



# 生物柴油产品 碳足迹核算报告

编制单位：中认武汉华中创新技术服务股份有限公司

2024-4-29



## 目录

1 生命周期评价与产品碳足迹.....	1
2 目标与范围定义 .....	1
2.1 核查目的.....	1
2.2 核查范围.....	2
2.3 数据取舍原则 .....	3
2.4 数据质量要求 .....	4
2.5 软件和数据库 .....	5
3 数据收集及计算结果.....	6
3.1 原材料获取阶段 .....	6
3.2 原材料运输阶段 .....	6
3.3 产品生产阶段.....	7
4 产品碳足迹结果分析.....	7
5 生命周期解释.....	8
5.1 假设和局限性.....	8
5.2 数据质量评估.....	8
6 结论.....	10

## 1 生命周期评价与产品碳足迹

生命周期评价方法（Life Cycle Assessment, LCA）是系统化、定量化评价产品生命周期过程中资源环境效率的标准方法，它通过对产品上下游生产与消费过程的追溯，帮助生产者识别环境问题所产生的阶段，并进一步规避其在产品不同生命周期阶段和不同环境影响类型之间进行转移。国内外很多行业都开展了产品 LCA 评价，用于行业内企业的对标和改进、行业外部的交流，并为行业政策制定提供参考依据。

产品碳足迹（Product Carbon Footprint, PCF）是指某个产品在其生命周期过程中所释放的直接和间接的温室气体总量，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终再生利用/处置等多个阶段的各种温室气体排放的累加。产品碳足迹已经成为一个行之有效的定量指标，用于衡量企业的绩效，管理水平和产品对气候变化的影响大小。

## 2 目标与范围定义

### 2.1 核查目的

产品生命周期评价和碳足迹核查作为生态设计和绿色制造实施的基础，近年来已经成为人们研究和关注的热点。开展生命周期评价和碳足迹核查能够最大限度实现资源节约和温室气体减排，对于行业绿色发展和产业升级转型、应对出口潜在的贸易壁垒而言，都是很有价值和意义的。

本项目按照 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》、ISO14067:2018《温室气体产品碳足迹量化的要求和指南》的要求，因生物柴油产品被最终利用的详细信息无法获得，故建立生物柴油产品从原材料生产到产品出厂的生命周期模型，编写碳足迹核查报告，结果和相关分析可用于以下目的：

- 得到产品的生命周期碳足迹指标结果，用于企业比较不同工艺下产品的碳排放情况，选择更为环境友好的工艺技术。

- 报告可用于下游绿色设计与供应链绿色制造，可根据生命周期碳足迹指标选择更为低碳的产品。
- 报告可用于市场宣传，展示本企业产品在碳排放方面的优势，为行业企业绿色采购提供支持。

## 2.2 核查范围

### 2.2.1 功能单位

本次研究的产品为湖北碧美生产的生物柴油。该产品是废动植物油脂与甲醇经酯化、酯交换化学合成后，在经多级蒸馏提纯装置提纯得到的碳 12-18 精品脂肪酸甲酯，主要用于柴油机燃料的调合，其硫含量低，燃烧性能好，与柴油调和可降低有害气体排放，不损伤发动机，是环境友好型可再生生物燃料。为了核查数据准确性，本次研究的功能单位定义为：每吨生物柴油。



图 1 生物柴油实物图

### 2.2.2 核查指标

本项目通过对碳足迹指标的核查，旨在帮助本公司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生产的重要手段，从而支持可持续的生产与消费。通过对产品碳足迹的核查，为本公司评估和实施有针对性的改进提供基础数据。

碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体总量排放，用二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>-eq）表示，单位为 kgCO<sub>2</sub>-eq 或者 gCO<sub>2</sub>-eq。常见的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（HFC）、全氟化碳（PFC）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）、和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）等。

### 2.2.3 系统边界

本项目核查的系统边界包括上游原辅材料、原辅材料的运输、能源的生产阶段和异植物醇产品生产阶段，因该产品被最终利用的详细信息涉及国家机密而无法获得，故产品的生命周期系统边界属从“摇篮到大门”的类型，不包含该产品的使用和废弃回收阶段。

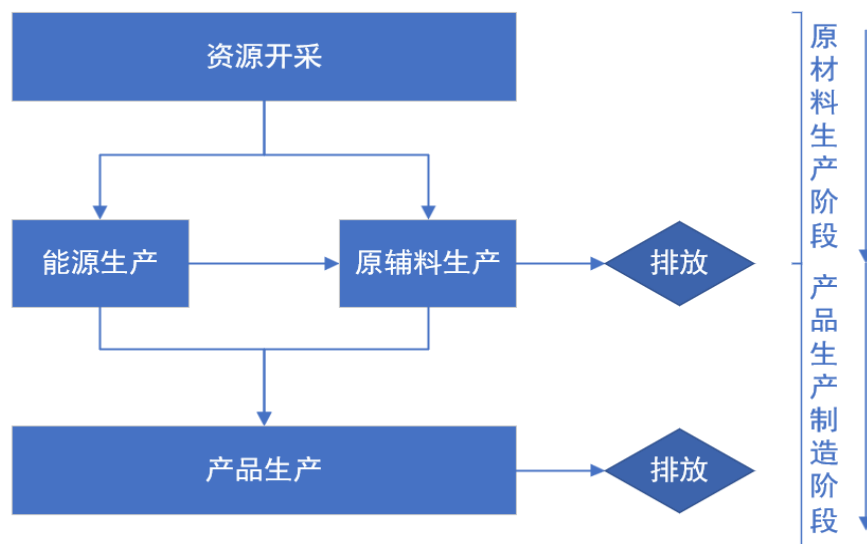


图 2 本项目核查的系统边界图

### 2.3 数据取舍原则

在选定系统边界和指标的基础上，应规定一套数据取舍准则，忽略对评价结果影响不大的因素，从而简化数据收集和评价过程。本研究取舍准则如下：

- 1) 原则上可忽略对碳足迹结果影响不大的能耗、原辅料、使用阶段耗材等消耗。例如，小于产品重量 1% 的普通消耗可忽略，而含有稀贵金属（如金银铂钾等）

或高纯物质（如纯度高于 99.99%）的物耗小于产品重量 0.1%时可忽略，但总共忽略的物耗推荐不超过产品重量的 5%；

2) 道路与厂房等基础设施、生产设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，可忽略；

3) 低价值废物作为原料，如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等，忽略其上游生产数据。

## 2.4 数据质量要求

数据质量评估的目的是判断碳足迹核查结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。本研究数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。

- 地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与研究结论的适用性密切相关。
- 时间代表性：应优先选取与研究基准年接近的企业、文献和背景数据库数据。
- 技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。

2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。

- 模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对碳足迹指标影响超过 5%的物料）应尽量调查其生产过程：在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。未能调查的重要原辅料需在报告中解释和说明。
- 背景数据库完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的数百种主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性。

3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

- 实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据。所有数据将被详细记录从相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。
- 背景数据库可靠性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平均的生产技术水平。
- 数据可靠性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并应在报告中解释和说明。

4) 一致性：所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应在报告中解释和说明。

## 2.5 软件和数据库

本研究采用 **Gabi** 软件系统，建立了生命周期模型，并计算得到 **LCA** 结果。**GaBi** 软件是一款依照 **LCA**（生命周期评价）方法论原则设计的一款环境影响分析软件，由德国斯图加特大学 **LBP** 研究所和 **PE** 公司共同研发。**GaBi** 具有数据集含量世界第一、图形界面透明性和灵活性等特点。提供了根据生命周期评价和生命周期工程的各项阶段进行系统评价或分布评价的手法、解释与劣势分析以及敏感性分析能够应用于产业界、研究领域和环境咨询领域。**Gabi** 软件系统支持全生命周期过程分析，并内置了由 **thinkstep** 创建的 **GaBi** 数据库、瑞士的 **Ecoinvent** 数据库和 **US** 的 **LCI** 数据库。其中，由 **thinkstep** 创建的 **GaBi** 数据库包含超过 7000 条可使用的生命周期清单，是业界最大的内部一致性 **LCA** 数据库。此外，计算过程部分数据来源还参考了中国生命周期数据库 **CLCD**，**CLCD-China** 数据库包括中国国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，并仍在不断扩展。

### 3 数据收集及计算结果

根据公司工程部提供的产品原材料清单、收集的生产过程的能源消耗数据和部分原料的文献调研数据，在 Gabi 软件系统中建立了每吨异植物醇产品的生命周期模型。

#### 3.1 原材料获取阶段

异植物醇产品的主要原辅料包括废弃动植物油脂、甲醇、甲基磺酸催化剂、片碱催化剂。其中废弃动植物油脂属于资源综合利用原料，因此本次核算采用保守原则，法尼烯的碳排放因子选为 0；其他排放因子通过 GaBi 数据库获得。每吨生物柴油产品原材料获取阶段的碳足迹贡献结果如下表所示。

表 1 生物柴油原材料获取阶段的碳足迹贡献结果

序号	原材料	每吨产品消耗量	碳足迹	贡献比
单位	-	kg	kgCO <sub>2</sub> -eq	%
1	废弃动植物油脂	1099	0.000	0.00
2	甲醇	142.86	94.288	81.71
3	甲基磺酸	7.69	12.381	10.73
4	片碱（氢氧化钠）	5.49	8.729	7.56
	总计		115.40	100

#### 3.2 原材料运输阶段

该产品原材料均为汽车运输至湖北碧美，废弃动植物油脂来自于荆州地区各个县市，甲醇购自荆门，甲基磺酸催化剂购自福建龙岩，片碱催化剂购自武汉市。其原材料组成及原材料运输阶段的碳足迹贡献结果如下表所示。



表 2 异植物醇产品组成及原材料运输阶段的碳足迹贡献结果

序号	部件	每件重量	运输方式	运输距离	碳足迹	贡献比
单位	-	kg	-	km	kgCO <sub>2</sub> -eq	%
1	废弃动植物油脂	1099	汽车运输	300	27.365	86.33
2	甲醇	142.86	汽车运输	300	3.557	11.22
3	甲基磺酸	7.69	汽车运输	1000	0.638	2.01
4	片碱（氢氧化钠）	5.49	汽车运输	300	0.137	0.43
	总计	/			31.70	100

### 3.3 产品生产阶段

生物柴油产品温室气体排放主要为化石燃料（燃料油）燃烧过程和净购入电力的使用过程。电力碳排放因子来源于 2022 年度全国电网平均排放因子 0.5703t CO<sub>2</sub>/MWh。生物柴油产品生产阶段的碳足迹贡献结果如下表所示。

表 3 异植物醇产品生产阶段的碳足迹贡献结果

序号	碳足迹贡献源	碳足迹	贡献比
		kgCO <sub>2</sub> -eq	%
1	化石燃料燃烧碳足迹	335.28	90.18
2	电力使用的碳足迹	36.50	9.82
3	总计	371.78	100

## 4 产品碳足迹结果分析

每吨生物柴油产品的碳足迹结果如下表所示，合计为 518.872 kg CO<sub>2</sub>-eq，即产生 518.872 kg 二氧化碳当量排放。其中再原材料获取阶段贡献了 22.24%，原材料运输阶段贡献了 6.11%，产品生产阶段贡献了 71.65%。可以看出产品生产阶段的碳足迹贡献最大，原材料运输的碳足迹贡献最小。

表 4 异植物醇产品的碳足迹结果

序号	生命周期阶段	碳足迹 (kgCO <sub>2</sub> -eq)	贡献比
1	原材料获取阶段	115.40	22.24%
2	原材料运输阶段	31.70	6.11%
3	产品生产阶段	371.78	71.65%
4	合计	518.87	100%

## 5 生命周期解释

### 5.1 假设和局限性

本次产品碳足迹报告的实景数据中每件异植物醇产品的生产过程数据来源于公司内部调研数据，背景数据来自中国生命周期数据库 CLCD、GaBi 数据库、瑞士的 Ecoinvent 数据库和 US 的 LCI 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。受项目调研时间及供应链管控力度限制，未调查重要原料的实际生产过程，计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研主要外购原材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。

### 5.2 数据质量评估

#### 5.2.1 代表性

本次报告中各单元过程实景数据均发生在湖北省松滋市，数据代表特定生产企业的一般水平。实景数据采用 2023 年的企业生产统计数据，背景数据库数据采用近 6 年的数据，文献调查数据采用近 6 年的数据。

### 5.2.2 完整性

- (1) 模型完整性本次报告中产品生命周期模型均包含上游原辅料生产和运输、产品生产过程，满足本研究对系统边界的定义。产品生产过程中所有原料消耗均被考虑在内。
- (2) 背景数据库完整性本研究所使用的背景数据库中国生命周期数据库 CLCD、GaBi 软件内置数据库。CLCD-China 数据库包括中国国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，并仍在不断扩展。GaBi 软件内置数据库包含欧洲及世界多个国家的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。以上两个背景数据库均包含了主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，满足背景数据库完整性的要求。

### 5.2.3 可靠性

- (1) 实景数据可靠性：本次报告中，各实景过程原料和能源消耗数据均来自本公司统计台账表或实测数据，数据可靠性高。
- (2) 背景数据可靠性：本次报告中 CLCD 数据库数据采用中国或中国特定地区的统计数据、调查数据和文献资料，数据代表了中国生产技术及市场平均水平，数据收集过程的原始数据和算法均被完整记录，使得数据收集过程随时可重复、可追溯。

### 5.2.4 一致性

本研究所有实景数据均采用一致的统计标准，即按照单元过程单位产出进行统计。所有背景数据采用一致的统计标准，其中 CLCD 数据库在开发过程中建立了统一的核心模型，并进行详细文档记录，确保了数据收集过程的流程化和一致性。

## 6 结论

本报告的功能单位为每吨生物柴油，并考虑其生命周期的原材料获取、原料运输和产品生产阶段，本报告仅关注气候变化这一项环境影响类型，而对环境其他方面的影响并未在报告中进行评价。

本次报告主要得出以下结论：

- 每吨生物柴油产品的碳足迹结果为 518.87 kgCO<sub>2</sub>-eq。对于产品碳足迹有主要贡献的是生产阶段，总计贡献 71.65%；上述原材料的运输总计贡献 6.11%；原材料获取阶段贡献 22.24%。由此可见，本公司可通过提高原材料利用率、降低原材料使用量和降低单位产品能耗等方式以降低产品的碳足迹，减少二氧化碳的排放。
- 产品的生产过程主要消耗化石燃料，对产品生命周期碳足迹的贡献率最高，占生产过程碳足迹比例为 90.18%；其次为电力消耗，占比为 9.82%。本公司可以考虑通过降低锅炉燃料油消耗量、节约电耗或增加可再生能源电力的占比等方式以降低产品的碳足迹。
- 受公司供应链管控力度限制，未调查重要原料的实际生产过程，计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议公司在条件允许的情况下，进一步调研主要原材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为公司在供应链上推动协同改进提供数据支持。