

2000, 29 (4)

①  
5-9

## 聚丙烯纤维技术的新进展及国内现状

芦崇椿 (全国化纤新技术开发推广中心 100020)

## 摘 要

从原料、添加剂及纤维三个方面介绍聚丙烯纤维的技术现状和趋势,并就国内企业状况和差距谈些看法。

关键词:聚丙烯 现状 差距

聚丙烯纤维, 技术进展, 中国,

TQ342.62  
F426.7

## 1 概述

聚丙烯是 50 年代末投入商业化运行的,几十年来,聚丙烯及其加工技术以惊人的速度发展。1998 年世界聚丙烯纤维产量达 491.40 万吨,已成为合成纤维第二大品种,其中,聚丙烯纤维占 90% 以上,其它主要是聚乙烯类扁丝,不足 10%<sup>[1]</sup>。

60 年代 PP 纤维开始进入市场,PP 扁丝逐渐顶替了黄麻而成为麻袋行业的基本原料。1962 年 Cellanese 加拿大公司开发了 PP 短纤维短程纺丝工艺,同期膨体连续长丝 (BCF) 开始用于地毯行业。目前,世界上 90% 的地毯底布和 25% 的地毯面纱是由 PP 纤维制作的。

70 年代初期,细旦 PP 纱在衣着方面已见使用。此时装饰用、土工用非织造产品也已崭露头角。

80 年代中期,混凝土增强 PP 纤维取得了进展,美国、西欧已开始用于建筑行业。

随着 PP 品种的多样化和纤维性能的不断改进,PP 非织造布应用引起了人们的极大兴趣,特别是 1.2dtex 细旦及超细纤维和 dxpf 1.0 纺丝成网(即 Spunbond)非织造技术的出现,更加确立了 PP 非织造产品在一次性尿片和妇女卫生用品市场的绝对份额。

## 2 国内外聚丙烯树脂生产技术现状

90 年代初世界 PP 生产能力约 1400 万吨,预计 2001 年将达到 3500 万吨,平均年增长率 8.8%<sup>[2]</sup>。从 1957 年第一个 ZN 催化剂 PP 工厂建

成,到 70 年代高效、高选择性新一代齐格勒-纳塔(ZN)催化剂产生,PP 聚合新工艺省去了清洗催化剂残留物及无规 PP 的分离工序,大大简化了生产工艺,并改善了产品质量<sup>[3]</sup>。

茂金属催化剂是 Exxon 和赫斯特公司首先引入市场的。茂金属等规 PP(mipp)具有窄的分子量分布(Mw/Mn2.0~2.5)、均匀的链长度,均聚物和无规物含量较低,其熔点  $T_m$  (DSC) 147~158℃, 约比 ZN 催化体系 PP 低 15℃, 热变形温度(HDT)及 Vicat 软化点无明显差异。mipp 具有特别的流变性和熔融性能。由于其较高的 MFI 和较低的熔点,加工可以在 250℃ 下进行,因此节省能源。mipp 具有良好的抗氧化分解能力,在反复挤压操作中,废品率低。由于茂金属催化体系在技术经济方面的众多优点, mipp 树脂已引起合成纤维业界的极大兴趣。在高品质的细旦长丝、短纤、纺丝成网非织造产品等品种中已取得成功<sup>[4]</sup>。

目前国内从事 PP 树脂生产的企业约 70 余家,其中小型本体聚合企业约占全国 PP 能力的 30%,年生产能力 3~7 万吨的企业 18 家,10 万吨级以上的企业 4 家。

国内聚丙烯树脂牌号较为单一,通用拉丝级所占比例大,专用 PP 多以进口为主。国内 14 家大型企业 PP 牌号仅有 90 余个。其中扁丝级 72%、双向拉伸级 (BOPP) 8.5%、注射级 4.7%、纤维级 12%、流延膜级 (CPP) 仅有 7000 余吨。从应用状况看,编制制品占 56.7%、注射制品 11.1%、纤维 11.9%、其它占 2.3%,总的应用量大约 300 万吨<sup>[5]</sup>。

### 3 聚丙烯加工中的新型添加剂

聚丙烯熔融挤压加工中,需添加高性能的稳定剂,以赋予PP树脂良好的加工性能,常用的稳定剂多为苯酚或亚磷酸盐类化合物。随着PP纺丝技术的进展和市场需求的变化,含苯酚类添加剂已禁止使用。瑞士Ciba公司推出纤维用无苯酚稳定剂Fibertab-L(Irgastab L-112)具有良好的加工性能,轻微的着色。英国Akron公司的LE314是一种旨在改进加工性能的稳定剂<sup>[6]</sup>。

德国Huls公司的Vestowax P930是用于有色PP长丝或短纤维着色颜料的新型载体,可避免滤网堵塞,并可防止颜料粒子凝聚而发生断丝。由于该载体的使用,致使颜料和蜡组分的添加量降低,同时在与紫外线稳定剂共同使用中,没有负面反应。

PP纤维对紫外光敏感,易于发生光氧化裂解,这限制了其在室外纺织品和汽车地毯方面的使用。Hals型光稳定剂具有突出的性能,并和紫外线吸收剂Sanduvor VSU同时使用可取得上佳效果。其它如BASF引入市场的光稳定剂Uvinul-Hals, Ciba公司的Tinuvin 111。后者是一种受阻胺类的光稳定剂,具有优良的纺丝性能,适宜用于浅色的着色纤维生产。

随着火灾的增多和规章的法制化,PP纤维的阻燃要求日渐提高。现用的PP阻燃剂体系不甚理想,阻燃剂的添加量仍较高且加工十分困难,一些阻燃剂和紫外线稳定剂相互干扰。Ciba公司提供了一种无卤素阻燃剂,兼顾紫外线稳定剂和阻燃剂性能,而不削弱其它性能。Calp公司阻燃剂FR600亦显示了良好的性能。

地毯使用中,细菌的滋生越来越危及人们的生活。特别在医院、学校、婴儿室、卫生保健设施,此类问题尤为突出。美国纤维技术公司于熔融纺丝时注入添加剂,制得商品名为Salus的抗菌纤维并已投放市场。Ciba公司的Irganon PA能够抑制多种细菌在聚合物表面生长,有效地改善了纤维制品的卫生状况。

美国3M公司开发一种驻极过滤介质,于PP熔融挤压时加入含氟化合物添加剂,采用熔喷法非织造工艺,制得超细纤维过滤材料<sup>[7]</sup>。

### 4 聚丙烯纤维生产新技术及新产品

#### 4.1 细旦长丝

细旦化是合成纤维技术发展的主要趋势之一。80年代以来,PP细旦纤维的开发首先在美国、意大利、捷克等国家兴起。鉴于PP纤维染色的特殊性,有色PP细旦长丝更为市场所青睐。

美国Brisko公司提供的有色PP细旦长丝生产线,可生产22~167dtex, dxpf为1.67~2.23的PP细旦长丝,最细可作到dxpf 0.89。该设备采用高速纺丝工艺,使用MFI 40的树脂,具有高达92%的挤压效率和低的纺丝温度(188~216℃),可使用不耐高温的色母粒,大大降低了成本,同时亦利于阻燃剂、紫外线稳定剂及其它添加剂的使用,给开发新产品提供了条件。此外该装置丝束冷却甬道仅长1500mm,工艺及设备配置紧凑<sup>[8]</sup>。

意大利Italproducts公司有色PP细旦POY—DTY生产线,具有高速、小批量、紧凑型工艺配置,并可以快速进行色泽更换。在纺制dxpf 0.8~2.7长丝时,喷丝孔长径比6:1,细旦长丝纤度的均匀性控制在+1.5%,Uster CV值小于0.7,并较好地解决了后加工油剂和颜料颗粒的分散这两个纺制PP细旦长丝的技术关键<sup>[9]</sup>。

意大利Essegomma公司生产工厂运行的PP细旦长丝FDY纺丝单元极具代表性。该设备采用高速纺丝—拉伸—网络—卷绕一步法工艺,每个单元三个纺丝位,位距1200mm,产品范围83~333dtex, dxpf 1.12,纤度偏差+1.5%,满卷率95%<sup>[10]</sup>。

80年代以来,北京、上海、广东等地相继开展了细旦PP长丝的研究开发工作。北京某厂采用Savio纺丝机及ICBT 8ES拉伸变形机,试制55~120dtex, dxpf 1.12~3.34的PP细旦丝,纺丝速度3200m/min,满卷率仅85%,与国外的差距是明显的。

目前国内PP细旦长丝开发已初具规模,但是长丝品质和应用开发限制了市场的进一步扩大。研制出一个品种是容易的,而良好的使用性能与最佳成本的权衡是PP细旦长丝扩大市场的重要因素。并非dpf越低越好。据悉国外PP细旦长丝织物多采用dxpf 1.67~2.23的长丝。如意大利Cason公司开发的衣着用PP细旦长丝使用

ECO-70 紧凑型纺丝机,  $d_{\text{spf}}$  为 2.09。

#### 4.2 膨体连续长丝(BCF)

世界 BCF 的生产能力约 200 万吨,其中 PP 占 30%、锦纶 6 占 30%、锦纶 66 占 30%、涤纶占 10%。西欧消耗的簇绒地毯用纱中丙纶与锦纶使用比例相近。

聚丙烯 BCF 生产大部分采用纺丝—拉伸—变形一步法工艺,较之于两步法加工成本约低 30%~50%。复色 PP BCF 占大多数,三种或更多种色泽纱可在同一机台上同时生产,但是三色 BCF 仍是最多的品种。

Rieter 公司开发的 Rietex 10 Flex BCF 机的生产工艺是:三组螺杆分别纺制出单色丝束,单独经过冷却、拉伸、预交络、变形后,在网络处形成三色纱后卷绕。此工艺产品品质与两步法 BCF 纱相近,而且生产柔性好,可以方便地调整各单色纱的纤度、卷曲度、网络度<sup>[11]</sup>。该公司用于 BCF 的新型卷绕机 Riemat CD300,卷绕速度达 7000m/min。Barmag 公司开发的 Vario-TEX 是 BCF 柔性生产装置,同时提供了新型的非常小型化的 Maxflex 着色系统,可将色母粒直接注入纺丝泵<sup>[12]</sup>。

变形喷嘴是 BCF 生产的关键部件,它制约着加工速度、效率和产品品质,亦是 BCF 生产技术进展的重要标志。德国 Temco 公司在 80 年代开发的 LD3 系列喷嘴,纺速 2000m/min,变形流体压力 1.1MPa;90 年代研制的 LD32 系列喷嘴,纺速 3000m/min;到 90 年代末,该公司提供给用户的 LD4 系列喷嘴,纺速高达 5500m/min,较之于 LD32 喷嘴,在使用 0.8MPa 压力时,效率提高 126%,在压力 1.1MPa 时,效率提高 156%,变形纱的成圈数达 31 个/米<sup>[13]</sup>。

BCF 新产品如细旦膨体长丝、双组分型、中空型膨体长丝已投放市场。15%的 PA6 或 PET 和 85%聚丙烯混合纺丝,可大大改进 PP BCF 的品质,这种双组分 PP 膨体长丝售价和锦纶 BCF 相近。斯洛伐克 Istrochem 公司开发的异形 BCF,商品名称 Virelon,纤度范围 800~12000dtex,用于簇绒地毯和室内装饰织物,效果较好。

奥地利 SML 公司研制出 Austrofil 新型 PP BCF 设备,采用紧凑型设计,微机控制工艺条件,易于变换色泽,变形装置可靠,纱线品质均一,加工纤度 1100~3000dtex。该机同时具备生产丙纶 POY、

FDY 的功能<sup>[14]</sup>。

70 年代末开始,我国陆续从德国、意大利、瑞士引进了 PP BCF 生产设备近 40 条,形成了 4~5 万吨的生产能力。目前,大部分设备仍在运转中,但设备性能、能耗、产品品质已不能适应地毯和装饰织物市场的需求,濒临淘汰报废的境地。表 1 为国内外 BCF 技术水平对比。

表 1 国内外 BCF 技术水平对比

项目	国外厂家	国内厂家
	巴马格(德) Rieter(瑞士)	XT-CD 地毯厂
纤维品种	双组分、异形、多孔型	普通型
加工纤度(dtex)	350~4000	1100~2500
变形速度(m/min)	2000~4000	1000~1500
单丝纤度(dxpf)	3.34~6.67	11.1~22.3
成圈数(个/米)	40	20~25
卷绕机速度(m/min)	5000~8000	2500~3500
	驳叉式导丝装置	

#### 4.3 双组分纤维

双组分纤维是 PP 纤维中技术发展较快的特色品种。日本室素公司、丹麦 Danaklon 公司在 PP/PE 双组分纤维的开发和应用方面处于领先地位。瑞士 EMS-Fischer 公司开发的双组分(皮芯型)纤维,dpf 可达 1.2,喷丝板孔数 2800,孔密度 15 孔/cm<sup>2</sup>。

皮芯型双组分纤维生产,多采用两步法工艺,即与传统的短纤维工艺相近。综合复合纺丝工艺和规模因素,生产线能力以 4000~5000t/a 为佳。复合纺丝组件形式各异,见表 2。90 年代,意大利 Fare 公司开发了紧凑型双组分纺丝设备,将纺丝和后处理工序联为一体,生产线能力 2500~8000t/a。

表 2 国外双组分纤维设备技术特征一览<sup>[15-19]</sup>

项目	富士(日)	PFE(英)	Hills(美)	Neunag(德)	Fare(意)	
工艺特征	两步法	两步法	两步法	两步法	一步法	
加工纤度(dxpf)	1.67~4.45	1.5~17	3.34~6.67	1.7~11	2.2~6.67	
喷丝板	孔数	2850	1200	1750	790	37750
	板型	圆形	矩形	矩形	矩形	超大环形
	尺寸(mm)	直径 390	370×90		690×150	直径 700
冷却形式	环吹	侧吹	侧吹	侧吹	内环吹	
牵引速度(m/min)	400~1500	800~1000	600~1200	1000		
生产速度(m/min)	180	140	250	120	140	

Fibroil 是欧洲 Strojintex 公司正在开发中的一系列聚丙烯/高密度聚乙烯双组分高性能吸附纤

维<sup>[20]</sup>。其结构不均一,截面呈多角形,纤维表面有大量微孔、洞穴和裂缝,可吸附油类或节流含油废水,用于炼油厂废水、油水的分离,脂肪类产品、石蜡等的吸附,是油品加工企业三废治理和废物回收利用、清洁生产方面的一项新产品。

#### 4.4 纺丝成网/熔喷法非织造技术

近年来 PP 纺丝成网技术取得了新的进展。纺丝成网单丝纤度日趋细且化,薄型产品更加柔软。日本神户制钢纤维网的 d<sub>xpf</sub> 为 0.5 ~ 0.7,网重规格为 10g/m<sup>2</sup><sup>[21]</sup>。

能耗大幅度降低是另一个趋势。90 年代中期, Karl - Fischer 公司提供纺丝成网生产线,产品规格为 100 ~ 250g/m<sup>2</sup>,幅宽 3300mm,产品电耗 2600 度/吨;三年后其产品可做到 10g/m<sup>2</sup>,纤维网 d<sub>xpf</sub> 0.7,而其电耗大幅度降至 1000 度/吨<sup>[22]</sup>。Reifenhauser 公司采用低压空气,拉伸速度达 5000m/min,生产 10g/m<sup>2</sup> 产品时,其能耗也可以做到 1000 度/吨<sup>[23]</sup>。

为了改进纺丝成网的品质和提高生产效率,众多的公司采用两组或更多组螺杆挤压—纺丝系统。此外复合工艺的开发亦给改进产品性能和扩大用途提供了条件,诸如 SMS、SMMS、SM 纺丝成网/熔喷复合。意大利 Fare 公司 Superspun 纺丝成网产品为双组分纤维网,德国莱芬豪森公司于 Index 99 展出了双组分熔喷法非织造技术<sup>[24]</sup>。

80 年代以来,我国陆续引进 20 多条 PP 纺丝成网生产线,主要是德国 Reifenhauser 和 STP 等三家意大利公司的设备。产品规格多为 15 ~ 150g/m<sup>2</sup>,幅宽 2400 ~ 4000mm。除德国引进的设备生产 20g/m<sup>2</sup> 薄型产品质量能予保证外,其余生产线的产品大部分规格是 30 ~ 150g/m<sup>2</sup>。

妇女卫生用品、一次性尿片和土工布是 PP 非织造布的支柱产品。18g/m<sup>2</sup> 薄型非织造布多采用细且 PP 短纤维热粘合产品。d<sub>xpf</sub> < 1、10g/m<sup>2</sup> 的纺丝成网产品的出现,使这个领域又增加了一个新品种。它将短纤维和非织造布两个生产工厂合一,在生产效率、制造成本方面具有优势。这是一个技术含量高的产品,亦是国内纺丝成网非织造产品技术最薄弱的方面之一。

我国的水土流失极为严重,水利设施建设和维护日益紧迫;我国的高速公路里程只占道路的 0.497%,仅为发达国家的 1/4 ~ 1/5。可以说,作

为主要土工用纺织品的纺丝成网非织造布现实和潜在的市场是巨大的。但是,截至目前国内还没有一家纺粘法工厂能生产 180 ~ 450g/m<sup>2</sup> + 2PP 土工用产品。这亦是当前纺丝成网非织造产品面临结构调整的另一个侧面。

熔喷法 (Melt blown) 非织造产品范围宽,可在 3 ~ 1000g/m<sup>2</sup>。目前可提供熔喷法成套设备的厂家主要有美国 Accurate 公司、J&M 公司、WWPI 公司和德国莱芬豪森公司。近年意大利的 Fare 和 M - Modern 公司的熔喷设备亦投放市场。网的纤维直径视产品要求可做到 0.5/1.5/5/10/20μm。通常使用的 PP 切片 MFI 为 250/400/800。Borealis 公司生产的熔喷法非织造布专用 PP MFI 450 ~ 1200,纺丝模头喷孔的长径比 1/10 以上,每英寸约 30 ~ 35 个孔。J&M 公司的模头设计新颖,可在 45 分钟内快速更换模头<sup>[25]</sup>。

国内已引进了 Accurate、莱芬豪森公司的熔喷法成套设备。以前者声誉较好,全世界熔喷法非织造设备中,Accurate 公司约占 60% 以上<sup>[26]</sup>。

#### 4.5 短纤维技术和新产品

PP 短纤维生产大部分采用多孔、低速、连续化工艺,即短纺工艺。和传统纺丝相比较具有高效、低能耗、生产柔性好等特点<sup>[27]</sup>。

奥地利 Asota 公司在新原料使用和 PP 短纤维开发方面有非常丰富的经验。该公司生产的短纤维规格从 1.0 ~ 400dtex。开发的新品种如:耐紫外光纤维,其耐用性能从几个星期至几年,主要用于防晒纺织品、篷布类;抗热氧化纤维,可以在 90℃ 到 130℃ 的条件下长期使用,最高使用温度可达 150℃;此外还有 LOI 27 的阻燃纤维、分散染料可染和可印花短纤维;Asota 公司的抗霉菌纤维 Asota AM,其主要产品包括运动袜(70% 棉、30% AM 或 60% 毛、40% AM)、揩布(70% 粘胶、30% AM)、登山鞋衬里(100% AM)、手套衬里(50% 尼龙、50% AM)、运动外衣(70% 棉/粘胶、30% AM)、床上用品(50% 粘胶、50% AM);另外抗霉菌兼顾防污纤维,商品名称 Asota AM Plus,专门用于卧室床上用品或衬垫;三叶形纤维 M30,弹性好,具有丝样光泽;中空纤维 E3220 可和羊毛混纺作簇绒地毯面纱;纯 PP 纤维经 DREF2 型摩擦纺,可用于簇绒地毯。

斯洛伐克 Istrochem 公司研制的高收缩纤维

Nobelex, 1.3 ~ 2.8dtex 用于合成革, 11 ~ 17dtex 用于针刺毡。Dimapos 型 PP 短纤维系列是一种特殊用途的纤维, 有 6.7dtex、17dtex、30dtex, 切断长度 8 ~ 20mm 是专门用作混凝土配料纤维。用于建材行业的同类纤维还有德国 Baumhuter 公司的 Euro-fiber PP 短纤维, 使用中每立方米混凝土添加量约 1 公斤, 可防止混凝土浇灌过程中产生裂缝, 从而防止大气环境对混凝土内钢筋的侵蚀, 亦可以降低或防止出现裂缝修补的高昂费用, 这是一个极具潜力的市场。

80 年代, 国内陆续引进近 30 条 PP 短纤维生产线。90 年代在引进的基础上, 邵阳、江苏等地研制了 3000t/a 生产线, 纺丝板孔数达 3 ~ 5 万。尚不能纺制细旦纤维, 较之于巴马格公司 PP 短纤维设备(纺丝板 15 万孔, 万吨生产线仅 4 个纺丝单元), 生产效率差距还是很大的; 就是与近期引进的意大利 Fare 公司、Varemac 公司的 PP 短纤维设备比较差距亦是明显的<sup>[28]</sup>。

近几年, 英国 ESL 公司开发了新型三维卷曲短纤维技术。系列生产能力 6000t/a, 纺丝板孔型和组件的独特设计, 可赋予纤维自行卷曲性能。这是一个很有发展前途的品种<sup>[29]</sup>。

## 5 结束语

近年来, 聚丙烯纤维技术的进展引起纤维业界注意不是偶然的, 相比之下, 我国的 PP 企业技术水平和应用研究需要一定的投入, 并应增加一份思考。

① 70 年代以来, 国内相继引进了 PP 短纺和三维卷曲短纤维生产线 40 余条、BCF 生产线 30 多条, 形成了我国 PP 短纤维和 BCF 膨体长丝生产工厂的主体设备。二十几年来, 国产化工作进展缓慢, 尚还只停留在对原有设备的仿制阶段。纺丝成网非织造技术和设备状况也基本如此。随着产业结构调整和企业面向国际市场的竞争形

势, 应加大对引进技术的消化吸收投入(发达国家引进与消化吸收投资比 1:3, 国内只 1:0.04), 根据企业的技术现状和所面临的环境, 将有限的技术创新资金投入到与企业合作的化纤研究开发工程公司, 其效益会更实际一些。

② Asota 是奥地利一家从事聚烯烃纤维生产和开发的公司, 在 PP 原料树脂、各种添加剂、纺前着色技术、聚烯烃纺丝技术及纤维制品应用消费研究方面具有丰富的经验。该公司配备有良好的系列化的试验设备, 研究和生产没有明显的界限, 可以不间断地为企业提实用化技术, 使企业适应市场和具有强劲的竞争能力。这种集研究/生产/开发/市场于一体的模式, 值得国内企业借鉴。

## 参 考 文 献

- [1] C. F. I. 1997, (10): 342
- [2] C. F. I. 1999, (10): 382
- [3] 1997 ~ 1998 国外塑料工业进展. 塑料工业. 1999, (6)
- [4] C. F. I. 1998, (10): 394
- [5] 98 PP 调研中心年会报告. 中国塑料. 1999, (2)
- [6] Ciba 公司资料. 1999, 5
- [7] Man-made fiber year book, 1998, (9): 12
- [8] 美 Brieko 公司报价. 1997, 5
- [9] 意 Italproducts 公司资料. 1997, 3
- [10] 意 Essegomma 公司资料. 1998, 7
- [11] 瑞士 Rieter 公司技术交流资料. 1998, 7
- [12] C. F. I. 1999, (10): 432
- [13] C. F. I. 1998, (1): 70
- [14] C. F. I. 1999, (10): 57
- [15] 日 Fuji Sangyo 公司报价. 1996, 10
- [16] 英 PFE 公司报价. 1996, 8
- [17] 美 Hills 公司资料. 1998, 5
- [18] 意 Fare 公司报价. 1998, 7
- [19] 德 Neumag 公司报价. 2000, 3
- [20] Strojintex 公司资料. 1996, 6
- [21] 日神户制钢资料. 1996, 6
- [22] 德 Karl - Fischer 公司资料. 1996, 10
- [23] 德 Reifenhauser 公司技术交流资料. 1999, 10
- [24] Man-made fibers year book. 1999, 8
- [25] 美 J&M 公司报价. 1996, 9
- [26] 美 Accurate 公司资料. 1998, 10
- [27] C. F. I. 1998, (10): 410
- [28] 德巴马格公司报价. 1998, 7
- [29] 英 ESL 公司资料. 1997, 8

## DEVELOPMENT AND CURRENT SITUATION OF POLYPROPYLENE FIBER TECHNOLOGY

Lu Changchun (China Chemical Fiber New Tech. Development Center 100020)

### Abstract

This article introduces the current situation and trend of polypropylene fiber technology in the raw materials, additives and fiber. It also presents the relevant view on the current situation and the disparity of mainland enterprises.