

山东泰金斯锻造有限公司  
货叉产品碳足迹报告  
(2022 年度)

山东道一数字经济研究院有限公司

2023年3月9日



# 目 录

摘 要.....	1
1.产品碳足迹介绍（PCF）介绍.....	2
2. 目标与范围定义.....	2
2.1 企业及其产品介绍.....	2
2.2 研究目的.....	3
2.3 研究范围.....	3
2.4 功能单位.....	3
2.5 生命周期流程图的绘制.....	3
2.6 分配原则.....	4
2.7 取舍准则.....	4
2.8 取舍准则.....	4
2.9 软件和数据库.....	5
2.10 数据质量要求.....	5
3. 过程描述.....	5
3.1 货叉生产过程.....	5
4. 数据的收集和主要排放因子说明.....	7
5. 碳足迹计算.....	7
5.1 碳足迹识别.....	7
5.2 数据计算.....	8
6. 结语.....	10

## 摘要

产品碳足迹评价的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO/TS 14067-2013《温室气体产品碳足迹关于量化和通报的要求与指南》、《PAS 2050: 2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到山东泰金斯锻造有限公司货叉的碳足迹。

为了满足碳足迹的需要，本报告的功能单位定义为生产 1t 货叉。系统边界为“从摇篮到客户”类型，现场调研了从获取、原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输到客户端的生命过程，其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

评价过程中，数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是：数据尽可能具有代表性，主要体现在生产商、技术、地域、时间等方面。生命周期主要活动数据来源于企业现场调研的初级数据，大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库，以及中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库，本次评价选用的数据在国内外 LCA 研究中被高度认可和广泛应用。此外，通过 GreenIn2.0 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析，以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

从本次评价结果看，2022 年度泰金斯锻造货叉产品碳足迹：1t 货叉的碳足迹  $e=0.8174tCO_2e/t$ ，从货叉生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出货叉的碳排放环节主要集中在生产过程上，其次是原材料获取过程，运输活动占一部分。

## 1. 产品碳足迹介绍（PCF）介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹（Product Carbon Footprint, PCF）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（HFC）和全氟化碳（PFC）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 kgCO<sub>2</sub>e 或者 gCO<sub>2</sub>e。全球变暖潜值（Global Warming Potential, 简称 GWP），即各种温室气体的二氧化碳当量值，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适用。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的评价方法，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，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所（World Resources Institute, 简称 WRI）和世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development, 简称 WBCSD）发布的产品和供应链标准；③《ISO/TS 14067：2013 温室气体——产品碳足迹——量化和信息交流的要求与指南》，此标准以 PAS 2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

## 2. 目标与范围定义

### 2.1 企业及其产品介绍

山东泰金斯锻造有限公司成立于 2007 年 1 月 12 日，注册地位于济南市钢城

区艾山工业园，注册资本为 800 万元。公司经营范围：机械锻造加工销售；叉车货叉及附具、钢材、钢锭、铁精粉的批发零售；自营和代理各类商品和技术的进出口。

泰金斯是中国大型叉车货叉及属具专业生产企业。公司占地面积 34620 平方米，建筑面积 30212.11 平方米。公司有多年的货叉生产经验，拥有先进的生产工艺、技术装备和检测设备，集产销研于一体，拥有专利 30 余项。拥有一条自由锻与三条型材货叉生产线，货叉的额定载荷 0.5t 至 80t。企业年生产能力为 30 万条货叉。

## 2.2 研究目的

本次评价的目的是得到泰金斯生产的货叉产品全生命周期过程的碳足迹。

碳足迹核算是泰金斯实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是泰金斯环境保护工作和社会责任的一部分，也是泰金斯迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为泰金斯与货叉产品的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本项目评价结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是泰金斯内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

## 2.3 研究范围

根据本项目评价目的，按照 ISO/TS 14067-2013、《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，本次碳足迹评价的边界为泰金斯 2022 年全年生产活动及非生产活动数据。由于货叉运输采用托盘运输，不涉及包装，因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料生产+原料生产运输+产品过程生产。

## 2.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产 1t 货叉。

## 2.5 生命周期流程图的绘制

根据《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制 1t 货叉产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到商业（B2B）评价：包括从原料生产、原材料运输、产品制造、包装和运输到分销商。

在本报告中，产品的系统边界属于“从摇篮到客户”的类型，为了实现上述功能单位，货叉产品的系统边界见下表：

**表 2.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程**

包含的过程	未包含的过程
1 货叉生产的生命周期过程包括：原材料生产→原材料运输→产品生产→产品销售 2 电力生产、天然气的生产 3 废水处理达标排入自然水体的过程 4 其他辅料的生产 5 产品的运输	1 资本设备的生产及维修 2 产品的运输、销售和使用 3 产品回收、处置和废弃阶段 4 其他辅料的运输

## 2.6 分配原则

在本次评价系统边界下，生产货叉过程不涉及不合格产品，因此将生产原材料与能源消耗全部计入货叉生产过程。

## 2.7 取舍准则

此次评价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：

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 $5\%$ ；

生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理。

## 2.8 取舍准则

基于评价目标的定义，本次评价只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

评价过程中统计了各种温室气体，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），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>）和氢氟碳化物（HFC）等。并且采用了 IPCC 第四次评估报告(2007 年)提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。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 25kg 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 25kg CO<sub>2</sub>e。

## 2.9 软件和数据库

### 2.10 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本评价中主要考虑了以下几个方面：

数据准确性：实景数据的可靠程度

数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

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，在评价过程中优先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中经验数据取平均值，本评价在 2023 年 1 月进行数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 IPCC 数据库；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择 IPCC 数据库中数据。

采用 eFootprint 软件的来建立产品生命周期模型，计算碳足迹和分析计算结果，评价过程中的数据库采用中国生命基础数据库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 LCA 研究。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

## 3. 过程描述

### 3.1 货叉生产过程

(1) 过程基本信息

过程名称：货叉生产

过程边界：从原料运输到货叉的生产

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业 2022 年实际生产数据

企业名称：山东泰金斯锻造有限公司

产地：中国山东省济南市

基准年：2022 年

主要原料：扁钢、圆钢等

主要能耗：电力、天然气

生产主要工艺介绍如下：

1) 型材产品的生产工艺如下：

a.下料工序：采用锯床等进行锯切，将型钢切割成适合产品型号的原料。

b.切割工序：采用火焰切割等方式，切割产品斜面。

c.加热折弯工序：将切割好的原料，对货叉需要折弯部位进行局部电加热后，加热折弯呈 90 度角，并确定产品的长度及高度。

d.焊接工序：采用二保焊的方式，焊接挂钩、套筒等货叉产品附件。

e.热处理工序：热处理工序采用淬火工艺，促使产品组织结构转变，从而达到产品所要求的性能要求。

f.调整工序：热处理后，产品存在部分的弯曲情况，此工序调整产品直线度与平面度。

g.抛丸清理：利用抛丸机清理产品表面氧化铁皮，使得产品表面整洁，抛丸机配备袋式除尘器。

h.修磨工序：清理焊接残渣、焊豆，适度打磨焊接不良处，保证安装尺寸符合要求。

i.喷涂工序：表面清理后，对工件表面进行面漆喷涂，喷刷一层面漆即可。

j.模拟装配：使用专门工装，模拟产品使用时的状态，保证产品高低差，并拢间隙等符合要求。

k.成品：将模拟装备合格后的产品，打包发货。

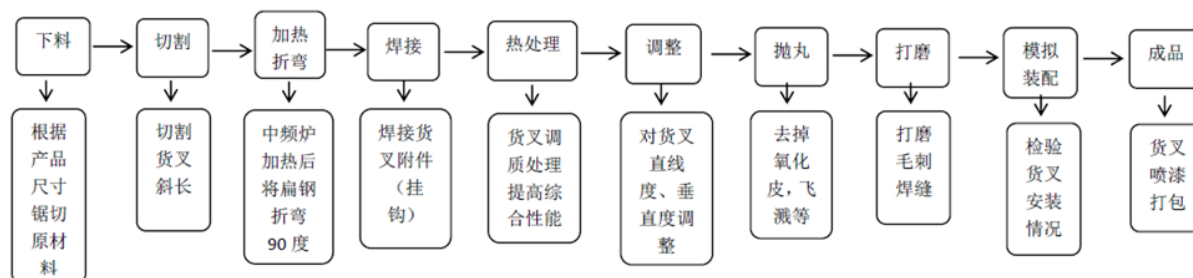


图 3-1 型材货叉工艺流程图

2) 锻造产品的生产工艺如下：



锻造货叉是以钢锭、圆钢等为原料进行加热、锻造生产。锻造货叉与型材货叉生产工艺、产生的污染工序基本相同，差别在于锻造货叉需对钢锭、圆钢等进行加热后锻压成型。主要流程图如下：

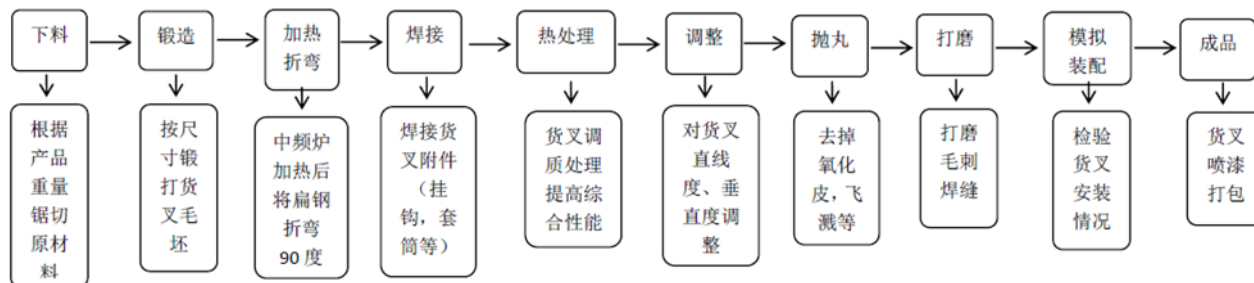


图 3-2 锻造货叉工艺流程图

## 4. 数据的收集和主要排放因子说明

为了计算产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球增温潜势（GWP）。活动水平数据是指产品在生命周期中的所有的量化数据（包括物质的输入、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化为温室气体排放量。如：电力的排放因子可表示为： $\text{CO}_2\text{e} / \text{kWh}$ ，全球增温潜势是将单位质量的某种温室效应气体（GHG）在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数，如  $\text{CH}_4$ （甲烷）的 GWP 值是 25。活动水平数据来自现场实测；排放因子采用 IPCC 规定的缺失值。活动水平数据主要包括：外购电力消耗量、天然气消耗量等。排放因子数据主要包括外购电力排放因子、外购天然气排放因子、货叉生产过程排放因子和交通运输排放因子。

## 5. 碳足迹计算

### 5.1 碳足迹识别

结合货叉生产的碳足迹分析，本次评价不涉及消费终端的排放量，以及对于原材料获得所需碳排放的计算，没有计算原材料加工的碳足迹，仅计算从原材料供应商到公司仓库的碳足迹。

表 5.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	原材料获取	运输排放	/
2	货叉生产过程	原料、能源	/

3	原料运输	运输排放	/
4	产品运输	运输排放	/

## 5.2 数据计算

### (1) 原材料获取

公司原材料供应商到公司的距离具体见下表，运输方式以公路运输为主。

**表 5.2 原材料采购运输信息表**

原材料名称	供应商名称	产地	22 年消耗量 (吨)	运输里程 (km)
扁钢	中信泰富钢铁贸易有限公司	青岛市	3383.31	300
扁钢	江苏翰驰钢材有限公司	邯郸市	7774.09	358
扁钢	淮安信义达物资贸易有限公司	淮安	2391.15	400
圆钢	山东钢铁股份有限公司济南销售分公司	济南市钢城区	1970.93	15
圆钢	山东康丰钢铁贸易有限公司	济南市钢城区	544.05	15
合计				1088

重型货车道路货运的排放因子采用数据 0.049kgCO<sub>2</sub>eq/ (t.km)，以上排放因子来源于中国产品全生命周期温室气体排放系数集。

### c) GHG 排放数据计算

原材料运输排放 = 原材料运输量 × 运输距离 × 运输排放因子  
= 234.82tCO<sub>2</sub>eq;

功能单位碳足迹 = 原材料运输排放量 / 产量 = 0.0165 tCO<sub>2</sub>eq/吨。

### (2) 货叉生产

泰金斯在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力排放、消耗天然气排放、二氧化碳排放和柴油排放。

**表 5.4 生产过程中能源消耗量**

能耗类别	活动水平	排放因子	二氧化碳排放量(t)
电力	7423322kwh	0.93kgCO <sub>2</sub> /kWh	6564.44
天然气	206497m <sup>3</sup>	2.16kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	4464.86
柴油	10570.06kg	3.179 kgCO <sub>2</sub> /kg	32.72
液态二氧化碳	21.66kg		21.66
合计			<b>11083.68</b>

通过核算，企业 2022 年货叉生产过程中产生二氧化碳排放为 11083.68 吨，每吨产品生产过程二氧化碳排放量为 0.7810tCO<sub>2</sub>。

### (3) 货叉运输

泰金斯在产品运输过程中，二氧化碳排放主要为货车公路运输产生的排放。2022 年企业全年货叉产量为 14191.1643t，按工厂辐射 800 公里发运半径，中型货车百公里油耗为 27.6（升/百公里）。计算得到产品运输柴油消耗量为 10.4438 万升，折算为 88.77 吨。柴油排放因子为 3.179tCO<sub>2</sub>/t。通过核算，产品运输过程中产生二氧化碳排放总量为 282.199 吨，每吨产品生产过程二氧化碳排放量为 0.01989tCO<sub>2</sub>。

**表 5.5 吨货叉碳足迹**

序号	清单	二氧化碳排放量 (tCO <sub>2</sub> /t)
1	原材料运输	0.0165
2	货叉生产	0.7810
3	货叉运输	0.01989
4	货叉全生命周期	0.8174

根据公式（4）可以计算出 1t 货叉的碳足迹  $e=0.8174\text{tCO}_2\text{e/t}$ ，从货叉生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出货叉的碳排放环节主要集中在生产上，其次是原材料获取过程，运输活动占一部分。

所以为了减小货叉的碳足迹，应重点考虑减少货叉生产过程的碳足迹，主要为降低生产过程的碳排放，在企业可行的条件下，降低物料消耗，也是一个重要途径。

为减小产品碳足迹，建议如下：

（1）通过设备改变运输方式、提高单次运输效率，有效减少运输过程中燃料的消耗。

（2）加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少天然气投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高能源的利用率，从而减少天然气的使用量；

（3）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，提出产品生态设计改进的具体方案。

（4）续推进绿色低碳发展意识，坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

（5）不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有：使用准确率较高的初级数据；对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。

## 6. 结语

山东泰金斯锻造有限公司每生产 1t 货叉产品产生  $0.8174\text{tCO}_2\text{e}$ ，其中货叉生产过程在整个生命周期过程中占比最大，达到 95.55%，企业可以通过工艺技术改造，减少能源，原材料的消耗，以达到产品的碳减排。