

纺织新技术书库

82

梳理理论与 试验研究论文集

SHULI LILUN YU
SHIYAN YANJIU LUNWENJI

华用士 等著

NEW

TEXTILES



中国纺织出版社

纺织新技术书库 ⑧2

梳理理论与试验研究论文集

华用士 等著

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书汇集了作者有关盖板梳棉机梳理过程纤维的受力和梳针受力的理论研究、非织造罗拉梳理机梳理作用的理论分析与研究、高产梳棉机的工艺试验研究、重定量梳棉条可纺性能的研究、梳理过程纤维分离度对粗纱结构和细纱条干的影响等内容的论文 16 篇。

本书可供科研院所研究人员、高等院校师生、企业工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

梳理理论与试验研究论文集/华用士等著. —北京: 中国纺织出版社, 2012. 11
(纺织新技术书库; 82)
ISBN 978-7-5064-9143-3

I. ①梳… II. ①华… III. ①梳理-文集 IV. ①TS104.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 220076 号

策划编辑: 孔会云 责任编辑: 范雨昕
责任校对: 王花妮 责任印制: 何 艳

中国纺织出版社出版发行
地址: 北京东直门南大街 6 号 邮政编码: 100027
邮购电话: 010-64168110 传真: 010-64168231
<http://www.c-textilep.com>
E-mail: faxing@c-textilep.com
三河市华丰印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订
各地新华书店经销
2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
开本: 710 × 1000 1/16 印张: 14.25
字数: 253 千字 定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

前 言

在纺纱及非织造材料工程中,梳理是一个重要工序,纤维在梳理过程中的受力及其运动错综复杂,而且对其产品的质量影响也大。长期以来,国内外许多学者和科技人员对梳理作用的试验与理论研究,均作了大量的工作,并取得一些成果,但仍有许多课题需要做进一步的研究。作者作为一位老科技工作者,已进入耄耋之年,仍热心于学术研究,可幸的是在求学年代曾得益于华东纺织工学院严灏景教授、张文赓教授和匈牙利纺织科学研究院 Dischka 教授、Gangli 教授的教导,受益匪浅。以致多年来直至如今,作者还潜心从事于梳理研究,现将这方面的论文汇集成册,并在此书出版之际,特向导师表示衷心的感谢。

作者在纺织工业部纺织科学研究院从事梳棉研究工作中,曾得到张方佐院长、梳棉组巢松寿组长和同事们的支持与帮助,在进行梳棉机梳理过程梳针受力的研究中,曾得到纺织工业部科技司同事们的支持与帮助,以及在研究非织造梳理作用的工作中,曾得到中国纺织工业联合会王天凯会长,中国产业用纺织品行业协会李陵申会长、朱民儒会长和同事们的支持与帮助。在此,一并表示衷心的感谢。

本论文集的出版得到了中国恒天集团、中国纺织科学研究院、德国奥特发(Autefa)公司的赞助。在此,特表示诚挚的谢意。

原纺织工业部科技司司长
东华大学顾问教授

华用士

2012年6月6日于北京

目 录

弹性针布与金属针布几种主要作用的理论分析与实验	1
弹性针布梳棉机与金属针布梳棉机的工艺试验	17
高产梳棉机的工艺试验研究	25
统计分析在梳棉工艺研究中的应用	59
重定量梳棉条可纺性能的研究(一)	75
重定量梳棉条可纺性能的研究(二)	86
梳棉机双卷喂入的试验研究	108
梳棉机刺辊磨砺的试验研究	119
染色示踪法在纤维断裂损伤研究中的应用	130
棉网梳理度的试验方法、仪器及其应用	140
梳理过程纤维的分离度及其对成纱条干、棉结的影响	150
梳理过程纤维受力与纤维断裂损伤的研究	163
棉卷的不匀率及其对生条、细纱支数不匀率的影响	183
粗纱结构与细纱条干关系的试验研究	194
梳棉机梳理过程梳针受力的探讨	199
非织造梳理机梳理作用的理论分析与研究	211

弹性针布与金属针布几种主要作用的 理论分析与实验

华用士

梳棉机主要梳理部件所包覆的弹性针布和金属针布,经过多年的使用,已取得许多经验与成果,而弹性针布和金属针布在梳理纤维过程中的几种主要作用较为复杂,在这方面所进行的理论研究和发表的论文尚少,为此笔者在这方面作了一些探索性的实验研究,以供读者参考。

金属针的工作原理基本上与弹性针相同,所不同的仅是由于两者几何形状及机械特性的差别所引起的某些作用力的变更,从而构成分梳过程中的几种主要作用的差别。

一、梳针的充塞作用

锡林的充塞作用根据力的分析是与梳针中纤维层的弹性力有密切的关系,而此种弹性力并非一般的弹性力而是具有弹塑性的特性,由于弹性力的变更,而引起纤维层的变形与锡林的充塞作用则有更密切的联系。根据我们的研究,纤维层在梳针中的变形是由纤维层本身变形及其位置变化的总和,而且两者均具有弹塑性体变形的特性。

实验一 从梳棉机取出棉网后,割切成一定面积(20mm×20mm)的小块,均匀地放到针板上,使其表面与梳针高度平齐,然后以一恒定压力137.3Pa(1.4gf/cm²)的气流吹向其上,在不同时间内测量其变形,现以6层棉网为例,其试验结果见表1-1及图1-1,并根据弹塑性体的变形理论。

$$s = E\varepsilon + \eta \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \quad (1-1)$$

解微分方程得:

$$\varepsilon(t) = \frac{s}{E} (1 - e^{-\frac{E}{\eta}t}) \quad (1-2)$$

$$\begin{aligned} \text{令 } \frac{E}{\eta} &= \alpha & \frac{s}{E} &= \varepsilon(\infty) \\ \varepsilon(t) &= \varepsilon(\infty) (1 - e^{-\alpha t}) \end{aligned} \quad (1-3)$$

① 1gf/cm² = 98.1Pa, 则 1.4gf/cm² 为 137.3Pa。

如当外力消除后

$$E\varepsilon + \eta \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0$$

其回复变形即:

$$\varepsilon'(t) = \varepsilon_0 e^{-\alpha t} \tag{1-4}$$

表 1-1 梳针中纤维层受压力变形的实验

时间 t (min)	纤维层在梳针中的总变形 $\omega(t)$ (mm)		纤维层在梳针中位置的变形 $y(t)$ (mm)		纤维层在梳针中本身的变形 $\lambda(t)$ (mm)	
	实测	计算	实测	计算	实测	计算
2	1. 825	1. 66	1. 45	1. 241	0. 375	0. 416
5	2. 85	2. 826	2. 125	2. 098	0. 725	0. 726
7	3. 15	3. 173	2. 308	2. 348	0. 842	0. 824
15	3. 53	3. 543	2. 605	2. 604	0. 925	0. 927
31	3. 576	3. 5767	2. 625	2. 6258	0. 95	0. 9508

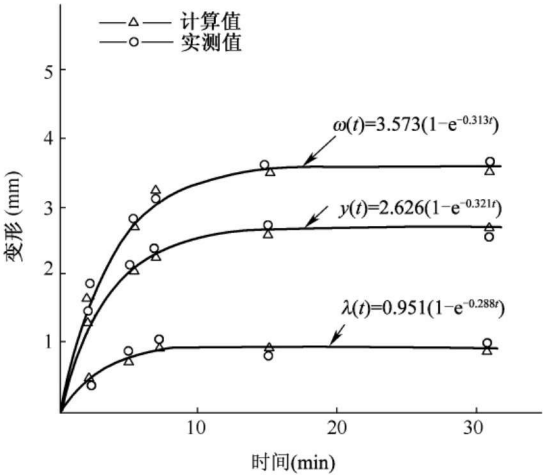


图 1-1 弹性针纤维层部分变形与总变形的关系

则纤维层在梳针中的总变形即:

$$\omega(t) = y(t) + \lambda(t) = y(\infty)(1 - e^{-\alpha_1 t}) + \lambda(\infty)(1 - e^{-\alpha_2 t}) \tag{1-5}$$

并根据以上的实验结果整理出的理论方程:

$$\omega(t) = 2.626(1 - e^{-0.321t}) + 0.951(1 - e^{-0.288t}) = 3.577(1 - e^{-0.313t}) \tag{1-6}$$

其中: y 为纤维层的位置变化; λ 为其本身的变形。

并用同法求出不同纤维层数的变形关系如图 1-2 所示。从而考虑锡林每一回转由于原有纤维层发生变形后所充塞新的纤维层的附加变形的关系及以锡林每一回转的纤维层为一总体的性质来考虑其位置的变化等。

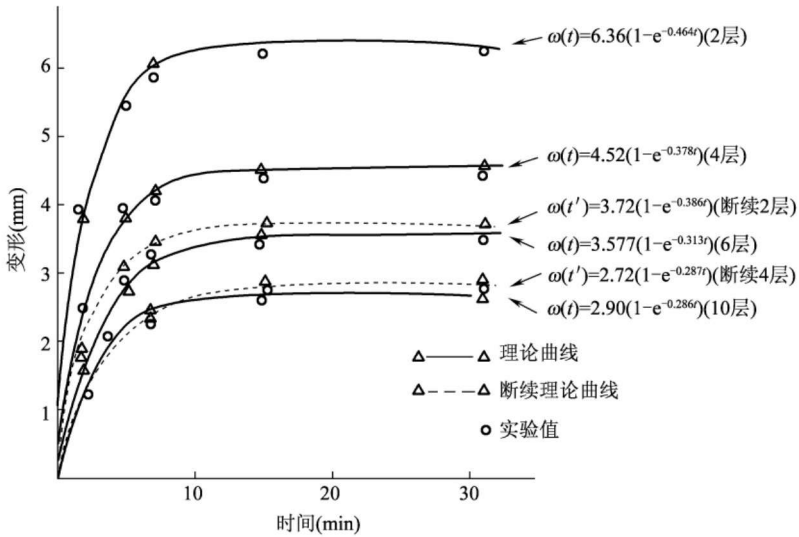


图 1-2 不同纤维层变形与时间的关系曲线

如此所构成纤维层在梳针中总变形的函数式即:

$$\omega(t) = \sum_i \frac{S_i}{E_i} (1 - e^{-\alpha_i t_c}) + \sum_i \frac{T_{i-1} \cdot S_0}{E} \cdot [1 - e^{-\alpha_i (t-i)}] \quad (1-7)$$

其中: T 为纤维层厚度 (mm); i 为锡林转数 (r/min); t_c 为锡林回转一周的时间 (min)。

现设纤维量与纤维层变形之间的关系为:

$$Q = W\rho A$$

其中: ρ 为纤维层的密度。

$$Q(t) = \sum_i \frac{\rho A S_i}{E_i} (1 - e^{-\alpha_i t_c}) + \sum_i \frac{(Q_i - Q_{i-1}) S_0}{E} [1 - e^{-\alpha_i (t-i)}] \quad (1-8)$$

其中: $Q_1 - Q_0 > Q_2 - Q_1 > Q_3 - Q_2 > \cdots > Q_n - Q_{n-1}$

以上公式可较全面地说明梳针中的纤维层在一定压挤力的作用下其变形与时间的关系,从而可推出,梳针中的纤维充塞量与时间的函数式,由于此式中的系数还需要由许多严格的实验方法求出,故此式还不能有效地付诸实用,如欲求得纤维量与时间的实用函数式,则可令一抄针周期内由于纤维层位置变化所产生的充塞量及其本身变形所产生的充塞量,为一抄针周期的极限值所代替,其特性系数用平均值所代替,则:

$$Q(t) = Q_1(\infty)(1 - e^{-\bar{\alpha}t}) + Q_2(\infty)(1 - e^{-\bar{\alpha}t})$$

$$\text{并可令} \quad Q(t) = Q(\infty)(1 - e^{-\bar{\alpha}t}) \quad (1-9)$$

其中: $Q_1(\infty), Q_2(\infty)$ 为极限值; $\bar{\alpha}, \bar{\alpha}$ 系数是与梳针的几何形状、机械条件及纤维层本身的物理特性有关。

此外,考虑到锡林中纤维层的受力实际情况是间歇式的,如锡林与盖板之间,锡林离开盖板区再与道夫接触及锡林离开道夫再次与盖板接触等情况。

实验二 根据实验一的方法使得吹向纤维层的空气间歇式的发生作用。

该作用的发生可依赖于气管与纤维层之间的机构 D 的往复运动,见图 1-3。其实验结果见图 1-2 的虚线。

$$2 \text{ 层 (断续) } \omega(t') = 3.72(1 - e^{-0.386t}) \quad (1-10)$$

$$4 \text{ 层 (断续) } \omega(t') = 2.72(1 - e^{-0.287t}) \quad (1-11)$$

以上的方程式是根据实验二求出。根据实验二的结果知梳针中的纤维层在静负荷与重复负荷的情况下,其应变特性基本上是一致的,有差别的仅是两者的“弛缓系数”不同。

故式(1-9)可代表曲轨上某一固定位置。盖板的纤维充塞量与时间的函数关系,而锡林的纤维充塞量的函数式则为:

$$Q(t) = Q(\infty)(1 - e^{-\beta t}) \quad (1-12)$$

下列实验三及实验四,均可证实式(1-12)的实用性,它虽不能表达弹性梳针中充塞纤维量的详细弛缓过程,但它可概括地表明它充塞纤维过程的特征。

实验三 在梳棉机运转 5min 后即停止运转,将给棉侧杆脱开进行抄针,称出抄针花的重量。其次进行在 10min, 20min, 40min, 80min, 120min 各个不同运转时间内的抄针试验,其结果可见图 1-4。

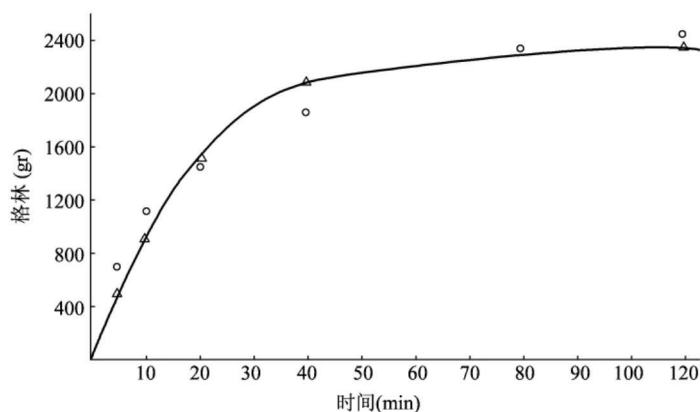


图 1-4 锡林抄针花曲线

根据实验结果得出方程式:

$$Q = 2400(1 - e^{-0.054t}) \quad (1-13)$$

(其中以 2h 的抄花为极限值)

实验四 将梳棉机运转一抄针周期的棉条全部取出,然后称出 5yd^① 格林重量,所绘出曲线如图 1-5 所示。

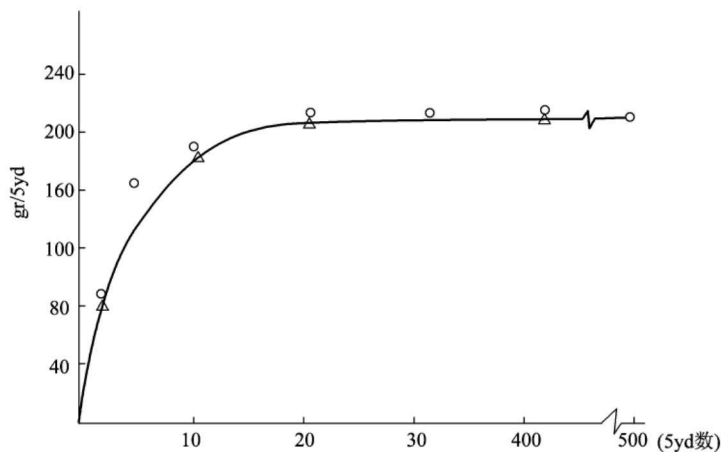


图 1-5 生条重量曲线

并从此实验结果得出方程式:

$$Q = 212(1 - e^{-0.228x}) \quad (1-14)$$

根据以上理论分析及实验均可证实弹性针在抄针后的大量充塞纤维的现象,是很明显的,从而造成抄针后的轻条现象。

关于金属针布中纤维层受压后的弹性变形试验,其结果可参考图 1-6;尤其在外

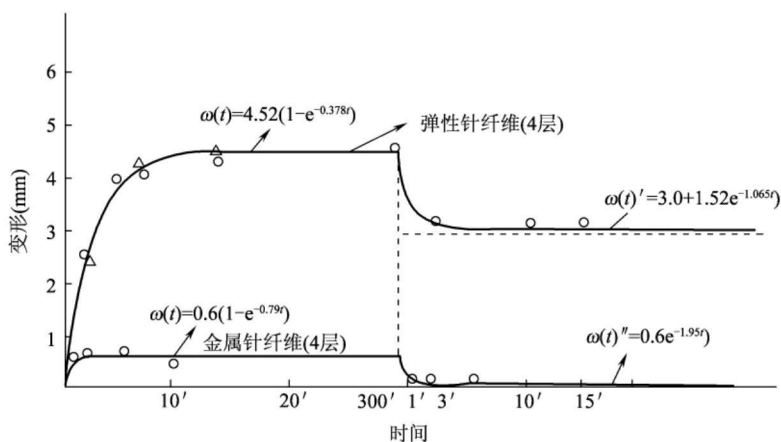


图 1-6 弹性针及金属针中纤维层受压变形及回复变形的比较

① 1 码(yd) = 0.9144 米(m)。

力消除的条件下,其回复能力特别强,故在金属针布上做重复负荷的实验(同实验二)时,在较长的一段时间内均测不出其变形的数字。

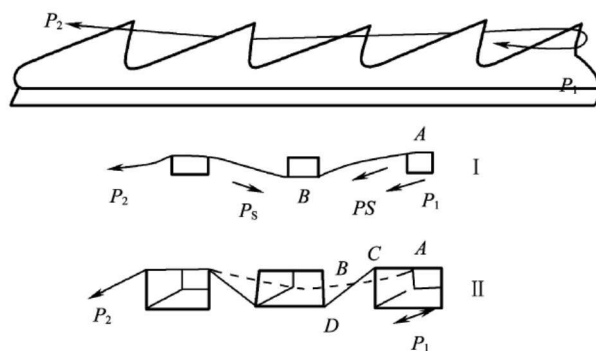


图 1-7 纤维在金属针上移动的位置变化及受力状况

此种现象可根据金属针布几种受力的特性分析加以说明。

其一: 由于金属针布沿纵向其横截面是由大到小(图 1-7) 如纤维原在梳针上 I 的位置 A, B 两点间的长度为 $\overline{AB}$, 当纤维下移至位置 II 时, 其相应于 A, B 两点的长度则变为 $\overline{AC} + \overline{DC}$ 的长度, 由于 $\overline{AC} + \overline{CD} > \overline{AB}$, 故纤维要充塞入金属针布中首先就必须克服纤维在锯齿上的横向阻力 $P \cdot e^{\mu \Sigma \theta}$ 而此种阻力随纤维深入的程度而增加。

其二: 关于纤维层的弹性力由于金属针布呈三角形, 当纤维层受压所产生的弹性力不仅是纵向一个方面, 而且还需附加由于横向变形所产生的弹性力, 此种附加的弹性力随纤维层的纵向变形而增加, 并与金属针的工作角齿背角有关(图 1-8) 此附加的弹性力在外力消除的条件下可促使纤维向针的上部移动。

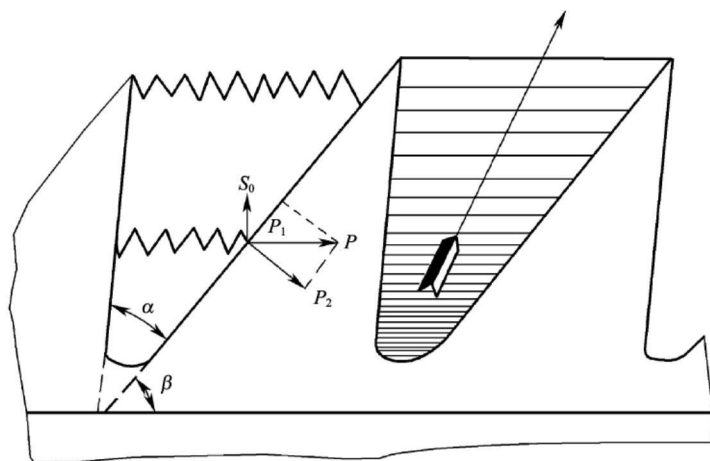


图 1-8

其表现在变形理论上的函数式即:

$$\varepsilon(t) = \frac{S_0}{E \cdot \left[1 + \frac{1}{2} \sin(\alpha - \beta) (\cos\beta - \mu\sin\beta) \right]} (1 - e^{-\alpha t}) \quad (1-15)$$

其三: 由于纤维在分梳过程中所产生的纵向作用力见图 1-9, 此种作用力可使得纤维在分梳过程中向针的顶端移动, 从而有效地防止纤维的充塞。

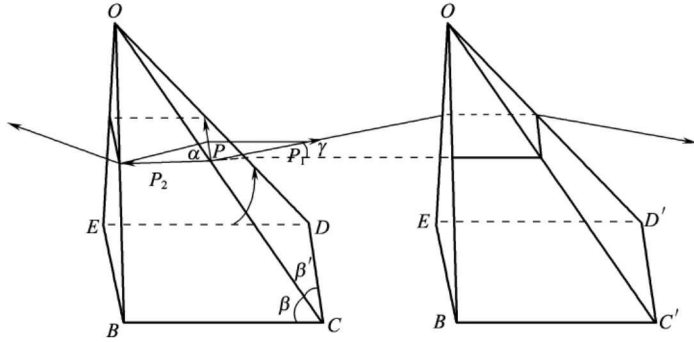


图 1-9

关于这方面理论推算如以 $\overline{OC}$ 边为例, 此种纵向作用力的大小即:

$$P''_1 = P_1 \left\{ (\cos\beta - \mu\sin\beta) + \frac{y\sin\beta(\cos\beta' - \mu\sin\beta') - [t\sin\beta - y\sin(\alpha - \beta) - \tan\beta'(\cos\beta - \mu\sin\beta)]}{\sqrt{y^2 [\sin^2(\alpha - \beta) \cdot \tan^2\beta' + \sin^2\beta] - 2ty\sin(\alpha - \beta) \sin\beta \tan^2\beta' + (t\sin\beta \tan\beta')^2}} \right\} \quad (1-16)$$

并令:

$$\frac{1}{\sqrt{y^2 [\sin^2(\alpha - \beta) \tan^2\beta' + \sin^2\beta] - 2ty\sin(\alpha - \beta) \sin\beta \tan^2\beta' + (t\sin\beta \tan\beta')^2}} = M$$

在 $\overline{OB}$ 边:

$$P''_2 = P_1 \{ M(\cos\beta' - \mu\sin\beta') y\sin\beta + [t\sin\beta - y\sin(\alpha - \beta)] \tan\beta - 2\sin\varphi \} \quad (1-17)$$

在 $\overline{OE}$ 边:

$$P''_3 = -P_1 \left\{ 2\sin\varphi + M \{ \mu y\sin\beta - 2\sin\varphi [t\sin\beta - y\sin(\alpha - \beta)] \tan\beta \} \right\} \quad (1-18)$$

在 $\overline{OD}$ 边:

$$P''_4 = P_1 \left\{ (\cos\beta - \mu\sin\beta) - M \{ [t\sin\beta - y\sin(\alpha - \beta)] \tan\beta' (\cos\beta - \mu\sin\beta) + \mu y\sin\beta \} \right\} \quad (1-19)$$

其中: P_1 为分梳力 (g); y 为纤维深入齿内的程度 (mm); t 为齿距 (mm)。

综合以上的分析: 弹性针的充塞作用基本上是符合梳针中纤维层单塑性变形的规

律性,关于此点可由图 1-5 的抄花实验结果获得说明,而金属针由于以上几种力的作用而可有效地防止纤维的充塞。

二、分梳效能的比较

根据纤维分梳时受力的分析,为梳针所握持的纤维,除了在纵向最为稳定的条件下,可得到最为有效的梳理外,其次在横向转移及充塞的过程中,则也可产生各种不同程度的梳理,而不利分梳作用的,仅是当盖板与锡林两者均充塞有一定数量的纤维,在盖板区中易形成 $K < (R + F - Z) \cot 2\varphi$, 纤维产生滑脱的条件,则使得被分梳的纤维束在两者梳针之间相互搓滚而产生棉结,而弹性针在梳理纤维的过程中由于不断地充塞着纤维,而纤维层弹力 R 也不断增加,如此所反映出的棉网品质也随之恶化。然而根据前面充塞作用的分析,弹性梳针的充塞现象是随纤维层的弹力 R 增大而减弱,关于这两者之间的矛盾,也即是弹性针本身结构所造成的不可弥补的缺陷,而金属针在分梳纤维的过程中如受到较大的挤压力时,虽有纤维充塞入针中,但在外力取消的条件下,其回复作用很强,使得充塞的纤维易浮于针的顶部,为道夫所抓取,从而使得整个锡林上的纤维层,长久地保持一定的弹性力 R 及喂入输出数量上平衡关系,如此在盖板区间就可较久地保持 $S = -\frac{1}{\cos\varphi}(R + F - Z) > 0$ 的条件,可避免纤维的滑脱,从而获得良好的梳理,唯有当梳针嵌塞有大量破子后,分梳效能才较为恶化,金属针的此种特性是较为合理的。

关于分梳效能的实验除检验棉结之外,其结果见图 1-10,并根据统计原理的推论,分梳效能是与产品横截面不匀率有关的,从波松定理得出产品理想横截面不匀率

$$CV_{理} = \frac{100}{\sqrt{n}}$$

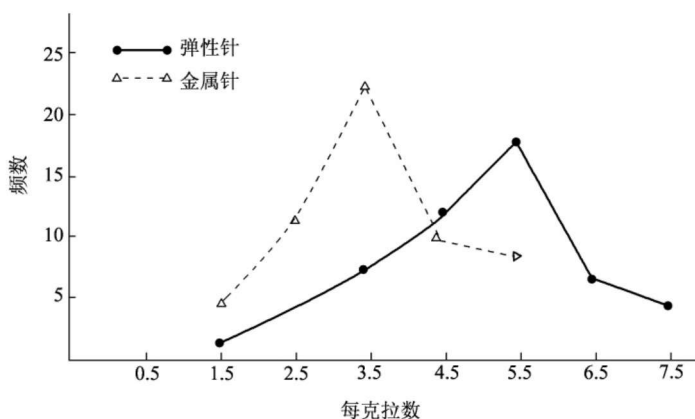


图 1-10 棉结频数分布

而由于分梳效能不良,在纱条中所分布的个体则是由 S 根纤维所组成即:

$$CV_{\text{实}} = \sqrt{S} \cdot CV_{\text{理}}$$

故我们曾对棉网均匀度进行了实验,其结果见表 1-2 及图 1-11,根据以上实验结果,金属针的分梳效能较之弹性针为优。棉网均匀度的试验方法是在梳棉机上取出一定面积(32cm×7cm)的棉网,置于光度密度计上,读出其密度变化,从而计算出其均匀度指标。

表 1-2 棉网均匀度的试验结果

类 别	实验次数	不匀率平均值 $CV(\%)$	σ^2	t 值	显著性
弹性针	56	8.94	5.27	2.315	显著
金属针	62	8.02	3.97		

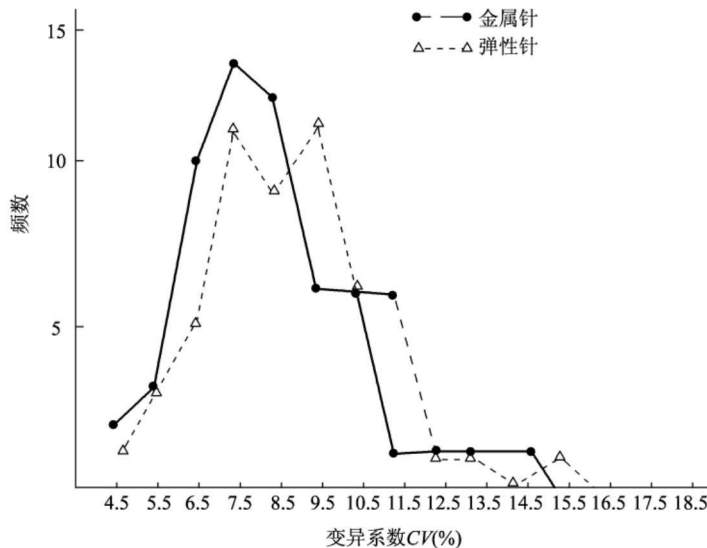


图 1-11 棉网均匀度的频数分布

三、均匀作用的比较

根据某些学者的研究,梳棉机的均匀作用是由于喂入的纤维层在分梳过程中多次分离反复并合及梳针积聚的结果,通过我们多次的实验与观察证实此种理论是正确的,同时还获得它们两者之间的关系,从而在弹性理论的基础上,阐明金属针与弹性针均匀作用的比较以何者为优,则更为清晰,按照分离并合作用的分析:设锡林第一转所补给得到的纤维量为 q_i ,而在锡林补充纤维量 q_i 后,其后第一转转至道夫的纤维量为 $r_1 q_i$,第二转为 $r_2 q_i$, $\cdots$,第 m 转为 $r_m q_i$,而锡林 m 转后其在整个一回转时间内可转移至道夫的纤维量则为:

$$q_1 r_m + q_2 r_{m-1} + \cdots + q_{m-1} r_2 + q_m r_1$$

设锡林每一回转所喂入的量均相等:

$$q_1 = q_2 = \cdots = q_m = q$$

即:

$$q(r_1 + r_2 + \cdots + r_m) = q$$

则在锡林每一回转的时间内所转移至道夫的纤维量亦是相等的(不考虑落棉)。

如第 $m+1$ 转所喂入的棉量 $q_{m+1} = 2q$, 则转移至道夫的纤维量则为:

$$q(r_2 + r_3 + \cdots + r_m) + 2qr_1 = q(1 + r_1)$$

第 $m+2$ 转所喂入的棉量 $q_{m+2} = 2q$,

$$q(r_3 + r_4 + \cdots + r_m) + 2q(r_1 + r_2) = q(1 + r_1 + r_2)$$

如第 $m+i$ 转喂入的棉量亦为 $2q$,

$$q(r_{i+1} + r_{i+2} + \cdots + r_m) + 2q(r_1 + r_2 + \cdots + r_i) = q(1 + r_1 + r_2 + \cdots + r_i)$$

如此当每次喂入的棉量均为 $2q$, 直到锡林第 $2m$ 转以后其转移至道夫上的纤维量才可达到 $2q(r_1 + r_2 + \cdots + r_m) = 2q$ 。

由此可说明在喂入锡林的纤维量改变时, 其转移至道夫的纤维量变化的迟缓特性是与某一时间喂入锡林上的纤维量 q_i 及其每次为道夫的抓取的量 rq_i 有关的, rq_i 越小即 m 越大, 从而说明其均匀作用越强, 然而其 m 值是与梳针的积聚能力有关的, 如积聚能力越强其 m 值越大, 根据前述, 梳针的积聚作用又是与纤维层的弹性力有关的, 如弹性针在分梳过程中, 由于纤维层的弹性力 R 不断地增大, 喂入量突然增加时, 弹性针其所发挥的积聚能力就较弱, 同时此等为弹性针所积聚的纤维量其回复能力较差, 而当喂入量减少时其补给能力也较弱, 而金属针由于梳针中弹性力 R 在一抄针周期几乎为定值, 而且梳针中的纤维层均浮于针的上部, 如喂入量突然增大时, 则此等纤维层可向针的底部移动, 从而能积聚大量的纤维, 同时此等积聚的纤维量储蓄的弹性能很大, 在喂入量减少时其补给能力很强, 以上的分析可参考实验五、实验六及图 1-7。

实验五 在弹性针及金属针梳棉机的白色棉卷上放置 20cm 长同样定量之红色棉卷, 一并喂入机中, 然后将棉条以 20cm 长度分段称出其重量, 同时并将此等棉条放置在光度白度计上测量其白度, 如此能更为清晰地说明附加喂入的棉卷在棉条中的分布情况, 两者的实验结果可参考图 1-12, 同时此种均匀作用按照纤维层的弹塑性原理可求出以下方程式。

(1) 弹性针:

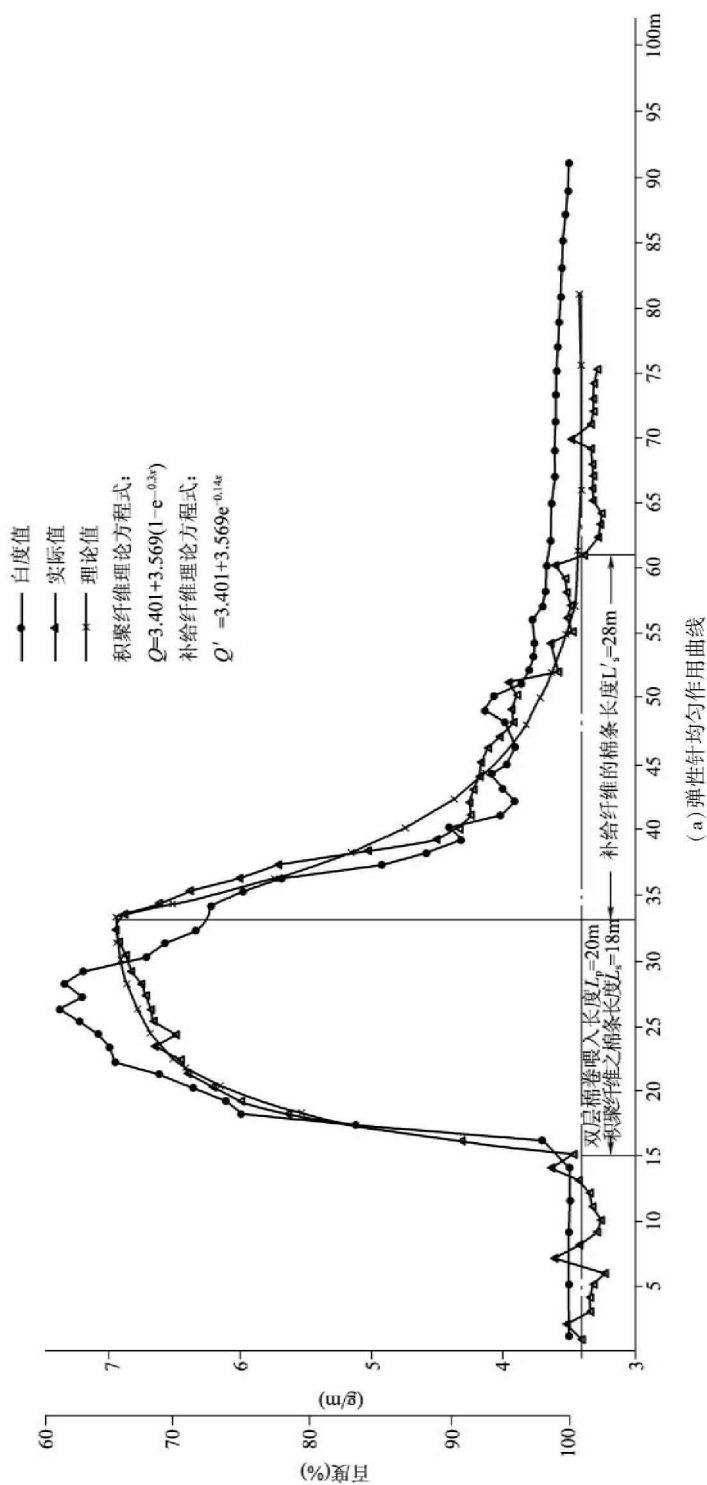
$$\text{积聚方程式为: } Q = 3.401 + 3.569(1 - e^{-0.3x}) \quad (1-20)$$

$$\text{补给方程式为: } Q' = 3.401 + 3.569e^{-0.14x} \quad (1-21)$$

(2) 金属针:

$$\text{积聚方程式为: } Q = 3.635 + 3.105(1 - e^{-0.2x}) \quad (1-22)$$

$$\text{补给方程式为: } Q' = 3.635 + 3.105e^{-0.12x} \quad (1-23)$$



(a) 弹性针均匀作用曲线

图 1-12

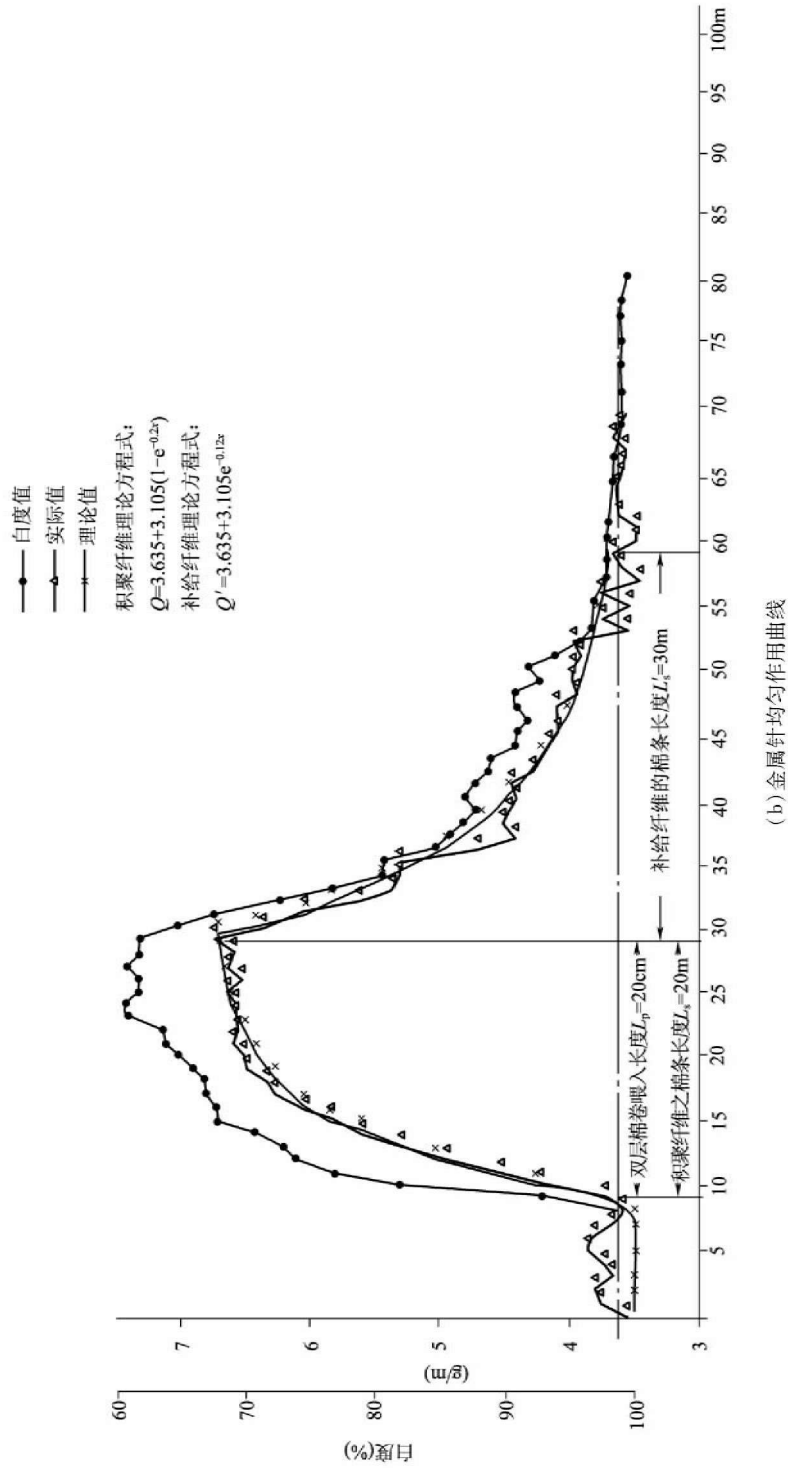


图 1-12 弹性及金属针均匀作用曲线