

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.01.014

喷气涡流纺喷孔数量对喷嘴内气流场的影响

陈彩红, 陈洪立*

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:为了研究喷孔数量对喷嘴内气流场的影响,应用 FLUENT 流体计算软件对喷嘴内部气流场进行数值模拟,并结合 OriginPro 8 对不同喷孔数量时喷嘴内部气流场状况进行比较和分析,深入解析喷孔数量对涡流场的影响。研究表明:喷孔数量对喷嘴内部气流场的特性影响较为明显,随着喷孔数量的增多,气流在喷嘴中形成的旋转运动增强,喷嘴入口处用以吸引纤维的负压也随之增大,对纱线的加捻特性也就越强。

关键词:喷气涡流纺;气流场;喷孔数量;FLUENT 流体计算软件;OriginPro 8 软件

中图分类号:TS101.2 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)01-0064-03

Influences of Orifice Number of Air Jet Vortex Spinning

CHEN Caihong, CHEN Hongli

(School of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to study the influence of orifice number on the flow field in the nozzle, the flow field inside the nozzle of air jet vortex spinning was simulated with FLUENT, and the flowing state was compared and analyzed under the different number of orifice with OriginPro8, the influence of orifice number on the vortex flow field was deeply analyzed. The research showed that the airflow field in the nozzle was obviously influenced by the number of orifice, the rotational motion of the air flow in the nozzle was enhanced with the increasing of the orifice number, and the negative pressure sucking the fibers into the nozzle also increased at the entrance of the nozzle, twisting characteristic on the garn was also stronger.

Keywords: air jet vortex spinning; flow field; orifice number; FLUENT; OriginPro 8

喷气涡流纺充分结合并发挥了喷气纺和涡流纺的优点,是一种利用喷射气流形成的涡流将积聚在空心锭子顶端的自由端纤维加捻的新型成纱技术^[1]。这种纺纱技术充分利用了气流对纤维的作用规律,有效地提高了纱线质量。王丽丽等人探析了喷气涡流纺的结构和性能^[2];Aung Kyaw Soe 等人对比分析了喷气涡流纺与环锭纺纱、转杯纺纱结构和性能的差异^[3]。喷气涡流纺的核心问题是涡流场状况,涡流场状况不仅影响纤维加捻成纱的质量,还影响了纤维在输送通道中被输送到成纱口的过程。东华大学的邹专勇等人研究了喷嘴内部三维流场,并得出了一些结论^[4]。但是目前对于喷孔数量对涡流场影响的理论研究,中英文文献调研未见报道^[5-9]。

笔者主要对不同喷孔数量条件下的喷嘴涡流场状况进行分析和比较,深入解析这几个参数对涡流场的影响,为喷嘴结构参数的进一步优化提供依据。

1 模型的建立

1.1 喷嘴的结构

笔者基于 Murata No. 861 的喷嘴结构模型,结合相应结构参数(表1),建立了图1所示的喷嘴结构模型。从图1可知,气流通过喷孔沿喷嘴内壁切向射入主喷嘴,形成高速旋转气流完成对纤维的加捻,之后从喷嘴出口排出。应用 SolidWorks 建立流体计算模型,通过 ICEM 划分网格,再利用 FLUENT 计算软件对流场进行数值计算,分析和比较不同喷孔数量条件下的喷嘴涡流场状况及对纺纱工艺的影响。

收稿日期:2016-07-07;修回日期:2016-09-20

基金项目:国家自然科学基金(51205363);浙江省自然科学基金(LY15E050027)。

第一作者简介:陈彩红(1990),女,江苏淮安人,硕士研究生,主要研究领域为纺织装备。通信作者:陈洪立(1980),山东曲阜人,副教授,硕士生导师,主要研究领域为纺织装备技术。E-mail:chenhldr@zstu.edu.cn

依据单一变量原则,对于喷孔数量对流场的研究,建立 n 分别为 4, 6 和 8 的 3 个流场计算模型。

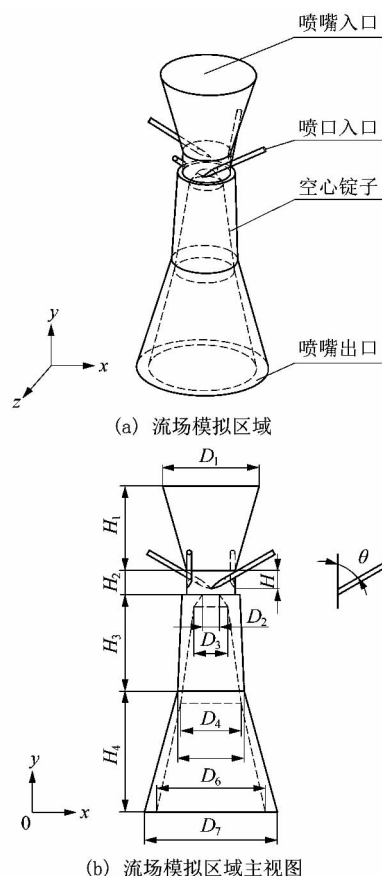


图1 喷嘴结构模型

Figure 1 Nozzle structure model

表1 喷嘴结构参数

Table 1 Structure parameters of nozzle mm

喷嘴入口直径	喷孔直径	空心锭子入口直径	空心锭子出口直径	喷嘴出口直径	喷嘴各段高度			
D_1	d	D_2	D_6	D_7	H_1	H_2	H_3	H_4
8.0	0.4	1.4	9.0	11.0	7	2	8	10

1.2 网格划分和边界条件设定

1) 网格划分。应用 ICEM 软件,为了节省计算时间并能确保网格质量,采用绘制非结构网格和局部加密相结合的方式,加密区域为流场变化最剧烈的区域:加捻室和喷孔处。网格分点间隔为 0.2 mm,划分了约 1 030 000 个网格。

2) 压力入口边界。喷孔入口压力为 0.3 MPa,喷嘴入口压力为 0.101 3 MPa(标准大气压);根据实验测得的静压和总压值,得到马赫数,确定入口速度,进而设定压力入口的气流参数^[10]。

3) 压力出口边界。喷嘴出口压力设为 101.3 kPa(标准大气压)。

4) 固体壁面。除了出入口之外的面设置为壁面,设置为无滑移边界。

1.3 系统描述

因为喷嘴总体尺寸较小,且喷孔处的直径只有 0.4 mm,所以进入喷嘴的气流平均流速比较高,可达音速或者亚音速,且雷诺数达到了 10 000 以上,所以喷嘴内部气流流动属于湍流。高速气流在喷嘴中运动时,与外界存在着热交换且流场中气流可压缩,所以综合考虑,模型为三维,黏性可压缩,存在热交换,流场模拟采用标准的 κ - ϵ 湍流模型计算。

2 结果与分析

对所建立的模型进行数值模拟,并对气流场的速度与压力分布进行对比和分析,研究了不同喷孔数量对喷嘴涡流场状况的影响。

喷气孔数量对喷嘴内部气流场状况的影响较为明显。本文研究了喷气孔数量 n 分别为 4, 6 和 8 时的模型,对应的喷嘴内部流场状况、计算结果如图 2~3 所示。

图 2 为喷孔数量不同时形成的从喷孔入口到喷嘴出口的迹线图,图 3 为各喷孔数量下空心锭子入口($y = 18$ mm)至喷嘴入口($y = 27$ mm)(对应图 1 中 H_1 和 H_2 部分)中心速度、压力沿轴向分布图。

从图 2 可以直观地看出,气流经喷孔进入喷嘴后形成了高速旋转的气流,且随着喷孔数量的增多,气流在喷嘴中形成的旋转运动明显增强,尤其是在加捻室区域,旋转气流增多且速度也有较大的提升。从图 3 可知, n 由 4 增到 6 时,加捻室气流速度就提升了 28.6%,这一气流特点增强了对自由端纤维的加捻,进而可以提高加捻的效率。从图 3(b)可以看出,喷嘴入口处用以吸引纤维的负压随着喷孔数量的增多而增大,且增大较为显著,当 n 由 4 个增加到 6 个时,喷嘴入口处的中心负压就提升了 47%, n 由 6 个增加到 8 个时,喷嘴入口处的中心负压就提升了 30%。因此在保证喷嘴壁面强度的前提下,喷孔数量可尽量多些,以提高加捻的效率。

3 结语

采用 3-D 模型,通过改变喷孔数量,研究了喷气涡流纺喷嘴数量对喷嘴内部气流场的影响,通过对比分析各流场的流动特性,如粒子迹线图、速度分布、压力分布等,可以得出以下结论:

1) 气体在喷嘴内部形成高速旋转气流,且向喷嘴出口螺旋式推进运动的过程中流速逐渐衰减,说明气流在加捻过程中将消耗大量动能;

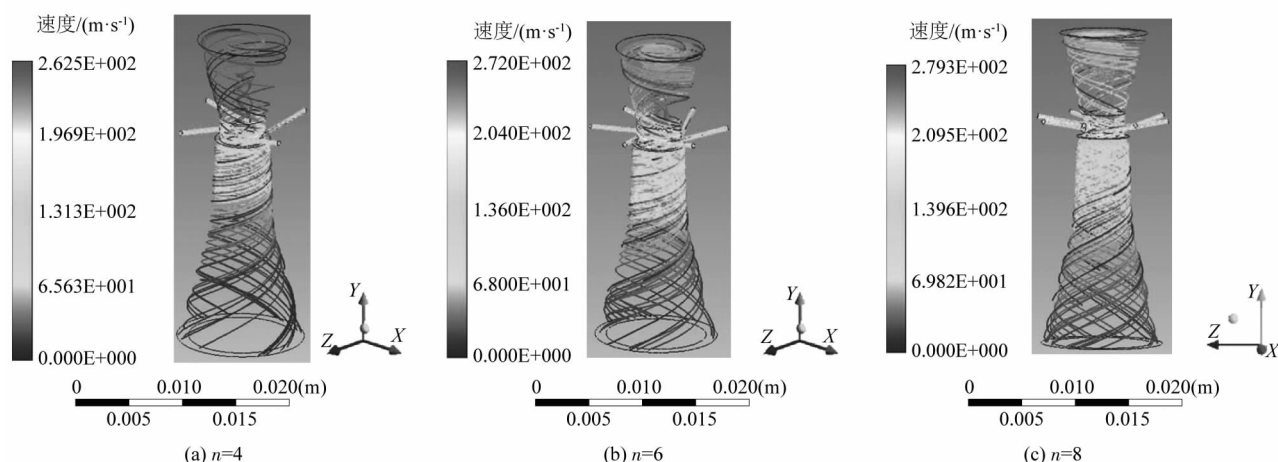
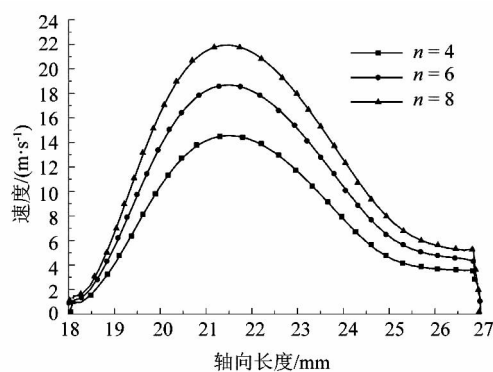
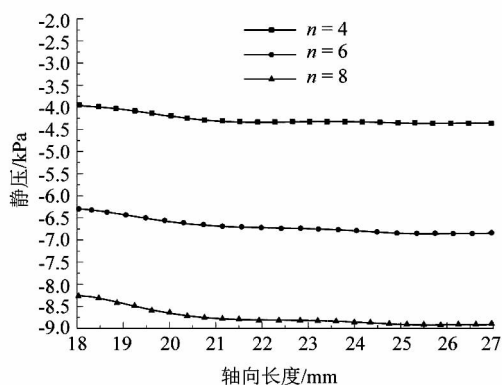


图2 不同喷孔数量时喷嘴内部迹线图

Figure 2 Nozzle trajectories with different orifice number

(a) 不同 n 时的速度分布(b) 不同 n 时的压力分布图3 不同 n 时空心锭子入口 ($y=18$ mm) 至喷嘴入口 ($y=27$ mm) 速度、压力沿轴向分布Figure 3 Velocity and pressure distribution along axial direction from hollow spindle entrance ($y=18$ mm)to nozzle entrance ($y=27$ mm) at different n

2) 喷孔数量对喷嘴内部气流场的特性影响较为明显,但不会改变喷嘴中速度与压力的分布规律,随着喷孔数量的增多,气流在喷嘴中形成的旋转运动显著

增强,喷嘴入口处用以吸引纤维的负压也随之增大;

3) 基于本文的研究结果,可优化设计喷嘴结构,进而大大提高纤维的加捻效率,提高纱线质量;

4) 研究中发现随着气孔数量的增多,喷嘴内部气流回流现象也在增强,因而针对喷孔数量对回流的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] GRAY W M. How MVS makes yarns [C]//12th Annual Engineer Fiber Selection System Conference Papers. Spartanburg: Cotton Incorporated, 1999: 1-7.
- [2] 王丽丽,邢杰明,孙福纪. MVS 成纱结构与性能的探析[J]. 山东纺织科技, 2005, 46(6): 47-48.
- [3] SOE A K, TAKAHASHI M, NAKAJIMA M, et al. Structure and properties of MVS yarns in comparison with ring yarns and open end rotor spun yarns [J]. Textile research journal, 2004, 74(9): 819-826.
- [4] 邹专勇,俞建勇,薛文良,等. 喷气涡流纺喷嘴内部三维流场的数值研究[J]. 纺织学报, 2008, 29(2): 86-89.
- [5] 曾泳春. 纤维在喷嘴高速气流场中运动的研究和应用[D]. 上海: 东华大学, 2003: 11-18.
- [6] ZOU Zhuanyong, CHENG Longdi, XUE Wenliang, et al. A study of the twisted strength of the whirled airflow in Murata vortex spinning [J]. Textile research journal, 2008, 78(8): 682-687.
- [7] PEI Zeguang, YU Chongwen. Numerical simulation of fiber motion in the nozzle of Murata vortex spinning machine [J]. The journal of the textile institute, 2011, 102(4): 281-292.
- [8] TYAGI G K, SHARMA D, SALHOTRA K R. Process-structure-property relationship of polyester-cotton MVS yarns: Part I influence of processing variables on yarn structural parameters [J]. Indian journal of fiber and textile research, 2004, 29(4): 429-435.
- [9] BASAL G, OXENHAM W. Effects of some process parameters on the structure and properties of vortex spun yarn [J]. Textile research journal, 2006, 76(6): 492-499.
- [10] 李俊. 主喷嘴内气流—纱线两相耦合特性的数值计算及实验研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2015: 12-14.