

中华人民共和国国家标准

GB/T 41638.4—XXXX/ISO 22526-4:2020

塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹 第4部分：环境（总）足迹（生命周期评价）

Plastics—Carbon and environmental footprint of biobased plastics—Part
4:Environmental (total) footprint (Lifecycle assessment)

(ISO 22526-4:2023 Plastics—Carbon and environmental footprint of biobased
plastics—Part 4:Environmental (total) footprint (Lifecycle assessment) , IDT)

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025年8月20日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 生物基制品生命周期评估方法	2
4.1 生命周期评价概述	2
4.2 生物基塑料制品生命周期评价的一般方面	2
4.3 LCA 研究的目标和范围	3
5 生命周期清单 (LCI)	5
5.1 概述	5
5.2 数据来源	5
5.3 分配程序	5
5.4 LCI—收集数据和建模	6
5.5 化石和生物碳流清单	9
5.6 农业、林业和水产养殖系统建模指南	9
6 生命周期影响评价 (LCIA)	13
6.1 影响类别和影响指标	13
6.2 具体影响指标指南	14
7 LCA 的解释和报告	15
7.1 解释	15
7.2 LCA 报告	15
7.3 严格审查	16
附 录 A (资料性) 甘油分配示例	17
附 录 B (资料性) 化石和生物碳流核算与交流示例	18
附 录 C	20
参 考 文 献	22

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。

本文件是GB/T 41638《塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹》的第4部分。GB/T 41638已经发布了以下部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：材料碳足迹 由空气中并入到聚合物分子中 CO₂ 的量（质量）。
- 第3部分：过程碳足迹 量化要求与准则。
- 第4部分：环境（总）足迹（生命周期评价）

本文件等同采用ISO 22526-4:2023《塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹 第4部分：环境（总）足迹（生命周期评价）》。

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。

本文件由全国生物基材料及降解制品标准化技术委员会（SAC/TC380）提出。

本文件由全国生物基材料及降解制品标准化技术委员会（SAC/TC380）、全国碳排放管理标准化技术委员会（SAC/TC548）共同归口。

本文件起草单位：宁波家联科技股份有限公司、扬州惠通科技股份有限公司、彤程化学（中国）有限公司、广东崇熙环保科技有限公司、富岭科技股份有限公司、北京工商大学、浙江海正生物材料股份有限公司、合肥恒鑫生活科技股份有限公司、中国标准化研究院、重庆市联发塑料科技股份有限公司、安徽丰原生物技术股份有限公司、北京微构工场生物技术有限公司、惠州俊儿塑料科技有限公司、安徽华驰塑业有限公司、浙江华发生态科技有限公司、深圳光华伟业股份有限公司、河南龙都天仁生物材料有限公司、深圳市虹彩新材料科技有限公司、四川大学、元素惠通新材料（扬州）有限公司、惠通北工生物科技（北京）有限公司、深圳市正旺环保新材料有限公司、江西省萍乡市轩品塑胶制品有限公司、安徽恒鑫环保新材料有限公司、北京永华晴天科技发展有限公司、清华大学、国家塑料制品质量监督检验中心（北京）等。

本文件主要起草人：……。

引 言

GB/T 41638《塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹》拟由五部分组成。

——第1部分：通则。目的在于为生物基制品生命周期评价和应用提供信息和指导。

——第2部分：材料碳足迹 由空气中并入到聚合物分子中CO₂的量（质量）。根据试验结果确定生物碳含量，用其来计算生物碳代替石油碳（材料碳足迹）所能实现的二氧化碳减排量。

——第3部分：过程碳足迹 量化要求与准则。规定了量化和报告生物基塑料过程碳足迹的要求。

——第4部分：环境（总）足迹（生命周期评价）。用生命周期评价的方法，计算在给料转化为最终产品过程中产生的过程碳足迹，从而实现以可持续、对环境负责的方式管理碳（碳基材料）。

——第5部分：报告与评估。报告生物基塑料的碳足迹和环境足迹评估结果的要求。

塑料制品生产过程中增加生物质资源的使用量，可减少全球变暖，减缓化石资源的枯竭。

目前，塑料制品主要由生物基合成聚合物、化石基合成聚合物、天然聚合物和包含生物基材料的添加剂制成。

生物基塑料指的是全部或部分为生物质来源材料制成的塑料。

塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹

第4部分：环境（总）足迹（生命周期评价）

1 范围

本文件规定了材料碳足迹为从空气中去除并被聚合物分子固定的CO₂量（质量），规定了其量化方法。

本文件适用于全部或部分由生物基材料制备的塑料制品、塑料材料和高分子树脂。

本文件规定了生命周期评价（LCA）要求和指南，以评价部分或全部基于生物基成分的生物基塑料产品、材料和聚合物树脂在生命周期中的影响。

本文件的范围不包括生命周期评价的应用，也不包括不同应用的澄清、考虑、实践、简化和选择。

此外，本文件可应用于不涵盖整个生命周期的研究，例如企业对企业信息的情况，例如从摇篮到大门的研究、从大门到大门的研究，以及生命周期的特定部分（例如废弃物管理、产品组成）。对于这些研究，本文件的大部分要求都适用（例如数据质量的收集和计算以及分配和关键审查），但并不是所有系统边界的要求。

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。

ISO 472 塑料术语及定义（Plastics — Vocabulary）

注：GB/T 2035-2008 塑料术语及定义（ISO 472:1999，IDT）

ISO 14025 环境标志和声明 III类环境声明 原则和程序（Environmental labels and declarations—Type III environmental declarations—Principles and procedures）

注：GB/T 24025-2009 环境标志和声明III类环境声明 原则和程序（ISO 14025-2009，IDT）

ISO 14040:2006 环境管理 生命周期评价 原则和框架（Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework）

注：GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则和框架（ISO 14040:2006，IDT）

ISO 14044:2006 环境管理 生命周期评价 要求和指南（Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines）

注：GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求和指南（ISO 14044:2006，IDT）

ISO/TR 21960 塑料 环境因素 知识和方法现状（Plastics—Environmental aspects—State of knowledge and methodologies）

EN 16575 生物基制品 术语及定义（Bio-based products—Vocabulary）

EN 16760 生物基制品 生命周期评价（Bio-based products—Life cycle assessment）

3 术语和定义

ISO 472、ISO 14040、ISO 14044、EN 16575、EN 16760和ISO/TR 21960界定的术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC维护的用于标准化的术语数据库网址如下：

——ISO 在线浏览平台：<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电子百科：<http://www.electropedia.org/>

4 生物基制品生命周期评估方法

4.1 生命周期评价概述

ISO 14040:2006 第 4 章规定了生命周期评估的一般描述。

4.2 生物基塑料制品生命周期评价的一般方面

生物基塑料制品的生命周期评价（LCA）应涵盖整个产品，而不仅仅是生物基部分；参见图 1。然而，本文件的重点是如何处理产品中生物基部分的特殊性。

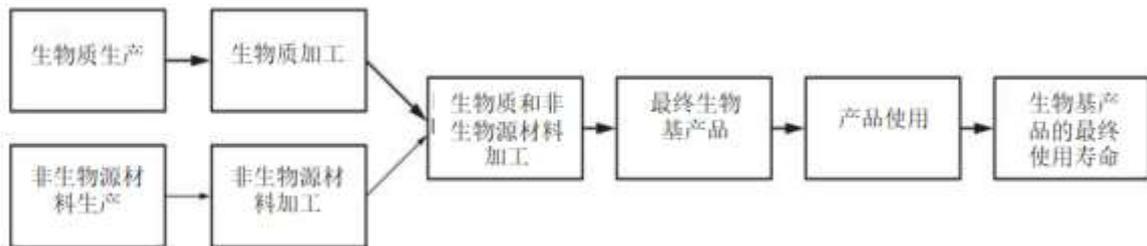


图 1 生物基塑料产品的产品系统示例，包括生物质和非生物材料原料

注 1：图 1 中与粗体箭头连结的方框代表生物基产品（部分或全部源自生物质）的流动，这些产品可以是原材料、中间产品和最终产品

注 2：为了简化，图 1 中未报告运输步骤，但运输可以发生在任何单元过程内部或之间。

本文件提供了生物基制品的要求和指南：见 4.3，第 5 章、第 6 章和第 7 章。

生物基产品的 LCA 应包括四个阶段。ISO 14044:2006 中 4.2、4.3、4.4 和 4.5 规定了 LCA 要求和准则。

本文件对以下方面提供了进一步指导，这些方面对生物基塑料产品（由于其来源于生物质）非常重要：

- 考虑到农业、森林和水产养殖的特点，地理范围（见 5.2.2）和时间范围（见 5.2.3）在生物质获取阶段具有代表性；
- 分配程序（见 5.3），因为生产阶段通常会产生副产品；
- 考虑资源基本流动（见 5.4.1）；
- 土地利用（见 5.4.2）、水利用（见 5.4.3）以及化石和生物碳流（见 5.5）的数据收集和建模；
- 农业和水产养殖系统建模（见 5.6）和
- 生物基塑料制品废弃时的清单和建模要求（见 5.6.4）。

ISO 22526 系列标准的重点是工业应用的生物基制品；食品、饲料和能源不包括在范围内。然而，本文件中提供的 LCA 准则和要求可适用于任何源自生物质的产品，无论其用途如何。

4.3 LCA 研究的目标和范围

4.3.1 LCA 研究目标

在确定生命周期评估研究的目标时，应适用ISO 14040:2006中5.2.1和ISO14044:2006中4.2.2和4.2.3的要求。

对于如何最好地应用LCA，没有单一的解决方案，它取决于LCA的目标、每个组织的规模和文化、其产品、战略、内部系统、工具和程序以及外部驱动因素。

在确定LCA的目标时，应明确说明以下内容：

- 研究的预期应用；
- 开展研究的原因；
- 预期受众，即研究结果的传播对象，和
- 结果是否打算用于向公众披露。

4.3.2 LCA 研究范围

4.3.2.1 概述

研究范围应充分明确，以确保研究的广度、深度和细节与既定目标相符，并足以实现既定目标。

除了ISO 14044:2006中4.2.3对LCA研究范围的定义外，还应解释评估生物基产品特有问题的限制假设和方法（例如，使用阶段、终止阶段、碳储存的假设）。

在某些情况下，由于不可预见的限制、约束或附加信息，研究的目标和范围可能会被修改。应记录该修改及其理由。

应确定LCA研究中包括哪些影响类别、类别指标和特征模型。LCIA方法中使用的影响类别、类别指标和特征模型的选择应符合研究目标，并按照ISO 14044:2006中4.4.2.2的描述进行。

4.3.2.2 功能及功能单元

在定义功能单元时，应符合ISO 14040:2006中5.2.2和ISO 14044:2006中4.2.3.2的要求。

LCA的范围应明确规定所研究产品系统的功能（性能特征）。功能单元应与研究的目标和范围相一致。功能单元的主要目的之一是为输入和输出数据提供相关参考。该参考对于确保LCA结果的可比性是必要的，特别是在评估不同系统时，以便在共同基础上进行比较。因此，功能单元应明确界定并可测量。

应根据功能单元确定适当的参考流程。为支持分析而收集的定量输入和输出数据应根据该流程进行计算。对于作为中间体或可提供多种功能或服务的生物基产品，建议使用重量或体积（如1千克产品）等参考流程，并提供是否指干物质重量、毛重等信息。

示例：在烘干双手的功能中，对纸巾和空气干燥器系统进行了研究。所选择的功能单位可以用两种系统烘干的双手数量相同来表示。对于每个系统，可以确定参考流程，例如烘干双手分别所需的平均纸张质量或平均热空气量。对于这两个系统，都可以根据参考流程编制输入和输出清单。对于纸巾，最简单的是与消耗的纸张有关。对于烘干机，这与烘手所需的热空气质量有关（来自ISO 14040:2006，5.2.2）。

4.3.2.3 系统边界

在确定系统边界时，应适用ISO 14040:2006中5.2.3和ISO 14044:2006中4.2.3.3的要求。

系统边界的解释应明确且明确，最好采用流程图。任何生命周期阶段的排除均应记录并解释。

对于非LCA或LCI研究，可采用适当的LCA技术，例如：

- 从摇篮到大门的研究；
- 从门到门研究；和
- 生命周期的特定部分（例如废弃物管理、产品组份）。

4.3.2.4 临界标准

当使用临界标准来决定输入和输出时，应适用 ISO 14044:2006中4.2.3.3.3 的要求。

对于物理系统建模要素的选择，取决于研究的目标和范围定义、预期应用和受众群体、所做的假设、数据和成本限制以及临界标准。应说明所使用的模型，并确定这些选择背后的假设。在目标和范围界定阶段，应明确了解和界定研究中使用的临界标准。

原则上，所有基础和技术领域的流动都应计算在内。如果没有，则应使用质量、能量和环境因素来确定临界标准。最终报告应包括基于以下内容的完整性估计：

- 质量临界值（以产品总质量的百分比，%表示）：产品所有未计入成分质量的最佳估计。
- 能源临界值（以总能源消耗的百分比，%表示）：未计算质量投入的所有能源消耗的最佳估计。
- 环境意义：应根据对环境意义的充分了解来决定临界标准。例如，可以在产品毒理学和生态毒理学效应的安全数据表中查找此类信息，其中物质分类可为此类的临界值提供指导。在评估其他相关环境影响时，还应查找其他信息来源，例如排放声明、批准文件等。如果确定工作人员或消费者的运输投入很少，则可以排除。

此类简化应在研究报告中明确说明，并附上任何证明这些计算的文件，具体说明未考虑的任何流程的名称。

4.3.2.5 LCIA 方法和影响类型

解释在LCA研究中选择哪些影响类别、类别指标和表征模型。

4.3.2.6 数据质量

应明确数据质量要求，以实现 LCA的目标和范围，并应满足 ISO 14044:2006中4.2.3.6.2和4.2.3.6.3所列出的要求。

在符合研究目标和范围的情况下，应酌情使用特定地点的原始数据。

地理详细程度的选择应符合地理资料分析的目标和预期用途，并应考虑到数据的可用性和质量。

4.3.2.7 系统之间的比较

由于本文件为生物基产品提供了额外的指导和要求，在解释结果之前，应先评估所比较系统的等效性。因此，在确定研究范围时，应确保可对各系统进行比较。各系统应使用相同的功能单元和等效方法进行比较，如系统边界、数据质量、分配程序、评估输入的决策规则、输出和影响评估。系统之间关于这些参数的任何差异都应加以确定和报告。在这些信息的基础上，应包括一个理由充分的评估，说明研究的有效性、可行性，或为什么比较是有问题的，甚至在科学上是不允许的。在后者的情况下，不应终止此类研究，仍应公布研究结果，使公众了解LCA的局限性。如果研究旨在向公众披露，相关方应将此评估进行严格审查。

生命周期影响评价是任何LCA研究的一个组成部分，但特别是对于打算用于比较论证和向公众披露的研究，应极其谨慎地进行影响评估部分。

如果要向公众披露，则应适用ISO 14044中的附加要求。

5 生命周期清单 (LCI)

5.1 概述

清单分析涉及数据收集和计算程序，以量化产品系统的相关输入和输出。

进行清单分析的过程是迭代的。随着数据的收集和对系统了解的加深，可能会发现新的数据要求或限制因素，这需要改变数据收集程序，以便满足研究目标。有时会发现一些问题，需要对研究的目标或范围进行修改。

应对系统边界内的每个单元过程收集定性和定量数据，以便纳入清单。收集到的数据，无论是测量的、计算的还是估计的，都用于量化一个单元过程的输入和输出。

从公共来源收集的数据应注明来源。对于可能对研究结论有重要意义的的数据，应参考相关数据的收集过程、数据收集的时间等细节，以及数据质量指标的进一步信息。

如果生命周期清单数据不符合 4.3.2.6 中规定的的数据质量要求，应予以报告。

为减少误解的风险（如在验证或重复使用收集的数据时导致重复计算），应记录每个单元过程的描述。

由于数据收集可能跨越多个报告地点和发表的文献，因此应采取措施，以达到对拟建模的产品系统的统一和理解的一致。

5.2 数据来源

5.2.1 概述

清单数据的来源应明确、透明。

在生物基原材料的生产过程中，可以找到负责的采购和可持续管理实践。认证方案通常涉及广泛的管理和绩效方面，可直接用于确定基本流程，并为影响评估和解释提供信息。

示例：符合肥料施用标准的管理可以直接与肥料径流水平联系起来，从而确定基本流程。

如果生物质的生产符合相关标准，则在确定基本流程以及影响评估和解释时应考虑到这一点。

应使用最具代表性的数据，并始终检查数据的质量，以确证其足以满足研究目的，并符合研究的数据质量要求。

5.2.2 地理数据

应在产生特定生物量的具有代表性的地理区域收集和评估平均数据。研究中应明确说明所使用的数据和尺度，以确保最佳透明性。各地区的平均值只能用于部分农业数据（来自肥料、农田等），由于缺乏公认的模型（如氮、氧化物排放），其他变量还不能按区域划分。

5.2.3 实时数据

时间周期是LCA中的一个重要问题，因为向空气、水和土壤的排放会随着系统管理周期的变化而变化。LCI应涵盖产品生命周期的相关时期。

对于工业流程和系统，清单可涵盖生产周期，如季节性生产、启动、维护和临时流程关闭。

对于生物质生产，数据收集和建模应考虑管理制度、种植或收获以及轮作（包括轮作中作物的位置，例如年际和年内变化的影响，并在可能的情况下使用代表所选时期的数值。）

理想情况下，应至少收集最近连续三年的平均生物质生产数据。

5.3 分配程序

投入和产出应根据明确规定的程序分配给不同的产品，并与分配程序一起形成文件和说明。

单元过程的分配输入和输出总和应等于分配前单位过程的输入和输出。这可以通过对每一个单独的单元过程进行质量平衡来证明。

根据 ISO 14044，研究应确定与其他产品系统共享的过程，并按以下程序处理。

步骤 1：在可能的情况下，应通过以下方法避免分配：

1) 将需要分配的单元过程划分为两个或两个以上的子过程，并收集与这些子过程相关的输入和输出数据；或

2) 考虑到 ISO 14044:2006中4.2.3.3 的要求，扩大产品系统，以包括与副产品相关的附加功能。

注 1：系统扩展是指“扩展产品系统，使其包括更多的功能”，因此，所有新增功能都要进行建模和计算，而且要有多重效益，不能有任何减损。

步骤 2：在无法避免分配的情况下，系统的输入和输出应在不同产品或功能之间进行划分，划分方式应反映它们之间的基本物理关系，即应反映输入和输出因系统提供的产品或功能的量变而发生变化的方式。

注 2：基于基本物理关系的分配不包括，如简单的质量或能量分配，除非通过每个产品的质量或能量的独立变化来反映。

步骤 3：如果物理关系不能单独建立或用作分配的基础，则应在产品和功能之间分配输入，以反映它们之间的其他关系。例如，输入和输出数据可根据产品的经济价值，按比例在联合产品之间分配。

对于经济分配，应使用相关时间段的平均经济价值，并应考虑研究的地理范围，以限制结果的大幅变化。

对于生物基产品，生物碳含量对于确定温室气体排放量至关重要。为了跟踪价值链中的生物碳，可采用基于碳含量的分配方法。当基于其他关系进行分配时，模拟的生物碳流量可能无法反映实际的物理含量和流量。

每当有几种可供选择的分配程序时，应进行敏感性分析，以说明偏离所选方法的后果。

附录A提供了一个分配和敏感性分析的例子。

5.4 LCI—收集数据和建模

5.4.1 资源使用的考虑因素

LCA中的自然资源（如化石和石油）清单非常重要，因为当环境从LCI到LCIA的转变时，资源枯竭的影响将与这些自然资源的使用有关。

对于生物质，自然资源与原材料的定义具有决定性意义。自然资源以基本流的形式进入系统，而原材料则是系统中的中间流。生物质应作为中间流进行清点，因为它来自收获过程。它可以作为基本流进行清点，在进入系统时无需人工干预。

在生物基产品的 LCI 模型中，有必要进一步区分材料使用和能源使用。

消可以耗资源来提供生产所考虑的产品所需的能量。

资源也可用作产品本身的原料或反应物成分，或用作生产过程的材料输入。这些都被称为“材料使用资源”。

5.4.2 土地利用

5.4.2.1 概述

农业和林业与其他人类活动一样，都需要使用土地，同时这些活动也会通过良好的管理方法等影响其使用的土地。

土地利用包括两个方面：土地占用和土地转化；这些都会对如生物生产潜力、生物多样性、生态土壤质量、土壤碳含量、土壤侵蚀和淡水供应等产生影响。土地利用不仅会对土壤产生物理影响，通常还会对其产生化学影响，从而影响其肥力或生产潜力。

土地利用造成的潜在影响可归入淡水富营养化、酸化或气候变化等影响类别。

5.4.2.2 建立土地利用模型的考虑因素

5.4.2.2.1 概述

为了确定某一土地用途对环境的影响，有必要了解土地用于何种活动以及用于该特定用途的时间。

5.4.2.2.2 物理单位的面积

对于农业和造林生态系统，产品或原材料的来源地通常被定义为土地用途。对于水产养殖等其他生态系统，体积可能是相关的衡量标准。

5.4.2.2.3 转化和占用的区别

土地利用包括土地转化和土地占用，土地利用量化应考虑以下方面^{[1],[2]}：

——土地占用：每个功能单元的平方米（ m^2 ）面积乘以时间（ $m^2 \times a$ ）；

——土地转化：每个功能单元的变化面积 [m^2/FU]

土地利用方式的转化涉及土地利用类型变化所引起的质量变化。如果知道转化前的土地利用情况，就可以直接确定这种质量变化。占用期结束后的转化也是如此。

5.4.2.2.4 确定土地利用类型

分类系统的确定对转化和占用的特征具有决定作用，相关性表明：

——生态系统的物理化学特性（如缓冲能力）；

——生态系统服务（如供人类使用）；

——土地覆被特征（如不同的使用强度）

为建立清单模型，应记录最初的土地利用和占用后的土地利用/土地覆被情况。

土地利用类型与特定活动有关，通常按计划进行分类。这些方案可以全面揭示全球范围内所有不同的土地利用类型，也可以根据特定区域的土地利用类型进行调整。

土地利用类型与人类使用（农作物、林业）具体相关，并可根据使用强度进行调整。

为了确定土地生态系统和生物群落的转化/占用实体的特征，采用了分类方法。这些分类在基本类型学方面差异很大（例如霍尔德里格生命区、IPCC 分类）。

土地利用和覆盖有时也结合在一起，例如在 Corine 土地覆被分类中，用于监测欧洲土地利用和土地覆被的一致性。

5.4.2.2.5 GHG 核算中的土地利用变化

虽然在 LCI 建模中通常考虑的是土地转化和占用，但也有一些 GHG 核算也使用了 LCA，使用了土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）概念，或在欧洲可再生能源指令中使用的直接土地利用变化和间接土地利用变化（dLUC 和 iLUC）概念。

间接土地利用变化考虑的是潜在的土地变化，这些变化并非由经营者直接造成，而可能被视为其他经营者的反馈。目前还没有统一的科学方法来描述符合LCA建模原则的间接土地利用变化。在解决温室气体排放问题时，考虑土地转化潜在影响可能只能作为定性信息，并在解释阶段进行处理。

间接影响可能会对产品的生命周期产生重要影响，如果生物基产品包括间接影响，则至少应考虑并包括在与之比较的产品中。

欧盟委员会联合研究中心提出了可行方法。^[3]

5.4.3 用水清单

5.4.3.1 概述

水对自然和几乎所有人类活动（包括生物质生产）的质量都至关重要，因此，水的使用和消耗以及对水质的影响至关重要。

5.4.3.2 基本流程

代表基本流量的水有关的数据可以直接从单元过程中收集，也可以从代表物料流程（如用于进一步加工的辅助材料或废弃料）的数据中导出。

用水清单应包括作为研究系统一部分的每个单元过程的输入和输出。应解释清单平衡中的任何差异。

一般来说，每个基本流程的相关信息应包括：

a) 用水量：

——质量或体积（例如水输入和水输出）；

b) 使用的水资源类型，例如：

——地表水；

——海水；

——咸水；

——地下水（不包括化石水）；

——化石水；

注 1：自来水或处理过的水不是基本水流，而是技术层内某一过程（如自来水处理厂）产生的中间水流。

注 2：降水不计入农业和林业的输入水量，因为降水主要是通过植物和地面的蒸发和移植排放的，有助于自然水循环，或纳入系统的输出产品流。

c) 水质参数和/或特征，例如：

——物理（例如热）、化学和生物特性，或水质功能描述；

d) 用水的形式，例如：

——蒸发；

——产品整合；

——释放到不同的流域或海洋中；

——在流域内，水从一种水资源类型转移到另一种水资源类型（例如从地下水转移到地表水）；

——使用或受影响的其他形式的水（河流内使用）；

e) 使用或受影响的水（包括抽取和/或排放）的地理位置；

——关于使用或受影响的水的实际位置的信息，包括取水和排水（根据需要针对具体地点），或根据流域或区域适当分类，将实际位置划分类别；

注 3：环境条件指标（例如缺水情况、当地社会发展水平等）需要提供用水地点的信息。

f) 用水的时间方面，例如：

——如果相关的停留时间发生在系统边界内，则为使用时间和释放的时间；

g) 排放到空气、水和土壤中，影响水质

注 4：产品系统还会向空气和土壤排放其他不影响水质的物质。

不同资源类型、不同质量、不同形式、不同地点、不同环境条件指标或不同时间的水输入或水输出不应在清单阶段汇总。在允许使用通用数据库的情况下，这一要求并不适用。可在影响评估阶段进行汇总。

如果无法获得生物质获取阶段每个单元过程的输入和输出数据，则应提及灌溉用水、喷洒用水（如肥料、杀虫剂）以及生产这些输入的用水，说明数据是否充足，以及将采取哪些措施来改善这种状况，并在研究报告中予以记录。

5.5 化石和生物碳流清单

化石碳源和生物碳源及碳汇产生的温室气体排放和清除量应纳入清单并分别列出。

注：进一步指导见附录B。

5.6 农业、林业和水产养殖系统建模指南

5.6.1 农业系统建模

5.6.1.1 概述

农业对环境既有积极影响，也有消极影响。农作物，如玉米、甘蔗、木薯、棕榈和蓖麻，可用作生物基产品的原料。人们普遍认为，以下与农业有关的活动/行动会对环境产生影响，例如：

——使用肥料；

——灌溉；

——土地占用和转化；

——土壤管理；和

——生产矿物肥料和燃料等农业投入物的活动。

值得注意的是，农业田间工作十分复杂，不同农场和地区的做法差别很大。影响农业LCA的参数很多，包括生产实践的集约化和优化。

同时，农业生产的LCA中反映的（资源、能源、排放）效率以及由此产生的环境干预措施，在不同地区也有很大差异：

a) 种植作物类型；

b) 管理制度（化肥、农药、机械化、灌溉、耕作方法）；

c) 土壤和气候特征（地点和时间）

d) 收获时（潜在的）保存和干燥步骤的农场做法等。

以下指南适用于必须为农产品创建新单元过程的从业人员；在其他情况下，此类数据集可从现有数据库（生命周期清单）中提取。在从现有数据库中提取数据集的情况下，以下指南有助于评估相应数据集/生命周期清单的数据和文档质量。

5.6.1.2 主要特征

5.6.1.2.1 参考流程

关于给定单位流程的参考流量，建议使用质量或体积的物理单位，以及产品质量参数：干物质含量、密度、能量含量（例如总热值、代谢能等）、含油量、原料蛋白含量或其他有意义且明确的特征。

示例1：1 kg油菜籽，干物质：xx 质量%，含油量：xx 质量%。

由于农产品原料要经过初级生产、运输和贮存等步骤，因此在参考流程的标题/描述中应说明该系统指的是生产或生命周期的哪个阶段，即包括哪些过程。

示例2：产品x，质量y，在田间边界/在农场门口/在饲料厂

通过计算每个生产单位的投入和排放比率，将生产过程中的投入和排放与参考流程联系起来；为此，通常需要掌握农业生产的产量信息。产量应以单位面积的质量为单位进行记录。由于不同年份的产量变化很大，对于一年生作物，应计算至少三年的平均产量。

示例3：德国农业统计年鉴中的谷物玉米鲜重产量如下：

——2007年：9.49吨/公顷；

——2008年：9.91吨/公顷

——2009年：9.20吨/公顷

——因此，该地区 and 该时期的平均产量为9.53 吨/公顷。

5.6.1.2.2 特定流程的背景信息

为提高文件的透明度，应记录具体过程和地点的参数（取决于具体活动建模的详细程度），例如：
——田间工作涉及的所有运输距离，主要是田间到农场的距离（按吨干物质或等效单位公里数计算）；

——气候信息：气候带和气象信息，因为它们会影响植物的排汗（失水）；

——喷洒时间和条件：植物的生长阶段、土壤特性、前茬作物的有机残留物；

——喷洒时的气候条件：因为它们会影响矿化动力学、植物对元素的吸收以及向生态圈的排放。

5.6.1.2.3 清单净干预

应只列出与人类土地管理活动有关的净干预措施。如该地点未被使用，也会出现干预措施，则不应将其记录下来（例如，不应记录通过雨水输入氮而导致的硝酸盐浸出）。在施用的肥料和农用化学品（如杀菌剂）中，只有离开现场（即田地）的量才应作为向空气或水的排放量计入清单。

5.6.1.3 与技术界的交流

农业生产中输入品的使用通常（不一定）包括种子、肥料、石灰、农药（包括生长调节剂）、农业机械燃料、其他燃料（如用于收获后产品干燥或焚烧杂草）、水、农用箔等。在得出新的数据集（单位过程）时，应说明相应输入的数量和类型以及如何得出，例如从农业田间工作规程中得出。这有助于对输入数据进行质量评估、审查和可能的更新。每种输入物的类型（名称和质量）和数量都应记录，单位为过程中每一参考流量的质量或体积。在建立产品系统/生命周期模型时，需要这些信息都来推导/识别相应的适当输入数据集/生命周期清单。具体来说，对于肥料（矿物肥料和有机肥料），应明确规定营养成分含量，以氮、磷、氧、钾、硫、镁等的质量百分比表示。对于有机肥，应规定矿化潜力（可被植物矿化或吸收的肥料量）。

废弃物流向废弃物处理流程和基础设施流程的处理方式类似。废弃物的例子包括包装、使用后的农用铝箔等，废弃物的类型、处理和数量应以参考流量的质量单位记录。基础设施的例子包括农业机械和建筑物。

在建立运输过程模型时，应记录田间工作涉及的所有运输的距离，特别是田间到农场的距离（吨-公里或等效单位）。解释性说明（采用自 ILCD 手册）：农药和化肥的施用（田间）不属于排放，而是产品在（人工管理的）技术界内流动的一部分。

5.6.1.4 土地占用和转化流程

对于土地占用和土地转化流程建模，适用 5.4.2 中的详细规定。以下是针对农业活动的土地占用流程提供的补充指南。

为量化土地占用，必须了解每个参考流程（与耕地有关，见 5.6.1.2.1）的农用地/耕地使用和生产时间，生产时间是指活动/季节的时间，对于大田作物，通常是指从耕地/播种前的土壤准备到收获和后续可能的土壤/残茬处理的时间，应记录生产时间的相应定义。

5.6.1.5 用水流程

清单可能包括未释放回源头（例如用于灌溉）的取水部分，如由于蒸发、蒸腾、产品整合或释放到不同的流域或海洋等（见 5.4.3）。

5.6.1.6 农业土壤的气体排放

氮基排放主要包括直接和间接排放的一氧化二氮（ N_2O ）、氨（ NH_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。二氧化碳排放来自施用尿素、石灰、土壤有机物矿化或焚烧作物秸秆等。相应地，由于农业管理或土地用途的改变而在土壤中形成的 CO_2 整合（土壤有机质的积累）也可被视为是 CO_2 从大气流入系统。

以下温室气体排放术语与土地利用和生物质生产有关：

- 与土地利用变化和改善农业管理有关的碳储量变化产生的 CO_2 排放；
- 作为土地利用变化过程的一部分，在收获前后焚烧植被或死亡有机物产生的 CO_2 排放；和
- 因土地管理在耕种过程中产生的田间排放，包括 CH_4 和 N_2O 。

注：EN 16214-4:2013 中 5.2.1 至 5.2.3、5.3.4 和 5.3.6^[4] 提供了有利指导。

N_2O 和 CH_4 的实地排放量可根据 IPCC 指南^[5]或任何进一步的更新来计算。在没有更具具体数据的情况下，应采用 IPCC 指南第 11 章中定义的第 1 级方法，但如有适当数据，也可采用第 2 级和第 3 级方法。

此外，酸化气体氨（ NH_3 ）和氮氧化物（ NO ）的排放也应基于合适的排放模型，如果没有更具体的数据，可采用文献中的排放因子，如 IPCC 2006 中氨的默认因子。

5.6.1.7 向水体中的排放

农业活动中对水的排放是农业土壤沥滤和径流的结果。相关的排放流包括硝酸盐、磷酸盐、有机污染物和因施肥（矿物和有机肥）而产生的重金属。目前尚无法推荐向水体排放的特定方法或排放模型，由于存在多种方法，并且根据特定研究的目标和范围以及实践者的专业知识，这些方法可能更为可取。

对水体中的重金属排放应进行建模和清查；将重金属排放流定义为离开农田后跨越过系统边界进入生态圈。

5.6.1.8 多功能农业过程指南

一般 ISO 14040 和 ISO 14044 中处理多功能过程的原则适用。

在建立农业过程模型时，应特别注意以下几个方面。

施肥产生的部分养分可能会在收获后留在田间，作为下一茬作物的养分，从而随着时间的推移跨越技术圈内的系统边界。在这种情况下，该物质是前一种作物的协同功能，使该过程具有多重功能。适用解决多功能性的一般规定。

间作是指相邻种植两种或两种以上作物的做法。间作最常见的目的是通过利用单一作物无法利用的资源，在特定的土地上获得更高的产量。

对于这种间作系统中收获的作物成分，生产过程应作为多功能过程处理（适用于解决多功能问题的一般规定）。对于为了改善土壤质量或其他有益原因，虽未收获但仍留在田间的间作要素，这些要素包括在另一个主要系统/产品的系统范围内，不应作为一个单独的过程处理。

5.6.2 林业系统建模

5.6.2.1 清单净干预

只有与人类土地管理活动有关的净干预措施应被列入清单，例如，不包括雨水输入的氮所造成的基本硝酸盐淋失。在施用的物质（如肥料）中，离开场地的量应作为排放到空气和水中的量被列入清单。

5.6.2.2 时空边界

森林系统建模所使用的时空边界和方法，对于确定所有清单流程和研究成果非常重要。应根据研究的目标和范围明确界定时空界系统边界，并说明理由。

森林原则上是一个区域或景观中管理的，这对适当估算基本流至关重要。LCA研究应根据研究的目标和范围，谨慎考虑适当的生产单位或规模。

5.6.2.3 解决碳含量问题

可持续森林管理确保森林碳储量保持稳定，甚至随时间推移而提高。在建立景观层面的林业系统模型时，应将采伐木材的生物碳含量视为一种固有的物质属性，是由大气中CO₂的吸收和储存产生的。以可持续产量为基础进行管理的森林经营单位，应建模为一个稳定状态下的单位过程，碳排放量等于吸收量。如果以林分为单位建模，则应考虑生物碳排放和固碳之间的延迟。

时空边界和假设对固碳建模非常重要，应明确设定和记录。

5.6.2.4 土地占用和转化流程

要解决土地转化和土地占用产生的温室气体排放以外的影响（如生物多样性影响），需要确定面积作为重要参数，以衡量转化和占用产生的影响，详见 5.4.2。

可通过确定生态系统服务来确定相关的环境方面。

认证方案和管理计划是解决转化和占用问题的一个有价值的信息来源，这些方案和计划详细说明了森林管理实践，例如可排除某些类型的转化（如毁林），同时还要求不那么排他性/完全可逆的占用。

在将土地占用和土地转化归于所研究的功能单元时，应根据 5.3 中联合产品分配规则考虑生物质生产系统（如可持续管理的森林）的多功能性。

5.6.3 水产养殖系统建模

水产养殖、藻类、海洋或淡水生物质可用作生物基产品的基础。现有的评估水产养殖系统的具体方法很少。

要确定这些系统的 LCI，可参考农业准则。

5.6.4 生物基产品 LCAs 使用阶段的建模

应对生物基塑料的使用阶段进行建模，以比较生物基产品与其替代品在一定时间内提供服务的差异。这样就可以在选择相同功能单元的基础上，比较一次性产品和可重复使用产品对环境的影响。这一点对包装应用尤为重要，因为在包装应用中，一次性产品需要更换为新产品才能再次提供相同的服务，而相同的可重复使用产品则可以重复使用。

5.6.5 生物基产品 LCAs 终止过程建模

5.6.5.1 概述

在本文件中，重点将放在生物基产品的终止过程上，尽管这些过程的相关性并不局限于生物基产品。

5.6.5.2 生物基产品的终止流程

生物基产品的终止可能会产生很大影响，尤其是在考虑一次性使用时，乱扔垃圾是一个已知的问题。因此，在对产品的影响进行全面评估时，应考虑产品终止时可能出现的情况，无论其是否涉及，如再利用、回收、有氧或厌氧条件下的堆肥、开放环境（如海洋环境）中的生物降解、焚烧（能源回收或无能源回收）、填埋或开放环境中的弃置（乱扔垃圾）。应考虑材料和温室气体排放对环境造成的污染影响。

生物基塑料的比较应考虑其生命周期的所有阶段，并特别关注其生命末期。例如可堆肥餐具和石油基餐具的比较。餐具可能作为一个由餐具、其他产品和食物垃圾组成的废弃物系统到达废弃物处理厂。这方面对不同的废弃物流（如食物废弃物流）有很大影响，因此只有采用相应的LCA方法才能对环境负荷进行正确评估。餐具是否可堆肥将极大地改变结果，因为这也会影响其他废弃物流和不同EoL选择的适用性（例如，在没有可堆肥材料的情况下，堆肥是一种无效选项）。

终止清单数据所依据的模型以及所作的任何假设和假定都应清楚地记录下来，并在研究报告中报告（如作为附件）。还应报告产品特征，如矿化率、成分等。只要科学上可靠，可使用实验模型和/或数据。

6 生命周期影响评价 (LCIA)

6.1 影响类别和影响指标

6.1.1 概述

ISO 14040:2006第5.4条和ISO 14044:2006第4.4条规定了生命周期影响评价。这些标准的规定适用于生物基产品的生命周期影响评价。

6.1.2 影响类别的选择

LCA的主要优势之一是不但可以考察生命周期的各个阶段，还可以考察不同的影响类别。将评估局限于一个影响类别（如碳足迹或水足迹），只提供部分信息，因此不应被视为产品的环境评估。

进行良好的研究不仅有助于防止生命周期各阶段之间，以及影响类别之间的负担转移。ISO 14044规定，影响类别的选择应反映与所研究的产品系统相关的一整套环境问题，同时到考虑目标和范围。

附录 C 包括影响类别和影响指标清单。

6.1.3 方法和数据的适用性

根据 ISO 14044，影响类别应为国际公认，表征模型和因素应在科学和技术上有效，类别指标应与环境相关。对于生物质生产系统，如规模、地理或空间特性、影响的非线性、影响的可逆性、时间问题、多功能性和适当的参考情况等问题，在满足影响评估方法的既定标准方面尤其需要考虑。ISO 14044 还要求考虑 LCI 数据和结果质量是否足以根据研究目标和范围定义进行 LCIA。

一些通常被认为与生物材料系统特别相关的影响类别（如土地利用、水利用、土壤退化和生物多样性）的影响评价方法还不够完善，无法满足部分或全部既定标准。这适用于包括或建立这些相同类别的中点和终点方法。也可能是清单数据不足以支撑有意义地应用另一种可接受的评价方法。如果出现上述任一情况，并且清单数据表明与研究目标和范围相关的潜在重要性，则应寻求与研究系统和关注影响类别有关的其他信息，并应在评价和解释时予以考虑，例如公认的良好做法和/或符合公认的可持续性标准的证据（见第7章）。

指标稳健性的评价并不简单，指标的选择应基于科学的专家建议，如 ILCD^[6] 提供的欧洲背景下的生命周期影响评价建议，或科学出版物（ProSuite 项目^[7]为生物基产品提供了建议）。

6.2 具体影响指标指南

6.2.1 气候变化评估中化石碳和生物碳的处理

为计算生命周期影响评价对气候变化的贡献，应考虑所有生物源和化石源的排放和清除。应采用以下方法计算与生物质有关的CO₂排放和清除的全球变暖潜能值（GWP）。

——模型中包含了生物质吸收的CO₂，生长阶段GWP 值为负值，生命周期和末期排放物质的 GWP 值为正值。

生物基产品中蕴含的生物碳应等于产品末期完全氧化处理时释放的生物碳。在回收的情况下，生物碳也可能最终成为其他产品，储存在垃圾填埋场，或作为甲烷等温室气体排放。

如果需要对GHG排放时间进行核算，应将其考虑在内，但需单独报告。可根据 ISO 14067 进行评价。^[8]

6.2.2 土地利用

6.2.2.1 概述

对于土地利用清单的表征，可以使用多种具有不同特征因子集的方法。有关土地利用的具体影响评价方法最近才出现，目前就未达成科学共识。在实践中可使用这些方法，但要仔细审查所用方法的有效性和局限性。

负责采购和可持续管理实践的的证据可提供信息，以解决对土地利用造成的影响。

土地利用可能产生影响的两个保护领域是：

——自然环境/生态系统质量；和

——生态系统服务/自然资源。

注：在LCA中，通常会分为三个保护领域：人类健康、自然资源和生态系统质量。

6.2.2.2 与自然环境/生态系统质量有关的土地利用

有关自然环境和生态系统质量影响的具体影响评价方法最近才出现，目前就未达成科学共识。在实践中可使用这些方法，但要仔细审查所用方法的有效性和局限性。此类方法的例子有潜在消失组分(PDF) (ReCIPE) 和生物多样性破坏潜力 (BDP) (UNEP/SETAC)。

6.2.2.3 与生态系统服务/自然资源相关的土地利用

有关生态系统服务和自然资源影响的具体影响评价方法最近才出现，目前就未达成科学共识。在实践中可使用这些方法，但要仔细审查所用方法的有效性和局限性。此类方法的例子有SOM：土壤有机物（ILCD 手册^[6]）和生态系统服务（UNEP/SETAC^[16]提供指导）。

6.2.3 用水影响

目前国际上还没有公认的评价用水影响的单一模型。对模型的选择应加以记录和说明，并仔细审查所用方法的有效性和局限性。

除清单中的输入和输出流外，ISO 14046 还描述了水影响评价（例如缺水）的程序和要求。

如果基于LCA的比较结论要向公众公开，则应遵循 ISO 14044 和 ISO 14025 中的要求。

7 LCA 的解释和报告

7.1 解释

ISO 14040:2006中5.5 和 ISO 14044:2006中4.5提供了解释方面的指导和要求。

LCA的解释阶段是根据目标和范围的定义，从清单和影响评估阶段得出结论。

鉴于LCA研究的迭代性质而做出的决定，是考虑到进一步的数据收集活动或因数据可用性的限制而缩小范围。

解释阶段包括技术（如贡献和敏感性分析），以了解LCIA结果的重要性和建模选择的相关性。进一步汇总结果的可选要素包括：加权、分类和排序。

此外，还对数据质量和代表性进行评价，并根据其相关性进行评估。

特别是对于生物基材料，解释阶段还可以考虑定性信息，例如生物材料生产过程中的管理实践。

在打算向公众披露结论的LCA研究中，应特别注意确保结果比较的有效性（见 4.3.2.7 中的要求）。

与传统的现有产品（如玻璃、纸张和化石基材料）相比，新一代生物基产品往往处于相对早期的开发阶段，因此需要假设来描绘其生命周期。在揭示生物基产品的LCA研究中，应在解释阶段解决产品或生产系统成熟度的差异问题。如果成熟度差异过大，则不应进行LCA比较。例如，将实验室规模的数据用于生物基聚合物 PEF，并直接与石油基 PET 的成熟数据进行比较，这是没有任何意义的。在此类比较中，应使用 PEF 的未来生产方案。

在对生物基产品及其替代品进行比较研究时，应始终对清单中可能存在的^{不一致和/或不同详细程度的}进行彻底检查。

当基于不同详细程度和建模选择使用不同数据库时，可能会出现不一致。例如，由于清单存在空白，人类毒性和生态毒性影响类别可能会受到这一问题的影响。

注：关于如何处理生产系统成熟度差异的指南，将在 ISO 22526 系列的未来标准中提供。

7.2 LCA 报告

此外，对于生物基产品，应遵循 ISO 14040:2006中第 6 章和 ISO 14044:2006中第 5 章规定的报告要求。

第三方报告的内容根据预期的应用，对任何类型的LCA交流是强制；特别是向公众披露的结论。

如果要向公众披露结论，则应将以下信息作为补充报告要求，否则应予以考虑。

——来源方面；

——LCA对生物碳的处理；和

——技术成熟度的处理

简化LCA结果的唯一标准化方法是根据ISO 14025中第III类环境声明。在LCA中，标准化的报告是第三方报告。然而，在企业与企业之间，特别是企业与消费者之间的交流中，这两种选择的结果仍过于复杂。

7.3 严格审查

ISO 14040:2006 第 7 章和 ISO 14044:2006 第 6 章提供了关于严格审查的指导和要求。

附录 A
(资料性)
甘油分配示例

A.1 基本方法示例

甘油：甘油生产的最后一步是将植物油或动物脂肪酯交换成主要产物、生物燃料和副产物甘油。

1) 是否有可能将过程细分为几个不同的过程，以避免分配？

否，因为一个反应（酯交换）会产生两种产物。

2) 是否可以系统进行扩展？

否，市场上出售的甘油是通过各种途径生产的，其中甘油总是一种副产物（例如，从各种动植物原料中生产肥皂和脂肪酸/酒精，或从丙烯中生产合成甘油）。

结论：需要进行分配。由于无法确定产品之间的具体物理关系，因此可以采用常见的物理特性：根据能量含量得到的质量和能量。

结果（包括分配方法参数的说明值，以及其他现有关系：添加了经济关系）如表 A.1 所示：

表 A.1 分配方法和结果

分配方式	生物柴油	甘油	生物柴油分配	甘油分配
能源（雷士）	37 000 兆焦/吨	17 000 兆焦/吨	$37\ 000 / (37\ 000 + 17\ 000 * 0,05) = 98\%$	2%
大量的	11 吨	0.05 吨	$1 / 1.05 = 95\%$	5%
经济（销售价格）	1 480 欧元/吨	300 欧元/吨	$1\ 480 / (1\ 480 + 300 * 0,05) = 99\%$	1%

在这个例子中，分配没有问题，因为结果是相近的（所有方法对甘油的影响均 < 5%）。

附录 B

(资料性)

化石和生物碳流核算与交流示例

B.1 化石和生物碳流核算示例

碳流有两个来源：化石或生物源。碳流既可以来自作为生物基产品原料的物质资源（化石和生物质），也可以来自产品生产过程中使用的能源资源（化石和生物质）。

化石碳排放和生物碳排放均需考虑在内。在为生物基产品或部分生物基产品创建LCIs时，应考虑植物对大气碳的封存。根据 5.5 的要求：“化石和生物碳源及碳汇产生的碳排放量和清除量应包括在 LCI 中，并应在清单中单独列出”。

注 1：当生物质碳不转化为甲烷、非甲烷挥发性有机化合物（NMVOC）或其他前体气体时，生物质吸收的 CO₂ 量等于生物质完全氧化时排放的 CO₂ 量，导致 CO₂ 净排放量为零。

本小节述了生物碳和化石碳核算的 LCI。土地利用变化产生的排放和非碳排放（如农业耕作产生的 N₂O）考虑并纳入清单。然而，计算土地利用变化和农业排放的具体指南见 5.4.2。

在本例中，排放到环境中的化石碳流被视为正向碳流。确定了排放的性质（如排放到空气、水、土壤中 CO₂、CH₄ 及其他化石碳）。

本例中考虑的碳流如表 B.1 所示。

表 B.1 化石和生物碳流清单

	清单流量（数量）	排放性质
生物碳		
生物质生长过程中的大气碳固定	-BC1	
生产阶段向空气/水和土壤排放的碳	+ BC2	
永久固碳，例如副产物或填埋的生产废料 ^a	-BC3	
生物碳嵌入	BC = - BC1 + BC2 - BC3	
终止时向空气、水和土壤排放的生物碳	+ C4	
净生物碳排放量	E = BC + C4	
化石碳		
生产阶段向空气/水和土壤排放的化石碳	+ FC1	
终止时向空气、水和土壤的排放的化石碳	+ FC2	
化石碳排放总量	E' = FC1 + FC2	
a 如果填埋生产废弃物和部分降解会产生温室气体排放（例如甲烷、CO ₂ ），则这些也要考虑在内。		

使用化学计量法或生物碳含量，可以简化方法来确定固定在产品中的大气二氧化碳净量。但要注意的是，对于含有添加剂的产品，化学计量法可能会显示出更高的碳含量。在这种情况下，ISO 16620-2 中的放射性碳方法会更加准确。

示例：根据化学结构，聚乳酸中的碳含量为 50%。根据 ¹⁴C 分析，碳来源为 100%生物来源。根据这些数据，利用大气中二氧化碳的净量为： $0.5 \times 1 / 12 \times 44 = 1.83 \text{ kg CO}_2/\text{kg PLA}$ 。

B.2 从摇篮到坟墓/从摇篮到坟墓图示

图 B.1 为生物基/化石基产品从摇篮到大门的图示，图 B.2 为从摇篮到坟墓的清单。

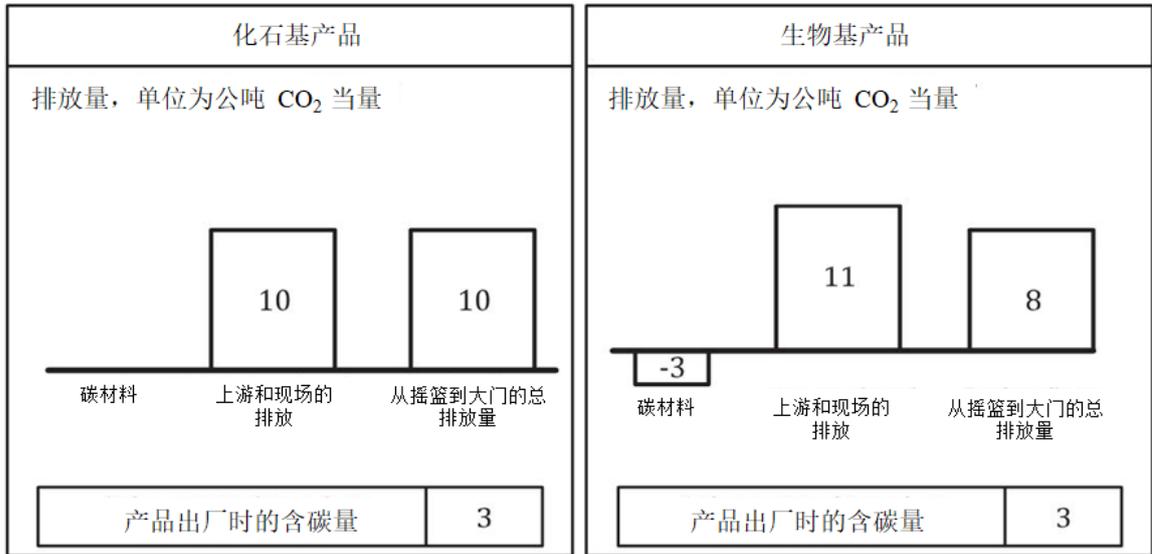


图 B.1 生物基/化石基产品 “从摇篮到大门” 清单

图 B.2 为通过焚烧产生的生命末期排放，没有时间核算。可根据 ILCD^[6] 纳入碳储存的时间核算。

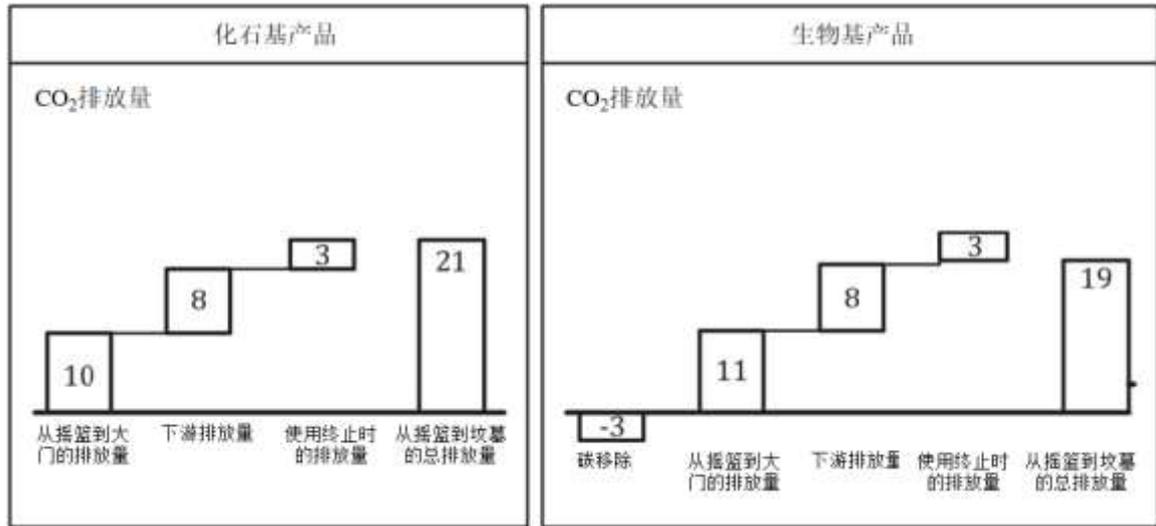


图 B.2 生物基/化石基产品 “从摇篮到坟墓” 清单

附录 C

(资料性)

影响类别和影响指标示例

C.1 导致气候变化的影响指标

——全球变暖潜能值 (GWP)

该指标描述二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄) 和氧化亚氮 (N₂O) 等人为源物质在大气中平均浓度的增加。这些排放破坏了大气平衡, 导致全球变暖。单位为千克二氧化碳当量。

生物基塑料的全球变暖潜能值通常表示为包括生物碳的全球变暖潜能值和不包括生物碳的全球变暖潜能值。

C.2 导致不可再生资源枯竭的影响指标

——非生物资源耗竭潜力 (化石能源)

这包括从天然储量中提取的所有能源 (煤、天然气、石油和铀)。单位为兆焦耳。

C.3 导致可再生资源枯竭的影响

——生物资源耗竭潜力 (金属)

该指标量化被视为不可再生的自然资源 (即消耗速度快于其自然形成速度) 的开采。单位为千克锑当量 (锑)。

C.4 影响人类健康的指标

——臭氧层消耗

这种潜在的影响是由平流层臭氧与 CFC 等化合物之间的复杂反应引起的。臭氧层变薄会降低对紫外线辐射的自然过滤效果。单位为千克 CFC-11 当量。

——光化学氧化

该指标描述了有机物质造成的影响, 以千克 C₂H₄ 乙烯当量表示。指标表示挥发性有机化合物和氧化亚氮之间一系列复杂反应, 这些反应有助于低大气层臭氧的形成。流层臭氧对人类健康和植物产生有害影响。

这一影响类别考虑到对流层中, 通过太阳对某些主要污染物的作用而形成的, 被称为光氧化物的某些活性化合物, 具体包括臭氧 O₃。特别是, 由于紫外线辐射的影响、挥发性有机化合物 (VOCs) 和一氧化碳 (CO) 的光化学氧化作用、以及氮氧化物 (NO_x) 的存在, 对流层中可能会出现光氧化物。臭氧 O₃ 和在较小程度上的过氧酰基硝酸盐或 PANs, 被认为是主要的光氧化化合物。对这类污染物可能产生的全部影响还了解较少。例如, 臭氧 O₃ 对人体健康的影响, 包括: 刺激眼睛、呼吸道和粘膜。对于患有呼吸道疾病的人, 这些问题可能会变得更加严重。这类影响也被称为“雾霾形成”或“夏季雾霾”。

挥发性有机化合物 (VOCs) 是造成这种影响的主要原因。然而, 氮氧化物起着催化剂的作用。

这个问题通常是通过一种称为光化学臭氧生成潜能值 (POCP) 的合成指标来解决的。这一数值是对每种分子进行实验测量得出的, 表示为 x 千克乙烯 (C₂H₄) 所产生的影响, 因此用千克乙烯当量来表示。

表 C.1 高反应性挥发性有机化合物指示清单

异戊二烯	1,3-丁二烯	所有烷烃	甲苯
间二甲苯	丙烯	乙醛	甲基环戊烷

乙烯	甲醛	二甲苯	乙醇
----	----	-----	----

——人体毒性

该影响类别涉及对人体健康有毒的物质的影响。这些物质可能存在于环境中和工作场所中。分子的范围、作用方式和造成的损害，取决于暴露、间接接触和鸡尾酒效应，非常复杂，因此该影响类别是最难建模的类别之一。一般来说，所提供的结果应被视为数量级，在推断出影响方面的真正差异之前，应先观察若干因素间的差异。

表 C.2 有毒分子的主要族

族类	示例
金属、金属离子和其他金属化合物	砷、汞、铬、镉等
挥发性有机化合物	醛类、苯、二氯苯、1,3-丁二烯等
其他大气污染物	NO _x , SO _x , 等
多环芳烃 PAHs	芘、萘、联苯等
颗粒物(PM)	< 2,5 μm、< 10 μm 等。
其他有毒分子（特别是致癌物质）	农药、萘、甲苯、氯丹等

——水生和陆生生态毒性

该指标可以评估生态毒性。它描述了特定生态系统中存在的化学物质所产生的潜在风险。单位为千克 1,4DB（二氯苯）当量。

——陆地酸化

这一指标表明低层大气中酸性物质数量的增加。这些排放物可造成酸雨，导致某些森林退化。导致出现这种现象的化合物包括：SO₂, NO_x, NH₃, HCl, HF。酸雨会影响材料、森林生态系统和淡水生态系统。该指标单位为千克二氧化硫当量表示。

——水体富营养化

引入磷酸盐或氮化合物形式的营养物质会破坏生态系统，有利于某些物种（微藻、浮游生物等）的繁殖。这种影响可能导致水生介质中的含氧量下降，对水生动植物产生重大影响。通常单位为千克 PO₄⁻（磷酸盐）当量。

参 考 文 献

- [1] HUMBERT S. et al, IMPACT 2002+: User Guide Draft for version 2.1 (land occupation expressed as m² Organic arable land eq x year PDF.m2.yr)
- [2] Dutch National Institute for Public Health and the Environment: LCIA the ReCiPe model. Available from: <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>
- [3] European Commission - Joint Research Centre - Life Cycle Assessment (LCA) of alternative feedstocks for plastics production. Part 1: The Plastics LCA method - Publication office of the EU
- [4] EN 16214-4:2013, Sustainability criteria for the production of biofuels and bioliquids for energy applications - Principles, criteria, indicators and verifiers- Part 4: Calculation methods of the greenhouse gas emission balance using a life cycle analysis approach
- [5] IPCC GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES. Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use (2006). Available from: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006glvol4.html>[viewed 2014-03-31]
- [6] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg Publications Office of the European Union; 2010
- [7] PROSUITE: Development and application of standardized methodology for the Prospective Sustainability assessment of Technologies. Available from: <https://cordis.europa.eu/project/id/227078>
- [8] ISO/TS 14067, Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication
- [9] ISO 14046, Environmental management-Water footprint-Principles, requirements and guidelines
- [10] ISO/TR 14049, Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis
- [11] EN 16751:2016, Bio-based products - Sustainability criteria
- [12] CEN/TR 16957, Bio-based products - Guidelines for Life Cycle Inventory (LCI) for the End-of-life phase
- [13] Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1998
- [14] Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- [15] European Commission -Joint Research Centre - Assessing temporary carbon storage in life cycle assessment and carbon footprint- Outcomes of an expert workshop, 7th-8th October 2010, Ispra(Italy).
- [16] KÖLLNER T, DE BAAN L, BECKT, BRANDÃO M CIVIT B., MARGNI M. I CANALS L.M., SAADR., DE SOUZA D.M., MÜLLER-WENK R. 2013,, UNEP-SETAC guideline on global land use impact assess

ment on biodiversity and ecosystem services in LCA. International Journal of Life Cycle Assessment. 2013, 15 p. 1

[17] WBSCD, Guidance for Accounting and Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain. Available from: <https://www.wbcsd.org/Projects/Chemicals/Resources/Guidance-for-Accounting-and-Reporting-Corporate-GHG-Emissions-in-the-Chemical-Sector-Value-Chain>
