

新型纤维 PTT 的性能及应用

文/高蕴

摘要：根据 PTT 纤维的结构对纤维的性能进行分析，并简单介绍了 PTT 纤维的制备方法及 PTT 纤维的前景及应用领域。

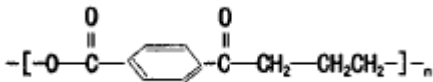
关键词： PTT 纤维;性能;应用

PTT纤维是由对苯二甲酸和丙二醇缩聚而成，是一种新聚脂，其克服了PET纤维的刚性和PBT纤维的柔性，兼具了聚脂和聚酰胺的优点，有优异的回弹性、易染性、抗污性、耐磨性和低吸水性以及良好的色牢度，价格介于涤纶与锦纶之间，可制作地毯、复合纤维、弹力织物等，而且使用起来方便,性能好。是一种具有广泛应用前景的聚脂纤维，随着其原料的生产新工艺的开发，生产成本的降低，使PTT纤维的工业化生产成为可能，被专家预测为21世纪最主要的新纤维品种之一。

1 PTT纤维的结构与性能

1.1 PTT纤维的结构

PTT是由1，3-PDO与对苯二甲酸缩聚而成的聚对苯二甲酸丙二醇酯，其分子结构示意图为：



PTT 是一种芳香族聚合物，一般以 1，3-丙二醇 (PDO) 和对苯二甲酸 (TPA) 为原料经熔体缩聚制成，在工业生产中采用熔体挤出纺丝法生产各类长丝和短纤维，其重要原料 PDO 的生产采用生物酶催化法制备，使 PTT 的生产成本得到下降。PTT 纤维与 PET、PBT、PA 纤维的分子结构见表 1 [1]。

表1 几种纤维分子结构对比

纤维简称	化学名称	亚甲基数	特点
PTT	聚对苯二甲酸丙二醇酯	3	奇碳效应分子链，形成螺旋状容易伸长
PET	聚对苯二甲酸乙二醇酯	2	大分子键呈全伸展结构
PBT	聚对苯二甲酸丁二醇酯	4	甲基键长
PA	聚酰胺	6	线型长键分子，完全伸展的平面锯齿形结构

1.2 PTT纤维的性能

从结构上看，PET、PTT及PBT大分子链中分别有2个、3个和4个亚甲基基团，正是这些微小的差异导致了3种聚酯无论在物理性能、还是在化学性能上均表现出较大的差异。PTT和PET相比其差别仅在于PTT分子重复单位中增加了一个亚甲基(-CH₂-)但PTT聚合物的特性与PET聚合物的特性相比有较大的差异 [2]。

(1)用差示扫描量热仪(DSC)对PTT聚合物的结晶性进行分析，发现PTT聚合物的玻璃化温度约50℃，冰结晶温度为120℃，热结晶温度为170℃，熔点为228℃；并且无论是冰结晶过程还是热结晶过程PTT聚合物都比PET聚合物更快的结晶速度和结晶能力。

(2)剪切应力作用30min时，PTT的粘度降低大于PET，说明PTT热稳定性差，很容易发生热降解。

(3)与PET和PBT不同，PTT只有特定的一种构象，而且这种构象允许芳环对其基本结构中的C轴产生倾斜角，使聚合物链呈明显Z状。形成的原因是PTT的每个链节中有3个亚甲基，因奇数个亚甲基单元会在大分子链之间产生“奇碳效应”，使苯环不能与3个亚甲基处于同一平面，只能以120°错开排列，由此使得PTT大分子链形成螺旋状排列，使纤维具有永久的弹性 [3]。这种Z字形构象使PTT纤维的初始模量较低，易于拉伸，且呈现良好的弹性和回复性。并且随着拉伸比的增大，初始模量的变化不大，PTT的伸长率大于除氨纶以外的所有合成纤维。PTT纤维急弹伸长回复率达82%，总回复率100%。而十次拉伸循环后剩余形变值才为19%。

(4)与PET相比，由于大分子链中多出一个(-CH₂-)单元，因而分子的柔韧性和熔点发生较大变化，柔韧性更好，熔点更低，纯的PET熔点为265℃，而纯PTT熔点只有230℃。

以上这些与PET、PBT不同的特性，使其对纺丝工艺的控制能产生不同的效果。PTT作为热塑性工程塑料主要优点在既具有PET的物理性能，包括强度、韧性和耐热性，又具有PBT的加工优势，如熔体温度低、结晶速度快；同时又保持聚酯的基本特点，即尺寸稳定性、电绝缘性和耐化学品性。PTT、PET、PBT、PA6、PA66等几种聚合物的物理化学性能比较见表2。PTT纤维的机械性能指标见表3。

表2 几种聚合物物理化学性能比较

项目	PTT	PET	PBT	PA6	PA66
熔点	230	265	226	220	265
玻璃化温度	45-65	80	24	40-87	50-90
24h吸水率/%	0.03	0.09	0.10	1.9	2.8
染料种类	分散	分散	分散	分散	分散
染色温度/°C	100	130	100	100	100
染色性能	优	良	良	良	良

表3 PTT纤维的机械性能指标

项目	PTT	PET	PA
抗拉强度/ccn. tex ⁻¹	30	38	40
断裂伸长/%	40	30	35
急弹性回复率/%	82	32	68
15min缓弹伸长回复率/%	18	12	12
总回复率/%	100	44	80
十次拉伸循环后的剩余形变值	19	70	38

其中PTT纤维具有显著的易染性，能在无载体的情况下常压沸染，在相同的染色温度下，染料在PTT的渗透深度明显高于PET，且色泽均匀，坚牢度高。与PET纤维相比较，PTT纤维具有显著的易染性是其突出的优点之一。这是因为PTT纤维的玻璃化温度为45~65℃，能在无载体的情况下常压沸染。同时在相同的染色温度下染料在PTT中的渗透深度明显高于PET，而且色泽均匀，坚牢度高，与毛、蚕丝等蛋白质纤维混纺织物可用共浴一步法染色^[4]。

2 PTT纤维生产工艺概况

日前，全球PTT纤维生产工艺技术掌握在Shell和DuPont两家公司手中，其商品名分别为Corttera与Sorona。他们两家的生产方式最大区别在于PTT原料1, 3-PDO制造方法，Shell是利用化学合成方法生产，而DuPont公司则是以具有环保的生化合成技术路线制造。就商业化程度而言，Shell公司早在20世纪90年代就把PTT商品化，因而在这方面超过DuPont公司。

预计到2020年，聚酯纤维的市场份额将占到聚酯纤维的13%~18%。PTT的合成机理与PET和PBT工艺相似，是由对苯二甲酸二甲酯(DMT)或精对苯二甲酸(PTA)和1, 3-PDO聚合而得的聚酯树脂。类似于PET，其合成工艺大致可分为直接酯化代法和酯交换法二种。

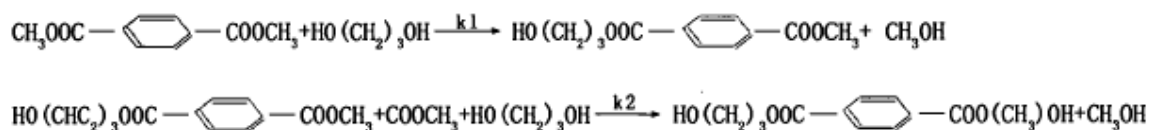
2.1 直接酯化法(PTA法)

直接酯化法的原料是PTA和1, 3-PDO。该工艺是由Zimmer公司与Degussa公司研究开发的，国内一般将聚合分为3个阶段，包括PTA与1, 3-PDO酯化、预缩聚及终聚3个主阶段组成。通过搅拌来区分不同反应阶段的聚合结束时间，基本上是仿照PET的聚合；而Zimmer公司采用5段连续熔融过程(240~270℃)制取。PTA和1, 3-PDO在前2段被酯化，过剩的PTA从第2段除去；第3和第4段为预缩聚反应器；第5段为缩聚反应器。前3个反应器为搅拌釜式反应器，第4和第5段采用Zimmer公司开发的盘环式反应器。

为了与大生产相结合，且PTA路线比DMT路线的生产成本低，不需要回收甲醇，流程简单，节约成本，所以直接酯化路线是目前研究的重点^[5]。

2.2 酯交换法(DMT法)

苯二甲酸二甲酯(DMT)与1,3-PDO进行酯交换，酯交换法在温度140~220℃，采用Ti系催化剂，先脱除甲醇，缩聚升温至270℃并减压到5kPa进行缩聚，继而缩聚制得PTT，见以下反应式。



直接酯化法基本上是成熟的工艺，工艺合理，流程短，投资少，生产效率高，生产过程中无需回收甲醇，可简化回收过程与设备，并能减少环境污染，生产安全，原料及能量消耗低，因而生产成本低。所以PTA法优于DMT法^[6]。

3 PTT纤维的应用

3.1 PTT 纤维的前景

PTT 纤维的各项物理机械指标和性能都优于PET性能，兼有涤纶和锦纶的特性。PTT的变形能力特别适合于外衣面料；其染色温度比PET低约30℃。其弹性与氨纶相比，PTT的变形能力特别适合于外衣面料，特别适合于和羊毛混纺后进行匹染^[6]。

中国内地PTT产业化生产还处于起步阶段，但从地毯、纺织品及工程塑料容量看，具有广阔的前景。另外PTT不需要用染色载体，可以避免因使用某些染色载体对环境造成的危害并且不需要染色设备，可减少投资。随着PTT工艺不断完善，生产成本下降和应用开拓，它将在价格上与PET、PBT和PA66等竞争。从其综合性能看，PTT纤维是今后聚酯纤维的发展方向。

3.2 服用PTT纤维

PTT 纤维具有比涤纶、锦纶、维纶更为优异的性能。PTT 纤维较 PET 纤维模量和断裂强度低，刚性减弱，柔性增强，断裂伸长率和卷曲收缩率均大于 PET 和 PA，是除氨纶外延伸率、弹性最好的一种纤维。还有优良的抗皱性、尺寸稳定性、耐候性电气性能、机械制作性能、容易染色和良好的屏障效应等特性。服用 PTT 织物主要用来制作运动服、成衣。由它制作的服装穿着贴身舒适，活动自如，触感柔和、快干、免烫、十分符合现代人们个性化生活的要求。日本旭化成用 100% 的 PTT 制成的服装已进入市场^[7]。

3.3 装饰用 PTT 纤维

目前国内化纤地毯的主要原料 PET 和 PP 占化纤地毯原料的绝大部分，市场稳定。品种主要以中低档丙纶地毯为主，国内年生产能力约 2000m³/年，由于丙纶地毯固有性能的弱点，有近 1/3 地毯生产厂家处于半停产状态。而 PTT 用作化纤地毯原料，其性能卓越，它具有良好的弹性回复、耐污、低静电、耐磨性、蓬松性和低吸水性均可代替 PA 材料用于地毯，同时还具有 PET 及 PP 优良的抗污染及抗静电能力。

PTT 纤维也可用于室内装饰及医疗卫生和无纺织物。研究证明 PTT 最有前途的应用领域是替代锦纶(PA6 或 PA66)作为化纤地毯的原料，以及时尚织物和非织造布领域。

4 结束语

聚酯纤维是合成纤维中应用最广、生产量最大的品种。聚酯纤维新品种中最值得关注是PTT纤维，PTT的断裂伸长率大于除氨纶以外的所有合成纤维。PTT纤维集PET和PA的优点于一身，是聚酯纤维的新宠。预计PTT纤维的生产成本比PA纤维低35%~40%，高于PET纤维生产成本20%以内。PTT用作工程塑料其性能明显优于PET、PBT和PA等，特别适合于生产薄膜和包装容器。其单体1,3-PDO我国可以自行生产，日前应尽快掌握PTT核心技术，加快研究和开发PTT的步伐，以满足我国对PTT日益增长的需求。业内专家预测，PTT将成为21世纪世界主要的新型纤维品种。

(作者单位：浙江纤维检验局)

文献参考：

- [1]李秋英,章友鹤.新型聚酯纤维—PTT的特性与纺织加工技术[J].技术创新,2005(10):9-14.
- [2]徐兆瑜.新型纤维材料PTT的开发和市场前景[J].化工科技市场,2004(10):12-16.
- [3]施楣梧.新型纤维材料及其在纺织中的运用[J].棉纺织技术,2005(11):4.
- [4]刘越,李宪科.PTT纤维的发展及其染色加工探讨[J].合成技术及应用,2003(2):9-11.
- [5]张蕊萍.PTT纤维的加工技术与性能[J].聚酯工业,2003(4):9-11.
- [6]邵伟.新型纤维PTT的生产技术与发展前景[J].化工科技市场,2005(9):16-18.
- [7]王春梅,王锐,肖红,等.PET和PTT及PET/PTT复合纤维结构研究进展[J].合成纤维工业,2009(1):48-51.