

团 体 标 准

T/CNIA ×××××—20××

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硅

(送审稿)

Greenhouse gas—Quantification requirement and method of product
carbon footprint—Industrial silicon

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国有色金属工业协会

发布

中国有色金属学会

目 录

1 范围	1
——标准的主要内容；	
——适用的产品范围；	
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 量化目的	13
——应用意图；	
——开展产品碳足迹研究的理由；	
——目标受众（即研究结果的接收者）；	
——符合 ISO 14026 要求，计划交流的产品碳足迹信息（如有）；	
5 量化范围	13
5.1 功能单位或声明单位	13
——产品说明，包括功能和技术参数；	
——功能单位或声明单位以及基准流（见 6.3.4）；	
5.2 系统边界	13
——产品的系统边界涵盖其生命周期阶段及产品系统边界图；	
——取舍准则（如适用，见 6.3.5.3）；	
——生命周期各阶段的描述，包括对选定的使用阶段和生命末期阶段假设情景的描述（如适用）；	
6 清单分析	14
6.1 数据收集和确认	14
——初级数据收集和数据质量确认；	
——次级数据收集和数据质量确认；	
6.2 数据分配	14
6.3 取舍准则	14
6.4 清单计算	14
7 影响评价	31
——CFP 计算方法；	
——特征化因子和 GWP 等参数的选取；	
8 结果解释	32
——具体产品碳足迹研究结果解释阶段的步骤和内容要求；	
9 产品碳足迹报告	33
10 产品碳足迹声明	33
附 录 A（资料性） 产品碳足迹量化数据收集表	44
附 录 B（资料性） 产品碳足迹报告（模板）	45
附 录 C（资料性） 全球变暖潜势值	45
附 录 D（资料性） 常用参数参考值	45
参考文献	49

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。

本文件由全国有色金属标准化技术委员（TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硅

1 范围

本文件规定工业硅产品碳足迹量化的产品种类及描述、产品碳足迹量化界定、数据和数据质量、生命周期各阶段数据收集、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹解释及研究报告等内容。

本文件适用于工业硅产品的碳足迹量化。

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，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB/T 2881 工业硅

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 20902 有色金属冶炼企业能源计量器具配备和管理要求

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 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.XX 温室气体排放核算与报告要求第XX部分：工业硅生产企业

GB/T XXXX 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

3 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 32150、GB/T 32151.XX和GB/T XXXX界定的术语和定义适用于本文件。

4 量化目的

开展工业硅产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍准则，通过量化产品生命周期或选定过程中所有显著的碳排放量和清除量，核算工业硅生产生命周期的碳排放总量，按贡献值分析产品的碳排放热点，识别重点过程排放环节，提出改进方案挖掘降碳潜力，为产品全过程持续减排提供技术策略，并为下游铝行业、硅多晶、有机硅行业减碳政策制定提供数据支撑。

5 量化范围

5.1 声明单位

将原料硅石经过洗选、筛分并干燥后，根据所用还原剂的种类，分别按不同的比例配料送入炉内冶炼得到工业硅。碳足迹的声明单位为符合 GB/T 2881 规定的 1 吨工业硅产品。

5.2 系统边界

5.3.1 边界设定

工业硅产品“从摇篮到大门”的碳足迹量化范围主要包括原料处理、熔炼、精炼、浇铸、破碎筛分等过程产生的温室气体排放，还包括产品系统内所用的辅助材料和燃料在其生产过程中产生的温室气体排放。涉及的温室气体排放源见附录 A。

系统边界决定产品碳足迹评价所涵盖的单元过程，应确定纳入产品碳足迹评价的单元过程，以及对这些单元过程的评价应达到的详细程度。工业硅产品生命周期的系统边界如图 1 所示，即从硅石获取到工业硅产品离开制造商厂门为止。

产品碳足迹量化需全部或部分核算产品在原材料获取、制造、存储和销售、使用、废弃等生命周期各阶段温室气体排放。如图 1 所示，工业硅产品碳足迹量化主要包含原辅材料和能源获取阶段的上游排放和产品生产、运输阶段的过程排放。

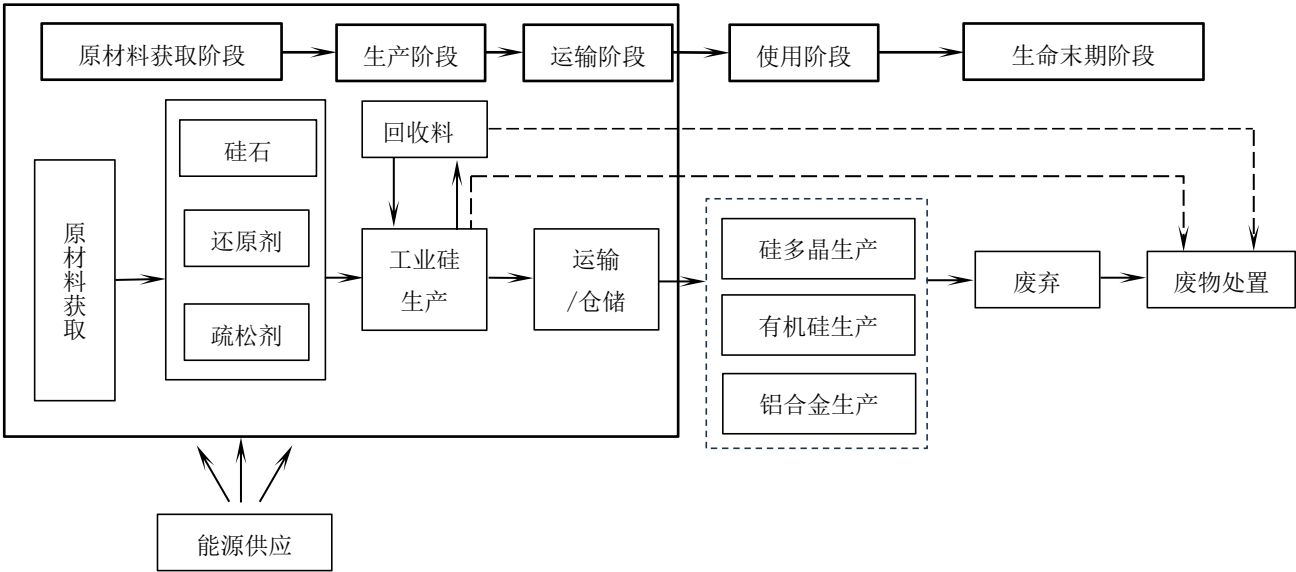


图 1 工业硅产品生命周期系统边界图

5.3.2 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和能源获取阶段从自然界材料提取时开始，在原辅材料和能源到达工业硅生产企业工厂时终止。

原辅材料和能源获取阶段包括但不限于以下过程：

- a) 原辅材料的获取和输送（例如：硅石、电极、洗精煤、兰炭、石油焦、木炭等）；
- b) 能源的获取和输送（例如：汽油、柴油、重油、天然气、煤、电力、热力等）。

5.3.3 产品生产阶段

工业硅生产的基本流程包括原料预处理、入炉熔炼、炉外精炼、浇铸、破碎筛分等。

工业硅生产阶段从硅石等原辅材料进入工厂开始，到工业硅产品进入到下游工厂前终止，包括以下过程：

- a) 硅石、还原剂等原辅料运输；
- b) 熔炼、精炼、浇铸、破碎筛分；
- c) 电极生产；
- d) 硅渣综合利用；
- e) 辅助材料生产与运输相关过程
- f) 燃料及电（热）力等能源消耗相关过程；
- g) 工业硅储运过程；
- h) 废水、废气、废渣处理等。

5.3 边界排除

用于产品生命周期内资产性商品生产所产生的温室气体排放不纳入产品碳足迹的系统边界范围（如：耐火材料、保温材料等）。

5.4 取舍准则

在评价目标和范围确定阶段，应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。

应量化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，若排放量小于或等于总碳足迹1%的单元过程，可排除在系统边界之外，但所有排除的合计值不应超过碳足迹总量的5%。

所排除单元过程舍去的温室气体排放与清除应有书面记录。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据描述

根据数据来源将数据分为初级数据和次级数据。

初级数据主要来自开展产品碳足迹研究的组织，具有财务或者运营控制权的过程（例如，产品制造过程）以及不具有财务或运营控制但重要的过程，均应从与单元过程相关的生产场所中收集现场数据。在现场数据收集不可行的情况下，宜使用经第三方评审的背景数据作为初级数据。

仅在收集初级数据不可行时，次级数据才能用于输入和输出。次级数据通常来自数据库，或从外部来源获得（如经第三方机构核证的产品碳排放计算数据、正式公开的产品生命周期温室气体排放数据等）。次级数据宜证明其适用性，并注明参考文件。

6.1.2 数据收集步骤

对于系统边界内的所有单元过程，应收集纳入生命周期清单中的定性资料和定量数据。数据收集和数据质量评估宜遵循步骤如下：

- a) 根据产品系统边界，获取工艺流程图，识别温室气体排放源，确定数据需求范围；
- b) 根据数据需求编制单元过程输入、输出数据列表，示例见附录 B；
- c) 按照数据列表收集初级数据和次级数据，数据收集应详细记录各项数据的计算方法、数据来源和原始凭证，保持其可追溯。
- d) 对收集的活动数据和排放因子进行评估。对研究结论有显著影响的数据，应说明相关数据的收集过程、收集时间以及数据质量的详细信息。
- e) 对收集过程进行审查，识别可能产生的数据误差风险。

注：对计量数据，相关计量器具应符合 GB 17167 和 GB/T 20902 的规定。

6.1.3 数据质量要求

宜使用现有最高质量数据，数据质量的特征应包括定量和定性两个角度。数据质量的特性描述应涉及以下方面：

- a) 时间跨度：数据的年份和所收集数据的最小时间跨度；
- b) 地理范围：所收集单元过程数据的地理区域；
- c) 技术覆盖面：具体的技术或技术组合；
- d) 数据精度：对数据的可变性的度量（如方差）；

- e) 完整性：系统边界内对温室气体排放有实质性贡献的排放源，都应纳入指定产品生命周期温室气体量化和评估中；
- f) 代表性：对数据集反映实际关注群（例如地理范围、时间跨度和技术覆盖面等）的程度的定性评价；
- g) 一致性：温室气体评估所采用的假设、方法学和数据源贯穿于整个量化过程，可支持重现与比较；
- h) 数据来源：现场数据应来源于测量、工程计算、采购记录等，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；
- i) 可重现性：对其他独立从业人员，采用同一方法学和数值信息重现相同研究结果的定性评价。

开展产品碳足迹研究的组织宜建立数据管理系统，保留相关文件和记录，进行数据质量评价，并持续提高数据质量。

6.1.4 数据统计期

根据数据时间界限（6.2）解释，工业硅产品碳足迹量化数据宜以一个财年为数据收集周期。

6.1.5 数据收集清单

6.1.5.1 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和能源获取阶段应收集的初级数据包括：

- a) 原辅材料的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- b) 燃料的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- c) 能源的运输工具及其核定载重量、运输距离；

原辅材料和能源获取阶段应收集的次级数据包括：原辅材料生产、燃料生产、能源开采生产等过程生命周期温室气体排放因子，以及运输过程相关的温室气体排放因子。

6.1.5.2 产品生产阶段

工业硅生产阶段应收集的初级数据包括：

- a) 硅石投入量；
- b) 生产用水投入量；
- c) 还原剂消耗量（包括木炭、石油焦、煤等）；
- d) 辅助材料消耗量；
- e) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
- f) 工业硅产量；
- g) 硅渣产生量；
- h) 硅石的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- i) 工业硅的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- j) 硅渣的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- k) 辅助材料的运输工具及其核定载重量、运输距离；

工业硅生产阶段应收集的次级数据包括：燃料及电（热）力等能源消耗过程、生产用水供应过程、废弃物处理过程等的生命周期温室气体排放因子。

6.1.6 数据确认

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明数据质量要求符合本文件6.1.3的规定。

数据确认可通过建立质量平衡、能量平衡和（或）排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程都遵守物质和能量守恒定律，因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

6.2 数据分配

应根据明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等。

应尽量避免数据分配，若必需进行分配时优先使用能反应产品物理关系的参数进行分配，如产品产量、生产工时等，其次也可使用具有经济关系的方式进行分配，如产品产值等，同时应说明引用依据。

当同时有几种备选分配程序时，应通过敏感性分析阐明偏离所选方法产生的影响。

6.3 清单计算

生命周期清单是以输入和输出之间的物质平衡为基础的，见附录B，展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的能源和资源使用（如燃料、水、原材料），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废水、固体废物）。

6.4 特定（电力）温室气体排放量的处理

6.4.1 概述

与用电相关的温室气体排放量应包括：

- a) 供电系统生命周期内产生的温室气体排放量，例如燃料上游排放量（例如开采和运输燃料至发电站，或种植和加工用作燃料的生物质等）；
- b) 发电过程中的温室气体排放量，包括电力输配过程中的损失量；
- c) 下游排放量（例如处理核电站运行产生的废物或处理燃煤电厂的粉煤灰）；

6.4.2 内部发电

当内部发电（属孤网运行）并为研究产品消耗的电能，且未向第三方出售，则应将该电力的生命周期数据用于该产品。

6.4.3 直接连接供应商的电力

如果该组织与发电站之间具有专用输电线路，并且未向第三方出售所消耗的电力，则可使用该电力供应商提供的电力温室气体排放因子。

6.4.4 电网电力

当供应商能够通过合同的形式保证电力供应，应使用供应商特定电力生产的生命周期数据，电力产品应：

- 传递电力生产单位相关信息以及发电机组特征信息；
- 保证提供唯一的使用权；
- 由报告实体或报告实体代表追踪、赎回、报废或注销；
- 尽可能接近合同的适用期限，并包括相应的时间长度。

当无法获得供应商的具体电力信息时，应使用与电力来源相关的电网温室气体排放量。相关电网温室气体排放量应反映相关地区的电力消耗情况，不包括任何之前已声明归属的电力。如果没有电力追踪系统，所选电网温室气体排放量应反映该地区的电力消耗情况。

注 1：合同是指双方之间签订的，用于出售和购买能源的任意形式的合约。例如中国绿证（GEC）、能源属性证书、可再生能源证书（REC）或其他绿色电力证书等。

注 2：发电机特征信息包括设备的登记名称、所有者和产生的能源性质、发电量和提供的可再生能源等。

注 3：如果难以获得电力供应系统内某一过程的具体生命周期数据，可使用公认数据库（例如来自生态环境部、联合国环境规划署（UNEP）或联合国气候变化框架公约（UNFCCC）等中的数据）。

某些电力产品的属性（例如绿色证书），在出售时不直接与电力本身关联。在某些区域，来自可再生能源的部分电力作为可再生电力出售，但没有被排除在电网组合排放因子之外，在这种情况下，应使用电力跟踪系统开展相关消费电网组合敏感性分析，以此来展示结果的差异，并在产品碳足迹研究报告中进行报告。

7 产品碳足迹影响评价

7.1 概述

产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。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（GWP），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，单位为吨二氧化碳当量。

政府间气候变化专门委员会（IPCC）公布了不同温室气体的100年全球变暖潜势（参见附录C）。若 IPCC 修订了全球变暖潜势值（GWP），应使用最新评估数值。

7.2 产品碳足迹计算

7.2.1 生命周期各阶段活动的排放量计算方法

计算方法以各阶段的活动数据乘以该活动的排放因子得到排放或清除的温室气体排放质量，再以温室气体排放质量乘以相应的全球变暖潜势值（GWP），将温室气体排放质量数据换算为二氧化碳当量 CO₂e。

各阶段活动的排放量汇总按公式（1）计算：

$$GHG_j = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \quad (1)$$

式中：

GHG_j ——生命周期j阶段的总排放量，单位tCO₂e；

AD_i ——生命周期j阶段第i项活动的温室气体活动数据，单位根据具体排放源确定；

EF_i ——第i种活动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种活动对应的全球变暖潜势（GWP），按IPCC最新评估报告取值。

7.2.2 生命周期各阶段产品的碳排放强度计算方法

各阶段产品的碳排放强度按公式（2）计算：

$$CIP_j = GHG_j / P_j \quad (2)$$

式中：

CIP_j ——核算周期内j阶段的产品碳排放强度，单位tCO₂e/t；

GHG_j ——核算周期内j阶段的总排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

P_j ——核算周期内j阶段的产品产量，单位吨。

7.2.3 产品碳足迹计算方法

工业硅生产过程中产品的碳足迹按公式（3）计算：

$$CFP_{\text{工业硅}} = CIP_{\text{硅冶炼}} + CIP_{\text{电极生产}} \times AD_{\text{电极}} \quad (3)$$

式中：

$CFP_{\text{工业硅}}$ ——工业硅产品碳足迹，单位 $\text{tCO}_2\text{e/t-Al}$ ；

$CIP_{\text{硅冶炼}}$ ——工业硅冶炼阶段碳排放强度，单位 $\text{tCO}_2/\text{t-硅}$ ；

$CIP_{\text{电极生产}}$ ——电极生产阶段的产品碳排放强度，单位 $\text{tCO}_2/\text{t-电极}$ ；

$AD_{\text{电极}}$ ——核算周期内电极单耗，单位 t 电极/t-硅 。

7.3 排放数据分析

7.3.1 贡献度分析

计算各生命周期阶段的温室气体排放占比，有助于企业专注于重要阶段的数据收集和减排策略。

各生命周期阶段的温室气体排放占比=各生命周期阶段的温室气体排放量 CO_2e /生命周期温室气体排放量汇总结果 $\text{CO}_2\text{e} \times 100\%$ 。

7.3.2 绩效追踪

计划将产品碳足迹用于绩效追踪时，应满足以下针对产品碳足迹量化的附加要求：

- 应针对不同时间点或空间范围进行研究；
- 应针对相同声明单位计算产品碳足迹随时间或空间发生的变化；
- 应使用相同的方法（例如选择和管理数据的系统、系统边界、分配、全球增温潜势等，以及相同的 PCR）计算产品碳足迹随时间或空间的变化。产品碳足迹绩效追踪的时间间隔不应短于 6.1.3.1 所述的数据时间界限，且应在目的和范围中予以描述。产品碳足迹用于空间绩效追踪时，不同时间段的空间系统划分要保持一致。

7.4 数据更新

工业硅及其前序产品的碳足迹数据应至少每五年更新一次，或每当影响其排放强度的参数发生重大变化时更新一次。下列情况应被视为触发重大变化：

- 生产发生结构性变化，包括操作中的重大工艺变化、技术进步、原材料或能源输入/输出。
- 计算方法发生变化，如：全球增温潜势值或收集数据的准确性提高，纳入新的对排放数据产生重大影响的数据源。
- 发现重大错误，或累积起来的重大错误。

8 产品碳足迹解释

产品碳足迹研究的生命周期解释阶段应包括以下步骤：

- 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的产品碳足迹和部分产品碳足迹的量化结果，识别重大问题（可包括生命周期阶段、单元过程或流）。
- 完整性、一致性和敏感性分析；
- 结论、局限性和建议的编制。

按照产品碳足迹研究的目的和范围，对生命周期影响评价的产品碳足迹和部分产品碳足迹的量化

结果进行解释，解释应包括以下内容：

- a) 对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；
- b) 对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配程序；
- d) 描述空间系统的划分方法及空间格网粒度（如适用）；
- e) 说明产品碳足迹研究的局限性。
- f) 对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行敏感性检查；
- g) 空间系统的划分和空间格网分辨率选择对结果的影响评价（如适用）；

9 产品碳足迹研究报告

产品碳足迹研究报告记录产品碳足迹的量化结果，应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、不带偏向地、透明地、详细地记录和说明结果、数据、方法、假设和生命周期解释，以便相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性和所做出的权衡。

产品碳足迹研究报告应包括但不仅限于以下内容（参考格式见附录E）：

- a) 基本情况
 - 1) 委托方与评价方信息；
 - 2) 报告信息；
 - 3) 依据的标准；
 - 4) 使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料（如有）。
- b) 目的
 - 1) 开展研究的目的；
 - 2) 预期用途。
- c) 范围
 - 1) 产品说明，包括功能和技术参数；
 - 2) 功能单位或声明单位以及基准流；
 - 3) 系统边界，包括：
 - 作为基本流中的系统输入和输出类型；
 - 有关单元过程处理的决策准则（考虑其对产品碳足迹研究结论的重要性）；
 - 产品系统关联的空间范围、空间系统划分和空间格网粒度选择，并说明其理由（如适用）；
 - 4) 取舍准则和取舍点，列出排除在外的单元过程或因素，并说明理由和其合理性；
 - 5) 生命周期各阶段的描述，包括对选定的使用阶段和生命末期阶段假设情景的描述（如适用）。
- d) 清单分析
 - 1) 数据收集信息，包括数据来源；
 - 2) 温室气体排放和清除时间；
 - 3) 代表性的时间段；
 - 4) 分配原则与程序；
 - 5) 数据说明，包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价
 - 1) 影响评价方法；
 - 2) 特征化因子；
 - 3) 清单结果与计算；
 - 4) 结果图示（可选）。

f) 结果解释

- 1) 结论和局限性；
- 2) 敏感性分析和不确定性分析结果；
- 3) 电力处理，应包括关于电网排放因子计算和相关电网的特殊局限信息；
- 4) 披露在产品碳足迹研究决策中所作出的价值选择并说明理由；

附 录 A

(资料性)

工业硅产品生命周期系统边界内各生产流程的温室气体排放源

表 A. 1 工业硅生产流程温室气体排放源

排放类别	排放源
生产过程发生的直接排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧（如矿热炉、辅助车辆）
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧（如锅炉、柴油发电机）
消耗电力、热力发生的间接排放	购买或自备的电力、热力、蒸汽
其它排放	上游硅石的运输和输送，原料、产品、废渣的运输
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	硅渣处理

表 A. 2 电极生产流程温室气体排放源

排放类别	排放源
生产过程发生的直接排放	固定和移动设备中的化石燃料燃烧（如辅助车辆）
	辅助、应急或污染控制设备中的固定燃烧
	煅烧无烟煤窑炉（煅烧炉）中的固定燃烧
	焙烧电极窑炉（焙烧炉）中的固定燃烧
	电极中挥发分的燃烧
	焙烧炉用填充材料的燃烧
消耗电力、热力发生的间接排放	购买或自备的电力、热力
其它排放	上游第三方的运输和配送，原料、产品、废渣的运输
	购买的燃料、原辅材料的上游排放
	废渣的处理

附 录 B

(资料性)

工业硅生产阶段实物输入、输出数据列表示例

表 B.1 工业硅生产单元过程实物输入、输出数据列表示例

输入						
序号	物料	用途	年消耗量	单位	填写要求	备注说明
1	电极（净耗）	原料		吨	净耗量	
2	硅石	原料		吨	成分	
3	煤	辅助材料		吨	成分	
4	石油焦	辅助材料		吨	成分	
5	木炭	辅助材料		吨	成分	
6	电力	能源		千瓦时		
7	天然气	焙烧，能源		立方米		
8	燃料	运输		吨		
9	压缩空气	供风		吨		
10	润滑油	设备润滑		吨		
11	润滑脂	设备润滑		吨		
12	脱硫剂	脱硫效果		吨		
...						
输出						
序号	物料	用途	年输出量	单位	填写要求	备注说明
1	工业硅	产品		吨		
2	CO ₂	废气		吨		
...						

附录 C

(资料性)

全球变暖潜势

表 C.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP(截至出版时)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17400
氢氟碳化物 (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物 (PFCs)		
全氟甲烷 (四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷 (六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
六氟化硫	SF ₆	25200
注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于气候变化专门委员会 (IPCC) 《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》		

附 录 D

(资料性)

参数推荐值

表 D.1 常见化石燃料相关参数推荐值

燃料品种		计量单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 tC/GJ	燃料碳氧化率
固体燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4×10 ^{-3b}	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1×10 ^{-3b}	93%
	褐煤	t	11.9 ^c	28.0×10 ^{-3b}	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41×10 ^{-3b}	90%
	其他洗煤	t	12.545 ^a	25.41×10 ^{-3b}	90%
	其他煤制品	t	17.460 ^d	33.60×10 ^{-3d}	90%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5×10 ^{-3b}	100%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5×10 ^{-3b}	93%
液体燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1×10 ^{-3b}	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.1×10 ^{-3b}	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.9×10 ^{-3b}	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.2×10 ^{-3b}	98%
	煤油	t	43.070 ^a	19.6×10 ^{-3b}	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.2×10 ^{-3b}	98%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.2×10 ^{-3b}	98%
	炼厂干气	t	45.998 ^a	18.2×10 ^{-3b}	98%
气体燃料	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	179.81 ^a	13.58×10 ^{-3b}	99%
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000 ^d	70.8×10 ^{-3c}	99%
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000 ^d	49.60×10 ^{-3d}	99%
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270 ^a	12.2×10 ^{-3b}	99%
	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31 ^a	15.3×10 ^{-3b}	99%
^a 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2013》。 ^b 数据取值来源为《省级温室气体清单指南（试行）》。 ^c 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。 ^d 数据取值来源为行业经验数据。					

表 D.2 碳酸盐分解过程排放因子推荐值

参数名称	单位	CO ₂ 排放因子
碳酸钠分解的排放因子	tCO ₂ /t	0.411
碳酸钙分解的排放因子	tCO ₂ /t	0.405

附录 E

(资料性)

产品碳足迹研究报告模板

产品碳足迹研究报告（模板）

产品名称：_____

产品规格型号：_____

生产者名称：_____

报告编号：_____

出具报告机构：_____（盖章）

日期：_____年____月____日

一、概况

- 1、 生产者信息
生产者名称：
地址：
法定代表人：
授权人（联系人）：
联系电话：
公司概况：
- 2、 产品信息
产品名称：
产品功能：
产品介绍：
产品图片：
- 3、 量化方法
依据标准：

二、量化目的

三、量化范围

- 1、 功能单位或声明单位
- 2、 系统边界
- 3、 取舍准则
- 4、 时间范围

四、清单分析

- 1、 数据来源说明
初级数据：
次级数据：
- 2、 分配原则与程序
分配依据： ；
分配程序： ；
具体分配情况如下：

- 3、 清单结果及计算
生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 1。

表 1 工业硅产品生命周期碳排放清单

生命周期阶段	活动数据	排放因子	碳足迹（kg CO ₂ e/ 功能单位）
原辅材料和能源 获取			
产品生产			

4、数据质量评价（可选项）
数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价，具体评价内容包括：数据来源、完整性、数据代表性（时间、地理、技术）和准确性。

五、影响评价

- 1、影响类型和特征化因子选择
选择政府间气候变化专门委员会（IPCC） 给出的 100 年全球变暖潜势（GWP）。
- 2、产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1、结果说明
_____公司（填写产品生产者的全名）生产的_____（填写所评价的产品名称， 每功能单位的产品）， 从_____（填写某生命周期阶段）到_____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 2 和图 1 所示。

表 2 工业硅产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹 (kg CO ₂ e/功能单位)	百分比 (%)	备注说明
原辅材料和能源获取			
产品生产			

图 1 工业硅产品各生命周期阶段碳排放分布图（饼状图或柱形图）

- 2、假设和局限性说明（可选项）
结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。
- 3、改进建议

参考文献

- [1] Good practice guidance for calculation of primary aluminium and precursor product carbon footprints – Aluminium carbon footprint good practice guidance v2.0.
- [2] ISO 14026:2017 Environmental labels and declarations - Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information.
- [3] ISO/TS 14027:2017 Environmental labels and declarations - Development of product category rules.
- [4] ISO/TS 14067:2018 Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification and communication.
- [5] The aluminium sector greenhouse gas protocol - greenhouse gas emissions monitoring and reporting by the aluminium industry .
- [6] PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services.
- [7] ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services.
- [8] WRI 和 WBCSD 《温室气体议定书：产品寿命周期核算与报告标准》，世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会，2011年
- [9] 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
-