

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# T/JSGT

## 江苏省钢铁行业协会团体标准

T/JSGT XXX—2024

### 产品碳足迹量化方法 钢铁

Product carbon footprint quantification method for steel

(征求意见稿)

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

江苏省钢铁行业协会 发布

# 目 次

|                   |    |
|-------------------|----|
| 前 言 .....         | II |
| 1 范围 .....        | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....   | 1  |
| 3 术语和定义 .....     | 1  |
| 4 原则 .....        | 4  |
| 5 产品碳足迹的量化 .....  | 4  |
| 6 碳足迹研究报告 .....   | 10 |
| 附 录 A .....       | 12 |
| 附 录 B (资料性) ..... | 13 |
| 附 录 C (资料性) ..... | 14 |
| 附 录 D (资料性) ..... | 16 |
| 附 录 E (资料性) ..... | 18 |
| 附 录 F .....       | 26 |
| 附 录 G .....       | 28 |
| 附 录 H .....       | 29 |
| 附 录 I .....       | 30 |

## 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。

本文件由江苏省钢铁及金属新材料标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国船级社质量认证有限公司、江苏省钢铁行业协会、现代冶金（南京）研究院有限公司

本文件主要起草人：郭凯、高宇、陈洪冰、黄森、王志刚、蒋莉、柴彤、黄卫忠、陈轩宇、杨世知、吕顺茂、王艳艳、李帆、柳领君、武晓斌、许昊、李文豪、赵一璇

# 产品碳足迹量化方法 钢铁

## 1 范围

本文件规定了钢铁产品碳足迹量化与评价方法，包括产品描述、产品碳足迹量化与评价、研究报告。

本文件适用于GB/T 15574 钢产品分类，按照生产工序、外形、尺寸和表面状态可分为：液态钢、钢锭和半成品、扁平产品、长材和其它产品。适用范围可见附录 A。

## 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 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 30052 钢铁产品制造生命周期评价技术规范  
GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则  
GB/T 15574 钢产品分类  
GB/T 39733 再生钢铁原料  
ISO14021 环境标志和声明自我环境声明(II型环境标志)  
ISO14026 环境标志和声明足迹信息交流的原则、要求和指南  
14027 环境标志和声明产品种类规则的制定  
ISO14064-1 温室气体第一部分组织层上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南  
ISO14064-3 对温室气体声明进行审定和评价的指南性规范  
ISO/TS 14067 温室气体-产品碳足迹-量化要求和指南  
ISO 20915 钢铁产品生命周期清单计算方法  
PAS 2050 商品和服务的生命周期二氧化碳排放评价规范

## 3 术语和定义

GB/T 24044 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 温室气体 GHG (Greenhouse gas)

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：温室气体种类主要为《京都议定书》中包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)和三氟化氮(NF<sub>3</sub>)。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1]

### 3.2

#### 全球变暖潜势 GWP (global warming potential)

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度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]

### 3.3

**温室气体排放量 greenhouse gas emission**

排放到大气中的温室气体的量。

[来源：ISO/TS 14067:2018, 3.1.2.5, 有修改]

## 3.4

**温室气体清除量 greenhouse gas removal**

从大气中清除的温室气体的量。

[来源：ISO/TS 14067:2018, 3.1.2.6, 有修改]

## 3.5

**温室气体排放或清除因子 GHG emission or removal factor**

将活动水平数据与温室气体排放量或清除量相关联的系数。

[来源：ISO/TS 14067:2018, 3.1.2.7, 有修改]

## 3.6

**产品碳足迹 carbon footprint**

采用气候变化单个影响类别评估一个产品系统在其整个生命周期内的温室气体(GHG)排放和移除之和,以二氧化碳当量表示。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.1]

## 3.7

**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]

## 3.8

**共生产品 co-product**

同一单元过程或产品系统中产出的除钢铁产品以外的产品,如钢渣、煤气、粗苯等。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.1]

## 3.9

**单元过程 unit process**

生命周期评价中为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.6]

## 3.10

**功能单位 functional unit**

基于产品系统性能用来量化的基准单位。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.20]

## 3.11

**生命周期 life cycle**

产品系统中前后衔接的一系列阶段,从自然界或从自然资源中获取原材料,直至最终处置。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.1]

## 3.12

**生命周期清单 LCI (life cycle inventory)**

生命周期评价中产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的过程。

[来源: GB/T 24040-2008, 3.1]

## 3.13

**钢铁产品生命周期 steel products life cycle**

从铁矿石、煤炭等原料、燃料开采开始, 经过焦化、烧结等原料加工过程, 炼铁、炼钢、轧钢等制造过程, 形成钢铁产品, 产品包装、运输和销售、使用、维修, 直至废弃或回收再循环的整个过程。

[来源: GB/T 30052-2013, 3.2]

## 3.14

**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做出的规定。

[来源: GB/T 24040-2008, 3.18]

## 3.15

**分配 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 24040-2008, 3.17]

## 3.16

**初级数据 primary data**

通过直接测量或基于直接测量的计算而得到的过程或活动的量化值。

[来源: ISO 14067: 2018, 3.1.6.1]

## 3.17

**次级数据 secondary data**

通过在原始源直接测量或基于直接测量的计算以外的方式获得的单元过程或活动的量化值, 次级数据可以包括数据库和公开文献中的数据、国家清单中的缺省排放因子、计算数据、估计值或其他经主管部门验证的代表性数据。

[来源: ISO 14067: 2018, 3.1.6.3]

## 3.18

**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 24040-2008, 3.19]

## 3.19

**不确定性分析 uncertainty**

用来量化由于模型的不确定性、输入的不确定性和数据变动的累计而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

[来源: GB/T 24044-2008, 3.33]

## 3.20

**废料 scrap**

金属形式的钢铁材料，在多个生命周期阶段回收，包括钢铁生产过程、最终产品的制造过程和最终产品的寿命结束，并作为钢铁生产的原材料回收。

[来源：ISO 20915-2018，3.3]

### 3.21

#### 再生循环率 recycling rate

回收的外部废料质量与从钢厂出厂的钢铁产品质量的百分比。

[来源：ISO 20915-2018，3.9]

### 3.22

#### 生命周期结束后的回收率 recovery rate at the end of service life

回收的报废废料质量与最终产品中钢材质量的百分比。

[来源：ISO 20915-2018，3.10]

## 4 原则

### 4.1 生命周期视角

产品碳足迹的评价应考虑产品生命周期的所有阶段或某些主要阶段。

### 4.2 完整性

产品碳足迹评价应包括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。

### 4.3 一致性

在产品碳足迹评价的整个过程中应采用相同的假设、方法和数据，以得到与评价目标和内容相一致的结论。

### 4.4 准确性

确保产品碳足迹评价过程是准确的、可核证的、相关的、无误导的，并尽可能减少偏差和不确定性。

### 4.5 透明性

以开放的、综合的和易懂的方式记录所有相关问题。披露任何相关的假设，并对所使用的方法和数据来源给出相关的参考。清楚地解释任何估计值并避免偏差，以使产品碳足迹研究报告忠实地表述它原本希望呈现的信息。

### 4.6 避免重复计算

避免在产品系统内重复计算温室气体的排放量和清除量。

## 5 产品碳足迹的量化

### 5.1 产品功能单位

#### 5.1.1 产品描述

产品描述应能够明确地识别产品，例如产品名称、主要化学成分、规格或公称尺寸范围、热处理种类/表面处理方式、涂镀信息等。可参照国家相关钢材标准要求进行描述。

钢铁企业生产典型的产品包括：液态钢、钢锭和半成品、扁平产品、长材和其它产品等。

本标准中涉及的钢铁产品均是以本章中描述的具体产品为对象。

#### 5.1.2 功能单位

本文件中产品功能单位为1吨(1000千克)的钢铁产品。与产品在直径、长度、厚度或其他几何方面的特征参数无关。

## 5.2 系统边界

### 5.2.1 系统边界的确定

如图1所示，用于钢铁产品碳足迹研究的系统边界应包括从输入的原辅助材料、能源等到钢厂生产产品至出厂的所有生产步骤（即：摇篮到大门）；包括废钢的回收（即：从摇篮到大门，含废钢产品循环再利用）。具体钢铁产品生产流程详见附录I。

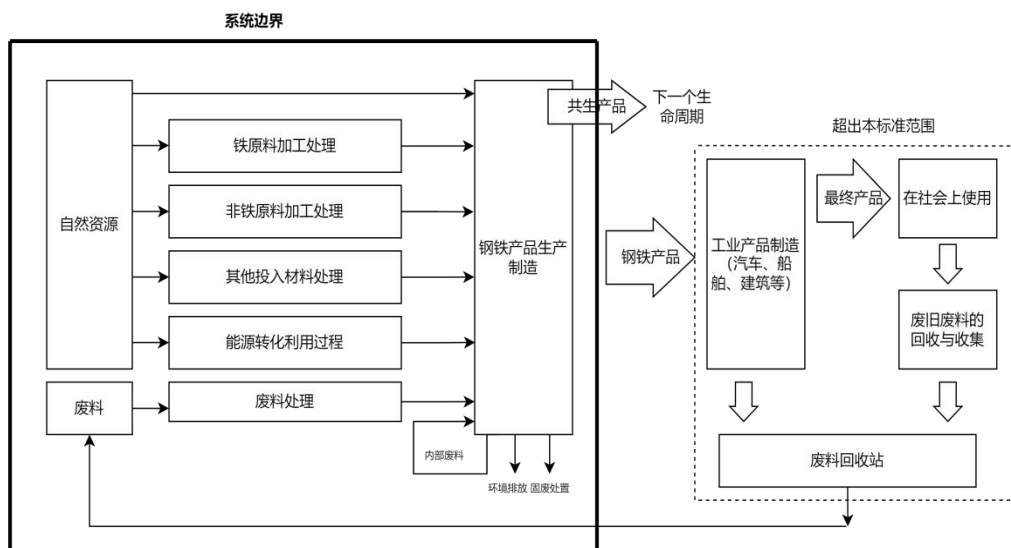


图1 系统边界图

#### 5.2.1.1 原材料的获取和预处理

原材料获取及处理阶段从自然界材料开采时开始，在原材料和能源到达钢铁产品生产企业工厂时终止。原材料和能源获取阶段包括但不限于以下过程：

- 产品生产所需要原材料的开采、生产（铁矿石、有色原料等）；
- 产品生产所需要辅助材料的开采、生产（石灰石、白云石等）；
- 产品生产所需要能源的开采、生产（焦炭、外购电力等）；
- 废钢产品循环再利用（加工和预处理）；
- 将原辅材料、废钢和能源运输或传输至生产地点。

#### 5.2.1.2 制造阶段

制造阶段从原材料进入工厂开始，在最终钢铁产品离开生产企业工厂时终止。产品制造阶段包括但不限于以下过程：

- 焦炭、球团矿、烧结矿等钢铁辅料的生产；
- 铁水产品的生产；
- 粗钢产品的生产；
- 铸造轧制工艺；
- 其他生产过程；
- 钢铁共生产品再利用。

#### 5.2.1.3 回收阶段

由于钢铁性质稳定适用于闭路循环，因此包含废料回收阶段，即从钢铁厂外部提供的废料，包括制造废料和使用寿命结束的废料。

### 5.2.2 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：



- g) 记录所有的过程阶段的能量输入，包括燃料，电力，蒸汽等；
- h) 记录所有的过程阶段的原辅料输入，包括铁矿石、石灰石、合金、氧气等；
- i) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1% 的项目输入可忽略；
- j) 大气、水体的各种排放均列出；
- k) 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略；
- l) 每个排除的物质流不应超过每个单元过程的质量、能量或环境相关性的 1%；
- m) 系统中排除的物料流的总和不应超过质量、能量或环境相关性的 5%；
- n) 取舍准则不适用于有毒有害物质，应包含所有有毒有害的材料和物质；
- o) 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，均忽略；

### 5.3 数据和数据质量

#### 5.3.1 数据收集要求

在系统边界描述中，每个单元过程的物料、能量和共生产品的所有输入和输出都必须被收集。数据包括初级数据和次级数据。

初级数据是从评估产品生产的钢铁厂收集的数据，以及从生命周期其他部分追溯到所研究的特定产品系统的数据。钢铁厂初级数据包括各原辅料（煤、焦、合金等）消耗量；含碳原燃料的含碳量；能源（电力、热力）消耗量；产品及共生产品产出量；废弃物的产生量、运输方式、距离和车辆装载量等。

次级数据来自常用数据源的数据，通常包括原辅材料与能源开采生产的排放因子、原材料运输过程排放因子、无法获取含碳原料实测值的原燃料生产过程排放因子。次级数据所有数据应予以详细说明，包括数据来源、数据时间、数据类型等。数据收集表见附录 E。

#### 5.3.2 数据质量要求

##### 5.3.2.1 初级数据质量要求

- a) 代表性：初级数据应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。数据统计的时间段一般为 1 年，若产品生产不足 1 年，使用从生产初始至评价前的累计数据，一般不少于 3 个月；
- b) 完整性：按照数据取舍准则，判断是否已收集各生产过程的主要消耗和排放数据。缺失的数据需在报告中说明；
- c) 准确性：初级数据中的资源、能源、原材料消耗数据应来自于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。所有初级数据均应转换为单位产品，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。
- d) 一致性：企业初级数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。每个过程的消耗与排放数据需保持一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。不一致的情况需在报告中说明。

##### 5.3.2.2 次级数据质量要求

- a) 代表性：数据的参考年限应优先选择近年数据，一般不超过 5 年。
- b) 完整性：次级数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止。
- c) 准确性：次级数据的优先级按照以下规定执行，首先选择所评估企业的原材料供应商提供的符合 GB/T 24044 标准要求的、经第三方独立验证的生命周期评价报告中的数据；再次选择江苏省本土数据库；其次是商业数据库、世界钢协统计的数据，且应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开生命周期评价数据；在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据；最后是选择相关文献中的数据作为次级数据；
- d) 一致性：同类产品生命周期碳足迹的次级数据选择应该保持一致，如果次级数据更新，则报告也应更新。

#### 5.3.3 分配原则

钢铁生产工序中存在一个单元过程同时产出两种或多种产品，而投入的原材料和能源又没有分开的情况（例如：高炉炼铁工序同时产生铁水、高炉渣、高炉煤气等产品）。分配的主要原则如下：

- a) 根据 ISO 14044:2006, 4.3.4 的规定, 应尽可能避免分配, 应通过将单元过程划分为两个或多个子过程并收集与这些子过程相关的环境数据, 以避免分配。
- b) 如无法避免分配, 应优先采用系统扩展法进行分配, 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。
- c) 如不能使用系统扩展法进行分配, 应使用能反映其物理化学关系的方式来进行分配。如产品的质量、数量、体积、化学元素、热值等比例关系。
- d) 当物理化学关系不能确定或不能用作分配依据时, 用其经济关系来进行分配, 如产品产值或利润比例关系等。
- e) 分配过程中, 输入和输出应保持平衡, 输出质量与输入质量相比质量损耗应不大于 5%。若质量损耗大于 5%, 应将废物的产生种类, 产生量与处理方式一一列出, 并将废物处理产生的碳足迹纳入分配总量。

钢铁制造过程的主要共生产品系统扩展分配方法见附录B。

注: 经济分配因子应根据稳定的市场价格计算, 作为年度平均值, 或在价格高度波动 (如 >100%) 的情况下, 使用多年平均值, 避免价格波动影响, 同时影响基于经济价值作为价格的分配过程结果。如果没有市场价格, 可以采用其他经济系数。

## 5.4 数据质量评估

### 5.4.1 概述

遵循 GB/T 24044:2006, 4.2.3.6 中规定的的数据质量要求, 包括与时间相关的覆盖 (6.2.2)、地理覆盖 (6.2.3) 和技术覆盖 (6.2.4), 具体数据质量评级见附录H。

### 5.4.2 时间跨度

数据收集的时间框架应该是一个完整的代表性年, 以调整季节变化。如果数据集不可能是全年的, 则应解释和证明。此外, 由于碳足迹结果容易因经济条件和技术改进而导致运行率的变化等原因而随时间变化, 因此收集数据的时间段应清楚列明, 生命周期清单结果或碳足迹研究中使用的主要数据集不应超过5年。使用的任何二手数据应少于10年, 除非其持续有效性被证明是合理的。当使用参考年份以外的数据时, 应解释和证明选择的合理性。

### 5.4.3 地理覆盖

钢铁产品的碳足迹研究报告可能具有不同的地理代表性, 例如, 一个钢铁厂, 一个钢铁公司, 国家, 地区或全球覆盖。当研究涉及多个钢铁厂 (或公司、地区等) 时, 应明确说明地理覆盖范围和代表性。碳足迹结果 (E) 应以覆盖范围内生产数量的加权平均值表示, 而不是简单的算术平均值, 例如, 地点1生产的产品a。质量为  $M_1$ 、 $M_2$  和  $M_3$  的2和3的平均值为:  $(E_1 \times M_1 + E_2 \times M_2 + E_3 \times M_3) / (M_1 + M_2 + M_3)$  对碳足迹作出贡献的制造商应予以记录, 并在贡献制造商的范围内注意数据集的使用。

### 5.4.4 技术覆盖

本文件涵盖了 GB/T 15574-2016 液态钢、钢锭和半成品、扁平产品、长材和其它产品四大类。

### 5.4.5 数据来源

钢铁生产数据应当根据计量、工程计算、采购记录等原始数据, 直接从钢铁生产企业获取。应使用供应商提供的上游数据。如果信息不可用, 可以使用生命周期/碳足迹相关组织、学术机构、公共机构 (如地区和国家政府) 和钢铁相关组织提供的次级数据, 所有次级数据都应检查与碳足迹结果的地理相关性。

## 5.5 计算公式

### 5.5.1 概述

在钢铁产品碳足迹的计算中, 为反映闭环回收的性质, 应包括废料的分配。研究的目标和范围一致, 但无法统计废料回收率等情况时, 则产品系统边界范围为摇篮到大门 (不考虑废钢循环利用)。

为了评估钢铁回收的效益，有必要为废料分配一个碳足迹结果，并将该结果应用于系统的输入（负担）和输出（效益）。废料的碳足迹反映了在进行回收时被替代的自然资源的消耗量以及所带来的环境负荷的降低效果，但如果没有为废料输入分配负担，则不应将任何效益分配于外部废料（即报废和制造废料）。钢铁产品的环境负荷的降低，除了制造工序碳足迹的改善之外，计算结果表明，通过提高回收率(RR)和提高回收工艺的收率(Y)，可降低应用中钢材的碳足迹负担。

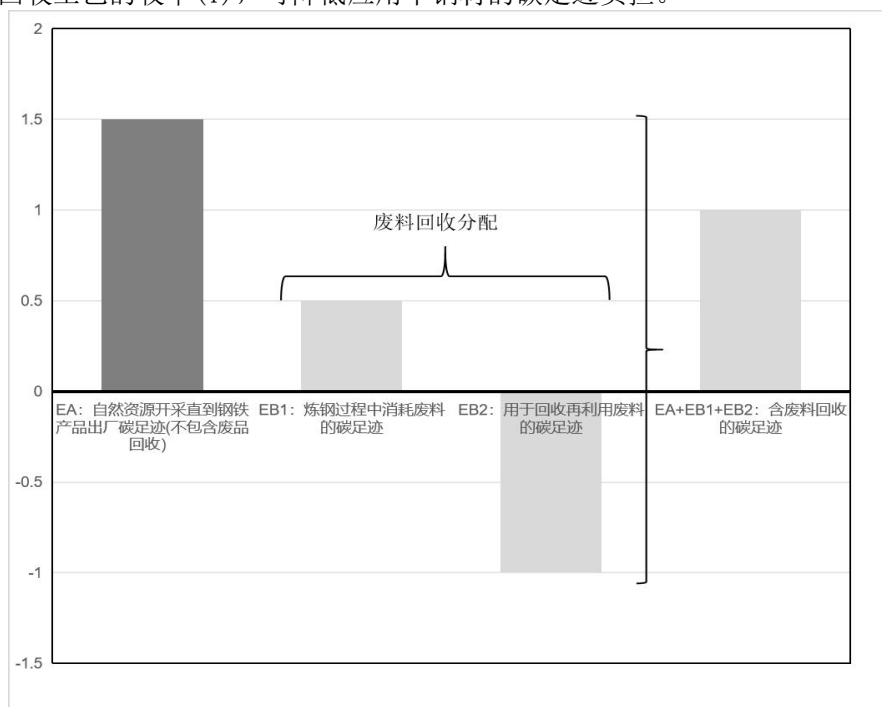


图2 钢铁产品碳足迹概念图

### 5.5.2 包含废料回收的钢铁产品（从摇篮到大门，含废钢循环）的碳足迹计算

钢铁产品考虑废钢循环利用后的产品碳足迹按公式（6）计算：

$$E_{\text{total}} = E_A + E_{B1} + E_{B2} \quad (1)$$

$E_{\text{total}}$  ——钢铁产品的碳足迹（考虑废钢循环利用）

$E_A$  ——包括所有上游过程及钢铁生产过程的碳足迹（未考虑废钢循环利用）

$E_{B1}$  ——炼钢过程中消耗废料的碳足迹

$E_{B2}$  ——用于回收再利用废料的碳足迹

### 5.5.3 从自然资源开采到钢铁产品出厂（从摇篮到大门）的碳足迹计算

从自然资源开采到钢铁产品出厂的碳足迹，每一个单元过程将来自各个上个过程的温室气体排放（废料除外）以及在该工序中产生的温室气体排放汇总累加计算；并且在该阶段不计算废料的温室气体排放，只将废料的质量作为输入进行计入。图3示出了计算流程的示例：

从自然资源开采到钢铁产品不包含废钢循环利用后的产品碳足迹按公式（2）计算：

$$E_A = \sum (AD_i \times X_i \times GWP_i) \quad (2)$$

$AD_i$  ——第  $i$  个单元过程的温室气体数据，单位根据具体单元过程确定；

$X_i$  ——第  $i$  个单元过程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  $i$  个单元过程对应的全球变暖潜势值（GWP）特征化因子，按照附录D中的规定进行取值。

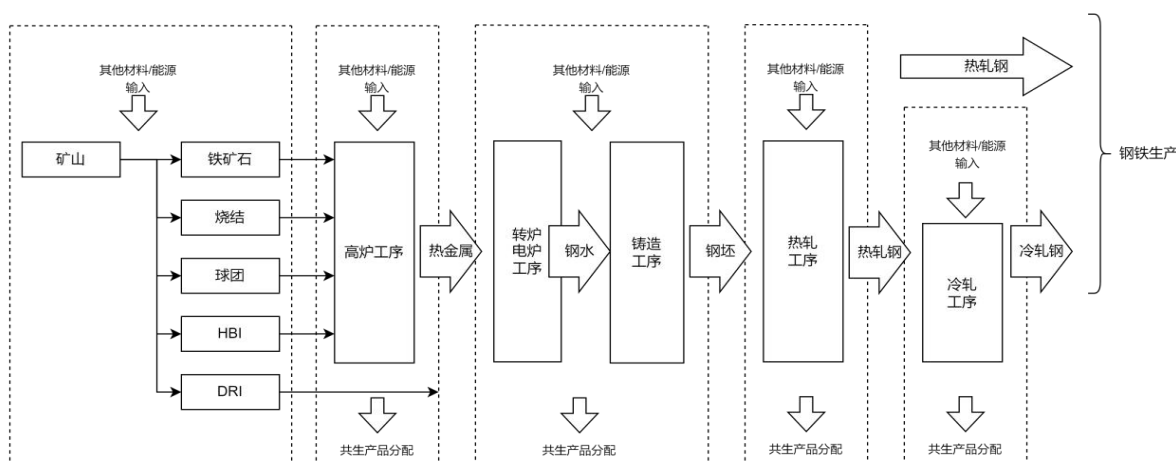


图3 从自然资源开采到钢铁产品出厂的碳足迹计算步骤的概念图（不含废料）

#### 5.5.4 废料回收分配计算

钢铁可以在不失去原有性能的情况下可回收成新的钢铁产品。为了反映这种稳定的性质，钢铁回收的分配顺序是，符合GB/T24044:2008的4.3.4.3中规定的闭环预循环的分配过程。

废弃碳足迹的计算必须在系统输入和系统输出两方面进行，废料投入应承担负担，前提是废料分配已等效地应用于系统投入（负担）和系统输出（效益），确保与GB/T24044:2008保持一致。

钢铁制造过程中废钢投入的碳足迹结果，按公式（3）计算：

$$E_{B1} = [S \cdot (X_{pr} - X_{re}) \cdot Y] \cdot GWPI \quad (3)$$

$X_{pr}$ ——利用全铁矿石生产钢铁产品的温室气体排放因子（未考虑废钢循环）；

$X_{re}$ ——利用全废钢生产钢铁产品的温室气体排放因子（未考虑废钢循环）；

$S$ ——生产单位1吨钢铁产品的废钢加入量（不包括内部循环废钢）；

$Y$ ——废钢利用率，即全废钢炼钢生产中废钢转化为钢的效率。

废钢回收相关的碳足迹结果扣除，按公式（4）计算：

$$E_{B2} = - [RR \cdot (X_{pr} - X_{re}) \cdot Y] \cdot GWPI \quad (4)$$

$RR$ ——回收率（回收外部废料的质量与从炼钢厂出厂的钢铁产品的质量之比）；

回收率按公式（5）计算：

$$RR = (a+b) / P \quad (5)$$

式中：

$a$ ——回收加工废料的质量

$b$ ——报废回收的废料的质量

$P$ ——从炼钢厂出厂的钢铁产品质量

注：计算回收率说明见附录G

全铁矿石生产钢铁产品的温室气体排放按公式（6）计算：

$$X_{pr} = \frac{X_{BOF} \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}} - X_{re}}{1 - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}} \quad (6)$$

$X_{BOF}$ ——转炉工艺生产的粗钢的温室气体排放因子

$Scrap_{BOF}$ ——转炉工序的废钢输入质量

$Scrap_{re}$ ——电弧炉工序的废钢输入质量

注：详细推导见附录F

#### 5.5.5 电力

电力应包括外购电网电、钢厂内部自发电、余热余压回收电力，钢厂内部自发电指回收副产煤气发电和自备电厂燃煤发电、自产光伏电力及风电等。

电力平均排放因子应按公式（7）计算：

$$E_A = \frac{E_1 \times E_{grid} + E_2 \times E_{onsite} + E_3 \times E_r}{E_{total}} \quad (7)$$

式中：

$E_A$ ——综合电力排放系数，kg CO<sub>2</sub> eq./kwh，在各工序单元均使用  $E_A$  计算电力输入负荷；

$E_{grid}$ ——外购电网电电量，kwh；

$E_{onsite}$ ——钢厂内部自发电电量，包括副产煤气发电和自备电厂燃煤发电、自产光伏电力及风电等，kwh；

$E_r$ ——能源回收发电，如余热余压发电量(包括 TRT 发电、CDQ 发电、烧结工序发电等)，kwh；

$E_{total}$ ——钢厂总用电量，kwh。

$E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 分别为电网电、钢厂内部自发电、余热余压发电的温室气体电力排放因子。电网电排放因子 $E_1$ 可以使用次级数据库中国家或区域的电力排放因子，以体现地区代表性；钢厂内部自发电温室气体排放因子 $E_2$ 应收集现场实测数据进行计算获取，能源回收发电温室气体排放因子 $E_3$ ，是电网( $E_1$ )或内部发电( $E_2$ )相同。这应基于使用最科学合适的替代电力温室气体排放因子进行系统扩展确定。

[来源：ISO 20915-2018，附录F]

### 5.5.6 蒸汽

蒸汽应包括外部管网蒸汽、钢厂内部利用副产煤气自产蒸汽、余热回收蒸汽。

$$S_A = \frac{S_1 \times S_{grid} + S_2 \times S_{onsite} + S_3 \times S_r}{S_{total}} \quad (8)$$

式中：

$S_A$ ——综合热力排放系数，t CO<sub>2</sub> eq./t，在各工序单元均使用  $S_A$  计算蒸汽输入负荷；

$S_{grid}$ ——外部管网蒸汽用量，t；

$S_{onsite}$ ——钢厂内部自产蒸汽量，t；

$S_r$ ——余热回收蒸汽量，t；

$S_{total}$ ——为钢厂蒸汽总消耗量，t

$S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 分别为管网蒸汽、自产蒸汽及余热回收温室气体排放因子。管网蒸汽温室气体排放因子 $S_1$ 应由供应商提供，如果数据不可获得，可使用次级数据；钢厂内部自产蒸汽温室气体排放因子 $S_2$ 应收集现场实测数据进行计算获得、余热回收蒸汽温室气体排放因子 $S_3$ 在蒸汽从系统边界外供应的情况下，能量回收产生的蒸汽的温室气体因子应根据系统的扩展是相同的值( $S_1$ )。在系统边界外没有蒸汽供应的情况下，能量回收蒸汽生产的温室气体排放因子应与内部(现场)蒸汽生产( $S_2$ )相同。

[来源：ISO 20915-2018，附录F]

## 6 碳足迹研究报告

### 6.1 报告要素

研究报告应包括以下内容。

- a) 公司/组织的描述；
  - 1) 联系人、地址、电话、传真和 e-mail；
  - 2) 生产过程或环境的特别信息。
- b) 产品或服务的描述；
  - 1) 产品名称；
  - 2) 产品功能用途；
  - 3) 产品成分；
  - 4) 产品制造、运输和使用信息。
- c) 报告的有效期；
- d) 产品的可追溯信息；
- e) 碳足迹量化评价信息如下；
  - 1) 功能单位；
  - 2) 系统边界；

- 3) 数据的描述;
  - 4) 数据的取舍准则;
  - 5) 数据收集;
  - 6) 数据质量;
  - 7) 计算程序;
  - 8) 碳足迹量化评价结果;
  - 9) 数据的不确定性分析
- f) 其它信息。

## 6.2 报告发布

应用本文件可编制产品的碳足迹量化与研究报告。

研究结果的发布应遵守国家或地方的有关规定，如无特殊规定，可采用以下一种或多种发布方式：

- a) 将研究报告的内容印刷在公司的宣传手册上或发布在公司的网站上;
- b) 将量化结果提供给下游生产加工企业，用于下游产品的碳足迹量化与评价。

## 附录 A

表 A.1 UNCP C 4112 分类

| 联合国产品总分类标准<br>(UN CPC) | UNCP C 4112            |
|------------------------|------------------------|
| 4                      | 金属制品、机械和设备             |
| 41                     | 一般金属材料                 |
| 411                    | 一般铁和钢产品                |
| 4112                   | 粗钢                     |
| 41121                  | 铸锭或其他初级形态的非合金钢和非合金钢半成品 |
| 41122                  | 注锭或其他初级形态的合金钢和合金钢半成品   |

表 A.2 UNCP C 412 分类

| 联合国产品总分类标准<br>(UN CPC) | UNCP C 412                                            |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| 4                      | 金属制品、机械和设备                                            |
| 41                     | 一般金属材料                                                |
| 412                    | 铁或钢产品                                                 |
| 4121                   | 已热轧而未进一步加工的压延铁或钢产品                                    |
| 4122                   | 已冷轧而未进一步加工的铁或钢的压延产品                                   |
| 4123                   | 铁或钢的其他压延产品                                            |
| 4124                   | 热轧棒状和条状铁或钢产品                                          |
| 4125                   | 已热轧而未进一步加工的铁或非合金钢的角铁或角钢，型铁或型钢；铁或钢的板桩；铁道或电车轨道施工用的铁或钢产品 |
| 4126                   | 冷拉和折弯用的铁或钢产品                                          |
| 4127                   | 高速钢和硅锰钢的棒材和杆件；钢制空心钻杆和杆件                               |
| 4128                   | 钢的管材和空心型材                                             |
| 4129                   | 铸铁和铸钢的管材和空心型材；非铸钢管件                                   |

## 附录 B

## 附录 C (资料性)

表 B.1 钢铁制造过程的主要共生产品分配方法

| 钢铁共生产品                                                       | 共生产品用途          | 可替代                     |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 高炉渣、碱性氧气炉渣、<br>电弧炉渣                                          | 水泥或熟料生产         | 0.9 吨/每吨水泥，硅酸盐水泥 (CEM1) |
|                                                              | 沙石或铺路石料         | 砂砾石生产                   |
|                                                              | 化肥              | 石灰生产                    |
| 过程气 (焦炉、高炉、碱<br>式氧气炉、废气)                                     | 可供内部或外部使用的原料燃气  | 煤、重油、轻油、天然气             |
|                                                              | 发电              | 1MJ 气=0.365MJ 电         |
| 电弧炉灰                                                         | 生产锌             | 1kg 灰=0.5kg 锌           |
| 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<br>85%的效率       |
| 余热回收产生的热水                                                    | 供热              | 利用煤生产蒸汽<br>85%的效率       |
| 氨                                                            | 可用于任何氨使用的场合     | 氨的生产                    |
| 硫酸铵                                                          | 可用于任何硫酸铵使用的场合   | 硫酸铵的生产                  |
| 苯                                                            | 可用于任何苯使用的场合     | 基于不同技术的苯生产过程            |
| BTX (轻质芳烃, 苯<br>(Benzene)、甲苯 (Toluene)<br>和二甲苯 (Xylene) 的总称) | 可用于任何 BTX 使用的场合 | 基于不同技术的 BTX 生产过程        |
| 氧化铁皮                                                         | 炼钢过程中加入的金属料     | 铁矿石生产                   |
| 硫酸                                                           | 可用于任何硫酸使用的场合    | 硫酸的生产                   |
| 焦油                                                           | 可用于任何焦油使用的场合    | 沥青的生产                   |
| 废油                                                           | 供热              | 煤、重油、轻油、天然气             |
| 锌                                                            | 可用于任何锌使用的场合     | 锌的生产                    |
| 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 D

## 附录 E (资料性)

表 C.1 生产过程直接排放因子缺省值

| 燃料品种 |        | 计量单位                            | 低位发热量<br>(GJ/t,GJ/万 Nm <sup>3</sup> ) | 单位热值含碳量(tC/TJ) | 燃料碳氧化率 |
|------|--------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------|
| 固体燃料 | 无烟煤    | t                               | 26.7                                  | 0.0274         | 98     |
|      | 烟煤     | t                               | 23.736                                | 0.0261         |        |
|      | 褐煤     | t                               | 11.9                                  | 0.028          |        |
|      | 洗精煤    | t                               | 26.344                                | 0.02541        |        |
|      | 其他洗煤   | t                               | 12.545                                | 0.02541        |        |
|      | 其他煤制品  | t                               | 17.46                                 | 0.0336         |        |
|      | 焦炭     | t                               | 28.435                                | 0.0295         |        |
| 液体燃料 | 原油     | t                               | 41.816                                | 0.02008        | 98     |
|      | 燃料油    | t                               | 41.816                                | 0.0211         |        |
|      | 汽油     | t                               | 43.070                                | 0.0189         |        |
|      | 煤油     | t                               | 43.070                                | 0.0196         |        |
|      | 柴油     | t                               | 42.652                                | 0.0202         |        |
|      | 其他石油制品 | t                               | 41.031                                | 0.0200         |        |
|      | 液化石油气  | t                               | 50.179                                | 0.0172         |        |
|      | 液化天然气  | t                               | 51.498                                | 0.0172         |        |
|      | 炼厂干气   | t                               | 45.998                                | 0.0182         |        |
|      | 焦油     | t                               | 33.453                                | 0.0220         |        |
|      | 粗苯     | t                               | 41.816                                | 0.0227         |        |
| 气体燃料 | 天然气    | 10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> | 389.31                                | 0.01532        | 99     |
|      | 焦炉煤气   | 10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> | 173.54                                | 0.0121         |        |
|      | 高炉煤气   | 10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> | 33.00                                 | 0.0708         |        |
|      | 转炉煤气   | 10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> | 84.00                                 | 0.0496         |        |
|      | 其它煤气   | 10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> | 52.27                                 | 0.0122         |        |

注：兰炭作为燃料时，缺省值可参考焦炭。

表 C.2 工业过程与其他排放因子缺省值

| 名称    | 二氧化碳排放因子 (tCO <sub>2</sub> /t) |
|-------|--------------------------------|
| 石灰石   | 0.440                          |
| 白云石   | 0.471                          |
| 电极    | 3.663                          |
| 生铁    | 0.172                          |
| 直接还原铁 | 0.073                          |
| 镍铁合金  | 0.037                          |
| 铬铁合金  | 0.275                          |
| 钼铁合金  | 0.018                          |
| 粗钢    | 0.0154                         |
| 甲醇    | 1.3750                         |

注：缺省值来自《企业温室气体排放核算与报告填报说明 钢铁生产》，若版本更新，以最新为准。

## 附录 F

## 附录 G (资料性)

表 D.1 温室气体的全球增温潜势 (GWP100-yr)

| 温室气体名称        | 化学分子式                                                             | GWP (100-yr) |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| 二氧化碳          | CO <sub>2</sub>                                                   | 1            |
| 甲烷            | CH <sub>4</sub>                                                   | 27.9         |
| 氧化亚氮          | N <sub>2</sub> O                                                  | 273          |
| 氢氟碳化合物        |                                                                   |              |
| HFC-23        | CHF <sub>3</sub>                                                  | 14600        |
| HFC-32        | CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>                                    | 771          |
| HFC-41        | CH <sub>3</sub> F                                                 | 135          |
| HFC-125       | CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                                  | 3740         |
| HFC-134       | CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>                                 | 1260         |
| HFC-134a      | CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>                                  | 1530         |
| HFC-143       | CH <sub>2</sub> FCHF <sub>2</sub>                                 | 364          |
| HFC-143a      | CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>                                   | 5810         |
| HFC-152       | CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F                                | 21.5         |
| HFC-152a      | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F                                 | 164          |
| HFC-161       | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F                                 | 4.84         |
| HFC-227ca     | CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>                  | 2980         |
| HFC-227ea     | CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                  | 3600         |
| HFC-236cb     | CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                  | 1350         |
| HFC-236ea     | CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                 | 1500         |
| HFC-236fa     | CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                   | 8690         |
| HFC-245ca     | CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>                 | 787          |
| HFC-245cb     | CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                   | 4550         |
| HFC-245ea     | CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>                | 255          |
| HFC-245eb     | CH <sub>2</sub> FCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                 | 325          |
| HFC-245fa     | CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                  | 962          |
| HEC-263fb     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>                   | 74.8         |
| HFC-272ca     | CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                   | 599          |
| HFC-329p      | CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>  | 2890         |
| HFC-365mfc    | CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>   | 914          |
| HFC-43-10mee  | CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> | 1600         |
| HFC-1132a     | CH <sub>2</sub> =CF <sub>2</sub>                                  | 0.052        |
| HFO-1141      | CH <sub>2</sub> =CHF                                              | 0.024        |
| HFO-1225ye(Z) | (Z)-CF <sub>3</sub> CF=CHF                                        | 0.344        |

|                                                               |                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| HFO-1225ye(E)                                                 | (E)-CF <sub>3</sub> CF=CHF                          | 0.118 |
| HFO-1234ze(Z)                                                 | (Z)-CF <sub>3</sub> CH=CHF                          | 0.315 |
| HFO-1234yf                                                    | CF <sub>3</sub> CF=CH <sub>2</sub>                  | 0.501 |
| HFO-1243zf                                                    | CF <sub>3</sub> CH=CH <sub>2</sub>                  | 0.261 |
| HFO-1345zfc                                                   | C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>    | 0.182 |
| 3,3,4,4,5,5,6,6,6-Nonafluorohex-1-ene                         | n-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> CH=CH <sub>2</sub>  | 0.204 |
| 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-Tridecafluorooct-1-ene              | n-C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> CH=CH <sub>2</sub> | 0.162 |
| 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-Heptadecafluorodec-1-ene | n-C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> CH=CH <sub>2</sub> | 0.141 |
| 全氟碳化物                                                         |                                                     |       |
| PFC-14                                                        | CF <sub>4</sub>                                     | 7380  |
| PFC-116                                                       | C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>                       | 12400 |
| PFC-c216                                                      | c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>                     | 9200  |
| PFC-218                                                       | C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>                       | 9290  |
| PFC-318                                                       | c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>                     | 9540  |
| PFC-31-10                                                     | n-C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>                    | 10000 |
| Perfluorocyclopentene                                         | c-C <sub>5</sub> F <sub>8</sub>                     | 2     |
| PFC-41-12                                                     | n-C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>                    | 9220  |
| PFC-51-14                                                     | n-C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>                    | 8620  |
| PFC-61-16                                                     | n-C <sub>7</sub> F <sub>16</sub>                    | 8410  |
| PFC-71-18                                                     | C <sub>8</sub> F <sub>18</sub>                      | 8260  |
| PFC-91-18                                                     | C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>                     | 7480  |
| Perfluorodecalin (cis)                                        | Z-C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>                   | 7240  |
| Perfluorodecalin (trans)                                      | E-C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>                   | 6290  |
| PFC-1114                                                      | CF <sub>2</sub> =CF <sub>2</sub>                    | 0.004 |
| PFC-1216                                                      | CF <sub>3</sub> CF=CF <sub>2</sub>                  | 0.09  |
| Perfluorobuta-1,3-diene                                       | CF <sub>2</sub> =CFCF=CF <sub>2</sub>               | <1    |
| Perfluorobut-1-ene                                            | CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF=CF <sub>2</sub>  | <1    |
| Perfluorobut-2-ene                                            | CF <sub>3</sub> CF=CFCF <sub>3</sub>                | 2     |
| 三氟化氮                                                          | NF <sub>3</sub>                                     | 17400 |
| 六氟化硫                                                          | SF <sub>6</sub>                                     | 25200 |

注：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（GWP100），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，单位为每千克排放量的千克二氧化碳当量。产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。

若 IPCC 修订了全球变暖潜势值（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全局变暖潜势（GWP）和全球温度变化潜势（GTP），但应单独报告。

## 附录 H

## 附录 I（资料性）

## 钢铁产品碳排放数据收集表

表 E.1 焦炭生产过程数据收集表

| 数据时间：   |                                |    |      |          |    |          |                |
|---------|--------------------------------|----|------|----------|----|----------|----------------|
| 产品输出    | 单位                             | 数量 | 来源   | 材质\含量\浓度 |    |          |                |
| 焦炭      | t                              |    |      |          |    |          |                |
| 共产品输出   | 单位                             | 数量 | 去向   |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 焦油      | t                              |    |      |          |    |          |                |
| 粗苯      | t                              |    |      |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |      |          |    |          |                |
| 能量输入    | 单位                             | 数量 | 来源   |          |    |          |                |
| 电       | kWh                            |    |      |          |    |          |                |
| 焦炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产   |          |    |          |                |
| 物料输入    | 单位                             | 数量 | 来源   |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 洗精煤     | t                              |    | 外购   |          |    |          |                |
| 其他输入    | 单位                             | 数量 | 来源   |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 工业水     | m <sup>3</sup>                 |    | 外购   |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |      |          |    |          |                |
| 能量输出    | 单位                             | 数量 | 用途   |          |    |          |                |
| 焦炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    |      |          |    |          |                |
| 热力      | GJ                             |    |      |          |    |          |                |
| 电(余热发电) | kWh                            |    |      |          |    |          |                |
| 固体废弃物输出 | 单位                             | 数量 | 去向   |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 除尘灰     | t                              |    |      |          |    |          |                |
| 大气排放物   | 单位                             | 数量 | 数据来源 |          |    |          |                |
| 温室气体    | kg                             |    |      |          |    |          |                |
| 备注：     |                                |    |      |          |    |          |                |

表 E.2 烧结矿生产过程数据收集表

| 数据时间：            |                                |    |        |              |    |              |                |
|------------------|--------------------------------|----|--------|--------------|----|--------------|----------------|
| 产品输出             | 单位                             | 数量 | 来源     | 材质\含量\<br>浓度 |    |              |                |
| 烧结矿              | t                              |    |        |              |    |              |                |
| 共生产品和固体<br>废弃物输出 | 单位                             | 数量 | 去向     |              | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| .....            |                                |    |        |              |    |              |                |
| 能量输入             | 单位                             | 数量 | 来源     |              |    |              |                |
| 无烟煤              | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 焦粒/焦粉            | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 电                | kWh                            |    |        |              |    |              |                |
| 高炉煤气             | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产     |              |    |              |                |
| 转炉煤气             | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产     |              |    |              |                |
| 焦炉煤气             | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产     |              |    |              |                |
| 物料输入             | 单位                             | 数量 | 来源     |              | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 铁矿石              | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 石灰石              | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 白云石              | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 生石灰              | t                              |    | 外购     |              |    |              |                |
| 其他输入             | 单位                             | 数量 | 来源     |              | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 工业水              | m <sup>3</sup>                 |    | 外购     |              |    |              |                |
| .....            |                                |    |        |              |    |              |                |
| 能量输出             | 单位                             | 数量 | 用途     |              |    |              |                |
| 电(余热供电)          | kWh                            |    | 本工序自用  |              |    |              |                |
| 固体废弃物输出          | 单位                             | 数量 | 去向     |              | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 除尘灰              | t                              |    | 回收至烧结机 |              |    |              |                |
| 大气排放物            | 单位                             | 数量 | 数据来源   |              |    |              |                |
| 温室气体             | kg                             |    |        |              |    |              |                |
| 备注：              |                                |    |        |              |    |              |                |

表 E.3 球团矿生产过程数据收集表

| 数据时间：   |                                |    |       |              |    |              |                |
|---------|--------------------------------|----|-------|--------------|----|--------------|----------------|
| 产品输出    | 单位                             | 数量 | 来源    | 材质\含量\<br>浓度 |    |              |                |
| 球团矿     | t                              |    |       |              |    |              |                |
| 共生产品输出  |                                |    |       |              | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| .....   |                                |    |       |              |    |              |                |
| 能量输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |              |    |              |                |
| 电       | kWh                            |    |       |              |    |              |                |
| 高炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |              |    |              |                |
| 转炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |              |    |              |                |
| 焦炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |              |    |              |                |
| 物料输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |              | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 精矿粉     | t                              |    | 外购    |              |    |              |                |
| 膨润土     | t                              |    | 外购    |              |    |              |                |
| 其他输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |              | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 工业水     | m <sup>3</sup>                 |    | 外购    |              |    |              |                |
| .....   |                                |    |       |              |    |              |                |
| 能量输出    | 单位                             | 数量 | 用途    |              |    |              |                |
| 电(余热供电) | kWh                            |    | 本工序自用 |              |    |              |                |
| 固体废弃物输出 | 单位                             | 数量 | 去向    |              | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 除尘灰     | t                              |    |       |              |    |              |                |
| 大气排放物   | 单位                             | 数量 | 数据来源  |              |    |              |                |
| 温室气体    | kg                             |    |       |              |    |              |                |
| 备注：     |                                |    |       |              |    |              |                |

表 E.4 铁水生产过程数据收集表

| 数据时间：            |       |    |         |          |    |              |                |
|------------------|-------|----|---------|----------|----|--------------|----------------|
| 产品输出             | 单位    | 数量 | 来源      | 材质\含量\浓度 |    |              |                |
| 铁水               | t     |    |         |          |    |              |                |
| 共生产品输出           |       |    |         |          | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式（汽运、火运、水运） |
| 高炉水渣             | t     |    | 回收自用    |          |    |              |                |
| 高炉干渣             | t     |    | 外卖作水泥熟料 |          |    |              |                |
| .....            |       |    |         |          |    |              |                |
| 能量输入             | 单位    | 数量 | 来源      |          |    |              |                |
| 烟煤               | t     |    | 外购      |          |    |              |                |
| 电                | kWh   |    |         |          |    |              |                |
| 高炉煤气             | 103m3 |    | 自产      |          |    |              |                |
| 焦炉煤气             | 103m3 |    | 自产      |          |    |              |                |
| .....            |       |    |         |          |    |              |                |
| 物料输入             | 单位    | 数量 | 来源      |          | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式           |
| 烧结矿              | t     |    | 自产      |          |    |              |                |
| 球团矿              | t     |    | 自产      |          |    |              |                |
| 冶金焦              | t     |    | 外购      |          |    |              |                |
| 块矿               | t     |    | 外购      |          |    |              |                |
| 其他输入             | 单位    | 数量 | 来源      |          | 产地 | 运输距离<br>(km) | 运输方式           |
| 工业水              | m3    |    | 外购      |          |    |              |                |
| 氧气               |       |    |         |          |    |              |                |
| .....            |       |    |         |          |    |              |                |
| 能量输出             | 单位    | 数量 | 用途      |          |    |              |                |
| 高炉煤气             | 103m3 |    |         |          |    |              |                |
| 电（煤气供电/<br>余热供电） | kWh   |    |         |          |    |              |                |
| 固体废弃物输出          | 单位    | 数量 | 去向      |          | 去向 | 运输距离<br>(km) | 运输方式（汽运、火运、水运） |
| 除尘灰              | t     |    | 回收至烧结机  |          |    |              |                |
| 大气排放物            | 单位    | 数量 | 数据来源    |          |    |              |                |
| 温室气体             | kg    |    |         |          |    |              |                |
| 备注：              |       |    |         |          |    |              |                |



表 E.5 炼钢过程数据收集表

| 数据时间：        |                                |    |         |          |    |          |                |
|--------------|--------------------------------|----|---------|----------|----|----------|----------------|
| 产品输出         | 单位                             | 数量 | 来源      | 材质\含量\浓度 |    |          |                |
| 粗钢           | t                              |    |         |          |    |          |                |
| 共生产品输出       |                                |    |         |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 转炉渣          | t                              |    | 外卖作水泥熟料 |          |    |          |                |
| .....        |                                |    |         |          |    |          |                |
| 能量输入         | 单位                             | 数量 | 来源      |          |    |          |                |
| 高炉煤气         | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产      |          |    |          |                |
| 转炉煤气         | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产      |          |    |          |                |
| 焦炉煤气         | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产      |          |    |          |                |
| 电            | kWh                            |    |         |          |    |          |                |
| 物料输入         | 单位                             | 数量 | 来源      |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式           |
| 生铁           | t                              |    | 自产      |          |    |          |                |
| 废钢           | t                              |    | 外购      |          |    |          |                |
| XX 合金        | t                              |    | 外购      |          |    |          |                |
| 白云石          | t                              |    | 外购      |          |    |          |                |
| 轻烧白云石        | t                              |    | 外购      |          |    |          |                |
| .....        |                                |    |         |          |    |          |                |
| 其他输入         | 单位                             | 数量 | 来源      |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式           |
| 工业水          | m <sup>3</sup>                 |    | 外购      |          |    |          |                |
| .....        |                                |    |         |          |    |          |                |
| 能量输出         | 单位                             | 数量 | 用途      |          |    |          |                |
| 转炉煤气         | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    |         |          |    |          |                |
| 电(煤气供电/余热供电) | kWh                            |    |         |          |    |          |                |
| 固体废弃物输出      | 单位                             | 数量 | 去向      |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 除尘灰          | t                              |    | 回收至烧结机  |          |    |          |                |
| 大气排放物        | 单位                             | 数量 | 数据来源    |          |    |          |                |
| 温室气体         | kg                             |    |         |          |    |          |                |
| 备注：          | 废钢请告知回收率                       |    |         |          |    |          |                |

表 E.6 轧钢工序生产过程数据收集表

| 数据时间：   |                                |    |       |          |    |          |                |
|---------|--------------------------------|----|-------|----------|----|----------|----------------|
| 产品输出    | 单位                             | 数量 | 来源    | 材质\含量\浓度 |    |          |                |
| 轧材      | t                              |    |       |          |    |          |                |
| 共生产品输出  | 单位                             | 数量 | 去向    |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 废钢      | t                              |    | 回收至转炉 |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |       |          |    |          |                |
| 能量输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |          |    |          |                |
| 高炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |          |    |          |                |
| 转炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |          |    |          |                |
| 焦炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产    |          |    |          |                |
| 天然气     | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 外购    |          |    |          |                |
| 电       | kWh                            |    |       |          |    |          |                |
| 物料输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式           |
| 钢坯      | t                              |    | 自产    |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |       |          |    |          |                |
| 其他输入    | 单位                             | 数量 | 来源    |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式           |
| 工业水     | m <sup>3</sup>                 |    | 外购    |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |       |          |    |          |                |
| 能量输出    | 单位                             | 数量 | 用途    |          |    |          |                |
| 电(余热供电) | kWh                            |    |       |          |    |          |                |
| 固体废弃物输出 | 单位                             | 数量 | 去向    |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| .....   |                                |    |       |          |    |          |                |
| 大气排放物   | 单位                             | 数量 | 数据来源  |          |    |          |                |
| 温室气体    | kg                             |    |       |          |    |          |                |
| 备注：     |                                |    |       |          |    |          |                |

表 E.7 生石灰生产过程数据收集表

| 数据时间:   |                                |    |      |          |    |          |                |
|---------|--------------------------------|----|------|----------|----|----------|----------------|
| 产品输出    | 单位                             | 数量 | 来源   | 材质\含量\浓度 |    |          |                |
| 生石灰     | t                              |    |      |          |    |          |                |
| 共产品输出   | 单位                             | 数量 | 去向   |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| .....   |                                |    |      |          |    |          |                |
| 能量输入    | 单位                             | 数量 | 来源   |          |    |          |                |
| 电       | kWh                            |    |      |          |    |          |                |
| 高炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产   |          |    |          |                |
| 转炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产   |          |    |          |                |
| 焦炉煤气    | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |    | 自产   |          |    |          |                |
| 物料输入    | 单位                             | 数量 | 来源   |          | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式           |
| 石灰石     | t                              |    | 外购   |          |    |          |                |
| 能量输出    | 单位                             | 数量 | 用途   |          |    |          |                |
| 电(余热供电) | kWh                            |    |      |          |    |          |                |
| 固体废弃物输出 | 单位                             | 数量 | 去向   |          | 去向 | 运输距离(km) | 运输方式(汽运、火运、水运) |
| 除尘灰     | t                              |    |      |          |    |          |                |
| .....   |                                |    |      |          |    |          |                |
| 大气排放物   | 单位                             | 数量 | 数据来源 |          |    |          |                |
| 温室气体    | kg                             |    |      |          |    |          |                |
| 备注:     |                                |    |      |          |    |          |                |

表 E.8 氧气生产过程数据收集表

| 制氧系统  |     |    |      |          |
|-------|-----|----|------|----------|
| 数据时间: |     |    |      |          |
| 能量输入  | 单位  | 数量 | 来源   | 材质\含量\浓度 |
| 电     | kWh |    |      |          |
| 物料输入  | 单位  | 数量 |      |          |
| 空气    |     |    |      |          |
| 产品输出  | 单位  | 数量 |      |          |
| 高压氧气  |     |    |      |          |
| 低压氧气  |     |    |      |          |
| 氮气    |     |    |      |          |
| 氩气    |     |    |      |          |
| 大气排放物 | 单位  | 数量 | 数据来源 |          |
| 温室气体  | kg  |    |      |          |
| 备注:   |     |    |      |          |

表 E.9 污水处理过程数据收集表

| 过程   | 类型   | 名称 | 单位 | 数量 | 产地 | 运输距离(km) | 运输方式 |
|------|------|----|----|----|----|----------|------|
| 污水处理 | 物料投入 | 电力 |    |    |    |          |      |

|  |      |       |  |  |  |  |  |
|--|------|-------|--|--|--|--|--|
|  |      | PAC   |  |  |  |  |  |
|  |      | PAM   |  |  |  |  |  |
|  |      | 阻垢剂   |  |  |  |  |  |
|  |      | 还原剂   |  |  |  |  |  |
|  |      | 次氯酸钠  |  |  |  |  |  |
|  |      | 碳酸钠   |  |  |  |  |  |
|  | 处理前水 | 废水处理量 |  |  |  |  |  |
|  | 处理后水 | 废水排放量 |  |  |  |  |  |
|  |      | 中水回用量 |  |  |  |  |  |
|  | 综合利用 | 污泥    |  |  |  |  |  |
|  |      | 排放水   |  |  |  |  |  |
|  |      | ……    |  |  |  |  |  |

## 附录 J

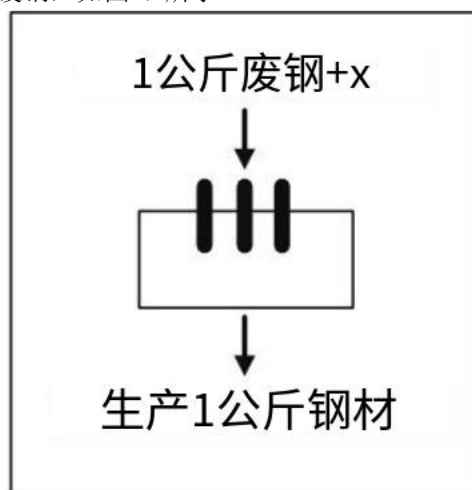
(参考)

X<sub>pr</sub>的计算示例

通过炼钢过程收集废料并对其进行循环利用，可减少与从铁矿石生产钢铁（通常称为一次钢生产）相关的环境负担。

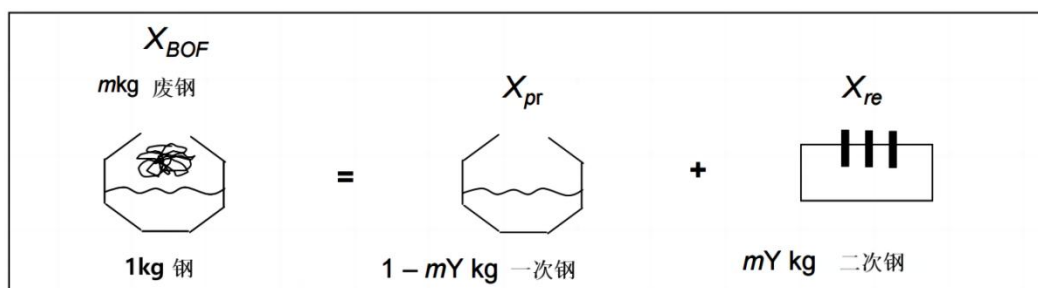
在实际生产过程中，X<sub>re</sub>和Y的值均可以从钢铁生产厂获得没有废钢投入生产是很少见的，因此，X<sub>pr</sub>是基于以下计算的理论值。当有足够的数据集并且只有少数生命周期清单结果需要进行分析时，可以使用数值的方法作为近似值。后者使用基于铁矿石的工艺路线（通常为BF-BOF）的生命周期清单结果数据集的推算，这些数据集含有不同程度的废钢输入（通常为3%至20%），以估计基于铁矿石的工艺路线（X<sub>pr</sub>）的零报废输入值。

另外，当分析完整的使用寿命清单值时，可以使用下面的计算来确定X<sub>pr</sub>。这基于一个前提下：即在工艺中经常需要废钢，不存在使用100%新材料的工艺（0%废钢投入），因此需要计算这个理论值。此外，并不是废钢本身取代了这种初级钢，由于废钢需要进行熔融重炼才能成为新钢，在这种情况下，电炉工艺可以100%利用废钢，当然有些电炉也使用铁水或直接还原铁作为原料输入。电炉工艺的产率并非100%，即该工艺要生产1kg钢，需要超过1kg的废钢，如图F.1所示。



图F.1-含废料的钢制品的成品率

X<sub>pr</sub>的值可以根据一次钢铁（不含废钢）或转炉工序生产的粗钢的生命周期清单结果来计算。如图F.2所示，由于实际的粗钢制造中投入一定量的废钢，考虑仅从天然资源制造粗钢时，它必须从碳足迹中“剔除”，仅考虑原生钢铁。

图F.2-X<sub>pr</sub>理论值

需要“剔除”的转炉工艺的废料投入(每生产1kg钢，就有m kg废钢)将在电弧炉工艺中熔化，生产 mY kg钢，Y是电路炼钢废钢转化为钢的产率。因此，理论X<sub>pr</sub>，需要生产1-mYkg钢，如图F.3所示。

图F.3- $X_{pr}$ 理论值

即：

$$X_{BOF} = (1 - mY)X_{pr} + mYX_{re}$$

$m$ 是转炉工序的废钢输入（ $Scrap_{BOF}$ ）且  $Y = \frac{1}{Scrap_{re}}$

因此， $mY = \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}$

从而得出：

$$X_{BOF} = \left(1 - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}\right)X_{pr} + \left(\frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}\right)X_{re}$$

重新排列此公式可以计算 $X_{pr}$ 的理论值：

$$X_{pr} = \frac{X_{BOF} - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}X_{re}}{1 - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}}$$

## 附录 K

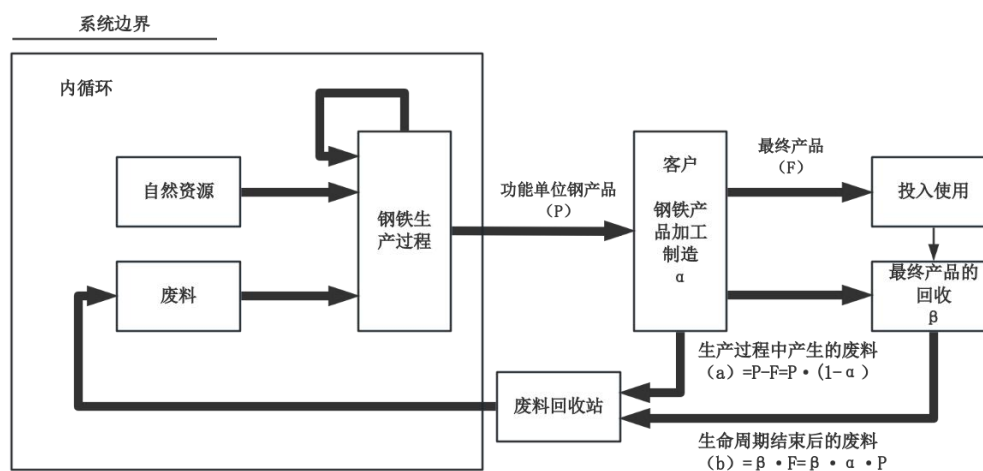
## 计算回收率说明

废钢的碳足迹是通过考虑从纯铁矿石的工艺路线中生产的钢产品的碳足迹与仅从废钢生产的钢产品的碳足迹之差通过乘以回收工艺的成品率来计算的。如果与废料回收利用过程相关的碳足迹低于从铁矿石中生产钢铁的碳足迹结果，那么对环境有益。在对含废钢循环的评价中，假定废钢是没有负担。可以将废料的碳足迹的结果值输入到产品的碳足迹研究中，其中废钢的输入、废钢输出、回收率都是已知的。则一个1吨的废钢碳足迹结果 $E_{scrap}$ ，可以根据公式 (G.1) 计算。

$$E_{scrap} = (X_{pr} - X_{re}) \cdot Y \cdot GWPI \quad (G.1)$$

式中：

$E_{scrap}$ ——废钢产品碳足迹



图G.废钢回收说明

符号说明：

a 制造回收的废钢质量；

b 报废回收的废钢质量；

$\alpha$  制成品率；

$\beta$  生命周期结束回收率

F 最终产品质量

P 出厂产品质量

因此，生命周期结束后的回收率 $\beta$ 的计算方法可以根据公式 (G.2) 计算。

$$\beta = b/F \quad (G.2)$$

由上述说明则公式 (2) 可以得到公式 (G.3) ~ (G.6)

$$RR = (a+b) / P \quad (G.3)$$

$$= 1 - \alpha + \alpha\beta \quad (G.4)$$

$$= 1 - (1 - \beta) \times \alpha \quad (G.5)$$

$$\alpha = 1 - a/P \quad (G.6)$$

公式 (G.3) ~ (G.6) 基于以下定义和假设：

1) 制成品率是指最终产品中所含钢材的质量与用于制造最终产品的钢材的总质量之比。

2) 生命周期结束回收率是指最终产品报废时回收再利用的废钢质量与最终产品中所含钢材总质量的比值。

3) 制造废料回收率100%。

由于每种最终产品的产品生命周期不同，钢铁公司很难自行衡量生命周期结束回收率。另一方面，有国家、区域和世界层面的统计数据。关于生命周期结束回收率的数据可从以下来源获得，例如：

-每种最终产品的回收率（例如钢罐的回收率）；

-根据最终产品的公开数据进行的估算（汽车回收率）。

然而，在某些情况下，制造废料的质量可能无法根据现有统计数据估计。在这种情况下，可以使用生命周期结束的回收率作为回收率。但与真实的回收率相比，该回收率是一个较低的估计值。

## 附录 L

## 数据质量要求DQR

数据质量要求DQR (Data quality requirement) 主要分为初级数据质量要求和次级数据质量要求。

(1) 初级数据质量要求的评价要求有四个: 初级数据准确性 (P), 技术覆盖 (TeR), 地理覆盖 (GeR), 时间跨度 (TiR), 并用5个级别的评分制来定义初级数据的质量。

表H.1初级数据集评分表

| 质量评级<br>(分值) | TiR        | TeR          | GeR          | P                                       |
|--------------|------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|
| 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                                     |

计算钢铁碳足迹的初级数据集DQR评分为下式:

$$DQR = \frac{TeR + TiR + GeR + P}{4}$$

为保证使用符合数据质量要求的数据集(作为碳足迹或生命周期数据集), 若P的得分不高于3,  $DQR \leq 1.6$ , 则认为初级数据质量合格。

(2) 次级数据质量要求的评价指标有三个, 技术覆盖 (TeR), 地理覆盖 (GeR), 时间跨度 (TiR), 并用5个级别的评分制来定义次级数据的质量。该方法以计算每个数据的得分来判断数据质量(最好1分), 以计算单元过程所有数据的平均得分来判断工序数据的评价质量。对于质量较差的数据应进行敏感性分析或不确定性分析, 检查说明产品生命周期忽略的过程、忽略的初级数据以及主要的假设等相关因素可能对最终结果造成的影响, 说明次级数据选择与处理是否符合要求。

表H.2次级数据集评分表

| 质量评级<br>(分值) | TiR                       | TeR                            | GeR                                              |
|--------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1            | 次级数据集的基准年在次级数据集的有效期限范围内   | 钢铁实际生产技术与次级数据集的技术范围完全相同        | 建模过程发生在次级数据集有效的国家/地区的范围内 (如中国/生产相关省市)            |
| 2            | 次级数据集的基准年最多比次级数据集有效期晚2年   | 钢铁实际生产技术包含在次级数据集范围内的技术组合中      | 建模过程发生在次级数据集有效的地理区域 (例如欧洲、亚洲、北美、非洲)              |
| 3            | 次级数据集的基准年最多比次级数据集有效期晚3年   | 钢铁生产技术仅部分包含在次级数据集的范围内          | 建模过程发生在次级数据集/有效的地理区域之一, 或者次级数据集覆盖多个区域 (例如全球-GLO) |
| 4            | 次级数据集的基准年最多比次级数据集有效期晚4年   | 钢铁实际生产技术在次级数据集范围内的技术相似 (即技术代理) | 建模过程发生在不属于次级数据集有效的地理区域, 但根据专家判断估计存在足够的相似性        |
| 5            | 次级数据集的基准年最多比次级数据集有效期晚5年以上 | 钢铁实际生产技术与次级数据集的范围内包含的技术不同      | 建模过程发生的国家在与次级数据集有效的国家不同                          |

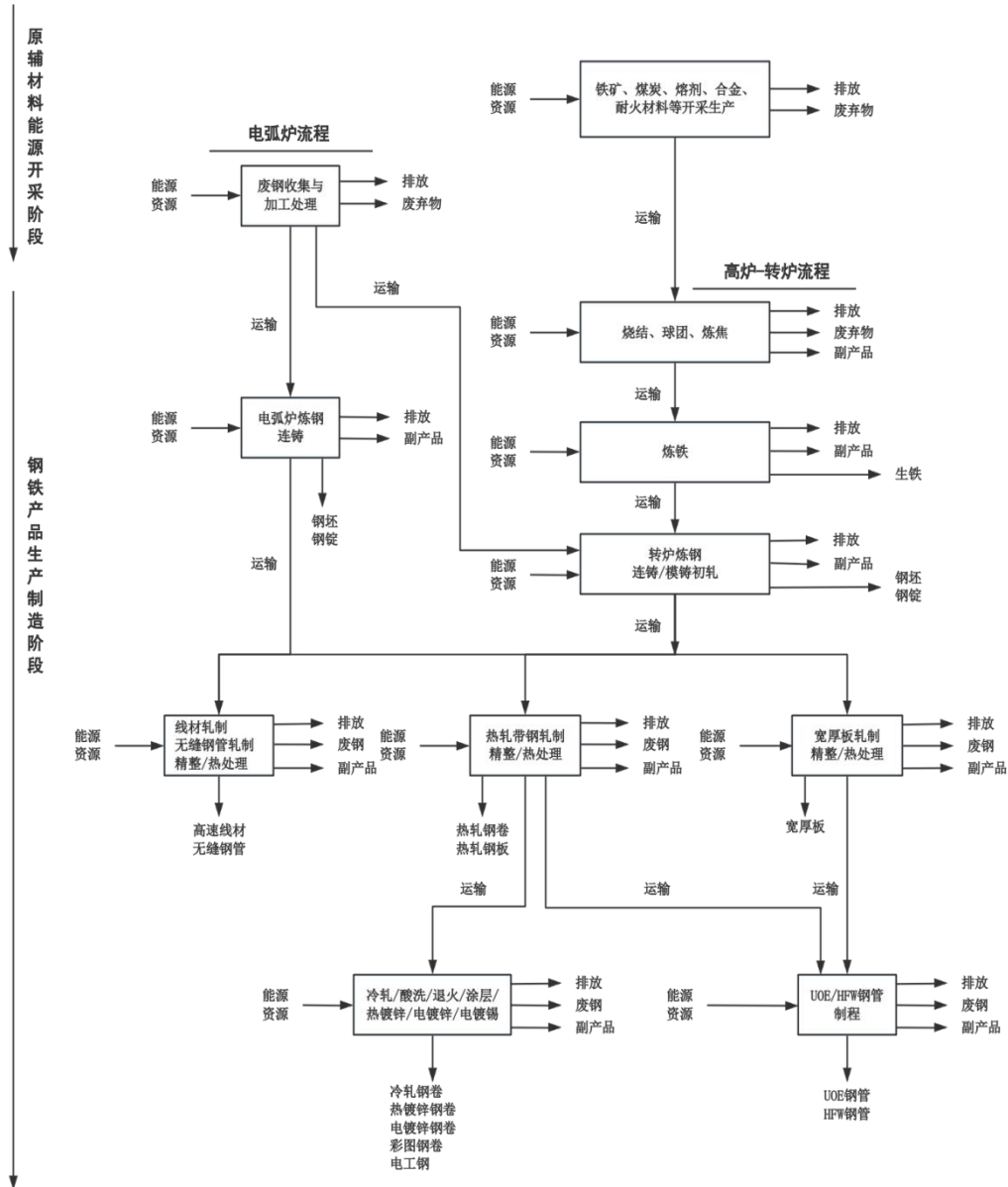
计算钢铁碳足迹的次级数据集 DQR 评分为下式:

$$DQR = \frac{TeR + TiR + GeR}{3}$$

为保证使用符合数据质量要求的数据集(作为碳足迹或生命周期数据集), 若  $DQR \leq 3$ , 则认为次级数据质量合格。



附录 M



图I-典型钢铁企业生产流程图

### 参考文献

- [1] 普通钢铁产品及特殊钢产品产品种类规则（PCR）
  - [2] IPCC《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》，由国家温室气体清单计划 Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds) 编制， IGES， 日本， 2006 年
  - [3] Life cycle inventory methodology report, world steel
  - [4] Life cycle inventory (LCI) study 2021 data release, world steel
  - [5] Product Environmental Footprint Category Rules Guidance, The European Commission
-