

# 热管式空气预热器热管间温度场模拟

吴磊, 刘亚莉, 许培援, 戚俊清, 董华东, 侯佳佳

(郑州轻工业学院 材料与化学工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**为考察热管间的排列方式对热管传热效果的影响,用 Fluent 软件模拟不同气速及不同排列方式下热管式空气预热器热管间的温度场,结果表明,热管间正三角形排列更有利于热管传热.

**关键词:**热管式空气预热器;Fluent 软件;温度场模拟

**中图分类号:**TK172.4      **文献标志码:**A      **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2013.02.002

## The temperature field simulation of the heat pipes air preheater

WU Lei, LIU Ya-li, XU Pei-yuan, QI Jun-qing, DONG Hua-dong, HOU Jia-jia

(College of Material and Chemical Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** To observe the heat transfer effect on heat pipes, under the different gas velocity and different arrangement of heat pipes, the air side of heat pipes air preheater's temperature field was simulated using Fluent software; the results showed that the equilateral triangle arrangement is the best heat transfer of heat pipes arrangement.

**Key words:** heat pipe air preheater; Fluent software; temperature field simulation

## 0 引言

热管自 1960 年代在美国 Los Alamos 国家实验室诞生以来<sup>[1]</sup>,以其良好的传热性能、高效的传热效果、简单的结构、可靠的安全性等优点而得到迅速的发展和推广<sup>[2]</sup>.热管技术不仅在节约能源和新能源开发方面得到了广泛的应用,而且在航天、冶金、电路、轻工等行业也得到了广泛的应用<sup>[3]</sup>.

由于国外同行对热管新技术研究的不断推进及热管技术效益的逐步显现,我国自 1970 年代开始对热管的传热性能进行研究,并将其在航空航天、大功率晶体管、干燥系统、微电子等相关领域推广和应用<sup>[1,4-5]</sup>.随着热管技术的进一步发展,对热管间的流场研究就显得尤为重要.针对空气侧热管间温度场的模拟研究,可以有效验证热管间的排列方

式对热管传热效果的影响.本文拟采用 Fluent 软件,对热管式空气预热器空气侧热管间温度场进行模拟,以考察热管间排列方式对热管传热效果的影响.

## 1 数值模拟的理论基础与软件

### 1.1 热管的工作原理

热管是一种高效的传热元件,主要依靠热管内部物质的相变和蒸汽流动传递能量.图 1 是热管的工作原理示意图.热管的传热过程是:当热管的一端受热后,管内的空间处于负压状态,热管的蒸发段毛细芯中的液体蒸发汽化,蒸汽在微小的压差下流向另一端冷却段放出热量凝结成液体,液体再流回蒸发段进行吸热.如此循环,即可实现热管的热量传输<sup>[6]</sup>.由于热管传热属于相变传热,因此热管内部的热阻力很小,所以能以较小的温差获得较大

收稿日期:2013-02-04

基金项目:河南省教育厅科技攻关项目(2011A530010);郑州轻工业学院校基金项目(2011XJJ017)

作者简介:吴磊(1984—),男,河南省沁阳市人,郑州轻工业学院助教,硕士,主要研究方向为化工装备.

的传热率.

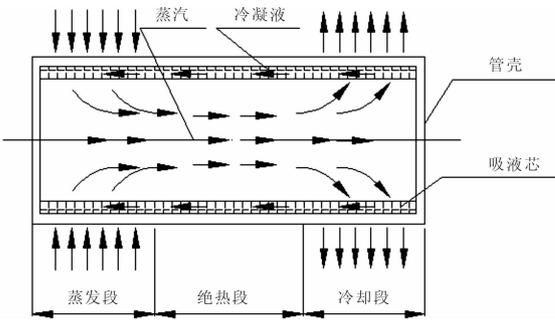


图 1 热管工作原理示意图

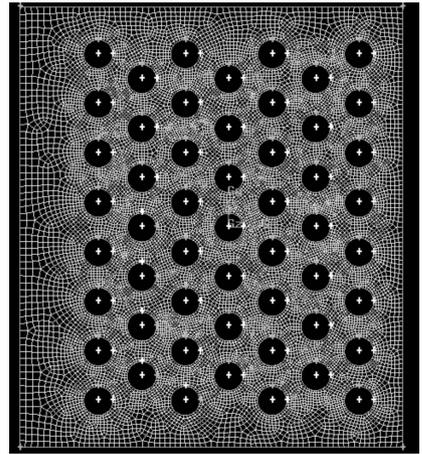


图 2 热管正三角形排列的网格图

### 1.2 Fluent 软件的工作原理

Fluent 软件是通用的 CFD 软件包,遵守流体质量守恒定律,动量守恒定律和能量守恒定律,用来模拟从不可压缩至高度可压缩范围内的复杂流动.该软件采用了多种求解方法和多重网格加速收敛技术,因而能达到极佳的收敛速度和求解精度.

## 2 热管间温度场的流场模拟

图 2 是本次模拟采用正三角形排列热管划分网格后的结构图.模型中  $x, y$  方向上的尺寸分别为  $0.55 \text{ m} \times 0.64 \text{ m}$ ,采用划分网格函数来画网格单元,共有 27 661 个网格节点.环境的边界条件设置是:空气流通速度分别为  $5 \text{ m/s}, 6 \text{ m/s}, 7 \text{ m/s}$ ;环境温度设定为  $293 \text{ K}$ .热管的边界条件是:热管设定为二类边界条件,管体温度设定为  $443 \text{ K}$ .通过模拟可得出空气流通过后热管间不同风速情况下的温度场,如图 3 所示.图 4 是环境风速  $5 \text{ m/s}$  时,热管间距离不变,改变热管的排列方式时的温度场.

由图 3 可以看出,3 种风速下的温度分布具有相似的规律,沿着流动方向流经气体的温度是逐渐升高的;每次模拟时与来风方向较近的前面几排温度变化迅速,换热比较强,后面几排温度变化缓慢,换热比较弱;每根管子后面的尾流区温度变化缓慢,

这是由于流体沿管束侧向扰流造成的.随着流速的减小,可以看出流体升温越快,热管尾流区范围越大,说明流速越小换热越强,越有利于换热.

结合图 3 和图 4 可以看出,热管正三角形排列,冷流体对每一根热管都有充分的热交换,温升较大,换热效果较好.转角三角形为顺排管束,经过各个热管表面流程变小,比正三角形流体流动道截面积大,流速相对也较小,传热效果差.对正方形排列,穿流而过的冷流体接受传热较为均匀,温度变化比较稳定,温升较小.对于转角正方形排列,冷流体的流程变大,有绕流,从而热交换增强,温升提高.

不同速度、不同排列方式时区域右侧温度分布曲线图如图 5 所示.由图 5 可以看出,各种速度及各种排列方式下,热管的排列区域右侧温度基本均匀,可见排列方式及不同风速只会改变热管温度场的通过后温度,其边界温度与热管的多少及通过区域长度有关.

由此可知,正三角形排列的热管传热效率强于转角三角形排列,转角正方形排列的传热效果强于正方形排列.对正三角形排列,每一根热管周围都有冷流体绕流而过,热管与冷流体有较大的接触换

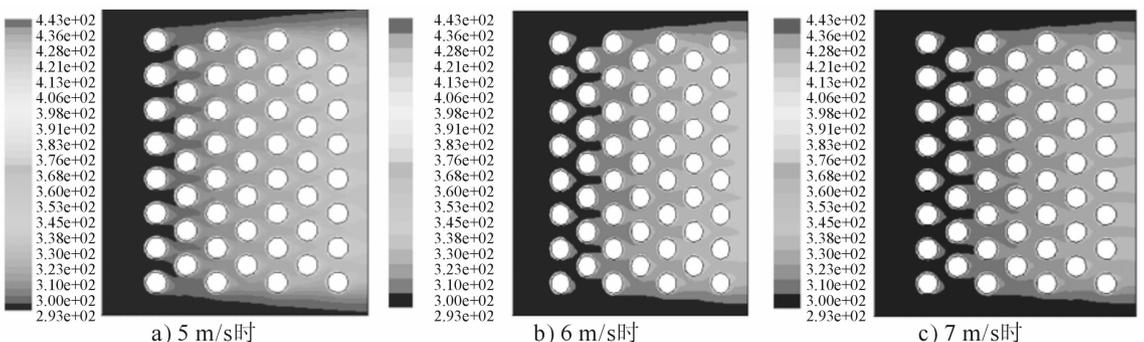


图 3 热管正三角形排列时不同风速情况下的温度场

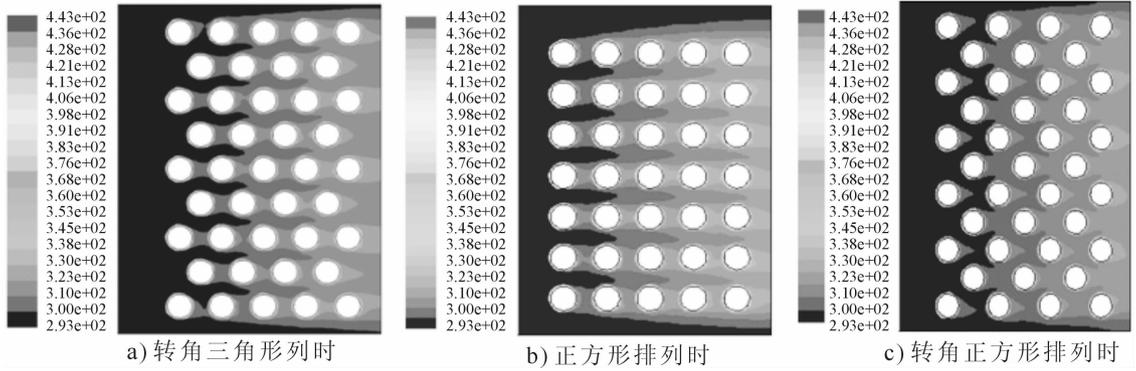


图4 环境风速 5 m/s 时热管不同排列方式下的温度场

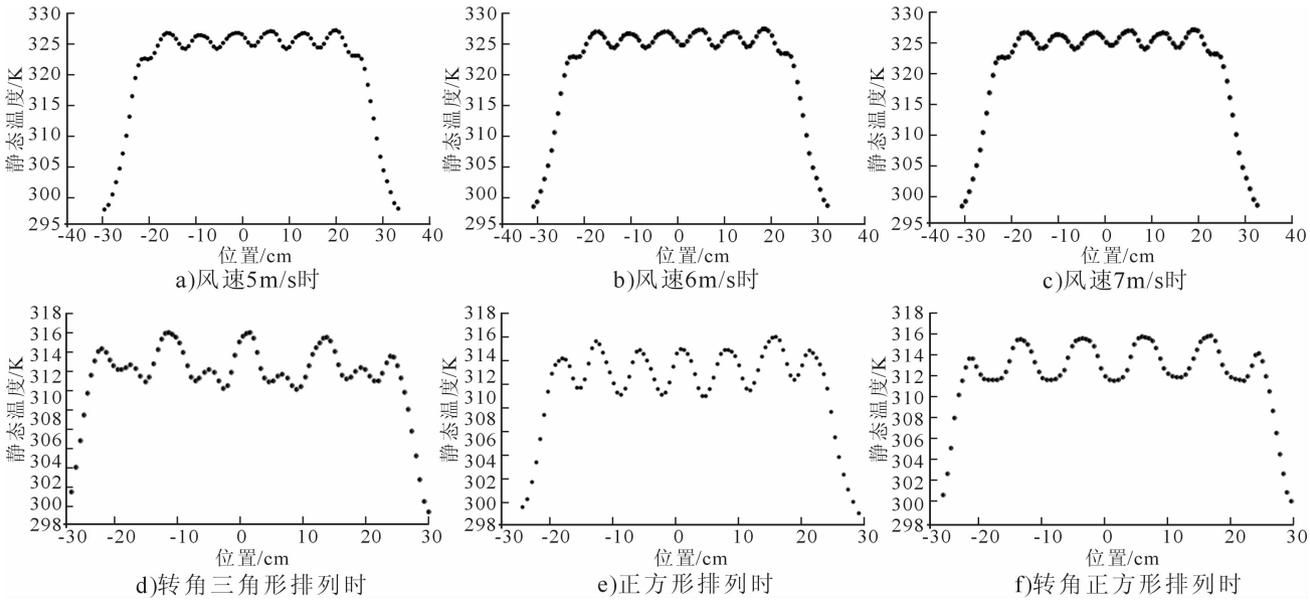


图5 不同速度、不同排列方式时区域右侧温度分布曲线图

热面和较强的流动速度;对转角三角形排列,出现了顺排管束,顺排管束前后管间的冷流体流速很小,与正三角形排列相比,冷流体流过的传热面积较小;对正方形排列,管间小桥架成一条直线通道,冷流体穿流而过,易走短路,冷流体和热管的接触传热面积很小;对转角正方形排列,流体的速度分布稍微复杂,由于管束错列,冷流体对热管有绕流,热交换能够更好地进行,与正方形排列相比,热交换效率也得到了提高.但转角正方形排列的管间距较大,传热效果也比正三角形排列效果差.

### 3 结论

本文通过 Fluent 软件模拟了不同风速及不同排列方式下热管式空气预热器空气侧热管间的温度场,结果表明热管间正三角形排列更有利于热管传热,这与文献[7]报道相吻合.热管转角三角形排列时,传热面积较小;热管转角正方形排列时,冷流体

对热管有绕流;热管正方形排列时,流体易走短路.

### 参考文献:

- [1] 陈彦泽,喻建良,丁信伟.热管技术及其应用[J].现代化工,2003,23(4):17.
- [2] 马炳辉,卢泽生.热管在机械装置上的应用[J].航空精密制造技术,2007,43(5):57.
- [3] 陈彦泽,丁信伟,喻建良,等.新型热管技术的开发及应用[J].热能动力工程,2004,19(1):1.
- [4] 柴本银,李选友,周慎杰,等.振荡流热管研究现状及在干燥系统中的应用[J].化工机械,2009,36(2):78.
- [5] 蒋朝勇,夏侯国伟.新型微型平板热管的传热性能[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2009,6(1):65.
- [6] 董其伍,王丹,刘敏珊.余热回收用热管式换热器的研究[J].工业加热,2007,36(4):37.
- [7] 闫登强,卿德藩,邹家柱,等.异型管在热管换热器中传热数值模拟研究[J].机械研究与应用,2010(4):21.