

文章编号 :0253-9721(2006)06-0027-05

浆叶导纱机构的设计

杨建成, 蒋秀明, 周国庆

(天津工业大学 机械电子学院, 天津 300160)

摘要 浆叶导纱机构属接力换向导纱机构, 采用正、反两个方向转动的浆叶推动纱线做往复运动。在往复动程末端必须实现浆叶对纱线控制的轮换。通过分析几种进口高速卷绕头和精密络筒机浆叶导纱机构的导纱机理, 提出了这类机构的设计方法, 给出了设计的通用公式, 并通过实例证明了设计理论的正确性。该设计方法和推导的公式可为设计同类机构借鉴。

关键词 浆叶; 导纱机构; 高速卷绕头; 精密络筒机; 公式

中图分类号: TS1 03. 234 文献标识码: A

Design of the thread guide mechanism of rotary blades

YANG Jian cheng, JIANG Xiu ming, ZHOU Guo qing

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract The thread guide mechanism of rotary blades belongs to the one of changing direction by relay, i. e., the back and forth motion of yarns is guided by two rotary blades rotating in the opposite directions and as soon as the yarns travel to the end of the stroke, they change their directions through exchanging positions on the rotary blades. The thread guiding mechanism of several kinds of imported high speed take-up machines and precise winders is analyzed, and the design method of this kind of thread guide mechanism is proposed for the first time. General formulas for this design are derived and the design theory has been proven correct by illustrative examples. This design method and formulas may be used for reference in designing the same kind of mechanism.

Key words rotary blades; thread guide mechanism; high speed take-up machine; precise winder; formula

目前国内进口的长丝卷绕头和精密络筒机的卷绕机构中均采用浆叶导纱机构。其共同特点是: 采用 2 组做正、反两个方向转动的浆叶推动纱线做往复运动。在往复动程末端必须实现浆叶对纱线控制的轮换。而此轮换过程按照有无“接力区”可分为 2 种工作方式。有接力区的工作方式又分为“静接力”与“动接力”2 种类型。所谓静接力即浆叶将纱线的控制权首先转交给导纱板的换向工作面, 而后另一反向旋转的浆叶再从导纱板换向区内取回对纱线的控制权; 动接力即在换向接力区内, 浆叶对纱线的控制直接交给另一片反转的浆叶。采用有接力区的轮换工作方式, 是为了获取多个接力换向点(即导纱动程的微变动), 以达到防叠防凸的目的。无接力区浆叶导纱机构用于精密络筒, 实现定卷绕比卷绕。而

有接力区浆叶导纱机构用于卷绕头, 此时不采用变更换向点, 卷绕会出现重叠。同为浆叶导纱机构, 由于轮换工作方式不同, 机构设计亦有所区别。鉴于篇幅有限, 本文只对动接力相应的导纱机构进行设计研究。

浆叶导纱机构设计一直是研究的焦点。文献 [1, 2] 对进口机器的导纱机构进行了分析, 介绍了这类机器的设计思想。文献 [3] 介绍了凸轮式导纱机构的设计, 对浆叶导纱机构的设计未涉及; 文献 [4] 只对导纱机构的导丝板进行讨论, 而对浆叶如何设计没有提及。

本文在分析两类进口卷绕头和精密络筒机的基础上, 对导纱机理进行研究, 提出了这类机构的设计方法, 给出了设计的通用公式, 并进行了验证。

收稿日期: 2005-11-19 修回日期: 2006-02-27

作者简介: 杨建成(1962-), 男, 副教授, 博士生。主要研究领域包括纺织机械设计、机械设计与传动、机电一体化技术。

1 动接力浆叶导纱机构设计

1.1 动接力机理

图 1 为动接力浆叶导纱机构, O_d, O_t 分别为双叶片轮与三叶片轮的回转中心。图 1 中各叶轮只画了一片叶。 ω_d, ω_t 分别为双叶片轮与三叶片轮的转动角速度。由交替导纱的需要有:

$$\omega_d / \omega_t = 3/2 = 1.5 \quad (1)$$

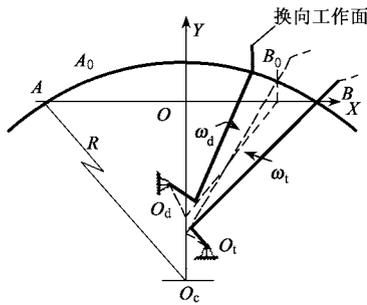


图 1 动接力导纱原理

当双叶片轮的叶片 a 由 A 左换向区 AA_0 段上的某点拾取纱线,并带动其向右运动,到达右换向区 BB_0 段上的始点 B_0 时,三叶片轮上的某叶片 1 处于 BB_0 段上的终点 B;而后两叶片相对转动,相互接近;纱线在双叶片轮叶片 a 的换向工作面的驱动下继续沿 BB_0 段向右运动;当三叶片轮叶片 1 的导纱工作面碰到纱线时(如图 1 虚线所示),则从叶片 a 的换向工作面上拾取纱线并驱动纱线越过叶片 a 的换向工作面,从而完成对纱线控制的轮换。此轮换过程时间很短,可近似认为叶片 1 从叶片 a 的换向工作面上拾取纱线开始,纱线右向行程结束,左向行程开始。

若双叶片轮的两叶片分别记为 a, b;而三叶片轮的三叶片分别记为 1, 2, 3;则将形成如图 2 所示的换向接力顺序。图 2 中箭头指向表示两相交的叶片对纱线控制权的交换;如 a→1 表示叶片 a 将纱线控制权交给叶片 1。由图 2 看出纱线往复 6 次即可完成一个交换循环。在此循环中,同一叶片 a(或 b)与叶片 1, 2, 3 分别各交换一次;反之同一叶片 1(或 2, 3)与叶片 a, b 分别交换各一次。若不同叶片的交换点在换向接力区的位置不同,则在左右换向接力区各形成 6 个交换点,从而在卷装端面形成纱层错位,达到工艺上的防叠、防凸要求。

为实现 6 个交换点,叶片在叶轮上应处于不等分位置,即所谓的错位,如图 3 所示。图 3 中细实线

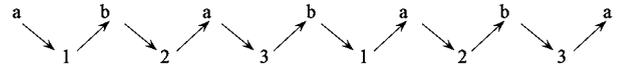


图 2 一个交接循环换向接力顺序

表示等分位,粗实线表示错位,而错位角是指该叶片对等分位的偏离角。为叙述方便,假定叶片 1 与叶片 a 的错位角均为零。

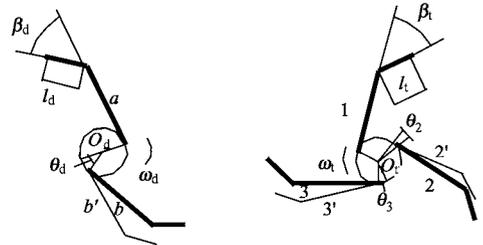


图 3 叶片错位角

图 3 所示的错位均为滞后错位, $2', 3'$ 与 b' 表示不错位时相交叶片所在的位置,也可将其视为假想的叶片,以便与实际叶片比较交换点在换向区内的位置。比如叶对 a→1, a→2', a→3' 在右换向区内的交换点位是相同的。由于 2, 3 叶片滞后错位关系,在换向区内叶对 a→2, a→3 的交换点位置分别比叶对 a→2', a→3' 的交换点位置在右靠后;又因为叶片 3 的错位角 θ_3 大于叶片 2 的错位角 θ_2 ,故叶对 a→3 的交换点位置比叶对 a→3 的交换点位置靠后。图 4 为叶对交换点位在接力换向区的位置分布。

除了错位角外,叶片换向工作面长度 l_d, l_t 与换向工作面倾角 β_d, β_t (见图 4) 4 个参数对交换点位的影响也是不容忽视的。

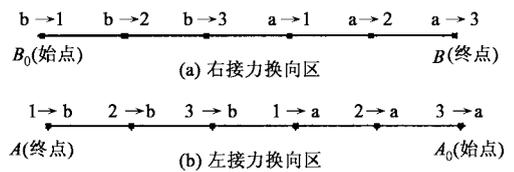


图 4 叶对交换点位分布

1.2 错位角及换向工作面参数确定

1.2.1 换向接力区始点与终点坐标

图 5 为换向接力区的始点与终点图。从图 5 看出,双浆叶轮绕 O_d 顺时针转动,浆叶 a 位于右换向接力区始点 B_0 ;三浆叶轮绕 O_t 逆时针转动,浆叶 1 位于右换向接力区终点 B。

$B(x_B, y_B)$ 点的坐标为

$$x_B = L/2, y_B = 0 \quad (2)$$

$B_0(x_{B_0}, y_{B_0})$ 点的坐标为

$$x_{B_0} = L/2 - L_1 \quad (3)$$

$$y_{B_0} = \sqrt{R^2 - (L/2 - L_1)^2} - \sqrt{R^2 - L^2/4} \approx LL_1/2 \sqrt{R^2 - L^2/4} = \xi L_1 \quad (4)$$

式中, L 为卷装公称宽度; L_1 为接力换向区宽; R 为导纱板圆弧半径; $\xi = 1/\sqrt{(2R/L)^2 - 1}$ 。

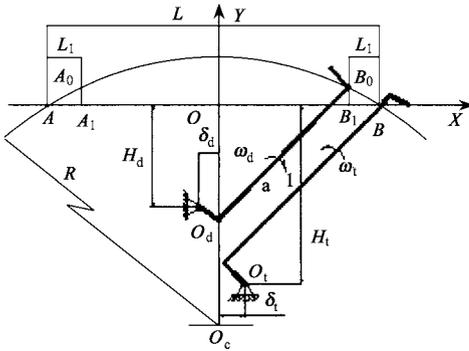


图 5 换向接力区的始点与终点

同理左换向区始点 $A_0(x_{A_0}, y_{A_0})$ 与终点 $A(x_A, y_A)$ 的坐标分别为

$$x_{A_0} = -(L/2 - L_1), y_{A_0} = \xi L_1; x_A = -L/2, y_A = 0$$

1.2.2 终点和始点的接力换向条件

假定叶对 $a \rightarrow 3'$ 的接力换向点发生在 $B_0 B$ 段的中点附近。若要使接力换向点发生在终点 B , 则要采用叶对 $a \rightarrow 3$ (见图 6)。此时有条件:

$$\theta_3 = \frac{\omega_t}{\omega_d} \Delta \varphi_{dR} = \frac{2}{3} \Delta \varphi_{dR} \quad (5)$$

式中, φ_{dR} 为 a 叶换向工作面顶点 B_a 与点 B 重合时 a 叶在换向区内转过的角度; θ_3 为叶片 3 错位角。

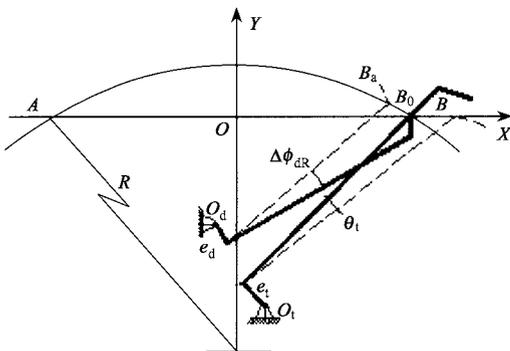


图 6 叶对 $a \rightarrow 3$ 在终点 B 交接

由图 6 有:

$$\Delta \varphi_{dR} = \Delta \varphi_{dR} + \Delta \tilde{\varphi}_{dR} \quad (6)$$

式中

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_{dR} &= \angle BO_d B_0 \\ &= \arccos[(\rho_{B_0}^2 + \rho_B^2 - \ell_{BB_0}^2)/2\rho_{B_0}\rho_B] \end{aligned} \quad (7)$$

其中:

$$\rho_{B_0} = \overline{O_d B_0} = \sqrt{(L/2 - L_1 + \delta_d)^2 + (H_d + \xi L_1)^2}$$

$$\rho_B = \overline{O_d B} = \sqrt{(L/2 + \delta_d)^2 + H_d^2}$$

$$\ell_{BB_0} = BB_0 = \sqrt{1 + \xi^2} \cdot L_1$$

$$\begin{aligned} \text{而 } \Delta \tilde{\varphi}_{dR} &= \angle B_0 O_d B_a \\ &= \arccos[(\rho_{B_0}^2 + \rho_{B_a}^2 - \ell_{B_0 B_a}^2)/2\rho_{B_0}\rho_{B_a}] \end{aligned} \quad (8)$$

式中, $\ell_{B_0 B_a}$ 为双叶浆叶片换向工作面长度, 注意式(8)推导中利用了 $\overline{O_d B_a} = \overline{O_d B}$ 的关系。

若要使接力换向点发生在始点 B_0 , 采用叶对 $b \rightarrow 1$ (见图 7), 此时有条件:

$$\theta_b = \frac{\omega_d}{\omega_1} \Delta \varphi_{dR} = \frac{2}{3} \Delta \varphi_{dR} \quad (9)$$

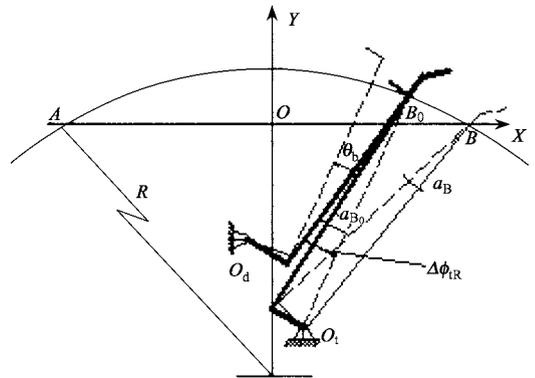


图 7 叶对 $b \rightarrow 1$ 在始点 B_0 交接

式中, $\Delta \varphi_{dR}$ 为浆叶 1 导纱工作面通过 B_0 时三叶轮在换向接力区内转过的角度; θ_b 为叶片 b 错位角。

由图 7 知:

$$\Delta \varphi_{dR} = \Delta \varphi_{dR} + \alpha_B - \alpha_{B_0} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{式中, } \Delta \varphi_{dR} &= \angle BO_t B_0 = \\ &= \arccos[(\rho_B^2 + \rho_{B_0}^2 - \ell_{BB_0}^2)/2\rho_B\rho_{B_0}] \end{aligned} \quad (11)$$

其中,

$$\rho_B = \overline{O_t B} = \sqrt{(L/2 - \delta_t)^2 + H_t^2}$$

$$\rho_{B_0} = \overline{O_t B_0} = \sqrt{(L/2 - L_1 - \delta_t)^2 + (H_t + \xi L_1)^2}$$

而:

$$\alpha_B = \arcsin(e_t/\rho_B)$$

$$\alpha_{B_0} = \arcsin(e_t/\rho_{B_0})$$

式中, e_t 为三叶浆叶片导纱工作面偏距。

同理叶对 3 → a 在右换向接力区始点 A_0 换向条件为

$$\theta_3 = \omega_l / \omega_d \cdot \Delta \varphi_{dL} = \frac{2}{3} \Delta \varphi_{dL} \quad (12)$$

式中, $\Delta \varphi_{dL} = \Delta \bar{\varphi}_{dL} + \alpha_A - \alpha_{A_0}$ (13)

而 $\Delta \bar{\varphi}_{dL} = \angle AO_d A_0$

$$= \arccos[(\rho_{A_0}^2 + \rho_A^2 - \ell_{AA_0}^2) / 2 \rho_{A_0} \rho_A] \quad (14)$$

$$\rho_{A_0} = \overline{O_d A_0} = \sqrt{(L/2 - L - \delta_d)^2 + (H_d + \xi_1)^2}$$

$$\rho_A = \overline{O_d A} = \sqrt{(L/2 - \delta_d)^2 + H_d^2}$$

$$\ell_{AA_0} = \overline{AA_0} = \sqrt{1 + \xi^2} \cdot L_1$$

且 $\alpha_A = \arcsin(e_d / \rho_A)$

$$\alpha_{A_0} = \arcsin(e_d / \rho_{A_0})$$

式中, e_d 为双叶浆叶片导纱工作面偏距。

同理叶对 1 → b 在右换向接力区始点 A_0 换向条件为

$$\theta_b = \frac{\omega_d}{\omega_l} \Delta \varphi_{dL} = \frac{2}{3} \Delta \varphi_{dL} \quad (15)$$

式中, $\Delta \varphi_{dL} = \Delta \bar{\varphi}_{dL} + \Delta \tilde{\varphi}_{dL}$ (16)

其中,

$$\Delta \bar{\varphi}_{dL} = \angle AO_d A_0 = \arccos[(\rho_{A_0}^2 + \rho_A^2 - \ell_{AA_0}^2) / 2 \rho_{A_0} \rho_A] \quad (17)$$

$$\Delta \tilde{\varphi}_{dL} = \angle A_d O_d A_0 = \arccos[(\rho_{A_0}^2 + \rho_A^2 - \ell^2) / 2 \rho_{A_0} \rho_A] \quad (18)$$

这里:

$$\rho_A = \overline{O_d A} = \sqrt{(L/2 + \delta_d)^2 + H_d^2}$$

$$\rho_{A_0} = \overline{O_d A_0} = \sqrt{(L/2 - L_1 + \delta_d)^2 + (H_d + \xi_1)^2}$$

式中, ℓ 为三叶浆叶片换向工作面长度。

双叶浆 b 叶片错位角 θ_b 与三叶浆叶片 3 的错位角 θ_3 可分别由式(9)与式(12)求得。

将式(5)与(12)联立,整理得:

$$\ell_d = \sqrt{\rho_{B_0}^2 + \rho_B^2 - 2 \rho_{B_0} \rho_B \cos \Delta \tilde{\varphi}_{dR}} \quad (19)$$

式中, $\Delta \tilde{\varphi}_{dR} = \Delta \varphi_{dL} - \Delta \bar{\varphi}_{dR}$ 。

将式(9)与(15)联立,整理得:

$$\ell = \sqrt{\rho_{A_0}^2 + \rho_A^2 - 2 \rho_{A_0} \rho_A \cos \Delta \tilde{\varphi}_{dL}} \quad (20)$$

式中, $\Delta \tilde{\varphi}_{dL} = \Delta \varphi_{dR} - \Delta \bar{\varphi}_{dL}$ 。

双叶浆叶片换向工作面长度 ℓ_d 求得后,倾角

β_d 可用下式求得:

$$\beta_d = 180^\circ - \arcsin(e_d / \rho_{B_0}) - \arccos[(\ell_d^2 + \rho_{B_0}^2 - \rho_B^2) / 2 \ell_d \rho_{B_0}] \quad (21)$$

同理三叶浆叶片换向工作面倾角 β 可用下式求得:

$$\beta = 180^\circ - \arcsin(e_d / \rho_{B_0}) - \arccos[(\ell^2 + \rho_{B_0}^2 - \rho_A^2) / 2 \ell \rho_{B_0}] \quad (22)$$

对同一浆叶轮各叶片换向工作面长度与倾角相同,以利于制造。三叶浆叶片 2 的错位角 θ_2 可取叶片 3 错位角 θ_3 之半。这样在换向区内 6 个换向点只能近似等距分布。

1.3 浆叶轮回转中心参数的确定

1.3.1 双叶轮回转中心参数的确定

图 8 为双叶轮的叶片从导纱板圆弧 A 点转到 B_0 点的两位置。此时叶片转过 90° 角。因此 $\angle AO_d B_0 = 90^\circ - \arcsin(e_d / \rho_{A_0}) + \arcsin(e_d / \rho_{B_0})$

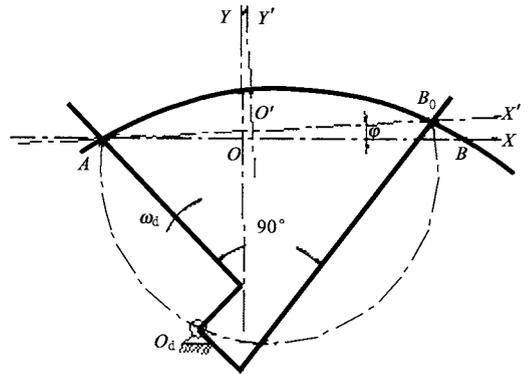


图 8 双叶轮回转中心 O_d 的位置

由于 $e_d \ll \rho_{A_0}$ 或 ρ_{B_0} , 故 $\angle AO_d B_0 \approx 90^\circ$, 即双叶轮回转中心 O_d 位于以 AB_0 为直径的圆弧上(图 8 中点划线示)。以 AB_0 的中点为坐标系原点 O' , 建立新坐标系 $O'X'Y'$, 设回转中心 O_d 到 X' 轴与 Y' 轴的距离分别为 δ'_d 与 H'_d :

$$\delta'_d = 3 \sim 5 \text{ mm}$$

$$H'_d = L'/2 = 1/2 \sqrt{(L - L_1)^2 + \xi^2 L_1^2}$$

$O'X'Y'$ 坐标系到 OXY 坐标系的坐标变换公式为:

$$\begin{cases} x = x' \cos \phi - y' \sin \phi + x_O' \\ y = x' \sin \phi + y' \cos \phi + y_O' \end{cases} \quad (23)$$

式中, $\phi = \arctan[\xi L_1 / (L - L_1)]$ 。

$x_O' y_O'$ 为原点 O' 在 OXY 坐标系下的坐标:

$$x_{O'} = -L_1/2, y_{O'} = \xi L_1/2$$

因为回转中心 O_d 到 X 轴与 Y 轴的距离分别为 δ_d 与 H_d ; 故 O_d 在 OXY 坐标系下的坐标为 $x_{O_d} = -\delta_d, y_{O_d} = -H_d$ 。将其代入式(23)中, 简化得:

$$\begin{cases} \delta_d = \delta'_d \cos \phi - H'_d \sin \phi + 0.5 L_1 \\ H_d = \delta'_d \sin \phi + H'_d \cos \phi - 0.5 \xi L_1 \end{cases} \quad (24)$$

1.3.2 三叶轮回转中心的确定

图 9 为三叶轮三叶片从导纱板圆弧 B 点转到 B_0 点的两位置, 此时叶片转过为 60° 角。由于 $e_t \ll \rho_B$ 或 ρ_{A_0} , 故 $\angle A_0 O_t B \approx 60^\circ$ 。这样回转中心 O_t 位于以 $A_0 B$ 为弦, 张角为 60° 的圆弧上, 如图 9 中点划线所示。

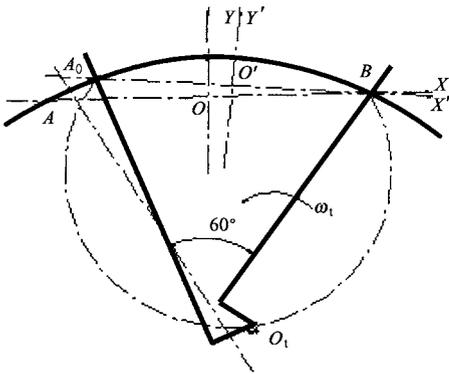


图 9 三叶轮回转中心 O_t 的位置

同双叶轮回转中心 O_d 的确定相同, 得三叶轮回转中心的坐标:

$$\begin{cases} \delta_t = \delta'_t \cos \phi - H'_t \sin \phi + 0.5 L_1 \\ H_t = \delta'_t \sin \phi + H'_t \cos \phi - 0.5 \xi L_1 \end{cases} \quad (25)$$

式中, δ_t 与 H_t 分别为三叶轮回转中心 O_t 到 X 轴与 Y 轴的距离。而 δ'_t 与 H'_t 分别为该回转中心到 X' 轴与 Y' 轴的距离。为保证 $\rho_A(O_t A)$ 大于 $\rho_{A_0}(O_t A_0)$, 点 O_t 应位于 AA_0 中垂线与 A_0 同侧(如图 8 所示), 这样 δ'_t 应取得大一些, 推荐 δ'_t 取 $(0.08 \sim 0.1) L'$, 而 H'_t 按下式计算

$$H'_t = \sqrt{3}/6 \cdot \eta L' \quad (26)$$

式中, $\eta = 1 + 2 \sqrt{1 - 3(\delta'_t/L')^2}$ 。

2 实例分析

下面结合实例说明设计公式的应用与设计步骤。已知卷装公称宽度 L 为 200 mm, 导丝圆弧半径 R 为 320 mm, 试确定动接力浆叶导纱机构的相关参数, 将上述参数分别代入式(19)、(20)、(21)、(22)、(24)、(25), 得到回转中心坐标及偏角, 如表 1 所示。

表 1 导丝机构参数

叶片数	换向工作面长度/mm	换向工作面偏角/(°)	横坐标/mm	纵坐标/mm
二叶	$l_d = 5.21$	$\beta_d = 12.55$	$\delta_d = 7.36$	$H_d = 93.41$
三叶	$l_t = 3.19$	$\beta_t = 23.48$	$\delta_t = 17.17$	$H_t = 162.1$

从表 1 看出, β_t 与 β 偏小, 换向时容易夹纱。为了获得较大的叶片换向面倾角, 可采用优化的方法, 以比值 R/L 及叶轮回转中心到两坐标轴的距离为设计变量, 进行搜索, 这里不再赘述。

3 结 论

1) 双叶与三叶浆叶式导丝机构采用有接力区的轮换工作方式, 可获取 6 个接力换向点(即导纱行程的微变动), 以达到防叠、防凸的目的。

2) 叶轮回转中心到两坐标轴的距离是浆叶导纱机构的重要参数, 它是确定叶片错位角及换向工作面参数的重要依据。此外, 换向工作面错位角、换向工作面长度也是设计导丝机构的重要参数。上述参数具体计算方法可参照式(19)、(20)、(21)、(22)、(24)、(25) 进行计算。

3) 动接力浆叶式导丝机构设计公式具有通用性, 可为设计同类机构所借鉴。

FZXB

参考文献:

[1] 杨建成. SDS8-M4 牵伸假捻机导丝运动的分析[J]. 天津纺织工学院学报, 1997, 16(5): 40 - 44.
 [2] 杨建成, 周国庆, 王宇. TW-710 型高速卷绕头导丝机构的探讨[J]. 纺织机械, 1999, (2): 41 - 43.
 [3] 郭英. 合成纤维机械原理与设计[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1986.
 [4] 郑筱春, 谢少荣. PS-4 型络筒机导丝机构的设计研究[J]. 纺织学报, 1996, 17(1): 31 - 33.