

团 体 标 准

T/CACE 0163—2025

生物降解塑料及制品生命周期评价 技术规范

Technical specification for life cycle assessment of
biodegradable plastics and products

2025-01-12 发布

2025-01-12 实施

中国循环经济协会 发布
中国标准出版社 出版

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 生命周期评价方法	5
5 评估报告	13
6 鉴定性评审	13
附录 A (资料性) 常见生物降解塑料及制品的生产工艺与生命周期终止过程	14
附录 B (资料性) 初级数据采集	17
附录 C (资料性) 影响类型、类型参数和特征化模型的关系	19
参考文献	20

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。

本文件由中国循环经济协会提出并归口。

本文件起草单位：广东工业大学、中国科学院长春应用化学研究所、四川大学、北京师范大学、普立思生物科技有限公司、北京工业大学、中国科学院过程工程研究所、珠海金发生物材料有限公司、清华大学、南方科技大学、江苏理工学院、常州厚德再生资源科技有限公司。

本文件主要起草人：周雅、陈致通、罗宸培、边新超、周庆海、陈宁、敖志敏、余莉花、杨雪蕊、张野、王天昶、陈姗姗、张玉、王献红、吴玉锋、蔡宴朋、杨志峰、陈业中、欧阳春平、陈敏、周洋、叶招莲、王怀栋、杨涛、殷晓飞。

生物降解塑料及制品生命周期评价 技术规范

1 范围

本文件规定了生物降解塑料及制品的生命周期评价方法、评价报告、鉴定性评审的要求,描述了对应的证实方法。

本文件适用于生物降解塑料,包括聚对苯二甲酸-己二酸丁二酯树脂(PBAT)、聚乳酸树脂(PLA)、聚碳酸亚丙酯树脂(PPC),和(或)制品的生命周期评价。其他生物降解塑料及制品的生命周期评价可参照执行。

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 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准

GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准

GB/T 19277.2 受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法 第2部分:用重量分析法测定实验室条件下二氧化碳的释放量

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 30102 塑料废弃物的回收和再利用指南

GB/T 33797 塑料 在高固体份堆肥条件下最终厌氧生物分解能力的测定 采用分析测定释放生物气体的方法

GB/T 38737 塑料 受控污泥消化系统中材料最终厌氧生物分解率测定 采用测量释放生物气体的方法

HJ 1266 生物质废物堆肥污染控制技术规范

ISO/TS 14071 Environmental management—Life cycle assessment—Critical review processes and reviewer competencies

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物降解塑料 biodegradable plastic

在自然界如土壤和/或沙土等条件下,和/或特定条件如堆肥化条件下或厌氧消化条件下或水性培养液中,由自然界存在的微生物作用引起降解,并最终完全降解变成二氧化碳(CO₂)或/和甲烷(CH₄)、水(H₂O)及其所含元素的矿化无机盐以及新的生物质的塑料。

[来源:GB/T 20197—2006,3.12]

3.2

生物降解率 degree of biodegradation

生物分解率 degree of biodegradation

在需氧生物降解过程中,试验材料所含有机碳会被微生物分解转化为二氧化碳,试验过程中累计测得的二氧化碳量和该材料二氧化碳理论释放量的百分率。

在厌氧生物降解过程中,试验材料所含有机碳会被微生物分解转化为生物气体(二氧化碳和甲烷),试验过程中累计测得的生物气体量和该材料生物气体理论释放量的百分率。

[来源:GB/T 41010—2021,3.2]

3.3

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段。

注:包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命周期末期处理。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.2,有修改]

3.4

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]

3.5

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]

3.6

生命周期影响评价 life cycle impact assessment;LCIA

生命周期评价的阶段,旨在了解和评估产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响的大小和重要性。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.5]

3.7

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目标和范围对清单分析或影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.6]

3.8

特征化因子 characterization factor

由特征化模型导出,用来将生命周期清单分析结果转换成类型参数共同单位的因子。

[来源:GB/T 24040—2008,3.37]

3.9

影响类型 impact category

所关注的环境问题的分类,生命周期清单分析的结果可划归到其中。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.8]

3.10

影响类型参数 impact category indicator

对影响类型的量化表达。

注:本文件中使用缩略语“类型参数”。

[来源:GB/T 24040—2008,3.40,有修改]

3.11

鉴定性评审 critical review

确保产品环境影响研究与本文件原则和要求之间一致性的活动。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.10,有修改]

3.12

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]

3.13

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]

3.14

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输入数据而确定的最基本部分。

[来源:GB/T 24067—2024,3.3.6]

3.15

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]

3.16

基本流 elementary flow

取自环境,进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量,或是离开所研究系统,进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。

[来源:GB/T 24067—2024,3.3.10]

3.17

中间流 intermediate flow

进入一个单元过程的产品、物质和能量流。

[来源:GB/T 24040—2008,3.22]

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做出的规定。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.1]

3.19

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,可以来自其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.1,有修改]

3.20

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注：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。

[来源：GB/T 24067—2024,3.6.3,有修改]

3.21

生物碳 **biogenic carbon**

源自生物质的碳。

[来源：GB/T 24067—2024,3.7.2]

3.22

化石碳 **fossil carbon**

化石物质中包含的碳。

注：如煤、石油和天然气以及泥炭。

[来源：GB/T 24067—2024,3.7.3,有修改]

3.23

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。

[来源：GB/T 24067—2024,3.1.1,有修改]

3.24

回收利用 **recovery**

对塑料废弃物进行出处理，使之能够满足其原来的使用要求或用于其他用途的过程。

注：包括能量回收。

[来源：GB/T 30102—2024,3.4,有修改]

3.25

再利用 **recycling**

为了最初用途或其他用途而进行的塑料废弃材料的加工。

注：不包括能量回收。

[来源：GB/T 30102—2024,3.5,有修改]

3.26

材料回收 **material recovery**

机械再利用、物理再利用、化学再利用和生物再利用的材料加工操作。

注：不包括能量回收。

[来源：GB/T 30102—2024,3.8,有修改]

3.27

能量回收 **energy recovery**

通过直接可控燃烧产生有用能量的回收方式。

注：能生产热量、蒸汽和/或电力的固体废弃物焚烧是能量回收的常用形式。

[来源：GB/T 30102—2024,3.7]

3.28

回收材料 **recovered material**

从固体废物中分离、转移或移出的，用于再利用或替代原材料的塑料材料。

[来源：GB/T 30102—2024,3.13]

4 生命周期评价方法

4.1 产品描述

产品描述应包括但不限于：

- a) 产品名称(如 PBAT 树脂或生物降解塑料餐盒等)；
- b) 产品外观示意图；
- c) 产品工艺流程图(见附录 A.1)；
- d) 相关的产品标准(如 GB/T 38082、GB/T 29646 和 QB/T 5815 等)；
- e) 产品其他标志等。

4.2 目的和范围

4.2.1 目的

4.2.1.1 生物降解塑料及制品的生命周期评价可支持相关方完成一系列的目的和应用,包括但不限于：

- a) 产品碳足迹评价；
- b) 减污降碳潜力评估；
- c) 材料/工艺环境影响对比分析；
- d) 环保产品创新开发；
- e) 生产工艺技术优化；
- f) 长期环境绩效追踪。

4.2.1.2 在确定研究目的时,应明确说明以下问题：

- a) 应用意图；
- b) 开展该项目研究的理由；
- c) 目标受众(即研究结果的接收者)；
- d) 符合 ISO 14026 要求,计划交流的环境影响或部分环境影响的信息(如有)。

4.2.2 范围

4.2.2.1 功能单位

功能单位需可测量。生物降解塑料及制品生命周期评价可根据评价目的的不同,选择生物降解塑料及制品的单位质量或功能作为功能单位,对功能单位的描述应包括但不限于：

- a) 生物降解塑料及制品的功能(指在特定使用条件下所提供可量化服务,如 6 kg 公称承重)；
- b) 生物降解塑料及制品的物理参数(如相对分子质量、玻璃化温度、质量、长×宽×厚等)；
- c) 基准寿命(设计使用寿命)。

示例 1: 用于生产塑料袋的 1 kg 生物降解塑料树脂,基准寿命为 1 年。

示例 2: 1 个承重能力为 6 kg 的 440 mm×(320 mm+140 mm)×0.025 mm 的生物降解塑料袋,基准寿命为 1 年。

4.2.2.2 系统边界

本文件界定的生物降解塑料及制品的系统边界,如图 1 所示,从原辅材料及能源的开采、加工、运输、生物降解塑料合成、制品生产、产品分销与使用到生命周期终止过程为止,包括：

- a) 原辅材料与能源获取(生物质原料种植、原辅材料开采与加工、能源生产,如生产环氧丙烷、硫酸、甲醇、电力、热量/蒸汽和冷量等)；
- b) 运输(原辅材料、能源和产品从生产地运输到使用地和废弃物的收集转运至处置设施等)；

- c) 生物降解塑料及制品的生产；
- d) 分销和使用；
- e) 生命周期终止过程，如工业堆肥、卫生填埋、受控焚烧、厌氧消化、回收利用、自然降解等。

注：在生物降解塑料制品的生产过程中，所使用的添加剂（包括填充剂、增塑剂等）作为产品的关键组分，应完整纳入生命周期评估的系统边界。

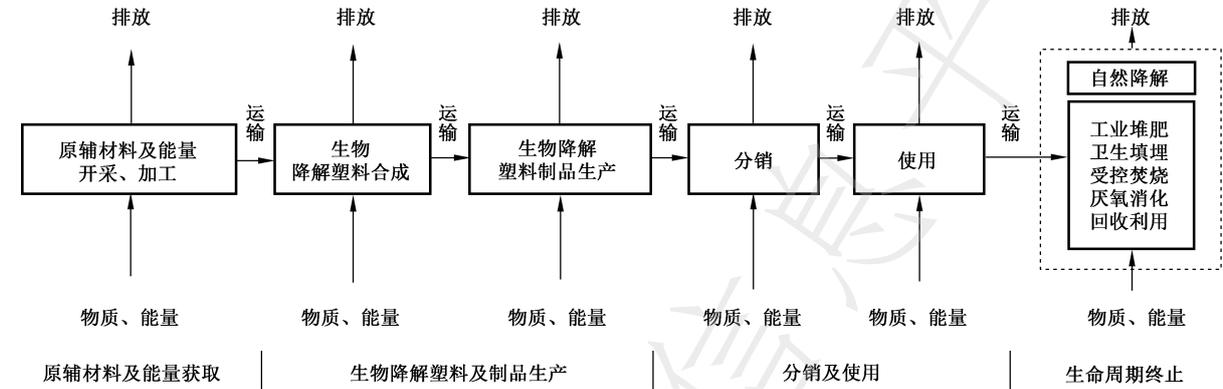


图 1 生物降解塑料及制品生命周期系统边界

产品环境影响核算应包括系统的所有原辅材料、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环境影响无显著贡献（小于所评价产品环境影响预测值的 1%）时，可将其作为数据排除项排除并进行报告。在此前提下，生物降解塑料及制品环境影响的计算，还满足如下要求：

- a) 生命周期评价范围内所有可评价的输入和输出均应包括在内；
- b) 取舍准则不适用于稀贵金属与有毒有害物质，任何稀贵金属与有毒有害物质均应包含于清单中；
- c) 产生的危险废物应列出；
- d) 总舍弃的原辅材料投入量不宜超过原辅材料总投入量 2%；
- e) 总舍弃的能源投入量不宜超过能源总投入量 2%；
- f) 在输入和对产品环境影响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）；
- g) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区人员及生活设施的消耗和排放均忽略；
- h) 分销阶段、使用阶段、自然降解过程环境影响可不列入，但在使用过程中会发生明显降解的产品除外，如农业地膜。

4.3 生命周期清单分析

4.3.1 概述

生命周期清单分析涉及编制和量化产品系统生命周期所有材料/能源输入和输出清单，包括数据收集、数据质量、分配原则，最后汇总得到整个产品系统的清单分析结果。

4.3.2 数据收集

4.3.2.1 概述

收集的数据包括初级数据和次级数据。生物降解塑料及制品生命周期评价的初级数据是生物降解塑料及制品生产阶段的原辅材料及能源消耗、污染物排放以及运输等数据，对数据的获得方式和来源均

应予以说明。次级数据包括未获得初级数据的原辅材料和能源的开采、加工的数据以及运输过程数据。可参照附录 B 进行数据采集。

4.3.2.2 原辅材料与能源获取阶段

原辅材料与能源获取阶段应收集：

- a) 原辅材料与能源种类与消耗量；
- b) 原辅材料与能源开采和加工的基本流和中间流，优先选择初级数据；
- c) 原辅材料运输方式与距离。

4.3.2.3 生物降解塑料及制品生产阶段

生产阶段应收集：

- a) 物料平衡：原辅材料的投入类型（作为原材料或辅助材料）及投入量；
- b) 能源消耗：生产过程燃料、电力、蒸汽、水、压缩空气等能源工质消耗量；
- c) 工厂燃料及能源实测的排放因子；
- d) 生产阶段工艺废气、废水和固体废物产生量与处置过程的基本流和中间流。

4.3.2.4 生命周期终止过程阶段

4.3.2.4.1 概述

生物降解塑料及制品在不同生命周期终止过程（下称“终止过程”，包括工业堆肥、卫生填埋、受控焚烧、厌氧消化和回收利用）下环境影响具有显著差异。以下是生命周期终止过程数据收集的基本要求，同时也是本文件后续评价要求的基础。

终止过程阶段均应收集以下数据：

- a) 废弃物运输至处置设施的运输方式、距离和质量；
- b) 与废弃物处置过程相关的基本流和中间流。

4.3.2.4.2 工业堆肥

生物降解塑料及制品的工业堆肥应符合 HJ 1266 的要求，应收集：

- a) 原辅材料（不含非本产品组分的其他废弃物）和能源投入量；
- b) 废气和固体废物的成分和产生量与处置过程的基本流和中间流；
- c) 渗滤液成分和产生量与处置过程的基本流和中间流；
- d) 工业堆肥过程的时间与有机成分的生物降解率；
- e) 生物降解率优先采用实际（全规模或中试规模）堆肥条件下的实测数据，其次按照 GB/T 19277.2 测定，不能获取时可选择次级数据；
- f) 现场工作涉及的所有运输相关数据，即堆肥产品从堆肥场到仓库的运输周转量。

注：产品在受控堆肥条件下的可降解性需依据 GB/T 41010 及其配套测试方法进行认证评估；生物降解率分析应基于产品实际降解性能数据，避免采用通用有机废弃物等非对应物料的参照值；假设未生物降解成分进入堆肥产品或进行无害化处理。

4.3.2.4.3 卫生填埋

生物降解塑料及制品的卫生填埋应符合 GB 16889 的要求，应收集：

- a) 原辅材料和能源投入量；
- b) 填埋气成分和产生量；
- c) 回收的填埋全用于能量回收的质量；

- d) 渗滤液成分和产生量与处置过程的基本流和中间流；
- e) 卫生填埋过程的有机成分的生物降解率和填埋气体收集百分率；
- f) 生物降解率优先采用实际(全规模或中试规模)填埋条件下的实测数据,不能获取时可选择次级数据。

4.3.2.4.4 受控焚烧

生物降解塑料及制品的受控焚烧应符合 GB 18485 的要求,应收集:

- a) 原辅材料和能源投入量；
- b) 废气与固体废物的成分和产生量与处置过程的基本流和中间流,假设烟气处理技术的 NO_x 、 N_2O 和 NH_3 排放强度即为生物降解塑料及制品在焚烧过程的 NO_x 、 N_2O 和 NH_3 排放强度；
- c) 是焚烧过程能量回收的质量；
- d) 受控焚烧过程的烟气处理技术。

4.3.2.4.5 厌氧消化

厌氧消化过程应收集:

- a) 原辅材料(不含非本产品组分的其他废弃物)和能源投入量；
- b) 沼气的成分和产生量；
- c) 回收的沼气用于能量回收的质量；
- d) 厌氧消化过程的有机成分的生物降解率和沼气收集百分率；
- e) 生物降解率优先采用实际(全规模或中试规模)厌氧消化条件下的实测数据,其次是按照 GB/T 33797 或 GB/T 38737 测定,不能获取时可选择次级数据；
- f) 厌氧消化的沼液和沼渣的成分和产生量与处置过程的基本流和中间流。

注:产品在厌氧消化条件下的可降解性需依据 GB/T 41010 及其配套测试方法进行认证评估;生物降解率分析应基于产品实际降解性能数据,避免采用通用有机废弃物等非对应物料的参照值;假设未生物降解成分进入沼液和/或沼渣或进行无害化处理。

4.3.2.4.6 回收利用

生物降解塑料及制品的回收利用应符合 GB/T 30102 的要求,应收集:

- a) 原辅材料和能源投入量；
- b) 废气、废水和固体废物的成分和产生量与处置过程的基本流和中间流；
- c) 回收材料品质与质量；
- d) 回收电力与热量的量。

4.3.3 数据计算

数据计算应包含以下步骤:

- a) 数据审定:为避免初级数据发生人为的错误,收集的单元过程数据需要经过确认程序,如物质平衡和能量平衡；
- b) 数据与单元过程和功能单位的关联:即将收集的实际输入输出处理为功能单位的输入输出；
- c) 系统边界的调整:系统边界应根据在范围界定中所规定的取舍准则进行调整。

4.3.4 分配

研究应确定和其他产品系统共享的过程,且应通过划分子过程或扩展产品系统的方式避免分配。若分配不可避免,宜以能反映产品系统输入输出潜在物理关系的方式,将系统的输入和输出数据划分到

不同产品或功能。若物理关系无法建立或无法用来作为分配基础,宜使用能反映它们之间非物理关系的方式分配,例如可以根据产品的经济价值按比例将输入和输出数据分配到共生产品。

4.3.5 数据质量要求

4.3.5.1 初级数据的质量要求

- 代表性:初级数据应为企业近3年(自然年)的生产统计数据;
- 完整性:初级数据应按取舍准则和4.3.2的原则采集;
- 准确性:初级数据中的原辅材料、能源等数据应来自产品的实际生产统计记录;环境排放数据优先选择相关的环境监测报告,或由排污因子或物料平衡公式计算获得;所有初级数据均应转换为单位产品,且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等;
- 一致性:企业初级数据收集时,应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

4.3.5.2 次级数据的质量要求

次级数据的质量要求如下:

- 代表性:优先选择企业的原辅材料供应商提供的符合GB/T 24044文件要求的、经第三方独立验证的上游产品LCA报告作为次级数据,其次选择近年代表国内及行业平均生产水平的公开生命周期评价数据,再次选择国外同类技术数据作为次级数据;
- 完整性:次级数据的系统边界应从资源开采到产品出厂为止;
- 一致性:所有被选择的次级数据应完整覆盖本文件规定的生命周期清单因子,第三方机构对同类产品LCA的次级数据选择应该保持一致,并要求选择同一数据库的数据,如果次级数据更新,则LCA报告也应更新。

4.3.5.3 数据质量规则

应确保生物降解塑料及制品环境影响计算所使用的初级数据是从实际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。

应对采集的初级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影响。

4.3.6 特定过程污染排放与清除的处理

4.3.6.1 化学计量法计算元素去向

根据化学计量法计算生物降解塑料及制品中除碳氢氧以外的元素在工业堆肥、卫生填埋、受控焚烧及厌氧消化过程中,去向废气、废水、固体废物和物质产品(如堆肥产品)的物质种类与质量。按照公式(1)、公式(2)、公式(3)和公式(4)计算元素去向。

$$ELE_{i,k} = ELE_{i,k} \div \sum_k ELE_{i,k} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$ELE_{i,k}$ ——介质k(即废水、废气、固体废物和物质产品)中元素*i*的摩尔百分率, %;

$ELE_{i,k}$ ——介质k中元素*i*的物质的量单位为摩尔(mol)。

$$EP_{i,p,k} = (EP_{i,p,k} \times C_{i,p}) \div \sum_i (EP_{i,p,k} \times C_{i,p}) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$EP_{i,p,k}$ ——介质k中物质p的元素*i*的摩尔百分率, %;

$EP_{i,p,k}$ ——介质k中元素*i*形成物质p的物质的量,单位为摩尔(mol);

$C_{i,p}$ ——物质p的化学式中元素*i*的系数。

$$EM_{i,p,k} = M_i \times ELE_{i,k} \times EP_{i,p,k} \div C_{i,p} \times MM_p \quad \dots\dots\dots (3)$$

$EM_{i,p,k}$ ——介质k中由研究对象所含元素*i*形成物质p质量,单位为千克(kg);

M_i ——研究对象所含元素 i 的总物质的量,单位为摩尔(mol);

MM_p ——物质 p 的摩尔质量,单位为千克每摩尔(kg/mol)。

$$ET_{p,k} = \sum_i EM_{i,p,k} \times (1 - R_{p,k,\%}) \dots\dots\dots(4)$$

$ET_{p,k}$ ——经清洁生产技术处置后,介质 k 中由研究对象产生的物质 p 的实际质量,单位为千克(kg);

$R_{p,k,\%}$ ——清洁生产技术对介质 k 中物质 p 的削减百分率, %。

若材料(包含添加剂)中不含某元素,则无需核算其相关排放物。例如,产品中不含硫元素时,则忽略 SO_2 、 H_2S 等硫系排放物(受控焚烧过程产生的 NO_x 、 N_2O 、 NH_3 除外)。工业堆肥、卫生填埋、受控焚烧与厌氧消化的核算范围,按 4.3.2.4.2~4.3.2.4.5 执行。

4.3.6.2 化石碳和生物碳

生物降解塑料及制品的产品碳足迹应包括化石温室气体的排放量与清除量。

注:由化石碳形成的化石温室气体清除量示例:通过非生物过程捕获发电厂的化石温室气体排放量,然后通过地底封存进行储存。这部分化石温室气体应从清单中扣除。

生物降解塑料及制品的产品碳足迹应包括生物温室气体的排放量和清除量。生物质二氧化碳清除量应表示为 $-1 \text{ kgCO}_2 - \text{eq/kgCO}_2$, 生物质二氧化碳排放量应表示为 $+1 \text{ kgCO}_2 - \text{eq/kgCO}_2$ 。所研究系统中应包括但不限于生物质衍生产品的栽培、生产和收获。产品中生物碳的流入流出净贡献为零(包括因回收利用进入新产品系统的生物碳),转化为 CH_4 的生物碳除外。

土地利用变化和土地利用产生的生物温室气体排放量和清除量参照 GB/T 24067 的 6.4.9.5 及附录 E.2。

4.3.6.3 二氧化碳和甲烷产生量计算

工业堆肥、卫生填埋、厌氧消化和受控焚烧过程中的 CO_2 和 CH_4 产生量按照公式(5)计算。

$$E_i = \sum_p M_p \times D_p \times C_p \times T_{p,i} \times Q_i \div 12 \dots\dots\dots(5)$$

式中:

E_i ——表示物质 i (即 CO_2 或 CH_4) 的产生量,单位为千克(kg);

M_p ——成分 p 的投入量,单位为千克(kg);

p ——成分 p ,表示生物降解塑料及制品的不同成分,如 PBAT、PLA 和添加剂;

D_p ——材料 p 的分解率, %;

C_p ——材料 p 的含碳百分率, %;

$T_{p,i}$ ——材料 p 中的碳在生命周期终止过程中转化为物质 i 的百分率, %;

Q_i ——物质 i 的分子量, Q_{CO_2} 为 44, Q_{CH_4} 为 16。

卫生填埋和厌氧消化过程中 CH_4 燃烧氧化过程的 CO_2 产生量按照公式(6)计算。

$$E_{CO_2, burn} = E_{CH_4} \times L_{burn} \times 44 \div 16 \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$E_{CO_2, burn}$ —— CH_4 燃烧过程的 CO_2 产生量,单位为千克(kg);

E_{CH_4} ——终止过程的 CH_4 产生量,单位为千克(kg);

L_{burn} ——终止过程产生的 CH_4 进入能量回收过程的百分率(%)。

4.3.6.4 能量回收计算

卫生填埋、厌氧消化和受控焚烧过程中回收电力与热量按照公式(7)计算。

$$R_k = M_i \times LHV_i \times T_k \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- R_k ——回收电力或热量,单位为焦耳(J);
 M_i ——进入能量回收过程的物质 i (如 CH_4 和产品的不同成分)的质量,单位为千克(kg);
 LHV_i ——物质 i 的低位热值,单位为焦耳每千克(J/kg);
 T_k ——能量 k (即电力或热量)的转换效率,%。

4.3.6.5 回收材料

回收材料的清单数据按照公式(8)计算。

$$LCI_{M,r} = A \times LCI_{M,rec} \div R_{out} \times R_p + (1-A) \times LCI_V \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- $LCI_{M,r}$ ——经分配的 1 功能单位回收材料的基本流和中间流;
 A ——回收材料生产商和废弃物产生者间的分配系数($0 \leq A \leq 1$ 之间,缺省值取 0.5);
 $LCI_{M,rec}$ ——生产 1 功能单位回收材料的基本流和中间流;
 R_p ——进入材料回收过程的生物降解塑料或制品废弃物质量;
 R_{out} ——通过材料回收过程生产的回收材料质量;
 LCI_V ——1 功能单位回收材料被评估为可替代的原材料从开采到产品出厂的基本流和中间流。

4.3.6.6 回收效益

将生物降解塑料及制品的材料与能量回收效益纳入清单中,按照公式(9)计算。

$$LCI_{Total,r} = LCI_{CG} - R_1 \times LCI_{M,r} + LCI_{E,rec} - R_2 \times LCI_{E,r} + R_3 \times LCI_D \dots\dots\dots(9)$$

- $LCI_{Total,r}$ ——包含了生物降解塑料或制品的材料与能量回收效益的基本流和中间流;
 LCI_{CG} ——生物降解塑料及制品从开采到使用过程的基本流和中间流;
 R_1 ——进入材料回收过程的生物降解塑料或制品废弃物质量;
 $LCI_{M,r}$ ——每生产 1 功能单位回收材料的基本流和中间流;
 $LCI_{E,rec}$ ——能量回收过程的基本流和中间流,如受控焚烧过程的能量回收;
 R_2 ——进入能量回收过程的生物降解塑料或制品废弃物质量;
 $LCI_{E,r}$ ——回收能量所替代的特定电力和热量,该电力或热量生产的基本流和中间流;
 R_3 ——进入除材料与能量回收外的其他终止过程的生物降解塑料或制品废弃物质量;
 LCI_D ——除材料与能量回收外的其他终止过程的基本流和中间流。

4.4 生命周期影响评价

4.4.1 概述

生命周期影响评价包括影响类型、清单数据归类、特征化三个必备要素和归一化、分组、加权等可选要素。

4.4.2 影响类型、清单数据归类和特征化

4.4.2.1 影响类型、类型参数和特征化模型的选择

影响类型、类型参数和特征化模型的选择应通过验证并符合 LCA 的目的和范围。根据生物降解塑料特点,生物降解塑料及制品生命周期环境影响类型应包括:气候变化、酸化、富营养化、生态毒性、化石燃料耗竭、土地利用等。GB/T 2589 可用于评价生物降解塑料及制品的能源负荷。以酸化为例的影响类型、类型参数和特征化模型之间的关系见附录 C。特征化模型建议优先采用 ReCiPe 2016 和产品环境足迹(PEF)。

4.4.2.2 清单数据归类

除非在目的和范围中有要求,否则将 LCI 结果划分到影响类型中时宜考虑以下因素:

- a) LCI 结果仅涉及一种影响类型时的归类;
- b) LCI 结果涉及不止一种影响类型时对它们的识别,包括:在并联机制中的区分(如将 SO₂ 按比例分配到人体健康和酸化两种影响类型),在串联机制中分配(如可将 NO_x, 分别划归到地面臭氧形成和酸化两种影响类型中)。

4.4.2.3 特征化

特征化是针对所确定的环境影响类型数据进行分析和量化,按照公式(10)计算。

$$LCIA_c = \sum_{i=1}^n LCI_i \times CF_{i,c} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

LCIA_c——影响类型 C 的 LCIA 的计算结果,如气候变化;

LCI_i ——物质 i 清单数据;

CF_i ——物质 i 在影响类型 C 中对应的特征化因子。

注:清单物质特征化因子直接从常用的 LCA 数据库中选取。

4.4.3 归一化

归一化是根据基准信息对类型参数结果的大小进行计算。归一化的目的是更好的认识所研究的产品系统中每一个参数结果的相对大小。通过选定一个基准值做除数转化参数结果,如特定范围的区域或人均输入和输出总量,或是选定的基准线情景方案的输入和输出总量。参考常用的特征化方法 ReCiPe 2016 提供了对应特征化模型的归一化基准值。

4.4.4 分组

分组是把影响类型划分到在目标和范围确定阶段预先规定的一个或若干组影响类型中去,其中可包括分类和排序,如对影响类型根据性质(如属于输入还是输出,是全球性、区域性还是局地性的)进行分类或预定的等级规则(如属于高、中、低级)进行排序。

4.4.5 加权

加权是使用基于价值选择所得到的数值因子对不同影响类型的参数结果进行转化的过程,其中可包含已加权的参数结果的合并。

可用选定的加权因子对参数结果或归一化的结果进行转换,或对各个影响类型中转换后的参数结果或归一化的结果进行合并。

在报告中宜将加权前所取得的数据和参数结果或归一化的结果和加权结果一同予以提供。

4.5 生命周期解释

为识别生物降解塑料及制品产生的环境效益或进行工艺优化,宜分析清单和影响评价结果,发现问题并确定其重要性。重大问题的发现主要包括清单数据、影响类型和环境影响结果分析。

结论宜通过反复验证,并从生命周期评价过程和结果中获得:

- a) 识别问题;
- b) 对评价过程和结果进行评估;
- c) 形成初步结论并检查是否符合研究目的和范围的要求;
- d) 根据清单分析和影响评价结果提出一系列改进方案。

5 评估报告

5.1 一般规定

宜完整、准确、客观的记录评价依据、数据、方法、假设和评价结果,评价过程和结果的完整报告是十分必要的。

5.2 报告内容

评价报告内容宜包含但不限于:评价目的、功能单位、系统边界、单元过程、清单数据、影响类型、特征化、标准化、归一化、生命周期解释。

6 鉴定性评审

如果开展产品生命周期评价结果的鉴定性评审,应按照 ISO/TS 14071 的规定进行。

附录 A

(资料性)

常见生物降解塑料及制品的生产工艺与生命周期终止过程

A.1 生物降解塑料生产工艺见图 A.1。

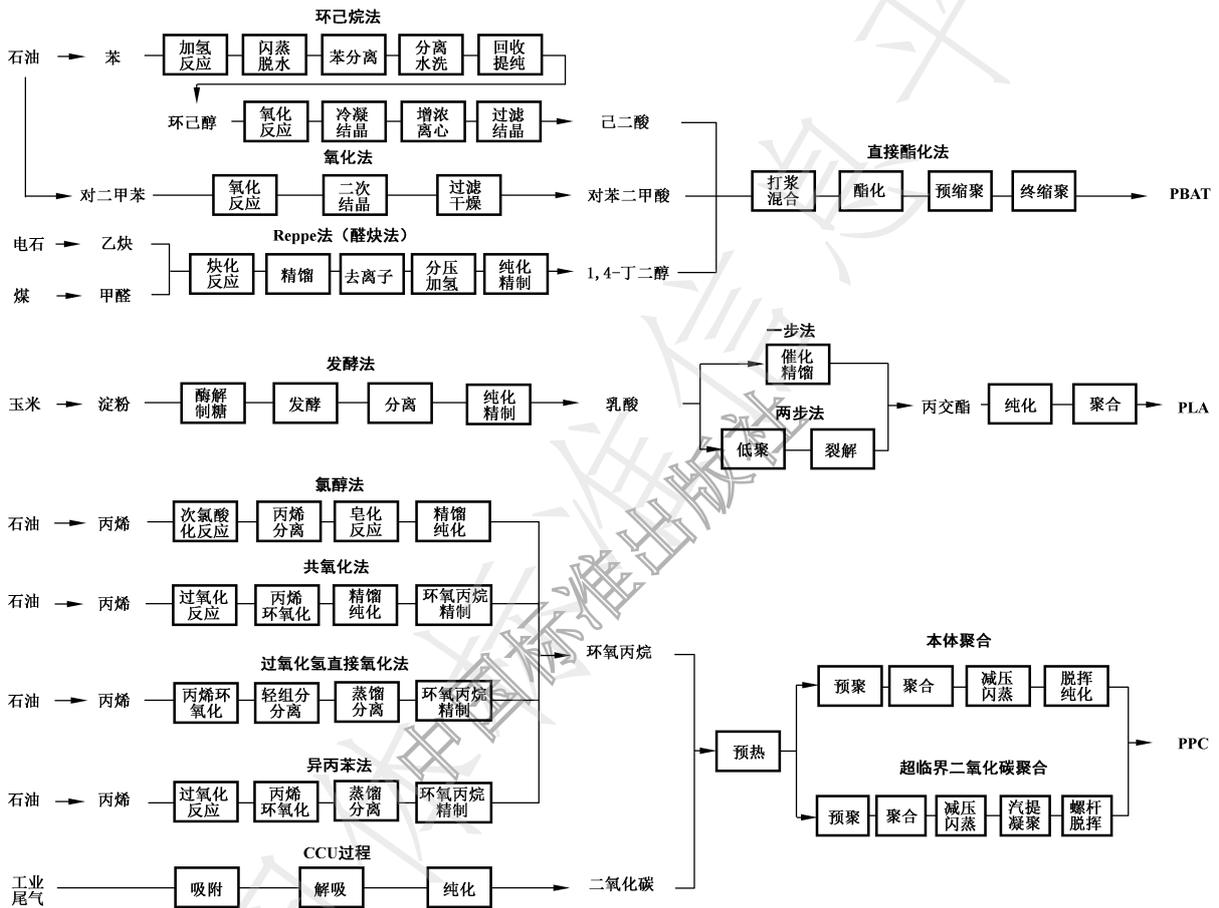


图 A.1 生物降解塑料生产工艺图

A.2 生物降解塑料制品生产工艺见图 A.2。

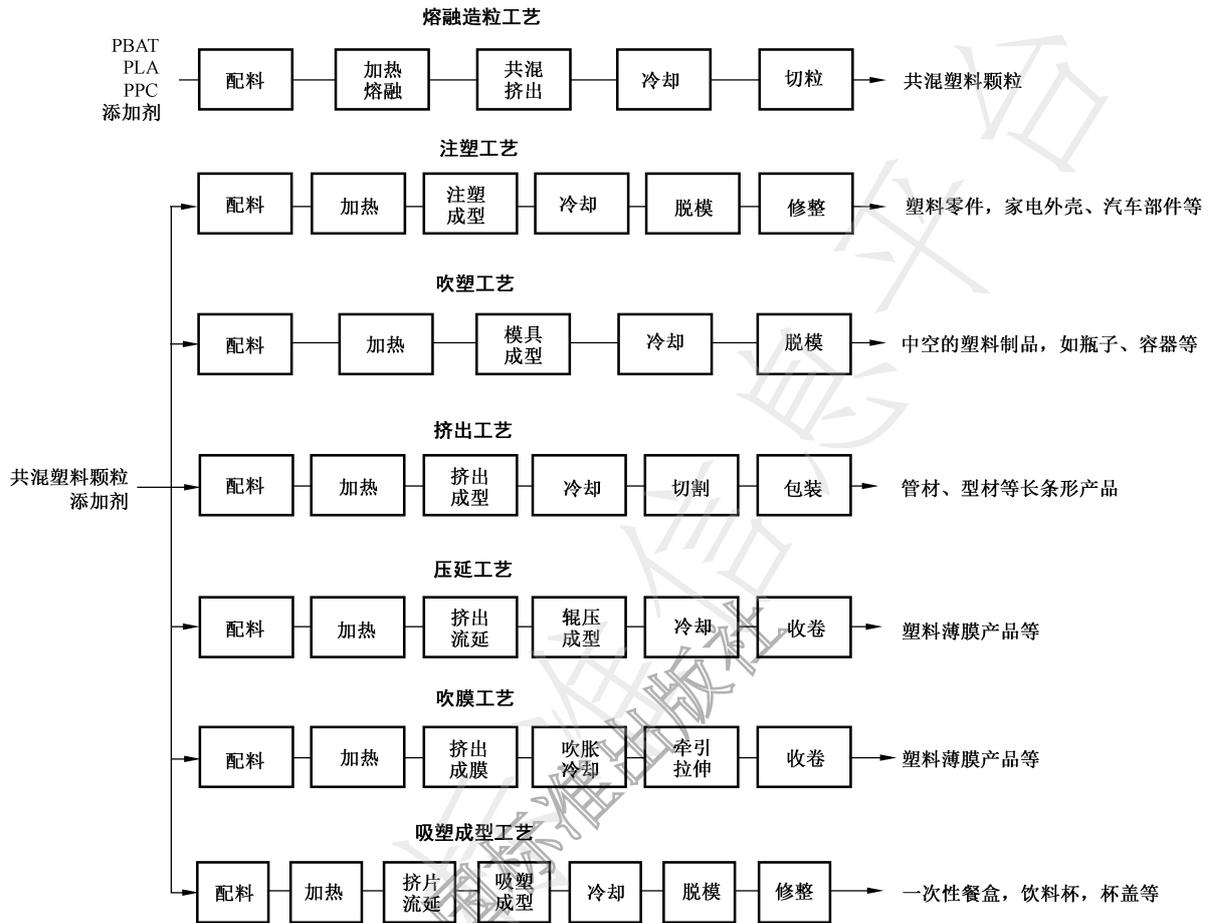


图 A.2 生物降解塑料制品生产工艺图

A.3 生物降解塑料及制品生命周期终止过程见图 A.3。

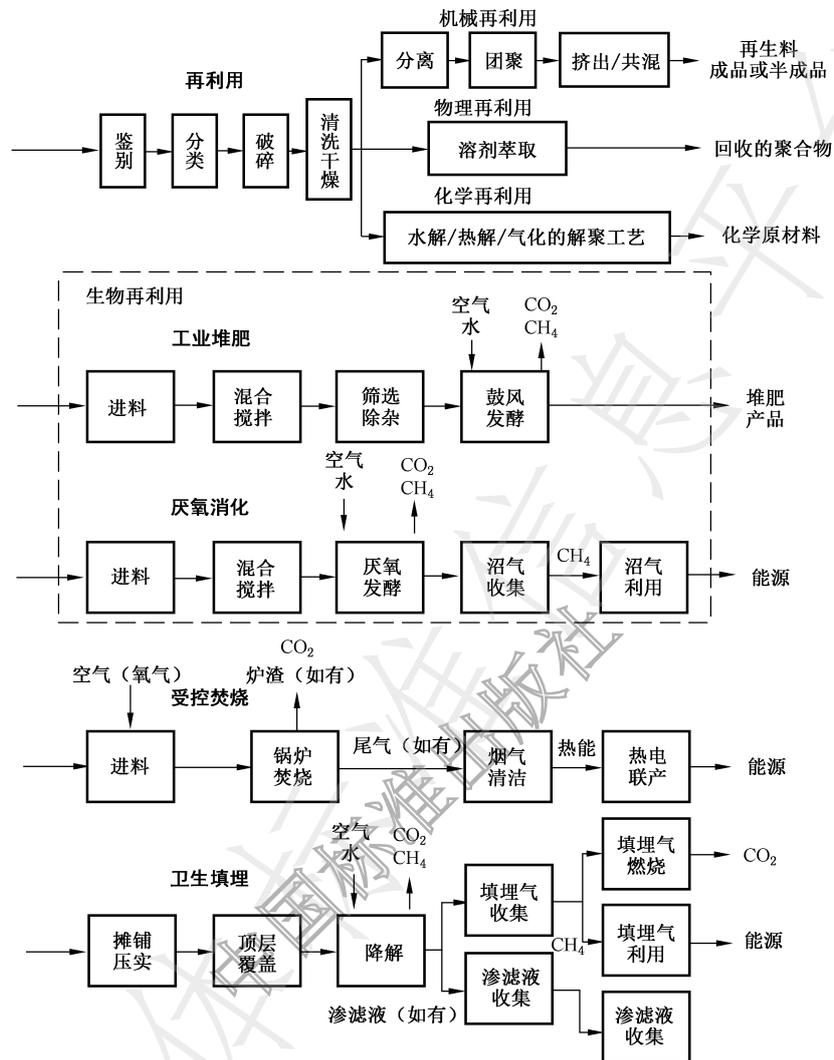


图 A.3 生物降解塑料及制品生命周期终止过程图

附 录 B
(资料性)
初级数据采集

B.1 初级数据采集

数据收集可能涉及的企业部门：

- 生产部门、研发部门和 PMC(生产及物料的控制)部门能提供的物料与能源实测数据或 BOM (物料清单)表；
 - 采购部门能提供物料与能源结算发票、缴费清单、抄表记录等及运输数据；
 - 环保部门能提供固体废物管理台账、危险废物转移联单、委托处置合同和环境监测数据等。
- 初级数据收集可参考表 B.1~表 B.3。

表 B.1 数据收集情况和主要产品表

收集时间			
单元过程描述			
收集时间段	起始时间		终止时间
产品	单位	数量	备注
产品 1			
产品 2			
.....			

表 B.2 主要原辅材料及能源消耗清单

类别	名称	单位	使用量	来源	备注
原辅材料	原料 1	kg			
	原料 2	kg			
	水	m ³			
	催化剂	kg			
				
能源	电	kW·h			
	天然气	m ³			
	冷却水	kg			
				

注：涉及运输的请在备注中注明运输方式、距离等；催化剂请备注成分与质量分数等。

表 B.3 三废及污染物排放清单

类型	名称	产生总量	产生浓度	产污节点	处理方法	实际排放量	排放去向	备注
废水	COD							
	氨氮							
							
废气	SO ₂							
	NO _x							
							
固废	固体废物 1							
							
注：不同环节生产的同一种污染物请分开填写，属于危险废物的请备注。								

附录 C

(资料性)

影响类型、类型参数和特征化模型的关系

影响类型、类型参数和特征化模型的关系见表 C.1。

表 C.1 影响类型、类型参数和特征化模型的关系

术语	酸化类型指标的替代示例		
	酸化	酸化	酸化
影响类型	酸性物质向空气和水体的排放	酸性物质向空气的排放	酸性物质向空气的排放
LCI 结果	酸性物质向空气和水体的排放	酸性物质向空气的排放	酸性物质向空气的排放
特征化模型	CML 方法; EDIP 模型	RAINS 模型	Ecoindicator-99 建模使用 Nature Planner; 物质迁移建模使用 SMART; 损害建模使用 MOVE
类型参数	最大质子(H ⁺)释放量	沉积/酸化临界负荷	增加自然界内植物物种的潜在消失部分(PDF)
特征化因子	每种向空气和水体排放的酸性物质的酸化潜力(AP) (kg SO ₂ eq/kg)	每种向空气排放的酸性物质的酸化潜力(AP) (kg SO ₂ eq/kg)	每种大气的酸性排放物的 PDF (PDF, m ² .a/kg emission)
指标结果	kg SO ₂ eq	kg SO ₂ eq	PDF, m ² .a
类型终点	生物多样性、自然植被、树林、鱼类、古迹	生物多样性、自然植被、树林、鱼类、古迹	生物多样性、自然植被、树林、鱼类、古迹
环境相关性	最大潜在效应; 不包括物质迁移; 影响风险没有空间分化	包含物质迁移; 影响风险有空间分化	包含物质迁移及其对自然植被的影响; 在荷兰的影响可作为欧洲影响的代表

参 考 文 献

- [1] GB/T 2589 综合能耗计算通则
 - [2] GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
 - [3] GB/T 29284 聚乳酸
 - [4] GB/T 29646 吹塑薄膜用改性聚酯类生物降解塑料
 - [5] GB/T 31124 聚碳酸亚丙酯(PPC)
 - [6] GB/T 32161 生态设计产品评价通则
 - [7] GB/T 32366 生物降解聚对苯二甲酸-己二酸丁二酯(PBAT)
 - [8] GB/T 38082 生物降解塑料购物袋
 - [9] GB/T 41010 生物降解塑料与制品降解性能及标识要求
 - [10] QB/T 5815 生物降解塑料保温盒
 - [11] T/CACE 031 固体废物制备建材产品生命周期评价通用指南
 - [12] T/CSPCI 70011 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 乙烯
-