

大功率老炼设备散热系统设计要求研究

张继平 王 镇

(北京航天光华电子技术有限公司, 北京 100854)



摘要: 针对空间受限的大功率老炼设备的散热问题, 本文给出了一种散热系统的设计方法, 包括散热系统的构成以及各部分的设计计算方法, 并通过基于 ICEPAK 的热仿真技术进行分析和试验验证。结果表明, 仿真分析的结论与试验的结果是一致的, 从而证明该设计方法的有效性和可行性。

关键词: 散热系统; 热计算; 热仿真

Research on Cooling System Design of High Power Aging Equipment

Zhang Jiping Wang Zhen

(Beijing Aerospace GuangHua Electronics Technologies Co., Ltd, Beijing 100854)

Abstract: This paper presents a design method of cooling system that is proposed by taking into account the heat dissipation of the space constraints of high power equipment. The approach includes the choice of cooling technology and the calculation of thermal performance. Meanwhile, a simulation model of cooling system is constructed by ICEPAK which is based on the theoretical calculation results and a high-power aging equipment is produced to verify the method. Finally, the experiment results and the simulation results are consistent. This means that the design method of cooling system is effective and practical.

Key words: cooling system; thermal calculation; thermal simulation

1 引言

电子设备的散热性能是其重要的性能指标之一。长时间过度载热, 将严重影响电子设备使用的可靠性和寿命。通常, 温度每急剧升高 10°C , 电子系统的可靠性将减少至原来的 50%; 而温升在 75°C 到 125°C 之间时, 则可靠性会降至 20% 左右^[1]。

一般来说, 老炼试验时间长, 发热量较大, 所以影响老炼设备可靠性的重要因素之一就是它的散热性能^[2]。对于空间受限的大功率老炼设备而言, 其内部的负载较大, 在长时间满载老炼的情况下, 负载会有较大的发热量, 尤其在高温满载老炼的情况下, 若不能及时对老炼设备进行散热, 负载本身会出现较大

的温升, 使负载特性发生变化, 可能造成负载电气参数性能不能满足试验的要求, 严重时可能会导致负载烧毁, 并损坏试验中的产品, 导致较大的经济损失。因此, 设计良好的散热系统, 对于该类型老炼设备至关重要。

2 散热系统设计

2.1 设计要求

某大功率老炼设备的外部工作温度条件为 $(20\pm 10)^{\circ}\text{C}$, 机箱框架采用钢质结构, 前后面板和底板采用铝合金材质构建。因空间受限, 箱体三维尺寸设计为 $590\text{mm}\times 520\text{mm}\times 270\text{mm}$ ($L\times W\times H$)。另外, 该

作者简介: 张继平 (1986-), 工程师, 电气工程及其自动化专业; 研究方向: 电子设备结构设计和热设计等。

收稿日期: 2014-06-13

老炼设备需要提供被测产品 3 种负载, 分别是 1A、2.8A 和 5.6A。

2.2 发热量(功耗)计算

该老炼设备的发热器件主要是负载电阻, 其热损耗是发热量的主要来源。根据技术要求, 负载电阻共需要 8 个, 提供 3 种负载环境, 总功率约为 1000W。理论上, 负载电阻的全部能量转化为内能, 所以其单位时间内的发热量(内能)和功率有如下关系:

$$Q = W = UIT \quad (1)$$

式中: Q ——负载电阻的发热量, J; W ——负载电阻的消耗功率, W; U ——负载电阻两端电压, V; I ——负载电阻的电流, A; T ——单位时间, s。

根据式(1)可知, 负载电阻单位时间的发热量等于其使用功率。实际使用时, 负载电阻的实际功耗未必都能达到额定功率。但是, 基于冗余的设计考虑, 本文按负载电阻的额定功率进行计算, 使负载能够满足要求。

2.3 冷却方法及其性能计算

在分析和确定该老练设备整体发热功率之后, 本文依据可靠性要求、温升要求以及热流的密度要求, 并综合考虑安全性和经济性, 选择最有效和简单的冷却方法。

2.3.1 散热片设计

利用散热片增加散热面积是热管理技术中最常见也是最基本的方式, 其具有可靠性高、经济成本低的优点^[2]。

根据负载电阻厂家提供的散热器(片)选用要求指南中的说明, 正常工作时散热器安装面的最高温度不得超过 70℃, 散热器的散热性能 E_T 和负载电阻所施加的功率 P 之间有如下关系:

$$E_T = P/(T - t) \quad (2)$$

式中: P ——被测试散热器安装面上功率器件的功率大小, W; T ——热平衡时散热器安装面上的最高温度, ℃; t ——环境温度, ℃; E_T ——散热器安装面温度为 T , 环境温度为 t 时的散热能力, W/℃。

设备内部环境温度要求为 40℃, 并知负载电阻总热损耗为 1000W, 散热器最高温度为 70℃, 由式(2)计算可知, 散热器散热能力约为 33.4W/℃, 热阻约为 0.03℃/W (与散热能力 E_T 成反比关系)。

2.3.2 强迫风冷设计

根据 2.3.1 计算可知, 负载电阻发热密度较大, 加之使用空间的限制, 使得单纯选用散热片进行散热设计的困难比较大, 所以需要进一步加强散热。目前,

强制风冷是一种经济成本低、易于保养和维修, 且散热效果好, 工作稳定可靠的冷却方法, 它在电子系统散热设计中被广泛采用^[3, 4]。

强迫风冷主要是加快机箱内气体的对流, 使散热片的热量更快地向外传导。为了保证机箱内部环境温度小于 40℃ (以上计算温度), 强制风冷需要是在设备上配置大风量风扇。环境温升与所需风量有如下的计算关系。

$$UAV = \frac{1.76 \times P}{\Delta T} \quad (3)$$

式中: UAV ——设备所需的排风量, CMF; P ——设备的消耗功率, W; ΔT ——设备允许的温升, ℃。

根据式(3)可知, 在设备外部环境温度为 25℃ 的条件下, 设备内部允许温升为 15℃。在总功耗 1000W 的条件下, 经计算可得设备所需的排风量约为 117CMF。若是用 2 个风扇并联来实现强制风冷, 则每个风扇只需约 58.5CMF 的风量即可。

2.4 散热系统风道设计

该老练设备的风道和气体流动路径如图 1 所示。8 个负载电阻装配在散热器上并对称布局, 2 个大流量风扇并列放置在散热器的一侧, 距离散热器约为 30mm。在正对风扇的另外一侧机箱侧板上开通风孔, 略高于风扇的安装高度, 从而降低气体流动的阻力^[5], 形成直通散热器的散热脊的风路, 使强迫风冷散热的效率达到最高。

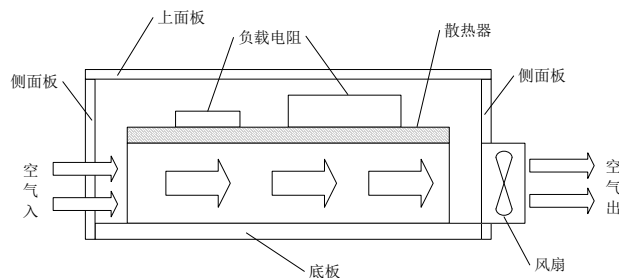


图 1 设备整机的气体流动路径

3 散热系统仿真分析

依据 2.2、2.3 和 2.4 的分析, 本文拟采用 ICEPAK 软件对该老练设备散热系统进行热仿真分析, 从而比较真实地模拟热状况, 反应温度场的分布情况^[6]。

通过仿真分析, 可以验证散热系统设计是否满足使用要求, 也可以纠正不合理的布局和设计, 对散热系统进行优化, 取得良好的热设计效果。仿真分析的

