

# Preparation and Properties of Antistatic Polyester

Longlong Zeng, Huan Liu, Zhaoze Peng

Sichuan Yibin Plass Packaging Materials Co., Ltd., Yibin Sichuan  
Email: 834910282@qq.com

Received: Jul. 16<sup>th</sup>, 2019; accepted: Jul. 29<sup>th</sup>, 2019; published: Aug. 5<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Hydrophilic polyester was prepared by blending conventional PET chips with polyacrylic acid. The thermal properties of the blended polyester were tested by means of TG and DSC. It was found that it was blended with conventional polyester. The thermal properties of the ester are relatively stable, and the melting point is lowered, which can lower the processing temperature in production. In terms of mechanical properties, the properties of the blended polyester first increase and then decrease. By characterizing the antistatic properties of the blended polyester, it was found that the antistatic properties of the blended polyester can reach  $10^9 \Omega \cdot m$ , which is much higher than conventional PET materials.

## Keywords

PET, PAA, Mechanical Properties, Antistatic

---

# 抗静电聚酯的制备与性能

曾龙龙, 刘欢, 彭朝泽

四川省宜宾普拉斯包装材料有限公司, 四川 宜宾  
Email: 834910282@qq.com

收稿日期: 2019年7月16日; 录用日期: 2019年7月29日; 发布日期: 2019年8月5日

---

## 摘要

本文采用共混的方式将常规PET切片与聚丙烯酸共混制备了亲水性聚酯, 利用TG、DSC等手段测试了共混聚酯的热性能, 发现其与常规聚酯相比, 共混聚酯的热性能比较稳定, 其中熔点有所降低, 能在生产中降低一定的加工温度。在力学性能方面, 共混聚酯的性能先升高后降低。通过对共混聚酯的抗静电性能表征上, 发现共混聚酯的抗静电性能能够达到 $10^9 \Omega \cdot m$ , 远高于常规PET材料。

## 关键词

PET, 聚丙烯酸, 力学性能, 抗静电性

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

聚酯(PET)是目前国内包装行业所使用的最多的一类热塑性树脂[1], 因其具有优异的热性能、力学性能、耐磨性能而受到市场的青睐[2]。但由于 PET 材料本身的绝缘性能[3], 且分子结构中缺乏亲水基团[4], 所以 PET 的吸湿性非常差(0.4%左右), 其表面电阻率能够达到  $10^{15} \Omega \cdot m$ , 在低湿度环境下很容易聚集电荷[5]。也正是由于静电吸引, 所以在 PET 片材的加工中很容易吸引灰尘, 从而影响产品的外观[6]。

目前对于聚酯抗静电改性有涂覆[7]、共聚[8] [9]和共混[10]三种方式。其中涂覆法是在 PET 片材表面通过涂覆抗静电剂来达到抗静电效果, 这种方式可以做到  $10^6 \Omega \cdot m$ , 但是在运输和吹塑过程中常常会因为片材的磨损或者形变而丢失抗静电性; 共聚方法常常使用的方式是在共聚过程中加入聚乙二醇(PEG), 形成 PET-PEG 共聚物, 这种方式要求 PEG 的分子量要超过 2000 以上, 添加比例也要达到 20% 以上才会有较为明显的抗静电效果, 也正是由于聚醚链段的引入, 共聚酯分子会变得非常柔顺且不易结晶, 所以这种方法目前也只是处于研究阶段, 很难进行中试放大, 共聚法目前被认为是聚酯改性中最具潜力的一种改性方式, 但鉴于目前国内外在对抗静电方面的共聚改性上面并没有太大的突破; 因此共混成了目前使用最多的一种方式。共混通常是在聚酯中混入炭黑、金属粉末、导电纤维以及抗静电剂等[11], 通过这种方式均能得到不错的抗静电效果, 例如李雪莲[12]等人制备了石墨烯改性的抗静电 PET, 其中石墨烯质量分数为 2.0% 时, 抗静电 PET 的玻璃化转变温度、熔点、冷结晶温度、熔融结晶温度、分解温度以及拉伸强度分别得到了较大的提高, 质量比电阻降至  $2.074 \times 10^8$ 。但掺入这些材料后, PET 本身会变得不透明, 因此在透明 PET 片材的使用领域就受到了极大的限制, 本文旨在寻求一种可以在保持 PET 透明性的基础上增强其抗静电性的方法。

## 2. 实验部分

### 2.1. 主要实验原料

聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET), 牌号: WP-66151, 宜宾普什;

聚丙烯酸(PAA), 工业级, 河南德泰化工产品有限公司。

### 2.2. 主要设备及仪器

同向双螺杆挤出机, HPL27/40, 成都先锋塑胶装备有限公司;

海天注塑机, MI1600/540, 海天塑机有限公司;

傅里叶变换红外光谱仪, TENSOR 27, BRUKER 公司;

热重分析仪(TGA), TG209F1, 德国耐驰公司;

差热扫描量热仪(DSC), DSC214, 德国耐驰公司;

万能试验机, XLD-10L, 承德金建公司;  
摆锤冲击试验机, XJC-10, 承德金建公司;  
表面电阻测试仪, ACL-380, 美国;  
透光率/雾度测试仪, SGW-820, 上海仪电物理光学仪器有限公司。

### 2.3. 样品制备及表征

将 PET 树脂和聚丙烯酸在 160℃ 下干燥 4 个小时, 然后以一定比例混合均匀, 再在双螺杆挤出机中挤出造粒, 得到亲水性共混聚酯。最后将得到的共混聚酯在 130℃ 下烘干 4 小时后经注塑机制成标准样条和色板, 注塑温度 260℃~280℃。其中按照聚丙烯酸的添加量将样品编号 1# (0%), 2# (1%), 3# (2%), 4# (3%), 添加量均按质量百分比。

红外表征在样品经过乙醇和去离子水充分洗涤后通过红外光谱仪压片后测量;

TG 在氮气氛围下测试, 流速为 10 mL/min, 升温范围为 50℃~700℃, 升温速率为 10℃/min;

DSC 在氮气氛围下测试, 流速为 50 mL/min, 升温速率为 10℃/min, 从第一次升温从 30℃~280℃, 然后降至 50℃后再升至 280℃;

力学性能测试参照 GB/T1043.1-1993 测试其冲击性能, 参照 GB/T1040-2006 测试其拉伸性能;

吸水率(S)测试, 采用真空烘箱在 160℃ 下将共混聚酯粒子烘干 4 小时, 各取出 20 g 记为 m1, 将其分别置于装水的烧杯中一段时间后取样, 用滤纸吸去表面的水后称重记为 m2, 则吸水率  $S = (m2 - m1)/m1$ ;

表面电阻、透光率和雾度在室温干燥环境使用相应仪器直接测量色板得出。

## 3. 实验结果与讨论

### 3.1. FTIR 分析

由于 PAA 含有大量的羧酸基团, 在与 PET 进行高温共混时会发生一定程度的交联反应, 形成支化 PET, 如图 1 所示。同时 PET 的缩聚和水解是互为可逆的反应, 所以 PAA 也会导致 PET 的降解, 在后文的力学性能的表征中有得到验证。

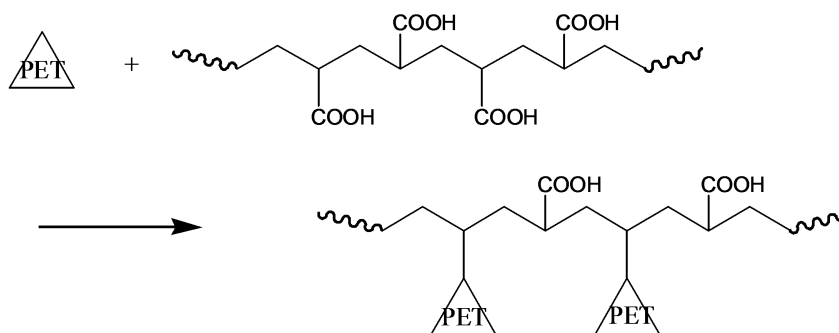
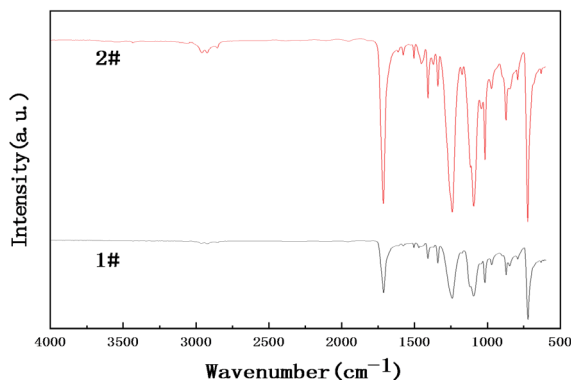


Figure 1. Reaction formula of blended polyester

图 1. 共混聚酯的反应式

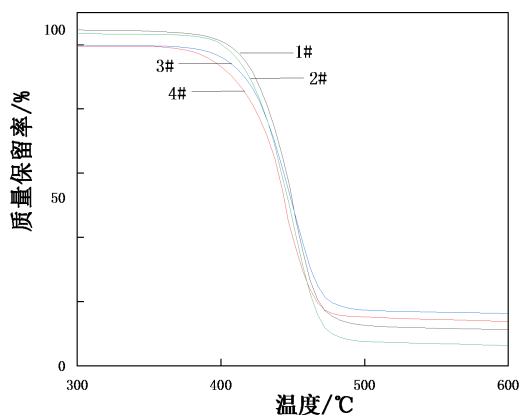
图 2 是 1# 和 2# 的红外分析图谱, 通过对比可以看到纯 PET 与共混聚酯的红外光谱极其相似。两组样品中都不难发现: 其中  $730\text{ cm}^{-1}$  和  $1500\text{ cm}^{-1}$  两处是属于苯环的伸缩振动; 在  $1100\text{ cm}^{-1}$  处可以看到 C-O-C 键的伸缩振动峰; 在  $1250\text{ cm}^{-1}$  处为 -COO- 基团的特征峰; 特别的 2# 样品在  $2800\text{ cm}^{-1}$  处  $1250\text{ cm}^{-1}$  处出现了极其明显特征峰为亚甲基, 显然这是属于 PAA 的特征峰。



**Figure 2.** FT-IR spectra of 1# and 2# samples  
**图 2.** 1#和 2#样品的红外谱图

### 3.2. 热性能分析

通过图 3 的 TG 曲线得知共混聚酯和纯 PET 有着类似的热失重现象，可以看到四种样品均只有一个热失重平台，这说明聚酯样品在降解过程中只有一个热分解阶段，在共混过程中，PAA 与 PET 的结合良好。通过对热重图像的整理如表 1 所示，共混聚酯的起始热失重温度  $T_d$  和最大热失重温度  $T_{dm}$  都有所下降，这是因为 PAA 的加入导致共混聚酯的热稳定性有所下降。



**Figure 3.** TG curve of blended polyester  
**图 3.** 共混聚酯 TG 曲线

**Table 1.** Thermal properties of blended polyester  
**表 1.** 共混聚酯的热性能

配方编号	$T_d/^\circ\text{C}$	50%/°C	$T_{dm}/^\circ\text{C}$	$T_g/^\circ\text{C}$	$T_m/^\circ\text{C}$
1#	402	425	452	82.1	249.8
2#	393	422	452	70.4	232.7
3#	387	420	451	69.8	229.6
4#	379	419	446	69.6	229.2

如图 4 所示分别为四组样品第二次结晶后的 DSC 曲线，从图中可以看到，四种样品都只出现了一个熔融峰，且随着共混聚酯中 PAA 的添加，共混聚酯的玻璃化转变温度( $T_g$ )和熔点( $T_m$ )均较明显的降低了

10°C~20°C, 但并没有随着 PAA 含量的变化发生变化。与纯 PET 相比, 可以发现共混聚酯的冷结晶温度发生了一定幅度的右移, 说明了随着 PAA 的加入, 共混聚酯的结晶性越来越差, 这是因为 PAA 的引入会破坏 PET 分子结构本身的规整性, 这也是玻璃化温度发生了降低, 熔点降低的主要原因。

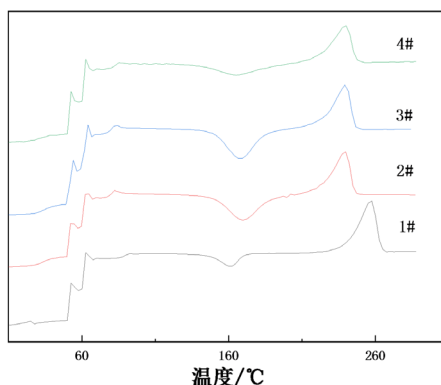


Figure 4. DSC curve of blended polyester

图 4. 共混聚酯 DSC 曲线

由 TG 和 DSC 可以共同看出: 共混聚酯的熔点发生了小幅度降低, 热稳定性却没有发生太大的变化, 能够在生产加工中降低一定的加工温度。

### 3.3. 力学性能分析

表 2 是不同 PAA 含量的共混聚酯的力学性能, 由表可以看到: 随着 PAA 含量的增大, 共混聚酯的拉伸和冲击强度先升后降, 但是断裂伸长率下降的非常明显。可以认为在 PAA 的添加的过程中, PET 可能发生了交联与降解两种不同的现象, 交联使得样条的强度上升, 而降解使得材料发脆导致性能下降; 另外当 PAA 含量较多的时候, 共混聚酯内的 PAA 分散性较差导致样条受力不均匀。从图中我们可以看到共混聚酯的断裂伸长率呈现的是一直下降的趋势, 这是因为与纯 PET 相比, 共混聚酯内部含有缺陷, 共混聚酯的内部分散的并不是特别均匀, 对于拉伸实验来说, 一旦出现这种缺陷, 随着拉伸的过程持续进行, 缺陷将会被放大, 当受力很不平衡时, 样条将会被拉断。

Table 2. Mechanical properties of PET composites with different content of PAA

表 2. 不同 PAA 含量的 PET 复合材料的力学性能

配方编号	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	简支梁缺口冲击强度/KJ·m <sup>-2</sup>
1#	60.1	611.2	8.03
2#	64.5	430.1	8.55
3#	55.3	210.7	7.1
4#	38.0	103.4	4.2

### 3.4. 吸水性、抗静电、透明度和雾度分析

由表 3 可以看出与常规聚酯相比, 共混聚酯的吸水率提高了不少, 与之对应的抗静电性能得到了极大的提升, 完全达到了 PET 片材的对于抗静电的要求( $10^9 \Omega \cdot m \sim 10^{11} \Omega \cdot m$ ), 显然是由于高吸水性 PAA 的引入增强了 PET 本身的亲水性, 从而提高了材料的抗静电性, 通过 2#、3#和 4#的对比可以看出对于抗静电性的这种提升也是有一定的限度的。同时随着 PAA 含量的增加, 共混聚酯的透明性下降也比较严

重,这是由于 PAA 的存在改变了 PET 本身的规整性,导致其分子结构发生改变,共混聚酯的结晶性发生变化,从而降低了 PET 的透明性;同时 PAA (1.442)相 PET (1.655)相之间的折光系数的差异导致透明性变差。因此如何在不降低物理和光学性能的情况下提升 PET 的抗静电性仍是目前市面上亟待解决的一个难点。

**Table 3.** Antistatic, haze and transparency of PET with different content of PAA  
**表 3.** 不同 PAA 含量的 PET 抗静电性、雾度和透明度

配方编号	吸水率/%	表面电阻/ $\Omega\cdot\text{m}$	透明度/%	雾度/%
1#	0.6	$10^{15}$	90	1.4
2#	1.8	$10^{10}$	83	10.2
3#	2.6	$10^9$	68	19.3
4#	3.7	$10^9$	56	32.7

#### 4. 结论与展望

1) 在共混聚酯的热分析中,聚丙烯酸的加入对于共混聚酯的热稳定性降低不明显,对玻璃化转变温度和熔点有  $10^\circ\text{C}$  的降低,还会降低 PET 的结晶能力,但是添加量在 1% 时与纯 PET 相比差异并不是太大;

2) 在力学性能分析中,随着聚丙烯酸的加入,材料的性能先上升后下降,其中 1% 含量的 PAA 共混聚酯表现出良好的力学性能;

3) 在抗静电和透明度的测试表征中,很明显 PAA 的引入会极大的提升 PET 的抗静电性,但是对 PET 材料本身的透明度和雾度也会有较大的影响,因此如何在不降低物理和光学性能的情况下提升 PET 的抗静电性仍是一个难点。

#### 参考文献

- [1] 孙永泰. 聚酯类包装材料新态势[J]. 塑料包装, 2015, 25(1): 8-11.
- [2] 殷勤俭. 功能性聚酯(PET)复合材料的制备和性能研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 四川大学, 2007.
- [3] 陈珂. PET 抗静电复合材料的制备与性能研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [4] 金玉顺. 新型抗静电 PET 纤维的研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 四川大学, 2000.
- [5] 李珊珊, 乔辉, 胡蝶, 丁筠, 李建平, 武艳杰. 聚酯纤维抗静电改性的研究进展[J]. 现代化工, 2017, 37(9): 17-20.
- [6] 宫宏, 李亮亮, 刘全桢, 高鑫, 孟鹤. 聚酯切片包装过程静电危害及防控研究[J]. 安全、健康和环境, 2017, 17(12): 16-18.
- [7] 抗静电涂料[J]. 涂料技术与文摘, 2014, 35(7): 58.
- [8] 刘红飞. 亲水抗静电生物基 PDT 纤维的开发研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2015.
- [9] 王勇, 吉鹏, 王朝生. 亲水抗静电 PET-PEG 共聚酯母粒的制备及其结构与性能[J]. 合成纤维工业, 2015, 38(1): 11-15.
- [10] 计红梅, 张振雄, 戴礼兴. 掺铝氧化锌纳米粉体的制备及其在抗静电聚酯中的应用[J]. 现代丝绸科学与技术, 2017, 32(2): 1-3.
- [11] 宋湘怡, 吴水珠, 赵建青, 曾钊, 李文国, 李刚, 游华燕, 蒋文真. PET 用抗静电剂的研究进展[J]. 聚酯工业, 2008, 21(4): 5-8.
- [12] 李雪莲, 薛叙明, 付永胜. 新型抗静电 PET 纤维的制备[J]. 合成树脂及塑料, 2017, 34(3): 49-52.

### 知网检索的两种方式：

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；  
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2160-7613，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ms@hanspub.org](mailto:ms@hanspub.org)