上海华峰铝业股份有限公司
生命周期报告

产品名称：铝箔产品

标　　号：HF8831

评价机构名称：中国质量认证中心有限公司上海分公司

报 告 日 期：2026 年 3 月

目 录

第一章 基本信息 1
1.1 编制目的 1
1.2 引用标准 1
1.3 申请单位信息 1
1.4 产品基本信息 2
第二章 评价目标与范围定义 3
2.1 产品功能单元及系统边界 3
2.1.1 产品说明 3
2.1.2 产品功能单位定义 3
2.1.3 产品系统边界 3
2.1.4 软件与数据库 3
2.2 生命周期清单分析 3
2.2.1 数据取舍原则 3
2.2.2 数据分配原则 4
2.2.3 数据收集 4
第三章 生命周期影响评价结果 5
3.1 环境影响类型 5
3.2 生命周期影响评价结果 6
3.3 过程累积贡献分析 11
3.4 清单数据灵敏度分析 15
3.5 数据质量评估结果 17
第四章 结论与建议 19
4.1 结论 19
4.2 建议 19
附件一 评价产品生命周期系统边界图 20

第一章 基本信息

1.1 编制目的

通过对上海华峰铝业股份有限公司生产现场调查和资料核查，分析铝箔产品原材料的获取、生产的过程中对环境造成的影响，通过评价铝箔产品部分生命周期的环境影响大小，提出铝箔产品绿色设计改进方案，从而提升铝箔产品的生态友好性。

1.2 引用标准

《环境标志与声明 自我环境声明（第 II 型环境标志）》（ISO14021：2016）
《环境标志与声明 第 I 型环境标志 原则与程序》（ISO14024：2018）
《环境标志与声明 第 I 型环境标志 原则与程序》（ISO14025：2006）
《环境管理 生命周期评价 原则与框架》（ISO14040：2006）
《环境管理 生命周期评价 要求和指南》（ISO14044：2006）

1.3 申请单位信息

生产企业名称：上海华峰铝业股份有限公司
统一信用代码：913100006778116730
地　　址：上海市金山区月工路 1111 号
法 人 代 表：陈国桢
联　系　人：吴纪超
联 系 方 式：15821466875

上海华峰铝业股份有限公司注册资本 99853.06 万元，位于上海湾区高新技术产业开发区，由中国企业 500 强之一的华峰集团主要投资组建。公司被评为国家级“制造业单项冠军示范企业”、国家级“绿色工厂”、国家级“专精特新小巨人企业”“上海制造业百强企业”和“中国铝箔材十强企业”，于 2020 年 9 月 7 日在上海主板挂牌上市（股票代码 601702）。

公司主要产品包括热传输领域内各系列、各牌号及各种规格状态的铝合金板带箔材料，广泛应用于汽车、工程机械、电站和家用商用空调热交换系统，以及用于制作新能源汽车动力电池相关多类组成部件（电池壳、正极箔、铝塑膜、水冷板等）。公司材料所制热交换器等应用于奔驰、宝马、奥迪、特斯拉、大众、丰田等中高端车型，客户包括日本电装株式会社（DENSO）、德国 MAHLE Group（马勒集团）、韩国 Hanon Systems Corp.（翰昂集团）等全球知名汽配集团以及三花、银轮、长城汽车等中国主流汽配商，业务范围遍及德国、日本、韩国、印度、美国等全球 40 余个国家和地区，先后荣获日本电装（DENSO）2018 成本贡献奖以及 MAHLE Group（马勒集团）2017 年质量优秀供应商奖。

公司拥有高标准的技术研发中心和检测中心，被认定为“高新技术企业”“上海市企业技术中心”“海关高级认证企业”，拥有多项国家发明专利授权和实用新型

专利授权。与国内知名高校建立产学研及技术合作；公司配备了强大的技术服务队伍，聘请了来自欧洲、日本、韩国业内资深专家和技术骨干，及时有效地为客户提供售前、售中、售后服务。

上海华峰铝业股份有限公司秉承华峰集团“共同目标、共同创业、共同利益、共同发展”的核心理念，致力于为客户与公司的成功进行创新，持久地为客户提供满意的产品和服务！

1.4 产品基本信息

表 1-1 产品基本信息表

产品名称及标号	铝箔产品/HF8831
生产企业	上海华峰铝业股份有限公司
主要技术参数	规格：0.35*90.7

图 1-1 产品图片

第二章 评价目标与范围定义

2.1 产品功能单元及系统边界

2.1.1 产品说明

本次进行全生命周期评价报告的目标产品为上海华峰铝业股份有限公司生产的铝箔产品（标号：HF8831），具体参数见表 1-1《产品基本信息表》。

本次报告期数据选用时间范围为 2025/01/01 至 2025/12/31，报告期内铝箔产品（标号：HF8831）生产总量为 639183 吨。

2.1.2 产品功能单位定义

本研究的铝箔产品无法直接交付消费者使用，故本报告产品功能单位设定为“每吨铝箔产品”。

2.1.3 产品系统边界

本研究的系统边界为“摇篮到大门”，包括：原材料（包括包材、设备耗材等）获取阶段、原材料运输阶段、生产制造阶段等生命周期阶段。

2.1.4 软件与数据库

本研究采用 GABI 软件系统和环境足迹 3.1 方法（EF3.1）建立生命周期模型，并计算 LCA 结果。

GaBi 软件是由德国 Thinkstep 集团开发的一款遵循国际标准（如 ISO 14025）的专业 LCA 软件。它能够全面采集产品从原材料到终端的全过程数据，通过参数化建模，自动分析产品在整个生命周期内对环境的影响。其核心功能包括支持生命周期评估、产品碳足迹计算、环境产品声明（EPD）等，并内置了广泛、高质量的国际标准数据库（如 ELCD、Ecoinvent）。GaBi 软件的高级分析功能强大，具备情景计算分析、蒙特卡洛分析和敏感性分析等专业工具，帮助企业进行可持续产品开发和决策。该软件广泛应用于制造业、建筑、能源等多个行业。

EF3.1 模型，即环境足迹 3.1 方法，是由欧盟委员会开发的最新版本的环境影响评估方法。它旨在为 LCA 研究提供一个全面的评估框架，用于执行产品环境足迹（PEF）和组织环境足迹（OEF）评估。该方法涵盖了气候变化、资源消耗、人类健康和生态系统质量等 16 个影响类别。EF3.1 模型的一个显著特点是，它首次提出了通过为每个影响类别使用加权因子，将多重环境影响合并为一个单一总体分数的方案，这有助于简化复杂结果的解读与沟通。在 LCA 研究中，EF3.1 常被选做计算生命周期影响评估（LCIA）结果的方法。

2.2 生命周期清单分析

2.2.1 数据取舍原则

依据生命周期评价方法，在各阶段的统计过程中数据种类很多，基于成本投入、数据可得性等考虑，可对数据进行适当的取舍，原则如下：

——原则上可忽略对 LCA 结果影响不大的能耗、零部件、原辅料、使用阶

段耗材等消耗。例如，小于产品重量 1%的普通物耗可忽略、含有稀贵金属（如金银铂钯等）或高纯物质（如纯度高于 99.99%）的物耗小于产品重量 0.1%时可忽略（同类物料，如芯片、螺钉，应该按此类物料合计重量判断），但总共忽略的物耗推荐不超过产品重量的 5%；

——道路与厂房等基础设施、生产设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，可忽略；

——原则上包括与所选环境影响类型相关的所有环境排放，但在估计排放数据对结果影响不大的情况下（如小于 1%时）可忽略，但总共忽略的排放推荐不超过对应指标总值的 5%。

2.2.2 数据分配原则

生命周期评价的过程中涉及数据分配问题。铝箔产品的生产中，一条流水线上或一个车间里会同时生产多种标号铝箔，很难直接就某单个标号的产品生产来收集清单数据，往往会就某个车间、某条流水线或某个工艺来收集数据，然后再分配到具体的产品上。

针对铝箔生产阶段，因生产的不同标号铝箔产品主要材料、功能和生产过程基本一致，因此本评价工作中依据重量作为分摊的比例，即产品量越大的产品，其分摊比例就越大。

2.2.3 数据收集

清单数据收集包括现场数据收集及背景数据收集。现场数据主要包括原材料生产中的原材料种类和使用量，产品生产过程中的能耗，原材料运输中的运输数据以及废弃处置过程中废弃物产生量；背景数据主要包括主要原材料获取、包材和设备耗材获取、原材料运输、生产制造、废弃物处置中的环境影响因子。评价产品生命周期系统边界图见附件一。

清单数据收集的具体过程如下：

2.2.3.1 主要原材料获取、包材和设备耗材获取

铝箔及原材料构成相关数据通过企业生产系统导出数据得到。

2.2.3.2 原材料、包材和设备耗材运输

原材料运输数据通过原材料供应商工厂地址，查询运输距离，结合运输数量进行计算。

2.2.3.3 生产制造阶段

生产制造阶段主要资源和能源消耗数据来自生产现场耗能统计，分摊方式为根据重量分摊。依据数据取舍原则，二氧化碳逸散、制冷剂逸散和甲烷逸散未纳入本报告的系统边界。

2.2.3.4 制造过程产生的废弃物处置

产品生产中会产生危险废物和固体废物，废弃物产生量来自转移联单，分摊方式为根据重量分摊。

第三章 生命周期影响评价结果

3.1 环境影响类型

本研究选择了全球变暖潜力（GWP）、酸化（AP）、富营养化（EP）以及资源利用（RU）、人体毒性、生态毒性、臭氧层破坏等环境影响指标计算，具体见下表所示。

表 3-1 环境影响指标类型

影响类别	单位
酸度（Acidification）	[Mole of $H^{+}_{eq.}$]
气候变化（Climate change）	[kg CO_2eq.]
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	[CTUe]
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	[$kgP_{eq.}$]
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	[$kgN_{eq.}$]
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	[Mole of $N_{eq.}$]
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	[CTU_h]
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	[CTU_h]
电离辐射（Ionizing radiation）	[kBq U235 $_{eq.}$]
土地利用（Land use）	[Pt]
臭氧层破坏（Ozone depletion）	[kg CFC-11 $_{eq.}$]
悬浮颗粒物（Particulate matter）	[Disease incidences]
光化学污染（Photochemical ozone formation）	[kg NMVOC $_{eq.}$]
石油类资源利用（Resource use, fossils）	[MJ]
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	[kg Sb $_{eq.}$]
水消耗（Water use）	[m^3world $_{equiv.}$]

注：eq 是 equivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化指标是以 CO_{2e}，表述为二氧化碳当量。各类温室气体乘以对应的温室气体潜势值（GWP-100）进行转化，累加得到气候变化指标总量（通常也称为产品碳足迹，Product Carbon Footprint，PCF），其单位为 $kgCO_{2eq}$。

3.2 生命周期影响评价结果

根据以上各项数据，在 GABI 软件中，使用 EF3.1 方法，对 1 吨铝箔产品进行计算，计算指标为全球变暖、酸化、富营养化、能源资源利用、臭氧层破坏、人体毒性等环境影响评价结果分析以及全生命周期的影响分类结果。

表 3-2 铝箔产品 LCA 结果（汇总）

指标名称	单位	总和	原材料获取阶段		原材料运输阶段	生产制造阶段	
			主要原材料获取	包材和设备耗材获取		生产制造	废弃物处置
酸度（Acidification）	[Mole of $H^{+}_{eq.}$]	1.28E+02	1.27E+02	3.16E-01	2.37E-01	5.05E-01	1.01E-05
气候变化（Climate change）	[kg $CO_{2eq.}$]	1.86E+04	1.83E+04	6.20E+01	9.48E+01	1.33E+02	5.80E-02
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	[CTU_e]	4.92E+04	4.82E+04	1.67E+02	2.42E+02	5.50E+02	1.14E-02
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	[kg $P_{eq.}$]	3.79E+00	3.74E+00	2.69E-02	1.05E-02	1.41E-02	2.75E-09
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	[kg $N_{eq.}$]	2.23E+01	2.20E+01	6.79E-02	5.65E-02	1.26E-01	2.26E-06
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	[Mole of $N_{eq.}$]	2.36E+02	2.34E+02	6.58E-01	6.03E-01	1.28E+00	4.66E-05
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	[CTU_h]	8.39E-06	8.32E-06	1.10E-08	1.68E-08	4.11E-08	8.73E-13
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	[CTU_h]	1.22E-04	1.20E-04	4.01E-07	7.26E-07	7.08E-07	6.70E-11
电离辐射（Ionizing radiation）	[k Bq U235 eq.]	1.29E+02	1.21E+02	5.96E+00	1.14E+00	9.25E-01	9.30E-05
土地利用（Land use）	[Pt]	4.16E+04	3.99E+04	4.62E+02	9.91E+02	1.83E+02	8.37E-03
臭氧层破坏（Ozone depletion）	[kg CFC-11 $_{eq.}$]	7.64E-05	6.85E-05	4.76E-07	1.32E-06	6.17E-06	2.09E-14
悬浮颗粒物（Particulate matter）	[Disease incidences]	1.79E-03	1.78E-03	3.12E-06	5.87E-06	5.03E-06	1.15E-10
光化学污染（Photochemical ozone formation）	[kg NMVOC $_{eq.}$]	6.99E+01	6.84E+01	2.43E-01	3.28E-01	9.14E-01	6.19E-06
石油类资源利用（Resource use, fossils）	[MJ]	2.40E+05	2.31E+05	1.03E+03	1.38E+03	6.55E+03	2.97E-02
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	[kg Sb $_{eq.}$]	1.21E-02	1.15E-02	1.20E-04	3.09E-04	1.62E-04	2.02E-10
水消耗（Water use）	[m^3world equiv.]	2.01E+03	1.93E+03	6.13E+01	8.51E+00	1.33E+01	5.42E-03

表 3-3 铝箔产品 LCA 结果（明细）

指标名称	单位	铝锭投入	镁	硅	废料投入	铝钛硼丝	钛	铁剂
酸度（Acidification）	[Mole of H^+ eq.]	1.25E+02	1.42E-01	8.14E-01	0.00E+00	8.23E-03	1.03E+00	3.37E-03
气候变化（Climate change）	[kg CO_2 eq.]	1.79E+04	4.23E+01	1.49E+02	9.55E+00	1.67E+00	1.61E+02	8.70E-01
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	[CTUe]	4.69E+04	9.51E+01	3.87E+02	0.00E+00	8.12E+00	5.37E+02	8.42E+00
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	[kg P eq.]	3.58E+00	8.86E-03	4.74E-02	0.00E+00	9.20E-04	8.24E-02	2.74E-04
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	[kg N eq.]	2.16E+01	3.69E-02	1.53E-01	0.00E+00	1.90E-03	1.76E-01	1.20E-03
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	[Mole of N eq.]	2.29E+02	3.88E-01	1.59E+00	0.00E+00	1.59E-02	1.80E+00	8.90E-03
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	[CTUh]	7.73E-06	2.35E-08	7.41E-08	0.00E+00	8.34E-10	2.36E-07	2.36E-09
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	[CTUh]	1.17E-04	1.52E-07	6.15E-07	0.00E+00	1.89E-08	1.26E-06	7.82E-08
电离辐射（Ionizing radiation）	[kBq U235 eq.]	9.44E+01	1.31E+00	1.16E+01	0.00E+00	3.79E-01	9.96E+00	2.39E-02
土地利用（Land use）	[Pt]	3.74E+04	8.26E+01	1.37E+03	0.00E+00	9.07E+00	7.91E+02	8.01E+00
臭氧层破坏（Ozone depletion）	[kg CFC-11 eq.]	6.33E-05	3.75E-07	9.17E-07	0.00E+00	2.02E-08	3.59E-06	8.05E-09
悬浮颗粒物（Particulate matter）	[Disease incidences]	1.72E-03	3.50E-05	6.36E-06	0.00E+00	8.30E-08	1.67E-05	1.04E-07

光化学污染（Photochemical ozone formation）	[kg NMVOC eq.]	6.68E+01	1.18E-01	4.96E-01	0.00E+00	4.77E-03	6.61E-01	2.72E-03
石油类资源利用（Resource use, fossils）	[MJ]	2.25E+05	5.19E+02	2.04E+03	0.00E+00	2.80E+01	2.27E+03	1.00E+01
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	[kg Sb eq.]	1.06E-02	8.06E-05	1.16E-04	0.00E+00	1.23E-05	5.19E-04	2.24E-06
水消耗（Water use）	[m^3 world equiv.]	1.81E+03	4.07E+00	6.95E+01	0.00E+00	5.40E-01	3.53E+01	1.48E-01
指标名称	**单位**	**天然气**	**国网电**	**光伏电**	**活性炭**	**PE**	**氩气**	**干燥剂**
酸度（Acidification）	[Mole of H^+ eq.]	2.20E-01	2.78E-01	7.66E-03	5.66E-08	2.13E-03	2.01E-02	1.83E-05
气候变化（Climate change）	[kg CO_2 eq.]	8.83E+01	4.35E+01	9.69E-01	8.44E-06	4.22E-01	4.09E+00	2.33E-03
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	[CTUe]	4.15E+02	1.26E+02	9.56E+00	2.18E-05	1.17E+01	9.02E+00	1.23E-02
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	[kg P eq.]	5.20E-03	8.27E-03	6.39E-04	9.86E-10	4.29E-04	2.00E-03	7.27E-07
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	[kg N eq.]	6.86E-02	5.61E-02	1.25E-03	1.99E-08	2.92E-03	4.10E-03	5.23E-06
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	[Mole of N eq.]	6.70E-01	5.99E-01	1.20E-02	2.16E-07	5.22E-03	4.07E-02	6.36E-05
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	[CTUh]	3.69E-08	3.42E-09	7.67E-10	2.11E-15	2.22E-10	5.07E-10	1.64E-12

人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	[CTUh]	4.30E-07	2.29E-07	4.86E-08	6.59E-14	1.36E-08	2.37E-08	5.68E-11
电离辐射（Ionizing radiation）	[kBq U235 eq.]	7.62E-01	8.38E-02	8.00E-02	1.35E-07	1.46E-01	6.14E-01	4.77E-05
土地利用（Land use）	[Pt]	8.50E+01	9.40E+01	4.26E+00	8.43E-05	3.01E+00	8.25E+00	2.49E-02
臭氧层破坏（Ozone depletion）	[kg CFC-11 eq.]	6.03E-06	4.36E-08	9.76E-08	1.26E-13	7.09E-09	2.74E-08	2.74E-11
悬浮颗粒物（Particulate matter）	[Disease incidences]	1.33E-06	3.63E-06	6.72E-08	6.81E-13	1.79E-08	1.79E-07	3.21E-10
光化学污染（Photochemical ozone formation）	[kg NMVOC eq.]	7.55E-01	1.55E-01	4.39E-03	6.83E-08	1.65E-03	1.20E-02	1.76E-05
石油类资源利用（Resource use, fossils）	[MJ]	5.94E+03	5.99E+02	1.45E+01	1.19E-04	7.75E+00	6.73E+01	3.08E-02
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	[kg Sb eq.]	8.52E-05	8.03E-06	6.85E-05	2.48E-11	3.56E-06	4.53E-06	5.84E-08
水消耗（Water use）	[m^3 world equiv.]	6.72E+00	5.11E+00	1.50E+00	8.21E-07	1.60E-01	4.87E+00	5.40E-04
指标名称	**单位**	**氮气**	**卡纸**	**木托盘**	**运输**	**废弃物**	**设备润滑油**	**锰剂**
酸度（Acidification）	[Mole of H^+ eq.]	2.42E-01	1.39E-02	2.39E-02	2.37E-01	1.01E-05	1.41E-02	3.57E-01
气候变化（Climate change）	[kg CO_2 eq.]	4.82E+01	2.50E+00	3.79E+00	9.48E+01	5.80E-02	3.08E+00	4.95E+01
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	[CTUe]	1.08E+02	7.44E+00	1.90E+01	2.42E+02	1.14E-02	1.15E+01	3.12E+02

水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	[kg P eq.]	2.15E-02	9.36E-04	1.32E-03	1.05E-02	2.75E-09	6.59E-04	2.21E-02
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	[kg N eq.]	5.05E-02	3.22E-03	4.62E-03	5.65E-02	2.26E-06	2.52E-03	8.30E-02
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	[Mole of N eq.]	5.09E-01	3.16E-02	4.51E-02	6.03E-01	4.66E-05	2.62E-02	8.90E-01
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	[CTUh]	5.80E-09	1.06E-09	2.58E-09	1.68E-08	8.73E-13	8.25E-10	2.54E-07
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	[CTUh]	2.76E-07	2.26E-08	3.59E-08	7.26E-07	6.70E-11	2.98E-08	3.15E-07
电离辐射（Ionizing radiation）	[kBq U235 eq.]	4.71E+00	1.82E-01	1.79E-01	1.14E+00	9.30E-05	1.27E-01	3.31E+00
土地利用（Land use）	[Pt]	9.58E+01	1.07E+02	2.38E+02	9.91E+02	8.37E-03	1.09E+01	2.38E+02
臭氧层破坏（Ozone depletion）	[kg CFC-11 eq.]	2.73E-07	2.34E-08	3.12E-08	1.32E-06	2.09E-14	1.15E-07	2.38E-07
悬浮颗粒物（Particulate matter）	[Disease incidences]	2.31E-06	1.48E-07	3.26E-07	5.87E-06	1.15E-10	1.34E-07	3.68E-06
光化学污染（Photochemical ozone formation）	[kg NMVOC eq.]	1.49E-01	9.83E-03	1.47E-02	3.28E-01	6.19E-06	5.62E-02	2.60E-01
石油类资源利用（Resource use, fossils）	[MJ]	7.47E+02	3.68E+01	5.33E+01	1.38E+03	2.97E-02	1.15E+02	6.51E+02
矿产和非金属资源消耗	[kg Sb eq.]	4.77E-05	6.82E-06	3.26E-05	3.09E-04	2.02E-10	2.43E-05	1.36E-04

（Resource use, minerals and metals）								
水消耗（Water use）	[m³ world equiv.]	5.18E+01	1.95E+00	1.70E+00	8.51E+00	5.42E-03	8.39E-01	9.94E+00

3.3 过程累积贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所贡献）的累加值。由于过程通常是包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积。LCA 累积贡献结果见表 3-4。

表 3-4 铝箔产品组 LCA 累积贡献结果

指标名称	原材料获取阶段		原材料运输阶段	生产制造阶段	
	主要原材料获取	包材和设备耗材获取		生产制造	废弃物处置
酸度（Acidification）	99.18%	0.25%	0.18%	0.39%	0.0000079%
气候变化（Climate change）	98.44%	0.33%	0.51%	0.71%	0.0003123%
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	98.05%	0.34%	0.49%	1.12%	0.0000233%
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	98.64%	0.71%	0.28%	0.37%	0.0000001%
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	98.88%	0.30%	0.25%	0.57%	0.0000101%
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	98.92%	0.28%	0.26%	0.54%	0.0000197%
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	99.18%	0.13%	0.20%	0.49%	0.0000104%
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	98.49%	0.33%	0.60%	0.58%	0.0000551%
电离辐射（Ionizing radiation）	93.78%	4.62%	0.88%	0.72%	0.0000720%
土地利用（Land use）	96.06%	1.11%	2.38%	0.44%	0.0000201%
臭氧层破坏（Ozone depletion）	89.58%	0.62%	1.72%	8.07%	0.0000000%
悬浮颗粒物（Particulate matter）	99.22%	0.17%	0.33%	0.28%	0.0000064%

光化学污染（Photochemical ozone formation）	97.88%	0.35%	0.47%	1.31%	0.0000089%
石油类资源利用（Resource use, fossils）	96.26%	0.43%	0.58%	2.74%	0.0000124%
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	95.11%	0.99%	2.56%	1.34%	0.0000017%
水消耗（Water use）	95.86%	3.05%	0.42%	0.66%	0.0002697%

各阶段对酸度（Acidification）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 99.18%，0.39%。

各阶段对气候变化（Climate change）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 98.44%，0.71%。

各阶段对水毒性（Ecotoxicity, freshwater）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 98.05%，1.12%。

各阶段对水体富营养化（Eutrophication, freshwater）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料获取阶段（包材和设备耗材获取）贡献最大，分别占 98.64%，0.71%。

各阶段对海洋富营养化（Eutrophication, marine）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 98.88%，0.57%。

各阶段对陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 98.92%，0.54%。

各阶段对人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 99.18%，0.49%。

各阶段对人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料运输阶段贡献最大，分别占 98.49%，0.60%。

各阶段对电离辐射（Ionizing radiation）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料获取阶段（包材和设备耗材获取）贡献最大，分别占 93.78%，4.62%。

各阶段对土地利用（Land use）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料运输阶段贡献最大，分别占 96.06%，2.38%。

各阶段对臭氧层破坏（Ozone depletion）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 89.58%，8.07%。

各阶段对悬浮颗粒物（Particulate matter）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料运输阶段贡献最大，分别占 99.22%，0.33%。

各阶段对光化学污染（Photochemical ozone formation）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 97.88%，1.31%。

各阶段对石油类资源利用（Resource use, fossils）的贡献情况原材料获取阶段（主要原材料获取）和生产制造阶段（生产制造）贡献最大，分别占 96.26%，2.74%。

各阶段对矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）的贡献

情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料运输阶段贡献最大，分别占95.11%，2.56%。

各阶段对水消耗（Water use）的贡献情况：原材料获取阶段（主要原材料获取）和原材料获取阶段（包材和设备耗材获取）贡献最大，分别占95.86%，3.05%。

3.4 清单数据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度，并配合改进潜力评估，从而辨识最有效的改进点。表中罗列了清单数据中影响度最高的因子灵敏度情况。清单数据灵敏度见表 3-5。

表 3-5 清单数据灵敏度表

指标名称	铝锭投入	镁	硅	废料投入	铝钛硼丝	钛	铁剂
酸度（Acidification）	9.77E-02	9.60E-05	5.50E-04	0.00E+00	5.56E-06	6.95E-04	2.28E-06
气候变化（Climate change）	9.68E-02	1.98E-04	6.97E-04	6.74E-04	7.80E-06	7.53E-04	4.06E-06
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	9.59E-02	1.68E-04	6.84E-04	0.00E+00	1.44E-05	9.49E-04	1.49E-05
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	9.51E-02	2.03E-04	1.09E-03	0.00E+00	2.11E-05	1.89E-03	6.29E-06
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	9.73E-02	1.44E-04	5.97E-04	0.00E+00	7.38E-06	6.85E-04	4.66E-06
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	9.73E-02	1.42E-04	5.82E-04	0.00E+00	5.84E-06	6.62E-04	3.26E-06
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	9.31E-02	2.44E-04	7.71E-04	0.00E+00	8.68E-06	2.45E-03	2.46E-05
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	9.70E-02	1.09E-04	4.39E-04	0.00E+00	1.35E-05	8.97E-04	5.58E-05
电离辐射（Ionizing radiation）	7.60E-02	9.09E-04	8.07E-03	0.00E+00	2.63E-04	6.91E-03	1.66E-05
土地利用（Land use）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
臭氧层破坏（Ozone depletion）	8.48E-02	4.34E-04	1.06E-03	0.00E+00	2.34E-05	4.16E-03	9.31E-06
悬浮颗粒物（Particulate matter）	9.63E-02	1.70E-03	3.08E-04	0.00E+00	4.02E-06	8.07E-04	5.06E-06
光化学污染（Photochemical ozone formation）	9.62E-02	1.47E-04	6.16E-04	0.00E+00	5.93E-06	8.22E-04	3.39E-06
石油类资源利用（Resource use, fossils）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
水消耗（Water use）	9.59E-02	1.45E-04	9.31E-04	0.00E+00	1.96E-05	9.25E-04	2.26E-06
指标名称	**天然气**	**国网电**	**光伏电**	**活性炭**	**PE**	**氩气**	**干燥剂**

酸度（Acidification）	1.48E-04	1.88E-04	5.18E-06	3.82E-11	1.44E-06	1.36E-05	1.23E-08
气候变化（Climate change）	4.12E-04	2.03E-04	4.52E-06	3.94E-11	1.97E-06	1.91E-05	1.09E-08
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	7.33E-04	2.22E-04	1.69E-05	3.85E-11	2.07E-05	1.59E-05	2.18E-08
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	1.19E-04	1.90E-04	1.47E-05	2.26E-11	9.85E-06	4.58E-05	1.67E-08
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	2.67E-04	2.18E-04	4.85E-06	7.75E-11	1.13E-05	1.60E-05	2.03E-08
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	2.46E-04	2.20E-04	4.40E-06	7.90E-11	1.91E-06	1.49E-05	2.33E-08
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	3.84E-04	3.56E-05	7.98E-06	2.19E-11	2.31E-06	5.27E-06	1.70E-08
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	3.07E-04	1.64E-04	3.47E-05	4.71E-11	9.72E-06	1.69E-05	4.06E-08
电离辐射（Ionizing radiation）	5.29E-04	5.82E-05	5.56E-05	9.39E-11	1.01E-04	4.26E-04	3.31E-08
土地利用（Land use）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
臭氧层破坏（Ozone depletion）	6.98E-03	5.05E-05	1.13E-04	1.45E-10	8.20E-06	3.17E-05	3.17E-08
悬浮颗粒物（Particulate matter）	6.45E-05	1.76E-04	3.26E-06	3.30E-11	8.65E-07	8.65E-06	1.56E-08
光化学污染（Photochemical ozone formation）	9.38E-04	1.93E-04	5.46E-06	8.49E-11	2.05E-06	1.50E-05	2.19E-08
石油类资源利用（Resource use, fossils）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
水消耗（Water use）	7.47E-05	1.34E-05	2.17E-05	1.17E-11	5.72E-06	4.44E-05	7.07E-09
指标名称	**氮气**	**卡纸**	**木托盘**	**运输**	**废弃物**	**设备润滑油**	**锰剂**
酸度（Acidification）	1.63E-04	9.42E-06	1.61E-05	1.60E-04	6.81E-09	9.50E-06	2.41E-04
气候变化（Climate change）	2.25E-04	1.17E-05	1.77E-05	4.42E-04	2.71E-07	1.44E-05	2.31E-04
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	1.91E-04	1.31E-05	3.36E-05	4.28E-04	2.02E-08	2.04E-05	5.52E-04
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	4.94E-04	2.15E-05	3.02E-05	2.42E-04	6.31E-11	1.51E-05	5.06E-04
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	1.97E-04	1.25E-05	1.80E-05	2.20E-04	8.79E-09	9.79E-06	3.23E-04

陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	1.87E-04	1.16E-05	1.65E-05	2.21E-04	1.71E-08	9.60E-06	3.26E-04
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	6.04E-05	1.10E-05	2.68E-05	1.75E-04	9.08E-09	8.58E-06	2.65E-03
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	1.97E-04	1.61E-05	2.56E-05	5.18E-04	4.78E-08	2.13E-05	2.25E-04
电离辐射（Ionizing radiation）	3.27E-03	1.27E-04	1.25E-04	7.93E-04	6.46E-08	8.80E-05	2.30E-03
土地利用（Land use）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
臭氧层破坏（Ozone depletion）	3.15E-04	2.71E-05	3.61E-05	1.52E-03	2.41E-11	1.32E-04	2.75E-04
悬浮颗粒物（Particulate matter）	1.12E-04	7.17E-06	1.58E-05	2.84E-04	5.57E-09	6.48E-06	1.78E-04
光化学污染（Photochemical ozone formation）	1.85E-04	1.22E-05	1.83E-05	4.07E-04	7.69E-09	6.99E-05	3.24E-04
石油类资源利用（Resource use, fossils）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
水消耗（Water use）	4.64E-04	1.79E-05	2.58E-05	1.01E-04	1.58E-10	1.07E-05	1.29E-03

3.5 数据质量评估结果

报告采用蒙特卡洛分析质量评估方法，在 GABI 软件上完成对模型清单数据的不确定度评估。本报告研究类型为企业 LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），得到数据质量评估评估结果见表 3-6。

表 3-6 LCA 数据质量评估结果

指标名称	基础情景	平均值	标准误差	10%百分比	25%百分比	中位数	75 百分比	90%百分比
酸度（Acidification）	1.48E-01	1.47E-01	9.05E-02	1.29E-01	1.38E-01	1.46E-01	1.56E-01	1.65E-01
气候变化（Climate change）	2.14E+01	2.12E+01	8.96E-02	1.87E+01	2.00E+01	2.12E+01	2.26E+01	2.39E+01
水毒性（Ecotoxicity, freshwater）	5.66E+01	5.60E+01	8.89E-02	4.95E+01	5.29E+01	5.58E+01	5.96E+01	6.30E+01
水体富营养化（Eutrophication, freshwater）	4.36E-03	4.32E-03	8.82E-02	3.82E-03	4.08E-03	4.30E-03	4.60E-03	4.85E-03
海洋富营养化（Eutrophication, marine）	2.57E-02	2.55E-02	9.01E-02	2.25E-02	2.40E-02	2.54E-02	2.71E-02	2.87E-02
陆地富营养化（Eutrophication, terrestrial）	2.73E-01	2.70E-01	9.01E-02	2.38E-01	2.55E-01	2.69E-01	2.88E-01	3.04E-01

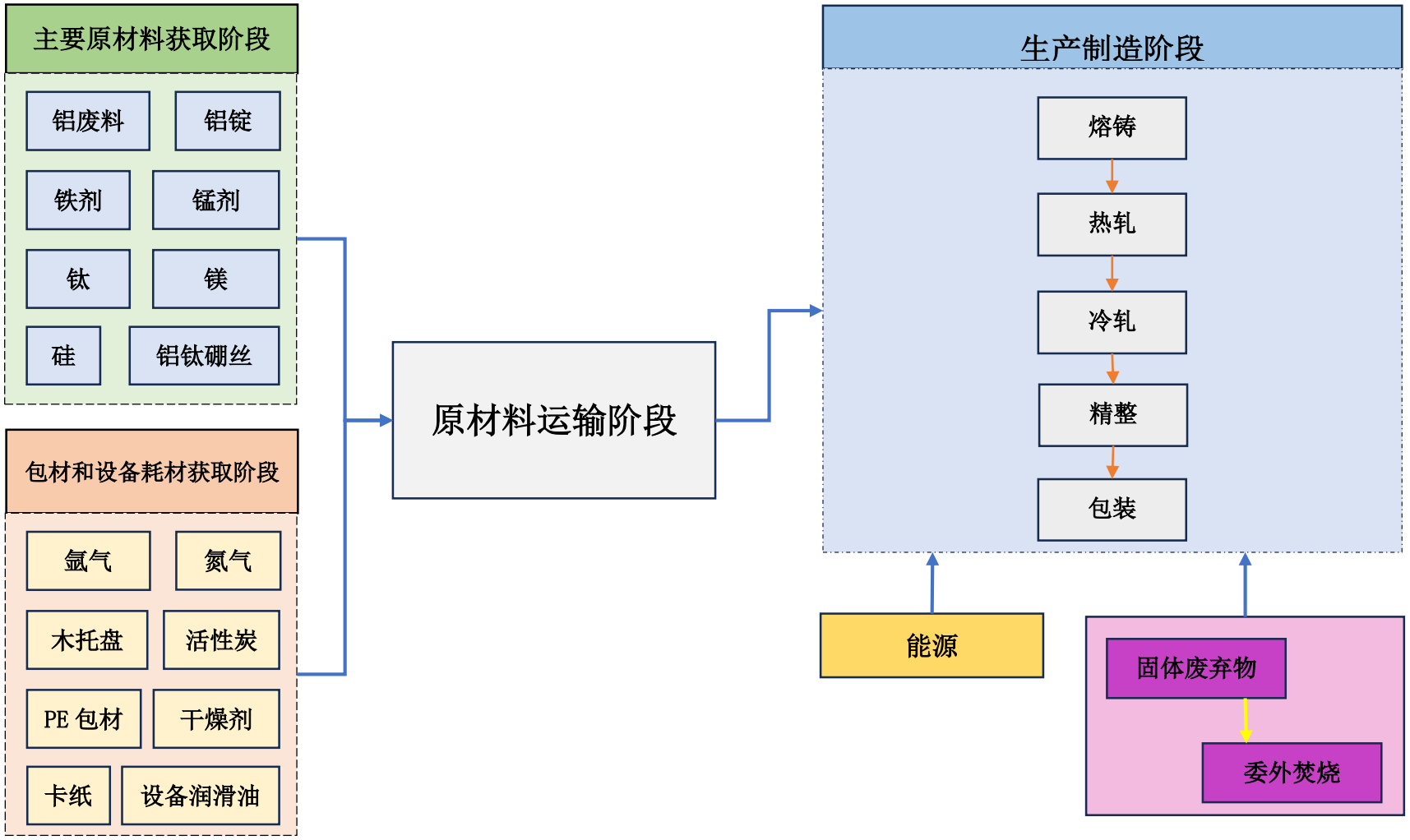
人类患癌毒性（Human toxicity, cancer）	9.62E-09	9.52E-09	8.65E-02	8.44E-09	9.03E-09	9.49E-09	1.01E-08	1.07E-08
人非癌毒性（Human toxicity, noncancer）	1.40E-07	1.39E-07	8.97E-02	1.22E-07	1.31E-07	1.38E-07	1.48E-07	1.56E-07
电离辐射（Ionizing radiation）	1.44E-01	1.43E-01	7.28E-02	1.29E-01	1.36E-01	1.43E-01	1.50E-01	1.57E-01
土地利用（Land use）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
臭氧层破坏（Ozone depletion）	8.65E-08	8.56E-08	7.92E-02	7.65E-08	8.15E-08	8.54E-08	9.02E-08	9.52E-08
悬浮颗粒物（Particulate matter）	2.06E-06	2.04E-06	8.92E-02	1.80E-06	1.93E-06	2.04E-06	2.18E-06	2.30E-06
光化学污染（Photochemical ozone formation）	8.04E-02	7.96E-02	8.91E-02	7.04E-02	7.52E-02	7.94E-02	8.48E-02	8.96E-02
石油类资源利用（Resource use, fossils）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
矿产和非金属资源消耗（Resource use, minerals and metals）	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
水消耗（Water use）	-3.20E+03	-3.17E+03	-8.89E-02	-3.53E+03	-3.37E+03	-3.16E+03	-2.99E+03	-2.80E+03

第四章 结论与建议

4.1 结论

通过对 1 吨铝箔的整个生命周期，从原材料生产运输到产品生产各阶段的全球变暖、酸化、富营养化、能源资源利用、臭氧层破坏、生态毒性、人体毒性等环境影响指标的量化、评价和分析，从 3.1-3.5 的分析结果，可以看出主要原材料获取阶段和生产制造阶段对各项环境影响指标均较大，其他阶段对各项环境影响指标贡献相对较小。这些结果可为下一步开展绿色产品设计、生产更加环境友好的生态产品提供依据。

4.2 建议

根据对评价产品的生命周期影响评价结果可以看出，铝箔的主要原材料获取阶段在全生命周期中环境影响比例较大；以气候变化的指标为例，其中影响度最大的是铝锭。为了改善铝箔在该阶段在环境因素方面的影响，可重点关注原材料使用阶段铝锭的单位产品消耗量；根据工厂现场实际生产数据，工厂可根据产品特点，在保证产品性能的前提下，适当减少或替代产品中环境影响度高的原材料的用量；同时在原材料的采购中，要求供应商提供相应原材料的全生命周期报告，选择环境影响度低的原材料，能有效减少对环境污染，降低评价产品在该阶段对环境的影响，从而提升铝锭的生态友好性。

附件一 评价产品生命周期系统边界图