

LCA 数据库专题竞赛

参赛报告

参赛小组信息：

LCA 数据集名称：气泡膜(三层)-小型平模成型法-低密度聚乙烯 99.8%-中国-2018

小组成员：李晶晶、陈健、李飞、苏雅苹、徐心安

指导老师：李方一

大学：合肥工业大学

一、 技术代表性分类和目标代表性定义

本小组选择【气泡膜】作为 LCA 研究的目标产品。

通过查阅资料，对“气泡膜 LCA”的技术代表性进行了分类分析，并最终明确定义了本研究的目标代表性。

1、 气泡膜产品的技术代表性分类分析

(1) 技术代表性的基本分类与单元过程划分

表 1 气泡膜的技术代表性基本分类与单元过程划分

分类方法	分类结果与解释
1、按基本工艺技术分类	两种基本工艺技术： <ul style="list-style-type: none">• 利用衣架式 T 型模具，采用吹塑成型法。• 利用气泡膜泡成型辊，采用平模成型法。 本表以下分类均基于平模成型法
2、按主要原料种类分类	按原材料种类可分为：低密度聚乙烯气泡膜、高密度聚乙烯气泡膜、线型聚乙烯气泡膜。 本表以下分类均基于低密度气泡膜
3、在数据调查范围中划分单元过程	气泡膜企业生产通常从原材料运输开始到气泡膜出厂为止。从各种资料中分生产过程的数据可得性考虑，LCA 模型中可以划分 3 个单元过程：气泡膜生产、气泡膜使用、气泡膜废弃。

(2) 单元过程的技术代表性细分

表 2 气泡膜生产单元过程的技术代表性细分

单元过程 技术 代表性细分	气泡膜生产	气泡膜使用	气泡膜废弃
(1) 产品规格型号	三层, 6mm 气泡 (小泡) 三层, 10mm 气泡 (中泡) 三层, 10-28mm 气泡 (大泡)	未区分	三层, 6mm 气泡 (小泡) 三层, 10mm 气泡 (中泡) 三层, 10-28mm 气泡 (大泡)
(2) 原辅料类型	低密度聚乙烯 高密度聚乙烯 线型聚乙烯	未区分	低密度聚乙烯 高密度聚乙烯 线型聚乙烯
(3) 能耗类型	主要使用电力, 未区分	未区分	未区分
(4) 工艺设备类型	未区分	未区分	未区分
(5) 生产规模类型	小型 中型 大型	未区分	未区分
(6) 辅助工艺设备类型	未区分	未区分	未区分

2、目标代表性定义

(1) 选定技术代表性

从资料调研中知道, 以低密度聚乙烯为主要原料、以电为主要能源生产的三层气泡膜, 为该技术的主要产品, 其他产品大多是根据客户要求添加少量添加剂改善产品的性能。因此是气泡膜 LCA 数据集开发的首选基本技术代表性。

除上述基本技术代表性外, 添加剂不是影响 LCA 结果的因素 (因为添加剂的质量非常少, 小于总质量的 1%, 符合取舍原则), 故在此不需要对三层气泡膜根据添加剂的不同进行细分。

(2) 选定目标代表性:

本 LCA 研究的目标代表性定义为: 以低密度聚乙烯为主要原料、以电为主要能源生产的三层气泡膜。数据应代表中国 2018 年行业 (技术) 平均水平。

选定的目标代表性应写入 LCA 模型的目标与范围定义中（如下图中 eFootprint 界面截图所示），最后也应写入 LCA 数据集文档（见后）和 LCA 报告中。



图 1 LCA 模型的目标代表性定义（eFootprint 截图）

二、 LCA 数据集文档

数据集名称：三层气泡膜

1、系统功能与系统边界

系统功能与基准流：三层气泡膜生产，1 吨

LCA 研究类型：企业 LCA-代表特定企业及供应链水平（用于企业产品报告/工艺设备选型分析）

产地：中国

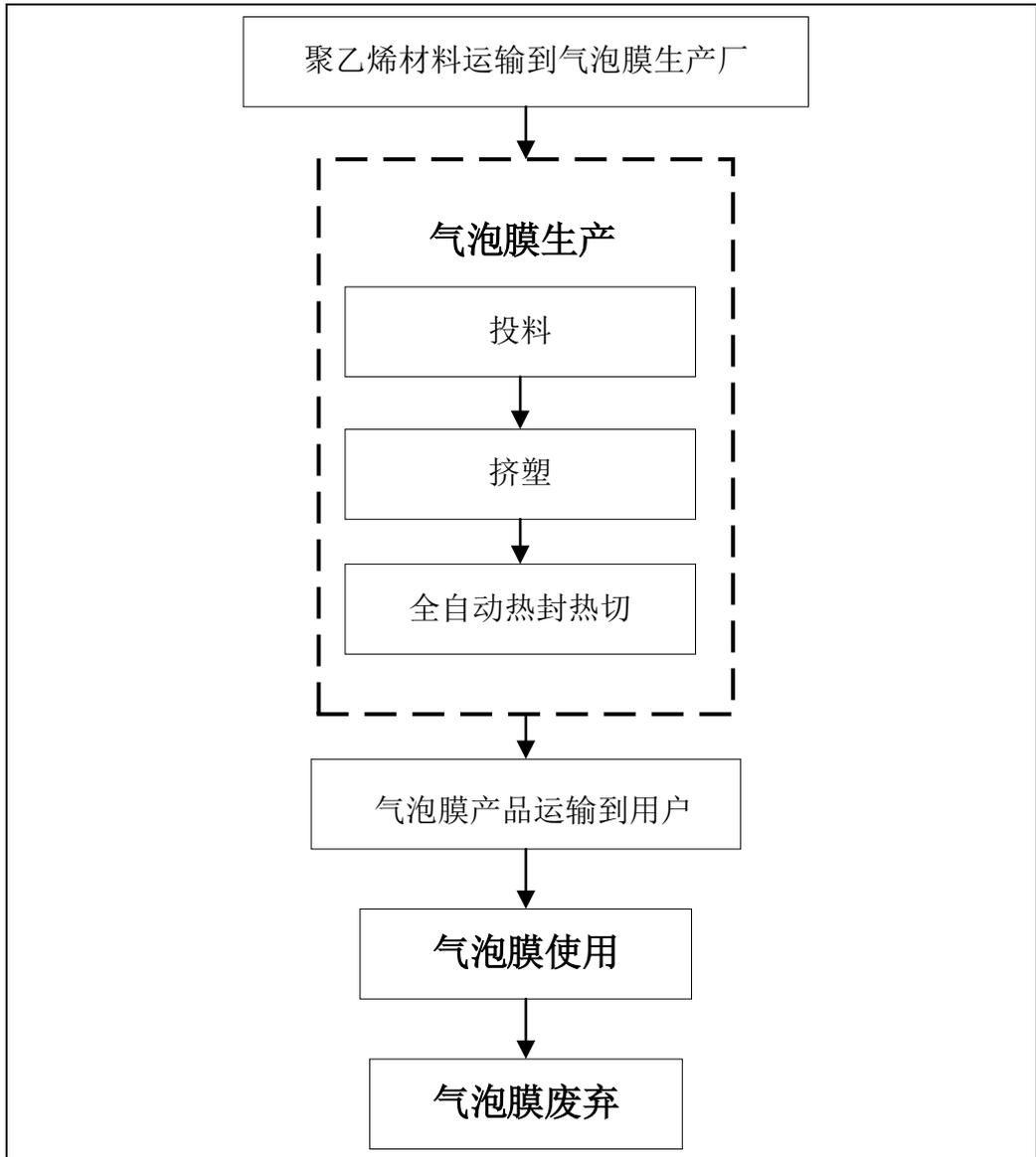
基准年：2018 年

系统边界：本研究的系统边界为全生命周期（从原材料运输到产品的废弃）

- 实景过程：划分为原材料运输、原材料加工、产品的废弃。
- 背景过程：采用背景数据库，追溯了各种原料的上游生产过程直到资源开采为止。

背景数据

来自 CLCD-China-ECER 0.8.1 数据库：聚乙烯、电



2、实景过程数据代表性

产品种类与规格：三层气泡膜（气泡直径为 6mm）

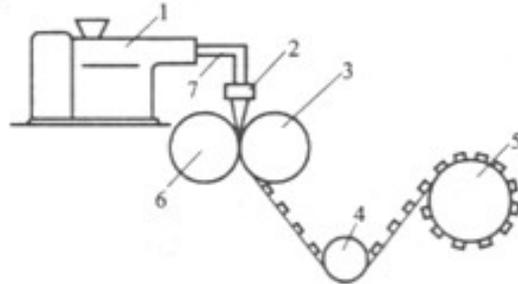
主要技术代表性：常规原料（低密度聚乙烯）、常规能耗（电力）

类别 过程名称	工艺设备与 规模	主要消耗	主要排放
气泡膜生产	PE 料挤塑用 通用型挤出 机、小型气泡 膜成型辊	电	二氧化碳、一 氧化碳

气泡膜使用	无	无	无
气泡膜废弃	焚烧炉	电	二氧化碳

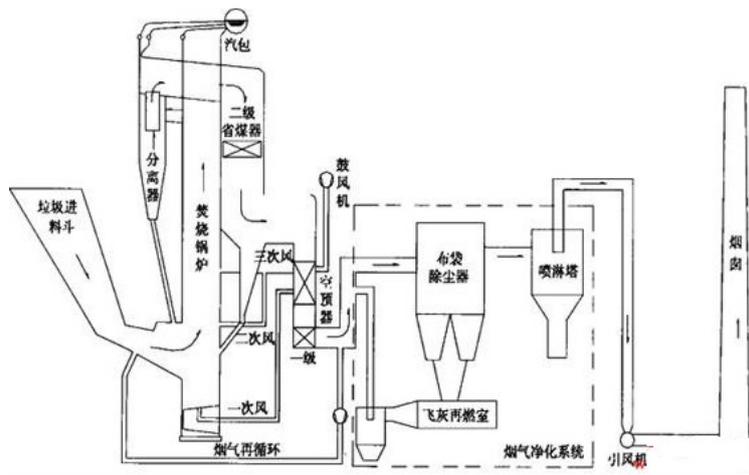
主要数据来源：企业实地调研。

实景过程工艺流程图（图片来自互联网）



气泡膜挤出平膜成型生产工艺顺序

1—单螺杆挤出机；2—成型平膜模具；3—气泡吸塑成型辊；
4—导辊；5—卷取装置；6—牵引冷却复合辊；7—连接件



气泡膜废弃阶段焚烧工序示意图

3、建模方法

副产品：无副产品

再生循环：边角料直接再加入到原料中生产

取舍规则：符合 CLCD 取舍规则。普通物料重量 < 1% 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 < 0.1% 产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%

缺失过程：无

背景过程数据库：主要原料均采用 CLCD-China-ECER 0.8.1

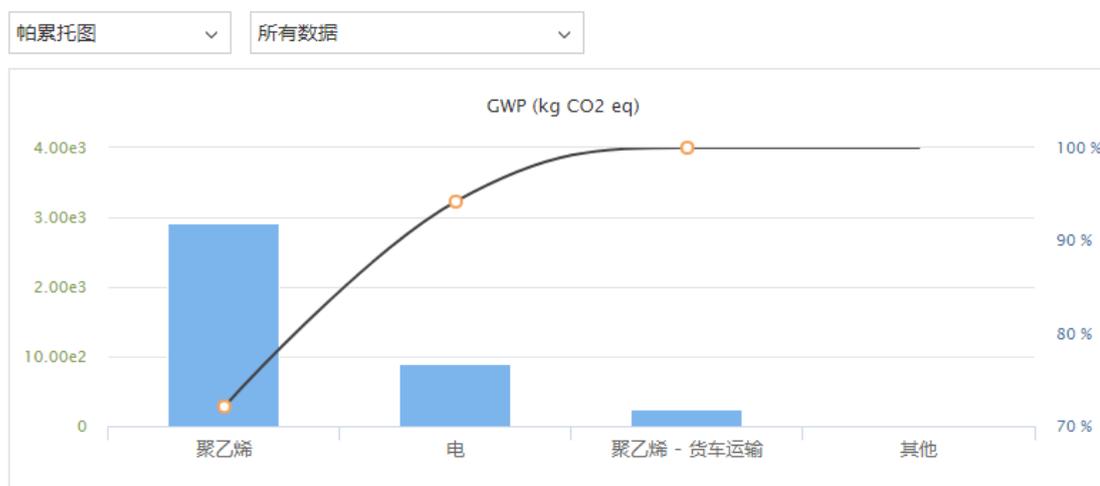
软件工具：采用亿科 eFootprint 系统，在线完成全部 LCA 工作，包括建模、计算分析、数据质量评估、LCA 结果发布。

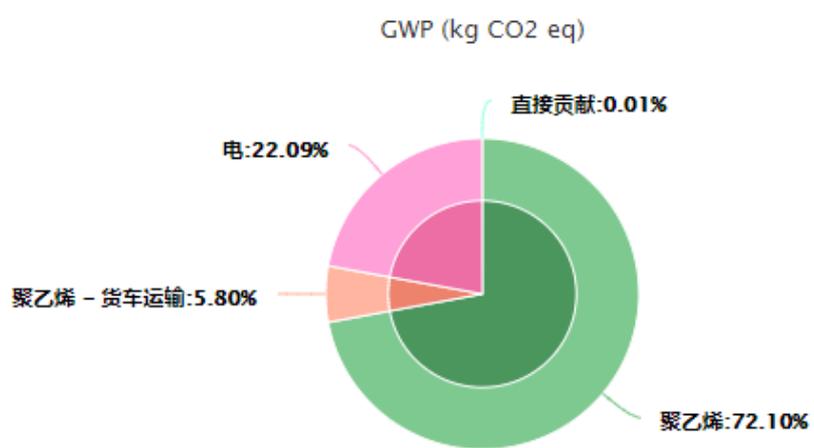
4、LCA 结果分析

- 过程累积贡献分析：以 GWP（全球暖化/碳足迹）、AP（酸化）、EP（水体富营养化）三个指标为例。



- 单个过程的贡献分析：以气泡膜生产过程和全球暖化指标的 Pareto 图和双饼图为例。





- 清单数据灵敏度分析：实景过程的各项消耗与排放对 LCA 结果的贡献率（即灵敏度），由此排序可以识别重要的消耗排放。

过程名称	清单名称	上游数据类型	GWP (kg CO2 eq)	PED (MJ)	ADP (kg Sb eq)
气泡膜	气泡膜 生产	实数UP	80.74%	99.46%	99.08%
气泡膜 生产	聚乙烯	背景AP	58.21%	80.05%	90.15%
气泡膜 生产	聚乙烯 - 货车运输	背景AP	4.69%	3.29%	5.55%
气泡膜 生产	电	背景AP	17.84%	16.11%	3.38%
气泡膜	气泡膜 使用	实数UP	0.50%	0.54%	0.92%
气泡膜 使用	卡车	背景AP	0.50%	0.54%	0.92%
气泡膜	气泡膜 废弃	实数UP	18.77%	0%	0%
气泡膜 生产	抗静电颗粒	可忽略	0%	0%	0%
气泡膜 生产	爽滑剂	可忽略	0%	0%	0%
气泡膜 生产	一氧化碳 [城区接近地面的大气排放]	排放	0%	0%	0%
气泡膜 生产	二氧化碳 (其他) [城区接近地面的大气排放]	排放	0.00%	0%	0%
气泡膜 废弃	二氧化碳 (其他) [城区接近地面的大气排放]	排放	18.77%	0%	0%

5、CLCD 数据质量评估

- 识别重要数据：eFootprint 计算每一项消耗或排放对各项 LCA 指标的灵敏度，然后按其最大的灵敏度排序。

过程名称	清单名称	最大灵敏度	评估状态
气泡膜	气泡膜 生产	WU (kg):99.86%	已评估
气泡膜 生产	聚乙烯	ODP (kg CFC-11 eq):92.56%	已评估
气泡膜 生产	电	AP (kg SO2 eq):23.55%	已评估
气泡膜 废弃	二氧化碳 (其他) [城区接近地面的大气排放]	GWP (kg CO2 eq):18.77%	已评估
气泡膜	气泡膜 废弃	GWP (kg CO2 eq):18.77%	已评估
气泡膜	气泡膜 使用	EP (kg PO43-eq):1.83%	已评估
气泡膜 使用	卡车	EP (kg PO43-eq):1.83%	已评估
气泡膜 生产	一氧化碳 [城区接近地面的大气排放]	POFP (kg NMVOC eq):0.06%	已评估
气泡膜 生产	二氧化碳 (其他) [城区接近地面的大气排放]	GWP (kg CO2 eq):0.00%	已评估

- 不确定度评估：eF/CLCD 系统采用谱系矩阵评估主要消耗和排放（灵敏

度>1%)的不确定度，以及主要消耗连接的背景数据的匹配不确定度。

清单数据不确定度评估
✕

过程名称：气泡膜 生产；清单名称：聚乙烯；数量单位：1(t)

清单数据资料不确定度评估

关 清单数据基础不确定度（自定义）：± %

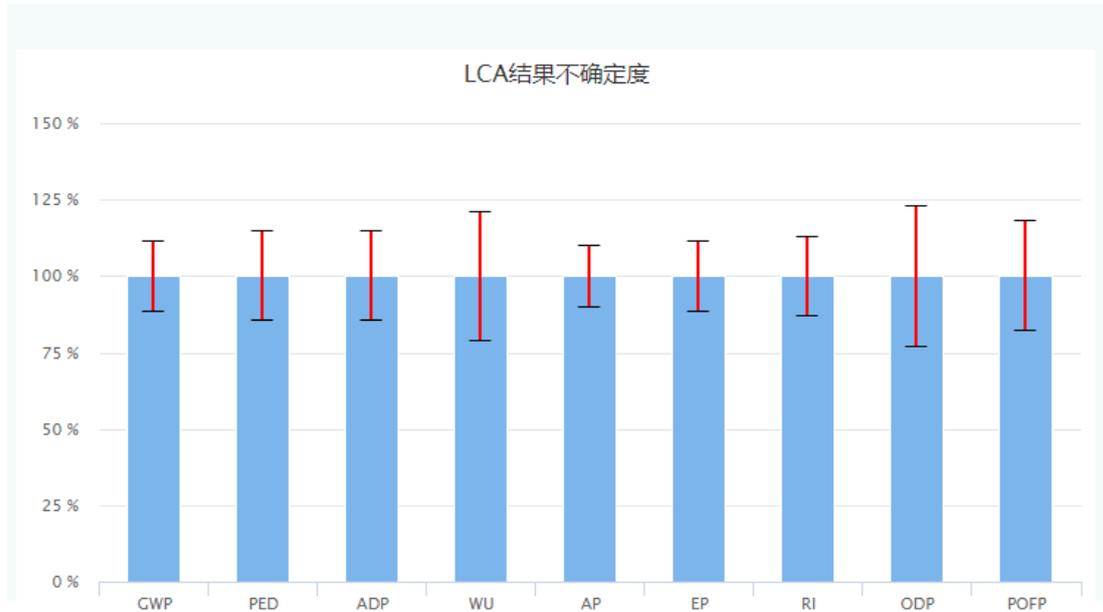
评估项	实景过程目标代表性	清单数据实际代表性	不确定度(±)
* 主要数据来源	代表企业及供应... <input type="text"/>	环评报告/可研报... <input type="text"/>	10.00%
* 样本代表性	代表企业及供应链实际数据	> 75%全年产量... <input type="text"/>	0%
* 时间代表性	2018	2013 <input type="text"/>	10.00%
* 地理代表性	中国	中国 <input type="text"/>	0%
* 技术代表性	过程名称:气...	工艺设备和原料... <input type="text"/>	5.00%

背景数据匹配不确定度评估

评估项	清单数据目标代表性	背景过程实际代表性	不确定度(±)
* 主要数据来源	代表企业及供应链实际数据	代表行业平均数据	5.00%
* 时间代表性	2018	2013	10.00%
* 地理代表性	中国 <input type="text"/>	中国	0%
* 种类规格代表性	消耗清单:聚...	消耗与原料的种... <input type="text"/>	10.00%

清单数据评估结果: ±21.21%

- **LCA 结果的不确定度：**最终得到每项 LCA 指标结果的不确定度，如下图。用户可以根据不确定度结果，补充收集数据，迭代改进。



指标名称	缩写(单位)	LCA结果	结果不确定度	上下限范围(95%置信区间)
气候变化	GWP(kg CO2 eq)	5.01e3	±11.42%	[4.44e3, 5.58e3]
初级能源消耗	PED(MJ)	6.87e4	±14.65%	[5.86e4, 7.88e4]
非生物资源消耗潜值	ADP(kg Sb eq)	1.44e-2	±14.55%	[1.23e-2, 1.65e-2]
水资源消耗	WU(kg)	3.48e4	±21.13%	[2.74e4, 4.21e4]
酸化	AP(kg SO2 eq)	2.00e1	±10.12%	[1.80e1, 2.20e1]
富营养化潜值	EP(kg PO43-eq)	2.10e0	±11.58%	[1.86e0, 2.34e0]
可吸入无机物	RI(kg PM2.5 eq)	6.82e0	±13.02%	[5.93e0, 7.70e0]
臭氧层消耗	ODP(kg CFC-11 eq)	3.30e-4	±22.94%	[2.54e-4, 4.06e-4]
光化学臭氧合成	POFP(kg NMVOC eq)	2.01e1	±17.99%	[1.65e1, 2.37e1]

6、数据集适用范围

- 1、产品规格对 LCA 结果影响较大，故本次 LCA 结果只适用于三层气泡膜，五层以及更多层气泡膜的工艺与三层气泡不同，应该另行收集数据。
- 2、三层气泡膜的生产工艺相同，其中的少量添加剂略有不同。但是由于添加剂质量太小，所以在过程中可以忽略。所以本次 LCA 结果对于各种性能的三层气泡膜均适用。

7、研究结论及建议

- 1、由研究结果可得，全生命周期一吨气泡膜排放温室气体 $5.01 \times 10^3 \text{kg}$ ，初级能

源消耗 6.87×10^4 MJ，气泡膜生产过程中聚乙烯原材料对生命周期 GWP 和 PED 贡献最大，应着重改进工艺，减少能源消耗以及对环境的压力。

2、根据国家邮政局《中国快递领域绿色包装发展现状及趋势报告》，2015 年，我国快递业务量达到 206.7 亿件，全国共消耗了塑料袋 82.6 亿个，内部缓冲物 29.7 亿个。因为内部缓冲物包括气泡柱、气泡膜和泡沫，假设内部缓冲物中 1/3 为气泡膜，每个气泡膜约为 10g，2015 年使用的气泡膜将约为 9900 吨。据预测，到 2020 年，我国快递包装消耗量将达到快递运单 1,002.5 亿份，缓冲物 144.0 亿个，那么气泡膜的使用量将为 48000 吨。则相应的温室气体排放和初级能源消耗为 240480 吨， 3.2976×10^9 MJ。

3、除了本报告所讨论的情景，即采用无公害化或焚烧处理废弃的气泡膜之外，实际生活中由于垃圾分类实施不到位，气泡膜可能会和其他城市垃圾一起构成城市固体废弃物，部分城市固体废弃物会采用填埋的方式处理。以废弃塑料为例，1 万吨的废旧塑料侵占土地约 667 m^2 ，而 2020 年废弃的气泡膜约为 48000 吨，约侵占土地 3201.6 m^2 。而中国人均占有的土地面积只有世界人均数的 29%，大量垃圾侵占土地不仅加剧了土地资源紧张，而且浸出液会对地下水资源造成不可修复的损害。因此，加快强制性垃圾分类，提高气泡膜重复使用率，废弃阶段多采用无公害化处理，减少对水土资源的压力迫在眉睫。

4、目前，已使用过的快递包装，除快递运单对保管、存放和回收（销毁）有明确的规定外，其他种类的快递包装均没有统一的要求，而由企业或者消费者自行处理。快递包装所使用的塑料产品，填充物等直接废弃对环境和资源造成严重负担，因此相关部门应加快制定强制性标准和法规代替推荐性标准，从而真正减少快递垃圾的危害。

8、LCA 比赛心得

通过这次比赛，我们对 LCA 评价方法及 eFootprint 软件的操作方法有了一定的了解，通过企业实地调研加深了对气泡膜生产的认知，意识到包装使用的气泡膜对环境和能源产生的巨大压力。提高团队成员沟通协作的同时，也增强自身的环境意识。总体而言，LCA 比赛受益良多。