

一种高精度外热流模拟控制系统设计与研究

王国防, 刘家林, 孙成恺, 刘海静, 张静, 董德胜

(上海卫星装备研究所, 上海 200240)

摘 要: 针对传统空间外热流模拟控制系统功能设计单一, 无法快速满足复杂试验要求的问题, 设计了一种基于大功率电源的高精度、低成本、多用途外热流模拟控制系统。该系统采用参数自整定 PID 控制器, 通过 MATLAB 数值仿真和试验调试, 验证了系统设计的可行性和可靠性。结果表明: 在不同加热结构及工况条件下, 控制系统响应速度较快, 超调量小, 稳定性和鲁棒性好, 取得了良好的控制效果。该系统已成功应用于空间热真空环境模拟试验中。

关 键 词: 外热流模拟; 温度控制; 自整定 PID; 高精度

中图分类号: V146.5; V146.8; TB75

文献标识码: B

文章编号: 1002-0322(2024)04-0065-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2024.04.12

Design and Research of a High Precision External Heat Flow Simulation Control System

WANG Guo-fang, LIU Jia-lin, SUN Cheng-kai, LIU Hai-jing, ZHANG Jing, DONG De-sheng

(Shanghai Institute of Spacecraft Equipment, Shanghai 200240, China)

Abstract: Aiming at the problem that the function design of the traditional space external heat flow simulation control system is single and cannot quickly meet the requirements of complex tests, a high-precision, low-cost and multi-purpose external heat flow simulation control system based on high-power power supply was designed. The system uses a parameter self-tuning PID controller. Through MATLAB numerical simulation and test debugging, the feasibility and reliability of the system design are verified. The results show that under different heating structures and operating conditions, the control system has fast response speed, small overshoot, good stability and robustness, and has achieved good control effects. It has been successfully applied in the space thermal vacuum environment simulation experiments.

Key words: external heat flow simulation; temperature control; self-tuning PID; high precision

航天器或各类飞行载荷发射入轨后, 无一例外会面临“冷热”环境和高真空环境的考验, 为了提高航天器或载荷在太空环境长时间工作的稳定性和可靠性, 在地面进行完整的空间外热流模拟试验尤为重要^[1]。

目前, 航天器或载荷在进行热试验时常采用红外加热笼、红外灯阵等在真空冷黑环境下加热控温的方式模拟空间外热流。真空冷黑环境一般由真空环模设备提供, 通过设计独立的温控系统完成外热流模拟。其中, 红外加热笼一般使用加热丝、加热片或加热棒作为加热器, 采用低电压大电流的方式获得需要的热流密度, 可以方便

地做成航天器或载荷包络面的形式, 但其难以适应大外形和展开机构航天器或载荷的外热流模拟需求, 通用性很差^[2-5]。红外灯阵一般使用石英灯作为加热器, 采用高电压小电流的方式获得需要的热流密度, 但其不适用于不同热物性受照面的热流模拟, 加之动辄需要上百台直流电源, 适应性较差且成本投入较高^[6]。

空间外热流模拟系统一般包括红外加热笼、红外灯等结构设计和电源、数采、控制等系统设计, 由于试验产品各不相同, 导致系统结构设计无法统一, 不具备通用性。而传统外热流模拟试验往往是根据试验产品有针对性地设计一套温

收稿日期: 2023-07-14

作者简介: 王国防(1991-), 男, 河南省周口市人, 硕士, 工程师。