

信息技术设备风洞测试中的气动特性与热管理

吴良章 宁 谢思朝

杭州泰鼎检测技术有限公司 浙江杭州 310051

摘要：本文旨在探讨信息技术设备在风洞测试环境下所展现的气动特性及其对设备热管理策略的影响。随着信息技术的飞速发展，高性能计算设备面临日益严峻的热管理挑战。通过风洞测试模拟真实运行环境中的空气流动情况，本文深入分析了设备外壳设计、散热结构布局以及风扇效率等因素对气动特性的影响，进而提出了一系列创新的热管理策略。这些策略不仅有效降低了设备的运行温度，还提高了整体能效比，为信息技术设备的可靠运行和性能优化提供了重要参考。

关键词：信息技术设备；风洞测试；气动特性

引言

随着大数据、云计算、人工智能等技术的广泛应用，信息技术设备的运算能力和数据处理量急剧增长，随之而来的是对散热能力的更高要求。传统的热管理方法已难以满足高性能设备的需求，特别是在高密度部署和长时间运行场景下。因此，研究信息技术设备在风洞测试中的气动特性，探索更加高效、智能的热管理策略显得尤为重要。本文将从气动特性的理论基础出发，结合风洞测试实验数据，分析影响热管理的关键因素，并提出相应的优化策略。

一、信息技术设备气动特性概述

（一）气动特性的定义与重要性

1. 气动特性的定义。气动特性，简而言之，是指信息技术设备在运行过程中，由于内外空气流动所产生的物理现象及其对设备性能的影响。这些现象包括但不限于空气流动的速度、压力分布、温度梯度以及涡流、湍流等复杂流态。气动特性的研究旨在揭示这些物理现象背后的规律，为设备的热管理、结构设计及优化提供理论依据。2. 气动特性的重要性。（1）热管理效率。信息技术设备在运行过程中会产生大量热量，若不能及时有效地散发出去，将导致设备温度升高，进而影响其性能和寿命。气动特性直接影响空气流动的效率，是决定散热效果的关键因素之一。优化气动特性，能够显著提升设备的热管理效率，确保设备在长时间高负荷运行下依然保持稳定。（2）噪音控制。风扇等散热元件在高速运转时会产生噪音，影响用户的使用体验。气动特性的优化可以通过减少空气流动中的涡

流和湍流，降低风扇的噪音水平，提升设备的整体静音性能。能效提升在能源日益紧张的今天，提高设备的能效比显得尤为重要。优化气动特性，减少不必要的空气阻力，可以降低风扇等散热元件的能耗，从而提升设备的整体能效。（3）设计创新。随着技术的不断进步，信息技术设备的设计越来越趋向于小型化、集成化。气动特性的研究为设备的小型化设计提供了重要支持，通过精确控制空气流动，可以在保证散热效果的同时，减小设备的体积和重量。

（二）影响气动特性的主要因素

1. 设备外壳设计与材质选择。（1）外壳形状。设备外壳的形状直接决定了空气流动的路径和速度。合理的外壳设计能够引导空气顺畅地流过散热区域，减少涡流和湍流，提高散热效率。例如，采用流线型设计或增加散热鳍片等结构，可以增大散热面积，促进空气对流。（2）材质选择。外壳材质的热导率、比热容等物理性质对气动特性也有重要影响。高热导率的材质能够快速将设备内部产生的热量传导至外壳表面，而低比热容的材质则能在吸收热量后迅速升温，促进空气对流。此外，材质的密度和表面粗糙度也会影响空气流动的阻力和摩擦系数。2. 内部散热结构布局。（1）散热元件布局。散热元件（如风扇、热管、散热片等）的布局直接影响空气流动的路径和效率。合理的布局能够确保空气在流经散热元件时能够充分交换热量，提高散热效果。例如，将风扇置于散热片的上方或侧面，可以形成有效的空气对流通道的，加速热量的散发。（2）风道设计。风道的设计对于引导空气流动、减少阻力具有重要作用。合理的风道设计能够确保空气在设备内部形成有序的流动，减

少涡流和湍流，提高散热效率。同时，风道的设计还需要考虑设备的整体结构和空间利用率，以实现最佳的散热效果。

3. 风扇性能与数量配置。(1) 风扇性能。风扇的性能（如转速、风量、风压等）直接影响散热效果。高性能的风扇能够产生更大的风量和风压，加速空气流动，提高散热效率。然而，高性能风扇往往伴随着更高的噪音和能耗。因此，在选择风扇时需要在散热效果、噪音和能耗之间找到平衡点。(2) 数量配置。风扇的数量配置也是影响散热效果的重要因素。增加风扇数量可以增大风量，提高散热效率；但同时也会增加噪音和能耗。因此，在配置风扇数量时需要根据设备的实际需求和散热要求进行合理规划。

4. 环境因素。(1) 温度与湿度。环境温度和湿度对气动特性也有一定影响。高温环境会增加设备的散热负担，降低散热效率；而高湿度环境则可能导致设备内部结露，影响电气元件的正常工作。因此，在设计信息技术设备时需要考虑环境因素的影响，采取相应的防护措施。(2) 气流环境。设备周围的气流环境也是影响气动特性的重要因素。例如，在封闭的空间内使用设备可能导致空气流动不畅，影响散热效果；而在开放或通风良好的环境中使用设备则有利于空气对流和散热。

二、风洞测试在气动特性研究中的应用

(一) 风洞测试原理与设备介绍

1. 风洞测试原理。风洞测试的基本原理是通过模拟实际运行环境中的空气流动情况，对信息技术设备的气动特性进行研究和测试。风洞内部通过强大的风扇或压缩机产生稳定的气流，模拟设备在真实环境中的风速、风向等条件。设备被放置在风洞测试段内，通过测量设备周围的气流速度、压力分布、温度梯度等参数，分析设备的气动特性及其对散热效果的影响。

2. 风洞测试设备介绍。风洞主体是风洞测试的核心部分，通常由进气道、测试段、扩压段和排气道等部分组成。进气道负责引入外部空气，测试段是放置被测设备的区域，扩压段用于减缓气流速度并降低噪音，排气道则将测试后的空气排出风洞。测量系统包括风速计、压力传感器、温度传感器等多种传感器，用于实时监测和记录设备周围的气流参数。此外，还需要配备数据采集系统和计算机处理软件，对测量数据进行处理和分析。控制系统负责调节风洞内的气流速度、温度、湿度等参数，确保测试条件符合实验要求。

(二) 测试方法与流程

1. 测试方法。(1) 稳态测试是在恒定的气流条件下

进行的测试，主要用于测量设备在稳定状态下的气动特性和散热效果。通过调整风洞内的气流速度，使设备处于不同的工作负荷下，记录并分析设备的气流参数和温度变化。(2) 瞬态测试则是在非恒定气流条件下进行的测试，用于模拟设备在启动、停机或负载突变等瞬态过程中的气动特性变化。通过快速改变风洞内的气流条件，观察并记录设备对气流变化的响应情况。

2. 测试流程。(1) 准备阶段。在测试前，需要对风洞设备进行全面的检查和调试，确保设备处于良好的工作状态。同时，根据实验要求准备被测设备，并进行必要的预处理和安装。(2) 设置参数。根据实验要求设置风洞内的气流速度、温度、湿度等参数，并调整测量系统的采样频率和精度。开始测试启动风洞设备，将被测设备置于测试段内，开始进行测试。在测试过程中，需要密切关注测量系统的数据输出情况，确保数据的准确性和完整性。

3. 数据采集利用。数据采集系统实时记录设备周围的气流参数和温度变化数据，并进行初步处理和分析。(3) 测试结束。当测试达到预定时间或满足实验要求时，停止风洞设备，将被测设备从测试段中取出。对测试数据进行全面分析和处理，得出气动特性的相关结论。

(三) 测试结果分析

1. 气流参数分析。通过对测试段内气流速度、压力分布等参数的测量和分析，可以了解设备周围的气流流动情况。例如，观察气流是否均匀流过散热区域，是否存在涡流和湍流等复杂流态。这些信息对于优化设备的外壳设计和散热结构布局具有重要意义。

2. 散热效果评估。结合温度传感器的测量数据，可以评估设备的散热效果。通过比较不同测试条件下的温度变化情况，可以判断设备的散热性能是否满足要求。同时，还可以分析散热元件（如风扇、热管等）的工作效率和热阻特性，为散热系统的优化提供数据支持。

3. 气动特性优化建议。基于测试结果的分析 and 比较，可以提出针对设备气动特性的优化建议。例如，通过改进外壳设计来减少空气流动的阻力；通过优化散热元件的布局 and 数量来提高散热效率；通过调整风扇的转速和风向来改善气流的分布情况等。这些优化建议有助于提升设备的整体性能和可靠性。

4. 理论模型验证。风洞测试还可以用于验证理论模型的准确性和可靠性。通过将实验数据与理论模型预测的结果进行对比分析，可以评估模型的适用范围和精度。对于存在的偏差和误差，可以进一步探究其原因并提出改进措施，以完善理论模型并提高其在工程实践中的应用价值。

三、热管理策略的创新与优化

(一) 基于气动特性的散热结构优化

1. 气流路径的精确模拟与优化。随着计算流体动力学 (CFD) 技术的发展, 设计者能够更加精确地模拟设备内部的气流流动情况。通过构建三维模型, 结合实验验证, 可以优化气流路径, 减少气流阻力, 确保空气能够顺畅地流经关键散热区域。例如, 通过调整散热鳍片的布局 and 角度, 引导气流形成涡旋效应, 增加热交换面积, 提高散热效率。2. 多物理场耦合分析。信息技术设备内部存在复杂的物理场耦合, 如温度场、流场、电磁场等。在散热结构优化过程中, 需综合考虑这些物理场的相互作用。例如, 高温区域可能伴随电磁辐射的增加, 影响周边电子元件的性能。因此, 在优化散热结构时, 需通过多物理场耦合分析, 确保散热方案既能有效降低温度, 又不会对其他物理场产生不利影响。3. 主动式与被动式散热的结合。基于气动特性的散热结构优化不仅限于被动式散热设计, 如优化散热鳍片、风道等, 还应考虑主动式散热元件的引入。通过合理布局风扇、热管等主动散热元件, 结合气流特性, 实现更高效的热传递和散失。这种主动与被动相结合的方式, 能够应对更加复杂的散热需求, 提升设备的整体热管理能力。

(二) 风扇智能调控策略

1. 智能感知与预测。风扇智能调控策略的核心在于对设备温度、负载等参数的实时感知与预测。通过集成高精度温度传感器、负载监测器等元件, 系统能够实时获取设备的运行状态, 并基于大数据分析和机器学习算法, 预测未来的温度变化趋势。这种预测能力使得风扇调控更加精准, 能够在温度上升之前提前调整风扇转速, 避免过热现象的发生。2. 动态调节策略。传统的风扇调控策略往往基于固定的转速设置或简单的温度阈值控制, 无法适应设备负载的快速变化。而智能调控策略则采用动态调节策略, 根据设备的实时负载和温度变化, 自动调整风扇的转速和启停时机。例如, 在低负载时降低风扇转速以减少噪音和能耗, 在高负载时提高风扇转速以确保散热效果。这种动态调节策略能够显著提升风扇的能效比, 降低整体能耗。3. 噪音优化。风扇在高速运转时会产生较大的噪音, 影响用户体验。智能调控策略在追求高效散热的同时, 也注重噪音的优化。通过优化风扇叶片的设计、采用低噪音轴承以及实施智能调速策略,

可以在保证散热效果的前提下, 有效降低风扇噪音, 提升设备的静音性能。

(三) 热管与液冷技术的融合应用

1. 高效热传导与均温化。热管技术以其高效的热传导性能在信息技术设备中得到了广泛应用。通过将热管嵌入到关键热源附近, 可以迅速将热量从高温区域传导至低温区域, 实现热量的高效传递。而液冷技术则通过循环流动的冷却液, 将热量从设备内部带走并散发到外部环境中。将热管与液冷技术相结合, 可以充分利用两者的优势, 实现热量的快速传导和高效散失。这种融合应用不仅提高了散热效率, 还实现了热量的均温化, 避免了局部过热现象的发生。2. 系统级设计与集成。热管与液冷技术的融合应用需要系统级的设计与集成。设计者需要综合考虑设备的整体结构、热源分布、冷却液循环路径等因素, 制定合理的散热方案。同时, 还需考虑冷却液的选择、循环泵的配置、散热器的设计等细节问题。通过系统级的设计与集成, 可以确保热管与液冷技术的有机融合, 发挥出最佳的散热效果。3. 维护与可靠性保障。热管与液冷技术的融合应用虽然带来了显著的散热优势, 但也对系统的维护和可靠性提出了更高要求。设计者需要关注冷却液的密封性、循环泵的寿命、散热器的清洁与维护等问题。通过采用高品质的材料、优化结构设计以及实施定期维护计划等措施, 可以确保系统的长期稳定运行和可靠性保障。

结语

本文通过对信息技术设备在风洞测试中的气动特性进行深入分析, 揭示了影响热管理的关键因素, 并提出了一系列创新的热管理策略。这些策略不仅有助于解决当前信息技术设备面临的热管理难题, 还为未来的设备设计与优化提供了新的思路和方向。

参考文献

- [1] 刘占广, 何雄. 信息技术在设备维修方面的应用研究[J]. 中国设备工程, 2024, (12): 79-81.
- [2] 费美玲. 信息技术下的照明设备故障运维方法[J]. 中国照明电器, 2024, (06): 93-95.
- [3] 徐涛, 杜轶焜, 刘晨雨. 基于LDSW风洞试验设备跟踪管控系统[J]. 兵工自动化, 2020, 39(12): 50-53.