

准备篇

经、纬纱在织机加工之前需经过准备加工。不同纤维的经、纬纱采用不同的准备加工方法。通常,经纱准备加工包括络筒、并捻、倒筒、整经、浆纱和穿、结经。部分经纱以加捻、上蜡和网络等代替上浆加工,可缩短工艺流程,利于小批量、多品种的织物生产。毛织物的经纱一般是股线,可以不上浆,有时在分条整经过程中上蜡或上乳化液;在加工薄型毛织物时,因经纱为单纱,才需要上浆。天然长丝由丝胶集束、保护,故不上浆。纬纱的织前准备加工包括络筒、并捻、倒筒、定形、卷纬等。无梭织造的纬纱为筒子卷装,纬纱织前准备无卷纬工序。天然长丝的织前准备还包括浸渍、着色等工序。经、纬纱经过织前准备加工,它们的可织性提高,半成品卷装符合织机加工及织物成品规格的要求。

第一章 络筒

本章知识点

在学习本章内容之后,应当掌握以下知识点:

1. 络筒的目的和要求,络筒的设备及络筒工艺流程。
2. 筒子的成形要求。络筒卷绕机构。筒子形式。筒子卷绕原理。络筒的卷绕稳定性。筒子外层纱圈对内层纱圈的向心压力。纱圈的重叠与防叠等。
3. 络筒张力的概念。重点了解管纱退绕(或绞纱退绕)和张力装置对络筒张力的影响,均匀张力的措施。
4. 络筒清纱和捻接技术的发展,电子清纱器和捻接器的基本工作原理,络筒定长的目的及原理。
5. 一般了解络筒的自动换管、自动换筒和清洁除尘系统。
6. 络筒的工艺设计项目及工艺的确定原则,络筒产量和质量的控制。

纱线在络筒工序中可以被加工成符合后道工序要求或用于销售的半制品运输要求的卷装形式(筒子)。络筒工作由络筒机完成。

1. 络筒目的

络筒是将前道工序运来的纱线加工成容量较大、成形良好、有利于后道工序(整经、无梭织机供纬、卷纬或漂染)加工的半制品卷装——无边或有边筒子。

(1)管纱络筒。对于棉、毛、苧麻、丝、化纤短纤及其各种混纺纱线来说,纺厂供应应织造生产的主要是管纱。管纱容量很小,大卷装的管纱每只仅能容纳 29.2tex 棉纱约 2500m。若直接用来整经、无梭织机供纬或其他后道工序,频繁的换管停台会大大降低生产效率,同时也严重影响加工过程中纱线张力的均匀程度。因此,纱线在进入后道工序之前,首先在络筒工序被加工成容量较大的筒子。合纤长丝在纺丝过程中被络卷成的筒子,其卷装容量可达 10kg,甚至更多。

(2) 绞纱络筒。为便利运输和储存,供应织造生产的部分售纱以绞纱形式出现。另外,染色纱和天然丝一般也以绞纱形式供应。在织造厂绞纱必须先加工成筒子,才能供后道工序使用。

(3) 有特殊要求的络筒。现代色织生产中,纱线先经络筒工序络卷成卷装大、卷绕密度均匀的松软筒子,然后再进行高温高压筒子染色。

络筒的另一主要任务是检查纱线条干均匀度,消除纱线上的疵点、杂质。为提高织物的外观质量,减少整经、浆纱、织造过程中的纱线断头,在络筒工序中对纱线上的粗节、细节、双纱、弱捻纱、棉结、杂质等要进行清除。

2. 络筒的要求

筒子卷装应坚固、稳定,成形良好,长期储存及运输过程中纱圈不发生滑落、脱圈,筒子卷装不改变形状。筒子的形状和结构应保证在下一道工序中纱线能以一定速度轻快退绕,不脱圈、不纠缠断头。筒子上纱线排列要整齐,无重叠、凸环、脱边、蛛网等疵点。

络筒过程中纱线卷绕张力要适当,波动要小,既满足筒子的良好成形,又保持纱线原有的物理机械性能,并尽可能增加卷装容量提高卷装密度。用于间歇式整经的筒子还应符合筒子卷绕定长的要求。对于要进行后处理(如染色)的筒子,必须保证结构均匀,使染液能顺利均匀地透过卷装整体。

应当根据对成布的不同实物质量要求、纱线的质量状况恰当地制定电子清纱器的清纱范围,去除纱疵及杂质。自动络筒机上配有捻接装置,捻接处纱线直径为平均直径的 1.1~1.3 倍,强力为原纱强力的 80%~100%。少数采用机械式清纱装置和断头打结方式。不可片面强调络筒清纱的去疵去杂作用,否则会引起纱线条干恶化、结头过多,后道加工特别是织机上断头增加。筒子上纱线的结头要小而牢。打结形式一般为织布结或自紧结,纱尾长度 2~6mm。

3. 络筒工艺流程

常见的络筒工艺流程如图 1-1 所示。纱线从插在管纱插座上的管纱 1 上退绕下来,经过气圈破裂器(或气圈控制器)2 后再经预清纱器 4,使纱线上的杂质和较大纱疵得到清除。然后,纱线通过张力装置 5 和电子清纱器 7。根据需要,可由上蜡装置 9 对纱线进行上蜡。最后,当槽筒 10 转动时,一方面使紧压在它上面的筒子 11 做回转运动,将纱线卷入,另一方面槽筒上的沟槽带动纱线做往复导纱运动,使纱线均匀地络卷在筒子表面。电子清纱器对纱线的疵点(粗节、细节、双纱等)进行检测,检出纱疵之后立即剪断纱线,筒子从槽筒上抬起,并被刹车装置刹住,刹车时间可依不同纱线特性设定。装在上、下两边的吸嘴分别吸取断头两侧的纱线,并将它

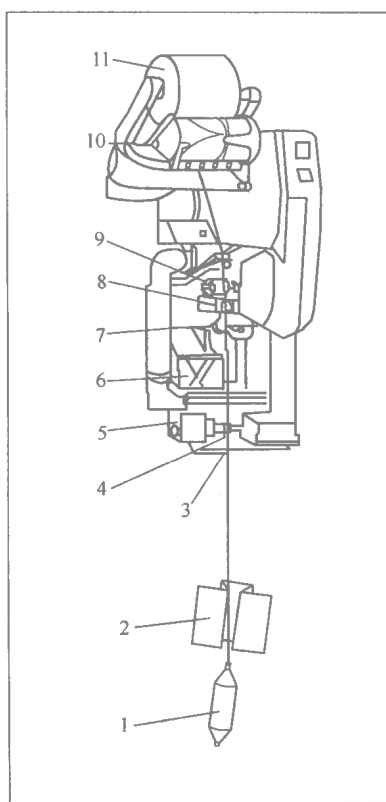


图 1-1 络筒工艺流程图

- 1—管纱 2—气圈破裂器
3—余纱剪切器 4—预清纱器
5—张力装置 6—捻接器
7—电子清纱器 8—张力传感器
9—上蜡装置 10 槽筒 11—筒子

们引入捻接器 6，形成无结接头，然后自动开车。部分络筒机在张力装置上方装有纱线毛羽减少装置，通过旋转气流作用使纱线较长的毛羽重新贴伏到纱身上。为控制络筒张力恒定，新型自动络筒机在上蜡装置的下方安装有纱线张力传感器 8，持续感应纱线张力，经反馈控制，对张力进行自动调节。络筒机械还装有自动换管装置、自动换筒装置和除尘系统，以维持连续自动的生产过程。

托盘式自动络筒机是一种可连接式自动络筒机，它与细纱机连接在一起形成的自动生产设备称细络联合机。粗纱喂入环锭式细纱机，经加工卷绕成管纱，管纱满管后自动落纱并插在托盘上。在输送链的输送下，插有满管的托盘从细纱机移动到托盘式络筒机，继续完成自动络筒加工。细纱机与络筒机的锭数按其产量相互匹配，整个生产过程中不需要人工对管纱做落纱、运输、装纱等操作，实现了细纱、络筒全程自动化。由于很少有人工对生产进行干预，从而保证了产品质量。细络联合还节省了管纱的储存环节，减少用工和生产场地。

第一节 筒子形式及卷绕成形分析

筒子的卷绕形式有很多。从筒子的卷装形状来分，主要有圆柱形筒子、圆锥形筒子和其他形状筒子（如双锥端圆柱形筒子等）三大类。从筒子上纱线相互之间的交叉角来分，有平行卷绕筒子和交叉卷绕筒子两种。从筒管边盘来分，又有无边筒子和有边筒子。

卷绕在筒子上的先后两层纱圈如相互之间交叉角很小，则称为平行卷绕，平行卷绕一般在有边筒管上进行。当纱线倾斜地卷绕在筒子上，相邻两圈之间有较大距离，上下层纱圈构成较大的交叉角时，称为交叉卷绕，交叉卷绕可以在无边筒管上进行。

圆柱形平行卷绕的有边筒子在生产实际中出现较早，它具有稳定性好、卷绕密度大的特点，但由于其退绕方式为径向，使其应用范围日趋减小。交叉卷绕的圆柱形或圆锥形筒子具有很多优点，在很大程度上能满足各种后道加工工序的要求，因此应用十分广泛。合成纤维长丝的卷装通常采用圆柱形和双锥端圆柱形筒子。

一、筒子卷绕机构

筒子卷绕机构分为摩擦传动卷绕机构和锭轴传动卷绕机构。它们的结构原理如图 1-2 所示。

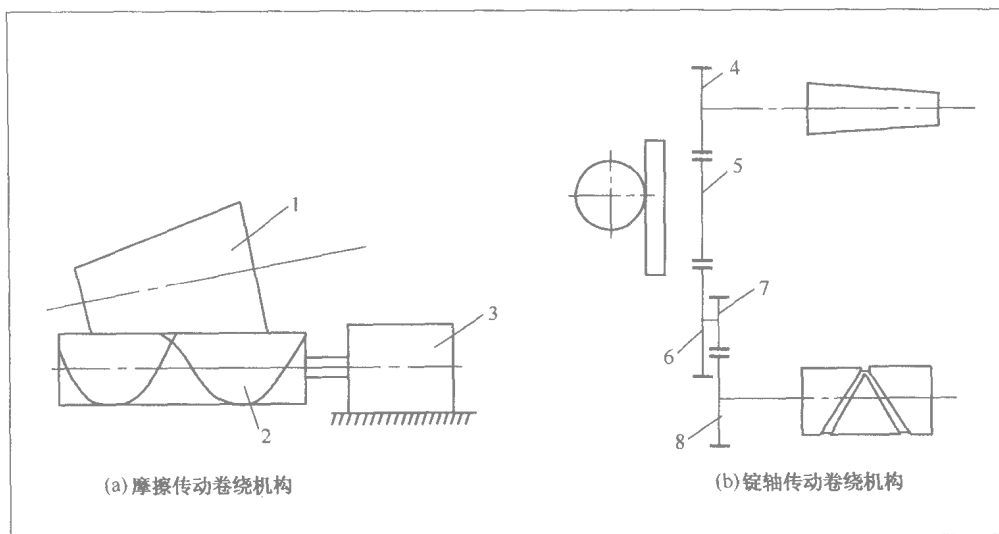


图 1-2 筒子卷绕机构

1—筒子 2—槽筒 3—交流变频电动机 4、5、6、7、8—齿轮

短纤维纱线络筒一般采用摩擦传动卷绕机构。该机构中，由变频电动机以单锭方式传动的槽筒是筒子回转的原动部件。槽筒以胶木、合金制成，表面铸有几圈螺旋线形沟槽。金属槽筒表面高强耐磨，不易碰伤并有利于摩擦静电的逸散。安装在筒锭握臂上的筒子紧压在槽筒上，依靠槽筒的摩擦作用绕自身的轴线回转，卷绕纱线；槽筒表面的沟槽作为导纱器引导纱线做往复的导纱运动，使纱线均匀地络卷到筒子表面，沟槽的中心线形状决定了导纱运动的规律，直接影响筒子形式和成形质量。变频电动机的转速由电脑程序控制，达到筒子卷绕防叠和减少络筒毛羽等目的。纱线断头时，筒锭握臂自动抬起，使筒子尽快脱离槽筒表面，以免纱线过度磨损。部分摩擦传动卷绕机构中，滚筒作为原动部件通过摩擦使筒子回转，由专门的导纱器进行导纱，常用于长丝的络筒卷绕。

锭轴传动卷绕机构中筒子的回转靠锭轴带动,导纱器的往复导纱运动可以与锭轴联动,也可单独传动。锭轴转动和导纱器往复导纱运动之间的传动比 i 决定了筒子每层卷绕的纱圈圈数。当导纱器的往复运动与锭轴回转联动时,传动比是一个固定值;导纱器单独传动时,传动比可变。

络筒精密卷绕使用滚筒摩擦传动卷绕机构和锭轴传动卷绕机构,滚筒(或锭轴)转动和导纱器往复导纱运动之间的传动比经过精确的计算和设计,控制纱线在筒子上的卷绕位置,从而满足筒子良好的卷装成形和卷绕密度均匀的要求。

二、筒子卷绕原理

卷绕机构把纱线以螺旋线形式一层一层有规律地紧绕在筒管表面,形成圆柱形筒子、圆锥形筒子或其他形状的筒子。

纱线卷绕到筒子表面某点时,纱线的切线方向与筒子表面该点圆周速度方向所夹的锐角为螺旋线升角 α ,通常称为卷绕角。来回两根纱线之间的夹角称为交叉角,数值上等于来回两个卷绕角之和。卷绕角是筒子卷绕的一个重要特征参数,也是卷绕机构的设计依据之一。

纱线络卷到筒子表面某点时的络筒速度 v ,可以看做这一瞬时筒子表面该点圆周速度 v_1 和纱线沿筒子母线方向移动速度即导纱速度 v_2 的矢量和,数值上:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (1-1)$$

$$\tan \alpha = \frac{v_2}{v_1} \quad (1-2)$$

筒子上每层纱线卷绕的圈数 m' 可用下式确定:

$$m' = \frac{n_k}{m} \quad (1-3)$$

式中: n_k ——筒子卷绕转速(r/min);

m ——导纱器单位时间内单向导纱次数(次/min)。

1. 圆柱形筒子的卷绕原理

圆柱形筒子主要有平行卷绕的有边筒子、交叉卷绕的圆柱形筒子和扁平筒子等,如图 1-3 所示。

平行卷绕圆柱形有边筒子一般采用锭轴传动的卷绕方式。由于两根相邻纱圈之间的平均距离为纱线直径,因此卷绕密度大。筒管两端的边盘保证了良好的纱圈稳定性,因而在丝织、麻织、绢织以及制线工业中有较多应用。纱线退绕一般采用轴向退绕

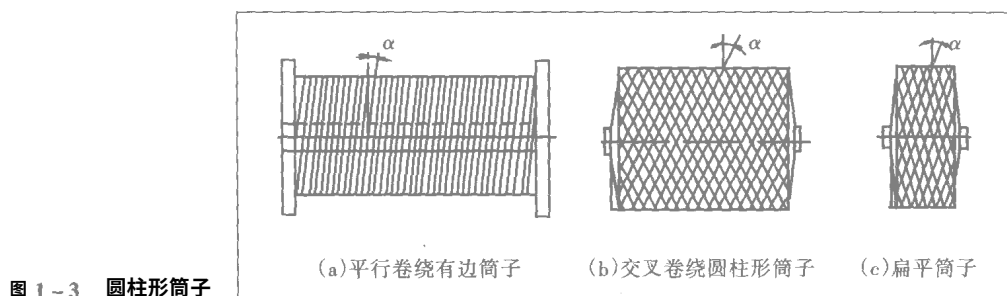


图 1-3 圆柱形筒子

方式,因边盘的存在,亦常采取径向退绕方式,但都不适宜于纱线的高速退解。

在交叉卷绕的圆柱形筒子内部,纱线之间相互交叉所形成的空隙较大,因此卷装容量大约是同体积平行卷绕圆柱形筒子的 65% 左右。由于交叉卷绕,筒子的结构比较稳定,筒子无边盘,适应纱线轴向退绕,所以广泛用于短纤纱和合纤长丝的卷装。交叉卷绕的圆柱形筒子有摩擦传动和锭轴传动两种卷绕方式。精密卷绕而成的交叉卷绕的圆柱形筒子内,纱线卷绕密度比较均匀,用于染色的松式筒子便是一例。

扁平筒子的外形特点是筒子直径远比筒子高度为大。扁平筒子一般用于倍捻机上并捻加工及无梭引纬,也广泛用做合纤长丝的卷装。

圆柱形筒子卷绕时,通常采用等速导纱的导纱器运动规律,除筒子两端的纱线折回区域外,导纱速度 v_2 为常数。在卷绕同一层纱线过程中 v_1 为常数,于是除折回区域外,同一纱层纱线卷绕角恒定不变。将圆柱形筒子的一层纱线展开如图 1-4 所示,展开线为直线。

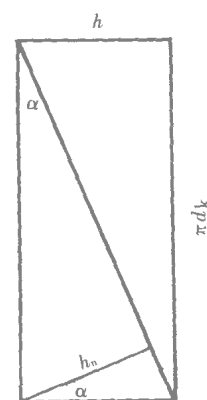


图 1-4 卷绕螺旋线图

由图可知：

$$\sin \alpha = \frac{v_2}{v} = \frac{h_n}{\pi d_k}$$

$$\tan \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{h}{\pi d_k}$$

$$\cos \alpha = \frac{v_1}{v} = \frac{h_n}{h}$$

$$v_1 = \pi d_k \cdot n_k$$

$$h = \frac{v_2 \pi d_k}{v_1} = \frac{v_2}{n_k}$$

式中： d_k ——筒子卷绕直径；

n_k ——筒子卷绕转速；

h ——轴向螺距；

α ——螺旋线升角；

h_n ——法向螺距。

(1)等卷绕角卷绕。采用槽筒摩擦传动的卷绕机构，能保证整个筒子卷绕过程中 v_1 始终不变，于是 α 为常数，称等卷绕角卷绕(或等升角卷绕)。这时法向螺距 h_n 和轴向螺距 h 分别与卷绕直径 d_k 成正比，但 $h_n:h$ 之值不变。随筒子卷绕直径增加，筒子卷绕转速 n_k 不断减小，而导纱器单位时间内单向导纱次数 m 恒定不变，因此每层纱线卷绕圈数 m' 不断减小。

(2)等螺距卷绕。采用筒子轴心直接传动的锭轴传动卷绕机构，能保证 v_2 与 n_k 之间的比值不变，从而 h 值不变，称为轴向等螺距卷绕。在这种卷绕方式中，随着卷绕直径增大每层纱线卷绕圈数不变，而纱线卷绕角逐渐减小。生产中，对这种卷绕方式所形成的筒子提出了最大卷绕直径的规定，通常规定筒子直径不大于筒管直径的 3 倍。如果筒子卷绕直径过大，其外层纱圈的卷绕角会过小，在筒子两端容易产生脱圈疵点，而且筒子内外层纱线卷绕角差异将导致内外层卷绕密度不均，对于无梭织机上纬纱退绕以及筒子染色不利。

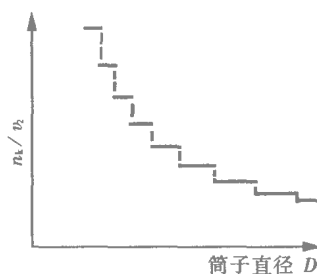


图 1-5 有级精密卷绕

在进行滚筒摩擦传动和锭轴传动的精密卷绕时，为满足所形成的圆柱形筒子内外层卷绕密度均匀的要求，可采用有级精密卷绕(即数字式卷绕)。该滚筒(或锭轴)转动和导纱器往复导纱运动之间的传动比 i ，即 n_k/v_2 值做有级变化，如图 1-5 所示。

例如，在织厂用做纬纱时，十万纬断纬率表明有级精密卷绕进一步提高了筒子的退绕性能，十万纬断纬率：一般络筒 1.8 次；精密络筒 1.4 次有级精密络筒 1.0 次。

2. 圆锥形筒子

圆锥形筒子的轴向退绕方式十分有利于纱线高速退解，因此在棉、毛、麻、粘胶以及化纤混纺纱的生产中广泛使用。圆锥形筒子主要有普通圆锥形筒子和变锥形筒子两种，如图 1-6 所示。

普通圆锥形筒子在卷绕过程中筒子大、小端处纱层沿径向等厚度增长，筒子锥体的母线与筒管锥体的母线相互平行，筒子大、小端的卷绕密度比较均匀。筒子锥顶角之半通常有 $3^{\circ}30'$ 、 $4^{\circ}20'$ 、 $5^{\circ}57'$ 、 6° (1332MD 卷绕)几种。精密卷绕而成的普通圆锥形松式筒子，由于卷绕密度小(约 $0.3 \sim 0.4\text{g/cm}^3$)且均匀，被用于染色或其他湿

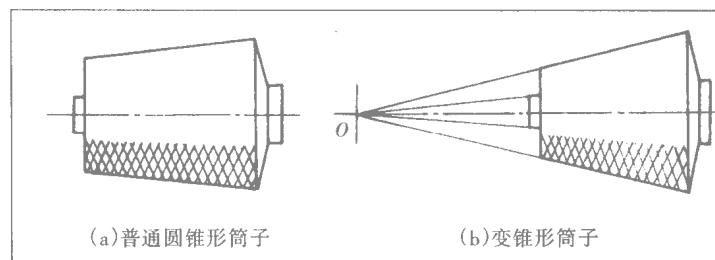


图 1-6 圆锥形筒子

加工。 $4^{\circ}20'$ 的普通圆锥形筒子特别适合在倍捻机上加工。

在变锥形筒子的卷绕过程中，筒子大、小端处纱层沿轴向非等厚度增长，各层纱线所处圆锥体的锥顶重合于一点，即筒管锥体的锥顶（筒管锥顶角之半为 $5^{\circ}57'$ ，制成筒子的锥顶角之半为 11° ，如图 1-6 所示），这通过卷绕时筒子大端的卷绕密度大于小端来实现。变锥形筒子的纱线退绕时，在 O 点设置导纱器，它的纱线退解条件优于前述的普通圆锥形筒子，通常用于高速整经和针织生产。

在摩擦传动络卷圆锥形筒子时，一般采用槽筒（或滚筒）通过摩擦传动使筒子回转，槽筒沟槽或专门的导纱器引导纱线做导纱运动。由于筒子两端的直径大小不同，因此筒子上只有一点的速度等于槽筒表面线速度，这个点称为传动点。其余各点在卷绕过程中均与槽筒表面产生滑动。如图 1-7 所示，在传动点 B 的右边，各点的圆周速度大于槽筒表面线速度，并受到槽筒对它的阻动摩擦力矩作用；在 B 点左边，情况正好相反，受到驱动摩擦力矩作用。 B 点与槽筒表面做纯滚动， B 点到筒子轴心线的距离称为传动半径 ρ ，筒子与槽筒（或滚筒）的传动比如下：

$$i = \frac{R}{\rho}$$

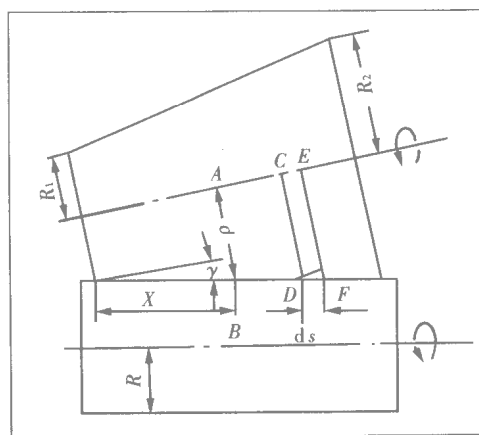


图 1-7 圆锥形筒子传动半径图

式中： R ——槽筒（或滚筒）的半径。

忽略筒子绕轴心线转动的摩擦阻力矩及纱线张力产生的阻力矩，根据筒子所受外力矩平衡，即筒子上 B 点左右两边摩擦力矩方向相反、大小相等的原理，可以导出传动半径。设图中 $CD = l$, $EF = l + dl$, $DF = ds$ ，则：

$$ds = \frac{dl}{\sin \gamma}$$

式中： γ ——圆锥形筒子锥顶角之半。

假设筒子的重量均匀地压在槽筒上，则微元长度 ds 上的摩擦力为：

$$dF = qf ds = qf \frac{dl}{\sin \gamma}$$

式中： q ——单位长度上的压力；

f ——纱线对槽筒的摩擦系数。

摩擦力对筒子轴心线的力矩为：

$$M = dF \cdot l = qf \frac{l dl}{\sin \gamma}$$

于是 B 点左右两边的摩擦力矩数值上分别为：

$$\text{左边: } M_1 = qf \frac{1}{\sin \gamma} \int_{R_1}^{\rho} l dl = qf \frac{1}{\sin \gamma} \frac{\rho^2 - R_1^2}{2}$$

$$\text{右边: } M_2 = qf \frac{1}{\sin \gamma} \int_{\rho}^{R_2} l dl = qf \frac{1}{\sin \gamma} \frac{R_2^2 - \rho^2}{2}$$

式中： R_1 ——筒子小端半径；

R_2 ——筒子大端半径。

由于筒子所受外力矩平衡，即 $M_1 = M_2$ ，于是

$$\rho = \sqrt{\frac{R_1^2 + R_2^2}{2}} \quad (1-4)$$

在卷绕过程中，筒子两端半径不断地发生变化，因此筒子的传动半径也在不断地改变着。传动半径的位置，即传动点 B 的位置，可根据图 1-7 中所表示的几何关系确定。

$$X = \frac{\rho - R_1}{\sin \gamma}$$

式中： X ——筒子小端到传动点 B 的距离。

进一步分析可知，传动半径总是大于筒子的平均半径 $(R_1 + R_2)/2$ ，并且随着筒子直径的增大，传动点 B 逐渐向筒子的平均半径方向移动，筒子的大、小端圆周速度相互接近。

在摩擦传动条件下，随着筒子卷绕直径增加，筒子转速 n_k 逐渐减小，于是每层绕纱圈数 m' 逐渐减小，而螺旋线的平均螺距 h_p 逐渐增加，即：

$$h_p = \frac{h_0}{m'}$$

式中： h_0 ——筒子母线长度。

由于传动点 B 靠近筒子大端一侧，于是筒子小端与槽筒之间存在较大的表面线速度差异，卷绕在筒子小端处的纱线与槽筒的摩擦比较严重，当络卷细特纱时，易在筒子小端产生纱线起毛、断头。将槽筒设计成略具锥度的圆锥体，如 Schlafhorst GKW 自动络筒机 $3^\circ 20'$ 的圆锥形槽筒，小端纱线磨损情况有所改善。另外，减小圆锥形筒子的锥度，亦是减少小端纱线磨损的一个措施，将锥顶角之半从 $9^\circ 15'$ 改为 $5^\circ 57'$ ，能使筒子小端与槽筒之间的摩擦滑溜率从 57% 减小到 16%。

为减少空筒卷绕时小端纱线过度的擦伤（空筒时 B 点距小端最远），采取让筒子与槽筒表面脱离的措施，待筒子卷绕到一定纱层厚度之后，方始接触。

以锭轴传动的卷绕机构络卷圆锥形筒子时，锭轴直接传动筒子，导纱器引导纱线进行导纱运动，纱线所受磨损较小，利于长丝的络筒卷绕。

3. 其他形状的筒子

纺织生产中还应用许多其他形状的筒子，如双锥端圆柱形筒子、三圆锥筒子等，如图 1-8 所示。

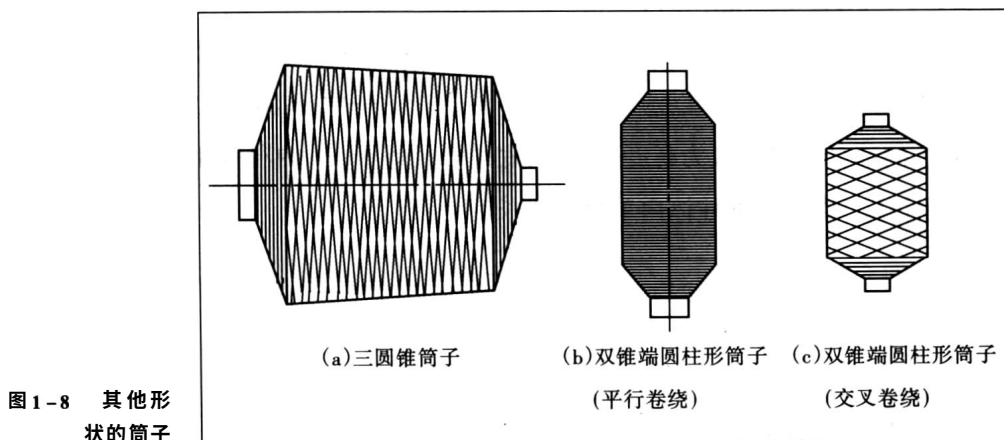


图 1-8 其他形状的筒子

双锥端圆柱形筒子采用精密卷绕方式，能形成交叉卷绕和平行卷绕两种卷绕形式。卷绕中，导纱器做变幅导纱运动，随筒子直径增大，导纱器动程逐渐减小，在筒子两端形成圆锥体，圆锥体的锥顶角为 $140^\circ \sim 150^\circ$ 。筒子中部与筒管一样，呈圆柱形。由于变幅导纱的原因，不仅筒子结构比较稳定，而且筒子两端纱线折回点的分布较均匀，筒子两端与中部的卷绕密度比较一致。平行卷绕的双锥端圆柱形筒子，由于筒子结构稳定、卷绕密度高且均匀，因此被广泛用做合纤长丝的筒子卷装，筒子质量可达 5kg。

三圆锥筒子又称菠萝筒子，它不仅卷装结构稳定，而且卷装容量大，每只筒子

质量可达 $5 \sim 10\text{kg}$ ，因此用于合纤长丝的卷绕。精密卷绕而成的筒子两端形成锥体，纱线不易松塌。筒子中部呈锥体，有利于纱线的退绕，锥体的锥顶角之半为 $3^\circ 30'$ 。

三、筒子卷绕密度

卷绕密度是指筒子单位体积中纱线的质量，其计量单位是克/立方厘米 (g/cm^3)。影响筒子卷绕密度的因素有筒子卷绕形式、络筒张力、纱圈卷绕角、纱线种类与特数、纱线表面光洁程度、纱线自身密度及筒子对滚筒的压力等。

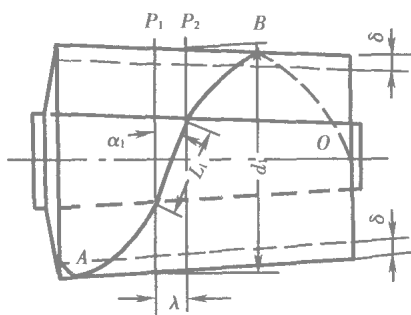


图 1-9 等厚度增加的圆锥形筒子

根据卷绕密度，交叉卷绕可分为紧密卷绕和非紧密卷绕两种，所形成的筒子分别为紧卷筒子和网眼筒子。本节将重点分析一下在非紧密卷绕和紧密卷绕条件下，纱圈卷绕角与筒子卷绕密度的关系。

在非紧密卷绕条件下，假设圆锥形筒子卷绕过程中大小端等厚度增加，如图 1-9 所示。

导纱器做 n 次单程导纱后，形成厚度为 δ 的一层均匀厚度纱层。以两个垂直筒子轴心线的平面 P_1 及 P_2 将纱层截出一小段，截出的部分可以近似为高度等于 λ ，底的外径等于 d_1 ，内径等于 $d_1 - 2\delta$ 的一个中空圆柱体。则中空圆柱体内单根纱线长度为：

$$L_1 = \frac{\lambda}{\sin \alpha_1}$$

式中： α_1 ——卷绕角。

这些纱线的总重量为：

$$\Delta G_1 = \frac{n \cdot \lambda \cdot T_t}{\sin \alpha_1}$$

式中 T_t ——纱线线密度。

中空圆柱体体积近似：

$$\Delta V_1 = \delta \lambda \pi d_1$$

于是卷绕密度为：

$$\gamma_1 = \frac{\Delta G_1}{\Delta V_1} = \frac{n T_t}{\delta \pi d_1 \sin \alpha_1}$$

在同一纱层的另一区段上，同理可得纱线卷绕密度：

$$\gamma_2 = \frac{n T t}{\delta \pi d_2 \sin \alpha_2}$$

因此，同一纱层不同区段上纱线卷绕密度之比为：

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{d_2 \sin \alpha_2}{d_1 \sin \alpha_1} \quad (1-5)$$

对于圆柱形筒子，同一纱层的卷绕直径相同，于是：

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} \quad (1-6)$$

由式(1-5)、式(1-6)可知，等厚度卷绕的圆锥形筒子同一纱层上，不同区段的纱线卷绕密度反比于卷绕直径和卷绕角正弦值的乘积；圆柱形筒子则反比于卷绕角正弦值。这说明，为保证圆锥形筒子大小端卷绕密度均匀一致，同一纱层大端的纱线卷绕角应小于小端；圆柱形筒子同一纱层的纱线卷绕角则应恒定不变。在圆锥形筒子和圆柱形筒子两端纱线折回区域内，纱线卷绕角由正常值急剧减小到零，因而折回区的卷绕密度及手感硬度远较筒子中部为大。

通常,交叉角的范围为 $30^\circ \sim 55^\circ$ 。用于高压染色的松式筒子可以采用 55° 左右的交叉角，这时纱线之间交叉所产生的孔隙较大，卷绕密度小；用于整经和无梭织造的筒子卷绕密度较大，采用 30° 左右的交叉角。交叉角从 30° 变为 55° ，则筒子的卷绕密度约减少 20% ~ 25%。

在紧密卷绕条件下，筒子中的纱线排列如图 1-10 所示，纱线之间几乎没有空隙。筒子卷绕密度受纱线密度、纱线挤压程度影响，而与卷绕角无关。

在络筒过程中，筒子与槽筒之间的压力以及络筒张力对筒子卷绕密度有很大影响。随着筒子卷绕直径的增加，筒子自重增加，筒子与槽筒之间的压力也逐渐增加，影响了筒子内外纱层的压缩均匀性，于是内外纱层的卷绕密度产生差异。为此，自动络筒机上采用了如图 1-11 所示的气压式筒子重量平衡装置，使筒子与槽

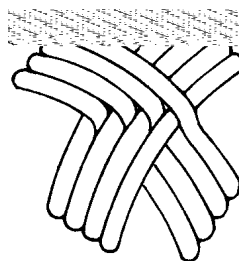


图 1-10 紧密卷绕筒子的纱线排列

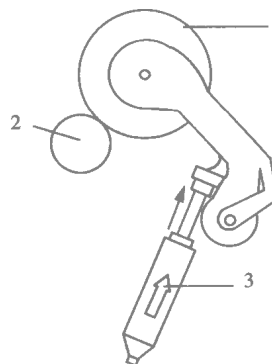


图 1-11 气压式筒子重量平衡装置
1—筒子 2—槽筒 3—平衡气缸

筒之间的压力保持恒定,避免了由于筒子自重增加而使筒子受的压力增长所引起的卷绕密度显著变化,从而达到筒子内外纱层卷绕密度均匀稳定。

四、筒子卷绕稳定性与卷绕成形分析

绕在圆柱面上的螺旋线是曲面上的最短线,它不会因纱线张力而移动,即处于稳定的平衡状态。但是,绕在圆锥面上的螺旋线却不是短程线,因为把圆锥面展开为平面后,锥面上的螺旋线并不是这展开面上的直线。再有,圆柱面上绕的螺旋线虽然是短程线,但是在两端动程折回时的纱线曲线仍然不是短程线。那么当所绕纱线不是短程线时,绕在曲面上的纱线在张力作用下显然有拉成最短线的趋势。那么它在纱层表面上就有走向最短线即短程线的趋势,即发生纱线在筒子表面的滑动。

但是,另一方面纱线张力也使纱线对曲面造成法向压力,于是纱层面上纱与纱之间的摩擦阻力就阻止了纱线滑动的趋势。张力越大时,一方面固然是滑动的趋势

越大,但另一方面法向压力也越大,摩擦阻力也越大。因此,在一定条件下,虽非短程线也是可以取得外力平衡、位置稳定的。

在纱层面上,纱与纱之间的实际接触与摩擦力的大小是一个复杂问题。研究任意卷绕曲面 Σ 上,任意形状微元纱段 Γ 的外力平衡、位置稳定条件,如图 1-12 所示。 β 为纱段的密切平面, n 是纱段的主法线,平面 η 过曲面在 M 点的法线 N 并与纱段相切, ξ 为曲面在 M 点的切平面。

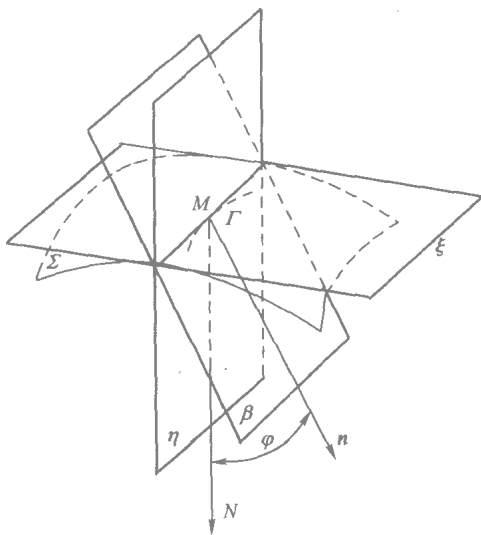


图 1-12 任意卷绕面上的微元纱段

在纱线等张力状态下,微元纱段 Γ 的位置稳定条件是:

$$\tan \varphi = \frac{\rho_f}{\rho_d} \leq f \quad (1-7)$$

式中: φ ——纱段的主法线 n 与卷绕曲面法线 N 之间所夹锐角;

$1/\rho_d$ ——纱段的测地曲率(纱段在 ξ 平面上投影之曲率);

$1/\rho_f$ ——纱段的法曲率(纱段在 η 平面上投影之曲率);

f ——纱线的摩擦因素。

式(1-7)适用于各种筒子的纱圈位置稳定性分析,它表明:纱圈的位置稳定与否,除和纱线的摩擦因素 f 有关外,还与纱圈的形状(ρ_i, ρ_d)有关,即在一定的筒管锥角条件下,与络筒圆周速度、络筒的导纱速度及其变化率有关,亦即与槽筒表面的沟槽圈数及沟槽中心线形状有关。

圆柱形筒子在端点折回处的纱线位置稳定条件则是式(1-7)的一个特例,这时 ρ_i 等于筒子半径。

络筒过程中,由导纱器(或槽筒沟槽)引导,纱线按精确设计的规律卷绕到筒子表面,形成预定的、合理的纱圈初始形状。纱圈卷到筒子表面后必须立即转入稳定状态,并保持这预定的初始形态,以便最后制成卷绕均匀、成形良好的筒子。筒子卷绕稳定性正是研究纱圈卷到筒子表面后是否能立即转入稳定状态的问题,研究纱圈初始形状的合理性问题。因此,为获得良好的络筒纱圈稳定性,特别是圆锥形筒子和圆柱形筒子两端折回区的纱圈位置稳定性,必须针对纤维材料及纱线表面特性进行合理的槽筒沟槽设计。

卷绕到筒子表面符合位置稳定条件的纱圈(特别是处于临界状态下 $\rho_i/\rho_d = f$ 的纱圈)在静态条件下是稳定的,但在运输和后道加工过程中稍受振动或其他偶然的外力作用,仍有可能离开原始位置发生滑移,滑移运动的结果使纱线张力降低、卷装松弛,引起乱纱和坏筒等疵品。

五、自由纱段对筒子卷绕成形的影响

筒子与槽筒摩擦传动副剖面如图 1-13 所示。槽 1 筒通过摩擦带动筒子 2 回转,摩擦传动点为 A ,纱线卷绕到筒子上的卷绕点为 M ,沟槽侧壁引导纱线的导纱点为 N 。

从图中看出:由于槽筒沟槽的存在, M 、 A 、 N 三点是互不重合的。位于导纱点 N 与卷绕点 M 之间的那段纱线处于自由状态,被称为自由纱段。其他传动形式的卷绕机构上,只要导纱点和卷绕点不重合,都会存在自由纱段。自由纱段对筒子成形具有重大影响。

图 1-14 中 N_1 、 N_2 ...表示络筒过程中不同的导纱点位置,而 M_1 、 M_2 ...表示不同的卷绕点位置,图中 M_1N_1 、 M_2N_2 ...即为自由纱段,在一个导纱往复间它的长度是个变量。

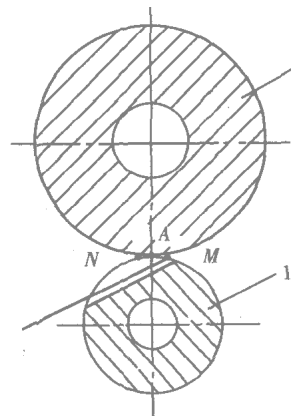


图 1-13 筒子与槽筒的摩擦传动

1—槽筒 2—筒子

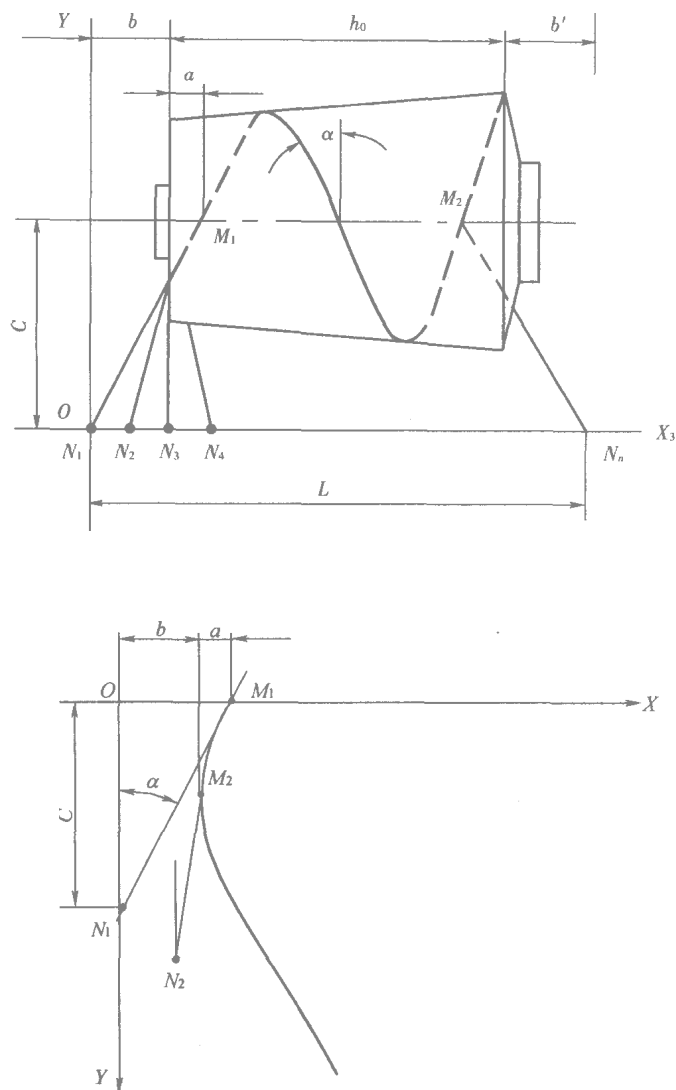


图 1-14 自由纱段对筒子成形的分析

导纱器在 N_1 和 N_n 点之间做往复运动, 其全程为 L 。当导纱器到达左端 N_1 时, 纱线正好绕到筒子表面上的 M_1 点, 该点距筒子边缘为 a 。当导纱器向右移动到达 N_2 点时, 纱线将在卷绕角逐渐减小的情况下继续向左方的筒子表面上绕去。当导纱器到达 N_3 点时, 纱线刚好绕至筒子左方的边缘, 在这一点卷绕角等于零。导纱器继续向右运动到达 N_4 点时, 纱线就向右绕上筒子, 其卷绕角逐渐增大。在筒子右方边缘绕纱情况和左边一样。

由于自由纱段的存在, 引起导纱动程 L 和筒子高度 h_0 之间的差异 (图 1-14 中 b 与 b' 之和), 并使筒子上邻近两端处的一定区域 (折回区) 中纱线的卷绕角小于正常的卷绕角, 从而使筒子两端卷绕密度增加, 严重时可导致凸边和塌边等疵病。

对部分络筒机的研究表明：随着圆锥形筒子卷绕厚度的增加，在筒子大端 b 值逐渐增加，即卷绕高度（又称筒子斜高）逐渐减小，这有利于后来绕上的纱圈的稳定性，可获得成形较好的筒子，不致在大端产生纱圈崩塌和攀丝现象，筒子在整经退绕时比较顺利。至于筒子小端，则在卷绕厚度增加时 b 值无显著变化。

自由纱段对筒子中部成形亦存在一定影响，现以槽筒式络筒机为例做定性分析。

为防止纱圈重叠，有些槽筒沟槽中心曲线被设计成左右扭曲的形状，这可看成导纱器往复运动速度 v_3 时而很大，时而很小，它的一阶导数 a_3 做幅值很大的正负交变。如果自由纱段长度为零，则纱线沿筒子母线方向的导纱速度 v_2 等于导纱器运动速度 v_3 ，从而对应的纱线卷绕角时而很大，时而很小，引起筒子卷绕密度不均，过大的卷绕角 α 以及卷绕角变化率 $\frac{d\alpha}{dt}$ 还会严重影响纱线卷绕时的纱圈稳定性。

由于自由纱段实际上存在，使得 v_2 不等于 v_3 ， v_2 跟随 v_3 变化，但响应很慢，远远跟不上 v_3 的变化速率，因此 v_2 以及 α 的极大值和变化率都不大，上述弊病不可能产生。同时，自由纱段的作用（ v_2 不等于 v_3 ）使得纱圈的卷绕轨迹与左右扭曲的槽筒沟槽不相吻合，当轻微纱圈重叠发生之后，重叠纱圈不可能嵌入槽筒沟槽，于是进一步的严重重叠可以避免，起到防叠作用。这说明自由纱段对筒子中部成形有积极意义。

在滚筒摩擦传动及锭轴传动的络筒机上，为使导纱运动规律准确地符合导纱器运动规律，保证筒子精确成形，应让自由纱段始终保持最小的、不变的长度。

六、卷装中纱线张力对筒子卷绕成形的影响

纱线在筒子卷装中具有一定的卷绕张力，筒子外层纱线的张力引起它对内层纱线的向心压力作用。设微元纱层对筒子中心张角为 θ 、卷绕半径为 R 、厚度为 dR ，如图 1-15 所示。纱层中每根纱段的卷绕张力为 $T_{(R)}$ 。当纱线卷绕角均为 α 时，每根纱段所产生的向心压力数值：

$$N = 2 T_{(R)} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \frac{\theta}{2} = T_{(R)} \cos \alpha \cdot \theta$$

外层纱线的向心压力使内层纱线产生压缩变形，压缩的结果使内层纱线卷绕密度增大，纱线张力减弱，甚至松弛，越往内层这种压缩现象越明显。在接近筒管的少量纱层里，尽管纱线受到最大的向心压力作用，但由于筒管的支撑，其长度方向不可能收缩，仍维持较大的卷绕张力。所以，在筒子内部，介于筒子外层和最里层之间形