

72342

合成纤维的改性与差别化

(上)

王玉忠



山东纺织工学院纺化系

一九八九十月

3674

织物在穿用和洗涤过程中,由于不断受到外界的摩擦作用,使纤维端露出于织物表面,形成毛茸。这些毛茸进一步相互纠结、缠绕而形成许多毛球。这种现象一般称之为“起球”(Pilling)。织物的起球,影响织物的外观。纤维毛球往往成为吸附污垢的核心,严重损害织物的服用性能、手感和舒适性。天然纤维除某些细羊毛易起球外,一般不易起球;粘胶、醋酸纤维等人造纤维织物也不易起球。很多合成纤维纯纺或混纺织物具有不同程度的起球倾向。一般,针织物较编织物易于起球。织物中反复遭受摩擦多的部位较其余部位易于起毛、起球。随着合成纤维产量不断增长,特别是针织品(聚丙烯腈、聚酯纤维针织物)的普遍应用,人们对服用性能要求的提高。因此,多年来,人们对合成纤维织物的起球过程、起球现象的评定、影响起球的因素以及减少起球倾向的方法等进行了许多研究,不断研制出了各种低起球合成纤维。

7.1 起球过程

织物的起球过程分成三步,如图7-1所示。



图7-1 起球过程示意图

1、起毛

一般合成纤维表面比较光滑,起合力较小,当外界作用大于织

物中纤维的抱合力或摩擦力时，纤维的自由端就从织物或纱线表面拉出，而形成毛茸。

对于长丝针织物，由于丝束、纱线结构较为松散，在外界反复摩擦下，可能使一根或几根单丝首先被拔出，形成丝圈，被磨断以后形成毛茸。

2. 缠绕成球

所形成的毛茸达到一定长度和密度后，在反复揉搓下，相互纠缠而形成毛球。突出于织物表面，成球时绒毛最低长度叫做“成球临界长度”。各种纤维的成球临界长度不同。羊毛较长的，聚酯较短，所以聚酯织物易于起球。织物表面沾附的尘粒也可能成为毛球产生的核心。

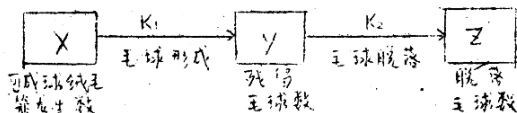
3. 毛球脱落

使用过程中，当外力使联结毛球的纤维断裂时，毛球自织物表面脱落，剩下的毛球也可能附着于与其接触的其他织物表面上引起不快的感觉。

实际上，织物在穿用过程的一定阶段，上述起球的三个步骤在宏观上是动态、连续发生的过程。不同织物的动态起球过程的性状不同。

对于纺毛合纤维物，表面毛羽的存在是不可避免的。因此，研究毛球脱落性具有更为重要的意义。

上述起球过程可作如下的动力学分析。



K_1 、 K_2 分别是毛球形成和毛球脱落速率常数。

在此。作如下假定：

第一。设可形成毛球的绒毛簇数为一定值即 $X = X_0$ 。因此，对于抗起球纤维来说，要求毛球脱落速率大于形成的速率。

第二。设可成球的绒毛簇全部形成毛球。最后全部脱落，即 $Z_{t \rightarrow \infty} = X_0$ 。

第三。设下列速度式成立：

$$\frac{dx}{dt} = K_1 x \quad (7-1)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = K_1 x - K_2 y \quad (7-2)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K_2 y \quad (7-3)$$

根据假设一、二边界条件 $t=0: x=X_0 \quad y=0 \quad z=0$

$t=\infty: x=0 \quad y=0 \quad z=X_0$

成立。

这样。解偏微分方程。可得下列结果：

根据式 (7-1)。得

$$x = c_1 e^{-K_1 t} \quad (7-4)$$

由 $t=0$ 时。 $x=X_0$ 。所以 $c_1=X_0$ 以及式 (7-4) 成为 $x = X_0 e^{-K_1 t}$ (7-5)

将式 (7-5) 代入式 (7-2)。得

$$\frac{dy}{dt} = K_1 X_0 e^{-K_1 t} - K_2 y \quad (7-6)$$

$$\frac{dy}{dt} + K_2 y = K_1 X_0 e^{-K_1 t} \quad (7-7)$$

$$y e^{K_2 t} = -\frac{K_1 X_0}{-K_1 + K_2} e^{(-K_1 + K_2)t} + C_2$$

$$y = \frac{K_1 X_0}{-K_1 + K_2} e^{-K_1 t} + C_2 e^{-K_2 t} \quad (7-8)$$

如果 $t = 0$ 时, $y = 0$, 则 $C_2 = \frac{-K_2 X_0}{-K_1 + K_2}$

所以, $y = \frac{K_1 X_0}{-K_1 + K_2} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t})$ (7-9)

将式 (7-9) 代入式 (7-3), 则有

$$\begin{aligned} \frac{dz}{dt} &= \frac{K_1 K_2 X_0}{-K_1 + K_2} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) \text{ 及} \\ z &= \frac{K_1 K_2 X_0}{-K_1 + K_2} \left(-\frac{e^{-K_1 t}}{K_1} + \frac{e^{-K_2 t}}{K_2} \right) + C_3 \quad (7-10) \end{aligned}$$

如果当 $t = 0$ 时, $z = 0$, 于是 $C_3 = X_0$, 则

$$z = \frac{K_1 K_2 X_0}{-K_1 + K_2} \left(-\frac{e^{-K_1 t}}{K_1} + \frac{e^{-K_2 t}}{K_2} \right) + X_0 \quad (7-11)$$

上述所有表达式中, 最重要的是表示毛球存在状态和式 (7-9) 因此有进一步讨论的必要。

令方程式 (7-9) 中的 $X_0 = 100$ 作为标准, 取 $K_1 = 1.0, 4.0, 8.0, K_2 = 0.1 \sim 0.6$, 将方程式 (7-9) 作成理论曲线如图 7-2 (a)、(b)、(c) 所示 (理论毛球寿命图)。

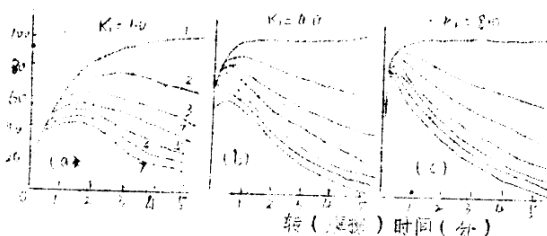


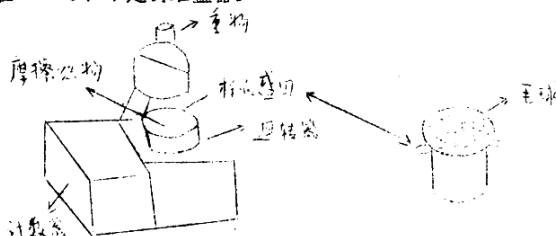
图 7-2 方程式 (7-9) 和毛球寿命模拟曲线。

曲线：1—7的 K_2 分别为0.0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6。

7.2 起球性试验与表征

7.2.1 短纤维起球试验 (SF 试验)

SF (Staple Fiber) 起球试验仪的示意图如图7—3(a)所示。图7—3(b)是纤维盛器。



(a) SF起球试验仪的示意图 (b) 样品盛器略图

图7—3

测试条件见表7-1。

表7—1 SF起球测试条件

摩擦织物	聚丙烯网织物 (150目)
重物	700克 (总重993克)
试样重	700毫克 (含气率89.5%)
刷毛	刷起足够的绒毛后, 切成5毫米长度
回转速度	100 rpm
试样个数	3

由 SF 试验法所得的毛球形成、脱落的状态如图 7—4 可以认为，试验结果与前述理论上假设的三个阶段是一致的。

时间(分)	图例	阶段
		起毛
1/10		成球
1/4		
1/2		
1		
2		毛球脱落
3		
4		
5		

图 7—4 SF 起球试验仅测得的毛球形成和脱落的过程

试验步骤如下：

首先，仔细开松纤维试样，使空气含量成为一定值。为此，应根据纤维比重，调节试样量。

将试样尽可能均匀地放入试样盛器中，用刷子在试样表面刷起毛茸，将过长的绒毛剪掉，使毛茸的长度为 5 毫米。这种状态就是第一阶段，即起毛。根据前节的讨论，可形成毛球的绒毛数为 X_1 。

然后，将形成毛茸的试样（置于试样盛器）放入试验仪中，在表 7—1 的条件下， $\frac{1}{2}$ 转摩擦，读出在所定的不同时间生成、残留的毛球数，以及摩擦脱落的毛球数，此即第二阶段。

对于聚四氟乙烯纤维，摩擦 5 分钟后，几乎所有绒毛都有成球的倾向。取最长 $\frac{1}{2}$ 转时间为 5 分钟。这时，残留的毛球数和脱落的毛球

数之总和等于 X_0 。

表 7-2 表示实测数据的一例。

首先, 表 7-2(a) 是三次测定的平均值, X_0 系 5 分钟时的毛球总数, 为 25.6。表 7-2(b) 表示以 $X_0=100$, 归一化后的数据。

表 7-2 聚丙烯短纤维的起球性试验结果
(a) 原始数据 ($X_0=25.6$)

转次 项目	10 (分)	25 (1/4)	50 (1/2)	100	200	300	400	500
残留毛球数 N	12.5	16.5	20.0	20.3	17.5	15.3	13.3	10.3
脱落毛球数 N	0	0	0	1.0	3.5	3.5	4.0	3.3
脱落毛球总数 N	0	0	0	1.0	4.5	8.0	12.0	15.3
毛球总数 N	12.5	16.5	20.0	21.3	22.0	23.3	25.3	25.6
(b) 归一化数据 ($X_0=100$)								
残留毛球数 N	48.8	64.4	78.1	79.2	68.3	59.7	50.7	40.2
脱落毛球数 N	0	0	0	3.9	13.6	13.6	15.6	12.8
脱落毛球总数 N	0	0	0	3.9	17.5	31.2	46.8	59.7
毛球总数 N	48.8	64.4	78.1	83.2	85.9	91.0	97.6	100.0

7.2.2 织物的起球性试验与表征

测试织物的起毛、起球性的仪器和方法很多。其原理一般均系尽量模拟织物实际穿用时引起起毛、起球的发生过程。但不论哪种方法所得的结果与实际穿用情况都存在或多或少的差异。有时甚至出现相反的结果。例如。有的织物测试的抗起球性较差。而服用效果却较好。有的则相反。这可能是：(1)影响起毛、起球的因素很复杂。而仪器测试很难全面模拟实际穿用中起毛、起球的复杂过程。(2)测试条件与实际服用中起毛、起球的速度（动力学过程）和毛球数量的消长（动态平衡过程）情况不相符合。使测试结果与服用性能不相吻合。因此。不同的测试方法往往最适宜反映某种类型织物在服用过程中某种起毛起球性的特征。

常用的织物起球性测试仪器和方法。分述如下：

7.2.2.1 滚筒式起球试验仪

将所试织物分别包裹在四支橡胶管短段上。然后放入内衬有软木或橡胶的方箱中。使箱转动。这样试验便在箱内作无规滚动。相互摩擦。这种方法缺乏揉曲作用。适合于结构较紧密的织物。这种试验仪的示意图。如图7-5所示。

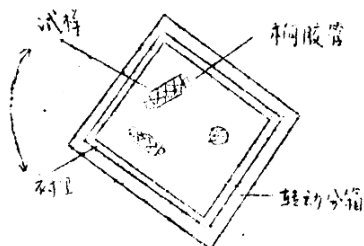


图7-5 滚筒式起球测试仪

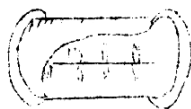


图7-6 搅拌式起球测试仪

7·2·2·2 搅拌式起球试验仪

将一定尺寸的织物试样数块放入衬有橡胶或粗糙表面的圆筒(图7—6)中。用浆叶搅拌。作不规则的翻滚和揉搓、摩擦。使织物产生毛茸和毛球。此法适用于常洗涤的或变性抗起球纤维织物。以及聚丙腈纤维针织物。随着家用洗衣机和转鼓式干燥机的普遍采用。此法比较接近于实际的穿用情况。

7·2·2·3 磨耗式起球试验法

先用尼龙刷子或细质金刚砂纸对织物试样摩擦一定次数。使织物表面产生毛茸。然后用某种标准织物(也可用与试样相同的织物)或海棉对织物再磨擦一定次数。观察织物表面起球的状态。

7·2·2·4 起球性的表征方法

1、与标准样对照定级法

此法是将受试织物经一定时间的摩擦处理后。与标准试样对比。目测定级。一般分为5级。如表7—3所示。5级最好。表示无起球现象；1级最差。表示起球严重。

表7—3 起球等级

级 别	起 球 性
5 级	无毛球
4 级	无毛球
3 级	有茸毛。无毛球
2 级	毛球小、稀、疏
1 级	毛球明显且密

2、毛球计数称重法

以试样单位面积上的毛球数量或重量进行定量评定。

毛球的大小

3、起球曲线法

为了了解起毛、起球的全过程，可用所谓起球曲线来表征受试样织物的起球性。起球曲线是指试样单位面积上的毛球数与摩擦次数或摩擦时间的关系曲线。它表示毛球的数量与寿命。图7—7的起球曲线表示了这两个因素的关系。即毛球形成速率(K_1)与脱落速率(K_2)的相对比较。从起球曲线可以看出，毛球脱落速率在抗起球性中的重要性。

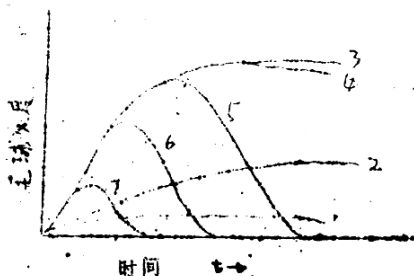


图7—7 起球曲线

曲线1表示不起球。曲线2属于低起球型。曲线3和4是易起球型毛球结在织物表面，影响织物外观。曲线5又是低起球型，开始时形成毛球，但后来很快脱落(K_2 大)。

用图7—6所示的起球测试仪(又称无规转鼓式起球测试仪——RTPT)测得的起球曲线。见图7—8。织物的起球性用 Reutlinger 法判断。表7—4是用该法划分起球程度的8个等级标准。

图7—7中的曲线5、6、7及图7—8中的曲线2与其它曲线不同，有一个极大值。这说明起球是一个动态过程。当织物开始摩擦时，毛球形成数大于脱落数，达到极大值时，毛球形成数等于脱落

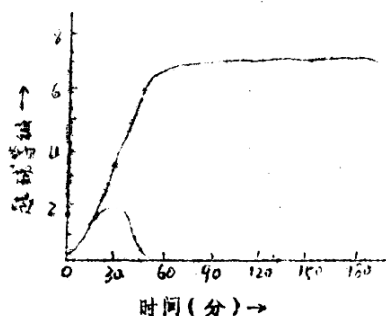


图7—8 RTPT法的典型起球曲线

1—易起球型

2—低起球型

表7—4 Reatilinger起球等级(RPG)

等级	现象
1	起线、起毛、磨出纤维
2	云状起毛、斑状起毛、部分起毛
3	零星未成形小球、纤维呈火焰状小撮
4	浓云彩状起毛、未成形小球数量增多
5	轻度起球、球形略似火焰、部分未成形
6	起球、球形完整、及不完整不等
7	强烈起球、球形大、多、球形完整
8	最大限度起球、完整圆球形、表面呈簇状

量。或者达到平衡；在试验后期，毛球脱落大于形成量，最后残留在织物表面上的毛球量较小。图7—7中的曲线3、4，图7—6中的曲线1表示起球后不易脱落的织物，它的毛球数量随摩擦时间逐渐增加。

混纺织物的起球情况比纯纺织物更为复杂。图7—9表示聚酯含量15%、羊毛含量85%混纺纱织物的动态起球曲线。阶段Ⅰ表示纱线外部羊毛纤维易于起球，使毛球数量迅速增加，达到最大值后又减少的情况。阶段Ⅱ表示当纱线外部羊毛纤维脱落很多时，内部聚酯纤维外露，在摩擦作用下逐渐形成毛球的情况。

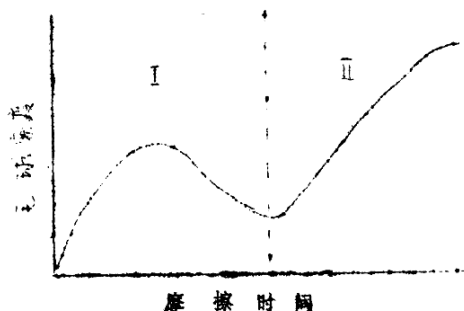


图7—9 混纺纱织物的起球曲线

7.3 影响织物起球的因素

影响织物起毛、起球的因素很多。一般可归结为：(1)纤维种类与性能；(2)纱线结构；(3)织物组织结构；(4)染整后加工；(5)穿用条件。其中最重要的是前三项。特别是纤维的种类与性能是决定织物起球性的基本因素。

7.3.1 单纤维的种类和性能

7.3.1.1 纤维的种类

各种纤维的起球曲线，如图7—10所示。可见，聚酰胺纤维，聚酯纤维容易起球，且不易脱落；粘胶纤维虽然具有一定的起球性，但形成毛球后容易被磨掉。

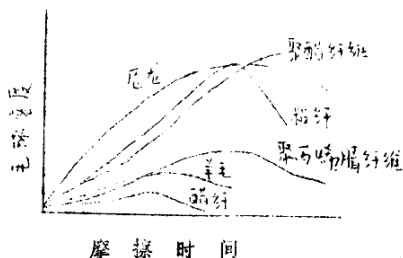


图7—10 各种纤维的起球性

7.3.1.2 纤维的机械性能

上述各种纤维起球性的差异是由于它们的物理机械性能等不同所致。

纤维的强力高，耐磨性好，不易磨断起毛。但一经形成毛球，便不易脱落。

纤维形变能力大，容易结球。

纤维的耐疲劳性能愈好，愈容易成球，且不易从织物表面脱落。

合成纤维中，聚酰胺、聚酯、聚丙烯纤维的强度高，延伸大，耐疲劳性好，耐磨性好，所以起球现象严重，其次是聚丙烯腈、聚乙烯醇、聚氯乙烯纤维，棉、人造纤维织物对上述性能相对较差，故不存在起毛、起球现象。

7.3.1.3 纤维的长度

较长纤维组成的织物纱线中，纤维头端数少，暴露在织物表面上的纤维头端数也少，不易起毛；较长纤维之间的摩擦力及抱合力较大，纤维在纱线中不易移动，难于拔出织物表面，因而起毛、起球倾向小。

7.3.1.4 纤维细度

纤维愈粗，抗弯刚度愈高，立于表面的纤维自由端不易相互纠结成球。在粗细相同的纱线中，纤维愈粗，可能形成毛茸的纤维根数较少。所以，愈粗的纤维愈容易起球。图7—11及12分别表示纤维长反和细反对起球的影响。中长化纤纱和短纤化纤的抗起球性好，羊毛与合纤的混纺织物，一般尽量使羊毛转移到纱的表面，这样不但织物富有毛型感而且可以减弱起球性。

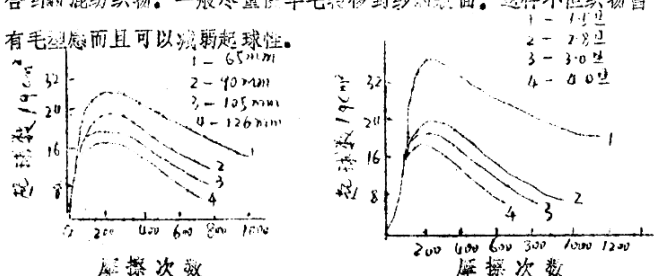


图7—11 起球性与纤维长度的关系 图7—12 起球性与纤维细度的关系

7.3.1.5 纤维外形

总曲多的纤维抱合性好，但露出的纤维容易成球。长丝束中，变形纱较普通纱易于起毛，变形纱卷曲膨松，容易外露。遭受摩擦时容易起毛，成球。

7.3.1.6 纤维截面形状

异形截面纤维比圆形纤维具有良好的抗起球性。扁平形、三角形三叶形或五叶形截面对于降低起球有很大的作用。异形截面纤维相互间的摩擦力、抱合力较大，耐摩擦性较高，纤维不易磨断，自由端难于退出织物纱线表面，因而不易起毛。又从材料力学的角度考虑，异形截面抗弯曲性能好，露在织物表面毛茸不易缠绕成球，弯度一大纤维就断裂。但截面形状似带状的纤维易于弯曲而难于折断，因此起球倾

同大。例如，干纺聚丙烯腈纤维就是如此。图7—13 (a) 及 (b) 是普通聚丙烯腈纤维的截面形状。这两种纤维极易起球。图7—13 (c) 是三叶形状纤维断面形状。即使应力—应变行为相似，三叶形状纤维也具有较好的抗起球性。

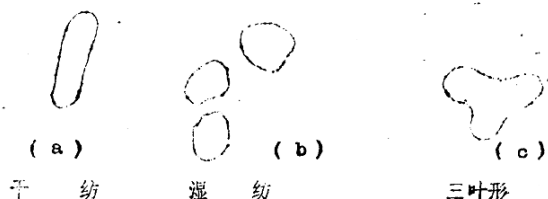


图7—13 聚丙烯腈纤维的截面形状

中空异形纤维的抗弯曲疲劳和耐磨性较异形纤维高。所以不一定具有较好的抗起球性。

7.3.2 纱线结构

7.3.2.1 纱线中纤维的排列

纱线中纤维的排列状态与纺纱工艺有关。精梳纱中纤维的排列比较平直。短纤维含量较少。所用纤维一般较长。故精梳织物的起球倾向较小。

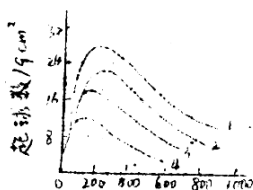
7.3.2.2 纱线的拈度

成纱拈度高。纤维间抱合力较大。不易起毛。起球。(图7—14)但纱线拈度的增加是有限度的。否则会使纱线内部应力过大。反而使纤维的磨断率增加。促使毛茸的形成。

对于合股线和单纱同为S拈或Z拈时。拈度愈大。起球倾向愈小。

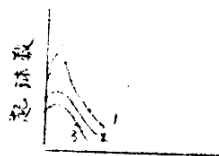
- 为了使聚酯/棉混纺织物具有挺、滑、爽的风浴。以及防止起毛

起球。聚酯/棉混纺纱的拈度一般应大于同支数的纯棉纱。



摩擦系数

图 7-14 成纱拈系数与织物起球的关系



摩擦系数

图 7-15 织物组织与起球的关系

1—公制支数拈系数 80;

1—纯组织;

2—公制支数拈系数 100;

2—斜纹;

3—公制支数拈系数 120;

3—平纹。

4—公制支数拈系数 140。

7.3.2.3 包芯纱结构

如长纤维包于纱线外，不易起球。短纤维包于纱外，易于成球。

7.3.2.4 混纺纱

混纺纱较纯棉纱易于起球。

7.3.2.5 纱线条干均匀性

纱线条干不匀，粗节处容易起毛，起球，因为粗节处的拈度小，纱身松软，接触摩擦的机会多。

此外，脱线织物较单纱织物易于起毛，起球。花式纱与膨体纱织物易于起毛，起球。

7.3.3 织物组织

就织物结构组织而言，一般针织物比机织物起毛，起球倾向大；