

产品碳足迹报告

产品名称：变压器中性点电容隔直装置

产品规格型号：KLMZ-II-750/50

生产者名称：安徽正广电电力技术有限公司

报告编号：T4102632026-1

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5月20日



企业名称	安徽正广电电力技术有限公司	核查地址	安徽省合肥市高新区柏堰科技园石楠路与芦花路交口西北侧1号厂房
法定代表人	刘勇	联系方式	400-187-5606
授权人（联系人）	胡青青	联系方式	15105606935
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：

一般项目：配电开关控制设备研发；电力行业高效节能技术研发；输配电及控制设备制造；配电开关控制设备制造；机械电气设备制造；电子元器件制造；电力电子元器件制造；变压器、整流器和电感器制造；电气设备销售；机械电气设备销售；配电开关控制设备销售；电力电子元器件销售；智能输配电及控制设备销售；合同能源管理；节能管理服务；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；租赁服务（不含许可类租赁服务）；物业管理（除许可业务外，可自主依法经营法律法规非禁止或限制的项目）许可项目：电气安装服务（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，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）。

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 eq)
1台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）	2783.8681
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	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	3
2.3 产品介绍	11
2.3.1 产品功能	11
2.3.2 产品工艺流程	11
2.3.3 产品图片	14
3 目标与范围定义	15
3.1 评价目的	15
3.2 评价范围	15
3.2.1 功能单位	15
3.2.2 系统边界	15
3.2.3 分配原则	16
3.2.4 取舍准则	17
3.2.5 相关假设和限制	17
3.2.6 影响类型和评价方法	17
3.2.7 数据来源	17
3.2.8 数据质量要求	17
4 数据收集	19
4.1 数据收集说明	19

4.2 活动水平数据	20
4.3 排放因子数据	20
5 碳足迹计算	22
5.1 计算方法	22
5.2 计算结果	22
5.3 不确定性分析	23
6 改进建议	24
6.1 改进建议	24
附件	28
附件 1: 本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单	28

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 台变压器中性点电容隔直装置 (KLMZ-II-750/50) 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 台变压器中性点电容隔直装置 (KLMZ-II-750/50)。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 台变压器中性点电容隔直装置 (KLMZ-II-750/50) 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 2783.8681 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 1810.9636 kgCO₂eq (65.05%), 原辅料运输阶段碳排放为 39.3817 kgCO₂eq (1.41%), 生产阶段碳排放为 63.5470 kgCO₂eq (2.28%), 成品运输阶段为 330.1956 kgCO₂eq (11.86%), 产品处置阶段为 539.7803 kgCO₂eq (19.39%) 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

安徽正广电电力技术有限公司成立于 2002 年 7 月份，是国家级高新技术企业，国家电网公司科研合作单位，武汉大学、华北电力大学直流偏磁治理理论研究合作单位，大连理工校企合作基地。公司拥有数名专家技术顾问团队，15 位平均工龄 10 年从事电力设备研发制造技术骨干作为技术人员，整个团队在现代电力系统直流偏磁治理、铁磁谐振过电压治理、合闸涌流抑制等相关理论和应用技术的研发、生产和销售等领域有丰富的经验。

作为徽电集团公司下属子公司，曾用名：合肥上凯微机保护技术有限公司。2008 年改名安徽正广电电力技术有限公司。2020 年从合欢路徽电园区迁出至目前石楠路 13 号园区。

1. 主营业务

安徽正广电电力技术有限公司有六个主营业务：主营业务一是变压器直流偏磁测试、监测及治理设备研发制造；主营业务二是电压互感器铁磁谐振治理设备研发制造；主营业务三是基于快速快关技术的短路电流限制及合闸涌流抑制装备研发制造；主营业务四是科技研发及技术服务。

主营业务一变压器直流偏磁测试、监测及治理设备研发制造：公司创新直流偏磁技术 17 载，主要从事现代电力系统直流偏磁相关理论和应用技术的研发、生产和销售，具体包括：现代电力系统直流偏磁及其危害的机理研究和应用；直流偏磁仿真实论及其应用软件开发、生产和销售；直流偏磁智能检测技术及其装备研发、生产和销售；直流偏磁在线监测技术及其装备研发、生产和销售；直流偏磁治理技术及其装备研发、生产和销售。

公司自 2013 年以来，积极参与±800 千伏天中直流、酒湖直流、雁淮直流、上海庙-临沂直流、扎鲁特-青州直流、灵绍直流、锡林郭勒盟-泰州直流、青海-驻马店直流和±1100 千伏吉泉直流工程直流偏磁治理、直流偏磁测试服务及科技成果奖项申报等。累计提供治理设备 100 余台，其中 220 千伏电压等级 60 余套，500 千伏及以上电压等级近 50 余套，现场测试服务 50 余次，参与各种奖项申报近 10 余项。

主营业务二电压互感器铁磁谐振治理设备研发制造：现代电力系统弧光接地过电压及其危害的机理研究和应用，弧光接地过电压和直流偏磁仿真实论及其应用软件开发、生产和销售；直弧光接地过电压智能检测技术及其装备研发、生产和销售；弧光接地过电压在线监测技术及

其装备研发、生产和销售；弧光接地过电压治理技术及其装备研发、生产和销售。

主营业务三变压器及电容器合闸涌流抑制装备研发制造：公司致力于合闸涌流抑制研发与配套装置生产制造，开发基于精准相控技术的变压器/电容器合闸涌流抑制装置等，广泛应用于新能源及冶炼企业等。

主营业务四科技研发及技术服务：公司致力于成为国内直流偏磁及铁磁谐振治理仿真计算与治理技术领域最具有影响力的专业公司，拥有直流偏磁及铁磁谐振治理技术领域的自主知识产权，公司与国网新疆电力有限公司、国网宁夏电力有限公司、国网甘肃电力有限公司、国网安徽电力有限公司、国网山东电力有限公司、国网河南电力有限公司、国网山西电力有限公司、国网河北电力有限公司等进行广泛的科研合作及技术服务，在专利、论文、专著、成果评价及科技进步奖申报等方面，取得丰硕成果。

2. 企业成果及荣誉

2.1 发明及实用新型专利成果取得方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业，近年来，加强和国网公司新疆、甘肃、宁夏、河北等省市电力公司或电科院进行科技项目合作，在科技项目实施过程中共获得发明专利证书及实用新型专利证书 40 余项。



2.2 论文发表方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业，近年来，加强和国网公司新疆、甘肃、宁夏、河北等省市电力公司或电科院进行科技项目合作，在科技项目实施过程中，发表论

文近 40 篇，其中核心期刊论文 20 篇，EI 论文 7 篇。



2.3 学术专著出版方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业。自 2013 年以来，安徽正广电电力技术有限公司与国家电网各级公司深度合作，在直流偏磁风险仿真计算、直流偏磁治理技术、弧光接地过电压治理技术方面取得了一定的科研成果。安徽正广电电力技术有限公司参与编写学术专著 7 部。



2015 年与国网新疆电力有限公司、新疆电科院合作，出版世界直流偏磁技术领域第一部学术专著《现代电力系统直流偏磁仿真理论与应用技术》；

2016 年与宁夏电力公司、宁夏电力科学研究院合作，出版直流偏磁领域第二部学术专著《变压器直流偏磁电容治理技术》；

2017 年与国网新疆电力有限公司、新疆经研院合作，出版弧光接地过电压领域第一部学术专著《现代配电网单相弧光接地过电压》；

2018 年与国网新疆电力有限公司、新疆电力科学研究院合作，出版直流偏磁技术领域第三部学术专著《变压器直流偏磁治理技术》。

2020 年与国网新疆电力有限公司合作，出版过电压领域第二部学术专著《配电网铁磁谐振过电压治理技术》；

2021 年与国网安徽电科院合作，出版直流偏磁技术领域第四部学术专著《变压器直流偏磁风险分析与治理》；

2021 年与国网新疆电力有限公司合作，出版过电压领域第三部学术专著《电力系统短路电流限制技术与应用》；

2.4 软件著作权申报方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业，近年来，加强和国网公司新疆、甘肃、宁夏、河北等省市电力公司或电科院进行科技项目合作，在科技项目实施过程中获得软件著作权 18 项。

2.5 科技成果鉴定与评价方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业，近年来，加强和国网公司新疆、甘肃、宁夏、河北等省市电力公司或电科院进行科技项目合作，在科技项目实施过程中 7 个成果进行科技成果鉴定，其中 6 项取得“国际先进”。



2014 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《±800kv 天中直流输电工程偏磁仿真计算与治理关键技术》，鉴定为“国内领先”水平；

2016 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《750KV 变压器中性点优化运行关键技术研究与应用》，鉴定为“国际先进”水平；

2017 年公司与宁夏电科院合作的《直流输电单极大地方式下直流偏磁研究与新型隔直装置应用研发》通过宁夏回族自治区科技成果鉴定，鉴定结论为“国际先进”水平；

2019 年公司和国网新疆电力公司昌吉供电公司合作项目《配电网过电压及其主动干预系统研制与应用》，鉴定为“国际先进”水平；

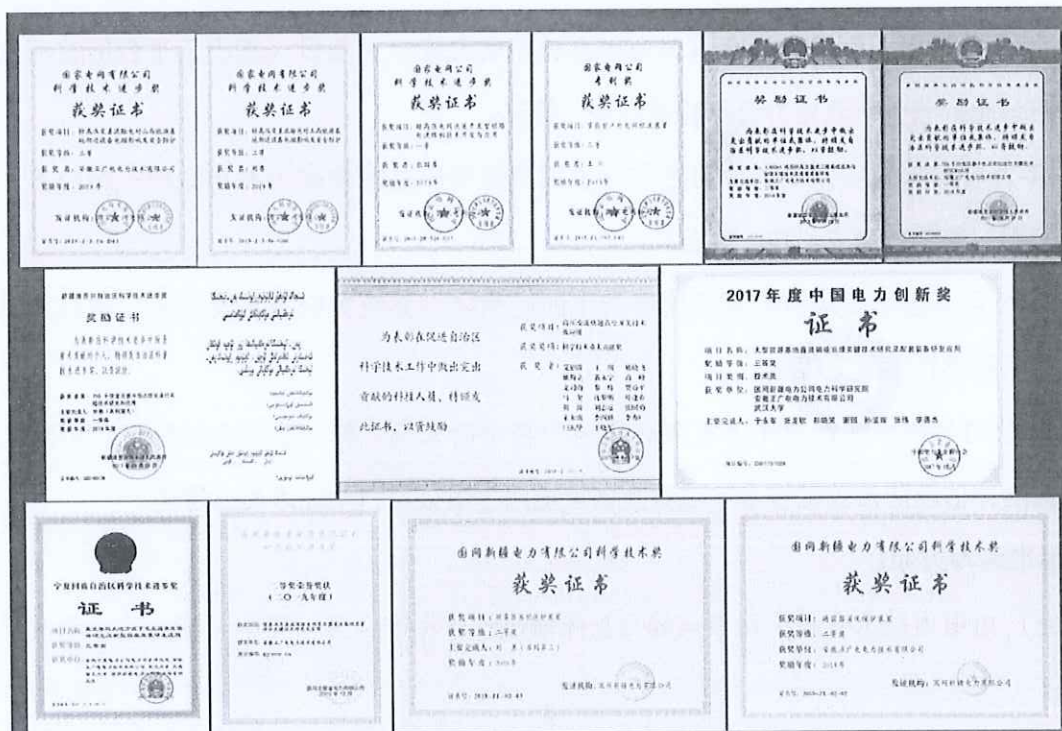
2021 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《基于多场景直流偏磁影响下的电网防御系统关键技术与应用》，鉴定为“国际领先”水平；

2021 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《基于多场景直流偏磁影响下的电网防御系统关键技术与应用》，鉴定为“国际领先”水平；

2021 年公司和国网安徽省电力有限公司电力科学研究院合作项目《长三角特高压直流偏磁预测与治理关键技术、装备研制及应用》，鉴定为“国际领先”水平；

2.6 科技奖项申报方面：

安徽正广电电力技术有限公司是国家级高新技术企业，近年来，加强和国网公司江西、新疆、甘肃、宁夏、河北等省市电力公司或电科院进行科技项目合作，在科技项目实施过程中 13 个成果获得国家省部级奖项。



2014 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《±800kv 天中直流输电工程偏磁仿真计算与治理关键技术》荣获新疆自治区科技进步二等奖；

2016 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《750KV 变压器中性点优化运行关键技术研究和应用》荣获新疆自治区科技进步一等奖；

2017 年公司与宁夏电科院合作的《直流输电单极大地方式下直流偏磁研究与新型隔直装置应用研发》获得宁夏回族自治区科技进步三等奖；

2017 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《±800kv 天中直流输电工程偏磁仿真计算与治理关键技术》荣获中电联科技创新三等奖；

2018 年公司和国网新疆电力公司电力科学研究院合作项目《避雷器劣化保护装置》荣获国网新疆电力有限公司专利奖二等奖；

2019 年公司和国网安徽省电力公司电力科学研究院合作项目《特高压交直流混联电网变压器直流偏磁危害评估关键技术研究及应用》获安徽省电力公司科技进步二等奖。

2019 年公司和国网山西电力公司电力科学研究院合作项目《特高压交直流输电对山西能源基地临近设备电磁影响及安全防护》荣获国家电网公司科技进步三等奖。

2020 年公司和国网新疆电力有限公司昌吉供电公司合作项目《配电网过电压及其主动干预系统研制与应用》荣获新疆电力公司科技进步一等奖。

2020 年公司和国网新疆电力有限公司乌鲁木齐供电公司共同申请专利《变压器直流偏磁监测装置》荣获新疆自治区专利二等奖。

2020 年公司和国网新疆电力有限公司电力科学研究院合作项目《基于云平台的直流偏磁测试及监测系统》荣获新疆电力公司科技进步二等奖。

2021 年公司和国网安徽电力公司合作《长三角特高压直流偏磁预测与治理关键技术、装备研制及应用》荣获安徽省科技一等奖。

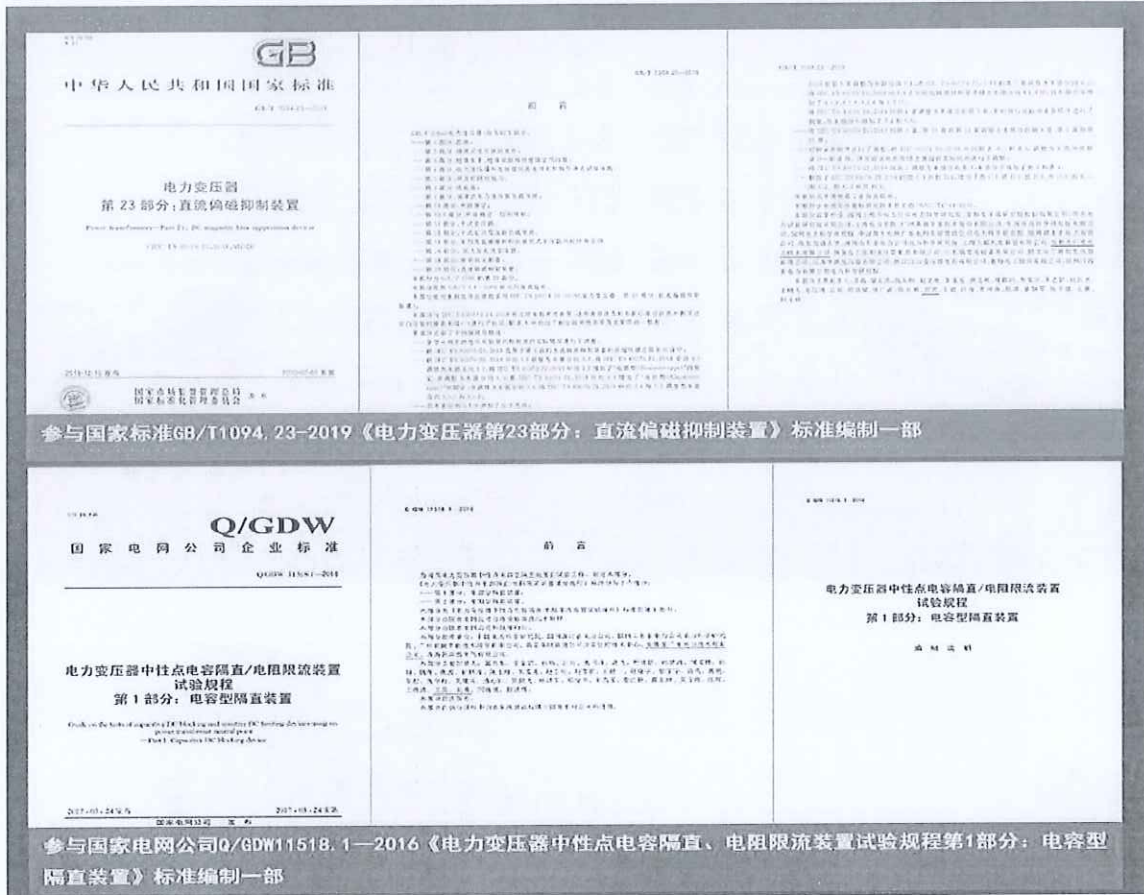
2021 年公司《基于多场景直流偏磁影响下的电网防御系统关键技术及应用》项目获国家电网有限公司科学技术奖三等奖。

2022 年公司和国网江西省电力有限公司电力科学研究院合作《多源头地中直流电流入侵交流系统风险评估及防治关键技术》项目获国家电网有限公司科学技术奖三等奖。

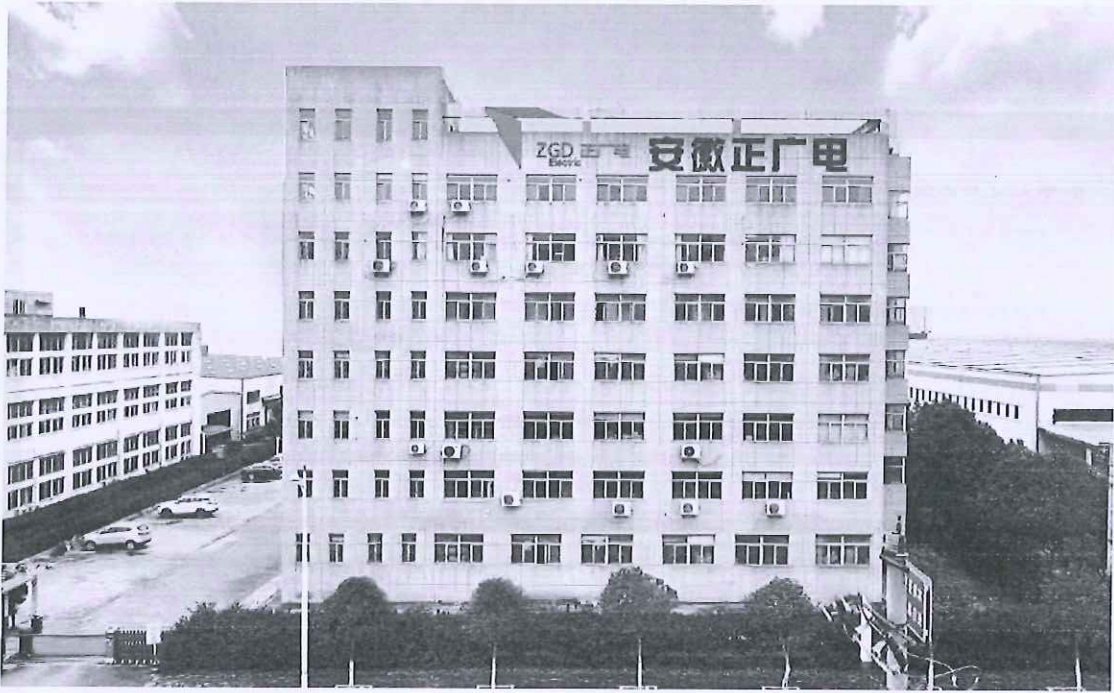
2.7 标准编写方面：

安徽正广电电力技术有限公司参与编写直流偏磁技术标准 2 部，其中一部为国家电网公司

Q/GDW11518.1—2016《电力变压器中性点电容隔直、电阻限流装置试验规程第1部分：电容型隔直装置》，另一部为GB/T1094.23-2019《电力变压器第23部分：直流偏磁抑制装置》标准。



2.2 厂区形象图



2.3 产品介绍

KLMZ-II-750/50 是我司（安徽正广电电力技术有限公司）研发的变压器中性点电容隔直装置（直流偏磁隔离接地装置），专用于高压/超高压变压器中性点，治理直流偏磁问题，广泛适配 220kV~750kV 电网主变。

型号释义（逐位解析）：

- KLMZ：产品系列代号（电容式隔直装置）
- II：第二代改进型
- 750：适配系统最高电压 750kV
- 50：额定交流电流 50A

结构组成

- 装置集成于金属柜体内，主要包含：
- 隔直电容：核心元件，“隔直流、通交流”
- 高速旁路开关：真空开关，实现接地 / 隔直模式快速切换
- 高能氧化锌保护组：限制电容过电压，保护电容
- 智能监测控制器：采集交/直流电流，自动控制开关
- 电流互感器（CT）：中性点交、直流电流采样
- 机械隔离刀闸：检修隔离用，带电气联锁

技术参数（典型）

- 额定电压：750kV（系统侧）
- 额定交流电流：50A
- 直流隔离阈值：5~50A（可调）
- 旁路开关动作时间： $\leq 20\text{ms}$
- 抗短路冲击电流： $\geq 200\text{kA}$
- 通信接口：RS485/以太网（远传监测）
- 防护等级：IP54（户外/户内）

2.3.1 产品功能

1. 抑制变压器直流偏磁（核心功能）

- 原理：利用电容“隔直通交”特性，在中性点与地网间串联电容，阻断直流电流，同

时不影响工频交流（零序/不平衡电流）流通。

工况切换：

- 正常运行（无直流）：旁路开关合闸，中性点直接接地，符合系统接地要求，零序参数无影响。

- 直流偏磁（超标）：监测到直流 $>$ 设定值，开关快速分闸，电容投入，阻断直流，消除偏磁（振动、噪声、温升、谐波）。

直流消失：电容电压降至阈值下，开关自动合闸，电容退出，恢复直接接地。

2. 故障保护与旁路

- 单相接地短路：故障大电流冲击电容，氧化锌快速导通限压；短路电流过零时，旁路开关相控合闸，分流保护电容与氧化锌。

- 过压/过流保护：电容电压或电流超限，控制器立即合闸旁路，防止设备损坏。

- 手动/自动双模式：自动模式下智能投退；手动模式可强制接地或隔直，便于调试与检修。

3. 在线监测与远传

- 实时监测：中性点直流电流、交流电流、电容电压等参数。

- 故障告警：直流超标、开关异常、过压/过流等声光告警，并上传后台。

- 数据记录：事件顺序记录（SOE）、动作次数、极值统计，支持远程运维与故障分析。

4. 高可靠性与适应性

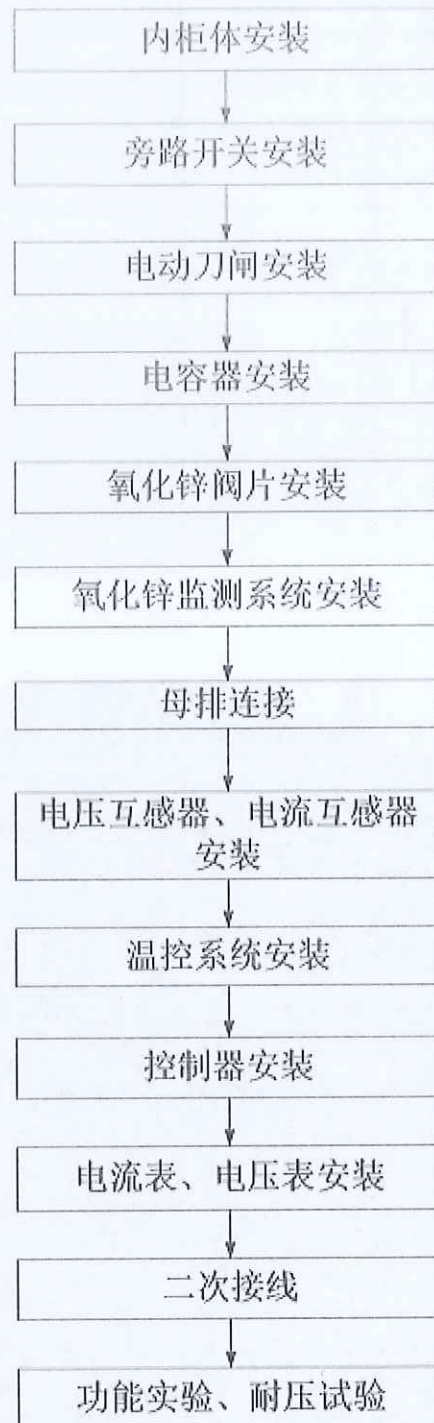
- 零功耗待机：正常接地时电容不投入，无功耗，节能可靠。

- 快速响应：全流程（检测→分闸→隔直） $\leq 20\text{ms}$ ，抑制偏磁无延迟。

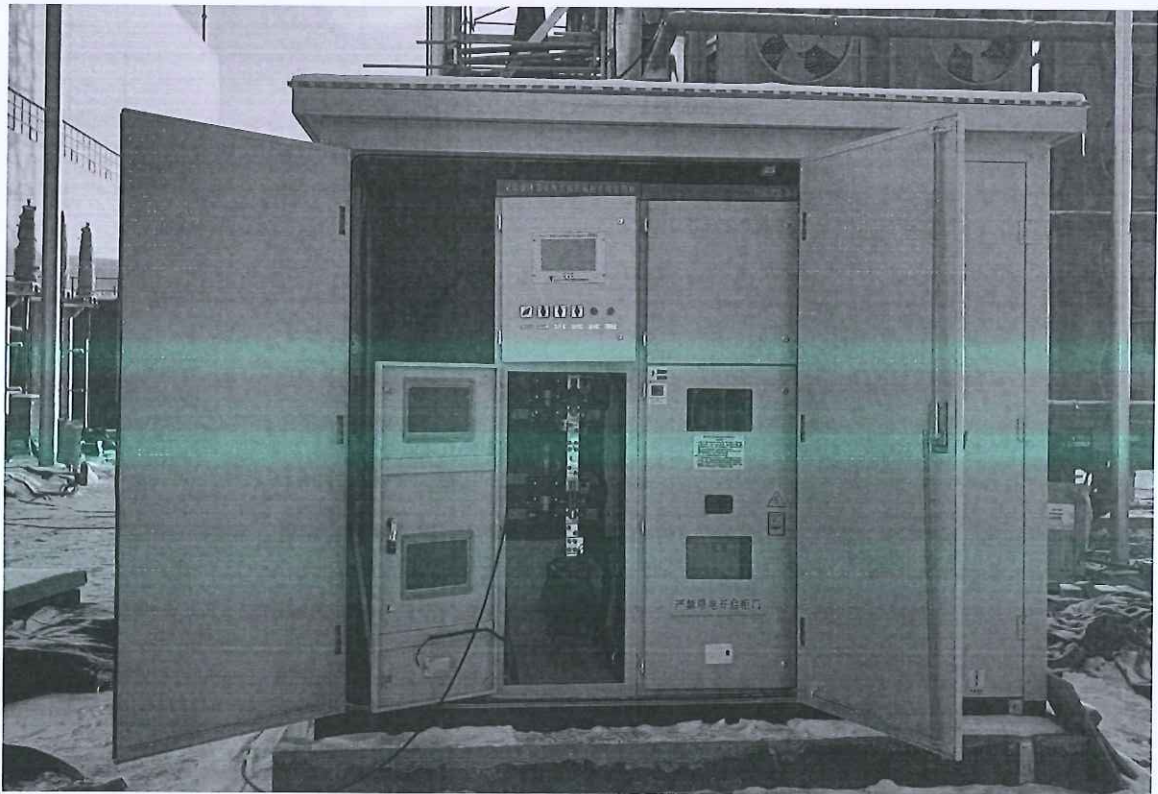
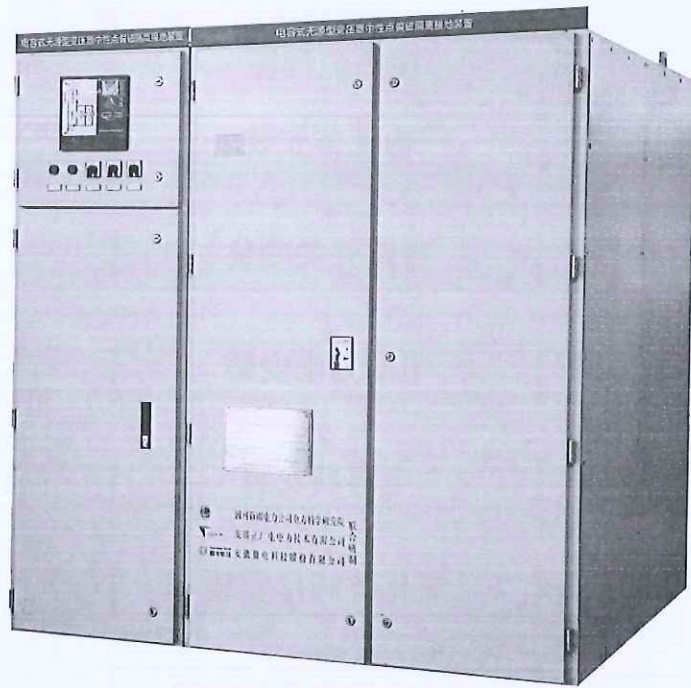
- 电网适配强：不改变系统零序阻抗，无需重整定继电保护，适配各类接地系统。

2.3.2 产品工艺流程

变压器直流偏磁隔离及接地装置
生产流程图



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 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）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 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）。

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	电容芯子、外壳、绝缘件、氧化锌电阻片、操动机构、电流/电压互感、机械开关、柜体、母线、紧固件、绝缘支撑、控制器/PLC、HMI/监控终端、线缆等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	电容芯子、外壳、绝缘件、氧化锌电阻片、操动机构、电流/电压互感、机械开关、柜体、母线、紧固件、绝缘支撑、控制器/PLC、HMI/监控终端、线缆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	/

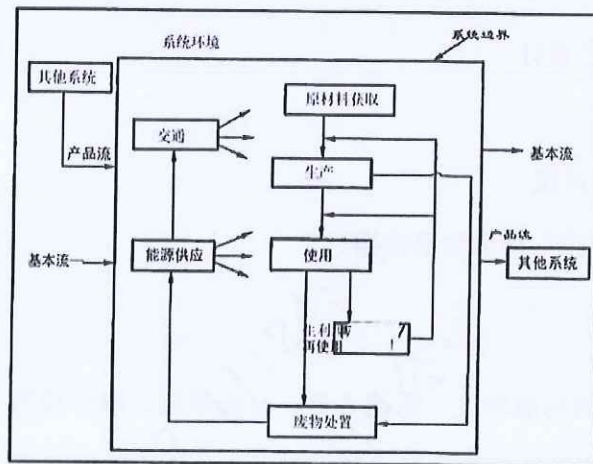


图 3.2: 产品系统边界示意图

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（2013 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 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）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 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50），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	3134.7820	1810.9636
	0.055539	天然气 m ³	36.1809	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	39.3817
	0.0520	电力 kwh	/	
	0.0726	柴油 kg	12.7206	
产品生产	0.5777	电力 kwh	110.0000	63.5470
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
成品运输	0.0520	电力 kwh	/	330.1956
	0.0726	柴油 kg	72.3535	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	552.5251	539.7803
	0.055539	天然气 m ³	102.01418	
	0.0726	柴油 kg	0.000004	

表 4.2.1 1 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台变压器中性点电容隔直装置（KLMZ-II-750/50）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) ；

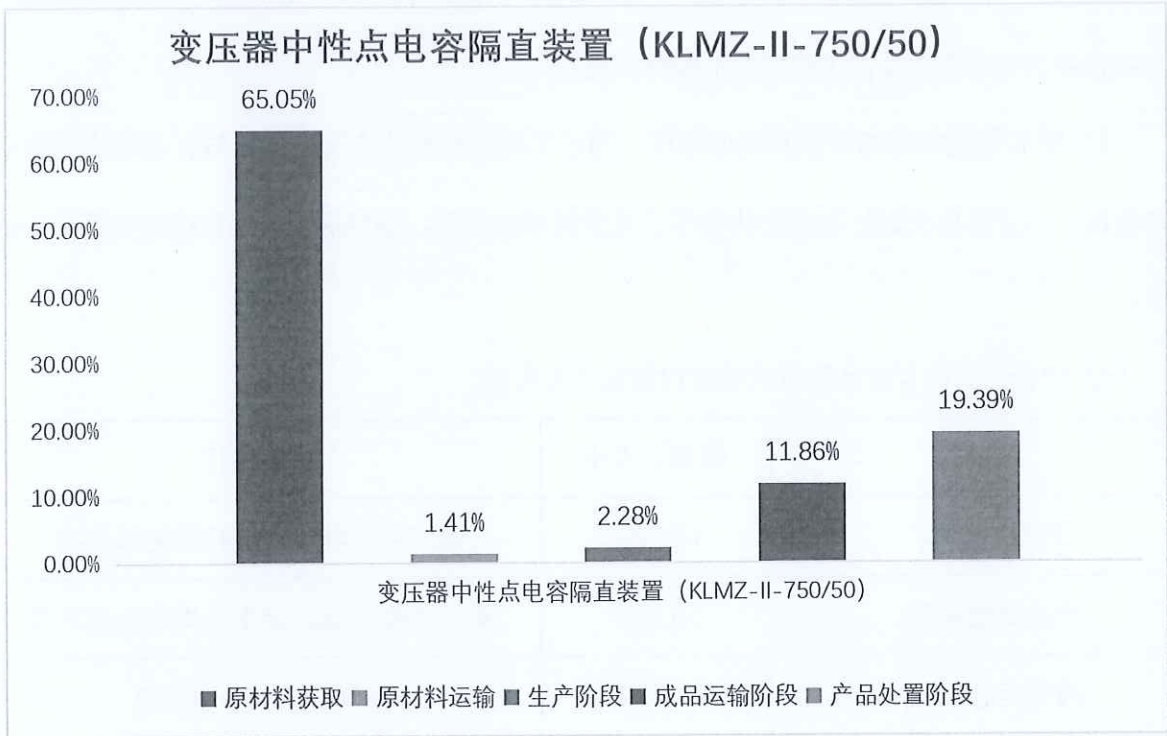
5.2 计算结果

安徽正广电电力技术有限公司生产 1 台变压器中性点电容隔直装置 (KLMZ-II-750/50) 产品碳足迹是 2783.8681 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	1810.9636	65.05%
原材料运输阶段	39.3817	1.41%
生产阶段	63.5470	2.28%
成品运输阶段	330.1956	11.86%
产品处置阶段	539.7803	19.39%
合计	2783.8681	100.00%

表 5.2-1 一台变压器中性点电容隔直装置 (KLMZ-II-750/50)

产品生命周期各阶段碳排放情况



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) 结合柱状图分析各阶段的碳排放量如下表所示：

阶段	碳排放占比	核心特征
原材料获取	65.05%	绝对主导阶段，减排优先级最高
产品处置阶段	19.39%	第二大排放源，全生命周期关键环节
成品运输阶段	11.86%	物流环节核心减排点
生产阶段（母线加工+组装）	2.28%	占比极低，减排空间有限
原材料运输	1.41%	占比最低，优化优先级靠后

具体各阶段减碳检验如下：

4.1. 原材料获取阶段（占比 65.05%，核心减排环节），这是该装置碳减排的重中之重，减排潜力最大。

4.1.1 关键材料优化

- 装置的核心部件为电容器、母线、壳体等，优先选用低碳材料：

- 电容器：选用采用环保浸渍剂、低能耗工艺生产的薄膜电容器/陶瓷电容器，优先选择铝箔、薄膜材料碳足迹更低的供应商（例如使用再生铝箔的产品，铝的生产碳排放占电容器碳排放的大头）。

- 母线：母线加工仅涉及裁剪、折弯，材料本身碳排放占比极高，可采用再生铜 / 铝母线替代原生铜铝，或优化截面设计，在满足载流能力的前提下减少材料用量（轻量化设计）。

- 壳体：采用冷轧钢板替代高能耗的不锈钢，或使用再生钢材，同时优化壳体厚度，减少材料消耗。

4.1.2 供应商碳足迹管理

- 建立供应商碳足迹准入标准，优先选择通过 GB/T 24067-2024/ISO 14067: 2018 核查、使用绿电的上游厂商，要求供应商提供关键材料（铜、铝、钢材、绝缘材料）的产品碳足迹报告，优先采购碳强度低的批次。

4.2 产品处置阶段（占比 19.39%，全生命周期降碳关键），该阶段的碳排放主要来自报废拆解、材料回收、无害化处理过程，可通过以下方式优化：

4.2.1 模块化与易回收设计

- 采用无胶/少胶连接结构，减少粘接剂使用，拆解时无需高温焚烧，降低拆解过程碳排放。

- 对铜母线、铝壳体、电容器进行分模块设计，便于报废后直接分类回收，提升材料回收率（铜铝回收率越高，再生利用的碳排放替代效应越强）。

4.2.2 闭环回收体系建设

- 与下游客户建立装置报废回收机制，对核心金属部件进行闭环回收，减少原生材料的二次开采与冶炼需求；电容器的绝缘材料优先选用可降解或可循环的环保材料，避免焚烧处理产生的碳排放。

4.3 成品运输阶段（占比 11.86%，物流降碳重点），该阶段碳排放主要来自成品运输的燃油/电力消耗，优化路径清晰：

4.3.1 运输方式优化

- 优先选择公路新能源货车、铁路运输替代传统燃油货车，优先采用整车运输，减少空载率；针对远距离订单，采用就近生产基地交付的模式，缩短运输距离。

4.3.2 包装轻量化与可循环

- 采用可循环木托盘、蜂窝纸包装替代一次性泡沫塑料，同时优化包装结构，减少包装材料用量，降低包装生产与废弃的间接碳排放。

4.4 生产阶段（母线加工+组装，占比 2.28%，低占比但可优化），该阶段占比极低，减排以能源结构优化和工艺精简为主：

4.4.1 能源结构调整

- 生产环节的母线加工（裁剪、折弯）和组装过程，优先使用厂区光伏/风电绿电替代网电，降低生产用电的碳排放强度。

4.4.2 工艺精简与节能

- 母线加工采用激光下料替代传统切割，减少边角料浪费；组装环节优化流水线布局，减少物料搬运能耗；同时对加工设备进行节能改造，降低待机能耗。

4.5 原材料运输阶段（占比 1.41%，低优先级优化），该阶段占比最低，可通过集中采购、就近采购降低碳排放：

- 优先选择本地或周边地区的原材料供应商，减少跨区域运输距离；采用集中批量采购模式，提升运输车辆装载率，减少运输频次。

(5) 减排优先级与实施建议

- 第一优先级（占比 84.44%）：原材料获取+产品处置阶段，通过低碳材料采购、再生材料应用、易回收设计实现核心降碳。

第二优先级（占比 11.86%）：成品运输阶段，通过运输方式优化、包装轻量化实现降碳。

第三优先级（占比 3.69%）：生产 + 原材料运输阶段，通过绿电替代、就近采购实现辅助降碳。

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
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 1.0 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):

胡青



