

评价报告编号：T40002

黄华集团有限公司
环保气体绝缘柜
(HEI-12(v)630-20)
产品碳足迹报告

机构名称（公章）：三信国际检测认证有限公司



报告签发日期：2024年9月14日

企业名称	黄华集团有限公司	地址	浙江省温州市乐清市柳市镇华山北路2、6、8号				
联系人	杨素丹	联系方式	13867770100				
核算和报告依据		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》； ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》； GB/T 24040-2008《环境管理生命周期评价原则与框架》； GB/T 24044-2008《环境管理生命周期评价要求与指南》。					
评价结论： 三信国际检测认证有限公司受黄华集团有限公司委托，对环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）的产品碳足迹进行评价，确认结论如下： 1.评价标准中所要求的内容已在本次工作中覆盖 确认此次产品碳足迹报告符合 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》； ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》； GB/T 24040-2008《环境管理生命周期评价原则与框架》； GB/T 24044-2008《环境管理生命周期评价要求与指南》的要求。 2.单位产品碳足迹结果 <table><tr><td>环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）</td><td>单位产品碳排放量 (kgCO₂eq)</td></tr><tr><td>摇篮到大门</td><td>2715.79</td></tr></table> 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“摇篮到大门”，包括原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段。 （2）本次产品碳足迹评价工作采用GIS-LCA平台系统建立了产品生命周期模型，计算得到产品碳足迹结果。				环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)	摇篮到大门	2715.79
环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)						
摇篮到大门	2715.79						

编制	王静	签名		日期	2024.09.14
编制	甘智勇	签名		日期	2024.09.14
组员	甘智勇 王静				
审核	王静	签名		日期	2024.09.14
批准	甘智勇	签名		日期	2024.09.14

目录

摘要	1
1 产品碳足迹 (CFP) 介绍	3
2 企业及产品介绍	5
2.1 企业介绍	5
2.2 厂区布局	6
2.3 产品工艺流程	8
3 目标与范围定义	9
3.1 评价目的	9
3.2 评价范围	10
3.2.1 功能单位	10
3.2.2 系统边界	10
3.2.3 分配原则	11
3.2.4 取舍准则	11
3.2.5 相关假设和限制	12
3.2.6 影响类型和评价方法	12
3.2.7 数据库	12
3.2.8 数据质量要求	13
4 数据收集	14
4.1 数据收集说明	14
4.2 活动水平数据	15
4.2.1 原辅料获取	15
4.2.2 原辅料运输	17
4.2.3 产品生产	19
4.3 排放因子数据	20
5 碳足迹计算	21
5.1 计算方法	21
5.2 计算结果	21

5.3 不确定性分析	30
6 结论与建议	31
6.1 结论	31
6.2 建议	31

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》；ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》；GB/T 24040-2008《环境管理生命周期评价原则与框架》；GB/T 24044-2008《环境管理生命周期评价要求与指南》为标准，计算得到环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）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台环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品。评价的系统边界定义为部分产品碳足迹，即“摇篮到大门”，其中涵盖了原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段。评价得到：环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）“摇篮到大门”的碳足迹值为 2715.79kg CO₂ eq，原辅料获取阶段碳排放为 2535.65 kg CO₂ eq（93.37%），原辅料运输阶段碳排放为 4.36 kg CO₂ eq（0.16%），生产阶段碳排放为 175.78 kg CO₂ eq（6.47%）。

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。本报告采用泛能源大数据与战略研究中心自主研发的 GIS-LCA 平台系统，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《乐清市电力电器产品碳足迹评价（试点）规范要求及工作指南》规定的数据库，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。

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个完整生命周期评估（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) 《ISO14067:2018 温室气体-产品碳足迹-量化需求与指南》, 此标准以 PAS2050 为种子文件, 由国际标准化组织 (ISO) 编制发布。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

黄华集团有限公司始创于 1980 年，是集研发、生产、销售为一体的专业化输配电产品国家高新技术企业，是原国家机电部、能源部两部联合定点生产高低压开关设备企业。研发主导产品有欧式箱变、美式箱变、华式风电和太阳能箱变，干式、油浸式节能电力变压器，高低压成套开关设备、高压真空断路器、高压负荷开关、低压智能断路器、无功补偿柜、物联网智能低压开关柜、工商业分布式储能和预制舱集中式储能设备、直流充电桩、交流充电桩、分布式太阳能光伏等系列产品和 EPC 总分包、智慧能源管理及合同能源管理。公司先后获得国家高、低压成套开关设备生产秩序和产品质量合格证书，国家“CCC”、“CQC”认证，ISO9001 质量管理体系认证，ISO14001 环境质量体系认证、ISO45001 职业健康安全体系认证，取得武器“装备承制”资质、武器装备“二级保密资格”、“国军标质量体系”等证书。

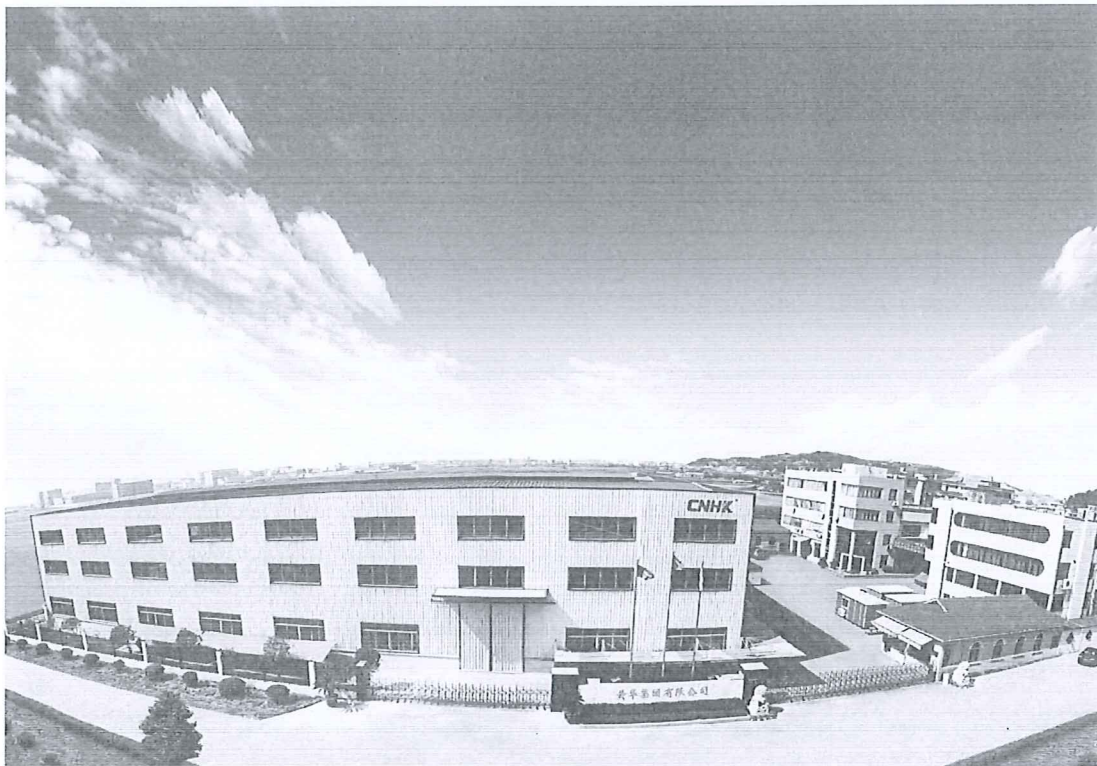


图 2.1 企业照片

2.2 厂区布局

厂区布局如图 2.2 所示，厂区有行政办公楼、原料区、元件车间、喷涂车间、总装车间、仓库等。

厂区平面图

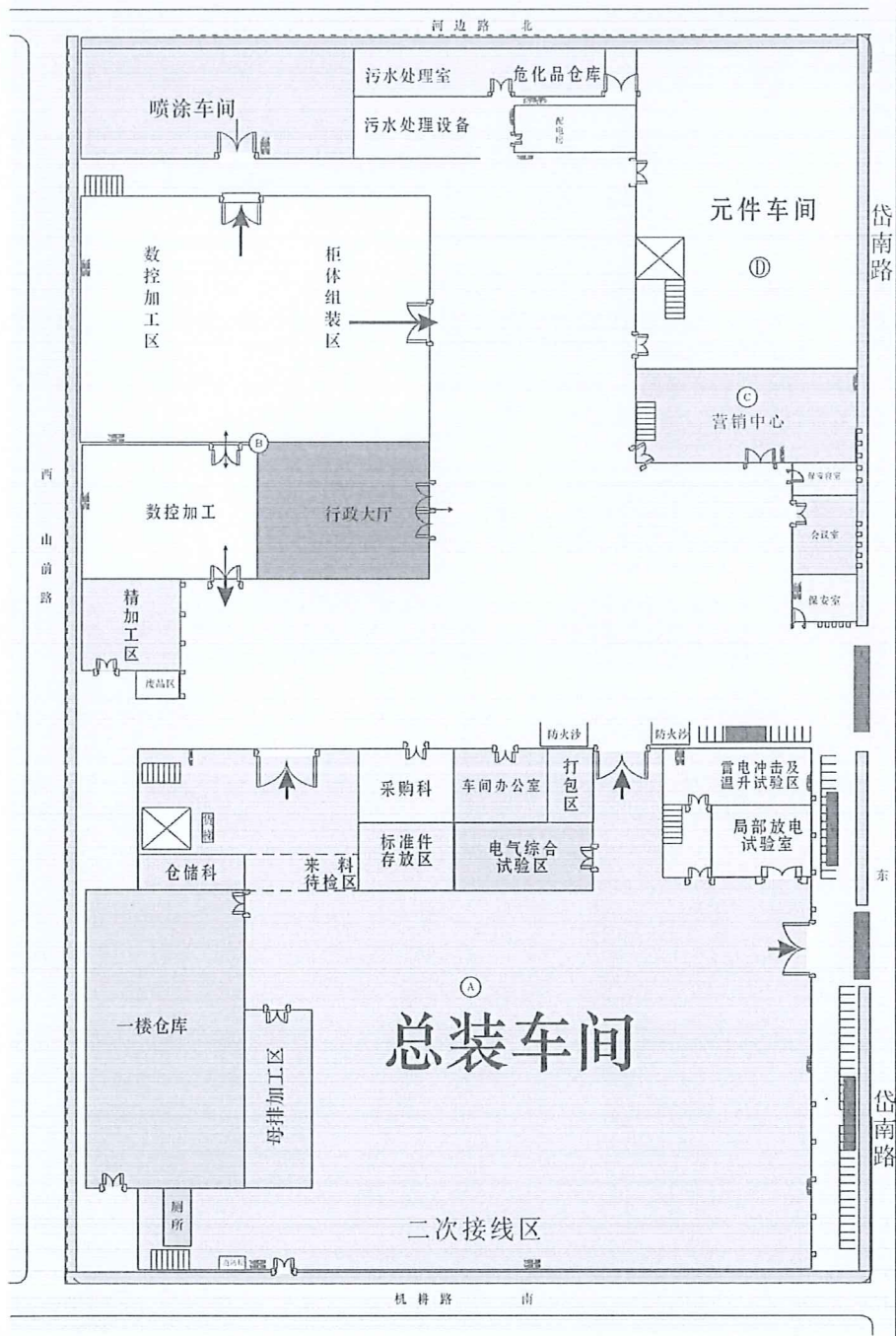


图 2.2 厂区布局图

2.3 产品工艺流程

产品生产工艺如图 2.3 所示，包括来料检验、柜体数控加工、柜体焊接、柜体涂复、柜体装配、柜内电气元件安装、柜体成品检验、柜内电气一次安装、柜内电气二次配线、电气调试、总装成品出厂检验等工序。

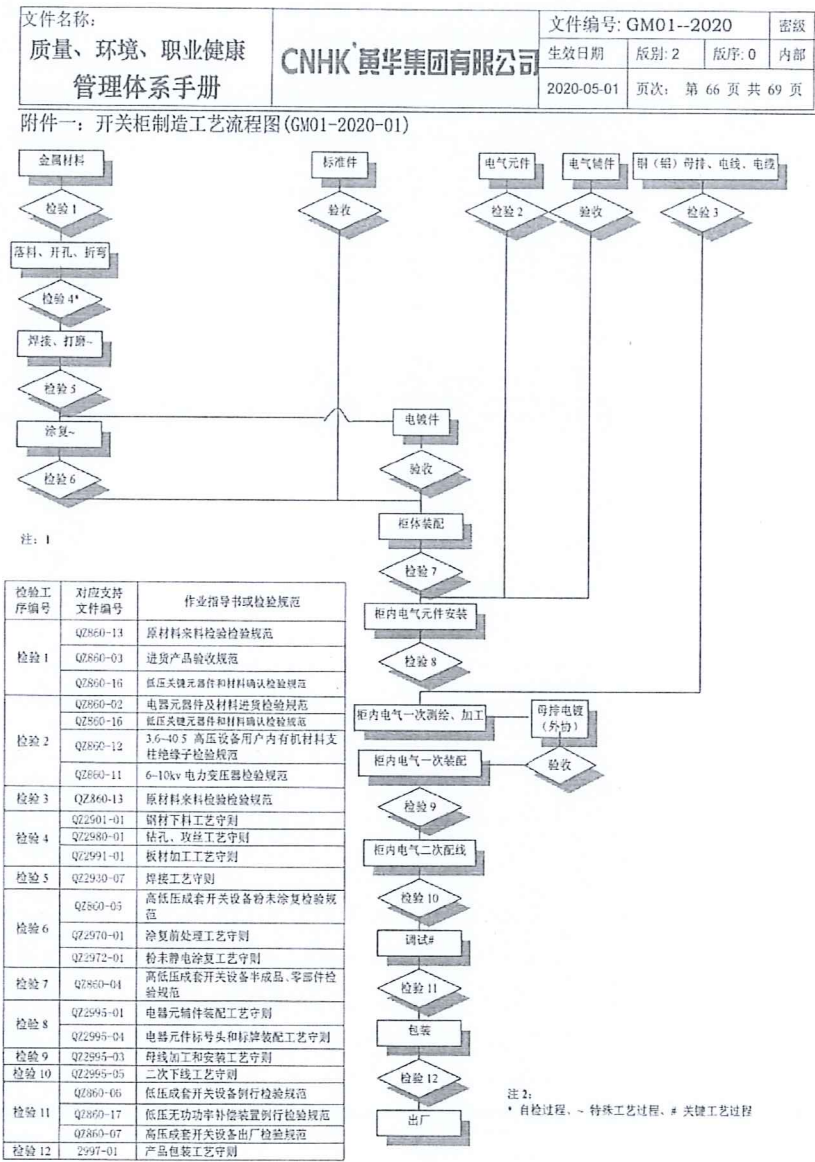


图 2.3 产品生产工艺流程图

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》；

ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》；

GB/T 24040-2008《环境管理生命周期评价原则与框架》；

GB/T 24044-2008《环境管理生命周期评价要求与指南》标准的要求，科学地评估环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）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，黄华集团有限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 台环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）。

3.2.2 系统边界

本次评价的系统边界“摇篮到大门”，涵盖了原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段等阶段。环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品从“摇篮到大门”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 各阶段包含及不包含的过程

阶段类型	包含的过程	未包含的过程
原辅料获取阶段	镀锌钢板，不锈钢板，环保气体绝缘断路器	
原辅料运输阶段	镀锌钢板，不锈钢板，环保气体绝缘断路器等的运输	
生产阶段	电力等	

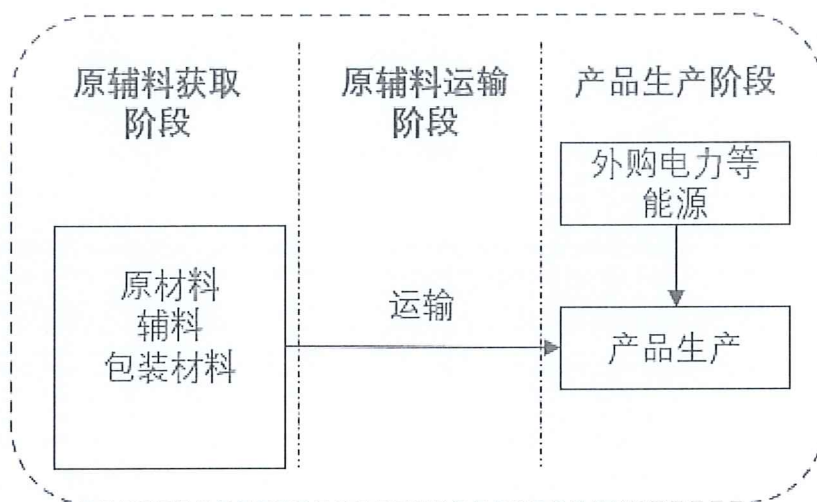


图 3.1 环保气体绝缘柜产品碳足迹评价系统边界

3.2.3 分配原则

许多流程通常不只一个功能或输出，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。

由于黄华集团有限公司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，如果相同影响在一个过程/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，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）等。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 数据库

本评价过程中使用到的数据库，包括 Ecoinvent3.9 数据库等。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 2024 年 5 月 28 日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 Ecoinvent3.9 数据库；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。

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，对环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）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 2023 年 01 月 01 日-2023 年 12 月 31 日。数据代表了环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）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：电力的排放因子可表示为 $\text{CO}_2\text{eq/kWh}$ 。全球增温潜势（GWP）是将单位质量的某种温室气体（GHG）在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度的影响相关联的系数。

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 Ecoinvent3.9 数据库。

4.2 活动水平数据

生产环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

4.2.1 原辅料获取

原辅料获取的活动水平数据包括镀锌钢板，不锈钢板，环保气体绝缘断路器等原辅料的的活动水平数据，及原辅料开采、生产、加工等过程的活动水平数据。环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品的原辅料获取活动水平数据具体见表 4.1。

表 4.1 原辅料获取活动水平数据

名称	功能单位耗材	单位	材质
镀锌钢板	210	kg	铁和锌
不锈钢板	200	kg	铁、18-20%的铬、8-10.5%的镍和 0.08%的碳
铜螺丝	200	Item(s)	紫铜
抽芯铆钉	40	Item(s)	304 不锈钢
木箱	25	kg	木件
油漆	20	kg	环氧树脂，丙烯酸
铜排	10	kg	100%紫铜
微型断路器	7	Item(s)	阻燃增强尼龙 45%铜件 25%铁件 15%冷轧钢板 5%
门铰链	7	Item(s)	锌合金
固体柜柜体配件	5	Item(s)	PC 材质
连接片	4	Item(s)	塑料，不锈钢，铜

名称	功能单位耗材	单位	材质
纸板	4	Item(s)	纸浆
电缆夹	3	Item(s)	尼龙
指针电流表	3	Item(s)	PC 材质, ABS, 铁件
避雷器	3	Item(s)	三元乙丙橡胶 48%, 氧化锌 41%, 铜 7%, 其它 4%
进出线套管	3	Item(s)	环氧树脂、紫铜、感应网、黄铜嵌件
门锁	2	Item(s)	锌合金
观察窗	2	Item(s)	PC 材质
信号灯	2	Item(s)	PA66(G20) V0 阻燃; 底盖:ABS、V0 阻燃; 色罩: PC; 紧固圈:ABS; 磨砂罩:POM; 垫圈:丁腈橡胶
照明灯	2	Item(s)	线路板 70%LED 灯珠 10%塑壳 20%
加热器	2	Item(s)	镍铬合金丝, 硅橡胶与无碱玻璃纤维, 铝板
环保柜操作机构	2	Item(s)	铁 90%铜 5%塑料 2%
按钮 2	2	Item(s)	PA66(G20) V0 阻燃; 底盖:ABS、V0 阻燃; 色罩: PC; 紧固圈:ABS; 磨砂罩:POM; 垫圈:丁腈橡胶
按钮 1	2	Item(s)	丁腈橡胶, PC、V2 阻燃, POM, 铝合金
铭牌	1	Item(s)	304 不锈钢
环保气体绝缘断路器	1	Item(s)	铜 15%钢板 61.5%环氧树脂 4%工程塑料 0.6%硅橡胶 6%铝合金 4%SMC 绝缘板 1.3%普通橡胶 7.6%
环保机构配件	1	Item(s)	铁 95%铜 3%塑料 2%
气压表	1	Item(s)	不锈钢 80%铜 20%
带电显示器	1	Item(s)	ABS,铁件, 铜件, 线路板
故障指示器	1	Item(s)	线路板 15%电子元器件 30%电池 15%光纤 15%壳体 15%
电流互感器	1	Item(s)	环氧树脂 20%铁芯: 30%漆包线: 30%塑料外壳 10%
零序电流互感器	1	Item(s)	环氧树脂 20%铁芯: 30%

名称	功能单位耗材	单位	材质
			漆包线：30%塑料外壳 10%
温湿度控制器	1	Item(s)	贵金属.塑料.集成电路
电磁锁	1	Item(s)	铝合金 15%塑料件 7%铜件 8%铁件 70%
转换开关	1	Item(s)	塑料件:60%金属件：40%
防爆玻璃	1	Item(s)	玻璃
拉手	1	Item(s)	锌合金
充气柜柜体配件 1	1	Item(s)	PC 材质
充气柜柜体配件 2	1	Item(s)	铝制防爆阀外圈+不锈钢 201 材质的片+PC 材质塑料圈+丁青材质密封圈
充气柜柜体配件 3	1	Item(s)	不锈钢 304
充气柜柜体配件 4	1	Item(s)	铝制外圈+PC 镜片+丁青密封圈
充气柜柜体配件 5	1	Item(s)	304 不锈钢
缠绕膜	1	Item(s)	LLDPE
综合保护装置	1	Item(s)	线路板 60%液晶 20%机箱 20%

4.2.2 原辅料运输

原辅料运输的活动水平数据包括镀锌钢板，不锈钢板，环保气体绝缘断路器等原辅料从上游供应商运输至厂区过程中的活动水平数据。生产环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品的原辅料运输活动水平数据具体见表 4.2。

表 4.2 原辅料运输活动水平数据

名称	运输工具- 燃料类型	运输距离 (km)	采购地点
镀锌钢板	货车	21.222	乐清市乐清经济开发区纬二十一路 228 号
不锈钢板	货车	5.614	浙江省温州市乐清市柳市镇长岐社区
铜螺丝	货车	6.674	柳市镇虎啸路 288 号

名称	运输工具- 燃料类型	运输距离 (km)	采购地点
抽芯铆钉	货车	511.651	常州市天宁区青洋北路 99 号 3 号楼 106 号
木箱	货车	8.578	乐清市柳市镇
油漆	货车	486.814	江苏省宜兴市新材料产业园
铜排	货车	27.297	乐清市城东街道城东产业功能区永兴二 路 1 号（乐清市汇丰铜业有限公司内）
微型断路器	货车	17.348	浙江省温州市乐清市峡门工业区旭达路 1 号
门铰链	货车	8.526	浙江省温州市乐清市柳市镇吕岙工业 区 d 区 13 号浙江飞雷电气有限公司
固体柜柜体 配件	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七 路 333 号
连接片	货车	9.93	乐清市翁洋街道东盐工业区
纸板	货车	8.578	乐清市柳市镇上岩村
电缆夹	货车	7.065	乐清市柳市镇西东村
指针电流表	货车	8.439	浙江省温州市乐清市柳市镇前西垟村
避雷器	货车	15.229	乐清市经济开发区纬十一路 188 号固力 发集团股份有限公司
进出线套管	货车	550.151	厦门火炬高新区（翔安）产业区翔明路 8 号
门锁	货车	8.526	浙江省温州市乐清市柳市镇吕岙工业 区 d 区 13 号浙江飞雷电气有限公司
观察窗	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七 路 333 号
信号灯	货车	21.072	浙江省乐清市乐成街道潘家垟村
照明灯	货车	9.495	浙江省温州市乐清市盐盘街道杨岙村龙 吟路 6 号
加热器	货车	8.489	乐清市柳市镇山前马村
环保柜操作 机构	货车	46.504	浙江省温州市瓯海区娄桥工业园集贤路 58 号兴机电器集团有限公司
按钮 2	货车	21.072	浙江省乐清市乐成街道潘家垟村
按钮 1	货车	21.072	浙江省乐清市乐成街道潘家垟村
铭牌	货车	4.049	浙江省温州市乐清市柳市镇岐头二村
环保气体绝 缘断路器	货车	0.351	浙江省温州市乐清市柳市镇华山北路 2、6、8 号

名称	运输工具- 燃料类型	运输距离 (km)	采购地点
环保机构配件	货车	46.504	浙江省温州市瓯海区娄桥工业园集贤路58号兴机电器集团有限公司
气压表	货车	11.665	乐清市白石镇密川村
带电显示器	货车	11.376	浙江省乐清市柳市镇朝阳村
故障指示器	货车	9.504	乐清市柳市上池池北路10号
电流互感器	货车	8.058	乐清市柳市镇朝阳村
零序电流互感器	货车	8.058	乐清市柳市镇朝阳村
温湿度控制器	货车	27.484	乐清市象阳工业区汤岙余创业园A幢
电磁锁	货车	334.162	江山经济开发区江东区兴工六路13号
转换开关	货车	12.462	浙江省温州乐清市柳市镇店后工业区站东路88号
防爆玻璃	货车	4.51	柳市镇木山后村中心中16号
拉手	货车	8.526	浙江省温州市乐清市柳市镇吕岙工业区d区13号浙江飞雷电气有限公司
充气柜柜体配件1	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七路333号
充气柜柜体配件2	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七路333号
充气柜柜体配件3	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七路333号
充气柜柜体配件4	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七路333号
充气柜柜体配件5	货车	15.006	浙江省温州市乐清市经济开发区纬十七路333号
缠绕膜	货车	7.002	浙江省乐清市柳市镇柳青南路2555号五洲电工电器城D区4幢114室
综合保护装置	货车	16.104	乐清市柳市镇新光工业区正泰路

4.2.3 产品生产

产品生产阶段的活动水平数据包括电等过程的活动水平数据。

生产环保气体绝缘柜 HEI-12(v)630-20 产品的活动水平数据具体见表

4.3。

表 4.3 产品生产的活动水平数据

类型	统计周期单台用量
电力	226.82 千瓦时

4.3 排放因子数据

生产环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品生命周期各阶段“摇篮到大门”的具体排放因子数据来源具体见表 4.4。

表 4.4 产品生命周期排放因子数据来源

阶段类型	数据来源
原辅料获取阶段	Ecoinvent 3.9
原辅料运输阶段	Ecoinvent 3.9
生产阶段	Ecoinvent 3.9

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、排放因子和全球增温潜势的乘积之和。计算公式如下：

$$E_{CO_2e} = \sum_{i,j} \sigma_{i,j}^n A_{i,j} \times EF_{i,j} \times GWP_j(1)$$

其中：

E_{CO_2e} 为产品全生命周期碳排放量，kgCO₂eq；

$A_{i,j}$ 为产品生命周期中第*i*阶段第*j*种温室气体活动水平；

$EF_{i,j}$ 为产品生命周期中第*i*阶段第*j*种温室气体排放因子；

GWP_j 为第*j*种温室气体全球增温潜势。

5.2 计算结果

在 GIS-LCA 平台上建立环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品生命周期模型，计算出生产 1 台产品从“摇篮到大门”的碳足迹结果。模型部分截图如图 5.1 所示，具体碳足迹数据如表 5.1 所示。

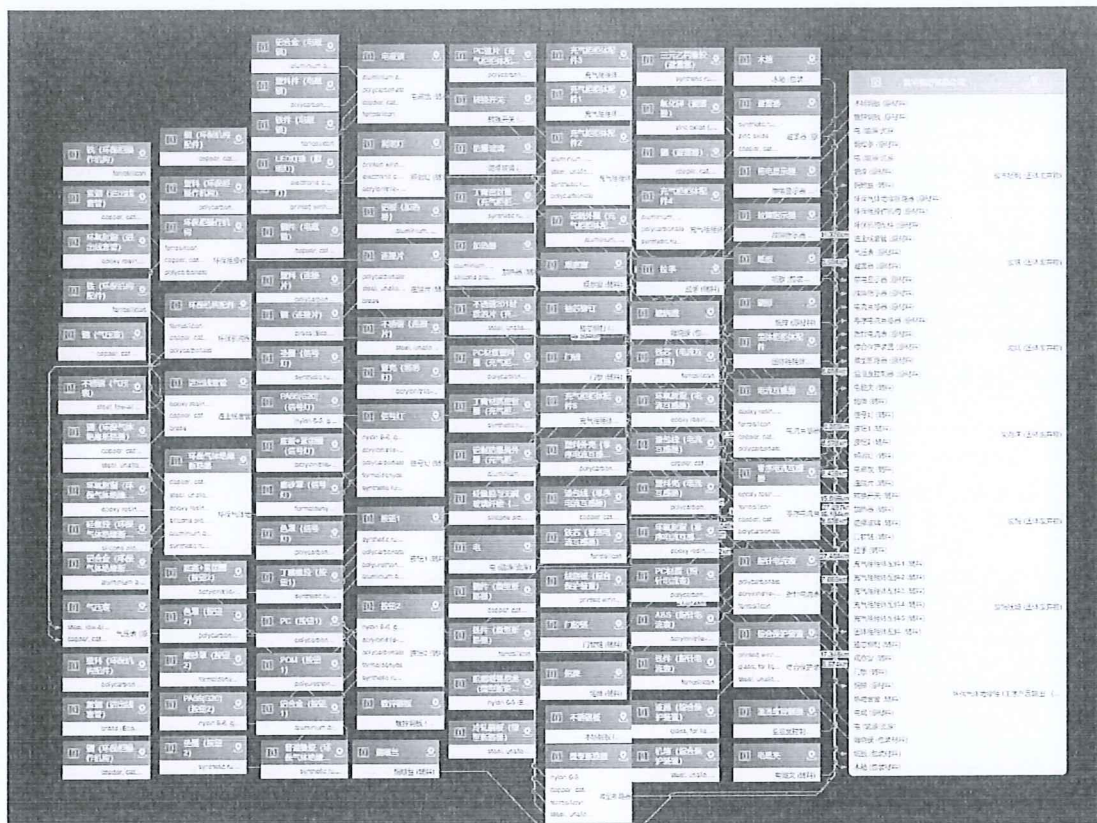


图 5.1 产品生命周期模型图

表5.1产品从“摇篮到大门”碳足迹结果及贡献表

类型	名称	数量	百分比	单位
阶段	原辅料获取阶段	2535.652	93.37%	kg CO ₂ eq
-	镀锌钢板	1098.306	40.44%	kg CO ₂ eq
-	不锈钢板	437.357	16.10%	kg CO ₂ eq
-	铁（环保柜操作机构）	259.494	9.56%	kg CO ₂ eq
-	线路板（综合保护装置）	215.723	7.94%	kg CO ₂ eq
-	铜排	68.34	2.52%	kg CO ₂ eq
-	钢（环保气体绝缘断路器）	54.231	2.00%	kg CO ₂ eq
-	铜（环保气体绝缘断路器）	51.255	1.89%	kg CO ₂ eq
-	环氧树脂（油漆）	51.24	1.89%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
-	铁（环保机构配件）	45.652	1.68%	kg CO ₂ eq
-	黄铜（进出线套管）	25.805	0.95%	kg CO ₂ eq
-	丙烯酸（油漆）	22.564	0.83%	kg CO ₂ eq
-	铁芯（电流互感器）	17.3	0.64%	kg CO ₂ eq
-	铝合金（环保气体绝缘断路器）	15.461	0.57%	kg CO ₂ eq
-	紫铜（进出线套管）	15.377	0.57%	kg CO ₂ eq
-	铜螺丝	13.668	0.50%	kg CO ₂ eq
-	普通橡胶（环保气体绝缘断路器）	13.58	0.50%	kg CO ₂ eq
-	漆包线（电流互感器）	12.301	0.45%	kg CO ₂ eq
-	环氧树脂（进出线套管）	11.529	0.42%	kg CO ₂ eq
-	硅橡胶（环保气体绝缘断路器）	10.589	0.39%	kg CO ₂ eq
-	铜（环保柜操作机构）	10.251	0.38%	kg CO ₂ eq
-	环氧树脂（环保气体绝缘断路器）	10.248	0.38%	kg CO ₂ eq
-	木箱	6.325	0.23%	kg CO ₂ eq
-	环氧树脂（电流互感器）	6.149	0.23%	kg CO ₂ eq
-	铁芯（零序电流互感器）	5.767	0.21%	kg CO ₂ eq
-	LED灯珠（照明灯）	4.948	0.18%	kg CO ₂ eq
-	三元乙丙橡胶（避雷器）	4.394	0.16%	kg CO ₂ eq
-	液晶（综合保护装置）	4.275	0.16%	kg CO ₂ eq
-	漆包线（零序电流互感器）	4.1	0.15%	kg CO ₂ eq
-	门铰链	3.705	0.14%	kg CO ₂ eq
-	塑料壳（电流互感器）	3.402	0.13%	kg CO ₂ eq
-	塑料（环保柜操作机	3.402	0.13%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
	构)			
-	纸板	2.281	0.08%	kg CO ₂ eq
-	环氧树脂 (零序电流互感器)	2.05	0.08%	kg CO ₂ eq
-	线路板 (照明灯)	2.013	0.07%	kg CO ₂ eq
-	机箱 (综合保护装置)	1.764	0.06%	kg CO ₂ eq
-	缠绕膜	1.549	0.06%	kg CO ₂ eq
-	铜 (避雷器)	1.435	0.05%	kg CO ₂ eq
-	铜 (气压表)	1.367	0.05%	kg CO ₂ eq
-	带电显示器	1.271	0.05%	kg CO ₂ eq
-	故障指示器	1.23	0.05%	kg CO ₂ eq
-	塑料外壳 (零序电流互感器)	1.134	0.04%	kg CO ₂ eq
-	抽芯铆钉	1.127	0.04%	kg CO ₂ eq
-	不锈钢 (气压表)	1.127	0.04%	kg CO ₂ eq
-	铜 (环保机构配件)	1.025	0.04%	kg CO ₂ eq
-	转换开关	0.961	0.04%	kg CO ₂ eq
-	氧化锌 (避雷器)	0.918	0.03%	kg CO ₂ eq
-	拉手	0.794	0.03%	kg CO ₂ eq
-	温湿度控制器	0.615	0.02%	kg CO ₂ eq
-	固体柜柜体配件	0.567	0.02%	kg CO ₂ eq
-	塑料 (环保机构配件)	0.567	0.02%	kg CO ₂ eq
-	电缆夹	0.555	0.02%	kg CO ₂ eq
-	阻燃增强尼龙 (微型断路器)	0.52	0.02%	kg CO ₂ eq
-	铝板 (加热器)	0.414	0.02%	kg CO ₂ eq
-	铁件 (电磁锁)	0.336	0.01%	kg CO ₂ eq
-	铝制外圈 (充气柜柜体配件4)	0.326	0.01%	kg CO ₂ eq
-	防爆玻璃	0.317	0.01%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
-	充气柜柜体配件1	0.283	0.01%	kg CO ₂ eq
-	铝制防爆阀外圈（充气柜柜体配件2）	0.272	0.01%	kg CO ₂ eq
-	铜件（微型断路器）	0.239	0.01%	kg CO ₂ eq
-	铁件（微型断路器）	0.202	0.01%	kg CO ₂ eq
-	门锁	0.159	0.01%	kg CO ₂ eq
-	铁件（指针电流表）	0.144	0.01%	kg CO ₂ eq
-	PC镜片（充气柜柜体配件4）	0.113	0.00%	kg CO ₂ eq
-	观察窗	0.113	0.00%	kg CO ₂ eq
-	硅橡胶与无碱玻璃纤维（加热器）	0.096	0.00%	kg CO ₂ eq
-	PC材质塑料圈（充气柜柜体配件2）	0.071	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件5	0.07	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件3	0.07	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铜（连接片）	0.069	0.00%	kg CO ₂ eq
-	塑料（连接片）	0.068	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铝合金（电磁锁）	0.058	0.00%	kg CO ₂ eq
-	丁青密封圈（充气柜柜体配件4）	0.046	0.00%	kg CO ₂ eq
-	PC材质（指针电流表）	0.043	0.00%	kg CO ₂ eq
-	丁青材质密封圈（充气柜柜体配件2）	0.038	0.00%	kg CO ₂ eq
-	塑壳（照明灯）	0.037	0.00%	kg CO ₂ eq
-	底盖+紧固圈（按钮2）	0.037	0.00%	kg CO ₂ eq
-	底盖+紧固圈（信号灯）	0.037	0.00%	kg CO ₂ eq
-	ABS（指针电流表）	0.034	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铝合金（按钮1）	0.031	0.00%	kg CO ₂ eq
-	PA66(G20)（信号灯）	0.029	0.00%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
-	不锈钢（连接片）	0.028	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铭牌	0.028	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铜件（电磁锁）	0.027	0.00%	kg CO ₂ eq
-	丁晴橡胶（按钮1）	0.024	0.00%	kg CO ₂ eq
-	PC（按钮1）	0.023	0.00%	kg CO ₂ eq
-	色罩（信号灯）	0.023	0.00%	kg CO ₂ eq
-	色罩（按钮2）	0.023	0.00%	kg CO ₂ eq
-	不锈钢201材质的片 （充气柜柜体配件2）	0.022	0.00%	kg CO ₂ eq
-	PA66(G20)（按钮2）	0.022	0.00%	kg CO ₂ eq
-	POM（按钮1）	0.021	0.00%	kg CO ₂ eq
-	塑料件（电磁锁）	0.02	0.00%	kg CO ₂ eq
-	冷轧钢板（微型断路器）	0.012	0.00%	kg CO ₂ eq
-	垫圈（按钮2）	0.012	0.00%	kg CO ₂ eq
-	垫圈（信号灯）	0.006	0.00%	kg CO ₂ eq
-	磨砂罩（信号灯）	0.002	0.00%	kg CO ₂ eq
-	磨砂罩（按钮2）	7.501E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
阶段	原辅料运输阶段	4.364	0.16%	kg CO₂ eq
-	油漆运输	1.839	0.07%	kg CO ₂ eq
-	进出线套管运输	0.935	0.03%	kg CO ₂ eq
-	镀锌钢板运输	0.842	0.03%	kg CO ₂ eq
-	环保柜操作机构运输	0.263	0.01%	kg CO ₂ eq
-	不锈钢板运输	0.212	0.01%	kg CO ₂ eq
-	抽芯铆钉运输	0.077	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铜排运输	0.052	0.00%	kg CO ₂ eq
-	环保机构配件运输	0.044	0.00%	kg CO ₂ eq
-	木箱运输	0.04	0.00%	kg CO ₂ eq
-	综合保护装置运输	0.015	0.00%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
-	电流互感器运输	0.009	0.00%	kg CO ₂ eq
-	避雷器运输	0.009	0.00%	kg CO ₂ eq
-	纸板运输	0.006	0.00%	kg CO ₂ eq
-	环保气体绝缘断路器运输	0.003	0.00%	kg CO ₂ eq
-	电磁锁运输	0.003	0.00%	kg CO ₂ eq
-	零序电流互感器运输	0.003	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铜螺丝运输	0.003	0.00%	kg CO ₂ eq
-	门铰链运输	0.002	0.00%	kg CO ₂ eq
-	气压表运输	0.002	0.00%	kg CO ₂ eq
-	缠绕膜运输	6.612E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	拉手运输	4.830E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	微型断路器运输	4.587E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	固体柜柜体配件运输	2.834E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	防爆玻璃运输	2.555E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件4运输	1.417E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件5运输	1.417E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件3运输	1.417E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件2运输	1.417E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	充气柜柜体配件1运输	1.417E-4	0.00%	kg CO ₂ eq
-	门锁运输	9.661E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	加热器运输	9.619E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	电缆夹运输	8.005E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	按钮1运输	7.959E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	按钮2运输	7.959E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	信号灯运输	7.959E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	连接片运输	7.501E-5	0.00%	kg CO ₂ eq

类型	名称	数量	百分比	单位
-	照明灯运输	7.173E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	转换开关运输	7.060E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	观察窗运输	5.668E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	温湿度控制器运输	5.190E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	指针电流表运输	4.781E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	带电显示器运输	4.297E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	故障指示器运输	3.590E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
-	铭牌运输	1.529E-5	0.00%	kg CO ₂ eq
阶段	生产阶段	175.777	6.47%	kg CO₂ eq
-	电	175.777	6.47%	kg CO ₂ eq

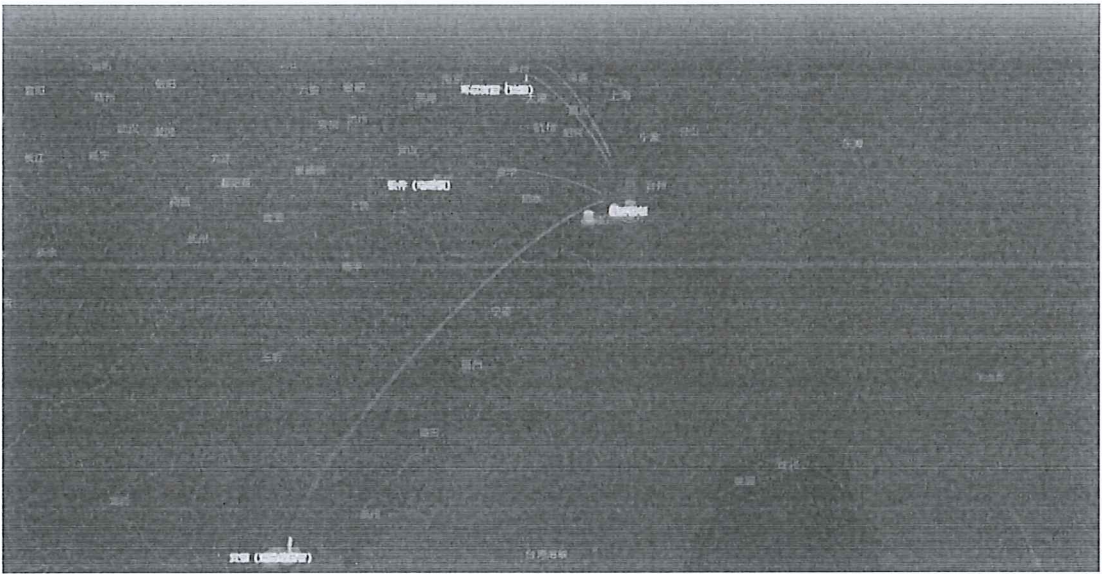


图 5.2 产品碳足迹贡献—空间分布图

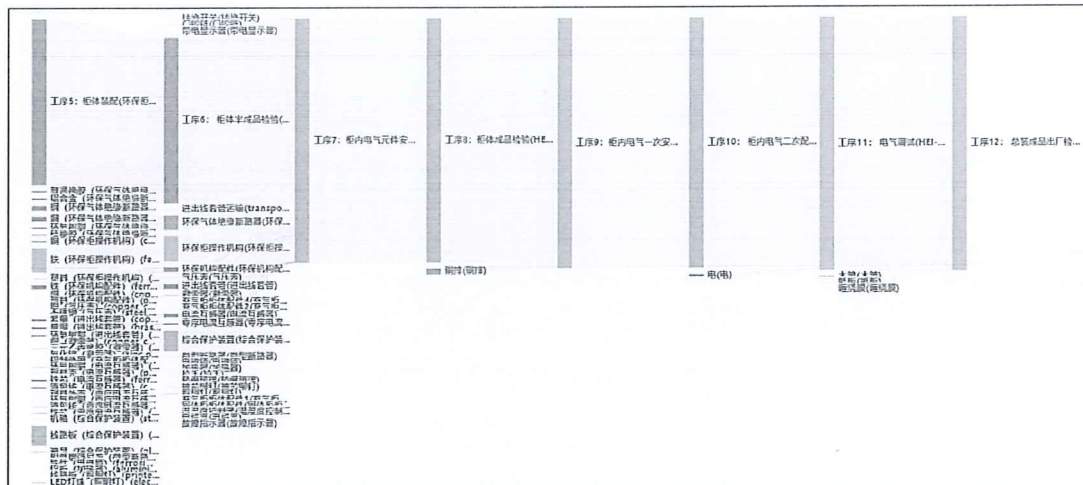


图 5.3 产品碳足迹贡献—桑基图

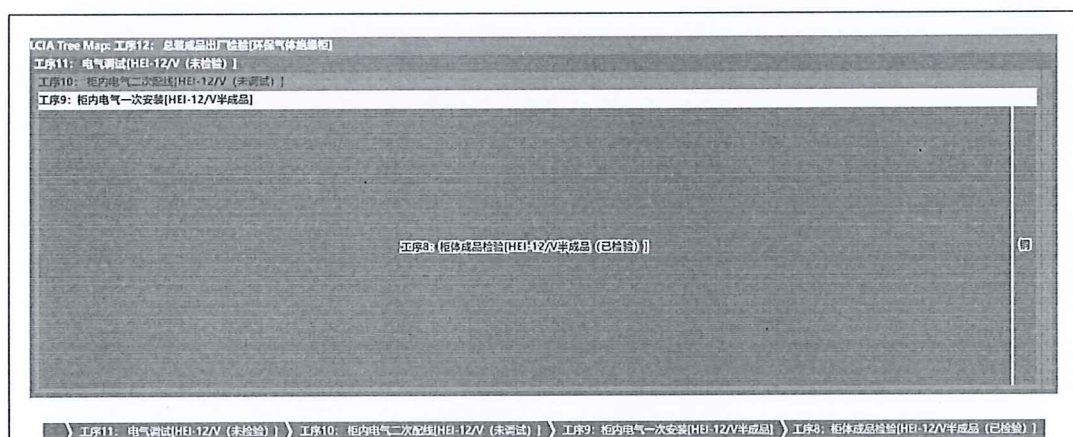


图 5.4 产品碳足迹贡献—矩形树图

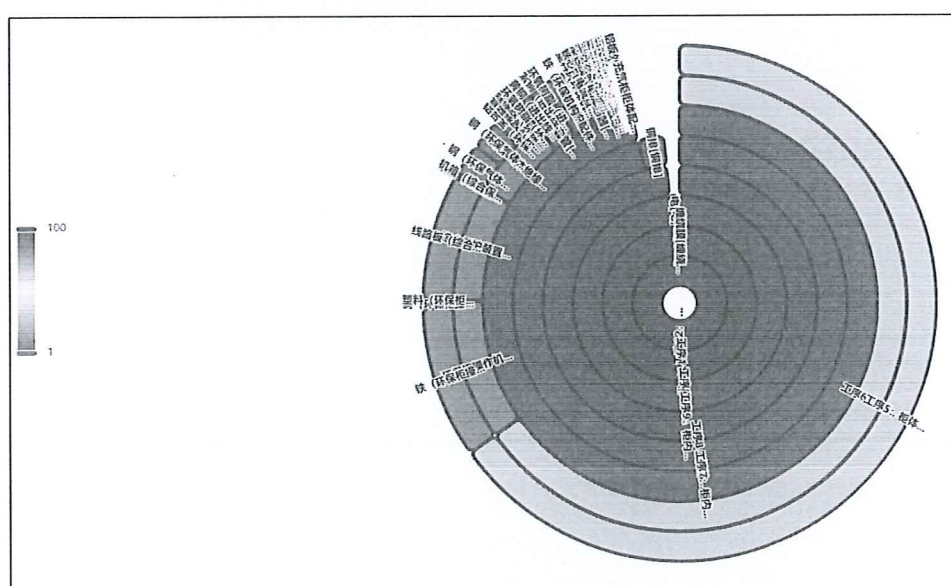


图 5.5 产品碳足迹贡献—旭日图

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 结论与建议

6.1 结论

环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品“摇篮到大门”的碳足迹值为 2715.79kg CO₂ eq。

6.2 建议

根据环保气体绝缘柜（HEI-12(v)630-20）产品“摇篮到大门”的碳足迹评价结果，在企业可行的条件下，可考虑从以下方面减少产品碳足迹：

（1）优化原辅材料消耗，提高物料利用率，在工艺允许的情况下，采用温室气体影响较小的原辅材料或者再生原材料替代，例如再生塑料。

（2）强化供应商管理，对原辅材料供应商进行一定的碳足迹调查，选择碳足迹较低的原料供应商。

（3）加强生产数据管理，在以后的生产中尽量收集回收再利用材料的数据。

（4）优化采购方式，采用电动汽车运输，提高单次运输效率的方式，有效减少运输过程中的燃料消耗。

（5）加强能源管理水平，提高能源利用率，对主要产品或主要生产工序加装电能表，精确统计各产品或各生产工序的能源消耗情况。