

铝板带产品生命周期评价报告

报告主体：安徽美信铝业有限公司

核查时间范围：2024.1-2024.12

编制日期：2025.10.24

摘要

为了全面评估产品在整个生命周期对环境的影响，帮助企业决策者识别生产工艺过程的改进点，促进资源高效利用和实现环境保护，增强企业和产品的可持续性发展，本报告按照 ISO 14040 及 ISO 14044 的标准对安徽美信铝业有限公司生产的铝板带产品进行了生命周期影响评估研究。

本次评价的系统边界为摇篮到大门，声明单位为 1 kg 铝板带产品，影响评价方法采用 **ecoinvent - EF V3.1** 方法。

本研究包含的范围有原材料获取阶段、原料运输阶段、产品生产阶段和废弃物处置阶段，生命周期清单（LCI）包含了从企业收集的覆盖了 99% 以上原材料及能源等消耗的实景数据，并充分考虑了数据的技术代表性、时间代表性和地理代表性。由于上游数据收集的局限性，背景数据使用了 **Ecoinvent 3.11 Cutoff** 数据库。

本次生命周期影响评价严格遵循 ISO 14040 及 ISO 14044 的标准，采用 **ecoinvent - EF V3.1** 环境影响评价方法体系，全面考虑了 25 个环境影响指标，重点量化了产品在全球变暖、酸化、富营养化、光化学臭氧生产、化石和矿石及金属的非生物消耗、臭氧消耗、水消耗这几个方面的环境影响。经对各环境影响类别贡献度的深度解析，研究结果表明，原料铝锭在产品生命周期各环节中占据主导地位，成为引发环境影响的核心因素。这一结论为后续优化产品设计、改进生产工艺、制定可持续发展策略提供了重要的数据支撑与决策依据。

目 录

摘 要	1
目 录	2
一、基本信息	4
（一）公司介绍	4
（二）产品描述	5
二、参考标准	7
三、研究方法	8
（一）研究目的	8
（二）声明单位	8
（三）系统边界	8
（四）取舍准则	9
（五）假设和局限	10
（六）数据质量	11
（七）分配规则	12
四、生命周期清单分析	13
（一）原材料获取阶段	13
（二）原料运输阶段	13
（三）生产阶段	14
五、生命周期影响评价	16
（一）环境影响评价方法	16
（二）环境影响评价结果	18

六、生命周期结果解释.....	23
（一）重大问题识别.....	23
（二）敏感性分析.....	26
（三）完整性和一致性检查.....	29
七、结论.....	30

一、基本信息

（一）公司介绍

安徽美信铝业有限公司 2013 年 4 月在安徽省濉溪经济开发区樱花西路正式建成投产。公司占地 196 亩，注册资本 1.6 亿元人民币，建有熔炼、铸轧、冷轧三大核心车间，厂房总建筑面积超 7 万平方米，具备铝箔坯料全流程加工能力。

作为安徽省有色金属产业重点培育企业，安徽美信铝业有限公司主营高端双零铝箔坯料、高端电池铝箔坯料等高精尖产品，兼产高档 PS 版基、汽车车厢板、易拉罐罐体料等高精铝板带。投产初期即实现年产约 6 万吨、年产值 15 亿元的规模，成为国内领先的正极箔与铝塑膜用铝箔坯料专业生产基地。

安徽美信铝业一方面聚焦高附加值铝板带细分品类，匹配下游新兴产业需求；另一方面凭系统化生产工艺，保障产品尺寸与性能稳定，既构建自身差异化竞争优势，也为新能源、消费电子等产业提供可靠原材料保障，凸显其在铝板带领域及产业链的关键支撑作用。

表 1 报告主体基本信息表

单位名称	安徽美信铝业有限公司		
统一社会信用代码	91340621MA8PUE0Y46		
所属行业	有色金属冶炼和压延加工业	企业法人	瞿竞成
地址	安徽省淮北市濉溪县濉溪经济开发区樱花西路 88 号		



图 1 安徽美信铝业有限公司

（二）产品描述

安徽美信铝业有限公司聚焦铝板带加工领域的高端细分市场，专业生产并销售高端双零箔坯料、汽车动力电池箔坯料、储能电池箔坯料及3C铝箔坯料等核心产品，产品厚度均精准控制在0.2-0.3 mm范围，宽幅覆盖900-1800 mm，可充分满足下游精密加工及规模化生产需求，是支撑新能源、高端包装、消费电子等战略性新兴产业发展的关键基础材料。

为保障上述高端铝板带坯料的尺寸精度与性能稳定性，公司构建了标准化的生产加工体系，核心流程如下：铝锭与中间合金首先投入熔炼炉，经熔化处理与成分精准调控后，完成精炼的铝液被送入铸轧机；在此环节中，铝液一次性同步实现凝固与热变形，制得厚度约7 mm的铝带坯。随后，铝带坯依次经过冷轧减薄、退火软化及重卷切边等后续工序，最终制成符合规格要求的铝板带成品。



图 2 安徽美信铝板带产品



图 3 安徽美信铝板带产品外包装

二、参考标准

国际标准化组织颁布了生命周期评价方法的标准体系，并对生命周期评价的概念、技术框架及实施步骤进行了标准化。我国国家标准化管理委员会也依据国际标准制订和颁布了生命周期评价的国家标准。本报告参考的国际准则及国家/地方的法律法规，主要包括：

- (1) ISO 14001 《环境管理体系 要求和使用指南》
- (2) ISO 14040: 2006 《环境管理 生命周期评价 原则和框架》
- (3) ISO 14044: 2006 《环境管理 生命周期评价 要求和指南》
- (4) ISO 14025 《环境标签和声明 III型环境声明 原则和程序》
- (5) EPD International PCR: BASIC ALUMINIUM PRODUCTS
AND SPECIAL ALLOYS, VERSION 1.0, VALID UNTIL 2026-12-09
- (6) 《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
- (7) 其他相关法律法规、国家行业标准规范

三、研究方法

本报告应用生命周期评价方法，依据 ISO 14040 和 ISO14044 等国际标准的相关规定，利用 Ecoinvent 3.11 Cutoff 数据库及 openLCA 软件对铝板带产品生命周期的环境影响进行评价。

（一）研究目的

本报告以安徽美信铝业有限公司生产的铝板带产品为研究对象，主要的研究目的包括：

（1）核算安徽美信铝业有限公司 2024 年生产的铝板带产品的环境影响。

（2）进行各环境影响在生命周期各阶段的贡献分析，包括原材料获取阶段、生产阶段和废物处理阶段并包括原材料运输到厂的运输阶段排放。

（3）全面评估产品在整个生命周期对环境的影响，帮助企业决策者识别生产工艺过程的改进点，促进资源高效利用和实现环境保护，增强企业和产品的可持续性发展。

（二）声明单位

本报告中评价的声明单位为安徽美信铝业有限公司生产的 1 kg 规格厚度在 0.2-0.3 mm 范围，宽幅覆盖 900-1800 mm 的铝板带系列产品。

（三）系统边界

如图 4 所示，本次生命周期评价的系统边界为“从摇篮到大门”，包括安徽美信铝业有限公司生产的铝板带产品原材料获取阶段、原料运输阶段、生产阶段、废弃物处理阶段，边界不包括产品分销、使用阶段、产品废弃处置及回收阶段。本报告核算时间范围是 2024 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日。

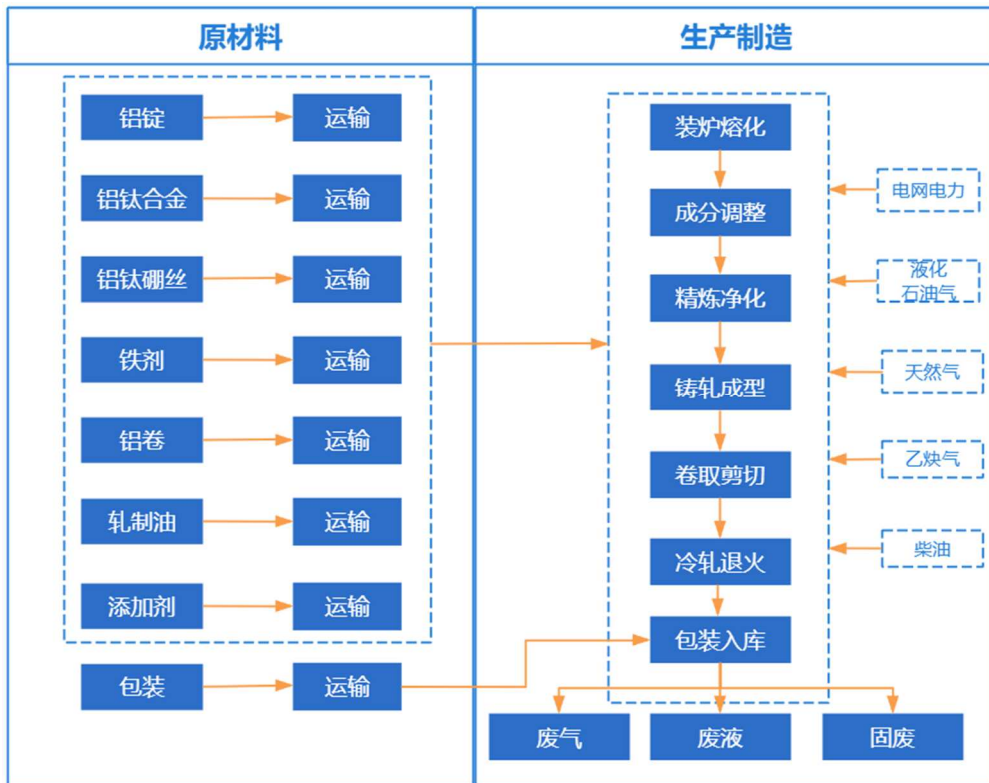


图 4 铝板带产品系统边界图

安徽美信铝业有限公司采用轧制法生产铝板带产品，其生产工艺流程大致如上图。

（四）取舍准则

1、公司生产过程产生的废纸箱、废钢架以低价值售卖给下游公司，根据污染者付费（PPP）原则，其环境影响本次核算予以排除。

2、铝板带产品生产造成的废弃物较少，且废弃物均本地化处理，运输距离较近，故废弃物的运输导致的环境影响本次不予核算。

3、厂区内 2024 年使用的灭火剂数量较少，占比极低，予以排除。

（五）假设和局限

1、假设

（1）公司未配备持续的废气在线监测设施，上半年与下半年分别委托具备资质的企业开展废气采样检测，获取非甲烷总烃、氮氧化物、二氧化硫、颗粒物的标干流量及实测浓度参数，计算得出各废气排放速率。随后以两次检测的排放速率取平均值，再乘以全年生产工时 7920 小时（折合 330 日），最终核算出各类废气的全年排放量。需要注意的是，每次采样仅对排气口进行三次检测，且检测结果易受当日实际生产工况影响，可能导致最终核算的全年排放量与真实值存在偏差。

（2）由于数据颗粒度的限制，对于部分原材料的运输，并没有统计全部供应商的情况，而是采用设定“典型运输方式”的方法进行数据收集（只统计占比最大的部分供应商的运输情况作为替代），且假设运输距离为起止点的地图导航距离，跟实际运输情况可能有所偏差。

2、局限

（1）轧制油添加剂的主要成分为 80%左右的基础油，20%左右的醇、酯、酸类添加剂，由于添加剂具体成分不明，用数据库中的有机化学品替代，存在一定偏差。

(2) 在核算模型的构建中，需要使用 Ecoinvent 3.11 Cutoff 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。

(六) 数据质量

报告中与生产系统直接相关的材料流及能量流数据，均直接来源于安徽美信铝业有限公司的生产设施实测记录，参考周期覆盖 2024 年 1 月至 2024 年 12 月完整年度。12 个月的连续参考期覆盖了企业不同生产工况（如旺季、淡季）及季节波动，避免了短期采样可能存在的偶然性。

与材料、能量流生命周期影响评估相关的背景数据，均取自 Ecoinvent 3.11 Cutoff 数据库。该数据库作为全球应用最广泛的生命周期评价（LCA）基础数据库之一，其数据质量在行业内具备高认可度。数据库包含工业生产流程、基础材料制造（如金属冶炼、化工原料）、包装生产、多模式运输（公路、铁路、海运）等数千类场景数据，可精准匹配本报告中各类材料与能源的上游生命周期环节（如铝原料开采、电力生产）。

数据库在多维度的代表性上都较为优秀：在地理代表性上，数据覆盖全球主要经济体及区域产业特征，可适配国内生产场景的评估需求；在时间代表性上，数据更新与当前主流生产技术周期同步，能反映近年行业技术水平；在技术代表性上，优先收录各领域应用广泛的成熟工艺，避免因小众技术数据导致的评估偏差。

核心生产数据的“实测性”与背景数据的“权威性”形成互补，既确保了数据与安徽美信铝业实际生产情况的高度贴合，又通过国际通用数据库保障了生命周期影响评估的规范性与可比性，最终为报告结论的可靠性、可信度提供了双重保障。

（七）分配规则

由于报告主体暂未获取单一产品在生产过程（如工序能耗、工艺辅料消耗）、原料使用明细（如各类基础原料单耗）、废弃物产生量（如工序边角料、废气排放量）等维度的特定活动水平数据，且系列产品共享生产体系，为确保单一产品活动水平数据的完整性与系列产品间数据的一致性，本次采用“按系列产品质量比例分摊”的方法计算单一产品数据，该方法符合金属加工行业数据处理的常规规范。

四、生命周期清单分析

（一）原材料获取阶段

铝板带产品所需的原料主要是铝锭、铝钛合金、铁剂、铝卷等，所需的辅料主要是轧制基础油、轧制油添加剂等，包装材料主要为珍珠棉、纸套筒、包装膜、木托等。各类材料的投入量见下表 2。

表 2 原料消耗清单

注： 每声明单位产品消耗量

原料类别	消耗量	单位
铝锭	1.03E+00	千克
铝钛合金	8.18E-04	千克
铝钛硼丝	2.10E-03	千克
铁剂	6.53E-03	千克
铝卷	1.06E-02	千克
轧制基础油	3.02E-03	千克
轧制油添加剂	6.86E-04	千克
纸套筒	1.60E-03	千克
包装膜	1.57E-04	千克
珍珠棉	4.43E-05	千克
木托	1.04E-04	千克

（二）原料运输阶段

运输阶段考虑原料从生产地到生产工厂的运输方式和距离。具体数据见表 3。

表 3 原料运输数据清单

注： 每声明单位产品运输量

类别	运输量	单位	运输方式
原料运输	2.93E-01	t*km	GVW>32 公吨卡车

（三）生产阶段

铝板带产品生产阶段的能源输入主要是电网电力，以及铸轧线使用的液化石油气、熔炼炉使用的天然气、焊机使用的乙炔气、叉车使用的柴油、冷却使用的自来水等。

废弃物包括废气、废液以及固体废弃物。其中废气主要为非甲烷总烃、二氧化硫、氮氧化物和颗粒物，固体废弃物主要为废包装（本次核算排除），废液主要是废轧制油类。

公司铝板带产品生产过程所需的能源、产生的废弃物如表 4、5 所示。

表 4 生产阶段能源消耗量清单

注： 每声明单位产品消耗量

能源类别	消耗量	单位
电网电力	7.91E-01	kWh
天然气	9.14E-02	立方米
柴油	2.82E-04	千克
液化石油气	1.54E-03	千克
乙炔气	5.97E-06	千克
自来水	7.48E-02	千克

表 5 产生的废弃物清单

注： 每声明单位产品产生量

废弃物类别	消耗量	单位
非甲烷总烃	2.35E-05	千克
二氧化硫	2.40E-05	千克
氮氧化物	3.74E-05	千克
颗粒物	2.92E-05	千克
废油（危废）	2.02E-03	千克

五、生命周期影响评价

（一）环境影响评价方法

本报告主要采用 ecoinvent - EF V3.1 评价方法进行生命周期环境影响评价。下表 6 对所有环境影响类别、影响指标、单位等做了详细说明。

表 6 环境影响类别、指标和单位

影响类别	影响指标	单位
acidification - accumulated exceedance (AE)	酸化累积潜势 (AP)	mol H ⁺ -Eq
climate change - global warming potential (GWP100)	全球变暖潜势-总值 GWP-total	kg CO ₂ -Eq
climate change: biogenic - global warming potential (GWP100)	全球变暖潜势-生物成因 GWP-biogenic	kg CO ₂ -Eq
climate change: fossil - global warming potential (GWP100)	全球变暖潜势-化石成因 GWP-fossil	kg CO ₂ -Eq
climate change: land use and land use change - global warming potential (GWP100)	全球变暖潜势-土地利用和土地利用变化 GWP-luluc	kg CO ₂ -Eq
ecotoxicity: freshwater - comparative toxic unit for ecosystems (CTUe)	生态毒性潜势-淡水 ETP-fw	CTUe
ecotoxicity: freshwater, inorganics - comparative toxic unit for ecosystems (CTUe)	生态毒性潜势-淡水（无机物） ETP-fw(inorganics)	CTUe
ecotoxicity: freshwater, organics - comparative toxic unit for	生态毒性潜势-淡水（有机物） ETP-fw(organics)	CTUe

ecosystems (CTUe)		
energy resources: non-renewable - abiotic depletion potential (ADP): fossil fuels	非生物消耗潜势-化石 ADP-fossil	MJ, net calorific value
eutrophication: freshwater - fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	富营养化潜势-淡水 EP-freshwater	kg P-Eq
eutrophication: marine - fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	富营养化潜势-海洋 EP-marine	kg N-Eq
eutrophication: terrestrial - accumulated exceedance (AE)	富营养化潜势-陆地 EP-terrestrial	mol N-Eq
human toxicity: carcinogenic - comparative toxic unit for human (CTUh)	人体毒性潜势-癌症 HTP-c	CTUh
human toxicity: carcinogenic, inorganics - comparative toxic unit for human (CTUh)	人体毒性潜势-癌症（无机物） HTP-c(inorganics)	CTUh
human toxicity: carcinogenic, organics - comparative toxic unit for human (CTUh)	人体毒性潜势-癌症（有机物） HTP-c(organics)	CTUh
human toxicity: non-carcinogenic - comparative toxic unit for human (CTUh)	人体毒性潜势-非癌症 HTP-nc	CTUh
human toxicity: non-carcinogenic, inorganics - comparative toxic unit for human (CTUh)	人体毒性潜势-非癌症（无机物） HTP-nc(inorganics)	CTUh
human toxicity:	人体毒性潜势-非癌症（有机物）	CTUh

non-carcinogenic, organics - comparative toxic unit for human (CTUh)	HTP-nc(organics)	
ionising radiation: human health - human exposure efficiency relative to u235	电离辐射潜势 IRP	kBq U235-Eq
land use - soil quality index	土壤质量潜势 SQI	dimensionless
material resources: metals/minerals - abiotic depletion potential (ADP): elements (ultimate reserves)	非生物消耗潜势-矿物和金属 ADP-minerals&metals	kg Sb-Eq
ozone depletion - ozone depletion potential (ODP)	臭氧消耗潜势 ODP	kg CFC-11-Eq
particulate matter formation - impact on human health	颗粒物影响潜势 PM	disease incidence
photochemical oxidant formation: human health - tropospheric ozone concentration increase	光化学臭氧生成潜势 POCP	kg NMVOC-Eq
water use - user deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	水消耗潜势 WDP	m3 world eq. deprived

(二) 环境影响评价结果

根据 5.1 阐述的方法体系和编制的生命周期总清单数据，使用 ecoinvent - EF V3.1 评价方法进行了生命周期环境影响评价，得到的 1 kg 铝板带产品的环境影响特征化结果如下表 7。

表 7 生产 1 kg 铝板带产品环境影响特征化结果

影响指标	单位	原料获取	生产阶段	原料运输	总量
酸化累积潜势 (AP)	mol H ⁺ -Eq	1.58E-01	3.58E-03	8.31E-05	1.62E-01
全球变暖潜势-总值 GWP-total	kg CO ₂ -Eq	4.41E+00	8.48E-01	3.14E-02	5.29E+00
全球变暖潜势 -生物成因 GWP-biogenic	kg CO ₂ -Eq	1.11E-03	1.43E-04	7.66E-06	1.26E-03
全球变暖潜势-化石成 因 GWP-fossil	kg CO ₂ -Eq	4.41E+00	8.47E-01	3.14E-02	5.29E+00
全球变暖潜势-土地利 用和土地利用变化 GWP-luluc	kg CO ₂ -Eq	5.67E-04	4.04E-04	1.48E-05	9.85E-04
生态毒性潜势-淡水 ETP-fw	CTUe	5.95E+01	2.01E+00	7.53E-02	6.16E+01
生态毒性潜势-淡水 (无机物) ETP-fw(inorganics)	CTUe	5.59E+01	1.97E+00	7.30E-02	5.79E+01
生态毒性潜势-淡水 (有机物) ETP-fw(organiacs)	CTUe	3.64E+00	3.77E-02	2.34E-03	3.68E+00
非生物消耗潜势-化石 ADP-fossil	MJ, net calorific value	2.10E+02	1.12E+01	4.66E-01	2.22E+02
富营养化潜势-淡水 EP-freshwater	kg P-Eq	4.55E-03	1.11E-04	3.49E-06	4.66E-03
富营养化潜势-海洋	kg N-Eq	2.73E-02	7.80E-04	2.08E-05	2.81E-02

EP-marine					
富营养化潜势-陆地 EP-terrestrial	mol N-Eq	2.91E-01	8.27E-03	2.25E-04	2.99E-01
人体毒性潜势-癌症 HTP-c	CTUh	9.36E-09	7.66E-11	5.18E-12	9.44E-09
人体毒性潜势-癌症 (无机物) HTP-c(inorganics)	CTUh	2.32E-09	4.35E-11	2.31E-12	2.37E-09
人体毒性潜势-癌症 (有机物) HTP-c(orgamics)	CTUh	7.04E-09	3.30E-11	2.87E-12	7.07E-09
人体毒性潜势-非癌症 HTP-nc	CTUh	1.52E-07	3.72E-09	2.97E-10	1.56E-07
人体毒性潜势-非癌症 (无机物) HTP-nc(inorganics)	CTUh	1.49E-07	3.57E-09	2.80E-10	1.53E-07
人体毒性潜势-非癌症 (有机物) HTP-nc(orgamics)	CTUh	3.18E-09	1.57E-10	1.67E-11	3.36E-09
电离辐射潜势 IRP	kBq U235-Eq	1.21E-01	7.31E-02	4.01E-04	1.94E-01
土壤质量潜势 SQI	dimensionless	4.73E+01	1.27E+00	4.61E-01	4.91E+01
非生物消耗潜势-矿物 和金属 ADP-minerals&metals	kg Sb-Eq	1.58E-05	6.33E-07	9.23E-08	1.65E-05
臭氧消耗潜势 ODP	kg CFC-11-Eq	8.07E-08	5.77E-09	4.63E-10	8.70E-08
颗粒物影响潜势	disease	2.32E-06	5.54E-08	3.01E-09	2.38E-06

PM	incidence				
光化学臭氧生成潜势 POCP	kg NMVOC-Eq	8.48E-02	2.63E-03	1.22E-04	8.75E-02
水消耗潜势 WDP	m3 world eq. deprived	2.53E+00	9.39E-02	2.75E-03	2.63E+00

根据上述评价方法得到的特征化结果可知，生产 1 kg 铝板带产品生命周期的全球变暖潜势 GWP-total 为 5.29 kg CO₂ eq.。酸化潜势 AP 为 1.62E-01 mol H⁺ eq.、淡水的富营养化潜势 EP-freshwater 为 4.66E-03 kg P eq.、海洋的富营养化潜势 EP-marine 为 2.81E-02 N eq.、陆地的富营养化潜势 EP-terrestrial 为 2.99E-01 mol N eq.、光化学臭氧生产潜势 POCP 为 8.75E-02 kg NMVOC eq.、非生物消耗潜势-化石 ADP-fossil 为 2.22E+02 MJ、非生物消耗潜势-矿物和金属 ADP-minerals&metals 为 1.65E-05 kg Sb eq.、臭氧消耗潜势 ODP 为 8.70E-08 kg CFC-11 eq.、水消耗潜势 WDP 为 2.63E+00 m³ world eq. Deprived。

在各项环境影响指标中，全球变暖潜势（GWP-total）是产品碳足迹的核心总值指标。该指标直接反映产品碳足迹的核心水平，因此在所有环境影响指标中关注度最高。基于此，本次研究将重点分析其数值构成比例及最大影响因素，具体内容详见表 8。

表 8 生产 1 kg 铝板带产品碳足迹构成比例

类别	声明单位 对应量	单位	声明单位 碳足迹数值	碳足迹占比 (%)
铝锭	1.03E+00	kg	4.09E+00	77.3000%

电网电力	2.85E+00	MJ	6.04E-01	11.4000%
铝卷	1.06E-02	kg	2.37E-01	4.4800%
天然气	9.14E-02	m3	2.31E-01	4.3700%
铝钛硼丝	2.10E-03	kg	4.79E-02	0.9100%
原料运输	2.05E-08	Item(s)	3.14E-02	0.5900%
铝钛合金	8.18E-04	kg	1.97E-02	0.3700%
铁剂	6.53E-03	kg	9.37E-03	0.1800%
液化石油气	1.54E-03	kg	6.46E-03	0.1200%
废油（危废）	2.02E-03	kg	5.07E-03	0.0958%
轧制基础油	3.02E-03	kg	4.92E-03	0.0930%
轧制油添加剂	6.86E-04	kg	1.25E-03	0.0236%
柴油	2.82E-04	kg	1.19E-03	0.0225%
纸套筒	1.60E-03	kg	1.14E-03	0.0215%
包装膜	1.57E-04	kg	5.61E-04	0.0106%
珍珠棉	4.43E-05	kg	1.72E-04	0.0033%
自来水	7.48E-02	kg	8.97E-05	0.0017%
乙炔气	5.97E-06	kg	5.36E-05	0.0010%
木托	1.04E-04	kg	1.37E-05	0.0003%
颗粒物	2.92E-05	kg	0.00E+00	0.0000%
非甲烷总烃	2.35E-05	kg	0.00E+00	0.0000%
氮氧化物	3.74E-05	kg	0.00E+00	0.0000%
二氧化硫	2.40E-05	kg	0.00E+00	0.0000%

六、生命周期结果解释

（一）重大问题识别

1、各阶段环境影响比重

根据表 7 中的特征化结果，针对三个主要阶段产生的环境影响进行分析，得到各阶段对环境影响贡献比重的情况，如下图 5 所示，有助于辨识安徽美信铝业铝板带产品生产中产生严重环境影响的阶段。

生产 1 kg 铝板带产品全生命周期的温室气体排放量 GWP-total 为 5.29kg CO₂ eq., 主要是由原材料获取阶段所导致, 其贡献占比为 83.37%, 生产阶段和运输阶段对 GWP-total 的贡献占比为 16.03%和 0.59%。

在所有环境影响类别中，原料获取阶段贡献均处于主导地位，贡献占比在 57.51%至 99.49%。生产阶段的影响在全球变暖潜势-土地利用和土地利用变化 GWP-luluc 及电离辐射潜势 IRP 这两个指标中占比较为显著，分别达到了 40.99%和 37.63%。运输阶段在各环境评价指标中的占比都非常小。

本产品原料获取阶段的环境影响贡献率偏高，因此可将该阶段列为减排重点。具体优化路径可从两方面入手：一是用更多回收铝替代原生铝锭与铝卷，二是用更多水电铝锭替代火电铝锭。通过这两类措施，既能推动资源可持续利用，也能进一步降低产品的环境影响。

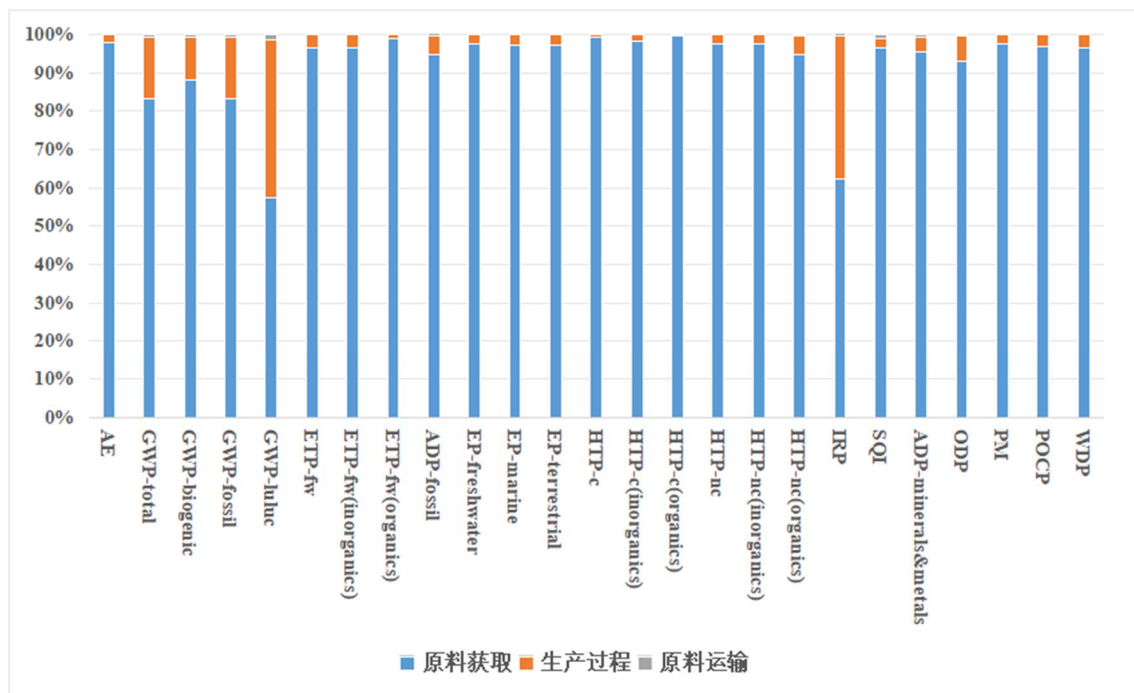


图 5 各阶段对环境影响贡献比重

2、原料获取阶段的细类贡献比重

为了进一步确定原料中哪些物质对结果的影响最显著，本报告进一步对原材料获取阶段的贡献度进行了分析，具体见下图 6。可见，在全球变暖潜势的几个指标 GWP-total、GWP-biogenic、GWP-fossil、GWP-luluc 中，铝卷的影响较为明显。在其他环境影响类型中，铝锭的环境影响贡献均最为显著。

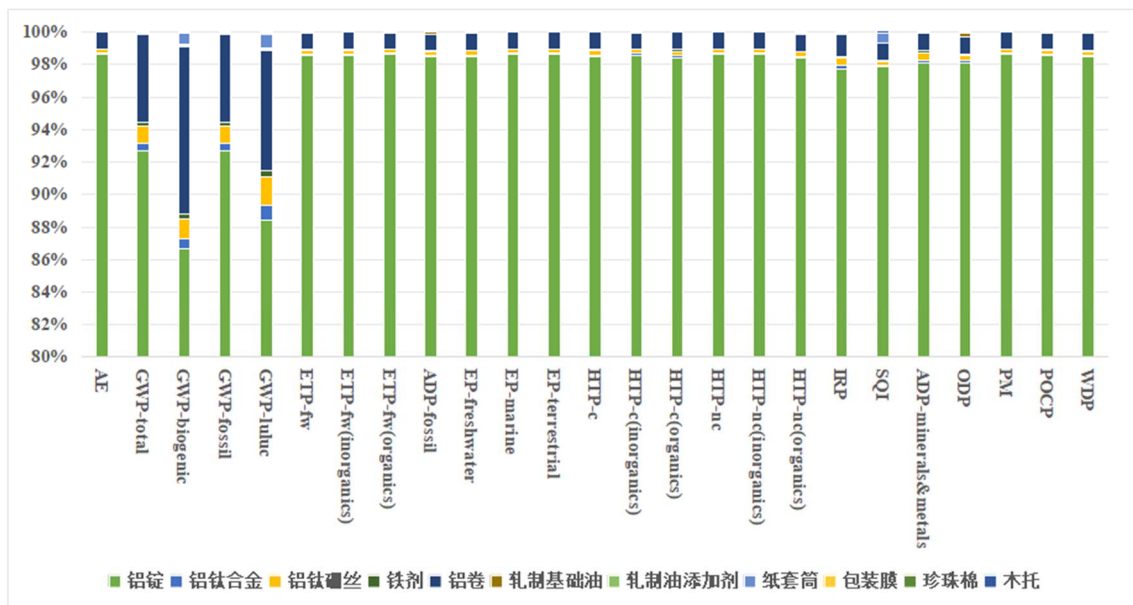


图6 原材料获取阶段的贡献比重

3、生产阶段细类贡献比重

进一步分析生产阶段各类能源的贡献度，见图7，在人体毒性潜势-癌症（有机物）HTP-c(orgnics)、臭氧消耗潜势 ODP、生态毒性潜势-淡水（有机物）ETP-fw(orgnics)中，天然气的贡献占主要地位，分别达到了 47.24%、65.59%和 71.82%。在其他环境影响类型均是电网电力的贡献占比最大，贡献度介于 26.40%和 99.18%之间。

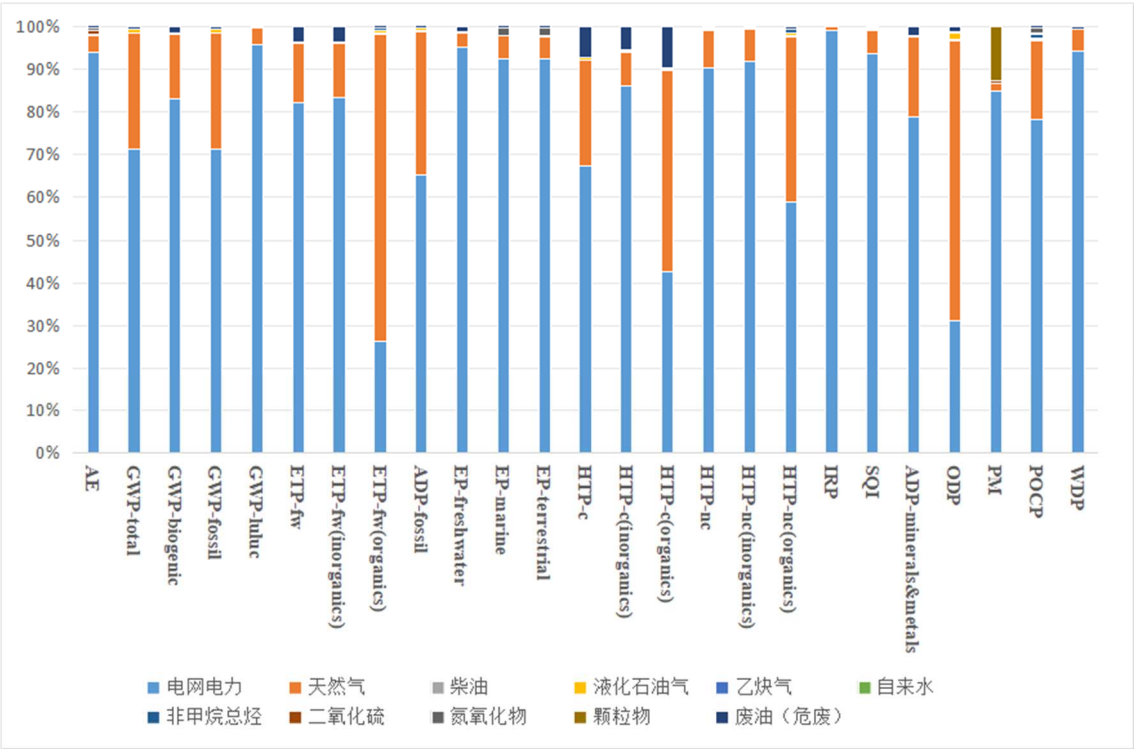


图 7 生产阶段的贡献比重

（二）敏感性分析

敏感性分析是评价有关因素在特定条件发生变化时对指标的影响程度。考虑到生产过程的电力消耗对于所有环境指标的影响都较大，故设定以下情景：假设在铝板带的生产中，全部使用光伏绿电替代电网电力，分析该因素对环境评价指标变化量（%）的影响大小。通过模型重新计算得到最终环境影响指标的结果变化率和敏感性分析结果，如表 9 所示。

表 9 铝板带产品敏感性分析结果

环境影响指标	原结果	假设情景结果	结果变化率
--------	-----	--------	-------

酸化累积潜势 (AP)	1.62E-01	1.59E-01	-1.75%
全球变暖潜势-总值 GWP-total	5.29E+00	4.76E+00	-10.08%
全球变暖潜势-生物成因 GWP-biogenic	1.26E-03	1.12E-03	-11.27%
全球变暖潜势-化石成因 GWP-fossil	5.29E+00	4.75E+00	-10.08%
全球变暖潜势-土地利用和土地 利用变化 GWP-luluc	9.85E-04	5.83E-04	-40.86%
生态毒性潜势-淡水 ETP-fw	6.16E+01	6.06E+01	-1.65%
生态毒性潜势-淡水 (无机物) ETP-fw(inorganics)	5.79E+01	5.69E+01	-1.79%
生态毒性潜势-淡水 (有机物) ETP-fw(orgamics)	3.68E+00	3.70E+00	0.51%
非生物消耗潜势-化石 ADP-fossil	2.22E+02	2.15E+02	-2.89%
富营养化潜势-淡水 EP-freshwater	4.66E-03	4.60E-03	-1.31%
富营养化潜势-海洋 EP-marine	2.81E-02	2.75E-02	-2.27%
富营养化潜势-陆地 EP-terrestrial	2.99E-01	2.92E-01	-2.27%
人体毒性潜势-癌症 HTP-c	9.44E-09	9.43E-09	-0.06%
人体毒性潜势-癌症 (无机物) HTP-c(inorganics)	2.37E-09	2.36E-09	-0.47%

人体毒性潜势-癌症（有机物） HTP-c(orgamics)	7.07E-09	7.08E-09	0.08%
人体毒性潜势-非癌症 HTP-nc	1.56E-07	1.56E-07	-0.18%
人体毒性潜势-非癌症（无机物） HTP-nc(inorganics)	1.53E-07	1.53E-07	-0.21%
人体毒性潜势-非癌症（有机物） HTP-nc(orgamics)	3.36E-09	3.40E-09	1.31%
电离辐射潜势 IRP	1.94E-01	1.28E-01	-34.14%
土壤质量潜势 SQI	4.91E+01	4.82E+01	-1.85%
非生物消耗潜势-矿物和金属 ADP-minerals&metals	1.65E-05	2.03E-05	22.98%
臭氧消耗潜势 ODP	8.70E-08	9.11E-08	4.76%
颗粒物影响潜势 PM	2.38E-06	2.34E-06	-1.77%
光化学臭氧生成潜势 POCP	8.75E-02	8.58E-02	-2.01%
水消耗潜势 WDP	2.63E+00	2.62E+00	-0.27%

从表 9 可知，将企业生产的电网电力全部变更为光伏绿电后，多数环境影响类别呈现下降趋势，其中气候变化（整体下降 10.08%，化石类下降 11.27%）、土地利用变化（下降 40.86%）、电离辐射（下降 34.14%）等领域改善显著；酸化、淡水生态毒性、非可再生能源消耗、颗粒物形成等类别也有不同程度降低，环境压力减小。

但少数类别影响有所增加，如材料资源（金属/矿物）增加 22.93%、臭氧消耗增加 4.76%，淡水生态毒性有机物类、人类毒性非致癌有机物类也有小幅上升，需关注这些方面的潜在影响。

（三）完整性和一致性检查

1、完整性检查

本评价中所涉及的数据清单相对于其评价目标、范围、系统边界和质量准则完整，包括：

包含了原料的获取阶段、原料运输阶段、产品的生产阶段；

包含了与产品生命周期各过程相关的所有原料和能源的输入；

包含了与产品生命周期各过程相关的污染物的输出数据。

2、一致性检查

一致性检查的目的是确认假设、方法和数据是否与目的和范围的要求相一致。本评价中已检查企业所提供的数据的一致性，确保数据保持一致或者在相关误差范围内。

七、结论

本研究应用生命周期评价方法,依据 ISO 14040 及 ISO 14044 等国际标准的相关规定,对 1 kg 铝板带产品进行生命周期评价,主要的结论如下:

(1) 生产 1 kg 铝板带产品生命周期的全面环境影响如下:全球变暖潜势 GWP-total 为 $5.29\text{E}+00$ kg CO₂ eq.,酸化累积潜势 AE 为 $1.62\text{E}-01$ mol H⁺ eq.、生态毒性潜势-淡水 ETP-fw 为 $6.16\text{E}+01$ CTUe.、非生物消耗潜势-化石 ADP-fossil 为 $2.22\text{E}+02$ MJ, net calorific value、富营养化潜势-淡水 EP-freshwater 为 $4.66\text{E}-03$ kg P-Eq.、富营养化潜势-海洋 EP-marine 为 $2.81\text{E}-02$ kg N-Eq.、富营养化潜势-陆地 EP-terrestrial 为 $2.99\text{E}-01$ mol N-Eq.、人体毒性潜势-癌症 HTP-c 为 $9.44\text{E}-09$ CTUe.、人体毒性潜势-非癌症 HTP-nc 为 $1.56\text{E}-07$ CTUh.、电离辐射潜势 IRP 为 $1.94\text{E}-01$ kBq U235-Eq.、土壤质量潜势 SQI 为 $4.91\text{E}+01$ dimensionless.、非生物消耗潜势-矿物和金属 ADP-minerals&metals 为 $1.65\text{E}-05$ kg Sb-Eq.、臭氧消耗潜势 ODP 为 $8.70\text{E}-08$ kg CFC-11-Eq.、颗粒物影响潜势 PM 为 $2.38\text{E}-06$ disease incidence.、光化学臭氧生成潜势 POCP 为 $8.75\text{E}-02$ kg NMVOC-Eq.、水消耗潜势 WDP 为 $2.63\text{E}+00$ m³ world eq. Deprived。

(2) 在全球温室气体 GWP-total 中原材料获取阶段贡献度最大,其贡献占比为 83.37%,生产阶段和运输阶段对 GWP-total 的贡献占比为 16.03%和 0.59%。在所有环境影响类别中,原料获取阶段贡献均处于主导地位,贡献占比在 57.51%至 99.49%。生产阶段的影响在全球变

暖潜势-土地利用和土地利用变化 GWP-luluc 及电离辐射潜势 IRP 这两个指标中占比较为显著，分别达到了 40.99%和 37.63%。运输阶段在各环境评价指标中的占比都非常小。

(3) 本报告通过对光伏绿电替代电网电力的情景进行敏感性分析，发现：将企业生产的电网电力全部变更为光伏绿电后，多数环境影响类别呈现下降趋势，其中气候变化（整体下降 10.08%，化石类下降 11.27%）、土地利用变化（下降 40.86%）、电离辐射（下降 34.14%）等领域改善显著；酸化、淡水生态毒性、非可再生能源消耗、颗粒物形成等类别也有不同程度降低，环境压力减小。但少数类别影响有所增加，如材料资源（金属/矿物）增加 22.93%、臭氧消耗增加 4.76%，淡水生态毒性有机物类、人类毒性非致癌有机物类也有小幅上升，需关注这些方面的潜在影响。

结合重点排放源特征及敏感性分析结果，从“源头减量、能源优化、工艺改进”三个维度，提出以下可落地的减排建议：

(1) 原料端以“替代+回收”降低原生铝依赖：针对铝锭、铝卷的高环境影响，优先采用两类替代方案：一是用回收铝替代部分原生铝锭、铝卷，减少原生铝冶炼过程的高排放（原生铝冶炼能耗约为再生铝的 8 倍多）；二是用水电铝锭替代火电铝锭，直接降低铝锭环节的碳贡献。

(2) 能源端以“绿电替代+效率提升”优化能源结构：推进光伏绿电替代电网电力。敏感性分析显示，全部使用光伏绿电可使

GWP-total 下降 10.08%，同时降低 40.86%的土地利用变化潜势、34.14%的电离辐射潜势，且对酸化、颗粒物影响等指标均有改善，建议逐步扩大绿电采购或自建分布式光伏覆盖生产用电。

提升天然气利用效率：针对天然气在特定毒性指标中的高贡献，优化熔炼炉、铸轧线的天然气燃烧工艺（如加装余热回收装置），减少单位产品的天然气消耗量，降低其环境影响。

（3）工艺端强化废弃物回收与生产管控，特别是加强废轧制油回收利用：生产阶段产生的废油含高附加值成分，建议引入专业回收设备实现废油再生，减少危废处置的环境风险与原料消耗。