

产品碳足迹报告

产品名称：智能型户外高压真空断路器

产品规格型号：ZW32-12G/630-25

生产者名称：安徽明坤电器设备有限公司

报告编号：T4102652026-2

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5月24日



企业名称	安徽明坤电器设备有限公司	核查地址	安徽省宿州市夹沟镇夹五路99号				
法定代表人	刘瑞起	联系方式	0557-3697770				
授权人（联系人）	李 芳	联系方式	15178207690				
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>企业经营范围概况：</p> <p>电表箱、配电柜，电力设备、电缆分支箱、电流互感器、柱上断路器、环网柜、跌落开关、熔断器、绝缘子、隔离开关、环氧树脂棒、避雷器、铁附件、高低压电器产品生产、销售、安装、维修，会务会展服务。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。</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 (kgCO₂e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）</td> <td>36.0686</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 e)	1台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）	36.0686
产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ e)						
1台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）	36.0686						
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	严 文	签名	严文				

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	4
2.3 产品介绍	5
2.3.1 产品功能	5
2.3.2 产品工艺流程	6
2.3.3 产品图片	7
3 目标与范围定义	8
3.1 评价目的	8
3.2 评价范围	8
3.2.1 功能单位	8
3.2.2 系统边界	8
3.2.3 分配原则	9
3.2.4 取舍准则	10
3.2.5 相关假设和限制	10
3.2.6 影响类型和评价方法	10
3.2.7 数据来源	10
3.2.8 数据质量要求	10
4 数据收集	12
4.1 数据收集说明	12

4.2 活动水平数据	13
4.3 排放因子数据	13
5 碳足迹计算	15
5.1 计算方法	15
5.2 计算结果	15
5.3 不确定性分析	16
6 改进建议	18
6.1 改进建议	18
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 1 台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25) 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 台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25)。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 台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25) 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 36.0686 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 22.0305 kgCO₂eq (61.08%), 原辅料运输阶段碳排放为 0.3006 kgCO₂eq (0.83%), 生产阶段碳排放为 5.7646 kgCO₂eq (15.98%), 成品运输阶段为 0.1479 kgCO₂eq (0.41%), 产品处置阶段为 7.8249 kgCO₂eq (21.69%) 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

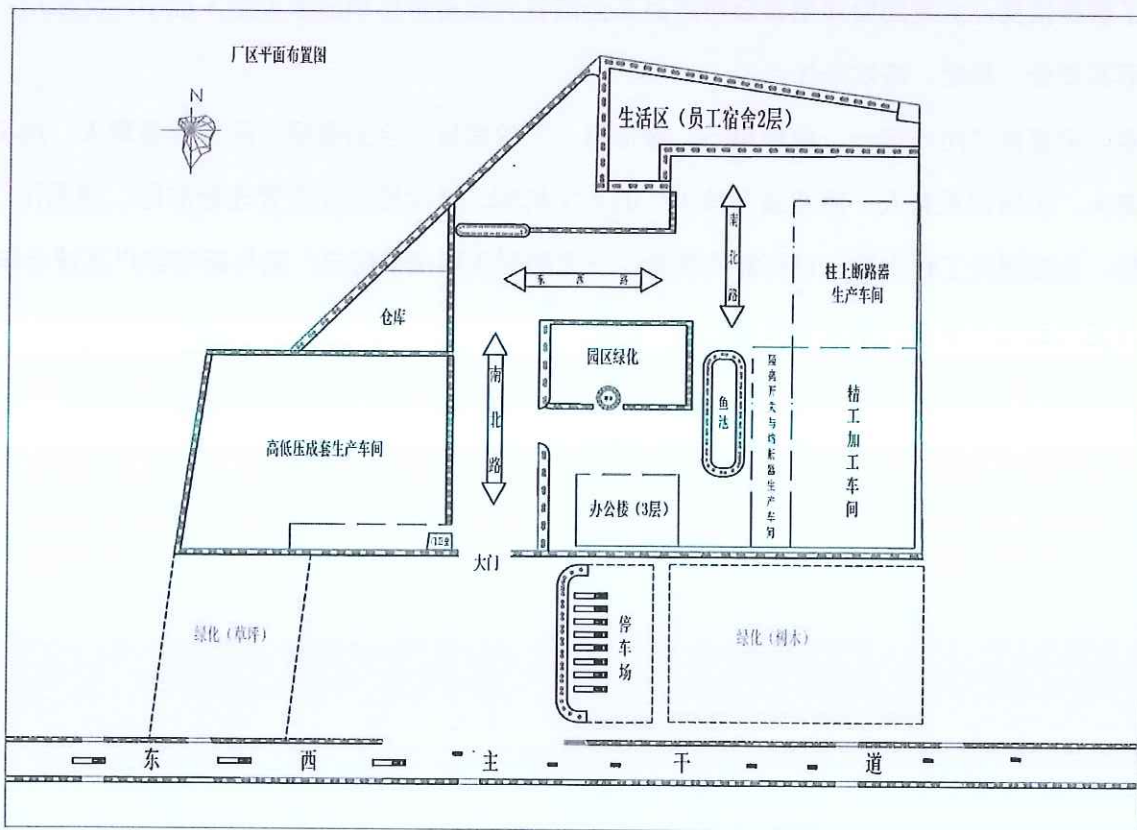
安徽明坤电器设备有限公司，坐落在历史古城——宿州黄淮海经济开发区，毗邻合徐高速、泗许高速、宁洛高速、京沪高速、京沪高铁 206 国道，交通十分便利。是专业从事电器设备研发、生产、销售与服务的专业企业。其产品多次荣获省优、市优。全部产品均经过国家电力工业电气设备质量检测中心检测合格。

本公司秉承“以科技促进企业进步、以创新推动企业发展、以服务赢得客户信赖”的经营理念，自主研发新技术能适时的适应市场变化的灵活性。重视加强在每个生产领域的技术研究和开发能力，使生产始终更好地面向未来。

本公司主要生产销售电表箱、配电柜，电力设备、电缆分支箱、电流互感器、柱上断路器、环网箱、熔断器、隔离开关、避雷器、高低压电器产品生产、销售、安装、维修，会务会展服务。研究和开发能力的投入，提高了技术水平和保证产品的高质量及稳定性，也开辟了新的应用领域和更多的市场，产品的高质量和其具有竞争力的合理价格，使本公司越来越多的产品为用户了解和接受。大量的明坤电器公司产品在全国各大兄弟单位和国家大型工程中广泛应用，并显示其安全、稳定、高效等优点。

本公司坚持“用户第一、质量第一、诚信第一”的宗旨，全面倡导“用事业凝聚人、用文化塑造人、用培训教育人、用业绩考核人”的人文机制，持续推动经营管理标准化、规范化、制度化、全面提升工作水准，以可靠的质量，一流的服务取信于用户，愿与新老客户真诚合作，携手并进共创电力事业的繁荣和发展！

2.2 厂区形象图



2.3 产品介绍

ZW32-12G/630-25 是 12kV 三相交流 50Hz 户外柱上智能真空断路器，俗称“看门狗”，用于城网/农网 10kV 配电线路，具备开关 + 保护 + 测控 + 通信一体化功能，可独立运行或纳入配电自动化系统。“G”代表带隔离开关，有明显断开点，满足检修安全隔离要求。

1) 型号含义

- ZW: 户外真空断路器
- 32: 设计序号
- 12: 额定电压 12kV
- G: 带隔离开关
- 630: 额定电流 630A
- 25: 额定短路开断电流 25kA

2) 主要技术参数 (核心)

- 断路器类型: 普通型
- 结构类型: 支柱式
- 互感器配置方式: 电磁式互感器
- 灭弧方式: 真空灭弧
- 相电流互感器变比: 600A/1A
- 相/线电压互感器变比: 10kV/0.1kV
- 零序电流互感器变比: 100A/1A
- 零序电压互感器变比: $(10\text{kV}/\sqrt{3})/(6.5\text{V}/3)$

3) 结构特点

- 三相支柱式、全密封复合绝缘: 硅橡胶外套 + 环氧树脂浇注，防潮防凝露，户外免维护。
- 内置真空灭弧室: 灭弧能力强、无燃爆、寿命长。
- 一体式隔离刀: 上隔离/下隔离可选，可见断口，保障检修安全。
- 机构内置密封: 弹簧/永磁机构密封在箱体内，防锈、可靠。
- 一体化智能控制器 (FTU): 集成 CT/PT、保护、测量、通信，一二次融合。

2.3.1 产品功能

1) 基本开关功能

- 正常负荷开合：长期承载 630A，可频繁操作。
- 故障开断：可靠切断过载、短路、接地故障（25kA 开断能力）。
- 手动/电动双操作：
 - 手动：储能、分合闸（停电检修用）；
 - 电动：AC/DC 220V 遥控、远方/就地切换。
- 隔离闭锁：隔离开关与断路器机械联锁，断路器合闸时隔离不能分，防止带负荷拉隔离。

2) 四段式保护（智能核心）

- 速断保护：短路瞬间（ $\leq 20\text{ms}$ ）跳闸，保护线路近端故障。
- 限时速断：中短路电流，短延时（0.1~0.5s）跳闸，选择性配合。
- 过流保护：过载长延时反时限，躲开正常负荷波动。
- 零序 / 接地保护：检测零序电流，实现小电流接地故障选线/跳闸。

3) 测量与监测

- 电参数测量：三相电压、电流、有功/无功/功率因数、频率、电量计量。
- 状态监测：断路器分合位、储能状态、隔离位置、机构温度、电池电压。
- 事件记录：故障时刻、类型、电流值、动作时间，可追溯分析。

4) 配电自动化与通信

- 三遥（遥信/遥测/遥控）：主站远程分合闸、参数整定、数据采集。

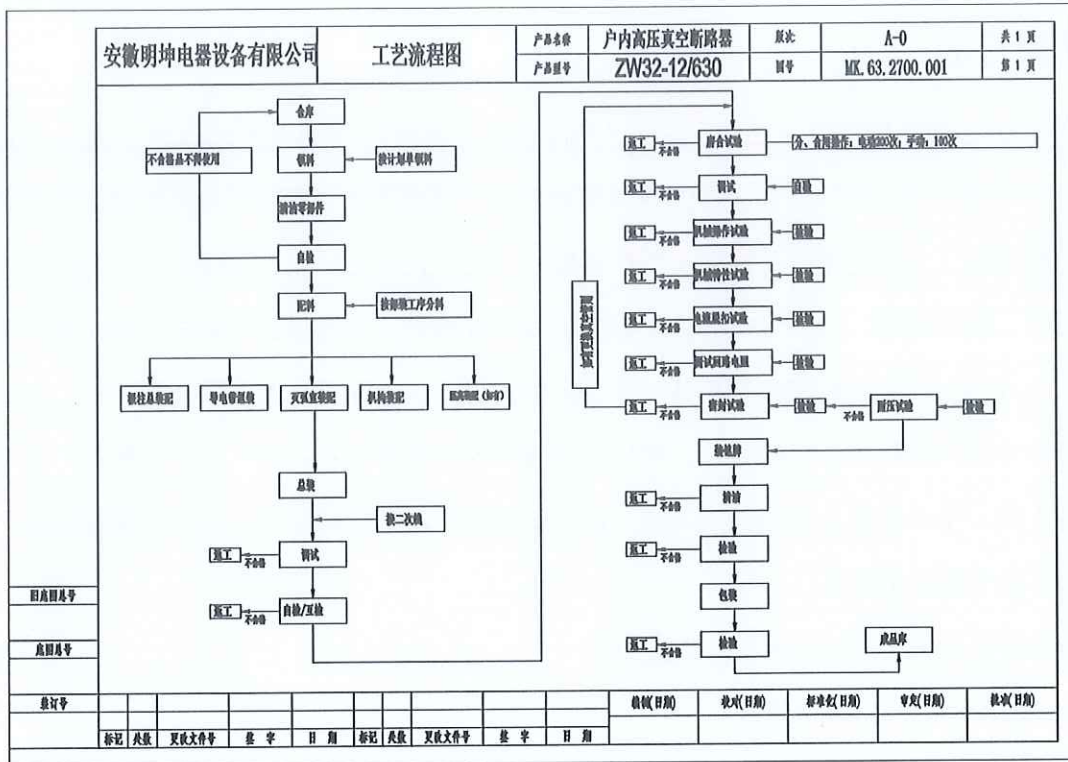
通信接口：

- 标配：RS485、以太网；
- 可选：GPRS/4G/5G、光纤，适配国网一二次融合标准。
- 重合闸功能：瞬时故障自动重合（1~3 次），提高供电可靠性。
- 故障隔离+自愈：配合分段开关，实现故障区段自动隔离、非故障区恢复供电。

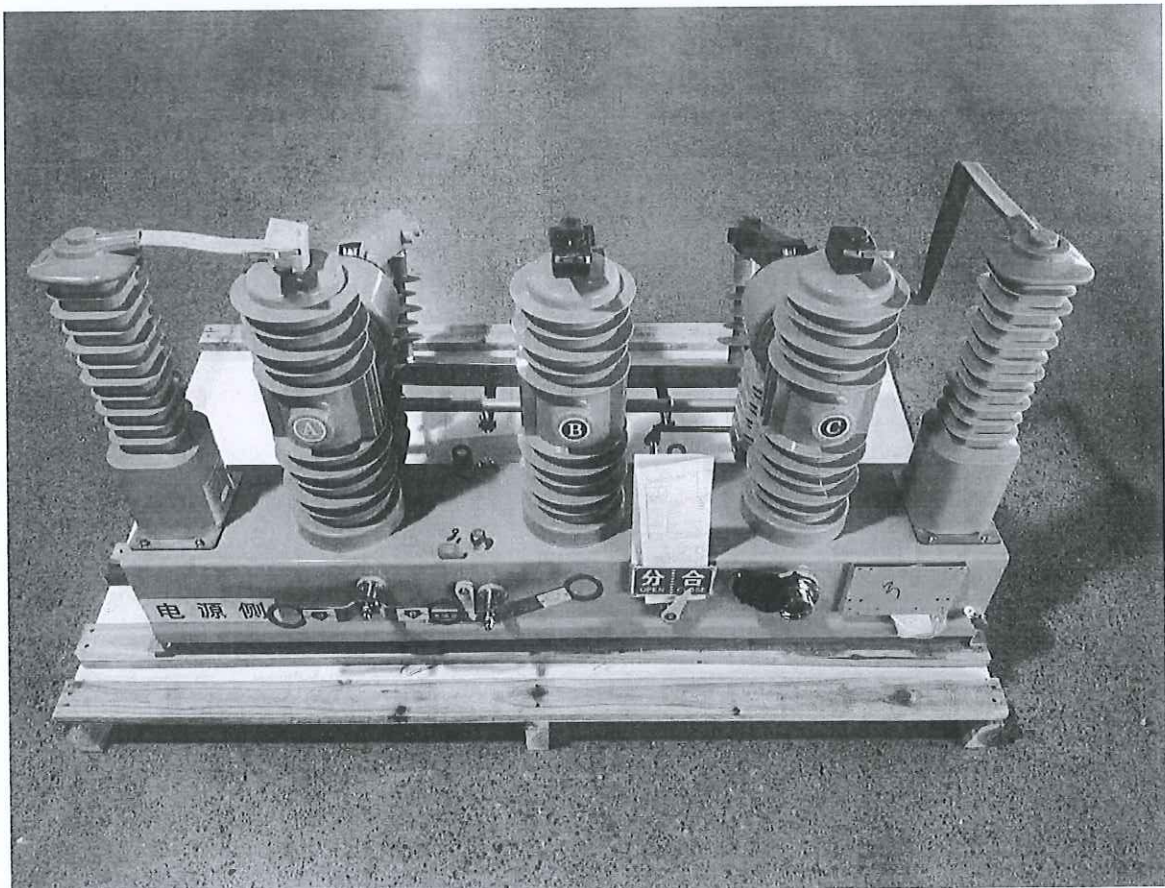
5) 安全与运维

- 防误联锁：断路器 - 隔离 - 接地刀之间机械联锁，防止误操作。
- 电源失电保护：控制器后备电池，失电时保护定值不丢失、可手动操作。
- 户外高可靠：全密封、抗老化、防污秽，免维护周期 ≥ 5 年。

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 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）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 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）。

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	操作机构、互感器、航插、电缆、壳体、主体绝缘件、真空灭弧室等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	操作机构、互感器、航插、电缆、壳体、主体绝缘件、真空灭弧室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	新能源电动货车运输	/
产品处置阶段	废旧金属、废旧塑料回收处置	/

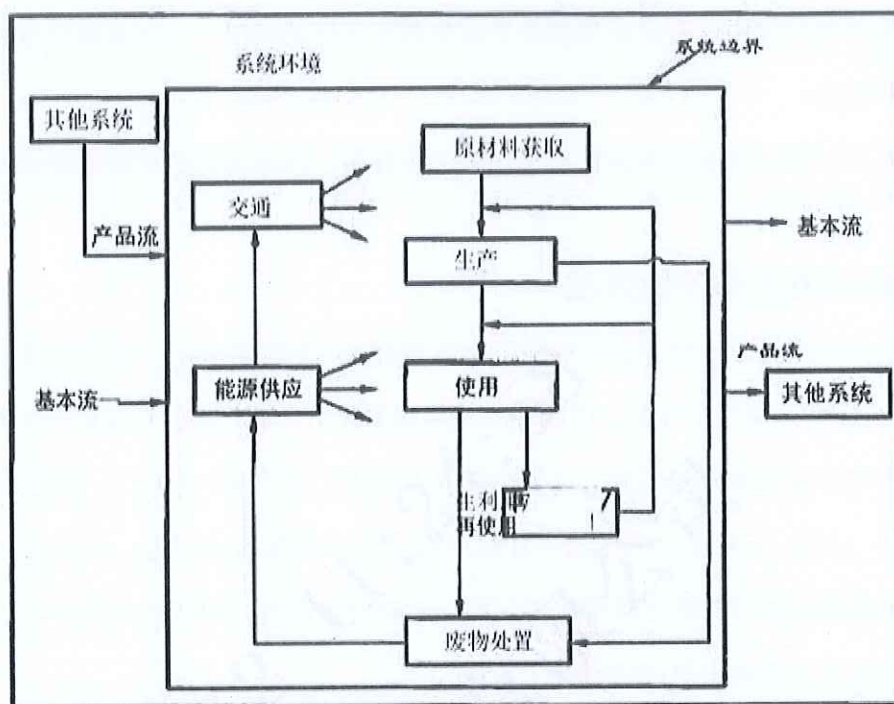


图 3.2: 产品系统边界示意图

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 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）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 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25），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	38.1348	22.0305
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	0.3006
	0.0726	柴油 kg	/	
	0.0520	电力 kwh	5.7810	
产品生产	0.5777	电力 kwh	9.9785	5.7646
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
成品运输	0.0520	电力 kwh	2.8452	0.1479
	0.0726	柴油 kg	/	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	8.9055	7.8249
	0.055539	天然气 m ³	1.2396	
	0.0726	柴油 kg	/	

表 4.2.1 1 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台智能型户外高压真空断路器（ZW32-12G/630-25）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
煤炭	kg	0.000273	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
焦炭	kg	0.000474	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
天然气	kg	0.000183	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
汽油	kg	0.002330	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
柴油	kg	0.002698	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
电力	kWh	0.5777	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》
热力	kg	0.000120	《2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》

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

安徽明坤电器设备有限公司生产 1 台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25) 产品碳足迹是 36.0686 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	22.0305	61.08%
原材料运输阶段	0.3006	0.83%
生产阶段	5.7646	15.98%
成品运输阶段	0.1479	0.41%
产品处置阶段	7.8249	21.69%
合计	36.0686	100.00%

表 5.2-1 一台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25)

产品生命周期各阶段碳排放情况

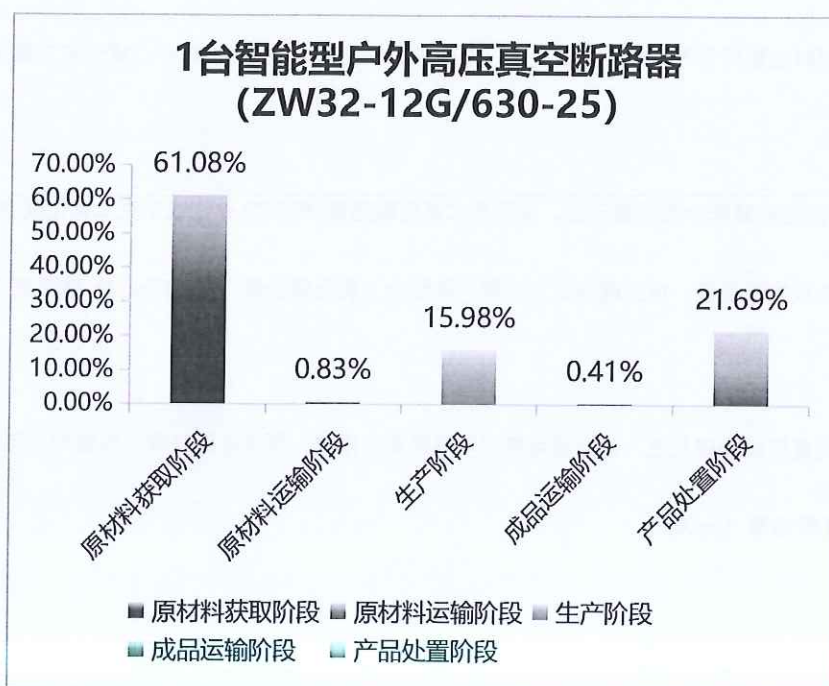


图 5.2-2 1 台智能型户外高压真空断路器 (ZW32-12G/630-25)

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) 根据柱状图数据，该断路器全生命周期碳排放占比为：原材料获取阶段：61.08%（最高占比），产品处置阶段：21.69%（第二大来源），生产阶段：15.98%，原材料运输阶段：0.83%，成品运输阶段：0.41%，结合你提到的“仅不锈钢壳体卷材采用柴油货车运输，其他为新能源车”的现状，分阶段分析减排潜力与措施如下：

4.1 原材料获取阶段（占比 61.08%，减排优先级★★★★★），这是该产品碳足迹的核心来源，主要来自不锈钢壳体、铜排/触头、真空灭弧室、硅橡胶/环氧树脂绝缘子、智能控制器电子元件等关键原材料的隐含碳排放，核心减排方向：

4.1.1 关键金属材料低碳替代

- 不锈钢壳体：优先选用再生不锈钢（废钢比 $\geq 65\%$ ），相比原生不锈钢可降低 15-20% 的碳排放；或采购钢厂低碳不锈钢（采用绿电冶炼、氢冶金技术的产品），直接降低材料隐含碳。

- 铜触头/铜排：采用再生铜材，相比原生铜可减少约 79% 的碳排放；同时优化设计，采用高效导电合金或拓扑结构，在满足载流和短路开断要求的前提下减少铜材用量。

4.1.2 绝缘与电子元件绿色采购

- 硅橡胶、环氧树脂绝缘子优先选用采用生物基原料或低碳工艺生产的产品；真空灭弧室优先选择碳足迹更低的品牌型号。

- 智能控制器（FTU）的电子元件优先选用具备碳足迹声明的绿色产品，推动上游供应商提供低碳方案。

4.2.3 轻量化与材料优化设计

- 在满足 GB/T 11022 标准的机械强度、绝缘性能要求下，优化壳体结构，减少不锈钢板材厚度（如从 3mm 降至 2.5mm）；通过模块化设计减少非必要材料使用。

4.2 产品处置阶段（占比 21.69%，减排优先级★★★★☆），该阶段碳排放主要来自报废断路器的拆解、运输、处理过程，以及材料未有效回收带来的二次生产排放，核心减排方向：

4.2.1 全生命周期循环设计

- 采用模块化、易拆解结构：断路器本体、隔离开关、控制器、壳体等部件采用标准化连接，避免不可逆焊接，确保不锈钢、铜、硅橡胶等材料可高效拆解回收。

- 明确可回收目标：不锈钢壳体、铜触头回收率 $\geq 95\%$ ，硅橡胶绝缘子优先选择可回收或可降解材料，减少固废处理排放。

4.2.2 闭环回收体系构建

- 与专业再生资源企业合作，建立报废断路器回收渠道，拆解后的不锈钢、铜材直接回用于新壳体/触头生产，减少原生材料消耗。

- 优化报废处置流程：采用集中拆解模式，降低分散处理的运输和能耗排放；对危险废弃物（如控制器电池、废油）进行合规处理，避免二次污染与额外排放。

4.3 生产阶段（占比 15.98%，减排优先级★★★★☆☆），生产阶段碳排放主要来自壳体

加工（切割、折弯、焊接）、表面处理、组装测试过程的电力消耗及工艺排放，核心减排方向：

4.3.1 工艺与设备节能改造

- 壳体加工：升级激光切割机、折弯机为高效节能型号，引入智能排料算法提高板材利用率（减少边角料浪费）；采用低能耗焊接工艺（如激光焊接替代传统电弧焊），降低电能消耗。

4.3.2 生产用能低碳化

- 厂区安装分布式光伏，或直接采购绿电（风电/光伏），降低 Scope 2 间接排放；构建数字化能碳管理系统，实时监控设备能耗，识别高耗能环节并优化。

4.3.2 测试与组装优化

- 优化出厂测试流程，减少空载测试、重复测试的电能消耗；采用模块化组装，减少返工和报废率，降低生产过程的资源浪费。

4.4 原材料运输阶段（占比 0.83%，减排优先级★★☆☆☆），当前仅不锈钢壳体卷材采用柴油货车运输，其他已使用新能源电车，减排空间集中在该部分，核心减排方向：

4.4.1 运输方式电动化替代

- 不锈钢卷材运输优先替换为纯电动重卡/氢燃料货车，或在条件允许时采用铁路 / 水路运输（单位货物碳排放仅为公路柴油运输的 1/5-1/3）。

4.4.2 运输路线与效率优化

- 选择本地或近距离供应商，缩短运输里程；通过拼车、共同配送提高车辆满载率（从 65% 提升至 80% 以上），减少单位货物排放。

- 与不锈钢供应商建立“就近生产 + JIT 配送”模式，减少长距离运输需求。

4.5 成品运输阶段（占比 0.41%，减排优先级★☆☆☆☆），当前已采用新能源电车运输，占比极低，减排重点在于维持现有模式并持续优化：

- 持续优化配送路线，减少迂回运输和空载率；

- 优先采用新能源货车完成成品干线运输，逐步淘汰剩余的柴油车辆；

- 对大宗订单采用整车配送，避免零散发运带来的额外排放。

(5) 减排优先级与预期效果

阶段	减排优先级	核心措施	预期减排贡献
原材料获取	★★★★★	再生不锈钢/铜材采购、轻量化设计、绿色绝缘件	降低整体碳足迹 25-30%
产品处置	★★★★☆	易拆解设计、闭环回收体系	降低整体碳足迹 8-12%
生产阶段	★★★☆☆	工艺节能改造、绿电替代、测试流程优化	降低整体碳足迹 3-6%
原材料运输	★★☆☆☆	不锈钢卷材电动化运输、路线优化	降低整体碳足迹 0.5-1%
成品运输	★☆☆☆☆	路线优化、新能源车辆全覆盖	降低整体碳足迹 0.1-0.3%

综合实施以上措施，预计可实现单台 ZW32-12G/630-25 断路器全生命周期碳足迹降低 35-45%，其中原材料获取和处置阶段的减排贡献占比超过 90%。

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
严文	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1446870

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 1.5 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 5 月 24 日

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
严文	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1446870

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 1.5 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 5 月 24 日

