

ICS 13.020.10
CCS Z 04



中华人民共和国国家标准

GB/T 44905—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝

Greenhouse gas—Quantification requirement and method of product carbon footprint—Electrolytic aluminium

2024-10-26 发布

2025-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 量化目的	3
5 量化范围	3
5.1 产品描述	3
5.2 声明单位	3
5.3 系统边界	4
6 数据和数据质量	7
6.1 数据描述	7
6.2 数据质量要求	7
6.3 数据质量评价	8
7 生命周期清单分析	8
7.1 数据收集	8
7.2 数据审定	11
7.3 数据分配	11
7.4 数据取舍原则	12
7.5 清单计算	12
8 产品碳足迹影响评价	12
8.1 通则	12
8.2 产品碳足迹计算方法	12
9 产品碳足迹结果解释	13
10 产品碳足迹报告	13
附录 A(资料性) 电解铝产品生命周期系统边界内各生产单元的温室气体排放源	15
附录 B(资料性) 电解铝产品生命周期系统边界内生产工艺流程图示例	17
附录 C(资料性) 数据收集表示例	20
附录 D(资料性) 全球变暖潜势	23
附录 E(资料性) 产品碳足迹报告模板	24
参考文献	29

前　　言

本文件按照 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。

本文件由生态环境部和中国有色金属工业协会提出。

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(SAC/TC 548)共同归口。

本文件起草单位：中铝郑州有色金属研究院有限公司、中国有色金属工业协会、云南铝业股份有限公司、山东宏桥新型材料有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、中国铝业股份有限公司、中国有色金属工业技术开发交流中心有限公司、国家电投集团宁夏能源铝业有限公司、山东南山铝业股份有限公司、云南神火铝业有限公司、内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司、聊城信源集团有限公司、包头铝业有限公司、国家电投集团碳资产管理有限公司、上海易碳数字科技有限公司、中铝环保节能集团有限公司、索通发展股份有限公司、济南万瑞炭素有限责任公司、河北鸿科炭素有限公司、江苏中商碳素研究院有限公司、黄河鑫业有限公司。

本文件主要起草人：陈开斌、王怀江、杨鹏、齐利娟、张亚楠、姜治安、李丹、张波、王跃全、孙元林、杨慧彬、陆韬、李志刚、刘亚德、张腾、葛青、王建雷、陈少林、栾业升、张怀涛、张文章、余伟奇、张坤、武峰、袁海彬、刘旭、邱伟、杨丹丹、范哲友、陈善永、赵伟、马婷、丁邦平、侯振华、吴磊、马得胜。

引　　言

本文件基于现有生命周期评价相关国内标准 GB/T 24040 和 GB/T 24044 中确定的原则、要求和指南，旨在为电解铝及相关产品碳足迹量化设置具体要求。

本文件仅针对单一环境影响类型，即气候变化，不评价产品生命周期产生的其他潜在环境影响，也不评价产品生命周期内可能产生的社会和经济影响。

本文件提供量化的产品碳足迹信息，使具有同样功能的电解铝产品之间可以进行比较，一方面可以为购买方提供可靠和可比的碳足迹信息，另一方面也为生产者持续改进产品的碳足迹绩效提供数据支持。提出产品碳足迹声明的组织宜确保数据得到第三方的独立验证，以增加报告的准确性和可信度。



温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

电解铝

1 范围

本文件规定了电解铝产品碳足迹量化的量化目的、量化范围、数据和数据质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释及产品碳足迹报告。

本文件适用于以冶金级氧化铝为原料、采用预焙阳极铝电解槽设施生产的电解铝产品的碳足迹量化,还适用于铝土矿石、冶金级氧化铝、铝电解用预焙阳极的产品碳足迹量化。

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 1196 重熔用铝锭

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 20902 有色金属冶炼企业能源计量器具配备和管理要求

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 24483 铝土矿石

GB/T 24487 氧化铝

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.4 温室气体排放核算与报告要求 第 4 部分:铝冶炼企业

YS/T 285 铝电解用预焙阳极

3 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB/T 32150、GB/T 32151.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电解铝产品 electrolytic aluminum product

采用氧化铝-冰晶石熔盐电解法生产的符合 GB/T 1196 规定的重熔用铝锭或原铝液。

3.2

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注: 铝电解生产过程会排放少量的高全球变暖潜势(GWP)的气体,如CF₄、C₂F₆等全氟化碳(PFCs)气体,但最主要的温室气体是二氧化碳(CO₂)。



[来源:GB/T 32150—2015,3.1,有修改]

3.3

产品碳足迹 carbon footprint of a product

产品系统中的温室气体排放量与清除量之和,以二氧化碳当量表示,并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

注:产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果,以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

3.4

产品系统 product system

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。

[来源:GB/T 24044—2008,3.28]

3.5

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源:GB/T 24044—2008,3.32]

3.6

单元过程 unit process

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。

[来源:GB/T 24044—2008,3.34]

3.7

声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

示例:质量(1 t 铅锭)、体积(1 m³原油)。

[来源:GB/T 24067—2024,3.3.8,有修改]

3.8

活动数据 activity data;AD

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源:GB/T 32150—2015,3.12,有修改]

3.9

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注1:初级数据并非必须来自所研究的产品系统,因为初级数据可能涉及与所研究的产品系统不同但具有可比性的产品系统。

注2:初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.1,有修改]

3.10

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注1:次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据,可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据,推荐使用本土化数据库。

注2:次级数据可包括从代替过程或估算获得的数据。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.3]

3.11

现场数据 site-specific data

从产品系统内获得的初级数据。

注：所有现场数据均为初级数据，但并不是所有初级数据都是现场数据，这是因为这些初级数据可能是从不同产品系统中获得的。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.6.2, 有修改]

3.12

取舍准则 **cut-off criteria**

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作出的规定。

[来源：GB/T 24044—2008, 3.18]

4 量化目的

开展电解铝产品碳足迹量化的总体目的是结合取舍准则（见 5.3.4），通过量化电解铝产品系统边界内所有显著的温室气体排放量和清除量，计算 1 t 电解铝产品对全球变暖的潜在贡献[以二氧化碳当量（CO₂e）表示]。

开展电解铝产品碳足迹量化研究时，应明确说明以下问题：

- 应用意图；
- 开展该项研究的理由；
- 目标受众（即研究结果的接收者）；
- 符合 ISO 14026 要求，提供产品碳足迹交流信息（如有）。

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，并可参照 GB/T 1196、GB/T 24483、GB/T 24487、YS/T 285 的要求进行描述，描述内容包括但不限于：

- a) 产品名称和牌号；
- b) 产品批号；
- c) 产品净重；
- d) 分析检验结果及检验部门印记；
- e) 出厂日期。

5.2 声明单位

产品碳足迹研究应明确规定功能单位或声明单位。功能单位或声明单位应与产品碳足迹研究的目的和范围保持一致。功能单位或声明单位的主要目的是为相关的输入和输出数据的归一化提供参考基准。因此应对功能单位或声明单位做出明确的定义并使其可量化。本文件涉及的电解铝及相关产品以声明单位表示，规定如下：

- a) 电解铝产品的声明单位为符合 GB/T 1196 规定的 1 t 重熔用铝锭或原铝液（简称铝锭或铝液）；
- b) 铝土矿石产品的声明单位为符合 GB/T 24483 规定的 1 t 铝土矿；
- c) 氧化铝产品的声明单位为符合 GB/T 24487 规定的 1 t 氧化铝；
- d) 铝电解用预焙阳极产品的声明单位为符合 YS/T 285 规定的 1 t 预焙阳极。

5.3 系统边界

5.3.1 边界设定

电解铝产品系统边界为“从摇篮到大门”，即从铝土矿资源的开采矿产到电解铝产品的产出，包括铝土矿采选、氧化铝生产、预焙阳极生产、铝电解生产、铝液铸锭等工序，还包括辅助材料和能源（燃料、电力）的生产、运输等上游环节。电解铝产品的生命周期系统边界见图1，即从辅助材料和能源获取到电解铝产品离开生产厂商门为止。

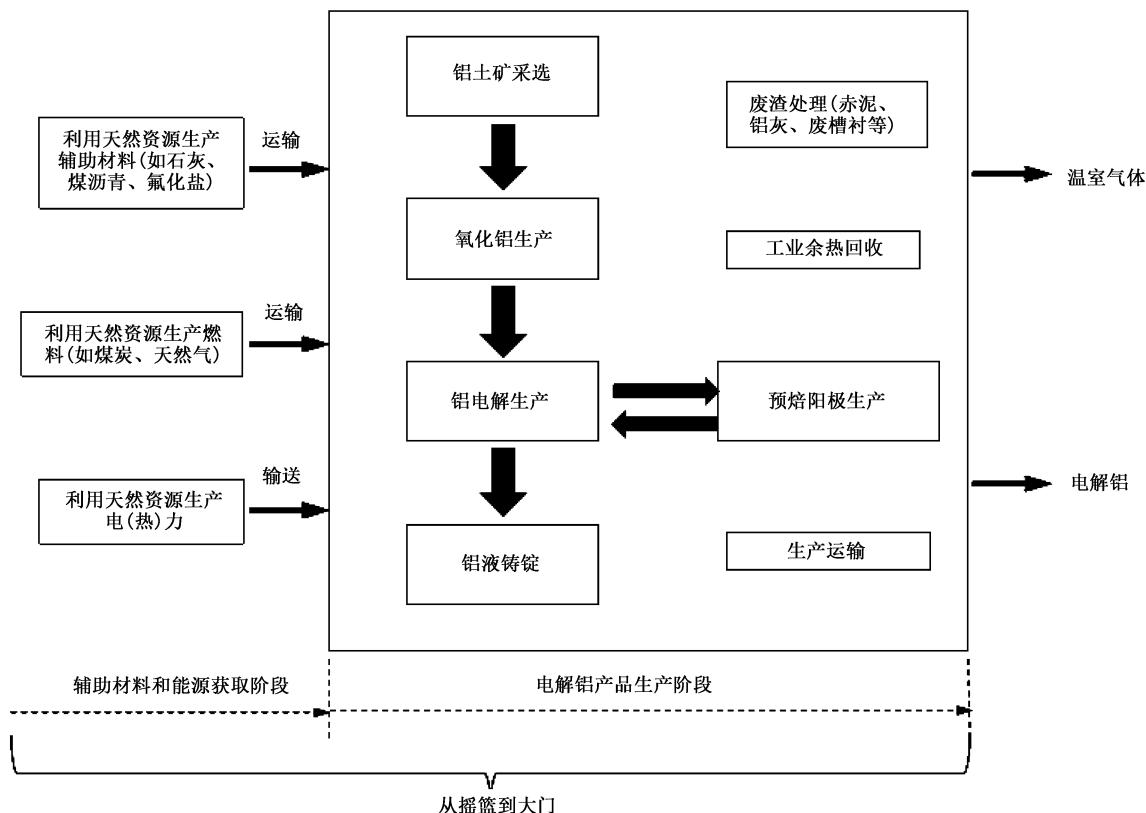


图1 电解铝产品生命周期系统边界

电解铝产品碳足迹的量化范围包括辅助材料和能源获取阶段的上游排放，产品生产阶段各单元的过程排放、燃料燃烧排放以及能源相关排放等。电解铝产品生命周期系统边界内涉及的温室气体排放源见附录A。

5.3.2 辅助材料和能源获取阶段

从自然界材料提取时开始，到辅助材料和能源到达生产工厂时终止。包括但不限于以下过程：

- a) 辅助材料的获取与运输分销（例如石灰、烧碱、药剂、石油焦、煤沥青、氟化盐等）；
- b) 能源的获取与运输分销或输送（例如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气、电力、热力等）。

5.3.3 电解铝产品生产阶段

5.3.3.1 铝土矿采选单元

铝土矿采选从采矿开始，到精矿离开矿区终止，包括以下过程：

- a) 采矿；

- b) 选矿作业相关流程,包括:
 - 1) 破碎筛分,
 - 2) 磨矿分级,
 - 3) 选别除杂,
 - 4) 产品脱水;
- c) 高温焙烧脱硫;
- d) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程;
- e) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程;
- f) 精矿储运过程。

5.3.3.2 氧化铝生产单元

拜耳法生产氧化铝工艺流程见附录 B 的图 B.1。氧化铝生产从铝土矿精矿进入工厂开始,到氧化铝产品离开工厂终止,包括以下过程:

- a) 铝土矿精矿原料运输;
- b) 拜耳法生产相关流程,包括:
 - 1) 原矿浆制备,
 - 2) 铝土矿溶出,
 - 3) 溶出矿浆稀释,
 - 4) 赤泥分离洗涤,
 - 5) 铝酸钠溶液晶种分解,
 - 6) 氢氧化铝分级与洗涤,
 - 7) 氢氧化铝焙烧,
 - 8) 分解母液蒸发,
 - 9) 碳酸钠苛化;
- c) 煤气制备;
- d) 蒸汽制备;
- e) 废水处理;
- f) 赤泥利用;
- g) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程;
- h) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程;
- i) 氧化铝储运过程。

5.3.3.3 预焙阳极生产单元

预焙阳极生产工艺主要包括原料预碎、石油焦煅烧、糊料成型、阳极焙烧等,其工艺流程见图 B.2。预焙阳极生产从石油焦、煤沥青等原料进入工厂开始,到预焙阳极产品离开工厂终止,包括以下过程:

- a) 石油焦、煤沥青等原料运输;
- b) 预焙阳极生产相关流程,包括:
 - 1) 原料预碎,
 - 2) 石油焦煅烧,
 - 3) 破碎、筛分与配料,
 - 4) 煤沥青熔化与输送,
 - 5) 预热混捏,

- 6) 糊料成型,
- 7) 生块焙烧;
- c) 余热回收利用;
- d) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程;
- e) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程;
- f) 预焙阳极储运过程。

5.3.3.4 铝电解生产单元

铝电解生产采用氧化铝-冰晶石熔盐电解法,其工艺流程见图 B.3。铝电解生产从氧化铝、预焙阳极等原料进入工厂开始,到铝液离开工厂终止,包括以下过程:

- a) 氧化铝、预焙阳极运输;
- b) 阳极组装;
- c) 整流供电;
- d) 铝电解生产相关过程,包括:
 - 1) 氧化铝、氟化盐、壳面料储运,
 - 2) 电解槽生产,
 - 3) 铝液吸出,
 - 4) 烟气净化、脱硫,
 - 5) 压缩空气生产,
 - 6) 电解槽筑炉大修;
- e) 余热回收利用;
- f) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程;
- g) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程。

5.3.3.5 铝液铸锭单元

铝液铸锭生产从铝液进入铸锭工序开始,到铝锭离开工厂终止,包括以下过程:

- a) 铝液抬包运输;
- b) 铝液配料;
- c) 净化、澄清、扒渣;
- d) 连续铸锭;
- e) 铝灰渣处理;
- f) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程;
- g) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程;
- h) 铝锭储运过程。

5.3.4 取舍准则

在评价目标和范围确定阶段,应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。

在电解铝产品碳足迹量化过程中,可舍弃产品碳足迹影响小于 1% 的环节,但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的 5%。

注:所排除单元过程舍去的温室气体排放与清除有书面记录。

6 数据和数据质量

6.1 数据描述

电解铝产品的碳足迹量化需要收集现场数据和背景数据。

现场数据是电解铝产品生产阶段各工序或单元的活动数据,是基于实际测量、统计等方式得到的生命周期清单数据,如产品生产阶段的原辅料和能源消耗量、产品产出量、废弃物排放量以及运输量(包括运输方式、运输距离)等。现场数据均为初级数据。

背景数据是无法从现有产品系统中获得的,通常来源于现有的本土化或国际LCA数据库、经第三方权威机构认证的产品碳足迹(CFP)或环境产品声明(EPD)报告、公开发表的高质量学术文献等。

可量化背景数据为初级数据,如供应商或服务商提供基于现场数据计算得到的生命周期清单数据;背景数据不能量化则为次级数据,如外购原辅材料和燃料的上游排放因子、运输排放因子、废弃物处置排放因子等。

仅在收集初级数据不可行时,次级数据才能用于输入和输出,或用于重要性较低的过程。引用次级数据宜证明其适用性和可信度,并注明数据来源及选取思路。

电解铝产品系统边界内涉及的主要数据描述示例见表1。

表1 主要数据描述示例

类别		主要物料清单	备注	
现 场 数 据	输入	原料消耗量	初级数据	
		燃料消耗量		
		电力/热力消耗量		
		其他工质消耗量		
		辅料消耗量		
		第三方服务		
	输出	主产品产量		
		废弃物产量		
		温室气体排放量		
背 景 数 据	电力/热力		次级数据 (宜优先 考虑初级 数据)	
	外购原辅材料、燃料和服务			
	运输分销			

6.2 数据质量要求

产品碳足迹影响评价应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长时间长度;
 - 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:具体的技术或技术组合;
 - 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范围等)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结果的定性评价;
 - i) 数据来源:现场数据来源于测量、工程计算、采购记录等,环境排放数据优先采用环境监测报告,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。

6.3 数据质量评价

开展产品碳足迹研究的组织宜建立数据管理系统,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。电解铝产品碳足迹量化数据质量评价方法见表 2,对质量较差的数据应进行敏感性分析。

表 2 数据质量评价方法

评级	技术	时间	地域	可靠性	完整性
好	相同技术数据	$\leq 3\text{ a}$	同一地区	测量或经核查	数据基本完整
一般	类似技术数据	$3\text{ a} \sim 5\text{ a}$	相似地区	部分测量或部分核查	数据完整性 $\geq 80\%$
较差	不同技术数据	$5\text{ a} \sim 10\text{ a}$	不同地区	次级数据估算值	数据完整性 $\geq 50\%$

7 生命周期清单分析

7.1 数据收集

7.1.1 数据收集期

电解铝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。

7.1.2 收集步骤

对于系统边界内的所有单元过程,应收集纳入生命周期清单中的定性资料和定量数据。数据收集和数据质量评估步骤如下:

- 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;
- b) 根据数据需求编制单元过程输入、输出数据列表,示例见附录 C;
- c) 根据数据列表收集初级数据和次级数据。数据收集应详细记录各项数据的计算方法、数据来源和原始凭证,保持其可追溯;
- d) 评估收集的活动数据和排放因子。对研究结论有显著影响的数据,应说明相关数据的收集过

程、收集时间以及数据质量的详细信息；对计量数据，相关计量器具应符合 GB 17167 和 GB/T 20902 的规定；

- e) 审查数据收集过程中出现的特殊情况、异常点和其他问题，识别可能产生的数据误差风险。

7.1.3 初级数据收集

7.1.3.1 辅助材料和能源获取阶段

辅助材料和能源获取阶段应收集的初级数据包括：

- a) 辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输重量、运输距离；
- b) 能源的运输工具及其核定载重量、运输重量、运输距离。

7.1.3.2 电解铝产品生产阶段

7.1.3.2.1 铝土矿采选单元

铝土矿采选应收集的初级数据包括：

- a) 原矿开采量；
- b) 辅助材料消耗量；
- c) 采矿过程的燃料及电(热)力等能源消耗量；
- d) 原矿用水消耗量；
- e) 选矿药剂消耗量；
- f) 选矿作业的燃料及电(热)力等能源消耗量；
- g) 精矿产量；
- h) 原矿的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- i) 燃料、辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离。



铝土矿采选单元输入、输出数据收集表示例见表 C.1。

7.1.3.2.2 氧化铝生产单元

氧化铝生产应收集的初级数据包括：

- a) 精矿消耗量；
- b) 烧碱消耗量；
- c) 石灰石消耗量；
- d) 生产用水消耗量；
- e) 辅助材料消耗量；
- f) 燃料及电(热)力等能源消耗量；
- g) 氧化铝产量；
- h) 赤泥产生量；
- i) 精矿的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- j) 燃料、辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- k) 赤泥的运输工具及其核定载重量、运输距离。

氧化铝生产单元输入、输出数据收集表示例见表 C.2。

7.1.3.2.3 预焙阳极生产单元

预焙阳极生产应收集的初级数据包括：

- a) 石油焦、煅后焦、煤沥青、残极消耗量；
- b) 辅助材料消耗量；

- c) 燃料及电(热)力等能源消耗量;
 - d) 阳极生坯产量;
 - e) 预焙阳极产量;
 - f) 石油焦、煅后焦、煤沥青的运输工具及其核定载重量、运输距离;
 - g) 燃料、辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离;
 - h) 阳极的运输工具及其核定载重量、运输距离;
 - i) 余热利用供热量或发电量;
- 预焙阳极生产单元输入、输出数据收集表示例见表 C.3。

7.1.3.2.4 铝电解生产单元

铝电解生产应收集的初级数据包括：

- a) 氧化铝、预焙阳极消耗量;
- b) 辅助材料消耗量;
- c) 燃料及电(热)力等能源消耗量;
- d) 铝电解过程全氟化碳排放总量;
- e) 铝液产量;
- f) 氧化铝、预焙阳极的运输工具及其核定载重量、运输距离;
- g) 燃料、辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离;
- h) 余热利用供热量或发电量。

铝电解生产单元输入、输出数据收集表示例见表 C.4。

7.1.3.2.5 铝液铸锭单元

铝液铸锭应收集的初级数据包括：

- a) 铝液投入量;
- b) 辅助材料消耗量;
- c) 燃料及电(热)力等能源消耗量;
- d) 铝锭产量;
- e) 铝液的运输;
- f) 铝液的运输工具及其核定载重量、运输距离;
- g) 燃料、辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离;
- h) 铝锭的运输工具及其核定载重量、运输距离;
- i) 铝灰渣产生量。

铝液铸锭单元输入、输出数据收集表示例见表 C.5。

7.1.4 次级数据收集

电解铝产品系统边界内应收集的次级数据主要包括：

- a) 外购原辅材料、燃料等上游生命周期清单数据;
- b) 电(热)力等能源的上游生命周期清单数据;
- c) 赤泥、铝灰渣等处理过程生命周期清单数据;
- d) 运输过程生命周期清单数据等。

7.1.5 特定(电力)温室气体排放因子

7.1.5.1 内部发电

当电解铝产品消耗的电能为内部发电(例如现场发电),且未向第三方出售,则应将该电力的生命

周期数据用于电解铝产品的碳足迹量化。

7.1.5.2 直供电力

如果该组织与发电站之间具有专用输电线路,且所消耗的电力未向第三方出售,则使用该电力供应商提供的电力温室气体排放因子。

7.1.5.3 电网电力

当电力供应商通过合同工具的形式保证电力供应,应使用此供应商特定电力生产的生命周期数据,电力产品应:

- 传递电力生产单位相关信息以及发电机组特征信息;
- 保证唯一的使用权;
- 由报告实体或报告实体代表追踪、赎回、报废或注销;
- 接近合同工具的适用期限,并包括相应的时间长度。

当无法获得供应商的具体电力信息时,应使用与电力来源相关的电网 GHG 排放量。相关电网 GHG 排放量应反映相关地区的电力消耗情况,不包括任何之前已声明归属的电力。如果没有电力追踪系统,所选电网 GHG 排放量应反映该地区的电力消费情况。

注 1: 合同工具是指双方之间签订,用于出售和购买能源的任意形式的合约。如能源属性证书、电力交易合同等。
报告实体可根据目标用户的需求选择合同工具的类型。

注 2: 发电机特征信息包括设备的登记名称、所有者和产生的能源性质、发电量和提供的可再生能源等。

注 3: 如果难以获得电力供应系统内某一过程的具体生命周期数据,可使用公认数据库[如来自生态环境部、联合国环境规划署(UNEP)或联合国气候变化框架公约(UNFCCC)等中的数据]。

如果非化石能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联,来自非化石能源的部分电力作为非化石电力出售,但没有被排除在电网组合排放因子之外,在这种情况下,应使用电力跟踪系统开展相关消费电网组合分析,并在产品碳足迹报告中进行单独报告,以此来展示结果的差异。

7.2 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查,以确认并提供证据证明数据质量要求符合第 6 章的规定。

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。由于每个单元过程均遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

数据审定可参考行业平均值、检验标准值等常规数据进行交叉审定。

7.3 数据分配

7.3.1 分配方法

数据分配的原则是以输入和输出之间的物质平衡为基础,一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等。应根据明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。电解铝产品优先采用的数据分配方法如下:

- 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,从而抵扣功能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(例如质量、工时)或产品经济价值等参数,按比例将输入输出数据分配到共生产品。

原则上宜尽量避免数据分配,当同时有几种备选分配程序时,应通过敏感性分析阐明偏离所选方法产生的影响。

7.3.2 产品细分法

氧化铝生产单元的副产品氢氧化铝,使用细分法的分配程序如下:

- a) 应报告核算期间冶金级氧化铝的质量 $P1$ 和同期未煅烧的氢氧化铝的质量 $P2$ 。
 - b) 应将煅烧工序的 GHG 排放 E_c 和所有其他工序的 GHG 排放 E_r 单独核算。
 - c) 根据产品化学成分,折算出冶金级氧化铝质量 $P1$ 对应的氢氧化铝质量 $P1.0$ 。
 - d) 根据折算的氢氧化铝质量 $P1.0$ 与未煅烧的氢氧化铝质量 $P2$,按质量分配方式,分摊所有其他工序的 GHG 排放,计算氢氧化铝产品碳足迹值。

7.4 数据取舍原则

本文件涉及的物质(能量)数据的取舍原则如下:

- a) 能源的所有输入均需列出；
 - b) 原辅材料的所有输入均需列出；
 - c) 辅助材料若符合 d) 和 e) 要求则可忽略；
 - d) 忽略的单项物质(能量)流对产品碳足迹的贡献均不应超过 1%，如铝电解槽大修材料(阴极炭块、阴极钢棒)等；
 - e) 所有忽略的物质(能量)流对产品碳足迹贡献总和不应超过 5%，且应在产品碳足迹报告中予以说明；
 - f) 道路与厂房等基础设施、各工序设备、厂区内人员办公及生活设施的消耗和排放，均忽略。

7.5 清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表,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(如原辅材料和能源),以及释放到环境中的排放物(如温室气体、废弃物等)。

8 产品碳足迹影响评价

8.1 通则

应通过排放或清除的 GHG 的质量乘以 IPCC 给出的 100 年 GWP(见附录 D), 来计算产品每种 GHG 排放和清除的潜在气候变化影响, 以 $t\text{CO}_2\text{e}/(\text{t 排放量})$ 计。

注1：产品碳足迹为所有GHG潜在气候变化影响的总和。

若 IPCC 修订了 GWP, 应使用最新数值, 否则应在报告中说明。

除 GWP100 外，还可以使用 IPCC 提供的其他时间范围的 GWP 和 GTP，但宜单独报告。

注2: GWP 100代表短期的气候变化影响,可反映变暖速度。100年GTP代表长期的气候变化影响,可反映长期升温。与其他时间范围相比,选择100年的时间范围并无任何科学依据。该时间范围是国际公约的一个价值判断,它权衡了不同时间范围内可能发生的影响。

8.2 产品碳足迹计算方法

电解铝及相关产品碳足迹计算方法见公式(1):

式中：

CFP_{GHG} ——电解铝及相关产品碳足迹,以吨二氧化碳当量每吨(tCO₂e/t)计;

AD_i ——系统边界内,各声明单位中第*i*种活动的GHG排放和清除相关数据(包括初级数据和次级数据),单位根据具体排放源确定;

$EF_{LCA,i,j}$ ——第 i 种活动对应的温室气体 j 的排放因子,单位与 GHG 活动数据相匹配;
 GWP_i ——温室气体 j 的 GWP 值,按 8.1 中的规定取值。

9 产品碳足迹结果解释

9.1 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生命周期影响评价的电解铝及相关产品碳足迹的量化结果,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。

9.2 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。

9.3 结果解释宜包括以下内容:

- a) 分析重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序)的敏感性,以了解结果的敏感性和不确定性;
- b) 评估建议对结果的影响。

10 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告应包括但不限于下列内容(报告参考格式见附录 E)。

- a) 基本情况:
 - 1) 委托方与评价方信息;
 - 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,并说明理由和其合理性;
 - 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) 纳入范围的温室气体清单;
 - 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) 产品碳足迹计算；
 - 4) 结果图示(可选)。
- f) 结果解释：
 - 1) 结论和局限性；
 - 2) 敏感性分析和不确定性分析结果；
 - 3) 电力处理,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)

电解铝产品生命周期系统边界内各生产单元的温室气体排放源

电解铝产品生命周期系统边界内各生产单元的温室气体排放源见表 A.1~表 A.5。

表 A.1 铝土矿采选单元温室气体排放源

排放类别	排放源
燃料燃烧排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧(例如运输卡车、辅助车辆)
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧(例如柴油发电机)
能源相关排放	购买或自备的电力、热力
其他排放	上游第三方运输和配送
	购买的燃料、辅助材料的上游排放
	尾矿处理

表 A.2 氧化铝生产单元温室气体排放源

排放类别	排放源
生产过程排放	石灰石煅烧分解
燃料燃烧排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧(例如辅助车辆)
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧(例如锅炉、柴油发电机)
	溶出设备用热源的固定燃烧
	蒸发设备用热源的固定燃烧
	煅烧氧化铝窑炉(煅烧炉)中的固定燃烧
	干燥氧化铝窑炉(沸腾窑)中的固定燃烧
能源相关排放	购买或自备的电力、热力
其他排放	上游第三方的运输和配送
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	赤泥处理

表 A.3 预焙阳极生产单元温室气体排放源

排放类别	排放源
生产过程排放	煅烧炉中石油焦的燃烧
	焙烧炉中填充材料的燃烧
	焙烧炉中生阳极挥发物的燃烧

表 A.3 预焙阳极生产单元温室气体排放源（续）

排放类别	排放源
燃料燃烧排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧(例如辅助车辆)
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧
	煅烧炉中的固定燃烧
	焙烧炉中的固定燃烧
能源相关排放	购买或自备的电力、热力
其他排放	上游第三方的运输和配送
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	废焦油处理

表 A.4 铝电解生产单元温室气体排放源

排放类别	排放源
生产过程排放	预焙阳极消耗
	阳极效应全氟化碳排放
	碳酸盐分解排放
燃料燃烧排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧(例如辅助车辆)
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧
	铝电解槽中的固定燃烧
能源相关排放	购买或自备的电力、热力
其他排放	上游第三方运输和配送
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	碳渣、废槽衬处理

表 A.5 铝液铸锭生产单元温室气体排放源

排放类别	排放源
燃料燃烧排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧(例如辅助车辆)
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧
	熔铝炉、混合炉中的固定燃烧
能源相关排放	购买或自备的电力、热力
其他排放	上游第三方运输和配送
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	铝灰渣处理

附录 B

(资料性)

电解铝产品生命周期系统边界内生产工艺流程图示例

电解铝产品生命周期系统边界内生产工艺流程图见图 B.1~图 B.3。

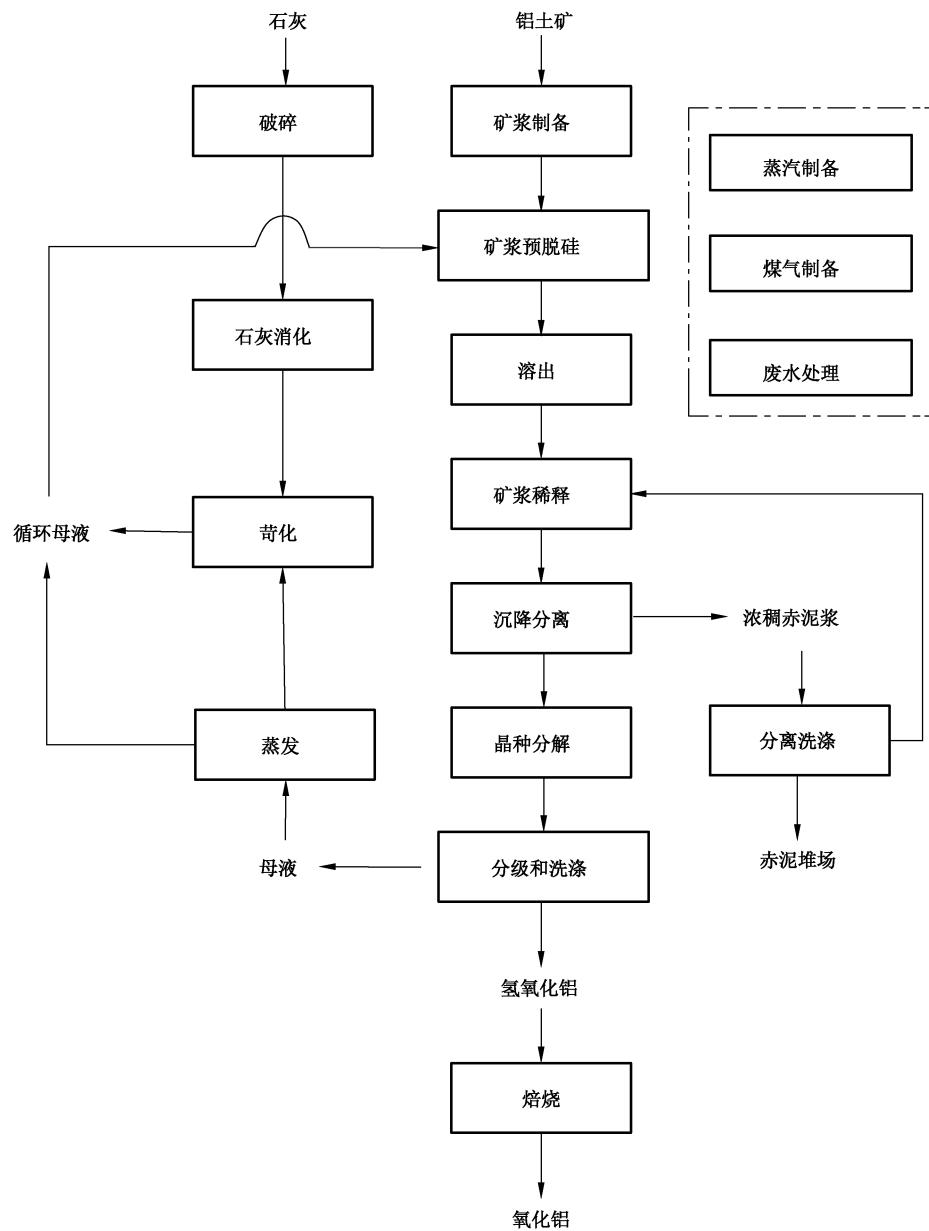


图 B.1 拜耳法生产氧化铝工艺流程图



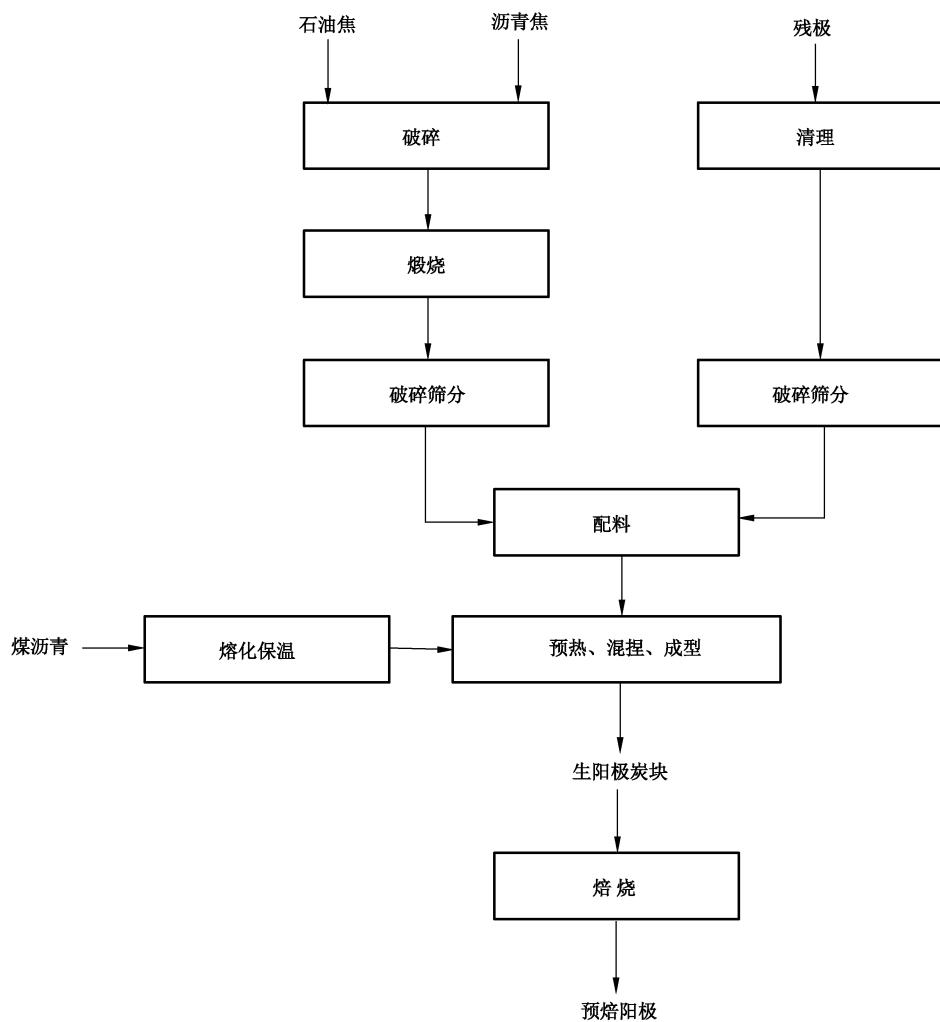


图 B.2 预焙阳极生产工艺流程图



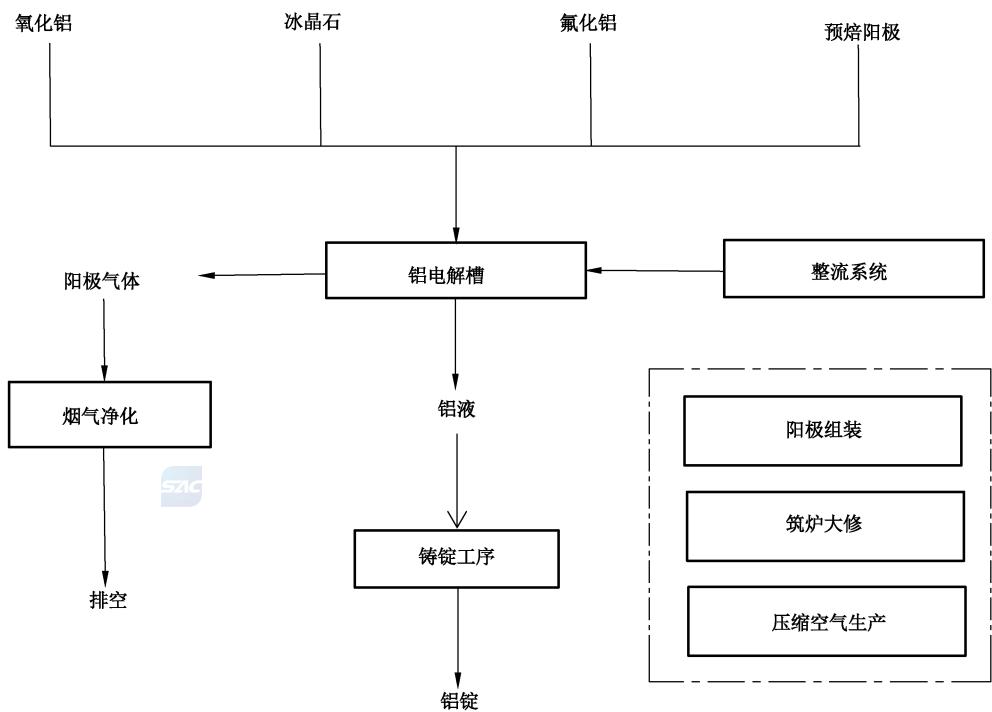


图 B.3 铝电解生产与铸锭工艺流程图

附录 C
(资料性)
数据收集表示例

数据收集表示例见表 C.1~表 C.5。其并不代表全部收集范围,报告主体可根据生产系统实际情况补充或调整。

表 C.1 铝土矿采选单元输入、输出数据收集表

单元过程及统计口径描述:					
时间段:起始时间 年 月 日; 终止时间 年 月 日					
制表人:制表日期:					
输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
原矿					
药剂					
辅助材料(例如钢球、衬板等)					
燃料(例如柴油、汽油、天然气等)					
电力					
热力(如有)					
第三方服务(如有)					
输出	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/去向
精矿					
尾矿(如有)					
温室气体直接排放(燃料燃烧)					
注 1: 此数据收集表中的数据是指规定时间段内所有未分配的输入和输出。					
注 2: 燃料和热力以热量单位表示。					

表 C.2 氧化铝生产单元输入、输出数据收集表

单元过程及统计口径描述:					
时间段:起始时间 年 月 日; 终止时间 年 月 日					
制表人:制表日期:					
输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
精矿(自产)					
外购矿(如有)					
新水					
石灰					
烧碱					

表 C.2 氧化铝生产单元输入、输出数据收集表(续)

输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
辅助材料(例如钢球、衬板、油酸钠、硝酸钠、絮凝剂、脱水剂、滤布、润滑油等)					
燃料(例如柴油、汽油、天然气等)					
电力、热力					
蒸汽					
第三方服务(如有)					
氧化铝					
氢氧化铝					
赤泥					
温室气体直接排放(燃料燃烧、工业过程)					
注1: 此数据收集表中的数据是指规定时间段内所有未分配的输入和输出。					
注2: 燃料和热力以热量单位表示。					

表 C.3 预焙阳极生产单元输入、输出数据收集表

单元过程及统计口径描述:					
时间段:起始时间 年 月 日;		终止时间 年 月 日			
制表人: 制表日期:					
输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
石油焦					
煅后焦					
煤沥青					
辅助材料(例如残极、焦粉、冶金焦、树脂、活性炭、草酸、布袋、导热油、液压油、润滑油、润滑脂等)					
耐火材料					
燃料(例如柴油、汽油、天然气等)					
电力、热力					
第三方服务(如有)					
输出	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/去向
预焙阳极					
蒸汽					
废焦油					
温室气体直接排放(燃料燃烧、工业过程)					
注1: 此数据收集表中的数据是指规定时间段内所有未分配的输入和输出。					
注2: 燃料和热力以热量单位表示。					

表 C.4 铝电解生产单元输入、输出数据收集表

单元过程及统计口径描述:					
时间段:起始时间 年 月 日; 终止时间 年 月 日					
制表人:制表日期:					
输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
氧化铝					
预焙阳极					
氟化铝					
辅助材料(例如冰晶石、纯碱、磷生铁、脱硫剂、润滑油、钢带等)					
燃料(例如柴油、汽油、天然气等)					
电力、热力					
第三方服务(如有)					
输出	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/去向
铝液					
碳渣					
废槽衬					
温室气体直接排放(燃料燃烧、工业过程)					
注 1: 此数据收集表中的数据是指规定时间段内所有未分配的输入和输出。					
注 2: 燃料和热力以热量单位表示。					

表 C.5 铝液铸锭单元输入、输出数据收集表

单元过程及统计口径描述:					
时间段:起始时间 年 月 日; 终止时间 年 月 日					
制表人:制表日期:					
输入	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/来源
铝液					
辅助材料(例如清渣剂、熔炼剂等)					
燃料(例如柴油、汽油、天然气等)					
电力、热力					
第三方服务(如有)					
输出	单位	数量	运距	运输方式	规格、成分/去向
铝锭					
铝灰渣					
温室气体直接排放(燃料燃烧)					
注 1: 此数据收集表中的数据是指规定时间段内所有未分配的输入和输出。					
注 2: 燃料和热力以热量单位表示。					

附录 D
(资料性)
全球变暖潜势

部分温室气体的全球变暖潜势见表 D.1。

表 D.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	100年的 GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17 400
氢氟碳化物(HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14 600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3 740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1 260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1 530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5 810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3 600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8 690
全氟碳化物(PFCs)		
全氟甲烷(四氟甲烷)	CF ₄	7 380
全氟乙烷(六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12 400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9 290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10 000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10 200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9 220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8 620
六氟化硫	SF ₆	25 200
注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于政府间气候变化专门委员会(IPCC)《气候变化报告 2021:自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》。		

附录 E
(资料性)
产品碳足迹报告模板

产品碳足迹报告模板如下。

产品碳足迹报告(模板)

产品名称:_____

产品规格型号:_____

生产者名称:_____

报告编号:_____

出具报告机构: (盖章)

日期: 年 月 日



一、概况

1. 生产者信息

生产者名称:

地 址:

法定代表人:

授权人(联系人):

联系电话:

公司概况:

2. 产品信息

产品名称:

产品功能:

产品介绍:

产品图片:

3. 量化方法

依据标准:

二、量化目的

三、量化范围

1. 声明单位:

声明单位为 1 t _____ 产品。



2. 系统边界:

原材料获取阶段 生产阶段 运输(交付)阶段

系统边界见图 E.1。

图 E.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:

_____ 年度。

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

产品生产阶段的碳排放计算说明见表 E.1。

表 E.1 电解铝产品生命周期碳排放清单示例

产品生产阶段	流	活动数据	排放因子	GHG 排放量
铝土矿采选	药剂			
	钢球			
	燃料			
	各类物料运输			
	电力			
	水			
	温室气体直接排放			
氧化铝生产	精矿(自产)			
	外购矿石(如有)			
	新水			
	石灰			
	烧碱			
	絮凝剂			
	脱水剂			
	各类物料运输			
	燃料			
	电力			
	热力			
	赤泥			
预焙阳极生产	温室气体直接排放			
	石油焦			
	煅后焦			
	煤沥青			
	耐火材料			
	残极			
	焦粉			
	冶金焦			
	燃料			
	电力			
	废焦油			
铝电解生产	温室气体直接排放			
	氧化铝			

表 E.1 电解铝产品生命周期碳排放清单示例 (续)

产品生产阶段	流	活动数据	排放因子	GHG 排放量
铝电解生产	预焙阳极			
	氟化铝			
	冰晶石			
	纯碱			
	磷生铁			
	燃料			
	各类物料运输			
	电力			
	炭渣			
	废槽衬			
铝液铸造	温室气体直接排放			
	铝液			
	清渣剂			
	熔炼剂			
	钢带			
	燃料			
	各类物料运输			
	电力			
	铝灰渣			
	温室气体直接排放			

4. 数据质量评价

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,具体评价内容包括:数据来源、完整性、数据代表性(时间、地理、技术)和准确性。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择联合国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)。

2. 产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司生产的_____ (填写所评价的产品名称),从_____ (填写某生命周期阶段) 到_____ (填写某生命周期阶段) 生命周期碳足迹为_____ kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况见表 E.2。

表 E.2 电解铝产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹/(t CO ₂ e/tAl)	占比/%	备注
辅助材料和能源获取阶段			
产品生产阶段	铝土矿采选		
	氧化铝生产		
	预焙阳极生产		
	铝电解生产		
	铝液铸锭		

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



参 考 文 献

- [1] GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
 - [2] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [3] ISO 14026:2017 Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
 - [4] ISO/TS 14027:2017 Environmental labels and declarations—Development of product category rules
 - [5] ISO/TS 14067:2018 Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification and communication
 - [6] PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services
 - [7] WRI 和 WBCSD《温室气体议定书:产品生命周期核算与报告标准》,世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会,2011
 - [8] IPCC.2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. EGGLESTON H. S, BLIENDIAL., MIWA K., NGARA T. and TANABE K.(eds).IGES, Japan, 2006
 - [9] IPCC.Climate Change 2021:The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Richard P. Allan., Paola A. Arias., Sophie Berger., Josep G. Canadell., Christophe Cassou., Deliang Chen., Annalisa Cherchi., Sarah L. Connors., Erika Coppola., Faye Abigail Cruz., et al, Cambridge University Press 2021, pp 7SM24-35
-