

杭州钱江电气集团股份有限公司

产品碳足迹评价报告

产品名称：整合平均电力变压器

公司地址：浙江省杭州市萧山区瓜沥镇航钱路168号

报告编号：1771906270434033664

发布日期：2024/5/17

有效期至：2025/5/17

目录

1. 基本信息.....	1
1.1 公司简介.....	1
1.2 主要产品及生产工艺.....	2
2. 生命周期评价与产品碳足迹.....	3
2.1 背景介绍.....	3
2.2 目标和范围定义.....	4
2.2.1 目标.....	4
2.2.2 声明单位.....	5
2.2.3 数据代表性.....	5
2.2.4 系统边界.....	5
2.2.5 数据取舍原则.....	5
2.2.6 环境影响类型.....	6
2.2.7 数据质量要求.....	6
2.2.8 软件与数据库.....	8
3. 数据收集和建模计算.....	9
3.1 产品生产阶段.....	9
3.1.1 制造低压绕组.....	9
3.1.2 制造高压绕组.....	9
3.1.3 制造铁心垫脚.....	9
3.1.4 制造铁心夹件.....	10
3.1.5 制造铁心拉板.....	10
3.1.6 制造成品铁心.....	10
3.1.7 组装器身.....	10
3.1.8 组装油箱.....	10
3.1.9 组装整体变压器.....	10
3.2 产品使用阶段.....	11
3.3 产品声明末期阶段.....	12
3.4 建模计算分析.....	12
4. 产品碳足迹结果与分析.....	15
5. 生命周期解释说明.....	17
5.1 核算整体性说明.....	17
5.2 敏感性分析.....	17
5.3 不确定性分析.....	18
6. 结论.....	19

1. 基本信息

1.1 公司简介

杭州钱江电气集团股份有限公司成立于1976年，为国家级重点高新技术企业、全国变压器行业十强企业。拥有48年电力设备制造经验，在杭州、衢州及江西南昌等地拥有现代化的生产制造基地，年产值25亿元，为国内领先、浙江省最大的变压器生产企业；被誉为国内配电变压器行业的隐形冠军，先后荣获国家工信部专精特新“小巨人”企业、省3A级守合同重信用企业、浙江省智能工厂（数字化车间）、中国机械工业质量奖、浙江省质量奖、省级工业互联网平台、浙江省绿色低碳工厂、杭州市人民政府质量奖、杭州市制造业百强企业、杭州市智能工厂等荣誉；是中国电器工业协会变压器分会副理事长单位、浙江省输配电设备行业协会会长单位、浙江省机械工业联合会理事单位等。“钱潮”牌商标先后获中国“驰名商标”和浙江省著名商标等称号。近三年来累计上缴税费1亿多元，自2016年起设立留本冠名慈善基金1600万元，更好地回馈社会。

公司为变压器产品国家标准起草单位之一，现拥有3家国家级重点高新技术企业、博士后工作站及省级变压器研究院，公司拥有行业先进的配电变压器抗短路能力技术与工艺，其中全自动保护单相柱上变压器荣获中国电力科技进步奖及国家电网科技进步奖；是中国质量认证中心首批获得节能证书的变压器企业之一，进一步实现安全、高效、降耗、低碳目标，推动企业节能降耗工作和“双碳”目标的全面落地。

公司在全国33个省市设有100余个办事处和销售机构，产品应用于2008年北京奥运会、2016年上海世博会和2016年G20杭州峰会以及城农网改造、钢铁、石化企业等重大工程，并远销欧洲、非洲、中东、东南亚等70多个国家和地区，其中30个为一带一路沿线国家。

近年来投资近1亿元进行数字化设备技术改造，实现从传统制造方式向绿色制造+智能制造转型升级，促进企业数字化转型和高质量发展，把钱江电气建成具有行业标杆地位的智能制造工厂，打造具有行业内知名的高品质用电系统整体解决方案领先企业。

公司以“为客户提供安全、环保、节能的高品质电力服务”为企业使命，以“追求可持续发展，成为世界一流的电气设备供应商”为企业愿景；投资10亿元的钱江电气智联科创园，是新能源产业、智能制造与相关科创产业及配套服务产业，欢迎新能源相关科创产业、大专院校科研机构以及配套服务产业合作入园，实现与客户共创、共赢、共发展！

1.2主要产品及生产工艺

钱江电气现主营产品和服务：500kV级及以下油浸式电力变压器、油浸式配电变压器和非晶合金变压器、35kV级及以下干式变压器和智能型移动变电站、高低压开关柜及元器件、智能化电力设备等电力设备，以及电力工程总包、电力设备运维、智能能源管理等智慧电力服务、电力产业孵化等领域。

报告核算产品整合平均电力变压器工艺流程涉及到全厂不同产品具体工艺情况，并不能用单一流程图去进行代表披露，本核算报告将干式电力变压器及油浸式电力变压器流程图作为参考，结合两种类别的电力变压器的具体工序细节，以油浸式电力变压器为主体作为整合平均电力变压器的工艺流程图。

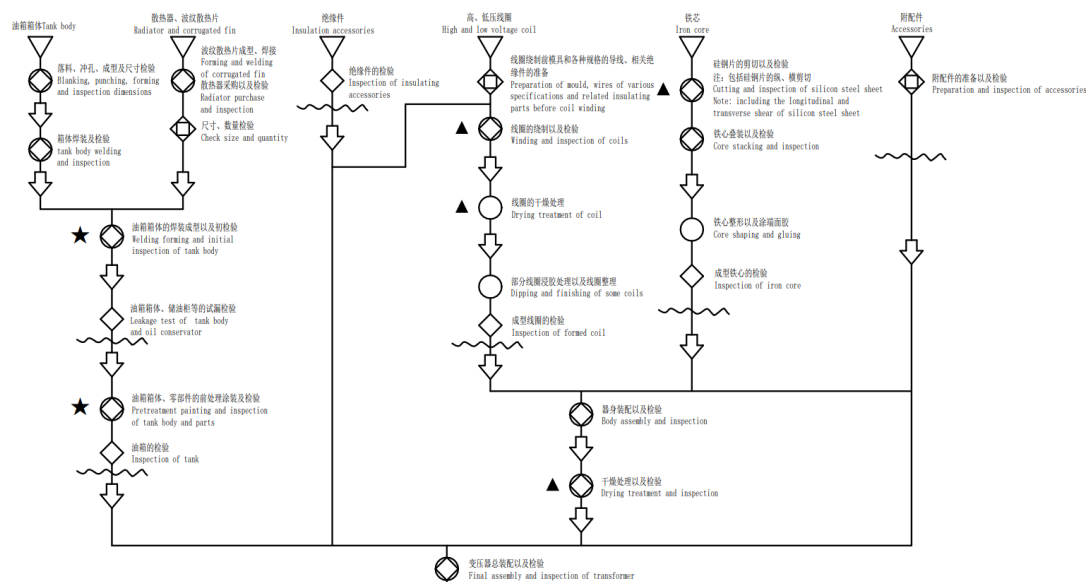


图1.1 工艺流程图

2.生命周期评价与产品碳足迹

2.1背景介绍

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的为全世界使用。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）是指某个产品在其生命周期过程中所释放的直接和间接的温室气体总量，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终再生利用/处置等多个阶段的各种温室气体排放的累加。产品碳足迹已经成为一个行之有效的定量指标，用于衡量企业的绩效管理水平和产品对气候变化的影响大小。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 kg CO₂e 或者 gCO₂e。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。

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核算所(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。

生命周期评价是一种环境管理和分析工具，它是从产品生命周期全过程来量化其资源能源消耗及环境排放，并评价这些消耗和排放对于资源、生态环境及人体健康带来的影响。

产品生命周期过程中资源环境效率的标准方法，它通过对产品上下游生产与消费过程的追溯，帮助生产者识别环境问题所产生的阶段，并进一步规避其在产品不同生命阶段和不同环境影响类型之间进行转移。国内外很多行业都开展了产品 LCA 评价，用于行业内企业的对标和改造、行业外部的交流，并为行业政策制定提供依据。

2.2 目标和范围定义

2.2.1 目标

本项目按照 ISO14040:2006《环境管理生命周期评价原则与框架》、ISO14044:2006《环境管理生命周期评价要求与指南》、ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹量化的要求和指南》的要求，建立整合平均电力变压器从原材料获取到产品废弃回收的生命周期模型，编写碳足迹核算报告，结果和相关分析可用于以下目的：

得到产品的生命周期碳足迹指标结果，用于整合平均电力变压器生产企业比较不同工艺下产品的碳排放情况，选择更为环境友好的工艺技术；

下游企业可根据整合平均电力变压器的生命周期碳足迹指标选择更为低碳的产品；报告用于市场宣传，展示本企业产品在碳排放方面的优势，为行业企业绿色采购提供支撑。

本项目通过碳足迹指标的研究，为企业减少产品温室气体排放、实现节能减排提供数据支撑，同时也是一种促进绿色消费的重要手段，从而支持可持续的生产与消费。通过对产品碳足迹的核算，为企业评估和实施有针对性的改进提供基础数据。

2.2.2 声明单位

本核算规定的声明单位为1kVA容量整合平均电力变压器。

2.2.3 数据代表性

时间、地理、技术代表性如下：

①时间代表性：2023 年

②地理代表性：浙江省杭州市萧山区

③技术代表性：工艺流程上，主要生产设备为绕线机、干燥炉、切割机、折弯机等；主要原材料包括剪切后硅钢片、钢板、铜等；生产过程主要消耗电力、天然气。

2.2.4 系统边界

根据本项目核算目的，按照 ISO14067-2018及相关标准的要求，本核算方法的系统边界为从摇篮到坟墓。包括整合平均电力变压器从原材料运输、产品生产、产品使用、分销运输、废弃回收等过程排放。绘制产品的生命周期流程图如下所示。

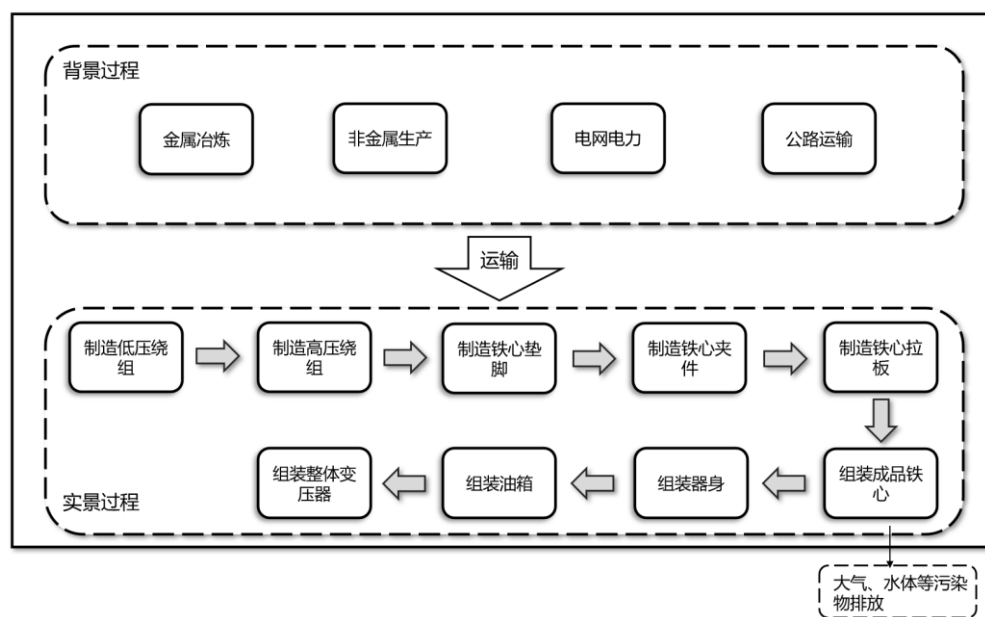


图2.1 LCA系统边界图

2.2.5 数据取舍原则

本报告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：

- (1) 能源的所有输入均列出；
- (2) 原料的所有输入均列出；
- (3) 辅助材料质量小于原料总消耗0.1%的项目输入可忽略；
- (4) 大气、水体的各种排放均列出；
- (5) 小于固体废弃物排放总量1%的一般性固体废弃物可忽略；
- (6) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；
- (7) 取舍准则不适用于有毒有害物质，任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中。

本报告中的原辅料和能源等消耗数据都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，部分物料数据遵循取舍原则进行忽略处理，累加忽略处理含量小于1%，符合报告要求。

2.2.6 环境影响类型

基于核算目标的定义，本报告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。

本报告采用了 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）。

2.2.7 数据质量要求

数据质量评估的目的是判断碳足迹核算结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。本报告数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

- (1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。

①地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与核算结论的适用性密切相关；

②时间代表性：应优先选取与核算基准年接近的企业、文献和背景数据库数据；

③技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。

(2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。

①模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对碳足迹指标影响超过 5% 的物料）应尽量调查其生产过程；在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。未能调查的重要原辅料需在报告中解释说明。

②背景数据库完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的数百种主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性。

(3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

①实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据。所有数据将被详细记录从相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。

②背景数据可靠性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并应在报告中解释和说明。

③数据库可靠性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平均的生产技术水平。

(4) 一致性：所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致

的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应在报告中解释和说明。

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在核算过程中首选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。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 Ecoinvent3.8 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 Ecoinvent3.8 数据库中的数据。

2.2.8 软件与数据库

本项目采用 jimuLCA 软件及其提供的 IPCC2021 方法，建立产品全生命周期模型，计算产品碳足迹和分析计算结果，核算过程中的数据库采用 Ecoinvent3.8 数据库及中国本土化数据，其包含最精确的现实数据，和其他商业数据库和地区数据库 Ecoinvent3.8 数据库是由瑞士 Ecoinvent 中心开发的商业数据库，涵盖了欧洲以及世界多国7000多种产品的单元过程和汇总过程数据集，是国际LCA领域使用最广泛的数据库之一。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 LCA 核算。各个数据集和数据质量将在第3章对每个过程介绍时说明。

3.数据收集和建模计算

3.1产品生产阶段

整合平均电力变压器产品生产阶段始于原辅料经过运输进入工厂，经过低压绕组、高压绕组、铁心垫脚、铁心夹件、铁心拉板、成品铁心、器身制造及油箱组装等一系列生产过程，到成品变压器组装完成生产结束。本项目所核算的生产阶段数据主要包括制造过程中的物料消耗数据、能源消耗数据、待处置的废弃物等，因生产阶段过程数据较多，仅选取部分有代表性的数据进行披露。具体各个工序的过程数据情况如下所示。

3.1.1 制造低压绕组

表3-1 制造低压绕组过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
铜带	原材料	886	Kg	现场数据
铜母线	原材料	117.27	Kg	现场数据
预浸布	原材料	8.32	Kg	现场数据

3.1.2 制造高压绕组

表3-2 制造高压绕组过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
聚酯漆包铜扁线	原材料	1122.7	Kg	现场数据
铜带	原材料	252	Kg	现场数据
硅微粉	辅助材料	118.3	Kg	现场数据
电力	能源及能源介质	180	KWh	现场数据

3.1.3 制造铁心垫脚

表3-3 制作铁心垫脚过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
8.0 钢板 Q355B	原材料	42.36	Kg	现场数据
电力	能源及能源介质	12	KWh	现场数据

3.1.4 制造铁心夹件

表3-4 制作铁心夹件过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
8.0 钢板 Q355B	原材料	111.79	Kg	现场数据
8.0 钢板 Q235B	原材料	4.8	Kg	现场数据
热固态粉末涂料	辅助材料	3	Kg	现场数据

3.1.5 制造铁心拉板

表3-4 制作成品拉板过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
6.0 不锈钢板	原材料	3.57	Kg	现场数据
电力	能源及能源介质	10	KWh	现场数据

3.1.6 制造成品铁心

表3-4 制作成品铁心过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
剪切后硅钢片	原材料	2405.9	Kg	现场数据
覆盖漆	辅助材料	3.31	Kg	现场数据
螺杆	原材料	3.19	Kg	现场数据

3.1.7 组装器身

表3-5 制作器身过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
成品铁心	原材料	2596	Kg	现场数据
高压绕组	原材料	1675	Kg	现场数据
电力	能源与能源介质	50	KWh	现场数据

3.1.8 组装油箱

表3-6 组装油箱过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
钢板ST14	原材料	454	Kg	现场数据
Q235B/钢板	原材料	81	Kg	现场数据
12钢板Q235B	原材料	62	Kg	现场数据

3.1.9 组装整体变压器

表3-7 组装整体变压器过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
器身	原材料	4947	Kg	现场数据
油箱	原材料	651	Kg	现场数据
低压绕组	原材料	1015	Kg	现场数据
树脂垫块	原材料	27.72	Kg	现场数据
绝缘子	原材料	5.16	Kg	现场数据
铜母线	原材料	23.97	Kg	现场数据
电力	能源及能源介质	45	KWh	现场数据

3.2 产品使用阶段

产品使用阶段包括整合平均电力变压器产品分销运输到下游各个供应商的运输消耗，以及产品30年使用寿命所消耗的电力，并针对这两方面进行碳足迹计

算。由于本产品所涉及下游供应商较多，且分布全国各地，所以采用运输距离200km作为加权预估值。同时在产品30年寿命的使用过程中会涉及到各种不同的情况，这里采取预估计算的方法来得到电力消耗数据。

表3-8 产品分销运输过程数据清单

产品名称	运输终点	运输距离 (km)	运输方式
整合平均电力变压器	下游供应商	200	货车

表3-9 产品使用过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
使用消耗电力	能源及能源介质	3906144	KWh	计算数据

3.3 产品生命末期阶段

产品生命末期阶段主要包括废弃回收过程中的运输消耗以及回收拆解设备所产生的电力消耗，对于废弃回收中所产生的部分固体废弃物及污染排放，因其所涉及到的碳足迹影响过小，可以忽略不记。

表3-10 废弃回收运输过程数据清单

产品名称	运输终点	运输距离 (km)	运输方式
整合平均电力变压器	废弃回收场所	10	货车

表3-11 产品使用过程数据清单

名称	资源类别	数量	单位	数据来源
废弃回收消耗电力	能源及能源介质	150	KWh	计算数据

3.4 建模计算分析

由以上各阶段数据收集情况，1kVA容量整合平均电力变压器生产消耗的原辅料、能源消耗获取的上游生产过程的排放因子数据引用Ecoinvent3.8软件数据库及本土化数据库，同时在jimuLCA软件中建立该产品的全生命周期评价模型，详见图3.1。

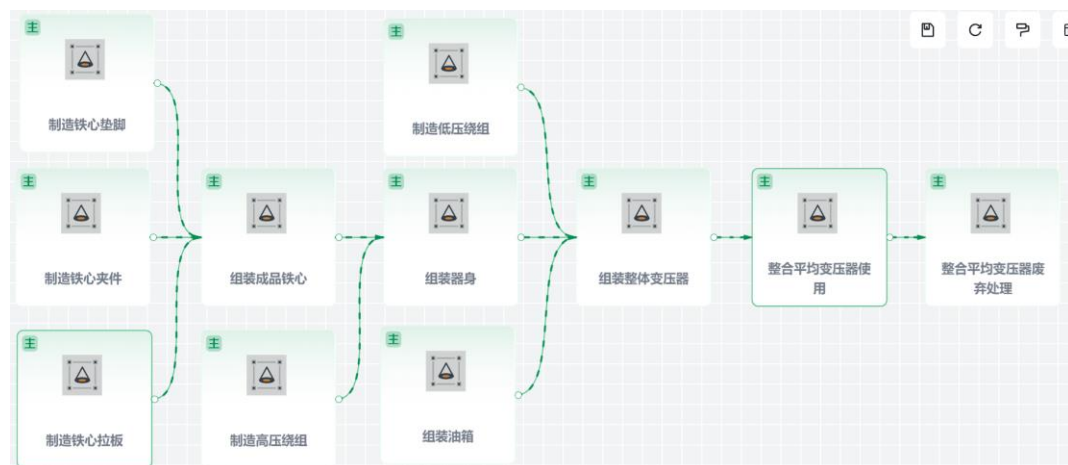


图3.1 全生命周期评价模型

表3-12上游数据背景数据库来源汇总表

类型	清单名称	所属过程	数据来源地区	数据集名称
原材料	铜带	制造低压绕组	Global	copper, cathode
原材料	铜母线	制造低压绕组 组装整体变压器	China, Zhejiang (浙江)	铜丝(拉丝退火)
原材料	预浸布	制造低压绕组	Global	carbon fibre reinforced plastic, injection moulded
原材料	聚酯漆包铜扁线	制造高压绕组	China, Zhejiang (浙江)	铜丝(拉丝退火)
辅助材料	硅微粉	制造高压绕组	Rest-of-World	silicon, metallurgical grade
原材料	8.0 钢板 Q355B	制造铁心垫脚 制造铁心夹件	Global	steel, low-alloyed
原材料	8.0 钢板 Q235B	制造铁心夹件	Global	steel, low-alloyed
辅助材料	热固态粉末涂料	制造铁心夹件	Rest-of-World	alkyd paint, white, without water, in 60% solution state

原材料	6.0 不锈钢板	制造铁心拉板	Rest-of-World	steel, low-alloyed, hot rolled
原材料	剪切后硅钢片	制造成品铁心	China, Zhejiang (浙江)	镀锌钢板
辅助材料	覆盖漆	制造成品铁心	Global	electrostatic paint
原材料	螺杆	制造成品铁心	Global	steel, low-alloyed
原材料	钢板 ST14	组装油箱	Global	steel, low-alloyed
原材料	Q235B/钢板	组装油箱	Global	steel, low-alloyed
原材料	12 钢板 Q235B	组装油箱	Global	steel, low-alloyed
原材料	树脂垫块	组装整体变压器	Rest-of-World	lubricating oil
原材料	绝缘子	组装整体变压器	Rest-of-World	sanitary ceramics
能源与能源介质	电力	产品生产阶段	China, Zhejiang (浙江)	electricity, high voltage
运输	产品分销运输	产品使用阶段	Rest-of-World	transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3
能源与能源介质	使用消耗电力	产品使用阶段	China, Zhejiang (浙江)	electricity, high voltage
运输	废弃回收运输	产品生命末期阶段	Rest-of-World	transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3
能源与能源介质	废弃回收消耗电力	产品生命末期阶段	China, Zhejiang (浙江)	electricity, high voltage

4.产品碳足迹结果与分析

根据企业提供生产工艺流程图、产品原辅材料清单、收集的生产过程的能源消耗数据、安装和使用过程中的电耗数据和部分文献数据，根据建立的生命周期模型，1kVA容量整合平均电力变压器的碳足迹结果为 878.0378 kgCO₂-eq，即产生 878.0378 kg/kVA二氧化碳当量的排放。

表4-1 1kVA容量整合平均电力变压器的生命周期碳足迹贡献结果

名称	GWP (kgCO ₂ -eq/kVA)
产品生产阶段	13.6223
产品使用阶段	864.3786
产品生命末期阶段	0.0369
合计	878.0378



图4.1 产品生产阶段的GWP指标贡献

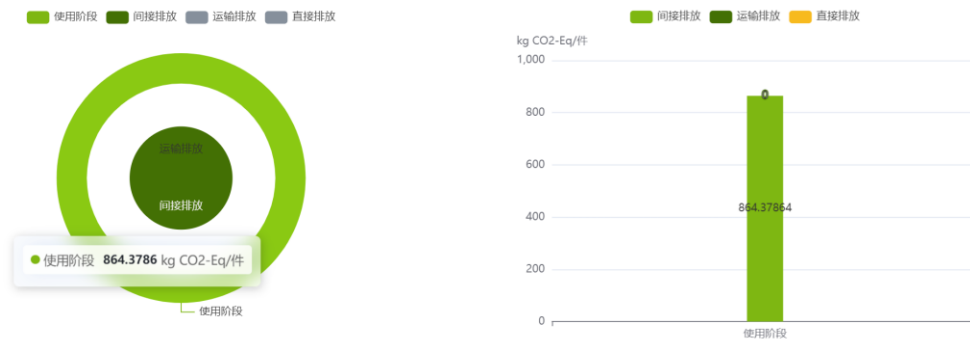


图4.2 产品使用阶段的GWP指标贡献

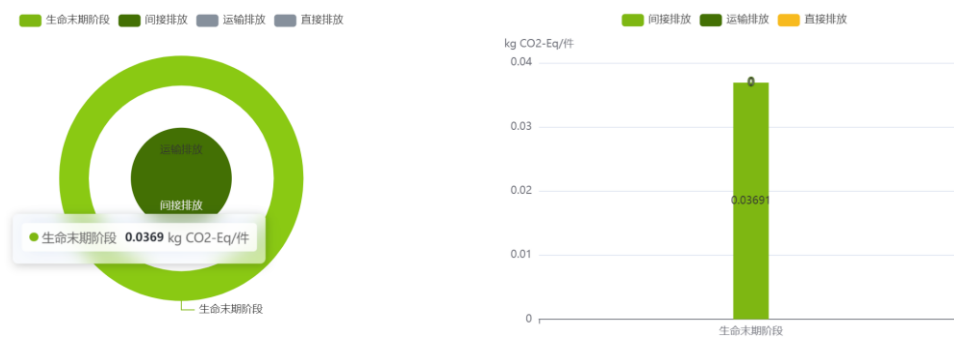


图4.3 产品生命末期阶段的GWP指标贡献

各阶段排放对产品生命周期碳排放占比贡献见表4-2。

表4-2 各环节碳足迹贡献占比

所属阶段	GWP (KgCO ₂ -eq/kVA)	贡献占比
全生命周期阶段	878.0378	100%
产品生产阶段	13.6223	1.55%
产品使用阶段	864.3786	98.41%
产品生命末期阶段	0.0369	<0.01%

由以上结果可知，对于1kVA容量整合平均电力变压器，它的产品使用阶段对于全生命周期产品碳足迹的贡献结果是最大的，占比为98.41%，产品生产阶段占比为1.55%，产品生命末期阶段贡献占比小于0.01%。

5.生命周期解释说明

5.1核算整体性说明

本次核算收集了1kVA容量整合平均电力变压器的摇篮到坟墓过程的温室气体排放数据。数据覆盖核算边界确定的阶段过程，背景数据系统边界包括从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂，同时收集了运输过程数据，完整覆盖了产品生命周期核算过程，并根据具体生产数量对数据进行整合研究，确定以容量为声明单位的核算方式。

其中实景数据中1kVA容量整合平均电力变压器的生产过程数据来源于企业2023年生产数据，背景数据来自 Ecoinvent3.8 软件数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。受项目调研时间及供应链管控力度限制，为获取到原料的实际生产数据，所以计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研主要外购原材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。

5.2敏感性分析

敏感性分析的目的是通过确定最终结果和结论是否受到数据或类型参数结果的计算等的不确定性的影响来评价其可靠性。

下图为产品生产阶段敏感性分析图，结果表明，对于1kVA容量整合平均电力变压器的气候变化-全球变暖潜力(GWP100)，较重要的影响因素是剪切后硅钢片和聚酯亚胺漆包铜扁线，因此其数据质量，对于结果的准确性有重要影响，对于数据质量应严格保证。同时，从产品生命周期气候变化-全球变暖潜力(GWP100)降低的角度，应优先考虑其影响，减少剪切后硅钢片和聚酯亚胺漆包铜扁线使用，或通过绿色采购减少剪切后硅钢片和聚酯亚胺漆包铜扁线的气候变化-全球变暖潜力(GWP100)指标影响，是减少产品生命周期气候变化-全球变暖潜力(GWP100)指标的重要方向。

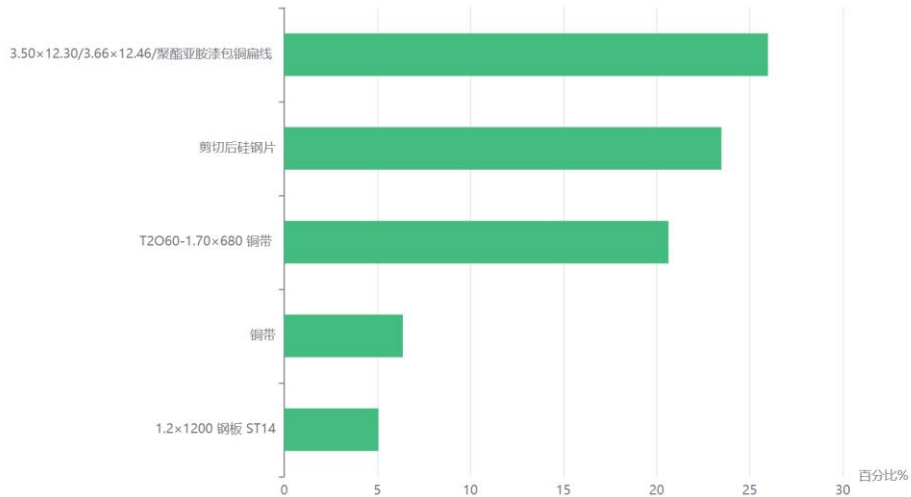


图5.1 敏感性分析情况

5.3 不确定性分析

数据的不确定性，对模型计算结果会产生影响，因此须进行不确定性分析，保证LCA核算结果的可信度和可靠性。

1kVA容量整合平均电力变压器的不确定性分析拟合结果如下图所示，结果显示，在输入的参数变量为正态分布，均值为模型中的取值，标准偏差取10%的假设下，产品的碳排放结果为正态分布（置信度95%）。数据显示，确定性情况下的结果，与不确定性条件下的均值几乎完全一致，不确定性条件下的标准偏差0.27291，不确定度为2.00%，而相应的输入参数标准偏差统一设定为10%。因此，本核算结果的不确定性较小，数据结果是可信的。

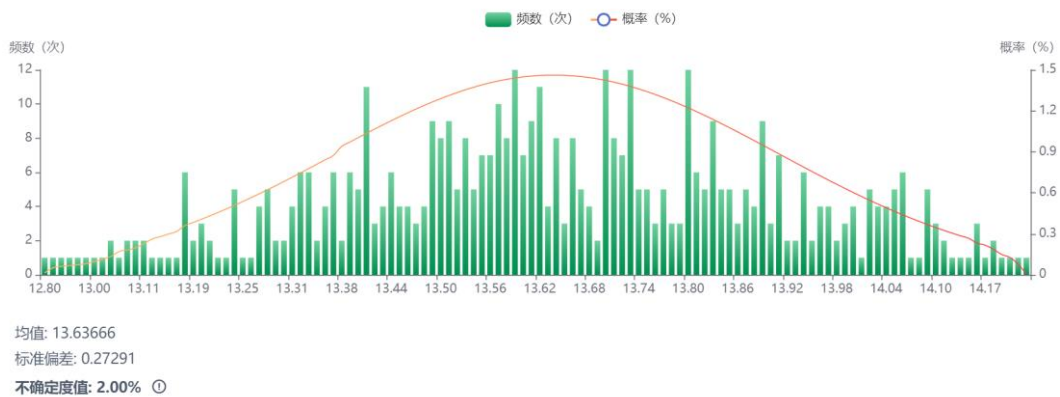


图5.2 产品不确定性分析

6.结论

本次报告主要得出以下结论：

（1）1kVA容量整合平均电力变压器从摇篮到坟墓的碳足迹结果为878.0378 kgCO₂-eq。以容量为核算基准，可以大致反应出企业生产变压器产品碳排放量的一个平均水平。

（2）1kVA容量整合平均电力变压器在产品生产制造阶段较重要的影响因素是剪切后硅钢片和聚酯亚胺漆包铜扁线，而从全生命周期来考虑，生产制造阶段的碳排放量占比很少，废气回收阶段的碳排放量可忽略不计，碳排放主要集中在使用阶段。因此，建议企业进一步完善绿色供应链管理，加强对产品全生命周期的管理，从而减少环境影响。

（3）因本次核算部分供应链端数据获取难度及数据预估情况的影响，本次核算有部分原料的实际生产过程未进行详尽调查，计算结果与实际供应链环境数据有一定偏差。以容量为核算基准只能反映产品碳排平均水平，且全厂变压器产品类别众多，仅通过部分特点产品进行代表研究，所收集数据有误差存在的可能性。建议企业在条件允许的情况下，可对产品所涉及到的实景数据进行记录，建立变压器行业本土数据库，为实现变压器行业全产业链碳中和提供数据基础与支撑。