

# 不同原料生产丙纶短纤维的技术和经济分析

虞彭德

(上海石化股份公司塑料事业部, 200540)

根据原实验厂丙纶短纤维装置生产卫生用薄型非织造布专用热熔(粘)短纤维所选用的不同熔融指数的聚丙烯切片的情况,从生产工艺参数的设定、生产稳定性、成品质量和后加工性能、生产成本和项目抗风险性能等方面进行了对比分析和测算,并提出了最佳方案。

关键词: 聚丙烯 短纤维 工艺 技术 经济分析

聚丙烯因其分子结构的特点,要求成品纤维具有较高的分子量。而聚丙烯切片在热氧状态下的不稳定性,使得聚丙烯在生产纤维时,可通过实施高温或过氧化物裂解,达到成纤高聚物所需的分子量,这样采用的原料分子量选择范围较大。国内部分企业从降低成本出发,用注塑类聚丙烯原料添加过氧化物来实施生产,其生产的成品纤维从质量、卫生标准、产品的适用性均存在着不足和局限性。原实验厂虽选用来自股份公司内部的纤维级聚丙烯切片,但由于原料的分子量不同,即熔融指数不同,带来了生产过程的控制、产品质量和项目技术经济指标的不同。根据使用不同牌号原料生产的卫生用非织造布专用纤维的实际情况,对由此引起的生产状态、产品质量和适用性,以及物耗、能耗和最终产品的成本和综合效益的差异,进行粗浅的分析对比。

## 1 生产条件

### 1.1 原料

采用本公司塑料部生产的纤维级聚丙烯切片:

样品 1<sup>#</sup> MFI: (10~14)g/10 min;

实测: 10.8 g/10 min;

样品 2<sup>#</sup> MFI: (16~20)g/10 min;

实测: 18.2 g/10 min;

样品 3<sup>#</sup> MFI: (24~32)g/10 min;

实测: 28.5 g/10 min.

### 1.2 设备

引进丙纶短程纺生产线。

主要特征: 大型喷丝板, 孔数: 90000;  
大型内环吹骤冷成形。

### 1.3 工艺特征

采用低速多孔短程纺工艺路线。

工艺流程: 切片输送 → 螺杆挤压熔融 → 熔体输送 → 计量纺丝 → 环吹冷却成形 → 牵伸 → 卷曲 → 热定型 → 切断 → 打包

### 1.4 主要工艺参数

螺杆各区温度: 200~320℃

纺丝温度: 260~320℃

组件温度: 270~310℃

环吹温度: 20~25℃

本文于 1998-11-23 收到。

牵伸倍数:1.1~2倍

### 1.5 测试项目及仪器

纤维力学性能: XG-1型强伸仪、XD-1型纤维度测试仪;

纤维热性能: DSC-7型差示扫描量热仪。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同原料生产的纤维质量对比

表1 不同原料生产的成品纤维质量对比

项 目	原 料		
	样品 1 <sup>#</sup>	样品 2 <sup>#</sup>	样品 3 <sup>#</sup>
线密度/dtex	2.22	2.22	2.22
强度/cN · dtex <sup>-1</sup>	>1.8	≥1.8	≤1.7
强不匀,%	12.2	12.5	12.6
伸长,%	>310	>300	>295
伸不匀,%	17.3	18.5	18.9

\* 规格为 2.22 dtex / 40 mm

由表1可知,采用不同牌号的聚丙烯切片,即不同初始熔融指数的原料,在生产专用非织造布纤维(2.22 dtex × 40 mm)时,其成品纤维的力学性能存在着一定的差异。一般而言,原料的熔融指数越低,纤维的强度越高,同时伸长也越高,对于纤维的不匀率则相反,这可能与聚丙烯切片在不同生产工艺条件下的高温裂解和纤维的熔融指数及变化幅度有关(见表2)。

表2 不同原料的纺丝工艺参数对比

项 目	原 料		
	样品 1 <sup>#</sup>	样品 2 <sup>#</sup>	样品 3 <sup>#</sup>
原料 MFI/g · (10min) <sup>-1</sup>	10~14	16~20	24~32
螺杆各区温度/℃	220~320	200~315	200~300
熔体温度/℃	270~295	260~290	250~285
纺丝各区温度/℃	300~330	290~315	260~290
冷却风速/℃	18~25	18~25	20~25
欠伸倍数/倍	1.8~2.5	1.8~2	1.8~2.5
成品纤维 MFI/g · (10min) <sup>-1</sup>	16~18	19~26	25~32

因为在熔融纺丝过程中,要保证一定的熔体粘度范围,一般 MFI 越低,工艺控制温度越高,熔体温度也越高,这样熔体在整个受热熔融纺丝

过程中,高温裂解越严重。由于聚丙烯分子量的多分散性,裂解使得分子量呈趋同性变化趋势,即分子量分布更趋均匀一致,这样纺丝过程中裂解越大,其熔体粘度越趋均匀,相对来说生产的纤维质量的均匀性也较一致。例如,在实际生产中采用 1<sup>#</sup>原料,初始 MFI 较低,纺丝前后熔融指数变化较大,其产品的质量可以达到更高更均匀的目标。由表2同时可见,1<sup>#</sup>原料 MFI 变化较大,但纤维的 MFI 仍低于 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>样品,即 1<sup>#</sup>料生产的纤维的平均分子量高于其它样品,而高分子量物质的存在,减少了具有分子缺陷的大分子末端,使得纤维所能承受的拉伸应力较大,这样纤维的断裂强度和断裂伸长均高于其它两者。

### 2.2 成品纤维的热性能分析

对不同原料生产的同一规格产品进行热谱分析,结果见表3。由表3可见,用 2<sup>#</sup>聚丙烯切片生产的纤维其熔融热值最低,说明该纤维结晶度最低,并且该纤维具有起始熔融温度最低、熔程最大的特点。因此,2<sup>#</sup>原料生产的纤维在非织造布热粘加工时的热轧温度较其它为低,而调节范围更大,后加工生产控制更为方便、有效,具有较高的应用性能。

表3 纤维的热性能对比

项 目	原 料		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
熔融热(H)/J · g <sup>-1</sup>	92.435	83.416	92.271
初始熔融温度/℃	136.804	133.404	135.904
熔点/℃	157.545	156.931	157.905
加工区温度/℃	20.741	23.527	22.001

对于卫生用非织造布生产而言,热轧温度直接决定了非织造布棉网的质量、风格及能耗,而热轧温度的设定和调节,则直接依赖于热熔(粘)纤维的初始熔融温度和熔融范围。

### 2.3 生产状态和消耗对比

在聚丙烯纺丝过程中,由于原料的不同,不仅随之带来工艺参数的不同,熔体受热裂解的不同,同时也带来了整个纺丝状态和稳定性的不同。这样,整个生产过程的物耗、能耗也就不同。对三种不同原料的实际生产分析,结果见表4。

表 4 装置运行质量对比

项 目	原 料		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
纺丝性能	有较多断头、飘丝	无断头	无断头
可纺性	稳定性差	稳定	稳定
最大车速/m·min <sup>-1</sup>	<140	>140	>145
物耗/kg(原料)·kg <sup>-1</sup> (成品)	1.022	1.018	1.008
能耗/kW·h·t <sup>-1</sup>	1 150~1 300	1 100~1 300	1 050~1 200

实践证明,原料的 *MFI* 越高,纺丝温度则越低,熔体的高温氧化较少,诱发非稳态纺丝的因素减少,纺丝过程较易控制,可达工艺速度越高;反之 *MFI* 越小,所需纺丝温度越高,易诱发熔体的高温裂解;同时,熔体温度高,熔体膨胀较小,有利于纺丝,但熔体温度高,其熔体粘度较低,在较高的喷头拉伸和强烈冷却情况下,挤出的细流容易断裂,形成断丝、飘丝,从而恶化了纺丝状态,因此在生产中一般不选择 *MFI* 较低的原料。由表 4 可见,3<sup>#</sup> 原料具有较好的纺丝性能,2<sup>#</sup> 原料次之,1<sup>#</sup> 原料最差。

### 3 经济分析

#### 3.1 生产成本对比

不同原料由于单价不同,生产稳定性和物耗、能耗不同,带来了产品生产成本的不同。现根据公司 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 原料的生产实际情况和装置情况进行对比测算,结果见表 5。

表 5 单位生产成本测算及对比 (元/t)

项 目	原 料		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
变动成本	6 630	6 600	6 690
固定成本	1 200	1 200	1 200
生产成本	7 830	7 800	7 890

测算依据:按不同原料的生产实际费用发生平均值计。

由表 5 可见,采用 2<sup>#</sup> 切片生产 2.2 dtex×40 mm 非织造布专用纤维,其生产成本最低,1<sup>#</sup> 原料次之,虽然 3<sup>#</sup> 原料价格较高,但生产稳定,单耗最

低,能部分弥补由原料价格偏高带来的不利因素,综合生产成本最终可能低于 1<sup>#</sup> 原料。

#### 3.2 经济效益对比

产品的经济效益直接取决于其单位成本和品种生产规模。由于不同原料的可纺性不同,由此引起成本和生产能力不同(见表 6)。

表 6 生产能力和效能对比

项 目	原 料		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
最大车速/m·min <sup>-1</sup>	135	140	145
装置效能,%	92~98	100~105	100~108
年产量/t	7 900~8 300	8 500~8 900	8 500~9 150

由表 6 可知,3<sup>#</sup> 样品因其熔融指数较高,分子量分布窄,在纺丝过程中,受热分解少,熔体流动性较高,熔体挤出膨化较小,故其生产稳定性较其它两种样品为好,可使生产工艺速度最高,相对装置的效能最高,其生产能力可达设计值的 108%。然而对于品种规模和生产成本而言,在整个装置设计能力范围内,由于生产品种的经济规模不同,生产成本也不相同(见图 1),在生产规模较低时,虽采用不同的原料,但因物耗、能耗相差不大,同时庞大的固定费用由较少的产量分摊,故使产品总成本相差也不大;但随着产品规模的扩大,物耗、能耗下降,生产成本逐渐下降,其中 2<sup>#</sup> 样品的生产成本始终保持最低水平,而 3<sup>#</sup> 样品因规模的扩张,物耗、能耗的下降,抵消了原料价格高的因素,经测算,当年产量达到 8 900 t 以上时,其生产成本低于 1<sup>#</sup> 样品。

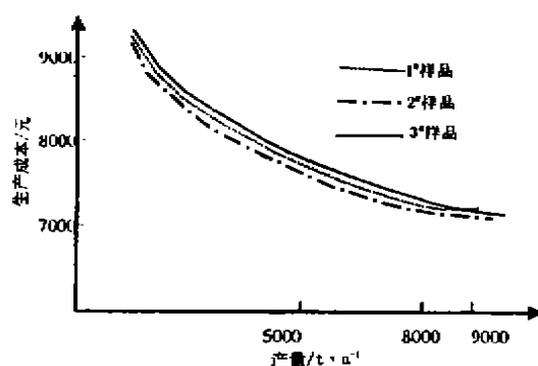


图 1 产量与成本的关系

### 3.3 盈亏平衡分析

同一装置,由于采用的原料不同,所引起的装置实际生产能力不同,即装置所发挥的效能不同,装置的经济效益也就不同。现通过分析采用三种不同样品原料的生产方案的生产阶段利润、成本和产量之间的关系,并根据产品生产能力和产品盈亏平衡点(Q)公式(1)和产品生产能力利用率(PCR)公式(2),测算和判断不同方案对项目经济效益及抗风险能力的影响,以确定方案的优劣。

$$Q = \frac{B}{P-a} \quad (1)$$

$$PCR = \frac{Q}{Q^*} = \frac{B}{(P-a)Q^*} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

B——固定成本,元/t;

P——产品价格(不随销售量的变化而变化),元;

a——变动成本,元/t;

Q\*——生产能力,t;

Q——盈亏平衡时产量,t。

表7 装置盈亏分析对比

项 目	方 案		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
Q/t · a <sup>-1</sup>	5 280	5 145	5 532
PCR, %	63.61	58.47	61.47

注:1<sup>#</sup>方案,采用1<sup>#</sup>样品的生产过程;

2<sup>#</sup>方案,采用2<sup>#</sup>样品的生产过程;

3<sup>#</sup>方案,采用3<sup>#</sup>样品的生产过程。

经不确定分析测算,产品销售价格为8 500元/t时,2<sup>#</sup>原料方案的项目盈亏平衡点最低,只要能达到生产能力的58.47%,产量为5 145 t/a,就能保本;如果超过此利用率(PCR),则能产生较好的盈利,故2<sup>#</sup>原料方案的抗风险能力最好,企业易取得较好的效益。

## 4 结论

经丙纶装置多年运行证明,公司生产的纤维

级聚丙烯切片均可用来生产非织造布专用纤维,但因原料不同,生产稳定性、产品物耗、能耗及成本和综合经济效益有较大的不同。

1<sup>#</sup>原料可以使产品具有更高的强度和更大的伸长,卫生材料柔软性好。但生产稳定性较差,产品能耗、物耗为最大,生产成本较高,综合经济效益最差。

2<sup>#</sup>原料生产的成品纤维,其强度、伸长均稍低于1<sup>#</sup>原料生产的成品纤维,但原料可纺性好、生产稳定性较好,产品物耗、能耗均明显低于1<sup>#</sup>原料,生产成本最低,但其装置效能则稍低于3<sup>#</sup>原料,年产量较3<sup>#</sup>原料稍差,但好于1<sup>#</sup>原料。更为重要的是成品纤维在卫生材料热粘合加工时具有较低的温度和较宽的温度范围,易于调整工艺和质量,产品适用性最好。

3<sup>#</sup>原料生产的成品纤维,其强度、伸长为最低,且生产稳定,产品单耗、能耗最低,其生产速度可达最高,但由于原料单价远高于前两者,生产中较难消化原料差价,这样仍使其产品成本最高,同时成品纤维后加工所得非织造布卫生材料手感较前两者差。

总之,采用2<sup>#</sup>原料生产卫生用非织造布专用纤维,不仅是从原料的可纺性、生产工艺控制、纤维质量及后加工适用性等方面综合比较,均好于其它两种原料;更为重要的是,以装置的经济规模,即本装置技术设备所能达到的效能和产品生产成本以及项目抗风险能力相比较,它更易获得最大利润和实现最佳的经济效益,因此它是最佳的原料选用方案。

## 参 考 文 献

- 1 吴宏仁,赵华山.聚丙烯纤维的科学和工艺.纺织工业出版社,1987
- 2 王庆瑞.高技术纤维.中石化总公司继续工程教育系列教材,1997.4
- 3 技术经济分析.中石化总公司继续工程教育系列教材,1997.4:3
- 4 陈稀.常用的几种低热粘法温度柔软型PP短纤维的剖析与分析.合成纤维工业,1998,21(2):17