

产品碳足迹报告

产品名称：铠装移开式交流金属封闭开关设备

产品规格型号：KYN28A-12(Z)-T1250-31.5

生产者名称：广东省顺德开关厂有限公司

报告编号：T4102142026-1

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4月16日



企业名称	广东省顺德开关厂有限公司	核查地址	广东省佛山市顺德区大良街道五沙社区新汇路1号				
法定代表人	高 衍	联系方式	0757-22383688				
授权人（联系人）	霍楚云	联系方式	13924829272				
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>广东省顺德开关厂有限公司（以下简称“公司”）成立于1984年，注册资本人民币12000万元，银行信用等级A级。公司2020年迁入佛山市高新区顺德园五沙工业园。占地面积3.8万m²，建筑面积6万m²，是目前全国最具规模，集研产销一体化的大型综合型成套开关设备制造基地之一，年产规模达5亿元，2025年度营收4.3亿元。</p> <p>公司2025年有专职研究与试验发展人员73人，占职工总数的24.3%。专业方面涵盖机械设计制造及其自动化、电气工程及其自动化、材料成型及控制工程、机电一体化和电气自动化等。</p> <p>公司作为配电开关控制设备制造行业的龙头企业，拥有国内先进自动化生产设备，坚持走企业自主研发创新为主、深耕高低压开关、变压器、高压电器元件的研发与制造。经过四十多年发展，现已成为全国输配电设备规模生产企业。</p> <p>2025年营收为4.3亿元。2025-2027年规划目标预测每年收入增长约15%，2028-2030年规划目标预测年收入增长约10%，预计2030年营收达10亿元。未来公司通过提升信息化实现全流程数据管控；追加投入自动化设备及精益生产提升产能，产能扩建，突破新的市场领域，争取更多份额。</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 铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）</td> <td>329.2209</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>				产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)	1台 铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）	329.2209
产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)						
1台 铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）	329.2209						
<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>							
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	殷洁萍	签名	殷洁萍

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	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	6
3 目标与范围定义	6
3.1 评价目的	7
3.2 评价范围	7
3.2.1 功能单位	7
3.2.2 系统边界	7
3.2.3 分配原则	8
3.2.4 取舍准则	8
3.2.5 相关假设和限制	9
3.2.6 影响类型和评价方法	9
3.2.7 数据来源	9
3.2.8 数据质量要求	9
4 数据收集	11
4.1 数据收集说明	11

4.2 活动水平数据.....	12
4.3 排放因子数据.....	12
5 碳足迹计算.....	14
5.1 计算方法.....	14
5.2 计算结果.....	14
5.3 不确定性分析.....	15
6 改进建议.....	16
6.1 改进建议.....	16
附件.....	20
附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单.....	20

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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5) 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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5)。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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5) 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 329.2209 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 80.0642 kgCO₂eq (24.32%), 原辅料运输阶段碳排放为 15.0007 kgCO₂eq (4.56%), 生产阶段碳排放为 118.8446 kgCO₂eq (36.10%), 成品运输阶段为 36.9098 kgCO₂eq (11.21%), 产品处置阶段为 78.4016 kgCO₂eq (23.81%) 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

广东省顺德开关厂有限公司（以下简称“公司”）成立于1984年，注册资本人民币12000万元，银行信用等级A级。公司2020年迁入佛山市高新区顺德园五沙工业园。占地面积3.8万m²，建筑面积6万m²，是目前全国最具规模，集研产销一体化的大型综合型成套开关设备制造基地之一，年产规模达5亿元，2025年度营收4.3亿元。

公司2025年有专职研究与试验发展人员73人，占职工总数的24.3%。专业方面涵盖机械设计制造及其自动化、电气工程及其自动化、材料成型及控制工程、机电一体化和电气自动化等。

公司作为配电开关控制设备制造行业的龙头企业，拥有国内先进自动化生产设备，坚持走企业自主研发创新为主、深耕高低压开关、变压器、高压电器元件的研发与制造。经过四十多年发展，现已成为全国输配电设备规模生产企业。

2025年营收为4.3亿元。2025-2027年规划目标预测每年收入增长约15%，2028-2030年规划目标预测年收入增长约10%，预计2030年营收达10亿元。未来公司通过提升信息化实现全流程数据管控；追加投入自动化设备及精益生产提升产能，产能扩建，突破新的市场领域，争取更多份额。

企业核心价值：为顾客创造真正的价值

顾客为本，注重与顾客的和谐健康发展、注重顾客的满意度；通过人文关怀提升服务质量，提供有效、合理的价值管理，给顾客带来收益，并通过对顾客价值的提升来实现企业的持续发展。

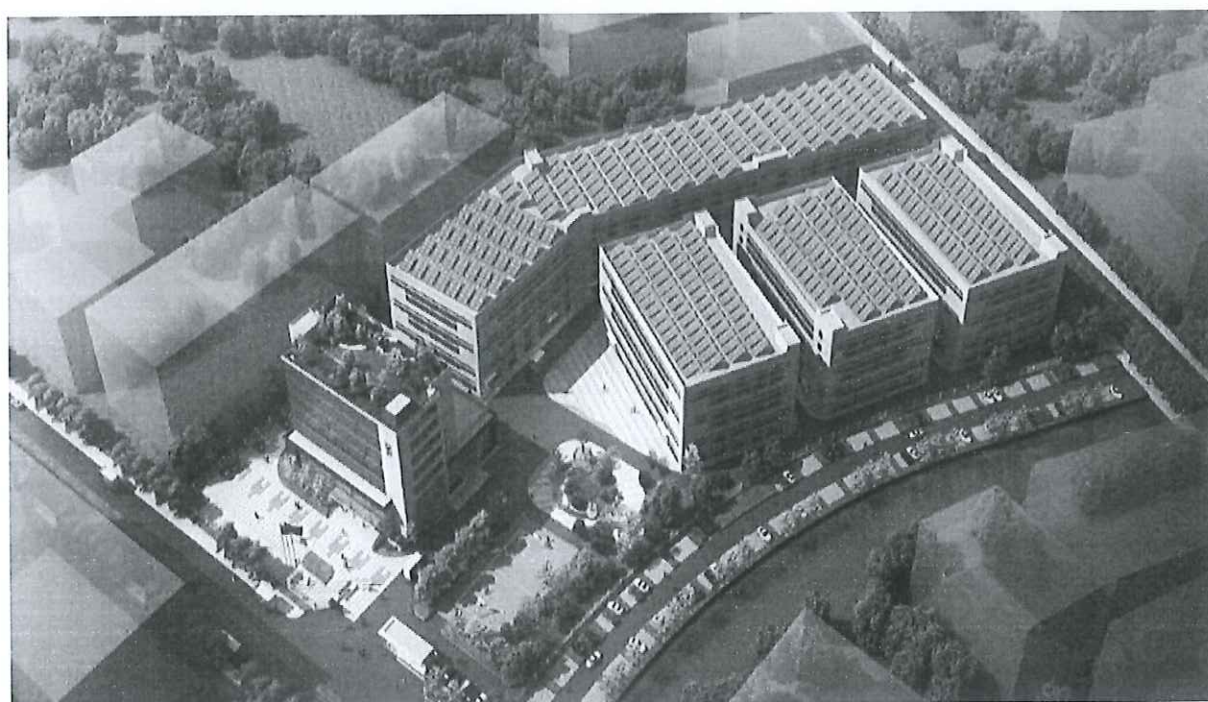
企业精神风貌：团结 拼搏 求实 创新

团结是企业的力量之源，拼搏是企业的奋进之光，求实是企业的优化之链，创新是企业的发展之道；企业只有始终保持高尚的精神风貌，才能乘风破浪，迎接新的辉煌。

企业管理方针

以科技创新和管理理念创新，打造知名品牌；以全程服务和持续提升质量，创造忠诚客户；重视环境，预防污染，节约能源，服务社会；遵守法规，以人为本，保障安全，持续改进。

2.2 厂区形象图



2.3 产品介绍

KYN28A-12(Z)-T1250-31.5 是 12kV 户内金属铠装中置式开关柜（俗称“中置柜”），专为 1250A 额定电流、31.5kA 短路开断电流 工况设计，是电力系统 3~10kV 配电网中最主流的控制保护设备，其型号含义：

K: 金属铠装式

Y: 移开式（手车可抽出）

N: 户内安装

28A: 设计序号

12(Z): 额定电压 12kV (Z = 中置式手车)

T1250: 额定电流 1250A

31.5: 额定短路开断电流 31.5kA (3s)

2.3.1 产品功能

- 电能控制与切换：断路器手车投切、分断、闭合负荷电流与短路电流，单母线/单母线分段系统灵活配电、转供电；

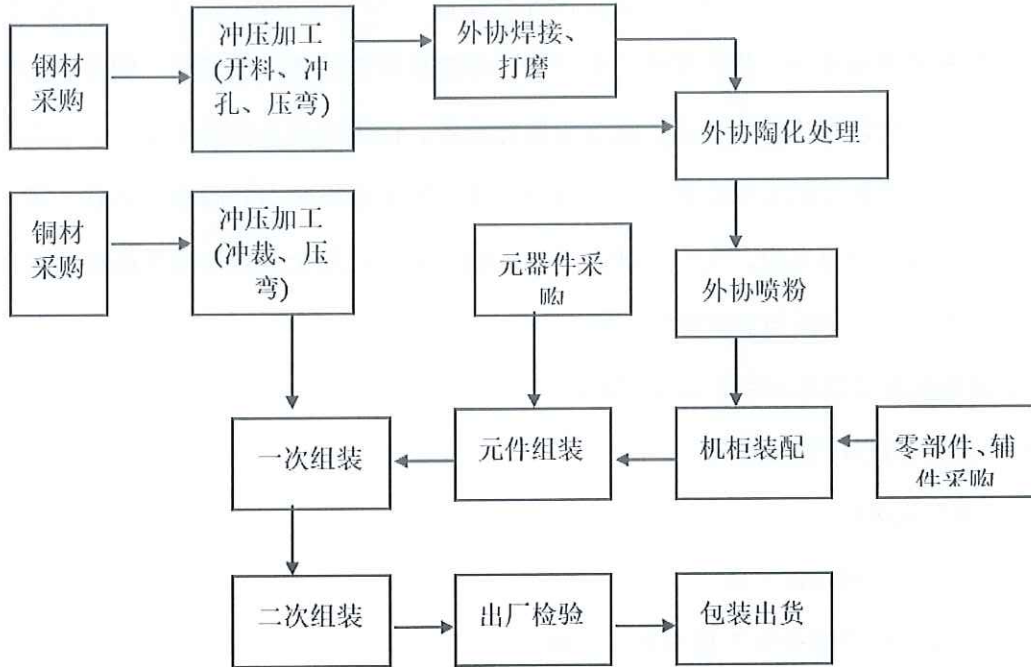
- 保护功能（核心）：短路保护：31.5kA 3s 可靠开断短路电流，过载保护：配合 CT 与微机保护装置实现过载反时限跳闸，接地故障/零序保护，过压/欠压、避雷器保护，电动机保护（启动、堵转、不平衡等）；

- 测量与监控：电流、电压、功率、电能计量，断路器位置、储能状态、手车位置显示，智能选配：触头 / 母排在线测温、局放监测、机械特性监测；

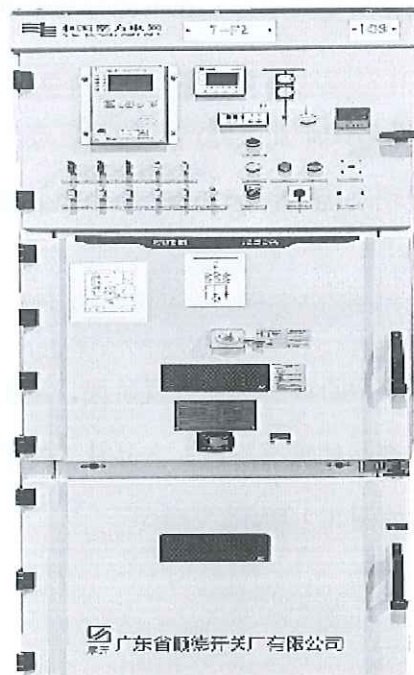
- 安全“五防”联锁（强制）：防止误分、误合断路器，防止带负荷推拉断路器手车，防止带电合接地开关，防止接地开关闭合时关合断路器，防止误入带电间隔；

- 维护与检修便利性：手车快速抽出更换，不停电检修，电缆室空间大、接线维护方，关门操作，检修安全。

2.3.2 产品工艺流程



2.3.3 产品图片



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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）。

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	变压器、高压开关柜、高压限流熔断器、低压开关柜、万能断路器、塑壳断路器、电流互感器、无功补偿装置、铜排等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	变压器、高压开关柜、高压限流熔断器、低压开关柜、万能断路器、塑壳断路器、电流互感器、无功补偿装置、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	/

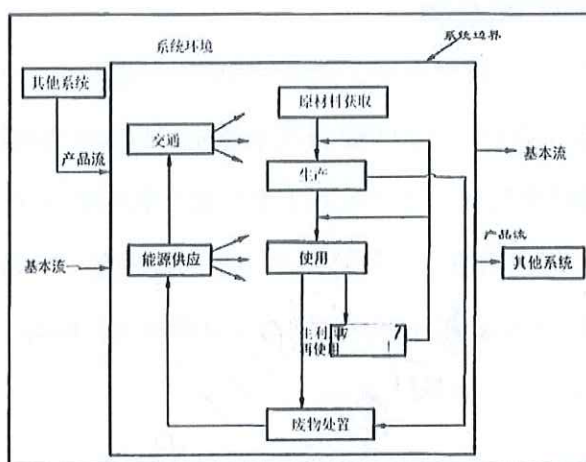


图 3.2: 产品系统边界示意图

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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）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 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5），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	114.2634	80.0642
	0.055539	天然气 m ³	6.5000	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	15.0007
	0.0726	柴油 kg	19.7123	
产品生产	0.5777	电力 kwh	204.8917	118.8446
	0.055539	天然气 m ³	/	
	/	CO2 焊接 kg	0.4783	
	0.0726	柴油 kg	0.0001	
成品运输	0.5777	电力 kwh	/	36.9098
	0.0726	柴油 kg	11.9221	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	79.0749	78.4016
	0.055539	天然气 m ³	15.1328	
	0.0726	柴油 kg	/	

表 4.2.1 1 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台铠装移开式交流金属封闭开关设备（KYN28A-12(Z)-T1250-31.5）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。

表 1 电力碳足迹因子 (2021 年) (单位: kgCO₂e/kWh)

发电类型	发电方式	发电地区	发电容量	碳足迹因子
燃煤发电	煤电	内蒙古	600MW	0.5777
	煤电	山西	600MW	0.5777
	煤电	山东	600MW	0.5777
天然气发电	天然气发电	内蒙古	600MW	0.5777
	天然气发电	山西	600MW	0.5777
	天然气发电	山东	600MW	0.5777
风电发电	风电	内蒙古	600MW	0.5777
	风电	山西	600MW	0.5777
	风电	山东	600MW	0.5777
光伏发电	光伏	内蒙古	600MW	0.5777
	光伏	山西	600MW	0.5777
	光伏	山东	600MW	0.5777

注: 以上数据仅供参考, 不作为法律依据。数据来源: 国家能源局、国家统计局、生态环境部。

附录 A 碳排放因子表

附录 A.1 发电碳排放因子表

本附录提供的是 2021 年中国发电碳排放因子表, 用于计算发电环节的碳排放。碳排放因子是指单位发电容量在单位时间内产生的二氧化碳当量 (CO₂e) 排放量。本附录中的碳排放因子是根据中国发电装机容量、发电量、发电效率、发电燃料消耗量、发电燃料碳排放因子等数据计算得出的。本附录中的碳排放因子适用于中国境内所有发电企业。本附录中的碳排放因子仅供参考, 不作为法律依据。数据来源: 国家能源局、国家统计局、生态环境部。

本附录提供了中国发电碳排放因子表, 包括燃煤发电、天然气发电、风电发电、光伏发电等。碳排放因子是指单位发电容量在单位时间内产生的二氧化碳当量 (CO₂e) 排放量。本附录中的碳排放因子是根据中国发电装机容量、发电量、发电效率、发电燃料消耗量、发电燃料碳排放因子等数据计算得出的。本附录中的碳排放因子适用于中国境内所有发电企业。本附录中的碳排放因子仅供参考, 不作为法律依据。数据来源: 国家能源局、国家统计局、生态环境部。

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

广东省顺德开关厂有限公司生产 1 台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5) 产品碳足迹是 329.2209 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	80.0642	24.32%
原材料运输阶段	15.0007	4.56%
生产阶段	118.8446	36.10%
成品运输阶段	36.9098	11.21%
产品处置阶段	78.4016	23.81%
合计	329.2209	100.00%

表 5.2-1 一台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5)

产品生命周期各阶段碳排放情况

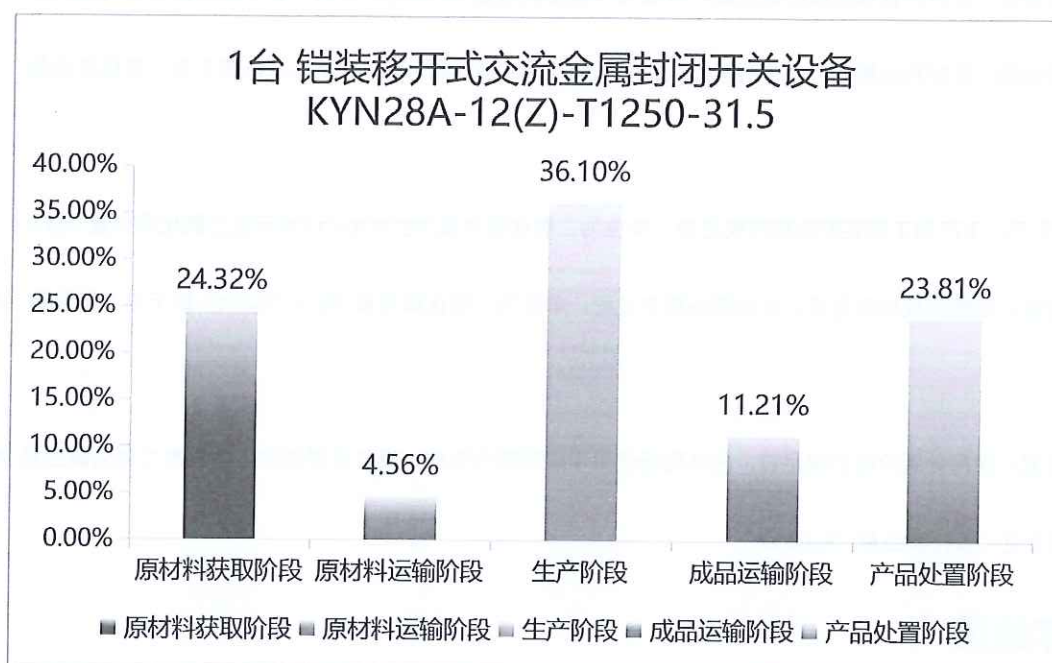


图 5.2-2 一台铠装移开式交流金属封闭开关设备 (KYN28A-12(Z)-T1250-31.5)

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 24.32%、原材料运输 4.56%、生产阶段 36.10%、成品运输 11.21%、产品处置 23.81%），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 生产阶段（36.10%，碳排放占比最高，核心减排环节），碳排核心来源：

- 柜体钣金加工、断路器/元器件装配、焊接工艺、车间能耗（电力）、生产废弃物处理等。

- 能源结构深度脱碳：优先使用绿电（光伏）替代化石能源发电，车间加装分布式光伏系统，覆盖生产用电 30% 以上，直接降低电力碳排放（电力是生产阶段最大碳源）。

- 淘汰高能耗老旧设备，更换为一级能效数控折弯机、激光切割机、焊接机器人，降低单位产品能耗 15%-20%。

- 优化车间暖通、照明系统，采用 LED 智能照明、余热回收系统，降低辅助能耗。

- 钣金加工：采用数控下料，提升钢材利用率（从 85% 提升至 95%），减少原材料浪费。
- 精益生产与循环利用：推行精益生产，减少在制品库存，降低仓储、搬运能耗。
- 建立生产废弃物闭环回收：钢材边角料 100% 回收重炼，废铜、废铝分类回收，减少原生材料生产的碳排放。

- 优化装配工艺，减少返工、返修，降低无效能耗与物料消耗。

4.2 原材料获取阶段（24.32%，第二大碳源，源头减排关键），碳排核心来源：

- 低碳原材料选型：

钢材：选用再生钢（废钢重炼）** 替代原生钢材，再生钢碳足迹仅为原生钢的 1/4-1/5，可降低钢材环节碳排放 70% 以上。

铜排：优先采购再生紫铜，铜的再生利用可减少 90% 以上的采矿、冶炼碳排放；优化铜排截面设计，在满足载流量（1250A）的前提下，减少铜材用量 5%-10%。

绝缘件：选用生物基环氧树脂、可回收绝缘材料，替代传统石油基绝缘材料，降低原材料碳足迹。

断路器：选用低碳足迹真空断路器（如采用再生铜、节能型灭弧室），优先选择通过碳足迹认证的元器件供应商。

- 供应链碳管理：

建立供应商碳评价体系，要求核心供应商提供原材料碳足迹报告，优先采购低碳原材料，倒逼上游供应链降碳。

优化 BOM 清单，减少高碳材料用量，采用轻量化设计（如高强度薄钢板、一体化铜排），在满足结构强度的前提下，降低原材料总重量。

- 原材料循环利用：

建立原材料余料回收机制，将生产过程中的铜排、钢材边角料 100% 回收，用于小批量配件生产，减少原生材料采购。

4.3 产品处置阶段（23.81%，第三大碳源，全生命周期闭环关键），碳排核心来源：开关柜报废后的拆解、填埋/焚烧、金属回收、危废处理（如旧绝缘件、电子元器件）等环节，针对性减排措施：

- 全生命周期可回收设计：

产品设计阶段采用模块化、易拆解结构，减少焊接、胶接等不可逆连接，采用螺栓连接，提升拆解效率，降低拆解能耗。

明确材料标识，便于报废时分类回收，提升金属（钢、铜、铝）、塑料、绝缘件的回收率。

- 报废产品闭环回收：

建立产品全生命周期回收体系，对报废开关柜进行专业拆解，钢材、铜排、断路器金属部件 100% 回收重炼，减少原生材料生产的碳排放。

对电子元器件、绝缘件进行专业处理，优先采用资源化利用（如绝缘材料回收再加工、电子元器件梯次利用），替代填埋/焚烧，避免碳排放与环境污染。

- 延长产品使用寿命：

提升产品可靠性，通过优化设计、选用高寿命元器件，将开关柜使用寿命从 20 年延长至 25-30 年，降低单位时间碳排放强度。

提供设备翻新、升级改造服务，对老旧开关柜进行智能化改造、部件更换，延长服役周期，减少新产品生产的碳排放。

4.4 成品运输阶段（11.21%，物流环节减排），碳排核心来源：开关柜成品从工厂到项目现场的公路运输（柴油货车）、装卸、仓储等环节，针对性减排措施：

- 运输方式优化：优先采用铁路运输、水路运输替代公路运输，铁路运输碳足迹仅为公路的 1/3-1/5，大幅降低长途运输碳排放。短途运输采用新能源电动货车，替代柴油货车，实现运输环节零碳排放。

- 物流效率提升：优化运输路线，采用集中配送、拼车运输，减少空驶率，提升车辆装载

率（从 70% 提升至 90% 以上）；采用轻量化包装，替代传统木质包装，使用可循环塑料托盘、蜂窝纸包装，减少包装材料碳排放。

- 本地化生产布局：在项目集中区域建立区域生产基地，缩短运输距离，减少长途运输的碳排放。

4.5 原材料运输阶段（4.56%，占比最低，辅助减排环节），碳排核心来源：钢材、铜、元器件等原材料从供应商到工厂的运输环节。针对性减排措施：

- 本地化供应链布局：优先选择本地 / 区域内供应商，缩短原材料运输距离，减少长途运输碳排放。与核心供应商建立 JIT 配送模式，减少原材料库存，降低仓储、二次搬运能耗。

- 运输方式优化：大宗原材料（钢材、铜）采用铁路、水路运输，替代公路运输，降低单位运输量的碳排放。采用集中采购、批量运输，提升车辆装载率，减少运输次数。。

五、跨阶段系统性建议：

- 数字化碳管理：建立产品碳足迹追踪系统，识别各阶段关键排放源。
- 生命周期评估（LCA）迭代：每 1 年更新一次数据，验证减排效果。
- 供应链协同减排：与主要供应商、物流商共同设定减排目标。

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
殷洁萍	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1303931

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)：霍楚云



2026 年 4 月 16 日

