温室气体 产品碳足迹量化方法 电解铝产品

1 范围

本文件规定铝冶炼电解铝产品碳足迹量化的相关术语、产品种类及描述、产品碳足迹量化界定、数据和数据质量、生命周期各阶段数据收集、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹解释及研究报告等内容。

本文件适用于采用预焙阳极铝电解槽设施，以冶金级氧化铝为原料生产的电解铝产品的碳足迹量化。

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，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB/T1196 重熔用铝锭

GB17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T20902 有色金属冶炼企业能源计量器具配备和管理要求

GB/T24025 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序

GB/T24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T32151.4 温室气体排放核算与报告要求第4部分：铝冶炼企业

YS/T 801 电解铝生产全氟化碳排放量测定方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044、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。

3.1.1 温室气体

3.1.1.1

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。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1，有修改]

3.1.1.2

二氧化碳当量carbon dioxide equivalent；CO_2e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：温室气体二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150-2015，3.16，有修改]

3.1.1.3

全球变暖潜势 global warming potential；GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15，有修改]

3.1.1.4

温室气体排放因子greenhouse gas emission factor；EF

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.13]

3.1.1.5

生产过程发生的直接排放 direct emissions from the production process

指在生产、废弃物处理处置等过程中发生的物理或化学变化而产生的温室气体排放。

示例：化石燃料的燃烧排放、铝土矿或其他矿石和残渣的有机碳排放、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，能源作为原材料用途的预焙阳极消耗排放、阳极效应导致的全氟化碳排放等。

3.1.1.6

消耗电力、热力发生的间接排放 indirect emissions from the consumption of electricity and heat

指生产消耗电力、热力在所对应的电力或热力生产环节产生的温室气体排放。

3.1.1.7

工业余热回收减排 emissions reduction from industrial waste heat recovery

指将工业过程产生的余热回收再利用，所回收热量折算成温室气体的减排量。

示例：如炉窑烟气余热、冷却介质余热、废蒸汽余热、高温产物和炉渣余热，以及可燃废气余热等的回收。

3.1.2 电解铝产品、产品系统和过程

3.1.2.1

产品 product

任何商品或服务.

[来源：GB/T 24044-2008，3.9]

3.1.2.2

电解铝产品electrolytic aluminum product

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。

3.1.2.3

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]

3.1.2.4

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]

3.1.2.5

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]

3.1.2.6

功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T 24040-2009，3.20]

3.1.2.7

声明单位 declared unit

用来作为部分产品碳足迹量化的基准单位的产品数量。

[来源：ISO 21930:2017，3.1.11]

3.1.2.8

基准流 reference flow

在给定的产品系统中，为实现功能单位功能所需的过程的输入或输出量。

注 1：对于部分产品碳足迹而言，基准流是声明单位。

[来源：GB/T 24044-2008，3.29，有修改]

3.1.2.9

基本流 elementary flow

取自环境，进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量，或者是离开所研究系统，进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。

注：“环境”定义来源于 GB/T 24001-2016，3.2.1。

[来源：GB/T 24044-2008，3.12，有修改]

3.1.2.10

产品流 product flow

产品从其他产品系统进入到所评价产品系统或离开所评价产品系统而进入其他产品系统。

[来源：GB/T 24044-2008，3.27]

3.1.3 产品碳足迹的量化

3.1.3.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product；CFP

基于仅考虑气候变化这一影响类型的生命周期评价（life cycle assessment），以二氧化碳当量表示的产品系统中温室气体排放量与清除量之和。

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质量表示。

3.1.3.2

部分产品碳足迹 partial carbon footprint of a product

产品系统中一个或多个选定过程的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期内的选定阶段或过程。

注：产品碳足迹研究报告中记录了部分产品碳足迹的量化结果，以每个声明单位的二氧化碳当量质量表示。

3.1.3.3

产品碳足迹研究 carbon footprint of a product study

量化和报告产品碳足迹或部分产品碳足迹所需的所有活动。

3.1.3.4

产品碳足迹量化 quantification of the carbon footprint of a product

确定产品碳足迹或部分产品碳足迹的活动。

注：产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化属于产品碳足迹研究的一部分。

3.1.3.5

产品碳排放强度 carbon emission intensity of a product；CIP

生产活动中产出每单位产品所排放的二氧化碳当量。

3.1.3.6

产品种类 product category

具有同等功能的产品组群。

[来源：GB/T 24025-2009，3.12]

3.1.3.7

产品种类规则 product category rules；PCR

对一个或多个产品种类进行碳足迹或部分碳足迹信息声明或交流所必须满足的一套具体的规则、要求和指南。

[来源：GB/T 24025-2009，3.5，有修改]

3.1.3.8

产品碳足迹-产品种类规则 carbon footprint of a product-product category rules；CFP-PCR

为一个或多个产品种类的产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化和信息交流制定的一套具体规则、要求和指南。

注：产品碳足迹-产品种类规则包含的量化规则应符合 GB/T 24044 的要求。

3.1.4 生命周期评价

3.1.4.1

生命周期 life cycle

指产品的一系列连续且相互联系的阶段，包括原材料获取或从自然资源中生成原材料以及生命末期处理。

注 ：与产品相关的生命周期阶段包括原材料获取、生产、运输和（或）交付、使用和生命末期处理以及最终处置。

[来源：GB/T 24044-2008，3.1]

3.1.4.2

生命周期评价 life cycle assessment；LCA

一个产品系统在其整个生命周期内的输入、输出和潜在环境影响的汇编与评估。

注：“环境影响”的定义请参见 GB/T 24001-2016，3.2.4。

[来源：GB/T 24044-2008，3.2，有修改]

3.1.4.3

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis；LCI

生命周期评价的阶段，涉及产品整个生命周期内输入和输出的汇编和量化。

[来源：GB/T 24044-2008，3.3]

3.1.4.4

生命周期影响评价 life cycle impact assessment；LCIA

生命周期评价的阶段，旨在了解和评估产品系统在产品的整个生命周期中潜在环境影响的大小和重要性。

[来源：GB/T 24044-2008，3.4]

3.1.4.5

生命周期解释 life cycle interpretation

在生命周期评价阶段，根据确定的目标和范围，对生命周期清单分析或生命周期影响评价，或两者的结果进行评价，以得出结论和建议。

[来源：GB/T 24044-2008，3.5]

3.1.4.6

敏感性分析 sensitivity analysis

用于估计与产品碳足迹研究结果相关方法和数据的选择影响的系统程序。

[来源：GB/T 24044-2008，3.31]

3.1.4.7

鉴定性评审 critical review

旨在确保产品碳足迹研究与本标准原则和要求之间一致性的活动。

注：ISO/TS 14071:2014 中给出了关于鉴定性评审的要求。

[来源：GB/T 24044-2008，3.45]

3.1.5 数据和数据质量

3.1.5.1

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]

3.1.5.2

初级数据 primary date

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和/或温室气体活动数据。

3.1.5.3

次级数据 secondary date

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，可包括来源于数据库、公开文献、国家清单排放因子、计算数据、估算数据或其他经主管部门验证的代表性数据，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：ISO 14067：2018，定义 3.1.6.3]

3.1.5.4

现场数据 site-specific data

从产品系统（3.1.2.3）中获得的初级数据。

注 1：所有现场数据均为初级数据（3.1.5.2），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。

注 2：现场包含产品系统内单元过程所处的地理范围。

[来源：ISO 14067：2018，定义 3.1.6.2]

3.1.5.5

背景数据 background date

现场数据之外的数据，包括原辅材料、能源、服务等生命周期清单数据。

3.1.5.6

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24044-2008，3.19]

3.1.5.7

数据分配 data allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24044-2008，3.15]

3.1.5.8

数据取舍准则 data 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]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

GHG: 温室气体(Greenhouse Gas)

CO_2e: 二氧化碳当量(CO_2 equivalent)

GWP: 全球变暖潜势(Global Warming Potential)

EF：温室气体排放因子(greenhouse gas Emission Factor)

AD:活动数据(Activity Data)

CFP: 产品碳足迹(Carbon Footprint of a Product)

CIP:产品碳排放强度(Carbon emission Intensity of a Product)

PCR: 产品种类规则(Product Category Rules)

CFP－PCR: 产品碳足迹-产品种类规则(Carbon Footprint of a Product- Product Category Rules)

LCA: 生命周期评价(Life Cycle Assessment)

LCI : 生命周期清单分析((Life Cycle Inventory Analysis)

IPCC: 政府间气候变化专门委员会(The Intergovernmental Panel on Climate Change)

4 产品种类及描述

铝工业采用 Hall-Heroult 熔盐电解法生产电解铝，以冰晶石为溶剂、氧化铝为溶质，以炭素为阳极、液态铝为阴极，直流电通入铝电解槽，阴极产物是熔融铝液。通过真空抬包从槽内吸出铝液直接送至铝材加工客户，或送铸造车间经净化澄清、浇铸成铝锭，再销售运输到下游用户。此法生产的铝锭或原铝液即电解铝产品，应符合国家标准 GB/T 1196 技术要求。

产品描述应使用户能够清晰识别电解铝产品，对其描述包括但不限于：

a) 产品名称；

b) 产品牌号；

c) 产品批号；

d) 产品重量；

e) 产品分析检验单；

f) 注册商标；

g) 出厂日期。

5 产品碳足迹量化界定

5.1 目的和范围

开展电解铝产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍准则，通过量化产品生命周期或选定过程中所有显著的温室气体排放量和清除量，计算从含铝矿石中生产一（1）吨铸造原铝金属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_2e）表示。

电解铝产品“从摇篮-到-大门”的碳足迹量化范围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生的温室气体排放，还包括产品系统内所用的辅助材料和燃料在其生产过程中产生的温室气体排放。

电解铝生产过程会排放少量的高全球变暖潜势（GWP）的气体，如 CF_4、C_2F_6 等全氟化碳（PFCs）气体，但最主要的温室气体是二氧化碳（CO_2）。电解铝产品“从摇篮-到-大门”涉及的温室气体排放源见附录 A。

5.2 产品系统及声明单位

电解铝产品“从摇篮-到-大门”的生产系统主要包括铝土矿开采、氧化铝生产、预焙阳极生产、铝电解和铸锭等阶段，还涉及工业余热回收和废渣处理等过程。

电解铝产品的声明单位为采用 Hall-Heroult 氧化铝-冰晶石熔盐电解法生产的符合 GB/T1196 的一（1）吨重熔用铝锭或原铝液。

5.3 系统边界

5.3.1 边界设定

系统边界决定产品碳足迹评价所涵盖的单元过程，应确定纳入产品碳足迹评价的单元过程，以及对这些单元过程的评价应达到的详细程度。电解铝产品生命周期的系统边界如图 1 所示，即从铝土矿获取到电解铝产品离开制造商厂门为止，其中虚线方框中的单元为铝工业的核心部分。

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。如图 1 所示，电解铝产品碳足迹量化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。

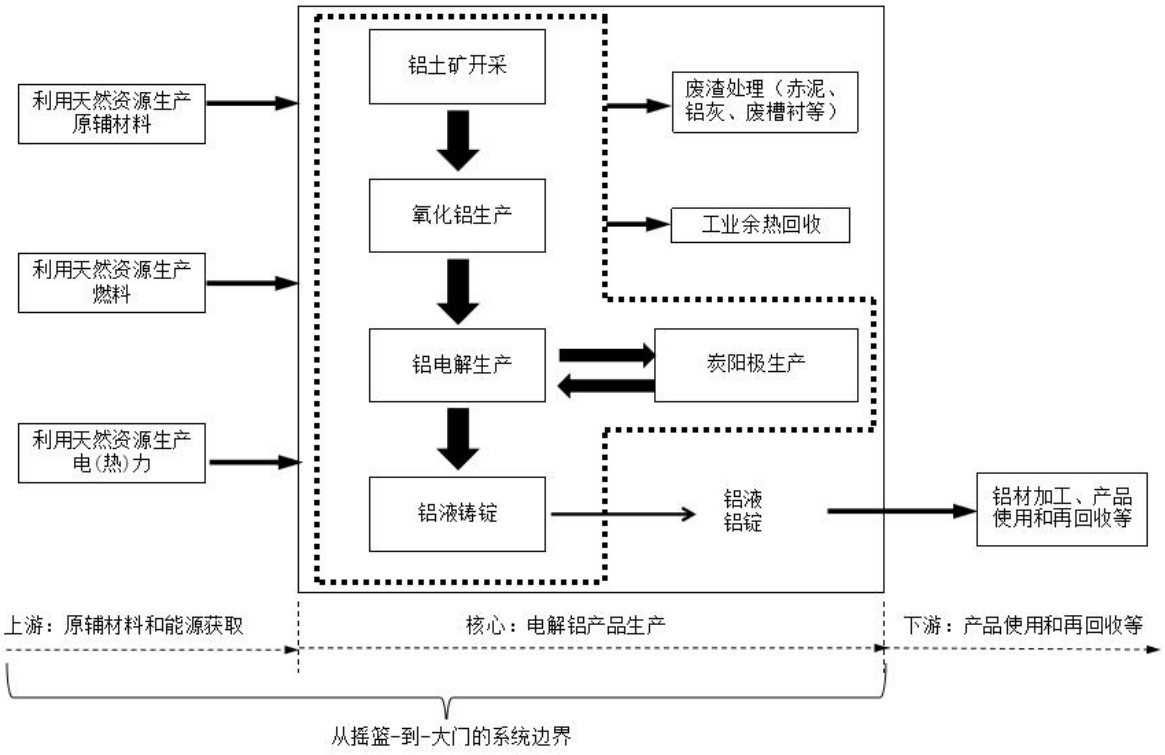


图 1　电解铝产品生命周期系统边界图

注：“废渣处理”和“工业余热回收”工序为选择项，依企业（产品系统）的实际工艺情况确定。

5.3.2 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和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生产企业工厂时终止。

原辅材料和能源获取阶段包括但不限于以下过程：

a) 原辅材料的获取与运输分销（例如：石灰、烧碱、药剂、石油焦、沥青、氟化盐等）；

b) 燃料的获取与运输分销（例如：汽油、柴油、重油、煤炭、天然气等）；

c) 能源的开采、生产和输送（例如：电力、热力等）；

5.3.3 产品生产阶段

5.3.3.1 铝土矿开采

国内铝土矿开采方式主要为露天开采，其生产工序包括采矿、破碎筛分、磨矿分级、选别作业、产品脱水、土地复垦等流程，其中，采矿后续流程为铝土矿选矿的基本作业。

铝土矿开采阶段从采矿开始，到精矿离开矿区进入到氧化铝生产工厂前终止，包括以下过程：

a) 露天采矿；

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) 土地复垦；

d) 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

冶金级氧化铝的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，其中拜耳法是工业生产最常用的工艺流程。拜耳法生产氧化铝的基本流程包括：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、母液蒸发及苏打苛化等。拜耳法生产氧化铝工艺流程见图 B.1。

氧化铝生产阶段从铝土矿精矿进入工厂开始，到氧化铝产品离开工厂进入到电解铝生产工厂前终止，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) 赤泥综合利用；

d) 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) 氧化铝储运过程。

5.3.3.3 预焙阳极生产

预焙阳极的生产工艺包括原料预碎、煅烧、破碎、筛分分级、配料、黏结剂预处理、混捏、糊料成型、焙烧、组装等。预焙阳极生产工艺流程见图 B.2。

预焙阳极生产阶段从石油焦等原料进入工厂开始，到预焙阳极产品离开工厂进入到电解铝生产工

厂前终止，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；

8) 阳极组装。

c) 烟气余热回收利用；

d) 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。

g) 预焙阳极储运过程。

5.3.3.4 铝电解生产

现代铝工业均使用 Hall-Heroult 熔盐电解法生产电解铝，铝电解生产工艺流程见图 B.3。

铝电解生产阶段从氧化铝、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) 整流供电；

c) 铝电解生产相关过程，包括：

1）氧化铝、氟盐、壳面料储运；

2）电解槽生产；

3）铝液吸出；

4）烟气净化；

5）压缩空气生产；

6）电解槽筑炉大修。

d) 余热回收利用；

e) 阳极炭渣、废槽衬处理；

f) 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

铝液铸锭流程为铝液从电解槽内吸出后，经抬包运输到混合炉或保持炉，配料后经净化、澄清、扒渣、静置等过程，最后浇铸成锭。铝液铸锭流程图见附录图 B.3。

铝液铸锭阶段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) 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。

5.4 边界排除

用于产品生命周期内资产性商品生产所产生的温室气体排放不纳入产品碳足迹的系统边界范围（如：阴极炭块、阴极钢棒、耐火材料、保温材料等）。

5.5 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。

应量化对产品碳足迹有实质性贡献的所有温室气体的排放与清除，若排放量小于或等于总碳足迹1%的单元过程，可排除在系统边界之外，但所有排除的合计值不应超过碳足迹总量的5%。

所排除单元过程舍去的温室气体排放与清除应有书面记录。

6 数据和数据质量

6.1 数据描述

根据数据来源将数据分为初级数据和次级数据。

初级数据主要来自开展产品碳足迹研究的组织，具有财务或者运营控制权的过程（例如，产品制造过程）以及不具有财务或运营控制但重要的过程，均应从与单元过程相关的生产场所中收集现场数据。在现场数据收集不可行的情况下，宜使用经第三方评审的背景数据作为初级数据。

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。次级数据通常来自数据库，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）。次级数据宜证明其适用性，并注明参考文件。

6.2 数据质量要求

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) 时间跨度：数据的年份和所收集数据的最小时间跨度；
b) 地理范围：所收集单元过程数据的地理区域；
c) 技术覆盖面：具体的技术或技术组合；
d) 数据精度：对数据的可变性的度量（如方差）；
e) 完整性：系统边界内对温室气体排放有实质性贡献的排放源，都应纳入指定产品生命周期温室气体量化和评估中；
f) 代表性：对数据集反映实际关注群（例如地理范围、时间跨度和技术覆盖面等）的程度的定性评价；
g) 一致性：温室气体评估所采用的假设、方法学和数据源贯穿于整个量化过程，可支持重现与比较；
h) 数据来源：现场数据应来源于测量、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；
i) 可重现性：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。

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。

6.3 数据时间界限

数据时间界限应规定产品碳足迹具有代表性的时间段，并解释其合理性。数据收集时间段的选择应考虑数据在年内和年际变化，并在可能的情况下使用代表所选时间段趋势的数值。

如果产品生命周期中与具体单元过程相关的温室气体排放量和清除量随时间推移而发生变化，应选择使用产品生命周期时间段内温室气体排放量和清除量的平均值。

6.4 数据空间界限

数据空间界限宜根据碳足迹研究目的，规定产品碳足迹具有代表性的空间范围，确定如何对空间系统划分和选择空间格网粒度，并证明其合理性。

空间系统的划分与空间格网粒度选取，应使所收集的代表某空间格网的数据能够适用于该格网内的单元过程。如果产品生命周期内某空间格网内特定单元过程的温室气体排放量和清除量与该地表该空间格网的平均值存在显著差异，应调整空间的划分或者空间格网大小，直到差异变为不显著。

7 生命周期各阶段数据收集

7.1 数据收集步骤

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宜遵循步骤如下：

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) 按照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) 对收集的活动数据和排放因子进行评估。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。
e) 对收集过程进行审查，识别可能产生的数据误差风险。

注：对计量数据，相关计量器具应符合 GB 17167 和 GB/T 20902 的规定。

7.2 数据统计期

根据数据时间界限（6.3）解释，电解铝产品碳足迹量化数据宜以一个财年为数据收集周期。

7.3 数据收集清单

7.3.1 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和能源获取阶段应收集的初级数据包括：

a) 原辅材料的运输工具及其核定载重量、运输距离；
b) 燃料的运输工具及其核定载重量、运输距离；
c) 能源的运输工具及其核定载重量、运输距离；

原辅材料和能源获阶段应收集的次级数据包括：原辅材料生产、燃料生产、能源开采生产等过程生命周期温室气体排放因子，以及运输过程相关的温室气体排放因子。

7.3.2 产品生产阶段

7.3.2.1 铝土矿开采

铝土矿开采阶段应收集的初级数据包括：

a) 原辅材料消耗量；

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

铝土矿开采阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、废弃物（尾矿）处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

7.3.2.2 氧化铝生产阶段

氧化铝生产阶段应收集的初级数据包括：
a) 精矿投入量；
b) 生产用水投入量；
c) 烧碱消耗量；
d) 石灰石消耗量；
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) 氧化铝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；
l) 辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离；

氧化铝生产阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、生产用水供应过程、赤泥及废弃物处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

7.3.2.3 预焙阳极生产阶段

预焙阳极生产阶段应收集的初级数据包括：
a) 石油焦、煤沥青投入量；
b) 辅助材料消耗量；
c) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
d) 生块产量；
e) 阳极产量；
f) 石油焦、煤沥青的运输工具及其核定载重量、运输距离；
g) 阳极的运输工具及其核定载重量、运输距离；
h) 辅助材料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；

预焙阳极生产阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、余热利用过程、废弃物处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

7.3.2.4 铝电解生产阶段

铝电解生产阶段应收集的初级数据包括：

a) 氧化铝、预焙阳极投入量；
b) 辅助材料消耗量；
c) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
d) 电解过程全氟化碳排放总量；
e) 原铝产量；
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) 辅助材料的的运输工具及其核定载重量、运输距离；
h) 原铝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；
j) 阳极炭渣、废槽衬产生量；

铝电解生产阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、余热利用过程、炉修渣及废弃物处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

7.3.2.5 铝液铸锭阶段

铝液铸锭阶段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) 铝液的运输工具及其核定载重量、运输距离；
f) 辅助材料的的运输工具及其核定载重量、运输距离；
g) 铝锭的运输工具及其核定载重量、运输距离；
h) 铝灰渣产生量；

铝液铸锭阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、铝灰渣及废弃物处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

7.4 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 6 章的规定。

数据确认可通过建立质量平衡、能量平衡和（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。

注：本条款改编自 GB/T 24044-2008 4.3.3.2。

7.5 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。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。

应尽量避免数据分配，若必需进行分配时优先使用能反应产品物理关系的参数进行分配，如产品产量、生产工时等，其次也可使用具有经济关系的方式进行分配，如产品产值等，同时应说明引用依据。

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。

7.6 特定（电力）温室气体排放量的处理

7.6.1 概述

与用电相关的温室气体排放量应包括：

a) 供电系统生命周期内产生的温室气体排放量，例如燃料上游排放量（例如开采和运输燃料至发电站，或种植和加工用作燃料的生物质等）；

b) 发电过程中的温室气体排放量，包括电力输配过程中的损失量；

c) 下游排放量（例如处理核电站运行产生的废物或处理燃煤电厂的粉煤灰）；

7.6.2 内部发电

当内部发电（属孤网运行）并为研究产品消耗的电能，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。

7.6.3 直接连接供应商的电力

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

7.6.4 电网电力

当供应商通过合同工具保证电力产品时，应使用供应商特定电力产品的生命周期数据。通过市场化交易购入的绿色电力按 GB/T 32151.4-202X，5.2.2.2.2 条款规定。

当无法获得供应商的具体电力信息时，应使用与获得电力的电网相关的排放因子，可根据企业生产地及目前国内电网划分，选用国家主管部门最近年份公布的相应区域电网排放因子。

当区域电网排放因子发布年份比较久远时，推荐使用国家生态环境部最新发布的全国电力排放因子值。

注：合同工具指双方之间签订的，用于出售和购买能源的凭证。例如能源属性证书、可再生能源证书（REC）、原产地保证（GO）或绿色能源证书等。

8 产品碳足迹影响评价

8.1 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。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，单位为每千克（或吨）排放量的千克（或吨）二氧化碳当量。

政府间气候变化专门委员会（IPCC）公布了不同温室气体的100年全球变暖潜势（参见附录D）。若 IPCC 修订了全球变暖潜势值（GWP），应使用最新评估数值。

8.2 产品碳足迹计算

8.2.1 生命周期各阶段活动的排放量计算方法

计算方法以各阶段的活动数据乘以该活动的排放因子得到排放或清除的温室气体排放质量，再以温室气体排放质量乘以相应的全球变暖潜势值（GWP），将温室气体排放质量数据换算为二氧化碳当量CO_2e。

各阶段活动的排放量汇总按公式（1）计算：

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

式中：

GHG_j——生命周期j阶段的总排放量，单位tCO_2e；

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。

8.2.2 生命周期各阶段产品的碳排放强度计算方法

各阶段产品的碳排放强度按公式（2）计算：

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

式中：

CIP_j——核算周期内j阶段的产品碳排放强度，单位tCO_2e/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（tCO_2e）；

P_j——核算周期内j阶段的产品产量，单位t。

8.2.3 产品碳足迹计算方法

铝冶炼生产过程中电解铝产品的碳足迹按公式（3）计算：

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

式中：

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

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

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

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

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

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

$AD_{阳极}$——核算周期内铝电解生产用预焙阳极净耗，单位 t 预焙阳极/t-Al；

$CIP_{铝电解生产}$——铝电解生产阶段的产品碳排放强度，单位 $tCO_2e/t\text{-}Al$；

$CIP_{铝液铸锭}$——铝液铸锭阶段的产品碳排放强度，单位 $tCO_2e/t\text{-}Al$。

注：铝土矿开采、氧化铝生产、预焙阳极生产、铝电解生产和铝液铸锭各阶段的排放量计算方法，见附录E。

9 产品碳足迹解释

产品碳足迹研究的生命周期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产品碳足迹和部分产品碳足迹的量化结果，识别重大问题（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；

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，对生命周期影响评价的产品碳足迹和部分产品碳足迹的量化结果进行解释， 解释应包括以下内容：

a) 对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；

b) 对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/055204142331011214