

青岛纺织工程与管理

Qingdao Textile Engineering and Administration

2015 年第二期 (总第 74 期)

青岛市纺织工程学会 主办

锦桥纺织网 协办

qtlei@sina.com

本期目录

木棉纤维与棉纤维结构性能的比较.....	2
棉纺织企业空调系统节能降耗措施浅析	8
细绒棉 HVI 测试数据不确定度分析	19
基础知识.....	26
征文通知.....	30

木棉纤维与棉纤维结构性能的比较

曹秋玲 王琳(河南工程学院)

摘要： 研究木棉纤维的结构与性能 测试了木棉纤维的长度、线密度、外观形貌、红外光谱、x 射线衍射图及拉伸性能，并与棉纤维进行对比分析。结果表明：木棉纤维长度在 20 mm 左右，线密度约 0.68 dtex，投影宽度接近细绒棉，无天然转曲，中空度达 90%；木棉纤维中存在有禾质素；木棉纤维与棉纤维同属于纤维素 I 晶型，结晶度为 46.4%；其强力与断裂伸长率明显小于棉纤维。

关键词： 木棉纤维；棉纤维；外观形貌；木质素；结晶度；拉伸性能

木棉纤维是取自部分木棉科植物的果实纤维。木棉纤维的主要产地为热带美洲和东南亚地区。我国的木棉纤维主要来自于木棉属的木棉种，别名攀枝花，有着悠久的纺织应用历史。近年来，我国云南、海南等省引种了大量吉贝属吉贝种的木棉，其在填充材料、服用面料开发中均有应用。本文对来自海南的木棉属木棉纤维与来自印尼的吉贝属木棉纤维进行结构与性能测试，并与棉纤维进行对比分析。

1 试验

选取木棉属木棉、吉贝属木棉、金塔草棉和 TM-1 陆地棉若干，手扯法测量纤维长度，中段称重测纤维线密度，在显微镜下观测纤维投影宽度与转曲数。

在双目显微镜下观测木棉属木棉与吉贝属木棉纤维的横、纵截面。采用 JSM-5600LV 型扫描电镜观察木棉属木棉纤维与草棉纤维的形貌。

采用 Nicolet 5700 型红外光谱仪分析木棉纤维的化学成分，分辨率 4 cm^{-1} ，扫描次数 64 次。

采用 D / max-2550PC 型 x 射线衍射仪对木棉纤维与棉纤维进行测试。测试条件：CuK α 靶 ($\lambda=1.54056 \text{ \AA}$)，电压 40 kV，电流 300 mA，扫描速度 $10^\circ / \text{min}$ 。在 x 光衍射仪上收取 $2\theta=7^\circ \sim 50^\circ$ 赤道衍射谱，确定背景散射和非晶峰，利用 Peakfit 分峰软件进行高斯函数拟合分峰处理，并且计算出结晶度。

分别选取木棉属木棉纤维、吉贝属木棉纤维和草棉纤维各 100 根。在 YG001N 型纤维强伸测试仪上分别对试样进行拉伸试验，夹距 10 mm，拉伸速度 10 mm / min，预张力 0.1 cN。

2 结果与分析

2.1 纤维的长度、线密度、投影宽度与转曲

实测纤维的长度、线密度、投影宽度与转曲数见表 1

表 1 不同纤维的长度、线密度、投影宽度与转曲

纤维种类	长度 /mm	线密度 /dtex	投影宽度 / μm	转曲 /次· cm^{-1}
木棉属木棉纤维	19.5	0.670	16.4	0
吉贝属木棉纤维	20.3	0.683	17.8	0
草棉纤维	18.7	2.300	21.4	59
细绒棉纤维	28.9	1.600	17.3	77

从表 1 可看出，两种木棉纤维的长度在 20 mm 左右，远短于现代棉纺常用细绒棉的长度，接近于古代我同两北地区应用的草棉纤维的长度；木棉纤维线密度大约 0.68 dtex，远较棉纤维小；木棉纤维投影宽度大约 17 μm ，接近细绒棉的投影宽度；木棉纤维不具有棉纤维的天然转曲，纤维抱合性差，可纺性较差。

2. 2 纤维的形貌

木棉属木棉与吉贝属木棉纤维的横、纵截面见图 1 和图 2。木棉属木棉纤维与草棉纤维的形貌见图 3 和图 4。

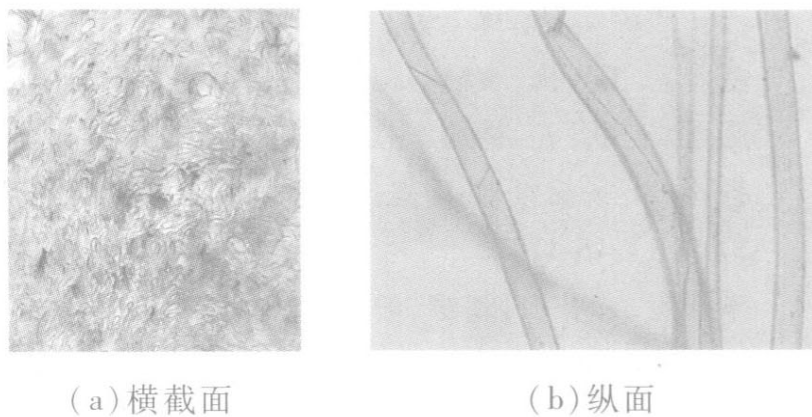


图 1 木棉属木棉纤维形貌

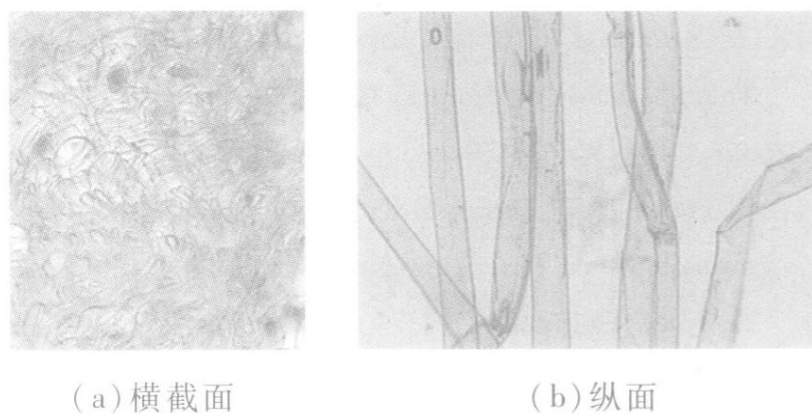


图 2 吉贝属木棉纤维横形貌

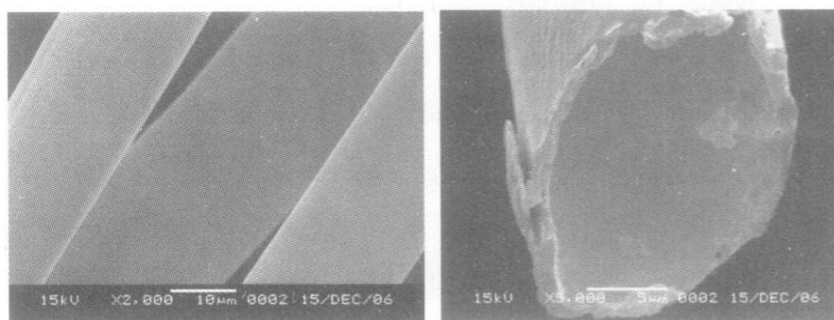
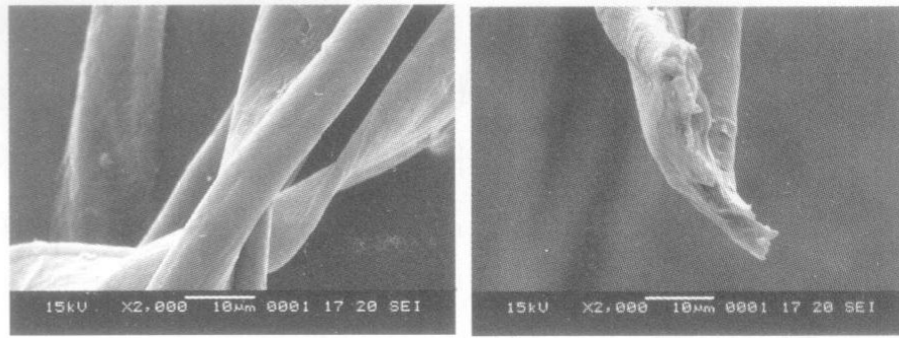


图 3 木棉属木棉纤维形貌



(a) 纵面($\times 2\ 000$) (b) 横截面($\times 2\ 000$)

图 4 草棉纤维形貌

从显微镜切片制作中可以看到，木棉纤维比较容易压扁和弯折，被压扁的纤维呈扁带状，弯折处有明显折痕。扫描电镜观察木棉纤维没有棉纤维的天然转曲和腰圆形截面特征。木棉纤维外壁光滑，其胞壁厚度在 $1\mu\text{m}$ 左右，但并不均匀，中腔直径约 $15\mu\text{m}$ ，中空度高达 90%，充满空气，目前化学纤维的中空度最高可达 40%，所以木棉纤维是中空度最高的中空纤维，具有极轻的体积质量和较好的保暖性。

2.3 纤维的红外光谱分析

木棉纤维与棉纤维的红外光谱图见图 5。

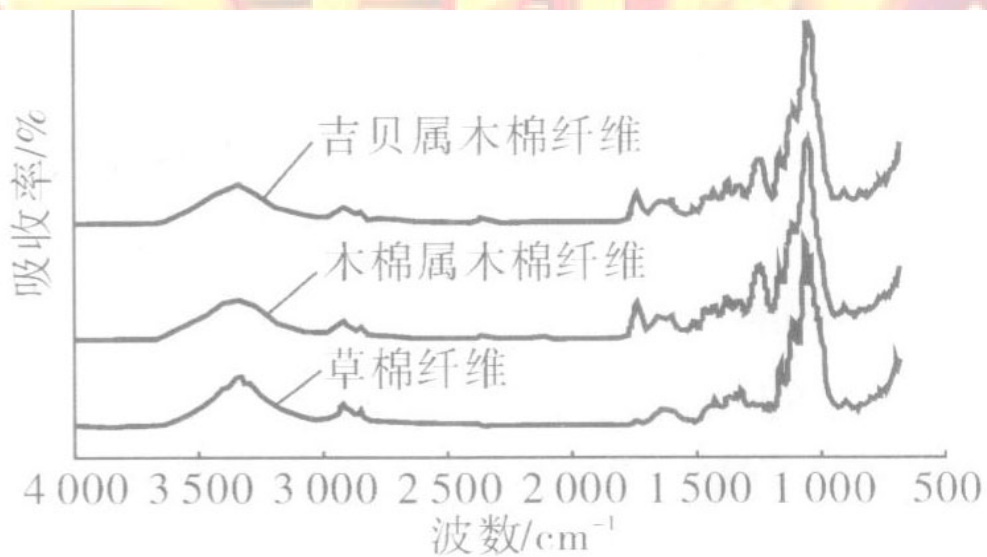


图 5 木棉纤维与棉纤维的红外光谱图

从图 5 看出，木棉纤维与棉纤维谱图相似，均显纤维素的谱图特征：木棉纤维与棉纤维在 $3\ 200\text{cm}^{-1}\sim 3\ 400\ \text{cm}^{-1}$ 均出现宽而强的吸收峰，归属于—OH 伸展振动，这是纤维素纤维的特征吸收峰，由于纤维素分子结构上存在的 3 种—OH 所处环境不同，而且分子间氢键强，—OH 峰向低波数位移，使吸收峰较宽。在 $2\ 895\text{cm}^{-1}$ 出现 C—H 的伸缩振动吸收； $2\ 849\text{cm}^{-1}$ 出现了一CH₂ 对称伸缩振动； $1\ 630\ \text{cm}^{-1}$ 因纤维素吸收水分产生 H—O—H 吸收带 $1\ 357\ \text{cm}^{-1}$ 出现 c—H 弯曲振动； $1\ 335\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 314\ \text{cm}^{-1}$ 分别出现 O—H 面内弯曲振动和 CH₂ 摇摆变形； $1\ 160\ \text{cm}^{-1}$ 出现 C—OH 基团的 C—O 伸缩振动或 O—H 弯曲振动； $1\ 100\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收峰，归因于含有 C—O 骨架伸展振动上的氢键效应； $895\ \text{cm}^{-1}$ 的一个红外光谱光带是—D—葡萄糖的特性表现。

木棉属木棉与吉贝属木棉纤维谱图又区别于棉纤维谱图。木棉纤维的主要成分为 63.5% 的纤维素、13% 小质素和其他物质，木棉纤维在 $1\ 740\ \text{cm}^{-1}$ 有吸收峰，为非共轭酮基和羧基中羰基的伸展振动，在 $1\ 510\ \text{cm}^{-1}$ 是芳环振动， $1\ 240\text{cm}^{-1}$ 表示酚羟基的存在，以上是木质素的特征吸收峰，说明了木质素的存在。

2.4 纤维的 X 射线衍射分析

图 6 为木棉属木棉纤维与棉纤维的 x 射线衍射图像。

从图 6 可看出，木棉纤维和棉纤维在 $2\ \theta$ 角 22.0° 和 22.6° 处分别出现结晶峰，面间距分别为 $4.08\ \text{\AA}$ 和 $3.93\ \text{\AA}$ 。在 x 衍射中，面间距反映了晶胞形状和大小，由此可知，木棉纤维与棉纤维的晶胞具有相同形状，其晶型同属于纤维素 I 晶型。棉纤维的结晶峰强度明显高于木棉纤维，计算得到木棉纤维的结晶度为 46.4%，远远低于棉纤维的 70.3%。木棉纤维的晶区取向指数为 82.4%，高于棉纤维的 72.4%，需要指出的是这里的取向指数反映的是晶区取向，不同于萨那蒙补偿法测得的综合取向。有文献报道，采用萨那蒙补偿法

测得木棉纤维双折射率为 0.017，棉纤维双折射率为 0.040，木棉纤维其微细结构原纤取向排列程度低于棉纤维。木棉纤维相对于棉纤维有更多的无定形区，有利于水分子等的进入，一旦发生吸湿和浸润，其保水能力也要高于棉纤维。

2.5 纤维的强伸性能

木棉纤维与棉纤维的强力与伸长率见表 2。

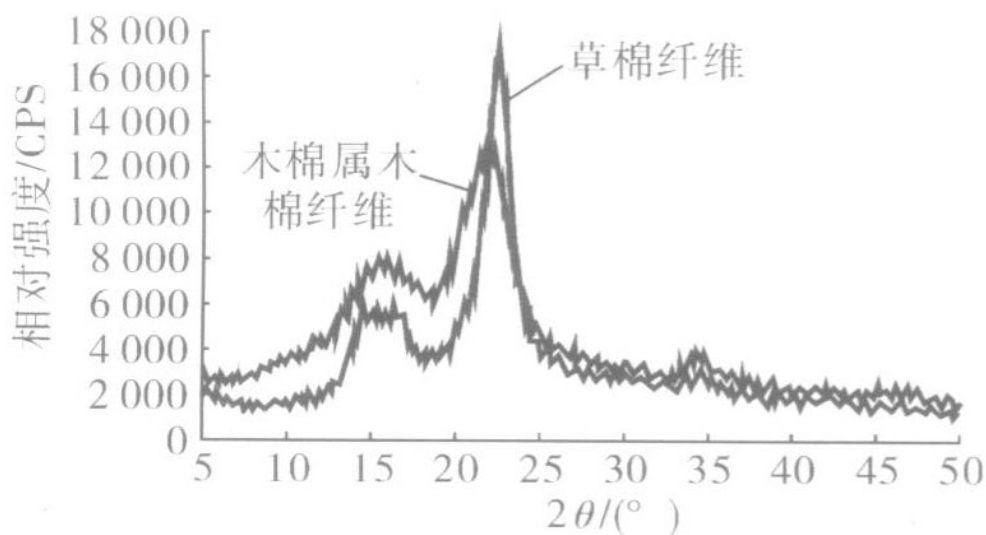


图 6 X 射线衍射图像

木棉纤维的断裂强力与断裂伸长率明显小于棉纤维，这与木棉纤维胞壁很薄、原纤取向较差、结晶度较低有关。

3 结论

木棉纤维是取自部分木棉科植物的果实纤维。木棉纤维长度远短于细绒棉纤维的长度，接近于草棉纤维的长度，木棉纤维线密度远较棉纤维小，投影宽度接近细绒棉，木棉纤维不具有棉纤维的天然转曲，可纺性较差。由于木棉纤维与棉纤维均属纤维素纤维，二者红外光谱图特征相似，木棉纤维中存在有木质素。木棉纤维与棉纤维同属于纤维素 I 晶型，木棉纤维的结晶度为 46.4%，远远低于棉纤维的 70.3%。由于木棉纤维胞壁很薄、原纤取向较差、结晶度较低，纤维的断裂强力与断裂伸长率明显小于棉纤维。

棉纺织企业空调系统节能降耗措施浅析

王学元（兖矿集团如丝纺织有限公司）

摘要：通过对空调系统设计参数计算过程的分析，指出棉纺织企业空调系统在负荷确定、设备选择、供水和送风调节方式等方面存在节能降耗的巨大潜力，提出了减小空调系统能耗，提高能源利用效率的具体措施。

关键词：空调系统；节能降耗；变频；焓值；含湿量

1 棉纺织企业研究空调系统节能降耗的目的和意义

加强节能降耗工作，是转变经济增长方式的重要任务，是降低生产成本、提高经济效益的有效途径，也是提高企业市场竞争力的重要举措。在棉纺织企业中，空调系统的耗能约占全部生产能耗 15 %，大多数棉纺织企业的空调系统存在“大马拉小车”、使用管理不当等造成能源浪费的现象，空调系统节能降耗有较大的潜力可挖，因此，加强空调系统的节能降耗措施的研究，对棉纺织企业的节能降耗工作具有很强的现实意义。

2 棉纺织企业空调系统节能降耗的潜力分析

2.1 棉纺织企业空调系统在参数设计和设备选型时留有较大的余量，造成使用过程中能源浪费。

2.1.1 在设计过程中，空调系统负荷的确定时留有较大的余量，具有节能降耗潜力

空调系统负荷的设计是选择空调设备的主要依据，所以正确地计算棉纺织企业空调系统的负荷，对整个空调系统的设计十分重要。棉纺织企业空调系统的负荷主要包括车间设备散热、人员散热、照明散热和厂房结构传热等。在棉

纺织工程设计中，不论是计算设备产生的热能、人员产生的热能、照明设施的散热还是厂房结构的传热，计算方法均是取其最大值，然后将各因素负荷的最大值进行叠加，然后乘以一定的安全系数，以此作为空调系统的设计负荷，并以此决定风机和水泵等设备的选型。但在实际生产过程中，空调系统的负荷随室外气象条件、设备开台面、产品结构、车间人员数量等因素的变化而变化，一年春夏秋冬四季中负荷有很大的不同，波动很大，各个因素出现峰值负荷的时间很短，而各个因素同时出现峰值负荷的几率极低。因此，空调系统大多数情况下是在负荷不足的状态下运行，造成能源的大量浪费。

2.1.2 空调水泵流量和扬程的参数设计和设备选型时留有较大的余量，具有节能降耗潜力

在设计过程中，空调水泵的流量是按企业中空调系统的最大设计负荷选定的，扬程是按系统最不利环路沿程阻力和局部阻力之和确定的。棉纺织企业的空调工程因系统管路复杂，工程设计的阻力计算往往只是粗略估算，一般都考虑了较高的安全系数，水泵扬程选择往往偏大。而空调水泵在实际运行过程中，系统的供水负荷大部分时间达不到水泵的额定流量，正常条件下空调管路系统的阻力也远低于水泵的额定扬程，造成“大马拉小车”的现象，为控制水泵的实际流量，使之与空调系统的实际用水量相匹配，企业一般采用关小阀门，减小管道内水流量的办法来调节，根据管道特性曲线公式：

$$H = SQ^2$$

式中：H：为管道系统的压力损失（Pa）；

Q：为流量（ m^3 / s ）；

S：为综合阻力系数，与管路的沿程阻力和局部阻力有关。

当水泵的实际流量为额定流量的一半时，管道系统的压力损失会达到设计

压力损失的 4 倍！因此，由于参数设计和设备选型原因造成空调水泵的低效运行，能量的浪费现象是惊人的。

2.1.3 空调送风风机送风量和风压的参数设计和设备选型时留有较大的余量，具有节能降耗潜力

在设计过程中，空调风机的送风量是按企业一年中空调系统的最大调节风量来选定的，风机的风压由最大送风量时风道最远端沿程阻力和局部阻力之和确定的。因一年中空调系统所需的送风量变化较大，棉纺织企业的空调系统虽然一般采用双速风机来调节送风量，但双速风机仍然无法根据车间调节风量的实际需要进行无级调节，因此空调风机极大部分时间是在负荷不足的情况下工作的，风机能耗的浪费现象也是显而易见的。

2.2 棉纺织企业空调系统的不合理使用是造成能源浪费的重要因素

棉纺企业在使用空调系统时，经常存在着管理和调节方式不合理的现象，造成了能源的浪费，主要表现在以下几个方面：

(1) 盲目追求空调效果，车间的温湿度控制线设定过严，造成空调系统的负荷较高。

(2) 不参考室内外空气参数的实际情况，仅凭经验选择空调系统的运行方式。

(3) 不经过准确测算，仅凭感觉使用新、回风或分配新、回风使用比例。

(4) 车间保温保湿措施不良，门窗关闭不严，车间内外的空气流动性较大。

(5) 新、回风网窗清洁不及时，网眼堵塞严重。

(6) 通过调节阀门和风门的方式来调节供水量和送风量。

3 棉纺织企业空调系统节能降耗的措施及应用

3.1 通过变频改造，用变频调速的调节方式，消除空调系统因参数设计余

量较大造成的低负荷运行的浪费现象

3.1.1 变频调速的工作及节能原理

由电机转速的数学公式可知，电机的实际转速，主要取决于电机定子的旋转磁场的转速 n_1 ($n_1 = t * f / p$ ，式中： n_1 为电机定子的旋转磁场的转速， t 为时间常数， P 为电机的极对数， f 为供电电源频率)。对一个绕制好的电机，其旋转磁场转速完全取决供电频率， n_1 正比电源频率 f ，电机的定、转子之间基于磁场感应和机械惯性传动，转子的转速和定子旋转磁场的转速仅存在一个转差率 S ，因此电机的转速 n_2 [$n_2 = t * f(1-s) / p$] 也正比于供电电源的频率。变频调速就是通过变频器来调节供给电动机电源的频率来控制电动机转速的，电动机变频时调速时，转速的变化对电机的转矩影响较小，因而可以使电机在较低的速度下完成传动任务，这种纯电气调速通过改变电动机的机械特性来获得不同的转速，不需原机械设备做任何调整，因此，变频改造对保持原有机械性能、节能降耗大有好处。

3.1.2 风机变频调速节能效果分析

通过变频改造，风机可以实现无级变速调节，在实际运行中，根据空调系统的实需调节风量，计算风机速度进行调节。由流体力学可知，风机的风量与转速一次方成正比，压力 H 与转速的平方成正比，风机的输出功率与转速的立方成正比。由此可知，若转速下降 20%，则功率下降到 51.2%；若转速下降 50%，则轴功率下降到 12.5%，因此，风机通过变频来调速节电效果是非常可观的。

3.1.3 水泵变频调速节能效果分析

水泵供水负荷是根据车间内外空气参数的变化而变化的，是非线性负荷，通过变频调速控制，可以使水泵电机的负载曲线与空调主机的负载曲线相协调，可以根据实际需要调节供水量，避免通过闸阀来限制出水量的现象，从而达到

节约用水和降低能耗的目的。经测算，在同等工艺条件下，采用变频调速控制供水量比采用调节阀控制供水量,节电率可达到 60.3%。

3.2 根据气候变化，及时、合理地调节空调系统的工作状态

空调系统的工作状态不同，耗能情况也具有很大的差异，因此根据气候变化，及时、合理地调节空调系统的工作状态，设置适宜的车间温湿度控制线和空调系统送风参数，在满足车间换风次数基本要求、保证员工健康安全的生产环境、符合生产工艺基本条件的前提下，尽可能地降低空调系统的送风量和用水量，是降低空调系统能耗的重要措施之一。具体可分为以下五种情况：

3.2.1 减焓去湿的调节方法

3.2.1.1 适用条件

适用于气候湿热，高温高湿，室外空气焓值高于车间空气焓值的天气。

3.2.1.2 车间内外空气状态对比

室外空气的温度大于车间空气的温度，室外空气的绝对湿度大于车间空气的绝对湿度。

3.2.1.3 空调系统的调节目标

降低车间空气的温度，减小车间空气的湿度。

3.2.1.4 设定车间温湿度控制线时应掌握的原则

在符合生产工艺基本条件的前提下，干球温度偏高掌握、相对湿度偏高掌握，以降低空调系统的能耗。

例如：在夏季，车间温湿度要求：温度 t ：30℃-32℃，湿度 ϕ ：55%-65%。

温湿度控制方案一：将车间温湿度控制线设置为 $t=30^{\circ}\text{C}$ ， $\phi=60\%$ ，查空气焓湿图可知，空气焓值 $i=71\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=16\text{g/kg}$ ；

温湿度控制方案二：将车间温湿度控制线设置为 $t=32^{\circ}\text{C}$ ， $\phi=65\%$ ，查空气

焓湿图可知，空气焓值 $i=82.5\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=19.7\text{g/kg}$ ；

方案二比方案一每千克空气可节约空调系统制冷量： $82.5\text{kJ/kg}-71\text{kJ/kg}=11.5\text{kJ/kg}$ ，空调系统降温负荷的降低比率为： $11.5\text{kJ/kg} \div 71\text{kJ/kg} \times 100\%=16.2\%$ ；

方案二比方案一每千克空气可节约空调系统给湿量： $19.7\text{g/kg}-16\text{g/kg}=3.7\text{g/kg}$ ，空调系统降湿负荷的降低比率为： $3.7\text{g/kg} \div 16\text{g/kg} \times 100\%=23\%$ 。

3.2.1.5 空调系统送风参数的要求

空调送风的绝对含湿量要尽可能小，温度要尽可能低，以加快空气的湿热交换速度，减少空调送风量，提高空调效果，降低能耗。

3.2.1.6 降低空调系统能耗的具体工作措施

(1) 因为车间回风的焓值低于室外新风的焓值，在满足车间换风次数基本要求的前提下，最大限度地使用车间回风，以降低空调系统处理空气时的负荷。

例如：室外空气参数为： $t=34^\circ\text{C}$ ， $\phi=75\%$ ，查空气焓湿图可知，空气焓值 $i=99.5\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=25.5\text{g/kg}$ ；

车间内空气参数为： $t=32^\circ\text{C}$ ， $\phi=65\%$ ，查空气焓湿图可知，空气焓值 $i=82.5\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=19.7\text{g/kg}$ ；

空调系统的送风参数为： $t=25^\circ\text{C}$ ， $\phi=95\%$ ，查空气焓湿图可知，空气焓值 $i=73.6\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=19\text{g/kg}$ ；

如果全部使用新风进行空气调节，那么处理每千克空气空调系统的制冷负荷为： $99.5\text{kJ/kg}-73.6\text{kJ/kg}=25.9\text{kJ/kg}$ ；处理每千克空气空调系统的减湿负荷为： $25.5\text{g/kg}-d=19\text{g/kg}=6.5\text{g/kg}$ 。

而使用 80%的车间回风和 20%的新风混合进行空气调节，经计算，混合空

气的参数为： $t=32.4^{\circ}\text{C}$ ， $\phi=67\%$ ，查空气焓湿图可知，空气焓值 $i=85.9\text{kJ/kg}$ ，空气的含湿量 $d=20.86\text{g/kg}$ ；那么处理每千克空气空调系统的制冷负荷为： $85.9\text{kJ/kg}-73.6\text{kJ/kg}=12.3\text{kJ/kg}$ ；处理每千克空气空调系统的减湿负荷为： $20.86\text{g/kg}-19\text{g/kg}=1.86\text{g/kg}$ 。

从上面的计算可知，采用 80%的回风比全部采用新风空调系统的制冷负荷可以降低 $25.9\text{kJ/kg}-12.3\text{kJ/kg}=13.6\text{kJ/kg}$ ，降低比率为： $13.6\text{kJ/kg}\div 25.9\text{kJ/kg}\times 100\%=52.5\%$ ；减湿负荷可以降低 $6.5\text{g/kg}-1.86\text{g/kg}=4.64\text{g/kg}$ ，降低比率为： $4.64\text{g/kg}\div 6.5\text{g/kg}\times 100\%=71.4\%$

(2) 关闭喷雾风机的供水系统，以降低空调送风的含湿量和节约用水。

(3) 细纱车尾散热排风系统排出的湿热空气全部排放到室外，以降低空调系统减焓去湿的负荷，节约能耗。

(4) 使用低于露点温度的冷水处理空气，必要时在喷淋水池中加放冰块降低水温。

3.2.2 增焓加湿的调节方法

3.2.2.1 适用条件

适用于气候干冷，低温低湿，室外空气焓值小于车间空气焓值的天气。

3.2.2.2 车间内外空气状态对比

室外空气的温度低于车间空气的温度，室外空气的绝对湿度小于车间空气的绝对湿度。

3.2.2.3 空调系统的调节目标

增加车间空气的湿度，稳定或提高车间空气的温度。

3.2.2.4 设定车间温湿度控制线时应掌握的原则

在符合生产工艺基本条件的前提下，干球温度偏低掌握、相对湿度偏低掌

握，以降低空调系统的能耗（举例计算略）。

3.2.2.5 空调系统送风参数的要求

空调送风的绝对含湿量要尽可能大，温度要尽可能高，以加快空气的湿热交换速度，减少空调送风量，提高空调效果，降低能耗。

3.2.2.6 降低空调系统能耗的具体工作措施

(1) 因为车间回风的焓值高于室外新风的焓值，在满足车间换风次数基本要求的前提下，最大限度地使用车间回风，以降低空调系统处理空气时的负荷（举例计算略）。

(2) 打开喷雾风机的供水系统，尽可能保持水温，以提高空调送风的含湿量。

(3) 细纱车尾散热排风系统排出的空气全部经空调室送回车间，以降低空调系统增焓加湿的负荷，节约能耗。

(4) 使用循环水处理空气，必要时可以对空气进行预热处理。

(5) 充分利用车间设备产生的余热，封闭好门窗，保证车间内轻微的正压，必要时可将细纱车间的热量导入络筒和前纺车间，以降低空调系统的负荷。

3.2.3 减焓加湿的调节方法

3.2.3.1 适用条件

适用于气温高，湿度低，室外空气焓值小于车间空气焓值的天气。

3.2.3.2 车间内外空气状态对比

室外空气的温度高于车间空气的温度，室外空气的绝对湿度小于车间空气的绝对湿度。

3.2.3.3 空调系统的调节目标

增加车间空气的湿度，降低车间空气的温度。

3.2.3.4 设定车间温湿度控制线时应掌握的原则

在符合生产工艺基本条件的前提下，干球温度偏高掌握、相对湿度偏低掌握，以降低空调系统的能耗（举例计算略）。

3.2.3.5 空调系统送风参数的要求

空调送风的绝对含湿量要尽可能大，温度要尽可能低，以加快空气的湿热交换速度，减少空调送风量，提高空调效果，降低能耗。

3.2.3.6 降低空调系统能耗的具体工作措施

(1) 因为车间回风的焓值高于室外新风的焓值，全部使用新风，以降低空调系统处理空气时的负荷（举例计算略）。

(2) 打开喷雾风机的供水系统，尽可能保持水温，以提高空调送风的含湿量。

(3) 细纱车尾散热排风系统排出的空气全部排出车间，以降低空调系统的负荷，节约能耗。

(4) 使用高于露点温度、低于循环水温度的低温水处理空气，可补充部分深井水进行部分循环，以节约供水量。

3.2.4 减焓减湿的调节方法

3.2.4.1 适用条件

适用于气温偏低，湿度较大，室外空气焓值大于车间空气焓值的天气。

3.2.4.2 车间内外空气状态对比

室外空气的温度略低于车间空气的温度，室外空气的绝对湿度大于车间空气的绝对湿度。

3.2.4.3 空调系统的调节目标

降低车间空气的湿度。

3.2.4.4 设定车间温湿度控制线时应掌握的原则

在符合生产工艺基本条件的前提下，干球温度偏高掌握、相对湿度偏高掌握，以降低空调系统的能耗（举例计算略）。

3.2.4.5 空调系统送风参数的要求

空调送风的绝对含湿量要尽可能低，温度要尽可能低，以加快空气的湿热交换速度，减少空调送风量，提高空调效果，降低能耗。

3.2.4.6 降低空调系统能耗的具体工作措施

(1) 因为车间回风的焓值低于室外新风的焓值，大量采用回风，以降低空调系统处理空气时的负荷（举例计算略）。

(2) 关闭喷雾风机的供水系统，以降低空调送风的含湿量，节约用水量。

(3) 根据细纱车尾散热排风系统排出的空气的实际焓值大小，确定是否回用。

(4) 使用低于露点温度的冷水处理空气，以降低空调送风的绝对含湿量。

3.2.5 等焓加湿的调节方法

3.2.5.1 适用条件

适用于气温适合纺纱工艺要求，湿度偏低，室外空气焓值低车间空气焓值的天气。

3.2.5.2 车间内外空气状态对比

室外空气的温度低于车间空气的温度，室外空气的绝对湿度低车间空气的绝对湿度。

3.2.5.3 空调系统的调节目标

增加车间空气的湿度。

3.2.5.4 设定车间温湿度控制线时应掌握的原则

在符合生产工艺基本条件的前提下，相对湿度偏低掌握，以降低空调系统的能耗（举例计算略）。

3.2.5.5 空调系统送风参数的要求

空调送风的绝对含湿量要尽可能高，以加快空气的湿热交换速度，减少空调送风量，提高空调效果，降低能耗。

3.2.5.6 降低空调系统能耗的具体工作措施

(1) 因为室外新风的温度适宜，但含湿量较低，可根据室内外空气的实际参数灵活掌握新回风比例，以稳定车间温湿度、降低空调系统处理空气时的负荷（举例计算略）为目的。

(2) 打开喷雾风机的供水系统，以增加空调送风的含湿量。

(3) 根据细纱车尾散热排风系统排出的空气的实际焓值大小，确定回用比例。

(4) 使用循环水处理空气，以提高空调送风的绝对含湿量。

4 结语

棉纺织企业空调系统是棉纺织工程中的耗能大户，挖掘空调系统的节能降耗潜力，采取相应的控制措施，发挥空调系统的最佳运行效果，对节约能源具有重要意义。

(1) 空调系统参数设计和设备选型时按系统最大负荷确定的原则是造成能源浪费的主要原因。

(2) 空调系统在运行过程中选择不合理的运行方式会造成能源浪费现象。

(3) 通过变频改造，可以有效提高空调系统的能源利用效率。

(4) 根据室内外空气参数的变化灵活设定空调送风参数，选择相应的运行方式是空调系统节能降耗的重要手段。

细绒棉 HVI 测试数据不确定度分析

陈春梅 徐红燕（湖北省纤维检验局）

摘要：通过 HVI 大容量棉花测试仪对细绒棉样品进行重复测试，获得其主要物理指标——上半部平均长度、断裂比强度、马克隆值的测试值，分析测试过程中各不确定度分量对合成不确定度的影响，来评定其不确定度，并给出不确定度报告。同时通过对不确定度结果的认知，寻求提高测试结果准确性的有效方法。

关键词：HVI；长度；断裂比强度；马克隆值；不确定度；评定；提高；准确性；方法

按照 GB/T20392—2006《HVI 棉纤维物理性能试验方法》的要求，把细绒棉待测样品放在温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，湿度 $(65 \pm 3)\%$ 的恒定温湿度环境条件下平衡 24h 后，测试棉纤维的上半部平均长度、断裂比强度、马克隆值，计算试验的标准差，对测试产生的不确定度进行评定。

1 棉纤维上半部平均长度不确定度的评定

1.1 测试原理

棉纤维沿其长度方向被梳夹随机夹持，排列在梳夹上，构成棉须。光学系统对棉须从根部到梢部进行扫描，根据透过棉须光通量的变化，获得精确的摄影仪曲线，计算出各项长度指标，从电脑上显示出来。

1.2 测试过程

从显示屏显示的菜单中选定长强校准程序，选择两个已具有上半部平均长度、长度整齐度标定值的校准棉样，按照仪器提示的指令进行校准。然后进入测试程序，对每个样品作一组试样的测定以验证校准情况，使校准棉样的实测值符合要求。待验证通过后，从待测样品中取出试验试样，将样品放在取样器上，按下测试按钮，样品自动进行测试，显示屏显示测定值及相关信息，同时显示下一道测试的指令，再进行同一样品下一试验试样的测试，每个样品测试 10 个试验试样。

1.3 数学模型

$$L = L_i + \Delta l$$

式中：L——上半部平均长度，mm； L_i ——上半部平均长度的测定值，mm； Δl ——修正值，mm。

1.4 不确定度来源

- 1) 重复性测试引起的不确定度
- 2) 环境温湿度的影响所引起的不确定度
- 3) 标准物质校准引起的不确定度

1.5 不确定度分量的评定

1.5.1 测试过程随机效应导致的不确定度

对同一个棉花样品的 10 个试验试样进行测试，测定的上半部平均长度值如表 1。

表 1 上半部平均长度测试结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	22.41	21.54	21.89	21.95	22.29	21.68	22.30	21.32	21.98	21.65

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{n} = 27.38$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.36$$

$$u(x_i) = \frac{u(l_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.36}{3.162} = 0.1139$$

1.5.2 标准棉样校准引入的不确定度

根据 HVICC 校准棉样的校准允差规定, 上半部平均长度的允差为: $\pm 0.4\text{mm}$ 。则校准棉样校准所引起的不确定度, 可按均匀分布考虑

$$u(L) = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.2303$$

1.5.3 环境温湿度所引起的不确定度

环境温湿度对棉纤维长度有一定影响, 但 HVI 测试棉纤维上半部平均长度都是在温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 湿度 $(65 \pm 3)\%$ 的恒定温湿度环境条件下进行测试, 所以温湿度对棉纤维长度的影响较小, 实际工作中可忽略不计。

1.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(l_i) + u^2(L)} = \sqrt{0.1139^2 + 0.2303^2} = 0.257$$

1.7 扩展不确定度

取包含因子 $K=2$, 则扩展不确定度

$$u = ku_c = 2 \times 0.257 = 0.514$$

1.8 结果报告

对细绒棉样品的上半部平均长度按 GB/T20392-2006 进行测试, 在 $K=2$ 时其单次测试结果为 $(27.38 \pm 0.514)\text{mm}$ 。

2 棉纤维断裂比强度不确定度的评定

2.1 建立数学模型

$$P = P_i + \Delta p$$

式中： P ——断裂比强度，cN/tex； p_i ——断裂比强度的测定值，cN/tex； Δp ——修正值，cN/tex。

2.2 不确定度来源

- 1) 重复性测试引起的不确定度
- 2) 环境温湿度的影响所引起的不确定度
- 3) 马克隆值修正引起的不确定度
- 4) 标准物质校准引起的不确定度

2.3 不确定度分量的评定

2.3.1 测试过程随机效应导致的不确定度

对同一个棉花样品的 10 个试验试样进行测试，测定的断裂比强度值如表 2。

表 2 断裂比强度测试结果 单位：cN/tex

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	28.0	28.2	29.7	27.0	27.7	29.3	28.6	28.4	29.3	28.7

$$\bar{p} = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n} = 28.51$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n-1}} = 0.817$$

$$u(p_i) = \frac{u(p_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.817}{3.162} = 0.2583$$

2.3.2 标准棉样校准引入的不确定度

根据 HVICC 校准棉样的校准允差规定，断裂比强度的允差为： $\pm 1.2\text{gf/tex}$ 。

则校准棉样校准所引起的不确定度，可按均匀分布考虑。

$$u(p) = \frac{1.2 \times 0.98}{\sqrt{3}} = 0.679$$

2.3.3 马克隆值修正引起的不确定度

棉花样品的断裂比强度由于马克隆值的修正所引起的不确定度较小,可以忽略不计。

2.3.4 环境温湿度所引起的不确定度

环境温湿度对棉纤维断裂比强度有一定影响,但HVI测试棉纤维断裂比强度都是在温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 湿度 $65 \pm 3\%$ 的恒定温湿度环境条件下进行测试,所以温湿度对棉纤维断裂比强度的影响较小,实际工作中可忽略不计。

2.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(p_i) + u^2(p)} = \sqrt{0.2583^2 + 0.679^2} = 0.7265$$

2.5 扩展不确定度

取包含因子 $K=2$, 则扩展不确定度

$$u = ku_c = 2 \times 0.7265 = 1.453$$

2.6 结果报告

对细绒棉样品的断裂比强度按 GB/T 20392—2006 进行测试, 在 $K=2$ 时其单次测试结果为 $(28.51 \pm 1.453) \text{cN/tex}$ 。

3 棉纤维马克隆值不确定度的评定

3.1 建立数学模型

$$Mic = Mic_i + \Delta m$$

式中: Mic — 马克隆值; Mic_i — 马克隆值的测定值; Δm — 修正值。

3.2 不确定度来源

1) 测试过程随机效应导致的不确定度

2) 环境温湿度的影响所引起的不确定度

3) 天平称重所引起的不确定度

4) 标准物质校准引起的不确定度

3.3 不确定度分量的评定

3.3.1 测试过程随机效应导致的不确定度

对同一个棉花样品的 10 个试验试样进行测试，测试的马克隆值如表 3。

表 3 马克隆值测试结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.24	4.13	4.22	4.21	4.18	4.17	4.21	4.28	4.23	4.21

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = 4.21$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.04104$$

$$u(x_i) = \frac{u(x_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.04104}{3.162} = 0.013$$

3.3.2 标准棉样校准引入的不确定度

根据 HVICC 校准棉样的校准允差规定，马克隆值的允差为±0.1，则校准棉样校准所引起的不确定度，可按均匀分布考虑。

$$u(mic) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.0577$$

3.3.3 天平称重所引起的不确定度

由天平称量所产生的误差对马克隆值不确定度的影响较小，可以忽略不计。

3.3.4 环境温湿度所引起的不确定度

环境的温湿度对棉纤维马克隆值有一定影响,但测试是在温度为(20±2)℃,湿度(65±3)%的恒定温湿度环境条件下进行测试,所以温湿度对其的影响较小,实际工作中可忽略不计。

3.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(x_i) + u^2(mic)} = \sqrt{0.013^2 + 0.0577^2} = 0.059$$

3.5 扩展不确定度

取包含因子 K=2, 则扩展不确定度

$$u = ku_c = 2 \times 0.059 = 0.118 \approx 0.12$$

3.6 结果报告

对细绒棉样品的马克隆值按 GB/T20392-2006 进行测试,在 K=2 时,其单次测试结果为 4.21±0.12。

4 通过不确定度分析,正确认知检测结果

通过以上 3 个 HVI 测试指标结果的不确定度分析,可以知道在 HVI 测试过程中,环境温湿度、测试人员的测试手法、样品均匀性、校准物质的特性、仪器的性能等对测试结果都产生了一定的影响。在实际检测过程中,我们可以从以下几个方面对测试过程加以控制,以减少各因素对合成不确定度的影响,进而提高测试结果的准确性。

1) 保证恒温恒湿机正常运行,控制好平衡时间和平衡密度。

2) 做好 HVI 校准棉样的管理工作。对测试过程中校准棉样的使用及更换频率要严格按照操作规程和校准规范的规定要求操作和更换,以保证样品特征值的稳定性。

3) 测试人员要严格按照 HVI 方法标准和操作规程进行测试。在测试过程中按照操作规程所规定的手法进行操作, 提高操作的熟练程度, 并保持操作手法的一致性。

4) 做好仪器日常的维护保养工作, 按时进行校准检查, 以保证仪器测试性能的稳定性及检测结果的准确性。

基础知识

常规化学纤维的基本特性

(一) 再生纤维

1、粘胶纤维

纤维来源:粘胶纤维以木材、棉短绒、甘蔗渣、芦苇等为原料, 经物理化学反应制成纺丝溶液, 然后经喷丝孔喷射出来, 凝固成纤维。粘胶纤维的主要成分是纤维素大分子, 因此很多性能与棉相似。1905 年在美国实现工业化。

纤维形态:普通粘胶纤维纵向为平直的柱状体, 表面有凹槽, 截面为锯齿状, 皮芯结构, 皮厚无中腔。富强纤维纵向光滑, 截面近似圆形。粘胶纤维有长丝、短纤维两种形式。长丝又称粘胶丝 (Rayon)。

性能特点:吸湿能力好, 在一般大气条件下回潮率可达 13%, 吸湿后显著膨胀, 制成的织物下水收缩大、发硬; 干态强度不高, 吸湿后强度明显下降, 湿强只及干强的 50%, 不耐水洗; 耐磨性较差; 小负荷下容易变形, 尺寸稳定

性差；耐热性较好。

2、 醋酯纤维

纤维来源：醋酯纤维（简称醋纤）是用含纤维素的天然材料，经过一定的化学加工制得。其主要成分是纤维素醋酸酯，因此不属于纤维素纤维，性质上与纤维素纤维相差较大，与合成纤维有些相似。常见的醋酯纤维分为二醋酯纤维和三醋酯纤维两种。

纤维形态：醋酯纤维纵向平直光滑，横截面一般为花朵状。传统的二醋酯纤维为长丝，三醋酯纤维为短纤维形式，常与锦纶混纺，用于经编起绒织物。

（二）合成纤维

1、涤纶纤维

纤维来源：涤纶学名聚酯纤维（Polyester），1946年涤纶首先在英国开发成功，商品名特丽纶（Terylene）。目前涤纶应用广泛，是世界上用量最大的纤维。

纤维形态：涤纶纤维纵向平滑光洁，横截面一般为圆形。涤纶有短纤维和长丝两种形式。最初涤纶以短纤维为主，包括棉型、毛型、中长型；后来涤纶长丝发展很快，有涤纶低弹丝、涤纶仿真丝。

性能特点：强伸度较好，弹性优良；耐磨性能好，但其织物易起毛起球；小负荷下不易变形，尺寸稳定性好，易洗快干，洗后保形性好，具有优良的免烫性；耐热性好，耐晒性也好，但遇火容易熔融；染色性能较差。

2、 锦纶纤维

纤维来源：锦纶学名聚酰胺纤维（Polyamide），1939 年在美国开发成功，最早的服装产品是尼龙袜。常见商品名有尼龙（Nylon），主要品种有锦纶 6 和锦纶 66。

纤维形态：锦纶纤维是纵向平直光滑、截面圆形，具有光泽的长丝。主要品种是锦纶高弹丝。

性能特点：强伸度较好，弹性优良；耐磨性特别优良，是袜子的主要原料；小负荷下容易变形，多制作为高弹锦纶丝；耐热、耐晒性差，晒后发黄发脆，遇火熔融；染色性能好。

3、 腈纶纤维

纤维来源：腈纶学名聚丙烯腈纤维（Polyacrylic），1950 年开发成功，商品名为奥纶（Orlon）

纤维形态：腈纶纤维纵向为平滑柱状、有少许沟槽，截面呈哑铃形，也可呈圆形或其他形状，无论纵向或截面都可看到空穴的存在。产品以短纤维为主，其中大多为毛型短纤维。

性能特点：强伸度、耐磨性能一般；耐日晒性特别优良，适宜做帐篷、炮衣等户外用织物；具有特殊的热收缩性，制作膨体纱；触觉优良，蓬松保暖。

4、 维纶纤维

纤维来源：维纶学名聚乙烯醇缩甲醛纤维(Polyvinyl alcohol)，1950 年在日

本实现工业化。其原料丰富、成本低，但生产流程长。

纤维形态：纤维纵向平直，截面大多为腰子形，有明显的皮、芯层结构，皮层结构紧密，芯层结构疏松。

性能特点：吸湿能力是常见合成纤维中最好的；强伸度好；耐热水性差、染色性能差；性质接近于棉，有合成棉花之称。

5、 氯纶纤维

纤维来源：氯纶学名聚氯乙烯纤维（Polyvinyl chloride ），是最早开发的合成纤维，原料丰富，工艺简单，成本低廉。

纤维形态：截面接近圆形，纵面平滑或有 1~2 根沟槽。

性能特点：吸湿能力极小，几乎不吸湿；强伸度一般，耐磨性较好；耐日晒性较好，但耐热性差，不到 100℃甚至在 60~70℃就会收缩；具有难燃性，绝缘性强。

6、 丙纶纤维

纤维来源：丙纶学名聚丙烯纤维（Polypropylene），1960 年在意大利首先实现工业化，其生产工艺简单，成本低，是最廉价的合纤之一。

纤维形态：纤维纵向光滑平直，截面多为圆形。主要有长丝和短纤两种形式。

性能特点：密度小，只有 0.91g/cm^3 ，是常见纺织纤维中最轻的；吸湿能力极差，几乎不吸湿，但有芯吸作用；强伸度、弹性、耐磨性较好；耐晒性差，

易老化。

7、 氨纶纤维

纤维来源：氨纶学名聚氨基甲酸酯纤维（Polyurethane），又称弹性纤维，1945年由美国杜邦公司开发成功，商品名为莱卡（Lycra）。

纤维形态：聚酯型弹性纤维截面呈蚕豆状，聚醚型弹性纤维截面呈三角形。

性能特点：强度较低，但具有高伸长、高弹性的优点，在断裂伸长以内的伸长回复率都可达90%以上，而且回弹时的回缩力小于拉伸力，因此穿着舒适；有较好的耐酸、耐碱、耐光、耐磨等性质，但不耐高温；很少直接使用氨纶裸体丝，多与其他纤维的纱线做成包芯纱或包覆纱使用。

征文通知

山东纺织工程学会

鲁纺学字（2015）1号

山东纺织工程学会

关于十三届一次优秀论文评选征文通知

各市纺织工程学会、有关企业：

2015年全国纺织行业已经进入新常态，在新常态的大环境下，行业转型升级的任务更为艰巨。为推动我省纺织行业的技术创新、结构调整和转型升级，充分调动和发挥广大工程技术人员深入研究纺织科学技术的积极性和创造性，

经研究，决定开展省纺织工程学会十三届一次优秀论文评选活动。现将有关事项通知如下：

一、征文提纲

- 1、纺织新材料的研发与应用；
- 2、纺织、染整加工新技术、新工艺、新产品及新设备；
- 3、高效短流程前处理工艺及节能节水型染色、印花技术；
- 4、智能纺织品、高功能技术纺织品加工技术；
- 5、产业用纺织品的研发和推广；
- 6、高新技术在纺织加工中的应用；
- 7、节能减排和资源循环利用技术；
- 8、纺织行业工业化与信息化融合的理论与实践；
- 9、服装、家纺文化的研究与应用；
- 10、其他。

二、征文要求

1、论文要求主题鲜明、论点清楚、文字通顺、结论严谨、逻辑性强，全文一般不超过 4000 字。论文请打印一式四份，连同电子版于 2015 年 6 月 31 日前报山东纺织工程学会。

2、论文的书写顺序：题目、摘要、作者姓名、工作单位、联系电话、邮编。

3、如是公开发表过的论文，请注明发表刊物的名称、期刊页码。

三、其他

我会将组织有关专家对申报的论文进行评审，对获奖论文作者颁发证书、赠送论文集，并将优秀获奖论文向省科协、中国纺织工程学会设立的相关奖项推荐。

联系人：韩克秀 联系电话：0531—86425366

邮编：250014 地址：济南文化东路 145 号

电子信箱：sdfz_hankx@163.com

2015 年 1 月 12 日

