

产品碳足迹报告

产品名称及规格型号：

树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35

树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12

并联电抗器 BKSC-10000/10.5

树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12

生产者名称：顺特电气设备有限公司

报告编号：T410284-2601

机构名称（公章）：三信国际检测认证有限公司

报告签发日期：2026年06月10日



企业名称	顺特电气设备有限公司	地址	广东省佛山市顺德区大良街道五沙设备新悦路23号
法定代表人	刘燕	联系方式	0757-22666888
授权人（联系人）	张蕴施	联系方式	13790043701
核算和报告依据	GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》		

1、企业概况：

顺特电气设备有限公司是由顺特电气有限公司（原顺德特种变压器厂）与法国施耐德电气共同设立的中外合资公司。公司始创于1988年，现有占地面积12万平方米，建筑面积8万平方米，注册资本10.9亿元人民币，拥有员工约1500人。经过30多年的发展，目前已成为享誉全球的输配电设备供应商之一，致力于在全球社会经济高质量发展及能源结构绿色低碳转型的过程中，为电力生产、传输、转化、存储及使用提供节能高效的技术装备、运维服务及综合解决方案。公司主要生产涵盖变压器、组合式变压器、预装式变电站、开关柜、电抗器、成套设备等产品，并提供电力成套工程及服务，业务广泛分布于国内外新能源（光伏、风电、储能）、智能电网、数据中心、半导体、核电、轨道交通、大工业等领域，向全球60多个国家供货超30万台套设备。

确认此次产品碳足迹报告符合：

GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》。

2、单位产品碳足迹结果

产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)
1台树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35	74493.4108
1台树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12	13651.2344
1台并联电抗器BKSC-10000/10.5	65816.4770
1台树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12	13292.2715
系统边界“摇篮到坟墓”：原料获取及加工、运输、生产制造、仓储、成品运输阶段、产品处置阶段的碳排放	

3、评价过程中需要特别说明的问题描述

(1) 本次产品碳足迹评价的系统边界为包括原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段。

(2) 本次产品碳足迹评价工作建立了产品生命周期模型，计算得到产品碳足迹结果。

编制	穆相龙	签名	穆相龙
组内职务			
组长	穆相龙	签名	穆相龙
组员	李培华	签名	李培华

目 录

摘要.....	1
1 产品碳足迹（CFP）介绍.....	3
2 企业及产品介绍.....	6
2.1 企业介绍.....	6
2.2 厂区布局.....	7
2.3 产品介绍.....	7
2.3.1 产品概述.....	8
2.3.2 产品工艺流程.....	10
3 目标与范围定义.....	12
3.1 评价目的.....	12
3.2 评价范围.....	12
3.2.1 功能单位.....	12
3.2.2 系统边界.....	13
3.2.3 分配原则.....	13
3.2.4 取舍准则.....	14
3.2.5 相关假设和限制.....	14
3.2.6 影响类型和评价方法.....	14
3.2.7 数据来源.....	14
3.2.8 数据质量要求.....	15
4 数据收集.....	16
4.1 数据收集说明.....	16
4.2 活动水平数据.....	17

4.3 排放因子数据	18
5 碳足迹计算	20
5.1 计算方法	20
5.2 计算结果	21
5.3 不确定性分析	25
5.3.1 不确定性分析方法	25
5.3.2. 不确定性来源识别与分级	25
6 改进建议	26
6.1 改进建议	26
附件	27
附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单	27

摘要

本评价的目的是以生命周期评价方法为基础,采用 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》;依据 GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》为标准,计算得到树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、并联电抗器 BKSC-10000/10.5、树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12 产品碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需求,本评价的功能单位定义为:1 台树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、1 台树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、1 台并联电抗器 BKSC-10000/10.5、1 台树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12。评价的系统定义为全生命周期产品碳足迹“摇篮到坟墓”,系统边界为原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段。

评价得到:1 台树脂绝缘干式并联电抗器(BKDCKL-20000/35)“原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段”的碳足迹值为 74493.4108kgCO₂ eq,原辅料获取阶段碳排放为 67096.4690 kgCO₂ eq (90.07%),原辅料运输阶段碳排放为 3265.0888kgCO₂ eq (4.38%),生产阶段碳排放为 2464.2196kgCO₂ eq (3.31%),成品运输阶段碳排放为 1330.5954kgCO₂ eq (1.79%),产品处置阶段碳排放为 337.0380kgCO₂ eq (0.45%)。

评价得到:1 台树脂绝缘干式串联电抗器(CKSCKL-7200/35-12)“原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段”的碳足迹值为 13651.2344kgCO₂ eq,原辅料获取阶段碳排放为 12094.0810 kgCO₂ eq (88.59%),原辅料运输阶段碳排放为 409.6884kgCO₂ eq (3.00%),生产阶段碳排放为 887.1191kgCO₂ eq (6.50%),成品运输阶段碳排放为 199.0834kgCO₂ eq (1.46%),产品处置阶段碳排放为 61.2625kgCO₂ eq (0.45%)。

评价得到:1 台并联电抗器(BKSC-10000/10.5)“原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段”的碳足迹值为 65816.4770kgCO₂ eq,原辅料获取阶段碳排放为 59411.5820 kgCO₂ eq (90.27%),原辅料运输阶段碳排放为 2138.7449kgCO₂ eq (3.25%),生产阶段碳排放为 1232.1098kgCO₂ eq (1.87%),成品运输阶段碳排放为 2261.9443kgCO₂ eq (3.44%),产品处置阶段碳排放为 772.0960kgCO₂

eq (1.17%)。

评价得到：1 台树脂浇注干式串联电抗器（CKSC-1200/10-12）“原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段”的碳足迹值为 13292.2715kgCO₂ eq，原辅料获取阶段碳排放为 11794.5690 kgCO₂ eq (88.73%)，原辅料运输阶段碳排放为 689.7722kgCO₂ eq (5.19%)，生产阶段碳排放为 147.8532kgCO₂ eq (1.11%)，成品运输阶段碳排放为 504.7531kgCO₂ eq (3.80%)，产品处置阶段碳排放为 155.3240kgCO₂ eq (1.17%)。

评价过程中，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。本报告采用了基于地理位置的 GIS-LCA 全生命周期评价软件，采集企业的实际数据建立了产品生命周期模型，并计算得到产品碳足迹结果。生命周期评价的主要活动水平数据来源于企业现场调研的初级数据，背景数据来自《国家温室气体排放因子库》第二版，GB/T32151.29-2024《温室气体排放核算与报告要求 第 29 部分：机械设备制造企业》、GB/T32151.27-2024《温室气体排放核算与报告要求 第 27 部分：陆上交通运输企业》等规定的缺省值、GIS-LCA 全生命周期评价软件数据库等次级数据。

1 产品碳足迹（CFP）介绍

随着全球工业化进程持续推进，温室气体过量排放引发的温室效应、全球气候变暖、极端天气频发等生态问题日益严峻，低碳发展、节能减排已然成为全球各国共识与产业发展核心趋势。在此背景下，“碳足迹”作为量化碳排放、评估低碳水平的核心指标，被全球各行各业广泛应用，成为衡量项目建设、企业运营、产品全生命周期低碳属性的重要依据。

从应用维度划分，碳足迹主要分为三大层级，分别为项目层面碳足迹、组织层面碳足迹与产品层面碳足迹，三类指标覆盖不同核算场景，其中产品碳足迹（Carbon Footprint of a Product, CFP）是目前市场化应用最广泛、核算体系最成熟的类别。

产品碳足迹核心定义为：量化统计一款产品从诞生到废弃的完整生命周期内，所有环节产生的全部温室气体排放总量，是对产品全链条碳排放的系统性核算。其核算边界覆盖产品全生命周期各个关键阶段，具体包括原生原材料开采与获取、原辅材料仓储与运输配送、产品工业化生产加工、成品仓储物流运输、消费者终端使用、产品报废回收及无害化废弃处置等全流程，将各环节产生的各类温室气体排放量统一累加核算，最终得出产品整体碳排放水平。

在核算范畴上，产品碳足迹并非仅统计常见的二氧化碳，而是包含《京都议定书》及国际气候核算体系中明确的六大主要温室气体，具体为二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）以及六氟化硫（SF₆）。由于不同温室气体的温室效应强度、大气留存周期存在显著差异，为实现统一量化、横向对比，行业统一采用二氧化碳当量（CO₂ eq）作为产品碳足迹的唯一计量单位。

二氧化碳当量的换算核心依托全球变暖潜值（Global Warming Potential, GWP）参数，该参数用于表征单位质量不同温室气体在特定时间尺度内，相较于二氧化碳的温室效应辐射能力，是温室气体量化核算的核心特征化因子。目前全球碳足迹核算、碳认证工作，均统一采用联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的官方 GWP 数值，该套因子具备权威性、通用性与统一性，有效保障了全球各地产品碳排放核算

结果的一致性与可比性。

从技术本质来看，产品碳足迹核算隶属于生命周期评估（LCA）体系，是生命周期评价在温室气体排放维度的专项应用与细化延伸。完整的 LCA 体系涵盖资源消耗、环境影响、污染排放等多项评价维度，而产品碳足迹核算仅聚焦于温室气体排放量化与评估，是 LCA 体系中最核心、最常用的专项评价模块。

为规避不同企业、不同机构核算方法不统一、核算结果偏差大、国际间无法互认的行业难题，全球各国权威机构陆续出台标准化的产品碳足迹评估、核算与认证规范，构建了统一的核算框架、边界界定规则、数据选取要求及报告编制标准。目前国际范围内应用最广泛、认可度最高的产品碳足迹核算标准共三项，具体内容如下：

第一，PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》。该标准由英国标准协会（BSI）牵头，联合英国碳信托公司（CarbonTrust）、英国食品和乡村事务部（Defra）共同编制发布，是全球首个针对产品碳足迹、具备完整落地计算方法的专项标准。相较于后续出台的各类标准，PAS2050:2011 落地性更强、实操流程更细化，适配各类工业品、消费品及服务类产品的碳排放核算，是目前全球企业碳足迹自查、第三方认证应用最普遍的基础标准，也是后续国际通用碳足迹标准的核心蓝本。

第二，《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》。该标准由世界资源研究所（WRI）与世界可持续发展工商理事会（WBCSD）联合推出，核心定位为产品及供应链全链条温室气体核算标准。其优势在于重点覆盖企业供应链上下游碳排放核算，能够有效解决产业链间接碳排放统计难题，适配大型企业全供应链低碳管控、产业链碳披露等场景，是国际跨国企业供应链碳管理的核心依据。

第三，ISO 14067:2018《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》。该标准由国际标准化组织（ISO）基于 PAS2050 标准框架优化升级编制而成，充分吸纳了 PAS2050 的成熟核算逻辑，同时完善了核算边界、数据质量要求、不确定性分析、结果公示规则等内容。作为国际通用的官方 ISO 标准，其权威性、通用性更强，是目前国际贸易、跨境碳认证、国际低碳产品认定的核心依据。

在国内标准体系建设方面，我国紧跟全球低碳发展节奏，结合国内产业发展特点、

碳排放核算规则及国情实际，完成了产品碳足迹国家标准的本土化落地。2024年8月23日，国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会正式发布 GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》，该标准于2024年10月1日正式实施。

该国家标准对标 ISO 14067:2018 国际标准，同时结合我国工业生产、供应链结构、能源结构特点进行了适配优化，统一了国内各类产品碳足迹的核算原则、核算流程、数据选取、结果核算、报告编制及认证要求。至此，我国建立起与国际接轨、适配本土产业的产品碳足迹标准化体系，彻底解决了以往国内碳足迹核算无统一国标、结果无法互认、难以对接国际低碳贸易体系的问题。

整体而言，国内外各类产品碳足迹核算标准的出台与落地，核心目的在于建立一套全球统一、规则规范、国际互认、科学可信的产品碳排放量化评估体系，规范各行各业产品碳足迹的核算流程，保障核算数据的真实性、准确性与可比性，为产品低碳认证、企业碳中和建设、绿色供应链打造、国际贸易低碳壁垒应对及全国双碳目标落地提供标准化、专业化的技术支撑。

2 企业及产品介绍

2.1 企业介绍

顺特电气设备有限公司的前身 - 顺德特种变压器厂成立于 1988 年，在中国经济高速发展的历史机遇中，顺特电气迅速成长为中国干式变压器行业的领导品牌。2003 年，顺德特种变压器厂改制为顺特电气有限公司。2010 年，顺特电气与施耐德电气合资成立顺特电气设备有限公司。

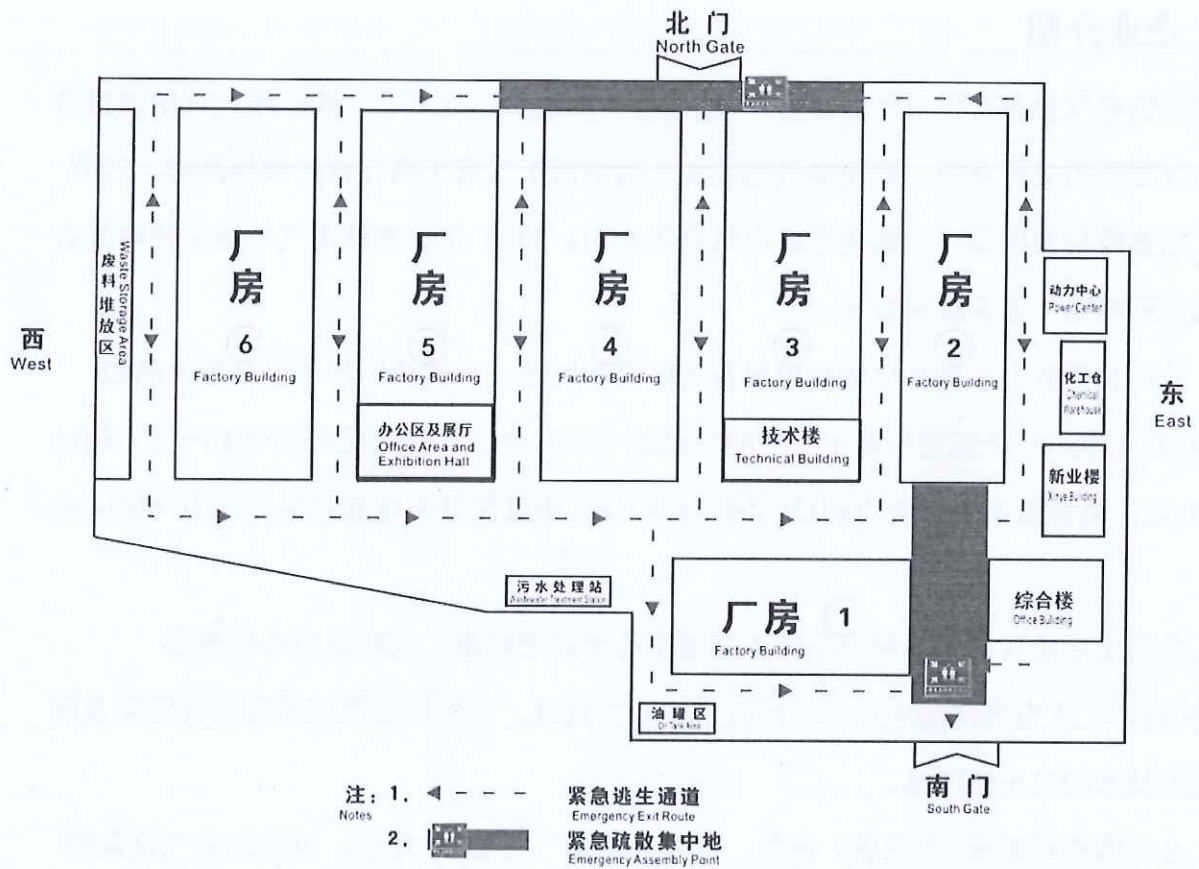
公司长期致力于高品质输配电设备的研究和制造，干式变压器年生产能力超过 1200 万 kVA，组合式变压器年生产能力超过 3000 台，预装式变电站年生产能力超过 1000 台，电抗器年生产能力超过 500 万 kvar，中低压开关成套年生产能力 8000 台套。

公司先后研发出直流融冰用特大容量空心平波电抗器、超高压空心电抗器（550kV）、大电流试验电抗器、油浸式铁心电抗器、磁控铁心电抗器等具有国际及国内领先技术的电抗器产品。

公司将继续秉承“优质、高效、重才、创新”的创业理念，以推动电气设备的技术进步为己任，为成为著名输配电设备供应商的目标而努力。



2.2 厂区布局



2.3 产品介绍

顺特电气设备有限公司自一九九一年接受原机械工业部和原电力部“城网和农网装备协调会”树脂绝缘干式电抗器新产品开发任务，一直致力于电抗器产品研制、开发、制造、销售。顺特电气的电抗器产品包括干式铁心电抗器、干式空心电抗器、油浸式铁心电抗器、磁控电抗器四大类数十种。

公司作为干式变压器、电抗器等电气设备制造的龙头企业，经过长时间的发展，积累了丰富的容量产品的设计制造经验，产品具有制造精度高、损耗低、噪声小、可靠性强等特点。公司同时为用户提供各类特殊电抗器及有特殊要求的电抗器的设计制造服务。

2.3.1 产品概述

干式空心并联电抗器是一种高效节能设备，适用于 66kV 及以下电力系统。其额定容量范围为 100~50000kvar，声级水平低于 56dB，耐热等级为 F(H) 级，适用于户外环境，广泛应用于变电站、工矿企业及用户配电站。

产品具有电感值精确、损耗低、温度分布均匀、电感线性度好、绝缘强度好、机械强度高、局放小、噪音低、体积小、重量轻、防潮、阻燃、过载能力强、可靠性高、无污染、免维护、环保效果好等优点，可广泛应用于输变电系统、电气化铁道、冶金、石化等领域，既可以户外安装运行，也可以户内安装运行，特别是要求具有较高的动热稳定性、防火性能和需要户外运行的场所，更能充分发挥其优越性。



树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35

空心串联电抗器适用于 66kV 及以下电力系统，额定容量范围为 10~10000kvar，声级水平低于 56dB，耐热等级为 F(H) 级，户内户外均可使用。广泛应用于电厂、电站、工矿企业及用户配电站。

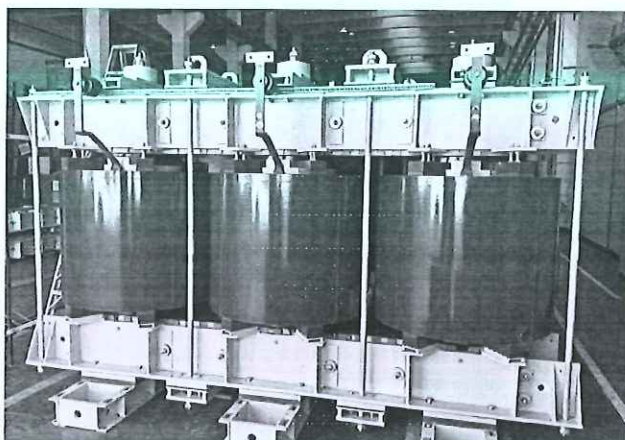
产品具有电感线性度好、电感值精确、损耗低、温度分布均匀、绝缘强度好、机械强度高、局放小、噪音低、体积小、重量轻、防潮、阻燃、过载能力强、可靠性高、

无污染、免维护、环保效果好等优点,可节约能源、提高电力系统的运行稳定性和可靠性。



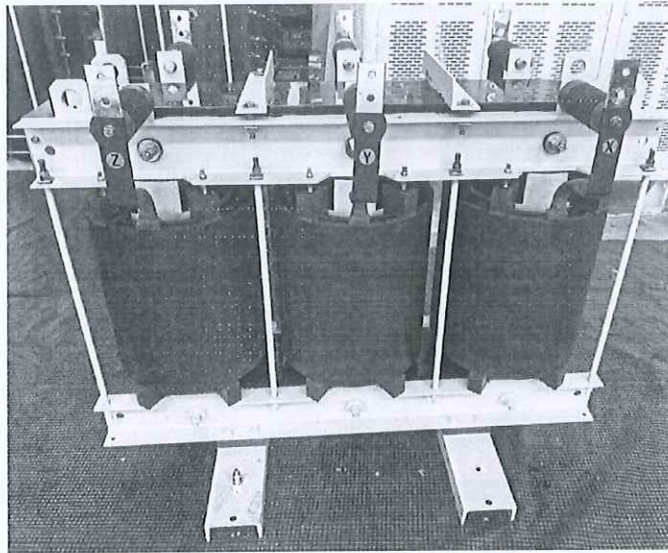
树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12

并联电抗器应用于电力系统,接到电力系统中的相与地之间、相与中性点之间或相间的用以补偿电容电流的电抗器。通常安装在高压长距离输电线的始端升压站、中间联络站以及高压直流输电的换流站中,并联连接于变电站的 35kV 及以下的低压回路。具有补偿电网无功功率、降低电网损耗、提高输电能力以及抑制电网谐振过电压、防止发电机自励磁、消除空载长线电容效应和高压电缆电容效应、抑制工频过电压等众多功能,可节约能源、提高电力系统的运行稳定性和可靠性。产品完全符合 GB/T 1094.6 《电力变压器第 6 部分:电抗器》、JB/T 10775 《6kV~66kV 级干式并联电抗器技术参数和要求》、IEC60076-6 《Power transformers-Part6:Reactors》 标准的要求。



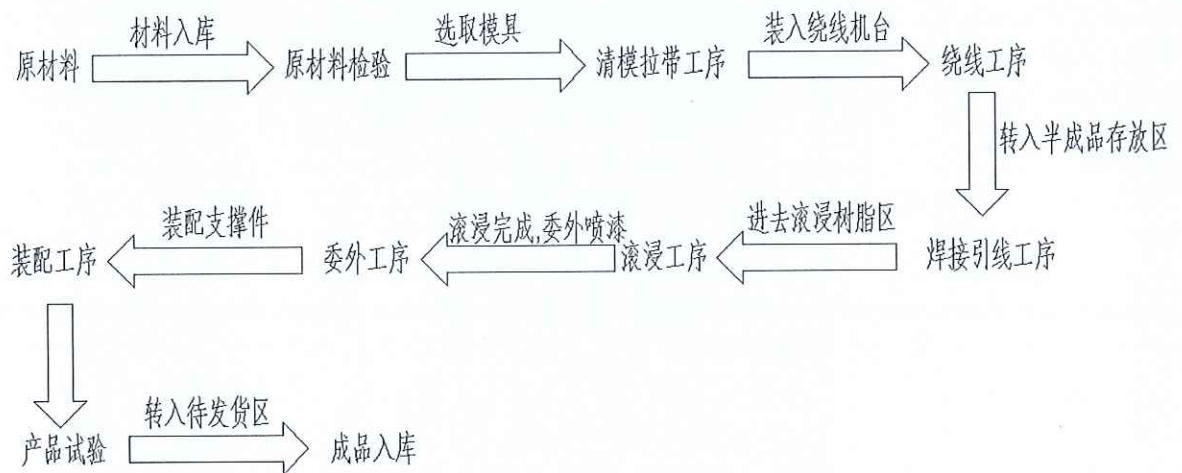
并联电抗器 BKSC-10000/10.5

串联电抗器与高压并联电容器组相串联，通常安装在 500kV、220kV、110kV 等变电站的低压回路中。具有补偿电网无功功率、提高系统功率因数和输电能力以及抑制谐波、减少电网电压波形畸变、限制电容器组的开关合闸涌流等众多功能，可节约能源、提高电力系统的稳定性和可靠性。产品完全符合 GB/T 1094.6《电力变压器第 6 部分：电抗器》、IEC60076-6《Power transformers-Part6:Reactors》、JB/T 5346《高压并联电容器用串联电抗器》和 DL 462《高压并联电容器用串联电抗器订货技术条件》标准的要求。

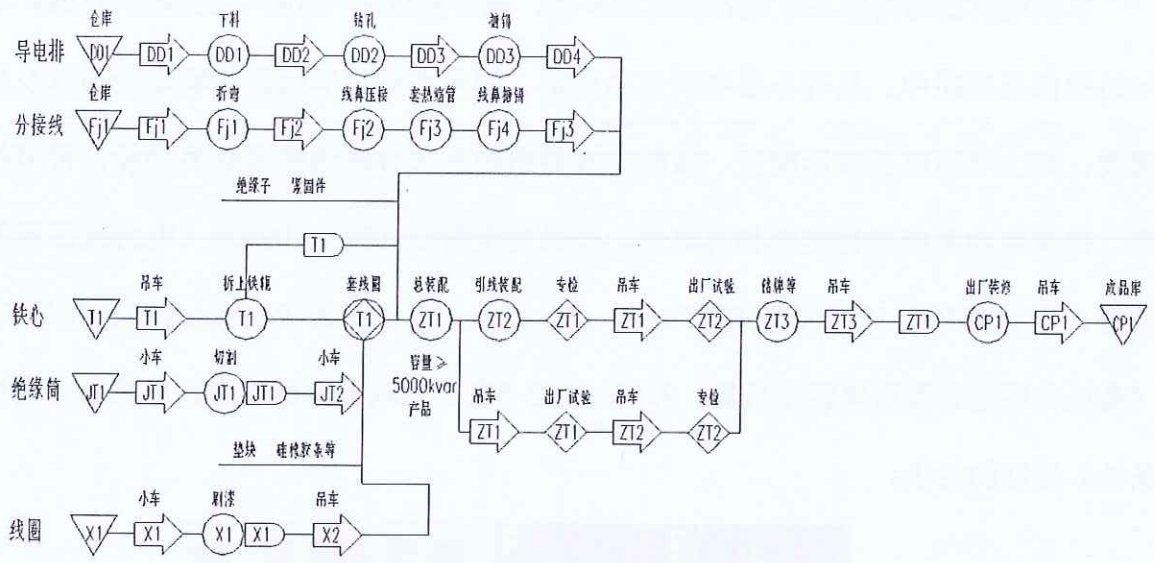


树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12

2.3.2 产品工艺流程



树脂绝缘干式串联/并联电抗器工艺流程图



树脂浇注干式串联/并联电抗器工艺流程图

3 目标与范围定义

3.1 评价目的

本评价的目的是根据 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》；依据 GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》标准的要求，科学地评估了树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、并联电抗器 BKSC-10000/10.5、树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12 所涉及原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段的碳排放。为企业自身的产品设计、物料采购、生产管控等提供可靠的碳排放信息，同时也为企业建立碳中和品牌，践行国家“绿色制造”战略等做好准备。评价的结果将为认证方、企业、产品设计师、采购商及消费者的有效沟通提供合适的方式。评价结果面向的沟通群体有：第三方认证机构，公司内部的管理人员、生产管理人员、采购人员，以及企业的外部利益相关者，如原材料供应商、政府部门和环境非政府组织等。

评价获得的数据信息还可用于以下目的：

- (1) 产品生态设计/绿色设计
- (2) 同类产品对标
- (3) 绿色采购和供应链决策
- (4) 为实现产品“碳中和”提供数据依据

3.2 评价范围

本项目明确了评价对象的功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、相关假设和原则、影响类型和评价方法、数据库和数据质量要求等，在下文分别予以详细说明。

3.2.1 功能单位

为方便输入/输出的量化，以及后续企业披露产品的碳足迹信息，或将本评价结果与其他产品的环境影响做对比，本评价声明功能单位定义为：1 台树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、1 台树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、1 台并联电抗器 BKSC-10000/10.5、1 台树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12。

3.2.2 系统边界

本次评价的系统边界从原材料获取阶段到产品处置阶段，涵盖了原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段、成品运输、产品处置等阶段。产品从“摇篮到坟墓”各阶段包含及不包含的过程如表 3.1 所示。系统边界如图 3.2 所示。

阶段类型	包含的过程	未包含的过程
原辅料获取阶段	铝导线、线圈、铝排、无碱纸、环氧树脂、铁芯、夹件、钢构件、铁轭等的获取	包装材料获取
原辅料运输阶段	铝导线、线圈、铝排、无碱纸、环氧树脂、铁芯、夹件、钢构件、铁轭等的运输	包装材料运输
生产阶段	厂区内生产阶段	/
成品运输阶段	柴油 (LNG) 运输	/
产品处置阶段	拆解, 金属分类、压制	/

表 3.1 各阶段包含的过程

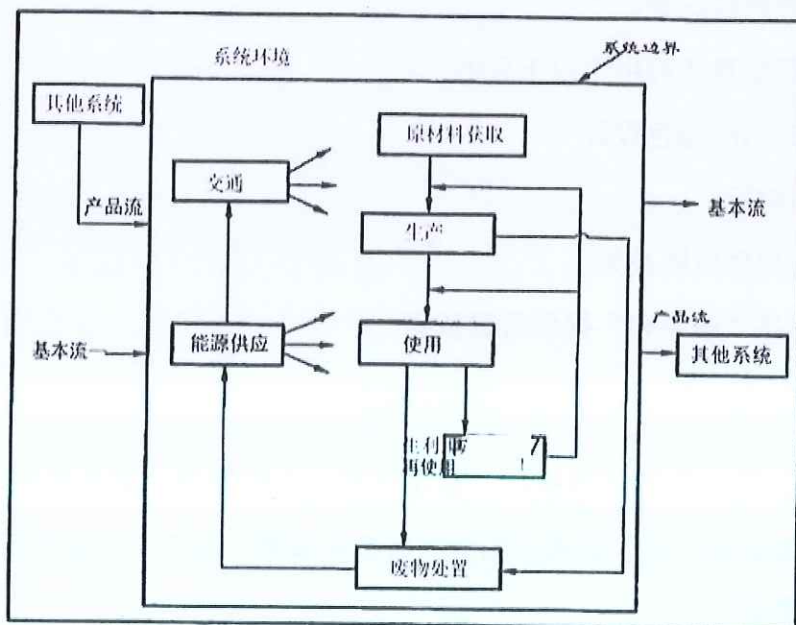


图 3.2: 产品系统边界示意图

3.2.3 分配原则

许多流程通常不只有一个功能或输出，流程的环境负荷需要分配到不同的功能和输出中，当前有不同的方式来完成分配，主要有：（1）避免分配；（2）扩大系统边界；

(3) 以物理因果关系为基准分配环境负荷；(4) 使用社会经济学分配基准。

由于各车间用电量未按产品及工序分开统计，因此本评价根据实际情况采用以产品产量等物理因果关系为基准来进行分配。

3.2.4 取舍准则

此次评价采用的取舍规则具体如下：

(1) 基于产品投入的比例：舍去质量或能量投入小于 1%的产品/能量投入，但总的舍去产品投入比例不超过 5%。但是对于质量虽小，但生命周期环境影响大的物质，则不可以舍弃，例如黄金、白银等。

(2) 基于环境影响的比重：以类似投入估算，排除实际影响较小的原料。对于任何类别影响，如果相同影响在一个过程/活动的总和小于 1%，则此过程可从系统边界中舍去。

(3) 忽略生产设备、厂房、生活设施等。

3.2.5 相关假设和限制

在生命周期评价过程中，会出现数据缺失或情景多样化的情况，生命周期评价执行者需要明确相关假设和限制。

本报告所有原辅材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。

3.2.6 影响类型和评价方法

基于评价目标的定义，本次评价只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品全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。

评价过程中统计了各种温室气体，本次核查主要包括二氧化碳（CO₂）。并且采用了 IPCC 第五次评估报告（2021 年）提出的方法来计算产品全生产周期的 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（CO₂eq）。

3.2.7 数据来源

本评价过程中使用到的数据来源于企业的台账，记账凭证，供应商资质信息等。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。

3.2.8 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本评价中主要考虑了以下几个方面：

数据完整性：依据取舍原则。

数据准确性：实景数据的可靠性及分配原则的合理性。

数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性。

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，在评价过程中优先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，以及企业自身统计的初级数据。本评价在进行了企业现场数据的调查、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台下的次级数据，次级数据大部分选择来自相关行业企业温室气体核算方法与报告指南的缺省值；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相近的数据。

数据库的数据经过严格审查，并广泛应用于国内国际上的 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。

备注：初级数据和次级数据界定

初级数据：通过直接测量或基于直接测量计算得到的过程\或活动的量化值。注释 1：原始数据不一定来自所研究的产品系统(3.3.2)，因为原始数据可能与研究的不同但可比较的产品系统相关。注释 2：原始数据可包括温室气体排放因子(3.2.7)和/或温室气体活动数据(定义见 GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3)

次级数据：不符合原始数据(3.1.6.1)要求的数据。注释 1：次级数据可包括数据库和出版文献的数据、国家数据库中的默认排放因子、计算数据估计或其他经主管当局审定的代表性数据。

注释 2：次级数据可包括从代理进程或估计中获得的数据。

4 数据收集

4.1 数据收集说明

根据标准的要求，三信国际检测认证有限公司组建了碳足迹评价工作组，对树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、并联电抗器 BKSC-10000/10.5、树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12 所涉及原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段的产品碳足迹进行了调研。

工作组对产品碳足迹的数据收集工作分为前期准备、确定工作方案和范围、现场走访、查阅文件、后期沟通等过程。前期准备及现场走访主要是了解产品基本情况、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。收集的数据主要包括企业的生产报表、财务数据等，以保证数据的完整性和准确性。经查阅文件及后期反复沟通以排除理解偏差造成的结果不准确性。本次评价的数据统计周期为 2025 年 01 月 01 日-2025 年 12 月 31 日，数据代表了产品的平均生产水平。

产品碳足迹的数据收集需要考虑活动水平数据、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，能源使用，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：电力排放因子数据来源：2025 年 10 月 23 日，生态环境部、国家统计局关于发布 2024 年电力碳足迹因子的公告，后续将及时更新和定期发布电力碳足迹因子。

活动水平数据来自企业工作人员收集提供，对收集到的数据工作组通过企业自身的生产报表和财务数据进行了审核。排放因子数据来自《国家温室气体排放因子库》第二版，GB/T32151.29-2024《温室气体排放核算与报告要求 第 29 部分：机械设备制造企业》、GB/T32151.27-2024《温室气体排放核算与报告要求 第 27 部分：陆上交通运输企业》等规定的缺省值、GIS-LCA 全生命周期评价软件数据库。

4.2 活动水平数据

生产 1 台树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35，每单位产品全生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

生命周期阶段	排放因子	活动数据		温室气体量 (kgCO ₂ eq)
原材料获取	0.5777	电力kwh	116144.1388	67096.4690
原材料运输	0.0726	柴油kg	1054.4330	3265.0888
产品生产	0.5777	电力kwh	4265.5696	2464.2196
成品运输	0.0726	柴油kg	429.7046	1330.5954
生命末期	0.5777	电力kwh	583.4135	337.0380

表 4.2.1 产品生命周期碳排放清单说明

生产 1 台树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12，每单位产品全生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

生命周期阶段	排放因子	活动数据		温室气体量 (kgCO ₂ eq)
原材料获取	0.5777	电力kwh	20934.8814	12094.0810
原材料运输	0.0726	柴油kg	132.3054	409.6884
产品生产	0.5777	电力kwh	1535.6051	887.1191
成品运输	0.0726	柴油kg	64.2923	199.0834
生命末期	0.5777	电力kwh	106.0455	61.2625

表 4.2.2 产品生命周期碳排放清单说明

生产 1 台并联电抗器 BKSC-10000/10.5，每单位产品全生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

生命周期阶段	排放因子	活动数据		温室气体量 (kgCO ₂ eq)
原材料获取	0.5777	电力kwh	102841.5821	59411.5820
原材料运输	0.0726	柴油kg	690.6897	2138.7449
产品生产	0.5777	电力kwh	2132.7848	1232.1098
成品运输	0.0726	柴油kg	730.4759	2261.9443
生命末期	0.5777	电力kwh	1336.4999	772.0960

表 4.2.3 产品生命周期碳排放清单说明

生产 1 台树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12，每单位产品全生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

生命周期阶段	排放因子	活动数据		温室气体量 (kgCO ₂ eq)
原材料获取	0.5777	电力kwh	20416.4255	11794.5690
原材料运输	0.0726	柴油kg	222.7561	689.7722
产品生产	0.5777	电力kwh	255.9342	147.8532
成品运输	0.0726	柴油kg	163.0058	504.7531
生命末期	0.5777	电力kwh	268.8662	155.3240

表 4.2.4 产品生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

本次评价产品生命周期各阶段“摇篮到坟墓”的具体排放因子数据来源：树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35、树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12、并联电抗器 BKSC-10000/10.5、树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12 所涉及原辅

料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段的碳排放，其排放因子数据来自于《国家温室气体排放因子库》第二版，GB/T32151.29-2024《温室气体排放核算与报告要求 第29部分：机械设备制造企业》、GB/T32151.27-2024《温室气体排放核算与报告要求 第27部分：陆上交通运输企业》等规定的缺省值、GIS-LCA全生命周期评价软件数据库。电力排放因子数据来源：2025年10月23日，生态环境部、国家统计局关于发布2024年电力二氧化碳排放因子的公告，生态环境部、国家统计局组织计算了2024年全国、区域和省级电力平均二氧化碳排放因子，全国电力平均二氧化碳排放因子，以及全国化石能源电力二氧化碳排放因子，供核算电力消费的二氧化碳排放量时参考使用。2024年全国电力平均碳足迹因子为0.5777kgCO₂e/kWh。

5 碳足迹计算

5.1 计算方法

产品碳足迹是计算整个产品全生命周期中各阶段所有活动水平、排放因子之和。

计算公式如下：

$$E = E_{\text{原材料获取}} + E_{\text{原材料运输}} + E_{\text{产品生产}} + E_{\text{产品运输}} + E_{\text{产品处置}}$$

其中：

E: 产品碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

E 原材料获取：原材料获取阶段的碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

E 原材料运输：原材料运输环节产生的碳排放总量，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

E 产品生产：生产加工和装配阶段的碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

E 产品运输：运输阶段的碳足迹，包括现场组立过程，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

E 产品处置：使用处置阶段的碳足迹，包括现场使用年限周期内排放、报废处置过程，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ；

5.2 计算结果

顺特电气设备有限公司生产的树脂绝缘干式并联电抗器 BKDCKL-20000/35 产品碳足迹是 74493.4108 kgCO₂eq/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2.1-1 和图 5.2.1-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹(kgCO ₂ eq/台)	百分比/%
原材料获取	67096.4690	90.07%
运输(原材料运输)	3265.0888	4.38%
生产	2464.2196	3.31%
运输(成品交付)	1330.5954	1.79%
生命末期(产品处置)	337.0380	0.45%
总计	74493.4108	100.00%

表 5.2.1-1 产品生命周期各阶段碳排放情况

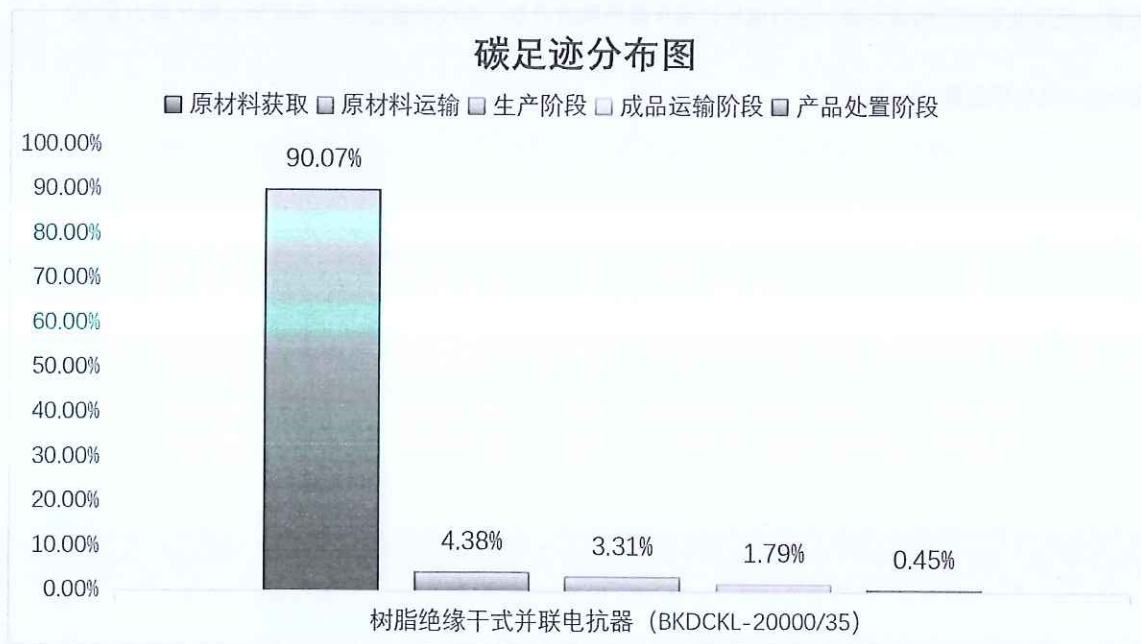


图 5.2.1-2 产品生命周期阶段碳排放分布图

顺特电气设备有限公司生产的树脂绝缘干式串联电抗器 CKSCKL-7200/35-12 产品碳足迹是 13651.2344 kgCO₂eq/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2.2-1 和图 5.2.2-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹(kgCO ₂ eq/台)	百分比/%
原材料获取	12094.0810	88.59%
运输(原材料运输)	409.6884	3.00%
生产	887.1191	6.50%
运输(成品交付)	199.0834	1.46%
生命末期(产品处置)	61.2625	0.45%
总计	13651.2344	100.00%

表 5.2.2-1 产品生命周期各阶段碳排放情况

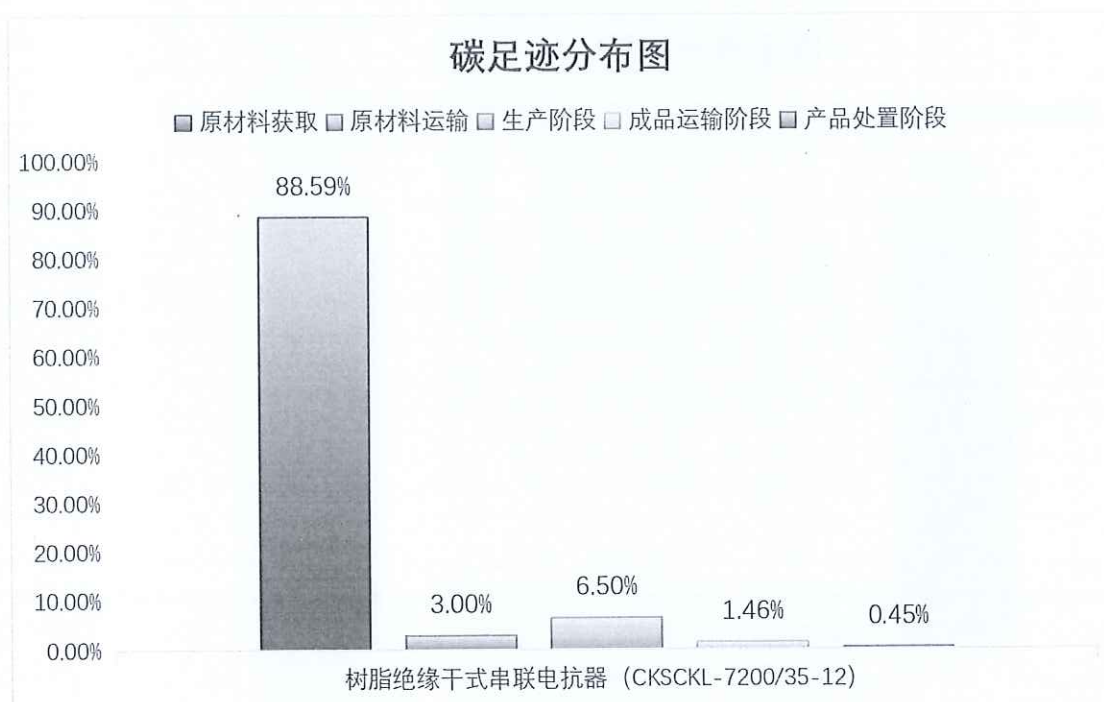


图 5.2.2-2 产品生命周期阶段碳排放分布图

顺特电气设备有限公司生产的并联电抗器 BKSC-10000/10.5 产品碳足迹是 65816.4770 kgCO₂eq/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2.3-1 和图 5.2.3-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹(kgCO ₂ eq/台)	百分比/%
原材料获取	59411.5820	90.27%
运输(原材料运输)	2138.7449	3.25%
生产	1232.1098	1.87%
运输(成品交付)	2261.9443	3.44%
生命末期(产品处置)	772.0960	1.17%
总计	65816.4770	100.00%

表 5.2.3-1 产品生命周期各阶段碳排放情况

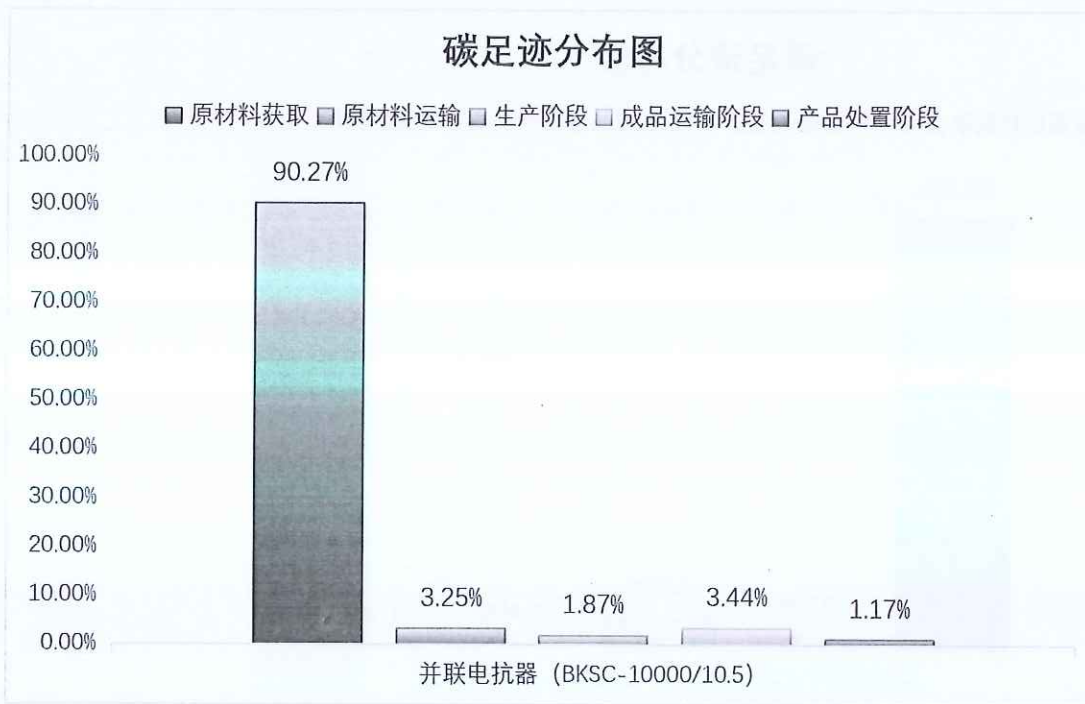


图 5.2.3-2 产品生命周期阶段碳排放分布图

顺特电气设备有限公司生产的树脂浇注干式串联电抗器 CKSC-1200/10-12 产品碳足迹是 13292.2715 kgCO₂eq/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2.4-1 和图 5.2.4-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹 (kgCO ₂ eq/台)	百分比/%
原材料获取	11794.5690	88.73%
运输 (原材料运输)	689.7722	5.19%
生产	147.8532	1.11%
运输 (成品交付)	504.7531	3.80%
生命末期 (产品处置)	155.3240	1.17%
总计	13292.2715	100.00%

表 5.2.4-1 产品生命周期各阶段碳排放情况

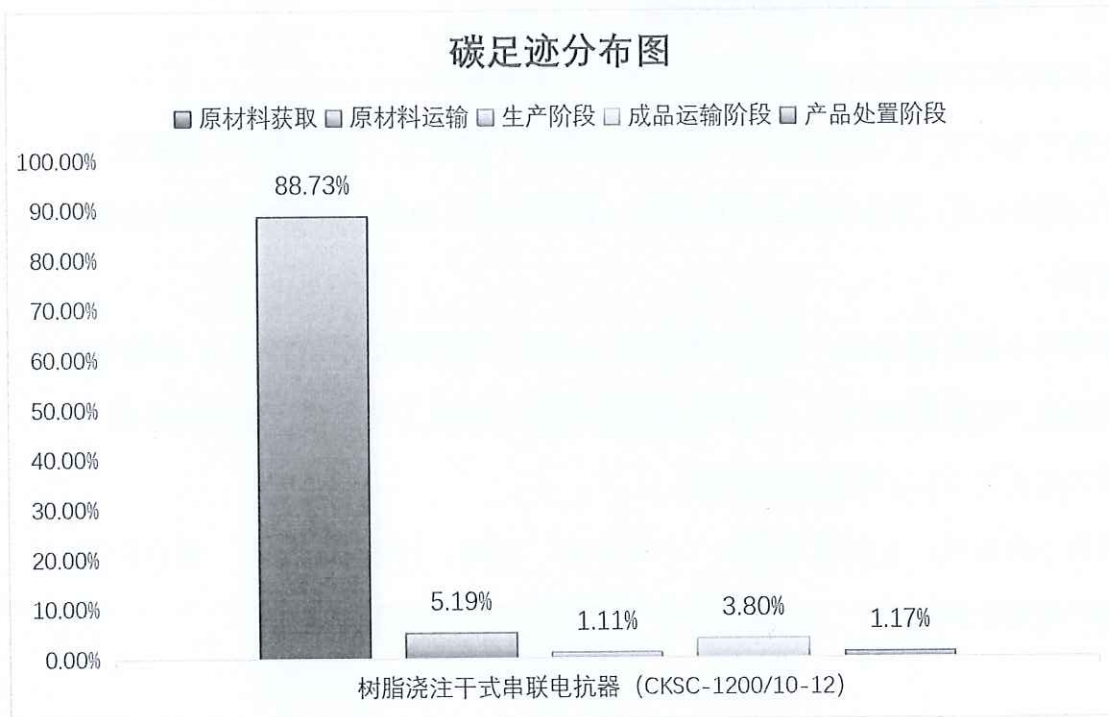


图 5.2.4-2 产品生命周期阶段碳排放分布图

5.3 不确定性分析

5.3.1 不确定性分析方法

本次产品碳足迹不确定性分析采用“定性筛查+定量计算+敏感性分析”的组合方法，具体如下：

1.1 定性分析：采用专家判断法结合数据质量评分（DQR），从时间代表性、地理代表性、技术代表性、数据完整性、测量精度 5 个维度，对所有输入参数进行质量分级（一级：实测数据；二级：企业台账数据；三级：行业/数据库数据；四级：估算/假设数据），识别高、中、低不确定性参数。

1.2 定量计算：采用误差传递法进行基础量化，关键参数（贡献占比前 80%）辅以蒙特卡洛模拟，评估 95%置信水平下的结果波动范围。参数不确定度根据数据来源精度、测量条件及行业经验赋值，假设各参数相互独立，无协方差。

1.3 敏感性分析：对关键参数进行±10%（或±5%/±20%）变动，计算总碳足迹的变化率，识别对结果影响最大的敏感因素，明确数据优化优先级。

1.4 工具说明：定量计算采用 Excel 手动核算。

5.3.2. 不确定性来源识别与分级

本次分析识别的不确定性主要来源于三大类，具体如下：

1.1 参数不确定性（主要来源）：包括活动数据不确定性（实测误差、数据缺失、时间/地理代表性不足）和排放因子不确定性（数据库因子误差、区域电网因子波动、工艺因子差异）。

1.2 模型与方法不确定性：包括边界设定（上游/下游阶段是否包含）、分配方法（多产品共线生产的分配规则）、生命周期模型简化（次要工艺忽略、线性关系假设）、计算方法差异（LCA 软件算法不同）。

1.3 情景不确定性：包括使用阶段（产品寿命、能耗、利用率假设）、废弃阶段（回收/焚烧/填埋比例假设）、供应链情景（运输距离、运输方式变化）。

6 改进建议

6.1 改进建议

根据产品从原材料获取到产品处置阶段的碳足迹评价结果，在企业可行的条台下，可考虑从以下方面加强碳足迹的管理：

(1) 制定数据缺失、生产活动或报告方法发生变化时的应对措施。若仪表失灵或核算某项排放源所需的水平或排放因子数据缺失，企业应采用适当的估算方法获得相应时期缺失参数的保守替代数据。

(2) 建立文档管理规范，保存、维护有关温室气体年度报告的文档和数据记录，确保相关文档在第三方核查以及向主管部门汇报时可用。

(3) 建立数据的内部审核和验证程序，通过不同数据源的交叉验证、统计核算期内数据波动情况、与多年历史运行数据的比对等主要逻辑审核关系，确保活动水平数据的完整性和准确性。

(4) 产品分类管控，从原材料到生产过程、成品运输进行控制。原材料购销存台账记录清楚，选择低碳环保的原材料，提高原材料的利用率、减少固废；对供应商进行碳管理数据评审，完善完整供应链碳数据收集和信息公开。完善成品运输环节的管理，记录运输车辆的油耗、载重等参数及运输距离和频次。

(5) 落实企业碳管理，包括组织碳排放核查、产品碳足迹核算和碳达峰路径规划。

附件

附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单

2025 年度温室气体报告核查组专家名单

姓名	工作单位	中国认证认可协会 温室气体核查员证书号
穆相龙	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1308550
李培华	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1499700

上述专家名单, 经过本企业确认并同意开展温室气体排放量核查工作, 专家组成员在本公司进行了 2.0 天的数据收集、数据验证、数据计算和数据核查工作, 特此证明。

企业代表(签字):



(企业盖公章)

2026 年 06 月 10 日

