

真空试验压力变化数值模拟研究

刘 胜, 崔寓淏, 窦仁超, 师立侠, 孙立臣, 任国华, 闫荣鑫

(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

摘 要: 如今越来越多航天器真空试验过程中需要检测试验件内部气体压力, 虽然直接安装传感器进行测量最有效且最准确, 但是某些试验件内部无法安装传感器, 使得直接测量的方法难以实现。本文利用蒙特卡洛方法, 对分子流状态下试验件内部压力变化进行数值模拟。建立了试验件几何模型, 考虑了试验件材料放气, 计算了分子流状态下试验件内部真空度随时间的变化规律, 最终得到真空试验过程中试验件内部压力变化过程。本文为航天器真空试验过程中某一特定位置压力值的预估提供了理论依据。

关 键 词: 真空度; 蒙特卡洛法; 分子流; 数值模拟

中图分类号: TB752

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)03-0012-04

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.03.03

Numerical Simulation on Internal Pressure Variation of Test Specimens During Vacuum Test

LIU Sheng, CUI Yu-hao, DOU Ren-chao, SHI Li-xia, SUN Li-chen, REN Guo-hua, YAN Rong-xin

(Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Abstract: Nowadays, more and more vacuum test need to detect pressure inside the test specimens. Although direct installation of sensors is the most effective and accurate way to measure the pressure of the test specimens. However sometimes sensors cannot be installed in the test specimens, which makes direct measurement difficult to be realized. In this paper, internal pressure of test specimens under molecular flow was simulated by the method of Monte Carlo. Geometric model of test specimens were established. Material degassing quantity was considered. The variation of vacuum degree with time was calculated under molecule flow. This paper provides a theoretical basis for the pressure prediction of specific location during vacuum test.

Key words: vacuum degree; Monte Carlo method; molecule flow; numerical simulation

伴随着火箭运载能力提升, 越来越多航天器可以搭载质量更重、功耗更高的新型大功率载荷。大功率载荷运行期间必须避开容易引起真空放电的气体压力范围, 否则会引起电子设备放电, 对航天器载荷造成巨大的损害^[1-2]。因此很多载荷研制和总装真空测试期间有检测载荷所处环境真空度或其试验件内部真空度的需求^[3-4]。但试验件内部空间狭小并且总装阶段被多层包覆, 无法在内部安装真空传感器, 使得直接测量内部压力的方法难以实现。需要通过估算或模拟的方法获取真空试验过程中试验件的内部压力分布。航天器真空试验过程中设备内部结构复杂, 周围环境受航天器结构放气污染, 估算和真空流导公

式很难直接推算出试验件内部的真空度。

为解决间接测量真空试验中特定位置真空度的问题。本文以某载荷试验件真空试验过程中内部真空度检测需求为例, 采用蒙特卡洛方法^[5], 考虑真空系统压力变化、试验件几何模型、试验件的不同材料放气率, 对案例真空试验过程中载荷试验件内部压力变化过程进行数值模拟。通过对内部压力模拟计算, 为真空试验过程中试验件内部压力间接测量及真空腔体内压力分布研究提供理论依据。结构件示意图见图 1。

1 试验件模型建立

本研究的试验件结构模拟简化模型如图 2

收稿日期: 2021-05-31

作者简介: 刘胜(1989-), 男, 北京市人, 本科, 工程师。

通讯作者: 孙立臣, 研究员。