

T/CSPCI

团 体 标 准

T/CSPCI 70016—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 精对苯二甲酸

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for
carbon footprint of product—Pure terephthalic acid

(此文本仅供个人学习、研究之用,未经授权,禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等,侵权必究)

2024-12-27 发布

2024-12-27 实施

中国石油化工信息学会 发布

目 次

前言 I

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 3

 4.1 应用意图及目的 3

 4.2 目标受众 3

5 量化范围 3

 5.1 产品描述 3

 5.2 声明单位 3

 5.3 系统边界 4

6 清单分析 5

 6.1 数据收集和确认 5

 6.2 分配原则 6

 6.3 取舍准则 6

 6.4 清单计算 6

7 影响评价 6

 7.1 通则 6

 7.2 计算方法 6

8 结果解释 9

9 产品碳足迹报告 10

10 产品碳足迹声明 10

附录 A（资料性） PTA 工艺流程图示例 11

附录 B（资料性） 精对苯二甲酸产品碳足迹量化数据收集表示例 12

附录 C（资料性） 常用参数参考值 14

附录 D（资料性） 计算示例 15

附录 E（资料性） 产品碳足迹报告（模板） 17

附录 F（资料性） 全球变暖潜势值 21

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。

本文件由中国石油化工有限公司信息学会标准处提出。

本文件由中国石油化工有限公司信息学会归口。

本文件起草单位：中石化（上海）石油化工研究院有限公司、中国石油化工有限公司化工事业部、中石化仪征化纤有限责任公司、中石化节能技术服务有限公司、北京中碳众和认证服务有限公司、中石化扬子石油化工有限公司、中石化上海石油化工股份有限公司、中石化石油化工科学研究院有限公司、江苏盛虹产业集团有限公司。

本文件主要起草人：杨为民、李诚炜、杨世飞、徐根东、王川、郭孟威、李继文、张楚珂、钱增学、邵强、赵丽萍、郭明阳、龚柳柳、方涵、孙红伟、李延军、宋冰清、肖彦之。

本文件为首次发布。



温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 精对苯二甲酸

1 范围

本文件规定了精对苯二甲酸的产品碳足迹核算的量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告、产品碳足迹声明等。

本文件适用于工业用精对苯二甲酸的产品碳足迹量化。

本文件仅针对一个单一影响类别，即气候变化，不评价产品生命周期产生的其他方面环境潜在影响，也不评价产品生命周期可能产生的社会和经济影响。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南（ISO 14044：2006，IDT）

GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32685 工业用精对苯二甲酸（PTA）

ISO 14026 环境标志和声明 足迹信息交流的原则、要求和指南（Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information）

3 术语和定义

GB/T 24044—2008、GB/T 24067—2024 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gas; GHG

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。

[来源：GB/T 32150—2015，3.1，有修改]

3.2

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强迫上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：GB/T 32150—2015，3.16，有修改]

3.3

全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150—2015，3.15，有修改]

3.4

温室气体排放因子 **greenhouse gas emission factor; GHG emission factor**

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源: GB/T 32150—2015, 3.13]

3.5

系统边界 **system boundary**

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源: GB/T 24044—2008, 3.32]

3.6

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 24040—2008, 3.20]

3.7

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 (1t 精对苯二甲酸)。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.3.8]

3.8

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]

3.9

共生产品 **co-product**

同一个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 24067—2024, 3.3.3]

3.10

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 24044—2008, 3.15]

3.11

初级数据 **primary data**

通过直接测量或基于直接测量的或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]

3.12

次级数据 **secondary data**

不符合初级数据要求的数据。

[来源: GB/T 24067—2024 3.6.3]

3.13

原材料 **raw material**

用于生产某种产品的初级和次级材料。

[来源: GB/T 24044—2008, 3.15]

3.14

排放因子 emission factor

用来表征单位生产或消费活动量温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150—2015，3.13]

3.15

不确定性 uncertainty

与量化结果相关的参数，可用来合理反映量化结果的数值离散程度。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.4，有修改]

3.16

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 24044—2008，3.19]

3.17

生命周期 life cycle

指产品的一系列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以及生命末期处理。

[来源：GB/T 24044—2008，3.1]

4 量化目的

4.1 应用意图及目的

开展精对苯二甲酸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的所有显著的温室气体排放量和清除量，计算 1 吨精对苯二甲酸产品对全球变暖的潜在贡献，其对气候变化影响以二氧化碳当量（CO₂e）表示。

开展精对苯二甲酸的碳足迹量化目的还包括：

- 评价精对苯二甲酸产品生命周期内相关活动带来的温室气体排放量，提供碳足迹量化报告；
- 识别精对苯二甲酸系统的高排放环节，挖掘降碳潜力，为深度减排提供技术策略；
- 促精对苯二甲酸产业链上下游信息沟通，协同降碳，推动市场向低碳产品转型。

本文件潜在应用还包括为产品研发、技术改进、碳足迹绩效追踪和沟通等提供信息支持。

4.2 目标受众

精对苯二甲酸的生产商、经销商、使用者等。

5 量化范围

5.1 产品描述

a) 精对苯二甲酸（Pure Terephthalic Acid，简称 PTA）。常温下为白色粉状晶体，易溶于碱，微溶于水，不溶于乙醚、醋酸、氯仿。主要用于生产聚酯。

b) 产品等级及技术要求：应符合 GB/T 32685 的规定。

5.2 声明单位

声明单位必须是明确规定并且可测量的。本文件中工业用精对苯二甲酸产品的声明单位设定为每

生产 1 吨 (t) 精对苯二甲酸产品。

对产品系统边界范围内所有原始数据的采集应按照相同的计算基准流 (以吨为统计单位)。

5.3 系统边界

5.3.1 边界设定

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评价应达到的详细程度。

精对苯二甲酸系统边界内碳足迹量化范围主要包括:

- 1) 精对苯二甲酸生产阶段发生的直接排放;
- 2) 消耗电力和蒸汽发生的间接排放;
- 3) 原辅材料、燃料等上游排放及运输排放;
- 4) 废弃物处置产生的排放等。

本文件设定的精对苯二甲酸产品“从摇篮到大门”的生命周期碳足迹核算系统边界如图 1 所示: 即包括原辅材料和能源获取阶段的上游排放、原辅材料储运和精对苯二甲酸生产加工阶段的过程排放。精对苯二甲酸的生产工艺流程图见附录 A。

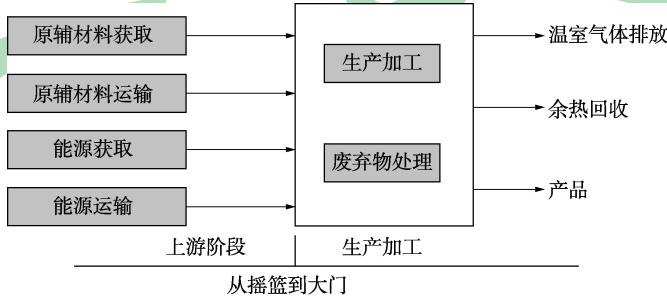


图 1 精对苯二甲酸产品生命周期系统边界示意图

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, 到原材料和能源到达生产工厂时终止。

原辅材料和能源获取阶段包括但不限于以下过程:

- a) 原辅材料获取过程 (例如对二甲苯、醋酸、压缩空气、氢气等等);
- b) 原辅材料运输过程 (例如对二甲苯、醋酸等);
- c) 能源获取过程 (例如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气、电力、热力等);
- d) 能源运输过程 (例如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气等)。

5.3.3 精对苯二甲酸生产阶段

精对苯二甲酸生产阶段从原料进入工厂开始, 到精对苯二甲酸离开工厂终止, 包括以下过程:

- a) 对苯二甲酸生产相关过程, 包括:
 - 1) 对二甲苯氧化反应过程;
 - 2) 氧化产物结晶过程;
 - 3) 氧化反应器尾气吸收过程;
 - 4) 对苯二甲酸浆料分离过程;
 - 5) 粗对苯二甲酸干燥过程;
 - 6) 溶剂及催化剂回收过程;
 - 7) 粗对苯二甲酸加氢反应过程;
 - 8) 加氢反应后 PTA 溶液结晶过程;
 - 9) 结晶单元 PTA 浆料过滤和干燥过程。

- b) 余热回收利用。
- c) 燃料及电（热力）等能源消耗相关过程。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据收集

产品碳足迹影响评价需要收集的数据分为初级数据和次级数据。数据收集包括初级数据和次级数据的收集。

6.1.2 初级数据收集

初级数据包含直接测量的活动数据，也可包含产品相应进程中的数据分配值（数据分配应遵守 6.2 数据分配原则）。

初级数据可以通过测量或建模获得，其结果是产品生命周期中的特定值。分配的数据只要满足初级活动水平数据的要求，可被认为是初级活动水平数据。必须基于质量或其他合理的方式，将设施或场地的具体数据分解到产品层面。

产品的关键部件和主要生产过数据应使用初级活动水平数据，如产品制造阶段的原材料消耗、能源消耗、污染物排放以及运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等。

注：初级数据具有代表性，宜反映所评价产品生命周期过程正常情况下的状况。一般情况下，初级活动数据的收集周期为数据盘查前的最近一年。生产周期未达一年者，以最近至少一个月的生产周期为基础，同时应考虑该数据的代表性与准确性，但此时碳足迹计算结果仅做参考。

初级数据的主要来源：

- a) 供应商的直接监测或记录；
- b) 基于标的产品进行分配；
- c) 第三方机构检测结果。

6.1.3 次级数据收集

无法获取初级数据时，应根据本文件 6.1.4 的数据质量要求，选择次级数据并在评价报告中解释说明。次级数据从外部来源（如，生命周期数据库、行业协会、供应商报告等）获得，或从组织内部的另一过程、活动（如，相同种类或类似产品的初级活动水平数据）中获得，用作产品生命周期的清单过程的替代数据。

应从以下数据来源优先选择次级数据：

- a) 由第三方证明符合本产品类别规则的数据，例如行业平均数据、基于文献研究的估算、协会、公开的生产数据、政府统计、文献研究、工程研究和专利，也可以基于财务数据：它可以包括专家经验数据和其他通用数据；
- b) 基于符合 GB/T 24040—2008 和 GB/T 24044—2008 等标准，普及度较高的区域、国家或国际数据库；
- c) 未经验证的数据，评价报告中应说明使用理由。

注 1：如果缺少区域或国家的具体数据集，则选择同样的生产原材料，该材料应来自其他温室气体排放情况尽量相似的国家和地区。

注 2：如果缺少具体的生产原材料数据，则选择适当的代用材料数据，例如，来自同一化学族的化学物质。

6.1.4 数据质量确认

在确定产品碳足迹量化所使用的初级活动水平数据和次级数据时，应优先考虑以下方面：

- a) 覆盖范围：数据的覆盖范围与产品系统边界保持一致，且能够满足产品碳足迹量化的需要；
- b) 地域代表性：收集数据所在的地理区域，以及针对具有地理特性的产品的具体数据；

- c) 技术代表性：数据是否针对具体某项技术或一套混合技术，以及针对产品的具体技术数据；
- d) 时间代表性：数据的年份和收集数据的最短时间期限，以及针对具体被评价产品的时间数据；
- e) 准确性：数据采样范围应足够大，测量的周期性应足够长，当数据、模式和假设等多种选择时，应优先考虑最准确的数据；
- f) 完整性：数据采样范围应包含边界内完整的产品流和能源流，数据收集阶段应以完整性为准则，数据处理阶段考虑数据删减应满足 6.3 的取舍准则；
- g) 一致性：数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等；
- h) 可再现性：有关方法和数据值的信息应能允许独立的专人再现研究的结果；
- i) 来源：当初级活动水平数据易于获取时，产品碳足迹的量化应优先使用初级活动水平数据；用于产品碳足迹量化的所有数据，其获得方式和来源均予以说明；
- j) 不确定性：尽可能使用现有的质量最好的数据，以减少偏差和不确定性；
- k) 单位：数据汇总过程应注意数据单位的转换（如质量单位统计单位为 kg，热值统计单位为 MJ 等），各数据应至少保留两位有效数字。

精对苯二甲酸产品碳足迹量化数据收集表示例见附录 B。

6.2 分配原则

在边界设置或数据收集时，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：

- a) 尽量避免进行数据分配；
- b) 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；
- c) 无法找到物理关系时，则依经济价值进行分配；
- d) 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；
- e) 应由了解生产实际情况的人员根据 a) ~d) 原则结合实际生产情况对数据进行分配。

6.3 取舍准则

若某排放源的 GHG 排放量估测值小于或等于产品生命周期内 GHG 排放量估测值的 1%，则可进行删减。但所有删减项目的 GHG 排放量估测值合计不得超过产品生命周期内 GHG 排放量估测值的 5%。

6.4 清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表，展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的资源使用量（如原材料、能源），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废水、固体废物）。

7 影响评价

7.1 通则

影响类型选用潜在的气候变化的影响，本文件中涉及的温室气体的排放量乘以 100 年的全球变暖潜势值（GWP 值）见附录 F。该 GWP 值采用 IPCC 推荐的以千克二氧化碳当量每千克排放（kgCO₂e/kg）的单位。

7.2 计算方法

精对苯二甲酸产品碳足迹量化应包括生命周期中排放和清除的二氧化碳当量，全生命周期产品碳

足迹量化范围包括产品生产、运输、使用和处理处置过程。精对苯二甲酸系统碳排放量按式（1）计算。

$$E_{\text{GHG}} = E_{\text{CO}_2\text{原料+能源获取}} + E_{\text{CO}_2\text{生产}} + E_{\text{CO}_2\text{运输}} - R_{\text{CO}_2\text{回收}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- E_{GHG} ——精对苯二甲酸产品温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{原料+能源获取}}$ ——原辅材料和能源获取过程排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{生产}}$ ——生产过程排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{运输}}$ ——运输过程排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $R_{\text{CO}_2\text{回收}}$ ——精对苯二甲酸装置回收的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）。

7.2.1 原辅材料和能源获取过程排放计算方法

原辅材料和能源获取排放包括自产原辅材料和能源获取和外购原辅材料和能源获取排放，外购温室气体排放因子由上游供应商提供，若供应商无法提供，则采用数据库或文献数据，自产原料温室气体排放因子由上游装置量化数据带入。对于不同来源的同一种原料，其温室气体排放因子应按照实际来源分类统计并计算。原辅材料和能源获取过程排放计算方法按式（2）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{原料+能源获取}} = \sum_{i=1}^n (FC_{\text{原料或能源}i} \times EF_{\text{原料或能源}i}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $E_{\text{CO}_2\text{原料+能源获取}}$ ——原材料获取阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $FC_{\text{原料或能源}i}$ ——各原料、辅料、助剂等材料 and 能源的消耗量，单位为吨（t）；
 $EF_{\text{原料或能源}i}$ ——各原料、辅料、助剂等材料 and 能源的温室气体排放因子，包括开采和加工过程，以吨二氧化碳当量每吨计（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{t}$ ）；
 i ——各原料、辅料、助剂等或能源的种类，不同来源的原料分别进行统计。

7.2.2 生产过程排放计算方法

精对苯二甲酸产品生产过程碳足迹量化包括能源消耗排放和工艺排放。能源消耗排放是指精对苯二甲酸产品生产过程中所涉及能源工质消耗产生的二氧化碳，能源工质涉及水、电、蒸汽、燃料等，输入来源包括自产和外购，输出包括用于自用或外供；工艺排放是指精对苯二甲酸产品生产过程工艺产生的二氧化碳。

$$E_{\text{CO}_2\text{生产}} = E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} + E_{\text{CO}_2\text{电力}} + E_{\text{CO}_2\text{蒸汽}} + E_{\text{CO}_2\text{水}} + E_{\text{CO}_2\text{其他}} + E_{\text{CO}_2\text{工艺}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $E_{\text{CO}_2\text{燃烧}}$ ——化石燃料消耗排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{电力}}$ ——净消耗电力排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{蒸汽}}$ ——净消耗蒸汽排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{水}}$ ——净消耗水排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{其他}}$ ——其他能源消耗排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；
 $E_{\text{CO}_2\text{工艺}}$ ——工艺过程排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）。

7.2.2.1 化石燃料消耗排放量计算方法

化石燃料消耗排放主要指精对苯二甲酸生产中化石燃料用于动力或热力供应的燃烧过程产生的排放。燃料消耗量可根据生产统计数据得到。化石燃料消耗排放量计算方法按式（4）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n \left(AD_i \times NCV_i \times EF_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- i ——第 i 种化石燃料；

AD_i ——第 i 种化石燃料用作燃料燃烧的消耗量,对固体或液体燃料,单位为吨 (t),对气体燃料,单位为万立方米 (10^4 m^3);

NCV_i ——第 i 种化石燃料的低位发热量,对固体和液体燃料,单位为吉焦每吨 (GJ/t),对气体燃料,单位为吉焦每万立方米 (GJ/ 10^4 m^3);

EF_i ——第 i 种化石燃料的单位热值含碳量,单位为吨碳每吉焦 (t/GJ);

OF_i ——第 i 种化石燃料的碳氧化率, %。

7.2.2.2 净消耗电力排放量计算方法

净消耗电力排放为精对苯二甲酸生产中电力净消耗产生的排放。按照不同来源分为内部发电、直供电力和电网电力,可根据来源选择不同的碳足迹因子,2023 年度全国电力平均碳足迹因子和主要发电类型碳足迹因子见附录 C。净消耗电力排放量计算方法按式 (5) 计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{净电}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$AD_{\text{电力}}$ ——电力的净消耗量,单位为兆瓦时 (MW · h);

$EF_{\text{电力}}$ ——电力碳足迹因子,单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时 [$\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}} / (\text{MW} \cdot \text{h})$]。

7.2.2.3 净消耗蒸汽排放量计算方法

净消耗蒸汽排放量为精对苯二甲酸生产中蒸汽净消耗产生的排放。净消耗蒸汽排放量计算方法按式 (6) 计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{蒸汽}} = AD_{\text{蒸汽}} \times EF_{\text{蒸汽}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$AD_{\text{蒸汽}}$ ——蒸汽的净消耗量,单位为吨 (t);

$EF_{\text{蒸汽}}$ ——蒸汽温室气体排放因子,单位为吨二氧化碳当量 ($\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}$)。

7.2.2.4 净消耗水排放量计算方法

净消耗水排放量为精对苯二甲酸生产中不同类型用水消耗产生的排放,净消耗水排放量计算方法按式 (7) 计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{水}} = AD_{\text{水}} \times EF_{\text{水}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$AD_{\text{水}}$ ——不同类型的用水量,单位为吨 (t);

$EF_{\text{水}}$ ——所在区域的不同类型用水温室气体排放因子,单位为吨二氧化碳当量每吨 ($\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{t}$)。

7.2.2.5 其他气体产生的排放量计算方法

在精对苯二甲酸生产过程中,还包括氮气、净化风等其他能源消耗。其他能源消耗排放量计算方法按式 (8) 计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{其他}} = AD_{\text{其他}} \times EF_{\text{其他}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$AD_{\text{其他}}$ ——生产过程中消耗的气体量,单位为 m^3 ;

$EF_{\text{其他}}$ ——所使用气体的温室气体排放因子,单位为吨二氧化碳当量每立方米 ($\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{m}^3$)。

7.2.2.6 工艺排放量计算方法

精对苯二甲酸生产工艺中发生氧化反应会产生二氧化碳排放。工艺上通过计量氧化反应产生的尾气和尾气中的二氧化碳含量进行计算,工艺排放量化计算方法按式 (9) 计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{工艺}} = (RF \times C_R - FQ \times C_{\text{air}}) \times T \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

RF ——氧化反应器尾气的平均流量,单位为吨每小时 (t/h);

C_R ——氧化反应尾气中 CO_2 浓度,单位为 % (质量百分数);

FQ ——氧化反应进料空气的平均流量，单位为吨每小时（t/h）；

C_{air} ——进料空气中的 CO_2 浓度，单位为%（质量百分数）；

T ——统计周期内装置的生产运行时间，单位为小时（h）。

7.2.3 运输过程温室气体排放

包括原料、能源和产品运输过程的温室气体排放，运输过程温室气体排放量计算按式（10）计算。

$$E_{\text{运输}} = \sum_{i=1}^n S_{\text{分配}, i} \times FC_i \times EF_i \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$E_{\text{运输}}$ ——运输阶段温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；

$S_{\text{分配}, i}$ ——分配系数，第 i 段运输过程碳排放占输运系统碳排放的比重；

FC_i ——第 i 种燃料的消耗量，单位为吨（t）；

EF_i ——第 i 种燃料的温室气体排放因子，包括开采、加工过程，以吨二氧化碳当量计（ $\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{t}$ ）；

i ——运输过程的不同阶段。

7.2.4 CO_2 回收利用量计算方法

如精对苯二甲酸生产企业建有 CO_2 回收利用装置， CO_2 回收利用量按式（11）计算。

$$R_{\text{CO}_2\text{回收}} = Q \times \text{PUR}_{\text{CO}_2} \times 19.7 \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$R_{\text{CO}_2\text{回收}}$ ——为边界 CO_2 回收利用量，单位为吨；

Q ——为边界内回收且外供的 CO_2 气体体积，单位为万 Nm^3 ；

PUR_{CO_2} ——为 CO_2 外供气体的纯度，单位为%；

19.7 ——为 CO_2 气体的密度，单位为吨/万 Nm^3 。

7.2.5 产品碳足迹的计算方法

$$CFP_{\text{精对苯二甲酸}} = E_{\text{GHG}} / G_{\text{总}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$CFP_{\text{精对苯二甲酸}}$ ——精对苯二甲酸产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{t}$ ）；

E_{GHG} ——精对苯二甲酸产品温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}$ ）；

$G_{\text{总}}$ ——输出产品产量，单位为吨（t）。

计算示例见附录 D。

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：

- 根据生命周期清单分析和产品碳足迹影响评价的量化结果，识别显著环节（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的评估；
- 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，对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

- 说明产品碳足迹和各阶段碳足迹；
- 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。

结果解释宜包括以下内容：

- a) 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；
- b) 评估建议对结果的影响。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹评价报告应包括以下内容但不限于下列内容（参考格式见附录 E）：

- a) 基本情况：
 - 1) 委托方和评价方信息；
 - 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) 功能单位或声明单位及以及基准流；
 - 3) 系统边界；
 - 4) 取舍准则；
 - 5) 生命周期各阶段的描述。
- 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。
- 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) 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。

10 产品碳足迹声明

如需声明时，可按照 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)
PTA 工艺流程图示例

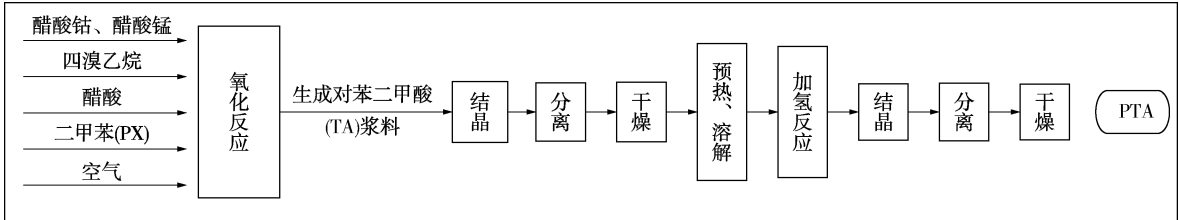


图 A. 1 二步法加氢精制工艺流程图

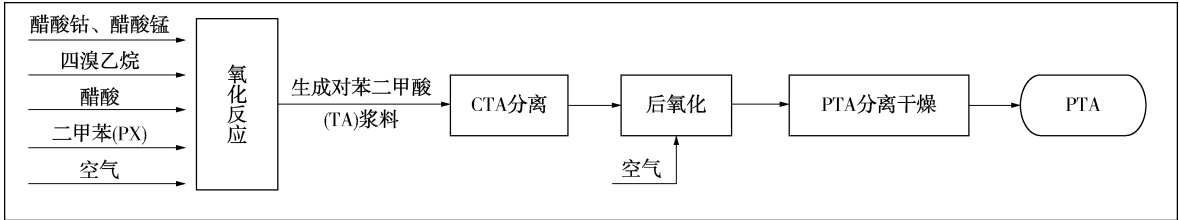
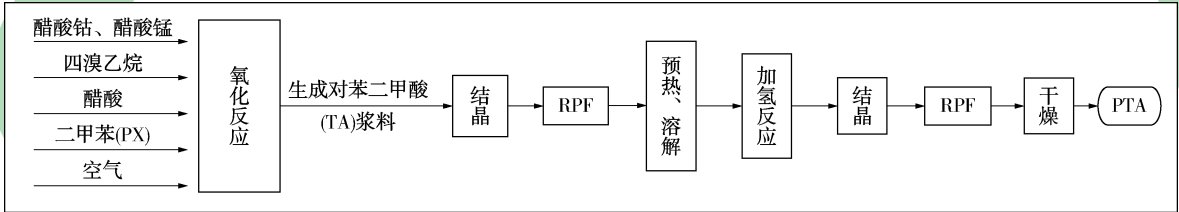


图 A. 2 一步法（Eastman 工艺）流程图



注：RPF是一步法无分区旋转压力过滤工艺

图 A. 3 P8 氧化工艺流程图

附 录 B

(资料性)

精对苯二甲酸产品碳足迹量化数据收集表示例

以下示例并不代表全部收集范围，报告主体应根据生产系统实际情况补充或调整。
数据收集项目如表 B.1~表 B.3 所示。

表 B.1 原材料获取阶段

原/辅料名称	规格型号	主要材质或成分	用量	使用工序
对二甲苯		对二甲苯	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	氧化
醋酸		醋酸	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	氧化
氧化催化剂		醋酸钴、醋酸锰	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	氧化
加氢催化剂		二氧化硅、钯	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	加氢
四溴乙烷		四溴乙烷	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	氧化
空气		氧气、氮气	实际生产用量（若存在数据分配应遵循 6.2 原则）	氧化
氢气		氢气		加氢
……				

表 B.2 运输（原/辅材料）

原/辅料名称	年运输量（t）	运输距离	运输方式	单车载重
对二甲苯	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
醋酸	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
催化剂	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
氢气	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
氧气	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
醋酸钴	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
醋酸锰	实际生产用量	见填写说明 2.2		见填写说明 2.3
……				

填写说明：

- 2.1 运输方式一般常见有“航空”“水运”“火车”“汽运”等，能源种类常见有“航空煤油”“柴油”“汽油”“电力”“生物柴油”“乙醇”等；
- 2.2 运输距离是从原材料始发地到工厂的平均距离，同一种物料有不同的始发地的，应按照各始发地的发货量进行加权平均，不确定的情况下，可以按照运输方式直接从地图上估算；
- 2.3 单车载重一般为汽运时每次运输时的单车装载重量，其他运输方式直接填写平均每批次发货重量。

表 B.3 能源输入与输出

能耗种类	单位	年消耗/产生量	使用工序
电	kW · h		
可再生能源电力（若有）	kW · h		
天然气	Nm ³		
蒸汽（提供压力、温度）	GJ		
压缩空气	m ³		
生产水	t		
脱盐水	t		
生活水	t		
锅炉水	t		
氮气	Nm ³		
净化风	Nm ³		
.....			
填写说明： 1. 各种能源按照实际消耗填写，单位根据能源物质种类确定，例如电力的单位为 kW · h，热力的单位为 MJ 等，各种其他的单位为 m³ 等； 2. 能源物质的年消耗量以实际生产统计数据为准，应按照国家产品的实际消耗统计，无法分产品统计的按照产品的产量进行合理拆分。			

附 录 C
(资料性)
常用参数参考值

表 C.1 2023 年全国电力平均碳足迹因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
全国	0.6205

表 C.2 2023 年主要发电类型电力碳足迹因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
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

注：[来源《生态环境部、国家统计局、国家能源局《关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告》]

附 录 D
(资料性)
计算示例

以某精对苯二甲酸生产企业为例，该厂精对苯二甲酸生产装置物料平衡如表 D.1 所示。

表 D.1 精对苯二甲酸装置物料平衡表

序号	进料	加工量 (t)	出料	产量 (t)
1	对二甲苯 (99.7%)	175680.0	PTA 产品	270000
2	压缩空气	882900.0	尾气洗涤塔废气	743145.0
3	氢气 (99.9%)	43.2	精制单元洗涤塔废气	0.1
4	钴溶剂 (12.0%)	27.0	PTA 干燥机放空洗涤塔废气	0.2
5	锰溶剂 (12.0%)	7.7	PTA 料仓废气	11707.9
6	溴化氢 (48.0%)	281.3	醋酸回收装置废水	61566.8
7	醋酸 (99.5%)	8640.0	催化剂回收装置废水 W	12916.4
8	碱液 (32%NaOH)	3375.0	尾气洗涤塔废水	62370.5
9	碳酸钠 (20%)	3240.0	精制单元洗涤及干燥废水	32625.6
10	甲酸钠 (97.0%)	325.8	粗对苯二甲酸	90
11	除盐水	35370.0		
12	原水	84532.5		
	合计	1194422.5	合计	1194422.5

1. 原料带入排放

精对苯二甲酸装置原料主要为来自对二甲苯、醋酸、压缩空气，原料带入 CO₂排放量计算结果如表 D.2所示。

表 D.2 精对苯二甲酸装置原料带入排放汇总表

序号	原料名称	投入量 (t)	碳足迹 (tCO ₂ /t)	原料排放量
1	对二甲苯 (99.9%)	175680.0	1.2691	222955.5
2	压缩空气	882900.0	0.00013	114.8
3	醋酸 (99.5%)	8640.0	2.6	22464.0
4	除盐水	35370.0	0.003517	124.4
5	原水	84532.5	0.000528	44.6
6	天然气			未获取数据
合计				245703.3

2. 能源消耗排放

精对苯二甲酸装置能源消耗排放主要为电力、蒸汽、脱盐水、锅炉水等，能源消耗 CO₂排放量计算结果如表 D.3 所示。

表 D.3 精对苯二甲酸装置能源消耗排放汇总表

序号	原料名称	投入量 (t)	碳足迹 (tCO ₂ /t)	能源消耗排放量 (tCO ₂)
1	生产水	100	0.000528	0.053
2	生活水	2000	0.000528	1.056
3	脱盐水	320000	0.003517	1125.44
4	锅炉水	30000	0.02286	685.8
5	电	5000000	0.000997	4985
6	高压蒸汽	90000	0.3912677	35214.10
7	低压蒸汽	100	0.34657	34.66
8	氮气	300000	0.000528	158.4
9	净化风	1100000	0.000134	147.4
合计				42351.90

3. 工艺过程排放

精对苯二甲酸的生产过程中氧化反应产生的 CO₂排放量计算所需参数如表 D.4 所示。

表 D.4 精对苯二甲酸装置生产过程排放统计表

氧化反应尾气平均流量 (t/h)	尾气中的 CO ₂ 平均浓度 (%)	氧化反应进料空气平均流量 (t/h)	空气中 CO ₂ 平均浓度 (%)	运行时间 (h)
210	0.88	240	0.03	8024

按照 7.2.26 中式 (9) 进行计算，在该统计期内工艺过程的 CO₂排放量为 14570tCO₂。

由以上过程可得到精对苯二甲酸产品的 CO₂排放总量，结果见表 D.5。

表 D.5 精对苯二甲酸产品 CO₂排放量汇总表

序号	排放类型	排放总量 (tCO ₂)
1	原料带入排放	245703.3
2	能源消耗排放	42351.9
3	工艺过程排放	14570
4	运输过程排放	该企业未统计
合计		302625.2

4. 精对苯二甲酸产品的碳足迹按照 7.2.5 中式 (12) 计算：

$$CFP_{\text{精对苯二甲酸}} = E_{\text{GHG}} / G_{\text{总}} = 302625.2 / 1194422.5 = 0.2534 \text{tCO}_2/\text{t}$$

附录 E
(资料性)
产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告 (模板)

产品名称：_____

产品规格型号：_____

生产者名称：_____

报告编号：_____

CSPCI

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. 功能单位或声明单位

以_____为功能单位或声明单位。

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 xx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 CO ₂ e/功能单位)
原材料获取				
生产				
分销	运输			
	仓储			
使用				
生命末期				

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
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 2 所示。

表 2 生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹 (kgCO ₂ e/功能单位)	百分数 (%)
原材料获取		
制造		
分销		
使用		
生命末期		
总计		

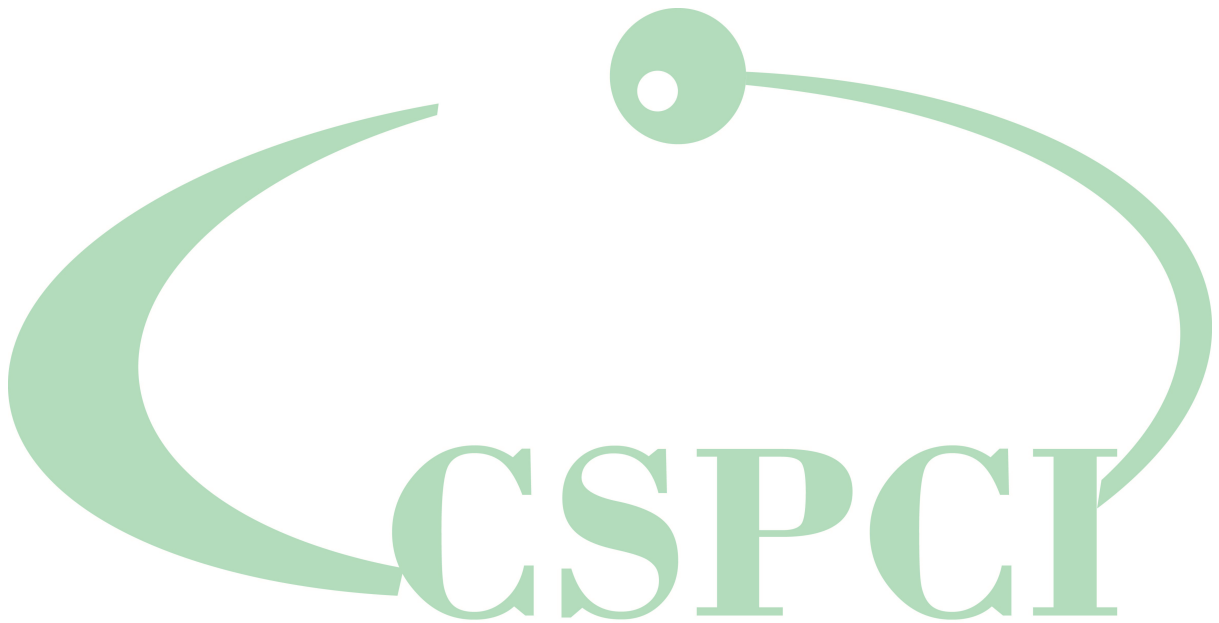
注：具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

图 2 ××各生命周期阶段碳排放分布图

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



附 录 F
(资料性)
全球变暖潜势值

表 F.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 GWP ^{注 1}
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9

注 1：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》。

