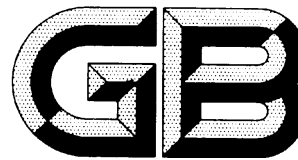


ICS 59.080.01

CCS W 04



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

纺织品 纤维定量分析 显微镜智能识别法

Textile-Fiber quantitative analysis-Intelligent identification method of microscope

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国纺织工业联合会提出。

本文件由全国纺织品标准化技术委员会（SAC/TC 209）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

纺织品 纤维定量分析 显微镜智能识别法

1 范围

本文件规定了采用显微镜智能识别法自动测定纺织品纤维含量的方法。
本文件适用于山羊绒、绵羊毛、其他特种动物纤维及其混纺的各类纺织品。
本文件适用于棉、麻（亚麻、苧麻、大麻、罗布麻）及其混纺的各类纺织品。
其他纵向截面形态特征有明显差异的混纺纤维可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6529 纺织品 调湿和试验用标准大气

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 40905.1 纺织品 山羊绒、绵羊毛、其他特种动物纤维及其混合物定量分析 第1部分：光学显微镜法

FZ/T 30003 纺织品 麻棉混纺产品定量分析方法 光学显微镜法

FZ/T 01057.3 纺织纤维鉴别试验方法 第3部分：显微镜法

3 术语和定义

3.1

显微镜智能识别法 Intelligent identification method of microscope

基于纤维纵向截面形态特征差异，通过人工智能视觉技术深度学习，分析采集纤维图像、自动识别纤维种类和测量纤维直径的定量方法。

4 原理

在光学显微镜上，通过载物台步进位移装置，摄像头自动对焦采集纤维纵向截面图像；对所采集纤维图像进行自动提取、识别、根数计数和直径测量，从而分析计算出样品中各种纤维的质量百分比。

5 仪器、工具及试剂

5.1 仪器

5.1.1 智能纤维分析仪

由光学数码显微镜（应包含摄像头组件、物镜、X-Y 轴电动载物台、Z 轴自动马达台、光学放

大成像系统), 计算机、显示器等配件组成, 具有专用扫描软件和分析软件的仪器, 应附带用于校准仪器放大倍数的测微标尺。

- a) 光学数码显微镜放大倍数至少为 300 倍、系统内置测微尺;
- b) 载物台步进位移装置, 能向相互垂直的两个方向自动移动载物台, 呈“弓”字形走位, 步进位移 X 轴约 600 μm 、Y 轴约 600 μm , 或其他步进位移值; 路径采图覆盖率应 \geq 70%;
- c) 自动聚焦摄像头, 能将视野中的纤维自动对焦、自动采集图像;
- d) 系统成像分辨率优于 1 μm /像素;
- e) 具有纤维自动分析软件, 具有能自动判别纤维类别、自动测量纤维直径及自动计算等功能;
- f) 系统可以自动存储电子分类纤维图像, 作为数字化留样, 其中包含已测纤维的种类标记和直径数据。
- g) 纤维图像文件可在系统软件中按视场顺序载入, 允许人工回看或人工复验; 可人工编辑识别数据, 并保存记录。

5.1.2 工具

5.1.2.1 哈氏切片器, 或具有相同功能的其他工具。

5.1.2.2 盖玻片: 长度 \times 宽度 \times 厚度约为: (22 \pm 1) mm \times (22 \pm 1) mm \times (170 \pm 5) μm , 或其他同等规格。

5.1.2.3 载玻片: (25 \pm 1) mm \times (76 \pm 1) mm, 或其他同等规格。

5.1.2.4 表面皿: 直径 (50 \pm 2) mm, 或其他同等规格。

5.1.2.5 恒温烘箱: 可控范围 (105 \pm 3) $^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2.6 分析天平: 精度 \geq 0.1mg

5.1.2.7 剪刀、镊子、刀片等。

5.1.3 试剂: 三级水: 符合GB/T 6682规定。

6 试样制备和调湿

6.1 试验样品的取样和制备按照 GB/T 40905.1 规定执行。

6.2 实验室样品应在GB/T 6529规定的标准大气中调湿至少4小时。

7 试验步骤

7.1 定性分析

纺织品定性分析按照FZ/T 01057.3规定执行。

7.2 定量分析

7.2.1 根据 7.1 纤维定性结果, 在智能纤维分析仪 (5.1.1) 界面上选择纤维测试类型。

7.2.2 将 6.1 制备的载玻片置于智能纤维分析仪 (5.1.1) 载物台上指定位置, 选取合适的测试起点。

7.2.3 开启智能纤维分析仪 (5.1.1), 呈“弓”字形走位, 相邻视野进行自动采集。

7.2.4 智能纤维分析仪 (5.1.1) 自动采集纤维图像, 保存每个视场的聚焦图片, 并自动完成纤维识别和直径测量工作。测量点必须位于自然形态下的纤维局部区域。每种纤维直径测量用的纤维根数不少于 300 根, 每个试样测量总根数不少于 1500 根。

注: 山羊绒、绵羊毛、其他特种动物纤维类纤维直径的测量参照 GB/T 40905.1 规定执行; 棉、麻 (亚麻、苧麻、大麻、罗布麻) 类纤维直径的测量参照 FZ/T 30003 规定执行。

7.2.5 测试完成后, 智能纤维分析仪 (5.1.1) 自动计算出每种纤维种类相应的质量百分含量、纤维平均直径、标准差、变异系数等数据。

7.2.6 平行样测试按照 7.2.1-7.2.5 进行。

注 1: 必要时, 测试完成后可调出测试过程中保存的各视场的电子分类纤维图像, 进行人工复验和纠正。在此过程中, 可以对仪器未自动识别的纤维进行人工识别和计数。能将计数结果自动添加到测定数据中, 并修正 9.1 或 9.2

或 9.3 的测试结果。

注 2：对于深色样品，为提升纤维识别准确率，建议参照 GB/T 40905.1 附录 B 进行脱色处理。

注 3：纤维测定应用与验证示例参见附录 B 和附录 C。

8 仪器（模型）校正

按附录 A 的要求对仪器（模型）定期校验核查。

9 试验结果计算和表示

9.1 羊绒、绵羊毛、其他特种动物纤维含量计算

9.1.1 某组分纤维的平均直径和标准差参照 GB/T 40905.1 公式，分别按式（1）和式（2）计算：

$$\bar{d}_i = \frac{\sum(A_i \times F_i)}{\sum F_i} \dots\dots\dots (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum F_i (A_i - \bar{d}_i)^2}{\sum F_i}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

\bar{d}_i ——试样中某组分纤维的平均直径，单位为微米(μm)；

A_i ——试样中某组分纤维的组中值，单位为微米(μm)；

F_i ——试样中某组分纤维测量的纤维根数；

S ——标准差，单位为微米(μm)。

9.1.2 试样中各纤维的质量百分比参照 GB/T 40905.1 公式，按式(3)计算：

$$w_i = \frac{N_i(D_i^2 + S_i^2)\rho_i}{\sum [N_i(D_i^2 + S_i^2)\rho_i]} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

式中：

w_i ——试样中某组分纤维质量百分比，%；

N_i ——试样中某组分纤维的根数；

S_i ——试样中某组分纤维直径的标准差，单位为微米(μm)；

D_i ——试样中某组分纤维平均直径，单位为微米(μm)；

ρ_i ——试样中某组分纤维的密度，单位为克每立方厘米(g/cm^3)。

9.2 棉麻含量计算

9.2.1 按 7.2.4 测量纤维直径平均直径，按类别进行分类后，分别计算纤维的平均直径，试样中各纤维的质量百分比参照 FZ/T 30003 公式，按公式（4）-式（9）计算：

$$X_1 = \frac{n_1 d_1^2 \rho_1}{n_1 d_1^2 \rho_1 + n_2 d_2^2 \rho_2} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

$$R = X_1 \dots\dots\dots (5)$$

$$H = 1.3402X_1 - 0.0034X_1^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$F = 1.3731X_1 - 0.0037X_1^2 \dots\dots\dots(7)$$

$$A = 1.1795X_1 - 0.0018X_1^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$X_2 = 100 - X \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

X_1 ——麻纤维的计算质量百分含量, %;

n_1 ——麻纤维的折算根数, 单位为根;

n_2 ——棉纤维的折算根数, 单位为根;

d_1 ——麻纤维的平均直径, 单位为微米 (μm);

d_2 ——棉纤维的平均直径, 单位为微米 (μm);

ρ_1 ——麻纤维的密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);

ρ_2 ——棉纤维的密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);

R ——苧麻纤维的质量百分含量, %;

H ——大麻纤维的质量百分含量, %;

F ——亚麻纤维的质量百分含量, %;

A ——罗布麻纤维的质量百分含量, %;

X_2 ——棉纤维的质量百分含量, %;

X ——麻纤维的质量百分含量 (苧麻 $X=R$, 大麻 $X=H$, 亚麻 $X=F$, 罗布麻 $X=A$), %。

9.3 机织物经纬纱纤维含量不同时纤维质量百分含量参照FZ/T 30003公式, 按照公式(10)计算:

$$P_i = \frac{(P_{iT} \times m_T + P_{iW} \times m_W)}{(m_T + m_W)} \times 100 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

P_i ——机织物中某组分纤维质量百分含量(净干含量), %;

P_{iT} ——某组分纤维在机织物经纱中的质量百分含量, %;

P_{iW} ——某组分纤维在机织物纬纱中的质量百分含量, %;

m_T ——机织物试样中经纱的干质量, 单位为克(g);

m_W ——机织物试样中纬纱的干质量, 单位为克(g)。

各种纤维的密度按照GB/T 40905.1附录D和FZ/T 30003附录D执行。

10 计算结果的表示

试验结果以两个平行样计算结果的平均值表示, 若两个平行样计算结果的差异大于3.0%时, 应测试第三个试样, 最终结果取三个试样计算结果的平均值。试验结果修约至一位小数。

11 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 本文件编号;
- b) 样品描述;
- c) 试验结果;
- d) 任何偏离本方法的细节;
- e) 试验日期。

附 录 A
(规范性)
仪器(模型)校验核查

- A.1 仪器(模型)应定期或在需要时(如刚进行维修或软件升级时)进行校验,以判断仪器的准确性和稳定性,一般采用实物标样或实验室比对质控样品对仪器(模型)进行校验。
- A.2 每次校验应选用涵盖所检测纤维种类的校验样品至少3个(每种纤维纯样和混纺样品),含量允差均应在 $\pm 3\%$ 以内;若偏差超出此范围,应对仪器进行调整或修正。
- A.3 校验方法按以下步骤执行。
- A.3.1 用标准刻线尺对仪器(模型)进行校验。
注:也可定期使用实物细度标样,对仪器(模型)进行校验。
- A.3.2 取实物标样或质控样作为试样,按第7章步骤测试。

附录 B

(资料性)

毛绒产品纤维含量测定应用与验证示例

B.1 样品收集

收集纯山羊绒，纯绵羊毛的不同颜色（覆盖所有色系）及不同处理工艺（原纤维，纱线，织物）近 2000 多个样品数据库进行 AI 建模，产地来源山羊绒、绵羊毛主产区：内蒙古，蒙古，伊朗、阿富汗，澳大利亚等。建模所用的训练集包含 300 万多张山羊绒显微镜图像，200 万多张绵羊毛显微镜图像，测试集包含 45 万多张显微镜纤维图像。

B.2 模型训练与验证

B.2.1 通过采集纯样数据，再由专家进行标注，80%数据集被划分为训练集，20%数据集被划分为测试集，互相之间无交集。

B.2.2 通过 80%数据集进行复合模型训练，模型满足要求后，将模型和对应的预处理方法用于实际应用测试中。

B.2.3 验证应用时，预先不获知测试样品的毛绒成分含量，通过 AI 算法获取其成分含量后，做人机对比统计和专家校验。

B.2.4 对于少部分差异较大的样品，重新制样进行测试，并由专家进行相同玻片和采集图片的校验，更正其标注含量，再重新计入统计结果内。

B.3 模型评估验收

为保证构建的模型有效且模型分类能力满足需求，模型评价指标应至少达到如下表 1 期望值：

表 1 模型评价指标要求

指标	准确率 (Accuracy)	查准率 (precision)	查全率 (recall)
需求值	≥ 93%	≥ 96.15%	≥ 96%

在二分类问题中，样本包括：正样本，负样本。当分类器预测结束，可以通过绘制出混淆矩阵，其中分类结果分为如下几种，见表 2：

表 2 混淆矩阵

混淆矩阵		预测值	
		正(毛)	负(绒)
真实值	正(毛)	TP	FN
	负(绒)	FP	TN

准确率 (accuracy) = $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$,

查准率 (precision) = $TP/(TP+FP)$,

查全率 (recall) = $TP/(TP+FN)$

B.4 AI 纤维定量分析验证试验

B.4.1 样品收集

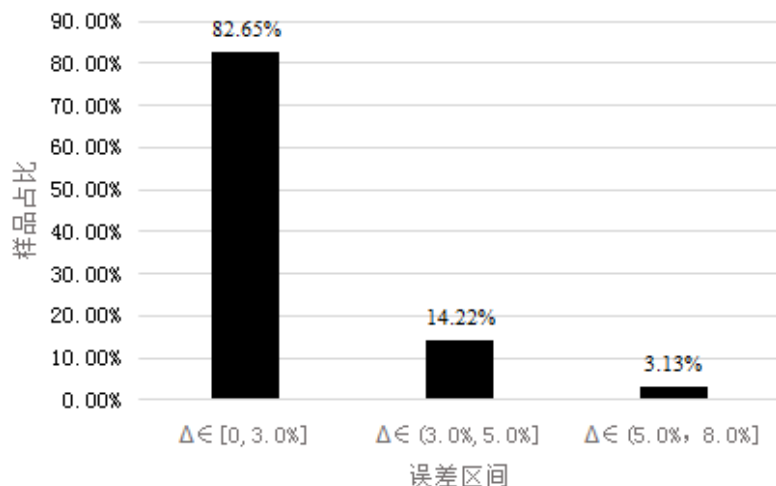
收集不同产地、不同类型、不同颜色、不同实验室的山羊绒/绵羊毛产品共计 1236 份，毛绒成分包含：纯羊绒，纯澳大利亚羊毛，纯土种绵羊毛、不同比例的混纺毛绒产品（包含部分脱色染色处理的毛绒产品）。

B.4.2 数据验证

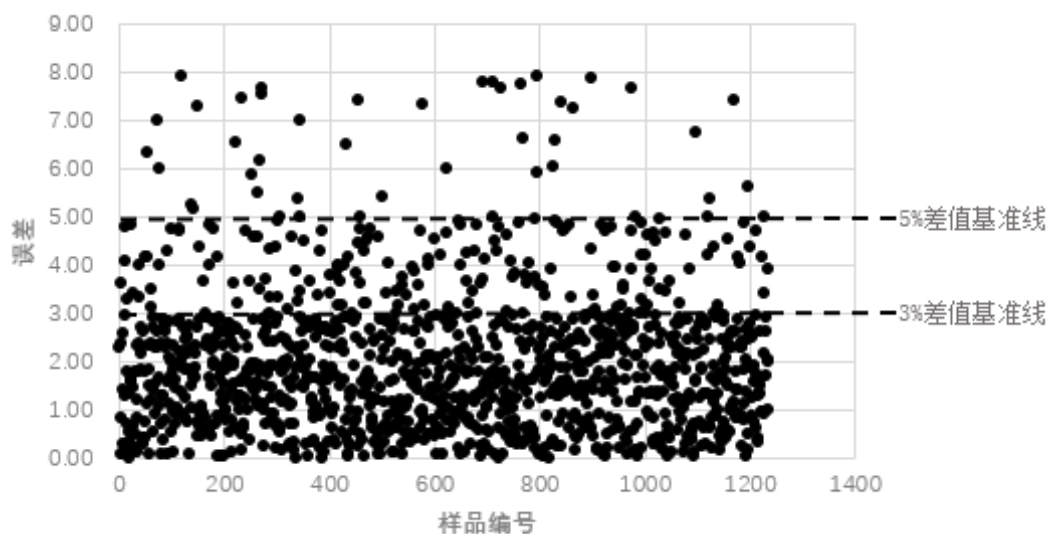
毛绒纤维定量测定的计算按照GB/T 40905.1执行。

在置信度95%的条件下，经统计分析1236份山羊绒、绵羊毛及混纺结果，并与显微镜法结果对比，共有1021份的人机偏差 $\leq 3\%$ ，占比82.65%；共有176份的人机偏差介于3%~5%，占比14.22%；共有39份的人机误差介于5%~8%，占比3.13%。

图B.2是“毛绒定量分析的人机差值柱状统计图”，图B.3是“毛绒定量分析的人机差值散点统计图”。



图B.2 毛绒定量分析的人机差值柱状统计图



图B.3 毛绒定量分析的人机差值散点统计图

综上，在1236份毛绒测试样品实验中，定量结果：浅中色的试样人机对比偏差 $\leq 3\%$ ，深色试样人机对比偏差为3%~5%，个别经脱色后再染色的试样(鳞片有损伤，模糊不清)人机对比偏差5%~8%，此类样品可列为不适用样本中。

附录 C

(资料性)

棉麻产品纤维含量测定应用与验证实例

C.1 样品收集

收集不同产地的纯纺棉、纯亚麻、纯苧麻以及纯大麻，其中纯样包括：纱线、散纤维、织物；另外进行了一定的人工配比样品，以及棉/亚麻混纺、棉/苧麻混纺、棉/大麻混纺样品。样品取图后由专家进行标注分类，共计约 900 余玻片，分类标注纤维数量约 60 万余纤维图像。模型所使用的训练集包含每一类各 15 万余纤维数据共 60 万余纤维图像，测试集包含 7 万余纤维图像。

C.2 模型训练和验证

C.2.1 通过采集纯纺样本数据，再由专家进行分类标注，90% 数据集被划分为训练集，10% 数据集被划分为测试集，互相之间无交集。（注该数据集为初期构建数据库时的比例，后期会进行大量测试验证，测试集会远大于训练集）

C.2.2 通过以人工分类纤维数据为基础，建立棉-亚麻、棉-苧麻、棉-大麻模型进行训练和测试，将模型和对应的预处理方法用于实际应用测试中。

C.2.3 部署应用时，预先不获知测试样品的棉麻成分含量，通过 AI 算法获取其成分含量后，做人机对比统计和专家校验。

C.2.4 对于少部分差异较大的样品，重新制样进行测试，并由专家进行相同玻片和采集图片的校验，更正其标注含量，再重新计入统计结果内，同时收集机器人工比对差异较大的样品，由人工专家进行分类，重新进一步迭代模型，完善模型优化系统。

C.3 模型的评估验收

为保证构建的模型有效且模型分类能力满足需求，模型评价指标应至少达到如下表 1 期望值：

表 1 模型评价指标要求

指标	准确率 (Accuracy)	查准率 (precision)	查全率 (recall)
需求值	≥ 97%	≥ 98.22%	≥ 98%

在二分类问题中，样本包括：正样本，负样本。当分类器预测结束，可以通过绘制出混淆矩阵 (confusion_matrix)，其中分类结果分为如下几种，见表 2：

表 2 混淆矩阵

混淆矩阵		预测值	
		正(棉)	负(麻)
真实值	正(棉)	TP	FN
	负(麻)	FP	TN

准确率 (accuracy) = $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$,

查准率 (precision) = $TP/(TP+FP)$,

查全率 (recall) = $TP/(TP+FN)$

C.4 AI 纤维定量分析验证试验

C.4.1 样品收集

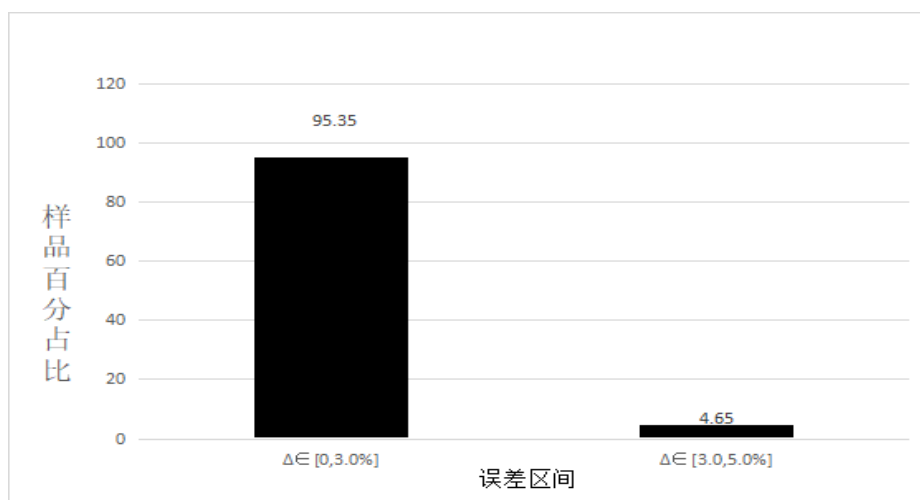
收集不同产地，经过2名或以上行业专家复验的棉麻样品不少于775份，棉麻成分包含：纯棉、纯亚麻、纯苧麻、棉/亚麻、棉/苧麻，包含1、纯样：纱线、散沙线、织物；2、人工配比样品；3、混纺样品。

C.4.2 数据验证

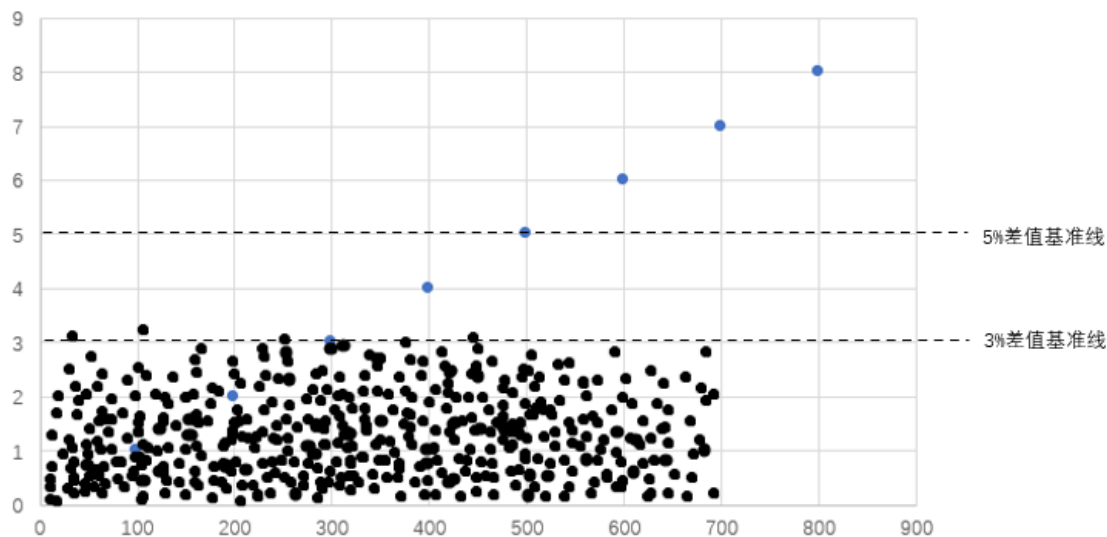
棉麻纤维定量测定的计算按照FZ-T 30003执行。

在置信度95%的条件下，经统计分析706份棉、亚麻及混纺结果，并与显微镜法结果对比，共有673份的人机偏差 $\leq 3\%$ ，占比95.35%；共有33份的人机偏差介于3%~5%，占比4.65%。偏差范围：1.26-3.16。

图C.1是“棉亚麻定量分析的人机差值柱状统计图”、图C.2是“棉亚麻定量分析的人机差值散点统计图”。



图C.1 棉亚麻定量分析的人机差值柱状统计图



图C.2 棉亚麻定量分析的人机差值散点统计图

综上，在706份棉麻试样品实验中，定量结果：试样中有673份的人机偏差 $\leq 3\%$ ，占比95.35%；试样中有33份的人机偏差介于3%~5%，占比4.65%，偏差范围：1.26-3.16。

