

天津象屿铝业有限公司  
铝板产品生命周期评价报告

报告日期：2025 年 07 月

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 报告基本信息 .....                | 2  |
| 1、报告主体基本信息 .....            | 2  |
| 2、报告目的 .....                | 3  |
| 3、报告范围 .....                | 4  |
| 3.1 功能单位 .....              | 4  |
| 3.2 系统边界 .....              | 4  |
| 3.3 数据质量要求 .....            | 5  |
| 3.3.1 活动数据的不确定性 .....       | 7  |
| 3.3.2 排放因子的不确定性 .....       | 7  |
| 3.4 评价软件 .....              | 7  |
| 4、生命周期清单分析 .....            | 8  |
| 4.1 数据取舍及数据库 .....          | 8  |
| 4.2 原辅料使用及运输数据 .....        | 10 |
| 4.3 生产过程的能源与水资源消耗数据 .....   | 11 |
| 4.4 生产过程的环境排放 .....         | 12 |
| 5、生命周期影响评价 .....            | 13 |
| 5.1 影响类型 .....              | 13 |
| 5.2 清单物质归类 .....            | 13 |
| 5.3 生命周期影响评价结果 .....        | 13 |
| 5.3.1 生命周期 LCA 结果 .....     | 13 |
| 5.3.2 生命周期各过程 LCA 结果 .....  | 14 |
| 5.3.3 每项 LCA 指标值的过程贡献 ..... | 15 |
| 5.4 假设和局限性 .....            | 17 |
| 5.5 数据质量评估 .....            | 17 |
| 5.5.1 代表性 .....             | 17 |
| 5.5.2 完整性 .....             | 17 |
| 5.5.3 可靠性 .....             | 18 |
| 5.5.4 一致性 .....             | 18 |
| 6 解释 .....                  | 18 |

## 报告基本信息

本报告的目标为获得天津象屿铝业有限公司 2024 年 1 吨铝板产品生命周期环境影响。

本报告将按照 ISO14040、ISO14044 标准要求，建立产品从摇篮到大门的生命周期模型，进行生命周期评价工作，结果和相关分析可用于以下目的：

- 用于作为产品生产企业比较不同工艺下产品的资源环境效率的基础，为选择更为环境友好的工艺技术创造条件；
- 报告可用于辅助产品的绿色设计，企业可根据产品的生命周期环境指标更为环保的产品；
- 报告可用于市场宣传，展示企业产品在资源环境效率方面的优势，为客户选材采购和制造企业产品销售提供材料支持；

### 1、报告主体基本信息

公司名称：天津象屿铝业有限公司

信用代码：911202225751383936

公司地址：天津市武清区汽车零部件产业园武宁路北侧

公司联系人：任彬 13622111645

天津象屿铝业有限公司位于天津市武清区，占地 6 平方公里。主要从事铝压延产品的研发、生产及销售等业务，主要产品为大规格、高强度、高损伤容限、综合性能优良的铝合金板带材。公司拥有生产和制造高端铝压延产品的完整产业链，掌握熔铸、热轧、冷轧及深加工等多项制造高端铝压延产品的核心技术，可为航空航天、船舶、汽车、轨道交通、包装、化工、工程机械、模具、城市建设等领域的制造及生产提供高强度、高精度、超厚、超宽的高端铝压延产品，也可提供特殊应用及特殊性能产品的定制及相关的技术支持。

公司全资控股股东——辽宁象屿铝业有限公司（简称“象屿铝业”），系财富世界 500 强国企厦门象屿集团有限公司旗下控股子公司。象屿铝业成立于 2024 年 12 月 18 日，注册资金 20 亿元。总部设于辽阳，以成为全球领先的绿色铝基高端制造企业为战略愿景，统筹辽阳、营口、天津、芜

湖四大铝加工生产制造中心，根据各地区产业特性及区位优势，打造电解铝及原材料中心、铝挤压中心、高端铝压延中心、精深加工中心四大产业中心。厂区平面布置图如下。

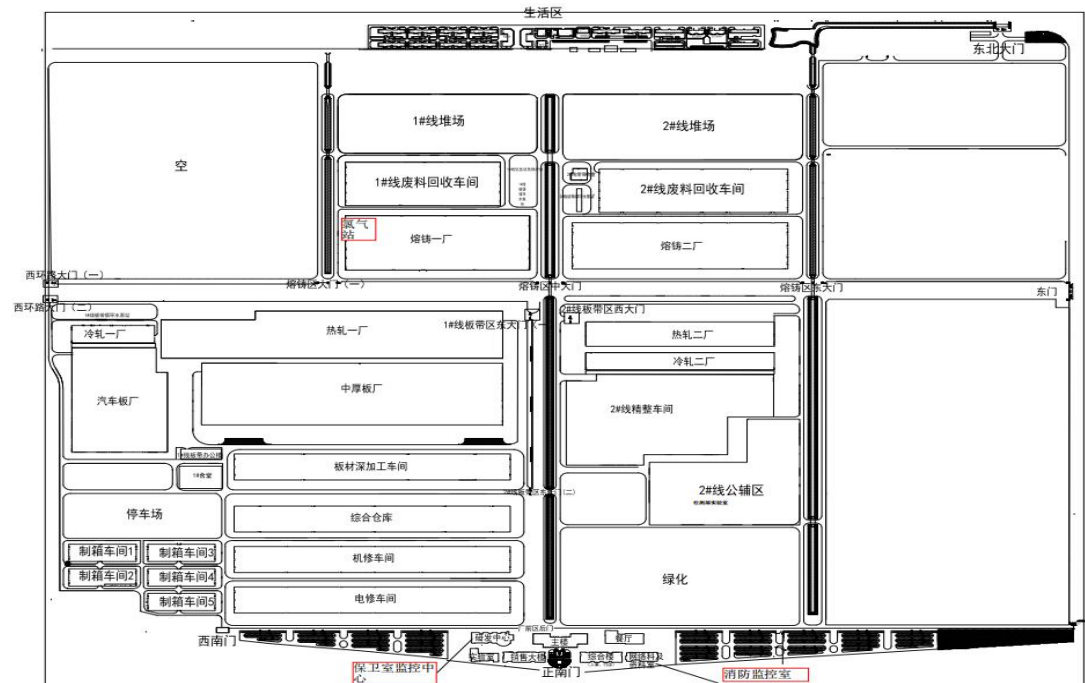


图 1-1 厂区平面布置图

公司拥有生产和制造高端铝压延产品的完整产业链，掌握熔铸、热轧、冷轧及深加工等多项制造高端铝压延产品的核心技术；可为航空航天、船舶、汽车、轨道交通、包装、化工、工程机械、模具、城市建设等领域的制造及生产提供高强度、高精度、超厚、超宽的高端铝压延产品，也可提供特殊应用及特殊性能产品的定制及相关的技术支持。

2、报告目的

本报告的目的是通过 LCA 数据收集和建模分析，评价天津象屿铝业有限公司生产的铝板产品从资源开采到产品出厂的生命周期全过程对环境造成的影响。并为产品的绿色设计提供详细信息和数据支持，为产品设计、工艺技术评价、生产管理、原料采购等工作提供评价依据和改进建议，提升产品的生态友好性。

报告可用于市场宣传，展示企业产品在资源环境效率方面的优势，建立良好的产品形象。

### 3、报告范围

#### 3.1 功能单位

本报告功能单位被定义为1吨铝板产品。

#### 3.2 系统边界

在本报告中，铝板产品非终端消费品，其使用和废弃过程由下游用户决定，因此产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型。按标准界定的系统边界包括原辅料及能源生产、原辅料运输、产品生产等生命周期阶段，具体包括以下过程：

（1）原辅材料生产（上游阶段）：包括外购原料（如铝锭、铝锭（绿电铝）、再生铝等）、辅料及包装的生产；

（2）原辅材料运输（上游阶段）：包括所有外购原料、辅料及包装的运输；

（3）铝板生产制造阶段（核心阶段）：产品生产阶段主要为熔铸、热轧、冷轧、裁切等工段，包括以上工序使用的电力、天然气、柴油、水等能源资源全生命周期产生的排放，以及危险废物、废气、废水处理的排放。

| 包含的过程                                                                                                                                                                        | 未包含的过程                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 吨铝板产品生产的生命周期过程包括：原辅材料生产（上游阶段）→原辅材料运输（上游阶段）→产品生产制造（核心阶段）<br>✓ 电力、天然气、柴油生产<br>✓ 原辅料的生产（除未包含的部分）<br>✓ 原辅料的运输<br>✓ 生产废水的处置<br>✓ 一般废弃物的处置<br>✓ 危险废弃物的处置<br>✓ 产品的包装<br>✓ 包装材料的运输 | ✗ 生产设备的生产及维修<br>✗ 产品的使用<br>✗ 产品回收、处置和废弃阶段 |

1吨铝板生产工艺流程图如下图所示。

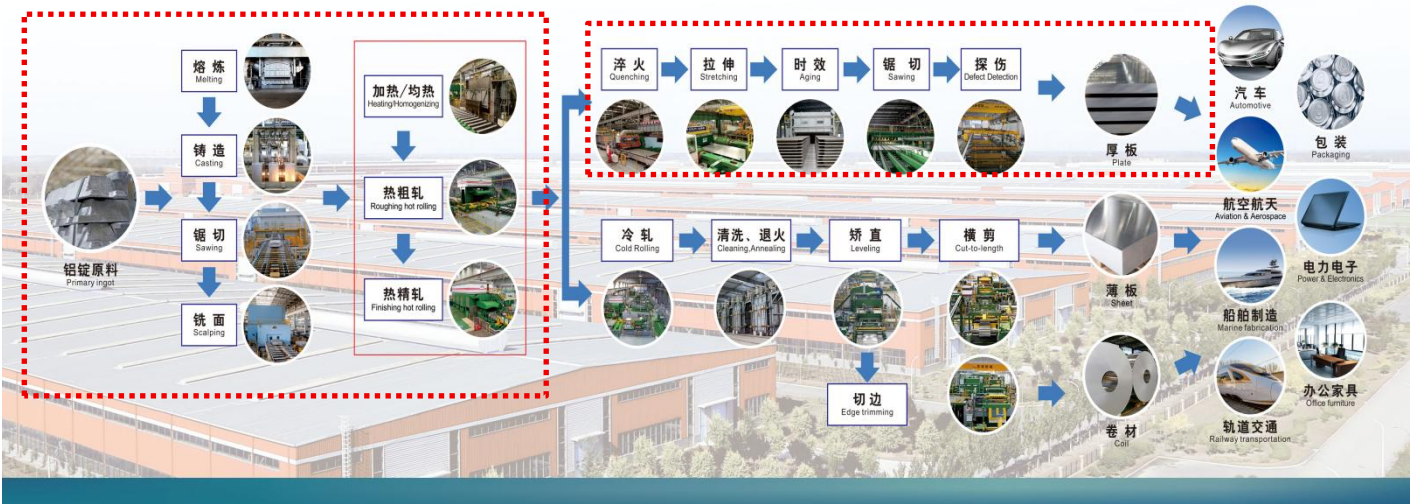


图3-1 铝板生产工艺流程图（红色虚线内）

生命周期系统边界如图3-2所示：

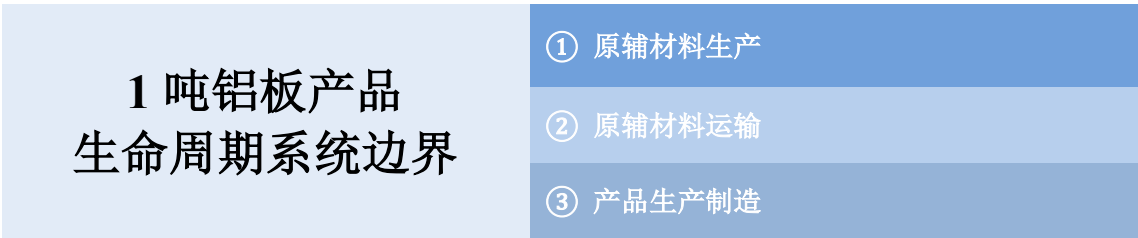


图3-2 产品生命周期系统边界

输入/输出 - 铝板-天津象屿 - LCA

| 流                                   | 类别                                   | 数量        | 单位   | 成本/收入 | 不确定性 | 避免浪费 | 提供者               | 数据质量 | 位置 | 描述         |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------|------|-------|------|------|-------------------|------|----|------------|
| aluminium alloy, AlMg3              | C:Manufacturing/24:Manufactu...      | 812.86940 | kg   |       | none |      | aluminium al...   |      |    | 各种规格铝锭总... |
| aluminium scrap, post-consu...      | E:Water supply; sewerage, wast...    | 37.53030  | kg   |       | none |      | aluminium s...    |      |    | 外购再生铝      |
| diesel                              | C:Manufacturing/19:Manufactu...      | 2.18820   | kg   |       | none |      | market for di...  |      |    | 柴油生产       |
| electricity, medium voltage         | D:Electricity, gas, steam and air... | 473.67460 | MJ   |       | none |      | market for el...  |      |    | 电力, 华北     |
| magnesium                           | C:Manufacturing/24:Manufactu...      | 23.79670  | kg   |       | none |      | magnesium...      |      |    | 镁锭         |
| natural gas, unprocessed, at ex...  | B:Mining and quarrying/06:Extr...    | 176.63150 | m3   |       | none |      | natural gas p...  |      |    | 天然气生产      |
| shavings, hardwood, loose, me...    | C:Manufacturing/16:Manufactu...      | 21.44650  | kg   |       | none |      | planing, boar...  |      |    | 木托盘        |
| tap water                           | E:Water supply; sewerage, wast...    | 0.86110   | t    |       | none |      | market for ta...  |      |    | 自来水        |
| transport, freight, lorry 7.5-16... | H:Transportation and storage/4...    | 647.80000 | t*km |       | none |      | transport, fre... |      |    | 原辅料重型运输    |
| zinc                                | C:Manufacturing/24:Manufactu...      | 4.74430   | kg   |       | none |      | market for zi...  |      |    | 锌锭         |
| 企业内部循环铝废料                           |                                      | 634.59280 | kg   |       | none |      | 企业内部循环...         |      |    | 废料         |
| 天然气燃烧                               |                                      | 176.63150 | m3   |       | none |      | 天然气燃烧             |      |    | 天然气过程燃烧    |
| 柴油燃烧                                |                                      | 2.18820   | kg   |       | none |      | 柴油燃烧              |      |    | 厂区转运车辆...  |
| wastewater, unpolluted              | E:Water supply; sewerage, wast...    | -3.19080  | m3   |       | none |      | treatment of...   |      |    | 工业水        |

| 流                                  | 类别                                | 数量         | 单位 | 成本/收入 | 不确定性 | 避免产品 | 提供者              | 数据质量 | 位置 | 描述   |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|----|-------|------|------|------------------|------|----|------|
| 铝卷-天津象屿                            |                                   | 1.00000    | t  |       | none |      |                  |      |    |      |
| hazardous waste, for incinerati... | E:Water supply; sewerage, wast... | 0.19733    | kg |       | none |      | treatment of ... |      |    | 危废   |
| wastewater, unpolluted             | E:Water supply; sewerage, wast... | 1.26000    | m3 |       | none |      | treatment of ... |      |    | 废水处理 |
| Ammonium                           | ./Emission to water/ground wat... | 0.00000    | kg |       | none |      |                  |      |    | 氨氮   |
| COD, Chemical Oxygen Dema...       | ./Emission to water/ground wat... | 6.00000E-5 | kg |       | none |      |                  |      |    | COD  |
| Nitrogen oxides                    | ./Emission to air/high populat... | 0.57447    | kg |       | none |      |                  |      |    | NOx  |
| Nitrogen, total                    | ./Emission to water/ground wat... | 1.00000E-5 | kg |       | none |      |                  |      |    | 总氮   |
| Particulate Matter, < 2.5 um       | ./Emission to air/high populat... | 0.05478    | kg |       | none |      |                  |      |    | 颗粒物  |
| Sulfur dioxide                     | ./Emission to air/high populat... | 0.24871    | kg |       | none |      |                  |      |    | SO2  |

图 3-3 产品生命周期系统边界示意图（模型截图）

### 3.3 数据质量要求

数据质量评估的目的是判断 LCA 结果和结论的可信度，并指出提高数据质

量的关键因素。本报告数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。

- 地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与研究结论的适用性密切相关。

- 时间代表性：应优先选取与研究基准年接近的企业、文献和背景数据库数据。

- 技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。

2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。

- 模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对某一环境影响指标超过 5% 的物料）应尽量调查其生产过程；在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。未能调查的重要原辅料需在报告中解释和说明。

- 背景数据库完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性。

3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

- 实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据，环境排放数据应优先选用环境监测报告数据。所有数据将被详细记录相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。

- 背景数据可靠性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并应在报告中解释和说明。

- 数据库可靠性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平

均的生产技术水平。

4) 一致性：所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应在报告中解释和说明。

### 3.3.1 活动数据的不确定性

柴油统计数据为一号线总体消耗数据（含铝板、铝板产品）与总产量的比值，得到 1 号线单位产品的柴油消耗；自来水、工业用水、环境排放的数据均为全厂统计数据与全厂总产量（1 号线、2 号线）的比值，与 1 吨铝板产品实际生产情况存在一定误差。

### 3.3.2 排放因子的不确定性

（1）由于企业原料（铝锭、铝锭（绿电绿）、再生铝）的供应商均无法提供所有环境影响的排放数据和生产数据，故核算 GWP 数据时，铝锭、铝锭（绿电绿）采用企业提供的碳排放数据，其他环境影响，计算其他环境影响时，统一选取 Ecoinvent3.9 数据库中的 aluminium alloy production, AlMg3 | aluminium alloy, AlMg3 | Cutoff, S-RoW 作为不同规格“铝锭”的统一背景数据；选择 aluminium scrap, post-consumer, Recycled Content cut-off | aluminium scrap, post-consumer | Cutoff, S-GLO 作为“再生铝”的背景数据，与其实际排放系数可能有所差别。

（2）排放因子的选取上，使用 Ecoinvent3.9 数据库中的数据源，其中大多数为世界平均排放因子，与本产品的实际情况可能存在一定偏差。

## 3.4 评价软件

本报告采用 openLCA 软件和瑞士 Ecoinvent 数据库，建立产品生命周期模型并计算分析；计算 GWP 部分数据采用中国电力排放因子及 CPCD 数据库数据。

OpenLCA 是一个开源的生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）软件，用于评估产品、过程和服务在其整个生命周期内的环境性能。它提供了一个全面的平台，支持执行生命周期评估、物质流分析、能量流分析和其他相关分析。

Ecoinvent 数据库由瑞士生命周期研究中心开发，数据主要来源于瑞士和西欧国家，该数据库包含约 4000 条的产品和服务的数据集，涉及能源，运输，建材，电子，化工，纸浆和纸张，废物处理和农业活动。



## 4、生命周期清单分析

### 4.1 数据取舍及数据库

#### （1）单位产品取舍清单

本报告对系统边界的所有过程进行清单分析，包括所有能源、原材料和主要辅材的输入，大气、水体和固体废物的排出等，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。具体规则如下取舍原则：

若为普通物料，则单个物料质量占比小于产品总质量（原辅料总投入量）的1%，可忽略该物料的上游生产数据；若含稀贵或高纯成分的物料，则单个物料质量占比小于产品总质量的0.1%，可忽略该物料的上游生产数据。忽略的物料总质量占比不超过产品总质量的5%。

本项研究中，生产1吨铝板取舍结果如下：

| 原辅料名称                               | 单耗 (kg) | 占比%   |
|-------------------------------------|---------|-------|
| 轻质白油                                | 0.1126  | 0.01% |
| 高性能油雾润滑剂                            | 0.0287  | 0.00% |
| 轧制油（板材）主要成分：高度精制的低粘度矿物油/烃类          | 0.1417  | 0.01% |
| 轧制油（卷材）主要成分：高度精制的基础油.高度精制的低粘度矿物油/烃类 | 2.3059  | 0.15% |
| 2010 过滤布（板材）                        | 0.0036  | 0.00% |
| 1760 过滤布（卷材）                        | 0.0417  | 0.00% |
| 添加剂 L-1 主要成分：高度精制的低粘度矿物油/烃类         | 0.0501  | 0.00% |
| 添加剂 4L 主要成分：高度精制的低粘度矿物油/烃类          | 0.0318  | 0.00% |
| 添加剂 O-9 主要成分：高度精制的低粘度矿物油/烃类         | 0.0298  | 0.00% |
| 添加剂 OL 主要成分：高度精制的低粘度矿物油/烃类          | 0.0289  | 0.00% |
| 添加剂 S-20 主要成分：三乙醇胺 己二醇              | 0.0289  | 0.00% |
| 添加剂 2S 主要成分：三乙醇胺 己二醇                | 0.0164  | 0.00% |
| ALZr5                               | 1.2064  | 0.08% |
| AlBe3                               | 0.0552  | 0.00% |
| AL-5Ti-0.2B                         | 2.7377  | 0.17% |
| 80TiAl                              | 0.0952  | 0.01% |
| 80CuAl                              | 3.2548  | 0.20% |
| 80CrAL                              | 1.1891  | 0.07% |
| 80FeAl                              | 0.8413  | 0.05% |
| ALCU40                              | 1.0035  | 0.06% |
| AlCr10                              | 0.2834  | 0.02% |
| AlSi20                              | 9.9077  | 0.62% |

|             |        |              |
|-------------|--------|--------------|
| 80MnAl      | 2.7482 | 0.17%        |
| ALTi3C0.15A | 0.0216 | 0.00%        |
| AlTi10      | 0.0788 | 0.00%        |
| 除尘灰         | 9.5854 | 0.60%        |
| 过滤板（陶瓷）     | 1.4780 | 0.09%        |
| AlFe20      | 0.2298 | 0.01%        |
| AlV5        | 0.0504 | 0.00%        |
| AlMn20      | 0.3485 | 0.02%        |
| 牛皮纸         | 1.4821 | 0.09%        |
| 衬膜          | 0.9878 | 0.06%        |
| 纸护角         | 0.1040 | 0.01%        |
| 打包带         | 0.3915 | 0.02%        |
| 纸质顶盖板       | 0.7156 | 0.04%        |
| 塑料瓦楞板       | 0.2792 | 0.02%        |
| 复合纸         | 0.5635 | 0.04%        |
| 缠绕膜         | 0.4098 | 0.03%        |
| 包装膜         | 1.1425 | 0.07%        |
| 合计          |        | <b>2.75%</b> |

这些材料单个质量占比不超过 1%，所有总质量占比为 2.75%，不超过 5%，因此在本研究中将其忽略。

## （2）现场数据与背景数据解释

现场数据均为本公司2024年的有效数据，背景数据以代表生产平均的数据优先进行采集。

现场数据是在现场具体操作过程中收集来的。主要包括生产过程的能源与水消耗、产品原材料的使用量、产品主要包装材料的使用量和废弃物产生量等。现场数据还应包括运输数据,即产品原料、主要包装等从制造地点到最终交货点的运输距离。

背景数据应当包括主要原料的生产数据、电力的组合的数据(如火力、水、风力发电等)、不同运输类型造成的环境影响以及产品成分在环境中降解或在本企业污水处理设施内处理过程的排放数据。

本报告中的现场生产数据通过企业调研得到，运输数据通过调研承运商得到，所收集的数据要求为企业一年的统计平均数据，能够反映企业的实际生产水平。

从实际调研过程中无法获得的数据，即背景数据，报告中采用权威生命周期数据库等相关数据库进行替代，在这一步骤中所涉及到的过程包括产品生产相关的原辅料生产、原辅料运输、包装材料生产、包装材料运输、能源生产。

产品生产数据的数据调研和背景数据库调研情况见表4-1。

表4-1生产过程现场数据及背景数据

| 单元过程   |           | 是否纳入本报告 | 是否现场数据 | 现场数据来源 | 背景数据来源（如果使用）                            |
|--------|-----------|---------|--------|--------|-----------------------------------------|
| 原辅材料生产 | 主要原材料生产过程 | 是       | 否      | —      | Ecoinvent数据库/企业碳排放数据（铝锭、铝锭（绿电铝））        |
|        | 辅助材料生产过程  | 是       | 否      | —      | Ecoinvent数据库                            |
|        | 包装材料生产过程  | 是       | 否      | —      | Ecoinvent数据库                            |
| 原辅材料运输 | 原辅材料运输    | 是       | 是      | 企业运输数据 | Ecoinvent数据库/CPCD数据库                    |
| 产品生产   | 生产过程      | 是       | 是      | 企业生产数据 | Ecoinvent数据库/CPCD数据库/中国2023年全国电力平均碳足迹因子 |
|        | 三废处置过程    | 是       | 是      | 企业生产数据 | Ecoinvent数据库                            |

## 4.2 原辅料使用及运输数据

企业 2024 年生产 1 吨铝板原辅料平均使用统计如下。

数据来自企业生产数据，根据生产线各个生产过程的单位产品排放量进行累加，得到生产 1 吨铝板原辅料消耗量。

表 4-2 单位产品原辅料使用统计

| 原辅料名称    | 数量       | 单位 | 质量占比   | 原辅料生产背景数据说明（Ecoinvent3.9.1 数据库）                                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------|----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AL99.00  | 109.7414 | kg | 6.84%  | 使用铝锭中：<br>（1）铝锭：占比 65.7%，排放因子 21.0786 kgCO <sub>2</sub> /kg<br>（2）铝锭（绿电）：占比 34.3%，排放因子 6.9500 kgCO <sub>2</sub> /kg<br>计算 GWP 排放因子取自：供应商数据<br>LCA 其他环境影响采用因子：aluminium alloy production, AlMg3   aluminium alloy, AlMg3   Cutoff, S-RoW |
| AL99.60  | 54.4119  | kg | 3.39%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.70  | 584.3168 | kg | 36.44% |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.85  | 47.5671  | kg | 2.97%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.90  | 9.8108   | kg | 0.61%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.95  | 3.5776   | kg | 0.22%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.99  | 2.1856   | kg | 0.14%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| AL99.996 | 1.2581   | kg | 0.08%  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| 镁锭       | 23.7967  | kg | 1.48%  | magnesium production, pidgeon process   magnesium   Cutoff, S-CN                                                                                                                                                                        |
| 锌锭       | 4.7443   | kg | 0.30%  | market for zinc   zinc   Cutoff, S-GLO                                                                                                                                                                                                  |

|     |          |    |        |                                                                                                           |
|-----|----------|----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 废料  | 659.0055 | kg | 41.10% | /(生产内循环)                                                                                                  |
| 再生铝 | 37.5303  | kg | 2.34%  | aluminium scrap, post-consumer, Recycled Content cut-off   aluminium scrap, post-consumer   Cutoff, S-GLO |
| 木托盘 | 21.4465  | kg | 1.34%  | planing, board, hardwood, u=20%   shavings, hardwood, loose, measured as dry mass   Cutoff, S-Row         |

原辅料运输方式及运输距离如下，距离根据供应商所在地测算。

表 4-3 原辅料运输清单

| 原辅料名称    | 运输距离 | 单位 | 运输方式 | 原辅料生产背景数据说明                                                                                                                                                                                   |
|----------|------|----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AL99.00  | 710  | km | 重型货车 | 计算 GWP：重型货车排放因子取自 CPCD 数据库<br>计算其他环境影响：重型货车排放因子取自 Ecoinvent3.9.1 数据库“transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6   transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6   Cutoff, S-RoW” |
| AL99.60  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.70  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.85  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.90  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.95  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.99  | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| AL99.996 | 710  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| 镁锭       | 670  | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| 锌锭       | 2300 | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| 废料       | 0    | km | /    |                                                                                                                                                                                               |
| 再生铝      | 1150 | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |
| 木托盘      | 30   | km | 重型货车 |                                                                                                                                                                                               |

### 4.3 生产过程的能源与水资源消耗数据

生产过程使用的主要能源包括：电力、天然气、柴油，资源包括：水资源、工业用水，主要能源资源消耗统计下表。

数据来自企业生产数据，根据生产线各个生产过程的单位产品排放量进行累加，得到生产 1 吨铝板能源消耗量；单位产品水资源（工业用水、自来水）消耗量采用全厂全年水耗量/产品总量，得到单位产品生产平均水资源消耗量。

表 4-4 单位产品生产所需能源及其他资源统计

| 类型 | 清单数据名称 | 数量       | 单位   | 资源、能源生产背景数据说明                                                                                                                                     |
|----|--------|----------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 资源 | 水资源    | 0.8611   | t    | Ecoinvent3.9.1 数据库：market for tap water   tap water   Cutoff, S-WoR                                                                               |
| 资源 | 工业用水   | 3.1998   | t    | Ecoinvent3.9.1 数据库：treatment of wastewater, unpolluted, wastewater treatment   wastewater, unpolluted   Cutoff, S-RoW                             |
| 能源 | 电网电力   | 473.6746 | kW·h | 计算 GWP：电力碳足迹因子取自《关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告》<br>数据库计算其他环境影响：market for electricity, medium voltage   electricity, medium voltage   Cutoff, S-CN-NCGC |

|    |       |          |                |                                                                                                                                  |
|----|-------|----------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 能源 | 天然气生产 | 176.6315 | m <sup>3</sup> | Ecoinvent3.9.1 数据库: natural gas production, unprocessed, at extraction   natural gas, unprocessed, at extraction   Cutoff, S-GOL |
|    | 天然气燃烧 | 176.6315 | m <sup>3</sup> | 排放因子计算方法为:排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率×热值×44/12<br>2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 V2_2_Ch2 Table2.3                                                 |
| 能源 | 柴油生产  | 2.1882   | kg             | Ecoinvent3.9.1 数据库: market for diesel   diesel   Cutoff, S-RoW                                                                   |
|    | 柴油燃烧  | 2.1882   | kg             | 排放因子计算方法为:排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率×热值×44/12<br>2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 V2_2_Ch2 Table2.3                                                 |

#### 4.4 生产过程的环境排放

产品生产过程中的气体排放主要为天然气燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放以及生产过程中的废气、固体废弃物和废水。其中废水由外部污水厂进行处理，废气经处理后达标排放，一般废弃物进行回收利用，危险废弃物委外处理，回收利用货或焚烧，数据来源见下表。环境排放数据均为全厂数据，按产量进行分配。

2024 年单位产品生产环境排放统计如下。

表 4-5 环境排放与废物统计

| 类别    | 名称       | 数量       | 单位 | 最终处置方式             | 处置措施背景数据说明                                                                                                                                                     |
|-------|----------|----------|----|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 废水    | 污水排放量    | 1.26     | t  | 企业污水处理站处理达标后排入市政管网 | Ecoinvent3.9.1 数据库: treatment of wastewater, unpolluted, wastewater treatment   wastewater, unpolluted   Cutoff, S-RoW                                         |
|       | 氨氮       | 0.00000  | kg |                    | /                                                                                                                                                              |
|       | COD      | 0.00006  | kg |                    |                                                                                                                                                                |
|       | 总氮       | 0.00001  | kg |                    |                                                                                                                                                                |
| 废气    | 氮氧化物     | 0.12554  | kg | 经废气处理设施处理后达标排放     | /                                                                                                                                                              |
|       | 二氧化硫     | 0.02810  | kg |                    |                                                                                                                                                                |
|       | 颗粒物      | 0.01394  | kg |                    |                                                                                                                                                                |
| 一般废弃物 | 一般废弃物总量  | 3.54363  | kg | 废物利用               | /                                                                                                                                                              |
| 危险废弃物 | 除尘灰      | 11.32118 | kg | 再利用                | 仅处置方式为“焚烧”的，采用以下数据库条目进行关联计算<br>Ecoinvent3.9.1 数据库: treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration   hazardous waste, for incineration   Cutoff, S, |
|       | 处理站含油污泥  | 2.33776  | kg | C1 水泥窑共处置          |                                                                                                                                                                |
|       | 二次铝灰     | 7.78797  | kg | 再循环/再利用金属和金属化合物    |                                                                                                                                                                |
|       | 废≤20L 铁桶 | 0.06877  | kg | 焚烧                 |                                                                                                                                                                |
|       | 废包装桶     | 0.15979  | kg | 利用                 |                                                                                                                                                                |
|       | 废电子产品    | 0.00088  | kg | 焚烧                 |                                                                                                                                                                |
|       | 废矿物油     | 0.24512  | kg | 利用                 |                                                                                                                                                                |
|       | 滤纸       | 0.80113  | kg | C1 水泥窑共处置          |                                                                                                                                                                |
|       | 废弃试剂瓶    | 0.00123  | kg | 焚烧                 |                                                                                                                                                                |

|                  |          |    |           |
|------------------|----------|----|-----------|
| 废乳液              | 8.35687  | kg | 利用        |
| 废试剂              | 0.00207  | kg | 焚烧        |
| 废水               | 0.30276  | kg | 利用        |
| 废铁沫              | 0.22819  | kg | C1 水泥窑共处置 |
| 废硒鼓墨盒            | 0.00130  | kg | 焚烧        |
| 含涂料废液            | 0.00701  | kg | 焚烧        |
| 含油硅藻土            | 2.03159  | kg | 利用        |
| 含油漆废液            | 0.01467  | kg | 焚烧        |
| 铝灰               | 16.46534 | kg | 利用        |
| 氯气罐              | 0.01230  | kg | 焚烧        |
| 油膜               | 0.01877  | kg | C1 水泥窑共处置 |
| 油水混合物            | 0.08911  | kg | 焚烧        |
| 轧制油再生系统<br>废过滤材料 | 0.06294  | kg | C1 水泥窑共处置 |

## 5、生命周期影响评价

### 5.1 影响类型

1 吨铝板产品的环境影响采用气候变化、化石能源消耗、酸化共三项指标进行评价。

### 5.2 清单物质归类

根据清单物质的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的物质归到一起，例如，将对气候变化有贡献的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等清单物质归到 GWP 影响类型里面。产品评价所用环境影响类型指标及其主要清单物质如下表所示。

表 5-1 1 吨铝板产品生命周期清单物质归类

| 环境影响类型指标    | 单位                     | 评价方法      | 主要清单物质                                                                  |
|-------------|------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| 气候变化（GWP）   | kg CO <sub>2</sub> eq. | IPCC 2021 | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O...                 |
| 化石能源消耗（ADP） | MJ                     | CML 2016  | 煤、天然气、石油...                                                             |
| 酸化（AP）      | kg SO <sub>2</sub> eq. | CML 2016  | SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> ... |

### 5.3 生命周期影响评价结果

#### 5.3.1 生命周期 LCA 结果

本报告按照 ISO14040/ISO14044 相关标准要求，在 OpenLCA 上建模计算得 1 吨铝板的全生命周期模型计算结果，计算指标分为气候变化、化石能源消耗、酸化，结果见表 5-2 所示。

表 5-2 LCA 计算结果

| 指标名称         | 单位                     | 评价结果       |
|--------------|------------------------|------------|
| 气候变化 (GWP)   | kg CO <sub>2</sub> eq. | 14.7006    |
| 化石能源消耗 (ADP) | MJ                     | 75008.1090 |
| 酸化 (AP)      | kg SO <sub>2</sub> eq. | 34.2578    |

### 5.3.2 生命周期各过程 LCA 结果

产品生命周期各过程的气候变化、化石能源消耗、酸化 LCA 指标值如下表 5-3 所示。

表 5-3 各过程 LCA 计算结果

| 生命周期过程        | 气候变化<br>(kg CO <sub>2</sub> eq) | 化石能源消耗<br>(MJ) | 酸化<br>(kg SO <sub>2</sub> eq.) |
|---------------|---------------------------------|----------------|--------------------------------|
| 原辅材料 (含包装) 生产 | 13.9307                         | 64762.0629     | 33.1078                        |
| 原辅材料 (含包装) 运输 | 0.0317                          | 2154.9863      | 0.3076                         |
| 1 吨铝板生产制造     | 0.7382                          | 8091.0598      | 0.8424                         |

产品生命周期各过程对气候变化、化石能源消耗、酸化的贡献比例下图所示。

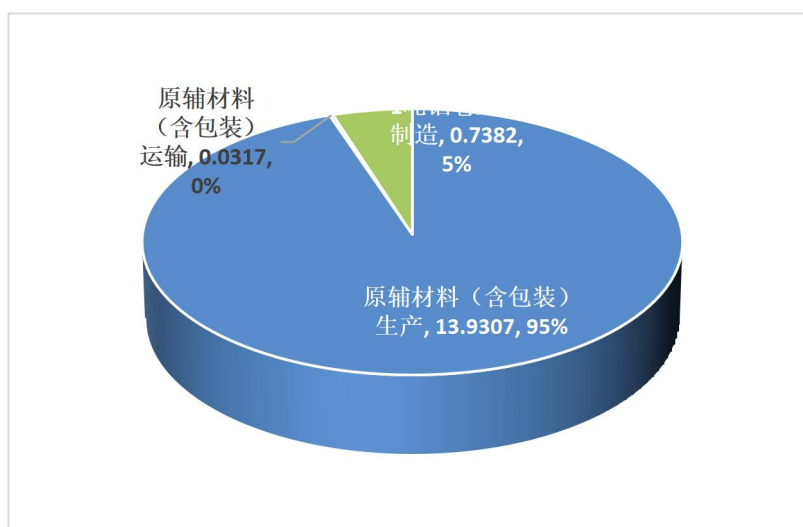


图 5-1 各过程 GWP 贡献

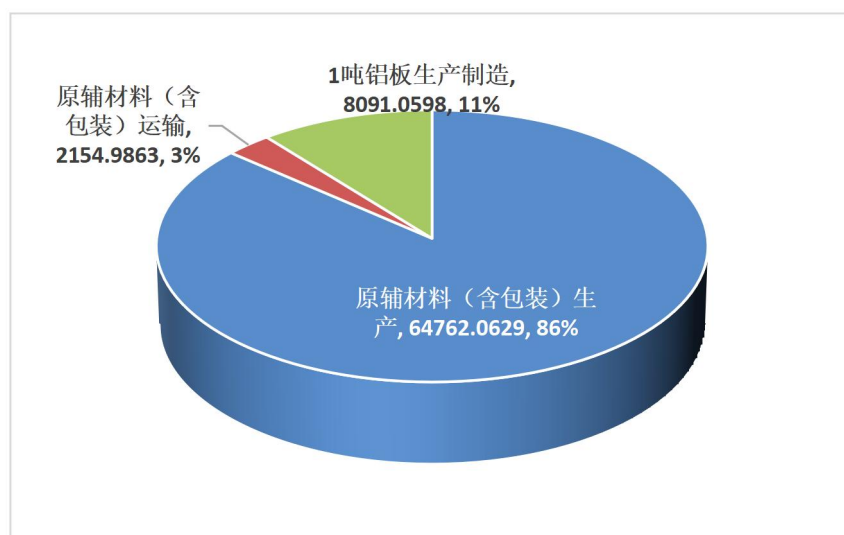


图 5-2 各过程化石能源消耗 ADP 环境影响贡献

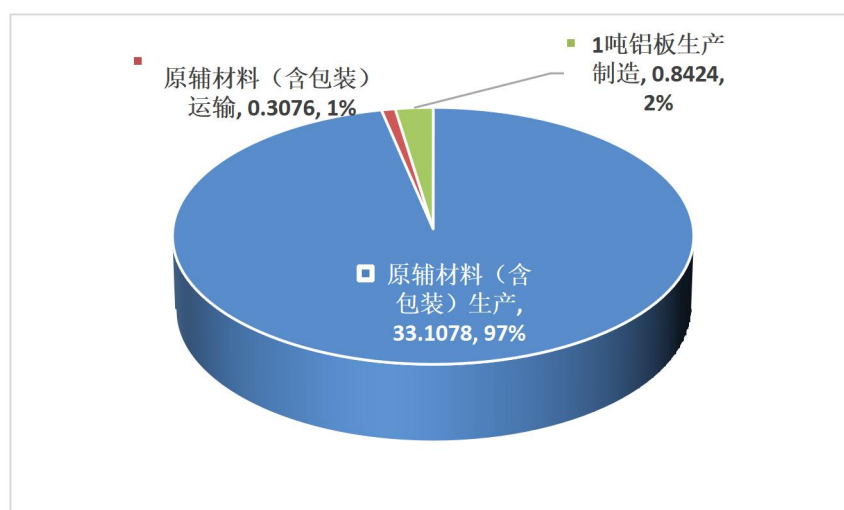


图 5-3 各过程酸化 AP 环境影响贡献

由此可见,对于三项环境影响指标,主要贡献均来自于上游原材料生产过程,其次是产品生产,原辅料运输贡献相对较小。

### 5.3.3 每项 LCA 指标值的过程贡献

针对三项环境影响指标,进一步分析贡献各环节贡献情况。

(1) 气候变化 GWP: 产品生命周期过程中,原材料铝锭的生产对目标产品的 GWP 值贡献最大,占到整个生命周期 GWP 值的 76.58%;其次为原材料铝锭(绿电绿)的生产,占到整个生命周期 GWP 值的 13.18%;镁锭生产,占整个生命周期 GWP 值的 4.91%;产品生产阶段电力、天然气对 GWP 值的贡献分别为 2.00%、2.60%。



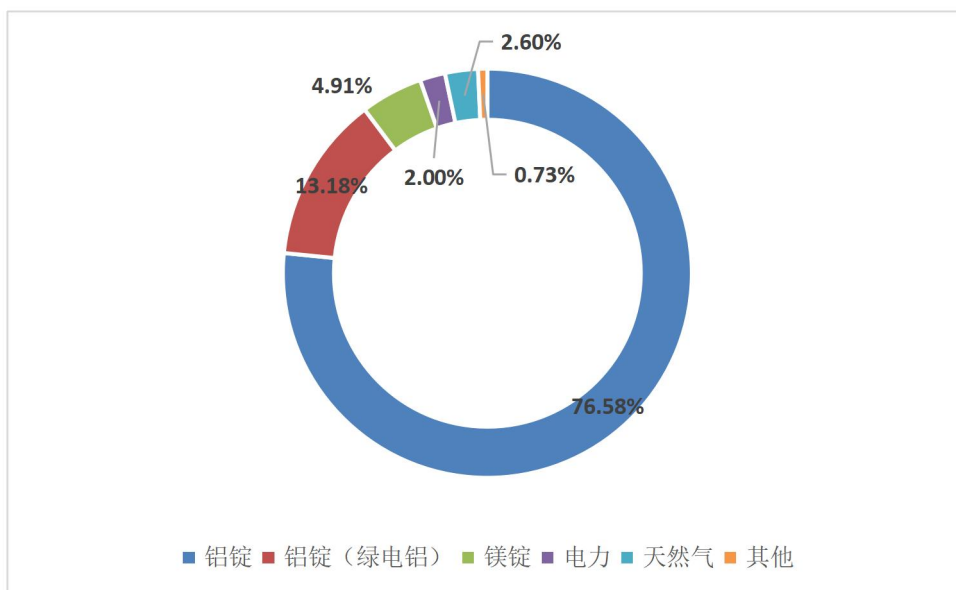


图 5-4 各细分过程气候变化 GWP 影响贡献

（2）化石能源消耗 ADP：产品生命周期过程中，原材料铝锭（含绿电铝）的生产对目标产品的 ADP 值贡献最大，占到整个生命周期的 82.52%；其次为生产过程天然气（生产）对 ADP 的贡献为 8.74%；原材料镁锭生产，占整个生命周期 ADP 值的 3.61%；原辅料运输占整个生命周期 ADP 值的 2.87%；产品生产阶段电力对 ADP 值的贡献为 1.87%。

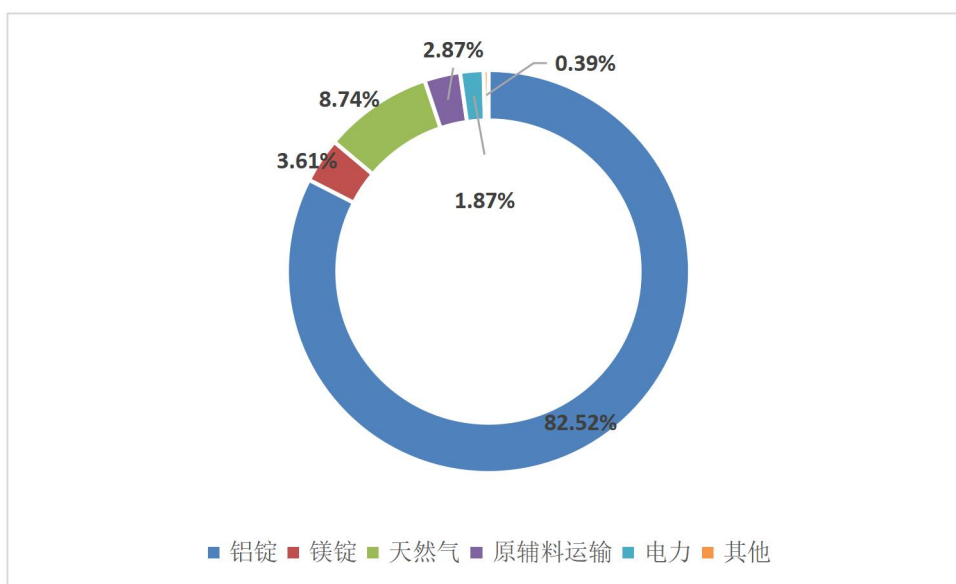


图 5-5 各细分过程化石能源消耗 ADP 影响贡献

（3）酸化 AP：产品生命周期过程中，原材料铝锭（含绿电铝）的生产对目标产品的 AP 值贡献最大，占到整个生命周期的 92.46%；其次为原材料镁锭生产，占整个生命周期 AP 值的 3.89%；产品生产阶段电力对 AP 值的贡献为 2.09%。

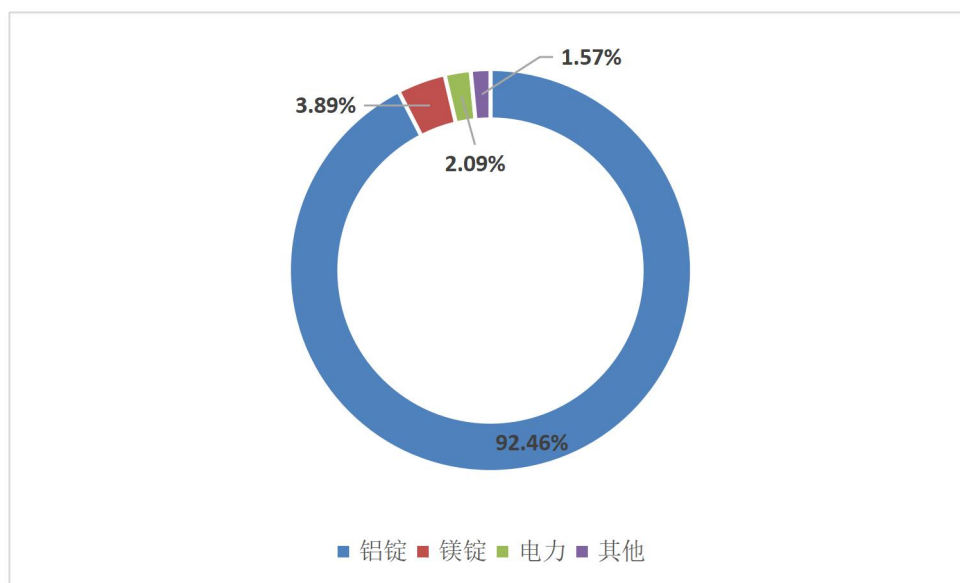


图 5-6 各细分过程酸化 AP 影响贡献

## 5.4 假设和局限性

本次产品生命周期影响评价核算的实景数据中，产品生产过程数据源自企业实地调研所得数据，背景数据则取自 Ecoinvent 数据库与中国电力数据库，部分原料生产过程的数据参考了文献资料。鉴于项目调研时间有限且供应链管控力度不足，未能涵盖重要原料的实际生产流程数据，这可能导致计算结果与实际供应链的环境表现存在偏差。在后续工作中，企业将着手深入调研主要原辅材料的生产流程数据，以提升数据质量，为企业推动供应链协同改进提供有力的数据支持。

## 5.5 数据质量评估

### 5.5.1 代表性

本次报告中各单元过程实景数据均发生在企业组织边界内，数据代表特定生产企业的一般水平。实景数据采用 2024 年的企业生产统计数据，背景数据采用数据库数据。

### 5.5.2 完整性

#### (1) 模型完整性

本次报告中产品生命周期模型覆盖上游原辅料生产和运输、产品生产过程，满足本报告对系统边界的定义。

#### (2) 背景数据库完整性

本报告所使用的背景数据库包括中国本土数据库及瑞士 Ecoinvent 数据库。

以上背景数据库均包含了主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，满足背景数据库完整性的要求。

### **5.5.3 可靠性**

#### **（1）实景数据可靠性**

本次报告中，各实景过程原料和能源消耗数据均来自企业统计台账或实测数据，数据可靠性高。

#### **（2）背景数据可靠性**

本报告在数据库数据选用上，优先采用中国国家或特定地区的统计数据、调查数据及文献资料，并结合国际主流数据库数据，确保数据能够准确反映中国生产技术及市场平均水平。整个数据收集过程遵循严格的记录规范，原始数据与算法均被完整记录，以确保数据的可靠性、可重复性和可追溯性。

### **5.5.4 一致性**

本报告所有实景数据均采用一致的统计标准，即按照单元过程单位产出进行统计。

## **6 解释**

根据生命周期评价的结果、各阶段的贡献分析结果、重点指标的贡献分析结果，在产品生命周期中，可通过减少其损耗率或选择更低碳的铝锭供应商来降低产品碳足迹以及相关环境影响；能源消耗可作为次要的减排点，通过减少电力、天然气的使用及引进绿电实现产品绿色设计。