

云南神火铝业有限公司
1t 重熔用铝锭
生命周期评价、环境影响声明和产品碳足迹
第三方核查报告

核查机构名称（公章）：方圆标志认证集团新疆有限公司

核查报告签发日期：2025 年 12 月 05 日



企业名称	云南神火铝业有限公司					
企业地址	云南省文山州富宁县板仑乡绿色水电铝材示范园区					
统一社会信用代码	91532628MA6N4LD350					
企业性质	有限责任公司					
联系人	骆诗颖	联系方式(电话、 email)	18388667588			
核查目的	核查 1t 重熔用铝锭生命周期评价报告 (LCA)、产品碳足迹评价报告 (CFP)、产品环境声明报告 (EPD) 与 GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24025、ISO14067 的符合性					
核查依据	<ol style="list-style-type: none"> 1. ISO14067:2018 Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification 2. GB/T 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序 3. GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架 4. GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南 5. 产品环境足迹核查实施规则 (CQM/G-HC-PEF-ZY-001) 6. GBT 44905-2024 温室气体 产品碳足迹就量化方法与要求 电解铝 					
声明单位	1t 重熔用铝锭					
核查结论:	<p>方圆标志认证集团新疆有限公司对云南神火铝业有限公司生产的 1t 重熔用铝锭生命周期评价报告(LCA)、环境影响声明 (EPD) 和产品碳足迹报告 (CFP) 进行了核查, 核查结果如下所示:</p> <p>(1) 系统边界</p> <p>确认本次研究的生命周期系统主要包括原材料生产与获取阶段、产品生产阶段, 其中生产阶段主要包括生产过程的能源与水消耗、产品原材料的使用量、产品原料、运输距离等数据。不含产品分销、产品使用及产品报废处置等生命周期阶段。</p> <p>(2) 1t重熔用铝锭环境绩效核查结果</p> <p style="text-align: center;">表1 产品潜在环境影响核查结果</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">参数</th> <th style="width: 33%;">单位</th> <th style="width: 33%;">从摇篮到大门</th> </tr> </thead> </table>			参数	单位	从摇篮到大门
参数	单位	从摇篮到大门				

Acidification	mol H+ eq	61.16
Climate change	kg CO ₂ eq	9367.50
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	23977.27
Particulate matter	disease inc.	0.00063
Eutrophication, marine	kg N eq	9.41
Eutrophication, freshwater	kg P eq	8.04
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	87.53
Human toxicity, cancer	CTUh	2.92E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	8.00E-05
Ionising radiation	kBq U-235 eq	80.90
Land use	Pt	16379.87
Ozone depletion	kg CFC11 eq	6.39E-05
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	29.28
Resource use, fossils	MJ	89262.91
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	0.0066
Water use	m ³ depriv.	730.32

表2 产品碳足迹核查结果

碳足迹核算结果——CC		
生命周期阶段	碳足迹(kg CO ₂ eq)	贡献比(%)
原材料获取和加工	4255.18	45.42%
原材料运输	444.74	4.75%
产品生产	4667.58	49.83%
总和	9367.50	100%

(3) 核查结论

核查组经过文件评审及现场核查，确认受核查方的LCA、EPD、CFP报告符合GB/T 24025、ISO14067及其他相关规定；确认受核查方基于相关标准，环境产品声明、碳足迹报告中基于 LCA 研究的数据真实准确，附加的其他描述性信息一致。

(4) 核查过程中未覆盖的问题或者特别需要说明的问题描述：

无

云南神火铝业有限公司 重熔用铝锭产品 LCA、EPD、CFP 核查报告

核查组长	付妍妮	签名	付妍妮	日期	2025 年 12 月 5 日
核查组成员	肖洋		肖洋		
技术复核人	蒋伟明	签名	蒋伟明	日期	2025 年 12 月 5 日
批准人		签名		日期	

目 录

1 概述	1
1.1 核查目的	1
1.2 核查范围	1
1.3 核查准则	1
1.4 核查依据	2
2 核查过程和方法	2
2.1 核查组安排	2
2.2 文件评审	3
2.3 现场核查	3
2.4 核查报告编写及内部技术复核	4
3 核查内容	4
3.1 基本信息的核查	4
3.1.1 受核查方简介	4
3.1.2 主要的产品或服务	5
3.1.3 EPD 信息内部跟踪管理程序	6
3.1.4 本节核查结论	7
3.2 功能单位及系统边界的核查	7
3.3 生命周期清单及数据的核查	8
3.3.1 原材料获取阶段	8
3.3.2 原材料运输阶段	10
3.3.3 生产阶段	11
3.4 核算方法的核查	13
3.5 生命周期影响评价的核查	14
3.6 EPD 声明的核查	18
3.7 CFP 报告的核查	18
4 核查结论	18
附件 1 支撑材料	20

1 概述

1.1 核查目的

云南神火铝业有限公司从全生命周期的角度对外展示 1t 重熔用铝锭的环境绩效。为了保证其生命周期评价报告（以下简称 LCA）、环境影响声明（以下简称 EPD）、产品碳足迹报告（以下简称 CFP）符合 ISO 14067 等相关要求，方圆标志认证集团新疆有限公司受云南神火铝业有限公司的委托，对云南神火铝业有限公司（以下简称“受核查方”）2024 年度 1t 重熔用铝锭的 LCA 报告、EPD 声明、CFP 报告进行核查。

此次核查目的包括：

- (1) 评价 LCA 研究、EPD 声明和 CFP 报告是否符合产品 PCR 及 ISO14067 的规定和要求；
- (2) 验证已建立的 LCA、EPD、CFP 信息更新管理程序。

主要核查内容包括：基于 PCR 及相关标准，对 EPD 中基于 LCA 研究的数据核查，附加的环境、社会和经济信息的核查，以及其他描述性信息的核查。对 CFP 中基于 LCA 研究的数据核查。

1.2 核查范围

依据 PCR 要求，1t 重熔用铝锭的生命周期系统边界为：

-从摇篮到大门

受核查方是以氧化铝等为原料生产重熔用铝锭成品的工艺过程，因此核查范围包括：

2024 年度 1t 重熔用铝锭的环境绩效，生命周期系统边界为从摇篮到大门。主要包括原材料生产、原材料运输、产品生产等环节。其中生产阶段包含了原材料电解、抬包、混合、铸锭、包装到产品出厂阶段。

1.3 核查准则

方圆标志认证集团新疆有限公司依据《方圆集团产品环境足迹核查实施规则》等文件的相关要求，开展本次核查工作，遵守下列原则：

- (1) 客观独立

保持独立于委托方和受核查方，避免偏见及利益冲突，在整个核查活动中保持客观。

- (2) 诚信守信

具有高度的责任感，确保核查工作的完整性和保密性。

- (3) 公平公正

真实、准确地反映核查活动中的发现和结论，如实报告核查活动中所遇到的重大障碍，以及未解决的分歧意见。

(4) 专业严谨

具备核查必须的专业技能，能够根据任务的重要性和委托方的具体要求，利用其职业素养进行严谨判断。

1.4 核查依据

本次核查工作的相关依据包括：

- GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- GB/T 24025 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序
- CNAS-CV03: 2022《温室气体 第三部分 温室气体陈述核查与审定规范和指南》
- GBT 44905-2024 温室气体 产品碳足迹就量化方法与要求 电解铝
- ISO 14067 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification
- 方圆集团产品环境足迹核查实施规则
- 适用于产品环境足迹有关的法律、法规和其他要求

2 核查过程和方法

2.1 核查组安排

依据受核查方的行业、产品生产特点，以及核查员的专业领域和技术能力，方圆标志认证集团新疆有限公司组织了核查组，核查组成员详见下表。

表 2-1 核查组成员表

序号	姓名	职务	核查工作分工内容
1	付妍妮	组长	1) LCA 符合性的验证：LCA 和 PCR 符合性的审核、功能单位选取是否合理、生命周期清单分析和生命周期影响评价的计算结果是否已按规定的方法完成、与相关环境法律法规的一致性核查、组织建立内部跟踪管理程序的核查；III 型环境声明的验证。 2) 软件及数据库的验证：生命周期影响评价的核查等。 3) 远程核查； 4) 报告编写。
2	肖洋	组员	1) 受核查方基本信息、主要环境影响工序清单数据及证明材料收集整理等； 2) 现场核查； 3) 报告编写。

2.2 文件评审

核查组于 2025 年 12 月 1 日对受核查方提供的相关资料进行了文件评审。文件评审对象和内容包括：云南神火铝业有限公司主要产品 LCA 评价报告、CFP 评价报告、EPD 报告、评价产品生产涉及的月度数据等相关信息等。通过文件评审，核查组识别出如下远程审核的重点：

-受核查方的所属行业、工艺流程、功能单位（声明单位）、产品生命周期评价系统边界和时间边界、生产阶段原辅材料（包装材料）消耗情况、能源消耗种类、主要耗能设备、废气、废水排放情况，固体废弃物处理情况；原材料运输阶段。

-各单元过程共生产产品分配方法；

-受核查方各单元清单输入和输出数据获取、记录、传递和汇总的信息流管理；

-受核查方生产信息和数据的获取、记录、传递和汇总的信息流管理；

-模型的准确和完整性；

-核查现场数据的准确性，与数据来源的一致性（抽查）；

-核查背景数据的获得方法和准确性，与数据来源的一致性（抽查）；

-核查上游实景过程数据/背景数据库数据对应的一致和准确性（抽查）；

-重点关注对生命周期清单分析结果有重大影响的单元过程/信息模块；

-单元过程/信息模块进行随机抽样；

-数据管理制度和质量保障体系；

-受核查方提供的支持性材料及相关证明材料见本报告后“支持性文件清单”。

根据以上文件评审过程，核查组编制了问题清单，并根据文件评审的结果制定了《核查计划》。

2.3 现场核查

核查组于 2025 年 12 月 2 日对受核查方 1t 重熔用铝锭环境绩效情况进行了现场核查。通过相关人员的访问、资料查阅、人员访谈等多种方式进行。主要访谈对象、部门及访谈内容如下表所示。

表 2-2 现场核查内容表

访谈对象	部门/职位	访谈内容
骆诗颖	企管科	1) 了解企业基本情况、管理架构、生产工艺、生产运行情况，确定生命周期评价系统边界的核查范围和功能单位；了解各单元过程共生产产品分配方法 2) 受核查方各单元清单输入和输出数据获取、记录、传递和汇总的信息流管理，数据管理制度和质量保障体系。 3) 了解各单元过程清单数据涉及的现场数据和背景数据的来源，生产数据的监测、记录和统计

		<p>等数据流管理过程，获取相关监测记录；</p> <p>4) 对 LCA 报告和 EPD 报告相关数据和信息，进行核查。</p> <p>5) 核查模型的准确和完整性；核查现场数据的准确性，与数据来源的一致性（抽查）；</p> <p>6) 核查背景数据的获得方法和准确性，与数据来源的一致性（抽查）；</p> <p>7) 核查上游实景过程数据/背景数据库数据对应的一致和准确性（抽查）。</p>
--	--	---

2.4 核查报告编写及内部技术复核

依据上述核查准则，核查组在文件审核和现场核查过程中，未向受核查方开具不符合项。

核查组完成了核查报告初稿。根据方圆标志认证集团新疆有限公司内部管理程序，核查报告在提交给受核查方和委托方前，经过了方圆标志认证集团新疆有限公司内部独立于核查组的技术评审，核查报告终稿于 2025 年 12 月 05 日完成。本次核查的技术评审组如下表所示。

表 2-3 技术复核组成员表

序号	姓名	职务	核查工作分工内容
1	蒋伟明	技术评审员	独立于核查组，对本核查进行技术评审

3 核查内容

3.1 基本信息的核查

3.1.1 受核查方简介

云南神火铝业有限公司采用熔盐电解法生产电解铝，生产所需的原材料为氧化铝、氟化铝和阳极炭块，电解后于阴极得到熔融铝，阳极析出 CO₂。生产工艺如下：

电解铝生产采用熔盐电解法，生产所需的原材料为氧化铝、氟化铝和阳极炭块。电解的结果是阴极上得到熔融铝和阳极上析出 CO₂。生产电解铝的设备称为电解槽，电解槽主要由炭素材料为主体的阳极、阴极以及钢结构组成。

公司电解生产所需的氧化铝由厂外通过袋装料或者集装箱运入厂内的氧化铝及氟化铝仓库。氧化铝通过气垫皮带输分别送至电解厂的 6 个新鲜氧化铝仓内，供烟气净化系统净化用。通过净化系统后的含氟氧化铝分别储存在 6 座含氟氧化铝仓内，载氟氧化铝由超浓相输送系统送至每台电解槽的氧化铝料箱内，再按电解铝生产过程中氧化铝浓度控制要求加入电解质中。

氟化铝存储在氧化铝及氟化盐仓库中，采用人工卸料的方式将袋装氟化铝卸入到氟化

铝罐车内，通过罐车运至电解车间的高位氟化盐储仓内，再通过溜槽进入天车的氟化盐料箱中，再通过天车将氟化盐加到电解槽氟化盐料箱内。生产运行时由槽控制系统按“多参数平衡”原则，根据情况自动按需向槽内添加，进行电解质分子比的调整。

铝电解生产用的阳极由阳极组装车间供给。生产过程中从电解槽换下的残极组先在电解车间内的残极冷却装置中进行冷却，并收集散发的含氟气体，然后送至阳极组装车间中。残极组上的电解质在该车间内进行清理与破碎，破碎后的电解质存储在本车间的电解质仓内，与来自近新鲜氧化铝仓内的新鲜氧化铝经加系统按比例混合后，用覆盖料输送车送至电解车间通廊，经斗式提升机送至中间的高位覆盖料仓内，作为换极时的覆盖料返回电解槽。压脱下的残极炭块经初碎后外销，压脱下的磷铁环经清理后返回中频炉循环使用，铝导杆及钢爪按要求处理后与阳极炭块由磷生铁浇注组装成新阳极组。铝电解生产用的直流电，由邻的整流所提供，直流电通过连接母线导入串联的电解槽。

电解槽产出的液态原铝，通过压缩空气形成的负压吸入出铝真空抬包内，再由抬包运输车送往铸造车间铸造成重熔用普通铝锭。

根据电解生产需要，在中心化验室需做必要的化验分析工作，如分子比、原铝中杂质含量等，检查原材料的成分及产品质量的工作也由专门为电解铝生产服务的中心化验室完成。

3.1.2 主要的产品或服务

重熔用铝锭的生产工艺流程图如下所示：

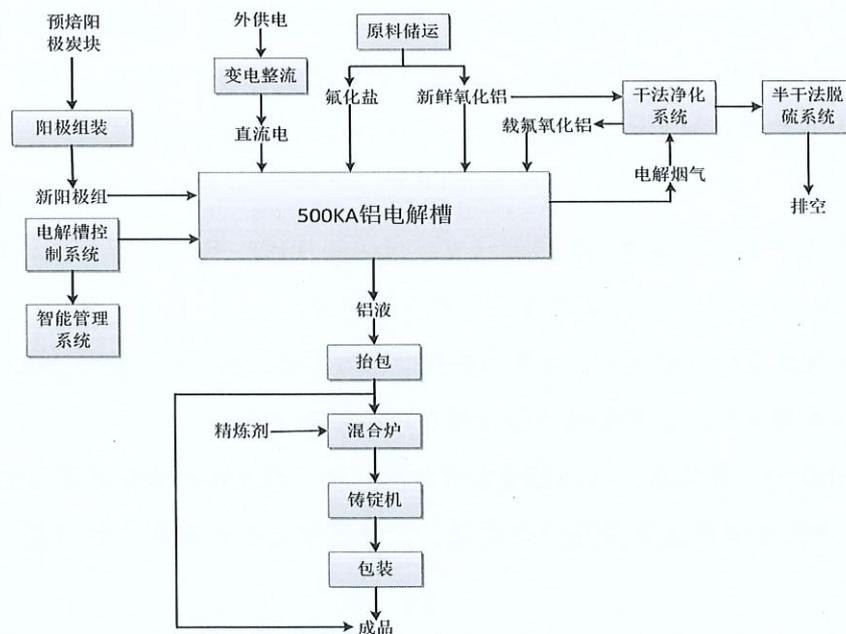


图 3-1 生产工艺流程图

3.1.3 EPD信息内部跟踪管理程序

(1) 受核查方规定企业各部门负责核对本部门生命周期评价数据，并填写《重熔用铝锭 EPD、碳足迹评价资料收集表》。生产部负责汇总各部门填报的数据，组织评价产品的环境绩效，识别需要强制更新的 EPD 报告的主要参数，作为更新报告的判定依据。管理者代表负责审核环境因素评价结果，总经理负责审批生命周期评价结果，判定是否更新 EPD 报告。

包含了数据收集与监测：

企业生产部负责于每年年初根据 PCR 的要求，按照企业 EPD 声明报告中确定的产品系统边界和单元过程，组织各部门填报《重熔用铝锭 EPD、碳足迹评价资料收集表》，明确各部门的分工和时间节点，向各部门说明工作目的，提出具体要求，包括：

a) 完整性：所有能源、原材料、辅助材料、大气和水体排放和固体废弃物等的都需要填报；

b) 准确性：现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应来自于生产单元的实际生产统计，环境排放数据优先选择相关的排污许可执行报告；

c) 一致性：现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

各部门明确各自的分工，按照生产部的要求在指定时间内填写《重熔用铝锭 EPD、碳足迹评价资料收集表》，并提交相关支撑材料。

(2) 生产部负责监测 EPD 报告中的数据项等相关信息是否发生重大变化，例如原材料开采、运输方式、核心生产过程、产品设计的变化或法律法规的变更等。

(3) 生产部根据在有效期内的 EPD 报告中对各数据项的敏感性分析，识别需要强制更新的参数。

(4) 生产部汇总各部门填报的《重熔用铝锭 EPD、碳足迹评价资料收集表》中的信息，组织专人进行产品上一自然年的生命周期评价。

(5) 当发生以下情况时，生产部应及时向管理层汇报，申请启动 EPD 报告更新工作：

a) 生命周期评价的环境绩效指标增加 10%或以上；

b) EPD 的产品信息、产品含量或附加的环境、社会或经济信息发生重大变更。

管理者代表审核生命周期评价结果，总经理审批生命周期评价结果，判定是否更新 EPD 报告。

根据管理层判定结果，如需要更新 EPD 报告，由生产部联系方圆集团对 EPD 报告进

行更新和重新验证。

3.1.4 本节核查结论

通过对云南神火铝业有限公司文件评审及现场核查,核查组确认 EPD 声明中企业基本信息、主要产品信息属实,未发现不符合。确认企业建立了 EPD 信息内部跟踪管理程序。

3.2 功能单位及系统边界的核查

核查组对 LCA 报告、EPD 声明、CFP 报告中的企业基本信息进行了核查,通过查阅企业简介、组织结构图、工艺流程图、受核查方相关报表文件、EPD 内部跟踪管理程序等,并结合现场核查中对相关人员的访谈,核查组确认:云南神火铝业有限公司提交的 LCA 报告中的功能单位及系统边界信息真实、准确,与 LCA 报告、EPD 声明和 CFP 报告一致,符合 GB/T24040 和 GB/T24044 及产品 PCR、ISO14067 的规定。核查组确认以下信息:

(1) 声明单位

声明单位为 1t 重熔用铝锭。

(2) 时间范围

1t 重熔用铝锭 2024 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日生产全厂平均水平数据。

(3) 生命周期评价系统边界

1t 重熔用铝锭生命周期系统边界为从摇篮到大门。主要包括原材料生产、原材料运输、产品生产等环节。其中生产阶段包含了原材料电解、抬包、混合、铸锭、包装到产品出厂阶段。受核查方 LCA 评价未考虑下游使用和产品报废阶段,本次核查不包含产品下游阶段。如图 3-2 所示。

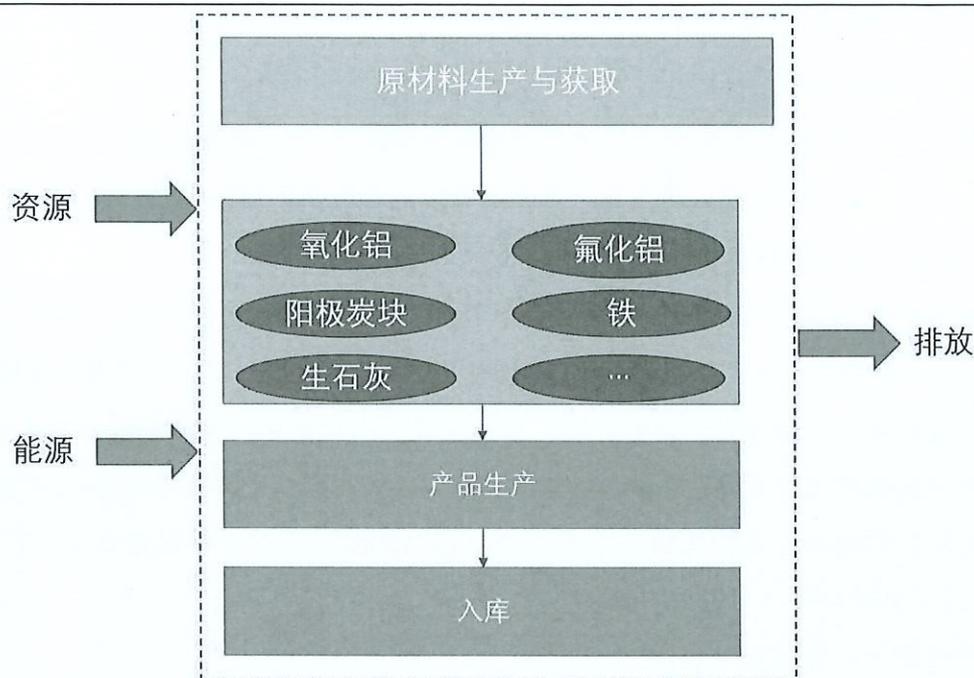


图 3-2 1t 重熔用铝锭 LCA 研究边界

上游阶段：包括外购原料、辅料和能源的开采或生产，以及运输阶段（定义为外购的原辅料和能源的厂外运输过程的环境负荷）。

重熔用铝锭制造阶段：包括产品在云南神火铝业有限公司生产系统中经过的生产工序。

LCA 评价的边界范围为“从摇篮到大门”。

本次研究为 1t 重熔用铝锭。

3.3 生命周期清单及数据的核查

核查组对 LCA 报告、EPD 声明、CFP 报告中的生命周期清单进行了核查，通过查阅清单分析流程、数据类型的确认、数据质量的要求（取舍原则、数据质量、数据空缺、数据的统计及采样周期）、清单数据的收集程序和步骤、清单计算程序进行了核查，通过查阅《报告数据》收集清单，并抽查了环境影响占比最大的基材工序输入输出清单数据，均与 LCA 报告清单数据一致，因此核查组确认：云南神火铝业有限公司提交的 LCA 报告中的生命周期清单信息真实、准确，与 LCA 报告、EPD 声明、CFP 报告一致，符合 GB/T24040、GB/T24044、ISO14067、产品 PCR 的规定。核查组确认以下信息：

3.3.1 原材料获取阶段

1t 重熔用铝锭涉及的原材料见下表 3-1 所示，原材料消耗量来自于生产出库计量器具

计量，电力、柴油、工业用水数据来自于 2024 年外购量。

原材料获取阶段数据中，氧化铝、阳极碳块中部分数据根据企业提供的数据计算上游数据，其他数据均采用 simapro 软件中的数据库数据，采用的各原材料的数据集名称见下表 3-1 所示。

核查组查阅了重熔用铝锭的《生产工艺流程图》、《2024 年生石灰、氢氧化钙统计台账》、《2024 年铝产品产量+原材料消耗台账》、《柴油发票》、《2024 年生产生活用水量台账》《电力结算单》、物料采购过磅单等相关信息，与确认评价报告中原材料数据表中已经包含了 1t 重熔用铝锭所使用的各种主要原材料，各原材料消耗量数据正确，来源描述准确，无误。

各原材料财务明细账上消耗量数据来源于《原辅材料出入库单》，为原材料出库时计量器具计量数据，核查组现场抽查了原材料出库单，与财务明细账进行交叉核对，数据一致。

核查组核查了评价报告中原材料阶段清单数据所采用的数据集，与原材料实际情况做了对比，认为评价报告中所选数据集合理。

表 3-1 重熔用铝锭的原材料上游数据

清单名称	数量	单位	数据来源	数据集名称
氧化铝	1467.04	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Aluminium oxide, metallurgical {RoW} market for aluminium oxide, metallurgical Cut-off, U
氧化铝-自检	419.05	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	氧化铝-神火
阳极炭块-自检	147.47	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	阳极碳素-神火
阳极炭块	313.58	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Anode, prebake, for aluminium electrolysis {RoW} anode production, prebake, for aluminium electrolysis Cut-off, U
氟化铝	14.35	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Aluminium fluoride {RoW} aluminium fluoride production Cut-off, U
氢氧化钙	11.82	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Lime, hydrated, packed {RoW} market for lime, hydrated, packed APOS, U
生石灰	17.79	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Quicklime, milled, loose {RoW} quicklime production, milled, loose

				Cut-off, U
纯碱	1.35	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Soda ash, dense {GLO} soda ash production, dense, Hou's process Cut-off, U
冰晶石	2.22	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Cryolite {RoW} cryolite production Cut-off, U
硅铁	0.15	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Ferrosilicon {CN} ferrosilicon production Cut-off, U
生铁、磷铁	2.05	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Pig iron {RoW} market for pig iron Cut-off, U
钢包带（发蓝）、机械用钢扣	1.00	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Steel, unalloyed {RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U
普铝精炼剂	0.30	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Chemical, inorganic {GLO} chemical production, inorganic Cut-off, U
锻后焦	0.33	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Anode, for metal electrolysis {RoW} anode production, for metal electrolysis Cut-off, U
锰铁	0.006	kg	《2024 铝产品产量+原材料消耗表》	Ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn {RoW} ferromanganese production, high-coal, 74.5% Mn Cut-off, U

3.3.2 原材料运输阶段

原材料运输数据涉及原辅材料运送到受核查方的运输方式和距离，包括公路运输。运输阶段考虑了氧化铝等主要外购原料、辅料和包材的运输。原材料运输信息来源于《碳足迹评价资料收集表》。本产品涉及的主要原材料运输数据及原材料运输排放计算采用的数据集名称见下表 3-2 所示。

核查组查阅了《碳足迹评价资料收集表》中运输信息，运输信息与评价报告一致。由于运输排放环境绩效结果占比较小，核查组采信企业提供的运输信息。

核查组核查了评价报告中原材料运输阶段清单数据所采用的数据集，与原材料运输实际情况做了对比，认为评价报告中所选数据集合理。

表 3-2. 重熔用铝锭的原材料运输数据

清单名称	活动水平数据	单位	数据来源	数据集名称
机械用钢扣-运输	75.58	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton,

				diesel, EURO 6 Cut-off, U
生铁-运输	3878.07	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
硅铁-运输	288.61	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
氟化铝-运输	14634.69	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
冰晶石-运输	4314.35	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
氧化铝-运输	3185793.67	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
普铝精炼剂-运输	628.61	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
生石灰-运输	4573.12	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
纯碱-运输	5100.57	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
阳极炭块-运输	710303.32	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
钢包带(发蓝)-运输	287.68	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
氢氧化钙-运输	58038.56	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U
废弃物-运输	160303.13	kg*km	采购数据	Transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 {RoW} market for transport, freight, lorry, >32 metric ton, diesel, EURO 6 Cut-off, U

3.3.3 生产阶段

本产品生产过程中主要消耗电力、水和柴油。电力消耗量采用 2024 年电力结算单数据；水消耗量采用《2024 年用水量登记台账》数据；柴油为烘烤注模和厂内叉车使用，烘烤注模用柴油燃烧排放量为根据《企业温室气体排放核算与报告指南 铝冶炼行业》中柴油燃烧计算方法和缺省值计算值，厂内叉车柴油燃烧排放量为根据《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》中柴油燃烧计算方法和缺省值计算值。

核查组查阅了重熔用铝锭的《柴油发票》、《2024 年生产生活用水量台账》、《电力结算单》等相关信息，确认评价报告中已包含的 1t 重熔用铝锭所使用的电力、柴油和水的消耗量数据正确，来源描述准确，无误。

核查组根据《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》和《企业温室气体排放核算与报告指南 铝冶炼行业》中柴油燃烧计算方法以及相关缺省值对柴油燃烧直接排放 CO₂ 量进行了重新计算，确认评价报告中柴油燃烧直接排放 CO₂ 量数据正确，来源描述准确，无误。

核查组核查了评价报告中产品生产阶段清单数据所采用的数据集，与生产实际情况做了对比，认为评价报告中所选数据集合理。重熔用铝锭生产过程中主要使用电力、水和柴油，根据云南神火铝业有限公司提供的能源消耗台账及过磅记录，重熔用铝锭在生产过程中主要用能信息如表 3-3 所示，由于重熔用铝锭生产过程中还涉及到 GHG 排放，对过程中 GHG 排放的计算如表 3-4、表 3-5、表 3-6、表 3-7 所示，其中，排放因子取自于《企业温室气体排放核算与报告指南 铝冶炼行业》，GWP100 取自于《GBT 44905-2024 温室气体 产品碳足迹就量化方法与要求 电解铝》，石灰石、纯碱、吨碳阳极净消耗量通过《铝产品产量+原材料消耗》中数据计算得到。

根据以上内容，核查组确认评价报告中生产阶段相关数据正确无误。

表 3-3 产品生产阶段能源、资源吨铝消耗情况

资源、能源类型	数值	单位
火电	2334.30	kWh
清洁能源电	11572.22	kWh
水	1.12	t
柴油(厂内叉车运输)	0.64	kg
柴油（烘烤铸模）	0.001	kg

表 3-4 产品生产阶段燃料燃烧排放

排放源	A 单位产品消耗	排放因子			
		B 低位发热值	C 单位热值含碳量	D 碳氧化率	总排放 kgCO ₂ A*B*C*D/100*44/12

		GJ/t	tC/GJ	%	
柴油（叉车）	0.64	42.652	0.0202	98	1.98
柴油（烘烤铸模）	0.001	42.652	0.0202	98	0.00084

表 3-5 产品生产阶段能源作为原材料用途的排放

吨铝炭阳极净耗	炭阳极平均含硫量	炭阳极平均灰分含量	炭阳极消耗的二氧化碳排放
A(tC/t-Al)	B(%)	C(%)	$E=A \times (1-B-C) \times 44/12$ (tCO ₂ /t)
0.389	2	0.4	1.39

表 3-6 产品生产阶段阳极效应产生的排放

单位产品(吨铝)	阳极效应的 CF ₄ 排放因子	阳极效应的 C ₂ F ₆ 排放因子	tCO ₂ 排放量
t	kgCF ₄ /t-Al	kgC ₂ F ₆ /t-Al	0.1612
1.00	0.02	0.0011	

表 3-7 产品生产阶段碳酸盐分解产生的排放

年度	单位产品消耗量	分解的二氧化碳排放因子	排放量
单位	t	tCO ₂ /t	tCO ₂
石灰石	0.01779	0.4400	0.00782
纯碱	0.00135	0.4149	0.00056
合计 tCO ₂		0.00838	

表3-8. 生产过程清单数据表

清单名称	活动水平数据	单位	数据来源	数据集名称
生产区自来水用量	1.12	t	《2024年用水量统计表》	Tap water {RoW} tap water production, conventional treatment Cut-off, U
生产用外购火电	2334.30	kwh	《电力结算单》	Electricity, high voltage {RoW} electricity production, lignite Cut-off, S
生产用外购绿电	11572.22	kwh	《电力结算单》	Electricity, high voltage, aluminium industry {CN} electricity production, hydro, aluminium industry Cut-off, U
柴油-燃烧	1.98	kg	计算值	Carbon dioxide
工厂碳阳极氧化处理	1.39	t	计算值	Carbon dioxide

阳极效应 电解过程 碳酸盐分 解产碳过 程	0.1612 0.00838	t t	计算值 计算值	Carbon dioxide Carbon dioxide
-----------------------------------	-----------------------	------------	----------------	--------------------------------------

3.4 核算方法的核查

核查组对 LCA 报告中的核算方法进行了核查，核查组确认：云南神火铝业有限公司提交的 LCA 报告中的核查方法符合 GB/T24040 和 GB/T24044 及产品 PCR 的规定。

LCA 是根据产品的实际工艺路径进行核算，其计算逻辑为工序直接排放加上各次间接排放，可表达为：

$$b_{T,F,g} = b_{F,g} + \sum a_{T,i} b_{i,g} \quad (1)$$

式中：

- $b_{T,F,g}$ 以功能单位 F 为基准的基本流 g 的累积量 T
- $b_{F,g}$ 以功能单位 F 为基准的基本流 g 在产品生产过程的直接流量
- $a_{T,i}$ 原燃料在产品系统中单元过程 i 每功能单位的直接消耗量
- $b_{i,g}$ 基本流 g 在单元过程 i 的直接流量
- $\sum a_{T,i} b_{i,g}$ 以功能单位为基准的基本流 g 在所有前景过程 (foreground process, 如原材料的开采过程、运输过程等) 和所有背景过程 (background process, 如产品的使用过程、废弃物利用过程等) 的累积量，主要视研究边界所包含的单元过程而定

3.5 生命周期影响评价的核查

(1) 软件及数据库的核查

核查组对受核查方使用的软件 (SimaPro) 及数据库 (ecoinvent 3.11) 进行了核查确认：

- (a) 模型准确和完整；
- (b) 现场数据准确，与数据来源的一致；
- (c) 背景数据获得方法准确，与数据来源一致；
- (d) 上游实景过程数据/背景数据库数据对应一致、准确。

(2) LCIA 计算方法的核查

核查组确认受核查方 LCA 报告依照产品 PCR 要求披露的 LCIA 结果采用

Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.03，对重熔用铝锭产品进行环境影响评价，生命周期影响评价特征化因子（见表 3-9）。

表3-9 生命周期影响评价特征化因子

环境影响类型指标 (特征化因子)	影响类型指标单位	主要清单物质
[AP]酸化	mol H+ eq	二氧化硫, 氮氧化物, 氨...
[CC]气候变化	kg CO ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
[CCB]气候变化-生物源	kg CO ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
[CCF]气候变化-化石	kg CO ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
[CCLULUC]气候变化-土地利用和土地改变	kg CO ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
[ETF-part1]淡水生态毒性-第一部分	CTUe	丙烯菊酯, 联苯氧化物, 丁烯磷...
[ETF-part2]淡水生态毒性-第二部分	CTUe	二溴磷, 氟氯酮, 三苯基氟化锡...
[ETFI]生态毒性, 淡水-无机	CTUe	氯胺, 氨, 磷化铝...
[ETFO-part 1]生态毒性, 淡水-有机-第一部分	CTUe	乙草胺, 二苯基二氯化锡, 溴氰菊酯...
[ETFO-part 2]生态毒性, 淡水-有机-第二部分	CTUe	甲基对硫磷, 丙炔菊酯, 吡丙醚...
[PM]颗粒物	disease inc.	二氧化碳, 甲烷, 二溴甲烷...
[EPM]海洋富营养化	kg N eq	亚硝酸盐, 二氧化氮, 氨...
[EPF]淡水富营养化	kg P eq	磷, 磷酸盐...
[EPT]陆地富营养化	mol N eq	二氧化氮, 一氧化氮, 氨...
[HTC]人体毒性, 癌症	CTUh	恶唑酸, 对甲氧基苯酚, 多氯联苯...
[HTCI]人体毒性, 癌症-无机	CTUh	铜, 金, 镍...
[HTCO]人体毒性, 癌症-有机	CTUh	乙醇, 硝基苯, 酚酞...
[HTNC]人体毒性, 非癌症	CTUh	苯酚, 酚酞, 磷...
[HTNCI]人体毒性, 非癌症-无机	CTUh	氨, 磷, 亚磷酸...
[HTNCO]人体毒性, 非癌症-有机	CTUh	乙醇, 溴乙烯, 氯乙烯...

[IR]电离辐射	kBq U-235 eq	碳,铅,钷...
[LU]土地利用	Pt	土地消费量——一年生作物,永久作物,城市...
[OD]臭氧消耗	kg CFC11 eq	氟烷,溴代甲烷,一氯二氟甲烷...
[POF]光化学臭氧形成	kg NMVOC eq	三氧化硫, 甲苯, VOC...
[RUF]化石资源利用	MJ	天然气, 原油, 煤...
[RUMM]矿产和金属资源利用	kg Sb eq	锌, 镍, 铁...
[WU]水资源利用	m ³ depriv.	湖水, 河水, 井水...

(3) 1t 重熔用铝锭产品环境绩效结果的核查

核查组通过的云南神火铝业有限公司 LCA 建模后的计算结果进行核查, 确认 1t 重熔用铝锭产品的环境绩效信息, 见表 3-10。证明材料见附件 1 软件计算结果证明材料。

表3-10 产品潜在环境影响

参数	单位	从摇篮到大门
Acidification	mol H ⁺ eq	61.16
Climate change	kg CO ₂ eq	9367.50
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	23977.27
Particulate matter	disease inc.	0.00063
Eutrophication, marine	kg N eq	9.41
Eutrophication, freshwater	kg P eq	8.04
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	87.53
Human toxicity, cancer	CTUh	2.92E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	8.00E-05
Ionising radiation	kBq U-235 eq	80.90
Land use	Pt	16379.87
Ozone depletion	kg CFC11 eq	6.39E-05
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	29.28
Resource use, fossils	MJ	89262.91
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	0.0066
Water use	m ³ depriv.	730.32

(4) 1t 重熔用铝锭产品碳足迹计算结果的核查

核查组通过的云南神火铝业有限公司 LCA 建模后采用 IPCC 2021 的计算结果进行核查, 确认 1t 重熔用铝锭产品的碳足迹结果, 见表 3-11。

表3-11产品碳足迹结果

阶段	排放量 (kgCO ₂)	百分比	
原材料阶段	氧化铝	3250.98	34.70%
	氧化铝-自测	558.48	5.96%
	阳极碳块-自测	136.02	1.45%
	阳极炭块	241.78	2.58%
	氟化铝	19.59	0.21%
	氢氧化钙	11.37	0.12%
	生石灰	22.15	0.24%
	纯碱	1.60	0.02%
	冰晶石	5.51	0.06%
	硅铁	1.33	0.01%
	生铁、磷铁	3.59	0.04%
	钢包带（发蓝）、机械用钢扣	1.82	0.02%
	普铝精炼剂	0.55	0.01%
	锻后焦	0.36	0.004%
	锰铁	0.03	0.0003%
原材料阶段小计	4255.18	45.42%	
原料运输	机械用钢扣	0.01	0.0001%
	生铁	0.42	0.004%
	硅铁	0.03	0.0003%
	氟化铝	1.57	0.02%
	冰晶石	0.46	0.005%
	氧化铝	341.56	3.65%
	普铝精炼剂	0.07	0.001%
	生石灰	0.49	0.01%
	纯碱	0.55	0.01%
	阳极炭块	76.15	0.81%
	钢包带（发蓝）	0.03	0.0003%
	氢氧化钙	6.22	0.07%
	废弃物-运输	17.19	0.18%
原料运输小计	444.74	4.75%	
产品生产	生产区自来水用量	0.47	0.005%
	生产用外购火电	3052.25	32.58%
	生产用外购绿电	53.30	0.57%
	柴油（燃烧）	1.98	0.02%
	工厂碳阳极氧化处理	1390.00	14.84%
	阳极效应电解过程	161.20	1.72%
	碳酸盐分解产碳过程	8.38	0.09%
产品生产小计	4667.58	49.83%	
单位产品排放量 (kgCO ₂ eq)	9367.50	100%	

3.6 EPD声明的核查

核查组对云南神火铝业有限公司 EPD 声明各部分信息与 PCR 及相关标准的一致性、与 LCA 报告的一致性进行了核查，核查发现如下：

- (1) 产品自身的相关特性：EPD 中描述的产品信息与实际情况一致；
- (2) 环境绩效指标结果：与本文件 3-10 中确认的结果一致；
- (3) 附加的环境、社会和经济信息以及强制性要求的申明：无相关申明，满足 PCR 要求。

3.7 CFP报告的核查

核查组对云南神火铝业有限公司 CFP 报告各部分信息与 PCR 及相关标准的一致性、与 LCA 报告的一致性进行了核查，核查发现：碳足迹结果与本文件 3-10 中确认的结果一致；

4 核查结论

核查组经过文件评审及现场核查，确认云南神火铝业有限公司的 LCA 报告、EPD 声明、CFP 报告符合相应产品 PCR 的规定；确认云南神火铝业有限公司已建立 LCA 和 EPD 信息更新管理程序；确认云南神火铝业有限公司基于 PCR 及相关标准，对 EPD 中基于 LCA 研究的数据真实准确，附加的环境、社会和经济信息，以及其他描述性信息的一致。确认云南神火铝业有限公司基于 PCR 及相关标准，对 CFP 中基于 LCA 研究的数据真实准确。

1t重熔用铝锭产品环境绩效核查结果见表4-1。

表 4-1 产品潜在环境影响核查结果

参数	单位	从摇篮到大门
Acidification	mol H ⁺ eq	61.16
Climate change	kg CO ₂ eq	9367.50
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	23977.27
Particulate matter	disease inc.	0.00063
Eutrophication, marine	kg N eq	9.41
Eutrophication, freshwater	kg P eq	8.04
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	87.53
Human toxicity, cancer	CTUh	2.92E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	8.00E-05
Ionising radiation	kBq U-235 eq	80.90
Land use	Pt	16379.87

Ozone depletion	kg CFC11 eq	6.39E-05
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	29.28
Resource use, fossils	MJ	89262.91
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	0.0066
Water use	m ³ depriv.	730.32

1t重熔用铝锭产品碳足迹核查结果见表4-2。

表 4-2 产品碳足迹核查结果
碳足迹核算结果——CC

生命周期阶段	碳足迹(kg CO ₂ eq)	贡献比(%)
原材料获取和加工	4255.18	45.42%
原材料运输	444.74	4.75%
产品生产	4667.58	49.83%
总和	9367.50	100%

附件1 支撑材料

1. 产品生命周期评价报告、EPD 声明报告、产品碳足迹评价报告
2. 企业 LCA、EPD 信息内部跟踪管理程序
3. 受核查方营业执照
4. 重熔用铝锭 EPD、碳足迹评价资料收集表
5. 《2024 年加油明细》
6. 《2024 年用水量统计表》
7. 《2024 年电力结算单》
8. 《2024 年生石灰、氢氧化钙统计台账》
9. 《2024 年铝产品产量+原材料消耗》
10. 软件计算结果证明材料