

PBAT 基包装袋生命周期评价

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2021.03.007

吕艳娜¹ 姚 远¹
郭 鑫¹ 欧阳春平²
迟 骋¹ 乔 月¹
林芃杉¹ 张能建³

1. 大连工业大学
轻工与化学工程学院
辽宁 大连 116034
2. 珠海万通化工有限公司
广东 珠海 519050
3. 睿同科技有限公司
广东 深圳 518108

摘 要: 基于生命周期评价 (LCA) 方法, 采用 eFootprint 软件, 对比聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯 (PBAT) 包装袋、PBAT/淀粉 (质量分数为 75% 的 PBAT 与质量分数为 25% 的淀粉共混) 包装袋生产过程产生的环境负荷, 定量分析 PBAT 基包装袋的环境影响。结果显示, PBAT/淀粉包装袋在 CO₂ 排放和初级能源消耗 (PED) 两个指标上改进空间较大, 分别较 PBAT 包装袋可减少 14.53% 和 6.44% 的环境贡献量。PBAT 基包装袋对初级能源消耗 (PED)、CO₂ 排放、水资源消耗 (IWU) 的影响较大, 每生产 1 t PBAT 包装袋的指标数值分别为 9.47E+4 MJ、4.18E+3 kg、4.52E+3 kg, 每生产 1 t PBAT/淀粉包装袋的指标数值分别为 8.86E+4 MJ、3.81E+3 kg、5.04E+3 kg。PBAT 包装袋 ECER-135 综合指标值为 1.36E-8, PBAT/淀粉包装袋 ECER-135 综合指标值为 1.25E-8, 这表明使用淀粉改性后, PBAT 基包装袋的环境负荷降低了 8.1%。PBAT 基包装袋造成的环境负荷主要来源于颗粒生产阶段, 在颗粒生产阶段的综合指标中, 其 SO₂ 指标占据环境负荷的首位, 其次是 PED 指标, 因此, 应关注其碳排放、SO₂、PED、NO_x 及 COD 指标值。

关键词: 聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯; PBAT/淀粉包装袋; 生命周期评价; 环境负荷

中图分类号: TB484

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2021)03-0044-07

引文格式: 吕艳娜, 姚 远, 郭 鑫, 等. PBAT 基包装袋生命周期评价 [J]. 包装学报, 2021, 13(3): 44-50.

1 研究背景

近年来, 随着人们生态意识的日益增强, “白色污染”治理问题越来越受到人们的关注, 可降解材料的研发与推广应用成为新亮点。聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯 (poly(butylene adipate-co-butylene terephthalate), PBAT) 作为一种新型可生物降解聚酯, 既具有聚丙烯酸丁酯 (poly(butyl acrylate), PBA) 良

好的延展性和断裂伸长率, 又兼具聚对苯二甲酸丁二醇酯 (polybutylene terephthalate, PBT) 的热稳定性和机械强度, 广泛用作包装材料和地膜材料^[1]。然而, 现有研究大多围绕 PBAT 的制备方法和性能提升展开, 对于包装制品在整个生命周期过程的环境负荷研究不多见。

包装的生命周期是指一个产品从原材料获取、工业生产、运输流通、使用直至废弃的过程。包装

收稿日期: 2021-03-10

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (2018YFD0400703); 大连工业大学大学生创新创业训练计划基金资助项目 (202010152144)

作者简介: 吕艳娜 (1978-), 女, 辽宁大连人, 大连工业大学副教授, 博士, 主要从事生物质基功能包装材料研究, E-mail: lvyn@dlpu.edu.cn

生命周期评价 (life cycle assessment, LCA) 是汇总和评价产品与服务在其整个生命周期中所有的投入和产出对环境造成的潜在和现实影响的评价方法^[2]。针对环境问题及降解材料的发展,我国发布了 GB/T 32163.2—2015《生态设计产品评价规范第二部分:可降解塑料》,旨在规定可降解塑料生命周期生态设计评价的定义、要求和生命周期评价报告编制方法、评价方法。

目前,国内外对生物降解塑料的生命周期评价进行了一定的研究。E. T. H. Vink 等^[3]对美国 Cargill Dow 公司生产的聚乳酸 (polylactic acid, PLA) 进行了评价,研究发现乳酸生产阶段能耗最大,其能耗几乎达到整个聚乳酸生产过程总能耗的 1/2。李永杰等^[4]分析了生命周期评价在生物降解塑料行业中的应用情况,并对 LCA 方法在生物降解塑料中的应用进行了展望。孟宪策^[5]运用 LCA 方法,对石油基聚碳酸亚丙酯 (polypropylene carbonate, PPC)、聚乳酸 (polyactic acid, PLA) 和非石油基聚碳酸酯 (non-petroleum polycarbonate, NPC) 三种生物降解材料进行了全生命周期研究,结果表明,三种材料的主要环境负荷阶段均为材料的生产阶段。C. Ingrao 等^[6]研究了包装新鲜食品的聚乳酸托盘生命周期,分析了海洋运输和航空运输对聚乳酸托盘生命周期的影响,认为在基于 PLA 的产品设计中需要考虑与运输相关的问题,以保证产品在使用过程中的环境安全性能。史玉等^[7]对聚乳酸快递包装进行生命周期评价,发现其环境影响主要来自生产和使用阶段,快递袋原材料获取、加工及使用阶段的环境综合指标分别为 $1.09\text{E}-9$, $5.64\text{E}-10$, $1.24\text{E}-10$ 。

现有研究中,对 PBAT 基包装袋的生命周期评价还未见报道。基于此,本研究基于 LCA 方法,用亿科 eFootprint 软件建模,定量分析 PBAT 包装袋和 PBAT/淀粉包装袋生产过程的环境综合指标,并对比分析两种材料的包装袋在生产过程中各个阶段的环境负荷,以及造成环境负荷的主要单元过程及其相应的输入和排放,以期提高 PBAT 基包装袋的环境收益。

2 PBAT 基包装袋生命周期评价主要内容

2.1 目标与范围

本研究的对象是以 PBAT 基生物降解材料制成的包装袋,包括 PBAT 包装袋和 PBAT/淀粉包装袋,

其中 PBAT/淀粉包装袋配方比例为:质量分数为 75% 的 PBAT 与质量分数为 25% 的淀粉。LCA 模型基准流为“生产 1 t PBAT 基包装袋”,系统边界为“从摇篮到大门”,包含了原料收集、原料运输、颗粒生产等过程。PBAT 包装袋和 PBAT/淀粉包装袋模型的系统边界分别见图 1 和图 2。

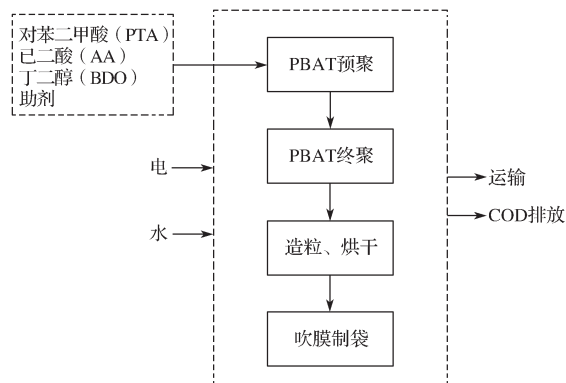


图 1 PBAT 包装袋研究系统边界

Fig. 1 Boundary of the system for PBAT packaging bag

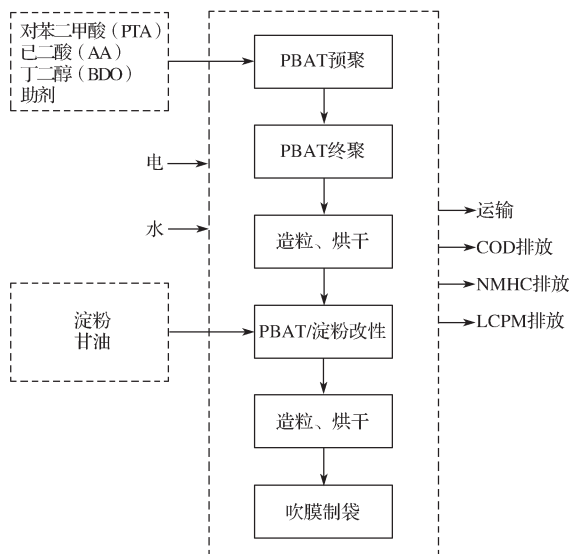


图 2 PBAT/淀粉包装袋研究系统边界

Fig. 2 Boundary of the system for PBAT/starch packaging bag

2.2 清单分析

2.2.1 LCA 模型单元过程参数

本研究共建立两个 LCA 模型,分别为 PBAT/淀粉包装袋 LCA 模型和 PBAT 包装袋 LCA 模型。

在 PBAT/淀粉包装袋 LCA 模型中,调查的实景过程为 PBAT 颗粒生产过程、淀粉填充改性 PBAT 过程、PBAT/淀粉颗粒吹膜制袋过程。其中,PBAT 颗

粒生产过程所用工艺为共酯化熔融缩聚^[8]，能源消耗为电力、天然气、工业用水，并产生了化学需氧量（chemical oxygen demand, COD）排放；淀粉对 PBAT 填充改性过程中所用工艺为共混复合，改性比例为质量分数为 75% 的 PBAT 和质量分数为 25% 的淀粉，能源消耗为电力、工业用水，并产生了低浓度颗粒物（low concentration particulate matter, LCPM）、非甲烷总烃（non-methane hydrocarbon, NMHC）排放。

PBAT 包装袋 LCA 模型中，调查的实景过程为 PBAT 颗粒生产过程、PBAT 颗粒吹膜制袋过程。单元过程所用工艺、能耗、排放等与 PBAT/淀粉包装袋 LCA 模型的颗粒生产、吹膜制袋过程一致。

2.2.2 数据收集与整理

PBAT 基包装袋生产加工过程数据来源于国内相关大型企业的生产实践。将数据整理分类，分成输入、输出两类。输入方面主要涉及能源、原材料、助剂及运输等的投入，输出则主要指污染物排放，其中运输包含了距离、交通工具型号在内的基础信息。

本研究运用亿科 eFootprint 软件进行建模与计算，其中背景数据来自数据库 Ecoinvent 3.1、CLCD（Chinese Life Cycle Database）、ECER 0.8 等^[9-10]。这些在线数据库包含 600 多个用于原材料、化学品、电力、运输和废物管理的生命周期清单（life cycle inventory, LCI），已被许多用户所采用^[11-12]。所收集的数据如表 1 和表 2 所示。

表 1 PBAT 包装袋生命周期清单

Table 1 Life cycle inventory of PBAT packaging bag

单元过程	名称	单位	数值
PBAT 颗粒生产	BDO	t	0.45
	PTA	t	0.30
	AA	t	0.25
	助剂	t	0.001
	气	m ³	100
	电	kW·h	350
	水	t	2.50
PBAT 颗粒吹膜制袋	PBAT 颗粒	t	1
	水墨	t	0.000 11
	电	kW·h	308
运输	BDO	km	4 269
	PTA	km	2
	AA	km	2 902
	PBAT 颗粒	km	200
	水墨	km	20
排放	COD		0.005

注：以 1 t PBAT 包装袋计算。

表 2 PBAT/淀粉包装袋生命周期清单

Table 2 Life cycle inventory of PBAT/starch packaging bag

单元过程	名称	单位	数值
PBAT 颗粒生产	BDO	t	0.45
	PTA	t	0.30
	AA	t	0.25
	助剂	t	0.001
	气	m ³	100
	电	kW·h	350
PBAT 颗粒改性	水	t	2.50
	淀粉	t	0.24
	甘油	t	0.05
	上游 PBAT 颗粒	t	0.78
	电	kW·h	300
PBAT 改性颗粒吹膜制袋	水	t	0.50
	PBAT 改性颗粒	t	1
	水墨	t	0.000 11
运输	电	kW·h	308
	BDO	km	4 269
	PTA	km	2
	AA	km	2 902
	淀粉	km	150
	淀粉	km	2 200
排放	PBAT 改性颗粒	km	200
	水墨	km	20
	COD		0.005

注：以 1 t PBAT 淀粉包装袋计算。

2.2.3 数据完整性检查

以上所建立的模型中没有产生副产品、待处置废弃物，所有数据符合实际生产情况。根据中国生命周期基础数据库（CLCD）的取舍规则，当生产过程中消耗的原料质量与过程产生总质量之比小于 0.1 % 时，可以忽略这些物料，且所有被忽略物料的总质量不超过物料总量的 5%。经确认，生产中使用的水墨和催化剂的质量符合取舍原则，因此，本研究不考虑水墨和催化剂对 PBAT 基包装袋生命周期评价的影响。

3 生命周期影响评价

3.1 特征化分析

特征化是根据环境影响分类以及选用的计算模型，将得到的生命周期清单数据转化为相应的环境影响指标^[6]，即将所得的每一个计算结果均乘以一个特征化系数，使得数据都转化为相应的指标数据。以非生物资源消耗潜值（abiotic depletion potential, ADP）指标为例， x_i 表示对 ADP 指标造成贡献的过程， cf 为相应的特征化系数，其公式如下：

$$ADP = \sum x_i \times cf_{x_i}$$

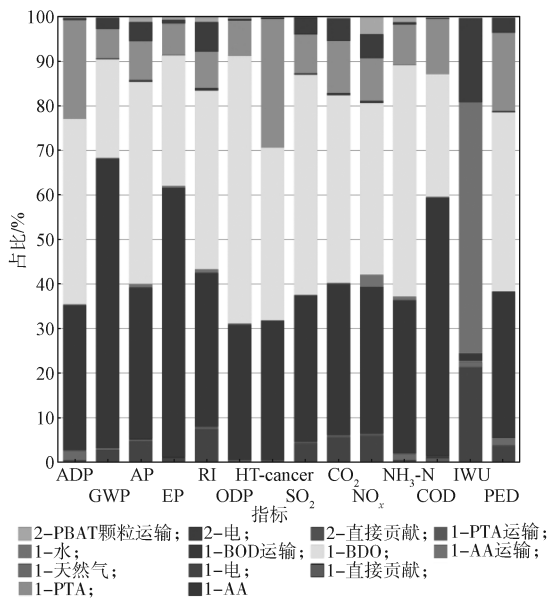
上述 PBAT 包装袋和 PBAT/ 淀粉包装袋两个模

型所得特征化结果如表 3 所示, 对应的单项指标累计贡献如图 3 所示。

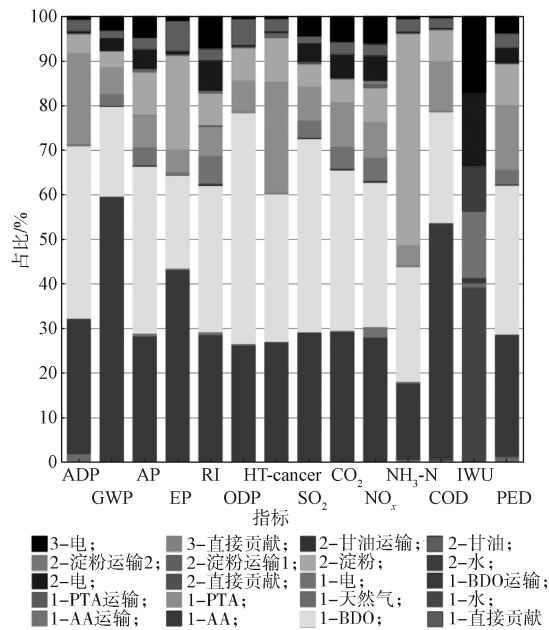
表 3 PBAT 基包装袋的特征化结果

Table 3 Characteristic index of PBAT based packaging bags

特征化指标	英文全称	名称	单位	纯 PBAT 指标数值	PBAT/ 淀粉指标数值
ADP	abiotic depletion potential	非生物资源消耗潜值	kg antimony eq	6.39E-1	5.37E-1
GWP	climate change	气候变化	kg CO ₂ eq	9.01E+3	7.70E+3
AP	acidification	酸化	kg SO ₂ eq	2.81E+1	2.68E+1
EP	eutrophication	富营养化潜值	kg PO ₄ ³⁻ eq	9.12E+0	1.00E+1
RI	particulate matter	可吸入无机物	kg PM _{2.5} eq	5.30E+0	5.09E+0
ODP	ozone depletion	臭氧层消耗	kg CFC-11 eq	3.04E-4	2.74E-4
HT-cancer	human toxicity-cancer effects	人体毒性 - 致癌	CTUh	1.92E-5	1.74E-5
SO ₂	sulfur dioxide	二氧化硫	kg	1.91E+1	1.69E+1
CO ₂	carbon dioxide	二氧化碳	kg	4.18E+3	3.81E+3
NO _x	nitrogen oxidation	氮氧化物	kg	1.09E+1	1.05E+1
NH ₃ -N	ammonium	氨氮	kg	5.72E-2	9.02E-2
COD	chemical oxygen demand	化学需氧量	kg	1.20E+1	1.03E+1
IWU	industrial water use	工业用水量	kg	4.52E+3	5.04E+3
PED	primary energy demand	初级能源消耗	MJ	9.47E+4	8.86E+4



a) PBAT 包装袋



b) PBAT/ 淀粉包装袋

图 3 PBAT 基包装袋生命周期结果构成

Fig. 3 Effect of materials and energy consumption on the indicators of environmental impact of PBAT based packaging bags

在特征化分析中, 共选择 ADP、GWP、AP、EP、RI、ODP、HT-cancer 等 14 项指标, 从其特征化图中可以明显地看出每项指标的主要贡献因子。其中, 每个贡献因子前的数字对应每一个模型中的单元过程。对于 PBAT 包装袋 LCA 模型, 1、2 分别对应 PBAT 颗粒生产、吹膜制袋两个单元过程;

对于 PBAT/ 淀粉包装袋 LCA 模型, 1、2、3 分别对应 PBAT 颗粒生产、淀粉填充改性 PBAT 颗粒生产、PBAT/ 淀粉颗粒吹膜制袋三个单元过程。

由图 3 可知, 对于 PBAT 基产品, 其生命周期结果构成中主要贡献均来自于 PBAT 颗粒生产阶段的 PTA、BOD、AA 三种原材料。但是在使用淀粉改性



彩图

PBAT后, PTA、BOD、AA三种原材料的贡献占比得到有效降低。

在GWP指标上, AA贡献占比最高, 这是由于AA主要由环己烷催化氧化得来, 环己烷主要来源于石油, BDO、PTA本身也是石油的下游产物, 但在生产AA过程中还会产生其他副产物, 催化氧化的选择性并不是很高, 故在这一指标上占据较大比例。在NH₃-N这一指标上, 改性所用的淀粉占据了最大的比例, 基本与三种原材料的贡献占比持平, 这与淀粉本身就是有机物有关。在IWU指标上, 整个过程中的水、电贡献占比较大, 其中, 水占比49.34%, 电占比48.26%。对中国南方电网的调查发现, PBAT基包装袋生产过程中所用的南方电网电力包括火电、水电、核电、风电等, 其中火力发电和水力发电是最主要的发电技术。发电过程中会消耗大量水资源用于循环冷却、蒸发、排污等, 所以导致本研究中, 电在IWU指标值中占比较大。

3.2 归一化分析

归一化的目的在于进一步辨别不同环境影响类型环境负荷的大小。对得到的特征化结果进行归一化处理, 即将每个特征化指标对应的环境负荷总量作为基准, 再综合所选择的指标进行权重分配, 得到归一化结果。对比分析所选择的归一化方案为ECER-135, 评价指标体系包含PED、CO₂、IWU、COD、NH₃-N、SO₂、NO_x共7个生命周期指标^[10], 公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^7 \frac{A_i}{T_i \times N_i}$$

式中: A_i 表示第 i 个指标的特征化结果 (值); T_i 表示权重因子; N_i 为 2015 年全国相应指标的特征化结果 (值) 总和。

在归一化分析中, 将PBAT包装袋与PBAT/淀粉包装袋进行对比, 探讨淀粉改性后PBAT基包装袋是否具有更好的环境效益。其对比结果如图4所示。

与PBAT包装袋的归一化结果相比, PBAT/淀粉包装袋的各项指标除了IWU、NH₃-N两项指标值略有提高之外, 其他指标值都具有较大优势, 因为淀粉为有机物, 最终会比BDO、AA、PTA三种材料贡献更多的NH₃-N指标值, 并且改性会增加水、电的使用, 故在IWU指标值上也会略有增加。但由于IWU、NH₃-N两项指标的归一化结果较其余指标而言具有数量级的差异, 所以在权重因子无明显差异的前提

下, 对ECER-135综合指标值的贡献较小。

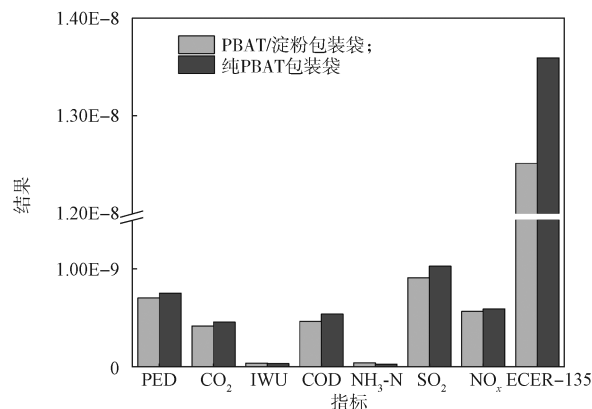


图4 归一化结果

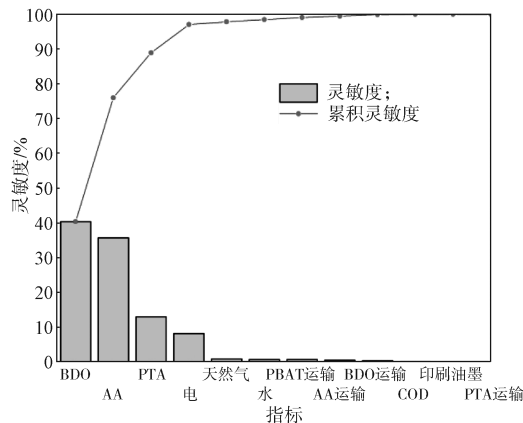
Fig. 4 Comparison of the normalization results of PBAT and PBAT/starch packaging bags

由图4分析可以得知, 单项指标中SO₂的贡献占据首位, 其次是PED、NO_x、COD、CO₂排放。造成这一结果的原因是颗粒生产过程采用的共酯化熔融缩聚工艺以及原材料本身的合成过程会消耗大量能源, 而能源消耗会间接造成SO₂排放增加。因此在评价PBAT基包装袋对环境的影响时, 除关注其CO₂排放以外, 更应该着重关注SO₂、PED、NO_x及COD的指标值。

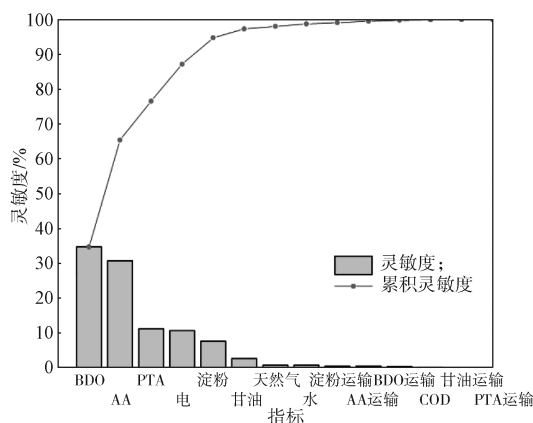
图4中PBAT包装袋与PBAT/淀粉包装袋归一化对比分析结果表明, 淀粉填充PBAT改性材料制成的包装袋的ECER-135综合指标为1.25E-08, 比PBAT包装袋的指标值更低, 总体而言更加环保; 且加入淀粉改性还能降低PBAT基产品的生产成本, 提高复合材料中生物基材料的占比^[13]。

3.3 灵敏度分析

图5为PBAT基包装袋灵敏度。



a) PBAT 包装袋



b) PBAT/淀粉包装袋

图5 PBAT基包装袋灵敏度

Fig. 5 Sensitivity diagram of PBAT based packaging bags

由图5可知, PBAT基包装袋的生命周期中各个单元过程的环境负荷中, 对LCA结果和ECER-135指标贡献较大的清单数据主要来自PBAT基包装袋原料合成环节, 体现为PBAT颗粒生产这一单元过程贡献了最大灵敏度。在生产过程中, BDO、AA的灵敏度较高, PTA、电力消耗次之, 所以在改进时, 应重点关注BDO、AA、PTA三个指标。

3.4 改进建议

根据以上归一化分析结果得知, PBAT/淀粉包装袋(质量分数为75%的PBAT与质量分数为25%的淀粉共混)的环境综合指标值更小, 且PBAT颗粒生产过程中, 原料BDO、AA、PTA的灵敏度较高。在改进时, 应推荐采用纯度更高的BDO、AA、PTA原材料, 优化PBAT的合成工艺, 如在保证PBAT性能的前提下, 降低酯化反应温度和反应时间; 其次, 在满足包装袋使用性能的前提下, 解决淀粉在PBAT中的分散问题, 从而增加PBAT/淀粉复合材料中淀粉的含量; 再次, 在能耗方面, 应使用清洁能源, 例如采用风力发电、水力发电, 代替传统火力发电, 以降低能耗带来的环境影响。

4 结论

本研究基于生命周期评价方法, 对PBAT包装袋和PBAT/淀粉包装袋的生产工艺对环境的影响进行了评价。通过特征化及基于ECER-135的归一化对比分析发现, PBAT/淀粉(质量分数为75%的PBAT加质量分数为25%的淀粉)包装袋与PBAT包装袋

相比, 其生产过程中的环境负荷能有效降低8%以上。PBAT基包装袋造成的环境负荷主要来源于颗粒生产阶段, 在颗粒生产阶段的综合指标中, 两类材料的 SO_2 指标均占据环境负荷的首位, 其次是PED指标。因此在对PBAT基包装袋进行环保性评价时, 除关注其碳排放外, 还需要关注 SO_2 、PED、 NO_x 及COD指标值。

后续研究将着力于更多改性方案和改性比例的PBAT基产品的LCA研究, 并进行对比分析, 期望得到更具环境友好性能的改性比例, 并进一步分析改进BDO、AA、PTA三类原料合成工艺的可行性。

参考文献:

- [1] 杨菁卉, 杨福馨, 李绍菁, 等. PBAT/淀粉填充可降解薄膜的制备及降解性能的研究[J]. 功能材料, 2020, 51(10): 10075-10080.
YANG Jinghui, YANG Fuxin, LI Shaojing, et al. Preparation and Degradability of PBAT/Starch Filled Degradable Films[J]. Journal of Functional Materials, 2020, 51(10): 10075-10080.
- [2] 林铭香, 林勤保, 马仕成, 等. 定制猫眼彩盒的生命周期评价分析[J]. 包装工程, 2020, 41(21): 125-130.
LIN Mingxiang, LIN Qinbao, MA Shicheng, et al. Life Cycle Assessment on Customized Cat Eye Carton[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(21): 125-130.
- [3] VINK E T H, RÁBAGO K R, GLASSNER D A, et al. Applications of Life Cycle Assessment to NatureWorks™ Polylactide (PLA) Production[J]. Polymer Degradation and Stability, 2003, 80(3): 403-419.
- [4] 李永杰, 王志宏, 王 为, 等. 生物降解塑料生命周期评价应用研究[C]//2006年材料科学与工程新进展: “2006北京国际材料周”论文集. 北京: 中国材料研究学会, 2006: 3.
LI Yongjie, WANG Zhihong, WANG Wei, et al. Application of Life Cycle Assessment of Biodegradable Plastics[C]//The New Progress of Materials Science and Engineering in 2006: “2006 Beijing International Materials Week”. Beijing: Chinese Society for Materials Research, 2006: 3.
- [5] 孟宪策. 聚碳酸酯和聚乳酸的生命周期评价[D]. 北京: 北京工业大学, 2010.
MENG Xiance. Life Cycle Assessment of Polycarbonate and Polylactic Acid[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2010.
- [6] INGRAO C, TRICASE C, CHOLEWA-WÓJCIK A,

- et al. Polylactic Acid Trays for Fresh-Food Packaging: A Carbon Footprint Assessment[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 537: 385–398.
- [7] 史玉, 徐凌, 陈郁, 等. 基于 LCA 的聚乳酸快递包装环境友好性评价[J]. *中国环境科学*, 2020, 40(12): 5475–5483.
- SHI Yu, XU Ling, CHEN Yu, et al. Assessment of the Environment-Friendliness of PLA Express Packaging Using LCA Methodology[J]. *China Environmental Science*, 2020, 40(12): 5475–5483.
- [8] 庞道双, 潘小虎, 李乃祥, 等. PBAT 合成工艺研究[J]. *合成技术及应用*, 2019, 34(2): 35–39.
- PANG Daoshuang, PAN Xiaohu, LI Naixiang, et al. Study on the Synthetic Process of PBAT[J]. *Synthetic Technology & Application*, 2019, 34(2): 35–39.
- [9] [Anon]. Ecoinvent-Public2.2.0[EB/OL]. [2021-02-25]. <http://www.efootprint.net/#/home>.
- [10] 佚名. 中国生命周期数据库-ECER0.8.1[EB/OL]. [2021-02-25]. <http://www.efootprint.net/#/home>.
- Anon. China Life Cycle Database-ECER0.8.1[EB/OL]. [2021-02-25]. <http://www.efootprint.net/#/home>.
- [11] ZHAO H L, LIU F, LIU H Q, et al. Comparative Life Cycle Assessment of Two Ceramsite Production Technologies for Reusing Municipal Solid Waste Incinerator Fly Ash in China[J]. *Waste Management*, 2020, 113: 447–455.
- [12] JIAO J L, LI J J, BAI Y. Uncertainty Analysis in the Life Cycle Assessment of Cassava Ethanol in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 206: 438–451.
- [13] 刘腾飞. 改性淀粉/PBAT 复合材料相容性及性能研究[D]. 镇江: 江苏科技大学, 2019.
- LIU Tengfei. Study on Compatibility and Properties of Modified Starch/PBAT Composites[D]. Zhenjiang: Jiangsu University of Science and Technology, 2019.

(责任编辑: 徐海燕)

Life Cycle Assessment of PBAT Based Packaging Bags

LÜ Yanna¹, YAO Yuan¹, GUO Xin¹, OUYANG Chunping², CHI Cheng¹,
QIAO Yue¹, LIN Pengshan¹, ZHANG Nengjian³

(1. School of Light Industry and Chemical Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China;
2. Zhuhai Wango Chemical Co., Ltd., Zhuhai Guangdong 519050, China;
3. Connection Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518108, China)

Abstract: Based on the life cycle assessment (LCA) method, the production processes of PBAT packaging bag and PBAT/starch (75%PBAT+25% starch) packaging bag were compared by using eFootprint software, and the environmental impact of PBAT based packaging bag was quantitatively analyzed. The results showed that the potential of PBAT/ starch packaging bag in CO₂ emission and primary energy consumption (PED) was significant, and the contribution of PBAT/ starch packaging bag could be reduced by 14.53% and 6.44%, respectively. The impacts of PBAT packaging bag on PED, CO₂ emission and industrial water use (IWU) were obvious. The index values of PBAT packaging bag were 9.47E+4 MJ, 4.18E+3 kg, 4.52E+3 kg for 1 t production, while the index values of PBAT/starch package bag were 8.86E+4 MJ, 3.81E+3 kg and 5.04E+3 kg respectively. The ECER-135 comprehensive index value of PBAT packaging bag and PBAT/starch packaging bag were 1.36E-8 and 1.25E-8 respectively, indicating the environmental load of PBAT based packaging bag was reduced by 8.1% after the modification with starch. The environmental load of PBAT based packaging bags was mainly from PBAT based particles production stage, and among the contributors in the PBAT and PBAT/starch projects, the contributors of SO₂ was the largest, followed by PED. Therefore, SO₂, PED, NO_x and COD indicators ranking above CO₂ should be taken into consideration to avoid the environmental problem-shifting.

Keywords: poly(butylene adipate-co-butylene terephthalate); PBAT/starch bag; life cycle assessment(LCA); environmental impact