

摘要

受河南金源氢化化工股份有限公司委托，核查组对河南金源氢化化工股份有限公司（以下简称“金源氢化”）生产的加氢苯基化学品产品的碳足迹进行核算与评估。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》中规定的碳足迹核算方法，计算得到金源氢化平均生产 1 吨加氢苯基化学品产品的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证与各相关方沟通的需要，本报告对两类产品的功能单位分别进行了定义，即 1 吨加氢苯基化学品产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调研了从原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。计算得到金源氢化 1 吨加氢苯基化学品产品的碳足迹。

本报告对 1 吨加氢苯基化学品产品的碳足迹比例进行对比分析：

企业生产 1 吨加氢苯基化学品的碳足迹为 244.722kgCO₂ eq，其中化石燃料燃烧的排放碳足迹占比 66.53%，净购入电力隐含的排放占比 23.13%，净购入热力隐含的排放占比 7.53%，原辅材料获取及运输排放占比 3%，其中化石燃料燃烧的排放占比最大。

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。

河南金源氢化化工股份有限公司积极开展产品碳足迹评价，其碳足迹核算是企业实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是企业环境保护工作和社会责任的一部分，也是河南金源氢化化工股份有限公司迈向国际市场的重要一步。

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: 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

河南金源氢化化工股份有限公司位于济源高新技术产业开发区化工园区内，2012年11月23日成立，法人代表王增光，注册资本95560万元，主要从事加氢苯基化学品纯苯、甲苯、二甲苯、重苯、非芳烃等的生产加工及销售。

2020年公司通过实施粗苯加氢扩容后生产能力提至20万吨/年。2022年，公司加工粗苯19.7万吨，生产加氢苯基化学品19.33万吨，实现销售收入131391.39万元、利润3427.12万元，上交税金2334.30万元。

近年来，公司通过了ISO9001:2015标准质量管理体系认证、ISO14001:2015标准环境管理体系认证、ISO45001:2018标准职业健康安全管理体系认证、ISO50001:2018能源管理体系认证，被认定为省级智能工厂、省级创新型中小企业、省级工程技术研究中心、省质量标杆企业。

为持续推进企业高质量发展，公司充分利用现有公辅设施，在原有20万吨/年苯加氢装置的基础上开展技术改造，扩产建设20万吨/年苯加氢项目，现公司具备年产40万吨加氢苯基化学品的规模。

展望未来，公司将依托加氢苯基化学品制造规模优势，进一步延链发展环己烯--环己醇--己二酸--PBAT新材料产业链，持续在精细化工、化工新材料领域发力，向高端化、智能化、绿色化迈进。

2.2 评价目的

本报告的目的是得到河南金源氢化化工股份有限公司生产的加氢苯基化学品产品生命周期过程的碳足迹。

碳足迹核算是金源氢化实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是企业环境保护工作和社会责任的行动体现，也是企业积极应对气候变化，践行我国生态文明建设的重要组成部分。本项目的评估结果有利于金源氢化公司掌握该产品的温室气体排放途径及排放量，并促进企业发掘减排潜力、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；同时为各产品的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径。

2.3 碳足迹评价边界

基于评价目标的定义，本次评估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。

评估过程中统计了多种温室气体，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。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吨加氢苯基化学品产品。

碳足迹核算采用生命周期评估方法。生命周期评估是一种评估产

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

品、工艺或活动，从原材料获取与运输，到产品生产、运输、销售、使用、再利用、维护和最终处置整个生命周期阶段有关的环境负荷的过程。在生命周期各个阶段数据都可以获得情况下，采用全生命周期评价方法核算碳足迹。当原料部分或者废弃物处置部分的数据难获得时，选择采用“原材料碳排放+生产过程碳排放”、“生产过程碳排放”、“生产过程碳排放+废弃物处置碳排放”三种形式之一的部分生命周期评价方法核算碳足迹。

根据本项目评价目的，按照《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的相关要求，本次碳足迹评价边界为金源氢化 2023 年全年生产活动及非生产活动数据。经过与排放单位确认，原材料生产部分数据难以获得，因此确定本次评价边界为：产生的碳足迹=原材料的获取及运输排放+生产过程排放。即从“摇篮到大门”的核算边界，其他排放过程数据难以量化，本次核算不予考虑。为实现上述功能单位，本次核算的系统边界如表 2-1。

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，忽略不计；
- (2) 资本设备的生产及维修的排放量，忽略不计；
- (3) 产品出厂后的运输、销售和使用，以及废弃回收处置的排放量，忽略不计。

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
• 加氢苯基化学品产品生产的生命	• 资本设备的生产及维修

周期过程包括：原材料获取及运输 →产品生产→产品包装出厂 • 生产经营活动相关的能源消耗	• 产品的运输、销售和使用 • 产品回收、处置和废弃阶段
--	---------------------------------

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金源氢化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 原辅材料获取及运输

2023 年企业加氢苯基化学品产量为 243831.425 吨，主要原辅材料为焦化粗苯、阻聚剂和小苏打，焦化粗苯消耗量为 248000t，阻聚剂消耗量为 38.4t，小苏打消耗量为 168t。企业原辅材料运输方式均为公路运输，原辅材料获取及运输单位产品碳足迹清单如下表：

表 3-1 加氢苯基化学品单位产品原辅材料获取及运输碳足迹清单

物料名称	单位原辅材料消耗量 (kg/吨)	物料来源	运输方式	运距 (km)	碳足迹数据 (kgCO ₂ e/吨)
焦化粗苯	1017.10	河南平煤神马京宝化工科技股份有限公司	公路	150	6.83

阻聚剂	0.16	辽阳鼎鑫化工有限公司	公路	1500	0.01
小苏打	0.69	河南金大地化工有限责任公司	公路	300	0.01
合计	/				6.85

3.2 生产过程能源消耗清单

金源氢化生产过程中能源消耗为化石燃料燃烧 CO₂ 排放、净购入电力隐含的 CO₂ 排放和净购入热力隐含的 CO₂ 排放，根据统计台账，各项能源消耗情况如下：

表3-3 单位产品能源消耗情况表

能源种类	消耗量	单位	产品种类	产品产量 (t)	单位产品消耗量	单位
外购电	24191900	kw.h	加氢苯基化学品	243831.425	99.22	kw.h/t
焦炉煤气	46234900	m ³	加氢苯基化学品	243831.425	189.62	m ³ /t
外购蒸汽	14863400	kg	加氢苯基化学品	243831.425	60.96	kg/t

4.碳足迹计算

4.1 生产阶段产品工艺流程

受核查方主要生产工艺包含预分馏工艺、加氢工艺、预蒸馏塔工艺、萃取回收系统工艺、苯分离塔工艺、二甲苯塔工艺、非芳烃加工工艺等，工艺流程如下：

(1) 预分馏工艺

从罐区过来的焦化粗苯经过原料过滤器后进入预分馏塔，在预分馏塔中通过负压操作，进行轻、重组分的分离。轻组分作为加氢部分的原料进入下一工序，重组分作为产品送入罐区重苯槽外销。

主要工艺路线：

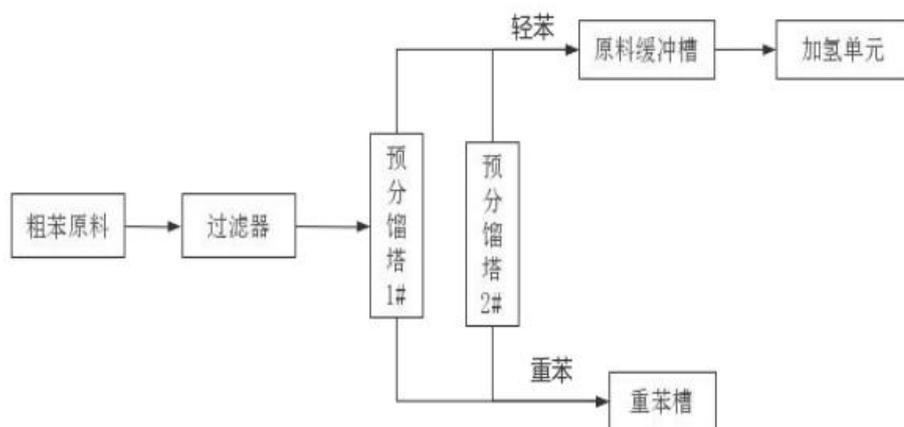


图 1-1 预分馏生产工艺流程图

(2) 加氢工艺

从制氢单元过来的氢气经过补充氢气压缩机后进入循环气体收集器，再经循环气体压缩机后进入五联蒸发器 A 的混合喷嘴。

从预分馏系统过来的轻苯进入原料缓冲槽后经加氢原料泵进入预蒸发器 A 的混合喷嘴和来自循环气体压缩机的循环氢气混合，然后依次进入五联蒸发器，在蒸发器中充分混合并利用主反应器排出的主反应产物换热进行部分汽化，汽化后从顶部出去进入蒸发器，在蒸发器中原料完全汽化并由顶部逸出。蒸发器、预蒸发器底部及预反应器底部高沸点组分放入闪蒸槽，闪蒸回收一些轻组分后，自流到预分馏塔底部。

从蒸发器顶逸出的原料气体在预反应器原料加热器中预热后，进入预反应器底部，通过催化剂床层从顶部排出。在此过程中，双烯烃、苯乙烯和二硫化碳等在高活性的镍—钼催化剂作用下完成加氢饱和反应。

从预反应器 R51201 顶部排出的油气与主反应产物在换热器

E51204 中换热，并经主反应器加热炉 F51201 加热后，进入主反应器 R51202 顶部，从上至下经过钴—钼催化剂床层完成脱硫、脱氮、烯烃饱和等反应。主反应器排出的反应产品经主反应器产品换热器 E51204、预反应器原料加热器 E51203、蒸发器重沸器 E51202BA、预蒸发器 E51201E~A 和预分馏原料/反应产物换热器 E51801 换热，并在反应器产品冷却器 E51206 中冷却后进入高压分离器 S51202 进行气液分离。气相产物作为循环气体经循环气体捕集器 S51205 捕雾后进入循环氢气压缩机 B51202AB，再次加压至加氢所需压力后返回至五联蒸发器。

从高压分离器 S51202 分离出的工艺分离水，利用压差，直接送至煤气净化车间机械化氨水澄清槽。高压分离器 S51202 分离出的液相烃类，进入稳定塔 K51202。在稳定塔顶部排除加氢油中含有的 H₂S 气体，底部生产出合格的加氢油，送至萃取蒸馏部分。

主要工艺路线如下：

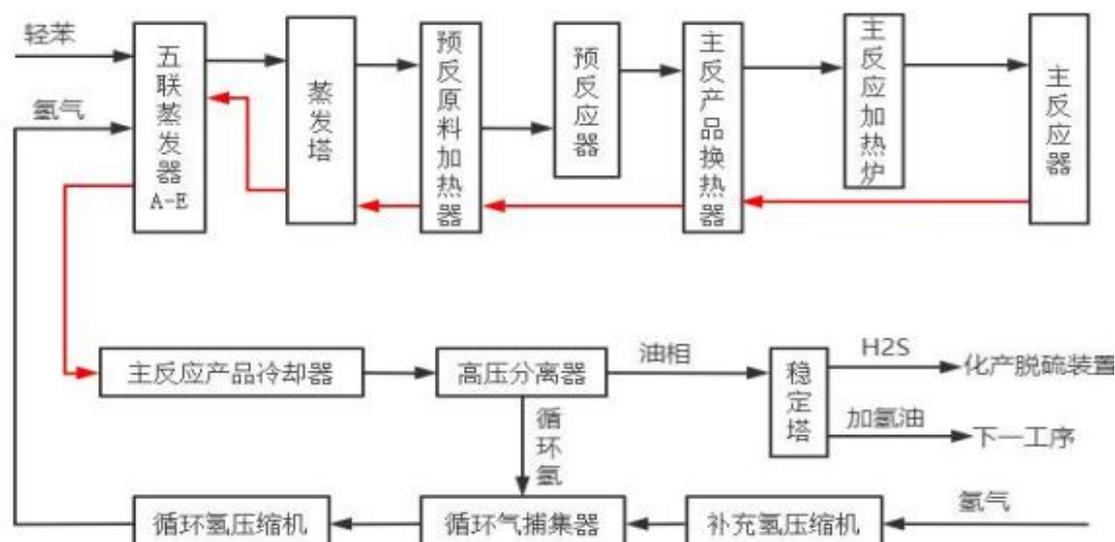


图 1-2 加氢生产工艺流程图

(3) 预蒸馏塔工艺

蒸馏塔 的塔底通过富溶剂泵 P51403AB 送至溶剂回收塔进行溶剂回收，不凝 性气体经调节压力后送至放散系统。

从萃取蒸馏塔塔底来的富溶剂进入回收塔 K51402 中部减压蒸馏，其真空度由真空机组 B51401 产生。芳烃蒸汽从塔顶逸出，经回收塔顶冷凝器 E51405 冷却后进入回收塔回流槽 S51402，冷凝液用回收塔回流泵 P51405AB 抽出，一部分送回回收塔顶作为回流，另一部分送至苯塔进一步进行苯精制分离。回收塔底的热贫溶剂用泵 P51404AB 抽出，一部分依次送经苯塔溶剂加热重沸器 E51411、一段蒸汽发生器 E51424、ED 塔原料/贫溶剂换热器 E51401、贫溶剂冷却器 E51402 换热冷却后进入萃取蒸馏塔上部循环使用，另一部分送至溶剂再生塔 K51403。再生塔底部定期排出再生残渣。

纯苯塔系统:从回收塔来的芳烃送至苯塔，通过蒸馏在塔顶采出纯苯产品，在塔底采出甲苯产品。

甲苯塔系统:从预蒸馏塔塔底来的 TXS 馏分送至甲苯塔，经过蒸馏在塔顶采出甲苯产品，塔底 XS 馏分送至二甲苯塔。

二甲苯塔系统:从预蒸馏塔塔底来的 XS 馏分送至二甲苯塔，经过蒸馏在塔顶采出二甲苯产品，塔底采出二甲残油产品。

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 产品碳足迹核算

根据相关企业调研，分别获取了 1 吨加氢苯基化学品生产阶段的能源消耗，并因此计算生产阶段所产生的温室气体排放，具体如下所示。

表 4.1 单位产品生产阶段的能源消耗

物料名称	活动数据 A (kW.h/t、 GJ/t、 GJ/t)	CO ₂ 当量排放因子 B (kgCO ₂ e/kW.h、 kgCO ₂ e/GJ、 kgCO ₂ e/GJ)	排放因子 数据来源	碳足迹数据 C=A×B (kgCO ₂ e/t)
加氢苯基化学品单位产品生产消耗				
电力	99.22	0.5703	参考文献 ^[2]	56.583
焦炉煤气	3.30	49.368	参考文献 ^[1]	162.914
蒸汽	0.1675	110		18.425
合计				237.922

电力排放因子说明：

参数	电力的 CO ₂ 当量排放因子
核查的数据值	0.5703
单位	kgCO ₂ e/kW.h
数据源	《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。

焦炉煤气排放因子说明：

参数	焦炉煤气的 CO ₂ 当量排放因子
核查的数据值	49.368
单位	kgCO ₂ e/GJ
数据源	《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》中的缺省值

5.产品碳足迹指标

加氢苯基化学品产品碳足迹排放量相关计算分析：

表 5-1 单位产品碳足迹计算分析

年度	2023
单位产品原辅材料获取及运输排放碳足迹 (kgCO ₂ e/t) (A)	6.85
单位产品化石燃料燃烧的排放碳足迹 (kgCO ₂ e/t) (B)	162.914
单位产品净购入电力隐含的排放碳足迹 (kgCO ₂ e/t) (C)	56.583
单位产品净购入热力隐含的排放碳足迹 (kgCO ₂ e/t) (D)	18.425
单位产品碳足迹总量 (kgCO ₂ e/t) (F=A+B+C+D+E)	244.772

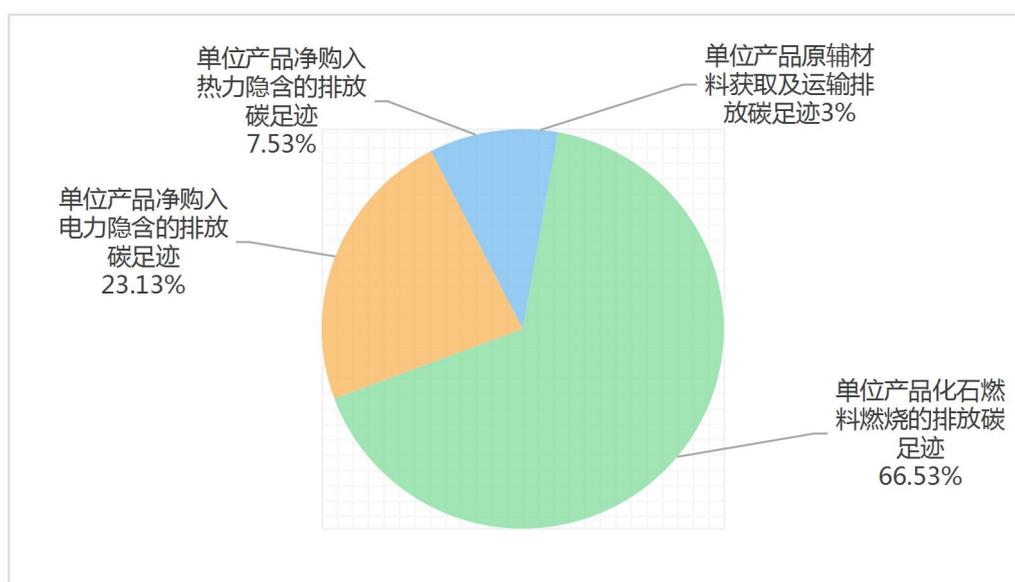


图 5.1 生产 1 吨加氢苯基化学品碳足迹贡献比例

企业生产 1 吨加氢苯基化学品的碳足迹为 244.722kgCO₂ eq，其中化石燃料燃烧的排放碳足迹占比 66.53%，净购入电力隐含的排放占比 23.13%，净购入热力隐含的排放占比 7.53%，原辅材料获取及运输排放占比 3%。

6.结论与建议

(1) 结论

通过对上述单位产品碳足迹指标分析可知：

企业生产 1 吨加氢苯基化学品的碳足迹为 244.722kgCO₂ eq，其中化石燃料燃烧的排放碳足迹占比 66.53%，净购入电力隐含的排放占比 23.13%，净购入热力隐含的排放占比 7.53%，原辅材料获取及运输排放占比 3%，其中化石燃料燃烧的排放占比最大。

本研究主要为对加氢苯基化学品碳足迹进行计测及分析，只考虑了原辅材料获取及运输过程和产品生产过程的温室气体排放，并未从产品分配、使用以及废弃物处理方面进行全生命周期的分析。

(2) 建议

1、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；

2、在碳足迹分析、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；

3、继续推进绿色低碳发展意识，加强生命周期理念的宣传和实践。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，以便企业内部开展对比分析，发现问题；

4、推进产业链的绿色设计发展，制定生态设计管理体制和计管理制度，构建企业生态设计评价体系，推动绿色供应链协同改进。

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】《中国化工生产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》。