

综述

丙纶高强丝的生产及应用

林敏怡 郭国铭

(华南理工大学)

本文概述了丙纶及丙纶高强丝在国内外的发展概况、高强丝的性能及开发应用情况,介绍了丙纶高强丝的一步法和两步法生产工艺和设备,并就纺丝温度、纺丝速度、冷却成形、拉伸温度、拉伸倍数、拉伸速度等工艺参数进行论述。

关键词: 丙纶高强丝 生产 应用 聚丙烯纤维, 合成纤维

在多种合成纤维的工业用丝中,丙纶高强丝的高强力和抗冲击能力以及其柔韧性和耐化学药品性使它成为极具竞争力的品种。另外,它的生产设备投资低,原料价格便宜,能耗最少,环境污染少,具有明显的技术经济优势。

本文将就丙纶高强丝的发展概况、性能、开发应用、生产设备及工艺等作一一论述。

1 国内外发展概况

目前世界上聚丙烯纤维的产量(包括膜裂纤维、单丝及纺粘产品)已达300万t/a,近年来平均年增长率约达10%,超过合成纤维4.5%的平均年增长率,在合成纤维总产量中占有的百分数(约15%)已接近聚丙烯腈,理所当然地成为第四大合纤产品。世界丙纶主要用于卫生医药(37%)和产业上(49%),合计占丙纶总产量的86%,而国外丙纶高强丝已广泛用于产业领域。高强度聚丙烯纤维品种在国际市场所占比例见表1^[1]。国外丙纶高强丝售价是同规格尼龙丝的二分之一,有潜在市场。另外,丙纶正向高强方向发展,市场表明6.2~7.1cN/dtex的

高强丝年销售量在递增。

表1 各种规格丙纶强力丝在国际市场所占比例

纤维强力规格 cN/dtex	占有率 %
6.2~7.1	25
5.3~6.2	30
4.4~5.3	30
4.4	15

美国和西欧的丙纶产量合计约占世界丙纶产量的80%以上,与欧美相比,东南亚地区的丙纶生产和需求规模都相差很大,考虑到将来的需要,可以说未来的丙纶发展主要在亚洲,特别是东南亚地区,丙纶市场将迅速扩大,其动向将影响到世界丙纶工业的发展。我国应抓紧机遇,大力发展丙纶工业,尽早占领有利位置。

在我国,丙纶从1992年的10万t发展到2000年预计的25万t,平均年增长率达12%,远远高于同期世界丙纶平均增长率及我国合纤平均增长率。其中,产业用途是我国丙纶生产最有活力的市场,1992年我国产业用丝产量约4万t,预计2000年工业用丙

纶为9万t,约占丙纶产量36%以上,而丙纶高强丝占相当一部分。

媲美,而且在干湿状态下强力完全相同,见表2^[2]。

2 丙纶高强丝的性能

2.1 强力高

丙纶高强丝强力可与涤纶、锦纶工业丝

表2 几种高强丝的抗张强力

品名	抗张强度 cN/tex		干湿强力比 %	伸长率 %	
	标准态	湿润态		标准态	湿润态
维纶	53.0~83.9	44.2~75.0	75~90	8~22	8~26
锦纶6	56.5~83.9	52.1~70.6	84~92	16~25	20~30
锦纶66	57.4~83.9	53.0~75.0	90~95	15~22	20~28
涤纶	55.6~79.5	55.6~79.5	100	7~17	7~17
丙纶	66.2~83.9	66.2~83.9	100	15~25	7~17

2.2 密度小,吸湿小

丙纶密度为 0.91g/cm^3 ,是所有产业化化纤中密度最小的,其密度只相当于涤纶(1.38g/cm^3)的66%,锦纶(1.14g/cm^3)的80%。从丝的售价和密度考虑,采用丙纶高强丝作原料,成本将比涤纶或锦纶工业丝降低很多。另外,由于丙纶吸湿小($<0.1\%$),特别适合做海上用品和其他要求不吸湿的制品。

2.3 耐磨性和柔韧性好

2.4 耐微生物作用

丙纶不受昆虫、细菌侵蚀,耐霉变。

2.5 对化学药品的稳定性好

由于聚丙烯分子结构中没有活性基团,故对酸、碱及其他化学品的稳定性非常好,甚至优于涤纶和锦纶,故使其适用于许多化工领域。

2.6 抗紫外线和染色性已得到解决

聚丙烯本身耐光性不好,但通过使用加有稳定剂的聚丙烯切片可达到优良的耐紫外线辐射降解性能,产品适合户外使用。丙纶染色困难,但已通过加入助染剂或原液着色的办法得以解决。

3 丙纶高强丝的应用

丙纶高强丝优异的性能及经济性使其应用几乎遍及各个产业领域,在很大范围取代那些成本高的产品,主要用途如下:

3.1 带类

利用丙纶高强丝质轻、强力高、断裂功大等优点可织造各种工业吊带以及建筑、飞机、火车、汽车、轮船、运动与游戏器械的安全带。用有色丙纶高强丝织成的箱包带、包装带、装饰带将发挥它强度高、价格低、不褪色的明显优势。利用其良好的柔性和强力结合产生卓越的抗压性可制成高压水管。另外,由丙纶高强丝制成的传送带具有优异的抗磨性,可适应于连续重负荷,特别是在恶

劣环境中,更显示出其优越性。

3.2 绳缆

利用其超高强度和抗切断性制成吊装绳,用于大型集装箱的装卸;利用其密度小、浮在水面且表面不沾水、干湿强度相同和耐瞬间高应力冲击的性能,特别适合制成海上缆绳;另外,其质轻强力高,抗磨性好,着色坚固,又使其适合于制成登山绳、降落伞绳等体育运动安全绳及篷盖用绳,也可用于包装袋的包扎。

3.3 土工布

利用其优越的高强和抗腐蚀性制成丙纶机织土工布,可用于加固堤坝、水库、铁路、高速公路等土工加固工程。在大量使用纺织品的土木工程中,价格是决定土工布使用的重要因素。在织物强度要求较高的情况下,由于丙纶高强丝强度高,价格便宜,是机织土工布的首选原料之一。

3.4 滤材

利用丙纶高强丝的强度高、耐酸碱、抗腐防蚀、质轻、对化学药品稳定性好、滤物剥离性好等优点,可用于温度不超过100℃的过滤过程。在各种过滤介质中丙纶的耐水解、耐酸碱性能优异,价格便宜,而且无毒、不发霉,适用于冶金、化工、食品及污水处理等多种行业。

3.5 工业缝纫线

利用其质轻、强力高可满足多种工业缝纫线要求。随着丙纶膜裂纤维包装袋、集装袋的使用范围越来越广,使用量增大,其回收量也相应增加。而采用丙纶缝纫线缝制的包装袋、集装袋更利于回收。

3.6 其它用途

丙纶强力丝还可用于鞋子衬里布、汽车

和旅游业用的篷苫布以及海上用品如渔网、拖网等方面。

4 丙纶高强丝的生产设备及工艺

4.1 生产设备

近年来,随着聚丙烯高强丝成为开发热点,国外一些化纤设备制造厂及工程公司相继开发出丙纶高强丝专用纺丝设备及工艺技术,如英国的ESL公司,意大利的Fare公司和Filteco公司有此技术,德国的Barmag和Neumag公司等都有整机销售。我国纺织科学研究院也能提供丙纶高强丝的全套生产设备及工艺技术。表3^[3]列出了部分生产单位的丙纶高强丝的主要技术经济指标,产品的强力保证值在6.6~7.3cN/dtex之间,伸长率在15~25%之间。

4.2 工艺技术

生产丙纶高强丝有两种工艺路线,即纺丝和拉伸在两台设备上进行的两步法以及纺丝和拉伸在同一台设备上连续进行的一步法。一步法有短程纺和FDY生产线,又分卧式和立式两种流程。一般来说,在一步法中,与卧式相比立式具有纺丝和卷绕速度快、可选用更便宜的扁丝级聚丙烯作原料等优点,而卧式一般采用纤维级聚丙烯切片作原料,成本较高。二步法则有水平集束拉伸和立式单锭拉伸两种。

一步法和二步法各有所长。二步法是技术较成熟的传统工艺,因其锭位多,所需操作人员多,生产成本低,另外,牵伸管卷装小,管耗量大,回收运输麻烦。但是二步法工艺可使两段加工过程都能达到最佳要求状态,以获得丝束产品持续稳定的高质量,特别适合超高强丝的生产。而一步法由于废丝少,节省人力和劳动强度,生产效益高,设备占地面积小,节省能耗等优点,因而在丙

纶工业丝，主要是丙纶普强丝和中强丝的生产中被广泛应用，是一种有发展前途的先进工艺。

表3 丙纶高强丝设备与主要技术经济指标比较

制造商 (国别)	Barmag (德)	Neumag (德)	ESL (英)	Fare (意)	Filteco (意)	纺科院 (中)
工艺路线	一步法	一步法	二步法	一步法	一步法	二步法
设备投资 (万美元)		170~200	130~170	110~140	170~200	400~500 (人民币)
生产能力 kt/a	1	1.5	0.75	1	1.5	1.5
拉伸方式	卧式	立式带网络	卧式	卧式	立式带网络	立式
强力保证值 cN/dtex	66.2	69.8	73.3	66.2	66.2	70.6
伸长率 %		20~25	15~22	16~25	<40	15~25

研究表明，聚丙烯纤维拉伸达到的最高强度取决于未拉伸纤维的分子聚集形态。因此，为获得高强度丝，近晶聚丙烯切片是基础。这种切片分子是完全无定形、未取向的，且为反构象分子链。在纺丝时，应保持熔体流动的剪切梯度尽可能小，这样挤出的丝条经水浴或均匀空气冷却后能最大程度维持近晶状态，这样的纤维经高倍拉伸后能获得更高的强力，约9cN/dtex。下面就一般生产丙纶高强丝的工艺参数展开论述。

4.2.1 纺丝温度

纺丝温度要根据聚丙烯原料的熔融指数而定，既要保证熔体成纤必须的流动性能，又要尽可能减少纺丝过程中热降解，以保证初生纤维具有较高的分子量，由此获得丝的高强度。另外，由于在较高的纺丝温度下，初生纤维在发生结晶前具有较大的流动性而预取向度低，且保持不稳定的准晶结构，使后面可采用较高的后拉伸倍数从而获得高强度纤维。所以一般选取较高的纺丝温度，螺杆各区温度以270~280℃为佳，纺丝箱体温度控制在285℃左右为宜^[3]。

在一步法中多采用徐冷技术。使用的徐冷环是一个装在喷丝板下围绕丝束形成的圆柱形加热套筒。采用徐冷技术既可减少熔体

出喷丝孔的膨化程度，又可使初生纤维的双折射率降低，利于后拉伸倍数的提高。另外，徐冷环的温度选择也十分重要。温度过低，丝束的双折射率较大，不利于后拉伸；温度过高，容易使纤维截面均匀性差，导致单丝断裂而缠辊。一般选择在280~290℃为宜^[3]。

4.2.2 纺丝速度

熔体从喷丝孔中挤出后迅速从相对低速加速到纺丝速度，在这速度变化的同时，聚合物从熔体变成了固体（部分为准晶体）。然而，由于熔融聚合物具有粘弹性，产生挤出膨胀，加之在抽丝时施加的张力使纺丝线被拉长，可见纺丝是一个包含着数个相关连的复杂的变化过程。二步法把未拉伸丝卷绕到丝筒上，卷绕速度可根据其他纺丝可变性的要求调整到生产的最佳丝速状态，而一步法的纺丝速度则是由拉伸工序所需的机械速度决定的。意大利Fare公司提供的卧式一步法纺丝和英国ESL公司提供的卧式二步法纺丝工艺均采用较低的纺丝速度，约120~250m/min。

4.2.3 冷却成形

由于聚丙烯的热熔高（20℃时的热熔为540J/g）以及热扩散系数低（ $10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$ ），使其熔体的固化速度低，冷却速度慢，所以纺

丙纶高强丝时要求吹风温度低且吹风区间长。此外,采用急骤冷可使聚丙烯纤维保持不稳定的准晶结构,利于后拉伸倍数的提高。为此,风温应尽可能低些(环形吹风一般控制在12~14℃),但风速不能过大以免造成并丝。另外也可在靠近徐冷环下用水浴冷却使丝条固化以达到相同效果。

4.2.4 拉伸温度

由于丙纶具有不同温度产生不同晶形的特点,丙纶高强丝的拉伸,无论一步法还是二步法,均采用二段拉伸。当温度高于70℃时,初生纤维中不稳定的准晶结构易转变为稳定的单斜晶体,不利于后拉伸倍数的提高,所以拉伸温度一般为50~60℃。通过一段拉伸,纤维的结晶度、取向度都有所增加,拉伸应力增大,因此在较高温度下进行二段拉伸以达到理想的取向效果。二段拉伸温度以120~130℃为宜^[4]。这时,纤维由不稳定的准晶转变为稳定的单斜晶形,使取向固定下来。

4.2.5 拉伸倍数

拉伸倍数是决定丙纶高强丝强力最关键的工艺参数。要想提高产品的强度,必须采取较高的拉伸倍数。在一定范围内,随着拉

伸倍数的增大,丙纶强力丝的强度提高,伸长率降低。丙纶高强丝的二段拉伸工艺中,一段拉伸为4~4.25倍,二段拉伸为1.6~1.75倍,总拉伸为6~7.5倍^[3]。

4.2.6 拉伸速度

丙纶高强丝的拉伸速度以偏低为宜。拉伸过程实质上是纤维中大分子及其结构单元重排的过程。聚丙烯分子量较高,弹性高,如果拉伸速度高,拉伸变形的发展跟不上拉伸应力的变化,大分子及各种结构单元没有足够时间进行取向和结晶,丝的强度反而下降。实验表明,在一定拉伸倍数下纤维强度随拉伸速度的增加而减小^[5]。所以,在一步法中更不能片面追求产量而忽视质量,即丝的强度。

参考文献

- 1 洪振亚.《合成纤维》,1994,(3):25~28
- 2 林其峻,谭武江.《合成纤维工业》,1994,(4):28~32
- 3 张宏义.《合成纤维工业》,1993,(3):13~16
- 4 董纪震等.《合成纤维生产工艺学》,纺织工业出版社,1994
- 5 陈一新等.《合成纤维》,1995,(4):40~41

THE PRODUCTION AND APPLICATION OF PP HIGH TENACITY YARN

Lin Minyi Wu Guoming

(South China University of Technology)

ABSTRACT

In this paper, the development of PP high tenacity yarns is discussed. Their properties and application are considered also. The one-step producing process or two-step producing process and the influential factors in the producing process of PP high tenacity yarn are remarked, including spinning temperature, spinning speed, quench condition, and the temperature, rate and ratio of drawing.

Key words: PP high tenacity yarn; production; application