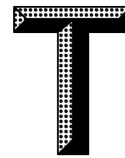


ICS 13.020.10  
CCS Z 04



# 团 体 标 准

T/CI 1207—2025

## 铜熔池熔炼全生命周期能耗与碳排放 核算规范

Accounting specification for energy consumption and carbon emissions  
throughout the entire lifecycle of online copper melt pool smelting

2025-11-17 发布

2025-11-17 实施

中国国际科技促进会 发布  
中国标准出版社 出版



## 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 铜熔池熔炼的全生命周期核算边界 .....	2
5 核算数据计量要求 .....	3
6 铜熔池熔炼能耗核算方法 .....	7
7 铜熔池熔炼碳排放核算方法 .....	9
8 核算验证和限额等级 .....	14
9 编制与审核能耗和碳排放报告 .....	14
附录 A (资料性) 铜熔池熔炼全生命周期能耗、碳排放核算边界示意图 .....	16
附录 B (资料性) 数据收集表示例 .....	17
附录 C (规范性) 能源管理情况审查表 .....	19
附录 D (资料性) 相关参数缺省值 .....	23
参考文献 .....	27



## 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。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：昆明理工大学、昆明冶金研究院有限公司、云南铜业股份有限公司西南铜业分公司、易门铜业有限公司、楚雄滇中有色金属有限责任公司。

本文件主要起草人：胡建杭、王华、李东波、杨应宝、谈诚、李江平、于勇。



# 铜熔池熔炼全生命周期能耗与碳排放 核算规范

## 1 范围

本文件规定了铜熔池熔炼全生命周期的核算边界和核算数据监测及计量要求,给出了能耗核算方法、碳排放核算方法、核算验证和限额等级、能耗和碳排放报告编制与审核方法。

本文件适用于铜熔池熔炼全生命周期能耗与碳排放核算。

## 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 467 阴极铜
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 22723 天然气能量的测定
- GB 25323 有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额
- YS/T 70 粗铜
- YS/T 1083 阳极铜

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **报告主体 reporting entity**

具有温室气体排放行为的法人企业或视同法人的独立核算单位。

[来源:GB/T 32150—2015,3.2]

### 3.2

#### **铜冶炼企业 copper smelting enterprise**

以铜冶炼生产为主营业务的法人企业或视同法人的独立核算单位。

### 3.3

#### **熔池熔炼 bath smelting**

将炉料直接加入鼓风翻腾的熔池中迅速完成气、液、固相间主要反应的熔炼方法。

### 3.4

#### **生命周期 life cycle**

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 24044—2008,3.1,有修改]

3.5

**温室气体 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：本文件涉及的温室气体仅包含二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

[来源：GB/T 32150—2015,3.1,有修改]

3.6

**活动数据 activity data**

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：如各种化石燃料消耗量、原料使用量、购入电量、购入热量等。

3.7

**碳足迹 carbon footprint**

基于生命周期评价，二氧化碳当量(CO<sub>2</sub>e)表示的产品系统中温室气体排放和清除之和。

3.8

**现场数据 field data**

在铜熔池熔炼全生命周期评价过程中，企业生产单位完成所确定范围内的生产统计数据，通过直接测量、监测、记录等方法获取的数据。

3.9

**历史数据 historical data**

在铜熔池熔炼全生命周期评价过程中，企业过往年的生产、能源和环保统计等记录的数据。

4 铜熔池熔炼的全生命周期核算边界

4.1 系统边界

4.1.1 铜熔池熔炼全生命周期系统边界分为主流程生产系统、辅助生产系统和直接为生产服务附属生产系统。铜熔池熔炼过程全生命周期能耗、碳排放核算边界示意图见附录 A。

4.1.2 具体系统核算边界如下。

- a) 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产生的能耗和碳排放。铜熔池熔炼过程生产系统包括主流程生产系统(备料、铜产品主要流程生产工序、副产品的再利用等)、辅助生产系统(动力供应系统、能源循环利用、物料运输等)和附属生产系统(生产指挥系统和生产服务的部门和单位等)。
- b) 铜熔池熔炼主流程生产系统包含了备料、熔炼、吹炼、火法精炼和电解精炼主要流程生产工序，以及直接服务于主流程的浮选、渣贫化(缓冷、破碎球磨)等工序。
- c) 辅助生产系统包括通过消耗电能提供生产所需的氧气、压缩空气的动力转化工序、烟气余热回收、蒸汽分配及物料的运输等。
- d) 附属生产系统包括生产指挥系统(厂部)和为生产服务的部门和单位(如行政区等)。
- e) 铜熔池熔炼过程碳排放核算和报告范围应包括以下部分：化石燃料燃烧排放、过程排放、购入及输出的电力和热力产生的排放。
- f) 设备检修、开停炉期间消耗的能源，应核算碳排放量。
- g) 铜熔池熔炼过程碳排放核算报告期宜为上一自然年或财务年度。

4.2 核算报告范围

4.2.1 化石燃料燃烧排放

铜熔池熔炼过程所涉及的化石燃料燃烧排放包括煤、油、气等在各种类型的固定或移动燃烧设备

(如熔炼炉、吹炼炉、精炼炉等)消耗的能耗和发生氧化燃烧过程产生的碳排放。

#### 4.2.2 过程排放

铜熔池熔炼过程所涉及的过程排放是指由工业生产过程中的化学反应消耗的能耗和在这过程中产生的碳排放。

#### 4.2.3 购入的电力、热力产生的排放

铜冶炼企业消费的购入电力、热力所对应的生产环节消耗的能耗和在这过程中产生的碳排放。来自电网购入电力的消耗产生的二氧化碳排放并不在铜冶炼企业的实际物理边界之内。依据不同的核算目标和核算边界,必要时将电力的消费产生的二氧化碳排放作为铜冶炼的间接碳排放进行核算。

#### 4.2.4 输出的电力、热力产生的排放

铜冶炼企业输出的电力、热力所对应的生产环节消耗的能耗和在这过程中产生的碳排放。

#### 4.2.5 运输环节

铜熔池熔炼全生命周期过程中铜精矿、再生铜、辅料等从供应地到熔炼厂的运输、阴极铜等产品从熔炼厂到客户或下游企业的运输以及厂区内物料流转(包括皮带机、运输车辆等)所消耗的燃油或电力的能耗和在这过程中产生的碳排放。

#### 4.2.6 副产品再利用

铜熔池熔炼全生命周期过程中对于外售或转移到其他企业进行综合利用的副产品(如冶炼水淬渣用于生产水泥等),应核算至其离开厂区前的所有能耗与碳排放(包括其生产、厂内处理和装运)。

### 5 核算数据计量要求

#### 5.1 数据的描述与基本原则

企业现场数据包括产品铜生产阶段的原料消耗、能耗、污染物排放以及运输(包括运输形式、运输距离和运输量)等数据,对数据的获得方式和来源均应予以说明。单元过程数据种类很多,应对数据进行适当的取舍,基本要求如下:

- a) 应列出所有能源和原料的输入;
- b) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1% 的项目输入可忽略;
- c) 应列出气、液、固的相关排放;
- d) 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略;
- e) 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包含于清单中。

#### 5.2 数据质量要求

##### 5.2.1 企业现场数据的质量要求如下:

- a) 代表性:现场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;
- b) 完整性:收集的数据应能全面、无遗漏地反映界定系统边界内所有单元过程的输入与输出,数据收集范围应完整覆盖 4.1 和 4.2 中主流程生产系统、辅助生产系统和附属生产系统的所有单元过程,并严格遵循 5.1 的数据取舍基本要求,确保数据从原始记录到汇总计算的整个链条完整;
- c) 准确性:现场数据中的资源、能源、原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,所有现场数据

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;
- e) 不确定性分析:现场数据的不确定性分析涵盖数据测量误差、统计偏差以及计算模型假设等因素对核算结果的影响,应对现场数据的不确定性进行分析与评估,识别并量化可能影响核算结果准确性的潜在因素,并在报告中予以说明,以确保核算结果的可靠性。

### 5.2.2 背景数据的质量要求如下。

- a) 代表性:背景数据应优先选择企业提供的数据,供应商提供符合相关全生命周期(LCA)标准要求,经第三方独立验证的上游产品 LCA 报告中的数据。若无,应优先选择代表国内平均生产水平的公开 LCA 数据,数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的国内数据情况下,可以选择国外同类技术数据作为背景数据。
- b) 完整性:背景数据的系统边界应该从资源开采到原辅材料或能源产品出厂为止。
- c) 一致性:同一第三方机构对同类产品 LCA 的背景数据选择应该保持一致,如果背景数据更新,则 LCA 报告也应更新。

## 5.3 清单分析

### 5.3.1 数据收集

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程,数据来源应注明出处。数据收集包括现场数据和背景数据的收集。数据收集程序主要步骤如下。

- a) 根据评价的目标与范围确定的单元过程,进行数据收集的准备,包括:
  - 1) 绘制单元过程的输入输出流程图;
  - 2) 设计统计单元过程的实物流输入输出的数据收集表,以及背景数据收集表,如附录 B 中表 B.1 与表 B.2 所示;
  - 3) 对数据收集技术、要求给出相应的表述,以使报送数据人员能正确理解 LCA 所需要的信息;
  - 4) 对报送数据的特殊情况、异常点和其他问题进行明确说明。
- b) 根据数据收集准备的要求,由生产部门的技术人员完成数据收集工作。
- c) 数据审定:为避免现场报送的数据发生错误,收集的单元过程数据需要经过确认程序。数据审定的原则:
  - 1) 金属平衡:判断单元过程输入和输出的金属含量是否平衡;
  - 2) 碳平衡:指判断输入的能源、辅料、主原料等的含碳量与输出含碳量是否平衡;  
注:以 CO<sub>2</sub> 计。
  - 3) 工序能耗平衡:计算工序使用的能源与历史数据的平衡情况;
  - 4) 水平衡:单元过程输入水量与消耗水量及输出废水量是否平衡(适当考虑蒸发量等因素),不平衡率(1-输出量/输入量)绝对值一般应低于 10%。
- d) 数据与功能单位的关联,即将收集的实物流的输入输出处理为功能单位的输入输出。

### 5.3.2 计算程序

数据收集完后,根据计算程序对该产品系统中每一单元过程与功能单位求得清单结果。计算应以统一的功能单位作为该系统所有单元过程中物流、能流的共同基础,求得系统中所有的输入和输出数据。在此过程中,如发现不合理的数据,应予以替换。具体要求如下。

- a) 在数据的收集过程中,应检查数据的有效性。在数据确认过程中,发现明显不合理的数据,应分析原因并予以替换,替换的数据应满足数据质量要求。对每种类型的数据如发现缺失,要进

行断档处理,代之以合理的“非零”数据、合理的“零”数据或采用同类技术单元过程报送的数据计算出来的数值。

- b) 生产工序有多种产品,对一个单元过程确定适宜的基准流,如 1t 产品,并计算单元过程的定量输入和输出数据。
- c) 数据与功能单位关联的计算方法,将各个工序或单元过程的输入输出数据除以产品的产量,即得到单位产品(功能单位)的原辅材料消耗、能耗和环境排放。
- d) 仅当数据类型是设计等价物质并具有类似的环境影响时才允许进行数据合并。同一工序的不同生产设备,若其生产技术水平相当,输入输出种类基本相同,则可采取数据合并。

### 5.3.3 数据的分配

5.3.3.1 出现以下情况中任意一种时,不应直接得到清单计算所需的数据,应根据一定的关系对这些过程的数据进行分配:

- a) 铜冶炼生产工序中存在一个单元过程同时产出两种或多种产品,而投入的原料和能源又没有分开的情况;
- b) 输入渠道有多种,而输出只有一种的情况。

5.3.3.2 清单是建立在输入与输出物质平衡的基础上,分配关系需反映出这种输入与输出的基本关系与特性,具体分配要求如下:

- a) 应识别与其他产品系统公用的过程,并按分配程序加以处理;
- b) 单位过程中分配前与分配后的输入与输出总和应相等;
- c) 如果存在若干个可采用的分配程序,应进行敏感性分析,以说明采用其他方法与所选用方法在结果上的差别。

5.3.3.3 处理数据分配问题宜按以下程序进行。

- a) 尽量避免或减少出现分配。如:将原来收集数据时划分的单元过程再进一步分解,以便将那些与系统功能无关的单元排除在外;扩展产品系统边界,把原来排除在系统之外的一些单元包括进来。
- b) 使用能反映其物理关系的方式来进行分配。如产品的重量、数量、体积、热值等比例关系。
- c) 当物理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。

## 5.4 能耗与碳排放数据

### 5.4.1 数据统计范围

根据各类能耗、碳排放因子(化石燃料由低位发热量、碳氧化率等参数计算)计算得到。

### 5.4.2 能耗及碳排放统计范围

5.4.2.1 熔炼工序的能耗及碳排放统计范围,从炉料加入熔炼炉开始,到产出冰铜为止。统计范围包括熔炼炉及相关配套系统(风机、收尘、余热回收、循环水等)等消耗的各种能源量和碳排放量。

5.4.2.2 吹炼工序的能耗及碳排放统计范围,从冰铜开始到产出粗铜为止。统计范围包含包子吊、吹炼炉及其所有配套系统(如风机、加料机、附属设备、余热回收与收尘装置等)所消耗的能源及产生的碳排放。

5.4.2.3 火法精炼工序的能耗及碳排放统计范围,从粗铜开始到产出阳极铜为止。统计范围包括精炼炉、浇铸机及其所有配套系统(如风机、收尘、余热回收装置)所消耗的各类能源,以及由此产生的碳排放。

5.4.2.4 电解精炼工序的能耗及碳排放统计范围,从阳极板开始到产出阴极铜为止。统计范围包括电解、净液两个工序及相关配套系统(变压整流、吊车、电解专用机组、电解液循环加温系统、保温系统等)

所消耗的能源及产生的碳排放。

5.4.2.5 铜熔池熔炼全生命周期综合能耗及碳排放统计范围,从铜精矿开始到产出阴极铜为止。统计范围包括熔炼、吹炼、火法精炼、电解精炼等所有主工序,以及车间和厂区内部的直接辅助生产系统所需要的能耗及碳排放。

5.4.2.6 铜熔池熔炼辅助生产系统的能耗及碳排放,主要为生产系统直接提供服务所需的设施系统所消耗的能源,包括动力(风、油、水、气、氧)供应系统、铸渣机、锅炉、风机、收尘与烟尘处理系统、仪器仪表及环保设施等所消耗的能源及产生的碳排放。

5.4.2.7 铜熔池熔炼附属生产系统,主要为生产过程中提供服务所需的设备设施,包括原料检测、设备维修、行政管理等所消耗的能源及产生的碳排放。

5.4.2.8 余热利用装置用能计入能耗及碳排放,具体如下:

- a) 回收能源在本工序自用的,其能量和及产生的碳排放计入本工序;
- b) 回收能源外供或用于非生产用途的,其能量及产生的碳排放应从企业总能耗及碳排放中予以扣除;
- c) 回收能源转供其他工序使用的,其能量及产生的碳排放计入用能工序(含输送损耗);
- d) 企业余热统计应以统计期内实际回收并利用的能源及产生的碳排放为准(例如:余热发电量应按其产出电力的当量值计算),并确保在全厂范围内避免重复计算。

#### 5.4.3 能源管理情况

能源管理情况的审查主要包括以下内容。

- a) 企业生产和能耗:审查附录 C 中表 C.1、表 C.2 填报内容是否全面、完整;主要产品产量、能耗数据(包括主要能耗品种、实物量、折标量及企业综合能源消费量等)是否按要求填报;各种能源和耗能工质的折标系数是否符合有关标准规定等。
- b) 能耗限额标准达标:审查能耗统计范围、产品产量统计及单位产品能耗指标计算是否符合相关标准规定;审查是否将单位产品能耗指标与限额标准的 1 级、2 级、3 级进行对标等。
- c) 能源计量器具配备:主要审查表 C.3 填报是否全面完整;审查企业能源计量器具配备是否满足各类能耗计量要求;审查能源计量相关制度、能源计量网络图、能源计量器具一览表、资质证书及检定证书等资料。其中,配备要求和配备率等术语解释符合 GB 17167。
- d) 能源管理:主要审查表 C.7 填报内容是否通过认证及体系具体建设情况,能源管理规章制度是否齐全及具体执行情况,能源管控中心建设情况等。
- e) 节能措施和节能项目:主要审查表 C.4 填报内容是否完整,并核查相关支撑材料等;
- f) 能源回收利用:主要审查表 C.5、表 C.6 填报内容是否完整;核查企业各工序余热余能回收利用情况、利用潜力分析以及余热余能发电情况等。

#### 5.4.4 碳排放管理情况

铜熔池熔炼过程的碳排放核算应遵循以下步骤,其核心是依据选定的核算方法、收集到的活动数据及排放因子,并且进行逐一计算和汇总各部分排放量。

- a) 活动数据收集:收集铜熔池熔炼过程中的各种活动数据,如燃料消耗量、电力消耗量、原料投入消耗量等,活动数据应源自经过校准的计量设备(如流量计、电表、衡器等),并确保数据的可追溯性、完整性和准确性。
- b) 数据验证:对收集到的活动数据进行验证,确保其来源可靠、记录准确。
- c) 获取排放因子:优先选用企业内的实测值,其次为采用能量平衡或物料平衡等方法得到的测算值,若无以上数据,采用国家或行业主管部门发布的最新缺省值。
- d) 校准排放因子:当燃料品质、生产工艺或设备运行状况发生变化时,应及时调整排放因子,确保

碳排放核算的准确性,定期对排放因子进行校准和更新,以反映实际生产过程中的变化。

- e) 分析排放特点:对计算结果进行分析,了解铜熔池熔炼过程中各环节的碳排放特点和主要排放源,找出高排放环节,为制定减排措施提供依据,同时分析碳排放量的变化趋势,评估企业节能减排措施的效果。

## 6 铜熔池熔炼能耗核算方法

### 6.1 单位产品综合能耗的能源种类

铜冶炼过程中主要使用和涉及的能源种类有:一次能源(煤、天然气等)、二次能源(电力、柴油、汽油、生物柴油等)、生产使用的耗能工质(新水、软水、除盐水、压缩空气、氧气、氮气等)。其中,能源通过核算边界,由外界输送进入企业内部,并在核算边界内部消耗,为铜冶炼提供必需的能量,在此过程中引起相关的二氧化碳排放。企业实际消耗的能源以其低位发热量为计算基础,并折算为标准煤量(1 kgce 发热量=2.930 76×10<sup>-2</sup> GJ)。

### 6.2 单位产品综合能耗

#### 6.2.1 单位产品综合能耗计算

单位产品综合能耗按公式(1)计算:

$$e_z = \sum e_x - e_{\text{输出}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$e_z$  ——铜冶炼单位产品综合能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

$\sum e_x$  ——系统内第  $x$  道工序单位产品能耗的总和,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

$e_{\text{输出}}$  ——企业对外输出的电和热的单位产品节能量,单位为千克标准煤每吨(kgce/t)。

#### 6.2.2 系统内各工序能耗

铜熔池熔炼系统内各工序计算方法见公式(2):

$$e_x = \frac{\sum_{i=1}^n (k_{x,i} \times e_{x,i}) - E_{x,\text{HW}}}{M_z} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$e_x$  ——系统内第  $x$  道工序单位产品能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

$k_{x,i}$  ——统计报告期内第  $x$  道工序所消耗的第  $i$  类能源的折标系数;

$e_{x,i}$  ——统计报告期内第  $x$  道工序所消耗的第  $i$  类能源实物量,单位为千克标准煤(kgce);

$M_z$  ——统计报告期内合格产品(粗铜按 YS/T 70 执行、阳极铜按 YS/T 1083 执行、阴极铜按 GB/T 467 执行)的实物产量,单位为吨(t);

$E_{x,\text{HW}}$  ——统计报告期内第  $x$  道工序的二次能源回收并外供量,单位为千克标准煤(kgce),计算方法见公式(3);

$$E_{x,\text{HW}} = \sum_{i=1}^n (k_{\text{HW},i} \times e_{\text{HW},i}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$k_{\text{HW},i}$  ——统计报告期内回收的第  $i$  类二次能源实物量的折标系数;

$e_{\text{HW},i}$  ——统计报告期内回收的第  $i$  类二次能源实物量,单位为千克标准煤(kgce)。

### 6.3 二次能源计算

#### 6.3.1 光伏系统发电量

光伏系统的发电量可通过以下方法进行估算,其发电量可折算为相应的节能量。

- a) 光伏年发电量计算是当地年总辐射能、光伏方阵面积、组件转换效率和修正系数的乘积,见公式(4):

$$E_{PV,year} = I_{PV,year} \times A_{PV,year} \times \eta_{PV,year} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$E_{PV,year}$  ——年发电量,单位为千瓦时(kWh);

$I_{PV,year}$  ——光伏阵列倾斜面上的年总太阳辐射量,单位为千瓦时每平方米(kWh/m<sup>2</sup>);

$A_{PV,year}$  ——光伏板面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>);

$\eta_{PV,year}$  ——光伏系统综合效率,包括光伏组件转换效率、逆变器效率、线路损耗、灰尘遮挡、组件衰减、失配损失等所有因素的综合效率值,%。

- b) 节能量计算。光伏发电量折算的节能量按公式(5)计算:

$$M_{PV,saved} = E_{PV,year} \cdot f_{PV,coal} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$M_{PV,saved}$  ——光伏年发电折算的节能量,单位为千克标准煤(kgce);

$E_{PV,year}$  ——光伏年发电系统发电量,单位为千瓦时每年(kWh);

$f_{PV,coal}$  ——光伏发电折标煤系数,单位为千克标准煤每千瓦时(kgce/kWh)。

### 6.3.2 烟气余热回收量

铜熔池熔炼烟气余热回收的节能量包括烟气余热发电和烟气余热供热,见公式(6):

$$M_{saved,烟气} = E_{rec} \cdot f_{coal,elec} + Q_{heat} \cdot f_{coal,heat} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$M_{saved,烟气}$  ——铜熔池熔炼烟气余热回收的节能量,单位为千克标准煤(kgce);

$E_{rec}$  ——烟气余热回收发电量,单位为千瓦时每年(kWh);

$f_{coal,elec}$  ——烟气余热回收发电的折标煤系数,单位为千克标准煤每千瓦时(kgce/kWh);

$Q_{heat}$  ——统计期内烟气余热回收供热量,单位为吉焦(GJ);

$f_{coal,heat}$  ——热量折标准煤系数,单位为千克标准煤每吉焦(kgce/GJ)。

### 6.3.3 渣余热回收

#### 6.3.3.1 渣余热回收,见公式(7):

$$Q_{渣} = m_{渣} \times C_{渣} \times (T_{初始} - T_{终态}) \times \eta_{渣} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$Q_{渣}$  ——渣余热回收量,单位为 10<sup>-3</sup>吉焦每吨渣(10<sup>-3</sup> GJ/t 渣);

$m_{渣}$  ——熔渣质量,单位为吨(t);

$C_{渣}$  ——熔渣比热容,单位为 10<sup>-3</sup>吉焦耳每吨摄氏度[10<sup>-3</sup> GJ/(t·℃)];

$T_{初始}$  ——熔渣回收时的初始温度,单位为摄氏度(℃);

$T_{终态}$  ——熔渣回收结束后的温度,单位为摄氏度(℃);

$\eta_{渣}$  ——渣余热可回收的效率,%。

#### 6.3.3.2 渣余热回收节能量公式(8):

$$M_{saved,渣} = \frac{Q_{渣}}{H_{coal,渣}} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

$M_{saved,渣}$  ——渣余热回收节能量,单位为千克标准煤(kgce);

$H_{coal,渣}$  ——渣余热回收的标准煤低位发热量,单位为 10<sup>-6</sup>吉焦每千克标准煤(10<sup>-6</sup> GJ/kgce)。

## 7 铜熔池熔炼碳排放核算方法

### 7.1 铜熔池熔炼碳排放源

在所确定的系统边界内,对各类碳排放源进行识别,宜按表 1 进行识别。

表 1 主要碳排放源示意表(不限于)

核算边界		碳排放源
生产系统	备料工序	电力、热力等消耗排放
	熔炼工序(顶吹、侧吹、底吹)	燃料、电力、热力等消耗
	吹炼工序	
	火法精炼工序	电力、热力等消耗排放
	电解工序	
辅助生产系统	动力车间	燃料、电力、热力等消耗
	半成品库	
	运输	
附属生产系统	生活区	电力、热力等消耗
	行政区	

### 7.2 核算方法

#### 7.2.1 碳足迹核算方法与排放因子优先级

碳足迹核算主要分为排放因子法、物料平衡法(计算)和实测法(测量)法。碳排放因子获取优先级见表 2。

表 2 碳排放因子获取优先级

数据类型	描述	优先级
实测值	通过企业内的直接测量得到的排放因子	高
测算值	通过能量平衡或物料平衡等方法得到的排放因子	中
参考值	采用相关指南或文件中提供的排放因子	低

#### 7.2.2 排放因子法

碳排放量为活动数据与碳排放因子的乘积,见公式(9):

$$E_{\text{GHG}} = AD \times EF \times GWP \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$E_{\text{GHG}}$  ——碳排放量,单位为吨二氧化碳当量( $\text{tCO}_2\text{e}$ );

$AD$  ——碳排放活动数据,单位根据具体排放源确定;

$EF$  ——碳排放因子,单位与活动数据的单位一致;

$GWP$  ——全球增温潜势,数值可参考政府间气候变化委员会(IPCC)提供的数据。

#### 7.2.3 物料平衡法

根据质量守恒定律,用输入物料中的含碳量减去输出物料中的含碳量进行平衡计算得到二氧化碳

排放量,见公式(10):

$$E_{\text{GHG}} = [\sum(M_1 \times CC_1) - \sum(M_0 \times CC_0)] \times \omega \times GWP \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- $E_{\text{GHG}}$  —— 碳排放量,单位为吨二氧化碳当量( $\text{tCO}_2\text{e}$ );
- $M_1$  —— 输入物料的量,单位根据具体排放源确定;
- $M_0$  —— 输出物料的量,单位根据具体排放源确定;
- $CC_1$  —— 输入物料的含碳量,单位与输入物料的量单位一致;
- $CC_0$  —— 输出物料的含碳量,单位与输出物料的量单位一致;
- $\omega$  —— 碳质量转化为碳排放质量的转化系数;
- $GWP$  —— 全球增温潜势,数值可参考政府间气候变化委员会(IPCC)提供的数据。

### 7.2.4 实测法

按照相关技术文件中要求的方法实测碳排放源排放到大气中的碳排放量,汇总得到相关碳排放量。

## 7.3 碳排放总量

### 7.3.1 铜熔池熔炼碳排放核算

铜熔池熔炼的碳排放量等于边界内所有生产系统的化石燃料燃烧产生的碳排放量、工业生产过程产生的碳排放量以及企业消费的购入电力、热力产生的碳排放量之和,同时扣除输出的电力、热力所产生的碳排放量,按公式(11)计算:

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{购入电}} + E_{\text{购入热}} - E_{\text{输出电}} - E_{\text{输出热}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- $E$  —— 铜冶炼企业碳排放总量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{燃烧}}$  —— 化石燃料燃烧产生的碳排放量总和,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{过程}}$  —— 生产过程碳排放量总和,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{购入电}}$  —— 购入电力产生的碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{购入热}}$  —— 购入热力产生的碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{输出电}}$  —— 企业对外输出电力产生的碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $E_{\text{输出热}}$  —— 企业对外输出热力产生的碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计。

### 7.3.2 化石燃料燃烧排放

7.3.2.1 化石燃料燃烧导致的碳排放量是铜冶炼企业核算和报告年度内各种化石燃料(如重油、柴油、天然气等)燃烧产生的碳排放量的总和,按公式(12)计算:

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- $E_{\text{燃烧}}$  —— 化石燃料燃烧产生的碳排放量总和,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;
- $i$  —— 化石燃料类型代号;
- $AD_i$  —— 第  $i$  种化石燃料的活动数据,单位为吉焦(GJ);
- $EF_i$  —— 第  $i$  种化石燃料的二氧化碳排放因子,以吨二氧化碳每吉焦( $\text{tCO}_2/\text{GJ}$ )计。

7.3.2.2 活动数据获取方式如下。

- a) 活动数据计算。化石燃料燃烧的活动数据是核算和报告年度内各种化石燃料的消耗量与平均低位发热量的乘积,按公式(13)计算:

$$AD_i = NCV_i \times FC_i \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- $AD_i$  —— 第  $i$  种化石燃料的活动数据,单位为吉焦(GJ);

$NCV_i$  ——第  $i$  种化石燃料的平均低位发热量:对固体和液体化石燃料,以吉焦每吨(GJ/t)计;对气体化石燃料,以吉焦每万标立方米(GJ/10<sup>4</sup> Nm<sup>3</sup>)计;

$FC_i$  ——第  $i$  种化石燃料的净消耗量:对固体或液体化石燃料,单位为吨(t);对气体化石燃料,以万标立方米(10<sup>4</sup> Nm<sup>3</sup>)计。

- b) 化石燃料消耗量。根据核算和报告期内各种燃料购入量、外销量、库存变化量来确定各自的消耗量,燃料购入量、外销量采用采购单或销售单等结算凭证中的数据,库存变化量采用计量工具读数或在企业能源消费台账或统计报表中有所体现。
- c) 低位发热量。具备条件的企业可开展实测,或委托专业机构进行检测,也可采用与相关方结算凭证中提供的实测值。如采用实测值,化石燃料低位发热量检测应按照 GB/T 213、GB/T 384、GB/T 22723 等相关标准的规定进行。不具备条件的企业可选择采用本文件提供的化石燃料平均低位发热量缺省值,见附录 D 中的表 D.1。
- 7.3.2.3 排放因子数据获取方法如下。

- a) 计算公式。化石燃料燃烧的二氧化碳排放因子按公式(14)计算:

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$EF_i$  ——第  $i$  种化石燃料的二氧化碳排放因子,以吨二氧化碳每吉焦(tCO<sub>2</sub>/GJ)计;

$CC_i$  ——第  $i$  种化石燃料的单位热值含碳量,以吨碳每吉焦(tC/GJ)计;

$OF_i$  ——第  $i$  种化石燃料的碳氧化率,%;

$\frac{44}{12}$  ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

- b) 单位热值含碳量。企业可根据自身条件,选取以下方法:
- 1) 采用表 D.1 提供的化石燃料单位热值含碳量的缺省值;
  - 2) 具备条件的企业可对单位热值含碳量开展实测,或委托专业机构进行检测;
  - 3) 采用与相关方结算凭证中提供的实测值。
- c) 碳氧化率。企业参考表 D.1 提供的化石燃料碳氧化率的缺省值。

### 7.3.3 过程排放

#### 7.3.3.1 过程计算

铜冶炼企业生产过程碳排放量计算方式如下。

- a) 铜冶炼企业生产过程碳排放量包括企业消耗的各种碳酸盐发生化学反应导致的碳排放量之和,以及能源类原料的碳排放量,按公式(15)计算:

$$E_{\text{过程}} = E_{\text{碳酸盐}} + E_{\text{原料}} \dots\dots\dots(15)$$

式中:

$E_{\text{过程}}$  ——生产过程碳排放量总和,以吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>)计;

$E_{\text{碳酸盐}}$  ——碳酸盐产生的碳排放量总和,以吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>)计;

$E_{\text{原料}}$  ——能源类原料的碳排放量总和,以吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>)计。

- b) 企业消耗的各种碳酸盐发生化学反应导致的碳排放量之和,按公式(16)计算:

$$E_{\text{碳酸盐}} = \sum (AD_{\text{碳酸盐},i} \times EF_{\text{碳酸盐},i} \times PUR_{\text{碳酸盐},i}) \dots\dots\dots(16)$$

式中:

$E_{\text{碳酸盐}}$  ——碳酸盐产生的碳排放量总和,以吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>)计;

$AD_{\text{碳酸盐},i}$  ——第  $i$  种碳酸盐的消耗量,单位为吨(t);

$EF_{\text{碳酸盐},i}$  ——第  $i$  种碳酸盐发生化学反应的二氧化碳排放因子,以吨二氧化碳每吨碳酸盐(tCO<sub>2</sub>/t 碳酸盐)计;

$PUR_{\text{碳酸盐},i}$ ——第  $i$  种碳酸盐的纯度, %。

c) 能源类原料的碳排放量按公式(17)计算:

$$E_{\text{原料}} = AD_{\text{原料}} \times EF_{\text{原料}} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

$E_{\text{原料}}$  ——能源类原料的碳排放量总和,以吨二氧化碳( $tCO_2$ )计;

$AD_{\text{原料}}$  ——活动数据,即能源类原料的消耗量:对于固体或液体能源,单位为吨(t),对于气体能源,以万标立方米( $10^4 Nm^3$ )计;

$EF_{\text{原料}}$  ——能源类原料的二氧化碳排放因子:对于固体或液体能源,以吨二氧化碳每吨( $tCO_2/t$ )计,对于气体能源,以吨二氧化碳每万标立方米( $tCO_2/10^4 Nm^3$ )计。

### 7.3.3.2 活动数据获取

所需的活动数据是核算和报告年度内纯碱、碳酸钙等碳酸盐的消耗量以及能源类原料的消耗量,数据来源可采用铜冶炼企业的计量数据,也可采用物料消费台账或统计报表。

### 7.3.3.3 排放因子数据获取

碳酸盐发生化学反应的二氧化碳排放因子采用表 D.2 所提供的缺省值。

### 7.3.4 购入和输出的电力、热力产生的排放

#### 7.3.4.1 计算公式

铜冶炼企业购入和输出的电力、热力产生的碳排放量计算方式如下。

a) 铜冶炼企业消费的购入电力所产生的二氧化碳排放量按公式(18)计算:

$$E_{\text{购入电}} = AD_{\text{购入电}} \times EF_{\text{电力}} \dots\dots\dots(18)$$

式中:

$E_{\text{购入电}}$  ——购入的电力所对应产生的二氧化碳排放量,以吨二氧化碳( $tCO_2$ )计;

$AD_{\text{购入电}}$  ——购入的电量,统计报告期内购入的电力主要指电网输入铜冶炼企业内使用的电量,单位为  $10^3$  千瓦时( $10^3 kWh$ );

$EF_{\text{电力}}$  ——电力排放因子,单位为吨二氧化碳每  $10^3$  千瓦时( $tCO_2/10^3 kWh$ )。

b) 铜冶炼企业消费的购入热力所产生的二氧化碳排放量按公式(19)计算:

$$E_{\text{购入热}} = AD_{\text{购入热}} \times EF_{\text{热力}} \dots\dots\dots(19)$$

式中:

$E_{\text{购入热}}$  ——购入的热力所对应产生的二氧化碳排放量,以吨二氧化碳( $tCO_2$ )计;

$AD_{\text{购入热}}$  ——购入的热量,统计报告期内购入的热力主要指企业外部输入铜冶炼企业内使用的热量,单位为吉焦(GJ);

$EF_{\text{热力}}$  ——热力排放因子,以吨二氧化碳每吉焦( $tCO_2/GJ$ )计。

c) 铜冶炼企业输出的电力所产生的二氧化碳排放量按公式(20)计算:

$$E_{\text{输出电}} = AD_{\text{输出电}} \times EF_{\text{电力}} \dots\dots\dots(20)$$

式中:

$E_{\text{输出电}}$  ——企业对外输出的电力所对应产生的二氧化碳排放量,以吨二氧化碳( $tCO_2$ )计;

$AD_{\text{输出电}}$  ——输出的电量,统计报告期内输出的电力包括企业内渣余热回收量、烟气余热回收量和光伏系统等产生的电量,单位  $10^3$  千瓦时( $10^3 kWh$ );

$EF_{\text{电力}}$  ——电力排放因子,以吨二氧化碳每  $10^3$  千瓦时( $tCO_2/10^3 kWh$ )计。

d) 铜冶炼企业输出的热力所产生的二氧化碳排放量按公式(21)计算:

$$E_{\text{输出热}} = AD_{\text{输出热}} \times EF_{\text{热力}} \dots\dots\dots(21)$$

式中：

- $E_{\text{输出热}}$  ——企业对外输出的热力所对应产生的二氧化碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;  
 $AD_{\text{输出热}}$  ——输出的热量,统计报告期内输出的热力包括企业内渣余热回收量和烟气余热回收量等产生的热量,单位为吉焦(GJ);  
 $EF_{\text{热力}}$  ——热力排放因子,以吨二氧化碳每吉焦( $\text{tCO}_2/\text{GJ}$ )计。

#### 7.3.4.2 活动数据获取

企业购入和输出电量数据应以结算电表为准;如果没有,可采用供应商提供的电费发票或者结算单等结算凭证中的数据。企业购入和输出热力数据应以结算热力表或计量表为准;如果没有,可采用供应商提供的供热量发票或者结算单等结算凭证中的数据。非热量单位可分别按如下方法换算为热量单位。

- a) 以质量单位计量的热水按公式(22)转换为热量单位:

$$AD_{\text{热水}} = Ma_w \times (T_w - 20) \times 4.1868 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(22)$$

式中：

- $AD_{\text{热水}}$  ——热水的热量,单位为吉焦(GJ);  
 $Ma_w$  ——热水的质量,单位为吨(t);  
 $T_w$  ——热水温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );  
4.1868 ——水在常温常压下的比热,单位为  $10^{-6}$  吉焦每千克摄氏度 [ $10^{-6} \text{ GJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ]。

- b) 以质量单位计量的蒸汽按公式(23)转换为热量单位:

$$AD_{\text{蒸汽}} = Ma_{\text{st}} \times (En_{\text{st}} - 83.74) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中：

- $AD_{\text{蒸汽}}$  ——蒸汽的热量,单位为吉焦(GJ);  
 $Ma_{\text{st}}$  ——蒸汽的质量,单位为吨(t);  
 $En_{\text{st}}$  ——蒸汽所对应的温度压力下每千克蒸汽的热焓,单位为  $10^{-6}$  吉焦每千克 ( $10^{-6} \text{ GJ}/\text{kg}$ ), 饱和蒸汽和过热蒸汽的热焓可分别查阅表 D.3 和表 D.4, 表中未列明的温度、压力状态下的蒸汽热焓可参考邻近温度、压力下的蒸汽热焓采用内插法计算;  
83.74 ——给水温度为  $20^{\circ}\text{C}$  时热水的焓值,单位为  $10^{-6}$  吉焦每千克 ( $10^{-6} \text{ GJ}/\text{kg}$ )。

#### 7.3.4.3 排放因子数据获取

电力与热力排放因子缺省值见表 D.2。报告主体在核算外购电力产生的碳排放时,应遵循以下规则:

- 对于消费的自发自用非化石能源电力和通过市场化交易购入的非化石能源电力,其排放因子取值为 0;
- 对于消费的其他外购电力,应采用生态环境部最新发布的全国电力平均二氧化碳排放因子;
- 热力排放因子应优先采用供热单位提供的实测值;如无法获取,其排放因子缺省值按  $0.11 \text{ tCO}_2/\text{GJ}$  计算。

#### 7.4 单位产品碳排放计算方法

单位产品综合碳排放按公式(24)计算:

$$C_{\text{unit}} = \frac{C_{\text{total}}}{O} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i \times F_i)}{O} \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中：

- $C_{\text{unit}}$  ——铜冶炼企业单位产品综合碳排放,以吨二氧化碳/吨产品( $\text{tCO}_2/\text{tCu}$ )计;

$C_{\text{total}}$  ——铜冶炼企业产品综合碳排放量,以吨二氧化碳( $\text{tCO}_2$ )计;

$O$  ——铜冶炼企业产品产量,以吨( $\text{t}$ )计;

$E_i$  ——第  $i$  种能源的实物消耗量,以吨( $\text{t}$ )计;

$F_i$  ——第  $i$  种能源的碳排放因子,以吨二氧化碳/吨产品( $\text{tCO}_2/\text{tCu}$ )计。

## 8 核算验证和限额等级

### 8.1 单位产品能耗限额等级

铜精矿冶炼工艺铜冶炼单位产品能耗限额等级见表 3,其中 1 级能耗最低。

表 3 铜精矿冶炼工艺铜冶炼单位产品能耗限额等级

单位:千克标煤每吨产品

指标	能耗限额等级		
	1 级	2 级	3 级
铜冶炼单位产品综合能耗(铜精矿-阴极铜)	$\leq 210$	$\leq 230$	$\leq 340$
粗铜工艺单位产品综合能耗(铜精矿-粗铜)	$\leq 100$	$\leq 125$	$\leq 175$
阳极铜工艺单位产品综合能耗(铜精矿-阳极铜)	$\leq 125$	$\leq 140$	$\leq 235$
铜电解工序单位产品综合能耗(阳极铜-阴极铜)	$\leq 70$	$\leq 85$	$\leq 110$
铜熔池熔炼全生命周期单位产品综合能耗	$\leq 245$	$\leq 265$	$\leq 370$

### 8.2 单位产品碳排放限额等级

铜精矿冶炼工艺铜冶炼单位产品碳排放限额等级见表 4,其中 1 级能耗最低。

表 4 铜精矿冶炼工艺铜冶炼单位产品碳排放限额等级

单位:千克二氧化碳每吨产品

指标	碳排放限额等级		
	1 级	2 级	3 级
铜冶炼单位产品综合碳排放(铜精矿-阴极铜)	$\leq 520$	$\leq 565$	$\leq 835$
粗铜工艺单位产品综合碳排放(铜精矿-粗铜)	$\leq 245$	$\leq 310$	$\leq 430$
阳极铜工艺单位产品综合碳排放(铜精矿-阳极铜)	$\leq 310$	$\leq 345$	$\leq 580$
铜电解工序单位产品综合碳排放(阳极铜-阴极铜)	$\leq 170$	$\leq 210$	$\leq 270$
铜熔池熔炼全生命周期单位产品综合碳排放	$\leq 600$	$\leq 645$	$\leq 905$

## 9 编制与审核能耗和碳排放报告

### 9.1 编制报告

按照相关标准和规范,编制铜熔池熔炼过程的能耗及碳排放报告。报告应包括企业基本信息、核算边界、核算方法、活动数据、排放因子、能耗及碳排放量计算过程及结果等内容,确保报告的完整性和透明度。

### 9.2 能耗和碳排放审核

9.2.1 企业内部应建立能耗及碳排放数据审核机制,对报告内容进行严格审核,确保数据的真实性和

准确性。审核过程中,应重点关注数据来源、计算方法和结果的合理性,发现问题及时纠正。

#### 9.2.2 数据核算与一致性验证:

- a) 核算方法合规性:检查企业是否按照相关标准规定的核算方法进行能耗及碳排放的核算;
- b) 数据一致性:核实能耗及碳排放统计报表间的数据勾稽关系是否一致。

#### 9.2.3 实际生产数据对比验证:

- a) 同行业对比:收集同行业类似规模、工艺的铜熔池熔炼企业的能耗及碳排放数据,与本企业进行对比分析;
- b) 历史数据对比:对比本企业不同时期的铜熔池熔炼能耗及碳排放数据,分析其变化趋势。

#### 9.2.4 能耗及碳排放指标达标情况验证:

- a) 单位产品能耗计算:根据 GB 25323 规定,计算企业铜熔池熔炼过程的单位产品能耗指标,将企业单位产品能耗指标实际值与单位产品能耗限额标准进行比较,核查其达标情况;
- b) 单位产品碳排放计算:根据碳排放因子法计算企业铜熔池熔炼过程的单位产品碳排放量,将企业单位产品碳排放实际值与单位产品碳排放限额标准进行比较,核查其达标情况。

### 9.3 第三方核查

邀请具备相应资质和专业能力的第三方机构,对企业的能耗与碳排放报告进行核查。核查方应遵循规定的程序和方法,独立、客观地审验相关数据及报告,并出具核查报告,以验证企业能耗与碳排放核算结果的准确性和可靠性。

附录 A

(资料性)

铜熔池熔炼全生命周期能耗、碳排放核算边界示意图

铜熔池熔炼全生命周期能耗、碳排放核算边界见图 A.1。

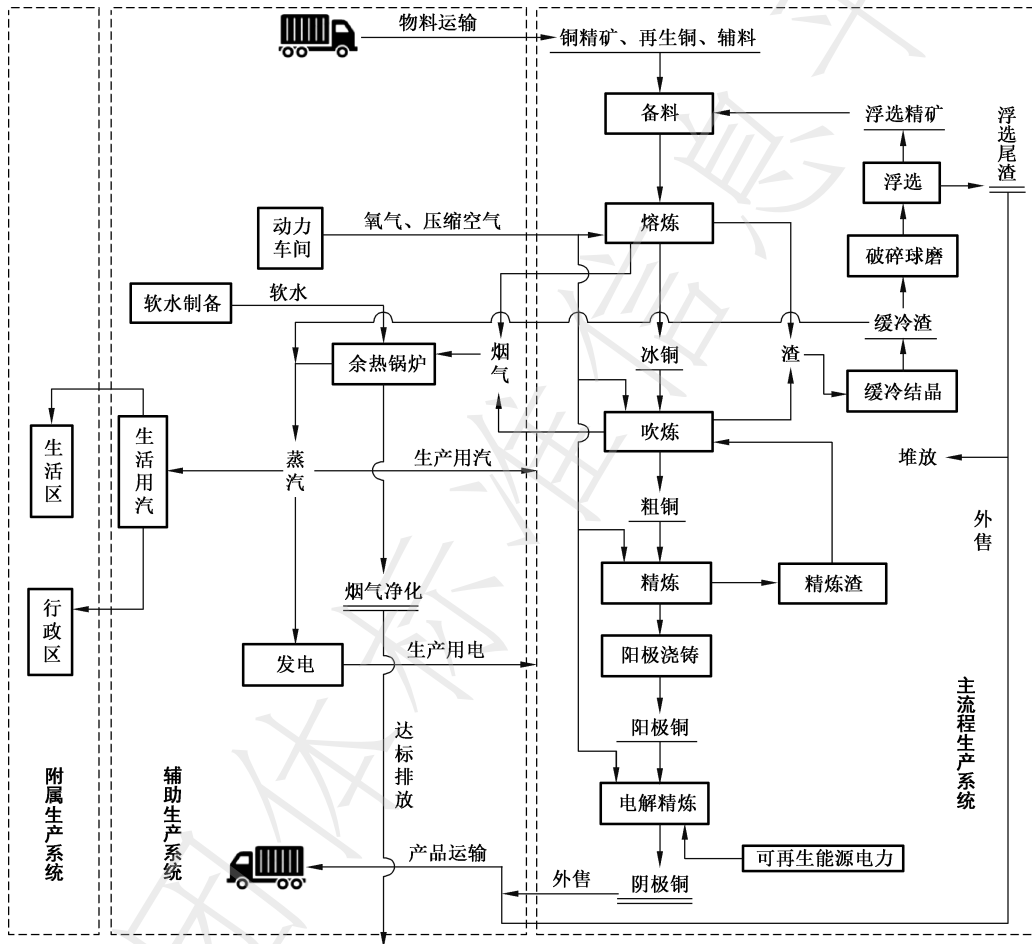


图 A.1 铜熔池熔炼全生命周期能耗、碳排放核算边界示意图

**附录 B**  
(资料性)  
**数据收集表示例**

现场数据收集表示例见表 B.1,背景数据收集表示例见表 B.2。

**表 B.1 现场数据收集表示例**

数据时间：			
单元过程及其统计口径描述：			
能量输入	单位	数量	来源
电	kWh		外购
低压蒸汽	t		自产
.....	.....	.....	...
物料输入	单位	数量	来源
铜精矿	t		外购
辅料	t		外购
.....	.....	.....	.....
产品输出	单位	数量	用途
阴极铜	t		外售
.....	.....	.....	.....
能量输出	单位	数量	用途
电	kWh		工序自用
蒸汽	m <sup>3</sup>		自用发电
.....	.....	.....	.....
副产品和固体废弃物输出	单位	数量	去向
浮选尾渣	t		堆放或外售
.....	.....	.....	.....
大气排放物	单位	数量	来源
SO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup>		实测
.....	.....	.....	.....
水体排放物	单位	数量	来源
废水排放量			实测
.....	.....	.....	.....
备注：			

表 B.2 背景数据收集表示例

环境负荷清单分析	单元过程	铜精矿运输	辅料运输	煤炭运输	……
	功能单位	1 kg 铜矿石	1 kg 辅料	1 kg 煤炭	……
总能耗	MJ				
铜精矿消耗	kg				
水消耗	kg				
颗粒物	g				
二氧化硫	g				
PM10	g				
……	……				
数据描述 (数据来源、数据时间、数据边界等)					

**附 录 C**  
(规范性)  
**能源管理情况审查表**

审查能源管理情况时应对照表 C.1~表 C.7 执行。

**表 C.1 企业基本信息表**

核查年度：

企业名称(盖章)		成立时间	
注册地址		邮编	
法人代表			
联系人及联系电话		E-mail	
经济类型	<input type="checkbox"/> 国有 <input type="checkbox"/> 集体 <input type="checkbox"/> 民营 <input type="checkbox"/> 外商独资 <input type="checkbox"/> 中外合资 <input type="checkbox"/> 港澳台投资		
企业形式	<input type="checkbox"/> 有限责任 <input type="checkbox"/> 股份有限 <input type="checkbox"/> 股份合作制 <input type="checkbox"/> 个人独资		
股权结构			
是否上市公司	<input type="checkbox"/> A股 <input type="checkbox"/> B股 <input type="checkbox"/> H股 <input type="checkbox"/> 其他		
是否通过相关认证	<input type="checkbox"/> 质量管理体系 <input type="checkbox"/> 环境管理体系 <input type="checkbox"/> 职业健康安全管理体系 <input type="checkbox"/> 其他	银行信用等级	
是否为中国有色金属工业协会会员	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
人员情况	全体员工_____人,其中从事生产_____人,管理_____人,技术_____人。		
目前粗铜或阳极铜、阴极铜生产能力(万吨/年)			
年粗铜或阳极铜、阴极铜实际产量(万吨)			
年销售收入(万元)			
年利润(万元)			
年企业上缴税金总额(万元)			
年企业资产总额(万元)			
年企业净资产(万元)			
用地总面积(公顷)			

填报人：                      部门负责人：                      单位负责人：                      填报日期：                      年    月    日

表 C.2 铜冶炼生产工艺及装备基本情况表

企业名称(盖章):

核查年度:

序号	产品名称	主体生产工艺装备	生产能力 万吨	总投资 万元	开工时间	投产时间	原料来源(万吨)		备注
							国内	国外	
1	粗铜								
2	阳极铜								
3	阴极铜								

填报人: 部门负责人: 单位负责人: 填报日期: 年 月 日

注 1: 按工艺流程填报主体设备规格、型号和数量。

注 2: 原料来源包括铜精矿以及含铜二次资源。含铜二次资源是指金属铜、铜合金及含铜产品等在生产、使用和加工过程中以及含铜产品在使用淘汰后产生的含铜资源。主要包括铜、铜合金及其他金属冶炼过程中产生的含铜渣、氧化皮、含铜泥、含铜烟尘等,铜及铜合金产品在使用加工时产生的切屑丝带、刨花、边角废料等,淘汰使用后的含铜电子废料、催化剂、金属零部件及制品,包括各种废旧铜线、棒材、管材、板材、印刷线路板、弹壳、铜制零配件等。

表 C.3 铜冶炼企业能源计量器具配备情况表

企业名称(盖章):

核查年度:

等级	序号	能源种类	计量器具类别	运行状态	安装使用地点	是否在检定周期内	备注
进出用能单位	1						
小计		应配数量/台	实配数量/台	配备率/%	完好率/%	检定率/%	
等级	序号	能源种类	计量器具类别	运行状态	安装使用地点	是否在检定周期内	备注
进出主要次级用能单位	1						
小计		应配数量/台	实配数量/台	配备率/%	完好率/%	检定率/%	
主要用能设备	1						
小计		应配数量/台	实配数量/台	配备率/%	完好率/%		
项目	要求					是或否	
能源计量制度	是否建立能源计量管理体系,并形成文件						
能源计量人员	是否有专人负责能源计量器具的管理						
	是否有专人负责主要次级用能单位和主要用能设备能源计量器具的管理						

表 C.3 铜冶炼企业能源计量器具配备情况表 (续)

企业名称(盖章):

核查年度:

等级	序号	能源种类	计量器具类别	运行状态	安装使用地点	是否在检定周期内	备注
能源计量器具	是否有完整的能源计量器具一览表						
	是否建立符合规定的能源计量器具档案						
能源计量数据	是否建立能源统计报表制度						
	是否有用于能源计量数据记录的标准表格样式						
	是否利用计算机和网络技术建立了能源计量数据中心						

填报人: 填报负责人: 单位负责人: 填报日期: 年 月 日

注 1: 主要次级用能单位、主要用能设备依据 GB 17167 中有关主要次级用能单位、主要用能设备能耗(或功率)限定值进行判定。

注 2: 计量器具类别: 衡器、电能表、油流量表(装置)、气体流量表(装置)、水流量表(装置)等。

注 3: 运行状态: 正常、维护、停用。

注 4: 能源种类: 包括煤炭、原油、天然气、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或通过加工、转换而取得有用能的各种资源。

注 5: 填报单位应详细注明计量器具安装使用地点。

注 6: 能源计量器具管理依据 GB 17167 的要求。

表 C.4 铜冶炼企业节能技改项目情况表

企业名称(盖章):

核查年度:

序号	主要节能措施、节能技术改造项目	实施时间	总投资/万元	节能效果/(吨标准煤/年)
1				
2				
3				
4				
.....				

填报人: 填报负责人: 单位负责人: 填报日期: 年 月 日

表 C.5 余热余能利用情况表

企业名称(盖章):

核查年度:

工序名称	余热余压 余能资源	是否利用	主要利用 途径	主要参数		回收使用量		
				温度 ℃	压力 kPa	小时 回收量	年回收量	年回收折 标煤量
.....								

填报人: 填报负责人: 填报日期: 年 月 日

注 1: 工序名称指铜熔炼、吹炼、火法精炼、电解精炼等。

注 2: 余热余压资源指铜冶炼过程熔炼炉余热、熔渣余热、锅炉排烟、空压机余热、循环冷却水等资源。

注 3: 主要利用途径: 回收蒸汽、回收热水、生产使用、发电、燃料燃烧、预热、采暖等。

注 4: 回收使用量: 按照不同回收的能源介质填写小时回收量、年回收量和年回收折标煤量, 并写明单位(如吨/小时, 立方米/小时, 万吨/年, 万立方米/年, 吨标准煤/年)。

注 5: 主要参数: 填写回收的能源介质温度和压力等主要参数。

表 C.6 余热余能自发电情况表

企业名称(盖章):

统计年度:

指标 工序名称	运行指标		发电机组运行指标					
	设备规格	产品产量 万 t	机组类型	机组参数	单机容量 kW	台数 台	运行时间 h	发电量 万千瓦
.....								
企业总体用电指标								
外购电量/万 kWh			外调电量/万 kWh					
自耗电量总计/万 kWh			余热余压余能自发电量总计/万 kWh					
余热余压余能自发电总装机容量/MW			余热余压余能自发电率/%					
填表说明	1. 设备规格:填写熔炼炉、转炉等主工艺设备规格; 2. 工序名称:填写铜熔炼、吹炼、火法精炼、电解精炼等; 3. 机组参数:填写高温超高压、高温高压、中温中压、低压饱和等; 4. 单机容量:容量大小不一致的,每 1 台设备填写一行; 5. 外调电量:铜冶炼企业转卖给其他用能企业的电量。							

填报人:

填报负责人:

填报日期: 年 月 日

表 C.7 能源管理体系、能源管控中心建设情况表

企业名称(盖章):

统计年度:

一、能源管理体系				
是否建立	建立时间	是否通过认证(适用时)	通过认证时间(适用时)	认证机构(适用时)
二、能源管控中心(适用时)				
是否建立	建立时间	资金投入		
功能介绍				
运行情况				

填报人:

填报负责人:

填报日期: 年 月 日

**附录 D**  
(资料性)  
相关参数缺省值

相关参数缺省值见表 D.1~表 D.4。

**表 D.1 常用化石燃料相关参数的缺省值**

燃料品种		单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	单位热值含碳量 tC/GJ	燃料碳氧化率 %
固体燃料	无烟煤	t	26.700 <sup>c</sup>	27.400 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	94 <sup>b</sup>
	烟煤	t	19.570 <sup>d</sup>	26.100 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	93 <sup>b</sup>
	褐煤	t	11.900 <sup>c</sup>	28.000 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	96 <sup>b</sup>
	洗精煤	t	26.334 <sup>a</sup>	25.410 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	90 <sup>b</sup>
	其他洗煤	t	12.545 <sup>a</sup>	25.410 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	90 <sup>b</sup>
	型煤	t	17.460 <sup>d</sup>	33.600 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	90 <sup>b</sup>
	其他煤制品	t	17.460 <sup>d</sup>	33.600 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	焦炭	t	28.435 <sup>a</sup>	29.500 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	93 <sup>b</sup>
	石油焦	t	32.500 <sup>c</sup>	27.500 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
液体燃料	原油	t	41.816 <sup>a</sup>	20.100 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	燃料油	t	41.816 <sup>a</sup>	21.100 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	汽油	t	43.070 <sup>a</sup>	18.900 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	柴油	t	42.652 <sup>a</sup>	20.200 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	一般煤油	t	43.070 <sup>a</sup>	19.600 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	液化天然气	t	51.498 <sup>e</sup>	15.300 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	液化石油气	t	50.179 <sup>a</sup>	17.200 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	石脑油	t	44.500 <sup>c</sup>	20.000 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	焦油	t	33.453 <sup>a</sup>	22.000 <sup>c</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	粗苯	t	41.816 <sup>a</sup>	22.700 <sup>d</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
	其他石制品	t	41.031 <sup>d</sup>	20.000 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	98 <sup>b</sup>
气体燃料	天然气	10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	389.310 <sup>a</sup>	15.300 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>
	高炉煤气	10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	33.004 <sup>d</sup>	70.800 <sup>c</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>
	转炉煤气	10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	84.000 <sup>d</sup>	49.600 <sup>d</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>
	焦炉煤气	10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	179.810 <sup>a</sup>	13.580 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>
	炼厂干气	t	45.998 <sup>a</sup>	18.200 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>
	其他煤气	10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	52.270 <sup>a</sup>	12.200 <sup>b</sup> × 10 <sup>-3</sup>	99 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2021》(统计年鉴有更新时,使用其最新数值)。  
<sup>b</sup> 数据取值来源为《省级温室气体清单编制指南(试行)》。  
<sup>c</sup> 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》及《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 修订版》。  
<sup>d</sup> 数据取值来源为《2005 中国温室气体清单研究》中的有色金属工业数据。  
<sup>e</sup> 数据取值来源为 GB/T 2589。

表 D.2 常过程排放因子缺省值

名称	单位	二氧化碳排放因子
碳酸钙	tCO <sub>2</sub> /t	0.440 <sup>a</sup>
碳酸钠	tCO <sub>2</sub> /t	0.415 <sup>a</sup>
电极糊	tCO <sub>2</sub> /t	3.663 <sup>b</sup>
全国电力平均二氧化碳排放因子	tCO <sub>2</sub> /kWh	0.537 <sup>c</sup> × 10 <sup>-3</sup>
热力排放因子	tCO <sub>2</sub> /GJ	0.110 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> 碳酸盐排放因子为二氧化碳与碳酸盐的分子量之比。

<sup>b</sup> 数据取值来源为 GB/T 32151.5。

<sup>c</sup> 数据来源为生态环境部、国家统计局 2022 年全国电力平均二氧化碳排放因子,当国家相关部门公布更新的电力排放因子数据时,可以选取最新数据。

<sup>d</sup> 数据来源于国家发展和改革委员会(NDRC)发布的《公共建筑运营单位(企业)碳排放核算方法和报告指南(试行)》,当国家相关部门公布更新的热力排放因子数据时,可以选取最新数据。

表 D.3 饱和蒸汽焓值表

压力/MPa	温度/°C	焓/(kJ/kg)	压力/MPa	温度/°C	焓/(kJ/kg)
0.001	6.980	2 513.800	0.200	120.230	2 706.900
0.002	17.510	2 533.200	0.250	127.430	2 717.200
0.003	24.100	2 545.200	0.300	133.540	2 725.500
0.004	28.980	2 554.100	0.350	138.880	2 732.500
0.005	32.900	2 561.200	0.400	143.620	2 738.500
0.006	36.180	2 567.100	0.450	147.920	2 743.800
0.007	39.020	2 572.200	0.500	151.850	2 748.500
0.008	41.530	2 576.700	0.600	158.840	2 756.400
0.009	43.790	2 580.800	0.700	164.960	2 762.900
0.010	45.830	2 584.400	0.800	170.420	2 768.400
0.015	54.000	2 598.900	0.900	175.360	2 773.000
0.020	60.090	2 609.600	1.000	179.880	2 777.000
0.025	64.990	2 618.100	1.100	184.060	2 780.400
0.030	69.120	2 625.300	1.200	187.960	2 783.400
0.040	75.890	2 636.800	1.300	191.600	2 786.000
0.050	81.350	2 645.000	1.400	195.040	2 788.400
0.060	85.950	2 653.600	1.500	198.280	2 790.400
0.070	89.960	2 660.200	1.600	201.370	2 792.200
0.080	93.510	2 666.000	1.700	204.300	2 793.800
0.090	96.710	2 671.100	1.800	207.100	2 795.100
0.100	99.630	2 675.700	1.900	209.790	2 796.400
0.120	104.810	2 683.800	2.000	212.370	2 797.400
0.140	109.320	2 690.800	2.200	217.240	2 799.100
0.160	113.320	2 696.800	2.400	221.780	2 800.400
0.180	116.930	2 702.100	2.600	226.030	2 801.200

表 D.3 饱和蒸汽焓值表 (续)

压力/MPa	温度/℃	焓/(kJ/kg)	压力/MPa	温度/℃	焓/(kJ/kg)
2.800	230.040	2 801.700	12.000	324.640	2 684.800
3.000	233.840	2 801.900	13.000	330.810	2 662.400
3.500	242.540	2 801.300	14.000	336.630	2 638.300
4.000	250.330	2 799.400	15.000	342.120	2 611.600
5.000	263.920	2 792.800	16.000	347.320	2 582.700
6.000	275.560	2 783.300	17.000	352.260	2 550.800
7.000	285.800	2 771.400	18.000	356.960	2 514.400
8.000	294.980	2 757.500	19.000	361.440	2 470.100
9.000	303.310	2 741.800	20.000	365.710	2 413.900
10.000	310.960	2 724.400	21.000	369.790	2 340.200
11.000	318.040	2 705.400	22.000	373.680	2 192.500

表 D.4 过热蒸汽焓值表

单位:  $10^{-6}$  GJ/kg

温度 ℃	压力											
	0.01 MPa	0.10 MPa	0.50 MPa	1.00 MPa	3.00 MPa	5.00 MPa	7.00 MPa	10.00 MPa	14.00 MPa	20.00 MPa	25.00 MPa	30.00 MPa
0.00	0.00	0.10	0.50	1.00	3.00	5.00	7.10	10.10	14.10	20.10	25.10	30.00
10.00	42.00	42.10	42.50	43.00	44.90	46.90	48.80	51.70	55.60	61.30	66.10	70.80
20.00	83.90	84.00	84.30	84.80	86.70	88.60	90.40	93.20	97.00	102.50	107.10	111.70
40.00	167.40	167.50	167.90	168.30	170.10	171.90	173.60	176.30	179.80	185.10	189.40	193.80
60.00	2 611.30	251.20	251.20	251.90	253.60	255.30	256.90	259.40	262.80	267.80	272.00	276.10
80.00	2 649.30	335.00	335.30	335.70	337.30	338.80	340.40	342.80	346.00	350.80	354.80	358.70
100.00	2 687.30	2 676.50	419.40	419.70	421.20	422.70	424.20	426.50	429.50	434.00	437.80	441.60
120.00	2 725.40	2 716.80	503.90	504.30	505.70	507.10	508.50	510.60	513.50	517.70	521.30	524.90
140.00	2 763.60	2 756.60	589.20	589.50	590.80	592.10	593.40	595.40	598.00	602.00	605.40	603.10
160.00	2 802.00	2 796.20	2 767.30	675.70	676.90	678.00	679.20	681.00	683.40	687.10	690.20	693.30
180.00	2 840.60	2 835.70	2 812.10	2 777.30	764.10	765.20	766.20	767.80	769.90	773.10	775.90	778.70
200.00	2 879.30	2 875.20	2 855.50	2 827.50	853.00	853.80	854.63	855.90	857.70	860.49	862.80	856.20
220.00	2 918.30	2 914.70	2 898.00	2 874.90	943.90	944.40	945.00	946.00	947.20	944.30	951.20	953.10
240.00	2 957.40	2 954.30	2 939.90	2 920.50	2 823.00	1 037.80	1 038.00	1 038.40	1 039.10	1 040.30	1 041.50	1 024.80
260.00	2 996.80	2 294.10	2 981.50	2 964.80	2 885.50	1 135.00	1 134.70	1 134.30	1 134.10	1 134.00	1 134.30	1 134.80
280.00	3 036.50	3 034.00	3 022.90	3 008.30	2 941.80	2 857.00	1 236.70	1 235.20	1 233.50	1 231.60	1 230.50	1 229.90
300.00	3 076.30	3 074.10	3 064.20	3 051.30	2 994.20	2 925.40	2 839.20	1 343.70	1 339.50	1 334.60	1 331.50	1 329.00
350.00	3 177.00	3 175.30	3 167.60	3 157.70	3 115.70	3 069.20	3 017.00	2 924.20	2 753.50	1 648.40	1 626.40	1 611.30
400.00	3 279.40	3 278.00	3 217.80	3 264.00	3 231.60	3 196.90	3 159.70	3 098.50	3 004.00	2 820.10	2 583.20	2 159.10
420.00	3 320.96	3 319.68	3 313.80	3 306.60	3 276.90	3 245.40	3 211.02	3 155.98	3 072.72	2 917.02	2 730.76	2 424.70
440.00	3 362.52	3 361.36	3 355.90	3 349.30	3 321.90	3 293.20	3 262.34	3 213.46	3 141.44	3 013.94	2 878.32	2 690.30

表 D.4 过热蒸汽焓值表 (续)

单位:  $10^{-6}$  GJ/kg

温度 ℃	压力											
	0.01 MPa	0.10 MPa	0.50 MPa	1.00 MPa	3.00 MPa	5.00 MPa	7.00 MPa	10.00 MPa	14.00 MPa	20.00 MPa	25.00 MPa	30.00 MPa
450.00	3 383.30	3 382.20	3 377.10	3 370.70	3 344.40	3 316.80	3 288.00	3 242.20	3 175.80	3 062.40	2 952.10	2 823.10
460.00	3 404.42	3 403.34	3 398.30	3 392.10	3 366.80	3 340.40	3 312.44	3 268.58	3 205.24	3 097.96	2 994.68	2 875.26
480.00	3 446.66	3 445.62	3 440.90	3 435.10	3 411.60	3 387.20	3 361.32	3 321.34	3 264.12	3 169.08	3 079.84	2 979.58
500.00	3 488.90	3 487.90	3 483.70	3 478.30	3 456.40	3 433.80	3 410.20	3 374.10	3 323.00	3 240.20	3 165.00	3 083.90
520.00	3 531.82	3 530.90	3 526.90	3 521.86	3 501.28	3 480.12	3 458.60	3 425.10	3 378.40	3 303.70	3 237.00	3 166.10
540.00	3 574.74	3 573.90	3 570.10	3 565.42	3 546.16	3 526.44	3 506.40	3 475.40	3 432.50	3 364.60	3 304.70	3 241.70
550.00	3 593.20	3 595.40	3 591.70	3 587.20	3 568.60	3 549.60	3 530.20	3 500.40	3 459.20	3 394.30	3 337.30	3 277.70
560.00	3 618.00	3 617.22	3 613.64	3 609.24	3 591.18	3 572.76	3 554.10	3 525.40	3 485.80	3 423.60	3 369.20	3 312.60
580.00	3 661.60	3 660.86	3 657.52	3 653.32	3 636.34	3 619.08	3 601.60	3 574.90	3 538.20	3 480.90	3 431.20	3 379.80
600.00	3 705.20	3 704.50	3 701.40	3 697.40	3 681.50	3 665.40	3 649.00	3 624.00	3 589.80	3 536.90	3 491.20	3 444.20

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 2589 综合能耗计算通则
- [2] GB/T 4754 国民经济行业分类
- [3] GB/T 24040 环境管理生命周期评价原则与框架
- [4] GB/T 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [5] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [6] GB/T 32151.42 温室气体排放核算与报告要求 第42部分:铜冶炼企业
- [7] GB/T 32151.5 温室气体排放核算与报告要求 第5部分:钢铁生产企业
- [8] GB 36886 非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法
- [9] 国家发展和改革委员会办公厅关于印发省级温室气体清单编制指南(试行)的通知(发改办气候〔2011〕1041号)
- [10] 2006年IPCC国家温室气体清单指南及2019修订版,政府间气候变化专门委员会(IPCC).
- [11] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴 2021[M].北京:中国统计出版,2020.
- [12] 国家发展和改革委员会应对气候变化司.2005中国温室气体清单研究[M].北京:中国环境出版社,2014.
- [13] 国家发展和改革委员会.公共建筑运营单位(企业)温室气体排放核算方法和报告指南(试行)[R].北京:国家发展和改革委员会,2015.
-





中国国际科技促进会  
团体标准  
铜熔池熔炼全生命周期能耗与碳排放  
核算规范

T/CI 1207—2025

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社印刷  
各地新华书店经销

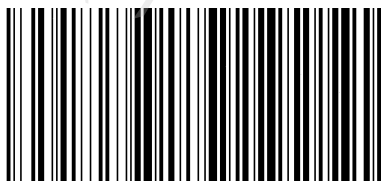
\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 50 千字  
2026年2月第1版 2026年2月第1次印刷

\*

书号: 155066·5-19477 定价 65.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



T/CI 1207-2025