

报告编号：CFP-558069138-01

**江苏东鋈光伏科技有限公司**

**晶体硅光伏组件**

**EN182N-156D 产品碳足迹报告**

杭州万泰认证有限公司



## 基本信息

### 报告信息

报告编号: WIT-CFP-558069138-01

编写单位: 杭州万泰认证有限公司

编制人员: 李乔

审核单位: 杭州万泰认证有限公司

审核人员: 王雨萌

发布日期: 2025 年 5 月 15 日

### 申请者信息

公司全称: 江苏东盛光伏科技有限公司

统一社会信用代码: 91320281558069138A

地址: 江阴市华士镇海达路 58 号

联系人: 姜蕾

联系方式: 18052813558

### 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

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>1 执行摘要 .....</b>    | <b>1</b>  |
| <b>2 公司信息介绍 .....</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1 公司介绍 .....         | 2         |
| 2.2 产品信息 .....         | 2         |
| 2.3 数据代表性 .....        | 4         |
| 2.2 生产工艺 .....         | 4         |
| 2.5 设备信息 .....         | 5         |
| <b>3 目标与范围定义 .....</b> | <b>6</b>  |
| 3.1 研究目的 .....         | 6         |
| 3.2 系统边界 .....         | 7         |
| 3.3 功能单位 .....         | 8         |
| 3.4 取舍准则 .....         | 8         |
| 3.5 影响类型和评价方法 .....    | 8         |
| 3.6 数据质量要求 .....       | 9         |
| <b>4 过程数据收集 .....</b>  | <b>10</b> |
| 4.1 原材料生产阶段 .....      | 10        |
| 4.2 原材料运输阶段 .....      | 11        |
| 4.3 产品生产阶段 .....       | 12        |
| 4.4 产品运输阶段 .....       | 13        |
| <b>5 碳足迹计算 .....</b>   | <b>14</b> |
| 5.1 碳足迹计算方法 .....      | 15        |
| 5.2 碳足迹计算结果 .....      | 16        |
| 5.3 碳足迹影响分析 .....      | 17        |
| 5.4 碳足迹改进建议 .....      | 18        |
| <b>6 不确定性 .....</b>    | <b>19</b> |
| <b>7 结语 .....</b>      | <b>20</b> |

|                  |    |
|------------------|----|
| 附录 A 数据库介绍 ..... | 21 |
|------------------|----|

## 1 执行摘要

为满足相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，江苏东望光伏科技有限公司对晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的碳足迹排放情况进行研究，并出具研究报告。本研究以生命周期评价方法为基础，按照 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》的要求对晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的碳足迹进行核算。

本报告的功能单位定义为“1 块晶体硅光伏组件 EN182N-156D”产品。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，包括晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品运输阶段、产品废弃回收产生的排放。

本报告通过 GaBi 建模得到生产“一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D”产品的碳足迹为 60.44 kgCO<sub>2</sub>eq，其中原材料提取加工阶段排放量占比为 143.75%、原材料运输阶段排放量占比为 4.62%、产品生产阶段排放量占比为 7.71%、产品运输阶段排放量占比为 0.98%、产品废弃回收阶段占比为-57.05%。从单个阶段对碳足迹贡献来看，原材料生产阶段对产品碳足迹的贡献较大。

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。晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品产生生命周期内主要过程的活动数据来源于企业现场调研的初级数据，其中部分数据来源与供应商提供的统计数据。原辅料的排放因子数据部分来源于供应商提供的生产统计数据，其余因子来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）、SimaPro 数据库、Ecoinvent（包含 Lite 版本因子库）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**

江苏东盛光伏科技有限公司，成立于 2010 年 7 月 7 日，占地面积 6 万平方米，建筑面积 12 万平方米，位于江苏省江阴市华士镇工业园区，苏南经济开发区域中心。公司地理位置优越，交通通讯发达，经济繁荣，社会和谐安定，人民生活富庶。

公司秉承“高起点、高科技、高效率”为创始之志，是一家主要从事光伏应用产品的研发、制造、销售和技术服务为一体的高新技术企业，主要产品有太阳能单晶、多晶高效电池组件。公司自成立以来，大力引进国际先进生产设备，组件生产引用全自动生产线，代表了中国为数不多的先进生产工艺。公司按照 ISO9001:2015《质量管理体系要求》、ISO14001: 2015《环境管理体系求及实施指南》、ISO45001:2018《职业健康安全管理体系 要求及使用指南》实施质量、环境、职业健康安全管理体系，为客户提供优质的产品和售后服务、为社会提供环保产品、为职工提供健康安全的作业环境，使客户、社会和员工满意。保证公司与自然和谐发展，实现经济增长与环境保护的“双赢”，增强了客户和相关方的信任程度，增强了公司的综合竞争能力。

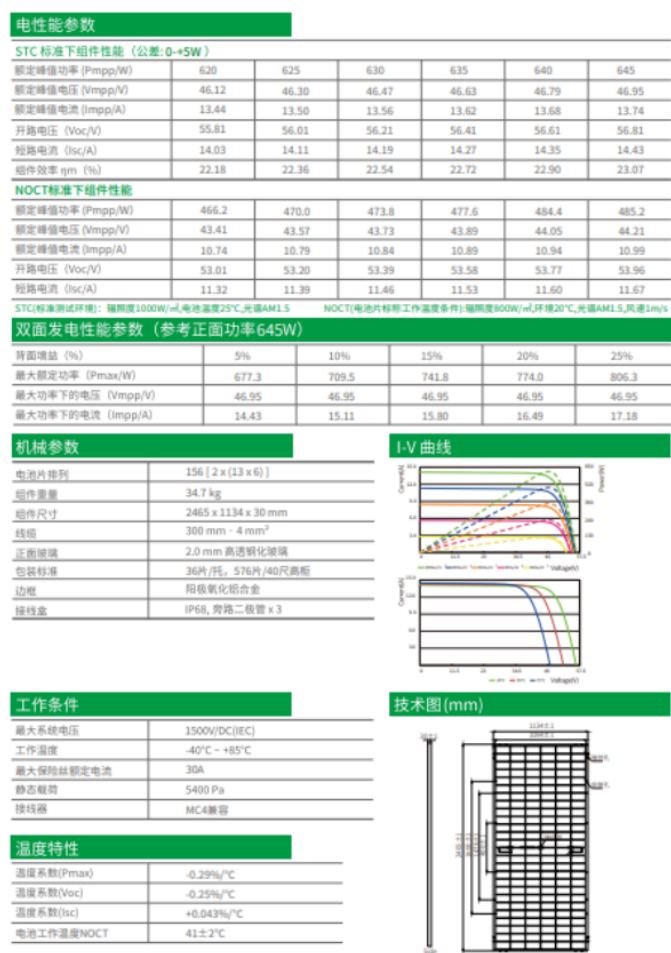
公司以先进的企业管理理念，严密的过程控制，广泛的销售网络，完备的售后售前体系，使公司与世界太阳能行业发展同步前进,逐步成为国际著名的太阳能、组件产品的制造基地。公司的使命是通过持续地技术创新和改进，为我们的客户提供具有价格竞争力的高品质、性能可靠的绿色产品，充分利用太阳能，降低其他不可能再生资源的消耗，改善生态环境，为人类生活质量而努力！

### **2.2 产品信息**

**产品名称：**晶体硅光伏组件 EN182N-156D

产品型号：EN182N-156D

技术参数：



产品应用说明：项目涵盖大型地面电站、扶贫项目、工商业分布式及户用分布式等。

包装材料及规格：围框：2473\*1100\*1134mm

纸垫板：2483\*1109\*3mm

上盖：2470\*1105\*50mm

托盘：2485\*1115\*121mm

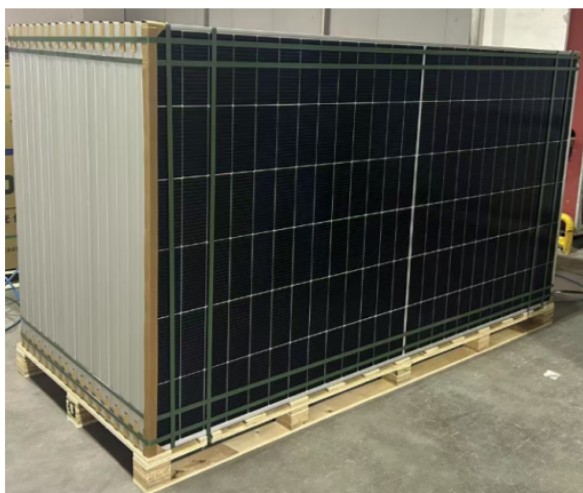


图 2.2 晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品照片



图 2.3 晶体硅光伏组件 EN182N-156D 包装照片

### 2.3 数据代表性

报告代表具体企业及产品研究，时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2024 年 1 月-12 月
- (2) 地理代表性：无锡市

### 2.2 生产工艺

晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的生产工艺流程如下：

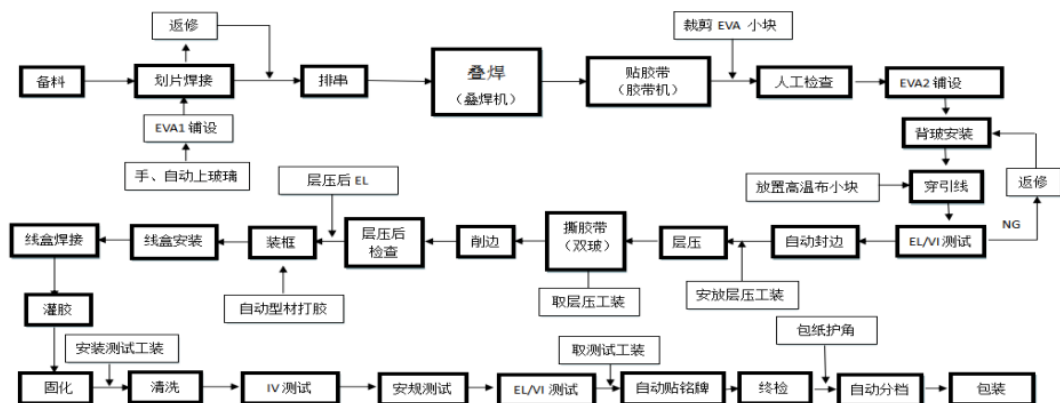


图 2.1 工艺流程图

## 2.5 设备信息

表 2.2 主要用能设备清单

| 序号 | 设备名称           | 设备型号           | 功率（kw） | 数量 |
|----|----------------|----------------|--------|----|
| 1  | 激光划片机          | LTS100C        | 18     | 3  |
| 2  | 多主栅串焊机         | A050KA         | 80     | 3  |
| 3  | 多主栅串焊机         | AM050E         | 35     | 5  |
| 4  | 电池串自动排版机       | HB-ALH110DQ    | 8      | 3  |
| 5  | 电池串自动排版机       | HB-ALH100X     | 6.06   | 5  |
| 6  | 自动贴胶带机         | BY-T2514       | 5      | 2  |
| 7  | 汇流带焊接机         | DH180-HP       | 30     | 2  |
| 8  | 上玻璃机           | JSBY-21B-099   | 20     | 2  |
| 9  | 一层 EVA 在线裁切铺设机 | GC-1500F       | 5      | 2  |
| 10 | 二层 EVA 在线裁切铺设机 | GC-1500SE      | 5      | 2  |
| 11 | 二层背板在线裁切铺设机    | GC-1500ST      | 5      | 2  |
| 12 | EL 外观一体机       | EV-J12         | 3      | 8  |
| 13 | 返修串 EL 测试仪     | PY-EL-Q        | 2      | 2  |
| 14 | 二玻合片机          | JSBY-21B-099   | 20     | 2  |
| 15 | 双玻移栽返修         | JSBY-21B-099   | 5      | 4  |
| 16 | 自动封边机          | XB21021        | 8      | 2  |
| 17 | 太阳能电池组件层压机     | BGKJ-Q9827DPX4 | 400    | 4  |

| 序号 | 设备名称             | 设备型号         | 功率（kw） | 数量 |
|----|------------------|--------------|--------|----|
| 18 | 一二次削边机           | XBJ-5022     | 8      | 2  |
| 19 | 自动装框机            |              | 10     | 3  |
| 20 | 双头边框打胶机+料仓 PS202 | EJ-34MSY     | 3      | 3  |
| 21 | 接线盒打胶机一拖二        | EJ-400       | 2      | 4  |
| 22 | 接线盒灌胶机           | EJ-AB10      | 2      | 4  |
| 23 | 灌胶机械手            |              | 3      | 4  |
| 24 | 固化线上料移栽机         |              | 5      | 2  |
| 25 | 固化线下料移栽机         |              | 5      | 2  |
| 26 | 自动挫角机            |              | 8      | 2  |
| 27 | 太阳能电池组件测试仪       | GIV-20A2616  | 5      | 2  |
| 28 | 绝缘耐压测试仪          |              | 3.5    | 2  |
| 29 | 接地连续性测试仪         |              | 3.5    | 2  |
| 30 | 自动贴标机            | MTZ-GFTSB-Z1 | 3      | 2  |
| 31 | 接线盒焊接机           | KS-01b       | 8      | 2  |
| 32 | 缠绕机              | S210574      | 2      | 1  |
| 33 | 翻包机              |              | 2      | 2  |
| 34 | 线扫自动测试仪          | OSQDXS-1     | 0.3    | 2  |
| 35 | 线扫自动测试仪          | OSHDXS-2     | 0.3    | 2  |
| 36 | 自动包护角机           | TBJ-2514-2   | 10     | 2  |

### 3 目标与范围定义

#### 3.1 研究目的

本次研究的目的是得到江苏东盍光伏科技有限公司 2024 年 1 月-12 月生产的“一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D”生命周期过程碳足迹的平均水平，为江苏东盍光伏科技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，也是江苏东盍光伏科技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江苏东鋆光伏科技有限公司与**晶体硅光伏组件 EN182N-156D** 产品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：一是江苏东鋆光伏科技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江苏东鋆光伏科技有限公司 2024 年 1 月-12 月晶体硅光伏组件 EN182N-156D “从摇篮到坟墓” 的温室气体排放。包括晶体硅光伏组件 EN182N-156D 的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品运输阶段和产品废弃回收阶段 5 个阶段。产品碳足迹评价系统边界图如图 3.1 所示。

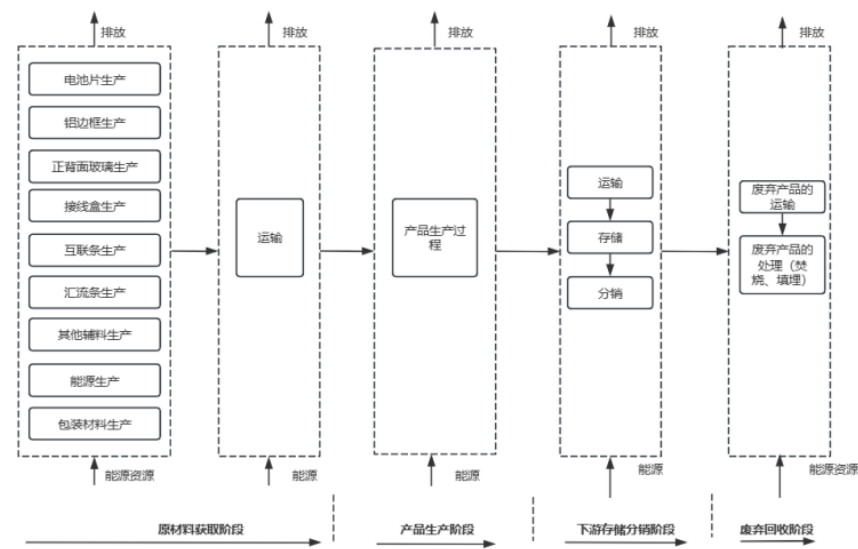


图 3.1 产品生命周期评价系统边界图

本报告中，碳足迹核算系统边界覆盖的生命周期过程见下表：

**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+产品运输+产品废弃回收;<br><br>b.主要原材料生产过程中能源的消耗;<br><br>c.产品生产过程电力及其他耗能工质等的消耗;<br><br>d.原材料运输、产品运输;<br><br>e.产品废弃回收过程产生的排放。 | a.资本设备的生产及维修;<br><br>b.次要原材料及辅料获取和运输;<br><br>c.销售等商务活动产生的运输。 |

### 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：一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D。

### 3.4 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，部分物料因占比较小，对碳足迹影响很小，经与企业沟通后忽略。

### 3.5 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<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFC<sub>s</sub>）、全氟化碳（PFC<sub>s</sub>）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）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<sub>2</sub> 当量（CO<sub>2</sub>e）。例如，1 吨甲烷在 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（CO<sub>2</sub>e）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kgCO<sub>2</sub>e。

### 3.6 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 2025 年 3 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；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 2024 年 1 月-12 月实际消耗量统计，生产一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 的原材料消耗情况如下：

表 4.1 原材料及辅料消耗量

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 重量      | 单位 |
|----|----|------|---------|----|
| 1  | 生产 | 电池片  | 0.7890  | kg |
| 2  | 生产 | 铝边框  | 2.5800  | kg |
| 3  | 生产 | 正面玻璃 | 13.8700 | kg |
| 4  | 生产 | 背面玻璃 | 13.8700 | kg |
| 5  | 生产 | EPE  | 1.0800  | kg |
| 6  | 生产 | EVA  | 1.1800  | kg |
| 7  | 生产 | 接线盒  | 0.1126  | kg |
| 8  | 生产 | 互联条  | 0.1960  | kg |
| 9  | 生产 | 汇流条  | 0.0390  | kg |
| 10 | 生产 | 硅胶   | 0.3270  | kg |
| 11 | 生产 | 灌封胶  | 0.0222  | kg |
| 12 | 包装 | 纸箱   | 0.2670  | kg |
| 13 | 包装 | 托盘   | 0.7970  | kg |
| 14 | 包装 | 纸护楞  | 0.0050  | kg |
| 15 | 包装 | 长护楞  | 0.0050  | kg |

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 重量     | 单位 |
|----|----|------|--------|----|
| 16 | 包装 | 纸护角  | 0.0110 | kg |
| 17 | 包装 | 打包带  | 0.0630 | kg |
| 18 | 包装 | 自封袋  | 0.0001 | kg |
| 19 | 包装 | 缠绕膜  | 0.0160 | kg |

#### 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，数据通过供应商提供或数据库（GaBi 数据库（GaBi Databases）、SimaPro 数据库、Ecoinvent（包含 Lite 版本因子库）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)）获取，具体数据如下：

表 4.2 原材料及辅料排放因子

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 排放因子    | 单位                      | 数据来源                                                  |
|----|----|------|---------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1  | 生产 | 电池片  | 1.3600  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-多晶电池片                                            |
| 2  | 生产 | 铝边框  | 16.3800 | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-铝及铝合金                                            |
| 3  | 生产 | 正面玻璃 | 1.1300  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-平板玻璃                                             |
| 4  | 生产 | 背面玻璃 | 1.1300  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-平板玻璃                                             |
| 5  | 生产 | EPE  | 1.5740  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-珍珠棉包装                                            |
| 6  | 生产 | EVA  | 2.9700  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-EVA 膜                                            |
| 7  | 生产 | 接线盒  | 7.9095  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-尼龙 6 60%; CPCD-铜 20%; CPCD-二极管 15%; CPCD-环氧树脂 5% |
| 8  | 生产 | 互联条  | 7.3737  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | Ecoinvent 3.9.1-锡 60%; CPCD-铅 40%                     |
| 9  | 生产 | 汇流条  | 7.3737  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | Ecoinvent 3.9.1-锡 60%; CPCD-铅 40%                     |
| 10 | 生产 | 硅胶   | 15.8428 | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | Ecoinvent 3.9.1--polydimethylsiloxane(聚二甲硅氧烷)         |
| 11 | 生产 | 灌封胶  | 3.4631  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | Ecoinvent 3.9.1-silicone product(硅树脂) 50%; CPCD-      |

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 排放因子    | 单位                      | 数据来源        |
|----|----|------|---------|-------------------------|-------------|
|    |    |      |         |                         | 氧化铝 50%     |
| 12 | 包装 | 纸箱   | 0.8130  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-瓦楞纸箱   |
| 13 | 包装 | 托盘   | -1.8190 | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-工业原木   |
| 14 | 包装 | 纸护楞  | 2.5280  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-牛皮纸    |
| 15 | 包装 | 长护楞  | 2.5280  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-牛皮纸    |
| 16 | 包装 | 纸护角  | 2.5280  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-牛皮纸    |
| 17 | 包装 | 打包带  | 4.5000  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-PET 薄膜 |
| 18 | 包装 | 自封袋  | 4.5000  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-PET 薄膜 |
| 19 | 包装 | 缠绕膜  | 0.5700  | kgCO <sub>2</sub> eq/kg | CPCD-聚乙烯    |

## 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，生产一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 对应的原材料运输距离下：

表 4.3 原辅材料运输活动水平

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 货物周转量  | 单位   |
|----|----|------|--------|------|
| 1  | 生产 | 电池片  | 0.2099 | t.km |
| 2  | 生产 | 铝边框  | 0.3179 | t.km |
| 3  | 生产 | 正面玻璃 | 0.0012 | t.km |
| 4  | 生产 | 背面玻璃 | 3.5396 | t.km |
| 5  | 生产 | EPE  | 3.5396 | t.km |
| 6  | 生产 | EVA  | 0.2357 | t.km |
| 7  | 生产 | 接线盒  | 0.2575 | t.km |
| 8  | 生产 | 互联条  | 0.0240 | t.km |
| 9  | 生产 | 汇流条  | 0.0041 | t.km |
| 10 | 生产 | 硅胶   | 0.0008 | t.km |
| 11 | 生产 | 灌封胶  | 0.0374 | t.km |
| 12 | 包装 | 纸箱   | 0.0025 | t.km |
| 13 | 包装 | 托盘   | 0.0047 | t.km |

| 序号 | 工序 | 原辅材料 | 货物周转量  | 单位   |
|----|----|------|--------|------|
| 14 | 包装 | 纸护楞  | 0.0126 | t.km |
| 15 | 包装 | 长护楞  | 0.0001 | t.km |
| 16 | 包装 | 纸护角  | 0.0001 | t.km |
| 17 | 包装 | 打包带  | 0.0002 | t.km |
| 18 | 包装 | 自封袋  | 0.0005 | t.km |
| 19 | 包装 | 缠绕膜  | 0.0000 | t.km |

#### 4.2.2 排放因子数据

原材料运输方式为道路运输，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  | 道路运输原材料 | 0.104 | kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km) | CPCD-重型汽油货车运输<br>(载重 18t) |
| 2  | 道路运输原材料 | 0.078 | kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km) | CPCD-重型柴油货车运输<br>(载重 30t) |
| 3  | 道路运输原材料 | 0.104 | kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km) | CPCD-重型汽油货车运输<br>(载重 10t) |
| 4  | 道路运输原材料 | 0.115 | kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km) | CPCD-中型汽油货车运输<br>(载重 8t)  |

### 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，生产一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 对应的能源消耗如下：

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             |
|------|------|--------|----------------|
| 生产过程 | 国网电力 | 7.3743 | kWh            |
| 生产过程 | 天然气  | 0.0040 | m <sup>3</sup> |

| 生产单元 | 能源   | 活动水平   | 单位  |
|------|------|--------|-----|
| 生产过程 | 柴油   | 0.0025 | kg  |
| 生产过程 | 蒸汽   | 0.4019 | GJ  |
| 生产过程 | 光伏电力 | 0.3735 | kWh |

#### 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                                        |
|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| 生产过程 | 国网电力 | 0.6205 | kgCO <sub>2</sub> /kWh              | 全国电力碳足迹因子                                 |
| 生产过程 | 天然气  | 2.2322 | kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> | 中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南                   |
| 生产过程 | 柴油   | 3.582  | kgCO <sub>2</sub> /kg               | GABI 数据库-Diesel mix at filling station    |
| 生产过程 | 蒸汽   | 0.1150 | tCO <sub>2</sub> /GJ                | GABI 数据库-Process steam from hard coal 90% |
| 生产过程 | 光伏电力 | 0.055  | kgCO <sub>2</sub> /kWh              | CPCD--2023 年主要发电类型电力碳足迹因子-光伏发电            |

#### 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客户与企业平均距离，生产一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 货物的运输距离数据如下：

表 4.7 产品运输阶段活动水平

| 序号 | 产品                    | 活动水平 | 单位   |
|----|-----------------------|------|------|
| 1  | 一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D | 7.62 | t.km |

##### 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  | 晶体硅光伏组件<br>EN182N-156D | 0.078 | kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km) | CPCD-重型柴油货车运输<br>(载重 30t) |

#### 4.5 产品废弃回收阶段

因未能获取晶体硅光伏组件 EN182N-156D 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) 金属材料、塑料材料、玻璃等材料均可回收利用，本报告设定铝边框和玻璃回收率为 95%，电池片、互联条、汇流条回收率为 90%，接线盒回收率为 20%。判断回收类型符合 ISO 14067-2018 中的开环分配程序。

##### 4.5.1 活动水平数据

产品废弃处置的活动水平为一块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 的质量 34.66 kg；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 <sub>v</sub> (kgCO <sub>2</sub> eq) | 数据来源 |
|----|--------|---------------------------------------------|------|
| 1  | 电池片    | 1.0730                                      | 计算值  |
| 2  | 铝边框    | 42.2604                                     | 计算值  |
| 3  | 正面玻璃   | 15.6731                                     | 计算值  |
| 4  | 背面玻璃   | 15.6731                                     | 计算值  |
| 5  | 接线盒    | 0.8906                                      | 计算值  |
| 6  | 互联条    | 1.4452                                      | 计算值  |
| 7  | 汇流条    | 0.2876                                      | 计算值  |

##### 4.5.2 排放因子数据

产品废弃处置的排放因子为 0.0530 kgCO<sub>2</sub>/kg，数据来源 China Products Carbon Footprint Factors Database—分类垃圾处置平均 (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<br>(%) | 分配因子-A<br>取值 | 数据来源          |
|----|--------|--------------|--------------|---------------|
| 1  | 电池片    | 90.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 2  | 铝边框    | 95.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 3  | 正面玻璃   | 95.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 4  | 背面玻璃   | 95.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 5  | 接线盒    | 20.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 6  | 互联条    | 90.00        | 0.50         | ISO14067-2018 |
| 7  | 汇流条    | 90.00        | 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 块晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的碳足迹为 60.44 kgCO<sub>2</sub>eq，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  | 产品废弃回收  | 产品碳足迹   |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 碳排放量<br>(kgCO <sub>2</sub> eq) | 86.88   | 2.79  | 4.66  | 0.59  | -34.48  | 60.44   |
| 占比                             | 143.75% | 4.62% | 7.71% | 0.98% | -57.05% | 100.00% |



图 5.1 产品碳足迹评价结果

### 5.3 碳足迹影响分析

晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出晶体硅光伏组件 EN182N-156D 产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 143.75%，其次为产品生产阶段，占比 7.71%，具体详见下图。

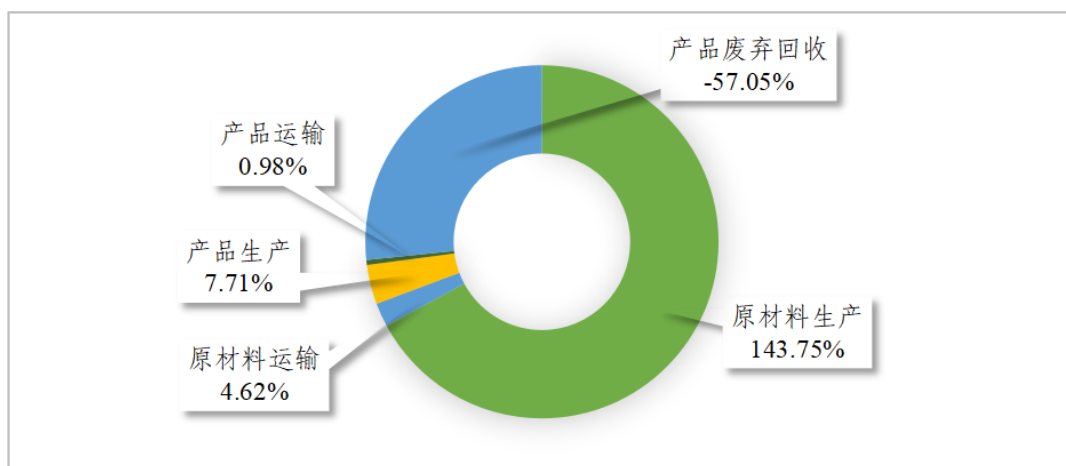


图 5.2 产品碳足迹贡献情况分布图

在不考虑产品使用过程，在产品的生产过程中从产品的原材料生产阶段影响最大。碳足迹评价结果的情况，可以看出晶体硅光伏组件 EN182N-156D 原材料生产阶段影响最大的因素是铝边框，占比 48.64%，具体详见下表。

表 5.2 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

| 原辅材料 | 排放量（kgCO <sub>2</sub> eq） | 排放占比   |
|------|---------------------------|--------|
| 电池片  | 1.0730                    | 1.24%  |
| 铝边框  | 42.2604                   | 48.64% |
| 正面玻璃 | 15.6731                   | 18.04% |
| 背面玻璃 | 15.6731                   | 18.04% |
| EPE  | 1.6999                    | 1.96%  |
| EVA  | 3.5046                    | 4.03%  |
| 接线盒  | 0.8906                    | 1.03%  |
| 互联条  | 1.4452                    | 1.66%  |
| 汇流条  | 0.2876                    | 0.33%  |

| 原辅材料 | 排放量 (kgCO <sub>2</sub> eq) | 排放占比   |
|------|----------------------------|--------|
| 硅胶   | 5.1806                     | 5.96%  |
| 灌封胶  | 0.0769                     | 0.09%  |
| 纸箱   | 0.2171                     | 0.25%  |
| 托盘   | (1.4497)                   | -1.67% |
| 纸护楞  | 0.0126                     | 0.01%  |
| 长护楞  | 0.0126                     | 0.01%  |
| 纸护角  | 0.0278                     | 0.03%  |
| 打包带  | 0.2835                     | 0.33%  |
| 自封袋  | 0.0004                     | 0.00%  |
| 缠绕膜  | 0.0091                     | 0.01%  |

#### 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的生态设计,以减少原材料获取阶段和产品生产阶段的碳足迹,具体如下:

##### (1) 绿色供应链管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大,依据绿色供应链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、加强余热回收利用等。

### （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

根据活动水平和排放因子的数据质量等级，对碳足迹评价结果做定性判断。

表 6.1 生命周期评价数据质量等级结果

| 生命周期阶段                         | 原材料<br>生产 | 原材料<br>运输 | 产品<br>生产 | 产品<br>运输 | 产品废弃<br>回收 | 全生命<br>周期 |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|-----------|
| 碳排放量<br>(kgCO <sub>2</sub> eq) | 86.88     | 2.79      | 4.66     | 0.59     | -34.48     | 60.44     |
| 数据质量加权得分                       | 5.77      | 2.00      | 11.89    | 2.00     | 0.95       | 8.78      |
| 数据质量等级                         | L6        | L6        | L5       | L6       | L6         | L5        |

注：数据质量等级 L1（31-36），L2（25-30），L3（19-24），L4（13-18），L5（7-12），L6（1-6），级数越小表示其数据质量越佳

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：

- 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；
- 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) 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。

**(3) SimaPro 排放因子数据库:** SimaPro 是一只用于收集、分析和监测产品和服务的可持续性表现的专业工具。生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 因可以核算产品从“摇篮到大门”的一系列环境问题和影响而被全球公认为量化产品可持续性的最佳方法。Simapro 是一只被 80 多个国家的工业企业、咨询公司以及研究机构使用的 LCA 软件。此外, 由于 Simapro 可供处于不同地点的用户同步访问数据库, 因而它也可作为多用户产品而供全球公司使用。

**(4) Ecoinvent (包含 lite 版本因子库) 排放因子数据库:** Ecoinvent 是最可靠和最透明的生命周期清单 (LCI) 数据库, 它允许对商品和流程进行全球环境评估。全球 40 多个国家/地区的约 4,500 人使用 ecoinvent, 这是世界上最著

名的生命周期评估 (LCA) 数据库。该数据库包括能源、资源开采、材料供应、化学品、金属、农业、废物管理和运输方面的数据。