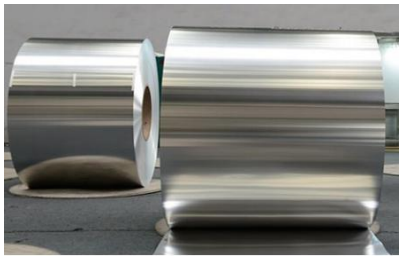
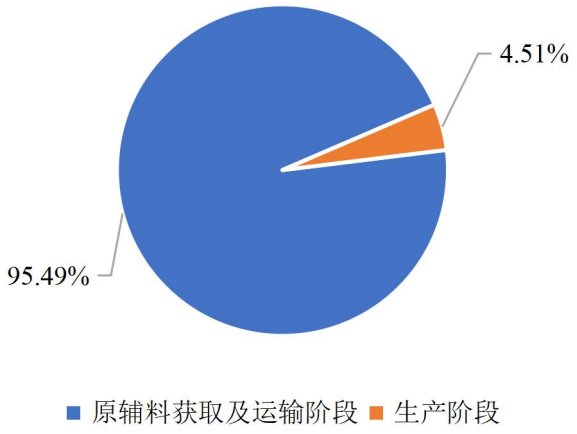
安徽中基电池箔科技有限公司

电池箔

碳足迹报告

报告编制时间：2025 年 04 月 26 日

报 告 概 要

<table>
<tr><td>企业名称</td><td colspan="3">安徽中基电池箔科技有限公司</td></tr>
<tr><td>产品名称</td><td colspan="3">电池箔</td></tr>
<tr><td>产品图片</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>声明单位</td><td>1 kg 电池箔</td><td>产品碳足迹</td><td>23.88 kg CO_2e</td></tr>
<tr><td>系统边界</td><td>从摇篮到生产大门</td><td>报告周期</td><td>2024 年 1 月 1 日-
2024 年 12 月 31 日</td></tr>
<tr><td>结论</td><td colspan="3">本报告根据 ISO 14067：2018 的要求，建立了 1 kg 电池箔原辅料获取和运输阶段、生产阶段的碳足迹模型。通过数据收集和计算，安徽中基电池箔科技有限公司在 2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日期间生产的 1 kg 电池箔的部分碳足迹为 23.88 kg CO_2e。具体的碳足迹贡献及占比见下图：
  </td></tr>
</table>

目 录

1. 基本信息.....4

1.1 企业介绍.....4

1.2 产品介绍.....4

1.3 碳足迹评价工作小组.....5

2. 规范性引用文件.....5

2.1 PCR 及其它补充性要求.....5

2.2 参考标准.....5

3. 目的和范围.....6

3.1 报告书制作目的.....6

3.2 包含的温室气体.....6

3.3 声明单位和基准流.....6

3.4 系统边界.....7

3.5 取舍准则与舍弃项.....7

3.6 模型假设.....8

4. 生命周期清单分析.....9

4.1 数据收集时间和地点.....9

4.2 数据质量评价.....9

4.3 分配原则.....10

4.4 生命周期数据清单.....11

5. 生命周期影响评价.....16

5.1 评价方法和数据库.....16

5.2 碳足迹总量.....16

5.3 生命周期阶段碳足迹贡献.....17

6. 生命周期结果解释.....19

6.1 碳足迹量化结果.....21

6.2 完整性与一致性检查.....21

6.3 敏感性分析.....21

6.4 不确定性分析..... 23
6.5 碳足迹评价结果的局限性..... 23
6.6 减排建议..... 23
附录一 碳足迹特征化因子表.....25

1. 基本信息

1.1 企业介绍

安徽中基电池箔科技有限公司，位于安徽省淮北市濉溪经济开发区樱花西路，总投资 23.7 亿元，占地 536 亩，2013 年 4 月建成投产，2017 年 3 月，被万顺新材（股票代码：300057）旗下江苏中基复合材料有限公司收购，2021 年更名为安徽中基电池箔科技有限公司。

2013 年通过 ISO9001、ISO14001、ISO45001 国际三体系认证，2021 年 2 月通过 ASI 绩效（PS）标准认证，5 月通过 ASI 监管链（COC）标准认证和两化融合贯标管理体系评定，2022 年 3 月通过 IATF16949 认证。公司已获得“淮北市科技型企业”、“安徽省两化融合示范企业”、“安徽省专精特新中小企业”“淮北市安全生产标准化三级企业”、“国家专精特新小巨人”等荣誉称号。主打产品为高端双零箔、汽车动力电池铝箔、储能电池铝箔、3C 铝箔等产品。

1.2 产品介绍

电池箔：电池铝箔产品以 1060,1100 合金为主，产品厚度约为 12-15μm，常作为锂电池中的正极集流体（如磷酸铁锂、三元材料载体）

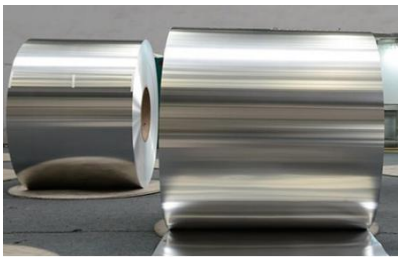


图 1-1 产品图片

电池箔的生产工艺流程主要包括以下步骤：

（1）轧制

电池箔轧制通常分为四个道次，第一，第二道次称为粗轧，第三道次称为中轧，第四道次称为精轧。铝箔坯料经过粗、中，精轧机进行连续生产，通过机械力的作用使铝箔坯料厚度由原 220μm 轧制至 12-15μm 等不同厚度的成品。在轧制过程中，需用轧制油对轧辊和料面冷却和润滑。

（2）分切

将精轧轧制的铝卷，在分切工序进行长度上的分卷，同时对成品厚度的铝箔取样

进行离线版型检验，对料卷进行 CCD 针孔在线检验。

（3）精切

将经过分切工序的铝卷，综合评判针孔，版型和表面质量情况，通过精切机切边成要求的不同的宽度和长度的小卷，在端面和表面质量上满足客户需要。

（4）包装入库

将精切工序下料的成品卷，对外观和尺寸进行检验，确认合格后放入木箱中包装入库。

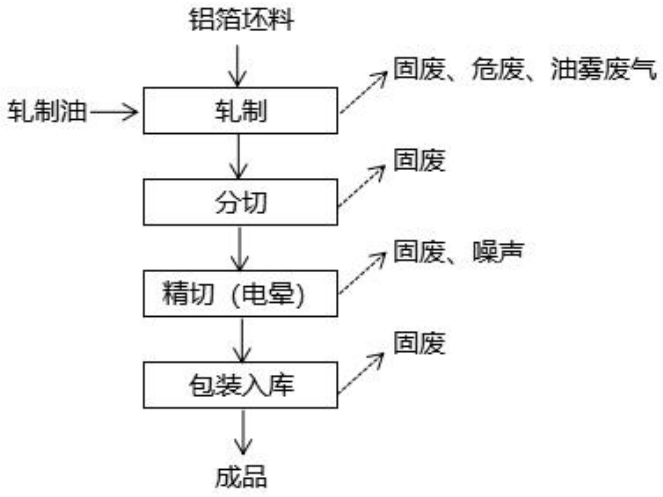


图 1-2 电池箔生产工序流程图

1.3 碳足迹评价工作小组

公司组织了多个部门配合本次碳足迹评价工作。

（1） 碳足迹评价工作由公司的生产部牵头组织；

（2） 公司财务部、采购部配合提供相关数据。

2. 规范性引用文件

2.1 PCR 及其它补充性要求

根据 ISO 14067:2018 的要求，若存在相关的产品种类规则（PCR），则应当参照使用。在本报告参考了 PCR 2023:01- Fabricated metal products, except construction products (1.0.2)定义了产品的声明单位、分配方式等部分原则。

2.2 参考标准

本报告参考的标准如下：

（1） ISO 14067：2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

（2） ISO 14040：2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

（3） ISO 14044：2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

（4） PCR 2023:01 -Fabricated metal products, except construction products (1.0.2)

3. 目的和范围

3.1 报告书制作目的

本报告书的制作旨在从生命周期的角度出发，核算安徽中基电池箔科技有限公司于 2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日生产的 1 kg 电池箔的部分碳足迹，具体目的包括：

（1） 量化产品在生命周期范围内温室气体的排放和清除情况，了解其对气候变化的影响；

（2） 更好地了解产品碳足迹，以便于确定温室气体清除和减排的潜在环节；

（3） 促进产品生命周期的温室气体管理策略和计划的制定和实施，帮助企业促进可持续的低碳经济；

（4） 有效且真实地体现产品的碳足迹并披露给消费者，展示企业的社会责任，提升品牌形象。

3.2 包含的温室气体

本产品碳足迹评价报告包括 IPCC 最新评估报告中所列举的温室气体，具体包括：二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF_6）和三氟化氮（NF_3）。

3.3 声明单位和基准流

本报告标的产品碳足迹评价的声明单位为：1 kg 电池箔。

本报告标的产品碳足迹评价的基准流为：安徽中基电池箔科技有限公司在 2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日期间生产的 1 kg 电池箔。

3.4 系统边界

标的产品存在 PCR 指导文件，PCR 将原料获取运输分类到核心过程，即生产过程，而 ISO 14067 原辅料运输属于上游获取过程，综合考虑，系统边界不参考 PCR 定义的系统边界要求。

本报告的系统边界为从摇篮到生产大门，碳足迹计算包括：原材料的获取和运输过程（含材料生产、运输），产品生产过程（含能源资源消耗、废弃物的处理处置）。系统边界图如图 3-1 所示。

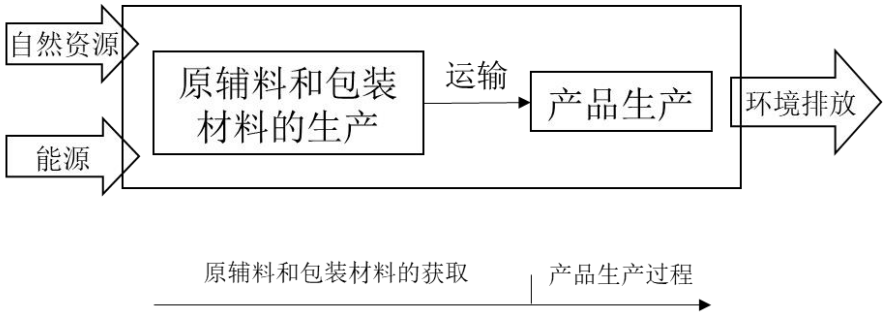


图 3-1 系统边界图

本报告的系统边界各过程及其涵盖范围说明如下：

（1） 原辅料获取和运输过程

原辅料、包装材料的生产：组成标的产品的原辅料、包装材料的生产过程产生的温室气体排放；

原辅料、包装材料的运输：组成标的产品的原辅料、包装材料从上游厂商运输到生产厂的过程产生的温室气体排放。

（2） 产品生产过程

能源资源消耗：标的产品在生产过程中消耗的能源资源产生的温室气体排放；

废弃物处理处置：生产过程中产生的废气、废水和危险废弃物的转运活动和处理活动产生的温室气体排放。

3.5 取舍准则与舍弃项

在选定系统边界和环境影响指标的基础上，应规定一套数据取舍准则，舍弃对评价结果影响不大的因素，从而简化数据收集和评价过程。根据 PCR 2023:01 -Fabricated metal products, except construction products (1.0.2)，本报告的数据取舍准则如下：

（1） 应采用 1%的截断规则，确保包含的清单数据至少覆盖 99%的环境影响结果。

（2） 考虑产品边界内能源使用的 99%。

（3） 避免无谓的数据截断，尽量使用所有可用的数据库。

表 3-1 舍弃信息表

序号	舍弃项	舍弃原因
1	部分劳保用品、设备维修用耗材	劳保用品、设备维修保养耗材如砂轮，因其使用和更换周期较长，数据统计周期内而其分配到声明单位的量非常小，可以合理推估其产生的环境影响非常有限，远小于标的产品碳足迹的 1%，故舍弃。

3.6 模型假设

以下假设应用于本报告涉及的计算过程：

（1） 供应商安徽美信铝业取得了经第三方核查机构认证后的碳足迹证书，对应材料的碳足迹因子优先选择供应商提供的碳足迹因子 11.15kgCO_2e/kg，对于无相关认证或无法追溯上游的其他原材料供应商，碳足迹因子使用数据库因子进行替代。

（2） 企业的原料领用记录中存在为备注具体供应商的数据，对于未备注供应商的领料记录，假设碳排放因子为常规铝，运输数据归类到运输距离最远的供应商，

（3） 企业的生产包装材料和辅料存在多个供应商，但企业仅统计了采购量最大的供应商信息，故假设每种辅料的运输信息为所选择的供应商到工厂的距离。

（4） 箔扎车间用水为生活和循环冷却水，精切车间仅为生活用水，由于箔扎车间无法区分生活和循环冷却水用量，根据环评预设比例，生活用水较小，故假设箔扎车间的用水均为补充的循环冷却水。

（5） 本产品系统边界包含废物处置过程的排放，对于直接出售的产品，符合废物终点定义，即具有经济价值且对环境无害，仅考虑废物运输到处理厂的运输排放；对于企业产出的危险废弃物采用“回收利用”方式的，根据 PCR 对废物终点定义，危险废物在成为无害废物之前的处理纳入本产品的系统边界中，由于回收处置过程无法获取，根据含油废物的常规处理方式，假设处置方式为焚烧进行替代。

（6） 包装材料中木箱的碳足迹因子单位为 kg CO_2e/m^3，采用胶合板平均密度 600 kg/m^3 转换为 kg CO_2e/kg。

（7） 由于产品成材率较低，原料消耗量与单位产品重量和企业统计废料量之间存在 8.7%的误差，使用理论产生废料值替代统计废料值。

（8） 数据库中部分辅料对应的碳足迹特征化因子缺失，优先使用相近产品或材料代

替，具体情况见附录一碳足迹特征化因子表。

4. 生命周期清单分析

4.1 数据收集时间和地点

本报告用来计算产品碳足迹的数据收集期限为：2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日。

根据报告产品的真实生产情况，数据收集的地理边界为：安徽中基电池箔科技有限公司，安徽省淮北市濉溪经济开发区樱花西路。

4.2 数据质量评价

本报告所收集的用来计算标的产品碳足迹的数据质量符合 ISO 14067:2018 规范第 6.3.5 章节的要求，具体情况描述如下：

a) 时间覆盖范围：活动数据的时间覆盖范围为 2024 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日，碳足迹特征化因子优先选用最接近时间范围内的数据；

b) 地理覆盖范围：活动数据的收集地点为安徽中基电池箔科技有限公司，碳足迹特征化因子优先选用物料的主要产地或过程发生地的数据，由先到后依次考虑区域数据、国家数据、国际数据；

c) 技术覆盖范围：优先选用与标的产品工艺、技术一致的数据；

d) 精度：选择最准确的数据；

e) 完整性：所有活动数据均被识别到，数据收集尽可能完整，对于未能收集到的活动数据，已在第 3.5 章节列出；

f) 代表性：收集的活动数据能代表标的产品的平均生产水平及相应排放；

g) 一致性：各单元过程数据按照一致的质量要求和资料选取顺序进行搜集和统计；

h) 再现性：本模型的数据、方法及过程均可在 LCA 软件中再现，计算结果单独导出为 excel 文件；

i) 数据来源：活动数据收集优先收集现场特定数据；当收集现场特定数据不可行时，优先选用经第三方审查的非现场特定数据的初级数据；当收集初级数据不可行时，选用次级数据。本报告收集的活动数据的具体数据来源见表 4-1 所示；

j) 不确定性：针对活动数据资料品质及计算结果的不确定分析可见本报告的第 6.4 章节。

表 4-1 活动数据来源说明

序号	数据项	数据来源说明
1	原辅料、包装材料的消耗量	企业 2024 年原辅料领用记录
2	原辅料、包装材料的运输方式	来自企业的供应商调研表
3	原辅料、包装材料的运输距离	来自企业的供应商调研表
4	生产阶段能源的消耗量	企业能耗抄表

4.3 分配原则

本报告分配原则参考 PCR 2023:01 -Fabricated metal products, except construction products (1.0.2)，分配原则如下：

（1）分配可以分为共生产品分配，即产生多种产品的单元过程的分配，以及废物分配，即产生例如被填埋、回收、再利用的材料的单元过程的分配，这些材料需要进一步加工才能停止作为废物并成为产品。

（2）共生产品分配

应尽量避免分配，通过将待分配的过程划分为子过程，并单独收集每个子过程的数据。如果无法避免分配，优先考虑以物理关系进行分配。如果无法按照物理关系进行分配，则应该选用经济价值或其他关系进行分配。

（3）废弃物的分配

废物的分配应遵循“污染者付费”原则，并且按照 EN 15804 标准中的解释，废物处理过程应该归属于产生废物的产品系统，直到废物达到“废物终点状态”。废物终点状态是指废物不再被视为废物，而是可以作为资源被回收利用的状态。当满足以下所有废物终点状态的标准时，即达到废物终点状态：

1）回收的材料、组件或产品通常用于特定目的；

2）对于这种回收的材料、组件或产品存在市场或需求；

3）回收的材料、组件或产品满足特定目的的技术要求，并符合适用于产品的现有立法和标准；

4）使用回收的材料、产品或建筑元素不会导致整体不利的环境或人类健康影响。

根据废物终点的解释：

企业生产过程中产生的废物中，一般固废如废钢带、废铁屑、废纸壳木箱等全部

作为有价值废物出售，其运输至处理厂的运输排放纳入系统边界；危险废物如含油硅藻土、废矿物油均由拥有处理资质的第三方统一收集后处理再利用，对于回收利用处理的废弃物，根据废物终点的解释，处理完成后的废物才到达运输边界，将回收利用的废物运输和处置过程纳入系统边界。

根据分配要求，本报告中涉及的分配如下：

1.企业原辅料存在电池箔和双零箔共同领用但未区分领用量的情况，按照电池箔投料量比例 76.68%进行分摊。

2.企业生产车间的电力为组成包括市政电、经电网传输的绿电、自发光伏电力，根据车间的能源消耗根据抄表总电力、光伏电量的比例 79.70%、21.30%进行分摊，分摊到中基车间的电力再根据电池箔在原料投料占比 76.68%分摊至标的产品电池箔上。

3.声明单位对电池箔的原辅料和生产能耗分配根据声明单位占电池箔总产量的比例 0.000004%进行分配。

4.声明单位相对于电池箔产生的废弃物分配比例根据声明单位占电池箔总产量的比例 0.000003%进行分配。

具体的分配信息如表 4-2 所示。

表 4-2 数据分配信息表

序号	分配项	分配比例	分配原则
1	原料和部分辅料分配到电池箔的比例	76.68%	按照铝箔坯料投料比进行分配
2	生产车间能耗分配到电池箔的比例	76.68%	按照铝箔坯料投料比进行分配
3	电网购买市政电在车间总耗电中的分配比例	79.70%	电网发票电量占车间总抄表电量的比例
4	光伏电在车间总耗电中的分配比例	21.3%	光伏电占车间总抄表电量的比例
5	声明单位相对于电池箔消耗的原辅料、生产能耗分配比例	0.000004%	依据物理关系进行分配，声明单位占电池箔总产量的比例。
6	声明单位相对于电池箔产生的废弃物分配比例	0.000003%	依据物理关系进行分配，声明单位占电池箔产生废物的比例。

4.4 生命周期数据清单

4.4.1 原辅料获取和运输阶段数据清单

根据企业的生产情况，原辅料获取和运输阶段包括原辅料的生产和原辅料的运输两类活动。具体的数据清单如表 4-3 所示:

表 4-3 原辅料获取和运输阶段的数据清单（分配至基准流）

材料类型	材料名称	声明单位消耗量	单位	运输方式	运输距离（km）
原材料	低碳铝箔坯料（安徽美信）	1.84E-01	kg	道路运输，卡车，荷载大于 32 吨，欧六（国六）	1
	铝箔坯料（四川万顺）	1.07E+00	kg	道路运输，卡车，荷载大于 32 吨，欧六（国六）	1250
	铝箔坯料（江苏华丰）	8.94E-02	kg	道路运输，卡车，平均	147
	铝箔坯料（江苏中基）	1.15E-03	kg	道路运输，卡车，平均	492
	铝箔坯料（江苏万顺新富瑞）	1.78E-02	kg	道路运输，卡车，平均	365
	铝箔坯料（贵州中铝）	1.12E-02	kg	道路运输，卡车，平均	1572
	铝箔坯料（商丘阳光）	1.25E-01	kg	道路运输，卡车，荷载大于 32 吨，欧六（国六）	150
生产辅料	轧制基础油	4.70E-02	kg	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	280
	轧制油添加剂	9.49E-03	kg	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	280
	硅藻土	6.96E-03	kg	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	1729
	白土	1.63E-03	kg	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	738
	环形刀片	1.07E-06	kg	道路运输，卡车，荷载 3.5-7.5 吨，欧六（国六）	400
包装材料	ABS 管芯	4.95E-03	kg	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	544

	干燥剂	1.06E-03	kg	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	630
	塑料膜	3.42E-04	kg	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	98
	珍珠棉卷材	7.29E-04	kg	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	98
	珍珠棉圆片	2.07E-04	kg	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	98
	木箱	1.46E-01	kg	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	372

4.4.2 生产阶段数据清单

根据企业的生产情况，生产阶段包括生产能源资源消耗、废弃物处理处置两类活动。其中，生产过程的能源资源消耗的数据清单如表 4-4 所示。

表 4-4 能源资源消耗的数据清单（分配至基准流）

能源资源类型	车间	声明单位消耗量	单位
电网电	箔轧车间	1.11E+00	kWh
	精切车间	4.38E-01	kWh
光伏电	箔轧车间	2.82E-01	kWh
	精切车间	1.12E-01	kWh
柴油	/	1.18E-03	kg
自来水	箔轧车间	6.40E-01	kg

5. 生命周期影响评价

5.1 评价方法和数据库

本报告采用 IPCC 2021 GWP 100 作为温室气体评估方法。

本报告采用的背景数据主要来自 ecoinvent 3.11 数据库。ecoinvent 数据库是由瑞士 ecoinvent 中心开发的数据库，其中涵盖了欧洲以及世界多国超过 23000 个活动的数据集，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。除此之外，还引用了 IAI 国际铝业协会 2023 年全球原铝生产从摇篮到大门的平均排放因子和产品原料供应商经核查后的从摇篮到大门的碳足迹因子。

对于 ecoinvent 3.11 中未包含的背景数据，采用《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》、《中国能源统计年鉴（2022 年）》、化学平衡进行补充。具体的碳足迹排放因子详情见附录一。

5.2 碳足迹总量

经计算，标的产品从摇篮到生产大门的碳足迹为 23.88 kg CO_2e。具体的碳足迹贡献如表 5-1 和图 5-1 所示。

表 5-1 标的产品的碳足迹贡献

阶段	碳排放量（kg CO_2e）	占比
原辅料获取和运输阶段	22.81	95.49%
生产阶段	1.08	4.51%
合计	23.88	100.00%

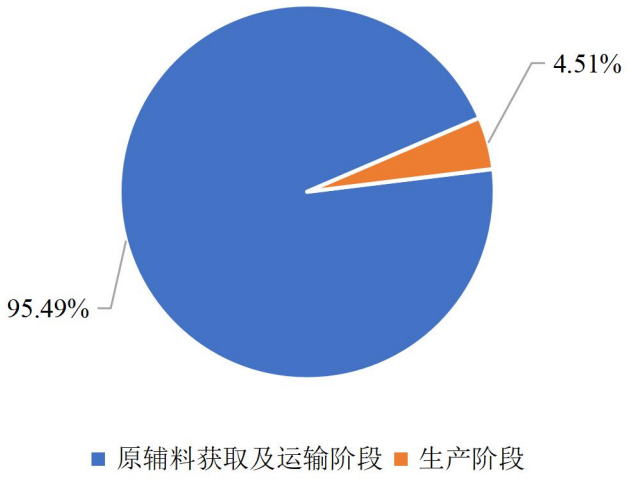


图 5-1 标的产品的碳足迹贡献

5.3 生命周期阶段碳足迹贡献

5.3.1 原辅料获取和运输阶段碳足迹贡献

原辅料获取和运输阶段的碳足迹贡献为 22.81 kg CO_2e，占碳足迹总量的 95.49%。具体的碳足迹贡献如表 5-2 所示。

表 5-2 原辅料获取和运输阶段的碳足迹贡献（分配至基准流）

材料类型	材料名称	单项物料总碳排放量（kg CO_2e）	阶段占比
原材料	低碳铝箔坯料（安徽美信）	2.06E+00	9.02%
	铝箔坯料（四川万顺）	1.66E+01	72.94%
	铝箔坯料（江苏华丰）	1.38E+00	6.07%
	铝箔坯料（江苏中基）	1.78E-02	0.08%
	铝箔坯料（江苏万顺新富瑞）	2.77E-01	1.21%
	铝箔坯料（贵州中铝）	1.76E-01	0.77%

	铝箔坯料（商丘阳光）	1.93E+00	8.48%
辅料	轧制基础油	7.92E-02	0.35%
	轧制油添加剂	3.30E-02	0.14%
	硅藻土	6.47E-03	0.03%
	白土	1.26E-03	0.01%
	环形刀片	4.00E-05	< 0.01%
包装材料	ABS 管芯	2.55E-02	0.11%
	干燥剂	1.68E-03	0.01%
	塑料膜	1.19E-03	0.01%
	珍珠棉卷材	2.57E-03	0.01%
	珍珠棉圆片	7.30E-04	< 0.01%
	木箱	1.75E-01	0.77%
合计		2.28E+01	100.00%

5.3.2 生产阶段碳足迹贡献

生产阶段的碳足迹贡献为 1.08 kg CO_2e，占碳足迹总量的 4.51%。 具体的碳足迹贡献如表 5-3 到 5-5 所示。

表 5-3 能源资源获取的碳足迹贡献（分配至基准流）

能源资源类型	车间	单项能源资源总碳排放量（kg CO_2e）	阶段占比
电网电	箔轧车间	6.86E-01	69.93%
	精切车间	2.72E-01	27.70%
光伏电	箔轧车间	1.53E-02	1.56%
	精切车间	6.08E-03	0.62%
叉车用柴油	/	9.71E-04	0.10%
自来水	箔轧车间	7.67E-04	0.08%
合计		9.81E-01	100.00%

表 5-4 生产过程的碳足迹贡献（分配至基准流）

能源资源类型	单项能源燃烧总碳排放量（kg CO_2e）	阶段占比
柴油燃烧	4.13E-03	100.00%

表 5-5 废物处置和运输过程的碳足迹贡献（分配至基准流）

废物名称	单项废物处置运输总碳排放量（kg CO_2e）	阶段占比
废钢带	4.50E-07	< 0.01%
废铝箔	7.40E-03	7.98%
废钢管芯	1.15E-06	< 0.01%
废铁	6.71E-08	< 0.01%
废铁屑	1.83E-07	< 0.01%
废纸管芯	3.31E-08	< 0.01%
废纸壳	6.17E-08	< 0.01%
破旧木箱	3.58E-06	< 0.01%
含油过滤布	5.41E-04	0.58%
含油过滤布	5.43E-04	0.59%
含油硅藻土	8.49E-03	9.15%
含油硅藻土	2.33E-02	25.11%
含油硅藻土	9.78E-03	10.54%
废矿物油	4.44E-03	4.79%
废矿物油	4.83E-04	0.52%
废矿物油	4.85E-03	5.23%
废矿物油	3.15E-02	33.93%
废乳化液	3.75E-04	0.40%

废油桶	1.09E-03	1.17%
合计	9.27E-02	100.00%

6. 生命周期结果解释

6.1 碳足迹量化结果

安徽中基电池箔科技有限公司在 2024 年 1 月 1 日-12 月 31 日期间生产的 1 kg 电池箔的部分碳足迹为 23.88 kg CO_2e。

原辅料获取和运输阶段对碳足迹的贡献最大，占 95.49%。在该阶段中，生产原料中铝箔对碳足迹的贡献占比为 89.55%，低碳铝箔对碳足迹的贡献占比为 9.02%；原辅料中对碳足迹的贡献最大的是轧制基础油，占比为 0.35%，包装材料中对碳足迹的贡献最大的是木箱，贡献占比为 0.77%。

生产阶段对碳足迹的贡献为 4.57%。能源获取阶段中，对碳足迹的贡献最大的是电网电，排放占比 97.64%。

6.2 完整性与一致性检查

本报告依据 ISO 14067:2018 对标的产品的碳足迹评价过程进行了完整性和一致性检查。

完整性：标的产品碳足迹评价过程完全依据企业实际的生产情况开展，所填报的各项过程清单数据来自企业的生产记录、采购票据等凭证，数据收集没有遗漏，截断和分配均已做出说明，满足生命周期评价的完整性要求。

本报告一致性检查结果同样符合要求，说明如下：

（1） 数据收集范围与系统边界一致；

（2） 数据收集的质量要求一致；

（3） 使用的分配原则一致：详细的分配原则已在表 4-2 处列出。

6.3 敏感性分析

敏感性分析的数学定义是：当函数的自变量变化单位百分比时，函数值也会相应变化一个百分比，两个百分比的比值就是函数值对此自变量的敏感性。

在碳足迹中，各单元过程的清单数据及其原始数据是自变量，碳足迹结果是函数值。本报告对各个过程的清单数据进行了分析计算，报告中仅列出影响最大的前 20 项，详情见计算清册，具体结果如表 6-1 所示。

表 6-1 敏感性分析结果

类目	敏感性
铝箔坯料（四川万顺）	69.65%
铝箔坯料（商丘阳光）	8.09%
低碳铝箔坯料（安徽美信）	8.61%
铝箔坯料（江苏华丰）	5.80%
电网电(箔轧车间)	2.87%
铝箔坯料（江苏万顺新富瑞）	1.16%
电网电(精切车间）	1.14%
铝箔坯料（贵州中铝）	0.74%
木箱	0.73%
轧制基础油	0.33%
轧制油添加剂	0.14%
废矿物油	0.13%
ABS 管芯	0.11%
含油硅藻土	0.10%
铝箔坯料（江苏中基）	0.07%
光伏电(箔轧车间)	0.06%
含油硅藻土	0.04%
含油硅藻土	0.04%
硅藻土	0.03%
光伏电(精切车间）	0.03%

其中，原材料获取阶段的铝箔坯料的敏感度最高，表明其对碳足迹评价结果影响最大，是减排的重点；生产阶段中对碳足迹评价结果影响较大的生产车间消耗的电网电。

6.4 不确定性分析

本模型中，不确定性因素的来源主要包括：

（1） 在数据收集过程中存在不可避免的测量误差、随机误差；

（2） 计算中使用的背景因子主要为 ecoinvent 3.11 的因子，地理代表性方面存在一定局限性。

这些不确定性因素会使得碳足迹计算结果有一定的误差；企业需加强初级数据监测与管理，提高一级数据的准确性；加强上游供应商的产品碳足迹认证，原辅材料碳足迹因子使用上游数据。

6.5 碳足迹评价结果的局限性

产品碳足迹反映了在一段时间内产品系统生命周期内对全球辐射能量平衡的潜在影响，是气候变化这一影响类型的重要指标。然而，气候变化只是产品生命周期中可能产生的各种环境影响之一，在某些情况下，降低产品碳足迹可能导致再其他环境方面产生更大影响（例如使用生物质减少温室气体排放可能对生物多样性产生负面影响）。关注单一环境问题使得产品碳足迹结果存在一定局限性，不宜作为结果决策过程的唯一考量因素。

建立生命周期评价模型的过程中，需要确立功能单位或声明单元、确定系统边界、选择适当的数据来源、选择合理的分配程序、做出合理的假设等。某些数据可能仅限于特定的地理区域（例如国家电网），也可能随时间发生变化（例如季节性变化）。以上方法的局限性可能对产品碳足迹结果造成影响，导致其准确性有限且难以评价。

6.6 减排建议

通过数据分析，本报告建议企业从以下方面挖掘碳减排潜力：

（1） 从低碳设计的角度：使用更为低碳的原材料，增加低碳铝箔坯料的使用量，降低原材料碳足迹；

（2） 从改善能源结构的角度：加强能源管理，进一步提升可再生能源和清洁能源的使用比例，例如增加光伏发电量，推行柴油叉车油改电等；

（3） 从提升生产管理的角度：加强工业工程管理，实施设备、工艺、流程等方面改造，提高成品率，提高资源和能源利用率；

（4） 从战略管理和组织管理的角度：考虑建立碳管理体系，采用数字化碳足迹管理工具，科学有效地加强公司的产品碳足迹核算、认证和管理工作，实现碳足迹量化管理，帮助产品完成降碳行动，降低综合管理成本。

附录一 碳足迹特征化因子表

表 1 碳足迹特征化因子表

活动数据类型	数据名称	成分	索引	单位	数据库来源及版本	备注
原材料	低碳铝箔坯料	铝	①安徽美信铝业有限公司铝板带从摇篮到大门碳足迹认证证书	kg CO_2e/kg	安徽美信铝业有限公司	
	铝箔坯料	铝	①IAI 国际铝业协会 2023 年原铝生产从摇篮到大门碳足迹	kg CO_2e/kg	IAI 国际铝业协会	原材料+加工过程
		铝挤压过程	②sheet rolling, aluminium{RoW}sheet rolling, aluminium |cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
辅料	轧制基础油	基础油	base oil{RoW}| base oil production, petroleum refinery operation | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	轧制油添加剂	脂肪醇 59%	①fatty alcohol {GLO} |fatty alcohol production, from palm kernel oil | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
		合成脂 39%高分子聚合物 2%	②chemical, organic{GLO} | chemical production, organic | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	成分为有机物，使用有机物因子替代
	硅藻土	硅矿石/二氧化硅	activated bentonite{ROW} |activated bentonite production | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	使用生产上类似作用的膨润土替代

	白土	膨润土	activated bentonite{ROW} |activated bentonite production | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	环形刀片	碳化钨	①tungsten carbide powder{CN}tungsten carbide powder production|cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	原材料+加工过程
		金属加工	②metal working, average for metal product manufacturing{ROW} |metal working, average for metal product manufacturing	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
包装材料	ABS 管芯	ABS-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	①acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer{ROW} |acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer production| Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	原材料+加工过程
		塑料管挤出	②extrusion, plastic pipes{RoW}extrusion, plastic pipes | cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	干燥剂	二氧化硅	activated silica{ROW} |activated silica production| Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	塑料膜	高密度聚乙烯	①polyethylene, high density, granulate{ROW}| polyethylene production, high density, granulate| Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	原材料+加工过程
		塑料膜挤出工艺	②extrusion, plastic film{ROW}| extrusion, plastic film| Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	珍珠棉	线性低密度聚乙烯（LLDPE）	①polyethylene, linear low density, granulate{RoW}|polyethylene production, linear low density, granulate | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	原材料+加工过程
		塑料发泡	②polymer foaming{RoW}market for polymer foaming | cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	木箱	木材	plywood{RoW}plywood production|cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	

能源	生产用电（电网）	/	2023 年全国电力碳足迹因子	kgCO2e/kWh	生态环境部	
	生产用电（光伏）	/	2023 年主要发电类型电力碳足迹因子-光伏发电	kg CO_2e/kWh	生态环境部	
	柴油	/	diesel {RoW}| diesel production, petroleum refinery operation | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	自来水	/	tap water {RoW}| market for tap water | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
运输	道路运输，卡车，平均	/	transport, freight, lorry, diesel, unspecified{RoW}|market for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off	kg CO_2e/tkm	ecoinvent 3.11	
	道路运输，卡车，荷载 3.5-7.5 吨，欧六（国六）	/	transport, freight, lorry, 3.5-7.5 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW}|market for transport, freight, lorry, 3.5-7.5 metric ton, diesel, EURO 6|Cut-off	kg CO_2e/tkm	ecoinvent 3.11	
	道路运输，卡车，荷载 7.5-16 吨，欧六（国六）	/	transport, freight, lorry, 7.5-16 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW}market for transport, freight, lorry, 7.5-16 metric ton, diesel, EURO 6|Cut-off	kg CO_2e/tkm	ecoinvent 3.11	
	道路运输，卡车，荷载 16-32 吨，欧六（国六）	/	transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW}|market for transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, diesel, EURO 6|Cut-off	kg CO_2e/tkm	ecoinvent 3.11	
	道路运输，卡车，荷载＞32 吨，欧六（国六）	/	transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW}|market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6|Cut-off	kg CO_2e/tkm	ecoinvent 3.11	
废物处置	回收	/	/			
	焚烧	/	hazardous waste, for incineration {RoW}| treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	

	废溶剂处理	/	spent solvent mixture {RoW}| treatment of spent solvent mixture, hazardous waste incineration | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	
	废矿物油处理		waste mineral oil {RoW}| treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration | Cut-off	kg CO_2e/kg	ecoinvent 3.11	

表 2 柴油（非道路移动源）排放因子

系数类型	CO_2 排放因子	CH_4 排放因子	N_2O 排放因子	单位	来源
排放系数	74100	4.15	28.6	kg/TJ	《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
单位热值	42652			kJ/kg	《中国能源统计年鉴（2022 年）》
换算结果	3.1605132	0.000177006	0.001219847	kg/kg 柴油	
密度	0.84			kg/L	《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

表 3 GWP

温室气体种类	GHG	GWP-100 kgCO_2e/kg GHG	来源
二氧化碳	CO_2	1	《政府间气候变化专门委员会 IPCC 第六次评估报告》
甲烷	CH_4	27.9	
氧化亚氮	N_2O	273	