报告编号：WIT-CFP- 719531187M -018

杭州乾龙电器有限公司

低压成套开关柜

产品碳足迹报告

杭州万泰认证有限公司

二〇二三年十一月

基本信息

报告信息

报告编号：WIT-CFP-719531187M -018

编写单位：杭州万泰认证有限公司

编制人员：王绝伦

审核单位：杭州万泰认证有限公司

审核人员：杨亮亮

发布日期：2023 年 11 月 20 日

申请者信息

公司全称：杭州乾龙电器有限公司

统一社会信用代码：9133038225602433XW

地址：浙江省杭州市临安区锦南街道锦天路 669 号

联系人： 周永斌

联系方式：13868009484

采用的标准信息

ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

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》

选择的数据库

GaBi Databases

China Products Carbon Footprint Factors Database

目 录

前 言 1

1 执行摘要 2

2 公司信息介绍 2

2.1 公司介绍 2

2.2 生产工艺 3

2.3 产品信息 4

3 目标与范围定义 4

3.1 研究目的 4

3.2 系统边界 5

3.3 功能单位 5

3.4 生命周期流程图的绘制 5

3.5 取舍准则 6

3.6 影响类型和评价方法 7

3.7 数据质量要求 7

4 过程数据收集 8

4.1 原材料生产阶段 8

4.2 原材料运输阶段 11

4.3 产品生产阶段 13

4.4 产品运输阶段 14

5 碳足迹计算 14

5.1 碳足迹计算方法 14

5.2 碳足迹计算结果 15

5.3 碳足迹影响分析 16

5.4 碳足迹改进建议 17

6 不确定性 17

7 结语 18

附录 A 数据库介绍.....19

前　言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的最大挑战之一，并将在未来几十年继续影响商业和公民。气候变化对人类和自然系统都有影响，并可能对资源可用性、经济活动和人类福祉产生重大影响。我们有必要在现有最佳科学知识的基础上，对气候变化的紧急威胁作出有效和渐进的应对。产品碳足迹量化是将科学知识转化为有助于应对气候变化的工具。温室气体可以在产品的整个生命周期内排放和去除，包括原材料的获取、设计、生产、运输/交付、使用和寿命终止处理。量化产品的碳足迹（CFP）将有助于理解和采取行动，在产品的整个生命周期中增加温室气体的去除量并减少温室气体的排放量。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的研究方法，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《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》,此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、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 PAS 2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。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。

1 执行摘要

杭州乾龙电器有限公司为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请**杭州万泰认证有限公司**对其选定产品的碳足迹排放情况进行研究，出具研究报告。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、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》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到为杭州乾龙电器有限公司生产的低压成套开关柜的碳足迹。

本报告的功能单位定义为**生产和使用"1 台低压成套开关柜"**。系统边界为"从摇篮到大门"类型，包括低压成套开关柜的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段及产品销售运输阶段产生的排放。

报告对低压成套开关柜的生命周期各阶段碳足迹比例进行分析。从单个阶段对碳足迹贡献来看，发现原材料生产阶段对产品碳足迹的贡献最大，其次为产品生产阶段。

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，主要体现在生产商术、地域、时间等方面。低压成套开关柜生产生命周期内主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据，部分通用的原辅料数据来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）及中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)，本次评价选用的数据在国内外 LCA 评价中被高度认可和广泛应用。

2 公司信息介绍

2.1 公司介绍

杭州乾龙电器有限公司创建于 1995 年 3 月，是集研发与生产为一体的具有品牌特色的漏电保护器专业制造企业。主导产品有：剩余电流保护器、剩余电流动作断路器、塑壳断路器、漏电断路器、高低压电力成套设备等。近年来，公司

先后被授予杭州市名牌产品、浙江省名牌产品、浙江省著名商标、国家高新技术企业、中国电器工业协会 AAA 级信用企业。

公司目前拥有固定资产 3500 万元，占地面积 1.4 万平方米，建筑面积 1.3 万平方米，目前员工 29 人。公司生产设备先进、检测设备完善，为提升产品质量、完善产品功能及新产品的开发提供了强有力的保证。公司以市场为导向，不断推出适合市场需求的新产品，先后开发了 JD6、QLL2、QLL3、QLL6、QLM3、QLB3 等多个系列 10 多个规格品种的产品，这些产品因科技含量高，产品性能好，在服务城乡低压电网改造中发挥了很好的作用，深受用户的好评。历年取得国家专利技术 30 余项，公司先后获得“重合同、守信用”单位、连续十余年银行系统“AAA”级信用企业等称号。公司在发展过程中，重视各类体系建设，通过体系规范企业各项经营活动。2000 年通过 ISO9001 质量管理体系认证，2012 年通过 ISO10012:2003 测量管理体系认证，2016 年通过 ISO14001:2015 环境管理体系认证，2018 年通过 OHSAS18001:2007 职业健康安全管理体系认证，在生产经营活动中贯彻“科技创新、优质高效、诚信服务、顾客至上；保护环境，节能降耗，以人为本，持续发展”的质量环境职业健康安全方针，重视环境保护、提供健康安全的工作条件、科学发展的理念。

2.2 生产工艺

本报告主要研究讨论的产品为低压成套开关柜，具体工艺如下:

主要产品工艺流程图

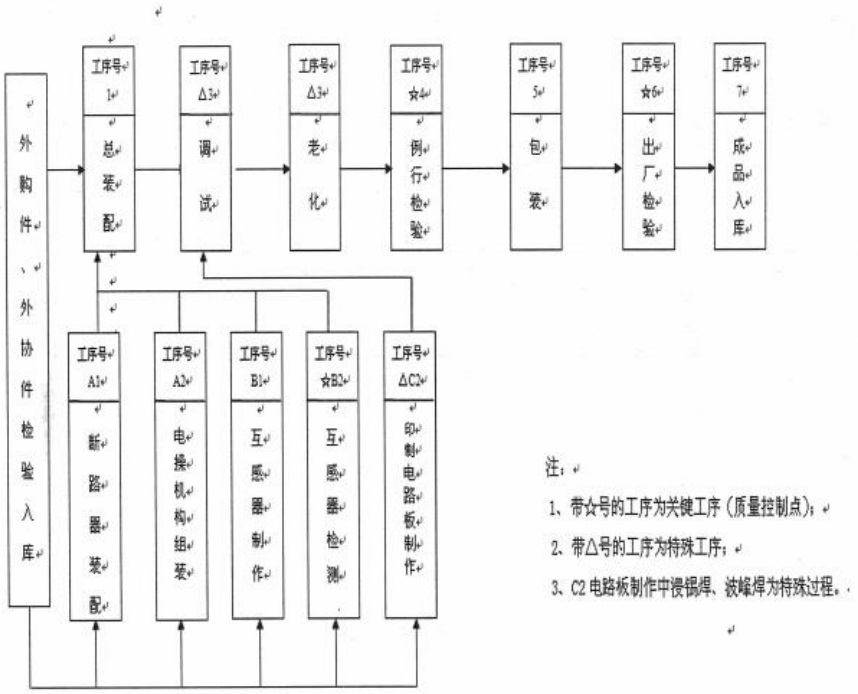

图 2.1 工艺流程图

2.3 产品信息

产品名称：低压成套开关柜

产品说明：低压成套开关柜是一种安装终端电器的装置 ，它的主要特点是采用电器尺寸模数化，安装轨道化、 外形艺术化、使用安全化 ；在国内外已被广泛应用。适于用电设备进行电能计量控制、对过载、 短路、过电压和湿电起保护作用的一 种成套装置。可广泛应用千高层建筑，住宅、 车站、 港口、 机场、医院、影剧院、 大型商业网点和工矿企业等。

3 目标与范围定义

3.1 研究目的

本次研究的目的是得到杭州乾龙电器有限公司 2022 年度生产的“1 台低压成套开关柜”全生命周期过程碳足迹的平均水平，为杭州乾龙电器有限公司开展持

续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是环境保护工作和社会责任的一部分，也是杭州乾龙电器有限公司迈向国际市场的重要一步。本报告的研究结果将为杭州乾龙电器有限公司与低压成套开关柜的采购商和原材料供应商的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本报告研究结果的潜在沟通对象包括两个群体: 一是杭州乾龙电器有限公司内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游主要原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

3.2 系统边界

本次碳足迹评价的系统边界为杭州乾龙电器有限公司 2022 年度低压成套开关柜产品生产活动及及运输活动的全生命周期。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括低压成套开关柜的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段及产品销售运输阶段产生的排放。

3.3 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，本报告功能单位定义为：生产和使用“1 台低压成套开关柜”。

3.4 生命周期流程图的绘制

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》绘制“1 台低压成套开关柜”产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到商业（B2B）评价：包括从原材料获取，原料运输，产品生产及产品运输的整个过程的排放，产品的生命周期流程图如下:

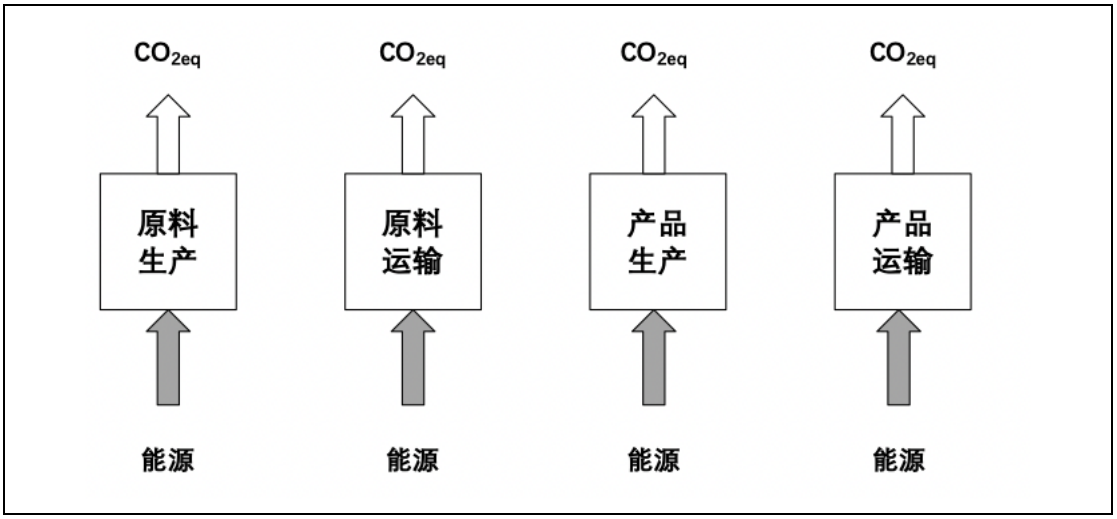

图 3.1 产品照片生命周期评价边界图

本报告中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，产品的系统边界见下表:

表 3.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
a 产品生产的生命周期过程包括:原材料获取+原材料运输+产品生产+销售运输。 b 主要原材料生产过程中电力等能源的消耗。 c 生产过程电力、天然气等能源的消耗。 d 原材料运输、产品运输。	a 资本设备的生产及维修 b 次要辅料的运输及获取

3.5 取舍准则

本项目采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下:

I 普通物料重量＜1%产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量＜0.1%产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%;

II 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略;

III 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅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，基本无忽略的物料。

3.6 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品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。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化物（HFC_s）、全氟化碳（PFC_s）、六氟化硫（SF_6）和三氟化氮（NF_3）等。并且采用了 **IPCC 第六次评估报告(2021 年)**提出的方法来计算产品生产周期的 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 CO_2 当量（CO_2e）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 27.9kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO2e）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kgCO_2e。

3.7 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面:

I 数据准确性：实景数据的可靠程度

II 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

III 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，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究在 2022 年 4 月进行数据的调查、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

Gabi 数据库及中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）；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数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内外的 LCA 研究。

本次报告编制中初级数据，如生产制造的原辅材料清单及能源消耗由生产厂商直接提供，数据等级为实际现场值，数据质量高；次级数据如原材料生产、运输和产品运输中使用的能源消耗来源于 Gabi 数据库或中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）中的背景数据。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。

4 过程数据收集

4.1 原材料生产阶段

4.1.1 活动水平数据

原材料数据来源于企业 2022 年实际消耗量统计，根据“1 台低压成套开关柜”进行分配，具体数据如下：

表 4.1 原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	材质	活动数据	单位
1	箱体 PC	PC	0.00400	t
2	箱体 ABS	ABS	0.04000	t
3	塑壳断路器 RDM1-630L/3300 630A	/	0.00400	t
4	小型断路器 RDB3-63 C63 4P	/	0.00312	t
5	电能表接插件-三相	/	0.00120	t
6	开关端子 FJ6G-100/10-35/4x16 1 进 4 出	/	0.00030	t
7	接线盒 FJ6/JHSD-12(右出线）	/	0.00023	t
8	接线盒 FJ6/JHD-1/CL 直进单极十二表户	/	0.00025	t
9	聚氯乙烯绝缘导线 红色 BV 10mm²	/	7.03500	m
10	聚氯乙烯绝缘导线 黄色 BV 10mm²	/	3.91500	m
11	聚氯乙烯绝缘导线 绿色 BV 10mm²	/	5.29500	m
12	聚氯乙烯绝缘导线 蓝色 BV 10mm²	/	14.49000	m

序号	原辅材料	材质	活动数据	单位
13	管形预绝缘端头 E10-10 黄	/	0.00002	t
14	管形预绝缘端头 E10-10 绿	/	0.00002	t
15	管形预绝缘端头 E10-10 红	/	0.00002	t
16	管形预绝缘端头 E10-10 蓝	/	0.00006	t
17	十字槽盘头自攻螺钉 ST4.2×16 铁	铁	0.00003	t
18	十字槽沉头自攻螺钉 ST4.2×38(带头尺寸) 不锈钢	不锈钢	0.00003	t
19	半圆头铆钉 2.4×8 铝	铝	0.00003	t
20	包装纸箱	瓦楞纸	0.00300	t

4.1.2 排放因子数据

原材料生产的碳排放系数未进行供应商实景过程调研，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体数据如下:

表 4.2 原材料及辅料排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	箱体 PC	4	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-PC
2	箱体 ABS	3.08	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-ABC
3	塑壳断路器 RDM1-630L/3300 630A	3.416	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-copper sheet/ABS
4	小型断路器 RDB3-63 C63 4P	3.584	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-copper sheet/ABS
5	电能表接插件-三相	4.56	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-PC/China Products Carbon Footprint Factors Database—不锈钢（stainless steel）
6	开关端子 FJ6G-100/10-35/4x16 1 进 4 出	3.658	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-PC/China Products Carbon Footprint Factors Database—铁制品（ steel products）
7	接线盒 FJ6/JHSD-12(右出线）	3.658	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-PC/China Products Carbon Footprint Factors Database—铁制品（ steel products）
8	接线盒 FJ6/JHD-	4.189	tCO_2eq/t	GABI 数据库-EU-PC/China

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
	1/CL 直进单极十二表户			Products Carbon Footprint Factors Database—铁制品（ steel products）/铜（copper）
9	聚氯乙烯绝缘导线 红色 BV 10mm²	0.00013	tCO_2eq/m	China Products Carbon Footprint Factors Database—铜芯聚乙烯绝缘电线（BV-10mm2）
10	聚氯乙烯绝缘导线 黄色 BV 10mm²	0.00013	tCO_2eq/m	China Products Carbon Footprint Factors Database—铜芯聚乙烯绝缘电线（BV-10mm2）
11	聚氯乙烯绝缘导线 绿色 BV 10mm²	0.00013	tCO_2eq/m	China Products Carbon Footprint Factors Database—铜芯聚乙烯绝缘电线（BV-10mm2）
12	聚氯乙烯绝缘导线 蓝色 BV 10mm²	0.00013	tCO_2eq/m	China Products Carbon Footprint Factors Database—铜芯聚乙烯绝缘电线（BV-10mm2）
13	管形预绝缘端头 E10-10 黄	5.295	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—PVC、铜
14	管形预绝缘端头 E10-10 绿	5.295	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—PVC、铜
15	管形预绝缘端头 E10-10 红	5.295	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—PVC、铜
16	管形预绝缘端头 E10-10 蓝	5.295	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—PVC、铜
17	十字槽盘头自攻螺钉 ST4.2 × 16 铁	2.29	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—铁制品（iron products）

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
18	十字槽沉头自攻螺钉 ST4.2 × 38(带头尺寸) 不锈钢	6.8	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—不锈钢（stainless steel）
19	半圆头铆钉 2.4 × 8 铝	8.91	tCO_2eq/t	GABI 数据库-CN-铝
20	包装纸箱	7.1	tCO_2eq/t	China Products Carbon Footprint Factors Database—瓦楞纸箱（Corrugated Box）

4.2 原材料运输阶段

4.2.1 活动水平数据

原材料运输阶段活动水平为根据供应商与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下:

表 4.3 原辅材料运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	箱体 PC	0.1600	t·km	根据统计数据计算
2	箱体 ABS	1.6000	t·km	根据统计数据计算
3	塑壳断路器 RDM1-630L/3300 630A	0.0000	t·km	根据统计数据计算
4	小型断路器 RDB3-63 C63 4P	0.0000	t·km	根据统计数据计算
5	电能表接插件-三相	0.0000	t·km	根据统计数据计算
6	开关端子 FJ6G-100/10-35/4x16 1 进 4 出	0.0000	t·km	根据统计数据计算
7	接线盒 FJ6/JHSD-12(右出线）	0.0035	t·km	根据统计数据计算
8	接线盒 FJ6/JHD-1/CL 直进单极十二表户	0.0038	t·km	根据统计数据计算
9	聚氯乙烯绝缘导线 红色 BV 10mm²	0.1800	t·km	根据统计数据计算
10	聚氯乙烯绝缘导线 黄色 BV 10mm²	0.1020	t·km	根据统计数据计算
11	聚氯乙烯绝缘导线 绿色 BV 10mm²	0.1380	t·km	根据统计数据计算
12	聚氯乙烯绝缘导线 蓝色 BV 10mm²	0.3750	t·km	根据统计数据计算
13	管形预绝缘端头 E10-10 黄	0.0003	t·km	根据统计数据计算
14	管形预绝缘端头 E10-10 绿	0.0003	t·km	根据统计数据计算
15	管形预绝缘端头 E10-10 红	0.0003	t·km	根据统计数据计算

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
16	管形预绝缘端头 E10-10 蓝	0.0009	t·km	根据统计数据计算
17	十字槽盘头自攻螺钉 ST4.2 × 16 铁	0.0002	t·km	根据统计数据计算
18	十字槽沉头自攻螺钉 ST4.2 × 38(带头尺寸) 不锈钢	0.0002	t·km	根据统计数据计算
19	半圆头铆钉 2.4 × 8 铝	0.0002	t·km	根据统计数据计算
20	包装纸箱	0.3150	t·km	根据统计数据计算

2.2 排放因子数据

原材料运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下:

表 4.4 原辅材料运输排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	箱体 PC	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
2	箱体 ABS	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
3	塑壳断路器 RDM1-630L/3300 630A	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
4	小型断路器 RDB3-63 C63 4P	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
5	电能表接插件-三相	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
6	开关端子 FJ6G-100/10-35/4x16 1 进 4 出	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
7	接线盒 FJ6/JHSD-12(右出线）	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
8	接线盒 FJ6/JHD-1/CL 直进单极十二表户	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
9	聚氯乙烯绝缘导线 红色 BV 10mm²	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
10	聚氯乙烯绝缘导线 黄色 BV 10mm²	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
11	聚氯乙烯绝缘导线 绿色 BV	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
	10mm²			道路交通平均
12	聚氯乙烯绝缘导线 蓝色 BV 10mm²	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
13	管形预绝缘端头 E10-10 黄	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
14	管形预绝缘端头 E10-10 绿	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
15	管形预绝缘端头 E10-10 红	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
16	管形预绝缘端头 E10-10 蓝	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
17	十字槽盘头自攻螺钉 ST4.2×16 铁	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
18	十字槽沉头自攻螺钉 ST4.2×38(带头尺寸) 不锈钢	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
19	半圆头铆钉 2.4×8 铝	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均
20	包装纸箱	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均

4.3 产品生产阶段

4.3.1 活动水平数据

产品生产阶段的活动水平数据均来源于企业统计的实景数据，根据生产线的能源消耗，具体如下：**低压成套开关柜**

表 4.5 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位	来源
低压成套开关柜	电	0.0058	MWh	生产统计
	水	0.02	t	

4.3.2 排放因子数据

产品生产阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.6 产品生产阶段排放因子

生产单元	能源	排放因子	单位	来源
低压成套开关柜	电	0.581	tCO_2/MWh	中国 2020 年电网平均 CO_2 排放因子
	水	0.01232	tCO_2eq/t	China Database—工业用水平均

4.4 产品运输阶段

4.4.1 活动水平数据

产品运输阶段活动水平为根据客户与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下:

表 4.7 产品运输阶段活动水平

序号	产品	活动水平	单位	来源
1	低压成套开关柜	44.678	t·km	根据统计数据计算

4.4.2 排放因子数据

产品运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下:

4.8 产品运输阶段排放因子

序号	产品	排放因子	单位	来源
1	低压成套开关柜	0.074	$kgCO_2eq/(t·km)$	China Database—道路交通平均

5 碳足迹计算

5.1 碳足迹计算方法

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的所有原辅材料、能源乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下:

$$CFP = \Sigma_{i=1,\ j=1}^{n} P_i \times Q_{ij} \times GWP_j \qquad (1)$$

式中:

CFP——产品碳足迹;

P——活动水平数据;

Q——排放因子数据;

GWP——全球变暖潜势值。

注：本报告采用 2021 年 IPCC 第六次评估报告 AR6 值。

产品回收利用部分的循环利用信用额采用 ISO 14047-2018 开环分配程序，其计算公式如下:

$$E_M = E_V + E_{EoL} - R \cdot A \cdot E_V \qquad (2)$$

式中:

E_M——与原材料获取和报废回收相关的排放量;

E_V——从自然资源中提取或生产产品所需原材料所产生的温室气体排放量，这些都是初级材料;

E_{EoL}——与寿命终止运营相关的温室气体排放（作为提供回收材料的产品系统的一部分）;

R——材料回收率;

$R \cdot A \cdot E_V$——循环利用信用额

如果 A=0，即完全是降级循环，不存在循环信用。

5.2 碳足迹计算结果

根据 5.1 章节公式，对生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据汇总计算，得到 1 台低压成套开关柜的碳足迹为 0.2061tCO_2eq，具体结果如下:

表 5.1 产品碳足迹评价结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品碳足迹
碳排放量 (tCO_2eq)	0.1990	0.0002	0.0036	0.0033	0.2061
占比	96.53%	0.10%	1.75%	1.61%	100.00%

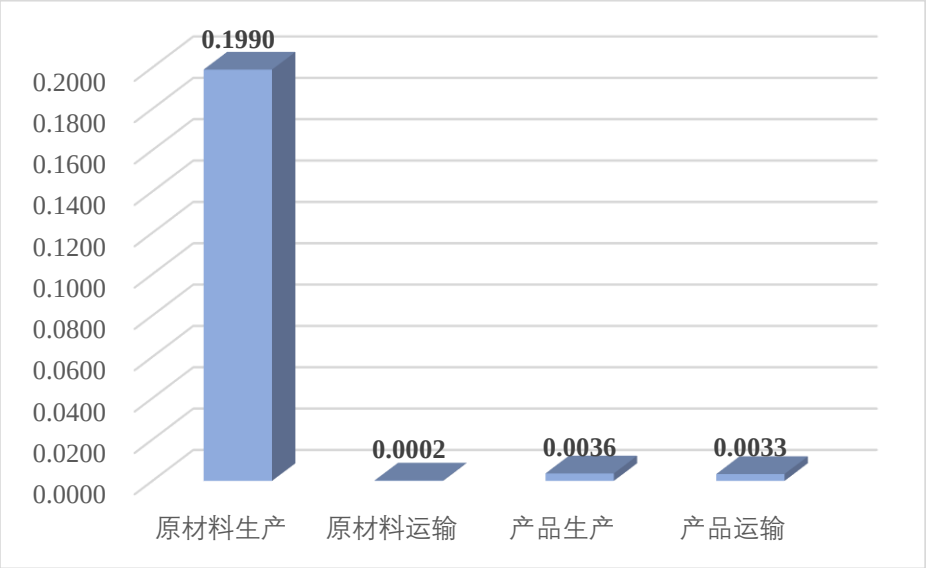

图 5.1 产品碳足迹评价结果

5.3 碳足迹影响分析

从低压成套开关柜产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出低压成套开关柜产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 96.53%，其次为产品生产阶段，占比 1.75%，具体详见下图。

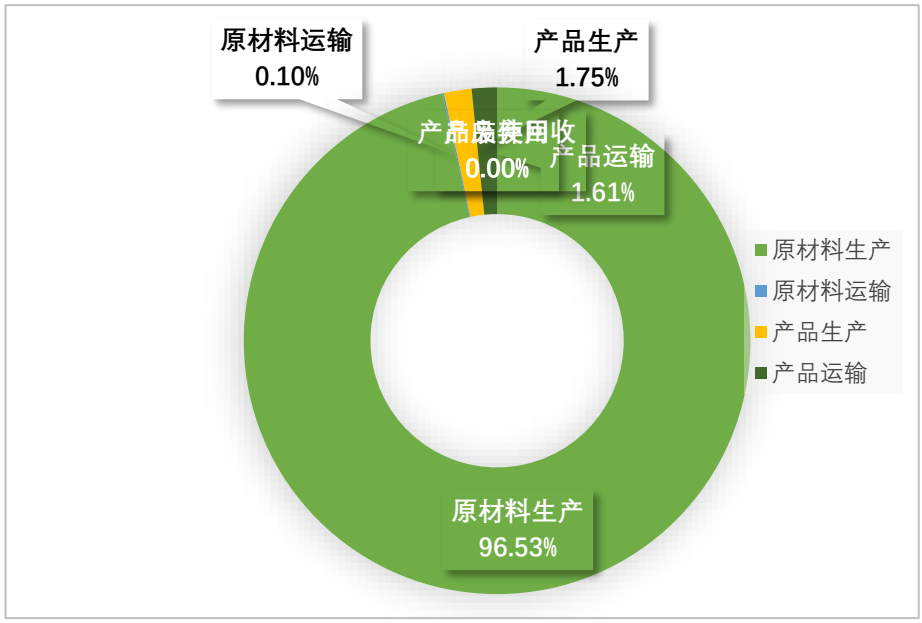

图 5.2 产品碳足迹贡献情况分布图

5.4 碳足迹改进建议

减少产品碳足迹需综合考虑产品全生命周期的各阶段影响，根据以上碳足迹贡献度分析，建议重点加强供应商原材料采购的管理及加强节能管理，以减少原材料获取阶段及生产阶段的碳足迹，具体如下:

（1）绿色供应商管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大，依据绿色供应商管理准则进行供应商考核，建立并实施供应商评价准则，加强供应链上对供应商的管理和评价，如要求主要供应商开展 LCA 评价，在原材料价位差异不大的情况下，尽量选取原材料碳足迹小或单位产品耗能较小的供应商，推动供应链协同改进。

（2）加强节能管理

加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高公用设备的利用率，减少电力的使用量、加强余热回收利用等;

（3）推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

6 不确定性

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有:

a) 使用准确率较高的初级数据，最大程度的使用供应商提供的原始数据;

b) 对生产工序进行能源消耗跟踪监测，提高初级数据的准确性。

7 结语

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，进行产品碳足迹的核算是实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

附录 A 数据库介绍

（1）GaBi 数据库：由德国的 Thinkstep 公司开发的 LCA 数据库，GaBi 专业及扩展数据库共有 4000 多个可用的 LCI 数据。其中专业数据库包括各行业常用数据 900 余条扩展数据库包含了有机物、无机物、能源、钢铁、铝、有色金属、贵金属、塑料，涂料、寿命终止、制造业，电子、可再生材料、建筑材料、纺织数据库、美国 LCA 数据库等 16 个模块。

（2）中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database): 由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院，在中国城市温室气体工作组（CCG）统筹下，组织 24 家研究机构的 54 名专业研究人员，基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算，并经过 16 名权威专家评审后公开的中国产品全生命周期温室气体排放系数，具有较高的科学性、权威性。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息，包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物处理和碳汇共计 1490 条数据信息。