

山羊绒静电分梳基本原理

蒋少军¹ 朱金芳¹ 盛冠忠¹ 吴红玲² 张成³

(1. 浙江工业职业技术学院, 浙江 绍兴 312000; 2. 兰州理工大学, 甘肃 兰州 730050; 3. 甘肃省纤维检验局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 研究山羊绒静电分梳的基本原理和工艺控制。利用羊绒分梳时静电现象比较严重的电学特性, 采用一定的物理手段加强静电效应, 静电场使山羊绒原绒的分离与梳理在不同环节进行, 使原绒能在保护绒纤维的前提下进行分梳, 实现绒纤维、两型毛、粗毛之间的分离。克服了传统的山羊绒分梳工艺只是在梳理过程中使其粗毛、死毛、皮屑等杂质与绒纤维同步进行分离, 提取率与纤维损伤之间无法有效化解的矛盾, 而最终又不影响羊绒纤维提取率的提高。

关键词: 静电场; 比表面积; 体积密度; 电荷面密度; 提取率; 纤维损伤

中图分类号: TS134.322

文献标识码: A

文章编号: 1003-4456(2013)12-0013-04

Discussing on the basic theory of cashmere static carding

JIANG Shao-jun¹ ZHU Jin-fang¹ SHENG Guan-zhong¹ WU Hong-ling² ZHANG Cheng³

(1. Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China; 2. Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 3. Gansu Province Fiber Inspection Bureau, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Using the electrical characteristics when cashmere is combing, its static phenomenon is serious, adopt physical means to strengthen the electrostatic effect. Using electrostatic field to separate and sort cashmere fiber in different tache, make the original cashmere carding under the protection of the cashmere fiber, realizing the separation between the cashmere fiber, two types of hair, coarse hair. To overcome the traditional cashmere carding process is in the process of combing the hair, fur, dander and other impurities and cashmere fiber and comb the synchronous separation, resolved the contradiction between the extraction rate and fiber damage, and not affect the extraction rate of cashmere fiber increase in the end.

Key words: static field; specific surface area; volume density; surface charge density; rate of extraction; fiber damage

山羊绒是一种很细的绒纤维, 平均细度 14 ~ 15 μm, 手感柔软, 光泽好, 是高级的毛纺原料。用它制成的针织衫外观美观高雅, 手感柔软, 穿着舒适, 是国内外消费者青睐的高档毛纺产品^[1]。提高无毛绒综合提取率, 降低纤维损伤, 进而有效利用现有羊绒资源成为山羊绒领域研究的重点^[2]。

山羊绒分梳前需要经过预处理, 一般加工流程为: 原绒→手拣→打土→洗绒→开松混和→分梳→

山羊绒^[3]。原绒先经人工挑选, 剔除集束的粗毛、死毛、异色毛、毡块毛和大块杂质等, 后经打土机初步开松并去除所含的松散砂土杂质, 打土后的原绒称过轮绒, 该工序常在产地或集散地的绒毛加工厂进行。洗绒与洗毛的方式相同, 但以选用中性洗剂和低温为宜, 可使纤维损伤和毡缩都少, 能获得洁净而松散的净绒, 有利于分梳^[4]。

山羊绒分梳时, 要求有较高的绒毛提取率, 同时还要求山羊绒中含粗率、含杂质率不超过一定数值, 保持一定的纤维长度, 其中无毛绒长度是十分重要的指标, 不仅关系到无毛绒的质量和价格, 而且也关系到无毛绒的提取率, 因此在分梳过程中减少长度

收稿日期: 2013-05-13

作者简介: 蒋少军, 教授, 主要从事纺织工程的教学和科研工作。E-mail: jsjfz2008@126.com。

损伤是国内外共同关注的问题^[5]。

1 分梳的作用

绒山羊的被毛中包含2类纤维,一类是粗毛和死毛,另一类是生长在被毛底部的细绒毛,即通常所称的山羊绒。每年春季山羊脱毛之际,用特制的铁梳从山羊躯体上抓取的绒毛称为山羊原绒。洗净的原绒经分梳后得到的山羊绒,是纺织工业的优质原料。

山羊绒分梳是一项技术性较强的专业工艺,约在20世纪初英国开始研究取得成效。我国在20世纪50年代开始研究,最早曾用罗拉梳毛机和圆型精梳机加工,精梳机的落毛即为山羊绒。以后,研制了各种山羊绒分梳机,利用粗毛、绒毛和皮屑、杂质的不同特性,在罗拉梳理过程中使之相互分离,获得山羊绒。70年代成功研究了运用盖板梳理方法去除粗、短纤维和杂质的分梳新工艺。山羊绒分梳主要有离心惯性力、拔取和气流等3种作用^[6]。

1.1 离心惯性力作用

粗毛粗而长,质量比绒毛大数十倍,且刚性大,呈挺直状,它与绒毛或金属的摩擦因数小,所以在梳理时一般粗毛易于突出针面,不易被针握持,因此高速回转梳理机件针面上的粗毛在离心惯性力和空气阻力作用下很易抛离针面而落下,而绒毛则因柔软卷曲易被针握持。抛离针面的粗毛和杂质,可利用另一针面或去粗刀予以除去。

1.2 拔取作用

由于粗毛质量比绒毛大,在高速回转针面上的粗毛受离心惯性力和空气阻力作用在针面上的翘角(纤维与针面的切向夹角)比绒毛大,所以粗毛突出针面较高,利用拔毛罗拉将突出针面较高的粗毛拔走。

1.3 气流作用

因离心力作用而抛离针面部分的绒毛,可利用去粗刀处气流作用使之回收,从而大大减少落物中绒毛含量。

2 传统分梳技术的缺点

目前世界上山羊绒分梳工艺大致分为3种:盖板式分梳、罗拉式分梳、盖板和罗拉结合式^[7-8]分梳,其分梳工艺原理都是经过几道羊绒分梳将粗毛皮肤除去,获得优良的无毛绒。

传统分梳工艺无论是毛型分梳路线、棉型分梳路线、毛棉混合型分梳路线,还是机械与气流结合式分梳路线等,其分梳原理虽各有侧重,但其本质基本

相同,即在对山羊绒进行分梳时,重点要突出绒、毛、肤皮及其各类杂质的分离,该类分梳设备虽技术成熟、操作简单、应用广泛,但却有其难以解决的矛盾,即提取效率与纤维损伤之间的矛盾^[9-11]。表1是洗净绒经预开松后采用棉型设备分梳时,刺辊转速与纤维损伤的关系。

表1 刺辊转速与纤维损伤的关系

刺辊转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	喂入绒长度/ mm	输出绒长度/ mm	长度损伤率/ %
770	37.58	32.41	13.76
1 000	39.70	33.51	15.59

从表1可以看出,在棉型分梳设备中,提高刺辊(或罗拉)转速会提高纤维的损伤率,所以在实际生产中应降低转速以保持纤维完好,但是降低转速又会减小刺辊(或罗拉)打击纤维的力度,不利于甩粗除杂,提取的无毛绒指标中一次下机合格率不符合要求,所以,还需二次分梳甚至多重分梳。这样虽然降低了纤维的一次损伤率,但由于反复的机械作用,同样会对纤维造成损伤。受这一因素限制,传统分梳设备对纤维的长度损伤一般都在14%~15%,即使是使用目前较先进的BSLD-95型羊绒联合分梳机,山羊绒长度损伤也高达12%,这严重制约了羊绒制品品质的提高。

3 静电分梳的基本原理

传统工艺生产中发现,羊绒的静电现象比较严重,易造成黏辊、飞毛等现象,给加工带来困难。而静电分梳工艺恰恰是利用了羊绒的这一电学特性,并利用一定的物理手段加强静电效应,然后用稳定的水平气流将悬浮在其中的经充分开松的带电纤维送入稳定的静电场中,受重力和静电场力的共同作用使原绒在原有水平运动的基础上又叠加了垂直方向的运动。由于不同细度的纤维在垂直方向受力状况不同,使其出现不同的运动轨迹,进而实现无毛绒、两型毛、粗毛之间的分离。由于在整个分离过程中,原绒只受重力和静电场里的作用而不受任何接触式的机械力作用,所以就分离过程而言可以实现无损伤。

以下按毛与绒的分界标准($\leq 25 \mu\text{m}$ 为绒, $> 25 \mu\text{m}$ 为粗毛)对不同细度的纤维在静电场中的运动轨迹做定性描述:

设纤维直径为 r ,表面积为 S (S_2 为圆柱底面积, S_1 为圆柱侧面积),体积为 V ,长度为 L ,体积密度为

ρ 质量为 m 则 $7 \mu\text{m} \leq r_{\text{绒}} \leq 25 \mu\text{m}$ $r_{\text{绒}} \approx 14 \mu\text{m}$ 。

定义介于 $25 \mu\text{m}$ 和 $35 \mu\text{m}$ 之间的纤维为绒纤维与粗毛纤维之间的界限毛, 则 $25 \mu\text{m} \leq r_{\text{界}} \leq 35 \mu\text{m}$ $r_{\text{界}} \approx 30 \mu\text{m}$ $r_{\text{毛}} > 35 \mu\text{m}$ 。

由于毛纤维的横截面近似为圆形, 为了计算方便, 将毛纤维看成是理想圆柱体, 如图1所示。

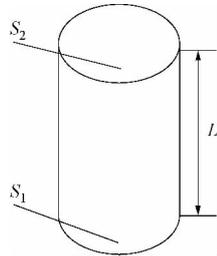


图1 毛纤维的圆柱体模型

则毛纤维表面积为: $S = S_1 + 2S_2$

$$S_1 = \pi r L$$

$$S_2 = \frac{1}{4} \pi r^2$$

由于: $S_2 \ll S_1$

所以: $S \approx S_1 \approx \pi r L$

毛纤维体积为: $V = S_2 L = \frac{1}{4} \pi r^2 L$

毛纤维质量为: $m = \rho V = \frac{1}{4} \rho \pi r^2 L$

设纤维的比表面积为 ε 则:

$$\varepsilon = \frac{S}{V} = \frac{\pi r L}{\frac{1}{4} \pi r^2 L} = \frac{4}{r}$$

即 ε 是一个仅与纤维质量相关的量。设单位质量的纤维所对应的表面积为 D , 则: $D = \frac{S}{m} = \frac{4}{\rho r} =$

$\frac{\varepsilon}{\rho}$, 即 D 是一个仅与纤维直径相关的量。

设带电纤维表面的电荷面密度为 δ , 纤维带电量为 q 则: $q = D\delta = \frac{4\delta}{\rho r}$ 。

设带电纤维在静电场中所受的电场力为 f (如图2所示) 则: $f = Eq$,

$$E = \frac{U}{d}, f = \frac{Uq}{d} = \frac{4Ud}{\rho dr}$$

式中: E 为电场强度; U 为静电电压; d 为2点沿场强方向的距离。

当 q 不变时, 电场力 f 随 U 的增大而增大, 以界限毛的中间直径 $r = 30 \mu\text{m}$ 为标准。

令: $f_0 = mg$

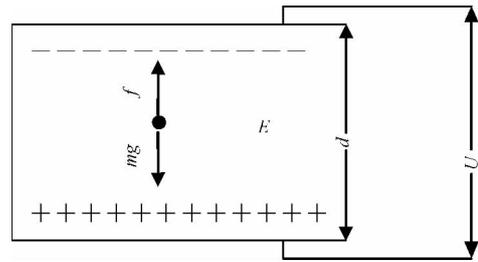


图2 带电纤维在静电场中所受电场力模型

$$\text{即: } \frac{Uq}{d} = mg$$

$$\text{则: } U = \frac{mgd}{q}$$

$$\text{令: } u_0 = U = \frac{mgd}{q}$$

当 u_0 一定时:

$$f = \frac{4U_0\delta}{d\rho r} = \frac{4U_0}{d} \frac{1}{\rho} \frac{1}{r} \delta = \frac{4U_0}{d} \frac{1}{\rho} \varepsilon \delta$$

由上式可以看出: f 的变化受 $\frac{1}{\rho}$ 、 ε 、 δ 共同影响, 其中 ε 是与 r 直接相关的量, ε 随 r 的减小而增大, 呈反比例变化, 而 $\frac{1}{\rho}$ 与 δ 也随 r 的变化发生轻微的变化, 其中 $\frac{1}{\rho}$ 随 r 的减小而减小, δ 随 r 的减小而增大, 所以 $\frac{1}{\rho}$ 、 ε 、 δ 虽然都随 r 的变化而变化, 但对 f 的影响不同, $\frac{1}{\rho}$ 随 r 的减小使 f 相对减小, 而 ε 、 δ 随 r 的减小时 f 相对增大, 但由于 $\frac{1}{\rho}$ 随 r 的变化不大, 所以其对 f 的影响远小于 ε 、 δ 共同对 f 的影响, 为方便计算忽略 ρ 对 f 的影响。设 ρ 为定值, 则 f 只受 ε 、 δ 的影响。

综合以上分析可得下列关系:

$$f_{\text{绒}} > mg$$

$$f_0 = mg$$

$$f_{\text{毛}} < mg$$

由以上关系根据牛顿运动定律, 绒纤维在水平方向基础上叠加的是垂直向上的运动, 粗毛纤维在水平运动基础上叠加的是垂直向下的运动, 而界限毛几乎不叠加任何运动, 根据运动的矢量合成原理, 3种不同粗细的纤维(以平均细度计)在电场中将呈现下列3种不同的运动轨迹(见图3), 进而实现3种纤维的分离。此外, 原绒中夹杂的肤皮也可以通过这种方法去除, 由于肤皮比表面积远小于毛纤维而体积质量又大于毛纤维, 所以其表面也带正电,

但其运动只受重力影响且先于粗毛下落。

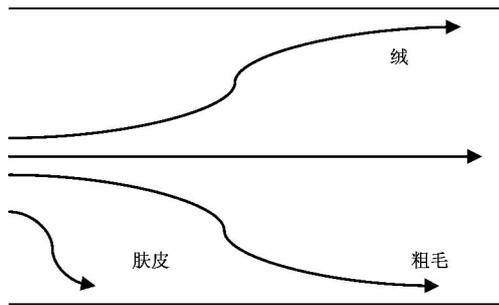


图 3 不同粗细的纤维在电场中呈现的运动轨迹

4 静电分梳的工艺控制

因为静电分梳工艺与传统分梳工艺及理论有着本质的不同,传统分梳工艺要求尽可能消除静电,而静电分梳则要求尽可能地增大静电作用,所以在分梳前准备以及分梳工作环境等方面也与传统工艺有很大不同。

4.1 洗 绒

传统工艺为消除静电作用,往往在漂洗液中加入抗静电剂,静电分梳由于有对静电的特殊要求,而不必加任何抗静电剂。

4.2 加油水

为了消除静电作用,在分梳前,传统工艺流程中有加油水的工序,而静电分梳则必须省去,这样可以节约成本,也可以缩短加工时间^[12]。

4.3 工作环境

传统工艺要求原绒保持很高的回潮率以消除静电,而静电分梳为保持静电的稳定要求回潮率尽可能低,所以一般须在干燥的环境中进行^[13]。

5 结 语

长期以来,山羊绒的取绒方式既要使细绒提取率高,又要使其含粗率、含杂率低,还要尽可能地保

护绒毛的长度,这在生产中十分困难,需采用一些特殊的工艺技术手段加以克服。而静电分梳则利用静电场原理把分离与梳理分在不同环节进行,使其都能在保护纤维的前提下进行,而又不影响提取率的提高,是一种比较理想的分梳方式。本文研究是基于开松彻底、气流稳定、电场稳定、忽略空气阻力的理想条件,至于更具体、更贴近现实的分析尚需要大量实验事实为基础。

参考文献:

[1] 李龙,李欢意.山羊绒制品工程[M].上海:东华大学出版社,2004.

[2] 赵文燕,周琳,王笑清.羊绒与羊毛的定性鉴别与定量分析[C]//第二届中国国际毛纺织会议论文汇编.西安:西安工程大学,1998:528-531.

[3] 李龙,李欢意,吴宏伟,等.山羊绒分梳技术讨论[J].毛纺科技,2002(2):19-21.

[4] 陈香云.高档精纺山羊绒分梳工艺设计[J].纺织导报,2013(2):51-52.

[5] 温渊.羊绒分梳产品质量影响因素及对策[J].毛纺科技,2007(12):49-51.

[6] 毛萃萃,韩娅红,李静.几种联合式羊绒分梳设备的性能比较[J].纺织科技进展,2011(3):19-21.

[7] 李龙.山羊绒加工技术及其发展趋势[J].毛纺科技,2002(9):32-33.

[8] 苗晓光,李元征.羊绒的罗拉气流悬浮分梳新技术的研究[C]//第二届中国国际毛纺织会议论文汇编.西安:西安工程大学,1998:674-677.

[9] 殷延德,纪合聚,纪译锦,等.FB218型羊绒精纺梳理机结构性能分析[J].毛纺科技,2003(4):59-60.

[10] 李发洲,陈前维,戴飞,等.JLW羊绒联合分梳机分梳工艺设计[J].毛纺科技,2011,39(1):32-34.

[11] 梁向和,陈福俊,王贵.联合式羊绒分梳机的最佳结构配置[J].毛纺科技,2004(10):30-31.

[12] 梁慧莲,彭涛.影响山羊绒分梳产质量的因素[J].毛纺科技,2001(5):23-24.

[13] 王利平,邱莉,张鹏.山羊绒分梳工艺探讨[J].毛纺科技,2007,35(11):24-26.