

RTC 圈条器增容原理

黄 民 柱

(苏州丝绸工学院)

【摘要】 本文借助计算机,以研究条筒内棉条沿条筒半径方向密度分布状况着手,叙述 RTC 圈条器*的增容原理。

在纺纱工序中,棉条用条筒卷装。为减轻挡车工劳动强度,减少停车换筒时间,希望增加条筒内棉条的容量,可通过以下途径:一是增加条筒的尺寸,即用直径和高度大的条筒;二是条筒几何尺寸不变,用增容装置增加条筒内棉条的容量。RTC 圈条器是增容装置的一种,它通过改进圈条器的结构而变动圈条运动形式来改善条筒内棉条沿半径方向的密度分布,而达到增容目的。

一、棉条沿条筒半径方向的密度和线密度

圈条器的上圈条盘每转一圈即圈入条筒内一圈棉条,由上圈条盘与下圈条盘运动配合,棉条成摆线形状圈放在条筒内,因上、下圈条盘速比甚大,可将摆线形状的每圈棉条近似视作圆环。

若以条筒中心 O 为圆心、不同的 R 为半径作同心圆,同心圆与圆环相交,圆环内由一段段同心圆弧组成。见图 1。

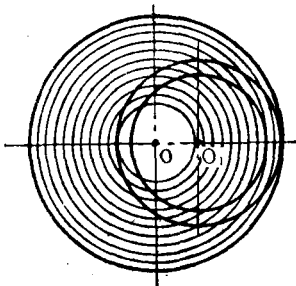


图 2 中:半径为 R 的同心圆弧在圆环内的两段弧长为 $2 \times \widehat{P_1P_2}$ 。

R——条筒中某一半径; r——圈条盘斜管出口半径; R_1 、 R_2 ——圈条盘所圈棉条内、外圈半径; d——棉条直径; e——圈条盘与条筒偏心距; x_1 、 y_1 ——半径为 R 的圆与棉条

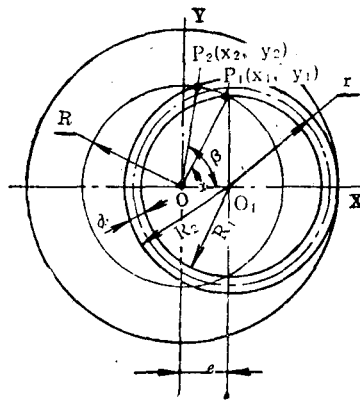


图 2 半径为 R 的同心圆弧相关尺寸图

内圈交点 P_1 的坐标; x_2 、 y_2 ——半径为 R 的圆与棉条外圈交点 P_2 的坐标, N——条筒容纳的棉条总圈数。

由图 2 可知: $\widehat{P_1P_2} = R(\beta - \alpha)$

显然,条

筒内某一半径 R 处棉条的密度与 $2\widehat{P_1P_2} / 2\pi R$ 成正比,用线密度 ρ 表示:

$$\rho = N \widehat{P_1P_2} / \pi R = N / \pi(\beta - \alpha) \quad (1)$$

由此可见,决定棉条沿条筒半径方向密度变化的是条筒内单圈棉条的线密度 ρ_0 :

$$\rho_0 = (\beta - \alpha) / \pi \quad (2)$$

图 2 中,以条筒中心为原点建立直角坐标,棉条内、外圈的轨迹方程为:

$$(x_1 - e)^2 + y_1^2 = R_1^2 \quad (3)$$

$$(x_2 - e)^2 + y_2^2 = R_2^2 \quad (4)$$

半径为 R 的圆的方程为:

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2 \quad (5)$$

$$x_2^2 + y_2^2 = R^2 \quad (6)$$

联立(3)和(5)式、(4)和(6)式解得:

$$\begin{cases} x_1 = (e^2 + R^2 - R_1^2) / 2e \\ y_1 = \sqrt{R^2 - x_1^2} \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_2 = (e^2 + R^2 - R_2^2) / 2e \\ y_2 = \sqrt{R^2 - x_2^2} \end{cases} \quad (8)$$

在计算单圈线密度 ρ_0 时，随着 R 值的变化，棉条圈圆环上 P_1 点和 P_2 点位置也变化，这样计算 P_1 和 P_2 与 X 轴的夹角时应考虑以下三种情况：

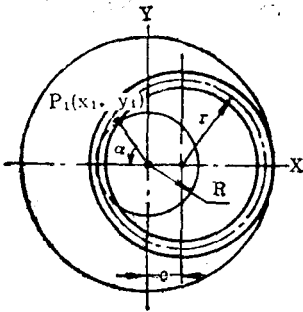


图3 $(r - e - d/2) \leq R \leq (r - e + d/2)$ 图

1. 见图2，

R 值范围为： $(r - e + d/2) < R < (r + e - d/2)$ 此时 $\alpha \neq 0$ ， $\alpha = |\text{tg}^{-1} y_1 / x_1|$ ； $\beta \neq 0$ ， $\beta = |\text{tg}^{-1} y_2 / x_2|$ ；

$$\rho_0 = (\beta - \alpha) / \pi$$

2. 见图3， R 值范围为： $(r - e - d/2) \leq R \leq (r - e + d/2)$ 此时 $\beta = 0$ ， $\alpha \geq 0$ ， $\alpha = \text{tg}^{-1}(-y_1 / x_1)$ ；

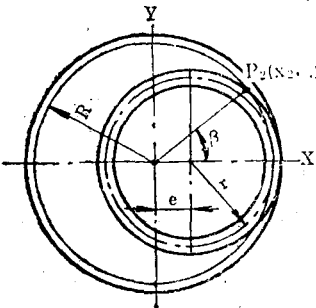


图4 $(r - e - d/2) \leq R \leq (r + e + d/2)$ 图

$$\rho_0 = \alpha / \pi$$

3. 见图

4， R 值范围

为： $(r + e - d/2) \leq R \leq (r + e + d/2)$

此时 $\alpha = 0$ ；

$\beta \geq 0$ ， $\beta = \text{tg}^{-1}$

y_2 / x_2 ；

$$\rho_0 = \beta / \pi$$

由以上分析可知，对于任何一种圈条器，根据所用的条筒直径、圈条盘斜管出口半径和圈条盘与条筒的安装偏心距，再取一棉条计算直径（一般取 $d = 16\text{mm}$ ），就可用计算机求任一 R 处的 ρ_0 ，绘出棉条沿条筒半径方向的单圈线密度变化曲线。

现以国产 A272F 型并条机为例， $r = 127\text{mm}$ ， $e = 65\text{mm}$ ， $d = 16\text{mm}$ ；条筒直径为 400mm 。

上机计算，绘得 ρ_0 曲线如图5。

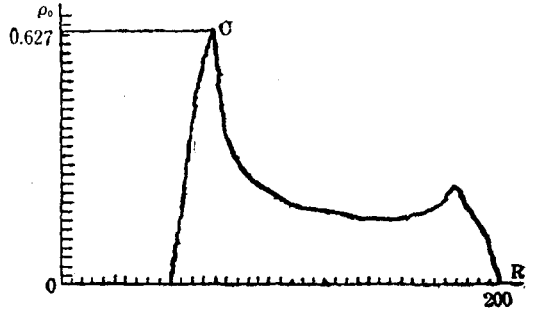


图5 ρ_0 曲线图

由图5可知，沿条筒半径方向棉条密度最大值处（图5中C点）的 $R =$ 气孔半径 + 棉条直径，即为有关文献[1]中提到的：在气孔附近宽度为棉条直径的圆环内。通常称此圆环为“硬心区”，条筒在高度方向空间的利用，取决于这个“硬心区”所能容纳的棉层数。

以上论述中，我们假设棉条圈近似为圆环，而棉条圈实际在条筒中的形状为摆线，这在文献[1]中已有论证，我们引用其公式，即公式(9)：

$$\begin{cases} x = r \cos(\phi - \phi/i_2) + e \cos(\phi/i_2) \\ y = r \sin(\phi - \phi/i_2) - e \sin(\phi/i_2) \end{cases} \quad (9)$$

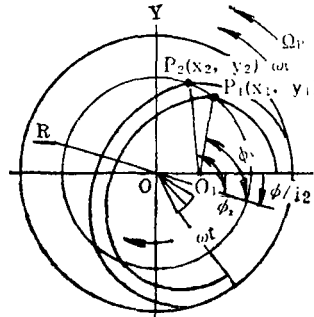


图6 棉条内外圈轨迹图

式中： ϕ ——圈条盘转角； i_2 ——圈条盘转速 Ω_p 与条筒转速 ω_t 之比。

$i_2 = \Omega_p / \omega_t$
见图6，建立棉条内圈和外圈的轨迹方程：

$$\begin{cases} x_1 = (r - d/2) \cos(\phi_1 - \phi_1/i_2) + e \cos(\phi_1/i_2) \\ y_1 = (r - d/2) \sin(\phi_1 - \phi_1/i_2) - e \sin(\phi_1/i_2) \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} x_2 = (r + d/2) \cos(\phi_2 - \phi_2/i_2) + e \cos(\phi_2/i_2) \\ y_2 = (r + d/2) \sin(\phi_2 - \phi_2/i_2) - e \sin(\phi_2/i_2) \end{cases} \quad (11)$$

联立(5)和(10)式、(6)和(11)式解得：

$$\phi_1 = \cos^{-1} \frac{R^2 - e^2 - (r - d/2)^2}{2e(r - d/2)} \quad (12)$$

$$\phi^2 = \cos^{-1} \frac{R^2 - e^2 - (r + d/2)^2}{2e(r + d/2)} \quad (13)$$

顺序代入 R 值求出相对应的 ϕ_1 和 ϕ_2 , 再求出相对应的 $P_1(x_1, y_1)$ 和 $P_2(x_2, y_2)$, 进而求得不同 R 处的 ρ_0 , 得到精确的 ρ_0 变化曲线。

由于 i_2 数值较大, 所以实际分析计算时, 往往用棉条圈近似为圆环的 ρ_0 变化曲线反映条筒内沿半径方向棉条密度的变化。

以上讨论的是圈条成形为大圈条的情形, 若圈条成形为小圈条时, 也可同理推导之。

二、条筒的容量和 RTC 圈条器增容

对于传统圈条器, 条筒内棉条总重量 G 的计算公式为:

$$G = H/t \cdot 2\pi/\alpha \cdot S_0 \cdot W \quad (14)^{[1]}$$

式中: H ——棉柱总高度; t ——密度最大处的单层棉条厚度; S_0 ——每圈棉条的长度; W ——单位长度的棉条重量。

改写(14)式: $G = 2H/t \cdot S_0 \cdot W/\frac{\alpha}{\pi} \quad (15)$

式中 α 为气孔周围宽度等于棉条直径的圆环与棉条圈相重叠部分所对应的圆心半角, 我们引入线密度概念后, 对于传统圈条器, 式中 α/π 即为密度最大处的单圈线密度, α/π 值下降, 条筒容量增加。

RTC 圈条器的特点是棉条筒和下圈条盘在绕自身轴线回转的同时再作小动程的往复运动, 使一层棉条中每个棉条圈的单圈线密度最大值不在同一条筒半径处, 即图 5 中 C 点不再重叠在条筒一 R 处, 而分散在一个小范围内, 因此, 大大减低线密度的最大值。仍以 A272F 型并条机为例, 原来 $e = 65\text{mm}$, 现采用 RTC 圈条器, 设下圈条盘在回转的同时作匀速直线移动, 这时, 偏心距 e 不再是常数, 而是变量, 它随下圈条盘移动而变化, $e = 27 \sim 77\text{mm}$, 取圈条盘斜管出口半径 $r = 115\text{mm}$, 上机计算, 绘得的 RTC 圈条器增容与传统的未增容的单圈线密度变化曲线比较见图 7。

上例用 RTC 圈条后, 单圈线密度最大值

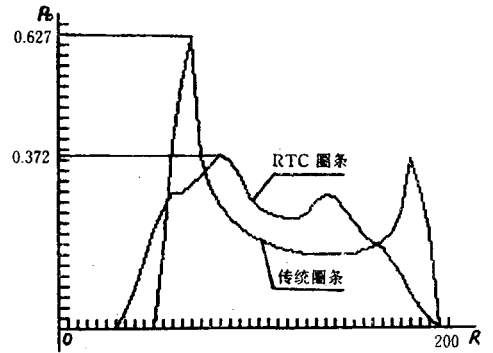


图 7 增容与未增容的单卷线密度曲线比较图

ρ_{1max} 由 0.627 减小为 0.372, 但圈条盘斜管出口半径由 127mm 改为 115mm, 每圈棉条的长度 S_0 较原来缩短。所以, 总的条筒容量增量 $\delta\%$ 为:

$$\delta\% = [(0.627 \times 115)/(0.372 \times 127) - 1] = 52.6\%$$

以上计算 $\delta\%$ 值时没有考虑圈条过程中条筒内棉柱变形等使条圈位置产生偏移的因素。实际上, 条圈位置的偏移使传统的无增容装置的圈条器的条筒内的棉条单圈线密度最大值点并非严密地重叠在同一条筒半径处, 也就是说它的线密度最大值要比理论计算数值小, 所以, RTC 圈条器的实际增容效果比以上计算小。

仍以上例, 设传统圈条器因棉柱变形等因素使棉条圈最大偏移量分别为 5mm 和 10mm, 上机计算 RTC 圈条器的 $\delta\%$, 见下表:

几种偏移量与增容量的关系

条筒直径		400		
圈条盘半径	传统	127		
	RTC	115		
偏心距	传统	65		
	RTC	27~77		
偏移量	0	5	10	
增容 $\delta\%$	52.6	44	32.4	

文献[2]指出 RTC 圈条器增容仅为 15%~20%, 上列 $\delta\%$ 较大, 原因是以上 RTC 圈条器设置在 A272F 型并条机上, 该机原先圈

条器设计所取气孔直径不够大, 尚未达到400mm直径条筒的最大容量, 采用RTC圈条器后, 增容效果显著。

三、RTC圈条器机构特点

我们例举国外引进的两种并条机的RTC圈条器, 两者传动机构不同。一种是Platt Saco-Lowell Versmatic DF-746型并条机, 其RTC圈条器的往复运动是直线变速运动; 另一种是Rieter D0/6型并条机, 其RTC圈条器的往复运动是回转运动。

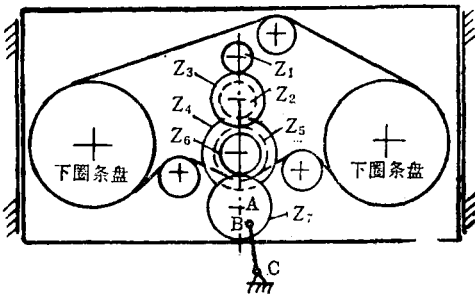


图8 DF-746型并条机下圈条盘传动图

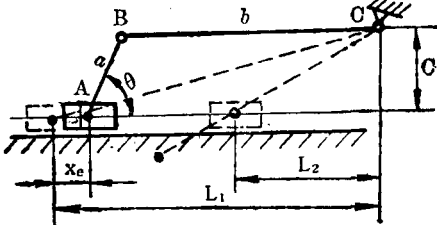


图9 传动下圈条的四杆机构图

DF-746型并条机下圈条盘传动示意图见图8。齿轮 Z_1 由挠性立轴传动, Z_1 经定轴轮系传动 Z_5 和 Z_7 , Z_5 通过链条传动下圈条盘, Z_7 上在偏心距 a 处连接着连杆 b , 再与滑座、机架形成使下圈条盘作往复运动的四杆机构, 见图9。

图9中: ω ——齿轮 Z_7 角速度; θ ——曲柄转角; $\theta = \omega t$; L_1 ; L_2 ——下圈条盘的底盘(滑座)往复移动到两端时, 齿轮 Z_7 中心距C点的距离; e_{max} ; e_{min} ——最大和最小偏心距。

$$e_{max} - e_{min} = L_1 - L_2; \quad L_1 = \sqrt{(b+a)^2 - c^2};$$

$$L_2 = \sqrt{(b-a)^2 - c^2}$$

设计时取偏心距 $e = xe + K$, K 为常数。

$$xe = \sqrt{(b+a)^2 - c^2} - \sqrt{b^2 - (a \sin \theta - c)^2} - a \cos \theta \quad (16)$$

$$dx/dt = \left[a \sin \theta + \frac{a \cos \theta (a \sin \theta - c)}{\sqrt{b^2 - (a \sin \theta - c)^2}} \right] \omega \quad (17)$$

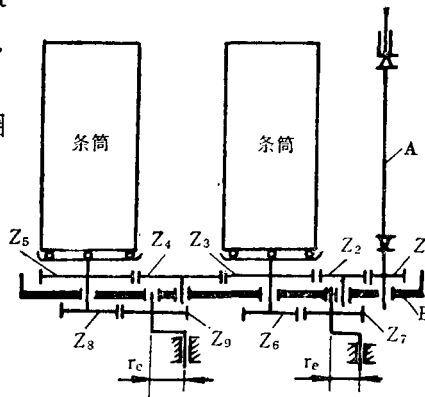


图10 Rieter D0/6下圈条传动图

Rieter D0/6型并条机下圈条盘传动示意图见图10。带有滑键和方向联轴节的立轴A传动底盘B上的齿轮 Z_1 , Z_1 通过中间齿轮传动 Z_3 和 Z_5 使两下圈条盘回

转, 同时通过 Z_6 和 Z_8 分别传动 Z_7 和 Z_9 , 使长度为 r_e 的两曲柄同步转动, 于是底盘B和其上的下圈条盘、轮系都作半径为 r_e 的匀速圆周运动。见图11, 这种RTC圈条器的条筒中心O的轨迹是以 O_2 为圆心、 r_e 为半径的圆。图中表示棉条筒的实线圆圆心为O, 两虚线圆圆心分别为 O' 和 O'' 。

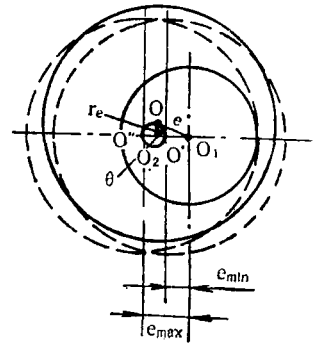


图11 RTC圈条器的轨迹图

$$r_e = (e_{max} - e_{min})/2; \quad O_1O_2 = (e_{max} + e_{min})/2$$

偏心距 e 随下圈条盘转角 θ 的位置不同而变化。

$$e = \sqrt{r_e^2 + O_1O_2^2 - 2r_e \cdot O_1O_2 \cos \theta}$$

$$= \sqrt{2}/2 \sqrt{e_{max}^2 + e_{min}^2 - (e_{max}^2 - e_{min}^2) \cos \theta} \quad (18)$$

$$de/dt = \frac{\sqrt{2} \cdot \omega (e_{max}^2 - e_{min}^2) \sin \theta}{4\sqrt{e_{max}^2 + e_{min}^2 - (e_{max}^2 - e_{min}^2) \cos \theta}} \quad (19)$$

由于这两种 RTC 圈条器的偏心距 $e=f$ (θ) 可求, 结合其他设计参数, 即可上机计算, 求出它们的 ρ_0 变化曲线, 分析其增容效果。

四、结语

1. 决定棉条沿条筒半径方向密度变化的是单圈棉条的线密度 ρ_0 , 可用计算机求解 ρ_0 的变化曲线。

2. RTC 圈条器实质上是一种变偏心距的圈条器。虽然, 不同的 RTC 圈条器采用不同

的变动偏心距的机构, 但都可用计算其单圈线密度最大值的方法求得其增容效果。

3. 用 RTC 圈条器作增容装置, 对原圈条机构不必作大改动, 不论新机设计或老机改造都可方便地采用。

*RTC—Reciprocating Turntable Coiler

参考资料

- [1] 刘裕瑄 陈人哲主编:《纺织机械设计原理(上册)》, 纺织工业出版社。
- [2] 《纺织学报》, 1983, No. 10。