

文章编号: 1009-038X(1999) 04-0099-05

筒子卷绕密度的计算

王元昌, 翁云菊

(无锡轻工大学纺织服装学院, 江苏无锡 214036)

摘要: 导出了筒子卷绕密度计算式和纱圈重叠判别式, 它们比现有公式好.

关 键 词: 络筒; 卷绕密度; 重叠

中图分类号: TS105. 211 文献标识码: A

在络筒工序中, 筒子卷绕密度是重要的工艺参数, 它关系到筒子的卷绕成形和容量. 筒子卷绕密度计算公式主要有两个^[1, 2]:

$$V = \frac{nT_{ex}}{Wd \sin T} \quad (1)$$

$$d = \frac{1}{200\alpha N W \sin T} \quad (2)$$

由这两式可推出, 当 $T = 0$ 时, $V = \infty$, 这显然有悖常理. 要指出的是 $T = 0$ 在纱线卷装中是客观存在的, 例如在筒子两端和织轴、经轴的某些地方等. 而且卷绕密度与纱线号、筒子半径的关系也与实际不符. 在这两式中含有未知参数 ((1) 为 n , (2) 为 W), 故不能用于计算.

筒子卷绕过程可用数学形式来描述和模拟. 作者用 1381 型并线机以单纱络圆柱筒子为例, 先建立绕满一层纱的条件, 计算绕满一层纱的导纱往复数, 再计算筒子卷绕密度, 然后作计算机模拟计算和试验验证.

1 公式的建立

1.1 假设条件

假设纱是圆柱体, 纱线卷绕角 α 在筒子上处处相等 (两端除外), 绕一层纱 (筒子半径增加一个纱线直径 δ) 的过程中纱圈位移角 ψ 不变. 筒子是圆柱体, 忽略表面凹凸不平. 本文只从几何角度推导, 不计张力和加压等因素的影响.

在圆柱筒子任意半径 R 处取宽为 h , 厚为 δ (δ 即纱直径) 的一层纱作研究单元, 见图 1. 单元展开后如图 2 所示. 图 1 中两个单程纱 1、2 交点处顺纱 2 方向斜切筒子得图 3. 假定在不大会范围内螺旋曲线 2 位于一个平面内. 图 3 中纱与筒子的截面都是椭圆. 由图 2 和图 3 可

收稿日期: 1999-01-27; 修订日期: 1999-05-20

作者简介: 王元昌 (1945年 2月生), 男, 江苏无锡人, 副教授.

知,若相邻同向纱之间的间距(它沿异向纱方向量度)小于等于 B ,则后绕的纱在此处必凸出于单元之上;若大于 B 则必有一段贴伏在筒子表面.一层纱绕满须最后一根纱全部凸出于单元之上.故绕满一层纱的条件为筒子表面所有相邻同向纱的间距都小于等于 B .由解析几何^[3]可导出 $B \approx \frac{2}{\cos T} \sqrt{2RW}$.

何^[3]可导出 $B \approx \frac{2}{\cos T} \sqrt{2RW}$.

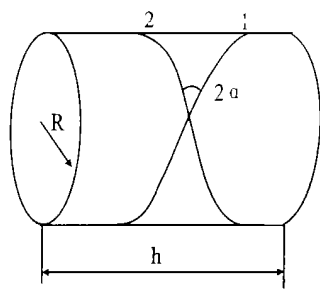


图 1 筒子卷绕图

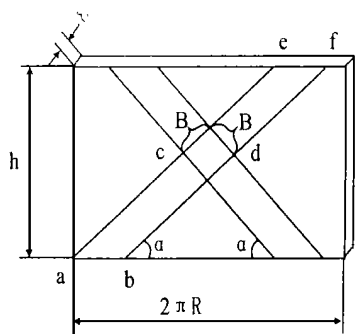


图 2 筒子表面展开图

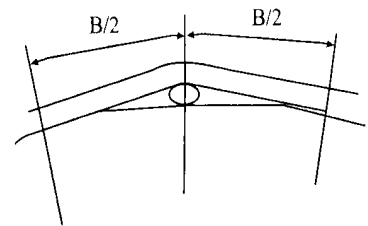


图 3 筒子截面图

1.2 公式推导

令槽筒半径为 R_1 ,转速为 N_1 ,筒子半径为 R ,转速为 N ,不计滑移,则 $\frac{N}{N_1} = \frac{R_1}{R}$.令槽筒在导纱一往复中转 m 转,如两圈半沟槽的槽筒 $m = 5$,则单位时间内导纱往复数为 $\frac{N_1}{m}$,导纱一往复中筒子转数为 $\frac{N}{\frac{N_1}{m}} = \frac{mN}{N_1} = \frac{mR_1}{R}$,纱圈位移角 $j = \langle \frac{mR_1}{R} \rangle \pi$,式中 $\langle \frac{mR_1}{R} \rangle$ 表示 $\frac{mR_1}{R}$ 的小数部分.卷绕时纱圈在筒子端面转折点以不变的 j 沿端面走,走一周纱圈往复数为 $\frac{2\pi}{j}$,绕满一层纱需走 n_2 周,纱圈单程数 n 可表示为 $\frac{4\pi n_2}{j}$.

数部分.卷绕时纱圈在筒子端面转折点以不变的 j 沿端面走,走一周纱圈往复数为 $\frac{2\pi}{j}$,绕满一层纱需走 n_2 周,纱圈单程数 n 可表示为 $\frac{4\pi n_2}{j}$.

1.3 n_2 的计算

当 $j \leq \frac{2B \cos T}{R} = \theta$ 时,因 $ab = cd = 2B \cos T$,见图 2.在垂直于筒子轴线平面内 ab 对圆心角当 $\theta = \frac{2B \cos T}{R}$,若 $j \leq \theta$,即相邻同向纱的间距小于等于 B ,则 $n_2 = 1$.

若 $j > \theta$,可用数论中欧几里德辗转除法对 $\frac{2\pi}{j}$ 作运算.若 $\langle \frac{2\pi}{j} \rangle < 0.5$,令 $a_1 = \langle \frac{2\pi}{j} \rangle$;若 $\langle \frac{2\pi}{j} \rangle > 0.5$,令 $a_1 = 1 - \langle \frac{2\pi}{j} \rangle$;如 $\frac{2\pi}{j} = 0.5$,则发生重叠.若 $a_1 \leq \theta$,且 $(1 - a_1) \leq \theta$,则 $n_2 = 2$;

若 $a_1 \leq \theta$,而 $(1 - a_1)j > \theta$,则 $n_2 = 1 + [\frac{1}{a_1}]$,记号 $[\frac{1}{a_1}]$ 表示 $\frac{1}{a_1}$ 的整数部分,其几何意义见图 4.纱圈转折点的起始点为 0,一个往复后到 1,以下依次为 2, 3, ..., n_1 ; $\angle 0A1 = \angle 1A2 = \dots = j$, $\angle n_1A0 = a_1 j$.若 $j \leq \theta$,转折点走一周绕满一层纱,则 $n_2 = 1$.若 $j > \theta$,而 $a_1 \leq \theta$,且 $(1 - a_1) \leq \theta$,则 $n_2 = 2$,即转折点再走一周,在 01, 12, ... 之间

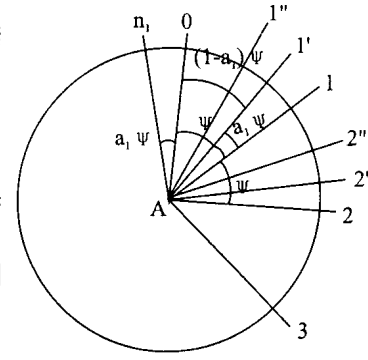


图 4 筒子端面角示意图

各产生一个分点 $1', 2', \dots$, 就符合绕满一层纱的条件; 若 $j > \theta$, 而 $a_1 \leq \theta$ 且 $(1 - a_1)j > \theta$, 转折点还要走下去, 在 $01', 12', \dots$ 之间产生分点 $1'', 2'', \dots$ 而 j 中共有 $[\frac{1}{a_1}]$ 个分点, 故 $n_2 = 1 + [\frac{1}{a_1}]$.

如 $a_1 j > \theta$, 类似地用辗转除法再作运算. 如 $\langle \frac{1}{a_1} \rangle < 0.5$ 令 $a_2 = \langle \frac{1}{a_1} \rangle$; 如 $\langle \frac{1}{a_1} \rangle > 0.5$, 令 $a_2 = 1 - \langle \frac{1}{a_1} \rangle$; 若 $\langle \frac{1}{a_1} \rangle = 0.5$, 则发生重叠. 前述 $\langle \frac{2\pi}{j} \rangle = 0.5$, 即 $a_1 = 0.5, \frac{1}{a_1}$ 为整数, $a_2 = \langle \frac{1}{a_1} \rangle = 0$, 即发生重叠; 同理 $\langle \frac{1}{a_1} \rangle = 0.5$ 也重叠. 若 $a_1 a_2 \leq \theta$, 同时 $(1 - a_2)a_1 \leq \theta$, 则 $n_2 = 1 + \frac{2}{[a_1]j}$; 若 $a_1 a_2 \leq \theta$, 同时 $(1 - a_2)a_1 \leq \theta$, 则 $n_2 = 1 + [\frac{1}{a_1}] + [\frac{1}{a_1 a_2}]$.

如 $a_1 a_2 j > \theta$, 可类推至 $a_1 a_2 \dots a_k \leq \theta$, 再求出 n_2 .
 若 $j < \frac{W}{R \sin T}$, 则发生部分重叠. 同理若 $a_1 j < \frac{W}{R \sin T}, a_1 a_2 j < \frac{W}{R \sin T}$ 也发生部分重叠. 若 $j = 0$, 或 $a_1 = 0, a_2 = 0, \dots$, 则发生完全重叠, 发生完全重叠与部分重叠时, 卷绕密度不能计算.

1.4 V 的计算

一层纱刚开始卷绕时, 第一根纱全部位于单元之内, 后绕的纱与先绕的纱相交, 要减去斜跨纱之长 B , 因为它凸出于单元之外, 见图 5. 越是后绕的纱则减去的越多, 最后一根纱则全部位于单元之外. 假定每一单程纱平均计算长度为 L

$$= \frac{1}{2} \Delta L, \text{单程纱之长 } \Delta L = ae = \frac{h}{\sin T}.$$

一层纱总计算长度为 $L = \frac{\Delta L}{2} n$, 其中 n 为绕满一层纱的单程数.

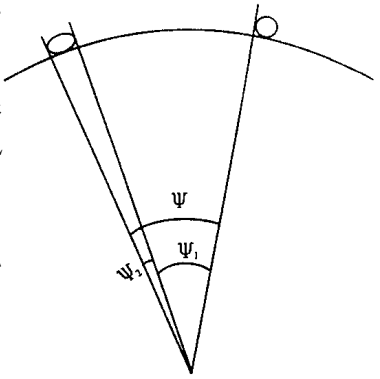


图 5 筒子端面 j, j_1, j_2 示意图

$$L = \frac{\Delta L}{2} \cdot \frac{2\pi n_2}{j} = \frac{2\pi n_2 h}{j \sin T} \quad (\text{单位: cm}).$$

$$\text{单元内纱的质量 } \Delta G = \frac{L H}{10^5} = \frac{2\pi n_2 h H}{10^5 j \sin T} \quad (\text{单位: g})$$

式中 H 为纱号.

$$\text{单元体积 } \Delta V = 2\pi R W h \quad (\text{单位: cm}^3).$$

$$\text{单元卷绕密度 } V = \frac{\Delta G}{\Delta V} = \frac{2\pi n_2 h H}{10^5 j \sin T \cdot 2\pi R W h} \quad (\text{单位: g/cm}^3)$$

$$V = \frac{H n_2}{10^5 W R j \sin T} \quad (3)$$

考虑纱是直径 W 的圆柱体而非几何线 (见图 5), 故 $j = j_1 + j_2, j_2 = \frac{W/\sin T}{R} = \frac{W}{R \sin T}, j_1 = j - j_2$, 则

$$V = \frac{H n_2}{10^5 W (R j_1 \sin T + W)} \quad (4)$$

2 实 验

材料为 19 腈纶纱,从小筒到大筒,共测 30个质量及体积,计算各层卷密,如图 6所示. 槽筒转速为 780 r/min,半径为 41 mm,卷绕角 $T=15^\circ$,张力盘重 9.2 g,导纱距离 490 mm,共测 5只筒子.

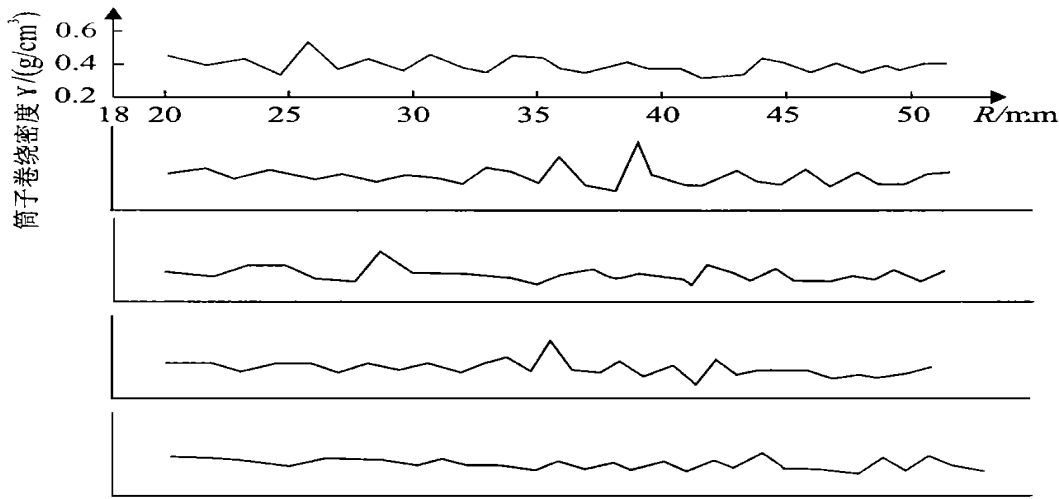


图 6 实测 5只筒子卷绕密度

3 模拟计算

按 (4)式计算,从空筒到满筒每增加一个纱线直径计算一卷绕密度,可算出 $V=0.105\text{ g/cm}^3$. 可见,随着 R 的增加, V 有很大变化,如图 7所示.

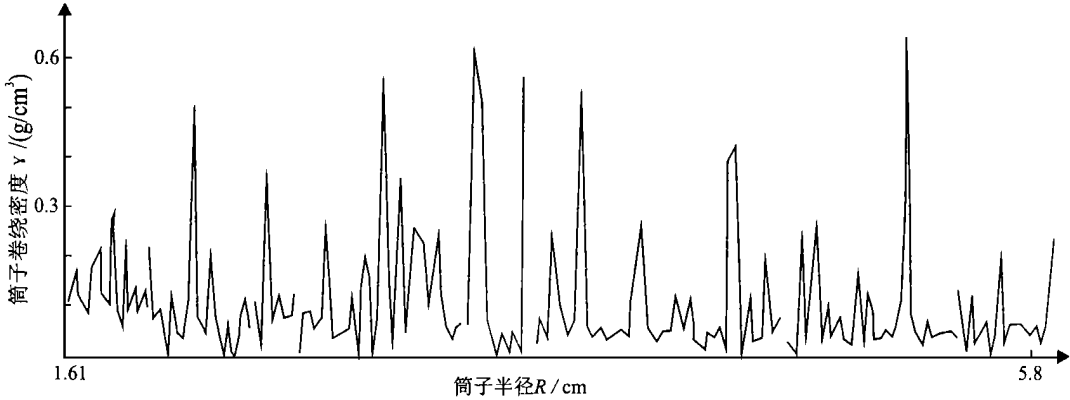


图 7 筒子卷绕密度模拟计算值图 (间断处表示该处发生重叠)

4 分析讨论

4.1 V 与 T 的关系

由 (4)式知,当 $T=0$ 时, $V=\frac{H}{10W^2}$ 是个有限值 ($T=0, j=0$,故 $n_2=1, V=\frac{H}{10W^2}$). 对于紧

密卷绕, $j_1=0, j_2=\frac{W}{R\sin T}<\theta$,故 $n_2=1, V=\frac{H}{10^5W}$. 所以 (4)式可统一考虑 $T=0$,以及紧密卷绕与交叉卷绕的密度,这是普遍的关系式.

4.2 卷绕密度 V 与筒子半径 R 的关系

由 (4)式, V 与 R, j_1, n_2 和 T 有关, j_1 是 R 的函数, n_2 也与 R 有关,故 V 与 R 的关系极复杂,不是简单的反比关系,实验与计算也表明了这一点. 这从理论上说明了槽筒络筒机是络不出卷密均匀的筒子的.

4.3 卷密与纱号的关系

由 $W=AB, A=\frac{H}{B}$, (4)式 $V\propto\frac{1}{H}$,但实际上 H 越小 V 越大. 这是因为 H 小 B 也小,故 n_2 较大. 此外,若纱细,捻度大,纱本身密度也大.

4.4 V 计算值与实测值

用 (4)式计算得筒子平均卷密为 0.105 g/cm^3 ,而实测得 5只筒子平均值 $V=0.402\text{ g/cm}^3$,主要原因是 (4)式不计张力及压力的影响. 络筒不用张力器测得 $V=0.305\text{ g/cm}^3$,其实此时仍有张力与压力. 在它们作用下,图 3的斜跨纱长会被压下,原来减去的长度应计入. 它还使 n_2 增大,纱被压扁,内层纱被外层纱压缩. 再则原假设每层纱开始卷绕时是无凹凸的圆柱体,而实际上有凹凸,凹处会被填充. 这些因素作量化计算尚有困难,故计算值与实际值之间的差异是可以理解的.

4.5 纱圈重叠判别式

本文导出的纱圈重叠判别式为 $j=0, a_1=0, a_2=0, \dots$,判别式直接与筒子直径有关而且包含了所有的可能. 这对考虑防叠措施是必要的. 而目前的文献中都只是列举某些重叠的可能性.

5 结 语

筒子卷绕密度和纱圈重叠是研究筒子成型的基础. 本文导出的卷密计算式和重叠判别式比现有公式好,说明可用数学方法研究络筒过程.

参考文献:

[1] 朱苏康,陈元甫. 织造学(下册) [M]. 北京: 中国纺织出版社, 1996.
[2] 华东纺织工学院编. 纺织机械设计原理(第三分册) [M]. 上海: 华东纺织工学院出版社, 1961.
[3] 方德植. 解析几何 [M], 北京: 高等教育出版社, 1986.

The Calculation of Winding Density of Cheese

WANG Yuan-chang, WENG Yun-ju

(School of Textile and Garment, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract In this article, the formula on winding density and discriminant for ribboning are deduced. They are better than now available.

Key words winding; winding density; ribboning