

# 团体标准《产品生命周期评价技术规范 再生塑料》

## 编制说明

### 一、任务来源及起草单位

#### 1、任务来源、起草单位、起草人

在当前碳达峰和碳中和的“双碳”背景下，国家大力提倡可持续发展和循环经济。其中，塑料的废弃循环再生利用，是促进塑料行业向循环经济转型、实现可持续发展和循环经济的重要途径。各国积极推动构建相应的循环经济体系和减碳可持续发展策略，提倡减少对初级资源的消耗、促进包装可持续性设计和回收等。近年来，我国政府近年出台了一系列政策措施来鼓励塑料的再生利用，如表 1 所示。

表 1. 中国再生塑料行业相关政策

政策名称	时间	主要内容
《循环发展引领行动》	2017	在“十三五”规划期间，实现绿色循环低碳产业体系初步形成；主要废弃物循环利用率达到 54.6%左右，主要再生资源回收率提升至 2020 年 82%
《关于推进资源循环利用基地建设的指导意见》	2017	探索形成一批与城市绿色发展相适应的废弃物处理模式，切实为城市绿色循环发展提供保障
《关于进一步加强塑料污染治理的意见》	2020	以可循环、易回收、可降解为导向，研发推广性能达标、绿色环保、经济适用的塑料制品及替代品，培育有利于规范回收和循环利用、减少塑料污染的新业态新模式
《“十四五”塑料污染治理行动方案》	2021	加大塑料废弃物再生利用。完善再生塑料有关标准加快推广应用废塑料再生利用先进适用技术装备，鼓励塑料废弃物同级化、高附加值利用
...	...	...

此外，国家也发布了 11 项再生塑料相关的推荐性新标准，比如《塑料 再生

塑料成分鉴别 第1部分：聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）材料》《塑料 再生塑料产品评价技术规范 第1部分：聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）材料》《塑料 可回收再生设计指南 第1部分：聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）材料》等。这些标准覆盖了从设计、鉴别到质量评价等多个环节，推动产业绿色循环发展。

生命周期评价（Life cycle assessment, LCA）是一种对产品在其生命周期范围内的资源消耗和环境排放进行定量化分析的方法学，不仅能够分析产品的生产活动，还能够从整个“摇篮到坟墓”生命周期视角量化产品的环境影响。以系统的生命周期视角来分析塑料废弃物的回收和循环利用，对量化潜在环境足迹、促进可持续生产以及构建废弃物循环利用体系具有重要意义。开展再生塑料产品环境足迹及碳足迹的研究，也有助于国内再生塑料行业的国际竞争力，打破贸易壁垒。

目前，国内外有关的生命周期评价体系已经日趋成熟和完善，具体情况如下：

在国际标准方面，ISO 14040：2006《环境管理 生命周期评价 原则与框架》ISO 14044：2006《环境管理 生命周期评价 要求与指南》是产品生命周期评价（LCA）中最常用的基础方法学标准，规定了LCA的目的、范围、清单分析、影响评价、结果解释和报告等相关要求；ISO 14067：2018《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》用LCA方法规定了从原材料获取、生产、使用和回收处置阶段的产品碳足迹量化方法及要求，即气候变暖环境影响，还新增要求了鉴定性评审、产品碳足迹对比等内容。此外，PAS 2050：2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》GHG Protocol 产品寿命周期核算和报告标准等也是国际上常见的产品碳足迹核算标准。尤其是，在欧盟地区，推出了欧盟《产品环境足迹种类规则指南（PEFCR Guidance, Product Environmental Footprint Category Rules Guidance）》，制定了评价产品环境足迹的系统指南，具有科学性、系统性和透明标准化的特点。并且，根据不同的行业情况，欧盟还制定了一系列的产品环境足迹种类规则和要求。

在国内，我国根据国际标准ISO 14040：2006、ISO 14044：2006，同等转化出了GB/T 24040-2008《环境管理 生命周期评价 原则与框架》、GB/T 24044-2008《环境管理 生命周期评价 要求与指南》此外，还制定了多种产品种类规则和生命周期评价技术规范，比如金属复合装饰板材生产（GB/T

29156-2012)、钢铁产品制造(GB/T 30052-2013)、生物基塑料(GB/T 41638.1-2022)等。GB/T 24025-2009 《环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序》也为产品的碳足迹声明提供了技术参考。

鉴于以上情况,为了解决再生塑料行业缺乏规范性、一致性的环境足迹及碳足迹评价规则的问题,由广州海关技术中心(IQTC)和知里科技(广东)有限公司提出,由中国食品工业协会归口,拟编制《产品生命周期评价技术规范 物理再生塑料》团体标准,对物理再生塑料的环境足迹和碳足迹量化及报告的原则、要求等方面做出指导和规范。

本标准主要起草人有:

## 2、简要起草过程

根据《团体标准管理规定》的要求,起草工作组于2022年12月开始正式启动标准起草工作,期间收集整理国内外相关法规、标准要求,并进行分析、研究确定标准制订的内容。2023年8月25日在线上召开了标准的起草小组成立暨第一次标准制订工作会议,会上对标准起草工作进行了分工,同时对标准文本初稿进行详细讨论,并对草案稿的各项内容提出了反馈意见。标准起草小组根据启动会的专家意见以及实际工作情况对标准的内容进行修改,统一了标准名称,于2024年10月形成了标准《产品生命周期评价技术规范 再生塑料》(征求意见稿)

## 二、标准编制原则和确定主要内容的依据

### 1、编制原则

在标准制定过程中,标准编制组遵循以下原则:

#### (1) 突出标准的适用性和先进性:

本标准积极配合我国加快构建碳排放双控制度体系的工作方案以及构建绿色发展标准体系的意见等,编制了再生塑料行业生命周期评价及碳足迹评价的标准指南。

#### (2) 突出标准的科学性和协调性:

本标准是依据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》给出的规则进行起草和编制的。此外,保证本标准与GB/T 24040、GB/T 24044的协调一致,技术内容符合GB/T 24040、GB/T 24044提出的通用要求

(3) 采用国际标准的原则：

本标准是基于欧盟《产品环境足迹种类规则指南（PEFCR Guidance, Product Environmental Footprint Category Rules Guidance）》进行编制的，欧盟 PEFCR 具有统一性和科学性，能够为再生塑料的生命周期评价提供详细和全面的技术参考。

(4) 表达通俗性：

起草组在前期反复研究欧盟 PEFCR 标准及其内容，在充分理解其内容含义的同时，将其对产品生命周期评价的指南应用于再生塑料行业；在标准的编写过程中，尽量采用符合中文语法和语言习惯的表达方式，便于使用者理解。

## 2、编制依据

(1) 指导文件依据

根据《关于进一步强化碳达峰碳中和标准计量体系建设行动方案》《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》以及《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》等一系列国家政策要求文件为指导进行本标准的制定。

(2) 技术文件依据

按照依据 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》的要求编写本标准内容。

在有关技术内容方面（比如术语定义、通用词汇等）参考了 GB/T 24021《环境标志和声明 自我环境声明（II 型环境标志）》GB/T 24025《环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序》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/T 30102《塑料 塑料废弃物的回收和再生循环指南》以及欧盟《产品环境足迹种类规则指南（PEFCR Guidance, Product Environmental Footprint Category Rules Guidance）》结合物理回收再生塑料的具体情况，制定了其生命周期评价和碳足迹评价标准的指南。规定了再生塑料制品生命周期评价的目标与范围、数据收集与处理、生命周期建模、结果分析、报告等内容。

## 三、标准主要技术内容介绍

## 1、范围

本文件采用与欧盟产品环境足迹种类（PEFCR）指南和生命周期评价（LCA）标准（GB/T 24040 和 GB/T 24044）一致的方式，规定了基于生命周期评价 LCA 的物理再生塑料环境足迹量化和报告的原则、要求与指南，包括产品碳足迹。不评价除了通过物理再生过程加工成的其它类型再生塑料，比如边角料回收再生、化学/半化学法回收等。同时，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

本标准引用的规范性文件包括：

GB/T 24021 环境标志和声明 自我环境声明（II 型环境标志）

GB/T 24025 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序

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/T 30102 塑料 塑料废弃物的回收和再生循环指南

## 3、术语与定义

本标准的术语和定义部分列出了与再生塑料行业生命周期评价相关的 14 个术语定义。

## 4、目标与范围

规定了通过物理再生法将消费后塑料加工成再生塑料的生命周期环境负荷，为评价其环境影响提供依据和建议的目标。

产品环境足迹的评价范围和评价目标应当保持一致。规定了在进行再生塑料环境足迹量化的过程中应当清晰描述的内容，具体包括塑料种类及废弃塑料的来源、塑料再生技术类型及路线、系统边界、实景过程范围、取舍准则、环境影响类型。

## 5、数据收集与处理

规定了再生塑料物理回收过程中的数据收集，以数据表的方式，收集应包括分拣打包、破碎清洗、挤出造粒、深度清洗和废水处理五个单元过程的实景过程数据。规定了对收集数据进行检查和处理的方式，包括缺失补充、说明、物料平衡和对比检查等。

## 6、生命周期建模

详细规定了在针对物理再生塑料的生命周期建模过程中背景数据的选择应当遵循的要求、多产品输出的分配方式、再生回收的建模以及模型的核算检查。

#### 7、结果与分析

规定了在物理再生塑料生命周期建模后应当进行分析的资源环境指标和结果内容，具体包括特征化结果描述、标准化及加权、过程贡献及对比、敏感性、不确定性分析以及碳足迹核算方式。

#### 8、数据质量评估

规定了物理再生塑料的生命周期评价研究应当遵循的数据质量要求，以及数据质量评估方式，具体包括数据质量指标、赋值原则和数据质量的计算。

#### 9、产品生命周期评价报告

应当完整地、准确地、透明地、详细地记录和说明产品生命周期评价的研究结果、数据、方法、假设限制和结果解释等，以便相关方能够理解产品生命周期评价固有的复杂性和所做出的权衡。报告主要包括基本情况、评价目标、评价范围、评价过程、结果解释等。

#### 10、产品碳足迹评价报告

相同地，应完整地、准确地、透明地、详细地记录和说明产品碳足迹评价的研究结果、数据、方法、假设限制和结果解释等，规定了根据气候变化指标量化得到的产品碳足迹结果（温室气体）描述和报告内容，具体包括基本信息、目的、范围、清单分析、影响评价、结果解释等。

#### 11、验证

物理再生塑料的产品生命周期评价/碳足迹报告的验证，应根据欧盟 PEFCR 指南第 8 节中包含的所有一般要求和其它要求进行，其它要求包括对本文件的符合性验证、定量信息可靠性验证等。

#### 12、附录

附录部分主要包括了物理再生过程中单元过程数据表模板及示例、数据质量评估示例、资源环境指标的标准化及加权因子、生命周期评价的核查清单等。

### **四、主要试验（或验证）情况分析**

目前，还没有针对再生塑料制品的生命周期评价及碳足迹核算的标准。本标

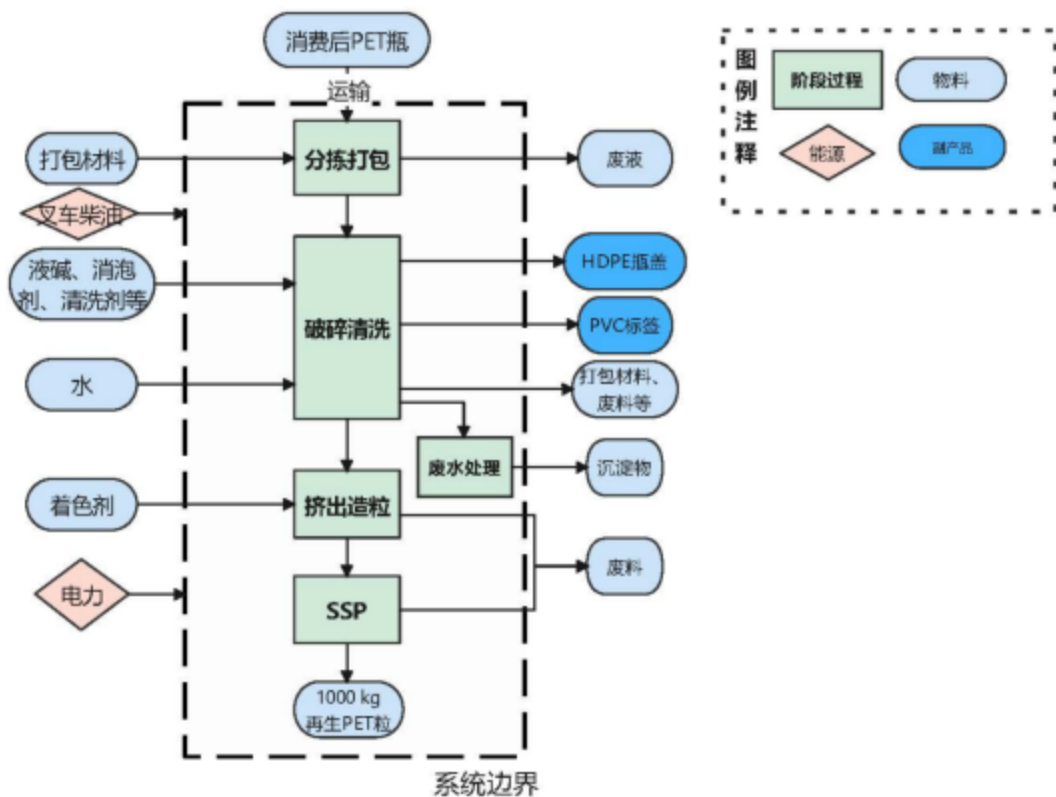
准旨在参考国内外相关标准的情况下，制定适合国内再生塑料行业的生命周期评价及碳足迹评价通则，为具体的再生塑料制品的生命周期评价及碳足迹评价标准的编写提供框架和内容要求等的指导，从而提高我国再生塑料制品行业产品生命周期评价/碳足迹评价的规范化和一致性；同时也在一定程度上指导相关组织和行业开展基于生命周期评价的产品碳足迹评价，分析再生塑料制品从摇篮到大门的环境足迹及温室气体排放情况，推进塑料制品行业的绿色低碳和健康发展。

依据本标准的方法指南，对物理回收的再生聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）粒子进行了产品生命周期评价及碳足迹评价研究，以作为编制和验证分析的内容。

### 1、目标与范围选择

再生 PET 粒子以消费后 PET 饮料瓶为原料，经回收、分拣打包、破碎清洗和挤出造粒等物理再生工艺制造而成。所研究的物理再生 PET 生产工艺已经通过欧盟 EFSA 的安全评估并获得美国 FDA 的不反对函（No Objection Letter），通过此工艺生产的再生 PET 粒子在欧盟和美国范围内可用于食品接触用途。

按本标准的规定，以 1000 千克（1 吨）物理再生 PET 粒子为功能单位，以 1 吨为基准流，收集了系统边界内的所有定量输入和输出数据。系统边界中再生 PET 粒子的生产过程划分为分拣打包、破碎清洗、挤出造粒、固相增粘和废水处理。未考虑废弃塑料的收集、产品的使用和废弃阶段，同时在生命周期建模过程中通过系统分配的方式，计算再生 PET 塑料粒子从摇篮到大门的环境足迹。



## 2、数据收集

以数据表形式收集的再生 PET 粒子生产阶段的实景过程数据，涵盖了产品系统的典型生产阶段生命周期。从企业数据源、企业运行记录等收集了在再生 PET 粒子生产过程中的能源和材料的输入与排放的原始数据。通过审定各单元过程所有流之间的关联进行质量平衡计算，清单中规定的材料和能源输入量与排放量是指生产规定功能单元（即 1000 kg 再生 PET 粒子）期间所需和释放的数量，而对于部分次级数据，使用数据库中具有代表性的数据进行替代。

## 3、生命周期建模

本报告使用 GaBi 10 专业版构建和编辑了再生 PET 粒子系统边界内的所有单元过程和生命周期模型。再生 PET 粒子生成过程中所涉及到的主要次级数据，均能从 GaBi 专业数据库中获取到具有代表性的数据进行替代和研究，包括中国混合电生产、自来水生产、液碱生产和运输模型等。

在再生 PET 粒子的生产活动中，破碎清洗阶段结束后与主产品同时输出的材料还有 PE 瓶盖、PVC 标签等，这些副产品共同分担了部分过程中的物料和能源消耗。因此，基于主副产品的质量相关关系，清洗阶段输出瓶片工艺所产生的环



境影响，将按照分配系数 86.4%进行分配，并传递到下一生产加工阶段。

基于 PEFCR v6.3 中的产品循环足迹 CFF 公式，对再生 PET 粒子产品进行系统建模。其中，考虑了 A 值为 0.5，反映了市场关于再生 PET 粒的供需平衡现状；参数  $R_2$  值设置为 0，仅对再生 PET 粒子进行从摇篮到大门的 LCA 研究；经 SSP 处理的再生 PET 粒子的  $Q_{sin}/Q_p$  值设置为 1。建模公式简化为：

$$CFF = (0.5 \times E_{rec} + 0.5 \times E_V)$$

#### 4、结果分析

按照 PEF 指南关于 EF 3.0 LCIA 的方法体系，对再生 PET 粒子进行环境影响评价和分析。结果表明，所研究物理回收工艺生产的再生 PET 粒子的碳足迹为 1630.24 kg CO<sub>2</sub> eq./1000 kg。每功能单位的再生 PET 粒子生产过程造成的总碳排放为 801.39 kg CO<sub>2</sub> eq.，主要是由化石资源引起的气候变化（800.84 kg CO<sub>2</sub> eq.），生物源-气候变化和土地使用/转化-气候变化仅占极小的部分。分拣打包、破碎清洗、挤出造粒、固相增粘和废水处理阶段的碳排放分别为 26.16、282.45、405.99、81.18 和 5.61 kg CO<sub>2</sub> eq./1000 kg。此外，挤出造粒和破碎清洗阶段对其它的环境影响也都明显较大，化石资源利用分别为 4197.59、3077.6 MJ，酸化环境影响分别为 1.41 和 1.13 Mole of H<sup>+</sup> eq.，与清洗、造粒阶段中某些过程的化石资源消耗和酸化物质排放密切相关。

在再生 PET 粒子生产过程中，气候变化、化石资源利用、颗粒物和酸化四个环境足迹的贡献共计超过了 80%，是主要的环境影响类别；挤出造粒和破碎清洗两个阶段对碳足迹等主要环境足迹的贡献超过了 80%。在破碎清洗、挤出造粒和固相增粘阶段，电能消耗是对气候变化、化石资源利用、颗粒物形成和酸化的主要贡献过程，会直接造成二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、灰尘排放以及硬煤等化石资源的消耗。

采用蒙特卡洛模拟的不确定性分析结果表明，气候变化环境影响基础情景值为 801.39 kg CO<sub>2</sub> eq.，当模拟 1000 次后的情景平均值为 812.37 kg CO<sub>2</sub> eq.，标准误差为 14.7%，在 30%平均数范围内基本符合正态分布。碳足迹等环境足迹的结果均具有较好的确定性。

敏感性分析结果表明，节约电能消耗，或改变电力供给结构、采用清洁能源发电，是降低各项环境足迹的有效措施和方式。使用风力或水力发电替代混合电

网后，每吨再生 PET 粒子生产阶段碳足迹可降低至 52.64 ~56.19 kg CO<sub>2</sub> eq.，总环境影响可降低 75.91%~87.03%。

## 5、数据质量评估

生命周期清单的活动数据和基本流具有较好精确度和时间相关性。大部分其它清单数据所选用的背景数据集具有较好的时间代表性、技术代表性和地理代表性，能够一定程度代表中国地区的工艺技术；而部分数据集的技术代表性或地理代表性较差 (TeR=4, GeR=5)，但其环境影响贡献较小，不影响公司各阶段数据集的数据质量。在分拣打包、破碎清洗、挤出造粒、固相增黏和废水处理阶段的多个过程中，电能消耗过程均是最相关的过程，贡献了不同阶段的大部分环境影响。最相关过程的数据质量满足使用要求 ( $P < 3$ ,  $TiR/TeR/ GeR < 2$ )。按照 PEF 方法指南对不同生产阶段收集的数据集进行数据质量评估，五个阶段数据集具有较好数据质量 (DQR=1.25)。

基于所有过程对总环境影响的相对贡献权重，分别计算了最相关过程的平均技术、时间、地理代表性得分和精确度得分，并计算出该次 LCA 研究的平均数据质量为 DQR=1.25，具有较好的数据质量。

## 五、结论

该标准可以用于评估再生塑料的环境足迹，为再生塑料环境足迹及碳达峰碳中和系列标准的基础标准。