



中华人民共和国国家标准

GB/T 32151.4—202X
代替GB/T 32151.4—2015

温室气体排放核算与报告要求 第4部分： 铝冶炼企业

Requirements of the greenhouse gas emission accounting and reporting —
Part 4: Aluminium smelting production enterprise

(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。

本文件为 GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》的第 4 部分。GB/T 32151 已发布了以下部分：

- 第 1 部分：发电企业；
- 第 2 部分：电网企业；
- 第 3 部分：镁冶炼企业；
- 第 4 部分：铝冶炼企业；
- 第 5 部分：钢铁生产企业；
- 第 6 部分：民用航空企业；
- 第 7 部分：平板玻璃生产企业；
- 第 8 部分：水泥生产企业；
- 第 9 部分：陶瓷生产企业；
- 第 10 部分：化工生产企业；
- 第 11 部分：煤炭生产企业；
- 第 12 部分：纺织服装企业；
- 第 13 部分：独立焦化企业；
- 第 14 部分：其他有色金属冶炼和压延加工工业企业；
- 第 15 部分：石油化工企业；
- 第 16 部分：石油天然气生产企业；
- 第 17 部分：氟化工企业；
- 第 18 部分：锻造企业；
- 第 19 部分：热处理企业；
- 第 20 部分：家具生产企业；
- 第 21 部分：铸造企业；
- 第 22 部分：畜禽养殖企业；
- 第 23 部分：种植业机构；
- 第 24 部分：电子设备制造企业；
- 第 25 部分：食品、烟草及酒、饮料和精制茶企业；
- 第 26 部分：造纸和纸制品生产企业；
- 第 27 部分：陆上交通运输企业；
- 第 28 部分：矿山企业；
- 第 29 部分：机械设备制造企业；
- 第 30 部分：水运企业。

本文件代替 GB/T 32151.4—2015《温室气体排放核算与报告要求 第 4 部分：铝冶炼企业》，与 GB/T 32151.4—2015 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 核算边界中增加了直接排放和间接排放，将对应的排放进行分类，并增加了预焙阳极生产工序的核算（见 4.1，2015 年版的 4.1）；
- b) 更改了核算和报告范围中各类排放的描述（见 4.2，2015 年版的 4.2）；
- c) 更改了吨铝阳极净耗量推荐值（见表 B.2，2015 年版的 5.2.3.3.2）；
- d) 更改了四氟化碳和六氟化二碳的全球变暖潜势（见 5.2.1.3.2，2015 年版的 5.2.4.2.1）；
- e) 更改了四氟化碳和六氟化二碳的排放因子缺省值，更改了斜率法计算公式，增加了实测法（见 5.2.1.3.3，2015 年版的 5.2.4.2.3）；
- f) 增加了尿素作为脱硝剂时的排放量核算公式（见 5.2.1.3.4）；
- g) 更改了电力排放因子的取值（见 5.2.2.2.1 和 5.2.2.2.2，2015 年版的 5.2.5.3）；

- h) 增加了单元工序的排放计算方法（见 5.3）；
 - i) 更改了企业温室气体排放报告格式模板（见附录 A，2015 年版的附录 A）；
 - j) 增加了铝电解设施温室气体排放核算（见附录 C）；
 - k) 增加了预焙阳极生产工序温室气体排放核算（见附录 D）。
- 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。
- 本文件由全国碳排放管理标准化技术委员会和全国有色金属标准化技术委员会归口。
- 本文件起草单位：
- 本文件主要起草人：
- 本文件于 2015 年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

由人类活动导致的气候变化已经被公认为全世界面临的最大挑战之一，并将在未来数十年内继续影响人类及其相关活动。气候变化会对人类和自然系统产生影响，并且会给资源可用性、经济活动和人类福祉带来重大影响。作为响应，相关国际组织、国家和区域正在制定并实施国际、区域、国家和地方温室气体排放管理方案，以降低地球大气中的温室气体（GHG）浓度，并帮助人类适应气候变化。

相关温室气体排放管理方案需要基于最佳的科学知识，采取有效的、渐进的措施应对气候变化带来的各种威胁。标准有助于将这些科学知识转变为工具，从而应对气候变化。温室气体排放管理方案依赖于对温室气体的量化、监测和报告。

GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》从不同的企业层面规定了温室气体排放核算与报告的要求，目的是对于不同类型的企业，分别规定其温室气体排放边界、计量与检测要求、核算步骤与核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等。GB/T 32151拟分为以下部分：

- 第1部分：发电企业；
- 第2部分：电网企业；
- 第3部分：镁冶炼企业；
- 第4部分：铝冶炼企业；
- 第5部分：钢铁生产企业；
- 第6部分：民用航空企业；
- 第7部分：平板玻璃生产企业；
- 第8部分：水泥生产企业；
- 第9部分：陶瓷生产企业；
- 第10部分：化工生产企业；
- 第11部分：煤炭生产企业；
- 第12部分：纺织服装企业；
- 第13部分：独立焦化企业；
- 第14部分：其他有色金属冶炼和压延加工业企业；
- 第15部分：石油化工企业；
- 第16部分：石油天然气生产企业；
- 第17部分：氟化工企业；
- 第18部分：锻造企业；
- 第19部分：热处理企业；
- 第20部分：家具生产企业；
- 第21部分：铸造企业；
- 第22部分：畜禽养殖企业；
- 第23部分：种植业机构；
- 第24部分：电子设备制造企业；
- 第25部分：食品、烟草及酒、饮料和精制茶企业；
- 第26部分：造纸和纸制品生产企业；
- 第27部分：陆上交通运输企业；
- 第28部分：矿山企业；
- 第29部分：机械设备制造企业；
- 第30部分：水运企业。

铝冶炼是我国工业生产主要温室气体排放源之一，对相关企业进行温室气体排放核算方法的标准化研究意义重大。本文件可以帮助铝冶炼企业加强对温室气体排放的了解与管

理，制定减排目标，推进减排工作；还可为主管部门建立并实施重点企业温室气体排放报告制度、掌握重点企业温室气体排放情况、制定出台相关政策提供技术支撑。

温室气体排放核算与报告要求 第4部分：铝冶炼企业

1 范围

本文件规定了铝冶炼及相关企业温室气体排放量的核算与报告相关的核算边界、核算步骤与核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等内容。

本文件适用于铝冶炼及相关企业温室气体排放量的核算与报告，以氧化铝生产、电解铝生产、预焙阳极生产等生产活动为主营业务的企业可按照本文件提供的方法核算温室气体排放量，并编制企业温室气体排放报告。

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 213 煤的发热量测定方法

GB/T 384 石油产品热值测定法

GB/T 22723 天然气能量的测定

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

YS/T 63.16 铝用炭素材料检测方法 第16部分：元素含量的测定 波长色散X-射线荧光光谱分析方法

YS/T 63.17 铝用炭素材料检测方法 第17部分：挥发分的测定

YS/T 63.18 铝用炭素材料检测方法 第18部分：水分含量的测定

YS/T 63.19 铝用炭素材料检测方法 第19部分：灰分含量的测定

YS/T 63.20 铝用炭素材料检测方法 第20部分：硫分的测定

YS/T 801 电解铝生产全氟化碳排放量测定方法

3 术语和定义

GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

能源作为原材料用途的排放 *emission from energy as raw material*

工业生产中，能源作为原材料被消耗，发生物理或化学变化而产生的温室气体排放。铝冶炼企业所涉及的能源作为原材料用途的排放主要是预焙阳极消耗所导致的二氧化碳排放，预焙阳极（能源产品）是电解铝生产的还原剂。

3.2

绿色电力 *green power*

符合国家有关政策要求的风电（含分散式风电和海上风电）、太阳能发电（含分布式光伏发电和光热发电）、常规水电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电等已建档立卡的可再生能源发电项目所生产的全部电量。

4 核算边界

4.1 概述

4.1.1 报告主体应以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界，核算和报告其生产系统边界内产生的温室气体排放。铝冶炼企业的核算与报告范围主要包括直接排放和间接排放，除各单元工序的排放之外还包括厂界内的辅助生产系统和直接为生产服务的附属生产系统的排放，主要工序包括氧化铝生产、铝电解、铝液净化澄清及铝锭铸造和预焙阳极生产。企业应按照实际情况，选择不同模块工序的排放进行核算。

4.1.2 铝冶炼企业温室气体排放核算和报告范围应根据其生产工艺流程包括以下部分或全部排放：燃料燃烧排放、能源作为原材料用途的排放、过程排放、购入和输出的电力、热力产生的排放。铝冶炼企业温室气体排放核算边界见图 1。

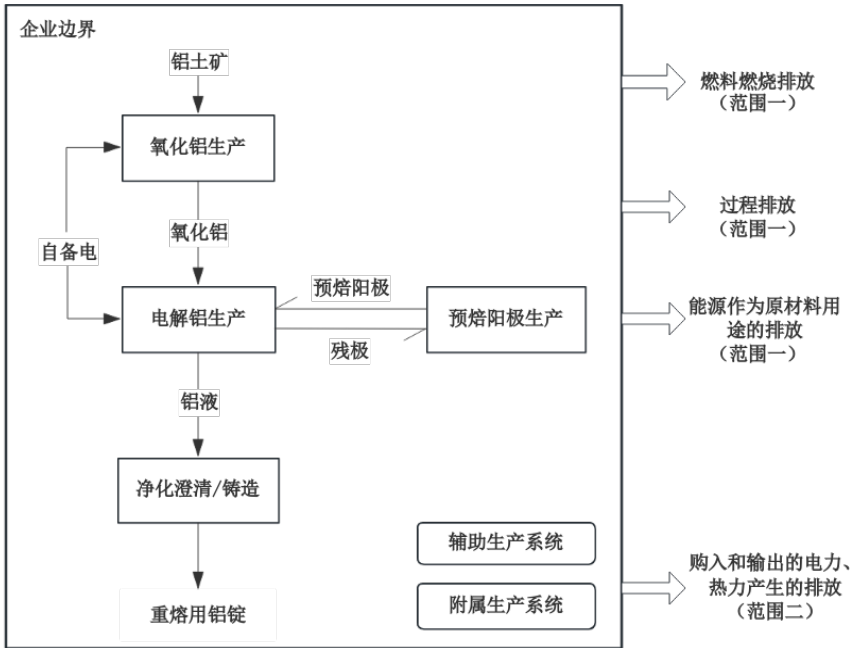


图 1 铝冶炼温室气体排放核算边界

4.1.3 铝冶炼企业存在未纳入全国碳排放权交易市场的发电设施的，按照本文件要求一并核算与报告其温室气体排放。铝冶炼企业存在纳入全国碳排放权交易市场的发电设施的，应直接引用其经核查的二氧化碳排放量。

4.1.4 如果报告主体除铝冶炼外还存在其他产品生产活动，并存在本文件未涵盖的排放环节，则应参考其他相关行业的企业温室气体排放核算与报告要求进行核算并汇总报告（见附录 A）。

4.2 核算和报告范围

铝冶炼企业温室气体排放核算边界包括直接排放（范围 1）和间接排放（范围 2）。

a) 直接排放为企业内部排放源对应的温室气体排放，包括：

- 1) 燃料燃烧排放：指燃料在各种类型的固定设备（如锅炉、窑炉、内燃机等）和核算边界内移动设备（如铝水运输车、叉车等）燃烧产生的排放。包含核算边界内自备电厂生产电力、热力时燃料燃烧产生的排放；烧结法或联合法生产氧化铝的烧结工序烧成用煤的氧化反应也视为燃料燃烧排放；阳极生产过程燃料燃烧产生的排放等；
- 2) 能源作为原材料用途产生的排放：铝电解环节预焙阳极消耗所导致的排放；

3) 过程排放：电解环节阳极效应产生的全氟化碳排放，碳酸盐分解所产生的二氧化碳排放；使用石灰石（主要成分为碳酸钙）或纯碱（主要成分为碳酸钠）作为生产原料产生的排放等。

b) 间接排放为企业净购入的电力、热力对应的排放。铝冶炼企业输出的电力、热力应进行扣减。在核算时应排除与铝冶炼生产无关的活动的排放。

注：如果企业对其生产过程所产生的二氧化碳进行回收利用，则在核算结果中予以扣除。企业购入了电力、热力又进行转售的，这部分排放量按照输出的电力、热力进行处理。

5 核算步骤与核算方法

5.1 核算步骤

报告主体进行企业温室气体排放核算与报告的工作流程包括以下步骤：

- 识别排放源；
- 收集活动数据；
- 选择和获取排放因子数据；
- 分别核算直接排放和间接排放，如存在封存和利用二氧化碳技术，则扣除采用技术封存和利用的量；
- 汇总报告企业温室气体排放量。

5.2 核算方法

5.2.1 直接排放

5.2.1.1 燃料燃烧排放

燃料燃烧产生的排放按公式（1）计算。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n FC_i \times NCV_i \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——核算和报告年度内燃料燃烧产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

FC_i ——核算和报告年度内第 i 种燃料的消费量，固体和液体燃料的单位为吨（t），气体燃料单位为万标准立方米（10⁴Nm³）；

NCV_i ——第 i 种燃料的低位发热量，固体和液体燃料的单位为吉焦/吨（GJ/t），气体燃料的单位为吉焦/万标立方米（GJ/10⁴Nm³），按 GB/T 213、GB/T 384、GB/T 22723 抽样检测，取核算周期内平均值；

CC_i ——第 i 种燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ），采用附录 B 所提供的推荐值；

OF_i ——第 i 种化石燃料的碳氧化率，%，采用附录 B 所提供的推荐值；

i ——燃料类型；

n ——总的燃料类型数量。

5.2.1.2 能源作为原材料用途的排放

电解环节预焙阳极作为原材料消耗产生的排放量 $E_{\text{阳极消耗}}$ 按公式（2）计算：

$$E_{\text{预焙}} = P \times NC_{\text{阳极}} \times (1 - S_{\text{阳极}} - Ash_{\text{预焙}}) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$E_{\text{阳极消耗}}$ ——核算和报告年度内预焙阳极作为原材料消耗产生的排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO_2);

P ——核算和报告年度内的电解铝产量, 单位为吨铝(tAl);

$NC_{\text{阳极}}$ ——核算和报告年度内吨铝预焙阳极净耗量, 单位为吨阳极每吨铝($tC_{\text{阳极}}/tAl$);

$S_{\text{阳极}}$ ——预焙阳极平均硫含量, %, 按 YS/T 63.16 或 YS/T 63.20 抽样检测, 取核算周期内平均值;

$Ash_{\text{阳极}}$ ——预焙阳极平均灰分含量, %, 按 YS/T 63.19 抽样检测, 取核算周期内平均值。

5.2.1.3 过程排放

5.2.1.3.1 碳酸盐分解和反应过程的排放量, 按公式(3)计算:

$$E_{\text{碳酸盐}} = \sum_{i=1}^n AD_{\text{碳酸盐 } i} \times EF_{\text{碳酸盐 } i} \times GWP_{CO_2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$E_{\text{碳酸盐}}$ ——核算和报告年度内碳酸盐分解产生的排放量, 单位为吨二氧化碳当量(tCO_2e);

$AD_{\text{碳酸盐 } i}$ ——核算和报告年度内第 i 种碳酸盐的消耗量, 单位为吨(t);

$EF_{\text{碳酸盐 } i}$ ——第 i 种碳酸盐分解的二氧化碳排放因子, 单位为吨二氧化碳每吨碳酸盐(tCO_2/t 碳酸盐), 采用附录 B 所提供的推荐值;

GWP_{CO_2} ——二氧化碳全球变暖潜势, 取值为 1;

i ——碳酸盐类型, 如碳酸钠、碳酸钙;

n ——总的碳酸盐类型数。

5.2.1.3.2 电解铝生产过程发生阳极效应, 会排放四氟化碳(CF_4)和六氟化二碳(C_2F_6)两种全氟化碳温室气体(PFCs)。阳极效应产生的温室气体排放量 $E_{\text{阳极效应}}$ 按公式(4)计算:

$$E_{\text{阳极效应}} = EF_{CF_4} \times GWP_{CF_4} \times P \times 10^{-3} + EF_{C_2F_6} \times GWP_{C_2F_6} \times P \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$E_{\text{阳极效应}}$ ——核算和报告年度内阳极效应产生的温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量(tCO_2e);

EF_{CF_4} ——吨铝四氟化碳排放因子, 单位为千克四氟化碳每吨铝($kgCF_4/tAl$);

GWP_{CF_4} —— CF_4 的全球变暖潜势, 取值为 6630 (来源于 IPCC 最新报告);

$EF_{C_2F_6}$ ——吨铝六氟化二碳排放因子, 单位为千克六氟化二碳每吨铝(kgC_2F_6/tAl);

$GWP_{C_2F_6}$ —— C_2F_6 的全球变暖潜势, 取值为 11100 (来源于 IPCC 最新报告);

P ——核算和报告年度内的电解铝产量, 单位为吨铝(tAl)。

5.2.1.3.3 全氟化碳排放因子按以下方法确定(优先顺序为: 实测法, 斜率计算法, 缺省值法):

1) 实测法: 具备条件的企业可按 YS/T 801 规定的方法进行测定。

2) 斜率计算法: 具备条件的企业可采用国际通用的斜率法经验公式, 按照公式(5)和公式(6), 测算本企业的阳极效应排放因子:

$$EF_{CF_4} = 0.104 \times AEM \dots\dots\dots (5)$$

$$EF_{C_2F_6} = 0.057 \times EF_{CF_4} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

EF_{CF_4} —— 阳极效应的 CF_4 排放因子，单位为千克四氟化碳每吨铝 ($kgCF_4/tAl$)；
 $EF_{C_2F_6}$ —— 阳极效应的 C_2F_6 排放因子，单位为千克六氟化二碳每吨铝 ($kg C_2F_6/tAl$)；
 AEM —— 平均每天每台槽阳极效应持续时间，企业自动化生产控制系统的实时监测数据（阳极效应系数乘以平均每次阳极效应时长），单位为分钟 (min)。

3) 缺省值法：四氟化碳的排放因子可选择推荐值 $0.02 kg CF_4/tAl$ ；六氟化二碳的排放因子可选择推荐值 $0.001 1 kg C_2F_6/tAl$ 。

注：数据来源于中国有色金属工业协会，有更新的采用最新数据。

5.2.1.3.4 生产企业烟气脱硝过程采用尿素作为脱硝剂时的排放量按公式 (7) 计算：

$$E_{\text{脱硝}} = AD \times EF \times I \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$E_{\text{脱硝}}$ —— 尿素作为脱硝剂时的排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)；
 AD —— 计算和报告周期内尿素的年消耗量，单位为吨 (t)；
 EF —— 尿素分解的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨脱硝剂 (tCO_2/t 脱硝剂)；
 I —— 尿素含量，%；

尿素分解的二氧化碳排放因子为二氧化碳与尿素的相对分子质量之比，取 0.733。尿素含量取缺省值 98.5%，有条件的企业，还可以自行或委托有资质的专业机构定期检测尿素含量。

5.2.2 间接排放

5.2.2.1 购入和输出的电力、热力产生的排放

5.2.2.1.1 企业购入的电力消费所对应的电力生产环节的排放量按公式 (8) 计算：

$$E_{\text{电}} = \sum_{i=1}^n AD_{\text{电}i} \times EF_{\text{电}i} \times GWP_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$E_{\text{电}}$ —— 购入的电力所对应的电力生产环节排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)；
 $AD_{\text{电}}$ —— 核算和报告年度内的购入电力，单位为兆瓦时 (MWh)；
 $EF_{\text{电}}$ —— 购入电力的排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (tCO_2/MWh)；
 GWP_{CO_2} —— 二氧化碳全球变暖潜势，取值为 1。

5.2.2.1.2 企业购入的热力消费所对应的热力生产环节的排放量按公式 (9) 计算：

$$E_{\text{热}} = AD_{\text{热}} \times EF_{\text{热}} \times GWP_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$E_{\text{热}}$ —— 购入的热力所对应的热力生产环节的排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)；
 $AD_{\text{热}}$ —— 核算和报告年度内的购入热力，单位为吉焦 (GJ)；
 $EF_{\text{热}}$ —— 热力消费的排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦 (tCO_2/GJ)。

5.2.2.1.3 企业输出的电力消费所对应的电力生产环节的排放量按公式 (10) 计算：

$$E_{\text{输出电}} = AD_{\text{输出电}} \times EF_{\text{输出电}} \times GWP_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$E_{\text{输出电}}$ —— 输出的电力所对应的电力生产环节的排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)；
 $AD_{\text{输出电}}$ —— 核算和报告年度内的输出电量，单位为兆瓦时 (MWh)；
 $EF_{\text{输出电}}$ —— 输出电的排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (tCO_2/MWh)。

5.2.2.1.4 企业输出的热力消费所对应的热力生产环节的排放量按公式 (11) 计算：

$$E_{\text{输出热}} = AD_{\text{输出热}} \times EF_{\text{输出热}} \times GWP_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$E_{\text{输出热}}$ ——输出的热力所对应的热力生产环节的排放量，单位为吨二氧化碳当量(tCO_2e)；

$AD_{\text{输出热}}$ ——核算和报告年度内的输出热力，单位为吉焦(GJ)。

5.2.2.2 排放因子

5.2.2.2.1 电力排放因子取值和证明文件如下：

- 1) 自发自用的和通过市场化交易购入使用的绿色电力的排放因子为零；
- 2) 购入电力排放因子采用生态环境部最新发布的数值。

5.2.2.2.2 通过市场化交易购入使用的绿色电力消费量，是指以交易方式购买并实际执行、结算的电量，应提供发电与用电双方签订的市场化交易合同（对于无法提供合同的，应同时提供交易承诺书、交易公告和交易结果），以及按合同执行的绿色电力证书交易凭证和由省级及以上电力交易机构出具的交易结算凭证。交易结算凭证应载明在核算与报告周期内的月度结算电量及其项目类型、发电企业名称、用电企业名称等。绿色电力证书交易凭证载明的内容应包括项目名称、项目代码、项目类型、项目所在地、电量生产日期等。2023年1月1日之前投产的水电项目和核电可不提供绿色电力证书交易凭证。自发自用的绿色电力电量应提供每月电量统计原始记录。

5.2.2.2.3 热力消费的排放因子优先采用供热单位的实测值，或取推荐值 $0.11 \text{ tCO}_2/\text{GJ}$ ，也可采用政府主管部门发布的官方数据。

5.2.3 二氧化碳的封存与利用

若铝冶炼企业具备二氧化碳的封存与利用能力，且提供以下的证明材料，在核算企业碳排放总量中可扣除该部分碳封存和利用量。证明材料包括：

- a) 合理的封存与利用技术原理；
- b) 项目行政审批手续；
- c) 经权威部门校验的计量设施设备以及相应的二氧化碳封存与利用量记录等信息。

5.3 单元工序排放

5.3.1 氧化铝生产

5.3.1.1 氧化铝生产过程温室气体排放总量包括：a) 生产过程产生的直接排放（如固定和移动设备、辅助或应急设备燃烧燃料排放，溶出设备、煅烧炉燃烧燃料排放，石灰石作为烟气脱硫的吸附剂排放，铝土矿和/或其他矿石和残渣的有机碳排放，设备酸洗产生的排放等）；b) 生产购入电力、热力产生的间接排放(包括废弃物处理消耗的电力)；c) 扣除输出的电力、热力对应的排放量。

5.3.1.2 氧化铝生产过程的排放总量 $E_{\text{氧化铝生产}}$ ，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)，按公式 (12) 计算：

$$E_{\text{氧化铝生产}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{碳酸盐}} + E_{\text{购入电}} + E_{\text{购入热}} + E_{\text{脱硝}} \cdots \cdots (12)$$

5.3.2 电解铝生产

5.3.2.1 电解铝生产过程温室气体排放总量包括：a) 生产过程产生的直接排放（如燃料燃烧排放、预焙阳极消耗排放、阳极效应导致的全氟化碳排放、石灰石作为烟气脱硫的吸附剂产生的排放）；b) 生产购入电力、热力产生的间接排放(包括废弃物处理消耗的电力)；c) 扣除输出的电力、热力对应的排放量。

5.3.2.2 电解铝生产过程的排放总量 $E_{\text{电解铝生产}}$ ，单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e)，按公式 (13) 计算：

$$E_{\text{电解铝生产}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{碳酸盐}} + E_{\text{阳极消耗}} + E_{\text{阳极效应}} + E_{\text{购入电}} \cdots \cdots (13)$$

5.3.2.3 铝电解设施温室气体排放核算按附录 C 的规定进行。

5.3.3 预焙阳极生产

预焙阳极生产过程温室气体排放核算按附录 D 的规定进行。

5.4 排放总量

铝冶炼企业温室气体排放总量 $E_{\text{总}}$ 按公式 (14) 核算。边界内包含预焙阳极生产的企业其总排放量还应加上预焙阳极生产的排放 $E_{\text{阳极}}$ 。

$$E_{\text{总}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{阳极消耗}} + E_{\text{碳酸盐}} + E_{\text{阳极效应}} + E_{\text{脱硝}} + E_{\text{购入电}} + E_{\text{购入热}} - E_{\text{输出电}} - E_{\text{输出热}} \cdots \cdots (14)$$

6 数据质量管理

报告主体宜加强温室气体数据质量管理工作，包括但不限于：

- 建立企业温室气体排放核算与报告的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等；指定专职人员负责企业温室气体排放核算与报告工作；
- 根据各种类型的排放源的重要程度对其进行等级划分，并建立企业排放源一览表，对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求；
- 对现有监测条件进行评估，不断提高自身监测能力，并制定相应的监测计划，包括对活动数据的监测和对燃料低位发热量等参数的监测；定期对计量器具、检测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；
- 建立健全碳数据记录管理体系，包括数据来源、数据获取时间及相关责任人等信息的记录管理；
- 建立企业温室气体排放报告内部审核制度。定期对温室气体排放数据进行交叉校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案。

7 报告内容和格式

7.1 概述

报告主体应参照附录 A 的格式进行报告。

7.2 报告主体基本信息和核算边界

报告主体基本信息应包括报告主体名称、单位性质、报告年度、所属行业、统一社会信用代码、法定代表人、填报负责人和联系人信息等。

7.3 温室气体排放量

报告主体应报告年度温室气体排放总量，并分别报告范围 1、范围 2 的排放，包括各工序模块对应的燃料燃烧排放量、能源作为原材料用途的排放量、过程排放量、购入和输出的电力及热力所对应的排放量。

7.4 活动数据及来源

报告主体应报告企业在报告年度内用于铝冶炼生产的各种燃料的净消耗量和相应的低位发热量、电解原铝液产量、回收利用的二氧化碳气体体积和纯度、购入和输出的电量及热量，并说明这些数据的来源。

报告主体如果还从事铝冶炼以外的产品生产活动，并存在本部分未涵盖的排放环节，则应参考

其他相关行业的企业温室气体排放报告标准的要求，报告其活动数据及来源。

7.5 排放因子数据及来源

报告主体应报告企业在报告年度内用于工业生产的各种燃料的低位发热量、单位热值含碳量和碳氧化率数据、吨铝预焙阳极净耗、预焙阳极平均含硫量、预焙阳极平均灰分含量、阳极效应的 CF_4 排放因子和 C_2F_6 排放因子、平均每天每槽阳极效应持续时间、报告主体的电力消费排放因子和热力消费排放因子等数据，并说明这些数据的来源。应优先采用生产系统记录的计量数据、购销存台账中的消耗量实际数据，不具备以上条件的可采用缺省值。

报告主体如果还从事铝冶炼以外的产品生产活动，并存在本部分未涵盖的温室气体排放环节，则应参考其他相关行业的企业排放核算方法与报告要求标准，报告其排放因子数据及来源。

附录 A
(资料性)
报告格式模板

XXX 生产企业温室气体排放报告

报告主体（盖章）：

报告年度：

编制日期： 年 月 日

GB/T 32151.4 —202×

本报告主体核算了 年度温室气体排放量，并填写了相关数据表格。
现将有关情况报告如下：

一、企业基本情况和核算边界

二、温室气体排放

三、活动数据及来源说明

四、排放因子数据及来源说明

五、其他需要说明的情况

本企业承诺对本报告的真实性的负责

法人（签字）：
年 月 日

报告主体在核算 年的温室气体排放汇总样式见表 A.1。铝电解设施温室气体排放汇总样式见表 A.2。

表 A. 1 报告主体 年温室气体排放量汇总表

排放类别			二氧化碳（tCO ₂ ）	全氟化碳（tCO ₂ e）	合计（tCO ₂ e）
直接排放	燃料燃烧排放量			—	
	能源作为原材料用途排放量			—	
	过程排放量	总量			
		其中：阳极效应排放量	—		
间接排放	购入电力对应的排放			—	
	购入热力对应的排放				
需扣除排放	输出电力对应的排放				
	输出热力对应的排放				
	二氧化碳利用及封存				
核算的单元工序			□自备电厂 □氧化铝 □电解铝 □预焙阳极		
企业温室气体总排放量/tCO ₂ e					

表 A. 2 报告主体 年铝电解设施温室气体排放量汇总表

排放类别			二氧化碳（tCO ₂ ）	全氟化碳（tCO ₂ e）	合计（tCO ₂ e）
直接排放	燃料燃烧排放量			—	
	能源作为原材料用途排放量			—	
	过程排放量	总量			
		其中：阳极效应排放量	—		
间接排放	消耗电力对应的排放			—	
企业温室气体总排放量/tCO ₂ e					

报告主体在活动数据汇总样式见表 A.3。

表 A. 3 报告主体活动数据相关数据一览表^a

排放源类别	燃料品种	计量单位	净消耗量 t 或 10 ⁴ Nm ³	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³
燃料燃烧 ^b	无烟煤	t		
	烟煤	t		
	褐煤	t		
	洗精煤	t		
	其他洗煤	t		
	其他煤制品	t		
	石油焦	t		
	焦炭	t		
	原油	t		
	燃料油	t		
	汽油	t		
	柴油	t		
	煤油	t		
	液化天然气	t		
	液化石油气	t		
	焦油	t		
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³		
	天然气	10 ⁴ Nm ³		
	炼厂干气	t		
能源作为原材料消耗	参数名称		量值	单位
	预焙阳极净耗			t
过程排放 ^c	参数名称		量值	单位
	氧化铝工序	氧化铝产量		t
		碳酸盐消耗量		t
		尿素消耗量		t
	铝电解工序	原铝产量		t
		阳极效应系数		次
		平均每次阳极效应时长		min
		每槽每日阳极效应时间（AEM）		min
		碳酸盐消耗量		t
	预焙阳极生产工序	预焙阳极产量		t
		石油焦使用量		t
		合格煅后焦产量		t

表 A. 3（续）

排放源类别	燃料品种	计量单位	净消耗量 t 或 10 ⁴ Nm ³	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³
过程排放 ^c	预焙阳极生产工序	不合格煅后焦产量		t
		焦炭粉尘排放量		t
		生阳极装炉重量		t
		废焦油收集量		t
		填充料消耗量		t
		碳副产品及碳残渣废料总量		t
		碳酸盐消耗量		t
		尿素消耗量		t
购入电力、热力	外购电力种类		量值	单位
	通过市场化交易购入的绿色电力			MW·h
	其余外购电力			MW·h
	外购热力			GJ
需要扣除排放	扣除种类		量值	单位
	外供电力			MW·h
	外供热力			GJ
	二氧化碳利用及封存			t
^a 报告主体如果还从事铝冶炼以外的产品生产活动，并存在本部分未涵盖的温室气体排放环节，应自行报告。 ^b 报告主体自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他能源品种。 ^c 报告主体应自行添加未在表中列出但企业工业过程中实际消耗的可能产生温室气体排放的原料及添加剂。				

报告主体在温室气体排放计算中参照的排放因子的汇总样式见表 A.4。

表 A.4 报告主体排放因子相关数据一览表

排放源类别	燃料品种		单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率 %
燃料燃烧 ^b	无烟煤			
	烟煤			
	褐煤			
	洗精煤			
	其他洗煤			
	其他煤制品			
	石油焦			
	焦炭			
	原油			
	燃料油			
	汽油			
	柴油			
	煤油			
	液化天然气			
	液化石油气			
	焦油			
	焦炉煤气			
	高炉煤气			
	转炉煤气			
能源作为原材料消耗	参数名称		量值	单位
	阳极平均硫含量			%
	阳极平均灰分含量			%
过程排放 ^c	参数名称		量值	单位
	铝电解工序	阳极效应的 CF ₄ 排放因子		kg CF ₄ /tAl
		阳极效应的 C ₂ F ₆ 排放因子		kg C ₂ F ₆ /tAl
		阳极效应斜率法中 CF ₄ 斜率系数	0.104	-
		阳极效应斜率法中 C ₂ F ₆ 和 CF ₄ 的排放率比值	0.057	-
		碳酸盐排放因子		tCO ₂ /t
	氧化铝工序	碳酸盐排放因子		tCO ₂ /t
		尿素排放因子		tCO ₂ /t

表 A.4 （续）

排放源类别	燃料品种		单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率 %
过程排放 ^c	预焙阳极生产工序	石油焦含水量		%
		石油焦挥发物含量		%
		石油焦硫含量		%
		煅后焦硫含量		%
		生阳极氢含量		%
		填充料硫含量		%
		填充料灰分含量		%
		生阳极的碳含量		%
		预焙阳极的碳含量		%
		碳酸盐排放因子		tCO ₂ /t
		尿素排放因子		tCO ₂ /t
购入电力、热力	外购电力种类		量值	单位
	通过市场化交易购入的绿色电力		0	tCO ₂ /MW·h
	其余外购电力			tCO ₂ /MW·h
	外购热力			tCO ₂ /GJ
需要扣除排放	扣除种类		量值	单位
	外供电力			tCO ₂ /MW·h
	外供电力			tCO ₂ /GJ
	二氧化碳利用及封存			t
a 报告主体如果还从事铝冶炼以外的产品生产活动，并存在本部分未涵盖的排放环节，应自行加行报告。				

附录 B
(资料性)
相关参数推荐值

相关参数推荐值见表 B. 1、表 B. 2、表 B. 3、表 B. 4。

表 B. 1 常用化石燃料相关参数的推荐值

燃料品种		计量单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 tC/GJ	燃料碳氧化率
固体燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4×10 ^{-3 b}	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1×10 ^{-3 b}	93%
	褐煤	t	119 ^c	28×10 ^{-3 b}	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41×10 ^{-3 b}	90%
	其他洗煤	t	12.545 ^a	25.41×10 ^{-3 b}	90%
	其他煤制品	t	17.460 ^d	33.60×10 ^{-3 d}	90%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5×10 ^{-3 b}	100%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5×10 ^{-3 b}	93%
液体燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1×10 ^{-3 b}	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.10×10 ^{-3 b}	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.90×10 ^{-3 b}	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.20×10 ^{-3 b}	98%
	煤油	t	43.070 ^a	19.6×10 ^{-3 b}	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.20×10 ^{-3 b}	98%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.20×10 ^{-3 b}	98%
	炼厂干气	t	45.998 ^a	18.20×10 ^{-3 b}	98%
	焦油	t	33.453 ^a	22.00×10 ^{-3 c}	98%
气体燃料	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	167.26 ~ 179.81 ^a	13.58×10 ^{-3 b}	99%
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000 ^d	70.8×10 ^{-3 c}	99%
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000 ^d	49.60×10 ^{-3 d}	99%
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270 ^a	12.2×10 ^{-3 b}	99%
	天然气	10 ⁴ Nm ³	322.38 ~ 389.31 ^a	15.3×10 ^{-3 b}	99%
^a数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2022》 ^b数据取值来源为《省级温室气体清单指南（试行）》。 ^c数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。 ^d数据取值来源为行业经验数据。					

表 B. 2 能源作为原材料用途的排放因子相关推荐值

参数名称	单位	量值
吨铝阳极净耗	tC/tAl	0.399
阳极平均硫含量	—	2%
阳极平均灰分含量	—	0.4%
注：数据来源为中国有色金属工业协会统计数据。		

表 B. 3 过程排放因子推荐值

参数名称	单位	量值
阳极效应的 CF ₄ 排放因子	t CF ₄ /tAl	0.02
阳极效应的 C ₂ F ₆ 排放因子	t C ₂ F ₆ /tAl	0.0011
阳极效应斜率法中 CF ₄ 斜率系数	—	0.104
阳极效应斜率法中 C ₂ F ₆ 和 CF ₄ 的排放率比值	—	0.057
碳酸钙（CaCO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.440
碳酸镁（MgCO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.522
碳酸钠（Na ₂ CO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.415
碳酸氢钠（NaHCO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.524
碳酸铁（FeCO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.380
碳酸钾（K ₂ CO ₃ ）	tCO ₂ /t	0.318
注：阳极效应排放因子数据来源为中国有色金属工业协会统计数据。碳酸盐排放因子推荐值为二氧化碳与碳酸盐的相对分子质量之比		

表 B. 4 其他排放因子推荐值

参数名称	单位	CO ₂ 排放因子
电力消费的排放因子	tCO ₂ /MWh	采用生态环境部最新发布的数值
		绿色电力的排放因子为 0
热力消费的排放因子	tCO ₂ /GJ	0.11

附录 C

(规范性)

铝电解设施温室气体排放核算方法

C.1 核算边界和排放源

C.1.1 铝电解工序核算边界仅包括电解槽和整流器的集合，不包括辅助生产系统以及附属生产系统。

C.1.2 铝电解工序温室气体排放核算和报告范围包括能源作为原材料用途的二氧化碳排放、阳极效应全氟化碳排放和铝电解工序交流电耗导致的二氧化碳排放。其中：

a)能源作为原材料用途的排放：阳极消耗所导致的二氧化碳排放。

b)阳极效应排放：阳极效应所导致的四氟化碳和六氟化二碳排放。

c)铝电解工序交流电耗导致的排放：铝电解工序消耗的交流电总量（即输入整流器的交流电总量）对应的二氧化碳排放，不扣除电解车间停槽导电母线及短路口损耗的交流电量、电解槽焙烧启动期间消耗的交流电量、外补偿母线损耗的交流电量和通廊母线损耗的交流电量。

C.2 铝电解工序核算要求及排放量计算

C.2.1 能源作为原材料用途的排放

能源作为原材料用途的排放核算见 5.2.1.2。

C.2.2 阳极效应

阳极效应排放核算见 5.2.1.3。

C.2.3 铝电解工序交流电耗排放核算要求

C.2.3.1 计算公式

铝电解工序消耗交流电产生的二氧化碳排放，按照铝电解工序消耗的电量乘以电力排放因子得出，采用公式（C.1）计算。

$$E_{\text{电},j} = AD_{\text{消耗},j} \times EF_{\text{电力}} \dots\dots\dots (\text{C.1})$$

式中： $E_{\text{电},j}$ — 铝电解工序 j 消耗电量产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$AD_{\text{消耗},j}$ — 铝电解工序 j 消耗电量，单位为兆瓦时（MW·h）；

$EF_{\text{电力}}$ — 电力排放因子，单位为吨二氧化碳/兆瓦时（tCO₂/MW·h）。

其中，铝电解工序消耗电量采用公式（C.2）计算。

$$AD_{\text{消耗},j} = AD_{\text{铝电解工序交流电耗},j} - AD_{\text{自发自用非化石电},j} - AD_{\text{购入电网非化石电},j} \dots\dots\dots (\text{C.2})$$

式中： $AD_{\text{消耗},j}$ — 铝电解工序 j 消耗电量，单位为兆瓦时（MW·h）；

$AD_{\text{铝电解工序交流电耗},j}$ — 铝电解工序 j 消耗的交流电总量（即输入整流器的交流电总量），单位为兆瓦时（MW·h）；

$AD_{\text{自发自用非化石电},j}$ — 铝电解工序 j 分摊的自发自用非化石能源电量，单位为兆瓦时（MW·h）；

$AD_{\text{购入电网非化石电},j}$ — 铝电解工序 j 分摊的通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量，单位为兆瓦时（MW·h）。

C.2.3.2 数据的监测与获取

C.2.3.2.1 铝电解工序交流电耗根据电表记录的读数统计，每一个生产工序都应安装独立的电表设备。

C.2.3.2.2 通过市场化交易购入使用的非化石能源电力消费量，是指以交易方式购买并实际执行、结算的电量，应提供发电与用电双方签订的市场化交易合同（对于无法提供合同的，应同时提供交易承诺书、交易公告和交易结果），以及按合同执行的绿色电力证书交易凭证和由省级及以上电力交易机构出具的交易结算凭证。交易结算凭证应载明在核算与报告周期内的月度结算电量及其项目类型、发电企业名称、用电企业名称等。绿色电力证书交易凭证载明的内容应包括项目名称、项目代码、项目类型、项目所在地、电量生产日期等。存量常规水电和核电可不提供绿色电力证书交易凭证。

C.2.3.2.3 电解工序消耗的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消费量无法单独计量的，可计算电解工序消耗电量占全厂总消耗电量比例，按照该比例分摊计算得到电解工序各类型电力消耗量。

C.2.3.2.4 企业应使用依法经计量检定合格或者校准的计量器具，电表的配备和管理应符合 GB 17167、GB/T 20902 等标准的要求，并确保在有效的检定/校准周期内。

C.2.3.2.5 电力排放因子采用生态环境部最新发布的数值。

C.2.4 铝电解工序排放量计算

铝电解工序排放量等于能源作为原材料用途的二氧化碳排放量、阳极效应全氟化碳排放量、铝电解工序消耗电量产生的二氧化碳排放量之和，采用公式（C.3）计算。

$$E_{\text{工序}} = \sum_{j=1}^n (E_{\text{原材料}_j} + E_{\text{阳极效应}_j} + E_{\text{电}_j}) \cdots \cdots \cdots \text{(C.3)}$$

式中： $E_{\text{工序}}$ — 铝电解工序温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 $E_{\text{原材料}_j}$ — 铝电解工序 j 能源作为原材料用途的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $E_{\text{阳极效应}_j}$ — 铝电解工序 j 阳极效应排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 $E_{\text{电}_j}$ — 铝电解工序 j 消耗电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

附录 D
(规范性)
预焙阳极生产温室气体排放核算方法

D. 1 核算和报告范围

预焙阳极生产企业的温室气体排放边界及范围见图 D. 1。

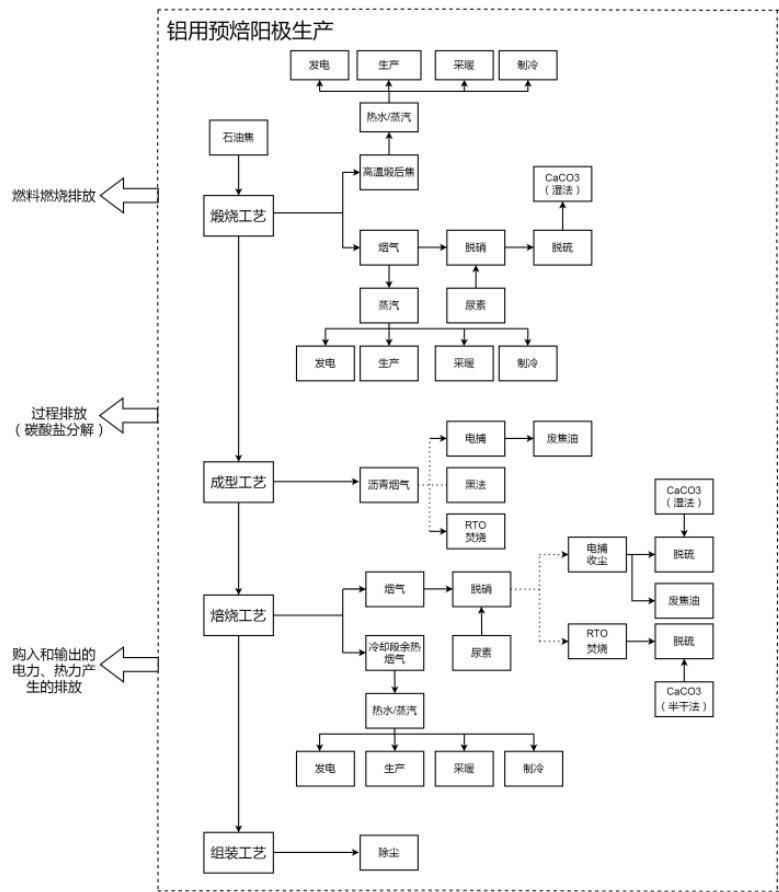


图 D. 1 预焙阳极生产温室气体排放核算边界及范围

D. 2 核算方法

D. 2. 1 燃料燃烧排放

燃料燃烧产生的排放按公式（1）计算。

D. 2. 2 过程排放

D. 2. 2. 1 石油焦煅烧过程的排放量按公式（D. 1）计算。

$$E_{\text{石油焦烧损}} = \left[\left[GC \times \left(\frac{100 - W_{hj} - V_{gc} - S_{gc}}{100} \right) \right] - \left[(CC + UCC + DE) \times \left(\frac{100 - S_{cc}}{100} \right) \right] \times \frac{44}{12} \right] + \left[GC \times 0.035 \times \frac{44}{16} \right] \dots \dots \dots$$

(D.1)

式中:

$E_{\text{石油焦烧损}}$ ——石油焦煅烧过程碳排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2);

GC ——石油焦使用量, 单位为吨 (t);

W_{hj} ——石油焦含水量, 按照 YS/T 63.18 抽样检测, 取核算周期内平均值, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

V_{gc} ——石油焦挥发物含量, 按照 YS/T 63.17 抽样检测, 取核算周期内平均值, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

S_{gc} ——石油焦中硫含量, 按照 YS/T 63.20 抽样检测, 取核算周期内平均值, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

CC ——合格煅后焦产量, 单位为吨 (t);

UCC ——不合格煅后焦产量, 单位为吨 (t);

DE ——焦炭粉尘排放量, 单位为吨 (t);

S_{cc} ——煅后焦中的硫含量, 检测方法同 S_{gc} , 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

$\frac{44}{12}$ —— CO_2 分子量与 C 原子量之比;

$\frac{44}{16}$ —— CO_2 分子量与 CH_4 分子量之比。

D.2.2.2 生阳极焙烧过程中的排放量 $E_{\text{生阳极焙烧}}$, 主要包括煤沥青挥发分燃烧和填充料烧损产生的排放; 煤沥青中挥发分燃烧的排放量按公式 (D.2) 计算, 填充料烧损的排放量按公式 (D.3) 计算:

$$E_{\text{挥发分燃烧}} = \left[GA - \left(\frac{H_w \times GA}{100} \right) - BA - WT \right] \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

式中:

GA ——生阳极的装炉重量, 单位为吨 (t);

H_w ——生阳极中的氢含量, 可参照 GB/T 476、GB/T 30733、GB/T 31391、YS/T 587.15 等方法进行分析检测, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$); 也可选用行业典型值, 0.5%;

BA ——预焙阳极的产量, 单位为吨 (t);

WT ——收集的废焦油量, 单位为吨 (t)。

$$E_{\text{填充料烧损}} = \left[TPC \times \left(\frac{100 - S_{\text{pc}} - A_{\text{spc}}}{100} \right) \right] \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

式中:

TPC ——填充料的消耗量, 单位为吨(t);

S_{pc} ——填充料中的硫含量, 按 YS/T 63.16 或 YS/T 63.20 抽样检测, 取核算周期内平均值, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

A_{spc} ——填充料中的灰分含量, 按 YS/T 63.19 抽样检测, 取核算周期内平均值, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$)。

D.2.2.3 生阳极焙烧过程的排放量 $E_{\text{生阳极焙烧}}$, 也可根据企业所收集的数据情况以质量守恒原则按公式 (D.4) 计算:

$$E_{\text{生阳极焙烧}} = \left(\frac{GA \times G_{\text{Ac}}}{100} + \frac{TPC \times P_{\text{Cc}}}{100} - \frac{BA \times B_{\text{Ac}}}{100} - TWC \right) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (\text{D.4})$$

式中:

GA ——生阳极的装炉重量, 单位为吨 (t);

G_{Ac} ——生阳极的碳含量, 单位为重量百分数 ($\text{wt}\%$);

TPC ——填充料的消耗量，单位为吨(t)；

PC_C ——填充料中碳含量，单位为重量百分数（wt%）；

BA ——预焙阳极的总产量，单位为吨（t）；

BA_C ——预焙阳极中碳含量，单位为重量百分数（wt%）；

TWC ——碳副产品及碳残渣废料总量，单位为吨(t)。

D. 2. 2. 4 烟气脱硝过程采用尿素作为脱硝剂时的排放量按 5.2.1.3.4 的规定进行计算。其他碳酸盐分解产生的排放按公式（3）计算。

D. 2. 3 购入和输出的电力、热力产生的排放

按5. 2. 2的规定进行计算。

D. 2. 4 单元工序排放汇总

预焙阳极生产过程温室气体排放总量包括：a)生产过程产生的直接排放（如燃料燃烧排放、挥发分燃烧的排放、石油焦烧损的排放、填充料烧损的排放、石灰石和尿素等用于烟气处理产生的排放）；b)生产消耗电力、热力产生的间接排放；c)扣除输出的电力、热力对应的排放量。排放总量 $E_{\text{阳极}}$ 按公式（D. 6）计算。

$$E_{\text{阳极}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{石油焦烧损}} + E_{\text{生阳极焙烧}} + E_{\text{购入电}} + E_{\text{购入热}} + E_{\text{脱硝}} + E_{\text{碳酸盐}} \cdots \cdots \quad (\text{D.6})$$

参考文献

- [1] GB/T 476 煤中碳和氢的测定方法
 - [2] GB/T 30733 煤中碳氢氮的测定 仪器法
 - [3] GB/T 31391 煤的元素分析
 - [4] YS/T 587.15 炭阳极用煅后石油焦检测方法 第15部分：总碳、氢、氮含量的测定
 - [5] T/CNIA 0168-2022 绿电铝评价及交易导则
 - [6] ISO 14064-1 组织层次上温室气体排放和清除的量化与报告的规范及指南
 - [7] ISO 19694-4 固定源排放—能源密集型工业中温室气体排放的测定 第4部分：铝工业
-