

惠州宇新新材料有限公司

顺酐产品碳足迹报告

惠州宇新新材料有限公司

2024年12月



目录

1. 执行摘要	1
2. 产品碳足迹介绍 (PCF) 介绍	3
3. 目标与范围定义	4
3.1. 公司及产品介绍	4
3.2. 研究目的	5
3.3. 研究的边界	6
3.4. 功能单位	6
3.5. 生命周期流程图的绘制	6
3.6. 取舍准则	7
3.7. 影响类型和评价方法	8
3.8. 数据质量要求	8
4. 过程描述	9
4.1. 原材料生产阶段	9
4.2. 原材料运输阶段	9
4.3. 产品生产阶段	10
4.4. 产品运输阶段	17
5. 数据的收集和主要排放因子说明	17
6. 碳足迹计算	18
6.1. 碳足迹识别	18
6.2. 计算公式	18
6.3. 碳足迹数据计算	19
6.4. 碳足迹数据分析	19
7. 不确定分析	21
8. 结语	21

1. 执行摘要

本项目为惠州宇新新材料有限公司（以下简称“宇新新材”）以生命周期评价方法为基础，采用《ISO/TS 14067-2013《温室气体产品的碳排放量量化和通信的要求和指南》、PAS2050:2011《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，计算得到宇新新材顺酐产品的碳足迹。为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产1t顺酐。系统边界为“从摇篮到大门”类型，调研了顺酐的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、顺酐生产阶段、顺酐销售运输阶段，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周期基础数据库（CLCD）和瑞士的Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

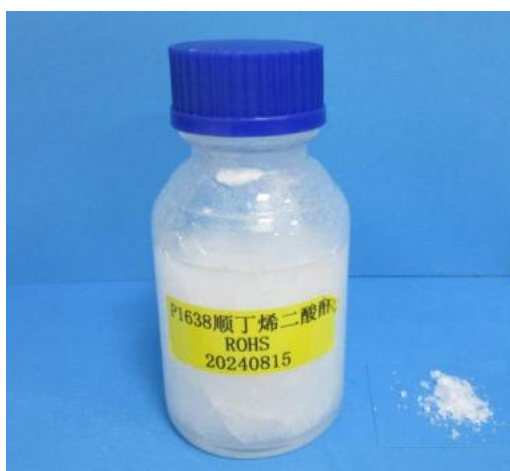


图1 产品顺酐

报告中对生产的不同单元过程比例碳足迹的差别、各生产过程碳足迹累计比例做了对比分析。从单个过程对碳足迹贡献来看，发现“原材料获取和加工”和“产品生产”的能源消耗活动，占比分

别是“75.03%”、“24.95%”。

研究过程中，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。生产生命周期主要过程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，以及中国生命周期基础数据库（CLCD）、瑞士的Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB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eFootprint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。

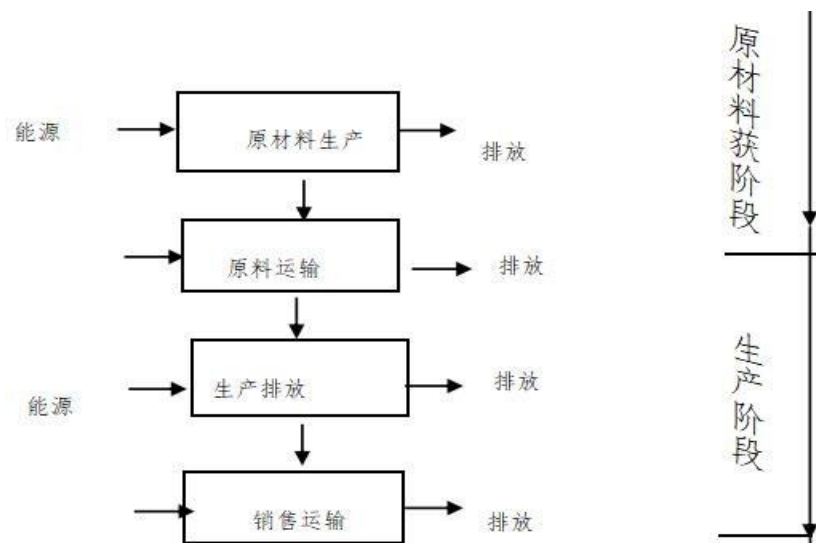


图2 顺酐生命周期系统边界图

数据库简介如下：

CLCD-China数据库是一个基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集。

Ecoinvent数据库由瑞士生命周期研究中心开发，数据主要来源于瑞士和西欧国家，该数据库包含约4000条的产品和服务的数据集，涉及能源、运输、建材、电子、化工、纸浆和纸张、废物处理和农业活动。

ELCD数据库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。

EFDB数据库为联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）为便于对各国温室气体排放和减缓情况进行评估而建立的排放因子及参数数据库，以其科学性、权威性的数据评估被国际上广泛认可。

2. 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（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、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_{2e}）表示，单位为kgCO_{2e}或者tCO_{2e}。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：产品生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 14067：2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求指南》，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。

3. 目标与范围定义

3.1. 公司及产品介绍

惠州宇新新材料有限公司注册地在惠州大亚湾霞涌街道电厂路6号，厂址位于惠州市大亚湾经济技术开发区石化工业区内K3地块，成立于2018年8月6日，是广东宇新能源科技股份有限公司投资成立

的民营企业，注册资金5亿元人民币，占地面积118972m²。公司利用宇新化工及大亚湾石化园区富余丁烷资源，加工生产顺酐及其衍生品。公司总投资228900万元，其中环保投资19201.61万元，现有员工270人，其中班组人员174人，化验室人员为20人，其余为行政、管理人员及公司领导，专业涵盖化学工程、石油化工、应用化学、分析化学、化工机械等，可辅助企业解决关键技术难题，为企业研发创新提供专业支持。按设计每年生产333天，正常工况下，实行四班两倒工作制度，每班工作12小时。

公司区域位置优势独特，立足全国七大石化产业基地中排名第一的惠州大亚湾石化园区，主要合作伙伴为中石化、中海油惠州石化、中海壳牌等。产品市场主要覆盖华南地区以及欧洲、土耳其、东南亚等国家和地区。公司现有的顺酐生产装置：目前已批复有1套20万吨/年顺酐装置(其中15万吨/年顺酐项目已建成投产，20万吨/年顺酐扩建项目建设中)。

公司通过努力构建创新科研、绿色工艺、规模生产的产业结构，以广阔的视野、博大的胸怀、创新的思维生产有竞争力的产品，通过创新和资源整合，创造化学新材料，追求可持续发展的未来。

3.2. 研究目的

本研究目的是得到宇新新材生产的顺酐产品全生命周期过程的碳足迹，为宇新新材开展持续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是宇新新材实现低碳、绿色发展的基础和关键，披

露产品的碳足迹是宇新新材环境保护工作和社会责任的一部分，也是宇新新材迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为宇新新材与顺酐产品的采购商和原材料的供应商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。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是宇新新材内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游主要原材料、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

3.3. 研究的边界

根据本项目的研究目的，按照 ISO/TS 14067-2018、PAS 2050:2011标准的要求，本次碳足迹评价的边界为宇新新材产品2024年11月生产活动及非生产活动数据。经现场走访与沟通，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原材料获取+原材料运输+产品生产+销售运输。

3.4. 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顺酐。

3.5. 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顺酐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：包括从原材料获取、原料运输、产品生产到销售运输整个过程的排放。顺酐产品的生命周期流程图如下：

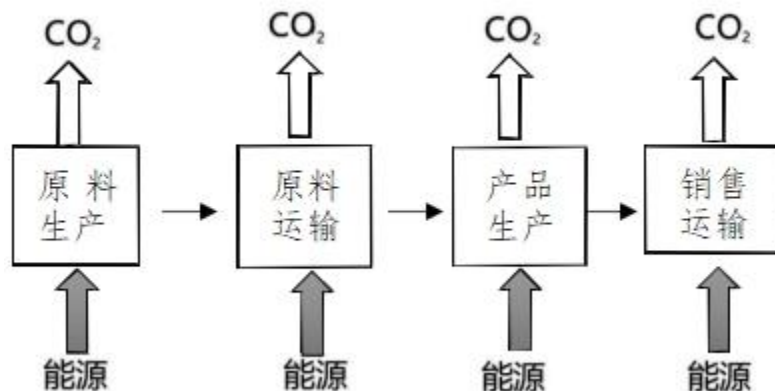


图 3 顺酐产品生命周期评价边界图

在本项目中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，顺酐产品的系统边界见下表：

表 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
a 顺酐生产的生命周期过程包括：原材料获取+原材料运输+产品生产+销售运输。 b 主要原材料生产过程中电力、天然气和水等能源的消耗。 c 生产过程电力、天然气和水等能源的消耗。 d 原材料运输、产品运输。	a 资本设备的生产及维修。 b 次要辅料的运输。 c 销售等商务活动产生的运输。 d 产品的使用及回收。

3.6. 取舍准则

本项目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%；

大多数情况下，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，基本无忽略的物料。

3.7. 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究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。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、四氟化碳（CF₄）、六氟乙烷（C₂F₆）、六氟化硫（SF₆）、氢氟碳化物（HFC）等。并且采用了IPCC第六次评估报告（2021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CO₂当量（CO₂e）。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（CO₂e）为基础，甲烷的特征化因子就是27.9kgCO₂e。

3.8. 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：

- （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，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，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CLCD-China 数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB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数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国际上的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。

4. 过程描述

4.1. 原材料生产阶段

原材料：正丁烷、DBP、磷酸三甲酯、无水硫酸镁、磷酸三钠、氨水。

主要数据来源：供应商原材料消耗数据

产地：惠州市、潮州市、东莞市、深圳市

产品盘查时间段：2024年11月

4.2. 原材料运输阶段

主要数据来源：供应商运输距离、CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：原材料主要来自中海油惠州石化有限公司（管输、5km）、惠州宇新化工有限责任公司（管输、2km）、东莞市九丰能

源有限公司（船运/车运、150 km）、潮州市欧华能源有限公司（船运300 km）、深圳华安液化石油气有限公司（（车运80 km）购入。本研究采用数据库数据和供应商平均运距来计算原材料运输过程产生的碳排放。

4.3. 产品生产阶段

（1）过程基本信息

过程名称：顺酐生产

过程边界：从正丁烷、DBP、磷酸三甲酯、无水硫酸镁、磷酸三钠、氨水进厂到顺酐出厂

（2）数据代表性

主要数据来源：企业生产数据

企业名称：惠州宇新新材料有限公司

产品盘查时间段：2024年11月

主要原料：正丁烷、DBP、磷酸三甲酯、无水硫酸镁、磷酸三钠、氨水

主要能耗：电力、水、液化石油气

（3）工艺流程

宇新新材生产的顺酐广泛应用于化学原料领域，生产工序具体为：

（1）反应工段

本反应是二元反应，没有蒸汽加入。丁烷氧化生成顺酐为氧化放热反应，同时丁烷与空气混合，进料浓度一般在1.5-1.84%左右，

进料浓度处于爆炸范围外（丁烷爆炸范围1.9-8.5%）。

来自原料精制工段的液态正丁烷经蒸发及过热后与来自空压机的空气，同时添加一定量SAS催化剂助剂，经静态混合器混合后进入固定床氧化反应器，在催化剂及高温条件下，正丁烷和氧气在反应器中发生氧化反应生成顺酐，同时产生少量乙酸、丙烯酸、一氧化碳、二氧化碳、水等副产物。反应气冷却，其热量通过锅炉水换热并产出8.8MPaG饱和蒸汽，盐冷却器及气体冷却器产生的8.8MPaG饱和蒸汽统一送至焚烧炉过热器进行过热至535℃后进入过热蒸汽管网供汽轮机使用。

（2）吸收和解吸工段

a、吸收

来自切换冷却器的135℃反应尾气由吸收塔底进入，吸收剂DBP（贫油）则由塔顶部进入。反应尾气与贫油逆流接触传质传热，反应尾气中的顺酐气体冷却并被贫油吸收下来，于塔底部形成富油。无法吸收部分，如N₂、O₂、C₄等气体由吸收塔顶排至焚烧炉系统进行焚烧处理。在吸收塔底部富油抽出一部分冷却后作回流，以维持塔热量平衡及保证吸收效果。塔底富油泵至富油中间储槽并作为解吸系统原料。

b、解吸

来自富油中间储槽之富油，泵至解吸塔进料预热器，与后闪沸塔高温贫油换热后进入解吸塔。解吸塔底部以4.5MPaG蒸汽加热，塔底温度一般控制在200-210℃。塔顶顺酐气相经冷凝后循环至汽提

塔，一段填料下部抽出部分液态顺酐送至粗酐储罐，部分作回流。塔顶顺酐冷凝器中的不凝气则排至尾气洗涤塔。通过贫油回收不凝气中少量顺酐。解吸塔底贫溶剂还含有少量顺酐，则泵至后闪沸塔进行再一次闪沸，将贫油顺酐浓度降至合格范围内。

c、闪蒸与尾气洗涤

来自解吸塔底部贫油内还含有少量顺酐，经过加热后约215℃进入后闪沸塔进行闪沸。闪沸塔分为两部分，下部闪沸后之高温贫油经解吸塔进料预热器及贫油冷却器换热后回到贫油槽。而闪沸出之顺酐气体则通过上部富油循环吸收下来并返至富油槽。后闪沸塔上部设置回流冷却器以维持塔温。未被吸收下来之不凝气则排至尾气洗涤塔，尾气洗涤塔通过贫油回收不凝气体中的顺酐，废气则送至焚烧炉进行热氧化处理。

(3) 产品精制工段

顺酐精制采用批次精馏操作模式，粗顺酐由粗顺酐槽批次泵至精馏塔静置釜，静置釜内设置蒸汽加热器。精馏塔采用抽真空负压操作。批次精馏按操作程序，先进行轻沸物脱除，轻沸物收集至轻沸物罐并回收至解吸塔。脱轻操作完成，取样合格后，则进入产品切出操作，顺酐产品收集至批次接收槽，当静置釜操作条件达到一定条件，精馏结束。批次接收槽品质调整确认合格后交至顺酐成品储罐。精馏过程抽真空尾气以贫油洗涤回收尾气中的顺酐，不凝气则排至焚烧炉处理。

(4) 溶剂再生工段

来自闪蒸塔底的贫溶剂送至溶剂回收罐，经泵加压送至溶剂再生工段。溶剂再生工艺利用溶剂中富马酸(FAC)、顺酸(MAC)等杂质易溶于热水且与溶剂(油)存密度差异，待再生溶剂与纯水以一定比例(油水比)于混合槽充分搅拌混合后送入离心机，在离心机高速运转下，溶剂与水在转鼓中分离(重相为油，轻相为水)。溶剂收集并泵至吸收塔循环使用，废水则送至污水处理系统。

(5) 热水循环系统

循环水作为冷却介质时，会使含有顺酐的物料析出顺酐等，进而堵塞换热器。为此生产装置中设置一套热水循环系统，使用热水作为冷却介质。本项目生产装置涉及2种规格温水，分别为95℃和60℃，分别用于脱异丁烷热水再沸器和生产装置的伴热、冷却等设备。本装置对换热网络进行了创新优化，其中部分热水分别经精制塔、解吸塔气相冷凝器及溶剂换热器系统组成两个循环热水系统，利用热水回收精制塔、解吸塔及溶剂系统余热作为脱异丁烷塔中间及塔底再沸器部分热源。另一部分是来自温水罐的温除盐水(设有加热设施)，泵出之热水经过调温后(约60℃)，作为顺酐系统保温水及精制塔、解吸塔的补充冷却水。

生产工艺流程图如下：

The diagram illustrates the propylene oxide production process, starting with mixed liquefied gas entering a three-stage carbon removal column. This column produces propylene product and feeds into a butane separation column, which yields isobutane product. The remaining gas goes to a carbon five column, producing carbon five product and feeding into an oxidation reactor. The oxidation reactor also receives air, catalyst, and spent catalyst. It is connected to a molten salt cooler, which in turn connects to a steam bag. The steam bag is linked to a make-up water system and a wastewater treatment station. The oxidation reactor's output goes through a cooler to an absorption column. The absorption column is fed with storage tank nitrogen tail gas and sends absorption tail gas to an incinerator. The incinerator also receives waste gas from storage tank seals and feeds into a waste heat boiler, which produces steam and is connected to a make-up water system. The absorption column's output goes to a desorption column, which produces light components sent to a rectification column. The rectification column feeds into a liquid storage tank and sends residual propylene tail gas to a vacuum system. The desorption column's output goes to a flash distillation column, which feeds into a solvent regeneration column. The solvent regeneration column sends solvent back to the absorption column and sends waste water to a wastewater treatment station. The flash distillation column also sends non-condensable gas to a vacuum system. The vacuum system is connected to a tail gas washing column, which sends liquid to an absorption column and sends non-condensable gas to a vacuum system. The vacuum system is also connected to a wastewater treatment station. The wastewater treatment station receives wastewater from the solvent regeneration column and the vacuum system, and sends waste gas to a deodorization tower. The wastewater treatment station also receives domestic wastewater, production wastewater, and initial rainwater, and sends sewage to a sewage treatment plant.

(4) 主要生产设备

顺酐装置专用设备						
序号	设备名称	材质	设备类型	规格型号	数量	出厂日期
1	除盐水罐	304L	储罐	φ12000×6×19500	1	2020.03
2	丁烷蒸发器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ1800×14（16） ×8003	1	2020.03
3	丁烷过热器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ500×10×4369	1	2020.03
4	1#盐冷器	SA-204Gr.B	管壳式换热器	φ1830×10360	1	2020.03
5	1#反应器电加热器	SA-204Gr.B	电加热器	φ1500×12×4644	1	2020.03
6	1#气体冷却器	15CrMo/14Cr1MoR	管壳式换热器	φ2200×88（18） ×9189	1	2020.03
7	1#切换冷却器	13MnNiMoR/316L	管壳式换热器	φ2845×90（16） ×13786	1	2020.03
8	备用切换冷却器	13MnNiMo	管壳式换	φ2845×90（16）	1	2020.03

顺酐装置专用设备						
序号	设备名称	材质	设备类型	规格型号	数量	出厂日期
		R/316L	热器	×13786		
9	2#盐冷器	SA-204Gr.B	管壳式换热器	φ1830×10360	1	2020.04
10	2#反应器电加热器	SA-204Gr.B	电加热器	φ1500×12×4644	1	2020.04
11	2#气体冷却器	15CrMo/14Cr1MoR	管壳式换热器	φ2200×88 (18) ×9189	1	2020.06
12	2#切换冷却器	13MnNiMoR/316L	管壳式换热器	φ2845×90 (16) ×13786	1	2020.06
13	3#盐冷器	SA-204Gr.B	管壳式换热器	φ1830×10360	1	2020.06
14	3#反应器电加热器	SA-204Gr.B	电加热器	φ1500×12×4644	1	2020.06
15	3#气体冷却器	15CrMo/14Cr1MoR	管壳式换热器	φ2200×88 (18) ×9189	1	2020.06
16	3#切换冷却器	13MnNiMoR/316L	管壳式换热器	φ2845×90 (16) ×13786	1	2020.06
17	开工空气加热器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ1000×14 (14) ×5144	1	2020.06
18	1#反应器	16Mo3	反应器	φ7550×24×10180	1	2020.06
19	2#反应器	16Mo3	反应器	φ7550×24×10180	1	2020.06
20	3#反应器	16Mo3	反应器	φ7550×24×10180	1	2020.06
21	盐槽	Q345R	容器	φ4900×28 (28) ×17900	1	2020.06
22	1#盐冷器泄放槽	Q345R	容器	φ3500×20 (20) ×11885	1	2020.06
23	1#汽包	13MnNiMoR	容器	φ2400×68 (72) ×6000	1	2020.02
24	2#盐冷器泄放槽	Q345R	容器	φ3500×20 (20) ×11885	1	2020.02
25	2#汽包	13MnNiMoR	容器	φ2400×68 (72) ×6000	1	2020.02
26	3#盐冷器泄放槽	Q345R	容器	φ3500×20 (20) ×11885	1	2020.02
27	3#汽包	13MnNiMoR	容器	φ2400×68 (72) ×6000	1	2020.02
28	助剂储罐	S30403	容器	φ2200×12 (12) ×7070	1	2020.02
29	1#助剂计量罐	S30403	容器	φ159×6 (6) ×2530	1	2020.02
30	2#助剂计量罐	S30403	容器	φ159×6 (6) ×2530	1	2020.02
31	3#助剂计量罐	S30403	容器	φ159×6 (6) ×2530	1	2020.06

顺酐装置专用设备						
序号	设备名称	材质	设备类型	规格型号	数量	出厂日期
32	RTO炉A炉	S31603	焚烧炉	31420*8100*109 34	1	2020.06
33	RTO炉B炉	S31603	焚烧炉	31420*8100*109 34	1	2020.06
34	TO直燃炉A炉	Q235B	焚烧炉	Φ5600×22120	1	2020.06
35	TO直燃炉B炉	Q235B	焚烧炉	Φ5600×22120	1	2020.06
36	燃气汽化器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ8000×10（12） ×2796	1	2020.06
37	洗涤塔A塔循环冷却器	316L	板式换热器	1950*511	1	2020.06
38	洗涤塔B塔循环冷却器	316L	板式换热器	1950*511	1	2020.06
39	余热锅炉	12Cr1MoVG/SA219-T91	余热锅炉	QCF279/865-275-8.65/535	1	2020.06
40	废气预热器	S30403/S31603	板式换热器	8400×9100×5780	1	2019.12
41	一段烟气换热器	S30408	管壳式换热器	4700*4750*6300	1	2019.12
42	二段烟气换热器	S30408	管壳式换热器	2480×6800×6105	1	2019.12
43	SCR脱硝器	S30408	反应器	5720*8750*7100	1	2019.12
44	烟气洗涤塔A	S30408	塔器	Φ4000*4700*23100	1	2020.04
45	烟气洗涤塔B	S30408	塔器	Φ4000*4700*23100	1	2020.04
46	烟囱	Q345R+S30408	塔器	Φ4020*45000	1	2020.04
47	尾气收集罐	S30403	容器	φ600×6（6） ×2150	1	2020.04
48	碳三塔再沸器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ1000×12（14） ×4489	1	2020.04
49	丁烷塔热泵再沸器	Q345R/10#	翅片管换热器	φ2800×16（14） ×5642	1	2020.04
50	丁烷塔热水再沸器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ2600×18（14） ×10516	1	2020.04
51	丁烷塔蒸汽再沸器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ1300×12（14） ×4946	1	2020.04
52	正丁烷冷却器	Q235R/304	板式换热器	380×620×2132	1	2020.05
53	碳五塔再沸器	Q345R/10#	管壳式换热器	φ800×10（12） ×4149	1	2020.05
54	异戊烷冷却器	Q235R/304	板式换热器	380×370×2132	1	2020.05
55	混丁烷冷却器	Q235R/304	板式换热	380×820×2132	1	2020.04

顺酐装置专用设备						
序号	设备名称	材质	设备类型	规格型号	数量	出厂日期
			器			
56	碳三塔	Q345R	塔器	φ2200×18 (20) ×42280	1	2020.04
57	丁烷塔	Q345R	塔器	φ5600×24 (28) ×81700	1	2020.04
58	碳五塔	Q345R	塔器	φ2000×12 (14) ×24350	1	2020.04
59	饱和气缓冲罐	Q345R	容器	φ3000×18 (20) ×7660	1	2020.05
60	碳三塔回流罐	Q345R	容器	φ2500×20 (22) ×7424	1	2020.05
61	混丁烷缓冲罐	Q345R	容器	φ3000×14 (14) ×7654	1	2020.05
62	丁烷塔回流罐	Q345R	容器	φ3600×18 (18) ×8856	1	2019.08
63	丁烷塔回流罐	Q345R	容器	φ3600×18 (18) ×8856	1	2019.08
64	贫油二级冷却器	SA105/SA2 40 Gr.316L	板式换热器	695×890×1440	1	2020.02
65	贫油过冷器	SA105/SA2 40 Gr.316L	板式换热器	695×890×1140	1	2020.02
66	贫油一级冷却器	SA105/SA2 40 Gr.316L	板式换热器	1030×1190×3316	1	2020.02
67	萃取水加热器	Q235R/304	板式换热器	380×360×1809	1	2020.02

4.4. 产品运输阶段

主要数据来源：客户运输距离、CLCD-China 数据库、瑞士 Ecoinvent 数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及 EFDB 数据库。

分析：企业产品主要销售到省内，采用道路运输，本研究采用数据库数据和客户平均运距来计算产品运输过程产生的碳排放。

5. 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： $\text{CO}_2\text{e/kWh}$ ，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 CH_4 （甲烷）的GWP值是27.9。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。

6. 碳足迹计算

6.1. 碳足迹识别

表3 碳足迹识别清单

序号	主体	活动内容	活动数据来源	
1	生产设备	消耗电力、液化气、水	初级活动数据	发票、生产报表
2	制冷机、空调、采暖、运输等辅助设备	消耗电力		发票、生产报表
3	原材料生产	消耗电力、蒸汽、水	次级活动数据	供应商数据、数据库
4	原材料运输	消耗汽、柴油		供应商地址、数据库
5	产品运输	消耗汽、柴油		客户地址、数据库

6.2. 计算公式

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EFDB数据库和相关参考文献，由于部分能源数据库中暂无排放因子，取值均来自相近物料排放因子。

6.3. 碳足迹数据计算

表4 碳足迹计算表

项目	组分	消耗数据	数据库选取碳排放因子类别	GWP	tCO ₂ eq
原材料获取和加工	CO ₂	167406.24t	正丁烷	1	256000
	CO ₂	763.64t	DBP	1	2470
	CO ₂	50.00t	磷酸三甲酯	1	61.9
	CO ₂	34.50t	无水硫酸镁	1	18
	CO ₂	2.25t	磷酸三钠	1	0.0072
	CO ₂	31.72t	氨水	1	97.5
原材料运输	CO ₂	5320km	陆运（货车）、管道	1	0.445
产品生产	CO ₂	150222760kw h	天然气发电	1	83200
	CO ₂	2680.545t	液化石油气	1	1850
	CO ₂	388498.4t	水	1	1040
产品运输	CO ₂	2280km	陆运（货车）	1	0.145
合计（kgCO ₂ e）					344737.9972

6.4. 碳足迹数据分析

根据以上公式可以计算出2024年11月顺酐二氧化碳的排放量为344737.9972t。整个月共生产顺酐159676.672t。因此1t顺酐产品的碳足迹e=344737.9972/159676.672=2.159tCO₂e/t，计算得到生产1t顺酐的碳足迹为2.159tCO₂e/t。从顺酐生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出顺酐的碳排放环节主要集中在“原材料获取和加工”和“产品生产”的能源消耗活动，占比分别是“75.03%”、“24.95%”。

顺酐产品生命周期碳排放清单：

表5 碳足迹分析表

环境类型	当量单位	原材料获取和加工	原材料运输	产品生产	废弃物运输	合计
产品碳足迹 (CF)	tCO _{2e}	258647.4072	0.445	86090	0.145	344737.9972
占比 (%)		75.03%	0.01%	24.95%	0.01%	100.00%

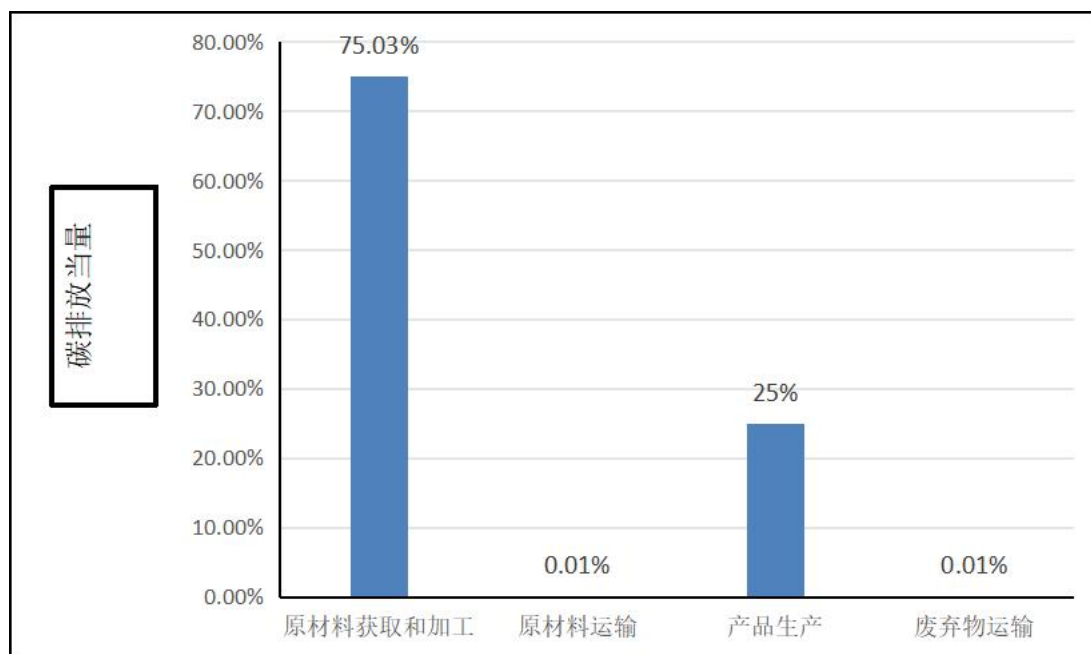


图 5 产品全生命周期阶段碳足迹贡献图

所以减少顺酐全生命周期阶段的碳排放，应重点加强产品制造节能及对供应商提出节能减排要求。建议如下：

- (1) 建议加强用电管理，购买绿电。
- (2) 加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造。
- (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) 继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）推进产业链的绿色设计发展，制定生态设计管理体制和生态设计管理制度，明确任务分工；构建支撑企业生态设计的评价体系；建立打造绿色供应链的相关制度，推动供应链协同改进。

7. 不确定分析

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。

8. 结语

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，进行产品碳足迹的核算是实现温室气体管理，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，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。

根据产品碳足迹评价结果，确认惠州宇新新材料有限公司生产2024年11月顺酐二氧化碳的排放量为344737.9972t，生产1t顺酐的碳足迹为2.159tCO_{2e}/t。从顺酐生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，碳排放环节主要集中在“原材料获取和加工”和“产品生产”的能源消耗活

动，占比分别是“75.03%”、“24.95%”。