

棉纺加工中纤维长度分布变化研究

于伟东 李仁祥 于千锁

(中国纺织大学)

【摘要】 本文用 Peyer 公司的(PTS)测量原棉和棉纺各工序的纤维长度分布。用自编计算机软件, 对各原棉按实测混纺比进行理论混合, 求得该混合棉样的理论长度分布。并以此与清、钢、条、粗、细加工后试样的实测长度分布进行 χ^2 拟合优度检验, 来探讨各加工工序相对原分布的变化。

一、实验及方法

1. 试样: 取自上海九家棉纺织厂 10 种混棉方案试样, 包括 62 种原样试样和混棉加工后的棉卷、生条、熟条、粗纱、和未加捻的细纱条试样。其中原棉按 GB6097-85 取样, 其他采用跟踪取样获得。

2. 制样: ① 原棉和棉卷为散乱状纤维, 故根据 GB6097-85 规定先制成棉条, 然后用 PTS 的 FL-100 制成一端整齐的待测试样; ② 生条、熟条和粗、细纱可直接由 FL-100 制样待测。

3. 测量: 采用 PTS 测量, 由于 PTS 数据处理功能局限, 故长度分布数据输入计算机。

4. 分析方法: 采用 χ^2 检验各长度分布间的拟合程度^[5]。混合棉理论长度分布(原分布)的建立, 其与各工序实测分布间的关系, 以及各工序长度分布间的关系如图 1 所示。计算软件框图见图 2、3。首先实测某一混合棉的各原棉长度分布函数 $F_j(l_i)$, 然后按混纺比 α_j 进行理论混合,

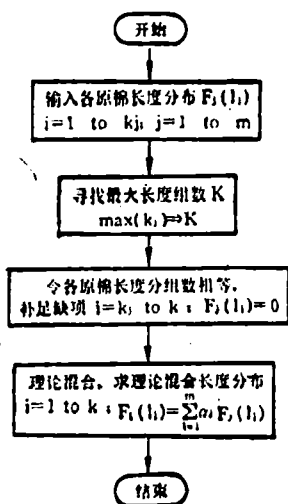


图 2 理论混合长度分布计算框图(混配软件)

得原分布:

$$F_i(l_i) = \sum_{j=1}^m \alpha_j F_j(l_i) \quad (1)$$

式中: m 为混合原棉个数; l_i 为某一组纤维长度; k 为长度组数; $F_j(l_i)$ 为 l_i 长

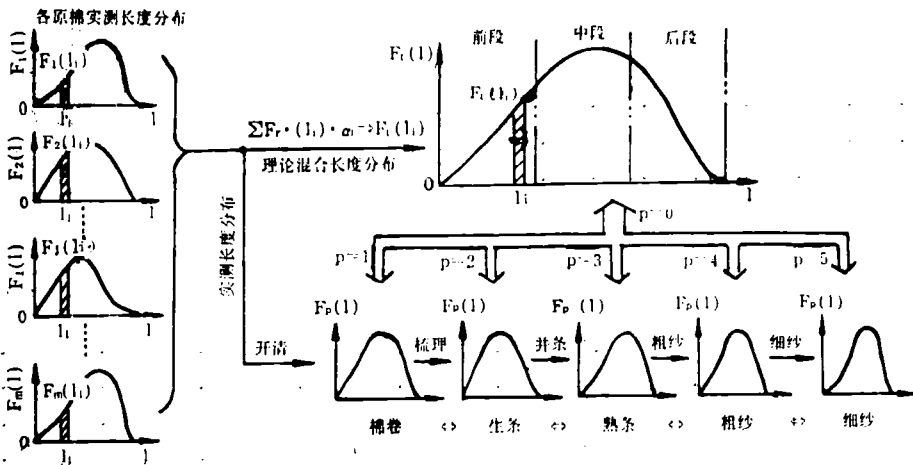


图 1 各长度分布和拟合检验相关图

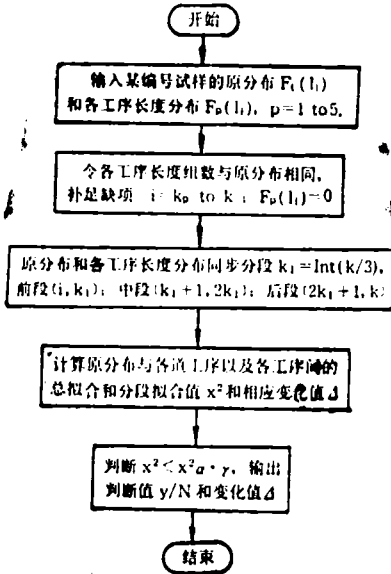


图 3 χ^2 拟合检验框图(检验软件)

度组的重量百分比(即 PTS 的 Barbe 长度分布函数)。其次将各工序实测长度分布与原分布以及各工序间的长度分布进行 χ^2 拟合对比和求出变化值 Δ 。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^y [F_p(l_i) - F_{p-1}(l_i)]^2 / F_{p-1}(l_i) \quad (2)$$

$$\Delta = \sum_{i=1}^y [F_p(l_i) - F_{p-1}(l_i)] \quad (3)$$

式中 $[x, y]$ 为分段或总拟合检验的区间值; p 为各工序, $F_0(l_i)$ 代表 $F_i(l_i)$ (见图 1、2)。拟

表 1 理论混合长度分布参数表

| 试样 | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B (mm) | 28.8 | 27.2 | 24.1 | 22.1 | 25.9 | 27.6 | 30.6 | 24.0 | 24.9 | 22.8 |
| CV _B (%) | 32.2 | 33.1 | 36.7 | 37.3 | 34.1 | 32.4 | 34.8 | 35.5 | 33.2 | 36.7 |
| R ₁₅ (%) | 17.1 | 17.0 | 21.4 | 22.8 | 16.2 | 14.3 | 10.1 | 19.4 | 17.3 | 19.8 |

表 2 清花棉卷与原分布拟合检验表

| 试 样 | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° |
|-----|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 整 体 | Y 0.92 | Y 1.53 | Y 0.96 | Y 1.49 | N 4.20 | Y 0.64 | N 4.06 | Y -0.11 | Y 0.81 | Y 0.63 |
| 前 段 | Y 0.85 | N 1.31 | N 1.07 | N 0.73 | N 1.10 | Y 0.67 | N 4.99 | Y -0.24 | Y 0.73 | N 0.79 |
| 中 段 | Y 0.11 | Y 0.36 | Y 0.07 | N 0.90 | N 2.74 | Y 0.05 | Y -0.15 | Y 0.17 | Y 0.60 | Y 0.21 |
| 后 段 | Y -0.04 | Y -0.14 | Y -0.18 | Y -0.14 | N 0.36 | Y -0.08 | N -0.78 | Y -0.04 | Y -0.52 | Y -0.37 |

注: Y 和 N 分别表示 χ^2 拟合检验接受与拒受, 后面数字为 Δ 值。

合与否按 $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha, \gamma}$ 确定, 显著性水平 $\alpha = 0.05$, 自由度 $\gamma = y - x$, 临界值 $\chi^2_{\alpha, \gamma}$ 查表定。

二、结果与讨论

此处给出 10 种原分布的 Barbe 长度 B 、变异系数 CV_B 和短绒率 $R_{15} \leq 15\text{mm}$ 的短纤维含量, 见表 1。

1. 棉卷的长度分布检验

经开清加工后棉纤维的长度分布有一定变化, 见表 2 与图 3。

从整体分布曲线拟合来看, 经开清后的棉花长度分布变化很小, 只是长度分布略微左移。这可从五个试样前段不拟合, 且 $\Delta > 0$ 得到证实, 此说明短绒有所增加。中、后段虽 $\Delta < 0$ 的较多, 但 $|\Delta|$ 很小说明拟合较好。显然长纤维虽有损伤变短, 但其量可忽略不计。故可推断, 除 7° 试样外, 开清工艺是合理的。7° 试样很明显前中段 $\Delta > 0$, 后段 $\Delta < 0$, 且不拟合, 反映此工艺和设备打击开松太剧烈, 对长纤维损伤太大。5° 试样有些异常, 各段 Δ 均正值, 意味中长纤维量增加。

2. 生条的长度分布检验

从表 3 可见, 生条中纤维的总体分布拟合已有变化, 且 χ^2 值接近临界值。说明生条的长度分布与棉卷已不相同。表中短纤维段大都不拟合, 且 $\Delta > 0$ 较多。分析原因, 我们认为生条中存在较多地折钩纤维所致。实测中条子直接用 FL-100 排样测量(见图 4)。当抽取纤维时, 握持在折叠处抽取(顺加工方向), 很难消去折钩; 而握持在头端处(逆加工方向)抽取, 就较易消除折钩纤维。进一步分析表明生条中纤维的折钩具有方向性。

表 3 生条与原分布和棉卷的拟合检验表

| 对比 | 试样 | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 9* | 10* |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 与原分布 | 整体 | N - 0.20 | Y 1.32 | N 1.37 | N 0.64 | N 1.01 | Y 0.28 | N 2.11 | Y 0.21 | N 0.51 | N 0.56 |
| | 前段 | N 2.75 | N 1.92 | N 3.88 | N 2.81 | N 3.28 | Y 0.88 | N 5.73 | Y 0.43 | N 2.51 | N 2.84 |
| | 中段 | Y 0.97 | Y 0.33 | Y 0.24 | Y 0.63 | Y 1.00 | Y 0.72 | N 1.48 | Y 0.65 | Y 1.07 | Y 0.33 |
| | 后段 | N - 3.92 | Y - 0.93 | N - 2.75 | N - 2.80 | N - 3.25 | N - 1.32 | N - 5.10 | Y - 0.87 | N - 3.07 | N - 2.61 |
| 与棉卷 | 整体 | N - 1.12 | Y - 0.21 | N 0.41 | N - 0.85 | N - 3.19 | N - 0.36 | N - 1.95 | Y 0.32 | N - 0.30 | N - 0.07 |
| | 前段 | N 1.90 | Y 0.61 | N 2.81 | N 2.08 | N 2.16 | Y 0.21 | Y 0.74 | N 0.67 | N 1.78 | N 2.05 |
| | 中段 | Y 0.86 | Y - 0.03 | Y 0.17 | Y - 0.27 | N - 1.74 | Y 0.67 | N 1.36 | Y 0.48 | Y 0.47 | Y 0.12 |
| | 后段 | N - 3.88 | Y - 0.79 | N - 2.57 | N - 2.66 | N - 3.61 | N - 1.24 | N - 4.32 | N - 0.83 | N - 2.55 | N - 2.24 |

表 4 熟条与原分布和生条的拟合分析表

| 对比 | 试样 | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 9* | 10* |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 与原分布 | 整体 | Y - 0.28 | N - 1.92 | N - 1.53 | Y 0.47 | N - 0.16 | Y - 0.23 | N 2.60 | Y 0.05 | N - 1.23 | N - 1.18 |
| | 前段 | N - 1.21 | N - 2.18 | N - 2.20 | N - 1.25 | Y - 0.92 | N - 1.44 | N 1.28 | N 1.87 | N - 1.76 | N - 1.62 |
| | 中段 | Y 1.10 | Y 0.89 | N 1.03 | N 1.83 | N 2.19 | N 1.35 | 1.77 | N - 0.94 | Y 1.17 | Y 0.97 |
| | 后段 | Y - 0.17 | Y - 0.63 | Y - 0.36 | Y - 0.11 | N - 1.43 | Y - 0.14 | Y - 0.45 | Y - 0.88 | Y - 0.64 | Y - 0.53 |
| 与生条 | 整体 | N - 0.08 | N - 3.24 | N - 2.90 | N - 0.17 | N - 1.17 | N - 0.51 | N 0.49 | N - 0.16 | N - 1.74 | N - 2.69 |
| | 前段 | N - 3.96 | N - 4.10 | N - 6.08 | N - 4.06 | N - 4.18 | N - 2.32 | N - 4.45 | N 1.44 | N - 4.27 | N - 4.46 |
| | 中段 | Y 0.13 | Y 0.56 | Y 0.79 | N 1.20 | N 1.19 | Y 0.63 | Y 0.29 | N - 1.59 | Y 0.10 | Y 0.64 |
| | 后段 | N 3.75 | Y 0.30 | N 2.39 | N 2.69 | N 1.82 | N 1.18 | N 4.65 | Y - 0.01 | N 2.43 | N 1.08 |

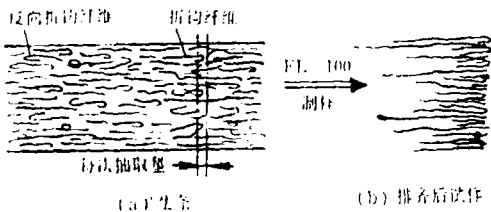


图 4 制并示意图

顺、逆加工方向的纤维重量加权长度 B 相差 2~4mm。为避免这种方向性，一般采用 U 字形条子喂入。显然这是一均值，其中有相当一部分折钩纤维未消除，而作为短纤维处理了。故生条出现前段拟合不良，短纤维增多。

3. 熟条的长度分布检验

熟条是经反复牵并条形成的，使纤维折钩现象大大减少。表 4 熟条与生条的拟合分析给出，短纤维段均不拟合，且含量减少 ($\Delta < 0$)，说明折钩纤维造成的短纤维偏多的现象得以消除，生条的短绒为：

$$R_{\text{生条}} = R_{\text{实际}} + R_{\text{折钩}} \quad (4)$$

其中： $R_{\text{实际}} = R_{\text{原棉}} + R_{\text{开清损伤}} + R_{\text{梳理损伤}} + R_{\text{开清去除}} - R_{\text{梳理去除}}$ ； $R_{\text{折钩}} = R_{\text{可去折钩}} + R_{\text{不可去折钩}}$ 。

经并条的 $R_{\text{熟条}} = R_{\text{实际}} + R_{\text{不可去折钩}} + R_{\text{并条损伤}}$ ， $R_{\text{可去折钩}}$ 项消失。熟条的正反向测量 Barbe 长度差异 ($< 1.8\text{mm}$) 减少，也说明这一点。而长纤维段 $\Delta < 0$ ，中段 $\Delta > 0$ 说明并条对长纤维有损伤。尤其是 7*、8* 试样， $|\Delta|$ 较大说明

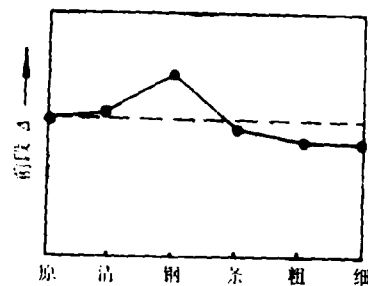


图 5 各道工序后短纤维变化趋势

牵伸工艺参数欠妥，对纤维损伤较大。另表 4 中熟条与原分布的拟合离散较大，尤其短纤维段，说明虽前道工序能去除短绒，但也有长度损伤，故短绒含量似乎减少不多 (见图 5)。

表 5 粗纱与原分布和熟条的拟合分析表

| 对比 | 试样 | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 9* | 10* |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 与原分布 | 整体 | N - 0.51 | N - 2.64 | N - 1.55 | N 1.22 | N - 0.07 | N - 0.40 | N 3.56 | N 1.75 | N - 0.74 | N - 0.56 |
| | 前段 | N - 1.97 | N - 2.54 | N - 2.76 | N - 1.46 | N - 1.79 | N - 1.78 | N 2.48 | N 3.71 | N - 2.23 | N - 1.49 |
| | 中段 | N 2.19 | Y 1.27 | N 1.94 | N 2.60 | N 3.22 | N 1.47 | N 2.05 | Y - .01 | N 2.01 | N 1.71 |
| | 后段 | Y - 0.73 | N - 1.37 | Y - 0.73 | Y 0.08 | N - 1.50 | Y - 0.09 | N 0.97 | N - 1.95 | Y - 0.52 | Y - 0.78 |
| 与熟条 | 整体 | Y - 0.23 | Y - 0.72 | Y - 0.02 | Y 0.75 | Y 0.09 | Y - 0.17 | Y 0.98 | N 1.70 | Y 0.49 | Y 0.62 |
| | 前段 | Y - 0.76 | Y - 0.36 | Y - 0.56 | Y - 0.21 | Y - 0.87 | Y - 0.34 | N 1.20 | N 1.84 | Y - 0.47 | Y 0.13 |
| | 中段 | N 1.09 | Y 0.38 | Y 0.91 | Y 0.77 | N 1.03 | Y 0.12 | Y 0.28 | Y 0.93 | Y 0.84 | Y 0.74 |
| | 后段 | Y - 0.56 | Y - 0.74 | Y - 0.37 | Y 0.19 | Y - 0.07 | Y 0.05 | Y - 0.52 | N - 1.07 | Y 0.12 | Y - 0.25 |

表 6 粗纱长度分布参数表

| 试样 | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 9* | 10* |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B (mm) | 28.1 | 28.5 | 28.9 | 25.2 | 26.3 | 29.6 | 31.8 | 26.6 | 27.4 | 26.0 |
| CV _B (%) | 29.4 | 28.6 | 29.0 | 31.5 | 29.7 | 29.4 | 31.6 | 33.1 | 28.5 | 29.3 |
| R ₁₅ (%) | 16.7 | 16.1 | 18.8 | 18.2 | 16.3 | 13.1 | 10.9 | 19.2 | 14.7 | 15.2 |

4. 粗纱的长度分布检验

我们将所得粗纱条折叠后(16根)同时喂入FL-100取样排齐,所测得的长度分布分别与原分布以及熟条对比,结果列于表5.总的来看,10个试样短纤含量变化不大,略呈下降趋势.同时正反向测量的Borbe长度差异亦略微变小,说明粗纱工艺对折钩有进一步消除.短、长纤维量的减少,长度分布相对集中离散减小.又短纤维减少量大于长纤维,故分布的重量加权长度有所增长(见表6).

5. 细纱的长度分布检验

从表7可见,短纤维和长纤维段均有对应

不拟合现象,且短纤维段 $\Delta > 0$ 较多.从表7 1*、2*、3*看出,长纤维明显减少,短纤维增加.我们将无捻细纱条按顺和逆加工方向喂入FL-100制样,发现B值差异增大,而长纤维的减少大都对应于短纤维的增加,说明细纱中纤维折钩有回升.此原因可能是牵伸区前罗拉握持纤维对浮游纤维的拖带作用和无捻细纱条难取原故.当然牵伸损伤也会有一定影响.表7给出了细纱与原分布和粗纱的拟合分析.

综上所述,当混配棉方案确定,若工艺和设备保持常态,纤维最终成纱的长度分布也就确定.而细纱中纤维长度分布已知,结合纤维的其他物理性质和纱线结构,纱线的质量也可预测.另一方面,如原分布已知,经过纺纱加工而未达最终细纱的预测长度分布,说明加工过程有问题,需改进.同理某一工序前后的长度分布比较,可发现该工序的问题而及时调整

表 7 细纱与原分布和粗纱的拟合分析

| 对比 | 试样 | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* | 8* | 9* | 10* |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 与原分布 | 整体 | N - 1.19 | N - 2.04 | N - 1.84 | N 1.19 | N 0.36 | N - 0.32 | N 4.04 | N 2.47 | N - 0.71 | N - 0.41 |
| | 前段 | Y - 0.80 | N - 1.21 | N - 1.81 | N - 1.54 | N - 1.82 | N - 1.90 | N 2.95 | N 4.65 | N - 2.38 | N - 1.59 |
| | 中段 | N 1.43 | N 1.68 | N 1.71 | N 2.77 | N 3.75 | N 1.63 | N 2.27 | Y 0.20 | N 1.91 | N 2.33 |
| | 后段 | N - 1.82 | N - 2.51 | N - 1.74 | Y - 0.04 | N - 1.57 | Y - 0.05 | N - 1.18 | N - 2.38 | Y - 0.24 | N - 1.15 |
| 与粗纱 | 整体 | Y - 0.68 | N 0.60 | Y - 0.29 | Y - 0.03 | Y 0.43 | Y 0.08 | Y 0.48 | Y 0.72 | Y 0.03 | Y 0.15 |
| | 前段 | N 1.17 | N 1.33 | N 0.95 | Y - 0.08 | Y 0.03 | Y - 0.12 | Y 0.47 | N 0.94 | Y - 0.15 | Y - 0.10 |
| | 中段 | Y - 0.76 | Y 0.41 | Y - 0.23 | Y 0.17 | Y 0.53 | Y 0.16 | Y 0.22 | Y 0.21 | Y - 0.10 | Y 0.62 |
| | 后段 | N - 1.09 | N - 1.14 | N - 1.01 | Y - 0.12 | Y - 0.07 | Y 0.04 | Y - 0.21 | Y - 0.43 | Y 0.28 | Y - 0.37 |

与处理。更进一步，各厂可对自身加工系统进行测试分析，定出各工序要求达到的长度分布状态和指标，并建立相应的长度分布数据库，便可进行超前预测，过程控制，使成纱质量提高，成本下降。

四、结 论

1. PTS 可快速准确地测量原棉和各工序中的棉样长度分布，用计算机处理这些数据，① 可将原棉进行任何比例和种数的混配，并给出混配后的纤维长度分布(混配软件)；② 可采取 χ^2 拟合优度法，检验各加工工序后长度分布与理论混配长度分布的差异以及各工序前与后的长度变化(检验软件)。从而了解各道

工序对纤维实际长度分布的影响，并以此控制生产调整工艺。

2. 纺纱加工中，工艺参数的确定，应以消除折钩现象、减少长度损伤和去除短绒为目的。而其依据来自于纤维长度分布的各段拟合分析，其标志是最终加捻前细纱长度分布右偏和离散减小。

3. 各长度分布的变化可直接根据 χ^2 拟合检验的接受与否来判定。而变化量的大小与增减可根据 Δ 值的大小和正负来定量分析。

参 考 资 料

- [1] 潘维栋,《纺织数理统计》,纺织工业出版社,1978。