

山东元旺电工科技有限公司
电工圆铝杆
产品生命周期评价报告

编制单位： 通标标准技术服务有限公司

编制日期： 2025年9月19日

企业名称	山东元旺电工科技有限公司		
企业地址	山东省滨州市惠民县胡集镇创业大道 888 号		
统一社会信用代码	91371626MA3CBYJ15Y		
企业性质	有限责任公司(自然人投资或控股的法人独资)		
联系人	张舒赛	联系方式 (电话、 邮箱)	18854325398 ywdgqgb@sdcxjt.com
评价目的	评价电工圆铝杆从摇篮到大门的生命周期环境影响		
声明单位	1t 电工圆铝杆 (含包装)		

评价结果:

依据 ISO14040:2006、ISO14044:2006 等生命周期评价技术规范对山东元旺电工科技有限公司生产的 1t 电工圆铝杆 (含包装) 产品进行了生命周期评价, 评价范围及结果如下所示:

(1) 系统边界

本研究的系统边界为原材料获取阶段、运输阶段、产品生产阶段的生命周期边界。

(2) 评价结果

本研究利用 SimaPro9.5.0.0 软件系统, 使用 Ecoinvent 3.9 allocation, cut-off by classification-unit 数据库, 建立了 1t 电工圆铝杆 (含包装) 产品生命周期模型, 并使用 EF 3.1 normalization and weighting set 方法计算得到 LCA 结果, 1t 电工圆铝杆 (含包装) 产品的 LCA 结果分析如下:

1t 电工圆铝杆产品 (含包装) 产品 LCA 结果

参数	单位	从摇篮到大门
酸化 Acidification	mol H ⁺ eq	1.44E+02
气候变化 Climate change	合计 Total	2.40E+04
	生物源 Biogenic	6.50E+00
	化石源 Fossil	2.39E+04
	土地利用和土地 使用变化	3.10E+01

	Land use and LU change		
颗粒物 Particulate matter		disease inc.	1.97E-03
富营养化 Eutrophication	海洋 marine	kg N eq	2.55E+01
	淡水 freshwater	kg P eq	6.55E+00
	陆上 terrestrial	mol N eq	2.70E+02
臭氧层破坏 Ozone depletion		kg CFC11 eq	2.17E-04
光化学臭氧生成 Photochemical ozone formation		kg NMVOC eq	8.11E+01
资源利用 Resource use	化石能源 fossils	MJ	2.20E+05
	矿产和金属 minerals and metals	kg Sb eq	2.27E-02
水使用 Water use		m ³	1.38E+03

(3) 生态设计建议

基于山东元旺电工科技有限公司生产的 1t 电工圆铝杆（含包装）产品 LCA 结果，对减少环境影响方面提出以下建议：

- 1) 电工圆铝杆原材料获取过程中采用的原辅料消耗对环境的影响直接影响本产品生命周期环境影响评价结果，建议采用绿电生产的电解铝液；
- 2) 生产阶段用电对各项环境指标影响较大，建议通过工艺改进、采取节能降耗措施、使用清洁能源电力，减少生产阶段中电力使用产生的影响；
- 3) 加强供应商管理，促进原材料供应商在原材料生产过程中减少原料、物料和能源消耗，降低对环境的影响。

目录

1 目标与范围定义	- 1 -
1.1 目标定义	- 1 -
1.1.1 产品信息	- 1 -
1.1.2 声明单位	- 1 -
1.1.3 数据代表性	- 1 -
1.1.4 研究目的	- 2 -
1.2 范围定义	- 2 -
1.2.1 系统边界	- 2 -
1.2.2 取舍原则	- 3 -
1.2.3 分配原则	- 4 -
1.2.4 假设	- 4 -
1.2.5 环境影响类型	- 4 -
1.2.6 数据质量要求	- 6 -
1.2.7 软件与数据库	- 7 -
2 生命周期清单分析	- 7 -
2.1 前景数据	- 7 -
2.2 背景数据	- 9 -
3 生命周期影响评价	- 11 -
3.1 LCA 结果	- 11 -
3.2 对环境造成影响的贡献清单	- 13 -
3.3 对环境造成影响的贡献比例	- 17 -
4 生命周期结果解释	- 20 -
4.1 完整性与一致性说明	- 20 -
4.1.1 完整性说明	- 20 -
4.1.2 一致性说明	- 20 -
4.2 数据质量评估结果	- 21 -

4.3 敏感性分析	- 22 -
5 结论、限制与建议	- 23 -
5.1 结论	- 23 -
5.2 限制	- 23 -
5.3 建议	- 24 -

1 目标与范围定义

1.1 目标定义

1.1.1 产品信息

本研究的研究对象为：**1t 电工圆铝杆产品（含包装）**，电工圆铝杆是专门为电力传输和电磁线制造而设计的基础原材料，通过连铸连轧设备将铝液制成连续、实心、圆形截面的铝杆材。



图 1 电工圆铝杆产品

1.1.2 声明单位

本报告以 **1t 电工圆铝杆（含包装）** 为声明单位。

1.1.3 数据代表性

报告代表企业 LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日
- (2) 地理代表性：中国山东省滨州市
- (3) 技术代表性：
 - 主要原料：电解铝液、铝锭
 - 主要能耗：电力

1.1.4 研究目的

本研究的目的是根据 ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 标准, 评估该公司生产的重熔用铝锭的环境影响。本报告也可以为第三方产品环保声明提供详细的信息和数据支持, 为产品设计者和购买者提供可靠的产品环境影响信息。

研究结果将为产品的生产者、设计者、购买者和认证者之间的有效沟通提供适当的参考。本研究结果的潜在交流群体为该公司内部管理人员、第三方认证机构、产品设计人员、绿色产品标准开发商、产品购买者, 以及公司外部利益相关者, 如原材料供应商、企业、当地政府和环保非政府组织。数据资料也可用于下列用途:

- 产品回收应用
- 类似产品对标
- 绿色产品评估
- 绿色采购和供应链决策
- 分析具体指标, 如碳足迹或不可再生资源消耗等

1.2 范围定义

1.2.1 系统边界

本研究的系统边界为原材料获取阶段、运输阶段、产品生产阶段。1t 电工圆铝杆 (含包装) 生命周期系统边界图见图 2。

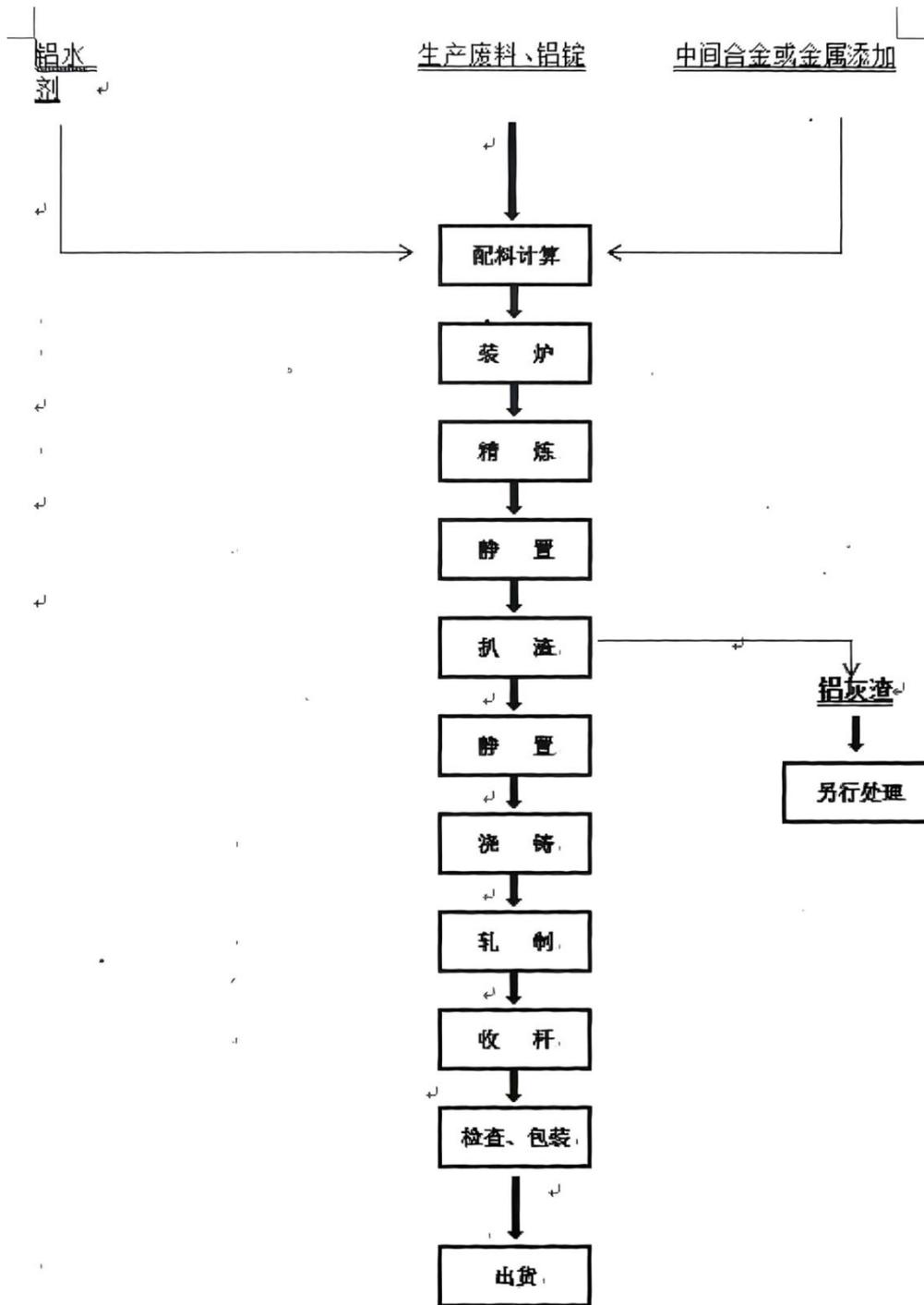


图 2 1t 电工圆铝杆（含包装）生命周期系统边界图

1.2.2 取舍原则

本研究采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

能源的所有输入均列出；

原料的所有输入均列出；

普通物料重量 $<1\%$ 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 $<0.1\%$ 产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5% ；

低价值废物作为原料，可忽略其上游生产数据；

列出国家或地方相关标准规定的大气、水体、土壤的各种污染物和固体废物。

道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂内人员及生活设施的消耗及排放，均忽略。

任何有毒有害物质均不可忽略。

1.2.3 分配原则

许多流程通常不只一个功能或输出，流程的环境负荷需要分配到不同的功能和输出中，当前有不同的方式来完成分配，主要有 a.避免分配；b.以物理因果关系为基准分配环境负荷；c.使用社会经济学分配基准；

本产品在生产过程中无副产物产出，不涉及分配。

1.2.4 假设

本产品生命周期模型建立过程中所有原材料的消耗量均来自于企业实际生产数据或基于企业生产情况的合理性估计。

其中原材料的运输方式均为陆上公路运输，由于生态环境部要求在2020年7月1日（即在评价日期2024年之前）重型运输车辆须符合国六a排放标准，国六排放标准略严于欧六标准，则默认所有运输车辆均为符合EURO6标准。

每声明单位产品生产阶段消耗的原材料的量、能源资源的量均相同；产生废弃物的量都相同。

1.2.5 环境影响类型

本研究选择了气候变化、酸化、颗粒物、富营养化、臭氧层破坏、光化学臭氧形成、资源利用和水使用，八类环境影响指标计算，具体见下表所示。

表 1-1 环境影响类型指标

参数		单位	主要清单物质
酸化 Acidification		mol H ⁺ eq	SO ₂ 、NO _x 、 NH ₃ ...
气候变化 Climate change	合计 Total	kg CO ₂ eq	CO ₂ 、CH ₄ 、 N ₂ O...
	生物源 Biogenic		
	化石源 Fossil		
	土地利用和土地 使用变化 Land use and LU change		
颗粒物 Particulate matter		disease inc.	尘、灰、气溶 胶...
富营养化 Eutrophication	海洋 marine	kg N eq	NH ₃ 、MH ₄ -N、 COD...
	淡水 freshwater	kg P eq	
	陆上 terrestrial	mol N eq	
臭氧层破坏 Ozone depletion		kg CFC11 eq	CFC、HCFC...
光化学臭氧生成 Photochemical ozone formation		kg NMVOC eq	NMVOC...
资源利用 Resource use	化石能源 fossils	MJ	煤、石油、天然 气...
	矿产和金属 minerals and metals	kg Sb eq	铝、铁、铜...
水使用 Water use		m ³	水

注：eq 是 equivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化指标是以 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特征化因子，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，累加到气候变化指标总量（通常也称为产品碳足迹，Carbon Footprint of Product, CFP），其单位为 kg CO₂ eq。

1.2.6 数据质量要求

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蒙特卡洛分析方法。

蒙特卡洛分析方法对模型中的消耗与排放清单数据，从可靠性、完整性、时间相关性、地理相关性、进一步的技术关系等五个方面进行评估。数据库中保护背景数据库的上游背景数据过程数据的不确定度。完成清单不确定度评估后计算不确定度传递与累积，得到 LCA 结果的不确定度。

表 1-2 数据质量（不确定度）得分表

分数	1	2	3	4	5
U1 可靠性	检验数据基于测量	检验数据部分基于假设或者未证实数据基于测量	未证实数据部分基于合格的评估	合格的评估（像工业专家）；数据来源理论信息（化学计量、焓等）	不合格评估
	1.00	1.05	1.10	1.20	1.50
U2 完整性	代表性数据来自所考虑市场的所有相关站点，一定时期内平稳波动	代表性数据来自所考虑市场的>50%相关站点，一定时期内平稳波动	代表性数据来自所考虑市场的<<50%相关站点，或者更短时期内>50%站点	代表性数据来自所考虑市场的一个站点或者更短时间内的一些站点	代表性未知，或者数据来源于更短时间的少量站点
	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20
U3 时间相关性	与参考年份相差少于3年	与参考年份相差少于6年	与参考年份相差少于10年	与参考年份相差少于15年	数据年龄未知，或与参考年份相差大于15年
	1.00	1.03	1.10	1.20	1.50
U4 地域相关性	数据来源于正在研究的区域	平均数据来源于包括正在研究区域以内的更大区域	数据来源比正在研究更小的区域或者相似区域	数据来源于有相似生产状况的区域	数据来源于未知区域或者明显不同的区域
	1.00	1.01	1.02	1.05	1.10
U5	数据来源	数据来源于	数据来源与同	数据来源于不	数据来源

技术相关性	于正在研究二点企业，流程和材料（例如相同的技术）	相同技术，不同企业的流程和材料	一技术的相关流程或者材料，或者正在研究的流程和材料但是不同技术	同技术的相关流程和材料，或者数据来源于实验室规模的流程和相同技术	于实验室规模不同的技术的相关的相关流程和材料
		1.05	1.20	1.50	2.00
U6 样本大小	>100,连续测量，购买产品的平衡	>20	>10,环保报告中的汇总图	>=3	未知
	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20

1.2.7 软件与数据库

本研究采用 SimaPro 9.5.0.0 软件系统，建立了电工圆铝杆（含包装）生命周期模型，并使用 EF 3.1 normalization and weighting set 方法计算得到 LCA 结果。

2 生命周期清单分析

本研究的生命周期数据包括前景数据和背景数据。前景数据由该公司生产部门和体系管理部门的工作人员收集提供，背景数据来自 Ecoinvent 数据库，这些数据属于从“摇篮”到“大门”类别。

2.1 前景数据

前景数据由公司员工收集并提供，数据收集者通过物料平衡检查对数据进行审核，确保数据符合真实的生产情况。

表 2-1 前景数据表

阶段	名称	数据	单位
	电解铝液	231354.37	t
	铜	0.75	t

原材料获取阶段	镁锭	114.51	t
	中间合金	1994.30	t
	铁剂	62.93	t
	精炼剂	393.68	t
	废铝清渣剂	1101.47	t
	铝锭	11199.66	t
	回收边角料	10118	t
	耐火泥	0.03	t
	大豆油	1.86	t
	石棉绳	9.17	t
	石棉板	6.187	t
	滑石粉	17.41	t
	过滤板	3.75	t
	液体润滑油	1.8	t
	乳液	30.21	t
	液压油	4.93	t
	编织袋	27.37	t
	纸壳	5.14	t
	打包带	13.35	t
	木托	58.03	t
	打包钢带	0.35	t
消费前废铝	6896.07	t	
运输阶段	货运（7.5-16）	7136.07	t*km
	货运（16-32）	13221986.48	t*km
	电	21024838.60	KWh
	天然气	4160992.00	m ³
	柴油	31.04	t
	水	135907.00	m ³
	氮氧化物	3.84	t

生产阶段	颗粒物	0.33	t
	二氧化硫	0.23	t
	VOCs	0.16	t
	危废处置	2120.32	t

2.2 背景数据

背景数据来自 Ecoinvent 数据库，这些数据属于从“摇篮”到“大门”类别。

表 2-2 背景数据表

清单名称	所属阶段	数据集名称	数据库名称
电解铝液		Aluminium, primary, liquid {RoW} aluminium production, primary, liquid, Soderberg Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1- allocation, cut-off by classification-unit
铜		Copper, anode {GLO} market for copper, anode Cut-off, U	
镁锭		Magnesium {CN} magnesium production, pigeon process Cut-off, U	
中间合金		Aluminium alloy, metal matrix composite {RoW} aluminium alloy production, Metallic Matrix Composite Cut-off, U	
铁剂		Pig iron {RoW} pig iron production Cut-off, U	
精炼剂		Magnesium chloride, from titanium sponge production {GLO} magnesium chloride, from titanium sponge production, Recycled Content cut-off Cut-off, U	
		Sodium chloride, powder {RoW} sodium chloride production, powder Cut-off, U	
废铝清渣剂		Sodium chloride, powder {RoW} sodium chloride production, powder Cut-off, U	
铝锭	Aluminium, primary, ingot {CN} aluminium		

		production, primary, ingot Cut-off, U	
回收边角料		Aluminium scrap, new {RoW} market for aluminium scrap, new Cut-off, U	
耐火泥		Refractory, fireclay, packed {RoW} refractory production, fireclay, packed Cut-off, U	
大豆油		Soybean oil, crude {RoW} soybean meal and crude oil production Cut-off, U	
石棉绳		Asbestos, chrysotile type {GLO} asbestos production, chrysotile type Cut-off, U	
石棉板		Asbestos, chrysotile type {GLO} asbestos production, chrysotile type Cut-off, U	
滑石粉		Steatite {GLO} market for steatite Cut-off, U	
过滤板		Zeolite, powder {RoW} zeolite production, powder Cut-off, U	
液体润滑油		Base oil {RoW} base oil production, petroleum refinery operation Cut-off, U	
乳液		Base oil {RoW} base oil production, petroleum refinery operation Cut-off, U	
液压油		Naphtha {RoW} market for naphtha Cut-off, U	
编织袋		Textile, nonwoven polypropylene {RoW} textile production, nonwoven polypropylene, spunbond Cut-off, U	
纸壳		Corrugated board box {RoW} corrugated board box production Cut-off, U	
打包带		Zinc coat, coils {RoW} zinc coating, coils Cut-off, U	
木托		Sawnwood, beam, hardwood, raw, dried (u=20%) {RoW} beam, hardwood, raw, kiln drying to u=20% Cut-off, U	
打包钢带		Sheet rolling, steel {GLO} market for sheet rolling, steel Cut-off, U	

消费前废铝		/	
汽运 (16-32t)	运输阶段	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	
汽运 (7.5-16t)		Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, U	
电	生产阶段	Electricity, medium voltage {CN} market group for electricity, medium voltage Cut-off, U	
天然气		Natural gas, high pressure {CN} market for natural gas, high pressure Cut-off, U	
柴油		Diesel, low-sulfur {RoW} diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation Cut-off, U	
水		Tap water {RoW} market for tap water Cut-off, U	
氮氧化物		Nitrogen oxides	
颗粒物		Particulates, unspecified	
二氧化硫		Sulfur dioxide	
VOCs		VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	
危废处置		Hazardous waste, for incineration {RoW} treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration Cut-off, U	

3 生命周期影响评价

3.1 LCA 结果

根据以上各项数据，在 SimaPro9.5.0.0 软件中，使用 EF 3.1 normalization and weighting set 方法，对 1t 电工圆铝杆（含包装）进行计算，计算指标为气候变化、酸化、颗粒物、富营养化、臭氧层破坏、光化学臭氧形成、资源利用

和水使用，八类环境影响评价结果如下表所示：

表 3-1 1t 电工圆铝杆（含包装）产品 LCA 结果

参数		单位	从摇篮到大门
酸化 Acidification		mol H ⁺ eq	1.44E+02
气候变化 Climate change	合计 Total	kg CO ₂ eq	2.40E+04
	生物源 Biogenic		6.50E+00
	化石源 Fossil		2.39E+04
	土地利用和土地 使用变化 Land use and LU change		3.10E+01
颗粒物 Particulate matter		disease inc.	1.97E-03
富营养化 Eutrophication	海洋 marine	kg N eq	2.55E+01
	淡水 freshwater	kg P eq	6.55E+00
	陆上 terrestrial	mol N eq	2.70E+02
臭氧层破坏 Ozone depletion		kg CFC11 eq	2.17E-04
光化学臭氧生成 Photochemical ozone formation		kg NMVOC eq	8.11E+01
资源利用 Resource use	化石能源 fossils	MJ	2.20E+05
	矿产和金属 minerals and metals	kg Sb eq	2.27E-02
水使用 Water use		m ³	1.38E+03

3.2 对环境造成影响的贡献清单

产品生命周期阶段的环境负荷如下表所示：

表 3-2 1t 电工圆铝杆（含包装）清单数据贡献清单

影响类别	酸化	气候变化 (合计)	气候变 化-生物 源性	气候变 化-化石 燃料	气候变 化-土地 利用和土 地使用变 化	颗粒物	富营养 化-海洋	富营养 化-淡水	富营养 化-陆地	臭氧层破 坏	光化学臭 氧生成	资源使 用-化石 燃料	资源使 用-矿物 和金属	水的使用
	Acidificat ion	Climate change	Climate change - Biogenic	Climate change - Fossil	Climate change - Land use and LU change	Particulat e matter	Eutrophic ation, marine	Eutrophic ation, freshwater	Eutrophic ation, terrestrial	Ozone depletion	Photoche mical ozone formation	Resource use, fossils	Resource use, minerals and metals	Water use
电解铝液	1.36E+02	2.26E+04	6.03E+00	2.26E+04	3.04E+01	1.84E-03	2.41E+01	6.24E+00	2.54E+02	2.05E-04	7.64E+01	2.08E+05	1.38E-02	1.23E+03
铜	2.23E-03	1.79E-02	5.10E-05	1.78E-02	3.71E-05	3.95E-09	7.63E-05	1.08E-04	1.09E-03	2.30E-10	3.43E-04	2.15E-01	3.19E-05	3.27E-02
镁锭	5.58E-02	1.36E+01	5.89E-03	1.36E+01	7.61E-03	1.14E-05	1.37E-02	5.72E-03	1.41E-01	3.41E-07	7.14E-02	1.65E+02	2.44E-05	1.08E+00
中间合金	1.01E+00	1.57E+02	1.92E-01	1.56E+02	3.74E-01	1.19E-05	1.68E-01	5.45E-02	1.75E+00	1.87E-06	5.44E-01	1.60E+03	8.08E-03	2.48E+01
铁剂	1.51E-03	4.08E-01	6.02E-05	4.08E-01	1.02E-04	3.17E-08	3.51E-04	1.50E-04	3.72E-03	9.56E-09	2.12E-03	4.11E+00	2.02E-07	2.18E-02
精炼剂	1.00E-03	1.46E-01	4.17E-04	1.45E-01	2.34E-04	9.67E-09	1.85E-04	8.68E-05	1.71E-03	1.21E-09	4.91E-04	1.62E+00	5.01E-06	-1.26E-02
废铝清渣剂	7.02E-03	1.02E+00	2.92E-03	1.01E+00	1.63E-03	6.76E-08	1.30E-03	6.07E-04	1.20E-02	8.48E-09	3.43E-03	1.13E+01	3.50E-05	-8.79E-02
铝锭	6.71E+00	1.03E+03	2.36E-01	1.03E+03	1.22E-01	9.63E-05	1.16E+00	2.22E-01	1.23E+01	7.42E-06	3.61E+00	8.92E+03	5.57E-04	9.14E+01
回收边角料	1.05E-02	1.50E+00	4.96E-04	1.50E+00	4.79E-03	1.48E-07	3.71E-03	1.48E-04	3.98E-02	2.44E-08	1.25E-02	2.07E+01	4.25E-06	1.16E-01
耐火泥	3.16E-07	7.90E-05	4.25E-07	7.86E-05	4.53E-08	6.38E-12	1.18E-07	9.51E-09	1.27E-06	1.11E-12	4.29E-07	1.10E-03	1.01E-10	5.27E-06
大豆油	5.39E-05	5.70E-02	3.62E-06	6.75E-03	5.03E-02	5.05E-10	1.19E-04	3.74E-06	1.96E-04	1.37E-10	6.88E-05	5.23E-02	2.40E-08	1.89E-03
石棉绳	9.05E-06	1.29E-03	1.75E-06	1.29E-03	1.90E-06	2.89E-10	1.87E-06	5.00E-07	2.17E-05	7.76E-12	5.78E-06	1.49E-02	2.17E-09	1.73E-04
石棉板	6.11E-06	8.73E-04	1.18E-06	8.71E-04	1.28E-06	1.95E-10	1.26E-06	3.38E-07	1.46E-05	5.24E-12	3.90E-06	1.01E-02	1.46E-09	1.16E-04
滑石粉	3.41E-04	3.79E-02	1.31E-05	3.78E-02	1.40E-05	9.00E-09	1.48E-04	2.61E-06	1.65E-03	6.01E-10	4.79E-04	4.88E-01	9.90E-08	1.96E-03

过滤板	4.80E-04	7.73E-02	9.28E-05	7.71E-02	8.57E-05	5.68E-09	9.11E-05	2.94E-05	9.18E-04	1.43E-08	2.91E-04	9.18E-01	8.57E-07	4.61E-02
液体润滑油	7.11E-05	1.12E-02	2.62E-06	1.12E-02	1.99E-06	7.65E-10	9.21E-06	3.34E-07	8.70E-05	4.60E-10	6.80E-05	4.40E-01	3.91E-09	1.22E-03
乳液	1.19E-03	1.87E-01	4.40E-05	1.87E-01	3.34E-05	1.28E-08	1.55E-04	5.61E-06	1.46E-03	7.72E-09	1.14E-03	7.39E+00	6.56E-08	2.05E-02
液压油	7.09E-05	1.37E-02	5.35E-06	1.36E-02	5.26E-06	3.98E-10	1.66E-05	8.44E-07	1.52E-04	1.02E-09	1.37E-04	9.91E-01	1.11E-08	1.19E-03
编织袋	1.39E-03	3.14E-01	5.00E-04	3.13E-01	2.43E-04	1.35E-08	2.70E-04	6.99E-05	2.85E-03	3.65E-09	1.09E-03	8.98E+00	1.38E-06	4.83E-02
纸壳	1.23E-04	2.46E-02	2.09E-03	2.23E-02	2.25E-04	2.64E-09	5.21E-05	8.92E-06	3.33E-04	8.39E-10	1.05E-04	2.89E-01	7.75E-08	7.97E-03
打包带	1.15E-03	1.13E-02	4.73E-05	1.12E-02	2.92E-05	1.10E-08	5.05E-05	8.23E-06	4.96E-03	4.52E-10	5.93E-05	1.68E-01	3.37E-06	8.25E-03
木托	1.88E-04	2.43E-02	8.36E-05	2.38E-02	4.20E-04	1.04E-08	6.83E-05	1.15E-05	7.29E-04	2.50E-10	2.91E-04	3.00E-01	4.17E-08	3.49E-03
打包钢带	2.28E-09	5.11E-07	8.85E-10	5.10E-07	5.55E-10	3.25E-14	5.09E-10	2.08E-10	5.28E-09	8.20E-15	2.25E-09	6.36E-06	9.01E-13	3.89E-07
消费前废铝	0.00E+00													
货运（7.5-16）	1.64E-05	6.78E-03	1.80E-06	6.77E-03	3.43E-06	4.34E-10	3.90E-06	5.44E-07	4.01E-05	1.04E-10	2.13E-05	9.38E-02	2.13E-08	3.91E-04
货运（16-32）	2.42E-02	9.79E+00	2.59E-03	9.78E+00	5.15E-03	7.29E-07	5.91E-03	8.00E-04	6.07E-02	1.54E-07	3.23E-02	1.38E+02	3.18E-05	6.14E-01
电	4.16E-01	7.87E+01	1.13E-02	7.87E+01	3.10E-02	5.83E-06	8.86E-02	1.42E-02	9.42E-01	1.42E-07	2.49E-01	7.64E+02	5.02E-05	8.67E+00
天然气	1.14E-02	4.14E+01	3.04E-03	4.14E+01	2.00E-03	1.14E-07	3.87E-03	3.61E-04	4.18E-02	1.49E-07	5.31E-02	6.12E+02	5.29E-06	4.56E-01
柴油	6.12E-04	4.85E-01	3.24E-05	4.85E-01	2.95E-05	4.64E-09	1.11E-04	4.76E-06	1.02E-03	6.87E-09	9.26E-04	6.66E+00	6.67E-08	9.26E-03
水	3.49E-03	6.62E-01	1.04E-03	6.60E-01	8.73E-04	4.44E-08	7.11E-04	2.39E-04	7.27E-03	1.28E-07	2.34E-03	7.92E+00	3.01E-06	2.18E+01
氮氧化物	1.12E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E-08	5.86E-03	0.00E+00	6.42E-02	0.00E+00	1.51E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
颗粒物	0.00E+00													
二氧化硫	1.20E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.35E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.45E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
VOCs	0.00E+00	1.48E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00									
危废处置	2.88E-02	2.06E+01	9.41E-03	2.06E+01	5.16E-03	3.07E-07	6.95E-03	5.68E-03	6.74E-02	1.34E-06	2.41E-02	9.71E+01	2.67E-05	2.58E+00

3.3 对环境造成影响的贡献比例

表 3-3 1t 电工圆铝杆（含包装）清单数据贡献比例

影响类别	酸化	气候变化 (合计)	气候变 化-生物 源性	气候变 化-化石 燃料	气候变 化-土地 利用和土 地使用变 化	颗粒物	富营养 化-海洋	富营养 化-淡水	富营养 化-陆地	臭氧层破 坏	光化学臭 氧生成	资源使 用-化石 燃料	资源使 用-矿物 和金属	水的使用
	Acidificat ion	Climate change	Climate change - Biogenic	Climate change - Fossil	Climate change - Land use and LU change	Particulat e matter	Eutrophic ation, marine	Eutrophic ation, freshwater	Eutrophic ation, terrestrial	Ozone depletion	Photoche mical ozone formation	Resource use, fossils	Resource use, minerals and metals	Water use
电解铝液	94.24%	94.34%	92.80%	94.34%	98.04%	93.55%	94.26%	95.35%	94.26%	94.64%	94.29%	94.38%	60.97%	89.02%
铜	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%
镁锭	0.04%	0.06%	0.09%	0.06%	0.02%	0.58%	0.05%	0.09%	0.05%	0.16%	0.09%	0.08%	0.11%	0.08%
中间合金	0.70%	0.65%	2.95%	0.65%	1.21%	0.60%	0.66%	0.83%	0.65%	0.86%	0.67%	0.73%	35.60%	1.79%
铁剂	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
精炼剂	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%
废铝清渣剂	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.15%	-0.01%
铝锭	4.66%	4.30%	3.63%	4.31%	0.40%	4.89%	4.56%	3.38%	4.57%	3.42%	4.45%	4.05%	2.45%	6.62%

回收边角料	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.02%	0.01%
耐火泥	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
大豆油	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
石棉绳	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
石棉板	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
滑石粉	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
过滤板	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
液体润滑油	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
乳液	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
液压油	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
编织袋	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%
纸壳	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
打包带	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%
木托	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
打包钢带	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
消费前废铝	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
货运（7.5-16）	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
货运（16-32）	0.02%	0.04%	0.04%	0.04%	0.02%	0.04%	0.02%	0.01%	0.02%	0.07%	0.04%	0.06%	0.14%	0.04%
电	0.29%	0.33%	0.17%	0.33%	0.10%	0.30%	0.35%	0.22%	0.35%	0.07%	0.31%	0.35%	0.22%	0.63%
天然气	0.01%	0.17%	0.05%	0.17%	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.02%	0.07%	0.07%	0.28%	0.02%	0.03%
柴油	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

水	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%	0.01%	1.58%
氮氧化物	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.02%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
颗粒物	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
二氧化硫	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
VOCs	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
危废处置	0.02%	0.09%	0.14%	0.09%	0.02%	0.02%	0.03%	0.09%	0.03%	0.62%	0.03%	0.04%	0.12%	0.19%

4 生命周期结果解释

4.1 完整性与一致性说明

4.1.1 完整性说明

(1) 模型完整性

本次报告中产品生命周期模型为原材料获取阶段、运输阶段、产品生产阶段，满足本研究对系统边界的定义。

(2) 清单数据完整性

测算产品碳足迹评价过程完全依据企业实际的生产情况开展，所填报的各个过程清单输入输出数据来自生产系统、能源系统、现场生产记录等，所有数据收集没有遗漏，满足生命周期评价的完整性要求。

(3) 背景数据完整性

本研究所使用的背景数据库是 Ecoinvent 数据库。Ecoinvent 数据库包含欧洲及世界多个国家的单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。其包含了主要的过程，满足背景数据库完整性的要求。

4.1.2 一致性说明

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。现就此次电工圆铝杆（含包装）生命周期影响评价过程予以说明：

(1) 同一产品系统生命周期中以及不同产品系统间数据质量的差别与研究的目的和范围一致；

(2) 一致地应用了数据代表性差别，包括时间、地域、技术代表性；

(3) 所有的产品系统都应用了一致的分配规则和取舍原则；

(4) 所应用的生命周期影响评价方法一致。

因此，在整个电工圆铝杆（含包装）生命周期影响评价研究中，所应用的假设、方法和数据，满足一致性要求。

4.2 数据质量评估结果

报告采用蒙特卡洛模拟分析质量评估方法，在 SimaPro9.5.0.0 系统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），得到数据质量评估结果如下表。

表 4-1 LCA 数据质量评估结果

环境影响类别		单位	中值	结果上下限 (95%置信区间)
酸化 Acidification		mol H ⁺ eq	1.43E+02	[1.24E+02,1.70E+02]
气候变化 Climate change	合计 Total	kg CO ₂ eq	2.39E+04	[2.05E+04,2.81E+04]
	生物源 Biogenic	kg CO ₂ eq	6.41E+00	[4.86E+00,8.85E+00]
	化石源 Fossil	kg CO ₂ eq	2.39E+04	[2.05E+04,2.80E+04]
	土地利用和土地 使用变化 Land use and LU change	kg CO ₂ eq	3.01E+01	[2.12E+01,4.70E+01]
富营养化 Eutrophication	海洋 marine	kg N eq	5.70E+00	[2.36E+00,1.73E+01]
	淡水 freshwater	kg P eq	2.53E+01	[2.18E+01,3.03E+01]
	陆上 terrestrial	mol N eq	2.68E+02	[2.28E+02,3.23E+02]
臭氧层破坏 Ozone depletion		kg CFC11 eq	2.12E-04	[1.56E-04,3.07E-04]
颗粒物 Particulate matter		disease inc.	1.75E-03	[1.08E-03,4.14E-03]
光化学臭氧生成 Photochemical ozone formation		kg NMVOC eq	8.06E+01	[6.85E+01,9.88E+01]
资源利用 Resource use	化石能源 fossils	MJ	2.15E+05	[1.39E+05,3.95E+05]
	矿产和金属 minerals and metals,	kg Sb eq	2.17E-02	[1.43E-02,3.57E-02]
水使用 Water use		m ³	4.19E+04	[-8.41E+05,7.23E+05]

4.3 敏感性分析

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。表中罗列了清单对不同环境影响类型的贡献率。敏感度分析的定义是通过确定 ISO 14044: 2006 对数据、分配方法、参数的计算的不确定性对最终结果和结论的影响来评估其可靠性，选取对本产品影响最大的两个投入品，推断其投入物对环境影晌类别的敏感性。

表 4-2 敏感性分析

环境影响类别		单位	电解铝液		铝锭	
变异		/	-10%	+10%	-10%	+10%
酸化 Acidification		mol H ⁺ eq	1.30E+02	1.58E+02	1.43E+02	1.43E+02
气候变化 Climate change	合计 Total	kg CO ₂ eq	2.18E+04	2.62E+04	2.39E+04	2.39E+04
	生物源 Biogenic	kg CO ₂ eq	5.81E+00	7.10E+00	6.48E+00	6.48E+00
	化石源 Fossil	kg CO ₂ eq	2.17E+04	2.62E+04	2.38E+04	2.38E+04
	土地利用 和土地使 用变化 Land use and LU change	kg CO ₂ eq	2.77E+01	3.40E+01	3.10E+01	3.10E+01
颗粒物 Particulate matter		disease inc.	1.92E-03	2.15E-03	1.96E-03	1.96E-03
富营养化 Eutrophication	海洋 marine	kg N eq	2.32E+01	2.79E+01	2.54E+01	2.54E+01
	淡水 freshwater	kg P eq	5.95E+00	7.17E+00	6.52E+00	6.52E+00
	陆上 terrestrial	mol N eq	2.45E+02	2.95E+02	2.68E+02	2.68E+02
臭氧层破坏 Ozone depletion		kg CFC11 eq	2.00E-04	2.38E-04	2.16E-04	2.16E-04
光化学臭氧生成 Photochemical ozone formation		kg NMVO C eq	7.39E+01	8.87E+01	8.07E+01	8.07E+01

资源利用 Resource use	化石能源 fossils	MJ	2.00E+05	2.41E+05	2.19E+05	2.19E+05
	矿产和金属 minerals and metals	kg Sb eq	1.38E-02	2.41E-02	2.27E-02	2.27E-02
水使用 Water use		m ³	1.25E+03	1.50E+03	1.37E+03	1.37E+03

5 结论、限制与建议

5.1 结论

通过分析 1t 电工圆铝杆（含包装）的生命周期环境影响，从原材料生产运输到产品生产各阶段的气候变化、酸化、颗粒物、富营养化、臭氧层破坏、光化学臭氧形成、资源利用和水使用八类环境影响指标的量化、评价和分析，从第 3 章的分析结果，可以看出原材料获取阶段对各项环境影响指标均较大，产品生产阶段对各项环境影响指标贡献其次，运输阶段对各项环境影响指标相对较小。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。

5.2 限制

本次报告未考虑产品运输、产品使用、产品安装、产品维护、产品维修、产品拆解、回收利用、产品废弃阶段以及再利用、回收和再循环阶段。原料由于企业无法获得上游原材料生产数据，因此原材料的上游数据大部分来自于数据库。研究过程中对数据根据物料平衡等进行了合理性修正。

数据完整性和准确性:数据集的代表性与实际情况有所不同，这也是未来研究需要改进的地方。由于数据的可获得性，采用全球数据而不是中国本地数据进行计算，可能会高估或低估环境影响。

5.3 建议

基于以上分析结果，本产品可在以下三个方面进行改进，以进一步减少产品对环境的影响：

（1）电工圆铝杆（含包装）原材料获取和加工过程中采用的原辅料消耗对环境的影响直接影响本产品生命周期环境影响评价结果，其中电解铝液上游生产对各项环境影响指标均较大，建议采用绿电生产的电解铝液；

（2）生产阶段用电对各项环境影响指标较大，建议通过工艺改进、采取节能降耗措施、使用清洁能源电力，减少生产阶段中电力使用产生的影响；

（3）加强供应商管理，促进原材料供应商在原材料生产过程中减少原料、物料和能源消耗，降低对环境的影响。