

乐凯华光印刷科技有限公司 产品碳足迹报告



报告编制单位(公章): 河南浩丞科技有限公司

报告编制日期: 2023年3月22日

摘要

受乐凯华光印刷科技有限公司委托，核查组对乐凯华光印刷科技有限公司生产的胶印板材、柔性树脂版、PCB 胶片等产品的碳足迹进行核算与评估。评本报告以生命周期评价方法为基础，采用 PAS 2050:2011 标准《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到乐凯华光平均每生产 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜的产品碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调研了从原辅材料获取运输过程到产品生产的生命过程，暂未考虑产品分配、使用以及废弃物处理的排放量。计算得到乐凯华光印刷科技有限公司 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜的碳足迹。

报告分别对生产 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜产品的碳足迹比例进行对比分析：

企业生产 1 万 m² 胶印版产品碳足迹为 7037.98kgCO₂ eq，化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 89.0%、10.9%、0.2%。

企业生产 1 万 m² 柔性树脂版产品碳足迹为 7246.44 kgCO₂ eq，化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 54.1%、45.8%、0.2%。

企业生产 1 万 m²PCB 胶片产品碳足迹为 8073.61 kgCO₂ eq，化石

燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.4%、0.2%。

企业生产 1 万 m² 高阻隔膜产品为 6109.32 kgCO₂ eq，化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.9%、0.1%。

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。生命周期只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排放因子数据来自于查阅数据库、文献报告、国家标准、物料横向对比以及成熟可用的 LCA 软件，以保证数据和计算结果的可塑性和可靠性。

1. 产品碳足迹（PCF）介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点。尤其是在《京都议定书》的基础之上，2015年经过多方努力签订了《巴黎协定》，该协定为2020年后全球应对气候变化行动作出安排，标志着全球气候治理将进入一个前所未有的新阶段，具有里程碑式的非凡意义。2020年9月22日，中国国家主席习近平在“第七十五届联合国大会一般性辩论”上发表重要讲话，向世界承诺，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

“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（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）和三氟化氮（NF₃）等。产品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（CO₂e）表示，单位为 kg CO₂e 或者 g CO₂e。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

乐凯华光印刷科技有限公司（简称“乐凯华光”）隶属于中国乐凯集团有限公司，位于河南省南阳市车站南路，是同时具有胶印版材、印刷胶片、柔性树脂版等产品生产能力、全方位为印刷业服务的国有大型企业，为我国印刷工业告别“铅与火”进入“光与电”和数字化时代，并向数字化和绿色环保并重发展做出了突出贡献。

公司的主要产品有 CTP 版（热敏型、紫激光型、免处理型）、PS 版（阳图型、阴图型）、印刷系列胶片（影像记录片、激光照排片、照相拷贝片等）、柔性树脂版、电子菲林、聚酯薄膜、高阻隔膜新型包装材料、绿色金属印刷系统解决方案及绿色印刷材料、数字喷墨标签印刷机及 UV 墨水等系列产品和装备、配套化学品等系列产品，广泛应用于印刷、电子、包装、印染、建材家居、电器、广告装饰、汽车、机械、医疗卫生等行业。

公司是河南省工程技术研究中心的依托单位，公司拥有上千平方的研发中心和现代化的研发设备，截至 2021 年，参与研发活动人员 410 人，研发人员中高级职称人员 53 名，硕士研究生 31 人，博士研究生 1 人。公司集中了博士、硕士、本科生、大中专生、技师等不同知识层面的人才，从有机物合成技术、配方技术、涂布技术到原材料及产品品质的分析检验技术，定位于绿色印刷材料的研发。已获得授权专利 137 项，其中发明专利 96 项、实用新型专利 41 项；公司注册商标 6 个，其中有效商标 2 个，公司产品冠以“华光”商标或“星

光”商标。公司多项自主研发产品获得表彰奖励，其中免处理 CTP 版获得第十九届中国专利优秀奖，R394-II型柔版荣获航天科技集团科学技术发明二等奖。公司相继通过 ISO9001：2015 质量管理体系认证，ISO14001：2015 环境管理体系认证，ISO45001:2018 职业健康安全体系认证，严格按照管理体系管控企业的运营和发展。

乐凯华光公司建立了独立完整的海外营销体系，渠道遍布全球。在国内，除 15 个营销中心和办事处外，还拥有遍及全国各地的 30 多家一级经销商。在国际上，乐凯华光公司拥有 120 多个经销商，产品出口到世界上 83 个国家和地区。

2.2 报告目的

本报告的目的是得到乐凯华光印刷科技有限公司（以下简称为乐凯华光）生产生产 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜产品生命周期过程的碳足迹，其研究结果有利于乐凯华光掌握该产品的温室气体排放途径及排放量，并帮助企业发掘减排潜力、有效沟通消费者、提高声誉强化品牌，从而有效地减少温室气体的排放；同时为产品的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径。

2.3 碳足迹范围描述

本报告盘查的温室气体种类包含 IPCC2007 第 5 次评估报告中所列的温室气体，如二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）和三氟化氮（NF₃）等，并且采用了 IPCC 第五次评估报告（2013 年）提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值¹。

为了方便产品碳足迹量化计算，功能单位被定义为 1 万 m² 胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜产品。

盘查周期为 2022 年 1 月 1 日到 2022 年 12 月 31 日。

盘查地点为乐凯华光印刷科技有限公司（地址：南阳市车站南路 718 号）。

¹ 根据 IPCC 第五次评估报告，CO₂、CH₄、N₂O 的 GWP 值分别为 1，28，265。

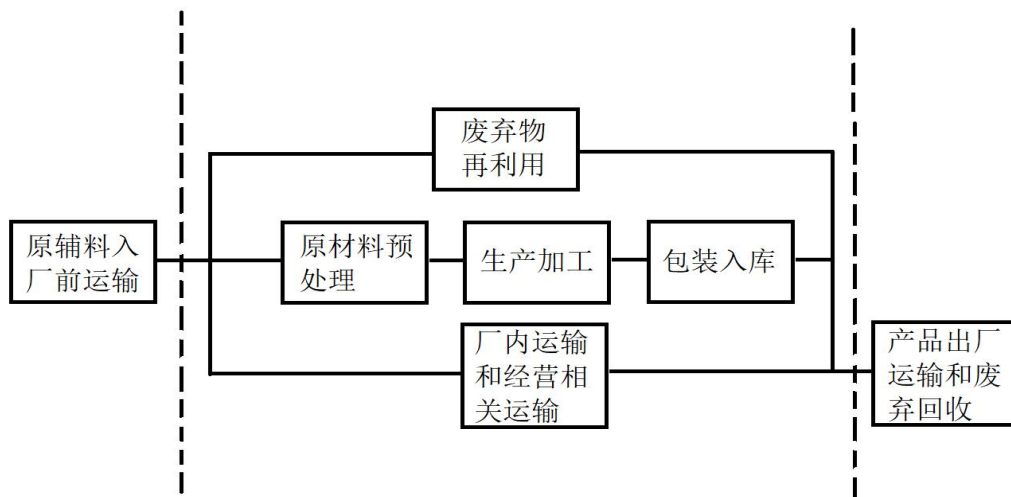


图 2.1 系统边界²

根据企业的实际情况，核查组在本次产品碳足迹核查过程使用 PAS2050 作为评估标准，盘查边界可分 B2B(Business-to-Business)和 B2C(Business-to-Consumer)两种。本次盘查的产品的系统边界属“从大门到大门”的类型，为实现上述功能单位，胶印版、柔性树脂版、PCB 胶片、高阻隔膜产品的系统边界如上图。本报告排除以下情况的温室气体排放：

- (1) 与人相关活动温室气体排放量不计；
- (2) 原材料进入厂区前的排放不计；
- (3) 产品出厂后的运输、销售和使用，以及废弃回收处置等。

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
<ul style="list-style-type: none"> • 胶印版、柔性树脂版等产品生产的使用寿命周期过程包括：原材料厂内运输生产→产品包装出厂 • 生产经营活动相关的能源消耗 	<ul style="list-style-type: none"> • 辅料及辅料的运输和生产 • 资本设备的生产及维修 • 产品的运输、销售和使用 • 产品回收、处置和废弃阶段

² 根据下述的排除原则，图中虚线边框中的过程不在温室气体排放计算内。

3. 数据收集

根据 PAS 2050: 2011 标准的要求，核查组组建了碳足迹盘查工作组对乐凯华光的产品碳足迹进行盘查。工作组对产品碳足迹盘查工作先进行前期准备，然后确定工作方案和范围、并通过查阅文件、现场访问和电话沟通等过程完成本次温室气体排放盘查工作。前期准备工作主要包括：了解产品基本情况、生产工艺流程及原材料供应商等信息；并调研和收集部分原始数据，主要包括：企业的生产报表、财务报表及购进发票等，以保证数据的完整性和准确性，并在后期报告编制阶段，大量查阅数据库、文献报告以及成熟可用的 LCA 软件去获取排放因子。

3.1 初级活动水平数据

根据 PAS2050: 2011 标准的要求，初级活动水平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）。这些数据是从企业或其供应商处收集和测量获得，能真实地反映了整个生产过程能源和物料的输出，以及产品/中间产品和废物的输出。

3.2 次级活动水平数据

根据 PAS2050: 2011，凡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。

产品碳足迹计算采用的各项数据的类别与来源如表 3.1。

表 3.1 碳足迹盘查数据类别与来源

数据类别			活动数据来源
初级活动数据	输入	主料消耗量	企业生产报表
	能源	电、天然气	企业生产报表、结算发票
次级活动数据	运输	-	-
	排放因子	主料制造	数据库及文献资料
		主料运输	

4.碳足迹计算

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的所有材料、能源和废物乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下：

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中，CF 为碳足迹，P 为活动水平数据，Q 为排放因子，GWP 为全球变暖潜势值。排放因子源于 CLCD 数据库和相关参考文献。

4.1 厂内运输和经营相关运输产生的排放

厂内外移动源运输都会直接或间接地产生温室气体排放，如生产过程中设备运转消耗能源带来的间接温室气体排放，材料在运输过程中燃油产生的直接温室气体排放。

企业厂内原料和产品采用叉车进行转运，涉及到柴油、汽油化石燃料燃烧等的消耗，因此，本阶段对厂内外的生产和运输阶段温室气体排放进行计算，如下表 4.1：

表 4.1 厂内运输的产品温室气体排放

物料名称	活动数据 A (t、MWh)	CO ₂ 当量排放因子 B (tCO ₂ e/t、 tCO ₂ e/MWh)	排放因子 数据来源	碳足迹数据 C=A×B (tCO ₂ e)
(1) 胶印版产品及原辅料厂内运输				
柴油	8.91	3.145	参考文献 ^[1]	28.022
汽油	11.76	3.042	参考文献 ^[1]	35.774
合计				63.796
(2) 柔性树脂板产品及原辅料厂内运输				
柴油	0.13	3.145	参考文献 ^[1]	0.409
汽油	0.17	3.042	参考文献 ^[1]	0.517
合计				0.926

(3) PCB 胶片产品及原辅料厂内运输				
柴油	0.63	3.145	参考文献 ^[1]	1.981
汽油	0.84	3.042	参考文献 ^[1]	2.555
合计				4.536
(4) 高阻隔膜产品及原辅料厂内运输				
柴油	0.62	3.145	参考文献 ^[1]	1.950
汽油	0.82	3.042	参考文献 ^[1]	2.494
合计				4.444

柴油排放因子说明：

柴油排放因子	
数值：	3.145
单位：	tCO ₂ e/t
数据来源：	《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）》中的平均低位发热值、单位热值含碳量和碳氧化率缺省值计算得到，计算公式如下： 排放因子=平均低位发热值*单位热值含碳量*碳氧化率*44/12

汽油排放因子说明：

汽油排放因子	
数值：	3.042
单位：	tCO ₂ e/t
数据来源：	《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）》中的平均低位发热值、单位热值含碳量和碳氧化率缺省值计算得到，计算公式如下： 排放因子=平均低位发热值*单位热值含碳量*碳氧化率*44/12

4.2 生产阶段产生的排放

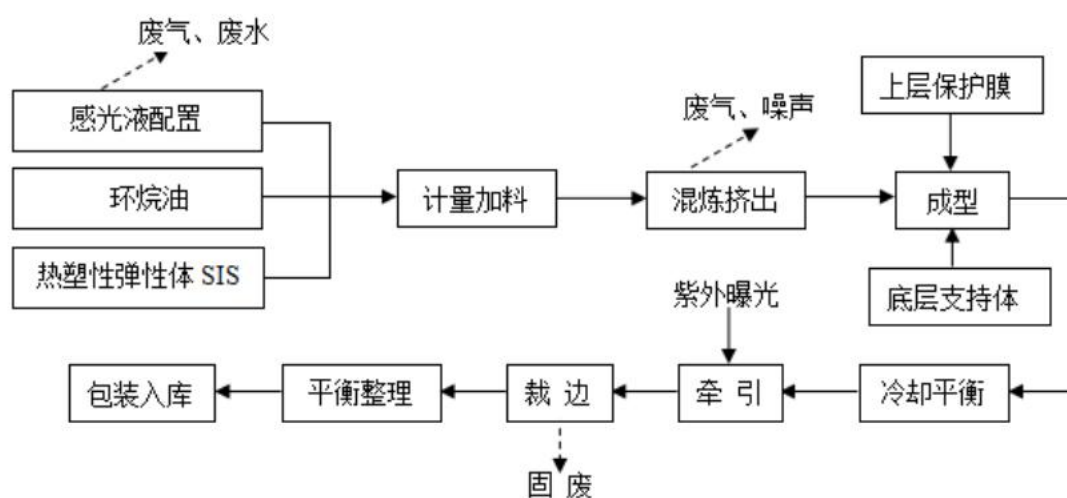
公司产品主要为为柔性树脂版、透明高阻隔膜生、CTP/PS 胶印版材、印制线路板（PCB）胶片。项目主要产品工艺流程分述如下：

1. 柔性树脂版生产线工艺

(1) 工艺简介

将环烷油、热塑性弹性体及配置好的感光液，经送料机计量后送入挤出机；各物料在挤出机内充分混合，挤出成平板状热熔体，进入成型设备，同时压延为所要求厚度的板状物，人工包装后送入成品库。数字化柔性版与常规柔性版区别在于最上层所敷保护膜不同。

(2) 工艺流程图



柔性树脂版生产线工艺流程图

2. 透明高阻隔膜生产线工艺

(1) 工艺简介

项目采用 PECVD 法+涂布法制备高阻隔膜，属于目前国际上常用的等离子增强化学气相沉积法阻隔镀层生产工艺，镀膜原料成本低、利用率较高，镀膜致密性和柔韧性较好，可以实现产业化生产。

(2) 镀膜法制备阻隔层的工艺流程

①上卷及抽真空：将 PET 基膜上卷，装入真空舱后进行抽真空，使真空舱内达到工艺要求的真空度。该过程不产生废气，真空泵运行产生一定噪声。

②通入反应气体：按工艺条件要求向真空舱内通入反应单体和氧气等反应气体，调节通入原料气体的比例，并达到反应所需的压强。

③镀膜：按照设定车速开始基膜传送，打开中频电源，镀制预定厚度的膜层。

④停止镀膜：关闭中频电源，关闭气体通路，停车。

⑤开舱：通入过滤空气或高纯氮气破真空，开舱取出镀膜。该过程会排放无机废气，主要成分为水蒸气、二氧化碳、氧气及其他惰性气体，不含有毒有害气体。

项目配备 1 套 PECVD 镀膜设备，镀膜生产线设备连续生产负荷按照 19.5h / d 设计，年生产天数 300d，设备实际年时基数 5850h，则年生产规模可以达到 3500 万 m²。

(3) 湿法涂布保护层工艺流程如下：

①涂布液配置：异丙醇、纯净水及其他原料称重后，按照比例送入常温、常压搅拌釜内，搅拌釜基本处于封闭状态下，在高速搅拌机作用下对原料进行充分混合，形成达到要求的涂布液，然后由封闭管道将涂布液送入涂布设备。该工段产生很少量含有异丙醇、水蒸气的有机废气，以无组织形式排放。

项目生产车间产出的涂布液直接通过管道接入涂布工段的生产

设备；当涂布生产线连续生产时，2套涂布液搅拌釜采取交替间歇式运行方式，每套平均3天加料运行一次，搅拌釜内涂布液使用完毕后，不用清洗，可直接再次加料运行。考虑涂布生产线检修及其他生产因素，每套搅拌釜每月用清水清洗一次，清洗过程产生废水约50L/次。套，收集在干净容器内，在下次配置涂布液时回用，不外排。

②上卷：将经过镀膜的基膜转入涂布工段，并在涂布设备上卷，准备涂布。

③涂布：按照设定车速开始对上卷的镀膜后基膜进行传送，在镀层表面通过微凹版涂布保护层。涂布过程采用常温状态，以无组织形式排放极少量的有机废气。

④固化：利用现状燃气锅炉生产的过热蒸汽为热源，通过换热器对涂布后的基膜进行烘干，实现涂布液干燥、固化。

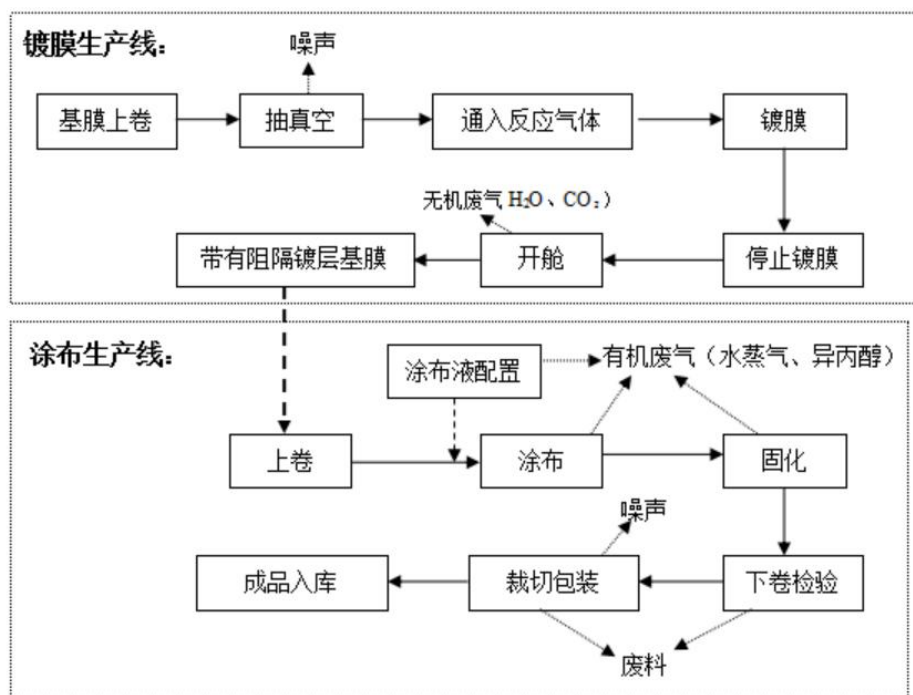
该工段蒸汽换热产生的热风经进风口进入涂膜设备烘干室，热量被利用后，废热风经出风口排出，主要含有水蒸气及异丙醇，废热风排放量为6000m³/h，项目设计采用1套蓄热燃烧氧化装置对该工段排放的有机废气（废热风）进行处理，95%的异丙醇燃烧转化为水、CO₂，处理后的尾气通过15m高排气筒高空排放。

⑤下卷、检验、裁切：将涂膜烘干后达到要求的膜卷取下，经检验合格后，按照客户需求裁切成相应规格的产品。该过程产生一定不合格膜卷和裁切下来的废料。

⑥包装：对成品膜卷进行包装、入库。

根据工程设计生产方案，涂布生产线生产能力可达3500万m²/a。

(2) 工艺流程图



透明高阻隔膜生产线工艺流程图

3.CTP/PS 胶印板材生产线工艺

(1) 工艺简介

CTP/PS 版的生产工艺概括来说包括版基处理、涂布和裁切包装工序。

①版基处理

主要对铝基版材进行表面处理，以满足后续涂布工艺涂布液附着的要求。主要包括前腐蚀、水洗、中和、电解、水洗、后腐蚀、中和、氧化、水洗、封孔、最终水洗和烘干工序。具体工段如下：

铝卷材由铝卷车送至开卷机开卷、接版机接版以保证生产的连续性，接版后版基通过牵引力通过各处理工段。首先经过前腐蚀工段去除铝板表面残余的油污、氧化物并实现轻度腐蚀；前腐蚀后再经水洗

工段对铝板基表面碱液进行冲洗，冲洗后利用硫酸溶液对残留碱液进行中和处理；中和后通过电解工段，使铝材表面形成一定的砂目从而增大表面积，有利于后续涂布的附着；再经过水洗去除表面电解液，水洗后进行后腐蚀工段使版材表面达到适宜的腐蚀度后再进行氧化处理；通过氧化处理，使铝基表面形成氧化膜，以提高耐蚀性、耐磨性及对涂布液的附着性，之后通过封孔处理改变版材表面孔结构，将表面对涂布液的附着性达到最佳，并增加非影像部分的亲水性，最后再进行一次水洗处理，处理后进行烘干（电加热），去除表面水分。

版基处理工序中的水洗工段采用循环用水，即最后一道水洗工段的水回用于上一道水洗工段，连续回用至第一道水洗后排出。腐蚀、电解、氧化工段所用槽液循环使用，并根据离子浓度定期自动补加，同时为了控制工况温度，特利用冷冻水对其进行冷却，以保障工况温度要求。

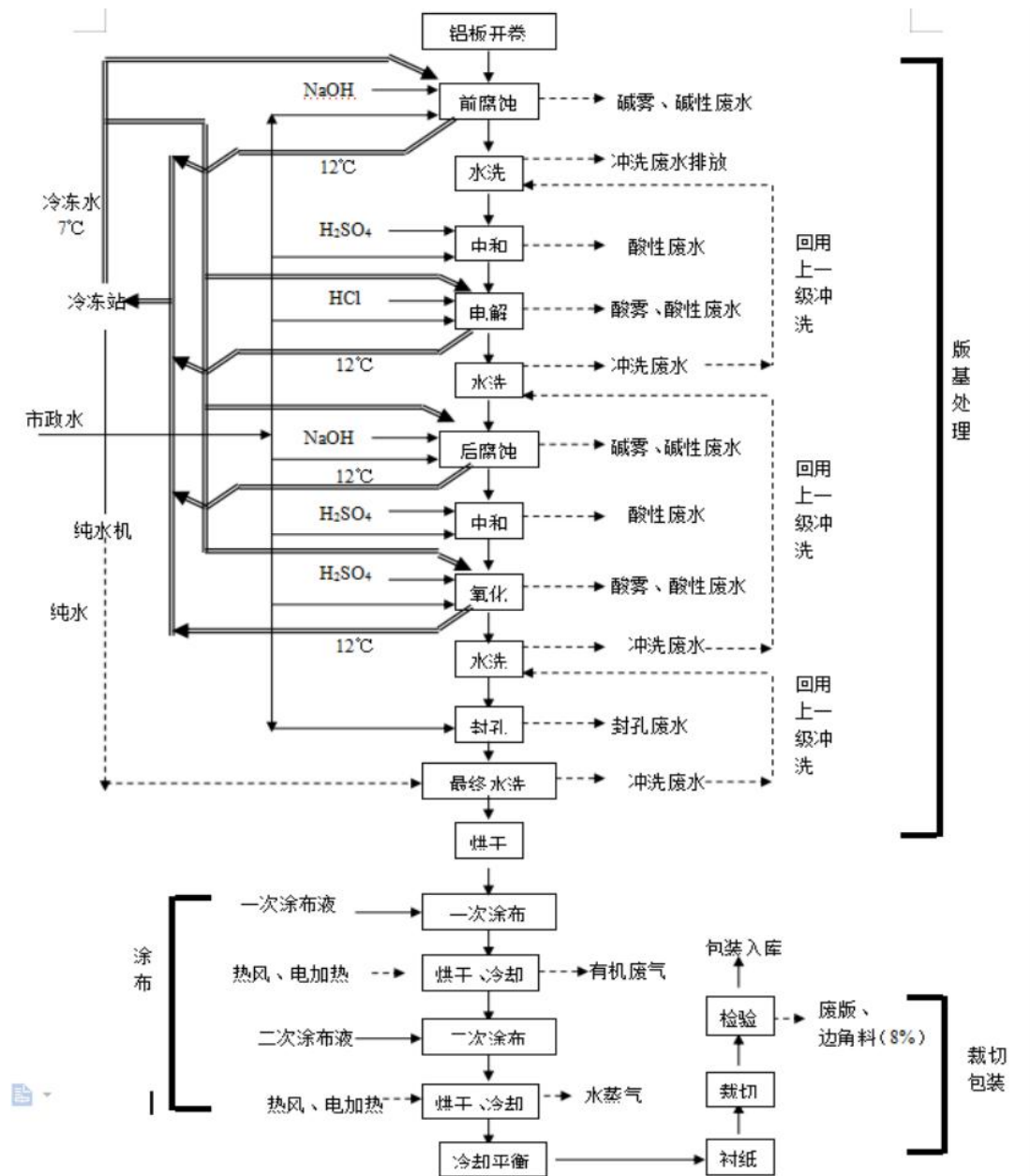
②涂布

版基处理后进行进入涂布工段，涂布工段分为连续两次涂布（二次涂布液感光树脂及溶剂不同），将涂布液连续均匀的涂布在处理过的铝版版基表面上，再经过烘干（电加热和热风两种加热方式同时进行）、冷却（风冷）后形成感光层。

③裁切包装

两次涂布处理后经衬纸工段将附着有涂布液的一面加衬纸进行保护，之后再经过各类裁切机切割成规定尺寸的小型版材，经检验工序后合格产品通过内包、外包入库。

(2) 工艺流程



CTP/PS版生产线工艺流程图

4. 印制线路板（PCB）重氮盐胶片生产线工艺

(1) 工艺简介

①开卷

将涂好底层的PET膜放到开卷机上，最大卷径800mm，开卷机形式：双轴转塔型。

②涂布

开卷后片路经过调偏后到涂布机进行涂布，涂布方式为挤压涂布，正面一次一层，涂两层，生产线设两个涂布点，第一层为重氮盐感光层，第二层为保护层。

③干燥

涂布后进入烘板路进行干燥，生产线设两个干燥段，正面涂布后分别进入两个干燥段，背面为一层涂布，背面涂布时另一个涂布点和干燥段不分开，片路直接经过。干燥方式采用蒸汽加热热风干燥技术。

④收卷

干燥后的半成品或成品进行在线收卷。半成品收卷后送到周转库待防卷曲层涂布，成品送成品库，待裁切包装。

⑤涂防卷曲层

涂完重氮盐感光层和保护层经干燥收卷后的中间品再送到开卷机，进行涂防卷曲层，然后经干燥后收卷待裁切。

⑥裁边

对经过干燥后的胶片边缘进行切边，使胶片符合宽度要求。

⑦裁切

将收卷后的重氮盐胶片在裁切机上按照设定好的胶片规格切成需要的尺寸。

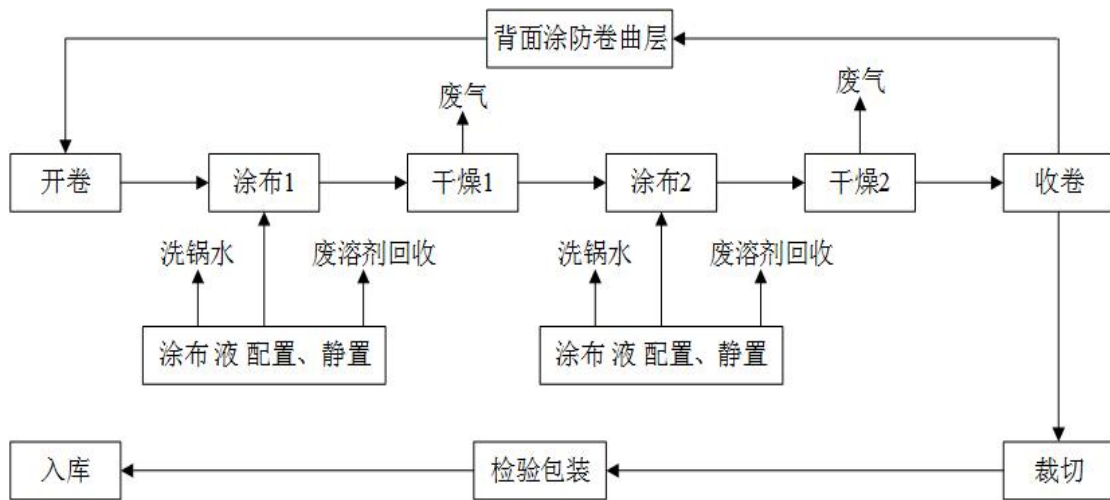
⑧成品检验

对裁切成设定规格尺寸的胶片进行质量检查并记数。

⑨包装入库

对正品进行人工包装，贴合格证，注明相关信息后，送入成品库。

(2) 工艺流程图



备注：（涂布液性质：溶剂型，主要成分感光剂、乙二醇独甲醚、丁酮等；含固量8~9%）

印制线路板（PCB）胶片生产线工艺流程图

4.2 碳足迹核算公式

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的所有材料、能源和废物乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下：

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中，CF 为碳足迹，P 为活动水平数据，Q 为排放因子，GWP 为全球变暖潜势值。排放因子源于 CLCD 数据库和相关参考文献。

4.3 各产品碳足迹核算

根据相关企业调研，本文分别获取了胶印版产品、柔板产品电、PCB 胶片产品、高阻隔产品能源消耗，并因此计算生产阶段能源消耗所产生的温室气体排放，如下所示

表 4.2 产品生产阶段的能源消耗

物料名称	活动数据 A (MWh、万 m ³)	CO ₂ 当量排放因子 B (tCO ₂ e/MWh、 tCO ₂ e/万 m ³)	排放因子 数据来源	碳足迹数据 C=A×B (tCO ₂ e)
(1) 胶印版材产品生产消耗				
电力	51740.15	0.5703	参考文献 ^[2]	29507.41
天然气	166.54	21.622	参考文献 ^[1]	3600.93
合计				33108.34
(2) 柔性树脂版产品生产消耗				
电力	557.42	0.5703	参考文献 ^[2]	317.89
天然气	12.435	21.622	参考文献 ^[1]	268.87
合计				586.76
(3) PCB 胶片产品生产消耗				
电力	4008.57	0.5703	参考文献 ^[2]	2286.08
天然气	30.65	21.622	参考文献 ^[1]	662.71
合计				2948.79
(4) 高阻隔膜产品生产消耗				
电力	12792.14	0.5703	参考文献 ^[2]	7298.36
天然气	100.46	21.622	参考文献 ^[1]	2172.14
合计				9470.5

排放因子和计算系数数据及来源：

1. 天然气地位发热量

参数	天然气的 CO ₂ 当量排放因子
核查的数据值	389.31
单位	GJ/万 Nm ³
数据源	《中国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）》中的缺省值

2. 然气单位热值含碳量

数据值	0.0153
数据项	天然气单位热值含碳量
单位	tC/GJ
数据来源	《中国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）》中的缺省值

3. 天然气碳氧化率

数据值	99
数据项	天然气碳氧化率
单位	%
数据来源	《中国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）》中的缺省值

4. 区域电网排放因子

	区域电网供电排放因子
数值	0.5703 tCO ₂ /MWh
数据来源	《2023-2025 年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》中 2022 年度全国电网 CO ₂ 平均排放因子。
核查结论	受核查方区域电网排放因子选取正确。

5.产品碳足迹指标

根据相关企业调研，企业 2022 年产品产量如下：

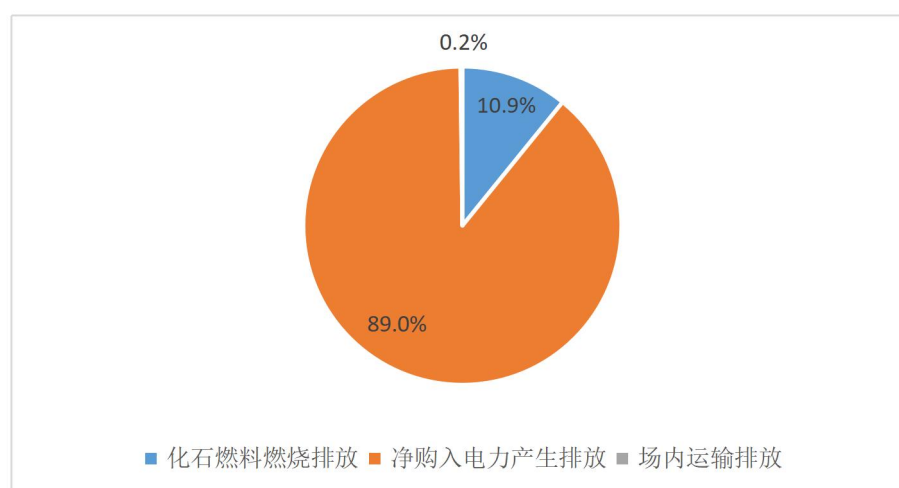
主要产品列表

序号	产品名称	单位	2022 年产量
1	胶印版材	万 m ²	4713.3
2	柔性树脂版	万 m ²	81.1
3	PCB 胶片	万 m ²	365.8
4	高阻隔膜	万 m ²	1550.9

碳足迹排放量相关计算：

(1) 生产 1 万 m² 胶印版产品碳足迹

参数	生产排放量		运输排放量	合计	产品产量	产品碳足迹
单位	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e	万 m ²	kgCO ₂ e/ 万 m ²
数值	化石燃料燃烧	3600.93	63.796	33172.136	4713.3	7037.98
	净购入电力	29507.41				

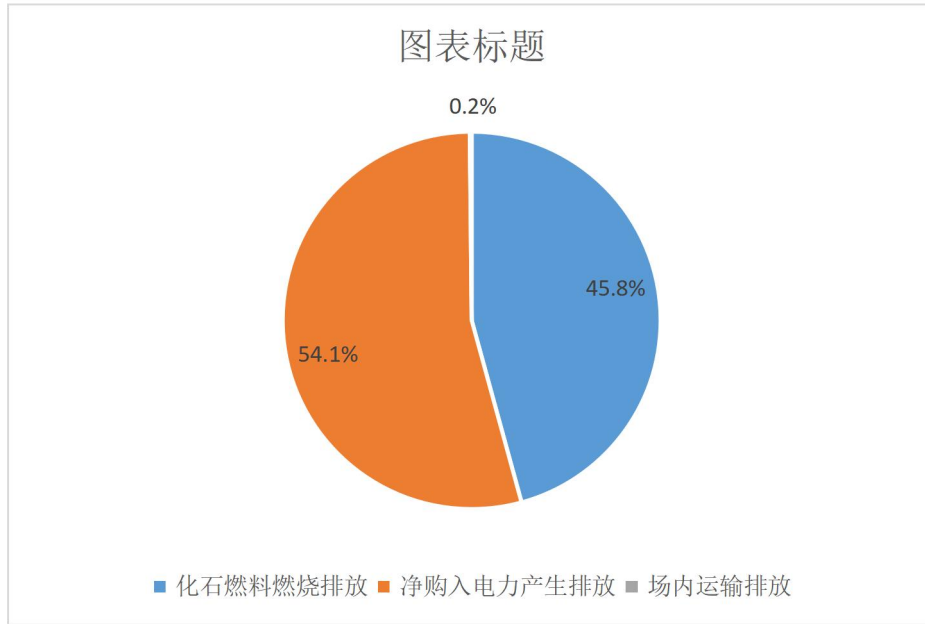


生产 1 万 m² 胶印版产品碳足迹贡献比例

企业生产 1 万 m² 胶印版产品碳足迹为 7037.98kgCO₂ eq，化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 89.0%、10.9%、0.2%。

(2) 生产 1 万 m² 柔性树脂版产品产品碳足迹

参数	生产排放量		运输排放量	合计	产品产量	产品碳足迹
单位	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e	万 m ²	kgCO ₂ e/ 万 m ²
数值	化石燃料燃烧	268.87	0.926	587.686	81.1	7246.44
	净购入电力	317.89				

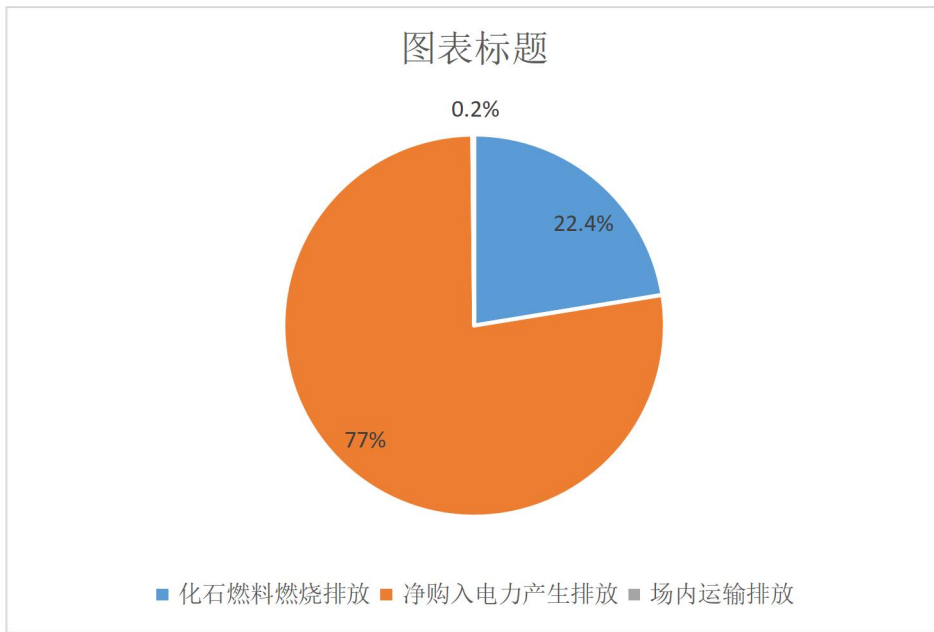


生产 1 万 m² 柔性树脂版产品碳足迹贡献比例

企业生产 1 万 m² 柔性树脂版产品碳足迹为 7246.44 kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 54.1%、45.8%、0.2%。

(3) 生产 1 万 m²PCB 胶片产品碳足迹

参数	生产排放量		运输排放量	合计	产品产量	产品碳足迹
单位	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e	万 m ²	kgCO ₂ e/ 万 m ²
数值	化石燃料燃烧	662.71	4.536	2953.326	365.8	8073.61
	净购入电力	2286.08				

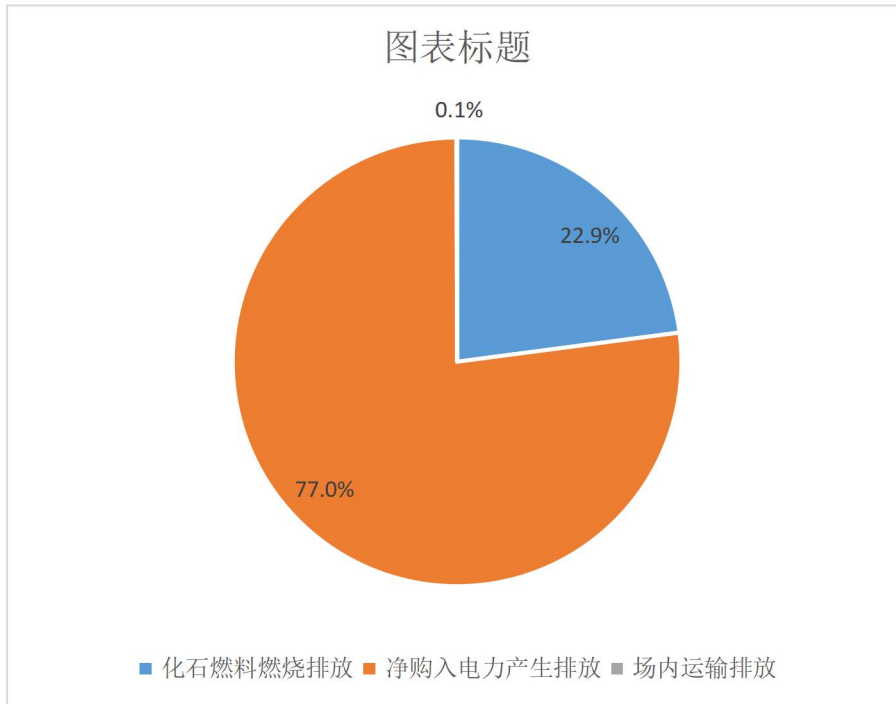


生产 1 万 m²PCB 胶片产品碳足迹贡献比例

企业生产 1 万 m²PCB 胶片产品碳足迹为 8073.61 kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.4%、0.2%。

(4) 生产 1 万 m² 高阻隔膜产品碳足迹

参数	生产排放量		运输排放量	合计	产品产量	产品碳足迹
单位	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e	万 m ²	kgCO ₂ e/ 万 m ²
数值	化石燃料燃烧	2172.14	4.444	9474.944	1550.9	6109.32
	净购入电力	7298.36				



生产 1 万 m² 高阻隔膜产品碳足迹贡献比例

企业生产 1 万 m² 高阻隔膜产品为 6109.32 kgCO₂ eq，化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.9%、0.1%。

6.结论与建议

通过对上述两大产品碳足迹指标分析可知：

企业生产 1 万 m² 胶印版产品碳足迹为 7037.98kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 89.0%、10.9%、0.2%。

企业生产 1 万 m² 柔性树脂版产品碳足迹为 7246.44 kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 54.1%、45.8%、0.2%。

企业生产 1 万 m²PCB 胶片产品碳足迹为 8073.61 kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.4%、0.2%。

企业生产 1 万 m² 高阻隔膜产品为 6109.32 kgCO₂ eq, 化石燃料燃烧排放、净购入电力产生的排放和场内运输排放对碳足迹的贡献分别为 77.0%、22.9%、0.1%。

本研究分别对乐凯华光产品碳足迹进行计测及分析, 只考虑了生产过程和厂内运输过程的温室气体排放, 并未能从原料获取, 原料运输、产品分配、使用以及废弃物处理方面进行全生命周期的分析。

通过以上分析可知, 产品生产过程中能源消耗对产品碳足迹的贡献为 100%, 为增强品牌竞争力、减少产品碳足迹, 建议如下:

- 1、进行生产装置更新时尽可能采用先进的生产工艺。
- 2、产品生产阶段: 未来积极引进节能技术, 提高能源利用效率, 减少能源的消耗。

7. 结语

产品碳足迹核算以生命周期为视角，可以帮助企业避免只关注与产品生产最直接或最明显相关的排放环节，抓住产品生命周期中其他环节上的重要减排和节约成本的机会。产品碳足迹核算还可以帮助企业理清其产品组合中的温室气体排放情况，因为温室气体排放通常与能源使用有关，因而可以侧面反映产品系统运营效率的高低，帮助企业发掘减少排放及节约成本的机会。

产品碳足迹核算提高了产品本身的附加值，可以作为卖点起到良好的宣传效果，有利于产品市场竞争；通过产品碳足迹核算，企业可以充分了解产品各环节的能源消耗和碳排放情况，方便低碳管理、节能降耗，节约生产成本；同时，产品碳足迹核算是一种环境友好行为，是企业响应国家政策、履行社会责任的体现，有助于产品生产企业品牌价值的提升。

产品碳足迹核算制度俨然已成为各国应对气候变化，发展低碳经济的全新阐述方式，并可能成为一种潜在的新型贸易壁垒，潜移默化的影响中国出口产业，面对不断变化的外界环境中国企业需被迫符合下游国家和企业的强制碳核算要求。低碳是企业未来生存和发展的必然选择，企业进行产品碳足迹的核算是企业实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，企业可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

参考文献

- [1] 《中国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）》
- [2] 《2023-2025 年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》