

气流纺排杂纺纱器流场分布 与排杂性能的研究

朱文华 邓永恭 孙湘才

(上海市纺织科学研究院)

气流纺纺纱器具有排杂机构是发展趋势。纺纱器有了排杂机构后,能稳定成纱质量,减少断头,使气流纺能适纺低级棉和粗支纱。

我们在以往研究的基础上,于1978年先后设计制造了八种不同排杂区结构的纺纱器,借助于高速摄影等手段,对其流场分布与纤维运动进行了研究,初步掌握了规律,从而设计出排杂区结构较为理想的纺纱器。

一、研究排杂纺纱器的必要性

从下述的一些原因,可看出纺纱器采用排杂机构的必要性。

1. 从喂入原棉长度看。由于气流纺对纤维长度的适应性比环锭纺大,所以可多选用一点低级棉、精梳落棉、回花下脚棉等来纺制环锭难纺的低支纱,从而降低成本。但采用上述原棉后带来了一个问题,喂入品中含杂量大为增加,所以在气流纺工艺中必须采用有效的排杂措施。

2. 从纺纱时间看。在纺纱过程中,加捻杯凝棉槽内随着纺纱时间的增长,会积聚纤维屑、植物粒子和微尘,破坏正常的凝聚加捻条件,致使成纱质量下降,毛羽、不匀率、断头增加。由于以上原因,除充分发挥前纺除尘除杂效果外,在气流纺纱机上采用有排杂机构的纺纱器,再给予一次排杂机会,是非常必要的。

二、对排杂区流场分布的要求

1. 排杂区的流场,既要让杂质依靠离心

力从排杂口抛向吸杂管附近,使其顺利吸走;同时又要依靠补入气流将排杂口处刺辊分梳表面上的纤维托持,不使其从排杂口抛出。若纤维一旦已经从排杂口抛出,则为了减少破坏单纤维流,就不能让其再回入刺辊。从结构上看,排杂区是一个排杂口、补气孔、吸杂管相连通的多通管。为了完成上述任务,这个多通管必须减少气流的相互影响,否则就会造成吸杂管吸力小,杂质不能吸除;如果吸力过大,排杂口纤维非但不能托持,反而会被气流带走。所以,这个多通管要求有一个适当的空间起稳压作用,并将排杂口和吸杂管的连接采用密封管道和敞开相结合的方式。一方面尽力减小吸杂管的补气孔阻力,缩小对排杂区的影响;另一方面可以扩大吸杂范围,从而达到减少干扰,有益于控制纤维和杂质的运动。

2. 排杂、补气都与刺辊输送纤维的通道相连接,因此连接通道的形状是十分重要的,必须防止产生涡流。例如与刺辊连接通道突然扩散,或补气孔突然收缩,就会产生涡流。未被锯齿抓住的纤维会随着涡流运动进入通道扩散处堆积起来,不定期地回入刺辊,从而破坏了纤维的均匀输送。当然,由于纤维进入凝棉槽时,还有气流牵伸及并合方面的补偿作用,恶化的程度会减轻些,但毕竟在某种程度上破坏了单纤维的均匀输送和分布状态。

3. 由于加捻杯及刺辊高速回转对气流的抽吸,形成了排杂口与补气孔压力低于大

气压力，气流会从这两处进入刺辊输送纤维的通道内，引起对原来气流动运的干扰，使气流速度发生改变，产生“湍流应力”，如切应力 τ 可用下式近似计算^[1]：

$$\tau = A \frac{\partial V_m}{\partial y} \quad A = \rho l^2 \left| \frac{\partial V_m}{\partial y} \right|$$

式中： ρ -密度； l -混合长度； A -交换系数； V_m -气流速度； ∂y -流速在流线垂直方向的微元。

从上式看出，在输送纤维的过程中，开补气孔或排杂口，对单纤维的均匀输送是不利的，要尽量减少扰动机会，少开补气孔。如在工艺上为了排杂非开口不可时，也要设法减少扰动程度，使流场布置合理。

4. 气流纺机台是多头机台，即使吸杂管采用变截面管道，吸杂管静压全机还会有一个波动范围，纺纱器必须能相适应，以保持各头落棉的均匀，反之就没有实用价值。

5. 由于工艺参数的改变，例如加捻杯速度变化，流场就有相应变化。为了在工艺参数变化的条件下仍能保持适合纺纱要求的纤维和杂质运动状态，必须有调节排杂区流场分布的机构。

三、不同排杂区结构与流场分布的关系

1. 【不同排杂区结构的刺辊圆周压力分

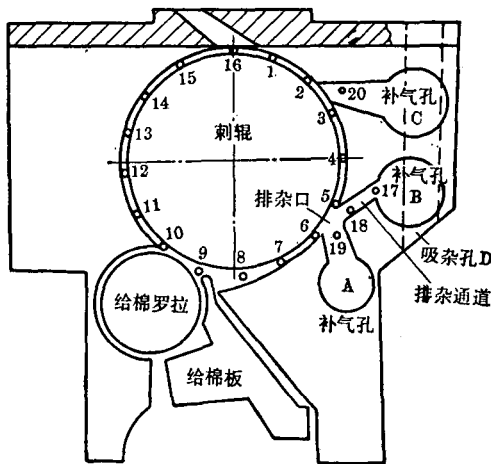


图1 甲型纺纱器排杂区结构及气流测点布置

布和补气孔配置】

排杂、补气、吸杂孔中，可调节 B 、 C 、 D 三孔气流参数的结构，称甲型纺纱器。其排杂区结构和流场分布及气流测点布置见图1，刺辊圆周压力分布见图2。从图2可见，由于加捻杯的抽吸，愈近加捻杯压力愈低，远离加捻杯时压力逐渐提升；所以补气孔调节的性能，要视所处位置的压力分布而定。由图1可见， C 孔开在*2~*3测点之间，静压最低值为-61.8毫米水柱。 A 、 B 二孔开在刺辊静压值较高的区域，故 B 孔调节气流作用不大，而 C 孔起主要调节作用。但 C 孔调节有如下问题：

(1) 由于 C 孔处压力低，与大气压差大，补入气流急，气流从 C 孔进入后突然扩散，易产生涡流。当 C 孔调节为最小时，上述情况更为严重。从 C 孔到刺辊腔虽然有一段收缩管道，但其长度短，且没有理直气流的特殊结构，因此补入的气流还是混乱的。从测定*20处流速时，发现只有拔去调节旋钮减少突然扩散时才有方向，否则补入气流方向混乱。由于混乱的气流进入刺辊，破坏了气流和纤维运动，不利于纺纱过程。

(2) 若 C 孔关闭，在 C 孔连接处通道突然扩大，气流在此突然扩散形成涡流，未被锯齿抓住的浮游纤维就会随着涡流在扩散通道内堆积起来，不定期地回入刺辊，影响成纱质量。至于影响程度，则要看回入刺辊纤维团纤维量占成纱短片段纤维量的多少而定。

2. 【除尘刀进出口隔距与流场分布的关系】

不同的除尘刀进出口隔距，决定从除尘刀进口到加捻杯(气流纤维)通道的大小，也就是决定管道阻力损失的大小。若隔距大，阻力损失小，则由加捻杯抽吸造成的低压区向给棉部分延伸范围就扩大。例如，甲型纺纱器除尘刀进口隔距为0.5毫米，出口隔距为1.5毫米，而乙型纺纱器(排杂区结构见图3，

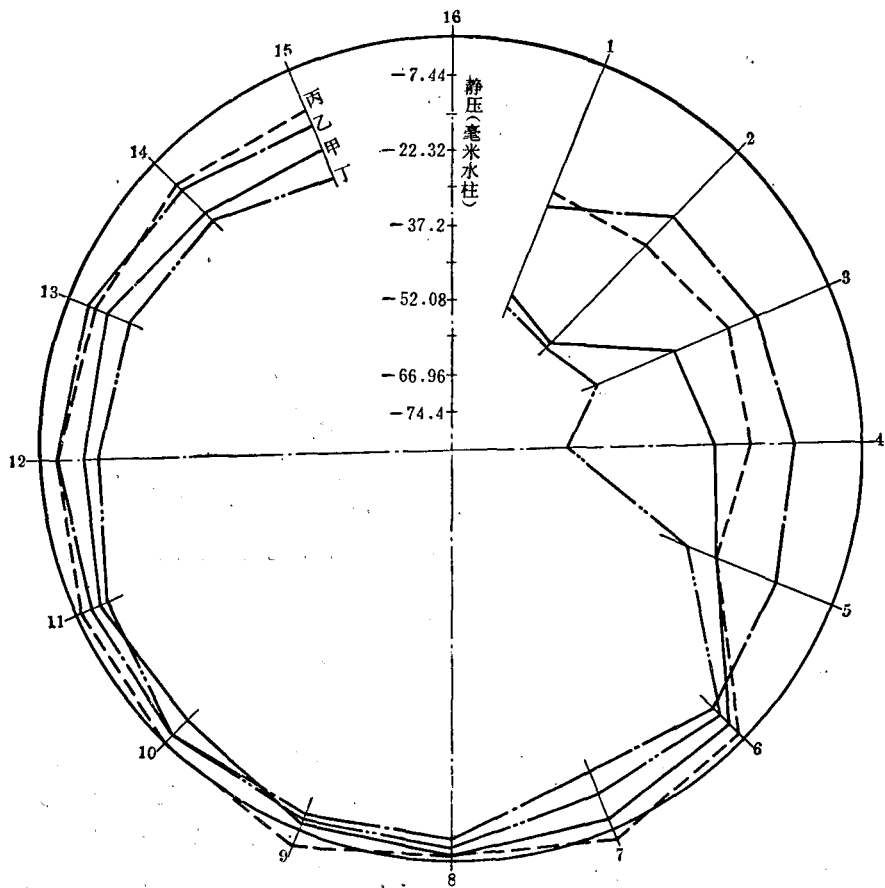


图2 甲、乙、丙、丁排杂纺纱器刺辊圆周压力分布

排杂、补气、吸杂三孔中B、D二孔气流参数可以调节) 除尘刀进口隔距为 1.8 毫米, 出口隔距为 1.0 毫米; 刺辊圆周压力分布见图

2. 由图 2 可见, 甲型纺纱器由于除尘刀进口隔距小, 阻力损失大, *1~*6测点为低压区, 而且静压比乙型要低, *6~*12测点基本上接近大气压力。而乙型由于隔距大, 阻力损失小, 低压区在*1~*8处, 比甲型延伸了45°。

3. 【A孔补气速度与不同吸杂管静压关系】

A孔补入的是从排杂口较早托持纤维的气流, 这个补气速度与刺辊圆周压力分布、补气孔

位置有密切关系。丙型纺纱器的排杂、补气、吸杂三孔中A孔气流参数可以调节, 具体结构见图 4。在甲、乙、丙三型条件下, A孔

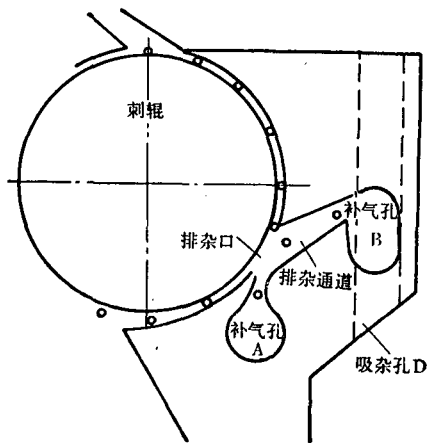


图3 乙型纺纱器排杂区结构

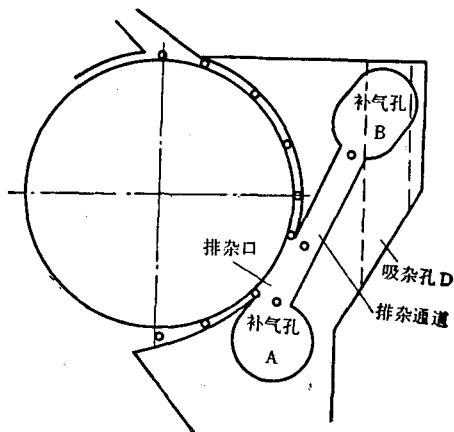


图4 丙型纺纱器排杂区结构

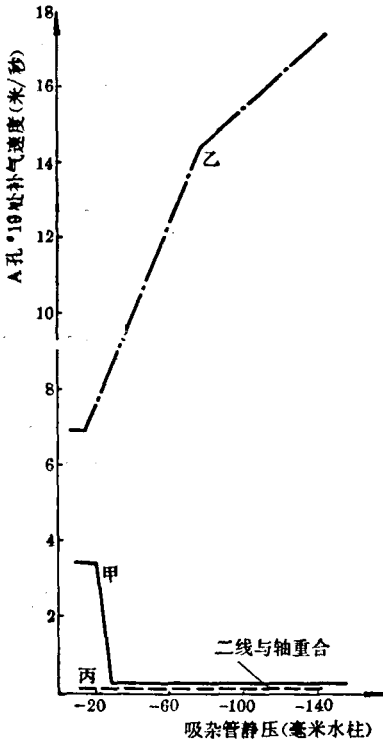


图5 三种纺纱器的A孔补气速度与吸杂管静压关系

补气速度与吸杂管静压的关系见图5。由图可知，乙型的A孔气流速度随吸杂管静压降低而增大，最高达17.4米/秒，最低为6.9米/秒，比甲、丙型大得多。从A孔气流托持纤维的作用来看，以乙型最大，甲型次之，丙型最小。

4.【排杂通道进出口静压差 Δh 与吸杂管静压的关系】

甲、乙、丙型 Δh 与吸杂管静压的关系见图6。由图可知，丙型 Δh 与吸杂管静压关系为负值，由于排杂通道阻力损失大，吸杂管静压变化对 Δh 值影响不大，排杂通道出口静压始终高于进口静压，气流始终从出口流向进口。甲型 Δh 随吸杂管静压变化而变化。乙型 Δh 在吸杂管静压为 $-10 \sim -15$ 毫米水柱时为负值，排杂通道进口压力低于出口压力，气流从出口流向进口，但随着吸杂管静压的降低，通道出口压力也降低，直至气流从进口流向出口。从上面三种情况看，

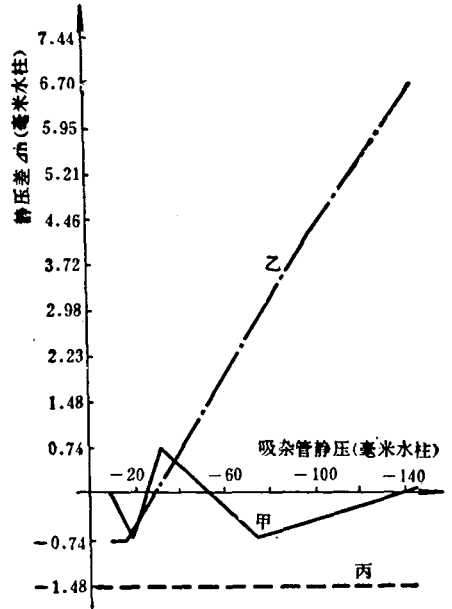


图6 三种纺纱器的排杂通道进出口静压差 Δh 与吸杂管静压的关系

在排杂通道内气流对已经从排杂口抛出的纤维托持力以丙型最强。乙型在吸杂管静压为 $-10 \sim -15$ 毫米水柱时，有较弱的气流托持，但当吸杂管静压为 $-30 \sim -144$ 毫米水柱时，气流非但不托持纤维，反而从排杂口争得纤维带向吸杂管。甲型排杂通道内气流运动随吸杂管静压变化而变化，且不够稳定。

5.【除尘刀进口静压与补气孔大小的关系】

甲、乙型除尘刀进口(#5测点)静压与补气孔直径

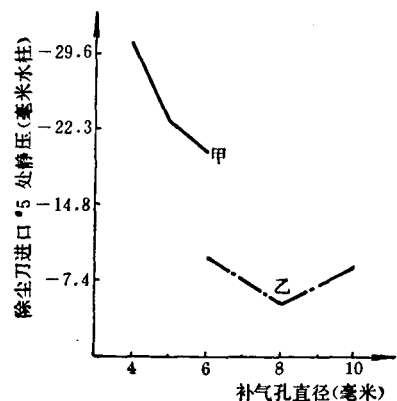


图7 甲、乙型除尘刀进口静压与补气孔大小的关系

气孔大小的关系见图 7。由图可知,乙型除尘刀进口静压随 B 孔增大而增高, 同样甲型也有类似情况, 但稍有波动。除尘刀进口静压, 甲型 (-31.2~-20.1 毫米水柱) 远远低于乙型 (-9.7~-8.9 毫米水柱)。从补气孔调

的速度和规格是决定各点静压的主要因素。同一只加捻杯而速度不同时刺辊圆周压力分布见图 8。由图可知, 各点静压随加捻杯速度的增高而降低, 如甲型加捻杯为 35000~45000 转/分时, * 2 测点静压为 -46.1~-61.8 毫米水柱。

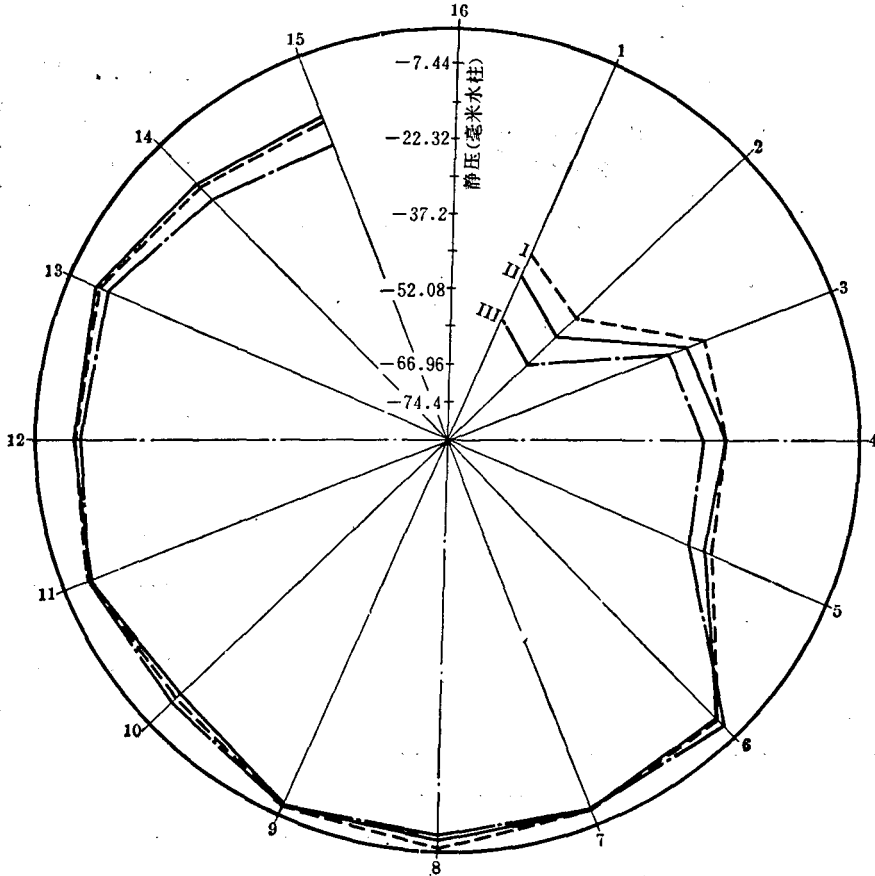


图 8 甲型纺纱器加捻杯速度不同时刺辊圆周压力分布

I、II、III 分别表示加捻杯速度为 35000、40000、45000 转/分。

节作用看, 甲型补气孔直径从 4 毫米增加到 6 毫米, 除尘刀进口静压差值达 11 毫米水柱; 而乙型补气孔从 6 毫米增加到 10 毫米, 除尘刀进口静压差值仅达 1 毫米水柱, 显然甲型调节作用比乙型要显著得多。

四、排杂区流场分布与工艺参数变化的关系

1. 【加捻杯速度与流场分布的关系】

加捻杯是抽吸气流的主要元件, 因此它

2. 【刺辊速度与流场分布的关系】

刺辊速度与圆周压力分布关系(甲型)见图 9, 各点静压随刺辊速度的增高而降低。*3 测点静压在刺辊 6000~8000 转/分时为 -27.5~-35.0 毫米水柱。

五、流场分布比较合理的排杂纺纱器的设计

1. 【不同排杂区结构的纺纱器特点】

从上面三、四两部分综合起来分析, 三种不同排杂区结构的纺纱器有如下特点:

(1) 放大除尘刀进口至加捻杯通道的宽度, 使低压区向给棉部分延伸, 例如乙型低压区比甲型延伸了 45°, 使 A 孔处于低压区。纤维随着刺辊运动到排杂口, 就受到 A 孔补入气流的托持, 托持位置比较合理。丙型 A 孔气流托持作用极微, 部分纤维已抛进排杂通道, 而排杂通道气流又将纤维托回刺辊。这部分单纤维分布状态已经受到破坏, 从观察可见到成团的纤维回入刺辊, 影响单纤维

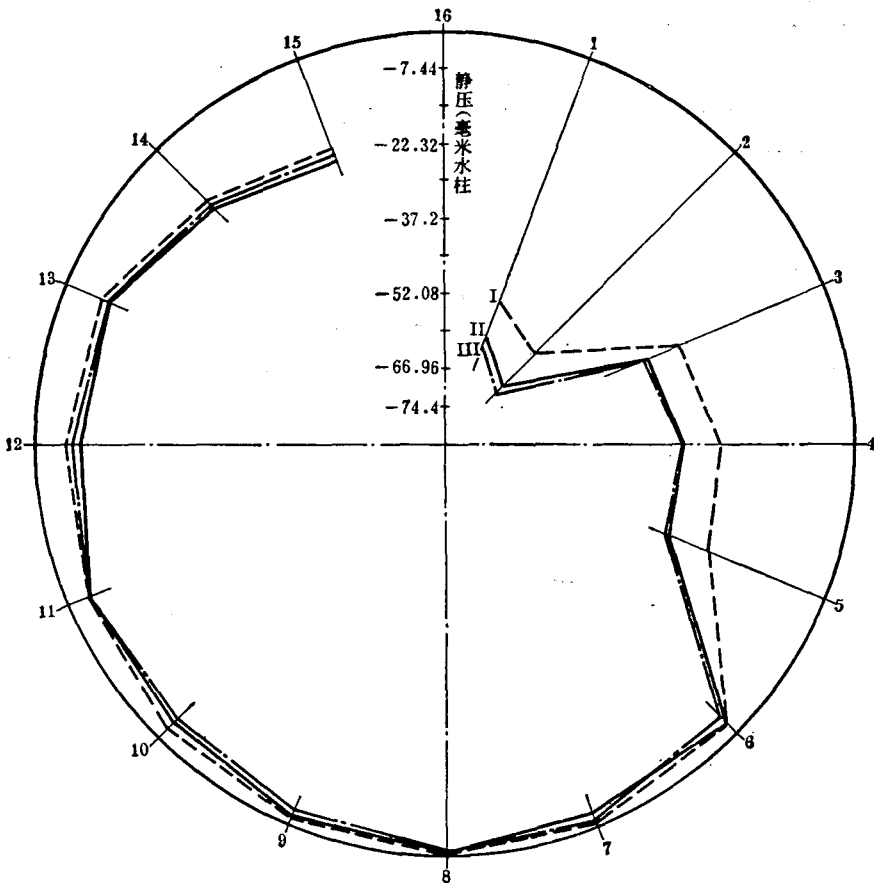


图9 甲型纺纱器刺辊速度不同其圆周压力分布

I、II、III分别表示刺辊速度为6000、7000、8000转/分。

的均匀输送。而且当加捻杯等速度改变时，没有调节流场分布的机构，是不够妥当的。

(2) 从补入气流对单纤维输送及稳定运动来看，甲型C孔补入气流如前所述是一股混乱的涡流，影响了单纤维的均匀输送。

(3) 从吸杂管静压变化看，丙型由于排杂通道长，且逐渐收缩，阻力损失大，从而减少了吸杂管静压变化对排杂区的干扰，能适应吸杂管静压为-8~-144毫米水柱的变化范围。而甲、乙型由于排杂通道较短，排杂、补气、吸杂处在一个紧密相连的多通管中，吸杂管静压变化直接影响排杂区气流和纤维运动，所以甲、乙型仅在-15毫米水柱范围内排杂效果较好，若超过范围，落棉大量增加，落棉中含纤维量亦大为增加。纺

纱器对吸杂管静压变化的适应性，成为排杂纺纱器能否扩大的关键问题。

2. 【设计流场分布较合理的排杂纺纱器】

通过几年来的实践，初步掌握了不同排杂区结构的纺纱器流场分布规律，在新设计丁型排杂纺纱器时考虑了如下的问题。

(1) 减少补气湍流对纤维气流运动的干扰，在刺辊周围尽量少开补气孔，使补入气流稳定。

(2) 使低压区向给棉部分延

伸的范围扩大，加强排杂口补入气流对纤维的托持力，同时也有利于减少棉条喂入区积聚短纤维。

(3) 排杂、补气、吸杂三个管道的连接区要有消除压力波动的缓冲容器(稳压室)，以达到分别调整时减少相互干扰，使压力稳定。稳压室内应防止涡流产生，形状要简单，要便于制造。

(4) 在保证吸除杂质的同时，应尽量扩大排杂纺纱器对吸杂管静压变化的适应性。

(5) 由于工艺参数改变时流场分布也发生变化，为了达到原设计排杂效果，要有调节流场的机构。

3. 【新设计丁型排杂纺纱器的测试分析】

(1) 丁型排杂纺纱器排杂区结构及测点

布置见图 10。由图可见，补气口开在*47、*48 压力较高的排杂口附近。当加捻杯速度改变，补气口大小不变和吸杂管静压为 -100 毫米水柱时，补入气流速度变化不大，方向稳定。

(2) 由于放大了除尘刀至加捻杯通道的宽度，低压区向给棉部分延伸。当丁型纺纱器加捻杯为 40000 转/分，刺辊为 7000 转/分，补气口隔距为 5 毫米，吸杂管静压为 -100 毫米水柱时，刺辊圆周压力分布见图 2。在补气口隔距、刺辊速度改变时，补气口气流速度随着改变(见下表)。由下表可见，改变补气口隔距能调节流场分布。

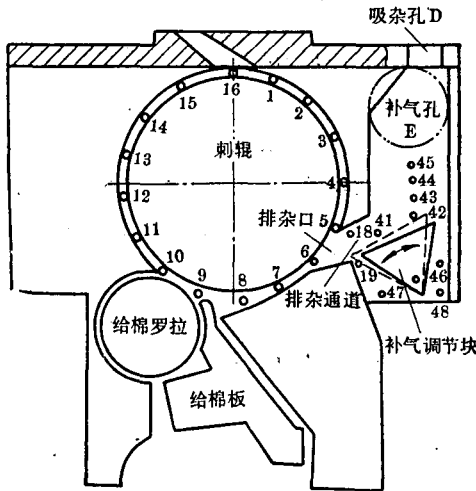


图 10 丁型纺纱器排杂区结构及气流测点布置

补气口测定项目 刺辊速度(转/分)	*47 补气口 隔距 (毫米)	*47 补气口 气流速度 (米/秒)	*47 补气 口静压 (毫米水柱)
6000	7	3.13	-2.2
6000	5	4.04	-3.0
7000	5	6.26	-3.0
7000	3	7.23	-4.0
8000	3	6.99	-3.4
8000	1	5.42	-2.8

(3) 排杂、补气、吸杂三者相连区域是稳压室，使气流受三个单因子变化影响减小。如*41、*42、*43、*44、*45 测点的气流速度与静压，在加捻杯 35000~45000 转/分、刺辊速度 6000~8000 转/分、吸杂管静压 -20~

-100 毫米水柱、排杂补气口隔距 1~7 毫米条件下，加以组合后，变化不大，速度为 3.0~3.7 米/秒，静压为 -1.0~-1.2 毫米水柱。

(4) 稳压室上开补气孔 E，若不开，则稳压室内有涡流。但开了 E 孔后，由于 E 孔进入的气流可同时供应排杂口与吸杂管，因而消除了稳压室内的涡流，也减轻了各单因素变化的相互干扰，对刺辊抛出杂质尽快降低速度而沉淀及顺利吸除杂质是极为有利的。

(5) 为了减少吸杂管静压变化对排杂区的影响，在几何尺寸较小、工艺位置已定、无法改变进出口气流方向的条件条件下，吸杂管与稳压室的连接采用上下分层、密闭管道与敞开相结合的方式，能大幅度减弱吸杂管气流对排杂区的干扰，使吸杂管气流主要来源于吸杂补气孔。在吸杂管静压为 -20 毫米水柱时，有 82.1% 气流来源于吸杂补气孔；当吸杂管静压为 -100 毫米水柱时，有 80.1% 气流来源于吸杂补气孔；吸杂管静压在 -20~-100 毫米水柱范围内变动，仍能基本保持原有排杂效果，纺纱过程稳定。

六、不同排杂区结构的纺纱器落棉比较

1. 落棉与吸杂管静压的关系

落棉率与吸杂管静压的关系见图 11。落棉率随吸杂管静压降低而增高，增高的幅度随排杂区流场分布而定。

落棉含杂率与吸杂管静压的关系见图 12。落棉含杂率随吸杂管静压降低而降低，降低幅度随排杂区流场分布而定。

2. 落棉性能比较

落棉率与含杂率的关系见图 13。由图可知，含杂率随落棉率增加而降低。丙型落棉率低，变化范围小，含杂率较高。

落棉率与短绒率的关系见图 14。由图可知，短绒率随落棉率增加而降低，但以丁型短绒率为最高。

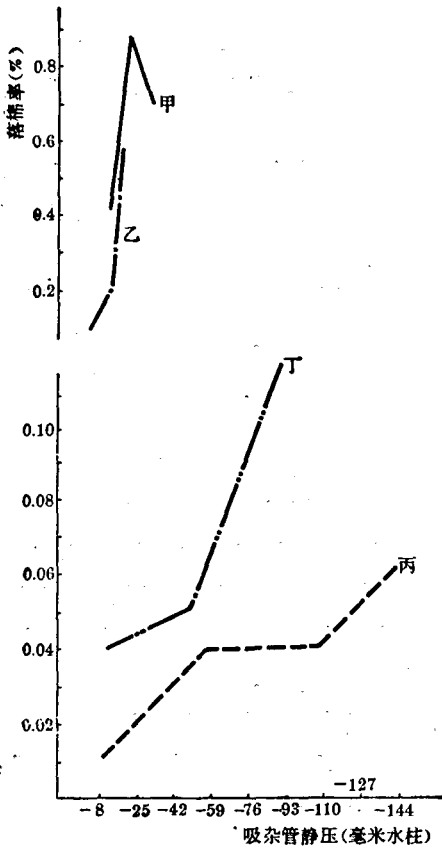


图11 不同纺纱器的落棉率与吸杂管静压的关系

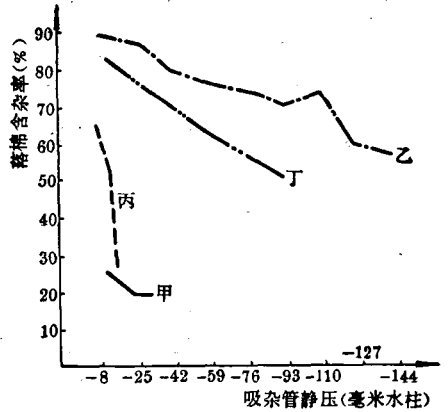


图12 不同纺纱器的落棉含杂率与吸杂管静压的关系

七、结 语

综合上面的测试分析和具体实践，我们认为气流纺纱机必须采用具有排杂机构的纺纱器，以达到排除杂质、稳定成纱质量和纺纱过程的要求。排杂纺纱器性能要好，则应该有合理的流场设计，归纳起来，主要有以下几点：

1. 为了减少湍流对纤维运动的影响，要求补入气流稳定，在刺辊周围少开补气孔，

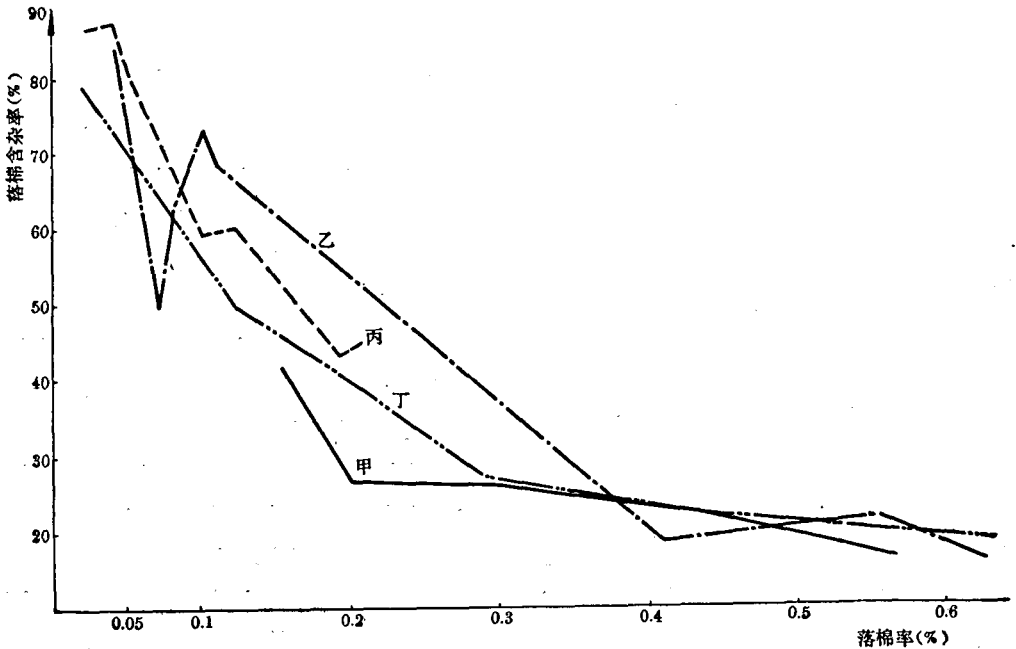


图13 不同纺纱器的落棉率与含杂率的关系

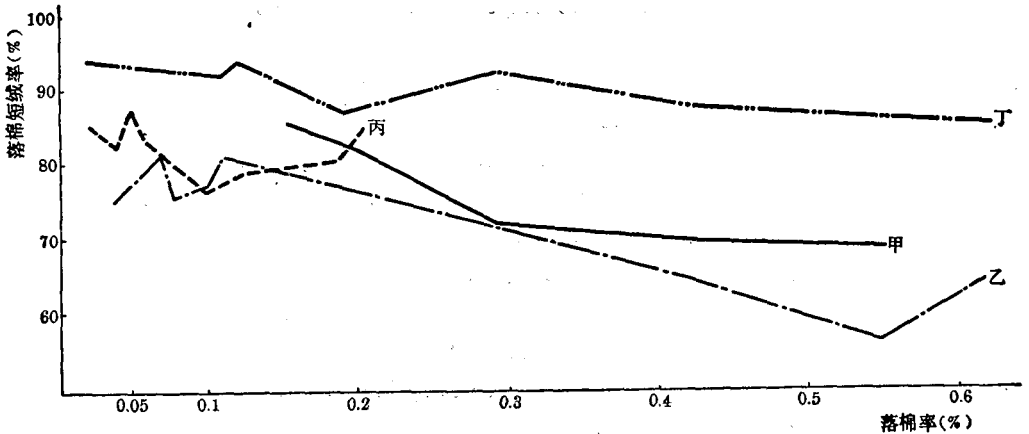


图14 不同纺纱器的落棉率与短绒率的关系

并改善通道形状,防止产生涡流。

2. 将刺辊低压区向给棉部分延伸,使纤维在排杂口受到补入气流更为有力的托持,同时亦可减少给棉部分积聚的短纤维量。

3. 排杂、补气、吸杂三者连接区域用较大空间的稳压室,以适应吸杂管静压有较大的变化范围。吸杂管与稳压室的连接用密封管道和敞开相结合的方式,可扩大吸杂范围,减少吸杂管气流对排杂区的干扰,有利于对纤维和杂质运动的控制。

4. 输棉活络通道接口应采用外圆直径

大于加捻杯上口的结构,以消除由于通道外圆漏气而造成的各种弊病。

5. 必须有调节流场的机构,以适应工艺参数的变化。

我们通过几年来的实践,设计出目前认为比较合理的丁型排杂纺纱器,但由于还是小量试验,需要进一步扩大验证,在验证过程中进一步提高完善。

参考资料

[1] L. Prandtl 著《流体力学概论》, P.124~127, 1966.

The Air Pressure Field Distribution and the Performance of Dust-Exhaust Spinning Unit of Rotor Spinning

Zhu Wenhan Deng Yonggong Sun Xiangcai

Abstract

For rotor spinning there are spinning units of different designs but by far the most important is the dust-exhaust type still under development. Based on previous research work, we have designed and made spinning units with different structures for dust removal. A series of intensive experiments on the air pressure field distribution and fiber movement have led to some conclusions, which will be useful in guiding further technical development. In order to facilitate dust removal as well as fiber movement, the air pressure field should be properly arranged. The main technical points for it are as follows:

1. In order to minimize the influence of turbulent flow stress on the fiber movement, there must exist inside the spinning unit a stabilized air current inlet by making fewer air-suction

holes in the casing of taker-in. Improving the shape design of the ducts will also have contributions to it.

2. It is a helpful practice to extend the low air pressure field from the taker-in over to the feeding section, so that the fiber near the exhaust holes in taker-in can be better supported by the inlet air current and the amount of lint deposited near the feeding section is reduced.

3. The region in the spinning unit, where the dust removal, air-inlet and dust suction adjoin, should have an ample stabilized air chamber to the pressure fluctuation. The connection through the combination of both closed and open tubes, leading from the dust suction pipe to the air chamber, is necessary for improving dust removal and minimizing the interference effect of air suction on dust removal such that a better control over the fiber and dust movement is obtained

4. The diameter of the cover, where the fiber inlet system is located, should be bigger than that of the rotor in order to minimize the negative effect of air leakage.

Experiment has shown that a spinning unit designed in conformity with the above principles will have a better performance of dust removal.