

# PP/常压阳离子染料可染共聚酯共混改性丙纶的力学性能

游革新, 赵耀明\*

(华南理工大学材料科学与工程学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 将聚丙烯与不同量常压阳离子染料可染共聚酯 (ECDP) 或与数量相同但组成不同的 ECDP 进行共混熔融纺丝, 制备 PP/常压阳离子染料可染共聚酯共混改性丙纶。应用电子强力仪研究 ECDP 含量及其组成对改性丙纶力学性能的影响规律。结果表明: 改性丙纶的断裂强度随 ECDP 含量的增加先下降, 然后再上升; 断裂伸长率随 ECDP 含量的增加而减小, 初始模量随 ECDP 含量的增加而上升。另外, 改性丙纶的断裂强度和初始模量随 ECDP 中间苯二甲酸双羟乙酯磺酸钠 (SIPE) 含量、 $\alpha, \omega$ -二(4-羟基丁基) 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 含量和 PDMS 相对分子质量的增加而下降; 断裂伸长率随 SIPE 含量和 PDMS 含量增加而增加, 随 PDMS 相对分子质量的增加而下降。

**关键词:** 丙纶; 常压阳离子染料可染共聚酯 (ECDP); 间苯二甲酸双羟乙酯磺酸钠 (SIPE);  $\alpha, \omega$ -二(4-羟基丁基) 聚二甲基硅氧烷 (PDMS); 力学性能

中图分类号: TQ342.62

文献标识码: A

文章编号: 1001-7054 (2005) 10-0027-05

丙纶结晶度高, 没有可与染料分子相结合的极性基团, 难以染色。常压阳离子染料可染共聚酯 (ECDP) 与 PP 切片共混熔融纺丝, 在改善丙纶染色性能的同时, 也会对丙纶力学性能产生影响。ECDP 含量和组成对改性丙纶染色性能的影响已在前文研究过<sup>[1]</sup>, 本文研究改性丙纶中 ECDP 含量和组成对其力学性能的影响规律, 以便控制合理的纺丝成形加工条件, 纺制力学性能优良的改性丙纶。

## 1 实验

### 1.1 原料和设备

PP: 工业品, Prolen<sup>®</sup>牌, 巴西产; ECDP: 自制, 由对苯二甲酸、乙二醇、间苯二甲酸双羟乙酯磺酸钠 (SIPE) 和  $\alpha, \omega$ -二-(4-羟基丁基) 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 共缩聚制成, 纺丝前于 80 °C 真空干燥 4 h, 再于 100 °C 真空干燥 10 h。

单螺杆熔融纺丝机: 螺杆直径 25 mm, 长径比

26; 喷丝板为 12 孔, 孔径 0.5 mm, 日本产。

纤维电子强力仪: YG (B) 001 A 型, 常州第二纺织仪器厂。

### 1.2 改性丙纶力学性能的测定

用电子强力仪按 GB/T 14344—1993《合成纤维长丝及变形丝断裂强力及断裂伸长试验方法》之规定测定改性丙纶断裂伸长率、断裂强度和初始模量。纤维夹持长度为 10 mm, 下夹持器下降速率为 24 mm/min; 每个纤维试样平行测定 24 次, 结果取平均值。

### 1.3 改性丙纶的拉伸

PP 切片与自制的 ECDP 切片按所定的比例进行熔融共混纺丝, 纺丝机螺杆转速 13.3 r/min, 侧吹风冷却采用 25 °C 空调风, 纺丝速度 150 m/min, 纺丝温度 190~230 °C。所纺制的初生纤维实施一段热水浴拉伸, 拉伸温度 80~85 °C, 拉伸 6 倍, 并在 110 °C 下热定型 5 min。

## 2 结果与讨论

ECDP 中 SIPE 的作用是在纤维中引入磺酸基,

收稿日期: 2005-04-18

作者简介: 游革新 (1959-), 男, 湖北孝感人, 博士, 高级工程师, 研究方向为材料加工及功能化。

\* 通讯联系人。

使纤维具有可染性；PDMS的作用是降低 ECDP 熔点，改善共混体系的可纺性。

ECDP 组成涉及 SIPE 含量、PDMS 含量和 PDMS 相对分子质量。SIPE 含量指投料中 SIPE 摩尔数相对于对苯二甲酸摩尔数的百分数。PDMS 含量是指投料中 PDMS 与对苯二甲酸的质量比（以下同）。

### 2.1 ECDP 添加量对改性丙纶力学性能的影响

300 g 聚丙烯切片分别与 0 g、3 g、9 g、15 g、24 g、30 g 的 ECDP 共混熔融纺丝，制备一系列 ECDP 含量不同的改性丙纶。其中 ECDP 的组成如下：SIPE 含量为 5%、相对分子质量为  $7.5 \times 10^3$  的 PDMS 含量为 1/20。测定不同改性丙纶的断裂强度、断裂伸长率和初始模量，结果如图 1、图 2 和图 3 所示。

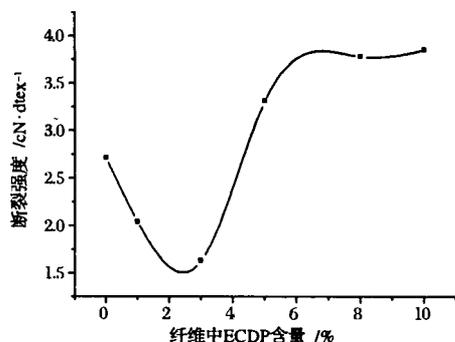


图1 ECDP 含量对改性丙纶断裂强度的影响

从图1中可以看出：改性丙纶断裂强度先随 ECDP 添加量的增加而下降，后随 ECDP 添加量增加而增加。ECDP 对改性丙纶断裂强度的影响有两方面：一方面，ECDP 的加入导致改性丙纶结构不均匀，降低其断裂强度；另一方面，ECDP 自身的强度比聚丙烯大，ECDP 的加入可使改性丙纶增强。当 ECDP 含量较少时，增强效果不明显，反而会使共混体系结构不均匀而导致改性丙纶断裂强度下降。当 ECDP 含量较多时，ECDP 增强起主导作用，此时，随着 ECDP 的加入，改性丙纶断裂强度增加。

图2中的曲线表明了 ECDP 的添加量与纤维断裂伸长率之间的关系。由图可见，纯丙纶（ECDP 含量为 0）的断裂伸长率最大，此后随着 ECDP 含量的增多，改性丙纶断裂伸长率下降。这是因为聚丙烯为柔性大分子，而 ECDP 为刚性链，两者相容

性差，在 PP 中添加 ECDP 后，使共混纤维结构不均匀，而导致其伸长率下降<sup>[2]</sup>。

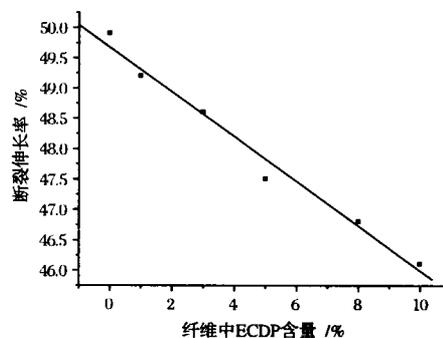


图2 ECDP 含量与改性丙纶断裂伸长率的关系

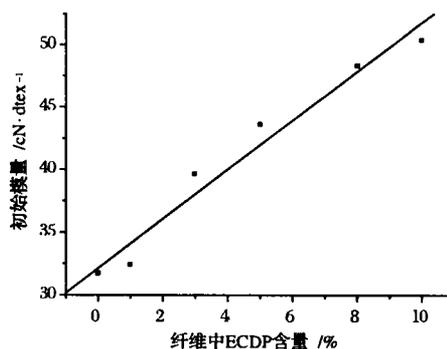


图3 ECDP 含量与改性丙纶初始模量的关系

从图3可知，改性丙纶的初始模量随 ECDP 添加量的增加而上升。这也是由于 ECDP 为刚性大分子，其加入可增大共混纤维初始模量的缘故。

### 2.2 ECDP 中 SIPE 含量对改性丙纶力学性能的影响

在 300 g PP 切片中加入 PDMS 含量为 0，SIPE 含量不同的 ECDP 切片 30 g 进行共混熔融纺丝，制备一系列 SIPE 含量不同的改性丙纶，测定纤维的断裂强度、断裂伸长率和初始模量，结果如图 4、图 5 和图 6 所示。

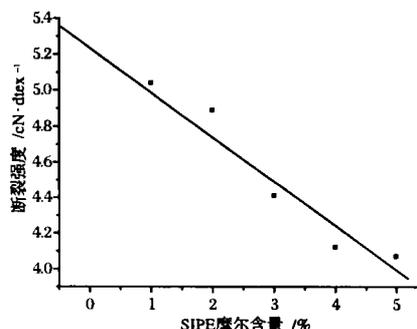


图4 SIPE 含量与改性丙纶断裂强度的关系

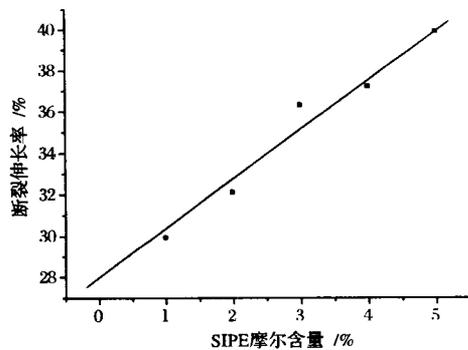


图5 SIPE含量与改性丙纶断裂伸长率的关系

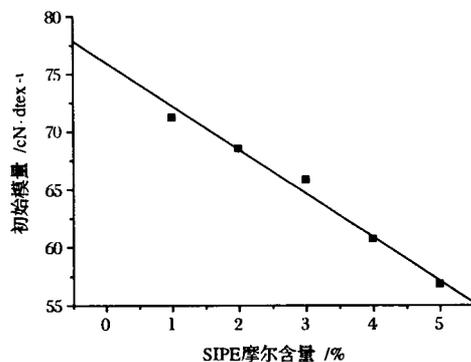


图6 SIPE含量与改性丙纶初始模量的关系

由图可知, 改性丙纶的断裂强度和初始模量随 ECDP 中 SIPE 的含量增加而下降, 而断裂伸长率则随其含量的增加而上升。由于 SIPE 具有较大位阻侧基——磺酸基团, 同时 SIPE 为间位结构, 因此, 随 SIPE 含量增加, ECDP 大分子结构规整性降低, 分子间距离增加, 相互作用力减弱, 从而使纤维的断裂强度和初始模量下降, 断裂伸长率增加。

### 2.3 ECDP 中 PDMS 含量对改性丙纶力学性能的影响

在 300 g 聚丙烯切片中加入 SIPE 含量为 1% 和 5%, PDMS (相对分子质量为  $7.5 \times 10^3$ ) 含量分别为 0、1/120、1/60、1/40、1/30、1/24、1/20 的 ECDP 切片 30 g 进行共混熔融纺丝, 制备一系列 PDMS 含量不同的改性丙纶, 测定其断裂强度、断裂伸长率和初始模量, 结果如图 7、图 8 和图 9 所示。

图 7、图 8 和图 9 表明: 在 SIPE 含量一定时, 改性丙纶的断裂强度和初始模量随 PDMS 含量增加而下降, 其断裂伸长率则随 PDMS 含量增加而增加。由于 PDMS 为柔性低聚物, 分子链的柔性好,

分子间的相互作用力较小, 导致改性丙纶的断裂强度、初始模量下降, 断裂伸长率增加<sup>[3-5]</sup>。

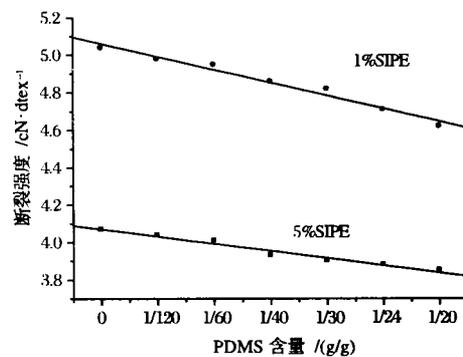


图7 PDMS含量与改性丙纶断裂强度的关系

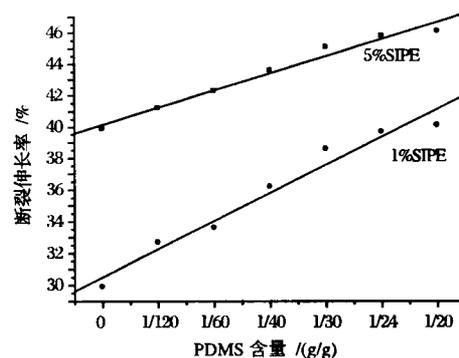


图8 PDMS添加量与改性丙纶断裂伸长率的关系

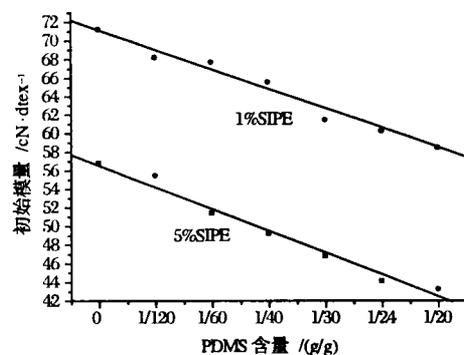


图9 PDMS含量与改性丙纶初始模量的关系

### 2.4 ECDP 中 PDMS 相对分子质量对改性丙纶力学性能的影响

在 300 g 聚丙烯切片中加入 SIPE 含量为 1%、PDMS 含量为 1/20, 但 PDMS 相对分子质量不同的 ECDP 切片 30 g 进行熔融纺丝, 制备一系列 PDMS 相对分子质量不同的改性丙纶, 测定该改性丙纶的断裂强度、断裂伸长率和初始模量, 结果如图 10、图 11 和图 12 所示。

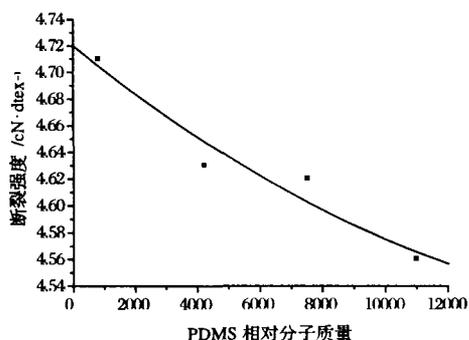


图 10 PDMS 相对分子质量对改性丙纶断裂强度的影响

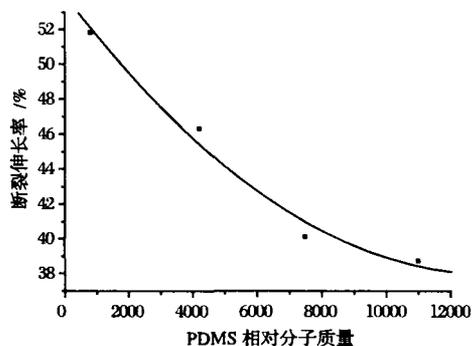


图 11 PDMS 相对分子质量与改性丙纶断裂伸长率的关系

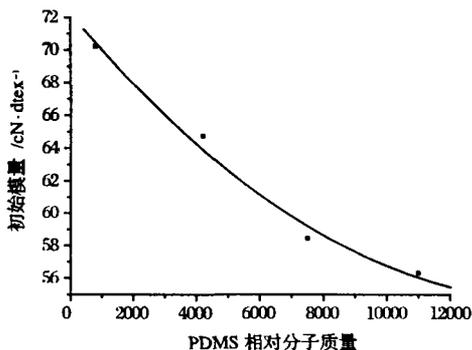


图 12 PDMS 相对分子质量与改性丙纶初始模量的关系

由图可知, 改性丙纶的断裂强度、断裂伸长率和初始模量均随 PDMS 相对分子质量的增加而下降。这是由于 PDMS 的溶度参数较 PET 小, 随着 PDMS 相对分子质量增大, PDMS 在 ECDP 中自身发生团聚的倾向增强<sup>[9,10]</sup>, 而生成薄弱环节, 从而使 PP/ECDP 共混纤维的断裂强度、断裂伸长率和初始模量下降。

### 3 结论

本文探讨了改性丙纶中 ECDP 含量以及 ECDP 中 SIPE 含量、PDMS 含量和 PDMS 相对分子质量

对改性丙纶的力学性能影响规律, 得出以下结论:

1. 改性丙纶的断裂强度随 ECDP 含量的增加先下降, 而后再上升; 断裂伸长率随 ECDP 含量的增加而减小, 初始模量随 ECDP 含量的增加而上升。

2. 改性丙纶的断裂强度和初始模量随 SIPE 含量增加而下降; 断裂伸长率随 SIPE 含量增加而增加。

3. 改性丙纶的断裂强度和初始模量随 PDMS 含量和 PDMS 相对分子质量的增加而下降; 断裂伸长率随 PDMS 含量增加而增加, 随 PDMS 相对分子质量的增加而下降。

#### 参考文献

- [1] 艾细英, 赵耀明等. PP/共聚酯共混纤维系列染色性能研究. 印染, 2003, 29(6): 1~4.
- [2] 王琴云, 陆书朋等. APPET-ECDP-PO 共混多元体系的可纺性及纺毛漆的研究. 合成纤维工业, 1996, 19(4): 21~26.
- [3] Kumar A, Ashok, Alagar M, et al. Synthesis and characterization of siliconized epoxy-1, 3-bis (maleimido)benzene intercrosslinked matrix material. Polymer, 2002, 43: 693~702.
- [4] Furukawa Nobuyuki, Yuasa Masatoshi, et al. Characterization of polysiloxane-block-polyimides with silicate group in the polysiloxane segments. Polymer, 1999, 40: 1853~1862.
- [5] Mascia L, Kioul A. Influence of siloxane composition and morphology on properties of polyimide-silica hybrids. Polymer, 1997, 36 (19): 3649~3659.
- [6] Stanciu Aurelian, Bulacovschi Victor, et al. Thermal stability and the tensile properties of some segmented poly (ester-siloxane) urethanes. Polymer Degradation and Stability, 1999, 64: 259~265.
- [7] Lin Lih-Li, Ho Tsung-Han, et al. Synthesis of novel trifunctional epoxy resins and their modification with polydimethylsiloxane for electronic application. Polymer, 1997, 38(5): 1997~2003.
- [8] Stanciu Aurelian, Bulacovschi Victor, et al. Thermal and mechanical behaviour of some new crosslinked poly (ester-siloxane) urethanes. Polymer Degradation and Stability, 2001, 72: 551~558.
- [9] Yilgor Emel, Yilgor Iskender. Hydrogen bonding: a critical parameter in designing silicone copolymers. Polymer, 2001, 42: 7953~7959.
- [10] Sysel P, Hobzová R, et al. Preparation and characterization of crosslinked polyimide-poly(dimethylsiloxane)s. Polymer, 2001, 42: 10079~10085.

## Study on Effect of PP Modified with ECDP on its Mechanical Property

YOU Ge-xin, ZHAO Yao-ming

(South China University of Technology, Guangdong Guangzhou 510640)

**Abstract:** Modified polypropylene fibers were prepared from polypropylene and different amount of easy cation-dyeable polyester (ECDP) by means of melt spinning. The breaking tenacity, breaking elongation, initial modulus of modified polypropylene fibers with different ECDP content and composition were determined with Fiber Electron Strength Instrument. The results expressed ①that breaking tenacity of the fibers first increased, then decreased with the increase of ECDP content, its breaking elongation decreased with the increase of ECDP content, its initial modulus increased with the increase of ECDP content, ②that breaking tenacity and initial modulus of modified polypropylene fibers decreased with the increase of the content of sodium-5-sulfobis ( $\beta$ -hydroxyethyl) isophthalate (SIPE), the content and relative molecular weight of  $\alpha$ ,  $\omega$ -bis-(4-hydroxybutyl)polydimethyl-disiloxane, that its breaking elongation increased with the increase of SIPE and PDMS content, the elongation decreased with the increase of the relative molecular weight of PDMS.

**Key words:** polypropylene fiber, easy cation-dyeable polyester(ECDP), sodium-5-sulfobis( $\beta$ -hydroxyethyl) isophthalate (SIPE),  $\alpha$ ,  $\omega$ -bis-(4-hydroxybutyl)polydimethyl-disiloxane (PDMS), mechanical property

## 行业动态

## 上海国际纺织工业展览 (SHANGHAITEX) 将每年在上海举行

享有盛誉的上海国际纺织工业展览会 (SHANGHAITEX) 应广大参展厂商和纺织企业的强烈要求, 由原来每二年举办一次, 改为每年举办。上海国际纺织工业展览会 (SHANGHAITEX) 由上海纺织控股 (集团) 公司、中国国际贸易促进委员会上海市分会、上海国际商会主办, 并由上海纺织技术服务展览中心、雅式展览服务有限公司、上海市国际展览有限公司承办, 从 1984 年以来, 组委会一直致力于在规模、服务上进行有目标的发展, 目前已成为亚洲规模最大的、最具权威性的纺织专业展览会之一。

于 2005 年 6 月 7 日在上海浦东新国际博览中心举办的《第十一届上海国际纺织工业展览会》吸引了来自 23 个国家和地区的 1 400 多家厂商参展 (其中包括 10 个庞大国家和地区展团) 以及 60 个国家和地区 121 516 人次的专业观众, 展出规模达到了 100 660 平方米。然而, 由于上海展馆条件的限制, 使得近百家企业未能参展, 几百家参展企业连续好几届展台都在临时展馆内, 这样既不安全, 参展企业的展出效果大受影响, 留下了很大的遗憾。

长三角地区纺织业是我国纺织最发达的地区之一。随着长三角纺织业逐步形成以上海为龙头、江浙为两翼的互补共荣的产业格局, 这就对上海国际纺织工业展览会提出了更高的要求。第十一届上海国际纺织工业展览会结束后, 许多纺织企业意犹未尽, 强烈要求上海国际纺织工业展览会能够每年举办, 使他们能在家门口一睹国际上最新、最先进的纺织设备的风采。纺织业的需求, 就是上海国际纺织工业展览会的追求, 上海国际纺织工业展览会 (SHANGHAITEX) 从 2006 年起将每年在上海举行, 同时将注重品牌化、国际化运作, 为加速中国纺机企业的品牌发展而努力。

第十二届上海国际纺织工业展览会 (SHANGHAITEX) 将于 2006 年 7 月在上海浦东新国际博览中心举办, 展出规模将达到 50 000 平方米, 届时将展示国内外最新研制的纺织先进设备, 为国内纺织企业加快实现装备现代化服务。

原定于 2007 年 6 月举行的第十二届上海国际纺织工业展览会 (SHANGHAITEX) 120 000 平方米, 改为第十三届上海国际纺织工业展览会, 仍将在 2007 年 6 月如期举行。