

T/CSPCI

团 体 标 准

T/CSPCI 70013—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚乙烯

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for
carbon footprint of product—Polyethylene

(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 4

 4.1 应用意图及目的 4

 4.2 目标受众 4

5 量化范围 4

 5.1 产品描述 4

 5.2 声明单位 4

 5.3 系统边界 5

6 清单分析 6

 6.1 数据收集和确认 6

 6.2 取舍原则 7

 6.3 数据分配 7

7 影响评价 8

8 结果解释 10

9 产品碳足迹报告 11

10 产品碳足迹声明 12

附录 A（资料性） 产品碳足迹量化数据收集表 13

附录 B（资料性） 常用参数参考值 15

附录 C（资料性） 计算示例 16

附录 D（资料性） 产品碳足迹报告（模板） 18

附录 E（资料性） 全球增温潜势值 22

参考文献 23

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信息学会标准处提出。

本文件由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油燃料和润滑剂分技术委员会（SAC/TC280/SC1）归口。

本文件起草单位：中石化（北京）化工研究院有限公司、中国石油化工股份有限公司化工事业部、中国石油化工股份有限公司能源管理与环境保护部、北京燕山石化高科技技术有限责任公司、东华大学先进低维材料中心、中国石化扬子石油化工有限公司、中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司、中国标准化研究院、中石化石油化工科学研究院有限公司、国家基本有机原料质量检验检测中心。

本文件主要起草人：高静、李彤、杨化浩、杨世飞、李斌、孙志斌、黄煜、王雅玲、董建强、陈冬梅、赵丽萍、高昂、贾婷、雷渭萍、张志军、罗莎、李强。

本文件为首次制定。

CSPCI

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚乙烯

1 范围

本文件规定了聚乙烯产品碳足迹计算量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告和产品碳足迹声明等。

本文件适用于以乙烯为原料，经原料精制、聚合反应生产的聚乙烯产品碳足迹量化。

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 11115 聚乙烯（PE）树脂

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

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 50441—2016 石油化工设计能耗计算标准

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 24067—2024、GB/T 24044—2008 界定的以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。

注：本文件涉及的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的 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。

注：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

[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。

注 1：产品部分碳足迹是基于或由与特定过程或足迹信息模型有关的数据汇集而成，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。

注 2：“足迹信息模型”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产品部分碳足迹的量化结果，以每个声明单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.2]

3.4

二氧化碳当量 **carbon dioxide equivalent; CO₂e**

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注：给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.2]

3.5

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 24067—2024，3.2.4]

3.6

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]

3.7

产品系统 **product system**

拥有基本流和产品流，同时具有一种或多种特定功能，并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.2]

3.8

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]

3.9

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 24067—2024，3.3.4]

3.10

过程 **process**

一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.5]

3.11

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 24067—2024，3.3.6]

3. 12

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 24067—2024，3. 3. 7]

3. 13

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（1kg 乙烯）、体积（1L 原油）。

[来源：GB/T 24067—2024，3. 3. 8]

3. 14

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. 15

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. 17]

3. 16

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. 17

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]

3. 18

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 24067—2024，3. 4. 1]

3. 19

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段，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. 20

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]

3.21

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis; LCI

生命周期评价的阶段，涉及产品整个生命周期内输入和输出的汇编和量化。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.4]

3.22

废物 waste

持有人计划处置或被要求处理的物质或物品。

注：本定义源自《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]

4 量化目的

4.1 应用意图及目的

开展聚乙烯产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍原则（6.2），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，计算产品对全球变暖的潜在影响，以及在不同阶段、不同过程、不同空间位置的影响构成（以二氧化碳当量表示）。

本文件可适用但不限于为产品研究和开发、减排潜势分析、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流提供信息。

本文件有助于按照 ISO 14026 开展产品碳足迹和产品部分碳足迹的信息交流。

4.2 目标受众

聚乙烯产品的生产商、经销商、消费者等。

5 量化范围

5.1 产品描述

- a) 聚乙烯（Polyethylene，简称 PE）是乙烯单体经聚合反应制得的一种热塑性树脂。在工业上，也包括乙烯与少量 α -烯烃的共聚物。聚乙烯无臭，无毒，手感似蜡，具有优良的耐低温性能（最低使用温度可达 $-100 \sim -70^{\circ}\text{C}$ ）。化学稳定性好，因聚合物分子内通过碳—碳单键相连，能耐大多数酸碱的侵蚀（不耐具有氧化性质的酸）。常温下不溶于一般溶剂，吸水性小，电绝缘性优良。聚乙烯树脂为本色颗粒，无杂质，无黑粒。
- b) 生产工艺主要有釜式法、管式法、淤浆法、气相法。聚乙烯分为不同的类型：低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）、线型低密度聚乙烯（LLDPE）。
- c) 聚乙烯树脂产品按用途分为 7 类，分别为：吹塑类、挤出管材类、挤出薄膜类、涂层类、电线电缆绝缘类、挤出单丝类、注塑类聚乙烯树脂，每种用途的聚乙烯树脂又分为不同的牌号和等级。
- d) 聚乙烯树脂的产品技术要求，包括但不限于密度、熔体质量流动速率、拉伸屈服应力或拉伸断裂应力、拉伸断裂标称应变或拉伸断裂应变、简支梁缺口冲击强度、耐环境应力开裂等质量指标及其检验方法。依据产品标准为 GB/T 11115。

5.2 声明单位

本文件聚乙烯产品的声明单位为 1t。

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 t 为统计单位）。

5.3 系统边界

5.3.1 聚乙烯产品碳足迹应包括所界定的系统边界内单元过程中对聚乙烯产品碳足迹有显著贡献的所有温室气体排放和清除。

5.3.2 聚乙烯产品碳足迹的系统边界一般包括两种形式（见图 1），本文件规定了聚乙烯产品生产从摇篮到大门的系统边界及详细的碳足迹计算方法：

- 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：包括原材料及辅料从原油开采获取、生产和运输、生产排放过程，直到产品离开工厂大门的产品碳足迹评价。

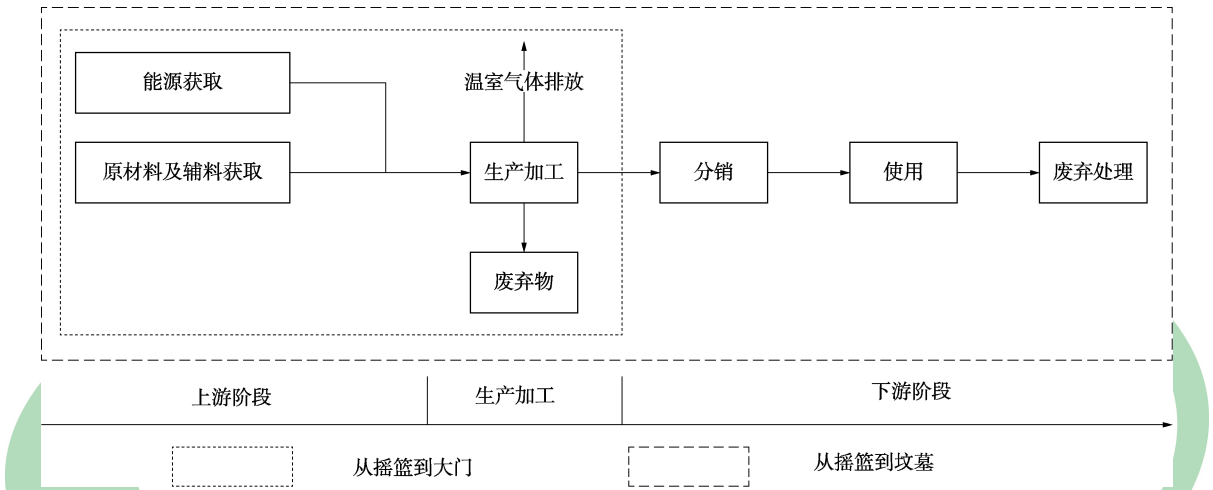


图 1 聚乙烯产品生命周期系统边界图

5.3.3 聚乙烯生产过程中所有与产品相关的直接和间接温室气体排放必须包括在“从摇篮到大门”的产品碳足迹计算中，包括化石或生物质清除、能源消耗（电力、外部热量和蒸汽；天然气、沼气等燃料消耗）、公用工程、生产、运输、工艺废弃物处理、废水处理、反应中消耗的催化剂以及所有与原材料消耗有关的价值链上下游温室气体排放。

5.3.4 根据国内聚乙烯生产工艺现状，展开图 1 生命周期中的生产加工阶段的工艺流程图。聚乙烯产品的系统边界设定为乙烯进厂到聚乙烯产品出厂的所有的加工过程。聚乙烯产品工艺流程图见图 2，重点关注工序：原料精制、聚合反应、树脂脱气和排放气回收。

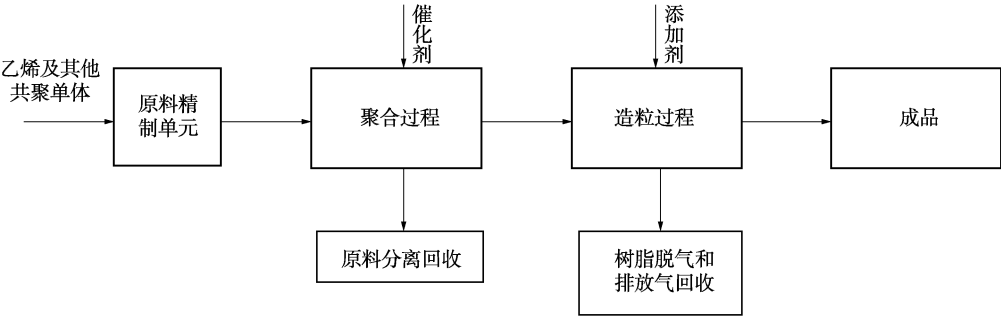


图 2 聚乙烯产品工艺流程图

6 清单分析

应在目的和范围确定后开展聚乙烯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) 数据确认；
- c) 将数据关联到单元过程和功能单位或声明单位；
- d) 系统边界调整；
- e) 分配。

本文件中的特定规定适用于：

- 产品碳足迹绩效追踪；
- 温室气体排放量和清除量的时间跨度或地理覆盖范围；
- 特定温室气体排放量和清除量的处理。

如果采用了 CFP-PCR，应根据 CFP-PCR 的要求进行生命周期清单分析。

6.1 数据收集和确认

6.1.1 各阶段数据收集内容

聚乙烯碳足迹量化数据收集主要分为原料获取阶段、生产阶段、运输阶段。各阶段数据收集内容如下：

6.1.1.1 原辅材料和能源获取阶段

原料获取阶段应收集：

- a) 原材料种类及消耗量；
- b) 原材料碳足迹数据；
- c) 能源的获取过程（例如天然气、电力、热力等）。

6.1.1.2 生产阶段

聚乙烯生产阶段应收集：

- a) 物料平衡：原材料、辅助材料、添加剂等的投入类型及投入量；
- b) 能源消耗：产品生产过程燃料、电力、蒸汽、水等能源工质消耗量；
- c) 工厂燃料及能源实测排放因子；
- d) 生产阶段工艺排放数据。

6.1.1.3 运输阶段

运输阶段应收集以下数据：

- a) 原辅材料运输过程：各类原料、辅料、助剂等材料厂内运输产生燃料的消耗量；
- b) 能源的输送过程：各类能源厂内运输产生燃料的消耗量；
- c) 聚丙烯产品的运输过程：聚丙烯产品由包装线运输到库房产生产燃料的消耗量。

6.1.2 数据收集规则

应收集产品系统边界范围内每一个单元过程的数据，包括初级数据和次级数据。

6.1.2.1 初级数据是通过测量、采访和调查，从组织直接获得的数据，包括输出的产品、副产品和废物，输入物料、净外购能源，内外部运输相关的数据。产品的关键部件和主要生产阶段数据应使用初级活动水平数据，如聚乙烯生产阶段的原材料消耗量、能源消耗量等。初级数据具有代表性，宜反应所评价产品生产周期过程正常情况下的状况。

数据来源包括，但不限于：

- 聚乙烯产品、副产品、物料：生产实测、物料清单（包含物料材质信息）、领料/投料清单等；

- 废物：固体废物管理台账、危险废物转移联单、委托处置合同等；
- 净外购能源：结算发票、缴费清单、抄表记录等；
- 运输：运输方式、运输距离、运输工具等。

6.1.2.2 无法获取初级数据时，应根据本文件 6.1.3 的数据质量要求，选择次级数据并在评价报告中解释说明。次级数据包括基础原材料、能源和运输的碳排放或清除因子和其他计算参数。

数据来源包括，但不限于：

- 政府公开发布的行业平均值；
- 生命周期清单数据集；
- 科技文献和学术论文；
- 行业协会报告；
- 由上游供应商提供符合产品碳足迹计算要求的产品碳足迹数值。

对于可能对研究结论由显著影响的数据，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。如果这些数据不符合数据质量的要求（见 6.1.3），也应作出说明。

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 6.1.3 的规定。

结合石化行业的实际特点，在进行数据收集时充分考虑借助供应链上下游数据支撑，包括上游产品数据和下游物流数据等，对于碳排放和清除量占产品碳足迹比例较高的输入物料，宜采集上游供应商生产过程原始数据或由上游供应商提供符合产品碳足迹计算要求的产品碳足迹数值，否则采取经验证过的参考值，并给予恰当的解释。根据聚乙烯的生产工艺，在获得聚乙烯生产原料带入排放的参考值的情况下，可以重点关注聚乙烯生产加工过程，从而将生命周期阶段间接简化。

数据收集表模板见附录 A。

6.1.3 数据质量规则

应确保聚乙烯产品碳足迹计算中所使用的原始数据是从实际聚乙烯生产企业和上游供应商获取。

应确保数据选择时考虑时间代表性、技术路线代表性和地理代表性，以降低系统偏差和不确定性。

应对采集的原始数据中出现的异常数据进行基础统计分析，以消除异常数据对计算结果的影响。

6.2 取舍原则

产品碳足迹核算应包括系统的所有原材料及辅料投入、工艺过程、能源消耗等排放活动。当个别排放源或原材料及辅料对某一单元过程的碳足迹无显著贡献（小于所评价产品碳足迹预测值的 1%）时，可将其作为数据排除项排除并进行报告。在此前提下，聚乙烯产品碳足迹的计算，还应满足如下要求：

- a) 总舍弃的原材料及辅料投入量不宜超过原材料及辅料总投入量的 5%；
- b) 总舍弃的能源输入量不宜超过能源总输入量的 5%；
- c) 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）；
- d) 上游环境足迹较高的原材料及辅料输入（例如，贵金属，含有铂类金属的催化剂），即使输入质量 ≤ 总质量的 1%，也应纳入产品碳足迹计算。

针对舍弃的温室气体排放，应在产品碳足迹报告中说明。

6.3 数据分配

6.3.1 当某一过程同时生产不同的产品时，首先按照产品类别来分配相关的能源消耗和排放，不同产品组之间按照该过程所处理的不同产品间的质量或经济价值来分配，然后在同一产品组内再按数量或质量来分配。

6.3.2 数据分配原则：

- 尽量避免进行数据分配；
- 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；
- 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。

7 影响评价

聚乙烯装置生产的温室气体排放总量等于系统边界内所有生产单元的原材料获取带来的排放量、化石燃料燃烧排放量、运输阶段带来的排放量、企业净购入的电力、热力消费的排放量之和，同时扣除固碳产物以及回收利用的 CO₂ 所对应的排放量。生产阶段排放因子优先采用实测值，不能获取时可使用缺省因子，见附录 B。

其他各阶段数据获取及计算方法可参照生产阶段，排放因子优先使用实测值，不能获取时可使用缺省因子等。

7.1 聚乙烯生产阶段温室气体排放量计算方法按式（1）计算。

$$E_{\text{GHG}} = E_{\text{CO}_2\text{原辅材料+能源}} + E_{\text{CO}_2\text{过程}} + E_{\text{CO}_2\text{能耗}} + E_{\text{CO}_2\text{运输}} - E_{\text{CO}_2\text{回收}} \quad (1)$$

式中：

- E_{GHG} —— 聚乙烯生产阶段的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{CO}_2\text{原辅材料+能源}}$ —— 产品原辅材料、能源获取阶段温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{CO}_2\text{过程}}$ —— 聚乙烯生产阶段过程产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{CO}_2\text{能耗}}$ —— 聚乙烯生产阶段净消耗能源产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{CO}_2\text{运输}}$ —— 运输过程排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{CO}_2\text{回收}}$ —— 聚乙烯生产阶段回收的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）。

7.2 聚乙烯装置原辅材料和能源获取阶段消耗温室气体排放量的计算按式（2）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{原辅材料+能源}} = \sum_{i=1}^n (FC_{\text{原辅材料+能源},i} \times EF_{\text{原辅材料+能源},i}) \quad (2)$$

式中：

- $E_{\text{CO}_2\text{原辅材料+能源}}$ —— 产品原辅材料、能源获取阶段温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $FC_{\text{原辅材料+能源},i}$ —— 各原料、辅料、助剂等材料 and 能源的消耗量，单位为吨（t）；
- $EF_{\text{原辅材料+能源},i}$ —— 各原料、辅料、助剂等材料 and 能源的温室气体排放因子，包含开采、加工过程，以吨二氧化碳当量每吨计（tCO_{2e}/t）；
- i —— 各原料、辅料、助剂和能源的种类。

7.3 聚乙烯生产阶段过程温室气体排放按式（3）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{过程}} = \sum_{i=1}^n ((GF_i \times EC_i - AF_i \times AC_i) \times 44/12) \quad (3)$$

式中：

- $E_{\text{CO}_2\text{过程}}$ —— 统计期内，聚乙烯生产过程产生的 CO₂ 排放，单位为吨（t）；
- GF_i —— 统计期内，聚乙烯生产过程第 i 种原料用量，单位为吨（t）；
- EC_i —— 统计期内，第 i 种输入原料含碳量，%（质量分数）；
- AF_i —— 统计期内，聚乙烯生产过程第 i 种产品产量，单位为吨（t）；
- AC_i —— 统计期内，第 i 种输出产物含碳量，%（质量分数）。

7.4 聚乙烯生产阶段净消耗能源产生的温室气体排放量

7.4.1 净消耗电力产生的温室气体排放量按式(4)计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{净电}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{电力},i} \times EF_{\text{电力},i}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$AD_{\text{电力},i}$ ——聚乙烯生产结算消耗的第*i*种电力,单位为千瓦时(kWh);

$EF_{\text{电力},i}$ ——第*i*种电力碳足迹因子,单位为千克二氧化碳每千瓦时[$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kWh})$]。

7.4.2 净消耗蒸汽产生的温室气体排放量按式(5)计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{蒸汽}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{蒸汽},i} \times EF_{\text{蒸汽},i}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$AD_{\text{蒸汽},i}$ ——聚乙烯装置消耗的第*i*种净蒸汽热量,单位为吉焦(GJ);

$EF_{\text{蒸汽},i}$ ——第*i*种蒸汽的温室气体排放因子,单位为吨二氧化碳当量每吉焦($\text{tCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)。

$$AD_{\text{蒸汽}} = \sum_{i=1}^n \{ Min_i \times (Ein_i - 83.74) \times 10^{-3} \} - \sum_{i=1}^n \{ Mout_i \times (Eout_i - 83.74) \times 10^{-3} \} \quad \dots (6)$$

式中:

Min_i ——第*i*种进入边界的蒸汽的质量,单位为吨(t);

Ein_i ——第*i*种边界内蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的热焓,单位为kJ/kg。

$Mout_i$ ——第*i*种外供蒸汽的质量,单位为吨(t);

$Eout_i$ ——第*i*种外供蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的热焓,单位为kJ/kg。

7.4.3 净消耗水产生的温室气体排放量按式(7)计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{水}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{水},i} \times EF_{\text{水},i}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$AD_{\text{水},i}$ ——聚乙烯生产阶段用第*i*种水量,单位为吨(t);

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

7.4.4 其他气体(包括压缩空气、氮气等)产生的温室气体排放量按式(8)计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{其他}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{其他},i} \times EF_{\text{其他},i}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$AD_{\text{其他},i}$ ——聚乙烯生产阶段消耗的第*i*种气体量,单位为 m^3 ;

$EF_{\text{其他},i}$ ——所使用第*i*种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($\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^3$)。

7.4.5 化石燃料消耗温室气体排放量按式(9)计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n \left(AD_i \times NCV_i \times EF_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

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(10^4m^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($\text{GJ}/10^4\text{m}^3$);

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,%。

7.5 聚乙烯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按式（10）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{运输}} = \sum_{i=1}^n (S_{\text{分配}, i} \times FC_i \times EF_i) \quad \text{..... (10)}$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{运输}}$ ——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。

7.6 聚乙烯生产阶段 CO_2 回收利用量按式（11）计算。

$$E_{\text{CO}_2\text{回收}} = Q \times PUR_{\text{CO}_2} \times 19.7 \quad \text{..... (11)}$$

式中：

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} —— CO_2 外供气体的纯度（ CO_2 体积浓度），取值范围为 0~1；

19.7—— CO_2 气体的密度，单位为吨/万 Nm^3 。

7.7 聚乙烯产品碳足迹按式（12）计算。

$$CFP_{\text{聚乙烯}} = E_{\text{CHG}} \times G_{\text{总}} \quad \text{..... (12)}$$

式中：

$CFP_{\text{聚乙烯}}$ ——聚乙烯产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{t}_{\text{CO}_2\text{e}}/\text{t}$ ）；

$G_{\text{总}}$ ——输出产品产量，单位为吨（ t ）。

计算示例见附录 C。

8 结果解释

聚乙烯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。

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。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹研究报告的目的是记录产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化结果，并说明该报告符合本文件的规定，模板见附录 D。

可将产品碳足迹研究报告中的结果用于足迹信息交流（见 ISO 14026）。

应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、无偏向地、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。

根据产品碳足迹目的和范围，确定产品碳足迹研究报告的类型和格式。产品碳足迹研究报告应允许其结果和生命周期解释可被用在与研究目的相一致的其他方面。

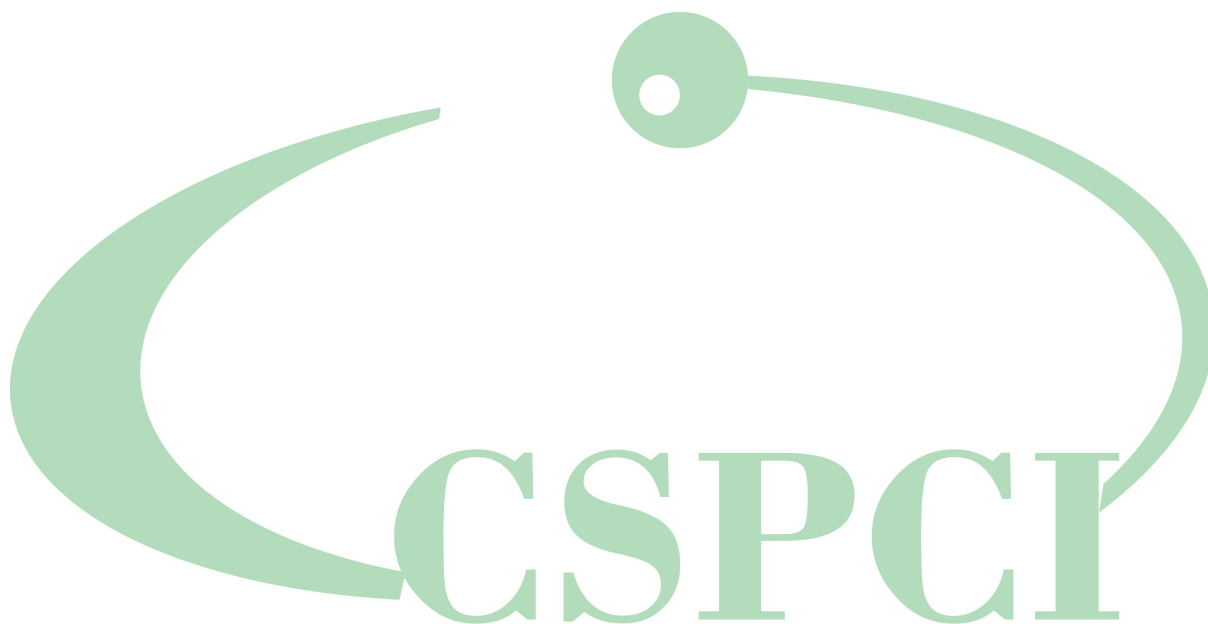
聚乙烯产品碳足迹计算报告应至少包含以下内容：

- a. 基本情况
 - a) 委托方和评价方信息；
 - b) 报告信息；
 - c) 依据的标准；
 - d) 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
 - a) 开展研究的目的；
 - b) 预期用途。
- c. 范围
 - a) 产品说明，包括功能和技术参数；
 - b) 功能单位或声明单位以及基准流（见 5.2）；
 - c) 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）；
 - d) 取舍准则和取舍点（见 6.2）；
 - e) 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），替代使用情景和生命末期阶段情景对最终结果影响的评价。
- d. 清单分析
 - a) 数据收集信息，包括数据来源（见 6.1）；
 - b) 分配原则与程序（见 6.3）；
 - c) 数据说明（见 6.1），包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e. 影响评价
 - a) 影响评价方法；
 - b) 特征化因子；
 - c) 清单结果与计算；
 - d) 结果的图示（可选）。
- f. 结果解释（见 8）
 - a) 结论和局限性；

- b) 敏感性分析和不确定性分析结果；
- c) 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；
- d) 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。
- 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

可按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定开展产品碳足迹声明或信息交流，使具有同样功能的产品之间进行比较。



附 录 A
(资料性)
产品碳足迹量化数据收集表

表 A.1 物料平衡表

填表人及联系方式：		填表日期：		
生产工艺：				
数据时间：				
单元过程及其统计口径描述：				
类型	来源	名称	数量（t）	来源
输入物料	来自上游的原料	乙烯		
		总计		
类型	去处	名称	数量（t）	去向
输出物料	产品	聚乙烯		
		总计		

表 A.2 能源消耗表

项目	单位	消耗量
新鲜水	t	
循环水	t	
软化水	t	
除盐水	t	
除氧水	t	
10.0MPa 级蒸汽	t	
5.0MPa 级蒸汽	t	
3.5MPa 级蒸汽	t	
2.5MPa 级蒸汽	t	
1.5MPa 级蒸汽	t	
1.0MPa 级蒸汽	t	
0.7MPa 级蒸汽	t	

续表

项目	单位	消耗量
0.3MPa 级蒸汽	t	
<0.3MPa 级蒸汽	t	
电力	kW·h	
.....		

表 A.3 碳含量统计表

项目	
原料碳含量	
产物碳含量/产物组成	

表 A.4 三剂统计表

项目	单位	消耗量
剂 1	t/a	
剂 2	t/a	
剂 3	t/a	
.....		

表 A.5 运输数据

产品名称	运输方式	运输距离	运输量

附录 B
(资料性)
常用参数参考值

表 B.1 2023 年全国电力平均碳足迹因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
全国	0.6205

表 B.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

表 B.3 2023 年输配电碳足迹因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
输配电 (不含线损)	0.0036

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 C
(资料性)
计算示例

淤浆法生产聚乙烯计算案例：
以某石化企业生产聚乙烯为例，该厂淤浆法生产聚乙烯物料平衡如表 C.1 所示。

表 C.1 淤浆法生产聚乙烯物料平衡表

序号	进料	加工量 (t)	序号	出料	产量 (t)
1	乙烯	282411	1	聚乙烯	279566
2	丙烯	695	2	低聚物	1613
3	丁烯-1	555	3	废品塑料	48
4	氢气	60	4	损失	2494
	总计	283721		合计	283721

a. 原料带入排放

聚乙烯生产时原料主要为来自乙烯裂解装置生产的乙烯、丙烯、氢气和丁烯-1 等。聚乙烯生产装置原料带入 CO₂排放量用 7.2 式 (2) 进行计算，计算结果如表 C.2 所示。

表 C.2 乙烯裂解装置原料带入排放汇总

序号	进料	投入 (t)	碳足迹因子 (tCO ₂ /t)	原料带入排放 (tCO ₂)
1	乙烯	282411	1.113	314323.443
2	丙烯	695	1.113	773.535
3	丁烯-1	555	1.113	617.715
4	氢气	60	1.113	66.78
	总计	283721		315781.473

注：原料碳足迹按照 6.1.1 收集。

b. 净消耗蒸汽排放

按照 7.4.2 式 (6) 计算输入的高压蒸汽和输出的低压蒸汽热量，按照式 (5) 计算碳排放量，结果如表 C.3 所示。

表 C.3 净消耗蒸汽排放

序号	名称	23 年耗实物量 (t)	过热蒸汽热 (kJ/kg)	排放量 (tCO ₂)
1	4.1MPa 蒸汽	65665	2799.4	19615.62
2	1.4MPa 蒸汽	112419	2793.8	33512.85
	合计			53128.47

c. 净消耗电力排放

使用 7.4.1 式 (4) 进行计算，结果如下：

$$E_{\text{CO}_2\text{净电}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} = 65695.736 \times 0.6205 = 40764.2 \text{ tCO}_2$$

注：电力碳足迹因子按照表 B.1 取全国电力平均碳足迹因子 0.6205kgCO₂/kW·h。

d. 净消耗水排放

使用 7.4.3 式 (7) 进行计算，计算得到：

表 C.4 净消耗水排放

序号	名称	23 年耗实物量 (t)	碳足迹因子 (kgCO ₂ /t)	排放量 (t)
1	新鲜水	49053	0.528	25.90
2	循环水	98037469	0.211	20685.91
	合计			20711.81

e. 聚乙烯生产阶段其他气体排放

其他气体碳排放量根据 7.4.4 式 (8) 进行计算，该厂包括氮气、净化压缩空气、非净化压缩空气，计算结果如下：

表 C.5 净消耗其他气体排放

序号	名称	23 年耗实物量 (m ³)	碳足迹因子 (kgCO ₂ /m ³)	排放量 (t)
1	氮气	14266380	0.528×10 ⁻³	7532.65
	合计			7532.65

f. 聚乙烯生产阶段碳排放量按式 (1) 计算，结果如下：

$$\begin{aligned} E_{\text{GHG}} &= 315781.473 + 53128.47 + 40764.2 + 20711.81 + 7532.65 \\ &= 437918.603 \text{tCO}_2 \end{aligned}$$

g. 聚乙烯产品碳足迹按 7.7 式 (12) 计算，结果如下：

$$CFP_{\text{聚乙烯}} = E_{\text{GHG}} / G_{\text{总}} = 437918.603 / 283721 = 1.543 \text{tCO}_2/\text{t}$$

附 录 D
(资料性)
产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告格式模板如下。

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：_____

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
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），具体数值参考附录 E。
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 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)	百分数 (%)
原材料获取		
制造		
分销		
使用		
生命末期		
总计		

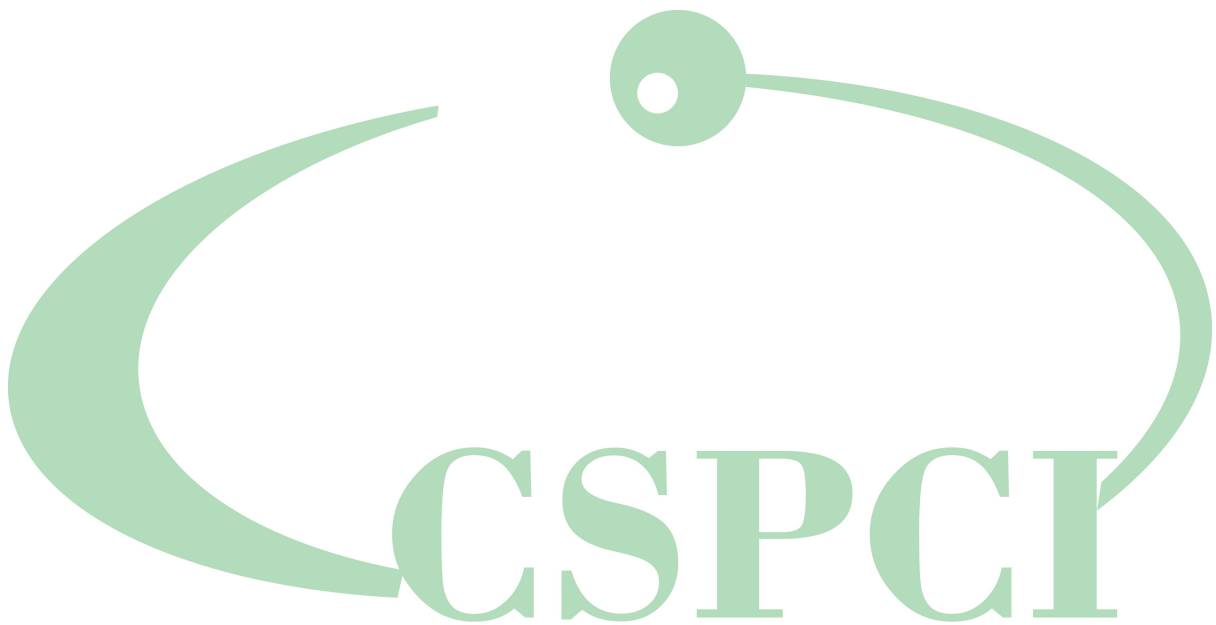
图 1 ** 各生命周期阶段碳排放分布图

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 E
(资料性)
全球增温潜势值

部分 GHG 的 GWP 参考值见表 E.1。

表 E.1 部分 GHG 的 GWP 参考值

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
六氟化硫	SF ₆	25200
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 H ₅ F	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCF 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
注: 部分 GHG 的 GWP 来源于 IPCC 《气候变化报告 2021: 自然科学基础第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。		

参 考 文 献

- [1] GB/T 11115 聚乙烯 (PE) 树脂
- [2] GB/T 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [3] GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- [4] GB/T 50441—2016 石油化工设计能耗计算标准
- [5] 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)
- [6] Richard P. Allan. , Paola A. Arias. , Sophie Berger. , et al. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press 2021, pp 7SM24–35.
- [7] 《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南》

