

# 岩棉生产成丝室内气固两相流动分析

高理想<sup>1</sup> 袁竹林<sup>1</sup> 刘春<sup>2</sup>

(1. 东南大学 能源与环境学院 江苏 南京 210096; 2. 中材科技南京玻璃纤维研究设计院 江苏 南京 210012)

**摘要:**为了解决现有岩棉生产成丝室运行中所存在的集棉鼓集棉均匀度不理想以及废品率较高这两个主要问题,本研究利用数值模拟方法对成丝室内气固两相流场展开研究,分别采用欧拉方法和拉格朗日方法描述气相场和颗粒相岩棉纤维的运动,建立并求解成丝室内气固两相流的数学模型,获得不同工作条件下的集棉均匀度及废品率。研究表明:随着吹离风导流翅片角度逐渐增加,各辊出口后吹离风气流相互干扰的程度也随之增加,这将导致废品率的提高,但是需要通过设置合理角度的翅片来保证集棉鼓集棉的均匀度,所以这种扰动不可避免;下诱导风风量占成丝室所有风量的49.2%,成丝室后半段下诱导风的风速和风量对废品率有显著影响。

**关键词:**气固两相流;流场优化;数值模拟;岩棉生产成丝室

中图分类号:TK125 文献标识码:A

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlge.2016.03.005

## 引言

岩棉生产以玄武岩为主原料,白云石、矿渣为辅料,焦炭为燃料。经筛分后合格原料按配比自动称量后,投入冲天炉内充分熔化并较好地均化,熔体由冲天炉虹吸口流出,经活动流槽被导入离心机,气流将熔体牵伸成纤维并将纤维吹送至集棉鼓,形成棉层。自离心机出口到集棉鼓的区域称为成丝室。若成丝室内的流场不均匀会导致集棉鼓集棉的厚度不均匀,不合理的流场也会产生较高的废品率,可见,成丝室的流场极大的影响岩棉生产品质与生产效率,所以研究成丝室的流场情况对于优化岩棉生产来说是非常必要的<sup>[1-2]</sup>。

通过分析国内外的研究可以发现<sup>[3-9]</sup>,现有的研究工作大都集中于生产工艺、装备性能的讨论以及提出数学模型,对于成丝室内存在的两个主要问

题:集棉鼓集棉的均匀度不理想以及废品率较高,缺少解决方案。由于成丝室内流动复杂、温度较高等原因,很难直接进行观察测试。

本研究基于流体力学、多相流动等相关理论,按照1:1的比例建立成丝室内气固两相流模型,分别采用欧拉方法和拉格朗日方法描述气相场和颗粒相岩棉纤维的运动,利用计算机对数学模型进行分析求解,以获得不同工作条件下集棉均匀度、废品率的详细信息,并能显示岩棉纤维在成丝室内的运动状态,进而探究影响集棉均匀度及废品率的因素,对生产加工企业具有重大指导意义。

## 1 成丝室内流场模型

### 1.1 物理模型

成丝室结构如图1所示,离心机由高速运转的离心辊和环绕离心辊外的风环组成。一辊外无风环,二辊风环上排列23个翅片,三辊风环上排列40个翅片,四辊风环上排列50个翅片,翅片与辊的轴线成35°度,如图2所示。吹离风经过一定角度的离心机翅片进入成丝室,吹离风系统模型如图3所示,诱导风由成丝室前墙进入成丝室。流入离心机的高温熔体在离心辊的离心力和高速吹离风气流的共同作用下牵伸成纤维,在吹离风和诱导风的共同作用下纤维飞向集棉机,并被集棉鼓后的负压风机吸附到高速运行的集棉鼓上,形成棉层。诱导风和吹离风通过成丝室后由负压风机一同抽出,即所谓的负压风。从离心机出口至集棉鼓的区域称为成丝室。

### 1.2 连续相数学模型

为了观察和统计整个成丝室空间内的流场情况,将空气视为连续相,采用欧拉法对其进行描述。

收稿日期:2015-01-30; 修订日期:2015-03-14

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51390492)

作者简介:高理想(1989-),男,江苏盐城人,东南大学硕士研究生。

岩棉纤维作为离散颗粒, 在空间中的体积份额低于 5%, 因此作为稀相, 忽略其对空气的作用力。不可压缩空气流场的连续性控制方程为:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

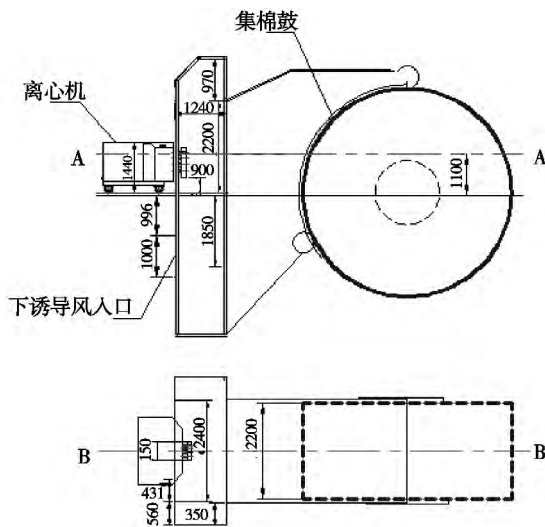


图 1 成丝室结构图

Fig. 1 Chart showing the structure of the rock wool fiber formation room

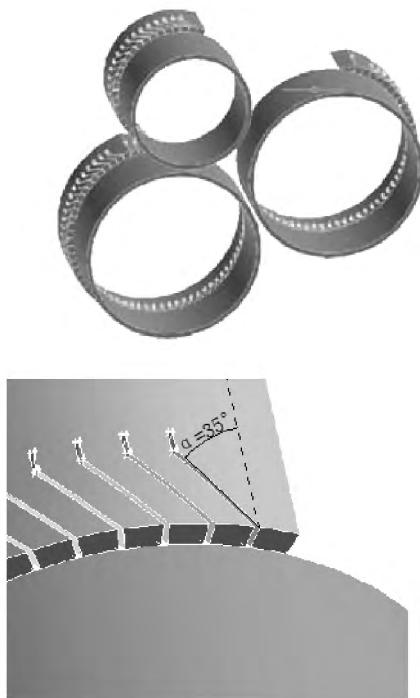


图 2 35°翅片

Fig. 2 Fins having an angle of 35°

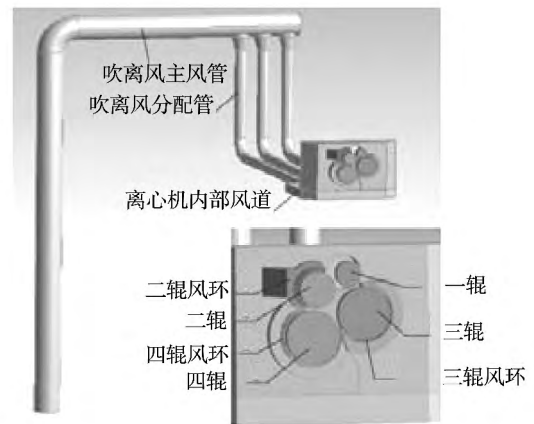


图 3 吹离风系统模型

Fig. 3 Model for blowing-away air systems

式中:  $\rho$ —密度  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $u_i$ — $x_i$  方向的速度  $\text{m}/\text{s}$ 。

动量守恒控制方程为:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i \quad (2)$$

式中:  $t$ —时间,  $\text{s}$ ;  $p$ —静压,  $\text{Pa}$ ;  $\tau_{ij}$ —应力张量,  $\text{N}/\text{m}^2$ ;  $\rho g_i$ — $i$  方向上的重力体积力,  $\text{N}/\text{m}^3$ 。

采用标准  $k-e$  湍流模型来模拟成丝室内空气湍流运动, 该湍流模型将雷诺应力表示成湍流黏性系数的函数, 适用于弱各向异性的湍流充分发展区域, 具有简单但计算精度高的特点。

### 1.3 描述离散纤维运动的数学模型

为了获得在计算过程中每一个岩棉纤维的运动轨迹并储存最后所在的区域, 便于获得本研究所需的集棉均匀度、废品率等信息, 在描述岩棉纤维的运动上使用拉格朗日方法。

岩棉纤维的运动方程为:

$$m_p \frac{du_p}{dt} = F_D + F_g \quad (3)$$

式中:  $m_p$ —岩棉纤维的质量,  $\text{kg}$ ;  $u_p$ —岩棉纤维的速度,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $F_D$ —岩棉纤维所受曳力,  $\text{N}$ ;  $F_g$ —岩棉纤维所受重力,  $\text{N}$ 。其中:

$$F_D = \frac{18\mu C_D R_e}{\rho_p d_p^2} \cdot 24 \quad (4)$$

式中:  $\mu$ —气流速度,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $\rho_p$ —岩棉纤维密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $d_p$ —岩棉纤维投影直径,  $\text{m}$ ;  $C_D$ —曳力系数;  $R_e$ —颗粒雷诺数。

$$R_e = \frac{\rho d_p |u_p - u|}{\mu} \quad (5)$$

式中:  $\rho$ —气体密度  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $\mu$ —动力粘度  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

由于岩棉纤维平均粒径较大,所以可忽略主要对微小颗粒产生作用的萨夫曼升力等作用力。在岩棉纤维的运动计算中,只考虑曳力和重力作用。岩棉纤维是丝状颗粒,将岩棉纤维的投影直径作为  $d_p$  将其简化作球状颗粒。

### 1.4 数学模型的求解

数学模型求解的具体做法是:将岩棉纤维作为离散的丝状颗粒,单相耦合气相场数据,读取其所在的当地气相数据,求解每个纤维的受力情况,获得其加速度、速度与位置等信息,并获得下一时刻各纤维的参数信息,再结合流场数据,从而追踪各个纤维的位置,由各个时刻的位置可以得到纤维在成丝室内的运动轨迹。如图 4 所示,可以将每个时步纤维的位置以图片形式进行直观的观测。

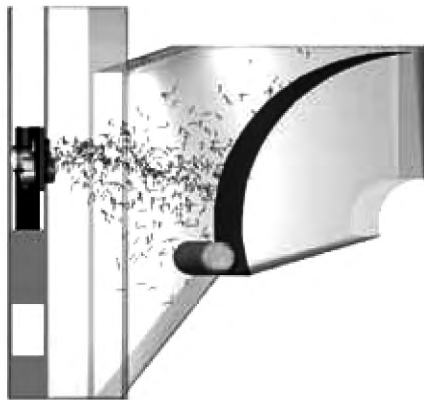


图 4 某一时刻岩棉纤维在成丝室内的位置  
Fig. 4 Location of a rock wool fiber in the fiber formation room at a moment

## 2 数值模拟结果及分析

### 2.1 计算条件

成丝室主要运行参数:采用风速风量仪测得吹离风主管平均风速为  $16.985 \text{ m/s}$  四辊转速:一辊  $-66.7 \text{ r/s}$ 、二辊  $91.7 \text{ r/s}$ 、三辊  $-110 \text{ r/s}$ 、四辊  $115 \text{ r/s}$  (正负号由右手定则确定)。成丝室主要尺寸如图 1 所示,下诱导风进口位于离心机下端下方  $995 \text{ mm}$  处,尺寸为  $3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 。图中 A-A, B-B 是结果分析所需截面。

### 2.2 风量统计

进入成丝室内的气流由吹离风和诱导风组成,计算结果显示,吹离风占成丝室内总风量的  $5.76\%$ ,诱导风占成丝室内总风量的  $94.24\%$ 。各类风的流量和所占百分比如表 1 所示。

表 1 成丝室内各类风的流量和所占流量百分比  
Tab. 1 Various air flow rates in the rock wool fiber formation room and their percentages

	吹离风	下诱导风	上诱导风	左右诱导风	副压风
流量 $/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3.31	28.29	12.23	13.67	57.50
百分比 $/\%$	5.76	49.20	21.27	23.77	100

### 2.3 吹离风翅片角度对废品率和集棉均匀度的影响

吹离风经过离心机辊头翅片后进入到成丝室内,辊头翅片对废品率和集棉鼓收集的均匀度都有影响:废品率方面,若翅片角度设置不合理会产生各辊前的空气流向发生严重的相互干涉,而这种气流间的相互干涉将会导致岩棉纤维相互缠绕附着,形成较大的棉团,最终落入位于成丝室下方的废弃区域内,使废品率提高;均匀度方面,随着翅片角度的不同,岩棉纤维在成丝室内初速度的方向不同,这很大程度上决定了岩棉纤维在到达集棉鼓时的均匀度,若角度不够分散,则集棉鼓中间部分收集到较多的岩棉纤维,而边缘则只能收集到很少部分的岩棉纤维,反之角度过于分散则集棉鼓边缘收集到大部分的岩棉纤维,而中间部分却只能收集很少一部分。

离心机各辊头吹离风的风速风向、扩散及衰减程度不易量化,翅片角度与吹离风的风速风向关系也难以明确量化。为此,选取 5 组不同翅片角度的情况进行对比分析,5 组翅片角度分别为  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $35^\circ$  以及通过优化设计出的复合角度,将 5 组不同翅片角度的工况命名对应 A1 ~ A5。复合角度翅片结构简图及各翅片角度如图 5 所示。

#### 2.3.1 废品率

不同角度的翅片对吹离风的影响可以通过比较翅片后吹离风的差异来得到,图 6 是吹离风通过翅片后的速度矢量图。

由图 6 可知,各辊的吹离风在通过翅片后的瞬间就产生了与该辊轮旋转方向相同的偏转,这是由于辊轮的高速旋转必然对其周围的空气层产生影

响,在粘性的作用下辊轮周围的空气也会随其同向旋转,正是旋转运动的辊面周围空气层的作用下形成了吹离风与辊轮同向偏转的结果,这一点与实际情况也是相吻合的。

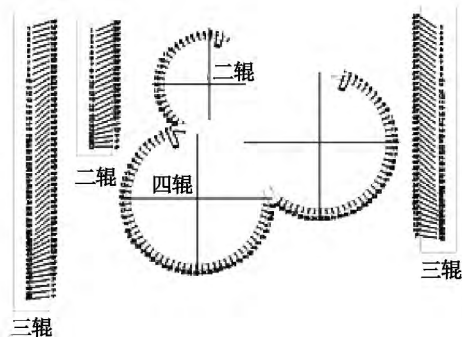


图 5 复合角度翅片

Fig. 5 Fins having complex angles

从图 6 中还可以看出 A1 工况中,1 辊后的空气流动方向基本没有发生干涉,而二、三、四辊后的空气流动方向则发生了并不十分严重的干涉,在 A2 工况中,二、三、四辊后的干涉进一步加强,随着翅片角度的不断增大,这种干涉的情况更加严重,在 A3 工况中,甚至连 1 辊后的空气流向都发生了严重的干涉现象,即使在 A5 工况中,三、四辊后的空气也发生了干涉现象。而这些干涉将会导致岩棉纤维在飞向集棉鼓的过程中相互缠绕附着,形成较大的棉团,最终落入位于成丝室下方的废弃区域内,使成丝室的废品率上升。但由于需要设置一定角度的翅片来保证集棉鼓集棉的均匀度,所以这种干涉不可避免。5 种工况下的废品率分别为 13.2%、14.3%、15.1%、16.5% 和 12.8%。

2.3.2 集棉均匀度

图 7 是 5 组模型在 A-A 截面的速度云图(图 中最右侧是集棉鼓所在位置),由图中可以看出,吹离风在到达集棉鼓时,A1、A2、A3 工况中,较高风速集中在中间区域,两侧边缘风速较低,会导致中间区域收集到的岩棉纤维较多;A4 工况中,由于吹离风出口角度过大,在出口区域,较高风速就发生偏离,又由于在达到集棉鼓时几乎没有明显的高速区域,所以与前 3 个工况相比,集棉鼓上收集到较多岩棉纤维的位置也会发生偏离;A5 工况中,虽然在吹离风出口处高速区域比较集中,但在流向集棉鼓的过

程中,风速逐渐在各个区域扩散均匀,有利于集棉鼓集棉的均匀。

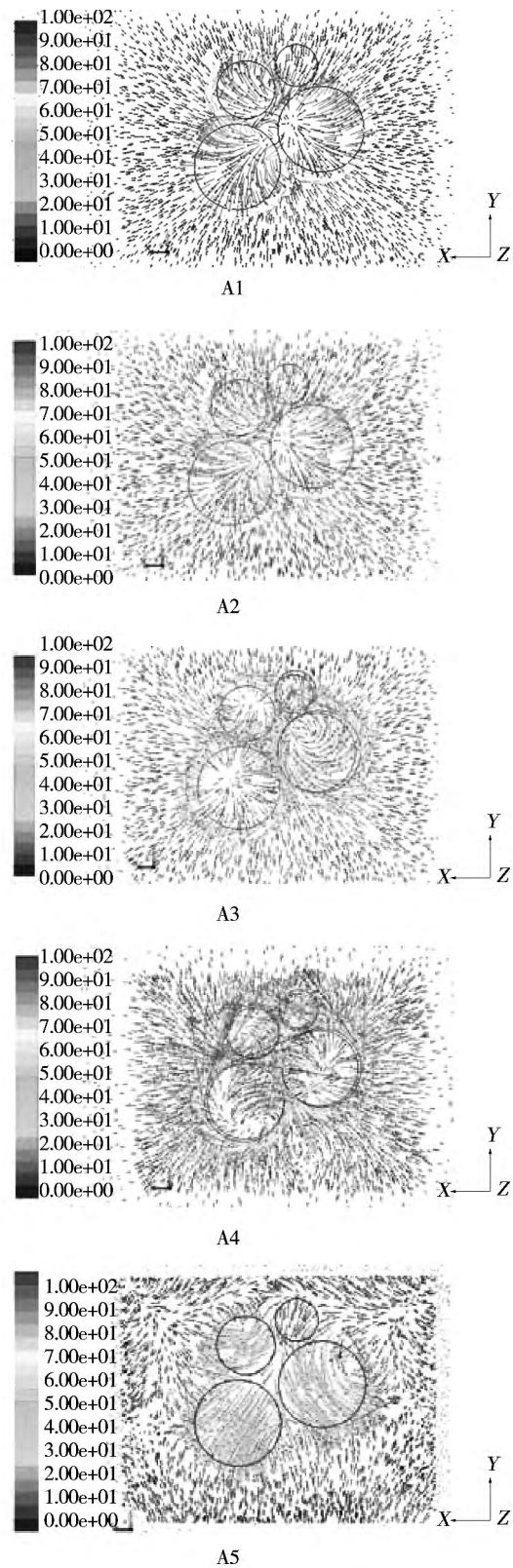


图 6 风环出口面速度矢量图

Fig. 6 Chart showing the velocity vectors at the outlet of the air ring

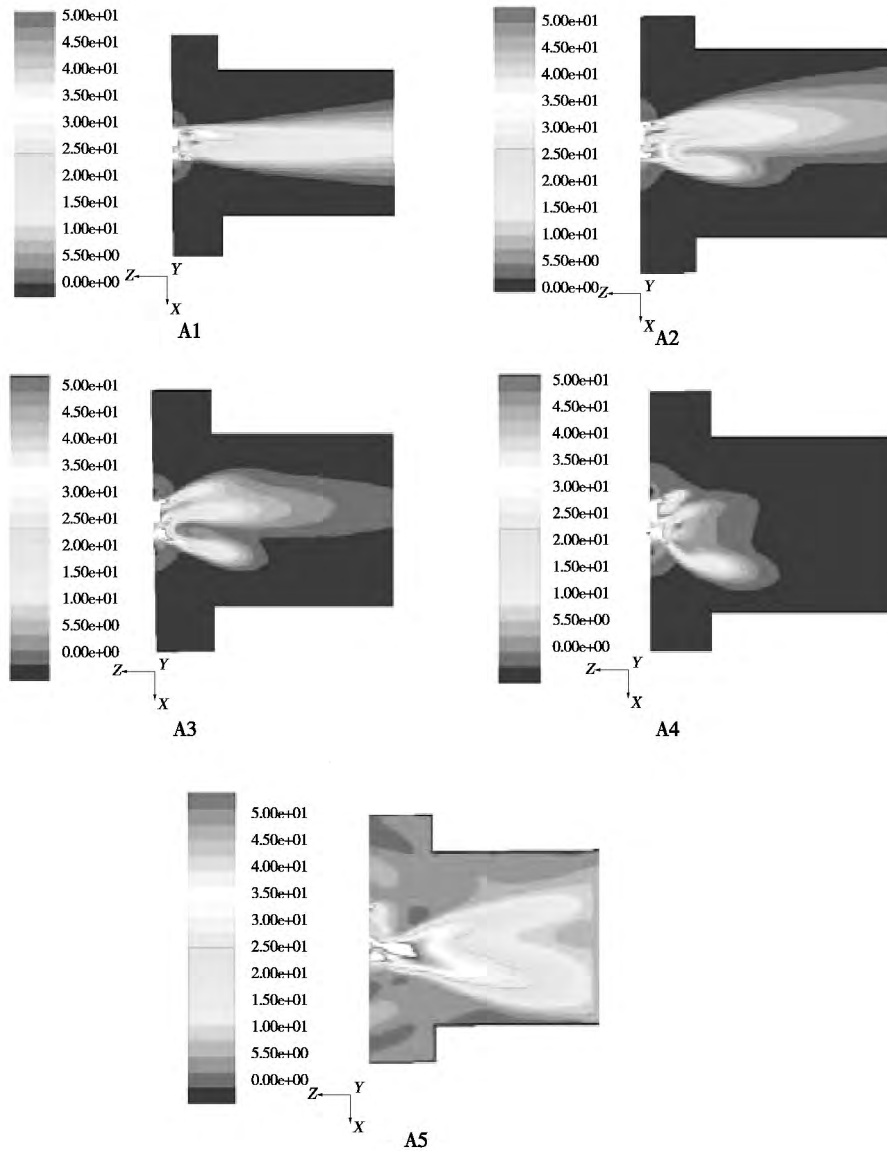


图 7 A - A 截面速度云图

Fig. 7 Contours of the velocity in the A - A cross section

为了分析集棉鼓上岩棉层厚度的均匀性,在数值模拟过程中沿宽度方向将集棉鼓周向表面分为 5 个区,通过统计各区所收集的岩棉纤维数量,得到集棉鼓表面岩棉厚度,并以百分比表示。图 8 是 5 组模型各区域的集棉百分比,从图中可以看到,A1、A2、A3 工况中岩棉纤维大多分布在集棉鼓的中间区域,而两侧区域较少,A4 工况中的岩棉纤维与前 3 组有所不同,大部分集中在 3、4、5 号区域,复合角度模型的均匀度要好于其他各组。这与上述对 A - A 截面速度云图的分析是一致的。可见,合理设置翅片角度可以优化成丝室内流场,改善集棉均匀度。

#### 2.4 诱导风对废品率的影响

成丝室内流场的组成除了吹离风外,还有一股重要的气流是诱导风,诱导风占成丝室内总风量的 90% 以上,对成丝室内气流分布有着重要影响。由于诱导风进口位置对于集棉鼓中间对称,所以对集棉均匀度影响不大,主要研究其对废品率的影响。上诱导风和左右诱导风进风口都在离心机附近,其位置与尺寸受离心机制约,不易调整,而下诱导风进风口位置较为独立,可以灵活调整,而且下诱导风占成丝室总风量的 49.2%,故选取下诱导风为研究对象,研究其对成丝室流场的影响。

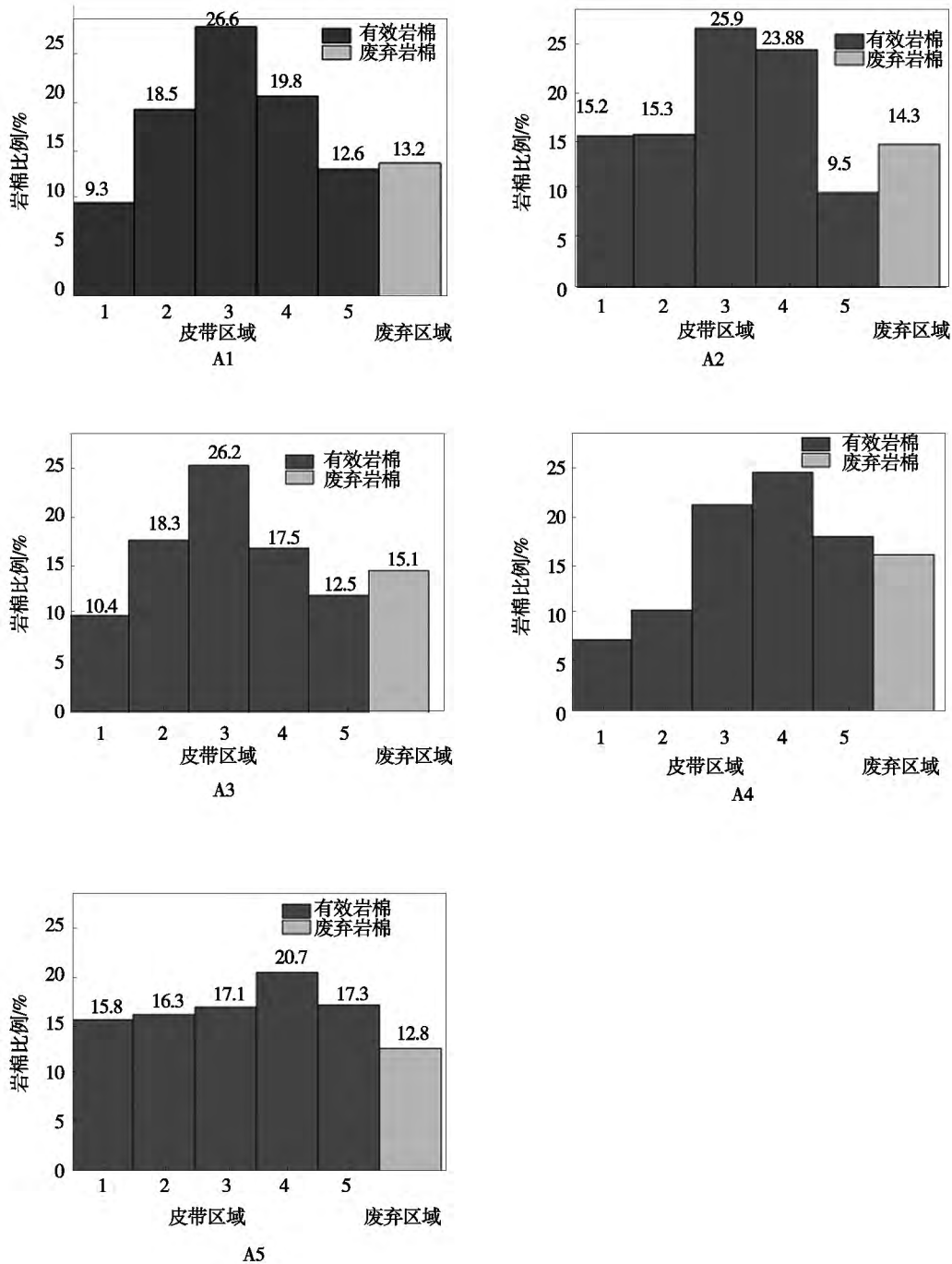


图 8 集棉百分比

Fig. 8 Rock wool collection percentage

目前,下诱导风进口位于离心机下端下方 995 mm 处,尺寸为 3 m × 1 m,为了对比不同的诱导风进口尺寸对成丝室流场的影响,将下诱导风进口尺寸改为 4 m × 1.79 m,与原尺寸进行对比,将两种不同入口尺寸的工况分别命名为 B1(进口尺寸 3 m × 1 m)和 B2(进口尺寸 4 m × 1.79 m)。两个工况

的翅片角度均采用上述复合角度。

由算得的气相场数据,单相耦合颗粒相的计算结果显示,B1 工况废品率为 12.8%,B2 工况废品率为 9.6%,B2 的废品率低于 B1。B1 工况成丝室内各类风的比例如表 1 所示,表 2 是 B2 工况成丝室内各类风的比例,B2 工况下诱导风入口流量 34.29

$m^3/s$  ,大于 B1 工况的  $28.29 m^3/s$  ,但由于进口尺寸的不同 ,B2 工况下诱导风入口平均流速为  $4.79 m/s$  ,远小于 B1 工况的  $9.43 m/s$  ,从图 9 成丝室内 B - B 截面流线图也可看出这个明显的区别 ,图 9 中的黑色区域是集棉鼓。

表 2 B2 工况成丝室内各类风的流量和所占流量百分比

Tab.2 Various air flow rates in the rock wool fiber formation room under the B2 operating condition and their percentages

	吹离风	下诱导风	上诱导风	左右诱导风	副压风
流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	3.31	34.29	8.81	8.08	54.49
百分比/%	6.07	62.93	16.17	14.83	100

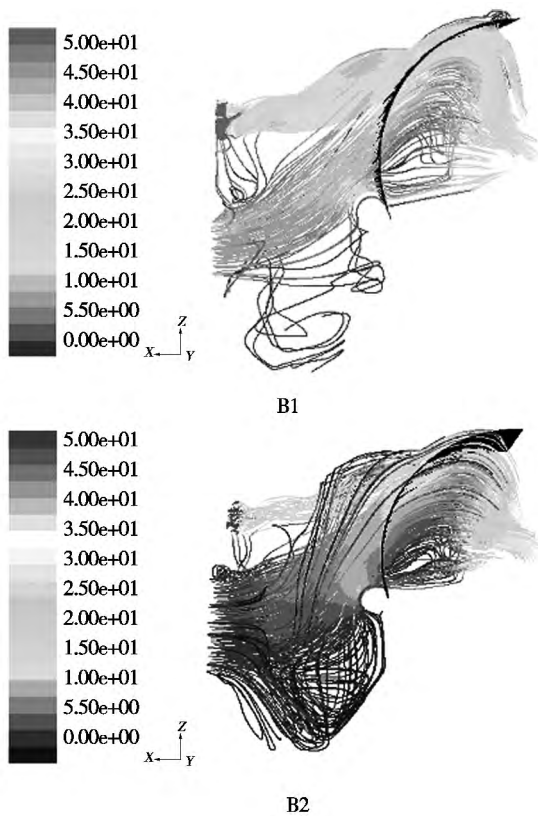


图 9 成丝室内 B - B 截面流线图

Fig.9 Chart showing the streamlines in the B - B cross section of the rock wool fiber formation room

图 10 是颗粒相岩棉纤维在成丝室内流动的过程 ,由图中可见岩棉纤维在通过成丝室前半部分时 ,由于重力作用使得岩棉纤维下落的效果并不明显 ,这是由于吹离风进入成丝室后流速较高 ,使得岩棉纤维在成丝室前半部分有较高的速度。而在接近集

棉鼓的成丝室后半部分 ,会有部分岩棉纤维在重力的作用下逐渐落入到废弃区域中 ,对照图 9 可以发现 ,虽然 B2 工况下诱导风入口处平均流速较低 ,但在接近集棉鼓的区域 ,由于集棉鼓后负压风机的抽吸作用 ,下诱导风的风速得到了大幅的提高 ,几乎与 B1 工况中的速度相当 ,而 B1 工况中由于下诱导风入口处平均流速较高 ,在成丝室后半部分下诱导风并没有一个明显的加速。在岩棉纤维比较容易落入废弃区域的后半部分 ,B2 工况的下诱导风风速与 B1 工况相当 ,而风量大于 B1 工况 ,可以将更多的可能落入废弃区域的岩棉纤维带回到集棉鼓上 ,这就是 B2 工况下诱导风入口平均流速远小于 B1 工况 ,但废品率却低于 B1 工况的原因。由此可见 ,真正对废品率有决定性作用的是靠近集棉鼓的成丝室后半段下诱导风的风速和风量。

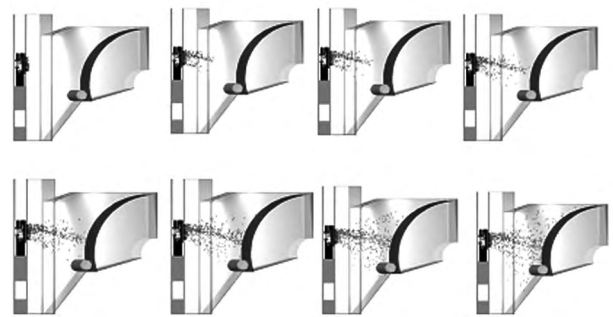


图 10 岩棉纤维在成丝室内流动过程

Fig.10 Rock wool fiber flow process in rock wool fiber formation room

### 3 结 论

(1) 离心机翅片角度对集棉均匀度和废品率都有影响 ,随着导流翅片角度逐渐增加 ,会加剧二、三、四辊出口后气流相互干扰的程度 ,角度达到  $35^\circ$  时甚至一辊后的气流也产生了相互干扰的现象 ,这会提高废品率 ,但是需要通过设置翅片来保证集棉鼓集棉的均匀度 ,所以这种扰动不可避免。

(2) 通过比较不同角度翅片对成丝室内流场的影响可以设计合理的翅片角度 ,获得理想的集棉均匀度。

(3) 下诱导风量占成丝室所有风量较大的比例 ,不同的下诱导风入口尺寸也会对成丝室内流场

产生重大的影响,随着下诱导风入口尺寸的增大,下诱导风进风量增加,但平均流速降低。

(4) 下诱导风在成丝室后半段受负压风机的作用,会产生加速,经加速后下诱导风的风速和风量对废品率有决定性作用。

参考文献:

[1] 吴应国,李楠,肖太宝,等.高炉热渣生产矿岩棉生产工艺浅析[J].科技与企业,2014,22:192.  
WU Ying-guo, LI Nan, XIAO Tai-bao, et al. Exploratory analysis of the rock wool production process by using the heat melt slag from blast furnaces [J]. Science, Technology and Enterprise, 2014, 22: 192.

[2] 王晓磊.降低岩棉生产能耗技术的研究[J].节能,2013,10:11-16.  
WANG Xiao-lei. Study of the rock wool production energy consumption reduction technology [J]. Energy Conservation, 2013, 10: 11 - 16.

[3] 鲁欣科.新型集棉机在岩棉生产中的应用[J].江苏建材,2013,03:10-12.  
LU Xin-ke. Applications of novel rock wool collectors in rock wool production [J]. Jiangsu Building Materials 2013 03: 10 - 12.

[4] 蒋伟忠,王哲民.年产5000吨摆锤法岩棉生产线简介[J].中国建材装备,1997,04:12-14.  
JIANG Wei-zhong, WANG Zhe-ming. Brief introduction to a pendulum method-based rock wool production line with an annual production capacity of 5000 tons [J]. China Building Material Equipment, 1997 04: 12 - 14.

[5] 陈春滋,朱未禺,刘志恒.年产3万吨岩棉生产线的核心装备及性能研究[C].中国绝热节能材料协会.中国绝热节能材料协

会第六次会员代表大会暨六届一次理事会会议论文集,中国绝热节能材料协会,2012.

CHEN Chun-zi, ZHU Wei-yu, LIU Zhi-heng. Core equipment items for a 30000-ton annual production capacity rock wool production line and study of its performance [C]. China Thermal Insulation and Energy Conservation Material Association: Proceedings of the sixth member congress of China Thermal Insulation and Energy Conservation Material Association, i. e. the First Plenary of the Sixth Council 2012.

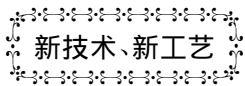
[6] 张文俊.岩棉生产线离心机中心喷胶技术的改进[J].新型建筑材料,2004,11:44-45.  
ZHANG Wen-jun. Improvement of the central glue spraying technology for rock wool production lines by using a centrifuge [J]. New Type Building Materials 2004, 11: 44 - 45.

[7] 周克冲,刘春. Fluent 软件在岩棉工艺中的应用[C].中国绝热节能材料协会.2013年·中国绝热节能材料协会年会会议.中国绝热节能材料协会:2013.  
ZHOU Ke-chong, LIU Chun. Applications of the software Fluent in rock wool production processes [C]. China Thermal Insulation and Energy Conservation Material Association: 2013 Annual Meeting of China Thermal Insulation and Energy Conservation Material Association: 2013.

[8] BOGDAN BLAGOJEVIC, BRANE ŠIROK, BRANE ŠTREMFEJLJ\*, et al. Simulation of the effect of melt composition on mineral wool fibre thickness [J]. Ceramics-Silikáty, 2004, 48 (3): 128 - 134.

[9] BOGDAN BLAGOJEVIC, B. Sirok, M. Hocevar. Monitoring and Control of Quality of the Primary Layer of Mineral Wool on a Disc Spinning Machine [J]. Instrumentation Science & Technology, 2003, 31(1): 63 - 75.

(姜雪梅 编辑)



### GE 将向中国供应 3 台 6F.01 燃气轮机

据《Diesel & Gas Turbine Worldwide》2015 年 1~2 月刊报道,GE 将向 NTC(南京汽轮机电机集团公司)供应 3 台 6F.01 燃气轮机,用于在中国广西省的 HPI(华能电力公司)新的桂林世界游乐园的分布式电力项目。

#### 6FA 燃气轮机简单循环技术规范 and 额定性能:

推出年份	ISO 基本负荷额 定功率/kW	热耗率 /kJ · ( kWh ) <sup>-1</sup>	效率 /%	压比	流量 /kg · s <sup>-1</sup>	涡轮转速 /r · min <sup>-1</sup>	排气温度 /°C	大约的重量 /kg	大约的尺寸 L × W × H(长 × 宽 × 高) /m
2003	77 577	10 100	35.6	15.7	212.7	5 231	597	362 880	295 × 20.1 × 10.4

(吉桂明 摘译)



search Institute ,Beijing ,China ,Post Code: 100095) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 ,31(3) . -24 -29

The simulation ,calculation and analysis on the performances of heat power hybrid driven heat Pump cycle were made after hot compression and then mechanical compression. Under the precondition of the same energy input ,the paper compared the compression heat pump and absorption heat pump in parallel loop to the heat power hybrid driven heat pump cycle. The result showed under the basic operating conditions ,the performance coefficient ,exergy efficiency and heat driving coefficient of the heat power hybrid heat pump can be respectively improved by 10.15% , 12.24% and 16.59% . Taking the heating temperature ,heating capacity ,performance coefficient ,heat driving coefficient ,exergy efficiency as the evaluation indexes ,the paper also performed the sensitivity analysis on the influence of some key parameters including the pressure ratio  $\varepsilon$  and the concentration of lithium bromide dilute solution X on the heat pump cycle performance. The study indicated it would be advisable to take pressure ratio  $\varepsilon$  as 1.3 and lithium bromide dilute solution X as 0.622 with synthesization of such factors as energy consumption distribution and energy utilization rate of hot compression and mechanical compression. **Key words:** heat power hybrid driven , hybrid heat Pump cycle ,thermodynamic performance ,pressure ratio ,working medium concentration

岩棉生产成丝室室内气固两相流动的分析 = **Analysis on Gas-solid Two-phase Flow in the Rock Wool Made Room** [刊 ,汉] GAO Li-xiang ,YUAN Zhu-lin ( School of Energy and Environment ,Southeast University ,Nanjing , Jiangsu Province ,China ,Post Code: 210096) ,LIU Chun ( Sinoma Science & Technology Co. ,Ltd. Nanjing Fiberglass Research & Design Institute ,Nanjing ,Jiangsu Province ,China ,Post Code: 210012) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 ,31(3) . -30 -37

During the operation of the rock wool made room ,the problems of non-ideal evenness and high rejection rate of collected rock wool may occur. In order to solve the problems ,the numerical simulation method was used in this paper for the study on the gas-solid two-phase flow field in the rock wool made room. The paper adopted separately the Euler and Lagrange methods to describe the rock cotton fiber movement of the gas phase and that of the particle phase ,established and solved the mathematical model of gas-solid two-phase flow ,and obtained the ideal evenness and rejection rate of the collected rock wool under the different operating conditions. The study results show that with the gradual increase of the blow off airflow guide fin angle ,the degree of the mutual interference of blow off airflow behind the roller outlet will enhance accordingly ,which results in the increase of the rejection rate. But the in-

terference is inevitable because it is necessary to set the fin with the reasonable angle to ensure the ideal evenness of collected rock wool. The lower induced air volume accounts for 49.2% of all the air volume in the rock wool made room, so the air velocity and air volume of the lower induced airflow in the second half section of the rock wool made room have a significant influence on the rejection rate. **Key words:** gas-solid two-phase flow, flow field optimization, numerical simulation, rock wool made room

水平强化管管外工质 R407C 降膜蒸发换热特性的实验研究 = **Experimental Study on the Falling Film Evaporation Heat Transfer Performance of Working Medium R407C outside the Horizontal Enhanced Tube** [刊], 汉]YOUYANG Xin-ping, QIU Ruo-wen, BAO Lin-lin (Institute of Refrigeration and Cryogenics Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(3). -38-43

By setting up a falling film evaporation experiment table, an experimental study was carried out in order to investigate the falling film evaporation heat transfer performance outside a single horizontal enhanced tube. The outer diameter of the enhanced tube is 19mm and its effective length is 2 500 mm. A new-model liquid distributor was used in the experiment with the trickle manner for the liquid arrangement. R407C was used as falling film evaporation working medium outside the tube to exchange heat with hot water inside the tube. Experiments were performed respectively under the conditions of various flow velocity inside the evaporation tube (1, 1.5, 2, 2.5, 3 m/s), of various spray rate (0.08 ~ 0.16 kg/(m · s)), of various evaporation temperature (2.5 ~ 16 °C), and of various heat-flux density (15 ~ 40 kW/m<sup>2</sup>). The falling film evaporation performances of R407C outside the tube were obtained. With the increase of heat-flux density, the heat transfer coefficient was increasing. With the increase of spray rate, the heat transfer coefficient increased firstly and then decreased and the falling film evaporation corresponded to an optimum spray rate. With the increase of evaporation temperature, the heat transfer coefficient was increasing. In addition, the principle of heat transfer enhancement was analyzed in this paper. **Key words:** enhanced tube, falling film evaporation, heat transfer enhancement, liquid distributor

以生物质气为燃料的微型燃气轮机运行特性分析 = **Analysis on Operating Characteristics of Biogas-fired Micro Gas Turbine** [刊], 汉]ZHANG Qian-qian, BO Ze-min, SANG Zhen-kun, WENG Yi-wu (Key Laboratory of Ministry of Education on Power Machinery and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China, Post Code: 200240) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(3). -44-49