



# 涡流纺纱

于修业 孙松 编著

纺织工业出版社

WOLIUFANGSHA

FANGZHIGONGYECHubanshe

# 涡流纺纱

于修业 孙 松 编著

纺织工业出版社

110001 北京

## 内 容 提 要

本书阐述了涡流纺纱的基本理论及成纱过程，对涡流加捻原理、纺纱工艺参数、涡流纺纱机的配套件及附属设备进行了系统的论述；并对涡流纱的结构和产品品种作了较详尽的分析和介绍。

本书可供纺织企业技术人员、科学研究人员和纺织院校师生阅读。

责任编辑：唐小兰

## 涡流纺纱

于修业 孙 松 编著

\*

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

\*

787×1092毫米 1/32 印张：3 字数：65千字

1991年1月 第一版第一次印E

印数：— 2,500 定价：1.35元

ISBN7-5064-0578-4/TS·0566

## 前 言

涡流纺纱是属于自由端纺纱范畴的一种新型纺纱方法，是新型纺纱园地中的一朵新花。为介绍这一新型纺纱技术，我们编写了《涡流纺纱》这本书。本书主要介绍涡流纺纱过程的基本原理以及纺纱工艺参数的配置、适纺原料和适制产品等。

由于这种新型纺纱方法的发展前途还未被人们完全了解，我们期望通过这本书的介绍，使读者对涡流纺纱能有一个新的认识，从中得到某些启发，从而对推动这一新型纺纱的发展起到一定作用。

本书共分六章，由于修业和孙松共同编写。全书由于修业统稿，请张百祥进行审定。在编写过程中，我们收集、参考了国内外有关涡流纺纱的试验资料和文献。国内的实验研究资料是天津市纺织工业研究所和上海第31棉纺织厂及中国纺织大学提供的，在此表示感谢。

由于我们编写水平有限，时间比较仓促，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1990.1.

# 目 录

<b>第一章 涡流纺纱概述</b> .....	(1)
第一节 涡流纺纱的发展过程.....	(1)
第二节 涡流纺纱工艺过程.....	(2)
<b>第二章 涡流纺纱基本原理</b> .....	(5)
第一节 涡流场的基本概念.....	(5)
第二节 涡流管内气流场特性.....	(9)
第三节 涡流对纱条的加捻.....	(15)
<b>第三章 涡流纺纱机的构造和作用</b> .....	(23)
第一节 涡流纺纱器的结构参数.....	(23)
第二节 涡流纺纱机类型介绍.....	(40)
第三节 涡流纺纱机的开松梳理机构.....	(45)
第四节 涡流纺纱机的卷绕机构.....	(60)
<b>第四章 涡流纺纱机的附属设备</b> .....	(66)
第一节 涡流纺纱机的负压源.....	(66)
第二节 涡流纺纱机的包芯纱装置.....	(66)
第三节 涡流纺纱的前纺设备.....	(71)
<b>第五章 涡流纺纱的原料、成纱特性和产品</b> .....	(72)
第一节 涡流纺纱的适纺原料.....	(72)
第二节 涡流纱的特性.....	(73)
第三节 涡流纱的产品.....	(82)
<b>第六章 涡流纺纱的技术经济分析和展望</b> .....	(84)
第一节 涡流纺纱的技术经济分析.....	(84)
第二节 涡流纺纱的发展前景.....	(88)
<b>参考文献</b> .....	(91)

# 第一章 涡流纺纱概述

## 第一节 涡流纺纱的发展过程

涡流纺纱最早是于1957年由联邦德国哥茨弗来德(Gatzfried)设计的。1964年以后,英国、日本、苏联、印度等国都曾进行过试验,但由于当时纺纱器的结构不合理,制成率低(回花率7%~30%),成纱条干差,强力也低,使涡流纺纱的研究一度停顿。1971年以后,波兰通过不断研究,改进了纺纱器的结构,1975年在米兰国际纺织机械展览会上公开展出了PF-1x型涡流纺纱机。随后波兰又生产了10台进行中试生产。至1987年,波兰共生产了30台(3000头),分布在民主德国、苏联及波兰国内。1986年以后生产的12台,都用来纺包芯纱。后于1986年5月与同年9月又先后完成PF-2型和PF-2R型(供纺包芯纱)涡流纺纱机的研制工作。纺纱号数:PF-1x型为29~253tex,PF-2型为20~117tex。一般纺纱速度:纺腈纶、粘/涤、涤/棉分别在160m/min、130m/min、110m/min。纤维长度为70mm以下。

自从1975年波兰在米兰展出PF-1x型涡流纺纱机以后,我国上海、天津、四川等地区同时开始研究涡流纺纱机。经几年的努力,上海地区自行设计制造WF-2型涡流纺纱机(96锭)。天津继TW-4型之后,又设计制造了TW-5型涡流纺纱机,已生产近3000头供自用和出售;还研制了涡流纺

纱机纺包芯纱装置。在此期间，天津引进了波兰生产的PF-1x型涡流纺纱机（48锭）。

从1975年涡流纺纱机第一次展出之后，近十几年未见到有涡流纺纱机的展出。这十几年来，国际上掀起了一次又一次各种新型纺纱热潮，唯独涡流纺纱目前仅有波兰和我国上海、天津等地在研制生产。这是因为一方面涡流纺纱目前产品路子不宽，另一方面该新型纺纱方法还未被人们充分认识，且尚未加强研究。作者相信只要通过对涡流场性质和涡流加捻原理的深入研讨，突破涡流纺某些技术关键，它定会在纺纱领域中迅速发展。

## 第二节 涡流纺纱工艺过程

涡流纺纱是利用空气的涡流对纤维进行凝聚和加捻。在加捻过程中取消了高速回转件。图1-1为涡流纺纱工艺示意图。棉条从条筒17拉出，通过喂给喇叭口1，由喂给罗拉3和喂给板2喂入。经分梳辊4开松，借分梳辊离心力和气流吸力的作用，纤维随之进入输送管道5。输送管道5、涡流管18上的输送孔7都与涡流管成切向配置，使纤维以切向进入管壁与纺纱器堵头11之间的通道，并以螺旋运动下滑进入涡流场中。

涡流管18的另一端接风机6，用以抽真空，使涡流管内的空气压力低于大气压。空气从切向进风孔8、切向输送孔7和引纱孔9进入涡流管。两处切向流入的气流形成两股同向旋转的涡流在纺纱器堵头11下部汇合，形成一稳定的涡流场，这就是纺纱位置。喂入的单纤维随同气流进入涡流场，形成纤维环。

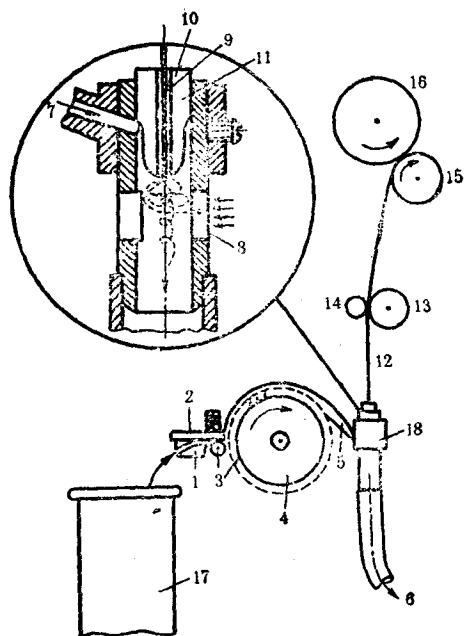


图1-1 涡流纺纱工艺示意

- 1—喂给喇叭 2—喂给板 3—喂给罗拉 4—分梳  
 辊 5—输送管道 6—抽气真空泵 7—输送孔 8—  
 进风孔 9—引纱孔 10—补气槽 11—纺纱器堵头  
 12—纱 13—引纱罗拉 14—皮辊 15—槽筒  
 16—筒子 17—条筒 18—涡流管

当生头纱从引纱孔被吸入涡流场中，在离心力的作用下甩向管壁与纤维环搭接，纱即引出。纱尾形成近似圆锥形（伞状）的纱环C，如图1-2所示。

纱尾环在涡流场的作用下，沿涡流管壁绕中心高速回转而获得捻度。纤维一边凝聚搭接在纱尾环上，一边加捻成纱，并由引纱孔输出，实现连续纺纱。



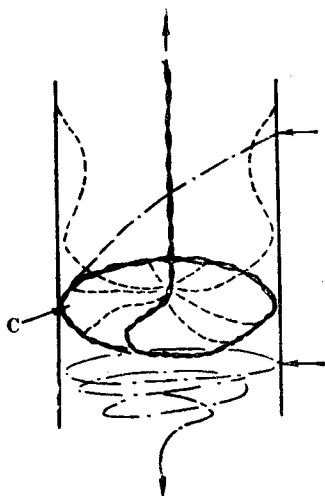


图1-2 圆锥形纱环

## 第二章 涡流纺纱基本原理

### 第一节 涡流场的基本概念

#### 一、涡流场的性质

根据流体力学原理，若流体流动的质点具有有旋运动，且有角速度 $\omega$ 存在，则可采用环量和旋度的概念来描述流体旋转运动。如图2-1所示，在流场内取任意曲线 $S$ ，曲线上任一点 $A$ 的速度为 $V$ ，沿曲线的切线分量为 $V_s$ ，取微分弧长 $dS$ ，对任一封闭曲线 $A$ ，曲面周长为 $S$ ，则环量为：

$$\Gamma = \oint_S V_s dS \quad (2-1)$$

当面积 $A \rightarrow 0$ ，曲面趋近于平面，环量与旋度关系为：

$$\text{rot } V = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{\oint_S V_s dS}{A} = \frac{V_s dS}{\frac{1}{2} r dS} = 2 \frac{V_s}{r} = 2\omega \quad (2-2)$$

式中 $\omega$ 为沿 $S$ 曲线的平均角速度。式(2-2)说明涡流场某一点的旋度与该点角速度的关系。



图2-1 曲面周线的速度环量

根据斯托克司定理，封闭曲线的速度环量等于穿过其表面上总涡流通量的两倍。

$$\Gamma = 2 \iint_s \omega_n da \quad (2-3)$$

式中： $\omega_n$ ——角速度在小面积上法线投影；

$da$ ——小面积。

空间任一封闭曲线上的环量等于贯穿其表面上涡流强度之和，即：

$$K = 2\omega A \quad (2-4)$$

式中： $K$ ——旋涡强度；

$A$ ——封闭曲线面积。

## 二、涡流场的压强及速度分布

工业生产中，旋转气流流动通常都是在圆柱形管道内进行的，气流绕圆柱的轴心线作旋转运动并向前推进，称涡流及涡流场。形成涡流场的方法可在高压作用下，气流沿切线方向射入管道内；形成旋转气流，一边绕轴心旋转，一边向出口推进；或者利用低真空抽引管道中的气体，使管道内形成真空，气流从管道的切线方向进入，形成旋转气流，如图2-2所示。气流切向流入，边旋转、边向出口流动，其流动

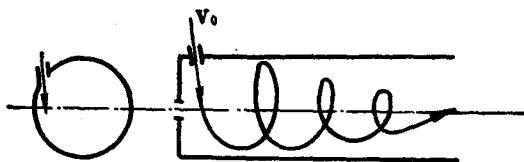


图2-2 旋转气流

轨迹近似螺旋线。每一流体质点的速度是空间矢量，有切向

速度、轴向速度和径向速度。

1. 速度分布 对旋转涡流场，速度矢量的三个分速度中，径向速度和轴向速度比切向速度小得多，因此可以只考虑切向速度来讨论流体流动的特性和规律。试验证明这一简化是允许的，无很大误差。切向速度的大小表示气流承载纤维运动的能力以及对所承载的纤维形成的离心效应。

在圆管内，涡流场的气流流动，在边界（管壁）处速度为零，离开管壁速度增大，是势流旋转，称附面层自由涡，切向速度 $V_T$ 为：

$$V_T = C/r \quad (2-5)$$

式中： $r$ ——旋转流体离开中心的距离。

$C$ ——常数。

由于流体的粘性作用，势流旋转不能持久，它很快过渡为气流流动近似固体旋转，切向速度为：

$$V_T = \omega r \quad (2-6)$$

式中： $\omega$ ——流体旋转的角速度。

旋转气流由势流旋转过渡到似固体旋转处的半径为 $r_0$ ，大于 $r_0$ 的区域为势流旋转区，小于 $r_0$ 的区域为似固体旋转区，

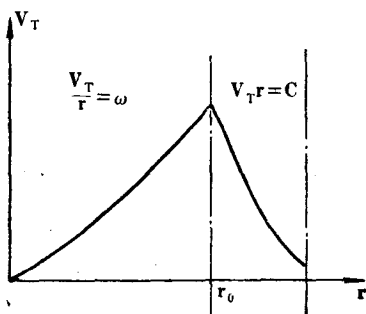


图2-3 切向速度分布

称涡核。图2-3表示其切向速度沿半径的变化规律。

实际上流体流动存在粘性摩擦，与管壁间也有摩擦，因而实际切向速度变化规律并不完全符合式(2-5)和式(2-6)。两个旋转区的分界处也不是明显的。特别是涡流纺纱中的涡流场是强制旋转涡流，其切向速度分布基本上符合涡核流动。

2. 压力分布 势流旋转区是无旋流动，在理想情况下，可用柏努利方程进行压力计算，则：

$$P = P_1 + \frac{1}{2} \rho V_{\tau_0} \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 \quad (2-7)$$

式中：P——流体在管内任意半径r处的压力；

$P_1$ ——流体在管内半径为 $r_0$ 处的压力；

$V_{\tau_0}$ ——流体在 $r_0$ 处的切向速度。

式(2-7)表明在管壁处压力最大，旋转中心处压力最低。

似固体旋转区可用欧拉方程描述，即：

$$P = P_1 + \frac{1}{2} \rho V_{\tau}^2 - \rho V_{\tau} \quad (2-8)$$

式(2-8)为涡核区沿半径的压力分布规律。在管的中心处 $r=0$ ， $V_{\tau}=0$ ，其压力大小为：

$$P_0 = P_1 - \rho V_{\tau} \quad (2-9)$$

涡流中心处的压力 $P_0$ 比涡流边界上的压力低两倍动压值。可见旋转中心压力要比边界压力低很多。这说明自然界中的旋风有抽吸能力。纺纱过程中也能利用这一规律吸引纤维进行凝聚、加捻、纺纱。图2-4为涡管内气流的压力分布曲线和切向速度分布曲线。

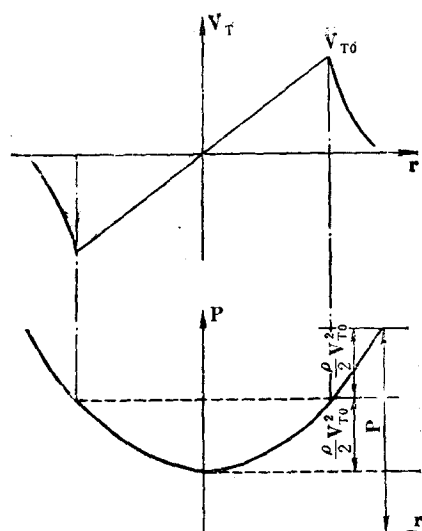


图2-4 涡管内气流的压力及速度分布

## 第二节 涡流管内气流场特性

### 一、涡流管内气流流动

涡流纺纱器是由纺纱堵头11及涡流管18、涡流管上纤维输送孔7及进风孔8等组成，见图1-1。涡流管内气流流动如图2-5所示。由于涡流管内的气流从几个方面进入，流动比较复杂。因此可把气流分成几股加以分析。

1. 空气从切向进风孔进入涡流管，因进气孔小，涡流管内径大，气流进入管内就要扩散、膨胀。第一股气流 $V_1$ 向下扩散，切向速度 $V_1'$ ，旋转角速度 $\omega_1$ ，垂直向下轴向速度 $V_1''$ ；这股涡流被风机直接吸走，不起纺纱作用，是无效涡流。第

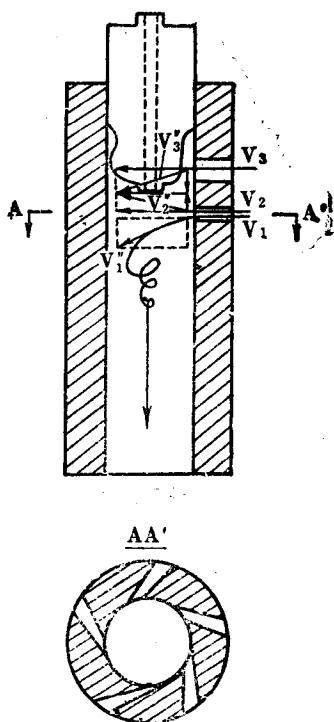


图2-5 涡流管内气流流动

二股气流  $V_2$  向上扩散，切向速度  $V'_2$  形成涡流的旋转角速度  $\omega_2$ ，垂直向上轴向速度  $V_2$ ，它产生托持纤维的作用，是有效涡流。

2. 从输送孔进入的气流  $V_3$ ，因输送孔有向下的偏角，这股气流的切向速度  $V'_3$  形成涡流，其旋转角速度  $\omega_3$  与  $\omega_2$  方向相同；垂直向下的轴向速度  $V_3$ ，产生向下输送纤维的作用，它与  $V'_2$  产生托持纤维的作用相反。在  $V_2$ 、 $V_3$  两股气流相遇时，

轴向速度产生的力达到平衡。 $V_2'$ 、 $V_3'$ 消失， $V_2$ 、 $V_3$ 形成一个近似平面涡流场。从输送孔进入涡流场的纤维在达到平衡涡流场处被托住。这一位置设计在纺纱堵头底部。在切向分速度 $V_2'$ 、 $V_3'$ 及离心力的作用下，使纤维纱尾沿管壁绕涡流管中心回转，形成回转的圆锥纱尾环。

3. 从引纱孔（有的纺纱堵头还设计有补气槽）进入的气流是起平衡作用的另一股向下的气流。上述三股气流平衡于纺纱堵头底部。

4. 由于涡流管内外压力差和管底抽风的作用，三股涡流逐渐向涡心旋转，并沿中心线向下被风机吸走。

## 二、涡流管内的速度和压力

1. 管内速度 切向速度符合式(2-6)，旋涡的角速度为：

$$\omega = \frac{V_T}{r} = \frac{V_{T_{max}}}{R} \quad (2-10)$$

式中： $r$ ——任一点的半径；

$V_T$ —— $r$ 处的切向速度；

$R$ ——旋涡边界半径；

$V_{T_{max}}$ —— $R$ 处（近似于涡流管半径）的最大切向速度。

管内的速度和压力可通过实测求得。最理想的方法是用非接触方式，如激光、高速摄影等，也可用微型毕托管测量。测得结果用下式计算切向速度。

$$V_T = 12.65 \sqrt{h} \quad (2-11)$$

式中： $V_T$ ——切向速度 (m/s)；

$h$ ——动压力 (Pa)。

( $V_T = 4.04 \sqrt{h}$ ，其中 $h$ 的单位为 $\text{mmH}_2\text{O}$ )



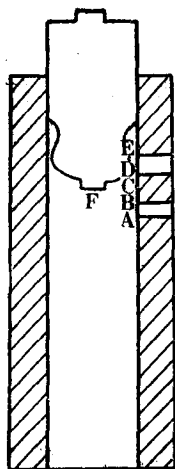


图2-6 速度测定部位

采用微型毕托管作初步测试分析,测定部位如图2-6中的A、B、C、D、E、F六点。A、B、C、D、E均在接近管壁处。

测得数据及计算结果列于表2-1。

从表2-1中数据可以得出以下几点:

(1) 涡流在管内向上扩散运动时, B点至D点, 速度逐渐减低。

表2-1 涡流管内压力及速度分布

压力单位:  $-Pa(-mmH_2O)$

位置	A	B	C	D	E	F
总压	8359 (853)	6399 (653)	8653 (883)	9016 (920)	11365 (1160)	22050 (2250)
静压	9090 (1948)	18130 (1850)	18453 (1883)	18100 (1847)	15112 (1542)	25460 (2598)
动压	10731 (1095)	11731 (1197)	10290 (1050)	9026 (921)	3744 (382)	470 (48)
气流速度(m/s)	134	140	131	123	79	28

注 测定的涡流管结构型式为上海第31棉纺织厂采用的五孔进风孔式。