

评价报告编号：TJKMDTZUJ-202501-01

天津市嘉诺缘电子科技有限公司

塑料薄膜产品

碳足迹报告

Carbon footprint of products

编制单位：天津科美达能源技术有限公司

2025年1月



基本信息

报告信息

报告编号：TJKMDTZUJ-202501-01

编写单位：天津科美达能源技术有限公司

编制人员：李卫华、黄晓婵、荣清立

审核单位：天津科美达能源技术有限公司

审核人员：荣鸿喜

发布日期：2025年1月10日

申请者信息

公司全称：天津市嘉诺缘电子科技有限公司

统一社会信用代码：91120224598725865B

地址：天津宝坻九园工业园区兴宝道1号

联系人：腾国荣

联系方式：13820334881

采用的标准信息

ISO/TS 14067-2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

（《Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication》）

PAS2050：2011 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

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 公司及其产品介绍	4
3.2 研究目的	5
3.3 研究边界	5
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	7
3.8 数据质量要求	8
4、过程描述	8
4.1 原材料生产阶段	8
4.2 原材料运输阶段	9
4.3 产品生产阶段	9
4.4 产品运输阶段	14
5、数据的收集和主要排放因子说明	15
6、碳足迹计算	15
6.1 碳足迹识别	15
6.2 计算公式	16
6.3 碳足迹数据计算	16
6.4 碳足迹数据分析	17
6.5 碳足迹改进建议	17
7、不确定分析	18
8、结语	19

1、执行摘要

为满足相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，天津市嘉诺缘电子科技有限公司特邀请天津科美达能源技术有限公司对塑料薄膜产品的碳足迹排放情况进行研究，并出具研究报告。本研究是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO/TS 14067-2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、PAS2050: 2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到塑料薄膜产品的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产“1吨塑料薄膜”。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，调研了塑料薄膜的上游原材料（包括 N，N-二甲基乙酰胺溶剂（DMAC）、均苯四甲酸二酐（PMDA）、二氨基二苯醚（ODA）等）生产阶段、原材料运输阶段、塑料薄膜生产阶段、塑料薄膜销售运输阶段、塑料薄膜使用阶段及报废后回收处置阶段产生的排放。

报告中对生产塑料薄膜的不同过程比例的差别、各生产过程碳足迹比例做了对比分析。本报告得出生产“1吨塑料薄膜”产品的碳足迹为 82.37tCO₂e/t，其中原材料提取加工阶段排放量占比为 43.49%、原材料运输阶段排放量占比为 0.19%、产品生产阶段排放量占比为 56.29%、产品运输阶段排放量占比为 0.02%。从单个阶段对碳足迹贡献来看，产品生产阶段对产品碳足迹的贡献最大。

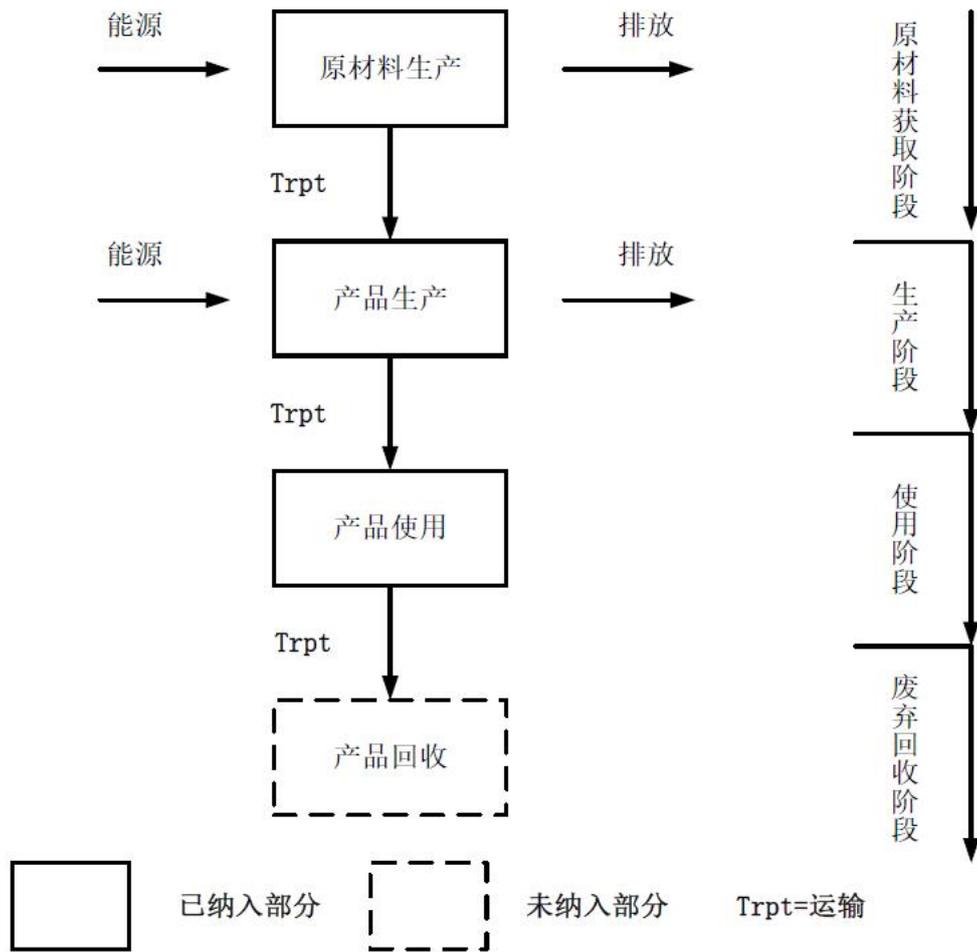


图1 塑料薄膜生命周期系统边界图

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、地域、时间等方面。塑料薄膜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，部分通用的原辅料数据来源于中国生命周期基础数据库（Chinese Life Cycle Database，简称 CLCD）、瑞士 Ecoinvent 数据库以及中国产品全生命周期温室气体排放系数库（China Products Carbon Footprint Factors Database）等，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。

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。

中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database): 由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院，在中国城市温室气体工作组（CCG）统筹下，组织 24 家研究机构的 54 名专业研究人员，基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算，并经过 16 名权威专家评审后公开的中国产品全生命周期温室气体排放系数，具有较高的科学性、权威性。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息，包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物处理和碳汇共计 1490 条数据信息。

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（CO₂e）表示，单位为 kgCO₂e 或者 tCO₂e。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 14067:2018 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。

3、目标与范围定义

3.1 公司及其产品介绍

天津市嘉诺缘电子科技有限公司（以下简称天津嘉诺缘），位于

天津市宝坻区九园工业园区兴宝道 1 号，成立于 2012 年 7 月 12 日，于 2016 年底投产。

天津嘉诺缘是天津市天缘电工材料股份有限公司全资子公司，注册资本 600 万元，为国家级高新技术企业、天津瞪羚企业、天津市创新型中小企业、天津市专精特新企业。公司主要生产高端聚酰亚胺薄膜及系列制品，特别是用于电子行业的超薄型高端薄膜产品以及军工用产品，产品有：单拉、双拉聚酰亚胺薄膜、黑色聚酰亚胺薄膜、超薄聚酰亚胺薄膜、高模量高强度聚酰亚胺薄膜、无色透明聚酰亚胺薄膜等，产品销往国内大部分省市地区的高端优秀企业，还大批出口美国、日本、韩国、欧盟等国家和地区，受到国内外客户的一致好评。

3.2 研究目的

本研究的目的是得到塑料薄膜产品全生命周期过程的碳足迹，为天津嘉诺缘开展持续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是天津嘉诺缘实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是公司环境保护工作和社会责任的一部分，也是公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为天津市嘉诺缘电子科技有限公司与塑料薄膜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：一是天津市嘉诺缘电子科技有限公司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天津嘉诺缘 2024 年全年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+产品使用+回收利用。

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 1 吨塑料薄膜。

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“1 吨塑料薄膜产品”的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B₂C）评价：包括从原材料获取，通过制造、分销和零售，到客户使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放。塑料薄膜产品的生命周期流程图如下：

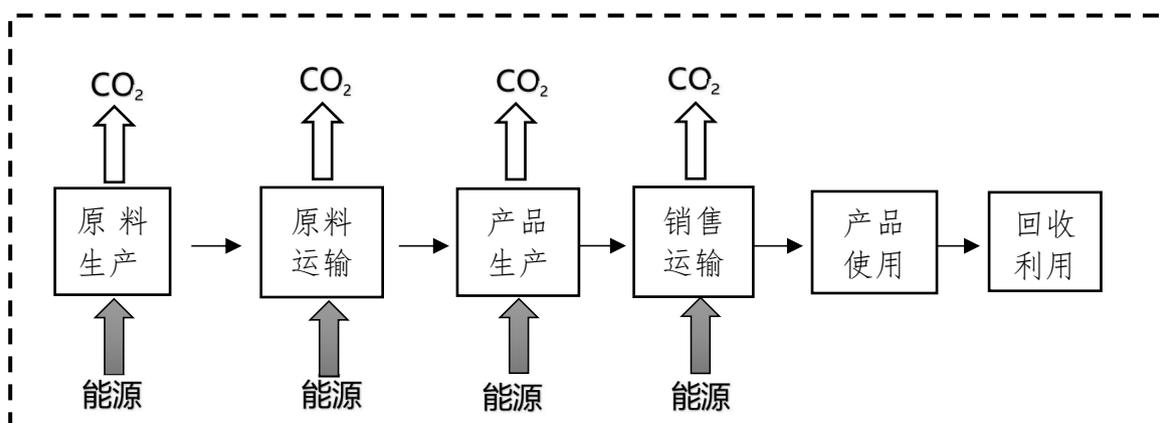


图 2 塑料薄膜产品生命周期评价边界图

在本项目中，产品的系统边界属“从摇篮到坟墓”的类型，为了实现上述功能单位，塑料薄膜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
<p>a 塑料薄膜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+产品使用。</p> <p>b 主要原材料生产过程中能源的消耗。</p> <p>c 生产过程化石燃料、过程排放、电力等能源的消耗。</p> <p>d 原材料运输、产品运输。</p>	<p>a 资本设备的生产及维修</p> <p>b 次要辅料的运输</p> <p>c 销售等商务活动产生的运输</p> <p>d 产品的废弃后的回收</p>

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:

I 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%;

II 大多数情况下,生产设备、厂房、生活设施等可以忽略;

III 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) 和哈龙等。并且采用了 IPCC 第七次评估报告 (2023 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 25kg 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 25kg CO₂e。

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：

I 数据准确性：实景数据的可靠程度

II 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

III 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，本研究在 2025 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 CLCD-China 数据库、瑞士 Ecoinvent 数据库以及中国产品全生命周期温室气体排放系数数据库；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

主要数据来源：企业 2024 年实际生产数据、CLCD-China 数据库、

瑞士 Ecoinvent 数据库、中国产品全生命周期温室气体排放系数库 (China Products Carbon Footprint Factors Database)。

具体原材料用量见下表：

表 2 原材料使用量

原材料	用量
N, N-二甲基乙酰胺溶剂 (t)	2737.19
均苯四甲酸二酐 (t)	324.215
二氨基二苯醚 (t)	292.125

分析：本研究采用企业实际采购原材料量和数据库数据计算原材料生产阶段产生的碳排放。

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、中国产品全生命周期温室气体排放系数库 (China Products Carbon Footprint Factors Database)。

供应商名称：山东冠森高分子材料科技股份有限公司、华伦新材料（南通）有限公司、德州市德化化工有限公司、南通汇顺化工有限公司、东营明德化工有限公司、石家庄昊普化工有限公司、山东和利时石化科技开发有限公司等。

分析：供应商运输采用陆运运输，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：聚酰亚胺薄膜

过程边界：从 N, N-二甲基乙酰胺溶剂 (DMAC)、均苯四甲酸二酐、二氨基二苯醚等进厂到聚酰亚胺薄膜出厂

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业 2024 年实际生产数据

企业名称：天津市嘉诺缘电子科技有限公司

基准年：2024 年

主要原料：N, N-二甲基乙酰胺溶剂（DMAC）、均苯四甲酸二酐、二氨基二苯醚等

主要能耗：电力

工艺流程简介：

(1) (6051) 聚酰亚胺薄膜生产线

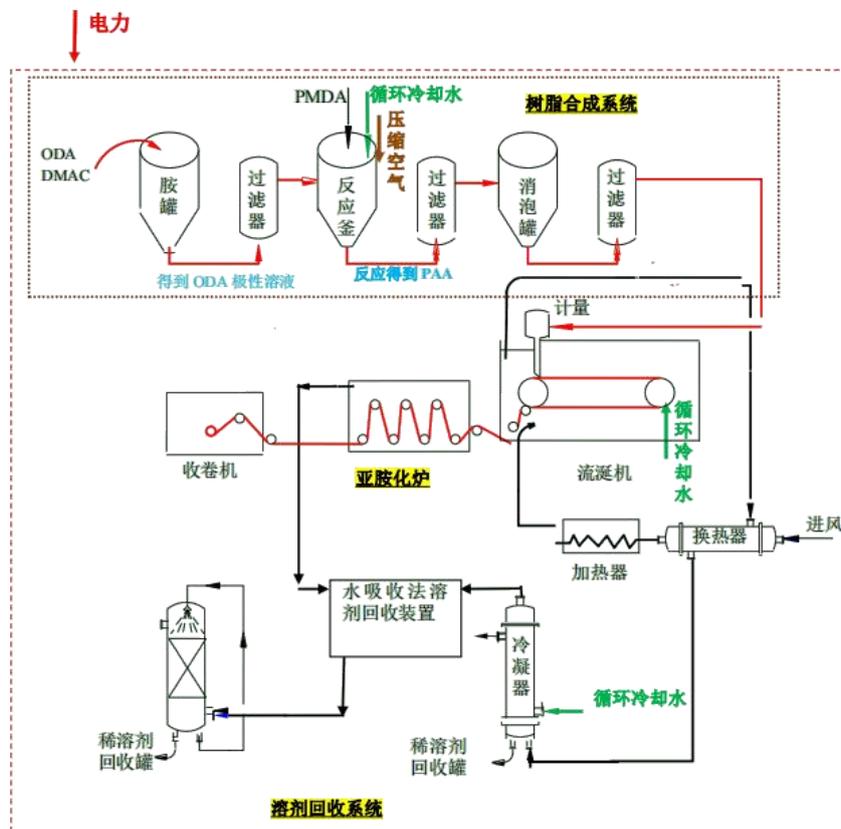


图 3 工艺流程图

工艺流程说明：

第一步，树脂合成聚酰胺酸（PAA）。

将 ODA 加入溶胺罐，极性溶剂 DMAC 采用真空泵泵入高位槽，通过高位槽经计量加入溶胺罐，搅拌一定时间得到 ODA 的极性溶液。

溶液经过熔体过滤器过滤后进入反应釜，将固体 PMDA 分次加入反应釜内的 ODA 极性溶液中，迅速发生聚合反应，生成在极性溶剂中可溶的高分子量 PAA（聚酰胺酸）。PAA 的极性溶液经过一次溶体过滤器过滤后进入消泡罐消除搅拌过程产生的气泡，再经过二次溶体过滤器过滤进入计量罐，作为流涎机进料。

整个树脂合成过程为放热反应，无外加热源，反应釜夹套通循环冷却水，反应温度控制在 40~60℃。

第二步，流涎成膜。

PAA 极性溶液通过计量罐和流涎嘴进入流涎机，在此进行流涎成膜。流涎机由钢带系统、热风系统等组成。钢带系统构成流涎机的主体，它由一条表面经精抛光的环形不锈钢带、两个起支撑和张紧作用的转鼓、驱动系统、钢带张紧及调偏系统、以及一系列托辊组成。热风系统主要由风机、换热装置、加热器等组成。空气由送风风机引入，通过换热装置预热后，经电加热器加热进入流涎机。

在钢带系统匀速运输下，将 PAA 极性溶液经流涎嘴前刮板带走，而形成厚度均匀的液膜，然后进入烘干道干燥。洁净干燥的空气由鼓风机送入加热器预热到一定温度后进入上、下烘干道。热风流动方向与钢带运行方向相反，以便使液膜在干燥时温度逐渐升高，溶剂逐渐挥发，增加干燥效果。聚酰胺酸薄膜在钢带上随其运行一周，溶剂蒸发成为固态薄膜，从钢带上剥离下的薄膜经导向辊引向亚胺化炉。

第三步，亚胺化。

聚酰胺酸薄膜在钢带上随其运行一周，溶剂蒸发后成为固态聚酰胺酸薄膜。薄膜从钢带上剥离后经导向辊引入亚胺化炉。亚胺化炉内设有电加热装置，聚酰胺酸薄膜在约 300℃左右发生脱水环化，得到聚酰亚胺薄膜。

第四步，收卷、检验、分切、包装入库。

由亚胺化炉产出的聚酰亚胺薄膜由收卷机收卷。然后对每批次产品的拉伸强度、断裂伸长率、工频、电气强度、表面电阻率、体积电阻率等进行测试，检验合格后根据客户要求分切，包装入库。

溶剂回收系统：

项目流涎和亚胺化工序挥发出的 DMAC 溶剂经引风机进入冷凝器冷凝。冷凝后的 DMAC 溶剂储存于回收溶剂储罐内，通过管道输送到精馏装置处理后再回用。

未得到冷凝的 DMAC 废气通过水喷淋塔吸收处理，水喷淋塔产生的 DMAC 吸收液储存于回收溶剂储罐，达到一定浓度时（DMAC 含量约 70%~75%）送到精馏装置处理后再回用到生产线。

(2) (6052) 聚酰亚胺薄膜生产线

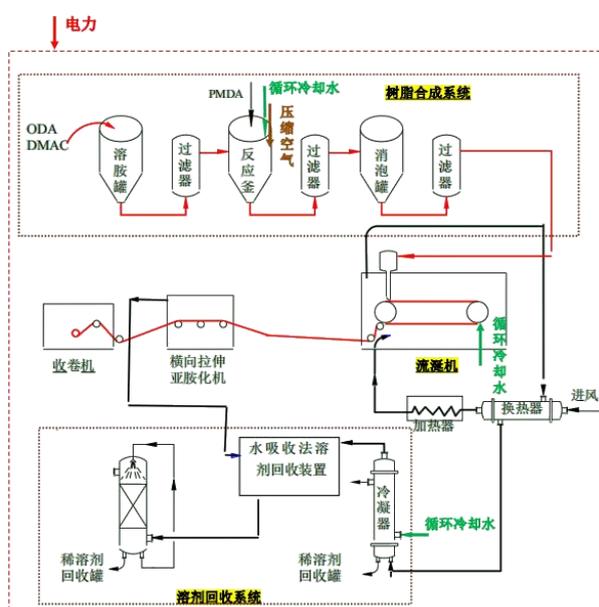


图 4 工艺流程图

工艺流程说明：

与流涎法生产线相比，流涎双向拉伸生产线增加了横向拉伸系统，在对固态聚酰胺酸薄膜进行纵向拉伸后，在亚胺化的同时对薄膜进行

横向拉伸，其余部分与流涎法相同。拉伸工艺生产的聚酰亚胺薄膜各项性能指标均优于流涎法生产的聚酰亚胺薄膜。

(3) 聚酰亚胺复合薄膜(TY6251、TY6254 聚酰亚胺薄膜 F46 胶带) 生产线

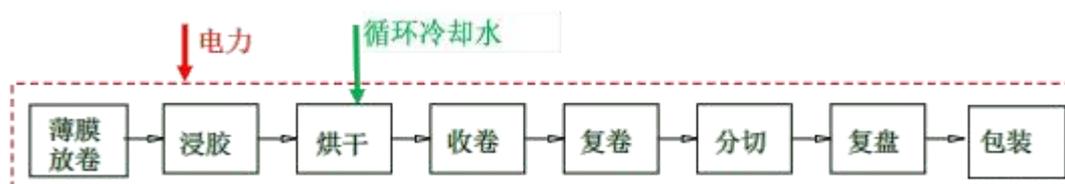


图 5 工艺流程图

工艺流程说明：

聚酰亚胺复合薄膜是将流涎法或流涎双向拉伸法生产的聚酰亚胺薄膜单面或双面涂以聚全氟乙丙烯乳液（F46 水乳胶），再经电加热加温（小于 310℃）干燥去除水分、收卷、分切等过程加工而成的聚酰亚胺薄膜胶带系列产品。主要生产设备如下表：

表 3 主要生产设备清单

序号	工序/车间名称	设备名称	型号/规格	数量	单台功率	消耗能源种类
流涎生产线						
1	树脂合成工序	溶胶罐	1.5m ³	3	7.5	电力
2	树脂合成工序	反应釜	1.5m ³	6	30	电力、循环冷却水、压缩空气
3	树脂合成工序	消泡釜	2.0m ³	9		/
4	树脂合成工序	熔体过滤器	10 微米	9		/
5	树脂合成工序	真空泵		3	5.5	电力
6	树脂合成工序	计量泵		3	3	电力
7	流涎工序	流涎机	1000mm	3	220	电力、循环冷却水
8	亚胺化工序	亚胺化炉	1000mm	3	300	电力
9	流涎/亚胺化	风机		15	3	电力
10	收卷工序	收卷机	1000mm	3	1.5	电力

11	输送工序	水泵		2	11	电力
12	输送工序	水泵		10	5.5	电力
拉伸生产线						
1	树脂合成工序	溶胶罐	1.5m ³	4	7.5	电力
2	树脂合成工序	反应釜	1.5m ³	8	30	电力、循环冷却水、压缩空气
3	树脂合成工序	消泡釜	2.0m ³	12		/
4	树脂合成工序	熔体过滤器		12		/
5	树脂合成工序	真空泵		3	5.5	电力
6	树脂合成工序	计量泵		4	3	电力
7	流延工序	流延机	1000mm	5	220	电力、循环冷却水
8	亚胺化/拉伸工序	拉伸机	1000mm	5	350	电力
9	流延/亚胺化	风机	3KW	20	3	电力
10	后处理工序	回火炉		3	30	电力
11	收卷工序	收卷机	1000mm	4	1.5	电力
12	输送工序	水泵		2	11	电力
13	输送工序	水泵		10	5.5	电力
14	精馏系统	加热油炉		1	300	电力
15	回收系统	回收风机		3	30	电力
覆膜生产线						
1	F46 涂胶工序	涂胶机	700mm	15	100	电力、循环冷却水
2	分切工序	复卷机	1000mm	8	2.2	电力
3	分切工序	分切机	700mm	8	10	电力
4	分切工序	分切机	1000mm	5	30	电力

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、中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)。

分析：企业产品运输采用陆路运输，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 21。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：燃料油、天然气、电力消耗量等。排放因子数据主要包括电力、热力排放因子、燃料油、柴油、天然气低位热值和单位热值含碳量等。

6、碳足迹计算

6.1 碳足迹识别

表 4 碳足迹计算统计表

序号	主体	活动内容	活动数据来源	
1	生产设备	消耗电力	初级活动数据	生产报表
2	制冷机、空调、采暖等辅助设备	消耗电力		生产报表
3	原材料生产	/	次级活动数据	供应商数据、数据库

4	原材料运输	消耗汽油		供应商地址、数据库
5	产品运输	消耗汽油		客户地址、数据库
6	产品使用	/		数据库
7	产品回收	/		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：

$$CFP = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \times Q_{ij} \times GWP_j \quad (1)$$

式中：CFP——产品碳足迹；

P——活动水平数据；

Q——排放因子数据；

GWP——全球变暖潜势值。

6.3 碳足迹数据计算

表 5 碳足迹汇总表

生命周期	指标类别	组分	消耗数据	排放因子		GWP	CO ₂ e
				数值	单位		
原材料生产	N, N-二甲基乙酰胺溶剂 (t)	CO ₂	2737.190	3.56	tCO ₂ e/t	1	9744.40
	均苯四甲酸二酐 (t)		324.215	4.32			1400.60
	二氨基二苯醚 (t)		292.125	4.53			1323.32
原材料运输	原材料运输 (tkm)	CO ₂	1120218.84	0.049	kgCO ₂ e/tkm	1	54.89
产品生产	直接、过程、间接排放	CO ₂	详见表 4			1	16137.3
产品运输	产品运输 (tkm)	CO ₂	139200	0.042	kgCO ₂ e/tkm	1	5.85

生命周	指标类别	组分	消耗数据	排放因子		GWP	CO ₂ e
产品使用	产品使用 (t)	CO ₂	/	/	/	1	0.00
产品回收	产品回收 (t)	CO ₂	/	/	/	1	0.00
合计 (tCO ₂ e)							28666.36

表 6 产品生产阶段碳排放情况

净购入使用电力、热力产生的排放			净购入量 (万 kWh)	购入量 (万 kWh)	外销量 (万 kWh)	净购入 CO ₂ 排 放因子 (kgCO ₂ /kWh)	CO ₂ (吨)
			A=B-C	B	C	D	E=A*D
企业电 力	合计	1	--	--	--	--	16137.3
	电力	2	2291.9	2291.9	0.0000	0.7041	16137.3

6.4 碳足迹数据分析

根据以上公式可以计算出 2024 年度公司二氧化碳的排放量为 28666.36t。全年共生产聚酰亚胺薄膜 348 吨。因此 1 吨聚酰亚胺薄膜产品的碳足迹=28666.36 / 348=82.37tCO₂e/t，计算得到生产 1 吨聚酰亚胺薄膜的碳足迹为 82.37tCO₂e/t。从聚酰亚胺薄膜生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出聚酰亚胺薄膜的碳排放环节主要集中在原材料和产品生产阶段。

表 7 产品生命周期各阶段碳排放情况表

环境类型	当量	原材料生 产	原材料 运输	产品生产	产品运 输	产品使 用	产品回 收	合计
产品碳足迹 (CF)	tCO ₂ e	12468.32	54.89	16137.3	5.85	0.00	0.00	28666.36
占比 (%)		43.49%	0.19%	56.29%	0.02%	0.00%	0.00%	100.00%

6.5 碳足迹改进建议

减少聚酰亚胺薄膜产品碳足迹需综合考虑产品全生命周期的各阶段影响，根据以上碳足迹贡献度分析，建议重点加强供应商原材料采购的管理和注重产品的生态设计，以减少原材料获取阶段和产品使

用阶段的碳足迹，具体如下：

(1) 绿色供应商管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大，依据绿色供应商管理准则进行供应商考核，建立并实施供应商评价准则，加强供应链上对供应商的管理和评价，在原材料价位差异不大的情况下，尽量选取原材料碳足迹小或单位产品耗能较小的供应商，减少原材料生产阶段的碳排放。建立打造绿色供应链的相关制度，推动供应链协同改进。

(2) 产品生态设计

产品生产阶段对产品碳足迹贡献最大，应加强聚酰亚胺薄膜产品的生态设计，投入更多资金研发更节能的产品；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。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。

(3) 强化节能管理

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。

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：

- a) 使用准确率较高的初级数据；
- b) 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。