

苧麻软麻给湿(油)乳化液配方最优化探讨

许德生

(安徽机电学院)

陈元甫

(中国纺织大学)

【摘要】 本文用二次回归正交设计和非线性规划寻优方法确定苧麻乳化液最优配方: 纺 27.8 特纱时, 品质指标提高 35.4%, 3 毫米以上毛羽降低 12.8%, 5 毫米以上毛羽降低 12.3%。

一、苧麻纤维成纱结构及软麻功能

苧麻纤维特数较高, 以我国十个苧麻产品为例, 平均特数为 0.67, 特数偏差大 (0.5~0.83 特), 纤维粗硬, 长度标准差系数达 80% 以上, 纤维断裂伸长率及弹性都较小, 在成纱过程中, 粗纤维伸长时受力较大, 易向纱的中心转移, 长纤维因前罗拉控制时间长, 受到张力后, 向中心转移的时间及机会也较长和较多。由于纤维特数较高, 纱线截面中纤维根数少, 在成纱过程中若纤维的转移频率较低, 纤维之间抱合不良, 则纱线品质指标不高, 毛羽较多、布机织造时开口不清, 织疵增多, 影响劳动生产率和织物外观质量。为提高苧麻纤维可纺性能, 必须采取措施提高纤维的柔软度, 降低纤维的摩擦系数, 增加纤维的转移频率与纤维之间的抱合力。

提高纤维的柔软度、降低纤维的摩擦系数除个别工厂采用对纤维进行变性处理外, 一般都是在软麻工艺中通过机械软麻及喷注适度的乳化液使纤维的柔软度提高、摩擦系数减小, 以提高可纺性。

二、软麻工艺现状分析

根据有关厂调查, 目前大多数厂用的乳化液质量达不到要求, 软麻后纤维附着皂化物多, 含油率、回潮率差异大, 加工中麻网并丝多, 罗拉、锡林等机件上残留过多的皂化物, 不利于纤维的梳理、分离, 结果细纱断头高, 毛羽多, 强力低, 麻粒多, 外观差。故有必要

对软麻工艺及乳化液进行深入研究。

三、苧麻软化工艺的优化方法

1. 精干麻加油剂前后纤维性质比较

对精干麻加油剂前后纤维性质变化用纤维摩擦系数和平均卷曲率两项指标进行评价, 用 Y151 纤维摩擦系数仪测定纤维摩擦系数, 用 YG 361 纤维卷曲弹性仪测纤维卷曲率从而间接反映纤维的柔软度。

(1) 加油剂前纤维的摩擦系数与平均卷曲率: 测定时, 初始张力为 f_0 , 扭力天平读数值为 m 时, 则摩擦系数 $\mu = 0.733 \times [\lg f_0 - \lg(f_0 - m)]$ 。随机抽取未加油剂的 45 根苧麻纤维, 测得纤维与金属辊之间静摩擦系数 $\mu_{静} = 0.3388$ (金属辊转速为 1 转/分, 初张力 200 毫克), 动摩擦系数 $\mu_{动} = 0.2431$ (金属辊转速 30 转/分, 初张力 200 毫克)。

同时以长 25 毫米的纤维, 施以轻负荷为 10 毫克, 重负荷为 500 毫克, 轻负荷时仪器读数为 L_0 , 重负荷仪器读数 L_1 , 测试次数 n ,

则平均卷曲率为: $\sum_{i=1}^n [(L - L_0)/L_1]_i$ 。取未加油剂的 45 根纤维, 测得纤维平均卷曲率为 0.0133。

(2) 加油剂后纤维摩擦系数、平均卷曲率
加煤油(上油率 2%) 测得: $\mu_{静} = 0.2614$, $\mu_{动} = 0.2210$, 平均卷曲率 0.0151。加茶油(上油率 2%) 测得: $\mu_{静} = 0.2411$, $\mu_{动} = 0.2133$, 平均卷曲率 0.0201。

(3) 测试结果讨论

加油剂后纤维摩擦系数减小,按上油率2%计,加煤油后静摩擦系数降低23%,动摩擦系数降低9%;加茶油后静摩擦系数降低29%,动摩擦系数降低12.3%。加油剂后纤维平均卷曲率增加,加煤油后平均卷曲率增加13.5%。加茶油后增加51%。在上油率相等条件下,茶油降低摩擦系数比煤油增加8%,平均卷曲率增加33%。

(4) 目前苧麻厂用乳化油剂性能分析

目前部分厂软麻用乳化液配方为:

A. 动物油1%,煤油10%,油酸1%,中性皂和三乙醇胺0.67%,水87.33%。

B. 煤油10.83%,植物油5.43%,烧碱0.74%,水83%。

两配方都以煤油作乳化渗透剂,精干麻加此类乳化剂后,性能测试结果为: $\mu_{静} = 0.289$, $\mu_{动} = 0.2324$, 平均卷曲率0.0142。与未加油剂比较, $\mu_{静}$ 降低14%, $\mu_{动}$ 降低4%,平均卷曲率增加7.5%,故此类乳化油剂软麻效果不理想,按前述测试分析可知,用茶油作乳化剂比煤油效果好。

2. 乳化液各成分对纤维性能影响分析

(1) 乳化液配方成分

油剂含量:按精干麻回潮率7~10%计,软麻加乳化液后回潮率为 $15 \pm 1\%$,故乳化液用量为精干麻量的6~9%;按上油率1%计,茶油为乳化液量的11~16%。

乳化剂含量:为使茶油乳化形成稳定的水中乳化液,用一元金属皂作乳化剂,用NaOH在加热条件下通过机械搅拌与茶油发生皂化反应生成不完全的、初生态的硬脂酸钠作为一种阴离子表面活性剂,与没有皂化的茶油在乳化机械作用下生成球型亲水胶团而起乳化作用。在乳化过程中随着NaOH含量增加,皂类物质增加,附着在锡林、道夫、针板、梳针等机件上,影响纤维的梳理、分离,雪花状麻结增多,成纱质量下降,按茶油皂化值计算,完全皂化时需NaOH量为茶油的12.1%,故确定NaOH量在保证在油水乳化前提下以少为宜,

一般为茶油量的1.5~6%。

渗透剂含量:在乳化液中加入适当的渗透剂可使乳化液迅速渗入纤维的非结晶区使纤维发生膨胀,柔软度增加。选用的渗透剂具有极强的渗透力和润湿力,且不受钙、镁等盐类影响,常用5881D、JFC与平平加O等,经对比分析后,选择JFC,含量为乳化液量0.5~1%。

(2) 确定乳化液对纤维性能影响回归方程

用正交设计方法求回归方程,本设计变量3个,组合设计由 $M = 15$ 个点组成,其中八点组成二水平(+1和-1)的全因子试验,六点分布在 x_1, x_2, x_3 轴上星号位置(星号臂 r),一点由 x_1, x_2, x_3 的零水平组成的中心试验点。

要使组合设计成为正交设计,确定适当的星号臂 r ,使相关矩阵 $(x'x)^{-1}$ 为对角阵, r 值由式 $r^4 + 2P^2r^2 - 2P^{-1}(P + 0.5m_0) = 0$ 求出,当变量 P 为3,各变量取零水平的中心试验点重复试验次数 m_0 为1时, $r = 1.215$ 。为使 $(x'x)^{-1}$ 为对角阵,还应对平方项 x_j^2 进行中心化,即令 $x'_{aj} = x_{aj}^2 - (\sum x_{aj}^2 / N)$ 代替结构矩阵中变量平方的列,使系数矩阵中第一列和第一行除第一个元素外,其余皆为零。在 $P = 3, m_0 = 1$ 时, $x'_{aj} = x_{aj}^2 - 0.73$,此时二次回归正交设计的结构矩阵 x 为表1。

令变量 x_1, x_2, x_3 分别为茶油、NaOH、JFC; x_{1j}, x_{2j} 分别为变量的下、上限,则零水平为: $x_{0j} = (x_{1j} + x_{2j}) / 2$,变化区间 $\Delta_j = (x_{2j} - x_{0j}) / r$,此时因子水平编码见表2。

按三因子二次回归正交设计结构矩阵 $x(m_0 = 1)$ 进行配方,各配制乳化液100克,分别加到1千克精干麻中,放置5天后,随机取样抽取45根纤维,测得纤维与金属辊之间动摩擦系数,纤维与纤维辊之间静摩擦系数,纤维平均卷曲率得表3。

根据正交设计结构矩阵与测试值可得动摩擦系数与乳化液各成分关系回归方程:

$$\hat{y} = 27.773 - 0.3914x_1 + 0.2142x_2 + 0.345x_1x_2 + 0.64x_1x_3 - 0.819x_1^2 - 0.3014x_2^2 - 0.819x_3^2$$

(方程中各系数均扩大100倍)

表 1 三因子回归正交设计结构矩阵 $x(m_0 = 1)$

试验号	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1'	x_2'	x_3'
1	1	1	1	1	1	1	1	0.27	0.27	0.27
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.37
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.27	-0.27	0.27
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.27	0.27	0.27
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.27	0.27	0.27
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.27	0.27	0.27
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.27	0.27	0.27
9	1	1.215	0	0	0	0	0	0.746	-0.73	-0.73
10	1	-1.215	0	0	0	0	0	0.746	-0.73	-0.73
11	1	0	1.215	0	0	0	0	-0.73	0.746	-0.73
12	1	0	-1.215	0	0	0	0	-0.73	0.746	-0.73
13	1	0	0	1.215	0	0	0	-0.73	-0.73	0.746
14	1	0	0	-1.215	0	0	0	-0.73	-0.73	0.746
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73

表 2 因子水平编码表

x_j	因 子		
	x_1	x_2	x_3
$r(1.215)$	x_{21}	x_{22}	x_{23}
1	$x_{01} + \Delta_1$	$x_{02} + \Delta_2$	$x_{03} + \Delta_3$
0	x_{01}	x_{02}	x_{03}
-1	$x_{01} - \Delta_1$	$x_{02} - \Delta_2$	$x_{03} - \Delta_3$
$-r(-1.215)$	x_{11}	x_{12}	x_{13}

表 3 纤维的静动摩擦系数及卷曲率

试验号	1~15	平均
静摩擦系数	0.1826~0.229	0.1984
动摩擦系数	0.2304~0.2833	0.264
平均卷曲率	0.0097~0.0132	0.0111

由方差分析结果可知此回归方程高度显著 ($\alpha = 0.05$)，由回归系数显著性分析可知，茶油、NaOH、JFC 及它们之间交互作用对降低纤维的动摩擦系数有显著作用。

此回归方程是非线性的，可用非线性规划寻优方法求出其最优解，用单纯形加速法，借助电子计算机求解。令目标函数：

$$S(J) = \hat{y} = 27.773 - 0.3914x_1 + 0.2142x_2 + 0.345x_1x_2 + 0.64x_1x_3 - 0.819x_1^2 - 0.3014x_2^2 - 0.8193x_3^2 = \min$$

解得： $S(J) = 24.41$ ， $x_1 = -0.26$ ， $x_2 = -0.36$ ， $x_3 = -2.12$ 。用同法可得静摩擦系数、平均卷曲率同乳化液各成分之间的回归方程。

平均卷曲率与乳化液成分关系回归方程：

$$\hat{y} = 0.010738 - 0.000281x_1 - 0.000389x_2 - 0.00838x_1x_2 + 0.0006x_1x_3 + 0.000313x_2x_3 + 0.000468x_1^2 + 0.000807x_2^2$$

当 $x_1 = -1$ ， $x_2 = -1$ ， $x_3 = -1$ 时， $\hat{y} = 0.0144 = \max$ 。

3. 中试及最优解确定

由分析可知，当 $x_1 = -1$ ， $x_2 = -1$ ， $x_3 = -1$ 时乳化液配方对降低纤维摩擦系数、提高纤维柔软度有明显效果，以此配方为基础进行中间试验，每个试样精干麻 120 千克（平均特数 0.64，单纤强力 0.23 牛），按正交设计进行乳化液配方，测得精干麻回潮率为 6.97%，每试样配 10 千克供用。15 个试样都经软麻（喷液）→堆仓→开松→梳麻→预并→精梳→并条→粗纱→细纱工序，纺 27.8 特纱时测试结果如下：

(1) 品质指标：试样 15 只，品质指标 1580

~1960, 平均 1740, 比原配方 1285 提高 35.4%。

据正交设计结构矩阵求得细纱品质指标与乳化液成分关系的回归方程:

$$\hat{y} = 1678 - 27.254x_1 - 69.27x_2 + 102.799x_3 + 25x_1x_2 - 50x_2x_3 + 138.812x_1^2 - 23.657x_2^2 - 30.426x_3^2$$

由方差分析, 此回归方程高度显著 ($\alpha = 0.01$), 说明油剂、浸透剂及其交互作用使纤维表面性能得到改善, 提高可纺性及成纱质量。

由计算机求得最优解: $S(J) = 1987$, $x_1 = -1$, $x_2 = -1$, $x_3 = 1$ 。

(2) 细纱毛羽: 用 YG171 毛羽测试仪对 15 个试样进行测试(试样长 100 米, 温度 20°C, R.H. 63%), 测得 3 毫米毛羽数为 1791~3087 个, 平均 2104 个; 5 毫米毛羽为 660~1047 个, 平均 824 个。

按三因子二次回归正交设计矩阵可得细纱毛羽数(≥ 5 毫米)同乳化液各成分之间关系回归方程:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 1198.96 + 38.66x_1 + 53x_2 - 15.11x_3 \\ & - 22.25x_1x_2 + 14.25x_1x_3 - 11.5x_2x_3 \\ & - 197.19x_1^2 - 275.72x_2^2 - 41.16x_3^2 \end{aligned}$$

由方差分析可知, 回归方程高度显著 ($F = 91.81$, $\alpha = 0.01$), 影响 5 毫米以上毛羽主要因素是 x_1^2 、 x_2^2 、 x_3^2 及交互项 x_1x_2 、 x_1x_3 、 x_2x_3 。

在织造过程中, 3 毫米以下毛羽可通过合适的上浆工艺使其贴伏, 故减少 5 毫米以上的毛羽是提高织造效率的关键之一。用最优化方法可求得 5 毫米以上毛羽数最少的配方, 用电子计算机解得: $S(J) = 588.84 = \min$, $x_1 = -1$, $x_2 = -1$, $x_3 = -1$ 。

与原配方比较, 用新配方 3 毫米毛羽数可降低 12.8%, 5 毫米以上毛羽可降低 12.3%。

(3) 确定满足细纱品质指标及毛羽要求的乳化液配方: 对 32.2~25 特苧麻纱, 当品质指标大于 1450 时, 即可达到上等纱标准, 因此在满足品质指标大于此值而又能使毛羽最少的乳化液配方最佳; 此时, $x_1 = -1$, $x_2 = -1$, $x_3 = -1$, $S = 588.84$ 根。品质指标按回归方程计算值为 1691, 故选此配方。用此方试验, 纺 27.8 特纱, 品质指标为 1630, 100 米长度中 5 毫米以上毛羽为 631 根, 与上述理论分析相符。

四、结 论

1. 苧麻纤维的可纺性能与软麻、给湿(油)用的乳化液配方有关, 用茶油代替煤油, 能提高纤维的可纺性, 使成纱质量提高。用新配方纺 27.8 特纱与老配方比较, 品质指标平均增加 35.4% (15 次中试平均), 3 毫米以上毛羽减少 12.8%, 5 毫米以上毛羽减少 12.3%。

2. 用二次回归正交设计结构矩阵, 可用最少的试验次数得到显著性高的回归方程, 在此基础上用最优化方法求得乳化液最优配方。

收稿日期: 1989 年 8 月 15 日。

参 考 资 料

- [1] 苧麻脱胶用油剂研究技术鉴定证书, 中国纺织大学, 1987, 9。
- [2] “最优设计理论与应用”, 辽宁人民出版社, 1981。