

江苏瑞恩电气有限公司 产品碳足迹报告

报告编制单位：上海励羿建筑科技有限公司



报告编制日期：二〇二三年五月二十五日

目 录

摘 要	2
1. 产品碳足迹 (PCF) 介绍	3
2. 目标与范围定义	5
2.1 企业及其产品介绍	5
2.2 报告目的	5
2.3 碳足迹范围描述	6
3. 数据收集	9
3.1 初级活动水平数据	9
3.2 次级活动水平数据	9
4. 碳足迹计算	11
4.1 厂内运输和经营相关运输产生的排放	11
4.2 生产阶段	12
5. 产品碳足迹指标	18
6. 结论与建议	19
7. 结语	20

摘 要

受江苏瑞恩电气有限公司（简称“江苏瑞恩电气”）委托，核查组对江苏瑞恩电气生产的变压器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，计算得到江苏瑞恩电气平均生产 1 台变压器的碳足迹。

本报告对产品的功能单位进行了定义即 1 台变压器，系统边界为“从大门到大门”类型。核查组对从原材料进厂到产品出厂的生产过程进行了现场调研，同时也参考了相关文献及数据库。

本报告对生产 1 台变压器的碳足迹进行分析，企业生产 1 台变压器碳足迹为 456.54kgCO₂ eq，产品生产过程中铁心生产阶段、线圈生产阶、其它部件生产阶段、组装调试阶段和运输阶段对碳足迹的贡献分别为 28.11%、53.51%、10.78%、5.07%和 2.53%。

江苏瑞恩电气积极开展产品碳足迹评价，其碳足迹核算是江苏瑞恩电气实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是江苏瑞恩电气环境保护工作和社会责任的一部分，也是江苏瑞恩电气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，“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

江苏瑞恩电气有限公司成立于 2007 年，位于海安高新技术产业开发区。注册资金 11600 万元，占地面积 60000 多平方米。

公司是专业从事输变电设备制造的高新技术企业，主导产品有：干式变压器、油浸式变压器、箱式系列变电站（美式箱变、欧式箱变）及高低压电气开关控制成套设备等 20 多个系列产品。其产品性能先进、结构新颖、美观大方，具有低损耗、低温升、低噪音、耐冲击、抗短路等特点。

公司技术力量雄厚，拥有现代化的生产设备和国内外先进的检测设备 200 多台套。与上海交通大学、上海电机学院、海安上海交通大学智能装备研究院等院校进行强强合作，与沈阳变压器研究院联合建立产学研基地—海安研发中心，研制开发的变压器均已通过国家变压器质量监督检验中心进行的例行、型式、特殊试验和江苏省新产品新技术鉴定及中国电器工业协会新产品鉴定，研制开发的“基于新型非晶合金材料与制造工艺”的节能变压器等多项产品列入了省级新技术新产品目录。

公司重视科技兴企，近年获得国家专利 37 项，其中发明专利 17 项；获得软件著作权证书 7 项；是江苏省认定的省级企业技术中心、省级工程技术中心、“江苏省高新技术企业”、“江苏省民营科技企业”，“瑞恩”商标曾被评为江苏省著名商标，瑞恩牌变压器是南通市名牌产

品，公司有完善的售后服务体系，产品已辐射全国二十多个省、市自治区，并远销海外，其质量和服务得到顾客的肯定和好评。

公司连年被评为 AAA 级资信企业，是国家级“守合同重信用企业”，通过了 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、ISO45001 职业健康安全管理体系、知识产权贯标认证以及 PCCC 中国节能产品认证，取得两化融合管理体系评定证书，严格执行国家及行业标准，建立了各项管理体系，严格把好材料购进、关键工序和产品出厂检验质量关，公司运行 ERP 系统，各项管理活动和每个过程、阶段均处于受控状态，确保各项管理体系持续有效运行。

“以质量求生存，以信誉求发展”的经营宗旨，是“瑞恩人”不懈追求的目标！公司真诚地为顾客提供优质的产品和满意的服务。

2.2 报告目的

本报告的目的是得到江苏瑞恩电气生产的 1 台变压器生命周期过程的碳足迹，其研究结果有利于江苏瑞恩电气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；同时为变压器及成套装备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 台变压器。

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

盘查地点：江苏瑞恩电气有限公司（地址：江苏省海安市黄海大道西 229 号）。

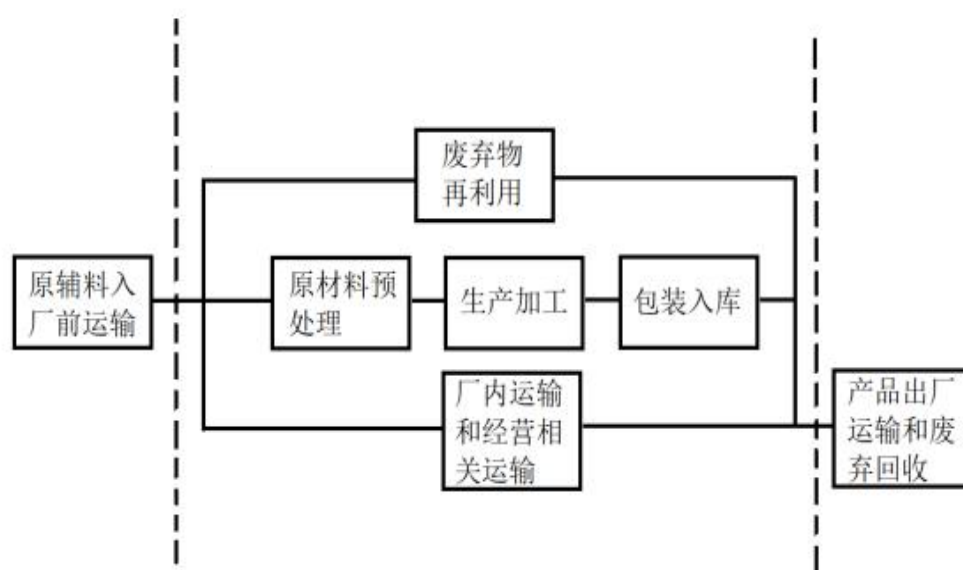


图 2.1 系统边界

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，变压器的系统边界如上图。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"> • 变压器生产的生命周期过程包括：原材料厂内运输→产品生产→废弃物再利用→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。

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江苏瑞恩电气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入, 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	电	企业生产报表及统计数据
	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

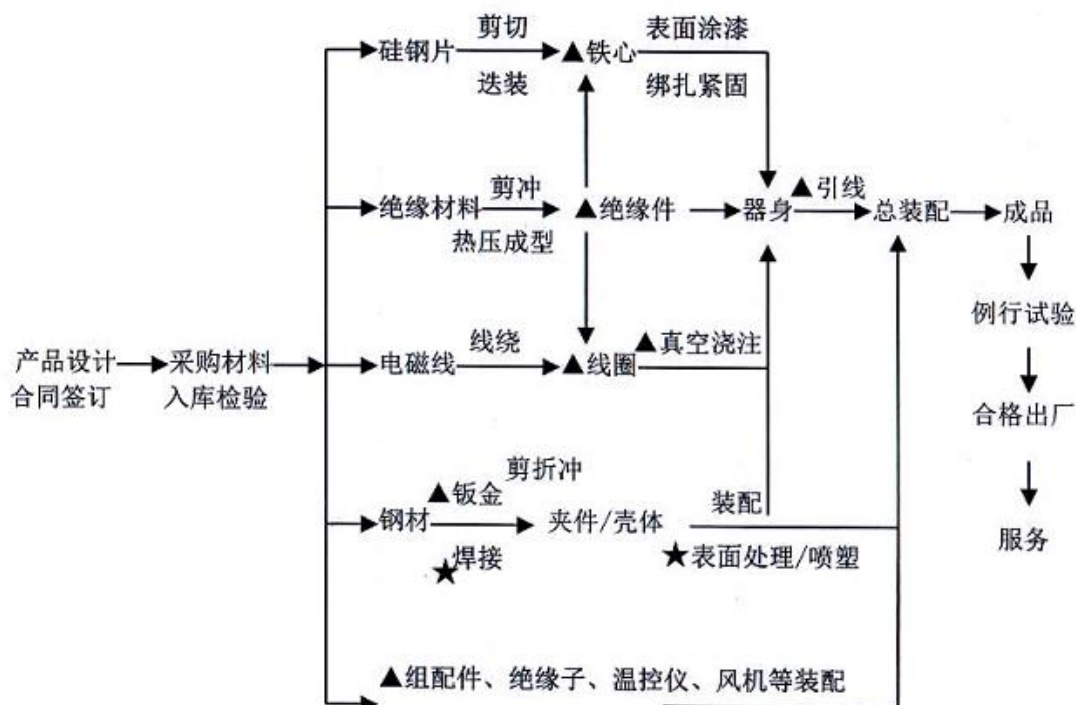
厂内外移动源运输都会直接或间接地产生温室气体排放，如生产过程中设备运转消耗能源带来的间接温室气体排放，材料在运输过程中产生的间接温室气体排放。因此，本阶段对厂内外的生产和运输阶段温室气体排放进行计算，如下表 4.1：

表 4.1 厂内运输的产品温室气体排放

物料名称	活动数据 (t、MW.h) A	CO2 当量排放因子 (tCO2e/t、tCO2e/MW.h) B	排放因子数据来源	碳足迹数据 (tCO2e) C=A×B
变压器生产				
电力	96.627	0.7921	数据来源于国家发改委：2019 年中国华东区域电网平均二氧化碳排放因子	76.54
合计				76.54

4.2 生产阶段

1、公司主要生产工艺如下所示：



注：★——特殊过程（外包）

▲——关键工序/部件

2、生产工艺简述

1) 硅钢片剪切：使用 ZJX1250/80 硅钢片纵剪线，将厚度为 0.35mm 及以下硅钢片料纵剪成窄卷料。按图样要求将符合片宽尺寸要求的硅钢片卷料用吊车吊到开卷机的卷筒上，调整好位置。扩张卷筒撑紧硅钢片卷料。

2) 铁芯刷漆：根据需要配制的黑色铁心涂料重量及 A、B 组份的配比 4:1，计算所需的 A、B 组份各自的重量。将配料桶放到电子

称上，倒入 A 组份，称出其重量。将 B 组份按其重量倒入配料桶内。对配料桶内的混合料用棒类搅拌棒进行充分搅拌，搅拌一定要均匀，料桶的中间及紧贴外壁部位也要搅拌到，搅拌时间在 5 分钟左右，即可。开始涂刷，检查铁心上轭表面漆层均匀，涂料表面无漆瘤、无刷毛等杂质。铁心整体无漏刷部位。

3) 绝缘件制作

根据图纸及要求，通过剪冲、热压成型，成为绝缘件

4) 线圈绕制、浇注

5) 产品装配：安装下垫块定位螺栓，螺栓不得悬浮，需与夹件有效接触。在下夹件上围绕铁芯柱放置下垫块，使之相邻互成 90° ，并且与铁芯柱中心线成 45° 。垫块需干净，无油污，灰尘等。将线圈套在对应的三个芯柱上，落在下垫块上。使高压线圈引线中心线与拉板中心线保持一致，并调整线圈与铁芯距离确保同心。相间距离严格按标准控制，偏差 $\leq 1\text{mm}$ ，三相高压线圈接线面板在同一平面内。高压引线间距离误差小于 5mm 。按要求放置绝缘筒。绝缘筒表面应无污物，漆瘤及杂质，严禁存在裂纹，绝缘筒需检验合格方可使用。调整绝缘筒与铁芯的距离确保同心。确保有效固定，防止运行中产生噪声。选用适合的吊带吊起线圈，线圈起吊后不得倾斜。在低压与铁芯之间、高压与低压线圈之间圆周均匀用加力棒撬垫上之间的支撑垫块（棒），同圆周垫块数不得少于 4 块，内外层对应的垫块必须在同一辐射线上。若垫块带凸台，则高低压之间不需加支撑垫块（棒）。仔细检查夹件和拉板配合处，是否可靠接触。

3、生产各阶段温室气体排放计算

根据相关企业调研，本文获取了变压器各生产阶段的能源消耗，并因此计算生产阶段能源消耗所产生的温室气体排放，具体情况如下：

1) 铁心生产阶段温室气体排放计算

铁心生产阶段温室气体排放计算详见下表：

表 4.2 铁心生产阶段的天然气排放量计算表

产品种类	化石燃料消耗量 A(10 ⁴ Nm ³)	低位发热值 B(GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 C(tC/GJ)	碳氧化率 D(%)	排放量 G=A×B×C×D×44/12(tCO ₂)
变压器	1.38276	389.31	0.0153	99	29.90

表 4.3 铁心生产阶段净购入使用电力排放量计算表

产品种类	使用电量 A(MW.h)	排放因子 B(tCO ₂ / MW.h)	排放量 C=A×B(tCO ₂)
变压器	579.760	0.7921	459.23

表 4.4 铁心生产阶段净购入使用热力排放量计算表

产品种类	使用热量 (GJ)	排放因子(tCO ₂ /GJ)	碳排放量 (tCO ₂)
	A	B	F=A*B
变压器	3279.77	0.11	360.77

2) 线圈生产阶段温室气体排放计算

线圈生产阶段温室气体排放计算详见下表：

表 4.5 线圈生产阶段净购入使用电力排放量计算表

产品种类	使用电量 A(MW.h)	排放因子 B(tCO ₂ / MW.h)	排放量 C=A×B(tCO ₂)
变压器	676.387	0.7921	535.77

表 4.6 线圈生产阶段净购入使用热力排放量计算表

产品种类	使用热量 (GJ)	排放因子(tCO ₂ /GJ)	碳排放量 (tCO ₂)
	A	B	F=A*B
变压器	9839.31	0.11	1082.32

3) 其它部件生产阶段温室气体排放计算

其它部件生产阶段温室气体排放计算详见下表：

表 4.7 其它部件生产阶段的天然气排放量计算表

产品种类	化石燃料消耗量 A(10 ⁴ Nm ³)	低位发热值 B(GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 C(tC/GJ)	碳氧化率 D(%)	排放量 G=A×B×C×D×4 4/12(tCO ₂)
变压器	0.92184	389.31	0.0153	99	19.93

表 4.8 其它部件生产阶段净购入使用电力排放量计算表

产品种类	使用电量 A(MW.h)	排放因子 B(tCO ₂ / MW.h)	排放量 C=A×B(tCO ₂)
变压器	386.506	0.7921	306.15

4) 组装调试阶段阶段温室气体排放计算

组装调试阶段阶段温室气体排放计算详见下表：

表 4.9 组装调试阶段净购入使用电力排放量计算表

产品种类	用电量 A(MW.h)	排放因子 B(tCO ₂ / MW.h)	排放量 C=A×B(tCO ₂)
变压器	193.253	0.7921	153.08

电力排放因子说明：

	电力排放因子
数值：	0.7921
单位：	kgCO ₂ e/kWh
数据来源：	江苏瑞恩电气位于江苏省南通市，因此电力使用类型为华东电力，电力排放因子源自《2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》中 2019 年度华东区域电网平均 CO ₂ 排放因子 0.7921 tCO ₂ /MW.h 。

热力排放因子说明：

	热力排放因子
数值：	0.11
单位：	(tCO ₂ /GJ)
数据来源：	《核算指南》

天然气排放因子说明：

数据值	389.31
单位	GJ/10 ⁴ Nm ³
数据来源	《核算指南》缺省值

监测方法	不适用
监测频次	不适用
记录频次	不适用
数据缺失处理	不适用
交叉核对	不适用
核查结论	天然气低位发热值来自《核算指南》缺省值，符合《核算指南》要求。

5.产品碳足迹指标

碳足迹排放量相关计算：

生产 1 台变压器排放量

参数	铁心生产阶段	线圈生产阶段	其它部件生产阶段	组装调试阶段	运输	合计排放量	产品产量	碳足迹
单位	tCO _{2e}	tCO _{2e}	CO _{2e}	tCO _{2e}	tCO _{2e}	tCO _{2e}	台	kgCO _{2e} /台
数值	849.90	1618.09	326.08	153.08	76.54	3023.69	6623	456.54

企业生产 1 台变压器碳足迹为 456.54kgCO₂ eq，产品生产过程中铁心生产阶段、线圈生产阶、其它部件生产阶段、组装调试阶段和运输阶段对碳足迹的贡献分别为 28.11%、53.51%、10.78%、5.07%和 2.53%。

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 台变压器碳足迹为 456.54kgCO₂ eq, 产品生产过程中铁心生产阶段、线圈生产阶、其它部件生产阶段、组装调试阶段和运输阶段对碳足迹的贡献分别为 28.11%、53.51%、10.78%、5.07%和 2.53%。

本研究对生产 1 台变压器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，产品生产过程中线圈生产阶段能源消耗对产品碳足迹的贡献高达 50%以上，为增强品牌竞争力、减少产品碳足迹，建议如下：

1、厂内运输过程：尽量减少运输能耗，如果进行生产装置更新时尽可能采用连续生产等无需厂内运输的生产工艺。

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。

3、在新产品设计时采用生态设计的方法，积极探索减少线圈生产阶段能源消耗。

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。