

CPCIF

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF00XX—202X

石油和化工行业产品碳足迹核算指南

Calculation Guideline for

Product Carbon Footprint in the Petroleum and Chemical Industry

(征求意见稿)

202X-0X-0X 发布

202X-0X-0X 实施

中国石油和化学工业联合会 发布

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

征求意见稿

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则	8
5 产品碳足迹评价方法	8
6 产品碳足迹报告	23
附 录 A 石油和化工行业产品碳足迹评价报告模板	26
附 录 B 活动数据收集表示例	33
附 录 C 全球增温潜势	35
附 录 D 不同分配方法计算示例	36
参考文献	42

石油和化工行业产品碳足迹核算指南

1 范围

本文件规定了石油和化工行业产品碳足迹核算的目标、核算范围、功能单位、系统边界、数据收集与处理、核算、报告。

本文件适用于指导石油与化工行业产品碳足迹核算活动，石油和化学工业中各领域产品碳足迹核算方法的编制也可以参考本文件。

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 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序 标准

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 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

ISO 14021:2016 环境标签和声明 自我环境声明（II型环境声明）

ISO 14026:2017 环境标签和声明 足迹信息通信的原则、要求和指南

ISO 14064-1:2018 组织层面温室气体排放量和清除量量化和报告指南规范

ISO 14067: 2018 温室气体-产品碳足迹-量化要求及指南

ISO 21930:2017 建筑和土木工程的可持续性 建筑产品和服务环境产品申报的核心规则

PAS2050: 2011 商品和服务的生命周期温室气体排放评价规范

化工行业产品碳足迹指南（TfS, The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 与产品碳足迹有关的术语

3.1.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期评价，使用气候变化单一影响类别。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.1]

3.1.2

部分产品碳足迹 partial carbon footprint of a product; partial CFP

产品系统中一个或多个选定过程的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期内的选定阶段或过程。

注 1: 部分产品碳足迹是基于或由与特定过程或足迹信息模块有关的数据汇编而成, 这些数据是产品系统的一部分, 可作为产品碳足迹量化的基础。关于信息模块的更多详细信息, 见 GB/T 24025-2009, 5.4。

注 2: “足迹信息模块”的定义请参见 ISO 14026:2017, 3.1.4。

注 3: 产品碳足迹研究报告中记录了部分产品碳足迹的量化结果, 以每个声明单位的二氧化碳当量质量表示。

[来源: ISO 14067:2018, 3.1.1.2]

3.1.3

产品种类规则 product category rules; PCR

用于制定一个或多个产品种类的III型环境声明和足迹信息交流的一套具体规则、要求和指南。

注 1: 产品种类规则包含的量化规则应符合 GB/T 24044 的要求。

注 2: ISO/TS 14027:2017 的相关规定适用于本文件。

注 3: “足迹信息交流”的定义见 ISO 14026:2017, 3.1.1。

[来源: GB/T 24025-2009, 3.5, 有修改]

3.1.4

产品碳足迹产品种类规则 carbon footprint of a product- product category rules; CFP-PCR

为一个或多个产品种类的产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化和信息交流制定的一套具体规则、要求和指南。

注 1: 产品碳足迹-产品种类规则包含的量化规则应符合 GB/T 24044 的要求。

注 2: ISO/TS 14027:2017 介绍了适用于本标准产品类别规则的制定。

3.1.5

碳抵消 carbon offsetting

通过在所研究产品系统边界以外的过程中防止排放、减少或消除一定的温室气体排放量, 以全部或部分补偿产品碳足迹或部分产品碳足迹的机制。

示例: 在相关产品系统之外的投入, 例如对可再生能源技术、能源效率措施、造林和(或)再造林的投入。

注 1: 在产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化中不允许进行碳抵消, 碳抵消的信息交流不属于本文件的范围(见 6.4.1)。

注 2: ISO 14021:2016 和 ISO 14026:2017 中涵盖了与碳抵消和碳中和相关的足迹信息交流以及声明。

[来源: 改编自 ISO 14021:2016, 3.1.12 中“抵消”的定义]

3.1.6

III 型环境声明 Type III environmental declaration

提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明, 必要时包括附加环境信息。

注 1: 预设参数基于 GB/T 24040-2008 和 GB/T 24044-2008。

注 2: 附加环境信息可以是定性的也可以是定量的。

[来源: GB/T 24025-2009, 3.2]

3.1.7

足迹信息交流 communication of footprint information

指编制、提供、传播足迹的辅助信息和解释性说明结果。

[来源: ISO 14026:2017, 3.1.1]

3.2 与温室气体有关的术语

3.2.1

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由人类活动产生的，能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生且波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本标准包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）七类。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1, 有修改]

3.2.2

全球增温潜势 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度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015,3.15]

注：根据政府间气候变化专门委员会(IPCC) 要求，产品碳足迹计算必须使用 100 年全球升温潜能值(GWP100y) 特征因子，见 IPCC 第六次评估报告(AR6)^[1]。GWP-100 特征因子需优先采用 IPCC 最新公布数据。

3.2.3

温室气体排放 greenhouse gas emission; GHG emission

在特定时间段内排放到大气中的温室气体的总量，以二氧化碳当量（CO₂e）表示。

注：温室气体的二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球增温潜势值。

[来源：GB/T 32150-2015,3.6, 有修改]

3.2.4

温室气体清除量 greenhouse gas removal; GHG removal

在特定时间段内从大气中清除的温室气体总量，以二氧化碳当量（CO₂e）表示。

[来源：改编自 ISO 14067:2018, 3.1.2.6 “温室气体清除”]

3.2.5

碳存储 carbon storage

从大气层中清除并储存在产品中的碳。

3.2.6

生物质 biomass

生物来源的物质，不包括嵌入地质构造中的物质和转化为化石的物质，也不包括泥炭。

注：包括有机物质（包括有生命的和死亡的），例如树木、作物、草、树木凋落物、藻类、动物、粪便和生物源废物。

[来源：ISO 14021:2016, 3.1.1, 有修改]

3.2.7

生物碳 biogenic carbon

源自生物质的碳。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.7.2]

3.2.8

化石碳 fossil carbon

化石物质中的碳。

注：化石物质的示例包括煤、石油和天然气以及泥炭。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.7.3]

3.3

与产品有关的术语

3.3.1

产品 product

任何商品或服务。

注 1：产品可分类如下：

- 硬件（例如发动机机械零件）；
- 经加工的材料（例如润滑油、矿石、燃料）；
- 未经加工的材料（例如农产品）。

注 2：本文件中所指的产品特指经加工的材料、未经加工的材料等有形产品。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.9, 有修改]

3.3.2

产品系统 product system

具有基本流和产品流,执行一种或多种特定功能,并能模拟产品生命周期的一系列单元过程的集合。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.28]

3.3.3

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 24040-2008, 3.10]

3.3.4

中间产品 intermediate product

在系统中还需要作为其他过程单元的输入而发生继续转化的某个过程单元的产出。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.23]

3.3.5

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]

3.3.6

单元过程 unit process

生命周期评价中为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.34]

3.3.7

功能单位 functional unit

基于产品系统性能用来量化的基准单位。

注：功能单位可以是质量、数量单位，如 1kg 涂料，1m 铜线，也可以是销售单位，如一袋 40kg 肥料或一瓶 500ml 农药。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.20]

3.3.8

声明单位 declared unit

用来作为部分产品碳足迹量化的基准单位的产品数量。

示例：质量（1 公斤粗钢）、体积（1 升原油）。

[来源：ISO 21930:2017, 3.1.11]

3.3.9

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 1：基准流应用示例见 6.3.3 中的示例。

注 2：对于部分产品碳足迹而言，基准流是声明单位。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.29, 有修改]

3.3.10

基本流 elementary flow

取自环境，进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量，或者是离开所研究系统，进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.12, 有修改]

3.3.11

产品流 product flow

产品从其他产品系统进入到所评价产品系统或离开所评价产品系统而进入其他产品系统。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.27]

3.3.12

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。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.13]

3.3.13

输入 input

进入一个单元过程的产品、物质、能量流。

注 1：产品和物质包括原材料、中间产品和共生产品。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.21]

3.3.14

输出 output

离开一个单元过程的产品、物质、能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品、共生产品和排放物。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.25]

3.4

与生命周期评价有关的术语

3.4.1

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，包括从自然界或自然资源中获取原材料，直至生命末期的所有阶段。

[来源：GB/T 24044-2008，3.1，有修改]

3.4.2

生命周期评价 life cycle assessment

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

[来源：GB/T 24044-2008，3.2，有修改]

3.4.3

实质性贡献 material contribution

任何排放量或清除量大于所评价产品碳足迹预测值 1%（此 1%称为“实质性门槛值”）的温室气体源/汇的贡献。

[来源：PAS 2050:2011，3.31]

3.4.4

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质或能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在评价范围之外所作的规定。

[来源：GB/T 24040-2008，3.18]

3.4.5

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 24040-2008，3.17]

3.4.6

废物 waste

处置的或打算予以处置的物质或物品。

注：本定义来自《控制危险废弃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 24040-2008，3.35]

3.4.7

从摇篮到大门

指产品从原材料获取到产品生产完成的过程。

3.4.8

从摇篮到坟墓

指产品从原料开采、加工、制造、使用、维护等直到最终处理或再生利用的过程。

3.5

与数据有关的术语

3.5.1

初级数据 primary data

通过在原始源直接测量或基于直接测量的计算而得到的单元过程或活动的量化值。

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

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.6.1]

3.5.2

现场数据 site-specific data

从产品系统（3.3.2）中获得的初级数据。

注 1：所有现场数据均为初级数据（3.5.1），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中获得的。

注 2：现场数据包括场地内一个特定单元过程温室气体排放源的温室气体排放量（3.2.4）以及温室气体汇的温室气体清除量（3.2.5）。

注 3：现场包含产品系统内单元过程所处的地理范围。

3.5.3

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：ISO14067:2018, 3.1.6.3]

3.5.4

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]

3.5.5

不确定性 uncertainty

与量化结果相关联的、表征数值偏差的参数。该数值偏差可合理地归因于被量化的量。

注：不确定性分析一般指对可能发生的数值偏差进行定量估算，及对可能引起偏差的原因进行定性描述。

[来源：ISO 14064-1:2018, 3.2.13, 有修改]

3.5.6

不确定性分析 uncertainty analysis

用来量化由于模型的不确定性、输入的不确定性和数据变动的累计而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.33]

3.5.7

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量表征值，例如各种燃料的消耗量、原料的使用量、产品产量、外购电量、外购蒸汽量等。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.12, 有修改]

3.5.8

排放因子 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]

4 原则

4.1 概述

为了确保石油和化工产品碳足迹评价和通报基于相同的思路和方法，应遵循以下原则。

4.2 采用生命周期视角

石油和化工行业产品碳足迹评价应采用生命周期视角，考虑产品的全生命周期，包括原材料的获取、设计、生产、运输和（或）交付、使用和生命末期的处理以及最终处置。

注 1：本款改编自 GB/T 24040-2008, 4.1.2。

4.3 相关性

在产品碳足迹研究中，所选择的数据和方法适用于所研究系统引起的温室气体排放量和清除量的评估。

4.4 完整性

产品碳足迹评价应包括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。

4.5 一致性

在产品碳足迹评价的整个过程中应采用相同的假设、方法和数据，以得到与评价目标和内容相一致的结论。选取某产品种类中已被认可和采用的方法学、标准和指导性文件，以提高任何特定产品种类的产品碳足迹之间的可比性。

4.6 准确性

应确保产品碳足迹量化和通报是准确的、可核证的、相关的、无误导的，并应尽可能减少偏差和不确定性。

4.7 透明性

所有相关问题的记录应以公开的方式来呈现。应在评价报告中阐述所有相关假设、所使用的方法学和数据来源。应清楚地解释所有估计值并避免偏差，以使产品碳足迹评价报告如实地阐明其内容。

4.8 避免重复计算

应避免对所评价产品系统温室气体排放量与清除量进行重复计算，以及避免对其他产品系统已考虑的温室气体排放与清除进行分配。

5 产品碳足迹评价方法

5.1 概述

根据本文件进行的产品碳足迹研究应包括生命周期评价的四个部分，即目标和范围定义（见 5.2）、生命周期清单分析（见 5.3）、生命周期影响评价（见 5.4）和生命周期解释（见 5.5）。构成产品系统

的单元过程应按生命周期阶段进行分组，例如原材料获取阶段、生产阶段、分销阶段、使用阶段（见 5.2.6.7）和生命末期阶段（见 5.2.6.8）。产品生命周期中的温室气体排放量和清除量应分配到发生温室气体排放和清除的生命周期阶段。部分产品碳足迹可相加得到产品碳足迹，前提是必须按照相同时间范围采用相同方法进行量化且不存在空白或重叠。

5.2 评价目标与范围

5.2.1 评价目标

产品碳足迹评价的目标是结合取舍原则（见 5.2.5），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与清除，来计算该产品对全球变暖的潜在影响（以二氧化碳当量表示）。

确定产品碳足迹评价的具体目标时，应明确陈述以下方面：

- a) 应用意图；
- b) 开展该项研究的理由；
- c) 目标受众（即研究结果的接收者）；
- d) 结果是否用于向公众发布的对比论断。

5.2.2 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：

- a) 产品系统及其功能；
- b) 功能单位；
- c) 系统边界，包括产品系统的地理范围；
- d) 数据与数据质量要求；
- e) 数据的时间边界；
- f) 所有假设，特别是针对使用阶段和生命末期阶段的情景假设；
- g) 分配原则；
- h) 特定的温室气体排放量和清除量，例如由于土地利用变化所引起的；
- i) 产品碳足迹研究报告；
- j) 产品碳足迹研究的局限性（见 ISO 14067: 2018 附录 A）。

在某些情况下，因未预见到的局限性、制约或额外信息，可对评价内容作修改。应记录这些修改及其解释。

5.2.3 功能单位或声明单位

产品碳足迹研究应明确规定功能单位或声明单位。功能单位或声明单位应与产品碳足迹研究的目的和范围保持一致。功能单位或声明单位的主要目的是为相关的输入和输出数据的归一化提供参考基准。因此应对功能单位或声明单位做出明确的定义并使其可量化。

5.2.3.1 功能单位

功能单位是产品系统的量化性能，用作参考单元。功能单位定性和定量地描述了产品在范围内的功能和持续时间。

定义功能单位或声明单位后，应确定基准流。基准流是提供定义功能单位所需的产品数量。

产品系统之间的比较应基于相同的功能单位。如果忽略的生命周期阶段相同，则部分产品碳足迹（声明单位）可进行比较（见 ISO 14067 附件 B）。

示例 1：定义装饰漆的功能单位是在规定的质量水平（至少 98%的不透明度）上保护和装饰 1 平方米的基材 50 年。基准流是完成规定功能所需的产品数量，以公斤油漆为单位测量。

注 1：功能单位与基准流的描述、上述示例是从欧盟 PEF 3.2.1 中截取。

5.2.3.2 声明单位

声明单位只能用于部分产品碳足迹。如果采用 CFP-PCR 时，功能单位或声明单位应由 CFP-PCR 规定。

声明单位描述产品数量，在“从摇篮到大门”的产品碳足迹量化计算过程中用作参考单位。对于石油和化工行业产品而言，声明单位通常被定义为 1 千克产品。

对于某些特定产品，如气体（如氢气、液化石油气），声明单位可以使用每标准立方米产品；有些产品以体积单位（如升）作为销售基础，此时产品碳足迹可以用体积单位表示。在这些情况下，需提供转换因子（相应条件下的密度），便将其转换为千克。

对于工艺处理过程，产品碳足迹可以表示为每吨蒸馏产品、每吨处理过的废水或每吨结晶过程中的产品的千克二氧化碳当量。有些领域可能使用“件”或其他单位作为声明单位。无论使用何种声明单位，都应提供充分的实际转换信息，以便于将这些单位转换为千克。

示例 2：一吨乙烯的功能单位无法确定，这是因为一吨乙烯可转化为多种产品，可以实现多种功能。在这种情况下，使用声明单位比较合适。

注 2：声明单位描述是从 TFS 5.1.3 中截取。

任何情况下，都应提供功能单位或声明单位的明确定义，作为计算产品碳足迹的基础。计算应基于功能单位，并应在企业之间互相交换产品碳足迹数据时作为文件提供。

5.2.4 系统边界

5.2.4.1 原则

系统边界决定产品碳足迹评价所涵盖的单元过程。系统边界应与产品碳足迹评价目标和范围相一致。应确定和解释用于设定系统边界的准则，例如取舍准则。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。在不会显著改变产品碳足迹评价总体结论的前提下，允许不考虑部分生命周期阶段、单元过程、输入或输出。但应清晰阐述忽略的具体情况，并说明忽略的原因及其影响。

产品碳足迹和部分产品碳足迹不应包括碳抵消，与碳抵消无关的温室气体消除量可纳入产品系统边界内。

注：本条款部分改编自 GB/T 24044-2008，4.2.3.3；

5.2.4.2 系统边界设定

应包括所界定的系统边界内单元过程中可能对产品碳足迹或部分产品碳足迹有实质性贡献的所有温室气体排放和清除。

系统边界一般包括两种形式：

- ①从摇篮到坟墓：涵盖整个生命周期阶段的产品碳足迹评价；
- ②从摇篮到大门：包括整个开采提取、生产和运输、生产排放过程、仓储，直到产品离开工厂大门的产品碳足迹评价；

5.2.4.3 系统边界排除

与以下方面有关的温室气体排放不应纳入系统边界：

- a) 制造生产设备、建筑、基础设施和基建物资；
- b) 商务旅行或员工通勤；
- c) 服务，如工程或基础设施服务、研究和开发活动；
- d) 满足取舍要求的活动。

产品的包装活动可以纳入系统边界，也可以排除在外。对于许多化学品，就质量和环境影响而言，包装的影响在计算产品碳足迹时可以忽略不计。例如，由供应商运送到客户生产场地的散装化学品属于这种情况。对于其他化学品，如特种化学品或建筑施工化学品，包装可以在产品碳足迹计算中起到更重要的作用，即以较小单位分装式出售的产品（例如，桶装、筒装或包装卷）。根据 5.2.5 中定义的取舍原则，在计算产品碳足迹时可将包装活动纳入或排除在外，这取决于其质量大小和环境影响。如果纳入包装活动，应反映在声明单位中。

5.2.5 取舍原则

产品碳足迹研究包括所研究系统的所有单元过程和流。当个别物质流或能量流对某一单元过程的碳足迹无实质性贡献时，可将其作为数据排除项排除并进行报告。在此前提下，石油和化工行业产品碳足迹的计算，还应满足如下要求：

- (1) 所有累计总量超过单元过程 95%总质量输入的物料输入都应纳入计算；
- (2) 所有累计总量超过单元过程 95%总能源输入的能源输入都应纳入计算；
- (3) 在输入和对产品碳足迹的影响不明确的情况下，应使用通用数据进行总体计算，确定是否可以应用取舍（迭代方法）；
- (4) 上游环境足迹较高的输入材料流（例如，贵金属，含有铂类金属的催化剂），应考虑纳入产品碳足迹计算。无论其对材料流总质量的相对贡献如何，即使输入质量 ≤ 总质量的 1%。产品碳足迹计算应至少应考虑材料的损失（例如，催化剂损失），并指定一个与原材料相等的产品碳足迹值。如果数据已知，还应该考虑回收工作。否则，可以使用其他工艺中已知的工作数据替代。

应在目的和范围界定阶段确定一致的取舍准则，所选取舍准则对研究结果的影响也应在产品碳足迹研究报告中进行评价和描述。

5.2.6 产品系统的要素

5.2.6.1 原材料及辅助材料

主要原材料的形成、提取或转化中的所有过程引起的直接或间接排放与清除都应被纳入产品碳足迹评价，此排放与清除包括来自能源的排放以及与原材料的形成、提取或转化有关的温室气体排放。包括但不限于催化剂、溶剂、还原剂等产品生产过程中使用的辅助材料，使用过程产生的直接排放与清除应被纳入产品碳足迹评价。

5.2.6.2 能源

与产品生命周期内能源使用相关的直接或间接排放与清除均应纳入产品碳足迹评价；若能源同时参与非燃烧化学反应（比如煤化工制甲醇过程中，煤是原材料而非燃料），其生产过程中的排放与清除应纳入产品碳足迹评价。

5.2.6.3 生产与服务提供

产品生命周期中，由产品生产所产生的排放与清除，应纳入产品碳足迹评价。

注：若某一过程是用于制作产品的原型，则应与原型制作活动有关的排放与清除分配到该过程的最终产品和共生产品中。

5.2.6.4 设施运营

设施运营产生的排放与清除，包括生产车间、仓库等所产生的排放与清除，均应纳入产品碳足迹评价；但办公室、食堂、澡堂等生产相关服务设施所产生的的排放与清除，不纳入产品碳足迹评价。

注 1：运营包括设施的照明、供暖、制冷、通风或湿度控制和其他环境控制。设施（如仓库）运营产生的排放与清除的分配宜以产品在该设施内的停留时间及产品所占空间作为分配依据。

注 2：各设施内由于储存产品而产生的温室气体排放归入下面 5.2.6.6 阐述的“产品储存”产生的温室气体排放。

5.2.6.5 运输

原材料或中间产品等生命周期中由公路运输、空运、水运、铁路运输或其它运输所产生的排放与清除，应纳入产品碳足迹评价。

产品碳足迹研究系统边界为从摇篮到坟墓时，产品分销阶段的运输也需纳入产品碳足迹评价中。

注 1：产品运输中与环境控制有关的温室气体排放（如：冷藏运输中所产生的温室气体排放）应计入产品储存的温室气体排放，应注意避免重复计算。

注 2：运输产生的温室气体排放，应包括产品运输所用燃料（如管道运输、传输网或其它燃料运输活动）产生的温室气体排放。

注 3：运输产生的温室气体排放，包括与个别过程有关的运输所产生的温室气体排放，如输入物料、产品和其生产产品在工厂内的移动（如通过传送带或其他厂内运输方式而被移动）。

5.2.6.6 储存

储存期间所产生的排放与清除，应纳入产品碳足迹评价。产品储存包括：

--产品生命周期各阶段输入物料（包括原材料、中间产品）的储存；

--产品生命周期各阶段与产品有关的环境控制（如制冷、供暖、湿度控制和其他环境控制）；

--使用阶段产品的储存；

--再利用、回收利用等生命末期阶段之前的储存；

--若所评价产品的运行或使用，引起其他产品使用阶段的温室气体排放改变（增加或减少），则此改变应不纳入产品碳足迹评价。

注：除非能够证明另一排放因子更能代表产品能源使用的特点，否则能源使用所产生的温室气体排放的计算应采用针对区域的能源年平均排放因子。

5.2.6.7 使用阶段和使用概况

产品碳足迹研究范围包括使用阶段时（系统边界为从摇篮到坟墓时），应包括产品使用阶段产生的温室气体排放量和清除量，并在产品碳足迹研究报告中具体说明产品使用者和产品使用概况。

注：使用阶段从规定用户占有成品时开始，到产品可以处置、重新用于不同功能、回收或能源回收时结束。

产品使用寿命信息应包括预期使用条件和产品相关功能并可验证。使用概况应代表选定市场的实际使用模式。

在没有其他理由的情况下，应根据公布的技术资料来确定使用概况（即使用寿命和选定市场场景）：

a) 产品碳足迹-产品种类规则；

b) 规定了产品使用阶段的情景假设的已发布国际、国家、行业标准或指南；

c) 基于选定市场记录的产品使用概况。

如果没有按照上述 a)至 c)确定产品使用概况的方法，在确定产品使用概况时所作的假设应由开展产品碳足迹研究的组织确定。如果使用阶段的假设被证明对产品碳足迹研究的结论是显著的，则应进行敏感性分析。

制造商的正确使用建议（例如在烤箱中以特定的温度和时间进行烹饪）可作为确定产品使用概况的依据。实际使用模式可能与建议使用模式不同，应对差异进行解释。

应在产品碳足迹研究报告中记录使用阶段中的所有相关假设。

5.2.6.8 生命末期阶段

在系统边界为从摇篮到大门情况下，当生产阶段和回收处置阶段产生的废物经过回收不用于该产品的生产时，此回收过程应排除在产品碳足迹评价的系统边界外；当回收的材料作为该产品系统任何单元过程中的材料时，则此回收过程应包括在系统边界内；当焚烧过程产生的热量回用于该产品系统时，回用部分的热量应作相应抵消。

在系统边界为从摇篮到坟墓情况下，产品碳足迹研究范围包括产品生命末期阶段，则该阶段产生的所有温室气体排放量和清除量应包括在产品碳足迹研究中（见 6.3.2）。生命末期阶段可包括：

- a) 生命末期产品的收集、包装和运输；
- b) 再利用和回收准备；
- c) 生命末期产品组件的拆解；
- d) 破碎和分选；
- e) 材料回收；
- f) 有机物回收（例如堆肥和厌氧消化）；
- g) 能量回收或其他回收过程；
- h) 焚烧和底渣分选；
- i) 填埋、填埋场维护和促进分解的排放（例如甲烷）。

生命末期阶段的情景假设应基于可用的最佳信息（例如地理位置和技术水平等），并记录在报告中。CFP-PCR 可对生命末期阶段提供指导。

5.2.7 数据质量要求

产品碳足迹评价宜尽量采用能降低偏向性和不确定性的具有最高质量的数据。应选取能满足评价目标和范围的初级数据和次级数据。

数据的质量应从定量和定性两个方面来衡量，应注意以下方面：

- a) 时间覆盖面：数据的年份和所收集数据的最小时间跨度。应优先选择对所评价产品而言具有时间针对性的数据。
- b) 地理覆盖面：为满足评价目标而收集数据的地理范围，例如地区、国家、区域。应优先选择对所评价产品而言具有地理针对性的数据。若无法获取具有地理针对性的数据，可使用通用数据或类似产品（或过程）的数据，并对数据差异的原因和正确性进行分析和记录。
- c) 技术覆盖面：具体的技术或技术组合。应优先选择对所评价产品而言具有技术针对性的数据。
- d) 准确性：收集到的数据值与实际值的接近程度。应优先选择最准确的数据。
- e) 精确性：数据（如活动数据）重复估计数值彼此间的接近程度，即对每个数据值变率的度量（如方差）。应优先选择更精确（即具有最小统计方差）的数据。
- f) 完整性：测量数据占比，样本容量、测量频率等方面。
- g) 代表性：对数据集反映实际相关方（例如地理范围、时间跨度以及技术覆盖面等）的定性评价。
- h) 一致性：对该评价的方法学是否能统一应用到不同的分析内容中而进行的定性评价。
- i) 可再现性：对其他独立从业人员采用同一方法学和数据值信息获取相同研究结果的可能性的定性评价。
- j) 数据来源：初级数据或次级数据。

- k) 信息的不确定性，包括例如：
 - 参数（如排放因子、活动数据）的不确定性；
 - 情景（如使用阶段情景或生命末期阶段情景）的不确定性；
 - 模型的不确定性。

开展产品碳足迹评价的组织宜建立数据管理系统，努力持续提高数据的质量和一致性，以及保留相关文件和其他记录。

5.2.8 数据质量标准评分

数据质量标准评分（DQR）包含：质量代表性、技术代表性、地理代表性、时间代表性评分。

活动水平数据及排放因子数据质量标准评分（DQR）计算公式见公式（1）、（2），整体 DQR 计算见公式（3）。

活动水平数据及排放因子 DQR 根据表 2 中列出的五个级别进行评级，评分标准见表 4、表 5；整体 DQR 根据表 3 种列出的五个级别进行评级。

DQR 公式：

$$DQR_{\text{活动数据}_i} = \frac{DQR_{\text{活动数据质量代表性}_i} + DQR_{\text{活动数据技术代表性}_i} + DQR_{\text{活动数据地理代表性}_i} + DQR_{\text{活动数据时间代表性}_i}}{4} \quad (1)$$

$$DQR_{\text{排放因子}_i} = \frac{DQR_{\text{排放因子质量代表性}_i} + DQR_{\text{排放因子技术代表性}_i} + DQR_{\text{排放因子地理代表性}_i} + DQR_{\text{排放因子时间代表性}_i}}{4} \quad (2)$$

$$DQR = \sum \frac{DQR_{\text{活动数据}_i} + DQR_{\text{排放因子}_i}}{2} \times \text{排放量占比}_i, \dots \dots \dots (3)$$

表 2 各数据质量标准的数据质量等级评分（DQR）

数据质量标准	数据质量级别
5	卓越的
4	非常好的
3	好的
2	公平的
1	差的

表 3 整体数据质量标准的数据质量等级评分（DQR）

整体 DQR	总体数据质量水平
$DQR \leq 1.5$	质量差
$1.5 < DQR \leq 2.0$	公平质量
$2.0 < DQR \leq 3$	质量好
$3 < DQR \leq 4$	质量很好
$DQR > 4$	卓越品质

表 4 活动水平数据 DQR 标准

额定值	质量代表性	时间代表性	技术代表性	地理代表性
5	实际测量值	原始数据为报告评价年份数据	使用的技术与数据集范围内的技术完全相同	企业数据
4	基于部分测量数据或国家/国际标准的计算	原始数据为报告评价年份 2 年内数据	使用的技术包括在数据集范围内的技术组合中	省内数据
3	相同工艺、设备的经验排放数据	原始数据为报告评价年份 4 年内数据	使用的技术仅部分包含在数据集范围内	国内数据
2	国内相关数据：省内数据、相关文献、行业内专家经验的估算值等	原始数据为报告评价年份 6 年内数据	使用的技术与数据集范围中包含的技术类似	亚洲数据
1	国际相关数据	原始数据为报告评价年份 6 年以上数据，或未指定时间有效期	使用的技术不同于数据集范围中包含的技术	国际数据，但根据专家判断，估计有足够的相似性

表 5 排放因子 DQR 标准

额定值	质量代表性	时间代表性	技术代表性	地理代表性
5	测量或质量平衡获得的排放因子	报告发布日期在数据集的时间有效期内	使用的技术与数据集范围内的技术完全相同	建模的过程发生在企业
4	供应商提供的排放因子	报告发布日期不晚于数据集有效期后 2 年	使用的技术包括在数据集范围内的技术组合中	建模的过程发生在省内
3	区域排放因子	报告发布日期不晚于数据集有效期后 4 年	使用的技术仅部分包含在数据集范围内	建模的过程发生在国内
2	国内排放因子	报告发布日期不晚于数据集有效期后 6 年	使用的技术与数据集范围中包含的技术类似	建模的过程发生在亚洲
1	国际排放因子	报告发布日期在数据集的时间有效期后 6 年以上，或未指定时间有效期。	使用的技术不同于数据集范围中包含的技术	建模的过程不发生在亚洲，但根据专家判断，估计有足够的相似性

5.3 生命周期清单分析

5.3.1 概述

应在目的和范围确定后开展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（见 6.4.2）；
- b) 数据审定（见 6.4.4）；
- c) 将数据关联到单元过程和功能单位或声明单位：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。计算应将系统的输入和输出数据与功能单位或声明单位建立联系；

d) 系统边界调整：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；

e) 分配（见 6.5）。

5.3.2 数据的收集

5.3.2.1 数据收集范围

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，包括定性数据和定量数据。数据收集包括初级数据和次级数据的收集。

5.3.2.2 初级数据

应针对各个过程或发生这些过程的设施来收集初级数据，且收集到的数据对于各个过程而言应具有代表性。

一般来说，应尽可能细化收集和计算原始的企业具体数据。即具体工艺的数据优于具体设施的数据，而具体设施的数据则优于具体场地的数据。

如果仅有企业特定设施或特定场地的数据，必须进行收集、计算，并且对于收集数据的设施或场地，数据必须具有代表性。然后，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。初级数据在共生产品之间的分配应根据 5.3.4 分配原则要求进行。

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。

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。

5.3.2.3 次级数据

无法获取初级数据时，应根据本文件 5.2.7 的数据质量要求，选择次级数据并在评价报告中解释说明。

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。

5.3.2.4 排放因子的要求与来源

排放因子是单位活动数据的温室气体排放量，与活动数据相乘得出温室气体排放量。排放因子可能涵盖一种类型的温室气体（例如，甲烷/升燃料），或以二氧化碳当量为单位的多种气体。排放因子可以仅包括产品生命周期中的单个过程，也可以是多个过程的总和。用于描述产品所有应计入的上游过程的生命周期排放因子通常称为“从摇篮到大门”的排放因子。应了解清单中的排放因子包括哪些过程，以确保数据收集涵盖了产品生命周期内的所有过程。

排放因子因来源不同，分为原始排放因子和次级排放因子：

原始排放因子是根据企业控制的过程或供应商控制的过程原始活动数据计算的排放因子。

次级排放因子的来源包括：LCA 数据库、公布的产品清单报告、政府机构或行业协会。次级或默认排放因子基于二次活动数据。次级数据的来源必须在报告中注明。

排放因子必须始终包括所有温室气体，并且是“从摇篮到大门”的排放因子，包括产品所有应计入的上游过程的排放。

在选择排放因子时，必须按照以下优先层级执行：

1. 如果可以直接从原材料和能源供应商处或通过内部流程获得原始排放因子，则必须使用这些因子。供应商或企业提供的具体排放因子，应经过质量评估和检查，以确定其是否合适。
2. 当使用公用事业部门的排放因子时，例如电力或蒸汽（称为基于市场的因子），必须确保这些因子是“从摇篮到大门”的全过程排放因子。如果公用事业部门无法提供生命周期的排放因子，则需要附加额外信息，例如使用的一次能源载体及其各自的比例。根据这些信息，必须计算供给能源载体的上游排放量，用于补充燃烧产生的二氧化碳排放因子，以获得生命周期排放因子。此外，所提供的排放因子应包括所有的温室气体，至少包括二氧化碳，因为到目前为止二氧化碳占原始燃料燃烧产生的温室气体排放的最大比例(>95%)。

3. 如果无法获得原始排放因子，则根据要求选择最适合的次级排放因子。在可获得的数据中，选择生产原材料，公用事业，以及燃料的产品碳足迹值时，应使用最具代表性，并基于具体场地位置和技术

的值。只有来自以下数据库的数据才能作为次级数据源，这些数据库质量较高，而且经过验证。

生产原材料次级数据选择的附加要求如下所示。必须遵循以下优先层级进行选择。

1. 如果已知供应原材料的生产地（区域或国家）和生产技术，则选择具体的区域或国家/技术的排放因子。区域可以指全世界，也可以指几个国家组成的区域（如欧洲）或单个较小的区域（如辽宁省）。例如：欧洲使用液态氢氯碱电解，薄膜电池生产。
2. 如果已知供应原材料的生产地（区域或国家），但不知生产技术，选择具体区域或国家的产品排放因子混合因子。例如：中国的液态氢生产。
3. 如果产品生产地未知，选择直接供应商所在地的具体区域或国家的消费因子混合因子。例如：中国的液态氢市场。
4. 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，该材料应来自其它温室气体排放情况尽量相似的国家或地区。例如：欧洲使用液态氢氯碱电解，薄膜电池生产数据使用巴西供应商的数据，而不使用全球平均值，这是因为全球平均值的计算中，能源以煤炭为基础的国家占较高比例。
5. 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。

生命周期排放因子的来源和计算通常必须基于下列经核查的数据来源（非详尽列表）：

- 来自 ISOPA（欧洲二异氰酸酯和多元醇生产商贸易协会）、欧洲塑料工业协会、欧洲化肥协会、世界钢铁协会、中国国内相关行业协会等发布的经验数据。
- LCA 数据库，如 GaBi (Sphera)、Ecoinvent、CLCD 数据库（中国生命周期基础数据库）、CPCD 数据库（中国产品全生命周期温室气体排放系数库）、Carbon Minds、Agribalyse、ELCD (PEF)、IDEA 数据库等。
- 国家官方排放因子数据库，如美国 EPA、IEA、Defra、GREET 等。
- 用于运输数据的 GLEC（全球物流排放委员会）框架或 DIN EN ISO 16258。

如果上述参考文献中未提供次级排放因子，可以使用其他数据来源或代用数据来补充缺失的排放因子。任何情况下，都必须报告次级数据的来源或代用数据来源。对于所有以二氧化碳当量计算的温室气体排放，必须具体说明使用次级数据的情况。

5.3.2.5 数据收集步骤

数据收集程序主要步骤应包括下列内容。

(1) 根据评价的目的与范围确定单元过程，进行数据收集的准备：

- 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和背景数据收集表；
- 3) 对数据收集技术和要求做出表述；
- 4) 对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题进行明确说明。

(2) 数据收集准备的要求：

- 1) 技术人员完成数据收集工作；
- 2) 数据清单格式见附录 A。

5.3.2.6 数据缺失/填隙方法

(1) 代用数据

代用数据是来自类似工艺的数据，作为特定工艺的代替数据使用。可以通过推定、放大或者自定义代用数据，使其代表给定的工艺。如果有足够的信息，企业可以自定义代用数据，以便更好地近似描述在产品生命周期中所研究过程的条件。可以自定义数据，使其更好地匹配地理、技术或其他工艺指标。在没有产品清单的情况下，识别关键的输入、输出以及其他指标应当基于相关产品清单或其他考虑（例如，与利益相关方顾问的讨论）。

(2) 估算数据

当企业无法收集原始数据或整合有意义的次级数据或代用数据，以填补数据缺口时，企业必须估算缺失的数据，确定其对产品碳足迹结果的影响重要性。如果根据估算数据确定过程影响不大，则可将该过程从清单结果中排除（取舍标准）。如果数据缺口较大，且无法通过本章定义的其他类型的数据来弥补，则应提供估算数据的说明。应在详细考虑数据缺口的所有已知情况之后进行估算，生成相应的估算数据。在更新产品碳足迹时，应尽快用原始或次级数据取代估算数据。为协助数据质量评估，详细列出在填补数据缺口时作出的所有假设，以及对产品清单结果的预期影响（ISO 14067: 2018）。

5.3.3 数据审定

应对收集的单元过程数据进行审定确认，审定过程应包括：

- a) 物料平衡：应判断单元过程输入的原料、辅料的质量与产品、副产品和排放物的质量是否平衡；
- b) 工序能耗平衡：应计算工序使用的能源与历史数据的平衡情况；
- c) 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。

5.3.4 分配原则

5.3.4.1 分配程序

当在数据收集阶段需要进行多输出分配时，应按照如下决策层次对所有可能的（物质和能量）共生产品类型采用一致的分配方法：

- 1) 只要可能，宜通过以下方法避免分配：
 - a. 将拟分配的单元过程划分为两个或多个子过程，并收集与这些子过程相关的输入输出数据；
 - b. 扩展产品系统，使其包括共生产品相关的附加功能。
- 2) 若无法避免分配，在可行的情况下，应采用符合已公布和可接受的类似工艺的产品类别规则（PCR）、或行业具体指南的分配方法，例如表 6。

表 6 使用 PCR 分配共生产品示例

序号	产品系统	分配方法	标准/原理
1	蒸汽裂解装置	特定质量分配： 产品分为主产品和共生产品； 能源需求和排放只按质量分配到主产品； 原料按质量分配给所有主产品和共生产品；	欧洲塑料工业协会-蒸汽裂解装置的分配 ^[9] ，2017
2	脂肪醇(油)、甲酯、精炼油和油棕的原油、精炼椰子油和原油	质量	表面活性剂生命周期与生态足迹工程更新商业表面活性剂生产的生命周期清单 ^[10] ERASM，2014
3	甲苯二异氰酸酯(TDI)、亚甲基二苯基二异氰酸酯(MDI)	化学计量	甲苯二异氰酸酯(TDI)和亚二苯二异氰酸酯(MDI) ISOPA, 欧洲塑料制造商的生态概况和环境产品声明 ^[11]
4	制氯(氯-碱工艺)	输入的氯化钠通过化学计量法分配给所有含有钠或氯原子(或两者均有)的产品：氯气、氢氧化钠、次氯酸钠和硫酸钠； 输入的硫酸仅分配给氯气生产过程，因为它用于干燥氯气； 氢气排放只分配给氢气生产过程，因为这里指的是氢气进入大气，造成氢气损失； 氯气排放只分配给氯气过程，因为这里指的是氯气进入大气，造成氯气损失； 电力、蒸汽和所有其他输入和输出都按质量分配给所有有价值的产品，用于解决活性分子的质量含量问题；	《欧洲氯碱工业生态概况与环保产品声明》 ^[12] ，氯(氯碱工艺)，欧洲氯碱，2013
5	蒸馏	典型蒸馏过程(如分离沸点不同化学品)，沸点可以作为分配基础；	携手可持续发展倡议 TFS

3) 无产品类别规则(PCR)或行业具体指南，在 WBCSD 化学品指南(世界可持续发展工商理事会，Life cycle metrics for chemical products^[15]，2014)的指导下，共生产品经济价值的比例是决定物理分配和经济分配的标准。产品 1 功能单位价格(最大)/产品 2 功能单位价格(最小)≤5 的，实行物理分配，>5 的，实行经济分配；

经济分配因子应根据稳定的市场价格计算，作为年度平均值，或在价格高度波动(如>100%)的情况下，使用多年平均值，避免价格波动影响，同时影响基于经济价值作为价格的分配过程结果。如果没有市场价格，可以采用其他经济系数。

4) 仅用于能量回收的副产物应通过替代处理；在替代法中，将工艺的共生产品与类似的替代产品相比，并从分析的产品系统中减去与替代产品相关的环境负担，以获得生产过程主要产品的环境影响。

5) 如果副产物所占份额很小(质量或体积≤1%)，在决定分配方法时应跳过该副产物。

5.3.4.2 再利用和回收分配程序

5.3.4.1 中的分配原则和程序也适用于再利用和回收。

应考虑材料固有特性的变化。另外，特别对于在初始和后续的产品系统之间的回收过程，系统边界应被界定并对其进行解释，以确保遵循在 5.3.4.1 中的分配原则。

然而，在上述情况下，对于分配程序需要补充进一步的细节，因为：

——再利用和回收（以及可归入再利用和回收的堆肥、能量回收和其他过程）中，有关原材料获取和加工或产品最终处置的单元过程的输入输出可能为多个产品系统所共有；

——再利用和回收可能在后续使用中改变材料的固有特性；

——应特别注意对回收过程系统边界的确定。

某些分配程序适用于再利用和回收。为了说明如何满足上述限制条件，下面将简述其应用的区别：

a) 闭环分配程序适用于闭环产品系统，也适用于回收材料的固有特性未发生变化的开环产品系统。在这种情况下，由于用次级材料替代了初级材料，所以无需进行分配。然而，在适用的开环产品系统中首次使用初级材料时，可遵循 b) 中列出的开环分配程序。

b) 开环分配程序适用于材料被回收后再利用到其他产品系统且其固有特性发生改变的开环产品系统。

共享单元过程的分配程序（如果可行并且以此作为分配的基础）宜采用以下顺序：

——物理属性（例如质量、数量、工时等）；

——经济价值（例如废料和再生利用物质的市场价值与初级材料市场价值的比值等）；

——回收材料的后续使用的次数（见 ISO/TR 14049:2012）。

注 1：附录 E 中给出了再利用示例。

注 2：本条款改编自 GB/T 24044-2008, 4.3.4.3。

5.3.5 排放与清除

5.3.5.1 温室气体排放与清除的范围

进行碳足迹评价时，应记录排放到大气中和从大气中清除的温室气体量。产品生命周期过程中温室气体排放和清除的评价来自各种过程，这些过程可包括但不限于：

- 1) 能源利用；
- 2) 化学反应；
- 3) 废弃物处置。

5.3.5.2 化石碳和生物碳的处理

来自化石碳源和生物碳源以及汇的温室气体排放量和清除量须包括在产品碳足迹中，而且须分别记录在产品碳足迹报告中。

注：化石温室气体清除量的示例：通过非生物过程捕获发电厂的化石排放量，然后通过地质封存进行储存。生物质生产产品生命周期的所有相关单位过程应包括在所研究的系统中，包括但不限于生物质的培养，生产和收获。

进行从摇篮到大门研究时，应提供有关生物碳含量的信息，因为该信息可能与剩余价值链相关。

注：在含有生物质的产品中，生物成因碳含量等于植物生长过程中的碳清除量。在生命末期阶段，可释放这种生物成因碳。

[来源：ISO14067:2018, 6.4.9.2 和 6.4.9.3]

5.3.5.3 电力

5.3.5.3.1 概述

与用电相关的温室气体排放量应包括：

(1) 供电系统生命周期内产生的温室气体排放量，例如上游排放量（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）；

(2) 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；

(3) 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）。

注：5.3 同样适用于购买和销售的热能、冷源能源以及压缩空气等能源。

本文件中包含避免重复计算的原则（见 4.8）和与电力相关的指南（见 5.3.2 至 5.3.4）。

示例：以下情况不会出现重复计算：

使用电力的过程以及其他过程均不要求该电力的发电机组的特定排放因子；发电机组特定的电力生产不影响其他任何过程或组织的排放因子。

5.3.5.3.2 内部发电

当内部发电（例如现场发电）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。

5.3.5.3.3 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。

5.3.5.3.4 电网电力

当供应商能够通过合同工具保证电力产品符合以下要求时，应使用供应商特定电力产品的生命周期数据：

- 传递与电力输送单位相关信息以及发电机特性；
- 保证提供唯一的使用权（见 5.12）；
- 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，并包括相应的时间跨度；
- 在国内生产，如果是电网互联，则在消费的市场边界内生产。

如果所研究系统中的过程位于小岛屿发展中国家，则 CFP 或 pCFP 可另外使用合同对这些过程进行量化，而不考虑电网的互联性。

当无法获得供应商的具体电力信息时，应使用与获得电力的电网相关的温室气体排放量。相关电网应反映相关地区的电力消耗，不包括任何之前已声明的归属电力。如果没有电力跟踪系统，所选电网应反映该地区的电力消耗量。

注 1：小岛屿发展中国家是由联合国确定的^[16]。

注 2：合同工具是指双方之间签订的，用于出售和购买能源。例如能源属性证书、可再生能源证书（REC）、原产地保证（GO）或绿色能源证书等。

注 3：发电机特性包括设施的注册名称、所有者和产生的能源性质、发电容量和提供的可再生能源。

注 4：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，可使用公认数据库中的数据。

5.3.5.4 飞机运输温室气体排放量

飞机运输温室气体排放量应纳入产品碳足迹中，并在产品碳足迹研究报告中单独记录。

如果使用了航空乘数，该乘数的影响不应纳入产品碳足迹中，而应与来源一起单独报告。

注：在某些情况下，由于与大气的物理和化学反应，飞机在高海拔地区的温室气体排放量会产生额外的气候影响。关于飞机温室气体排放量的更多信息，见《政府间气候变化专门委员会国家温室气体清单指南》^[15]和《政府间气候变化专门委员会航空特别报告》^[16]。

5.3.5.5 土地利用变化的处理

应按照国际公认的方法，如《政府间气候变化专门委员会国家温室气体清单指南》^[15]，评估过去几十年内因直接土地利用变化（dLUC）而产生的温室气体排放量和清除量，并将其列入产品碳足迹中。应在产品碳足迹研究报告中分别记录直接土地利用变化温室气体排放量和清除量的净值。

应评估由于土地利用变化（不是由于土地管理的变化）而导致的土壤和生物质碳储量变化所产生的温室气体排放量和清除量，并将其纳入产品碳足迹中。如果不评价土壤和生物质碳储量的变化，应在产品碳足迹研究报告中说明理由。

石油和化工行业产品碳足迹评价涉及该部分温室气体排放量和清除量的量化，可参照 ISO 14067:2018, 6.4.9.5-6.4.9.6。

5.4 产品碳足迹影响评价

5.4.1 概述

产品碳足迹代表产品在气候变化环境影响类别中的潜在生命周期影响。该影响类别认为不同的温室气体对气候变化的影响不同，以其全球升温潜能值(GWP)表示，单位为千克二氧化碳当量（CO₂e）。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。

对于化石和生物成因甲烷，应使用最新 IPCC 报告的 GWP。

5.4.2 产品碳足迹计算

在计算产品碳足迹时，要考虑温室气体排放到大气中的量以及从大气中清除的量。应使用下列方法计算产品的碳足迹：

1) 将每个功能单位系统边界内每个活动的排放活动数据与清除活动数据确定为初级数据或次级数据，排放为正值，清除为负值。

2) 依据数据质量要求，排放因子可以使用特征数据或通用数据，特征数据指来源于测量或质量平衡、供应商提供；通用数据包括地区公开发布的排放因子、行业平均数据、各类数据库、评价软件自带数据库等。

排放因子选用的优先次序为：

- a) 测量或质量平衡获得的排放因子；
- b) 供应商提供的排放因子；
- c) 区域排放因子；
- d) 国内排放因子；
- e) 国际排放因子；

3) 选择各温室气体对应的全球增温潜势值（GWP），通过排放或清除乘以相应的 GWP，将温室气体数据换算为二氧化碳当量，按公式（4 进行计算）。

$$E_{GHG} = \sum (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \dots \dots \dots (4)$$

式中：

E_{GHG} ——产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

AD_i ——第 i 种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值（GWP）。

5.4.3 记录和保存

产品碳足迹评价的支撑资料，包括（但不限于）系统边界、单元过程、排放因子、活动数据来源、原材料的识别、碳存储、分配的依据、关于排除的说明等。支撑资料应以适于分析和核证的格式被记录和保存。记录应该至少保存三年。

5.5 产品碳足迹生命周期解释

产品碳足迹研究的生命周期解释阶段应包括以下步骤：

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）。

b) 完整性、一致性和敏感性分析；

c) 结论、局限性和建议的编制。

应按照产品碳足迹研究的目的和范围，对生命周期清单分析或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：

——对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；

——对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；

——详细记录选定的分配程序；

——描述空间系统的划分方法及空间格网粒度（如适用）；

——说明产品碳足迹研究的局限性。

解释宜包括以下内容：

——对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行的敏感性检查，以理解结果的敏感性和不确定性；

——替代使用情景对最终结果的影响评价；

——不同生命末期阶段情景对最终结果的影响评价；

——对建议的结果的影响评价。

——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）；

注：更多信息见 GB/T 24044-2008 4.5

6 产品碳足迹报告

6.1 报告内容

6.1.1 一般要求

产品碳足迹评价结果和结论应为完整的、准确的、不带偏向性的。应透明地、详细地阐述评价结果、数据、方法、假设和局限性，以便利益相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性，并作出权衡。产品碳足迹报告中的评价结果和解释应能以符合评价目标的方式而被使用。

6.1.2 报告内容

产品碳足迹评价报告应记录产品碳足迹的量化结果，并陈述在评价目标和范围确定阶段内所做的决定以及证明产品碳足迹评价符合本标准中的要求。报告应包括但不仅限于以下内容：基本情况、评价目标、评价范围、清单分析、影响评价、评价结果解释。

注：报告模板见附录 A。

6.1.3 评价结果有效期

产品碳足迹评价结果有效期因产品生命周期特性的不同而不同，一般不超过两年。但若该产品碳足迹的生命周期发生变化，原评价结果即时失效，并应重新进行该产品的碳足迹评价，具体包括以下两种情形：

- a) 若产品生命周期的一个计划外变化导致产品碳足迹增加 10%以上，且此情况持续超过三个月以上，则应重新进行该产品的碳足迹评价；
- b) 若产品生命周期的一个计划内变化导致产品碳足迹增加 5%以上，且此情况持续超过三个月以上，应重新进行该产品的碳足迹评价。

6.1.4 保密性

用于佐证产品碳足迹的资料，可能会包含生产者生产活动的机密信息。各利益相关方所提供的信息具有被保护的权力，因此，利益相关方应商定适宜的法律工具以确保相互之间交流信息的保密性。

6.2 报告核证/质量控制要求

可以接受的核查类型包括内部 LCA 专家、第三方核查——产品审查或独立机构核查——系统的方法审查。核查类型必须在产品碳足迹报告中说明。

任何类型的核查，都应包括由内部 LCA 专家或外部审计师就以下方面进行的四眼原则审查：

- 目标和范围及其相关方面；
- 计算规则；
- 系统边界；
- 数据质量。

以下摘要清单可以协助 LCA 从业者核查产品碳足迹报告。除了 LCA 专家以外，也可供其他核查人员使用，包括技术专家、控制员、工厂经理和现场经理：

- (1) 检查总体质量平衡 (包括原材料投入、产品输出、废弃物以及向大气和水体中的排放)。
- (2) 生命周期阶段的完整性。
- (3) 通过化学计量计算来检查元素平衡。
- (4) 检查直接排放是否符合实际，例如，检查碳平衡。
- (5) 检查碳平衡是否封闭，考虑所有输入，并与产品、排放 (大气、水、土壤)、废弃物的输出相平衡。检查过程相关直接排放是否可信 (碳、氮在过程中的输入和输出平衡)。
- (6) 检查数据汇总、数据打磨和基础建模，以计算企业自用数据集的产品排放清单。
- (7) 检查应用的计算公式是否正确。
- (8) 检查公用事业消耗情况 (是否合理?)。
- (9) 检查分配因子：单位过程的分配投入和输出之和等于分配前的单位过程的投入和输出。多产出过程所有副产品的分配因子之和为 1。
- (10) 对照企业自身的计算结果、其他场地/分公司工厂的相同产品、现有的 LCA 数据、其他第三方数据库的生命周期清单数据，定义二氧化碳当量基准线。
- (11) 检查原材料获取数据选择的次级数据集是否合适：
 - 检查生命周期清单中代表的技术和地理是否合适。
 - 检查代用数据的应用是否合适。
 - 如果供应商数据可用，则替换数据集。
- (12) 检查是否生成了数据质量分数，以及质量分数是否满足要求。
- (13) 检查为什么与 LCA 基准数据偏差较大。

(14) 敏感性分析和结果的质量检查：进行不同建模选择敏感性分析（例如，原材料的另一个数据集，产品系统前景的另一种分配方法），以测试结果稳定性。

(15) 是否将生命周期阶段纳入计算，将导致产品碳足迹结果 10%左右的变化。这种变化从业人员普遍接受，它们来源于产品碳足迹计算中固有的不确定性，以及数据库或因子差异。任何决定都必须明确在内部产品碳足迹计算报告指出，并解释排除这些决定的原因和影响。报告应说明显著性阈值以及选择理由。

征求意见稿

附录 A

(资料性)

石油和化工行业产品碳足迹评价报告模板

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：（若有）（盖章）

日期：年月日

一、概况

1.1 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：

1.2 产品信息

产品名称：

产品功能：

产品介绍：

产品图片：

1.3 量化方法

依据标准：

二、量化目的

三、量化范围

3.1 功能单位或声明单位

以为功能单位或声明单位。

3.2 系统边界

原材料获取阶段 原材料运输 生产阶段 分销阶段 使用阶段 生命末期阶段

系统边界图：

3.3 时间范围

20XX年X月X日-20XX年X月X日

3.4 取舍准则

采用的取舍准则以为依据，具体规则如下：

3.5 多产品分配

多产品系统需采用合理的建模方法对整个系统的资源环境影响进行分配，从而得到主产品和共生产品各自的环境影响，本研究报告中主产品、共生产品采用的分配方法见下表：

表 3-1 多产品及分配方法描述

过程名称	主产品	共生产品	分配方法	备注

四、清单分析

4.1 数据来源说明

4.1.1 XX 生产过程

(1) 过程基本信息

过程名称：

(2) 过程清单

主要数据来源：

基准年：20XX 年 X 月 X 日-20XX 年 X 月 X 日

技术代表性：

- 生产工艺：
- 生产规模：
- 主要原料：
- 主要能耗：

表 4-1 过程清单数据表

类型	名称	数量	单位	数据来源	排放因子数据来源
产品产出					--
产品产出					--
原材料					
原材料					

能源					
环境排放					
废物					
.....					

表 4-2 运输数据清单

物料名称	运输重量	起点	终点	运输距离	运输类型

(3) 分配方法

4.1.2 XX 生产过程

.....

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	碳足迹(kgCO ₂ e/功能单位)	百分比
原材料获取		
原材料获取阶段小计		
原材料运输		

原材料运输阶段小计			
生产			
生产阶段小计			
分销	运输		
	仓储		
分销阶段小计			
使用			
使用阶段小计			
生命末期			
生命末期阶段小计			
产品碳足迹			

4、数据质量评价

年份	排放类别	能源/物料 种类	活动水平数据					排放因子					平均得分	排放量 kgCO ₂ e	排放量 占比 %	加权 平均分 值
			质量 代表性	技术 代表性	地理 代表性	时间 代表性	平均分	质量 代表性	技术 代表性	地理 代表性	时间 代表性	平均分				
			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/				
20X X年	原材料获取															
	原材料运输															
	产品生产- 厂内运输	柴油														
	产品生产- 设备电力消耗	电力														
	产品生产- 设备热力消耗	热力														
														
	数据质量评价得分															

经确认，公司 20XX 年 XX 产品碳足迹核算数据质量评价得分为 XX，数据质量等级为 XX，数据质量符合相关标准要求，数据来源合理准确。

五、产品碳足迹影响评价

1、产品碳足迹特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的最新 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 kgCO_2e 。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 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{功能单位}$)	百分比 (%)
原材料获取		
制造		
运输		
分销		
使用		
生命末期		
总计		

图 1 **各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 B
(资料性)
活动数据收集表示例

B.1 活动数据

表B.1给出了活动数据收集表格的示例。

表B.1 活动数据收集表格的示例

单元过程名称	石油化工产品生产/加工过程						
单元过程描述							
综合信息							
填表日期				时间范围			
填表人				联系方式			
1.原料消耗							
原材料类型	单位	数量	运输方式	生产商地址	生产工艺	数据来源	备注
.....							
2.能源消耗							
能源类型	单位	数量	数据来源			备注	
电							
蒸汽							
...							
3.水资源消耗							
水资源类型	单位	数量	数据来源			备注	
自来水							
.....							
4.产品产出							
产品类型	单位	数量	价格	数据来源		备注	
.....							
5.向大气排放（7种温室气体）							
排放种类	单位	数量	数据来源			备注	
....							
6.废水							
排放种类	单位	数量	排放去向	处理方式	数据来源	备注	
.....							
7.固体废弃物							
排放种类	单位	数量	回收利用方式	后续处置方式	数据来源	备注	
废料							
废催化剂							
.....							

8.生产过程排放						
排放种类	单位	数量	数据来源			备注
.....						
9.厂内运输排放						
运输物质	单位	数量	燃料种类	燃料消耗量	数据来源	备注
.....						
10.储存排放						
储存物质	单位	数量	储存耗能种类	储存耗能量	数据来源	备注
.....						
11.使用阶段						
.....						

征求意见稿

附 录 C
(资料性)
全球增温潜势

在计算用于 GHG 全球增温潜势值时，需参照表 C.1 中的规定。

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	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》^[1]。

附 录 D
不同分配方法计算示例

假设产品 A、B、C 均产生于同一个生产过程，来自该过程所有输入项的 CO₂ 排放量为 5.00kg/kg。

三种产品的信息如下：

产出材料	质量（千克）	数量（摩尔）	氮含量（千克氮/千克）	价格（元/千克）
产品 A	0.2	0.3	0.1	200
产品 B	0.4	0.5	0.2	50
产品 C	0.3	0.2	0.3	10
总计	0.9	--	--	--

(1) 基于质量分配

产出材料	输出质量（千克）	分配因子：质量/总质量	分配因子*排放量 (B*5)	每千克产品的千克 二氧化碳 (C/B)
产品 A	0.2	0.22	1.11	5.00
产品 B	0.4	0.44	2.22	5.00
产品 C	0.3	0.33	1.67	5.00
总计	0.9	1.00	5.00	--

(2) 基于经济分配

产出材料	收益：质量*价格（元）	分配因子：收益/总收益	每千克产品的千克二氧化 碳 (B*5)
产品 A	40.00	0.63	3.17
产品 B	20.00	0.32	1.59
产品 C	3.00	0.05	0.24
总计	63	--	5.00

(3) 基于氮含量分配

产出材料	输出氮质量 (千克氮)	分配因子: 质量/总质量	每千克产品的千克二氧化碳 (B*5)
产品 A	0.02	0.11	0.53
产品 B	0.08	0.42	2.11
产品 C	0.09	0.47	2.37
总计	0.19	--	5.00

(4) 基于化学计量分配

产出材料	质量*摩尔	分配因子: 质量*摩尔/总质量*摩尔	每千克产品的千克二氧化碳 (B*5)
产品 A	0.06	0.19	0.94
产品 B	0.20	0.63	3.13
产品 C	0.06	0.19	0.94
总计	0.32	--	5.00

附录 E (规范性)

产品碳足迹研究中再利用和回收问题的处理程序

E.1 概述

根据 GB/T 24040-2008 和 GB/T 24044-2008 的要求，以及 ISO/TR 14049:2012 中的示例，本附录规定了产品碳足迹研究中再利用和回收的可能程序或替代程序。

E.2 作为分配问题的再利用和回收

GB/T 24044-2008 中 4.3.4.1 和 4.3.4.2 的分配原则和程序适用于的情况。

应考虑物质固有属性的变化。对于在初始和后续的产品系统之间的再利用和回收过程，应识别它们之间的系统边界并对其进行解释，确保遵守 4.3.4.2 中所述的分配原则。

在上述情况下，分配程序需补充进一步的细节，原因如下：

——在再利用和回收过程中（以及可归入再使用和再生用的堆肥、能量回收和其他过程），有关原材料获取和加工或产品最终处置的单元过程的输入输出可能是多个产品系统共有；

——再利用和回收可能在后续使用中改变材料的固有特性；

——宜特别注意对回收利用过程系统边界的确定。

再利用和回收是一个分配问题，原材料的提取、加工过程以及产品的最终处置（包括回收利用）过程相关的温室气体排放量可能由一个以上的产品系统分享，即提供回收材料的产品系统和使用回收材料的后续系统。

E.3 闭环分配程序

闭环分配程序适用于闭环产品系统，也适用于回收利用材料的固有特性未发生变化的开环产品系统。在这种情况下，由于是用次级材料取代初级材料，因此不必进行分配。例如再利用材料在产品系统的生命末期被回收，并再次用于同一产品系统（替代了初级材料），这样可以避免分配。

当再利用材料与初级材料具有相同的固有属性（例如颜色、气味、状态、熔点、沸点、硬度等），闭环分配程序也可适用于开环产品系统，产品终端处置单元过程（包括回收过程）的温室气体排放量分配给提供回收材料的产品，离开产品系统的再利用材料带有与相关初级材料获取温室气体排放量相对应的回收信用额度。

如果材料在产品生命周期内损失，那么从自然资源中生产这种损失的材料所产生的温室气体排放量分配到产生再利用材料的产品系统中。

闭环分配程序产品系统包括从产品报废到生产再利用材料的所有过程，直至再利用材料与初级材料

具有相同的固有属性。由于不需要对再利用材料进行进一步的预处理，因此产品最终处置的所有单位过程（包括回收）都分配至产生再利用材料的产品系统中。

闭环分配程序中与原材料获取和报废相关的温室气体排放量均可按照公式（E.1）计算：

$$E_M = E_V + E_{EoL} - R \times E_V \quad (E.1)$$

式中：

E_M ——在闭环分配程序的情况下，原材料获取和报废处理相关的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

E_V ——从初级材料中提取或生产产品所需原材料产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

E_{EoL} ——生命末期处理（作为产出回收利用材料产品系统的一部分）相关的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

R ——材料回收率，单位为百分比（%）；

$R \cdot E_V$ ——回收信用额度，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）。

注：该方法等同于温室气体议定书《产品生命周期核算与报告标准》^[17]中的闭环近似法。

E.4 开环分配程序

开环分配程序适用于材料被回收利用输入到其他产品系统且其固有特性发生改变的开环产品系统。初级材料和再利用材料可能具有不同的化学成分和结构（例如再生纸中纤维的长度）或更高的溶解杂质浓度等。

共享单元过程的分配程序宜采用如下顺序(如果可行并且以此作为分配的基础)：

- 物理性质（例如质量）；
- 经济价值（例如废料和再利用物质的市场价值与初级材料市场价值的比值）；
- 再利用材料的后续使用次数（见 ISO/TR 14049:2012）。

开环再利用和回收的共享单元过程是指原材料提取和加工过程，以及产品的生命末期处理过程。

最终处置/再利用和回收的单元过程的排放量可通过过程分割（取决于相关产品和材料类别）来避免分配。一种可能的过程分割方式是将与最终处置/再利用和回收相关的温室气体排放量分成计入所研究产品系统的 E_{EoL} 和计入使用再利用材料产品系统的 E_{PP} 。 E_{PP} 表示与再利用材料预处理至满足替代初级材料质量要求的过程的温室气体排放量。

尽量避免在所研究系统和使用再利用材料的后续系统之间，以及与提取原材料和加工原材料单元过

程间进行分配，例如通过系统扩展避免分配。如果无法避免分配，则采用 GB/T 24044-2008 中 4.3.4.3.4 的规定。

当采用基于物理性质的分配时，需要证明所选择物理参数的合理性，即需要证明提供再利用材料的产品系统（通常是未知的）和后续产品系统之间的物理关系（参考 GB/T 24044-2008 中 4.3.4.2 的规定）。

当采用选择分配系数 A 进行分配时，该系数为废旧材料或再利用材料的全球市场价格与初级材料的全球市场价格之间的比率，通常是一个较长时期内（例如五年）的平均值。如果存在此类全球市场价格，则可以选择该方案。如果再利用材料的市场价值与初级材料相同（即使其固有属性与原生材料不同），则分配系数 A=1。如果再利用材料是免费提供，则分配系数 A=0，这种情况下需要说明采用市场价值分配的合理性。

市场价值分配不方便应用（市场价格比率可能变化较大）。如果在敏感性分析中使用不同比率，可方便该分配方法的应用。

如果可确定并证明再利用材料后续使用次数的合理性，利用次数可应用于分配（参见 ISO/TR14049:2012）。

在文献中，有时会在不提供进一步证明的条件下，对所有材料任意分配一个系数（例如 A=0.5）。如果分配标准（例如物理性质、经济价值、后续使用次数）既不可行也不适用，则该系数是合理的。

当产品完全由初级材料组成，在开环回收利用情况下，与原材料获取和报废处理相关的温室气体排放量可按照公式（E.2）计算：

$$E_M = E_V + E_{EoL} - R \times A \times E_V \quad (E.2)$$

式中：

E_M ——在开环回收情况下，与原材料获取和报废处理相关的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

E_V ——开采或从自然资源生产产品所需原材料产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

E_{EoL} ——报废处理（作为产出再利用材料产品系统的一部分）的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

R——回收率，单位为百分比（%）；

A——分配系数；

$R \cdot A \cdot E_V$ ——回收利用信用额度；

A=0 时，即完全降级回收时，不给予回收信用额度。

当再利用材料进入一个新产品系统时，如果再利用材料所在旧产品系统已获得回收信用额度，则该材料会给新产品系统带来环境负担（参见与回收信用额度相关的公式 E.1 和 E.2）。

当产品完全由再利用材料组成时，在开环回收情况下，与原材料获取和报废回收处理相关的温室气体排放量可以按照公式（E.3）或公式（E.4）计算：

$$E_M = E_V \times A + E_{PP} + E_{EoL} - R \times A \times E_V \quad \text{..... (E.3)}$$

$$E_M = E_{PP} + E_{EoL} + (1 - R) \times A \times E_V \quad \text{..... (E.4)}$$

式中：

E_{PP} ——为达到初级材料质量要求，对再利用材料预处理产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）。

当产品由初级材料和再利用材料组成时，在开环回收情况下，与原材料获取和报废回收处理相关的温室气体排放量可以按照公式（E.5）或公式（E.6）计算：

$$E_M = C \times A \times E_V + C \cdot E_{PP} + (1 - C) \times E_V + E_{EoL} - R \times A \times E_V \quad \text{..... (E.5)}$$

或

$$E_M = C \times E_{PP} + (1 - C) \times E_V + E_{EoL} + (C - R) \times A \times E_V \quad \text{..... (E.6)}$$

式中：

C——产品回收量，单位为千克（kg）。

公式（E.3）、公式（E.4）和公式（E.5）、公式（E.6）仅当进入新产品系统再利用材料的分配系数与离开旧产品系统再利用材料的分配系数相同时适用。否则，需要扩大计算范围，使用两个不同的分配系数。

参考文献

- [1] 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》，Richard P. Allan., Paola A. Arias., Sophie Berger., Josep G. Canadell., Christophe Cassou., Deliang Chen., Annalisa Cherchi., Sarah L. Connors., Erika Coppola., Faye Abigail Cruz., et al, 剑桥大学出版社
- [2]SZDBZ 166-2016 产品碳足迹评价通则
- [3] 山东省产品碳足迹评价通则
- [4]GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [5] TFS 《The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry》（化工行业产品碳足迹指南）
- [6] PEF 《Product Environmental Footprint Method》
- [7] DB 44/T 1874—2016 产品碳足迹 产品种类规则 巴氏杀菌乳
- [8] T/CIECCPA 019—2022 甘薯与甘薯加工产品碳足迹量化与评价方法
- [9] PlasticsEurope recommendation on steam cracker allocation, Life Cycle and Sustainability working group of PlasticsEurope, 2017
- [10] ERASM SLE (2014). Surfactant Life Cycle and Ecofootprinting Project; updating the life cycle inventories for commercial surfactant production. Final Report for ERASM (www.erasm.org), 186 p
- [11] Toluene Diisocyanate (TDI) & Methylenediphenyl Diisocyanate (MDI) ISOPA, Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers, 202.1
- [12]An Eco-profile and Environmental Product Declaration of the European Chlor-Alkali Industry, Chlorine (The chlor--alkali process), Euro Chlor, 2013.
- [13] Life cycle metrics for chemical products, 世界可持续发展工商理事会WBCSD, 2014年
- [14] 联合国《2018 年小岛屿发展中国家》
- [15] 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
- [16] Penner J.E., Lister D.H., Griggs D.J., Dokken D.J., McFarland M. (eds.), 《IPCC 关于航空和全球大气的特别报告：政策制定者摘要》，政府间气候变化专门委员会, 1999 年
- [17] 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