

# BOPP 薄膜表面张力的测试与分析\*

张莉琼, 刘晓艳, 赵素芬, 熊立贵, 涂志刚

(中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东, 中山 528436)

**摘要:** 通过添加自主研发的爽滑抗粘连母料制备 BOPP 光膜、BOPP 热封膜(单面/双面)、BOPP 消光膜, 30 d 跟踪期内都出现表面张力值不同程度的衰减, 但表面张力值均能维持在 38 mN/m 及以上。测试 BOPP 消光膜的基本性能指标表明 BOPP 消光膜的其他性能没有受到影响, 维持了较低的摩擦因数 ( $\leq 0.30$ ) 及较高的表面张力。添加自制母料制备的 BOPP 薄膜系列产品同时具备高表面张力、低摩擦因数的特点, 有利于 BOPP 薄膜的二次加工使用。

**关键词:** BOPP 薄膜; 爽滑抗粘连母料; 表面张力; 摩擦因数; 测试

**中图分类号:** TQ325.14 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-9456(2016)03-0100-03

## Test and Analysis on Surface Tension of BOPP Film

ZHANG Liqiong, LIU Xiaoyan, ZHAO Sufen, XIONG Ligui, TU Zhigang

(Institute of Packaging & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan, Guangdong 528436, China)

**Abstract:** By adding a homemade smooth anti aging masterbatch, BOPP film, BOPP heat sealing film (single/double sided) and BOPP matt film were prepared, period of 30 days to the all in different degree of surface tension attenuation, but surface tension could remain above 38 mN/m. Batch production of BOPP matt film basic performance indicators testing showed that BOPP matt film of the other performance could not affect, maintaining the lower friction coefficient (0.30) or less and higher surface tension. Adding homemade smooth anti aging masterbatch preparation of BOPP film series of products had a combination of the characteristics of high surface tension and low friction coefficient to the benefit of secondary processing and using with BOPP film.

**Keywords:** BOPP film; smooth anti aging masterbatch; surface tension; friction coefficient; test

BOPP 薄膜是软包装最重要的基材之一, 具有高透明度、高光泽度、质轻价廉等特点, 在食品、药品、日用品等行业具有广泛应用。BOPP 为非极性高分子材料, 未经处理前表面张力值为 31 mN/m, 远远低于印刷、涂布等二次加工所需表面张力大于 38 mN/m 的要求, 因此 BOPP 薄膜在进行二次加工前需要进行电晕处理, 其原理是薄膜表面的高分子链通过电子击穿、空气氧化等方式强制断裂, 形成局部区域的极性效果, 以满足油墨、涂料等附着力的要求<sup>[1-9]</sup>。在电晕处理后, 薄膜表面状态发生变化, 造成凹凸不平的非光滑平面, 薄膜内层的各类助剂迁移到薄膜表面后易分散不均, 经时效处理后损耗增加, 张军晓<sup>[10]</sup>研究表明 BOPP 薄膜电晕面的摩擦因数在前期内比非电晕面低, 放置一段时间后电晕面的摩擦因数明显增加, 摩擦因数的稳定性会受到损害。另一方面由于放置环境中的水分、氧气以及助剂的迁移等因素对电晕面也有一定的影响, 表面张力值会随时间的增加而衰减, 给使用造成不便。

市售通用膜在 BOPP 薄膜表层添加爽滑剂和抗粘连剂协同作用以解决薄膜放置过程中摩擦因数逐渐增大的不利因

素, 通常使用单一硅酮或硅酮与蜡类复配爽滑剂制备按不同配比添加的爽滑母料与抗粘连母料<sup>[11-14]</sup>。爽滑助剂的迁移可以迅速降低薄膜的摩擦因数, 但后期的迁移造成了薄膜表面张力的急速衰减<sup>[15]</sup>, 很难保证客户在使用期内能维持 BOPP 薄膜表面张力大于 38 mN/m 的要求。文章通过使用特殊硅油、极性爽滑剂、玻璃微珠复配制备爽滑抗粘连母料, 该母料添加制备的 BOPP 薄膜系列产品同时具备高表面张力和较低的摩擦因数。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

聚丙烯: T38F, 中国石化;

抗静电母料、抗粘连母料、爽滑母料: 市售;

爽滑抗粘连母料: 自制。

### 1.2 实验配方及工艺路线

#### 1.2.1 基本配方(质量份)

表层: 三元共聚聚丙烯树脂 99.7%~99.8%, 爽滑助剂 2~3 g/kg, 抗粘连剂 1~2 g/kg; 芯层: 均聚聚丙烯树脂 99.75%~

\* 收稿日期: 2015-11-18

基金项目: 2014 年度中山市科学事业创新发展项目(2014A2FC303)。

作者简介: 张莉琼(1982-), 女, 高级工程师, 主要从事应用化学、塑料包装材料的教学与研究工作。

通信联系人: 涂志刚(1969-), 男, 博士后, 教授级高级工程师, 主要研究方向为高分子聚合物合成及加工改性。E-mail: zhigtu@126.com。

99.8% 抗静电助剂 2~2.5 g/kg; 里层: 三元共聚聚丙烯树脂 99.8%~99.85% 爽滑剂或抗粘连剂 1.5~2 g/kg。消光面添加 100% 的消光母料。

### 1.2.2 工艺路线

采用逐次双向拉伸工艺,即在一定的条件下,将流延挤出的多层 PP 片材,经过先纵向拉伸、后横向拉伸,完成二次拉伸取向,制得 BOPP 薄膜。

### 1.3 试验方法与设备

平面双向拉伸薄膜生产线: 德国布鲁克纳公司。

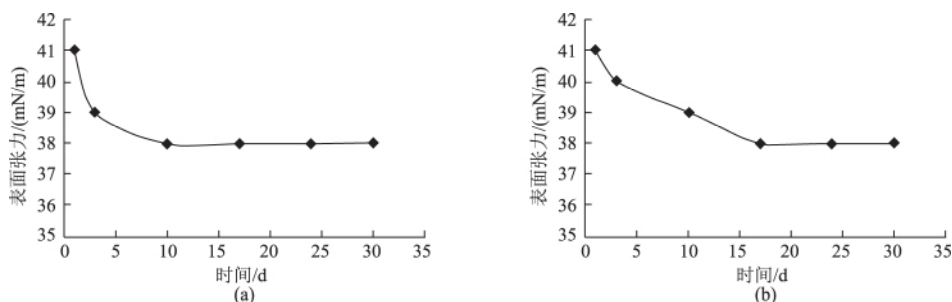
表面张力参照 GB/T 14216—2008《塑料膜和片润湿张力的测定》测试; 摩擦因数参照 GB 10006—88《塑料薄膜和薄片摩擦因数测定方法》测试; 透过率/雾度参照 GB/T 2410—2008《透

明塑料透过率和雾度的测定》测试; 力学性能参照 GB-T 13022—1991《塑料薄膜拉伸性能试验方法》测试; 光泽度参照 ASTM D523—1989(1999) 材料光泽度测试; 热收缩率参照 GB/T 12027—2004《塑料薄膜和薄片加热尺寸变化率试验方法》测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 爽滑抗粘连母料对不同厚度 BOPP 光膜表面张力的影响

在配方中添加自主开发的爽滑抗粘连母料,分别生产 3 层结构的 27、37  $\mu\text{m}$  厚的 BOPP 光膜,跟踪 BOPP 薄膜下线后 30 d 内(1、3、10、17、24、30 d) 的表面张力变化,结果如图 1 所示。



(a) 27  $\mu\text{m}$ ; (b) 37  $\mu\text{m}$ 。

图 1 不同厚度的 BOPP 光膜 30 d 内表面张力变化

BOPP 光膜经电晕处理后刚下线时表面张力值达到峰值 41 mN/m,随着时间的推移开始下降,27  $\mu\text{m}$  厚的 BOPP 光膜在第十天降到 38 mN/m,在之后跟踪的 20 d 内均保持稳定数值,37  $\mu\text{m}$  厚的 BOPP 光膜在第 17 d 降到 38 mN/m,在之后跟踪的 13 d 内均保持稳定数值,可见由于光膜厚度和助剂含量的不同,导致助剂迁移到薄膜表面外层作用大小有区别,37  $\mu\text{m}$  厚的光膜含有更多的助剂,同时在表面张力 41~38 mN/m 区间所维持的时间也多一周。

对于结晶材料 BOPP 在加工过程中外力作用下,流动的大分子链段沿作用力方向取向,在取向方向的力学性质明显增加。对于光膜表面的电晕处理能够破坏这种有规律的取向,进而破坏力学性能。在速冷条件下,BOPP 熔体的黏度较高,内应力不能很快松弛,通常在下线 3 d 后开始松弛,影响制品的尺寸变化,电晕处理产生薄膜表面凹凸不平的非光滑平面使薄膜内层

的各类助剂迁移到薄膜表面后易分散不均,表现出表面张力值的急剧下降。研究中通过使用特殊硅油、极性爽滑剂、玻璃微珠复配制备的爽滑抗粘连剂,能有效缓解表面张力值的下降,其原因是爽滑剂中硅油的润滑效果使在聚丙烯大分子链或链段之间运动的流动性得以增加,极性爽滑剂含有极性基团,与玻璃微珠复配后持续迁移到薄膜表面能弥补薄膜表层抗粘连剂的损耗,增大与抗粘连剂的相容作用,使薄膜表面能在较长时间内维持较高的表面张力。

### 2.2 爽滑抗粘连母料对相同厚度 BOPP 热封膜(单面/双面)表面张力的影响

在配方中添加自主开发的爽滑抗粘连母料,分别生产 3 层结构的 25  $\mu\text{m}$  厚的 BOPP 热封膜(单面/双面),跟踪 BOPP 薄膜下线后 30 d 内(1、3、10、17、24、30 d) 的表面张力变化,结果如图 2 所示。

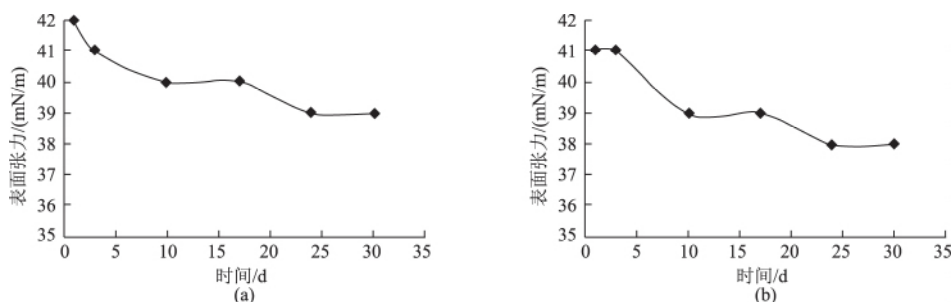


图 2 BOPP 热封膜单面(a)、双面(b) 30 d 内表面张力变化

双面热封膜由于两面均经过电晕处理,同等条件下薄膜表层由于放置环境中的水分、氧气等影响导致薄膜表面助剂损失速度要远远大于仅有一面经过电晕处理的单面热封膜,薄膜内层助剂的迁移量也要相应增加,造成厚度相同的2种膜中双面热封膜的表面张力衰减速度要比单面热封膜快,在25 d时下降到38 mN/m,而单面热封膜表面张力依然维持在39 mN/m。但在1个月跟踪期内2种型号的BOPP热封膜(单面/双面)均能满足膜表面张力在38 mN/m的要求,稳定性良好。考虑到过高的电晕处理值会引发共聚物间的交联作用导致热封型薄膜失去热封效能,在热封膜生产中要严格控制电晕处理的强度及电流。

### 2.3 爽滑抗粘连母料对 BOPP 消光膜表面张力及基本性能指标的影响

在配方中添加自主开发的爽滑抗粘连母料,生产多批次3层结构的19 μm厚的BOPP消光膜,跟踪BOPP薄膜下线后30 d内(1、3、10、17、24、30 d)的表面张力变化,结果如图3所示。

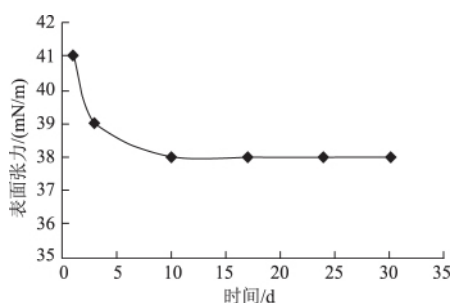


图3 BOPP消光膜30 d内表面张力变化

BOPP消光膜的表层由于加入了消光母料,混合后经双向拉伸后其本身较之其他产品具有更粗糙的表面,再经电晕处理后薄膜表层粗糙度增大;当遇上环境中的水分、氧气等因素将加剧表面助剂的损耗,芯层助剂迁移到薄膜表层的速度将增大以弥补表层助剂的损耗,故在相同时间内BOPP消光膜表面张力的衰减速度相对于其他系列产品要大,从图3中可以看出,BOPP消光膜在下线后的第三天表面张力值已经降至39 mN/m,第十天降至38 mN/m,之后维持在38 mN/m,在30 d跟踪期内均稳定在38 mN/m及以上。

表1 BOPP消光膜基本性能指标

检测性能指标	数值
拉伸强度/MPa, MD	≥ 100
拉伸强度/MPa, TD	≥ 190
断裂伸长率/%, MD	≤ 200
断裂伸长率/%, TD	≤ 80
光泽度/%	10-20
雾度/%	≥ 78
摩擦因数	≤ 0.30
热收缩率/%, MD	≤ 4.0
热收缩率/%, TD	≤ 3.0
厚度极差/%	≤ ±3.0
平均厚度偏差/%	≤ ±2.0
表面张力/(mN/m)	≥ 38

测试所生产的多批次3层结构19 μm厚的BOPP消光膜基本性能指标,如表1所示,其中MD为薄膜纵向,TD为薄膜横向。与通用BOPP薄膜相比,BOPP消光膜消光表层起遮光作用,表面光泽度降低(10%~20%),雾度增大(≥78%);消光表层爽滑性好(摩擦因数≤0.30),表层具有防黏性;拉伸强度比通用膜略低,收缩率低。可见研究中使用的自主开发的爽滑抗粘连母料并未通过维持BOPP消光膜的高表面张力而失去其基本性能,批量生产BOPP消光膜的性能指标能达到市售商品要求,具备时效稳定性。

### 3 结论

1) BOPP薄膜系列产品在30 d内出现不同程度的表面张力值衰减,但在跟踪期内均能维持在38 mN/m及以上;

2) BOPP薄膜系列产品的表面张力衰减速度与薄膜厚度、薄膜电晕处理面、薄膜表面添加剂种类有较大的关联性,造成不同系列的产品衰减速度有差别;

3) 测试批量生产的BOPP消光膜基本性能指标,自主开发爽滑抗粘连母料的添加并未影响BOPP消光膜的其他性能,维持了较低的摩擦因数(≤0.30)及较高的表面张力,且稳定性较好。

### 参考文献:

- [1] 黄亚男.电晕处理对聚丙烯薄膜表面特征的影响研究[J].安徽化工,2008,40(2):27-30.
- [2] 王玲远,纪展尚,任雁德.BOPP印刷烟膜的工艺研究[J].中国包装工业,2015,14(1):92-94.
- [3] 吕军锋.BOPP功能性特种薄膜产品的开发[J].塑料包装,2007,17(5):30-35.
- [4] 王润霄.热封型BOPP薄膜结构性能及其影响因素的研究——爽滑性能和表面处理工艺[D].无锡:江南大学,2008.
- [5] 陈斌康.我国BOPP薄膜及专用料的市场与发展[J].石油化工技术与经济,2010,26(5):23-25.
- [6] 涂志刚,赵素芬,张莉琼,等.BOPP薄膜光学性能的稳定化技术[J].塑料包装,2011,21(3):39-41.
- [7] 曹豫新.BOPP薄膜印刷适性的探讨[J].河南化工,2008,25(1):42-44.
- [8] 刘晓艳,张莉琼,赵素芬,等.爽滑抗粘连母料在BOPP薄膜中的应用[J].合成树脂及塑料,2015,32(1):54-55.
- [9] 王莉,李瑞娟.塑料薄膜印前电晕处理研究[J].印刷世界,2012,19(9):24-27.
- [10] 张军晓.防伪BOPP烟膜表面张力的变化研究[J].塑料制造,2011,17(7):57-59.
- [11] 黎勇,霍云芳.防粘连剂在BOPP薄膜中的应用技术[J].塑料包装,2006,16(2):38-41.
- [12] 赵天奇.功能性母料的制备及其对聚丙烯改性的研究[D].安徽:合肥工业大学,2009.
- [13] 刘晓艳,涂志刚,赵素芬,等.超爽滑BOPP薄膜的研究[J].包装工程,2013,34(19):48-50.
- [14] 赵素芬,涂志刚,张莉琼,等.烟包BOPP爽滑母料的研究[J].中国塑料,2012,26(8):95-96.
- [15] 刘俊清,刘艳英.软包装(BOPP薄膜)的电晕控制工艺[J].塑料包装,2007,17(3):50-53.

( 本文编辑 LYZ)

## BOPP 薄膜抗静电性能的研究

刘晓艳<sup>1</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>, 赵素芬<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>1\*</sup>, 钟永强<sup>2</sup>, 郑惠君<sup>2</sup>, 叶德成<sup>2</sup>, 梁雁杨<sup>3</sup>, 曾令丰<sup>3</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院, 广东省中山市 528436; 2. 中山北化高分子材料有限公司, 广东省中山市 528436;  
3. 广东威孚包装材料有限公司, 广东省普宁市 515321)

**摘要:** 为改善薄膜的抗静电性能, 在双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜中添加一种自制的抗静电母料, 并与添加进口抗静电母料的BOPP薄膜进行对比。结果表明: 两种抗静电母料在BOPP薄膜的拉伸性能、光学性能、热收缩率和摩擦性能上基本没差异; 在抗静电性能方面, 不管是电晕面还是非电晕面, 新开发BOPP薄膜抗静电性能均优于对比样; 新开发BOPP薄膜电晕面的抗静电性能有明显改善, 静电半衰期比较平稳, 且一个月内的抗静电效果的持续性很好。

**关键词:** 抗静电性 双向拉伸聚丙烯薄膜 摩擦性能 光学性能 拉伸性能

**中图分类号:** TQ 325 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1396(2016)01-0029-03

### Development of antistatic properties of BOPP Film

Liu Xiaoyan<sup>1</sup>, Zhang Liqiong<sup>1</sup>, Zhao Sufen<sup>1</sup>, Tu Zhigang<sup>1</sup>, Zhong Yongqiang<sup>2</sup>,  
Zheng Huijun<sup>2</sup>, Ye Decheng<sup>2</sup>, Liang Yanyang<sup>3</sup>, Zeng Lingfeng<sup>3</sup>

(1. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China; 2. Zhongshan Beihua polymer Materials Co., Ltd., Zhongshan 528436, China;  
3. Guangdong Weifu Packaging Material Co., Ltd., Puning 515321, China)

**Abstract:** This paper describes an antistatic masterbatch developed to add into biaxial oriented polypropylene packaging (BOPP) film to improve the antistatic properties of the film, which is compared with that added with masterbatch imported from Germany. The results show that the friction, tensile, and optical properties of the two antistatic BOPP films are basically no difference as well as heat-shrinkable rate. While the antistatic properties of the newly developed film such as corona and non-corona surface are superior to those of the compared sample. The antistatic property of corona surface of newly BOPP film is improved obviously with stable electrostatic half-life, which can sustain for a month.

**Keywords:** antistatic; biaxial oriented polypropylene packaging film; friction property; optical properties; tensile property

双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜是一种理想的包装材料, 无色、无味、无毒, 具有良好的拉伸性能、抗冲击性能、透明性和光泽度等。抗静电性能是BOPP薄膜的重要性能指标。BOPP薄膜在加工或使用过程中, 薄膜与薄膜之间及薄膜与设备之间存在一定的摩擦而产生静电, 导致BOPP薄膜吸附空气中的灰尘或其他成分, 不仅影响到薄膜表面的美观, 加上在BOPP薄膜的使用过程中也会发生相互黏结, 尤其是现代塑料薄膜的加工正朝着自动化、高速化和高品质化方向发展, 加工速度越快, 越容易因为摩擦而产生静电, 薄膜之间的粘

连也就越厉害; 另外在印刷加工时, 薄膜的静电吸尘还会影响油墨转移率, 使印刷品上出现“花、点”油墨, 造成印刷图案缺失<sup>[1-4]</sup>。因此, 在BOPP薄膜的加工过程中加入抗静电剂, 对薄膜的生产及下游产品高速包装工艺起到极其重要的作用。

**收稿日期:** 2015-08-03; **修回日期:** 2015-10-27。

**作者简介:** 刘晓艳, 女, 1982年生, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为塑料包装材料的研发。联系电话: 13425517384; E-mail: lxy85175412@foxmail.com。

\* 通信联系人。E-mail: zhigtu@126.com。

本工作在BOPP薄膜制备过程中添加自制的抗静电母料,以改善薄膜的抗静电性能,同时还研究了抗静电剂对薄膜力学性能等其他性能的影响。

### 1 实验部分

#### 1.1 主要原料

共聚聚丙烯(PP), FS5612, 新加坡聚烯烃公司生产; 均聚PP, F300M, 中国石油化工股份有限公司茂名分公司生产; 抗静电母料1, 自制; 抗静电母料2(对比样), 国外某公司生产。

#### 1.2 主要仪器与设备

TES-65型双螺杆挤出机, 南京诺达挤出装备有限公司生产; 平面双向拉伸薄膜生产线设备, 德国布鲁克纳机械股份公司生产; SH-200型三维混合机, 无锡新而立机械设备有限公司生产; H-0110型霍尼斯特静电测量仪, Shishido静电公司生产; XLW(PC)-500N-50N型 PC型智能电子拉力试验机, PFT-F1型摩擦系数/剥离试验仪, RSY-R2型热缩试验仪, 均为济南兰光机电技术有限公司生产; WGT-S型透光率/雾度测定仪, 上海精密科学仪器有限公司生产。

#### 1.3 试样制备

1) 将所有组分放入三维混合机进行混料后加入挤出机中进行熔融、混合和挤出流延到急冷辊上, 温度为30~50℃; 2) 纵向拉伸预热, 温度为90~140℃; 纵向拉伸, 温度为80~140℃; 纵向拉伸定型, 温度为30~70℃; 纵向拉伸倍数为2~4倍; 3) 横向拉伸预热, 温度为11~160℃; 横向拉伸, 温度为140~160℃; 横向拉伸定型, 温度为90~150℃; 4) 冷却; 5) 牵引, 速度为200~400 m/min; 6) 收卷, 张力为150~350 N/m; 7) 时效处理, 室温下2~7天, 得到BOPP薄膜。

#### 1.4 性能测试

拉伸性能按GB/T 1040.3—2006测试; 光学性能按GB/T 2410—2008测试; 摩擦系数按GB 10006—1988测试; 热收缩率按GB/T 12027—2004测试; 抗静电性能按GB/T 14447—1993 测试。

### 2 结果与讨论

将质量分数为2%的抗静电母料添加到BOPP薄膜的芯层, 在双向拉伸设备上生产厚度为25 μm的BOPP薄膜, 其薄膜结构见图1。着重对薄膜的抗静电性能进行了1个月的存储跟踪测试, 测试时间分别为1天, 5天, 12天, 19天, 33天。

表层	FS5612
芯层	F300M + 质量分数为2%的抗静电母料
里层	FS5612

图1 BOPP薄膜的结构

Fig.1 Structure of BOPP film

#### 2.1 BOPP薄膜抗静电的原理

BOPP薄膜中使用的抗静电剂多为非离子型表面活性剂, 表面活性剂迁移至聚合物的表面, 一个憎水基团(非极性基)向内侧(聚合物一侧)排列形成连续的膜状, 将添加剂封锁在树脂内部, 而亲水性基团(极性基)则向外吸附空气或周围环境中的水分, 在材料的表面形成一层导电水分子膜<sup>[5-6]</sup>来降低BOPP薄膜的表面电阻率, 将聚合物自身所产生的静电迅速泄漏出去(提高导电能力), 或通过上述手段改善聚合物表面的光滑度, 降低摩擦系数, 以抑制和减少静电荷的产生。

抗静电性能的时效性取决于抗静电剂在树脂中的迁移速率、添加量以及抗静电剂迁移到聚合物表面吸附水的能力。当抗静电剂迁移到薄膜表面并结合水分形成导电层后, 会分散电荷, 减少静电对灰尘和微粒的吸引力, 从而达到抗静电效果<sup>[7]</sup>。

#### 2.2 电晕面抗静电性能

从图2可以看出: 新开发BOPP薄膜的静电半衰期开始下降缓慢, 接着迅速下降, 随后变化较小。这是因为抗静电剂具有迁移性, 抗静电剂添加到树脂后, 会由添加层逐渐迁移到未添加层, 然后再不断的往薄膜表面迁移, 静电半衰期下降, 说明抗静电剂向表面的迁移需要一定时间, 待一定时间后方能发挥抗静电作用<sup>[8]</sup>; 随着存储时间的增加, 新开发BOPP薄膜的抗静电性能明显好于对比样, 说明新开发BOPP薄膜具有很好的抗静电性能, 静电半衰期比较平稳, 且在一个月内的抗静电效果持续性也很好, 完全能满足包装行业对包装薄膜抗静电性能的要求。

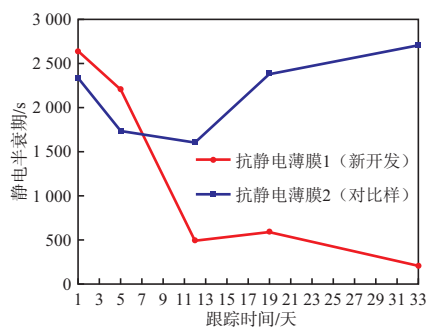


图2 电晕面的静电半衰期与存储时间的关系

Fig.2 Electrostatic half-life of Corona surface versus storage time

电晕处理是一种电击处理,目的是为了改变薄膜的表面性质,使其具有更高的附着性。其原理是薄膜经过两高压电极产生电子流,使薄膜表面氧化产生极化,导致位于薄膜芯层的添加剂(包括抗静电剂及爽滑剂)更加容易通过薄膜电晕面渗出<sup>[9-10]</sup>,使其向表面迁移的速度加快了,更有利于静电的减少或消除。这也是电晕面抗静电性能好于非电晕面的原因。

### 2.3 非电晕面抗静电性能

从图3可以看出:新开发BOPP薄膜的即时(1天)抗静电性能明显好于对比样;新开发BOPP薄膜的静电半衰期随存储时间先下降再上升,后趋于稳定。这可能是因为抗静电剂易于往薄膜的电晕面迁移,使得薄膜非电晕面的抗静电剂层得不到迁移补充,导致其抗静电性能下降,从整体上来看,新开发BOPP薄膜非电晕面的静电半衰期对比样的短,表明新开发BOPP薄膜非电晕面的抗静电性能要优于对比样。

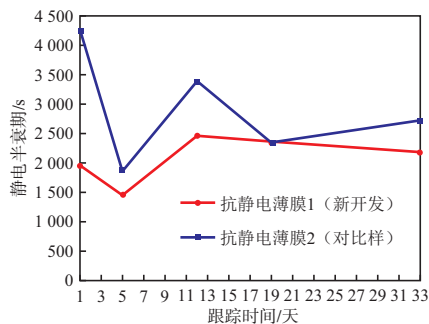


图3 非电晕面的静电半衰期与存储时间的关系

Fig.3 Electrostatic half-life of non-corona surface versus storage time

### 2.4 其他重要性能

通过实验发现,新开发BOPP薄膜和对比样在拉伸性能、光学性能、摩擦性能和热收缩方面基本无差异,并能满足实际应用的要求。具体性能见表1。

## 3 结论

a) 新开发BOPP薄膜电晕面有良好的抗静电性能,静电半衰期比较平稳,且一个月内的抗静电效果的持续性很好。

b) 不管是电晕面还是非电晕面,新开发BOPP

表1 两种BOPP薄膜的其他性能

Tab.1 Physical properties of two films

项 目	新开发BOPP薄膜	对比样	
拉伸强度 / MPa	横向	270	278
	纵向	145	133
拉伸断裂应变, %	横向	40	41
	纵向	166	158
收缩率, %	横向	2.55	2.52
	纵向	3.57	3.50
摩擦系数 (静/动)	横向	0.26/0.19	0.26/0.20
	纵向	0.29/0.23	0.30/0.21
雾度, %		1.11	1.20
光泽度, %		90.1	90.0

薄膜的抗静电性能均优于对比样,表明自制的抗静电母料性能较好。

c) 新开发BOPP薄膜和对比样在拉伸性能、光学性能、摩擦性能和热收缩方面基本无差异,并能满足实际应用的要求。

## 4 参考文献

- [1] 周福海,涂志刚,吴增青.BOPP薄膜抗静电剂的研究现状及发展趋势[J].包装工程,2004,25(1):4-5;46.
- [2] 陈萌,罗世勇,许文才,等.防静电包装研究进展[J].包装工程,2008,29(10):52-54.
- [3] 陈昌杰.功能性薄膜之——抗静电薄膜[J].塑料包装,2007,17(2):14-19;38.
- [4] 周鹏.在BOPP薄膜中使用抗静电剂的研究[J].塑料制造,2010(8):61-63.
- [5] Zheng Wenge, Lu Xuehong, Wong Shingchong. Electrical and mechanical properties of expanded graphite-reinforced high-density polyethylene [J]. J Appl Poly Sci, 2004, 91(5): 2781-2788.
- [6] Omastova M, Kosina S, Pionteck J, et al. Electrical properties and stability of polypyrrole containing conducting polymer composites [J]. Synthetic Metals, 1996, 81(4): 49-57.
- [7] 涂志刚. BOPP薄膜专用母料及其高性能化研究 [D]. 广州: 中山大学, 2005.
- [8] 周世一, 雷景新, 林金辉. 软质抗静电聚氯乙烯材料的抗静电性能及耐久性 [J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(11): 53-56.
- [9] 陈岳. BOPP薄膜的电晕处理 [J]. 机电信息, 2005(6): 51-53.
- [10] 刘嘉铭, 王宗英. 塑料薄膜电晕处理效果的影响因素 [J]. 塑料科技, 1998(1): 48-49.

## BOPP 薄膜印刷复合后溶剂残留控制

赵素芬<sup>1</sup> 刘晓艳<sup>2</sup> 张莉琼<sup>1</sup> 涂志刚<sup>1</sup>

(1.中山火炬职业技术学院包装印刷系; 2.广州科技贸易职业学院)

**摘要:** 本文从残留溶剂分析、BOPP 薄膜微观结构分析、软包装设计(图文设计和软包装结构设计)、油墨、胶黏剂、印刷及干式复合工艺控制及环境等多方面对 BOPP 薄膜印刷复合后的溶剂残留进行分析。结果表明 BOPP 印刷复合膜在生产过程中易溶剂残留超标,尤其是对乙酸乙酯和甲苯等有机溶剂。因此减少有机溶剂的使用,如使用醇性或水性油墨,采用无溶剂复合等,或对 BOPP 材料进行改性,再配合工艺控制方法使溶剂残留量符合 GB/T10004-2008 的要求。

**关键词:** BOPP 薄膜 溶剂残留 控制

### Study on the treatment of residual solvent in BOPP printing film

Zhao Su-fen<sup>1</sup> Wang Hai-yan<sup>2</sup> Liu Xiao-yan<sup>1</sup> Zhang Li-qiong<sup>1</sup> Tu Zhi-gang<sup>1</sup>

(1.Institute of packing & printing, ZhongShan Torch Polytechnic; 2.Guangzhou Vocational College of Technology& Business)

**Abstract:** This article analyzed the residual solvent of the flexible package from the kind of solvent, the microstructure of the BOPP, the design of printing pictures and the structure of the film, ink, adhesive and the control of printing and dry lamination process, and the environment of the workshop. Results BOPP for printing is easy to be elevated with organic solvent, especially ethyl acetate and toluene. The results show that we can reduce the use of organic solvent, especially using alcohol or water-based ink and solvent free composite ect, or or modify the structure of the BOPP, and cooperate with the process control to accord with the GB/T10004-2008.

**Keywords:** BOPP residual solvent treatment

近几年层出不穷的食品安全事件,让食品企业和食品包装企业都处于舆论的风口浪尖,2011年4月国家质检总局对食品包装用复合膜袋产品质量进行了抽查,产品抽样合格率仅为69%,结果表明抽样发现的主要质量问题是产品溶剂残留总量和苯类溶剂残留量不合格<sup>[1]</sup>。BOPP(双向拉伸聚丙烯)薄膜具有质轻、无毒、无臭、防潮、机械强度高、尺寸稳定性好、透明性优异等优点,广泛应用于食品包装,有“包装皇后”的美称。但在软包装印刷膜中,用量高达50%的BOPP薄

膜其复合软包装更容易发生溶剂残留超标的问题,这已经被软包装生产企业的实践所证明<sup>[2-3]</sup>,这与BOPP的亚微观结构有关,表现出对乙酸乙酯和甲苯等有机溶剂的吸附速率加快。因此通过深入研究BOPP印刷膜溶剂残留的控制方法,这将有利于食品药品包装安全。

### 1. 残留溶剂分析

溶剂残留指标包括两部分内容,一是残留总量(包括乙醇、丙酮、异丙醇、丁酮、乙酸乙酯、

丁醇、乙酸异丙酯、乙酸丁酯、苯、甲苯、二甲苯等共计 11 种), 二是苯类溶剂残留量(包括苯、甲苯、二甲苯等 3 种)<sup>[4]</sup>, GB/T10004-2008 对溶剂残留量做出明确规定: 残留总量 $\leq 5.0\text{mg}/\text{m}^2$ ; 苯类溶剂不得检出, 检出限为  $0.01\text{mg}/\text{m}^2$ 。

溶剂残留主要来源于油墨、溶剂及胶黏剂。用于 BOPP 的油墨主要是氯化聚丙烯油墨和聚氨酯油墨。如氯化聚丙烯树脂是烃类, 其溶剂离不开苯类, 而且甲苯的重量蒸发速率为 2.4, 不容易找到这范围内的替代普通溶剂, 同时生产经验表明, 增加酯、酮类溶剂, 减少甲苯比例, 却伴随印刷效果不好, 高调还原欠佳, 小网点丢失的质量问题。干式复合一般采用聚氨酯胶黏剂, 用乙酸乙酯等作为稀释剂, 聚氨酯中含有活泼氢的官能团与乙酸乙酯形成分子间氢键, 从而降低了乙酸乙酯的挥发。

## 2. BOPP 薄膜结构分析

溶度参数可以作为衡量两种材料是否共容的一个较好的指标, 当两种材料的溶度参数相近时, 它们可以互相共混且具有良好的共容性, 即所谓的“相似相容原理”。据查表, BOPP 薄膜的溶度参数  $16.3-17.3(\text{J}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$ , 乙酸乙酯和甲苯的溶度参数分别为  $18.346(\text{J}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$  和  $18.81(\text{J}\cdot\text{cm}^{-3})^{1/2}$ , BOPP 溶度参数与甲苯和乙酸乙酯很接近, 使溶剂在 BOPP 薄膜中残留量高。另一方面, BOPP 在生产过程中为了提高成膜性, 在双向拉伸时要求结晶速度较慢, 而且薄膜的晶体尺寸小而均, 一般 BOPP 的结晶度为 45% 左右。有机溶剂在 BOPP 的残留主要衡量指标是有机溶剂在薄膜内的扩散系数和溶解度, BOPP 为半结晶型聚合物, 根据两相理论, 半结晶型聚合物中无定形相和结晶同时存在, 两相理论认为低分子有机溶剂只溶于聚合物的无定形相中, 不能渗透进入晶体部分。

李东立<sup>[5]</sup>等用纳米  $\text{SiO}_2$  改性聚丙烯薄膜, 研究表明纳米改性剂的加入提高了聚丙烯薄膜中结晶的形成速度, 由于结晶核的增多, 使得聚丙烯薄膜球晶数量和结晶度增加, 在有限的空间内不

同结晶之间的生长相互影响, 最终导致结晶尺寸变小, 减少了 BOPP 溶剂的残留量。董家麟<sup>[6]</sup>等用纳米蒙脱土 (MMT) 和聚丙烯形成复合树脂, 在相同的等温结晶时间内, 与纯 PP 相比, 蒙脱土纳米复合树脂中晶料生长点较多, 晶料尺寸较小, 且随着树脂中 MMT 含量的增加, 晶粒生长点数目增多, 晶粒尺寸减少。Micheals<sup>[7-8]</sup>研究表明聚合物的结晶区对无定型区的限制效应导致链端柔性降低和较长的松弛时间, 进而降低了渗透质的扩散系数。Guest<sup>[9]</sup>认为分子扩散只在无定形区进行, 且扩散受无定形区内分子所在位置尺寸大小和所在位置附近链的硬度影响。因此, 适当提高 BOPP 的结晶度, 有机溶剂在 BOPP 的扩散系数随之减小, 容易在烘道中被挥发去除, 使溶剂残留量降低。

## 3. 生产工艺控制

### 3.1 软包装设计

在图文设计时不宜设计过多的叠色, 因为若墨层较厚, 可能会出现表层油墨结皮阻碍墨层内容的其他溶剂挥发, 同时, 在同一印版上既有大面积实地, 又有很浅的网目调图案, 要控制溶剂残留量就相对较困难, 因为当混合溶剂的干燥过快时, 浅网处会堵版, 而降低混合溶剂的干燥速率, 又会造成大量溶剂残留。在设计软包装结构时, 应尽可能将阻隔性差的薄膜作为印刷层, 中间复合阻隔性高的材料, 热封层材料一般透气性良好, 这样的设计确保在复合后, 有机溶剂易于从阻隔性差的一面进行逸出, 从而通过延长熟化时间进一步降低溶剂残留量。

### 3.2 印刷控制

#### 3.2.1 油墨的选用

据实践证明, BOPP 聚烯烃薄膜易残留甲苯溶剂, 而乙酸乙酯的最终残留量总是甲苯的 1.5-2.0 倍左右<sup>[10]</sup>, 根据 GB/T10004-2008 要求残留总量 $\leq 5.0\text{mg}/\text{m}^2$  且苯类溶剂不得检出, 因此溶剂残留量的控制包含两个方面, 残留总量和苯含量。BOPP 薄膜一般选用氯化聚丙烯油墨和聚氨酯油墨, 氯化聚丙烯油墨份额占食品包装印刷

50%以上,但这类油墨需以甲苯等芳香烃为主溶剂,聚氨酯无苯无酮油墨中苯类溶剂也不可能完全消除,产品中甲苯含量小于0.2%视为正常合格品<sup>[11]</sup>,油墨中本身存在的苯类物质会直接导致最终产品中的溶剂残留超标,因此推广醇溶性油墨及水性油墨,减少油墨用量。

### 3.2.2 稀释剂的控制

为了控制油墨的溶解性和干燥速度等,溶剂一般都不单独使用,大都是由几种溶剂混合起来,BOPP常用的氯化聚丙烯油墨中添加的溶剂主要为甲苯、乙酸乙酯、异丙醇和丁酮等,溶剂纯度将直接影响到挥发速率,溶剂中水分的含量对溶剂的挥发率影响最大,同时,需要对工业用溶剂中的水分和苯含量限量做出相应规定,因此选用沸点低、蒸发速度适宜和纯度高的溶剂,并减少甲苯溶剂的用量。

### 3.2.3 印刷工艺控制

溶剂的释放性取决于油墨连接料和颜料的选择<sup>[12]</sup>,BOPP常用油墨采用氯化聚丙烯连接料,同一种油墨体系中不同颜色油墨的溶剂释放性也有所差别,其中红色、黑色油墨相对溶剂释放性较差,主要是红色、黑色的油墨颜料颗粒很小,比表面积较大,吸附能力很强。油墨在干燥时,若干燥风速足够大,溶剂残留量与温度呈反比,即温度越高溶剂残留量越少,但由于干燥时间短、速度快,往往干燥不彻底,在印刷工艺中,对上墨量大或溶剂挥发性较差的颜色的色组,建议其后一色机组留空,并开启烘道温度,有利于部分残留溶剂的去除。

## 3.3 复合控制

### 3.3.1 胶黏剂的影响

目前BOPP干式复合有的胶黏剂主要是双组份的聚氨酯胶黏剂,该胶黏剂中主剂含有活性羟基(-OH),与乙酸乙酯会形成氢键,从而大大束缚乙酯的挥发,而胶黏剂主剂成分的变化会影响氢键的强弱。同时乙酸乙酯中的水分含量也会影响乙酸乙酯的挥发,在干式复合中,乙酸乙酯含水、醇和胺等含有活性氢的含量不能超过0.2%,国外的要求是不能超过0.05%,若采用甲

苯型溶剂型油墨,则印刷后残留的甲苯会进一步影响胶黏剂的乙酸乙酯挥发。

### 3.3.2 干式复合工艺控制

胶黏剂的上胶量越大,在相同胶黏剂浓度情况下,所需挥发的溶剂量也越大,而BOPP薄膜相对其他印刷膜,其耐热性差,因此在满足软包装产品性能需求的基础上,应尽可能控制胶黏剂的涂布量。干式复合的烘箱温度和通风效果是影响溶剂残留最主要的因素,控制好温度并保证良好的通风是关键。正常复合速度的干式复合机三段烘箱温度一般分别为60℃、70℃和80℃,在需更低的溶剂残留量或满版印刷时,在调节烘箱温度时,第一段尽可能不变,因为如果在第一阶段温度太高,在胶黏剂表面形成一层致密的硬胶层,将严重影响溶剂的挥发,第二、三段烘箱温度则提高5-10℃为宜,加速溶剂的挥发。

通过熟化,-NCO与-OH之间反应,生成网状交联结构的聚氨酯胶层,提高复合膜的剥离强度<sup>[13-14]</sup>,同时,熟化还可以除去残留溶剂。要求室内温度稳定、均匀,形成空气循环流通,温度太低影响胶黏剂的固化反应,温度太高基材添加剂析出,影响复合膜性能并增加异味。

## 4. 环境控制

一般而言,湿度增加一倍,油墨的干燥速度就要减缓近两倍,印刷车间的相对湿度一般控制在50%-65%为佳。干式复合胶黏剂中的乙酸乙酯在挥发的同时,要从胶水体系及周围的空气中吸收大量热量,造成胶水、容器及周围空气温度明显地降低,实践表明,当设备运转一段时间后,胶水的温度与环境温度会有5℃甚至十几度的温度差,当胶水温度低于环境温度1-6℃时,会使胶水及容器表面就会结露<sup>[15]</sup>。

## 5. 结束语

综上所述,BOPP薄膜采用溶剂性油墨印刷、干式复合进行生产时,要使软包装符合GB/T10004-2008的要求,应选用无苯油墨,减少有机溶剂的用量,或者对BOPP薄膜进行改性,



## CPP 低温热封膜的研制

张莉琼<sup>1</sup> 熊立贵<sup>1</sup> 赵素芬<sup>1</sup> 涂志刚<sup>1\*</sup> 刘平<sup>2</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东 中山, 528436; 2. 华南理工大学材料科学研究所, 广东 广州, 510640)

**摘要:**添加自制爽滑母料制备流延聚丙烯(CPP)热封膜,在存储期 30 d 时测得其表面张力大于 38 mN/m,非电晕面的摩擦系数稳定在 0.1~0.2,电晕面的摩擦系数为 0.5,纵向拉伸强度达到 60 MPa,横向拉伸强度达到 27 MPa,薄膜具有高表面张力、较低摩擦系数、较好的力学性能。同时测得其初始热封温度、热封强度和光学性能均优于国家标准,在存储期内薄膜的综合性能稳定。

**关键词:** 流延聚丙烯 热封膜 爽滑母料 性能

DOI:10.3969/j.issn.1004-3055.2018.01.012

### Development of Low-Temperature Heat Sealing Film CPP

Zhang Liqiong<sup>1</sup> Xiong Ligui<sup>1</sup> Zhao Sufen<sup>1</sup> Tu Zhigang<sup>1</sup> Liu Ping<sup>2</sup>

(1. Institute of Packaging & Printing, Zhongshan torch polytechnic,

Zhongshan, Guangdong, 528436;

2. Research Institute of Materials Science, South China University of  
Technology, Guangzhou, Guangdong, 510640)

**Abstract:** Cast polypropylene (CPP) heat sealing film was prepared by adding the homemade smooth masterbatch. The surface tension of CPP heat sealing film is more than 38 mN/m, and the non-corona surface friction coefficient is stable at 0.1~0.2, and corona surface is 0.5, and the longitudinal tensile strength reaches 60 MPa, and transverse tensile strength reaches 27 MPa in the storage period of 30 days. The films have high surface tension, lower friction coefficient, and better mechanical properties, at the same time its initial heat sealing temperature, heat sealing strength and optical properties are better than the national standard. The comprehensive properties of film are stable during the storage period.

**Key words:** cast polypropylene; heat sealing film; slipping masterbatch; properties

CPP(流延聚丙烯)热封膜具有透明度高、力学性能好、热封强度高的特点,在包装行业中应用广泛。但是在低温时容易发脆,韧性变差,限制了其在低温条件下的使用。国内针对 CPP 热封膜的低温改性一直是研究热点,如使用聚烯烃弹性体对其进行共混改性,可降低薄膜雾度,提高透明度,期望能替代目前低温冷藏中使用的透明度差的聚乙烯薄膜。但弹性体存在发黏、发涩的问题,使得

薄膜力学强度降低,摩擦系数增大<sup>[1-2]</sup>。

下面在 CPP 热封膜制备过程中添加自制爽滑

收稿日期:2017-01-05;修改稿收到日期:2017-10-20。

**作者简介:**张莉琼(1982—),女,高级工程师,主要从事应用化学、塑料包装材料的教学与研究。E-mail:19088657@qq.com。

\* 通信联系人,E-mail:zhigtu@126.com。

母料,生产出来的薄膜同时具备高表面张力、较低摩擦系数、较好的力学性能,在存储期30 d内薄膜的综合性能稳定。

## 1 试验部分

### 1.1 主要原料

聚丙烯均聚物,FC-801,中国石化上海石油化工股份有限公司;聚丙烯共聚物,H531PL,新加坡聚烯烃公司;爽滑母料,自制。其中自制爽滑母料载体为聚丙烯均聚物,使用双螺杆挤出机造粒而成,含有质量分数10%高纯度无毒的芥酸酰胺,水质质量分数不大于0.06%,熔体流动速率(230℃,2.16 kg)5~7 g/10 min,添加到薄膜的芯层。

### 1.2 基本配方及试样制备

基本配方以质量份计。热封层(A层):共聚丙烯树脂95.0~97.0份,助剂3.0~5.0份;芯层(B层):均聚丙烯树脂97.0份,助剂3.0份;电晕层(C层):均聚丙烯树脂96.0份,助剂4.0份。

试样制备:采用A,B,C三层共挤流延法制备CPP热封薄膜。

工艺流程:CPP树脂和其他助剂→计量→挤出塑化→分流器→模头→流延冷却成型→测厚→电晕处理→修边→收卷→成品经48 h常温时效处理→分切→检验→CPP热封膜。

### 1.3 性能测试

表面张力参照GB/T 14216—2008测试;摩擦系数参照GB 10006—1988测试;透光率/雾度参照GB/T 2410—2008测试;力学性能参照GB/T 13022—1991测试;光泽度参照ASTM D523—1989(1999)测试;热收缩率参照GB/T 12027—2004测试;热封强度参照QB/T 2358—1998测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 存储时间对CPP热封膜表面张力的影响

在配方中添加自制的爽滑母料,制备3层结构25 μm厚的CPP热封膜,跟踪CPP热封膜下线后存储30 d内的表面张力变化,结果如图1所示。

从图1可以看出,CPP热封膜刚下线时表面张力达到峰值46 mN/m,在之后跟踪的30 d内随

着时间的推移开始下降,第30 d时为38 mN/m,可见在存储期30 d内,CPP热封膜能满足印刷、涂布等二次加工所需表面张力大于38 mN/m的要求。

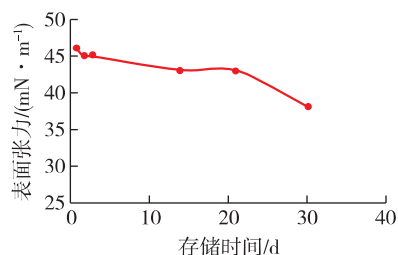


图1 CPP热封膜表面张力与时间关系

CPP热封薄膜在加工过程中,存在外来拉力导致取向的力学性能明显增加,在急剧骤冷的条件下,CPP熔体的黏度较高,内应力不能很快松弛,通常在下线3 d后开始松弛,同时薄膜性质发生变化。由图1可见,3 d后薄膜的表面张力下降幅度明显大于前3 d。研究中通过使用自制的爽滑母料中含有质量分数10%高纯度无毒的芥酸酰胺,具有爽滑和抗黏作用,在存储期内能从薄膜芯层迁移到薄膜表面,一定程度上缓解了表面张力的下降。其原因是芥酸酰胺的润滑性使聚丙烯大分子链或链段之间运动的流动性得以增加,薄膜表面能在较长时间内维持较高的表面张力。

### 2.2 存储时间对CPP热封膜摩擦系数影响

在配方中添加自制的爽滑母料,制备3层结构25 μm厚的CPP热封膜,跟踪CPP热封膜下线后30 d内电晕面和非电晕面的摩擦系数,结果如图2所示。

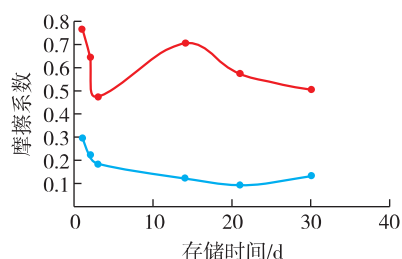


图2 CPP热封膜30 d内摩擦系数变化  
—●—电晕面; —●—非电晕面

电晕面是由于薄膜表面的高分子链通过电子击穿、空气氧化等方式强制断裂,形成局部区域的极性效果,其薄膜表层的不均匀性导致薄膜内层的各类助剂迁移到薄膜表面后分散不

均,通常情况下放置一段时间后电晕面的摩擦系数明显增加,摩擦系数的稳定性能受到损害。从图 2 可以看出,添加自制爽滑母料后,跟踪 21 d 后电晕面的摩擦系数仍能稳定在 0.6 以下,30 d 时降至 0.5,可见自制爽滑母料能有效保证 CPP 热封膜摩擦系数的稳定。从图 2 还可以看出, CPP 热封膜刚下线时非电晕面的摩擦系数为 0.3,之后开始下降,在跟踪期内稳定在 0.1~0.2。

### 2.3 存储时间对 CPP 热封膜拉伸强度影响

在配方中添加自制的爽滑母料,制备 3 层结构 25  $\mu\text{m}$  厚的 CPP 热封膜,跟踪 CPP 薄膜下线后 30 d 内的拉伸强度,结果如图 3 所示。

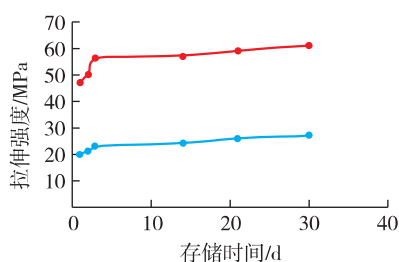


图 3 CPP 热封膜 30 d 内拉伸强度变化

—●— 纵向拉伸强度; —●— 横向拉伸强度

从图 3 可以看出,随着存储时间的增加, CPP 热封膜的拉伸强度持续增大,其中在刚下线的前 3 d 内变化幅度最大,放置 30 d 后薄膜纵向拉伸强度达到 60 MPa,横向拉伸强度达到 27 MPa。这是由于薄膜在刚下线时,薄膜内沿外来拉力拉伸方向高分子链及链段呈取向拉直状态,产生内应力,下线 3 d 后内应力开始松弛,高分子链及链段发生回缩或者纠缠,拉直状态遭到破坏,薄膜横、纵向拉伸强度的变化幅度波动明显;随着放置时间的增加,部分高分子链及链段在环境的作用下随内应力的变化又回归平衡状态,故拉伸强度较之下线前 3 d 平缓增大,在 21~30 d 内增幅不大,趋于平稳。

### 2.4 CPP 热封膜的综合性能

将厚度 25  $\mu\text{m}$  的 CPP 热封膜放置 30 d 时与 GB/T 27740—2011 的综合性能进行比对,结果如表 1 所示。

表 1 爽滑母料对 CPP 热封膜综合性能影响

项目	GB/T 27740—2011	实测
厚度/ $\mu\text{m}$		25
纵向拉伸强度/MPa	$\geq 35$	60
横向拉伸强度/MPa	$\geq 25$	27
纵向断裂伸长率/%	$\geq 280$	570
横向断裂伸长率/%	$\geq 380$	650
光泽度/%		82.9
雾度/%	$\leq 5.0$	2.5
初始热封温度/ $^{\circ}\text{C}$	$< 145$	115
热封强度/ $[\text{N} \cdot (15\text{mm})^{-1}]$	$\geq 8.00$	10.14
摩擦系数(热封面)	$\leq 0.5$	0.5
表面张力(处理面)/ $(\text{mN} \cdot \text{m}^{-1})$	$\geq 38$	38

从表 1 可见,使用自制爽滑母料制备的 CPP 热封膜在存储期内具有高表面张力、低摩擦系数、力学性能较好且满足国家标准的同时,初始热封温度、热封强度和光学性能均优于国家标准,产品综合性能稳定。

## 3 结论

a) 使用自制爽滑母料制备的 CPP 热封薄膜在存储 30 d 时表面张力大于 38 mN/m,非电晕面的摩擦系数跟踪期内稳定在 0.1~0.2,电晕面的摩擦系数稳定在 0.5。

b) 随着存储时间的增加, CPP 热封薄膜的拉伸强度持续增大,放置 30 d 后薄膜纵向拉伸强度达到 60 MPa,横向拉伸强度达到 27 MPa,均高于国家标准。

c) 使用自制爽滑母料制备的 CPP 热封薄膜在存储期 30 d 时,其初始热封温度、热封强度和光学性能均优于国家标准,综合性能稳定。

## 参 考 文 献

- [1] 廖德金,段宁宁,林渊智,等. CPP 热封薄膜低温热封层性能研究[J]. 中国塑料,2015,29(8):77-81.
- [2] 滕树玲. CPP 流延膜的选材及优化方案[J]. 化工新型材料,2013,41(8):190-191.

# PBS/CaCO<sub>3</sub> 复合材料的制备与性能\*

刘晓艳<sup>1</sup> 赵素芬<sup>2</sup> 张莉琼<sup>2</sup> 涂志刚<sup>2</sup> 熊立贵<sup>2</sup>

(1. 广州科技贸易职业学院, 广东, 广州 511442; 2. 中山火炬职业技术学院, 广东, 中山 528436)

**摘要:** 采用熔融共混法制备了聚丁二酸丁二醇酯(PBS)/碳酸钙(CaCO<sub>3</sub>)复合材料,研究了偶联剂种类、PBS和CaCO<sub>3</sub>质量配比及偶联剂用量对复合材料性能的影响。结果表明:铝酸酯偶联剂对复合材料性能的提升效果最明显;CaCO<sub>3</sub>用量增加时,复合材料的拉伸强度和降解性能上升,断裂伸长率和冲击强度下降;铝酸酯用量对降解性能影响不大,但铝酸酯用量增加时,拉伸性能和冲击强度先上升后趋于平缓。当PBS和CaCO<sub>3</sub>质量配比为7:3、铝酸酯用量为1.5%时,复合材料的综合性能比较好,能够满足使用要求,同时与纯PBS相比,又能降低近30%的成本,使其推广应用更进一步。

**关键词:** PBS; 碳酸钙; 降解性能; 拉伸强度; 冲击强度

中图分类号: TQ321 文献标志码: A 文章编号: 1001-9456(2017)04-0026-03

## Preparation and Properties of PBS/CaCO<sub>3</sub> Composite

LIU Xiaoyan<sup>1</sup> ZHAO Sufen<sup>2</sup> ZHANG Liqiong<sup>2</sup> TU Zhigang<sup>2</sup> XIONG Ligui<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Vocational College of Technology & Business, Guangzhou, Guangdong 511442, China;

2. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan, Guangdong 528436, China)

**Abstract:** Poly(butylene succinate) (PBS) / Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) composite were prepared by melt blending, and studied the effect of different coupling agents, PBS and CaCO<sub>3</sub> mass ratio and coupling agent for composite. The results showed that aluminum acid coupling agent for the properties of composite materials improved the most obviously effect; with CaCO<sub>3</sub> content increased, the degradation properties and tensile strength of composite materials rose, the impact strength and elongation at break decreased. With aluminum acid content increased, the tensile properties and impact strength increased and then stabilization but no influence on degradation. When the PBS and CaCO<sub>3</sub> mass ratio was 7:3, the coupling agent in an amount of 1.5%, the performance of PBS / CaCO<sub>3</sub> composite was better, meeting the basic requirements. Compared with pure PBS, it reduced the cost of nearly 30% and application further.

**Keywords:** poly(butylene succinate); calcium carbonate; degradation properties; tensile strength; impact strength

聚丁二酸丁二醇酯(PBS)是一种典型的可完全生物降解的聚合物材料,易被自然界的多种微生物或动植物体内的酶分解、代谢,最终可分解为二氧化碳和水。与聚乳酸(PLA)、聚羟基丁酸酯(PHB)、聚己内酯(PCL)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)等降解塑料相比,PBS具有价格便宜、力学性能优异、加工便利、可适应常规成型加工设备、耐热性能好等优点<sup>[1-4]</sup>,可替代聚乙烯、聚丙烯等,同时其原料来源广,既可是石油资源,也可通过生物资源发酵获得,备受科技和产业界关注,PBS是生物降解塑料材料中的佼佼者,但相对于传统塑料,其价格过高,难以推广应用,因此降低其成本成为PBS塑料的未来发展的关键。碳酸钙是一种价格低廉的矿物材料,来源于自然,并已广泛应用于各种高分子材料的改性。利用碳酸钙填充的方式来降低PBS成本是可行的<sup>[5-6]</sup>。

文章以碳酸钙为填充材料,对PBS进行共混改性,制备了PBS/CaCO<sub>3</sub>复合材料,并研究了偶联剂种类、偶联剂用量及PBS/CaCO<sub>3</sub>的质量比对比复合材料拉伸性能、冲击性能和降解性能的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

轻质碳酸钙:2000目,中山永丰化工有限公司;

PBS:吹塑级,山东汇盈新材料科技有限公司;

铝酸酯偶联剂:DL-411,佛山市圣亿塑料化工有限公司;

硅烷偶联剂:KH550,佛山市圣亿塑料化工有限公司;

钛酸酯偶联剂:CS-404,南京创世化工助剂有限公司。

### 1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机:TES-65,江苏南京诺达挤出装备有限公司;

\* 收稿日期:2016-09-30

基金项目:2013年中山科技计划项目(2013A3FC0346)。

作者简介:刘晓艳(1982-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向为塑料包装材料的研发。

通信联系人:涂志刚(1969-),男,博士后,教授级高级工程师,主要从事薄膜材料的研究。E-mail:zhigutu@126.com。

密炼机: x(S)N-35 江苏南京凯驰机械有限公司;  
 注塑机: JN55E 广东东莞震雄机械有限公司;  
 PC 型智能电子拉力试验机: XLW (PC) -500N-50N, 山东济南光机电技术有限公司;  
 悬臂梁式冲击试验机: XCJ, 吉林大学科教仪器厂。

### 1.3 试样制备

生产工艺流程如图 1 所示, 生产温度如表 1 所示。

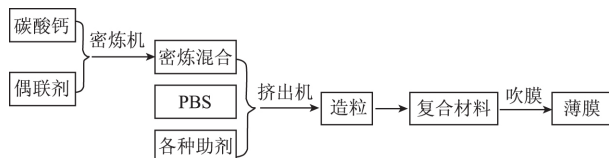


图 1 生产工艺流程

表 1 PBS/CaCO<sub>3</sub> 复合材料的生产温度

1 区/℃	2 区 ~ 4 区/℃	5 区 ~ 7 区/℃	8 区/℃	机头 体/℃	口模/℃
115 ~ 120	120 ~ 125	125 ~ 130	130 ~ 135	135 ~ 140	140

### 1.4 性能测试

拉伸性能参照 GB/T 1040.3—2006 进行测试, 试样为 I 型样条, 拉伸速度为 50 mm/min, 每组测试 5 个试样, 结果取其平均值。

冲击性能参照 GB/T 1843—1996 进行测试, 每组测试 5 个试样, 结果取其平均值。

降解性能采用土埋法, 将试样裁成 (25 × 25) mm 的样品, 干燥称重后, 将其夹在纱布间埋于离表面 20 cm 左右的花圃土壤中, 待一定时间 (28 d) 后取出, 并计算试样的质量损失率, 其计算公式为: 质量损失率 =  $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$ , 式中  $m_1$  和  $m_2$  分别为试样的原始质量和降解后的质量, 每组测试 5 个试样, 结果取其平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 偶联剂种类对复合材料性能的影响

实验条件: PBS 和 CaCO<sub>3</sub> 的质量配比为 7:3; 偶联剂为铝酸酯、钛酸酯和硅烷, 其添加量 (以碳酸钙的质量计算, 下同) 均为 2%。

从图 2 可以看出, 所用偶联剂不同, 复合材料的力学性能也

不同。添加了偶联剂的复合材料, 其力学性能均有显著提高, 其中偶联剂为铝酸酯时, 效果提升最为明显, 因此将铝酸酯偶联剂确定为 PBS/CaCO<sub>3</sub> 复合材料的最佳偶联剂。

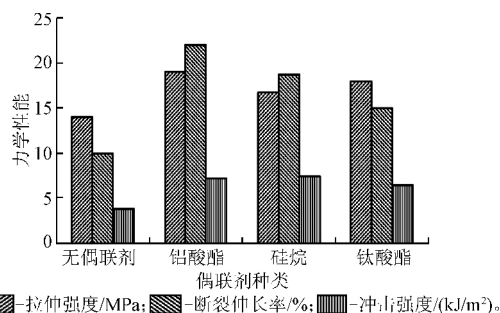


图 2 不同偶联剂的复合材料的力学性能

### 2.2 PBS/CaCO<sub>3</sub> 质量比对复合材料性能的影响

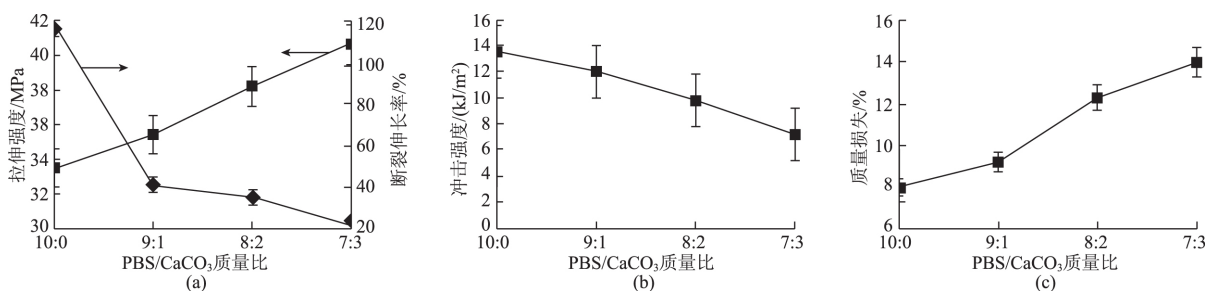
实验条件: 铝酸酯的添加量为 2% (以碳酸钙的质量计算), PBS 和 CaCO<sub>3</sub> 的质量配比设定为 10:0.9:1.8:2.7:3 和 6:4。

PBS 和 CaCO<sub>3</sub> 的质量配比为 6:4 时, 在制备时经常堵塞挤出机, 并且需要的温度也比较高, 温度过高还将引发 PBS 的降解, 说明碳酸钙的添加量过高, 因此该质量配比关系并未继续做后续的测试工作。

从图 3(a)、(b) 可以得出, 随着 CaCO<sub>3</sub> 用量的增加, 复合材料的拉伸强度呈上升趋势, 断裂伸长率和冲击强度均呈下降趋势。这是由于 CaCO<sub>3</sub> 作为填料, 可起到骨架作用, 当其用量越大时, 复合材料的拉伸强度就越大, 同时大量粉体的存在会限制 PBS 分子链段运动, 使 CaCO<sub>3</sub> 与 PBS 界面的结合力较弱, 导致复合材料的冲击强度和断裂伸长率下降; 但当 CaCO<sub>3</sub> 用量高达 30% 时, 复合材料的断裂伸长率仍高于 20%, 说明材料仍具有较高的延伸率, 而且 PBS 填充填料的最终目的是为了在保证使用性能的同时, 尽可能降低制品的成本。从图 3(c) 可以得出, 复合材料的质量损失率随着 CaCO<sub>3</sub> 用量的增加呈线性增加趋势, 比纯 PBS 提高了不少, 这是由于 CaCO<sub>3</sub> 的填充作用, 使微生物更容易侵蚀材料内部<sup>[7-9]</sup>, 因此确定 PBS/CaCO<sub>3</sub> 的配比为 7:3。

### 2.3 偶联剂用量对复合材料性能的影响

实验条件: PBS 和 CaCO<sub>3</sub> 的质量配比为 7:3, 铝酸酯的添加量 (以碳酸钙的质量计算) 分别为 1.0%、1.5%、2.0%、



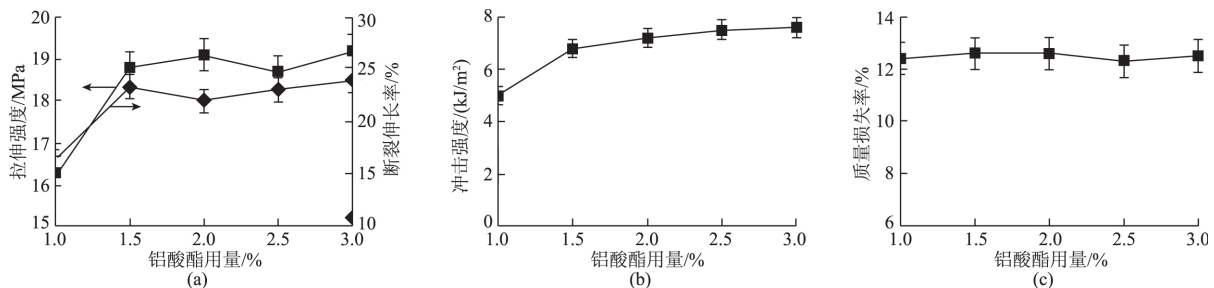
(a) 拉伸性能; (b) 冲击强度; (c) 降解性能。

图 3 PBS/CaCO<sub>3</sub> 质量比对复合材料性能的影响

2.5%、3.0%。

从图4(a)、(b)中可以看出,随着铝酸酯用量的增加,拉伸性能和冲击强度均表现为先上升后趋于平缓。这是因为CaCO<sub>3</sub>与PBS基体树脂的亲水性较差<sup>[10-13]</sup>,会因分散不均导致复合材料性能变差,加入偶联剂可改善CaCO<sub>3</sub>的表面性能,在复合材料中起到黏合剂的作用,可以有效地改善CaCO<sub>3</sub>与PBS基体的

相容性,增大二者的界面结合强度,但偶联剂的用量并不是越多越好<sup>[14-15]</sup>,加入量过多时,会产生过盈效果,过量的偶联剂不仅起不到偶联效果,相反会成为体系的杂质,增加复合材料的生产成本<sup>[8]</sup>。从图4(c)可以看出,铝酸酯用量不同时,其降解性能差异不大。综合考虑偶联剂的成本及其添加量对复合材料力学性能和降解性能的影响,因此铝酸酯用量为1.5%时,效果较好。



(a) 拉伸性能; (b) 冲击强度; (c) 降解性能。

图4 铝酸酯用量对复合材料性能的影响

### 3 结论

1) 铝酸酯偶联剂对复合材料性能的提升效果最明显; CaCO<sub>3</sub>用量增加时,复合材料的拉伸强度和降解性能上升,断裂伸长率和冲击强度下降;铝酸酯用量对降解性能影响不大,但铝酸酯用量增加时,拉伸性能和冲击强度先上升后趋于平缓。

2) 当PBS和CaCO<sub>3</sub>质量配比为7:3,铝酸酯用量为1.5%时,复合材料的综合性能比较好,能够满足使用要求,同时与纯PBS相比,又能降低近30%的成本,使其推广应用更进一步。

#### 参考文献:

- [1] 崔春娜,黄继涛,何阳. 聚丁二酸丁二醇酯/碳酸钙复合材料老化研究[J]. 塑料科技, 2013, 41(11): 74-77.
- [2] 廖才智. 生物降解性塑料PBS的研究进展[J]. 塑料科技, 2010, 38(7): 93-98.
- [3] TACHIBANA Y, MASUDA T, FUNABASHI M, et al. Chemical synthesis of fully biomass-based poly (butylene succinate) from inedible-biomass-based furfural and evaluation of its biomass carbon ratio[J]. Biomacromolecules, 2010, 11(10): 2760-2765.
- [4] 宋聪雨,王佩璋,程希. 淀粉/PBS共混材料的制备与性能研究[J]. 中国塑料, 2006, 20(4): 65-67.
- [5] 刘军,季君晖,张维,等. 生物可降解塑料PBS与天然可降解高分子材料共混改性研究进展[J]. 化工新材料, 2013, 41(8):

1-3.

- [6] 丁正,林强,彭少贤,等. 完全降解聚乳酸共混增韧的研究进展[J]. 塑料, 2016, 45(2): 95-97.
- [7] 杨冰,许颖,季君晖,等. 双层包覆改性碳酸钙在高填充聚酯中的应用[J]. 塑料, 2014, 43(1): 4-7.
- [8] 高利斌. 全生物降解聚丁二酸丁二醇酯(PBS)的加工改性研究[D]. 北京:北京工商大学, 2006.
- [9] 尹凯凯. 生物可降解聚酯聚丁二酸丁二醇酯(PBS)的加工改性研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2011.
- [10] 李星,刘东辉,黄云华. 铝酸酯复合偶联剂改性碳酸钙的性能研究[J]. 云南化工, 2003, 30(5): 3-6.
- [11] 任晓玲,骆振福,吴成宝,等. 重质碳酸钙的表面改性研究[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(2): 269-272, 304.
- [12] 马祥艳,周鹏,刘海明,等. 聚乳酸/纳米碳酸钙复合材料的制备及性能[J]. 塑料, 2015, 44(5): 25-28.
- [13] 杨海,张宁,卢翔,等. 硫酸钙晶须/PBS共混物等温结晶动力学研究[J]. 塑料科技, 2013, 41(5): 8-12.
- [14] 温乾. 生物降解塑料PBS的共混改性研究[D]. 株洲:湖南工业大学, 2011.
- [15] 李陶,李辉章,曾建兵,等. 热塑性淀粉/PBS共混物的微生物降解性研究[J]. 化学研究与应用, 2009, 31(7): 994-997.

(本文编辑 WY)

(上接 25 页)

- [10] LIU W Y, CHEN Y, TU X, et al. Processing and mechanical properties of starch and PVA composite reinforced by nano-SiO<sub>2</sub> [J]. Advanced Material Research, 2012, 557/558/559: 201-204.
- [11] LIU W Y, CHEN Y, OUYANG L, et al. Processing and mechanical properties of starch and PCL composite reinforced by nano-SiO<sub>2</sub> [J]. Advanced Material Research, 2012, 496: 134-137.
- [12] FROST K, BARTHES J, KAMINSKI D, et al. Thermoplastic starch-silica-polyvinyl alcohol composites by reactive extrusion [J].

Carbohydrate Polymers, 2011, 84(1): 343-350.

- [13] TANG S, ZOU P, XIONG H, et al. Effect of nano-SiO<sub>2</sub> on the performance of starch/polyvinyl alcohol blend films [J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 72(3): 521-526.
- [14] 刘钰馨,盛家荣,莫羨忠,等. 二氧化硅对热塑性木薯淀粉力学性能及加工行为的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2015(7): 81-86.
- [15] YAO K, CAI J, LIU M, et al. Structure and properties of starch/PVA/nano-SiO<sub>2</sub> hybrid films [J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 86(4): 1784-1789.

(本文编辑 LX)

# PP复合膜的有机改性及其力学性能分析

赵素芬, 谢文彬, 李新芳, 柳孟良, 潘 斌

( 中山火炬职业技术学院, 包装印刷系, 广东, 中山 528436)

**摘要:** 聚丙烯(PP)与有机改性蒙脱土(OMMT)的相容性较差,OMMT在PP中的分散程度能影响复合材料的性能,因此,将马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH)作为增容剂,通过二次熔融挤出法制备具有不同PP-g-MAH/OMMT分散配比和不同OMMT含量的PP复合母料,并采用流延方法挤出厚度约为15 μm的复合膜,采用X射线衍射分析、差示扫描量热等方法分析不同PP-g-MAH/OMMT配比和不同含量的OMMT对PP复合膜的相容性及力学性能的影响。研究表明,PP-g-MAH能提高OMMT与PP的相容性,OMMT的含量在一定范围内增大了复合膜的结晶度和拉伸强度,但是大幅降低了复合膜的延展性,使复合膜的断裂伸长率有小幅下降,当PP-g-MAH/OMMT的配比为1.5,OMMT添加量为2.0%时,制得的复合膜的综合性能最佳。

**关键词:** OMMT; PP; PP-g-MAH; 分散性; 结晶度; 拉伸性能

**中图分类号:** TQ325.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9456(2020)05-0005-03

## Analysis the Organic Modification and Mechanical Properties of PP Composite Film

ZHAO Sufen, XIE Wenbin, LI Xinfang, LIU Mengliang, PAN Bin

( Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan, Guangdong 528436, China)

**Abstract:** Polypropylene (PP) was incompatible with organic modified montmorillonite (OMMT). The dispersion of OMMT could affect the properties of composite film. Maleic anhydride grafted polypropylene (PP-g-MAH) was used as compatibilizer to prepare composites master batch with different PP-g-MA/OMMT ratios and different OMMT content by secondary melt extrusion and the composite film with thickness of about 15 μm was extruded by means of flow extension. The structure and mechanical properties of the composite film were investigated by means of X-ray diffraction, isothermal differential scanning calorimetry analyses ect. The results showed that the PP-g-MA could affect the dispersion degree of OMMT, the dispersion state of OMMT could affect the crystallinity of PP, and OMMT could improve the tensile strength of the composite film, but it would greatly reduce the ductility of the composite film, and the elongation at break of composite film decreased. When the PP-g-MAH/OMMT ratio was 1.5, and the OMMT content was 2.0%, the comprehensive properties of the composite film were best.

**Keywords:** OMMT; PP; PP-g-MAH; dispersion; crystallization; tensile properties

## 0 引言

在聚丙烯(PP)中,添加少量的有机改性蒙脱土(OMMT)能够显著提高复合材料的力学性能、结晶性及耐热性能等<sup>[1-3]</sup>,但是,聚丙烯为非极性的聚合物,OMMT表面与聚丙烯的相互作用仍然较弱,因此,OMMT片层在聚丙烯基体中会堆积并团聚,增容剂可以通过极性基团与OMMT发生插层反应进入OMMT片层中,也可以通过与聚丙烯的相容性,诱导基体分子链插入OMMT层间,是提高两者相容性的有效方法<sup>[4-5]</sup>。文章采用不同配比的马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH)增容剂/OMMT及不同含量的OMMT,研究了PP/PP-g-MAH/OMMT复合膜的结构和性能。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

均聚聚丙烯: BOPP 薄膜专用料,HP550J,熔融指数约为3.2 g/10min(230 ℃),利安德巴塞尔公司;

马来酸酐接枝聚丙烯: GR-2250,接枝率为0.8%~1.2%,埃克森美孚公司;

有机改性蒙脱土: DK4,有效物质含量为35%~40%,浙江申虹新材料股份有限公司。

### 1.2 主要仪器及设备

X射线衍射仪: D8 Rigaku9000,日本理学株式会社;

差示扫描量热仪: TAQ2000,美国TA仪器公司;

收稿日期: 2019-07-31

基金项目: 2017年度中山市科技计划(2017B1025); 2017年广东高校省级“创新强校工程”特色创新项目(2017GKTSX076)。

作者简介: 赵素芬(1979-),女,硕士,副教授,主要从事塑料软包装等方面的研究。

通信作者: 李新芳(1979-),女,博士,教授,主要从事功能材料的表面改性及应用等方面的研究。E-mail: xtulxf@163.com。

智能电子拉力试验机: XLVV( PC) 济南兰光机电有限公司。

### 1.3 测试方法

X射线衍射(XRD)检测: 扫描角度范围为 $0.5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ , 扫描速度为 $0.5^{\circ}/\text{min}$ , 样品为粉末, 平铺在测试台上进行连续扫描测试;

差示扫描量热分析(DSC)检测: 载气为氮气, 将试样以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度升温至 $200^{\circ}\text{C}$  停留5 min 消除余热, 以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度, 降温至 $40^{\circ}\text{C}$ , 停留3 min, 再以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度升温至 $200^{\circ}\text{C}$ , 记录熔融及结晶曲线;

力学性能: 按照 GB/T1040.3—2006 标准进行测试。

### 1.4 试样制备

将PP、OMMT和PP-g-MAH按如表1所示的比例进行混炼, 然后采用双螺杆挤出机进行熔融挤出得到专用料, 挤出温度为 $210^{\circ}\text{C}$ , 挤出速度为 $72\text{ r}/\text{min}$ , 再将料粒利用挤出流延实验机进行挤出流延成膜, 设置薄膜的挤出温度为 $220^{\circ}\text{C}$ , 冷辊表面温度为 $45^{\circ}\text{C}$ , 机器的速度为 $73\text{ m}/\text{min}$ 。

表1 实验配方

样品	PP	马来酸酐接枝聚丙烯	有机改性蒙脱土	增容剂/空白
空白	100	0	0	0
A1	97	0	2	0
A2	95	3	2	1.5
A3	90.5	6.5	3	2.2
A4	84	13	3	4.3
A5	82	13	5	2.6
A6	79	13	8	1.6

## 2 结果与讨论

### 2.1 PP改性复合膜XRD分析

马来酸酐基团具有较高的反应活性, 能与OMMT上的胺类发生化学反应<sup>[6]</sup>, 降低了OMMT片层间的相互作用力, 改善了OMMT与PP间的相容性, 使PP分子插入OMMT片层中。图1是PP复合膜中OMMT的XRD谱。从图1中可以看出,  $2\theta$ 在 $0.5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的衍射峰的位置和强度的变化。

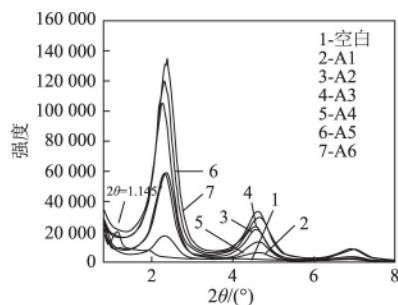


图1 PP/OMMT/PP-g-MAH复合膜的XRD谱图

从图1、表2中可以看出, 随着OMMT和PP-g-MAH的加入, PP在 $2\theta = 1.14$ 处的衍射峰消失, 复合膜在约 $2\theta = 2.3$ 处出现(001)晶面特征衍射峰, 这表明PP成功插入了OMMT片层间, 在约 $2\theta = 4.60$ 处出现(001)晶面的二级衍射峰, 其中, 二级

衍射峰较大, 这表明OMMT片层的堆积程度减弱, PP-g-MAH分子结构能影响PP对OMMT的插层, 由此可知, PP-g-MAH具有一定增容作用; 当层间距增大时, 分子有充分的空间使分子的排列更加有序<sup>[2]</sup>, 随着OMMT含量增加, (001)晶面层间距呈先增大后下降的趋势, 因此, 在熔融加工过程中, OMMT片层打开, PP和PP-g-MAH融入片层中, 形成了插层结构, 但是随OMMT含量增加, OMMT片层堆积也更加严重, 表现为层间距下降和(001)衍射峰强度增加<sup>[7-8]</sup>; A3和A4相比, 由于在A4中加入了更多的PP-g-MAH, 且在PP-g-MAH相容剂的作用下, OMMT分散更均匀, 因此, 增容剂与OMMT存在一个影响OMMT分散性的最佳配比, 从实验中可以得出, 当PP-g-MAH与OMMT的配比为1.5, OMMT含量为2%时, 二者在PP中的分散性最佳。

表2 OMMT(001)层间距和衍射强度

样品	$2\theta(001)/(^{\circ})$	相对强度	$d_{(001)}/\text{nm}$	$2\theta/(^{\circ})$	$2\theta/(^{\circ})$
空白(PP)	1.14	20 199	-	1.65	1.95
A1	2.28	17 646	3.79	4.59	6.96
A2	2.32	58 572	3.82	4.58	6.86
A3	2.33	101 240	3.80	4.53	6.85
A4	2.33	58 921	3.80	4.65	6.95
A5	2.33	120 778	3.80	4.66	6.94
A6	2.38	135 235	3.72	4.65	6.99

### 2.2 PP改性复合膜DSC分析

复合膜的DSC曲线和热力学参数分别如图2、表3所示。从表A1中数值可以看出, 当无PP-g-MAH增容剂时, 复合材料的结晶点基本不变; 当同时加入增容剂PP-g-MAH和OMMT时, 复合材料的结晶温度 $T_c$ 均有不同程度的升高, 依次升高了 $7.83、6.37、5.58、5.16、5.56^{\circ}\text{C}$ , 因此, PP-g-MAH与PP的相容性较好, 促进了PP插层OMMT, 使被插层的OMMT起到异相成核作用<sup>[9]</sup>, 但是过量的PP-g-MAH更易插入OMMT层间<sup>[10]</sup>, OMMT的异相成核作用由于PP-g-MAH的插层和包裹而降低<sup>[11]</sup>, 甚至能阻碍OMMT与PP的直接接触, 使其异相成核作用显著降低。与空白样相比, A4、A5和A6的 $X_c$ 显著下降, A1保持不变; 但A2和A3均显著提高, 分别增加了3.14%和2.94%, 促进了PP晶体的有序排列。因此, 在一定增容剂和OMMT的配比下, 存在一个合适的OMMT加入量, 当OMMT含量较多时, 多余的OMMT不利于PP结晶。

表3 复合膜DSC热力学参数

样品	$T_c/^{\circ}\text{C}$	$T_m/^{\circ}\text{C}$	$T_{m\text{ onset}}/^{\circ}\text{C}$	$T_{m\text{ end}}/^{\circ}\text{C}$	$X_c/\%$
空白(PP)	115.55	161.52	115.0	173.5	46.62
A1	115.01	161.74	109.5	175.0	46.73
A2	122.94	162.86	113.5	172.0	49.76
A3	121.38	162.66	115.0	172.5	49.56
A4	120.59	162.38	113.0	172.5	45.77
A5	120.17	163.12	115.0	172.0	44.68
A6	120.67	162.16	113.0	171.5	43.97

### 2.3 PP改性复合膜的力学性能分析

复合膜的拉伸性能受到OMMT含量、分散程度<sup>[12-13]</sup>及

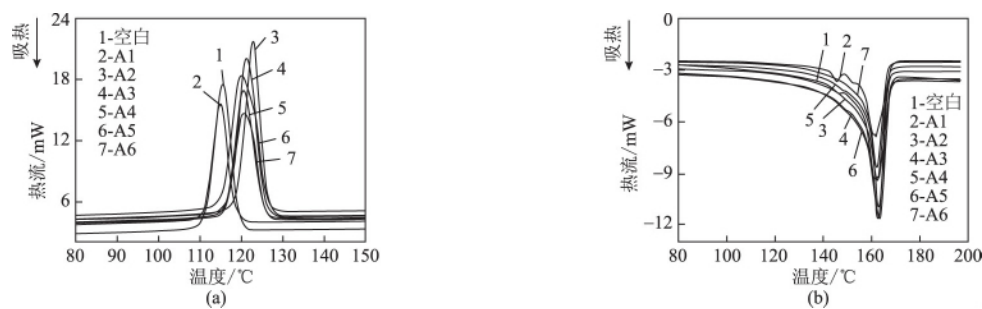


图2 复合膜的DSC吸热效应曲线(a)和放热效应曲线(b)

OMMT与基体界面间黏接强度<sup>[14]</sup>等因素的影响。从图3、4中可以看出,A1仅添加了OMMT,与PP不相容,两者之间的作用力较弱,导致拉伸强度和断裂伸长率均明显下降,分别下降了74.9%和23.3%。从A2数据中可以看出,当加入一定量的PP-g-MAH后,OMMT-PP界面的黏附强度显著提高,对PP具有一定的增强作用,与A1相比,拉伸强度提高了63.7%,但是使其延展性大幅降低,断裂伸长率降低至71.6%。从A4~A6中数据可以看出,随着PP-g-MAH和OMMT加入量的增加和两者配比的减少,断裂伸长率及拉伸强度均有不同程度的下降,这与OMMT堆积现象严重、在PP内的分散程度降低及OMMT与PP界面的相互作用有关,大量的OMMT发生拉伸牵引取向,使材料断裂伸长率明显提高<sup>[15]</sup>。综上所述,当增容剂/OMMT配比为1.5,且OMMT添加量为2.0%时,实验得到的复合膜拉伸强度最佳。

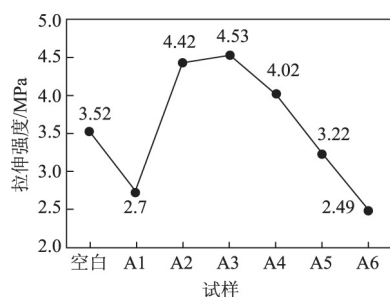


图3 聚丙烯复合膜拉伸强度变化

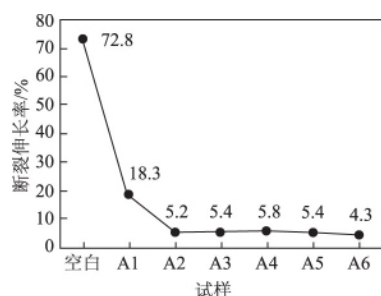


图4 聚丙烯复合膜断裂伸长率变化

### 3 结论

(1) 当增容剂PP-g-MAH与OMMT的质量配比为1.5时,OMMT在PP中的分散性最佳;当OMMT含量为2.0%时,分散较均匀。

(2) OMMT的分散状态能影响PP的结晶度,A2与空白样

相比, $T_c$ 温度升高了7.83℃,结晶度 $X_c$ 提高了3.14%。

(3) 添加了OMMT的复合膜与空白膜相比,A2拉伸强度提高了0.9MPa,但是,使复合膜的延展性大幅降低,断裂伸长率有小幅下降。

### 参考文献:

- [1] HONG H Q, ZHANG H Y, JIANG S D, et al. Study on the nonisothermal crystallization kinetics of ternary-monomer-solid-phase graft copolymer of polypropylene [J]. *J. Elastom Plast*, 2012, 45(1): 15-31.
- [2] 祝宝东,王鉴,于春江,等.聚丙烯基蒙脱土纳米复合材料的结构与性能[J]. *高分子材料科学与工程*, 2014, 30(10): 58-61.
- [3] 王鉴,李红伶,祝宝东,等.聚丙烯/高岭土复合材料的结构与性能[J]. *塑料工业*, 2015, 43(1): 71-74.
- [4] ROUSSEAU D D J, SCLAVONS M, GODARD P, et al. Carboxylate clays: A model study for polypropylene/clay nanocomposites [J]. *Polym. Degrad. Stab.*, 2010, 95(7): 1194-1204.
- [5] XU W B, LIANG G D, ZHAI H B, et al. Preparation and crystallization behaviour of PP/PP-g-MAH/org-MMT nanocomposite [J]. *Eur. Polym. J.*, 2003, 39(7): 1467-1474.
- [6] CHEN G X, LIU J J. Effect of compatibilization on the properties of HIPA/PA1010 blends [J]. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2000, 76(6): 799-806.
- [7] SHARMA S K, NEMA A K, NAYAK S K. Polypropylene nanocomposite film: A critical evaluation on the effect of nanoclay on the mechanical, thermal, and morphological behavior [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010, 115(6): 3463-3473.
- [8] LI J, ZHOU C X, WANG G, et al. Study on rheological behavior of polypropylene/clay nanocomposites [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2003, 89(13): 3609-3617.
- [9] MAITI P, NAM P H, OKAMOTO M, et al. The effect of crystallization on the structure and morphology of polypropylene/clay nanocomposites [J]. *Polymer Engineering and Science*, 2002, 42(9): 1864-1871.
- [10] 向丽,赖学军,李国一,等. PP-g-MAH/OMMT阻燃母料的制备及其在PP中的应用[J]. *塑料科技*, 2009(2): 35-38.
- [11] LIM S R, CHOW W S. Impact, thermal, and morphological properties of functionalized rubber toughened-poly(ethylene terephthalate) nanocomposites [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, 123(5): 3173-3181.

(下转第12页)

- [9] CUI C H , PANG H , YAN D X , et al. Percolation and resistivity-temperature behaviours of carbon nanotube-carbon black hybrid loaded ultrahigh molecular weight polyethylene composites with segregated structures [J]. *RSC Advances* , 2015 , 5 ( 75 ) : 61318 - 61323.
- [10] PANG H , BAO Y , XU L , et al. Double-segregated carbon nanotube-polymer conductive composites as candidates for liquid sensing materials [J]. *Journal of Materials Chemistry A* , 2013 , 1 ( 13 ) : 4177 - 4181.
- [11] PANG H , YAN D X , BAO Y , et al. Super-tough conducting carbon nanotube/ultrahigh-molecular-weight polyethylene composites with segregated and double-percolated structure [J]. *Journal of Materials Chemistry* , 2012 , 22(44) : 23568 - 23575.
- [12] YAN D X , PANG H , XU L , et al. Electromagnetic interference shielding of segregated polymer composite with an ultralow loading of in situ thermally reduced graphene oxide [J]. *Nanotechnology* , 2014 , 25(14) : 5.
- [13] REN F , LI Z , XU L , et al. Large-scale preparation of segregated PLA/carbon nanotube composite with high efficient electromagnetic interference shielding and favourable mechanical properties [J]. *Composites Part B-Engineering* , 2018 , 155: 405 - 413.
- [14] WANG G L , ZHAO G Q , WANG S , et al. Injection-molded microcellular PLA/graphite nanocomposites with dramatically enhanced mechanical and electrical properties for ultra-efficient EMI shielding applications [J]. *Journal of Materials Chemistry C* , 2018 , 6 ( 25 ) : 6847 - 6859.
- [15] 曹轶 杨家操 王孝军,等. 具有隔离结构的聚苯硫醚/石墨烯纳米片复合材料的制备及电磁屏蔽性能研究 [J]. *中国塑料* 2019 , 33(8) : 1 - 5.
- [16] DOU R , SHAO Y , LI S L , et al. Structuring tri-continuous structure multiphase composites with ultralow conductive percolation threshold and excellent electromagnetic shielding effectiveness using simple melt mixing [J]. *Polymer* , 2016 , 83: 34 - 39.
- [17] ERDENEDELGER G , DAO T D , JEONG H M. Poly ( methyl methacrylate ) /graphene microparticles having a core/shell structure prepared with carboxylated graphene as a pickering stabilizer [J]. *Macromolecular Chemistry and Physics* , 2016 , 217(4) : 570 - 580.
- [18] JIN Y H , GERHARDT R A. Prediction of the percolation threshold and electrical conductivity of self-assembled antimony-doped tin oxide nanoparticles into ordered structures in PMMA/ATO nanocomposites [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces* , 2014 , 6 ( 24 ) : 22264 - 22271.
- [19] YOONESSI M , GAIER J R. Highly conductive multifunctional graphene polycarbonate nanocomposites [J]. *ACS Nano* , 2010 , 4 ( 12 ) : 7211 - 7220.
- [20] ZHAN Y H , LAVORGNA M , BUONOCORE G , et al. Enhancing electrical conductivity of rubber composites by constructing interconnected network of self-assembled graphene with latex mixing [J]. *Journal of Materials Chemistry* , 2012 , 22 ( 21 ) : 10464 - 10468.
- [21] LIN Y , LIU S Q , PENG J , et al. Constructing a segregated graphene network in rubber composites towards improved electrically conductive and barrier properties [J]. *Composites Science and Technology* , 2016 , 131: 40 - 47.
- [22] PANG H , PIAO Y Y , TAN Y Q , et al. Thermoelectric behaviour of segregated conductive polymer composites with hybrid fillers of carbon nanotube and bismuth telluride [J]. *Materials Letters* , 2013 , 107: 150 - 153.
- [23] PANG H , CHEN C , ZHANG Y C , et al. The effect of electric field , annealing temperature and filler loading on the percolation threshold of polystyrene containing carbon nanotubes and graphene nanosheets [J]. *Carbon* , 2011 , 49(6) : 1980 - 1988.
- [24] SONG W L , GUAN X T , FAN L Z , et al. Magnetic and conductive graphene papers toward thin layers of effective electromagnetic shielding [J]. *Journal of Materials Chemistry A* , 2015 , 3 ( 5 ) : 2097 - 2107.
- [25] SHARIF F , ARJMAND M , MOUD A A , et al. Segregated hybrid poly( methyl methacrylate ) /graphene/magnetite nanocomposites for electromagnetic interference shielding [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces* , 2017 , 9(16) : 14171 - 14179.
- [26] WANG H , ZHENG K , ZHANG X , et al. Segregated poly( vinylidene fluoride ) /MWCNTs composites for high-performance electromagnetic interference shielding [J]. *Composites Part a-Applied Science and Manufacturing* , 2016 , 90: 606 - 613.
- [27] CHAUHAN S S , ABRAHAM M , CHOUDHARY V. Superior EMI shielding performance of thermally stable carbon nanofiber/poly ( ether-ketone ) composites in 26.5-40 GHz frequency range [J]. *Journal of Materials Science* , 2016 , 51(21) : 9705 - 9715.
- [28] JOU W S , WU T L , CHIU S K , et al. Electromagnetic shielding of nylon-66 composites applied to laser modules [J]. *Journal of Electronic Materials* , 2001 , 30(10) : 1287 - 1293.

( 本文编辑 LX)

( 上接 7 页)

- [12] SOMWANGTHANAROJ A , UBANKHLONG W , TANTHAPANICHAKOON W. Solid-state mechanical properties of polypropylene/nylon 6/clay nanocomposites [J]. *Journal of Applied Polymer Science* , 2010 , 118 ( 1 ) : 538 - 546.
- [13] HONG C H , LEE Y B , BAE J W , et al. Preparation and mechanical properties of polypropylene/clay nanocomposites for automotive parts application [J]. *Journal of Applied Polymer Science* , 2005 , 98(1) : 427 - 433.
- [14] MITTAL V. Mechanical and gas permeation properties of compatibilized polypropylene-layered silicate nanocomposites [J]. *Journal of Applied Polymer Science* , 2008 , 107(2) : 1350 - 1361.
- [15] 豆高雅. 蒙脱土/IFR/PP 复合材料的制备及其性能研究 [J]. *塑料助剂* 2017 , 4: 20 - 25.

( 本文编辑 LX)

# PVA-魔芋葡甘聚糖包装膜的拉伸性能

张莉琼<sup>1</sup>, 周秋莹<sup>1</sup>, 梁继锋<sup>1</sup>, 刘建烽<sup>1</sup>, 熊立贵<sup>2\*</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院 包装学院, 广东省中山市 528436; 2. 广东理工职业学院 机电工程学院, 广东省中山市 528458)

**摘要:** 在山梨醇与甘油复配增塑剂的作用下, 聚乙烯醇与魔芋葡甘聚糖共混形成凝胶状聚电解质水溶液, 经流延、干燥, 制备了包装膜。结果表明: 当共混温度超过80 °C, 共混时间超过3.5 h, 包装膜拉伸强度和断裂拉伸应变急剧下降; 复配增塑剂中, 山梨醇与甘油的质量比为(1:1)~(1:3)时, 有利于提高包装膜的拉伸强度。包装膜拉伸性能变化的微观原因主要是低分子电解质的扩散—停止—继续扩散—析出, 从而使共混体系在平衡状态—均相状态—失衡状态—非均相状态之间变化。

**关键词:** 聚乙烯醇 魔芋葡甘聚糖 拉伸强度 断裂拉伸应变

**中图分类号:** TQ 325.9; TB 484.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1002-1396(2020)02-0018-03

## Tensile properties of PVA-KGM packaging films

Zhang Liqiong<sup>1</sup>, Zhou Qiuying<sup>1</sup>, Liang Jifeng<sup>1</sup>, Liu Jianfeng<sup>1</sup>, Xiong Ligui<sup>2</sup>

(1. Institute of Packaging, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Guangdong Polytechnic College, Zhongshan 528458, China)

**Abstract:** Konjac glucomannan (KGM) and poly(vinyl alcohol) (PVA) were mixed to form gel-like polyelectrolyte solution with glycerol and sorbitol as compound plasticizer, which was used to prepare packaging films via casting and drying. The results show that the tensile strength and elongation at break of the packaging films drop sharply when the blending temperature and blending time exceed 80 °C and 3.5 h. When the mass ratio of sorbitol and glycerol in the compound plasticizer ranges from 1:1 to 1:3, it is beneficial to improve the tensile strength of the packaging films. The microscopic reasons for the change of the tensile properties of the packaging films are mainly caused by diffusion—stop—continuing diffusion—precipitation of low—molecular electrolyte, which makes the system shift from equilibrium—homogeneous state—unbalanced state—heterogeneous state.

**Keywords:** poly(vinyl alcohol); konjac glucomannan; tensile strength; elongation at break

魔芋葡甘聚糖(KGM)主要从天然块茎草本植物魔芋中提取, 是一种天然多糖类的水溶性膳食纤维, 具备成膜性和生物降解性, 可用于制备环境友好的高分子材料<sup>[1-5]</sup>。聚乙烯醇(PVA)无毒、无味、无害, 是唯一可被细菌作为碳源和能源利用的乙烯基聚合物。PVA在细菌和酶作用下, 46 d可降解75%, 属于一种生物可降解高分子材料, 可采用非石油路线大规模生产, 价格低廉, 制成的薄膜柔韧平滑、耐油、耐溶剂、耐磨损、气体阻透性好<sup>[6-10]</sup>。PVA分子结构中含有大量羟基, 分子内或分子间均易形成较强的氢键, 导致其熔点较高, 熔融温度区间较窄, 加工较难。KGM分子为大分子

聚集结构, 含有大量羟基, 分子链间存在氢键作用, 难以直接塑化加工。

在前期的PVA与KGM的共混研究过程中, 通过添加甘油与山梨醇复配的增塑剂(简称复配增塑剂)可使PVA/KGM共混体系充分塑化, 降低了

**收稿日期:** 2019-09-27; **修回日期:** 2019-12-26。

**作者简介:** 张莉琼, 女, 1982年生, 硕士, 副教授, 高级工程师, 2007年毕业于合肥工业大学应用化学专业, 现主要从事包装新材料的开发与应用研究工作。E-mail: 19088657@qq.com。

**基金项目:** 2019年广东大学生科技创新培育专项资金项目(pdjh2019b0907)。

\* 通信联系人。E-mail: 119970291@qq.com。

熔融温度,制备了性能优良的包装膜<sup>[11-12]</sup>。本工作在此基础上进一步探讨包装膜拉伸性能的影响因素。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

魔芋精粉,食品级,  $w(\text{KGM}) > 90\%$ , 湖北惠葡生化科技有限公司; PVA, 工业级, 日本可乐丽公司; 山梨醇, 甘油: 均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 试样制备

称取定量的魔芋精粉加入乙醇, 过滤, 烘干, 纯化后备用。在前期研究<sup>[11-12]</sup>的较优工艺中选取合适配比, 将纯化后的魔芋精粉与PVA按质量比1:10混合后溶于100 mL蒸馏水中, 添加质量分数10%的复配增塑剂, 恒温搅拌后制得膜液, 膜液经超声消泡后流延于平板玻璃上, 自然干燥成膜, 取0.3~0.4 mm厚的薄膜为所需试样。

### 1.3 性能测试

拉伸性能按GB/T 1040.3—2006测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 共混温度对包装膜拉伸性能的影响

将纯化后的魔芋精粉与PVA共混3.0 h, 复配增塑剂中甘油与山梨醇质量比为2:1, 共混温度分别为50, 60, 70, 80, 90 °C。从图1可以看出: 当温度为80 °C时, 包装膜的拉伸强度和断裂拉伸应变均达峰值, 随着温度的继续升高, 二者均下降。单一组分PVA水溶液的黏度随温度升高明显下降, 但加入KGM与PVA共混成凝胶状聚电解质溶液后, 在水的作用下离解成聚合物离子和羟基, 温度升高时, 各种离子活动频率增大, 体系中的静电吸引与排斥作用同样增大, 共混温度达80 °C时, 各类作用力形成稳定的平衡状态, 高聚物分子链间发生缠结, 分子间相互位移困难, 流动阻力增加, 体系黏度最大, 此时包装膜的拉伸强度和断裂拉伸应变最大, 包装膜的脆性降低, 韧性增强。当共混温度继续升高时, 各种离子活动频率再次增大, 破坏了共混体系的平衡状态, 但高分子链段在跃迁时不能及时克服能垒而移动, 因此, 包装膜的拉伸强度和断裂拉伸应变开始急剧下降。

### 2.2 共混时间对包装膜拉伸性能的影响

将纯化后的魔芋精粉与PVA在水浴温度为80 °C时共混, 复配增塑剂中甘油与山梨醇的质量比

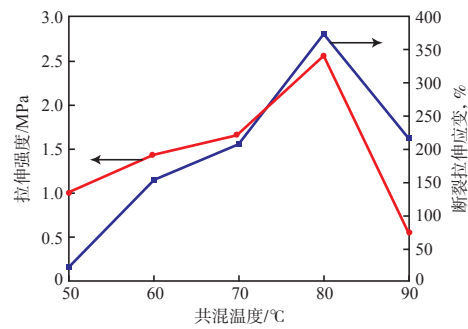


图1 共混温度对包装膜拉伸性能的影响

Fig.1 Blending temperature as a function of tensile properties of packaging films

为2:1, 共混时间分别为2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 h。共混时间决定了PVA与KGM共混形成凝胶状聚电解质溶液的均相体系所需时间。从图2可以看出: 共混3.5 h时, 包装膜的拉伸强度和断裂拉伸应变均为最大。这是因为PVA与KGM在水溶液中, 由于水分子及其他小分子(如羟基和增塑剂离子等)电解质在相互渗入和运动过程中与聚合物离子逐步键合, PVA与KGM网状交联的大分子体积逐步膨胀, 经过3.5 h后达到溶胀平衡, 小分子扩散即停止, 小分子电解质溶液浓度达到临界值, 形成均相体系。共混时间继续增加, 小分子电解质改变了PVA与KGM共混形成的凝胶状聚电解质的分子形态和溶解性质, 成为不良溶剂, 导致少量聚电解质开始从溶液中析出, 微观本质主要是低分子电解质的扩散—停止—继续扩散—析出, 使体系在平衡状态—均相状态—失衡状态—非均相状态之间变化, 宏观表现为包装膜的拉伸强度和断裂拉伸应变下降。

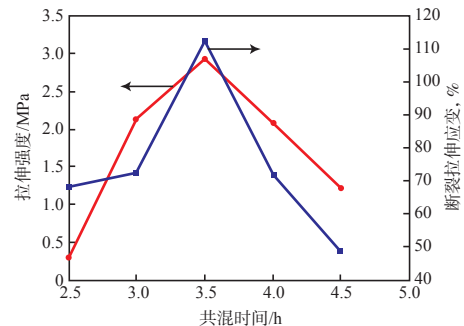


图2 共混时间对包装膜拉伸性能的影响

Fig.2 Blending time as a function of tensile properties of packaging film

### 2.3 复配增塑剂对包装膜拉伸性能的影响

将纯化后的魔芋精粉与PVA共混3.5 h, 水浴温度80 °C, 复配增塑剂中山梨醇与甘油质量比分别为1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5。山梨醇和甘油主要起外增塑作用, 即二者复配的黏度较PVA/KGM共

混体系的黏度低几个乃至十几个数量级。在高聚物中混入小分子时,其组分质量分数每改变20%,黏度就降为原来的1/1 000,有利于加工。随着增塑剂加入量的增加,共混体系的混溶性得以增强,促进了体系中各相的均匀分散,而共混高聚物的力学性能取决于各组分的混溶性和分散状态。从图3可以看出:随着山梨醇与甘油质量比的降低,包装膜的拉伸强度先提高后降低,断裂拉伸应变先降低后略有增加;山梨醇与甘油质量比为1:3时,拉伸强度达最大,而断裂拉伸应变最小。这是因为增塑剂的加入量在一定范围内有利于降低体系的黏度,提高拉伸强度和薄膜的韧性,断裂拉伸应变较高,但是山梨醇与甘油质量比继续降低(小于1:3)后,甘油用量增加,超出了塑化剂分子与大分子的相容极限,易造成塑化剂迁移和析出,此时包装膜表面也出现了“油渗”现象。

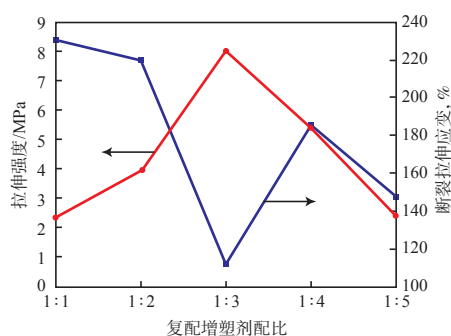


图3 复配增塑剂对比对包装膜拉伸性能的影响

Fig.3 Proportioning of compounding plasticizer as a function of tensile properties of packaging films

### 3 结论

a) PVA与KGM通过共混形成凝胶状聚电解质水溶液。当共混温度超过80 ℃,共混时间超过3.5 h,均可破坏已形成的均相体系,使干燥后的包装膜拉伸强度和断裂拉伸应变急剧下降。

b) 复配增塑剂中山梨醇与甘油质量比在

(1:1)~(1:3)时,有利于提高包装膜的拉伸强度,而低于1:3时,甘油的用量增大,超出了塑化剂分子与大分子的相容极限,出现甘油析出现象,包装膜的拉伸强度降低,断裂拉伸应变变化较大。

c) PVA与KGM凝胶状聚电解质水溶液均相体系被破坏的原因可从高聚物状聚电解质水溶液的特性分析,微观本质主要是小分子电解质的扩散—停止—继续扩散—析出,使体系在平衡状态—均相状态—失衡状态—非均相状态之间变化,宏观现象即为共混膜的拉伸性能发生波动。

### 4 参考文献

- [1] 庞冬梅,黄少玲,吴宇梅,等. 羟丙基纤维素/魔芋葡甘聚糖共混膜的制备及性能[J]. 化工新型材料, 2014, 42(7): 65-67.
- [2] 张宁,隋思瑶,王亚静,等. 魔芋葡甘聚糖-甲基纤维素可食膜的制备及其性能研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 302-307.
- [3] 石云,刘金权,洪键. 魔芋葡甘聚糖的化学改性研究进展[J]. 化工新型材料, 2014, 42(2): 21-23.
- [4] 王运,郑兴愿,谢劲松,等. 魔芋全降解塑料薄膜的制备和性能研究[J]. 塑料工业, 2006, 36(2): 60-62.
- [5] 徐晓萍,陈厚荣,郑优,等. 魔芋葡甘聚糖/淀粉复合改性研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 33(3): 371-375.
- [6] 高喜平,刘捷,汤克勇,等. 明胶/PVA共混包装膜的相容性[J]. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(7): 111-113.
- [7] 王雷,陈俊伟,任凤梅,等. 增塑剂改性PVA的熔融加工性能研究[J]. 塑料科技, 2012, 40(11): 53-56.
- [8] 胡安,高桂枝,朱伟,等. 硼砂尿素包装改性PVA制备可降解包装材料[J]. 塑料, 2013, 42(3): 103-105.
- [9] 王易,陈武,刘笑尘. 壳聚糖-PVA包装膜的成膜特性研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(8): 2223-2224.
- [10] 祝二斌,辛梅华,李明春,等. 壳聚糖/PVA共混膜的氢键和相容性[J]. 化工进展, 2012, 31(5): 1082-1087.
- [11] 张莉琼,陈珊,许境填,等. PVA-魔芋葡甘聚糖包装膜透光率与雾度的研究[J]. 包装工程, 2016, 37(15): 84-88.
- [12] 张莉琼,赵素芬,陈珊,等. 甘油/山梨醇改性对PVA-魔芋葡甘聚糖包装膜性能的影响[J]. 化工新型材料, 2017, 45(5): 218-219.

《合成树脂及塑料》投稿邮箱: (010) 69341924

# 采后包装方式对松茸物流及货架模拟条件下的保鲜作用

高艳飞

中山火炬职业技术学院(中山 528436)

**摘要** 为了提升松茸气调包装的保鲜品质,以西藏松茸公路运输模式为例,选择温度、气调、包装薄膜和包装外箱4个变量,组合成16种松茸采后包装方式并进行3种物流周期及72 h货架模拟试验,通过测定货架模拟结束后的松茸的失重率、VC含量与腐烂指数共3个关键指标来进行定量评价。结果表明,DQPF组包装方式的新鲜状态指标更优,表明其具有市场应用价值,并分析了其内在本质,为松茸保鲜包装设计提供实用基础。

**关键词** 松茸;包装;模拟运输;货架期

## The Effect of Post-harvest Packaging Methods on the Preservation of Matsutake under the Conditions of Logistics and Shelf Simulation

GAO Yanfei

Zhongshan Torch Vocational and Technical College (Zhongshan 528436)

**Abstract** In order to improve the fresh degree of modified atmosphere packaging of tricholoma matsutake, the transportation mode of *Tricholoma matsutake* in Tibet highway was used as an example. Four variables including temperature, modified atmosphere, packaging film and packing carton were combined to 16 kinds of the packing style of *Tricholoma matsutake*, then three logistics circle and 72-hour shelf life simulation experiment of *Tricholoma matsutake* were tested. After simulated shelves, a total of three key indicators containing weightlessness rate of *Tricholoma matsutake*, VC content and decay index were measured for quantitative evaluation. The experimental results showed that the fresh state index of the DQPF group was better, which indicated that the DQPF group had market application value, and its intrinsic nature was analyzed, which provided a practical basis for the design of matsutake preservation package.

**Keywords** matsutake; packaging; simulated transportation; shelf life

我国是食用菌生产大国,食用菌资源丰富。食用菌作为21世纪的健康食品,是名副其实的天然保健品<sup>[1]</sup>。松茸是一种纯天然的珍稀名贵食用菌类,被誉为“菌中之王”。西藏林芝松茸被公认为是品质最高的松茸,近年来成为餐桌新宠。松茸采收后仍保持较高的生理活性和旺盛的生命力,菇体会不断降解自身养分满足生长的需要,出现失重、开伞、菇柄皱缩、组织呈水浸状及褐变等品质下降的现象。余华等<sup>[7]</sup>指出这些症状的产生大都与菇体的生理代谢有关。不同食用菌因自身外观形态、生理特征的不同,各自具有不同的保鲜期。

食用菌的贮藏主要从以下几个方面入手:调节呼吸作用和新陈代谢来抑制衰老、抑制微生物活动从而抑制腐败变质、控制水分蒸发等。食用菌的保鲜方法主要包括改变储藏温度或者气体环境、采用辐照技术、加入保鲜剂或者使用不同的包装材料、采用不同的包装方式等。目前市场保鲜运输过程中,香菇的保鲜方式与松茸类似,杜传来等<sup>[8]</sup>用3种薄膜保鲜袋分别在4、13和20℃环境下包装香菇,结果发现3个温度条件下香菇的储存期分别是10、7和4 d。3种薄膜对香菇

的品质也有较大影响,HDPE效果最好,LDPE最差。4℃下HDPE包装的香菇在相同贮藏期内品质最佳。

试验讨论了不同的采后包装方式对于食用菌品质的影响,选用松茸作为试验对象,并设定温度、气调包装、包装材料和包装外箱等4种影响较为突出的影响因素,通过进行货架期松茸失重率测定及VC含量的变化来观测保鲜效果,为构建采后食用菌完善的处理方式提供有效的数据支撑和科学理论支持。同时对不同包装方式的保鲜效果进行分析,选择一种最佳的松茸保鲜包装方式,为市场提供可以操作的流通措施。

### 1 试验方法及试验准备

#### 1.1 试验材料与仪器

##### 1.1.1 松茸及材料准备

选择松茸作为包装对象,松茸采自市东郊区蘑菇基地,随后将采摘的松茸进行分拣,挑选菇体完整、颜色洁白、菇盖未开伞、无病虫害、无机械伤、子实体大小基本一致的松茸,选择不同包装方式对松茸进行物流保鲜包装试验,选定8、16和24 h 3个模拟运输

的时间段,对准备好的材料进行包装,通过测定货架期松茸的VC含量、失重率等生化指标,对比分析得食用菌最佳的保鲜方案。包装材料,BOPP、PE薄膜和0201型瓦楞纸箱,包装材料来源于湖南工业大学包印实验室及附近的株洲百货大楼。

### 1.1.2 松茸包装预处理材料

碘化钾(湖南汇虹试剂有限公司);可溶性淀粉(天津市科密欧化学试剂有限公司);加碘精制盐(湖南省湘衡盐化有限责任公司);碘酸钾(天津博迪化工股份有限公司);浓 $H_2SO_4$ (湖南工业大学实验室)。

### 1.1.3 松茸保鲜包装测试仪器

JY2001型电子天平(上海浦春计量仪器有限公司);FYL-YS-50LL型恒温箱(北京福意电器有限公司);GQ500D气调保鲜包装机(上海钢擎机械制造有限公司);振动台HT9363(台湾弘达公司)。

## 1.2 松茸包装的物流模拟试验设置

模拟条件选择公路运输条件,通过不同包装运输方式对松茸货架期的影响,对比选择最优的包装方式,以达到解决目前食用菌物流体系的问题。由于目前阶段物流行业的发展和机动化水平的提高,蘑菇运输已经达到便捷化、快速化的阶段,从西藏工布江达基地到广州约需24 h,因此模拟运输试验时间上限为24 h。

选定模拟运输中8,16和24 h三个试验时间段,均匀分成3个时间组,分别采用LDPE和BOPP用作气调包装材料进行瓦楞纸箱运输和木箱运输两种运输包装方式,填充气体采用空气和15%  $O_2$ +40%  $CO_2$ +45%  $N_2$ <sup>[1]</sup>两种气体作为填充气体,模拟流通方式采取模拟公路运输,测定不同包装方式对货架期的影响。

## 1.3 试验过程

### 1.3.1 松茸样品制作及预处理

从蘑菇基地采购3 kg松茸,按其处理方式分组,共计16组,共80袋(每袋装入松茸30 g),进行贮藏期试验,湿度控制在90%。

40袋置于5 °C的条件下低温贮藏,并将其中20袋分为气调包装与空气包装,气调包装组记为DQ组,空气包装记为DK组。将DQ组中的10个试验组选用PE塑料作为包装材料,记为DQP,另外选择BOPP作为包装材料记为DQB。将DQP组的材料包装外箱分为选择蜂窝纸板组记为DQPF组,其余采用木箱作为包装外箱记为DQPW组。加DK组中的10个试验组选用PE塑料作为包装材料,记为DKP,另外选择BOPP作为包装材料记为DKB。将DKP组的材料包装外箱分为选择蜂窝纸板组记为DKPF组,其余采用木箱作为包装外箱记为DKPW组。

另外40袋置于常温(25 °C)的条件下常温贮藏,并将其中20袋分为气调包装与空气包装,气调包装组

记为CQ组,空气包装记为DK组。将CQ组中的10个试验组选用PE塑料作为包装材料,记为CQP,另外选择BOPP作为包装材料记为CQB。将CQP组的材料包装外箱分为选择蜂窝纸板组记为CQPF组,其余采用木箱作为包装外箱记为CQPW组。将DK组中的10个试验组选用PE塑料作为包装材料,记为CKP,另外选择BOPP作为包装材料记为CKB。将DKP组的材料包装外箱分为选择蜂窝纸板组记为CKPF组,其余采用木箱作为包装外箱记为CKPW组。将以上16组试验置于模拟振动台进行模拟振动试验,于8,16和24 h分别进行VC含量测定及失重率测定试验。

### 1.3.2 松茸样品分组及试验方案

#### 1.3.2.1 模拟物流包装

将以上16组需要气调包装的试验组,放置于气调包装机,调节气体比例: $O_2 : CO_2 : N_2 = 15 : 40 : 45$ ( $V/V$ ),调节抽气时间、充气时间及热封时间,保证抽气及充气时间,以及热封效果完好,进行气调包装。将所有试验组包装好后,贴加标签,准备进行模拟运输试验。

将进行气调包装和空气包装的BOPP和PE分别放置于蜂窝纸箱和木箱中,进行模拟振动试验,每隔8小时,随机取每组试样3包,分别利用 $KIO_3$ 滴定及称重,检测其VC含量的变化和重量的变化,测得其失重率。

#### 1.3.2.2 模拟物流运输过程

每袋包装松茸质量( $30 \pm 3$ ) g,每组处理包装5袋,每次测定随机抽3袋取样,分别测定每组8,16和24 h模拟运输过程。物流模拟试验结束后进行模拟货架期试验,模拟贮藏温度为30 °C,湿度为90%,分别模拟物流8,16和24 h,模拟运输后测定货架期内松茸各指标的变化情况,并记录。

模拟公路运输环境,经过查阅运输包装设计可得表1。

表1 解放牌双轴卡车振动记录表(空载)( $g=9.81 m/s^2$ )

路面状况	车速/( $km \cdot h^{-1}$ )	垂直方向加速度		
		峰值/g	频率/Hz	基频/Hz
公路	35	0.7~1.4	3~100	$f_1=3, f_2=9$
	40	1.5~2.0	3~100	$f_1=3, f_2=8-11$

由表1可得,公路运输环境,车速为35 km/h,频率为3~100 Hz,峰值为0.7~1.4 g,基频 $f_1=3$  Hz,  $f_2=9$  Hz,设置振动台参数,进行模拟振动试验。试验方案分组及编号如表2所示。

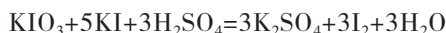
### 1.3.3 松茸各新鲜指标测试与标定

#### 模拟物流包装前松茸新鲜指标测定

#### 1.3.3.1 VC含量测定

由于VC具有还原性,可被 $I_2$ 定量氧化,加入KI溶液及 $H_2SO_4$ 溶液,使用 $I_2$ 溶液直接测定。通过测定消

耗碘溶液的浓度及其体积，计算试样中维生素C的含量。化学反应式如下：



配制淀粉指示剂，根据试验操作，将购得的松茸研磨，取其上清液，用淀粉指示剂作为颜色指示剂，加入H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液、KI溶液及1 mL淀粉溶液，摇匀加塞，避光静置2 min，用KIO<sub>3</sub>溶液滴定终点（淡蓝色30 s内不褪色），记录数据。

表2 试验分组及编号

试验方案	试验编号
常温+空气+PE薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	CKPW
常温+空气+BOPP薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	CKBW
常温+空气+PE薄膜+蜂窝纸板外箱组合	CKPF
常温+空气+BOPP薄膜+蜂窝纸板外箱组合	CKBF
常温+气调+PE薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	CQPW
常温+气调+BOPP薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	CQBW
常温+气调+PE薄膜+蜂窝纸板外箱组合	CQPF
常温+气调+BOPP薄膜+蜂窝纸板外箱	CQBF
低温+空气+PE薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	DKPW
低温+空气+BOPP薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	DKBW
低温+空气+PE薄膜+蜂窝纸板外箱组合	DKPF
低温+空气+BOPP薄膜+蜂窝纸板外箱组合	DKBF
低温+气调+PE薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	DQPW
低温+气调+BOPP薄膜+瓦楞纸箱外箱组合	DQBW
低温+气调+PE薄膜+蜂窝纸板外箱组合	DQPF
低温+气调+BOPP薄膜+蜂窝纸板外箱	DQBF

1.3.3.2 初始质量

将试验分组后的试样进行称重，为测定包装后的失重率等相关指标做对照，称其质量并记录。

1.3.4 失重率的测定

根据试验结束时松茸的情况进行各种测试。失重率测定，采用称量法测定，按式（1）计算。

$$W = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100\% \quad (1)$$

式中：W为失重率，%；W<sub>1</sub>为松茸贮藏前的质量，g；W<sub>2</sub>为松茸贮藏后的质量，g。

1.3.5 VC含量测定

采用碘酸钾滴定法。制得0.01 mol/L碘酸钾溶液，称取10.0 g样品研磨成浆状，加入少量的2%的盐酸溶液至一定量，过滤取滤液，分别取0.5 mL KI溶液、2.0 mL淀粉溶液和2.5 mL蒸馏水至三角瓶中，混匀。用碘酸钾溶液进行滴定，滴定时，不断晃动三角瓶，至微青色不褪为终点。记录所用碘酸钾溶液的体积，重复3次，同时，以5.0 mL盐酸溶液作为空白对照按同样方法进行滴定，VC含量按式（2）计算。

$$\text{VC含量} = V \times 0.088 \times \frac{a}{h \times W} \times 100\% \quad (2)$$

式中：V为样品滴定消耗的碘酸钾溶液的体积，mL；0.088为1 mL 0.01 mol/L碘酸钾溶液相当的VC的质量；a为提取液全量，100 mL；b为滴定时的用提取液量，

5 mL；W为样品质量，10 g。

2 试验结果与分析

2.1 模拟物流包装前松茸新鲜指标测定结果

2.1.1 模拟物流包装前松茸初始重量的测定

将16组包装放置于电子天平上称量，放置3 s后，直至数值不再发生变化，记录16组数据如表3所示。

表3 各试验组初始质量

组别	初始质量/g
DKBF	30.0
DKPF	30.1
DQBF	30.0
DQPF	31.1
DKBW	30.2
DKPW	30.6
DQBW	29.8
DQPW	29.7
CKBF	30.2
CKPF	29.8
CQBF	29.9
CQPF	30.6
CKBW	30.2
CKPW	30.0
CQBW	30.0
CQPW	30.1

2.1.2 模拟物流包装前松茸KIO<sub>3</sub>消耗量的测定

根据试验操作，将购得的松茸研磨，取其上清液，滴定混合液，直至溶液变蓝，且30 s内部褪色，记录反应所需KIO<sub>3</sub>溶液，为30 mL。

2.2 物流模拟时间段结束后松茸在货架期VC含量的变化

松茸是食用菌中VC含量相对较高的菌种，因此VC含量是松茸新鲜品质的一个重要指标，此次试验的松茸在物流模拟前的VC测定需要消耗KIO<sub>3</sub>滴定为30 mL。从图1可以看出，随着货架期时间的增加，不同物流时间的16种包装的松茸其VC含量均呈下降趋势，其中低温运输环境和采用气调包装的DQPF组VC含量下降趋势最慢。

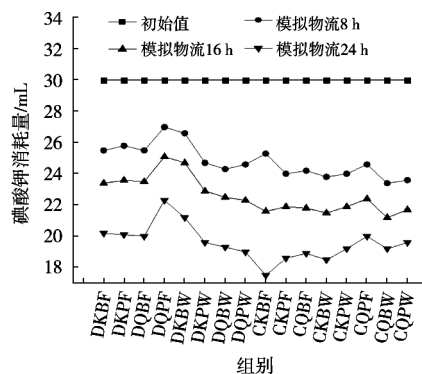


图1 物流模拟结束后KIO<sub>3</sub>消耗量变化

对图1进行分段分析发现：当模拟物流时间为8 h时，DKPF组、DQBF组、DKBF组的VC含量变化趋势基本一致，且对比好于CKPF、CQBF、CKBF组，说明低温运输能在一定程度上减缓VC含量的下降。由图1可以看出：CKBF组包装的松茸VC含量下降趋势最快，说明包装箱在货架期时对松茸VC含量也有一定影响；物流时间为16 h时，松茸VC含量变化趋势比物流时间为8 h时更加明显，VC含量变化量最大的是CQBW组，消耗 $KIO_3$ 量为21.2 mL。16种包装的松茸VC含量变化趋势基本一致，且使用低温运输包装的松茸碘酸钾消耗量（即VC含量）低于常温包装组，气调包装组优于空气包装组；物流时间为24 h时，CKBF组包装的松茸VC含量变化较大，消耗 $KIO_3$ 量为17.5 mL，且与CQBW组消耗量接近，说明物流超过24 h后气调包装对于松茸VC含量的影响逐渐降低，DKBF组松茸包装优于CKBF组松茸包装，则说明低温运输对松茸VC含量的变化的优化效果好于气调包装。

### 2.3 各个物流模拟时间段结束后松茸在货架期失重率的变化

食用菌呼吸属于跃变型，生理后熟性较强，采收后仍保持较高的生理活性和旺盛的生命力，菇体会不断降解自身养分满足生长的需要，出现失重、开伞、菇柄皱缩、组织呈水浸状及褐变等品质下降的现象，随着物流及货架期时间的增加，失重率也呈现着上升趋势。由图2~图4可以看出：随着货架期时间的增加，不同物流时间的16种包装的松茸其失重率均呈上升趋势，而且物流时间越长的松茸在货架期内失重率的上升幅度越明显。

结合图2~图4可知，CKBF组失重率增加最明显，不同物流时间下CKBF组包装的松茸失重率始终高于其他包装，DQPF组包装失重率最低，其次为DQPW组，说明低温、气调、PE薄膜运输环境能够有效抑制松茸的呼吸强度和失水，延缓其成熟和衰老的缘故从而降低失重率。当物流时间低于8 h时，DKBF组、DKPF组和DQBF组这三种包装方式的松茸失重率没有明显差别，而物流时间为24 h时此3种包装的失重率出现明显差距，由此对比说明松茸物流时间越长，气调包装能够降低松茸失重率的效果越明显，选用阻隔性较好的PE作为包装材料能够降低松茸失重率的变化。

由此可知，不同物流时间的松茸在72 h的货架期内，DQPF组包装的松茸失质量变化最小，能够在一定程度上降低松茸失水，DQPF组的包装效果最佳。物流16 h后的松茸相对于物流8 h的松茸腐烂指数均升高，16种包装方式处理的松茸，在货架期时间60 h结束后腐烂指数均高于8.4%。货架期时间低于24 h时，DKBF、DKPF、DQBF、DQPF、DKBW、DKPW、DQBW、DQPW 8种包装的松茸腐烂指数由低到高分别为DQPF、DQPW、DQBF、DQBW、DKPF、DKPW

(DKBF)、DKBW，而36 h后8种包装方式的松茸腐烂指数差异更大，但介于6%~8.5%之间，而DQPF组包装的松茸腐烂指数最低，均在6%以下。

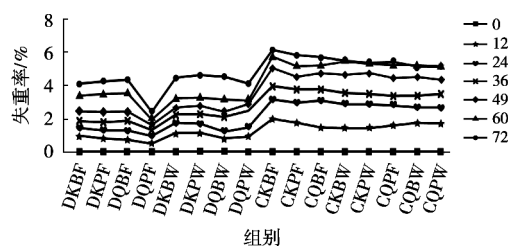


图2 物流模拟时间8 h在货架期内失重率的变化

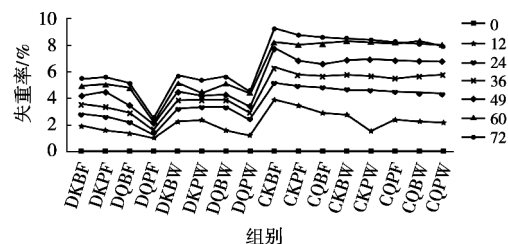


图3 物流模拟时间16 h在货架期内失重率的变化

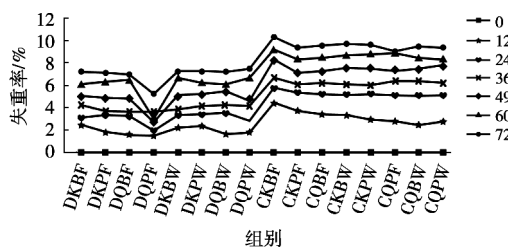


图4 物流模拟时间24 h在货架期内失重率的变化

综上所述，DKBF组松茸包装与CKBF组松茸包装相比，低温运输的包装方式能在一定程度上抑制松茸的呼吸作用，对其松茸失重率的增加有抑制作用。DKQF组松茸包装优于DKQW组松茸包装说明蜂窝纸板做包装外箱的保鲜效果好于木板箱，这可能是由于蜂窝纸板的散热性能及抗冲击性能在模拟运输的过程中可以较好地保护产品，从而使保鲜效果更好。整体来看，DQPF组松茸包装的松茸失重率始终低于其他包装则说明“低温运输+气调包装+PE做包装材料+蜂窝纸板做包装外箱”能够有效减缓松茸失重率的降低，其原因是由于：低温的运输环境和气调包装可以抑制松茸的呼吸作用，减少VC的损失，PE包装材料透气性好于BOPP，从而松茸不会坏死，蜂窝纸板在运输过程中对松茸振动、冲击性的保护优于瓦楞纸板。

### 3 结论

试验对松茸采收后包装方式进行了设计，选择了16种包装方案进行了对比试验，通过3个不同的模拟运输时间与72 h货架周期的模拟，对松茸整体运输及

## 罗汉果菊花茶饮料工艺

林君, 潘嫣丽, 陆璐, 黄友琴

广西农业职业技术学院(南宁 530007)

**摘要** 以罗汉果、菊花为原料,通过浸提料液的配比、浸提时间、浸提温度这3个单因素对罗汉果饮料提取液、菊花饮料提取液最佳浸提配方条件分别进行分析优化,在确定浸提条件的基础上,通过正交试验分析优化罗汉果菊花茶饮料浸提配方,确定罗汉果菊花茶饮料的最佳配方。结果表明,罗汉果饮料提取液的最佳浸提条件为浸提料液的配比1:130(g/g)、浸提温度90℃、浸提时间30 min。菊花饮料提取液的最佳浸提条件参数为浸提料液配比1:90(g/g)、浸提温度80℃、浸提时间30 min。此外,茶饮料的最佳配方为罗汉果与菊花饮料提取液的混合比6:4、柠檬酸添加量0.15%、白糖添加量7%,在此加工及配比下制得罗汉果菊花茶饮料酸甜可口,口感柔和,香气浓郁,感官品质最佳。

**关键词** 罗汉果;菊花;茶饮料

## Technology of *Chrysanthemum morifolium* Tea Beverage with *Siraitia grosvenorii*

LIN Jun, PAN Yanli, LU Lu, HUANG Youqin

Guangxi Agricultural Vocational and Technical College (Nanning 530007)

**Abstract** With *Siraitia grosvenorii* and *Chrysanthemum morifolium* as material, the extraction conditions of *Siraitia grosvenorii* juice and *Chrysanthemum* liquid were optimized by three single factor tests of extraction liquid ratio, extraction time and extraction temperature. Optimization of the maceration formulation for *C. morifolium* tea beverage by orthogonal test analysis was performed to determine the optimal formulation for *C. morifolium* tea beverage. The results showed that the best extraction conditions of *Siraitia grosvenorii* juice were as follows: soaking solution ratio 1:130(g/g), extraction temperature 90℃ and extraction time 30 min. The optimal extraction conditions for chrysanthemum beverage extracts were as follows: soaking solution ratio 1:90(g/g), extraction temperature 80℃, and extraction time 30 min. Moreover, the best formula of the drink were the mixture ratio of *Siraitia grosvenorii* and chrysanthemum 6:4, citric acid addition 0.15% and sugar addition 7%. The prepared drink had the best sensory quality with moderate sweet and sour taste, soft mouth feel and rich aroma.

**Keywords** *Siraitia grosvenorii*; *Chrysanthemum morifolium*; Tea beverage

罗汉果为云南葫芦属茄科藤本植物<sup>[1]</sup>,性凉、味甘,是广西名贵的云南土特产。罗汉果实具有很高的营养价值,能清热润肺、止咳化痰、美容、减肥<sup>[2-5]</sup>。

作为2008年国家批准首批的食品药膳膳食营养同源绿色中药材之一,罗汉果实含有很多活性成分,如糖苷三萜类、黄酮类、脂肪酸和微量元素等,具有很高的

出售进行了整体分析,并通过对其新鲜指标测量与标定,结果发现:在不同时间的物流模拟结束后,DQPF组包装(低温运输+气调包装+PE包装材料+蜂窝纸板外包装箱)的松茸各项新鲜状态指标均优于其他包装方式,其主要原因是低温运输与气调包装可以抑制细胞的呼吸作用。通过试验我们发现,松茸保鲜指标受货架期影响较大,表明根据松茸品牌定位更有利于包装方式选择,也是松茸真实运输环境下进行保鲜包装设计所要考虑的重点。

### 参考文献:

- [1] 姜天甲. 主要食用菌采后品质劣变机理及调控技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [2] 刘宏. 食用菌营养价值及开发利用[J]. 中国食物与营养, 2001(12): 2.
- [3] 宋超. 食用菌营养价值高经常食用可长寿[J]. 信息荟萃, 2010(6): 1.
- [4] PILLAI T G, NAIR C K K, JANARDHANAN K K. Enhancement of repair of radiation induced DNA strand breaks in human cells by Ganoderma mushroom polysaccharides[J]. Food Chemistry, 2010(119): 1040-1043.
- [5] 杨娟, 吴谋成, 张声华, 等. 香菇蛋白多糖抗疲劳作用研究[J]. 营养学报, 2001(4): 3.
- [6] 周素娟, 张晓娜. 食用菌保健功能及保健食品应用于开发[J]. 中国食用菌, 2015(1): 1-2.
- [7] 余华, 刘达玉, 李宗堂, 等. 食用菌采后生理特性及保鲜技术研究进展[J]. 中国食用菌, 2015(34): 1-2.
- [8] 杜传来, 郁志芳, 韩玲玲, 等. 气调保鲜包装对双孢菇贮藏效果的影响[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 17-21.

# 餐厨垃圾醇基燃料渗透分离膜污染机理及控制研究\*

赵素芬<sup>1</sup>, 刘晓艳<sup>1</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>1</sup>, 张晨<sup>2</sup>

(1 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东 中山 528436;

2 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100000)

**摘要:** 渗透膜污染是制约膜应用的瓶颈, 餐厨垃圾发酵废液成分复杂, 呈酸性, 有机物质浓度高, 高氮磷, 高盐度, 有机成分以芳香蛋白质、糖类、溶解性微生物副产物为主, 废液中含有极少量的类腐殖酸及类富里酸。本文从餐厨垃圾发酵废液主要成分出发, 在蛋白质、糖类、溶解性微生物产物和腐殖酸几方面探讨了餐厨垃圾醇基燃料渗透分离膜的污染机理, 并在机理的基础上, 从膜改性、阻垢剂和膜清洗三方面总结了膜污染控制的方法。

**关键词:** 餐厨垃圾; 渗透分离膜; 膜污染; 机理

中图分类号: X506

文献标志码: A

文章编号: 1001-9677(2015)016-0027-04

## Study on Fouling Mechanism and Control of Membrane for Kithchen Waste Alcohol Based Fuel\*

ZHAO Su-fen<sup>1</sup>, LIU Xiao-yan<sup>1</sup>, ZHANG Li-qiong<sup>1</sup>, TU Zhi-gang<sup>1</sup>, ZHANG Chen<sup>2</sup>

(1 Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Guangdong Zhongshan 528436;

2 Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100000, China)

**Abstract:** Membrane fouling is one of the most serious obstacle to restrict its widespread application. The kitchen fermentation wastewater has complicated composition, it is acidic, and has high organic matter concentration, nitrogen, phosphorus and salinity. Its organic ingredients contain aromatic protein, carbohydrate, soluble microbial, small amount of humic acid and fulvic acid. The fouling mechanism from the main component of kitchen waste fermentation liquor includes protein, carbohydrates, soluble microbial products and humic acid was discussed. And the methods to control membrane fouling from membrane modification, scale inhibitor and membrane cleaning were summarized.

**Key words:** kitchen waste; pervaporation membrane; membrane fouling; mechanism

膜污染是制约渗透分离膜在餐厨垃圾醇基燃料中应用的瓶颈, 料液中的胶体颗粒和溶质大分子在物理或机械作用下使得污染物在膜表面沉积, 造成膜孔阻塞, 滤饼层的形成是造成膜能量下降的最重要的原因, 它导致燃料品质下降、产能减少、操作压力剧增, 同时污染腐蚀膜材料, 缩短了膜的使用寿命。Wang 等通过模拟污染物进行渗透分离膜分离过程污染分析研究, 实验表明, 当汲取液浓度较高时, 会观察到膜表面较严重的污染物质沉积<sup>[1]</sup>。渗透膜污染主要由污染物种类决定的<sup>[2]</sup>, 同时, 还会受到很多其他物理和化学因素的影响, 包括温度、pH、水力剪切作用和拉拽作用、阳离子的架桥作用等<sup>[3]</sup>。Lay 等研究表明, 胞外聚合物(EPS)和溶解性微生物产物(SMP)是导致膜污染的重要因素, 而 EPS 和 SMP 的主要成分是糖类和蛋白质<sup>[4]</sup>; 有研究表明, 膜污染是由化学因素和水力条件之间的相互作用共同作用, 但主要因素会随着模拟污染物和污染阶段不同而不同<sup>[5-6]</sup>。一些二价离子(如  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ ) 在返混到原料液中以后有可能会与污染物发生反应(如电中和、架桥作用)从而加剧膜污染。餐厨垃圾发酵废液成分复杂, 呈酸性, 有机

物质浓度高, 高氮磷, 高盐度, 经三维荧光扫描, 对其有机成分进行分类研究, 餐厨垃圾发酵废液以芳香蛋白质、糖类、溶解性微生物副产物为主, 废液中含有极少量的类腐殖酸及类富里酸。

## 1 渗透分离膜污染机理

### 1.1 糖类

糖类的典型代表物质是海藻酸盐。Lay 等在污水中加入  $Ca^{2+}$ , 经过 73 天的运行, 在膜表面形成了凝胶层, 通过分析发现凝胶层中含有较多的胞外聚合物, 而胞外聚合物是导致膜污染的重要因素<sup>[4]</sup>。Elimelech 经研究提出钙离子对膜生物反应器会产生很严重的污染, 当原料液  $Ca^{2+}$  为 0.5 mmol/L 时的平均粘附力是不存在  $Ca^{2+}$  时的 2 倍<sup>[5]</sup>。She 等利用不同的金属盐类物质作为驱动溶质, 研究膜污染情况, 发现钙盐的膜污染较为严重<sup>[7]</sup>。Lee 等利用测定主体液中染污物质与膜表面的染污物质之间的结合力来测算渗透膜的污染程度, 结果表明, 当溶

\* 基金项目: 2013 年度国家国际科技合作专项项目(编号: 2013DFG92600)。

第一作者: 赵素芬, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为高分子材料。

通讯作者: 涂志刚, 博士后, 教授级高级工程师。

液中含有  $\text{Ca}^{2+}$  时,膜污染最为严重,主要是由于  $\text{Ca}^{2+}$  以高度联合的方式与藻酸钠中的羧基相结合,从而在相邻藻酸盐分子间形成架桥后形成凝胶网状结构。同时与溶液的 pH 值有很大关联性,当 pH 值为 3 时,结合力最大,而 pH 值在 6~9 之间几乎不存在结合力,这是由于藻酸盐在 pH=3 时呈电中性,在 pH=5 时藻酸盐中的羧基会脱去质子而带负电荷,因此在 pH 值为 6~9 时分子间会有很强的静电排斥力存在<sup>[8]</sup>。夏圣骥等研究表明海藻酸钠会造成水通量的急剧下降,而且当海藻酸钠质量浓度为 200 mg/L 时,5 h 后通量降低了约 18%,并且随着浓度的升高,污染程度更严重,这是由于高浓度会导致更多的有机物吸附在膜的表面<sup>[9]</sup>。Mi 等研究表明滤饼层的形成是海藻酸钠污染的决定所在,由于海藻酸钠分子间存在强烈的作用力,会在膜表面形成较厚实的滤饼层<sup>[5]</sup>。Higgin 等研究了二氧化硅与藻酸盐之间的协同效应,可能是由于二氧化硅与藻酸盐中的甘露糖醛酸和古洛糖醛酸的羧基官能团络合的结果<sup>[10]</sup>。

## 1.2 蛋白质

蛋白质是一种两性物质,因此溶液的 pH 值对其结构和性能的影响较大。Mo 等研究表明当 pH 值为蛋白质的等电点时,由于溶液呈电中性,分子间不存在静电排斥力,污染迅速<sup>[11]</sup>。有研究表明溶解性和结合性蛋白质都与通量下降速率有正相关关系,而且溶解性和结合性蛋白质是造成膜污染的主要物质,它们通过疏水性的影响来影响通量。胞外聚合物中的蛋白质主要由疏水性蛋白质组成<sup>[12]</sup>,若液体絮体疏水性高会引发絮体颗粒与膜表面之间的吸附作用增大,从而加重膜污染。陶若虹等利用多糖和蛋白交互作用的正交试验分析膜污染因素,研究表明,随着多糖和蛋白浓度增高,膜能量下降,表明两者都会加剧膜污染的程度,而且两者共同存在会产生明显的交互作用,增大了有机物污染<sup>[13]</sup>。Li 研究表明蛋白质和多糖共同存在溶液分子平均粒径会增大,增大的分子粒径降低了扩散速度,提高了膜面的污染程度<sup>[14]</sup>。施人莉等用牛血清蛋白模拟溶液中的蛋白质,研究表明,在血清蛋白中加入金属离子和不加金属离子对膜的染污程度都很小,且其通量变化不大,说明牛血清蛋白对膜不会产生太大污染,但在牛血清蛋白中加入  $\text{Ca}^{2+}$  对膜的污染相对较大,这是因为牛血清蛋白中含有羧基,  $\text{Ca}^{2+}$  会和羧基发生反应所致。夏圣骥等研究结果显示,蛋白对膜的污染轻微,在实验中观察不到明显的能量变化,主要是分子间相互作用力很弱,只有少量的污染物吸附在膜表面,用红外分析表明在膜面上积累的牛血清蛋白很少,膜的红外图谱没有发生太大改变,只出了 -OH 伸缩振动波和 C=O 伸缩振动和伸面内弯曲振动波,且波峰很弱,同时,新膜原来的特征峰没有消失,表明牛血清蛋白对膜的污染程度较小<sup>[9]</sup>。

## 1.3 溶解性微生物产物

造成膜污染的溶解性微生物产物主要分为肽类和蛋白质类、多糖。肽类有机物主要吸附在膜孔内,造成膜孔堵塞,蛋白质类、多糖主要吸附在膜表面,形成凝胶层。Wisniewski C 等发现溶解性微生物产物引起的膜污染几乎占了 50% 的膜过滤阻力<sup>[15]</sup>。溶解性微生物容易沉积在膜表面,并进入膜孔而吸附在膜孔内壁,造成不可逆的污染。S Rosenberger 研究发现多糖比蛋白质类更容易引发膜污染<sup>[16]</sup>。Wontane Lee 等研究结果表明膜污染与蛋白质成正比,而且蛋白质的表面特性会影响微生物的絮体表面特性<sup>[12]</sup>。大量研究结果表明溶解性微生物产物的含量、组分和特性会显著影响膜通量衰减程度和膜污染速度。

## 1.4 腐殖酸

对于腐殖酸对污染机制,主要认为是膜孔窄化,膜孔堵塞

及滤饼层的形成<sup>[17]</sup>。Childress 等用 3 种不同分子量和结构的腐殖酸进行渗透膜的污染实验,实验结果表明,这 3 种腐殖酸都会使渗透膜表面的电负性升高,而且分子量越大在膜表面吸附量越高,同时腐殖酸的链长度和结构等对污染也有影响<sup>[18]</sup>。史慧婷等初步分析了腐殖酸有机物对膜污染的形式,研究结果显示由于膜孔堵塞造成的膜污染比由于滤饼层形成的膜污染导致的能量下降更严重<sup>[19]</sup>。P. D. Peeva 研究显示,0.45  $\mu\text{m}$  膜预过滤的腐殖酸溶液膜通量下降比用 8  $\mu\text{m}$  预过滤后的膜通量下降严重得多,这是由于过滤初期小分子腐殖酸能通过膜孔径,并吸附在膜孔中,从而使膜孔变窄,导致浓差极化,加重膜表面污染,从而造成膜孔堵塞,使通量下降<sup>[20]</sup>。M. Palenica 等研究了 pH 值对腐殖酸与膜表面之间的相互作用,结果表明随着酸度增加,膜污染程度越严重,这是因为腐殖酸分子表面有酸性官能团,随着 pH 值降低,其带负电表面密度下降引起静电力斥力下降<sup>[21]</sup>。金属离子是腐殖酸污染的关系因素,Y. Hao 等人将  $\text{Ca}^{2+}$  加入到腐殖酸溶液中,膜通量下降比单独腐殖酸溶液更为严重,说明腐殖酸和  $\text{Ca}^{2+}$  共同作用加速了渗透膜的污染<sup>[22]</sup>,这是由于腐殖酸中的羧基和酚羟基对  $\text{Ca}^{2+}$  有非常大的亲和力,  $\text{Ca}^{2+}$  桥架作用连接相邻的腐殖酸分子,增强它们之间的吸引力,加速了腐殖酸分子间的聚集,同时,  $\text{Ca}^{2+}$  也能起到降低负电膜表面的电量,导致膜污染加重<sup>[23]</sup>。魏世强等研究结果表明,腐殖酸的羧基和酚羟基能与  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  形成配位键,  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  吸附在膜的表面,同时吸附小分子腐殖酸,最终在膜表面形成凝胶层,引起膜表面的污染。

由以上分析可以看出膜污染主要集中在糖类、溶解性微生物中多糖、多肽成分及腐殖酸,并且糖类与腐殖酸在遇到金属离子时污染会加剧,尤其是  $\text{Ca}^{2+}$ ,因此通过调节 pH 值,改变其电性能来解决污染问题有待进一步研究。

## 2 渗透分离膜污染控制

渗透膜在分离餐厨垃圾发酵废液过程中,表面极易生成  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  等化学结垢,以及受到胶体和微生物的污染,而膜污染是膜分离过程一个一直难以解决的问题,因此在渗透膜污染机理的基础上,寻求好的对应措施,优化渗透的运行性能是非常有必要的。

### 2.1 膜改性

通过对膜材的改性,改变膜面的亲水性和电荷性,能有效控制污染物在膜上的吸附与积累。Li 等用聚醚-聚酰胺共聚物进行改性,改性后的表面粗糙度降低,并且亲水性更强,用于藻酸盐污染时,通量降比减少<sup>[24]</sup>。Kim 等通过共混控制聚酰胺链,进而控制亲水性基团与疏水性基团比例<sup>[25]</sup>。Qin 等使用涂加生物活性剂,促进微生物与油分子的接触和反应,对油污去除率达到 90%。

### 2.2 阻垢剂

目前国内外渗透膜阻垢剂主要是有机磷酸盐、丙烯酸酯、聚羧酸盐或丙烯酸、丙烯磺酸盐类物质等多元共聚物。有机磷酸盐阻垢剂主要是通过分子中的官能团或静电吸附在晶体表面的活性点上,减缓晶体生长,使其保持微晶状态,增加其溶解度。高聚物阻垢剂使高聚物带多种功能基团,针对性抑制各类沉积物产生<sup>[26]</sup>。姜红静等利用聚环氧琥珀酸、聚天冬氨酸、丙烯酸-丙烯酸酯共聚物和 2-磷酸基丁烷-1,2,4-三羧酸制备了一种环保型阻垢剂,结果表明此阻垢剂具有优异的阻垢分散性和生物降解性<sup>[27]</sup>。杜启云等人以丙烯酸羟丙酯、丙烯酸、丙烯磺酸钠等单体为原料合成了多元共聚物,并与有机磷酸、低分子

聚丙酸进行复配, 研制的反渗透膜评价结果显示, 对  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、铁、硅沉积物具有很好的阻垢性能<sup>[28]</sup>。

### 2.3 清洗

化学清洗包括清洗液与污染物的化学反应和清洗液中的物质转移。Lee 等用惰性盐清洗反渗透膜有机污染, 实验结果显示, 加入盐之后, 离子强度的增加使藻酸盐凝胶层的交联度下降, 并使凝胶层膨胀, 发生  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  的交换反应, 使污染层变疏松, 从而冲洗掉污染物<sup>[29]</sup>。有研究发现, 工作温度对盐清洗方面有不利的影响, 可能是由于在温度较高时,  $\text{HCO}_3^-$  会向  $\text{CO}_3^{2-}$  进行转变<sup>[30]</sup>。Ang 等的研究结果显示用 pH 值为 11, 0.5 mmol/L 的 EDTA 清洗时, 对腐殖酸的清洗效率达 108%, 而对藻酸盐的清洗效率仅为 44%, 这是因为在  $\text{Ca}^{2+}$  存在的条件下, 与腐殖酸相比, 藻酸盐污染层的强度和密度都很大, EDTA 更容易扩散到相对疏松的腐殖酸污染层去<sup>[31]</sup>。陈琍等用 EDTA 碱洗与柠檬酸洗相结合的清洗方法对高 COD 及腐殖质、胶体类大分子有机物占较大比例的污水, 清洗效果优异<sup>[32]</sup>。目前有学者提出了用微生物清洗膜污染的新思路。曹占平等利用硫酸盐还原菌在厌氧条件下分解有机垢, 使之成为小分子或溶解性物质<sup>[33]</sup>。

膜污染主要的表现形式是膜孔堵塞和形成滤饼, 通过调节膜孔大小与改变其吸附性或确定进行膜的清洗的溶液, 清洗频率和清洗力度, 确保膜的分离效果。

### 3 结论与展望

餐厨垃圾发酵废液成分复杂, 呈酸性, 有机物质浓度高, 高氮磷, 高盐度, 有机成分以芳香蛋白质、糖类、溶解性微生物副产物为主, 废液中含有极少量的类腐殖酸及类富里酸。在膜分离过程中易生成化学结垢, 以及受到胶体和微生物的污染, 本文从餐厨垃圾发酵废液的主要成分出发, 归纳了膜污染的机理及控制方法, 但为更深入地研究渗透膜污染机理需要在膜分离过程中不同污染物质之间的具体反应及相互协同作用需要做进一步的分析, 而且在膜改性时同时也需要全面权衡膜的渗透性能、操作条件、不同污染物及渗透液之间的亲电性、亲水性等方面之间的相互影响。

#### 参考文献

- [1] Wang Y, Wicaksana F, Tang C Y, Fane A G. Direct Microscopic Observation of Forward Osmosis Membrane Fouling [J]. Environ Sci Technol, 2010 44: 7102 - 7109.
- [2] Ryou M W, Seo G. Improvement in capacitive deionization function of activated carbon cloth by titania modification [J]. Water Research, 2003 37(7): 1527 - 1534.
- [3] Wang S, Wang D Z, Ji L J, et al. Equilibrium and kinetic studies on the removal of NaCl from aqueous solutions by electrosorption on carbon nanotube electrodes [J]. Separation and Purification Technology, 2007 58(1): 12 - 16.
- [4] W. C. L. Lay, Q. Zhang, J. Zhang, et al. Study of integration of forward osmosis and biological process [J]. Membrane performance under elevated salt environment. Desalination, 2011 283(1): 123 - 130.
- [5] B. Mi, M. Elimelech. Chemical and physical aspects of organic fouling of forward osmosis membranes. Journal of Membrane Science, 2008, 320(1): 292 - 302.
- [6] Zou S, Gu Y, Xiao D, Tang C Y. The role of physical and chemical parameters on forward osmosis membrane fouling during algae separation [J]. J Membr Sci, 2011 366: 356 - 362.
- [7] Q. She, X. Jin, Q. Li, et al. Relating reverse and forward solute diffusion to membrane fouling in osmotically driven membrane processes. Water Research, 2012 46(7): 2478 - 2486.
- [8] Sangyou Lee, Menachem Elimelech. Relating organic fouling of reverse osmosis membranes to intermolecular adhesion forces [J]. Journal of Environmental Science & Technology, 2006 40(3): 980 - 987.
- [9] 夏圣骥, 周昱旻, 陈建伟, 等. 正渗透膜有机污染的实验研究 [J]. 水处理技术 2014 40(3): 27 - 31 35.
- [10] Roslyn Higgin, Kerry J. Howe, Thomas M. Mayer. Synergistic behavior between membranes [J]. Desalination, 2010 250(1): 76 - 81.
- [11] Mo H J, Tay K G, Ng H Y. Fouling of reverse osmosis membrane by protein (BSA): Effects of pH, calcium, magnesium, ionic strength and temperature [J]. Journal of Membrane Science, 2008 315: 28 - 35.
- [12] Lee W, Kang S, Shin H. Sludge characteristics and their contribution to microfiltration in submerged membrane bioreactors [J]. J Membr Sci, 2003 216: 217 - 227.
- [13] 陶若虹, 姚宏, 邢镔. 污水回用深度处理中有机物对反渗透膜污染研究 [J]. 北京交通大学学报 2011 35(4): 125 - 129.
- [14] Qilin Li, Zhihua Xu, Pinnau Ingo. Fouling of reverse osmosis membrane by biopolymers in wastewater secondary effluent: Role of membrane surface properties and initial permeate flux [J]. Journal of Membrane Science, 2007 290(1-2): 173 - 181.
- [15] Wisnie W C, Grasmik A. Floc size distribution in a membrane bioreactor and consequence used for membrane fouling [J]. Colloids and Surfaces, 1998 138(2-3): 403 - 411.
- [16] S Rosenberger, C Laabs, B Lesjean, et al. Impact of colloidal and soluble organic material on membrane performance in membrane bioreactors of municipal wastewater treatment [J]. Water Research, 2006 40(4): 710 - 720.
- [17] Katsoufidou K, Yiantsios S G, Karabelas A J. A study of ultrafiltration membrane fouling by humic acids and flux recovery by backwashing: Experiments and modeling [J]. J. membr. Sci., 2005 266(1-2): 40 - 50.
- [18] Amy E. Childress, Menache Elimelech. Effect of solution chemistry on the surface charge of polymeric reverse osmosis and nanofiltration membranes [J]. Journal of Membrane Science, 1996 119(2): 253 - 268.
- [19] 史慧婷, 杨艳玲, 李星, 等. 腐殖酸对超滤膜污染特性的研究 [J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版 2010 26(5): 536 - 540.
- [20] Peeva P D, Palupi A E, Ulbricht M. Ultrafiltration of humic acid solutions through unmodified and surface functionalized low - fouling polyether - sulfone membranes - Effects of feed properties, molecular weight cut - off and membrane chemistry on fouling behavior and cleanability [J]. Sep Purif. Technol, 2011 81(2): 124 - 133.
- [21] Palencia M, Rivas B L, Pereira E. Metal ion recovery by polymer - enhanced ultrafiltration using poly ( vinyl sulfonic acid): Fouling description and membrane - metal ion interaction [J]. J Membr Sci, 2009 345(1-2): 191 - 200.
- [22] Hao Y, moriya A, Maruyama T, et al. Effect of metal ions on humic acid fouling of hollow fiber ultra - filtration membrane [J]. J Membr Sci, 2011 376(1-2): 247 - 253.
- [23] Yuan W, Zydny A L. Humic acid fouling during microfiltration [J]. J Membr Sci, 1999 157(1): 1 - 12.
- [24] Li Q L, Xu Z H, Pinnau I. Fouling of reverse osmosis membranes by biopolymers in wastewater secondary effluent: Role of membrane surface properties and initial permeate flux [J]. Journal of Membrane Science, 2007 290(1-2): 173 - 181.

(下转第 62 页)

蜡晶的生成,此外,这种技术还可以降低原油的表面张力,同时通过它的搅拌作用,使得固体防蜡剂与原油充分混合,进一步提高了防蜡效果。

#### (6) 强磁防蜡<sup>[21]</sup>

当原油经过高强度磁场时,由于存在洛仑兹力,使得在原油析蜡点附近处于无规则热运动的蜡分子吸收了能量,调整了他们之间的碰撞位置,给蜡沉积提供了晶核条件,从而在原油中就会生成了许多直径很小、呈球状的微晶。这样管壁与抽油杆上将会很少形成片状硬蜡,而且原油中片状石蜡的网状络合物也将很少形成,从而减小了原油的流动阻力,它能够促进原油中的长链烃分子扭曲成对称紧密的形状,也减少了的链间缠绕,很大程度上降低了原油色散力,降低了原油粘度,这样就能够一定流速下持续磁化效果,从而达到防蜡的目的。

#### (7) 微生物清防蜡<sup>[22]</sup>

这种方法是近年来新发展起来的一种创新型技术,目前主要在中原、大庆、以及冀东等油田进行了试验以及现场应用。这种方法所使用的微生物主要是细菌、真菌、放线菌。总体来说,清防蜡的微生物可分为两类,一类是食蜡微生物,一类是食胶质和沥青质微生物。吴君等<sup>[22]</sup>认为某些嗜炭类微生物也能够将高碳链烃分子分解为低碳链分子而且能改善原油流变性,从而达到防蜡的目的。

## 4 结 语

本文主要分析讨论了油井结蜡机理与清防蜡技术的方法,对目前清防蜡的发展做了总结,有很重要的意义。因为油井不同,结蜡情况各不相同。因此,我们很有必要对需要清蜡油井的实际情况认真分析,从而制定出有效、合理的清防蜡技术,为油井的正常生产提供良好的保障,为我国油田事业的可持续发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1] 陈涛平. 石油工程[M]. 北京: 石油工业出版社 2004: 134 - 135.
- [2] 陈波君. 油井结蜡机理及清防蜡技术[J]. 科学技术 2011(3): 117.
- [3] 彭向明. 油井结蜡机理及清防蜡技术在靖安油田的研究应用[J]. 石油化工应用 2007 26(4): 40 - 41.
- [4] Bern P. A., Withere V. R., Cairns J. R. Wax Deposition in Crude Oil Pipelines[C]. EUR, 1981: 206.
- [5] Burger E. D., Perkins T. K., Striegler J. H. Studies of Wax Deposition in the Trans Alaska Pipeline[J]. Journal of Petroleum Technology, 1981(4): 1075 - 1086.
- [6] Akbaizadeh K., Zougari M. Introduction to a Novel Approach for Modeling Wax Deposition in Fluid Flow 1 Taylor - Couette System[J]. American Chemical Society, 2008.
- [7] 张宇, 吴海浩, 宫敬. 海底输油管蜡沉积研究与发展[J]. 石油矿场机械 2009 38(9): 1 - 8.
- [8] 王玮, 宫敬. 石油多相管流蜡沉积研究进展[J]. 化工机械 2006 33(4): 198 - 208.
- [9] Zhang GZ., Liu G. Study on the wax deposition of waxy crude in pipelines and its application[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering 2010 70(1-2): 1 - 9.
- [10] 姜宝良. 结蜡模型研究[D]. 中国石油大学(华东) 2010: 1.
- [11] 黄启玉, 李立等. 剪切弥散对含蜡原油蜡沉积的影响[J]. 油气储运 2002 21(12): 30 - 33.
- [12] Hsu J. J., Brubaker J. P. Wax Deposition Measurement and Scale - Up Modeling for Waxy Live Crudes under Turbulent Flow Conditions[C]. SPE 29976, 1995.
- [13] Brown T. S., Niesen V. G and Erickson D. D. Measurement and Prediction of the Kinetics of Paraffin Deposition[C]. SPE 26548, 1993.
- [14] Hoteit H., Bankir R. and Firoozabadi A. Wax deposition and aging in flowlines from irreversible thermodynamics[J]. Energy and Fuels, 2008 22(4): 2693 - 2706.
- [15] 熊德进. 油田油井结蜡机理及清防蜡方法分析[J]. 中国石油和化工标准与质量 2012(10): 259.
- [16] 朱敬华. 含水率对原油集输管道结蜡影响因素分析[J]. 广州化工, 2013 41(5): 78 - 79.
- [17] 肖进军. 油井结蜡及清防蜡技术探讨[J]. 化学工程与装备 2010: 65 - 66.
- [18] 张振华. 稠油油田化学清防蜡技术的应用[J]. 油气田地面工程, 2003: 54 - 55.
- [19] 程宗强. 化学清防蜡剂在江汉油田的应用与展望[J]. 油气井测试, 2006 15(9): 72 - 74.
- [20] 周世斌. 油井结蜡原因及处理措施研究[J]. 工程技术 2014 3(1): 90.
- [21] 李勇. 欢喜岭油田油井结蜡规律及清防蜡技术[J]. 中外能源, 2009 14(5): 72 - 74.
- [22] 吴君. 油井清防蜡用微生物评价方法的探索性研究[J]. 中国高新技术企业 2010 33: 22 - 23.
- [25] Kim S H, Kwak S Y, Suzuki T. Positron annihilation spectroscopic evidence to demonstrate the flux - enhancement mechanism in morphohoyg - controlled thin - film - composite( tfc) membrane[J]. Journal of Environmental Science & Technology, 2005, 39: 1764 - 1770.
- [26] 李燕丽, 周柏青, 王晓伟, 等. 反渗透阻垢剂的研究进展[J]. 工业水处理 2004 24(3): 17 - 20.
- [27] 姜红静, 刘振法, 王丽梅, 等. 环促型反渗透阻垢剂的性能研究[J]. 河北省科学院学报 2007 24(4): 50 - 53.
- [28] 杜启云, 周伟生. 反渗透膜用阻垢剂的研制与应用研究[J]. 膜科学与技术 2008 28(6): 75 - 78.
- [29] Lee S, Elimelech M. Salt cleaning of organic - fouled reverse osmosis membranes[J]. Water Research, 2007 41: 1134 - 1142.
- [30] S Zhao, L Zou. Effects of working temperature on separation performance, membrane scaling and cleaning in forward osmosis desalination[J]. Desalination, 2011 278: 157 - 164.
- [31] Ang W S, Lee S, Elimelech M. Chemical and physical aspects of cleaning of organic - fouled reverse osmosis membranes[J]. Journal of Membrane Science, 2006(7): 198 - 210.
- [32] 陈琰, 孙伟钢. 高有机物水源的反渗透污染膜清洗[J]. 水处理技术, 2006 32(7): 74 - 75, 78.
- [33] 曹占平, 张景丽. 反渗透膜有机物污染及微生物清洗的研究[J]. 水处理技术 2008 34(2): 60 - 66.

(上接第29页)

## 低摩擦系数 BOPP 烟膜的开发

张莉琼 刘晓艳 赵素芬 熊立贵 涂志刚\*

(中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东 中山, 528436)

**摘要:**通过添加自制爽滑母料制备了三层结构双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜,与常规产品相比,降低了薄膜的摩擦系数,同时研究表明,BOPP薄膜力学性能、光学性能等其他性能没有受到负面影响。BOPP薄膜生产下线、90 d内的摩擦系数变化显示,薄膜(外/外)、(内/内)动摩擦系数在常温 and 高温(50 ℃)下分别低于 0.25 和 0.20,保证了薄膜的时效稳定性。

**关键词:** 双向拉伸聚丙烯 烟膜 爽滑母料 摩擦系数 力学性能

DOI: 10.3969/j.issn.1004-3055.2017.02.011

### The Development on the BOPP Cigarette Film with Low Friction Coefficient

Zhang Liqiong Liu Xiaoyan Zhao Sufen Xiong Ligui Tu Zhigang

(Institute of Packaging & Printing, Zhongshan Torch

Polytechnic, Zhongshan, Guangdong, 528436)

**Abstract:** Three layer structure biaxially oriented polypropylene(BOPP) film was prepared by adding the homemade smooth masterbatch. Compared with the conventional products, the friction coefficient of film reduces. At the same time, the results show that the mechanical properties, optical properties and other properties of BOPP film are not negatively affected. The friction coefficient of BOPP film in production line within 90 days was tested. The dynamic friction coefficient(outer/outer) are lower than 0.25, and the dynamic friction coefficient(inner/inner) are lower than 0.20 at normal temperature and high temperature (50 ℃). The aging stability of BOPP film is ensured.

**Key words:** biaxially oriented polypropylene; cigarette film; slipping masterbatch; friction coefficient; mechanical properties

双向拉伸聚丙烯(BOPP)烟用薄膜一般采用三层(A/B/C)共挤技术经双向拉伸成型制得,其特点是高透明度、高光泽度、高爽滑性、挺度好。摩擦系数是衡量 BOPP 烟膜滑动特性的重要参数。为满足在高速香烟包装机上运行,选用的薄膜不仅要求薄膜外面在下膜通道、导轨等金属部件上滑行时有良好热滑动性,还要求薄膜另一面与烟盒外层接触时形成薄膜内面和外面差别滑动性,从而满足薄膜在较高温度状态下的高速移动,使包装生产线能全速运行而不影响产量。薄膜外面对金属的摩擦系数,

特别是高温条件下的热摩擦系数必须较低。在香烟包装过程中,随着温度条件的升高,薄膜的摩擦系数也会升高<sup>[1-2]</sup>。业界普遍要求烟膜用

收稿日期:2016-03-18;修改稿收到日期:2016-10-22。

作者简介:张莉琼(1982—),女,高级工程师。主要从事应用化学、塑料包装材料的教学与研究工作。E-mail: xiaoqiong0911@tom.com。

\*通信联系人, E-mail: zhigtu@126.com。

基金项目:2014年度中山市科学事业创新发展项目(2014A2FC303)。

母料须具备以下特点:爽滑母料能在高温下继续保持低摩擦系数(0.20~0.35);爽滑母料具有非迁移性;开口爽滑具有非迁移低摩擦系数的特点;不影响烟膜的光泽度和透明度;不影响烟膜的挺度和收缩率。目前烟膜用母料常使用单一硅酮、硅酮与蜡类复配爽滑剂,缺点是爽滑剂与 PP 的相容性较差,过量或者局部分布不均都可能引起薄膜出现白纹等外观缺陷<sup>[3]</sup>。

为保证 BOPP 烟膜综合性能的时效稳定性,尤其是维持较低摩擦系数的稳定性,在前期研究使用硅酮与蜡类复配爽滑剂基础上<sup>[4]</sup>,通过使用低黏度硅油与高黏度硅酮复配制备爽滑剂进而生产出爽滑母料,开发出低摩擦系数新型 BOPP 烟膜。

## 1 试验部分

### 1.1 主要原料及仪器设备

PP,T38F,中国石油化工集团公司。爽滑母料自制。PFT-F 型摩擦系数测定仪,XLVV( PC) 型智能电子拉力试验机,WGT-S 型透光率/雾度测定仪,均为济南兰光机电有限公司;D48-7 型光泽度计,德国 ROSAND 精密仪器有限公司;DHG202/101 系列电热恒温鼓风干燥箱,上虞市索普仪器制造有限公司。

### 1.2 试验配方及工艺路线

基本配方(质量分数):表层为三元共聚 PP 树脂 95.0%~97.2%,助剂 2.8%~5.0%;芯层为均聚 PP 树脂 99.0%~99.8%,助剂 0.2%~1.0%;里层为三元共聚 PP 树脂 83.0%~86.5%,助剂 13.5%~17.0%。

工艺路线:使用德国布鲁克纳公司的 BMS-3000 的平面双向拉伸薄膜生产线,采用逐次双向拉伸工艺,即在一定的条件下,将流延挤出的多层 PP 片材,经过先纵向后横向拉伸完成二次拉伸取向制得 BOPP 烟膜。

### 1.3 性能测试

摩擦系数按照 GB 10006—1988 进行测试,试验速度为 100 mm/min;力学性能按照 GB/T 13022—1991 进行测试;透光率/雾度按照 GB/T 2410—2008 进行测试,光泽度按照 ASTM D523—1989 材料光泽度检测;热封强度按照 QB/T 2358—1998 进行测试;热收缩率按照 GB/T 12027—2004 进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 爽滑母料对 BOPP 烟膜摩擦性能的影响

在配方中添加自主开发的爽滑母料,进行为期 90 d 的对照跟踪,与常规产品未添加自制爽滑母料的烟膜进行对比,结果见表 1。

表 1 爽滑母料对 BOPP 烟膜摩擦性能的影响

性能	下线即测		90 d	
	未添加	添加后	未添加	添加后
静态摩擦系数(外/外)	0.475	0.343	0.396	0.311
动态摩擦系数(外/外)	0.259	0.248	0.238	0.210

从表 1 可以看出,添加自制爽滑母料后,BOPP 烟膜静态摩擦系数、动态摩擦系数无论是在下线即测还是为期 90 d 的对照跟踪均有明显下降。

### 2.2 不同温度下 BOPP 烟膜动摩擦系数的变化

在配方中添加自主开发的爽滑母料,生产三层结构 20.4  $\mu\text{m}$  厚的 BOPP 薄膜,跟踪 BOPP 薄膜生产下线、90 d 内的摩擦系数变化,通过常温 and 高温(50  $^{\circ}\text{C}$ ) 分别测试薄膜(外/外)、薄膜(内/内)动摩擦系数,结果如图 1 和图 2 所示。

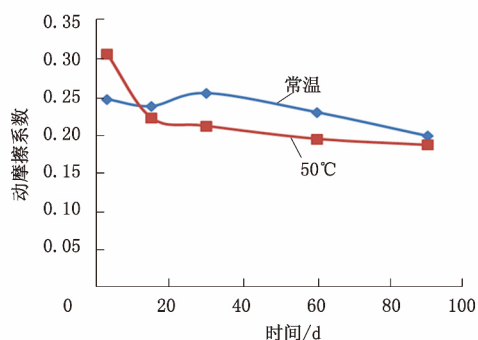


图 1 不同温度下 BOPP 烟膜(外/外)动摩擦系数变化

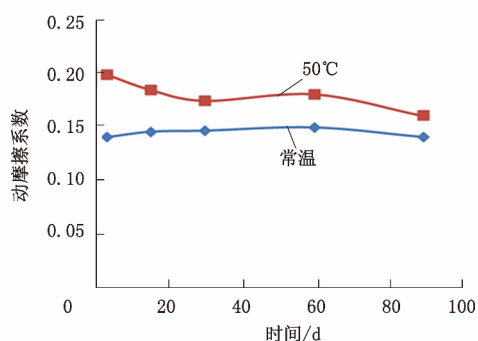


图 2 不同温度下 BOPP 烟膜(内/内)动摩擦系数变化

在常温下,制备的 BOPP 烟膜(外/外)动摩擦系数在 90 d 内下降至 0.20,薄膜(内/内)动摩擦系数低于 0.15。这是因为爽滑剂复配组分中的低黏度硅油自身具有良好

的平滑性,常温下呈液体状,平均相对分子质量小,与高黏度硅酮复配后由于二者分子成分相似而具备协同效应,相互之间混熔程度及润滑效果增强,在PP大分子链或链段之间流动性得以增加,改善了与PP的相容性,迁移到薄膜表面的速度增大导致摩擦系数降低。在高温时高黏度硅酮与低黏度硅油的协同作用使迁移到PP薄膜表面后,高黏度硅酮的高相对分子质量独特性及耐高温稳定性能减少了表层共聚PP的黏结,起到润滑作用,表现在50℃时动摩擦系数比常温下升高比例不大,放置90d时测得动摩擦系数稳定在0.20以下。

### 2.3 不同时间BOPP烟膜摩擦系数的变化

在配方中添加自主开发的爽滑母料,跟踪BOPP薄膜生产下线、90d内的摩擦系数变化,在常温下测试其静摩擦系数和动摩擦系数,结果如图3和图4所示。

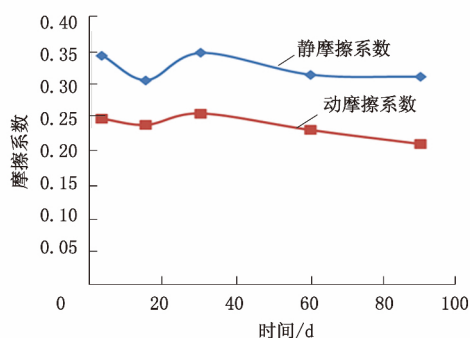


图3 不同时间BOPP烟膜(外/外)摩擦系数

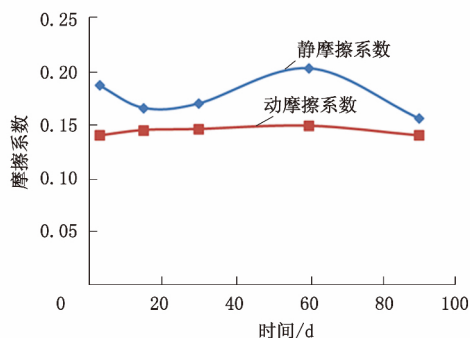


图4 不同时间BOPP烟膜(内/内)摩擦系数

从图3和图4可以看出,虽然实际情况中BOPP薄膜内层迁移出的爽滑剂会通过挥发、析出等其他方式造成损失,但是该爽滑母料中爽滑剂在常温放置90d内向薄膜表面迁移的速度近似等于上述方式造成的损失速度,薄膜表面的摩擦系数随时间变化波动不明显。薄膜(外/外)的动摩擦系数在0.20~0.25内变化,薄膜(内/内)的动摩擦系数在0.15附近趋于稳定,变化幅度不大,可见爽滑母料对薄膜摩擦系数具有时效稳定性。

### 2.4 爽滑母料对BOPP烟膜综合性能的影响

在配方中添加自主开发的爽滑母料,将生产的

BOPP薄膜与常规产品的综合性能进行比对,结果如表2所示。

表2 爽滑母料对BOPP烟膜综合性能的影响

项目	下线即测		90 d	
	未添加	添加后	未添加	添加后
弹性模量(纵向)/MPa	1 850	2 103	2 650	2 428
拉伸强度(纵向)/MPa	180	182	175	189
拉伸强度(横向)/MPa	255	287	268	301
断裂伸长率(纵向)/%	151	122	133	141
断裂伸长率(横向)/%	53	55	61	66
光泽度/%	96.5	96.8	96.4	96.4
雾度/%	0.7	0.8	0.8	0.8
热封强度/[N·(15 mm) <sup>-1</sup> ]	3.22	3.15	3.33	3.06
热收缩率(纵向)/%	9.8	9.5	8.0	8.0
热收缩率(横向)/%	8.9	8.5	7.8	7.7

从表2可以看出,雾度、光泽度、热封强度和热收缩率较未添加该爽滑母料制备的薄膜变化幅度较小,稳定性良好。纵向弹性模量、拉伸强度、断裂伸长率等力学性能略有变化,90d后纵向弹性模量下降,拉伸强度、断裂伸长率略有增加。所有性能指标均保持在检测波动的范围内,可见爽滑母料的加入并未影响薄膜的其他性能。

## 3 结论

a) 添加自制的爽滑母料开发的BOPP烟膜与常规产品相比,降低了薄膜的摩擦系数,具有良好的热滑动性。

b) 添加自制爽滑母料制备的BOPP烟膜生产下线90d内的摩擦系数变化表明,常温、高温下薄膜动摩擦系数(外/外)低于0.25、动摩擦系数(内/内)低于0.20,低摩擦系数的性能得到强化,有利于增加薄膜在较高温度状态下通过高速香烟包装机的顺畅程度,延长了烟膜的存储时间。

c) 通过与常规产品其他性能的跟踪对比,自制爽滑母料的添加对BOPP烟膜力学性能、光学性能等其他性能没有负面影响,保证了薄膜的时效稳定性。

## 参 考 文 献

- [1] 涂志刚,时效稳定型高收缩BOPP烟膜的研究[J]. 中国塑料, 2008, 22(4): 66-69.
- [2] 陈岳. 外部环境对烟用BOPP薄膜物理性能检测的影响[J]. 塑料工业, 2011, 39(8): 108-109.
- [3] 涂志刚,赵素芬,张莉琼,等. BOPP薄膜光学性能的稳定化技术[J]. 塑料包装, 2011, 21(3): 39-41.
- [4] 赵素芬,涂志刚,张莉琼,等. 烟包BOPP爽滑母料的研究[J]. 中国塑料, 2012, 26(8): 95-96.

# 低摩擦因数CPP热封膜的研究

张莉琼, 刘晓艳, 赵素芬, 熊立贵, 涂志刚\*

(中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东省中山市 528436)

**摘要:** 添加自制爽滑母料制备了流延聚丙烯(CPP)热封膜, 并研究了薄膜电晕面和非电晕面摩擦因数的变化。结果表明: 厚度相同的薄膜在高温加热24 h与常温放置30天的电晕面摩擦因数基本相同, 可使用薄膜高温所测的摩擦因数模拟常温放置时的摩擦因数变化; 与添加某进口爽滑母料生产的CPP热封膜相比, 添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜的摩擦因数在放置过程中随着时间的延长而降低, 效果优于添加进口爽滑母料生产的薄膜, 且各项性能指标均能满足国家标准要求。

**关键词:** 流延聚丙烯 热封膜 爽滑母料 摩擦因数 自制

**中图分类号:** TQ 325.1<sup>4</sup> **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1396(2017)04-0081-04

## CPP heat sealing film with low-friction factor

Zhang Liqiong, Liu Xiaoyan, Zhao Sufen, Xiong Ligui, Tu Zhigang

(Institute of Packaging & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**Abstract:** The cast polypropylene (CPP) heat sealing film was prepared by adding the self-made slipping masterbatch. The changes in friction factor of corona surface and non-corona surface of the film were investigated. Results show that the friction factor of corona surface of the films which are heating at high temperature for 24 hours are equal to that of the film in same thickness laying at room temperature for 30 days, which means the friction factor measured at high temperature can be used to simulate the variation of the factor at room temperature; the friction factor of CPP film made of homemade masterbatch decreases with time compared with that of imported material, and the properties of the film meet the requirements of national standard.

**Keywords:** cast polypropylene; heat sealing film; slipping masterbatch; friction factor; homemade

流延聚丙烯(CPP)热封膜是通过熔体流延骤冷生产的一种无拉伸、非定向的平挤薄膜, 具有高透明、易热封、韧性好的特点, 广泛应用于日用化学品包装, 也可作为软包装中高温蒸煮膜、复合膜内层热封材料使用。CPP热封膜在低温时容易发脆, 韧性变差, 国内学者先后通过添加聚烯烃弹性体(POE)、聚烯烃塑性体(POP)等对其进行韧性改性, 降低了CPP热封膜始封温度, 但弹性体存在发黏、发涩的问题, 导致制备的薄膜强度降低, 摩擦因数增大<sup>[1-7]</sup>。采用自制爽滑母料制备的CPP热封膜的摩擦因数降低, 并可减少生产过程中的静电, 使产品获得良好的开口性, 同时通过各项比对实验, 研究了自制爽滑母料对薄膜电晕面

和非电晕面摩擦因数的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料与仪器

均聚聚丙烯, 共聚聚丙烯, 抗静电母料, 抗黏连母料: 均为市售。自制爽滑母料, 含质量分数为10%的高纯度无毒的芥酸酰胺, 水分含量 $\leq 0.06\%$ , 熔体流动速率为5~7 g/10 min(温度为230 ℃, 负

收稿日期: 2017-02-09; 修回日期: 2017-05-05。

作者简介: 张莉琼, 女, 1982生, 高级工程师, 现主要从事应用化学、塑料包装材料的教学与研究工作。联系电话: 15907651202; E-mail: 19088657@qq.com。

\* 通信联系人。E-mail: zhigtu@126.com。

荷为2.16 kg);载体为均聚聚丙烯,添加在薄膜的芯层。

PFT-F型摩擦因数测定仪、XLVV(PC)型智能电子拉力试验机、WGT-S型透光率/雾度测定仪;均为济南兰光机电有限公司生产;D48-7型光泽度计,德国Rosand精密仪器有限公司生产。

## 1.2 配方及工艺路线

基础配方:电晕层包括均聚聚丙烯100 phr,开口剂等助剂适量;芯层包括均聚聚丙烯100 phr,爽滑剂、抗静电剂等助剂适量;热封层包括共聚聚丙烯100 phr,开口剂等助剂适量。

工艺路线:采用三层共挤流延法成型,即在一定条件下,将流延挤出的多层聚丙烯片材,经过拉伸制备CPP热封膜。

## 1.3 性能测试

摩擦因数按GB/T 10006—1988测试,试验速度为100 mm/min。力学性能按GB/T 1040.3—2006测试。透光率及雾度按GB/T 2410—2008测试。光泽度按ASTM D 523—1989(1999)测试。热封强度按QB/T 2358—1998测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 薄膜厚度对CPP热封膜摩擦因数的影响

在配方中添加自制爽滑母料,生产三层结构的CPP热封膜,总厚度分别控制为25.0, 29.2, 30.0, 38.5, 48.5  $\mu\text{m}$ 。测试薄膜在生产线上冷却定型、分割复卷后搬离生产线时,电晕面和非电晕面的摩擦因数。从图1可以看出:随着薄膜厚度的增加,薄膜电晕面的摩擦因数先增大后降低,峰值为0.81;总体而言,电晕面的摩擦因数明显大于非电晕面的摩擦因数。这是由于电晕处理使得薄膜表面产生凹凸不平的非光滑平面,既导致摩擦因数增大。同时,薄膜内层的各类助剂迁移到薄膜表面后易分散不均,虽然CPP热封膜芯层添加的爽滑助剂的迁移能使薄膜的摩擦因数降低,维持在0.10~0.20,但厚度较大的薄膜爽滑剂迁移到薄膜表层所花费的时间要远大于厚度较小的薄膜,表现出非电晕面的摩擦因数随着薄膜厚度的增加而增大。

### 2.2 温度对CPP热封膜摩擦因数的影响

在配方中添加自制爽滑母料,生产三层结构的总厚度为25.0  $\mu\text{m}$ 的CPP热封膜,将薄膜试样放进烘箱加热,温度50  $^{\circ}\text{C}$ ,改变加热时间以观测CPP热封膜摩擦因数的变化,加热时间分别为0, 1.5,

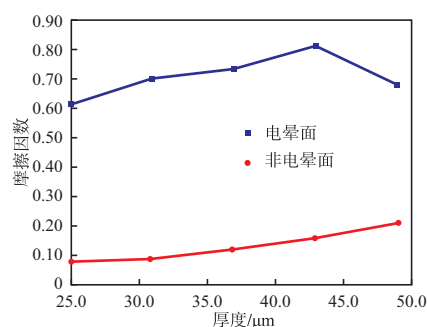


图1 薄膜厚度对CPP热封膜摩擦因数的影响

Fig.1 Thickness as a function of friction factor of CPP heat sealing film

24.0, 48.0, 72.0 h。同时对试样常温条件下放置1, 2, 3, 14, 21, 30天的时效处理期间摩擦因数进行跟踪测试。根据高聚物的时效等温原理,即升高温度与延长对分子运动是等效的,对聚合物的黏弹行为也是等效的,因此,对CPP热封膜的摩擦因数变化,在高温短时间处理后的效果与常温长时间存放是一样的,可在50  $^{\circ}\text{C}$ 高温条件下加热CPP热封膜,测试其摩擦因数的变化,模拟CPP热封膜常温条件下长时间存放时摩擦因数的变化<sup>[8]</sup>。从图2可以看出:随着高温加热时间的延长,电晕面的摩擦因数逐渐降低,说明薄膜芯层添加的爽滑助剂不停地迁移至薄膜表面使得薄膜电晕面的摩擦因数持续下降,而非电晕面的摩擦因数稳定在0.10~0.20。在高温加热1.5 h时,由于时间较短,迁移到薄膜表层的助剂量极少,使得此时摩擦因数较大。高温加热24.0 h与常温放置30天电晕面摩擦因数基本一致,在实际生产中可使用高温加热24.0 h后测得的摩擦因数模拟常温放置30天的摩擦因数变化情况,用以指导生产。从图2还可以看出:在跟踪期内薄膜非电晕面的摩擦因数同样能稳定在0.10~0.20,电晕面的摩擦因数在跟踪21天后能稳定在0.60以下,可见自制爽滑母料能保证CPP热封膜摩擦因数的稳定。

### 2.3 不同爽滑母料对CPP热封膜摩擦因数的影响

使用相同工艺生产三层结构的总厚度为25.0  $\mu\text{m}$ 的CPP热封膜,将添加某进口爽滑母料生产的CPP热封膜与添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜,在50  $^{\circ}\text{C}$ 条件下测试CPP热封膜的摩擦因数的变化,加热时间分别为0, 24.0, 48.0, 72.0 h。从图3看出:添加进口爽滑母料生产的CPP热封膜刚下线时电晕面摩擦因数比添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜低,非电晕面的摩擦因数高。随着加热时间的延长,进口爽滑母料生产的CPP热封膜的

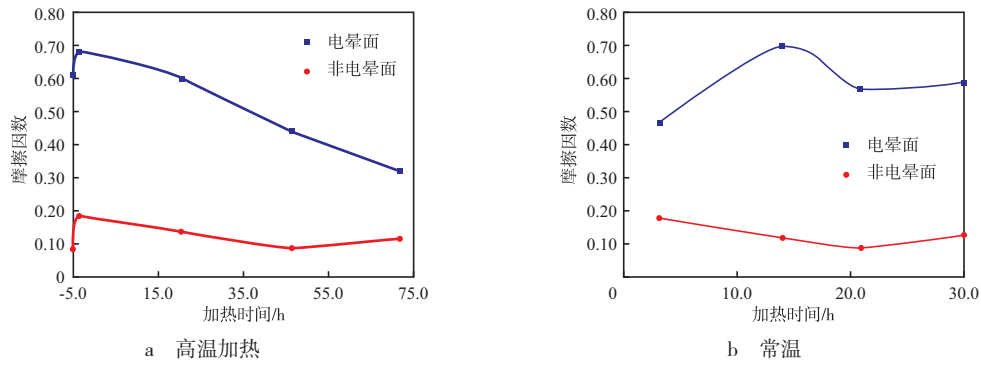


图2 高温加热和常温放置时间对CPP热封膜摩擦因数的影响

Fig.2 Friction factor of CPP heat sealing film as a function of heating time and time at normal temperature

电晕面摩擦因数先降低后稍微增大,而添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜的电晕面摩擦因数降幅远大于进口爽滑母料生产的CPP热封膜,在加热72.0 h后两者摩擦因数都为0.50;进口爽滑母料生产的CPP热封膜非电晕面的摩擦因数是先增大后降低,而添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜

非电晕面的摩擦因数缓慢增大,在加热72.0 h后添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜的摩擦因数明显比进口爽滑母料生产的CPP热封膜的摩擦因数小,可见在放置过程中随着时间的增加,添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜摩擦因数的稳定性较好,效果优于添加进口爽滑母料所生产的薄膜。

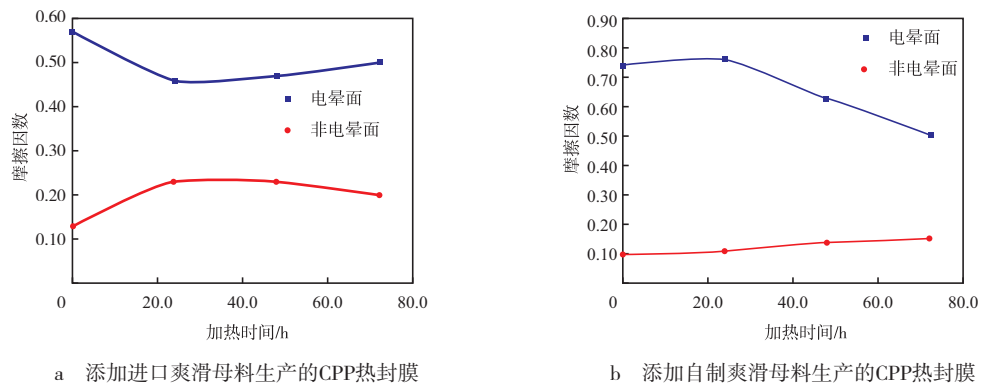


图3 高温加热时间对采用不同爽滑母料制备的CPP热封膜的摩擦因数的影响

Fig.3 Heating time as a function of friction factor of CPP films

### 2.4 CPP热封膜的综合性能

CPP热封膜在使用过程中不仅需要低摩擦因数,还要求力学性能、光学性能等综合性能良好,尤其初始热封温度和热封强度。从表1可以看出:自制爽滑母料的添加对CPP热封膜综合性能有所优化,产品实测初始热封温度115℃,热封强度10.14 N/15 mm,均高于标准规定值,能满足CPP热封膜的各项性能指标要求。

### 3 结论

a) 添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜非电晕面的摩擦因数随着薄膜厚度的增加而增大。厚度相同的薄膜在高温加热24.0 h与常温放置30天的电晕面摩擦因数基本一致,在实际生产中可通过该种测试方法模拟常温放置时间对薄膜摩擦因

表1 自制爽滑母料对CPP热封膜综合性能的影响

Tab.1 Effect of slipping masterbatch on properties of CPP heat sealing film

项目	GB/T 27740—2011	实测
拉伸强度/(N·mm <sup>-2</sup> )		
纵向	≥35	51
横向	≥25	25
断裂标称应变,%		
纵向	≥280	570
横向	≥380	650
光泽度,%		82.9
雾度,%	≤5.0	2.5
初始热封温度/℃	<145	115
热封强度/[N·(15 mm) <sup>-1</sup> ]	≥8.00	10.14

注: 薄膜厚度为25.0 μm。

数变化的影响。

b) 通过与添加某进口爽滑母料生产的CPP热封膜对比, 添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜在放置过程中随着时间的延长, 摩擦因数降低且稳定性更好。

c) 添加自制爽滑母料生产的CPP热封膜综合性能满足国家标准要求, 并且有所优化。

#### 4 参考文献

- [1] 滕树玲. CPP流延膜的选材及优化方案[J]. 化工新型材料, 2013, 41(8): 190-191.
- [2] 廖德金, 段宁宁, 林渊智, 等. CPP热封薄膜低温热封层性能

研究[J]. 中国塑料, 2015, 29(8): 77-81.

- [3] 林渊智, 苏羽航, 刘向, 等. POE/纳米二氧化硅改性气调保鲜包装用CPP膜研制[J]. 包装工程, 2015, 35(9): 1-5.
- [4] 史凤烟. 高透明耐低温流延聚丙烯包装膜配方工艺研究[J]. 中国塑料, 2012, 26(2): 59-62.
- [5] 林渊智, 陈文韬, 陈盛, 等. 高性能气调保鲜包装用CPP热封膜的研制[J]. 中国塑料, 2011, 25(10): 69-71.
- [6] 徐满山. 聚丙烯高档流延膜专用料的开发应用[J]. 广州化工, 2009, 37(2): 195-198.
- [7] 史凤烟. 可里印耐低温流延聚丙烯包装膜电晕处理研究[J]. 中国塑料, 2012, 26(5): 74-77.
- [8] 曾建宏. 温度对CPP薄膜润湿张力和摩擦因数变化的影响及其在生产过程检测的应用[J]. 塑料包装, 2013, 23(6): 33-35.

### 中国专利

#### 一种具有疏松结构的聚乙烯醇薄膜及其制备

本发明提供了一种具有疏松结构的聚乙烯醇薄膜及其制备方法。使用二次交联成膜法, 利用对羟基具有不同活性的交联剂对传统聚乙烯醇薄膜进行二次改性而制备的具有疏松结构的薄膜。所制薄膜具有疏松的多孔结构, 与同类的交联聚乙烯醇薄膜相比, 在具有更高的断裂伸长率和拉伸强度的同时, 具备更好的水、气透过性, 在聚乙烯醇薄膜的良溶剂环境下具有更高的溶剂吸收率和更好的尺寸稳定性。本发明所制备的薄膜可广泛应用于传统聚乙烯醇薄膜所使用的领域(如聚乙烯醇蒸汽渗透膜、渗透蒸发膜、反渗透膜、气体增湿膜等)。利用在聚合物内部构建疏松结构的方法在其他薄膜的改性制备过程中也有借鉴和应用前景。

公开号 CN 106674562

公开日 2017年5月17日

申请人 同济大学

#### 高直流击穿场强的纳米复合交联聚乙烯绝缘材料及其制备

本发明提供了一种高直流击穿场强的纳米复合交联聚乙烯绝缘材料及其制备方法, 所述绝缘材料组分包括低密度聚乙烯100.0 phr、纳米氮化硼粒子0.1~3.0 phr、交联剂1.0~2.5 phr和抗氧化剂0.1~0.5 phr。本发明制备的绝缘材料能够用于直流电缆的绝缘材料, 与未添加纳米氮化硼粒子的交联聚乙烯相比, 其直流击穿场强明显增加, 在20, 70, 90 °C时的直流击穿场强分别提升了27.5%, 14.2%, 26.5%。

公开号 CN 106633303

公开日 2017年5月10日

申请人 西安交通大学; 中国电力科学研究院

#### 一种发泡聚乙烯/聚苯乙烯珠粒的生产方法

本发明公开了一种发泡聚乙烯/聚苯乙烯珠粒的生产方法, 生产步骤: 1) 将聚乙烯、聚苯乙烯、相容剂、结晶成核助剂及其他加工助剂混合均匀, 经挤出机混炼、挤出、拉丝、切粒, 制备了改性聚乙烯/聚苯乙烯微粒; 2) 将改性聚乙烯/聚苯乙烯微粒投入反应釜, 注入超临界CO<sub>2</sub>, 加热条件下分段逐步加压, 气体充分浸入改

性聚乙烯/聚苯乙烯中并产生向外膨胀的内部压力, 一定时间后, 再瞬间释放至大气压, 得到一定倍率的发泡聚乙烯/聚苯乙烯珠粒。该发明弥补了聚合物珠粒间黏结强度弱和发泡聚乙烯刚性差的缺陷。该发泡工艺生产成本低, 生产效率高, 易实现产业化, 可广泛应用于汽车内饰件、包装材料、建筑材料、隔热材料等领域。

公开号 CN 106589440

公开日 2017年4月26日

申请人 江南大学

#### 聚乙烯醇/丝胶/纳米银增强型复合薄膜抗菌材料的制备及其应用

本发明涉及聚乙烯醇/丝胶/纳米银增强型复合薄膜抗菌材料的制备及其产品和应用, 具体方法是: 从蚕茧中提取丝胶, 配制成丝胶溶液, 向丝胶溶液中加入聚乙烯醇溶液, 混合均匀, 经过冷冻/解冻循环后烘干, 得到聚乙烯醇/丝胶复合薄膜; 将聚乙烯醇/丝胶复合薄膜依次放入聚丙烯酸溶液、聚二甲基二烯丙基氯化铵溶液和聚丙烯酸溶液中浸泡, 获得聚电解质层包裹的聚乙烯醇/丝胶复合薄膜, 最后用紫外光辐照还原法获得了聚乙烯醇/丝胶/纳米银增强型复合薄膜抗菌材料。该方法使纳米银牢固地修饰在聚乙烯醇/丝胶复合薄膜的表面, 均匀分布, 使其具有长久持续的抗菌活力; 且制备工艺简单、成本低廉, 有望应用于生物医学抗菌材料相关领域。

公开号 CN 106751920

公开日 2017年5月31日

申请人 西南大学

#### 用于双峰聚乙烯管的钙盐晶体改性聚丙烯皮层的制备

本发明涉及一种用于双峰聚乙烯管的钙盐晶体改性聚丙烯皮层的制备方法, 其特征在于以茂金属催化合成的全同立构聚丙烯为原料与改性硫酸钙晶须为填料共混制备了皮层材料, 所述皮层材料通过共挤出工艺, 在挤出的茂金属催化合成的双峰聚乙烯表面共挤出一层钙盐晶体改性聚丙烯皮层。本发明的优点: 1) 过程绿色环保、加工性能好、成本低; 2) 有效解决了在共挤出阶段的高温条件下晶须失水分解的问题, 提高了聚乙烯管道的外界环境下使用寿命; 3) 将废弃物进行高值化利用, 可实现低成本多功能化, 降低聚乙烯管道的改性成本。

公开号 CN 106750897

公开日 2017年5月31日

申请人 武汉理工大学

# 氟弹性体类加工助剂改性双向拉伸薄膜用PP

赵素芬<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>2\*</sup>, 柳孟良<sup>1</sup>, 潘斌<sup>1</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东省中山市 528436; 2. 广东理工职业学院, 广东省中山市 528436)

**摘要:** 采用氟弹性体加工助剂母粒(简称母粒)对聚丙烯(PP)进行改性,考察了双向拉伸薄膜用PP(BOPP)的光学性能、力学性能和加工性能。结果表明:母粒对PP结晶度有一定影响,可提高结晶速率,且助剂质量分数为0.06%时对PP结晶度的影响最大;母粒会降低BOPP薄膜雾度,与只在BOPP薄膜的芯层加入母粒相比,在芯层和表层同时加入母粒,更易降低BOPP薄膜雾度;仅在BOPP薄膜芯层加入母粒,薄膜的光泽度更好;薄膜纵向的力学性能有所下降,但都能满足标准要求,母粒还能降低PP熔体表观黏度及剪切应力,改善加工性能。

**关键词:** 聚丙烯 双向拉伸薄膜 氟弹性体 加工母料 光学性能 结晶性 流变性能

**中图分类号:** TQ 325.1<sup>4</sup>; TQ 322.2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1002-1396(2020)01-0043-04

## Fluorinated elastomer PPM-modified BOPP film

Zhao Sufen<sup>1</sup>, Tu Zhigang<sup>2</sup>, Liu Mengliang<sup>1</sup>, Pan Bin<sup>1</sup>

(1. Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China;  
2. Guangdong Polytechnic institute, Zhongshan 528436, China)

**Abstract:** The fluorinated elastomer plastic processing masterbatch (PPM) was used to modify polypropylene (PP) to prepare biaxial-oriented polypropylene (BOPP), whose optical properties, mechanical properties and rheological properties were investigated. The results show that PPM accelerates the crystallization rate of BOPP, and which affects crystallinity most obviously when the mass fraction of additive is 0.06%. The BOPP film has lower haze value with the PPM added in the core layer and the surface layer at the same time than in the core layer only, in contrast the opposite is true for gloss. The mechanical properties of the BOPP film decrease in longitudinal direction, meeting requirements of standard. The apparent viscosity and shear stress are reduced by adding PPM, which improves the processing properties of PP melt.

**Keywords:** polypropylene; biaxial-oriented film; fluorinated elastomer; processing masterbatch; optical property; crystallinity; rheological property

双向拉伸薄膜用聚丙烯(BOPP),尤其是包装香烟的BOPP薄膜(简称烟膜)对透明性、光泽度的要求非常高。目前,与国外生产的烟膜相比,国内生产的烟膜光泽度和透明性略差,因此,部分国内烟膜生产企业迫切要求提高薄膜透明性和光泽度。研究表明,氟弹性体类加工助剂可使制品的表面光滑,减少口模积料现象,提高制品的透明性和光泽度等<sup>[1]</sup>。本工作制备了BOPP薄膜专用氟弹性体加工助剂(简称氟弹性体),并研究了氟弹性体对聚丙烯(PP)结晶度、结晶速率和流变性能的影响,对BOPP薄膜(包括烟膜)的光学性能、力

学性能以及加工性能的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料与设备

芯层原料,均聚PP, BOPP薄膜专用,熔体流

收稿日期: 2019-07-29; 修回日期: 2019-10-28。

作者简介: 赵素芬,女,1978年生,硕士,高级工程师,副教授,2005年毕业于浙江大学农业生物环境与能源工程专业,现主要从事塑料软包装的教学和研究工作。E-mail: 610230508@qq.com。

基金项目: 2017年度中山市科技计划项目(2017B1025)。

\* 通信联系人。E-mail: 24156923@qq.com。

动速率 (MFR) 3.0 g/10 min左右; 表层原料, 三元共聚PP, MFR为6.0 g/10 min; 均为美国埃克森美孚公司。氟弹性体母粒, 氟弹性体质量分数为2.00%, MFR为3.2 g/10 min左右, 挥发分质量分数 $\leq$ 0.03%, 采用双螺杆挤出机制备。

TES-75型双螺杆挤出机, 南京瑞亚高聚物装备有限公司, 用于制备氟弹性体母粒。平面双向拉伸薄膜生产线, 用于实验和生产烟膜; D8 GADDS型X射线衍射仪: 均为德国Bruker公司。

Farinograph-E Aqua-Inject型流变仪, 德国Brabender公司; XLVV (PC) 型智能电子拉力试验机, WGT-S型透光率/雾度测定仪: 均为济南兰光机电有限公司。

## 1.2 薄膜的制备

BOPP薄膜生产工艺: 速度150 m/min, 温度220~260  $^{\circ}$ C, 模头温度250  $^{\circ}$ C, 纵向拉伸温度110  $^{\circ}$ C, 横向拉伸温度160  $^{\circ}$ C, 纵向拉伸倍数为2~5倍, 横向拉伸倍数约8倍。

不同薄膜试样编号及对应配方: F0#, 总厚度18  $\mu$ m的平膜, A/B/A结构(薄膜为三层结构, A为表层, B为芯层), 厚度为1  $\mu$ m/16  $\mu$ m/1  $\mu$ m, 未加入氟弹性体母粒; F1#, 总厚度18  $\mu$ m的平膜, A/B/A结构, 厚度为1  $\mu$ m/16  $\mu$ m/1  $\mu$ m, 在芯层加入氟弹性体母粒, 氟弹性体质量分数为0.09%; F2#, 总厚度18  $\mu$ m的平膜, A/B/A结构, 厚度为1  $\mu$ m/16  $\mu$ m/1  $\mu$ m, 芯层和表层中都加入氟弹性体母粒, 氟弹性体质量分数均为0.06%; F3#, 总厚度22  $\mu$ m的烟膜, A/B/A结构, 厚度为1  $\mu$ m/20  $\mu$ m/1  $\mu$ m, 未加入氟弹性体母粒; F4#, 总厚度22  $\mu$ m的烟膜, A/B/A结构, 厚度为1  $\mu$ m/20  $\mu$ m/1  $\mu$ m, 芯层加入氟弹性体母粒, 氟弹性体质量分数为0.06%。

## 1.3 测试方法

摩擦因数按GB/T 10006—1988测试; 力学性能按GB/T 1040.3—2006测试, 平膜测试环境温度为28  $^{\circ}$ C, 烟膜26  $^{\circ}$ C, 相对湿度均为50%; 雾度及光泽度按GB/T 2410—2008测试; 热收缩率按BMS TT 02《德国布鲁克纳公司双向拉伸薄膜热收缩率的检测》测试; 采用X射线衍射法测定PP结晶度; 采用光学解偏振法测定PP在不同温度条件下的等温结晶曲线, 半结晶时间的倒数即为结晶速率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 氟弹性体对PP结晶的影响

对于半结晶型高聚物而言, 既存在结晶区又

存在非晶区, 每个分子链贯穿多个晶区和非晶区, 在非晶区分子链呈卷曲相缠结状态<sup>[2]</sup>。PP晶体通常以球晶为主<sup>[3]</sup>。从表1看出: 氟弹性体对结晶度有一定影响, 质量分数为0.06%时对结晶度的影响最大, 提高近4.62%, 但影响的规律不明显。与未加入氟弹性体的PP相比, 加入氟弹性体母粒的PP的结晶速率较快, 但并没有随氟弹性体用量增加而有明显的提高。

表1 氟弹性体对PP结晶度和结晶速率的影响

Tab.1 Effect of PPM on crystallization degree and crystallization rate of PP

氟弹性体质量分数, %	结晶度, %	结晶速率/ $s^{-1}$
0	66.26	0.020
0.03	64.67	0.024
0.06	69.32	0.024
0.09	67.65	0.025

### 2.2 氟弹性体对BOPP薄膜光学性能的影响

#### 2.2.1 对BOPP薄膜雾度的影响

透明性与结晶度和晶体结构有关, 因此, 通过控制晶体形态结构, 可改善薄膜透明性。双向拉伸可使薄膜制品中原有的结晶颗粒破碎, 从而使晶体尺寸变小, 达到提高透明性的目的<sup>[4]</sup>。从图1看出: 加入氟弹性体可降低BOPP平膜和烟膜的雾度, 与F0#相比, F1#和F2#平膜分别降低7.51%, 17.52%, 而F4#烟膜则降低1.11%, 且与只在BOPP平膜芯层加入氟弹性体母粒相比, 在BOPP平膜芯层和表层同时加入聚氟弹性体母粒, 能更好地降低BOPP薄膜雾度, 两者相差近10%。

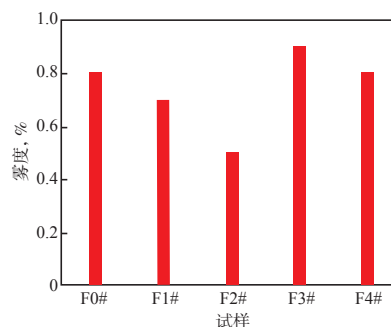


图1 BOPP薄膜的雾度

Fig.1 Haze value of BOPP film

#### 2.2.2 氟弹性体对BOPP薄膜光泽度的影响

加入氟弹性体能减少塑料成型时与金属口模的摩擦, 减少表面滑痕, 以免使薄膜表面粗糙或形成流纹, 从而提高薄膜表面的光泽度。从图2看出: F1#和F2#的光泽度分别增加1.92%, 3.42%, 且仅在芯层加入氟弹性体的F1#效果较好。这可能

是由于氟弹性体颗粒与表层PP不相容,造成表面凸起而影响光泽度。在烟膜的芯层加入氟弹性体对于改善其光泽度也有积极作用,增加约1.82%。

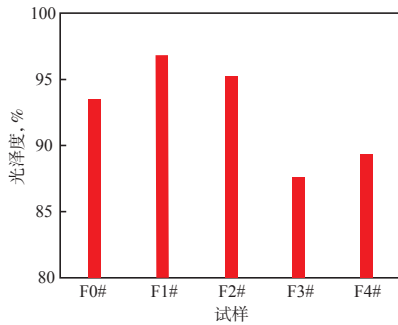


图2 BOPP薄膜的光泽度  
Fig.2 Gloss of BOPP film

### 2.3 氟弹性体对BOPP薄膜力学性能的影响

从表2看出: F1#与F2#的力学性能都能满足标准要求,与F0#相比,薄膜的纵向拉伸强度和断裂拉伸应变有不同程度的降低,而横向则略有增强。这可能是因为氟弹性体对分子链有外润滑的作用,导致分子间易滑移,而生产BOPP时是步拉伸,即先纵向拉伸后横向拉伸,横向拉伸时分子间的滑移更易取向,但使纵向更易解取向。

表2 BOPP平膜的力学性能

项目	标准	F0#	F1#	F2#
拉伸强度/MPa				
纵向	≥120	145	140	139
横向	≥220	257	268	281
断裂拉伸应变, %				
纵向	≤180	163	125	135
横向	≤65	37	39	40
热收缩率, %				
纵向	≤5.0	3.9	4.0	4.0
横向	≤4.0	3.0	2.8	2.0

从表3看出: F4#与F3#的力学性能都能满足标准要求,且F4#的弹性模量有一定提高,说明加入氟弹性体后烟膜的挺度有所提高,这对烟膜是有利的。

### 2.4 氟弹性体对PP流变性能的影响

使用流变仪在230 °C条件下,测定试样在不同剪切速率时的表观黏度、剪切应力。从图3可看出: 在相同剪切速率条件下,加入氟弹性体的试样表观黏度及剪切应力均有明显降低,说明加入氟弹性体降低PP熔体的表观黏度及剪切应力,能够改善PP的加工性能。从氟弹性体对挤出机负荷的

表3 BOPP烟膜的力学性能

项目	标准	F3#	F4#
拉伸强度/MPa			
纵向	≥130	146	143
横向	≥250	268	295
断裂拉伸应变, %			
纵向	≤190	164	157
横向	≤70	36	55
热收缩率, %			
纵向	≤6.0	4.0	4.6
横向	≤5.0	3.6	3.4
弹性模量/MPa	≥1 100	1 412	1 514

影响似乎更明显地反映这一点(见表4)。

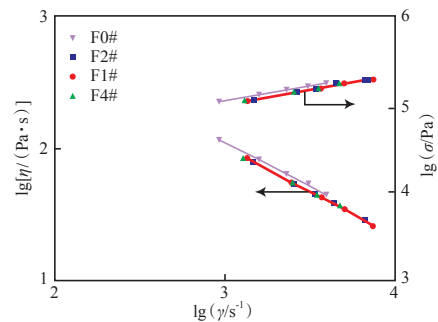


图3 加入氟弹性体母粒的PP流变曲线

Fig.3 Effect of PPM on rheological properties of PP

注:  $\eta$ 为表观黏度;  $\dot{\gamma}$ 为剪切速率;  $\sigma$ 为剪切应力。

表4 氟弹性体对挤出机电流的影响

试样	辅助挤出机电流/A	主挤出机电流/A
F0#	35.0	160.0
F1#	35.0	155.0
F2#	33.5	154.0
F3#	34.0	158.0
F4#	33.5	151.0

从表4看出: F2#的主、辅挤出机的电流略有下降,说明氟弹性体同时加入BOPP薄膜的芯层和表层能降低加工能耗。而F1#的主挤出机的电流下降明显; F3#和F4#烟膜的实验结果也如此。因此,氟弹性体有利于改善PP熔体的加工流动性,降低加工能耗。

## 3 结论

a) 氟弹性体对PP结晶度有一定影响,氟弹性体质量分数为0.06%时对PP结晶度的影响最大,同时能加快结晶速率。

b) 氟弹性体可降低BOPP薄膜雾度,且在芯层

和表层同时加入氟弹性体能更好地降低BOPP薄膜雾度,对光泽度而言则仅在芯层加入的效果更好。

c)加入氟弹性体,BOPP薄膜的力学性能在一定程度上有所下降,但都能满足标准要求,且烟膜的挺度有所提高。

d)加入氟弹性体降低了PP熔体的表观黏度及剪切应力,改善了PP的加工性能。

#### 4 参考文献

- [1] 曹建秋. 氟弹性体加工助剂对LLDPE薄膜性能的影响[J]. 合成树脂及塑料, 2013, 30(2): 10-12.
- [2] 何平笙. 高聚物的结构与性能[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 71-72.
- [3] 于芳, 马伊, 梁文斌, 等. 改性聚丙烯的结晶行为和熔体强度研究[J]. 塑料科技, 2018, 46(6): 37-41.
- [4] 吴增青, 涂志刚. BOPP薄膜生产过程中的取向与结晶[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 35-36; 39.

### 中国专利

#### 一种绿色环保聚甲醛纤维增强聚丙烯复合材料及其制备方法

本发明公开了一种绿色环保聚甲醛纤维增强聚丙烯复合材料及其制备方法。原料包括: 聚丙烯60.0~80.0 phr, 聚甲醛纤维3.0~10.0 phr, 相容剂0.5~0.8 phr, 纤维表面处理剂1.0~2.0 phr。制备方法为: 1)在常温条件下,将相容剂与聚丙烯在乙醇溶液中混合均匀; 2)在600~800℃的高温条件下,将纤维表面处理剂与聚甲醛纤维在管式炉中加入臭氧进行氧化; 3)冷却到室温后,放入到双螺杆挤出机中挤塑得到产品。优点在于: 极大减少了生产和制备过程中的污染,与使用玻璃纤维相比,使用聚甲醛纤维增强后,复合材料的性能下降不多,易于回收再利用,使聚丙烯应用更加广泛,减小了制品的表面粗糙程度,更易于成型,提升了制品的强度、模量和耐热性能。

公开号 CN 110294892

公开日 2019年10月1日

申请人 陕西理工大学

#### 一种阻燃聚氨酯材料及其制备方法

本发明公开了一种阻燃聚氨酯及其制备方法。首先以三聚氰酸为主要原料,与醇胺、多醇或多胺混合后进行反应,得到三聚氰酸多元醇胺预聚体;再将异氰酸酯与三聚氰酸多元醇胺预聚体混合后进行反应,反应完成后加入固化剂,继续反应0.5~1.0 h,降温到小于等于80℃,使用模具固定后熟化,得到阻燃聚氨酯。所制阻燃聚氨酯拥有三嗪环结构,具有良好的阻燃隔热性,不需要额外添加任何阻燃剂,并提高了聚氨酯的拉伸强度,应用前景广阔。

公开号 CN 110330616

公开日 2019年10月15日

申请人 山东大学

#### 一种丙烯酸酯改性聚氨酯环保型防水涂料及其制备方法

本发明提供了一种丙烯酸酯改性聚氨酯环保型防水涂料及其制备方法。原料包括: 水性丙烯酸酯改性聚氨酯乳液

10.0~65.0 phr, 自交联型固化剂5.0~15.0 phr, 消泡剂4.0~8.0 phr, 增稠剂1.0~8.0 phr, 流平剂0.2~7.0 phr, 填料6.0~20.0 phr, 去离子水15.0~30.0 phr。本发明以水性丙烯酸酯改性聚氨酯乳液为原料,赋予了防水涂料更好的防水性、更高的黏结力以及抗老化等优点,更好地适用于防水领域。

公开号 CN 110330885

公开日 2019年10月15日

申请人 上海应用技术大学

#### 一种复合聚丙烯微孔膜及其制法和包括该膜的锂离子电池隔膜

本发明公开了一种复合聚丙烯微孔膜及其制法和包括该膜的锂离子电池隔膜。所述制备方法是在双向拉伸聚丙烯膜片制备过程中,通过熔融共挤的方法引入非聚丙烯类聚合物多孔层,形成至少两层结构的膜片,此膜片经纵、横两个方向上的拉伸,实现了复合聚丙烯微孔膜的制备。采用本发明的方法简化了复合聚丙烯微孔膜的生产工艺,提升了聚丙烯微孔膜的性能。将制备的复合聚丙烯微孔膜用于锂离子电池隔膜中,由于非聚丙烯类聚合物多孔层是能与电解液形成凝胶的聚合物或组合物,或具有较聚丙烯更高耐热性能的聚合物,可提高锂离子电池的循环使用次数和安全性能。

公开号 CN 110343278

公开日 2019年10月18日

申请人 北京师范大学; 杭州中科盈锂能源科技有限公司

#### 一种液晶聚丙烯酸酯-液晶聚氨酯互穿网络液晶弹性体

本发明公开了一种液晶聚丙烯酸酯-液晶聚氨酯互穿网络液晶弹性体及其制备方法和应用。液晶聚丙烯酸酯属于第一种网络,液晶聚氨酯属于第二种网络。在热聚合和光引发并存的条件下,使相互独立的两种液晶体系同时聚合,最终制备双液晶体系互穿网络液晶弹性体。该方法制备的互穿网络液晶弹性体具有超高力学性能,在液晶相向各向同性相转变温度之上,断裂强度和弹性模量分别达7.9, 10.4 MPa。在热刺激下,可以产生2.53 MPa的回复力,促使其提起自身质量30 000倍的负载,有很高的实际应用价值,可用于形状记忆材料以及人工肌肉等领域。

公开号 CN 110373016

公开日 2019年10月25日

申请人 东南大学

DOI: 10.19362/j.cnki.cn10-1400/tb.2017.03.002

# 改性 PVA 涂布膜的现状与发展

张莉琼

( 中山火炬职业技术学院, 中山, 528436 )

**摘要** :改性 PVA 涂布膜具备安全、环保、可降解特性,是符合国家《新材料产业“十二五”发展规划》的绿色材料,其技术原理是加入不溶化剂后可以使 PVA 失去水溶性,提高聚乙烯醇和涂层的耐水性,在涂布生产工艺中近几年已经开始广泛使用。目前国内市场已售的改性 PVA 涂布膜主要来自南京红宝丽(集团)股份有限公司、河北百瑞尔包装材料有限公司、海南赛诺实业有限公司等企业,如能解决改性 PVA 涂布膜不耐 100 度以上的蒸煮等技术难题,其应用前景必将越来越广。

**关键词** :PVA ;涂布 ;改性

**中图分类号** :TB332    **文献标识码** :A    **文章编号** :1400 (2017) 03-0037-04

## Present Status and Development of Modified PVA Coating Film

ZHANG Li-qiong

**Abstract**: Modified PVA coated film with safety, environmental protection, degradation characteristics, is in line with the national “new material industry” 12th Five-Year “development plan” green material, its technical principle is adding solvations can make PVA lose water solubility, improve the water resistance of polyvinyl alcohol and coating, coating in the production process in recent years has been widely used. The modified PVA film in domestic market sold mainly from Nanjing hongbaoli (Group) Limited by Share Ltd, Hebei barrier packaging materials Co. Ltd., Hainan sainuo Industrial Co., Ltd. and other enterprises, can solve the technical problems such as modified PVA coated film is not resistant to more than 100 degrees of cooking, its application prospect will be more and more widely.

**Keywords**: PVA; coating; modification

PVA, 全称为聚乙烯醇,是由聚醋酸乙烯水解而得到的白色、粉末状树脂。我国自 20 世纪 60 年代研究生产以来,目前产量居世界首位。聚乙烯醇薄膜具有优良的透明度和光泽性、良好的气体阻隔性、极佳的强韧性、耐撕裂性和耐磨性等优点,并在一定条件下具有水溶性和生物降解性,是近年来发展迅速的新型绿色材料之一<sup>[1,2]</sup>。

目前,市场上的高阻隔包装材料主要有聚偏二氯乙烯(PVDC)、乙烯-乙醇共聚物(EVOH)和聚乙烯醇(PVA)。在涂布工艺中主要使用聚偏二氯乙烯(PVDC),PVDC 具有良好的阻隔氧气和阻隔水蒸汽的性能,且涂层可热封,成本较低。但是 PVDC 由于结构中含有氯离子,不仅不能回收再生利用,废弃物在焚烧时还会产生氯化氢、二恶英等对人体和周围环境

**作者简介** :张莉琼(1982-),女,硕士研究生,讲师,主要研究方向为高分子聚合物合成及加工改性、包装材料的应用研究。

有毒、有害的物质，欧美等地区已经开始限制使用<sup>[3-5]</sup>。乙烯-乙醇共聚物(EVOH)具有优秀的阻隔性能和极好的加工性，透明性、光泽性、机械强度、伸缩性、耐磨性、耐寒性和表面强度都非常优异；焚烧时仅产生CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，是优秀的绿色环保包装材料。但是环境温度比较高时，其阻隔性能急剧变差，故不宜单独使用，多用在多层共挤薄膜生产中，如EVOH五层共挤薄膜等，但是设备大多依赖进口，成本较高<sup>[6,7]</sup>。

聚乙烯醇(PVA)分子结构中含有大量的羟基，具有吸湿性能，随着湿度增加其阻隔气体功能下降，需进行涂布或大量增塑后才能加工成型，故在涂布工艺中使用往往是已经过疏水改性的改性PVA涂布膜，在美国和日本已经大量应用，而我国最近几年开始蓬勃发展。

## 1 改性PVA涂布膜的现状

### 1.1 改性PVA涂布膜的技术原理

聚乙烯醇是一种强亲水性羟基聚合物，加入不溶化剂后可以使其失去水溶性，提高聚乙烯醇和涂层的耐水性，本质是把PVA分子中的羟基掩蔽起来，或者使羟基与其它物质结合生成难溶于水的物质，接上耐水性基团或形成交联结构。常使用的是水溶性胺-甲醛缩合物，如二甲基脲、三甲基三聚氰胺；金属化合物如重镉酸盐、硝酸铬等。大部分不溶剂对人体和环境有一定危害，开发新的改性剂一直是研究热点。

改性PVA涂布膜须具有以下特点：不需要上底胶，附着力好，生产工艺简单；阻隔气体和阻隔水蒸汽功能较佳；具有良好的印刷性能，同时涂层不发黄、不变色、透明度好；涂布后仍可以与多种薄膜干式复合，满足不同客户的需求。

### 1.2 改性PVA涂布膜的研究

自20世纪80年代以来，国内各研究机构对聚乙烯醇涂布进行了各种研究，改性方法包括应用普通聚乙烯醇溶液、交联改性聚乙烯醇溶液、纳米改性交联聚乙烯醇溶液进行涂布，主要解决了聚乙烯醇溶液粘度高、易结块致使涂布不便以及聚乙烯醇耐湿性差、高温条件下阻隔氧气透过性差的问题。涂布工艺也由初期的逆辊涂布，发展到网纹辊涂布，涂布线速度由

初期的20m/min提高到150m/min以上，部分已经在企业中得到产业化推广。

### 1.3 改性PVA涂布膜的生产和应用

在日本，东七口(株)开发的环境适应性强的非氯系气体阻隔性薄膜[A-OPBH]上市已经经过了十年，[A-OPBH]薄膜是将氧气阻隔性优良的聚乙烯醇树脂(PVA)涂布到水蒸气阻隔性优良的OPP薄膜上得到的薄膜，可以防止其所包装的内容物的氧化劣化以及由于湿气导致的内容物口感的下降，已开发的A-OP薄膜有一般阻隔、中度阻隔和高度阻隔等系列产品，填充适当的活性水值的内容物，置换氮气后密封，35℃条件下保存数月，对袋内的氧的浓度和内容物的酸败情况进行评价，都得到了良好的结果。<sup>[8]</sup>

我国的中国航天科工集团8511研究(南京)与南京红宝丽(集团)股份有限公司合作经过3代耐水PVA改性后，自主研发出专利产品耐水改性聚乙烯醇(PVA)高阻隔膜(专利号：ZL 95 112745.4)，该专利技术采用密胺树脂等化学改性剂封闭了聚乙烯醇亲水性的羟基；改性后的PVA经耐水性测试，无气泡、起皱和脱落现象，具有很好的耐水性；同时，该产品还具有优良的阻氧性能、耐油性和较好的撕裂强度，经过涂布后的PE、CPP等具有热封性的基材可以作为高阻隔性的包装材料直接使用，而且涂层具有良好的印刷、复合适应性，可以满足各种不同材料结构的复合要求，如高档食品包装、化工品包装和军品的战储包装<sup>[9-12]</sup>。

由河北百瑞尔包装材料有限公司生产的多种PVA高阻隔水性涂布液已推向市场。在表面张力合格的薄膜上(如PET、BOPP、CPP、PE、NY等薄膜)涂布仅为0.6g/m<sup>2</sup>~0.8g/m<sup>2</sup>(干基)的2805型改性PVA涂布液后，该薄膜的透氧率小于5cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24h·0.1MPa)。若涂布1901型改性PVA涂布液0.7g/m<sup>2</sup>左右(干基)后，该薄膜的透氧率小于1cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24h·0.1MPa)，甚至小于0.5cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24h·0.1MPa)。该产品的阻氧性能已经明显胜过用EVOH作阻隔层的五层共挤薄膜和PVDC高阻隔涂布膜，接近于铝箔的阻氧性能。已大量应用于鲜奶包装的百利无菌黑白包装膜上：内蒙古伊利公司、石家庄三鹿集团、天津海河乳业、洛阳巨尔乳业、

北京三元乳业、天津中芬乳业等<sup>[13]</sup>。

合肥安默飞科技有限公司研发生产的高阻隔改性聚乙烯醇(PVA)涂布液对氧气等气体具有优良的阻隔性,阻隔性能优于其他有机阻隔材料(PVDC、EVOH、尼龙等)。该产品成功应用了高分子科学和纳米技术的最新研究成果,对聚乙烯醇(PVA)进行物理化学改性,使涂膜在具有优异的阻隔性能的同时,还有良好的附着力和耐水性,在含水或高湿的环境下不会发生溶胀、返粘等现象,所得涂层具有良好的印刷、复合适应性,可以满足薄膜材料的不同使用要求。广泛应用于食品、化妆品、电子元器件等产品的包装<sup>[14]</sup>。

河北沧州金龙塑料有限责任公司2009年8月研发的减薄型高阻隔薄膜获得国家发明专利证书(专利号:200810112423.7),此项发明将纳米层状硅酸盐改性PVA涂布于聚乙烯薄膜后经印刷、复合而成,阻氧率小于 $2\text{cm}^3(\text{m}\cdot 24\text{h}\cdot 0.1\text{MPa})$ ,把传统塑料薄膜包装的从过去的 $95\mu\text{m}$ 减薄至 $75\mu\text{m}$ ,其阻隔性能是传统塑料薄膜包装的1000倍,使牛奶的保质期从使用传统包装的30天提高至120天,大大提高了牛奶的货架时间和食品安全性。其阻隔性能不仅明显优于EVOH五层共挤包装膜,而且包装成本也大幅度下降。不仅能确保被包装物对无菌包装所有的质量要求,而且大幅度降低了食品加工企业无菌包装的成本,可用于包装饮料、果汁、牛奶、酱油醋等<sup>[15]</sup>。

中国最大的PVDC涂布膜供应商海南赛诺实业有限公司于2012年7月获国家财政部2012年度包装行业高新技术研发资金项目立项,无偿获得资助资金115万元用于<<印刷用改性聚乙烯醇涂布研制与产业化>><sup>[16]</sup>,进一步改进其已有的PVA涂布膜生产线,该条生产线生产的PVA涂布膜在同等条件下,阻氧性能是PVDC的50倍,可以替代PVDC用于普通食品包装领域,也可以应用在对环保要求较高的其它包装领域。

黄山永新股份有限公司谢文汇对PVA使用无毒的密胺树脂进行改性,在添加量不大的情况下可与PVA中的羟基适度交联,使其形成三维结构涂层,改善了PVA气密性和耐水性,在常温下不结皮,可实现常温配胶和涂布,涂布均匀度和膜面光滑性效果依次为:逆向吻涂>光棍涂布>网纹辊涂布<sup>[17]</sup>。

浙江益佰包装材料有限公司、哈尔滨上洋包装制品有限公司等企业也越来越关注改性PVA涂布膜的研发。哈尔滨上洋包装制品有限公司发明的PVA高阻隔水性涂布膜是在PE薄膜上涂布 $2\mu\text{m}$ 改性PVA涂布液后,薄膜的透氧率小于 $1\text{cm}^3(\text{m}^2\cdot 24\text{h}\cdot 0.1\text{MPa})$ ,具有加工性能佳、高透明、耐内容物、无毒、无污染、可降解等特点,可广泛用于各种液态奶包装<sup>[18]</sup>。

## 2 改性PVA涂布膜的发展前景和展望

2012年1月4日国家工业和信息化部发布《新材料产业“十二五”发展规划》中“重点开展材料的组份设计、模拟仿真、原料制备等基础研究,研发推广材料延寿、绿色制备、纳米改性、材料低成本和循环利用等共性技术”<sup>[19]</sup>,给可降解、环保无毒无害的绿色包装材料的发展打入一针强有力的促进剂,给改性PVA涂布膜的推广创造了前所未有的优良政策环境,可以说,哪个企业优先掌握了核心技术即是抢占了市场的制高点。

当前的改性PVA涂布膜经过了耐水改性研究和纳米改性研究两个阶段<sup>[20]</sup>,国内的主推产品也是以上两类改性研究的应用成果。改性PVA涂布膜的优点为阻隔性能好、贮藏期长,抗撕强度及耐穿刺性能好、透明度好、环保,不影响与其他材料复合。性能方面附着力好。热封温度低、抗油污热封性能好。市售品种有BOPP/改性PVA/PE、BOPA/改性PVA/PE、改性PVA/PE、PET/改性PVA/PE、改性PVA/CPP、BOPA/改性PVA/CPP、PET/改性PVA/CPP等特殊要求的高阻隔薄膜和铝箔蒸煮膜,价格在15000-25000元/吨不等。

改性PVA涂布膜的缺点是不耐100度以上的蒸煮,在PVA羟基结构上引入可耐水且耐高温的基团可望解决这一难题,如可使用有机硅结构形成交联体系等。

随着纳米技术在涂料领域有着越来越深入的研究和应用,也可通过添加纳米无机硅酸盐、纳米二氧化硅、纳米碳酸钙、纳米层状硅酸盐或其他功能助剂对PVA涂布液的耐水性进行改善。

功能性薄膜的研发越来越普遍,改性PVA涂布

膜如能扩大和各种基膜的复合能力,增加其抗菌性、抗静电等功能效果,其市场必将是另一番天地。

### 3 结语

社会的不断发展和进步促使人们对安全、环保、可降解、循环使用的新型材料提出了更多要求和期望,应运而生的改性 PVA 涂布膜的技术的发展将不会停止,蒸蒸日上的塑料加工产业呼唤一代又一代新产品的诞生,可以预计在不久的将来,伴随着改性 PVA 涂布膜的技术日臻成熟,其在塑料包装市场产品的结构档次、经济效益的占有比重会越来越来大。

参考文献:

- [1] 侯文顺,陈炳和,石卫兵. 高分子物理 [M]. 北京:化学工业出版社,366-370.
- [2] 唐龙祥,王安锋,刘春华等. 高阻隔 PVA 涂布液的制备及性能 [J]. 现代塑料加工应用,2011,23(6):18-20.
- [3] 胡焱清,李子繁,孙红旗. 绿色高阻隔包装材料-耐水性改性聚乙烯醇涂布膜 [J]. 塑料包装,2010,20(2):22-23.
- [4] 钱曙. 聚乙烯醇(PVA)高阻隔材料在中国 [J]. 中国包装工业,2009(6):74-76.
- [5] 黄永水. 改性 PVA 薄膜的应用 [J]. 出口商品包装,40-42.
- [6] 钱曙. 我国自主创新的新型阻隔材料-聚乙烯醇(PVA)复合薄膜的特性与应用 [J]. 包装与设备,2007,37-43.
- [7] 黄宏存. 改性 PVOH: 高阻隔环保性涂布膜 [J]. 食品安全导刊,2010,66-67.
- [8] 陈昌杰译. PVA 涂布型气体阻隔性薄膜的特性 [J]. 塑料包装,2010,20(4):54-55.
- [9] 胡焱清,李子繁,孙红旗. 耐水改性聚乙烯醇涂布膜的研究进展及发展前景 [J]. 包装工程,2010,31(1):108-110.
- [10] 庞志鹏,耿建荣. 聚乙烯醇改性及改性聚乙烯醇涂布复合工艺研究 [J]. 包装工程,2001,22(4):20-23.
- [11] 庞志鹏. 改性聚乙烯醇涂布复合工艺研究 [J]. 化工新型材料,27(8):33-34.
- [12] 孙红旗,李子繁. 高阻隔包装结构:用耐水改性 PVA 高阻隔涂布膜替代 PVDC [J]. 广东包装,2011,7(100):21-22.
- [13] 钱曙. PVA 高阻隔水性涂布液在奶膜上的应用 [J]. 中国包装工业,2006,8:74-75.
- [14] 耐水改性 PVA 涂布液、涂布膜推广. <http://www.qjy168.com/trade/5478715.htm>.
- [15] PVA 涂布高阻隔薄膜. <http://baike.so.com/doc/3215320.html>.
- [16] 关于 2012 年度包装行业高新技术研发资金项目立项的通知财企 [2012]192 号. [http://qys.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/gongzuotongzhi/201207/t20120727\\_669843.html](http://qys.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/gongzuotongzhi/201207/t20120727_669843.html).
- [17] 谢文汇. 环保型改性聚乙烯醇涂布材料 [J]. 广东包装,2013,5(111):34-36.
- [18] 孙寄评,李强,杨季平等. PVA 高阻隔水性涂布膜. 中国, CN 101659333 A [P],2010-03-03.
- [19] 《新材料产业“十二五”发展规划》发布. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11293907/n11368223/14470388.html>.
- [20] 向贤伟,赵文迪. PVA 涂布液的改性研究 [J]. 包装学报,2011,3(4):33-37.

# 后疫情时代智能包装发展的现存问题 及对策研究

■ 文/高艳飞<sup>1</sup>, 张文波<sup>2</sup>, 孙惠芳<sup>1</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院; 2. 中山市中荣印刷集团股份有限公司)

**摘要:** 后疫情时代, 社会、政治、经济、文化等各个方面都发生了深刻的变化, 包装行业亦不例外。从后疫情时代与智能包装的关联内涵出发, 分析了当前智能包装的现存问题: 生产成本过高, 专业人才匮乏, 功能与智能独立, 交互性环节薄弱。最后分别从“四新”(新材料、新技术、新结构、新工艺)降低生产成本, 强化专业人才培养, 功能化+智能化深度融合, 信息技术(互联网+, 物联网, 大数据、云计算、人工智能等)增强交互性等方面提出了有效对策, 并对智能包装的未来发展方向进行了展望。

**关键词:** 后疫情时代; 智能包装; 信息技术; 交互性

新冠肺炎疫情的大爆发, 给全球的政治、经济、文化、生活等方面造成了前所未有的暴击。经历了“谈疫色变”的洗礼后, 健康和安全再次成为人们内心的迫切需求。作为产品交易中必不可少的重要环节, 包装重新引起了人们的高度重视。人们对包装的需求已经从最初的防护产品和促进销售逐渐转变为信息追踪、自动识别、抗菌防疫等更高的要求。这些新的需求, 正是智能包装所具备的独特优点。智能包装技术, 最早源于19世纪80年代的防儿童开启包装(Child resistant packaging), 通过特定的结构设计, 可以有效防止儿童误食药品的风险。关于智能包装的定义, 直到1992年全球第一次智能包装学术会议才给出较为明确的说法, 具体为“利用新材料和新技术通过一定的结构设计使包装具备一系列的智能功能(探测、传感、识别、记录、追踪、交互、反馈等), 方便消费者及时准确地掌握产品的相关信息(生产、储运、包装、使用方法、注意事项)的完整包装系统”。由定义不难看出, 智能包装不

同于传统包装, 它增加了智能功能, 使包装具备了更多和更新的功能, 可以最大限度地满足消费者的需求, 成为未来包装行业的发展方向。

《中国包装工业发展规划(2016—2020年)》对智能包装也提出了新要求, 强调要以智能包装为两化深度融合的主攻方向, 推进生产过程的智能化水平。为积极响应国家政策, 结合当前国际国内形势, 从后疫情时代与智能包装的关联内涵出发, 详细分析了当前智能包装的现存问题, 并提供了相应的对策建议, 以为智能包装的发展提供一定的理论参考。

## 一、后疫情时代与智能包装的关联内涵

后疫情时代, 是指以疫情被基本控制为起点, 社会、政治、经济、文化等各个方面相比疫情爆发前发生了深刻变化的历史发展时期。这个时代的特征是, 疫情并未彻底结束, 人们的防护意识普遍增强, 各行各业重新谋划各自的发展方向以适应时代的要求。由于后疫情时代少聚集的特点, 快递和外卖行业出现迅猛发展势头。据不完全统计, 中国外卖市场规模现已超过6 500亿元, 覆盖了4.6亿消费者, 预计2020年线上餐饮在整个餐饮行业中的占比将超过20%。同时, 2020

**基金项目:** 2016年广东省高等职业教育专业领军人才培养项目; 中山火炬职业技术学院2020年产学研专项课题项目—“基于NFC技术的智能包装防伪技术设计与应用研究”(202006CXYYB21); 2020年度广东省普通高校青年创新人才项目—“基于区块链技术和NFC技术的商品防伪溯源系统研究”(2020KQNCX226)。

年1-8月，全国快递服务企业业务量累计完成480.5亿件，同比增长25.4%；业务收入累计完成5 274.5亿元，同比增长14.1%。快递和外卖行业的快速发展，必然会促进对包装的大量需求，从而带动包装工业的蓬勃发展。智能包装除了反馈常见的产地、商标、保质期等信息，还需要能够记录其流通途径，追踪到所有接触者，自动识别新鲜度、智能检测出包装上的细菌种类及含量等多重功能，使消费者可以清楚地了解产品和包装的实时动态，获得健康安心的服务体验。从这一角度来讲，后疫情时代为智能包装的发展提供了时代背景，智能包装的发展为后疫情时代提供了技术支撑和服务，是包装产业在后疫情时代发展的必然产物。基于此，后疫情时代与智能包装的关联内涵是前者是后者发展的加速器，加速了用于智能包装的新技术、新材料和新工艺的研发和设计，而后者是包装产业在应对前者的历史变革中的有效措施，促进了包装工业的健康良性发展。

## 二、智能包装的现存问题

### （一）生产成本过高

典型的酶促型时间温度指示剂（TTI）如Vitsab®公司的 CheckPoint™智能标签，如图1所示。由于酶对温度的变化特别敏感，当温度超过酶反应的临界值，底物就会与酶发生酶促水解反应，致使体系的pH值降低，指示标签圆形区域的颜色逐渐从绿色变成红色。RFID标签是由RFID天线、温度传感器、气体传感器、读取器及服务器组成的智能标签，如图2所示。当RFID标签被贴在商品外包装上，用户或厂商就可以借助智能手机或感应设备对商品的所有信息进行查询和溯源，实现了信息的全反馈。

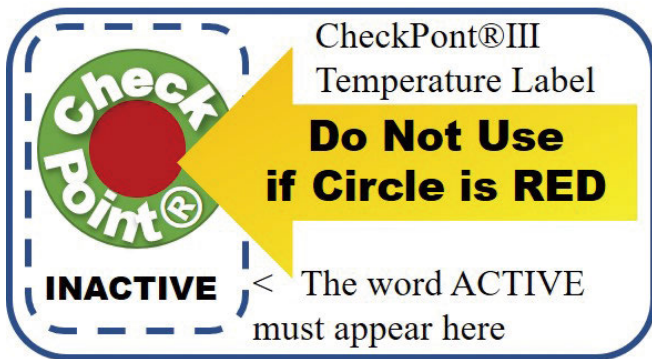


图1 酶促型时间温度指示剂



图2 RFID智能标签

由于需要用到发光或变色材料、反应酶、RFID、NFC、芯片及智能传感等器材，致使智能包装的成本一直较高。据市场调研结果显示，时间温度指示剂（TTI）的最低售价约为0.5元/个，而RFID标签的最低成本约为0.2元/个。这相比于普通的薄膜类包装材料，成本贵了近几十倍。由于成本的居高不下，给包装的使用厂商造成了巨大的经济压力，这也严重制约了智能包装的实际应用和推广。

### （二）专业人才匮乏

智能包装涉及了计算机、光学、化学、电学、生物、材料、印刷及包装等多个学科，是众多学科交叉融合的产物。显然，当前的高校培养模式无法培养出具备这样能力的人才。另外，由于基础研究薄弱，当前对于智能包装的研究技术仅停留于感知和记录信息阶段，要想智能地去交互和反馈，还需要很多专业的技术。而对口的专业人才特别匮乏，特别是高性能材料和智能芯片开发领域的人才更是寥寥无几。

### （三）功能与智能独立

由于包装种类的多样性，功能性包装已经发展的相对成熟，如气调包装、阻隔性包装、抗菌包装、自加热/制冷包装等，很多都已经实现了工业化生产，并广泛应用于果蔬、食品和药品的包装。但是这些功能性包装尚不属于智能包装范畴，因为缺乏有效的自感知、自识别、自处理等能力。尤其是在后疫情时代，抗菌包装成为人们青睐的对象，人们迫切希望通过包装材料的抑菌性能，有效消灭病菌，达到保护健康的目的。但是当前的抗菌包装无法自动检测出细菌和病毒的种类及含量，也无法可视化的告诉消费者其具体的细菌含量及指标。同时，市售的自加热食品包装，如图3所示。尽管号称自加热，仍然需要使用者将包装打开，然后按照要求将

水分别加入到米饭和加热包中并加盖，才能完成食物的烹饪。这些功能包装与智能包装完全脱节，无法发挥智能包装的显著优势。



图3 市售的自加热包装及其内包装物

#### （四）交互性环节薄弱

智能包装的显著特点就是可以与人进行交互和反馈，但是目前的技术主要局限于连接互联网，查询相关信息，尚无法实现信息的交互和及时反馈。尤其是对于最新的AR、VR及3D打印等新技术，交互性方面存在内容单调、成本较高、效果不理想等问题，不仅挫伤了包装使用商的兴趣，也无法给消费者良好的使用体验。另外，当前的交互体验大都依赖于智能手机，这对于未使用智能手机的老人或小孩，也无法实现其智能交互的功能。

### 三、智能包装的发展有效对策

#### （一）“四新”（新材料、新技术、新结构、新工艺）降低成本

智能包装是材料、技术、结构和工艺集成的产物。当前之所以成本较高，主要原因在于材料的价格较高，如用于TTI的温控材料和变色染料，用于RFID的导电油墨及用于NFC的微型芯片和传感器等材料，其自身成本普遍较高。同时，当前用于智能包装的技术水平较为低下，基本上只处于初级阶段，无法实现包装的轻量化和简易化，致使智能包装用材量较多，成本降低有限。通过结构的智能设计可以实现包装的防护安全性。图4是一款防儿童误食的药品智能包装，药盒的两侧有两个内嵌式的按压按钮，锁紧时左右按钮是按不动的，当解锁后，需要同时按住左右两个内嵌式按钮，这样药盒的盖子才会打开，有效地防止了儿童误食药品的风险。

另外，由于智能包装是一种全新的包装技术，行业



图4 防儿童误食的智能药品包装

尚缺乏成熟配套的工艺生产线，无法最大限度地提升生产效率，成本自然也会居高不下。因此，要大力发展智能包装，必须从新材料、新技术、新结构和新工艺等方面入手，以性价比更高的新材料为基础，采用高效简单的新技术，设计出符合智能包装需求的新结构，并配套适合智能包装生产的新工艺，必然会从根本上降低成本，赢得广泛的市场竞争力。

#### （二）强化专业人才培养

人才是强业之本，行业的发展离不开优秀人才的贡献。针对智能包装人才匮乏的现状，高校应该发挥人才培养主阵地的重要作用。各大开设包装专业的院校应该加大合作力度，增设智能包装专业或方向，并组织行业内的专家进行研讨，制定智能包装人才培养方案。以人才培养方案为基础，大力引进人工智能、光电理化、计算机、生物传感等领域的高端人才为教师，加强师资队伍的建设，为培养合格的智能包装人才打好基础。同时，部分已经开始智能包装生产的企业，也应该选派优秀的员工去高校进修学习，进一步加强理论与实践相结合，促使他们成为既懂理论、又会实践的专业技能人才，着重培养为智能包装领域的“大国工匠”。

#### （三）功能化+智能化深度融合

智能包装是为了智能地实现产品的包装及其附属功能，其最终目的也是为了更好地服务产品的功能。因而，智能包装是功能包装的衍生和发展。在功能包装的基础上，开发具有智能效应的功能包装，将具有更加深远的意义。后疫情时代，人们对抗菌/病毒包装的需求达到了极点。但是当前的抗菌/病毒包装仅仅是将抗菌/病

毒的元素或填料加入到包装材料中实现抗菌/病毒作用，无法直观地告诉消费者该包装物对细菌/病毒的杀灭情况，也无法实时地检测细菌/病毒的含量。图5是一款将智能技术和抗菌包装深度融合的包装设计，利用智能传感器可以有效地监测包装物表面的细菌含量，并通过智能显示屏动态地展现出来，真正让消费者买的放心、用的安心。



图5 可以显示包装物细菌含量的智能包装

#### （四）信息技术（互联网+，物联网，大数据、云计算、人工智能等）增强交互性

智能包装相对于传统包装的显著附加值就是其具有丰富新颖的交互性。人们只需要通过智能手机扫描二维码或NFC码，就可以清楚地掌握商品的各类信息，包括生产日期、流通途径、保质期、产品品质变化等各类信息。尤其是随着3D打印技术、VR技术及AR技术的运用，智能包装的交互性体验上升了一个新的台阶。图6是华为的力博得智能牙刷的智能包装，通过智能手机扫描牙刷包装的二维码，即可下载智慧生活APP，然后就可以清楚地查询自己的刷牙情况，包括刷牙得分、刷牙模式、刷牙时长、刷牙起始区、刷牙记录等，更好地帮助人们养成爱护牙齿的好习惯。



图6 基于APP的智能牙刷包装

据报道，2020年两会期间，智能包装就被引入到了专家的饮用矿泉水包装上，专家只需要扫描二维码，就能显示专家的姓名及具体信息，实现了一对一的DIY个性化定制需求。再如，深圳裕同设计了一款中秋月饼包装，当亲朋好友收到月饼后，使用手机扫描月饼包装上的二维码，就可以听到寄送者的内心独白，感人而富有创意，赢得了广大消费者的喜爱。但是，总体看来，目前智能包装在交互性方面还很薄弱，内容尚显单调，形式也很单一。今后要加大信息技术，如互联网+，物联网，大数据、云计算、人工智能等的应用，最大程度地增强用户的体验舒适感，让消费者在享受智能包装便捷的同时，感受不一样的乐趣。

#### 结语及展望

纵观当前国际疫情形势，国外依旧很严峻，国内也时有无感染者报道，后疫情时代或将持续很长一段时间。作为后疫情时代的典型代表，智能包装必将迎来全新的发展机遇期。尤其是能够智能检测和显示细菌/病毒含量的智能抗菌包装，有望成为智能包装的攻克难点和热点。同时，也必须清楚认识到智能包装的成本高、人才少、智能和功能独立、交互性效果差等问题依然存在，要努力向低廉化、强人才、深融合、促交互等方向发展。

#### 参考文献

- [1] 赵冬菁,仲晨,朱丽,等. 智能包装的发展现状、发展趋势及应用前景[J].包装工程, 2020, 41(13):72-81.
- [2] 刘文亮. 后疫情时代的包装趋势及市场需求[J]. 广东印刷, 2020(04):34-36.
- [3] 沈弘妮. 后疫情时代, 智能包装为品牌升级开“天眼”[J]. 标签技术, 2020(03):10-12.
- [4] 李才昌. 智能包装存在的问题和对策[J]. 绿色包装, 2018(04):47-50.
- [5] 瞿茹芸. 乡村振兴背景下农产品包装的智能化[J]. 上海包装, 2020(08):19-22.
- [6] 李宇晴, 孙彬青, 严宇, 等. 智能化药品包装研究与设计[J]. 上海包装, 2020(08):53-55.

DOI: 10.19362/j.cnki.cn10-1400/tb.2022.03.002

# 基于单因素法的纸箱脱封分析及优化研究

高艳飞, 吴霖华, 张毅, 蒋耀东  
(中山火炬职业技术学院, 广东 中山 528436)

**摘要:** 为了解决用于某机电产品包装的瓦楞纸箱易爆开现象, 提出了单因素法, 对封箱脱开原因进行了封箱胶机、封箱带、纸箱尺寸等关键因素的逐步计算与理论分析, 并且结合国家纸箱标准测试了其初粘性和持粘性。结果表明, 纸箱尺寸因素是导致纸箱包装易脱封的主要原因。基于最优纸箱结构设计原则, 对纸箱厚度和尺寸进行了重新设计, 优化方案经过测试可实现标准条件下不脱封, 为纸箱的优化设计提供了新的实践指导。

**关键词:** 纸箱; 脱封; 结构设计; 内尺寸

**中图分类号:** TB48    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1400 (2022) 03-0021-05

## Carton Unsealing Analysis and Optimization Study Based on Single Factor Method

GAO Yan-fei, WU Lin-hua, ZHANG Yi, JIANG Yao-dong  
(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**Abstract:** To solve the easy unsealing of corrugated cartons for packaging of an electromechanical product, a single factor method was proposed to carry out the step-by-step calculation and theoretical analysis of the key factors for the unsealing of cartons, such as tape sealing machine, sealing tape and carton dimensions; besides, the initial adhesion and lasting adhesion of tape were tested in combination with national carton standards. The results showed that carton dimensions are the main cause of the easy unsealing of cartons. The thickness and dimensions of cartons were re-designed by the principle of the optimal structural design of cartons. The test showed that the optimized scheme ensures that cartons will not get unsealed under standard conditions and provides new practical guidance for the optimal design of cartons.

**Key words:** carton; unsealing; structural design; inside dimension

包装作为服务型制造业, 其应用领域涵盖产品、物流等环节。包装的主要功能是保护产品、方便流通。作为机电产品的包装结构设计, 其设计原则首先是防

护性, 即包装设计需对机电产品起保护作用, 包括封箱是否合格, 运输过程中是否保护产品不损坏等。其次是便捷性, 经过包装的机电产品搬运、装卸是否方便,

收稿日期: 2021-12-01

基金项目: 中山火炬职业技术学院校级质量工程项目 2019 年校级教学研究与实践项目(新专业标准背景下产教融合的《包装结构设计》课程开发)

作者简介: 高艳飞 (1981—), 女 (汉族), 籍贯山西省长治市, 本科, 教授, 研究方向: 包装策划与设计, E-mail: littlefei\_0@163.com。



a) 产品包装方式

b) 纸箱封箱带爆开细节图

c) 产品堆码现场封箱带爆开图

图 1 某机电产品包装现状图

即包装是否有合适的提手位、大件产品是否将托盘设计纳入包装设计模块等。

在机电产品流通过程中，包装作为其一部分，主要出现的问题可能有包装结构不合理导致纸箱压溃、解体、变形等物理变化，均会导致内装物受到损坏。纸箱脱封也是现象之一，但是目前国内并无相关文章研究此现象，主要是企业通过经验判断脱封原因并且加以改进。

单因素实验是只对一个因素进行实验，而将其他因素都固定。此实验方法主要用于各因素之间无影响关系的背景下，在实验过程中，每次针对一个因素进行实验。

单因素法在该案例中需要分析的因素主要有以下部分：封箱机、封箱胶带粘合强度、纸箱物料原因。此三项因素相互之间影响性几乎可以忽略。

## 1 项目背景

现有一批机电产品，包装方式为 PE 袋 + EPE 缓冲结构 + 瓦楞纸箱。该产品在包装两天后，高频率出现封箱带脱开的情况，如图 1 所示。

## 2 实验和材料

对于制造业而言，任何生产物料使用前，都必须依循流程操作。首先要有图纸和明确的信息对物料进行定义，然后是样品试用，再到每批物料入库前的抽检。而封箱胶带属于辅助材料，并没有完善的检验制度。所以，首先对设备和胶带进行调查。

## 2.1 封箱机因素分析

封箱机工作原理：(装箱) 输箱—夹抱—盖板折弯—压箱—封箱。即产品经过自动化、半自动化、人工装箱后，通过输送带进入输箱环节，由两侧面的夹箱皮带夹住纸箱并且向前输送，后短舌在纸箱进入封箱机托辊时，有一检测讯号（光电讯号）通知打舌气缸动作，由打舌架将其折弯<sup>[1]</sup>，随着前后两片短板陆续完成折弯，纸箱继续向前运动，左右两片长板经过导向杆自动向中间折弯动作，压箱机构压住纸箱顶部，封箱结构拉动胶带完成封箱动作。

对于自动包装机而言，与胶粘强度有关的主要是封箱机的压力值。设备压力值为机器校准后的固定值。通过调研该压力值无调整，该值在生产过程中属于正常。

## 2.2 封箱带粘合强度因素分析

检查胶带本身是否存在质量问题，通过初粘测试与持粘测试，结果如图 2。

参照 QB/T 2422 封箱用 BOPP 压敏胶粘带对胶带物理指标规定：

- 1) 初粘性要求  $\geq 13$  号钢球
- 2) 持粘性  $\leq 3\text{mm/h}$

对比测试报告数据，该胶带初粘性最大为 9 号球。持粘性平均位移为 0.48mm/h。

尽管初粘性不符合标准要求，但考虑本次问题多暴露在包装后两天，因此可以判定初粘强度并不是本次问题的主要原因，而持粘性符合标准要求。基于纸箱结构和材质并不具备其它特异性，属于市场流通性要求，所以胶带的持粘性也不存在不足，可以判定胶带本身并非本次问题的根本原因。



图2 封箱带粘合测试报告图

### 2.3 物料原因因素分析

检查物料发现纸箱高度不符合图纸要求, 而造成高度不足的原因是供应商与物料检验缺乏, 对内尺寸判断错误。

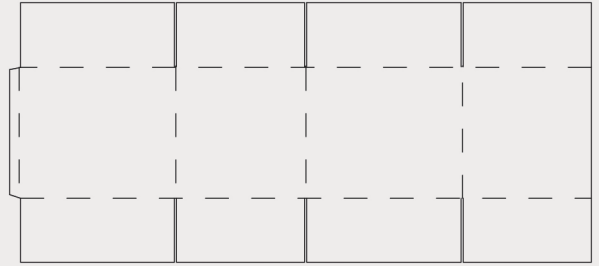


图3 本批次产品所用箱型

图3是一张标准的FEFCO 0201 纸箱图形。作为标准产品, 绝大部分客户端 (即纸箱的使用方) 为了简洁明了只会在图纸上用简图表明需要的箱型, 材质印刷要求和尺寸要求。

图4为问题纸箱图纸, 图纸本身信息相对详细, 明确印刷、材质、内尺寸要求。内尺寸为 485(±2.5) x435(±2.5) x265(±1.5)mm。

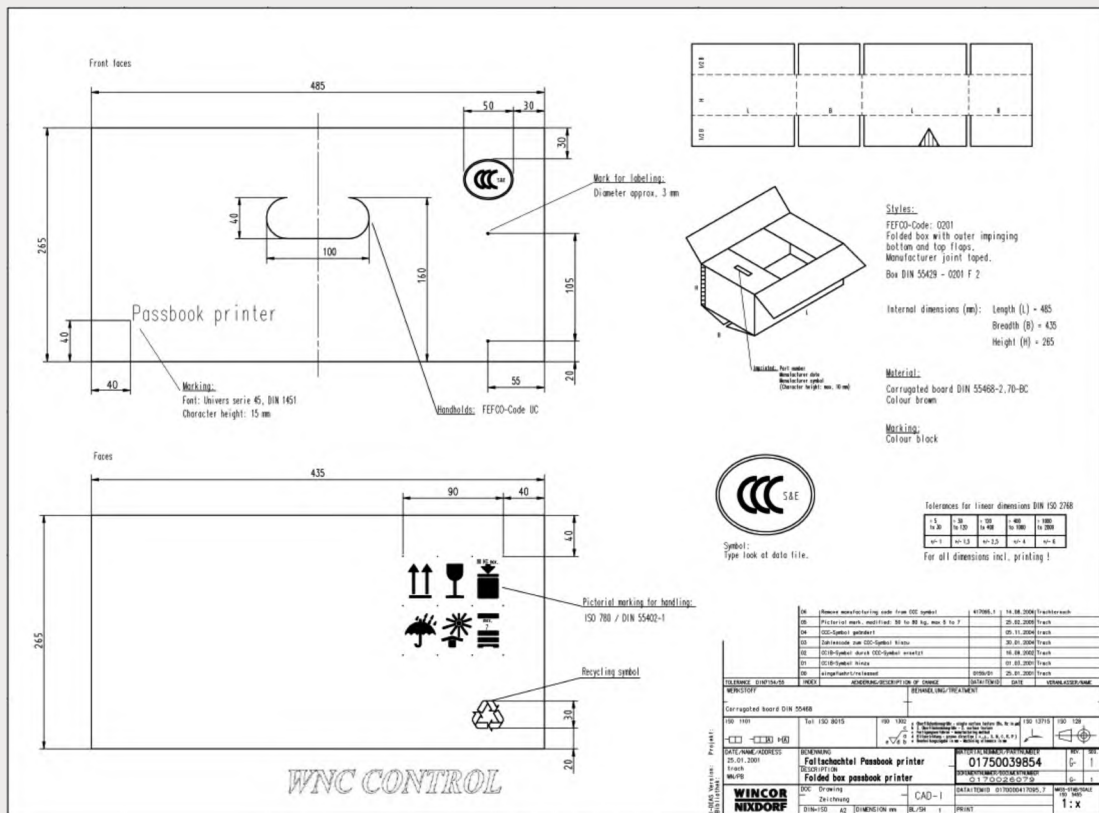


图4 本批次产品外箱设计图纸

事实上，很多人在检测纸箱内尺寸时都使用了错误的计算方法，如本案例中纸箱成型后测出的内尺寸高度为 264mm，符合图纸要求，如图 5 所示。



图 5 错误的测量方法及测量结果

### 3 纸箱内外尺寸设计优化和脱封测试分析

#### 3.1 正确的测量方法

正确的纸箱内尺寸应该是上下两面内摇盖间的距离。通过正确的检测方法，实际内尺寸高度只有 256mm，而内包装物高度有 260mm，如图 6 所示。

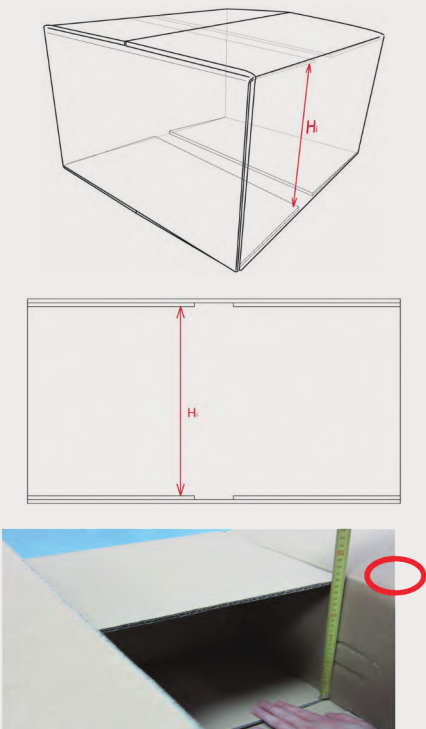


图 6 正确的测量方法及测量结果

测量的时候，长短边摇盖必须重叠再进行测量。这是因为在实际生产时很多工厂并不会特意使用高低压痕线的工艺进行设计纸箱刀版。



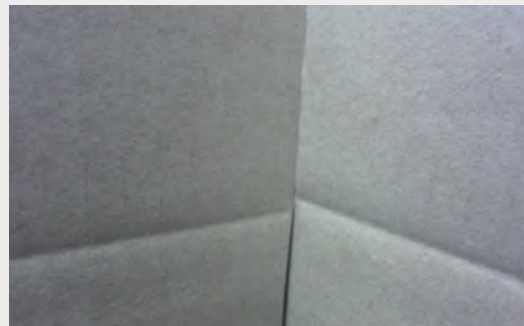
图 7 测量需注意细节

#### 3.2 高低压痕线对纸箱尺寸的影响

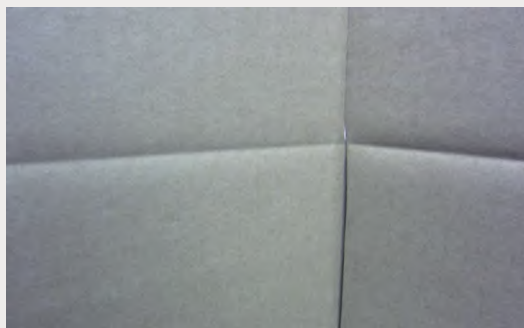
所谓高低压痕线，即为长摇盖的压痕线要高于短摇盖压痕线约一个纸板厚度  $t$ 。



图 8 高低压痕线高度差



a) 无高低压痕线工艺



b) 有高低压痕线工艺

图 9 有无高低压痕结构设计导致的纸箱成型后表现

对于内尺寸高度，如果不折长边摇盖进行测量，对于没有使用高低压痕线工艺的纸箱，根据折一次损失半个壁厚的理论，内尺寸高度在实际测量时，长边摇盖折与不折的实际测量尺寸约有半个壁厚即  $t/2$  的差异。

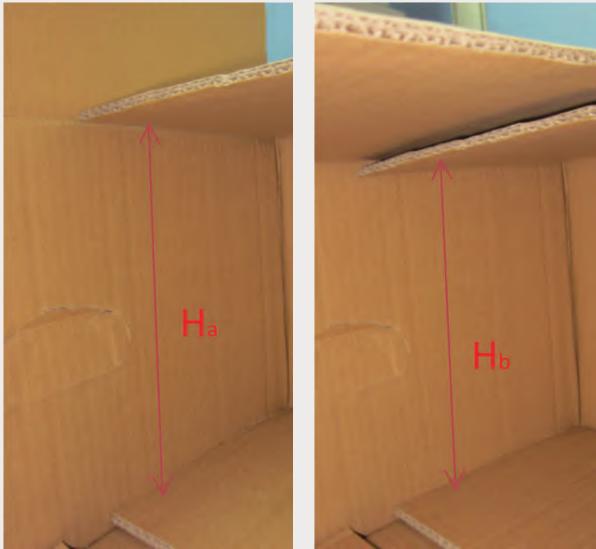


图 10 有高低压痕结构设计导致  $H_a$  与  $H_b$  之间存在约  $t/2$  的差异

## 4 包装结构设计理论

### 4.1 包装结构尺寸设计理论

纸包装设计过程中有制造尺寸、内尺寸、外尺寸三个尺寸。其中制造尺寸是指生产尺寸，即设计图纸上的标注尺寸，也即模切板尺寸，是生产制造的依据，该尺寸影响包装的内尺寸与外尺寸。内尺寸是指包装盒折叠成型后的容积尺寸，是包装与产品内装物是否配合的重要指标。外尺寸是纸包装折叠成型后的外部尺寸，是包装占用空间大小的重要数据，也是包装仓储运输堆码的计算依据。

制造尺寸、内尺寸、外尺寸之间的差别主要是纸厚的影响，在设计时有两种方式，一是根据产品内装物尺寸确定内尺寸，从而确定制造尺寸。二是根据集装箱、托盘、周转箱等尺寸确定外尺寸，从而确定制造尺寸，同时也务必满足内装物尺寸需求。

本案例产品包装项目，客户未提出仓储物流需求，

故首要考虑产品内装物尺寸，从而绘制结构图。

### 4.2 修改后的产品包装使用情况



图 11 符合图纸要求的纸箱使用一周后无异常现象

## 5 结论

本文主要针对机电产品瓦楞纸箱脱封现象，采用单因素法对封箱机、封箱胶带粘合强度、物料等纸箱制造与封合工艺因素进行了详细分析，确定了物料因素是导致所述机电产品纸箱包装脱封的主要原因。为此，基于内尺寸、外尺寸、制造尺寸等瓦楞纸箱厚度与尺寸设计原则，依据现有包装产品特性进行了瓦楞纸箱内外尺寸优化设计。测试结果表明，所提方案能够有效改善其脱封问题，为瓦楞纸箱封箱工艺提出了可推广的分析方案与优化策略。

参考文献：

- [1] 史旭东等. 自动化拆装箱流水线设计 [J]. 电子软件与软件工程, 2016, 5(4): 152-153

# 基于区块链技术的电子产品溯源方案设计

孙惠芳<sup>1</sup> 郭艳平<sup>1</sup> 伍敏君<sup>2\*</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院包装学院 广东省中山市 528437 2. 中山火炬职业技术学院光电信息学院 广东省中山市 528437)

**摘要:** 本文首先对区块链技术进行介绍, 然后总结了区块链溯源的特点和优势, 在对电子产品溯源流程分析的基础上, 对区块链溯源方案进行了设计, 通过系统可以快速查询供应链各环节产生的信息, 实现对各环节的追溯和管理。

**关键词:** 区块链; 溯源系统; 电子产品; 供应链

## 1 引言

商品追溯系统起源于 20 世纪 80 年代, 用于追溯携带疾病的牛肉, 随后, 欧美、日本等国家制定了制定相关法律法规、成立了相关监管机构, 国内追溯系统研究起步较晚, 2004 年中国农业部通过“进京蔬菜产品质量溯源制度试点项目”建立了第一个食品追溯系统的试验点<sup>[1]</sup>, 2015 年 12 月国务院办公厅发布《关于加快推进重要产品追溯体系建设的意见》, 各级相关行政部门响应追溯体系的建设, 相关标准和政策体系逐步形成, 企业联合相关行政主管部门构筑质量追溯体系, 社会公众对于这种追溯式产品的接受程度及其认可水平与接纳度逐渐增强, 商品追溯系统得到大大的发展。区块链技术是一种分布式的账本技术, 将其运用于商品溯源可以使其由传统的集中式向分布式发展, 保障追溯系统的公开、透明、安全、可靠。

## 2 区块链技术与区块链溯源

### 2.1 区块链技术

区块链技术被认为是最具潜力触发第五轮颠覆性革命浪潮的核心技术<sup>[2]</sup>, 是一种通过分布式数据库、加密算法、共识机制、智能合约等组成的分布式账本技术<sup>[3]</sup>。基于区块链公开透明、去中心化、数据不可篡改等特点, 受到越来越多的关注, 也从概念逐渐实体化, 从最开始的金融货币应用发展到各个领域应用。

**加密算法:** 加密算法是区块链的基石。区块链中采用了哈希算法和非对称加密技术来保障区块链技术的不可逆性和安全性<sup>[4]</sup>。哈希算法又称为安全散列算法, 被广泛应用于包括区块链技术在内的各种需要加密的技术中; 是将任意长度数据通过一定的规则映射成固定长度的哈希字符串的算法, 比较常见的有 SHA-1、SHA-2 和 SHA-3 系列、MD5 等<sup>[4]</sup>。非对称加密算法由椭圆曲线算法生成一对公私钥对, 公钥对外公开, 私钥保密且无法通过公钥推算得出, 只有对应的私钥才能解开公钥加密的数据, 反过来, 如果使用私钥对数据加密, 用公钥解密的话, 可以实现数字签名。利用公钥-私钥对、数字签名等非对称加密技术来实现区块链安全性。在实际应用中, 为了提高区块链的效率, 往往结合数字信封技术, 用对称加密算法对明文数据加密, 用非对称加密算法对对称密钥进行加密<sup>[5]</sup>。

**共识机制:** 共识机制是区块链的核心机制, 区块链的共识机制采用主流的工作证明机制 (POW)、权益证明机制 (POS)、委托权益证明 (DPOS)、实用拜占庭容错机制 (PBFT) 等来满足各个平台自身的共识系统。共识机制用于解决分布式系统的共识性问题, 最早出现在 1975 年<sup>[6]</sup>, 而区块链共识机制最早是中本聪在比特币中提出的工作证明机制, 是比特币系统去中心化共识算法的核心<sup>[7]</sup>。工作量证明机制瞄准的是算力, 权益证明机制是工作量证明机制的改

进机制, 相对工作量证明机制加入了节点权益, 这种共识机制在一定程度上解决了工作证明机制能耗大的问题, 提高了应用平台的效率, 但是没有从根本上解决工作证明机制的可监管性和性能较低等问题<sup>[5]</sup>。委托权益证明相当于现实生活中的选举机制, 节点参与者投票, 得票高的就拥有验证、记账权或者成为区块生产者, 从而免去了挖矿所带来的能耗及效率问题, 充分适应区块链应用的性能要求。实用拜占庭容错机制与区块链的共识机制相近而被推广, 它最多容忍少于网络中总节点的 33% 恶意错误节点, 容错性高且算法简单, 使得拜占庭容错算法在实际系统应用中可靠运行<sup>[8]</sup>。

**智能合约:** 智能合约实际上是一种计算机协议<sup>[9]</sup>, 它可以使得区块链应用平台能够根据拟定的合约规则, 自动且毫无条件地执行, 从而替换了在传统的商业行为中用于人工运算和操作来进行履约的不确定性, 大大提升了信息节点的交互和流通。智能合约有一定自主判断能力和自主执行能力, 因为以编程语言为载体, 无须依赖第三方或中心化机构, 无法人为干预, 所以具备很高的效率与准确且强有力的执行能力。随着区块链技术不断发展, 智能合约的执行环境能够方便建立应用平台可信体系, 所以目前市场上区块链系统几乎都能够支持智能合约技术。

### 2.2 区块链溯源

随着物质生活水平的不断提高, 电子产品更新迭代越来越频繁, 从而涌现出很多电子代工企业、小作坊等, 使得电子使用安全受到了一定的威胁, 例如三星手机的电池爆炸事故, 通常情况下就是企业推诿的说是消费者使用不当造成的事故问题, 让消费者哑巴吃黄连, 有苦说不清。所以现代人们对于安全的重视程度, 已经不再仅仅是物品的供给, 而是更加关注电子产品使用是否安全, 能够让人放心。由于传统的模式由生产到流通, 电子产品安全溯源问题非常困难被把握, 生产者与消费者之间的信赖机制也一直未能得到完善。从事电子产品生产的主要原料、零件、生产加工组装、供应, 以及在物流中的各个环节, 都会涉及许许多多的供应链条、经销商、软硬件公司等等。根本无法使电子产品的溯源得到充分的维护和保障。为了解决这一个世界性难题, 通过区块链自身的去中心化、不可逆地篡改、可追溯、开放性等特性, 使得电子产品从原材料生产、运输和物流销售的一系列过程都有据可查。相较于其他传统的溯源手段, 区块链溯源具备的优点, 大致可以总结成以下三个基本方面:

(1) 多方主体信任背书: 利用区块链的去中心化、不可逆、可追溯等特性作为产品的信任背书, 吸引更多的供应链参与方, 共同补充和维护商品数据, 提高系统可信度。

(2) 溯源有效追责: 区块链采用分布式账本技术, 以保证数据记录不可篡改, 使得商品信息和交易信息的透明、真实并且可追溯。消费者可以查看商品信息, 杜绝虚假伪劣的问题。企业可以有

● 基金项目: 广东省普通高校青年创新人才项目 (2020KQNCX226); 中山火炬职业技术学院 2020 年校级产学研专项课题 (202006CXYYB21)。

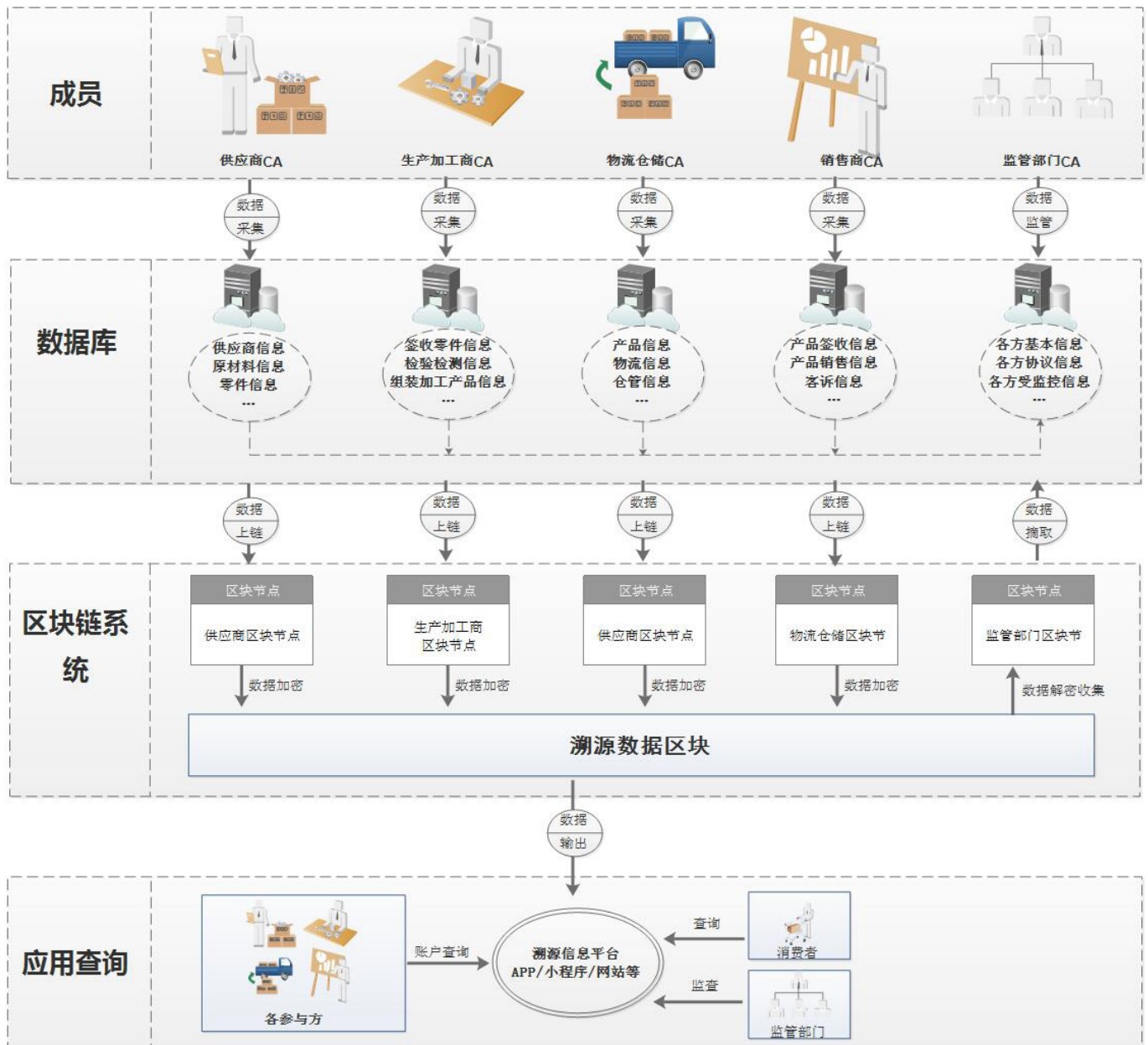


图 1: 区块链溯源系统架构图

效、快捷的追溯电子产品问题发生的原因和来源，快速地召回所有存在问题的产品，来达到减少财务上的损失目的。

(3) 打破各方信息孤岛：供应链参与方共同维护自己数据源，这些数据被打包存放一个个区块中后，可以实现信息公开。各方可通过系统查询流程信息，确保各参与者及时发现其运营环节存在问题，有助于提高整个供应链管理效率<sup>[10]</sup>。

### 3 电子产品溯源流程分析

电子产品的供应链环节主要有：生产、流水线加工、运输、销售等；从溯源的角度，电子产品的溯源流程主要有：材料供应、质量检测、包装、物流运输仓储、销售等，各溯源流程涉及的溯源信息具体如下：

原材料、零件供应：对原材料、零件的采购需要对应厂家出具合格证书、质检报告等，并录入相应的信息。

质量检测：有关机构对原材料、零件、成品、半成品的检测是

否满足使用要求、有害物质等各项指标是否在规定范围内。

包装：将检测合格电子成品的进行包装，里面附带使用说明书、保修卡、配件等。包装上采用二维码或 RFID 的形式，实现与溯源系统的连接，让消费者方便快捷查询。

物流运输仓储：第三方物流企业运输管理与配送服务，确保电子产品在运输过程的质量的稳定性，实时跟踪物流运输过程的天气气候变化对电子产品是否有不良影响的监测。

销售：销售人员对电子产品溯源信息应有所了解，对想了解的溯源问题消费者亲自操作示范，演示如何获得产品用于产品追踪、保质期管理、质量管理、售后服务等，从而提升消费者对产品的信赖。

溯源的流程通常为用二维码、条形码或 RFID 进行信息录入，赋予每个材料或产品专有数字身份信息，建立电子产品溯源信息数据库。在各环节中采集录入溯源信息，消费者利用二维码、条形码或 RFID 验证或查询溯源信息。

#### 4 区块链溯源方案设计

根据上述流程分析, 电子产品的溯源需要在上述供应链环节进行数据采集, 再将采集的数据上传到区块链数据库中, 经过一系列加密算法处理形成各个区块节点信息, 再通过共识机制、智能合约形成验证数据、认证节点。

在底层技术平台的选择上, 目前主流的平台有: 比特币 (Bitcoin)、以太坊 (Ethereum)、超级账本 (Hyperledger)、EOS、IPFS 等。以太坊 (Ethereum) 是一种以比特币为基础底层技术平台, 增加了账户、智能合约、虚拟机等概念。EOS 是一个商用分布式应用设计的区块链底层链操作系统, 具有无手续费和高性能的优点, 但技术尚未成熟。超级账本 (Hyperledger) 通过跨站点, 可复制、共享和同步数据的分布式账本技术来建立行业应用程序系统, 可以实现跨企业协作, 适用于供应链追溯。本系统采用超级账本搭建区块链系统, 系统架构见图 1。

供应链各参与方依据电子产品溯源技术要求, 制定对溯源系统的组织、实施、监控以及信息的采集、上报、核实及发布的工作的部署。

(1) 通过 MSP 为供应商、生产商、物流公司、销售公司、监督管理部门提供成员注册、身份验证等服务获得各自的 CA 认证, 分配好公钥 - 私钥对或者数字签字, 设置好各参与方的权限内容。

(2) 供应的零件、原材料或者成品、半成品等通过二维码、条形码或 RFID 等形式进行信息录入形成一个可识读的“标签”, 赋予每个材料或产品专有数字身份信息, 并将它们有序的串联起来, 建立电子产品溯源信息数据库。

(3) 供应商给生产厂家提供零件、原材料等, 同时上传采集好的信息资料, 包括对应厂家出具合格证书、质检报告等信息资料。

(4) 生产加工商对供应商提供的零件、原材料进行核对检查、测试, 确认无误后在区块链系统的智能合约中对供应商的背书节点进行数字签名、验证, 达成共识储存到系统中。

(5) 生产加工组装每个环节都需要相应的检测人员、各部门负责人员数字签字确认后才能进行下一道工序的组装、加工等。电子产品完成组装后进行最后调试、全面检测, 对不合格的产品打回重新排查问题, 同时也要上传到区块链系统形成相应节点全程监控, 避免滥竽充数流入到市场。

(6) 物流运输需对电子产品一一数量的清点、产品的溯源编号录入数据库, 清点完毕后, 运输人员在物流仓储数据库进行数字签字验证。录入目的地、途径地的等气候天气信息, 并对电子产品进行相应的保护措施, 同时通知仓储商具体的时间节点送达, 并做好相应的准备, 物流公司成熟的 GPS 定位系统的数据也实时更新上传到物流运输数据库中, 参与方能实时查询到货件的运输情况。仓储商收到产品后, 进行清点确认无误后, 在物流仓储数据库录入相应仓储信息并数字签名验证。

(7) 零售商首先要对以上流程进行查看核对, 再对比逐一签收相应的电子产品, 对有疑问的产品拒绝签收, 对签收的录入相应的信息到零售商数据库。

(8) 监管部门通常实行的是企业自行承诺制协议, 各参与企业都必须签订承诺协议, 在区块链系统中设定相应的智能合约、共识机制, 一旦上传的数据被篡改或不符合监督管理协议规定, 将会向监管部门发出相应信号。监管部门受到消费者、参与方或其他人员投诉、举报时, 执法人员会通过监查私钥进入系统查询追溯相应事件的全过程, 找出问题所在, 精准执法, 为受害者讨回公道。

(9) 区块链系统为整个溯源提供成员服务、处理各参与方的智能合约、共识机制管理、加密解密相应数据, 储存、查询、更新各参与方的分布式信息, 形成一个去中心化、不可篡改、可追溯、跨企业、信息共享的区块链溯源系统。

(10) 溯源信息平台应用查询, 各参与方可通过私钥进行相关信息的查询, 监管部门也可以通过特殊私钥对整个生产系统、溯源系统进行监督管理工作, 消费者通过相应 APP、小程序、网站等通道进行电子产品的查询、投诉、溯源等操作。

#### 5 结语

区块链技术具有数据不可篡改、去中心化、公开、透明、可追溯等特点, 将区块链技术用于商品溯源系统可以保证追溯数据不可篡改和提高系统可信度, 各参与方通过系统可以快速查询供应链各个环节产生的信息, 实现对各个环节的追溯和监管, 有效的保障了市场健康发展, 提高了整个供应链管理效率。

#### 参考文献

- [1] 张夏. 基于区块链与物联网标识的消费电子产品追溯系统研究 [D]. 重庆邮电大学, 2020.
- [2] 杨利恒, 王文兴. 关于促进区块链产业发展的思考 [J]. 信息化建设, 2018 (05): 34-37.
- [3] 李燕, 马海英, 王占君. 区块链关键技术的研究进展 [J]. 计算机工程与应用, 2019, 55 (20): 13-23+100.
- [4] 顾欣, 徐淑珍. 区块链技术的安全问题研究综述 [J]. 信息安全研究, 2018, 4 (11): 997-1001.
- [5] 张应平. 大话区块链 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2019. 25-27.
- [6] AKKOYUNLU E A, EKANADHAM K, HUBER R V. Some constraints and tradeoffs in the design of network communications [C]. In: Proceedings of the Fifth Symposium on Operating System Principles (SOSP' 75). ACM, 1975: 67-74. [DOI: 10.1145/800213.806523]
- [7] Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system [Online], available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 2009
- [8] 孙耀景. 基于实用拜占庭容错算法的区块链共识算法研究 [D]. 湘潭大学, 2020.
- [9] 欧阳丽炜, 王帅, 袁勇, 倪晓春, 王飞跃. 智能合约: 架构及进展 [J]. 自动化学报, 2019, 45 (03): 445-457.
- [10] 陈腾. 浅谈区块链防伪溯源 [J]. 互联网经济, 2018 (12): 26-31.
- [11] 石柳. 基于区块链的蔬菜质量安全溯源系统设计与实现 [D]. 仲恺农业工程学院, 2019.
- [12] 林诗意, 张磊, 刘德胜. 基于区块链智能合约的应用研究综述 [J]. 计算机应用研究, 2021, 38 (09): 2570-2581.

#### 作者简介

孙惠芳 (1989-), 女, 湖南省邵阳市人。硕士研究生, 讲师。研究方向为系统信息化与智能化、智能包装。

郭艳平 (1983-), 女, 河北省邢台市人。博士研究生, 副教授。研究方向为智能包装、自动化控制。

伍敏君 (1986-) (通讯作者), 女, 广东省中山市人。硕士研究生, 讲师。研究方向为无线传感器网络技术、计算机应用技术。

## 聚乙烯醇抗菌包装薄膜研究进展

张莉琼<sup>1</sup> 涂志刚<sup>2\*</sup> 周秋莹<sup>1</sup> 梁继锋<sup>1</sup> 刘建烽<sup>1</sup>

(1.中山火炬职业技术学院包装印刷系; 2.广东理工职业学院机电工程学院)

**摘要:** 在确保食品安全的前提下,为满足延长食品货架期的需求,近年来聚乙烯醇抗菌包装薄膜的开发成为研究热点,其技术关键点在于解决大部分抗菌剂分散难,与基材相容难的问题以及解决抗菌剂与其它助剂的配比可能对抗菌包装薄膜物理性能造成的不利影响。本文通过对聚乙烯醇抗菌包装薄膜的研究现状及发展前景分析,表明聚乙烯醇抗菌包装薄膜特有的生物降解性和抗菌性在未来包装薄膜领域中具备巨大的发展潜力和应用价值。

**关键词:** 聚乙烯醇 抗菌 薄膜

### Research progress of polyvinyl alcohol antibacterial packaging film

Zhang Liqiong<sup>1</sup> Tu Zhigang<sup>2\*</sup> Zhou Qiuying<sup>1</sup> Liang Jifeng<sup>1</sup> Liu Jianfeng<sup>1</sup>

(1.Institute of Packaging & Printing, Zhongshan tuorch polytechnic;

2.College of mechanical and electrical engineering, Guangdong Polytechnic Institute)

**Abstract:** In ensuring food security and extend the shelf life of food, under the action of poly (vinyl alcohol) in recent years the development of antimicrobial packaging film become research hot spot, the technical key point is to solve most of the antibacterial agent is difficult, and base material, the difficulty of compatibility, and the proportion of antibacterial agent and other additives may be on the physical properties of antibacterial packaging film caused adverse impact. In this paper, the research status and development prospect of Poly (vinyl alcohol) antibacterial packaging film were analyzed, and the special biodegradability and antibacterial property of Poly (vinyl alcohol)antibacterial packaging film had great development potential and application value in the field of future packaging film.

**Keywords:** Poly (vinyl alcohol) antibacterial film

### 前言

食品是容易腐败的各种成分的组合混成物,食品有一个安全性问题,相对的货架期较短,而微生物是影响食品货架期的重要因素之一。现有的食品包装已经出现了为改善包装材料的性能或赋予新功能,利用各种活性物质新材料制备成活性食品包装,即将抗菌剂等添加剂加入食品

包装材料中,以达到延长食品货架期的目的。抗菌包装膜是活性包装材料的一种,它主要是以大分子物质为载体,添加一定的抗菌剂而制成的薄膜。新的抗菌物和抗菌材料的研究开发与先进的包装技术相结合,赋予包装材料持久、长效的抗菌、杀菌性能。与普通包装相比,抗菌包装在确保食品安全以及延长食品货架期的作用更为突出,使被包装产品获得更好的保质、提质效果。

PVA, 全称为聚乙烯醇, 是由聚醋酸乙烯水解而得到的白色、粉末状树脂。我国自 20 世纪 60 年代研究生产以来, 目前产量居世界首位。聚乙烯醇薄膜具有优良的透明度和光泽性、良好的气体阻隔性、极佳的强韧性、耐撕裂性和耐磨性等优点, 并在一定条件下具有水溶性, 是一种可完全生物降解的材料, 降解率为 100%, 不会造成环境污染, 是近年来发展迅速的新型绿色包装材料之一<sup>[1-4]</sup>。使用聚乙烯醇作为基材, 添加不同的抗菌剂制备出聚乙烯醇抗菌包装薄膜, 使其具有较好的抑菌性能, 成为能够有效延长食品的保质期和货架期的抗菌包装, 可以满足消费者对食品安全、质量、新鲜程度和方便性的需求和食品生产商对延长货架期的需求<sup>[5]</sup>。

## 1. 聚乙烯醇抗菌包装薄膜的研究

### 1.1 聚乙烯醇抗菌包装薄膜的技术原理

聚乙烯醇是一种强亲水性羟基聚合物, 分子链为锯齿形直链型, 结构规整性, 结晶度高, 由于其分子结构中含有大量的羟基, 分子内或分子间均易形成较强的氢键, 熔融加工较难。目前 PVA 抗菌包装薄膜热塑加工常用甘油及其复配增塑剂, 但甘油的增塑效果随着含量的增加而逐渐减小, 而使用的复配增塑剂如乙二醇、二乙二醇等均含有毒有害物质。聚乙烯醇抗菌包装薄膜使用 PVA (聚乙烯醇) 树脂为成膜基材, 通过添加抗菌剂、复配无毒增塑剂后可制备出无毒的聚乙烯醇降解抗菌包装薄膜, 使得其光学性能、机械性能、热封性能、阻隔性能等包装物理性能稳定的同时具备抗菌特性。技术关键点在于解决大部分抗菌剂分散难, 与基材相容难的问题以及解决抗菌剂与其它助剂的配比可能对抗菌包装薄膜物理性能造成的不利影响。

### 1.2 聚乙烯醇抗菌包装薄膜使用的抗菌剂

目前国内外抗菌包装材料中所用的抗菌剂主要分为: 无机抗菌剂、有机抗菌剂、天然抗菌剂和其他抗菌剂。

众多研究者在聚乙烯醇包装薄膜中加入不同的抗菌剂以制备聚乙烯醇抗菌包装薄膜。

### 1.2.1 无机抗菌剂

魏占锋等<sup>[6]</sup>以聚乙烯醇 (PVA) 为成膜基材, 加入 Ag-DCNC 共混流延制备载银纳米纤维素/聚乙烯醇复合膜。当 Ag-DCN 体积分数为 3% 时, 复合膜的拉伸强度比纯 PVA 膜提高了 8.8%。Ag-DCNC 体积分数为 5% 的复合膜对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均具有较好的抑菌效果。

梁真真等<sup>[7]</sup>首先通过溶液共混浇铸成膜法制备了聚乙烯醇/纳米晶纤维素/氧化石墨烯 (PVA/CNC/GO) 复合膜, 随后将其浸泡在 AgNO<sub>3</sub> 的乙醇/水混合溶液中, 通过 PVA 还原 Ag<sup>+</sup> 制得了负载 Ag 的 PVA/CNC/GO 复合膜。结果表明: 所制备的载 Ag 复合膜对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均具有优异的抗菌活性, 同时具有良好的机械强度和耐水性。

### 1.2.2 有机抗菌剂

抗菌涂层包装是抗菌包装的一种类型, 其方法具有简单易行、抗菌效果显著、经济安全等特点。张茹<sup>[8]</sup>通过涂覆法制备的负载尼生素的壳聚糖/聚乙烯醇膜 (Nisin-CS/PVA) 可有效抑制金黄色葡萄球菌的生长, 制备的负载乳酸钠的壳聚糖/聚乙烯醇/蒙脱土膜 (SL-CS/PVA/MMT) 可有效地抑制大肠杆菌的生长。尅俪

孟令伟等<sup>[9]</sup>利用玉米淀粉、聚乙烯醇、甘油制备复合包装薄膜, 将不同质量浓度的纳他霉素溶液喷涂于薄膜表面, 可以提高薄膜的机械性能和透气性能, 并且抑菌性能也显著提升, 但其断裂伸长率和透湿性能无显著变化。

### 1.2.3 天然抗菌剂

杨芬玲等<sup>[10]</sup>采用溶液共混浇膜法制备了不同单宁含量的聚乙烯醇/单宁共混膜材料, 利用扫描电镜、广角 X-射线衍射及示差扫描量热分析对共混膜的结构进行了表征, 显示出单宁和聚乙烯醇具有良好的相容性, 聚乙烯醇的结晶能力及熔点均随单宁的加入量增大而稍降低。触法抗菌试验显示所制备的共混膜对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌都具有良好的抗菌能力, 且随着单宁含量的升高而增强。

王淑瑶等<sup>[11]</sup>使用流延涂布法制作出三种不

同质量比的壳聚糖/聚乙烯醇(CS/PVA)复合薄膜, 并采用扫描电镜分析手段对样品进行了微观形貌的表征, 同时研究了三种不同质量比的 CS 对 CS/PVA 复合薄膜的力学性能、透湿性、透氧性以及抗菌效果的影响。杨旭<sup>[12]</sup>以壳聚糖、聚乙烯醇、纳米二氧化钛和甘油等通过流延法制成膜, 具有较好的抗菌性、水溶性和力学性能, 且具有抗菌缓释性。张晓红<sup>[13]</sup>将卤胺改性壳聚糖(CTS-GH)与聚乙烯醇(PVA)进行物理混合制备不同比例的复合膜, 选择 CTS-GH/PVA=20/80 的复合膜经过氯化处理后, 测试抗菌性能显示可在接触 5 min 后杀死 98.92%金黄色葡萄球菌和 100%大肠杆菌, 经过 60 min 接触后可杀死 100%金黄色葡萄球菌。

孙淼<sup>[14]</sup>选用聚乙烯醇作为包装材料基材, 添加丁香精油/ $\beta$ -CD 包合物, 制备出抗菌性聚乙烯醇薄膜, 不同包合物添加量对薄膜基本力学性能、阻透性能以及抗菌性能的影响不同, 抗菌实验证明了聚乙烯醇薄膜本身并不具有抗菌性, 当添加不同量抗菌剂时, 霉菌的生长受到了不同程度的抑制。

邓靖<sup>[15]</sup>进一步研究发现 PVA 中添加 10%的包合物可制备抗菌性能和力学性能均较佳的活性包装膜, 且随着抗菌剂添加量的增加, 霉菌的生长范围越来越小, 对其生长的抑制程度加大, 当包合物的添加量超过 20%时, 有抑菌圈出现。李丁等<sup>[16]</sup>采用 $\beta$ -环糊精( $\beta$ -CD)包埋丁香精油制备抗菌微胶囊, 将其添加到 PLA/PVA 的共混膜溶液中制备成活性抗菌包装膜, 并研究了 PVA 溶液与 PLA 溶液的质量比、抗菌微胶囊的添加量及共混温度等因素对活性抗菌包装膜阻性能影响及其抗菌性能, 研究结果表明活性抗菌包装膜对大肠杆菌具有较好的抑制作用。

刘光发<sup>[17]</sup>以牛至精油为抑菌剂制备了抗菌聚乙烯醇薄膜, 牛至精油的主要化学成分是香芹酚, 可提升抗菌薄膜的断裂拉伸应变, 但降低了抗菌薄膜的拉伸强度; 随着牛至精油的添加, 抗菌薄膜的透光率降低, 雾度升高; 抗菌薄膜的抑菌活性随着牛至精油添加量的增加而逐渐增加。

张燕等<sup>[18, 19]</sup>将柠檬酸颗粒溶解到质量分数为 10%的 PVA 母液中, 通过流延法制备柠檬酸/PVA 抗菌薄膜, 可降低薄膜吸水性和溶解性, 抑菌实验表明, 薄膜对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌具有抗菌性。

张勇等<sup>[20]</sup>研究发现以聚乙烯醇(PVA)为基材, 通过柠檬酸(CA)改性制备出具有防霉效果的改性 PVA 薄膜, 具有良好的光学及力学性能, 在半干鱼实验中相对于对照组, 实验组均体现了良好的防霉效果, 其中含有质量分数为 2%的柠檬酸的改性 PVA 薄膜防霉效果最佳。

2015年(包装工程)陈晨伟<sup>[21]</sup>等通过溶液-涂布法制备得到含不同浓度抗氧化剂 $\alpha$ -生育酚的活性 PE/PVA 包装薄膜, 测定分析贮藏期间含不同浓度 $\alpha$ -生育酚的 PE/PVA 薄膜对鲜切苹果的色泽、质量损失率、硬度、维生素 C 含量、可滴定酸含量以及多酚氧化酶(PPO)活性的变化。随着包装膜中 $\alpha$ -生育酚含量的增加, 对鲜切苹果品质的保护效果越好。

2016年(食品科学)陈晨伟<sup>[22]</sup>等把抗氧化剂更换为茶多酚, 研究含不同质量分数茶多酚的聚乙烯醇膜的吸湿特性和抗氧化活性, 发现经茶多酚改性后的聚乙烯醇膜的抗氧化性能随薄膜中茶多酚质量分数的增加而增强。经茶多酚改性的聚乙烯醇膜具有吸湿和抗氧化功能, 预示其作为塑料复合薄膜内层或中间层应用于湿度敏感型、含高脂肪等干燥易氧化食品包装具有较好的前景。

许文才等<sup>[23]</sup>将具有抗菌性能的丝瓜络纤维浸提液(LF)、微晶棉纤维素(MCC)粉末、聚乙烯醇(PVA)和乙烯醋酸乙烯酯共聚物(EVA)乳液进行不同比例的共混, 采用水溶液流延成膜的方法制备出可控制释放 LF 抗菌剂的可降解薄膜, 结果显示随着 LF 浓度的提高, 薄膜表面滋生的菌落数量明显降低, 其抗菌性能逐渐增强, 且薄膜具备生物降解性能。

#### 1.2.4 其他抗菌剂

蒋硕等<sup>[24, 25]</sup>以聚乙烯醇(PVA)为基膜, 添加抗菌剂(2 g/100 mL 壳聚糖季铵盐, 0.5 g/100 mL 茶多酚, 2.5 g/100 mL 丙酸钙, 0.5 g/100 mL

对羟基苯甲酸乙酯+1.5 g/100 mL 丙酸钙)制备改性 PVA 薄膜,均不同程度减小了 PVA 薄膜的断裂伸长率;增加了薄膜的摩擦系数、雾度,降低了其透光率;提高了薄膜的水蒸气透过系数、溶胀率和溶解的抑菌效果。

为扩大聚乙烯醇抗菌膜的应用范围,陈基玉等<sup>[26]</sup>用溶液共混法将聚乙烯醇母液分别与不同抗菌剂进行共混,制得聚乙烯醇抗菌母液,再用表面涂覆法将抗菌母液涂布到无纺布表面干燥后成聚乙烯醇改性无纺布抗菌复合膜,并对抗菌复合膜的各项性能进行检测。抗菌剂的加入对抗菌复合膜的吸水性能、抗拉强度、断裂伸长率、透光率、热封性能、热稳定性以及抗菌性能均有一定影响。脱氢乙酸钠相比于苯甲酸钠和山梨酸钾可以使抗菌复合膜拥有较好的吸水性能,抗拉强度以及抗菌性能。

以上聚乙烯醇抗菌膜的研究与开发尚处于起步阶段,尚未建立起完善的研究应用体系,其抑菌机理、抗氧化机理、安全性、时效性等,相应的理论模型和检测方法还需进一步的深入研究,如抗菌膜与相关微生物间的抗菌机制;抗菌膜在食品包装中的应用效果有待深入探讨;抗菌剂与薄膜基材的相容性需要进一步提高。

### 1.3 聚乙烯醇抗菌包装薄膜的具体应用

聚乙烯醇抗菌包装薄膜目前实验室研究中多以水果保鲜为主,也有部分学者尝试在鱼品类,糕点等其他类产品保鲜使用。

#### 1.3.1 水果类保鲜应用

张燕等<sup>[27]</sup>以市售红富士苹果为材料,进行鲜切处理,分别采用不同浓度柠檬酸改性的聚乙烯醇薄膜密封包装。以不含柠檬酸的聚乙烯醇薄膜包装为对照,在室温下贮藏第6天时,质量分数为2%的柠檬酸改性的薄膜具有较好的保鲜效果。

李菲等<sup>[28]</sup>以可溶性淀粉、聚乙烯醇(PVA)为原料,壳聚糖为抗菌剂,使用溶液流延设备制备不同淀粉含量的淀粉/聚乙烯醇复合薄膜,在室温条件下,使用不同膜对草莓进行包装,测定草莓的感官品质变化、失重率、硬度等指标,显示不同淀粉含量的淀粉/聚乙烯醇复合薄膜对草莓均

有一定的保鲜作用。

范方方等<sup>[29]</sup>通过制备膨润土/壳聚糖/PVA 保鲜膜,通过对贮藏期间桂七香芒的失重率、腐烂指数、呼吸强度和可滴定酸含量等指标的测定,研究了膨润土/壳聚糖/PVA 保鲜膜对桂七香芒的保鲜效果,并与市售 PE 保鲜膜保鲜效果进行对比,两者都可有效降低芒果的失重率和腐烂指数抑制果实的呼吸作用,延长芒果的贮藏期。其中膨润土/壳聚糖/PVA 保鲜膜对桂七香芒的保鲜效果更好。

#### 1.3.2 鱼品类保鲜应用

针对鱼品在包装储存过程中容易腐败发霉的缺点,杨福馨等<sup>[30]</sup>以新鲜柚子皮为原料,将其与聚乙烯醇(PVA)混合,研制一种新型保鲜包装薄膜,用于鱼品包装。通过对复合薄膜的抗张强度、色差、吸水率等基本性能的测定,结果发现,柚皮浆添加质量分数为5%和7%的复合薄膜的性能较好,适合作为食品包装材料使用。

蒋硕等<sup>[31, 32]</sup>制备的复合抗菌剂聚乙烯醇包装薄膜能有效改善鳊鱼在冷藏保鲜中品质的不良变化,延缓鳊鱼持水率、白度、质构指标、感官评分的下降趋势,降低鳊鱼 pH 值、TBA 值、TVB-N 值、菌落总数的上升速率。

张勇<sup>[33]</sup>经流延法制备出 PVA/MMT/山梨酸钾抗菌纳米复合薄膜,以 TPC 小于 51 g (CFU/g) 为可食用的标准,配比为 1%MMT+2%山梨酸钾的改性抗菌薄膜对黑鱼鱼肉有着最好的保鲜效果,使黑鱼鱼肉在(4±1)℃条件下保鲜达6~8天,相比于对照组可延长货架期3~4天。

#### 1.3.3 其他类保鲜应用

范飞等<sup>[34]</sup>在香蕉皮浆中加入纯 PVA 制成改性薄膜,常温下研究不同质量分数的香蕉皮浆改性薄膜的性能以及对无任何添加剂蛋糕的保鲜效果,当蕉皮浆质量分数为2%时,改性 PVA 薄膜拉伸强度最大;当香蕉皮浆质量分数为3%时,吸水性降低,热封强度最大,其抗菌保鲜效果最优;双层薄膜保鲜的效果比单层薄膜好,但是放置时间越长,蛋糕会越干硬,品质下降严重。

司婉芳等<sup>[35]</sup>对油炸薯条包装储存过程膜内

易产生水蒸气而导致包装薄膜雾度下降、薯条变软的现象,采用改性后的无纺布(即在聚乙烯醇中加入氯化钠、防雾剂对单一聚乙烯醇胶质进行改性,制备新的胶质,涂敷于无纺布上)为内包装材料,以聚乙烯(PE)、尼龙(PA)为外包装材料,进行密封包装,最后结果表明:以添加质量分数为2%的防雾剂改性的无纺布为内包装材料,以PE为外包装材料时,油炸薯条的保鲜效果较好。

汪志强等<sup>[36]</sup>利用山梨酸钾(PS)、脱氢乙酸钠(SD)对聚乙烯醇(PVA)进行改性,再将改性聚乙烯醇涂布到无纺布表面得到内包装材料,并以KPET/PA/NTPE复合膜、PVDC/PE复合膜为外包装材料,对薯条进行密封包装;其后,对贮藏过程中油炸薯条的硬度、菌落总数、失重及感官评定等进行测定,从而得到最佳的包装参数。

## 2. 聚乙烯醇抗菌包装薄膜的发展前景和展望

细菌、病毒等致病性微生物是人类健康的主要杀手之一。由于抗菌制品能从根本上杜绝人与人、人与物、物与物之间的细菌交叉感染,所以在全世界受到了普遍欢迎。在欧美发达国家,抗菌材料已广泛应用于果蔬、乳制品等方面的包装。

从史密斯斯派诺国际公司最新的调查报告《2023年可降解包装市场预测》显示,在可再生和可降解趋势的推动下,全球包装市场对可降解塑料的需求量将在2023年达到945万吨,年均复合增长率高达33%。

随着从石化产品中提炼出的传统聚合材料(石油聚合材料)价格的持续增长,生物塑料在全球包装领域中的接受度和增长率也有所上升,完全生物降解塑料是今后发展方向。而在我国一直推广使用可降解塑料的政策导向下,发展可降解包装制品同样是我国包装工业的未来趋势。

与传统塑料相比,聚乙烯醇生物降解塑料无论从环境保护,还是从合成功能高分子的角度,都具有十分重要的理论研究与应用意义,符合可持续发展战略的要求,应用广泛,前景看好。要

想有效利用聚乙烯醇的生物降解性,拓展其应用领域,必需在保证与现行塑料有同等性能的前提下,进一步降低生产成本,改善反应条件,使生产产业化、规模化以满足市场的需求。PVA薄膜以其优异的性能和可降解性受到人们的青睐,我国是PVA生产大国,具有丰富的原料来源,而且随着中国加入世贸组织后可生物降解膜越来越受到重视和应用。

在世界范围而言,工业化开发PVA薄膜的历史仅十余年,投放市场至今还不足十年,我国更晚,在近五年间才真正开始工业性研发,聚乙烯醇抗菌包装薄膜的未来发展趋势值得期待。

## 结语

随着石油产品的价格上涨、人们环保意识的提高及各政策的支持与贯彻实施,淀粉基生物降解塑料、PLA、PVA等降解塑料产品因其环保性、经济性及使用性三方面的优势,必将成为新一代最具有发展前景的生物材料,也必将占据更多的市场份额。而包装领域仍将是生物降解塑料最大的应用市场,生物降解塑料产业将迎来发展的新契机。

当前PVA树脂的售价在每吨一万到一万五左右,PVA的性价比明显优于PBS等其他降解树脂,在现有各种塑料薄膜每年近千万吨的消耗总量中,PVA包装薄膜哪怕仅占据5%的份额,每年的需求也能以数十万吨计,如能若能部分或完全替代不可降解的合成塑料如PE、PP、PVC等石油基材料,对厂家也是十分有诱惑力的。国家相关政策的引导为绿色塑料提供了巨大商机,必将有力的推动绿色塑料产业的进一步发展,有着优异环保性能的PVA薄膜必将受到人们越来越多的重视和应用。

因此,今后我国PVA包装膜具有巨大的开发潜力、广阔的市场前景,以PVA薄膜作为基材,添加高效绿色的抗菌剂制备活性抗菌包装膜,应用于特定食品,或与其他包装技术相结合,从而延长食品货架期是PVA膜在包装领域未来发展的巨大优势和价值所在。

## 参考文献

- [1] 侯文顺, 陈炳和, 石卫兵. 高分子物理[M].北京: 化学工业出版社,366-370.
- [2] 顾瑾, 李俊俊, 孙余凭, 等. 聚乙烯醇膜的改性及应用研究进展[J].化工进展, 2013, 32(5):1074-1080.
- [3] 李少香, 雷芸娜, 王佳平. 聚乙烯醇膜的研究进展[J]. 涂层与防护, 2018, 39(9):44-48.
- [4] 李章康, 白绘宇, 王佳平. 聚乙烯醇/纤维素膜包装材料的研究进展[J]. 塑料包装, 2018, 28(4):16-19.
- [5] 李菲, 张岩, 崔萌萌. 聚乙烯醇基抗菌包装薄膜材料的研究进展[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(4):58-62.
- [6] 魏占锋, 董峰, 王哲, 等. 载银纳米纤维素/聚乙烯醇复合膜的制备及性能研究[J]. 包装工程, 2018,39(9):51-55.
- [7] 梁真真, 白绘宇, 张胜文, 等. 载银聚乙烯醇/纳米晶纤维素/氧化石墨烯复合膜的制备及性能研究[J]. 化工新型材料, 2019,47(1):87-91.
- [8] 张茹. 壳聚糖/聚乙烯醇抗菌膜的制备及性能研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [9] 孟令伟, 王洪江, 刘伟. 玉米淀粉-聚乙烯醇抗菌包装薄膜的制备与性能研究[J]. 农产品加工, 2018,32(10):21-22.
- [10] 杨芬玲, 姚晋荣, 陈新, 等. 聚乙烯醇/单宁共混膜的制备及其抗菌性能[J]. 高分子学报, 2012(2):125-130.
- [11] 王淑瑶, 卢瑞, 兰维杰, 等. 不同壳聚糖含量对壳聚糖/聚乙烯醇复合塑料薄膜性能影响的研究[J]. 塑料工业, 2017,45(7):94-97.
- [12] 杨旭, 钱怡. 壳聚糖基抗菌复合膜的制备与性能[J]. 包装工程, 2017, 38(9):02-106.
- [13] 张晓红, 洪宇文, 段颖, 等. 卤胺改性壳聚糖/PVA 抗菌复合膜的制备及性能[J]. 功能材料, 2015, 46(12):12110-12115.
- [14] 孙淼. 基于丁香精油/ $\beta$ -环糊精包合物的聚乙烯醇抗菌膜的制备及性能研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2012.
- [15] 邓靖, 李文, 郝喜海, 等. 基于丁香精油/ $\beta$ -CD 包合物的 PVA 活性包装膜制备及性能研究[J]. 化工新型材料, 2014, 42(9):58-60.
- [16] 李丁, 丁哲旭, 罗威, 等. 基于丁香精油/ $\beta$ -CD 微胶囊的 PLA/PVA 抗菌膜的研制及其性能研究[J]. 包装学报, 2018, 10(3):1-7.
- [17] 刘光发, 刘志茹, 张拯, 等. 牛至精油聚乙烯醇抗菌薄膜的制备及其抑菌活性研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(11):11-13.
- [18] 张燕, 杨福馨, 蒋硕, 等. 柠檬酸改性对变色聚乙烯醇流延膜性能的影响[J]. 中国料, 2014, 28(4):52-55.
- [19] 张燕, 杨福馨, 蒋硕, 等. 柠檬酸/PVA 抗菌薄膜性能的研究[J]. 包装工程, 2014,35(21):10-14.
- [20] 张勇, 杨福馨, 户帅锋等. 防霉聚乙烯醇改性薄膜的制备及性能[J]. 包装工程, 2016,37(5):35-38.
- [21] 陈晨伟, 谢晶, 贺璇璇, 等. 含 $\alpha$ -生育酚的 PE/PVA 活性包装膜对鲜切苹果品质的影响[J]. 包装工程, 2015,36(21):17-21.
- [22] 陈晨伟, 段恒, 贺璇璇, 等. 茶多酚改性对聚乙烯醇膜吸湿特性及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2016,37(1):40-44.
- [23] 许文才, 刘鹏, 李东立, 等. 可降解抑菌功能薄膜的制备及性能研究[J]. 包装工程, 2015,36(11):1-4.
- [24] 蒋硕, 杨福馨, 张燕, 等. 改性抗菌聚乙烯醇包装薄膜的性能研究[J]. 食品与机械, 2014,30(3):114-117.
- [25] 蒋硕, 杨福馨, 张燕, 等. 丙酸钙改性聚乙烯醇包装薄膜性能研究[J]. 食品工业科技, 2015,36(2):308-311.
- [26] 陈基玉, 杨福馨, 魏丽娟, 等. 聚乙烯醇改性无纺布抗菌复合膜的制备及其性能研究[J]. 食品与机械, 2016,32(12):124-127.
- [27] 张燕, 杨福馨, 蒋硕, 等. 聚乙烯醇柠檬酸改性薄膜对鲜切苹果保鲜性能的影响[J]. 包装工程, 2014,35(9):32-35.
- [28] 李菲, 王保营, 王瑞丰. 淀粉-聚乙烯醇复合薄膜的制备及保鲜效果研究[J]. 现代牧业, 2018,2(4):38-42.
- [29] 范方方, 刘琨. 膨润土/壳聚糖/PVA 保鲜膜对芒果保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017,42(3):54-59.
- [30] 杨福馨, 王金鑫, 石秋霞, 等. 柚皮浆/聚乙烯醇保鲜膜的制备及其在鱼品防霉包装中的应用[J]. 包装学报, 2016,9(2):50-55.
- [31] 蒋硕, 杨福馨, 张燕, 等. 聚乙烯醇抗菌包装薄膜对鳊鱼冷藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2015,36(6):226-230.
- [32] 蒋硕. 改性抗菌聚乙烯醇薄膜的性能及其对冷藏鳊鱼和鲜切山药贮藏期间品质影响的研[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.

【下转第 11 页】

表3 各款塑料围板箱内装货物重量安全值参考

厂家	内装物重量安全值 (kg)	自重	成本	备注
A	300	34.09	较低	吹塑底盘
B	350	31.92	较低	双层吸塑底盘
C	220	35.86	低	吹塑底盘
D	550	41.6	较高	压铸底盘
E	600	40.66	高	压铸底盘
厂家	内装物重量安全值 (kg)	自重	成本	备注

通过两项测试,塑料围板箱的合理内装物承载重量因以叉举测试和空箱抗压两项数值中最小的一项作为主要选取依据,因此总结如表3。

就受力情况分析,由于塑料围板箱是一个三部分组合而成的容器,壁板更多的是在承担力的传递作用,底托盘的性能和受力面积对塑料围板箱的整体性能影响相对更大。

### 结语

目前,在大型循环包装箱类型中,由于塑料围板箱相对金属箱和木箱而言,具有较大的自重优势,随着生产成本的下降,对于货物重量较轻的循环物流包装容器选用上仍然具有较高的综合优势,而不同底部托盘生产工艺不同其设计结构有所不同,回收条件下空箱的折叠比仍然有一定的差异,需要综合塑料围板箱实际需求的应用场景进行合适的选择。

但作为反复使用的容器,围板箱的分离式结构对于实际运行管理上,特别是空箱回收后的匹配及数量核对上仍然有很大的阻碍,而且当前国内物流环境仍然有待改善,叉车野蛮装卸导致的破损较容易发生,而塑料制品受光老化和温度老化后对循环利用的次数影响仍然存在,并且塑料围板箱报废后废旧塑料的材料回收利用还存在一定挑战,存在一定再污染的风险。

### 参考文献

[1] Volkswagen Logistics. Manual for Universal

container [M] Volkswagen Logistics GmbH & Co. OHG, 2006,32-33

[2] 孙凤兰,马喜川等编.包装机械概论[M]北京,印刷工业出版社,1998,249-260.

[3] 穆沙 R.卡迈勒,阿芙拉姆 J.伊萨耶夫,刘士荣等编.注射成型技术基础[M]吴大明等译,北京,化学工业出版社,2004.

[4] 邱建成,徐文良等编.挤出吹塑新技术[M]北京,化学工业出版社,2018.

[5] 张治国编.塑料热成型技术问答[M]北京,印刷工业出版社,2011.3-13.

[6] 林振清,张秀玲,沈言锦等编.塑料成型工艺及模具设计[M]北京,北京理工大学出版社,2017.

[7] (美)罗萨多(Rosato,D,V)等主编.塑料技术手册第2卷.压缩成型·增强塑料·其它工艺(影印版)[M]哈尔滨,哈尔滨工业大学出版社,2015.

※※※※※※※※※※※※※※※※

### 【上接第6页】

[33] 张勇.改性纳米抗菌聚乙烯醇薄膜的性能及其对冷藏黑鱼品质影响的研究[D].上海:上海海洋大学,2016.

[34] 杨福馨,范飞,洗厉君,等.香蕉皮浆改性聚乙烯醇薄膜制备及对蛋糕包装保鲜的研究[J].上海塑料,2017,179(3):49-52.

[35] 杨福馨,司婉芳,姚依歆,等.油炸薯条抗雾保硬(防软)包装材料研究与应用[J].包装学报,2017,9(3):73-76.

[36] 杨福馨,汪志强,李灿,等.油炸薯条防软抗菌包装材料与技术研究[J].包装学报,2018,10(6):55-62.

## 空调器外机环保包装设计及其测试

熊立贵, 陈新, 皮阳雪, 李彭, 涂志刚, 盘卫星

(中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

**摘要:** **目的** 为了达到保护产品的目的, 探讨壁挂式空调外机产品包装用环保材料及创新结构设计。 **方法** 通过对产品进行包装测试, 验证环保材料对产品的保护功能。通过运输、跌落、脚踩、堆码等产品包装测试试验, 验证环保包装的选材及优化结构设计的可靠性。 **结果** 绿色产品包装的结构设计具有节约能源、资源, 包装材料用量少, 能循环回收利用, 避免或减少废弃物产生, 减少对环境产生的污染等特点。 **结论** 壁挂式空调可采用蜂窝材料、EVA材料、纸护角材料, 以及瓦楞纸材料设计的创新结构, 不仅适用于全自动化生产工艺流程作业, 而且能更好地保护产品。

**关键词:** 壁挂式空调外机; 包装结构; 环保材料; 实验测试

中图分类号: TB482.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)17-0056-05

## Structure Design and Test of Environment Friendly Packaging for Air Conditioner Outdoor Unit

XIONG Li-gui, CHEN Xin, PI Yang-xue, LI Peng, TU Zhi-gang, PAN Wei-xing

(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**ABSTRACT:** In order to achieve the goal of product protection, the environment friendly materials and innovative structure design of the packaging for wall-hanging air conditioner outdoor unit were discussed. Based on the product packaging test, the protection function of the environment friendly materials for the product was verified. The reliability of the selection of environment friendly materials and optimization of structure design was verified by tests of transporting, dropping, stomping and stacking. The structure design of green product packaging had a number of advantages such as saving energy, resources and packaging materials, being recyclable, avoiding or reducing waste generation, and reducing environmental pollution. Wall-hanging conditioners could use honeycomb material, EVA material, corrugated board corner protector, and innovative structures designed using corrugated paper material, which was not only suitable for fully automated production process operations, but also for better protection of the product.

**KEY WORDS:** wall-hanging air conditioner outdoor unit; packaging structure; environment friendly materials; experimental test

保护环境是每个设计师应具备的设计理念, 尤其是产品废弃后如何处理, 比如电子类产品等, 其包装材料更应该考虑环保。包装的使用周期短, 当产品到用户手中后, 它就失去了使用价值, 因此产品的外包装选材必须用环保材料, 能够自动降解。包装需考虑经济因素, 不能出现过渡包装或欠包装设计<sup>[1-2]</sup>。

包装应采用环保材料, 它的结构应根据产品质量、形状等特性来设计, 要适用于生产企业的生产工艺流程, 便于产品的包装打包方式, 不影响生产效率。包装结构应最小化, 这样可以增加出口产品的装柜量, 提高装柜的利用率。选用的材料要根据它本身的特性、缓冲性、强度等方面结合使用, 缓冲包装必须遵行一个原则: 内软外硬结构, 以保护产品不

收稿日期: 2014-11-25

作者简介: 熊立贵(1975—), 男, 江西南昌人, 高级工程师, 主要研究方向为包装环保材料、产品结构包装。

受损坏。

设计的包装结构要经过跌落、脚踩、潮态堆码、模拟运输等测试,充分验证它的保护性<sup>[2]</sup>。我国现阶段仍用泡沫作为家电产品的保护物,给大自然造成白色污染,因此采用蜂窝纸、纸护角等纸品设计有利于保护环境,给后代留下一片绿洲。在包装结构设计中,即要求选择符合绿色包装材料、降低原材料成本、减少原材料消耗,也要求降低加工工艺制造成本、设计程序合理、提高生产效率等<sup>[3]</sup>。

### 1 空调器包装现状

缓冲运输包装的基本目的是保护产品,保证产品在上市投入使用时能执行其本能的作用及功能,即包装保护必须使被包装物从出厂起,经贮存、运输、装卸最终送到每个用户手中为止的全过程得以保护。因此所采用的包装不仅要防止产品在运输过程中因冲击、振动产生的损坏,而且还要防止因地域环境等造成的不可预见的有害影响<sup>[4]</sup>。出现质量问题主要是因为纸箱的性能参数设定和结构设计不合理,外界因素也存在一定的影响,仓库内空调器成品堆放不规范、出口装柜产品乱堆放等,导致产品外包装破损、起鼓等现象(见图1—2),这会导致产品不同程度的损坏,如空调器的风扇叶破损、箱体钣金变形、两器翅片倒片等(见图3)。



图1 包装破损

图2 产品乱堆放混乱

Fig.1 Damaged packaging

Fig.2 Disordered product stacking



a 风扇叶破损

b 前面板变形

c 冷凝器翅片倒片

图3 产品损坏

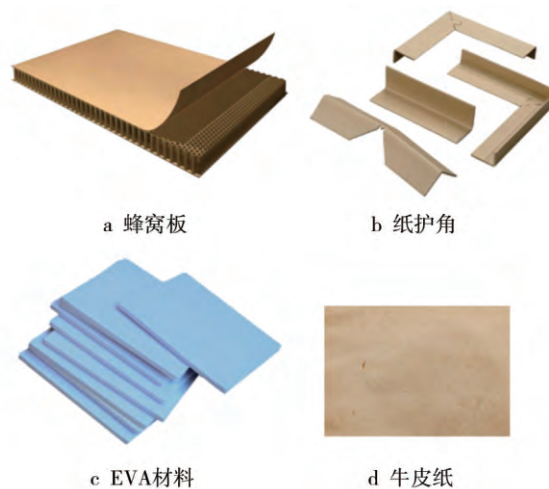
Fig.3 Product damages

### 2 出现产品、包装箱损坏的原因分析

外包装箱及产品在运输过程中造成破损的原因有3个:压力、振动、冲击。上述包装箱起鼓是因为纸箱高度尺寸偏高,纸箱受力时,承受不了上面的压力;纸箱的边压强不够,制定的纸箱加工技术参数偏低;仓库堆放不合理;产品在周转搬运时出现乱扔、乱放情况。产品出现损坏是因为产品受力设计不合理,包装结构对产品的缓冲不够,出现不规范的物流周转及路况比较恶劣等。

### 3 包装材料及新的包装结构设计

包装选材及结构设计要求:保护好产品,尽可能重复使用产品包装物,尽量减少产品包装物的用量,对已使用的产品包装物进行统一回收,对产品包装废弃物尽可能再生循环或者再生为有用材料,拒绝使用无环保包装物。分体挂壁式空调室外机的包装内结构下垫使用的材料有牛皮纸和蜂窝纸、纸护角、EVA,内包装的上盖使用的材料为蜂窝板、EVA,该结构的外层由瓦楞纸通过双钉固定而成,起到外层加强的作用,具有优异的抗压和抗弯曲性能。包装材料见图4,内包装底托见图5,内包装上盖见图6,内包装结构实物见图7。



a 蜂窝板

b 纸护角

c EVA材料

d 牛皮纸

图4 产品包装所用材料

Fig.4 Packaging materials for the product

### 4 产品包装箱及结构试验验证分析

在空调产品包装箱设计中常用的包装箱瓦楞纸

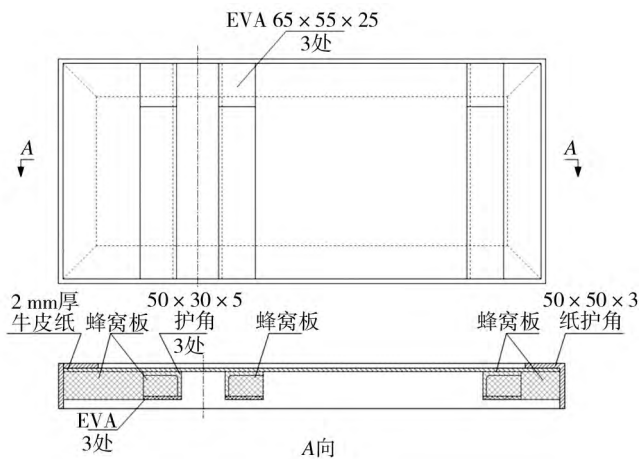


图5 内包装底托

Fig.5 Packaging bottom bracket

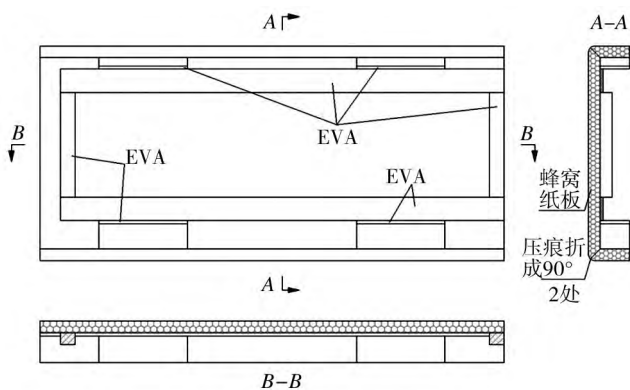


图6 内包装上盖

Fig.6 Internal packaging lid

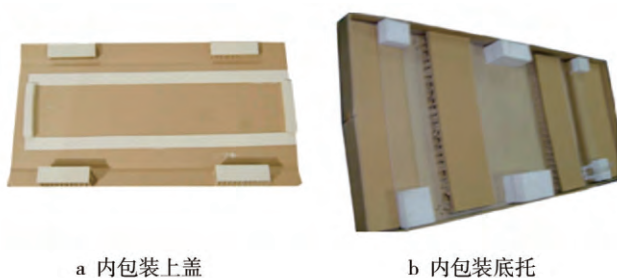


图7 内包装结构实物

Fig.7 The internal packaging structure

材质主要是双层瓦楞牛卡BC坑纸箱或双层瓦楞牛卡AB坑纸箱、单层瓦楞牛卡纸箱,由于其物理性能参数设置不合理,且出口国家的运输条件不同,导致产品受损,尤其是白色牛卡纸箱强度偏弱,会使产品受损更严重<sup>[5]</sup>。因此在新产品研发出来时,针对产品来设计包装箱的物理性能指标,并通过实验对产品跌落、潮态堆码、模拟运输及实地运输进行验证。

#### 4.1 潮态堆码试验分析

在不同的路面激励幅值、车速和包装件材料刚度条件下的设计包装系统的运动,当车辆经过减速带时,多层堆码包装系统的2个包装件都会产生一定的磨擦及跳动,且一定刚度、车速和减速带范围内多个运动方式相同;当以不同的速度通过减速带时,车速越大,系统的响应越快,但系统的位移、速度不一定在每个时间段都随着车速的增大而增大,总体来说,车速对系统的影响最大<sup>[6]</sup>。

文中主要测量试验样品包装件的承载高度。将试验样品放置在干球温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为95%的试验箱中,持续4 h。再将样品放在干球温度为 $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$ 的环境下继续放置24 h。样品摆放在平整坚硬、任意2点的高度差不超过3 mm的水平台面上,采用自由平板试验方法,将计算好的砝码质量加在平板上,在干球温度为 $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(65 \pm 5)\%$ 的环境下持续72 h(自由平板加载试验:在样品上放置一块足够坚硬且能完全承受载荷而不变形的平板上,平板各边超出样品100 mm,再在平板上加载砝码。)<sup>[7]</sup>

试验载荷公式计算载重量:

$$F = KP \frac{(H - h)}{h} \times 9.8 \quad (1)$$

式中: $F$ 为试验载荷(N); $H$ 为仓储允许堆放的最大高度(m); $K$ 为流通期间劣质系数; $h$ 为包装件的高度(m); $P$ 为包装件的质量(kg)。文中取 $K=1.5$ , $H=4$  m,若堆码层数高度超过4 m,则 $H=n \times h$ , $n$ 为允许堆码层数<sup>[8]</sup>。

试验结束后,除去砝码及平板,量取包装件的高度,计算试验前后的高度差。试验前后的包装高度差每米应小于1.2 cm,且包装件应无明显凹凸、裂烂,裸机表面无明显变形、裂烂,裸机内部部件无裂烂、干涉。

#### 4.2 跌落试验分析

在测试过程中不同的产品质量对高度、棱、角的要求不同,具体要求见表1。面跌落时,样机的跌落面与水平面之间的夹角误差最大不超过 $2^\circ$ 。棱跌落时,与样机底面同棱的面与冲击台面夹角的误差不大于 $\pm 5^\circ$ ,样机的重力线通过被跌落的棱(见图8),跌落后的棱与地面之间的最大夹角误差不得超过 $2^\circ$ 。角跌落时,试验样机底面与地面之间的夹角误差不大于 $\pm 5^\circ$ ,使样机的重力线通过被跌落的角。棱、角跌

落要求跌落倾斜度不大于45°<sup>[9]</sup>(见图9)。跌落顺序分别为:面—棱—角,棱(2-3)—(3-5)—(3-4)—(3-6),角(2-3-5)—(3-4-5)—(3-4-6)—(2-3-6)(见图8)。

表1 不同产品质量对应的跌落高度

Tab.1 Drop height corresponding to different product weight

质量/kg	跌落高度/mm		
	面	棱	角
5 ≤ 毛质量 < 20	600	500	400
20 ≤ 毛质量 < 40	500	450	400
40 ≤ 毛质量 < 60	400	350	300
60 ≤ 毛质量 < 80	300	不要求	200
80 ≤ 毛质量	250	不要求	不要求

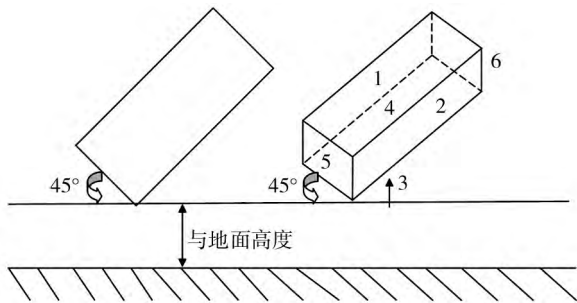


图8 跌落示意

Fig.8 Schematic of the dropping process

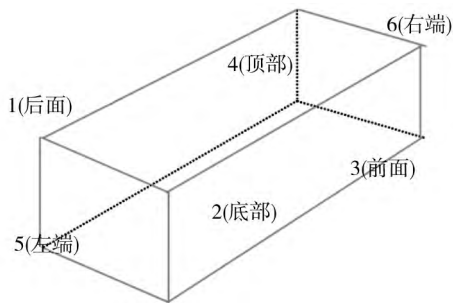


图9 产品包装后的面、角、棱跌落顺序

Fig.9 Dropping sequence of the face, angle and edge of the packaged product

跌落对产品进行验证,验证项目有:跌落试验后对样机进行绝缘电阻和电气强度测试,绝缘电阻实测值不小于2 MΩ,电气强度测试期间,不应有闪烁或击穿现象发生;包装纸箱、泡沫及其他防护附件应不影响防护功能的变形;底盘、外壳不应有明显的变形(目视)、开裂或脱漆现象,整机使用性能正常;塑料件无裂烂、明显泛白;管路不应严重相碰,制冷剂不应泄

漏;电子器件引脚不应松焊,紧固件不应松动;样机表面及零部件不应有机械损伤、移位变形现象(针对分体室内机)。若满足上述情况,则符合产品跌落验证结果。

### 4.3 脚踩试验分析

试验时施加的质量为试验员体重(60 kg)加一台同款样机的质量,即1个质量为60 kg的人抱1台产品站在上面,以达到与实际一样的环境。

1) 试验时不脱鞋,每个试验点的试验踩踏次数为10次,样机试验的主要位置见图10。



图10 脚踩测试

Fig.10 Stomping test

2) 对样机的冲击。以同型号的样机在50 cm的高度瞬间堆落在另一台样机顶部,试验次数为4次;试验员在2台样机的高度跳下,大约落在样机中部位置,试验次数为2次(主要针对外机)<sup>[10]</sup>。合格条件为:包装无明显变形、裂烂;裸机外部部件无裂烂、明显变形;外机顶板与周围零部件的配合间隙符合外观质量要求。

### 4.4 运输试验分析

主要设备包括Y59-3/ZF型500 kg模拟汽车运输台、捆扎麻绳、检漏仪、磅秤,试验室环境温度为16~38℃,环境相对湿度小于80%<sup>[11]</sup>。根据被试样机的质量,按要求将被试样机固定在试验台相应的位置上,用捆扎带将被试样品固定(样机堆放时要注意纵横放置或在最不利的位置进行);试验时间为3 h(加速度总均方根值为0.45~0.55 m/s);样机从试验台的中部位置向两侧放置,样机堆放的长、宽不可超过试验台面的

长、宽;样机堆放重心高度小于80 cm;放置方向为横向2台、纵向2台,见图11。

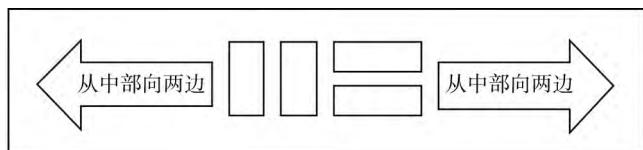


图11 运输台上产品摆放示意

Fig.11 Schematic of products layout on the transport table

合格条件为:包装件无裂烂;裸机表面无明显磨花、刮花现象;钣金件无明显变形、裂口;底盘、外壳无明显变形、脱焊或脱漆现象;电子器件引脚不应松焊,紧固件不应松动;管路不应严重相碰摩擦产生铜粉或异音,制冷剂不应泄漏<sup>[12]</sup>。

经过上述验证,此包装方案通过了测试,已进入批量生产。

评价一个包装设计系统是否绿色环保,不仅考量它是对产品的保护,更需考虑消费者对包装物的处理是否对环境有影响,才能做出正确、客观、全面的判断,避免在结构设计理念上的主观性和盲目性<sup>[13-14]</sup>。在新产品中不能出现过包装或欠包装设计的原则下,在各行各业大力推行绿色环保包装,不仅开发及应用绿色包装材料和新技术、新工艺,还要建立与之相符的国家政策、法律、法规等体系<sup>[15]</sup>。

## 5 结语

文中瓦楞纸和蜂窝材料相结合设计的结构不仅能起到保护作用,而且通用性较强,可回收重复循环利用。该包装材料替代EPS泡沫衬垫材料,改善并提高了我国产品“轻外包装,重产品质量”的形象,同时避免了我国对外出口贸易的不利影响。

## 参考文献:

- [1] 骆光林,付云岗. 现代物流对运输包装的求[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 209—210.  
LUO Guang-lin, FU Yun-gang. Some Requirements about Transport Package Put Forward by Modern Distribution[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 209—210.
- [2] 许超. 现代包装设计尺度论[D]. 北京: 中国艺术研究院, 2008.  
XU Chao. On Modern Packaging Design Measures[D]. Beijing: China Art Research Institute, 2008.
- [3] 张华良,顾祖莉,金国斌. 现代物流中商品运输包装动力可靠性[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 137.  
ZHANG Hua-liang, GU Zu-li, JIN Guo-bin. Transport Package's Dynamic Reliability of Modern Logistics[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 137.
- [4] 朱海燕. 运输包装理论与技术发展动态[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 108—109.  
SONG Hai-yan. Analysis of the Development Trends on Transport Packaging Theory and Technology[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 108—109.
- [5] GB/T 6544—2008, 国家标准瓦楞纸板[S].  
GB/T 6544—2008, The National Standard of Corrugated Board [S].
- [6] 杨晓谦,钱怡. 运输过程中堆码包装件的运动分析[J]. 包装工程, 2011, 32(5): 73—77.  
YANG Xiao-qian, QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5): 73—77.
- [7] 杨晓谦,钱怡. 运输过程中堆码包装件的运动分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 50—53.  
YANG Xiao-qian, QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 50—53.
- [8] 何龙飞,赵道致. 反应型供应链多层库存运输优化与模糊博弈协调[J]. 系统工程理论与实践, 2011(7): 70—71.  
HE Long-fei, ZHAO Dao-zhi. Optimization of Inventory and Transportation and Fuzzy Coalitional Game Based Coordination for Responsive Supply Chain[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2011(7): 70—71.
- [9] 胡长鹰. 缓冲包装系统跌落破损边界曲线研究[J]. 包装工程, 2001, 22(6): 5—6.  
HU Chang-ying. Study on Dropping Damage Boundary Curve of Cushion Packaging System[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(6): 5—6.
- [10] 郭彦峰,付云岗. 缓冲包装件的运输包装性能测试与评估技术[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 26—30.  
GUO Yan-feng, FU Yun-gang. Performance Test and Evaluation Technology for Transport Packaging[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 26—30.
- [11] 刘洪南,杨传民. 配货堆码技术在仓储运输企业中的应用[J]. 包装工程, 2003, 24(3): 65—66.  
LIU Hong-nan, YANG Chuan-min. The Application of Mixed Containerization in Storage and Transportation Enterprises[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3): 65—66.
- [12] 张伟,郭彦峰. 瓦楞纸箱运输包装系统设计[J]. 包装工程, 2002, 23(1): 27—31.  
ZHANG Wei, GUO Yan-feng. Design of Corrugated Board Box Transport Package System[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 27—31.
- [13] 王德忠,邢月卿. 绿色包装的系统性[J]. 中国包装工业, (下转第83页)

- 研究[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 75—78.
- XU Li-feng, ZHANG Lei. Optimal Design of Wine Dual-el-bow Machine of Die-cutting Machine Based on ADAMS[J]. Packing Engineering, 2013, 34(1): 75—78.
- [3] 郭卫东. 虚拟样机技术与ADAMS应用实例教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- GUO Wei-dong. Virtual Prototype Technology and ADAMS Application Tutorial[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008.
- [4] DU Xiao-dong, BIN Liang, XU Wen-fu, et al. Pose Measurement of Large Non-cooperative Satellite Based on Collaborative Cam-Eras[J]. Acta Astronautica, 2011(68): 56—63.
- [5] 唐文献, 袁海, 李虎. 基于ADAMS的某舰炮补弹系统仿真研究[J]. 江苏科技大学学报: 自然科学版, 2010(24): 61—63.
- TANG Wen-xian, YUAN Hai, LI Hu. Simulation of Shells Providing System of Ship-gun Based on ADAMS[J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010(24): 61—63.
- [6] LIU Cai-shan, ZHANG Ke, YANG Rei. The FEM Analysis and Approximate Model for Cylindrical Joints with Clearances [J]. Mechanism and Machine Theory, 2007, 42: 183—197.
- [7] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007, 2(1): 21—28.
- [8] 席晓燕. 基于ADAMS的含间隙酒瓶装箱机构优化设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 69—74.
- XI Xiao-yan. Optimal Design of Wine Bottle Packaging Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Packing Engineering, 2013, 34(1): 69—74.
- [9] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 47—49.
- HE Bing. Simulation Study of Packing Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packing Engineering, 2008, 29(2): 47—49.
- [10] 李杨, 李光. 基于SolidWorks的托盘结构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 1—4.
- LI Yang, LI Guang. Structural Finite Element Analysis and Optimum Design of Pallet Via SolidWorks[J]. Packing Engineering, 2011, 32(19): 1—4.
- [11] 方子帆, 舒刚, 何孔德, 等. 齿轮传动多体接触动力学模型[J]. 机械传动, 2009(1): 15—18.
- FANG Zi-fan, SHU Gang, HE Kong-de, et al. Gear Transmission Dynamics of Multi-body Contact Model[J]. Mechanical Transmission, 2009(1): 15—18.
- [12] 刘飞飞, 刘金根. 基于ADAMS的捆扎机锁紧机构的优化设计[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 19—21.
- LIU Fei-fei, LIU Jin-gen. Optimal Design for Locking Mechanism of Bundling Machine Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 19—21.
- [13] 王晓雪. 非合作目标对接捕获机构的研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2009.
- WANG Xiao-xue. Research on The Docking and Capturing Mechanism for the Uncooperative Target Satellites[D]. Heilongjiang: Harbin Institute of Technology, 2009.
- [14] 丁晓红, 李国杰. 箱型支撑结构加筋板布局设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2012, 23(4): 449—453.
- DING Xiao-hong, LI Guo-jie. Layout Design Optimization of Stiffener Plates Inside Housing Structures[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2012, 23(4): 449—453.
- [15] 魏衍侠. 基于ADAMS手抛式机器人碰撞动力学分析[J]. 机械工程与自动化, 2011(2): 82—85.
- WEI Yan-xia. Analysis the Impact Dynamics of Throwing Type Robot Based on ADAMS[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(2): 82—85.

(上接第60页)

- 2003(8): 10—12.
- WANG De-zhong, XING Yue-qing. The System of Green Package[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(8): 10—12.
- [14] 王军, 钱静, 卢立新. 产品运输包装可靠性[J]. 包装工程, 2006, 27(2): 119—120.
- WANG Jun, QIAN Jing, LU Li-xin. Reliability Design of Product Raansportation Package[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 119—120.
- [15] 熊立贵. 分体挂壁式空调内机包装环保材料选用及结构设计[C]// 中国家用电器技术大会, 2006: 154—157.
- XIONG Li-Gui. Selecting of Environmental Packaging Material and Structure Design for Indoor Unit of the Mini-split Air-conditioner[C]// China Household Electrical Appliance Technology Conference, 2006: 154—157.

# 铝塑膜专用涂布液涂布适性评价模型的研究

高艳飞 ( 中山火炬职业技术学院 , 广东中山 528436)

**摘 要:** 选取具有不同特性的 5 种铝塑膜专用涂布液 , 测试了它们的黏度、固含量、细度、表面张力和保湿性等指标。以 T02 冷烫模切机为网纹涂布设备 , 分别将涂布液涂布在铝塑膜上 , 用金相显微镜观测了铝塑膜涂布前后的微观结构 , 用光泽测定仪测试了涂层的光泽 , 用平滑度仪测试了涂层的平滑度 , 用 3M 胶带测试了涂层的附着力。运用主成分分析法分析了影响涂布液性能的主要因素 , 确定了不同因素的影响权重系数 , 利用多元回归分析法建立了涂布液基本性能与涂层质量特性( 光泽、平滑度、附着力) 的综合评价函数模型; 通过实验 , 验证了模型的合理性。使用该评价模型评价涂布液性能时 , 不需要对涂布液进行打样测试 , 相对于传统的评价方法具有高效和实用的特点。

**关键词:** 铝塑膜; 涂布液; 主成分分析法; 多元回归分析法

中图分类号: TQ 635.4 文献标识码: A 文章编号: 0253-4312( 2017) 03-0076-05

## Study on Evaluation Model of Coatability of Coating Liquid for Aluminum Plastic Film

Gao Yanfei

( Zhongshan Torch Polytechnic , Zhongshan , Guangdong 528436 , China)

**Abstract:** Five kinds of special coating liquids with different properties were selected for the determination of viscosity , solid content , fineness , surface tension and moisture retention. The T02 cold-press die-cutting machine was applied to coat the surface of the aluminum-plastic film , and the microstructure of the aluminum-plastic film before and after coating process was observed by metallographic microscope. The gloss of coating was measured by the gloss tester. The smoothness of the coating was measured by the smoothness analyzer. The adhesion of the coating was measured by using the 3M adhesive tape. The main factors influencing the performance of the coating liquid were analyzed by the principal component analysis method. The influence coefficients of the different factors were determined. The comprehensive evaluation function model between the basic properties and the coating quality characteristics ( e.g. , gloss , smoothness and adhesion) were established by the multiple regression analysis method. The rationality of the model was verified by experiments. When the evaluation model was used to evaluate the performance of the coating solution , it was not necessary to carry out a proofing test on the coating solution , which had the advantages of high efficiency and practicality as compared with the conventional evaluation method.

**Key Words:** aluminum-plastic film; coating; principal component analysis; multiple regression analysis

铝塑膜是由尼龙、铝箔、聚烯烃和粘合剂等复合而成的一种专用于锂电池封装的软包装材料。随着锂电池技术的飞跃发展,铝塑膜受到了越来越多的关注。据高工锂电研究所(GGII)调查显示,2015年中国锂电池铝塑膜的需求量为6 580万 $\text{m}^2$ ,同比增长41%,市场规模为21.2亿元,同比增长23%。尽管铝塑膜市场一片大好,但是我国的铝塑膜研究起步较晚,多年来一直依赖进口。为了弥补国内铝塑膜市场的空白,国内众多企业加快了研究步伐,目前紫江新材料、联合铜箔、中金岭南等公司在铝塑膜生产研发方面取得了一定的成绩,曾多次入围高工金球奖提名,但相对国外的产品,依旧存在一定的差距。

铝塑膜不仅用于包装电池,还需要显示电池的相关信息,因此,在铝塑膜的电池封装工艺中,必不可少的环节就是对铝塑膜进行印刷。铝塑膜由于表面结构规整,表面张力低,不能直接上机印刷,通常的做法是在铝塑膜表面预先涂布一层涂布液,以增加油墨的附着力<sup>[1-2]</sup>。涂布液通常是由高分子树脂、溶剂、填料及各类助剂按照一定的配方经分散研磨而制成,其中涂布液的黏度、固含量、细度、表面张力和保湿性对涂布工艺具有直接影响,一般作为评判涂布质量优劣的主要指标。涂布液的涂布适性是指涂布液能适应基材、涂布工艺的要求,保证涂布作业顺利进行,并为后续再加工提供良好的条件。涂布适性不是指涂布液的某一性能,而是与不同的涂布条件和不同的涂层要求相适应的性能<sup>[3-8]</sup>。传统的涂布液评价方法,通常依赖于某一项特定的性能指标进行,这些指标往往是被独立研究的,这种方法忽略了各性能间的相关性,因而评价结果具有一定的不准确性<sup>[9-10]</sup>。

主成分分析法是数理统计中最为常用的方法,通过降维的思想,将影响研究目标的多个因素化繁为简,最终找出各因素的权重,依据权重系数的大小判断各因素的作用<sup>[11]</sup>。该方法综合了各因素间的相互作用,具有较强的科学性。多元回归分析法是基于自变量和因变量之间没有严格、确定的函数关系,但可以找出最能反馈出二者关系的数学表达式的一种统计方法<sup>[12]</sup>。涂布液的性能与涂布质量间尚无确定的函数关系式,因此本研究借助多元回归分析法建立一套适用于铝塑膜涂布工艺的评价模型,最终通过涂布液的性能指标实现准确及时预测涂布质量的目的。

## 1 实验部分

### 1.1 实验仪器与材料

BX51 金相显微镜: Olympus; DSA100 液滴形状分析仪: 德国 Kruss 公司; T02 冷烫模切机: 厦门前润科技有限公司; FORD 4<sup>#</sup> 杯: 珠海乐通化工股份有限公司; DZF-1052 型真空干燥箱: 德国 Netzsch 公司; CS-300 单角度光泽度仪: 杭州彩谱科技有限公司; QD-BK10 别克式平滑度仪: 东莞市勤达仪器有限公司; 刮板细度计: 天津市顺诺仪器科技有限公司; SPSS17.0 数据分析软件(主成分分析法和多元回归分析法专用软件): IBM 公司; 直尺: 市售。

铝塑膜: 88  $\mu\text{m}$   $\times$  400 mm  $\times$  100 m, ONY(尼龙)含量 15%, DL(胶层)含量 5%, Al(铝箔)含量 35%, PPA(酸改性聚丙烯)含量 20%, PP(聚丙烯)含量 15%, 助剂含量 10%, 大日本印刷 DNP 公司; 5 种涂布液: 江杉化学(上海)有限公司; 3M 600 胶带: 美国 3M 公司。

### 1.2 实验过程

#### 1.2.1 涂布液的性能测试

分别使用 FORD 4<sup>#</sup> 杯在 25  $^{\circ}\text{C}$  测试 5 种涂布液的黏度; 参照 GB/T 1725—2007 测试涂布液的固含量; 使用刮板细度计测试涂布液的细度; 使用液滴形状分析仪测试涂布液的表面张力; 参照文献[13]的方法测定涂布液的保湿性: 取一定量的涂布液, 称其质量为  $m_0$ , 在室温条件下自然放置 24 h, 此时称量质量为  $m_1$ , 然后放入 85  $^{\circ}\text{C}$  真空干燥箱中干燥至恒质量, 称量质量为  $m_2$ , 保湿率 =  $(m_1 - m_2) / m_0 \times 100\%$ 。

#### 1.2.2 铝塑膜的涂布实验

将铝塑膜置于 T02 冷烫模切机的电晕机中进行电晕处理, 设定电晕功率为 1.5 kW, 速度为 10 m/min, 随后将其置于网纹涂布机上进行涂布。加入 50 g 涂布液, 设定网纹辊线数为 500 目, 涂布速度为 6 m/min, 待涂布完成后进入烘道, 设定温度为 85  $^{\circ}\text{C}$ , 干燥 5 min, 取下备用。

#### 1.2.3 涂层性能检测

运用金相显微镜观测铝塑膜涂布前后的表面微观结构; 使用单角度光泽度仪和平滑度仪测试铝塑膜涂层的光泽和平滑度<sup>[14]</sup>。参照 GB/T 9286—1998 测试涂层的附着力。

### 1.2.4 评价模型的建立及验证

打开 SPSS17.0 数据分析软件,选择主成分分析法和多元回归分析法,分别将数据输入软件,即可获得相应的输出值。最终建立由涂布液性能直接反馈涂层质量的综合评价模型,将数据代入模型,检验模型的准确性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 涂布液性能

5 种涂布液性能测试结果如表 1 所示。

对表 1 测试的数据输入到 SPSS 软件中,选择主

表 1 涂布液性能  
Table 1 Performance of five coatings

项目	涂布液				
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>
黏度/s	12	29	40	48	60
固含量/%	5	18	23	25	38
细度/ $\mu\text{m}$	3	2	6	5	10
表面张力/ ( $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$ )	18.6	22.5	35.2	38.4	41.8
保湿性/%	35.4	27.6	21.8	14.7	10.5

成分分析法 软件可直接计算每种性能指标的特征值及主成分贡献率,结果如表 2 所示。

表 2 总方差及主成分贡献率

Table 2 Total variance and principal component contribution rate

成分 <sup>(1)</sup>	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	贡献率/%	累计贡献率/%	合计	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.662	93.245	93.245	4.662	93.245	93.245
2	0.237	4.737	97.981			
3	0.090	1.790	99.772			
4	0.011	0.228	100.000			
5	$1.897 \times 10^{-16}$	$3.795 \times 10^{-15}$	100.000			

注:(1) 1~5 表示涂布液的 5 种性能,仅代表样本个数。

由表 2 可以看出,对于涂布液的 5 种性能指标,仅需要 1 个主成分就可以完全反馈 93.245% 的有用信息,可见各因素间相关性显著,使用主成分分析法可以较好地描述涂布液性能的综合特性。

继续用数据分析软件计算各因素的权重系数,如表 3 所示。

表 3 权重系数

Table 3 Weight coefficients

项目	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
Z	0.991	0.977	0.901	0.974	-0.983

注: $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  分别对应涂布液的黏度、固含量、细度、表面张力和保湿性;Z 为权重系数。

由表 3 可得主成分表达式为:

$$F = 0.991X_1 + 0.977X_2 + 0.901X_3 + 0.974X_4 - 0.983X_5 \quad \text{式(1)}$$

(F 为主成分表达式的综合值)

将表 1 数据代入式(1),可得 5 种涂布液的主成分综合值 F,结果如表 4 所示。

表 4 涂布液的主成分综合值

Table 4 Composite value of principal components of coating liquid

项目	涂布液				
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>
F	2.80	42.91	80.37	99.45	135.99

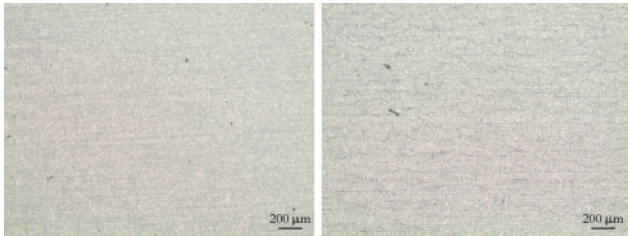
由表 3 可知,涂布液的黏度、固含量、表面张力和保湿性具有较高的权重系数,基本都大于 0.97。主成分综合值越大,则涂布液的涂布适性就越好,由表 4 可知 5 种涂布液的涂布适性优劣顺序为  $5^{\#} > 4^{\#} > 3^{\#} > 2^{\#} > 1^{\#}$ 。

黏度是流体重要特性,黏度过低或过高会影响涂布质量。固含量是流体中固体成分的含量,对于涂布液而言,较高的固含量有利于获得均匀平整的涂层。细度是决定涂布液分散程度的基础指标,细度越细,涂布液分散越均匀,性能就越好,因此,对于铝塑膜的涂布液,细度一般应小于  $10 \mu\text{m}$ 。表面张力对涂布液的性能具有重要影响,一方面通过涂布让铝塑膜获得较高的表面张力,为后续印刷提供条件;另一方

面表面张力决定了体系的稳定性,较高的表面张力会影响流体的稳定性。保湿性是水性涂布液的专用指标,保湿性高,说明涂布液中液体含量多,可以降低体系的黏度。5#涂布液固含量达到了38%,黏度为60 s,基本符合了高固低黏的性能要求,因此性能最好。

## 2.2 铝塑膜涂布前后的表面微观形貌

用金相显微镜对铝塑膜涂布前后的表面形貌进行观察,结果如图1所示。



(a) 涂布前(放大50倍)

(b) 涂布后(放大50倍)

图1 铝塑膜涂布前后的表面微观形貌

Fig.1 Surface microstructure of aluminum-plastic film before and after coating treatment

由图1可以看出,铝塑膜在涂布前,表面结构平滑规整,涂布后,表面出现了明显的细小纹路,粗糙度显著增加。涂布的目的是为了获得良好的印刷附着力,铝塑膜表面越平滑,印刷时油墨越不易附着,只有适当地增加表面的粗糙程度,才能增加油墨分子对涂层表面的润湿能力,从而获得较好的附着效果。

## 2.3 涂层质量综合值

涂布后的铝塑膜表面的光泽、平滑度、附着力测

试结果如表5所示。

表5 涂层表面性能

Table 5 Surface performance of coating films

项目	涂布液				
	1#	2#	3#	4#	5#
光泽/Gu	7.2	7.5	7.9	8.3	8.5
平滑度/s	185	208	234	256	289
附着力/%	87	95	100	100	100

由表5可知,5种涂布液的性能不同,涂层质量也不尽相同。涂层的光泽与平滑度变化基本成正相关,涂层越平滑,光泽就越高。附着力与涂布液的黏度有关,黏度过低,涂布液中树脂成分少,附着效果差。

参照对涂布液主成分分析的原理,对表5数据进行主成分分析,最终可得5种涂层质量的主成分综合值( $Y$ )分别为:97.12、120.23、146.41、173.28、212.91。综合比较涂布液性能主成分综合值和涂层质量主成分综合值,可见二者分析结果完全一致,即 $5^{\#}>4^{\#}>3^{\#}>2^{\#}>1^{\#}$ 。

## 2.4 涂层质量主成分综合值与涂布液性能主成分综合值的回归模型

将涂布液性能的主成分综合值 $F$ 与涂层质量的主成分综合值 $Y$ 建立多元回归线性模型,结果如表6所示。

表6 回归模型

Table 6 Regression model

内容	非标准化系数		标准化系数		
	样本回归系数	标准偏差	样本回归系数	$t$ 检验	显著性
常数 $b$	87.229	7.522	0.985	11.597	0.001
$F$	0.868	0.088	0.985	9.885	0.002

由表6可知,标准化回归系数 $r=0.985$ ,非常接近于1,可见涂布液性能与涂层质量间存在较好的线性关系。

以涂布液质量的主成分综合值 $F$ 为自变量,涂层质量的主成分综合值 $Y$ 为因变量,经SPSS多元线性回归,得常数 $b$ 为87.229,回归系数为0.868,故回归方程为:

$$Y = 87.229 + 0.868F \quad \text{式(2)}$$

将式(1)代入式(2),可得总的表达式:

$$Y = 87.229 + 0.860 2X_1 + 0.848 0X_2 + 0.782 1X_3 + 0.845 4X_4 - 0.853 2X_5 \quad \text{式(3)}$$

由式(3)可知,黏度、固含量、表面张力和保湿性等权重系数分别为0.8601、0.8480、0.8545、-0.8532,可见这些性能对涂层质量起主要影响作用,而细度因差别不大,因而影响相对较小。通过回归模型,当评价涂布液的质量时,只需要将涂布液的相关性能参数代入模型,就可以对涂布后的效果进行定量的描述和预测,相对传统的评价方法,具有简便

实用的特点。

## 2.5 回归模型的验证

将表 1 中的涂布液性能数据代入式(3), 计算可得  $Y$  的回归模型值, 如表 7 所示。

表 7 涂布液回归模型验证

Table 7 Coating fluid regression model validation

项目	涂布液				
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>
$Y$	89.66	124.47	156.99	173.55	205.26

由表 7 可知,  $Y$  的回归模型值大小为  $5^{\#} > 4^{\#} > 3^{\#} > 2^{\#} > 1^{\#}$ , 此验证结果与涂布液性能综合值计算结果一致, 即该模型可以较为准确地预测涂布液性能对涂层质量的影响。

## 3 结 语

涂布液的黏度、固含量、细度、表面张力和保湿性等性能间具有密切的相关性, 仅用一个主成分可以反馈 93.245% 的有效信息。其中, 黏度、固含量、表面张力和保湿性起主要影响作用, 细度在差别较小的情况下影响不大。要想为印刷提供良好的涂布质量, 就需要严格控制涂布液的生产研发过程, 同时还应考虑涂布工艺的影响, 在保证满足印刷生产的条件下, 以达到性能的最优化。通过建立铝塑膜涂布适性评价模型, 省去了涂布打样等过程, 具有方便快捷的优点。

### 参考文献

[1] 张鹏博, 张晓华, 王训, 等. 锂离子电池用铝塑复合膜精密冲压工艺研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45(7): 167

-170.

- [2] 冯叶飞, 高新. 软包锂电池铝塑复合膜制作工艺途径[J]. 塑料包装, 2014, 24(6): 7-9.
- [3] 陈昊, 吴梦奇, 李杰飞, 等. 水性防腐涂料研究进展[J]. 涂料工业, 2016, 46(2): 20-25.
- [4] 江晓婷, 王朝生, 江振林. 耐热持久疏水涂层的制备及其性能研究[J]. 涂料工业, 2016, 46(7): 1-6.
- [5] 辜婷, 王君, 金旭, 等. 丙烯酸酯/石蜡复合乳液的制备及其稳定性研究[J]. 涂料工业, 2016, 46(7): 55-60.
- [6] 刘文斌, 张富伟, 李文刚. SBR 黏合剂用于锂离子电池  $\text{LiFePO}_4$  正极的研究[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(6): 312-316.
- [7] 李海波, 戚嵘嵘, 冯杰. 太阳能电池用 EVA 封装胶膜的性能研究[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(4): 205-209.
- [8] 周旭, 汪济奎, 张帝漆, 等. 热固化抗静电涂料的制备及性能研究[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(3): 45-50.
- [9] 张铁山, 武鹏宇, 王超. 价值工程在绿色凹印油墨研发中的应用研究[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(1): 51-55.
- [10] TANG B L, CHEN G X, CHEN Q F, et al. Research and manufacture of nano-silver conductive ink[J]. Advanced Materials Research, 2011, 174: 405-408.
- [11] 万达, 屈贞财. 热转印纸转印适性评价模型的建立[J]. 纸和造纸, 2014, 33(3): 40-42.
- [12] 屈贞财, 陈广学. 喷墨纸印刷适性评价体系的研究[J]. 中华纸业, 2012, 33(2): 47-50.
- [13] 谢文彬, 高艳飞. 织物印花用喷墨热转印墨水的研制[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(5): 28-33.
- [14] 陈海生. 喷墨热转印纸性能对转印质量的影响[J]. 包装工程, 2016, 37(9): 144-147.

收稿日期 2017-01-17(修改稿)

## 2017 粉末涂料配方设计培训班将于 3 月底在常州举办

中国化工学会涂料涂装专业委员会(粉末涂料与涂装)将于 3 月 26—30 日在常州举办每年一度的粉末涂料配方设计培训班。

2017 年的粉末涂料配方设计培训班特色: 从粉末涂料各体系化学反应讲起, 深层次明晰粉末涂料配方设计基础与原则; 增设有机颜料种类与特性章节, 为颜料选用问题解惑; 为倡导“以铝代木”绿色环保, 专辟木纹转印课程; 亦专辟了美术粉课程, 全方位解析美术粉设计思路及其后加工; 保留经典的各树脂体系及专用粉末涂料配方设计、助剂应用, 以及设备应用与制粉工艺控制内容。

培训内容适合粉末涂料原料供应商技术人员及销售客服人员、粉末涂料制造商的技术人员及车间生产管理人员、制粉设备应用服务人员以及涂装行业从事粉末涂装的科研与管理人员等。欢迎参与!

网址: [www.asiacoat.com/powder/index.html](http://www.asiacoat.com/powder/index.html)

电话: 0519-83295503、83905727、83299195、83299327

联系人: 郭滢、徐萍、宁波、吴向平

# 浓乳液渗透分离膜脱醇性能研究\*

赵素芬<sup>1</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>, 刘晓艳<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>1</sup>, 石胜鹏<sup>2</sup>, 张晨<sup>2</sup>

(1 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 中山 528436; 2 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100000)

**摘要** 利用有机硅的室温交联技术和引入刚性苯乙烯互穿网络及接枝交联的增强改性, 成功地使改性有机硅浓乳液乳胶粒子内部及粒子之间进行交联, 得到了相互挤压密集堆砌结构稳定并且有一定力学性能的分膜材料。本文考察了改性有机硅浓乳液法分离膜以渗透蒸发方法从醇水混合物中脱醇的分离性能, 研究结果表明, 分离膜渗透蒸发通量随着引入苯乙烯用量以及料液浓度的增加而增加, 从水中脱除乙醇的分离因子在引入的苯乙烯含量为 18% 的地方分离选择性有一个最大值为 7.4。随着料液中乙醇浓度的增加, 分离通量选择性出现了峰值, 在乙醇浓度为 33.41% 时, 对乙醇的分离因子  $\alpha$  可达到 11.3。

**关键词** 优先脱醇 渗透分离 有机硅浓乳液 分离性能

中图分类号: TB383

文献标识码: A

## Study on the Separation Ethanol of Concentrated Emulsion Membrane

ZHAO Sufen<sup>1</sup>, ZHANG Liqiong<sup>1</sup>, LIU Xiaoyan<sup>1</sup>, TU Zhigang<sup>1</sup>,  
SHI Shengpeng<sup>2</sup>, ZHANG Chen<sup>2</sup>

(1 Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436; 2 College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100000)

**Abstract** By use of room temperature crosslinking technology of silicone and the introduction of rigid styrene of modified-interpenetrating network and reinforcedgrafting-crosslinking, between the modified concentrated silicone emulsion particles and internal particles were successfully crosslinked. The membrane which has mutual-intensive-stacking structure and certain mechanical properties were obtained. The separation performance of the modified silicone concentrated emulsion by use of pervaporation method separating from the alcohol water mixture was examined. The results show that pervaporation flux of the separation membrane increases with the concentration of styrene and feed illiquid. There is a maximum value of 7.4 when the separation factor is introduced in the styrene content for the local of separation selectivity 18%. With the increase of ethanol concentration, the selective separation factor  $\alpha$  reach 11.3 when the ethanol concentration is 33.41%.

**Key words** permselective separation of ethanol, permeable separation membrane, silicone concentrated emulsion, separation performance

伴随着石油、煤和天然气等不可再生能源不断地被消耗, 寻找新的替代能源的要求也变得日益迫切, 而通过加工生物资源得到的可再生“绿色能源”逐渐引起了人们的广泛浓厚兴趣, 发酵生产的乙醇就是其中一种<sup>[1]</sup>。但发酵生产乙醇过程中, 随着乙醇浓度增加到 10% 左右时, 乙醇会对酵母细胞的生长产生抑制作用甚至杀死细胞或使发酵转化反应停止<sup>[2]</sup>, 同时, 由于乙醇分子的极性与水分子的相近, 而且其体积比水分子大, 水分子和乙醇分子范德华直径分别为 0.26 nm 和 0.52 nm<sup>[3-5]</sup>, 所以如果能很好地从醇水混合物中优先分离乙醇也就有了更重要的理论意义与应用价值。本实验研究了利用改性有机硅浓乳液法分离膜通过渗透蒸发方法从醇水混合物中脱醇的分离性能。

## 1 实验

### 1.1 原料与试剂

八甲基环四硅氧烷(D<sub>4</sub>), 工业级, 吉林化学工业公司研究院; 乙烯基环四硅氧烷(ViD<sub>4</sub>), 工业级, 吉林化学工业公司研究院; 十六烷基三甲基溴化铵(CTAB), 分析纯, 北京化学试剂公司; 1,2-二乙烯苯(DVB), 化学纯, 美国 Aldrich 化学公司; 氢氧化钾(KOH), 分析纯, 北京益利精细化学品有限公司; 正硅酸乙酯(ES), 分析纯, 北京化学试剂公司; 苯乙烯(St), 分析纯, 上海化学试剂站中心化工厂。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 膜的制备

将一定量的乳化剂 CTAB、开环聚合反应催化剂 KOH

\* 2013 年度国家国际科技合作专项项目(2013DFG92600)

赵素芬: 硕士生, 高级工程师, 研究方向为高分子薄膜 E-mail: zsfbox@aliyun.com 涂志刚: 通讯作者, 博士后, 教授级高级工程师

和连续相水于 60 °C 搅拌 0.5 h,使其充分溶解;再滴一定量的 D<sub>4</sub>,在 70 °C 预聚反应 1 h,将 ViD<sub>4</sub> 滴入体系内,配成浓乳液,在 80 °C 反应 2 h,然后降温至 30 °C,滴加单体 St、DVB 与引发剂 AIBN 的混合物,搅拌 1 h,最后加入交联剂 ES 和催化剂 DBTL,搅拌均匀并脱泡后浇筑成膜,置于 60 °C 反应 24 h,取出真空干燥至恒重。

1.2.2 渗透蒸发实验

实验装置主要由膜过滤器、冷阱和真空泵组成。膜的有效面积为 18 cm<sup>2</sup>,厚度约为 0.08 cm,实验温度为 14 °C,分离时所形成的真空压力约为 0.7 kPa,收集渗透蒸发分离物的冷阱用液氮维持低温,用电子天平称量,用阿贝折光仪分析其组成。

1.3 性能测试

1.3.1 分离膜溶胀性能测试

取膜材料干至恒重后,即为溶胀试样,称其质量记为 m<sub>0</sub>,然后将其放入无水乙醇中恒温浸泡,经一定时间后取出,用滤纸快速拭干试样表面液体,称重得到试样的湿重记为 m,则可由式(1)计算试样的吸醇溶胀率:

$$W_e = (m - m_0) / m_0 \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 膜分离性能测试

渗透通量 J:

$$J = \frac{Q}{A \cdot t} \quad (2)$$

式中:Q 为渗透液的质量,g;A 为渗透蒸发膜有效面积,m<sup>2</sup>;t 为渗透蒸发时间,h。

渗透分离因子 a<sub>(e/w)</sub>:

$$a_{e/w} = \frac{Y_e / Y_w}{X_e / X_w} \quad (3)$$

式中:X<sub>e</sub>、Y<sub>e</sub> 为乙醇在进料液、渗透液中的质量分数;X<sub>w</sub>、Y<sub>w</sub> 为水在进料液、渗透液中的质量分数。

2 结果与分析

2.1 分离膜对纯渗透物组分的溶胀

对于性能优异的优先脱醇渗透蒸发膜来讲,首先要有较强疏水亲油性能<sup>[6]</sup>,这是有较高脱醇分离性能的必然前提。利用材料分别在乙醇和水中的平衡溶胀率可以初步判断该材料与乙醇分子和水分子之间的相互作用。

表 1 14 °C 下不同配比有机硅浓乳液法分离膜的 100 h 溶胀率

Table 1 The swelling rate of 100 h for various membranes at 14 °C

Membrane number	D <sub>4</sub> /Vi D <sub>4</sub> / St/DVB	Swelling rate/%		
		in ethanol	in water	Proportion
M1	38/12/10/2	8.8	2.8	3.14
M2	38/12/14/2	9.1	1.3	7
M3	38/12/18/2	10.3	3.5	2.94
M4	38/12/23/2	15.2	4.9	3.10
M5	38/12/28/2	20.0	10.3	1.94

从表 1 中可以看出分离膜随着成分中刚性聚苯乙烯链

段所占比例的增加,在乙醇中的溶胀率呈增大趋势,在水中则除了在 M2 膜中略有下降外,总体上也是增大的,因为随着刚性链引入量的增加,改性有机硅浓乳液体系乳胶粒子保持形态结构的能力越来越强,清晰的乳胶粒子边界带来的就是乳胶粒子之间形成更大些的渗透通道。在乙醇和水中的两种溶胀率始终是在乙醇中浸泡溶胀数居大,在 M2 配比的膜中对乙醇的溶胀率要比在水中的大 6 倍,是其中相互差别最大的;M5 配比的膜中则是相互差别最小的,由此可以大概推测 M2 膜的分离性能应该比较优异,而 M5 膜则可能是分离效果较差。

2.2 浓乳液法分离膜的脱醇渗透通量

渗透通量是组分通过膜的渗透速率,渗透蒸发膜的渗透通量越大,完成一定分离任务所需要的膜面积(即膜组件)就越小。

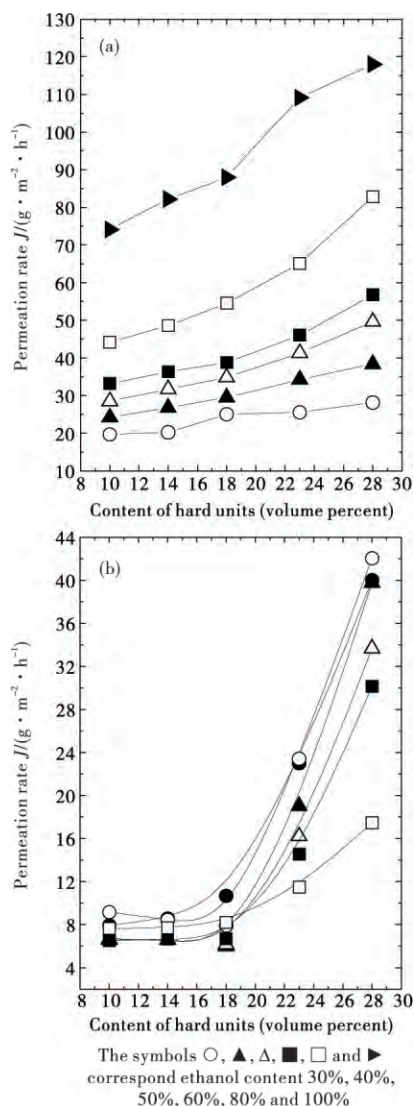


图 1 不同料液浓度下有机硅浓乳液法分离膜改性配比对乙醇(a)和水(b)渗透通量的影响

Fig. 1 Relation between permeation rate J of the ethanol (a), water (b) and the ethanol concentration in feed mixture for membranes of vary hard units content

从图 1 可以看出,乙醇组分的渗透通量非常明显,这归结于材料的憎水亲醇性。同时,渗透通量受液组成的影响也很大,伴随着乙醇浓度的增加,分离膜的乙醇溶胀比例也越大,使得乳胶粒子内部以及粒子间的分离通道尺寸增大,从而使得渗透通量都进一步增加。

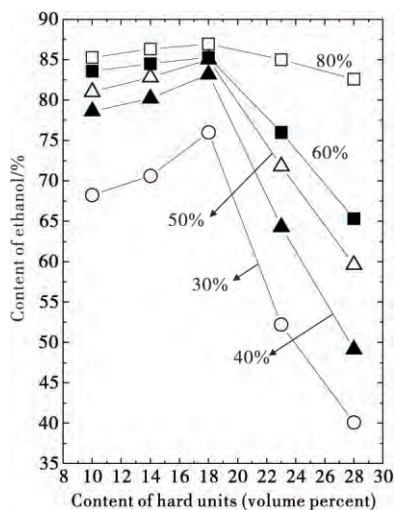


图 2 不同料液浓度下有机硅浓乳液法分离膜的改性配比与渗透物中乙醇浓度的关系

Fig. 2 Relation between ethanol content in the separated products and the ethanol concentration in feed mixture for membranes of vary hard units content membranes of vary hard units content

从图 1(b)中看出,对于渗透物中水所占渗透通量的变化趋势在引入刚性苯乙烯链段含量较高时并不明显,然而引入

刚性苯乙烯链段含量较高的 M4 和 M5 这两个膜中水所占的渗透通量则明显要比在其余膜中高,说明水在 M4 和 M5 两个膜的渗透蒸发过程中显示出了在体积上作为小分子的扩散优势。较高的刚性苯乙烯链段含量会使得互穿交联网络更完善,让分离膜中粒子堆砌结构显现得更清晰,但也会使分离通道中的有机硅链段变少,对极性选择分离产生了一定的影响,使水分子依靠小分子的扩散优势而有了较高的渗透通量。

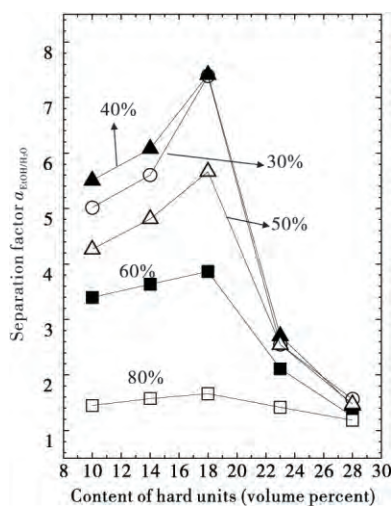


图 3 不同料液浓度下有机硅浓乳液法分离膜改性比对分离因子的影响

Fig. 3 Dependence of separation factor on the ethanol concentration in feed mixture for membranes of vary hard units content

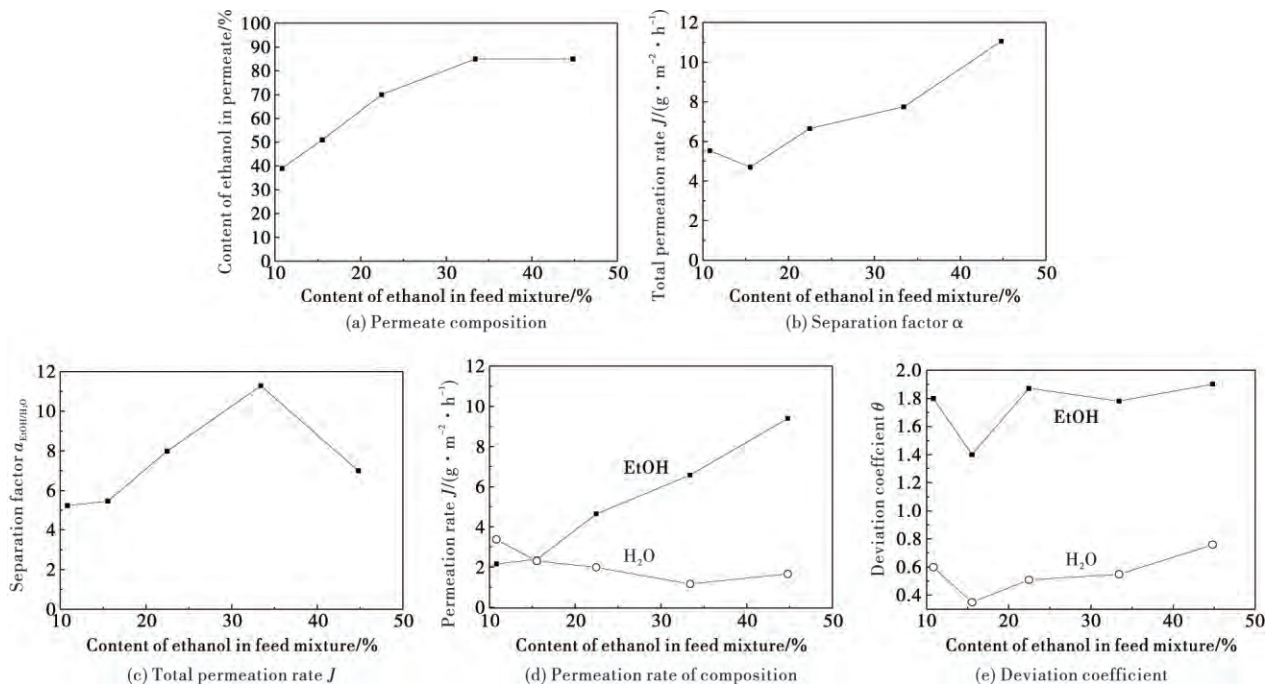


图 4 料液浓度对有机硅浓乳液法渗透蒸发膜的分离性能影响

Fig. 4 Dependence of pervaporation characteristics on the ethanol concentration for membrane at 14 °C

### 2.3 浓乳液法分离膜的脱醇分离因子

从图 2 和图 3 中可以发现,随着刚性苯乙烯链段含量的增加,浓乳液法分离膜的分离效果在引入的苯乙烯含量为 18% 时分离选择性有一个最大值为(7.4)。这主要是因为随着引入刚性苯乙烯链段含量的增加,膜内乳胶粒子表面的交联程度变高,且由于苯乙烯链段本身的亲油性导致对水的亲和性变弱;但当刚性苯乙烯链段含量太高时,乳胶粒子之间的交联有机硅长链变少,乳胶粒子之间的通道结构变得更清晰,有机硅长链的极性选择作用被减弱,水分子扩散作用就变得更为明显,同时乳胶粒子表面与乙醇分子中的乙基基团相互作用而使得乙醇分子的羟基向外撑开,从而对水的亲和性变强,也促进了水分子的扩散。

### 2.4 浓乳液法分离膜的分离性能

从图 4(c)中可以看出,分离乙醇的选择性随料液乙醇浓度的变化而变化,在乙醇浓度 10.82% 以下,分离因子保持在 5.23 的水平,并随着浓度的增加而增大,并在浓度较高时分离性能表现出来。

从图 4(a)、(b)和(d)中发现随着料液中乙醇含量的下降,乙醇的渗透通量与总的渗透通量都逐渐下降,而水的渗透通量只在料液中水浓度达到 80% 以上时才有明显增加。

从图 4(e)中还可看出,在所测试料液浓度范围内,乙醇的渗透比  $\theta$  均大于 1,而水则均小于 1,这说明极性效应占据了优势,而体积效应并不明显,也证明用浓乳液聚合方法所得到的有机硅膜材料仍有着足够的亲醇性。

## 3 结论

(1)分离膜渗透蒸发通量随着引入苯乙烯用量以及料液浓度的增加而增加,从水中脱除乙醇的分离因子在引入的苯乙烯含量为 18% 时分离选择性有一个最大值为(7.4),在乙醇浓度 33.41% 时出现了一个峰值,分离因子达到了 11.3。

(2)浓乳液法改性有机硅浓乳液法分离膜在分离醇水混合物时,体积效应只在膜分离过程初期比较明显,平衡后可以做到主要依照极性效应的原则进行分离,优先脱除乙醇。

### 参考文献

- 1 陈新,平郑骅,张耀华,等.酸处理 silicone-I 沸石填充硅橡胶渗透蒸发分离膜[J].功能高分子学报,1995,8(1):92
- 2 叶立,黄卫星,肖泽仪,等.硅橡胶膜用于工业化乙醇连续发酵的实验研究[J].上海化工,2003,8(4):18
- 3 Flory P J. Principle of polymer chemistry[M]. New York: Cornell University Press,1953
- 4 Masao Kakudo, Nobutami Kasai. X-ray diffraction by polymers[M]. Tokyo: Elsevier Publishing Co,1972
- 5 Mandal S, Pangarkar V G. Separation of methanol-benzene and methanol-toluene mixtures by pervaporation: Effects of thermodynamics and structural phenomenon[J]. J Membrane Sci,2002,201(2):175
- 6 Zhang Shimin, Drioli E. Pervaporation membranes[J]. Sep Sci Technol,1995,30(1):1
- 4 万维威.磁控溅射法制备 Cr-CrO 太阳能选择吸收涂层研究[D].武汉:中南民族大学,2010
- 5 王国伟,尧克光,焦青太,等.3 类光热转换涂层的力学、光学和集热性能研究[J].电镀与涂饰,2012(4):65
- 6 马清,陈建军,刘绍军,等.可见光响应型 Cu-Ti-O 纳米管阵列的阳极氧化制备及表征[J].中国有色金属学报,2014(11):2827
- 7 李西忠,孔荣贵. FeMnCuO<sub>4</sub>/硅聚合物太阳光谱选择性吸收涂层的研究[J].合肥工业大学学报,1992,15(3):78
- 8 万泰新,赵青华,陈晓曦.在钢板上制备太阳选择性吸收表面的工艺和性能研究[J].太阳能学报,1991,12(1):62
- 9 Bergh Aus A, Diah Anbaksh S A, et al. Characterisation of CVD-tungsten-alumina cermets for high-temperature selective absorbers[J]. Solar Energy Mater Solar Cells, 1998, 54:19
- 10 Wang Q, Zhang B, Qu M, et al. Fabrication of superhydrophobic surfaces on engineering material surfaces with stearic acid[J]. Appl Surf Sci, 2008, 254:2009
- 11 熊德华,陈炜,李宏.太阳能光热转化选择性吸收涂层研究进展[J].科技导报,2014(9):50
- 12 蒋家兴,赵剑曦,廖新焕,等. Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 太阳光热转换吸收薄膜的制备[J].应用化学,2010(3):358
- 13 高祥虎,赵鑫,耿庆芬,等.光谱选择性太阳吸收涂层的研究进展[J].材料导报:综述篇,2012,26(7):26

(上接第 214 页)

表 1 不同压强制备的薄膜附着力测试结果

Table 1 Test results of adhesive force NiCr films coatings prepared by different pressure

压强/Pa	3	4	5	6	7
附着力等级	5B	5B	5B	5B	5B

## 3 结论

(1)在室温条件下,射频功率为 200 W,溅射氛围为 4 Pa 时制备的薄膜成膜质量最优,表面均匀性和结晶性最好,对中远红外线的平均反射率为 0.92,对紫外可见光具有较强的吸收能力。本实验方法制得的薄膜具有对基底极强的附着力,附着力级别均达到了 5B。

(2)溅射氛围在 3~4 Pa 内,薄膜性能随压强增大不断优化;压强继续提高时,薄膜的性能下降。

### 参考文献

- 1 蒋家兴,赵剑曦,姜蓉.太阳光热转换吸收薄膜制备方法:现状与发展[J].材料导报:综述篇,2009,23(11):101
- 2 王辉,程旭东,万倩,等. Ni-Mo 太阳光谱选择性吸收涂层的制备与性能研究[J].表面技术,2011(2):21
- 3 Schmidt R N, Park K C. High-temperature space-stable selective solar absorber coatings[J]. Appl Opt, 1965, 4(8):917

# 浓乳液优先脱醇渗透分离膜形态研究

赵素芬<sup>1</sup> 刘晓艳<sup>1</sup> 张莉琼<sup>1</sup> 涂志刚<sup>1,2\*</sup> 石胜鹏<sup>2</sup> 张晨<sup>2</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 中山 528436; 2. 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029)

**摘要** 将醇/水分离通道适当地放大, 在匀质膜材料中单一纳孔的基础上, 引入介于纳孔与微孔之间的通道亚微孔, 只依靠极性效应对水和乙醇进行选择分离。通过设计得到合适尺寸的分离通道, 从而可以依靠极性选择作用来达到从水中优先脱醇并提高分离性能的目的。通过对改性有机硅浓乳液以及由其直接制备得到的分离膜的形态进行电子显微镜观测, 发现在分离膜中存在浓乳液乳胶粒子相互挤压、密集堆砌而且随着苯乙烯类单体含量的增加, 乳胶粒子形态结构的边缘逐渐清晰, 并能够保持浓乳液中乳胶粒子密集堆砌形成的多面体结构, 通过红外及 DSC 谱图的变化分析, 发现苯乙烯存在交联互穿增强效果。

**关键词** 优先脱醇, 渗透分离膜, 有机硅浓乳液, 形态

## Study on morphology of concentrated emulsion ethanol permselective separation membrane

Zhao Sufen<sup>1</sup> Liu Xiaoyan<sup>1</sup> Zhang Liqiong<sup>1</sup> Tu Zhigang<sup>1,2</sup> Shi Shengpeng<sup>2</sup> Zhang Chen<sup>2</sup>

(1. Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436;  
2. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

**Abstract** Suitably enlarging the separation channel between alcohol and water, based on single nanohole in the homogenous membrane material, the sub-micropores between nanohole and micropore channel was introduced, ethanol in water was selectively separated through polarity effect, which isolated the ethanol from the water and improved the separation performance. Observing the modified silicone and separation membrane that produced directly with electron microscope, latex particles of silicone concentrated emulsion were found in the separation membrane extracted mutually and packed densely. Meanwhile with increasing the content of styrene monomer, the edge of the structure form of latex particles gradually clear, and can keep the polyhedron structure of the latex particles in concentrated emulsion that packed densely and formed. By the analysis of FTIR and DSC spectra, the styrene could enhance the film through crosslinking interpenetrating.

**Key words** permselective separation of ethanol, permeable separation membrane, silicone concentrated emulsion, morphology

在渗透蒸发过程中决定优先脱醇膜分离性能的主要因素是不同物质在分离膜中扩散速率的差异, 而这种差异是由膜材料中通道的性质所决定, 即由通道的极性与尺寸决定。目前制膜方法通道尺寸一般都在纳米级以下<sup>[1]</sup>。在该尺度水平上, 渗透蒸发膜对渗透组分分子的体积选择强于极性选择。水分子和乙醇分子范德华直径分别为 0.26 和 0.52 nm<sup>[2-4]</sup>, 水分子极具优势。对此, 本研究采用交联的乳胶粒子堆砌成膜<sup>[5-6]</sup>, 乳胶粒子内部含固有的纳孔, 而乳胶粒子之间轻度交联, 形成亚微米尺寸的通道。这种在乳胶粒子之间的亚微米尺寸的界面通道, 弱化了体积选择的效应; 同时由于乳胶粒的无规紧密堆砌, 乳胶界面的通道会不断改变方向, 可以为分离提供足够的塔板数, 保持有效的分离选择性。

## 1 实验部分

### 1.1 原料与试剂

八甲基环四硅氧烷(D<sub>4</sub>, 工业级), 吉林化学工业公司研究院; 乙烯基环四硅氧烷(ViD<sub>4</sub>, 工业级), 吉林化学工业公司研究院; 十六烷基三甲基溴化铵(CTAB, 分析纯), 北京化学试剂公司; 1,2-二乙烯苯(DVB, 化学纯), 美国 Aldrich 化学公司; 氢氧化钾(KOH, 分析纯), 北京益利精细化学品有限公司; 正硅酸乙酯(ES, 分析纯), 北京化学试剂公司; 苯乙烯(St, 分析纯), 上海化学试剂站中心化工厂。

### 1.2 仪器

电子天平(JA203), 上海天平仪器厂; 磁力加热搅拌器(78-1), 江苏金坛市医疗仪器厂; 高速乳化机(200W), 上海费鲁克流体机械制造有限公司; 超级恒温水浴(CS501), 上海浦

基金项目: 2013 年度国家国际科技合作专项项目(2013DFG92600)

作者简介: 赵素芬(1987-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 高分子材料。

联系人: 涂志刚, 博士后, 教授级高级工程师。

东跃新科学仪器厂;真空干燥箱(ZK-82B),上海实验仪器总厂;扫描电镜(SEM,S-250MKIII),英国剑桥;红外光谱仪(1et Nexus 670 型),美国热电;差示扫描量热仪(204 F1 型),德国耐驰。

### 1.3 膜的制备

将一定量的乳化剂 CTAB、开环聚合反应催化剂 KOH 和连续相水于 60℃ 搅拌 30min,使其充分溶解;再滴一定量的  $D_4$ ,在 70℃ 预聚反应 1h,将  $Vi D_4$  滴入体系内,配成浓乳液,在 80℃ 反应 2h,然后降温至 30℃,滴加单体 St、DVB 与引发剂 AIBN 的混合物,搅拌 1h,最后加入交联剂 ES 和催化剂 DBTL,搅拌均匀并脱泡后浇铸成膜,置于 60℃ 反应 24h,取出真空干燥至恒重。具体配方见表 1。

表 1 改性有机硅浓乳液法分离膜配方

编号	组成成分(体积比)			
	$D_4$	$Vi D_4$	St	DVB
M1	38	12	10	2
M2	38	12	14	2
M3	38	12	18	2
M4	38	12	23	2
M5	38	12	28	2

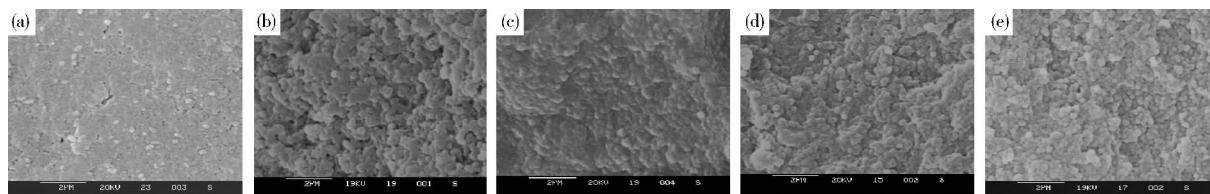


图 1 扫描电子显微镜下的膜液氮断层表面形态  
[(a)M1;(b)M2;(c)M3;(d)M4;(e)M5]

在扫描电子显微镜下可以看到,用液氮冷却条件脆断的浓乳液法分离膜的断层表面显现出来的是和改性有机硅浓乳液自由基预聚时的乳胶粒子尺寸相似的形态结构,这证明实验是将浓乳液的乳胶粒子形态尺寸保持到了所制得的改性有机硅浓乳液法分离膜中。

同时还可以看到,随着引入的刚性乙烯基单体含量的增多,在膜的断面层上的乳胶粒子形态边缘逐渐清晰,证明改性有机硅浓乳液乳胶粒子的形态保持能力在逐渐增强。但乳胶粒子之间仍有部分粘结在一起,甚至有的乳胶粒子之间仍有部分融合。这种粘连部分是由于乳胶粒子在浓乳液制备过程中的融合凝结,部分也是由于乳胶粒子之间的交联产生。

### 2.2 改性有机硅浓乳液法分离膜红外分析

从图 2 可知,随着乙烯基类有机硅单体用量的增加,得到的有机硅分离膜红外吸收谱图在  $2900\text{cm}^{-1}$  左右和  $1500\text{cm}^{-1}$  左右的峰值有明显的变化,而且随着改性有机硅乳液中苯乙烯引入量的增加使峰位有所漂移。并且从图 3 可以看出,改性有机硅浓乳液法分离膜中并非是单纯 PDMS 和 PS 的混合

### 1.4 性能测试

#### 1.4.1 扫描电子显微镜(SEM)观察

将膜材料置于液氮中冷冻完全,然后取出,迅速用镊子将其折断,取其断面表面喷金后置于扫描电镜下用剑桥 S-250MKIII 型扫描电镜 SEM 观察膜横截面。

#### 1.4.2 红外光谱分析

采用红外光谱仪(可变角衰减全反射(ATR)附件,PIKEA TRM ax II 型,内反射晶片为 ZnSe, $n = 2.43$ )对分离膜表面进行 FT-IR 光谱分析,分辨率为  $20\text{cm}^{-1}$ 。

#### 1.4.3 DSC 分析

采用差示扫描量热仪测定 DSC 谱图,取样约 17 mg,升温速率为  $20^\circ\text{C}/\text{min}$ ,氮气气氛,流速为  $40\text{mL}/\text{min}$ 。

## 2 结果与讨论

在有机硅浓乳液聚合过程中适当地加入乙烯基环硅氧烷并与环硅氧烷共聚,在有机硅的侧链引入乙烯基团,并使之与苯乙烯单体发生自由基共聚反应,进而使乳胶粒子内部交联。

### 2.1 改性有机硅浓乳液法分离膜的形态

将得到的有机硅浓乳液进行交联成膜之后,使改性有机硅浓乳液法分离膜在液氮冷却条件下脆断,用扫描电子显微镜下观察膜断层表面见图 1。

物,而是有一部分自由基接枝的聚合物 PDMS-PS 产生。

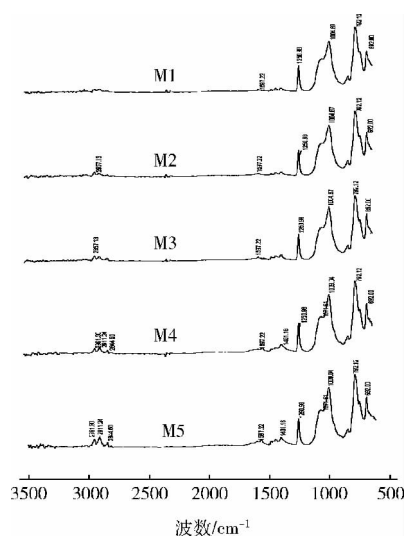


图 2 改性有机硅分离膜红外分析

### 2.3 改性有机硅浓乳液法分离膜 DSC 分析

从图 4 可以看出,随着苯乙烯接枝交联互穿,PDMS 分子链聚合体在  $-50^\circ\text{C}$  的结晶熔融峰在改性之后的有机硅浓乳液

分离膜中消失,而在 100℃ 出现在了聚苯乙烯的小  $T_g$  峰,并且随着膜刚性聚苯乙烯的量的增多而更明显。

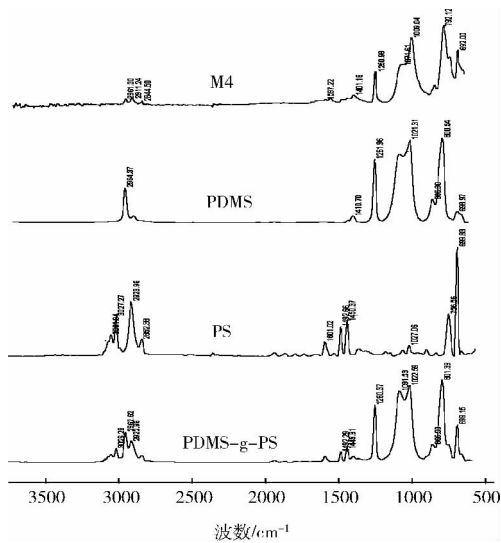


图 3 改性有机硅分离膜与纯聚合物材料吸级红外谱图

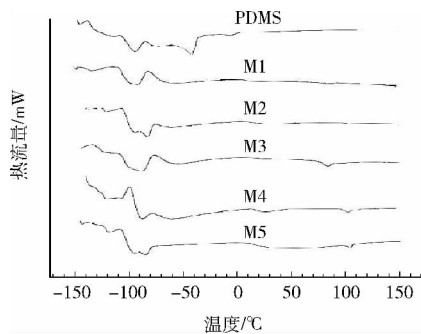


图 4 改性有机硅分离膜与 PDMS 的 DSC 谱图

### 3 结论

(1)电子显微镜照片表明,随着苯乙烯类单体含量的增加,乳胶粒子形态结构的边缘逐渐清晰,并能够保持浓乳液中乳胶粒子密集堆砌形成的多面体结构。

(2)在分离膜的红外及 DSC 谱图的变化证实了随着苯乙烯类共聚物单体加入量的增加,所得到的分离膜材料增强效果更加明显。

### 参考文献

- [1] Karlsson Hans O E, Gun T. Pervaporation of dilute organic-waters mixtures A literature review on modelling studies and applications to aroma compound recovery[J], J Membr Sci, 1993, 76(2-3): 121-146
- [2] Flory P J. Principle of Polymer Chemistry[M]. New York: Cornell University Press, 1953.
- [3] Masao Kakudo, Nobutami Kasai. X-ray Diffraction by Polymers [M]. Tokyo: Elsevier Publishing Co. 1972.
- [4] Mandal S, Pangarkar V G. Separation of methanol-benzene and methanol-toluene mixtures by pervaporation: effects of thermodynamics and structural phenomenon [J]. J Membrane Sci, 2002, 201(2), 175-190.
- [5] Ruckenstein E, Kyu-jun Kim. Polymerization in gel-like emulsions[J]. J of Appl Polym Sci, 1988, 36: 907-923
- [6] 刘睿, 杜中杰, 乔金梁, 等. 聚合物异形粒子的制备与形态表征及应用[J]. 高分子材料科学与工程, 2005, 21 (06): 189-192

收稿日期: 2015-01-07

(上接第 148 页)

### 参考文献

- [1] Guillén-Burrieza E, Zaragoza G, Miralles-Cuevas S, et al. [J]. Journal of Membrane Science 2012, 409-410(409): 264-275.
- [2] Tarnacki K, Meneses M, Melin T, et al. [J]. Desalination, 2012, 296(1): 69-80.
- [3] 吕晓龙. 面向应用的膜蒸馏过程再探讨[J]. 膜科学与技术 2011, 31(3): 96-100.
- [4] Gálvez J B, \* L G-R, I M-M. [J]. Desalination, 2009, 246(1): 567-576.
- [5] Alkhubiri A, Darwish N, Hilal N. [J]. Desalination, 2012, 287 (1): 2-18.
- [6] Khayet M, Matsuura T. Vacuum Membrane Distillation [M] Great Britain: Elsevier, Membrane Distillation Principles and Applications, 1st Edition. 2011, 323-359.
- [7] El-Bourawi M S, Ding Z, Ma R, et al. [J]. Journal of Membrane Science, 2006, 285(1-2): 4-29.
- [8] Gryta M. [J]. Journal of Membrane Science, 2008, 325 (1): 383-394.
- [9] Gryta M. [J]. Desalination, 2000, 129(1): 35-44.

- [10] Jiao B, Cassano A, Drioli E. [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 63(3): 303-324.
- [11] Gryta M, Tomaszewska M, Grzechulska J, et al. [J]. Journal of Membrane Science, 2001, 181(2): 279-287.
- [12] 郭晓燕, 侯毅, 张振家. 用于自来水深度处理的 MF 膜污染的清洗方法研究[J]. 中国给水排水, 2006, 22(5): 99-105.
- [13] 童大庆, 石川, 汪效祖, 等. 整体非对称性 PVDF 中空纤维膜在真空膜蒸馏中的应用[J]. 化工新型材料, 2014, 42(7): 217-220.
- [14] Jin Z, Yang D L, Zhang S H, et al. [J]. Journal of Membrane Science, 2008, 310(1-2): 20-27.

收稿日期: 2014-02-17

# 浅析塑料过度包装的控制

赵素芬<sup>1</sup> 刘晓艳<sup>2</sup> 涂志刚<sup>1</sup> 张莉琼<sup>1</sup>

(1.中山火炬职业技术学院包装印刷系 广东中山 528436,

2.广州科技贸易职业学院 广州 511442)

**摘要:** 塑料包装材料结构、体积、装潢等方面存在过度包装形式, 过度包装带来的环境问题触目惊心, 本文从建立法律法规、生产者责任制度及消费者消费观念等宏观方面进行控制, 同时从塑料包装的技术创新和设计等方面考虑减量化, 从而达到适度包装的目的。

**关键词:** 过度包装 塑料包装 材料结构

## Analysis on the Excessive Packaging of Plastics

Zhao Su-fen<sup>1</sup> Liu Xiao-yan<sup>2</sup> Tu Zhi-gang<sup>1</sup> Zhang Li-qiong<sup>1</sup>

(1.Institute of packaging & printing, ZhongShan Torch Polytechnic, ZhongShan 528436,

2.Guangzhou Vocational College of Technology& Business,Guangzhou 511442)

**Abstract:** There are excessive packaging forms on material structure, volume, and decoration, it causes startling environmental problems. This paper analyses from establishment of laws, producer responsibility system and consumer consumption concept. Meanwhile, subtraction of plastic packaging is considered from technical innovation and design.

**Keywords:** excessive packaging Plastic packaging material structure

## 一、什么是过度包装

过度包装没有准确的概念界定, 是与适度包装相对而言的, 适度包装是指一种合理而适当的商品包装, 即保护功能得当、使用材料适宜、体积容量适量、费用成本合理、标识标签完整<sup>[1]</sup>, 反之, 过度包装是一种功能与价值双重过剩的商品包装。

塑料过度包装的形式有很多种:

1) 塑料包装材料结构过度, 有些软包装材料复合层数达到十几层, 远远超出了包装的防护要求。

2) 商品包装体积过大, 实际产品很小, 喧宾

夺主, 还有的商品采用过厚的塑料衬垫材料, 保护功能过剩。

3) 装潢过度也是过度包装的一种形式, 塑料包装袋常采用满版印刷, 印刷色数过多。

## 二、如何控制过度包装

### 1. 建立健全和完善相关法律法规, 建立标准控制制度

要限制过度包装就必须先明确过度包装的标准问题, 有据可依才能督促生产者将条例贯彻到设计、生产、包装的过程中。

这个标准应本着节俭、简装、绿色、环保的原则, 必须确立商品包装的三大硬性标准——商

品包装空隙率、商品包装层数和商品包装成本占销售价格比例,并将包装用材和成本在商品说明书中标明,便于消费者监督。

但我国关于过度包装的法律规定刚性的条款不多,更多的只是一个框架,里面规定的惩罚性内容不多,操作性不强。

2010年4月1日起《限制商品过度包装要求—食品和化妆品》开始实施,但仅靠一个行业标准,很难彻底解决广泛存在的过度包装问题,而且该标准是技术文件,而非法律文件,并不具备强制性<sup>[2]</sup>。

对包装物的容积、包装物与商品之间的间隙、包装层数、包装成本与商品价值的比例等设定限制标准,德国、韩国、日本和加拿大等国都有这类法规。

如德国的《包装条例》中就明确规定<sup>[3]</sup>:包装容器内空位不得超过容器体积的20%;包装容器内商品与商品的间隙应在1厘米以下;商品包装容器内壁的间隙应保持在5毫米以下;包装成本一般应在产品总成本的15%以下等等。

再以韩国为例,《关于产品各种类包装方法的标准》对包装空间和包装层次(几层包装)都作了明确规定:各种加工食品、酒类、营养保健品、化妆品、洗涤剂、日用杂品、药品等的包装不能超过两层;筒装和瓶装饮料、衬衫和内衣只能有一层包装;饮料、酒类、化妆品(包括芳香剂,不包括香水)、洗涤剂、衬衫和内衣等的包装空置率不得超过10%;加工食品和保健营养品的包装空间在15%以内;糖果点心和药品的包装空置率不超过20%;文具类和钱包、皮带的包装空间为30%以下;花式蛋糕、玩具和面具等的包装空间不超过35%。

## 2. 建立生产者责任制度

生产者在限制商品过度包装过程中起着主导作用。而过度包装屡禁不止、大行其道的一个重要原因,即生产者对于包装缺乏必要的责任负担。生产者在享受包装所带来的盈利等好处之外,对于包装废弃物却视而不见,让整个社会来承担产品包装的负外部性,这本身违背公平原则,有悖

环境伦理。没有无义务的权利,生产者应该对产品包装流转全过程承担相应责任,生产者不仅对产品的性能负责,而且承担产品从生产到废弃对环境影响的全部责任,其责任范围自然涵盖了外包装。因此,生产者必须考虑包括原材料的选择、生产过程的确定、产品使用过程以及废弃等各个环节对环境的影响。

在具体的制度设计上,可以先考虑某些对环境影响极大的行业生产者征收包装税或者“废品回收费”,也可以借鉴包装押金制度,这样可以形成一种分散的包装集中机制,能迅速地将废弃包装物返还给生产者处理。

对生产过度包装企业要明确处罚方式,加大监督力度。根据企业包装成本超出规定水平的金额乘以商品数量,再按照一定比例进行处罚。过度包装不仅需要接受质量技术监督部门的监督和处罚,更需要消费者监督。增加消费者的举报、投诉、监督渠道奖励举报过度包装的消费者,从而加大监督力度。

## 3. 消费者要转变消费方式,倡导理性消费、适度消费、绿色消费

根据跨国公司的调查数据显示,在消费终端,有63%的消费者是根据商品的包装和装潢进行购买决策的<sup>[4]</sup>;而到超级市场购买的家庭主妇,由于精美的包装和装潢的吸引,其消费量往往超过她们原先预计的45%。由此可以看出,部分消费者还处于非理性消费状态。但是,作为消费者,要清醒地认识到过度包装的成本将转嫁到自己身上,过度包装的消费不仅会加重自身的经济负担,还会带来对环境的污染和破坏。因此消费者有责任通过改变自己的消费行为对环境保护发挥积极作用。消费者应该理性消费、适度消费、绿色消费,以最大限度地减少过度包装造成的危害。

## 三、塑料过度包装的措施

### 1. 塑料包装材料轻量化

一是改良现用包装材料,通过一定的技术及方法来提升现用材料的性能,减少现用材料使用量,如茂金属聚烯烃、双峰聚乙烯、高熔体强度

聚丙烯等新品种,可以采用较少的原料、较薄的厚度制得与普通塑料同规定、同强度的塑料包装薄膜、片材和容器等<sup>[5]</sup>。二是薄壁减量法,通过对包装尺寸的优化,不仅能保证或提升包装强度,又能减少材料的使用量,实行包装减量化,如可口可乐轻量化瓶比传统的瓶节约 PET 材料 35%,其轻量化瓶壁大概只有 0.1mm 厚度。

## 2. 塑料包装材料结构优化设计

包装材料结构设计与在保证产品包装相关需求的情况下,对包装材料结构进行相应的设计,减少包装材料用量,从而包装减量化,如塑料微孔发泡技术是典型轻量化塑料发泡的创新技术,最成功的是 Trexel 推出的 Mucell 微孔发泡工艺,该工艺主要采用二氧化碳或氮气等大气超临界流体作为发泡剂,发泡制品均匀一致,与传统发泡技术相比,无需化学发泡剂,也无需烃基为原料发泡剂,微孔泡沫塑料的泡孔直径小于 50um,泡孔密度达到  $10^9$ - $10^{12}$  个/cm<sup>3</sup>。微层复合加工技术的核心是层倍增技术,多层共挤物料通过层倍增器模块进行倍增操作,共挤制品总厚度不超过传统共挤工艺形成的结构,且包装相同的原料量,但内部是由许多微层组成,多微层内容可产生协同效应,改善机械性能和阻隔性能。

## 3. 塑料包装容器结构优化设计

合理的包装容器结构设计,不仅能避免不必要的包装材料消耗,而且对包装减量化起到事半功倍的效果。如 Kronos 公司通过消除颈部支撑的边缘设计及其它微小的改进,500ml 小瓶主要部分的壁厚均在 0.1mm 以下,重量 8.8g,相对于同容量的普通纯净水瓶,壁厚减薄 20%—30%,重量下降 28%—45%; Cor-poplast 公司研制出重量约为 6.6g 的 500ml 小瓶 PET lite 6.6,该瓶的瓶坯为梨形,其顶部设计的加强筋保证了在空瓶时具有足够的贴签稳定性。

## 4. 包装设计元素、印刷工艺减量化

在包装外观设计时,油墨的印刷面积、颜色种类进行减量化,一个好的印刷品,并不一定使用的颜色越多越好,有可能出现颜色用多了反而印刷品颜色发暗而失去光泽,因此我们在达到相

同的印刷效果前提下,应选择减量化的用色和色序方案<sup>[6]</sup>,如一款日本清酒包装,只印了一种黑色的“清酒”两字,而且这个“酒”字用书法完成,设计得非常直观、形象、巧妙,另一方面在印刷工艺过程中,由于上墨量少,对应的印刷溶剂和加热所需热量都相应减少,包装材料的综合成本大幅度降低,对环境的破坏性影响减少。

## 5. 包装设计时,对同一物品的包装采用同一种材质的包装材料,以便于回收

为了使包装废弃物不对环境造成污染,在设计时尽量保证材料的一致性,减少几种包装材料的混合使用,如 PET 食品包装袋其热封层材料采用 PETG,两者属于同一家族的材料,包装废弃物就很好回收利用,如采用 CPP 或 PE 作为热封层,两者不易分离,也不容易回收再利用,只能焚烧发电<sup>[7]</sup>。

## 结束语

在绿色环保的大前提下,节约能源,保护环境已经成为了一项基本国策,塑料包装是包装业中四大材料之一,而且每年发展迅速,因此,一次性塑料包装的减量化和重复利用率将对环境保护起到很大的促进作用。

## 参考文献

- [1] 毕素梅.控制过度包装的国际比较与借鉴[J].消费导刊,2008,(15): 30—31.
- [2] 陈之秀.食品过度包装不可取[J].食品界,2014,(1): 9—15.
- [3] 王峰.防范商品过度包装的立法思考[J].法治,2010,(8): 114—115.
- [4] 崔庆斌.包装设计质量的主因分析[J].出版与印刷,2016,(2): 34—35.
- [5] 唐赛珍.塑料包装材料轻量化薄型化发展概况与趋向[J].中国包装工业,2010,(12): 9—10.
- [6] 陈麒祥.印刷过程中的减量化[J].上海包装,2014,(2): 43—44.
- [7] 符朝贵.探讨食品包装标准的若干问题[J].包装财智,2012(11): 66—68.

## 浅析无溶剂复合产品摩擦因数的变化

赵素芬, 刘晓艳, 潘斌, 张莉琼, 涂志刚

(中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

**摘要:** **目的** 研究无溶剂复合过程中热封膜摩擦因数的变化。 **方法** 从不同热封层薄膜厚度、不同热封层配方结构及熟化控制等3方面研究无溶剂复合摩擦因数的变化规律。 **结果** 无溶剂复合用热封膜的厚度越厚, 摩擦因数的变化越小。在实际生产中膜厚必须在  $35\ \mu\text{m}$  以上, 摩擦因数的变化才容易控制。采用抗迁移性能好的热封膜可以减缓摩擦因数的上升, 在生产过程中温度的变化对摩擦因数的变化影响很大。 **结论** 改善无溶剂复合摩擦因数可以从改进爽滑剂配方、热封膜结构及无溶剂复合工艺等方面着手, 使无溶剂复合产品的摩擦因数控制在0.25以下。

**关键词:** 无溶剂复合; 摩擦因数; 异氰酸酯基; 爽滑剂

**中图分类号:** TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)05-0056-03

### Variation of Friction Coefficient of Solvent-free Composite Products

ZHAO Su-fen, LIU Xiao-yan, PAN Bin, ZHANG Li-qiong, TU Zhi-gang

(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**ABSTRACT:** The aim of this study was to investigate the variation of the friction coefficient of heat sealable film during the solvent-free compounding process. The variation rule of the friction coefficient was studied from three aspects, including the film thickness of the heat sealable layer, the formula of the heat sealable film, and curing process control. The thicker the heat sealable film used for solvent-free compounding, the smaller the variation of the friction coefficient. In practical production, the thickness of the heat sealable film must be above  $35\ \mu\text{m}$ , in order to control the variation of the friction coefficient. Application of heat sealable film with good anti-migration properties could slow down the increase of the friction coefficient, and the temperature change during the production had great influence on the variation of the friction coefficient. In order to improve the friction coefficient of solvent-free compounding, the slipping agent formula, the structure of heat sealable film, and the solvent-free compounding technology should be improved to control the friction coefficient of the solvent-free composite product below 0.25.

**KEY WORDS:** solvent-free compounding; friction coefficient; NCO; slipping agent

无溶剂复合是采用质量分数为100%的无溶剂型胶黏剂, 利用其固化反应将2种及以上不同类型的基材粘接在一起, 从而获得具有新功能性材料的一种技术。无溶剂复合技术进入21世纪以来, 新增的无溶剂复合设备数量占新增复合设备的80%~90%, 尤其是近3年呈跨越式上升态势<sup>[1]</sup>。摩擦因数是度量包装材料滑动特性的指标, 随着自动包装设备运行速度的不断提高, 软包装应用企业对软包装材料热封层的摩擦因数提出了越来越严格的要求<sup>[2]</sup>, 但PE的爽滑剂(常见

芥酸酰胺或油酸酰胺<sup>[3]</sup>)迁移到复合层表面后, 易与无溶剂胶黏剂中的NCO反应<sup>[4-6]</sup>, 引起薄膜摩擦因数上升。由此, 通过技术或工艺手段解决无溶剂复合产品摩擦因数的变化具有重要意义。

### 1 实验

#### 1.1 材料

实验材料: 无溶剂胶水, WD8118A/B通用型双组

收稿日期: 2014-08-12

作者简介: 赵素芬(1978—), 女, 浙江绍兴人, 硕士, 中山火炬职业技术学院高级工程师, 主要研究方向为软包装。

分无溶剂复膜胶,上海康达化工有限公司;PE热封膜,普通空白卷膜,自制。

## 1.2 方法

薄膜/复合膜摩擦因数检测参照GB 10006—88。

## 2 无溶剂复合产品对摩擦因数的影响

### 2.1 热封层薄膜的厚度对摩擦因数的影响

无溶剂复合热封层的表面摩擦因数上升是因为热封层中爽滑剂在较高温度下,部分向热封层薄膜的复合胶层面发生“内迁”<sup>[7]</sup>,与无溶剂胶黏剂中的异氰酸酯基反应。PE热封膜常采用3层共挤结构(A/B/C),A层为靠近复合面,B层为中间层,C层为靠近包装对象。通常只在C层添加爽滑剂,爽滑剂内迁需要经过A层和B层,因此在内迁过程中,爽滑剂到达胶水层的阻力越大,迁移到胶水层的爽滑剂越少,与胶水反应的爽滑剂就越少,摩擦因数的增加量就越少。采用C层厚度相同但总厚度分别为46,37  $\mu\text{m}$ 的PE 3层共挤热封膜,见图1,PE热封膜在复合前与复合后动/静摩擦因数都呈上升趋势,在复合前后,厚度为46  $\mu\text{m}$ 的动/静摩擦因数分别上升了41.9%和34.4%,厚度为37  $\mu\text{m}$ 的动/静摩擦因数分别上升了55.6%和53.6%,因此增加A层或B层厚度可以减缓摩擦因数的上升率。在实际生产中发现,膜厚小于30  $\mu\text{m}$ ,摩擦因数的变化太大,不适合生产要求,建议膜厚在35  $\mu\text{m}$ 以上。

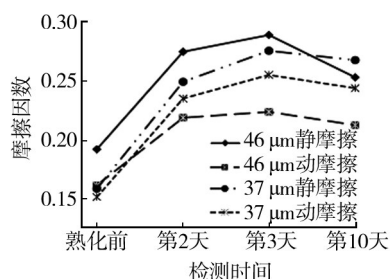


图1 不同厚度对摩擦因数的变化情况

Fig.1 Variation of the friction coefficient with hickness

### 2.2 不同结构的热封层对摩擦因数的影响

不同生产厂家的热封膜对摩擦因数的影响相差很大,除了与热封膜厚度有关外,还与热封层的结构有关。采用厚度为46  $\mu\text{m}$ 的2种不同结构的PE热封膜,A热封膜3层结构(外层/中间层/热封层)的配方分

别为:线型低密度聚乙烯(LLDPE,50%)+低密度聚乙烯(LDPE,50%)/线型低密度聚乙烯(LLDPE,100%)/线型低密度聚乙烯(LLDPE,35%)+低密度聚乙烯(LDPE,30%)+茂金属聚乙烯(MPE,30%)+爽滑母料(5%),各层厚度分别为15,15,16  $\mu\text{m}$ 。B热封膜3层结构的配方为LLDPE(50%)+LDPE(50%)/LLDPE(70%)+回收料(含MDPE,30%)/LLDPE(35%)+LDPE(30%)+MPE(30%)+爽滑母料(5%),各层厚度分别为15,15,16  $\mu\text{m}$ 。从图2可知,含中密度聚乙烯(MDPE)回收料的摩擦因数比没有添加回收料的低,这主要与回收料中MDPE的相对结晶度较高有关<sup>[8-9]</sup>,一部分内层爽滑剂的内迁被阻止,同时也可能与MDPE回收料中本身含有一定量爽滑剂有关。由此,在生产PE薄膜进行配方设计时,在外层或中间层材料加入一定比例MDPE,可以在一定程度上阻止爽滑剂的内迁,从而减少摩擦因数的急剧上升。

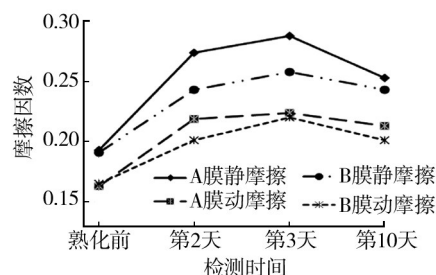


图2 不同热封膜结构对摩擦因数的变化情况

Fig.2 Variation of the friction coefficient with structure of heat sealable film

### 2.3 熟化工艺对摩擦因数的影响

熟化工艺控制包括熟化温度和熟化时间,温度会影响爽滑剂的迁移速度和PE薄膜对爽滑剂的相容性,及胶黏剂与爽滑剂的反应速度<sup>[10]</sup>。从图3可以看出,30  $^{\circ}\text{C}$ 时PE薄膜的摩擦因数比23  $^{\circ}\text{C}$ 时的有所增加,这是因为温度上升会提高PE薄膜对爽滑剂的相容性,促使爽滑剂向PE膜“内迁”,爽滑剂迁移率增

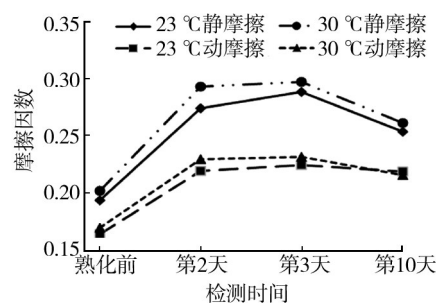


图3 不同熟化温度对摩擦因数的变化情况

Fig.3 Variation of the friction coefficient with curing temperature

加,并且会加剧与异氰酸酯基的反应,此外,也可能与一些低熔点的爽滑剂,在温度提高时出现粘连而失去爽滑的作用有关。在熟化过程中,摩擦因数在熟化24 h后达到最高值,随着熟化完全,摩擦因数逐步下降,这可能与完全熟化后放置室温时爽滑剂的外迁有关,因为胺类爽滑剂的迁移规律是高温情况下内迁,而在低温情况下外迁。

### 3 改善摩擦因数的措施

#### 3.1 热封膜爽滑剂配方改进

经过无溶剂复合后,摩擦因数升高的根本原因是PE爽滑剂中的油酸酰胺或芥酸酰胺与无溶剂胶黏剂中的NCO反应,因此采用酯类等爽滑剂替代油酸酰胺或芥酸酰胺,可以从根本上解决摩擦因数的上升。此外,在研制爽滑剂配方的设计中,考虑爽滑剂与PE树脂的相容性、卫生性、耐高温性、加工适性及摩擦因数的时效性等,也是解决无溶剂复合摩擦因数上升的关键技术。

#### 3.2 热封膜的工艺配方改进

根据图2分析,采用阻隔性好的PE可以阻止一部分爽滑剂的内迁。目前的做法是在靠近胶黏剂层(即外层)共挤一层HDPE,HDPE结晶度高,拉伸强度大,但其拉伸率和透明性没有LDPE,LLDPE等树脂的好<sup>[11-12]</sup>,在应用方面受到一定限制。

#### 3.3 无溶剂复合工艺控制

有研究表明,每平方米增加1 g上胶量,摩擦因数大约上升0.025<sup>[13]</sup>,主要是由于胶黏剂中的异氰酸酯基吸收爽滑剂和生产中磨损或消耗掉一部分爽滑剂所致,因此在满足表观要求和剥离强度的前提下,上胶量应尽可能地少。

生产过程中温度的上升会引起摩擦因数的急剧上升,这与爽滑剂在高温情况下内迁有关,所以在生产过程中的复合辊温度、熟化温度和摩擦因数测定温度等都要控制适当。由于无溶剂复合的初粘力比较低,在收卷过程中设置的锥度比较小,使无溶剂复合膜尽量收紧,但此时热封膜与印刷膜之间的距离变小,压力变大,PE膜的爽滑剂会“外迁”转移到印刷膜上<sup>[14-15]</sup>,从而导致PE膜的摩擦因数上升,因此在设置锥度时,在防止隧道现象产生的前提下,收卷张力不要太大。

## 4 结语

PE膜采用芥酸酰胺或油酸酰胺为爽滑剂,在无溶剂复合过程中,爽滑剂易与胶黏剂中的异氰酸酯基发生反应,从而导致无溶剂复合产品摩擦因数变大。一般情况下PE膜的摩擦因数经过无溶剂复合后,由低于0.18上升到0.23以上。实际应用中,若摩擦因数超过0.25将会对后序的制袋或自动包装造成影响。文中从PE膜厚度、PE树脂配方及无溶剂复合熟化工艺等方面探讨了其对摩擦因数的变化,并提出了改善摩擦因数的措施,采用酯类等爽滑剂取代芥酸酰胺或油酸酰胺将是最有效的措施,也是今后的研究方向。

### 参考文献:

- [1] 郑恒. 软包装无溶剂复合工艺控制要点[J]. 广东包装, 2013(5):38—39.  
ZHENG Heng. The Process Control of Flexible Packaging Solvent-free Laminating[J]. Guangdong Package, 2013(5):38—39.
- [2] 陈广忠. BOPP薄膜摩擦因数研究[J]. 包装工程, 2003, 24(3):51—53.  
CHEN Guang-zhong. Study on Friction Coefficient of BOPP Film[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3):51—53.
- [3] 曹胜先, 吕红丽, 汪涵. 新型开口爽滑剂母料在聚烯烃薄膜中的应用[J]. 塑料科技, 2009(37):59—62.  
CAO Sheng-xian, LYU Hong-li, WANG Han. Application of New-type Anti-blocking and Slip Masterbatch in Polyolefin Film[J]. Plastics Technology, 2009(37):59—62.
- [4] CHEN Shuang-lian, CHEN Guang-xue. The Preparation of Solvent-free Polyurethane Laminating Adhesive with Mixed-Polyols[J]. Advanced Materials Research, 2012(549):177—182.
- [5] WANG Qing, CHEN Guang-xue. Research on Synthesis and Performance of Solvent-free Aluminum-plastic Composite Polyurethane Adhesive[J]. Advanced Material Research, 2012(583):9—13.
- [6] BIANCA B R S, RUTH M C S, MARIA M C. A Solventless Castor Oil-based PU Adhesive for Wood and Foam Substrates [J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2010(30):559—662.
- [7] 赵世亮. 爽滑剂对复合制品表面摩擦因数的影响[J]. 广东包装, 2012(2):49—51.  
ZHAO Shi-liang. Slipping Agent Effect on the Surface Friction Coefficient of the Composite Products[J]. Guangdong Package, 2012(2):49—51.

(下转第116页)

- estry University, 2013.
- [4] PFISTER H, ZWICKER M, VANBAAR J. Surfels: Surface Elements as Rendering Primitives[C]// Annual Conference on Computer Graphics, 2000: 335—342.
- [5] 何理想. 基于SFS方法的单幅图像的三维原型重建的研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2009.  
HE Li-xiang. Research on 3D Reconstruction of a Single Image Based on SFS Methods[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2009.
- [6] 李杨军. 基于单幅数字图像灰度三维物体形状表面恢复的研究[D]. 南昌: 华东交通大学, 2009.  
LI Yang-jun. Research on 3D Object Surface's Shape Recovery Based on a Single Image's Gray-scale[D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2009.
- [7] ROBLESKELLY A, HANCOCK E R. A Graph-spectral Approach to Shape from Shading[J]. Image Processing, IEEE Transactions, 2004, 13(7): 912—926.
- [8] 蔡钦涛. 基于图像的三维重建技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.  
CAI Qin-tao. Research of Image Based 3D Reconstruction[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.
- [9] 俞鸿波, 赵荣椿, 王兵, 等. 单幅图像三维表面重建中的共轭梯度算法[J]. 计算机工程与应用, 2003(35): 24—25.  
YU Hong-bo, ZHAO Rong-chun, WANG Bing, et al. Analysis and Realization of the Gradient Algorithms of SFS[J]. Computer Engineering and Applications, 2003(35): 24—25.
- [10] TOSHIHARU E, DMITRY I, AKIRA I. Three-dimensional Distribution of Ink-jet Inks in Paper Acquired by Confocal Laser Scanning Microscope[C]// 58th APPITA Annual Conference & Exhibition Proceedings, 2004: 577—588.
- [11] LEE M Y. 3D Shape Reconstruction of Hybrid Reflectance Using LMS Algorithm[J]. International Journal of Pattern Recognition & Artificial Intelligence, 2001; 15(4): 723—734.
- [12] YANG L. A Unified Model of Optical and Physical Dot Gain in Print Color Reproduction[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2004, 48(4): 347—353.
- [13] LUO Zhi. Automatic Color Printing Inspection by Image Processing[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 139: 373—378.
- [14] CAPRARI R. Duplicate Document Detection by Template Matching[J]. Image and Vision Computing, 2000(18): 633—643.
- [15] 王琪, 周小凡. 基于网点结构形态的印刷色彩再现研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 110—111.  
WANG Qi, ZHOU Xiao-fan. Research of Printing Color Reproduction Based on Dot Structure Form[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 110—111.

(上接第58页)

- [8] 李朋朋, 梁天珍. 茂金属中密度聚乙烯的性能及加工应用[J]. 工程塑料应用, 2012(6): 39—42.  
LI Peng-peng, LIANG Tian-zhen. Properties and Application of Metallocene Medium Density Polyethylene[J]. Engineering Plastics Application, 2012(6): 39—42.
- [9] 冯普凌. 国外聚乙烯催化工艺研究进展[J]. 高分子通报, 2010(1): 28—33.  
FENG Pu-ling. Progress of Catalysts for Polyethylene Abroad[J]. Polymer Bulletin, 2010(1): 28—33.
- [10] 徐梅林. 材料的摩擦因数与温度[J]. 广东印刷, 2005(6): 46.  
XU Mei-lin. The Friction Coefficient and the Temperature of the Material[J]. Guangdong Printing, 2005(6): 46.
- [11] 叶华, 曾宪通. HDPE/LLDPE/POE薄膜性能的研究[J]. 合成树脂及塑料, 2008(4): 58—62.  
YE Hua, ZENG Xian-tong. Study on Properties of HDPE/LLDPE/POE Blown Films[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2008(4): 58—62.
- [12] 左建东, 庞纯. UHMWPE共混改性HDPE薄膜性能的研究[J]. 塑料工业, 2006(8): 12—15.  
ZUO Jian-dong, PANG Chun. Study on Property of HDPE/UHMWPE Blown Film[J]. Plastics Industry, 2006(8): 12—15.
- [13] 田立云. 无溶剂胶复合产品摩擦因数研究[J]. 广东包装, 2011(6): 49—50.  
TIAN Li-yun. Study on Friction Coefficient of Solvent-free Adhesive Composite Products[J]. Guangdong Package, 2011(6): 49—50.
- [14] 王东京. 谈谈复合包装膜摩擦因数的问题[J]. 广东包装, 2013(6): 56—59.  
WANG Dong-jing. Study on the Coefficient of Friction of Composite Packaging Film[J]. Guangdong Package, 2013(6): 56—59.
- [15] 黄少云, 李东立, 许文才, 等. 软包装材料摩擦性能实验参数研究[C]// 中国印刷与包装学术会议, 2010: 434—438.  
HUANG Shao-yun, LI Dong-li, XU Wen-cai, et al. Experimental Parameter Research on Friction Properties of Flexible Packaging Materials[J]. Proceeding of CACPP, 2010: 434—438.

# 浅议蒙脱土对低溶剂残留 BOPP 薄膜改性的机理研究\*

赵素芬, 熊立贵, 谢文彬, 张莉琼, 涂志刚

(中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东 中山 528436)

**摘要:** BOPP 印刷膜易溶剂残留与 BOPP 薄膜的亚微观结构有关。本文从溶剂在薄膜中吸附-扩散与聚合物微观结构的关系、纳米有机改性蒙脱土对聚合物结晶性能、溶度参数和拉伸强度和透明性等方面的影响进行了综述, 结果表明采用纳米有机改性蒙脱土可以增加 BOPP 的结晶度、提高 BOPP 的溶度参数, 并能提高 BOPP 薄膜的拉伸性和透明性, 为研制低溶剂残留的 BOPP 提供了改性依据。

**关键词:** 纳米有机改性蒙脱土; BOPP 薄膜; 溶剂残留

中图分类号: TQ325.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-9677(2018)18-0037-03

## Study on Mechanism of Modification of Low Solvent Residual BOPP Films by Nano Organic Modified Montmorillonite\*

ZHAO Su-fen, XIONG Li-gui, XIE Wen-bin, ZHANG Li-qiong, TU Zhi-gang

(Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Guangdong Zhongshan 528436, China)

**Abstract:** Residual solvent in BOPP printing film is related to its submicroscopic structure. The relationship between solvent adsorption-diffusion and polymer microstructure, the effect of nano organic modified montmorillonite (OMMT) on polymer crystallization properties, solubility parameters, tensile strength and transparency were reviewed. The results showed that OMMT could increase the crystallinity, solubility parameters, extensibility and transparency of BOPP film, which could provide the basis for the development of BOPP with low residual solvent.

**Key words:** nano organic modified montmorillonite; BOPP printing film; residual solvent

在软包装印刷膜中, 用量高达 50% 的 BOPP 薄膜在印刷复合后更容易发生溶剂残留超标, 这已经被软包装生产企业的实践所证实<sup>[1-2]</sup>, BOPP 溶度参数与甲苯和乙酸乙酯很接近, 渗入薄膜深层的溶剂由于吸附性能好不易及时挥发出来, 造成溶剂残留, 有机溶剂在 BOPP 薄膜内的迁移扩散主要是薄膜的亚微观结构决定的<sup>[3]</sup>。因此改性低溶剂残留的 BOPP 薄膜可以从以下两个方面着手: 一是提高 BOPP 材料的溶度参数, 减小与弱极性溶剂间的相容性; 二是增加 BOPP 的结晶度, 降低有机溶剂的扩散能力。蒙脱土为一种层状硅酸盐物质, 它以纳米的尺度分散在聚合物中, 具有纳米填料的优势, 即少量的添加量在不影响体系其他性能的前提下对聚合物体系的某些性能有显著的提高作用, 但目前用纳米有机改性蒙脱土改性的低溶剂残留 BOPP 薄膜的研究还未见有报道。

### 1 溶剂在聚丙烯薄膜中吸附-扩散与其微观结构的关系研究

溶剂小分子在薄膜中的迁移行为主要符合溶解扩散机理<sup>[4]</sup>, 溶剂小分子在膜中发生吸附扩散最后达到吸附平衡。Roman Petrychkovych 等<sup>[5]</sup>研究了甲苯气体在聚丙烯薄膜中的吸附扩散, 研究表明甲苯气相浓度对有效扩散系数、稳态下的吸

附量、平衡时薄膜中吸附的甲苯量的影响显著; Norbert Lützow 等<sup>[6]</sup>利用 Vrentas-Duda 模型预测了甲苯气体在聚烯烃中的吸附扩散系数, 研究表明, 甲苯在聚烯烃中的扩散速率依赖于甲苯气体的浓度、聚烯烃中的自由体积尺寸和形状; Laffin<sup>[7]</sup>研究了聚烯烃膜在单向拉伸过程中扩散系数的变化与结晶度和分子取向之间的关系, 研究表明, 单向拉伸使结晶形态发生变化, 并具有较高的分子聚向, 使扩散系数降低。鲁梅<sup>[8]</sup>采用浸渍称重法对乙酸乙酯在不同改性聚烯烃薄膜中的等温吸附动力学进行研究, 研究结果表明 Lagergren 二级速率模型拟合的理论平衡量与实验值更接近, 扩散速率常数随纳米二氧化硅用量的增加而变大, 饱和吸附量呈减少的趋势。Hedenqvist<sup>[9]</sup>研究了小分子在聚烯烃中扩散时的形态, 研究表明小分子的扩散选择性随着聚合物结晶度的增加而明显增加, 验证了结晶度的提高对小分子扩散起到阻碍作用; Neway<sup>[10]</sup>验证了正己烷在聚烯烃中扩散时溶剂只进入聚合物的无定形区且迫使沿着结晶区曲折的路径扩散; Micheals<sup>[11]</sup>研究表明聚烯烃的结晶区对非结晶度的限制效应降低了链段柔韧性, 并使链段的松弛时间延长, 从而降低了小分子的扩散能力。Ana Escobal<sup>[12]</sup>研究聚烯烃薄膜与溶剂接触及烘干时间等因素对挥发性有机溶剂的影响, 研究结果表明溶剂残留量主要与薄膜的微观结构、极性大小以及溶剂与薄

\* 基金项目: 2017 年度中山市科技计划项目(No: 2017B1025)。

第一作者: 赵素芬(1978-), 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为软包装。

通讯作者: 涂志刚(1969-), 博士后, 高级工程师, 主要研究方向为塑料材料改性。

膜的亲和力等因素有关。李东立等<sup>[3]</sup>研究纳米 SiO<sub>2</sub> 聚丙烯材料结晶度对溶剂残留的影响, 研究表明随着无定形区比例降低, 溶剂小分子在聚丙烯材料的吸附性、溶解性和扩散性均得到降低。

## 2 纳米有机改性蒙脱土对聚丙烯结晶性能研究

聚合物的性能与结晶形态和晶型相关。蒙脱土作为典型的 2:1 型层状黏土, 广泛应用于制备聚合物复合材料, 由于 MMT 表面积大, 表面能高, 采用 MMT 填充聚丙烯后, 必然会导致聚丙烯结晶行为和晶体结构的变化<sup>[13]</sup>。已有大量研究表明 MMT 的存在能明显提高聚丙烯的结晶温度, 加快聚丙烯的结晶速率, 从而使球晶尺寸变小, 提高聚丙烯的刚性和强度。倪卓等<sup>[15]</sup>研究了 PP-g-MA 对 PP/OMMT 纳米复合材料的影响, 研究表明 OMMT 在 PP 结晶时起异相成核剂的作用, 从而提高了 PP/OMMT 纳米复合材料的结晶速率, 且相容剂 PP-g-MA 使 OMMT 对 PP 的异相成核作用更加显著<sup>[14]</sup>。根据谢乐公式计算 PP 的微晶尺寸可以看出, MMT 能使 PP 微晶尺寸变小, 从光学显微镜照片也可以观察到 PP 晶粒明显细化。徐卫兵等<sup>[16]</sup>采用修正 Avami 方程做了对比研究, 结果表明, 蒙脱土能够提高聚丙烯的结晶速率, 并且蒙脱土在结晶过程中起到了异相成核的作用。Nowacki 等<sup>[17]</sup>通过研究 iPP/PP-g-MA/MMT 的结晶过程, 研究发现在相同相容剂用量时, MMT 用量的提高可以明显减小  $\alpha$  球晶尺寸。肖立群等<sup>[18]</sup>用对  $\beta$  晶型成核较好的  $\beta$  成核剂 WBG 对聚丙烯进行改性, 并分别添加 4% 纳米碳酸钙和 6% 的蒙脱土, 并进行 X 射线衍射和偏光显微表征, 结果表明, WBG 可以使聚丙烯所含的主要晶型由  $\alpha$  晶型向  $\beta$  晶型转变, 并与纳米碳酸钙起到协同效应。Rozanski A 等<sup>[19]</sup>研究了聚丙烯纳米复合材料的等温结晶性能, 由于纳米蒙脱土剥离性良好, 切剪流显著提升了复合材料的成核过程和结晶过程。董家麟等<sup>[20]</sup>用纳米蒙脱土和聚丙烯形成复合树脂, 在相同等温结晶时间内, 蒙脱土纳米合成的复合树脂中晶料生长点多, 晶料尺寸小, 球晶的数量和结晶度明显增加。

## 3 纳米有机改性蒙脱土对聚丙烯溶度参数的影响

溶度参数作为衡量两种材料是否相容的一个评价指标。当两种材料的溶度参数相近时, 它们之间具有良好的相容性, 即所谓“相似相容”原理。根据 Flory-Huggins 理论<sup>[21]</sup>:

$\chi_1$  为溶剂与聚合物分子间作用力常数, 它与聚合物溶度参数( $\delta_p$ )、有溶剂的溶度参数( $\delta_s$ ) 的关系为:

$$\chi_1 = \frac{V_s}{RT}(\delta_p - \delta_s) \quad (1)$$

据查表, BOPP 薄膜的溶度参数  $16.3 \sim 17.3$  ( $J \cdot cm^{-3}$ )<sup>1/2</sup>, 乙酸乙酯和甲苯的溶度参数分别为  $18.346$  ( $J \cdot cm^{-3}$ )<sup>1/2</sup> 和  $18.81$  ( $J \cdot cm^{-3}$ )<sup>1/2</sup>, 按照式(1), BOPP 溶度参数与甲苯和乙酸乙酯很接近,  $\chi_1$  接近于 0, 使溶剂在 BOPP 薄膜中残留量高, 而纳米有机改性蒙脱土(OMMT)的溶度参数约为  $30$  ( $J \cdot cm^{-3}$ )<sup>1/2</sup>, 较聚丙烯的溶度参数有很大的提高。

若母料中加入 OMMT 的量为 5%, 在薄膜生产过程中加入的母料按 5% 计算的话, 则 OMMT 的添加量为 0.25%, 根据公式(2)可以看出, OMMT 的加入复合膜的溶度参数  $\delta_{mp}$  比聚丙烯溶度参数增加  $7.96$  ( $J \cdot cm^{-3}$ )<sup>1/2</sup>, 与甲苯和乙酸乙酯的溶度参

数差值增加, 对溶剂的吸附性和溶解度就大大降低。

$$\delta_{mp} = \delta_p \phi_p + \delta_{ommt} \phi_{ommt} \quad (2)$$

## 4 纳米有机改性蒙脱土对聚丙烯力学性能和透明度的影响

在 PP/MMT 纳米复合材料体系中, 由于 MMT 的存在, 使其力学性能得到明显的改善, 有研究通过聚合物液相插层的方法制备出 PP/MMT 纳米复合材料, 研究结果显示 MMT 均以小于 100 nm 的粒径均匀分散在 PP 聚合物中, 复合材料的力学性能显著提高, 拉伸强度提高了近 30%, 断裂伸长率也有所提高, MM 起到了增强和增韧的作用<sup>[22]</sup>。Sung PoLiu 等<sup>[23]</sup>采用 PP-g-MA 相容剂, 加入到 MMT 中, 以熔融插层法制备 PP 复合材料, 研究结果表明: MMT 的重量百分比为 1% 时, 其拉伸性能最好, 拉伸强度增加了 20.88%。闫雷鹤<sup>[24]</sup>等以 MAPP 为相容剂, 熔融插层制备了 PP/OMMT 纳米复合材料, 研究结果表明复合材料的拉伸强度和冲击强度都是先增加后降低, 但均拉伸强度高于纯 PP, 冲击强度与纯 PP 相近。

晶粒尺寸和分散相的分布对可见光的散射效应是影响复合材料透光率的主要因素。晶体的细化能够有效降低对可见光的散射效果。OMMT 起到对 PP 加速异相成核的作用, 使结晶度提高, 球晶尺寸变小、晶体边界变模糊, 这些变化都有利于提高复合材料的透光率, 改善复合材料的透明性。据大量研究结果显示随着 OMMT 含量的增加, 聚合物共混物晶粒尺寸逐渐细化, 复合材料的透光率逐渐提高。秦舒浩等研究结果显示随着 OMMT 含量的增加, 复合材料的透明性逐渐改善, 当 OMMT 含量达到 7% 时, 试样片背后的图案清晰可见<sup>[25]</sup>。

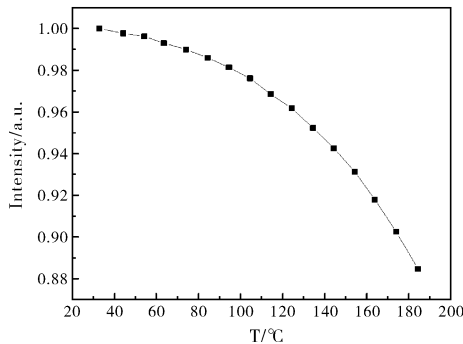
## 5 结语

根据以上分析可知, 采用纳米有机改性蒙脱土对 BOPP 印刷膜改性, 可以增加 BOPP 的结晶度, 使溶剂分子在聚丙烯材料的吸附性、溶解性和扩散性均得到降低, 从而减少溶剂残留, 同时也能改进薄膜的其他性能, 如光泽度、透明度和强度等, 这将有利于食品包装安全。

### 参考文献

- [1] 刘少澜, 张文勤. 浅析降低印刷产品溶剂残留的方法[J]. 塑料包装 2006(4): 24-27.
- [2] 江谷. 复合软包装材料异味的形成和消除[J]. 中国包装工业, 2005(9): 32-36.
- [3] 李东立, 张敬勇, 许文才, 等. 软包装材料微观结构与溶剂残留研究[J]. 包装工程 2013(4): 1-6.
- [4] 郭宇彬, 许振良, 姬朝青. 吸附-扩散模型与溶解-扩散模型及其修正模型的相互关系[J]. 膜科学与技术 2010(2): 29-32.
- [5] Roman Petrychkovych, Katerina Setnickova, Petr Uchytel. New apparatus for gas permeability, diffusivity and solubility assessing in dense polymeric membranes[J]. Journal of Membrane Science 2011, 369: 4660473.
- [6] Norbert Lützw, Anil Tihminlioglu, Ronald P Danner, et al. Diffusion of toluene and n-heptane in polyethylenes of different crystallinity[J]. Polymer, 1999, 40: 2797-2803.
- [7] Laffin C, Forristal P D, O'Kiely P. Evolution of CO<sub>2</sub> permeation properties of LDPE/LLDPE films upon uni-axial stretching[J]. Packaging Technology and Science 2009 22: 9-12.

(下转第 53 页)

图 4 YAG: Ce<sup>3+</sup> 荧光粉的热猝灭图Fig. 4 Thermal quenching of YAG: Ce<sup>3+</sup> phosphor powder

### 3 结论

按化学式  $Y_{2.95}Al_{5.0}O_{12}:0.05Ce$  计量比关系, 采用分析纯  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 、 $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ 、 $Ce(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  为原料,  $NH_4HCO_3$  为沉淀剂, 十二烷基苯磺酸为分散剂, 使用改进的共沉淀法合成 YAG: Ce<sup>3+</sup> 前驱体复合盐, 在 900 °C 煅烧 2 h 获得了分散性好、颗粒尺寸分布均匀、形状近似球形, 平均粒径约为 70 nm 的 YAG: Ce<sup>3+</sup> 纳米荧光粉。该荧光粉的最大激发效率的波长为 450 nm 左右, 在 450 nm 激发下荧光粉的最强发射峰为 545 nm, 且其在约 180 °C 条件下的亮度为 30 °C 条件下的 88.5% 左右, 具有优异的高温热稳定性能。该改进的共沉淀法简化了实验操作过程、缩短了实验周期, 有助于实现工业化生产。

### 参考文献

- [1] 贾乃涛. YAG: Ce 荧光粉的制备 [D]. 济南: 山东轻工业学院, 2009.
- [2] 李江, 潘裕柏, 张俊计, 等. 共沉淀法制备钇铝石榴石 (YAG) 纳米粉 [J]. 硅酸盐学报, 2003, 31(5): 490 - 493.
- [3] 赵文卿. 白光 LED 用黄色 YAG 荧光粉的制备及性能研究 [D]. 焦作: 河南理工大学, 2009.
- [4] 郭旺, 卢铁城, 仝世红, 等. 共沉淀法制备纯相钇铝石榴石 (YAG) 纳米粉体中的若干影响因素 [J]. 功能材料, 2006, 37(1): 66 - 69.
- [5] Zhang Y M, Yu H M. Synthesis of YAG powders by the co-precipitation method [J]. Ceramics International, 2009, 35: 2077 - 2081.
- [6] 张华山, 苏春辉, 韩彦, 等. 均相共沉淀法制备钇铝石榴石 (YAG) 纳米粉末 [J]. 功能材料, 2004, 35(21): 2774 - 2777.
- [7] Liu W B, Zhang W X, Li J, et al. Influence of pH values on (Nd + Y): Al molar ratio of Nd: YAG nanopowders and preparation of transparent ceramics [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2010, 503: 525 - 528.
- [8] 王志宏, 高濂. 共沉淀法制备纳米 YAG 粉体 [J]. 无机材料学报, 2001, 16(4): 630 - 634.
- [9] 张旭东, 刘文, 何文, 等. 球形无团聚钇铝石榴石纳米微粉的制备方法 [P]. CN: 03112160. 8, 2003.
- [10] 赵郝炎, 胡丽丽, 孙洪涛, 等. 钇铝石榴石纳米粉的制备方法 [P]. CN: 200510110760. 9, 2006.
- [11] 李玲. 表面活性剂与纳米技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [12] 陈静波, 王晶. YAG: Ce<sup>3+</sup> 荧光粉对白光 LED 衰减的影响 [J]. 光电子激光, 2008, 19(4): 453 - 455.
- [8] 鲁梅. 纳米 SiO<sub>2</sub> 降低 LDPE 溶剂残留的研究 [D]. 曲阜师范大学, 2014.
- [9] O'Brien A, Goodson A, Cooper I. Polymer additive migration to foods - a direct comparison of experimental data and values calculated from migration models comparison of experimental data and values calculated from migration models for high density polyethylene (HDPE) [J]. Food additives and contaminants, 2001, 169: 367 - 369.
- [10] O'Brien A, Cooper L. Polymer additive migration to foods - a direct comparison of experimental data and values calculated from migration models for polyethylene [J]. Food additives and contaminants, 2001, 184: 345 - 347.
- [11] T H Begley, J L Dennison, H C Hollifield. Migration into food of polyethylene terephthalate (PET) cyclic oligomers from PET microwave susceptor packaging [J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2001, 184: 345 - 347.
- [12] XU Chun-xiang, YANG Yang, et al. Simultaneous determination of 15 kinds of residual organic solvents in laminated films used for food packages by head-space gas chromatography [J]. Food Science, 2008, 29(9): 496.
- [13] 林耿东, 何慧, 贾德民. 聚丙烯/层状硅酸盐结晶行为的研究进展 [J]. 化工新型材料, 2008(5): 1 - 3.
- [14] Chuang F Y, Yang S M. Cerium dioxide/polyaniline core-shell nanocomposites [J]. J Colloid Interface Sci, 2008, 320(1): 194 - 201.
- [15] 赵华山, 姜胶东, 吴大诚. 高分子物理学 [M]. 北京: 纺织工业出版社, 1994.
- [16] 徐卫兵, 戈明亮, 何平笙. 聚丙烯/蒙脱土纳米复合材料非等温结晶动力学研究 [J]. 高分子学报, 2001(5): 584 - 588.
- [17] Nowacki R, Monasse B, Piorkowska E, et al. Spherulite nucleation in isotactic polypropylene based nanocomposites with montmorillonite under shear [J]. Polymer, 2004, 45(14): 4877 - 4892.
- [18] 肖立群, 晏伟, 别明智, 等.  $\beta$  成核剂/无机粒子/PP 复合材料的结晶行为与力学性能研究 [J]. 塑料科技, 2007, 35(8): 50 - 53.
- [19] Rozanski A, Monasse B, Szkudlarek E [J]. European Polymer Journal, 2009, 45: 88 - 101.
- [20] 董家麟, 秦亚伟, 范家起, 等. 聚丙烯/蒙脱土纳米复合树脂的结构、形态与性能 [J]. 石油化工, 2013(1): 82 - 90.
- [21] WYPYCH G. Handbook of Solvent: Residual Solvents in Various Products [J]. Chen Tec Publishing, 1897: 1125 - 1146.
- [22] 周治国, 王锐兰, 万里强, 等. 聚丙烯/蒙脱土纳米复合材料研究进展 [J]. 化工时刊, 2003(2): 1 - 5.
- [23] Sung PoLiu, Che Weiliang. Preparation and mechanical properties of polypropylene/montmorillonite nanocomposites - After grafted with hard/soft grafting agent [J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2001(38): 434 - 441.
- [24] 闫雷鸽, 杨秋区, 吕云伟, 等. 聚丙烯/有机蒙脱土纳米复合材料的制备及性能 [J]. 高分子材料科学与工程, 2006, 22(2): 201 - 204.
- [25] 秦舒浩, 黄浩, 于杰, 等. OMMT/PEO-PP 复合材料相形态及其透光性能 [J]. 复合材料学报, 2011(2): 27 - 35.

(上接第 38 页)

# 山梨醇类成核剂对 BOPP 烟膜表面耐磨性能研究

赵素芬<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>2</sup>, 谢文彬<sup>1</sup>, 刘晓艳<sup>3</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院 包装印刷系, 中山 528436; 2. 广东理工职业学院, 中山 528436;  
3. 广州科技贸易职业学院, 广州 511442)

**摘要:** **目的** 研究自制山梨醇类成核剂对 BOPP 烟膜表面耐磨性能的影响。**方法** 利用山梨醇类及其复配自制的成核剂, 通过对比试验研究成核剂对烟膜力学性能的影响; 对 BOPP 烟膜表面热封层进行耐磨性能改性, 随后开展耐擦伤性能检测试验, 通过平板上薄膜雾度变化来衡量耐磨性能。**结果** 山梨醇类及其复配自制成核剂能明显改善烟膜的力学性能, 尤其在硬度方面效果显著; 与无添加成核剂的膜相比, 当成核剂质量分数为 0.2% 时, 烟膜热封层的邵氏硬度提高了近 22.7%; 经摩擦后, 成核剂改性后烟膜的雾度提高了 33.1%; 此外, 成核剂的加入对烟膜其他性能指标影响不大, 也不需要生产对生产工艺做特别调整。**结论** 研制的 BOPP 烟膜成核剂可以提高共聚 PP 薄膜的表面硬度, 并在一定程度上改善了 BOPP 薄膜表面的耐擦伤性能。

**关键词:** 成核剂; BOPP 烟膜; 硬度; 耐磨性

中图分类号: TQ322.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)07-0103-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.015

## Effects of Sorbitol Nucleating Agent on Scratch Resistance of BOPP for Cigarette Package

ZHAO Su-fen<sup>1</sup>, TU Zhi-gang<sup>2</sup>, XIE Wen-bin<sup>1</sup>, LIU Xiao-yan<sup>3</sup>, ZHANG Li-qiong<sup>1</sup>

(1. Institute of packing & printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China;  
2. Guangdong Polytechnic institute, Zhongshan 528436, China;  
3. Guangzhou Vocational College of Technology & Business, Guangzhou 511442, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to study the effect of nucleating agent on the scratch resistance of BOPP for cigarette package. The effect of nucleating agent on BOPP for cigarette package with sorbitol and its compound on mechanical properties was studied by comparison experiment. The thermal seal of BOPP was modified, and then the scratch resistance was tested to indicate the scratch resistance through the change of the haze value of film on the plate. The sorbitol nucleating agent and its compound could apparently increase the mechanical properties of the film, especially in hardness, which was increased by nearly 22.7% with the nucleating agent being 0.2%, and the haze value was decreased by 33.1% compared with those of virgin BOPP, and there was no much change on other properties, which was no need to make special adjustments to the production process. The nucleating agent researched for BOPP can increase the hardness of PP film and improve the scratch resistance of BOPP film.

**KEY WORDS:** nucleating agent; BOPP for cigarette package; hardness; scratch resistance

收稿日期: 2019-01-14

基金项目: 2017 年度中山市科技计划 (2017B1025)

作者简介: 赵素芬 (1978—), 女, 高级工程师/副教授, 主要研究方向为塑料软包装。

通信作者: 涂志刚 (1969—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为塑料包装的改性。

BOPP 烟膜一般具有 3 层结构,其中芯层为聚丙烯(PP),是薄膜的主体部分;内外两层为共聚 PP,是包装的热封层,内外两层中需加入爽滑剂和抗粘连剂等助剂。抗粘连剂一般是大小为 3~5 μm 的二氧化硅无机颗粒,抗粘连剂的加入可使得薄膜表面产生凹凸,在运输和使用过程中,会造成薄膜表面出现刮损。一方面薄膜与薄膜之间产生相对运动,薄膜表面坚硬的无机颗粒则可能损伤另一薄膜的表面;另一方面,薄膜与包装设备之间的摩擦导致薄膜表面刮损。

解决烟膜易刮损问题的方法之一是提高现有表层热封材料的硬度,加入成核剂可使得聚丙烯增强、耐磨,是一种简单而有效的方法<sup>[1]</sup>。成核剂的加入,能够加快结晶速度<sup>[2-3]</sup>,使分子链在一定温度下快速结晶,形成大量细小致密的晶体颗粒。聚丙烯的聚集态结构发生了较大的变化,结晶部分由大的球晶结构向小尺寸的晶体结构转变<sup>[4]</sup>,对聚丙烯起着增强、增韧和增透的作用<sup>[5-7]</sup>。文中拟利用自制山梨醇类成核剂,研究其对 BOPP 烟膜力学性能和表面耐擦伤性能的影响。

## 1 试验

### 1.1 主要原料及设备

主要原料有均聚聚丙烯,Exxon 公司的 BOPP 薄膜专用料,熔融指数为 3 g/10 min (230 °C) 左右;共聚聚丙烯,共聚 PP 为 Exxon 三元共聚物,熔融指数为 6.0 g/10 min (230 °C) 左右;成核剂,二(3,4-二甲基苯亚甲基)山梨醇和硬脂酸钙按一定质量比复配,自制。

主要设备有 PT-D 邵氏硬度计,由深圳市凯特测量技术有限公司生产;PFT-F 型摩擦因数测定仪、XLVV (PC) 型智能电子拉力试验机、WGT-S 型透光率/雾度测定仪、RTD-R2 热封梯度试验仪,均由济南兰光机电有限公司生产。

### 1.2 测试方法

1) 薄膜耐擦伤性能的检测。按照 JB/T 6072—92 塑料耐擦伤性能试验方法进行测试。

2) 材料表面硬度的检测。按照 GB/T 3398.1—2008-2 塑料硬度试验方法进行测试。

3) 摩擦因数的检测。按照 GB/T 10006—1988 方

法进行测试。

4) 力学性能的检测。按照 GB/T 1040.3—2006 方法进行测试。

5) 雾度的检测。按照 GB/T 2410—2008 方法进行测试。

6) 热封强度的检测。按照 QB/T 2358—1998 方法进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 成核剂对烟膜力学性能的影响

从高分子材料的聚集态结构来说,结晶体是一种异相结构,粗大的球晶容易导致材料出现应力集中,会增加材料的脆性<sup>[8]</sup>。随着晶体的细化,结晶尺寸由毫米级向微米级、纳米级减小,细小晶体起着自增强的作用<sup>[9]</sup>,导致材料发生脆韧转变,会对材料的力学性能产生积极影响。文中将无添加成核剂的 A 膜、添加 0.2% (质量分数) 自制山梨醇类成核剂的 B 膜及添加相同量进口成核剂的 C 膜都制成厚度为 21 μm 的单层膜,随后对 3 种膜的力学性能进行测试并对比,测试的样品数量为每组 5 个,试验结果见表 1。

很显然,成核剂改善了 PP 的力学性能,与大量的研究结果一致<sup>[10-11]</sup>。与 A 膜相比,B 膜的邵氏硬度、拉伸强度、弯曲强度、弯曲模量和悬臂梁缺口冲击强度依次增加了 22.7%、8.6%、3.1%、4.0% 和 10.3%。同时可以看出,成核剂对薄膜表面硬度的改善效果非常显著。与 C 膜相比,自制的成核剂在悬臂梁缺口冲击强度改善方面具有比较明显的优势。

### 2.2 成核剂用量对烟膜表面硬度的影响

从上述试验可以看出,成核剂能显著提高 PP 的硬度,文中通过添加不同量的成核剂,测试烟膜表面的硬度,结果见图 1。

从图 1 中可以看出,随着成核剂用量的增多,烟膜表面的硬度呈先缓慢上升再快速上升的趋势。主要是因为随着成核剂用量的增加,成核微粒增加,在降温的过程中,成核剂凝聚成微细的颗粒状,成为异相晶核形成 α 晶型,优化了 PP 高分子链的聚集状态,从而改善了 PP 的力学性能。研究结果与涂志刚等在研究成核剂用量对结晶峰宽和结晶峰形的影响结果一致,成核剂的加入使结晶峰宽迅速增加,在质量分

表 1 成核剂对 BOPP 烟膜力学性能的影响

Tab.1 Effect of nucleating agent on mechanical properties of BOPP film for cigarette package

指标	邵氏硬度	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	弯曲模量/GPa	悬臂梁缺口冲击强度/(J·m <sup>-1</sup> )
无成核剂(A膜)	44±1.64	35.0±1.43	38.3±1.72	1.49±0.08	26.1±1.29
自制成核剂(B膜)	54±2.31	38.0±1.57	39.5±1.68	1.55±0.07	28.8±1.25
某进口成核剂(C膜)	53.3±2.23	38.3±1.65	39.3±1.79	1.58±0.08	26.4±1.26

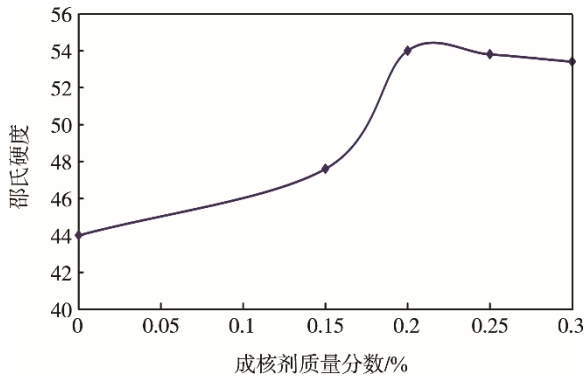


图 1 成核剂用量对共聚 PP 硬度的影响

Fig1 Effect of nucleating agent content on hardness of copolymerization PP

数为 0.2% 时达到极大值<sup>[12]</sup>；当质量分数超过 0.2% 后，硬度趋于平稳并下降。这可能是球晶细化到一定程度，结晶度达到临界值使材料变脆所致<sup>[13]</sup>，因此成核剂的用量要适当，以控制改性成本。

### 2.3 成核剂对烟膜表面耐擦伤性能的评价

用经过成核剂改性的共聚 PP 作 BOPP 薄膜的表层热封材料，不改变现有生产工艺和配方。其中 A 表示 BOPP 薄膜的表层材料没有改性，B 表示 BOPP 薄膜的表层材料经过成核剂改性，对 A 型和 B 型薄膜进行耐擦伤性能检测试验，用平板上的薄膜雾度变化来衡量，变化大则说明表面耐擦伤性能差。试验结果见表 2。

表 2 摩擦前后薄膜雾度的变化

Tab.2 Changes of haze value before and after friction

编号	摩擦前雾度/%	摩擦后雾度/%	雾度变化
A膜	1.2	2.56	1.36
B膜	1.2	2.11	0.91

从表 2 中可以看出，在试验前后采用经过成核剂改性的共聚 PP 作表层材料的 B 型薄膜具有较小的雾度变化。与未改性的薄膜相比，其雾度改善了近 33.1%，说明在同样时间内，同样的外力作用下，该薄膜具有较好的耐擦伤性能。通过成核剂的改性提高了共聚 PP 的结晶度，高结晶聚丙烯具有较高的强度、刚性和表面硬度<sup>[14-15]</sup>，在一定程度上改善了 BOPP 薄膜的耐擦伤性能。然而，经过改性后的聚丙烯经摩擦后其表面雾度还是有一定程度的增加，主要由于无机抗粘连剂二氧化硅具有比聚丙烯高得多的硬度。想要减轻抗粘连剂对薄膜的划伤，需进一步研究并采用与 PP 硬度接近的有机抗粘连剂，或者改善薄膜表面的滑爽性能。

### 2.4 成核剂对烟膜其他性能的影响

考虑到采用成核剂来提高共聚 PP 的表面硬度时，对应用于 BOPP 烟膜的成核剂有诸多限制条件，如成核剂的加入既不能影响烟膜的力学性能、光学性能等，也不能对烟膜的生产过程造成不利影响。A 膜和 B 膜的各项性能指标见表 3。

表 3 成核剂对 BOPP 烟膜性能的影响

Tab.3 Effect of nucleating agent on properties of BOPP film for cigarette package

性能	拉伸		屈服		断裂		热收		摩擦因数				雾度/%	光泽度/%	热封强度/ (N·(15 mm) <sup>-1</sup> )	弹性 模量/MPa
	强度/MPa		强度/MPa		伸长率/%		缩率/%		25 °C		50 °C					
	MD	TD	MD	TD	MD	TD	MD	TD	静	动	静	动				
A膜	190	295	93	245	165	68	4.9	4.1	0.36	0.26	0.72	0.43	1.2	94.6	3.4	2465
B膜	190	308	94	244	168	74	5	4.3	0.35	0.27	0.7	0.43	1.2	94.5	3.4	2590

从表 3 中的对比数据来看，BOPP 表层热封材料通过成核剂改性后，对薄膜的力学性能、光学性能、热收缩性能、摩擦性能以及热封强度都没有明显的影响。这是由于表层仅占薄膜整个厚度的 5% 左右，因此，正如所预料的一样，薄膜的性能指标不会发生大的变化，更为重要的是成核剂并没有对生产过程造成不利影响，不需要对生产工艺做特别的调整。

## 3 结语

1) 山梨醇类成核剂的加入可以提高共聚 PP 烟膜的表面硬度，并在一定程度上改善了 BOPP 薄膜的表面耐划痕性能。

2) 表层成核剂加入后，烟膜性能指标没有发生大的变化，生产工艺也不需要做特别的调整。

3) 由于无机抗粘连剂二氧化硅具有比聚丙烯高得多的硬度，要减轻抗粘连剂对薄膜的擦伤，需进一步采用与 PP 硬度接近的有机抗粘连剂进行研究。

### 参考文献：

[1] 徐涛, 雷华. 成核剂对聚丙烯结晶形态及冲击断裂行为的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2003(1): 160—163.  
XU Tao, LEI Hua. Effects of Nucleating Agent on Crystalline Morphology and Impact Behaviour of

- Polypropylene[J]. *Polymer Materials Science and Engineering*, 2003(1): 160—163.
- [2] 张志秋, 王华, 李翠勤, 等. 木糖醇类成核剂与山梨醇类成核剂对聚丙烯改性性能的比较[J]. *中国塑料*, 2017, 31(10): 94—98.  
ZHANG Zhi-qiu, WANG Hua, LI Cui-qin, et al. Comparison of Properties of Polypropylene Modified by Xylitol Nucleating Agent and Sorbitol Nucleating Agent[J]. *China Plastics*, 2017, 31(10): 94—98.
- [3] ABDON J P, BRAGGIN G A, LUO Y, et al. Graphene-induced Oriented Interfacial Microstructures in Single Fiber Polymer Composites[J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2015, 7(24): 13620—13626.
- [4] 姜艳峰, 安彦杰, 李瑞, 等. 成核剂对聚丙烯结晶行为的研究[J]. *中国塑料*, 2017, 31(10): 26—32.  
JIANG Yan-feng, AN Yan-jie, LI Rui, et al. Effects of Nucleation Agents on Crystallization Behavior of Polypropylene[J]. *China Plastics*, 2017, 31(10): 26—32.
- [5] 倪洋洋, 林月城, 江贵长, 等. 等规聚丙烯改性的研究进展[J]. *包装工程*, 2016, 37(17): 144—149.  
NI Yang-yang, LIN Yue-cheng, JIANG Gui-chang, et al. Research Progress of Isotactic Polypropylene Modification[J]. *Packaging Engineering*, 2016, 37(17): 144—149.
- [6] WANG F F, DU H N, LIU H, et al. The Synergistic Effects of  $\beta$ -nucleating Agent and Ethylene-octene Copolymer on Toughening Isotactic Polypropylene[J]. *Polymer Testing*, 2015(5): 1—11.
- [7] YOSHIMOTO S, UEDA T, YAMANAKA K, et al. Epitaxial Act of Sodium 2,2'-methylene-bis-(4,6-di-*t*-butylphenylene) Phosphate on Isotactic Polypropylene[J]. *Polymer*, 2001, 42(23): 9627—9631.
- [8] 吕品, 王长松. 不同成核剂对聚丙烯力学性能的影响[J]. *辽宁化工*, 2018, 47(9): 858—861.  
LYU Pin, WANG Chang-song. Influence of Different Nucleating Agents on Mechanical Properties of PP[J]. *Liaoning Chemical Industry*, 2018, 47(9): 858—861.
- [9] MATHIEU C, THIERRY A, WITTMANN J C, et al. Multiplenucleation of the (010) Contact Face of Isotactic Polypropylene,  $\alpha$  Phase[J]. *Polymer*, 2000, 41(19): 7241—7253.
- [10] 李娟, 张敏敏, 颜家学, 等. 不同类型成核剂对聚丙烯性能的影响[J]. *现代塑料加工应用*, 2014, 26(2): 28—31.  
LI Juan, ZHANG Min-min, YAN Jia-xue, et al. Effect of Different Types Nucleating Agents on the Properties of Polypropylene[J]. *Modern Plastics Processing and Applications*, 2014, 26(2): 28—31.
- [11] ZHANG Y F, XIN Z. Isothermal and Donisothermal Crystallization Kinetics of Isotactic Polypropylene Nucleated with Substituted Aromatic Heterocyclic Phosphate Salts[J]. *Journal Applied Polymer Science*, 2006, 101(5): 3307—3316.
- [12] 涂志刚, 麦堪成, 吴增青. 聚丙烯成核剂的成核活性研究[J]. *高分子材料科学与工程*, 2005, 21(1): 203—205.  
TU Zhi-gang, MAI Kan-cheng, WU Zeng-qing. Study on Nucleation Activity of Nucleating Agent for PP[J]. *Polymer Materials Science and Engineering*, 2005, 21(1): 203—205.
- [13] ZHANG Q, CHEN Z, WANG B, et al. Effects of Melt Struchtrue on Crystallization Behavior of Isoiactic Polypropylene Nucleated with  $\alpha/\beta$  Compounded Nucleating Agents[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132(4): 1—9.
- [14] 朱春州, 袁海兵, 郝源增. 高分子树脂对聚丙烯复合材料耐刮擦性能的影响[J]. *合成材料老化与应用*, 2017, 46(6): 17—22.  
ZHU Chun-zhou, YUAN Hai-bing, HAO Yuan-zen. Effect of Polymer Resin on the Scratch Resistance of Polypropylene Composites[J]. *Journal of Ageing and Applications of Synthetic Materials*, 2017, 46(6): 17—22.
- [15] 王芳焕, 罗金忠, 王居兰, 等. 山梨醇类透明成核剂对煤基均聚 PP 结晶行为、透明性及力学性能的影响[J]. *塑料工业*, 2013, 41(10): 63—65.  
WANG Fang-huan, LUO Jin-zhong, WANG Ju-lan, et al. Effect of Sorbitol Transparent Nucleating Agent on the Crystallization and Transparency, and Mechanical Property of Coal-based Homo-polymer PP[J]. *China Plastics Industry*, 2013, 41(10): 63—65.

## 适用夹持搬运的窗机包装结构研究应用

熊立贵<sup>1</sup>, 皮阳雪<sup>1</sup>, 蔡昭华<sup>2</sup>

(1.中山火炬职业技术学院, 中山 528400; 2.中山市铿鸿印刷有限公司, 中山 528400)

**摘要:** **目的** 窗式空调器产品包装选择环保型的包装材料, 采用优化内包装结构方案使设计出的整套产品包装尺寸符合装柜量最大化要求, 并通过夹持力测试, 以适用于机械手搬运、装卸作业。**方法** 新设计的窗式空调不仅在材料及结构上满足常规的运输环境, 通过常规的脚步、跌落、堆码、运输等产品包装测试, 还要验证它的可靠性, 并能满足机械手的搬运方式, 通过夹持测试。**结果** 此种环保包装的结构设计不仅节省能源、资源, 且包装材料用量少、可循环回收利用, 并能通过包装各种测试, 特别是夹持测试能够适用于机械自动化搬运周转窗式的空调产品。**结论** 产品包装结构不能只重视包装设计, 更不能缺少包装设计, 采用绿色包装材料、新结构、新工艺的结合达到保护产品的目的。

**关键词:** 窗式空调器; 机械手; 夹持测试; 机械自动化

**中图分类号:** TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0139-05

## Window Air Conditioner Packaging Structure Suitable for Clamping Handling

XIONG Li-gui<sup>1</sup>, PI Yang-xue<sup>1</sup>, CAI Zhao-hua<sup>2</sup>

(1.Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528400, China;

2.Zhongshan City Keng Hong Printing Co., Ltd., Zhongshan 528400, China)

**ABSTRACT:** It aims to select environment-friendly materials for window air conditioner packaging and optimize the inner packaging structure to make the whole package dimensions conform to maximum loading capacity and pass the clamping force test and enable the packaging to be suitable for manipulator handling, loading and unloading. The new design of window air conditioner fitted regular transport environment from aspect of both material and structure and passed the packaging test for foot stepping, dropping, stacking and transporting. Its reliability was also demonstrated. Besides, it was suitable for manipulator handling and passed the clamping test. This structure design not only saved energy and resources, but also used less packaging materials and could be recycled. It could also pass all kinds of packaging tests, especially the clamping test. It could be applicable to window air conditioner that was subject to mechanical automated handling. In conclusion, product packaging structure can neither be excessively designed, nor poorly designed. The application of green packaging materials, new structures and new technologies will be able to protect the product.

**KEY WORDS:** window air conditioner; manipulator; clamping test; mechanical automation

“以人为本”、“以人为中心”的现代物流运输包装设计, 即设计的包装理念要适合以机械工具如机械手等辅助工程来操作, 可以使人能够更安全、健

康、舒适以及有效地进行工作。这样不但可以极大地提高物流包装搬动、装卸等环节过程中的工作效率, 而且可以降低货物的周转费用, 以及减少人为

收稿日期: 2015-11-16

作者简介: 熊立贵(1975—), 男, 江西南昌人, 高级工程师, 主要研究方向为包装环保材料、产品结构包装。

因素原因而损坏包装产品<sup>[1]</sup>。人在疲劳时或者心情不好的情况下工作效率低,这样对产品也有一定的比例损坏。产品的物流运输包装是以货物的流通、周转、储存为主要目的的包装,它的功能是保障产品安全、不易被损坏<sup>[2]</sup>。

在实际出口外销产品的运输中,很多种货物混装在同一集装箱内,在这种储运有限的空间容易产生乱堆放问题,容易出现较轻的货物堆放在下面,而重的货物堆放在上面的现象,导致产品损坏。例如在运输成套分体式空调过程中,由于每套分体式空调由一台内机、一台外机以及连接管附件组成,这其中既有货物箱型的不同,还有轻重包装物的不同<sup>[3]</sup>。在出口产品中如果将它分为几个包装一起打包装柜,可以合理考虑到一大一小在集装箱里的利用率。对单一的货物来说,包装设计不仅要考虑到它的保护性能、包装选材,还要考虑到它包装后的尺寸大小,另外还涉及到它的搬运、周转问题。随着产品的出口量增大,特别是出口到北美的产品,货物的周转就存在一定的难度,这些国家的人工成本很高。现在所有的窗式空调在码头周转时都用机械手搬运,这样就需要设计适合机械手搬运的包装来满足市场的要求。

## 1 窗式空调包装结构简况

适用于机械手搬运的窗式空调器包装结构研究及应用是针对出口窗机产品而设计的包装。在旧包装不能满足的情况下而新设计的包装结构,旧包装采用的是泡沫底托及泡沫上盖,侧面中空,这样的材料及结构已不能符合出口的要求,更不能保护好产品。新的包装不仅在包装材料上环保,能循环回收使用,满足国内的一些基本测试如跌落、脚踩、堆码、模拟运输等,而且最重要的是能通过机械手搬运即夹持测试。包装夹持力对包装件及货物产生的影响,评估包装件耐夹强度,更要满足对美国西尔斯 SEARS 包装件抗夹持强度测试。

在运输过程中,货物相对运输车会产生振动。振动台是运输包装件进行振动试验的最主要设备,用来模拟物流过程中的运输状态,考察产品及包装件的抗振动能力<sup>[4]</sup>,见图1。在货物搬运过程中,是通过机械手夹持力来实现货物周转的。机械手夹持力必须克服振动产生的阻力和货物本身的重力之和,才能达到货物周转的目的。

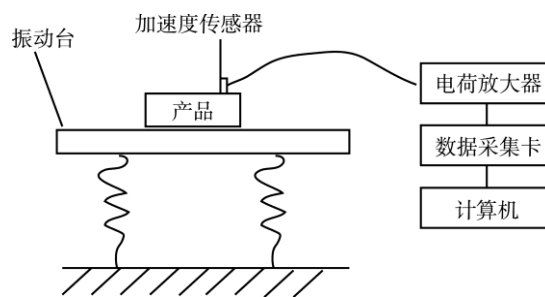


图1 振动台计算机辅助测试系统

Fig.1 Computer aided test system of vibrostand

## 2 窗式空调器包装现状

目前的包装是由上泡沫及下泡沫及外套1个瓦楞纸纸箱打包而成,两侧是中空的,如果应用机械手来夹起搬运时,都是纸箱受力。这样不但容易造成纸箱严重变形,还会夹不住产品导致产品受到破坏。出现质量问题主要是这种打包方式和结构设计不合理,夹持测试容易出现出风口破裂、打包时电源线固定不便、夹持后上盖变形等情况。

## 3 窗式空调器新包装设计

新式包装采用新型环保材料蜂窝板及纸护角设计的结构,这种结构不但有内缓冲,而且外面有护角的支撑受力。新包装由左、右包装盒及底托组成,其中左、右盒是由瓦中瓦和纸护角构成,且外围用牛皮纸粘接而成的箱体,底托是由瓦楞纸和蜂窝纸板粘接而成。外包装采用加强的5层瓦楞纸箱无底托结构<sup>[5]</sup>。

在新产品开发过程中,可以根据产品的价值来设计包装结构。如果要想让产品不受到损坏,那么在包装结构上就必须要用很多内软外硬的包装材料才能保护好,但是这要取决于产品本身的价值,如果包装材料的成本高于产品本身的话,会得不偿失,这样的包装也失去它的保护意义。如果产品价值极高,绝对不能允许有半点破坏,这时包装成本与商品本身的价值相比,可能是微不足道的,那就必须增加包装成本,做到万无一失<sup>[6]</sup>。

运输包装环保材料、环保包装结构设计可节省能源、资源,包装材料用量少,能循环回收利用。保护环境要从绿色包装材料开始,对用后的包装物进行积极的废弃物处理也是开发绿色包装材料最重要的思维。使用废弃后的纸和纸板,通过新工艺、新手段后变废为宝<sup>[7]</sup>。选材是非常重要的,不能缺

少包装,但更不能只重视包装。在满足基本功能的前提下,要实现“以人为本”和“保护环境”的思想,保证产品包装能够达到高效、安全、环保、方便、省力及舒适,并实现其最优化<sup>[8]</sup>。

作为包装设计者就应逐步地体验人们的需要,在实际生产活动中去接触、总结并探索符合人们心理的审美结构和审美活动的规律<sup>[9]</sup>。包装结构是对包装工程的具体实施,结构上要解决受力、节约材料、密封、防震、美观、人性化等问题<sup>[10]</sup>。不仅在材料上要选择恰当,并且结构也要合理。由上述结构组成的内包装结构,使整个包装结构完全贴着窗机,不会出现中空现象,在受力时有加强的瓦中瓦和纸护角支撑。

#### 4 机械手夹持力测试

机械测试要求必须按美国的测试标准进行,分为 2 项要求测试。

##### 4.1 夹持试验

夹持试验进行 2 项测试,即产品包装周边加夹板后进行测试。

第 1 项测试:夹持搬运的运行速度为 300 m/min,全夹前后面受力为 770 kg 的夹持力、运行 2 圈;两边留 75 mm 左右夹前后面受力为 770 kg 的夹持力,运行 2 圈;全夹前后面受力为 500 kg 的夹持力、运行 6 圈。第 2 项测试:夹持搬运的运行速度为 300 m/min,全夹两侧面受力为 770 kg 的夹持力,夹后运行 2 圈;两边留 75 mm 左右夹两侧面受力为 500 kg 的夹持力,运行 2 圈;全夹两侧面受力为 500 kg 的夹持力,运行 6 圈。

##### 4.2 机械夹持搬运分析

机械手夹持包装产品搬运时,机械手的夹力必须大于产品的本身质量所承受的力,另外它还需要克服外界的不确定影响受力。物体所受的重力跟它的质量成正比,根据包装后的窗式空调质量产生的力为  $G=mg$ 。其中  $G$  为重力; $m$  为质量; $g$  为重力系数,取 9.8 N/kg。滑动摩擦力的大小计算公式为  $F=\mu N$ 。其中  $\mu$  为动摩擦因数,它只跟材料、接触面粗糙程度有关,跟接触面积无关; $N$  为正压力。当夹持的正压力产生的摩擦力  $F$  大于窗式空调重力  $G$ ,才能夹住货物。由于货物夹后要周转到另一个

地方,必须要克服路上出现颠簸、路程运行的距离以及包装在受到夹力后的变形程度等问题,这与蜂窝板的结构有很大的关联,随着蜂窝板厚度的增加,蜂窝板的平压强度降低,缓冲性能得到增强。

由于在夹持搬运过程中会因为路面不平稳而产生颠簸,即振动,振动脆值的计算如下:

$$x=(C_2/n)^{1/k}$$

式中: $C_2$  为试验常数; $x$  为基础振动激励  $x(t)$  的加速度幅值; $k$  为换算后斜率参数; $n$  为在  $x$  作用下达到破坏时的循环数<sup>[11]</sup>。这样可以计算出夹持后搬运时路面上出现冲击情况。当夹持的车速分别取 20, 30, 40 km/h, 夹持物相同,不同幅值下产品包装的响应见图 2,可以看出机械手在运行过程中,运行的速度及路面上的减速带宽、高方向截面近似梯形或弧形,其宽度尺寸应在 300~400 mm 范围内,高度尺寸应在 25~70 mm 范围下对应的运动轨迹<sup>[12]</sup>。

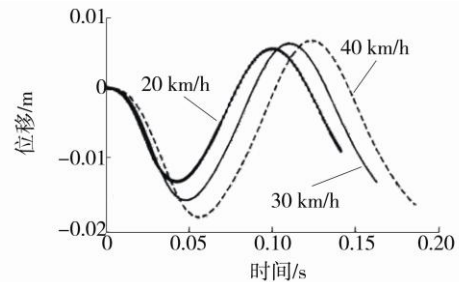


图 2 不同幅值下产品包装的响应  
Fig.2 Different amplitude response of product packaging

窗式空调的内包装主要是纸护角和蜂窝板组成,内包装材料主要是蜂窝板,分析它在夹持力的作用下的变形情况。蜂窝纸板的规格:蜂窝纸芯的蜂窝边长为 8 mm,蜂窝纸板厚度为 30 mm,蜂窝面纸定量为 250 g/m<sup>2</sup>,蜂窝芯纸定量为 140 g/m<sup>2</sup>,蜂窝纸板容重为 0.0378 g/cm<sup>3</sup>,蜂窝纸板的含水率为(12±3)%,平压强度为 180~200 kPa,蜂窝纸板静态弯曲强度为 95 mN·m。

加强的蜂窝纸板应力在线弹性范围内,应变曲线可表示为:

$$\sigma = \varepsilon_3 E \quad (1)$$

固体模量  $E_s$  为承载截面面积,弹性模量  $E_3$  为 3x 方向上的法向加载,它们的计算关系如下:

$$\frac{E_3^*}{E_s} = \left[ \frac{h/l+2}{2(h/l+\sin\theta)\cos\theta} \right] \frac{t}{l} = \frac{\rho^*}{\rho_s} \approx \frac{t}{l} \quad (2)$$

式中: $\rho_s$  为原纸的密度; $\rho^*$  为蜂窝纸板芯的相对密度; $h$  为蜂窝芯纸高度; $l$  为蜂窝板长度; $t$  为

蜂窝板厚度； $E_3^*$  为在纵向上的模量。蜂窝纸的正六边形值为 1.15，大括号内表示正交于  $3x$  的孔壁内投影的面积。在线弹性区内表达式为标准化的应力、应变：

$$\frac{\sigma}{E_s} = \left[ \frac{h/l+2}{2(h/l+\sin\theta)\cos\theta} \right] \frac{t}{l} \varepsilon \quad (3)$$

式中： $\theta$  为蜂窝特征角； $\sigma$  为纵向应力； $\varepsilon$  为等效应变。线弹性区内持续的过程并不长，当  $\sigma$  应力作用导致发生蜂窝纸板屈曲会进入下一个阶段，称为过程非弹性<sup>[13]</sup>。

蜂窝 2 次加载夹力的损坏程度不同。第 2 次加载夹力时，蜂窝纸板没有首次加载时的峰值，当承受的夹压力达到蜂窝纸板屈服阶段的屈服值时，曲线直接进入屈服阶段，没有失稳阶段。第 2 次加载的屈服平台也呈现一种小幅波动状态，但波动幅度稍大一些，应力值在 100 ~ 140 kPa 之间，与首次加载基本一致。

2 次夹持力下的曲线见图 3，在夹持力的作用下，蜂窝纸板的缓冲曲线是一条平滑的曲线，在应变为 4% 时已具有最佳缓冲效果<sup>[14]</sup>。在纸板厚度不同，面纸定量、芯纸定量不同时，蜂窝纸板的应力-应变曲线见图 4。此窗式空调采用纸护角和蜂窝板材料结构，在强度及缓冲上可以满足机械手夹持力的装卸、搬运，原材料也是国家提倡的环保型材料，可回收、再利用。

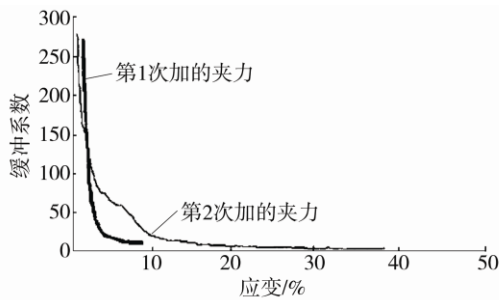


图 3 2 次夹持力下的曲线  
Fig.3 Curve under two clamping forces

通过上述分析、结构设计和实验验证，此包装结构内采用蜂窝缓冲，在蜂窝外侧有强硬度的纸护角承受夹力，且结构是紧贴窗式空调，这样不会像旧包装一样出现中空结构在夹持压力下外纸严重变形的情况，也不会因为产品受力不均匀而损坏。即使夹持力偏大时，外面的纸护角有支撑作用力，传递到蜂窝纸板上和产品上的受力也是均匀的，能有效地保护产品。

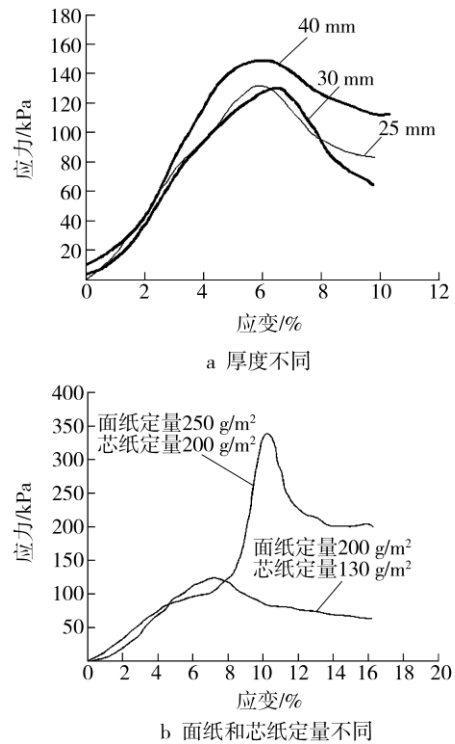


图 4 蜂窝纸板的应力-应变曲线  
Fig.4 Stress-strain curves of honeycomb paperboard

### 5 结语

机械手除了对零件加工、切削外，现已对包装后的产品具有装卸、搬运、周转等应用，减少劳动力、降低搬运成本、提高作业效率，机械工业自动化必将得到广泛应用，因此开发的产品包装结构应适合工业现代化的作业。

材料用量少且能保护产品的包装结构是设计师们追求的最佳理想，也是企业对经济最大化的目标。对某些具有特殊要求的产品运输包装，适度的包装和最小尺寸的包装规格，既能保护产品又可少用包装材料，并能通过运输包装测试要求，一直是设计师的追求。特定的运输包装性能是指产品在特定的运输、装卸等，如上述出口窗式空调产品中的包装要求机械手夹持来周转作业，因此，设计特定的运输包装要能够满足的包装性能要求<sup>[15]</sup>。新设计的包装材料及结构要适合现代化作业操作，机械化作业必将替代人工作业。

### 参考文献：

[1] 熊立贵, 陈新, 皮阳雪, 等. 空调器外机环保包装结构及测试研究[J]. 包装工程, 2015, 36(17): 56—60.  
XIONG Li-gui, CHEN Xin, PI Yang-xue, et al. Envi-

- ronmental Protection Packaging Structure and Test Research of Air Conditioning Outdoor Unit[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(17): 56—60.
- [2] 张允峰, 王婧, 彭国勋. 人机工程与物流运输包装设计[J]. 中国包装工业, 2009(4): 39—40.  
ZHANG Yun-feng, WANG Jing, PENG Guo-xun. Ergonomics and Logistics Transportation Packaging Design[J]. China Packaging Industry, 2009(4): 39—40.
- [3] 刘洪南, 杨传民. 配货堆码技术在仓储运输企业中的应用[J]. 包装工程, 2003, 24(3): 63—65.  
LIU Hong-nan, YANG Chuan-min. The Application of Mixed Containerization in Storage and Transportation Enterprises[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3): 63—65.
- [4] 宋海燕, 孙诚. 运输包装试验计算机辅助测试系统的研究与开发[J]. 包装工程, 2005, 26(4): 91—92.  
SONG Hai-yan, SUN Cheng. Study and Development on Computer Aided Testing System for Transport Package[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4): 91—92.
- [5] GB/T 6544, 国家标准瓦楞纸板[S].  
GB/T 6544, The National Standard of Corrugated Board[S].
- [6] 赵煜, 袁文广. 运输包装检测的目的与应用[J]. 中国包装工业, 2007(10): 74—75.  
ZHAO Yi, YUAN Wen-guang. Transportation Purpose and Application of Packaging Testing[J]. China Packaging Industry, 2007(10): 74—75.
- [7] 戴宏民, 戴佩华. 绿色包装材料的研发进展和我国的发展对策[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 6—7.  
DAI Hong-min, DAI Pei-hua. The Research and Development of the Green Packaging Materials and the Developing Countermeasures of Our Country[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 6—7.
- [8] 朱建萍. 物流包装与人机工程学[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 102—104.  
ZHU Jian-ping. Logistics Packaging and Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 102—104.
- [9] 陶国林. 人机工程学在包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 24—25.  
TAO Guo-lin. Application of the Ergonomics in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 24—25.
- [10] 苏毅超, 谭哲丽. 包装设计中的的人机工程[J]. 包装工程, 2001, 22(3): 18—19.  
SU Yi-chao, TAN Zhe-li. Man-Machine Engineering in the Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(3): 18—19.
- [11] 王桂英, 吴月. 包装动力学研究进展及研究方向分析[J]. 森林工程, 2015, 31(1): 80—81  
WANG Gui-ying, WU Yue. Analysis on the Research Progress and Direction of Packaging Dynamics[J]. Forest Engineering, 2015, 31(1): 80—81.
- [12] 杨晓谦, 钱怡. 运输过程中堆码包装件的运动分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 1050—1053.  
YANG Xiao-qian, QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 1050—1053.
- [13] 尹琪. 蜂窝纸板结构缓冲性能的研究与应用[D]. 湖北: 湖北工业大学, 2010.  
YIN QI. Research and Application of Honeycomb Structure[D]. Hubei: Hubei University of Technology, 2010.
- [14] 李厚民, 卢宸华, 谢一魁. 预压对蜂窝纸板缓冲性能的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 44—46.  
LI Hou-min, LU Chen-hua, XIE Yi-kui. Effect of Preload on the Cushioning Performance of Honeycomb Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 44—46.
- [15] 郭彦峰, 付云岗. 缓冲包装件的运输包装性能测试与评估技术[J]. 包装工程, 2006, 27(8): 26—27.  
GUO Yan-feng, FU Yun-gang. Performance Test and Evaluation Technology for Transport Packaging[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(8): 26—27.

# 数码打样自定义专色色彩匹配方法

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2019.04.013

邓体俊 付文亭

中山火炬职业技术学院  
包装印刷系  
广东 中山 528436

**摘要:** 利用数码打样技术精确模拟自定义专色, 并对专色挂网方法进行研究。在专色实地精确模拟的基础上, 通过分析数码样与印刷样的密度差值随着网点值变化的趋势, 并利用分阶段拟合算法对网点-密度差值曲线进行拟合, 然后通过拟合公式调整的数码打样密度值与实际测量的密度差值, 实现专色挂网的精确模拟。通过对数码打样自定义专色色彩匹配方法的研究, 可实现自定义专色以及专色挂网的准确模拟, 并可应用于包含大量专色印刷的包装印刷、标签印刷及多介质印刷等领域。

**关键词:** 数码打样; 专色; 实地; 专色挂网; 多介质印刷

**中图分类号:** TS865

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2019)04-0090-05

**引文格式:** 邓体俊, 付文亭. 数码打样自定义专色色彩匹配方法研究 [J]. 包装学报, 2019, 11(4): 90-94.

## 0 引言

数码打样是指将电子原稿经印前处理后, 以数码方式利用大幅面打印机直接输出打样。数码打样简化了传统打样中的制胶片、晒样等冗长的工艺流程, 且数码样与印刷产品的接近度可达 98.5%, 这是传统打样无法比拟的, 因此数码打样在以四色印刷为主的纸类包装印刷等企业取得了空前的发展。对于非纸类等包装印刷企业以及标签印刷企业来说, 由于在产品设计和生产中大量地应用专色印刷, 如何在数码打样中精确模拟专色以及专色挂网等, 已成为该类企业应用数码打样的瓶颈之一。

目前, 国内外主流的色彩管理系统 CGS Oris Color Tuner、EFI Color Proof XF、GMG Color Proof、杜邦 Cromalin 等, 均开发了专色打样模块, 加载了潘通专色库, 通过  $L^*a^*b^*$  值映射, 将专色值转换为彩色打印机的色彩组合进行专色打样。王志豪<sup>[1]</sup> 针对印刷专色复制中存在的问题, 利用 EFI Color Proof

XF 数码打样软件设计并构建了专色库, 采用测量值与原始值比较的方法, 实现了专色实地密度精确模拟。姚志国<sup>[2]</sup> 提出建立专色数据库, 利用 ESKO Pack Proof 软件对专色数据进行计算, 实施专色打样。

专色打样的精度取决于采样色卡色块的数量、彩色打印机的色域、国际色彩联盟 (international color consortium, ICC) 特性文件 (以下统称为 ICC Profile) 的制作精度等因素, 因而无法实现专色的精确模拟。

本研究针对数码打样精确模拟自定义专色以及专色挂网的方法进行研究, 在专色实地精确模拟的基础上, 利用拟合算法, 解决数码打样与实际印刷过程中因二者制样原理不同而造成的专色挂网数据不一致的问题; 通过分析数码样与印刷样密度差值随着网点值的变化趋势, 利用分阶段拟合算法对网点-密度差值曲线进行拟合, 并通过拟合公式调整数码打样密度值与实际测量的密度差值, 以实现专色挂网的精确模拟。

**收稿日期:** 2019-05-12

**作者简介:** 邓体俊 (1984-), 男, 湖南株洲人, 中山火炬职业技术学院高级工程师, 主要研究方向为计算机图文信息处理, E-mail: dengtj001@163.com

## 1 实验

### 1.1 实验设备

分光光度计, X-Rite i1 型, 美国爱色丽公司; 图形绘制软件, Illustrator CS6 型, Adobe 系统公司; UV 平板打印机, Arizona 460GT 型, 内置佳能 ONYX 色彩管理系统, 日本佳能株式会社。

Arizona 460GT 型 UV 平板打印机具有 C、M、Y、K、W (白墨)、V (光油) 6 个通道, 可模拟铁皮或铝制等金属介质上白墨印刷效果。

### 1.2 专色实地数码打样

#### 1.2.1 实验原理

目前, 市场上大部分数码打样系统都是基于 ICC Profile 转换原理, 即通过数码打样色彩转换引擎, 建立数码打样 ICC Profile 与印刷 ICC Profile 的转换关系, 以实现数码打样结果与印刷结果的匹配。然而, 制作 ICC Profile 时, 测试的色块只能有限地将色彩空间等分, 其中间的过渡色也只能通过软件的运算去模拟, 同时打样系统对设备的色彩控制也只能通过有限的控制点进行。因此, 基于 ICC Profile 的数码打样无法实现专色精确模拟<sup>[3-5]</sup>。

本研究首先基于 ICC Profile 转换原理进行数码打样, 若专色数码打样的色差值小于或等于行业或客户标准, 则直接将专色色度值记录在专色库中, 以便于下次专色打样时直接调用; 若专色数码打样的色差值大于行业或客户标准, 则将该色差值作为容差值, 并自定义取样值, 二次打样所有的取样色块, 选择数码样与专色目标值色差值最小的色块, 在专色库中将专色值更新至该色块对应的色度值, 以实现专色实地的精确模拟。

#### 1.2.2 实验流程

利用佳能 ONYX 系统“media manager 模块”, 针对铁皮材质进行 UV 平板打印机线性化校准, 并制作铁皮材质的 ICC Profile, 完成铁皮介质的数码打样。

铁皮数码样第一次测量值: 印前工作中, 在拼版文件的拖稍位放置文件中所使用专色梯尺 (利用通用图形绘制软件, 绘制大小为 7 mm × 7 mm, 以 5% 为间隔, 填充 0~100% 的专色色块), 利用分光光度计, 测量数码样上的专色色度值 (专色测控条上 100% 实地色块), 记为  $L_1a_1b_1$ 。

计算  $L_1a_1b_1$  与专色目标值 ( $L^*a^*b^*$ ) 的色差  $\Delta E_{ab}$ ; 将专色数码打样色差值的行业或客户标准,

记为  $\theta$ 。若  $\Delta E_{ab} \leq \theta$ , 则该数码样合格, 实现专色实地数码打样精确模拟, 直接将  $L^*a^*b^*$  作为专色色度值记录在佳能 ONYX 系统“swatch books 模块”的专色库中; 若  $\Delta E_{ab} > \theta$ , 则该数码样不合格, 并以  $\Delta E_{ab}$  为容差值, 自定义取样值为  $i$ , 重新取样测试色块, 其取样色度值如下:

$$L_c = L^* \pm i, L^* \pm 2i, \dots, L^* \pm ni, L^* \pm \Delta E_{ab};$$

$$a_c = a^* \pm i, a^* \pm 2i, \dots, a^* \pm ni, a^* \pm \Delta E_{ab};$$

$$b_c = b^* \pm i, b^* \pm 2i, \dots, b^* \pm ni, b^* \pm \Delta E_{ab};$$

其中,  $n$  为整数,  $ni$  最接近  $\Delta E_{ab}$  值。

数码样第二次测量值: 根据上述取样色度值, 利用图形绘制软件制作 7 mm × 7 mm 大小的色块, 作为测试图的二次打样; 在二次打样的取样色块中找到与目标专色最接近的色块, 用分光光度计测量其色度值, 记为  $L'_ca'_cb'_c$ 。

计算  $L'_ca'_cb'_c$  与  $L^*a^*b^*$  的色差  $\Delta E'_{ab}$ 。若  $\Delta E'_{ab} \leq \theta$ , 则该二次数码样合格, 实现专色实地数码打样精确模拟, 可在“swatch books 模块”专色库中将测试色块对应的  $L_c a_c b_c$  值更新为  $L'_ca'_cb'_c$ <sup>[6-9]</sup>。

本研究以首次专色数码打样的色差作为容差值, 在容差范围内自定义取样值, 进行二次打样。将符合行业标准或客户标准的专色数据 (电子文件的色度值, 如在设计文件中填充的专色值) 替换 PANTONE 专色值, 并在专色库中更新专色数据, 在数码打样该专色时, 可以直接调用专色库中的专色数据, 以使数码样张的色度值与目标色度值的色差符合行业或客户要求。

### 1.3 专色挂网数码打样

#### 1.3.1 实验原理

专色挂网是指印刷专色的渐变色。虽然在上述实验中, 实现了专色实地数码打样的精确模拟, 但由于印刷过程与数码打样的原理不同, 印刷中受印刷压力等因素的影响, 网点会相应扩大, 而数码打样过程中不存在印刷压力, 因而会造成数码打样专色的挂网数据与印刷专色挂网数据的偏差。网点的密度值可以直接反映网点的变化情况, 因此本研究通过调整网点密度值降低专色挂网数码打样的偏差。

#### 1.3.2 实验流程

本实验利用分光光度计分别测量数码样 (专色实地数码打样精确模拟) 与专色印刷样的专色梯尺密度值, 并生成相应网点-密度差值曲线, 通过多项式拟合法计算两条曲线的拟合公式, 以实现专色挂网数

码打样的精确模拟。

## 2 结果与分析

### 2.1 专色实地数码打样

本研究以首次专色数码打样的色差作为容差值,在容差范围内自定义取样值,进行二次打样。两次打样的实验数据如表1所示。

表1 专色实地数码打样实验结果

Table 1 Experimental results of spot color digital proofing

颜色名称	$L^*a^*b^*$	$L_1a_1b_1$	$\Delta E_{ab}$	$L'_ca'_cb'_c$	$\Delta E'_{ab}$
291C	80, -9, -20	75, -6, -16	7.07	79, -8, -19	1.73
234C	36, 63, -12	32, 58, -11	6.48	35, 63, -11	1.41

从表1可以看出,两种色样的铁皮数码样第一次测量值与专色目标值之间的色差 $\Delta E_{ab}$ 较大,二者的 $\Delta E_{ab}$ 均大于行业或客户标准色差值( $\theta=3$ );经过重新取样测试后,第二次打样的总色差 $\Delta E'_{ab}$ 相对较小,均小于3,该二次数码样合格。因此在专色库中将第二次打样的专色值更新至该色块对应的色度值,以实现专色实地精确模拟。

### 2.2 专色挂网数码打样

当专色实地数码打样达到精确模拟后,本研究利用分光光度计分别测量数码样与专色印刷样上的专色梯尺的密度值,并绘制以网点值为横轴、网点密度值为纵轴的曲线,如图1所示。

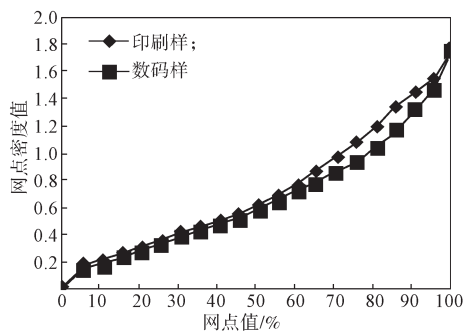


图1 网点数据对应的密度值曲线

Fig. 1 Density value curve corresponding to dot data

从图1可以看出,虽然专色实地数码打样已实现精确模拟,但是数码打样专色挂网数据与印刷专色挂网数据还有明显差距,没有实现精确模拟。

根据所测得的数码样与专色印刷样上的密度值数据,计算各网点的密度差,并绘制以网点值为横轴、密度差值为纵轴的曲线,如图2所示。

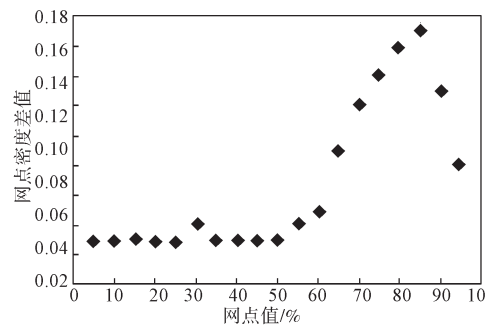


图2 网点数据对应的密度差值数据

Fig. 2 Density value difference corresponding to dot data

从图2可以看出,数码样与印刷样密度差值( $y$ )随着网点值( $x$ )的变化呈现分阶段变化。当 $x=0\%$ 或 $100\%$ 时, $y=0$ ;当 $0 < x \leq 50\%$ 时,密度差值基本保持稳定, $y=0.03$ ;当 $50\% < x < 100\%$ 时,密度差值呈曲线变化。

本研究利用分阶段拟合算法对网点数据对应的密度差值曲线进行拟合<sup>[10-13]</sup>,拟合公式如下:

$$y = \begin{cases} 0, & x = 0; \\ 0.03, & 0 < x \leq 50\%; \\ -8.2 \times 10^{-6} x^3 + 0.0016 x^2 - 0.1028 x + 2.0976, & 50 < x < 100\%; \\ 0, & x = 100\%. \end{cases}$$

当 $50 < x < 100\%$ 时,拟合公式的相关系数 $R^2=0.99$ ,拟合图如图3所示。

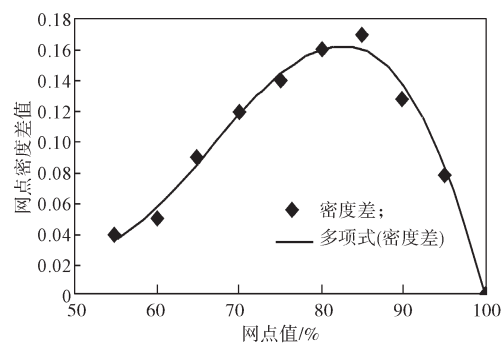


图3 网点数据对应的密度差值拟合曲线(50 < x < 100%)

Fig. 3 Density value difference curve corresponding to dot data (50 < x < 100%)

根据上述拟合公式,计算需调整的数码样密度差值,并绘制该密度差值与实际测量的网点数据对应的密度差值曲线,如图4所示。

从图4可以看出,通过拟合计算得到需调整的数码打样密度值与实际测量的印刷样密度差值高度接

近, 由此说明本研究实现了数码打样专色挂网的精确模拟<sup>[14]</sup>。

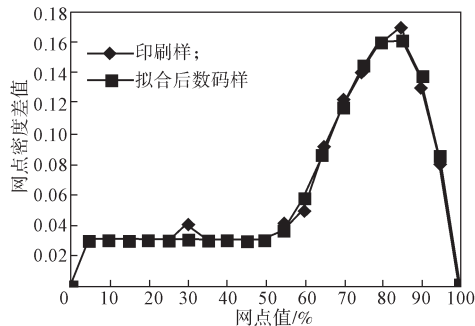


图4 实际测量与拟合计算的密度差值曲线对比

Fig. 4 Comparison of density difference between actual measurement and fitting calculation

### 3 结语

本研究创新性地提出了专色实地数码打样及专色挂网数码打样精确模拟的方法, 该方法可弥补基于ICC数码打样转换中的差值运算误差, 实现专色色彩精确匹配。在具体实验中, 虽然数码打样实现了专色实地精确模拟, 但是数码打样专色挂网数据与印刷专色挂网数据还存在明显差距。本研究通过分析数码样与印刷样密度差值随着网点值的变化趋势, 利用分阶段拟合算法对网点数据对应的密度差值曲线进行拟合, 并通过拟合公式调整的数码打样密度值与实际测量的密度差值, 实现专色挂网的数码打样对专色印刷的精确模拟。

通过对目前市场上色彩管理系统及软件的调研分析, 虽然市场上部分软件可以手动调整专色曲线用来调整数码打样的网阶密度值, 但无法通过加载调整公式(加载曲线)去精确调整数码打样的网阶密度值。本研究数据及流程可推广为专色色彩管理的一般技术, 特别是针对用户自定义的专色以及多介质基材的专色印刷(即铝基材印刷、铁皮印刷或辐射纸印刷等), 也可为专色色彩管理软件开发提供试验研究及理论基础, 为专色打样流程软件的设计提供参考, 实现数码打样专色挂网的精确模拟。

#### 参考文献:

[1] 王志豪. 基于专色库循环校正的数码打样色彩控制方法[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 92-95.  
WANG Zhihao. Method for Color Control of Digital Proof

Based on Circular Correcting of Spot Color Library[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23): 92-95.

[2] 姚志国. 专色及叠色的数字打样解决方案[J]. 印刷杂志, 2016(2): 44-45.  
YAO Zhiguo. Solution of Spot and Overlay Digital Proofing[J]. Printing Field, 2016(2): 44-45.

[3] 易尧华, 刘菊华, 高睿遥, 等. 彩色数字喷墨打印机色彩特性化方法研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(2): 17-23.  
YI Yaohua, LIU Juhua, GAO Ruiyao, et al. Study on Color Characterization Method of Digital Color Inkjet Printer[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(2): 17-23.

[4] 刘浩学, 朱明铮, 黄敏, 等. 从特性文件分析 ICC 色域映射机制[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(1): 14-19.  
LIU Haoxue, ZHU Mingzheng, HUANG Min, et al. Inspecting ICC Output Device's Profiles and Analyzing the Color Gamut Mapping Mechanism[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(1): 14-19.

[5] 赵德方, 黄新国. 基于 Kubelka-Munk 理论的光谱配色算法研究[J]. 包装学报, 2017, 9(1): 46-52.  
ZHAO Defang, HUANG Xinguo. Research of Spectral Color Matching Algorithm Based on Kubelka-Munk[J]. Packaging Journal, 2017, 9(1): 46-52.

[6] 许昌, 王琪, 张琳. 计算机专色油墨配色模型初探[J]. 中国印刷与包装研究, 2011, 3(6): 9-14.  
XU Chang, WANG Qi, ZHANG Lin. Preliminary Study of Computer Color Matching Model for Spot Color Ink[J]. China Printing and Packaging Study, 2011, 3(6): 9-14.

[7] 罗如柏, 周世生, 蒋楠, 等. 基于密度的计算机凹印专色配色理论及其系统开发[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(S1): 76-78.  
LUO Rubai, ZHOU Shisheng, JIANG Nan, et al. Mathematical Model and Implementation of the Density-Based Gravure Spot-Color Matching[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(S1): 76-78.

[8] 陈海生, 袁江平, 付文亭, 等. 基于 MATLAB 的新色域对比度量及其适用性评价[J]. 包装学报, 2018, 10(6): 86-93.  
CHEN Haisheng, YUAN Jiangping, FU Wenting, et al. Applicability Evaluation of Proposed New Gamut Comparison Metrics Based on MATLAB Functions[J]. Packaging Journal, 2018, 10(6): 86-93.

[9] 邱晓琳, 王琪, 王茜. 基于最小二乘法的数字图像网点补偿方法研究[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 119-122.

- QIU Xiaolin, WANG Qi, WANG Qian. Digital Image Dot Compensation Based on Least Square Method[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 119-122.
- [10] 陈良波, 郑亚青. 基于最小二乘法的曲线拟合研究[J]. 无锡职业技术学院学报, 2012, 11(5): 52-55.
- CHEN Liangbo, ZHENG Yaqing. Study on Curve Fitting Based on Least Square Method[J]. Journal of Wuxi Institute of Technology, 2012, 11(5): 52-55.
- [11] 初红艳, 秦合营, 蔡力钢. 印刷品色彩质量评价体系结构及算法[J]. 北京工业大学学报, 2012, 38(6): 801-806.
- CHU Hongyan, QIN Heying, CAI Ligang. Evaluation Structure and Algorithm for Printing Color Quality[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2012, 38(6): 801-806.
- [12] SU H, YI Y H, LIU J H, et al. Spot Color Matching Method Based on Preserved High Saturation for Inkjet Digital Proofing[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 262: 74-79.
- [13] ZHANG Y, ZHOU S S, CAO C J, et al. Study of Spot-Color-Matching in Gravure[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 312: 542-545.
- [14] 万晓霞, 黄新国, 刘 振, 等. 镭射纸表面结构对颜色测量精度的影响[C]//第十三届全国包装工程学术会议论文集. 武汉: 中国振动工程学会, 2011: 396-400.
- WAN Xiaoxia, HUANG Xinguo, LIU Zhen, et al. The Effect of Surface Structure of Holographic Paper on Color Measurement Accuracy[C]//Proceedings of the Thirteenth National Symposium on Packaging Engineering. Wuhan: China Vibration Engineering Society, 2011: 396-400.

(责任编辑: 李玉华)

## Custom Spot Color Matching Method for Digital Proofing

DENG Tijun, FU Wenting

(Department of Packaging and Printing, ZhongShan Torch Polytechnic, Zhongshan Guangdong 528436, China)

**Abstract:** The digital proofing technology to accurately simulate the custom spot color and screen printing of spot color was studied. On the basis of accurate spot color simulation, by analyzing the variation trend of density difference between the proof sample and the printed sample along with dot value, the curve of density difference corresponding to dot data was fitted by staged fitting algorithm. After adjustment of the actual density, the accurate simulation of screen printing of spot color was carried out. Through this method, the customized spot color matching for digital proofing could be realized, and it could be applied to the fields containing a lot of spot color printing such as packaging printing, label printing and multi-media printing.

**Keywords:** digital proofing; spot color; solid; screen printing of spot color; multi-media printing

# 爽滑母料在烟包薄膜专用BOPP中的应用

赵素芬<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>2\*</sup>, 谢文彬<sup>1</sup>, 刘晓艳<sup>3</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院包装印刷系, 广东省中山市 528436; 2. 广东理工职业学院, 广东省中山市 528436;  
3. 广州科技贸易职业学院, 广东省广州市 511442)

**摘要:** 采用高黏度二甲基硅油与蜡按质量比为1.5:1.0复配成爽滑母料, 并在烟包薄膜专用双向拉伸聚丙烯(BOPP)上应用。结果表明: 将质量分数为10%的爽滑母料添加到表层材料制成的烟包薄膜专用BOPP, 其动摩擦因数在常温条件下控制在0.25~0.26, 温度为50℃时控制在0.35之内, 完全能满足烟包薄膜专用BOPP的爽滑性能; 其雾度小于1.5%, 光泽度大于90.0%, 并在30 d内薄膜雾度上升0.1%, 光泽度下降0.9%, 具有高光泽、低雾度, 并且时效性稳定等特点; 自制爽滑母料在烟包薄膜摩擦因数和光学性能上优于参比试样, 其他力学性能差异不大; 自制爽滑母料的使用性能超过参比试样。

**关键词:** 爽滑母料 双向拉伸聚丙烯 烟包薄膜 摩擦因数 光学性能

**中图分类号:** TQ 325.1<sup>4</sup> **文献标志码:** B **文章编号:** 1002-1396(2019)03-0037-03

## Application of slip master-batch used in BOPP for cigarette package

Zhao Sufen<sup>1</sup>, Tu Zhigang<sup>2</sup>, Xie Wenbin<sup>1</sup>, Liu Xiaoyan<sup>3</sup>, Zhang Liqiong<sup>1</sup>

(1. Institute of Packing & Printing, ZhongShan Torch Polytechnic, ZhongShan 528436, China; 2. Guangdong Polytechnic Institute, ZhongShan 528436, China; 3. Guangzhou Vocational College of Technology & Business, Guangzhou 511442, China)

**Abstract:** High viscosity dimethyl silicon oil and wax were combined in a mass ratio of 1.5:1.0 to make slip master-batch, which was applied for biaxial oriented polypropylene (BOPP) for cigarette package film. The results show that the dynamic friction coefficient of the BOPP film in which the mass fraction of master batch is 10% is controlled between 0.25 and 0.26 at room temperature and within 0.35 at 50 °C, meeting the slip property of BOPP. The haze value of the film is less than 1.5% whose gloss is more than 90.0%. The haze value will increase by 0.1% and the gloss is reduced by 0.9% within one month, representing high gloss, low haze value and stability in time. The master batch is better than reference samples in terms of friction coefficient and optical properties, while there is no much changes in mechanical properties. In general, the new developed slip master-batch has exceeded the performance of the import material.

**Keywords:** slip master-batch; biaxial oriented polypropylene; cigarette package; friction coefficient; optical property

烟包薄膜专用双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜需要具有良好的爽滑性能, 一般要求薄膜外层即爽滑面与金属面的摩擦因数较低, 以利于烟包输送及提高包装速度; 薄膜内层与香烟盒纸的摩擦因数应略高于薄膜外层与设备金属面的摩擦因数, 以利于薄膜与香烟盒纸的位置相对固定, 提高热封质量和包装效果; 薄膜外层与条包纸盒的摩擦, 单包香烟包装后, 外层必须滑动良好, 才能顺利地将烟包装进条包纸盒内。BOPP薄膜中通常需

要在其表层加入爽滑剂, 一般采用芥酸酰胺或硅油等, 它们都具有良好的热滑动性能<sup>[1]</sup>, 但过量芥酸酰胺迁移到表面后易积聚, 对薄膜的光学性能

**收稿日期:** 2019-01-17; **修回日期:** 2019-03-26。

**作者简介:** 赵素芬, 女, 1978年生, 硕士, 高级工程师, 副教授, 2005年毕业于浙江大学生物环境工程专业, 现主要从事塑料软包装的教学与研究工作。E-mail: 610230508@qq.com。

\* 通信联系人。E-mail: zhigtu@126.com。

有一定负面影响,不同运动黏度的硅油具有优良的热爽滑性能,但硅油不利于薄膜的印刷,对于无需印刷的烟包薄膜专用BOPP,硅油是最适合的爽滑剂。二甲基硅油的特性最适宜作为薄膜的爽滑剂,大多BOPP薄膜专用爽滑母料也都是采用一定运动黏度的二甲基硅油与其他助剂复配而成<sup>[2-5]</sup>。本工作研究了自制爽滑母料在烟包薄膜专用BOPP中的应用效果。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料与设备

BOPP,为均聚聚丙烯,熔体流动速率为3.0 g/10 min (230 °C)左右;丁烯-乙烯-丙烯三元共聚物,熔体流动速率为6.0 g/10 min (230 °C)左右;均为美国Exxon公司。爽滑母料,自制。IL2580SC型爽滑母料(记作参比试样),有效成分是质量分数为10%的硅酮,美国舒尔曼公司。

XLVV(PC)型智能电子拉力试验机,WGT-S型透光率/雾度测定仪,RTD-R2型热封梯度测试仪;均为济南兰光机电有限公司。

### 1.2 爽滑母料制备

将一定黏度的二甲基硅油和蜡按质量比为1.5:1.0进行复配,以表层共聚聚丙烯为载体,采用双螺杆挤出机,制备质量分数为10%的爽滑母料。

### 1.3 测试方法

摩擦因数按DIN EN ISO 8295 (2004-10)测试;薄膜光泽度和雾度按ASTM D 2457—2013测试;热封强度按QB/T 2358—2009测试;薄膜热收缩率按GB/T 10003—2008测试,温度120 °C,加热时间为5 min;力学性能按DIN EN ISO 527-1 (1996-04)测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对薄膜爽滑性能的影响

在香烟包装过程中,薄膜外层在下膜通道、成型轮槽、折叠板、烙铁、导轨等金属部件上滑动运行,在运转时这些金属部件温度大都在50 °C以上,随着温度的升高,薄膜的摩擦因数升高,特别在45 °C之后,薄膜的摩擦因数上升加快。目前,普遍检测薄膜与薄膜之间的动摩擦因数,一般要求常温条件下控制在0.3以下,50 °C时控制在0.5之内。将制备的质量分数为10%的爽滑母料用作厚22 μm的烟包薄膜专用BOPP表层,并将国内普遍使用的参比试样进行30 d的跟踪。从表1可以看

出:自制爽滑母料较参比试样具有相同或较低的静、动摩擦因数,能满足烟包薄膜的爽滑性能。随着时间的推移,常温条件下的静摩擦因数逐渐降低,主要是因为爽滑剂仅在薄膜表面起作用,虽然将爽滑母料加入到表层,但BOPP薄膜芯层的抗静电剂、增刚剂和表层的抗黏结剂都会对薄膜的爽滑性能产生影响,抗静电剂中的表面活性类物质迁移到表层后同样具有爽滑性能,增刚剂中的低分子则具有黏结性,而抗黏结剂的加入使薄膜与外界的接触面减小,摩擦因数因此减小<sup>[6]</sup>。随着温度的升高,摩擦因数急剧上升,这是因为爽滑剂和特殊种类的抗黏结剂已经接近其熔点而变得黏结所致<sup>[7]</sup>。

表1 烟包薄膜的爽滑性能

处理时间/d	自制爽滑母料		参比试样	
	常温静/动摩擦因数	50 °C静/动摩擦因数	常温静/动摩擦因数	50 °C静/动摩擦因数
0	0.40/0.26		0.41/0.27	
3	0.36/0.25	0.58/0.34	0.36/0.26	0.62/0.37
7	0.35/0.26	0.54/0.34	0.35/0.24	0.57/0.36
15	0.33/0.25	0.49/0.32	0.33/0.26	0.52/0.34
30	0.33/0.25	0.53/0.33	0.33/0.25	0.54/0.35

### 2.2 对薄膜光学性能的影响

自制爽滑母料中的蜡在一定程度上影响薄膜的光学性能,但适量蜡的加入可使薄膜保持较为稳定的光学性能,而且对爽滑母料的加工和分散是有利的,二甲基硅油对薄膜的光学性能影响较小<sup>[8]</sup>。一般用于条包的BOPP薄膜要求雾度小于2.0%、光泽度大于90.0%,用于单包香烟的BOPP薄膜雾度小于1.5%、光泽度大于92.0%。从表2可以看出:在30 d内使用自制爽滑母料的薄膜雾度上升0.1%,光泽度下降0.9%,而用参比试样的薄膜雾度上升0.2%,光泽度下降2.2%。自制爽滑母料具有较好且稳定的光泽度和雾度,这都是实际生产中所需要的良好性能。

表2 烟包薄膜的光学性能

处理时间/d	自制爽滑母料		参比试样	
	雾度	光泽度	雾度	光泽度
0	1.3	91.5	1.2	91.4
3	1.3	91.5	1.3	91.2
7	1.3	91.0	1.4	91.3
15	1.3	90.5	1.4	90.4
30	1.4	90.6	1.4	89.2

### 2.3 对薄膜其他性能的影响

烟包薄膜专用BOPP在使用过程中不仅要求低的摩擦因数,还要求不能影响力学性能,尤其是热封强度,因为过多爽滑剂的析出会降低热封强度<sup>[9]</sup>,一般烟膜要求热封强度在2.0 N/15 mm以上。从表3可以看出:采用自制爽滑母料BOPP的拉伸强度及断裂伸长率、热收缩性能,以及薄膜的热封强度等与采用参比试样的BOPP差异不大。总体来说,自制爽滑母料的使用性能超过参比试样。

表3 爽滑母料对烟包薄膜专用BOPP性能的影响

Tab.3 Effect of slip master-batch on properties of BOPP film for cigarette package

项 目	自制爽滑母料	参比试样
拉伸强度/MPa		
纵向	190	190
横向	295	296
断裂伸长率, %		
纵向	165	166
横向	68	74
热收缩率, %		
纵向	5.0	4.8
横向	4.1	4.0
热封强度/[N·(15 mm) <sup>-1</sup> ]	3.5	3.4

### 3 结论

a) 自制爽滑母料的动摩擦因数常温条件下控制在0.25~0.26,温度为50℃时控制在0.35之内,完全能满足烟包薄膜的爽滑性能。

b) 采用自制爽滑母料的BOPP薄膜的雾度小

于1.5%,光泽度大于90.0%,在30 d内薄膜雾度上升0.1%,光泽度下降0.9%,具有高光泽、低雾度,并且时效性稳定等特点。

c) 自制爽滑母料在烟包薄膜摩擦因数和光学性能上优于参比试样,其他力学性能差异不大,总体来说,自制爽滑母料的使用性能已经超过参比试样的性能。

### 4 参考文献

- [1] 段予忠,张明连. 塑料母料生产及应用技术[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1999: 133.
- [2] Radhakrishnan S, Kane K, Kadu A, et al. Structure development in processing of polypropylene films with additives [J]. J Appl Polym Sci, 1990, 58(3): 571-577.
- [3] Chatterjee A M. Effect of formulation parameters on optical and frictional properties of tubular water quenched polypropylene films [J]. J Plast Film Sheet, 2001, 17(2): 128-151.
- [4] Nishioka T, Tanaka Y, Teramae N, et al. Slip-reducing mechanism in polypropylene-laminated films [J]. Proc SPIE, 1994, 49(9): 472-473.
- [5] Yilgor E, Yilgor I, Sinmazcelik T. Modification of polyolefins with silicone copolymers in a twin-screw extruder: processing, bulk and surface properties [J]. Am Chem Soc, 1998, 39(1): 552-553.
- [6] 赵素芬,涂志刚,张莉琼,等. 烟包BOPP爽滑母料的研究[J]. 中国塑料, 2012, 26(8): 94-96.
- [7] 王东京. 谈谈复合包装膜摩擦因数的问题[J]. 广东包装, 2013, 11(6): 44-47.
- [8] 何雪青,王芬,穆亚君,等. BOPP 薄膜生产中的功能母料[J]. 广东塑料, 2005, 129(4): 25-27.
- [9] 赵素芬,刘晓艳,潘斌,等. 浅析无溶剂复合产品摩擦因数的变化[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 56-58.

## 中国石化开发出一种丙烯聚合组合评价装置

中国石化天然气股份有限公司(简称中国石化)开发出一种丙烯聚合组合评价装置,包括原料储罐、原料精制单元、第一催化剂加料罐、预聚合反应器、丙烯汽化器、两级气相反应器、第二催化剂加料罐。原料精制单元得到的精制丙烯与来自第一催化剂加料罐的催化剂加入预聚合反应器进行聚合得到聚丙烯种子料,丙烯汽化器将精制丙烯汽化,第二催化剂加料罐与两级气相反应器

连接,根据反应需要选择将汽化的丙烯以及催化剂加入第一或第二级气相反应器,预聚合反应器可选择与第一级气相反应器或者选择同时与两级气相反应器连接。该聚合评价装置可进行丙烯的液相本体均聚合、气相均聚合、丙烯与其他 $\alpha$ -烯烃的一步或多步共聚等,有效评价不同类型丙烯聚合用催化剂的性能。

(燕丰供稿)

# 涂布液性能对铝塑膜印刷附着力影响的研究

高艳飞

(中山火炬职业技术学院, 广东 中山 528436)

**【摘要】**以4种市售的铝塑膜数字印刷专用涂布液为试验对象,在相同试验条件下分别测定了它们的黏度、固含量、细度和表面张力等性能。以冷烫模切机为辊涂设备,分别将上述涂布液等量涂布在聚合物锂电池包装用铝塑膜上,经干燥、打印输出后测定铝塑膜的印刷附着力。研究表明:黏度较低的涂布液可获得均匀平整的涂层,油墨的附着力相对较高;涂布液的固含量过高时会使黏度变大,涂层厚度不易控制、油墨附着力降低,故固含量应控制在20%以内;涂膜细度越小、表面张力越低,有利于提高其对底材的粘接力,油墨附着力也相对较高。数码涂布液的性能会直接影响铝塑膜的印刷附着力,必须在实际生产中进行选择和

**【关键词】**涂布液;铝塑膜;数码打印;印刷

中图分类号TS802.3 文献标志码A 文章编号1004-2849(2018)01-0014-04

DOI:10.13416/j.ca.2018.01.004

## 0 前言

随着现代印刷技术的高速发展,印刷已由传统的凸、平、凹及孔四大印刷方式发展到了数字印刷时代。数码印刷是一种全新的数字印刷技术,相比其他数字印刷方式,具有幅面更大、精度更高以及效率更快等优势,故受到了印刷厂家的青睐。然而,尽管新的印刷技术层出不穷,但受电子媒体和新媒体的冲击,印刷业还是受到了前所未有的挑战。原材料价格不断飙升,纸制品印刷业务量逐年下滑,中小型企业大量倒闭,这些严峻的形式迫使印刷业必须进行产业转型升级<sup>[1-3]</sup>。新型电子行业的兴起,为印刷业指明了方向。印刷业进军电子领域,可以依托电子产品的高额价格创造利润空间。而电池是电子产品的重要配件,广泛应用于手机、笔记本电脑和电子玩具等产品中,其表面往往需要包覆1层薄膜材料,用以印刷产品信息,这种薄膜材料就是铝塑复合膜。

铝塑复合膜是由尼龙(ONY)、铝箔、聚丙烯(PP)及黏合剂等按照一定配比复合而成的材料,目前广泛应用于手机聚合物锂电池的包装中<sup>[4-5]</sup>。传统的锂电池封装印刷工艺是先将铝塑膜按照电池的大小裁切成相应的尺寸,然后对电池进行包

覆,最后通过移印工艺完成印刷环节。这种工艺生产效率较低,移印较慢;而且由于包覆电池不能烘干,只能自然风干,生产周期特别长;同时,由于包覆电池进行印刷,容易压坏电池,导致废品率增高。随着企业技术的不断创新,对原有的工艺进行了改革,先对铝塑膜进行印刷,然后再进行封装。这种方式由于不包覆电池,可以极大拓宽印刷方式,柔印、丝印、数码打印以及喷墨印刷都能适用;同时,可以直接对其热风干燥,减少了生产周期,提高了生产效率。然而,由于铝塑膜的印刷面结构规整、表面张力较低,较难获得良好的附着效果。为此,对铝塑膜表面涂布1层涂布液,为后续印刷获得了良好的附着效果,这种方式为广大厂家所采纳,并在生产实践中得到了较好的应用。涂布液是由树脂、高分子聚合体、填料和溶剂等组成的混合物,是可以用来改善产品表面特性的重要物质<sup>[6-8]</sup>。目前,国内外对于表面涂布的研究可谓数不胜数,但是基本上都是针对一些常规的涂布液而言。对于铝塑膜这种特定材质的涂布液研究鲜有报道。本研究选取了4种涂布液,探讨了黏度、固含量、细度和表面张力等性能对铝塑膜印刷附着力的影响,对于选择和研发新型的涂布液具有一定的参考和指

收稿日期:2017-02-16;修回日期:2017-12-19。

基金项目:广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目(YQ2015224);深圳正峰印刷有限公司校企合作项目-铝塑膜数码印刷工艺研究(H201606001)。

作者简介:高艳飞(1981—),女,山西长治人,硕士,高级工程师,主要从事包装技术与应用研究等方面的研究。E-mail:littlefei\_0@163.com。

导意义。

## 1 试验部分

### 1.1 试验原料

4种铝塑膜用涂布液,市售。

铝塑膜[尼龙(ONY)含量为15%、胶层含量为5%、铝箔含量为35%、酸改性聚丙烯含量为20%、聚丙烯(PP)含量为15%和助剂含量为10%(均相对于铝塑膜总质量而言),尺寸为 $88\ \mu\text{m}\times 350\ \text{mm}\times 100\ \text{m}$ ],大日本印刷株式会社;600型胶带,3M中国有限公司。

### 1.2 试验仪器

T02型冷烫模切机,厦门前润科技有限公司;Gx-Y1型胶粘带压滚机,济南兰光机电技术有限公司;达因笔,英国舒曼达因笔有限公司;HP Indigo WS6600型数码印刷机,中国惠普有限公司;FORD#型涂4杯,深圳正峰印务有限公司;DSA100型液滴形状分析仪,德国克吕士科学仪器有限公司;GZX-9246MBE型电热恒温鼓风干燥箱,杭州品享科技有限公司;玻璃真空干燥器、坩埚,市售;QXD型刮板细度计,北京华安恒业科技有限公司;MJ-LD1816型摩擦牢度测试仪,天津美佳天力油墨仪器设备厂。

### 1.3 试验制备

#### 1.3.1 铝塑膜涂布

将铝塑膜先置于冷烫模切机的电晕机中进行电晕处理,随后置于冷烫膜切机的网纹涂布机上进行涂布[设定涂布线辊为 $40\ \mu\text{m}$ (约375目)、速率为 $6\ \text{m}/\text{min}$ 和涂布量为 $1.25\ \text{g}/\text{m}^2$ ];涂布完成后进入烘道干燥( $85\ ^\circ\text{C}$ 干燥 $5\ \text{min}$ ),取下备用即可<sup>[9-11]</sup>。

#### 1.3.2 数码打印

对涂布处理过的铝塑膜置于数码印刷机中进行数码印刷(分辨率为 $1\ 200\ \text{dpi}$ ,速率为 $15\ \text{m}/\text{min}$ ),印刷锂电池信息。

### 1.4 测定或表征

(1)涂布液性能<sup>[12-13]</sup>:①黏度,采用涂4杯进行测定( $25\ ^\circ\text{C}$ );②固含量:按照GB/T 2793—1995标准<sup>[14]</sup>进行测定;③细度,采用刮板细度计进行测定;④表面张力,采用液滴形状分析仪进行测定。

(2)油墨附着力<sup>[15-16]</sup>:按照GB/T 9286—1998标准<sup>[17]</sup>,采用胶带进行测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 涂布液性能

本研究分别测定了4种涂布液的黏度、固含量、细度和表面张力等特性,结果如表1所示。

表1 涂布液的性能

试样	黏度/s	w(固含量)/%	细度/ $\mu\text{m}$	表面张力/ $(\text{mN}\cdot\text{m}^{-1})$
1 <sup>#</sup>	12	5	2	18.6
2 <sup>#</sup>	36	18	3	22.5
3 <sup>#</sup>	45	25	5	35.2
4 <sup>#</sup>	60	32	6	44.4

由表1可知,4种涂布液的细度均较小(基本都在 $10\ \mu\text{m}$ 以下)。细度对涂布液的分散性具有重要影响(细度越细,分散越均匀,混合物体系就越稳定)。涂布液的黏度和固含量基本成正相关,固含量越高,黏度就越大,但过高的黏度会影响涂布效果。表面张力与体系的稳定性相关,体系越稳定,表面张力就越低。因此,铝塑膜用涂布液的各项性能间存在相关性。

### 2.2 附着力分析

将4种涂布液涂布于铝塑膜上,经数码打印电池信息,测定不同涂布液涂布后的油墨附着力,结果如图1所示。

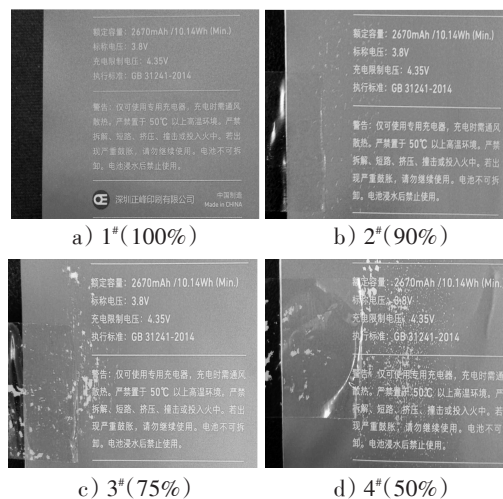


图1 4种涂布液的附着力

由图1可知:不同涂布液对于相同设备的数码打印产品之附着力明显不同,1#、2#、3#和4#涂布液对应的油墨附着力分别为100%、90%、75%、50%。

### 2.3 涂布液性能对附着力的影响

为解决铝塑膜附着不良的问题,探究了涂布液主要性能对数码印刷质量的影响,结果如图2、图3、

图4和图5所示。

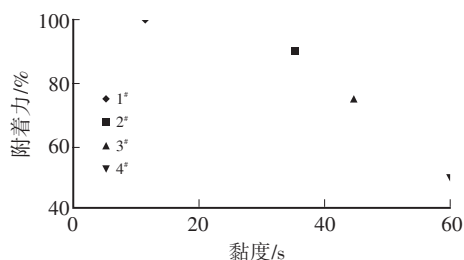


图2 黏度对附着力的影响

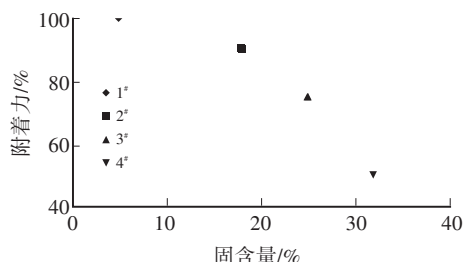


图3 固含量对附着力的影响

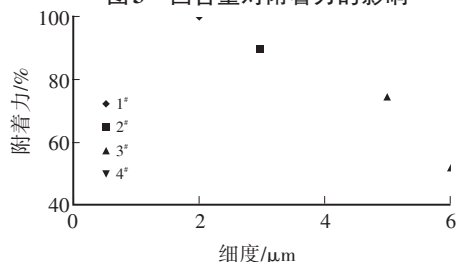


图4 细度对附着力的影响

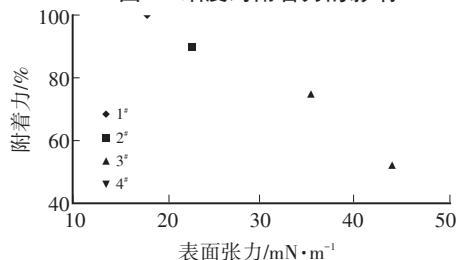


图5 表面张力对附着力的影响

由图2可知:当黏度低于40 s时,涂布液流平性较好,涂层平整光洁,有利于获得较高的油墨附着力;但是当涂布液黏度过大时,涂布量不易控制,容易形成较厚涂层,油墨打印后,较厚涂层使结构致密,油墨较难在上面附着,故用胶带撕裂时会发生油墨脱落的现象。而由图3可知,固含量对油墨附着力的影响与黏度相似。这是因为黏度和固含量有着直接的关系:通常,黏度越低,涂布液固体成分越少,故此时固含量就低。较高的固含量容易使涂布液黏度增大,从而影响油墨的附着力,但是过低又会影响膜层的光泽度。因此,对于数码印刷用涂布液而言,固含量一般控制在20%以内较为适宜。

由图4可知,细度对油墨附着力的影响较大。这是因为细度是影响涂布液综合性能的重要因素。涂布液颗粒越小,分散性就越好,涂布液的综

合性能也就越佳;而细度过大时,涂布时容易出现表面不平等现象,影响了涂布效果,从而影响了印刷质量。因此,数码印刷用涂布液的细度必须严格控制,控制在 $10\ \mu\text{m}$ 以下,才能获得较好的涂布质量。由图5可知:涂布液表面张力越低,油墨附着力越佳。通常,物体的表面张力越大,越容易被润湿,从而越容易获得较好的附着效果。对于电晕处理过的铝塑膜,表面张力一般较高,选用表面张力较低的涂布液,更容易在铝塑膜上形成润湿现象,从而获得较好的底涂涂层,有利于后续的数码印刷。

### 3 结 语

对铝塑膜先涂布底涂液再进行数码印刷的工艺解决了传统铝塑膜直接上机印刷油墨附着力较差的问题,也为聚合物锂电池的封装印刷工艺提供了质量保证。在此工艺中,涂布液性能的优劣直接决定了铝塑膜印刷质量的好坏。

在铝塑膜底涂过程中,涂布液的黏度、固含量、细度和表面张力对铝塑膜数码印刷附着力具有重要影响。黏度是反映流体性能的重要指标。黏度低,涂布液流平性就好,涂层光滑整洁,且与底材附着较好,有利于后续的数码打印工艺。固含量是液体混合物中固体成分的含量,固含量越高,涂布液的黏度相应增大,使干燥趋缓,印刷后容易发生脱墨现象。细度也是涂布液分散程度的重要指标。细度越小,涂布液分散越均匀,性能越稳定,涂布的效果就越好。表面张力对于涂布液体系而言,决定了涂布液的稳定性。通常情况下,表面张力越低,体系就越稳定,涂布效果也就越好。

涂布液的性能对数码印刷质量具有重要的影响,要获得高质量的数码打印产品,必须对涂布液的生产过程加以控制。在实际的涂布液生产中,应尽可能使用流平性较好的树脂和细度较小的填料,并通过添加各类助剂来改善涂布液的黏度和表面张力,以达到获得高固低黏的涂布液的目的。

### 参 考 文 献

- [1] MAGDASSI S, GROUCHKO M, BEREZIN O, et al. Triggering the sintering of silver nanoparticles at room temperature[J]. ACS Nano, 2010, 4(4): 1943-1948.
- [2] KOSMALA A, WRIGHT R, ZHANG Q, et al. Synthesis of silver nano particles and fabrication of aqueous Ag inks for inkjet printing[J]. Materials Chemistry and Physics, 2011, 129(3): 1075-1080.
- [3] TANG B L, CHEN G X, CHEN Q F, et al. Research and

- manufacture of nano-silver conductive ink[J].Advanced Materials Research, 2011, 174:405-408.
- [4] 高艳飞. 网纹涂布工艺对铝塑膜印刷质量影响的研究[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(12):10-13.
- [5] 张鹏博, 张晓华, 王训, 等. 锂离子电池用铝塑复合膜精密冲压工艺研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45(7):167-170.
- [6] 冯叶飞, 高新. 软包锂电池铝塑复合膜制作工艺途径[J]. 塑料包装, 2014, 24(6):7-9.
- [7] 潘光华, 李云, 李彬胜, 等. 导电油墨在包装防伪印刷中的应用研究[J]. 包装工程, 2012, 33(17):130-132.
- [8] 付吉灿, 周奕华, 魏伟, 等. 分散剂含量对碳系导电油墨导电性能影响的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(21):118-122.
- [9] 谢文彬, 高艳飞. 织物印花用喷墨热转印墨水的研制[J]. 中国胶粘剂, 2016, 25(5):28-32.
- [10] 曹丽娜, 钱军浩. 导电油墨厚度对RFID标签天线辐射效率的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(5):122-125.
- [11] LEE Y I, CHO H J. Metal nanoparticles and method for producing the same: US, 2 007 018 140[P]. 2007-01-25.
- [12] 屈贞财. 喷墨印刷工艺对导电墨水导电性能的影响[J]. 包装工程, 2016, 37(9):152-155.
- [13] ZHAI D D, ZHANG T Y, GUO J B, et al. Water-based ultraviolet curable conductive inkjet ink containing silver nano-colloids for flexible electronics[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2013, 424:1-9.
- [14] GB/T 2793—1995 胶粘剂不挥发物含量的测定[S].
- [15] CHERRINGTON M, CLAYPOLE T C, DEGANELLO D, et al. Ultrafast near-infrared sintering of a slot-die coated nano-silver conducting ink[J]. Journal of Materials Chemistry, 2011, 21(21):7562-7564.
- [16] LI W W, MO L X, FU J L, et al. Preparation of water-based nano-silver gravure conductive ink used for printed electronics[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 262:523-526.
- [17] GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验[S].

(责任编辑:王悦悦)

## Study on influences of coating liquid properties on printing adhesion of aluminum-plastic film

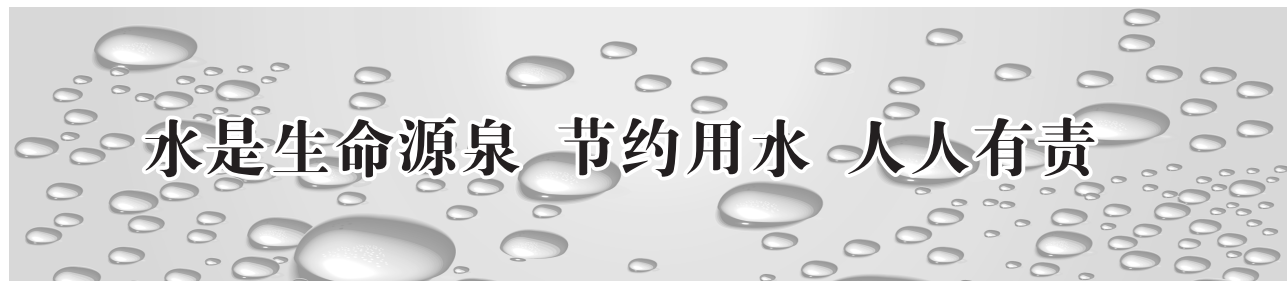
Gao Yanfei

(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**[Abstract]** With four kinds of commercially available coating liquids for digital printing on aluminum-plastic film as experiment objects, their properties (such as viscosity, solid content, fineness and surface tension) were respectively tested under the same experimental conditions. With cramping die-cutting machine as roll coating equipment, the above coating liquids with equivalent content were respectively coated on the aluminum-plastic film for packaging polymer lithium battery, and the printing adhesion of aluminum-plastic film was tested after drying and printout. The research results showed that the coating liquid with lower viscosity could obtain the uniform and smooth coat, and the adhesion of printing ink was relatively higher. Solids content should be controlled within 20% because the coating thickness was difficultly controlled, and the adhesion of printing ink was decreased when the coating liquid with too high solid content would obtain the higher viscosity. Lower fineness and surface tension of coating film were conducive to improving adhesion of the coating on the substrate, and the adhesion of printing ink was also relatively higher. The properties of digital coating liquid will directly affect the printing adhesion of aluminum-plastic film, so the digital coating liquid must be selected and controlled in the practical production.

**[Keywords]** coating liquid; aluminum-plastic film; digital printing; print

(英文责任编辑:刘芳)



# 瓦楞纸箱柔印

## 工艺控制与品质分析

文 / 李彭 王小华

**目**前瓦楞纸箱印刷应用最为广泛的方式是柔性版印刷，其优势在于：柔性印刷既能印刷实地版也能印刷网点版；柔性版印刷属于轻压印刷，可减少瓦楞强度的破坏；柔性印刷版材柔软富有弹性，能在印刷过程中以本身压缩变形来弥补瓦楞纸板的厚薄误差与表面不足；柔性版印刷使用水性油墨，易被吸收，又无毒环保。此外，柔印机械结构简单，操作维修容易，并能与其它工序联动生产，可将开槽、模切等工序连线以实现纸箱生产的自动化。因此，经济、环保、简便、快速的柔性版印刷成为瓦楞纸箱的最佳印刷方式

### 一、纸箱印刷原理

纸箱柔印，通过网纹传墨辊传递油墨，印版图文部分凸起，印刷时网纹传墨辊将一定厚度的油墨层均匀地涂布在印版图文部分，然后在压印辊筒给予的印刷压力的作用下，图文部分的油墨层转移到承印物的表面，形成清晰的图文。按印刷辊筒与压印辊筒的排列方式，可分为上印和下印，其印刷原理如图1所示。

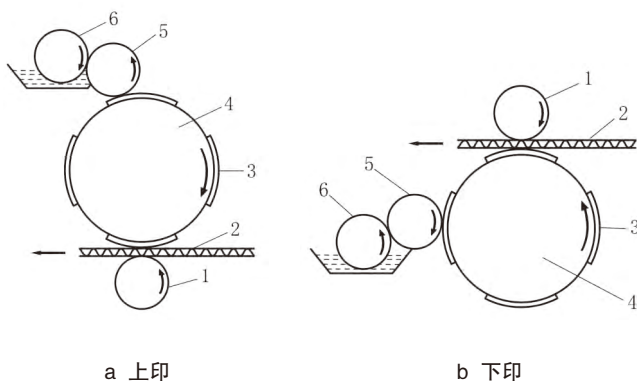


图1 纸箱柔版印刷原理

1.压印辊筒 2.瓦楞纸板 3.印版 4.印刷辊筒 5.网纹辊 6.刮墨辊

### 二、纸箱柔印工艺控制

在瓦楞纸板柔印过程中，有三个压力点，即刮墨辊与网纹辊、网纹辊与印版辊筒、印版辊筒与压印辊筒间存在压力。这三个压力点在操作技术上都非常重要，在印刷过程中要非常注意，不能仅凭经验操作，而应在受控情况下进行印刷。

#### 1. 刮墨辊与网纹辊间的接触压力

刮墨辊与网纹辊之间压力的主要作用是控制印刷的传墨量，并均匀传递油墨。相对于其它两个压力来说，由于刮墨辊的作用是把网纹辊表面的油墨挤掉，因此其压力可以略大些。若两辊间压力大，网纹辊上的墨量就少，反之则墨量多。但若两辊压力太大，网纹辊上墨量相对减少，同时压力太大会引起网纹辊与刮墨辊两端弯曲，印刷机齿轮跳动，齿牙断裂等故障。两辊间压力若太小，一旦达到网纹高度的临界点，就失去了网纹辊传墨的作用，导致传墨不均，墨量不易控制，最终使印制的产品印膜过厚、清晰度差、网点虚糊、线条铺展，字迹虚毛等弊病。一般印刷面积较大的，压力可轻一些，以增加油墨量，从而提高实地密度、鲜艳度、光亮度。而印刷面积较小或较为细腻的，压力则要略大一些，以降低油墨量提高印刷的清晰度。具体来说，印刷网线产品、细小文字和线条时两辊间压力相对可大一些；大字及实地产品压力可相对小些。一般控制方法为：用0.10mm的厚薄规，在比较紧的情况下能从接触点塞进去；也可将牛皮纸裁切成60~80mm的长条放在接触点上，将刮墨辊调整到牛皮纸在比较紧的情况下能够拉动。

#### 2. 网纹辊与印版辊的接触压力

网纹辊与印版辊的接触压力主要作用是把网纹辊上的墨均匀传递给印版的表面。它直接影响印刷的网点清晰度。一般来说，该接触压力要轻，即保证网纹辊与印版刚好接触，印版变形小。压力过大，不仅影

响印版的使用寿命,而且印后的图像网点会增大,出现字、线条变粗或双影,阶调层次损失,图像清晰度差,色调还原不好,容易产生堆墨、脏点等问题。但压力太小,印版上吃不上墨,就无法印刷。因此,在实际操作中要视实际情况而灵活掌握,如果机器精度差,可适当加大压力;反之,可以减少压力。例如,印版厚度为 3.94mm,包衬厚度为 3.05 mm、双面胶为 0.11mm,挂版涤纶为 0.10mm,总厚度是 7.20mm。按照压力要轻的要求,最好是两辊相切刚好接触,即网纹辊与印版辊间距保持 7.20mm,但实际上由于网纹辊、印版与辊都有形位误差,所以相切状态是不可能的。经测试网纹辊不直度与径跳 0.02 ~ 0.04mm,印版辊径跳 0.01 ~ 0.02mm,印版厚度误差为  $\pm 0.02\text{mm}$ ,最大误差是 0.08 mm,再加上 0.02mm 的印刷压力,总量是 0.1 mm。在正常印刷过程中,网纹辊与印版辊之间的压力增大,油墨转移量就小。最佳的印刷压力是,调整网纹辊与印版辊两端压力,使之大小一致,并使网纹辊上的墨层正好和印版面圆切水平接触。

### 3. 印版辊与压印辊之间的压力

印版辊与压印辊之间的压力主要是使印版上的墨层正确无误地转印到承印材料上,它直接关系到印品的质量。总的来说,印版辊与压印辊之间的接触压力也要轻,但在实际印刷过程中,由于瓦楞纸板不如一般纸张平整光滑,所以在印刷中很难做到这一点,但也要严格控制压力,尽量做到轻压。两辊间压力过大,印出的网点会呈铺展状,中间色浅,四周呈深圈,影响图像层次,使暗调层次模糊,而文字、线条则铺展印迹;压力过轻,则承印材料上印不出图像。最佳的压力控制是让压印辊与印版辊两端压力大小一致,两者呈圆切水平接触,网点基本不扩大,图像全部清晰印出,字迹、线条清晰。印版辊与压印辊的距离是印版总厚度加瓦楞纸板的厚度,印版的总厚度可以控制,但瓦楞纸板的厚度却难以控制。瓦楞纸板的印刷品质与瓦楞纸板本身的厚度误差、平整度有很大关系。印版辊与压印辊间隙,根据实践经验,要达到如下要求:间隙 = 印版总厚度 + 瓦楞纸板厚度 - 瓦楞纸板厚度的误差量 (0.5mm) - 辊与版材的误差量 (0.1mm)。在调机试印时,如果出现局部印不出的现象,最好不要采取加大压力的方法,因为虽然这样做可暂时解决局部印不出的问题,却会使其变形,影响印迹

失。正确的做法应该是采用垫版的方法来解决,即按照实际情况在挂版薄膜后面垫纸张。在印刷过程中,应根据印刷的具体情况随时加以调节,使之保持最佳和稳定的状态。另外,要注意印版辊筒和压印辊筒的清洁,辊筒表面粘上了单面胶、纸张和油墨等,都会影响印刷压力,并会影响印品的质量。

总之,要保证瓦楞纸板的印刷品质,就要对以上三个方面的压力做到合理控制。合理地控制了柔版印刷的压力,就能使柔印在瓦楞纸箱包装印刷方面显示出其独特的优越性

## 三、印刷常见品质问题与分析

### 1. 保持墨色一致

墨色不一致的问题分三种情况。

(1) 单件印品中的墨色不均,此情况有两种可能。

①部分墨色不均。由印刷时版面的高度不均引起。可通过这两种方式解决:检查清除印版背面、衬垫和印刷滚筒表面的异物;检查印版或贴版双面胶的厚度是否存在较大的差别,如是则改用高度统一的印版或双面胶。

②左右墨色不均。可能的原因有:刮墨辊与网纹辊之间或网纹辊与印刷辊筒之间、印刷辊筒与压印辊筒之间的平行度不良。

(2) 同一批次的印品墨色不均,生产中只要保证印刷参数(机速、压力、水墨粘度)不要有较大的变化,就可保持整批产品墨色的均一。印刷参数中的水墨粘度需要特别注意,在上墨前要搅拌均匀,生产时每间隔一段时间(约半小时)测量粘度,并及时调整粘度保持生产过程中粘度数值一致;或不间断给水墨补充水与稳定剂的混合物或新墨。

(3) 批次之间的墨色不均 解决这个问题需注意两点。

①要保证样箱颜色的稳定唯一。这对保持墨色一致至关重要。通常样箱在多次使用过程中会将墨色弄脏,并且样箱颜色在一段时间后会褪色,样箱是产品颜色标准,因此在样箱管理中,样箱应备有两个(当然两个样箱要保持一致):一为流动样箱;一为标准样箱。流动样箱供日常生产用,标准样箱则放在阴凉处避光存放,当流动样箱弄脏或褪色后可根据标准样箱确认新的流动样箱。

②要保持批次间的印刷参数(机速、压力、水墨

粘度)基本一致。

## 2. 纸板弯曲产生的印刷问题

纸板弯曲会引起送纸困难、印刷开槽走位等问题,这些问题可以在生产操作中改善和克服。

(1) 印前:在印刷前先把纸板分类:上翘、下翘。对弯曲特别严重的可将纸板在横压线处向弯曲的反向折一下。

(2) 送纸:对上翘纸板可加大前挡板、送纸辊的空隙(注意踢纸器可能会划破里纸,可贴一块牛皮纸

胶带防止),同时应加大吸风量。对于下翘纸板应夹紧纸板并加大吸风量。

(3) 印刷开槽:印刷开槽时应保持较低的机速。纸板下翘会出现印刷、开槽普遍上移,而上翘时则出现印刷、开槽普遍下移。印刷开槽时根据纸板的弯曲情况适当地调节印刷开的相位。

## 3. 常见印刷问题及其相应解决办法

(1) 印刷过程中的一些常见印刷问题及解决办法见表1。

表1 常见印刷品质问题及解决办法

品质问题	原因	处理方法
毛边	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 纸板表面粗糙、湿度大</li> <li>2. 印版图文部粘有异物</li> <li>3. 水墨粘度太高</li> <li>4. 网纹辊与印版之间的压力太大</li> <li>5. 印版图文上的水墨部分干燥</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 选用表面平滑致密、印刷适性好的面纸,待纸板干燥后再印刷</li> <li>2. 印刷前对纸板表面应进行除尘</li> <li>3. 降低水墨粘度</li> <li>4. 减少网纹辊与印版之间的压力</li> <li>5. 清洁印版并在水墨中添加慢干剂</li> </ol>
叠印不良	<p>底色还未来得及干燥,前色墨便叠上去,由于水墨的复溶性使其盖不住底色</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排色序时,将有叠色关系的两种颜色间隔尽量远,保证前色墨有充足的时间干燥</li> <li>2. 前色墨添加快干剂并降低粘度,后色添加慢干剂并提高其粘度</li> <li>3. 减慢机速</li> <li>4. 提高后一色的印刷压力</li> </ol>
印迹增大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传墨量过大</li> <li>2. 着墨压力过大</li> <li>3. 印刷压力过大</li> <li>4. 水墨的流动性太强</li> <li>5. 面纸过于疏松,吸水性过强</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减少刮墨辊与网纹辊之间间隙,减少上墨量</li> <li>2. 减少网纹辊与印版辊筒之间压力</li> <li>3. 合理调节印刷压力</li> <li>4. 提高水墨粘度</li> <li>5. 改用适印性好的面纸</li> </ol>
糊版	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水墨粘度过高</li> <li>2. 水墨干燥速度过快</li> <li>3. 印刷压力过大</li> <li>4. 着墨压力过大</li> <li>5. 网纹辊线数太低</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加入稳定剂,调整PH值,得到合适的粘度</li> <li>2. 加入慢干剂,调整水墨干燥速度</li> <li>3. 减少印刷压力</li> <li>4. 减小网纹辊与印版辊筒之间压力,减少着墨压力</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>版面局部不平（片基、衬垫和印刷辊筒的表面有异物或印版的高度不一致）</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>换用网纹辊线数高的色组印刷</li> <li>清除片基、衬垫和印刷辊筒的表面，将印版局部垫高或采用同一高度的印版</li> </ol>
印品干燥不良	<ol style="list-style-type: none"> <li>墨层太厚</li> <li>水墨的干燥速度过慢</li> <li>面纸吸收性差</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>减少墨量，降低水墨粘度，降低机速</li> <li>加入快干剂，提高墨的干燥速度</li> <li>选用吸收性良好的面纸</li> </ol>
网点套印不良	<ol style="list-style-type: none"> <li>前一色印刷压力过大</li> <li>前一色墨粘度太高</li> <li>前一色干燥太慢</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>调整各色印刷压力的相对大小，后色压力大于前一色</li> <li>调整各色水墨间的相对粘度，后色粘度大于前一色 1~2s</li> <li>调整前一色干燥速度，尽量在后色印刷前干燥</li> </ol>
墨杠	<ol style="list-style-type: none"> <li>输墨系统清洁不彻底</li> <li>水墨本身含有未完全溶解的颜料颗粒</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>更换产品时将输墨系统彻底清洗干净，注意避免前后两种产品颜色相差很远且使用同一印刷色组的大面积印刷</li> <li>上墨前将水墨用网筛过滤</li> </ol>
露白	<ol style="list-style-type: none"> <li>印版或网纹辊、胶辊上有纸屑</li> <li>印版不平整</li> <li>印版磨损或缺</li> <li>水墨起泡</li> <li>墨层太薄</li> <li>印迹边缘露白</li> <li>实地过大，压力不均</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>抹版，清洁网纹辊或胶辊；清除纸板上的纸屑</li> <li>加大印刷压力，垫高低凹处印版或重新制作印版</li> <li>重新制作印版</li> <li>加入消泡剂（注意用量不可超过 2‰）</li> <li>适当地放大墨量、提高水墨粘度、提高机速或加大印刷压力</li> <li>将印刷边缘的印版适当垫高</li> <li>对实地中间部分进行垫高印版</li> </ol>

（2）水性油墨印刷的一些常见异常现象和处理方法见表 2。

表 2 水性油墨印刷的异常现象及解决方法。

异常现象	原因	处理方法
塞版	油墨干燥造成	<ol style="list-style-type: none"> <li>在油墨中增加挥发性慢的溶剂</li> <li>检查油墨是否有固体沉积物，必要时进行过滤</li> <li>检查油墨循环系统，如有障碍进行排除</li> </ol>

墨槽面层溢满泡沫	油墨粘度过高	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在墨槽表层加入少量溶剂（不可搅拌）</li> <li>2. 添加少量消泡剂</li> <li>3. 改用低粘度油墨</li> </ol>
印版积聚油墨，印面效果不佳	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 辊筒压力不足</li> <li>2. 墨层太厚</li> <li>3. 油墨粘度太高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适量调高辊筒之间的压力</li> <li>2. 调薄墨层</li> <li>3. 适当稀释油墨</li> </ol>
印面油墨粉化，摩擦后容易脱落，墨色浑浊	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 油墨过稀</li> <li>2. 油墨变质</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减少稀释溶剂，增加油墨浓度</li> <li>2. 给油墨增添树脂剂量，增强油墨粘性和粘附着性能</li> <li>3. 换掉变质的油墨</li> </ol>
印面墨迹出现斑驳痕迹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 印版上有旧墨堆积</li> <li>2. 油墨浓度过低</li> <li>3. 纸张表面对油墨溶剂的吸收能力不均</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仔细清洗印版，保持印版清洁平整</li> <li>2. 添加粘性高的油墨，提高油墨浓度；避免油墨陈放时间过久不用</li> </ol>
印迹边缘出现晕暗痕迹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 压印力度过大</li> <li>2. 油墨过稀</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适当减少压印力度</li> <li>2. 添加浓度高的油墨</li> </ol>
印品有擦蹭的污迹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 油墨干燥太慢</li> <li>2. 油墨稀释过度</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整油墨溶剂中的水分和酒精剂量比例，提高油墨蒸发快干性能</li> <li>2. 增添树脂剂量，提高油墨浓度，增强印面墨膜的耐磨性</li> </ol>
印面出现无墨空白点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 印刷压力不足</li> <li>2. 印版有污物或凹陷创痕</li> <li>3. 油墨太少太稀</li> <li>4. 纸张表面不平或同油墨亲和性不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整辊筒压力</li> <li>2. 检查印版，排除版面障碍</li> <li>3. 调节增加墨量，或提高油墨浓度</li> <li>4. 避免使用表面状态不佳的纸张</li> </ol>
印面出现楞条状墨迹，浓淡不均或空白无墨	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 印刷压力不足</li> <li>2. 纸板的搓板现象严重</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适量增加印刷压力，但不可过度以免造成瓦楞强度严重受损</li> <li>2. 增加印刷压力后，直至印迹已呈现陷入纸板情况时尚且不能消除印迹不匀现象，该批纸板应停止印制另行处理</li> </ol>
印刷整体错位，或印面的局部出现上列其中的某一不良现象	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机械调节不当</li> <li>2. 运行速度太快，超过正常机速</li> <li>3. 纸板曲翘现象严重</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查印刷系统各部件的平行度、间隙度及压力强度，如有失衡应及时调整校正</li> <li>2. 调整速度</li> <li>3. 区别纸张曲翘的不同状态和严重程度，分别进行处理，如在印制前先进行反向叠压、逆向折曲、挑捡剔除或整批另行处理等</li> </ol>

作者单位：中山火炬职业技术学院  
中山华力包装有限公司  
责任编辑/欧定军

# 网纹涂布工艺对铝塑膜印刷质量影响的研究

高艳飞

(中山火炬职业技术学院, 广东 中山 528436)

**摘要:**以电晕功率、网纹辊涂布线数、涂布速率和干燥温度为试验因素,以表面张力和粗糙度为考核指标,采用正交试验法优选出锂电池封装用铝塑膜网纹涂布的最佳工艺条件,并对涂布后的铝塑膜进行数码印刷,同时还测定了印刷品的清晰度、耐磨性和附着力。研究表明:铝塑膜网纹涂布的最佳工艺条件是电晕功率为1.5 kW、网纹辊涂布线数为500 lpi、涂布速率为6 m/min和干燥温度为85 ℃;在此条件下可获得表面张力为38 mN/m、粗糙度为2.88  $\mu\text{m}$ 的涂层,并且铝塑膜印刷品的清晰度较高、耐磨性优良、附着力(达5B)较好,可用于锂电池的封装工艺。

**关键词:**铝塑膜;锂电池;封装;涂布;数码印刷;正交试验

**中图分类号:**TQ437.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-2849(2016)12-0010-04

**DOI:**10.13416/j.ca.2016.12.003

## 0 前言

随着现代科学技术的飞速发展,市场竞争日益激烈,尤以电子行业为甚,产品的更新换代越来越快。以手机为例,越来越多的人希望自己的手机具备多种功能,并能适应更多的需求。在智能手机高速发展的今天,一个严重的问题是手机的电池总是不够用(或不耐用),从而给人们的生活造成了一定的困扰。因此,手机品牌与类型的竞争又从功能化、智能化转向了功能、智能和质量三位一体的竞争<sup>[1-3]</sup>。其中,聚合物锂电池已成为目前应用最广泛的锂电池之一。与传统的液态锂电池相比,聚合物锂电池采用了铝塑膜(或铝塑复合膜)包覆技术,不会发生液态泄漏和爆炸事件。当聚合物内部的电芯出现问题时会发生气鼓现象,而铝塑膜具备优良的延展性,可为气体提供足够的缓冲空间;当达到爆破阈值前,铝塑膜会被撕裂并释放出气体,从而避免了手机电池爆炸的可能<sup>[4-5]</sup>。

铝塑膜是由尼龙作为外层、铝箔和聚烯烃作为内层,并添加胶粘剂等复合而成的一种复合材料<sup>[6-7]</sup>。当前,全球的铝塑膜市场几乎被日本所垄断,大部分产品均由日本的昭和电工及大日本印刷株式会社供应。我国锂电池的研究起步较晚,铝塑膜的研发也相对迟缓,故目前我国的铝塑膜主要还

是依赖于进口产品。铝塑膜由于外层是尼龙材料,表面张力较低,直接对其进行上机印刷,往往会出现附着不良等现象。为解决这一问题,人们采用了印前涂布工艺(即铝塑膜印刷前先涂1层底涂剂),以增加涂层的表面张力。

铝塑膜是聚合物锂电池的重要包材,而涂布工序是铝塑膜印刷封装工艺的必要环节。铝塑膜用底涂剂一般称为涂布液,是由树脂、高分子聚合体、填料和溶剂等组成的混合物,可改善产品的表面特性<sup>[8]</sup>,但涂布质量也会直接影响铝塑膜的印刷质量。本研究以电晕功率、网纹辊涂布线数、涂布速率和干燥温度等作为试验因素,采用正交试验法优选出铝塑膜网纹涂布的最佳工艺条件,并对其进行数码印刷。通过测定铝塑膜印刷品的清晰度、耐磨性和附着力,探讨了网纹涂布工艺对铝塑膜印刷质量的影响,旨在为该领域的深入研究提供参考依据。

## 1 试验部分

### 1.1 试验原料

铝塑膜[厚度为88  $\mu\text{m}$ ,主要材料为ONY(尼龙)15、DL(干燥式铝塑膜用胶层)3、Al(铝箔)35、PPA(酸改性聚丙烯)20和PP(聚丙烯)15],大日本印刷株式会社公司;涂布液,工业级(牌号dp5000A),

收稿日期:2016-10-10;修回日期:2016-11-15。

基金项目:广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目(YQ2015224);深圳正峰印刷有限公司校企合作项目-铝塑膜数码印刷工艺研究(H201606001)。

作者简介:高艳飞(1981—),女,山西长治人,硕士,高工,主要研究方向为包装技术与应用等。E-mail:littlefei\_0@163.com

上海泛恒实业有限公司;3M 600胶带,美国3M公司;WS6600数码专用墨水,惠普公司。

## 1.2 试验仪器

T02型冷烫模切机,厦门前润科技有限公司;HP Indigo WS6600型数码印刷机,惠普公司;达因笔,英国舒曼达因笔有限公司;PPS TESTER型表面粗糙度测量仪,德国Frank公司;QEA型图像分析仪,上海爱色丽图像设备有限公司;MJ-LD1816型摩擦牢度测量仪,天津市泽生试验机厂。

## 1.3 试验制备

(1)正交试验法确定铝塑膜涂布的最佳工艺条件<sup>[9-10]</sup>:以电晕功率、网纹辊涂布线数、涂布速率和干燥温度为试验因素,以表面张力和粗糙度为考核指标,采用正交试验法优选出锂电池封装用铝塑膜网纹涂布的最佳工艺条件。

(2)铝塑膜的涂布<sup>[11-13]</sup>:为提高铝塑膜的表面张力,首先要对其进行涂布。具体步骤:将88 μm厚、350 mm宽的铝塑膜置于冷烫模切机的电晕机中进行电晕处理,随后将其置于网纹涂布机上进行涂布(加入1.25 g的涂布液,选定网纹辊线数和涂布速率);待涂布完成后进入烘道,在设定温度时干燥5 min,取下备用。

(3)铝塑膜的印刷试验:对最佳工艺条件涂布后的铝塑膜进行数码印刷[设定分辨率为2 400 dpi(相当于每2.54 cm有2 400个点),速率为10 m/min],得到铝塑膜印刷品。

## 1.4 测定或表征

(1)表面性能(如表面张力、粗糙度等)<sup>[14]</sup>:采用达因笔测定表面张力,采用表面粗糙度测量仪测定涂层的粗糙度。

(2)清晰度:对铝塑膜数码印刷GATF标准线条,采用图像分析仪检测横竖线条的宽度,并用横竖线条的宽度比来表征清晰度(比值越接近1,表明线条的轮廓越清晰)。

(3)耐磨性:采用摩擦牢度测量仪进行测定[1 kg砝码,设定摩擦系数为200次(1个来回记作1次)]。

(4)附着力<sup>[15-16]</sup>:按照GB/T 9286—1998标准<sup>[16]</sup>进行测定并进行分级[5B(切口边缘完全光滑,格子边缘无任何剥落)、4B(切口相交处有小片剥落,划格区内实际破损≤5%)、3B(切口边缘或相交处有剥

落,但剥落面积为5%~15%)、2B(沿切口边缘有部分剥落或整大片剥落,剥落面积为15%~35%)、1B(切口边缘大片剥落或一些方格部分全部剥落,剥落面积大于划格区的35%~65%)和0B(划线边缘及交叉点处有成片涂层剥落,并且剥落总面积大于65%);通常手机业客户要求涂层附着力超过4B]。

## 2 结果与讨论

### 2.1 正交试验法优选铝塑膜涂布的最佳工艺条件

表1、表2、表3分别为正交试验因素水平表、正交试验设计与结果、正交试验结果与分析。

表1 正交试验因素水平表

水	因素A	因素B	因素C	因素D
平	电晕功率/kW	涂布线数(lpi)	涂布速率/(m·min <sup>-1</sup> )	干燥温度/℃
1	1.3	300	6	75
2	1.5	400	8	85
3	1.8	500	10	95

注:1 lpi相当于每2.54 cm有1条涂布线数

表2 正交试验设计与结果

样号	ABCD	表面张力/(mN·m <sup>-1</sup> )	粗糙度(1 MPa)/μm
1	1111	30.00	1.87
2	1222	33.00	2.26
3	1333	34.00	2.35
4	2123	36.00	2.46
5	2231	35.00	2.34
6	2312	38.00	2.88
7	3132	40.00	3.76
8	3213	41.00	4.52
9	3321	40.00	3.74

表3 正交试验结果与分析

表面张力/(mN·m <sup>-1</sup> )	A	B	C	D
均值1	32.33	35.33	36.33	35.00
均值2	36.33	36.33	36.33	37.00
均值3	40.33	37.33	36.33	37.00
极差	8.00	2.00	0	2.00
粗糙度(1 MPa)/μm	A	B	C	D
均值1	2.16	2.70	3.09	2.65
均值2	2.56	3.04	2.82	2.97
均值3	4.01	2.99	2.82	3.11
极差	1.85	0.34	0.27	0.46

由表1、表2和表3可知:各因素对铝塑膜表面张力的影响依次为A>B=D>C,其较优组合为

$A_3B_3C_{123}D_{23}$ ;各因素对粗糙度的影响依次为 $A>D>B>C$ ,其较优组合为 $A_3B_2C_1D_3$ 。

电晕功率较小时,无法对铝塑膜的表面结构造成破坏,致使铝胶膜的表面张力较低;较低的表面张力会导致涂层表面的粗糙度下降,故数码印刷时墨水就很难附着在涂层表面(影响印刷质量)。网纹辊线数是通过控制涂布量影响涂层质量的,线数越高,涂布量越少,涂层越薄,胶液与铝塑膜底材的结合就越牢固,故表面张力也就越大。涂布速率不宜过高,过高的涂布速率会导致涂布不匀,影响涂布效果。干燥温度是决定铝塑膜涂布质量的最后一道关卡,干燥温度过低(涂层干燥不完全),附着力下降;干燥温度过高,易使底材膨胀,影响整体印刷效果,故适宜的温度对铝塑膜的涂布质量至关重要。涂层的粗糙度随表面张力的变化而异,在一定范围内随表面张力增加而增大,但当表面张力超过 $38\text{ mN/m}$ 时,粗糙度就会发生跳跃式增大(这是因为当电晕功率过高时,会极大破坏铝塑膜的表面结构,致使其表面粗糙度增加,而过高的粗糙度反而会影响印刷效果)。

综合考虑,本研究选择铝塑膜涂布的最佳工艺条件为 $A_2B_3C_1D_2$ ,即电晕功率为 $1.5\text{ kW}$ 、网纹辊涂布线数为 $500\text{ lpi}$ 、涂布速率为 $6\text{ m/min}$ 和干燥温度为 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 。在此条件下涂布后,可获表面张力为 $38\text{ mN/m}$ 、粗糙度为 $2.88\text{ }\mu\text{m}$ 的涂层,既满足了铝塑膜数码印刷的使用要求,又达到了节能降耗的目的。

## 2.2 铝塑膜印刷品的应用性能

### 2.2.1 清晰度

使用数码印刷机印刷 GATF 标准线条于铝塑膜表面,则印刷品清晰度的微观形貌如图 1 所示。

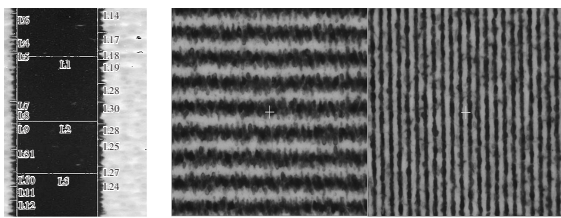
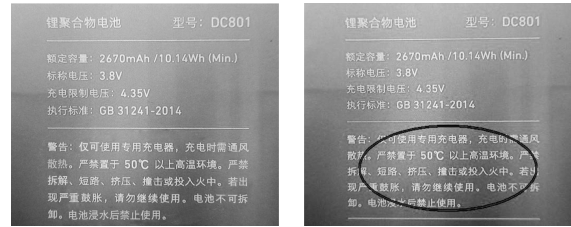


图 1 GATF 横竖线条的微观照片

由图 1 可知:经数码打印输出后,竖线条明显窄于横线条,轮廓粗糙度相对较小;经计算得横竖线条宽度比(为 $1.03$ )接近于 $1.00$ ,说明铝塑膜印刷品的清晰度相对较高。

### 2.2.2 耐磨性

铝塑膜印刷品的耐磨性测定结果如图 2 所示。



a) 空白样 a) Blank sample  
b) 摩擦 200 次后 b) After friction for 200 times

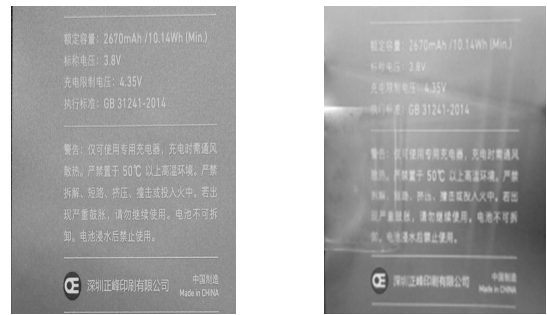
图 2 铝塑膜印刷品的耐磨性

Fig.2 Wear resistance of aluminum-plastic film printing

由图 2 可知:当配重砝码为 $1\text{ kg}$ 时,试样经 200 次来回摩擦后,并无脱墨、印迹发虚等现象,说明铝塑膜印刷品的耐磨性良好。

### 2.2.3 附着力

铝塑膜印刷品的附着力测定结果如图 3 所示。



a) 空白样 a) Blank sample  
b) 附着力测定后 b) After testing adhesion

图 3 铝塑膜印刷品的附着力

Fig.3 Adhesion of aluminum-plastic film printing

由图 3 可知:试样经附着力试验后,并无脱墨现象,说明其附着效果良好,附着力可达 $5B$ 。

## 3 结语

(1)电晕处理是铝塑膜涂布前的首道工序,目的是破坏铝塑膜的表面分子结构、增加表面张力和提高附着力;当电晕功率超过一定值时,既增加了能耗,又破坏了铝塑膜的表面结构,致使铝塑膜的粗糙度过大,影响印刷效果。网纹辊的涂布线数决定了涂布量,对铝塑膜底涂工艺而言涂布量不宜过大;否则会导致涂层过厚,不利于提高后续的数码印刷质量。涂布速率过快,工艺不易控制,易发生涂布不匀现象;涂布过慢又会降低生产效率。干燥温度决定了底涂剂的干燥性,温度过低时易导致干燥不彻底,而温度过高时又会降低铝塑膜的强度,故温度以不影响材料的整体性能为宜。

(2)采用正交试验法优选出铝塑膜涂布的最佳工艺条件是:电晕功率为 $1.5\text{ kW}$ 、网纹辊涂布线数为 $500\text{ lpi}$ 、涂布速率为 $6\text{ m/min}$ 、干燥温度为 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 。

此时,铝塑膜清晰度较高、耐磨性优良、附着力(达5B)较高,完全满足锂电池印刷与封装的工艺要求。

### 参考文献

- [1] 刘文斌,张富伟,李文刚.SBR黏合剂用于锂离子电池LiFePO<sub>4</sub>正极的研究[J].中国胶粘剂,2016,25(6):5-9.
- [2] 李海波,戚嵘嵘,冯杰,等.太阳能电池用EVA封装胶膜的性能研究[J].中国胶粘剂,2016,25(4):22-25.
- [3] 周旭,汪济奎,张帝漆,等.热固化抗静电涂料的制备及性能研究[J].中国胶粘剂,2016,25(3):45-51.
- [4] 张铁山,武鹏宇,王超.价值工程在绿色凹印油墨研发中的应用研究[J].中国胶粘剂,2016,25(1):51-55.
- [5] 唐宝玲,陈广学,陈奇峰,等.纳米银导电油墨的研制[J].中国印刷与包装研究,2010,2(增刊1):358-361.
- [6] 陈海生.喷墨热转印纸性能对油墨转移率的影响[J].包装工程,2016,37(9):144-147.
- [7] 张鹏博,张晓华,王训,等.锂离子电池用铝塑复合膜精密冲压工艺研究[J].热加工工艺,2016,45(7):167-170.
- [8] 冯叶飞,高新.软包锂电池铝塑复合膜制作工艺途径[J].塑料包装,2014,24(6):7-9.
- [9] 付吉灿,周奕华,魏伟,等.分散剂含量对碳系导电油墨导电性能影响的研究[J].包装工程,2014,35(21):118-122.
- [10] 屈贞财.喷墨印刷工艺对导电墨水导电性能影响的研究[J].包装工程,2016,37(9):152-155.
- [11] ZHAI D D, ZHANG T Y, GUO J B, et al. Water-based ultraviolet curable conductive inkjet ink containing silver nano-colloids for flexible electronics[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2013, 424: 1-9.
- [12] 陈海生,屈贞财,官燕燕,等.用于水性导电油墨的纳米银分散液的制备[J].包装工程,2013,34(13):102-105.
- [13] LEE Y I, CHO H J. Metal nanoparticles and method for producing the same:US,2 007 018 140[P].2007-01-25.
- [14] CHERRINGTON M, CLAYPOLE T C, DEGANELLO D, et al.Ultrafast near-infrared sintering of a slot-die coated nano-silver conducting ink[J].Journal of Materials Chemistry, 2011,21(1):7562-7564.
- [15] LI W W, MO L X, FU J L, et al.Preparation of water-based nano-silver gravure conductive ink used for printed electronics[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 262:523-526.
- [16] GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验[S].

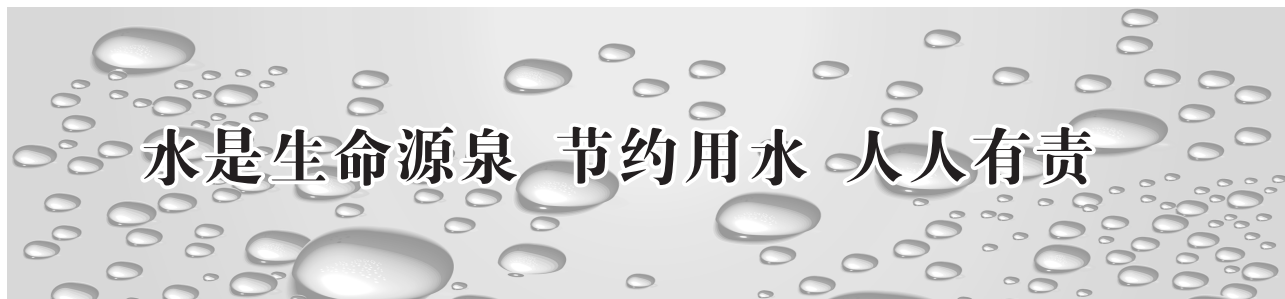
## Study on influence of anilox coating process on printing quality of aluminum-plastic film

Gao Yanfei

(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**Abstract:** With corona power, line number of anilox coating, coating speed and drying temperature as experimental factors, surface tension and roughness as evaluation indexes, the optimal process conditions of anilox coating of aluminum-plastic film for encapsulation of lithium battery were preferred by orthogonal experiment. And the digital printing on coated aluminum-plastic film was implemented, meanwhile, the definition, wear resistance and adhesion of printed product were tested. The research results showed that the optimal process conditions of anilox coating of aluminum-plastic film were obtained when corona power was 1.5 kW, line number of anilox roller coating was 500 lpi, coating speed was 6 m/min, and drying temperature was 85 °C. Here, the surface tension and roughness of coat were 38 mN/m and 2.88 μm respectively, and the printed product of aluminum-plastic film had the higher definition, the good wear resistance and the better adhesion (5B), it could be used for the encapsulation process of lithium battery.

**Keywords:** aluminum-plastic film; lithium battery; encapsulation; coating; digital printing; orthogonal experiment



# 无溶剂复合 PE 膜摩擦系数性能分析及应用

赵素芬<sup>1</sup>, 柳孟良<sup>1</sup>, 刘晓艳<sup>2</sup>, 谢文彬<sup>1</sup>, 张莉琼<sup>1</sup>, 涂志刚<sup>3</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院, 包装印刷系, 广东, 中山 528436; 2. 广州科技贸易职业学院, 广东, 广州 511442;  
3. 广东理工职业学院, 广东, 中山 528436)

**摘要:** 以无添加的低密度聚乙烯作为载体树脂, 加入无胺爽滑剂、开口剂和抗氧化剂制成爽滑母料, 然后添加一定比例的爽滑母料吹塑成 PE 热封膜, 并对其进行无溶剂复合, 研究了 PE 膜在复合及熟化后摩擦系数的变化。结果表明, 在无溶剂复合过程中 PE 热封膜的摩擦系数始终保持在 0.15~0.25, 并且在 40℃ 以内的熟化温度下, 摩擦系数几乎保持不变, 同时复合膜的热封强度保持在 63 N/15 mm 以上, 剥离强度保持在 2.2 N/15 mm 以上, 60 μm PE 热封膜的透光率和雾度分别为 90.8 和 0.23, 与相同厚度的普通 PE 膜的差距较小, 完全符合 GB/T 10004—2008 中薄膜性能的要求, 解决了采用胺类爽滑剂母料导致无溶剂复合产品摩擦系数变大的现象。

**关键词:** 无溶剂复合; PE 膜; 摩擦系数; 无胺爽滑剂; 应用

中图分类号: TQ320.674 文献标识码: A 文章编号: 1001-9456(2019)03-0016-03

## Analysis the Friction Coefficient Performance and Application of the PE Film for Solvent Free Composite

ZHAO Sufen<sup>1</sup>, LIU Mengliang<sup>1</sup>, LIU Xiaoyan<sup>2</sup>, XIE Wenbin<sup>1</sup>, ZHANG Liqiong<sup>1</sup>, TU Zhigang<sup>1</sup>

(1. Institute of Packing & Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan, Guangdong 528436, China;  
2. Guangzhou Vocational College of Technology & Business, Guangzhou, Guangdong 511442, China;  
3. Guangzhou Vocational College of Technology & Business, Zhongshan, Guangdong 528436, China)

**Abstract:** No amine slip agent, opening agent and antioxidant were added to no adding LDPE to granulate slipper masterbatch, and PE blown film was produced with a certain proportion slipper masterbatch, and the PE film was performed by solvent-free compounding. The change of the friction coefficient with solvent free composite was tested. Results showed that the friction coefficient kept at 0.15~0.25 within the 40℃ ripening temperature and the heat sealing strength of the film membrane kept above 63 N/15 mm, the peel strength kept above 2.2 N/15 mm, and the transparency and haze with 60 μm PE film were 90.8 and 0.23, they were the same as the normal thickness of the PE. The PE film for solvent free composite fully metted the requirements of GB/T 10004—2008 film performance, and solved the phenomenon that the friction coefficient of the solvent-free composite product increases with the use of amines slip agent masterbatch.

**Keywords:** solvent free composite; PE slippery masterbatch; friction coefficient; no amine slip agent; application

## 0 引言

摩擦系数是衡量包装材料滑动特性的指标<sup>[1-3]</sup>, 对薄膜印刷及印后加工、包装等都具有重要的影响。在无溶剂复合中, 因 PE 热封膜摩擦系数剧增引起的质量问题困扰了很多企业<sup>[4]</sup>, 主要是因为 PE 添加的爽滑剂(芥酸酰胺或油酸酰胺<sup>[5]</sup>) 迁移到复合层表面后, 易与无溶剂胶黏剂中的 NCO(异氰酸根) 反应<sup>[6-8]</sup>, 使薄膜的摩擦系数急剧上升。

薄膜的摩擦系数与薄膜表面的爽滑性和粗糙度有关<sup>[9]</sup>, 爽滑剂会迁移至薄膜表面起到润滑作用, 从而降低摩擦系数, 表面粗糙度是薄膜表面所具有的在较小间距上的微小峰谷不平度的

微观几何尺寸特征的综合评价<sup>[10-12]</sup>, 表面粗糙为膜层之间提供了空间, 令爽滑剂迁移更容易<sup>[13]</sup>, 从而降低了摩擦系数, 因此, 通过不同种类和数量的爽滑剂、抗粘连剂、抗静电剂等助剂的协同作用, 开发了具有低并且稳定摩擦系数的 PE 膜对无溶剂复合的应用具有重要意义。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料及设备

低密度聚乙烯: 951000, MFR = 2.1 g/10min(230℃), 茂名石化;  
季戊四醇硬脂酸: PETS, 江西威科油脂化学有限公司;  
氧化聚乙烯蜡: AC 型, 霍尼韦尔;

收稿日期: 2018-05-10

基金项目: 中山市科技计划(2014A2FC317)。

作者简介: 赵素芬(1978-), 女, 硕士, 高级工程师。

通信作者: 涂志刚(1969-), 男, 博士后, 教授, 主要从事塑料材料改性的研究。E-mail: 24156923@qq.com。

二氧化硅开口剂:SN-Q25,广州市蔡纳贸易有限公司;

抗氧化剂:COP308,中山北化高分子材料有限公司;

爽滑母料:无胺类爽滑剂、开口剂和抗氧化剂等按一定比例复配,自制;

双螺杆挤出机:TES-75型,南京瑞亚高聚物装备有限公司;

三层共挤吹膜机:MX3B-900Q型,汕头金明塑胶设备有限公司;

无溶剂复合机:Super Simplex SL,意大利诺德美克集团公司。

## 1.2 主要仪器

摩擦系数仪:CF-800XS,英国 RDM;

万能拉力机,AGS-X 10KN,岛津 Shimadzu;

雾度计:M57,德国 ROSAND。

## 1.3 性能测试

薄膜/复合膜摩擦系数:GB/T 10006—88,尺寸为 80 mm × 200 mm,滑动速度为 100 mm/min;

剥离强度:GB/T 8808—1988,宽度为 15 mm,速度为 300 mm/min;

热封强度:QB/T 2358—1988,宽度为 15 mm,速度为 300 mm/min;

透光率/雾度:GB/T 2410—2008,尺寸为 50 mm × 50 mm。

## 1.4 PE 热封膜的制备

利用双螺杆挤出机进行挤出造粒,得到聚乙烯爽滑母料,然后添加 3%~5% 的该母料吹塑成无溶剂复合用 LDPE 热封膜。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PE 热封膜的性能

PE 热封层的摩擦系数、稳定性与添加的爽滑剂、抗粘连剂及抗氧化剂等助剂的种类和数量有关<sup>[14]</sup>,无溶剂胶黏剂中的 NCO(异氰酸根)容易与具有活泼氢的物质发生反应,因此,选择助剂时,尽量避免选择具有活泼氢的物质,以免引起摩擦系数的波动,同时助剂分子在不同温度下会“外迁”或“内迁”<sup>[15]</sup>,过量的助剂“内迁”会造成复合膜剥离强度降低,过量的助剂“外迁”会造成热封强度降低,因此,在满足摩擦系数的前提下,还要分析热封强度和剥离强度的变化情况。

#### 2.1.1 不同厚度对 PE 膜摩擦系数的影响

采用 40、60、80、100、120 μm 5 种规格的 PE 薄膜,添加的爽滑母料为 3%,并采用相同的无溶剂复合工艺,从图 1 中可以看出,经过复合熟化后,内表面与内表面的动摩擦系数(内/内 Ud)均在 0.25 以下,在实践生产中,大部分无溶剂复合产品的摩擦系数在 0.25 以下就可以满足生产的要求<sup>[16]</sup>,同时,摩擦系数随着厚度的增加而减少,这主要是因为,薄膜厚度越厚,爽滑剂到达胶水层的阻力越大,迁移到胶水层的爽滑剂越少,与胶水反应的爽滑剂越少,摩擦系数的增加量越小<sup>[17]</sup>。由图 2 可知,随着薄膜厚度的增加,剥离强度下降,特别是 60 μm 以上厚度的薄膜,下降速度更快,这是因为随着薄膜厚度的增加,所含的爽滑母料的量也相应增加,其含量超过一定量后,就会影响复合膜的剥离强度。从图 3 中可以看出,过量的爽滑母料外迁的时候会影

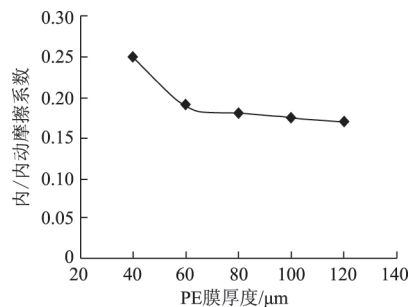


图1 不同厚度内/内动摩擦系数变化

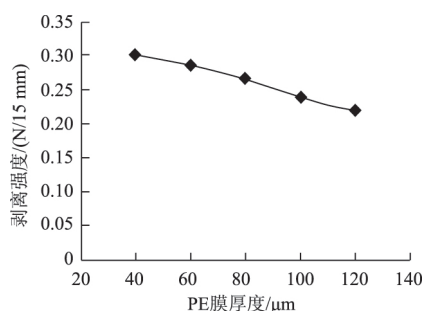


图2 不同厚度剥离强度变化

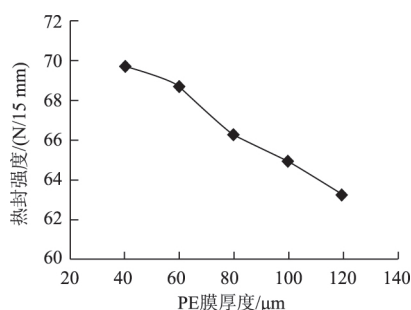


图3 不同厚度热封强度变化

以降低摩擦系数,避免明显的技术缺陷和质量隐患。

#### 2.1.2 不同熟化温度对 PE 膜摩擦系数的影响

选用 60 μm 厚的 PE 热封膜,分别在 35、40、50、65 °C 的温度下熟化 24 h,摩擦系数的变化趋势如图 4 所示,从图 4 中可以看出,熟化温度的提高会造成摩擦系数的上升,主要是因为,温度的升高可以提高 PE 薄膜对爽滑剂的相容性,促使爽滑剂向 PE 膜“内迁”<sup>[18]</sup>,爽滑剂迁移率的增加与一些低熔点的爽滑剂在

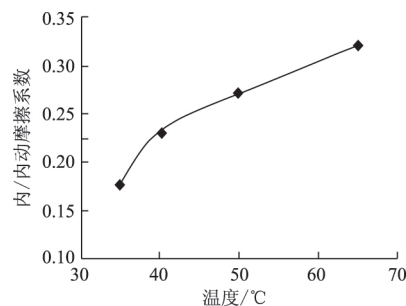


图4 不同熟化温度对摩擦系数的影响

温度提高时出现粘连失去的爽滑作用有关<sup>[19]</sup> ,因此 ,一般推荐无溶剂复合的熟化温度不超过 40 ℃ 为宜 ,与实际生产中无溶剂复合工艺控制要点的熟化温度要求基本符合<sup>[20]</sup>。

### 2.2 PE 爽滑膜的应用

把研究开发的 PE 爽滑母料应用在一款面膜包装 (MOPP20/AL7/PE60) 的三层共挤 PE 热封膜中 ,其中 ,在 PE 膜的热封层中添加 3% 的爽滑母料 ,电晕层和中间层不添加爽滑母料 ,采用国内的无溶剂复合胶黏剂 ,上胶量为 1.2 ~ 1.3 g/m<sup>2</sup> ,熟化 24 h 后 ,测得的数据如表 1 所示。

表 1 无溶剂复合用 PE 热封膜的性能

PE 基膜	摩擦系数	剥离强度/ (内/内 Ud)	热封强度/ (N/15 mm)	透光率	雾度
复合前	0.17	-	-	90.8	0.23
复合后	熟化温度 35 ℃	0.172	3.0	69.7	-
	熟化温度 40 ℃	0.18	2.9	69.2	-

从实验结果可以看出 ,PE 内/内 Ud 摩擦系数在 40 ℃ 熟化温度范围内的摩擦系数保持不变 ,并且 ,具有较低的摩擦系数值 ,同时添加爽滑母料的量比较合适 ,剥离强度和热封强度远高于 GB/T 10004—2008 的要求 ,另外 ,抗粘连剂提高薄膜表面粗糙度时 ,还会影响薄膜的透明性 ,从检测数据可知 ,60 μm 厚 PE 热封膜的透光率和雾度分别为 90.8 和 0.23 ,与普通相同厚度的 PE 膜的差距较小。

### 3 结论

普通 PE 膜采用芥酸酰胺或油酸酰胺为爽滑剂 ,在无溶剂复合过程中 ,爽滑剂易与胶黏剂中的异氰酸根发生反应 ,从而导致无溶剂复合产品的摩擦系数变大。文章使用的 PE 膜采用无胺爽滑剂 ,同时添加抗粘连剂和抗氧化剂等助剂 ,通过助剂之间的协同作用 ,使 PE 膜在无溶剂复合过程中保持数值较小、稳定的摩擦系数 ,在常温下保持在 0.15 ~ 0.25 ,同时 ,添加剂的种类和数量不影响剥离强度、热封强度和透明度等要求 ,通过 PE 热封膜的应用表明 ,PE 热封膜的热封强度可以达到 69 N/15 mm ,剥离强度在 2.9 N/15 mm 以上 ,60 μm 厚 PE 热封膜的透光率和雾度分别为 90.8 和 0.23 ,在无溶剂复合应用中的性能良好。

### 参考文献:

[1] 张莉琼 ,刘晓艳 ,赵素芬 ,等. 低摩擦系数 BOPP 烟膜的开发 [J]. 现代塑料加工应用 2017 29(2):36-38.  
 [2] 唐翔 ,李大纲 ,章育骏. 纸/铝/塑复合软包装材料摩擦系数的分

析 [J]. 包装工程 2006 27(1):7-9.  
 [3] 赵世亮. 摩擦系数与爽滑性、开口性 [J]. 包装前沿 ,2017(3):25-27.  
 [4] 伍秋涛. 有效解决无溶剂复合 PE 膜摩擦系数增大的新方法 [J]. 包装前沿 2015(3):1-3.  
 [5] 曹胜先 ,吕红丽 ,汪涵. 新型开口爽滑剂母料在聚烯烃薄膜中的应用 [J]. 塑料科技 2009 37(3):59-62.  
 [6] CHEN S L ,CHEN G X ,CHEN Q F ,et al. The preparation of solvent-free polyurethane laminating adhesive with mixed-polyols [J]. Advanced Materials Research 2012 549:177-182.  
 [7] WANG Q ,CHEN G X ,CHEN S L ,et al. Research on synthesis and performance of solvent-free aluminum-plastic composite polyurethane adhesive [J]. Advanced Material Research 2012 583:9-13.  
 [8] SILVA B B R ,SANTANA R M C ,FORTE M M C. A solventless castor oil-based PU adhesive for wood and foam substrates [J]. International Journal of Adhesion and Adhesives 2010 30(7):559-565.  
 [9] 聂海平 ,吴剑 ,吴国岚. 爽滑剂和防粘开口剂在塑料薄膜中的应用 [J]. 塑料助剂 2017(3):19-22.  
 [10] 陈孟杰. 摩擦系数对软包装产品质量的影响 [J]. 包装前沿 2015(4):67-69.  
 [11] 刘乐文 ,涂志刚 ,吴增青. 防粘连剂在双向拉伸聚丙烯 (BOPP) 薄膜中的应用 [J]. 包装工程 2003 24(5):42-43.  
 [12] 麦建国 ,杨建武. 抗粘连剂在 BOPP 薄膜生产中的应用研究 [J]. 广东塑料 2004(6):1-4.  
 [13] 陈广忠. BOPP 薄膜摩擦系数研究 [J]. 包装工程 2003 24(3):51-53.  
 [14] 王东京. 谈谈复合包装膜摩擦系数的问题 [J]. 广东包装 2013(6):44-47.  
 [15] 赵世亮. 摩擦系数数据解析 [J]. 包装前沿 2017(9):41-42.  
 [16] 田立云. 无溶剂胶复合产品摩擦系数研究 [J]. 广东包装 2011(6):49-51.  
 [17] 赵素芬 ,刘晓艳 ,潘斌 ,等. 浅析无溶剂复合产品摩擦因素的变化 [J]. 包装工程 2015 36(5):56-58.  
 [18] 赵世亮. 爽滑剂对复合制品表面摩擦系数的影响 [J]. 广东包装 ,2012(2):21-24.  
 [19] 黄少云 ,李东立 ,许文才 ,等. 软包装材料摩擦性能实验参数研究 [C]//佚名. 中国印刷与包装学术会议会刊. 北京:北京印刷学院 2010.  
 [20] 郑恒. 软包装无溶剂复合工艺控制要点 [J]. 广东包装 2013(3):38-39.

( 本文编辑 GYJ )

( 上接 15 页 )

[14] JIA Z ,LI T ,CHIANG F ,et al. An experimental investigation of the temperature effect on the mechanics of carbon fiber reinforced polymer composites [J]. Composites Science & Technology ,2018 ,154:53-63.  
 [15] EFTEKHARI M ,FATEMI A. Tensile behavior of thermoplastic composites including temperature ,moisture and hygrothermal effects [J]. Polymer Testing 2016 51:151-164.  
 [16] 宋健 ,温卫东. 考虑温度环境下树脂基复合材料力学性能及模型

研究 [J]. 航空动力学报 2016 31(1):31-39.  
 [17] 高鸿宾. 有机化学 [M]. 4 版. 北京:高等教育出版社 2005.  
 [18] 卢少微 ,张海军 ,高禹 ,等. 后固化对复合材料热膨胀系数的影响 [J]. 固体火箭技术 2013 36(2):246-249.  
 [19] BULMANIS V N ,GUNYAEV G M ,KRIVONOS V V. RISA SPA VLAM [M]. Moscow:USSR ,1991.  
 [20] 张颖军 ,朱锡 ,梅志远 ,等. 聚合物基复合材料老化剩余强度等效预测方法研究 [J]. 材料导报 2012 26(8):150-152.

( 本文编辑 GYJ )

DOI: 10.3969/j.issn.1009-9492.2017.01.021

# 用于安装附件包装的智能化设备研究及应用

熊立贵<sup>1</sup>, 潘斌<sup>1</sup>, 蔡昭华<sup>2</sup>

(1. 中山火炬职业技术学院, 广东中山 528436; 2. 中山市铿鸿印刷有限公司, 广东中山 528400)

**摘要:** 空调器安装附件自动化包装设备, 是由振动盘、震动轨道、输送电机、拉袋步进电机、电(气)控制部分、被包装物的检测定位部分及包装附件封包部分、安装附件装料部分组成。用计数器、可编程PLC、伺服电机来精确地控制被包装物的分量、计数、封装打包。自动化封装打包可以准确地分包螺钉和胶塞数量, 避免人为打包多放、少放数量的问题, 并且可以提高制造效率, 降低生产成本。

**关键词:** 空调器; 安装附件; 振动盘; 封装打包; 检测

中图分类号: TM925.12

文献标识码: A

文章编号: 1009-9492(2017)01-0079-04

## The Research and Application of Intelligent Equipment for Installation Accessories Packaging

XIONG Li-gui<sup>1</sup>, PAN Bin<sup>1</sup>, CAI Zhao-hua<sup>2</sup>

(1. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China;

2. Zhongshan City Keng Hong Printing Co., Ltd., Zhongshan 528400, China)

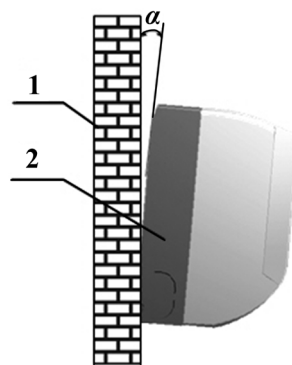
**Abstract:** Air conditioning installation accessories automated packaging equipment, is composed of vibration plate, vibration track, conveying motor, a bag pulling stepper motor, electric and gas control part, is part of package detection and location, and packaging Attachment Packet part, installation accessories charging part. With counter, programmable PLC, servo motor to accurately control the component of the package, counting, packaging and packaging. The automatic packaging and packing can accurately divide the screw and the quantity of the rubber stopper, avoid the problem that the artificial packing is put into place, and the quantity is less, and the manufacturing efficiency can be improved, and the production cost can be reduced.

**Key words:** air conditioning; installation accessories; vibrating plate; package; testing

### 0 前言

空调器用量已进入超空前状态, 仅珠江三角洲生产空调企业的年产量5千万套。整个空调器测试、能力、生产、动输等各方面是空调的质量关键, 然而安装附件是空调安装的关键性小零件, 它也会影响空调的使用问题。第一、如果少安装固定螺钉, 至使空调器底座不贴合安装的墙壁, 使空调不处于水平状态, 就有可能导致空调漏水。漏水不仅会引起用户投诉, 还会由于漏水滴在空调器下放所放置的沙发、地毯损坏而带来的赔偿。第二、由于安装附件原因在安装时内机墙板没有钉牢, 内机没有固定好, 就容易导致噪音过大。第三、更为严重的是由于固定挂墙板的附

件没有固定好, 导致整个内机掉下来, 如图1、图2所示。



1. 外固定墙 2. 壁挂式室内机空调1

图1 安装出现倾斜

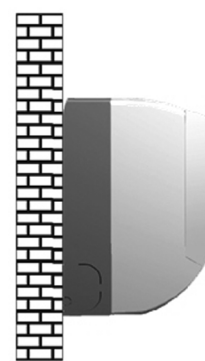


图2 正确安装固定

收稿日期: 2016-07-29

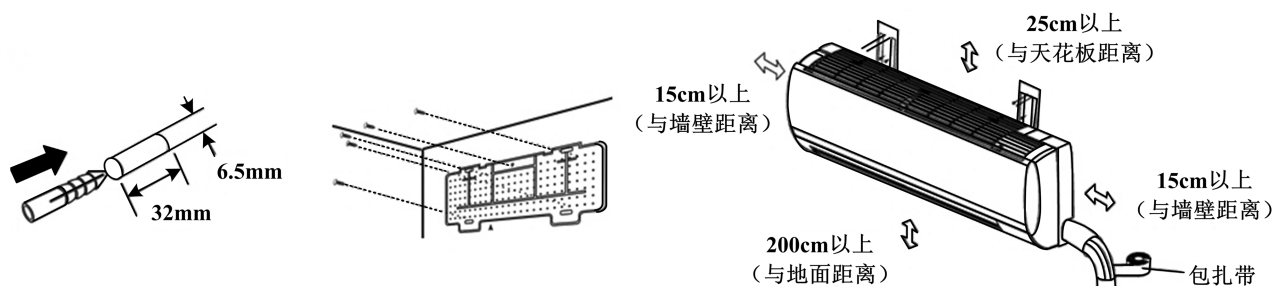


图3 空调器安装板固定

随着人民生活水平提高, 空调器已普及到农村, 相对来说产量不断的提升, 车间的加工强度增大, 现在又处于用人招工难的时期, 产品加工精度要求高的情况下, 开发全自动化、高精度、智能设备对生产制造商更迫切。智能机器不仅可以降低人为因素出错, 减少工人的工作量, 还能减轻劳动强度。

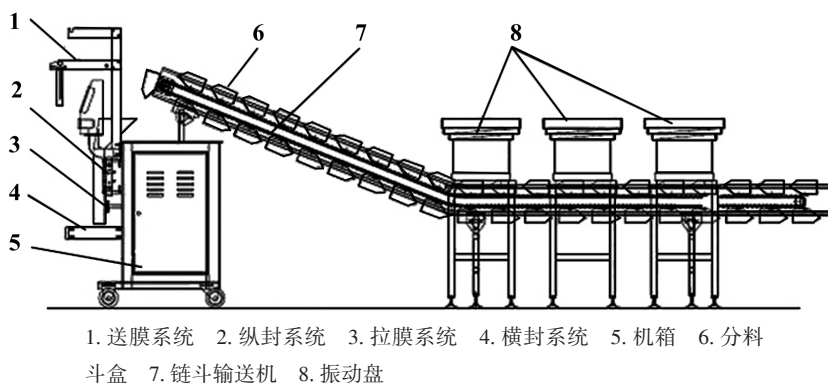
### 1 安装附件及安装

安装附件是空调器安装时的重要零件如: 螺钉、胶塞、PE 包装膜、PE 打包, 它的质量好坏直接影响空调的使用。

安装附件对于空调器安装固定首先要使用水平仪将安装板调整到水平状态, 并根据实际情况, 选好钻头规格大小并在墙上打好固定胶塞, 挂墙板至少使用5颗以上的螺钉固定, 且要保证螺钉受力均匀分布(见图3)。

### 2 自动控制的整体结构

电脑全自动包装机能在包装过程中自动完成计量、制袋、充填、封口、切断、计数、热压批号等全部工作。机械结构主要是振动盘分料机架、封装机架、送膜系统、纵封系统、拉膜系统、横封系统、机箱、分料斗盒、链斗输送机、振动盘等组成。振动盘共有六个, 但是根据具体的附件种类及数量来应用振动的个数, 也可以分别设置它的单个品种数量来定链斗输送机的速度。安装附件包装的主视结构示意图和俯视图详见图4和图5。



1. 送膜系统 2. 纵封系统 3. 拉膜系统 4. 横封系统 5. 机箱 6. 分料斗盒 7. 链斗输送机 8. 振动盘

图4 安装附件自动包装机俯视图

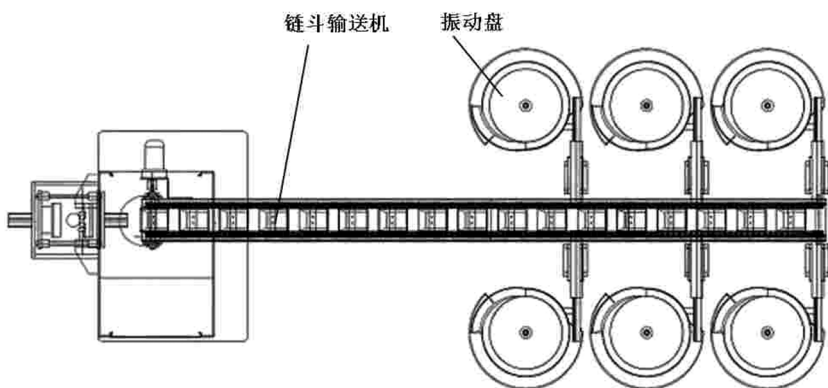
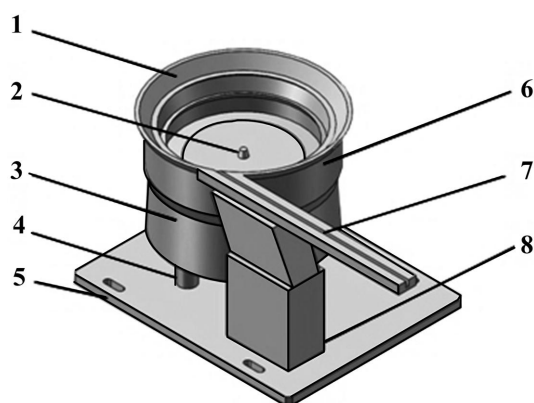


图5 安装附件自动包装机主视图

### 3 振动盘及螺钉胶塞输送受力分析

期中振动盘是控制品种规格数量的关键, 它的稳定性决定整套机器的运行加工效率及质量。实现对螺钉螺母的自动分拣计数, 根据需求配置一定数量和规格的胶塞、螺钉, 进行自动装包、封包(见图6)。

螺钉、胶塞在振动盘的料斗中的动态受力分析, 如图7:  $m$  表示螺钉或胶塞的质量,  $g$  是重力系数加速度,  $N$  表示料斗对螺钉的支持力,  $F$  是螺钉受到的简谐力, 料斗与螺钉之间的夹角为  $\alpha$ , 底座与动力源之间安装的角度为  $\beta$ ,  $\alpha$  之和。



1.顶盘 2.压帽 3.固定框架 4.振动盘减振胶脚  
5.固定底板 6.可动框架 7.给料槽 8.料槽支撑架

图6 振动盘立体示意图

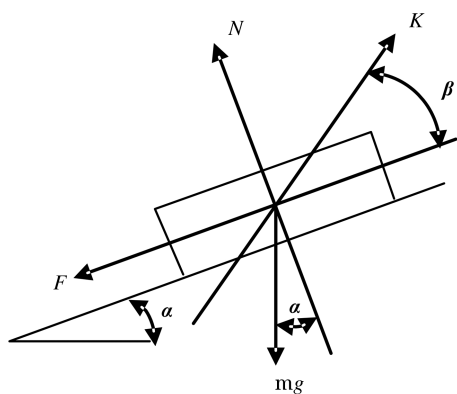


图7 物料在振动盘中的受力

根据图7中设定好的参数，料斗振动盘以频率 $\omega=2\pi q$ ， $q$ 表示振动频率，振幅用 $a_0$ ，那么简谐力为 $K=ma_0\omega^2$ 。受力图如图7所示。从图7中可以看出在料槽中的螺钉运动上限时最大的惯性力。这种力有法向垂直分量 $ma_0\omega^2\sin\beta$ 及 $ma_0\omega^2\cos\beta$ 平行分量，在振动向上行时出现向下滑动则有：

$$ma_0\omega^2\sin\beta+F < ma_0\omega^2\cos\beta \quad (1)$$

$$\text{而 } F = \mu_s N = \mu_s [mg\cos\alpha - ma_0\omega^2\sin\beta\omega] \quad (2)$$

$\mu_s$ 表示螺钉与料槽间的静摩擦系数，通过式(1)和(2)得出螺钉沿料槽轨道向前振动滑动条件：

$$\frac{a_0\omega^2}{g} > \frac{\mu_s \cos\alpha + \sin\alpha}{\cos\beta + \mu_s \sin\beta} \quad (3)$$

$$\frac{a_0\omega^2}{g} > \frac{\mu_s \cos\alpha - \sin\alpha}{\cos\beta - \mu_s \sin\beta} \quad (4)$$

振动盘的送料运行形式条件可以按无纲量料槽轨道法向加速表示（量纲为1），并设 $A_n = a_0\omega^2 =$

$a_0\omega^2\sin\beta$ ， $g_n = g \cos\alpha$ ， $g$ 表示取 $9.8\text{m/s}^2$ 重力加速度，则法向加速度比：

$$\frac{A_n}{g_n} > \frac{a_0\omega \sin\beta}{g \cos\alpha} \quad (5)$$

那么将(5)式代入(3)和(4)可分别得螺钉向前及向后滑动的条件：

$$\text{向前滑动: } \frac{A_n}{g_n} > \frac{\mu_s + \tan\alpha}{\cot\beta + \mu_s} \quad (6)$$

$$\text{向后滑动: } \frac{A_n}{g_n} > \frac{\mu_s - \tan\alpha}{\cot\beta - \mu_s} \quad (7)$$

由此根据式(6)、(7)可以得出螺钉向前滑动极限是：

$$\tan\beta > \frac{\tan\alpha}{\mu_s^2} \quad \text{当角度 } \alpha \text{ 很小时, 得:}$$

$$\tan\beta > \frac{\tan\alpha}{\mu_s^2} \quad (8)$$

当 $a_0$ 振幅足够大时，螺钉会跳跃式向前滑动，那么法向 $N$ 反力即为零。由式(2)可以得出：

$$N = mg \cos\alpha - ma_0\omega \sin\beta \quad (9)$$

即，料斗中的螺钉发生跳跃式的条件为：

$$\frac{a_0\omega^2}{g} > \frac{\cos\alpha}{\sin\beta} \text{ 或 } \frac{A_n}{g_n} > 1.0 \quad (10)$$

从上述可以得出，螺钉在料斗槽中，振动盘受力循环过程中，螺钉在脱离料槽轨道前，螺钉正向移动。通过上述结论可以得出图8。

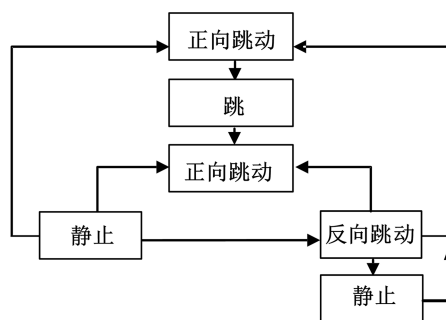


图8 附件如螺钉、胶塞的运动状态

#### 4 附件PE袋成型、料入、封口

附件包装设备的最后一道工序由制袋、充填、封口（横封系统、纵封系统）、切断、计数、热压批号组成。电热元件在通电后产生热量，左、右和上、下两的加热块温度会快速升高且由温度控制仪来调整它的对塑料袋的封口温度及速度，根据所选的PE袋材料来调试来并设定最佳的

温度和速度。然后在下横向封系统和纵向封系统的塑料袋中,将螺钉及胶塞附件送入袋中,并把上口由加热块挤压,PE袋受热后粘在一起达到封口作用。包装好后,就是对其切成一包一包结构的安装附件。

### 5 全自动安装附件包装机技术参数

包装材料:OPP/PP, CPP/PE等可热复合材料。包装产品:多种螺丝、五金产品,各类小配件。每个震动盘均按物料量身订做,通用性小,同产品时大小尺寸相差小此时可以共用震动盘,如两个不同尺寸相同物料需同时包装时,必需采用两个震动盘同时计件。包装要求:尽量能达到通用、使用性能准确无误。生产能力(袋/分):10~60(具体依物料而定)。制袋尺寸:长200毫米,宽110毫米。(依实际物料设计)。不良率: $\leq 1/500$ ,出现不良时自动停机。自动显示包装数量,达到预设数量时可设置自动停机。设备出现故障自动停机、自动报警(安装信号灯)。噪音:设备应有降噪措施,正常运行时设备噪音不超过85分贝。振动盘依次排列,各振动盘可单独开关,各振动盘下料数可单独设定,震动盘制造大小按包装的螺丝及物料来最终确定。自动计数系统采用进口光纤或合资气动元件。设备内置传动机构部件(如封合凸轮、传动轴、切刀、调速装置等)均采用高强度钢材淬火而成,强度高,耐磨损。电源:220V、2500W;气源:0.75Ma 40L/Min。

### 6 安装附件包装设备的工作原理

空调器附件包装设备主要是振动盘振动输送料,在脉冲电磁铁振动器的作用下,料斗盘做扭转上、下式振动运动,使螺钉或胶塞等工件沿着料斗盘螺旋轨道从下底向高处滑动。并有自动顺序的排列向上移动,直到顶部的出料口槽处,再沿着定位的输料槽有序的向下滑动,最后由送料机构并通过计数器控制,按设定的数量送到链斗输送框内。链斗输送分料框匀速转动,在多个震动盘输送的安装附件齐了后,最后链斗输送运动到端部时会转向下,这时斗里的附件全部落入主机里的斗里,并通过PE薄膜封住打包,即完成。

### 7 结语

包装是任何一个产品在进入、销售市场的必

要条件,然而要实现产品包装的主要手段是应用包装机械设备。随着时代的迅速发展,科学技术的进步,包装机械设备在包装领域中起着举足轻重的作用。

空调器安装附件机械包装比手工包装快得多,且不容易出现多装或少装数量的作用,极大地提高生产效率数。采用机械包装设备,可使产品包装达到标准化、规格化,符合集合包装的要求,可以降低企业生产工的劳动强度,并改善生产工人手工的劳动强度。特别是对药品等有危害健康的包装作业,更好地保护好手工作业的生产者的身心健康。还可降低包装成本,节省贮运费用,可促进相关工业的发展包装机械。另外,为适应包装机械高速包装的需要,其相关的前后工序也势必与之适应,顺理成章地推动了相关工序的同步发展。

#### 参考文献:

- [1] 熊立贵.六自由度工业机械手的开发与研究[J].煤矿机械,2016(2):99-101.
- [2] 张义民,李鹤.机械振动学基础[M].北京:高等教育出版社,2010.
- [3] 倪雪微.7R机械手运动分析的递推算法[D].长春:长春理工大学,2010.
- [4] 杨家武,何璐璐.ANSYS的振动盘给料器动态分析[J].现代科学仪器,2011(12):87-90.
- [5] 钟斌.AL-0720自动拨叉张袋机械手的设计与研究[D].兰州:兰州理工大学,2012.
- [6] 谭晓东,张坤.压电式振动给料器驱动部件的力学分析[J].制造技术与机床,2010(3):72-74.
- [7] 郝立伟.工业机生产中关于气动机械手的设计[J].民营科技,2013(8):34-35.
- [8] 博弈创作室.ANSYS9.0经典产品基础教程与实例详解[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [9] 李瑞峰.21世纪—中国工业机器人的快速发展时代[J].中国科技成果,2001(18):9-11.
- [10] 李林鑫.基于迭代学习的机械手运动控制系统设计[D].杭州:浙江工业大学,2013.

**第一作者简介:**熊立贵,男,1975年生,江西南昌人,大学本科,高级工程师。研究领域:非标设备开发、包装印刷机械设计等。已发表论文30篇。

(编辑:向飞)

# 用于锂电池包装的铝塑膜印刷封装新工艺

高艳飞

(中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

**摘要:** **目的** 研发一种铝塑膜印刷封装的新工艺, 提高锂电池包装的生产效率。**方法** 通过对铝塑膜表面先涂布、再印刷、后封装的工艺替代行业内铝塑膜包装锂电池的传统工艺, 测试新工艺条件下铝塑印刷膜的耐化学性、耐磨性、附着力及光泽度等指标。**结果** 采用新工艺后, 不仅可以拓宽印刷种类, 提升生产效率, 而且能够实现高精度印刷作业, 提高铝塑膜的印刷质量。试验表明, 该工艺条件下的铝塑印刷膜耐化学性和耐磨性优良, 附着牢度可达 100%, 平均光泽度为 8.4。**结论** 新工艺相比传统工艺具有较强的先进性, 可适用于手机锂电池的铝塑膜印刷封装作业。

**关键词:** 铝塑膜; 锂电池; 印刷封装

**中图分类号:** TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)07-0206-04

DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2017.07.046

## New Printing and Packaging Process of Lithium Battery with Aluminum Plastic Film

GAO Yan-fei

(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

**ABSTRACT:** The work aims to research a new process of aluminum-plastic film printing and packaging to improve the production efficiency of lithium battery packaging. The process of aluminum-plastic film packaging, which was coated firstly, then printed and encapsulated, was used to replace the traditional process of packaging lithium battery with aluminum plastic. The chemical resistance, abrasion resistance, adhesion, gloss and other indicators of aluminum-plastic printing film were tested under the new process. The new technology can not only broaden the printing type and improve the production efficiency, but also can achieve high-precision printing operations and improve the printing quality of aluminum-plastic film. Tests showed that, under the new process, the chemical resistance and abrasion resistance of aluminum-plastic printing film were excellent, the adhesion could be up to 100% and the average gloss was 8.4. Compared with the traditional technology, the new technology has a strong advanced nature, which can be applied to aluminum-plastic film packaging and packaging operations of lithium battery for mobile phones.

**KEY WORDS:** aluminum plastic film; lithium battery; printing and packaging

锂离子电池自 20 世纪 90 年代问世以来, 其优良的性能受到了各大手机厂家的青睐, 发展势头锐不可挡。锂离子电池可分为液态锂离子电池和聚合物锂离子电池, 其中, 聚合物锂离子电池由于不含液体电解质, 避免了液体泄漏, 且装配简单, 电池轻薄, 成为当前锂离子电池发展的主流<sup>[1-2]</sup>。铝塑膜是聚合物锂离子电池的重要软包装材料, 随着聚合物锂离子电池的高速发展, 铝塑膜迎来了发展的春天<sup>[3]</sup>。据高工锂电产业研究所(GBII)调研结果表明, 2015 年中国锂电

池隔膜产量为 6.28 亿 m<sup>2</sup>, 同比增长 49.5%。隔膜产值达 21.3 亿元, 同比增长 29.2%。

由于铝塑膜发展迅速, 引起了社会各界的广泛关注, 国内的各大科研院所也将铝塑膜作为研究的热点, 但目前的研究并没有涉及铝塑膜的印刷封装工艺。传统的手机聚合物锂电池使用的铝塑膜印刷封装工艺, 一般都是先将铝塑膜裁切加工成包覆电池所需的尺寸, 再对电芯进行封装保护<sup>[4-5]</sup>。封装完成后通过移印工艺, 对电池表面的铝塑膜材料进行内容印刷<sup>[6]</sup>。

收稿日期: 2016-09-26

基金项目: 广东省高等学校优秀青年教师培养计划(YQ2015224); 深圳正峰印刷有限公司校企合作项目(H201606001)

作者简介: 高艳飞(1981—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为包装技术与应用。

目前电池印刷工艺主要为移印工艺，移印工艺所使用的油墨是普通的溶剂型油墨，油墨干燥时间长，污染环境，且经常出现油墨干燥不彻底、掉墨等问题，同时印刷字体不清晰，影响产品品质，生产效率低<sup>[7]</sup>。要解决上述移印中的问题，最简单易行的方法是改变印刷封装工艺。文中通过先对铝塑膜基材表面涂布处理液，改变其表面张力，再印刷图文，最后对锂电池进行封装的工艺替代当前的传统工艺，以改善生产质量，提高生产效率。

## 1 实验

### 1.1 仪器和材料

主要仪器：T02 冷烫模切机，厦门前润科技有限公司；HP Indigo WS6600 数码印刷机，惠普公司；WGG60 光泽度仪，上海昕瑞仪器仪表有限公司；Gx-Y1 胶黏带压滚机，广州标际包装有限公司；达因笔，英国舒曼达因笔有限公司；摩擦牢度测试仪 (MJ-LD1816)，天津市泽生试验机厂。主要材料：88  $\mu\text{m}$  铝塑膜 (ONY 15, DL 3, Al 35, PPA 20, PP 15)，大日本印刷 DNP 公司；dp5000A 涂布液，江彬化学 (上海) 有限公司；3M 600 胶带，美国 3M 有限公司；乙醇，AR，广州东红化工厂。

### 1.2 过程

1) 铝塑膜的涂布：将 88  $\mu\text{m}$  厚，400 mm 宽的铝塑膜置于 T02 冷烫模切机的电晕机中进行电晕处理，设定电晕功率为 1.8 kW，速度为 6 m/min；随后将其置于涂布机上进行涂布，设定涂布量为 1.25  $\text{g}/\text{m}^2$ ，网纹涂布线辊为 360 目，涂布速度为 8 m/min，涂布完成后进入烘道干燥，温度设定为 85  $^{\circ}\text{C}$ ，干燥 5 min，取下备用<sup>[8-10]</sup>。

2) 印刷实验：对涂布处理过的铝塑膜进行数码印刷，将其置于 HP Indigo WS6600 数码印刷机中，设定分辨率为 1200 dpi，速度为 15 m/min，得到铝塑膜印刷品<sup>[11-13]</sup>。

3) 性能检测：用酒精作为化学试剂，测试其耐化学性，分别使用摩擦牢度测试仪、3M 600 胶带、WGG60 光泽度仪测试铝塑膜印刷品的耐磨性、附着力和光泽度<sup>[14-16]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 印刷封装工艺流程对比

旧工艺流程为：铝塑膜→裁切→包覆电池→移印→产品。新工艺流程为：铝塑膜→涂布处理→印刷→包覆电池→产品。对新旧工艺进行对比，可以看出，2 种工艺的环节数目基本一致，不同之处在于中间工序不同。采用先裁切再封装后印刷工艺，印刷方

式仅适用于移印工艺，主要使用溶剂型油墨，干燥较慢，一般需要 24 h 以上，由于包裹着电池进行印刷，压力控制是关键，稍有不慎，容易压坏电池。先涂布再印刷后封装的工艺，可以拓宽印刷方式，能够适用于柔印、凹印、丝印和数码打印，油墨一般为 UV 油墨或喷墨墨水，干燥效率高，1 个周期只用 30 min 即可完成，同时由于直接对铝塑膜进行印刷，不存在压坏电池的风险。

### 2.2 耐化学性测试

将试样固定于平桌上，两层棉布包裹 500 g 砝码，用体积分数为 99% 的酒精浸湿棉布，在试样印刷区域来回摩擦 50 次 (1 个来回算 1 次)。测试后观察样品油墨的脱落现象，结果见图 1。由图 1 可以看出，当试样经过酒精摩擦 50 次后，字迹清楚可见，无明显油墨脱落痕迹，可见该试样在酒精的作用下，不会发生化学变化，具有稳定的抗酒精作用。

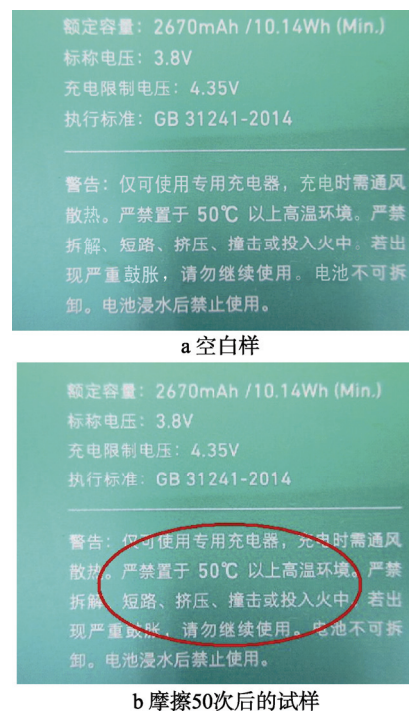


图 1 耐化学性测试结果

Fig.1 The results of chemical resistance

### 2.3 耐磨性测试

将试样贴在铜板上，并固定于摩擦牢度测试仪上，配重 1 kg 砝码，再将耐磨机的转速设定为 42 次/min，印刷区域内摩擦 200 次 (1 个来回算 1 次)，测试结果见图 2。由图 2 可以看出，在配重 1 kg 砝码，摩擦转速为 42 次/min 的条件下，试样经过 200 次来回摩擦，并无脱墨或起皱现象，可见试样的耐摩擦性良好。

### 2.4 附着力测试

用 3M600 胶带平贴于印刷文字表面，用大拇指

按住来回搓 5~6 次,使胶带与试样紧密贴合。揭开一端胶带,使其与试样成 90°方向,并迅速将其撕起(测试 1 次),测试结果见图 3。由图 3 可知,试样经过

3M600 胶带附着力测试后,并无油墨脱落,附着效果良好,经画格法测试,附着牢度可达 100%。

## 2.5 光泽度测试

试样的光泽度决定产品的质量,因此光泽度对铝塑膜的印刷至关重要。将试样放置于平板上,用 WGG60 光泽度仪测试其光泽度,结果表明,试样在 60°测试条件下,光泽度达到了 8.4,符合行业的生产要求。

## 3 结语

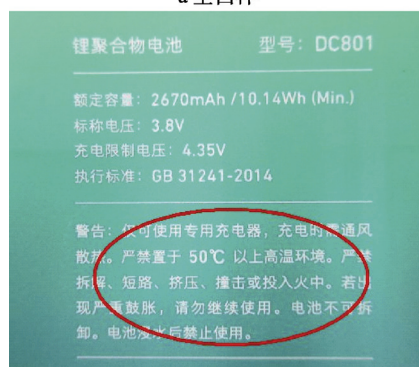
采用辊涂工艺对铝塑膜基材表面进行先处理,再印刷图文,最后封装手机聚合物锂电池的工艺,相对于传统工艺,具有以下优点:利用辊涂工艺对铝塑膜基材表面进行处理,使材料适用于凸版印刷、丝网印刷、数码印刷或打印条码工艺,拓宽了印刷方式;可以根据客户印刷内容的精细度,进行印刷工艺选择,解决印刷工艺单一的局限,还可以进行可变信息印刷,实现产品的防伪效果;套印精准度高,印刷字体清楚,油墨干燥快,提高了产品质量,提升了生产效率。

## 参考文献:

- [1] MAGDASSI S, GROUCHKO M, BEREZIN O, et al. Triggering the Sintering of Silver Nanoparticles at Room Temperature[J]. American Chemical Society, 2010, 4(4): 1943—1948.
- [2] KOSMALA A, WRIGHT R, ZHANG Q, et al. Synthesis of Silver Nano Particles and Fabrication of Aqueous Ag Inks for Inkjet Printing[J]. Materials Chemistry and Physics, 2011, 129(1): 1075—1080.
- [3] TANG Bao-ling, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng, et al. Research and Manufacture of Nano-silver Conductive Ink[J]. Advanced Materials Research, 2011, 174(1): 405—408.
- [4] 张学建, 张艳, 胡亚召. 聚合物锂离子电池软包装铝塑膜的研究进展[J]. 信息记录材料, 2013, 14(6): 42—48.  
ZHANG Xue-jian, ZHANG Yan, HU Ya-zhao. The Research Progress of the Aluminum Packaging Film in Polymer Lithium Ion Battery[J]. Information Recording Materials, 2013, 14(6): 42—48.
- [5] 张鹏博, 张晓华, 王训, 等. 锂离子电池用铝塑复合膜精密冲压工艺研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45(7): 167—170.  
ZHANG Peng-bo, ZHANG Xiao-hua, WANG Xun, et al. Study on Precision Stamping Process of Al-plastic Compound Film for Li-ion Battery[J]. Hot Working Technology, 2016, 45(7): 167—170.
- [6] 冯叶飞, 高新. 软包锂电池铝塑复合膜制作工艺途径[J]. 塑料包装, 2014, 24(6): 7—9.

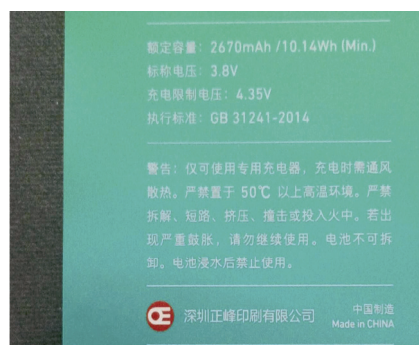


a 空白样

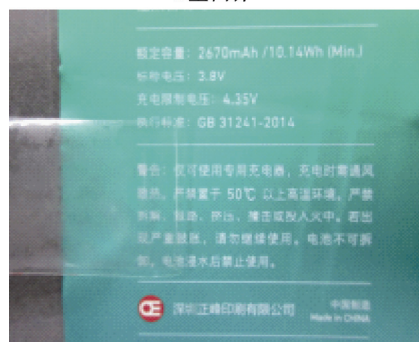


b 摩擦200次后的试样

图2 耐磨性测试结果  
Fig.2 The results of abrasion resistance



a 空白样



b 附着力测试后的试样

图3 附着力测试结果  
Fig.3 The results of adhesion test

- FENG Ye-fei, GAO Xin. Process for Making Flexible Packaging Lithium Battery Aluminum-plastic Composite Film[J]. *Plastic Packaging*, 2014, 24(6): 7—9.
- [7] 潘光华, 李云, 李彬胜, 等. 导电油墨在包装防伪印刷中的应用研究[J]. *包装工程*, 2012, 33(17): 130—134.
- PAN Guang-hua, LI Yun, LI Bin-sheng, et al. Application Research on Electrically Conductive Ink for Anti-counterfeit Package Printing[J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(17): 130—134.
- [8] 付吉灿, 周奕华, 魏伟, 等. 分散剂含量对碳系导电油墨导电性能影响的研究[J]. *包装工程*, 2014, 35(21): 118—122.
- FU Ji-can, ZHOU Yi-hua, WEI Wei, et al. Effects of Dispersant Content on the Conductivity of Carbon Conductive Ink[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(21): 118—122.
- [9] 高艳飞. 网纹涂布工艺对铝塑膜印刷质量影响的研究[J]. *中国胶粘剂*, 2016, 25(12): 10—13.
- GAO Yan-fei. Study on the Influence of the Anilox Roller Coating Process on the Printing Quality of Aluminum-Plastic Film[J]. *China Adhesives*, 2016, 25(12): 10—13.
- [10] ZHAI D D, ZHANG T Y, GUO J B, et al. Water-based Ultraviolet Curable Conductive Inkjet Ink Containing Silver Nano-colloids for Flexible Electronics[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2013(1): 1—9.
- [11] 谢文彬, 高艳飞. 织物印花用喷墨热转印墨水的研制[J]. *中国胶粘剂*, 2016, 25(5): 28—32.
- XIE Wen-bin, GAO Yan-fei. Study on Preparing Inkjet Thermal Transfer Printing Ink for Printing Fabric[J]. *China Adhesives*, 2016, 25(5): 28—32.
- [12] 曹丽娜, 钱军浩. 导电油墨厚度对 RFID 标签天线辐射效率的影响[J]. *包装工程*, 2012, 33(5): 122—125.
- CAO Li-na, QIAN Jun-hao. Influence of Conductive Ink Thickness on Radiation Efficiency of RFID Tag Antenna[J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(5): 122—125.
- [13] LEE K J, JUN B H, LEE Y I, et al. Metal Nanoparticles and Method for Producing the Same: US, 20070018140[P]. 2007-05-20.
- [14] GB/T 9286—1998, 色漆和清漆漆膜的划格试验[S]. GB/T 9286—1998, Test of Paint and Varnish Film[S].
- [15] CHERRINGTON M, CLAYPOLE T C, et al. Ultrafast Near-infrared Sintering of a Slot-die Coated Nano-silver Conducting Ink[J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2011, 21(1): 62—64.
- [16] LI Wei-wei, MO Li-xin, FU Ji-lan, et al. Preparation of Water-based Nano-silver Gravure Conductive Ink Used for Printed Electronics[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2013(1): 523—526.

**摘要** 本文介绍了折叠伸缩珍珠棉缓冲包装的结构特点与生产工艺,通过对EPE材料结构改进与模切工艺相结合,可实现批量化生产,提高生产效率,节省人工成本,减少仓储物流空间;这些折叠伸缩结构外形美观、使用方便,具有一定通用性,对珍珠棉缓冲包装设计有一定的指导和借鉴意义。

**关键词** 珍珠棉、缓冲包装、折叠伸缩结构

DOI :10.13337/j.cnki.packaging.world.2015.04.015

# 折叠伸缩珍珠棉缓冲包装设计与工艺分析

文/李彭 (中山火炬职业技术学院)

EPE是可发性聚乙烯,又称珍珠棉,它是以低密度聚乙烯为主要原料经物理发泡产生无数的独立气泡构成。EPE具有回弹性好、耐候性好、耐腐蚀、阻水和易回收等诸多优点,现广泛应用于缓冲包装领域。EPE产品的成型加工过程是通过把发泡后的卷膜或片材复合成为板材,其厚度可由黏合的层数决定,再经切割机进行分切或经冲压设备压制成特异形状材料,然后人工定位用热熔胶粘合或高温熔融复合而成。这种方式操纵简单,对工人素质要求不高,因此得到广泛的使用。但是此种成型方法人工成本高,生产效率低下,而人为因素大,质量管控较难,且材料利用率低,物流及仓储费用高。基于EPE具有较高的弹性与韧性,可将材料设计成一些折叠与伸缩结构,改进其工艺,在一定程度上弥补了传统成型方法的不足。

## 一、折叠自锁结构设计

折叠珍珠棉在材料上比常规的珍珠棉多复合了一层约3mm厚的高密度EPE层,能承受反复弯折形成“铰链”,再配上合理的自锁结构,形成具有折叠不会回弹的缓冲包装材料。常见的EPE燕尾槽自锁折叠结构如图1所示。

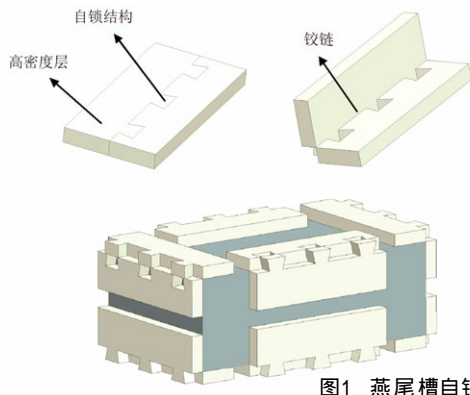


图1 燕尾槽自锁折叠结构

## 二、伸缩结构设计

EPE的伸缩结构可节省仓储和物流空间,提高空间利用率,降低产品的综合成本。EPE板材的伸缩结构大体分为两类,一类在拉伸之后撤去外力会自动回弹收缩(如图2),可适用于多种尺寸规格,同时包装物料单一,不需要分类或者分类较少,可减少打包时间,大大提高包装效率。另一类在拉伸之后在特定结构支撑作用下会保持拉伸状态,当施加足够外力压缩后又恢复原状(如图3),在设计过程中需要经几何尺寸计算与打样来精确确定其伸长量;这种结构还可用来作为托盘上或纸箱内的缓冲底垫,节省空间与材料。这些伸缩结构外观美观,使用操作简单便捷。



图2 自动收缩伸缩结构

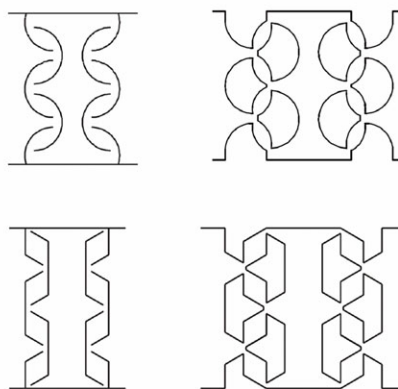


图3 可支撑伸缩结构

图4是另一种自锁结构与伸缩结构相结合的EPE结构,它无需胶水定位粘合,节省生产、仓储、物流空间,可实现批量化生产。该结构外形美观,使用方便,对平板类产品缓冲包装具有一定的通用性。它的模切结构与折叠成型如图5所示,它可以让客户非常容易地进行组装,使产品的包装操作高效便捷。装箱示意图见图6。

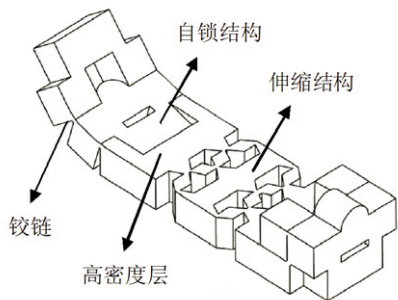


图4 可支撑伸缩结构

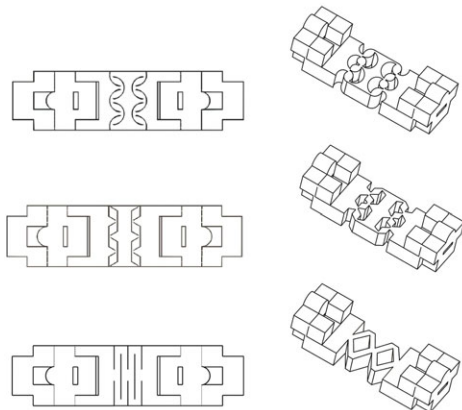


图5 模切结构与折叠成型图

### 三、折叠EPE生产

传统EPE缓冲包装件生产工序为:开槽/切板—涂胶—粘合,工序复杂,材料浪费严重;单位体积运送量小,运输成本增高;在集装时,对其挤压,可能造成严重变形,甚至损害产品而无法使用。而折叠伸缩珍珠棉,则可以避免这么复杂的工序,在做好刀模之后,直接批量生产,可以一次成型,同时刀模可以拼板,模切压板一次,可以成型多个,这样不仅公差可控,同时效率高,材料浪费少;并且拼版设计时,使单个产品之间有少许连接,可提高装卸效率,且模切压板和物流装运过程中不会散落。折叠式的设计,在使用之前为平板,不用成型,因此可以在托盘上非常整齐地堆放,装载量大,空间利用率较高,仓储物流成本大为降低,如图7所示。

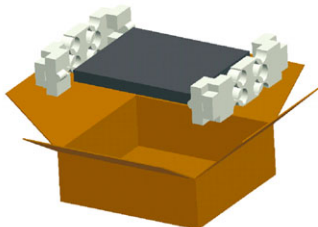


图6 装箱示意图

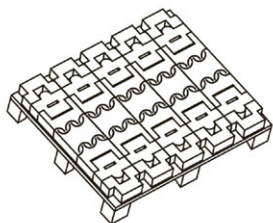


图7 模切堆码示意图

### 四、设计方法与打样

折叠EPE结构要求包装内装物形状规则或者相对规则。如果内装物的形状过于复杂,则会导致设计复杂化,组装效率低,甚至达不到缓冲要求。在对内装物鉴定可以使用折叠EPE之后,要对内装物的结构进行分析。首先对材料做动态压缩试验与静态压缩试验,测得相关性能参数,然后采用运输包装设计六步法,对材料的厚度及受力面积进行计算(已知折叠EPE的缓冲曲线),再根据内装物的受力分布及轮廓设计缓冲结构。

在设计制作过程中,做刀模前应该进行打样机打样或者人工切样,这样可以检验图纸的正确与否,这一环节不可忽视。由于折叠EPE板材的特殊结构,因此在图纸设计时需要仔细考虑,比如哪些地方是需要切断的,哪些地方是需要保留起铰链作用的,伸缩量是否合适。特别注意,刀模切断与不切断处刀片的深度相差3mm,而这3mm刚好就是高密度层的厚度。

### 五、结语

可折叠EPE缓冲结构设计用于相对规则形状产品的包装,其优势明显超过传统所设计的EPE结构,因此,在做结构设计之时需权衡利弊,真正做到既满足包装的要求,又能降低成本、简化工艺、方便操作并符合人机工程学。相信在以后的缓冲结构的设计中,可折叠伸缩EPE缓冲结构会被越来越广泛地使用。 包装世界

#### 参考文献:

- [1]汤志平.关于瓦楞纸板与EPE复合型包装衬垫的缓冲系统仿真研究[J].家电科技,2014:9
- [2]张波涛,叶梁玉,刘朝阳,彭国勋.EPE缓冲包装优化设计.包装工程,2006:6
- [3]刘晓艳,郑华明,曹国荣.EPS与EPE组合使用的力学性能研究[J].包装工程,2006:6

作者简介:李彭,中山火炬职业技术学院包装印刷系。研究方向:运输包装、包装新材料、包装胶黏剂。

李 彭 王小华



# 纸箱印刷开槽生产工艺与操作

目前瓦楞纸箱印刷应用最为广泛的方式是柔性版印刷，其优势在于：柔性版印刷既能印刷实地版也能印刷网点版；柔性版印刷属于轻压力印刷，可减少瓦楞纸板强度的破坏；柔印版材柔软富有弹性，能在印刷过程中以本身的压缩变形来弥补瓦楞纸板的厚薄误差与表面不足；柔性版印刷使用水性油墨，易被吸收，又无毒环保。此外，柔印设备结构简单，操作维修容易，并能与其他工序联动生产，可将开槽、模切等工序连线以实现纸箱生产的自动化。因此，经济、环保、简便、快速的柔性版印刷成为瓦楞纸箱最佳的印刷方式。

## 一、印刷开槽生产工艺

### 1. 印刷开槽生产原理

印刷开槽型纸箱在市场上用量很大，其箱坯的生产主要经过印刷

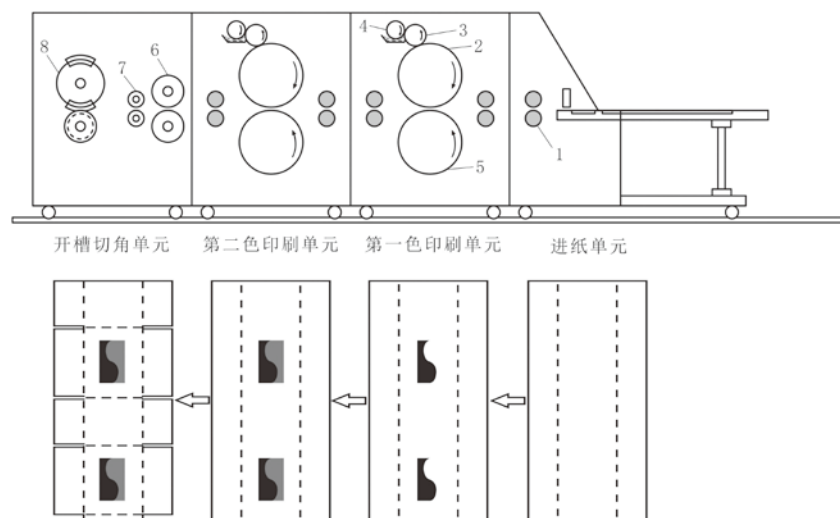
与开槽工艺，多采用单张纸串联式原理。

印刷与开槽机组，即印刷开槽机，在每个印刷单元上完成纸板的一色印刷，在开槽单元上完成纸板的横向压线、开槽、切角、修边工序。

### 2. 开槽型纸箱生产工艺

#### (1)进纸

将准备好的纸板连续送进设备。常见的送纸方式有三种：一种是链条送纸，即把纸板一张一张放



1-送纸轮；2-印版滚筒；3-网纹辊；4-刮墨辊；5-压印滚筒；6-预压轮；7-压线轮；8-切角开槽刀

图1 纸箱双色印刷开槽生产原理

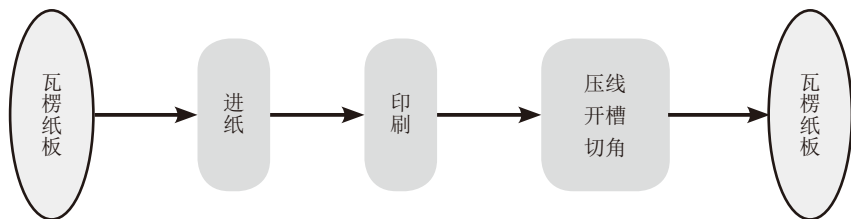


图2 纸箱生产工艺

在工作台上进行送纸，这是最简单、最原始的送纸方式，速度较慢；另外两种为自动进纸，即踢纸送纸与前缘送纸，分别采用踢纸板推送进纸与吸风送纸轮滚动摩擦进纸，速度快、效率高。

### (2)印刷

即进纸单元送来的纸板从压印滚筒与印版滚筒之间经过，在一定压力下将印版上的水性油墨转移到瓦楞纸板上。

### (3)压线开槽切角

根据尺寸要求将瓦楞纸板压出对应的压痕线便于纸箱折叠成型，切出使上下摇盖得以顺利折拢的槽缝，切出钉合或粘合的纸箱接头。

作流程如图3。

### (1)备料、检查、开机

#### ①了解印刷工艺要求

- 认真查阅产品生产工作单，了解本次印刷的工艺要求、生产数量及注意事项。

- 熟悉印刷图样或样箱。图样或样箱是印刷的依据，所以印刷之前应掌握标准样本的色彩状况、图像的主要特征及技术要求。

- 合理安排印刷色序。印刷色序不同，其呈色效果也不同，因此，印刷色序的合理选择是彩色印刷中首先要考虑的问题。

- 了解版面设计、尺寸大小、位置关系、套准要求、印刷压力要求等。

#### ②备料检查

- 根据生产工作单准备纸板、印版、油墨、图样或样箱等原辅材料，并进行核对。

- 将待印刷瓦楞纸板准备到印刷作业区，检查瓦楞纸板纸质、尺

寸、楞型是否符合订单要求，数量是否充足，平整度是否达标。

- 领用所需的印版，检查各色印版有无损伤，印刷尺寸是否符合要求。

- 领用所需的油墨并核对色号，了解油墨黏度等基本性能。

#### ③开机检查

- 检查设备各部位螺丝、链条、皮带等是否松动；检查各辊表面是否光滑，有无异物；对各润滑点加润滑油（脂）进行润滑，检查各油位是否正常；清除机台移动范围内及轨道上的杂物。

- 检查并使电机调速旋钮处于零位，排清空气压缩机里的冷凝水，关闭放气阀。

- 打开电源开关，检查电源各指示部是否正常，电压为380V（误差10%）；启动空气压缩机，检查气压是否达到要求（气压为6~10kg/cm），以利于印刷机组分合、网纹辊升降、隔膜泵吸墨等工作顺利进行。

- 将进纸部、印刷部、开槽部解锁并逐个分离，以便调校各部位尺寸和安装印版。

- 开机前后要注意各部位运行有无异常。

### (2)印刷作业准备

#### ①上油墨

首先将水墨倒入专用容器内，水墨量不超过容器容量的80%，把容器放在印刷机固定位置，插入吸

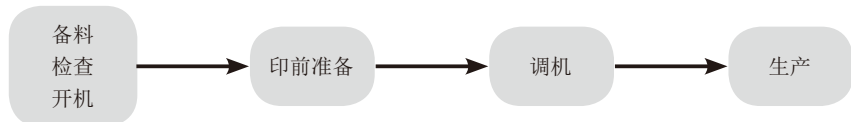


图3 印刷开槽生产操作过程

墨管，启动隔膜泵吸墨，将水墨抽入输墨系统，流出的水墨流入该水墨桶内，使水墨开始循环，然后抬版使网纹辊接触刮墨辊匀墨。

注意事项：

- 上墨前，要对水墨进行充分搅拌，让颜料颗粒均匀地分布在连接料里，使水墨的印刷适性达到最佳。

- 对旧墨或结皮的墨，用300目以上的网布进行过滤，避免损伤刮墨辊（刀）和网纹辊，也能杜绝印刷品带脏。

- 溶剂易挥发会导致水墨放置一段时间其颜色加深，所以专色墨最好在印刷前一两天按比例调配好，然后封盖放置，使印刷适性达到最佳。

## ②上印版

上印版一般分为贴版和挂版两种。

贴版操作：

- 清洁。彻底清洁印版滚筒表面和待贴印版，确保滚筒表面、印版与双面胶带之间良好的黏合力。手动旋转印版滚筒使贴版起点面对操作人员。

- 粘贴胶带。揭去双面胶带一面的保护膜，在安装印版的位置把胶带粘贴到印版滚筒上。粘贴时要从胶带的中心向外贴压，压平后再撕掉另一面的保护膜。

- 粘贴印版。将印版按定位位置排列贴合在印版滚筒的胶带上，排列时要对准印版滚筒上的基准线，要注意印版的咬口和拖稍，位置要准确。印版贴合要紧密服贴，避免翘边和中间气泡。

- 密封印版边缘。印版贴好后，其周围边缘需加密封胶，在印刷和清洗印版时可防止油墨和其他溶剂接触双面胶带，避免发生印版

与滚筒之间脱壳现象。

挂版操作：

以挂版中心线对准印版滚筒中心线，将挂版条压入印版滚筒的挂版槽中，踩住脚踏开关带动印版向上转动一周后，用另一端挂版条嵌入槽中，然后用扳手拧紧滚筒一侧的棘轮机构将挂版拉紧，检查印版是否平服，位置是否准确。

## ③参数设定

进纸部设定：

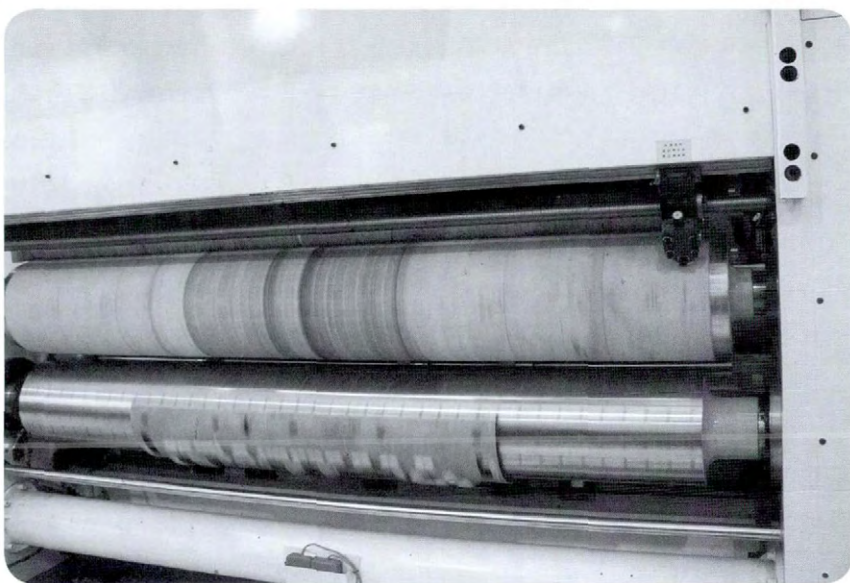
- 进纸部挡板尺寸调节。左右挡板间距比生产纸板宽度宽2~3 mm。前挡板高度不超过1.5倍的纸板厚度，避免过大压力形成重叠送纸。如果是踢纸送纸，在调整送纸器时，推板左右平行误差不超过2 mm，纸板与推板间隙控制在2~3 mm。保证纸板堆码整齐，送纸顺畅。

- 送纸轮间隙调整。间隙过大会造成咬纸不准确，加工移位；过小会将瓦楞压溃，影响纸箱的抗压强度。在调整时，要保持送纸轮两端间隙一致，一般比纸板厚度小0.1~0.3 mm。

- 如果是前缘送纸，根据纸板的厚薄、大小、质量合理调节风量，以使纸板能够顺利进入印刷部为宜。

印刷部设定（各辊的压力与间隙设定）：

- 匀墨机构调节。包括供墨量调节、水墨均匀度调节、墨层厚度



调节。在进行墨层厚度调节时，要注意水墨的黏度变化。

- 调整版压。印版表面与网纹辊的间隙一般比印版小0.04~0.05 mm。版压过大将造成印刷积墨和印版磨损。

- 调整印压。印版与压力辊的间隙应比纸板厚度小0.3~0.5 mm。印压过大，会压溃印刷位置的楞形，破坏纸箱抗压强度，造成印刷重影现象；印压过小，纸板印刷部位易产生漏白现象。

- 调整带纸轮间隙。带纸轮间隙根据纸板厚度决定，一般比纸板厚度小0.2 mm。多色机台设定后一个印刷单元比前一个印刷单元带纸轮间隙小约0.2 mm。间隙调整以咬合牢固但不致于压溃瓦楞为原则。

开槽部设定：

- 安装开槽刀。安装时注意刀片轴向位置应相互对齐，上刀与下刀槽必须对正。安装完毕后，应人工操作使上刀片顺利进入下刀槽，方可采用机动，防止因安装不正损坏刀片。

- 调整开槽刀轴向位置。移动时要注意不得使两刀座相碰，且上刀应卡入下刀槽内，移动前应清除各轴上的灰尘、油污及杂物。

- 调整开槽刀上刀与下刀槽的接合深度。接合深度应控制在1.5~2.0 mm。

- 调整压线刀轴向位置。压线刀必须与开槽刀对正。

表1 某企业印刷开槽首件检查项目与内容

序号	检查项目	检验方法	检查内容及要求
1	材质（楞型）	目视	按工作单或图纸要求
2	纸板外观	目视	不能起泡、弯折、露瓦、破损，必须平整
3	尺寸	卷尺	按样品或图纸要求，公差±3mm
4	色相	目视	对照色卡
5	图文颜色	目视	核对样品、图纸
6	印刷位置	卷尺	按样品图纸要求，公差±3mm，套位公差±2mm
7	印刷图文	目视	图文清晰、整齐，内容完整，方向正确，无明显色差，油墨均匀，没有露白
8	开槽、切角	目视	无明显毛刺、破边
9	接合	目视 卷尺	黏合牢固，对齐边，接头宽≥30mm
10	模切	卷尺	手挽要穿，位置偏差±3mm
11	成型	卷尺	四角漏洞≤4mm，无明显包角，箱盖搭接或离缝≤3mm

注：印刷首检按上表要求执行，如有特殊要求须在图样上标明。

- 根据纸板厚度调整压线深度，以纸板不被压破且能沿压痕顺利折叠成型为宜。

- 开槽至压痕中线（中心压线）的深度因纸板厚度不同稍有区别，一般单瓦纸箱较压痕中线深1~3 mm，双瓦纸箱较压痕中线深3~4 mm。

- 调整结舌位置。单瓦纸箱结舌高度应比横压线低1 mm，双瓦纸箱结舌高度应比横压线低2 mm，这样有利于纸箱成型方正。

收纸部设定：

很多高速印刷机后都设有自动堆积收纸装置。准备托盘与托纸车收纸，在托盘上放置废板垫在底层进行保护；堆纸调节宽度一般比生

产纸板宽度宽10 mm左右，运转速度随印刷速度同比例变化，使收纸部输送带同印刷部保持适当速比，将成品整齐输送、堆码到托架上。

(3)试印调机

①检查清除各机台里的工具和杂物（防止设备运行振动时工具配件等异物落入而损坏设备），确保各人员操作（如调刀、贴版、齿轮加油等）的安全，按警铃提示，将分离的各机台合拢锁住。

②启动印刷机主机，逐渐提高印刷机的运行速度，降下网纹辊向印版输墨，再进行抽风送纸，试印一张纸板，纸板过机后立刻停止抽风送纸，抬起网纹辊。

③参照工艺图纸或样箱进行首

件检查。检查纸板规格、尺寸；检查印刷位置、套印精度；检查印刷图文与墨色是否符合要求，版面是否清晰、整洁，有无印刷不良现象，印刷内容应逐行逐字进行校对；检查开槽切角深度是否符合要求，开槽刀口和纸板边缘有无明显毛刺、破边现象；检查压痕效果是否符合工艺要求；检查纸板厚度及强度变化等。另外，还需做成型检验，折叠成箱后检查摇盖合缝与成型效果。表1为某企业印刷首检和复检要求，仅供参考。

④根据检查结果进行设备参数调整，调整完毕后重复①②③操作直到合格为止。

⑤在所有调节工作完成以后，取一张达到印刷效果要求的产品，经过机长首检与品管人员复检签字确认后方可量产。

## 2. 正式生产

正式印刷生产过程中的监控与注意事项如下：

(1)印刷过程中，随时注意设备

运行有无异常响声和异常气味等，如有异常情况，立即停机，通知机电工进行检修。

(2)印刷上纸板过程，要严格检查纸板质量，如发现起泡、弯折、露瓦、破损等不良纸板，应及时剔除。

(3)印刷过程中必须保证有一人在印刷输出部进行抽检（频率检查），检查有无跑位，图文是否清晰，开槽刀口和纸板边缘有无毛刺、破边现象，压线是否正确等。发现问题要及时解决，必要时停机调整。有问题的产品要单独放，并标示清楚。表2为某企业印刷频率检查要求，仅供参考。

(4)在印刷过程中剔选出来的可以进行返工、返修的问题产品，应立即组织人员进行补救，以保证它能随着同批次产品一起进入下道工序。

(5)印刷输出接纸部人员应将印刷好的纸板整齐堆放在栈板上并做好标记，用拖车送至下道工序。

(6)每一种印刷产品完成以后，应立即清理现场，填好相应的工作记录，并准备开展下一个订单生产。

## 3. 停机操作

(1)停止抽风送纸，抬起网纹辊停止向印版输墨，逐渐降低印刷机运行速度，直至速度为零，关闭主电机。

(2)关闭隔膜泵，让设备中残留的水墨回流到水墨桶里，回流完毕后换上清水桶插入吸墨管，打开隔膜泵循环清洗墨路、墨辊与网纹辊；清洗完成后将墨辊与网纹辊分离，避免墨辊长期受压变形；将没有用完的油墨盖好放置在油墨存放处。

(3)将各单元机台解锁分离后再锁车，用清水清洁印版，取下印版晾干后送至版房保存。

(4)清洁设备，打扫场地卫生，整理操作工具并摆放整齐，重新将各单元机台合锁锁住。

(5)关闭总电源和气源。

总之，在纸箱印刷开槽生产过程中，应根据产品与设备的特点，严格按照工艺流程与规范进行操作，注重关键技术与品质的把控，才能提高纸箱的生产效率，为产品质量奠定坚实的基础。

作者单位：中山火炬职业技术学院  
中山华力包装有限公司

关键词：纸箱 印刷 开槽 生产操作

表2 某企业印刷开槽频率检查项目与内容

检查项目	检查方法	检查内容和要求
外观	纸板	目视 无起泡、弯折、露瓦、破损
	纸箱表面	目视 无明显污渍
	开槽、切角	目视 无明显毛刺
印刷	图文	目视 图文清晰、完整，颜色均匀，无多余墨迹
	印刷位置	目视 套印准确
成型	接合	目视 接合边对齐、接合牢固
	压痕线	目视 无破损、开合180° 往复5次无开裂现象