

产品碳足迹报告

依照 ISO 14067:2018 标准:

玻璃瓶罐

四川天马玻璃有限公司

项目名称:	玻璃瓶罐产品碳足迹研究
执行程序:	Carbonebook, www.carbonebook.com
版本:	1.0
报告编撰人:	佟琛
报告审核人:	郑开宇
报告出具机构:	上海奕碳科技有限公司
报告日期:	2024-04-26

缩写

CO2e	二氧化碳当量
GHG	温室气体
GWP	全球升温潜势
IPCC	政府间气候变化专门委员会
ISO	国际标准组织
ISO14067	温室气体 - 产品的碳足迹 - 量化的要求和指南
ISO14040	环境管理 - 生命周期评估 - 原则和框架
ISO14044	环境管理 - 生命周期评估 - 要求和准则
四川天马	四川天马玻璃有限公司
奕碳科技	上海奕碳科技有限公司

执行摘要

四川天马玻璃有限公司已委托对其[玻璃瓶罐]产品进行 2023 年碳足迹调查。

研究报告介绍了符合 ISO14067: 2018 指南的标准[玻璃瓶罐]的 PCF 结果。

该研究将有助于在内部和外部客户之间传达[四川天马]产品流程对环境的影响。

进行 PCF 研究的总体目的是通过量化产品生命周期内所有重要的温室气体排放和清除, 计算四川天马生产的 1 吨[玻璃瓶罐]对全球变暖的潜在贡献, 以 CO₂e 表示, 符合相关标准。量化方法可用于比较研究, 包括温室气体排放源、排放活动数据等, 从而增强[四川天马]产品碳足迹的可信度、透明度、节能潜力、提高商业信誉和更好的绿色供应链管理。

根据 ISO14067, PCF 研究由 5 个步骤组成: 分析材料和供应链流程、构建产品供应链相关流程、定义评估边界、收集数据并使用适当的因素计算排放量。这些步骤将在后续章节中描述。

关于 PCF 研究的局限性, 本报告遵循以下原则,

a) 目标 PCF 数据来源: 本报告优先采用原料供应商特定 PCF 数据。

b) 对于采用的次级数据, 当四川天马无法提供来源信息时(对于无法收集原始数据的输入和输出), 应在 PCF 研究报告中进行论证和参考引用, 并已告知[四川天马]对 PCF 研究结果的影响和不确定性。

c) 次级数据参考文件如下:

[1] 中国产品全生命周期温室气体排放系数数据库 CPCD

[2] 中国生命周期评价基础数据库 CLCD

[3] Ecoinvent3.9 数据库

d) 以准确原则进行 PCF 研究, 在无法收集原始数据的情况下, 将使用次级数据作为输入和输出, 奕碳科技将在对工艺、原材料进行分析后, 为 PCF 研究工作选择合适的排放因子和关注领域, 或从数据库和已发表的文献中选择温室气体排放数据, 从国家清单中选择默认排放因子, 经主管当局验证的计算数据、估计值或其他代表性数据进行计算。

e) 本次 PCF 研究的敏感性分析和不确定性评估结果得分为 4.023，数据质量为良好。详细评分结果见章节 5.4 数据质量分析。

报告文件声明

本文件旨在作为 PCF 报告，帮助客户了解碳管理计划中的产品碳足迹。

奕碳科技致力于为客户提供数字化碳管理工具，通过易用的设计、低成本、更高的价值，不断降低碳管理的门槛。

关于上海奕碳科技有限公司

上海奕碳科技有限公司，是一家为客户提供一站式、专业化的碳中和数字化转型解决方案的科技公司。公司通过大数据、人工智能等技术，在核心 SaaS 服务平台「碳探™」的数字化碳管理应用基础上，专注于赋能企业应对气候变化管理、绿色低碳转型，秉承“以碳赋能”的使命为政府、园区和企业建立碳资产管理体系，并提供全面的碳中和数字化服务。

我们相信，减碳政策即将给我们的社会带来深刻变革，低碳转型将成为所有企业的必选项。在不远的将来，碳管理将成为与财务管理、人力资源管理等等重要的管理模块。奕碳科技致力于为每一个企业提供参与这场变革的数字化管理工具，通过易用的设计、低廉的成本不断降低企业碳管理门槛，为企业早日实现“双碳目标”持续贡献力量。

欢迎联系我们，让减碳变简单。

以碳赋能，更少排放，更多价值 (Less Emissions, More Value) 。

上海奕碳科技有限公司

中国上海市长宁区茅台路 1068 号天祥大厦 3023 室 (总部)

公司电话：021-54846919

公司邮箱：info@carbonebook.com

公司与产品信息

公司名称	四川天马玻璃有限公司										
生产地址	四川省遂宁市射洪市沱牌镇沱牌大道 999-A 号										
所属行业	玻璃制品制造										
联系信息	代少勇	联系电话	13808261562								
化学文摘	/	产品名称/型号	玻璃瓶罐								
系统边界	从摇篮到大门										
数据收集周期	2023 年 1 月 1 日-2023 年 12 月 31 日										
申明功能单位	1 吨 玻璃瓶罐										
产品碳足迹	0.926 (吨 CO ₂ 当量) 每功能单位										
分配方法	N/A										
计算工具	使用奕碳科技“碳探 SAAS 平台”之产品碳足迹计算与分析模块										
参考标准	1. 《ISO 14067:2019 温室气体 产品的碳足迹 量化要求与指南》										
	2. 《ISO14040:2006 环境管理-生命周期评价-原则与框架》										
	3. 《ISO14044:2006 环境管理-生命周期评估-要求和指南》										
各阶段占比	<table border="1"><thead><tr><th>阶段</th><th>占比</th></tr></thead><tbody><tr><td>原材料生产</td><td>27.71%</td></tr><tr><td>原材料运输</td><td>1.99%</td></tr><tr><td>产品生产</td><td>70.30%</td></tr></tbody></table>			阶段	占比	原材料生产	27.71%	原材料运输	1.99%	产品生产	70.30%
阶段	占比										
原材料生产	27.71%										
原材料运输	1.99%										
产品生产	70.30%										
数据质量评分	4.023	质量等级	良好								
报告撰写人	佟琛	签字									
报告审核人	郑开宇	签字									
报告日期	2024 年 4 月 26 日	盖章									
报告出具机构	上海奕碳科技有限公司										

目录

1	项目背景介绍	1
2	目标与范围定义	3
2.1	产品介绍	3
2.2	报告目的	3
2.3	碳足迹范围描述	3
2.3.1	功能单位	3
2.3.2	研究边界	4
2.3.3	时间范围	4
2.3.4	分配原则	4
2.3.5	取舍规则	5
2.4	数据收集与数据质量评分	5
2.4.1	数据收集	5
2.4.2	数据质量评分	7
3	生产工艺说明	9
4	核算过程和方法	12
4.1	原辅材料阶段	12
4.2	运输阶段	13
4.3	生产阶段	14
5	碳足迹结果与分析	15
5.1	计算结果	15
5.2	完整性分析	166
5.3	一致性分析	17
5.4	数据质量分析	17
6	结果分析与建议	19
7	参考文献	20

1 项目背景介绍

产品碳足迹 (Product Carbon Footprint, 简称 PCF) 是目前用于确定产品气候影响的最成熟的方法, 考虑生产产品所造成的温室气体排放总量, 以二氧化碳当量表示。产品碳足迹可以按照从摇篮到大门 (部分碳足迹) 或从摇篮到坟墓 (总碳足迹) 进行评估。

人为的温室气体排放已引发气候变化。因气候变化带来的负面效应正显著增加且不可逆转, 已成为全世界可持续发展面临的重大挑战。数据显示, 化工业的温室气体排放量占全球工业温室气体排放量的 80%, 国内外已有越来越多的领先化工企业针对减少温室气体排放制定减排措施并积极行动, 由此亦推动化工业的上下游价值链的碳排放数据核算, 以便企业碳排放核算可信, 气候目标规划合理并能够追踪, 由此成为化工企业温室气体减排战略的重要组成部分。

四川天马玻璃有限公司是由四川沱牌舍得酒业股份有限公司和马来亚玻璃产品私人有限公司于 2001 年 8 月共同注资 4070 万美元成立的中外合资企业。天马公司分别从德国 ZIPPE、EME 公司引进全自动全封闭具有远程诊断的配料系统, 从德国 SORG、HORN 公司引进环保节能的窑炉设备及控制系统, 从瑞典 EMHART 公司引进 12 组双、10 组双行列式制瓶机, 从德国和意大利引进退火炉设备, 从法国 SGCC 公司和意大利引进全自动检验设备和包装设备。公司现有 105 平方米和 115 平方米窑炉各一座, 日产玻璃瓶 160 万只, 年产玻璃瓶 18 万吨, 均采用先进的“吹吹法”、“压吹法”和“小口压吹法”工艺技术。

天马公司严格按照 ISO9001: 2000 标准建立了一个效率高、成本低的综合质量

管理体系。2005年2月产品通过了美国SGS公司ISO9001质量体系认证，产品取得了进入国际市场的通行证。公司生产的啤酒瓶、白酒瓶、食品瓶、饮料瓶、葡萄酒瓶等产品荣获“中国日用玻璃行业名优产品”称号，全国日用玻璃行业“功勋企业”称号及“四川名牌”等称号。公司产品已获得百威英博、嘉士伯、华润、燕京、喜力、锐澳、老干妈、加加食品、云南红、干禾味业、沱牌舍得、金六福等国际国内知名企业的认可，覆盖了啤酒、白酒、食品、饮料、葡萄酒等行业，产品远销东南亚及欧美市场。

四川天马为实现温室气体减排战略，主动引进**奕碳科技**的碳中和SAAS管理系统平台（碳探™），以全面识别与追踪、科学系统地公开披露公司组织运营与产品生产过程的碳排放（包括范围三上游供应商），并满足企业自身、客户、投资者和其他外部利益相关者的要求及法规。基于企业月度化数据，奕碳科技按照相关标准，编制本报告。

2 目标与范围定义

2.1 产品介绍

玻璃瓶罐是非晶无机非金属材料，一般是用多种无机矿物（如石英砂、硼砂、硼酸、重晶石、碳酸钡、石灰石、长石、纯碱等）为主要原料，另外加入少量辅助原料制成的，是食品饮料以及很多产品的包装容器，广泛用作饮料、酒类、化学制品、药品、文教用品和化妆品等的包装容器；玻璃瓶罐透明，易洁净，化学稳定性好，不污染内容物，气密性高，贮存性能优良，造型装饰丰富，可以多次回收使用。

2.2 报告目的

本报告的目的是得到四川天马生产 1 吨玻璃瓶罐产品全生命周期过程的碳足迹，其研究结果有利于四川天马掌握该产品的温室气体排放途径及排放量，并帮助企业发觉减排潜力，制定可执行的减少温室气体排放的措施，并能与客户、消费者及第三方的采购商进行良好有效沟通，同时能积极促进四川天马产品全面供应链的温室气体减排。

2.3 碳足迹范围描述

根据本报告的目的，按照 ISO 14067:2018 标准的要求，确定本报告的内容包括：功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、影响评价方法和数据质量要求等。

2.3.1 功能单位

本报告以四川天马生产的生产玻璃瓶罐为评价对象，为方便系统中输入/输出的量化，功能单位为生产 **1 吨玻璃瓶罐** 产品。

2.3.2 研究边界

本次研究边界是“从摇篮到大门”。包含上游原辅材料阶段、原辅材料到四川天
马的运输阶段、产品生产阶段的电力消耗、燃料消耗、生产过程中产生的相关的碳排
放。不包含产品包装、产品向下游的分销与运输、产品使用、产品报废及回收相关的
碳排放。

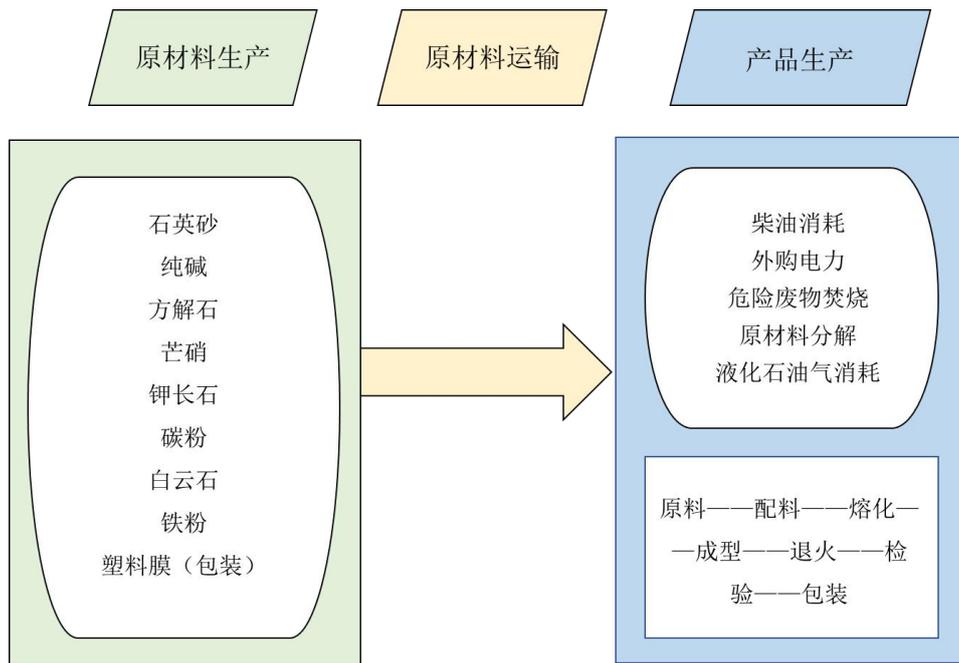


图 2-1 碳足迹研究边界图

2.3.3 时间范围

本报告数据收集周期为 2023 年 1 月 1 日-2023 年 12 月 31 日。

2.3.4 分配原则

玻璃瓶罐产品的原材料消耗量及生成制备过程中的相关能耗均可单独统计，产生
的产品仅为玻璃瓶罐，无副产品产出，因此不涉及副产品分配问题。

2.3.5 取舍规则

本研究采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

- (1) 普通物料重量 < 1%过程总投入的重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 < 0.1%过程总投入的重量时，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 2%；
- (2) 低价值废物作为原料，如生活垃圾等，可忽略其上游生产数据；
- (3) 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- (4) 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略；

本报告根据 2023 年 1 月 1 日-2023 年 12 月 31 日生产报表计算了各类物料与产品重量的占比，原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，不存在物料舍弃。

2.4 数据收集与数据质量评分

2.4.1 数据收集

为了计算产品碳足迹必须考虑活动水平数据和排放因子数据。活动水平数据是指产品在生命周期中所有量化数据（包括物质输入、输出；能量使用；交通等方面），排放因子数据是指单位活动水平数据排放的温室气体数量。利用排放因子数据，可以将活动水平数据转换为温室气体排放量。

(1) 初级活动水平数据

初级活动水平（原始）数据应用于所有过程和材料，即产生碳足迹的组织所拥有、所经营或所控制的过程和材料。本报告初级活动水平数据包括产品生命周期系统中所

有能源与物料的耗用（物料输入与输出、能源消耗等）。这些数据是从企业收集和测量获得，真实地反映了整个生产过程能源和物料，以及产品/中间产品的输出。

(2) 次级活动水平数据

当无法获得初级活动水平数据或者初级活动水平数据质量有问题（例如没有相应的测量仪表）时，有必要使用直接测量以外其它来源的次级数据，本报告中次级活动数据主要来源是数据库和文献资料中的数据。

(3) 排放因子

排放因子可以使用特征数据或通用数据，特征数据指通过测量或质量平衡获得、供应商提供，通用数据来源包括数据库、行业平均数据、地区公开发布的数据库、评价软件自带数据库；上述方法都无法获得时可以参考文献报告。

(4) 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本报告中主要考虑了以下几个方面：

- 1) 数据准确性：实景数据的可靠程度；
- 2) 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性；
- 3) 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度；

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在计算过程中优先选择来自生产商和供应商直接提供的活动数据，当企业或供应商无法收集原始数据，数据通过公式计算或文献查询得到，数据真实可靠，具有较强的科学性与合理性。

2.4.2 数据质量评分

(1) 评分标准

数据质量需要考虑活动水平、排放因子两个方面，分别按照活动水平数据、排放因子数据的来源为数据质量赋值，再按照排放占比加权平均，计算出碳足迹结果的等级，代表结果的准确性，等级越高，则数据质量越好。

表 2-1 数据质量评分标准表

活动数据	来源	仪器直接测量的数据		有依据/凭据的数据		自行推估	
	评分		6		3		1
排放因子	数据来源	供应商提供		产品情况匹配		其他	
		经过认证	未经认证但经过我们评估	是	否	自行建模	相似物质
	评分	6	5	4	3	2	1

A. 数据平均积分 = (活动数据积分 + 排放因子积分) ÷ 2

B. 排放量占总排放量比例 = 排放源排放量 ÷ 总排放量

C. 排放量加权平均 = 数据平均积分 × 排放量占总排放量比例

D. 加权平均积分总计 = ∑ 加权平均积分

E. 数据质量等级评分对照表将数据质量区分成五级，级别越高表示其数据质量越佳。

F. 数据质量等级评分对照表如表 2-2 所示。

表 2-2 数据质量等级评分对照表

级别	分数
优秀	≥ 5.0
良好	< 5.0, ≥ 4.0
中等	< 4.0, ≥ 3.0
尚可	< 3.0, ≥ 2.0
较差	< 2.0

(2) 数据来源

玻璃瓶罐产品的碳足迹计算数据覆盖了所有原辅材料，但由于上游供应商没有提供相关原材料的 PCF，因此依据因子选用标准，原材料的 PCF 数据来源为相关数据库。

表 2-3 数据选用分析

材料名称	选用因子 (kgCO ₂ e/kg)	选用原因
方解石	0.0248	产品特性匹配
石英砂	0.0315	产品特性匹配
碎玻璃	3.55	产品特性匹配
纯碱	1.54	产品特性匹配
碳粉	1.87	产品特性匹配
长石	0.037	产品特性匹配
白云石	0.0477	产品特性匹配
芒硝	0.29	产品特性匹配
铁粉	0.12	产品特性匹配

表 2-4 数据来源

数据类型	数据名称	数据来源
初级活动 水平数据	方解石消耗量	企业生产报表、工作记录单、财务统计表
	石英砂消耗量	
	碎玻璃消耗量	
	纯碱消耗量	
	碳粉消耗量	
	白云石消耗量	
	铁粉消耗量	
	长石消耗量	
	芒硝消耗量	
	电力消耗量	
	天然气消耗量	
重油消耗量		
次级活动 水平数据	原料运输里程	企业自行推估
	方解石碳足迹	CLCD-China-ECER 0.8-方解石

数据类型	数据名称	数据来源
	石英砂碳足迹	CLCD-China-ECER 0.9-普通石英砂
	碎玻璃碳足迹	Ecoinvent 3.9-Glass cullet, sorted {GLO} market for APOS, U
	纯碱碳足迹	CLCD-China-ECER 0.8-纯碱-氨碱法
	碳粉碳足迹	Ecoinvent 3.9-Carbon black {GLO} market for APOS, U
	长石碳足迹	Ecoinvent 3.9 -Feldspar {GLO} market for Cut-off
	白云石碳足迹	Ecoinvent3.9 -Dolomite {RoW} market for dolomite APOS, U
	铁粉碳足迹	Ecoinvent3.9 -Iron ore, beneficiated, 65% Fe{GLO} market for APOS, U
	芒硝碳足迹	CLCD-China-ECER 0.9-芒硝
	天然气排放因子	《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
	液化石油气排放因子	《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
	外购电力排放因子	《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施（2023 年修订版）》
	柴油燃烧排放因子	《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
	公路运输排放因子	中国产品全生命周期温室气体排放系数库[E]-道路货运
	危险废物焚烧因子	IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理公式 5.11 与表 5.6
	纯碱分解排放因子	温室气体排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业 GB/T32151.10-2015；Na ₂ CO ₃ ：含量 99.2%
	白云石分解排放因子	温室气体排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业 GB/T32151.10-2015；CaMg(CO ₃) ₂
	碳粉氧化排放因子	温室气体排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业 GB/T32151.10-2015；含碳量 80%
	方解石分解排放因子	温室气体排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业 GB/T32151.10-2015；CaCO ₃

3 生产工艺说明

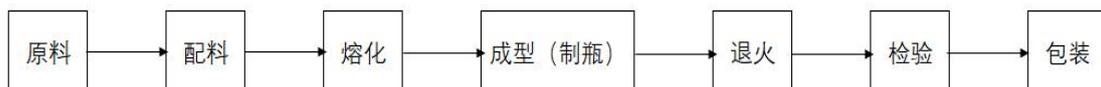


图 3-1 生产工艺流程图

项目主要生产工艺包括：配料、熔制、成型、退火、深加工、检测包装等工序。

(一) 配料工序：将石英砂、方解石、纯碱、钾长石、白云石、碎玻璃等原料，按照设计好的料方单，自动称量后在混料机内混合均匀，称量配料工序产生粉尘，经布袋除尘器除尘后外排。

(二) 熔制工序：将配合料经过高温加热形成均匀、纯净、透明并符合成型要求的玻璃液的过程，是玻璃制造过程中的主要过程之一。此过程产生废气、噪声。熔制速度和熔制的合理性对玻璃的产量、质量、合格率、生产成本、燃料消耗和池窑寿命等影响很大。玻璃的熔制过程可分为 5 个阶段：

(1) 硅酸盐形成阶段：配合料入窑后，在 800~1000℃ 温度范围发生一系列物理的、化学的和物理-化学的反应，粉料受热、水分蒸发、盐类分解、多晶转变、组分熔化以及石英砂与其他组分之间进行的固相反应。这个阶段结束时，大部分气态产物从配合料中逸出，配合料最后变成由硅酸盐和二氧化硅组成的不透明烧结物。硅酸盐形成速度取决于配合料性质和加料方式；

(2) 配合料熔化阶段：当温度升到 1200℃时，烧结物中的低共熔物开始熔化，出现了一些熔融体，同时硅酸盐与未反应的石英砂粒反应，相互溶解。伴随着温度的继续升高，硅酸盐和石英砂粒完全熔解于熔融体中，成为含大量可见气泡、条纹、在温度上和化学成分上不够均匀的透明的玻璃液。

(3) 玻璃液澄清阶段：随着温度继续升高，达到 1400~1500℃时，玻璃液在形成阶段存在的可见气泡和溶解气体，由于温度升高，体积增大，玻璃液黏度降低而大量逸出，直到气泡全部排出。

(4)玻璃液

均化阶段：当玻璃液长时间处于高温下，由于对流、扩散、溶解等作用，玻璃液中的条纹逐渐消除，化学组成和温度逐渐趋向均一。此阶段结束时的温度略低于澄清

温度。玻璃液的均化过程早在玻璃液形成阶段时已开始，然而主要的还是在澄清后期进行。它与澄清过程混在一起，没有明显的界限，可以看作一面澄清，一面均化，且澄清加速均化进程，均化结束在澄清之后，并一直延续到冷却阶段。此外，搅拌是提高均匀性的一个很好的方法。

(5) 玻璃液冷却阶段：将澄清和均化的玻璃液均匀降温，使玻璃液具有成型所需的黏度。在冷却阶段应不破坏玻璃液的质量。

(三) 成型工序：成型即将熔窑熔制合格的液态玻璃加工成具有固定形状的固体制品的过程。成型方法主要为压制、吹制、拉制等机械成形。熔窑熔制合格的液态玻璃通过供料道、（双滴、单滴）供料机、行列式（双滴、单滴）制瓶机制成要求形状的玻璃制品。成型必须在一定温度范围内才能进行，这是一个冷却过程，玻璃首先由粘性液态转变为可塑态，再转变成脆性固态。

(四) 退火工序：玻璃在成型过程中经受了激烈的温度变化和形状变化，这种变化在玻璃中留下了热应力，热应力会降低玻璃制品的强度和热稳定性。如果直接冷却，很可能在冷却过程中或以后的存放、运输和使用过程中自行破裂（俗称玻璃的冷爆）。为了消除冷爆现象，玻璃制品在成形后必须进行退火处理。退火就是在某一温度范围内保温或缓慢降温一段时间以消除或减少玻璃中热应力到允许值。

(五) 冷热端喷涂

为了保证玻璃瓶的强度和减少瓶间摩擦产生的划痕，在退火炉进出瓶时喷涂硅油，主要成分为环状聚二甲基硅氧烷，为烃类，喷涂时有少量非甲烷总烃挥发出来。

(六) 检测包装工序

成型退火后的玻璃制品送到自动检测机进行质量检验，合格的制品根据需要包装后送到成品库存放。

4 核算过程和方法

根据 2023 年 1 月 1 日~2023 年 12 月 31 日期间填报数据，生产玻璃瓶罐 153362.82 吨，单位产品碳足迹=各阶段总碳排放量÷产品产量。

4.1 原辅材料阶段

表 4-1 原辅材料阶段碳足迹计算清册

生命周期阶段	过程明细	过程活动水平	单位	因子 (kgCO ₂ e/单位)	分配比例 (%)	碳排放量 (kgCO ₂ e)
原材料	玻渣	46406	吨	3.55	100	164741.3
原材料	方解石	22048	吨	24.8	100	546790.4
原材料	白云石	1242	吨	47.7	100	59243.4
原材料	芒硝	272	吨	290	100	78880
原材料	铁粉	161	吨	120	100	19320
原材料	钾长石	12777	吨	37	100	472749
原材料	纯碱	23095	吨	1540	100	35566300
原材料	碳粉	97	吨	1870	100	181390
原材料	石英砂	72107	吨	31.5	100	2271370.5
小计						39360784.6

原辅材料阶段的碳排放=Σ过程活动水平*因子=39360784.6 kgCO₂e。

上海奕碳科技有限公司

上海市长宁区茅台路 1068 号 3023 室 www.carbonebook.com

4.2 原料运输阶段

表 4-2 原料运输阶段碳足迹计算清册

生命周期阶段	运输方式	过程明细	过程活动水平	单位	因子 (kgCO ₂ e/单位)	分配比例 (%)	碳排放量 (kgCO ₂ e)
运输	公路运输	碳粉	160050	吨	0.074	100	11843.7
运输	公路运输	钾长石	2299860	吨	0.074	100	170189.64
运输	公路运输	玻渣	4640550	吨	0.074	100	343400.7
运输	公路运输	铁粉	241500	吨	0.074	100	17871
运输	公路运输	方解石	8819200	吨	0.074	100	652620.8
运输	公路运输	白云石	496800	吨	0.074	100	36763.2
运输	公路运输	玻渣	154690	吨	0.074	100	11447.06
运输	公路运输	纯碱	6928500	吨	0.074	100	512709
运输	公路运输	芒硝	8160	吨	0.074	100	603.84
运输	公路运输	石英砂	14421400	吨	0.074	100	1067183.6
小计							2824632.54

运输阶段的碳排放 = Σ 原料消耗量 * 运输距离 * 运输碳足迹 = 2824632.54 kgCO₂e。

4.3 产品生产阶段

表 4-3 产品生产阶段碳足迹计算清册

生命周期阶段	过程明细	过程活动水平	单位	排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	分配比例%	碳排放量(kgCO ₂ e)
生产	叉车柴油燃烧 (升计)	103438.6	kgCO ₂ e/升	2.888	100	298722.402
生产	纯碱分解 (99.2%)	23094760	kgCO ₂ e/千克	0.412	100	9505803.216
生产	碳粉 (含量 80%)	96761.99	kgCO ₂ e/千克	2.93	100	283512.631
生产	白云石分解	1242270	kgCO ₂ e/千克	0.477	100	592960.316
生产	天然气	28513636	kgCO ₂ e/立方米	2.164	100	61706359.668
生产	电力	31129768.55	kgCO ₂ e/千瓦时	0.57	100	17753307.004
生产	液化石油气	3060	kgCO ₂ e/千克	3.169	100	9697.446
生产	方解石分解	22048440	kgCO ₂ e/千克	0.44	100	9694919.552
生产	危险废弃物焚烧处理	1.96	kgCO ₂ e/吨	1641.75	100	3217.83
生产	固定燃烧设施柴油燃烧 (升计)	4563.6	kgCO ₂ e/升	2.613	100	11924.08
小计						99860424.145

生产阶段碳排放=Σ过程活动水平*因子=99860424.145 kgCO₂e。

5 碳足迹结果与分析

5.1 计算结果

综上，2023年1月1日-2023年12月31日，生产153362.82吨玻璃瓶罐产生的碳排放汇总如下：

表 5-1 各阶段排放占比

生命周期阶段	过程明细	碳排放量 (kgCO ₂ e)	碳足迹 (kgCO ₂ e/t)	排放量占比
原辅材料阶段	玻渣	164741.3	1.07	0.12%
	方解石	546790.4	3.57	0.38%
	白云石	59243.4	0.39	0.04%
	芒硝	78880	0.51	0.06%
	铁粉	19320	0.13	0.01%
	钾长石	472749	3.08	0.33%
	纯碱	35566300	231.91	25.04%
	碳粉	181390	1.18	0.13%
	石英砂	2271370.5	14.81	1.6%
	小计	39360784.6	256.65	27.71%
运输阶段	碳粉	11843.7	0.08	0.01%
	钾长石	170189.64	1.11	0.12%
	玻渣	343400.7	2.24	0.24%
	铁粉	17871	0.12	0.01%
	方解石	652620.8	4.26	0.46%
	白云石	36763.2	0.24	0.03%
	玻渣	11447.06	0.07	0.01%
	纯碱	512709	3.34	0.36%
	芒硝	603.84	0	0%
	石英砂	1067183.6	6.96	0.75%
	小计	2824632.54	18.42	1.99%
生产阶段	叉车柴油燃烧	298722.402	1.95	0.21%

生命周期阶段	过程明细	碳排放量 (kgCO ₂ e)	碳足迹 (kgCO ₂ e/t)	排放量占比
	纯碱分解 (99.2%)	9505803.216	61.98	6.69%
	碳粉 (含量 80%)	283512.631	1.85	0.2%
	白云石分解	592960.316	3.87	0.42%
	天然气	61706359.668	402.36	43.44%
	电力	17753307.004	115.76	12.5%
	液化石油气	9697.446	0.06	0.01%
	方解石分解	9694919.552	63.22	6.83%
	危险废弃物焚烧处理	3217.83	0.02	0%
	固定燃烧设施柴油燃烧	11924.08	0.08	0.01%
	小计	99860424.145	651.14	70.3%
合计	142045841.285	926.208	100%	

单位产品碳足迹=各阶段总排放/产品产量=0.926 tCO₂e/t

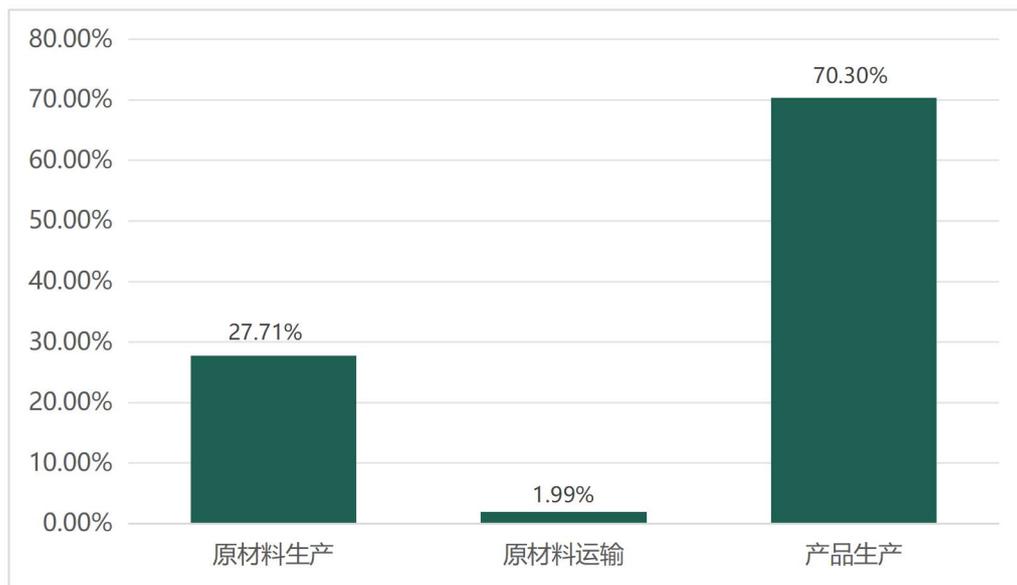


图 5-1 生命周期碳足迹占比

5.2 完整性分析

现场数据为企业 2023 年 1 月 1 日-2023 年 12 月 31 日连续 12 个月的生产统计数据，完整的追溯了上游原辅材料阶段、原辅材料到四川天马的运输阶段、产品生产阶段的电力消耗、燃料消耗等于生产能源及物质输入、数据收集过程不存在缺失。对碳足迹结果又重大贡献的所有温室气体排放量均被纳入，具备了良好的完整性。

5.3 一致性分析

本报告严格遵循了《ISO 14067:2018 温室气体产品碳足迹量化的要求与指南》的要求，使用公认的方法采集数据、计算碳足迹结果；企业现场数据收集时同类数据均保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等，次级数据也大多数采用的数据具有区域一致性；在研究过程中，以相同的方式应用假设、方法和数据，以确保与其他产品碳足迹的可比性，具备了良好的一致性。

5.4 数据质量分析

本次产品碳足迹评分结果为分 4.023，质量等级为良好。从排放量占比可以看出，产品生产阶段对产品碳足迹结果贡献较大，对碳足迹结果的影响较为敏感。

表 5-2 数据质量评分结果

生命周期阶段	活动名称	活动数据级别	排放因子级别	平均得分	排放量占比	加权平均积分
原辅材料阶段	玻渣	3	3	3	0.12%	0.004
	方解石	3	3	3	0.38%	0.011
	白云石	3	3	3	0.04%	0.001
	芒硝	3	3	3	0.06%	0.002
	铁粉	3	3	3	0.01%	0.000
	钾长石	3	3	3	0.33%	0.010
	纯碱	3	3	3	25.04%	0.751
	碳粉	3	3	3	0.13%	0.004
	石英砂	3	3	3	1.6%	0.048
运输阶段	碳粉	1	3	2	0.01%	0.000
	钾长石	1	3	2	0.12%	0.002
	玻渣	1	3	2	0.24%	0.005
	铁粉	1	3	2	0.01%	0.000
	方解石	1	3	2	0.46%	0.009
	白云石	1	3	2	0.03%	0.001
	玻渣	1	3	2	0.01%	0.000

生命周期阶段	活动名称	活动数据级别	排放因子级别	平均得分	排放量占比	加权平均积分
	纯碱	1	3	2	0.36%	0.007
	芒硝	1	3	2	0%	0.000
	石英砂	1	3	2	0.75%	0.015
生产阶段	叉车柴油燃烧	3	3	3	0.21%	0.006
	纯碱分解 (99.2%)	3	5	4	6.69%	0.268
	碳粉 (含量 80%)	3	5	4	0.2%	0.008
	白云石分解	3	5	4	0.42%	0.017
	天然气	6	3	4.5	43.44%	1.955
	电力	6	4	5	12.5%	0.625
	液化石油气	3	3	3	0.01%	0.000
	方解石分解	3	5	4	6.83%	0.273
	危险废弃物焚烧处理	3	3	3	0%	0.000
	固定燃烧设施柴油燃烧	3	3	3	0.01%	0.000
加权合计						4.023
加权等级						良好

6 结果分析与建议

(1) 根据玻璃瓶罐生命周期碳足迹贡献比例的情况可知，玻璃瓶罐生产过程贡献最大，达 70.3%，而在生产过程中，天然气燃烧排放占比最高。在满足玻璃液熔化质量要求、安全的情况下，进一步优化企业能源消费结构。玻璃窑炉尽可能采用碳含量低、适度采用氢含量高的燃料。研究电力与化石燃料的最佳组合方案，采用光伏发电、风能、氢能等可再生能源技术。

(2) 加强节能降耗工作，从技术及管理层面提升能源效率，进一步发掘节能、节材潜力，适当增加碎玻璃投入量，从而减少能源和原生材料的使用量。根据玻璃行业资料相关碳减排数据，产品中碎玻璃每增加 10%，可节约能耗 2.5%，当增至 60%时，理论上能耗可减少 6%，二氧化碳排放量降低 5%~20%左右。

(3) 合理调整碱用量，综合考虑熔化温度、成形性能等因素，合理减少纯碱用量，如采用苛性钠 (NaOH) 代替纯碱 (Na₂CO₃)，可减少 CO₂ 的排放量。

(4) 优化产品结构，开发绿色玻璃产品。如：轻量化玻璃瓶罐是提高生产率、增加效益、实现碳减排的主要措施之一。玻璃瓶罐轻量化是指在满足使用要求和保证产品质量的条件下，降低玻璃瓶的重容比，单位容量制品能耗可降低 30%左右。在技术层面：应从原料组织、配料、熔制、成型、退火等环节进行控制。在管理层面：通过制定绿色产品标准、生产技术规范等，引导和指导企业从事轻量化等绿色产品的研发应用推广。

(5) 探索采用 CCS 技术，对二氧化碳进行封存利用，合理利用生产阶段产生的碳排放。

(6) 在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，构建支撑企业生态设计的评价体系，推动供应链协同改进。

(7) 运用科学方法，开展产品碳足迹全过程数据累积和记录，加强生命周期理念的宣传和实践。

7 参考文献

- 1) 《ISO 14067:2018 温室气体 产品的碳足迹 量化要求与指南》
- 2) 《ISO14040:2006 环境管理-生命周期评价-原则与框架》
- 3) 《ISO14044:2006 环境管理.生命周期评估.要求和指南》
- 4) 《2023 年中国能源年鉴》
- 5) 《温室气体排放核算与报告要求第 7 部分：平板玻璃生产企业》
(GB/T32151.10-2015)
- 6) 《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
- 7) 《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施（2023 年修订版）》
- 8) 中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
- 9) 中国生命周期评价基础数据库 CLCD
- 10) Ecoinvent 3.9 数据库



企业专业版数字化碳管理系统

www.carbonebook.com