

报告编号：WIT-CFP-CFP-82278591-03

杭州西力智能科技股份有限公司

DJTH23 集中器 I 型产品碳足迹报告

杭州万泰认证有限公司

二〇二三年四月



基本信息

报告信息

报告编号: WIT-CFP-82278591-03

编写单位: 杭州万泰认证有限公司

编制人员: 黄起帅

审核单位: 杭州万泰认证有限公司

审核人员: 姚维芳

发布日期: 2023 年 4 月 26 日

申请者信息

公司全称: 杭州西力智能科技股份有限公司

统一社会信用代码: 91330106719587228W

地址: 杭州市西湖区转塘街道良浮路 173 号

联系人: 方莉

联系方式: 13175086731

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

Ecoinvent

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	4
2.3 设备信息	5
2.4 产品信息	6
3 目标与范围定义	7
3.1 研究目的	7
3.2 系统边界	7
3.3 功能单位	8
3.4 生命周期流程图的绘制	8
3.5 取舍准则	9
3.6 影响类型和评价方法	9
3.7 数据质量要求	10
4 过程数据收集	11
4.1 原材料生产阶段	11
4.2 原材料运输阶段	18
4.3 产品生产阶段	23
4.4 产品运输阶段	24
4.5 产品使用阶段	25
4.6 产品废弃回收阶段	25
5 碳足迹计算	28
5.1 碳足迹计算方法	28
5.2 碳足迹计算结果	29
5.3 碳足迹影响分析	30

5.4 碳足迹改进建议	34
6 不确定性	35
7 结语	35
附录 A 数据库介绍	36

前 言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的巨大挑战之一，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：产品生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

杭州西力智能科技股份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，计算得到杭州西力智能科技股份有限公司生产的 **DJTH23 集中器 I 型** 的碳足迹。

本报告的功能单位定义为：**生产和使用“1 台 DJTH23 集中器 I 型”**。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，包括 DJTH23 集中器 I 型的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段、产品使用阶段、产品废弃回收阶段产生的排放。

报告对 DJTH23 集中器 I 型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碳排放阶段贡献来看，发现产品使用阶段对产品碳足迹的贡献最大，其次为原材料生产阶段。

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、地域、时间等方面。DJTH23 集中器 I 型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，通用的原辅料数据来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）、Ecoinvent 数据库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

杭州西力智能科技股份有限公司前身为杭州电度表厂，始创于 1968 年，

位于杭州市西湖区转塘街道良浮路 173 号，1999 年杭州电度表厂和杭州市西湖仪表工业公司经批准改制设立杭州西力电能表制造有限公司，2016 年整体变更为杭州西力智能科技股份有限公司。公司注册资金：15000 万元，是国家级高新技术企业，于 2021 年 3 月 18 日成功登陆上交所科创板（股票代码：688616，企业简称：西力科技）。

公司专业从事 A 级单相智能电能表、B/C 级三相智能电能表、D 级三相多功能电能表、用电信息采集终端、通信模块等电能计量产品的研发、生产和销售，并将计量技术与通讯技术相融合，进行新能源汽车和电动自行车充电计量、5G 基站能效监控、智能水表等产品研发和市场的开发，至今已有 50 余年的历史。

公司建设有现代化的 7S 管理标准厂房，建筑面积 123977.16 平方米，设计年生产总值达 20 亿元，配备有国内外先进的生产设备和全自动检测设备等。秉承“质量为本，科技制胜”的发展理念，公司高度重视自主创新和技术开发工作，通过多途径不断引进高层次科技人才，组建了一支专业、高效、技术过硬、具备多项核心技术的研发技术队伍，拥有研发技术人员 134 人，其中：企业资深技术研发顾问专家团队 7 人，企业技术研发团队骨干 127 人，其中高级职称人员 20 人，中级职称人员 35 人，博士 7 人，硕士 6 人，本科及以上学历共 69 人。

公司拥有省级企业研究院、省级高新技术企业研究开发中心、省级企业技术中心及通过中国合格评定国家认可委员会认可的测试中心，为科研创新项目提供充足资金保障。通过 CNAS 认可的测试中心场地宽敞、设备齐全，具有国家及国际认可的管理水平和测试能力，具备为公司及其他供应商提供专业产品测试的能力。公司所有产品均为自主创新研发，多项技术研究处于国内领先水平，部分科研项目被列入国家火炬计划产业化示范项目，多次参与国家、行业各类标准制定 27 项。累计取得产品设计专利 146 项（其中发明专利 24 项）、产品软件著作权证书 123 项，获得市厅级以上科技奖励 19 项。先后与香港大学、浙江大学、

浙江科技学院等高校建立紧密合作关系，依托高校优势，为公司发展提供坚实保障。

公司持续以技术创新为根本，在深耕电力物联网市场的基础上实施“多产业、多产品、多市场”的发展战略，立足电力计量领域，积极拓展配用电市场和其他公共能源计量产品领域，逐步扩大海外市场战略布局，力争以快速的技术响应能力、先进的自动化设备、成熟的规模化生产体系，努力发展成为中国电工仪表行业的领跑者和受人尊敬的企业。

2.2 生产工艺

公司 DJTH23 集中器 I 型生产工艺流程包括了 PCB 版号激光打标、程序烧录，SMT 贴片、回流焊、AOI 光学测试、烘干、分板、波峰焊、选择性波峰焊接、模块手工焊、模块针床功能检测、模块高温老化、模块三防（防湿热防霉菌防盐雾）涂覆、整机装配、整机通电高温老化、整机自动化检验（视觉识别、自动调教、交流电压试验、出厂检验、功能检查）、整机自动化包装、成品入库。详细工艺流程见图 2.1。

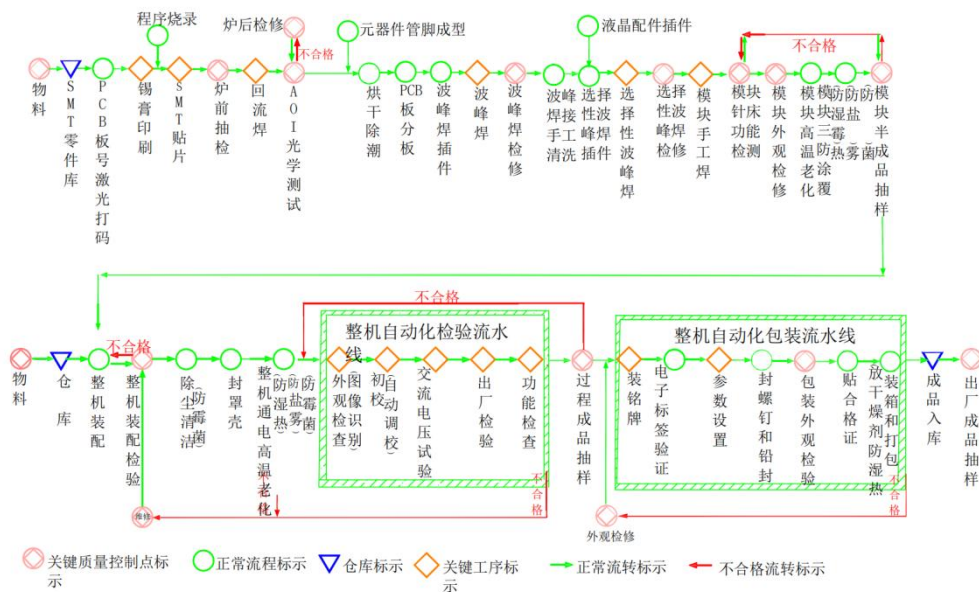


图 2.1 工艺流程图

2.3 设备信息

表 2.1 主要耗能设备清单

序号	生产设备名称	生产设备型号	数量 (台)	功率 (kW)	用能 类型	位置
1	贴片机	CP45FV	1	4.5	电	B 栋 2 楼
2	贴片机	CP45FNEO	1	4.5	电	B 栋 2 楼
3	贴片机	SM321S	3	4.5	电	B 栋 2 楼
4	贴片机	SM411	1	5	电	B 栋 2 楼
5	高速贴片机	SM471	3	5	电	B 栋 2 楼
6	高速贴片机	SM471	1	5	电	B 栋 2 楼
7	高速贴片机	SM482	1	3.5	电	B 栋 2 楼
8	高速贴片机	SM482	1	3.5	电	B 栋 2 楼
9	无铅回流焊机	GENEsis608	1	60	电	B 栋 2 楼
10	无铅回流焊机	IPC-710A-EC0	2	90	电	B 栋 2 楼
11	无铅波峰焊机	FM-350C-3H-III	1	33	电	B 栋 2 楼
12	无铅波峰焊机	NSI-350C-3H-III	1	33	电	B 栋 2 楼
13	多点模组焊(选择性波峰焊)	MPS-450	1	40	电	B 栋 2 楼
14	老化室	-	10	30	电	B 栋 3 楼
15	老化室	-	10	30	电	B 栋 3 楼
16	老化室	-	2	30	电	B 栋 3 楼
17	三相表误差调校装置(三相电能表校验装置)	IS32DB-06A	2	3	电	B 栋 4 楼
18	三相电能表校验装置	SYD35D-16	6	5	电	B 栋 4 楼
19	三相电能表校验装置	SYD32D-16	1	5	电	B 栋 4 楼
20	三相等电位电能表校验装置	SYD35C-6	6	3	电	B 栋 4 楼
21	三相电能表校验台	PTC-8360	1	3	电	B 栋 4 楼
22	三相电能表校验台	PTC8320D	6	3	电	B 栋 4 楼
23	三相电能表校验台	SYD35K-16	8	3	电	B 栋 4 楼
24	三相电能表校验装置	DZ603-12ZN	1	3	电	B 栋 4 楼

序号	生产设备名称	生产设备型号	数量 (台)	功率 (kW)	用能 类型	位置
25	用电管理终端测试 装置	CL3200	1	3	电	B 栋 4 楼
26	终端测试装置	PTC-8360	1	3	电	B 栋 4 楼
27	用电管理终端测试 装置	CL3200-16	1	3	电	B 栋 4 楼
28	空调	KFR-125Q/SDY	25	7	电	B 栋 2 楼
29	空调	KFR-125Q/SDY	27	7	电	B 栋 3 楼
30	空调	KFR-125Q/SDY	27	7	电	B 栋 4 楼
31	空调	KFR-125Q/SDY	7	7	电	B 栋 5 楼

2.4 产品信息

产品名称: DJTH23 集中器 I 型

产品型号: DJTH23

表 2.2 主要技术指标

额定工作电压	3×220/380V
额定工作频率	50Hz
准确度等级	C 级
费控方式	远程费控
通信接口	红外+RS485+载波+4G 等
功率	4.2W
产品重量 (净重)	2.2kg

应用说明:

DJTH23 集中器 I 型 (无线公网 4G-HPLC), 采用 Linux 操作系统软件平台和 32 位 ARM9 系列硬件平台, 运用先进的电力载波技术和 4G 移动通信技术, 是新一代用电信息采集集中器。该产品具有功能强大、使用简单、运行稳定、维护方便等特点, 能够满足在远程抄表等多方面的应用需求; 同时具有功耗低、采集精度高、可靠性高、容量大、开放性好、性能价格比高等特点, 适用于居民和工商业用户的集中抄表。



图 2.2 产品及包装照片

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西力智能科技股份有限公司 2022 年度生产和使用“1 台 DJTH23 集中器 I 型”全生命周期过程碳足迹的平均水平，为杭州西力智能科技股份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，也是杭州西力智能科技股份有限公司提升国际市场的重要一步。本报告的研究结果将为杭州西力智能科技股份有限公司与 DJTH23 集中器 I 型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：一是杭州西力智能科技股份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西力智能科技股份有限公司 2022 年度 DJTH23 集中器 I 型产品生产活动及非生产活动的全生命周期。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，包括 DJTH23 集中器 I 型原材料生产阶段、原材料运输阶段、

产品生产阶段、产品销售运输阶段、产品使用阶段、产品废弃回收阶段产生的排放。

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 DJTH23 集中器 I 型”。

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 DJTH23 集中器 I 型”产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原材料获取，通过制造、分销和零售，到客户使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放，产品的生命周期流程图如下：

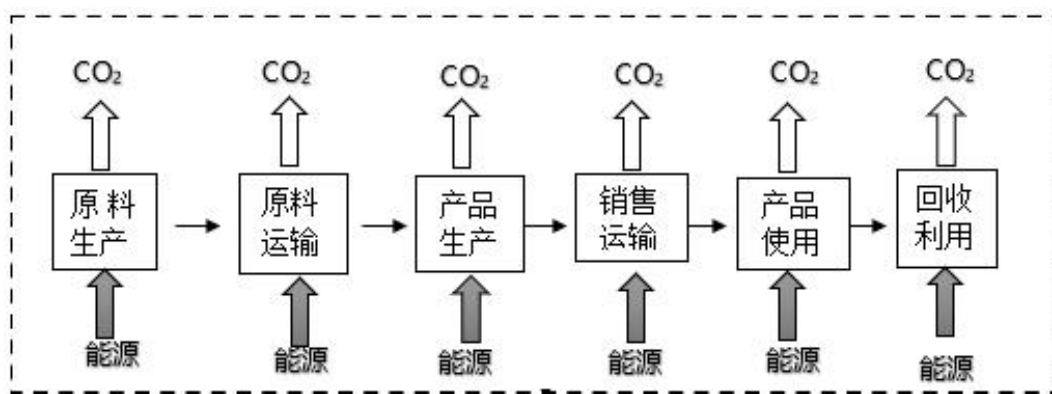


图 3.1 产品照片生命周期评价边界图

本报告中，产品的系统边界属于“从摇篮到坟墓”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
<p>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+产品运输+产品使用+回收利用;</p> <p>b.主要原材料生产过程中能源的消耗;</p> <p>c.产品生产过程汽、柴油、电力及其他耗能工质等的消耗;</p> <p>d.原材料运输、产品运输。</p>	<p>a.资本设备的生产及维修;</p> <p>b.次要原材料及辅料获取和运输;</p> <p>c.销售等商务活动产生的运输。</p>

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(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFC_s)、全氟化碳(PFC_s)、六氟化硫(SF₆)

和三氟化氮 (NF₃) 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 CO₂ 当量 (CO₂e)。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 27.9kgCO₂e。

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 2023 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、Ecoinvent 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、Ecoinvent 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 DJTH23 集中器 I 型”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	活动水平	单位	来源
1	贴片电阻	0.00935	kg	生产统计
2	贴片电容	0.0073	kg	生产统计
3	贴片 4 脚晶振	4	item	生产统计
4	贴片 2 脚晶振	2	item	生产统计
5	贴片三极管	0.000768	kg	生产统计
6	计量芯片	2	item	生产统计
7	LDO 稳压芯片	4	item	生产统计
8	485 芯片	2	item	生产统计
9	232 芯片	1	item	生产统计
10	时钟芯片	1	item	生产统计
11	MCU	1	item	生产统计
12	存储芯片	2	item	生产统计
13	LDO 稳压芯片	1	item	生产统计
14	复位 IC 芯片	1	item	生产统计
15	贴片发光二极管	0.00020	kg	生产统计
16	贴片双色发光二极管	0.00015	kg	生产统计
17	贴片按键	0.003	kg	生产统计
18	贴片二极管	0.00085	kg	生产统计
19	贴片双向 TVS 管	0.007	kg	生产统计
20	贴片 p 沟道场效应管	0.0005	kg	生产统计
21	贴片磁珠	0.0094	kg	生产统计

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
22	贴片电感	0.003	kg	生产统计
23	贴片光耦	0.004	kg	生产统计
24	电解电容	0.011	kg	生产统计
25	插座	0.006	kg	生产统计
26	双排插座	0.0080	kg	生产统计
27	USB 接口	0.0020	kg	生产统计
28	LED 灯柱套管	0.0005	kg	生产统计
29	红外接收管	0.0010	kg	生产统计
30	红外发射管	0.0010	kg	生产统计
31	电流型电压互感器	3	item	生产统计
32	时钟电池	0.010	kg	生产统计
33	超级电容	0.0053	kg	生产统计
34	热敏电阻	0.003	kg	生产统计
35	贴片双排插座	0.001	kg	生产统计
36	ESAM 芯片	1	item	生产统计
37	开关电源模块 PCBA	0.0101	m ²	生产统计
38	I 型集中器 PCB 板	0.0325	m ²	生产统计
39	拓扑识别模块 PCB 板	0.0021	m ²	生产统计
40	双排双塑插针	0.001	kg	生产统计
41	双排单塑插针	0.002	kg	生产统计
42	单排单塑插针	0.001	kg	生产统计
43	国网集中器全套壳体	1.270	kg	生产统计
44	导线加焊片	0.020	kg	生产统计
45	三相电流互感器	1	item	生产统计
46	铜柱	0.010	kg	生产统计
47	液晶	0.018	kg	生产统计
48	自攻螺钉	0.048	kg	生产统计
49	组合螺钉	0.102	kg	生产统计
50	充电电池	0.080	kg	生产统计

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
51	通讯模块（4G）	0.040	kg	生产统计
52	4G 模块吸盘天线	0.0100	kg	生产统计
53	上铭牌	0.006	kg	生产统计
54	下铭牌	0.006	kg	生产统计
55	锡膏	0.00204	kg	生产统计
56	焊锡丝	0.00276	kg	生产统计
57	助焊剂	0.00030	kg	生产统计
58	焊锡条	0.00096	kg	生产统计
59	三防漆	0.00026	kg	生产统计
60	三防漆清洗液	0.00001	kg	生产统计
61	电子标签	0.00015	kg	生产统计
62	电子封印	0.00015	kg	生产统计
63	铅封	0.00030	kg	生产统计
64	条码纸	0.0001	kg	生产统计
65	标识纸	0.00005	kg	生产统计
66	包装自动化条码纸	0.0001	kg	生产统计
67	衬板	0.0100	kg	生产统计
68	纸护角	0.0200	kg	生产统计
69	木托	0.1250	kg	生产统计
70	说明书	0.0060	kg	生产统计
71	包装箱	0.380	kg	生产统计
72	碳带	0.00001	kg	生产统计
73	金属打包扣	0.002	kg	生产统计
74	塑料打包带	0.002	kg	生产统计

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 Gabi Database、Ecoinvent、China Products Carbon Footprint Factors Database（缩写：China Database）等数据库获取，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	贴片电阻	55.2	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--resistor, surface-mounted(电阻器-表面安装)
2	贴片电容	78.27	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--capacitor, for surface-mounting(电容器-用于表面安装)
3	贴片 4 脚晶振	0.01681	kgCO ₂ eq/item	Ecoinvent--Metal body quartz oscillator, production mix, at plant, technology mix, 1 piece of Oscillator crystal (750mg) 11.35x4.65x3.6
4	贴片 2 脚晶振	0.01681	kgCO ₂ eq/item	Ecoinvent--Metal body quartz oscillator, production mix, at plant, technology mix, 1 piece of Oscillator crystal (750mg) 11.35x4.65x3.6
5	贴片三极管	252.68	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--diode, glass-, for surface-mounting(二极管-玻璃--用于表面安装)
6	计量芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
7	LDO 稳压芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
8	485 芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
9	232 芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
10	时钟芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
11	MCU	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
12	存储芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
13	LDO 稳压芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
14	复位 IC 芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
15	贴片发光二极管	254.54	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--light emitting diode
16	贴片双色发光二极管	254.54	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--light emitting diode
17	贴片按键	0.00126	kgCO ₂ eq/item	Ecoinvent--Switch < 1 Ampere, production mix, at plant, technology mix, < 1 Ampere, 79 mg

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
18	贴片二极管	252.68	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--diode, glass-, for surface-mounting(二极管-玻璃--用于表面安装)
19	贴片双向 TVS 管	252.68	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--diode, glass-, for surface-mounting(二极管-玻璃--用于表面安装)
20	贴片 p 沟道场效应管	175.57	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--transistor, surface-mounted(晶体管-表面安装)
21	贴片磁珠	8.498	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--ferronickel(镍铁)
22	贴片电感	0.74	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Architectural ceramics)
23	贴片光耦	254.54	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--light emitting diode
24	电解电容	60.685	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--capacitor, electrolyte type, < 2cm height
25	插座	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)
26	双排插座	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)
27	USB 插口	6.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Stainless steel)
28	LED 灯柱套管	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)
29	红外接收管	252.68	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--diode, glass-, for surface-mounting(二极管-玻璃--用于表面安装)
30	红外发射管	252.68	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--diode, glass-, for surface-mounting(二极管-玻璃--用于表面安装)
31	电流型电压互感器	0.5966	kgCO ₂ eq/item	Ecoinvent--Standard transformer for Printed Wiring Board (PWB), production mix, at plant, technology mix, 1 piece of transformer for PWB, 0.08 kg
32	时钟电池	6.4065	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--battery cell, Li-ion(原电池-锂离子)
33	超级电容	46.157	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--capacitor, film type, for through-hole mounting
34	热敏电阻	29.43	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--resistor, wirewound, through-hole mounting(绕线电阻器-通孔安

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
				装)
35	贴片双排插座	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)
36	ESAM 芯片	0.53	kgCO ₂ eq/item	China Database (chip-samsung)
37	开关电源模块 PCBA	153.7	kgCO ₂ eq/1m ²	Ecoinvent--Populated Printed wiring board (PWB) (2-layer), production mix, at plant, via the subtractive method (as opposed to additive method), 2-layer
38	I 型集中器 PCB 板	153.7	kgCO ₂ eq/1m ²	Ecoinvent--Populated Printed wiring board (PWB) (2-layer), production mix, at plant, via the subtractive method (as opposed to additive method), 2-layer
39	拓扑识别模块 PCB 板	153.7	kgCO ₂ eq/1m ²	Ecoinvent--Populated Printed wiring board (PWB) (2-layer), production mix, at plant, via the subtractive method (as opposed to additive method), 2-layer
40	双排双塑插针	5.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Copper)
41	双排单塑插针	5.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Copper)
42	单排单塑插针	5.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Copper)
43	国网集中器全 套壳体	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)
44	导线加焊片	5.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Copper)
45	三相电流互感 器	0.5966	kgCO ₂ eq/item	Ecoinvent--Standard transformer for Printed Wiring Board (PWB), production mix, at plant, technology mix, 1 piece of transformer for PWB, 0.08 kg
46	铜柱	5.8	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Copper)
47	液晶	63.03	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--liquid crystal display, unmounted(液晶显示器-未安装)
48	自攻螺钉	2.63	kgCO ₂ eq/kg	China Database (mild steel)
49	组合螺钉	2.63	kgCO ₂ eq/kg	China Database (mild steel)
50	充电电池	17.183	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--battery, Li-ion, NCA, rechargeable, prismatic(棱柱形可充电电池-锂离子-NCA)

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
51	通讯模块（4G）	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PC）
52	4G 模块吸盘天线	4.24	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--metal working, average for aluminium product manufacturing
53	上铭牌	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PC）
54	下铭牌	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PC）
55	锡膏	11.835	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--solder, paste, Sn63Pb37, for electronics industry(焊锡-膏状-Sn63Pb37-用于电子工业)
56	焊锡丝	11.835	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--solder, paste, Sn63Pb37, for electronics industry(焊锡-膏状-Sn63Pb37-用于电子工业)
57	助焊剂	2.787	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--flux, for wave soldering(用于波焊的通量)
58	焊锡条	11.835	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--solder, paste, Sn63Pb37, for electronics industry(焊锡-膏状-Sn63Pb37-用于电子工业)
59	三防漆	1.375	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--acrylic binder, without water, in 34% solution state(丙烯酸粘合剂-无水-36%溶液)
60	三防漆清洗液	1.188	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--white spirit(石油溶剂油/ 稀释剂)
61	电子标签	4.03	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PET）
62	电子封印	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PC）
63	铅封	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PC）
64	条码纸	4.03	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PET）
65	标识纸	4.03	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PET）
66	包装自动化条码纸	4.03	kgCO ₂ eq/kg	China Database（PET）
67	衬板	0.82	kgCO ₂ eq/kg	China Database（纸板）
68	纸护角	0.14	kgCO ₂ eq/kg	China Database（包装纸）
69	木托	1.637	kgCO ₂ eq/kg	China Database 枕木（Ground brace）
70	说明书	1.033	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--paper, woodfree, uncoated(书写)

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
				纸-未涂层的)
71	包装箱	7.1	kgCO ₂ eq/kg	China Database (Corrugated Box)
72	碳带	72.652	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--polyester resin 聚酯树脂
73	金属打包扣	2.235	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent--steel, low-alloyed, hot rolled(钢-低合金-热轧)
74	塑料打包带	1.37	kgCO ₂ eq/kg	China Database (PC)

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	贴片电阻	0.2804	kg·km	根据统计数据计算
2	贴片电容	0.2203	kg·km	根据统计数据计算
3	贴片 4 脚晶振	0.1380	kg·km	根据统计数据计算
4	贴片 2 脚晶振	0.2400	kg·km	根据统计数据计算
5	贴片三极管	0.0230	kg·km	根据统计数据计算
6	计量芯片	0.7800	kg·km	根据统计数据计算
7	LDO 稳压芯片	0.2760	kg·km	根据统计数据计算
8	485 芯片	0.1800	kg·km	根据统计数据计算
9	232 芯片	0.0690	kg·km	根据统计数据计算
10	时钟芯片	0.0900	kg·km	根据统计数据计算
11	MCU	0.3900	kg·km	根据统计数据计算
12	存储芯片	0.1380	kg·km	根据统计数据计算
13	LDO 稳压芯片	0.0090	kg·km	根据统计数据计算
14	复位 IC 芯片	0.0690	kg·km	根据统计数据计算
15	贴片发光二极管	0.2800	kg·km	根据统计数据计算
16	贴片双色发光二极管	0.2100	kg·km	根据统计数据计算

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
17	贴片按键	1.2000	kg·km	根据统计数据计算
18	贴片二极管	0.0255	kg·km	根据统计数据计算
19	贴片双向 TVS 管	0.2100	kg·km	根据统计数据计算
20	贴片 p 沟道场效应管	0.6500	kg·km	根据统计数据计算
21	贴片磁珠	0.2808	kg·km	根据统计数据计算
22	贴片电感	0.6210	kg·km	根据统计数据计算
23	贴片光耦	4.6410	kg·km	根据统计数据计算
24	电解电容	2.4150	kg·km	根据统计数据计算
25	插座	0.1800	kg·km	根据统计数据计算
26	双排插座	1.2560	kg·km	根据统计数据计算
27	USB 插口	0.0600	kg·km	根据统计数据计算
28	LED 灯柱套管	0.0150	kg·km	根据统计数据计算
29	红外接收管	0.3000	kg·km	根据统计数据计算
30	红外发射管	0.3000	kg·km	根据统计数据计算
31	电流型电压互感器	303.3600	kg·km	根据统计数据计算
32	时钟电池	11.5000	kg·km	根据统计数据计算
33	超级电容	6.8900	kg·km	根据统计数据计算
34	热敏电阻	3.9000	kg·km	根据统计数据计算
35	贴片双排插座	0.0300	kg·km	根据统计数据计算
36	ESAM 芯片	0.3900	kg·km	根据统计数据计算
37	开关电源模块 PCBA	75.6000	kg·km	根据统计数据计算
38	I 型集中器 PCB 板	230.4000	kg·km	根据统计数据计算
39	拓扑识别模块 PCB 板	3.7800	kg·km	根据统计数据计算
40	双排双塑插针	0.0300	kg·km	根据统计数据计算
41	双排单塑插针	0.3140	kg·km	根据统计数据计算
42	单排单塑插针	0.1570	kg·km	根据统计数据计算
43	国网集中器全套壳体	220.9800	kg·km	根据统计数据计算
44	导线加焊片	0.2600	kg·km	根据统计数据计算
45	三相电流互感器	0.8000	kg·km	根据统计数据计算

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
46	铜柱	0.3000	kg·km	根据统计数据计算
47	液晶	22.8060	kg·km	根据统计数据计算
48	自攻螺钉	1.4400	kg·km	根据统计数据计算
49	组合螺钉	3.0600	kg·km	根据统计数据计算
50	充电电池	92.0000	kg·km	根据统计数据计算
51	通讯模块（4G）	1.2000	kg·km	根据统计数据计算
52	4G 模块吸盘天线	12.2700	kg·km	根据统计数据计算
53	上铭牌	2.1000	kg·km	根据统计数据计算
54	下铭牌	2.1000	kg·km	根据统计数据计算
55	锡膏	0.4080	kg·km	根据统计数据计算
56	焊锡丝	0.0828	kg·km	根据统计数据计算
57	助焊剂	0.0600	kg·km	根据统计数据计算
58	焊锡条	0.0288	kg·km	根据统计数据计算
59	三防漆	0.3380	kg·km	根据统计数据计算
60	三防漆清洗液	0.0130	kg·km	根据统计数据计算
61	电子标签	0.1950	kg·km	根据统计数据计算
62	电子封印	0.1950	kg·km	根据统计数据计算
63	铅封	0.0900	kg·km	根据统计数据计算
64	条码纸	0.0033	kg·km	根据统计数据计算
65	标识纸	0.0017	kg·km	根据统计数据计算
66	包装自动化条码纸	0.0017	kg·km	根据统计数据计算
67	衬板	0.2700	kg·km	根据统计数据计算
68	纸护角	24.8400	kg·km	根据统计数据计算
69	木托	13.7500	kg·km	根据统计数据计算
70	说明书	0.1560	kg·km	根据统计数据计算
71	包装箱	209.0000	kg·km	根据统计数据计算
72	碳带	0.0003	kg·km	根据统计数据计算
73	金属打包扣	0.0700	kg·km	根据统计数据计算
74	塑料打包带	0.0700	kg·km	根据统计数据计算

4.2.2 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	贴片电阻	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
2	贴片电容	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
3	贴片 4 脚晶振	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
4	贴片 2 脚晶振	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
5	贴片三极管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
6	计量芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
7	LDO 稳压芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
8	485 芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
9	232 芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
10	时钟芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
11	MCU	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
12	存储芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
13	LDO 稳压芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
14	复位 IC 芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
15	贴片发光二极管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
16	贴片双色发光二极管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
17	贴片按键	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
18	贴片二极管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
19	贴片双向 TVS 管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
20	贴片 p 沟道场效应管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
21	贴片磁珠	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
22	贴片电感	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
23	贴片光耦	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
24	电解电容	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
25	插座	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
26	双排插座	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
27	USB 插口	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
28	LED 灯柱套管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
29	红外接收管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
30	红外发射管	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
31	电流型电压互感器	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
32	时钟电池	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
33	超级电容	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
34	热敏电阻	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
35	贴片双排插座	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
36	ESAM 芯片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
37	开关电源模块 PCBA	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
38	I 型集中器 PCB 板	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
39	拓扑识别模块 PCB 板	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
40	双排双塑插针	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
41	双排单塑插针	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
42	单排单塑插针	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
43	国网集中器全套壳 体	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
44	导线加焊片	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
45	三相电流互感器	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
46	铜柱	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
47	液晶	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
48	自攻螺钉	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
49	组合螺钉	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
50	充电电池	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
51	通讯模块 (4G)	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
52	4G 模块吸盘天线	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
53	上铭牌	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
54	下铭牌	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
55	锡膏	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
56	焊锡丝	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
57	助焊剂	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
58	焊锡条	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
59	三防漆	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
60	三防漆清洗液	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
61	电子标签	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
62	电子封印	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
63	铅封	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
64	条码纸	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
65	标识纸	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
66	包装自动化条码纸	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
67	衬板	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
68	纸护角	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
69	木托	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
70	说明书	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
71	包装箱	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
72	碳带	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
73	金属打包扣	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均
74	塑料打包带	0.074	kgCO ₂ eq/ (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,包括产品生产过程中的主要耗能和辅助、附属生产系统耗能,具体能源消耗如下:

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
全流程	电	2.277	kWh	生产统计
	水	0.012	m ³	
	天然气	0.004	m ³	
	汽油	0.031	kg	
	柴油	0.040	kg	

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
生产阶段	电	0.791	kgCO ₂ /kWh	Gabi Database-Electricity grid mix
	水	12.32	kgCO ₂ eq/m ³	China Database—工业用水平均
	天然气	2.800	kgCO ₂ eq/Nm ³	China Database—天然气
	汽油	3.85	kgCO ₂ eq/kg	China Database—车用汽油
	柴油	3.82	kgCO ₂ eq/kg	China Database—柴油

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	1 台 DJTH23 集中器 I 型	2.50	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	1 台 DJTH23 集中器 I 型	0.074	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database—道路交通平均

4.5 产品使用阶段

4.5.1 活动水平数据

1 台 DJTH23 集中器 I 型全部组件的合并功率为 4.2W，使用寿命为 86400h。

本报告按市场平均使用年限 8 年，即 70080h 计算，得到活动水平数据如下：

表 4.9 产品使用阶段活动水平

序号	产品	功率 (W)	使用时长 (h)	消耗电力 (kWh)
1	1 台 DJTH23 集中器 I 型	4.2	70080	294.34

注：从数据可得性考虑，使用阶段能耗未包含设备维修、零部件更换带来的消耗。

4.5.2 排放因子数据

产品使用阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.10 产品使用阶段排放因子

序号	能源	排放因子	单位	单位
1	电	0.791	kgCO ₂ /kW h	Gabi Database-Electricity grid mix

注：从数据可得性考虑，电力排放因子未根据年度变化进行推算。

4.6 产品废弃回收阶段

因未能获取 DJTH23 集中器 I 型废弃阶段处置的有效数据，故根据产品组成进行假设：

- a) 产品处置根据国家混合垃圾处置平均水平计算排放；
- b) 产品中 PC 材料、包装纸箱等均可回收利用，本报告设定回收率为 50%，

判断回收类型符合 ISO 14067-2018 中的开环分配程序。

4.6.1 活动水平数据

产品废弃处置的活动水平为 1 台 DJTH23 集中器 I 型的质量 2.75kg (含包装材料)；回收利用部分的活动水平数据为原材料获取阶段排放量，详见下表：

表 4.11 产品废弃回收阶段活动水平

序号	可回收原材料	原材料排放—E _v (kgCO ₂ eq)	数据来源
1	贴片磁珠	0.0795	计算值
2	插座	0.0082	计算值
3	双排插座	0.0110	计算值
4	USB 插口	0.0136	计算值
5	LED 灯柱套管	0.0007	计算值
6	时钟电池	0.0641	计算值
7	贴片双排插座	0.0014	计算值
8	双排双塑插针	0.0058	计算值
9	双排单塑插针	0.0116	计算值
10	单排单塑插针	0.0058	计算值
11	导线加焊片	0.1160	计算值
12	铜柱	0.0580	计算值
13	自攻螺钉	0.1262	计算值
14	组合螺钉	0.2683	计算值
15	充电电池	1.3746	计算值
16	通讯模块 (4G)	0.0548	计算值
17	4G 模块吸盘天线	0.0424	计算值
18	上铭牌	0.0082	计算值
19	下铭牌	0.0082	计算值
20	电子标签	0.0006	计算值
21	电子封印	0.0002	计算值
22	铅封	0.0004	计算值

序号	可回收原材料	原材料排放—E _v (kgCO ₂ eq)	数据来源
23	条码纸	0.0004	计算值
24	标识纸	0.0002	计算值
25	包装自动化条码纸	0.0002	计算值
26	衬板	0.0082	计算值
27	纸护角	0.0028	计算值
28	木托	0.2046	计算值
29	说明书	0.0062	计算值
30	包装箱	2.6980	计算值
31	碳带	0.0007	计算值
32	金属打包扣	0.0045	计算值
33	塑料打包带	0.0027	计算值

4.6.2 排放因子数据

产品废弃处置的排放因子为 353.19 kgCO₂/t, 数据来源 China Products Carbon Footprint Factors Database—混合垃圾处置平均 (mixed waste average)。回收利用部分的排放因子如下:

表 4.12 产品废弃回收阶段排放因子

序号	可回收原材料	回收率—R (%)	分配因子-A 取值	数据来源
1	贴片磁珠	50.00	0.50	ISO14067-2018
2	插座	50.00	0.50	ISO14067-2018
3	双排插座	50.00	0.50	ISO14067-2018
4	USB 插口	50.00	0.50	ISO14067-2018
5	LED 灯柱套管	50.00	0.50	ISO14067-2018
6	时钟电池	50.00	0.50	ISO14067-2018
7	贴片双排插座	50.00	0.50	ISO14067-2018
8	双排双塑插针	50.00	0.50	ISO14067-2018
9	双排单塑插针	50.00	0.50	ISO14067-2018

序号	可回收原材料	回收率—R (%)	分配因子-A 取值	数据来源
10	单排单塑插针	50.00	0.50	ISO14067-2018
11	导线加焊片	50.00	0.50	ISO14067-2018
12	铜柱	50.00	0.50	ISO14067-2018
13	自攻螺钉	50.00	0.50	ISO14067-2018
14	组合螺钉	50.00	0.50	ISO14067-2018
15	充电电池	50.00	0.50	ISO14067-2018
16	通讯模块(4G)	50.00	0.50	ISO14067-2018
17	4G 模块吸盘天线	50.00	0.50	ISO14067-2018
18	上铭牌	50.00	0.50	ISO14067-2018
19	下铭牌	50.00	0.50	ISO14067-2018
20	电子标签	50.00	0.50	ISO14067-2018
21	电子封印	50.00	0.50	ISO14067-2018
22	铅封	50.00	0.50	ISO14067-2018
23	条码纸	50.00	0.50	ISO14067-2018
24	标识纸	50.00	0.50	ISO14067-2018
25	包装自动化条码纸	50.00	0.50	ISO14067-2018
26	衬板	50.00	0.50	ISO14067-2018
27	纸护角	50.00	0.50	ISO14067-2018
28	木托	50.00	0.50	ISO14067-2018
29	说明书	50.00	0.50	ISO14067-2018
30	包装箱	50.00	0.50	ISO14067-2018
31	碳带	50.00	0.50	ISO14067-2018
32	金属打包扣	50.00	0.50	ISO14067-2018
33	塑料打包带	50.00	0.50	ISO14067-2018

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：

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

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：

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

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 DJTH23 集中器 I 型产品的碳足迹为 266.79kgCO₂eq。

DJTH23 集中器 I 型产品碳足迹可分为碳排放、碳信用额回收两个环节。其

中汇总生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据，得到 1 台 DJTH23 集中器 I 型产品碳排放环节的碳排放量为 268.09 kgCO₂eq；汇总生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据，得到 1 台 DJTH23 集中器 I 型产品碳信用额回收环节的碳信用额回收量为 1.30 kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.1 产品碳足迹碳排放环节评价结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品使用	产品废弃回收	产品碳足迹
碳排放量 (kgCO ₂ eq)	31.80	0.09	2.23	0.18	232.82	-0.33	266.79
占比	11.92%	0.03%	0.85%	0.07%	86.85%	-0.12%	100.00%

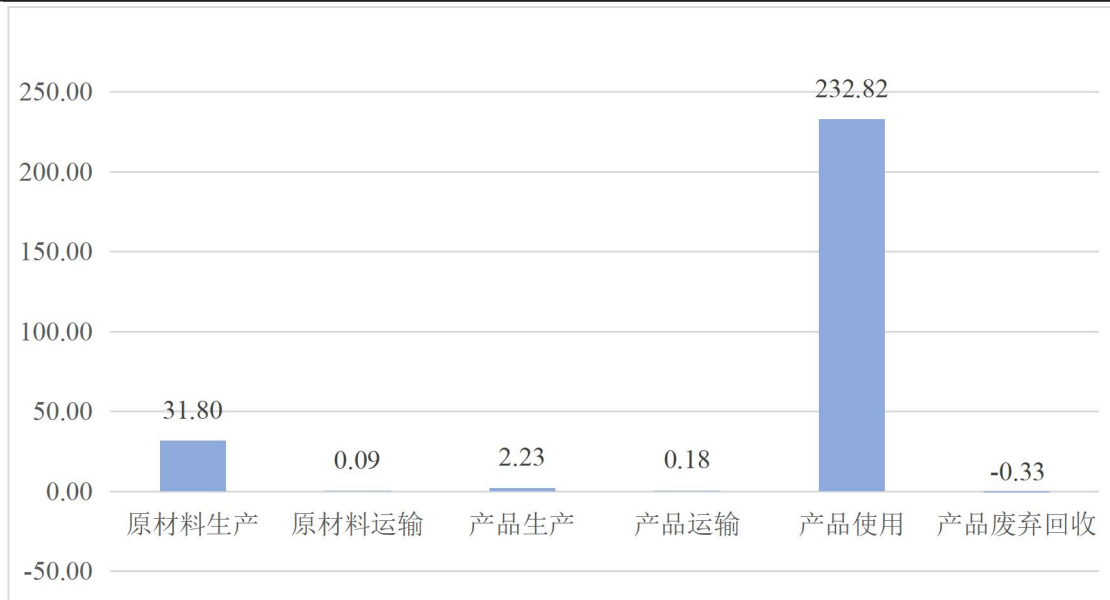


图 5.1 产品碳足迹碳排放环节评价结果

5.3 碳足迹影响分析

从 DJTH23 集中器 I 型产品碳足迹碳排放环节贡献比例的情况，可以看出该产品的碳排放环节主要集中在产品使用阶段，占比 86.85%，其次为原材料生产阶段，占比 11.86%，具体详见下图 5.2。

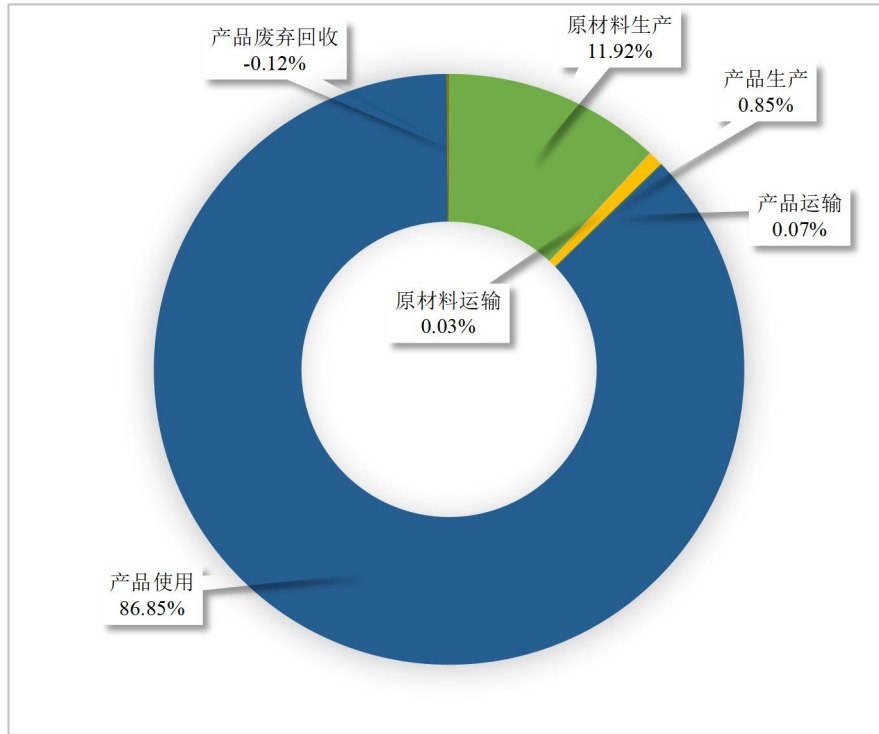


图 5.2 产品碳足迹碳排放环节贡献情况分布图

从原材料生产阶段碳足迹评价结果的情况，可以看出 DJTH23 集中器 I 型产品原材料生产阶段影响最大的原材料是主板 PCB 板，占比 15.71%，其次为包装箱、LDO 稳压芯片、电流型电压互感器、贴片双向 TVS 管、集中器全套壳体，占比分别为 8.48%、6.67%、5.63%、5.56%、5.47%，具体详见下表。

表 5.2 原材料生产阶段碳足迹评价结果

原材料生产阶段	原材料	碳排放量(kg CO ₂ eq)	占原材料生产阶段比例
原材料生产阶段	I 型集中器 PCB 板	4.9953	15.71%
	包装箱	2.698	8.48%
	LDO 稳压芯片	2.12	6.67%
	电流型电压互感器	1.7898	5.63%
	贴片双向 TVS 管	1.7688	5.56%
	国网集中器全套壳体	1.7399	5.47%
	开关电源模块 PCBA	1.5524	4.88%
	充电电池	1.3746	4.32%

原材料生产阶段	原材料	碳排放量(kg CO ₂ eq)	占原材料生产阶段比例
	液晶	1.1345	3.57%
	计量芯片	1.06	3.33%
	485 芯片	1.06	3.33%
	存储芯片	1.06	3.33%
	贴片光耦	0.9087	2.86%
	电解电容	0.6372	2.00%
	三相电流互感器	0.5966	1.88%
	贴片电容	0.5748	1.81%
	232 芯片	0.53	1.67%
	时钟芯片	0.53	1.67%
	MCU	0.53	1.67%
	LDO 稳压芯片	0.53	1.67%
	复位 IC 芯片	0.53	1.67%
	ESAM 芯片	0.53	1.67%
	贴片电阻	0.5158	1.62%
	拓扑识别模块 PCB 板	0.3228	1.01%
	组合螺钉	0.2683	0.84%
	红外接收管	0.2527	0.79%
	红外发射管	0.2527	0.79%
	超级电容	0.2446	0.77%
	贴片二极管	0.2148	0.68%
	木托	0.2046	0.64%
	贴片三极管	0.1941	0.61%
	自攻螺钉	0.1262	0.40%
	导线加焊片	0.116	0.36%
	贴片 p 沟道场效应管	0.0878	0.28%
	热敏电阻	0.0883	0.28%
	贴片磁珠	0.0795	0.25%

原材料生产阶段	原材料	碳排放量(kg CO ₂ eq)	占原材料生产阶段比例
	贴片 4 脚晶振	0.0672	0.21%
	时钟电池	0.0641	0.20%
	铜柱	0.058	0.18%
	通讯模块 (4G)	0.0548	0.17%
	贴片发光二极管	0.0509	0.16%
	4G 模块吸盘天线	0.0424	0.13%
	贴片双色发光二极管	0.0382	0.12%
	贴片 2 脚晶振	0.0336	0.11%
	焊锡丝	0.0327	0.10%
	锡膏	0.0241	0.08%
	USB 插口	0.0136	0.04%
	双排单塑插针	0.0116	0.04%
	焊锡条	0.0114	0.04%
	插座	0.0082	0.03%
	双排插座	0.011	0.03%
	上铭牌	0.0082	0.03%
	下铭牌	0.0082	0.03%
	衬板	0.0082	0.03%
	双排双塑插针	0.0058	0.02%
	单排单塑插针	0.0058	0.02%
	说明书	0.0062	0.02%
	贴片电感	0.002	0.01%
	纸护角	0.0028	0.01%
	金属打包扣	0.0045	0.01%
	塑料打包带	0.0027	0.01%
	贴片按键	0.00004	0.00%
	LED 灯柱套管	0.0007	0.00%
	贴片双排插座	0.0014	0.00%

原材料生产阶段	原材料	碳排放量(kg CO ₂ eq)	占原材料生产阶段比例
	助焊剂	0.0008	0.00%
	三防漆	0.0004	0.00%
	三防漆清洗液	0.00001	0.00%
	电子标签	0.0006	0.00%
	电子封印	0.0002	0.00%
	铅封	0.0004	0.00%
	条码纸	0.0004	0.00%
	标识纸	0.0002	0.00%
	包装自动化条码纸	0.0002	0.00%
	碳带	0.0007	0.00%
	合计	31.80	100.00%

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和注重产品生产的生态设计，以减少原材料获取阶段、产品废弃回收和产品生产阶段的碳足迹，具体如下：

(1) 绿色供应商管理

公司原材料生产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) 产品生态设计

在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案，以节能绿色为改进方向，减少产品生产阶段的碳足迹。

(3) 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，减少电力的使用量等。

(4) 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) 对每道工序都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) **Ecoinvent**: 由瑞士 Ecoinvent 中心开发的商业数据库, 数据主要源于统计资料以及技术文献。Ecoinvent 数据库是一个生命周期清单 (LCI) 数据库, 支持各种类型的可持续性评估。它包含各种常见物质的 LCA 清单数据, 是国际 LCA 领域使用最广泛的数据库之一, 也是许多机构指定的基础数据库之一。最新版本 Ecoinvent3.8, 包含欧洲及世界多国的 18000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集, 其中包括农业和畜牧业、化工和塑料、能源、林业和木材、金属、纺织、运输、旅游住宿、废物处理和回收以及供水等工业部门。Ecoinvent 数据库能够提供丰富, 权威的国际数据支持, 适用于含进口原材料的产品或出口产品的 LCA 研究, 也可用于弥补国内 LCA 数据的暂时性缺失。

(3) **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, 包括金属制品、机械和设备、农林、水产品、矿石和矿物、电、气和水、交通服务及碳移除等共计 3390 多条数据信息。