

国家标准

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝》

(送审稿)

编制说明

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝》编制组

编制单位：中铝郑州有色金属研究院有限公司

2024 年 8 月

一、工作概括

（一）任务来源

2024 年 3 月 25 日，国家标准化管理委员会下达 2024 年第一批推荐性国家标准计划和推荐性国家标准外文版计划，计划编号为 20240020-T-610，项目周期为 18 个月。该标准由全国环境管理标准化技术委员会（SAC/TC207）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。

项目起草过程中，标准名称发生变化，根据《“双碳”重点领域国家标准立项原则》，并与国家“双碳”相关政策文件保持一致，将标准名称由《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》修改为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝》。

（二）标准负责起草单位情况

（三）编制的目的和意义

全球二氧化碳等温室气体效应给全球生态系统带来重大影响，引起局部极端气候变化，对人类生命、生存安全造成巨大威胁，2015 年《巴黎协定》提出，到本世纪末将地球表面升温控制在 2°C 或 1.5°C 之内，主要碳排放大国做出了自主减排承诺。2020 年 9 月，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中指出，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。

我国是有色金属大国，具有全球最健全的科技链、最完备的建设链、最完整的产业链、最大规模的产能、最大市场的需求。我国原铝产量连续 21 年位居世界第一，2022 年电解铝产量达 4043 万吨，占全球总产量 58.4%。近十年来有色金属行业碳排放呈现逐年上升趋势，2010 年到 2021 年碳排放量增长了一倍。2021 年有色行业二氧化碳的排放总量约为 6.6 亿吨，占全国总排放量的 6.7%，是继建材、钢铁行业之后的第三大碳排放行业。其各领域具体碳排放分布见图 1 所示。其各领域具体碳排放分布见图 1 所示。

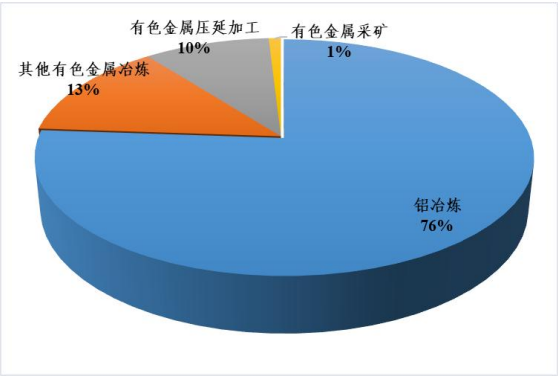


图 1 有色行业各领域碳排放贡献分布图

图 1 显示，铝冶炼行业占有色行业碳排放总量的 76%，碳排放约 5 亿吨。《有色金属行业碳达峰实施方案》提出，有色金属行业到 2025 年力争率先实现碳达峰，峰值为 7.5 亿吨

左右，其中铝行业碳达峰峰值为 6 亿吨。因此铝冶炼行业的降碳对于有色行业双碳目标的实现至关重要，而电解铝又是铝冶炼行业碳排放的主要源头和重要环节。

国家《“十三五”控制温室气体排放工作方案》明确指出，把低碳发展作为我国经济社会发展的重大战略和生态文明建设的重要途径，采取积极措施有效控制温室气体排放。当前我国有色行业碳排放基础工作薄弱，标准规范不全。虽然已出台铝行业等企业层级方面的碳排放核算标准，但还未见铝、铜、铅、锌、稀土、镁等金属的产品碳足迹核算、生命周期评价、低碳产品标准及绿色工厂评价等标准规范。产品生命周期中的碳足迹对于温室气体的排放至关重要，积极努力寻求解决这些挑战方案，越来越成为社会、机构和企业共同关注的焦点。

产品“碳足迹”是供各组织和个体评价温室气体排放对气候变化贡献的一种方式，是用来对抗气候变化的一个重要工具。在此背景下制定《温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝产品》标准，评价电解铝生命周期过程的碳排放总量，按贡献值分析产品的碳排放热点，识别重点过程排放环节，提出改进方案挖掘降碳潜力，为产品全过程持续减排提供技术策略。

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝产品》标准的制定及实施，有助于铝企业摸清碳排放水平，发现生产过程中碳足迹生态压力的关键要素，找出高能耗高排放的关键环节，提出促进铝工业绿色低碳发展的对策建议，并为温室气体排放、碳核查等领域提供基础数据，为铝行业减碳政策制定提供支撑数据，对我国铝工业减碳目标的实现具有重要意义。

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝产品》标准编制组依托中铝郑州有色金属研究院，在铝电解碳排放领域于 2009-2012 年曾开展“降低铝电解生产过程全氟化碳生成技术研究”等有关铝电解槽温室气体排放机理及监测的课题研究；2002 年以来持续开展铝电解与碳素专业的能效综合测试研究。中铝郑州有色金属研究院作为国内专业的研究机构，属于全国“温室气体自愿减排交易项目审定与核证机构（CCER）”，可为该标准的制定提供全方位的技术支持。

（四）主要工作过程

1、起草阶段

2022 年 2 月，接到全国有色行业标准委员《关于征集 2022 年有色金属国家标准、行业标准、协会标准项目计划的通知》（有色标委[2022]17 号，2022 年 2 月 24 日）的通知，中铝郑州有色研究院有限公司立即组织相关人员就电解铝行业标准申报问题进行讨论，并鼓励要求积极申报。标准起草组确定了申报《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》标准，立即组织相关人员查阅了国内外电解铝关于碳排放、碳足迹等方面的相关标准文献，同时着手准备标准草案、项目建议书、立项报告等申报材料。

2022 年 4 月，全国有色标委会组织召开智能制造标准工作组和低碳标准工作组第一次全体委员大会。会议以线上形式召开，对 41 项有色金属行业双碳标准项目进行论证（部分项目重复），该标准内容通过专家论证。

2023 年 4 月，全国有色标委会组织召开低碳标准工作组第二次全体委员大会，会议对《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》等 7 项拟申报有色金属双碳国家标准计划项目进行论证，该标准经过一年的研究其内容通过专家论证，同意申报国家标准。4 月按期上报《推荐性国家项目申报书》。

2023 年 10 月、11 月，全国有色标委会连续组织召开低碳标准工作组大会，会议对《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》标准内容深入开展讨论，对电解铝产品碳足迹的种类规则的内容进行明确，会后编制组根据要求补充完善产品碳足迹影响评价、产品碳足迹解释及研究报告等文本内容，相应增加电解铝产品的碳足迹计算方法、电解铝产品系统边界内温室气体排放源的排放量计算方法等附录内容。

2、讨论会情况

2024年3月,该标准获批立项下达后,根据国家标准委关于碳排放碳足迹相关标准的统一要求,将《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》标准名称修改为《温室气体 产品碳足迹 量化方法与要求 电解铝产品》,编制组根据提议在《产品碳足迹 产品种类规则 电解铝》标准文稿的基础上,参照正在制订的《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》国家标准文本,重新撰写了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝产品》标准文本。

2024年4月,全国有色标委会组织召开低碳标准工作组大会,会议对重新撰写的《温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝产品》标准内容进行讨论,对电解铝产品碳足迹量化的方法及主要内容进行研讨,会后编制组根据讨论结果对"产品碳足迹影响评价"章节梳理,细化完善生命周期各阶段碳足迹计算方法;对"特定(电力)温室气体排放量的处理"章节精简。另外,补充整理电解铝产品生命周期各阶段涉及的温室气体排放源、以及各阶段单元过程输入、输出数据收集列表等内容。最后形成《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝产品》征求意见稿。

3、数据调研情况

根据标准研制需求,安排选取12-16家铝企进行调研。其中,矿山氧化铝一体化企业2-3家、单体氧化铝企业2-3家、炭素阳极企业2家、电解铝企业180kA-600kA系列6-8家。调研主要内容如下:

1) 产品及年产量

主要产品包括铝土矿、氧化铝、炭阳极、原铝液、铝锭等产品。其中,铝土矿包括自产和外购两部分。其它副产品如氧化铝流程中的氢氧化铝、赤泥选铁产品、烟气脱硫副产品等。

2) 产品生产工艺概要及主要流程示意图

3) 生产流程各工序功能简要说明

4) 各工序输入输出数据填报

5) 废渣年产出量及其处理工艺简要说明

生产流程中产生的废渣不限于尾矿、赤泥、炭渣、废槽衬、铝灰等废物。

6) 企业用电来源说明

包括内部发电自用,余热发电自用,自发自用非化石能源电力,通过市场化交易购入使用的非化石能源电力,购入使用的电网电力等的用电分摊情况。

4、征求意见阶段

2024年5月27日,由国家标准化管理委员会在全国标准信息公告服务平台中挂网征求意见,截至日期为2024年7月26日。同时,通过邮件、电话等其他方式给行业内相关单位发送征求意见。2024年7月10日,在河北省沧州市召开了征求意见会议,针对标准内容向相关单位进行会议征求意见,并就标准内容进行讨论。

总计发送《征求意见稿》的单位数21个,其中,生产企业5个,占比24%,科研院所4个,占比19%,其他单位12个,占比57%;编制组对征求到的意见和建议,逐一进行了答复,并根据整体的意见完成送审稿及编制说明等材料。

5、审查阶段

二、标准编制原则和编制依据

(一) 编制原则

1、参照国际标准的原则

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、遵照国家标准的原则

本标准是国家标准，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、以国家和行业的需求导向为原则

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《“十三五”控制温室气体排放工作方案》、《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》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 提出的最近要求和指导，借鉴《中国电解铝企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，参考 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》、《The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol (2006)》、《Good Practice Guidance for Calculation of Primary Aluminium and Precursor Product Carbon Footprints(2021)》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 11 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、量化通则、量化目的、量化范围、数据和数据质量、清单分析、影响评价、产品碳足迹报告、结果解释等。

（一）范围

本文件规定铝冶炼电解铝产品碳足迹量化的产品种类及描述、产品碳足迹量化界定、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研究报告等内容。

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及其前序产品的碳足迹量化。

（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

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、温室气体

本标准涉及的温室气体主要包含二氧化碳（CO₂）和全氟化碳（PFCs）。

2、电解铝及其前序产品

电解铝产品指采用 Hall-Heroult 氧化铝-冰晶石熔盐电解法生产的符合 GB/T1196 的重熔用铝锭或原铝液。其前序产品包括：铝土矿石、氧化铝、预焙阳极。

3、产品碳排放强度

指产品生命周期阶段每产出单位产品所排放的二氧化碳当量。

4、现场数据

从产品系统内获得的初级数据。

注 1：现场数据指直接温室气体排放量（通过直接监测、化学计量、质量平衡或类似方法确定）、活动数据（导致温室气体排放或清除的过程的输入和输出）或排放因子。

注 2：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，这是因为这些数据可能是从不同产品系统中获得的。

注 3：现场数据包括场地内一个特定单元过程温室气体排放源的温室气体排放量以及温室气体清除量。现场包含产品系统内单元过程所处的地理范围。

（四）量化通则

产品碳足迹量化过程应包括生命周期评价的四个阶段，即产品碳足迹量化目的和范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评价和生命周期结果解释。

产品碳足迹量化的具体内容包括但不限于以下内容：

- 产品碳足迹量化目的和范围的确定，包括产品系统及产品描述、功能单位或声明单位、系统边界、数据时间边界、数据地理边界、数据和数据质量要求等；
- 生命周期清单分析，包括数据收集、数据审定、计算程序、分配；
- 生命周期影响评价，即系统边界内所有 GHG 潜在气候变化影响的总和；
- 生命周期结果解释，应说明生命周期未涵盖阶段和过程；
- 产品碳足迹报告或声明。

（五）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，通过量化电解铝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 吨电解铝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（CO₂e）表示。

开展电解铝及其前序产品的碳足迹量化的目的还包括：

- 评价电解铝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；
- 识别电解铝产品系统的高排放环节，挖掘降碳潜力，为深度减排提供技术策略；
- 促进电解铝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、技术升级、碳足迹绩效追踪和沟通等提供信息支持。

（六）量化范围

1. 产品系统及产品描述

电解铝产品系统主要包括铝土矿开采、氧化铝生产、预焙阳极生产、铝电解和铸锭、原材料运输、电力和热力制备、工业余热回收和废渣处理等过程。

产品描述应使用户能够清晰识别产品,电解铝及其前序产品可参照国家和行业相关标准 GB/T1196 、GB/T 24483、GB/T 24487、YS/T 285 的要求进行描述。

2. 声明单位及基准流

声明单位是为相关输入和输出数据的归一化提供参考基准。

电解铝及其前序产品的声明单位及基准流规定如下：

电解铝产品的声明单位为符合 GB/T1196 规定的 1 吨重熔用铝锭或原铝液（以下简称为铝锭或铝液），基准流为生产 1 吨铝锭或铝液所需的各种物料量。

氧化铝产品的声明单位为符合 GB/T 24487 规定的 1 吨冶金级氧化铝，基准流为生产 1 吨氧化铝所需的各种物料量。

铝电解用预焙阳极的声明单位为符合 YS/T 285 规定的 1 吨铝电解用预焙阳极，基准流为生产 1 吨预焙阳极所需的各种物料量。

3. 系统边界

（此部分参照《Good practice guidance for calculation of primary aluminium and precursor product carbon footprints 2021》有关内容）

1) 边界设定

本文件设定的电解铝产品“从摇篮 - 大门”的生命周期系统边界如图 2 所示，即从原辅材料和能源获取到电解铝产品离开制造商厂门为止。

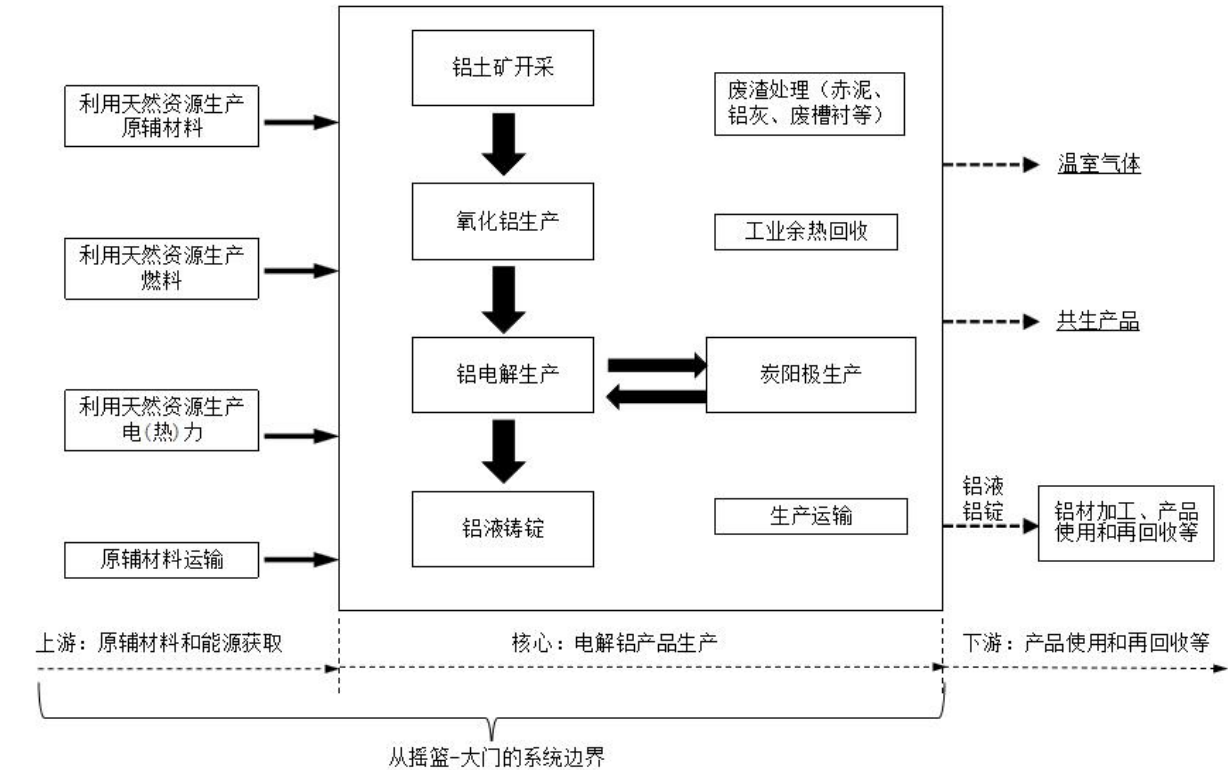


图 2 电解铝产品生命周期系统边界图

产品碳足迹量化需全部或部分核算产品在原材料获取、制造、存储和销售、使用、废弃等生命周期各阶段温室气体排放。电解铝产品作为铝材加工用基础原料，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。如图 2 所示，电解铝

产品碳足迹的量化内容主要包含原辅材料和能源获取阶段的上游排放和产品生产阶段的过程排放。

电解铝产品系统边界内的碳足迹量化范围主要包括：1) 铝土矿开采、氧化铝生产、预焙阳极生产、铝电解和铸锭等阶段发生的直接排放；2) 消耗电力和热力发生的间接排放；3) 原辅材料、燃料等的上游排放及运输排放；4) 废渣处理或外委处置产生的排放等。电解铝产品系统边界内涉及的温室气体排放源见标准文本附录 A。

注：电解铝产品“从摇篮-大门”涉及的温室气体排放源，按排放类型划分为三类：

类别一：生产过程发生的直接排放，如化石燃料的燃烧排放、石灰石、纯碱等碳酸盐的分解排放，阳极成分中挥发物的燃烧排放、焙烧炉用填充材料的燃烧排放，炭阳极消耗排放、阳极效应导致的全氟化碳排放等；

类别二：生产过程消耗电力、热力发生的间接排放，应排除与生产电解铝无关的活动所消耗的那部分电力发生的排放。

类别三：其它排放，指不包括类别一、类别二的温室气体排放。如上游第三方的运输和配送产生的温室气体排放（铝土矿、氧化铝等大宗物料的运输或输送）；购买的燃料、原辅材料（生石灰、烧碱、石油焦、沥青、氟化盐等）在其生产过程中的温室气体排放，以及第三方废物处理产生的温室气体排放等。

2) 原辅材料和能源获取阶段描述

从自然界材料提取时开始，在原辅材料和能源到达铝生产企业工厂时终止。

该阶段包括但不限于：a) 原辅材料的获取与运输分销（如：石灰、烧碱、药剂、石油焦、煤沥青、氟化盐等）；b) 燃料的获取与运输分销（如：汽油、柴油、重油、煤炭、天然气等）；c) 能源的开采、生产和输送（如：电力、热力等）。

3) 电解铝产品生产阶段描述

包括铝土矿开采、氧化铝生产、炭阳极生产、铝电解生产和铝液铸锭，各阶段的生产过程描述详见标准文本及附录 B。其中，对系统边界内主要的生产流程及其涉及的温室气体排放介绍如下：

a) 氧化铝产品生产

氧化铝生产工艺主要分为拜耳法、烧结法和拜耳-烧结联合法等多种流程。其中，烧结法和拜耳-烧结联合法存在能耗高的诸多弊端，已不适用于生产冶金级的氧化铝，国内仅有烧结法设备的三家氧化铝厂，通过流程改造全部用于生产多品种氧化铝。目前，拜耳法是氧化铝工业生产最常用的工艺流程。拜耳法生产氧化铝工艺流程见附录 B 图 B.1。

其中，拜耳法生产相关流程主要包括：

- 原矿浆制备；
- 铝土矿溶出；
- 溶出矿浆稀释
- 赤泥分离洗涤；
- 铝酸钠溶液晶种分解；
- 氢氧化铝分级与洗涤；
- 氢氧化铝焙烧；
- 分解母液蒸发；
- 碳酸钠苛化。

以上拜耳法生产流程中，铝土矿溶出、氢氧化铝焙烧、分解母液蒸发三个工序是重点排放环节，碳排放分别达到全流程的 20-30%。

本次所调研的氧化铝企业四家，全部使用拜耳法生产氧化铝，生产流程包括以上三个重

点排放工序。

b) 预焙阳极生产

预焙阳极的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。预焙阳极生产工艺流程见附录 B 图 B.2。

预焙阳极生产相关流程主要包括：

- 原料预碎；
- 石油焦煅烧；
- 破碎、筛分与配料；
- 煤沥青熔化与输送；
- 预热混捏；
- 糊料成型；
- 生块焙烧

以上流程中，石油焦煅烧工序是重点排放环节，碳排放达到全流程的约 50%。本次所调研的预焙阳极生产企业五家，全部都有石油焦焙烧生产环节。

c) 铝电解生产与铸锭

铝电解生产采用 Hall-Heroult 熔盐电解法，其工艺流程见附录 B 图 B.3。

铝电解生产与铸锭相关流程主要包括：

- 阳极组装；
- 整流供电；
- 电解槽生产；
- 烟气净化、脱硫；
- 铝液铸锭。

以上流程中，电解槽生产是重点排放环节，本次所调研的铝电解生产企业六家，全部使用大型铝电解槽生产设施。

4. 边界排除

本文件规定电解铝产品生命周期系统边界之外活动如下：

a) 电解铝产品离开制造商厂门后的运输、下游再加工、产品使用和再回收循环等下游所有环节；b) 购置的资产性商品（设备、厂房等）；c) 相对独立的综合回收单元（如铝电解质提取碳酸锂工艺流程）。

5. 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%。

（七）数据和数据质量

本章节对数据类型、数据质量要求和数据质量评价进行了描述。

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。

现场数据指 GHG 直接排放量（通过直接监测、化学计量、质量平衡或类似方法确定）、活动数据（导致 GHG 排放或清除的过程的输入和输出）或排放因子。

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）。电解铝产品系统边界内的碳足迹量化涉及的主要数据类型见表 1。

表 1 数据类型描述

		类别	物料及数据清单	备注
现场数据	输入	原料消耗量	石油焦、煤沥青、石灰石、烧碱、氟化盐等	初级数据
		燃料消耗量	煤炭、天然气、柴油、重油等	
		电力/热力	自产量和外购量	
		其他能源工质	水、压缩空气等	
		辅料消耗量	如：采选消耗的新水、药剂；生产消耗的钢球、皮带、衬板、絮凝剂、脱水剂、硝酸钠、沥青、磷生铁、纯碱、耐火材料、润滑油、液压油等	
		第三方服务	现场运输、废渣、废水外委处置等	
	输出	主产品量	电解铝产品产量	初级数据
		废弃物	赤泥、铝灰、碳渣、大修渣等	
		温室气体直接排放	通过直接监测、化学计量、质量平衡或类似方法获得某一过程的温室气体排放量（或从大气吸收的清除量）	
背景数据	电力/热力	1）供应商提供的生命周期排放数据； 2）电力/热力的能源结构、输配电损失、燃料消耗量、燃料上游排放等参数。	初级数据或次级数据	
	外购材料、燃料和服务	1）供应商/服务商排放数据； 2）公开或商业数据库的参数。		
	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。		

（八）生命周期清单分析

生命周期清单分析是产品碳足迹评价的重要内容，包括数据收集、数据审定、将数据关联到单元过程和功能单位或声明单位、系统边界调整、数据分配、取舍准则、清单计算等环节。

1. 数据收集

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，也涵盖了生产波动的变化因素。

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。根据数据收集和数据质量评估步骤，收集原辅材料和能源获取阶段和产品生产阶段的初级数据和次级数据。

1) 初级数据收集

产品生产各阶段输入、输出的初级数据收集列表，示例详见附录 C。

2) 次级数据收集

电解铝产品系统边界内的次级数据，主要为不同类型的温室气体排放因子，部分示例如下：

- a) 原辅材料、燃料等上游生命周期温室气体排放；
- b) 常用化石燃料燃烧，工业过程的温室气体排放；
- c) 电（热）力等能源的上游生命周期温室气体排放；
- d) 赤泥处理过程生命周期温室气体排放；
- e) 铝灰渣处理过程生命周期温室气体排放；
- f) 余热利用过程生命周期温室气体排放；
- g) 废物处理等第三方服务的温室气体排放；
- h) 各种运输方式产生的温室气体排放。

电解铝产品系统边界内的次级数据，可从公共数据库或商业数据库中获得相关数据。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。

Ecoinvent 数据库是由瑞士 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 数据库是由德国的 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。

3) 特定（电力）温室气体排放因子

电力生命周期的温室气体排放取决于现场或电力供应商所采用的发电技术及设施。电力是电解铝产品的主要能源消耗，根据电力来源，当产品消耗的电能为内部发电（自产能源，不并网运行），且未向第三方出售，则应将该电力的生命周期数据用于该产品的碳足迹量化；当使用电网电力时，推荐选择温室气体排放因子应为实际电力产品的碳足迹值，而不是全国电网统一的电力排放因子。

2. 数据确认

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本文件第 7 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。由于每个单元过程都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。

数据确认也可参考行业平均值、检验标准值等常规数据进行交叉审定。

3. 数据分配

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。

应尽量避免数据分配，若必需进行分配时优先采用的方法如下：

- 1) 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；
- 2) 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；
- 3) 分配法，根据物理属性（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。

根据电解铝及其前序产品的工艺生产特点，数据分配推荐使用系统扩展法。电解铝产品系统边界内典型的共生产品、用途及替代示例，如表 2 所示。

共生产品	共生产品用途	可替代
电力（余热回收）	发电	电力生产
蒸汽（余热回收）	供热	利用煤或天然气产生的蒸汽
硫酸铵（脱硫副产物）	用于农业生产的化学肥料	铵肥生产
石膏（脱硫副产物）	水泥缓凝剂、土壤改良剂	石膏生产
炉渣、炉灰	建材	水泥生产
赤泥	选铁	铁矿石
金属镓（镓渣）	半导体	镓的生产
钒渣	提钒原料	钒的生产
碳酸锂	储能、新能源原料	锂盐生产
焦油	生产粘结剂	煤沥青

表 2 电解铝产品系统边界内典型的共生产品、用途及替代示例

4. 取舍准则

电解铝产品生命周期内用于铝电解槽大修的内衬材料（包括阴极炭块、阴极钢棒、耐火材料、保温材料等），其上游排放量远小于电解铝产品碳足迹 1%，合计值不超过碳足迹总量的 5%，此部分排放不计入电解铝产品碳足迹，相关计算数据证明如下：

以某 500kA 电解系列为例，铝电解槽大修需用阴极炭块 42 吨、阴极钢棒 49 吨、磷生铁 10 吨等主要施工材料，以正常槽龄 3000 天计算，该周期内 1 台槽的电解铝产量约为 11000 吨。

根据 Ecoinvent 数据库提供的背景数据，计算结果如表 3、表 4 所示，分摊到每吨铝液的阴极炭块、阴极钢棒和磷生铁的上游排放量分别为 0.012 吨 CO₂e、0.011 吨 CO₂e、0.007 吨 CO₂e。因此，三种材料的上游排放量远低于电解铝产品碳足迹 1%。

表 3 阴极炭块、阴极钢棒和磷生铁的上游排放

	IPCC 碳排因子（吨 CO ₂ eq.）	背景数据名称	国家/地区
每生产 1 吨阴极炭块	3.13	阴极生产，用于铝电解	Rest of World
生产 42 吨	131.46	/	/
分摊到 1 吨铝液	0.012	/	/
每生产 1 吨阴极钢棒（Q235 材质）	2.56	钢生产，转炉，非合金	Rest of World
生产 49 吨	125.44	/	/
分摊到 1 吨铝液	0.011	/	/
每生产 1 吨磷生铁	7.86	硅铁生产	中国
生产 10 吨	78.6	/	/
分摊到 1 吨铝液	0.007	/	/

表 4 阴极炭块、阴极钢棒和磷生铁的上游排放贡献占比

	分摊到每吨铝液的碳排（吨 CO ₂ eq.）	每生产 1 吨铝液的碳排（基于挪威海德鲁的相关数据）（吨 CO ₂ eq.）	排放贡献占比
阴极炭块	0.012	Kilos of CO₂e emissions per kilo aluminium 0.5 1.9 (average) 4.0 (below) 5.7 16.7 Hydro CIRCAL 100R¹ Hydro CIRCAL 75R² Hydro Low-Carbon Aluminium³ Hydro Recycled Aluminium⁴ Global average⁵ ¹ Footprint below 0.5 kg CO₂e, Hydro internal estimates ² Verified by DNV and certified according to EPD EN 15904+A1 on a per-batch levels ³ Footprint below 4.0 kg CO₂e, Hydro internal estimates ⁴ Average footprint at Hydro's European recyclers ⁵ Source: International Aluminium Institute (2018)	远低于 1%，除非每吨铝液碳排低于 1.2
阴极钢棒	0.011		远低于 1%，除非每吨铝液碳排低于 1.1
磷生铁	0.007		远低于 1%，除非每吨铝液碳排低于 0.7

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（参照附录 G 中表 G.1），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、原材料、能源），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废水、固体废物）。

（九）产品碳足迹影响评价

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 tCO₂e/（声明单位）。

1. 产品碳足迹计算方法

电解铝及其前序产品碳足迹的计算过程如下：

1）生命周期各阶段活动的排放量汇总计算，参见公式（1）：

$$GHG_j = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \quad (1)$$

式中：

GHG_j ——生命周期 j 阶段的排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

AD_i ——生命周期 j 阶段第 i 项活动的温室气体活动数据，单位根据具体排放源确定；

EF_i ——第 i 种活动对应的温室气体排放因子，单位与温室气体活动数据的单位相匹配；

GWP_i ——第 i 种活动对应的全球变暖潜势（GWP），按 IPCC 最新评估报告取值。

2）生命周期各阶段产品的碳排放强度计算，参见公式（2）：

$$CIP_j = GHG_j / P_j \quad (2)$$

式中：

CIP_j ——核算周期内 j 阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂e/t；

GHG_j ——核算周期内 j 阶段的总排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

P_j ——核算周期内 j 阶段的产品产量，单位 t。

3）电解铝产品的碳足迹计算，参见公式（3）：

$$\begin{aligned} CFP_{\text{电解铝}} = & \left(CIP_{\text{铝土矿开采}} \times AD_{\text{铝土矿}} + CIP_{\text{氧化铝生产}} \right) \times AD_{\text{氧化铝}} + CIP_{\text{炭阳极生产}} \times AD_{\text{炭阳极}} \\ & + CIP_{\text{铝电解生产}} + CIP_{\text{铝液铸锭}} \end{aligned} \quad (3)$$

式中：

$CFP_{\text{电解铝}}$ ——电解铝产品碳足迹，单位 tCO₂e/t-Al；

$CIP_{\text{铝土矿开采}}$ ——铝土矿开采阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂/t-矿；

$AD_{\text{铝土矿}}$ ——核算周期内氧化铝生产用铝土矿单耗，单位 t 矿/t-氧化铝；

$CIP_{\text{氧化铝生产}}$ ——氧化铝生产阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂/t-氧化铝；

$AD_{\text{氧化铝}}$ ——核算周期内铝电解生产用氧化铝单耗，单位 t 氧化铝/t-Al；

$CIP_{\text{炭阳极生产}}$ ——炭阳极生产阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂/t-炭阳极；

$AD_{\text{炭阳极}}$ ——核算周期内铝电解生产用炭阳极净耗，单位 t 炭阳极/t-Al；

$CIP_{\text{铝电解生产}}$ ——铝电解生产阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂e/t-Al；

$CIP_{\text{铝液铸锭}}$ ——铝液铸锭阶段的产品碳排放强度，单位 tCO₂e/t-Al。

4) 氧化铝产品的碳足迹计算, 参见公式 (4):

$$CFP_{\text{氧化铝产品}} = CIP_{\text{铝土矿开采}} \times AD_{\text{铝土矿}} + CIP_{\text{氧化铝生产}} \quad (4)$$

式中:

$CFP_{\text{氧化铝产品}}$ ——氧化铝产品碳足迹, 单位 $tCO_2e/t-Al$;

$CIP_{\text{铝土矿开采}}$ ——铝土矿开采阶段的产品碳排放强度, 单位 $tCO_2/t\text{-矿}$;

$AD_{\text{铝土矿}}$ ——核算周期内氧化铝生产用铝土矿单耗, 单位 $t\text{-矿}/t\text{-氧化铝}$;

$CIP_{\text{氧化铝生产}}$ ——氧化铝生产阶段的产品碳排放强度, 单位 $tCO_2/t\text{-氧化铝}$;

5) 预焙阳极产品的碳足迹计算, 参见公式 (5):

$$CFP_{\text{预焙阳极产品}} = CIP_{\text{预焙阳极生产}} \quad (5)$$

式中:

$CFP_{\text{预焙阳极产品}}$ ——预焙阳极产品碳足迹, 单位 $tCO_2e/t\text{-预焙阳极}$;

$CIP_{\text{预焙阳极生产}}$ ——预焙阳极生产阶段的产品碳排放强度, 单位 $tCO_2/t\text{-预焙阳极}$ 。

2. 产品碳足迹更新要求

电解铝及其前序产品的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。

(十) 产品碳足迹结果解释

按照产品碳足迹研究的目的和范围, 对生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果进行解释。

(十一) 产品碳足迹研究报告

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. 生命周期数据收集清单

根据标准研制需求, 总共收集了矿山企业 3 家、氧化铝企业 4 家、炭素阳极企业 5 家、电解铝企业 6 家生产流程数据。根据数据需求编制出的各单元过程输入、输出数据列表如下:

1) 铝土矿开采阶段数据列表详见附表 1;

2) 氧化铝生产阶段数据列表详见附表 2;

3) 预焙阳极生产阶段数据列表详见附表 3;

4) 铝电解和铸锭阶段数据列表详见附表 4。

由以上各阶段的数据列表内容分析,输入数据全部为企业的现场生产数据,可以从工作场所或企业的信息系统中直接采集,输出数据主要为流程中的物质流和企业的最终产品。

2. 电解铝及其前序产品的碳足迹计算

根据收集到的某矿山-氧化铝-炭素-电解一体化企业 A 全流程的生命周期数据,其电解铝及其前序产品的碳足迹计算过程及结果如下:

1) 铝土矿石产品 单位: $\text{tCO}_2/\text{t-矿}^+$

排放范围	排放量	排放强度	贡献占比
生产过程发生的直接排放	22355.0861	0.013442485	67.89%
购买或自备的电力热力	4747.08192	0.002854499	14.42%
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送			
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	5825.254524	0.003502822	17.69%
3 废渣(尾矿)处理			
合计	32927.42255	0.019799807	1

注: 铝土矿石产品的碳足迹计算结果为 $0.0198\text{tCO}_2/\text{t-矿}^+$ 。

2) 氧化铝产品 单位: $\text{tCO}_2/\text{t-氧化铝}$

排放范围	排放量	排放强度	贡献占比
生产过程发生的直接排放	79.25255	5.65565E-05	0.00%
购买或自备的电力热力	1841667.077	1.314256941	66.46%
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送	212494.98	0.151641416	7.67%
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	695717.3213	0.496480243	25.11%
3 废渣(尾矿)处理	21221.20745	0.015143953	0.77%
合计	2771179.838	1.977579109	1

注: 氧化铝产品的碳足迹计算结果为 $1.978\text{tCO}_2/\text{t-氧化铝}$ 。其中,原材料上游排放计算过程采用该企业铝土矿石产品的碳足迹值 $0.0198\text{tCO}_2/\text{t-矿}^+$ 。

3) 预焙阳极产品 单位: $\text{tCO}_2/\text{t-阳极}$

排放范围	排放量	排放强度	贡献占比
生产过程发生的直接排放	219889.6172	0.341134294	24.81%
购买或自备的电力热力	3735.268301	0.005794853	0.42%
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送	73676.66843	0.11430116	8.31%
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	589122.4021	0.91395791	66.46%
3 废渣(尾矿)处理			
合计	886423.9561	1.375188217	1

注: 预焙阳极产品的碳足迹计算结果为 $1.375\text{tCO}_2/\text{t-阳极}$ 。

4) 电解铝产品 单位: $\text{tCO}_2/\text{t-铝}$

排放范围	排放量	排放强度	贡献占比
生产过程发生的直接排放	690538.7452	1.61800696	12.09%
购买或自备的电力热力	3146799.744	7.62298183	55.09%
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送	6433.725105	0.01558541	0.11%
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	1856603.066	4.49753800	32.50%
3 废渣（尾矿）处理	11372.40245	0.02754914	0.20%
合计	5711747.682	13.78166134	1

注：电解铝产品的碳足迹计算结果为 13.836tCO₂e/t-铝。其中，原材料上游排放计算过程采用该企业氧化铝产品的碳足迹值 1.978tCO₂/t-氧化铝、预焙阳极产品的碳足迹值 1.375tCO₂/t-阳极。

以上计算采用的数据分为初级数据和次级数据，其数据来源说明如下：

计算采用的初级数据为企业的现场数据，该企业按照标准调研需求，收集数据比较全面，从原辅材料获取阶段到生产流程环节，以及运输过程等都有准确详实的现场数据，如各种原材料的消耗量、燃料及电力热力等能源的计量、以及产品产量与废渣的计量等海量信息数据。

计算采用的次级数据来自 Ecoinvent 数据库。如原辅材料、燃料等上游生命周期温室气体排放；赤泥处理过程生命周期温室气体排放；铝灰渣、阳极炭渣、大修渣等废物处理等第三方服务的温室气体排放；运输产生的温室气体排放等。

另外，常用化石燃料燃烧、工业过程的温室气体直接排放计算，相关参数推荐值见附录 D。其中铝电解过程 PFCs 的排放量计算采用附录推荐值，企业没有实测数据。

电力能源生命周期温室气体排放计算，采用全国电网平均排放因子 0.5568 tCO₂/MW·h，来源于最近生态环境部和国家统计局于 2024 年 4 月 12 日联合印发《关于发布 2021 年电力二氧化碳排放因子的公告》（公告 2024 年 第 12 号）。

3. 调研企业数据的试算及分析

按照以上计算模型，对收集到的企业数据按产品种类，依次对矿山开采 3 家、氧化铝生产 4 家、炭素阳极生产 5 家、电解铝生产 6 家，分别开展电解铝及其前序产品碳足迹的试算。计算模型采用同样的次级数据，计算结果及分析如下：

1) 矿山企业

	企业 1	企业 2	企业 3
排放范围	排放强度	排放强度	排放强度
生产过程发生的直接排放	0.013442485	0.000151275	0.001116624
购买或自备的电力热力	0.002854499	0.000790251	0.002132884
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送			0.01775
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	0.003502822	6.62613E-05	0.000281328
3 废渣（尾矿）处理			
合计	0.019799807	0.001007787	0.021280836

计算结果及分析：

✓ 企业 1 即企业 A 的数据详实，计算结果比较可靠；

- ✓ 企业 2 的数据偏低，其矿山与氧化铝生产场地距离较近；
- ✓ 企业 3 的数据，主要排放发生在运输环节，其矿山与氧化铝生产场地距离较远。

2) 氧化铝企业

	企业 1	企业 2	企业 3
排放范围	排放强度	排放强度	排放强度
生产过程发生的直接排放	5.20562E-05	0	0
购买或自备的电力热力	0.395650044	0.570807447	0.87617332
其他排放			
1 上下游第三方运输和配送	0.000454365	0	0
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	1.048672887	0.498897009	0.693308906
3 废渣（尾矿）处理	0.031079708	0.009700535	0.012009736
合计	1.47590906	1.07940499	1.581491962

计算结果及分析：

三家企业全部使用外购铝土矿，铝土矿的上游排放数据统一采用 0.03tCO₂/t-矿，来源 Ecoinvent 数据库。

三家企业外购铝土矿，缺少实际的运输距离，以及部分原辅材料消耗没有数据，与企业 A 的数据相比，计算结果都偏低。其中，企业 2 缺少天然气等能源数据，其计算结果更低。

3) 炭素阳极企业

	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4
排放范围	排放强度	排放强度	排放强度	排放强度
生产过程发生的直接排放	0.367260395	0.469947528	0.318980081	0.315382862
购买或自备的电力热力	0.215319581	0.117890129	0.134886173	0.078015406
其他排放				
1 上下游第三方运输和配送	0.040951275	0	0	0
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	0.783056755	0.844921556	0.612888908	0.954204828
3 废渣（尾矿）处理				
合计	1.406588007	1.432759213	1.066755161	1.347603096

计算结果及分析：

四家炭素企业未提供石油焦、煅后焦等原料的检验成分结果，如石油焦含水量、挥发分、硫分等含量，全部采用企业 A 的数值进行计算。

四家炭素企业的预焙阳极产品的碳足迹数值与企业 A 比较接近，其中企业 3 缺少部分原辅材料消耗数据，其计算结果偏低。

4) 电解铝企业（含铸锭）

	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5
排放范围	排放强度	排放强度	排放强度	排放强度	排放强度
生产过程发生的直接排放	1.602537528	1.583992889	1.549649668	1.614532	1.592265275
购买或自备的电力热力	7.492150242	7.5981409	7.503504582	7.62635686	7.623828835
其他排放					

1 上下游第三方运输和配送	0.003075762	0.010350687	0	0.001589269	0
2 购买的燃料、原辅材料的上游排放	4.195615182	4.049063614	4.067325631	4.401334831	3.87980417
3 废渣（尾矿）处理					
合计	13.29337871	13.24154809	13.12047988	13.64381296	13.09589828

计算结果及分析：

为便于比较分析，五家电解铝企业全部采用企业 A 的氧化铝产品、预焙阳极产品的上游排放数值进行计算。

计算结果显示，五家电解铝企业的产品的碳足迹数值与企业 A 比较接近，但稍低于企业 A 的数值，与收集数据不够详实有关。

由于数据库中沒有适合国内废渣处理工艺的排放数据，因此，五家电解铝企业的计算结果未包含废渣处理的排放数据。

五、预期达到的经济社会效益

本标准的制定充分考虑了我国铝工业的生产技术现状，可为铝冶炼生产过程中电解铝产品的碳足迹量化提供指导。该标准的制定有助于铝企业摸清碳排放水平，发现生产过程中碳足迹生态压力的关键要素，为铝企业绿色低碳生产提供明确路径，为铝工业的绿色低碳发展提供对策，为铝行业减碳政策提供数据支撑，对我国铝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程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

目前国内外尚无在产品层级上发布有关电解铝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

本标准依据国家碳排放主管部门有关文件编制，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、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

本标准的性质为推荐性国家标准，不涉及专利问题。

十、贯彻国家标准的要求和措施建议

无。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。