



中华人民共和国国家标准

GB/T ×××××—20××

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品

Greenhouse gas – Quantification requirement and method of product
carbon footprint – Aluminium processing product

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会发布

前 言

本标准按照 GB/T 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国生态环境部提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）和全国碳排放管理标准化技术委员会（TC548）共同归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铝加工产品

（征求意见稿）

1 范围

本文件规定了铝加工产品碳足迹量化的量化目的、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。

本文件适用于铝加工产品碳足迹量化与报告。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 8005.1 铝及铝合金术语 第1部分：产品及加工处理工艺

GB/T 8005.4 铝及铝合金术语 第4部分：回收铝

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 24025 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序

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 24067 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与要求 电解铝

3 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铝加工产品 aluminum processing product

指符合GB/T 8005.1要求的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。

3.2

能源 energy

系指煤炭、石油、天然气、生物质能和电力、热力以及其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源。

4 量化目的

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，以及在原辅材料及能源

获取阶段、产品生产阶段等环节的影响构成。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。

5 量化范围

5.1 产品描述

产品描述应使用户能够清晰识别产品，内容包括但不限于产品名称、合金牌号、规格型号、产品用途等信息。

5.2 声明单位

本文件涉及的铝加工产品以声明单位进行表示，并表示为1吨铝加工产品。

5.3 系统边界

5.3.1 边界设定

铝加工产品系统边界为“从摇篮到大门”，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。铝加工产品的生命周期系统边界见图 1，即从原辅材料和能源获取到铝加工产品离开生产商厂门为止。

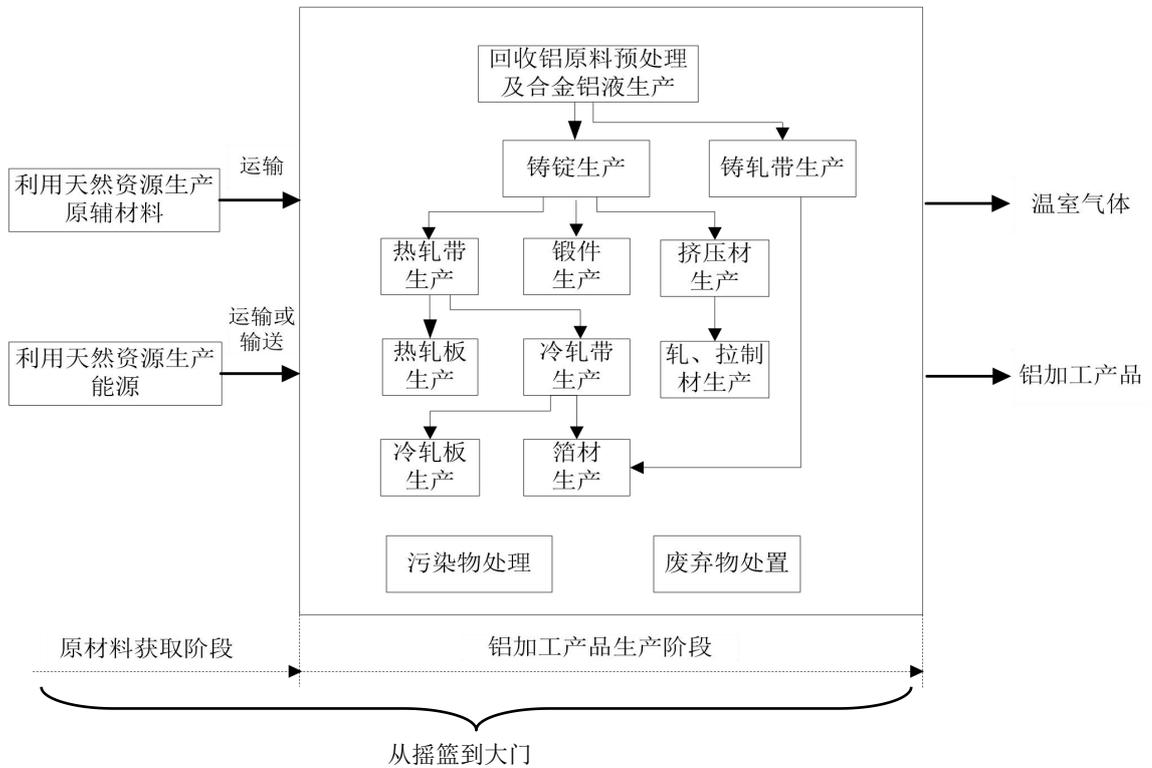


图1 铝加工产品生命周期系统边界示意图

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辅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。

5.3.2 原辅材料和能源获取阶段

铝加工产品原辅材料及能源获取阶段从自然界材料提取时开始，在原辅材料和能源到达铝加工企业工厂时终止，包括以下各类物料从获取、生产加工到运输分销至铝加工企业工厂的过程：

- 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。

5.3.3 产品生产阶段

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) 冷轧工序产生的含油硅藻土；
- c) 各工序产生的含油污泥。

根据铝加工产品的不同，其主要单元过程如表1所示。表中给出的单元过程（工序）以及子单元过程（工序）均涉及能源消耗。

表1 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 ^a	<ul style="list-style-type: none"> - 原料预处理（如有）； - 熔炼（含烟气除尘）； - 铸造（如有）； - 均热（如有）； - 机加工（含锯切、车削、镗孔、铣面，如有）
铸轧 ^b	<ul style="list-style-type: none"> - 原料预处理（如有）； - 熔炼（含烟气除尘）； - 轧制（含油雾治理）； - 检化验及包装
热轧 ^c	<ul style="list-style-type: none"> - 铣面（如有）； - 坯料加热； - 轧制（含油雾治理）； - 热处理（如有）； - 拉伸矫直（如有）； - 锯切（生产板带时）； - 检化验及包装
冷轧 ^d	<ul style="list-style-type: none"> - 轧制（如有，含油雾处理）； - 中间退火（如有）； - 成品热处理（如有）； - 精整（根据生产工艺，含拉伸矫直、清洗、剪切、表面处理等）； - 锯切（如有）； - 检化验及包装 <p>以上子工序中，轧制及中间退火可能反复多次。</p>
挤压 ^e	<ul style="list-style-type: none"> - 工模具加热； - 坯料加热； - 挤压（含在线淬火、锯切）； - 表面处理（如有）； - 轧制和/或拉制 - 离线热处理； - 精整； - 蚀洗（如有）； - 检化验及包装 <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 ^g	<ul style="list-style-type: none"> - 工模具加热； - 坯料加热； - 锻压或轧环； - 热处理； - 机加工（如有）； - 检化验及包装。 <p>以上子工序中，工模具加热、坯料加热及锻压可能反复多次。</p>
^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；	

主要单元过程（工序）	主要子单元过程（子工序）
<p>b 本单元过程（工序）适用于铸轧带、连铸连轧带产品；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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。</p>	

5.3.4 取舍准则

在铝加工产品碳足迹量化过程中，可舍弃排放量小于产品碳足迹1%的单元过程，将其排除在系统边界外，但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的5%。可舍弃的单元过程如下：

- 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) 设备及建构筑物的维修活动；
- 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。

5.4 数据和数据质量

5.4.1 数据描述

产品碳足迹影响评价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，其中现场数据应全部采用初级数据。

在开展铝加工产品碳足迹研究时，应按其生产流程收集本文件第7.3.3条描述的产品生产阶段所涉及的单元过程的现场数据。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）。

背景数据根据数据的量化程度可以是初级数据，也可以是次级数据，其中原材料的排放因子应优先选择供应商提供的、由第三方机构核算的数据。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。

铝加工产品系统边界内的碳足迹量化涉及的主要数据类型见表2。

表2 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、铝中间合金、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	初级数据（宜优先考虑现场数据）

			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）。	
	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。		

5.4.2 数据质量要求

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。

5.4.3 数据质量评价

开展铝加工产品碳足迹研究的组织宜建立数据质量管理体系，保留相关文件和记录，进行数据质量评价，并持续提高数据质量。铝加工产品碳足迹量化数据质量评价方法见附录B，总体数据质量评价分

值大于4时，宜进行敏感性分析。

6 生命周期清单分析

6.1 分析步骤

生命周期清单分析包括以下步骤：

- a) 数据收集；
- b) 数据审定；
- c) 将数据关联到单元过程和声明单位；
- d) 数据分配；
- e) 清单计算。

6.2 数据收集

6.2.1 数据收集期

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。

6.2.2 收集要求

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。

6.3 特定温室气体排放

6.3.1 电力

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：

$EF_{\text{电力}}$ —— 电力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（tCO₂e/MW·h）；

- 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（ $tCO_2e/MW \cdot h$ ）；
- 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。

6.3.2 回收铝

铝加工产品所使用的回收铝（含消费前回收铝和消费后回收铝）的温室气体排放范围如下：

- a) 对于铝加工企业在其生产现场产生的回收铝、外购的洁净回收铝以及由铝加工企业进行预处理的非洁净回收铝，其温室气体排放范围包含回收铝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，其温室气体排放范围包含回收铝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。

6.3.3 铝中间合金及晶粒细化剂

铝加工产品在熔铸工序使用的中间合金及晶粒细化剂应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，中间合金及晶粒细化剂的排放因子可选取缺省值，详见附录C。

6.3.4 合金元素及非金属原料

铝加工产品在熔铸工序使用铜、镁、锰、硅等合金元素及非金属原料，其温室气体排放因子优先选择供应商提供的由第三方机构核算的数据，当不能获取供应商数据时，其排放因子的选择应符合以下规定：

- a) 在熔铸工序投料量中的占比大于或等于1%时，选取现有的本土化或国际LCA数据库或公开发表的高质量文献数据；
- b) 在熔铸工序投料量中的占比低于1%时，可选取现有的本土化或国际LCA数据库或公开发表的高质量文献数据，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。

6.4 数据审定

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。

6.5 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。

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。

示例：量化期内某种铝合金带材产量2吨，使用铝合金扁铸锭2.3吨，则该产品的扁铸锭使用量表示为1.15吨/吨某种铝合金带材。

6.6 数据分配

应尽量避免数据分配，若必需进行分配时，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，细分法适用于电力、天然气、热力消耗过程，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。

6.7 清单计算

6.7.1 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）。

6.7.2 活动数据计算方法

6.7.2.1 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）。

6.7.2.2 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）；

$K_{成品}$ ——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。

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

式中：

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

$K_{产品}$ ——量化期内铝加工产品产量，单位为吨（t）。

7 产品碳足迹影响评价

7.1 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。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tCO₂e/声明单位。其中，铝加工产品在其生产阶段以及废物处置阶段的温室气体排放种类仅包括二氧化碳。

若 IPCC 修订了全球变暖潜势值（GWP），应使用最新评估数值。

7.2 产品碳足迹计算方法

按6.7的要求进行生命周期清单计算，得出各类活动数据后，按公式（5）计算铝加工产品碳足迹。

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

式中：

$CFP_{铝加工}$ —— 量化期内铝加工产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/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。

7.3 产品碳足迹更新要求

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。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。

7.4 产品碳足迹结果解释

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目的和范围，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。

8 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告应包括但不仅限于以下内容（参考格式见附录A）：

- a) 基本情况：
 - 1) 委托方、生产方与评价方信息；
 - 2) 报告信息；
 - 3) 依据的标准；
 - 4) 使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料（如有）。
- b) 量化目的：
 - 1) 开展研究的目的；
 - 2) 预期用途。
- c) 量化范围：
 - 1) 产品说明，包括功能和技术参数；
 - 2) 声明单位以及基准流；
 - 3) 系统边界；
 - 4) 取舍准则和取舍点，列出排除在外的单元过程或因素；
 - 5) 生命周期各阶段描述。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据收集信息，包括数据来源；
 - 2) 重要的单元过程清单；
 - 3) 纳入量化范围的GHG清单；
 - 4) 分配原则与程序；
 - 5) 数据说明，包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价：
 - 1) 影响评价方法；
 - 2) 特征化因子；
 - 3) 产品碳足迹结果计算；
 - 4) 结果图示（可选）。
- f) 结果解释：
 - 1) 结论和局限性（见GB24067-2024 附录A）；
 - 2) 敏感性分析和不确定性分析结果；

- 3) 电力处理，应包括关于电网排放因子计算和相关电网的特殊局限信息；
- 4) 在产品碳足迹研究中披露和证明相关信息项的选择并说明理由。
- g) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

附录 A
(资料性)

产品碳足迹量化数据收集表示例

数据收集表示例见表 A.1~A.6，并不代表全部范围，报告主体可根据生产系统进行补充或调整。

表 A.1 熔铸工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：（如按投料量统计各子单元过程的物料单耗，再用成品率测算得出所需数据；耗能工质单耗取该工序单耗均值等）						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
烧损：		工序成品率：				
制表人：		制表日期：				
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
重熔用铝锭	%					
回收铝原料	%					
电解铝液	%					
合金铝液	%					
镁	%					
铜	%					
中间合金	%					
铝钛绷丝	%					
精炼剂	t/t					
...						
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
熔炼						
静置						
除气过滤						
铸造						
均热（如有）						
锯切（如有）						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距 (km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
铸锭（或铸造铝产品、合金铝液）	t	1				
废料	t					
温室气体直接排放						
铝灰	t					
^a 输入原料的单位均为该原料占投料总量的比例，输入辅材的单位为输出 1 吨工序成品的辅材重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能源量。						

表 A.2 铸轧工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
烧损： 工序成品率：						
制表人： 制表日期：						
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
重熔用铝锭	%					
回收铝原料	%					
电解铝液	%					
合金铝液	%					
镁	%					
铜	%					
中间合金	%					
铝钛绷丝	%					
精炼剂	t/t					
乳化剂	t/t					
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
熔炼						
静置						
除气过滤						
铸轧						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距 (km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
铸轧带	t	1				
废料	t					
温室气体直接排放						
铝灰渣	t					
含油污泥						
^a 输入原料的单位均为该原料占投料总量的比例，输入辅材的单位为输出 1 吨工序成品的辅材重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能源量。						

表 A.3 热轧工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
工序成品率：						
制表人： 制表日期：						
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
自产铸锭	t/t					
外购铸锭（如有）	t/t					
乳化剂	t/t					
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
铣面						
铸锭加热						
轧制						
热处理（如有）						
锯切（如有）						
检化验及包装						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距 (km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
热轧带（或热轧板）	t	1				
废料	t					
温室气体直接排放						
含油污泥	t					
^a 输入原料、辅材的单位为输出 1 吨工序成品的重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量，子工序需反复多次的，应在名称栏进行说明； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能量量。						

表 A.4 冷轧工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
工序成品率：						
制表人： 制表日期：						
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
自产热轧带	t/t					
外购热轧带（如有）	t/t					
外购冷轧带（如有）	t/t					
外购铸轧带（如有）	t/t					
轧制油	t/t					
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
轧制						
中间退火						
重卷						
拉矫及清洗（如有）						
成品热处理						
锯切（如有）						
检化验及包装						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距(km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
热轧带（或热轧板）	t	1				
废料	t					
温室气体直接排放						
含油污泥	t					
含油硅藻土						
^a 输入原料、辅材的单位为输出 1 吨工序成品的重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量，子工序需反复多次的，应在名称栏进行说明； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能源量。						

表 A.5 挤压工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
工序成品率：						
制表人： 制表日期：						
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
自产铸锭	t/t					
外购铸锭（如有）	t/t					
涂料（如有）	t/t					
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
工模具加热						
铸锭加热						
挤压						
热处理（如有）						
表面处理						
检化验及包装						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距 (km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
管材（或棒材、型材、 线材等）	t	1				
废料	1					
温室气体直接排放						
石墨油泥						
^a 输入原料、辅材的单位为输出 1 吨工序成品的重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量，子工序需反复多次的，应在名称栏进行说明； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能源量。						

表 A.6 锻造工序输入、输出数据收集表

单元过程（工艺流程）描述：						
统计口径描述：						
时间段：从****年**月**日至****年**月**日						
工序成品率：						
制表人： 制表日期：						
输入原料及辅材	单位 ^a	用量	运距(km)	运输方式	产地、成份/数据来源	
自产铸锭	t/t					
外购铸锭（如有）	t/t					
子工序名称 ^b	能源消耗量 ^c					
	电力 (kWh/t)	天然气 (m ³ /t)	新水 (m ³ /t)	循环水 (m ³ /t)	压缩空气 (m ³ /t)	热力 (t/t)
工模具加热						
铸锭加热						
锻造						
热处理（如有）						
检化验及包装						
合计						
第三方服务（如有）						
输出	单位	用量	运距 (km)	运输方式	规格、数据来源/去向	
锻件	t	1				
温室气体直接排放						
^a 输入原料、辅材的单位为输出 1 吨工序成品的重量； ^b 应按工艺流程统计全部子工序的各类能源消耗量，子工序需反复多次的，应在名称栏进行说明； ^c 单位均为输出 1 吨工序成品对应的能源量。						

表 A.7 次级数据收集表

类别	名称	排放因子	数据来源	备注
原料	重熔用铝锭			
	回收铝原料			
	电解铝液			
	合金铝液			
	中间合金			
			
辅材	精炼剂			
	乳化剂			
	轧制油			
	硅藻土			
			
能源	电力			电网电力**%，自建自用光伏**%，市场化采购绿电**%
	天然气			低发热值：***

类别	名称	排放因子	数据来源	备注
			
废弃物	铝灰渣			
	含油污泥			
	废弃硅藻土			
	...			
运输	**吨柴油货车运输			
	电力机车运输			
	航空运输			
	水路运输			
			

附录 B
(资料性)
数据质量评价方法

B.1 评价维度

数据质量等级评价主要从数据的时间代表性、技术代表性和地域代表性三个维度进行评价。

B.2 评价步骤及方法

开展铝加工产品碳足迹研究的组织应采用如下所述的数据质量评价方法与步骤：

- a) 根据表 B.1 对每个温室气体排放因子数据集的时间代表性、技术代表性、地理代表性分别进行数据质量评级，以三个数据质量得分维度的平均值来评估该数据集的数据质量；

表 B.1 数据质量评级表

数据质量等级	时间代表性 (TiR)	技术代表性 (TeR)	地理代表性 (GeR)
1	碳足迹的基准年在数据集有效期内	使用的技术与数据集范围内的技术相同	建模过程发生在数据集有效的国家
2	碳足迹的基准年超出数据集不大于 2 年	使用的技术包括在数据集范围内的技术组合中	建模过程发生在数据集有效的地理区域（如亚洲、欧洲、北美洲等）
3	碳足迹的基准年超出数据集不大于 3 年	使用的技术仅部分包括在数据集范围内的技术组合中	建模过程发生在数据集有效的地理区域之一，或者数据集覆盖多个区域
4	碳足迹的基准年超出数据集不大于 4 年	使用的技术与数据集范围中包含的技术类似	建模过程发生在一个国家，该国家不包括在数据集有效的一个或多个地理区域内，但根据专家判断，建模过程有足够相似性
5	碳足迹的基准年超出数据集大于 4 年	使用的技术不同于数据集范围中包含的技术	其他情形

- b) 通过将数据集的碳足迹乘以相应的活动数据来计算每个过程的碳足迹；
- c) 计算每个过程的碳足迹贡献，以百分比表示。碳足迹贡献是工艺的碳足迹除以所有工艺值之和的比率。如果一个过程有负碳足迹，取该过程的绝对值而不是负值，包括在分母中；
- d) 根据 a) 和 c) 点确定的每个过程数据集数据质量与对应的碳足迹贡献进行加权平均，按公式 (B.1) 计算整体数据质量评估得分；

$$DQR = \sum \left(\frac{DQR_{TiR,i} + DQR_{TeR,i} + DQR_{GeR,i}}{3} \times P_i \right) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- DQR —— 整体数据质量评估得分，无量纲单位；
- $DQR_{TiR,i}$ —— 核算对象 i 使用的数据集时间代表性数据质量评估得分，无量纲单位；
- $DQR_{TeR,i}$ —— 核算对象 i 使用的数据集技术代表性数据质量评估得分，无量纲单位；
- $DQR_{GeR,i}$ —— 核算对象 i 使用的数据集地理代表性数据质量评估得分，无量纲单位；
- P_i —— 核算对象 i 的温室气体排放量占总排放量的百分比，单位为%。

- e) 根据公式 (B.1) 计算出的 DQR 结果，按照表 B.2 进行总体数据质量评价；

表 B.2 总体数据质量评分对比表

DQR 分值	总体数据质量评价
≤ 1.5	非常好
$>1.5 \sim 2.0$	很好
$>2.0 \sim 3.0$	好
$>3.0 \sim 4.0$	一般
>4.0	较差

附录 C
(资料性)

铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值

铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值见表 C.1。

表 C.1 铝中间合金及晶粒细化剂排放因子缺省值

生产铝中间合金或晶粒细化剂所用电解铝产地	缺省值 (tCO ₂ e/t)
华北地区	21.2
西北地区	14.9
华南地区	12.5
华东地区	16.6
山西	24.6
内蒙古	20.6
宁夏	19.4
山东	16.6
甘肃	16.5
新疆	15.5
广西	12.5
青海	11.0
云南	7.5
贵州	18.8
四川	9.4
重庆	16.6

附录 D
(资料性)
产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告 (模板)

产品名称：_____

产品规格型号：_____

生产者名称：_____

产品碳足迹：_____

报告编号：_____

出具报告机构：_____

日期：_____年_____月_____日

产品碳足迹报告信息摘要表

委托方		委托方地址	
联系人		联系方式	
产品生产方		产品生产方地址	
产品名称			
产品规格型号			
产品执行标准			
量化依据标准			
声明单位			
系统边界			
时间范围			
产品碳足迹量化结果		tCO ₂ e/t	
舍弃的单元过程			
报告签发日期		_____年____月____日	
评价结论：			
报告编制人		签名	日期
报告审核人		签名	日期
报告批准人		签名	日期

一、概况

1. 委托方简介

2. 生产方简介

3. 产品信息

产品名称： _____

产品规格型号： _____

产品执行标准： _____

产品用途： _____

产品图片：

4. 量化方法

依据标准： _____

二、量化目的

应用意图： _____

开展研究的理由： _____

目标受众： _____

三、量化范围

1. 声明单位

以 _____ 为声明单位。

2. 系统边界

原材料获取 生产阶段 运输交付阶段 使用阶段 生命末期阶段

系统边界如图 1 所示（应包含生产阶段的各子单元过程）。

图 1 **产品碳足迹量化系统边界图

3. 取舍准则

采用的取舍准则以 _____ 为依据，具体规则如下：

4. 时间范围

从 _____ 年 _____ 月 _____ 日至 _____ 年 _____ 月 _____ 日。

四、清单分析

1. 数据来源说明

初级数据：_____

次级数据：_____

2. 分配原则与程序

分配依据：_____

分配程序：_____

具体分配情况如下：

3. 清单结果及计算

生命周期各阶段活动数据清单计算结果如表 1 所示。

表 1 产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	名称 ^a	实物量 ^b	排放因子		碳排放量 (tCO ₂ e/t)
			数值 ^c	数据来源	
原材料获取					
产品生产					
^a 应列出每项资源（含原料、辅材及能源）及废弃物名称； ^b 为每声明单位对应的数量，应填写计量单位； ^c 注明计量单位。					

运输相关活动数据清单如表 2 所示。

表 2 运输相关活动数据清单说明

运输物料名称	运输起点	运输终点	运输距离 (km)	运输方式	排放因子 (tCO ₂ e/t • km)		碳排放量 (tCO ₂ e/t)
					数值	数据来源	

4. 数据质量评价（可选）

（数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价，具体评价要求见本文件表 3）。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择 IPCC 给出的 100 年 GWP。

2. 碳足迹计算结果

根据现场数据以及背景数据对 XXXX 产品进行生命周期评价，对其温室效应（GWP）影响进行特征化表征，获得该产品生命周期排放量结果如表 3 所示。

表 3 XXXX 产品生命周期各阶段排放情况

生命周期阶段	影响因素	碳足迹 (tCO ₂ e/t)	百分比 (%)
原辅材料及能源获取阶段	原料		
	辅材		
	小计		
产品生产阶段	天然气		
	电力		
	外购热力		
	外购耗能工质		
	废弃物处置		
	小计		
合计			100%

各类影响因素对该产品生命周期排放量的贡献情况如图 1 所示（可选项）。

六、结果解释

1. 结论

_____公司（填写产品生产者的全称）生产的 1 吨_____（填写所评价的产品名称），从原辅材料及能源获取阶段到产品生产阶段的生命周期碳足迹为_____tCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 3 和图 2 所示。

图 2 **产品生命周期阶段碳排放分布图

注：分布图一般为柱状图或饼图。

2. 假设和局限性说明（可选项）

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3. 改进建议