

产品碳足迹报告

产品名称：一二次融合智能柱上断路器

产品规格型号：ZW32-12/630-25

生产者名称：杭州瑞盛电气有限公司

报告编号：T4102172026-5

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4月26日



| | | | |
|----------|--|------|--------------------------|
| 企业名称 | 杭州瑞盛电气有限公司 | 核查地址 | 浙江省杭州市临安区锦城街道新溪桥村新溪桥135号 |
| 法定代表人 | 谢晓燕 | 联系方式 | 0571-61092826 |
| 授权人(联系人) | 胡权伟 | 联系方式 | 18670727587 |
| 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:

杭州瑞盛电气有限公司成立于2018年11月02日,注册地位于浙江省杭州市临安区锦城街道新溪桥村新溪桥135号,法定代表人为谢晓燕。经营范围包括一般项目:输配电及控制设备制造;智能输配电及控制设备销售;配电开关控制设备制造;配电开关控制设备销售;配电开关控制设备研发;电工仪器仪表制造;电工仪器仪表销售;电机及其控制系统研发;电力设施器材制造;电力设施器材销售;电气设备销售;机械电气设备制造;机械电气设备销售;电气信号设备装置制造;电气信号设备装置销售;智能基础制造装备制造;智能基础制造装备销售;智能仓储装备销售;输变配电监测控制设备制造;输变配电监测控制设备销售;通用设备制造(不含特种设备制造);专用设备制造(不含许可类专业设备制造);安防设备制造;安防设备销售;消防器材销售;集成电路芯片及产品制造;集成电路芯片及产品销售;电子元器件与机电组件设备制造;电子元器件与机电组件设备销售;光伏设备及元器件制造;光伏设备及元器件销售;半导体器件专用设备制造;半导体器件专用设备销售;城市轨道交通设备制造;电线、电缆经营;风电场相关系统研发;工业机器人制造;工业机器人销售;工业机器人安装、维修;智能无人飞行器制造;智能无人飞行器销售;人工智能硬件销售;环境保护专用设备制造;环境保护专用设备销售;环境应急检测仪器仪表制造;环境应急检测仪器仪表销售;集中式快速充电站;充电桩销售;文化、办公用设备制造;办公设备销售;生活垃圾处理装备制造;生活垃圾处理装备销售;太阳能发电技术服务;太阳能热发电装备销售;新能源汽车换电设施销售;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)。

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 e) |
|--|--------------------------------|
| 1套 一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25) | 299.9560 |
| 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 | 孙振歌 | 签名 | 孙振歌 |
| 组内职务 | | | |
| 组长 | 孙振歌 | 签名 | 孙振歌 |
| 组员 | 陈建明 | 签名 | 陈建明 |

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 | 4 |
| 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 | 7 |
| 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 | 9 |
| 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 | 17 |
| 6.1 改进建议 | 17 |
| 附件 | 21 |
| 附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单 | 21 |

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 套 一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25) 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 套 一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25)。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 套 一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25) 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 299.9560 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 251.3213 kgCO₂eq (83.79%), 原辅料运输阶段碳排放为 14.9318 kgCO₂eq (4.98%), 生产阶段碳排放为 0.0184 kgCO₂eq (0.01%), 成品运输阶段为 16.5646 kgCO₂eq (5.52%), 产品处置阶段为 17.1199 kgCO₂eq (5.71%) 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

01 企业产品定位>> 杭州瑞盛电气有限公司是一家专注于高低压配电设备、开关产品及电力相关配套产品研发、生产、销售与服务的高新技术企业。公司成立于2018年11月，注册资金1亿元，综合用地38250平方米。公司构建了多元化、高品质的系列产品：高低压成套配电设备：环网箱柜、开关柜、箱式变电站、开闭所、电能计量箱、电缆分支箱、配电箱等；高低压开关产品：柱上断路器、万能断路器、塑壳式断路器、剩余电流动作断路器、小型断路器等；电力配套及服务：电力铁附件、标识牌、巡检无人飞行器的生产，以及电力工器具、安防系列产品的销售。

02 人才与服务网络>> 公司现有员工178人，组建了一支高素质专业团队，其中本科及以上学历27人，高级工程师35人，中级工程师/技师4人。依托在多个省市设立的办事机构，公司建立了覆盖广泛的服务网络，具备自主化项目管理、全流程质量控制及高效售后服务能力。

03 智能制造与数字化管理>> 公司配备行业领先的生产、检测与仓储设备：环网柜数字化智能生产线、自动化装配生产线、ABB激光焊接机器人工作站、钣金数控加工中心、全自动折弯机器人、真空箱氩检漏回收系统、CTU智能仓储系统，配套30万级洁净车间及三套专业试验室，确保产品品质稳定可靠。公司部署数字化先进管理软件：金蝶云星空ERP、MES生产管理系统、工业生产数字化智能管控系统、MITA-ABA智能仓储工作站、WMS智能仓储管理系统、RMS智能机器人管理系统。同时与杭州自动化研究院达成战略合作，开发企业数据大脑，全力推进数字化智能工厂建设，以科技赋能企业发展。

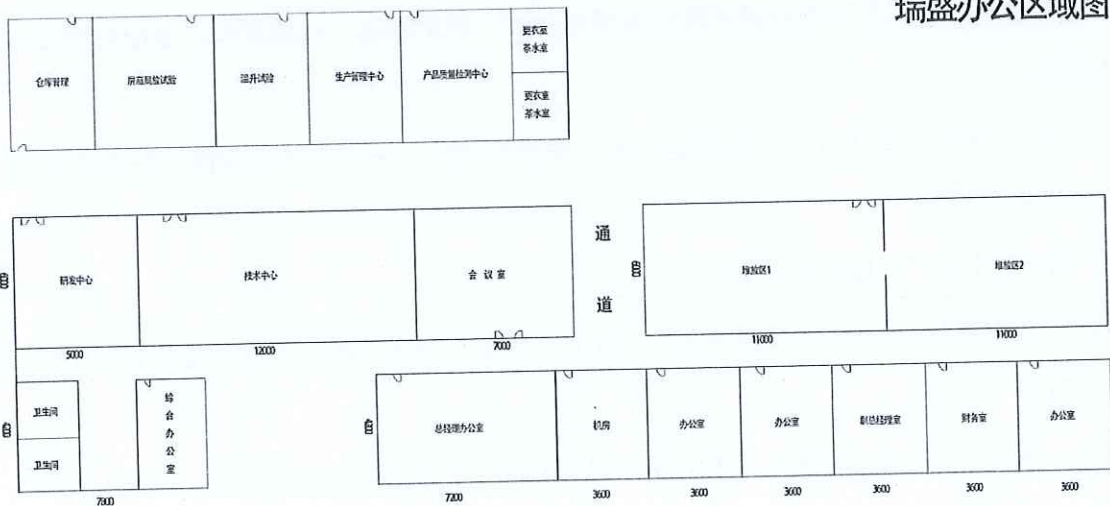
04 技术创新与资质认证>> 公司坚持自主研发与产学研协同创新，具备从电气技术到产品结构的自主设计能力，从核心元件到产品本体的自主生产能力。目前取得产品试验报告252份、国家专利35项、软著28件、产品认证及自我声明65份；通过质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系、售后服务、智能工厂管理、碳足迹等多项权威认证，完成11项绿电交易。公司先后荣获浙江制造认证证书、信用AAA级企业称号，获评国家高新技术企业、浙江省专精特新企业、浙江省科技型企业、杭州市绿色低碳工厂等荣誉。公司设立杭州高新技术企业研发中心，引入SASS科创空间平台，并与杭州电子科技大学开展产学研合作，聚焦配电数字化、智能化、集成化发展方向，持续推动技术创新与产业升级。

05 经营宗旨>>“质量求生存、服务谋信誉、管理出效益、创新促发展”，瑞盛电气始终坚守这一核心宗旨，以优质产品筑牢市场根基，以贴心服务赢得客户信赖，以高效管理提升核心竞争力，以持续创新驱动企业高质量发展。

2.2 厂区形象图



瑞盛办公区域图



2.3 产品介绍

ZW32-12/630-25 是 10kV 户外柱上真空断路器，采用一二次深度融合设计，集成真空灭弧、电子式互感器、智能 FTU 终端与电容取电，全密封、免维护，适配城乡配网架空线路的分段、联络、用户分界 场景，是智能配网自动化的核心设备。

核心技术参数（典型）

额定电压：12kV（AC10kV 系统），50Hz

额定电流：630A；额定短路开断电流：25kA

绝缘 / 耐压： $U_i=1000V$ ， $U_{imp}=75kV$ ，1min 工频耐压 42kV

灭弧方式：真空灭弧室，机械寿命 ≥ 30000 次

操作机构：弹簧 / 永磁机构，DC24V 控制，固有分闸 $\leq 8ms$

融合配置：内置三相电流 / 电压 / 零序传感器，精度 0.2S/0.5S 级

通讯：双以太网 / 光纤 / RS485，支持 DL/T634、Modbus

防护等级：IP65（本体）， $-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$ ，海拔 $\leq 2000m$

壳体材质：304 不锈钢，防腐防潮防凝露。

2.3.1 产品功能

1. 线路控制与故障保护（基础核心）

负荷开关功能：正常工况下开合 630A 负荷电流，用于线路分段、联络、分界控制。

短路保护：25kA 开断能力，近端短路毫秒级跳闸，保护线缆与设备。

过载保护：反时限长延时， $1.3I_n$ 延时动作，防止线路长期过载老化。

小电流接地保护：零序传感器精准检测接地故障，就地隔离、选线定位，适配架空线路单相接地保护。

“五防” 联锁：防误分合、防带地合闸、防带电接地、防误入带电间隔、防带负荷拉刀闸，安全可靠。

2. 智能“四遥”与配电自动化

遥测：三相电流 / 电压、零序电流 / 电压、功率、功率因数、频率、电能量，0.2S 级高精度计量。

遥信：开关分合、储能状态、机构压力、故障信号、门磁告警实时上送。

遥控：远程分合闸、储能、故障复位，支持本地 / 远程 / 电动 / 手动操作。

遥调：远程整定保护定值、通讯参数、对时，守时精度 $\leq 2s$ / 天。

馈线自动化 (FA)：支持集中型 / 就地型智能分布式 FA，故障后毫秒级隔离、非故障区自动恢复供电，停电时间从小时级缩至分钟级。

3. 电能质量与线损管理

高精度线损计量：双向有功 / 无功计量，分时段统计，支撑台区线损分析与降损。

谐波监测：实时监测 2~13 次谐波，谐波超标告警，保护变压器与敏感设备。

过欠压 / 不平衡保护：过压 $\geq 115\% U_e$ 、欠压 $\leq 70\% U_e$ 、三相不平衡 $> 30\%$ 时延时跳闸，保障设备安全。

4. 安全运维与免维护设计

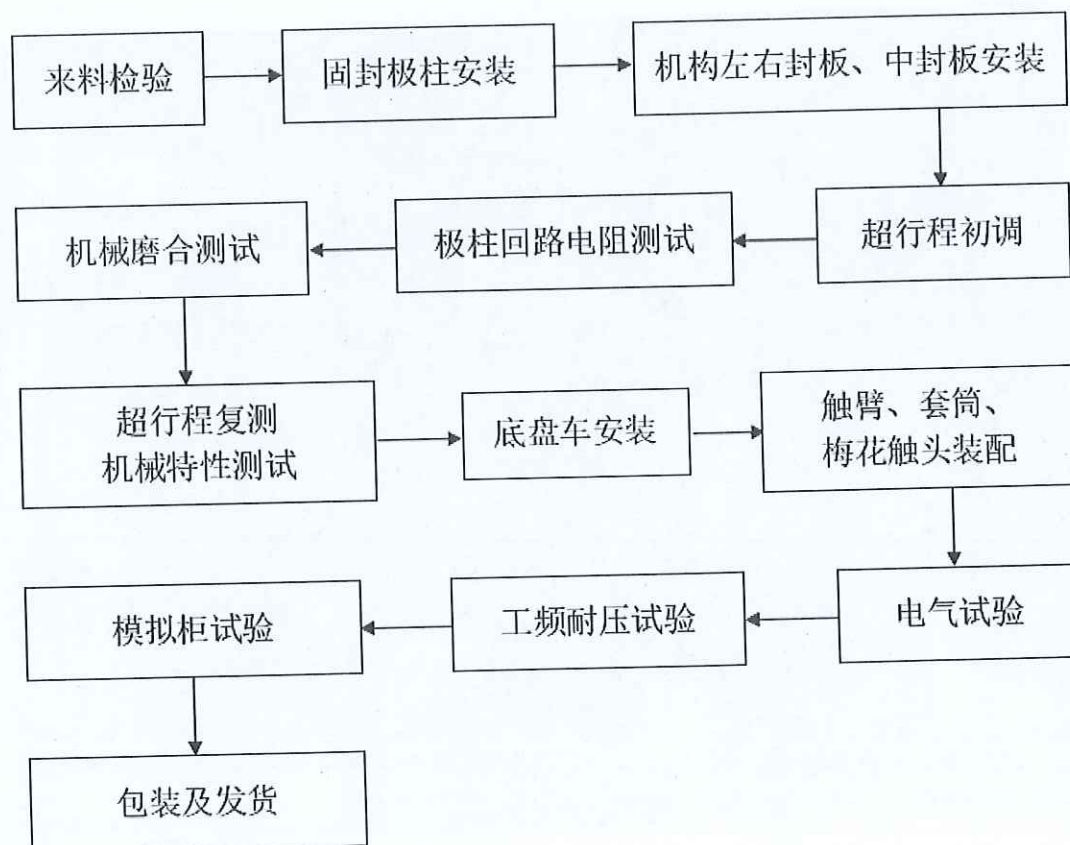
全绝缘防触电：带电体零外露，IP65 防护，防尘防水防潮防小动物，户外免维护。

故障录波与事件追溯：故障时自动录波、存储最近 20 条故障记录，含时间、类型、电流值，快速定位故障、缩短抢修。

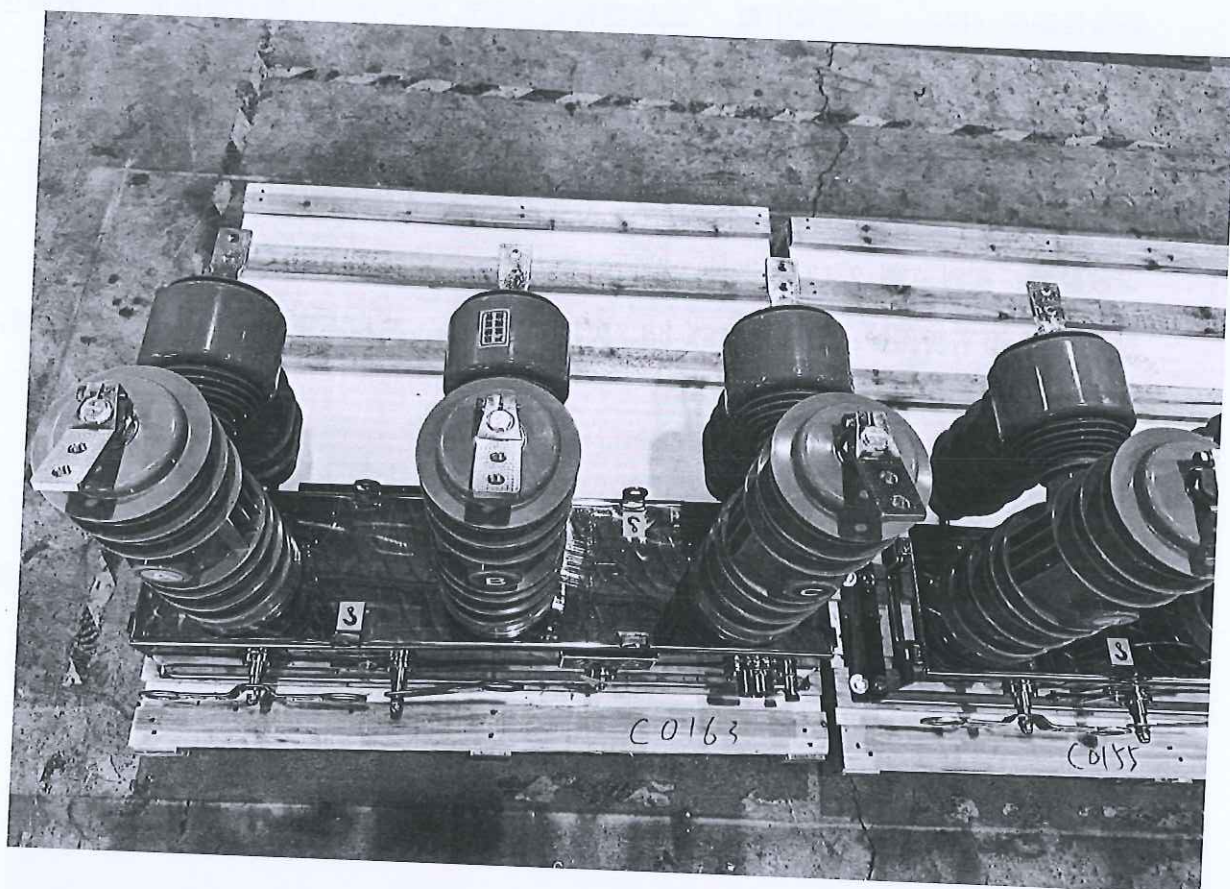
模块化可插拔：一二次部件可快速更换，故障模块即换即用，停电时间短。

环保安全：无 SF₆ 气体，零泄漏、零温室效应，符合双碳政策。

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 套 一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25）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 套 一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25）。

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 | 真空灭弧室、操动机构、隔离开关、控制器、高压电容取电电源、底座、铜排等原材料 | 包装材料获取 |
| 原辅料运输阶段 | 真空灭弧室、操动机构、隔离开关、控制器、高压电容取电电源、底座、铜排等原材料的柴油货车运输过程 | 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 | / |

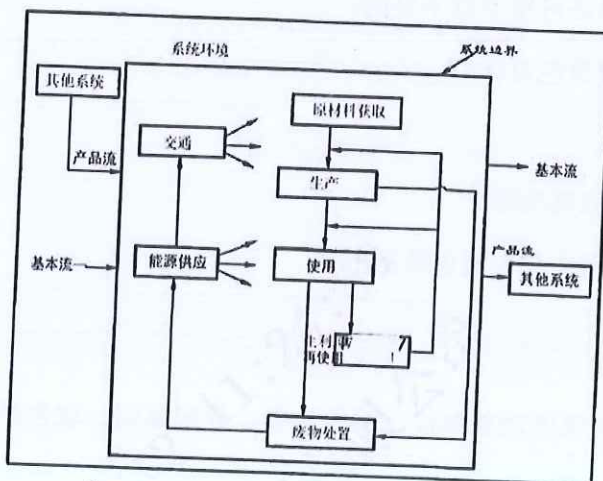


图 3.2: 产品系统边界示意图

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套一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25）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套 一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25），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 | 435.0377 | 251.3213 |
| | 0.055539 | 天然气 m ³ | / | |
| | 0.0726 | 柴油 kg | / | |
| 原材料运输 | 0.0679 | 汽油 kg | / | 14.9318 |
| | 0.0726 | 柴油 kg | 4.8231 | |
| 产品生产 | 0.0520 | 电力 kwh | 0.3265 | 0.0184 |
| | 0.055539 | 天然气 m ³ | / | |
| | 0 | CO ₂ 焊接 kg | / | |
| | 0.0726 | 柴油 kg | 0.0005 | |
| 成品运输 | 0.5777 | 电力 kwh | / | 16.5646 |
| | 0.0726 | 柴油 kg | 5.3505 | |
| 生命末期(产品 处置阶段) | 0.5777 | 电力 kwh | 9.1349 | 17.1199 |
| | 0.055539 | 天然气 m ³ | 5.4772 | |
| | 0.0726 | 柴油 kg | / | |

表 4.2.1 1套 一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1套 一二次融合智能柱上断路器（ZW32-12/630-25）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

0.5777 kgCO₂e/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

杭州瑞盛电气有限公司生产 1 套 一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25) 产品碳足迹是 299.9560 kgCO₂eq/套。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 | 251.3213 | 83.79% |
| 原材料运输阶段 | 14.9318 | 4.98% |
| 生产阶段 | 0.0184 | 0.01% |
| 成品运输阶段 | 16.5646 | 5.52% |
| 产品处置阶段 | 17.1199 | 5.71% |
| 合计 | 299.9560 | 100.00% |

表 5.2-1 一套一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25)

产品生命周期各阶段碳排放情况



图 5.2-2 一套一二次融合智能柱上断路器 (ZW32-12/630-25)

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) 结合柱状图分析，该产品碳足迹各阶段占比数据（原材料获取 83.79%、原材料运输 4.98%、生产阶段 0.01%、成品运输 5.52%、产品处置 5.71%），以下是基于企业可行条件下给出的改进建议，按优先级排序：

4.1 核心减排重点：原材料获取阶段（占比 83.79%），这是全生命周期碳排放的绝对主导环节，是实现大幅降碳的核心战场，关键减排方向：

4.1.1 优先采用低碳 / 再生原材料

• 核心高排放材料（铜导体、钢材/铝制壳体、真空灭弧室、绝缘件、二次电子元件）是减排关键：

• 导体与金属部件：优先采购再生铜、再生铝，相比原生材料可降低 60%–90% 的碳排放；壳体钢材优先选用短流程电炉钢（废钢为原料），替代传统长流程转炉钢，碳排放可降低约 70%。

- 真空灭弧室/绝缘件：优先选用低能耗工艺生产的陶瓷、玻璃部件，或采用低碳封装材料；绝缘材料优先选用再生环氧树脂或生物基材料，减少石化基材料的碳排放。

- 二次元件：优先选择采用低碳工艺生产的电子元器件，或回收再制造的控制模块，降低电子废弃物的间接排放。

4.1.2 轻量化与低损耗设计优化

- 在满足电气安全、机械强度标准的前提下，通过拓扑优化、结构简化减少金属材料用量，降低单台产品的材料消耗总量。

- 优化导体截面设计：采用高导电率导体材料，在不影响载流量的前提下减少铜材用量；优化灭弧室结构，减少贵金属触点的使用量，同时保证分断性能。

- 壳体轻量化：采用高强度轻量化铝合金替代部分钢材，降低整体重量，同时提升防腐性能。

4.1.3 供应链低碳化管理

- 建立供应商碳足迹评价体系，优先选择提供《产品环境声明（EPD）》的原材料供应商，要求上游企业提供碳排放数据，倒逼供应链减排。

- 对关键原材料（铜排、壳体钢材、真空灭弧室）的采购，优先选择近源、低碳排放的产地，减少长距离运输的间接排放。

4.2 次重点减排环节：产品处置阶段（5.71%）、成品运输阶段（5.52%）、原材料运输阶段（4.98%），这三个阶段碳排放占比接近，需同步推进优化：

4.2.1 产品处置阶段（5.71%）

- 推行易拆解、可回收设计：产品设计阶段采用模块化、易拆解结构，减少不可逆的粘接、铆接工艺，方便铜、钢、铝等金属部件的分类回收，提高再生材料回收率。

- 建立专业回收与再制造体系：对报废的断路器建立回收渠道，对可修复部件（如灭弧室、控制模块、壳体）进行再制造，减少新部件生产；无法再制造的部件，分类回收铜、钢、铝，

最大化材料循环利用率，减少原生材料开采的碳排放。

- 无害化处置：对绝缘件、电子元件优先采用专业回收处理工艺，减少焚烧、填埋产生的温室气体排放；避免含重金属部件的不当处置，降低环境影响。

4.2.2 成品运输阶段（5.52%）

- 优化运输方案：通过路线规划、整车运输、拼单发货等方式，提高车辆装载率，减少空驶率；长距离运输优先选择铁路、水路，替代公路运输。

- 包装轻量化与循环化：采用可循环的木质 / 金属包装替代一次性塑料、泡沫包装，优化包装设计，降低包装重量；采用标准化可回收包装，减少包装材料的消耗与碳排放。

4.2.3 原材料运输阶段（4.98%）

- 本地化采购与就近配套：优先选择距离生产基地更近的供应商，缩短运输距离，降低燃油消耗和碳排放。

- 运输方式优化：大宗原材料（钢材、铜排、铝壳体）运输优先选择铁路、新能源货车，替代传统燃油货车；集中采购、批量运输，提高装载率，降低单位运输碳排放。

4.3 辅助优化环节：生产阶段（0.01%），虽然该阶段碳排放占比极低，但仍可作为补充优化方向：

生产基地优先使用绿电（光伏、风电）替代网电，降低生产过程的电力间接排放；

对焊接、喷涂、真空封装等高能耗工序进行节能改造，采用高效节能设备，降低单位产品的生产能耗；

- 优化工艺流程，减少返工、报废率，降低废品带来的额外碳排放；推行精益生产，减少生产过程中的物料浪费和能源浪费。

五、整体减排优先级建议

- 核心攻坚：以原材料获取阶段为绝对核心，通过材料替代、轻量化设计、供应链管理实现大幅减排，可贡献绝大多数减排潜力。

• 同步优化：同步推进产品处置、成品运输、原材料运输三个次重点环节的低碳化改造，形成材料-运输-回收的全流程闭环。

• 细节优化：对生产阶段进行绿电替代和工艺优化，作为辅助减排手段，进一步降低整体碳排放。

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 |
| 陈建明 | 三信国际检测认证有限公司 | 2024-CCAA-GHG1-1309655 |

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)：



(企业盖章)

2026 年 4 月 26 日

