



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硫酸

Greenhouse gases — Quantification methodologies and requirements for carbon footprint of products—Sulphuric acid

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目录

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化目的 4

5 量化范围 4

6 清单分析 6

7 影响评价 11

8 结果解释 12

9 产品碳足迹报告 13

10 产品碳足迹声明 14

附录 A..... 15

附录 B..... 17

附录 C..... 21

附录 D..... 23

附录 E..... 27

附录 F..... 28

参 考 文 献..... 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××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硫酸

1 范围

本文件规定了工业硫酸产品碳足迹的量化方法与要求，包括量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、报告和声明等内容。

本文件适用于工业硫酸产品的碳足迹量化，还适用于硫酸衍生品的碳足迹量化。

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 534 工业硫酸
GB/T 625 化学试剂 硫酸
GB/T 3637 液体二氧化硫
GB/T 23855 液体三氧化硫
GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
GB/T 32151.10 碳排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业
GB/T 32151.54 温室气体排放核算与报告要求 第54部分：工业硫酸企业
GB/T 41881 电子级硫酸

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB 32151.54界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硫酸衍生品 derivatives

从工业硫酸生产装置引出的工艺气，经过进一步加工，进而制备的包括二氧化硫、化学试剂硫酸、电子级硫酸等深加工产品。

[来源：GB/T32151.54-2025，3.3]

3.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体(Greenhouse Gas, GHG)排放量和 GHG 清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

[来源：GB/T 24067-2024，3.1.1]

3.3

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product; partial CFP

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067-2024，3.1.2]

3.4

产品碳足迹量化 quantification of the carbon footprint of a product; quantification of the CFP

确定产品碳足迹或产品部分碳足迹的活动。

注：产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化属于产品碳足迹研究的一部分。

[来源：GB/T 24067-2024，3.1.6]

3.5

产品 product

任何商品或服务。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.1]

3.6

共生产品 co-product

同一单元过程或产品系统中产出的两种或两种以上的产品。

[来源：GB/T 24044-2008，3.10]

3.7

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]

3.8

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24040-2008，3.20]

3.9

声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

示例：质量(1 kg 粗钢)、体积(1 L 原油)。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.8]

3.10

基准流 reference flow

在给定的产品系统中，为实现功能单位功能所需的过程的输入或输出量。

注：对于产品部分碳足迹而言，基准流参考的是声明单位。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.9]

3.11

中间产品 intermediate product

在系统中还需要作为其他单元过程的输入而发生继续转化的某个单元过程的产出。

[来源：GB/T 24044-2008，3.23]

3.12

能量流 energy flow

单元过程或产品系统中以能量单位计量的输入或输出。

注：输入的能量流称为能量输入，输出的能量流称为能量输出。

[来源：GB/T 24040-2008，3.13]

3.13

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作出的规定。

[来源：GB/T 24044-2008，3.18]

3.14

生命周期 **life cycle**

产品相关的连续且相互联系的阶段，包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

注：与产品相关的生命周期阶段包括原材料获取、生产、销售、使用和生命末期处理。

[来源：GB/T 24067-2024，3.4.2]

3.15

生命周期评价 **life cycle assessment; LCA**

一个产品系统在其整个生命周期内的输入、输出和潜在环境影响的汇编与评估。

[来源：GB/T 24067-2024，3.4.3]

3.16

废物 **waste**

持有人计划处置或被要求处置的物质或物品。

注：这一定义来自《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》(1989年3月22日)，但在本文件中不局限于危险废物。

[来源：GB/T 24067-2024，3.4.9]

3.17

原材料 **raw material**

用于生产某种产品的初级和次级材料。

注：次级材料包括再生利用材料。

[来源：GB/T 24044-2008，3.15]

3.18

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。

3.19

初级数据 **primary data**

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注1：初级数据并非必须来自所研究的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注2：初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源：GB/T 24067-2024，3.6.1]

3.20

现场数据 **site-specific data**

从产品系统内部获得的初级数据。

注1：所有现场数据均为初级数据，但并不是所有初级数据都是现场数据，这是因为这些数据可能是从不同产品系统内部获得的。

注 2：现场数据包括场地内一个特定单元过程的温室气体排放量和温室气体清除量。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.6.2]

3.21

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注 1：次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据，可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库。

注 2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.6.3]

4 量化目的

4.1 应用意图

本文件通过量化工业硫酸产品在原材料获取阶段、生产阶段的温室气体排放量和清除量，计算产品对全球变暖的潜在影响，分析在不同阶段、不同过程、不同空间位置的影响构成(以二氧化碳当量表示)。

4.2 开展产品碳足迹研究的理由

本文件开展工业硫酸产品的碳足迹研究用于：

- 量化工业硫酸产品对气候变化的潜在影响；
- 识别改进工业硫酸产品生命周期各个阶段中减碳的关键环节；
- 促进产品碳足迹在减少温室气体排放方面的绩效跟踪；
- 提高工业硫酸产品碳足迹量化和报告的可信度、一致性和透明度；
- 用于生产者与上下游供应链或消费者之间的温室气体排放信息沟通；
- 用于生产者降低产品碳足迹的设计与改进以及同类产品间的对比，其中对比应满足可比性（见第 10 章）的要求；
- 用于开展产品碳足迹的信息交流。

4.3 目标受众

本文件旨在为工业硫酸生产企业、上下游产业链相关企业、认证公司等第三方服务机构、行业协会、政府管理部门及其他相关方提供工业硫酸产品清晰统一的 CFP 量化方法。

5 量化范围

5.1 产品说明和声明单位

5.1.1 产品说明

产品描述应使用户能够清晰识别产品，并可参照 GB/T 534、GB/T 625、GB/T 3637、GB/T 4188、GB/T 23855 等的要求进行描述，描述内容包括但不限于：

- a) 产品名称;
- b) 产品批号;
- c) 产品净重;
- d) 分析检验结果;
- e) 出厂日期;
- f) 产品用途。

5.1.2 声明单位及基准流

- 5.1.2.1 工业硫酸产品属于中间产品，产品碳足迹量化使用声明单位。
- 5.1.2.2 本文件以生产 1 t 工业硫酸产品为声明单位。
- 5.1.2.3 本文件的基准流为生产 1 t 工业硫酸产品各单元过程的物料、能源的输入和输出量。

5.2 系统边界

5.2.1 产品的系统边界涵盖其生命周期阶段及产品系统边界图

工业硫酸产品在生产完成后一般作为其他产品生产的上游原料，使用范围较广，目前阶段在进行工业硫酸产品碳足迹量化分析时不便对储存分销、使用和生命末期等阶段进行追踪量化，故将产品系统边界设定为“摇篮到大门”，即从原材料获取到产品离开生产企业大门为止的温室气体排放量和清除量的累计。本文件以流程图形式来描述产品系统各单元过程和它们之间的相互关系，系统边界如图 1 中实线框中的内容所示。

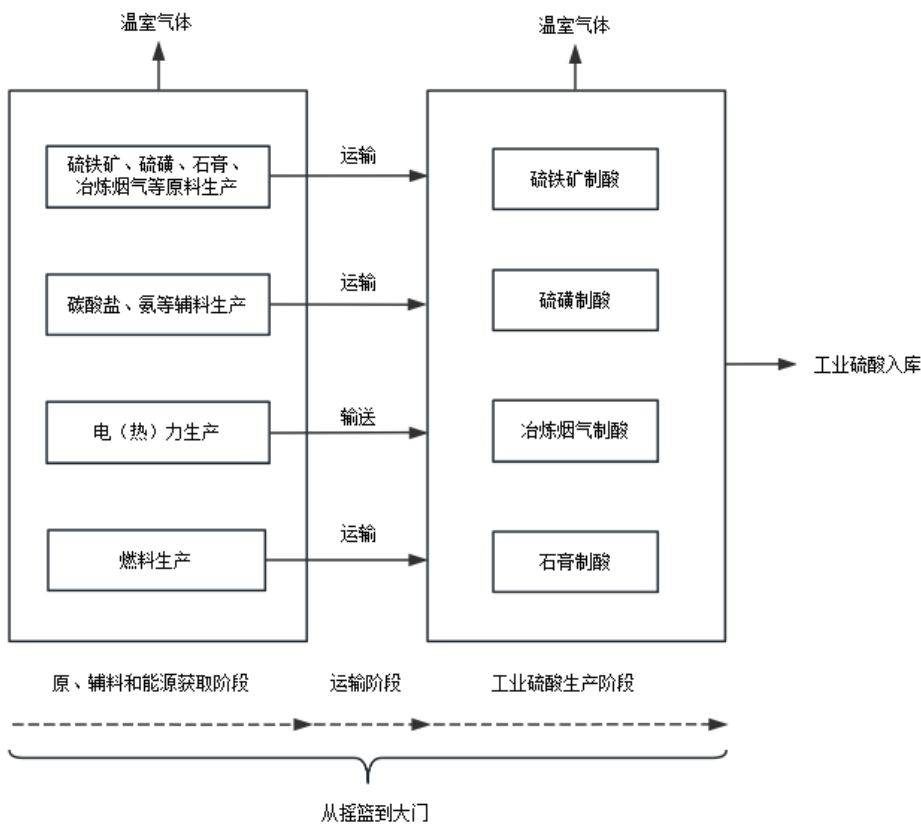


图 1 工业硫酸产品碳足迹系统边界图

5.2.2 取舍准则

在工业硫酸产品碳足迹量化过程中，可舍弃产品碳足迹影响小于 1% 的环节，但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%。取舍准则对研究结果的影响应在产品碳足迹研究报告结果解释中进行说明。

5.2.3 生命周期各阶段描述

5.2.3.1 原辅料和能源获取阶段

原辅料和能源获取阶段从天然材料提取时开始，到原辅料和能源到达工业硫酸生产工厂时终止。包括但不限于以下过程：

- a) 原料的获取与运输分销或输送（如硫铁矿、硫磺、冶炼烟气、石膏）；
- b) 辅料的获取与运输分销或输送（如脱硫剂、水处理剂、水、包装等）；
- b) 能源的获取与运输分销或输送（如汽油、柴油、煤炭、天然气、电力、热力等）。

5.2.3.2 硫铁矿制酸单元过程

硫铁矿制酸单元过程从硫铁矿到厂至工业硫酸出厂时终止。一般包括：干燥破碎、沸腾燃烧、净化、转化吸收、余热回收、厂内运输等，工艺流程见附录图 A.1。

5.2.3.3 硫磺制酸单元过程

硫磺制酸单元过程从硫磺到厂至工业硫酸出厂时终止。一般包括：熔硫、焚硫、转化吸收、余热回收、厂内运输等，工艺流程见附录图 A.2。

5.2.3.4 冶炼烟气制酸单元过程

冶炼烟气制酸单元过程从冶炼烟气输送到厂至工业硫酸出厂时终止。一般包括：湿法净化、转化吸收、余热回收、厂内运输等，工艺流程见附录图 A.3。

5.2.3.5 石膏制酸单元过程

石膏制酸单元过程从石膏到厂至工业硫酸出厂时终止。一般包括：干燥脱水、生料配置、焙烧、余热回收、厂内运输等，工艺流程见附录图 A.4。

6 清单分析

6.1 概述

应在目的和范围确定后开展工业硫酸产品碳足迹研究的生命周期清单分析，包括以下步骤：

- a) 数据收集；
- b) 数据审定；
- c) 将数据关联到单元过程和声明单位；
- d) 系统边界调整；
- e) 分配。

6.2 数据描述

工业硫酸产品的碳足迹量化需要收集初级数据和次级数据。各单元过程的原辅料和能源消耗量、产品产出量、废弃物排放量以及运输量（包括运输方式、运输距离）等应收集现场数据。收集现场数据不可行的情况下宜使用经第三方评审的非现场的初级数据。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，或用于重要性较低的过程，如外购原辅料、燃料、能源的生命周期清单数据宜收集次级数据。

6.3 数据收集

6.3.1 初级数据收集

6.3.1.1 原辅料和能源获取阶段

原辅料和能源获取阶段应收集的初级数据包括：

- a) 原辅料的运输工具及其核定载重量、运输重量、运输距离；
- b) 能源的运输工具及其核定载重量、运输重量、运输距离。

6.3.1.2 硫铁矿制酸单元过程

- a) 硫铁矿消耗量；
- b) 水处理剂消耗量；
- c) 脱硫剂消耗量；
- d) 制酸催化剂消耗量；
- e) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
- f) 硫酸产量；
- g) 烧渣产量；
- h) 蒸汽产量、温度和压力；
- i) 硫铁矿的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- j) 燃料、原辅料的运输工具及其核定载重量、运输距离。

硫铁矿制酸单元过程输入、输出数据收集表示例见表B.1。

6.3.1.3 硫磺制酸单元过程

- a) 硫磺消耗量；
- b) 水处理剂消耗量；
- c) 脱硫剂消耗量；
- d) 制酸催化剂消耗量；
- e) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
- f) 硫酸产量；
- g) 蒸汽产量、温度和压力；
- h) 硫磺的运输工具及其核定载重量、运输距离；
- i) 燃料、原辅料的运输工具及其核定载重量、运输距离。

硫磺制酸单元过程输入、输出数据收集表示例见表B.2。

6.3.1.4 冶炼烟气制酸单元过程

- a) 冶炼烟气消耗量；
- b) 水处理剂消耗量；
- c) 脱硫剂消耗量；
- d) 制酸催化剂消耗量；

- e) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
 - f) 硫酸产量；
 - g) 蒸汽产量、温度和压力；
 - h) 燃料、原辅料的运输工具及其核定载重量、运输距离。
- 冶炼烟气制酸单元过程输入、输出数据收集表示例见表B.3。

6.3.1.5 石膏制酸单元过程

- a) 石膏消耗量；
 - b) 黏土消耗量；
 - c) 水处理剂消耗量；
 - d) 脱硫剂消耗量；
 - e) 制酸催化剂消耗量；
 - f) 燃料及电（热）力等能源消耗量；
 - g) 硫酸产量；
 - h) 水泥熟料产量；
 - i) 石膏的运输工具及其核定载重量、运输距离
 - j) 燃料、原辅料的运输工具及其核定载重量、运输距离。
- 石膏制酸单元过程输入、输出数据收集表示例见表B.4。

6.3.2 次级数据收集

工业硫酸产品系统边界内应收集的次级数据主要包括：

- a) 外购原辅料、燃料等上游生命周期清单数据；
- b) 电（热）力等能源的上游生命周期清单数据；
- c) 运输过程生命周期清单数据等。

6.3.3 特定（电力）温室气体排放因子

6.3.3.1 内部发电

当工业硫酸产品消耗的电能为内部发电（例如现场发电），且未向第三方出售，则应将该电力的生命周期数据用于工业硫酸产品的碳足迹量化。

6.3.3.2 直供电力

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

6.3.3.3 电网电力

6.3.3.3.1 当电力供应商通过合同工具的形式保证电力供应，应使用此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；
- 接近合同工具的适用期限，并包括相应的时间长度。

6.3.3.3.2 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 GHG 排放量。相关电网 GHG 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 GHG 排放量应反映该地区的电力消费情况。

注 1：合同工具是指双方之间签订，用于出售和购买能源的任意形式的合约。如能源属性证书、电力交易合同等。报告实体可根据目标用户的需求选择合同工具的类型。

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 [如来自生态环境部发布的最新电力碳足迹因子见附录 F.1、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]。

6.3.3.3.3 如果非化石能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联，来自非化石能源的部分电力作为非化石电力出售，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分析，并在产品碳足迹报告中单独报告，以此来展示结果的差异。

6.4 数据审定

6.4.1 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其符合数据和数据质量要求的规定。

6.4.2 数据审定宜通过建立质量平衡、能量平衡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可为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

6.5 单元过程和声明单位的关联数据

6.5.1 对于每个单元过程都应确定一个合适的流。单元过程中定量的输入和输出数据应基于与该流的关系来进行计算。

6.5.2 以流程图和各单元过程间的流为基础，所有单元过程的流都与基准流建立联系。计算应以声明单位为基础关联系统中所有的输入和输出数据。

6.5.3 在产品系统中，合并输入输出数据时宜慎重，合并程度应与研究目的保持一致。如需更详细的合并原则，宜在目的和范围的确定阶段加以说明，或在之后的影响评价阶段进行说明。

6.6 调整系统边界

6.6.1 基于产品碳足迹量化工作需要不断迭代的特性，如果不使用产品碳足迹-产品种类规则，应根据由敏感性分析所判定的重要性来决定数据的取舍。初始系统边界应根据目的和范围确定阶段所规定的取舍准则进行调整。应在产品碳足迹研究报告中记录调整过程和敏感性分析结果。基于敏感性分析的系统边界调整可导致：

a) 排除被判定为不具有显著性影响的生命周期阶段或单元过程；

- b) 排除对产品碳足迹研究结果不具有显著性影响的输入和输出数据;
- c) 纳入具有显著性影响的新的单元过程、输入输出。

6.6.2 系统边界调整有助于把数据处理限制在被判定为对产品碳足迹研究目的具有显著性影响的输入和输出数据范围内。

6.7 数据和数据质量要求

数据和数据质量要求参照标准 GB/T 24067-2024，6.3.6。

6.8 分配

6.8.1 分配程序

6.8.1.1 一个单元过程数据分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等，且应按照明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。工业硫酸产品碳足迹数据分配程序及应选择的相应分配方法如下：

- a) 第一步：避免分配，包括细分法和扩展系统法。
 - 细分法：将拟分配的单元过程细分为两个或多个子过程，收集与这些子过程相关的输入和输出数据并进行分配。
 - 扩展系统法：扩展单元过程的产品系统，使其包括共生产品的额外功能。
- b) 第二步：物理分配，如质量、体积、热量等物理关系。
- c) 第三步：经济分配，如价值、产值等经济关系。

6.8.1.2 结合工业硫酸行业生产特点，各单元过程共生产品识别表见表 1。

表 1 工业硫酸生产各单元过程共生产品识别表

单元过程	主产品	共生产品
硫铁矿制酸	工业硫酸	烧渣、蒸汽
硫磺制酸	工业硫酸	蒸汽
冶炼烟气制酸	工业硫酸	蒸汽
石膏制酸	工业硫酸	水泥熟料

6.8.2 再利用和回收分配程序

工业硫酸系统过程中原材料除了天然材料（如硫铁矿、硫磺等）以外，还有大量的产能采用了再生材料或者废物（如废硫酸、硫泡沫等），计算原材料的碳排放数据时需要考虑再利用分配程序。具体分配系数和产生再生材料的产品生产系统一致，再利用材料取代原始材料产生的碳排放信用 E_v ，可以全部分配给产生再利用材料的系统或者使用再利用材料的系统，也可以根据区域和行业特性在两个

系统之间分配，具体参照 GB/T 24067-2024 中 6.4.6.3 和《附录 D 产品碳足迹研究中回收处理的可能程序》的规定。

6.9 清单计算

以基准流为基础计算系统边界内各单元过程的输入、输出数据，数据收集及处理应符合 6.1~6.8 的要求，汇总得到为实现声明单位所需的生命周期系统边界内输入、输出数据。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

产品碳足迹计算方法见公式（1）。

$$CFP_{GHG} = CFP_{材料} + CFP_{运输} + CFP_{生产} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

CFP_{GHG} ——产品部分碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每吨（ $kgCO_2e/t$ ）；

$CFP_{材料}$ ——原辅料和能源获取阶段每声明单位的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每吨（ $kgCO_2e/t$ ）；

$CFP_{运输}$ ——原辅料及能源运输过程每声明单位的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每吨（ $kgCO_2e/t$ ）；

$CFP_{生产}$ ——产品生产阶段每声明单位的温室气体直接排放量，单位为千克二氧化碳当量每吨（ $kg CO_2e/t$ ）；

原辅料和能源获取阶段 $CFP_{材料}$ 计算方法见公式（2）。

$$CFP_{材料} = \sum_j \left[\sum_i \left(AD_{材料, i} \times EF_{材料, i, j} \right) \times GWP_j \right] \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$AD_{材料, i}$ ——生产 1t 工业硫酸输入系统内的第 i 种原辅料/能源的消耗量（包括初级和次级数据），单位根据具体原辅料种类确定；

$EF_{材料, i, j}$ ——第 i 种原辅料或能源对应的温室气体 j 的碳足迹因子，单位根据具体种类确定，其中电力排放因子参照附录 F.1；

注：原辅料或能源对应的 $EF_{材料, i, j}$ 获取有如下几种途径：

——实景数据建模，追溯至自然界开采，依据实测值计算出碳足迹因子；

——上游供应商提供的通过第三方认证的碳足迹数值；

——权威数据库对应的原辅料或能源的碳足迹因子。

GWP_j ——温室气体 j 的 GWP 值。

原辅料及能源运输阶段 $CFP_{运输}$ 计算方法见公式（3）。

$$CFP_{\text{运输}} = \sum_j \left[\sum_i \left(AD_{\text{材料}, i} \times D_{\text{运输}, i} \times EF_{\text{运输}, i, j} \right) \times GWP_j \right] \quad \dots \quad (3)$$

式中：

$D_{\text{运输}, i}$ ——第 i 种原辅料/能源的运输距离（包括初级和次级数据），单位为千米（km）；

$EF_{\text{运输}, i, j}$ ——第 i 种原辅料或能源运输过程对应的温室气体 j 的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每吨千米（ $\text{kg CO}_2\text{e/t}\cdot\text{km}$ ）；

产品生产阶段温室气体直接排放 $CFP_{\text{生产}}$ 计算方法见公式（4）。

$$CFP_{\text{生产}} = \sum_j \left(AD_{\text{燃烧}, i} \times EF_{\text{燃烧}, i} + AD_{\text{过程}, i} \times EF_{\text{过程}, i} \right) \quad \dots \quad (4)$$

$AD_{\text{燃烧}, i}$ ——生产 1t 工业硫酸过程中输入系统内作为燃料的第 i 种化石能源的消耗量（包括初级和次级数据），单位根据具体排放源确定；

$EF_{\text{燃烧}, i}$ ——第 i 种化石能源对应的温室气体的直接排放因子，根据化石能源产生的热值单位含碳量计算，无法获取实测数据的情况可参考附录 F.2 缺省值；

$AD_{\text{过程}, i}$ ——生产 1t 工业硫酸过程中输入系统内第 i 种含碳原辅料的消耗量（包括初级和次级数据），单位根据具体排放源确定；

$EF_{\text{过程}, i}$ ——第 i 种含碳原辅料对应的温室气体的直接排放因子，单位根据具体排放源确定，无法获取实测数据的情况可参考附录 F.2 缺省值。

7.2 特征化因子和 GWP 等参数的选取

应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，详见附录 E。

除 GWP100 外，还可以使用 IPCC 提供的其他时间范围的全球变暖潜势(GWP)和全球温度变化潜势(GTP)，但应单独报告。

8 结果解释

产品碳足迹研究的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤：

a) 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产品部分碳足迹的量化结果，识别显著环节；

注 1：显著环节可包括生命周期阶段、单元过程或流。

b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估；

c) 结论、局限性和建议的编制。

应根据产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

——说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹；

- 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- 详细记录选定的分配程序；
- 说明产品碳足迹研究的局限性(如单一环境影响类型、方法的局限性等)。

结果解释宜包括以下内容：

- 分析重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序)的敏感性，以了解结果的敏感性和不确定性；
- 评估替代使用情景对最终结果的影响评价；
- 评估不同生命末期阶段情景对最终结果的影响评价；
- 评估建议对结果的影响；
- 描述地理格网的划分方法及地理格网的尺度要求原则(如适用)。

注 2：更多信息见 GB/T 24044-2008 的 4.5 和 GB/T 24044-2008 的附录 B。

9 产品碳足迹报告

9.1 报告内容

工业硫酸产品碳足迹报告至少应包含以下内容：

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) 量化目的：

- 1) 开展研究的目的；
- 2) 预期用途。

c) 量化范围：

- 1) 产品说明，包括功能和技术参数；
- 2) 声明单位以及基准流；
- 3) 系统边界；
 - 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)；
 - 产品系统关联的单元过程地理位置、地理格网的划分规则、格网级别的选取,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) 生命周期各阶段描述。

- d) 清单分析：
 - 1) 数据收集信息，包括数据来源；
 - 2) 重要的单元过程清单；
 - 3) 纳入范围的温室气体清单；
 - 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) 产品碳足迹计算；
 - 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，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) 在产品碳足迹研究中披露和证明相关信息项的选择并说明理由。
- g) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

9.2 报告模板

工业硫酸产品碳足迹量化报告模板可参考附录 D。

10 产品碳足迹声明

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

附 录 A

（资料性附录）

产品生命周期内各单元过程工艺流程示意图

工业硫酸产品生命周期内各单元过程工艺流程示意图见图 A.1~A.4。

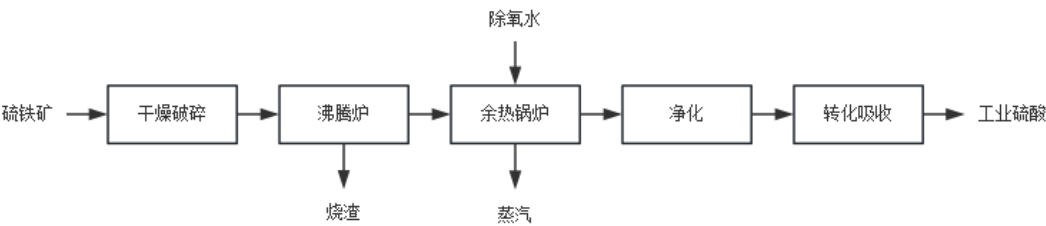


图 A.1 硫铁矿制酸工艺

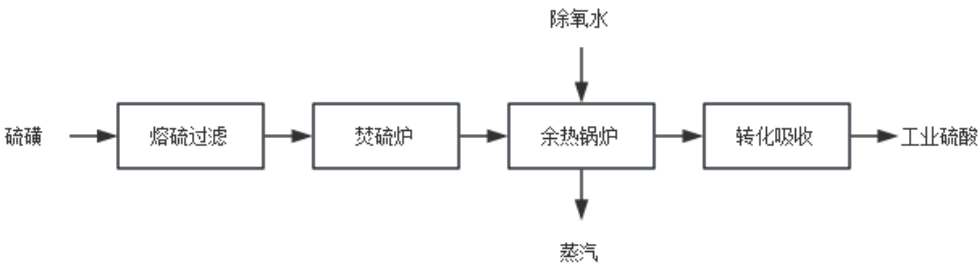


图 A.2 硫磺制酸工艺

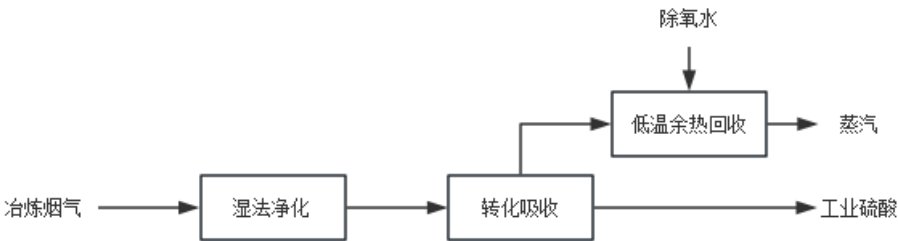


图 A.3 冶炼烟气制酸工艺

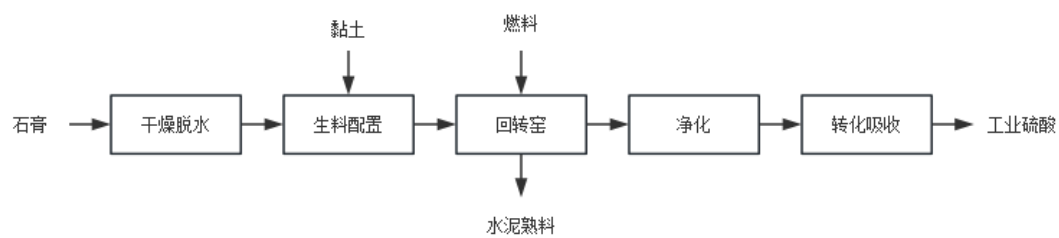


图 A.4 石膏制酸工艺

附 录 B

（资料性附录）

产品碳足迹量化数据收集表

产品碳足迹量化数据收集示例见表 B.1~表 B.4。

表B. 1 硫铁矿制酸单元输入、输出数据收集清单

数据起始时间： 年月日		数据终止时间： 年月日		制表人：		制表日期：		
输入								
分类	名称	用量	单位	规格、成分、来源	运输方式	运输距离	包装类型及用量	直接排放 (勾选)
原料	硫铁矿							
辅料	除氧水							
能源	天然气							
	柴油							
	电							
	蒸汽							
输出								
分类	名称	产量	单位		规格、成分、去向			
主产品	工业硫酸							
共生产品	烧渣							
	蒸汽							
再生/再利用产品	/							
直接排放	CO ₂							
三废处理								
分类	名称	产量	处理剂		处理剂耗量		单位	
废气								
废水								
固废								

表B.2 硫磺制酸单元输入、输出数据收集清单

数据起始时间： 年月日		数据终止时间： 年月日		制表人：		制表日期：		
输入								
分类	名称	用量	单位	规格、成分、来源	运输方式	运输距离	包装类型及用量	直接排放 (勾选)
原料	硫磺							
辅料	除氧水							
能源	天然气							
	柴油							
	电							
	蒸汽							
输出								
分类	名称	产量	单位		规格、成分、去向			
主产品	工业硫酸							
共生产品	蒸汽							
再生/再利用产品	/							
直接排放	CO ₂							
三废处理								
分类	名称	产量	处理剂		处理剂耗量		单位	
废气								
废水								
固废								

表B.3 冶炼烟气制酸单元输入、输出数据收集清单

数据起始时间： 年月日		数据终止时间： 年月日		制表人：		制表日期：		
输入								
分类	名称	用量	单位	规格、成分、来源	运输方式	运输距离	包装类型及用量	直接排放 (勾选)
原料	冶炼烟气							
辅料	除氧水							
能源	天然气							
	柴油							
	电							
	蒸汽							
输出								
分类	名称	产量		单位		规格、成分、去向		
主产品	工业硫酸							
共生产品	蒸汽							
再生/再利用产品	金属氧化物							
直接排放	/							
三废处理								
分类	名称	产量		处理剂		处理剂耗量		单位
废气								
废水								
固废								

表B.4 石膏制酸单元输入、输出数据收集清单

数据起始时间： 年月日		数据终止时间： 年月日		制表人：		制表日期：		
输入								
分类	名称	用量	单位	规格、成分、来源	运输方式	运输距离	包装类型及用量	直接排放 (勾选)
原料	石膏							
辅料	黏土							
能源	天然气							
	煤							
	焦炭							
	电							
	蒸汽							
输出								
分类	名称	产量	单位		规格、成分、去向			
主产品	工业硫酸							
共生产品	水泥熟料							
再生/再利用产品	/							
直接排放	CO ₂							
三废处理								
分类	名称	产量	处理剂		处理剂耗量		单位	
废气								
废水								
固废								

附录 C

(资料性)

推荐分配方案

C.1 硫铁矿获取单元过程

硫铁矿分为天然硫铁矿和伴生硫铁矿，伴生硫铁矿建议先细分过程，无法细分单元过程的环节，需与伴生矿进行碳足迹分配，优先推荐质量分配，若两种矿的经济价值差距超过4倍，则推荐采用经济价值分配。

C.2 硫磺获取单元过程

工业副产硫磺，一般为天然气开采或石油炼厂副产，建议先细分单元过程，无法细分的共用工段，采用质量比分配，如天然气和石油开采过程，含硫化氢废气制硫酸工段可以独立核算，硫磺承担此部分碳足迹。

C.3 冶炼烟气获取单元过程

建议优先采用细分过程的分配方法，即将制酸单元（从收尘后的烟气开始，到产出硫酸产品为止，包括污酸处理和酸性废水处理）的输入和输出全部分配给硫酸产品，不参与前端冶炼的分配。

C.4 石膏获取单元过程

石膏获取分为天然石膏获取和工业副产石膏获取两类。天然石膏获取单元过程：天然石膏有伴生矿的情况，无法细分单元过程的环节，优先推荐质量分配，若两种矿的经济价值差距超过4倍，则推荐采用经济价值分配。工业副产石膏获取单元过程：工业副产石膏一般是工业固废，建议按照废物资源化利用考虑，石膏的碳足迹仅考虑石膏运输，不分配上游产生石膏的单元过程的碳足迹。

C.5 硫铁矿制酸单元过程

主产品为工业硫酸，共生产品有烧渣和蒸汽，由于烧渣产生工段为沸腾炉，不参与后面转化吸收工段的反应，因此建议烧渣和二氧化硫炉气分配沸腾炉及之前工段的碳足迹，按质量比进行分配；蒸汽不分配，按零碳蒸汽计。

C.6 硫磺制酸单元过程和冶炼烟气制酸单元过程

主产品为工业硫酸，共生产品为蒸汽，蒸汽不分配，按零碳蒸汽计。

C.7 石膏制酸单元过程

主产品为工业硫酸，共生产品为水泥熟料，建议水泥熟料和二氧化硫炉气分配回转窑及之前工段的碳足迹，按质量比进行分配；蒸汽不分配，按零碳蒸汽计。

C.8 推荐分配方案计算

有共生产品、无法避免分配的情况下主产品碳足迹根据选定的分配方案计算：

表C.1 有共生产品情况下主产品碳足迹计算

主产品			共生产品			
碳排放	质量	近三年平均价格	分配碳排放	质量	近三年平均价格	替代原始材料获取的碳排放

E1	M1	P1	E2	M2	P2	E3
总体排放	E					
质量分配	$E1 = \frac{E \cdot M1}{M1 + M2}$		$E2 = E - E1$			
经济价值分配	$E1 = \frac{E \cdot M1 \cdot P1}{M1 \cdot P1 + M2 \cdot P2}$		$E2 = E - E1$			
拓展系统分配	$E1 = E - rM2E3$		$E2 = rE3$, r: 系数, $r \leq 1$			

注：系数 r 考虑到拓展系统产生的产品与替代的产品之间存在品质和性能上的差距的情况，当拓展系统产生的产品与原始材料性能相同时， $r=1$ 。

附录 D

(规范性)

产品碳足迹研究报告（模板）

产品碳足迹报告格式模板如下。

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：(若有)_____ (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：_____

企业概况：_____

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、声明单位

以_____为声明单位。

2、系统边界

☐原材料获取阶段 ☐生产阶段 ☐分销阶段 ☐使用阶段 ☐生命末期阶段

系统边界图：

图 1 XXX 产品碳足迹量化系统边界图

3、取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4、时间范围

_____年度。

四、清单分析

1、数据来源说明

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 _____生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	碳足迹（kg CO2e/声明单位）
原材料获取			
生产			
产品仓储			

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

一般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，每声明单位的产品），从 _____（填写某生命周期阶段）到 _____

（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 2 和图 1 所。

表 2 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/声明单位）	百分比（%）
原材料获取		
产品生产		
总计		

图 2 **各生命周期阶段碳排放分布图

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

2、假设和局限性说明（可选项）

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3、改进建议

附录 E

(资料性)

全球增温潜势

在计算用于 GHG 全球增温潜势值时，须参照表 E.1 中的规定。

表 E.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	17,400
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 F

(资料性)

常用参数参考值

表 F.1 原材料与能源获取碳足迹因子缺省值表

碳足迹因子	因子值 (kgCO ₂ e/kWh)
全国电力平均	0.6205
燃煤发电	0.9440
燃气发电	0.4792
水力发电	0.0143
核能发电	0.0065
风力发电	0.0336
光伏发电	0.0545
光热发电	0.0313
生物质发电	0.0457
输配电	0.0036
注：数据来源于生态环境部《关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告》，并根据最新的官方文件更新。	

表 F.2 产品生产过程碳排放因子缺省值表

过程碳排放因子	因子值	单位
无烟煤	2.5215	tCO ₂ e/t
烟煤	1.7417	tCO ₂ e/t
褐煤	1.1729	tCO ₂ e/t
洗精煤	2.2082	tCO ₂ e/t
其他洗煤	1.0519	tCO ₂ e/t
型煤	1.9360	tCO ₂ e/t
其他煤制品	2.1081	tCO ₂ e/t
焦炭	2.8604	tCO ₂ e/t
石油焦	3.2115	tCO ₂ e/t
原油	3.0202	tCO ₂ e/t
燃料油	3.1705	tCO ₂ e/t

汽油	2.9251	tCO ₂ e/t
柴油	3.0959	tCO ₂ e/t
一般煤油	3.0334	tCO ₂ e/t
液化天然气	2.8313	tCO ₂ e/t
液化石油气	3.1013	tCO ₂ e/t
石脑油	3.1981	tCO ₂ e/t
焦油	2.6446	tCO ₂ e/t
粗苯	3.4109	tCO ₂ e/t
其他石油制品	2.9488	tCO ₂ e/t
天然气	21.6219	tCO ₂ e/10 ⁴ Nm ³
高炉煤气	8.4811	tCO ₂ e/10 ⁴ Nm ³
转炉煤气	15.1240	tCO ₂ e/10 ⁴ Nm ³
焦炉煤气	8.8638	tCO ₂ e/10 ⁴ Nm ³
炼厂干气	3.0389	tCO ₂ e/t
其他煤气	2.3148	tCO ₂ e/10 ⁴ Nm ³
CaCO ₃	0.4397	tCO ₂ e/t
MgCO ₃	0.5220	tCO ₂ e/t
Na ₂ CO ₃	0.4149	tCO ₂ e/t
NaHCO ₃	0.5237	tCO ₂ e/t
FeCO ₃	0.3799	tCO ₂ e/t
MnCO ₃	0.3829	tCO ₂ e/t
BaCO ₃	0.2230	tCO ₂ e/t
Li ₂ CO ₃	0.5955	tCO ₂ e/t
K ₂ CO ₃	0.3184	tCO ₂ e/t
SrCO ₃	0.2980	tCO ₂ e/t
CaMg(CO ₃) ₂	0.4773	tCO ₂ e/t
注：数据来源于 GB/T 32151.10-2023《碳排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业》，实际根据最新的官方文件更新。		

参 考 文 献