

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求  
铝加产品》国家标准  
编制说明

（征求意见稿）

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》编制组

编制单位：西南铝业（集团）有限责任公司

2025 年 12 月

# 《温室气体 产品碳足迹量化方法 铝加工产品》国家标准

## 编制说明（征求意见稿）

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

2025年12月3日，国家标准化管理委员会下达制定《温室气体 产品碳足迹量化方法 铝加工产品》国家标准的任务，计划号为20256501-T-610，任务周期12个月。该标准由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）和全国碳排放管理标准化技术委员会（TC548）归口，标准性质为推荐性国家标准。本文件下达计划起草单位为：西南铝业（集团）有限责任公司，有色金属技术经济研究院有限责任公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、厦门厦顺铝箔有限公司、中铝瑞闽股份有限公司、重庆国创轻合金研究院有限公司、山东宏桥新型材料有限公司、中国铝业集团高端制造股份有限公司、福建省南平铝业股份有限公司、福建祥鑫新材料科技有限公司、福建省闽发铝业股份有限公司、江苏鼎胜新能源材料股份有限公司、山东创新金属科技有限公司、东北轻合金有限责任公司、广东坚美铝型材厂（集团）有限公司、广东高登铝业有限公司、广东省科学院。

#### （二）制定目的及意义

全球变暖和气候变化是关系到全人类命运的议题，人为的碳排放增加所产生的气候变化，不仅会导致海平面上升、极端气候事件频发等全球升温所产生直接后果，同时也会为人类发展带来全方面的灾难，另一方面，碳排放量的多少是能源消费的直接反映，因此，控制碳排放量也意味着控制国家及组织的生存发展机会。在此形势下，世界各国对碳排放的关注度持续提高，纷纷制定相应政策，控制碳排放量。

中国是世界上最大的发展中国家以及世界第二大经济体，在碳排放方面面临国内外形势的双重考验：

在国内，中国主动承担温室体排放责任，2020年9月，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上向国际社会做出郑重承诺，“中国将力争2030年前达到二氧化碳排放峰值，努力争取2060年前实现碳中和”。“双碳”目标的设定事关中华民族的永续发展。为控制好各个环节特别是工业企业的碳排放量以达成“双碳”目标，各企业不仅要控制好自身的碳排放量，更要关注产品全生产周期内的碳排放量即产品碳足迹，以促进上下游企业的碳排放共同得到控制。

在国外，2022年12月，欧盟委员会、欧盟理事会和欧洲议会就欧盟碳边界调整机制（CBAM，又称“碳关税”）达成了协议，其议涵盖的进口产品中包括铝加工产品。协议已于2023年10月起试运行，并于2026年起正式运行，开始征收碳关税。协议的达成意味着

欧盟就此成为世界上第一个征收碳关税的经济体，对欧盟本身及其贸易伙伴提出了更加严苛的碳排放要求，这意味着国内铝加工企业如果不能降低产品碳足迹，不仅无法应对国内用户的降碳需求，在产品出口时，还会被征收高额碳关税，企业的生存空间和赢利能力将被压缩。

铝加工产品因其优越的物理性能以及密度低、回收性好等绿色低碳属性被视为钢材的绝佳替代品，广泛应用于汽车、电子、建筑、光伏等重点碳排放领域，中国铝加工产业也得以蓬勃发展。近年来，中国铝加工产品的产销量位居世界第一，并一直呈增长趋势。2018年至2023年，铝加产量由3970万吨增长到4695万吨，年复合增长率3.4%。因此，铝加工行业不仅是高碳排放量行业，产品碳足迹被国内外用户广泛关注。目前，已有国内外用户向铝加工企业提出使用绿电、使用水电铝锭、提高回收铝利用率等降低产品碳足迹要求，部分用户甚至向铝加工企业明确提出了降碳指标，并将其与订单挂钩，准确评估产品碳足迹并制定相应的减降措施已成为铝加工企业发展的重要环节。

铝加工产品包括铸造铝合金以及铝及铝合金铸锭、合金铝液、铸轧带材、板材、带材、箔材、挤压材、模锻件、线材等变形铝及铝合金材。由于铝加工产品的应用领域广，合金品种多、产品规格繁杂，在分类核算产品碳足迹的要求下，其产品碳足迹核算需求量极大，而目前国际国内尚无相关标准可供用于铝加工产品碳足迹量化，往往同一产品由不同组织测算出的碳足迹存在较大偏差。在此形势下，铝加工企业急需产品碳足迹核算相关标准用于指导生产实际，因此，制定本标准可提供科学、统一的铝加工产品碳足迹核算方法，有利于消除铝加工企业之间以及铝加工企业与用户之间关于产品碳足迹核算的分歧；有利于铝加工企业提高对产品碳足迹的正确认识，便于企业准确评估产品全生命周期内的碳排放水平，制定、实施降碳措施，从产品侧倒逼企业和相关产业链减碳，以实现全产业链降低碳排放；可为制定铝加工业减碳措施制定提供支撑数据，为铝加工产品低碳评价和认证提供科学依据。

### （三）主要工作过程

#### 1 预研阶段

##### 1.1 标准调研情况

2023年11月16日，全国有色金属标准化技术委员会下发《关于开展有色标委会认证标准项目预研工作的通知》（有色标委[2023]127号），明确由西南铝业（集团）有限责任公司（简称西南铝）组织对本标准进行预研，预研项目编号为L23-11-01，预研期为24个月。

西南铝接到通知后，以产品碳足迹量化方法学为重点开展了多轮调研，深入研究相关国际、国内标准，调研了10家典型铝加工企业的原辅材料、能源、废弃物以及运输过程排放数据，与4家科研机构、2家有较多铝加工产品碳足迹核算业绩的权威认证机构以及2家铝加工产品下游用户共计进行了10次交流研讨，明确了铝加工产品碳足迹方法学，并依据预研成果以及GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》、GB/T 44905《温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝》国家标准送审稿，编写形成标准草案稿。

## 1.2 第一次标准工作会议

2024年10月11日,全国有色金属标准化技术委员会在重庆市组织召开了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》标准第一次工作会议,19家单位参加会议。会上西南铝对标准草案稿进行了说明,对部分关键技术指标进行讨论,并安排了碳足迹核算和数据调研等任务。

## 1.4 第二次标准工作会议

2025年3月27日,全国有色金属标准化技术委员会在广东省韶关市组织召开了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》标准第二次工作会议,13家单位参加会议。会上西南铝对上次会议的任务完成情况进行了说明,经与会单位共同讨论,对生命周期系统边界示意图进行了修改,对能源增加了术语和定义,修改了取舍准则,并安排了电力结构及铝中间合金碳足迹调研、数据质量评价方法修改、活动数据计算方法修改等任务。

## 1.5 第三次标准工作会议

2025年6月19日,全国有色金属标准化技术委员会在新疆石河子市组织召开了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》标准第三次工作会议,18家单位参加会议。会上生产周期系统边界、取舍准则进行了再次讨论,并安排了典型产品碳足迹核算、数据质量评价方法再次修改、铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值制定等任务。

## 2 立项阶段

2024年11月,编制组向全体委员会议提交了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》标准的项目建议书、标准草案稿及其编制说明等材料。全体委员会议论证通过,由秘书处组织委员网上投票,投票通过后转报国标委,并挂网向社会公开征求意见。

2025年12月,国家标准化管理委员会下达了制定《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品》国家标准的任务,计划号为20256501-T-610,项目周期12个月。

## 3 起草阶段

2025年12月,编制组组织相关单位赴生产企业调研,主要开展文献收集分析、企业碳足迹计量监测现状调研、各类碳足迹因子选取方法研究等工作。在前期预研基础上完成了征求意见稿及编制说明。

## 4 征求意见阶段

2025年12月,本标准在全国标准信息公告服务平台中在线征求意见。

## 二、标准编制原则和编制依据

### （一）编制原则

#### 1 参照国际标准

本标准制定参照 ISO14067: 2018《温室气体-产品碳足迹量化要求和指南》（Greenhouse gases-Carbon footprint of products- Requirements and guidelines for quantification）的量化方法内容，遵循 GB/T 1.2-2020《标准化工作导则第 2 部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的规定。

#### 2 遵照国家标准

本标准是国家标准，按照 GB/1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求和规定，确定标准的组成要素。本标准的编制遵循专业严谨，力求完整、规范、清晰、简洁。

#### 3 符合国家和行业的需求导向

本标准的制订，以满足国内铝行业的技术发展现状为原则，提高标准的适用性；以满足国内铝行业的实际需求为原则，提高标准的可操作性。本标准充分考虑国家法律法规的要求，落实国家双碳战略部署，建立健全双碳标准体系。

### （二）编制依据

#### 1 政策指导文件

根据国家《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》、《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》、《碳达峰碳中和标准体系建设指南》、《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》以及《有色金属行业碳达峰实施方案》最新政策要求等制定本文件。

#### 2 技术指导文件

本标准参考国际标准 ISO14064 对温室气体监测、报告、验证等统一方法，以及 ISO14067: 2018、GB/T 24067-2024 提出的最近要求和指导，同时，参考 PAS 2050、《The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol (2006)》等标准、协议及指南，制定本标准相关技术内容。

## 三、主要技术内容

本标准分为正文和附录两部分。正文包括 8 个章节，本标准的主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、量化目的、量化范围、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹报告等。附录包括数据收集表示例（附录 A）、数据质量评价方法（附录 B）、铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值（附录 C）以及产品碳足迹报告模板（附录 B）。

### （一）范围

本文件规定了铝加工产品碳足迹量化的规范性引用文件、术语及定义、量化过程及内容、量化目的、量化要求、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果分析及研究报告等内容。

本文件适用于中国境内铝加工产品碳足迹量化与报告。

## （二）规范性引用文件

列出了国家及行业颁布的相关标准中需引用的标准文件。

## （三）术语和定义

列出了本文件所应用的术语及其定义，对已定义的需说明的术语以及本标准提出的术语解释如下：

### 1. 铝加工产品

根据 GB/T 8005.1 的相关定义将铝加工产品定义为变形铝及铝合金以及除电解铝液、电解铝锭以外的铝液、铝锭、铸锭产品。鉴于已经立项的《温室气体 产品碳足迹量化方法 铸件》的适用范围包含了铸造铝合金，因此本文件对铝加工产品的定义不包含铸造铝合金。

### 2. 能源

按《中华人民共和国节约能源法》的规定，将水、压缩空气等耗能工质纳入能源范畴。

## （五）量化目的

本文件明确开展铝加工产品碳足迹量化的总体目的是结合取舍准则，通过量化铝加工产品系统边界内中所有显著的温室气体排放量和清除量，计算1吨铝加工产品对全球变暖的潜在贡献，其对气候变化影响以二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e）表示。

本文件明确开展铝加工产品的碳足迹量化的目的还包括：

- 评价产品生命周期内相关活动带来的温室气体排放量，提供碳足迹量化报告；
- 识别产品系统的高排放环节，挖掘降碳潜力，为深度减碳提供技术策略；
- 促进产业链上下游信息沟通，协同降碳，推动市场向低碳产品转型。

本文件潜在应用还包括为产品研发、技术改进、碳足迹绩效追踪和沟通等提供信息支持。

## （六）量化范围

### 1 产品描述

铝加工产品种类繁多，按合金系列可分为1系、2系、3系、4系、5系、6系、7系、8系合金产品，且每个合金系列又可细分为若干个合金牌号（详见表1）；按其塑形加工方法，可分为铝及铝合金熔铸产品（含再生铝及合金铝液）以及变形铝合金产品，其中，变形铝合金产品又可分为铸轧带材、热轧板材、热轧带材、冷轧板材、冷轧带材、箔材、管材、棒材、型材、线材、锻件（包含自由锻件、模锻件、轧环件）；铝加工产品用途广泛，可应用于国防科技、航空航天、轨道交通、乘用车、物流运输、船舶及海洋工程、电子数码、新一代信息技术、建筑装饰、食品包装存储等多个领域，由于原材料不同以及生产工艺、成品率、能耗不同，产品碳足迹差异较大。

表1 铝加工产品合金分类

牌号系列	合金牌号
1XXXX	1A99、1A97、1A95、1A93、1A90、1A85、1A50、1A30、1035、1050、1060、1070、1080、

牌号系列	合金牌号
	1085、1100、1145、1200、1235、1350
2XXXX	2011、2014、2017、2018、2024、2025、2124、2218、2219、2618、2A01、2A02、2A04、2A06、2A12、2A13、2A14、2A16、2B16、2A17、2A20、2A21、2A25、2A49、2A50、2B50、2A71、2B70、2A80、2A90
3XXXX	3003、3004、3005、3104、3105、3203
4XXXX	4004、4032、4043、4047、4A01、4A11、4A17
5XXXX	5005、5205、5006、5010、5019、5040、5042、5049、5449、5050、5051、5150、5251、5052、5252、5154、5454、5554、5754、5A01、5A02、5B02、5A03、5056、5356、5456、5556、5457、5657、5059、5082、5182、5083、5183、5383、5086、5186、5087、5088、5A05、5B05、5A06、5B06、5E06、5A12、5A13、5A25、5A30、5A33、5A41、5A43、5A56、5E61、5A66、5A71、5B70、5A71、5B71、5A83、5E83、5A90
6XXXX	6A02、6B02、6A51、6005、6060、6061、6063、6070、6082、6101、6151、6181、6262、6351
7XXXX	7A01、7A02、7A03、7A04、7A05、7A09、7A10、7A15、7A19、7A31、7A33、7A52、7003、7005、7020、7022、7050、7075、7475、7003
8XXXX	8A06、8011、8090

因此，产品描述应使用户能够清晰识别产品，可包括产品名称、合金牌号、规格型号、产品用途等信息。

## 2 声明单位

ISO 14067：2018 6.3.3以及GB/T 24067-2024 6.3.4要求产品碳足迹研究应明确规定功能单位或者声明单位，并界定相应的基准流。

本文件结合行业特性以及铝加工产品碳足迹研究的目的、范围，规定铝加工产品碳足迹研究采用声明单位进行描述，并且声明单位为1吨铝加工产品。

## 3 系统边界

### 3.1 边界设定

按照GB/T 24067-2024 6.3.5.2系统边界设置应具有一致性的要求，参照PAS 2050、GB/T 44905《温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝》对产品生命周期系统边界设置的相关规定，考虑铝加工产品碳足迹研究的实际需求，结合其生命周期各阶段碳排放对全球变暖的潜在贡献，对将本文件中铝加工产品生命周期系统边界设定为“从摇篮到大门”，包括原材料获取、铝加工产品生产等两个阶段，即从铝土矿等原材料获取到铝加工产品的产出，还包括辅助材料和能源（燃料、电力）的生产、运输等上游环节，无共生产品，如图1所示。

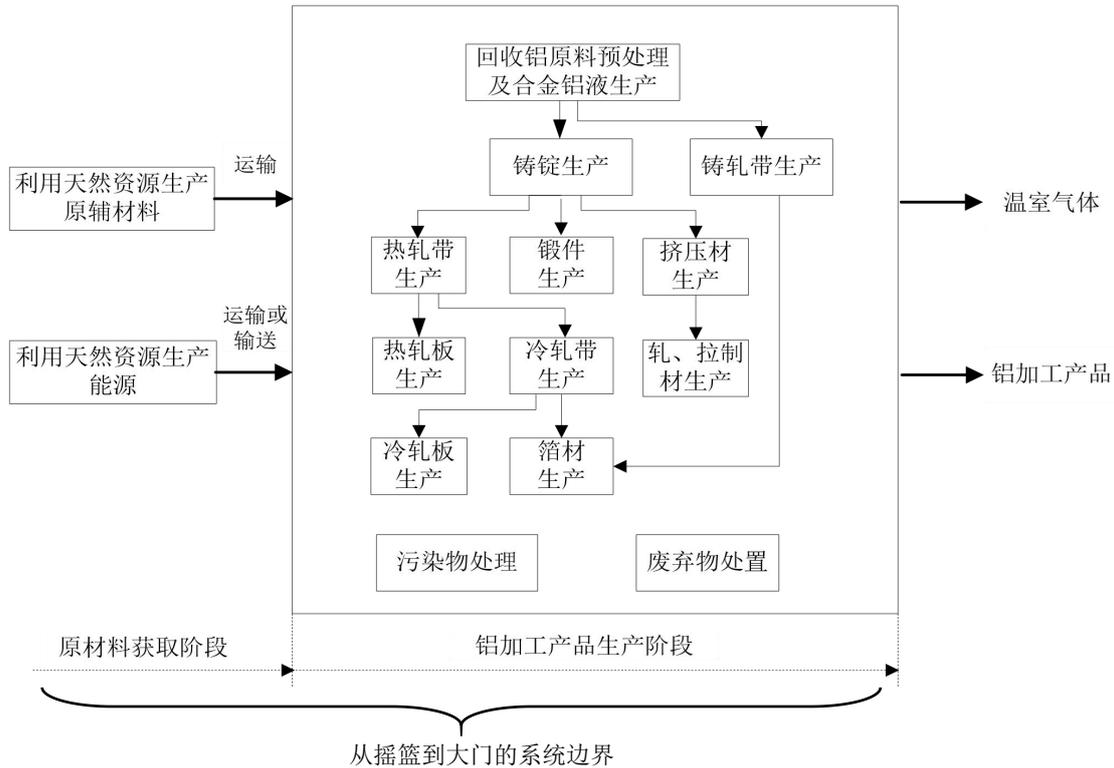


图1 铝加工产品生命周期系统边界示意图

由于铝加工产品为基础原料，并不直接面对终端消费者，其终端应用产品复杂，对其碳足迹量化主要是下游客户驱动，因此，本文件规定的铝加工产品系统边界不包括下游应用及回收等环节，本文件研究的是铝加工产品的部分碳足迹，与《温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝》国家标准的系统边界设置方法保持一致，可有助于在产品供应链内提供一致的温室气体排放信息。

为明确铝加工产品系统边界内各生命周期阶段的排放源，本文件规定铝加工产品系统边界内的碳足迹量化范围主要包括：

- a) 直接排放：铝加工产品生产阶段使用燃料导致的排放；
- b) 能源间接排放：铝加工产品生产阶段使用电力、热力导致的排放；
- c) 其他间接排放：铝加工产品所使用的各类原材料的生产阶段产生的排放以及原材料在到达铝加工企业大门前的运输过程排放。

### 3.2 原辅材料及能源获取阶段描述

原辅材料及能源获取阶段从自然界材料提取时开始，在各类原辅材料及能源到达铝生产企业工厂时终止。典型铝加工产品碳足迹调研数据显示，该阶段的排放占铝加工产品生命周期总排放量的70%及以上，是产品降碳的重点阶段。

由于铝加工企业的产业链差异较大并且铝加工产品具有多样性，导致其原料、辅材差异较大，为便于产品碳足迹研究相关方了解相关情况，统一原辅材料及能源获取阶段的碳足迹量化范围，本文件结合调研情况对该阶段应包含的范围分类进行了详细描述。其中：

- a) 原料获取相关过程，包括：
  - 1) 重熔用铝锭的获取；

- 2) 铝液（含电解铝液和/或合金铝液，如有）的获取；
  - 3) 回收铝原料的获取；
  - 4) 熔铸工序使用的镁、铜、硅等合金元素及非金属原料的获取；
  - 5) 熔铸工序使用的铝中间合金、晶粒细化剂的获取；
  - 6) 外购坯料，包括铸锭，板、带材，铸轧带材，挤压坯料等（如有）的获取；
  - 7) 原料从其制造商大门到铝加工企业大门的运输。
- b) 辅材获取相关过程，包括但不限于：
- 1) 熔铸工序用精炼剂的获取；
  - 2) 铸轧、热轧工序用乳化剂的获取；
  - 3) 冷轧工序用轧制油、脱脂剂的获取；
  - 4) 挤压工序塑料薄膜的获取；
  - 5) 锻造工序矿物油的获取；
  - 6) 涂层产品使用的涂料的获取；
  - 7) 辅材从制造商大门到铝加工企业大门的运输。
- c) 能源获取相关过程，包括燃料、电力、热力、水、压缩空气等的获取与运输分销或输送过程。

以上过程中，原料获取过程对铝加工产品生命周期温室气体排放量的影响较大，因此被全部纳入系统边界；辅材及能源中的耗能工质获取过程属于对产品碳足迹影响量不超过 1%、总影响量不超过 5%的环节，按 GB/T 24067-2024 6.3.5.3 取舍准则相关规定，可以将其舍弃。但按照 GB/T 24067-2024 6.3.6 对数据完整性的要求，结合调研情况，本文件列出了各类铝加工产品辅材及耗能工质中影响量相对较大的环节，如果量化组织认为上述规定外的辅材及耗能工质获取环节需纳入系统边界的，可自行添加。

### 3.3 产品生产阶段描述

铝加工产品生产阶段从原料投入开始到铝加工产品制造完成、废弃物到达处置单位大门终止，包括以下过程：

- 能源消耗（均含输送损耗）；
- 厂内运输过程，包含：
  - a) 原料、辅材的厂内运输；
  - b) 半成品、成品的厂内运输；
 以上过程均含委托外单位进行的现场运输。
- 委托外单位现场处理废水、废气、废渣用能（如有）；
- 废弃物处置。包含铝加工企业生产现场产生的固体废物（含外委现场处理产生的废渣）从离开铝加工企业大门开始，直至运输到处置单位大门为止的运输过程及以处置单位相应的物料使用过程及废弃物处置过程。参与铝加工产品碳足迹量化的废弃物种类主要如下：
  - a) 熔铸工序产生的铝灰；
  - b) 冷轧工序产生的废弃硅藻土；
  - c) 挤压工序产生的石墨油泥；
  - d) 各工序产生的含油污泥。

以上过程中，废弃物处置的排放量较少，属于对产品碳足迹影响量不超过 1%、总影响量不超过 5%的环节，按 GB/T 24067-2024 6.3.5.3 取舍准则相关规定，可以将其舍弃。但按照 GB/T 24067-2024 6.3.6 对数据完整性的要求，结合调研情况，本文件列出了各类铝加工产品废弃物处置中影响量相对较大的环节。

由于铝加工产品种类较多，根据产品的不同其生产阶段的生产工艺有较大差异，导致相

应的原料、辅材、能源（含耗能工质）等原材料使用量有较大差异，同时，由于原料不同，部分铝加工企业会外购坯料投入生产，容易导致产品生产阶段能源使用单元过程统计不完全，因此，本文件结合产品特性，以可能涉及的工艺流程为依据，对其生产阶段的主要单元过程及子单元过程进行了详细描述，如表 2 所示。

表2 铝加工产品生产阶段的主要单元过程

主要单元过程（工序）	主要子单元过程（子工序）
熔铸 <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 原料预处理（如有）；</li> <li>- 熔炼（含烟气除尘）；</li> <li>- 铸造（如有）；</li> <li>- 均热（如有）；</li> <li>- 机加工（含锯切、车削、镗孔、铣面，如有）</li> </ul>
铸轧 <sup>b</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 原料预处理（如有）；</li> <li>- 熔炼（含烟气除尘）；</li> <li>- 轧制（含油雾治理）；</li> <li>- 检化验及包装</li> </ul>
热轧 <sup>c</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 铣面（如有）；</li> <li>- 坯料加热；</li> <li>- 轧制（含油雾治理）；</li> <li>- 热处理（如有）；</li> <li>- 拉伸矫直（如有）；</li> <li>- 锯切（生产板带时）；</li> <li>- 检化验及包装</li> </ul>
冷轧 <sup>d</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 轧制（如有，含油雾处理）；</li> <li>- 中间退火（如有）；</li> <li>- 成品热处理（如有）；</li> <li>- 精整（根据生产工艺，含拉伸矫直、清洗、剪切、表面处理等）；</li> <li>- 锯切（如有）；</li> <li>- 检化验及包装</li> </ul> <p>以上子工序中，轧制及中间退火可能反复多次。</p>
挤压 <sup>e</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工模具加热；</li> <li>- 坯料加热；</li> <li>- 挤压（含在线淬火、锯切）；</li> <li>- 表面处理（如有）；</li> <li>- 轧制和/或拉制</li> <li>- 离线热处理；</li> <li>- 精整；</li> <li>- 蚀洗（如有）；</li> <li>- 检化验及包装</li> </ul> <p>生产轧、拉制管材、棒材时，轧制和/或拉制工序和离线热处理工序可能反复多次。</p>
锻造 <sup>g</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工模具加热；</li> <li>- 坯料加热；</li> <li>- 锻压或轧环；</li> </ul>

主要单元过程（工序）	主要子单元过程（子工序）
	- 热处理； - 机加工（如有）； - 检化验及包装。 以上子工序中，工模具加热、坯料加热及锻压可能反复多次。
	a 本单元过程（工序）适用于变形铝及铝合金锭、再生铝锭及再生铝液产品； b 本单元过程（工序）适用于铸轧带、连铸连轧带产品； c 本单元过程（工序）适用于使用外购铸锭生产的热轧板、带材。使用自有铸锭生产热轧板、带材时，其产品生产阶段的单元过程（工序）应包括熔铸、热轧； d 本单元过程（工序）适用于使用外购热轧带或外购冷轧带材生产的冷轧板、带材以及使用外购冷轧带材、外购铸轧带材、连铸连轧带材生产的箔材。使用自有铸锭生产冷轧板、带材或者使用自有铸锭、自有铸轧带材、自有连铸连轧带材生产箔材时，其产品生产阶段的单元过程（工序）应包括熔铸、热轧、冷轧或铸轧、冷轧； e 本单元过程（工序）适用于使用外购铸锭或外购挤压坯料生产的挤压材。使用自有铸锭生产挤压材时，其产品生产阶段的单元过程（工序）应包括熔铸、挤压； f 本单元过程（工序）适用于使用外购挤压坯料生产的轧、拉制材。使用自有铸锭生产轧、拉制材时，其产品生产阶段的单元过程（工序）应包括熔铸、挤压及轧、拉制加工； g 本单元过程（工序）适用于使用外购铸锭生产的锻件。使用自有铸锭生产锻件时，其产品生产阶段的单元过程（工序）应包括熔铸、锻造。

### 3.4 取舍准则

取舍准则是对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作出的规定。

根据 GB/T 24067-2024 6.3.5.3 取舍准则相关要求，本文件明确铝加工产品碳足迹量化过程中，舍弃排放量小于产品碳足迹 1% 的单元过程，但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的 5%。同时，本文件对可舍弃的过程进行如下规定：

- a) 本文件第 5.3.2、5.3.3 条规定以外的各类辅材的利用以及废弃物处置；
- b) 原辅材料、半成品、成品的厂内运输；
- c) 资产性商品（设备、厂房、道路等）购置及扩建、改建活动；
- d) 设备及建构物的维修过程；
- e) 产品研发过程；
- f) 企业员工办公及生活设施的消耗及排放。

以上过程的舍弃依据如表 3 所示。

表3 单元过程舍弃依据

过程编号	过程描述	参考依据
a)	本文件第 5.3.2、5.3.3 条规定以外的各类辅材的利用以及废弃物处置	调研显示其碳排放影响极小，对产品生命周期排放的贡献度不超过 1%（详见第四章），且种类繁多，量化工作量大
b)	原辅材料、半成品、成品的厂内运输	调研显示其碳排放影响极小，对产品生命周期排放的贡献度不超过 1%（详见第四章），且种类繁多，量化工作量大
c)	资产性商品（设备、厂房、道路等）购置及扩建、改建活动	PAS 2050 第 6.4.4 条规定
d)	设备及建构物的维修活动	EPD international 发布的《基础铝产品

过程编号	过程描述	参考依据
f)	产品研发过程	及特殊合金产品种类规则》第 4.3 条
g)	企业员工办公及生活设施的消耗及排放	PAS 2050 第 6.5 条、EPD international 发布的《基础铝产品及特殊合金产品种类规则》第 4.3 条

## 4 数据和数据质量

### 4.1 数据描述

将需要收集的数据分为现场数据和背景数据。根据收集数据的量化程度，将数据划分为初级数据和次级数据。根据调研情况，规定现场数据应全部采用初级数据，并且为确保铝加工产品碳足迹量化的一致性和可重复性，本文件给出了数据清单如表 4 所示。

表4 主要数据类型描述

数据类别	碳排放源及相关信息	主要物料及数据清单	备注	
现场数据	输入	原料消耗量	1) 生产铸轧带或者自产铸锭时：重熔用铝锭、铝及铝合金液(如有)、回收铝原料、非铝单质原料、中间合金、晶粒细化剂、烧损； 2) 外购坯料时：外购铸锭，外购板、带材，外购箔材，外购坯压坯料等。	
		辅料消耗量	1) 熔铸工序用精炼剂； 2) 铸轧、热轧工序用乳化剂； 3) 冷轧工序用轧制油、硅藻土。	
		能源消耗量	燃料、电力、热力、水、压缩空气等（含损耗量以及厂内运输用能源）。	
	第三方服务	外委现场运输相关参数，外委热处理、外委机加工、外委现场处理污染物等用能（如有）。	初级数据（宜优先考虑现场数据）	
	输出	产品信息		铝加工材合格品量、投料量、各工序合格品量、工序成品率等。
		温室气体直接排放量		计算得出的燃料燃烧产生的二氧化碳排放量
废弃物产生量		1) 熔铸工序产生的铝灰； 2) 冷轧工序产生的含油硅藻土； 3) 挤压工序的石墨油泥； 4) 铸轧、热轧、冷工序产生的含油污泥。		
背景数据	能源	1) 供应商提供的生命周期排放因子； 2) 电力/热力的能源结构； 3) 数据库或公开文献中的相关排放因子。		次级数据（宜优先考虑初级数据）
	外购原辅材料	1) 供应商提供的第三方产品足迹数据； 2) 数据库或公开文献中的相关排放因子。		
	运输分销	1) 服务商的排放数据； 2) 运输量、运输方式、运输距离等参数。		

经调研，铝加工企业可能存在能源计量器具配备不全、原辅材料统计资料不齐等情况，导致相关现场数据无法收集。因此，本文件规定，在收集现场数据不可行的情况下，宜使用经第三方评审的背景数据的初级数据。

背景数据通常来自数据库（例如商业数据库和免费数据库），或从外部来源获得（如经第三方机构核证的产品碳排放计算数据、正式公开的产品生命周期温室气体排放数据等）。

随着国际国内对产品碳足迹研究的逐渐深入，获取背景数据的渠道较多且公信力逐步提高，同时，有较多国内电解铝企业开展了产品碳足迹第三方核算工作，为产品碳足迹的量化提供了有力支撑。目前国内外均有相关 LCA 数据库，针对不同的研究需求应选择适合的数据库。国外 LCA 数据库主要有瑞士 Ecoinvent、欧洲生命周期文献数据库 ELCD、德国 GaBi 扩展数据库（GaBi Databases）等。国内主要有中国生命周期数据库（CLCD）、清华大学天工 LCA 数据库等，国家生态环境部、工信部等部委也在组织相关的数据库建设。其中目前已建成的权威数据库主要包括：

- Ecoinvent数据库：由瑞士Ecoinvent中心开发的商业数据库，数据主要源于统计资料以及技术文献。Ecoinvent数据库中涵盖了欧洲以及世界多国7000多种产品的单元过程和汇总过程数据集，包含各种常见物质的LCA清单数据，是国际LCA领域使用最广泛的数据库之一，也是许多机构指定的基础数据库之一。
- ELCD数据：由欧盟研究总署(JRC)联合欧洲各行业协会提供，是欧盟政府资助的公共数据库系统。ELCD中涵盖了欧盟300多种大宗能源、原材料、运输的汇总LCI数据集（ELCD 2.0版），包含各种常见LCA清单物质数据，可为在欧生产、使用、废弃的产品的LCA研究与分析提供数据支持，是欧盟环境总署和成员国政府机构指定的基础数据库之一。由于欧盟直接采购市场上现有的商用数据库，目前ELCD数据库已经停止更新。
- GaBi数据库：由德国的Thinkstep公司开发的LCA数据库，自称是目前全球范围内覆盖行业最多的LCI数据库，原始数据主要来源与其合作的公司、协会和公共机构。2022年发布的最新数据库包括了世界各国和各行业的17000汇总过程数据集，涵盖了建筑与施工、化学品和材料、消费品、教育、电子与信息通信技术、能源与公用事业、食品与饮料、医疗保健和生命科学、工业产品、金属和采矿、塑料、零售、服务业、纺织品、废弃物处置16个行业。
- 中国生命周期数据库（CLCD）：最初由四川大学创建，之后由亿科环境持续开发，是一个基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库，目标是代表中国生产技术及市场平均水平。CLCD数据库成为国内唯一入选WRI/WBCSD GHG Protocol的第三方数据库，也是首批受邀加入欧盟数据库网络(ILCD)的数据库，是国内外LCA研究者广泛使用的中国本地生命周期基础数据库。通过亿科的进一步开发，如今的CLCD数据库包括国内600多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集。CLCD数据库建立了统一的中国基础工业系统生命周期模型，避免了数据收集工作和模型上的不一致，从而保证了数据库的质量。
- 天工LCA数据库：由清华大学环境学院副院长徐明教授发起，是由天工社区150余名行业专家联合构建，以开放、开源、共享、透明、可追溯为基本原则，汇集了涵盖我国55个行业、4000多单元过程的70000多条公开数据。

虽然国内 LCA 研究起步较晚，但随着国家绿色制造政策的推进，LCA 研究得到迅速发展。因此，建议在本土化 LCA 数据库的基础上，开展 LCA 研究时应首要选择代表本土化的数据库，保证数据的准确性和可比较性，如果不能满足再考虑使用国外数据库。

本文件规定，仅在收集初级数据不可行时，才能将次级数据用于输入和输出，或用于辅材使用、废弃物处置等重要性较低的过程。次级数据宜证明其适用性，并注明参考文件。

#### 4.2 数据质量要求

参照 GB/T 24067-2024，本文件对数据质量要求做出如下规定：

产品碳足迹影响评价宜使用现有最高质量数据，数据质量的特征应包括定量和定性两个

角度。数据质量的特性描述应涉及以下方面：

- a) 时间覆盖范围：数据的年份和所收集数据的最小时间跨度；
- b) 地理覆盖范围：为实现产品碳足迹研究目的所收集的单元过程数据的地理位置；
- c) 技术覆盖范围：具体的技术和技术组合；
- d) 精度：对每个数据值的可变性的度量（例如方差）；
- e) 完整性：测量或测算的流所占的比例；
- f) 代表性：反映实际关注人群对数据集（即时间覆盖范围、地理覆盖范围和技术覆盖面等）关注程度的真实情况进行的定性评价；

注：技术上，数据反映实际生产技术情况，即体现实际工艺流程、技术和设备类型、原料与能耗类型、生产规模等因素的影响；时间上，数据反映被评价产品系统单元过程的实际时间；空间上，数据反映具体产品系统边界内单元过程的实际地理位置信息。

- g) 一致性：对研究方法学是否能在敏感性分析的不同组成部分中统一应用而进行的定性评价；
- h) 再现性：对其他独立从业人员采用同一方法学和数值信息重现相同研究成果的定性评价；
- i) 数据来源：现场数据应来源于测量、工程计算、采购记录等，所有数据均有相关的数据来源和数据处理算法；
- j) 信息的不确定性。

## 4.2 数据质量评价

高质量的数据是产品碳足迹量化准确性的基础，而铝加工产业链各环节数据采集难度大，各量化组织采用的排放因子数据库不统一，容易引发铝加工产品碳足迹量化结果的不可比，从而影响量化结果的公信力，在此情况下，必须对数据质量进行评价，便于量化结果使用者准确评估其可信度，对总体数据质量评价等级较差的，应进行敏感性分析。

本文件附录 B 对数据质量评价要求进行了详细规定。

## （七）生命周期清单分析

### 1 分析步骤

根据 GB/T 24067-2024 第 6.4 条的规定，本文件明确产品碳足迹生命周期清单分析的步骤为数据收集、数据审定、数据分配及清单计算。

### 2 数据收集

#### 2.1 数据收集期

本文件规定铝加工产品碳足迹量化数据宜以一个自然年为数据收集周期。其特点是年度数据符合组织常规的运营管理，涵盖生产波动的变化因素。

#### 2.2 收集要求

为尽可能准确量化铝加工产品碳足迹，确保根据生产工艺流程收集现场数据、背景数据符合清单计算要求，本文件提出数据收集要求如下：

应针对 6.3 列出的系统边界内的所有单元过程、子单元过程（详见表 1），收集纳入生命周期清单中的定量数据和定性依据。用来量化单元过程的输入和输出数据是通过测量、计算或估算得到，其中的物料量应换算为单耗的形式进行记录。对研究结论有显著影响的单元

过程，如原材料获取、产品生产等，应在产品碳足迹研究报告中记录。

数据收集宜遵循以下步骤：

- a) 根据产品系统边界，获取工艺流程图，识别温室气体排放源，确定数据需求范围，并将表2列出的物料及数据包括在内；
- b) 根据数据需求编制单元过程及其子单位过程输入、输出数据表，示例见附录A；
- c) 按照数据列表收集初级数据和次级数据，并详细记录各项数据的收集方法、数据来源和原始凭证，保持其可追溯。

当部分子单元过程由第三方服务完成时，也应收集相应数据。如果无法获取，则采用行业均值。

当数据收集可能分散于多个地址和发布的参考文献时，该产品系统宜使用一个有代表性和协调一致的数据集。

### 3 特定温室气体排放因子

结合调研情况以及铝加工行业特性，本文件将电力、回收铝、铝中间合金及晶粒细化剂、合金元素及非金属原料排放因子列为特定温室气体排放因子，并做出了相关规定。

#### 3.1 电力

2025年，国家生态环境部联合国家统计局、国家能源局发布了2024电力碳足迹因子数据，结束了我国长期缺乏权威电力碳足迹因子数据、各碳足迹量化组织只能选取国内外数据库数据的历史，成为今后量化中国产品碳足迹的重要依据。

本文件根据《关于发布2024年电力碳足迹因子数据的公告》的相关规定对量化铝加工产品碳足迹使用的电力排放因子作出如下规定，其原则是依据电力结构计算电力排放因子：

用电相关温室气体排放量的核算范围以及电力排放因子的选择应符合GB24067-2024的要求。铝加工产品生产阶段的电力排放因子优先选择由供应商提供的排放因子，当无法获取供应商提供的排放因子时，根据铝加工企业的电力结构以及国家主管部门公布的最近年份的发电类型电力碳足迹因子及输配电碳足迹因子，按公式（1）进行计算。无法提供电力结构的，按其电力结构为100%燃煤发电进行计算。

$$EF_{\text{电力}} = \sum_{i=1}^n (EF_i \times K_i) + E_{\text{输配电}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $EF_{\text{电力}}$  —— 电力排放因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（tCO<sub>2</sub>e/MWh）；
- $n$  —— 铝加工产品使用电力的发电类型（如燃煤发电、水力发电等）数；
- $EF_i$  —— 第*i*种发电类型的电力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（tCO<sub>2</sub>e/MWh）；
- $K_i$  —— 第*i*种电力的电量占总电量的比例，单位为百分比（%）；
- $E_{\text{输配电}}$  —— 输配电（含线损）碳足迹因子，取国家主管部门公布的最近年份的数据。

#### 3.2 回收铝

使用回收铝替代重熔用铝锭，能显著降低铝加工产品对铝冶炼环节的资源 and 能源需求，因此提高回收铝原料使用比例是铝加工业降低产品碳足迹的重要手段。在响应国家双碳战略以及提高产品在国际、国内市场竞争力的双重影响下，国内铝加工企业对于使用回收铝的重视程度越来越高，因此，对回收铝的温室气体排放因子作出规定非常必要。

回收铝按其回收前的使用程度分为消费前回收铝和消费后回收铝，因国际、国内各类组织对其排放因子无明确、统一的方法学，主流的核算方法分为四大类，分别为截断法（cut-off method）、质量分配法（CP1）、经济分配法（CP2）、替代法（SM2），导致铝加工企业、

下游用户、第三方机构对回收铝排放因子的认定存在争议，争议点主要在于是否将回收铝作为铝加工企业的副产品赋予碳值。

为此，编制组与以上各相关方进行了多次交流研讨后，明确本文件以避免碳泄露为前提，保持各类原辅材料、能源等的单位产品消耗量统一依据合格产品产量进行测算的原则，采用截断法对回收铝的温室气体排放范围做出如下规定：

- a) 对于铝加工企业在其生产现场产生的回收铝原料、外购的洁净回收铝原料以及由铝加工企业进行预处理的非洁净回收铝原料，其温室气体排放范围包含回收铝原料从产生地到铝加工企业投料生产的厂房大门的运输；
- b) 对于由供应商进行预处理的非洁净回收铝原料，其温室气体排放范围包含原料从供应商上游单位大门到供应商大门的运输过程、供应商预处理过程的排放以及处理后的回收铝原料从供应商大门到铝加工企业大门的运输。

### 3.3 铝中间合金及晶粒细化剂

铝加工产品在熔铸工序会使用铝铜、铝锰、铝钛、铝铬、铝硅等铝中间合金及铝钛硼、铝钛、铝钛碳等晶粒细化剂，种类较多、必不可少。其中，铝中间合金主要用于提高铝合金的熔化温度和液相区稳定性、改善铝合金的机械性能、调整铝合金成分、提高铝合金的热处理效果、提高铝合金的耐蚀性和耐磨性；晶粒细化剂用于克服铸造裂纹、确保加工成型后的铝材具有良好的塑性、强度和韧性。

这些原料的组分中，铝金属含量为 52-98%，并且在绝大部分原料中的占比超过 85%，而其余组分含量较少，对相应原料温室气体排放的影响较小。同时，在熔铸工序投料量中占比较小，其中，中间合金占比 0.02%~3.79%，晶粒细化剂占比 0.13~0.16%，详见表 5。

表5 铝加工产品原料成份调研表

组份	某 5 系合金	某 6 系合金	某 7 系合金
重熔用铝锭	33.19%	48.30%	20.22%
回收铝原料	60.94%	43.56%	71.65%
Mg	2.89%	0.97%	1.05%
Cu	0	0	0.72%
Zn	0	0	2.76%
AL-Cu	0	0	0.36%
AL-Mn	2.22%	3.49%	0
AL-Si	0	3.44%	0
AL-Ti	0.04%	0.08%	0.09%
Al-Be	0.03%	0	0.02%
Al-Cr	0.56%	0	2.92%
Al-Fe	0.00%	0	0.02%
AL-Ti-B 丝	0.13%	0.16%	0.20%

从表 5 可知，铝中间合金在铝加工产品中的占比不尽相同，且在部分合金中占比超过 1%，因此不能全部舍弃，但种类较多、排放因子获取有一定难度。另一方面，晶粒细化剂在投料量中占极小，按 GB/T 24067-2024 以及本文件要求属于可以舍弃的范畴。

为保持原料数据完整性，本文件将铝中间合金及晶粒细化剂的使用过程全部纳入系统边界，但在尽可能准确量化铝加工产品碳足迹的同时减少数据收集及清单计算工作量，本文件将铝中间合金及晶粒细化剂纳入范围，并规定优先选择使用供应商提供的排放因子，当无

法获取供应商提供的排放因子时，按本文件附录 C 选取缺省值。

附录 C 给出的铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值的确定原则如下：

- a) 按其使用的电解铝产品的产地分别明确排放因子；
- b) 按就低不就高的原则收集现场数据、背景数据进行测算。

### 3.4 合金元素及非金属原料

铝合金产品在熔铸工序使用的铜、镁、锰、硅等合金元素及非金属原料，其排放因子不尽相同，例如，铜的排放因子通常在  $5\text{tCO}_2\text{e/t}$  左右，基本与水电铝相当但显著低于火电铝，镁的排放因子可达  $23.5\text{--}28\text{tCO}_2\text{e/t}$ ，显著高于铝。

因产品的合金种类不同、回收铝成分及使用比例不同，各种合金元素及非金属原料在投料量中的比例也不相同（参见表 5），对铝加工产品碳排放的贡献度也不相同。而其排放因子获取有一定难度，据调研，所有被调研企业均未能从供应商处获取到合金元素及非金属原料的碳足迹报告。另一方面，合金元素及非金属原料种类较多，导致产品碳足迹计算繁琐。

为保持原料数据完整性，本文件将合金元素及非金属原料的使用过程全部纳入系统边界，但在尽可能准确量化铝加工产品碳足迹的同时减少数据收集及清单计算工作量，本文件规定在无法获取供应商提供的第三方核算的合金元素及非金属原料排放因子时，应做以下处理：

- a) 在熔铸工序投料量中的占比大于或等于 1% 时，选取国内数据库或公开文献数据；
- b) 在熔铸工序投料量中的占比低于 1% 时，可选取国内数据库或公开文献数据，也可选取铝加工产品在熔铸工序使用的重熔用铝锭的排放因子。

## 4 数据审定

在调研中发现，铝加工产品碳足迹量化存在供应商提供的原料排放因子严重偏离公众认知、铝加工企业提供的物料量与行业平均水平有较大偏差的情况，因此，必须按 GB/T 24067-2024 的要求进行数据审定，并给出数据存疑时的处理办法。

本文件结合调研情况，对数据审定做出了如下规定：

应对所收集数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明其符合 7.4.2 规定的的数据质量要求。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和（或）排放因子的比较分析或其他适当的方法，如参考行业平均值等常规数据进行交叉审定等。

当现场数据出现以下情况时，应重点进行检查、确认，必要时用次级数据替代初级数据：

- a) 供应商提供的产品碳足迹数据与数据库或公开文献中的相关排放因子存在较大偏差；
- b) 生产工序未配备能源计量器具或计量器具无检定记录，相关能源数据为估算值；
- c) 选取的电力排放因子低于政府公布的最近年份区域电网排放因子。

## 5 数据与单元过程和声明单位的关联

以工艺流程和各单元过程间的流为基础，所有单元过程的流都与基准流建立联系。

为避免计算偏差，统一核算原则，本文件规定清单结果及其计算应以声明单位为基础关联系统中所有的输入和输出数据，即应采用原材料量、废物量、运输量与声明单位的比值进行计算。

为便于理解，本文件给出了示例进行说明。

## 6 数据分配

经调研了解，部分铝加工企业的能源计量器具配备不全、各类原材料统计数据不能按产品种类细分，因此，必须对数据分配作出明确规定。

结合铝加工企业实际情况以及不同数据对产品碳足迹的影响程度，本文件确定在必需进行数据分配时，应确保一个单元过程分配的输入和输出总和与其分配前的输入和输出相等，并优先采用如下方法：

- a) 细分法：将拟分配的单元过程进一步划分为两个或更多的子过程，并收集与这些子过程相关的输入和输出数据；
- b) 扩展法：将产品系统加以扩展，从而抵扣声明单位等同产品生产造成的环境影响；
- c) 分配法，根据物理属性（如质量、数量），按比例分配输入、输出数据。

以上方法中，细分法仅适用于能源消耗过程，扩展法适用于原料、辅材、耗能工质消耗过程以及废物产生过程，但原料消耗过程仅能扩展到某合金品种大类；分配法适用于绿电、辅材、耗能工质消耗过程以及废物产生过程。为便于理解，本文件对每种分配方法都给出了示例，并且规定了每种分配方法的适用范围。

## 7 清单计算

### 7.1 计算要求

对经审定的数据进行计算，得出数据表（应符合附录A表A.1~A.6的要求），展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的资源使用量（如原料、辅材、能源等），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废弃物）。

### 7.2 活动数据计算方法

大多数铝加工企业在产品生产阶段存在一条生产线生产多种产品的情况，若未配备生产执行系统、能源管理系统等信息化系统，无法就某种产品准确收集到原料、能源消耗量，辅材消耗量也存在类似问题。

目前，在量化产品碳足迹时，通常由铝加工企业按自己的认知自行测算各类活动数据，而第三方核算机构通常不会对其进行复核，极易导致量化结果出现偏差。在此情况下，本文件参照质量分配方法、结合行业特点对原辅材料、能源等重点活动数据给出计算方法下：

- a) 当铝加工企业活动数据统计完善，铝加工产品碳足迹量化所需的原料、辅材及产生的废弃物等各类活动数据均有可靠的数据来源时，按公式（2）进行活动数据的计算。能源使用量等活动数据，可参照公式（2）进行计算。

$$AD_{\text{材料或废弃物}} = \frac{AD_{\text{总量}}}{Q} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$AD_{\text{材料或废弃物}}$  —— 量化期内某种产品某种原料、辅料等的使用量或废弃物的产生量，单位为吨每声明单位（t/t）；

$AD_{\text{总量}}$  —— 量化期内生产某种产品使用的某种原料、辅料等的总重量或产生的某种废弃物的总重量，单位为吨（t）；

$Q$  —— 量化期内某种铝加工产品的合格品产量，单位为吨（t）。

- b) 当铝加工企业未分类统计能源、辅材使用量，在量化特定用途、特定合金及特定规格的铝加工产品时不能准确提供各类活动数据时，可依据各工序的统计数据按公式（3）计算各类辅材活动数据。能源使用量、废弃物产生量数据可参照该公式计算。

$$AD_{\text{辅材}} = \frac{Q_{\text{辅材}}}{P_{\text{工序}} \times K_{\text{成品}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$AD_{\text{辅材}}$  ——量化期内铝加工产品某工序某种辅材使用量，单位为吨每声明单位 (t/t)；

$Q_{\text{辅材}}$  ——量化期内铝加工企业某工序某种辅材使用总量，单位为吨 (t)；

$P_{\text{工序}}$  ——量化期内铝加工企业某工序合格品总量，单位为吨 (t)；

$K_{\text{成品}}$  ——量化期内铝加工产品在某工序的合格品量与其总产量的比值，按公式 (4) 进行计算。

$$K_{\text{成品}} = \frac{P_{\text{工序1}}}{P_{\text{产品}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$P_{\text{工序1}}$  ——量化期内铝加工产品在某工序的合格品量，单位为吨(t)；

$K_{\text{产品}}$  ——量化期内铝加工产品产量，单位为吨 (t)。

## (八) 产品碳足迹影响评价

### 1 概述

产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。

参照国际通用选取原则，提出应通过排放或清除的温室气体的质量乘以政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 给出的 100 年全球变暖潜势 (GWP)，来计算产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响，单位为 tCO<sub>2</sub>e/声明单位。

### 2 产品碳足迹计算方法

本文件规定，根据产品生产周期清单计算结果，按公式 (5) 计算铝加工产品碳足迹。

$$CFP_{\text{铝加工}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$CFP_{\text{铝加工}}$  ——量化期内铝加工产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每吨 (tCO<sub>2</sub>e/t)；

$AD_i$  ——量化期内铝加工产品在生产周期内第 i 项活动的温室气体排放活动数据，单位根据具体排放源确定；

$EF_i$  ——第*i*项活动对应的排放因子，单位与温室气体活动数据的单位相匹配。

### 3 产品碳足迹更新要求

考虑到铝加工企业购买低碳原料、低碳能源的意愿越来越强，同时工艺优化、装备升级步伐较快，对产品碳足迹的影响较大，同时，随着对产品碳足迹认识的不断加深，可能存在数据收集出现偏差需要更正的情况，因此，本文件规定铝加工产品碳足迹数据应至少每3年更新一次，或每当影响其排放强度的参数发生重大变化时更新一次，并且规定下列情况应被视为触发重大变化：

- 1) 生产发生结构性变化，包括操作中的重大工艺变化、技术进步、原材料或能源输入/输出；
- 2) 计算方法发生变化，如：全球增温潜势值或收集数据的准确性提高，纳入新的对排放数据产生重大影响的数据源；
- 3) 发现重大错误，或累积起来的重大错误等。

### 4 产品碳足迹结果解释

按照产品碳足迹研究的范围和范围，对生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果进行解释。本文件规定，产品碳足迹研究的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤：

- a) 根据生命周期清单分析和产品碳足迹影响评价的量化结果，识别显著环节（可包括生命周期阶段、单元过程或流）；
- b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估；
- c) 结论、局限性和建议的编制。

按照产品碳足迹研究的范围和范围，对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

- a) 说明产品碳足迹和各阶段碳足迹；
- b) 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配程序；
- d) 说明产品碳足迹研究的局限性。

结果解释宜包括以下内容：

- a) 对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行敏感性检查；
- b) 评估建议对结果的影响。

## （九）产品碳足迹报告

产品碳足迹评价报告记录产品碳足迹的量化结果，应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、不带偏向地、透明地、详细地记录和说明结果、数据、方法、假设和生命周期解释，以便相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性和所做出的权衡。

产品碳足迹评价报告应包括但不仅限于以下内容：基本情况、量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释、研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料等。

## 四、主要试验（或验证）情况分析

### 1 目的

通过调研，获取铝加工产品生命周期各阶段的原料、辅材、能源使用情况及废弃物产生情况等定性资料和定量数据，按照相关国际、国家标准测算各类资源、能源对铝加工产品温

室气体排放的贡献度，确定取舍准则。

通过对收集的各类数据进行计算方法相关试验及验证分析，验证本文件规定的产品碳足迹量化方法的适用性。

## 2 产品系统涉及的原辅材料及废弃物

经调研，铝加工产品系统涉及的原辅材料以及产生废弃物种类较多，且根据生产工序的不同存在一定差异，如表 7 所示。

表7 铝加工产品各生产工序原辅材料及废弃物

工序名称	原料名称	辅材名称	废弃物名称
熔铸	重熔用铝锭，回收铝原料，电解铝液，合金铝液，合金元素，非金属材料，铝中间合金，晶粒细化剂，外购铸锭	精炼剂，分流袋，塞棒，陶瓷过滤板，液压油，润滑油	除尘灰，铝灰
铸轧	重熔用铝锭，回收铝原料，电解铝液，合金铝液，非铝单质材料，中间合金，晶粒细化剂	精炼剂，分流袋，塞棒，陶瓷过滤板，液压油，润滑油，乳化剂，塑钢带，塑料薄膜，纸套筒，防滑垫，木架	除尘灰，铝灰，含油污泥
热轧	自产铸锭、外购铸锭、外购热轧带材（生产热轧板材时）	乳化剂，液压油，塑钢带，塑料薄膜，纸套筒，磨削液	含油污泥，磨削土
冷轧	自产热轧带材、外购热轧带材、外购冷轧带材、外购铸轧带材	轧制油，硅藻土，液压油，磨削液，塑钢带，塑料薄膜，纸套筒，脱脂剂，白土，过滤布，木架	含油硅藻土、含油污泥，磨削土
挤压	自产铸锭，外购铸锭，外购挤压坯料	脱模剂，润滑油，高温毛毡条，石墨块，涂料，封口脐，干燥剂，塑料薄膜，塑钢带，牛皮纸，木方	含油污泥，石墨油泥
锻造	自产铸锭，外购铸锭，外购锻坯	液压油，润滑油，塑料薄膜，塑钢带，木方	含油污泥

## 3 产品系统常用能源

经调研，铝加工企业常用能源及其可能涉及的工序、来源如表 8 所示。

表8 铝加工产品常用能源及其来源

能源种类	可能涉及的工序	来源
电力	所有工序	自备电厂、电网电力、自建光伏、热电联产、市场化采购绿电
天然气	绝大多数产品的熔铸、铸轧、热轧工序，部分产品的冷轧、挤压、锻造工序	外购
热力（含蒸汽、热水）	除熔铸外，其余工序均可能使用，北方企业供暖时，可能涉及所有工序	绝大多数企业为自产，少数外购
新鲜水	所有工序	绝大多数企业为外购，少量自产
软水	热轧，冷轧，锅炉，空压站	自产，极少数企业外购
去离子水	冷轧	自产，极少数企业外购
循环水	所有工序	绝大多数企业为自产，少数外购

压缩空气	所有工序	绝大多数企业为自产，少数外购
氮气	熔铸、铸轧、冷轧	绝大多数企业为外购
氩气	熔铸、铸轧	外购
氯气	熔铸	外购

#### 4 产品碳足迹调研数据分析

##### 4.1 调研数据

鉴于铸造铝合金、合金铝液的原辅材料及能源获取过程、产品生产过程与铸锭有相似性，而板、带材，挤压材及锻件等变形铝及铝合金生产过程都包含铸锭生产过程，因此，编制组未单独调研铸造合金以及铸锭、合金铝液的温室气体排放情况。

在变形铝及铝合金中，挤压材及板带材占比最大，2024年分别达到54.3%、34.4%，并且是铝加工产品中碳足迹研究需求最迫切的两类产品，代表性最强。因此，编制组调研了4家铝加工企业的10种典型变形铝及铝合金产品，包括冷轧带材产品6种，型材产品4种，其铝加工过程均从熔铸工序开始至最终产品生产完成。其中，A企业生产的某5系冷轧带材（产品1）、B企业生产的2系型材（产品2）相关数据如表9、表10所示。通过调研，基本反映出各类因素对产品碳足迹的影响情况。

表9 产品1（A企业某5系冷轧带材）碳足迹数据表

名称	碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	百分比	
原料获取	重熔用铝锭	3.310	30.63%
	电解铝液	5.203	48.15%
	回收铝（消费前）	0.000	0.00%
	镁锭	1.944	17.99%
	铝-锰中间合金	0.002	0.02%
	铝-铜中间合金	0.003	0.03%
	铝-铬中间合金	0.006	0.06%
	铝-钛中间合金	0.002	0.02%
	铝钛硼丝	0.003	0.03%
	小计	10.473	96.93%
辅材获取	液压油	0.005	0.05%
	分流袋	0.000	0.00%
	塞棒	0.001	0.01%
	陶瓷过滤板	0.000	0.00%
	乳化剂	0.005	0.05%
	精炼剂	0.002	0.01%
	脱脂剂	0.017	0.16%
	硅藻土	0.000	0.00%
	白土	0.012	0.11%
	过滤纸	0.008	0.08%
	轧制油	0.015	0.13%
	塑料薄膜	0.0003	0.00%
	木架	-0.0002	0.00%
	小计	0.066	0.61%

名称	碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	百分比	
产品生产(压缩空气、蒸汽为自产)	电力	0.099	0.92%
	天然气	0.037	0.34%
	新水	0.001	0.01%
	去离子水	0.003	0.03%
	氩气	0.001	0.01%
	氮气	0.002	0.02%
	铝灰处置	0.092	0.85%
	含油硅藻土处置	0.002	0.02%
	含油污泥处置	0.016	0.15%
	小计	0.253	2.34%
原辅材料厂内外运输及半成品、成品厂内运输	0.014	0.13%	
合计	10.805	100.00%	

表10 产品2 (B企业某2系挤压型材) 碳足迹数据表

名称	碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	百分比	
原料获取	重熔用铝锭	3.585	61.38%
	回收铝 (消费前)	0	0.00%
	铜线	0.582	9.96%
	锰剂	0.514	8.80%
	镁锭	0.285	4.88%
	铬剂	0.11	1.88%
	速溶硅	0.025	0.43%
	铝钛硼丝	0.005	0.09%
	小计	5.106	87.42%
辅材获取	液压油	0.005	0.08%
	分流袋	0.000	0.00%
	塞棒	0.000	0.00%
	陶瓷过滤板	0.000	0.00%
	精炼剂	0.005	0.09%
	石墨块	0.000	0.00%
	塑料薄膜	0.005	0.08%
	干燥剂	0.000	0.00%
	木方	0.000	0.00%
	小计	0.015	0.25%
产品生产 (压缩空气为自产)	电力	0.479	8.20%
	天然气	0.212	3.63%
	新水	0.001	0.02%
	氩气	0.002	0.03%
	氮气	0.003	0.05%
	石墨油泥处置	0.000	0.00%
	含油污泥处置	0.000	0.00%

名称	碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	百分比
小计	0.697	11.93%
原辅材料厂内外运输及半成品、成品厂内运输	0.023	0.39%
合计	5.841	100.00%

#### 4.2 数据分析

从表 9、表 10 可知，铝加工产品原辅材料及能源种类较多，但无论何种铝加工产品，原料、能源导致的碳排放对产品碳足迹的贡献最大，并且使用电力、天然气导致的碳排放占能源使用产生的碳排放量的 94%以上，而耗能工质、辅材获取以及废弃物处置、运输过程的碳排放量对产品碳足迹的贡献较小，其占比分别不超过 0.1%、4%、0.2%、0.4%，按 GB/T 24067-2024 相关要求，属于可舍弃的范畴，为保持数据完整性，可将运输过程全部纳入系统边界，将耗能工质的水作为代表性品种纳入系统边界，在各工序中选取 1-2 类具有代表性的辅材及废弃物纳入系统边界。

#### 5 取舍准则的确定

根据调研数据及其分析，综合考虑数据收集工作量以及单元过程的完整性，本文件规定，对原辅材料及能源获取过程进行以下取舍：

- 所有原料获取过程全部纳入系统边界；
- 在辅材获取过程中，只将熔铸工序精炼剂，铸轧工序精炼剂、乳化剂，热轧工序乳化剂，冷轧工序轧制油、脱脂剂，挤压工序塑料薄膜以及锻造工序矿油纳入系统边界，其余辅料获取过程可以舍弃；
- 所有原辅材料及半成品、成品厂内运输均可舍弃；
- 在生产所需能源种类中，只将电力、天然气、热力、水、压缩空气纳入系统边界，其余能源可以舍弃。

#### 6 产品碳足迹试算结果分析

按本文件规定的取舍准则，对产品 1、产品 2 进行部分过程舍弃前后的碳足迹测算值对比，如表 11 所示。

表11 取舍前后产品碳足迹测算对比

品名	产品碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)		差异率
	取舍前	取舍后	
产品 1	10.805	10.742	0.58%
产品 2	5.841	5.808	0.56%

由表 10 可知，依据本标准的量化方法对产品碳足迹进行计算具有较强的可操作性，其确定的取舍准则对产品碳足迹量化的影响较小。

### 五、预期的经济社会效果

本标准的制定充分考虑了我国铝加工业的生产技术现状，可为铝加工产品的碳足迹量化提供指导。该标准的制定有助于铝加工企业摸清产品碳排放水平，发现生产过程中碳足迹生态压力的关键要素，为铝加工企业绿色低碳生产提供明确路径，为铝加工业的绿色低碳发展提供对策，为制定铝加工业减碳政策提供数据支撑，对我国铝加工业降碳目标的实现具有重要意义。

## 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

目前国内外尚无在产品层级上发布有铝加工产品碳足迹量化的方法指南或标准。本标准未采用国际标准和国外先进标准。

## 七、与现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准编制依据国家发布的碳排放有关文件、标准，编制过程遵循了现行的相关法律和法规。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 九、标准性质的建议说明

本标准建议作为推荐性国家标准，不涉及专利问题。

## 十、贯彻国家标准的要求和措施建议

1. 实施前保证标准文本的充足供应，使铝加工产品碳足迹研究处相关主都能及时获得本标准文本。

2. 对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3. 可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、下游用户、第三方核算机构等，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4. 建议本标准批准发布 6 个月后实施。

## 十一、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定，无代替标准。

## 十二、其他应予说明的事项

无。

标准编制组

2025 年 12 月