密设备的安全可靠运行都有重要的影响。在载人航天器运行过程中,每个航天员每昼夜约将其吸收水量的一半通过呼出的气体和汗液排到舱内,此外一些空间科学试验也会排出一定量的水

蒸气,这些均会造成舱内环境湿度增高。舱内湿度过高,会使人产生潮湿、胸闷等不适感,会加速微生物繁殖,使人们极易感染疾病。在较低温度下,仪器、设备表面易产生结露现象,造成微生物污染、电化学腐蚀、电器设备短路等严重后果。舱内环境湿度过低,不仅会使人产生皮肤过敏、眼鼻干燥,导致呼吸道感染和气喘等疾病,还会引起静电现象^[1]。如

收稿日期: 2012-03-05

基金项目: 国家863计划(863-2-2-10-8B)

作者简介: 王磊(1969—),男,北京人,博士,高级工程师,主要研究方向为航天器热控制。

果在舱壁上凝聚水滴,将会吸收热量,降低舱内温度^[2]。因此研究载人航天器舱内的湿度控制技术具有十分重要的现实意义。

航天器本身的设计制造成本很高,航天器的发射费用极其昂贵,航天器本身的体积要受到各个方面因素的限制,其中携带和使用的能源更是有限。采用空调通风除湿的方法引入空调设备会占用航天器内有限的空间,空调系统的运行要消耗掉很大一部分能源,这样势必会给航天器的设计制造带来新的问题,增加航天器的成本。因此,前苏联的一些飞船,如“东方号”和“上升号”没有设置冷凝干燥器,而是采用非再生型含有化合氧的碱性金属吸收舱内水蒸气,调节湿度。国际空间站美国段则采用了可再生的吸附剂分子筛来调节舱内空气湿度^[3]。

调湿涂层是一种被动控湿技术,完全依靠自身的吸湿和放湿性能自动调节空间内的相对湿度^[4]。当密封舱内空气相对湿度高于某个设定值时,它可以吸收空气中大量的水蒸气,使密封舱内的空气湿度降低;当密封舱内空气相对湿度低于某个设定值时,它又慢慢放出吸收的水,使密封舱内的空气湿度保持在一定的范围内;另外,调湿涂料涂在舱壁和物体表面,还可起到防结露的目的。该技术克服了空调通风除湿能耗高和系统复杂的缺陷,对降低航天器的研制成本和发射质量具有重要意义。

调湿涂层是一项新的技术,国内外对此项技术的深入研究不多,在载人航天器上的使用目前还未见报道。文中对载人航天器舱内的调湿涂层进行了试验研究。

1 涂层的制备

在前期研究的基础上,选择了一种性能较好的吸水树脂,结合涂层制备工艺,制备出了一种可以涂于金属壁、瓷砖等表面的调湿涂层。

由于调湿材料具有很强的吸湿能力,极其容易吸收空气中的水分而结块,因此在制作调湿涂层之前,需要在干燥的环境中将其在研钵中进行充分研磨,达到100目以上。然后,将其混合成均匀的分散液,即可得到调湿涂层。待调湿涂层完成之后,用喷枪将其均匀喷涂于试验件的表面,再进行烘干处

理。从材料的制备到喷涂,整个过程都在干燥的环境中进行,避免在过程中吸收空气中的水分。

将制成的调湿涂层喷涂于瓷板表面,然后将试验板放置在密封舱的中间,对调湿涂层的吸湿性能进行试验研究。

2 性能试验

调湿涂层的性能试验在图1所示的密封舱内进行。密封舱是一个450 mm × 450 mm × 500 mm的正方形。在舱的内部设有温湿度探头,通过SIEMENS温湿度测量仪来测量环境中的温度和湿度。湿度控制装置采用法国Devatec公司生产的电极式EL2S-EL2D型蒸汽加湿器,通过加湿管向密封舱喷入水蒸气的方法,来实现湿度的准确设定和控制。



图1 调湿涂层性能试验装置

Fig. 1 The experiment device of humidity control coating

试验条件:温度为18℃,压力为当地大气压。将喷涂好调湿涂层的两块瓷板放置于密封舱中间,每块瓷板尺寸为200 mm × 300 mm,涂层厚度为2 mm。然后用电极式蒸汽加湿器将密封舱空间内的相对湿度增加到90%以上,并使密封舱温度保持稳定,上下波动不超过1.5℃。

在密封舱内共进行了有调湿涂层和无调湿涂层两种情况下空气湿度变化规律的试验^[5],试验结果如图2所示。

从图2中可以看出,当密封舱内没有放置涂层时,密封舱内的相对湿度由90.5%降低到83%,即相对湿度降低了8.3%。在有调湿涂层的试验中,经过40 min后,密封舱内的相对湿度由92.5%降低到了79.5%,降低了14.1%。在试验结束时,密封舱内的

(下转第18页)

2) 针对空间站进行的密封舱内空气品质评价验证试验,不能局限于风速分布测量,还应考虑空气龄分布测量,这有助于全面考核舱内通风情况。

3) 借鉴国外在空间站密封舱内空气龄分布验证试验中先进的测量技术及手段有助于我国科研人员针对空间站开展相关的试验研究工作。

参考文献:

- [1] 邹国荣,马立. 室内空气品质的影响因素及其改善措施[J]. 制冷与空调,2005(1):71—74.
- [2] 李先庭. 高大空间气流组织的评价体系[R]. 北京:清华大学,2006.
- [3] SANDBERG M. What is Ventilation Efficiency[J]. Building and Environment, 1981, 16(2):123—135.
- [4] 王伟. 几种房间送、回风方式的空气龄评价[D]. 天津:天津大学,2001.
- [5] 马仁民. 国外非工业建筑室内空气品质研究动态[J]. 暖通空调,1999,29(2):38—41.
- [6] 庄达民,袁修干. 空气龄的数值解法[J]. 北京航空航天大学学报,1997,23(5):565—570.
- [7] 邓伟鹏,沈晋明,唐喜庆,等. SARS 隔离病房内的气流组

织优化研究[J]. 建筑热能通风空调,2005,24(2):9—14.

- [8] 梁珍,张吉礼,陆亚俊. 载人航天器座舱空气龄的数值模拟[J]. 暖通空调,2007,37(5):1—5.
- [9] SU Xin-ming, FU Shi-ming, PEI Yi-fei. Computation of the Air Age of the Space Station Cabin[C]//中国自动化学会系统仿真专业委员会. 第13届中国系统仿真技术及其应用技术学术年论文集. 合肥.(余不详)
- [10] FLUENT Inc. Fluent User's Guide [M]. USA: Fluent Inc., 2003.
- [11] 刘珊. 示踪气体跟踪测量技术在暖通空调领域中的应用[D]. 天津:天津大学,1999.
- [12] 庄达民,袁修干. 示踪气体法求客舱通风量和空气龄的方法[J]. 航空学报,1999,20(6):78—80.
- [13] 李先庭,王欣,李晓锋. 用示踪气体方法研究通风房间的空气龄[J]. 暖通空调,2001,31(4):79—81.
- [14] 孟繁孔,曹剑锋,满广龙. 目标飞行器舱内流场设计验证与评价[J]. 航天器环境工程,2011,28(6):583—588.
- [15] HAIDL T, LEHR B, RAATSCHEN W. Thermal Comfort, Ventilation Efficiency, Contaminant Removal Effectiveness and Safety in the Columbus Cabin[J]. Society of Automotive Engineers, 2000(1):2298—2314.

(上接第12页)

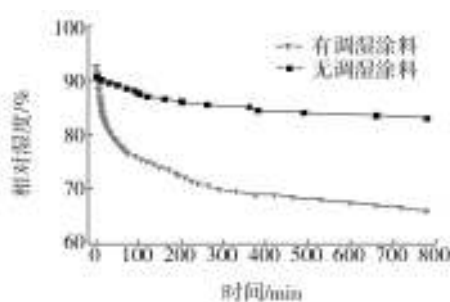


图2 调湿涂层试验结果

Fig. 2 The experimental results of humidity control coating

相对湿度由92.5%降低到了66%,降低了28.6%。

试验结果表明,研制的调湿涂层具备了一定的吸湿性能。

试验装置和试验的范围需要继续完善,对调湿涂层的调湿性能进行更系统的测试。另外,还要结合航天器的实际情况,研制满足载人航天器可靠性和安全性要求的调湿涂层。

3 结论

文中对调湿涂层进行了试验研究,通过性能测试,证明调湿涂层具有良好的吸湿性能。可以在40 min内使密闭环境的相对湿度由92.5%下降到79.5%,在13 h内可由92.5%下降到66%。

参考文献:

- [1] 季旭,梁新刚,任建勋,等. 载人航天器通风除湿系统运行参数的优化分析[J]. 航天医学及医学工程,2001,14(4):272—276.
- [2] JOUANNE R G, BARKER R S, SITLER Ga. Dew Point Analysis for Space Station Freedom[J]. SAE Transactions, 1992, 101(1):735—748.
- [3] DAUES K. A History of Spacecraft Environmental Control and Life Support Systems[R]. 2008. (余不详)
- [4] 闫全智,贾春霞,冯寅烁,等. 被动式绿色调湿材料研究进展[J]. 建筑节能,2010(12):41—42.
- [5] 李双林,吴玉庭,马重芳,等. 新型调湿涂料调湿性能的初步试验研究[J]. 工程热物理学报,2004,25(3):502—504.