

# 基于ANSYS Fluent的取暖器温度场仿真分析与结构优化设计

史贺喜<sup>1</sup>, 程子恒<sup>1</sup>, 郑永基<sup>2</sup>, 冯继东<sup>2</sup>, 李同杰<sup>1\*</sup>, 陶浩浩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>安徽科技学院智能制造学院, 安徽 滁州

<sup>2</sup>安徽卡恒电器有限公司, 安徽 凤阳

收稿日期: 2025年3月13日; 录用日期: 2025年5月22日; 发布日期: 2025年6月9日

## 摘要

本文通过对合作单位主流的取暖器的结构建模与温度场仿真分析, 基于仿真结果优化取暖器, 达到最大程度利用取暖器制热散热的目的。首先根据现有取暖器结构建立其三维模型, 进而通过ANSYS Fluent软件对取暖器温度场以及风速进行数值模拟分析, 得到取暖器制热的热量分布云图以及出风口风速, 最后根据热量分布云图优化取暖器结构。模拟仿真显示, 优化后的取暖器在制热的过程中使得出风口的风速提高, 散热效果较好, 显著提升了室内快速升温的效率。

## 关键词

取暖器, 温度场仿真, 数值模拟

# Simulation Analysis and Structure Optimization Design of Heater Temperature Field Based on ANSYS Fluent

Hexi Shi<sup>1</sup>, Ziheng Cheng<sup>1</sup>, Yongji Zheng<sup>2</sup>, Jidong Feng<sup>2</sup>, Tongjie Li<sup>1\*</sup>, Haohao Tao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Intelligent Manufacturing, Anhui Science and Technology University, Chuzhou Anhui

<sup>2</sup>Anhui Kaheng Electric Co., Ltd., Fengyang Anhui

Received: Mar. 13<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 22<sup>nd</sup>, 2025; published: Jun. 9<sup>th</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 史贺喜, 程子恒, 郑永基, 冯继东, 李同杰, 陶浩浩. 基于 ANSYS Fluent 的取暖器温度场仿真分析与结构优化设计[J]. 仪器与设备, 2025, 13(2): 155-161. DOI: 10.12677/iae.2025.132022

## Abstract

In this paper, through the structure modeling and temperature field simulation analysis of the mainstream heater, the heater is optimized based on the simulation results to achieve the maximum use of the heater to make heat dissipation. First of all, the three-dimensional model is established according to the existing heater structure, and then the temperature field and wind speed of the heater are analyzed by ANSYS Fluent software, and the heat distribution cloud map of the heater heating and the wind speed of the air outlet are obtained. Finally, the heater structure is optimized according to the heat distribution cloud map. The simulation shows that the optimized heater improves the wind speed of the air outlet in the heating process, the heat dissipation effect is good, and significantly improves the efficiency of the indoor rapid heating up.

## Keywords

Heater, Temperature Field Simulation, Numerical Simulation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着冬季寒冷气候对人体舒适度的挑战日益受到重视,传统取暖方式如燃煤供暖逐渐暴露出能耗高、温度不均等问题[1][2]。取暖器作为现代家居温控技术的革新产物,通过定向辐射、对流循环等多模态制热技术[3],可在几分钟内实现 3~5 平方米范围的快速升温。相较于传统取暖设备 30% 以上的热能损耗,新型陶瓷发热体的应用使热转化效率达到 95% [4]。

目前关于取暖器的温度场仿真分析较少,宋娥和李世国[5]针对电热产品的产品研发周期长的问题,通过 ANSYS 与 CAD 相结合的热场分析方法,利用仿真软件的后处理功能,快速得到预想热性能参数,极大地提高了电热产品的研发效率。哈尔滨工业大学的王庆[6]针对目前市场上的对衡式取暖器制热效果差以及外观笨重等问题,通过仿真与 DOE 结合的实验方法输出对衡式取暖器的最优结构参数,提升产品的制热效果以及外观美观性。沈阳工业大学的吴彤彤[7]针对取暖设备存在一定的电气火灾隐患,提出数值仿真分析的模拟实验方法,通过 Ansys Icepak 软件对取暖器温度场进行分析,得到距离取暖器 0 cm 时 0°和 90°的情况能达到可燃物燃点的结论,为引火源基础数据库的建立提供数据基础。贾瑞英和朴芬淑[8]针对传统取暖方式所带来的污染严重等问题,通过研究采暖用远红外辐射电热膜的节能机理,采用散热鳍片的方式,更好地匹配电热膜以及人体易吸收的光谱来实现高能辐射过程中采暖效率。

本文通过对合作单位主流的储能式取暖器的结构进行提取,通过 ANSYS Fluent 软件构建其三维传热模型,分析热场分布规律,并针对热量聚集、对流效率低、出风口流速等问题提出结构优化方案。研究旨在提升取暖器的热利用效率,实现均匀供暖与节能降耗的双重目标,为新型高效取暖设备的设计开发提供理论支持。

## 2. 取暖器模型的建立与传热问题

### 2.1. 取暖器模型的建立

根据合作单位主流的新型陶瓷发热取暖机制热方式,对其结构特征进行提取仅保留取暖机外壳、防

爆膜以及陶瓷发热体，该装置采用简化的结构，使得整体更为轻便且易于维护。取暖机外壳采用优质材料，不仅具有良好的保温性能，还能有效防止意外触碰导致的烫伤。防爆膜位于陶瓷发热体的上方，采用铝箔挖孔，防爆膜的设置进一步提升了使用的安全性，即使在极端情况下也能有效防止爆炸等危险情况的发生，而且还起到反射热量以及隔热的效果，如图 1 所示。

这种电暖器设置有一个金属罩壳，罩壳内部下侧是陶瓷发热体，发热体加热，空气受热变成热空气，热空气膨胀上升，进而从罩壳上方吹出、同时因内部压力减少导致产品下后方进风处吸入冷空气，空气不断循环，从而实现提升室内整体温度的目标，如图 2 所示。因为其整机的出热方向为法向出热，产品常放置于墙角处，达到宽幅大面积送热的状态，且对取暖器出风口送暖温度较为均匀，不会产生气流风噪。

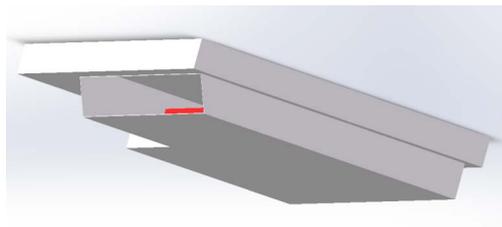


Figure 1. Diagram of heater model

图 1. 取暖器模型简图

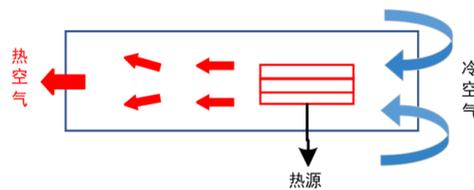


Figure 2. Schematic diagram of the heater for heat transfer

图 2. 取暖器传热示意图

## 2.2. 取暖器温度场分析的数学基础

取暖器的传热问题可通过计算流体的方法进行求解，本文主要通过 ANSYS Fluent 作为数值求解平台对取暖器的传热问题进行求解。热量的传递有热传导、热对流以及热辐射三种方式[9] [10]。取暖器的传热过程包含三个环节：

- (1) 热源对流经的冷空气加热——自然对流。
- (2) 热源对壳体的辐射加热——辐射传热。
- (3) 热空气对壳体的加热——对流传热。

可以将取暖器的传热过程视为共轭传热模型，求解过程主要涉及的方程如下所示。

热平衡公式：

$$Q_{source} = \Delta Q_{s-air} + \Delta Q_{s-shell} \quad (1)$$

式中  $Q_{source}$  ——发热体热量(J)；

$\Delta Q_{s-air}$  ——发热体与空气对流传递的能量(J)；

$\Delta Q_{s-shell}$  ——发热体辐射传递的能量(J)。

$$Q_{s-air} = \bar{m}c_p\Delta T + \Delta Q_{air-shell} \quad (2)$$

式中  $\Delta Q_{air-shell}$  ——空气与壳体对流传递的热量(J);

$\bar{m}$  ——质量(Kg);

$c_p$  ——比热容[J/(kg·K)];

$\Delta T$  ——温升(K)。

$$\Delta Q_{shell} = \Delta Q_{s-shell} + \Delta Q_{air-shell} \tag{3}$$

式中  $\Delta Q_{s-shell}$  ——壳体辐射传递的热量(J);

$\Delta Q_{shell}$  ——壳体内能增加的热量(J)。

将式(1)与式(2)代入式(3)得出:

$$\Delta Q_{source} = \bar{m}c_p\Delta T + \Delta Q_{shell} \tag{4}$$

由公式(4)可以看出, 发热体所产生的热量, 最终转化成了空气的温升增加与壳体的内能增加。

### 3. 取暖器的温度场仿真

#### 3.1. 原取暖器的温度场仿真

基于以上的数值分析原理, 采用 ANSYS Fluent 对取暖机制暖的过程进行模拟分析。取暖机防爆膜的材质为铝, 本次试验所选择的陶瓷材质为碳化硅(SiC), 碳化硅具有较高的热导率、良好的耐高温性能和化学稳定性, 能承受高温环境下的热应力和化学腐蚀, 在高温下可通过自身电阻发热, 常被用于制造高温电炉、取暖机等发热元件, 其较高的热导率有助于快速升温, 满足小型空间的取暖需求。由相关资料所得到的其主要热力学参数如表 1 所示。

根据我国取暖器室内温度的标准, 将初始温度定为 20 摄氏度。发热功率是 1 KW。相关参数设置完成后, 对取暖机外壳以及陶瓷发热体进行网格划分, 考虑到网格质量及数量对求解时长和精度等影响, 采用六面体网格划分, 其能够提供较高的计算精度。这对于需要高精度模拟和计算的场合, 尤其是在处理大规模模型时。这得益于六面体网格的规整性和较少的单元数量, 从而减少了计算资源的消耗。最终整个计算模型的网格单元数量为 626266 节点数为 782832 其中取暖机外壳以及陶瓷发热体的网格划分如图 3 所示。

Table 1. Silicon carbide parameters

表 1. 碳化硅参数

密度(g/cm <sup>3</sup> )	比热容(j/(g·k))	热导率(W/(m·°C))
3.15	0.7	320

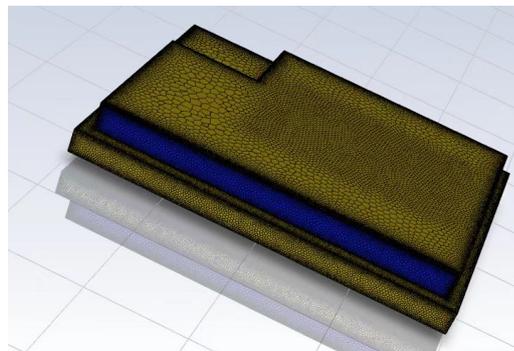


Figure 3. Heater grid division

图 3. 取暖器网格划分

根据仿真分析结果,得到取暖机制热过程温度分布云图,如图4所示,出风口热场规律大致为中间温度高,从中间到两侧,温度依次降低。风口热场的规律大致呈现为中间温度较高,从中间向两侧温度逐渐降低的趋势。这一现象的主要原因在于出风口与陶瓷发热体之间的温差最高,因为发热体在加热过程中所产生的热量主要集中在其中间区域。而发热体的两端由于制造工艺的要求,必须预留一定的冷端,从而导致发热体左右两端的温度普遍低于中间部分。

在空气受热的过程中,温度升高会导致空气膨胀,继而上升。这一过程会导致风口周围不同位置的空气流动速度不一致。特别是中间位置的空气,因热量的集中而更加容易得到补充,局部热量较高的空气由于膨胀明显,其流动速度相对较快,因此在出风口附近的空气流动速度最大,达到了0.185 m/s,如图5所示。较高的空气流速对于暖气的扩散非常有利,能够有效促进热量的对流散热,使得陶瓷发热体所产生的热量能够迅速散播到室内环境中,进而快速提升室内温度。

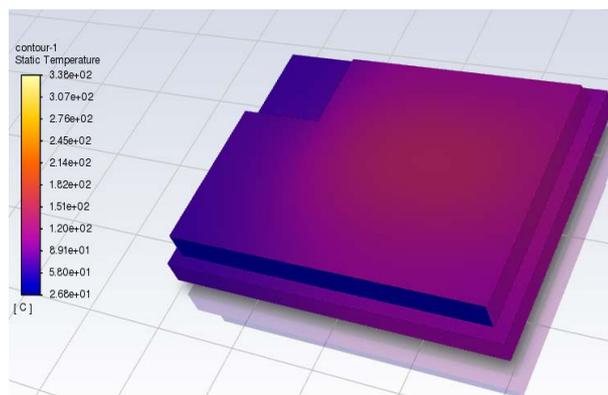


Figure 4. Temperature distribution diagram  
图4. 温度分布图

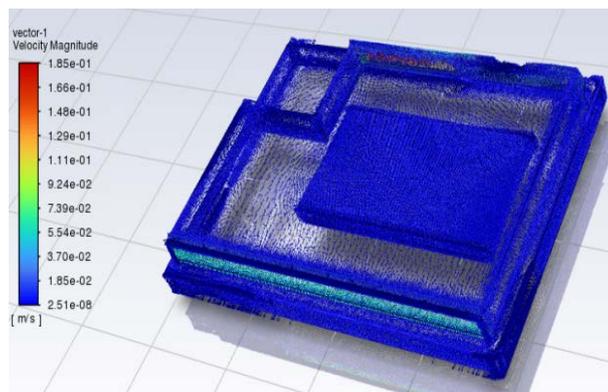


Figure 5. Flow velocity diagram  
图5. 气流速度图

### 3.2. 优化后取暖器的温度场仿真

通过上述分析,上述取暖器制暖散热的效果不理想,产生的大部分热量堆积在箱壳内,不能很好通过出风口排出,导致对室内加热效果不明显。因此,取暖器内部结构对于室内加热效果的提升具有重要的影响。通过合理的风口布局和空气流动的调节,可以实现更加均匀和高效的室内加热效果。在不改变出风口的大小以及形状的前提下,改进取暖器箱体结构,优化后的取暖器箱体结构,如图6所示。

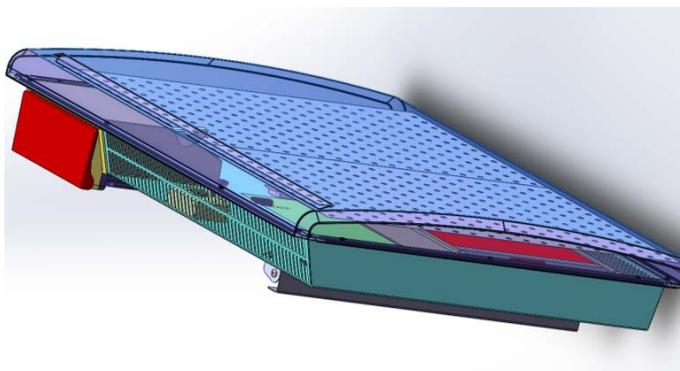


Figure 6. Optimized heater  
图 6. 优化后的取暖器

根据 3.1 节数值模拟分析参数设置，对优化后的取暖器制暖温度场仿真的过程再进行一次数值模拟分析。得到优化后的温度分布云图，如图 7 所示；其暖气的气流速度图，如图 8 所示；优化后的取暖器制暖以及暖气从出风口流速的效果相对比较理想，暖气从出风口流出的速度最大为 0.198 m/s，这将大大提高取暖器制暖的速率，加快空间温度提升的时间，让用户更快享受到温暖。不仅节省了用电能源的消耗，而且由于出风口风速大，对流散热充分，使产品散热效果较好，良好的散热性能也有助于降低取暖器内部组件的温度，从而延长其使用寿命。

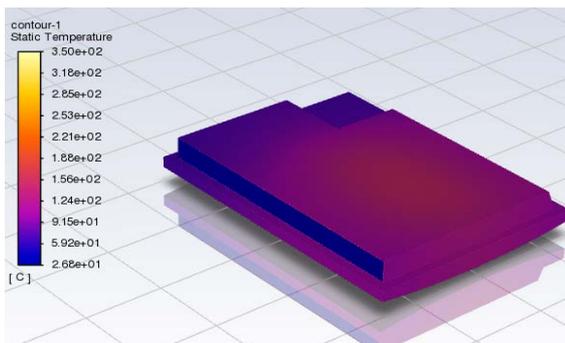


Figure 7. Temperature distribution diagram  
图 7. 温度分布图

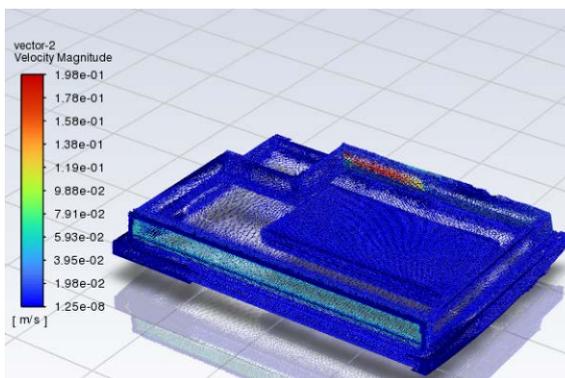


Figure 8. Flow velocity diagram  
图 8. 气流速度图

## 4. 结论

通过对结构优化前后的数值模拟分析结果对比得知, 出风口温度的大小, 反映着产品制热效果的优良, 在取暖器功率恒定的前提下, 产品散热效果越好, 出风口温度越低, 对室内加热效果越好。即产品内部空气流动好, 风速大, 对流散热充分, 能够将发热体产生的热量快速地散至室内环境中, 进而快速提升室内温度。反之, 产品出风口温度升高、外壳温度升高, 是由于发热体产生的热量主要集中在产品内部, 未能将热量充分散出, 导致产品对室内的加热效果不好。试验发现结构优化前出风口的速度为 0.185 m/s, 优化结构后出风口的速度为 0.198 m/s, 因此弧形盖的取暖器比平底盖的取暖器空间制热以及散热效果较好一点。

## 基金项目

凤阳县科技计划项目(2024GY-07); 安徽省高等学校科学研究项目(2023AH051871); 天长市科技成果转化专项资金项目(tzy202416); 天长市智能装备及仪表研究院专项发展资金项目(tzy202203)。

## 参考文献

- [1] 于子贤. 寒冷地区村镇建筑蓄热式电供暖适宜性模型研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2021.
- [2] 李艾芯. 内蒙古地区被动式低能耗农房应用研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2021.
- [3] 金玲, 陈俊哲, 刘高源, 等. 夏热冬冷地区局部取暖建筑的热环境特征与能效分析[J]. 建筑科学, 2024, 40(10): 153-162, 170.
- [4] 朱峰, 肖静淑, 郝欣, 等. 金属陶瓷发热体电阻温度系数的高效测定研究[J]. 建材世界, 2024, 45(4): 1-5.
- [5] 宋娥, 李世国. 基于 ANSYS 的电热产品热场分析方法与应用[J]. 机械设计与制造, 2005(10): 117-119.
- [6] 王庆. 对衡式取暖器散热仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- [7] 吴彤彤. 取暖器温度场数值仿真分析及引燃可能性研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2016.
- [8] 贾瑞英, 朴芬淑. 采暖用远红外辐射电热膜的节能机理[J]. 低温建筑技术, 2006(1): 110-111.
- [9] 王雨涵, 金戈, 蒲史鸣, 等. 取样系统气动截止阀开启卡涩问题分析及结构优化[J]. 设备管理与维修, 2025(3): 102-105.
- [10] 李李, 兰玉平, 肖雪芳. 二次塑封的光电耦合器内封装结构研究与优化[J]. 微纳电子技术, 2025, 62(1): 47-53.