


# 海南文昌福耀硅砂有限公司 高硅擦洗砂碳足迹评价报告

评价机构：中国船级社质量认证有限公司

签发日期：2025年6月11日



项目基本情况表

| 生产者名称  | 海南文昌福耀硅砂有限公司  |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
|--|---|--|------------------|------|------|-----------------------------|----|-------|---------|--------|---|
| 生产者地址  | 海南省文昌市龙楼镇全美村  |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 生产企业名称   | 海南文昌福耀硅砂有限公司  |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 生产企业地址   | 海南省文昌市龙楼镇全美村  |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 评价依据准则   | 《温室气体 产品的碳足迹 量化的要求和指南》（ISO 14067:2018）<br>《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS 2050:2011） |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 评价产品名称   | 1吨高硅擦洗砂   |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 产品型号规格   | 高硅擦洗砂（1吨）   |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 时间边界   | 2024年1月1日-2024年12月31日   |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 系统边界   | 从原料生产到产品制成出厂（从摇篮到大门）  |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| <p><b>评价结论：</b></p> <p>中国船级社质量认证有限公司（以下简称“CCSC”）受海南文昌福耀硅砂有限公司委托，对海南文昌福耀硅砂有限公司（以下简称“受评价方”）在2024年1月1日至2024年12月31日期间生产的高硅擦洗砂碳足迹排放量进行核算和评价，确认评价结果如下：</p> <p>1) 评价标准符合性</p> <p>评价组确认本次产品碳足迹报告符合《温室气体 产品的碳足迹量化的要求和指南》（ISO14067:2018）和《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS 2050:2011）等标准的要求。</p> <p>2) 经评价确认的单位产品碳排放量为：</p> |   |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>产品名称</th> <th>功能单元</th> <th>产品碳足迹 (kgCO<sub>2</sub>e)</th> <th>备注</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高硅擦洗砂</td> <td>1吨高硅擦洗砂</td> <td>70.637</td> <td>/</td> </tr> </tbody> </table>  |   |  |                  | 产品名称 | 功能单元 | 产品碳足迹 (kgCO <sub>2</sub> e) | 备注 | 高硅擦洗砂 | 1吨高硅擦洗砂 | 70.637 | / |
| 产品名称   | 功能单元  | 产品碳足迹 (kgCO <sub>2</sub> e)  | 备注               |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 高硅擦洗砂  | 1吨高硅擦洗砂   | 70.637   | /                |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 评价组组长  | 梁小燕   | 签名   | 梁小燕 日期 2025/5/30 |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 评价组成员  | 黄桂琴   |  |                  |      |      |                             |    |       |         |        |   |
| 复核决定人员   | 宋飞、郑玲   | 日期   | 2025/6/11        |      |      |                             |    |       |         |        |   |

## 目 录

|        |                 |    |
|--------|-----------------|----|
| 1.     | 概述              | 1  |
| 1.1.   | 评价目的            | 1  |
| 1.2.   | 评价范围            | 1  |
| 1.3.   | 评价准则            | 1  |
| 1.4.   | 数据取舍规则          | 1  |
| 1.5.   | 数据质量要求          | 1  |
| 1.6.   | 软件和数据库          | 2  |
| 2.     | 评价过程和方法         | 2  |
| 2.1.   | 评价策划            | 2  |
| 2.1.1. | 战略分析            | 2  |
| 2.1.2. | 风险评估            | 3  |
| 2.2.   | 工作组安排           | 4  |
| 2.2.1. | 人员安排            | 4  |
| 2.2.2. | 时间安排            | 4  |
| 2.3.   | 文件审查            | 4  |
| 2.4.   | 现场评价            | 4  |
| 2.5.   | 评价报告编制及批准       | 5  |
| 3.     | 评价对象基本信息        | 5  |
| 3.1.   | 受评价方基本信息        | 5  |
| 3.2.   | 受评价产品基本信息       | 6  |
| 3.3.   | 产品生命周期评价信息      | 7  |
| 3.4.   | 产品碳足迹识别         | 8  |
| 4.     | 数据收集            | 9  |
| 4.1.   | 数据收集方法          | 9  |
| 4.2.   | 各过程数据收集与使用的数据库  | 10 |
| 5.     | 数据计算            | 11 |
| 5.1.   | 计算公式            | 11 |
| 5.2.   | 计算结果            | 12 |
| 5.2.1. | 各个阶段排放清单明细      | 12 |
| 5.2.2. | 全生命周期各个过程汇总排放清单 | 13 |
| 6.     | 不确定分析           | 15 |
| 7.     | 评价结果            | 15 |
|        | 附件：支持性文件清单      | 16 |

## 1. 概述

### 1.1. 评价目的

受海南文昌福耀硅砂有限公司委托，中国船级社质量认证有限公司对海南文昌福耀硅砂有限公司在2024年1月1日至2024年12月31日期间生产的高硅擦洗砂进行碳足迹评价。

本次评价以生命周期评价方法为基础，采用《温室气体-产品碳足迹-量化要求和指南》（ISO 14067-2018）和《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS 2050:2011）等标准中规定的碳足迹核算方法，核算并评价由海南文昌福耀硅砂有限公司生产的高硅擦洗砂碳足迹。

### 1.2. 评价范围

本次评价的功能单位与基准流为高硅擦洗砂，系统边界为“从摇篮到大门（到下游客户）”类型，包含从原材料开采、原材料生产、原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输的生命周期过程。

### 1.3. 评价准则

本报告依据以下准则执行：

- 1) 《温室气体 产品的碳足迹 量化的要求和指南》（ISO 14067:2018）
- 2) 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS 2050:2011）

### 1.4. 数据取舍规则

本评价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：

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 $5\%$ ；

生产设备、厂房、生活设施数据进行忽略；

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。

### 1.5. 数据质量要求

为满足数据质量要求，本次评价主要考虑以下几个方面：

#### （1）可靠性

对于初级数据，原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输等使用的是受核查方的实际生产数据；计算过程中使用次级数据来自国家或地方地区的统计数

据、调查数据和官方数据，反映该特定国家或地区的能源结构、生产体系特征和平均生产技术水平。

### （2）完整性

为完整的报告受核查产品在生命周期过程中过的碳足迹影响，本报告中初级数据与次级数据均已计算，无缺失的过程与数据。

### （3）一致性

为了保证一致性，所有包括各工艺的消耗和排放的初级数据，均统一进行监测和统计。报告中尽量使用相同的碳足迹因子库，对于无法直接获取的次级数据，则使用其他因子库中近似数据进行替代，并做出说明。

### （4）代表性

本报告中所选用的次级数据符合目标和范围所界定的地理、时间和技术要求。不可获得相应的数据，采用近似代表性的数据进行替代，并在报告中做出说明。

## 1.6. 软件和数据库

本次评价采用中国产品全生命周期数据库自带模型软件系统，建立1吨高硅擦洗砂生命周期模型，并计算得到LCA结果。本次全生命周期并内置中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）、联合国政府间气候变化专门委员会IPCC数据库。评价过程中用到的数据库，包括CPCD数据库、Ecoinvent数据库和《生态环境部、国家统计局、国家能源局发布的<关于发布2023年电力碳足迹因子数据的公告>》中生产和处置过程数据都是“从摇篮到大门”的汇总数据。

## 2. 评价过程和方法

### 2.1. 评价策划

#### 2.1.1. 战略分析

评价组对碳足迹核算和评价工作进行战略分析，战略分析的输入包括：

- 1) 约定的保证等级、重要性、准则、目标和范围；
- 2) 产品及其测量/监测过程的复杂性；
- 3) GHG信息和数据的提供过程；
- 4) 利益相关方、责任方、客户和目标用户之间的组织关系及相互作用；
- 5) 组织环境，包括开发和管理产品GHG信息的组织结构；
- 6) 生命周期评价的结果，包括结论和局限；
- 7) 功能单元或声明单元；
- 8) 单元过程的特征；
- 9) 生命周期阶段；

10) 数据取舍。

经过战略分析，审核组织确认信息如下：

- 1) 本次评价满足约定的保证等级、重要性、准则、目标和范围；
- 2) 企业GHG信息客观真实、表述清晰；
- 3) 被评价产品原辅料、能耗清单统计完善；
- 4) 识别被评价产品系统边界内各流程的GHG排放：包括产品生产过程中原辅材料获取、原辅材料运输、能源以及直接贡献4个环节的排放。
- 5) 评审企业建立的核算和报告质量管理体系符合要求；
- 6) 组织企业在开发和管理产品GHG信息中对各数据的提供过程、数据保存、GHG管理组织架构等进行了约定；
- 7) 生命周期评价的结果，包括结论和限制性符合相关准则要求；
- 8) 功能单元反映产品实际碳足迹状况，产品间具有可比性；
- 9) 单元过程清晰、明确；
- 10) 生命周期为从摇篮到大门；

11) 本评价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：

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 $5\%$ 。

### 2.1.2. 风险评估

评价组对评价活动有关的潜在错误、遗漏和错误表达的来源和严重性进行评估，包括：

- a) 产品的复杂程度和系统边界；
- b) 在不同生命阶段的排放和清除的贡献；
- c) 分配程序；
- d) 来源于可对比产品/服务的生命周期结果的可获得性；
- e) 生命情景的使用和结束的代表性；
- f) 所使用的任何碳足迹研究的可靠性；
- g) 任何鉴定性评审的结果。

通过上述分析评估，确认：本次被评价产品系统边界明确，活动水平数据产生、传递、汇总方式透明、准确，主要GHG活动水平数据证据材料均可获取，因此本次评价出现以上风险的可能性较低，评价结果能够满足重要性偏差要求。

## 2.2. 工作组安排

### 2.2.1. 人员安排

表 2-1 工作组成员及复核决定人员安排

| 姓名  | 职责/分工 |
|-----|-------|
| 梁小燕 | 组长    |
| 黄桂琴 | 组员    |
| 宋飞  | 复核    |
| 郑玲  | 决定    |

### 2.2.2. 时间安排

表 2-2 时间安排

| 日期             | 时间安排      |
|----------------|-----------|
| 2025.5.15-5.19 | 文件审查      |
| 2025.5.20-5.21 | 现场评价      |
| 2025.5.30      | 完成碳足迹评价报告 |

## 2.3. 文件审查

评价组对受评价方提供的支持性文件（详见本报告“支持性文件清单”）进行评审，识别出现场核查的重点为：生命周期阶段、功能单元和核算边界的确定，现场查看排放单位的实际用能设施和计量设备，通过交叉核对判断排放量核算中的活动数据和排放因子是否真实、可靠、正确。

## 2.4. 现场评价

结合文件审查发现，评价组于2025年5月20日-5月21日对受评价方进行了现场评价。现场评价通过相关人员的访问、现场设施勘查、资料查阅、人员访谈等多种方式进行。评价过程详见表2-3。

表 2-3 现场评价记录表

| 序号 | 主要评价内容                          | 访谈对象 | 部门/职位 |
|----|---------------------------------|------|-------|
| 1  | 对组织 GHG 管理活动相关政策、规则、程序的运行情况的评价； | 姚海辉  | 副总经理  |
|    | 1) 边界确定                         | 欧香兰  | 财务部   |
|    | 2) 功能单元的确定                      | 刘家虎  | 安环科   |
|    | 3) 生命周期阶段的确定                    | 林道琨  | 质保科   |
|    | 4) 排放源识别                        | 黄超   | 采购部   |
|    | 5) 内部质量控制活动                     |      |       |

|   |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
|   | 6) GHG 排放的核算与报告  | 符传日<br>符朝琼 | 人力部<br>车间 |
| 2 | 对 GHG 信息管理系统控制进行评价；<br>1) 查阅被评价单位基本信息<br>2) 查阅设备设施台账<br>3) 查阅设备运行记录<br>4) 查阅产品生产情况台账<br>5) 查阅管理活动记录<br>6) 检查 GHG 信息流<br>7) 检查记录的保存 |            |           |
|   | 对 GHG 信息和数据进行评价；<br>1) 查阅各 GHG 排放源排放量核算相关的活动数据的数据源<br>2) 查阅各 GHG 排放源排放量核算相关的排放因子的数据源<br>3) 对 GHG 排放量进行验算                           |            |           |
| 3 | 查看现场：<br>1) 针对设备设施清单，查看各类设备设施、计量设备，访谈工作人员，对原始数据的产生进行评价<br>2) 查看生产车间，访谈工作人员，了解生产工艺流程  |            |           |
| 4 | 其他   |            |           |

## 2.5. 评价报告编制及批准

完成文件审查与现场评价后，评价组编写碳足迹评价报告，并提交复核决定，复核决定人员是由独立于评价组并具备相关行业领域的专业知识的人员，通过复核决定后，将报告提交批准。

## 3. 评价对象基本信息

### 3.1. 受评价方基本信息

海南文昌福耀硅砂有限公司海南文昌福耀硅砂有限公司（以下简称“受评价方”）是福耀玻璃工业集团股份有限公司全资子公司，公司成立于2003年7月16日，注册资金4000万元，位于海南省文昌市龙楼镇全美村。主要从事硅砂开采和硅砂深加工处理，主营产品有浮法玻璃砂、铸造砂、3D打印砂和焙烧相变砂。

受评价方于2004年取得采矿许可证，拥有面积为1.7249km<sup>2</sup>的海南文昌福耀硅砂有限公司文昌市龙楼镇赤筠村石英砂矿（2024年入列海南省省级绿色矿山名录）的采矿权，矿区位于文昌市龙楼镇管辖。受评价方硅砂深度加工厂区位于海南省文昌市龙楼镇全美村北侧文国用[2008]第W1500627号土地内，具备先进、成熟、

可靠的优质浮法玻璃砂生产线工艺技术和生产设备，严格控制产品化学成分、粒度分布、含泥量和水分含量，配备6条先进重选生产线，2条德国进口的擦洗工艺生产线。年生产浮法玻璃石英精砂50万吨，铸造砂年产65万吨，3D打印砂年产7万吨，焙烧相变砂年产8万吨。

### 3.2. 受评价产品基本信息

受评价产品的基本信息如表3-1所示：

表 3-1 受评价产品基本信息表

|      |   |
|------|---|
| 产品名称 | 1吨高硅擦洗砂                                 |
| 产品规格 | 高硅擦洗砂（1吨）                               |
| 产地   | 海南省文昌市龙楼镇全美村                            |
| 主要原料 | 天然硅砂（原砂）等                               |
| 主要能耗 | 电、天然气                                   |
| 生产工艺 | 高硅擦洗砂的生产工艺主要包括擦洗、脱泥、筛分、重选、脱水、烘干、筛分、吨袋包装 |

#### 铸造砂、3D 打印砂和焙烧相变砂的精选生产工艺

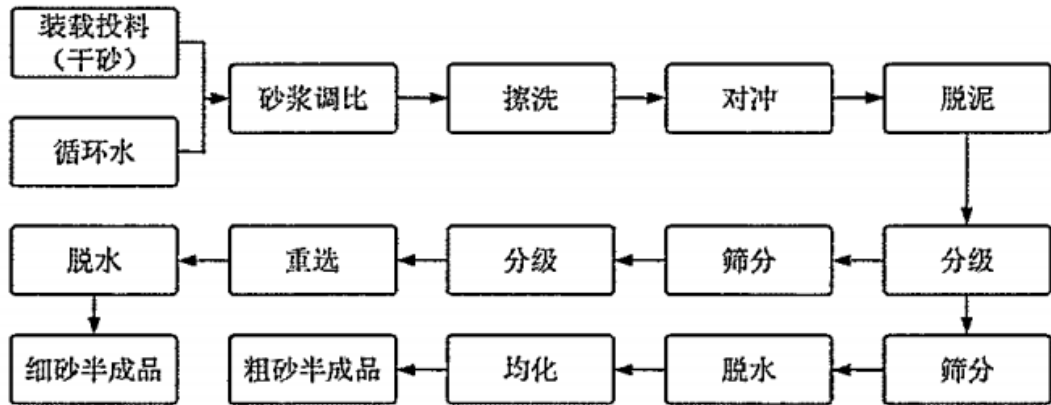


图 3-1 高硅擦洗砂产品精选生产工艺流程图

除杂堆存脱水后的物料通过轮式装载机送入原矿仓，再经原矿仓下部的电磁振动给料机送入带有计量装置的胶带输送机，根据计量数据，通过调整电磁振动给料机实现稳定给料。胶带输送机将物料稳定给入精选车间内超声波擦洗机进行擦洗，给料与给水自动化联控，保持擦洗浓度稳定。

擦洗工序以 70-75%的砂浆进行高浓度定速擦洗，擦洗后的物料由渣浆泵送至车间顶部的砂浆贮存矿斗，经浓缩、脱泥后再进入受阻沉降机进行粗细（+0.3mm，

根据需要可适当调整)分级。受阻沉降机沉砂经渣浆泵送至均化库内的砂浆贮存矿斗，经浓缩脱水后进入螺旋真空脱水机脱水后，物料经胶带输送机输送至均化库落地堆存；受阻沉降机溢流进入砂浆贮存矿斗，经浓缩、脱泥后进入水力分级进行细粒（-0.1mm，根据需要可适当调整）分级。分级细砂（溢流）自流回循环水池，分级沉砂经渣浆泵输送至分矿器，物料均匀给入重选溜槽，经二次重选一次扫选后，重选尾砂经渣浆泵输送到现有工程生产线的尾砂堆场，重选精砂经渣浆泵输送至均化库内的砂浆贮存矿斗，经浓缩、脱水后进入螺旋真空脱水机脱水后，物料经胶带输送机输送至均化库落地堆存。砂浆贮矿斗溢流水均自流返回循环水池。

### 铸造砂生产工艺

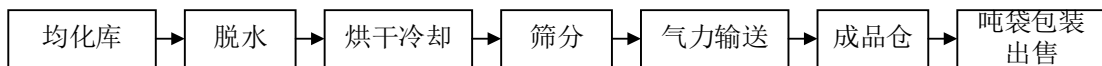


图 3-2 铸造砂生产工艺流程图

工艺说明：经过精选车间精选的砂进入均化库，均化库的物料经布料皮带布料、落地、自然脱水后，通过耙砂机实现物料均匀分布，再通过胶带输送机送入三回程烘干机进行烘干，烘干温度为 250-300℃，烘干后的物料经冷却筛进行强制冷却后，烘干后成品砂的出口温度约 70℃。通过气力输送装置送入方形摇摆筛进行筛分，筛分后的不同粒度产品通过气力输送装置送入对应的成品仓，再通过吨袋包装机进行包装，包装吨袋经叉车码垛堆存或直接装车。

### 3.3. 产品生命周期评价信息

#### 1) 时间边界

2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日

#### 2) 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位定义为：1 吨高硅擦洗砂。

#### 3) 系统边界

本次评价的系统边界包括产品生产和产品运输，即从摇篮到大门（到下游客户），其中产品生产过程包括原材料获取、原材料运输和能源、产品运输，产品成品如图 3-3 所示。



图 3-3 产品图片

#### 4) 环境影响指标

根据研究目标的定义，本报告采用生命周期评价的方法计算气候变化这一种影响类型，采用全球变暖潜值（Global Warming Potential, GWP）来量化产品碳足迹。评价的温室气体种类包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）7种。

本次评价采用《IPCC 第六次评估报告》提出的方法和温室气体特征化因子来计算产品生命周期碳足迹值。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）。表 3-2 中列出了部分温室气体的特征化因子。

表 3-2 GWP 特征化因子

| 环境影响类型指标 | 单位                   | 主要清单物质           | 特征化因子 |
|----------|----------------------|------------------|-------|
| GWP      | kg CO <sub>2</sub> e | CO <sub>2</sub>  | 1     |
|          |                      | CH <sub>4</sub>  | 27.9  |
|          |                      | N <sub>2</sub> O | 273   |

注：e 是 equivalent 的缩写，意为当量。

#### 3.4. 产品碳足迹识别

表 3-3 碳足迹过程识别表

| 序号 | 过程   | 活动内容   | 备注                  | 是否包含     |
|----|------|--------|---------------------|----------|
| 1  | 产品生产 | 原辅材料获取 | 包含原辅材料、包装材料的上游生产的排放 | 包含的碳足迹过程 |

|   |            |        |                      |           |
|---|------------|--------|----------------------|-----------|
|   |            | 原辅材料运输 | 包含原辅材料、包装材料的运输排放     |           |
|   |            | 能源获取   | 包含电力、天然气、柴油上游生产运输的排放 |           |
|   |            | 直接贡献   | 产品生产过程中化石燃料的燃烧排放     |           |
| 2 | 产品运输       | 产品运输   | 包含成品运输的运输排放          | 未包含的碳足迹过程 |
| 3 | 生产设备的生产及维修 | /      | /                    |           |
| 4 | 产品使用       | /      | /                    |           |
| 5 | 最终处置       | /      | /                    |           |

## 4. 数据收集

### 4.1. 数据收集方法

评价组于2025年5月进行企业活动水平数据的调查、收集和整理工作，企业提供的活动水平数据区间为2024年1月1日-2024年12月31日。

为满足对数据质量的要求，确保计算结果的可靠性，本次评价过程中的初级数据首选来自生产商和供应商直接提供的数据。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，如：CPCD数据库（中国产品全生命周期温室气体排放系数库）、Ecoinvent数据库和《生态环境部、国家统计局、国家能源局发布的<关于发布2023年电力碳足迹因子数据的公告>》。

表 4-1 产品数据来源与评价过程汇总表

| 产品碳足迹数据    | 支撑性材料                         | 计算说明                                    |
|------------|-------------------------------|---|
| 原辅材料使用量    | 2024年资源开发利用情况表、辅材出入库台账、吨袋销售合同 | 通过原辅材料定额领用表计算单位产品所消耗材料量。                |
| 原辅材料运输距离   |                               | 通过供应商地址统计原辅材料运输距离。                      |
| 能源消耗种类及消耗量 | 2024年能源消耗统计台账                 | 按照玻璃砂车间和铸造砂车间能耗及产品产量算，以产品产量折算目标产品的能源消耗。 |
| 产品运输量      | 财务统计数据                        | /                                       |
| 产品运输距离     |                               | 根据实际销售运输地址，统计成品运输距离。                    |

| 产品碳足迹数据   | 支撑性材料 | 计算说明 |
|-----------|-------|------|
| 废弃物产生量    | /     | /    |
| 二氧化碳直接排放量 | /     | /    |

#### 4.2.各过程数据收集与使用的数据库

评价组按照上述数据收集方法，通过文件审查和现场评价进行数据收集，收集到的数据如下表所示。

表4-2 高硅擦洗砂产品生产数据收集表  
(单位功能单位产品的生产数据)

| 类型     | 清单名称          | 数量      | 单位  | 碳排放因子  | 排放因子来源  | 用途/排放原因                                   |
|--------|---------------|---------|-----|--|---|---|
| 产品产出   | 1吨高硅擦洗砂       | 1       | 吨   | --   | --  | --  |
| 原材料/物料 | 原砂            | 1.2661  | 吨   | --   | --  | 天然硅砂                                      |
| 原材料/物料 | 不锈钢筛网(10kg)   | 0.0054  | kg  | 6.8<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg               | CPCD 数据库                                      |   |
| 原材料/物料 | 吨袋            | 1.6026  | kg  | 3.1<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg               | CPCD 数据库                                      | 成品包装                                      |
| 能源     | 电力            | 40.0034 | kWh | 0.6205<br>kgCO <sub>2</sub> /kWh             | 《生态环境部、国家统计局、国家能源局发布的<关于发布2023年电力碳足迹因子数据的公告>》 |   |
| 能源     | 柴油(原砂开采及运输使用) | 0.5286  | kg  | 0.6369<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg            | CPCD 数据库                                      | 此碳排放因子涵盖上游开采、炼化/液化、运输等阶段的排放，但不包括燃烧阶段的直接排放 |
| 能源     | 柴油(生产叉车使用)    | 0.2204  | kg  | 0.6369<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg            | CPCD 数据库                                      |   |
| 能源     | 液化天然气         | 5.0231  | kg  | 0.601<br>kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> | Ecoinvent 数据库-natural gas, high pressure      |   |

本报告中收集到的企业生产数据均为企业统计得到的初级数据，上游数据采

用的排放因子优先来自于 CPCD 数据库（中国产品全生命周期温室气体排放系数库）、Ecoinvent 数据库和《生态环境部、国家统计局、国家能源局发布的〈关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告〉》作为补充。

生产过程中使用的柴油、液化天然气等化石能源燃烧过程产生的温室气体依据《企业温室气体排放核算与报告指南 钢铁行业》（CETS—AG—03.01—V01—2024）计算，化石燃料低位发热量、单位热值含碳量及碳氧化率参照附表 A.1 常用化石燃料相关参数缺省值，数据如下表所示。

表 4-3 化石燃料燃烧阶段碳排放因子和计算系数

| 能源种类  | 低位发热量  | 单位热值含碳量 | 碳氧化率 | 折算因子  |
|-------|--------|---------|------|-------|
|       | GJ/t   | tC/GJ   | %    | —     |
| 柴油    | 42.652 | 0.0202  | 98%  | 44/12 |
| 液化天然气 | 51.498 | 0.0172  | 98%  | 44/12 |

原材料的运输数据收集数据如下表所示,下表中运输距离来自百度地图，运输排放因子均内来源于 CPCD 数据库。

表 4-4 高硅擦洗砂原辅材料和包装材料运输数据收集表

| 物料名称  | 毛重       | 起点   | 终点   | 运输距离   | 运输类型 | 碳排放因子<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg | 数据来源     |
|-------|----------|------|------|--------|------|----------------------------------|----------|
| 不锈钢筛网 | 0.0176kg | 河南新乡 | 海南文昌 | 2094.0 | 陆运   | 0.049                            | CPCD 数据库 |
|       |          |      |      | 31.00  | 海运   | 0.01                             | CPCD 数据库 |
| 吨袋    | 3.9kg    | 广西南宁 | 海南文昌 | 555.0  | 陆运   | 0.049                            | CPCD 数据库 |
|       |          |      |      | 31.00  | 海运   | 0.01                             | CPCD 数据库 |

## 5. 数据计算

### 5.1. 计算公式

本报告碳足迹计算公式如下：

$$EP_C = \sum EP_i = \sum Q_i \times EF_i$$

式中：

$EP_C$ — 碳足迹特征化值；

$EP_i$ — 碳足迹中第  $i$  种温室气体的贡献；

$Q_i$ — 第  $i$  种温室气体的排放量；

$EF_i$ — 碳足迹中第  $i$  种污染物的特征化因子。

## 5.2. 计算结果

基于以上调研数据和计算公式，录入各个过程输入、输出清单数据等工作，结合背景数据，在中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）软件中建立产品 LCA 模型并计算得到生产单位产品的碳足迹。

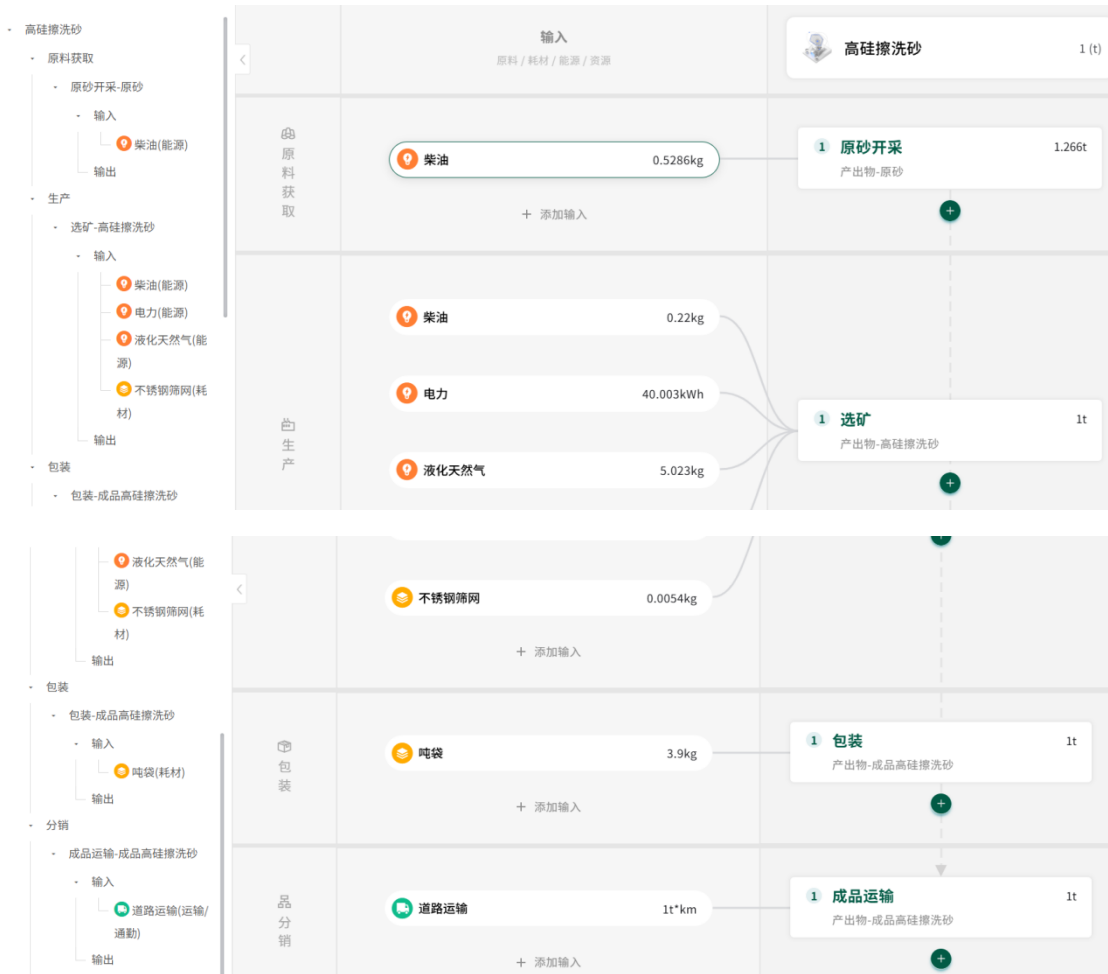


图 5-1 生产周期-LCA 模型

基于 CPCD 数据库建立 LCA 的模型，计算得到的“高硅擦洗砂”的碳足迹如下表所示：

表 5-1 碳足迹结果声明

| 序号 | 产品名称  | 产品碳足迹 (kgCO <sub>2</sub> e) |
|----|-------|-----------------------------|
| 1  | 高硅擦洗砂 | 70.637                      |

### 5.2.1. 各个阶段排放清单明细

表 5-2 1 吨高硅擦洗砂产品生产过程各个阶段排放清单

| 类别       | 名称        | 碳足迹<br>(kgCO <sub>2</sub> e) | 阶段贡献<br>(%) | 总量贡献<br>(%) |
|----------|-----------|------------------------------|-------------|-------------|
| 原辅材料获取   | 不锈钢筛网     | 0.037                        | 0.73%       | 0.05%       |
|          | 吨袋        | 4.968                        | 99.27%      | 7.03%       |
| 原辅材料运输   | 包装吨袋      | 0.04408                      | 98.75%      | 0.06%       |
|          | 不锈钢筛网     | 0.00056                      | 1.25%       | 0.00%       |
| 能源获取     | 电力        | 24.822                       | 84.41%      | 35.14%      |
|          | 柴油        | 0.477                        | 1.62%       | 0.68%       |
|          | 液化天然气     | 4.107                        | 13.97%      | 5.81%       |
| 产品制造直接排放 | 柴油燃烧      | 2.319                        | 12.67%      | 3.28%       |
|          | 液化天然气燃烧   | 15.988                       | 87.33%      | 22.63%      |
| 产品运输     | 高硅擦洗砂成品运输 | 17.874                       | 100%        | 25.30%      |

5.2.2. 全生命周期各个过程汇总排放清单

表 5-3 全生命周期各个过程汇总排放清单

| 生命周期阶段    | 碳足迹 (kg CO <sub>2</sub> e) | 占比             |
|-----------|----------------------------|----------------|
| 原辅材料获取    | 5.005                      | 7.09%          |
| 原辅材料运输    | 0.045                      | 0.06%          |
| 能源获取      | 29.406                     | 41.63%         |
| 产品生产直接排放  | 18.307                     | 25.92%         |
| 产品运输      | 17.874                     | 25.30%         |
| <b>合计</b> | <b>70.637</b>              | <b>100.00%</b> |

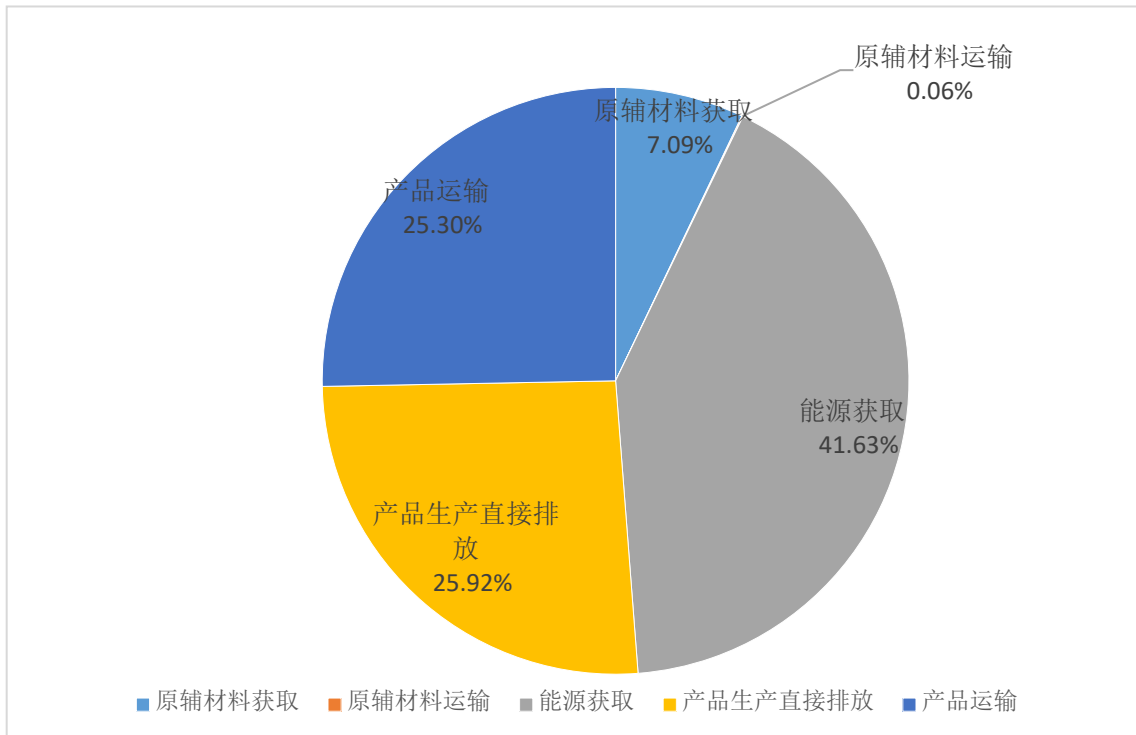


图 5-2 生命周期各个过程排放比例图

由表 5-2 和图 5-2 可知，1 吨高硅擦洗砂“从摇篮到大门”的碳足迹为 70.637kgCO<sub>2</sub>e，其中能源获取的碳足迹为 29.406 kgCO<sub>2</sub>e 及产品生产直接排放的碳足迹为 18.307 kgCO<sub>2</sub>e，占产品碳足迹的比例分别为 41.63 %和 25.92 %。而能源获取的碳足迹主要来源于电力；产品生产直接排放的碳足迹主要来源于天然气燃烧。由此可见，降低高硅擦洗砂产品碳足迹，应重点降低生产过程中电力、天然气的消耗。

基于碳足迹结果分析，提出减低产品碳足迹的建议如下：

- 1) 通过降低柴油和天然气等化石能源的能耗，来提高能效和减少 CO 排放；
- 2) 采取清洁能源替代技术、可再生能源替代技术和新能源技术等替代技术积极应对温室气体排放；
- 3) 针对生产设备，加强对设备的保养和维护，提高设备的运行效率，减少使用时的电力损耗，可持续推进设备的高效节能改造；
- 4) 加强成品包装材料的重复利用，做好生产计划，提高设备容量的饱和率以降低单位产品能耗；
- 5) 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) 推进产业链的绿色设计发展, 制定生态设计管理体制和生态设计管理制度, 明确任务分工; 构建支撑企业生态设计的核查体系; 建立打造绿色供应链的相关制度, 推动供应链协同改进。

## 6. 不确定分析

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:

- 1) 使用准确率较高的初级数据;
- 2) 对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测, 提高初级数据的准确性。

## 7. 评价结果

1 吨 高硅擦洗砂“从摇篮到大门”的碳足迹为 70.637 kgCO<sub>2</sub>e, 其中能源获取的碳足迹为 29.406 kgCO<sub>2</sub>e 及产品生产直接排放的碳足迹为 18.307 kgCO<sub>2</sub>e, 占产品碳足迹的比例分别为 41.63 %和 25.92 %。而能源获取的碳足迹主要来源于电力; 产品生产直接排放的碳足迹主要来源于天然气燃烧。。原辅材料获取、原辅材料运输以及产品运输的碳足迹分别为 5.005 kgCO<sub>2</sub>e、0.045 kgCO<sub>2</sub>e 和 17.874 kgCO<sub>2</sub>e。

由此可见, 降低高硅擦洗砂产品碳足迹, 应重点降低生产过程中能源获取、产品生产直接排放及产品运输产生的碳足迹。企业可以通过优化能源结构、积极使用可再生能源、优化产品设计、采用绿色环保新材料、加强供应链碳排放管理、继续推进绿色低碳发展意识和产业链的绿色设计发展来降低产品的碳足迹。

**附件：支持性文件清单**

|    |                     |
|----|---------------------|
| 1  | 营业执照                |
| 2  | 公司简介                |
| 3  | 能源评审报告              |
| 4  | 能源计量器具表             |
| 5  | 2024 年能源消耗统计台账      |
| 6  | 电费结算单               |
| 7  | 铲车加油记录              |
| 8  | 2024 年度产品产量         |
| 9  | 筛网出库单明细表            |
| 10 | 吨袋采购合同              |
| 11 | 竣工环境保护验收监测报告表       |
| 12 | 环境排放检测报告            |
| 13 | 温室气体盘查清册（范围三）2024 年 |
| 14 | 产品生命周期盘查表-高硅擦洗砂     |
| 15 | 采矿许可证               |
| 16 | 现场照片                |