

热真空试验设备控温热沉设计分析

祁松松¹, 徐晓辉², 刘家林¹, 张蕊¹, 李灿伦¹, 董德胜¹, 施承天¹

(1. 上海卫星装备研究所, 上海 200240; 2. 上海航天技术研究院, 上海 200240)

摘 要: 为满足某型号航天产品的热真空试验要求, 设计了专用的控温热沉, 由热沉、加热器及配套的控温系统等组成。本文简述了某型号专用控温热沉的设计, 并对该结构进行了仿真分析验证, 分析结果表明, 产品发热量为 200W 时, 空间温度最高可高于 +120℃, 热沉本体低温可低于 -180℃, 具备温控条件。温控系统采用 PID 自适应调节, 使用结果表明, 能将空间温度在 (-180~+120)℃ 可控, 控温精度可达 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 满足试验要求。

关 键 词: 热真空试验; 控温热沉; 仿真分析; PID 控制

中图分类号: V416.5; V416.8; TB75

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2020)02-0062-04

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.02.12

Design and Analysis of Temperature Control Heat Sink for Thermal Vacuum Test Equipment

QI Song-song¹, XU Xiao-hui², LIU Jia-lin¹, ZHANG Rui¹, LI Can-lun¹, DONG De-sheng¹, SHI Cheng-tian¹

(1. Shanghai Institute of spacecraft Equipment, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Academy of Spaceflight Technology, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to meet the thermal vacuum test requirements of a certain aerospace product, a special temperature-controlled heat sink is designed, which consists of a heat sink, a heater and a supporting temperature control system. This paper briefly describes the design of a special temperature control heat sink for a certain product, and carries out simulation analysis and verification of the structure. The analysis results show that, when the product heat is 200W, the space temperature can be higher than +120℃, the heat sink body temperature can be lower than -180℃, with temperature control conditions. The temperature control system adopts PID adaptive adjustment. The results show that the space temperature can be controlled from -180℃ to +120℃, and the temperature control accuracy can reach $\pm 0.5^\circ\text{C}$, which meets the test requirements.

Key words: thermal vacuum test; temperature control heat sink; simulation analysis; PID control

热真空试验是航天产品研制的重要环节, 航天产品进入太空前, 必须在地面的热真空试验设备中进行充分的高真空、冷热交变热真空循环试验, 以保证其在太空真空的长期稳定工作^[1-3]。热沉是热真空试验设备的重要组成部分, 热沉一般采用制冷剂或者液氮制冷, 用于模拟太空的冷黑环境^[4-6]。基于某型号航天产品的热真空要求, 研制一套专用热沉温控系统, 以实现该系列产品的地面热真空环境试验。

1 控温热沉设计

1.1 控温热沉结构设计

控温热沉采用液氮与加热丝组合控温的方

式, 主体由紫铜管与紫铜板焊接的热沉、加热丝和防辐射屏组成。热沉管路通液氮制冷, 外部是不锈钢防镜面抛光的防辐射屏, 可以减少热沉冷量的散失, 减少液氮消耗, 节约试验成本^[7-9]。热沉内部均匀布置加热丝, 采用辐射加热可将空间温度加热至 120℃ 以上, 加热丝加热功率通过温度测点反馈 PID 调节^[10-11], 与热沉进行冷热对抗将控点温度控制在 -180℃ ~120℃ 任意温度点, 此种控温方式精度可达 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。控温热沉的内部结构如图 1 所示。控温热沉腔体的有效尺寸为 $\Phi 500\text{mm} \times 250\text{mm}$, 分割成两部分, 提供两个产品试验空间, 两个空间共用一套液氮管路。加热丝分成两套, 每工位由直流程控电源独立控温, 可同