

产品碳足迹报告

产品名称：立体卷铁心配电变压器

产品规格型号：S22-M • RL-400/10-NX1

生产者名称：河南信诚电气有限公司

报告编号：T4103052026-1

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7月5日



企业名称	河南信诚电气有限公司	核查地址	河南省南阳市宛城区溧河乡溧河新街路南6号				
法定代表人	赵国伟	联系方式	****				
授权人（联系人）	陈松	联系方式	****				
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》；						
企业概况： 一般项目：变压器、整流器和电感器制造；电力设施器材制造；机械电气设备制造；输配电及控制设备制造；智能基础制造装备制造；配电开关控制设备制造；电工机械专用设备制造；输变配电监测控制设备制造；金属结构制造；机械零件、零部件加工；电气设备修理；电气设备销售；机械电气设备销售；智能输配电及控制设备销售；配电开关控制设备销售；电力设施器材销售；风电场相关装备销售；光伏设备及元器件销售；充电桩销售；智能基础制造装备制造销售；输变配电监测控制设备销售；金属结构销售；机械零件、零部件销售；电力电子元器件销售；电力行业高效节能技术研发；配电开关控制设备研发；储能技术服务；企业管理咨询；软件开发；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。							
2. 单位产品碳足迹结果 <table border="1"> <thead> <tr> <th>产品功能单位</th> <th>单位产品碳排放量 (kgCO₂e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）</td> <td>625.7787</td> </tr> </tbody> </table> 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				产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ e)	1台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）	625.7787
产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ e)						
1台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）	625.7787						
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	孙振歌	签名	孙振歌				
组内职务							
组长	孙振歌	签名	孙振歌				
组员	仝岩	签名	仝岩				

目 录

摘要	1
1 产品碳足迹 (CFP) 介绍	2
2 企业及产品介绍	3
2.1 企业介绍	3
2.2 厂区布局	3
2.3 产品介绍	4
2.3.1 产品功能	4
2.3.2 产品工艺流程	4
2.3.3 产品图片	5
3 目标与范围定义	6
3.1 评价目的	6
3.2 评价范围	6
3.2.1 功能单位	6
3.2.2 系统边界	6
3.2.3 分配原则	7
3.2.4 取舍准则	7
3.2.5 相关假设和限制	8
3.2.6 影响类型和评价方法	8
3.2.7 数据来源	8
3.2.8 数据质量要求	8
4 数据收集	10
4.1 数据收集说明	10

4.2 活动水平数据	11
4.3 排放因子数据	11
5 碳足迹计算	13
5.1 计算方法	13
5.2 计算结果	13
5.3 不确定性分析	14
6 改进建议	15
6.1 改进建议	15
附件	19
附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单	19

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》; 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 1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M • RL-400/10-NX1) 的碳足迹。

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 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M • RL-400/10-NX1)。评价的系统边界定义为全生命周期产品碳足迹,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 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M • RL-400/10-NX1) 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 625.7787 kgCO₂eq,原辅料获取阶段碳排放为 336.5947 kgCO₂eq (53.79%),原辅料运输阶段碳排放为 121.0493 kgCO₂eq (19.34%),生产阶段碳排放为 74.9310 kgCO₂eq (11.97%),成品运输阶段为 24.6914 kgCO₂eq (3.95%),产品处置阶段为 68.5123 kgCO₂eq (10.95%) 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。本报告采用了企业的合格供应商环评报告,同行业环保报告,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,背景数据来自发改委发布的《工业其他行业企业温室气体核算方法与报告指南(试行)》、国家市场监督管理总局发布的《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。

1 产品碳足迹（CFP）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”也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（Carbon Footprint of a Product, CFP）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，即从原辅材料获取、原辅材料运输、产品生产、产品运输、产品使用、废弃处置等阶段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。碳足迹的计算结果用二氧化碳当量（CO₂eq）表示。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（特征化因子）在全球范围广泛适用。

产品碳足迹计算只包含一台完整生命周期评估（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（CarbonTrust）、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 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》，此标准以 PAS2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。2024 年 8 月 23 日，中国国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布 GB/T 24067-2024《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》，2024 年 10 月 1 日实施。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 企业及产品介绍

2.1 企业介绍

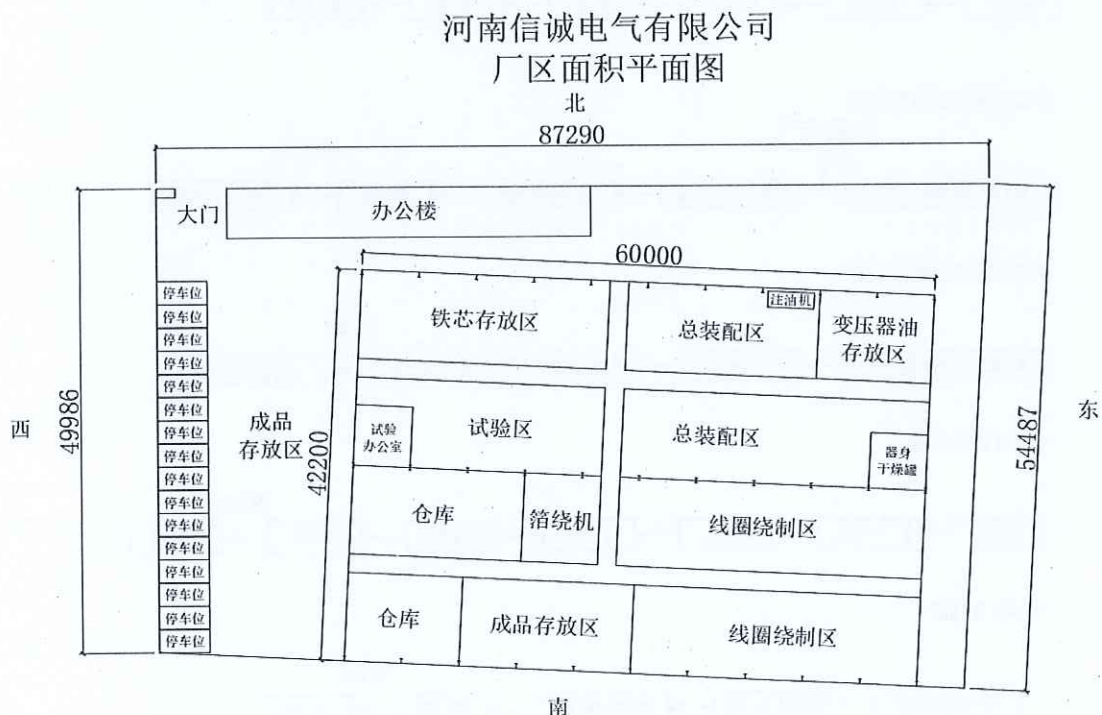
河南信诚电气有限公司是一家专业研发制造电力变压器及配电设备的输变电装备制造企业，公司位于中国历史文化名城河南省南阳市。公司占地 20000 平方米，注册资金 6180 万元。

公司坚持走“科技兴业，创新发展”的道路，注重增强和发挥科技创新对企业发展的引领作用，拥有专业技术人员 10 余人，公司与多家院校和科研机构建立了合作关系，取得多项本专业技术专利，荣获省市科技进步奖，产品顺利通过 ISO 质量体系认证。

公司拥有生产油浸式、干式电力变压器、箱式变电站、高低压成套开关柜等产品的先进装备和技术。开发、生产、销售 S20(22)-M.RL 系列立体卷铁芯变压器、SBH21(25) 系列非晶合金节能变压器、SZ20(22) 系列 35kV 有载调压变压器、SCB14(18) 系列干式变压器、S20(22)-M.ZT 自动调容调压变压器以及箱式变电站、风电光伏专用变压器、高低压开关设备等产品，满足了各行业需求，受到用户的信任和好评。

河南信诚电气有限公司秉承“诚信为本、服务至上、追求卓越、共谋发展”的经营理念，以优质的产品和服务与广大新老客户携手并进，共同开创美好的未来！

2.2 厂区形象图



2.3 产品介绍

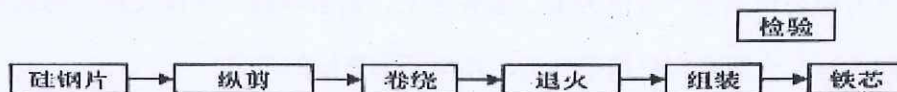
S22-M. RL 系列立体三角形卷铁心变压器突破了传统的平面式结构, 采用三相对称立体式结构, 产品三相铁心磁路完全对称, 磁阻大大减少, 励磁电流、空载损耗显著降低, 是一种使用传统材料, 但运行噪音更低, 结构更为紧凑的高效节能型变压器。其在节能降耗, 省材环保上的出色表现, 完全符合我国的节能方针。

2.3.1 产品功能

1. 节电节能: 空载损耗减小 40-50%, 负载损耗减小 7-10%;
2. 降低线损: 空载电流减小 90%以上;
3. 超静音: 噪声降低 10-15 分贝;
4. 无干扰: 漏磁减小 50%以上;
5. 节约原材料: 铜铁成本减小 20-30%;
6. 经济效益显著: 十年变电成本比新 S11 下降 17%-30%。

2.3.2 产品工艺流程

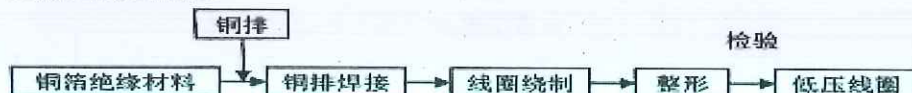
1. 铁芯制造



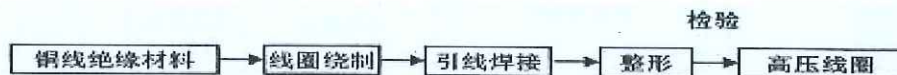
2. 铜排制造



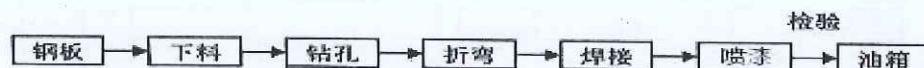
3. 低压线圈制造



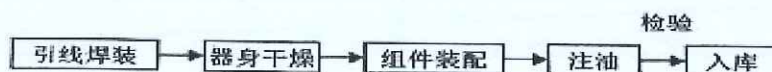
4. 高压线圈制造



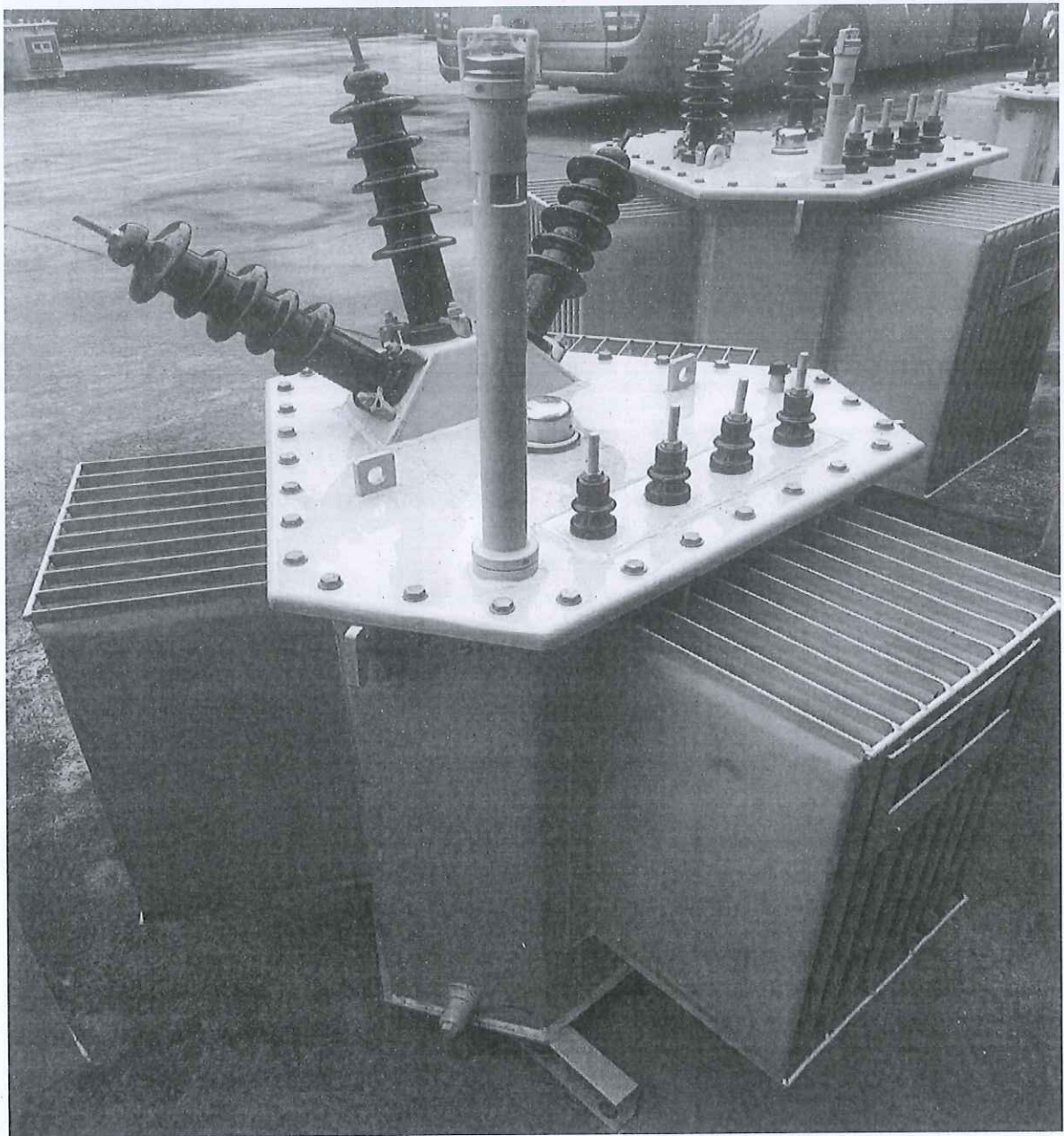
5. 油箱制造



6. 总装配



2.3.3 产品图片



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》；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 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）的碳足迹。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 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）。

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 3.1 所示。

表 3.1 各阶段包含的过程

阶段类型	包含的过程	未包含的过程
原辅料获取阶段	硅钢片、缩醛漆包铜扁线、缩醛漆包铜扁线、变压器油、壳体等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	硅钢片、缩醛漆包铜扁线、缩醛漆包铜扁线、变压器油、壳体等原材料的运输过程	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/汽油货车运输	/
产品处置阶段	废旧金属等回收处置	/

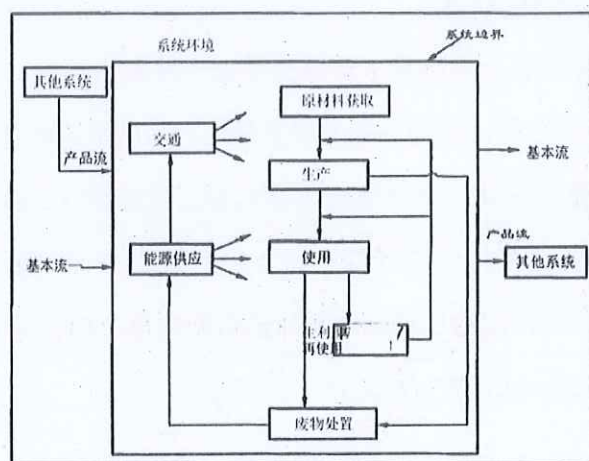


图 3.2：产品系统边界示意图

3.2.3 分配原则

许多流程通常不只一件功能或输出，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，如果相同影响在一件过程/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件下的次级数据，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 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）产品的碳足迹进行了调研。

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。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。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。排放因子数据来自相关行业企业温室气体核算方法与报告指南的缺省值查询。

4.2 活动水平数据

1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M • RL-400/10-NX1），2025 年度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	582.6462	336.5947
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	121.0493
	0.0726	柴油 kg	39.0998	
产品生产	0.5777	电力 kwh	129.1276	74.9310
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	0.1079	
成品运输	0.0679	汽油 kg	10.6385	24.6914
	0.0726	柴油 kg	5.8996	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	66.2659	68.5123
	0.055539	天然气 m ³	13.9814	
	0.0726	柴油 kg	0	

表 4.2.1 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M • RL-400/10-NX1）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M • RL-400/10-NX1）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，具体为排放因子数据来自《工业其他行业企业温室气体核算方法与报告指南（试行）》、《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》的缺省值查询。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，为落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》相关要求，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。后续将及时更新和定期发布电力碳足迹因子。

能源名称	单位	折算系数	来源
电力	kWh	0.5777	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
天然气	m ³	2.33	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
柴油	kg	2.68	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
汽油	kg	2.88	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
煤	kg	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
焦炭	kg	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
重油	kg	2.68	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
轻油	kg	2.88	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
渣油	kg	2.68	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
生物质	kg	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
氢能	kg	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
太阳能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
风能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
水能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
地热能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
海洋能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
核能	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
其他	kWh	0.0001	《中国电力行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

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

河南信诚电气有限公司生产 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-400/10-NX1）产品碳足迹是 625.7787 kgCO₂e/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2-1 和图 5.2-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹/(kgCO ₂ eq)	百分比/%
原材料获取阶段	336.5947	53.79%
原材料运输阶段	121.0493	19.34%
生产阶段	74.9310	11.97%
成品运输阶段	24.6914	3.95%
产品处置阶段	68.5123	10.95%
合 计	625.7787	100.00%

表 5.2-1 一台立体卷铁心配电变压器 (S22-M • RL-400/10-NX1)

产品生命周期各阶段碳排放情况

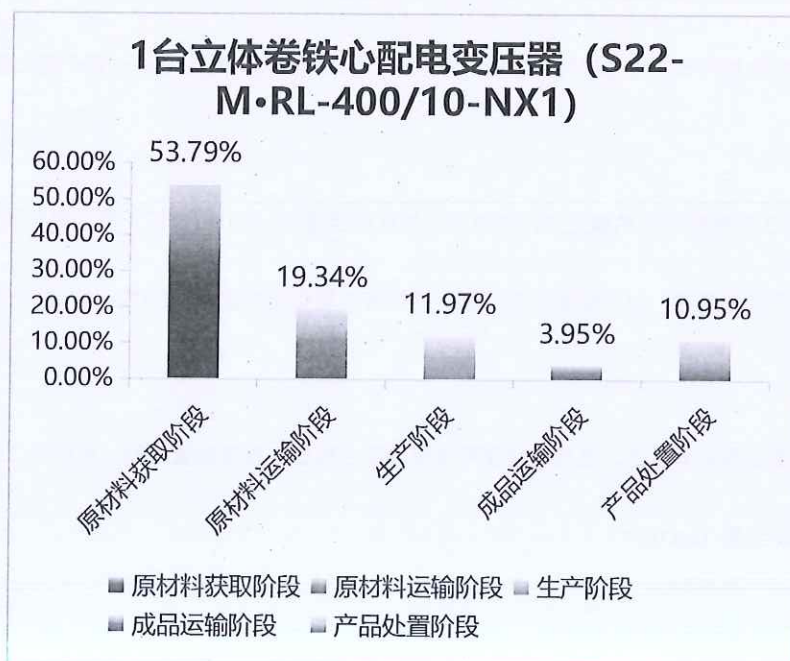


图 5.2-2 1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M • RL-400/10-NX1)

生命周期阶段碳排放分布图

5.3 不确定性分析

不确定性的主要来源为活动水平数据存在测量误差和统计误差。减少不确定性的方法主要有：

使用准确率较高的活动水平数据；

对每一阶段的数据跟踪监测，提高活动水平数据的准确性。

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，在企业可行的条件下，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) 结合柱状图各阶段碳排放占比（原材料获取 53.79% > 原材料运输 19.34% > 产品处置 10.95% > 生产 11.97% > 成品运输 3.95%），搭配油浸式硅钢立体卷铁心完整生产工艺流程，分阶段针对性提出碳足迹降低措施：

4.1 原材料获取阶段（占比 53.79%，碳排放最高，核心减排重点），本阶段碳排放来源：硅钢片、铜板、铜线、钢板、绝缘材料、变压器油等矿产开采、冶炼、基础材料制造，对应工艺流程铁芯、铜排、高低压线圈、油箱全部主材源头，减排措施：

4.1.1 主材低碳替代与采购：

- 硅钢：选用高牌号低损耗冷轧取向硅钢，同时采购钢厂绿色电炉冶炼硅钢（相比高炉炼钢碳排放降低 60% 以上）；优先回收再生硅钢边角料重新纵剪卷绕，减少新硅钢开采冶炼。

- 铜材：采用再生电解铜替代原生铜，原生铜冶炼碳排放极高，再生铜碳足迹仅原生铜 1/10；线圈铜箔、铜线、铜排全部使用再生铜原料。

- 钢材（油箱钢板）：采购低碳热轧钢板、钢厂余热利用产线钢板，选用回收废钢炼制钢板

- 绝缘、油料低碳升级：传统矿物变压器油替换为生物基可降解绝缘油，减少石油基原料开采碳排放；绝缘纸、绝缘膜选用植物基环保绝缘材料，降低化工合成碳排放

4.1.2 供应链绿色认证：

要求硅钢、铜、钢材供应商提供产品碳足迹（EPD）证书，优先选择使用绿电生产的上游钢厂、铜厂，从源头压低材料隐含碳。

4.2 原材料运输阶段（占比 19.34%，第二大碳排来源），碳排来源：硅钢片、铜板、钢板、铜线等大宗主材从钢厂/铜厂运输至变压器厂区公路/长途货运, 减排措施：

- 本地化采购：筛选本省、周边 300km 范围内的硅钢、铜材、钢板供应商，缩短运输里程，减少长途柴油货车运输；集中批量采购，减少分次运输频次。

- 运输方式优化：长途主材优先铁路货运、内河水运替代公路柴油货车；短途厂区配送使用电动货车、新能源重卡。

- 运输装载优化：统一标准化包装，最大化车辆装载率，减少空载、半载运输；整合多家供应商货物拼车运输，降低单位主材运输碳强度。

4.3 生产制造阶段（占比 11.97%，覆盖全工艺流程 6 大工序）

对应工艺流程：铁芯制造、铜排制造、高低压线圈、油箱加工、总装配全工序，碳排放来自车间用电、喷漆、烘干、设备能耗等, 减排措施：

4.3.1 能源结构改造（核心）：

- 厂区全部生产设备切换光伏自发自用绿电，退火、器身干燥等高能耗热处理工序是用电大户，绿电替代火电直接削减生产碳排；淘汰高耗能老旧退火炉、烘干箱，更换变频节能型加热设备，回收退火余热用于车间供暖、预烘干。

4.3.2 各工序工艺节能减碳：

- 铁芯制造：硅钢纵剪优化裁切方案，减少边角废料；卷绕、退火工艺参数优化，缩短高温退火时长，降低电耗。

- 铜排/线圈加工：折弯、钻孔、焊接采用低能耗数控设备；铜排搪锡改用低温无铅环保工艺，减少加热能耗；线圈绕制自动化升级，降低设备待机能耗。

- 油箱制造：焊接采用节能逆变焊机，喷漆改用水性低温粉末漆，替代高温油性漆，大幅减少烘干能耗与 VOC 碳排放；钢板下料采用智能套料，提升材料利用率，减少废料。

- 总装配：器身干燥采用真空节能干燥工艺，缩短干燥周期；焊接工序配套烟尘余热回收装置。

4.3.3 设备低碳管理：

- 车间设备加装智能能耗监测系统，杜绝空载待机；淘汰高能耗老旧机床、空压机，更换节能变频空压机。

4.4 产品处置报废阶段（占比 10.95%，全生命周期末端碳排），碳排来源：变压器报废后拆解、废金属运输、废油处理、固废填埋/焚烧减排措施：

- 全金属可回收设计：结构简化，硅钢铁芯、铜线圈、钢板油箱模块化可拆卸；不使用复合难分离粘结材料，报废后铜、硅钢、钢材可完整拆解回收，大幅减少新金属开采需求，抵消处置阶段碳排。

- 变压器油闭环回收：报废设备绝缘油统一回收过滤再生，重复回用至新变压器，避免废油焚烧、化工处理产生碳排放；杜绝直接废弃矿物油。

- 低建立逆向回收体系：与电力运维单位合作，建立老旧变压器统一回收专线，集中批量拆解，减少零散报废车辆短途运输；拆解工厂配套光伏绿电，降低拆解工序能耗碳排。

- 延长产品使用寿命：优化线圈绝缘、铁芯工艺，提升变压器运行可靠性，延长服役年限，降低单位供电容量年均报废拆解碳分摊。

4.5 成品运输阶段（占比 3.95%，碳排占比最低，优化成本低），碳排来源：成品变压器

出厂运输至变电站、配电点位,减排措施:

- 配送路线智能规划: 采用物流调度系统, 同区域多台变压器合并配送, 减少车辆往返;

优先电动重卡、氢能货车短途配送。

- 轻量化结构优化: 在性能标准内优化铁芯、油箱结构轻量化设计, 降低单台变压器自重, 减少单位产品运输燃油消耗; 标准化箱体提升车辆装载数量。

- 区域分布式仓储: 在供货量大的省市设置成品中转仓, 减少工厂直达工地长途运输距离。

(5) 综合优先级落地建议

- 短期见效 (低成本): 原材料就近采购 (降低运输碳排)、厂区光伏绿电、生产废料回收、成品物流路线优化;

- 中期改造 (中投入): 再生铜/再生硅钢主材替换、节能退火/干燥设备、电动运输车辆;

- 长期核心 (高减排收益): 全供应链低碳材料采购、生物基绝缘油、全产品闭环回收体系、产品轻量化长寿命设计。

- 整体减排逻辑: 优先攻克占比超 50% 的原材料获取阶段, 其次削减原材料长途运输碳排放, 再通过生产工艺节能、报废循环回收进一步压低剩余阶段碳足迹, 成品运输占比最低可作为辅助优化环节。

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
孙振歌	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1277222
全 岩	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1559300

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 7 月 5 日

