

济南泉华包装制品有限公司



# 产品碳足迹研究报告

液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）

# 目录

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 缩略词.....                    | 2         |
| 摘要.....                     | 3         |
| <b>1. 产品碳足迹介绍</b> .....     | <b>4</b>  |
| <b>2. 企业及产品介绍</b> .....     | <b>5</b>  |
| <b>3. 目标与范围定义</b> .....     | <b>6</b>  |
| 3.1 研究目的.....               | 6         |
| 3.2 研究范围.....               | 6         |
| 3.2.1 功能单位.....             | 7         |
| 3.2.2 系统边界.....             | 7         |
| 3.2.3 分配原则.....             | 7         |
| 3.2.4 取舍原则.....             | 7         |
| 3.2.5 相关假设和限制.....          | 8         |
| 3.2.6 影响类型和评价方法.....        | 8         |
| 3.2.7 软件和数据库.....           | 8         |
| 3.2.8 数据质量要求.....           | 9         |
| <b>4. 生命周期清单分析</b> .....    | <b>11</b> |
| 4.1 初级数据.....               | 12        |
| 4.2 次级数据.....               | 11        |
| <b>5. 生命周期影响评价</b> .....    | <b>13</b> |
| 5.1 碳足迹评价模型.....            | 14        |
| 5.2 碳足迹评价结果.....            | 14        |
| 5.3 生命周期阶段贡献分析.....         | 15        |
| <b>6. 结果解释</b> .....        | <b>15</b> |
| 6.1 重大问题的识别.....            | 15        |
| 6.2 完整性、敏感性、不确定性和一致性检查..... | 15        |
| 6.2.1 完整性检查.....            | 15        |
| 6.2.2 敏感性分析.....            | 16        |
| 6.2.3 不确定性分析.....           | 16        |
| 6.2.4 一致性.....              | 16        |
| 6.3 结论.....                 | 18        |
| 6.4 局限性和建议.....             | 18        |

## 缩略词

### 简称

### 全称

|                   |  |
|-------------------|--|
| IPCC              | Internation panel on climate change(联合国政府间气候变化专门委员会)             |
| CFP               | Carbon footprint of a product (产品碳足迹)                            |
| HFC               | Hydrofluoro Carbon(氢氟碳化物)  |
| PFC               | Perfluoro Carbon (全氟碳化物)   |
| CO <sub>2</sub> e | Carbon Dioxide Equivalent(二氧化碳当量)                                |
| LCA               | Life cycle assessment(生命周期评价)                                    |
| WBCSD             | World Business Council for Sustainable Development(世界企业可持续发展理事会) |
| ISO               | International Organization for Standardization(国际标准组织)           |
| PEF               | Product Environment Footprint(产品环境足迹)                            |
| GWP               | Global Warming Potential(全球暖化潜值)                                 |
| ELCD              | European Life Cycle Database(欧洲生命周期参考数据库)                        |
| USLCI             | United States Life Cycle Inventory(美国生命周期清单数据库)                  |

## 摘要

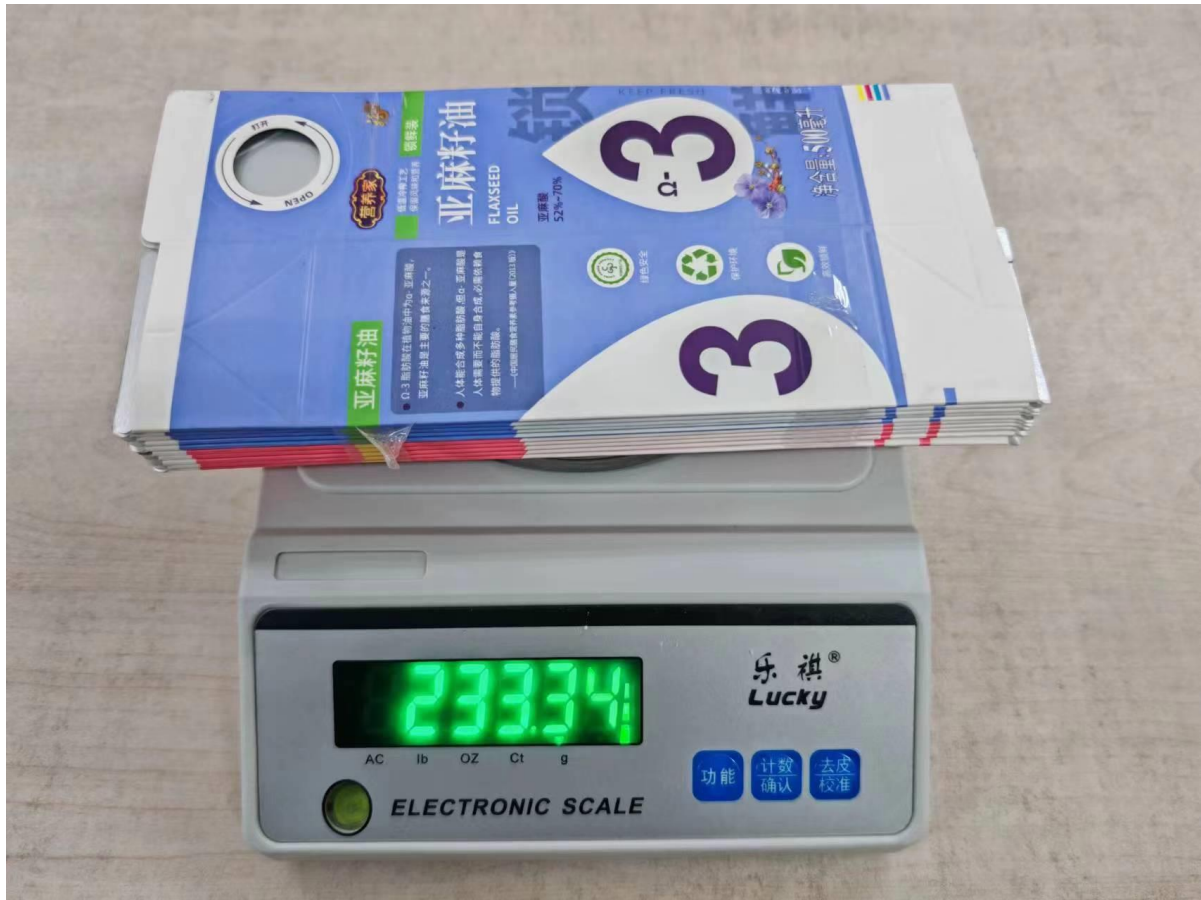
本研究的目的是根据生命周期评价 (LCA)方法，按照 ISO14040:2006、ISO14044:2006、ISO14067:2018 标准的要求，核算济南泉华包装制品有限公司“摇篮到坟墓”的碳足迹值。

根据各相关方沟通的需求，本研究的功能单位（声明单位）定义为：

1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）

研究的系统边界定义为“摇篮”到“坟墓”，其中涵盖了主要原材料的生产过程、运输、产品现场生产阶段。研究得到：

1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）的碳足迹值为 37.92 gCO<sub>2</sub>e，其中原材料获取阶段的碳足迹值为 6.06 gCO<sub>2</sub>e，生产阶段的碳足迹值为 15.66 gCO<sub>2</sub>e，成品运输阶段碳足迹为 2.82 gCO<sub>2</sub>e，最终废弃处置阶段碳足迹为 13.38 gCO<sub>2</sub>e。



注：称重产品为 10 个

## 1. 产品碳足迹介绍

近年来，“碳足迹”这个术语越来越广泛地在全世界范围内所使用。碳足迹通常是针对产品或服务，偶尔也会用在组织和项目甚至更广的对象上。产品碳足迹（**carbon footprint of a product, CFP**）是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产(或服务提供)、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。温室气体包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFCs)和全氟化碳(PFCs)等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量(CO<sub>2</sub>e)表示，单位为 kg CO<sub>2</sub>e 或者 g CO<sub>2</sub>e。特征化因子，即每种温室气体（kg CO<sub>2</sub>e/kg 气体）的全球变暖潜值（GWP<sub>100</sub>），通常采用联合国政府间气候变化专家委员会(IPCC)提供的值，目前这套因子被全球范围广泛使用。

在“低碳社会”、“低碳经济”受到广泛关注的今天，越来越多的企业通过产品碳足迹调查，帮助企业发现减少产品温室气体排放、实现节能减排的途径；同时也是一种促进绿色消费的重要手段，从而支持可持续的生产与消费。低碳产品对消费者有更强的吸引力，企业可以将产品碳足迹作为长期战略的组成部分，并以此与市场上同类产品形成区别，从而提高产品和企业的竞争力。此外，通过对产品碳足迹的评估和针对性的改进，可以提高企业和供应链在原材料使用和产品生产上的效率，这也有利于企业成本的降低。

产品碳足迹基于 LCA 的评价方法，将气候变化作为单一影响类别，只计算产品生命周期中的温室气体排放量。国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证。其中，国际标准化组织（ISO）发布的碳足迹国际标准 ISO14067:2018 最具权威性，也是本次碳足迹研究所遵循的准则。

## 2. 企业及产品介绍

济南泉华包装制品有限公司始建于 2000 年 7 月，位于济南市历城区仲宫镇龙山路北首，占地 70000 平方米，是由济南趵突泉酿酒有限责任公司与中国华卿有限公司共同出资创办的中港合资企业，年销售收入 6 亿元，拥有职工 500 余人。公司采用国际先进的环保型柔性版印刷技术，专业从事设计、制造、销售纸塑复合型屋顶盒；纸塑、纸塑铝复合纸等绿色环保型包装制品。

公司为山东省高新技术企业，拥有 20 余项专利，通过 ISO9001 质量管理体系认证、ISO14001 环境管理体系认证、FSSC22000 食品安全管理体系认证、FSC®森林产销监管链认证（FSC C153709）、职业健康认证体系、能源管理认证体系。荣获“山东省制造业高端品牌培育企业”、“山东省专精特新企业”、“山东省十强包装印刷企业”、“山东省包装行业优秀龙头企业”、“山东省质量管理先进企业”、“济南市制造业单项冠军企业”、“济南市绿色工厂”等荣誉；公司产品“泉华”品牌屋顶盒荣获“中华印制大奖”、“山东知名品牌”、“山东优质品牌”、“山东包装印刷金奖产品”等殊荣，市场占有率稳居国内无菌纸基屋顶盒行业第一名。

随着乳品被越来越多的消费者作为日常必备的营养食品，乳品包装的功能性需求愈加严格，“泉华”牌屋顶盒在乳品的保鲜、安全、环保回收利用、运输便利及饮用便利性方面具有卓越的优势，能够完全满足乳品的食品安全与包装推介、使用便利、运输轻便安全的功能性需求。公司始终执行国际一流标准严格管控原材料采购、生产过程检测、半成品检测、成品质量检测等环节，主要生产设备和原材料均由国外进口，制造工艺精湛，设计、检测仪器齐全，控制措施完备，生产加工车间配备先进的冷暖中央空调和空气净化系统，是标准化的洁净厂房，专注提升产品的质量与品质，为公司的产品研发、质量安全提供了有力的保障。

公司研发的高阻隔多层复合淋膜纸工艺和关键技术，打破了国内乳品、果汁、调味品、食用油等领域“新鲜屋”包装被美国等欧美企业垄断的局面，填补了国内相关领域食品保鲜纸基复合材料完全依赖进口的空白，实现了国产材料的完全替代，补齐了保鲜型纸基复合材料的短板。高阻隔多层复合淋膜纸关键技术的突破，解决了食用油、酱油、醋、酒类等强渗透性食品只能依赖玻璃瓶、塑料桶等包装材料的技术难题，实现了纸基材料在相关领域的应用，可以大幅降低包装物碳足迹，为我国“碳达峰、碳中和”目标的实现助力。

本次研究对象产品：

| 产品名称  | 状态       | 产品照片   |
|-------|----------|--|
| ALPET | 包装盒（不含盖） |  |

### 3.目标与范围定义

#### 3.1 研究目的

本研究的目的是按照 ISO14040:2006、ISO14044:2006、ISO14067:2018 标准的要求，评估济南泉华包装制品有限公司的液体食品保鲜包装用纸基复合材料(屋顶包，新材料)(500ml)包装盒的碳足迹。为企业自身的产品设计、物料采购、生产管控等提供可靠的碳排放信息，也为企业建立碳中和品牌，践行国家“绿色制造”战略，申报绿色工厂和绿色产品等做好准备。

研究的结果将为认证方、企业、产品设计师、采购商及消费者提供有效的信息沟通。研究结果的潜在沟通对象面向的群体有：济南泉华包装制品有限公司的管理人员、产品设计师，产品的采购商和消费者，以及企业的外部利益相关者，如原材料供应商，政府部门和环境非政府组织等。

研究获得的数据信息还可用于以下目的：

- 产品生态设计/绿色设计；
- 同类产品对比；
- 绿色采购和供应链决策；
- 申报绿色工厂。

#### 3.2 研究范围

本项目碳足迹核算依据国际标准如下：

- ISO14067:2018 温室气体-产品碳足迹-量化与交流的要求与指南
- ISO14040:2006 环境管理生命周期评价原则与框架
- ISO14044:2006 环境管理生命周期评价要求与指南

按照 ISO14067:2018、ISO14040:2006、ISO14044:2006 标准的要求，研究范围需要明确评估对象的功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、相关假设、影响评价方法和数据质量要求等。在下列章节中分别予以说明。

### 3.2.1 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，以及后续企业披露产品的碳足迹信息，或将本研究结果与其他产品的环境影响做对比，本研究声明单位定义为：1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）。

### 3.2.2 系统边界

本次研究的系统边界为“摇篮”到“坟墓”，包括原材料获取阶段、原料运输阶段、生产阶段、成品运输和最终废弃处置阶段。系统边界详见图 1。

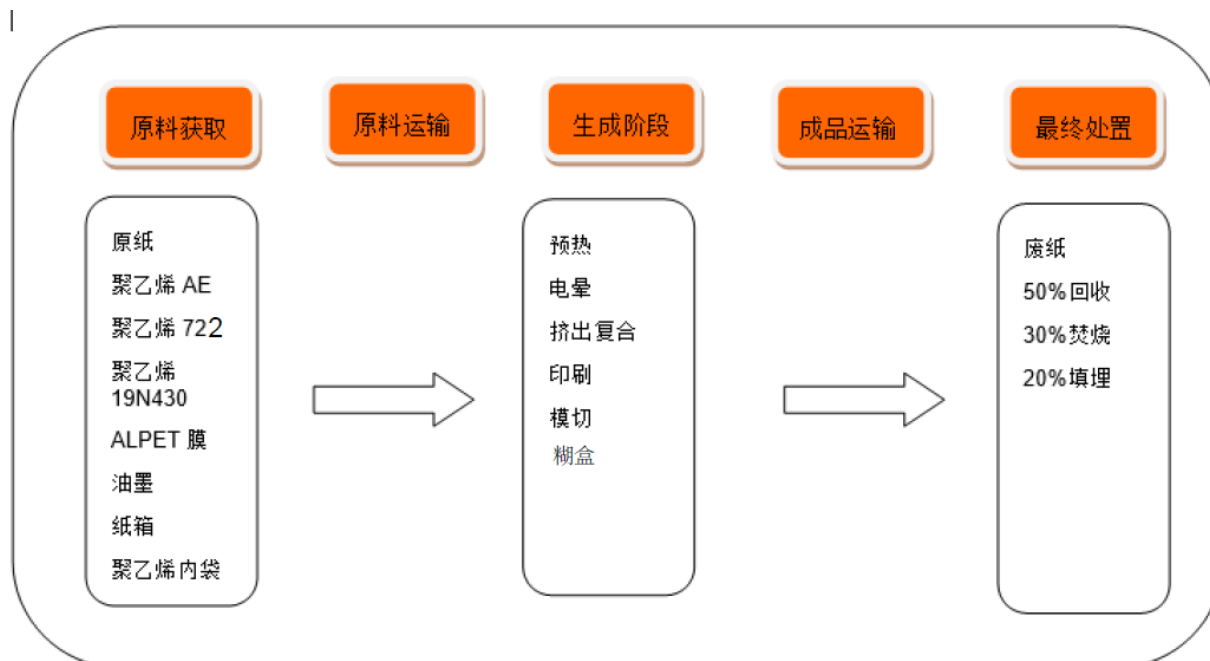


图 1. 系统边界

### 3.2.3 分配原则

许多过程常不只一个功能或输出，过程的环境负荷需要分配到不同的功能和输出中，ISO 相关标准对分配有具体规定，包括 a.避免分配；b.以物理因果关系为基准分配环境负荷；c.使用社会经济学分配基准。

本次研究不涉及分配。

### 3.2.4 取舍原则

根据对国内外各类产品 LCA 研究的调研分析，并参考欧盟发布的产品环境足迹 (Product Environment Footprint, PEF) 指南中对取舍准则的要求，基本的取舍原则有：a.



基于输入/输出占比：舍去质量或能量输入/输出小于总质量或能量 1%的输入/输出，但总的舍去产品投入比例不超过 3%。但是，对于质量虽小，但生命周期环境影响大的物质，则不可以舍弃，例如稀有金属、温室气体、有害物质等；b.基于环境影响的比重：以类似投入估算，排除实际影响较小的输入/输出。对于碳足迹，如果单个输入/输出占总碳足迹 <1%，则此输入/输出可从系统边界中舍去；c.忽略生产资料与基础设施。

### 3.2.5 相关假设和限制

在生命周期评价过程中，会出现数据缺失或情景多样化的情况，生命周期评价执行者需要明确相关假设和限制。

假设 1：生产过程产生的废纸可回收造纸，进入下一功能单元，相应排放量不在本功能单元计算。

假设 2：产品使用后回收处置，假设 50%进行回收利用、30%进行焚烧处置、20%进行填埋处置。

### 3.2.6 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究选择对产品生命周期的全球变暖潜值(Global Warming Potential, GWP)进行分析，因为 GWP 是用来量化产品“碳足迹”的环境影响指标。

碳足迹量化评价方法的选用考虑方法符合 ISO14067:2018、ISO14040:2006、ISO14044:2006 标准的要求，并考虑方法的科学性、特征化因子的可获得性以及方法的适用性，表 1 展示了环境影响及评价模型。

表 1. 环境影响类型及评价模型

| 环境影响类型 | 评价模型               | 贡献物质                                    | 影响类型参数           | 单位                   | 方法来源       | 影响类型特点  |
|--------|--------------------|---|------------------|----------------------|------------|---------|
| 气候变化   | 伯尔尼模型-100年内的全球变暖潜值 | CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、CFC 等 | 全球变暖潜势 (GWP 100) | kg CO <sub>2</sub> e | IPCC, 2021 | 全球性影响类型 |

全球变暖潜值(GWP)：IPCC 第六次评估报告(2021 年)提出的方法来计算产品生命周期的 GWP 值，IPCC(2021)方法中涵盖了多种特征化物质，包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)，甲烷(CH<sub>4</sub>)，氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)，四氟化碳(CF<sub>4</sub>)，六氟乙烷(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)，六氟化硫(SF<sub>6</sub>)，氢氟碳化物(HFC)和哈龙等。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO<sub>2</sub> 当量(CO<sub>2</sub>e)。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 27.9kg 二氧化碳排放对全

球变暖的影响，因此以二氧化碳当量(CO<sub>2</sub>e)为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kg CO<sub>2</sub>e。

### 3.2.7 软件 and 数据库

在研究中，Simapro9.5 软件被用来建立产品的生命周期模型，计算碳足迹结果。Simapro 是由荷兰 Pre Consultant 公司研发的专业 LCA 软件，支持全生命周期过程分析，其中内置了瑞士的 Ecoinvent 数据库、欧洲生命周期参考数据库(ELCD)以及 Agri-footprint、USLCI 等多个数据库。本研究中，使用了 Ecoinvent、ELCD 数据库中的数据

集。Ecoinvent 数据库由瑞士生命周期研究中心开发，包括西欧、瑞士、中国等地区的数据，该数据库包含 10000 条以上的产品和服务数据集，涉及化工、能源、运输、建材、电子、纸浆和纸张，废物处理和农业活动等。<http://www.Ecoinvent.org>

欧洲生命周期参考数据库(ELCD)由欧盟研究总署开发，其核心数据库包含超过 300 个数据集，其清单数据来自欧盟行业协会和其他来源的原材料、能源、运输、废物管理数据。<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetCategories.vm>

### 3.2.8 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

- 数据完整性：依据取舍原则；
- 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间的代表性；
- 一致性：定性评估研究方法是否统一应用于敏感性分析的各个组成部分；
- 精度：测量每个数据值的可变性（例如方差）。

为了准确的评估数据质量，在 SimaPro 中使用所谓的系谱矩阵（最初由 Weidema (1996) 开发）来估计几何标准偏差。每个数据点根据五个标准加上基本不确定因素（取决于数据类型）进行评估。使用以下等式计算 95%置信区间或平方几何标准偏差：

$$U^2 = \sum_{n=1}^5 U_n^2$$

因子  $U_1^2$  至  $U_5^2$  是指（1）可靠性、（2）完整性、（3）时间相关性、（4）地理相关性、（5）技术相关性（见表 2）。

表 2. 数据质量（不确定度）得分表

|    |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|
| 分数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|---|

|             |                               |                                 |                                       |  |                            |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------------|
| U1<br>可靠性   | 检验数据基于测量                      | 检验数据部分基于假设或者未证实数据基于测量           | 未证实数据部分基于合格的评估                        | 合格的评估（像工业专家）；数据来源理论信息（化学计量、焓等）         | 不合格评估                      |
|             | 1.00                          | 1.05                            | 1.10                                  | 1.20                                   | 1.50                       |
| U2<br>完整性   | 代表性数据来自所考虑市场的所有相关站点，一定时期内平稳波动 | 代表性数据来自所考虑市场的>50%相关站点，一定时期内平稳波动 | 代表性数据来自所考虑市场的<<50%相关站点，或者更短时期内>50%站点  | 代表性数据来自所考虑市场的一个站点或者更短时期内的一些站点          | 代表性未知，或者数据来源于更短时间的少量站点     |
|             | 1.00                          | 1.02                            | 1.05                                  | 1.10                                   | 1.20                       |
| U3<br>时间相关性 | 与参考年份相差少于3年                   | 与参考年份相差少于6年                     | 与参考年份相差少于10年                          | 与参考年份相差少于15年                           | 数据年龄未知，或与参考年份相差大于15年       |
|             | 1.00                          | 1.03                            | 1.10                                  | 1.20                                   | 1.50                       |
| U4<br>地域相关性 | 数据来源于正在研究的区域                  | 平均数据来源于包括正在研究区域以内的更大区域          | 数据来源比正在研究更小的区域或者相似区域                  | 数据来源于有相似生产状况的区域                        | 数据来源于未知区域或者明显不同的区域         |
|             | 1.00                          | 1.01                            | 1.02                                  | 1.05                                   | 1.10                       |
| U5<br>技术相关性 | 数据来源于正在研究二点企业，流程和材料（例如相同的技术）  | 数据来源于相同技术，不同企业的流程和材料            | 数据来源与同一技术的相关流程或者材料，或者正在研究的流程和材料但是不同技术 | 数据来源于不同技术的相关流程和材料，或者数据来源于实验室规模的流程和相同技术 | 数据来源于实验室规模不同的技术的相关的相关流程和材料 |
|             | 1.00                          | 1.05                            | 1.20                                  | 1.50                                   | 2.00                       |

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中原始数据首选现场特定数据；当无法收集现场特定数据时，使用非现场特定数据且经过第三方审查的原始数据。

二手数据大部分选择来自 Ecoinvent 数据库，少量来自 ELCD、Industry data 2.0 数据库，这些数据库中的数据是经严格审查，并广泛应用于国际上的 LCA 研究。

## 4.生命周期清单分析

本研究的生命周期数据包括初级数据和次级数据。

初级数据：由济南泉华包装制品有限公司工作人员收集提供。

次级数据：来自 Ecoinvent、ELCD 和 Industry data 2.0 数据库。这些数据属于“从摇篮到坟墓”类别。

### 4.1 初级数据

初级数据由公司员工收集并提供。原始数据通过现场调查按照“门到门”的方法收集。本研究收集的数据是生产现场一年的统计数据。

原材料消耗量，生产过程能耗数据、用水量等生产记录数据由收集人员根据公司统计数据提供。

时间代表性：2022.11.01-2023.11.30 统计数据

地理代表性：济南泉华包装制品有限公司，位于济南市历城区仲宫镇龙山路北首

技术代表性：多层复合淋膜纸

表 3 ALPET 生成过程的活动数据

| 阶段     | 输入      |         |     | 单元过程 | 输出      |           |     |
|--------|---------|---------|-----|------|---------|-----------|-----|
|        | 基本流/产品流 | 数据      | 单位  |      | 基本流/产品流 | 数据        | 单位  |
| 原料获取阶段 | 原纸      | 17      | 克   | 多层复合 | ALPET盒  | 1         | 个   |
|        | 聚乙烯     | 1.8196  | 克   |      | 焚烧      | 4.55E-5   | kg  |
|        | ALPET膜  | 6.0295  | 克   |      | 填埋      | 7.44E-8   | kg  |
| 辅料     | 油墨      | 0.07551 | 克   |      | 废弃物运输   | 0.0003    | tkm |
|        | 纸箱      | 2.03    | 克   |      | 产品最终废弃  |           |     |
|        | 聚乙烯内袋   | 0.1218  | 克   |      | 回收      | 23.33*50% | g   |
| 运输     | 公路运输    | 0.02099 | tkm |      | 填埋      | 23.33*20% | g   |
| 生产阶段   | 电       | 0.0153  | Kwh |      | 焚烧      | 23.33*30% | g   |
| 成品运输   | 公路运输    | 0.03155 | tkm |      |         |           |     |

### 4.2 次级数据

公司收集到的初级数据，从 LCA 原理的角度看，很多都属于中间流数据而非基本流数据，所以需要从数据库查找这些物料或能源的生命周期清单数据。次级数据大多来自

Ecoinvent 3.8，如果可能的话，使用的是中国本地数据。但是，数据库中往往也没有与实际物料完全对应的物料，只能以近似物质和生产加工过程来替代。查找结果见下表。这意味着以其他过程来替代了产品生命周期的实际过程，导致代表性存在不同程度的不确定性。

表 4 次级数据来源

| 材料名称    | 数据库数据   | 数据来源         |
|---------|---|--------------|
| 原纸      | Liquid packaging board {GLO}  market for   APOS, S  | Ecoinvent3.8 |
| 白卡纸板    | 0.746   | 供应商提供        |
| 聚乙烯     | Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   APOS, S<br>Packaging film, low density polyethylene {GLO}  market for   APOS, S<br>Injection moulding {GLO}  market for   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| ALPET 膜 | Aluminium oxide, metallurgical {CN}  aluminium oxide production   APOS, S<br>Packaging film, low density polyethylene {GLO}  market for   APOS, S<br>PET film (production only) E<br>Injection moulding {GLO}  market for   APOS, S | Ecoinvent3.8 |
| 油墨      | Printing ink, offset, without solvent, in 47.5% solution state {RoW}  market for printing ink, offset, without solvent, in 47.5% solution state   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 纸箱      | Corrugated board box {RoW}  market for corrugated board box   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 聚乙烯内袋   | Packaging film, low density polyethylene {GLO}  market for   APOS, S<br>Injection moulding {GLO}  market for   APOS, S  | Ecoinvent3.8 |
| 公路运输    | Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RoW}  market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 电       | Electricity, medium voltage {CN}  market group for   APOS, S  | Ecoinvent3.8 |
| 废物焚烧    | Hazardous waste, for incineration {RoW}  market group for hazardous waste, for incineration   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 废水处理    | Municipal solid waste {RoW}  treatment of, sanitary landfill   APOS, S  | Ecoinvent3.8 |
| 废纸回收    | Waste paperboard, unsorted {RoW}  market for waste paperboard, unsorted   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 废纸焚烧    | Waste paperboard {GLO}  treatment of waste paperboard, open burning   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |
| 废纸填埋    | Waste paperboard {RoW}  treatment of, inert material landfill   APOS, S   | Ecoinvent3.8 |

## 5.生命周期影响评价

### 5.1 碳足迹评价模型

研究采用 SimaPro 9.5 软件进行模型建立（IPCC 2021 GWP 100 CO2 uptake）。

#### ALPET-建模

ALPET碳足迹

| 原料/組裝       | 数量 | 单位 |
|-------------|----|----|
| ALPET生产过程排放 | 1  | p  |
| ALPET原料获取排放 | 1  | p  |
| 成品运输排放      | 1  | p  |
| 最终废弃阶段排放    | 1  | p  |

#### ALPET-原料阶段

| 原料/組裝   | 数量      | 单位  | 分佈    | SD^2 或 最/ 最大 | 注释           |
|---|---------|-----|-------|--------------|--------------|
| 原纸  | 17      | g   | 未定义   |              |              |
| 聚乙烯   | 1.8196  | g   | 未定义   |              |              |
| ALPET膜  | 6.0295  | g   | 未定义   |              |              |
| 油墨  | 0.07551 | g   | 未定义   |              |              |
| 纸箱  | 2.03    | g   | 未定义   |              |              |
| 内袋  | 0.1218  | g   | 未定义   |              |              |
| (在这里插入行)  |         |     |       |              |              |
| 製造工序  | 数量      | 单位  | 分佈    | SD^2 或 最/ 最大 | 注释           |
| Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RoW}  market for trans | 0.02099 | tkm | 对数正态的 | 1.05         | (1,1,1,1,na) |

#### ALPET -生产阶段

| 原料/組裝   | 数量      | 单位  | 分佈    | SD^2 或 最/ 最大 | 注释           |
|---|---------|-----|-------|--------------|--------------|
| 焚烧  | 4.55E-5 | kg  | 未定义   |              |              |
| 填埋  | 7.44E-8 | kg  | 未定义   |              |              |
| (在这里插入行)  |         |     |       |              |              |
| 製造工序  | 数量      | 单位  | 分佈    | SD^2 或 最/ 最大 | 注释           |
| Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RoW}  market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6   APOS, S | 0.0003  | tkm | 对数正态的 | 1.05         |              |
| Electricity, medium voltage {CN}  market group for   APOS, S  | 0.0153  | kWh | 对数正态的 | 1.05         |              |
| 成品运输排放  |         |     | 非     |              |              |
| (在这里插入行)  |         |     |       |              |              |
| 製造工序  | 数量      | 单位  | 分佈    | SD^2 或 最/ 最大 | 注释           |
| Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RoW}  market for trans   | 0.03155 | tkm | 对数正态的 | 1.05         | (1,1,1,1,na) |

最终废弃阶段排放

非

| 原料/組裝 | 数量               | 单位 | 分佈 | SD^2 或 |
|-------|------------------|----|----|--------|
| 废纸焚烧  | 23.33*0.3 = 7    | g  |    |        |
| 废纸回收  | 23.33*0.5 = 11.7 | g  |    |        |
| 废纸填埋  | 23.33*0.2 = 4.67 | g  |    |        |

### 5.2 碳足迹评价结果

研究采用 SimaPro 9.5 软件进行碳足迹计算，分析得出：

**1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）的碳足迹结果（单位 kgCO<sub>2</sub>e）：**

| 选定                                  | 影响类别                            | 单位                     | 共计       | ALPET生产过程排放 | ALPET原料获取排放 | 成品运输排放   | 最终废弃阶段排放 |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | GWP100 - fossil                 | kg CO <sub>2</sub> -eq | 0.0807   | 0.0158      | 0.0608      | 0.00282  | 0.00126  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | GWP100 - biogenic               | kg CO <sub>2</sub> -eq | 0.0438   | 3.1E-5      | 0.0317      | 1.67E-5  | 0.0121   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | GWP100 - land transformation    | kg CO <sub>2</sub> -eq | 0.000203 | 1.9E-6      | 0.000199    | 8.84E-7  | 5.78E-7  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | GWP100 - CO <sub>2</sub> uptake | kg CO <sub>2</sub> -eq | -0.0868  | -0.000164   | -0.0866     | -1.11E-5 | -9.79E-6 |

即：1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）的碳足迹值为 37.92 gCO<sub>2</sub>e，其中原材料获取阶段的碳足迹值为 6.06 gCO<sub>2</sub>e，生产阶段的碳足迹值为 15.66 gCO<sub>2</sub>e，成品运输阶段碳足迹为 2.82 gCO<sub>2</sub>e，最终废弃处置阶段碳足迹为 13.38 gCO<sub>2</sub>e。

### 5.3 生命周期阶段贡献分析

根据 5.2 的数据，按照产品各生命周期阶段，对各阶段的碳足迹及贡献做图分析，见图 2。

**1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）碳足迹分布：**

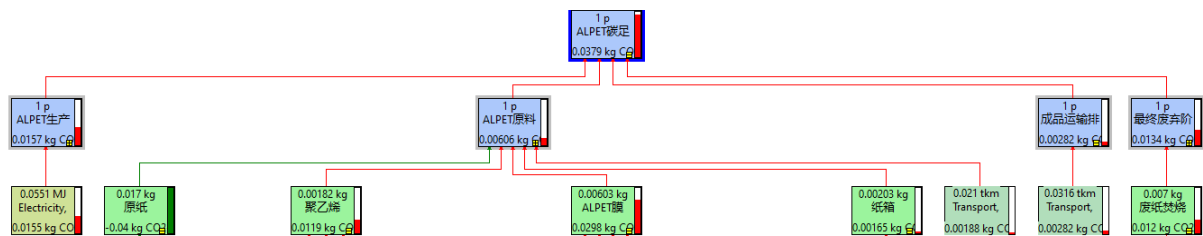


图 2. 1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）碳足迹分布图(数值)



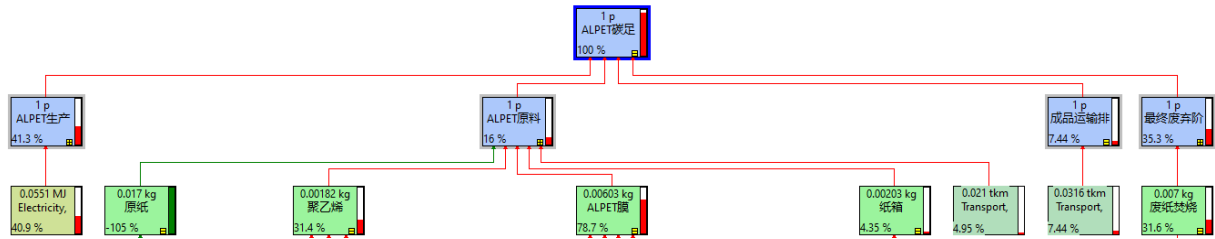


图 3. 1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）碳足迹分布图（百分比）

由图 2 和图 3 可知，ALPET 碳足迹贡献前三项分别是原料 ALPET 膜获取阶段，其次是生产过程用电和产品最终废弃阶段焚烧过程的碳足迹贡献。

## 6.结果解释

根据ISO14040:2006、ISO14044:2006、ISO14067:2018对生命周期结果解释的要求，该阶段主要包含的内容有：对重大问题的识别，进行完整性、敏感性、不确定性和一致性检查，最后提出结论、局限性和建议。

### 6.1 重大问题的识别

影响评价章节对：1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）的碳足迹做了贡献分析，章节 5.2 和 5.3 从生命周期阶段分析了产品的碳排放，对主要问题分析如下：

按照生命周期阶段贡献结果来看，产品碳足迹主要来自原料获取阶段。

### 6.2 完整性、敏感性、不确定性和一致性检查

#### 6.2.1 完整性检查

按照 ISO14067:2018 的要求，实施了全生命周期的完整性检查，包括：

产品生命周期过程的完整性(摇篮到坟墓)；

——本研究界定的系统边界为摇篮到坟墓。系统边界包括原材料阶段、产品制造阶段。研究的原始数据包括材料消耗和运输，二手数据被设定为“从摇篮到坟墓”。生命周期模型和分析方法符合目标和范围定义中的系统边界。

是否包括产品的原材料和能量投入；

所收集的现场特定数据包括生产该产品所需的原材料、能源数据、资源数据和材料的运输数据。原始数据的收集已经完成。

根据完整性检查结果，本研究的生命周期环境影响分析与确定的研究目标一致，原始和辅料数据的收集完整。

#### 6.2.2 敏感性分析

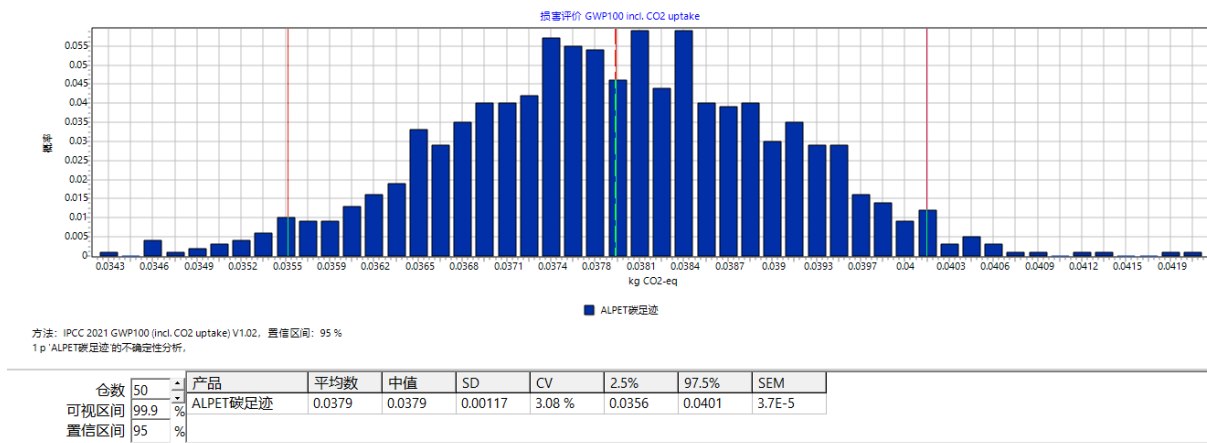
根据 ISO 14044:2006，敏感性分析的定义是对评估方法和数据选择对 CFP 研究结果影响的系统程序。

本次研究中，没有需要开展敏感性分析的方法和数据选择，所以无需开展敏感性分析。

### 6.2.3 不确定性分析

数据质量会带来环境影响的不确定性，为了评估数据质量对结果的不确定性，采用蒙特卡罗模拟方法确定了环境影响的范围，置信区间 95%。

液体食品保鲜包装用纸基复合材料(屋顶包，新材料)(500ml)包装盒(ALPET)不确定分析结果：



### 6.2.4 一致性

按照 ISO14044:2006 标准的要求，应从以下几个方面进行一致性检查：

a)在产品系统生命周期和不同产品系统之间的数据质量差异是否与研究的目标和范围一致？

参考初级和次级数据。

b)区域和/或时间差异(如果有的话)是否一致地应用？

在地理分布上，根据产品原材料来源调查，产品消费的主要原材料集中在中国，但研究使用的数据集大多来自全球平均水平；在地域代表性和实际代表性上存在着差异。在时间表示上，大部分数据集为 2023 年的平均数据，基本可以代表实际生产水平。

c)分配规则和系统边界一致应用于所有产品系统吗？

原始数据涵盖原材料获取和产品生产加工阶段，二手数据的系统边界为“从摇篮到坟墓”，与定义的系统边界一致。

d)影响评估的要素是否被一致应用？

本研究中所应用的影响评价模型是 IPCC2021 评价模型，方法的选用主要考虑符合国际标准 ISO14044:2006、ISO14067:2018 的要求。

### 6.3 结论

本研究获得了 1 个液体食品保鲜包装用纸基复合材料（屋顶包，新材料，500mL，阻隔材料：ALPET）的碳足迹值，研究获得的碳足迹值代表济南泉华包装制品有限公司 2022.11.01-2023.11.30 的实际生产水平，结果可用于产品的碳足迹认证，产品绿色设计。

本研究按照 ISO14040:2006、ISO14044:2006、ISO14067:2018 的要求来执行，检查了研究的完整性、敏感性、一致性，确保提供的数据对企业、第三方机构、其他环境管理机构以及公众而言具较为可靠地评价结论。

### 6.4 局限性和建议

本研究的局限性有两方面，一是将气候变化作为单一影响类别，二是与方法相关的限制。

CFP 可以是影响“气候变化”关注领域的产品生命周期的一个重要环境方面。产品的生命周期可能会对其他相关领域（例如资源枯竭、空气、水、土壤和生态系统）产生影响。除了气候变化之外，LCA 还可以涵盖与产品生命周期相关的更多关注领域。LCA 的一个目标是允许就环境影响做出明智的决定。归因于 CFP 的气候变化只是产品生命周期可能产生的多种环境影响之一，不同影响的相对重要性可能因产品而异。在某些情况下，尽量减少单一环境影响的行动可能会导致其他环境方面产生的更大影响（例如，减少水污染的活动可能导致产品生命周期中温室气体排放量的增加，而使用生物质减少温室气体排放会对生物多样性产生负面影响）。仅基于单个环境问题的有关产品影响的决策可能与与其他环境问题相关的目标和目标相冲突。CFP 或部分 CFP 不应成为决策过程的唯一组成部分。

CFP 是基于 LCA 方法计算的。ISO 14040 和 ISO 14044 解决了其固有的限制和权衡。这些包括建立功能或声明的单元和系统边界、适当数据源的可用性和选择、分配程序和关于运输、用户行为和报废情景的假设。某些所选数据可能仅限于特定地理区域（例如国家电网）和/或可能随时间变化（例如季节性变化）。还需要价值选择（例如选择功能或声明的单元或分配程序）来模拟生命周期。这些方法上的限制会对计算结果产生影响。因此，量化 CFP 的准确性有限，也难以评估。