牵伸加捻机成形模板与锭子变速凸轮设计分析

龚绍堂
（中国纺织大学）

【摘要】 目前在牵伸加捻机上为了获得双锥面形的卷装，钢领板的运动采用渐减式机构，由成形模板控制，模板的外形为等腰梯形，与双锥面卷装的轴剖面形状相对应。为了获得一个为常数的钢丝钩转速，采用变速凸轮机构。本文提出一个比较精确的设计理论，以达到上述目的。

图1为某一牵伸加捻机所采用的一种液压-电器联合控制机构。钢领板由油缸带动，作等速往复运动，在油缸的活塞杆上装有光电管，当光电管随活塞越出模板时，光电管的光束射到受光器上，使电磁阀换向，活塞便改换方向运动。钢领板的升降运动规律完全取决于模板的外形与尺寸。同样，锭子变速系统的控制取决于变速凸轮的外形与尺寸。现在的模板与变速凸轮设计方法在理论上不够精确。它的原因是：模板的平动位移量，变速凸轮的转动角位移量都是时间的线性函数（因为二者都是通过一套恒传动比的传动装置来完成的，见图1）。而卷绕直径与时间的关系是非线性的，

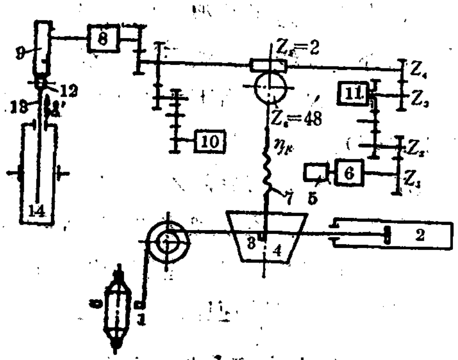

图1　渐减式变幅导丝机构

1—钢领板；2—油缸；3—光电管；4—模板；5—电动机；6—减速器；7—丝杠；8—减速器；9—变速凸轮；10—复位电机；11—离合器；12—凸轮滚子；13—可动铁芯；14—差动变压器。

大直径时，卷绕直径增加得慢，所化时间较长。把卷绕直径与时间的关系近似地看作线性的，是不够精确的主要原因。

一、卷绕直径与时间的关系

由于牵伸加捻机上的卷绕是等升角卷绕，卷绕速度恒定，因此在单位时间内所卷绕的丝线长度恒定。忽略纤度不匀，则单位时间内所卷绕的丝质量恒定，与时间成线性关系。

若把圆柱形卷装的丝层从满卷到空筒全部展开（见图2），因为是等升角卷绕，所以在圆周方向上，单位长度内所含的丝线长度不变，这样可以把丝层看作厚度为δ的一层薄膜。若在满卷时，卷装共转了n转，则假想卷绕层厚度$\delta=(D-D_0)/n$（D为满卷直径，D_0为空筒管直径）。根据这个假想，提出了在整个卷绕过程中卷绕密度为一常值的假定，实测数据表明这个假定的误差很小。对于双锥面形的卷装，只要把它看作由直径逐步递增，长度逐步递减的圆柱形卷装套叠而成的（见图2），那么，上述假定也适合双锥面卷装。于是得出卷装上丝的容积与时间成线性关系的结论。

设：D_0、H_0为卷绕开始时的卷绕直径与动程；D、H为满卷时的卷绕直径与动程；d_K、h为卷绕中任一时刻的卷绕直径与动程；A_K为卷绕中任一时刻的卷装上的丝容积；A为满卷时的卷装总容积；t为卷绕中任一时刻

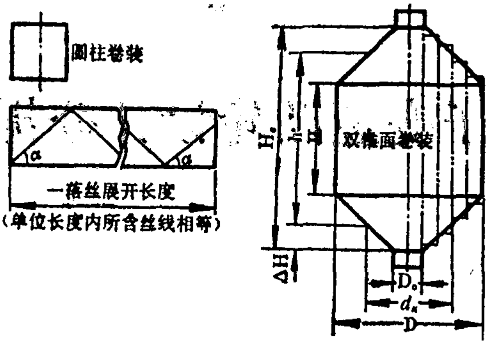

图 2　圆柱卷装及其展开与双锥面卷装的示意图

的卷绕时间；T 为满卷时所需卷绕时间。

则　$$A_K/A = t/T \tag{1}$$

因是双锥面卷绕，故

$$(D-D_0)/(H_0-H) = (d_K-D_0)/(H_0-h) \tag{2}$$

其容积为[1]：

$$A_K = \frac{\pi}{4}(d_K^2-D_0^2)h + \frac{\pi}{12}(d_K^2+D_0^2+d_K D_0)(H_0-h) - \frac{\pi}{4}D_0^2(H_0-h) \tag{3}$$

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2-D_0^2)H + \frac{\pi}{12}(D^2+D_0^2+DD_0)(H_0-H) - \frac{\pi}{4}D_0^2(H_0-H) \tag{4}$$

将式(2)、(3)、(4)代入式(1)，并经化简得：

$$\frac{t}{T} = \frac{H_0(-2d_K^3+2D_0^3+3d_K^2D-3D_0^2D)+H(2d_K^3-3d_K^2D_0+D_0^3)}{H_0(D^3+2D_0^3-3D_0^2D)+H(2D^3-3D^2D_0+D_0^3)} \tag{5}$$

令：$H_0(D^3+2D_0^3-3D_0^2D)+H(2D^3-3D^2D_0+D_0^3)=P$

$-2(H_0-H)/P=K$

$3(DH_0-D_0H)/P=l$

$[D_0^3(2H_0+H)-3D_0^2DH_0]/P=m$

则式(5)为：

$$t = T(Kd_K^3+ld_K^2+m) \tag{6}$$

上式表明，在双锥面形卷装的卷绕过程中，卷绕时间与卷绕直径成三次曲线关系。对于圆柱形卷绕的特例，则为二次函数：

$$t = T(d_K^2-D_0^2)/(D^2-D_0^2) \tag{7}$$

二、模板设计

模板的上升运动是通过一套减速系统来实现的（见图 1）。模板提升一个全程 S（见图3），所需时间应是满卷时间 T。提升速度恒定，所以任一时刻 t 的模板提升高度：

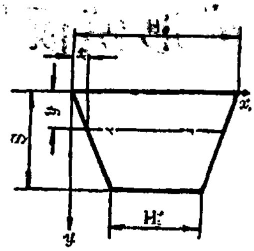

图 3　模板示意图

$H_0' = H_0/j$，$H' = H/j$。

$$y = St/T \tag{8}$$

相应的模板缩短值：

$$x = \Delta H/j \tag{9}$$

其中：ΔH 为 $(d_K-D_0)(H_0-H)/2(D-D_0)$；$j$ 为钢领板升降动程与模板横向动程之间的放大倍数。

将式(6)、(8)与(9)组合，得到双锥面卷绕的模板曲线为：

$$\begin{cases} x = \dfrac{(d_K-D_0)(H_0-H)}{2(D-D_0)j} = Q^{-1}d_K - Q^{-1}D_0 \\ y = S(Kd_K^3+ld_K^2+m) \end{cases} \tag{10}$$

其中：$Q^{-1}=(H_0-H)/2(D-D_0)j$

上式为以 d_K 为参数的参数方程，消去 d_K，并注意最后常数项为零，得：

$$y = a_1x^3+a_2x^2+a_3x \tag{11}$$

其中：$a_1=KSQ^3$；$a_2=SQ^2(3D_0K+l)$；$a_3=3QDS(K+l)$。

式(11)表明，为了获得双圆锥形的卷装，模板的理论外形曲线是一条三次曲线。

上列式中的 S，可由下式求出[2]，其中 A 值应改由式(4)代入，即：

$$S = 375(A\gamma/DeVi)(Z_1Z_3/Z_2Z_4) \tag{12}$$

其中：Z_1、Z_2、Z_3、Z_4 为变换齿轮齿数（见图 1）；De 为丝条旦数；γ 为卷装密度；V 为绕丝速度；i 为减速器减速比。

三、锭子变速凸轮的设计

变速凸轮经一套减速装置作等速回转，最大转角 θ_0（一般为 300°）所对应的是满卷时间。故任一时刻 t，凸轮转过的角度：

$$\theta = t\theta_0/T \tag{13}$$

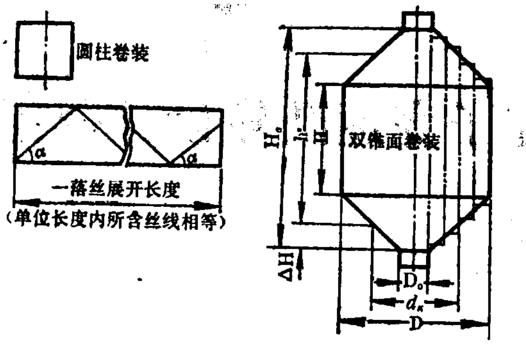

图 2　圆柱卷装及其展开与双锥面卷装的示意图

的卷绕时间；T为满卷时所需卷绕时间。

则　$A_K/A=t/T$　(1)

因是双锥面卷绕，故

$$(D-D_0)/(H_0-H)=(d_K-D_0)/(H_0-h) \quad (2)$$

其容积为[1]：

$$A_K=\frac{\pi}{4}(d_K^2-D_0^2)h+\frac{\pi}{12}(d_K^2+D_0^2+d_KD_0)(H_0-h)-\frac{\pi}{4}D_0^2(H_0-h) \quad (3)$$

$$A=\frac{\pi}{4}(D^2-D_0^2)H+\frac{\pi}{12}(D^2+D_0^2+DD_0)(H_0-H)-\frac{\pi}{4}D_0^2(H_0-H) \quad (4)$$

将式(2)、(3)、(4)代入式(1)，并经化简得：

$$\frac{t}{T}=\frac{H_0(-2d_K^3+2D_0^3+3d_K^2D-3D_0^2D)+H(2d_K^3-3d_K^2D_0+D_0^3)}{H_0(D^3+2D_0^3-3D_0^2D)+H(2D^3-3D^2D_0+D_0^3)} \quad (5)$$

令：$H_0(D^3+2D_0^3-3D_0^2D)+H(2D^3-3D^2D_0+D_0^3)=P$

$-2(H_0-H)/P=K$

$3(DH_0-D_0H)/P=l$

$[D_0^3(2H_0+H)-3D_0^2DH_0]/P=m$

则式(5)为：

$$t=T(Kd_K^3+ld_K^2+m) \quad (6)$$

上式表明，在双锥面形卷装的卷绕过程中，卷绕时间与卷绕直径成三次曲线关系。对于圆柱形卷绕的特例，则为二次函数：

$$t=T(d_K^2-D_0^2)/(D^2-D_0^2) \quad (7)$$

二、模板设计

模板的上升运动是通过一套减速系统来实现的(见图1)。模板提升一个全程S(见图3)，所需时间应是满卷时间T。提升速度恒定，所以任一时刻t的模板提升高度：

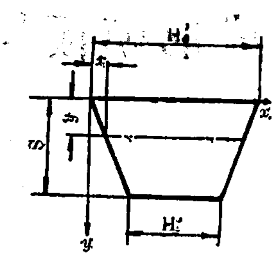

图 3　模板示意图

$H_0'=H_0/j$；$H'=H/j$。

$$y=St/T \quad (8)$$

相应的模板缩短值：

$$x=\Delta H/j \quad (9)$$

其中：ΔH为$(d_K-D_0)(H_0-H)/2(D-D_0)$；$j$为钢领板升降动程与模板横向动程之间的放大倍数。

将式(6)、(8)与(9)组合，得到双锥面卷绕的模板曲线为：

$$\begin{cases} x=\dfrac{(d_K-D_0)(H_0-H)}{2(D-D_0)j}=Q^{-1}d_K-Q^{-1}D_0 \\ y=S(Kd_K^3+ld_K^2+m) \end{cases} \quad (10)$$

其中：$Q^{-1}=(H_0-H)/2(D-D_0)j$

上式为以d_K为参数的参数方程，消去d_K，并注意最后常数项为零，得：

$$y=a_1x^3+a_2x^2+a_3x \quad (11)$$

其中：$a_1=KSQ^3$；$a_2=SQ^2(3D_0K+l)$；$a_3=3QDS(K+l)$。

式(11)表明，为了获得双圆锥形的卷装，模板的理论外形曲线是一条三次曲线。

上列式中的S，可由下式求出[2]，其中A值应改由式(4)代入，即：

$$S=375(A\gamma/DeVi)(Z_1Z_3/Z_2Z_4) \quad (12)$$

其中：Z_1、Z_2、Z_3、Z_4为变换齿轮齿数(见图1)；De为丝条旦数；γ为卷装密度；V为绕丝速度；i为减速器减速比。

三、锭子变速凸轮的设计

变速凸轮经一套减速装置作等速回转，最大转角θ_0(一般为300°)所对应的是满卷时间。故任一时刻t，凸轮转过的角度：

$$\theta=t\theta_0/T \quad (13)$$