



上海科技专著出版资金

# 纺纱气圈理论

FANG SHA QI QUAN LI LUN

周炳荣 著



YZLI 0890085961

东华大学出版社



上海科技专著出版资金

# 纺纱气圈理论

FANG SHA QI QUAN LI LUN

周炳荣 著



东华大学出版社

## 内 容 简 介

本书属于纺纱机械和纺纱技术方面的专门著作。其内容有环锭纺气圈理论、纺纱时钢丝圈在钢领上位置倾侧、转杯纺纱曲线形状和张力等八章。每章内容丰富,叙述由浅入深,说理严谨,并引用实例分析验证。该书可供大专院校师生教学和科研使用,也可供工程技术人员生产实践参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

纺纱气圈理论/周炳荣著. —上海:东华大学出版社,  
2010.9

ISBN 978-7-81111-756-1

I. ①纺… II. ①周… III. ①纺纱—气圈 IV. ①  
TS104.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 177746 号

责任编辑:杜燕峰

封面设计:魏依东

## 纺纱气圈理论

周炳荣 著

上海市延安西路 1882 号

邮政编码:200051 电话:(021)62193056

新华书店上海发行所发行 苏州望电印刷有限公司印刷

开本:787×960 1/16 印张:9 字数:162千字

2010年11月第1版 2010年11月第1次印刷

ISBN 978-7-81111-756-1/TS·211

定价:21.00元

## 前 言

纺织机械属于工艺机械一类,作为设计和制造者除了掌握一般机械设计知识外,尚须深谙有关机械的原理和理论,才能提高自主开发能力,进一步为纺织生产提供价廉物美的新产品——机器和器材,这就是撰写本书的原来。

环锭纺已有百年历史,转杯纺也有四十年历史,人们在实践中已积累了丰富的经验,留下许多宝贵著作。本书仅在气圈、钢丝圈和转杯纺纱曲线等深奥理论方面提供一些新的理解材料,帮助产品研究、开发和创新,推动其科学发展。

本书共有八章。第1章对环锭纺气圈纱质点上作用力性质和效果进行分析,按动力学方法建立气圈纱曲线微分方程,应用数值计算解得气圈纱曲线的形状,并较深入地分析空气阻力的效果。第2章取钢丝圈为脱离体,建立气圈纱张力计算式;介绍气圈属性参数 $\gamma$ 和 $p$ 的解法。以上两章组成纺纱气圈理论的基本内容。第3章举例计算说明纺纱一落纱期间气圈形状参数 $\gamma$ 和张参数 $p$ 的变化规律;指出纺纱做管底时气圈纱张力大及气圈纱碰撞筒管头是造成纺纱断头的主要原因。第4章讲述在不发生气圈崩溃条件下气圈最大高度 $h_m$ 及其他参数如锭速 $n$ 和纱比张力 $T_0/T_t$ 的确定。应用气圈控制环能选用重量较轻的钢丝圈,降低做管底时气圈纱张力,避免气圈纱碰撞筒管头,节省纺纱功率消耗。第5章文指出,纺纱

时,在气圈纱张力等作用下,骑跨在钢领上钢丝圈发生位置倾侧——外脚下沉,外脚超前,整体前倾。第6章文推出钢丝圈位置倾侧角 $\tau$ 、 $\nu$ 和 $\chi$ 的计算式。给出在最大外倾角 $\tau_m$ 和最大前倾角 $\chi_m$ 时,钢丝圈对于钢领有关表面的间隙 $\epsilon$ 等,方便于钢丝圈—钢领的形状设计。第7章文指出转杯纺保持正向纺纱的力学条件,假捻盘的摩擦阻力矩的作用很重要。第8章叙述在计入假捻盘摩擦力 $F$ 情况下,怎么确定转杯剥离点纱张力 $T_0$ 、自由段的纱曲线形状和张力。并指出假捻盘摩擦阻力矩 $M_F$ 的计算。

由于著者认识有限,书中难免有缺点和遗漏之处,恳请广大读者指正。最后向支持和帮助本书出版的领导和同事们致谢。

本书出版由上海科技专著出版资金资助。

作 者

2010年2月于东华大学

## 符号示例

$F, Q, N$	力
$T$	纱张力
$M$	钢丝圈质量
$m$	纱的线密度
$h$	气圈高度
$p$	气圈张力参数
$\gamma_0$	气圈形状参数
$C_1$	空气阻力系数
$\lambda$	空气阻力无量纲数
$x, y, z$	位置坐标
$X, Y, Z$	位置坐标无量纲数
$R$	气圈半径无量纲数
$d$	直径
$r$	半径
$l$	长度
$t$	时间
$s$	弧长
$v, u$	速度
$\mu$	摩擦系数
$\omega$	角速度
$n$	转速
$\sigma$	纱的比张力
$\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \psi, \tau, \nu, \chi, \lambda, \theta$	角度



## 目 录

第 1 章 环锭纺气圈理论 .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 纱张力、离心力、科氏力、空气阻力的性质和效果 .....	3
1.3 气圈纱曲线方程式的导出 .....	13
1.4 不计空气阻力情况下气圈纱曲线形状 .....	21
1.5 计及空气阻力情况下气圈纱曲线形状——数值解 .....	31
1.6 再论空气阻力的效果 .....	38
1.7 不计空气阻力气圈纱曲线解的应用 .....	49
第 2 章 环锭纺气圈纱张力计算 .....	52
2.1 概述 .....	52
2.2 纱张力 $T_t$ 计算式的导出 .....	53
2.3 纱张力 $T_t$ 的各项影响因素 .....	56
2.4 怎么求解气圈的张力参数 $p$ 和形状参数 $\gamma$ .....	59
第 3 章 一落纱期间气圈参数 $\gamma_0$ 和 $p$ 的变化 .....	64
3.1 概述 .....	64
3.2 纺纱一落纱期间气圈形状参数 $\gamma_0$ 和张力参数 $p$ 的变化规律 .....	65
3.3 怎么检查气圈纱曲线碰或擦筒管头、隔纱板 .....	72
第 4 章 最大气圈高度及气圈控制环的选用 .....	79
4.1 概述 .....	79
4.2 怎样确定细纱机的最大气圈高度 $h_m$ .....	79

4.3	气圈控制环的应用 .....	85
<b>第5章</b>	<b>纺纱时钢丝圈在钢领上位置倾侧 .....</b>	<b>90</b>
5.1	概述 .....	90
5.2	钢丝圈的外脚下沉 .....	92
5.3	钢丝圈的外脚超前 .....	95
5.4	钢丝圈的整体前倾 .....	96
5.5	钢丝圈内脚的磨损痕迹 .....	97
<b>第6章</b>	<b>钢丝圈位置倾侧角的计算 .....</b>	<b>99</b>
6.1	概述 .....	99
6.2	钢丝圈位置倾侧角计算式的导出 .....	100
6.3	算例 .....	104
6.4	最大外倾角 $\tau_m$ 和最大前倾角 $\chi_m$ 时钢丝圈对于钢领有关表面的间隙 $\epsilon$ .....	108
6.5	钢丝圈外脚下沉的充要条件 .....	111
6.6	附录 .....	111
<b>第7章</b>	<b>关于转杯纺纱 .....</b>	<b>113</b>
7.1	概述 .....	113
7.2	正向纺纱及反向纺纱 .....	114
7.3	关于纱曲线形状与张力 .....	116
<b>第8章</b>	<b>转杯纺纱曲线形状与张力 .....</b>	<b>118</b>
8.1	概述 .....	118
8.2	对接触段纱的力学分析 .....	118
8.3	对自由段纱的力学分析 .....	125
8.4	初始条件 .....	128
8.5	剥离点纱张力 $T_0$ 近似计算式 .....	129
8.6	假捻盘上摩擦阻力矩 $M_F$ .....	131
8.7	算例 .....	132



# 第1章 环锭纺气圈理论

## 1.1 概述

### 1.1.1 环锭纺气圈的形成

众所周知,环锭细纱机的特点是纺纱的加捻和卷绕两个工序同时地进行。如图1-1所示,从牵伸罗拉吐出的纱条(严格说是须条)经过导纱钩的孔,沿着气圈纱曲线向下,再穿过在钢领上作回轮的钢丝圈的纱道,然后被安装在锭子上的筒管卷绕。导纱钩、钢领与锭子三者的中心线共同位于轴 $z$ 上,如图示是垂直的。锭子由电动机驱动,通过气圈下的卷绕段纱拖动钢丝圈在钢领上滑行。假若牵伸罗拉静止不转,则钢丝圈与锭子同一个转速;锭子每一个回转,将产生一个捻回,嵌入导纱钩和钢丝圈之间纱段。然而纺纱时纱条是从牵伸罗拉钳口连续吐出的,在这种情况下钢丝圈的转速必定低于锭子的转速,在数量上正好保证从罗拉钳口吐出的纱条绕进筒管。现在,钢丝圈传给气圈纱的捻回少了,这个值正好是筒管上每一圈纱减少一个捻回。但纱在从筒管上退绕时,每一圈纱增得一个捻回,最后纱条上的捻回保留为锭速所给出的值。

纺纱时从导纱钩到钢丝圈之间的纱段绕着轴 $z$

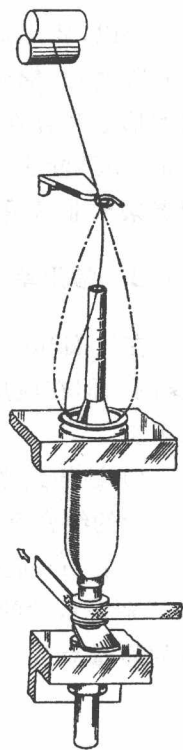


图1-1 环锭纺纱装置简图

高速旋转,因离心力作用被抛向一侧,成为一支凸起的纱曲线,这条曲线位于径向平面内。但在空气阻力作用下,纱曲线内的每个微段对于所在的径向平面呈向后倾斜姿态,其下端领先于上端;则整个纱曲线成为一支向后倾斜而弯曲的空间曲线。它绕着轴 $z$ 旋转时的空间形状称为气圈。如上所述,离心力和空气阻力的作用产生了气圈纱曲线的形状,也产生了导纱钩处及钢丝圈处的气圈纱张力(及气圈纱曲线上各点的纱张力)。气圈顶角 $2\gamma_0$ 和气圈顶点(即导纱钩处)纱张力 $T_0$ 的大小是气圈的两个特征参数,前者描述气圈形状“胖”或“瘦”,后者描述气圈纱张力大小,它们构成气圈属性。

因卷绕规律要求,纺纱时钢领板和叶子板共作连续升降,那时的气圈高度和卷绕直径连续变化,导致气圈纱曲线形状和张力也跟着连续变化。

所以,要正确选用和制订细纱机的锭距、卷装尺寸、钢领板和叶子板的升降动程,筒管形状及尺寸,还有钢丝圈的重量等,确保纺纱过程中气圈的形成和存在,纺纱张力变化平稳,最后表现为成纱质量好、卷绕紧实稳定、纺纱断头率低。气圈形状和张力的理论与分析对机器设计者和使用者来说非常重要。

### 1.1.2 常用单位的换算

在气圈和钢丝圈的力学原理分析计算中,物理量都采用科学单位cgs制。但在应用上常碰到较实用的国际单位(SI)制,它们换算关系如下。

#### 1) 纱的线密度 $m$

纱的线密度是单位长度的纱所具有的质量克数,以 $m$ 表示之,科学单位是 $\text{g/cm}$ ,而国际单位是 $\text{tex}$ (特), $1\text{ tex} = 1\text{ g/km}$ 。纺织业常用符号“ $\text{Tt}$ ”来表示纱的线密度大小(单位是 $\text{tex}$ ),并定义: $\text{Tt}$ 是 $1\text{ km}$ 长纱所具有的质量克数。明显地,

$$m = \text{Tt} \times 10^{-5} \text{ g/cm}$$

叙述纱的细度还有其他的单位,如公支、英支和旦等,换算关系请参考有关书籍。

2) 纱张力  $T$ 

纱张力  $T$  的科学单位是达因 (dyne), 但太小了。相应的国际单位是牛 (N)。定义为  $1 \text{ dyne} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2$ , 及  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$  则

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne}$$

作用在一点的力称为集中力, 单位是 N; 而分布力是作用在线、面积或体积上的力, 单位分别是  $\text{N}/\text{cm}$ 、 $\text{N}/\text{cm}^2$ 、 $\text{N}/\text{cm}^3$ 。

3) 纱的比张力  $\sigma$ 

机械材料如钢铁等, 常用多少“面积”来承受外力, 故有“应力”这个概念。而纱线材料却以多少“质量”(或重量)来承受外力, 故介入一个重要概念叫“比张力  $\sigma$ ”——相当于机械材料的“应力”; 其定义是: 纱的张力 (外力) 对于纱的线密度之比。科学单位是  $\text{dyne} \cdot \text{cm}/\text{g}$ 。而国际单位是  $\text{N}/\text{tex}$ , 其物理意义是每千米长纱内每克纤维承受的力。

$$1 \text{ N}/\text{tex} = 1 \text{ dyne} \cdot \text{cm}/\text{g}$$

4) 角速度  $\omega$ 

角速度  $\omega$  的单位是  $\text{rad}/\text{s}$ , 实际中常用转速  $n$  的单位是  $\text{r}/\text{min}$ 。

$$\omega = \pi/30 \cdot n = 0.10472n$$

## 1.2 纱张力、离心力、科氏力、空气阻力的性质和效果

### 1.2.1 纱张力 $T$

在这里, 纱线 (或者绳) 被看作是质量均匀的、柔软的及无伸缩的。如果纱很轻, 又不受到横向 (垂直于纱长方向) 力的作用, 则其形状是直线; 纱张力总是沿着纱长方向, 见图 1-2(a)。但在有些问题中, 纱受到横向力作用, 例如重力及约束力等, 就不再是直线而是弯曲的了。弯曲的纱可看成由无数个微小直线段组成, 因而, 纱张力是沿着此微小直线段方向; 在极限情况下——此直线段长度趋于零, 纱张力就沿着纱曲线的

切线方向,见图 1-2(b),这是纱张力  $T$  的基本性质。

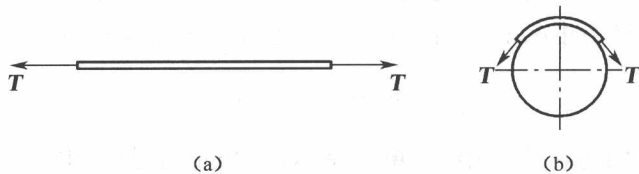


图 1-2 纱张力

下面导出纱线的静力学平衡方程。如图 1-3 所示,设纱曲线是一支过原点  $O$  的空间曲线,点  $A$  在纱曲线上,其位置用矢径  $a(s)$  表明,而  $s$  是纱曲线的弧长。过点  $A$  取纱微段  $\Delta s$  为力学分析对象,设在单位长度纱线上的作用力为  $F$  (dyne/cm),规定顺着  $s$  增大方向的纱张力  $T(s+\Delta s)$  为正向,则在纱微段  $\Delta s$  上的作用力共有三个:  $-T(s)$ ,  $T(s+\Delta s)$ ,  $F\Delta s$ ; 力的方向如图 1-3 示。此三力的静平衡条件是

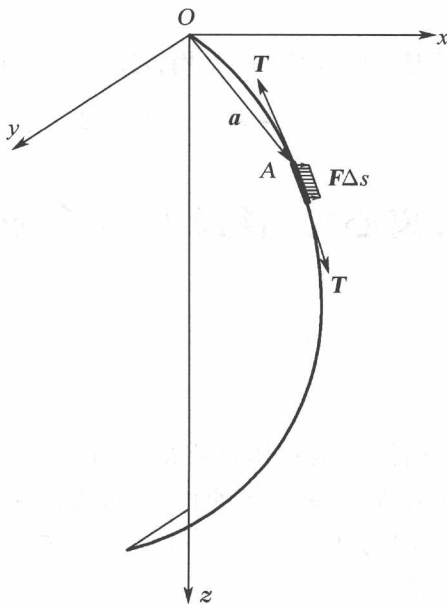


图 1-3 纱微段  $\Delta s$  上张力与外力平衡

$$\mathbf{T}(s + \Delta s) - \mathbf{T}(s) + \mathbf{F}\Delta s = 0$$

或者

$$[\mathbf{T}(s + \Delta s) - \mathbf{T}(s)] / \Delta s + \mathbf{F} = 0$$

当  $\Delta s \rightarrow 0$ , 即得

$$\frac{d\mathbf{T}}{ds} + \mathbf{F} = 0 \quad (1-1)$$

上式的意义是作用在纱质点上的分布力  $\mathbf{F}$  (dyne/cm) 产生纱张力  $\mathbf{T}$  沿曲线弧长  $s$  上的变化。将纱曲线看成是由若干质点组成的连续介质, 那么式(1-1)就成了对纱曲线上任意质点写出的静力学平衡方程式, 是处理纱线力学问题的基本方法。

在直角坐标系中, 设纱曲线上点  $A$  的三个坐标为  $x(s)$ ,  $y(s)$ ,  $z(s)$ 。又设坐标轴的基矢量为  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{k}$ , 则点  $A$  的矢径为  $\mathbf{a} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ , 又纱曲线上点  $A$  的切矢为  $\boldsymbol{\tau}$ , 则  $\boldsymbol{\tau} = \frac{d\mathbf{a}}{ds} = \frac{dx}{ds}\mathbf{i} + \frac{dy}{ds}\mathbf{j} + \frac{dz}{ds}\mathbf{k}$ 。故切矢  $\boldsymbol{\tau}$  的三个方向余弦是  $\frac{dx}{ds}$ ,  $\frac{dy}{ds}$ ,  $\frac{dz}{ds}$ , 且有下述关系  $(\frac{dx}{ds})^2 + (\frac{dy}{ds})^2 + (\frac{dz}{ds})^2 = 1$ 。那么, 纱张力  $\mathbf{T}$  按着点  $A$  的切向, 在坐标轴上三个分量应是:

$$T \frac{dx}{ds} = T_x, \quad T \frac{dy}{ds} = T_y, \quad T \frac{dz}{ds} = T_z。$$

则式(1-1)在直角坐标轴上三个分量形式如下:

$$\begin{cases} \frac{d}{ds} \left( T \frac{dx}{ds} \right) + F_x = 0 \\ \frac{d}{ds} \left( T \frac{dy}{ds} \right) + F_y = 0 \\ \frac{d}{ds} \left( T \frac{dz}{ds} \right) + F_z = 0 \end{cases} \quad (1-2)$$

## 1.2.2 离心力 $F_c$ 和科氏力 $F_k$

### 1.2.2.1 转动坐标系中力学

参阅图 1-1, 我们将机器导纱钩的中心设为原点  $O$ , 纺纱锭子或气圈

纱曲线的转动轴线与惯性坐标轴  $Oz$  重合, 又设气圈纱曲线旋转的角速度为  $\omega$ , 匀速。某纱质点从导纱钩进入气圈纱曲线, 接着又奔向钢丝圈; 可视为这个质点在转动的牵连体(纱曲线)上作相对移动, 速度为  $v$  (即纱的输出速度); 整个纱曲线可看成由若干个做这样运动的连续质点组成。

从理论力学中运动学知道, 气圈纱曲线上任一纱质点对于惯性坐标  $Oxyz$  的绝对加速度  $\mathbf{a}_a$  等于它的牵连加速度  $\mathbf{a}_e$ , 相对加速度  $\mathbf{a}_r$  和科里奥利加速度  $\mathbf{a}_k$  的三者矢量和, 如下式所示。

$$\mathbf{a}_a = \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_r + \mathbf{a}_k$$

上式的各项乘以纱质点的质量  $m$ , 则得

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}_e + m\mathbf{a}_r + m\mathbf{a}_k$$

$$\text{即得} \quad m\mathbf{a}_r = \mathbf{F} - m\mathbf{a}_e - m\mathbf{a}_k = \mathbf{F} + \mathbf{F}_e + \mathbf{F}_k = \Sigma\mathbf{F} \quad (1-3)$$

上式中, 令  $-m\mathbf{a}_e = \mathbf{F}_e$ ,  $\mathbf{F}_e$  称为牵连惯性力;  $-m\mathbf{a}_k = \mathbf{F}_k$ ,  $\mathbf{F}_k$  称为科氏惯性力。对惯性坐标中观察者来讲,  $\mathbf{F}_e$  和  $\mathbf{F}_k$  都是虚拟力, 因为这两个力起源于坐标系的加速度, 而不是物体之间的相互作用。式(1-3)的意义是在非惯性坐标系(有加速度的)中观察者应用牛顿定律须作一些修正, 即是在作用力  $\mathbf{F}$  中, 计入惯性力  $\mathbf{F}_e$  和  $\mathbf{F}_k$ 。那么, 他所得的分析结论和他在惯性坐标中所作出的是相同的, 同样有效。一般来说, 绕定轴转动系统, 质点的牵连惯性力  $\mathbf{F}_e$  含有切向惯性力  $\mathbf{F}_{et}$  和径向惯性力  $\mathbf{F}_{en}$  两项。今气圈纱曲线绕轴  $Oz$  旋转为等角速度  $\omega$  时, 则纱质点只有径向惯性力  $\mathbf{F}_{en}$  作用, 习惯上称为离心力, 今以  $\mathbf{F}_c$  表示之; 同样力  $\mathbf{F}_k$  被称为科氏力。基于上述, 对匀速转动的纱曲线任一质点做外力分析, 必须计入离心力  $\mathbf{F}_c$  和科氏力  $\mathbf{F}_k$ 。

#### 1.2.2.2 离心力 $\mathbf{F}_c$

气圈纱曲线上任一质点的离心力  $\mathbf{F}_c$  是按着它的转动半径方向作用的, 用下式表示:

$$\mathbf{F}_c = m\omega^2 \mathbf{r}$$

式中,  $m$ ——纱质点的质量(g/cm);  $\omega$ ——纱质点的转动角速度(rad/s);

$r$ ——纱质点的转动半径(cm)。

由此可见,对于气圈纱曲线来说,纱质点离心力的大小与纱质点的半径位置有关,力的单位是  $\text{dyne/cm}$ ,属于分布力。

如不计空气阻力和科氏力的作用的话,在离心力作用下,气圈纱曲线整体存在于轴  $Oz$  和纱质点所确定的平面内,这个平面被称为径向平面。离心力大小则决定了气圈纱曲线的基本形状(如图 1-4 中点划线所示,而实线是计入空气阻力的效果)。

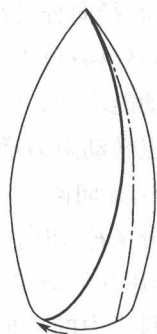


图 1-4 气圈纱曲线的形状

### 1.2.2.3 科氏力 $F_k$

如上所述,气圈纱曲线可视作牵连体,绕轴  $Oz$  匀速转动,角速度  $\omega$ 。某纱质点沿着纱曲线移动输出,速度为  $v$ ,则有科氏力的效应。

科氏力用下式表示,

$$F_k = -2m(\omega \times v)$$

式中,  $2\omega \times v$  为科氏加速度  $a_k$ 。科氏加速度  $a_k$  的方向按着矢积  $\omega \times v$  的方向——先将矢量  $\omega$  移至纱质点处,应用右手螺旋法则,即将矢量  $\omega$  右旋,转过角  $\theta$  到达矢量  $v$ ,则  $a_k$  按着螺旋前进的方向。而科氏力  $F_k$  的方向则与其相反,参见图 1-5。科氏力的模为:

$$F_k = 2m\omega v \sin \theta$$

式中,  $\theta$ ——矢量  $\omega$  与  $v$  的夹角;各参数单位为  $v(\text{cm/s})$ 、 $m(\text{g/cm})$ 、 $\omega(\text{rad/s})$ 、 $F_k(\text{dyne/cm})$ 。

假定仅有离心力作用,气圈纱曲线整体都位于径向平面内。那么,随气圈纱曲线转动的纱质点从一个半径位置移动到另一个半径位置,作用在这质点上的科氏力将垂直于此平面。对于气圈上部(即在气圈最大半径点之上的部分),科氏力方向与气圈转向相反;而对于气圈下部(即在气圈最大半径点之下的部分),科氏力方向则与气圈转向相同。在气圈的最大半径( $r_m$ )点,科氏力等于零(因为  $\theta = 0$ )。

事实上气圈纱曲线转动中空气阻力的作用是必须考虑的。它造成气圈纱曲线中每一个纱微段  $\Delta s$  对其所在的径向平面成向后倾斜(请参阅 1.2.3.2



节内容),导致纱曲线向后弯曲成为空间曲线。这种情况下,曲线上任一纱质点的科氏力,必定按该点矢量 $\omega \times v$ 所确定的反方向;对于旋转的纱曲线来说,则有径向分量 $F_{kr}$ 和切向分量 $F_{kt}$ 作用,参见图1-5。在气圈上部,纱质点做径向外移;科氏力径向分量 $F_{kr}$ 径向向外,相当于增加了离心力,实现纱质点的动能增加。而科氏力切向分量 $F_{kt}$ 切向向后,相当于增加了空气阻力,使纱质点转动阻力增加。反之,在气圈下部,纱质点做径向内移,科氏力径向分量 $F_{kr}$ 径向向内,相当于减少了离心力,实现纱质点的动能降低。而科氏力切向分量 $F_{kt}$ 切向向前,相当于减少了空气阻力,使纱质点转动阻力减少。总之,作用在气圈纱曲线上的科氏力,在气圈的最大半径点变向;最后,在钢丝圈处科氏力的切向分量明显地是作用在气圈上部和气圈下部科氏力的差值。而空气阻力却不同,它是作用在气圈上部和气圈下部的空气阻力的总值。

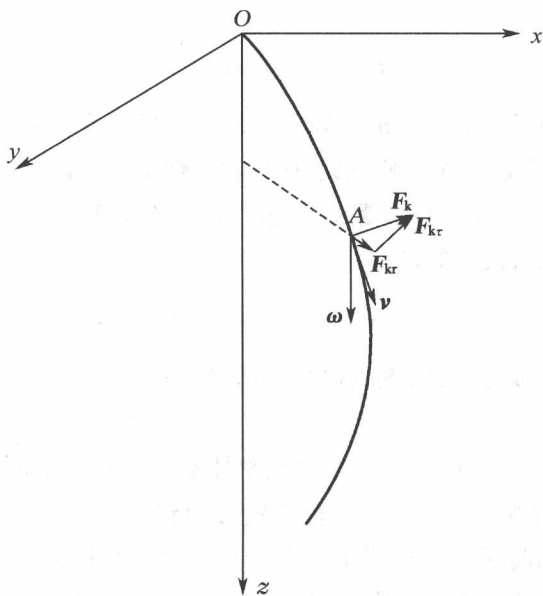


图1-5 科氏力 $F_k$ 及其分量

就纺纱情况来说,纱输出速度 $v$ 一般较小,作用在气圈纱曲线上的科氏力较空气阻力小得多。靠近钢丝圈处纱曲线的倾斜差不多全由空气阻力造成;但是,靠近导纱钩处科氏力是重要的。

### 1.2.3 空气阻力 $F_a$

#### 1.2.3.1 空气阻力的大小

纱从固定的卷装上退绕下来或在纺纱时向转动的卷装绕上去,形成了一个性质相同,反抗空气阻力作用,回转的气圈。如果没有空气阻力纱的退绕是不可能的;虽然在环锭纺纱上空气阻力并没有表现得如此重要,但是应认识到空气阻力的影响决不可忽视。

首先考虑作用在纱微段  $\Delta s$  上的空气阻力,若纱段被看成一个垂直于气流的光滑圆柱体,则空气阻力大小可通过现有的资料计算出。从空气动力学理论知道,作用在单位长度圆柱体上的空气阻力  $F_a$  计算公式为:

$$F_a = \frac{1}{2} C_1 d \rho u^2 \quad (\text{dyne/cm})$$

式中,  $C_1$ ——阻力系数;  $d$ ——圆柱的直径(cm);  $\rho$ ——空气密度( $\text{g/cm}^3$ );  $u$ ——空气速度( $\text{cm/s}$ )。

$C_1$ 虽不是常数但很近似,它是雷诺数  $Re$  的函数(无量纲数)。雷诺数

$$Re = \frac{ud}{\eta}$$

式中,  $\eta$ ——空气的动力粘度( $\text{cm}^2/\text{s}$ )。对于光滑的圆柱体,  $C_1$  和  $u$  之间的关系已有实验确定,如图 1-6 所示。

在标准大气压下,温度  $21^\circ\text{C}$ ,相对湿度 65%,  $\rho$  约是  $0.0122 \text{ g/cm}^3$ ;  $\eta$  约是  $0.15 \text{ cm}^2/\text{s}$ 。给出气流速度  $u$  之后首先算出雷诺数  $Re$ ,接着从图 1-6 求得阻力系数  $C_1$ 。

长丝纱在空气阻力方面大体上表现为光滑的圆柱体;但是短纤维纱的空气阻力就比按“纱线直径投影仪”测得纱直径的计算结果要大,也就是说,此纱结构较蓬松而忽略了纤维端外露。这些

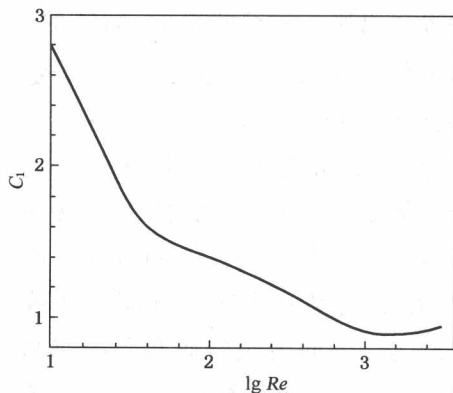


图 1-6 对于光滑的圆柱体的阻力系数