

团体标准

T/CISA 470—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电炉短流程钢铁产品

Greenhouse gases—Quantitative methods and requirements for carbon
footprint of product—Electric furnace short process steel products

(此文本仅供个人学习、研究之用, 未经授权, 禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等, 侵权必究)

2024-11-01 发布

2025-01-01 实施

中国钢铁工业协会 发布

目 次

前言 III

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 2

5 量化范围 2

6 产品碳足迹生命周期清单分析 3

7 产品碳足迹影响评价 4

8 结果解释 6

9 产品碳足迹报告 7

10 产品碳足迹声明 7

附录 A(资料性) 产品碳足迹量化数据收集表 8

附录 B(资料性) 产品碳足迹报告(模板) 9

附录 C(资料性) 常见温室气体全球变暖潜势(GWP) 13

附录 D(资料性) 推荐温室气体排放系数 14

附录 E(规范性) 电力和蒸汽计算方法 16

附录 F(规范性) 钢铁制造过程共生产品系统扩展方法 18

附录 G(资料性) 数据质量评估方法 19

参考文献 21

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由中国钢铁工业协会产品碳足迹标准化工作组(CISA/SWG6)归口。

本文件起草单位：宝山钢铁股份有限公司、欧冶云商股份有限公司、江苏沙钢钢铁有限公司、四川攀研技术有限公司、中信泰富特钢集团股份有限公司、首钢集团有限公司、鞍钢股份有限公司、北京盈碳科技发展有限公司、冶金工业经济发展研究中心、四川冶控集团有限公司、江苏省鑫鑫钢铁集团有限公司、上海期货交易所、中环联合(北京)认证中心有限公司、泸州鑫阳钒钛钢铁有限公司、太原钢铁(集团)有限公司、抚顺特殊钢股份有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、秦皇岛佰工钢铁有限公司、浙江万泰特钢有限公司、河钢数字技术股份有限公司、河钢集团有限公司、河北省中首特钢集团有限公司、北京京诚嘉宇环境科技有限公司、中冶检测认证有限公司、河北省冶金行业协会、天津钢铁工业协会。

本文件主要起草人：刘颖昊、宋中华、王小干、李拥军、郭跃华、陈晔、陈超、史慧恩、彭可雕、温冬、张明明、江锦和、林滔、毛瑞、马光宇、张利军、张海峰、王晓臣、李锋、崔晓冬、谢荣圆、吉伟、鞠成鑫、高健、邱全山、迟桂友、时东生、季晨曦、夏国芮、孙国中、于建水、王磊、田京雷、吴建中、李卫东、程乃良、袁中甲、陈伟、李华、王立强、王志福、王御印、王可、郑贺、梅亚光、刘自民、樊明宇、吴树漂、吴学志、赵丽艳、马莉、曹婧、刘阳、王伟光、赵恩泽、姬学峰、唐杰、李梦龙、闫东阳、袁玲。

本文件为首次发布。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

电炉短流程钢铁产品

1 范围

本文件规定了电炉短流程产品碳足迹量化的基本规则和要求,包括术语和定义、量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告和产品碳足迹声明等。

本文件适用于粗钢(如钢锭、连铸坯、初轧(锻)坯等)、经热轧(锻)、冷轧或进一步热处理和表面处理加工的板材、棒材、线材、管材、型材等电炉短流程钢铁产品碳足迹评价。

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。

PAS 2050 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范
ISO 14067 温室气体-产品碳足迹-量化和通信的要求和准则
GB/T 24020 环境管理 环境标志和声明 通用原则
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 30052 钢铁产品制造生命周期评价技术规范(产品种类规则)
中国钢铁行业 EPD 平台产品种类规则 PCR

3 术语和定义

GB/T 30052、GB/T 24067 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统边界 system boundary

电炉短流程钢铁产品碳足迹核算、报告与验证需包含的全部工艺流程。

3.2

钢铁共生产品 steel co-products

钢铁生产过程中产生的能够回收利用的物质或资源,如渣、副产煤气等。

3.3

现场数据 site-specific data

从钢铁产品生产系统内部获得的初级数据。

[来源:GB/T 24067,3.6.2,有修改]

4 量化目的

量化电炉短流程产品生命周期所有显著的温室气体排放量和清除量(以二氧化碳当量(CO_{2e})表示),基于本文件开展碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面:

- a) 评价产品对气候变化的潜在影响;
- b) 用于生产者与上下游供应链或消费者之间的温室气体排放信息沟通;
- c) 用于企业了解自身电炉短流程钢铁产品碳足迹,改进生产工艺,降低排放;
- d) 用于产品宣传,提升产品附加值和竞争力,提升企业形象;
- e) 用于建立碳标签制度,以应对国际绿色贸易壁垒,提高产品低碳竞争力和贸易竞争优势。

5 量化范围

5.1 声明单位

本文件声明单位为 1 t(1000 kg)完成制造并运输出钢厂(制造商)大门的电炉短流程钢铁产品。

5.2 系统边界

本文件界定的钢铁产品碳足迹核算边界分三个阶段:原辅料与能源开采、生产;原辅料与能源运输阶段;钢铁产品生产阶段;不含下游使用过程。如图 1 所示,具体包括:

- a) 原材料开采、生产、运输;
- b) 辅助材料开采、生产、运输(白云石、石灰石、耐火材料等);
- c) 能源开采、生产、运输(煤、天然气、外购焦炭等);
- d) 废钢收集与加工;
- e) 钢铁产品生产;
- f) 生产过程废弃物(废水、废气、固废)处理;
- g) 钢铁共生产品再利用。

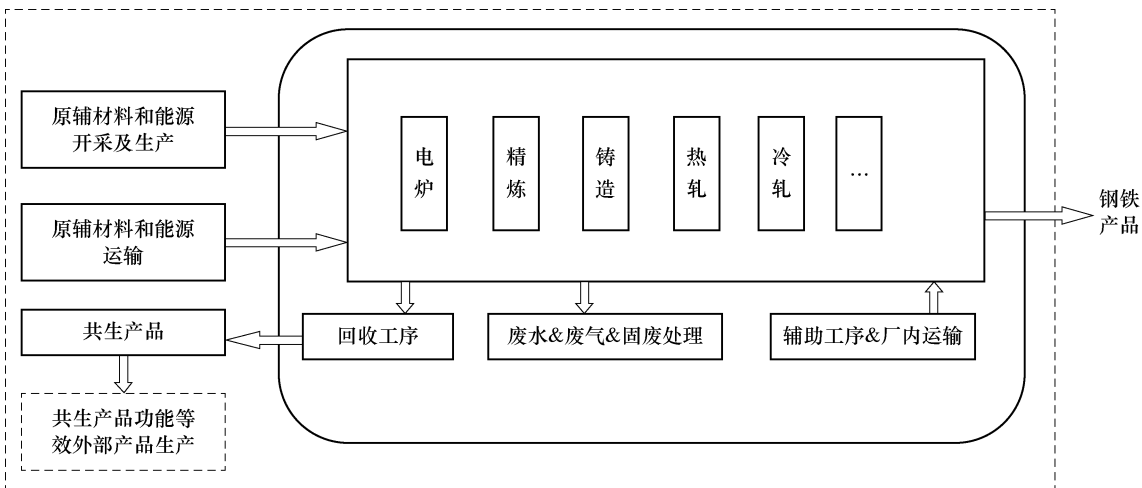


图 1 电炉短流程钢铁产品碳足迹核算边界

主要工序如下。

- a) 电炉工序:包括钢水冶炼、铁包/钢包烘烤、烟气净化及回收系统、除尘、钢渣处理、水处理等。

- b) 精炼工序:包括 LF、RH、VD 等精炼过程。
- c) 铸造工序:包括连铸、模铸、水冷及水处理系统、烘烤系统及除尘系统等。
- d) 热轧工序:包括加热、粗轧、精轧、冷却、矫直、剪切、热处理等。
- e) 冷轧工序:包括冷轧、热处理、涂镀、矫直、剪切等。
- f) 发电/产热/能源介质:与生产制备过程直接相关的单元,包括原燃料准备与预处理、物理/化学转化过程、制水、氧气/氮气/氩气、压缩空气、废弃物处理过程等。
- g) CCUS 工艺:包括捕获(化学吸收、物理吸附、膜法等)、辅料再生、化产加工、气体加压与运输、封存等。

6 产品碳足迹生命周期清单分析

6.1 数据收集和确认

生命周期碳足迹评价需要收集的数据分为现场数据和次级数据,碳足迹核算的钢铁生产的核心工序应使用现场数据。对于钢铁生产上游过程,如现场数据不可获取,也可使用次级数据。

6.1.1 现场数据的质量要求

现场数据的质量要求如下。

- a) 代表性(时间、地域、技术):现场数据应按产品系统的边界范围统计实际生产数据。
 - 收集的现场数据距碳足迹评估结果生效时间应不超过 3 年;
 - 选择数据收集的时间,应具有代表性,推荐收集连续生产 1 年的数据;
 - 若生产现场包含多个地域、多个工厂,应在报告中清晰描述,并采用基于产量的碳足迹加权平均值;
 - 报告中应清晰描述所声明产品的制造工艺技术,若使用了不同技术,应采用基于产量的碳足迹加权平均值。
- b) 准确性:现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应来自生产单元的实际生产统计记录;环境排放数据优先选择相关的环境监测报告,或由排污因子或物料平衡公式计算获得,且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等;
- c) 一致性:企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等;
- d) 数据来源:现场数据可来源于测量、工程计算、采购记录等。

6.1.2 次级数据的质量要求

次级数据的质量要求如下。

- a) 代表性(时间、地域、技术):背景数据的选择应与实际生产的时间一致或接近,优先选择所属区域与实际生产一致或接近,对应的生产技术也需要保持一致。
- b) 完整性:在产品系统建模层面,要满足的取舍准则是:至少定性覆盖 95% 的能源、物质和整体与环境相关的流,生命周期清单数据集原则上应涵盖所有对影响类别产生相应程度影响的基本流。
- c) 准确性:参考年份应尽可能是最新的,应优先选择原材料供应商提供的符合 ISO 14044 标准要求的、经第三方独立验证的上游产品生命周期评价报告中的数据。若无,应优先选择代表中国国内平均生产水平的生命周期评价数据,数据的参考年限应优先选择近年数据,一般不超过 10 年。如没有符合要求的中国国内数据,可选择国外同类技术数据作为背景数据。
- d) 一致性:应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。同一验证机构对同类产品碳足迹

评估的背景数据选择应该保持一致,如果背景数据更新,则碳足迹评估报告也应更新。

6.1.3 数据质量审定

数据采集过程中,应验证数据的有效性,通过物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比等方式,确认数据的准确性与合理性。对于异常数据,应分析原因,予以替换,替换的数据应满足数据质量确认要求。数据质量评估方法参照附录 G。

6.2 数据分配

共生产品是同一单元过程或产品系统中产出的两种或两种以上的产品。本文件中,共生产品特指由同一生产线产生,与本文件规定的产品种类无关的非钢产品。

以下分步程序适用于共生产品过程。

- a) 第 1 步:尽可能避免分配 1)如可能,应将待分配的单元过程分别划分为两个或两个以上的子过程收集与这些子过程相关的输入和输出数据,或 2)将产品系统扩展到包括与共生产品相关的附加功能。即,根据共生产品的实际用途,抵扣其所替代产品的环境负荷。例如,高炉水渣用作水泥熟料时,高炉水渣回收利用的环境收益为其替代的相应水泥熟料的环境负荷,钢铁制造过程主要共生产品系统扩展方法见附录 F。
- b) 第 2 步:在无法避免分配的情况下,系统的投入和产出应以反映它们之间潜在的物理关系的方式在其不同的产品或功能之间进行划分,比如质量分配、热量分配等。
- c) 第 3 步:在不能仅建立物理关系或将其作为分配基础的情况下,投入物应以反映产品和功能之间其他关系的方式在产品 and 功能之间分配。例如,输入和输出数据可以按照产品的经济价值的比例在产品之间分配。

6.3 取舍准则

单元过程数据种类很多,应对数据进行适当的取舍,取舍原则如下:

- 能源的所有输入均列出;
- 原料的所有输入均列出;
- 辅助材料质量小于原料总消耗 1% 的项目输入可忽略;
- 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放均可忽略;
- 取舍准则不适用于有毒有害物质,任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中;
- 系统中被忽略的物料总量,不得超过质量、能量或环境排放的 5%。

6.4 清单计算

对所收集的数据进行分析、汇总和处理,可得到全部输入与输出物质和温室气体排放清单。电炉短流程产品碳足迹量化数据收集表可参考附录 A。

7 产品碳足迹影响评价

7.1 概述

电炉短流程钢铁产品全生命周期碳排放应按照原辅料及能源获取、原辅料及能源运输、钢铁产品生产阶段分别进行计算,电炉短流程钢铁产品生命周期碳足迹按式(1)计算:

$$CFP = E_M + E_T + E_P \dots\dots\dots (1)$$

式中:

CFP——产品碳足迹, tCO₂e/t 评价产品;

E_M ——产品在原、辅材料、能源获取阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品, 按式(2)计算;

E_T ——产品在原、辅材料、能源运输阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品, 按式(3)计算;

E_P ——产品在生产阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品, 按式(4)计算。

7.2 原辅材料、能源获取阶段

$$E_M = \sum (EF_k \times AD_k) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_M ——产品在原辅材料、能源获取阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品;

EF_k ——第 k 种原辅材料、能源的温室气体排放因子, 如 tCO₂e/t;

AD_k ——第 k 种原辅材料、能源的活动数据, 如 t 。

7.3 原辅材料、能源运输阶段

$$E_T = \sum (TEF_{k,p} \times D_{k,p} \times AD_k) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_T ——产品在原材料或能源运输阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品;

$D_{k,p}$ ——第 k 种原辅材料、能源的第 p 类运输方式的运输距离, km;

$TEF_{k,p}$ ——第 k 种原辅材料、能源的第 p 类运输方式的温室气体排放因子, tCO₂e/(t · km);

AD_k ——第 k 种原辅材料、能源的活动数据, 如 t 。

7.4 钢铁产品生产阶段

钢铁产品生产阶段温室气体排放量按式(4)计算:

$$E_P = \sum (E_{P,i} \times GWP_i) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_P ——产品在生产阶段的温室气体排放, tCO₂e/t 评价产品;

$E_{P,i}$ ——产品在生产阶段的第 i 类温室气体排放量, t/t 评价产品, 按式(5)计算;

GWP_i ——第 i 类温室气体的 GWP 值, 采用 IPCC 给出的 100 年的 GWP 值, 常见 GWP 值见附录 C;

$$E_{P,i} = (E_{com,i} + E_{pro,i} - \sum A_{bj} \times e_{bj} - E_{固碳} - E_{CCUS}) / P \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$E_{com,i}$ ——核算边界内化石能源燃烧产生的第 i 种温室气体排放量, t, 按照 7.4.1 计算;

$E_{pro,i}$ ——核算边界内熔剂(如石灰石、白云石等)和含碳原料(如电极、生铁、铁合金、直接还原铁等)的分解和氧化产生的第 i 种温室气体排放量, t, 按照 7.4.2 计算;

A_{bj} ——核算边界内共生产品 j 的活动数据, 如电力 MW · h, 气体 km³;

e_{bj} ——共生产品 j 的温室气体排放系数, 如电力 t/(MW · h), 气体 t/km³, 根据 6.3 共生产品的分配规则进行取值或计算;

$E_{固碳}$ ——产品隐含的排放量, tCO₂, 按照 7.4.3 计算;

E_{CCUS} ——CCUS 工艺的净固碳量, tCO₂;

P ——评价产品的产量, t。

7.4.1 化石能源燃烧排放

燃烧排放按照式(6)计算:

$$E_{\text{com},i} = \sum \left(AD_i \times NCV_i \times FC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \dots\dots\dots (6)$$

式中:

AD_i ——化石能源 i 的活动数据,对于固体、液体能源,t,对于气体能源, kNm^3 ;

NCV_i ——化石能源 i 的低位发热值,对于固体、液体能源, GJ/t ,对于气体能源, $\text{GJ}/10^4 \text{Nm}^3$;

FC_i ——化石能源 i 的单位热值含碳量, tC/GJ ;

OF_i ——化石能源 i 的碳氧化率,%。

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比, tCO_2/tC 。

7.4.2 过程排放

过程排放按照式(7)计算:

$$E_{\text{pro},i} = \sum (AD_j \times EF_j \times CF_j) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

AD_j ——含碳物料 j 的活动数据,t;

CF_j ——含碳物料 j 的转换系数,%;

EF_j ——含碳物料 j 的排放系数, tCO_2/t ,可按照式(8)计算:

$$EF_j = MC_j \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (8)$$

MC_j ——含碳物料 j 的单位质量含碳量, tC/t 。

7.4.3 固碳

固碳产品所隐含的温室气体排放量按式(9)计算:

$$E_{\text{固碳}} = \sum_{i=1}^n \left(AD_{\text{固碳}} \times F_{\text{固碳}} \times \frac{44}{12} \right) \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$AD_{\text{固碳}}$ ——第 i 种固碳产品的活动数据,t;

$F_{\text{固碳}}$ ——第 i 种固碳产品单位质量含碳量, tC/t ;

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比, tCO_2/tC 。

i ——固碳产品的种类。

7.4.4 CCUS

副产煤气、废烟气用于 CCUS 工艺,化工、食品等产品固定的碳、地质封存的碳不计作碳排放;

副产煤气、废烟气用于 CCUS 工艺,运行过程产生的相关排放量需计算在内。

7.4.5 碳抵消

碳抵消,如林业固碳、CCER 等均不适用于本文件。

8 结果解释

根据产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释,包括以下内容:

- a) 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹,并根据量化结果,识别显著环节(可包括生命周期阶段、单元过程或流);

- b) 说明产品碳足迹研究的局限性；
- c) 提出改进建议。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹宜以报告、声明、证书和(或)标签的形式描述碳足迹量化结果,且应以声明单位的二氧化碳当量进行表述。若采用产品碳足迹证书和(或)产品碳足迹标签,宜同时出具产品碳足迹报告。如碳足迹量化结果应用于下游供应链,则应分别报送产品各生命周期阶段的量化结果,避免下游供应链碳足迹结果的重复计算。

依据本文件编制的产品碳足迹报告应符合 GB 24067 第 7 章的要求,电炉短流程钢铁产品碳足迹核算报告模板可参考附录 B。

10 产品碳足迹声明

如需声明时,可按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定进行,相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。



附 录 A
(资料性)
产品碳足迹量化数据收集表

以电炉单元为例,现场数据收集表格示例见表 A.1。

表 A.1 现场数据收集表格示例

数据时间：	起始月：		终止月：	
单元过程表述：				
类别	名称	来源	单位	数值
能源及能源介质	电	现场采集	kW·h	
能源及能源介质	低压蒸汽	现场采集	kg	
.....
原材料	废钢	现场采集	kg	
.....
辅助材料	石灰	现场采集	kg	
辅助材料	石灰石	现场采集	kg	
.....
产品	电炉钢水	现场采集	kg	
共生产品或固体废弃物	电炉渣	现场采集	kg	
共生产品或固体废弃物	蒸汽	现场采集	kg	
.....

附 录 B
(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: _____
报 告 编 号: _____
编 制 人 员: _____

出具报告机构(如有): _____ (盖章)

日 期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

一、概况

1. 生产者信息

生产者名称:_____

地址:_____

统一社会信用代码:_____

法定代表人:_____

授权人(联系人):_____

联系电话:_____

企业概况:_____

2. 产品信息

产品名称:_____

产品执行标准:_____

产品功能:_____

产品介绍:_____

产品生产周期产量:_____

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

以_____为声明单位。

2. 系统边界

对电炉短流程钢铁产品碳足迹的核算涵盖了产品生命周期从摇篮到大门阶段,属于从摇篮到厂门模式,确定生命周期包括以下 3 个阶段。

——原材料获取;

——原材料运输;

——生产。

据此建立系统边界图,见图 B. 1。

(请企业根据实际情况自行补充)

图 B. 1 电炉短流程钢铁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

活动数据:_____

排放因子:_____

2. 清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 B. 1。

表 B. 1 电炉短流程钢铁产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段		活动数据	排放因子	温室气体量(t/t)
原辅材料、能源获取	废钢			
	石灰			
			
	小计			
原辅材料、能源获取运输	废钢			
	石灰			
			
	小计			
生产	燃烧	焦炉煤气		
		高炉煤气		
		转炉煤气		
		天然气		
			
		小计		
	过程	轻烧白云石		
		电极		
		铬铁		
		镍铁		
			
		小计		
	共生产品	电炉渣		
			
		小计		
	固碳	粗钢		
		废钢		
			
	CCUS	CO ₂ 回收		
			
		小计		
	小计			

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会(IPCC)给出的最新 100 年全球变暖潜势(GWP)。

2. 产品碳足迹结果计算

说明电炉短流程钢铁产品应用本文件计算公式进行碳足迹计算的过程。

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司(填写产品生产者的全名)生产的_____ (填写所评价的产品名称,每□功能单位/□声明单位的产品),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如表 B. 2 和图 B. 2 所示。

表 B. 2 电炉短流程钢铁产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹(kgCO ₂ e/t)	百分比(%)
原料获取阶段		
原料运输阶段		
产品生产阶段		
总计		

(请企业根据实际情况自行补充)

图 B. 2 电炉短流程钢铁产品各生命周期阶段碳排放分布图

注:具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

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

包括但不限于:对于该产品减排的建议、对排除在清单外的碳排放源解释说明、其他说明内容、不确定性分析报告(如有)。

附 录 C
(资料性)
常见温室气体全球变暖潜势(GWP)

常见温室气体全球变暖潜势(GWP)见表 C.1。

表 C.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	100 年的全球变暖潜势(截至出版时)
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
六氟化硫	SF ₆	25200
氢氟碳化物(HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物(PFCs)		
全氟甲烷(四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷(六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于 IPCC《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》		

附 录 D
(资料性)
推荐温室气体排放系数

推荐温室气体排放系数见表 D.1～表 D.3。

表 D.1 常用化石能源相关参数推荐值

化石能源品种		计量单位	低位发热量 (GJ/unit)	单位热值含碳量 (tC/GJ)	碳氧化率 (%)
固体能源	无烟煤	t	25.024	0.02749	98
	烟煤	t	23.736	0.02618	
	褐煤	t	15.250	0.02797	
	洗精煤	t	26.344	0.02541	
	其他洗煤	t	12.545	0.02541	
	煤矸石	t	8.374	0.02541	
	煤泥	t	12.545	0.02541	
	焦炭	t	28.435	0.02942	
	石油焦	t	32.500	0.02750	
	其他煤制品	t	17.460	0.03356	
液体能源	原油	t	41.816	0.02008	98
	燃料油	t	41.816	0.02110	
	汽油	t	43.070	0.01890	
	柴油	t	42.652	0.02020	
	煤油	t	43.070	0.01960	
	其他石油制品	t	41.031	0.02000	
	液化天然气	t	51.498	0.01720	
	液化石油气	t	50.179	0.01720	
	煤焦油	t	33.453	0.02200	
	炼厂干气	t	45.998	0.01820	
气体能源	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.310	0.01532	99
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000	0.07080	
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000	0.04960	
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	173.854	0.01210	
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270	0.01220	
注：数据取值来源于生态环境部《企业温室气体排放核算与报告指南——钢铁行业(征求意见稿)》。					

表 D.2 含碳物料排放系数推荐值

名 称	二氧化碳排放系数(tCO ₂ /t)
石灰石 ^a	0.4400
白云石 ^a	0.4710
电极 ^a	3.6630
铁矿石 ^b	0.037
生铁 ^a	0.1720
镍生铁 ^b	0.018
直接还原铁 ^a	0.0730
废钢 ^a	0.0154
粗钢 ^a	0.0154
镍铁合金 ^a	0.0370
钼铁合金 ^a	0.0180
硅铁 ^a	0.007
锰硅合金 ^a	0.092
低碳锰硅合金 ^a	0.011
锰铁 ^b	0.183
高炉锰铁 ^a	0.275
电炉高碳锰铁 ^a	0.275
微碳锰铁 ^a	0.004
铬铁 ^b	0.275
高碳铬铁 ^a	0.348
^a 数据取值来源于生态环境部《企业温室气体排放核算与报告指南——钢铁行业(征求意见稿)》; ^b 数值取值来源于世界钢协《CO ₂ 排放系数收集指南(第 11 版)》。	

表 D.3 能源间接排放相关排放系数

名 称	二氧化碳排放系数(电力 tCO ₂ /(MW·h), 热力 tCO ₂ /GJ)
电网电力 ^a	0.5568
电网电力(不包括市场化交易的非化石能源电量) ^a	0.5942
热力 ^b	0.051
^a 数据取值来源于生态环境部《关于发布 2021 年电力二氧化碳排放因子的公告》; ^b 数值取值来源于世界钢协《CO ₂ 排放系数收集指南(第 11 版)》。	

附 录 E

(规范性)

电力和蒸汽计算方法

E.1 电力

电力的计量应采用生产系统记录的计量数据,无计量数据时可采用理论计算数据但需提供理论计算的依据;计量应使用依法经计量检定合格或者校准的计量器具,计量器具的配备、管理和使用应符合相关国家标准规定。

电力包含外购电、自备电厂电(燃气电、燃煤电)、余热余压发电(高炉煤气余压透平回收装置发电、余热锅炉发电等)和企业自产风光电力等。

电力排放系数取外购电力及自发电力的加权排放系数,按式(E.1)计算:

$$EF_{\text{elec}} = \frac{\sum (EF_{\text{elec}}^i \times El_i)}{\sum El_i} \dots\dots\dots (\text{E.1})$$

式中:

EF_{elec} ——电力加权排放系数, $\text{tCO}_2 \text{eq}/(\text{MW} \cdot \text{h})$;

EF_{elec}^i ——电力类别 i 的排放系数, $\text{tCO}_2 \text{eq}/(\text{MW} \cdot \text{h})$;

El_i ——电力类别 i 的量, $\text{MW} \cdot \text{h}$ 。

- a) 外购电网电采用排放年份的电网平均排放系数,且基于电网平均消耗结构;如没有,可采用最近年份的值或参考附录表 D.3。
- b) 自备电厂电排放系数应根据现场实测数据计算,对于非热电联产装置,排放全部归属于电力,对于热电联产装置,排放根据物理分配方法(热量分配方法),将排放分别分配给电力和热力。
- c) 余热余压发电排放系数根据共生产品的分配规则进行取值。
- d) 绿电允许分配给评价产品,绿电的使用需提供证明,如 PPA(购电协议)、VPPA(虚拟购电协议)、GEC(绿色电力证书)等。
- e) 企业自产风光电力、外购绿电排放系数根据现场实测数据计算。
- f) 绿电的使用须有台账记录,不可重复使用。

E.2 热力

热力的计量应采用生产系统记录的计量数据,无计量数据时可采用理论计算数据但需提供理论计算的依据;热力输送过程的损耗应考虑在内;数据计量应使用依法经计量检定合格或者校准的计量器具,计量器具的配备、管理和使用应符合相关国家标准规定。

热力包含外购热力(蒸汽、热水)和自产热力(余热蒸汽、产热锅炉蒸汽、电厂蒸汽、热水)。

热力排放系数取外购热力及自产热力的加权排放系数按式(E.2)计算。

$$EF_{\text{steam}} = \frac{\sum (EF_{\text{steam}}^i \times St_i)}{\sum St_i} \dots\dots\dots (\text{E.2})$$

式中:

EF_{steam} ——热力加权排放系数, $\text{tCO}_2 \text{eq}/\text{GJ}$;

EF_{steam}^i ——热力类别 i 的排放系数, $\text{tCO}_2 \text{eq}/\text{GJ}$;

St_i ——热力类别 i 的量, GJ 。

- a) 外购热力排放系数取值参考附录表 D.3。

- b) 自产热力(余热蒸汽和热水)排放系数根据共生产品的分配规则进行取值。
- c) 自产热力(产热锅炉蒸汽、电厂蒸汽和热水)排放系数根据现场实测数据计算,对于独立产热装置,排放全部归属于热力,对于热电联产装置,排放根据物理分配方法(热量分配方法),将排放分别分配给电力和热力。



附 录 F
(规范性)

钢铁制造过程共生产品系统扩展方法

钢铁制造过程主要共生产品系统扩展方法见表 F. 1。

表 F. 1 钢铁制造过程主要共生产品系统扩展方法

钢铁共生产品	共生产品用途	可 替 代
电弧炉渣	水泥或熟料生产	0.9 吨/每吨水泥,硅酸盐水泥(CEM1)
	沙石或路石	沙石生产
	肥料	肥料生产
余热回收电	发电	发电
余热回收产生的蒸汽	供热	利用煤生产蒸汽 85%的效率
余热回收产生热水	供热	利用煤生产蒸汽 85%的效率
氧化铁皮	炼钢过程中加入的金属料	铁矿石生产
废油	供热	煤、重油、轻油、天然气
锌灰	可用于任何锌使用的场合	锌的生产
电极	制造电极	电极混合料

附 录 G
(资料性)
数据质量评估方法

数据收集后,应对所收集数据的有效性进行检查,确保数据符合质量要求。

现场数据的数据质量等级通过式(G.1)计算:

$$DQR_{AD} = \frac{TiR_{AD} + TeR_{AD} + GeR_{AD} + P_{AD}}{4} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

DQR_{AD} ——现场数据质量等级;

TiR_{AD} ——现场数据的时间代表性;

TeR_{AD} ——现场数据的技术代表性;

GeR_{AD} ——现场数据的地理代表性;

P_{AD} ——现场数据的准确性。

针对现场数据的实际情况,根据表 G.1 对 TiR_{AD} 、 TeR_{AD} 、 GeR_{AD} 、 P_{AD} 四项参数进行评分。

表 G.1 现场数据 TiR_{AD} 、 TeR_{AD} 、 GeR_{AD} 、 P_{AD} 四项参数评分表

分值 (分)	参 数			
	TiR_{AD}	TeR_{AD}	GeR_{AD}	P_{AD}
1	采用最近一年度的数据	能准确反映工序采用的技术	能准确反映工序的使用地区	测量/计算并通过外部验证
2	采用最近两年度的数据	可以代表工序采用的技术	大致能反映工序的使用地区	测量/计算并且内部验证,可信度经过审查
3	采用最近三年度的数据	不适用	不适用	测量/计算/参考文献,并且可信度未经过审查,或者有一定程度的估算但经过审查
4~5	不适用	不适用	不适用	不适用

评分后,将 TiR_{AD} 、 TeR_{AD} 、 GeR_{AD} 、 P_{AD} 四项参数的分值代入公式进行计算,要求最终 $DQR_{AD} \leq 1.5$ 分,则认为收集的现场数据质量合格。

次级数据的数据质量等级通过式(G.2)计算:

$$DQR_{EF} = \frac{TiR_{EF} + TeR_{EF} + GeR_{EF}}{3} \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

DQR_{EF} ——次级数据质量等级;

TiR_{EF} ——次级数据的时间代表性;

TeR_{EF} ——次级数据的技术代表性;

GeR_{EF} ——次级数据的地理代表性。

针对次级数据的实际情况,根据表 G.2 对 TiR_{EF} 、 TeR_{EF} 、 GeR_{EF} 三项参数进行评分。

表 G.2 次级数据 TiR_{EF} 、 TeR_{EF} 、 GeR_{EF} 三项参数评分表

分值 (分)	参 数		
	TiR_{EF}	TeR_{EF}	GeR_{EF}
1	次级数据在有效期内	次级数据对应的技术与实际使用的技术完全相同	次级数据对应的技术与实际使用的技术在同一国家有应用
2	次级数据发布日期不超过有效期 2 年	次级数据对应的技术包括在实际使用的技术中	次级数据对应的技术与实际使用的技术在同一地区有应用
3	次级数据发布日期不超过有效期 4 年	次级数据对应的技术部分包括在实际使用的技术组合中	次级数据对应的技术只在实际使用的技术覆盖的其中一个地区有应用
4	次级数据发布日期不超过有效期 6 年	次级数据对应的技术与实际使用的技术类似	次级数据对应的技术不属于实际使用技术的覆盖地区,但是专家对地区间的相似性进行了充分评估
5	次级数据发布日期超过有效期 6 年或有效期不明确	次级数据对应的技术与实际使用的技术不同	次级数据对应的技术不属于实际使用技术的覆盖地区

评分后,将 TiR_{EF} 、 TeR_{EF} 、 GeR_{EF} 三项参数的分值代入公式进行计算,要求最终 $DQR_{AD} \leq 3.0$ 分,则认为采用的次级数据质量合格。

针对收集来的现场生产数据,企业应根据各工序化学反应特点进行元素平衡核算,如针对炼焦、炼铁、炼钢工序单元进行碳平衡核算;针对球团、烧结、炼铁、炼钢、热轧等各主生产工序单元进行铁元素平衡核算;如果数据条件可以支撑,可以工序单元为单位进行物料平衡核算。工序各项平衡核算允许相对偏差值为 $\pm 5\%$ 以内;系统总的物料平衡允许相对偏差值、铁元素允许相对偏差值、碳元素允许相对偏差值均应在 $\pm 5\%$ 。

参 考 文 献

- [1] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [2] ISO 14021:2016 Environmental labels and declarations—Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)
- [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 14044 Environmental management—Lifecycle assessment—Illustrative example on how to apply to goal and scope definition and inventory analysis.
- [6] ISO/TS 14048:2002 Environmental management—Lifecycle assessment—Data documentation format
- [7] ISO 14064—1:2018 Greenhouse gases Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
- [8] PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the lifecycle greenhouse gas emissions of goods and services
- [9] Greenhouse gas protocol—product lifecycle accounting and reporting standard