

摘要：运用 CFD 软件对智能控制柜柜内开孔结构和设备排列方式进行仿真分析，得到了柜内温度场和流体轨迹，优化了柜内智能终端间距设置和开孔设置。结果表明：柜内最高温度一般处于第二个与第三个智能终端之间。经过调整智能终端间距，柜内最高温度下降 5.66℃；通过优化开孔位置，柜内最高温度下降 11℃。表明开孔面积与散热效果不成正比，对工程应用有重要的指导意义。

关键词：智能控制柜；智能设备；开孔位置；散热

中图分类号：TM762 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2018)08-0036-04

收稿时间：2018-6-12

# 基于智能控制柜结构优化的散热仿真分析

汤清双 李鹏 周行 李克

许昌市许继德理施尔电气有限公司，河南许昌 461000

## 一、引言

智能变电站是国家建设智能电网的重要支撑，随着智能变电站的发展，对电气控制的保护、检测、监控和信息交换功能均提出了较高的要求。

智能控制柜是适应这一要求的新型电气控制柜，其关键部件为智能控制终端。智能终端结合了微电子技术、计算机技术、传感技术、信息技术等先进科学技术。随着智能终端功能越来越集中、体积越来越小，其单位面积上散热需求也随之增大，智能控制柜面临着严峻的散热问题。

随着计算流体力学的发展，利用 CFD 仿真技术对产品进行仿真分析这一手段，对产品设计起着重要作用。通过对比分析不同方案对柜体散热情况的影响，可以优化产品内部散热条件，提高生产效率。

本文结合户内智能控制柜产品情况，分析和优化智能终端在柜内分布以及柜体开孔结构情况，在不改变柜内温控附件和发热元件的前提下，降低柜内平均温度和最高温度，优化柜内温度分布，对提高柜内元件稳定性和延长柜内元件寿命有重要意义，对机柜类产品的环境控制有指导作用。

## 二、实验

通过 CFD 软件实现系统仿真，通过模拟流体在计算域中的流动，计算柜内温度场分布，可以大大减少因试验产生

的人力、物力和财力的花费。

智能控制柜如图 1 所示，标准尺寸为 2260mm(H)×600mm(W)×800mm(D)，采用单层侧壁结构。柜体采用并柜排列方式，柜体左右两侧无法设置进风口，因此采用柜后门进风方案。顶部设置风机，排风方式为从内向外抽风，规格

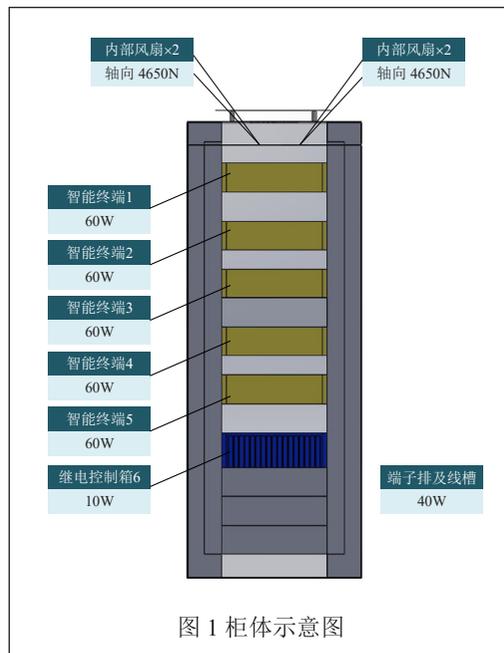
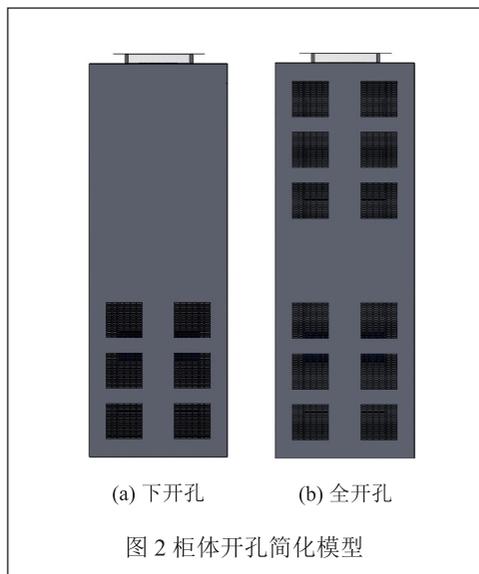


图 1 柜体示意图



为4台EMB公司生产的4656N型风机。

柜内包含5个智能终端，智能终端尺寸为133.4mm(H)×482mm(W)×396mm(D)，另有光纤盒、端子排、线槽等元器件，排布紧密。智能终端发热量为60W，继电器控制箱发热量约10W，线槽等部位发热量假设为40W，柜内总发热量为350W。柜内元器件排布和发热量如图1所示。其中，1U=44.45mm，因此该机箱也可称为3U机箱。

本文中研究的智能控制柜放置在室内，仿真时柜外环境温度设置为30℃，无太阳辐射的影响。

### 三、仿真和分析

仿真流程主要为：模型建立→单位标定→参数设置→划分网格→仿真计算→后处理→结论。其中仿真主要参数按上文所述执行，后处理中主要关注柜内温度场分布和流体轨迹情况。

#### 1、通风孔方案的选择

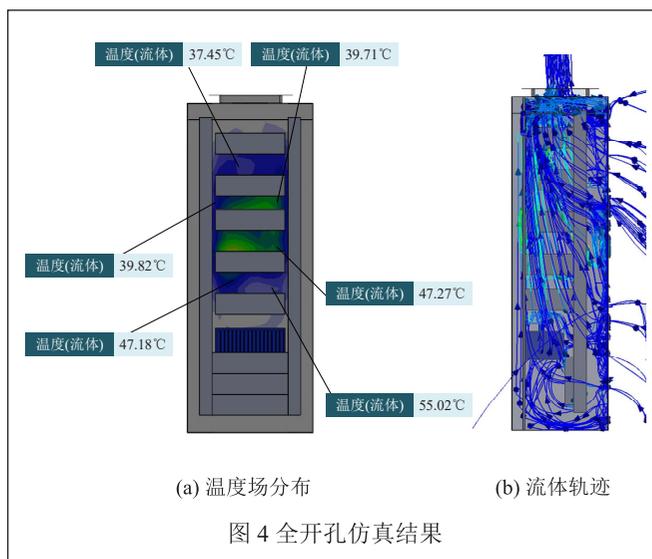
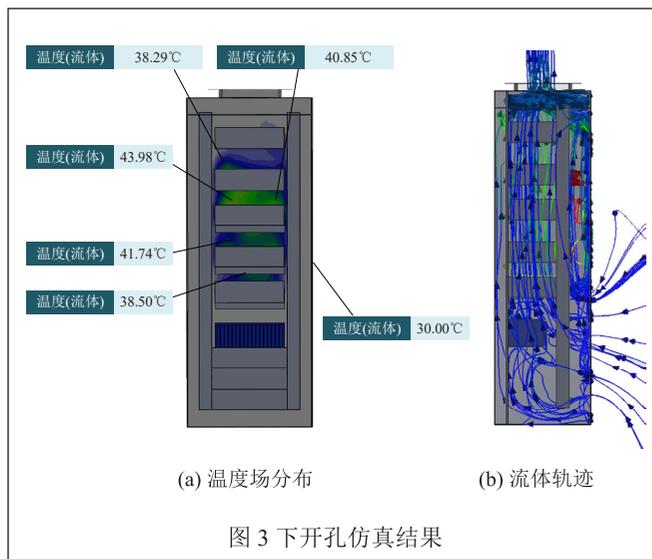
开孔位置位于柜体后侧，采取对比方案，图2(a)为下部开孔，图2(b)为全开孔，全开孔的开孔面积为下部开孔的2倍。

图3为下开孔效果图，图4为全开孔效

果图。可知，当开孔在下方时，柜内最高温度为43.98℃，而当开孔增加为全开孔时，柜内温度反而升高到55.02℃，下部开孔方案比全开孔方案的最高温度低约11℃。一般来讲增加开孔会增加通风侧面积，进风量相应增多，柜内温度会下降，但通过图3、图4的对比我们可以看到，多开孔方案柜内温度反而上升。

分析其原因在于：

(1) 当开孔从上到下排列时，由于风阻的存在，气流更容易从上部的开孔流经至风扇，下部的开孔几乎不起散热作用，图5(b)所示。此时柜内的温度分布为“上冷下热”的特殊现象，即下部智能终端的热量不易被带走：



(2) 当只在背面下部开孔时, 气流从下向上流动, 可以均匀带动柜内空气流通, 因此其温度分布较为均匀, 由于热气自然上升, 所以上部平均温度比下部高。

### 2、终端设备间隔的选择

柜内智能终端排布方式为: 柜体内共有 5 个智能终端, 1 个继电器控制箱以及线槽若干。优化前柜内智能终端排布间距从上至下分别为 3U → 2U → 3U → 2U → 3U, 如图 5(a)。图 5(b) 所示结果为调整智能终端散热分析结果 (采用下开孔模型)。环境温度为 30℃, 智能终端最高温度为 43.98℃, 出现在第二个和第三个智能终端之间, 其原因在于智能终端发热量较大, 必须保证其间的间距, 因此考虑通过调整智能终端之间的距离解决散热问题。

现将第二个和第三个智能终端之间间距由 2U 调整至 3U, 同时将最后一个智能终端和 10W 发热量元件之间距离由 3U 调整至 2U,

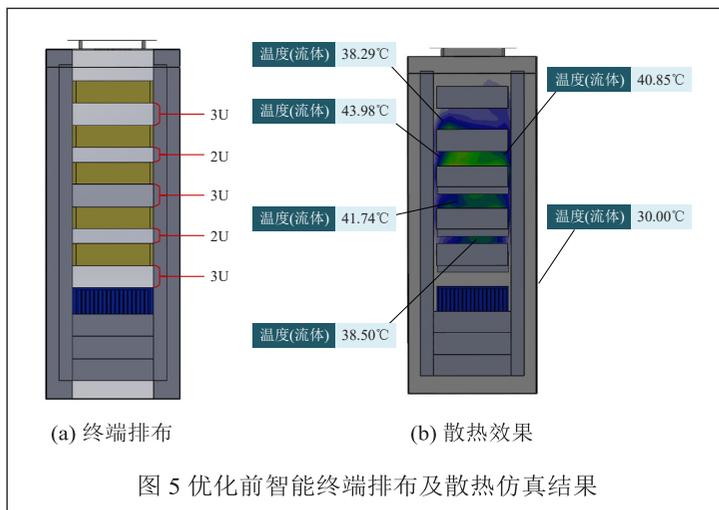


图 5 优化前智能终端排布及散热仿真结果

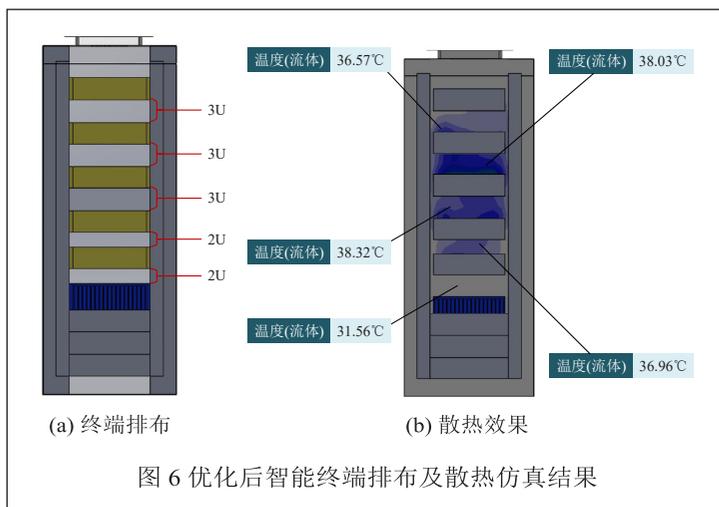


图 6 优化后智能终端排布及散热仿真结果

优化后排布间距从上至下分别为 3U → 3U → 3U → 2U → 2U, 如图 6(a) 所示。这样整体元件占用空间不变化, 不影响其他电气元件的排布, 仿真结果如图 6(b) 所示。智能终端间距调整前最高温度为 38.32℃, 下降了约 5.66℃。

### 四、结论

调整机柜后门开孔位置和智能终端间距, 对比优化前后的散热方案仿真结果, 得出以下结论:

(1) 开孔方案优化后, 柜内最高温度低约 11℃。开孔面积并不是越大越好, 需要针对柜内发热量排布进行设置。设置的原则为尽量引导风道流通至各个发热元件;

(2) 智能终端间距调整优化后, 柜内最高温度下降了约 5.66℃。智能终端的排布需要充分考虑散热需求, 发热量比较大的两终端间距尽量增大, 发热量小的两终端间距可适当减小。

### 参考文献

- [1] 周亚龙, 姜悦, 朱东升, 袁涤非, 黄河. 户外智能控制柜环境适应性研究 [J]. 电力勘测设计, 2017(01): 50-54.
- [2] 高健, 吴霄媛, 戚中译, 冯耀轩. 变电所安全工器具智能控制柜的研究 [J]. 科技与创新, 2016(23): 130+133.
- [3] 叶瑞, 张豪俊, 张冰冰, 查笑春, 葛允. 户外型智能控制柜凝露预防 [J]. 电气技术, 2016(08): 110-113.
- [4] 李艳丽, 韩本帅, 孙中尉, 刘宁宁. 智能变电站预制式智能控制柜方案研究 [J]. 电工技术, 2015(08): 60-63.
- [5] Xiangfei Meng. Design of Control System for Intelligent Self-Service Cabinet [A]. In: Proceedings of 2017 2nd International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering (AMCCE 2017)

[C]. Research Institute of Management Science and Industrial Engineering, 2017:4.

### Heat Dissipation Simulation and Analysis Based on Structure Optimization of Intelligent Control Cabinets

TANG Qing-shuang, LI Peng, ZHOU Xing, LI Ke  
(XJ-Driescher Wegberg Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The opening structure and equipment arrangement of intelligent control cabinets are simulated and analyzed with CFD software in this paper. Then the temperature field and fluid trajectory in the control cabinets are obtained, and the spacing setting of intelligent terminals and opening setting of cabinet bodies are optimized. The results show that the highest temperature point in the cabinets is usually between the second and the third intelligent terminals. The highest temperature drops 5.66°C by adjusting the distances between the intelligent terminals, or 11°C by optimizing the opening position on the cabinet bodies. The results show that the opening area is not proportional to the heat dissipation effect, which has important significance for engineering application.

**Key words:** intelligent control cabinet; intelligent device; opening position; heat dissipation

#### 作者简介

汤清双, 许昌市许继德理施尔电气有限公司, 工程师, 主要研究方向为高压电器, 长期从事于中压开关设计开发工作。

通信地址: 河南省许昌市经济技术开发区阳光大道许继电气城 10 号楼

邮编: 461000

邮箱: 15893758145@163.com

李鹏, 许昌市许继德理施尔电气有限公司, 工程师, 主要研究方向为高压电器, 长期从事于中压开关设计开发工作。

周行, 许昌市许继德理施尔电气有限公司, 工程师, 主要研究方向为高压电器, 长期从事于中压开关设计

开发工作。

李克, 许昌市许继德理施尔电气有限公司, 工程师, 主要研究方向为高压电器, 长期从事于中压开关设计开发工作。