

产品碳足迹报告

产品名称：电力变压器

产品规格型号：SZ22-31500/35-10.5-NX1

生产者名称：河南天力电气设备有限公司

报告编号：T4102852026-6

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6月7日



企业名称	河南天力电气设备有限公司	核查地址	1. 河南省南阳高新技术产业集聚区纬十路东段 2. 河南省南阳市宛城区仲景大道与龙安大道交叉口				
法定代表人	焦玉贤	联系方式	19558975806				
授权人（联系人）	宋晓阳	联系方式	19558975806				
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》；						
<p>企业概况：</p> <p>一般项目：变压器、整流器和电感器制造；机械电气设备制造；电力设施器材制造；输配电及控制设备制造；配电开关控制设备制造；机械设备研发；配电开关控制设备研发；电力行业高效节能技术研发；电气设备销售；机械电气设备销售；配电开关控制设备销售；智能输配电及控制设备销售；太阳能热发电装备销售；风电场相关装备销售；智能基础制造装备销售；机械零件、零部件销售；电气设备修理；企业管理咨询；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；货物进出口；技术进出口（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）。</p> <p>2. 单位产品碳足迹结果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>产品功能单位</th> <th>单位产品碳排放量 (kgCO₂eq)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1)</td> <td>17822.7047</td> </tr> </tbody> </table> <p>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</p> <p>3. 评价过程中需要特别说明的问题描述</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>				产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)	1台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1)	17822.7047
产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)						
1台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1)	17822.7047						
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	寇振涛	签名	寇振涛				
组员	李培华	签名	李培华				
组员	夏亚蒙	签名	夏亚蒙				
组员	李倩倩	签名	李倩倩				

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 厂区形象图	4
2.3 产品介绍	6
2.3.1 产品介绍	6
2.3.2 产品工艺流程	8
2.3.3 产品图片	9
3 目标与范围定义	10
3.1 评价目的	10
3.2 评价范围	10
4 数据收集	14
4.1 数据收集说明	14
4.2 活动水平数据	15
4.3 排放因子数据	15
5 碳足迹计算	17
5.1 计算方法	17
5.2 计算结果	17
5.3 不确定性分析	18
6 改进建议	19
6.1 改进建议	19
附件	22

附件 1：本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单.....22

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,计算得到电力变压器(SZ22-31500/35-10.5-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台电力变压器(SZ22-31500/35-10.5-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台电力变压器(SZ22-31500/35-10.5-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 17822.7047 kgCO₂eq,原辅料获取阶段碳排放为 9513.0684 kgCO₂eq (53.38%),原辅料运输阶段碳排放为 3731.9953 kgCO₂eq (20.94%),生产阶段碳排放为 2422.2628 kgCO₂eq (13.59%),成品运输阶段为 581.8134 kgCO₂eq (3.26%),产品处置阶段为 1573.5647 kgCO₂eq (8.83%)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

河南天力电气设备有限公司是专业研发制造电力变压器及配电设备的国家级高新技术企业，位于南阳市。公司占地 12.8 万平方米，注册资金 1.198 亿元，员工 260 余人，大中专以上学历占比超 80%。

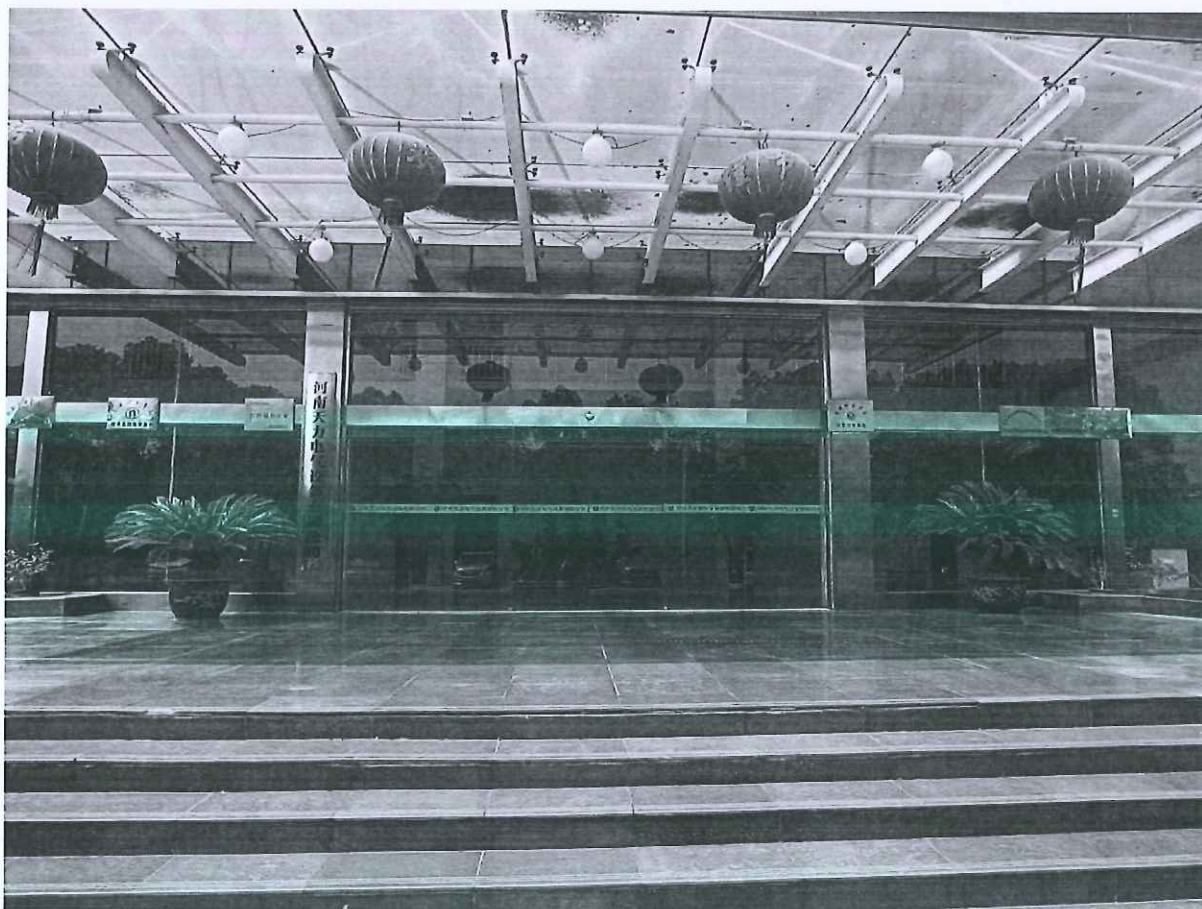
公司为省变压器行业协会常务副会长单位，获评省装备制造业创新引领型龙头企业、智能化工厂、绿色工厂、瞪羚企业，南阳市民营企业 50 强，任市新型电力装备产业链链主企业。

公司坚持“科技兴业，创新发展”，建有省新能源变配电工程技术研究中心、省企业技术中心及国家级能效标准实验室，专业技术人员 70 余人(高级职称 15 人)。与院校、科研机构合作获专利 50 余项、省市科技进步奖多项。产品通过 CSEI、KEMA、ISO 等质量认证及省部级鉴定。

公司生产“天力”牌全系列变压器及配电产品，涵盖立体卷铁芯、非晶合金、35kV 有载调压、干式、自动调容调压等变压器，以及箱式变电站、风电光伏专用变压器、高低压开关设备等，广受好评。其中多个产品获“中国著名品牌”“河南省名牌产品”称号，广泛应用于国家电网、南方电网等重点工程，产品出口非洲、东盟等地。

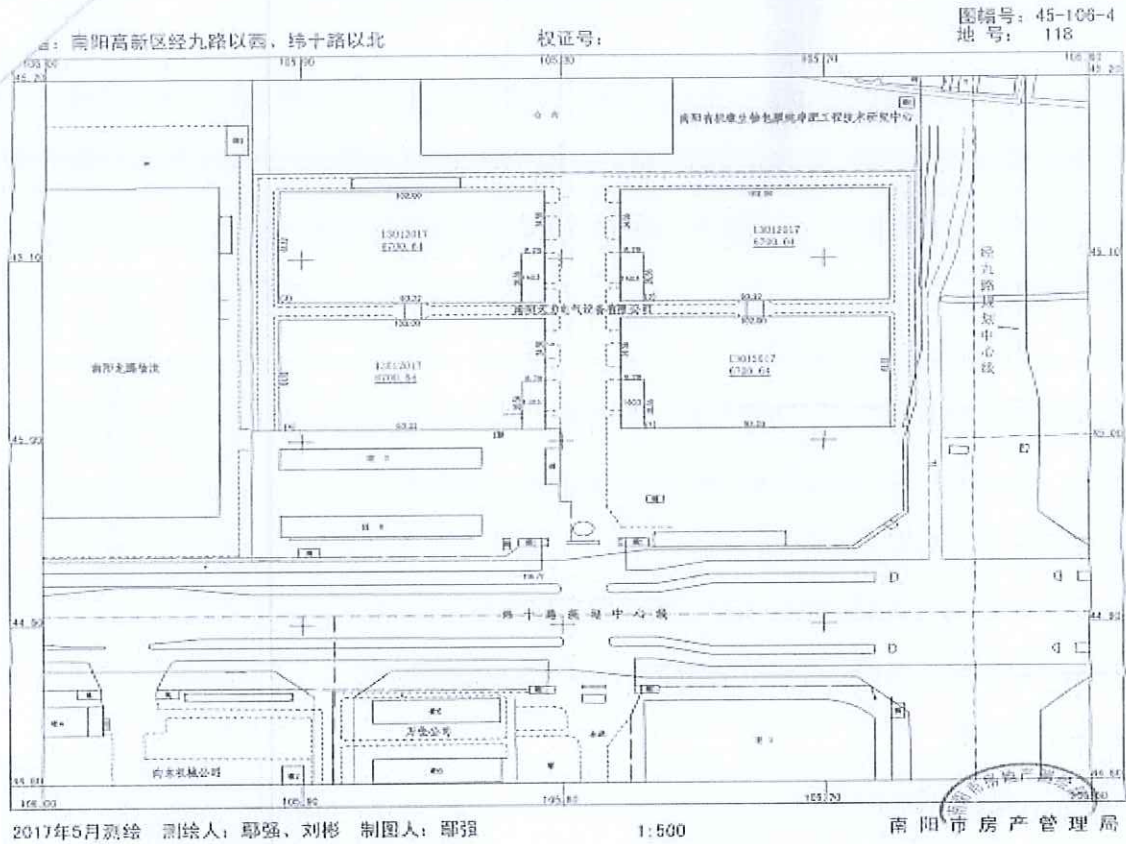
公司秉承“诚信为本、服务至上、追求卓越、共谋发展”经营理念，以优质的产品和服务与广大新老客户携手并进，共同开创美好的未来！

2.2 厂区形象图

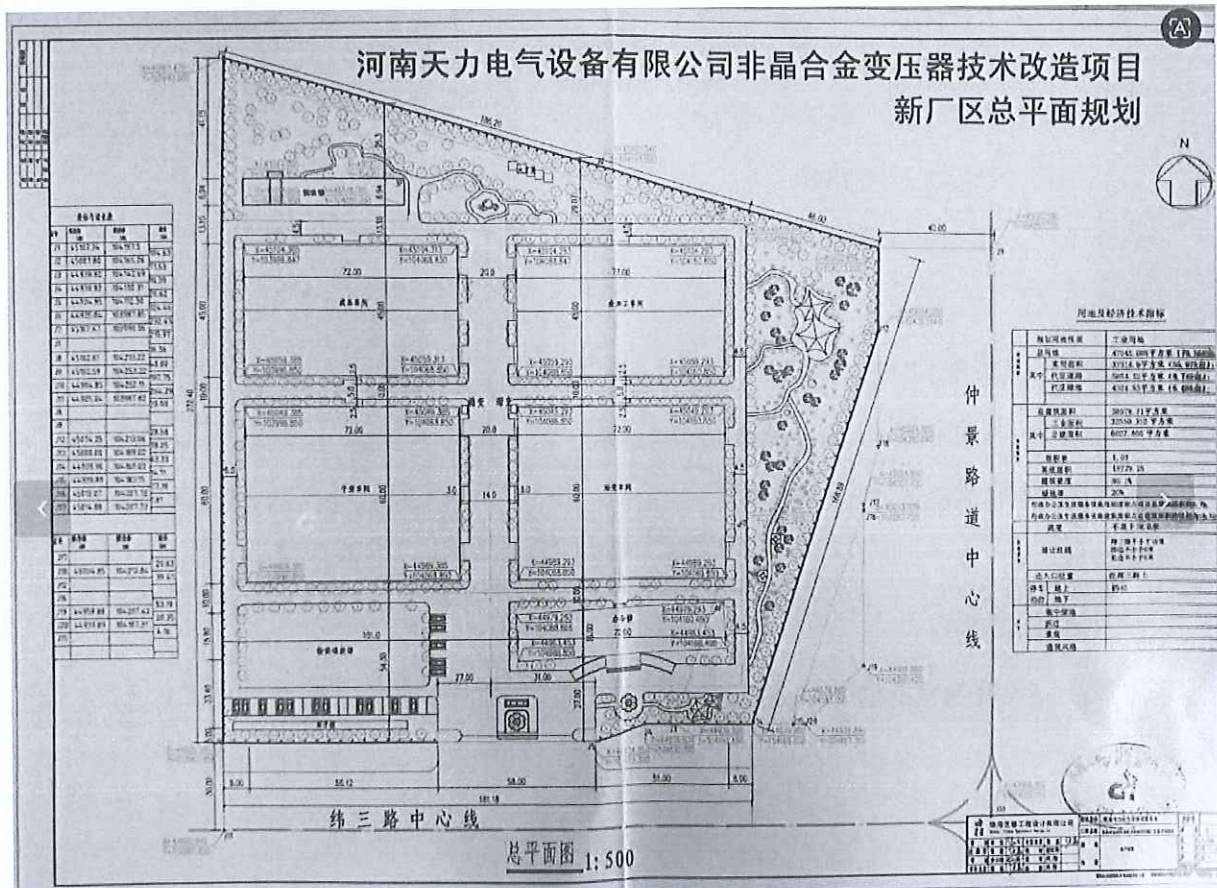


东厂区平面布局图

河南天力电气设备有限公司房产平面图



西厂区平面布局图



2.3 产品介绍

2.3.1 产品介绍

电力变压器 SZ22-31500/35-10.5-NX1 是新一级能效 (NX1)、有载调压三相油浸式电力变压器,符合 GB20052-2020 国家最新能效标准,为当前电网主推的新一代超低损耗节能主变设备,广泛应用于电网变电站、工业园区、新能源电站等核心供电场景。

型号特点:

- S: 三相油浸式电力变压器
- Z: 具备有载调压功能,可带负荷调节电压
- 22: 国标最新 S22 性能等级,新一代超低损耗节能系列
- 31500: 额定容量 31500kVA
- 35/10.5: 高压侧额定电压 35kV, 低压侧额定电压 10.5kV
- NX1: 新国标一级能效标识 (GB20052-2020 最高能效等级)

主要技术参数:

- 额定容量: 31500kVA
- 额定电压: 高压 $35 \pm 3 \times 2.5\%$ kV, 低压 10.5kV
- 额定频率: 50Hz
- 联结组标号: YNd11
- 冷却方式: ONAN (油浸自冷) / ONAF (强迫风冷)
- 空载损耗: ≤ 42 kW (一级能效标准)
- 负载损耗 (75°C): ≤ 78 kW
- 短路阻抗: 8% (允许偏差 $\pm 5\%$)
- 空载电流: $\leq 0.8\%$
- 绝缘水平: 高压 LI200 AC85kV, 低压 LI75 AC35kV
- 温升限值: 顶层油温 ≤ 55 K, 绕组温升 ≤ 65 K
- 噪声指标: 1 米处噪声 ≤ 58 dB (A)

结构特点:

1、低损耗铁芯结构

采用高导磁超薄晶粒取向硅钢片材质,铁芯采用多级阶梯接缝、无叠上铁轭优化工艺,有

效降低磁阻和空载损耗。铁芯经过精密剪切、毛刺控制、真空退火处理，搭配整体夹紧防松结构，大幅减少运行振动，实现低铁损、低噪音、高稳定性的运行效果。

2、高可靠绕组结构

绕组采用高纯无氧铜电磁线绕制，导电性能优异，有效降低负载损耗。高压绕组采用多层圆筒式结构，低压绕组采用扁线/箔绕结构，通过安匝平衡优化设计，绕组电场分布均匀、纵向电容大，具备极强的抗短路、抗冲击能力。绕组采用高密度绝缘纸及预制绝缘配件，经真空干燥、真空注油工艺处理，彻底排除内部水汽和空气，局部放电量极低，绝缘寿命大幅延长。

3、智能有载调压系统

高压侧配置专用有载分接开关，配备独立密封油室，隔离主变本体油液，避免油质污染。搭载电动+手动双操作机构，可远程、就地手动调压，9档分级精准调压，全程带负荷切换，无需停电，可适配自动化稳压控制系统，适配智能电网运行需求。

4、密封散热与保护结构

采用全密封油箱搭配高效片式散热器，散热面积充足、散热效率高，可满足长期满负荷运行散热需求。设备整体密封性能优良，有效隔绝外界水汽、粉尘，减缓变压器油老化速度，杜绝渗漏油问题。标配压力释放阀、瓦斯继电器、智能油位计、温度传感器等全套保护元件，具备超压、过热、故障瓦斯等多重保护，设备运行安全性、可靠性极高。

5、整体运行优势

整机结构紧凑、工艺成熟，兼具节能、静音、抗短路、免频繁维护、使用寿命长等多重优势，可适应户外、户内、高温、高负荷等复杂运行工况，全生命周期运维成本低，适配各类大中型供电场景长期稳定运行。

型号核心特点

1、超一级节能，运维成本低

严格符合 GB20052-2020 新能效标准，属于国内最高等级 NX1 一级能效产品。相较于传统 S13、S20 系列变压器，空载损耗大幅降低 30%以上，负载损耗降低 20%左右，设备全生命周期能耗损耗极低，长期运行可大幅节省用电成本，节能环保效益显著。

2、有载调压，供电稳定性强

设备搭载高压侧有载分接开关，支持带负荷实时调压，常规调压范围为 $\pm 3 \times 2.5\%$ （9档调压）。无需停电即可适配电网高压侧电压波动，精准稳定 10.5kV 低压输出电压，有效解决负荷波动、电网电压偏移带来的供电质量问题，保障后端设备稳定运行，供电可靠性大幅提升。

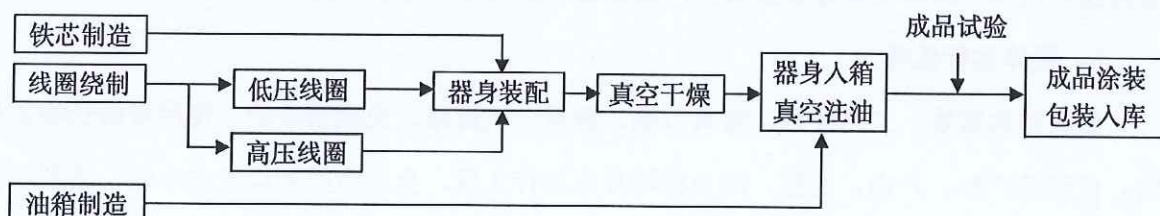
3、新一代优化设计，综合性能优异

S22 系列为行业新一代升级产品，对铁芯、绕组、绝缘结构、散热系统进行全方位优化。具备低损耗、低噪声、低局放、低温升、高抗短路能力的多重优势，适配长期 24 小时连续运行工况，适配性和耐用性远超传统老旧型号。

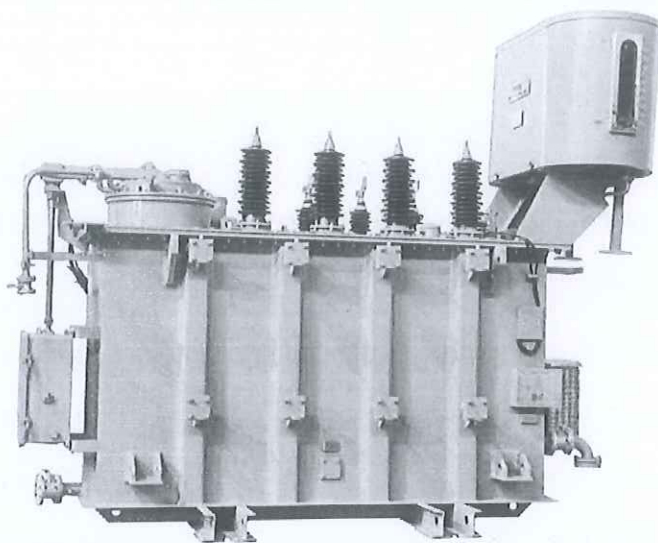
4、经典电压等级，适用场景广泛

35kV/10.5kV 为电力系统主流降压电压组合，是城市变电站、工业园区、工矿企业、光伏/风电新能源升压站的主力主变型号，通用性强、配套设备成熟、后期运维便捷。

2.3.2 产品工艺流程



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 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-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 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-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、换位导线、变压器油、钢板等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	硅钢片、换位导线、变压器油、钢板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	柴油货车运输	/
产品处置阶段	废旧金属、废旧塑料回收处置	/

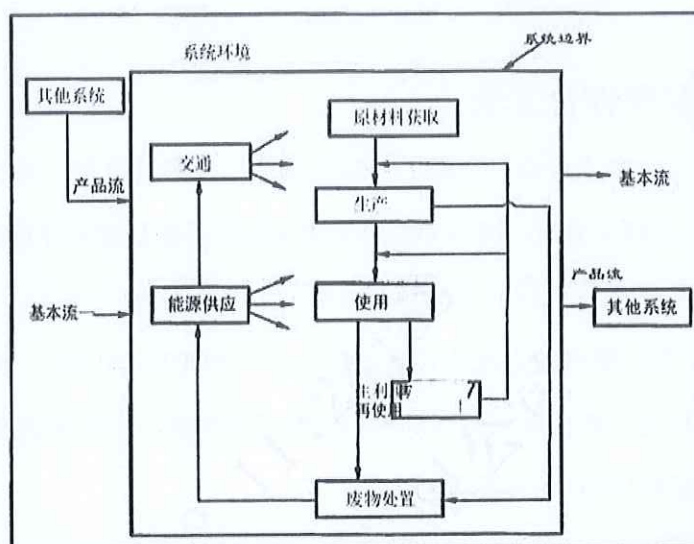


图 3.2: 产品系统边界示意图

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；当目前数据库中并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 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-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 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-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	16467.1429	9513.0684
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	3731.9953
	0.0520	电力 kwh	/	
	0.0726	柴油 kg	1205.4600	
产品生产	0.5777	电力 kwh	4049.4812	2422.2628
	0.055539	天然气 m ³	/	
	/	耗二氧化碳(Kg)	45.3413	
	0.0726	柴油 kg	12.1245	
成品运输	0.0520	电力 kwh	/	581.8134
	0.0726	柴油 kg	187.9297	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	2646.4589	1573.5647
	0.055539	天然气 m ³	20.6760	
	0.0726	柴油 kg	/	

表 4.2.1 1 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-NX1）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台电力变压器（SZ22-31500/35-10.5-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。

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

河南天力电气设备有限公司生产 1 台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1) 产品碳足迹是 17822.7047 kgCO₂eq/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	9513.0684	53.38%
原材料运输阶段	3731.9953	20.94%
生产阶段	2422.2628	13.59%
成品运输阶段	581.8134	3.26%
产品处置阶段	1573.5647	8.83%
合计	17822.7047	100.00%

表 5.2-1 一台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1) 产品生命周期各阶段碳排放情况

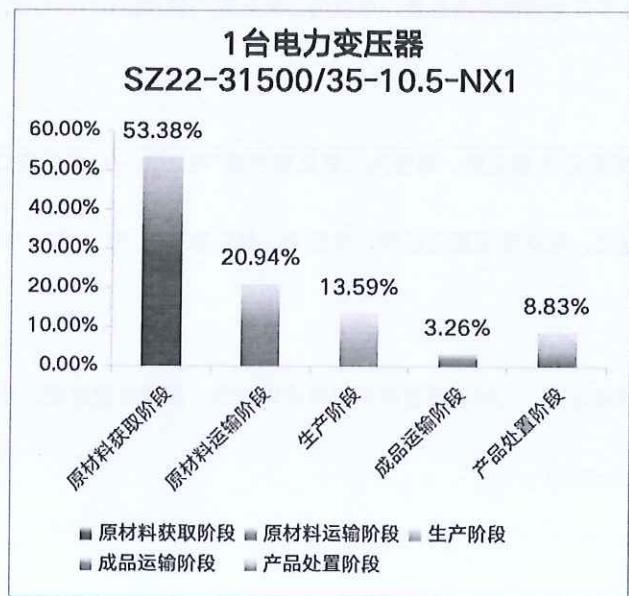


图 5.2-2 1 台电力变压器 (SZ22-31500/35-10.5-NX1)

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) 结合这张碳足迹阶段占比图，从图中可以看到各阶段碳足迹占比分析：

阶段	碳足迹占比	核心特点
原材料获取阶段	53.38%	第一大贡献源
原材料运输阶段	20.94%	第二大贡献源
生产阶段	13.59%	中等贡献
产品处置阶段	8.83%	次要贡献
成品运输阶段	3.26%	低贡献

4.1 原材料获取阶段（53.38%，核心降碳靶点）这是占比最高的环节，是降低碳足迹的关键，可从以下方向发力：

4.1.1 低碳/再生材料替代：优先选用再生铜、再生铝、再生钢材等再生材料，替代原生

金属；采购绿电冶炼的低隐含碳排放硅钢片、铜排、钢材等核心原材料，大幅降低原材料的隐含碳。

4.1.2 轻量化与材料优化：在满足变压器性能与安全标准的前提下，优化铁芯、绕组设计，减少硅钢片、铜材的用量；采用低损耗、高导磁的新型硅钢片，在保证性能的同时降低材料用量。

4.1.3 低碳供应链采购：优先选择通过碳足迹认证、EPD（环境产品声明）的供应商，优先采购近区域、低碳排放的原材料，从源头控制碳足迹。

4.2 原材料运输阶段（20.94%，次关键降碳环节）

4.2.1 优化运输方式与路线：优先选择近区域供应商，缩短运输距离；采用铁路运输、水路运输替代高碳排放的公路运输，降低运输碳排放。

4.2.2 提高运输装载率：采用集中采购、批量运输的方式，提高单车 / 单船装载率，降低单位原材料的运输碳排放；采用新能源货车或低排放国六车辆进行运输。

4.3 生产阶段（13.59%，中等优化空间）

4.3.1 能源结构低碳化：优先使用光伏、风电等绿电，或通过购买绿证 / 碳抵消覆盖生产用电；对热处理、焊接、绕线等工序的高能耗设备进行节能改造，降低单位产品能耗。

4.3.2 工艺优化与能效提升：优化铁芯退火、线圈绕制、真空浸漆等工艺，减少返工、报废带来的额外碳排放；推广自动化、精益化生产，提高设备负载率，降低空载能耗。

4.3.3 工艺过程减排：减少焊接、涂装、热处理等工序的直接碳排放，采用低能耗、低排放工艺；优化生产排班，提升生产效率。

4.4 产品处置阶段（8.83%，次要优化空间）

4.4.1 易拆解与循环设计：采用模块化、易拆解的结构设计，方便报废后铜、钢、硅钢片等材料的回收再利用，提升材料回收率，减少填埋/焚烧带来的碳排放。

4.4.2 报废回收体系建设：与专业的再生资源回收企业合作，建立变压器报废回收渠道，

实现铜、钢、硅钢片的高比例回收再利用，降低处置阶段的碳排放。

4.5 成品运输阶段（3.26%，低优化空间）

4.5.1 优化运输路线，减少空驶率；优先采用铁路/水路运输替代长途公路运输；采用专用模块化包装，提升运输效率，降低单位产品的运输碳排放。

（5）整体数据分析总结

- 最高优先级：聚焦原材料获取阶段和原材料运输阶段，两者合计占比超 74%，通过低碳材料替代、轻量化设计、近区域采购和运输方式优化，可实现碳足迹的大幅降低。

- 次高优先级：推进生产阶段的能源低碳化与工艺优化，同时优化产品处置阶段的回收体系设计，进一步降低剩余环节的碳排放。

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
寇振涛	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1298954
李培华	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1499700
夏亚蒙	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG0-1300012
李倩倩	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG0-1298063

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):



2026年6月7日

