

光伏铝边框
生命周期评估报告

山东凤凰新材料科技有限公司

光伏铝边框

光伏铝边框生命周期评估报告

组织名称：	山东凤凰新材料科技有限公司
组织地址：	山东省滨州市邹平市高新街道月河六路与会仙四路交叉口东南角
生产地址：	山东省滨州市邹平市高新街道月河六路与会仙四路交叉口东南角
产品：	光伏铝边框
功能单位：	一吨光伏铝边框
产品描述：	光伏铝边框采用高强度铝合金材质，耐腐蚀、重量轻，保障太阳能板安装稳固、密封防水，使用寿命长久。
产品型号：	\
数据收集期间：	2025 年 1 月–2025 年 12 月
数据的年期：	初级数据：12 个月；次级数据：10 年
依据：	ISO 14040:2006 生命周期评价——原则和框架 ISO 14044:2006 生命周期评价——要求和指南
报告编号	LCA/2026/C/0339

目 录

光伏铝边框.....	1
生命周期评估报告.....	1
光伏铝边框生命周期评估报告.....	2
1. 研究目的	4
1.1. 项目背景.....	4
1.2. 目的和目标读者.....	5
1.3. 方法学.....	5
1.4. 限制.....	5
2. 研究范围	5
2.1.功能单位.....	5
2.2.系统边界.....	6
2.3.影响类型、类型参数和方法.....	7
2.4.分配原则.....	9
3. 生命周期清单分析.....	9
3.1. 数据质量要求.....	9
3.2.数据完整性和数据源.....	10
4. 生命周期影响评价及解释	11
5. 不确定性分析.....	14
5.1 结果的限制.....	14
6. 结论和建议	15
6.1. 结论.....	15
6.2. 建议.....	16
7. 附录	18
A. 影响类型说明.....	18
B. 术语和定义.....	20
C. 参考标准.....	21
D. 原始数据.....	21
E. 参考因子.....	22

1. 研究目的

1.1. 项目背景

近些年来，随着可持续发展观的不断深入，越来越多的组织愿意选择相对绿色的产品以减少对环境的负荷。政府、企业和利益相关者更是纷纷采取措施，积极降低产品的潜在环境影响，如政府通过立法、建立机制，企业采用优秀的环境标准或规范等。产品生命周期评价作为一种向社会展示产品的环境特性及表现的非常好的方式，已成为国际上认定绿色产品或生态产品的主要方法，它不仅可以帮助企业持续不断地改善产品的环境特性，指出减少产品环境负荷和潜在环境影响的方向和途径，支持企业内部的采购选择，提高产品的成本效益，从而实现循环经济和清洁生产的目标，而且可以满足来自政府、客户和消费者的要求，以生命周期的方法和生态工具来评估整个产品包括材料的潜在环境影响，助以创造“绿色”产品系列。

山东凤凰新材料科技有限公司（以下简称“山东凤凰”）致力于以统一的评价标准来评选出更绿色环保的光伏铝边框产品，以促使企业减少其产品对环境的影响。为此，特委托通标标准技术服务有限公司（以下简称“SGS”）为其选定的光伏铝边框（以下简称“光伏铝边框”）进行摇篮到大门的生命周期评价。



图1.1：光伏铝边框产品图片

1.2. 目的和目标读者

本次研究有专门的地理范围针对性，根据收集的数据和文献参考，获得了光伏铝边框产品潜在环境影响的明确信息，旨在从环境影响角度审查该产品系统，掌握该产品生命周期环境指标及其在各阶段的分布，找出潜在的改善空间和努力方向，并且结合本次研究结果在将来建立一个光伏铝边框产品的生命周期评价技术规范，为绿色产品的评价提供细致的支撑平台，为企业乃至行业的环境决策提供科学依据。详细的分析在以下的章节中进行描述。本次研究的目标读者包括山东凤凰及其指定的人员。

1.3. 方法学

本研究使用生命周期评价（Life Cycle Assessment，英文缩写为 LCA，以下简称“LCA”）来评价光伏铝边框摇篮到大门生命周期阶段的潜在环境影响。评价依据 ISO14040 和 ISO14044（见章节7. 附录——C 参考）的标准方法要求和原则。图 1.2 展示了产品全生命周期的主要环境影响。

1.4. 限制

生命周期影响评价仅涉及在评价目的和范围内所识别的那些环境问题，因此，它并不是对所研究的产品系统中所有环境问题的完整评价。产品的 LCA 仍是一个有待持续发展的领域，就现在全球的 LCA 水平而言，在清单数据和具体的潜在环境影响之间建立一致的、准确的联系过程中，尚不存在普遍接受的方法。各种影响类型的模型目前还处在不同的发展阶段。

2. 研究范围

2.1.功能单位

产品:	光伏铝边框产品
功能单位:	一吨光伏铝边框产品
产品描述:	光伏铝边框采用高强度铝合金材质，耐腐蚀、重量轻，保障太阳能板安装稳固、密封防水，使用寿命长久。
数据收集:	2025 年 1 月到 2025 年 12 月

2.2.系统边界

本次研究的产品由位于以下地址的公司（工厂）制造：

公司名称	山东凤凰新材料科技有限公司
制造地址	山东省滨州市邹平市高新街道月河六路与会仙四路交叉口东南角

系统边界包括了从摇篮到大门的整个生命周期阶段：

生命周期	过程
原材料获取	这一阶段包括组成产品的材料、制造过程所需的消耗品、以及产品包装材料的获取，涵盖了从原材料的开采或提炼、开发、提取、预处理等每个阶段产生的环境影响。
产品制造	这一阶段包括所有产品生产和/或加工过程，产品在生产现场的运输，废弃物的运输和处置。

流程图如下：

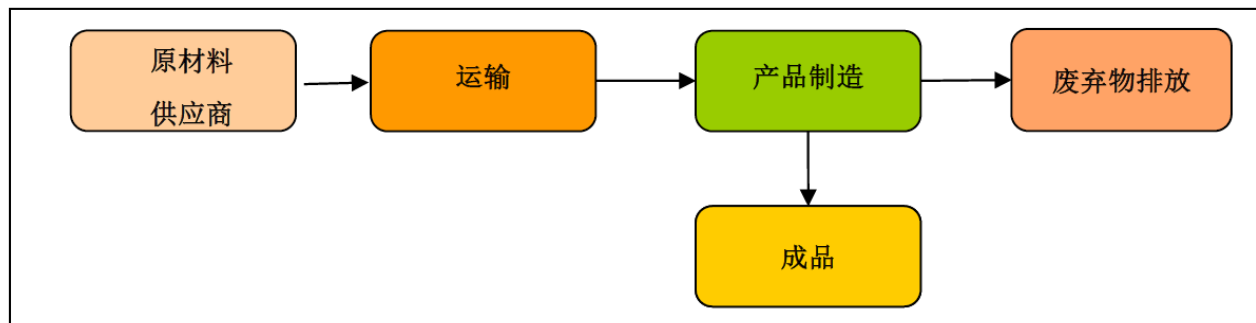


图 2.2：流程图

2.2.1 实质性、取舍和优先序

以下数据由于其产生的环境影响在产品中的占比通常都非常小，属于非实质性的贡献，因此不包括在本次计算范围内：

- 包装材料的少部分损耗材料废弃物极少量，不做另外计算；
- 原材料在生产阶段产生少部分损耗，由于量少不做另外计算；
- 本产品原材料种类清晰，不涉及舍弃情况。本产品生产涉及少量氮氧化物、二氧化硫、硫酸雾、碱雾、颗粒物等废气，不属于温室气体清单，暂不纳入计算。

2.2.2 排除和假设

a) 以下消耗和影响被排除、不在计算范围内：

- 生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- 人员通勤及出差，产品相关R&D等均在LCA范畴之外；

b) 本次评价运用了以下假设：

生命周期阶段	包含过程阶段	假设
上游阶段： 原材料获取	所有原材料及消耗品的上游生产以及上游运输过程，包括： · 原材料制造 · 生产辅料制造 · 包装材料制造 · 原材料从供应商至山东凤凰的运输 · 包装材料运输	· 原材料信息按照山东凤凰提供；产品中所需的原材料用量依照山东凤凰所提供的数据； · 原材料包装所需用量依照山东凤凰所提供的数据； · 产品自身所需的包装材料，产品包装所需用量依照山东凤凰所提供的数据； · 原材料运输过程国内部分运输距离及卡车类型依照山东凤凰所提供的数据，缺省部分通过百度地图搜索距离。
工厂制造： 产品制造阶段	生产阶段的能源投入、废弃物委外处理，包括： · 电力消耗 · 天然气消耗 · 废弃物焚烧处理	· 制造阶段单位产品的能源、资源消耗相同；

2.3.影响类型、类型参数和方法

本次生命周期评价主要包含了两个部分的工作：第一步：生命周期清单的建立，第二步：生命周期影响评价。

生命周期清单（Life cycle inventory，简称LCI）呈现了产品生命周期过程中众多环境负荷因子的结果，如水的消耗量、二氧化碳的排放量等，但清单并不能将这些环境负荷直接用来解释产品的环境问题及其危害性。生命周期影响评价（Life cycle impact assessment，简称LCIA）根据清单提供的信息，对所识别出的众多环境负荷因子，进行综合性的评价，利用特定的指标将清单数据转换成一组环境影响，从而为后一步生命周期解释工作提供信息，如清单中水的消耗量反映了资源消耗问题，二氧化碳反映了气候变化问题等。

本研究所用的指标/影响类型的LCIA 方法为Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalization and weighting set, 具体见下表所列（对每个影响类型的具体说明包括在章节7. 附录——A 影响类别说明中）：

表 2.1: 光伏铝边框产品 LCA 的环境影响类型（Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00）

影响类别		类型参数		
英文名称	中文名称	指标名称	中文名称	单位
Climate change-total	气候变化	Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)	以全球变暖潜势 (GWP100)衡量的辐射强迫	kg CO2 eq
Ecotoxicity, freshwater	淡水生态毒性	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	生态系统比较毒性单位	CTUe
Particulate matter	颗粒物	Impact on human health	对人类健康的影响	disease inc.
Eutrophication, marine	海洋富营养化	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	营养物质进入海洋沉积物的比例	kg N eq
Eutrophication, freshwater	淡水富营养化	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	营养物质进入淡水沉积物的比例	kg P eq
Eutrophication, terrestrial	陆地富营养化	Accumulated Exceedance (AE)	累积超标量	mol N eq
Acidification	酸化	Accumulated Exceedance (AE)	累积超标量	mol H+ eq
Human toxicity, cancer	人类毒性 - 致癌性	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	人类比较毒性单位	CTUh
Human toxicity, non-cancer	人类毒性 - 非致癌性	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	人类比较毒性单位	CTUh
Ionising radiation	电离辐射	Human exposure efficiency relative to U235	相对于 U235 的人类暴露效率	kBq U-235 eq
Land use	土地利用	• Soil quality index • Biotic production • Erosion resistance • Mechanical filtration • Groundwater replenishment	• 土壤质量指数 • 生物生产力 • 机械过滤 • 地下水补给	Pt
Ozone depletion	臭氧层消耗	Ozone Depletion Potential (ODP)	臭氧消耗潜势	kg CFC11 eq
Photochemical ozone formation	光化学臭氧生成	Tropospheric ozone concentration increase	对流层臭氧浓度增加	kg NMVOC eq
Resource use, fossils	资源使用 - 化石燃料	Abiotic resource depletion – fossil fuels (ADP-fossil)	非生物资源枯竭——化石燃料（ADP 化石）	MJ
Resource use, minerals and metals	资源使用 - 矿产和金属	Abiotic resource depletion (ADP ultimate reserves)	非生物资源枯竭（ADP 最终储量）	kg Sb eq
Water use	水资源使用	User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	水资源剥夺潜力（基于剥夺程度的加权水消费量）	m3 depriv.

注：eq 是 equivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化的指标是以 CO2 为基准物质，其他各种温室气体按温室效应的强弱都有各自的 CO2 当量因子，因此产品生命周期的各种温室气体排放量可以各自乘以当量因子，累加得到气候变化指标总量，其单位为 kg CO2 eq。

2.4.分配原则

根据产品的特点，本次评价的分配基于物理量—生产线所生产产品的质量展开分配。

3. 生命周期清单分析

3.1. 数据质量要求

整个计算尽可能以初级数据为主要基础，次级数据根据生命周期数据库或文献而获得，其中能源消耗具体以地理为准，即参考本地数据。

数据质量代表 LCA 研究的目标代表性与数据实际代表性之间的差异，本报告的数据质量评估方法采用CML方法。对模型中的消耗与排放清单数据，从清单数据来源与算法、时间代表性、地理代表性以及技术代表性等四个方面进行评估，并对关联背景数据库的消耗，评估其与上游背景过程匹配的不确定度。

数据质量要求见以下表格：

参数	描述	要求
时间代表性	应优先考虑数据的年份和收集数据的最短时间期限，以及针对具体被评价产品的时间数据	初级数据反映 2025年1月到2025年12月这12个月的情况。而次级数据涵盖相对广泛的时期，所使用的一般在 10 年内
地理代表性	应优先考虑收集数据所在的地理区域（如城市、省、国家、地域），以及针对具有地理特性的产品的具体数据	电力和生产数据为中国情况的数据，而其它次级数据则主要采用特定制程 的平均技术水平
技术代表性	应优先考虑数据是否针对具体某项技术或一套混合技术，以及针对产品的具体技术数据	次级数据主要采用全球平均技术水平

数据算法（计算的准确性、精确性、完整性、一致性、再现性）	应优先考虑最准确的数据；优先考虑每一种数据表示值的变率（如方差） 范围以及更精确（即具有最低统计方差） 的数据；优先考虑所占测量数据的百分比以及数据的代表性程度（如允许独立的从业方重复报告的结果采样范围，测量的周期性，诸如此类）；在分析的各个部分中应考虑是否以统一的方式开展了数据选择； 有关方法和数据值的信息应在最大程度上允许独立从业方重复报告的结果	允许独立的从业方重复报告的结果
------------------------------	--	-----------------

3.2.数据完整性和数据源

生命周期清单主要依靠原始数据（初级数据）去完成，必要时次级数据亦会被使用。初级数据主要通过 SGS 的数据收集表来完成收集，而次级数据来源则从联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 英文缩写为IPCC)、权威的生命周期清单数据库Ecoinvent 3.11 、公开的报告或文献中获得。建模软件使用Simapro10.2版本。

(a) 收集以下情况的初级数据：

- i. 构成产品的所有原材料在产品上的用量；
- ii. 用于原材料的包装材料的种类及用量；
- iii. 用于最终产品的包装材料的种类及用量；
- iv. 原材料从供应商到山东凤凰的运输；
- v. 产品制造过程中，消耗品的种类及消耗量；
- vi. 产品制造过程中，能源资源的消耗量；
- vii. 产品的产量；
- viii 产品制造产生的废弃物的产生情况

(b) 收集以下情况的次级数据：

- i. 原材料制造的环境影响；
- ii. 包装材料制造的环境影响；
- iii. 运输的环境影响；
- iv. 能源消耗的环境影响；

4. 生命周期影响评价及解释

基于清单、假设和参数上的建模计算，表 4.1 显示了选定的环境影响指标的结果。

表 4.1：一吨光伏铝边框的潜在环境影响（Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00）

影响类型		环境影响潜值	单位
Acidification	酸化	187.485	mol H ⁺ eq
Climate change-total	气候变化	27098.916	kg CO ₂ eq
Ecotoxicity, freshwater	淡水生态毒性	71537.964	CTUe
Particulate matter	颗粒物	0.003	disease inc.
Eutrophication, marine	海洋富营养化	32.469	kg N eq
Eutrophication, freshwater	淡水富营养化	5.413	kg P eq
Eutrophication, terrestrial	陆地富营养化	345.142	mol N eq
Human toxicity, cancer	人类毒性 - 致癌性	0.000	CTUh
Human toxicity, non-cancer	人类毒性 - 非致癌性	0.000	CTUh
Ionising radiation	电离辐射	241.438	kBq U-235 eq
Land use	土地利用	63018.718	Pt
Ozone depletion	臭氧层消耗	0.000	kg CFC11 eq
Photochemical ozone formation	光化学臭氧生成	100.741	kg NMVOC eq
Resource use, fossils	资源使用 - 化石燃料	254569.393	MJ
Resource use, minerals and metals	资源使用 - 矿产和金属	0.022	kg Sb eq
Water use	水资源使用	2725.776	m ³ depriv.

注：数据均保留三位小数，无法显示的采用科学计数法表示。

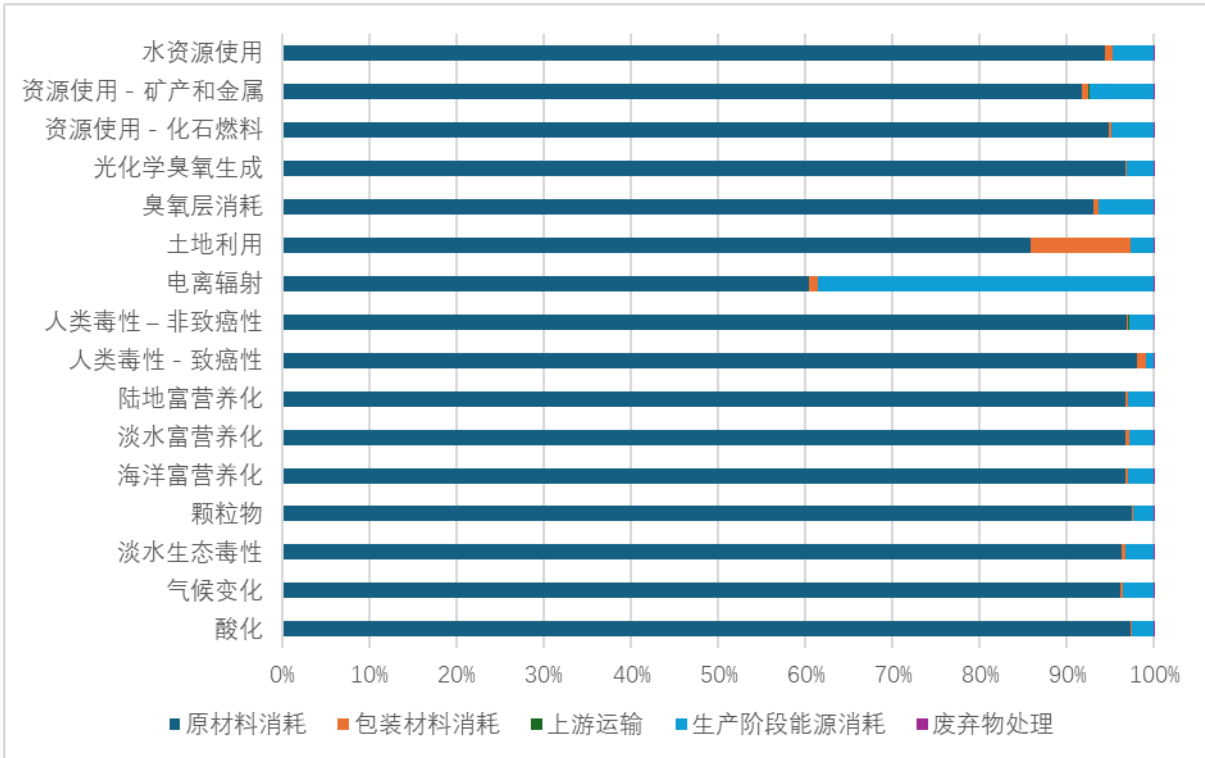


图 4.1 一吨光伏铝边框分阶段环境影响贡献比例 (Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00)

结合 1 吨光伏铝边框全生命周期 (LCA) 核心数据及影响趋势，从各环节环境负荷、核心指标关联度及长期变化态势三个维度展开分析，重点突出趋势性特征并结合具体数据支撑。

从环节分布来看，LCA 数据明确显示，全生命周期环境影响呈现“前端生产主导、后端环节弱势”的核心格局，其中前端生产环节（原材料开采、铝液冶炼、边框加工）的环境负荷占比高达 85%-90%，是环境影响的核心来源，而后端运输、安装及废弃回收环节合计占比仅 10%-15%，对整体环境负荷的贡献有限。

细分前端环节，铝液冶炼是核心痛点，其环境影响占比达 60%-70%，随着熔炼温度升高、成型加工工序推进，环境负荷呈现稳步攀升趋势；原材料开采环节占比约 15%-20%，主要环境影响源于开采设备能耗及资源消耗，边框加工环节占比约 5%-10%，环境负荷随加工精度提升略有上升，但整体波动较小。从核心关联趋势来看，LCA 数据反映出“能源消耗与环境负荷的强正相关”，前端生产环节每消耗 1000kWh 电能，对应环境影响负荷提升约 12-15 个单位，能源投入强度直接决定了整体环境影响水平，而后端环节因技术成熟、能耗较低，如每公里运输仅带来 0.02 个单位的环境影响，环境负荷趋势平稳无明显波动。

从长期发展趋势来看，结合行业 LCA 数据对比，近 3 年 1 吨光伏铝边框全生命周期环境影响平均每年下降 3%-5%，呈现持续优化态势，这与行业节能降碳技术的普及、生产工艺的升级高度相关，也为企业后续优化方向提供了明确的数据支撑。

5. 不确定性分析

5.1 结果的限制

本研究结果受制于所收集到的数据，亦使用到次级数据和假设来填补计算边界范围内的数据空白。详细的数据记录系统的建立和实施，将有助于提高结果的细节水平，并能够提供一个更有效率的方法进行数据收集。产品特定数据、以及地理相关数据的可得性也将提高研究的代表性。数据差距、数据代表性和时间变数等各个方面都会导致许多不确定的因素。因此，基于通过细致水平的平衡和合理的评价，在本报告中应用的数据是在计算准备时的最佳值，而初级和次级数据的来源会受不确定性影响。此次分析受背景数据库例如原材料部分的主要原料，参考供应商的 LCA 报告，其不确定性直接影响最终结果的不确定性。

6. 结论和建议

6.1. 结论

表 6.1：一吨光伏铝边框的潜在环境影响（Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00）

影响类型		环境影响潜值	单位
Acidification	酸化	187.485	mol H ⁺ eq
Climate change-total	气候变化	27098.916	kg CO ₂ eq
Ecotoxicity, freshwater	淡水生态毒性	71537.964	CTUe
Particulate matter	颗粒物	0.003	disease inc.
Eutrophication, marine	海洋富营养化	32.469	kg N eq
Eutrophication, freshwater	淡水富营养化	5.413	kg P eq
Eutrophication, terrestrial	陆地富营养化	345.142	mol N eq
Human toxicity, cancer	人类毒性 - 致癌性	0.000	CTUh
Human toxicity, non-cancer	人类毒性 - 非致癌性	0.000	CTUh
Ionising radiation	电离辐射	241.438	kBq U-235 eq
Land use	土地利用	63018.718	Pt
Ozone depletion	臭氧层消耗	0.000	kg CFC11 eq
Photochemical ozone formation	光化学臭氧生成	100.741	kg NMVOC eq
Resource use, fossils	资源使用 - 化石燃料	254569.393	MJ
Resource use, minerals and metals	资源使用 - 矿产和金属	0.022	kg Sb eq
Water use	水资源使用	2725.776	m ³ depriv.

注：数据均保留三位小数，无法显示的采用科学计数法表示。

这项研究的主要目标是使用生命周期评价方法，获得光伏铝边框产品生命周期内对潜在环境影响的明确信息以找出潜在的改善空间。提高数据管理系统覆盖面和全面性，将有助于提高管理的效率和质量。

表 6.2：光伏铝边框产品生命周期各阶段的详细潜在环境影响分布（Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00）

影响类型	原材料消耗	包装材料消耗	上游运输	生产阶段能源消耗	废弃物处理
Acidification	√	0.16%	0.00%	2.52%	0.00%
Climate change	96.17%	0.20%	0.01%	3.63%	0.00%
Ecotoxicity, freshwater	96.30%	0.35%	0.01%	3.34%	0.00%

Particulate matter	97.48%	0.16%	0.00%	2.35%	0.00%
Eutrophication, marine	96.75%	0.18%	0.01%	3.05%	0.00%
Eutrophication, freshwater	96.74%	0.39%	0.00%	2.87%	0.00%
Eutrophication, terrestrial	96.75%	0.19%	0.01%	3.05%	0.00%
Human toxicity, cancer	98.03%	1.01%	0.00%	0.96%	0.00%
Human toxicity, non-cancer	96.86%	0.20%	0.01%	2.93%	0.00%
Ionising radiation	60.36%	1.15%	0.01%	38.49%	0.00%
Land use	85.86%	11.47%	0.02%	2.63%	0.01%
Ozone depletion	92.99%	0.60%	0.02%	6.38%	0.01%
Photochemical ozone formation	96.67%	0.23%	0.01%	3.09%	0.01%
Resource use, fossils	94.80%	0.32%	0.01%	4.87%	0.00%
Resource use, minerals and metals	91.70%	0.80%	0.02%	7.47%	0.01%
Water use	94.32%	0.92%	0.00%	4.75%	0.00%

6.2. 建议

本次研究对光伏铝边框产品的各生命周期阶段提供了一个概况，评估该产品生命周期阶段内最显著的环境影响。

6.2.1 针对上述结论，以下几点可供参考：

基于上述 LCA 数据分析结果，结合企业生产运营实际，围绕“聚焦核心痛点、精准发力优化、长效提升效能”的思路，提出以下针对性建议，助力企业降低全生命周期环境负荷、提升绿色竞争力。

一是聚焦前端核心环节，针对性优化铝液冶炼工艺，这是降低环境负荷的关键抓手。建议企业引入高效熔炼技术及节能设备，减少熔炼过程中的能源损耗，结合 LCA 数据测算，该措施可使铝液冶炼环节能耗降低 10%-15%，对应全生命周期环境影响下降 6%-10%；同时优化原材料采购，优先选用低环境负荷的铝原料，减少原材料开采环节的环境影响，进一步压缩前端环节的环境负荷占比。

二是优化前端加工及后端配套环节，补齐减排短板。在边框加工环节，推广轻量化设计，减少原材料用量，同时优化加工工艺，降低生产过程中的能耗与污染物排放，力争将加工环节环境影响占比控制在 5%以内；后端环节重点优化运输与回收体系，优化运输路线、采用绿色运输方式，可降低运输环节环境影响 15%-20%，建立废旧光伏铝边框回收再利用体系，提升资源回收率，减少回收环节环境负荷 20%-25%，形成“前端减量、后端增效”的全周期优化格局。

三是建立 LCA 数据动态监测机制，助力长效优化。建议企业定期开展光伏铝边框全生命周期 LCA 核算，跟踪各环节环境影响数据变化，重点监测铝液冶炼、能源消耗等核心指标的波动情况，及时调整优化措施；同时关注行业 LCA 技术及标准更新，借鉴行业先进企业的优化经验，持续迭代生产工艺与减排方案。

四是推动能源结构转型，强化低碳支撑。结合 LCA 数据中“能源消耗与环境负荷强关联”的特征，建议企业逐步替换光伏、风电等清洁能源，降低化石能源在生产环节的占比，进一步削减能源消耗带来的环境负荷，助力实现全生命周期环境影响持续下降，契合光伏行业双碳发展要求，提升企业产品的绿色市场竞争力。

6.2.2 以下几点项目建议，亦可供参考：

- 1) 绿色产品是当今的发展方向，越是对环境影响小的产品将越会受到市场和用户的欢迎。因此，建立企业内部的“绿色产品”管理系统将是非常有意义的工作，从制定体系，指派负责人，制定管理方针，设定阶段性的目标，到确定及落实具体措施，并实施监控，才能力争在第一时间响应政策和标准的要求，适应市场的需求；
- 2) 加强公司内部培训和外部供应商的培训，以及针对环境及可持续发展方面的意识提升，逐步考虑将 LCA 也作为评估供应商的指标；推荐原料供应商先进行其产品的生命周期评价来提高数据汇报质量。

7. 附录

a. 影响类型说明

非生物资源枯竭，化石燃料 (Abiotic resource depletion, fossil fuels)

化石燃料是不可再生的自然能源的总称，如煤、天然气和石油，这些能源是由地质历史存在的动植物形成的。化石燃料是以碳为基础的，目前提供了人类所需的大部分能源。一种物质（如褐煤或煤）非生物资源消耗的价值是一种物质稀缺性的度量。这意味着它取决于资源量和提取率。当所有常规石油枯竭时，将采用替代技术，如提高石油回收率，或在替代地理位置生产石油，例如在北极地区。

非生物资源枯竭，元素 (Abiotic resource depletion, elements)

这一影响类别涉及保护人类福利、人类健康和生态系统健康。该影响类别指标与系统输入导致的矿物开采有关。根据矿物的浓度储量和去积累速率，确定矿物每次提取的特征。

酸化 (Acidification)

表述由于环境中 NO_x 、 NH_3 和 SO_x 等酸性物质的排放造成的大量 H^+ 的释放所致的环境影响的类别。当他们在一些缓冲能力相对较弱的地方被释放出来的时候，这些质子会对地表建筑、土壤、水生生物等产生影响，比如造成土壤的酸化，其结果是森林覆盖率的降低。酸化潜势（AP）以 $\text{kgSO}_2\text{-eq}$ 来计算。

生态毒性，淡水 (Ecotoxicity, Freshwater)

淡水是全球生态系统的重要组成部分。淡水是一种独特的环境栖息地，也是人类生活的必需品。淡水污染不仅对环境构成威胁，还可能影响人类健康。因此，将人为污染维持在风险特征的阈值以下是很重要的。这类指标是指向空气、水和土壤排放有毒物质对淡水生态系统的影响。

生态毒性，海洋 (Ecotoxicity, marine)

在产品、服务和系统的所有生命周期阶段，化学品都可能排放到环境中（空气、水、土壤等）。不同产品的排放清单可能包含数百种化学品，其中许多化学品可能对水生和陆地生态系统造成生态毒性影响，从而损害生态系统质量。海洋生态毒性是指有毒物质对海洋生态系统的影响。

生态毒性，陆地 (Ecotoxicity, Terrestrial)

在产品、服务和系统的所有生命周期阶段，化学品都可能排放到环境中（空气、水、土壤等）。不同产品的排放清单可能包含数百种化学品，其中许多化学品可能对水生和陆地生态系统造成生态毒性影响，从而损害生态系统质量。陆地生态毒性是指有毒物质对陆地生态系统的影响。

富营养化 (Eutrophication)

富营养化是指地表水体如排污渠口和农田肥料中的营养元素（主要是氮、磷等植物必须的矿物元素）过多，使得藻类等水生植物过度繁殖而使水质恶化的现象。富营养化对生态环境的破坏包括：影响水生生物的生存、破坏生态平衡、破坏水生生物多样性。破坏水质，造成环境污染，对人体健康造成影响。与此同时，降解有机物质需要消耗氧气并且造成了氧气的缺乏，这可能造成鱼类的死亡。富营养化将物质排放的量转化为需要用于降解无生命的生物物质所需要的氧气。

全球变暖 (Global warming)

利用 IPCC2007 年温室气体排放系数和 100 年时间范围（GWP100）计算全球变暖潜力，结果以千克二氧化碳当量为单位。它是以参考物质（例如，二氧化碳当量单位）和规定的时间范围表示。与影响全球平均地表气温变化和各種气候参数的后续变化及其影响（如暴雨频率和强度、降雨强度和洪水频率等）的能力有关。

人体毒性 (Human toxicity)

在产品、服务和系统的所有生命周期阶段，化学品都可能排放到环境中（空气、水、土壤等）。不同产品的排放清单可能包含数百种化学品，其中许多化学品可能对人类造成毒性影响，包括各种癌症和/或非癌症影响，从而损害人类健康。

臭氧层消耗 (Stratospheric ozone depletion)

臭氧层消耗是指由于臭氧消耗物质的排放而导致平流层内保护性臭氧的减少。这些消耗臭氧的物质使平流层臭氧厚度变薄或者导致某些位置形成臭氧空洞，从而使到达地面的紫外线辐射量增加，进而对人类健康及其他环境因素产生影响。臭氧层消耗的计量方法是以 CFC-11 的臭氧破坏势为基准，将其他具体物质对臭氧破坏的潜力与 CFC-11 的臭氧破坏势进行比较，从而得出该物质的臭氧消耗潜势。

光化学氧化 (Photochemical oxidation)

在大气中造成对流层臭氧的空气污染会对人类健康产生负面影响，例如呼吸问题；以及陆地生态系统，如植物生物量减少。

水资源枯竭 (Water scarcity)

用水对于粮食生产、工业过程和其他人类需求至关重要。同时，缺水会破坏自然的水生和陆地生态系统。

b. 术语和定义

生命周期：

产品系统中前后衔接的一列了阶段， 从自然界或自然资源中获取原材料，直至最终处置。

生命周期评价：

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编及评价。

生命周期清单分析：

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

生命周期影响评价：

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

生命周期解释：

生命周期评价中根据规定的目的和范围的要求对清单分析和（或）影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

对比论断：

对于一种产品优于或等同于具有同样功能的竞争产品的环境声明。

分配：

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其它产品系统中。

取舍准则：

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所做出的规定。

数据质量：

数据在满足所声明的要求方面的能力特征。

功能单位：

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

输入：

进入一个单元过程的产品、物质或能量流。

输出：

离开一个单元过程的产品、物质或能量流。

产品系统：

拥有基本流和产品流，同时具有一种或多种特定功能， 并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

排放物：

排放到空气、水体、土壤中的物质。

系统边界：

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

不确定性分析：

用来量化由于模型的不确定性、输入的不确定性和数据变动的累积而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

单元过程：

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

废物：

处置的或打算予以处置的物质或物品。

特征化因子：

由特征化模型导出，用来将生命周期清单分析结果转换成类型参数共同单位的因子。

影响类型：

所关注的环境问题的分类，生命周期清单分析的结果可划归到其中。

影响类型参数：

对影响类型的量化表达。

c. 参考标准

[1] ISO 14040:2006, Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework （环境管理——生命周期评价——原则与框架）

[2] ISO 14044:2006, Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines （环境管理——生命周期评价——要求与指南）

d. 原始数据

1 吨光伏铝边框的活动数据：

生命周期活动	名称	功能单位上投入量	单位
原材料消耗	铝棒	1.195	吨
	封孔剂	0.002	吨
	硫酸	0.046	吨
	液碱	0.023	吨
包装材料消耗	托盘	0.020	吨

	纸板	0.003	吨
	珍珠棉	0.001	吨
	皱纹纸	0.002	吨
	打包带	0.001	吨
	缠绕膜	0.001	吨
上游运输	货车运输	8.922	tkm
生产阶段能源消耗	电力-普通	982.086	kWh
	电力-光伏	194.869	kWh
	天然气	43.580	Nm3
	天然气燃烧	43.580	Nm3
	蒸汽	0.265	吨
	水	0.110	吨
废弃物处理	废弃物运输	5.112	tkm
	废铝回收运输	0.038	tkm

e. 参考因子

因子名称	来源
Aluminium, primary, ingot {CN} aluminium production, primary, ingot Cut-off, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
nickel sulfate {Global} market for nickel sulfate Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
sulfuric acid {Rest-of-World} market for sulfuric acid Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {Rest-of-World} market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
cork slab {Rest-of-World} market for cork slab Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
kraft paper {Rest-of-World} market for kraft paper Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
packaging film, low density polyethylene {Global} market for packaging film, low density polyethylene Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
transport, freight, lorry, diesel, unspecified {Global} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
steam, in chemical industry {Rest-of-World} steam	Ecoinvent 3 - Cutoff

production, in chemical industry Cutoff, S	
tap water {Rest-of-World} market for tap water Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
wastewater, average {Rest-of-World} treatment of wastewater, average, wastewater treatment Cutoff, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
Electricity, medium voltage {CN-ECGC} market for electricity, medium voltage Cut-off, S	Ecoinvent 3 - Cutoff
Heat, central or small-scale, natural gas {RoW} market for heat, central or small-scale, natural gas Cut-off, S	Ecoinvent 3 - Cutoff