

产品碳足迹报告

产品名称：配电自动化馈线终端

产品规格型号：KA2003-FTU-1

生产者名称：北京丹华昊博电力科技有限公司

报告编号：T4102462026-6

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5月15日



企业名称	北京丹华昊博电力科技有限公司	注册地址	北京市海淀区上地九街9号9号5层518号				
		生产地址	北京市昌平区科技园区超前路甲1号5号楼508室				
法定代表人	郑子墨	联系方式	010-56678271				
授权人(联系人)	易丹	联系方式	13720093703				
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: 技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广; 机械电气设备制造; 机械电气设备销售; 软件开发; 软件销售; 计算机系统服务; 计算机软硬件及辅助设备零售; 电气设备修理; 机械设备租赁; 货物进出口; 业务培训(不含教育培训、职业技能培训等需取得许可的培训); 电气设备销售; 电力设施器材制造; 电力设施器材销售。(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)(不得从事国家和本市产业政策禁止和限制类项目的经营活动。)</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台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)</td> <td>10.5203</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台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)	10.5203
产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ e)						
1台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)	10.5203						
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	刘芳芳	签名	刘芳芳				
组员	冯玉茹	签名	冯玉茹				

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	5
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	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 台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1) 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 台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)。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 台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1) 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 10.5203 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 7.1568 kgCO₂eq (68.03%), 原辅料运输阶段碳排放为 0.3908 kgCO₂eq (3.71%), 生产阶段碳排放为 1.5076 kgCO₂eq (14.33%), 成品运输阶段为 0.0478 kgCO₂eq (0.45%), 产品处置阶段为 1.4172 kgCO₂eq (13.47%) 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

北京丹华昊博电力科技有限公司注册于北京市海淀区，2003年由华北电力大学（北京）与自然人股东共同投资成立，是国家级专精特新“小巨人”、国家高新技术企业，深耕电力系统自动化领域，处于行业产业链关键环节。

公司专注非有效接地（小电流）系统、变电站保护等技术研发与产品开发，主打小电流接地故障选线/定位装置、消弧线圈自动调谐成套装置等产品，推出配电网接地故障保护一体化解决方案，构建变电站整网研判四道防线，实现接地故障精准定位、隔离与自愈，产品广泛应用于国家电网、南方电网及冶金、化工等大型企业，行业地位领先。

公司技术实力雄厚，拥有国内首个1:1高压物理模拟实验室，率先实现选线准确率100%；搭建5座示范基地，长期合作客户超5000家，参与制定6项行业标准。

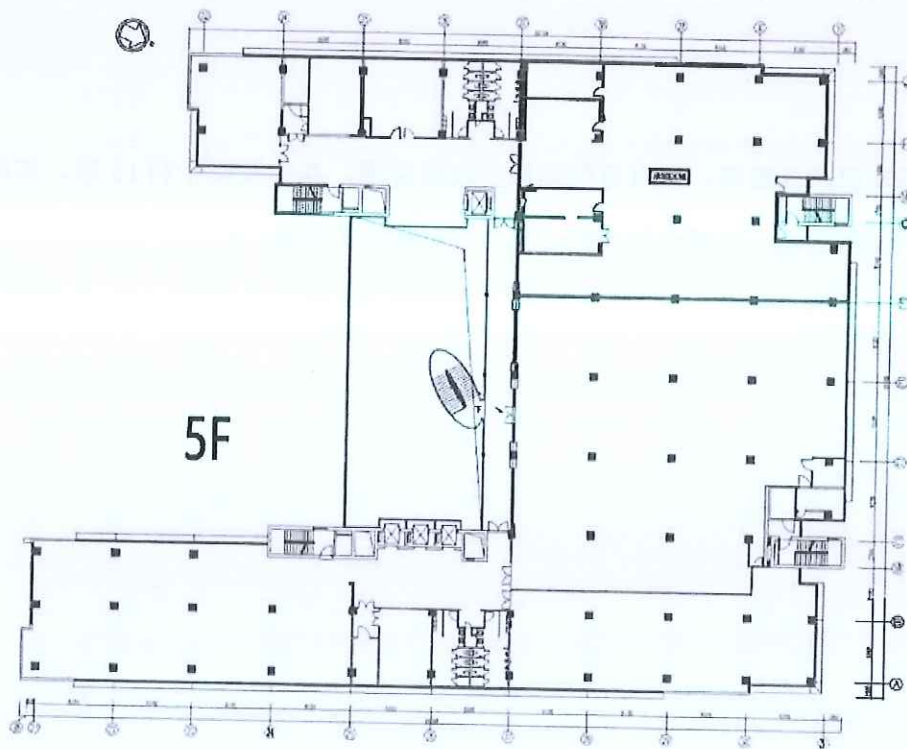
企业资质完备，拥有电力设施承装（修、试）三级许可证等多项资质，通过七大管理体系认证。

公司重视知识产权布局，拥有有效知识产权近百项，其中发明专利13项、实用新型专利8项、软件著作权64项，以核心技术推动电力产业链技术升级。！

2.2 厂区形象图



附件一：租赁区域平面图



2.3 产品介绍

配电自动化馈线终端（FTU）是面向 10kV 配电线路、柱上开关研发的智能测控终端，采用模块化、高可靠工业级设计，具备强电磁兼容与宽温户外运行能力，可实时采集线路三相电压、电流、功率、电能质量等运行数据，精准实现过流、速断、零序过流等故障保护与故障判别定位，支持开关分合闸遥控、遥信状态采集、本地/远程定值整定与操作闭锁，同时具备数据远传、对时同步、事件 SOE 记录、自诊断自恢复功能，通过无线通信方式与配电自动化主站互联互通，完成馈线线路的遥测、遥信、遥控、故障隔离与非故障区域快速恢复供电，全面提升配电网故障处理效率、供电可靠性与智能化运维管控水平。

2.3.1 产品功能

1. 核心“四遥”功能

1.1 遥测（高精度采集）

- 三相电压、电流（含零序）、有功/无功功率、功率因数、频率、电能计量。
- 精度：电流 / 电压 0.5S 级，有功 0.5S 级，无功 2 级。
- 遥信（状态实时上送）
- 开关分 / 合 / 储能位置、就地 / 远方模式、装置告警、电池状态、通信链路状态。
- SOE 分辨率 $\leq 5\text{ms}$ ，事件记录 ≥ 256 条。

1.2 遥控（可靠执行）

- 主站 / 就地控制开关分闸、合闸、储能，具备防误动、防跳、闭锁逻辑。
- 支持电压-时间型/电流型馈线自动化模式。
- 遥调（参数在线整定）
- 保护定值、重合闸次数 / 延时、通信参数、FA 逻辑参数远程配置。

2. 故障检测与保护（核心优势）

- 相间短路保护：三段式过流（速断、限时速断、过流），独立整定，支持后加速/反时限；毫秒级跳闸，快速隔离故障。
- 单相接地保护：零序电流/电压检测，可选跳闸/告警；适配小电流接地系统，精准判别区内/区外故障。
- 自动重合闸：最多 3 次重合，延时可调；永久性故障时加速跳闸并闭锁重合闸。

故障录波与事件记录：故障前后波形捕捉，记录故障类型、时间、电流/电压值，支撑运维分析。

3. 馈线自动化（FA）自愈控制

- 故障自动隔离：检测到故障后，毫秒级联动相邻 FTU / 主站，跳开故障区段两侧开关，最小化停电范围。
- 非故障区恢复供电：隔离后自动合上联络开关，快速恢复非故障区供电，提升供电可靠性。
- 电压-时间型逻辑：失压延时分闸、得电延时合闸、单侧失压延时合闸、双侧有压合闸闭锁。

4.通信与对时

- 多通信接口：支持光纤、4G/5G 无线专网、GPRS，适配 IEC 60870- 5- 104、DNP3.0 等标准协议。
- 精准对时：GPS/北斗双模对时，误差 $\leq 1\text{ms}$ ，确保全网时序一致。

5.电源与环境适配

- 双路供电 + 后备电源：PT 取电 + DC24V，无缝切换；标配锂电池 / 超级电容，失电后维持终端与通信工作 $\geq 5\text{s}$ 。
- 宽温与高防护：工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ，IP65 防护，适应户外恶劣环境。
- 低功耗：整机功耗 $\leq 2\text{W}$ ，通信状态 $\leq 50\text{VA}$ ，节能可靠。

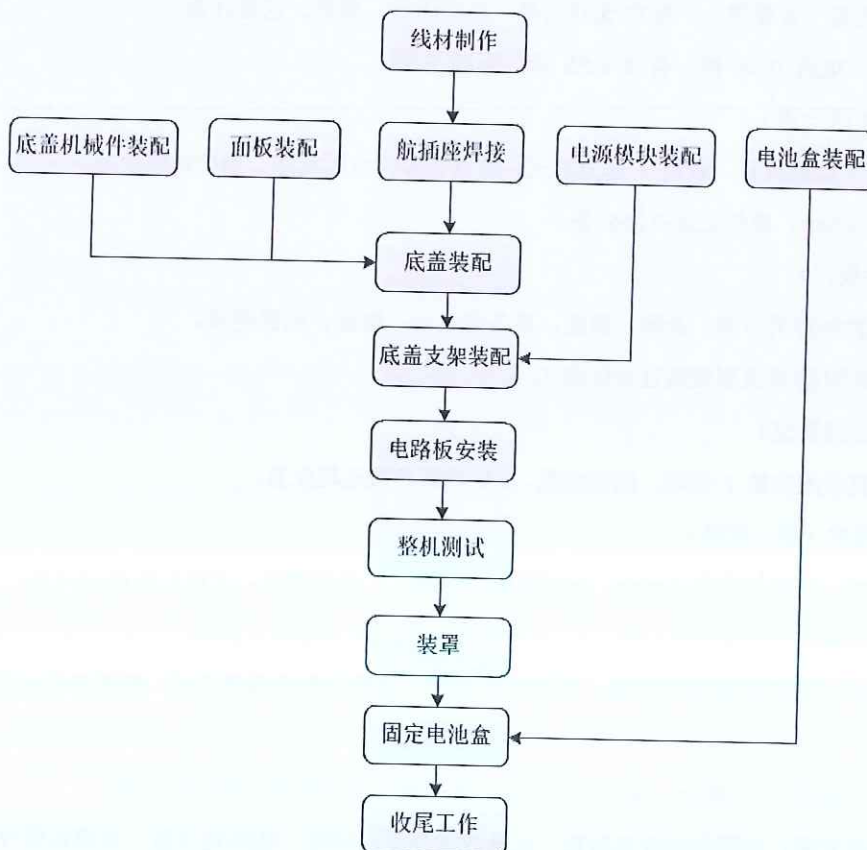
6.运维与扩展

就地显示与操作：面板 LED /液晶显示运行状态、电气量、告警；就地分/合闸、参数设置。

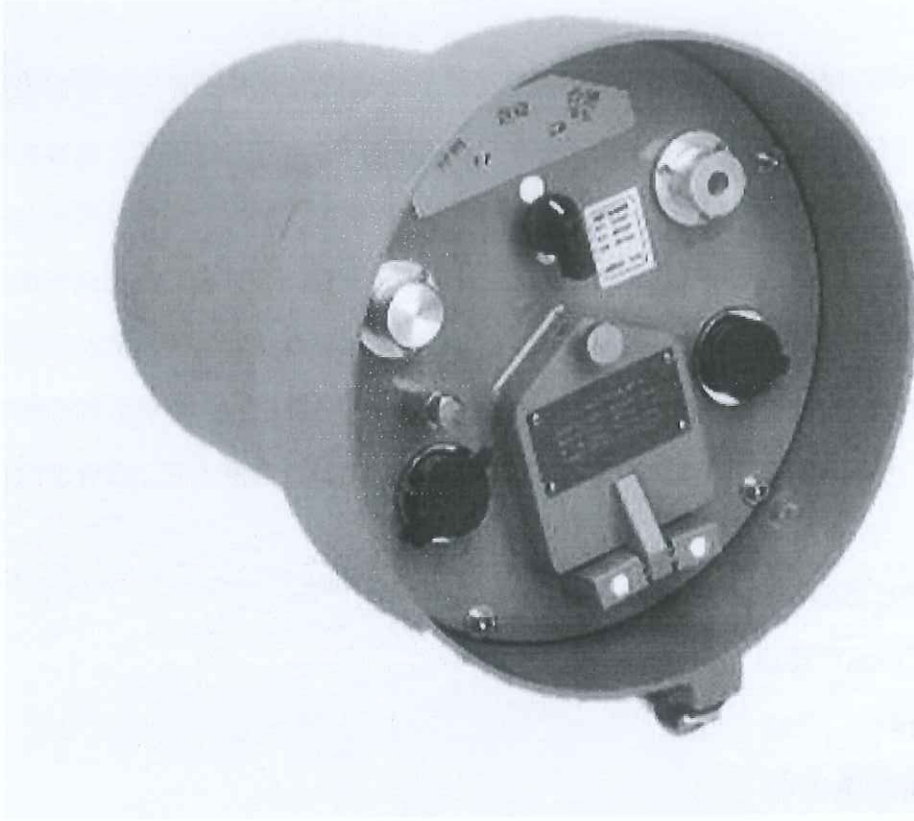
自诊断与自恢复：硬件自检、看门狗，异常自动复位并上送告警，提升在线率。

扩展功能：可选配线损采集、温度监测、视频监控接口，支持一二次融合一体化安装。

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 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）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 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）。

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	FTU外罩、支架、电源模块、PT/CT、PCBA等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	FTU外罩、支架、电源模块、PT/CT、PCBA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	新能源货车的运输	/
产品处置阶段	废旧金属、废旧塑料回收处置	/

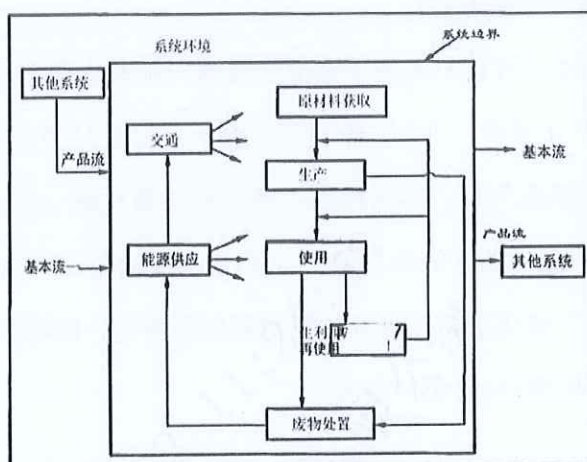


图 3.2: 产品系统边界示意图

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 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）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 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1），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	12.3885	7.1568
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	0.3908
	0.0726	柴油 kg	0.1254	
	0.0520	电力 kwh	0.0473	
产品生产	0.5777	电力 kwh	2.6097	1.5076
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
成品运输	0.5777	电力 kwh	0.9197	0.0478
	0.0726	柴油 kg	0	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	2.4533	1.4172
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	

表 4.2.1 1 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）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。

行业	地区	燃料	排放因子	备注
电力	中国	燃煤	0.8207	数据来源：生态环境部《2021年度中国生态环境状况公报》
		天然气	0.0578	
		石油	0.0742	
		水电	0.0012	
电力	美国	燃煤	0.8207	数据来源：生态环境部《2021年度中国生态环境状况公报》
		天然气	0.0578	
		石油	0.0742	
		水电	0.0012	
电力	欧洲	燃煤	0.8207	数据来源：生态环境部《2021年度中国生态环境状况公报》
		天然气	0.0578	
		石油	0.0742	
		水电	0.0012	

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

北京丹华昊博电力科技有限公司生产 1 台配电自动化馈线终端（KA2003-FTU-1）产品碳足迹是 10.5203 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	7.1568	68.03%
原材料运输阶段	0.3908	3.71%
生产阶段	1.5076	14.33%
成品运输阶段	0.0478	0.45%
产品处置阶段	1.4172	13.47%
合计	10.5203	100.00%

表 5.2-1 一套配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)

产品生命周期各阶段碳排放情况

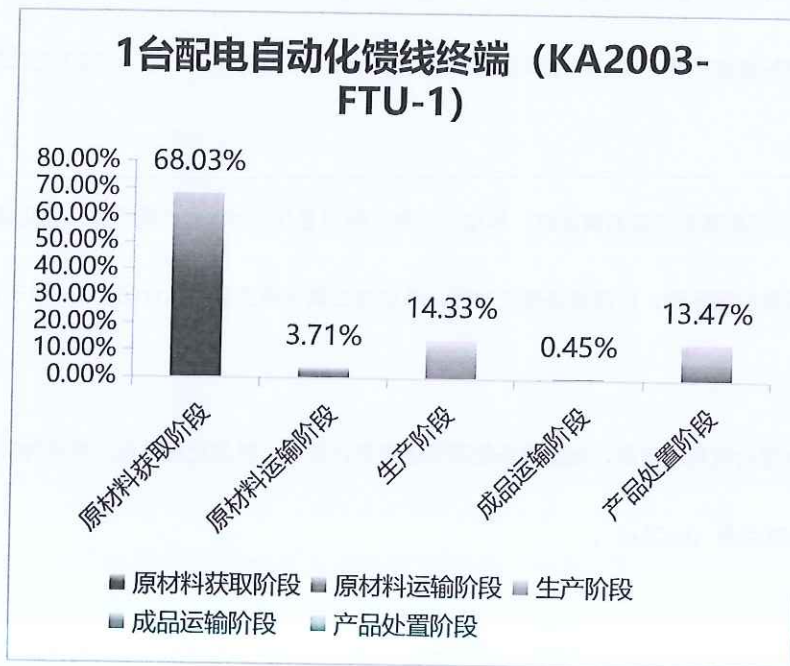


图 5.2-2 1 台配电自动化馈线终端 (KA2003-FTU-1)

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) 根据这张碳排占比图，1 台 KA2003-FTU-1 型号的配电自动化馈线终端的各阶段碳排放结构为：原材料获取阶段：68.03%（占比最高，是减排核心）；生产阶段：14.33%；产品处置阶段：13.47%；原材料运输阶段：3.71%；成品运输阶段：0.45%（占比极低，优化优先级最低），下面按阶段给出针对性减排措施：

4.1 原材料获取阶段（68.03%，减排优先级★★★★★），这是 FTU 碳排的最大来源，重点从材料替代、轻量化和绿色采购入手。

4.1.1 关键材料低碳替代

- 外壳与结构件：采用再生铝合金/再生工程塑料替代原生材料。再生铝的碳排放仅为原生铝的 5% 左右，再生塑料可降低石油基原料加工排放。

- 导体材料：提高再生铜采购比例，再生铜的能耗仅为原生铜的 20%-30%，显著降低冶炼环节排放。

- 电子元器件：在满足性能前提下，选用宽禁带半导体器件（SiC MOSFET），或优先采购碳足迹更低的国产元器件，减少高碳进口供应链依赖。

4.1.2 产品轻量化设计

- 优化外壳壁厚、减少冗余结构，在保证 IP65 防护和机械强度的前提下降低材料用量。
- 采用集成化设计，减少接插件、线缆等辅料的使用量。

4.1.3 绿色供应链采购

- 优先选择通过“碳足迹认证”的供应商，将碳排放指标纳入采购评估体系。
- 推动关键原材料供应商使用绿电（光伏/风电），降低上游冶炼、加工环节的电力碳排放。

4.2 生产阶段（14.33%，减排优先级★★★★），重点通过工艺优化、绿电替代和节能改造降低生产能耗。

4.2.1 能源结构优化

- 生产基地 100% 使用绿电（光伏/风电直购电或绿证），直接抵消生产用电的碳排放。
- 推行“峰谷电价 + 负荷管理”，将波峰焊、回流焊等高耗能工序调整至电价低谷时段，同时降低电网碳排放强度的影响。

4.2.2 工艺与设备节能改造

- 采用低功耗回流焊、波峰焊设备，加装余热回收系统，回收焊接工艺的热量用于车间供暖或热水供应。

- 淘汰老旧高耗能设备，更换为节能型 SMT 贴片机、自动化测试设备，降低单位产品能耗。

- 优化生产流程，减少返工率，降低因废品导致的重复生产排放。

4.2.3 废弃物循环利用

- 生产过程中的金属边角料、塑料余料分类回收，交由合规企业再生利用，减少原料二次

开采的排放。

4.3 产品处置阶段（13.47%，减排优先级★★★★），重点从延长产品寿命、回收拆解和循环利用入手。

4.3.1 全生命周期延长

- 提升产品可靠性和可维护性，设计标准化接口和模块化结构，支持故障部件单独更换，避免整台设备报废。

- 提供翻新/再制造服务，对退役设备进行检测、维修和功能升级，实现二次利用，减少报废处置量。

4.3.2 闭环回收体系建设

- 建立“产品-回收-拆解-再生”闭环体系，与专业电子废弃物处理企业合作，对退役FTU进行规范拆解。

- 重点回收电路板、铜材、铝材和电池，通过再生利用减少原生材料的开采与加工排放。数据显示，电子废弃物中金属回收可贡献约18.3%的碳减排量。

4.3.3 无害化低碳处置

- 对无法回收的部件，采用低碳焚烧或填埋方式，优先选择配备烟气净化和余热回收的处理设施，降低处置过程的直接排放。

- 电池类部件交由有资质的企业进行梯次利用或再生处理，避免含重金属废物的不当处置。

4.4 运输阶段（原材料 3.71% + 成品 0.45%，减排优先级★★），通过路径优化、方式调整降低运输排放。

4.4.1 原材料运输优化

- 优先选择本地或近地供应商，缩短运输距离；对大宗原材料采用铁路或水路运输，替代公路运输（碳排放强度更低）。

- 优化采购批量，减少零散运输次数，提高单次运输装载率。

4.4.2 成品运输优化

- 采用轻量化、可循环包装材料（如可降解纸浆、再生塑料周转箱），减少包装材料的碳排放。
- 优化配送路线，合并订单运输，减少空载率和重复运输。

五、整体减排效果预期，按以上措施实施，可实现的减排潜力：

- 原材料阶段：通过材料替代和轻量化，预计可降低 30%-40% 的该阶段碳排放，对应总碳排降低约 20%-27%。
- 生产阶段：绿电替代 + 工艺优化，预计可降低 50% 的该阶段碳排放，对应总碳排降低约 7%。
- 处置阶段：闭环回收 + 延长寿命，预计可降低 60% 的该阶段碳排放，对应总碳排降低约 8%。
- 运输阶段：路径优化可降低 30%-50%的该阶段碳排放，对应总碳排降低约 1%-2%。

综合来看，通过多阶段协同优化，1 台 KA2003-FTU-1 型号的配电自动化馈线终端的全生命周期碳排放可降低 35%-45%。

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
刘芳芳	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1446871
冯玉茹	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1300462

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 5 月 15 日

