

T/CSPCI

团 体 标 准

T/CSPCI 70014—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚丙烯

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

(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 产品系统边界 5

6 清单分析 6

 6.1 总则 6

 6.2 数据收集和确认 6

 6.3 数据收集规则 6

 6.4 数据质量规则 7

 6.5 取舍原则 7

 6.6 数据分配 8

7 影响评价 8

 7.1 通则 8

 7.2 聚丙烯产品碳足迹 8

 7.3 聚丙烯产品温室气体碳排放总量 8

8 生命周期解释 11

9 聚丙烯产品碳足迹报告 12

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） 产品碳足迹研究报告（模板） 18

附录 E（资料性） 全球变暖潜势值（GWP） 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：北京燕山石化高科技技术有限责任公司、中国石油化工股份有限公司、中石化节能技术服务有限公司、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北京燕山分公司、北京中碳众和认证服务有限公司、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司等。

本文件主要起草人：王雅玲、李国、杨世飞、刘慧敏、刘烜辰、高静、牛瑾、赵丽萍、刘畅、吕正忠。

本文件为首次制定。



温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚丙烯

1 范围

本文件规定了聚丙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。

本文件适用于以丙烯为主要原料，在催化剂的作用下聚合制得的聚丙烯均聚物或共聚物树脂产品的碳足迹量化。

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 12670 聚丙烯（PP）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 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

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、GB/T 24044 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

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]

3.7

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]

3.8

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]

3.9

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]

3.10

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]

3.11

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. 12

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. 13

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. 14

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. 15

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. 16

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. 17

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. 18

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. 19

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. 20

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. 21

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

开展聚丙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

聚丙烯产品的生产商、经销商、消费者等。

5 量化范围

5. 1 产品描述

- a) 聚丙烯（Polypropylene，简称 PP）树脂是丙烯、丙烯与乙烯或丙烯与其他 α -烯烃在催化剂的作用下经聚合反应制得的含有添加剂的颗粒状丙烯均聚物（PP-H）、丙烯耐冲击共聚物（PP-B）或丙烯无规共聚物（PP-R）。
- b) 聚丙烯产品具有良好的热性能和机械性能，其密度小、绝缘性好、抗冲能力强、无毒无味、易于回收与再利用，因此应用广泛，是常见的高分子材料之一。
- c) 生产工艺主要有溶液法、淤浆法、本体法、气相法和本体法-气相法组合工艺 5 大类。
- d) 聚丙烯产品按用途分为 5 类，分别为：注塑类、挤出类、窄带类、纤维类、挤出薄膜类，每种用途的聚丙烯树脂又分为不同的牌号和等级。
- e) 聚丙烯树脂的产品技术要求，包括但不限于颗粒外观、熔体质量流动速率（MFR）、等规指数、拉伸性能、简支梁缺口冲击强度、负荷变形温度、鱼眼、雾度等质量指标及其检验方法。依据产品标准为 GB/T 12670。

5. 2 声明单位

本文件聚丙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 产品系统边界

聚丙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丙烯产品碳足迹有显著贡献的所有温室气体排放和清除。

本文件规定了聚丙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。

聚丙烯产品的系统边界设定为丙烯等原辅材料及能源获取入厂、聚丙烯生产到聚丙烯产品运输离开工厂大门阶段的所有过程，聚丙烯产品碳足迹系统边界见图 1。包括：

- a) 原辅材料获取阶段：包括丙烯、乙烯等原材料及助剂等辅材的获取；
- b) 聚丙烯产品的生产阶段：包括聚丙烯装置生产过程的物料消耗及能源消耗；
- c) 原辅材料、能源及聚丙烯产品的运输阶段：包括原辅材料、能源获取的运输和聚丙烯产品从装置到库房的运输。

注：上游烯烃的制造会影响聚丙烯产品的碳足迹量化结果。

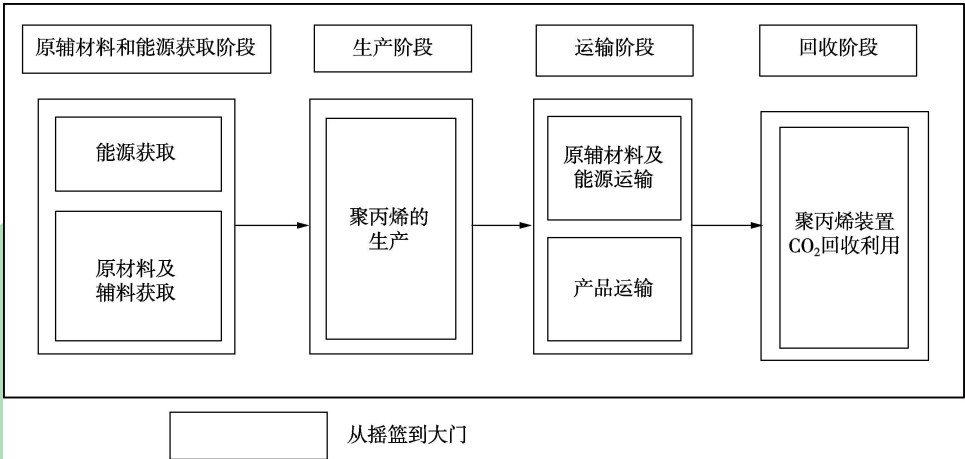


图 1 聚丙烯产品碳足迹系统边界图

聚丙烯产品碳足迹系统边界的各阶段依据聚丙烯的工艺情况设定，聚丙烯产品典型的生产工艺流程图见图 2。

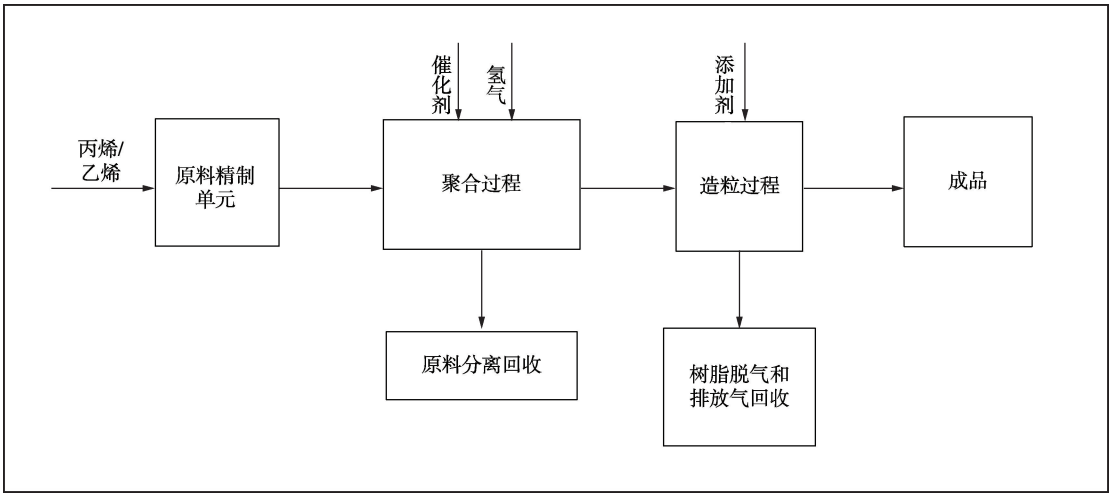


图 2 聚丙烯产品工艺流程图

6 清单分析

6.1 总则

聚丙烯产品碳足迹生命周期清单分析应包括以下步骤：

- 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。

6.2 数据收集和确认

6.2.1 各阶段数据收集内容

聚丙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。

6.2.1.1 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，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：

- 1) 原辅材料获取过程：获取各类原料、辅料、助剂等材料的消耗量（例如丙烯、乙烯、压缩空气、氢气、抗氧剂等）；
- 2) 能源的获取过程：获取各类能源的消耗量（例如天然气、电力、热力等）。

6.2.1.2 生产阶段

聚丙烯生产阶段应收集：

- 1) 物料平衡：原材料、辅助材料、添加剂等的投入类型及投入量；
- 2) 能源消耗：产品聚合、造粒等过程燃料、电力、蒸汽、水等能源工质消耗量；
- 3) 工厂燃料及能源实测温室气体排放因子；
- 4) 生产阶段工艺排放数据；
- 5) 余热回收利用。

6.2.1.3 运输阶段

运输阶段应收集以下数据：

- 1) 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；
- 2) 能源的输送过程：各类能源厂内运输产生燃料的消耗量；
- 3) 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产生燃料的消耗量。

6.3 数据收集规则

应收集聚丙烯产品系统边界范围内每一个单元过程的定性资料和定量数据，包括初级数据和次级数据。通过测量、计算或估算而收集到的数据，均可用于量化单元过程的输入和输出。

初级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，如聚丙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附录 A 中的规定。

——聚丙烯产品、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、运输工具等所消耗能源品种及对应的消耗量记录。

在收集现场数据不可行的情况下，次级数据才能用于输入和输出，或用于重要性较低的过程。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：

——政府公开发表的行业平均值；

——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 6.4），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 6.4 的要求。

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。根据聚丙烯的生产工艺，在获得聚丙烯生产原料带入排放的参考值的情况下，可以重点关注聚丙烯生产加工过程，从而将生命周期阶段间接简化。

数据收集表模板见附录 A。

6.4 数据质量规则

本文件数据收集与处理过程中，宜使用现有最高质量数据，尽可能地减少偏差和不确定性。相关数据质量的特性描述应涉及以下方面。

——时间覆盖范围：明确数据的时间范围，数据的年份和所收集数据的最小时间长度；

——技术覆盖范围：优先选择反映当前生产技术和市场环境的数据。明确具体的技术或技术组合；

——精度：对每个数据值的可变性的度量（例如方差）；

——完整性：测量或测算的流所占的比例；

——一致性：对研究方法学是否能在敏感性分析的不同组成部分中统一应用而进行的定性评价；

——可重现性：对其他独立从业人员采用同一方法学和数值信息重现相同研究结果的定性评价；

——数据来源；

——信息的不确定性。

6.5 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，聚丙烯产品碳足迹的计算，还应满足如下要求：

1) 主要原材料消耗均列出，包括丙烯、乙烯、氢气等；

2) 主要能源消耗均列出，包括燃烧、电力消耗和热力消耗等；

3) 主要排放温室气体均列出，包括二氧化碳、甲烷和一氧化二氮等；

4) 各类辅料（如催化剂、助剂和其他添加剂等）质量小于 1% 产品质量时，可忽略其上游生产数据，但总忽略的材料重量不应超过产品重量的 5%；

5) 总舍弃的能源输入量不宜超过能源总输入量的 5%;

6) 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);

7) 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;

8) 针对舍弃的温室气体排放, 应在产品碳足迹报告中说明。

6.6 数据分配

在边界设置或数据收集时, 应尽量避免进行数据分配。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。分配的程序如下:

——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;

——对于闭环里循环使用的共生产品, 不需要分配;

——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, 并在产品碳足迹报告中予以明确说明。

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 E。该 GWP 值采用 IPCC 推荐的以千克二氧化碳当量每千克排放 ($\text{kgCO}_2\text{e/kg}$) 的单位。

7.2 聚丙烯产品碳足迹

聚丙烯产品碳足迹按式 (1) 计算。

$$CFP_{\text{聚丙烯}} = E_{\text{GHG}} / G_{\text{总}} \quad \text{..... (1)}$$

式中:

$CFP_{\text{聚丙烯}}$ ——聚丙烯产品碳足迹, 单位为吨二氧化碳每吨 (tCO_2/t);

E_{GHG} ——聚丙烯装置的碳排放总量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$G_{\text{总}}$ ——输出产品产量, 单位为吨 (t)。

计算示例见附录 C。

7.3 聚丙烯产品温室气体碳排放总量

聚丙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辅材料和能源获取带来的排放量、产品生产阶段带来的排放量 (包括生产过程产生的碳排放量、化石燃料燃烧、企业净消耗的电力以及热力的排放量) 和运输阶段带来的排放量之和, 同时扣除回收利用的 CO_2 所对应的排放量。按式 (2) 计算。

$$E_{\text{GHG}} = E_{\text{原辅材料+能源}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{能耗}} + E_{\text{运输}} - R_{\text{回收}} \quad \text{..... (2)}$$

式中:

E_{GHG} ——聚丙烯装置的碳排放总量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{原辅材料+能源}}$ ——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);

- $E_{\text{过程}}$ ——聚丙烯装置生产过程中各类损耗产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{能耗}}$ ——聚丙烯装置消耗各类能源产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{运输}}$ ——原辅材料、能源及聚丙烯产品运输过程中产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $R_{\text{回收}}$ ——聚丙烯装置回收的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)。

7.3.1 原辅材料和能源获取阶段温室气体排放

聚丙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 (3) 计算。

$$E_{\text{原辅材料+能源}} = \sum_{i=1}^n FC_{\text{原辅材料+能源},i} \times EF_{\text{原辅材料+能源},i} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $E_{\text{原辅材料+能源}}$ ——原材料获取阶段温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $FC_{\text{原辅材料+能源},i}$ ——各原料、辅料、助剂和能源等材料获取的消耗量，单位为吨 (t)；
 $EF_{\text{原辅材料+能源},i}$ ——各原料、辅料、助剂和能源等材料获取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 ——原辅材料和能源的种类。

7.3.2 聚丙烯生产过程温室气体排放

聚丙烯生产过程温室气体排放按式 (4) 计算。

$$E_{\text{过程}} = \sum_{i=1}^n [(GF_i \times EC_i - AF_i \times AC_i) \times 44/12] \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $E_{\text{过程}}$ ——统计期内，聚丙烯生产过程产生的 CO_2 排放，单位为吨 (t)；
 GF_i ——统计期内，聚丙烯生产过程第 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，聚丙烯生产过程第 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)。

7.3.3 聚丙烯生产阶段能耗温室气体排放

聚丙烯装置能耗温室气体排放量的计算按式 (5) 计算。

$$E_{\text{能耗}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{蒸汽}} + E_{\text{水}} + E_{\text{其他}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $E_{\text{能耗}}$ ——聚丙烯装置消耗各类能源产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{燃烧}}$ ——化石燃料燃烧产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{电力}}$ ——聚丙烯装置消耗电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{蒸汽}}$ ——聚丙烯装置消耗蒸汽产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{水}}$ ——聚丙烯装置消耗水产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 $E_{\text{其他}}$ ——聚丙烯装置消耗其他气体产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)。

7.3.3.1 化石燃料燃烧温室气体排放

化石燃料燃烧温室气体排放量计算按式 (6) 计算。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times NCV_i \times EF_i \times OF_i \times 44/12) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $E_{\text{燃烧}}$ ——化石燃料燃烧产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}\text{e}$)；
 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 (GJ/ 10^4m^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, %;

i ——第 i 种化石燃料。

相关参数的获取应符合 GB/T 32151. 10—2015 中表 B. 1 的规定。

7.3.3.2 净消耗电力温室气体排放

净电消耗温室气体排放量的计算按式 (7) 计算。

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

式中:

$E_{\text{电力}}$ ——电力消耗温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}e$);

$AD_{\text{电力}, i}$ ——电力消耗单元过程 i 的净消耗电力消耗量, 单位为兆瓦时 (MWh);

$EF_{\text{电力}, i}$ ——电力消耗单元过程 i 的电力碳足迹因子, 以吨二氧化碳当量每兆瓦时计 ($t_{\text{CO}_2}e/MWh$);

i ——单元过程。

常用电力碳足迹因子的参数参考值见附录 B。

7.3.3.3 净消耗蒸汽温室气体排放

聚丙烯装置消耗蒸汽产生温室气体排放量的计算按式 (8) 计算。

$$E_{\text{蒸汽}} = AD_{\text{蒸汽}} \times EF_{\text{蒸汽}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$E_{\text{蒸汽}}$ ——蒸汽消耗温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}e$);

$AD_{\text{蒸汽}}$ ——聚丙烯装置消耗的净蒸汽热量, 单位为吉焦 (GJ);

$EF_{\text{蒸汽}}$ ——蒸汽二氧化碳温室气体排放因子, 单位为吨二氧化碳每吉焦 (t_{CO_2}/GJ)。

聚丙烯装置消耗的净蒸汽热量的计算按式 (9) 计算。

$$AD_{\text{蒸汽}} = \sum_{i=1}^n \{ \min_i \times (Ein_i - 83.74) \times 10^{-3} \} - \sum_{i=1}^n \{ Mout_i \times (Eout_i - 83.74) \times 10^{-3} \} \quad \dots\dots\dots (9)$$

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。

热力供应的 CO_2 温室气体排放因子优先采用供热单位提供或自测的 CO_2 温室气体排放因子, 不能提供则按缺省值 $0.11t_{\text{CO}_2}/GJ$ 计。

注: 本条款改编自《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南》。

7.3.3.4 装置用水温室气体排放

聚丙烯装置消耗水产生的碳排放量按式 (10) 计算。

$$E_{\text{水}} = AD_{\text{水}} \times EF_{\text{水}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$E_{\text{水}}$ ——聚丙烯装置用水消耗温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}e$);

$AD_{\text{水}}$ ——聚丙烯装置用水量, 单位为吉焦 (GJ);

$EF_{\text{水}}$ ——所在区域的不同用水二氧化碳温室气体排放因子, 单位为吨二氧化碳每吉焦 (t_{CO_2}/GJ)。

7.3.3.5 装置消耗其他气体排放

聚丙烯装置其他气体体 (包括压缩空气、氮气等) 产生的碳排放量按式 (11) 计算。

$$E_{\text{其他}} = AD_{\text{其他}} \times EF_{\text{其他}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$E_{\text{其他}}$ ——聚丙烯装置用水消耗温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t_{\text{CO}_2}e$);

$AD_{\text{其他}}$ ——聚丙烯装置用水量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{其他}}$ ——所在区域的不同用水二氧化碳温室气体排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（ $t_{\text{CO}_2}/\text{GJ}$ ）。

7.3.4 运输阶段温室气体排放

运输阶段的温室气体排放包括原辅材料、能源及产品的运输阶段，主要的碳排放在于运输设备（管道、铁路等）的温室气体排放。其他运输设备的温室气体排放参见其他相关标准。

运输阶段温室气体排放量的计算按式（12）计算。

$$E_{\text{运输}} = \sum_{i=1}^n S_{\text{分配},i} \times FC_i \times EF_i \dots\dots\dots (12)$$

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（ $t_{\text{CO}_2}\text{e}$ ）；

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

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 ——运输过程的不同阶段。

7.3.5 CO_2 回收利用量核算要求

聚丙烯装置 CO_2 回收利用量按式（13）计算。

$$R_{\text{CO}_2\text{回收}} = Q \times PUR_{\text{CO}_2} \times 19.7 \dots\dots\dots (13)$$

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 —— CO_2 气体的密度，单位为吨/万 Nm^3 。

8 生命周期解释

聚丙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 聚丙烯产品碳足迹报告

聚丙烯产品碳足迹报告至少应包含以下内容，相关示例见附录 D。

- a) 基本情况：委托方和评价方信息、报告信息、依据的标准、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：开展研究的目的、预期用途。
- c) 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（见 5.2）；
 - 3) 系统边界，包括：
 - 作为基本流中的系统输入和输出类型；
 - 有关单元过程处理的决策准则（考虑其对产品碳足迹研究结论的重要性）；
 - 产品系统关联的空间范围、空间系统划分和空间格网粒度选择，并说明其理由（如适用）；
 - 4) 取舍准则和取舍点（见 6.4）；
 - 5) 生命周期各阶段的描述，包括对选定的使用阶段和生命末期阶段假设情景的描述（如适用），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：
 - 1) 数据收集信息，包括数据来源（见 6.2）；
 - 2) 分配原则与程序（见 6.6）；
 - 3) 清单结果及计算，生命周期各阶段的数据及计算说明（见 7），包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价：影响评价方法、特征化因子、清单结果与计算、结果的图示（可选）。
- f) 结果解释（见 8）：
 - 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，应包括关于电网碳足迹因子计算和相关电网的特殊局限信息；
 - 4) 披露在产品碳足迹研究决策中所作出的价值选择并说明理由。
- 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	去向	名称	数量 (t)	去向
输出物料	产品	聚丙烯		
		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	

表 A.2 能源消耗表（续）

项目	单位	消耗量
0.7MPa 级蒸汽	t	
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 年电力碳足迹因子

	因子 (kgCO ₂ e/kWh)
全国	0.6205
2023 年主要发电类型电力碳足迹因子	
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
2023 年输配电碳足迹因子	
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

气相法聚丙烯产品碳足迹计算案例：
以某石化企业生产聚丙烯为例，该厂气相法生产聚丙烯物料平衡如表 C.1 所示。

表 C.1 气相法生产聚丙烯物料平衡表

序号	进料	加工量 (t)	序号	出料	产量 (t)
1	炼厂丙烯	89874	1	聚丙烯	211939
2	裂解丙烯	109563	2	废品塑料	1704
3	乙烯	22502	3	损失	8296
	总计	221939		合计	221939

(a) 原料带入排放

聚丙烯生产时原料排放包括：主要为来自炼厂和乙烯裂解装置生产的乙烯、丙烯等。聚丙烯生产装置原料带入 CO₂ 排放量用 7.3.1 式 (3) 进行计算，计算结果如表 C.2 所示。

表 C.2 丙烯、乙烯等原料带入排放汇总

序号	进料	投入 (t)	原料带入碳排放量 (t _{CO₂})
1	炼厂丙烯	89874	20047.07
2	裂解丙烯	109563	13675.90
3	乙烯	22502	86958.28
	总计	221939	120681.25

(b) 能源消耗排放

按照 7.3.3 计算气相法聚丙烯装置能耗的 t_{CO₂} 排放量，按照式 (5) 计算碳排放量，结果如表 C.3 所示：

表 C.3 能源消耗排放汇总

序号	能耗工质	单位	CO ₂ 碳足迹因子 kgCO ₂ /t	消耗量	CO ₂ 排放量 t _{CO₂}
1	新鲜水	吨	0.528	29000	15.312
2	除盐水	吨	3.517	5000	17.585
3	电	kW·h	0.6838	5000	3.419
4	中压蒸汽	吨	262.64	22000	5778.080
5	低压蒸汽	吨	226.82	6200	1406.284
6	氮气	吨	0.528	21560	11.384
7	净化风	吨	0.134	6100	0.817
8	循环水	吨	0.211	12313705	2598.192
9	天然气	吨	2649.48	42	111.278
10	合计				14364.243

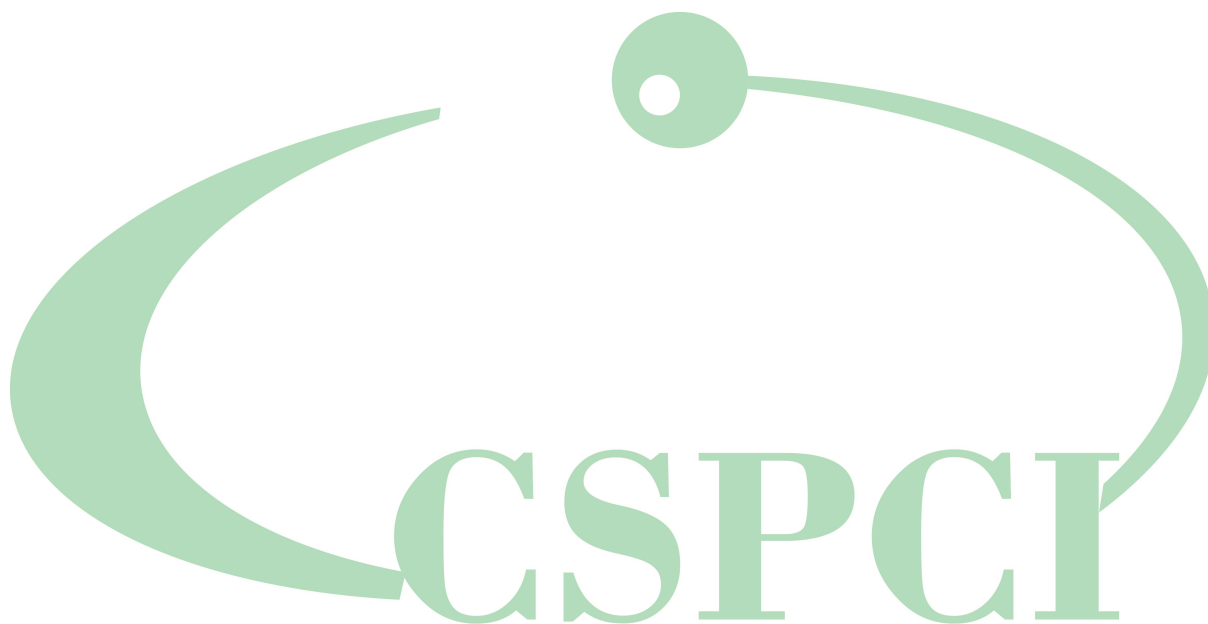
注：电力碳足迹因子按照表 B.1 2023 年电力碳足迹因子进行量化。

(c) 的碳排放量如下：

$$E_{\text{过程}} = 1402.77 \text{t}_{\text{CO}_2}$$

(d) 聚丙烯产品碳足迹按 7.2 式 (1) 计算，结果如下：

$$CFP_{\text{聚丙烯}} = E_{\text{GHG}} / G_{\text{总}} = (120681.25 + 14364.243 + 1402.777) \div 211939 = 0.644 \text{t}_{\text{CO}_2} / \text{t}$$



附 录 D
(资料性)
产品碳足迹研究报告 (模板)

产品碳足迹研究报告 (模板)

产品名称: _____

产品规格型号: _____

生产者名称: _____

报告编号: _____

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	温室气体排放因子	碳足迹 (kg CO ₂ e/功能单位)
原材料获取			
生产			
运输			

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 (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		

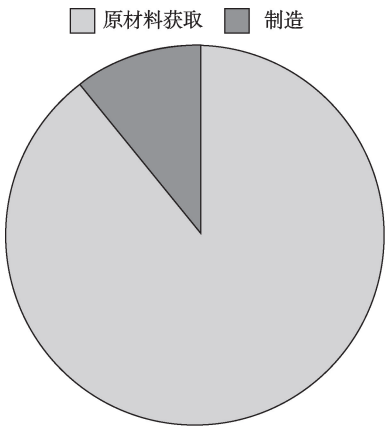


图 1 聚丙烯产品各生命周期阶段碳排放分布图 (%)

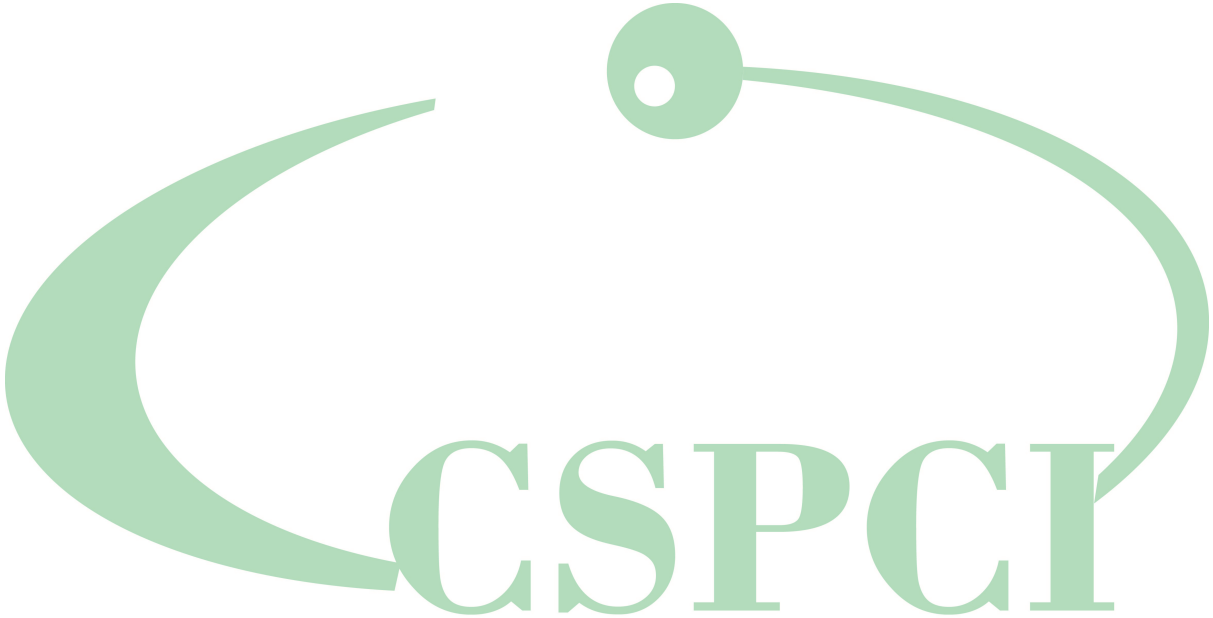
- 一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。
- 2. 假设和局限性说明（可选项）
结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。
 - 3. 改进建议



附 录 E
(资料性)
全球变暖潜势值 (GWP)

表 E. 1 部分温室气体的全球变暖潜势值 (GWP)

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值 (GWP) 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》。		



参 考 文 献

- [1] GB/T 12670 聚丙烯（PP）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. 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》

