

TS13

国外毛纺织染最新论文集

技术顾问: 朱广娟

主 编: 高春南

编 辑: 朱立群



4

全国毛纺织工业科技情报站

北京毛纺织科学研究所

2803

目 录 (四)

毛纺工艺与技术

打草辊工作原理分析.....	1
----------------	---

张宏伟译 张钟英校

英式梳毛与理论基础

——精纺梳毛、准备针梳和复洗.....	12
---------------------	----

裴敬明、于立颖译 朱宝瑜校

钻芯取样法.....	28
------------	----

张宏伟、邱晓晴、孙 梅译

羊毛污水处理

废水含铬量符合环保标准的羊毛染色.....	39
-----------------------	----

纺织污水的处理.....	45
--------------	----

鲍国平 译

水循环的效益.....	52
-------------	----

鲍国平 译

羊毛染色加工技术

羊毛的低温焙烘防染加工.....	57
------------------	----

范迎春译 朱品蓉校

染色毛条中纤维强伸度对后工序的影响..... 64

周启澄 译

综合报导

美国马海毛的生产与贸易..... 71

万剑波、李 龙、杨霭云译

张钟英校

打草辊的工作原理分析

基本原理：本文用两概率模型，对打草辊去除植物性杂质进行分析。首先，草杂是否能被打击取决于除草系统的几何结构；其次，分析了草杂被打击后是否获得足够的动能使其与其纠结的纤维断裂而排出。这两个概率的积也就是草杂能被除去的概率，可以通过系统的工艺参数来表示打草辊的工作效率。通过对一些简单而又实际的情况分析，得到了与模型预测相符合的结果。

1. 绪论：打草辊是精纺梳毛过程中去除植物性杂质的主要部件，对于它工作原理的研究，目前还没有什么进展，因此人们还不知道现行的设计方案是否最优和如何改进以适应工作条件的变化。

本文利用基本的工艺参数来计算打草辊的除杂效率，并分析了这些参数在除杂中的作用，从而为提高除杂效率开辟了一条新途径。

2. 打草辊系统：目前的打草辊是一个直径为 130-150mm 的滚筒，其表面每隔大约 10mm 有一个尖端约 2mm 宽的刀片，共 30~45 片。打草辊大约以 500~2200rpm 的速度高速回转，它安装在莫里尔式除草辊的附近以便尽可能除去全部（除了很细小的以外）植物性杂质。除草辊上的金属齿条的设计应合理，要达到既能除去植物性杂质，又能维持毛纤维使之不致成为落毛的目的。根据植物性杂质的类型不同，落毛中的杂质与毛的比例应控制在 5:1~10:1 范围内。

在单锡林精纺梳毛机上，通常有两只除草辊（其上分别装有一只打草辊）依次排列在锡林和预梳部件之间。通过实验，我们已经测得了这种机构对多种类型的植物性杂质的除杂效率。除杂效率用除去的草杂质量与喂入打草辊的毛层中总的草杂质量的百分比来表示。第一除草辊对草籽的除杂效率约为 85%，对于除了草籽以外的植物性杂质的除杂效率约为 40%~60%。随着草杂类型的不同，除杂效率也不同。

下面对打草辊的工作性能进行详细论述。

首先，一粒植物性杂质必须受到打草辊打击才有可能除去，分

析的根本目的是得出落杂量。一粒杂质被打草辊打击的概率称为打击概率 (P_i)。很明显,打草辊与除草辊之间的隔距和打草辊上刀片数量是两个重要影响因素。其次,被打草辊打击的草杂也未必全能除去,因为有些草杂被毛纤维紧紧地裹挟着。一粒草杂被打击后能与毛纤维分离的概率称为分离概率 (P_e)。因此,一粒草杂能被除去的概率为 P_r , P_r 值取决于 P_i 和 P_e 之积的大小,即

$P_r = P_i \cdot P_e$ 。最后,打草辊的转速对除杂效率的影响也很大,图(1)表示精纺梳毛机上第一个除草辊的除杂效率,可以大致看出除杂效率随打草辊转速提高有增大的趋势。

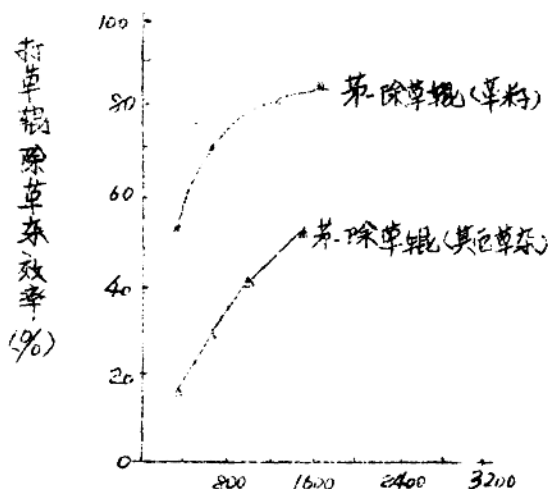


图 1

实验条件:

a) $M = 20\text{mg}$, $l_1 = 30\text{mm}$, $D = 22.4\mu\text{m}$,

$W = 54\text{Q}\mu\text{J}$

b) 增加草杂与毛纤维纠结程度, 取 $l_1 = 60\text{mm}$ 。

c) 增加杂质质量 $M = 40\text{mg}$

d) 增加隔距, 使质量小于 3.4mg 的杂质不能被打草辊打击。

3. 打击概率 (P_i):

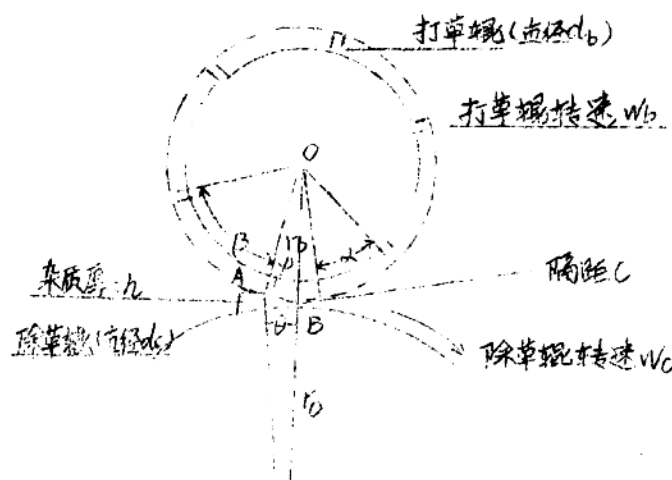


图2 除草系统工作原理图

P_i 的大小全部由此除杂系统的结构决定, 亦即两个辊子的直径、转速、隔距, 打草辊上的刀片数量、杂质厚度等, 如图2所示。

一粒厚度为 h 的草杂在除草辊的针尖上, 刚好此时打手的一个刀片运动到这里, 那么如果在这粒杂质中运动到最小隔距点B之前, 下一个刀片能碰到它, 就说明打草辊击中了此粒杂质, 这样很容易得出能够除杂的有效打击次数。当草杂过了B点以后受打草刀片打击而被除去的可能性很小, 很可能使之嵌入除草辊针齿中或毛层里。假定下一个刀片在草杂之前到达B点, 草杂被击中 ($P_i=1$), 如果草杂比下一个刀片先到达B点则不会被击中 ($P_i=0$)。事实

上, 草杂的运动是随机的, 所以有的可能被打击, 有的则不能, 打击概率 P_1 由以下公式给出:

$$P_1(h, v_b) = \begin{cases} (\psi + \alpha) / \beta, & \beta > \psi + \alpha \\ 1, & \beta \leq \psi + \alpha \end{cases} \dots\dots(1)$$

$$\alpha = \omega_b t = \omega_b (\theta / \omega_t), \text{ 而 } \beta = 2\pi / N$$

式中 α 角是草杂从 A 点运动到 B 点时间内打草辊的转角, β 是相邻两刀片间的夹角, ω_b 和 ω_c 分别是打草辊和除草辊之角速度, P_1 与 h 和 v_b 的函数关系很明显。测试结果表明, 杂质的厚度一般与其质量有关, 尤其是草籽, 所以, P_1 也可表示为草杂质量和线速 v_b 的函数即 $P_1(m, v_b)$ 。

θ 和 ω 是该系统的基本参数, 其大小由附录中的方程式给出。从公式(1)可以看出, 当打草辊转速足够高时, 也就是 α 相对于 ω 和 β 很大时, $P_1=1$, 减小刀片间夹角 β , 也就是增加刀片数量也能提高 P_1 值, 因此增加刀片数量和提高打草辊转速都是很重要的因素。

图 3 是打草辊转速分别为 1280rpm (正常转速) 和 640rpm 时 P_1 与草杂厚度的关系。利用 THIBEAU-CF 型精纺梳手机的第 一除草辊的工艺参数计算得到的 P_1 值, 隔距常取 0.3mm, 由于草杂厚度大于此隔距, 所以即使打草辊转速是正常转速的一半时, P_1 值也很快上升到 1, 这一实验结果表明, 只要杂质厚度大于此隔距, 就有可能被除去。

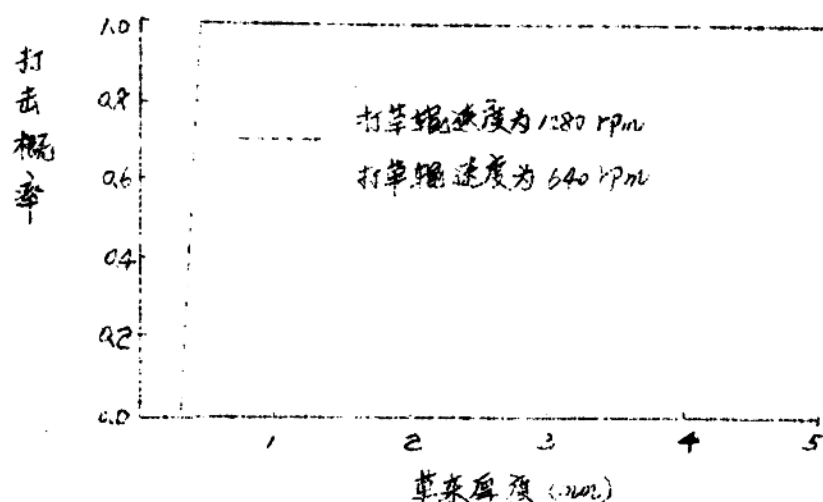


图3 典型精纺梳毛机上除草系统的打击概率
与打草辊转速的关系

4. 除杂作用的力学分析：除杂的过程很复杂，可分为两步；首先，打草辊的打击使杂质获得一定的动量和动能；之后，杂质开始运动、碎裂，也可能使缠绕它的纤维受到损伤，同时失去动能。如果杂质获得足够的能量足以克服纤维对它的束缚力就可以被除去。从理论上讲，打击的效果是由杂质获得的动能和破坏阻止杂质去除的纤维所需的能量来决定的。杂质的动能由其质量和速度决定：

$$K = 0.5mv^2 \quad (2)$$

动能单位是 μJ ，质量是 mg ，速度是 m/s 。由于杂质质量远远小于打草辊的，所以杂质被击后速度 v ：即

$$v = (H_0)v_b + \epsilon v_c \quad (3)$$

式中 v_b 和 v_c 分别是打草辊和除草辊的表面线速度 (m/s)， ϵ 是杂质的能量恢复系数，它表示打击过程中的能量损失情况。杂

质的动能与其速度的平方成正比，打草辊速度越高，使纤维损伤的能量越大。由于打击后杂质和打草刀片具有同样的线速度，假设●是常数，质量大的杂质具有的动能也大，使纤维破坏而脱离其束端的可能性就大，但杂质的质量是随机的，不可控制的，因此在实际应用中分析杂质和打草辊的速度就显得更加重要。

拉断纤维所需的能量可以通过计算结合能来估计，此结合能就是使杂质附着于除草辊上的束纤维的断裂功。这个能量大约等于破坏长度为这束纤维长度总和的一根纤维所需的能量（假设纤维直径不变）。拉伸和破坏一根长度为 l ，直径为 d 的纤维所需的能量大约可用下公式计算：

$$W = 0.036d^2l \quad (4)$$

式中能量单位是 μJ 、纤维直径是 μm 、纤维长度是 mm 。公式(4)是在很低拉伸速度条件下，计算美利奴细羊毛平均断裂功的经验公式⁽⁵⁾。当杂质击出时，纤维的拉伸速度是很大的，断裂功因此也较大，公式(4)只能作为近似计算公式。

结合能与纤维直径的平方成正比，与长度成线性关系，所以破坏粗长纤维比破坏细短纤维需要更高的能量。因为纤维的长、细度是随机的，所以打草辊的速度是杂质能否与纤维分离的最基本的决定因素。

5. 杂质的分离概率 (P_0)：上述除杂理论可作为杂质与纤维分离定量分析的基础。我们采用随机过程的基本模型，被打击的杂质能否与纤维分离取决于杂质的动能和携带它的纤维束的结合能的大小；动能越大， P_0 越大；反之，携带杂质的纤维越多，杂质的

P_e 越小。这些概念可用下述线性模型来表示：

$$P_e(m, v_b) = \begin{cases} 0 & 0 < K \leq W_0 \\ (K - W_0) / (W_1 - W_0) & W_0 < K \leq W_1 \\ 1 & W_1 < K \end{cases}$$

式中 $W_0 = 0.036d^2\ell_0$, $W_1 = 0.036d^2\ell_1$, 参变量 $P_e(m, v_b)$ 是一粒质量为 m 的杂质被表面线速度为 v_b 的打草辊打击后与纤维分离的概率； K 是杂质的动能， W_0 是杂质与长度为 ℓ_0 的最短纤维的结合能， W_1 是杂质与长度为 ℓ_1 的最长纤维的结合能。公式(5)，我们假设从 ℓ_0 到 ℓ_1 之间任意长度的纤维出现的机会相等，亦即纤维束中任何长度的纤维携带草杂的几率相同。这并非我们所能选择的唯一模型，但却是一个最简单的模型，通过理论推导和实验验证可得出复杂的分布函数。公式(5)说明，质量一定的杂质的动能小于最小结合能时，杂质不会与纤维分离；当通过增加打草辊转速使杂质动能大于 W_0 时，被短纤维携带的杂质就可能与纤维分离，但被长纤维携带的杂质还不能挣脱纤维的束缚；当打草辊速度再增加使杂质动能大于最大结合能 W_1 时，所有这样的杂质都可与纤维分离，亦即 $P_e = 1$ ，分离成为必然。

由于杂质的动能随其质量变化而变化，最重的杂质首先从羊毛中分离出来，较轻的杂质需要很高的速度才能分离出来，通过观察发现较轻杂质不易除去，这一点与模型的概念是一致的。

6. 打草辊的除草效率

打草辊对植物性杂质的除杂效率等于被除去草杂质量与总草杂质量之比。亦即，除杂效率是除杂概率对所有杂质质量分布的加权

平均。公式如下：

$$E(v_b) = 100 \int_0^M f(m) P_r(m, v_b) dm / \int_0^M f(m) dm \quad \dots\dots(6)$$

$$P_r(m, v_b) = P_1(m, v_b) \cdot P_e(m, v_b)$$

式中 $f(m)$ 是植物性杂质的质量分布， M 是最大质量， $P_r(m, v_b)$ 是质量为 m 的杂质被除去的概率，它取决于打击和分离概率。因为打草辊线速度是一个很重要的因素，因此除杂效率可写成 v_b 的函数，当然也可写成其它参数的函数如除草辊的线速度等。

打草辊的工艺参数如两辊直径、隔距、刀片数量等，决定了打击概率的大小；例如，安装打草辊使 P_1 为零，则除杂效率也为零。上述除杂效率公式具有一定的普遍性，应用时要根据具体模型的不同，选取不同的参数，从而得出相应的结果。

7. 讨论

公式(6)可用来计算现代梳毛机打草辊的除杂效率，然而公式(6)中的两个被积函数 $f(m)$ 和 $P_r(m, v_b)$ 很复杂，所以这个积分式很难积出，为了找到除杂效率与基本参数的函数相互依赖关系，就必须作一些简化。

草杂最简单最理想化的分布是质量在 $0 \sim M$ 之间时 $f(m)$ 取 1，质量较大时 $f(m)$ 取 0，如果杂质最大质量为 20mg，那么这个质量分布是一个很典型的分布。还有，当打草辊与除草辊之隔距为零，并且装有许多刀片的打草辊的速度很高时，可以认为对所有草杂的打击概率为 1，公式(6)简化为：

$$E = \frac{100}{M} \int_0^M P_e(m) dm \quad (7)$$

还假设携带杂质的最短纤维长度为 0，亦即杂质处于自由状态，一粒被打击后具有速度 v 的草杂与纤维分离的概率为：

$$P_0 = \begin{cases} \frac{0.5mv^2}{W_1} & 0 < m \leq M_1 \\ 1 & M_1 < m \leq M \end{cases} \quad (8)$$

式中 $M_1 = 2W_1/v^2$ ， $W_1 = 0.03a^2\ell_1$

把(8)式的条件代入(7)式可估算出效率的积分恒为：

$$E = \begin{cases} 25Mv^2/W_1 & 0 < v^2 \leq 2W_1/M \\ 100(1 - W_1/Mv^2) & 2W_1/M < v^2 \end{cases} \quad (9)$$

公式(9)中前一部分表明，当 $U < \sqrt{2W_1/M}$ 时，打草辊的除杂效率是 v^2 的函数。当超过这个极限速度后，除杂效率的增高速度逐渐减小，效率趋向于 100%。图(4)的曲线(a)表示在参数 $\ell_1 = 30\text{mm}$ ， $d = 22.4\mu\text{m}$ 、 $W_1 = 540\mu\text{J}$ 、 $M = 20\text{mg}$ 的情况下，通过简化处理后，除杂效率随打草辊转速的变化关系。

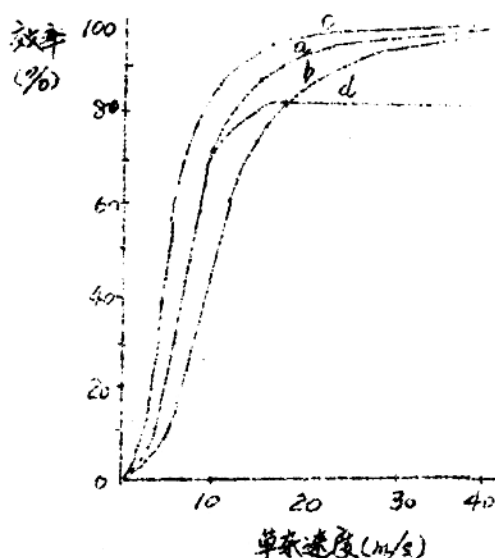


图 4 几个系统参数的变化对打草辊除杂效率的影响

除杂效率随参数变化关系可由公式(9)得出, 如图(4)中的(b)、(c) (d)曲线所示, 曲线(b)表示携带杂质的纤维的最大长度从 30mm 增到 60mm 的变化情况, 此时在所有速度范围内, 效率都较低; 曲线(c)表示当杂质质量从 20mg 增到 40mg, ℓ_1 不变时的情况; 在这两种情况下对效率的影响都取决于打击后杂质具有动能与携带杂质纤维束的断裂功的大小。还需说明一点, 当纤维直径增大到 $31.6\mu\text{m}$, $\ell_1 = 30\text{mm}$ 时, 作出的曲线同(b)。

通常除草辊与打草辊隔距不为零, 在简化模型下, 意味着杂质厚度小于隔距时 $P_1 = 0$; 所有杂质厚度都达到最大值时 $P_1 = 1$, 当杂质厚度与隔距 m_c 相同时, 效率如下:

$$E = \begin{cases} 25 \frac{Mv^2}{W_1} \left\{ 1 - \left(\frac{m_c}{M} \right)^2 \right\} & 0 < v^2 \leq \frac{2W_1}{M} \\ 100 \left\{ 1 - \frac{W_1}{Mv^2} - \frac{Mv^2}{4W} \left(\frac{m_c}{M} \right)^2 \right\} & \frac{2W_1}{M} < v^2 \leq \frac{2W_1}{m_c} \\ 100 \left(1 - \frac{m_c}{M} \right) & \frac{2W_1}{m_c} < v^2 \end{cases} \quad (10)$$

公式(10)中看出, 当隔距不是零时效率下降很快, 渐渐趋向于 $100(1 - m/M)\%$ 而不等于前面所说的 100%。当隔距足够大时, 效率将为零。

图(4)中曲线(a)表示当隔距偏大, 使质量小于 3.4mg 的草杂不能被击中, 而其它参数同(a)的情况下, 效率的变化情况。

图(1)中除杂的实验数据在图(4)中用曲线描绘出来可以利于与假

设模型比较。曲线(1)基本上与实验观点相同,这也定性地说明了模型与观察结果基本一致。可以看出,当有细小的草杂不能被打击时,除杂效率将明显降低,所以要尽可能采用小隔距。在简化模型中还忽略了一些细节,如杂质形状、表面粗糙情况等,为了使效率的计算更精确,模型还需进一步精确化,但我认为杂质形状并不象质量和硬度那样重要,而表面粗糙情况对携带杂质的纤维数量和两者的纠结牢度都有重要的影响。

8. 结论

本文讨论了除草辊的除杂理论,除杂过程中的重要原则是使杂质有足够的动能来克服纤维对它的缠绕。简化模型的应用可以看出,杂质质量、纤维长细度、打草辊和除草辊之隔距等的变化都影响除杂效率。计算表明,携带杂质的纤维长度和直径的增大,较重杂质所占比例的减小都会使除杂效率降低;对效率的进一步分析及在实际除草系统中的应用将在下篇文章中简述。打击概率的计算公式如下:

$$P_1(h, v_b) = \begin{cases} \frac{N\psi}{2\pi} + \frac{N\theta}{2\pi} \cdot \frac{\omega_b}{\omega_c} & \beta > \psi + \theta (\omega_b/\omega_c) \\ 1 & \beta \leq \psi + \theta (\omega_b/\omega_c) \end{cases}$$

$$\text{式中 } \theta = \arccos \frac{(d_c + 2h)^2 + (d_c + 2c)(2d_b + d_c + 2c)}{2(d_c + 2h)(d_b + d_c + 2c)}$$

$$\psi = \arccos \frac{d_b^2 + (d_b + 2c - 2h)(d_b + 2d_c + 2c + 2h)}{2d_b(d_b + d_c + 2c)}$$

$$\omega_b = \pi R_b / 30 \quad \omega_c = \pi R_c / 30$$

其中 R_b 和 R_c 分别是打草辊和除草辊的转速 rpm。

张伟宏译 张钟英校

英式梳毛与基础理论

——精纺梳毛、准备针梳和复洗——

精纺梳毛的目的

精纺梳毛的目的是：

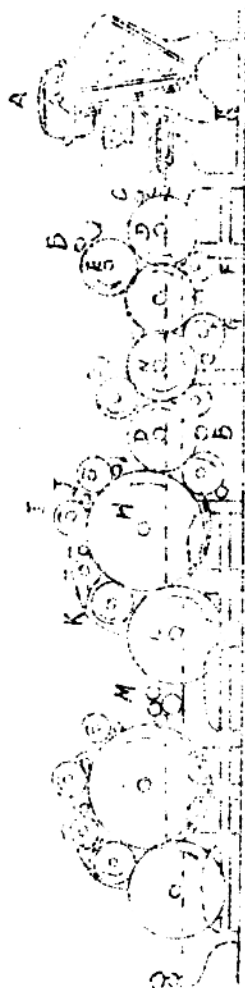
1. 把呈块状的洗净毛分解为单根状纤维；
2. 充分混合这些单根状纤维，并使其彼此排列得比较平行顺直。
3. 除去洗净毛中残留的植物性杂质。
4. 把梳理过的纤维制成毛条（不需加捻）绕成毛球或直接装入毛条筒。

精纺梳毛机

为达到以上目的，传统上使用的是布雷德福式梳毛机（见图1）。现在它已被带有前胸锡林的梳毛机所代替（见图2）。

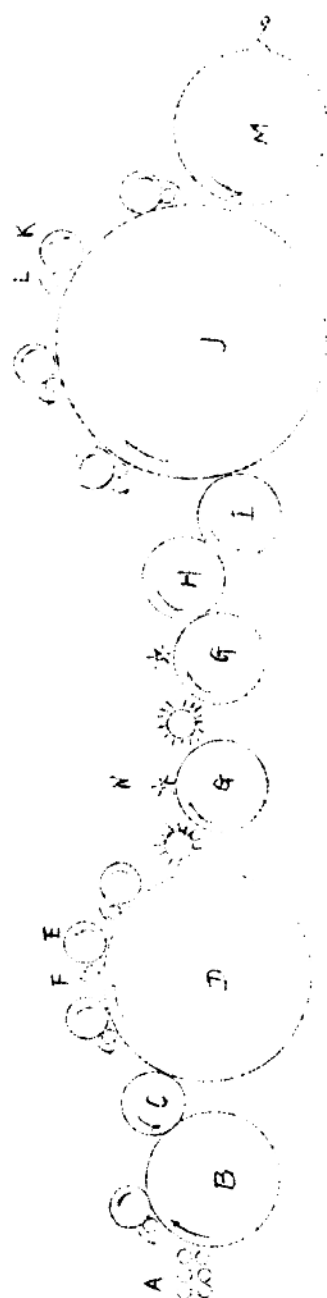
（此图见下页）

精纺梳毛机有各种规格，有的工作宽度可达2200毫米（近90英寸），长度达14.5米（47.5英寸）。梳毛机由等宽但直径不同的锡林和滚筒组成。滚筒上包有针布，而针布是由坚固的底布以及其上密植的钢针构成。底布又由织物与橡胶组成。针密约每平方厘米30~120枚（每平方英寸200~800枚）或更多。在输毛机的输入端，滚筒转动较慢，其上的针相对来说较稀、较粗一些。随着毛块向前运动，滚筒表面的针密度逐渐变大，针径变细，各滚筒的转速加快。纤维的开松和混合程度取决于各滚筒之间的相对速度、转动方向、钢针倾角及相邻两滚筒间的隔距。此外，还有



- | | | |
|---------|-------|----------|
| A—自动喂毛机 | F—托毛辊 | K—风轮 |
| B—打草辊 | G—运输辊 | L—道夫 |
| C—喂入罗拉 | H—大锡林 | M—哈莫尔草辊 |
| D—开毛辊 | I—工作辊 | N—莫雷尔除草辊 |
| E—转移辊 | J—剥毛辊 | |

图 1 布雷德福式精梳毛机



- | | | |
|----------|----------|----------|
| A—喂入罗拉 | F—胸锡林剥毛辊 | K—大锡林工作辊 |
| B—开毛辊 | G—莫雷尔除草辊 | L—大锡林剥毛辊 |
| C—转移辊 | H—转移辊 | M—道夫 |
| D—胸锡林 | I—运输辊 | N—打草辊 |
| E—胸锡林工作辊 | J—大锡林 | |

图2 带有前胸锡林的新式精纺梳毛机