

# RTC圈条器的理论与实践\*

高春和

徐伯俊

(南通第二棉纺织厂)

(无锡轻工业学院)

**【提要】** 本文论述了一种新型的 RTC 圈条器,即在传统圈条器的基础上使条筒在转动的同时作往复运动,实验得出可使容量增加 15~20%。文中用较大篇幅分析了这种圈条器有关容量的一些参数,得出其增加容量的主要原因如下:(1)改善条筒内棉条密度均匀度,导致单位高度的棉条层数增加;(2)相应缩小其气孔直径。

## 一、导 言

在纺纱工序中,国内外广泛采用的圈条器形式为底盘转动式(以下称为传统圈条器)。尽管由于条筒尺寸的逐渐加大宜将传统圈条器改行星式圈条器,但筒内单位体积容量及棉条密度均匀度均未得到改善。七十年代,国际上出现了一种新型的 RTC 圈条器,较好地解决了上述两个问题。我们将泼拉脱公司生产的 Versamatic 746型并条机的 RTC 圈条器进行了分析和实验,得出这种圈条器可使条筒容量比传统圈条器增加 15~20%,且机构简单,对梳棉、精梳和并条机的老机改造或新机设计均值得借鉴。

## 二、传统圈条器存在的问题

生产实践说明:当采用底盘转动式和行星式圈条器时,棉条沿条筒直径方向的分布密度是不均匀的,气孔周围,宽度为棉条直径的圆环内密度最大,稍远处密度逐渐降低,在条筒边缘处,密度又有所加大,如图 1 所示<sup>[1]</sup>。显然,条筒的容量利用率是不高的。

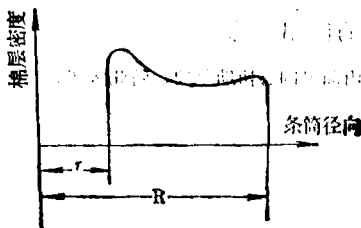


图 1

概括起来,传统圈条器主要存在下列三个方面的问题:

1. 气孔直径过大,较大的空间得不到很好利用。
2. 筒内棉层密度不均匀率较大,且气孔愈小,这种密度不均匀率愈大。
3. 由于上述二个原因,导致条筒内中间高,以偏心距为  $e$ (见图 4)处最低,带来一些不利于工艺的意外张力。

## 三、RTC 圈条器的工作原理

如图 2 所示,动力由一根挠性竖轴转动齿轮  $z_1$ ,  $z_1$  通过一系列齿轮传动齿轮  $z_5$ ,  $z_5$  通过链条使底盘齿轮转动。另一方面,  $z_5$  的同轴齿轮  $z_6$  传动齿轮  $z_7$ , 在  $z_7$  上偏心距为  $b$  处连接着连杆  $BA$  的一端,连杆的另一端和机架相连。整个图中方框内的部分为一个油浴箱。此机构使得条筒在旋转的同时,又作往复运动,这样便克服了传统圈条器的一些缺点,使得条筒内容量增加。下面就影响容量的有关参数进行一些分析和讨论。

## 四、理论分析

### (一) 条筒一转的筒内棉条总长度

#### 1. 往复机构

如图 3 所示,杆  $BC$  以  $\omega_3$  转动,使得  $C$  点(即条筒)作往复运动。令  $AB = a$ ,  $BC = b$ ,

\*RTC—Reciprocating Turntable Coiler 缩写,是一种条筒运动为转动和往复运动合成的圈条器。

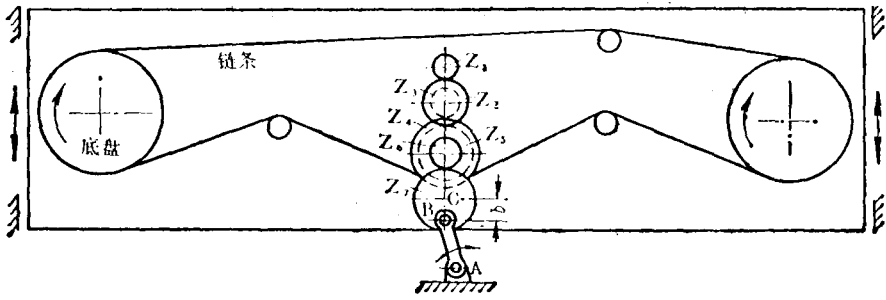


图2

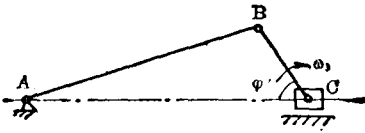


图3

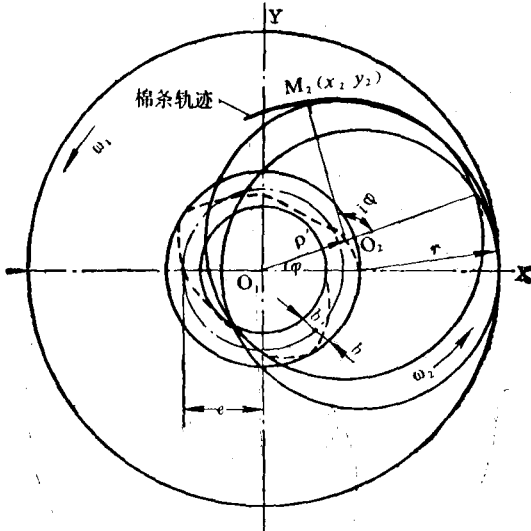


图4

得C点轨迹方程为：

$$x = b \cos \varphi' + \sqrt{a^2 - b^2 \sin^2 \varphi'} \\ = b \cos \omega_3 t + \sqrt{a^2 - b^2 \sin^2 \omega_3 t} \quad (1)$$

2. 理论计算

设圈条斜管与条筒异向回转，如图4所示(当 $\omega_1$ 为顺时针方向)。

圈条斜管齿轮  $O_2$  相对于条筒中心  $O_1$  移动时，点  $O_2$  的座标为：

$$x_1 = \rho' \cos \varphi \quad y_1 = \rho' \sin \varphi$$

式中： $\rho' = O_1 O_2$ 。

此距离应为平均偏心距  $e$  和往复变量之

和，由于往复变化量较小，下列计算中均略去了(1)式中的第二项的变量(此处的忽略经理论分析，并用实际机台尺寸验算，对总长度的影响均小于5%)。

$$\therefore \rho' = e + b \cos \omega_3 t$$

$$\text{令 } i' = \omega_3 / \omega_1, \text{ 则}$$

$$\rho' = e + b \cos i' \varphi$$

圈条齿轮引出孔  $M_2$  点的座标  $(x_2, y_2)$  相对于  $O_2$  移动时，则：

$$x_2 = r \cos(i+1)\varphi \quad y_2 = r \sin(i+1)\varphi$$

式中： $r$ —圈条轨迹半径；

$i$ —圈条速比  $(\omega_2 / \omega_1)$ 。

$M_2$  点相对于条筒回转中心的位置：

$$x = x_1 + x_2 \quad y = y_1 + y_2$$

$$\text{即: } \begin{cases} x = (e + b \cos i' \varphi) \cdot \cos \varphi + r \cos(i+1)\varphi \\ y = (e + b \cos i' \varphi) \cdot \sin \varphi + r \sin(i+1)\varphi \end{cases} \quad (2)$$

将上式分别对时间求导数，并自乘合并得：

$$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 = [r^2(i+1)^2 + (e + b \cos i' \varphi)^2 \\ + b^2 i'^2 \sin^2 i' \varphi + 2r(i+1)(e \\ + b \cos i' \varphi) \cos i \varphi + 2bi'r(i \\ + 1) \sin i' \varphi \sin i \varphi] \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \quad (3)$$

此式需进一步简化，一般此机构的摆动幅度较小，因此我们仍可近似认为在一个以  $e$  为半径的圆上运动，将其计算结果乘以修正系数  $K$ ，故得：

$$V^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2 = K^2 [r^2(i+1)^2 + i^2 e^2 + 2eir(1 \\ + i) \cos \varphi] \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2$$

上式便可用传统圈条器的计算结果来表示, 所以棉条的配置速度:

$$V = K\omega_1[r^2(1+i)^2 + i^2e^2 + 2eir(1+i)\cos\varphi]^{1/2}$$

则条筒一转的棉条总长度:

$$S = K \int_0^{2\pi} [r^2(1+i)^2 + i^2e^2 + 2eir(1+i)\cos\varphi]^{1/2} d\varphi \approx K \int_0^{2\pi} r(1+i)$$

$$\left[ 1 + \frac{1}{2}i^2e^2 \cdot \frac{1}{r^2(1+i)^2} + \frac{er\cos\varphi}{(1+i)r^2} \right] d\varphi$$

上式积分可得:

$$S = 2\pi r K \left[ 1 + i + \frac{i^2e^2}{2r^2(1+i)} \right] \quad (4)$$

同理, 可得条筒与圈条盘转向相同的公式:

$$S_{同} = 2\pi r K \left[ 1 - i + \frac{i^2e^2}{2r^2(1-i)} \right] \quad (5)$$

### 3. 修正系数 K 的确定

为了得到修正系数 K, 我们近似地假定其圈条轨迹在一半径为 e 的圆上运动, 而在此圆的左右摆动所导致的长度增加率便是修正系数 K, 而且近似固定在直线坐标上, 如图 5 所示。



图 5

因此: 
$$\begin{cases} x = e\varphi \\ y = bsini'\varphi \end{cases}$$

$$\therefore \dot{x} = e$$

$$\dot{y} = bi'\cosi'\varphi$$

$$dS_1 = [e^2 + b^2i'^2\cos^2i'\varphi]^{1/2} d\varphi$$

$$\therefore S_1 = \int_0^{2\pi} [e^2 + b^2i'^2\cos^2i'\varphi]^{1/2} d\varphi$$

令  $i'\varphi = \alpha$ , 并化简上式, 得:

$$S_1 = \frac{\sqrt{e^2 + b^2i'^2}}{i'} \int_0^{2\pi i'} \sqrt{1 - K_2^2 \sin^2 \alpha} d\alpha$$

式中:  $K_2 = \frac{bi'}{\sqrt{e^2 + b^2i'^2}}$

上式为一椭圆积分。

$$S_1 = \frac{\sqrt{e^2 + b^2i'^2}}{i'} E(K_2, 2\pi i') \quad (6)$$

式中  $E(K_2, 2\pi i')$ —第二类勒让德椭圆积分。

$$\therefore K = \frac{S_1}{2\pi e} = \frac{\sqrt{e^2 + b^2i'^2}}{2\pi e i'} E(K_2, 2\pi i') \quad (7)$$

### (二) $\omega_3/\omega_1$ 的选取

上述(一)点分析了一层棉条的总长度, 那么, 上下各层之间的关系又是如何呢? 实际在 RTC 圈条器中, 由于往复运动的影响, 造成上下层错开(指条筒周围和气孔周围), 使得密度均匀度得到改善, 如图 6 所示, 上下层的交错角为  $\theta$ , 而  $\theta$  的大小取决于  $\omega_3/\omega_1$  的选择。

$$\theta = (\omega_3/\omega_1) \times 2\pi$$

从图中可见,  $\theta$  的大小直接关系到层间的错开程度, 从而影响筒内棉条密度均匀度。

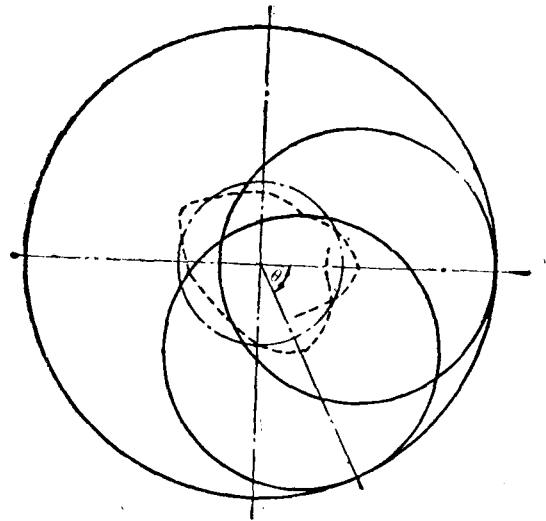


图 6

若令  $n$  为正整数, 则当  $\theta = (\pi/2) \times n$  时, 即当  $\omega_3/\omega_1$  恰好等于  $1/4$  的整数倍时, 有下列两种情况:

1. 当  $n$  为奇数时, 仅在圆中互为垂直的四处形成多次重叠, 对密度均匀度的改善甚微。

2. 当  $n$  为偶数时, 仅在圆中一直径上二处形成多次重叠, 不能起到改善密度均匀

度的效果。

因此，只要  $\omega_2/\omega_1$  的值不是 1/4 的整数倍，便可达到上下层错开，均匀密度的目的。对于具体的机台，有一最佳的值，可结合实验得出。

值得说明的是：由于  $\theta$  恒小于  $360^\circ$ ，加上贮有棉条的条筒较重，特别是满筒时，若运动速度快，则运动惯量大，驱动力也大，甚至发生振动。故  $\omega_2/\omega_1$  不宜超过 1，一般应选在 0.4~0.6 之间为宜。

### (三) 摆动覆盖系数 $\epsilon$

在传统圈条器中，其它参数已定时，条筒容量几乎完全取决于气孔直径的大小。理论上，当气孔直径  $d$  满足<sup>[2]</sup>：

$$d = -D + 2\sqrt{2[D(D - 3d_0) + 2d_0^2]}$$

式中： $d_0$ —棉条直径； $D$ —一条筒直径。

此时的容量最大。但在 RTC 圈条器中，由于往复摆动，避免了气孔周围及条筒周围的上下棉条多次重叠的情况，使得其主要矛盾并不是气孔直径与密度不匀。

RTC 圈条器筒内各处棉条密度均匀度除受上述讨论的一些因素影响外，还受往复摆动幅度的大小所造成各层棉条在径向覆盖、分布情况不同的影响。我们用一摆动覆盖系数  $\epsilon$  来衡量这一因素的影响。 $\epsilon$  即为摆动涉及的区域面积和整个条筒面积之比。

如图 7 所示，非摆动覆盖区宽度：

$$z = R - r - 4b$$

$$\text{因此：}\epsilon = [R^2 - (R - 2b)^2 + (r + 2b)^2 - r^2] / R^2$$

$$\text{化简，得：}\epsilon = [4b(R + r)] / R^2 \quad (8)$$

由图 7 知， $\epsilon$  永远小于 1。

当  $b \leq (R - r) / 4$ ，此函数单调上升。故当  $b = (R - r) / 4$  时， $\epsilon$  得到最大值：

$$\epsilon_{\max} = 1 - (r/R)^2 \quad (9)$$

(9) 式是假定气孔直径一定时求出的  $\epsilon_{\max}$  值。实际由 (9) 式可知， $r$  越小，即气孔直径愈小，覆盖系数  $\epsilon$  愈大。在保证气孔不会堵塞的前提下， $\epsilon_{\max}$  愈大，理论上条筒内

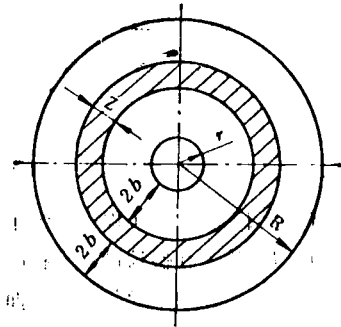


图 7

容量愈大。实际上由于棉条宽度较小，只要摆动幅度超过棉条宽度，筒内各处密度均匀度便出现一个突变。即条筒内各处的密度均匀度并非与覆盖系数  $\epsilon$  呈线性关系。它们的关系如图 8 所示。

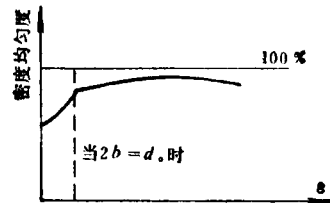


图 8

当往复摆动量  $b$  选在  $d_0/2 \sim D/8$  时，覆盖系数较佳。

## 五、条筒容量

条筒内可容纳棉条总重量取决于条筒的直径、高度以及在此高度内棉条的总层数，每层棉条的总圈数，并与生条定量、纤维性质等参数有关。

### (一) 容量增加的原因

当条筒尺寸、圈条速比、棉条定量等一定时，采用 RTC 圈条器可增加容量的原因如下：

#### 1. 棉条密度均匀度高

在 RTC 圈条器中，由于往复摆动的原因，必然使得圈条半径缩小，另一方面，由于棉条输出速度为一常量，每层棉条沿条筒径向有内密外疏的现象，因此，每层棉条总长度和传统圈条器相比反而有所缩短。但由

于层层错开,使得筒内各处棉条密度均匀度相应提高。与相同尺寸的传统圈条器相比,在 $\omega_3/\omega_1$ 选取恰当的前提下,单位高度的棉层数大大增加。

## 2. 气孔直径小

由上述分析得知,采用 RTC 圈条器时,气孔直径对筒内棉条密度均匀度影响甚小,条筒容量的大小仅仅取决于棉条密度,特别是密度均匀度及条筒内空间利用率的大小。而传统圈条器,理论分析得出气孔直径约为三分之一条筒直径时容量最大。和传统圈条器相比,RTC 圈条器可大大缩小气孔直径(特别是在条筒直径较大且为小圈条的情况下),一般气孔直径可取为 60~80 毫米。

## (二) 实验数据

我们在 Versamatic 746 型并条机上做了条筒有无往复运动时其容量对比试验(无往复的情况是拆除机台上的往复装置,并调整好底盘与圈条盘的相对位置及有关参数),结

往复运动	平均密度 (公斤/米)	单位高度的层数 (层/厘米)	容量增加率 (%)
无	13.15	0.96	—
有	15.74	1.53	15~19

注:实验条件为:棉条干重 18.5 克/5 米,回潮率 8.5%,条筒直径 20 英寸。

果见下表。

表中数值是经过多次实验的平均值(或范围),这些数据说明了前面分析的正确性。Versamatic 746 型并条机产品说明书介绍这种 RTC 圈条器可使条筒容量在传统圈条器的基础上增加 25%<sup>[3]</sup>,国外还有类似机台介绍这种装置可使容量增加 20% 以上,笔者认为介绍的数据均偏高。

## 六、结 语

这种有条筒往复装置的 RTC 圈条器与传统圈条器相比,可使条筒容量增加 15~20%。其主要原因是:RTC 圈条器可使条筒内的棉条上下层错开,密度均匀度提高,导致单位高度的层数大大增加,同时,有条件相应缩小气孔直径,充分利用空间,且条筒直径愈大,此利用率愈大,增容效果愈明显。

本文承无锡轻工业学院刘国涛老师和华东纺院吴秀玉老师审阅,南通国棉二厂有关同志协助实验,谨此一并致谢。

## 参 考 资 料

- [1] 华东纺织工学院主编:《纺织机械设计》上册, P.124.
- [2] 华东纺织工学院主编:《棉纺学》上册, P.233, 1980年.
- [3] Product Report of Platt-Saco Lowell's Versamatic DF 746, P.10.