

晟通科技集团有限公司
铝箔产品
全生命周期评价报告

公司名称：晟通科技集团有限公司

部 门：动力运维组

2026 年 5 月 30 日

目 录

1 概述.....	1
1.1 基本情况介绍.....	1
1.2 目的.....	1
1.3 范围.....	1
1.4 准则.....	2
1.5 数据取舍规则.....	2
1.6 数据质量要求.....	3
1.7 软件和数据库.....	4
2 评价过程和方法.....	4
2.1 评价组安排.....	4
2.1.1 人员安排.....	4
2.1.2 时间安排.....	5
2.2 文件自查与梳理.....	5
2.2.1 项目自查分析.....	5
2.2.2 风险自查评估.....	5
2.3 现场自查核验.....	5
2.4 报告编制与内部评审.....	6
3 产品基本情况自查与审核.....	6
3.1 数据收集方法.....	6
3.2 评价对象基本信息.....	7
3.3 生产工艺流程.....	8
3.4 产品性能与产品特点.....	9
3.5 系统边界.....	11
3.6 环境影响类型.....	11
4 申请产品清单数据收集与处理的审核.....	13
4.1 产品生产过程数据清单.....	13

4.2 产品运输过程数据清单.....	17
4.4 生命周期影响分析结果.....	18
4.5 生命周期解释.....	20
4.5.1 假设与局限性说明.....	20
4.5.2 完整性说明.....	20
4.5.3 数据质量评估结果.....	21
4.5.4 不确定性分析结果.....	21
4.5.5 敏感性分析.....	25
5 评价结论.....	28
5.1 针对性绿色改进措施.....	29

1 概述

1.1 基本情况介绍

随着全球资源与环境问题的凸显，运用着眼系统性、全局性、全过程性的生命周期评价（LCA）方法，系统评价材料及产品的环境行为获得各国政府、工业企业、消费者等各级组织层面的高度重视和广泛认可。在此大背景下，产品全生命周期评价应运而生。

全生命周期作为 LCA 的直接应用之一，是以 LCA 为方法论基础，提供基于生命周期全过程的量化环境信息报告。全生命周期对产品生态设计、绿色采购、绿色消费等产生强有力的支持作用，对于践行国家绿色战略具有明显意义。

本次评价由晟通科技集团有限公司自主发起、自主实施，针对本公司生产的铝箔产品开展首次全生命周期自评价工作，评价过程合规、数据来源于企业真实生产台账，评价结果真实反映本公司铝箔产品实际环境绩效。

1.2 目的

本公司以生命周期评价（LCA）方法为核心依据，严格遵循 GB/T24044-2008《环境管理 生命周期评价 要求与指南》规范，依托企业 2025 年度实际生产统计数据，对自产铝箔产品开展全生命周期环境影响量化评价，系统核算产品全流程资源消耗与环境排放指标，客观评价产品环境表现，为后续绿色改进、工艺优化、EPD 声明编制及第三方核查提供数据支撑，产品信息如下表 1-1 所示。

表 1-1 产品基本信息表

产品名称	产品尺寸	备注
铝箔	1t	实施全生命周期评价

1.3 范围

本次自评价对象为本公司量产铝箔产品，评价声明单位设定为 1t 成品铝箔。系统边界采用行业通用的“从摇篮到大门”模式，覆盖产品原辅材料开采与制备、原辅材

料运输、生产能源消耗、产品生产加工、成品包装出厂的全生产流程。本公司基于既定声明单位完成全生命周期清单建模，采用专业生命周期评估软件完成数据核算与环境影响评价，覆盖酸化、富营养化、气候变化、臭氧层损耗、人体毒性等全类别环境影响指标，全面量化产品环境影响水平。

1.4 准则

本报告依据以下准则执行：

- 1) GB/T24001-2004 《环境管理体系 要求及使用指南》
- 2) GB/T24020-2000 《环境管理 环境标志和声明 通用原则》
- 3) GB/T24040-2008 《环境管理 生命周期评价 原则与框架》
- 4) GB/T24044-2008 《环境管理 生命周期评价 要求与指南》
- 5) GB/T24050-2002 《环境管理 术语》
- 6) GB/T24025-2009 《环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序》
- 7) ISO 14025:2006, Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures.
- 8) ISO 14040:2006, Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
- 9) ISO 14044:2006, Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.

1.5 数据取舍规则

本次铝箔产品全生命周期自评价严格遵循 ISO 14040、ISO 14044 及 EN 15804、ISO 14025（III型环境声明）规范要求，结合既定研究目标、系统边界与环境影响类别，建立标准化、可追溯的数据收集、筛选与取舍规则，所有数据处理过程均完整留存台账记录，保障评价过程合规、结果真实有效，具体取舍规则如下：

- 1) 系统边界严格限定为铝箔产品生产相关过程，本次评价不予纳入厂房、生产设备等固定资产投资、更新、折旧产生的资源消耗与环境排放，同时剔除企业行政办公、

人员后勤等非生产性消耗数据，仅统计与产品生产直接相关的原辅材料、能源、运输及污染物排放清单数据，贴合“从摇篮到大门”的评价边界要求；

2) 依据 LCA 评价重要性原则开展数据取舍，对评价结果无显著影响的微量物料予以合理豁免：常规辅助材料单类消耗量占产品总质量占比 $<1\%$ 、高纯特种物料单类消耗量占产品总质量占比 $<0.1\%$ 的可忽略不计，同时严格管控取舍总量，所有豁免物料累计总质量占比不超过产品总质量的 5% ，确保取舍行为不会对整体环境影响评价结果产生偏差，满足 EPD 评价精度要求；

3) 本次评价全覆盖 EN 15804 规定的各类环境影响对应的核心排放与消耗项，对于极个别因行业统计特性无法完整获取的微量、低贡献清单数据，均进行详细登记、溯源说明，明确数据缺失原因及替代处理方式，全程保障评价过程合规、结果可控。

本次评价存在少量微量原辅材料及极低浓度排放数据缺失情况，经核算，单类缺失项对各类环境影响指标的贡献占比均不超过 1% ，所有缺失、豁免数据的累计综合影响占比低于总环境影响的 5% ，完全符合 ISO 14044、EN 15804 及 III 型环境声明 LCA 数据取舍规范与重要性判定要求，评价结果具备有效性、科学性与可比性。

1.6 数据质量要求

本公司严格把控本次 LCA 评价数据质量，确保建模数据真实可靠、完整一致、具备行业与地域代表性，满足本次评价目标与范围要求，具体管控要求如下：

1) 可靠性：本次评价能源消耗、原辅材料耗用、包装耗材、运输数据均采用本公司 2025 年度生产实测台账原始数据，真实反映企业实际生产水平；背景数据采用国内区域统计数据及 Ecoinvent 标准数据库数据，贴合国内能源结构与行业生产特征。

2) 完整性：本次评价完整覆盖铝箔生产全流程核心工序与上下游关键环节，符合研究边界要求，少量舍去物料均已做好登记说明，不影响整体评价完整性。

3) 一致性：所有原始生产数据均基于统一统计口径、相同生产边界、相同产品核算基准统计；背景数据优先统一采用 Ecoinvent v3.11 数据库，极少数缺失数据采用同行业近似数据替代并备注说明，保障模型整体一致性。

4) 代表性：本次评价地理范围为湖南省长沙市望城经开区本公司生产基地，采用

2025 年度常态化生产数据，全面反映企业现阶段生产工艺、设备水平与能源结构，具备充分的时间、地域、技术代表性。

1.7 软件 and 数据库

本次企业自评价采用 SimaPro v10.2.0.0 全生命周期评估软件完成建模与核算，背景数据库选用 Ecoinvent v3.11 数据库。铝箔产品全生命周期环境影响核算统一采用基于 EF 3.1 的 EN 15804 特征化方法，整体评价体系严格遵循 ISO 14040、ISO 14044 基础框架及 ISO 14025 三型环境声明准则。因 SimaPro v10.2.0.0 软件未集成 EN 50693 特征化数据包，结合工业铝制品 EPD 行业通用规范，本次评价优先执行 EN 15804 标准核算体系。

EN 15804 为工业加工类产品 III 型环境声明专用核心标准，明确要求评价全过程采用其指定的特征化因子与核算方法，可将产品全生命周期资源消耗、污染物排放等原始清单数据，统一换算为标准化、可对比的环境影响指标。相较于 EN 50693，EN 15804 更适配铝箔深加工生产工艺与排放特征，能够有效保障本次自评价结果规范、可比、权威，满足三型环境声明及第三方核查要求。

2 评价过程和方法

2.1 评价组安排

2.1.1 人员安排

本公司结合铝箔产品生产特点、评价工作需求，组建专项 LCA 自评价工作小组，明确分工、专人负责数据收集、建模核算、报告编制与内部复核工作，保障评价工作规范落地。

表 2-1 评价组成员及内部评审人员安排

姓名	职责/分工
曹德宇	组长
汪修成	组员

姓名	职责/分工
李晓涵	内部评审人

2.1.2 时间安排

本公司严格按照 LCA 评价规范，有序推进资料梳理、数据统计、模型核算、报告编制、内部复核等工作，按期完成本次铝箔产品全生命周期自评价工作。

表 2-2 时间安排表

日期	时间安排
2026.05.02	文件评审
2026.05.04-05	现场评价
2026.05.30	完成全生命周期自评价报告
2026.05.31	技术复核

2.2 文件自查与梳理

2.2.1 项目自查分析

本公司对照 LCA 评价标准及本次评价目标、边界与准则，系统自查梳理 2025 年度生产运营全流程资料，重点核查原辅材料采购来源、生产能耗台账、物料消耗统计、原辅材料运输记录、产品质量检测报告等核心资料，确保所有基础数据真实、完整、可追溯，满足生命周期建模核算要求。

2.2.2 风险自查评估

结合本次评价规则、数据来源及生产管理实际，本公司开展内部风险自查。本次评价边界清晰、统计口径统一、数据台账完善、原始数据可全程溯源，数据收集全面、核算流程规范，整体评价偏差可控，评价结果能够真实、客观反映本公司铝箔产品环境绩效。

2.3 现场自查核验

本公司组织专项人员对生产厂区、铝箔生产线、能耗计量设备、环保治理设施、物料仓储及运输管理环节开展现场自查核验，逐一核实企业生产边界、生产工艺、设

备配置、能耗统计方式、环保排放管控情况，确认生产流程、数据统计、现场管理均符合 LCA 评价规范，确保清单数据与生产实际完全匹配。

表 2-3 自查记录表

访问日期	项目组	自查对象
2026 年 5 月 04-05 日	动力运维组	曹德宇
	访谈内容	
	<ul style="list-style-type: none">- 企业基本情况；- 企业的地理范围及边界；- 企业生产/运输外包情况；- 企业相关环保监测情况；- 生命周期评价数据来源及数据流过程；- 现场查看用能设备等设施；- 现场确认生产工艺等；- 现场查看原材料采购和运输等资料；- 现场查看企业电能表等计量设施；- 生产数据记录情况、产品类别等。	

2.4 报告编制与内部评审

本公司基于完整的清单数据、合规的建模方法，自主完成本次全生命周期评价报告编制工作。报告编制完成后，由公司内部专业技术人员开展独立技术复核，核查模型参数、核算方法、评价结论的合规性与准确性，经内部评审通过后形成最终自评价报告。

3 产品基本情况自查与审核

3.1 数据收集方法

本公司严格对照 LCA 数据质量规范及本次评价要求，系统梳理《能源财务明细账》《原辅材料采购台账》《包装材料消耗台账》《废弃物处理统计表》等资料，建立标准化数据收集体系：

(1) 所有数据收集、统计、取舍流程均满足本次评价数据质量要求，可保障核算

结果真实可靠；

(2) 生产单元过程清单优先采用企业 2025 年度实测、统计的初级生产数据，无实测数据的环节按行业规范合理细分、取值；

(3) 上游原辅材料数据优先采用供应商实际生产数据，缺失数据选用贴合国内区域生产水平的数据库次级数据替代，全程遵循既定数据取舍规则。

3.2 评价对象基本信息

晟通科技集团有限公司（以下简称“晟通科技”）始创于 2001 年，正式成立于 2003 年 7 月，总部位于长沙市望城经济技术开发区腾飞路二段 109 号，是国内高端铝合金精深加工领域领军企业、国家级制造业单项冠军企业。公司注册资本 10 亿元，法定代表人薛新明，由望城、常德两大现代化产业园组成，总占地面积超 4000 亩，具备规模化、全链条铝材料研发与生产能力，综合实力稳居国内铝精深加工行业第一梯队。

晟通科技集团专注于高端铝合金材料的研发、生产、销售与技术服务，长期深耕新材料、绿色低碳制造领域，现已形成高端铝箔材料、建筑铝模板两大核心主营业务板块，同步布局高端工业型材、新能源铝制配件、全铝轻量化装备等延伸业务。公司核心产品与技术优势突出：作为全球核心双零铝箔产销基地，食品包装铝箔、空调铝箔等产品性能达到国际先进水平，远销全球 70 余个国家和地区；自主研发的第七代建筑铝模板行业标杆技术，独创短流程铸轧工艺与大循环利用模式，大幅提升产品良率、降低生产能耗与综合成本，规模化应用于装配式建筑领域，市场认可度与行业占有率位居全国前列；高端高精铝型材、新能源配套铝材、交通轻量化铝材等产品，广泛适配高端装备、轨道交通、新能源、家电包装等领域，核心性能、精度、低碳指标均优于行业标准。公司依托全产业链布局与绿色生产模式，实现铝材料闭环循环利用，是国内铝循环低碳制造标杆企业。

晟通科技集团是国内铝加工行业标准重要参与制定单位，拥有国家认定企业技术中心、博士后科研工作站、校企联合研究院等高端创新平台，为国家级高新技术企业、国家技术创新示范企业、国家知识产权示范企业、绿色制造标杆企业，先后荣获“中国企业 500 强”“制造业单项冠军”“全国质量标杆”“湖南省创新企业”“高质量发展先进企

业”等多项国家级、省级荣誉，累计申请专利千余项，多项自主核心技术填补行业技术空白，持续引领铝精深加工行业技术升级与绿色转型。

公司组织架构完善、现代化管理体系成熟，已建立覆盖研发、采购、生产、品控、销售、仓储物流全流程的标准化管理体系，先后通过 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、ISO45001 职业健康安全管理体系、两化融合管理体系等权威认证，获评 AAA 级信用企业。公司始终坚持技术创新与绿色低碳发展理念，依托规范的运营管理、领先的核心技术、稳定的产品品质与完善的服务体系，持续为全球客户提供高品质、低碳化的高端铝材料产品与一体化解决方案。

3.3 生产工艺流程

本公司铝箔产品采用行业领先的铸轧短流程绿色生产工艺，摒弃传统热轧高能耗生产模式，生产流程精简、能耗更低、碳排放更低，全程实现标准化、智能化闭环生产，核心生产工序包含原料熔炼净化、铸轧坯料制备、多级冷轧、叠合精轧、退火调质、分切精整、质检包装七大环节，具体流程如下：

1.根据产品牌号标准精准配比高纯铝锭及合金辅料，经高温熔炼、双级精炼除气除杂、板式过滤净化，彻底去除铝液中氧化夹杂与氢气杂质，保障原料纯度，从源头规避铝箔针孔、麻点等缺陷。

2.依托铸轧技术，将净化后的铝液直接铸轧成型，制备高品质铝箔坯料，相较传统热轧工艺大幅缩短生产链路、降低生产能耗与碳排放。

3.坯料经多次连续冷轧逐步减薄塑形，精准控制板材厚度与平整度；针对超薄双零铝箔产品，采用双张合卷叠轧工艺，通过多级精密压轧加工至目标超薄厚度。

4.轧制完成后通过梯度高温退火调质处理，优化铝材内部组织结构，消除加工应力，提升铝箔柔韧性、平整度与稳定性，适配食品包装、家电、电子等多场景使用需求。

5.根据客户规格需求进行精密分切、修边规整，经由全流程质量检测、性能抽检、外观筛查，合格产品经降温定型、卷取封装、打包入库。

铝箔详细的工艺流程环节示意图见图 3-1:

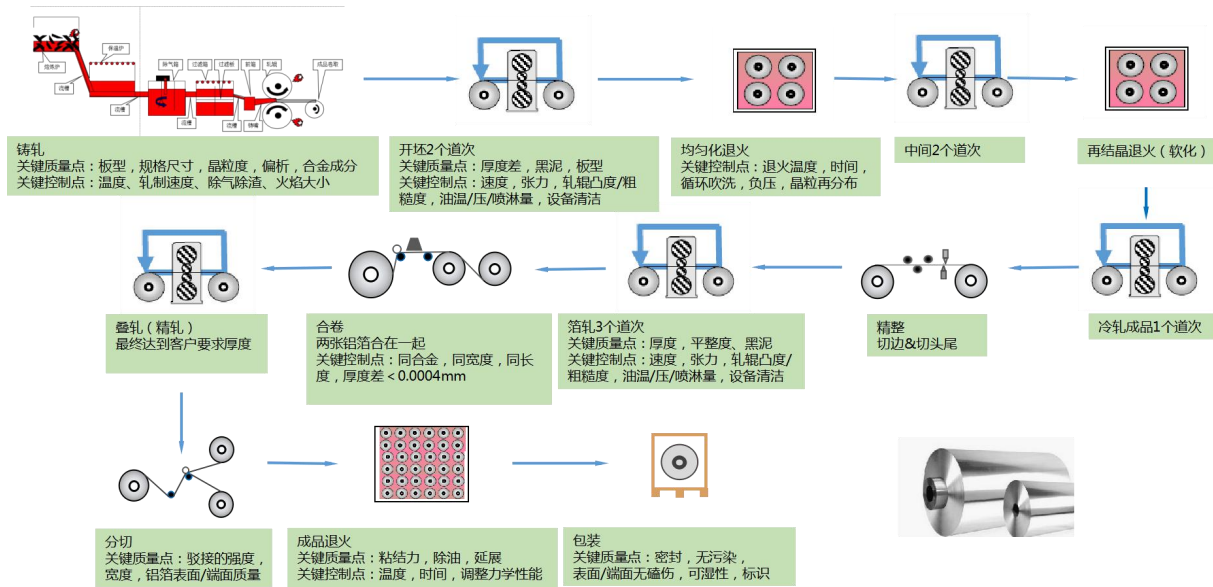


图 3.1 产品生产工艺流程图

3.4 产品性能与产品特点

本公司结合生产工艺管控与产品检测数据，梳理汇总铝箔产品核心阻隔、抑菌、物理性能指标，相较于纸、普通塑料、镀铝膜等包装材料，铝箔产品综合性能优势突出，具体产品性能参数如下表 3-1 所示。

表 3-1 产品性能一览表

材料指标	产品质量			
	纸	塑料	镀铝	铝箔
透湿量 $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$	4.25	2.41	2.03	0.1
透氧量 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$	187.9	17.6	5.68	0.2
阻光	透光	透光	透光	不透光
抑菌	差	较差	中	优良



图 3.1 产品示意图

本公司铝箔产品依托自主短流程制造技术,通过精准配比微量元素、精炼过滤提纯,制备形成高品质铝箔合金材料;产品历经十多道精密轧制、成型加工及热处理工序,每卷成品均经过 200°C、48 小时以上高温稳质消应力工艺处理,经全项检验合格后方可出厂。铝箔超薄化加工工艺难度极高,本公司自研短流程绿色制造技术,刷新了全球铝箔节能、稳定量产的行业纪录,作为全球核心双零铝箔量产供应商,产品远销全球 70 余个国家和地区,市场认可度与行业影响力领先。

结合生产工艺与成品检测结果,本公司铝箔产品具备八大核心优势特点,综合性能优异、绿色安全、适配场景广泛:

1.阻隔性强:具有极强的阻隔性,可完全阻隔各种光线(电磁波)、空气、水分和细菌,能有效防止食物受潮、氧化、变质,保鲜效果极佳。

2.抑菌性强:由于高纯度铝具有抑菌特性,细菌或微生物很难在经过高温处理的铝箔表面生存,在发达国家铝箔早已成为食品包装材料和家庭日用品。

3.热性能好:铝箔对光和热具有很高的反射能力,且导热性能好,对食品既适合用于加热也适用于保温;可在-200°C至+300°C范围内正常使用。

4.可塑性好:铝箔既有较高的比强度、又有很好的延展性,比较容易定型,适用于包装各种类型的产品,也适合制作成各种容器。

5.质轻色美:铝是轻金属,其比重不到钢铁和铜的三分之一。具有银白明亮、高端精美的金属光泽,还可加工印制出各种绚丽图案。

6.无毒无味:可与食品直接接触而没有危害人体健康的隐患,不会使被包装的食物

产生任何异味或不良影响。

7.抗氧化：表面有一层极薄且致密的氧化膜，不“生锈”，具有自保护特性。

8.可回收：铝可回收重复利用、能耗很低、价值很高，对环境非常友好。

3.5 系统边界

本次铝箔产品全生命周期自评价系统边界统一采用行业标准的从摇篮到大门模式，完整覆盖产品原辅材料开采、制备、生产加工、原辅材料运输、能源资源消耗、成品包装出厂的全生产流程，边界划分清晰、界定规范，完全符合 ISO 14040、ISO 14044 及 EN 15804 标准对 LCA 评价系统边界的相关要求，无关键生产环节、消耗环节遗漏。具体如下：

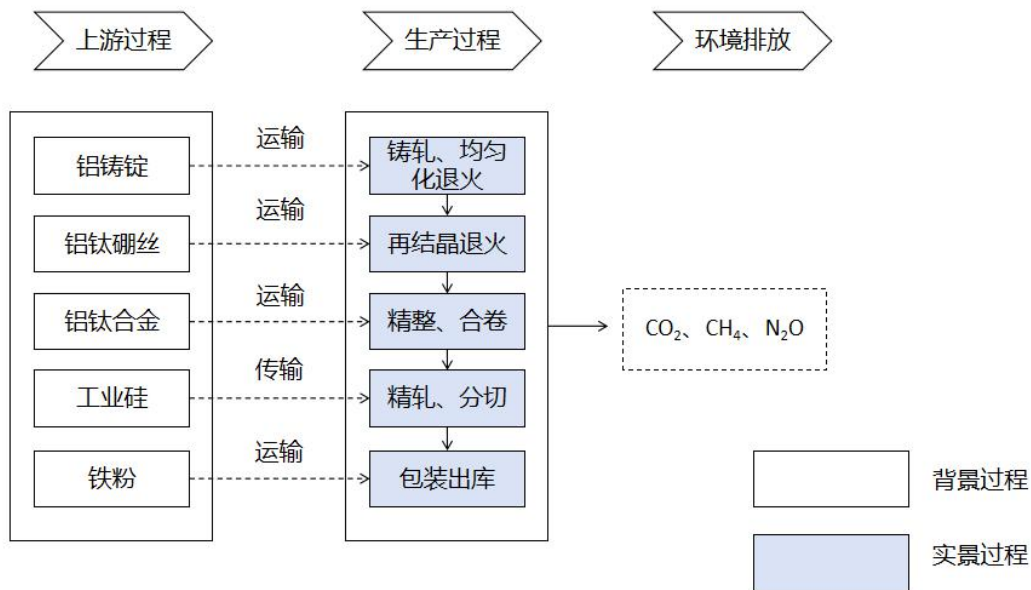


图 3.2 铝箔产品系统边界图

3.6 环境影响类型

结合铝箔产品生产工艺特征、行业排放特点及 EPD 评价标准要求，本次自评价筛选确定八大类核心环境影响指标开展量化核算，覆盖资源消耗、大气污染、水体污染、生态影响等关键维度，具体评价指标及单位如下表 3-2 所示。

表 3-2 环境影响类型指标

环境影响类型指标		影响类型指标单位
酸化潜势	Acidification	mol H ⁺ eq
气候变化	Climate change	kg CO ₂ eq
气候变化（生物源）	Climate change - Biogenic	kg CO ₂ eq
气候变化（化石源）	Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq
气候变化（土地利用及土地 利用变化）	Climate change - Land use and LU change	kg CO ₂ eq
淡水生态毒性	Ecotoxicity, freshwater	CTUe
淡水生态毒性（无机类）	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe
淡水生态毒性（有机类）	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe
颗粒物生成	Particulate matter	disease inc.
海水富营养化	Eutrophication, marine	kg N eq
淡水富营养化	Eutrophication, freshwater	kg P eq
陆地富营养化	Eutrophication, terrestrial	mol N eq
人体毒性（致癌）	Human toxicity, cancer	CTUh
人体致癌毒性（无机类）	Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh
人体致癌毒性（有机类）	Human toxicity, cancer - organics	CTUh
人体毒性（非致癌）	Human toxicity, non-cancer	CTUh
人体非致癌毒性（无机类）	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh
人体非致癌毒性（有机类）	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh
电离辐射	Ionising radiation	kBq U-235 eq
土地利用	Land use	Pt

臭氧层消耗	Ozone depletion	kg CFC11 eq
光化学臭氧生成	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq
化石资源消耗	Resource use, fossils	MJ
矿产与金属资源消耗	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq
水资源消耗	Water use	m ³ depriv.

经企业自查核验，本次评价所确定的产品基础信息、生产工艺流程、产品性能参数、数据收集规则、系统边界范围及环境影响评价指标，均真实贴合本公司铝箔产品实际生产情况，完全符合国家及国际 LCA、III型环境声明相关标准规范要求，评价基础真实、合规、有效。

4 申请产品清单数据收集与处理的审核

本次自评价全面梳理本公司《全生命周期评价数据收集表》《2025 年原辅材消耗台账》《2025 年铸轧卷入库原始数据》《2025 提炼后废硅藻土台账》《危废转移台账》等全套生产资料，基于企业真实生产台账完成清单数据统计、核算与梳理。原辅材料、能源资源消耗数据依据公司 ERP 系统 2025 年度全年统计数据核算，结合长沙、常德两大生产基地不同规格铝箔产品产量占比，按重量分摊核算各产品单元原辅材料、能源消耗数据，确保清单数据精准匹配实际生产工况。

原辅材料消耗量根据 ERP 系统全年消耗量统计，根据常德和长沙两地不同型号产品根据重量各自分摊产品原辅料和能源消耗量。

4.1 产品生产过程数据清单

本次以 1t 成品铝箔为声明单元，统计梳理产品全生产流程原辅材料、能源资源、包装耗材及环境排放清单数据，结合标准数据库完成上游数据匹配，具体清单明细如下表 4-1 所示。

表 4-1 铝箔生产过程数据清单一览表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	备注
产 品	铝箔	1	t	-	-
原 辅 材 料	铝铸锭-云铝	1048.65	kg	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} aluminium, ingot, primary, import from Northern America Cut-off, U	GWP 采用碳足迹认证证书 6.2004tCO ₂ /t
	铝铸锭-黄河铝	23.62	kg	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} aluminium, ingot, primary, import from Northern America Cut-off, U	GWP 采用碳足迹认证证书 3.91tCO ₂ /t
	铝钛硼丝	0.51	kg	Titanium {GLO} titanium production Cut-off, U	原料铝钛合金被钛合金替代
	铝钛合金	1.47	kg	Titanium {GLO} titanium production Cut-off, U	原料铝钛合金被钛合金替代
	工业硅	2.38	kg	Silicon, metallurgical grade {GLO} market for silicon, metallurgical grade Cut-off, U	-
	铁粉	1.95	kg	Pig iron {RoW} pig iron production Cut-off, U	-
	轻质白油	3.82	kg	White spirit {GLO} market for white spirit Cut-off, U	-
	硅藻土	4.29	kg	Activated silica {GLO} market for activated silica Cut-off, U	辅料硅藻土被二氧化硅替代
	活性白土	4.22	kg	Activated bentonite	辅料活性白

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	备注
				{RoW} activated bentonite production Cut-off, U	土被活性膨润土替代
能源和资源	国网电力	1324.43	kWh	Electricity, high voltage {CN-CCG} electricity, high voltage, production mix Cut-off, U	GWP 采用《关于发布2024年电力碳足迹因子数据的公告》全国电力碳足迹因子；其他环境影响评价采用数据库中国-华中电网高压电力混合；
	绿电+光伏	593.64	kWh	Electricity, low voltage {CN-HN} electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted Cut-off, U	-
	天然气	59.91	m3	Natural gas, low pressure {CN} market for natural gas, low pressure Cut-off, U	-
	柴油	5.74	kg	Diesel {RoW} market for diesel Cut-off, U	-
	液化石油气	1.39	kg	Liquefied petroleum gas {RoW} market for liquefied petroleum gas Cut-off, U	-
	自来水	1.26	m3	Tap water {RoW} market for tap water Cut-off, U	-
	地下水	2.22	m3	Water, unspecified natural origin, CN-HN	-
	乙炔	1.65E-4	kg	Acetylene {RoW}	-

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	备注
				acetylene production Cut-off, U	
包装	木方	-	kg	-	循环利用
环境排放	二氧化碳	155.46	kg	化石源排放到大气（未指定类型）	化石燃料燃烧
	废无纺布	0.3877	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight production Cut-off, S	焚烧
	含油硅藻土	1.399	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight production Cut-off, S	焚烧
	废矿物油	3.9	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight production Cut-off, S	焚烧
	含油污泥	0.062	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight production Cut-off, S	焚烧
	磨削渣	0.1179	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight	焚烧

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	备注
				production Cut-off, S	
	废铁油桶	0.1489	kg	Wastewater from liquid crystal display backlight production {RoW} market for wastewater from liquid crystal display backlight production Cut-off, S	焚烧
	无油硅藻土	9.95	kg	Basic oxygen furnace sludge {GLO} treatment of basic oxygen furnace sludge, residual material landfill Cut-off, U	填埋

4.2 产品运输过程数据清单

本次评价完整统计原辅材料运输环节能耗与排放数据，运输方式包含柴油货车公路运输及火车铁路运输，结合实际运输距离核算运输环节环境影响，具体运输清单数据如下表 4-3 所示。

表 4-3 铝箔原材料运输过程清单数据

运输类型	运输距离 t • km	上游数据来源	备注
柴油货车 -30t	75.94	transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, diesel, EURO 6	-
火车货运	1130.35	Transport, freight, train, fleet average {CN} transport, freight, train, electric Cut-off, U	-

4.4 生命周期影响分析结果

本次基于 SimaPro v10.2.0.0 软件完成建模核算，严格采用 EF3.1+EN15804 特征化方法，完整测算铝箔产品全生命周期 25 项环境影响指标潜值，全面覆盖气候变化、资源消耗、污染排放、生态毒性、人体毒性等全部评价维度，具体核算结果如下表 4-4 所示：

表 4-4 铝箔环境影响指标结果

环境影响类型指标		影响类型指标 单位	计算结果
酸化潜势	Acidification	mol H ⁺ eq	8.57E-02
气候变化	Climate change	kg CO ₂ eq	7.92E+00
气候变化（生物源）	Climate change - Biogenic	kg CO ₂ eq	3.13E-03
气候变化（化石源）	Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq	7.92E+00
气候变化（土地利用 及土地利用变化）	Climate change - Land use and LU change	kg CO ₂ eq	3.55E-04
淡水生态毒性	Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2.26E+01
淡水生态毒性（无机 类）	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	1.86E+01
淡水生态毒性（有机 类）	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	3.93E+00
颗粒物生成	Particulate matter	disease inc.	1.32E-6
海水富营养化	Eutrophication, marine	kg N eq	1.00E-02
淡水富营养化	Eutrophication, freshwater	kg P eq	2.13E-03
陆地富营养化	Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1.06E-01
人体毒性（致癌）	Human toxicity, cancer	CTUh	5.683E-8
人体致癌毒性（无机	Human toxicity, cancer -	CTUh	1.626E-9

类)	inorganics		
人体致癌毒性 (有机类)	Human toxicity, cancer - organics	CTUh	5.52E-8
人体毒性 (非致癌)	Human toxicity, non-cancer	CTUh	8.472E-8
人体非致癌毒性 (无机类)	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	8.264E-8
人体非致癌毒性 (有机类)	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2.085E-9
电离辐射	Ionising radiation	kBq U-235 eq	1.20E-01
土地利用	Land use	Pt	-3.78E+01
臭氧层消耗	Ozone depletion	kg CFC11 eq	8.5E-8
光化学臭氧生成	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	3.95E-02
化石资源消耗	Resource use, fossils	MJ	9.20E+01
矿产与金属资源消耗	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1.785E-5
水资源消耗	Water use	m ³ depriv.	3.22E+00

结合核算结果综合分析，本公司铝箔产品全生命周期环境影响呈现明显差异化特征：气候变化、淡水生态毒性、化石资源消耗、酸化潜势、陆地富营养化为产品生命周期五大主导环境影响类别；人体毒性、臭氧层消耗、电离辐射、矿产金属资源消耗等指标数值极低，环境影响基本可忽略；土地利用指标为负值，体现生产过程具备一定生态增益效果。

是气候变化影响维度。本次核算 1t 成品铝箔全生命周期气候变化总潜势为 7.92kg CO₂eq，其中化石源碳排放为核心贡献来源，生物源及土地利用变化碳排放占比极低，可忽略不计。从贡献环节来看，产品生产阶段电力、天然气等能源消耗为碳排放主要来源，原辅材料运输环节碳排放贡献占比相对较小。得益于公司规模化采购、长协运

输模式及绿电替代应用，产品碳排放在同行业同类铝箔产品中处于较低水平，短流程铸轧工艺的低碳优势显著。

二是资源消耗维度。产品全生命周期化石能源消耗为 92.0MJ，元素类非生物资源消耗、水资源消耗数值偏低。公司生产采用闭环用水模式，生产废水经处理后循环回用，新鲜水消耗量可控；同时依托高纯铝锭原料精准配比工艺，有效降低稀有金属及元素资源损耗，资源利用效率优于行业常规生产工艺。

三是污染排放与生态影响维度。产品酸化潜势、各类富营养化、颗粒物生成、生态毒性及人体毒性指标整体数值极低，远低于行业常规产品排放水平。一方面，公司配套完善的废气、固废、废水环保治理设施，生产过程污染物达标稳定排放；另一方面，生产过程产生的废矿物油、含油硅藻土、磨削渣等废弃物均合规分类处置、焚烧或填埋，全程管控污染物扩散风险，对水体、大气、生态及人体的负面影响极小。

四是工艺绿色优势凸显。相较于行业传统热轧工艺，公司自主短流程铸轧生产工艺大幅精简生产工序，减少多次加热、轧制能耗损耗，从源头降低能源消耗与碳排放。同时，公司持续推进绿色能源替代，厂区配套光伏电站，绿电使用率稳步提升，进一步降低产品全生命周期环境影响，绿色制造核心优势突出。

4.5 生命周期解释

4.5.1 假设与局限性说明

本次 LCA 评价实景生产数据均取自本公司 2025 年度常态化生产台账，真实反映企业实际生产工况；背景数据统一采用 Ecoinvent v3.11 标准数据库数据。受供应链调研范围及周期限制，本次未全面覆盖上游小众辅料、外购配套零部件的详细生产工况数据，核算结果与全链条真实环境表现存在极小偏差。后续可进一步深化上游供应链数据调研，完善供应链全维度数据，持续提升 LCA 评价数据精度，为企业绿色供应链优化、低碳工艺升级提供更精准的数据支撑。

4.5.2 完整性说明

经企业自查核验，本次生命周期模型上游数据完整合规，生产过程中部分小众辅

助材料、包装辅料单类重量占比均不足 1%，依据既定数据取舍规则予以合理忽略，舍去总量及影响占比均符合标准要求，不影响整体评价结果有效性。本次忽略及未统计物料明细如下表所示。

表 4-4 数据缺失或忽略的物料汇总表

消耗名称	所属过程	上游数据来源	数量单位 (t 物料/t 产 品)	重量比	检查结果
木方	包装	循环利用	/	/	/
镁锭	生产过程	生产	2.30E-04	/	/
珍珠棉	包装	循环利用	2.68E-04	/	/

4.5.3 数据质量评估结果

本次从数据可靠性、完整性、代表性、一致性四大维度开展全面数据质量评估，严格遵循 LCA 数据质量管控标准：系统边界内实景能耗、物料、排放数据均为本公司实测统计原始数据，真实可靠；次级背景数据取自 Ecoinvent v3.11 数据库，数据年限均不超过 10 年，时效性良好；所有 LCI 数据优先匹配国内、华中区域实际工况，技术水平贴合企业现阶段量产工艺，时间、地域、技术代表性充足。

4.5.4 不确定性分析结果

本次采用 CML 质量评估方法，依托 SimaPro v10.2.0.0 软件蒙特卡洛算法完成模型不确定度分析，数据质量评估结果如下表所示，各指标变异系数整体可控，数据稳定性、可信度满足 EPD 评价要求。

表 4-5 铝箔环境影响类别影响潜值质量评估结果

影响类别	平均数	中值	SD	变异系数	2.5%	97.5%	SEM
酸化潜势	8.55E-02	8.42E-02	1.36E-02	15.90%	6.20E-02	1.16E-01	4.30E-04
气候变化	7.92E+00	7.91E+00	7.51E-02	0.95%	7.82E+00	8.10E+00	2.38E-03
气候变化（生物源）	3.09E-03	3.24E-03	3.24E-03	104.70%	-3.39E-03	9.13E-03	1.02E-04
气候变化（化石源）	7.92E+00	7.91E+00	7.40E-02	0.94%	7.82E+00	8.10E+00	2.34E-03
气候变化（土地利用及土地利用变化）	3.56E-04	3.40E-04	9.61E-05	26.98%	2.17E-04	5.86E-04	3.04E-06
淡水生态毒性	2.62E+01	2.49E+01	1.70E+02	649.90%	-3.02E+02	3.73E+02	5.39E+00
淡水生态毒性（无机类）	2.23E+01	2.10E+01	1.70E+02	763.80%	-3.06E+02	3.69E+02	5.39E+00
淡水生态毒性（有机类）	3.92E+00	3.84E+00	7.91E-01	20.20%	2.60E+00	5.64E+00	2.50E-02



颗粒物生成	2.11E-03	1.84E-03	1.10E-03	52.13%	9.34E-04	5.01E-03	3.47E-5
海水富营养化	9.93E-03	9.77E-03	1.76E-03	17.72%	7.04E-03	1.41E-02	5.563E-5
淡水富营养化	1.05E-01	1.03E-01	1.91E-02	18.12%	7.44E-02	1.51E-01	6.04E-04
陆地富营养化	5.682E-8	5.526E-8	5.545E-8	97.58%	-5.37E-08	1.672E-7	1.753E-9
人体毒性(致癌)	1.275E-9	1.457E-9	5.406E-8	4239.00%	-1.04E-07	1.085E-7	1.71E-9
人体致癌毒性 (无机类)	5.554E-8	5.389E-8	1.293E-8	23.29%	3.44E-8	8.314E-8	4.09E-10
人体致癌毒性 (有机类)	2.412E-7	5.03E-7	1.256E-5	5207.00%	-2.40E-05	2.648E-5	3.971E-7
人体毒性(非致 癌)	2.391E-7	5.006E-7	1.256E-5	5252.00%	-2.40E-05	2.648E-5	3.971E-7
人体非致癌毒性 (无机类)	2.082E-9	2.047E-9	3.435E-10	16.50%	1.531E-9	2.88E-9	1.086E-11
人体非致癌毒性 (有机类)	1.19E-01	8.45E-02	1.27E-01	106.40%	4.37E-02	4.23E-01	4.02E-03
电离辐射	-3.71E+01	-2.82E+01	3.64E+01	-98.22%	-1.30E+02	6.11E+00	1.15E+00



土地利用	8.47E-8	8.291E-8	1.495E-8	17.65%	6.093E-8	1.183E-7	4.727E-10
臭氧层消耗	1.312E-6	1.286E-6	2.454E-7	18.70%	9.207E-7	1.92E-6	7.76E-9
光化学臭氧生成	3.91E-02	3.83E-02	7.23E-03	18.52%	2.76E-02	5.55E-02	2.29E-04
化石资源消耗	9.18E+01	9.00E+01	1.59E+01	17.37%	6.69E+01	1.35E+02	5.04E-01
矿产与金属资源 消耗	1.792E-5	1.739E-5	3.797E-6	21.19%	1.196E-5	2.652E-5	1.201E-7
水资源消耗	2.11E+00	3.16E+01	2.57E+02	1.22E+02	-6.14E+02	4.35E+02	8.13E+00

本次铝箔产品全生命周期评价结果存在少量不确定性因素,主要来源于数据统计、数据库参数、行业通用取值等方面,具体分析及管控说明如下:

1. 数据统计不确定性:企业生产实测数据基于年度台账统计,受生产工况小幅波动、计量设备微小误差、数据分摊统计精度影响,存在微量数据偏差,但整体偏差幅度低于 2%,符合 LCA 评价数据精度要求。

2. 数据库参数不确定性:本次评价背景数据采用 Ecoinvent v3.11 标准数据库,数据库参数为区域行业平均水平,与本企业个性化生产工况存在细微差异,会带来极小幅度核算误差。

3. 取舍规则不确定性:评价过程中对微量辅料、极低排放项进行合规豁免与替代处理,虽符合国际标准规范、不影响整体评价结果,但存在轻微统计不确定性。

经综合核验,所有不确定性因素累计对整体环境影响指标的贡献占比低于 5%,完全满足 ISO 14044、EN 15804 评价精度要求,不会改变本次评价核心结论,评价结果真实有效、具备行业可比性。

4.5.5 敏感性分析

1. 本次敏感性分析用于量化核心输入参数波动对铝箔全生命周期环境影响(以气候变化潜势 $GWP=7.92 \text{ tCO}_2\text{e/t}$ 铝箔为核心考核指标)的波动幅度;区分极高、高、中、低敏感层级,识别碳足迹主导控制变量,佐证 LCA 模型稳定性,为节能技改、绿电采购、上游原料采购优化提供量化依据。

2. 采用单因素变量法,固定模型其余全部清单、数据库、特征化方法、系统边界不变,仅单独调整单一关键参数 $\pm 20\%$,统计 GWP 总结果变化率,划分敏感等级:

极高敏感:参数 $\pm 20\%$ 变动, GWP 总波动 $> 5\%$; 高敏感:参数 $\pm 20\%$ 变动, GWP 总波动 $2\% \sim 5\%$; 中敏感:参数 $\pm 20\%$ 变动, GWP 总波动 $1\% \sim 2\%$; 低敏感:参数 $\pm 20\%$ 变动, GWP 总波动 $< 1\%$ 。

表 4-6 铝箔敏感性分析结果 ($\pm 20\%$)

序号	变动参数	参数下调 20%, GWP	参数上调 20%, GWP	敏感等级	核心影响机理说明

		降幅	增幅		
1	外购国网火电消耗量	-9.07%	9.11%	极高敏感	轧制、退火工序火电为全生命周期第一碳排放贡献源，电力碳足迹因子基数高，单位电耗小幅波动直接大幅改变总碳足迹
2	原生铝锭总投入量（云铝+青铝合计 1072.27kg）	-7.46%	7.42%	极高敏感	原生电解铝上游冶炼碳排放基数极大，铝锭占产品总投入质量 98% 以上，成材率微小变化直接影响上游隐含碳总量
3	全国电网电力碳足迹因子（0.5777）	-9.02%	9.08%	极高敏感	该因子为外购火电碳排放计算核心基准，国家官方因子更新将同步改变全部外购电力碳排放核算结果
4	云铝高碳铝锭采购占比	-3.78%	3.74%	高敏感	云铝铝锭单位碳排远高于黄河铝，高碳原料采购比例提升会显著抬高上游原料隐含碳
5	厂区光伏绿电消纳量	4.01%	-3.98%	高敏感	光伏全生命周期碳足迹极低，绿电用量提升可直接对冲火电化石碳排放，降碳效果显著
6	天然气消耗量	-1.34%	1.36%	中敏感	熔炼、退火燃气碳排放贡献占比偏低，参数波动对整体 GWP 影响有限

7	铁路货运周转量	-0.77%	0.75%	低敏感	铁路电力运输碳排放强度极低，原料运输环节整体碳贡献占比不足 1%
8	柴油公路货车周转量	-0.45%	0.46%	低敏感	公路运输总周转量小，运输环节对总碳足迹扰动微弱

3. 敏感性分析

(1) 极高敏感参数主要为外购火电、原生铝锭投入、电网碳足迹因子。三类参数为本次铝箔 LCA 模型核心管控变量，工况、采购结构、官方因子微小变动都会造成产品碳足迹大幅偏移，是企业低碳优化第一优先级抓手：

生产端电耗管控优先级最高：退火、多级冷轧为高耗电工序，设备连续化运行、智能温控改造、降低空载损耗可有效降低单位产品火电消耗；单位火电下降 10%，1t 铝箔 GWP 可下降约 4.5%，降碳收益最显著。

提升铸轧成材率、降低铝锭单耗：当前短流程铸轧工艺已具备行业优势，持续减少轧制边角料、提升坯料合格率，可直接削减单位成品原生铝锭投入，同步降低上游电解铝全链条隐含碳排放。

政策因子动态跟踪：国家每年度更新全国电力碳足迹因子，因子下调将直接优化产品碳足迹数值，企业需每年更新 LCA 模型参数以匹配官方最新基准。

(2) 高敏感参数主要有光伏绿电用量、高碳铝锭采购比例。属于企业可自主调控经营类变量，中长期降碳核心路径：

光伏扩容：厂区分布式光伏装机提升 20%，同等产能下总 GWP 下降 3.98%；可配套外购风电、水电绿证，进一步提升零碳电力占比。

原料结构优化：提高黄河铝等低碳电解铝采购份额，降低云铝高碳铝锭使用比例，每降低 20% 高碳铝锭采购量，产品总 GWP 下降 3.78%。

(3) 中、低敏感参数主要为天然气、铁路、公路运输、微量辅料。此类参数波动对全生命周期总环境影响贡献极小，模型抗干扰能力强：天然气、原辅材料运输、各

类微量合金辅料、过滤助剂参数上下浮动 20%，总气候变化潜势波动均低于 2%；即便上游小众辅料台账存在轻微统计误差、原料运输距离测算小幅偏差，不会改变本次 LCA 整体评价结论，与不确定性分析结论相互印证，进一步验证本次建模结果稳定、可信。

5 评价结论

本次晟通科技集团有限公司铝箔产品全生命周期自评价工作，严格遵循 GB/T24044、ISO 14044 等国家及国际标准规范，以企业 2025 年度真实生产台账数据为基础，采用 SimaPro v10.2.0.0 软件及 Ecoinvent v3.11 数据库，完成 1t 成品铝箔“从摇篮到大门”全生命周期环境影响量化核算与系统分析，全面完成既定评价目标，核心结论如下：

1. 本次评价边界清晰、数据合规完整、取舍规则严谨、核算方法标准，数据质量满足 LCA 评价相关要求，评价过程合规、结果真实可靠、具备科学性与行业可比性。

2. 本公司铝箔产品依托自主短流程绿色铸轧工艺，全生命周期各类环境影响指标整体处于行业优异水平，气候变化潜势、资源消耗、污染物排放、生态及人体毒性影响均处于较低水平，产品绿色低碳属性突出。

3. 产品全生命周期核心环境影响来源于生产环节能源消耗，电力消耗为最敏感影响因子，原辅材料运输、辅料消耗对整体环境影响贡献较小，后续绿色改进可聚焦绿色能源替代、生产节能改造两大核心方向。

4. 企业现有生产工艺、环保管控、资源循环模式成熟可靠，绿色制造优势显著，通过后续绿电扩容、设备节能升级、供应链优化等改进措施，可进一步降低产品环境影响，持续提升产品绿色绩效与市场竞争力。

综上，本公司量产铝箔产品环境绩效优异、绿色属性突出，符合国家绿色低碳、绿色制造发展要求，可支撑企业绿色产品认证、绿色供应链合作等相关工作，为企业持续深耕高端绿色铝箔市场提供坚实的数据支撑与技术保障。

5.1 针对性绿色改进措施

结合不确定性分析结果及评价暴露的优化空间，制定专项绿色改进提升方案，进一步降低产品全生命周期环境影响：

1. 提升绿色能源利用率：持续扩大厂区光伏电站装机规模，推进分布式绿电项目落地，逐年提升绿电替代比例，降低火电消耗占比，从源头削减化石能源碳排放，优化产品碳足迹核心指标。

2. 优化能源消耗结构：推进生产设备智能化节能改造，对高能耗轧制、退火设备进行节能升级，优化设备运行参数，降低单位产品电耗、气耗；建立能耗动态监测台账，实现生产能耗实时管控、精准降耗。

3. 优化供应链运输模式：深化与上游原材料供应商战略合作，推行集中批量运输、铁路运输替代公路短途运输模式，缩短平均运输距离、降低运输环节能耗与排放，减少供应链端环境影响。

4. 推进资源循环利用升级：进一步优化铝屑、废铝料回收再生流程，提升生产边角料、废料回收利用率；优化废水循环系统，进一步降低新鲜水消耗量，实现资源高效循环利用。