

新型纤维超细丙纶

南京化工开发协调委员会 (210008)

陈浩堃

TQ 342.93
TQ 342.62

摘要 超细丙纶纤维具有优异的物理化学性能、加工性能和服用性能。国内已开发成功超细丙纶纤维的生产设备、工艺和原料(专用聚丙烯树脂)。加速发展超细丙纶纤维,对迅速提高化纤产量、增加差别化纤维的花色品种以提高纺织服装行业的整体效益和出口竞争能力,对节约耕地、提高部队反应速度和体育成绩,对降低化纤原料工业投资、减少印染废水以保护生态环境等方面都具有重大意义。

关键词 超细纤维 丙纶 聚丙烯纤维

一、丙纶发展简史

丙纶纤维诞生于1965年,国外一些企业开始用纺锦纶的机器纺粗纤度(90d~120d)丙纶纤维,因服用性很差,只能用于编织地毯和室内装饰布。

我国丙纶的开发始于60年代末,常熟丙纶厂、武进合纤厂等一批企业脱颖而出。采用403型纺丝机纺90d~260d产品,主要用作沙发布、床单布、装饰布。因为质感粗糙、染色困难、安全熨烫温度低,未能大面积在服装行业推广,80年代初,随着403型纺机的改进和406型纺机的推广,丙纶短纤混纺和色母粒技术的普及,以及降温母粒的研制应用,丙纶色彩鲜艳、抗褪色、质轻价廉、高强耐蚀等特点逐步显示出来。我国石化工业的发展,聚丙烯供应越来越充沛,促进我国丙纶工业得到迅速发展,应用范围扩大到地毯、缆绳等各个方面。1995年底我国丙纶年生产能力已达到10万吨左右。其中烟滤嘴丝束3万吨、短纤及短纤加工成的丙纶无纺布4万吨、各种用途的针织长丝3万吨。浙江上虞、辽宁辽阳等地引进了纺丝速度2100m/min的高速丙纶纺机,装备水平有所提高,纤维质量也有改进,织造被面用的丙纶仿真丝年产量约达0.3万吨。

80年代世界各国竞相开发服装用细旦和超细旦(0.8d~2.7d)纤维,包括聚酯、聚酰胺和聚烯烃等材质。我国将细旦、超细旦丙纶长丝(以下简

称超细丙纶)的开发列为首批产学研结合项目,1994年中国科学院化学研究所和中国纺织大学各自研制成功,达到国际先进水平。中国纺织大学“蒙泰丝”系列织物荣获上海市科技进步二等奖和上海科技博览会金奖。生产原料、设备、工艺技术全部国产化、数十种面料和百多种款式的内衣、时装、运动服、休闲服已投放市场。中科院化学所和中科实业集团在北京昌平区科研基地联合兴办中科丝普纶公司,在300吨/年中试装置上突破了高速纺超细旦丙纶的工业技术,并纺出丙-涤、丙-锦等复合丝,已在贵阳市高新技术开发区推广建设3000吨/年“丝普纶”生产线,还与香港中国染厂有限公司洽谈在张家港市合资建设生产线。丙纶超细旦纤维的开发成功,标志着我国服装用高档次细纤度丙纶纤维开始与国外同步向产业化迈进。

二、超细丙纶的特性和应用领域

丙纶可能成为超细纤维领域内最重要的品种,主要原因是丙纶有优良的物理化学性能、加工性能和服用性能。

1. 相对密度特小

在所有服装纤维中丙纶相对密度最低,目前是唯一低于水的品种(表1)。这一特性意味着:

(1)穿同样重量的衣服,可增加层数,改进保暖性;

(2) 减轻衣服重量, 提高人体活动速度、延长活动的距离和时间, 符合军服、运动服和辮重设备的发展方向;

(3) 在水中可增加人体浮力, 加上超细丙纶不吸水、不变硬的特点, 在水中不会增加衣服重量, 适合制造泳衣、泳裤、水上和航海服装;

(4) 织物具有飘、柔、轻、薄等真丝的外观和风格, 可用作仿真丝或与真丝交织, 制造丝绸品。

表1 天然纤维与合纤长丝的物理性质

品种	相对密度	导热系数 J/m ² ·s·K (干态)	拉伸强度 %(干态)	伸长率 %	吸湿性 %
超细丙纶	0.91	0.07	4.8~7.0	20~35	0.05
丙纶	0.91	0.07	4~6	27~33	0.05
乙纶	0.95		4.3~6.3	21~42	0.05
锦纶	1.14	0.12	4.5~7.5	23~29	4.2~4.5
腈纶	1.17	0.09	2.2~2.6	20~28	0.9~1.6
维纶	1.28		3.5~5.0	15~25	5
氨纶	1.0~1.32	0.35~0.93	500~700	0.6~1.3	
羊毛	1.32	0.09	3	28	16
醋纤	1.32		1.3~1.5	25	6.5
强力醋纤	1.32		7	<10	6.5
丝绸	1.34	0.08	5.3		11
芳纶	1.35		5.3	22~32	6.5
涤纶	1.38	0.085	4.5~5.5	28~30	0.4
氯纶	1.38	0.074	2.7~3.7	20~25	
棉	1.50	0.2			8
粘胶	1.52	0.13			13

表2 纤维的服用性能

品种	耐磨性	弹性	抗静电性	抗起球性	耐晒性
丙纶	优	优	良	良	良
锦纶	优	优	差	差	
腈纶	一般	一般	差	一般	优
维纶	优	一般	良	良	
羊毛	一般	差	一般	一般	
醋纤	差	差	一般	良	
丝绸	一般	差	一般	良	
涤纶	良	良	差	很差	良
氯纶	良	一般			
棉	良	差	良	良	
粘胶	一般	差	良	良	
氨纶	良	特优	优	优	差
麻	一般	差	良	良	
玻纤	优	良	优	优	优

2. 强度特好

纤维的强度不仅取决于材质, 也与加工制造和使用的具体条件有关。超细丙纶物理性质优良(表1), 与锦纶大体相似:

(1) 拉伸强度(干态)(4.8~7.0)克/旦, 与锦纶的(4.5~7.5)克/旦相比, 上限较低而下限较高。考虑到湿态条件下锦纶的强度会损失10%~15%; 在干湿结合条件下测定, 超细丙纶强度是锦纶的(2~4)倍, 而且伸长率比锦纶高, 因此某些领域中使用超细丙纶更合适:

(2) 韧性和耐磨强度优良, 接近锦纶, 在所有纤维中名列前茅。

(3) 弹性次于锦纶而优于涤纶, 抗高、低张力形变的能力和断裂伸长率介于锦纶与涤纶之间。在高应变状态下的回复性能接近锦纶, 在低形变状态下的回复能力优良, 因而增强了超细丙纶的穿着、洗涤性能, 比较舒适, 抗折皱, 洗涤熨烫比较方便。

当然, 至今开发的所有纤维中氨纶的弹性最好, 拉伸750%和600%时, 回弹率分别达到95%和98%。然而氨纶的强度较低, 经曝晒后强度降低一半, 目前仅制成包芯纱, 少量用于牛仔布、游泳衣裤和领口、袖口, 因而不用来比较。

强度决定了服装的使用寿命。超细丙纶的拉伸强度、弹性、韧性和耐磨性好, 可用来制造上衣、外套、裤子, 特别对恶劣条件下活动的鞋、衬、手套内衬等, 有重要意义。

3. 导热性最低

超细丙纶的导热系数比任何服用纤维低, 热传递最慢。在相同的热辐射和对流条件下保温性最好, 适合制造冬用寒衣。

4. 化学惰性大

在所有的化学纤维中, 超细丙纶具有最好的化学惰性:

(1) 室温下抗酸碱、含酒精的溶剂、硅油和树脂, 仅与高氧化剂、有机溶剂和脂肪烃有亲和作用;

(2) 最新开发的专有技术可使超细丙纶本质阻燃, 不需添加抗氧剂和阻燃剂, 因而不会释放卤素;

(3) 完全抗氯;

(4) 无毒。

可见, 超细丙纶是制造工作服、工作手套、口罩、工业滤布和浴室、游泳池、食品厂、饮料厂、药厂用各种织物的首选材料。

5. 吸水性最小

(1)超细丙纶的吸水性在所有纺织纤维中是最低的,仅是涤纶的1/8、丝绸的1/120,几乎不吸水,因而干燥时间短,在所有纤维中干燥最快;

(2)超细丙纶最大的特点是与腈纶一样,具有疏水导湿性,不象大多数化纤那样把水汽封闭在皮肤与织物之间,使衣服紧贴皮肤,湿漉漉地令人不适。而是以特有的方式将蒸汽态水份传送到织物的远端(外表面)上很快蒸发,只有在接触点受潮。疏水导湿性使织物不吸水、保持良好的隔热能力、良好的适湿性和透气性,从而使皮肤保持干爽。因而超细丙纶适用于制造内衣裤、睡衣裤、浴衣裤、胸罩、紧身衣和尿布内衬。

(3)超细丙纶不吸水,因而不能为细菌和霉菌的生存提供“养分”,具有抗生(抗霉菌)作用,适用制造卫生材料。

(4)化学惰性和不吸水性,使丙纶纤维很难沾上油渍污渍和血迹,也不吸收气味,因而洗涤容易,适于制造大型装备的蓬、垫、套和劳保服装。

6. 固色性强

纤维、纱、织物和服装通用的液体印染工艺难以使丙纶染色,分散染料、阳离子染料可染聚丙烯树脂虽已研制成功尚未投产应用,因而使丙纶染色主要采用聚丙烯熔融体内加入色母粒分散着色的工艺,从而产生以下优点:

(1)染色均匀、重复性好,比较经济;

(2)没有印染污水排放,不存在环保问题;

(3)洗涤时颜色不溶于水,不褪色,织物始终保持色泽鲜艳;

(4)条纹之间不会交染,深色和浅色衣服可以同机洗涤;染色纤维可以用并线、交织等工艺加工,进一步丰富织物的花色品种;

(5)不会因阳光照射而褪色或降解。超细丙纶耐晒性仅次于腈纶和玻纤,但加入抗紫外线稳定剂后,能接受600小时碳弧试验,比腈纶颜色寿命长。

7. 服用性好

(1)抗静电性和抗起球性是影响衣服外观和舒适性的两大重要特性。衣服静电和起球使人不愉快、不舒服,这种现象一年四季都可能发生,尤其是干燥的冬季。超细丙纶抗静电性良好,仅次于玻纤、氨纶,在服装用纤维中最好。

(2)超细丙纶能制成两面复合纤维,进一步提高

各种性能,服用更舒服,外观更漂亮。

(3)超细丙纶的原料聚丙烯在各种合成纤维树脂中价格最低、资源丰富,故各种超细纤维中超细丙纶价格最廉。而且聚丙烯是聚合物中最容易回收利用的品种,不会造成环境污染。

三、聚丙烯超细纺的技术关键

1. 控制“拉伸共振”现象

聚丙烯熔融体加压通过喷丝头毛细孔时,在毛细孔出口处液滴会形成不稳定的“葫芦”形,纺出的纤维一段粗一段细像“大肠”。为控制纤维直径(旦尼尔)的均匀度达到 $\pm 1.5\%$ 的指标,以免在牵伸、纺纱、编织等后加工过程断丝,必须控制这种所谓的“拉伸共振”现象。通常采取以下各种措施:

(1)开发专用树脂,使相对分子质量分布变窄、聚丙烯加长分子链缩短,以降低熔点缩小熔距,减少熔融体在纺丝过程中蓄积的能量;

(2)适当提高纺丝箱顶部温度和截面温度分布均匀性,以适当降低熔融体粘度、适当延长冷却时间、降低结晶速度,来减少纺丝温度应力,使纺出的丝比较松弛;

(3)控制毛细孔长径比 $L/D \geq 6$ 且进口设计正确,可纺出 $0.8d \sim 2.7d$ 直径比较均匀的单丝,

(4)熔融体输送系统不应存在任何死角,因而不用静态混合头。为使熔融体料流保持均匀,喂料挤出机螺杆要专门设计,料筒适当加长,始终保持料流处于湍料状态;

(5)纺丝箱设计的基础是,达到骤冷区之前,纤维已完全拉伸定型。

2. 着色和快速清洗

超细丙纶的染色,如前所述,采用熔融体着色技术,因而对纺丝颜料和设备提出如下专门要求:

(1)颜料不仅要色泽鲜艳,而且要有良好的分散性,以便染色均匀。然而颜料在树脂熔体中会产生表面活性作用,染深色时,熔融体含颜料多,着色不易均匀,并导致纤维韧性和伸长率降低;反之,染浅色或本色超细丙纶纤维的韧性和伸长率提高。为了使各种颜色超细丙纶纤维具有相同的物理机械性能,以免后加工中断丝,采用事先着色的母粒搭配纺丝的技术,代替100%聚丙烯树脂加颜料的纺丝技术。当然,色母粒应与原料聚丙烯有相近(最好相同)的物理性质。

(2) 现有 20 多种着色颜料的粒度超细化, 以改善颜料在色母粒和熔融体中的分散性, 使着色均匀并防止色丝断裂;

(3) 颜料要求有耐晒性、水不溶性, 不在阳光照射下降解, 防止超细丙纶褪色。

(4) 高温聚丙烯熔体会与镍发生化学反应, 不仅影响产品色泽, 而且使纺丝系统清洗困难, 易使物料形成死角, 影响产品纤度均匀性和颜色品种的更换, 因此易受聚丙烯熔体腐蚀的不锈钢不宜作为超细丙纶纺丝机的材料, 特别是高温部位, 需相应开发适用的金属材料。

(5) 着色的灵活性, 要求超细丙纶纺丝机设计成小型、紧凑、高速、能快速清洗的机组, 以便迅速方便地更换颜色种类, 因而必须对纺织机组进行最优化设计。这一点与涤纶和锦纶纺丝机规模庞大、纺本色丝的设计思想完全不同。

(6) 树脂喂料系统的设计、操作, 应尽可能排除污染。

3. 色丝的表面后处理

超细丙纶有脱水性, 纤维表面张力高于 0.024N/m , 易断裂, 加工性差。1994 年国外开发了后处理技术, 将超细丙纶纱浸渍在瑞士汽巴-嘉基公司开发的表面处理液中, 足够的微细水珠附着在纱上, 使表面张力降低到 0.019N/m 以下, 从而赋予超细丙纶良好的可加工性。

四、推广发展超细丙纶

超细丙纶纤维问世不久, 即以其突出的高技术性能、舒适的服用性能和经济性, 成为纺织工业和社会各界密切关注的理想服装面料, 迅速成为超细涤纶和超细锦纶的强大竞争品种。在台湾超细涤纶的发展热业已衰落, 目前超细涤纶丝主要用来制造清洁用品, 台湾化工研究所也转而研究超细丙纶技术。借鉴台湾化纤业界的实践, 发展超细涤纶应该极其

慎重。与超细涤纶相比, 国内发展超细丙纶更有现实意义:

1. 超细丙纶质优价廉, 适应我国人民日益增长的物质、文化需求, 也适应提高出口服装档次, 提高出口竞争能力的需要。

2. 发展超细丙纶有利于加速我国化纤工业实现“九五”形成年产 450 万吨的计划目标。一方面可以降低化纤原料工业的投资, 一方面可以增加差别化纤维的花色品种和产量, 促进下游服装业的开发, 尤其可稳定丝绸原料的供应, 促进丝绸服装大众化, 从而提高纺织服装业的整体效益。

3. 超细丙纶在军事装备和部队着装中推广, 可以减轻辎重, 提高部队机动快速反应能力。在运动员服装中推广, 有利于提高体育运动成绩。

4. 发展超细丙纶具有十分显著的经济效益、社会效益和环境效益。建设 3000 吨/年超细丙纶装置总投资约 1.14 亿元, 年创产值 1.02 亿元、利税 0.4 亿元, 投资 3.5 年即可本息回收; 供应的纤维量等于 5 万亩棉田供应的棉纤维, 对节约耕地意义重大; 可以减少染料制造业, 尤其是印染业排放废水造成的污染, 促进生态环境保护。

5. 我国发展超细丙纶基础较好。丙纶厂已遍及全国各地, 个别省市已引进过丙纶高速纺机, 熔融体着色技术已为企业普遍掌握; 原材料, 包括聚丙烯、色母粒、降温母粒全国各地都有供应。尤其是中国纺织大学、中科院化学所已研制成功超细丙纶生产工艺、装备、专用聚丙烯树脂等成套技术, 为发展超细丙纶奠定了具有中国特色的雄厚技术基础。

“九五”期间我国将建设多套超细丙纶生产装置, 除前述贵阳市外, 尚有南京合纤厂、新疆焉耆回族自治县等单位。预计全国迅将形成 2 万吨左右的年生产能力, 在服装、军事、医药等工业制品方面的消费也将迅速推广。加速发展超细丙纶已被视为新的经济增长点, 具有十分广阔的前景。

(上接第 23 页)

参考文献

- [1] G. Schmitt, 贾能铀译, 化学清洗, (1993) 9(4)26。
[2] 潘国龙, 化学清洗, (1992) 8(2)31

- [3] 陶映初编著, 钢铁材料酸洗化学, 科学出版社(1993)。
[4] Hudson, R. M. and Warning, C. J., Mater. Prot., 6(2), 1967, 52-54
[5] Joseph, C. P., U. S. 3312625, 1967