

团 体 标 准

T/CNFIA XX-XX

产品生命周期评价技术规范 物理再生塑料

Specification for product life cycle assessment
—Recycled plastics

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国食品工业协会 发布

目次

前言.....	I
引言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 消费后塑料 Post-consumer.....	1
3.2 物理再生 Mechanical Recycling.....	1
3.3 深度清洁 Super-clean Decontamination.....	2
3.4 固相增黏 Solid-state Polymerization (SSP).....	2
3.5 质量平衡 Mass Balance.....	2
3.6 标准化因子 Normalisation Factor.....	2
3.7 加权因子 Weighting Factor.....	2
3.8 产品环境足迹 Product Environmental Footprint (PEF).....	2
3.9 产品碳足迹 Carbon Footprint of a Product (CFP).....	2
3.10 活动数据 Activity Data (AD).....	2
3.11 初级数据 Primary Data.....	2
3.12 次级数据 Secondary Data.....	3
3.13 数据质量评估 Data Quality Rating (DQR).....	3
3.14 数据检查 Data Inspection.....	3
4 目标与范围.....	3
4.1 功能单位和基准流.....	3
4.2 系统边界.....	4
4.3 取舍规则.....	5
4.4 局限性.....	5
5 数据收集与处理.....	6
5.1 数据收集.....	6
5.1.1 分拣打包过程.....	6
5.1.2 破碎清洗过程.....	6
5.1.3 挤出造粒过程.....	6
5.1.4 深度清洁过程.....	6
5.1.5 废水处理过程.....	6
5.2 数据检查.....	6
6 生命周期建模.....	7
6.1 背景数据的选择.....	7

6.2	多产品分配	7
6.3	再生循环建模	7
6.4	模型检查	9
7	结果与分析	9
7.1	LCIA 指标与方法	9
7.2	标准化及加权	10
7.3	结果分析	10
7.4	敏感性分析	10
7.5	不确定性分析	11
7.6	碳足迹核算	11
8	数据质量评估	11
9	产品生命周期评价报告	13
10	产品碳足迹评价报告	13
10.1	产品碳足迹研究报告中的温室气体数值	13
10.2	产品碳足迹研究报告所需信息	14
11	验证	15
	参考文献	17
	附录 A (资料性附录) 单元过程数据收集表模板	18
	附录 B (资料性附录) 环境影响类型标准化因子和加权因子清单	27
	附录 C (资料性附录) 生命周期评价研究的核查清单	28

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》给出的规则起草。

本文件由广州海关技术中心（IQTC）和知里科技（广东）有限公司提出。

本文件由中国食品工业协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

本文件主要基于欧盟《产品环境足迹种类规则指南（PEFCR Guidance, Product Environmental Footprint Category Rules Guidance）》、《GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架》以及《GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南》而制订，为进行物理再生塑料的生命周期评价提供详细而全面的技术指导。

依据本文件编制的 III 型环境声明（EPD, Environmental Product Declarations），包含着特定生产者所生产产品的生命周期环境足迹信息，一方面可以为购买方选择环境友好产品提供可靠和可对比的环境足迹信息，另一方面也为生产者持续改进产品的环境表现提供数据支持。

对于内部应用，并非必须遵守本文件；而只要产品生命周期评价（LCA）研究结果或其任何内容打算用于对外交流，就应当遵守本文件。

产品生命周期评价技术规范

再生塑料

1 范围

本文件规定了物理再生塑料的生命周期环境足迹的术语和定义、系统边界、评价方法及步骤、环境足迹评价报告的内容和方式。

本文件适用于指导组织开展基于生命周期评价的物理再生塑料环境足迹评价。适用的范围是将消费后塑料通过破碎、筛选、分类、清洗、熔融挤出造粒等物理再生过程加工成再生塑料，包括再生聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、再生高密度聚乙烯（HDPE）、再生聚丙烯（PP）等。本文件不适用于由边角料回收再生的塑料，也不适用于通过化学或半化学法生产的再生塑料。

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 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 术语和定义

除以下术语和定义外，其它涉及的术语和定义均依照规范性应用文件。

3.1 消费后塑料 Post-consumer

已经实现了其原定目标或不能再使用（包括从流通链中返回的塑料）的由终端用户产生的塑料。

[GB/T 30102-2013（同等采用ISO 15270），定义 3.24，原定义翻译为“后消费品”，本文件译为“消费后塑料”]

3.2 物理再生 Mechanical Recycling

将塑料废弃物转化成二次原材料或产品的加工过程，在这一过程中材料的化学结构没有发生显著变化。

[GB/T 30102-2013（等同采用ISO15270），定义 3.21。原定义翻译为“机械再循环”，本文件译为“物理再生”]

3.3 深度清洁 Super-clean Decontamination

塑料物理再生过程中，用于深度去除污染物的关键技术，如再生 PET 生产中常用的固相增黏技术。

3.4 固相增黏 Solid-state Polymerization (SSP)

粒子在固相状态下进行缩聚反应，用以增加塑料分子量和提高特性粘度（IV 值）的过程。

3.5 质量平衡 Mass Balance

在一个单元过程中，物质的输入量和输出量相当。

3.6 标准化因子 Normalisation Factor

用于将不同影响类型的特征化因子统一到相同的尺度上，以便进行比较。

3.7 加权因子 Weighting Factor

用于将不同影响类型的标准因子进行综合，以以便得出最终的综合影响评分，其反映了不同环境影响对整体环境性能的相对重要性。

3.8 产品环境足迹 Product Environmental Footprint (PEF)

在本文件中，产品环境足迹评价是“产品生命周期评价”的同义词。

3.9 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去除量之和，以二氧化碳当量为单位表示，并基于生命周期评价，使用气候变化单一影响类别。

注 1：产品碳足迹可分解成一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到生命周期的各个阶段，例如各个过程所处的空间范围。

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质量表示。

[GB/T 24067-2024, 定义 3.1.1.1]

3.10 活动数据 Activity Data (AD)

该术语指的是在对生命周期清单进行建模时与生产过程相关的信息。在 PEF 指南中，它也被称为“非基本流”。代表过程活动的流程链的汇总 LCI 结果分别乘以相应的活动数据，然后组合得出与该过程相关的环境足迹。活动数据的示例包括：所用电量的千瓦时数量、所用燃料的数量、过程的输出（例如废物）、设备运行的小时数、行驶的距离、建筑物的建筑面积等。在 PEF 的背景下，来自物料清单的数据应始终被视为活动数据。

[Product Environmental Footprint Category Rules Guidance: 4 Terms and definitions]

3.11 初级数据 Primary Data

指应用本文件进行环境足迹评价的公司供应链中特定过程的数据。此类数据可以采取活动数据或实景基本流（生命周期清单）的形式。实景数据是基于特定生产地、特定公司（如果同一产品有多个生产场所）或特定供应链。原始数据可以通过仪表读数、购买记录、水电费账单、工程模型、直接监测、材料/产品平衡、化学计量等方法获得，也可通过公司的价值链中的特定过程获

取数据的其它方法获得。在本文件中，初级数据是“公司特定数据”、“企业现场数据”或“供应链特定数据”的同义词。

[Product Environmental Footprint Category Rules Guidance: 4 Terms and definitions]

3.12 次级数据 Secondary Data

指不是来自应用本文件进行环境足迹评价的公司供应链中特定过程的数据，即不是由企业直接收集、测量或估计的数据，而是来自第三方生命周期数据库或其他来源的数据。次级数据包括行业平均数据（例如，来自于已发布的生产数据、政府和行业协会统计数据）、文献研究、工程研究和专利，也可以基于财务数据，并包含替代性数据和其他通用数据。在本文件中，次级数据是“背景数据”的同义词。

[Product Environmental Footprint Category Rules Guidance: 4 Terms and definitions]

3.13 数据质量评估 Data Quality Rating (DQR)

基于技术代表性、地理代表性、时间相关代表性和精度的数据集质量标准的半定量评估。数据质量应被视为记录在案的数据集的质量。

[Product Environmental Footprint Category Rules Guidance: 4 Terms and definitions]

3.14 数据检查 Data Inspection

为避免现场报送的数据出现人为错误，收集的单元过程数据需要经过多次反复检查确认。

4 目标与范围

产品环境足迹评价目标是基于生命周期评价方法，评价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。

产品环境足迹评价范围应与评价目标相一致。在确定评价范围时，应考虑并清晰描述以下几个方面：

- 1) 塑料种类及废弃塑料的来源；
- 2) 塑料再生技术类型及路线；
- 3) 系统边界；
- 4) 实景过程范围；
- 5) 取舍准则；
- 6) 环境影响类型；

某些情况下，因未预见的局限性、制约或额外信息，可对评价范围作修改，但应记录修改内容并对其进行解释。

4.1 功能单位和基准流

功能单位是产品系统性能量化的基准单位。对再生塑料而言，其功能单位为：1吨物理再生塑料粒子。

基准流是完成规定的功能需要的产品量，应以 1 吨为单位。报告中收集的所有定量输入和输出数据均应根据该基准流进行计算。

表 1 用于定义功能单位的关键方面

名称	物理再生塑料（写明塑料类型）粒子
重量	1吨
其他	其他需要补充说明的关键因素

4.2 系统边界

物理再生塑料的产品环境足迹分析系统边界应为“从摇篮到大门”，包括所有与环境相关的原辅料获取和生产加工过程。从消费后塑料的回收、分拣、打包、运输、破碎清洗、挤出造粒、废水处理和其他所需材料（如化学品）的使用，并在深度清洁设备（如有，例如 PET 生产中的固相增粘设备）末端结束。系统边界不包括废弃塑料的收集、产品的使用和废弃阶段。

以下生命周期阶段和过程应包括在系统边界中，如表 2 生命周期阶段表 2 及图 1：

表 2 生命周期阶段

生命周期阶段	包含的过程描述
分拣打包	把收集来的消费后塑料进行分类、挑选、压缩、打包等过程。
破碎清洗	把分拣打包好的消费后塑料进行手拆包、除杂、分选、破碎、清洗等过程。
挤出造粒	把清洗干燥后的破碎片通过熔融挤出制造成粒子的过程。
深度清洁	对造粒后的粒子进一步去除污染物的过程，如 SSP。
运输	原辅材料的内部及外部运输的过程
废水处理	对清洗后的废水进行初步处理的过程。

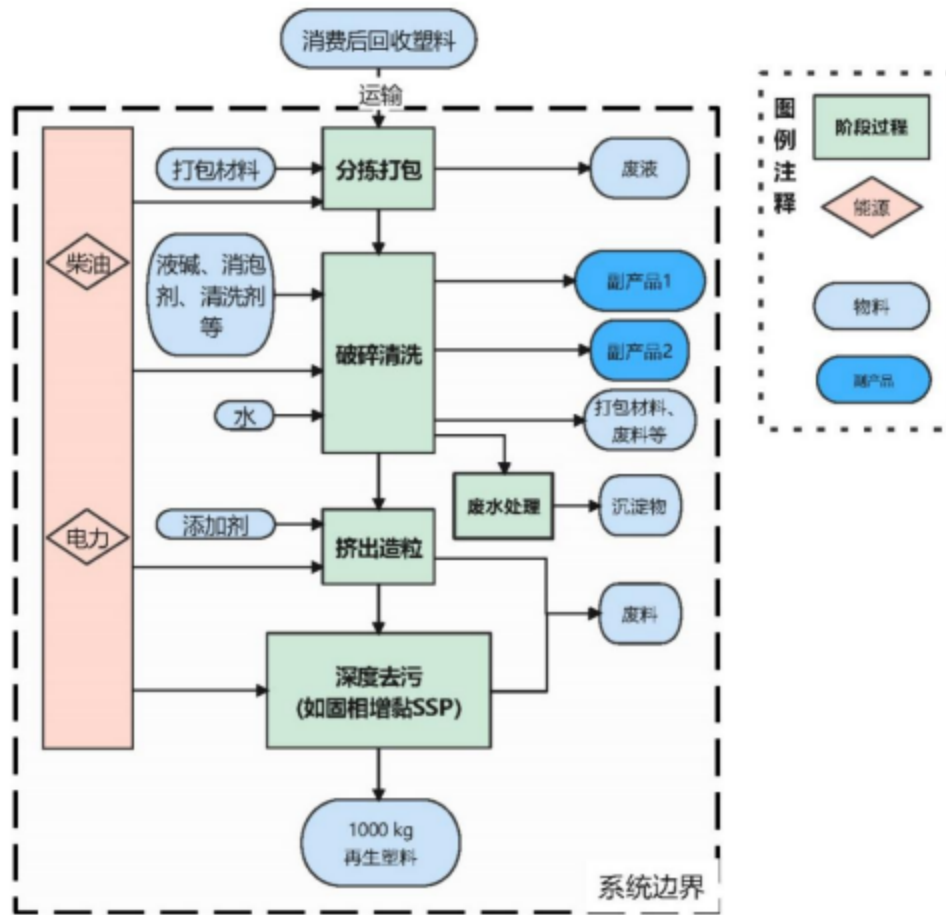


图 1 物理再生塑料从“摇篮到大门”的系统边界图

4.3 取舍规则

为使模型在既定规则下达到完整，且计算有效，输入输出数据的选择准则应在报告中明确说明。报告中所涉及的输入和输出应遵循如下准则：

- 1) 基于数据可得性原则，一个单元过程的所有输入和输出若有可用数据，都应包括在计算中
- 2) 如果单元过程输入数据不足或数据空白，且其对环境影响的贡献不超过 1%，则可以忽略不计，但应一一列出并给予说明；且所有忽略的单元过程对环境影响贡献总和不得超过 3%；
- 3) 所有阶段的运输都应包括在内，包括厂内叉车运输；
- 4) 道路与厂房等基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放均忽略。

4.4 局限性

按照本文件进行 LCA 研究所存在的局限性：

- 1) 消费后塑料作为原材料的收集，其到废品收购站的过程忽略不计，仅将回收材料的采购运输纳入分拣打包阶段；
- 2) 忽略不计整个生产过程中产生的废料处置；
- 3) 破碎清洗阶段产生的废水经初步处置后输送到废水处理厂，此阶段忽略不计内部废水处理的化学试剂影响，忽略不计废水处理产生沉淀物处置；
- 4) 忽略不计再生塑料粒子的消费使用、废弃处理等后续阶段。

5 数据收集与处理

5.1 数据收集

生命周期清单分析过程中，应按照分拣打包、破碎清洗、挤出造粒、深度清洁（如有）和废水处理 5 个单元过程，公司特定数据的收集应以下表格进行收集。原则上声明环境影响的企业在给到数据表的单元过程中，均应采用实景过程数据。

5.1.1 分拣打包过程

此过程包括把收集好的消费后塑料运输到分拣打包中心，并对其进行分拣、压缩和打包的过程，如制成 PET 瓶砖。此过程的废液将直接排放到土壤中。分拣打包过程数据收集表的示例见表 A.1。

5.1.2 破碎清洗过程

此过程包括把上述分拣打包好的消费后塑料运输至再生工厂，叉车运输至清洗线进行手拆包、除杂、分选、破碎、清洗等过程。清洗线产生的其他副产物，如 HDPE 瓶盖、PVC 标签等被收集用于其他清洗线或出售给其他厂家回收。破碎清洗过程数据收集表的示例见表 A.2。

5.1.3 挤出造粒过程

此过程将清洗后的碎片投入到挤出造粒机中，进一步去除水分、然后熔融挤出、切粒，期间会产生胶头料，可用于后续其他产品生产。挤出造粒过程数据收集表的示例见表 A.3。

5.1.4 深度清洁过程

高质量要求的物理再生塑料，通常在造粒后，需要进行深度清洁，比如再生 PET 中常用的固相增黏。此过程通常基于高温高真空度，在不破坏材料结构的同时，把污染物进一步去除。深度清洁过程数据收集表的示例见表 A.4。

5.1.5 废水处理过程

破碎清洗过程产生的废水通常需要在厂内进行初步处理，此过程主要消耗电能，同时会有沉淀物形成。废水处理过程数据收集表的示例见表 A.5。

5.2 数据检查

在数据收集的过程中，必须对每个单元过程的数据进行检查。

与实际情况对比，若有缺失的清单，则自行补充；若实际生产中没有但数据表中有的清单，则在报告中说明。

对于每个单元过程的原辅料输入和输出，需要进行物料平衡的计算，并针对缺失的数据进行合理的填补。

与历史数据和行业数据对比，检查是否存在异常数据。

6 生命周期建模

6.1 背景数据的选择

对于系统边界内的大宗原材料和能源的上游生产过程，可采用生命周期背景数据，但需做好相应记录，且都透明可追溯。对于背景数据的选择，应遵循以下要求：

- 1) 优先采用上游供应商提供的经第三方审核的生命周期结果；
- 2) 在供应商生命周期结果不可得的情况下，应采用代表原材料或能源产地国家、相同技术且年限接近的背景数据；
- 3) 在原产地、相同技术的背景数据不可得的情况下，可使用其他国家、类似技术生产的背景数据，并在报告中记录和说明差异；
- 4) 电力的选择应根据单元过程发生地的电力使用情况，在数据库中选择最具有地理、时间和技术代表性的电力数据。不允许使用通过不同渠道收集而来的碳排放因子，因为无法保证这些因子符合通用标准。

6.2 多产品分配

在物理再生塑料的生产活动中，在破碎清洗阶段除输出主产品外，同时还会有副产品如瓶盖、标签等的产生，可直接售卖。这些副产品共同分担了破碎清洗过程的物料和能源消耗，因此基于主副产品的质量关系，分配该过程的资源环境影响，如表 3 所示。

表 3 清洗过程的多产品分配

产品类型	输出类型	数量/单位 (kg)	分配系数
主产品	破碎片		
副产品	瓶盖		
...	...		

6.3 再生循环建模

本文件的系统边界为“摇篮到大门”，因此生命周期废弃阶段不包括在系统边界中。但是，在应用循环足迹公式时，废弃塑料（可再生塑料）用作物理再生塑料生产（再生原料）的输入，应该包含在系统边界中。本节提供了基于 PEFCR v6.3 的有关如何对产品的废弃以及回收阶段进行建模的指南。

使用再生材料的环境影响：

$$CFF = (1 - R_1)E_V + R_1 \left(AE_{rec} + (1 - A)E_V \times \frac{Q_{Sin}}{Q_P} \right) + (1 - A)R_2 \times \left(E_{recEoL} - E_V^* \times \frac{Q_{Sout}}{Q_P} \right)$$

其中：

A —回收材料的供应商和用户之间的负担和收益的分配系数。

Q_{sin} —输入的二级材料的品质，即在使用回收材料的环节的回收材料的品质。

Q_{sout} —输出的二级材料的品质，即在使用回收材料的环节的可回收材料的品质。

Q_P —初级材料的质量，即原生材料的质量。

R_1 —在生产的输入中，从以前的系统中回收的材料的比例。

R_2 —产品中的材料在随后的系统中被回收（或再利用）的比例。因此， R_2 应考虑到收集和回收（或再利用）过程中的低效率。 R_2 应在回收厂的产出处测量。

E_{rec} —由再循环（再利用）材料的再循环过程产生的具体排放和资源消耗（每个功能单元），包括收集、分类和运输过程。

E_{recEoL} —EoL 的回收过程产生的具体排放和资源消耗（每个功能单元），包括收集、分类和运输过程。

E_V —原生材料的获取和预加工所产生的具体排放和资源消耗（每个功能单元）。

E_V^* —假设由可回收材料替代的初级材料的获取和预加工所产生的具体排放和资源消耗（每个功能单元）。

再生循环建模过程中部分参数的推荐值如下：

- 1) A 值：对于铅酸电池的聚丙烯塑料，其推荐 A 值为 0.2；对于其余传统塑料及其应用，推荐 A 值为 0.5。
- 2) Q_{sin}/Q_P 、 Q_{sout}/Q_P 值：优先以经济方面为依据，即当再生塑料的经济价值大于原生塑料，其推荐值均为 1。其次考虑其物理性质，即对于经 SSP 处理的 PET，其推荐值均为 1；对于物理再生的 PET、PP、HDPE，其推荐值均为 0.9；对于 LDPE 膜，其推荐值均为 0.75。
- 3) R_1 值：应以所评价产品中回收材料的实际比例为准，否则其推荐值为 0，不得以市场供应的统计数据为依据；
- 4) R_2 值：首先以回收厂的实际回收产出比例为准；其次可以中国的平均水平为依据；若无法获取，PET 瓶的推荐 R_2 值为 0.42，其余塑料制品的推荐 R_2 值为 0。
- 5) 其余参数值：应按所评价产品的实际情况为准；其中，当塑料制品闭环回收时， E_{recEoL} 值等于 E_{rec} 值。

6.4 模型检查

本文件要求建立基于消费后物理再生塑料生产过程的生命周期环境影响核算模型，在模型建立完成后需要对模型的完整性进行检查，主要包括以下内容：

- 1) 数据库完整：确保无遗漏生产过程或工序，或在符合取舍规则的前提下进行省略；单元过程数据集中所有原辅料、能源、废弃物处置等均连接到相应生产过程或连接到背景数据库；
- 2) 模型准确性：确保单元过程的输入输出都按功能单元进行计算；
- 3) 背景数据集匹配程度：确保背景数据集应按照 6.1 描述的优先级进行选择。

7 结果与分析

通过生命周期建模，生命周期各阶段的资源消耗的环境影响被累加并汇总为资源环境指标，即 LCIA 指标，也称为环境影响类型。

7.1 LCIA 指标与方法

根据本文件进行的每一项 LCA 研究都应评估表 4 列出的所有环境影响类型。除此以外，气候变化还应单独进行评估。

表 4 用于 LCA 评估的环境影响类型

环境影响类型	环境影响指标	单位	环境影响指标
气候变化	全球变暖潜值 (GWP 100)	kg CO ₂ eq	IPPC 基线模型
臭氧消耗	臭氧消耗潜值 (ODP)	kg CFC 11 eq	WMO 定态 ODPs
人体毒性, 癌症 *	比较毒性单位 (CTUh)	CTUh	USEtox 模型
人体毒性, 非癌症 *	比较毒性单位 (CTUh)	CTUh	USEtox 模型
颗粒物	对人类健康的影响	Disease incidence	UNEP 推荐模型
电离辐射, 人类健康	U ²³⁵ 的人体暴露效率	kBq U ²³⁵ eq	人类健康效应模型
光化学臭氧形成, 人类健康	对流层臭氧浓度增加	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS 模型
酸化	累计超标 (AE)	mol H ⁺ eq	累计超标
富营养化, 陆地	累计超标 (AE)	mol N eq	累计超标
富营养化, 淡水	到达淡水终端的营养物质比例 (P)	kg P eq	EUTREND 模型
富营养化, 海洋	到达海洋终端的营养物质比例 (N)	kg N eq	EUTREND 模型
生态毒性, 淡水 *	生态系统的比较毒性单位	CTUe	USEtox 模型

	(CTUe)		
土地使用	土壤质量指数	Dimensionless (pt)	LANCA
水资源消耗	水使用耗竭潜值	m ³ water eq of deprived water	Available Water Remaining (AWARE)
资源利用, 矿物金属	非生物资源枯竭 (ADP-最终储量)	kg Sb eq	CML 2002
资源利用, 化石能源	非生物资源枯竭-化石燃料 (ADP-化石)	MJ	CML 2002

* 长期排放 (超过 100 年) 应排除在毒性影响类别之外。该类毒性排在 LCIA 中的特征化因子设置为 0 (以确保一致性)。如果被包括在生命周期清单建模中, 则应使用“未指定 (长期)”类别。

7.2 标准化及加权

由于不同环境影响具有不同的单位和程度, 其对整体环境性能的相对重要性也不一样, 所以需要针对不同环境影响类型进行标准化及分配适当的加权因子, 以得出综合的生命周期评分。标准化因子和加权因子的完整清单见附录 B。

7.3 结果分析

根据本文件进行的 LCA 研究都应包括表 4 中列出的环境影响类型, 且对以下内容进行重点分析:

- 1) 每个单元过程的 LCA 结果及其占比;
- 2) 重点描述气候变化 (碳足迹) 指标, 且分别描述化石资源、生物源及土地使用/转化部分的气候变化;
- 3) 对比再生过程、原生塑料及物理再生塑料的 LCA 结果;
- 4) 最相关环境影响类型分析: 按对总环境影响贡献的由大到小排序, 计算总和大于 80% 的环境影响类型;
- 5) 生命周期阶段贡献分析: 基于环境影响加权基准值, 分析各生命周期阶段对最相关环境足迹 (气候变化、资源利用, 化石、颗粒物、酸化和水资源消耗) 的贡献情况;
- 6) 生产过程贡献分析: 基于环境影响加权基准值, 分析各生产过程对最相关环境足迹 (气候变化、资源利用, 化石、颗粒物、酸化和水资源消耗) 的贡献情况。

7.4 敏感性分析

通过数据收集表中的数量波动范围分析其对环境影响结果数据波动的影响。

7.5 不确定性分析

以气候变化为代表, 采用蒙特卡洛模拟法, 考察在数据误差范围内, 1000 次模拟后结果是否符合正态分布, 及其平均值和标准偏差。

7.6 碳足迹核算

本文件中，按欧盟环境足迹方法评价得到的“气候变化”指标值，等同于产品碳足迹。

8 数据质量评估

应计算和报告每个数据集和整个 LCA 研究的数据质量。数据质量要求（DQR）的计算应基于以下公式及 4 个指标：

$$DQR = \frac{Te_R + G_R + Ti_R + P}{4}$$

式中：

Te_R —技术代表性；

G_R —地理代表性；

Ti_R —时间代表性；

P —精度/不确定性。

代表性（技术、地理和时间相关）表征所选过程和产品在多大程度上描述了所分析的系统，而精度则表示数据的得出方式和相关不确定性水平。

对公司特定数据（实景数据）而言， P 的分数不能大于 3，而 Ti_R 、 Te_R 和 G_R 的分数不能大于 2（DQR 分数应为 ≤ 1.6 ）。

为了计算生命周期评价研究中的平均 DQR 值，应根据对总体单项评分的相对环境贡献（不包括 3 个与毒性相关的分数），分别计算生命周期评价研究的 Te_R 、 Ti_R 、 G_R 和 P 作为所有最相关过程的加权平均值。

表 5 如何对公司特定数据进行 DQR 赋值

DQR	P_{EF} 和 P_{AD}	Ti_{R-EF} 和 Ti_{R-AD}	Ti_{R-SD}	Te_{R-EF} 和 Te_{R-SD}	G_{R-EF} 和 G_{R-SD}
1	测量/计算并外部验证	数据与 EF 报告发布日期相关的最近年度管理期关联	EF 报告发布日期发生在数据集的时间有效期内	基本流和背景数据集准确地反映了新开发数据集的技术	数据（集）反映了在新创建的数据集中建模的过程发生的确切地理位置
2	测量/计算并内部验证，由评审员检查合理性	数据与 EF 报告发布日期相关的最多 2 个年度管理期关联	报表发布日期不迟于数据集时间有效期后的 2 年	基本流和背景数据集是新开发数据集技术的代表	数据（集）部分反映了在新创建的数据集中建模的过程发生的地理位置
3	评审人未检查测	数据与 EF 报告	不适用	不适用	不适用

	量/计算/文献和合理性，或基于计算的合理的估计并经评审员检查	发布日期相关的最多三个年度管理期关联			
4-5	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用

表 6. 使用背景数据集时如何评估 DQR 指标的值

DQR	T _R	T _{ER}	G _R
1	LCA 报告发布日期发生在数据集的时间有效期内	LCA 研究中使用的技术与数据集范围内的技术完全相同	LCA 研究中建模的过程发生在数据集有效的国家/地区
2	LCA 报告发布日期不迟于数据集时间有效期后的 2 年	LCA 研究中使用的技术包含在数据集范围内的技术组合中	LCA 研究中建模的过程发生在数据集有效的地理区域（例如欧洲）
3	LCA 报告发布日期不迟于数据集时间有效期后的 4 年	LCA 研究中使用的技术仅部分包含在数据集范围内	LCA 研究中建模的过程发生在数据集有效的地理区域之一
4	LCA 报告发布日期不迟于数据集时间有效期后的 6 年	LCA 研究中使用的技术与数据集范围中包含的技术相似	LCA 研究中建模的过程发生在数据集有效的地理区域中未包含的国家/地区，但根据专家判断评估了足够的相似性。
5	LCA 报告发布日期晚于数据集时间有效期后的 6 年	LCA 研究中使用的技术与数据集范围中包含的技术不同	LCA 研究中建模的过程发生在与数据集有效的国家/地区不同的国家/地区

再生塑料 LCA 的数据质量评估表示例见附表 A.7

9 产品生命周期评价报告

产品生命周期评价报告应记录产品环境足迹的量化结果，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文件中的要求。报告应包括但不仅限于以下内容：

- 1) 基本情况
 - a) 产品生命周期评价委托方与评价方；
 - b) 报告日期；
 - c) 声明产品生命周期评价是依据本文件进行的。
- 2) 评价目标

- a) 开展评价的原因与目标；
 - b) 评价的预期用途。
- 3) 评价范围
- a) 产品功能；
 - b) 功能单位；
 - c) 系统边界；
 - d) 取舍准则。
- 4) 评价过程
- a) 数据收集程序；
 - b) 单元过程的定性和定量描述；
 - c) 公开出版的文献来源；
 - d) 生命周期建模；
 - e) 数据质量评价与对缺失数据的处理；
 - f) 分配原则与程序（若适用）。
- 5) 评价结果解释
- a) 产品碳足迹评价结果；
 - b) 结果解释中与方法学和数据有关的假设和局限。

其他必要信息：有效期、报告编制及验证机构信息等。

10 产品碳足迹评价报告

产品碳足迹研究报告的目的是记录产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化结果，并说明该报告符合本文件的规定。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。

10.1 产品碳足迹研究报告中的温室气体数值

应在产品碳足迹研究报告中分别记录产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化结果，单位为每个功能单位或声明单位的二氧化碳当量质量，具体内容如下：

- 6) 与温室气体排放和清除的主要生命周期阶段相关联，包括每个生命周期阶段的绝对和相对贡献量；
- 7) 化石温室气体的净排放量和清除量；
- 8) 生物成因温室气体排放量和清除量；
- 9) 直接土地利用变化导致的温室气体排放量和清除量；
- 10) 飞机运输导致的温室气体排放量。

应在产品碳足迹研究报告中分别记录以下温室气体数值（如有计算）：

- 1) 间接土地利用变更导致的温室气体排放量和清除量；

- 2) 土地利用导致的温室气体排放量和清除量；
- 3) 应用相关消费混合电网的敏感性分析结果（如适用）；
- 4) 产品的生物成因碳含量；
- 5) 利用 GTP100 计算的产品碳足迹。

10.2 产品碳足迹研究报告所需信息

应将以下信息（包括但不限于）纳入产品碳足迹研究报告：

1) 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）。

2) 目的

- a) 开展研究的目的；
- b) 预期用途。

1) 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；
- 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）；产品系统关联的过程地理位置、碳足迹空间分析的关联的排放地理位置、地理格网的划分规则、格网级别的选取，并说明其理由（如适用）。
- d) 取舍准则；
- 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；

2) 清单分析：

- a) 数据收集信息，包括数据来源；
- b) 温室气体排放和清除时间；
- c) 代表性的时间范围；
- d) 分配原则与程序；
- e) 数据说明，包括有关数据的决定和数据质量评价。

3) 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；
- 结果的图示（可选）。
- 4) 结果解释：
 - 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做出的价值选择并说明理由；
 - e) 范围和修改后的范围（如适用），并说明理由和排除的情况。
 - 5) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料；
 - 6) 绩效追踪说明（如适用）；
 - 7) 产品碳足迹比较（如适用）。

11 验证

根据本文件执行的生命周期评价（及碳足迹评价）研究/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 [输入版本号] 和下面列出的要求进行。

验证者应验证再生塑料 LCA 研究的进行是否符合本文件。

验证者应验证用于研究报告计算的定量信息的准确性和可靠性。应遵循以下要求：

- 1) 验证者应检查是否使用了所有影响评估方法的正确版本。对于每一个最相关的影响类别，至少 50% 的特征化因子（对于每一个最相关的环境影响类别）应得到验证，同时所有环境影响类别的标准化和加权因子应得到验证。
- 2) 所有新创建的数据集应被检查是否符合欧盟环境足迹（EF）标准（关于符合 EF 标准的数据集的含义可参考 PEFCR 指南的附件 H）。其所有的基础数据（基本流、活动数据和子过程）都应被验证。
- 3) 在每种情况下选择要验证的过程时，应从贡献最大的过程到贡献较小的过程进行排序，并从贡献最大的过程开始选择贡献达到确定百分比（80%）的过程。在非整数的情况下，取整应始终考虑下一个大整数。
- 4) 这些数据验证应包括（但不限于）所使用的活动数据、子过程的选择、直接基本流的选择和 CFF 参数。例如，如果有 5 个过程，每个过程包括 5 个活动数据、5 个背景数据集和 10 个 CFF 参数，那么验证者必须检查 5 个过程中的至少 4 个（70%），对于每个过程，他应检查至少 4 个活动数据（活动数据总量的 70%）、4 个背景数据集（背景数据集总量的 70%）和 7 个 CFF 参数（CFF 参数总量的 70%），即可能成为检查对象的每个数据的 70%。

对 LCA 报告的验证应通过随机检查足够的信息来进行，以合理保证 LCA 报告满足欧盟《PEFCR 指南》第 8 节中列出的所有条件。

参考文献

- [1] Product Environmental Footprint Category Rules Guidance, 2018, version 6.3. (PEFCR v6.3)
- [2] GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》
- [3] ISO 14067-2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

附录 A
(资料性附录)
单元过程数据收集表模板

表 A.1 分拣打包过程数据收集表示例

单元过程名称	分拣打包				
单元过程描述	把收集来的消费后塑料进行分类、挑选、压缩、打包等过程				
单元过程产出	1000 kg 瓶砖				
填表日期		填表人			
材料输入					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
消费后塑料	kg				
打包材料	kg				
...					
材料输出					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
分拣打包好消费后塑料	kg				
废液	kg				瓶内废液
...					
能源消耗					
能量类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	能量来源
电	kWh				
...					
外部运输					
运输项目	运输工具及型号	里程 (km)	装载能力-实际负荷 (t)	空载返回 (是/否)	备注
消费后塑料运输	小货车			否	从收购站到分拣打包中心的运输

...						
内部运输						
运输项目		运输工 具及型 号	运输量 (t)	能源种类及单位	消耗的能源量	备注
厂内运输原料		叉车		柴油 (L)		
厂内运输成品		电动叉 车		电 (KWh)		
...						
物料 平衡	材料输入	kg				
	材料输出	kg				

表 A.2 破碎清洗过程数据收集表示例

单元过程名称		破碎清洗			
单元过程描述		把分拣打包好的消费后塑料进行拆包、除杂、分选、破碎、清洗等过程			
单元过程产出		1000 kg 破碎片			
填表日期			填表人		
材料输入					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	材料来源
分拣打包好消费 后塑料	kg				
液碱	kg				
消泡剂					
清洗剂					
浮选剂					
...					
材料输出					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	材料来源
清洗后破碎片	kg				
打包材料	kg				

粉尘、细湿料	t				
标签	t				
瓶盖	t				
杂质	t				
...					
水资源消耗					
水资源类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
自来水	m ³				
...					
能源消耗					
能量类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	能量来源
电	kWh				
...					
外部运输					
运输项目	运输工具及 型号	里程 (km)	装载能力--实际 负荷 (t)	空载返回 (是/否)	备注
分拣打包好消费 后塑料	大货车			否	从分拣打包中 心到再生工厂 的运输
...					
内部运输					
运输项目	运输工具及 型号	运输量 (t)	能源各类及单位	消耗的消耗量	备注
厂内运输原料	叉车		柴油 (L)		
厂内运输成品	电动叉车		电 (KW)		
...					
物料	材料输入	kg			
平衡	材料输出	kg			

表 A.3. 挤出造粒过程数据收集表示例

单元过程名称	挤出造粒
---------------	------

单元过程描述		把清洗干燥后的破碎片通过熔融挤出制造成粒子的过程			
单元过程产出		1000 kg 粒子			
填表日期				填表人	
材料输入					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	材料来源
清洗干燥后破碎片	kg				
着色剂	kg				
...					
材料输出					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	材料来源
粒子	kg				
胶头料	t				
...					
水资源消耗					
水资源类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	材料来源
自来水	m ³				
...					
能源消耗					
能量类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来 源、数据时间)	能量来源
电	kWh				
...					
物料	材料输入	kg			
平衡	材料输出	kg			

表 A.4 深度清洁过程数据收集表示例

单元过程名称		深度清洁			
单元过程描述		对造粒后的粒子中污染物进一步去除			
单元过程产出		1000 kg 粒子			
填表日期				填表人	

材料输入					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
造粒后粒子	kg				
...					
材料输出					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
深度清洁后粒子	kg				
...					
能源消耗					
能量类型	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	能量来源
电	kWh				
...					
物料平衡	材料输入	kg			
	材料输出	kg			

表 A.5 废水处理过程数据收集表示例

单元过程名称	废水处理				
单元过程描述	对清洗过程产生和废水进行预处理				
单元过程产出	1000 m ³ 处理后废水				
填表日期		填表人			
材料输入					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
清洗废水	m ³				
...					
材料输出					
材料名称	单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	材料来源
处理后废水	m ³				
...					

能源消耗						
能量类型		单位	数量	数量波动范围 (±%)	数据描述 (数据来源、数据时间)	能量来源
电		kWh				
...						
物料 平衡	材料输入	kg				
	材料输出	kg				

表 A.6 直接排放数据收集表示例

所属单元过程					
功能单元/生产占比					
数据来源		单元过程或环评报告			
直接排放原因					
填表日期				填表人	
向空气排放					
排放类型	单位	数量		数据描述	
粉尘					
二噁英					
...					
向水体排放					
排放类型	单位	数量		数据描述	
生物需氧量					
废水					
...					
向土壤排放					
排放类型	单位	数量		数据描述	
城市固体废物					
...					
其它排放					
排放类型	单位	数量		数据描述	
噪声					
余热					

...			
-----	--	--	--

表 A.7. 生命周期清单数据质量评估示例

输出输入类型	单位	数量	数据描述	数据类型	活动数据/基本流数据				所使用的默认数据集	数据来源	背景数据集数据			DQR	最相关的过程 [Y/N]
					质量						质量				
					P	TiR	GeR	TeR			TiR	GeR	TeR		
1. 分拣打包															
输入															
消费后塑料	kg														
打包材料	kg														
...															
输出															
分拣打包好消费后塑料	kg														
...															
2. 破碎清洗															
输入															
分拣打包好消费后塑料	kg														
电	KWh														
...															
输出															

清洗干燥后破碎片	kg																
...																	
3.挤出造粒																	
输入																	
着色剂	L																
电	KWh																
...																	
4.深度清洁(如有)																	
输入																	
造粒后粒子	kg																
电	KWh																
输出																	
深度清洁后粒子	t																
...																	
5.废水处理																	
输入																	
清洗阶段废水	kg																
电	KWh																
...																	
输出																	
处理后废水	kg																

沉淀物	kg														
...															
6.外部运输															
运输过程	距离	数量	空返是否	所属过程											
消费后塑料货车 运输	km			分拣打包											
分拣打包后塑料 货车运输	km			破碎清洗											

附录 B
(资料性附录)

环境影响类型标准化因子和加权因子清单

本文件中采用欧盟环境足迹方法中的环境影响类型标准化因子和加权因子，本文件使用者应查询使用最新的因子。目前现行有效的因子如下：

表 B.1 环境影响类型标准化因子和加权因子

环境影响类型	单位	标准化因子	加权因子
气候变化	kg CO ₂ eq	8095.53	21.06
臭氧消耗	kg CFC 11 eq	0.05	6.31
人体毒性，癌症 *	CTUh	0	2.13
人体毒性，非癌症 *	CTUh	0	1.84
颗粒物	Disease incidence	0	8.96
电离辐射，人类健康	kBq U ²³⁵ eq	4220.16	5.01
光化学臭氧形成，人类健康	kg NMVOC eq	40.6	4.78
酸化	mol H ⁺ eq	55.57	6.2
富营养化，陆地	mol N eq	176.75	3.71
富营养化，淡水	kg P eq	1.61	2.8
富营养化，海洋	kg N eq	19.55	2.96
生态毒性，淡水 *	CTUe	42683.16	1.92
土地使用	Dimensionless (pt)	819498.18	7.94
水资源消耗	m ³ water eq of deprived water	11468.71	8.51
资源利用，矿物金属	kg Sb eq	0.06	7.55
资源利用，化石能源	MJ	65004.26	8.32

附录 C
(资料性附录)

生命周期评价研究的核查清单

生命周期评价报告应列出生命周期研究中应包括的所有项目的核查清单作为附件进行报告，应使用以下模板。生命周期评价报告应包括本附表 C.1，并填写所有要求的信息。

表 C.1 生命周期评价研究的核查清单

项目	是否包含在研究中 (Y/N)	所属部分	所在页数
<i>[列出产品 LCA 研究中应包括的所有项目。每行应列出一个项目。]</i>	<i>[说明该项目是否包含在 LCA 研究中]</i>	<i>[应指出该项目包含在 LCA 研究的哪个部分]</i>	<i>[应说明该项目包含在 LCA 研究报告的哪一页]</i>
摘要			
关于产品的一般信息			
关于公司的一般信息			
包含有系统边界和根据数据需求矩阵指出情境的图表			
包含在系统边界的过程的清单和描述			
共生产品、副产品和废物清单			
使用的活动数据清单			
使用的背景数据集清单			
数据缺失			
假设			
研究的范围			
产品所属的(子)类别			
对用于最相关过程的每个数据集和创建的新数据集进行 DQR 计算。			
研究的 DQR (每个指标和总计)			