

ICS 13.020.60
CCS V04

T/CSPCI

团 体 标 准

T/CSPCI 70012—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚乙烯醇

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

(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	III
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 目的意义	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 取舍准则	6
6.3 数据分配	7
7 影响评价	7
7.1 产品碳足迹计算	7
7.2 排放因子和 GWP 参数的选取	9
8 结果解释	9
9 产品碳足迹报告	9
10 产品碳足迹声明	10
附录 A (资料性) 产品碳足迹量化数据收集表及质量分配信息表	11
附录 B (资料性) 全球变暖潜势值	12
附录 C (资料性) 常用参数参考值	13
附录 D (资料性) 产品碳足迹报告 (模板)	14
附录 E (资料性) 聚乙烯醇产品介绍	15
附录 F (资料性) 聚乙烯醇产品碳足迹计算示例	17
参考文献	19

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：北京中碳众和认证服务有限公司、中石化石油化工科学研究院有限公司、中石化集团重庆川维化工有限公司、中石化（上海）石油化工研究院有限公司、中石化节能技术服务有限公司、中国石化上海石油化工股份有限公司、中国石化长城能源化工（宁夏）有限公司、北京燕山石化高科技技术有限责任公司、易派客电子商务有限公司、中国质量认证中心有限公司。

本文件主要起草人：方涵、高荣伟、邬楚珩、李延军、杨世飞、郭孟威、王之茵、尹富强、曲凯、李诚炜、张乐、杨鹤、张楚珂、潜森芝、缪冬、张士霞、邢菁、王雅玲、沈伟彬、肖鑫、李建宇、晋浩桐、王宗挺、赵丽萍。

本文件为首次发布。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 聚乙烯醇

1 范围

本文件规定了聚乙烯醇产品碳足迹量化目的、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。

本文件适用于指导聚乙烯醇产品的碳足迹量化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12010.2 塑料 聚乙烯醇材料（PVAL） 第2部分：性能测定

GB/T 12010.3 塑料 聚乙烯醇材料（PVAL） 第3部分：规格

GB/T 24040—2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

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

3.1

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1：产品碳足迹可用不同的图例区分和标示具体的 GHG 排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到其生命周期的各个阶段。

注2：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]

3.2

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]

3.3

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 1：“原材料”的定义见 GB/T 24040—2008，3.15。

注 2：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]

3.4

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]

3.5

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 聚乙烯醇）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.8]

3.6

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]

3.7

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.6]

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或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的规定。

注 1：“能量流”的定义见 GB/T 24040—2008，3.13。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.1]

3.9

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]

3.10

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]

3.11

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]

3.12

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

活动数据与温室气体排放相关的系数。

注: 本文件中的排放因子指的是生命周期的足迹因子。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.7]

3.13

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度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.4]

4 量化目的

4.1 目的意义

开展聚乙烯醇产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍原则（6.3），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、技术改进、产品碳足迹绩效追踪、产品碳减排潜力分析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

聚乙烯醇产品生产商、经销商、消费者等。

5 量化范围

5.1 产品描述

聚乙烯醇是有机化合物，白色或微黄色絮状、片状、颗粒状、粉状固体。聚乙烯醇是重要的化工原料，用于制造聚乙烯醇缩醛、耐汽油管道和维尼纶合成纤维、乳化剂、黏合剂等。

产品规格应满足 GB/T 12010.3 的要求，产品性能及试验方法应满足 GB/T 12010.2 的要求。

5.2 声明单位

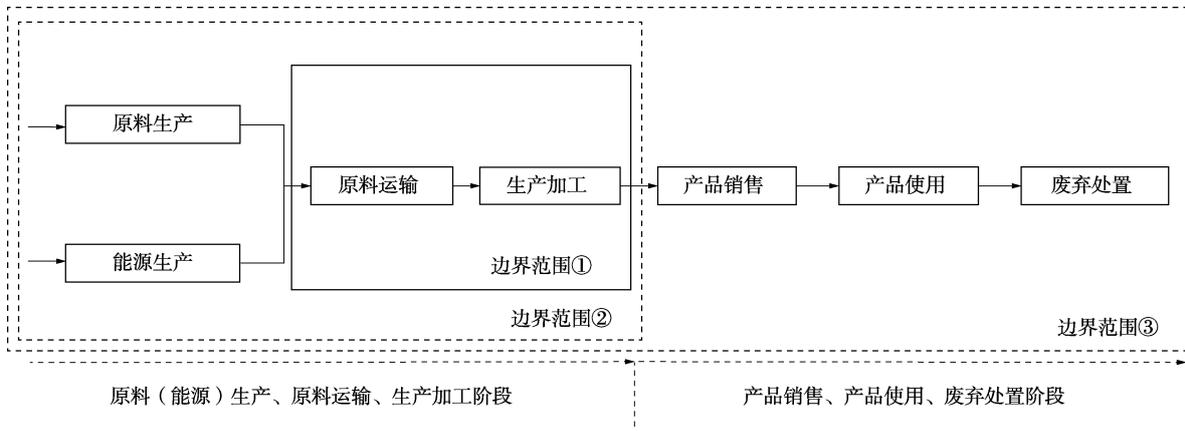
声明单位是产品系统的量化性能，用作参考单元，应明确规定并且是可测量的计量单位。功能单位定性和定量地描述了产品在范围内的技术特性，包含影响碳足迹核算的主要功能。

本文件作如下规定：产品的功能单位为 1t 聚乙烯醇。

5.3 系统边界

5.3.1 系统边界范围

聚乙烯醇产品的系统边界按其生命周期分为六个阶段：原料（能源）生产、原料运输、生产加工、产品销售、产品使用和废弃处置，如图 1 所示。



注：边界范围 1 为“从大门到大门”，边界范围 2 为“从摇篮到大门”，边界范围 3 为“从摇篮到坟墓”。

图 1 聚乙烯醇产品生命周期系统边界图

系统边界一般包括两种形式：

- 从摇篮到大门：包括原料（能源）生产、原料运输、生产加工阶段，直到产品离开工厂大门的产品碳足迹评价；
- 从摇篮到坟墓：包括整个生命周期阶段的产品碳足迹评价。

结合石化行业实际数据的可获得情况，依据本文件的系统边界划分方式，由醋酸乙烯制得聚乙烯醇的工艺相对单一，故只考虑此一种生产聚乙烯醇的工艺路径。本文件主要针对从大门到大门的形式，即包括聚乙烯醇产品生命周期中原料运输阶段和生产加工阶段。对于原料生产相关排放可选择验证过的醋酸乙烯参考值用于聚乙烯醇从摇篮到大门产品碳足迹的评价过程。对从摇篮到坟墓的形式可参照执行。

根据国内目前生产聚乙烯醇工艺的情况，展开图 1 生命周期中的生产加工阶段，即以醋酸乙烯为原料生产聚乙烯醇的工艺流程图，如图 2 所示。重点关注四个工序：聚合、回收、醇解、干燥。

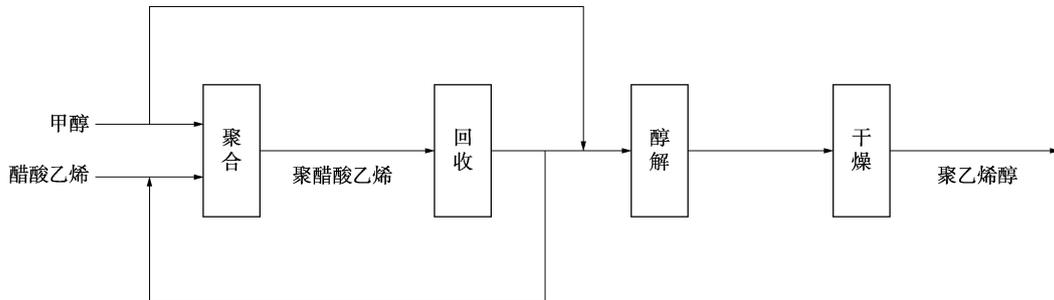


图 2 以醋酸乙烯为原料生产聚乙烯醇工艺流程图

5.3.2 生命周期各阶段的描述

- 原料（能源）生产阶段**：产品生产过程中消耗原料与能源的获取及加工过程，及能源的获取和原料的生产过程。
- 原料运输阶段**：将原料及辅料从相应供应商生产地点运输到聚乙烯醇生产工厂的过程，即醋酸乙烯和甲醇的运输过程。

- c) 生产加工阶段：生产阶段开始于原料进入生产工厂，结束于最终产品离开生产工厂。生产活动包括聚合、回收、醇解、干燥四个工序，以及生产过程中半成品的运输、材料组成包装等。不包括以下活动带来的碳排放：
- 1) 制造生产设备、建筑、基础设施和基建物资；
 - 2) 商务旅行或员工通勤；
 - 3) 服务，如工程或基础设施服务、研究和开发活动；
 - 4) 满足取舍要求的活动。
- 聚乙烯醇产品包装应纳入系统边界，并在报告中说明。
- d) 产品销售阶段：产品销售阶段从最终产品离开生产地开始，到最终用户得到产品结束。该阶段将聚乙烯醇产品分配给各地经销商，主要包括工厂、仓库和销售地点间的储存及各类运输，包括陆运、空运、水运或其他运输。
- e) 产品使用阶段：产品使用阶段包括聚乙烯醇产品终端使用，也包括聚乙烯醇作为原料投入下游的工业生产加工。
- f) 废弃处置阶段：聚乙烯醇产品的使用及使用后废弃处置过程。该阶段始于消费者拥有产品，结束于废弃的聚乙烯醇产品或其成分在废水处理厂、垃圾焚烧厂处置及自然环境中降解和回收过程。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据质量要求

本文件要求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。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) 时间覆盖范围：数据的年份和应收集数据的最小时间跨度；
- b) 地理覆盖范围：应优先选择对评价产品具有地理针对性的数据，也可以使用通用数据或类似产品的数据；
- c) 技术覆盖范围：具体的技术或技术组合，体现实际工艺流程、设备类型等因素；
- d) 准确性：收集到的数据值与实际值的接近程度；
- e) 精确性：对每个数据值可变性的度量（如方差）；
- 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（即时间覆盖范围、地理覆盖范围和技术覆盖范围）的定性评价；
- h) 一致性：对该评价的方法学是否能统一应用于不同的分析内容而进行的定性评价；
- i) 可再现性：对其他独立从业者采用同一方法学和数据信息重现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：参数的不确定性、情景的不确定性和模型的不确定性。

6.1.2 数据收集规则

为保证收集和评价数据质量，应选择与产品实际生产符合度较高的数据，可按如下优先顺序：

- a) 生产统计资料，包括但不限于实际测量值、物料平衡表、能耗统计报表、碳盘查表；
- b) 技术资料，包括但不限于生产控制数据、工艺技术规程、工艺卡片、供应商提供的数据；
- c) 同类工艺/设备的类比值；
- d) 相关国家标准值、行业标准值、地方标准值和团体标准值；

e) 国际机构披露值、数据库、文献值等。

数据收集包括初级数据和次级数据的收集，应尽可能细化收集和计算原始的企业或供应商的具体数据。初级数据主要来源于供应商的直接监测或记录、基于标的产品进行分配、第三方机构检测结果等；次级数据主要来源于行业平均数据、政府统计、文献研究等。

结合石化行业的实际特点，在进行数据收集的时候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。考虑产品系统边界时，除使用实际监测值外，也可以选择使用在产品所对应的生命周期阶段中，经验证过的参考值，即从摇篮到客户大门的形式。根据国内目前生产聚乙烯醇工艺的情况，即以醋酸乙烯为原料制得聚乙烯醇，在获得醋酸乙烯参考值的情况下，可以重点关注由醋酸乙烯加工生产聚乙烯醇的过程，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 生命周期各阶段数据收集内容

6.1.3.1 原料（能源）生产阶段

- a) 原料、能源的种类及消耗量；
- b) 原料、能源生产过程的燃料、电力、蒸汽等能源消耗量。

6.1.3.2 原料运输阶段

- a) 原料及辅料储存过程所消耗的能源类型及消耗量；
- b) 原料及辅料从产地运输至生产厂所消耗的能源类型及消耗量，或原料及辅料从产地运输至生产厂的运输方式、运输工具型号及运输里程。

6.1.3.3 生产加工阶段

- a) 原料及辅料的种类及投入量；
- b) 生产加工过程的燃料、电、蒸汽、循环水、新鲜水、除盐水、工业风等能源工质的消耗量；
- c) 生产加工过程中物理或化学变化产生的温室气体排放，包括：主反应生成的温室气体排放，例如脱氢过程；发生副反应产生的温室气体排放，例如烧焦；
- d) 与生产直接相关的辅助设施、公用工程、计量化验、蒸汽管廊、污水处理场排放包括在内，与组织机构管理相关的食堂、商务车辆、浴室、灭火器等排放不包括在内；
- e) 生产加工过程中产生的污染物、废弃物及其处理过程的温室气体排放。

6.1.3.4 产品销售阶段

- a) 产品销售储存设施的形式及储运量、储存时间及所消耗的能源类型及消耗量；
- b) 产品周转量数据，包括运输方式、运输距离、运输量；
- c) 产品储运、销售过程所消耗的能源类型及消耗量。

6.1.3.5 产品使用阶段

根据产品使用情景合理估测消费者的使用方式，预估产品使用阶段所消耗能源、资源种类及消耗量。

6.1.3.6 废弃处置阶段

根据废弃处置情景合理假设废弃处置的方式，预估产品废弃处置阶段进行回收再利用、填埋、焚烧等废弃处置方式的比例，及各废弃处置方式所消耗能源、资源种类及消耗量。

6.2 取舍准则

在数据收集的过程中，若发现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，则可以将其排除在外，并应作数据排除报告。但排除部分的单个物质流或能量流的温室气体排放量不得超过本次计算单元过程总温室气体排放量的 1%，累计排除总量不得超过本次计算单元过程总温室气体排放量的 5%。在此前提下，聚乙烯醇产品碳足迹的计算，还应满足如下要求：

- a) 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；

- b) 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；
- 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。

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。

6.3 数据分配

在数据收集时，若存在包含多个产品输出的过程，则需要将总排放量在产品生命周期内进行分配，分配规则按如下优先顺序：

- a) 尽量避免进行数据分配；
 - b) 依据物理关系进行分配，例如根据“质量分配”原则计算聚乙烯醇和醋酸、乙酸甲酯等产物的排放分摊比例；
 - c) 无法找到物理关系时，可依产品经济价值进行分配；
- 若使用其他分配方法，应提供所使用分配方法的依据和计算过程。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算

选择各温室气体对应的全球变暖潜势值（GWP），见附录 B。将温室气体数据转化为二氧化碳当量，按式（1）进行计算：

$$CFP = \sum_i (AD_i \times EF_i \times GWP_j) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CFP ——产品碳足迹或产品部分碳足迹，以吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）计；

AD_i ——系统边界内，各功能单位（声明单位）中第 i 种活动的 GHG 排放和清除相关数据（包括初级数据和次级数据），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 j 的排放系数，单位与 GHG 活动数据相匹配；

GWP_j ——温室气体 j 的全球变暖潜势值。

本文件中温室气体排放针对从大门到大门的形式时，包括聚乙烯醇产品生命周期中原料运输和生产加工阶段，按式（2）进行计算。

其中，原料运输排放是指原料及辅料从相应供应商生产地点运输到聚乙烯醇生产工厂的过程中产生的温室气体；生产加工阶段排放包括产品生产加工过程中电、蒸汽、水、燃料等能源消耗产生的温室气体，以及产品生产过程中工艺过程产生的温室气体排放。

$$CFP_{\text{大门到大门}} = E_{\text{原料运输}} + E_{\text{生产加工}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$CFP_{\text{大门到大门}}$ ——从大门到大门边界的产品碳足迹，以吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）计；

$E_{\text{原料运输}}$ ——每功能单位或声明单位产品的原料运输阶段的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）；

$E_{\text{生产加工}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产加工阶段的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）。

其中，若运输车辆能源为化石燃料， $E_{\text{原料运输}}$ 按照式（3）计算：

$$E_{\text{原料运输}} = \sum (AD_{\text{燃料}} \times EF_{\text{化石燃料燃烧}} \times GWP_j) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$AD_{\text{燃料}}$ ——每功能单位或声明单位产品的原料运输过程消耗的燃料量，单位为吨（t）或万立方米（ 10^4Nm^3 ）；

$EF_{\text{化石燃料燃烧}}$ ——产品原料运输过程消耗化石燃料的排放因子，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）或吨二氧化碳当量每万立方米（ $\text{tCO}_2\text{e}/10^4\text{Nm}^3$ ）。

其中， $EF_{\text{化石燃料燃烧}}$ 按照式（4）计算：

$$EF_{\text{化石燃料燃烧}} = NCV_k \times CC_k \times OF_k \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

NCV_k ——第 k 种化石燃料的平均低位发热量，对固体或液体燃料，单位为吉焦/吨（GJ/t）；对气体燃料，单位为吉焦/万立方米（ $\text{GJ}/10^4\text{Nm}^3$ ）；

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

OF_k ——第 k 种化石燃料的碳氧化率，以分数形式表示，%。

注：化石燃料低位热值、单位热值含碳量和氧化率的缺省值可参考 GB/T 32151.10。

若原料运输过程燃料实际消耗量不可得，或运输车辆能源非化石燃料，可按照式（5）计算：

$$E_{\text{原料运输}} = \sum (D_{\text{运输}} \times M_{\text{产品}} \times EF_{\text{运输工具}}) / 1000 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$D_{\text{运输}}$ ——产品原料运输的距离，单位为千米（km）；

$M_{\text{产品}}$ ——每功能单位或声明单位产品原料的重量，单位为吨（t）；

$EF_{\text{运输工具}}$ ——产品原料运输采用的运输工具的排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨公里（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{tkm}$ ）。

注：运输工具使用的化石燃料排放因子，可参考《陆上交通运输企业 温室气体排放核算方法与报告指南》中低位热值、单位热值含碳量和氧化率的缺省值计算。

$E_{\text{生产加工}}$ 按照式（6）计算：

$$E_{\text{生产加工}} = E_{\text{能源}} + E_{\text{过程}} = E_{\text{化石燃料燃烧}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} + E_{\text{过程}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$E_{\text{能源}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段的能源使用排放，包括化石燃料燃烧、使用外购电力、使用外购热力产生的温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）；

$E_{\text{过程}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段的工艺过程排放，包括但不限于生产过程化学反应产生的温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）；

$E_{\text{化石燃料燃烧}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段过程中消耗的化石燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）；

$E_{\text{电力}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段过程中使用外购电力产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）；

$E_{\text{热力}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段过程中使用外购热力产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨（ $\text{tCO}_2\text{e/t}$ ）。

$E_{\text{化石燃料燃烧}}$ 按照式（7）计算：

$$E_{\text{化石燃料燃烧}} = AD_{\text{化石燃料燃烧}} \times EF_{\text{化石燃料燃烧}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$AD_{\text{化石燃料燃烧}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产阶段过程中化石燃料的活动水平，单位为吉焦每吨（GJ/t）。

$E_{\text{电力}}$ 按照式（8）计算：

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{外购电力}} \times EF_{\text{外购电力}} \cdots \cdots (8)$$

式中：

$AD_{\text{外购电力}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产加工过程中消耗的外购电力量，单位为兆瓦时 (MWh)；

$EF_{\text{外购电力}}$ ——外购电力的碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时 (tCO₂e/MWh)。

注：如企业使用可再生能源电力，且可精确计量时，该部分电量可使用供应商提供的该部分能源的碳足迹因子。
 $E_{\text{热力}}$ 按照式 (9) 计算：

$$E_{\text{热力}} = AD_{\text{外购热力}} \times EF_{\text{外购热力}} \cdots \cdots (9)$$

式中：

$AD_{\text{外购热力}}$ ——每功能单位或声明单位产品生产加工过程中消耗的外购热力量，单位为吉焦 (GJ)；

$EF_{\text{外购热力}}$ ——外购热力的排放因子 (包含产生、传输等过程)，单位为吨二氧化碳每吉焦 (tCO₂/GJ)。

$E_{\text{过程}}$ 按照式 (10) 计算：

$$E_{\text{过程}} = \sum EF_{\text{过程},j} \times GWP_j \cdots \cdots (10)$$

式中：

$EF_{\text{过程},j}$ ——每功能单位或声明单位产品生产加工过程中温室气体 j 的生成因子，单位为吨温室气体每吨 (tGHG/t)。

7.2 排放因子和 GWP 参数的选取

在计算产品碳足迹时，要考虑到生命周期内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：

——确定系统边界内每个功能单位每个活动的排放数据和清除数据；

——依据数据质量要求，排放因子的选择按如下优先顺序：

- a) 实际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。

常用参数参考值见附录 C。

产品碳足迹代表产品在气候变化影响类别中的潜在全生命周期影响。

一般应通过排放或清除的温室气体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 (kgCO₂e/kg)。

8 结果解释

产品碳足迹评价研究的生命周期解释应包括以下内容：

- a) 根据生命周期碳足迹评价结果识别重大问题；
- 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。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告模板见附录 D，应包括但不限于以下内容：

- a) 基本情况；
- b) 产品功能描述；
- c) 报告有效期及适用范围；
- d) 系统边界；
- e) 工艺流程图；
- f) 温室气体排放分配；
- g) 使用阶段及废弃处置阶段的情景假设；
- h) 结论和不确定性说明等。

10 产品碳足迹声明

产品碳足迹声明应在产品碳足迹评价报告等主要文件或产品的包装上呈现，具有同样功能的产品之间可进行比较。

附录 A

(资料性)

产品碳足迹量化数据收集表及质量分配信息表

A.1 产品碳足迹量化数据收集表示例见表 A.1。

表 A.1 活动数据收集表示例

填表人：				填表日期：		
联系方式：				数据时间范围：		
1. 原料运输阶段						
单元过程描述：						
原料名称	规格材质	每声明单位消耗	单位	产地	运输方式	运输距离
甲醇						
醋酸乙烯						
……						
2. 生产加工阶段						
单元过程描述：						
能耗种类	每声明单位消耗		单位	使用工序		
电			MWh			
蒸汽			GJ			
水			t			
……						
备注（说明数据来源等）：						

A.2 产品质量分配信息表示例见表 A.2。

表 A.2 产品质量分配信息表

产品	每声明单位产量 (t)	分配比例
聚乙烯醇	1	……
……	……	……

附录 B
(资料性)
全球变暖潜势值

在计算 GHG 全球变暖潜势值时，参照表 B.1 中的规定。

表 B.1 部分温室气体的全球变暖潜势值

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
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
<p>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》。</p>		

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)
产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告模板见表 D.1。

表 D.1 产品碳足迹报告

xxx产品碳足迹报告	
基本情况	
单位名称	
公司简介	
生产地址	
主要产品	
产品描述	
产品名称	
产品原材料	
规格型号	
工艺流程图	
产品图片	
功能单位	
报告有效期及适用范围	
系统边界	
数据收集时间	
产品碳排放	
依据的标准信息	
报告有效期	
适用范围	

附 录 E
(资料性)
聚乙烯醇产品介绍

E.1 物化性质

聚乙烯醇属于有机化合物产品，外观是白色或微黄色片状、颗粒状或粉末状，无臭无味的固体。聚乙烯醇具有水溶性、成纤性、黏结性、成膜性、乳化稳定性、分散稳定性、耐油性、耐酸碱性、化学反应性、生物降解性等诸多优异性能，通过改性还可获得熔融（或热塑）加工性能及诸多特殊、专用性能。

E.2 生产工艺

由醋酸乙烯制得聚乙烯醇包括以下工序：

- a) 聚合工序：以醋酸乙烯为原料，甲醇作溶剂，以偶氮二异丁腈为引发剂，在聚合反应釜中进行聚合反应，制得聚醋酸乙烯与醋酸乙烯的混合液；
- b) 回收工序：回收精馏塔的甲醇蒸气吹入聚合精馏塔，使聚醋酸乙烯与醋酸乙烯的混合液分离，聚醋酸乙烯和甲醇的混和液被送入醇解工序，醋酸乙烯和甲醇的共沸液通过精馏回收醋酸乙烯；
- c) 醇解工序：将聚醋酸乙烯和甲醇的混和液在皮带式低碱醇解方式催化的条件下进行醇解反应，混合液在皮带上边输送，一边析出固化的白色块状聚乙烯醇；
- d) 干燥工序：醇解机出口的聚乙烯醇和母液成为一体，形成有弹性、厚的板状物。板状物经粉碎、压榨、干燥后得到成品聚乙烯醇颗粒。

E.3 生命周期阶段活动

针对图 2 展示的聚乙烯醇产品加工生产过程，可将部分生命周期阶段活动细化如下：

- a) 原料运输阶段包括以下过程：
 - 1) 工厂内上游装置生产的醋酸乙烯、甲醇管道输送过程；
 - 2) 外部工厂生产的醋酸乙烯、甲醇的长距离管道、短距离、铁路、水运、汽运等输送；
 - 3) 其他助剂如引发剂、阻聚剂、氢氧化钠等由外部工厂生产，采用汽车货运方式进入工厂生产装置。
- b) 生产加工阶段包括四个重点工序：聚合、回收、醇解、干燥，分别涉及以下过程：

——聚合工序包括以下过程：

 - 1) 醋酸乙烯输送过程；
 - 2) 甲醇输送过程；
 - 3) 聚合反应引发剂加入过程；
 - 4) 聚合反应过程。

——回收工序包括以下过程：

 - 1) 回收甲醇输送过程；
 - 2) 回收甲醇加热过程；

- 3) 甲醇蒸气输送过程;
- 4) 聚醋酸乙烯和醋酸乙烯溶液分离过程;
- 5) 醋酸乙烯和甲醇溶液输送过程;
- 6) 醋酸乙烯和甲醇溶液分离过程;
- 7) 醋酸乙烯的冷却过程;
- 8) 甲醇冷却过程。

——醇解工序包括以下过程:

- 1) 聚醋酸乙烯和甲醇溶液调温过程;
- 2) 聚醋酸乙烯和甲醇溶液输送过程;
- 3) 氢氧化钠甲醇的输送过程;
- 4) 聚醋酸乙烯和甲醇溶液与氢氧化钠甲醇溶液混合物输送过程。

——干燥工序包括以下过程:

- 1) 聚乙烯醇和母液的板状物的输送过程;
- 2) 聚乙烯醇和母液的板状物的粉碎过程;
- 3) 聚乙烯醇的压榨过程;
- 4) 聚乙烯醇的干燥过程;
- 5) 聚乙烯醇的输送过程。

c) 除以上四个主要工序外, 还包括以下过程:

- 1) 生产阶段的电力、蒸汽、循环水等能源消耗的相关过程;
- 2) 醋酸乙烯、甲醇、聚醋酸乙烯中间产品、回收醋酸乙烯及其他助剂如引发剂、阻聚剂、氢氧化钠等在生产阶段的储存、输送过程;
- 3) 聚乙烯醇醇解废弃物处理过程;
- 4) 生产设施、设备的维护过程。

附录 F

(资料性)

聚乙烯醇产品碳足迹计算示例

F.1 数据收集

假设聚乙烯醇产品原料运输和生产加工阶段活动数据如下表所示。

表 F.1 活动数据收集表

原料运输阶段						
原料名称	规格材质	每声明单位消耗	单位	产地	运输方式	运输距离
甲醇	CH ₃ OH : 99.9%	0.25	t	自产	管输	/
醋酸乙烯	C ₄ H ₆ O ₂ : 99.9%	0.7	t	自产	管输	/
氢氧化钠	NaOH : ≥98.0%	3.5	kg	重庆	20t 及以上 (柴油) 货车	50
……						
生产加工阶段						
能耗种类	每声明单位消耗		单位	使用工序		
电 (外购电网电)	0.3		MWh	聚合、回收、醇解、干燥		
蒸汽	10		GJ	聚合、回收、醇解		
……						

F.2 产品分配

假设聚乙烯醇 (PVA) 生产装置产出为聚乙烯醇、乙酸甲酯、粗乙酸甲酯、醋酸、甲醇, 各产品产量及分配比例如下表所示。

表 F.2 产品质量分配信息表

产品	每声明单位产量 (t)	分配比例
聚乙烯醇	1	40.42%
乙酸甲酯	1.2	48.50%
粗乙酸甲酯	0.07	2.83%
醋酸	0.2	8.08%
甲醇	0.004	0.16%

F.3 排放计算

1) 原料运输阶段

由于聚乙烯醇 (PVA) 产品生产使用的部分原料属于企业自产并通过管道进行运输, 属于厂内运

输且距离较短，经初步估算判断满足取舍原则，故将企业自产原料（甲醇、醋酸乙烯等）的运输相关产生的二氧化碳排放予以忽略。

在计算氢氧化钠运输产生的温室气体排放时，依据《陆上交通运输企业 温室气体排放核算方法与报告指南》，20t 及以上（柴油）货车百公里油耗为 35L，柴油密度为 $0.84\text{t}/\text{m}^3$ ，低位发热量为 $43.33\text{GJ}/\text{t}$ ，含碳量为 $20.20 \times 10^{-3}\text{tC}/\text{GJ}$ ，燃料碳氧化率为 98%。假设氢氧化钠运输车辆载重量 33t，运输氢氧化钠原料时为满载状态，货车返程时空载，则每声明单位的氢氧化钠原料运输产生的温室气体排放为：

$$EF_{\text{柴油燃烧}} = 43.33 \times 20.20 \times 10^{-3} \times 98\% \times \frac{44}{12} = 3.145\text{tCO}_2\text{e}/\text{t}$$

$$E_{\text{原料运输}} = E_{\text{原料运输-整体}} \times 40.42\% = (0 + E_{\text{原料运输-氢氧化钠}}) \times 40.42\% = AD_{\text{柴油}} \times EF_{\text{柴油燃烧}} \times 40.42\%$$

$$= \left(\frac{35}{100} \times 50 \times 2 \times \frac{3.5}{1000 \times 33} \times \frac{0.84}{1000} \right) \times 3.145 \times 40.42\% = 3.96 \times 10^{-6}\text{t CO}_2\text{e}/\text{t}$$

2) 生产加工阶段

依据生态环境部、国家统计局发布的最新数据，2023年全国电力平均碳足迹因子为 $0.6205\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ，即 $0.6205\text{tCO}_2\text{e}/\text{MWh}$ 。

$$E_{\text{电力}} = 0.3 \times 0.6205 = 0.18615\text{tCO}_2\text{e}$$

$$E_{\text{蒸汽}} = 10 \times 0.1269 = 1.269\text{tCO}_2\text{e}$$

$$E_{\text{生产加工}} = E_{\text{生产加工-整体}} \times 40.42\% = (E_{\text{电力}} + E_{\text{蒸汽}}) \times 40.42\%$$

$$= (0.18615 + 1.269) \times 40.42\% = 0.588\text{tCO}_2\text{e}/\text{t}$$

3) “大门到大门”产品碳足迹

$$CFP_{\text{大门到大门}} = E_{\text{原料运输}} + E_{\text{生产加工}} = 3.96 \times 10^{-6} + 0.588 = 0.588\text{t CO}_2\text{e}/\text{t}$$

由此，在上述假设条件下，每吨聚乙烯醇产品“从大门到大门”的碳足迹为 $0.588\text{tCO}_2\text{e}$ 。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12010.3—2010 塑料 聚乙烯醇材料（PVAL） 第3部分：规格
 - [2] 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》
 - [3] GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [4] ISO 14026: 2017 Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
 - [5] GB/T 32151.10 碳排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业
 - [6] 《中国石油化工企业 温室气体排放核算方法与报告指南》
 - [7] 《陆上交通运输企业 温室气体排放核算方法与报告指南》
-