

T/CI

团 体 标 准

T/CI xxx—2023

## 晶体硅产品碳足迹评价技术要求

Technical requirements for carbon footprint evaluation of crystalline silicon products

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

中国国际科技促进会 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 评价目标 .....	1
4.1 评价目标 .....	1
4.2 评价内容 .....	2
5 核算范围 .....	2
6 功能单位 .....	2
7 系统边界 .....	2
8 数据收集与处理 .....	2
8.1 数据质量要求 .....	2
8.2 分配原则 .....	2
8.3 数据取舍准则 .....	3
9 产品碳足迹核算要求 .....	3
9.1 产品碳足迹 .....	3
9.2 化石燃料燃烧排放 .....	3
9.3 净购入电力排放 .....	4
9.4 净购入热力排放 .....	4
9.5 过程排放 .....	5
10 产品碳足迹评价报告 .....	5
附录 A（资料性） .....	6
附录 B（资料性） .....	7

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国国际科技促进会提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国恩菲工程技术有限公司、江苏美科太阳能科技股份有限公司、青海黄河上游水电开发有限责任公司西宁分公司、国家电力投资集团黄河公司海南分公司、北京通标华信标准技术服务有限公司。

本文件主要起草人：严大洲、王艺澄、吴纪清、杜娟、程锐、贾登超、朱晓庆、张平、周海辉。

# 晶体硅产品碳足迹评价技术要求

## 1 范围

本文件规定了晶体硅产品碳足迹评价的目标、核算范围、功能单位、系统边界、数据收集与处理、核算、报告等内容。

本文件适用于晶体硅产品碳足迹核算活动。

## 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 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 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

ISO 14064-1 温室气体-第一部分：在组织层面温室气体排放和移除的量化和报告指南性规范  
(Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals)

## 3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 32150界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**产品碳足迹** product carbon footprint; PCF

主要为量化商品或服务（统称为产品）生命周期中，因直接及间接活动累积于商品或服务的温室气体排放量。基于生命周期评价方法，产品生命周期内各阶段的温室气体排放量，主要涉及的温室气体包括京都议定书规定的六种气体二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)、全氟碳化物(PFCs)以及氢氟碳化物(HFCs)。

[来源：ISO 14064-1]

### 3.2

**功能单位** functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.20]

### 3.3

**单元过程** unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.34]

## 4 评价目标

### 4.1 评价目标

通过量化多晶硅、单晶硅等晶体硅产品生命周期内所有显著的碳排放，来计算该产品对全球暖化的潜在贡献（以二氧化碳当量表示）。

## 4.2 评价内容

产品碳足迹评价内容应与评价目标相一致。在确定评价内容时应考虑并清晰描述以下项目：

- 1) 核算范围
- 2) 功能单位；
- 3) 系统边界，包括产品系统的地理范围；
- 4) 数据与数据质量要求；
- 5) 分配原则；
- 6) 计算。

## 5 核算范围

在确定产品碳足迹核算范围过程中，应考虑并描述包括但不限于下列各项：

——产品（系统）范围：明确产品名称、型号、功能、功能单位（第6章）和系统边界（第7章）；

——时间范围：选择核算碳足迹有代表性的时间段；

**注：**与产品生命周期中具体单元过程相关的温室气体排放和清除随时间变化，选择的时间范围应可以确定产品生命周期中温室气体排放和清除的平均值，如：季节性生产的产品应覆盖产品生产的整个时间周期，不能仅使用部分时间段的数据进行核算。

——温室气体范围：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化合物(HFCs)、全氟碳化合物(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)和三氟化氮(NF<sub>3</sub>)。

## 6 功能单位

核算产品碳足迹应确定功能单位。功能单位的表述中应包含影响碳足迹核算的产品系统的主要功能。

**示例：**1千克高纯多晶硅。

## 7 系统边界

按照本文件核算产品碳足迹应主要核算产品在原材料获取、制造阶段的温室气体排放。

## 8 数据收集与处理

### 8.1 数据质量要求

数据收集与处理过程中，相关数据应满足以下数据质量要求：

——技术代表性：数据反映实际生产技术情况，即体现实际工艺流程、技术和设备类型、原料与能耗类型、生产规模等因素的影响；

——时间代表性：数据反应单元过程的实际时间；

——地理代表性：排放因子等相关参数的选择考虑单元过程所处的地理位置；

——数据完整性：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，尽可能避免数据缺失，缺失的数据需在报告中说明；

——数据准确性：原料、辅料、能耗、包装等数据需采用企业实际生产统计记录，环境排放数据优先采用环境监测报告；所有数据均有相关的数据来源和数据处理算法；估算或引用文献的数据需在报告中说明；

——数据一致性：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；存在不一致情况时需在报告中说明。

——数据收集原则：活动水平数据优先采用直接计量、测量获得的原始数据，其次采用通过原始数据折算获得的二次数据，以上数据均不可获得时可采用来自相似单元过程的替代数据。使用阶段可使用统计数据、设计数据或估算数据。

### 8.2 分配原则

在边界设置或数据收集时，应尽量避免进行数据分配。若发现至少有一个过程的输入和输出包含多个产品，则总排放量需要在产品生命周期内进行分配。分配的原则如下：

- 优先使用物理关系参数（包括但不限于生产量、生产工时等）进行分配；
- 无法找到物理关系时，则依经济价值进行分配；
- 若使用其他分配方法，须提供所使用参数的基础及计算说明。

### 8.3 数据取舍准则

在产品碳足迹核算过程中，可规定一套数据取舍准则，舍弃产品碳足迹影响较小的因素，简化数据收集过程。小于产品重量1%的原辅料引起的排放可舍弃，同类物料应按合计重量判断，但总共舍弃的重量不宜超过产品重量的5%。产品生产过程中人员产生的温室气体排放可舍弃。

## 9 产品碳足迹核算要求

### 9.1 产品碳足迹

晶体硅产品碳足迹的核算见公式（1）：

$$CFP = \sum_i (E_{\text{燃烧},i} + E_{\text{外购电},i} + E_{\text{外购热},i} + E_{\text{过程},i}) \times 1000 \quad (1)$$

式中：

$CFP$ ——产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——单元过程化石燃料燃烧温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{\text{外购电}}$ ——单元过程电力消耗温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{\text{外购热}}$ ——单元过程热力消耗温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{\text{过程}}$ ——产品原材料获取、制造阶段过程的温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$i$ ——单元过程。

### 9.2 化石燃料燃烧排放

#### 9.2.1 化石燃料燃烧温室气体排放量

化石燃料燃烧温室气体排放量计算见公式（2）：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_i \sum_j AD_{ij} \times EF_{ij} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——单元过程化石燃料燃烧温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$AD_{ij}$ ——单元过程化石燃料燃烧活动水平数据，是单元过程*i*燃烧的第*j*种化石燃料燃烧的热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{ij}$ ——单元过程*i*燃烧的第*j*种化石燃料的排放因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦（ $\text{tCO}_2\text{e}/\text{GJ}$ ）；

注：温室气体排放因子优先采用企业直接测量获得或者通过能量平衡、物料平衡等方法测算获得的排放因子实测值或测算值，其次采用附录A或相关指南、文件、数据库中提供的排放因子。

$i$ ——单元过程；

$j$ ——化石燃料类型。

#### 9.2.2 化石燃料燃烧活动水平数据

化石燃料的活动水平数据计算见公式（3）：

$$AD_{ij} = FC_{ij} \times NCV_{ij} \quad (1)$$

式中：

$AD_{ij}$ ——化石燃料的活动水平数据，单位为吉焦（GJ）；

$FC_{ij}$ ——化石燃料的消费量，固体和液体燃料的单位为吨（t），气体燃料单位为万标准立方米（ $10^4\text{Nm}^3$ ）；

$NCV_{ij}$ ——化石燃料的低位热值，固体和液体燃料的单位为吉焦每吨（GJ/t），气体燃料的单位为吉焦每万标准立方米（ $\text{GJ}/10^4\text{Nm}^3$ ）；

$i$ ——单元过程；

$j$ ——化石燃料类型。

注：化石燃料的平均低位发热量宜采用购买合同等化石燃料供应方提供文件中的数据，或自行测量数据。燃煤热值测量方法遵循GB/T 213的相关规定。天然气低位发热值的测量方法遵循GB/T 11062的相关规定。以上方式均不可行时，可选择地方或国家主管部门发布的数据。

### 9.2.3 化石燃料排放因子

化石燃料排放因子的计算见公式（4）：

$$EF_j = CC_j \times \alpha_j \times \rho \quad (4)$$

式中：

$EF_j$ ——化石燃料 $j$ 的排放因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦（ $tCO_2e/GJ$ ）；

$CC_j$ ——化石燃料 $j$ 的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（ $tC/GJ$ ）；

$\alpha_j$ ——化石燃料 $j$ 的碳氧化率，单位为百分比（%）；

$\rho$ ——二氧化碳与碳的分子量之比，取值44/12；

$j$ ——化石燃料类型。

注：化石燃料的单位热值含碳量和碳氧化率应通过检测和计算获得。以上方式不可行时，应使用地方或国家主管部门发布的缺省值。常用化石燃料相关参数推荐值可参考附录A。

## 9.3 净购入电力排放

### 9.3.1 电力温室气体排放量

电力消耗温室气体排放量的计算见公式（5）：

$$E_{\text{外购电}} = \sum_i AD_{\text{外购电},i} \times EF_{\text{电},i} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{外购电}}$ ——单元过程电力消耗温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $tCO_2e$ ）；

$AD_{\text{外购电},i}$ ——各电力消耗单元过程的电力消耗量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{电},i}$ ——各电力消耗单元过程的电力排放因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（ $tCO_2e/MWh$ ）；

$i$ ——单元过程。

### 9.3.2 电力活动水平数据

电力消耗量可以通过查读电力计量器具获得。

### 9.3.3 电力排放因子

电力排放因子应采用地方主管部门最新发布的数据或相关计算方法进行计算。

## 9.4 净购入热力排放

### 9.4.1 热力温室气体排放

热力消耗温室气体排放按的计算见公式（6）：

$$E_{\text{外购热}} = AD_{\text{外购热},i} \times EF_{\text{热},i} \quad (6)$$

式中：

$E_{\text{外购热}}$ ——单元过程热力消耗温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $tCO_2e$ ）；

$AD_{\text{外购热},i}$ ——各热力消耗单元过程的热力消耗量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热},i}$ ——各热力消耗单元过程的热力排放因子，单位吨二氧化碳当量每吉焦（ $tCO_2e/GJ$ ）；

$i$ ——单元过程。

### 9.4.2 热力活动水平数据

热力消耗量可以通过查读热力计量器具获得。

### 9.4.3 热力排放因子

热力排放因子应采用地方主管部门最新发布的数据或相关计算方法进行计算。

## 9.5 过程排放

晶体硅产品过程排放为原材料获取、制造过程中产生的温室气体排放。过程温室气体排放的计算见公式（7）：

$$E_{\text{过程}} = E_{\text{原材料获取}} + E_{\text{制造}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$E_{\text{过程}}$ ——过程温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$E_{\text{原材料获取}}$ ——原材料获取阶段温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$E_{\text{制造}}$ ——制造阶段温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）。

## 10 产品碳足迹评价报告

### 10.1 产品碳足迹报告应至少包含以下内容：

- 产品名称、规格、型号和功能描述；
- 功能单位；
- 系统边界；
- 核算期；
- 核算依据；
- 生命周期阶段描述；
- 数据取舍准则描述；
- 产品碳足迹；
- 结论和不确定性说明；
- 其他需要说明的情况。

### 10.2 晶体硅产品碳足迹核算报告模板可参考附录 B。

**附 录 A**  
(资料性)  
**常用化石燃料相关参数推荐值**

相关参数推荐值见表A.1, A.2。

**表 A.1 常用化石燃料相关参数推荐值**

序号	燃烧品种	低位发热量 GJ/t, GJ/104Nm <sup>3</sup>	单位热值含碳量 tC/TJ	燃料碳氧化率 %
1	无烟煤	20.304	27.49	85
2	一般烟煤	19.570	26.18	85
3	褐煤	14.080	28.0	96
4	洗精煤	26.334	25.4	96
5	其他洗煤	8.363	25.4	96
6	煤制品	17.460	33.6	90
7	焦炭	28.447	29.4	93
8	焦炉煤气	173.54	13.6	99
9	其他煤气	52.27	12.2	99
10	原油	42.620	20.1	98
11	燃料油	40.190	21.1	98
12	汽油	44.800	18.9	98
13	柴油	43.330	20.2	98
14	航空煤油	44.100	19.5	100
15	一般煤油	44.750	19.6	98
16	液化石油气	47.310	17.2	98
17	炼厂干气	46.050	18.2	98
18	石脑油	45.010	20.0	98
19	石油焦	31.998	27.5	98
20	其他油品	41.031	20.0	98
21	天然气	389.31	15.3	99
22	其他	—	12.2	99

注：开展晶体硅产品碳足迹核算时应注意使用最新数据。

**表 A.2 其他排放因子推荐值**

参数名称	单位	推荐值
电网供电排放因子	tCO <sub>2</sub> /MWh	0.604
热力供应排放因子	tCO <sub>2</sub> /GJ	0.11

注：以上排放因子推荐值请注意采用地方主管部门最新发布的数据或相关计算方法进行计算。

**附 录 B**  
(资料性)  
**晶体硅产品碳足迹核算报告模板**

**一、基本信息**

1.1 产品基本信息

包括但不限于对产品名称、规格、型号和功能描述。

1.2 制造商基本信息

1.3 联系人基本信息

**二、概述**

2.1 核算范围

包括但不限于对核算期、核算依据描述。

2.2 功能单位

2.3 系统边界

包括但不限于对生命周期阶段性描述。

**三、数据处理与收集**

包括但不限于对数据取舍原则描述。

3.1 原材料获取阶段

3.2 制造阶段

**四、核算过程和结果**

包括但不限于对产品碳足迹计算过程、结果以及计算公式与基础数据的描述。

**五、结论和不确定性说明**

包括但不限于碳足迹核算对产品的设计优化与供应链管理等方面的结论与建议,以及不确定性说明等。

