

天线罩隔热涂料离心涂覆工艺研究

蒋海峰 赵立

(上海无线电设备研究所, 上海 200090)



摘要: 通过采取离心涂覆的方式, 对天线罩内表面进行隔热涂料涂覆, 以使其能满足隔热的要求和性能。结果表明: 按照确定的离心涂覆参数, 对天线罩内表面进行隔热涂料涂覆后, 涂层在常温和 400℃ 后附着力达到 1 级, 涂层厚度为 0.7~0.9mm, 均匀性好, 400℃ 30s 时内部隔热温度 60℃, 涂覆完隔热涂料的天线罩满足使用要求。

关键词: 天线罩; 隔热涂料; 离心涂覆

Research on Heat Insulation Coatings Centrifugal Coating of Radome

Jiang Haifeng Zhao Li

(Shanghai Institute of Radio Equipment, Shanghai 200090)

Abstract: Discuss using heat insulation coatings on radome inside surface by centrifugal coating, to satisfy heat insulation requirement and using performance. It is indicated that the attachment of coatings up to 1 class under normal temperature and 400℃ high temperature. The thickness of coatings is 0.7~0.9mm and the film uniformity is good. When the outside temperature of heat insulation coatings up to 400℃ and holding 30 second, the inside temperature is 60℃. The transmission efficiency and boresight error of radome with heat insulation coatings satisfy using requirement.

Key words: radome; heat insulation coatings; centrifugal coating

1 引言

天线罩位于弹体的头部, 在弹体高速飞行时其所承受的载荷和气动加热最严重, 所以天线罩表面温度很高。为保证天线罩罩内天线及零部件的正常工作, 要求罩内温度不能高于 100℃, 当天线罩本身材料的隔热性不能满足要求时, 作为降低天线罩内制导系统工作区域温度的重要途径是在内壁采用隔热涂层。

随着目前弹体的飞行速度越来越快, 天线罩内表面的温度可达 400℃ 以上。所以, 必须研究使用高性能的隔热涂料, 采取合理的工艺涂覆到天线罩内表面, 达到降低天线罩内壁温度, 满足天线罩使用要求, 保证罩内导引头天线正常工作的目标。

2 试验

天线罩内部是一个近似于圆锥形的封闭腔体, 要将涂料涂覆于内表面, 无法采取常规的喷枪喷涂的办法。本文主要研究采取离心涂覆的办法解决天线罩内表面的涂料涂覆问题。

2.1 原理

离心涂覆的原理是将天线罩安装固定在特定的装置内, 同时将一定量的涂料倒入天线罩的内表面, 利用装置带动天线罩高速旋转产生的离心力, 将涂料均匀涂覆在天线罩的内表面。离心力的计算公式如式 (1) 所示。

$$\text{离心力} = mR\omega^2 \quad (1)$$

式中: R ——天线罩半径, cm; m ——涂料的重量, g; ω ——角速度, rad/s。

由式 (1) 可知, 在天线罩半径一定的情况下, 决定离心涂覆的关键因素是涂料的重量和涂覆装置

作者简介: 蒋海峰 (1979-), 高级工程师, 高分子材料专业; 研究的方向: 航天电子产品清洗、涂覆、灌封、粘接等。

收稿日期: 2013-12-25

的角速度。角速度的计算公式如式(2)所示。

$$\omega = 2\pi n / 60 \quad (2)$$

式中： n ——转速，r/min。

综合式(1)和式(2)可知，必须对涂料的加料量和装置的转速进行试验和研究，以达到最佳的离心涂覆效果^[1]。

2.2 设备

天线罩罩体涂覆装置由离心旋转系统和变速定时控制系统组成。

离心旋转系统是天线罩罩体隔热涂料处理装置的核心部分，如图1所示。它的主要作用是让装有一定涂料的天线罩，在所要求的速度上匀速旋转，使隔热涂料在离心力作用下，均匀涂覆在天线罩的内表面上，从而达到天线罩隔热试验条件的要求。

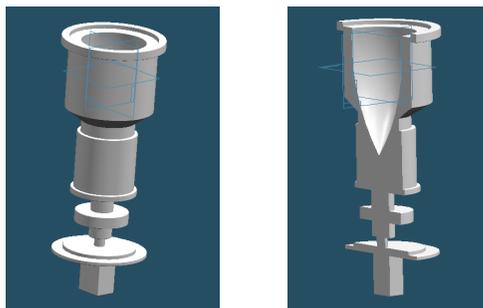


图1 涂覆装置离心旋转系统示意图

变速定时控制系统主要由变速装置和定时装置两部分组成，它能够根据设定的旋转速度，启动开始时间，当设定的旋转时间完成时，能自动切断驱动电机的工作电源。整个变速定时系统工作流程图见图2。

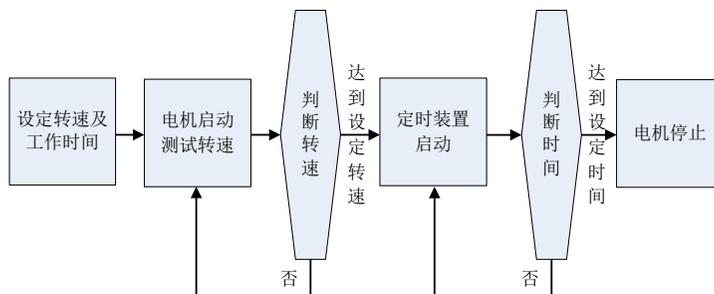


图2 变速定时控制系统工作流程图

2.3 涂料

选用自主研发的隔热涂料，该涂料的基体树脂采用热塑性树脂，柔韧性好，耐冲击，耐热性能优异，是一类新型耐高温高强高韧基体。通过添加一定数量目数的空心玻璃珠，使其具备优异的绝热性能（导热系数低于 $0.25 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ ），一定涂层厚度下，可保证很好的隔热效果。由于聚合物分子链中含有大量的强极性基团（氰基），使分子间的偶极-偶极作用加强，在涂层和基体之间形成双电层，产生静电引力，提高涂料的柔韧性和附着性。

2.4 试验结果和讨论

在旋转工作时间一定的情况下（一般定为 5~7min），隔热涂料能否很好地涂覆于天线罩的内表面，主要决定于离心旋转系统的转速和涂料的加入量。针对隔热涂料配套的底漆、面漆和隔热功能层，旋转速度和加料量也不尽相同。因此，在涂覆时首先要针对所涂覆的天线罩，通过试验研究不同的旋转速度以及加料量对涂层厚度及其后续天线罩电性能等的影响，最终确定最佳的旋转速度和加料量。

2.4.1 底漆

底漆离心涂覆试验的情况见表1。

表1 底漆试验情况

序号	旋转速度 /r min ⁻¹	加料量 /g	结果
1	200	300	涂覆高度不够，大量涂料沉积在底部
2	400	300	涂覆达到高度，仍有涂料沉积在底部
3	400	200	涂覆达到高度，少量涂料被甩出，离心停止后仍有少量涂料沉积
4	600	200	涂覆达到高度，有涂料被甩出，离心停止后仍有少量涂料沉积
5	600	150	涂覆满足要求，但是涂覆结束后靠近天线罩端口的涂料出现回流现象
6	700	150	涂覆完全满足要求
7	800	150	大量涂料被离心甩出

从表1可以看出，加料量为 150g 的底漆，在旋转速度为 700r/min 的条件下，可以取得较为满意的涂覆效果。

2.4.2 面漆

在底漆涂覆的基础上,基本确定了150g加料量、700r/min 旋转速度的2个基准参数条件。面漆由于密度和粘度比底漆大,所以在此基础上增大加料量、旋转速度2个变量。具体试验过程见表2。

表2 面漆试验情况

序号	旋转速度 /r min ⁻¹	加料量 /g	结果
1	700	150	涂覆达到高度,少量涂料被甩出,离心停止后靠近天线罩端部口的涂料出现回流现象
2	800	150	涂覆达到高度,很少涂料被甩出
3	800	180	涂覆满足要求,无异常现象
4	900	200	大量涂料被离心甩出

从上表可以看出,加料量为180g的面漆,在旋转速度为800r/min的条件下,可以取得较为满意的涂覆效果。

2.4.3 隔热功能层

由于隔热功能层的密度和粘度比面漆稍大,所以在面漆离心涂覆的基础上,微调加料量和旋转速度2个参数,具体试验过程和结果见表3。

表3 隔热功能层试验情况

序号	旋转速度 /r min ⁻¹	加料量/g	结果
1	800	180	涂覆达到高度,极少量涂料被甩出
2	800	200	涂覆满足要求,无异常现象
3	850	200	涂料过多被离心甩出

所以,最终确定加料量为200g,旋转速度为800r/min,作为隔热功能层的离心涂覆参数。

3 性能测试

对隔热涂料的附着力、涂层均匀性、隔热性能和电性能等进行测试。

3.1 附着力

由于结构需要,天线罩内表面隔热涂料涂覆的位置要求离端部95~100mm以上的部分。为了真实地测试离心涂覆的天线罩涂层的附着力,采取的措施是涂覆时对整个天线罩内表面进行涂覆,每一道涂层涂覆完成后,在端部95~100mm范围内进行室温和400℃高温1min后的附着力测试。全部测试完成后再用机械打磨的方法去除这部分的涂层,最终得出满足

尺寸要求的天线罩。

附着力测试按照QJ 990.14-86《涂层检验方法 涂层附着力检验方法》进行,具体测试结果见表4。

表4 天线罩内表面涂层附着力测试结果

	厚度	室温附着力	400℃高温附着力
底漆	0.05mm	1级	1级
面漆	0.23mm	1级	1级
隔热功能层	0.70mm	1级	1级

3.2 涂层均匀性

对涂覆前后天线罩壁厚进行三坐标测试,测得涂层厚度变化如图3所示。

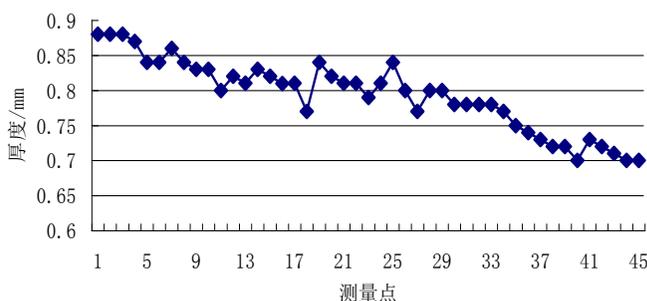


图3 涂层均匀性变化图

从图3尺寸变化可以看出,离心涂覆的涂层厚度变化在0.7~0.9mm之间,涂层均匀性好。

3.3 隔热性能

涂层的隔热性能测试未见国家标准规定。根据其实际应用情况,考虑其隔热机理为阻隔型隔热,参考文献的测试方法,通过小板隔热试验来测试该涂层在400℃下的隔热性能^[2]。

开启马弗炉,稳定一段时间后,用热电偶通过小孔测试炉口温度,当温度达到400℃时,将涂有隔热涂层的9mm厚的石英陶瓷板的背面紧贴在炉口的石棉板上,涂层表面再覆盖上一块石棉板以保温。同时用热电偶通过覆盖的石棉板的小孔测试涂层表面温度。石英陶瓷涂覆样板隔热性能检测结果见图4。

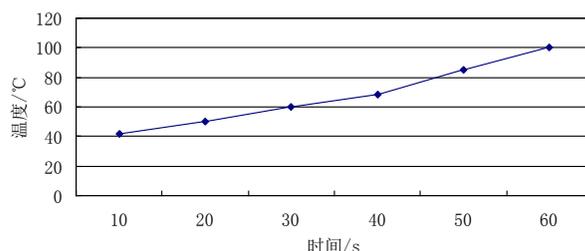


图4 400℃高温隔热测试结果

3.4 电性能

对涂覆隔热涂料前后的天线罩进行了电性能指标对比测试, 测试结果表明, 涂覆完隔热涂料后的天线罩的电性能满足使用要求。

4 结束语

分别针对底漆、面漆和隔热功能层, 确定了最佳的离心涂覆参数。具体参数见表 5。

表 5 隔热涂料离心涂覆参数

	旋转速度/ $r\ min^{-1}$	加料量/g
底漆	700	150
面漆	800	180
隔热功能层	800	200

离心涂覆工艺适合于小批量天线罩内表面的涂

(上接第 11 页)

c. “虚拟挡板”技术也是一种对阀门启闭过程、阀芯位移的近似模拟方法, 但并不是真正的流固耦合计算, 也不能考虑阀芯运动对于阀腔内流体的影响;

d. 现有通用商业软件流固耦合求解阀门快速启闭过程、阀芯高频振动问题存在计算量大、动网格处理困难复杂等问题, 而一些新兴的专业性 CFD 商业软件由于具有内置专业动网格模板或基于 LBM 求解的优势而为气动阀门自激振动数值模拟提供了新的工具;

e. 针对气动阀门自激振动问题, 宜首先建立阀芯运动的零维数值模型, 并通过求解特征值的方法获取阀门的稳定性区间分布及相关参数影响规律, 然后建立阀门结构的三维模型, 通过直接数值模拟或应用商业软件数值计算, 详细分析自激振动特性及相关设计参数对阀门稳定性的影响。

参考文献

- 1 白菜文斯. 流体诱发振动[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 2 邢景棠, 周盛, 崔尔杰. 流固耦合力学概述[J]. 力学进展, 1997, 27(1): 19~38
- 3 王征, 吴虎, 贾海军. 流固耦合力学的数值研究方法的发展及软件应用概述[J]. 机床与液压, 2008, 36(4): 192~194
- 4 Weaver D S, Adubi F A, Kouwen N. Flow induced vibrations of a

料涂覆, 能有效解决常规方法进行天线罩内表面喷涂时, 喷涂困难、不均匀等技术问题, 同时提高职业健康水平。

按照确定的离心涂覆参数, 对天线罩内表面进行隔热涂料涂覆后, 涂层在常温和 400℃后附着力达到 1 级, 涂层厚度为 0.7~0.9mm, 均匀性好, 400℃30s 时内部隔热温度 60℃, 涂覆完隔热涂料的天线罩电性能满足使用要求。

参考文献

- 1 严志隆. 关于管桩离心成型工艺参数的确定[J]. 混凝土与水泥制品, 2011, 1(1): 40~42
- 2 王百亚, 王秀云, 张炜. 一种航天器用外热防护涂层材料研究[J]. 固体火箭技术, 2005, 28(3): 216~218
- hydraulic valve and their elimination[J]. Journal of Fluids Engineering, 1978, 100(6): 239~245
- 5 Weaver D S, Ziada S. A theoretical model for self-excited vibrations in hydraulic gates, valves and seals[J]. Journal of Pressure Vessel Technology, 1980, 102(5): 146~151
- 6 Hayashi S. Instability of poppet valve circuit[J]. JSME International Journal, 1995, 38(3): 357~366
- 7 Hayashi S, Hayase T, Kurahashi T. Chaos in a hydraulic control valve[J]. Journal of Fluids and Structures, 1997, 11: 693~716
- 8 Misra A, Behdinan K, Cleghorn W L. Self-excited vibration of a control valve due to fluid-structure interaction[J]. Journal of Fluids and Structures, 2002, 16(5): 649~665
- 9 叶奇昉, 严诗杰, 陈江平. 气动先导式电磁阀的自激振动[J]. 机械工程学报, 2010, 46(1): 115~121
- 10 陈二锋, 叶超, 张立强. 单向阀系统动力学稳定性及扰动响应分析[J]. 宇航系统工程, 2011, 1(4): 16~22
- 11 Yonezawa K, Ogawa R, Ogi K, et al. Flow-induced vibration of a steam control valve[J]. Journal of Fluids and Structures, 2012, 35: 76~88
- 12 郭正, 刘君, 陈广南. 安溢活门动态特性的流固耦合数值分析[J]. 机械工程学报, 2008, 44(8): 61~66
- 13 何德胜, 郭正, 鲍福廷. 采用流固耦合方法数值分析减压器动态响应[J]. 固体火箭技术, 2010, 33(6): 713~718