

摩擦纺机输棉管道内流场分布对成纱质量影响

陆再生 肖丽华 赵书林

(天津纺织工学院)

【摘要】 本文用三孔探针针对摩擦纺输棉管道的流场进行测定，以矢量形式展现出气流运动状态，揭示了流场的分布规律。指出涡流场的存在是影响成纱结构和质量的主要因素，递增的气流速度分布有利提高成纱质量。输棉管道的形状不同，流场分布亦不同。本文中提出的较为合理的输棉管道可为今后深入研究提供参考。

一、实验方案和管道的流场测试方法

本实验在 DREF-III 型摩擦纺纱机上进行。设计制作了五种规格的输棉管道，测定了每个管道内的气流速度和方向，并将各个管道上机纺纱进行成纱质量检验和结构分析。

管道内的流场分布测试方法：

在管道上平行地纵向和横向钻直径为 3.5 毫米，眼距为 8 毫米的小孔，横向称排以 I、II…III 表示，纵向称列以 ①、②…表示。将三孔探针垂直插入孔内，记下各个孔的测压值按以下公式^[1]算出所测处的气流速度 V 及其方向角 β。

$$\beta = \text{tg}^{-1} \frac{(P_3 - P_1) / 2}{[2P_2 - (P_1 + P_3)]}$$

$$V = \sqrt{(P_3 - P_1) / 2\rho \sin 2\beta}$$

式中：P₁、P₂、P₃ 为三个孔的测压值；ρ 为空气密度。

二、实验结果

1. 管道内气流速度及流向

根据测定结果绘制了管道内气流流动

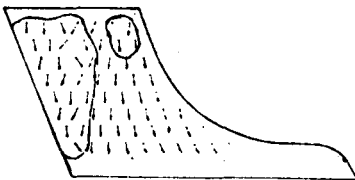


图 1 1° 输棉管道流场分布图
Fig. 1 The distribution of flow field in No. 1 fibre transmission duct

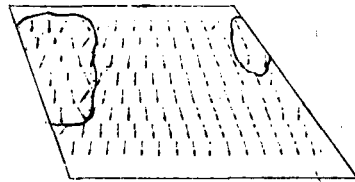


图 2 2° 输棉管道流场分布图
Fig. 2 The distribution of flow field in No. 2 fibre transmission duct

速度大小及方向见图 1~5，图中矢量长度表示速度的大小，比例为 3 米/秒/毫米，管道高 84 毫米，入口宽 20 毫米，出口宽 4 毫米。

由图 1~5 可知，输棉管道内的流场由两部分构成：一部分是主流场，其气流是顺着管道入口到出口方向运动，保持着向下的流动；

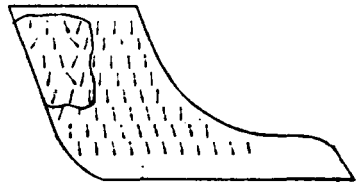


图 3 3° 输棉管道流场分布图

Fig. 3 The distribution of flow field in No. 3 fibre transmission duct

另一部分是涡流场，在图中是曲线包围区域，在此区域的气流运动很不稳定，影响着成纱质量。为表示涡流场的作用程度，提出涡流场范围和涡流程度的乘积为涡流场指标的概念，涡

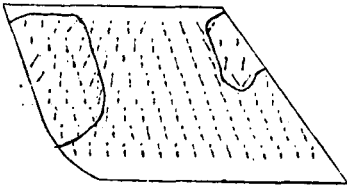


图 4 4*输棉管道场分布图
Fig. 4 The distribution of flow field in №. 4 fibre transmission duct

流场范围指涡流区域内所含的测点个数；涡流场强度指涡流场内所有测点中，向上测点之和与向下测点之和的比值。输棉管形状不同，涡流场的指标

也不同。涡流场指标越大，管道内气流运动越紊乱，且涉及面积大，对纤维运动和成纱质量不利。五种管道的涡流场范围，涡流场强度和涡流场指标见表 1。

2. 管道内主流场气流速度分布

为了清楚地表达气流速度分布，将每列测点的速度绘成图 6~10 的速度分布曲线。

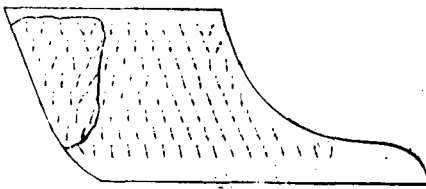


图 5 5*输棉管道流场分布图
Fig. 5 The distribution of flow field in №. 5 fibre transmission duct

表 1 五种管道的涡流场范围、强度和指标
Table 1 The region of unsteady field, intensity and index of five kind fibre transmission ducts

管道编号	1*	2*	3*	4*	5*
涡流场范围	左侧 23 右侧 4	19 4	26 0	25 7	17 0
涡流场程度	左侧 0.835 右侧 0.437	0.629 0.619	1.042 0.000	1.398 1.064	0.742 0.000
涡流场指标	20.95	14.43	27.09	42.40	12.61

3. 成纱质量

表 2 列出了五种管道的成纱质量 (是用三根精梳棉条在 DREF-III 型机上纺 32 特棉纱，尘笼转速 2500 转/分，引纱速度 120 米/分，同台机上分别用五种管道纺纱)。

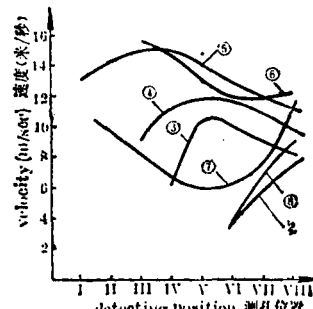


图 6 1*输棉管道气流速度分布图
Fig. 6 The distribution of air velocity in №. 1 fibre transmission duct

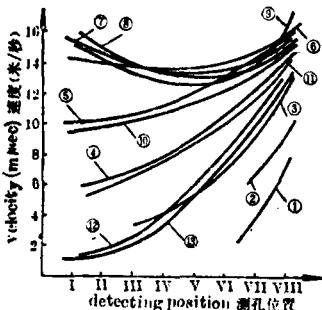


图 7 2*输棉管道气流速度分布图
Fig. 7 The distribution of air velocity in №. 2 fibre transmission duct

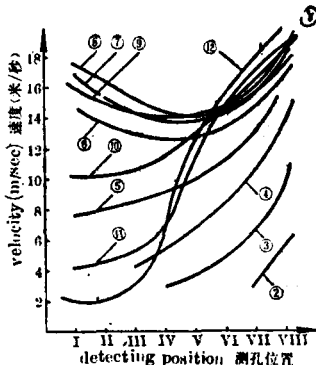


图 8 3*输棉管道气流速度分布图
Fig. 8 The distribution of air velocity in №. 3 fibre transmission duct

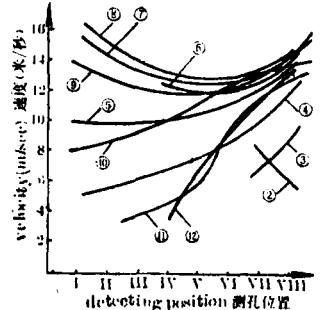


图 9 4*输棉管道气流速度分布图
Fig. 9 The distribution of air velocity in №. 4 fibre transmission duct

表 2 五种管道的成纱质量

Table 2 The Yarn quality of five kinds of fibre transmission ducts

管道编号	1*	2*	3*	4*	5*
单纱强度 (厘牛/特)	8.65	7.85	6.19	6.05	9.53 (6.66)
强度不匀 %	10.4	9.4	8.3	10.7	6.5 (8.2)
条干 CV%	14.40	15.26	15.61	23.05	13.13

注：5*项下括弧内数据为18tex 棉纱。

三、结果分析

从实验结果可知，成纱质量与输棉管道的形状及流场分布有密切关系，5*输棉管道的成纱质量最好，3*、4*最差，1*、2*居中，出现这些差异的原因如下：

1. 涡流场的影响

从图1~5可见，管道内大多数气流的流动是有规律的，管道入口到出口流动方向性较高，在管道两侧出现紊乱的涡流区，

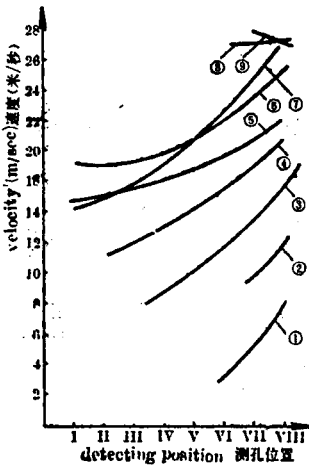


Fig. 10 The distribution of air velocity in No.5 fibre transmission duct

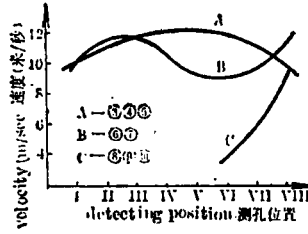


Fig. 11 The distribution of average air velocity in No.1 fibre transmission duct

严重地影响了纤维的运动。涡流场范围越大，受到干扰的纤维数量越多；涡流场中气流运动越不稳定，纤维运动也越不稳定。因而，输棉管道涡流场指标值小，成纱质量就好；反之则差，这就是5*输棉

管道成纱质量最好，3*、4*最差的原因。

2. 主流场速度分布的影响

我们知道，气流运动速度愈大，加速度愈大对纤维的运输愈有利，如果管道内主流场的气流运动符合这规律就比较理想。但从图6~10可知，输棉管道内气流速度分布并非理想状态，1*~4*管道内

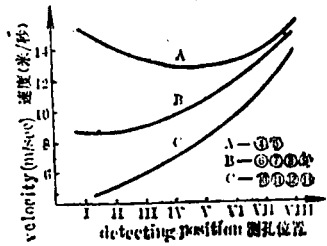


Fig. 12 The distribution of average air velocity in No.2 fibre transmission duct

的气流都存在着变速运动。就每个管道而言，内部的气流按速度分布规律分成右侧(C)、中部(B)和左侧(A)三部分。每个区域内的气流

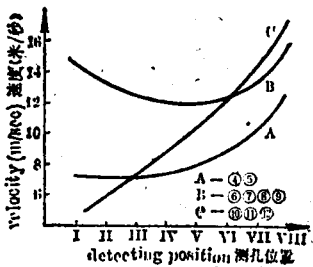


Fig. 13 The distribution of average air velocity in No. 3 fibre transmission duct

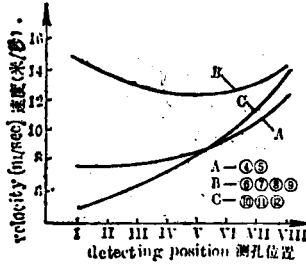


Fig. 14 The distribution of average air velocity in No. 4 fibre transmission duct

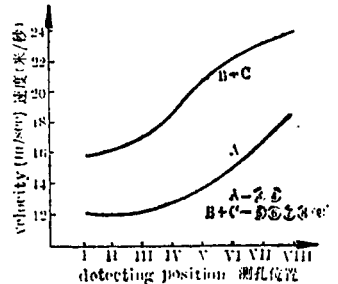


Fig. 15 The distribution of average air velocity in No. 5 fibre transmission duct

表3 不同管道的成纱结构
Table 3 The yarn structure of various fibre transmission duct

分类	管道编号		1*	2*	3*	4*	5*
I	1	圆柱形螺旋 (%)	5.7	4.0	2.4	2.6	5.8
	2	圆锥形螺旋 (%)	0.0	0.3	0.0	0.0	1.1
	整根纤维呈圆柱圆锥螺旋线 I (%)		5.7	4.3	2.4	2.6	6.9
II	3	前弯钩后螺旋 (%)	10.5	7.4	10.0	7.9	6.5
	4	前螺旋后弯钩 (%)	11.0	11.7	4.1	6.1	11.1
	5	前螺旋后对折螺旋 (%)	14.3	8.0	13.0	20.2	15.1
	6	前对折螺旋后螺旋 (%)	7.2	4.0	5.5	1.0	6.2
	7	前弯钩中螺旋后对折螺旋 (%)	1.4	8.3	1.6	1.7	9.3
	8	前对折螺旋中螺旋后对折 (%)	3.4	3.4	3.2	1.0	2.2
	局部或大部呈螺旋线的纤维 II (%)		47.8	42.8	37.4	37.9	50.4
	III	9	前、后乱中螺旋 (%)	8.6	4.3	9.5	4.5
10		平直纤维 (%)	1.0	4.6	7.3	7.0	1.4
11		整根纤维纠缠 (%)	9.0	8.3	9.7	6.5	4.6
12		中乱前后螺旋 (%)	3.4	2.8	11.3	10.1	2.4
13		前乱中乱 (%)	3.4	1.8	0.0	2.6	2.2
14		外附纤维 (%)	2.4	1.0	1.6	1.7	4.0
15		前乱后平直 (%)	0.5	7.4	6.5	7.0	5.0
16		前平直后乱 (%)	0.0	4.0	4.1	2.6	4.3
17		前弯中乱后折 (%)	2.4	3.7	1.0	7.9	1.8
18		前后对折 (%)	6.7	5.5	3.5	0.0	4.3
19		前螺旋中后乱 (%)	2.4	0.6	1.6	1.7	1.8
20		不规则螺旋 (%)	6.7	8.9	4.1	7.9	5.4
弯钩、纠缠、外附及不规则纤维 III (%)		46.5	52.9	60.2	59.5	42.7	

运动速度分部规律基本一致，各管道平均速度分布曲线见图 11~15。

由图 11~15 可见，只有 5* 管道的气流完全作加速运动，对纤维起着正牵伸的作用，对拉直纤维发挥积极的作用。其他 4 个管道中部都存在着减速运动，对纤维起负牵伸作用，使纤维产生附加弯钩，影响成纱质量。一般情况下，速度降低越多，对成纱质量影响越大，但究竟多大的负加速度才会使纤维产生附加弯钩尚需作更深入的研究。

3. 成纱结构的影响

不同管道纺出的成纱结构不同，从而影响了成纱的强力，各管道成纱的结构见表 3。

从表 3 可见，成纱中呈圆柱、圆锥形的纤维所占比例很小，故对成纱强力起主要作用的就是呈部分螺旋形的纤维，5* 管道成纱结构中呈圆柱、圆锥形与部分呈螺旋形的纤维所占比例最大，故其成纱强力也最好。

四、结 论

1. 摩擦纱中的不规则纤维所占比例大，故其强力低于环锭纱，并限制了所能纺纱支的细度。如果输棉管道设计合理，可以改善成纱结构，从而提高摩擦纱的强力和可纺纱支的细度。

2. 输棉管道中涡流区的存在是纤维运动

极为不利的影响因素；递增的气流速度能消除部分弯钩，有利纤维的伸直。因此，只有消除涡流，使气流加速运动才能提高成纱质量。

3. 输棉管道内气流速度正梯度较小，在没有辅助措施下，纤维靠气流伸直的效果较小，至多只能消除部分弯钩。因此，必须充分发挥分梳作用，尽可能使纤维伸直进入输棉管

道，才是改善成纱结构的重要前提。

4. 设计输棉管道要尽可能减小涡流，防止纤维产生附加弯钩，同时还应使气流作加速运动，增大速度梯度，充分利用气流伸直纤维。另外，还应进一步探索有利纤维凝聚加捻的气流分布，提高纤维有效长度及成纱强力。