

文章编号: 1671-0444(2018)01-0067-07

转杯纺排杂区流场与排杂性能

林惠婷^{1a}, 汪军^{1a, 1b}, 张志²

(1. 东华大学 a. 纺织学院; b. 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620;
2. 苏州多道自动化科技有限公司, 江苏 苏州 215200)

摘要:采用数值模拟的方法获得转杯纺排杂区气流场的特征,在此基础上分析纤维和杂质在流场中的运动,并研究纺纱参数对排杂性能的影响。研究表明:上主排杂区主要排除一些质量较大的杂质,微小杂质容易被回收;下主排杂区为强气流区,气流流动复杂,要避免杂质在此处排出;转杯出口压力和分梳辊转速对气流场影响甚微,但增大分梳辊转速有利于增大杂质离心惯性力,提高排杂力度;气流速度随吸杂口负压增大而增大,当吸杂口负压增加到 -700 Pa 时,上主排杂区气流速度急剧上升,大大增加杂质回流的风险。

关键词:转杯纺;排杂性能;气流场;杂质

中图分类号:TS 103.2 **文献标志码:**A

Airflow Field in the Trash Removal Zone and Trash Removal Performance in Rotor Spinning

LIN Huiting^{1a}, WANG Jun^{1a, 1b}, ZHANG Zhi²

(a. College of Textiles; b. Key Laboratory of Textile Science & Technology, Ministry of Education,
1. Donghua University, Shanghai 201620, China;
2. Suzhou Multitao Automation Technology Co. Ltd., Suzhou 215200, China)

Abstract: Analysis on fiber and trash movements in the airflow of the trash removal zone in rotor spinning is conducted based on the airflow field obtained by numerical simulation. Then the effects of the spinning parameters on trash removal performance are studied. The results show that most of the heavy trash are removed in the upper trash removal zone, while light trash can easily flow back to the roller chamber. The trash should be kept from removing from the lower trash removal zone because of the strong and complex airflow. Rotor outlet pressure and opening roller speed have little effect on the air velocity. However, a higher opening roller speed generates a larger centrifugal force on the trash which is helpful for trash removal. The air velocity increases with the increase of trash box pressure. A further increase to -700 Pa leads to a sharp air velocity increase in the upper trash removal zone, increasing the possibility of trash flowing back to the opening roller.

Key words: rotor spinning; trash removal performance; airflow field; trash

排杂装置是转杯纺纱机的重要组成部分。早期的转杯纺纱机转速较低,没有安装排杂装置,杂质容

收稿日期:2016-10-31

基金项目:教育部科学技术研究重点(重大)资助项目(113027A)

作者简介:林惠婷(1989—),女,福建漳州人,博士研究生,研究方向为转杯纺气流流动和纤维运动, E-mail: 1132014@mail.dhu.edu.cn

汪军(联系人),男,教授, E-mail: junwang@dhu.edu.cn

易积聚在转杯凝聚槽,增加纱线断头几率,影响成纱质量。随着转杯转速的提高,为了稳定纱线质量,减少断头,在新型转杯纺纱机上普遍增加了排杂装置。转杯纺纱机机型不同,排杂装置的结构也不相同,除杂效果也不尽相同。归结起来其排杂区的布置主要有两种:一是排杂与补风分开;二是排杂与补风合并在一起。抽气式转杯纺纱机上的排杂装置主要为后者^[1-4]。排杂与补气设在同一通道,一方面,可以将杂质排除,另一方面,补气气流有托持回收纤维的作用。但是,若排杂气流与补气气流没有配置得当,譬如补气气流过大,则可能造成部分杂质回流,落杂减少;若吸杂口负压过高,纤维容易与杂质同时被排出,落棉增多。因此,排杂区的气流分布是影响排杂效果的关键性因素。

文献[5]对自排风纺纱器中的排杂区气流状态与杂质排除的关系进行了研究,并建立了排杂口补气速度与转杯杯内气流量、分梳辊转速及排杂口与分梳辊表面的距离之间的关系式。文献[6]采用烟雾试验和摄影录像观察的方法,分析排杂口和吸杂孔的尺寸对排杂的影响,研究表明,要有效地排除杂质,不仅要使得落杂躲开强气流回收区,而且还要控制好下落杂质的速度与补气气流的速度之差。由于排杂区中杂质和纤维在气流场中的运动比较复杂,目前还少有研究涉及。因此,本文以抽气式转杯纺纱机的排杂与补风一体的固定式排杂装置为研究对象,采用数值模拟的方法获得排杂区气流场的流动特征,对杂质和纤维在气流场中的运动进行分析,揭示纤维和杂质运动与气流场的关系,并分析纺纱工艺参数对排杂性能的影响,为优化纺纱器结构和提高排杂性能提供理论依据。

1 纺纱器计算流体动力学模型的建立

1.1 几何模型

在抽气式转杯纺纱机中,风机连接着转杯。在正常纺纱过程中,风机将转杯内空气抽走,使转杯内部形成负压区,外界大气通过引纱口和补气通道补入。由补气通道补入的气流流经输纤通道,将分梳辊中剥取下来的纤维输送到转杯凝聚槽。在装有固定式排杂装置的转杯纺纱机中,补气通道和排杂通道被设置在同一通道,如图 1 所示,排杂通道与吸杂管连接,补气通道则直接与外界大气相连接^[7]。

所建立的纺纱器的计算区域包含转杯、输纤通道、引纱口、分梳辊、补气通道及排杂通道等。计算区域的三维模型如图 2 所示。转杯的结构参数有:底径为 36 mm,顶部直径为 26 mm,高度为 12 mm,

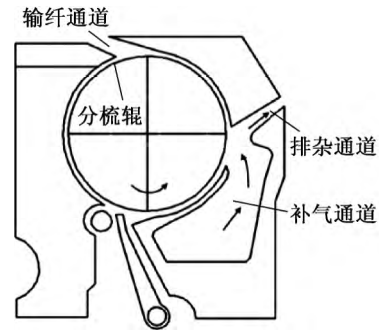
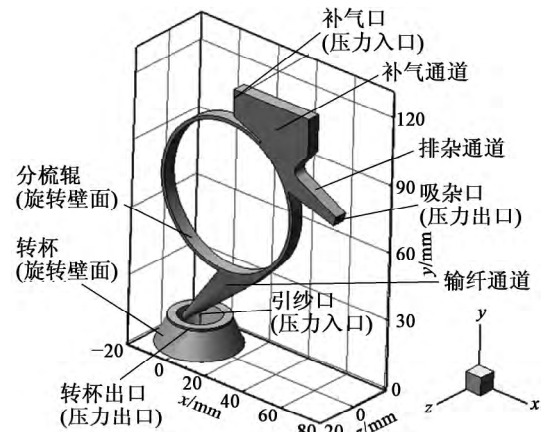
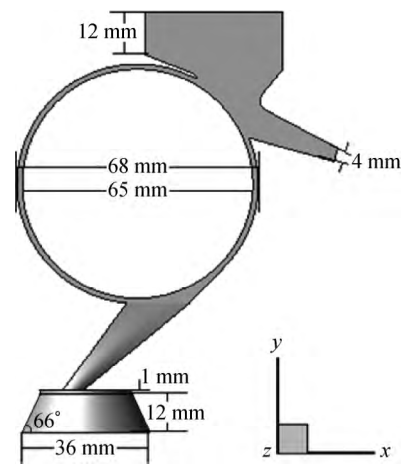


图 1 排杂装置

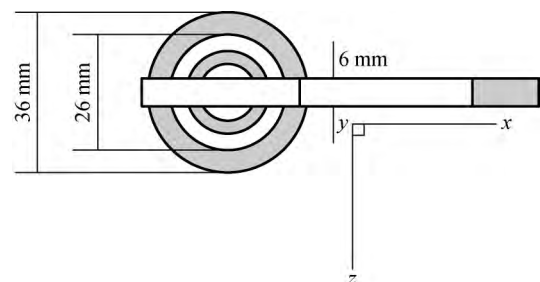
Fig. 1 Trash removal device



(a) 主视图



(b) 侧视图



(c) 俯视图

图 2 转杯纺纱器三维模型图

Fig. 2 3D model of the rotor spinning unit

转杯出口高度为 1 mm, 滑移面角度为 66°。分梳辊内外直径分别为 65 和 68 mm。为简便起见, 暂不考虑分梳辊梳针的影响。分梳辊的计算区域为分梳辊分梳纤维的中心区域, 该区域宽度约为 6 mm。排杂通道为渐缩状, 吸杂口宽度为 4 mm, 补气口宽度为 12 mm。

1.2 系统描述

由于气流在转杯纺纱器内的流动速度较高, 气流流动为湍流形式^[8-10], 因此, 气流模型为黏性、湍流模型。若采用 $\kappa-\epsilon$ 标准湍流模型进行计算, 则该模型满足的控制方程的通用形式可表示为

$$\frac{\partial(\rho\psi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\mathbf{u}\psi) = \text{div}(\Gamma\text{grad}\psi) + S \quad (1)$$

式中: ρ 为气体密度; \mathbf{u} 为气流速度矢量; ψ 为通用变

量; Γ 为广义扩散系数; S 为广义源项。

式(1)中各符号的具体形式见表 1 所示, 其中, p 为压力, u, v, w 分别为气流速度在 x, y, z 方向的分量。 μ_{eff} 为有效黏度, 是流体黏度 μ 和湍动黏度 μ_t 的和。湍动黏度 μ_t 可表示成湍动能 κ 和湍动耗散率 ϵ 的函数, 即

$$\mu_t = \frac{\rho C_\mu \kappa^2}{\epsilon} \quad (2)$$

式中: C_μ 以及表 1 中的 $C_{1\epsilon}$ 和 $C_{2\epsilon}$ 为经验常数。 G_k 是由平均速度梯度引起的湍动能 κ 的产生项, σ_k 和 σ_ϵ 分别是与湍动能 κ 和湍动耗散率 ϵ 对应的 Prandtl 数。标准 $\kappa-\epsilon$ 模型中常数的取值分别为: $C_\mu = 0.09, C_{1\epsilon} = 1.44, C_{2\epsilon} = 1.92, \sigma_k = 1.0, \sigma_\epsilon = 1.3$ 。

表 1 通用控制方程 $\kappa-\epsilon$ 模型中各符号的具体形式

Table 1 Terms of the governing equations considering the $\kappa-\epsilon$ model

方程	ψ	Γ	S
连续方程	1	0	0
x 动量方程	u	$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial x}) + S_u$
y 动量方程	v	$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial y}) + S_v$
z 动量方程	w	$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial z}) + S_w$
湍动能	κ	$\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}$	$G_k + \rho\epsilon$
湍动耗散率	ϵ	$\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon}$	$\frac{\epsilon}{k}(C_{1\epsilon}G_k - C_{2\epsilon}\rho\epsilon)$

1.3 边界条件和网格划分

本模型包含的边界条件如图 2(a) 所示, 具体设置值如下:

(1) 压力入口。补气口和引纱口均与大气相连接, 其入口为压力入口, 绝对压力均为一个标准大气压 (1.01×10^5 kPa)。

(2) 压力出口。正常纺纱时, 抽风机从转杯内抽气, 因此, 转杯出口为压力出口, 其静压值设为 $-7\,000$ Pa。吸杂口与吸杂管相连, 静压为 -500 Pa。

(3) 固体壁面。分梳辊壁面和转杯壁面均设置为旋转壁面, 其角速度分别沿 $-z$ 与 $-y$ 轴方向, 转速分别为 $6\,000$ 和 $100\,000$ r/min。所有的固体边界均遵循无滑移边界条件。

由于模型较为复杂, 采用分块网格划分技术, 将整个计算区域分成若干块, 并分别在每块区域生成网格。在旋转壁面附近, 采用边界层网格划分技术, 细化固体边界附近的网格。最终在整个计算区域生成六面体和四面体的混合网格, 生成的网格数

为 2 199 673。

2 模拟结果分析

2.1 排杂区气流场分布

根据所建立的模型与求解方法, 对转杯纺纱器排杂区气流场进行数值计算。排杂区气流场流线和速度云图如图 3 所示。

从图 3(a) 可以看出, 由于转杯和吸杂口均为负压, 从补气口向排杂区内补入的气流主要分为两股, 一股气流流向分梳辊的分梳腔 (流向为 $-z$ 轴方向) 流动, 另一股气流流向吸杂口 (如图 3(a) 加粗箭头所示)。流向分梳辊分梳腔的气流有托持纤维的作用, 但如果这股气流强度过高, 则排出的杂质有可能被回收。流向吸杂口的气流有助于将杂质吹向吸杂管, 增加落杂, 但是这股气流强度过大, 也有可能增加落棉。因此, 排杂效果的好坏主要取决于该区域气流场的分布, 这里将该区域称为主排杂区 (如图 3(a) 椭圆形标注区域所示)。

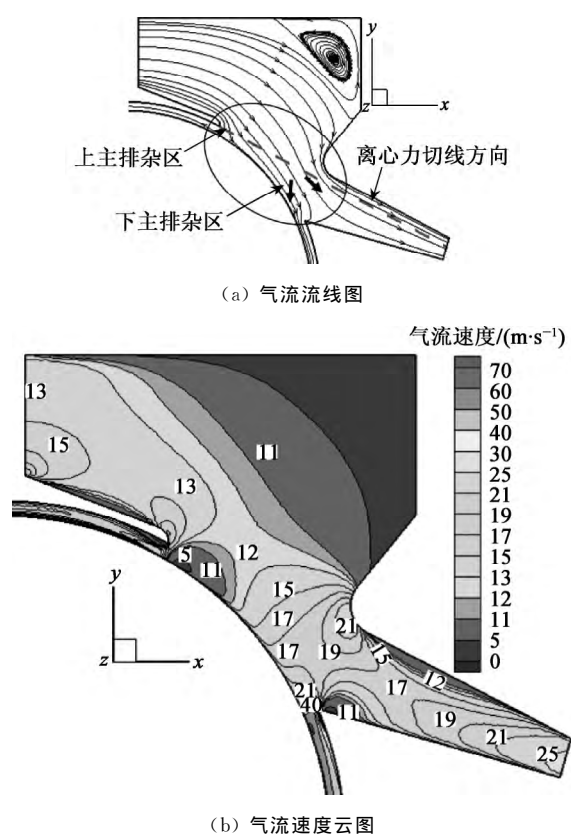


图3 排杂区的气流分布

Fig. 3 Airflow distribution in the trash removal zone

由图3(b)可以看出,排杂区内气流速度是不断变化的。在补气通道中,从入口到主排杂区,气流速度是不断减小的。在排杂通道中,从主排杂区到出口,气流速度则不断增大,并在出口处达到最大。在补气通道与排杂通道交界处,气流速度分布较为复杂。在上主排杂区,气流速度较低,为5~15 m/s。下主排杂区为强气流区,气流速度为17~40 m/s。进入分梳辊分梳腔和排杂通道的两股气流也是在下主排杂区分开的。由此可见,下主排杂区气流强度大且流动复杂,要避免杂质在此处排出,并防止杂质被回收分梳辊表面。

此外,从图3(a)还可以观察到,排杂区右上角出现一个较大的涡流,该涡流距离主排杂区比较远,且强度较低,对排杂效果影响不大。同时从图3(b)中也能观察得出,机械结构件之间的过渡连接若采用圆弧连接,会比较有利于气流的平稳流动。这是由于圆弧过渡避免了气流流动边界的突变,从而减小或消除涡流,进而避免涡流对杂质排除及纤维形态产生的不良影响。

2.2 纤维和杂质在排杂区的运动分析

由于分梳辊高速旋转,其表面产生附面层,在附面层中气流速度存在径向差异,使得纤维和杂质在

附面层中逐步分离。利用纤维和杂质脱离分梳辊针齿后所受到的离心惯性力和流场阻力的不同,达到排除杂质并保留纤维的目的。纤维和杂质脱离分梳辊后,在排杂区气流场中主要受分梳辊离心惯性力和流场阻力的作用,因此,其运动轨迹也主要由这两个力决定。棉条子中的杂质包含很多种,主要有非纤维性杂物、不孕籽、棉籽、籽棉、破籽及异性纤维等。本文以棉籽杂质和棉纤维为例,对纤维和杂质在排杂区中的运动进行分析。

假设棉籽为圆球形,直径 $d_t=1\text{ mm}$,质量 $m_t=0.01\text{ g}$ 。棉纤维线密度 $\rho_t=2.22\text{ dtex}$,长度 $l_t=26\text{ mm}$,直径 $d_f=20\text{ }\mu\text{m}$,则纤维的质量 m_f 为

$$m_f = \frac{\rho_t l_t}{1\ 000} \quad (3)$$

纤维或杂质脱离分梳辊之后沿着脱离那一瞬间运动轨迹的切向方向运动。假设刚进入上主排杂区,纤维和杂质即脱离分梳辊针齿握持,则其运动方向为图3(a)所示的离心力切线方向。进入上主排杂区后的受力如图4所示,其中, F_c 为离心惯性力, F_d 为流场阻力, α 为 F_c 和 F_d 的夹角。

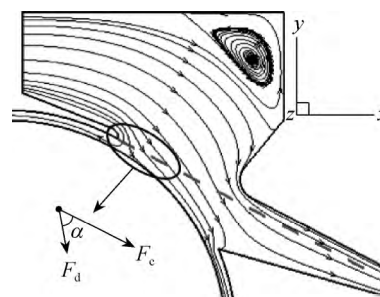


图4 纤维和杂质在排杂区气流场中的受力

Fig. 4 Force analysis of fiber and trash in the airflow of the trash removal zone

纤维或杂质所受的离心惯性力为

$$F_c = m r \omega^2 \quad (4)$$

式中: m 为纤维或杂质质量; r 为分梳辊半径; ω 为分梳辊转速。因此,在分梳辊型号和转速确定的情况下,纤维或杂质的离心惯性力只与其自身质量 m 有关。

纤维的离心惯性力为

$$F_{c_f} = m_f r \omega^2 \quad (5)$$

杂质的离心惯性力为

$$F_{c_t} = m_t r \omega^2 \quad (6)$$

纤维和杂质在排杂区气流场中还受到流场阻力

的作用,流场阻力可表示为

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_a S C_d (v - v_a)^2 \quad (7)$$

式中: ρ_a 为气体密度; S 为纤维或杂质的迎风面积; C_d 为阻力系数; v 为纤维或杂质在流场中的运动速度; v_a 为气体运动速度。

纤维最大迎风面积为

$$S_f = d_f l_f \quad (8)$$

杂质迎风面积为

$$S_i = \pi \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 \quad (9)$$

阻力系数 C_d 与雷诺数 Re 有关,可采用式(10)计算求得^[11]。

$$C_d = (2.25Re^{-0.31} + 0.36Re^{0.06})^{3.45} \quad (10)$$

雷诺数 Re 定义为

$$Re = \frac{\rho_a |v - v_a| d}{\mu} \quad (11)$$

式中: μ 为空气的动力黏性系数; d 为杂质的直径或者纤维的当量直径,而纤维的当量直径为与纤维等体积的球体的直径。

因此,纤维或杂质在气流场所受的流场阻力主要取决于纤维或杂质与气流的速度差以及纤维或杂质的迎风面积,与纤维或杂质的质量无关。

在本例中,纤维或杂质的初始速度为 20.42 m/s,即刚脱离分梳辊锯齿时的速度。此时,在纤维或杂质所处位置上的气流速度约为 16 m/s,方向与纤维或杂质的运动方向垂直并指向分梳辊。根据以上算式计算可得,上主排杂区中,纤维所受离心惯性力为 7.4×10^{-5} N,流场阻力为 12.65×10^{-5} N,两者相差不大,其合力约为 1.90×10^{-4} N,方向为偏向分梳辊并与离心力切线方向约成 24° 夹角。对于杂质,其离心惯性力和流场阻力分别为 0.128 3 和 1.39×10^{-4} N,可知杂质的离心惯性力远大于其所受到的流场阻力 ($F_{ci} \gg F_{di}$),则杂质所受的流场阻力的作用几乎可以忽略不计。

由以上受力分析可知,在上主排杂区中,纤维在排杂区气流场所受的合力很小,且合力方向仍然指向分梳辊分梳腔,使得纤维能够被回收。对质量和纤维相近的微小杂质而言,也容易在上主排杂区被回收进分梳辊。而对质量较大的杂质(如 $m_i \geq 0.01$ g)而言,其所受的离心惯性力远大于流场阻力的作用,杂质仍然沿着离心力切线方向运动。因此,

上主排杂区主要排出一些质量较大的杂质。

由 2.1 节的分析可知,补气气流在下主排杂区分成两股气流分别流向分梳辊分梳腔和吸杂口。若纤维和杂质进入气流流向吸杂口的区域,则直接被吸杂管吸走。若纤维和杂质处在气流流向分梳辊分梳腔的区域,其所受的离心惯性力不变,而由于气流强度增大,纤维和杂质所受的流场阻力相应增大了近 10 倍。因此,下主排杂区流速的增大有利于纤维的回收,但同时也增加了杂质被回收的风险。当杂质质量 $m_i \leq 1 \times 10^{-4}$ g 时,杂质会被该气流回收进分梳辊。

3 纺纱参数对排杂的影响

由上节分析可知,排杂区气流场的分布对排杂效果有着至关重要的影响,而气流场又受到排杂装置结构、纺纱工艺参数等的影响。这里将探讨转杯出口压力、分梳辊转速及吸杂口压力对排杂区气流场分布的影响,这 3 个工艺参数的取值如表 2 所示。

表 2 转杯纺纱工艺参数

Table 2 Rotor spinning parameters

工况	转杯出口压力/ Pa	分梳辊转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	吸杂口压力/ Pa
1	-7 000	6 000	-500
2	-5 000	6 000	-500
3	-6 000	6 000	-500
4	-7 000	5 000	-500
5	-7 000	7 000	-500
6	-7 000	6 000	-700
7	-7 000	6 000	-300
8	-7 000	6 000	-100

3 个纺纱工艺参数对排杂区气流场的影响如图 5 所示,图中所示为沿着离心力切线方向(见图 3(a))的气流速度分布。由图 5 可知,排杂区气流速度经历了 3 个峰值,分别在上主排杂区、下主排杂区以及吸杂口。受分梳辊与排杂装置结构的影响,从补气口补入的气流在上主排杂区分成两股气流,其中一股气流流向下主排杂区,另一股气流往分梳辊的分梳腔(流向为 $+z$ 轴方向)流动,因此,气流速度在分流附近出现低值。随着气流向下主排杂区流动,负压绝对值不断增大,气流速度也逐渐增大,并在下主排杂区处达到峰值。随后气流在下主排杂区再次分流,分别向分梳辊分梳腔和排杂通道流动,受到吸杂口较大负压的吸附作用,向排杂通道流动的气流的速度呈现先减小后又逐渐增大到最大值的趋势。

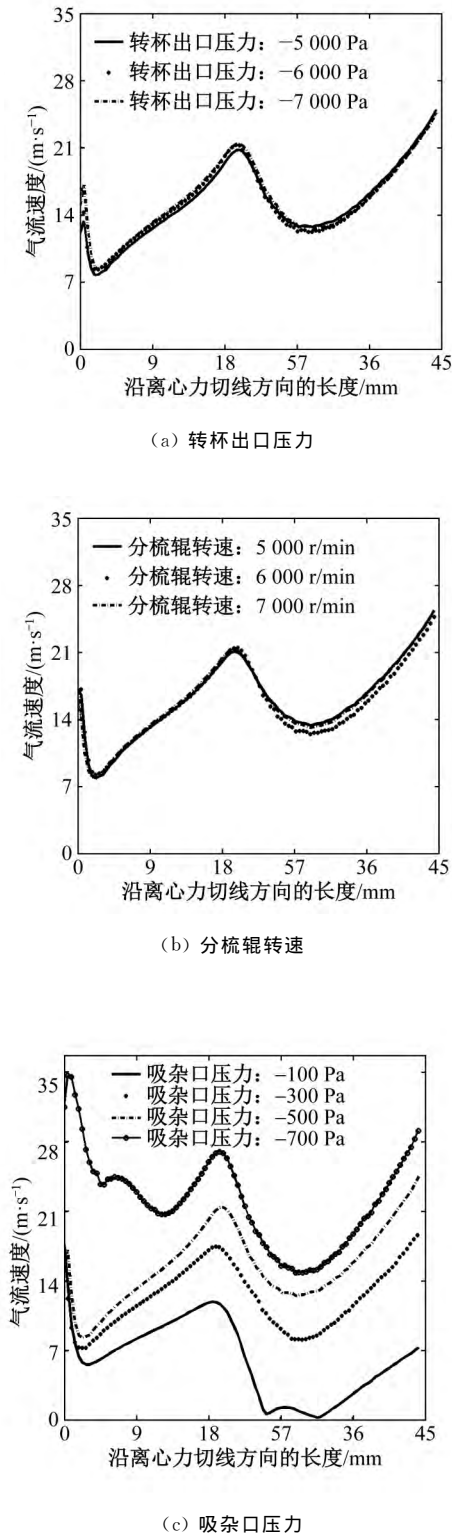


图5 不同纺纱工艺参数对排杂区气流场的影响

Fig. 5 Influence of different parameters on the airflow field of the trash removal zone

由图5(a)和(b)可知,转杯出口压力(即转杯内部真空度)和分梳辊转速对排杂区气流场几乎没有影响,但是增大分梳辊转速有利于提高杂质的离心惯性力,增大排杂力度。从图5(c)可以看出,气流场

受吸杂口压力的影响较大。吸杂口负压由 -100 Pa 增加到 -500 Pa 时,气流速度的分布规律较为一致,上主排杂区的气流速度也比较接近。在下主排杂区以及排杂通道中,气流速度随着负压绝对值的增大而增大。当吸杂口负压进一步增大到 -700 Pa 时,上主排杂区气流速度急剧增大,下主排杂区以及吸杂口的速度也增大了。由第2节分析可知,增大上主排杂区的气流速度会增加微小杂质的回收,减少落杂。而增大下主排杂区以及排杂通道内的气流速度,可以促使处于气流流向吸杂口的区域内的杂质迅速沉降,但是对处于气流流向分梳辊分梳腔区域内的杂质,则增加了其回流的风险。因此,将吸杂口压力值设在 $-100\sim-500\text{ Pa}$ 之间则比较有利于排杂。

4 结 语

本文对转杯纺排杂与补风一体的固定式排杂装置的排杂区气流场进行模拟,在此基础上对纤维和杂质在流场中的运动进行分析,并探讨了纺纱工艺参数对排杂的影响,得到以下结论:

- (1) 补气气流进入排杂区后分成两股气流,一股流向分梳辊分梳腔,起托持回收纤维和杂质的作用,另一股流向吸杂口,促使杂质迅速沉降。
- (2) 上主排杂区主要排除一些质量较大的杂质,微小杂质容易在此区域被回流进分梳辊分梳腔。
- (3) 下主排杂区为强气流区,气流强度大且流动复杂,要避免杂质在此处排出,并防止杂质被回收进分梳辊分梳腔。
- (4) 转杯出口压力和分梳辊转速对排杂区气流场几乎没有影响,但增大分梳辊转速有利于增大杂质的离心惯性力,提高排杂力度。
- (5) 吸杂口压力值设在 $-100\sim-500\text{ Pa}$ 之间比较有利于杂质排除。吸杂口负压过大,杂质容易在上主排杂区被回收。

参 考 文 献

- [1] 张百祥. 转杯纺排杂问题的讨论[C]// 2005年全国现代纺纱技术研讨会论文集. 2005: 337-342.
- [2] 朱长惠,姜余庆,胡巧云. 转杯纺纱的质量管理(一):自排风式转杯纺纱机常见纱疵及分析[J]. 棉纺织技术, 1996, 24(9): 572-575.
- [3] 吴勤霞,杨红重. 转杯纺成纱断头分析及对策[J]. 上海纺织科技, 2007, 35(8): 39-42.
- [4] 徐惠君. 转杯纺纱发展战略的探讨[J]. 纺织导报, 2013(7): 32-37.
- [5] 朱文华,孙湘才. 气流纺纱器流场与排杂性能的研究[J]. 纺

- 织学报, 1986, 7(12): 709-712.
- [6] 郝全兰. 抽气式转杯纺纱机排杂的研究[J]. 天津纺织工学院学报, 1994, 13(4): 94-98.
- [7] 肖丰, 尚亚力. 新型纺纱与花式纱线[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2008: 17.
- [8] LIN H T, ZENG Y C, WANG J. Computational simulation of air flow in the rotor spinning unit [J]. Textile Research Journal, 2015, 86(2): 115-126.
- [9] KONG L X, PLATFOOT R A. Two-dimensional simulation of air flow in the transfer channel of open-end rotor spinning machines [J]. Textile Research Journal, 1996, 66(10): 641-650.
- [10] 张奇, 汪军, 曾泳春. 转杯纺杯内气流流动的二维数值模拟[J]. 纺织学报, 2013, 34(2): 51-54.
- [11] HAIDER A, LEVENSPIEL O. Drag coefficient and terminal velocity of spherical and nonspherical particles [J]. Powder Technology, 1989, 58(1): 63-70.

(责任编辑: 徐惠华)

(上接第 44 页)

- [11] JIANG Q, REDDY N, ZHANG S, et al. Water-stable electrospun collagen fibers from a non-toxic solvent and crosslinking system [J]. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2013, 101A(5): 1237-1247.
- [12] 汪海波, 梁艳萍, 李云雁, 等. 交联方法对草鱼皮胶原蛋白海绵性能的影响[J]. 水产学报, 2013, 37(1): 132-140.

(责任编辑: 徐惠华)