

化工行业产品碳 足迹指南

产品碳足迹及企业范围3.1的排放
核算与报告规范

携手可持续发展倡议TfS (以下简称为TfS) 已发布完整的 《化工行业产品碳足迹指南》

《化工行业产品碳足迹指南》(以下简称《产品碳足迹指南》)第一版于2022年9月发布,主要内容为《产品碳足迹指南》第5章,详细规定了化工行业内供应商产品碳足迹PCF(以下简称为PCF)的计算规范。2022年11月发布¹完整的开源指南,用于计算PCF和企业范围三类别一(范围3.1)的温室气体(GHG)排放。另外附加的四章完善了本《产品碳足迹指南》,提供了关于指南、报告原则以及企业层面的范围3.1排放计算主要补充内容的进一步细节。

整个化工行业迫切需要脱碳,尤其是在上游价值链方面,这超越了企业本身的运营范围。当前,化工行业温室气体(GHG)排放的主要比例来自上游价值链(范围3排放)。在产品层面提高数据透明度和精确度对于推动价值链减排至关重要,也是很多企业应对气候变化的战略基石。

由TfS编撰的最新《产品碳足迹指南》的独一无二之处在于,它利用TfS成员企业的丰富专业技术和知识为化学工业制定标准,同时完全符合包括ISO和《温室气体核算体系》在内的现有标准。《产品碳足迹指南》将为TfS成员企业,企业供应商以及其他行业的举措添砖加瓦,成为化工行业的直接解决方案。

应用本《产品碳足迹指南》,TfS成员企业及其供应商能够全面将化工产品碳足迹(PCF)计算纳入其企业温室气体清单,重点关注是范围3.1(采购产品和服务)的排放。本综合性指南将指导企业如何基于供应商的具体数据,计算企业温室气体清单,同时指导企业如何计算其化工产品的PCF,最终达到整个价值链的透明以及脱碳化。基于该指南的PCF计算也将支持下游用户的计算。

(1) 除发布第1-4章外,本版本还对第5章中的以下章节进行了修订: 5.2.9 多产出工艺, 5.2.10.4 碳捕集与储存及碳捕集与利用, 5.2.11.2 数据质量等级, 以及5.3.2 随PCF报告提交的信息。除非按照第2.2章中所述的管理程序发布了新的议题,本指南不会进一步修订。



01

导言

6



02

关于本指南

8

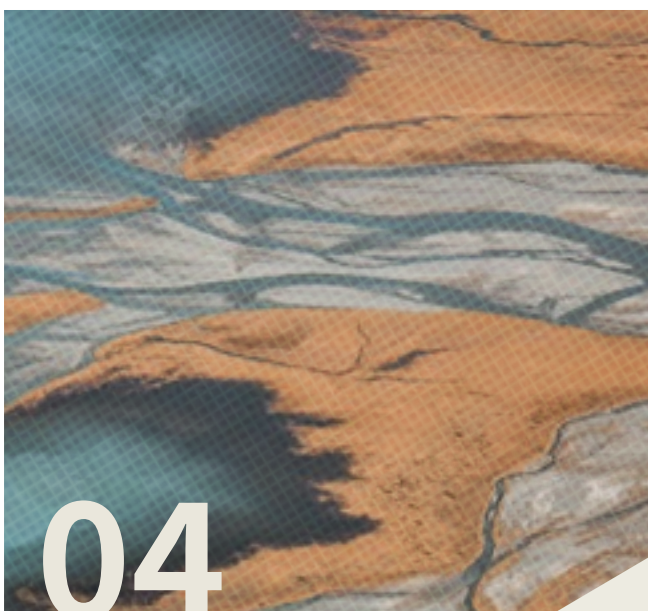
2.1 背景与环境	9
2.2 现有指南的定期检查管理流程	9
2.3 问题陈述	9
2.4 本指南编制目的	9
2.4.1 设计一套统一流程,用于范围3.1的排放数据收集	9
2.4.2 在下游PCF计算中嵌入供应商的PCF数据	10
2.5 审议内容的重要性	10
2.6 既有标准和指导文件的方法论和参考	11
2.7 术语: 必须、应、可以	11



03

报告原则

12



企业层面的范围3.1计算指南

14

4.1 范围3.1的定义为采购产品和服务	15
4.2 范围3.1核算过程的基础	15
4.3 活动数据	17
4.3.1 活动数据收集和处理	17
4.3.2 活动数据分组和优先级排序	19
4.3.3 活动数据更新和改进	21
4.4 排放因子	22
4.5 目标基准线和重新计算	28
4.6 附加的核算和报告指南	28
4.6.1 包括来料加工在内的合同生产	28
4.6.2 材料/商品交易	30
4.6.3 互换	30
4.6.4 合资企业/联合协议	32
4.6.5 回收/可回收成分 (报告内容与相应章节: 范围3.1与范围3.12)	32
4.6.6 生物碳排放和清除	33
4.6.7 质量平衡监管链	34
4.6.8 抵消、碳捕集与碳储存 (CCS) 和碳捕集与碳利用 (CCU) 的具体规定	34



供应商的产品碳足迹计算规范

36

5.1 目标和范围	38
5.1.1 通则	38
5.1.2 系统边界	39
5.1.3 产品碳足迹声明单位 (DU)	40
5.2 计算规则	41
5.2.1 PCF计算步骤	41
5.2.2 时间范围	41
5.2.3 排除特定活动的标准(取舍)	42
5.2.4 使用标准	42
5.2.5 数据类型和数据来源	43
5.2.6 排放因子要求和来源	44
5.2.7 生命周期影响评估 (LCIA)	45
5.2.8 活动数据要求	47
5.2.9 多产出工艺	63
5.2.10 附加规则和要求	70
5.2.11 数据质量和原始数据比例	79
5.3 核查和报告	84
5.3.1 PCF计算核查/质量保证	84
5.3.2 随PCF报告提交的信息	85



术语表

86



参考文献

92



附录

95

01

引言

人为的温室气体 (GHG) 排放推动了气候变化。气候变化带来的影响正在显著增加, 是全世界面临的重大挑战。

为了应对这一挑战,《巴黎协定》的各个缔约方同意将升温效应限制在1.5°C以下, 从而降低气候变化的负面效应, 避免对人类社会造成不可逆转的环境破坏和剧烈影响。承诺将温室气体排放量降到最低水平, 以及最近要求进一步在2050年实现零碳排放, 时间非常紧迫, 也是脱碳进程的关键推动因素之一。

化工业的温室气体排放量占全球工业温室气体排放量的8%¹，必须在减少温室气体排放方面发挥重要作用。平均而言，化工企业来自产品生产的排放不到三分之一，归为范围一和范围二排放。因此，要求企业碳排放核算可信，气候目标规划合理并能够追踪，必须准确核算来自上下游价值链的排放，或根据温室气体核算体系核算范围三排放。范围三排放是所有化工企业温室气体减排战略的重要组成部分，必须了解这一类排放，以便准备应对潜在的未来法规。应特别注意范围3.1“采购商品和服务”排放量(图1.1)，它通常占化工企业范围3比例最高，因此是实现净零排放的关键战略要素。

然而，即使对于最有决心的化工企业，降低范围三温室气体排放也存在高度挑战。挑战之一是价值链缺乏透明度，导致难以量化和降低温室气体排放。此外，全球化工行业价值链的复杂性导致计算方法难以统一，并且难以对结果进行比较。通用标准是各类计算方法的基础，但缺乏针对化工行业关键环节的规范，标准仍然不够充分。因此，制定具体的指南规范应对这些挑战，是加速降低化工行业温室气体排放量的重要机会(图1.1)。

图 1.1 企业可从本指南中获益。采购商品和服务(范围3.1)在许多化工企业的温室气体排放中占主要比例。由Tfs编制的本《产品碳足迹指南》使企业能够以系统和切实可行的方法核算范围3.1的温室气体排放。



收集和引入供应商具体的PCF数据，对范围3.1排放和PCF核算都有好处(图1.2)。使用来自供应商的高质量采购商品PCF数据，可以优化企业层面的范围3.1年度排放，允许企业追踪实现气候目标的进展。此外，通过在企业范围3.1排放清单中整合特定供应商的PCF，与特定原材料相关的温室气体排放可以与化工企业的生产过程联系，提高其PCF的准确性。很多情况下，化工企业既是供应商又是生产商；因此，从化工企业的角度来看，所计算的PCF具有良好的数据质量和可比性极其重要。此外，供应商的PCF也可用于确定企业采购部门内通过调整产品组合和与供应商合作脱碳的方式进行减排的潜力。

因此，将PCF数据应用于范围3.1核算的基本条件之一，是建立一套统一的方法，考虑化工品生产过程的各个具体方面，并展示应如何计算PCF。方法论及其执行路线对结果和质量有重大影响，因此企业收集的数据精确度和可比性至关重要。同样，在如何共享PCF数据方面，也需要一套一致的解决方案或标准。

图 1.2 应用本《产品碳足迹指南》能给化学品供应商带来效益。化学品供应商能够为企业客户提供精确一致的PCF，让客户能够准确计算，以及降低其范围3.1的排放。



本指南旨在为范围3.1排放的计算和实施提供指导，从而提升供应链的透明度，以及各个化工部门的数据可比性。本指南提供了范围3.1排放的基本PCF计算方法，并就如何共享PCF数据以及额外信息(数据属性)提出了建议。

本指南是第一部针对专门行业的化工产品PCF计算指南，支持企业收集并计算高质量的PCF数据。本指南符合ISO14067和温室气体核算体系的核算标准。

(1) <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/how-to-build-a-more-climate-friendly-chemical-industry/>

02

关于本指南

2.1 背景与环境

全球化工行业倡议“共同促进可持续发展”(TfS)在本指南中发布了PCF计算和范围3.1温室气体排放清单报告的行业具体指导。本指南全球通用,且完全开源,可以应用于化工行业以及其他行业。它主要应对的挑战包括:

- 由于化工产品生产流程复杂,采购商品的范围三排放之前一直难以测量。新的指南致力于解决该问题。
- 企业和供应商均可使用该指南,来识别、跟踪和降低范围三的上游排放。
- 该指南也适用于其他工业行业;它完全开源,任何利用化工材料的行业均可参考该指南。
- 本指南统一了整个行业的PCF计算方法,适用于大多数化工产品,也允许消费者及更广泛的市场在未来能够直接比较和评估产品的气候影响。

TfS倡议制定本指南,意在通过指导PCF计算和范围三排放核算,领导化工产业向更具可持续性的未来转型。本指南由TfS成员企业的专家组编制,同时获得外部专家支持,超过55家化工企业对指南进行了审查,并由德国莱茵TÜV集团(TÜV Rheinland)进行核查。此外,考虑现有的标准和指南,作为编制针对化工行业特定指南的基础(WBCSD, 2013; ICCA & WBCSD, 2013)。

长期以来,在执行国际公认的温室气体排放标准时,有不同方式可供选择,因此化工行业的企业在计算和报告范围三温室气体排放时使用的方法不尽相同。本文件的制定为化工企业提供了一套统一的指南,用于计算产品碳足迹或由采购商品和服务导致的排放量(范围3.1)。

按照本指南进行的计算和报告,将有助于TfS成员企业及其供应商在温室气体核算和报告方面保持一致。通过引入一致的报告编制标准,提高化工行业企业之间的数据可比性。在绩效评估中,企业、客户、投资者和其他外部利益相关者均能从中受益。如果各家化工企业按照相同的标准,公开透明地披露企业排放量和可持续性举措,则有望改善各化工企业内部的业务决策,并能有效地将化学产品在减少温室气体排放的整体作用通报给内部和外部利益相关者,以及业务伙伴。此外,TfS也致力于激励面临类似问题的其他行业改进各自的报告标准(WBCSD,2013)。

2.2 现有指南的定期检查管理流程

本版指南是TfS编写的第一版,用于支持化工企业改进来自采购商品和服务(范围3.1)的产品碳足迹的计算和报告。TfS了解,由于标准和其他相关文件可能进行更新,指南版本也应进一步更新。参与本指南编写过程的企业和其他利益相关方可以继续汇报相关的补充和调整,用以支持下次更新。此外,TfS计划定期修订本指南,确保与国际公认标准(如ISO)或其他相关指导文件的更新一致。

2.3 问题陈述

第2.1章中描述的一般问题将在本章进一步深入分析。不同标准的相关差异分析。对于化工业和范围3.1,有哪些明显相关然而缺失的元素?是否需要针对某些要点进行深入研究?如果需要,应该针对哪些要点进行深入研究?

确定问题和需求,例如:

- “从摇篮到大门”的生命周期清单,边界划定时不应包括产品使用或报废阶段。
- 指南范围包括化工产品的“从摇篮到大门”计算。大门定义为所有TfS成员企业的大门。
- 指导如何对原始数据来源和次级数据来源进行分类、评估和利用。

具体产品的计算规则,包括生物质处理、生物质平衡材料、回收材料、系统扩展、分配方案、取舍规则、系统边界等都是要考虑的重要方面和方法要素。

2.4 本指南编制目的

2.4.1 设计一套统一流程,用于范围3.1的相关数据收集

- 描述材料产品类别范围3.1相关数据收集的边界和原则作出描述。
- 制定统一的数据收集和排放计算流程。
- 建立一套可靠的/可通过审计证实的指南,供所有TfS成员企业使用。
- 针对行业的产品碳足迹计算编制的统一指南。

2.4.2 在下游PCF计算中嵌入供应商的PCF数据

化工品应用属于附加议题,在部分特定的温室气体核算体系类别中涉及。只有提供高质量的PCF数据,才能让“从摇篮到坟墓”的计算应用有意义。本指南间接支持这些分类的报告数据,但不予以重点考虑。然而,本指南也纳入了使用来自下游应用的回收材料或生物基材料作为化工品原材料的情况,将其作为专题分析,并要求未来应提供进一步指导,确保数据准确。届时现有类别要求有可能必须进行相应更新。在未来,TfS将继续对此类主题进行研究。

2013年,世界可持续发展工商理事会(WBCSD)发布了《化工行业价值链中温室气体排放体系企业核算与报告指南》,该指南认为考虑到大规模的预期排放和企业对该类别的影响,范围3.1排放是与化工企业最相关的范围3.1(见图2.1)。为此,TfS决定本指南应首先关注为化工企业的范围3.1排放建立一致的核算指南(WBCSD,2013;温室气体议定书企业价值链标准(图2.1))。》

2.5 审议内容的重要性

目前,许多组织已经开始制定指南以及补充材料,让企业能够通过应用一致公认的规则,报告企业的温室气体排放。本指南为化工业提供了具体指导,用于改善行业透明度,加强行业内部协调。指南编制目的在于为化工行业建立更加一致的范围3.1(采购商品和服务)排放核算以及PCF评估标准,供有意优化其碳足迹报告的化工企业使用。

图 2.1 化工企业范围3排放的相关类别
(《化工行业价值链中企业温室气体排放核算与报告指南》; WBCSD化学品,2013)

		大		小	
预期排放规模 (相对于公司总排放量)	少量	商务旅行		7. 员工通勤	13. 下游租赁资产 14. 特许经营 15. (金融、债务、债券、养老金及其他) 投资
	中等	2. 资本货物 3. 燃料和能源相关活动 4. 上游及购买的运输和分发	8. 上游租赁资产 15. (重大股权) 投资	5. 运营中产生的废弃物 9. 下游运输和配送	10. 已售产品加工
	大量	1. 采购商品和服务	12. 已售出产品的报废处理	11. 使用已售出产品造成的直接排放	11. 使用已售出产品造成的间接排放

各类别排放的影响

本指南的第二部分着重于建立将供应商PCF数据嵌入到下游客户PCF计算中的规范。由于化工品经常需要进一步加工,因此在评估化工产业对其他产品的环境影响贡献方面,PCF至关重要(下游:范围3.1)。

范围3.1清单和PCF计算的标准化方法将帮助化工企业及其客户以可靠的方式传达其排放的潜在影响和战略,降低价值链上的相关风险。此外,随着对环保产品和服务的需求不断增长,关于PCF和范围3.1排放的可靠信息将成为未来产品和市场战略内部决策过程的重要组成部分(WBCSD, 2014)。

2.6 既有标准和指导文件的方法论和参考

本指南内容与国际公认的标准和要求一致。主要考虑下列标准:

- ISO 14064-1: 2019
- ISO 14064-2: 2019
- ISO 14064-3: 2019
- ISO 14067: 2019
- ISO 14040: 2006
- ISO 14044: 2006

本指南遵循以下标准:

- 温室气体核算体系企业价值链(范围三)。
- 温室气体核算体系范围三计算指南。
- 温室气体核算体系产品标准。

此外,为确保本指南的结构和逻辑与主流标准一致,还参考了其他材料,并将其相应列入了参考清单。本指南可以作为其他产品涉及到化学品的行业以及行业相关标准的即用型解决方案,因此,部分章节和文本可能也能为其他行业提供指导作用。

本指南的主要内容分为三个部分。

第三章 介绍了用于指导实施温室气体核算体系的温室气体核算五项原则。

第四章 讨论范围3.1排放的评估。包括关于活动数据的处理(第4.3章)、排放因子的选择和评估(第4.4章)、输入数据处理(第4.4章)、重新计算目标基准线(第4.5章)以及附加核算和报告指南(第4.6章)。

第五章 给出了供应商产品碳足迹计算的规范。首先介绍产品碳足迹的一般目标和范围(第5.1章),而后介绍计算规则(第5.2章)。第5.3章提供了产品碳足迹计算的核查信息和产品碳足迹报告的注意事项(WBCSD, 2021; 欧洲联盟委员会, 2021)。

2.7 术语: 必须、应、可以

本标准采用精确术语,指明标准中哪部分条款是强制要求,哪部分条款是建议要求,以及哪部分条款允许企业自行选择是否遵循。本标准中使用术语为"必须"时,表示为了确保温室气体核算满足温室气体核算体系范围三标准的要求,该条款必须满足。使用术语为"应"时,表示建议满足,但非强制要求满足。术语"可以"用于表示允许自行选择是否遵循。指南中使用术语"要求"指标准中的要求。"需要"、"能"和"不能"用于对执行要求的过程进行指导,或表示是否能够采取行动(《温室气体议定书》企业价值链(范围三)标准)。

本标准使用精确术语区分企业在遵循指南建议时应履行的义务层次。按照ISO国际标准的定义:

- "必须"表示必须满足的要求。
- "应"表示建议满足。
- "可以"用于表示某事是允许的。
- "能"用于表示某事是能够做到的,例如,组织或个人能够做某事。

在2021年ISO/IEC指令第2部分3.3.3中,**要求**定义为"如果要声称符合本文件,则在文件内容中出现的该词汇表达意味着相关客观可验证的标准必须满足,不允许不符或者偏离。"

在2021年ISO/IEC指令第二部分的3.3.4中,**建议**定义为"在文件内容中出现的该词汇,意味着所推荐的相关选择或行动方案非常合适,但并非必须按此执行,也不排除执行其他的选择或行动方案。"¹

[1] <https://www.iso.org/foreword-supplementary-information.html>

03

报告原则

范围三或产品清单 的温室气体核算和 报告必须基于以下 原则：

相关性、完整性、一致性、透明性和准确性。

(世界资源研究所和WBSCD, 2004)。



五项基本原则的主要功能是指导温室气体核算体系标准实施,保证气体排放清单的质量,特别针对标准应用不明确的具体情况,同时也适用于分析报告数据的不确定性。

实际应用原则时,企业可能需要权衡取舍。例如,企业可能发现,要提供最完整的排放清单,只能依赖于不太准确的数据,削弱了整体的准确程度。相反,提供最准确的清单可能需要将低准确性的活动排除在外,削弱了整体的完整性。企业应根据各自的商业目标,在这些原则之间进行权衡取舍。假以时日,随着范围三和PCF温室气体数据的精确度和完整性提高,这些核算原则之间的权衡取舍将可能减少。

下文简要介绍了每项原则,更多信息见第四章。

相关性

一份相关的范围3.1报告,包括企业内部用户和外部用户在决策时所需要的信息。企业在确定选择数据来源和收集数据时,应采用相关原则,来确定是否将任何活动排除在清单边界之外。

完整性

企业应确保温室气体排放清单合理反映企业的范围3.1温室气体排放。在某些情况下,由于缺乏数据或其他限制因素,企业可能无法准确估计排放量。然而,不应排除任何会损害温室气体排放清单相关性的排放源,任何排除行为都应以透明的方式记录并解释理由,让核查者能确定该排除对整个报告的潜在影响和相关性。

一致性

核算方法、清单边界和计算方法应用的一致性,对生成可比较的温室气体排放数据至关重要。如果清单边界(如:纳入之前排除的活动)、方法、数据或影响排放估算的其他因素发生变化,需要以清晰透明的方式记录并说明理由,并且有可能重新计算基准年的排放量。

透明性

透明性指温室气体清单中与工艺、程序、假定和局限性有关的信息在多大程度上基于明确的文件,以清晰、客观、中立和易于理解的方式予以披露。透明公开的报告允许读者清晰了解相关问题,并能对企业的范围三排放表现进行切实有效的评估。信息的记录,汇编和分析方式应允许内部审查人员和外部核查人员能够证明其可信度,并在获得基础数据源的情况下得出相同的结果。

准确性

数据应该足够准确可信,以使目标用户合理信任报告信息并基于可信的信息作出决策。在可以判断的情况下,温室气体的测量、估算或计算,不应系统性地超过或低于实际排放值。企业应尽可能降低量化计算过程中的不确定性,同时确保数据足够准确,能够满足决策需要。在报告中提供为确保数据准确以及长期看来能够提高数据准确度而采取的措施,有助于促进可信性和加强透明度。

04

企业层面的范围3.1 计算指南

"从摇篮到大门"的PCF产品体系是指从资源的开采到产品出厂(包括运输)全过程温室气体排放的总和,以二氧化碳当量表示。

PCF的计算可以包括将产品运输给客户的部分,但相应的温室气体排放必须作为附加信息与"从摇篮到大门"的PCF分开进行说明。

化学品的PCF必须包括所有与产品相关的温室气体排放。如何计算化学品的PCF在本指南第五章中详细描述。

企业报告中, PCF用于计算范围3.1的排放量。根据《温室气体核算体系》的定义, 企业报告的温室气体排放分为三个范围:

范围一: 直接二氧化碳当量排放, 指由进行报告的企业拥有或控制的生产过程产生的结果。例如: 在企业生产场地进行化学反应、焚烧或废物处理产生的直接排放, 或现场能源生产的直接排放。

范围二: 来自购买能源的二氧化碳当量排放, 例如用于为报告企业的工厂提供动力的电力和蒸汽。

范围三: 二氧化碳当量排放来自价值链中其他实体拥有或控制的排放源。范围三分为十五个子类别(《温室气体核算体系企业价值链(范围三)标准》), 涵盖了价值链上下游的年度排放量。本指南重点关注范围3.1, 即采购商品和服务。由于主要关注采购商品, 范围三的其他类别在此不作考虑, 除非与类别一相互作用, 因为如果不考虑相关方面, 可能导致总排放量计算不充分。

对于化工企业, 排放量最大的采购产品往往是用于生产产品的原材料。在企业年度报告中, 将各种采购产品的PCF汇总为单个值, 按照范围3.1报告。基于这些采购产品的PCF数据, 企业可以计算其最终产品的PCF, 以实现“从摇篮到大门”的结果。最终计算的PCF将作为供应链中下一个生产商的参考基础。

4.1 范围3.1定义: 采购产品和服务

根据《温室气体核算体系》(《温室气体核算体系企业价值链(范围三)标准》), 本类别包括报告企业在报告年度采购或获得的产品的所有上游(即从摇篮到大门)排放。产品包括货物(有形产品)和服务(无形产品)。本类别包括未在其他上游范围三排放类别(即类别二至类别八)中列入的所有采购产品和服务的排放。

从摇篮到大门的排放量包括在采购产品的生命周期中产生的所有排放量, 直至报告企业接收为止(不包括由报告企业拥有或控制的排放源的排放量)。从摇篮到大门的排放量可能包括:

- 原材料提取。
- 农业活动。
- 制造、生产和加工。
- 上游活动所消耗电力的生产。
- 上游活动产生废弃物的丢弃/处理。
- 土地利用和土地利用的变化。
- 上游供应链内的运输, 以及到报告企业的运输。(费用不由报告企业支付)。
- 在报告企业采购之前的任何其他活动。

第五章描述了必须如何遵循指南计算“从摇篮到大门”的PCF。对于化工行业的范围3.1计算而言, 材料非常重要, 因为早期的原材料生产步骤对整体PCF的贡献相对较高。在范围3.1的上游报告中, 使用供应商PCF数据进行计算的公司应检查是否满足:

- 供应商提供的数据应尽可能地与报告企业的时间间隔相接近。
- 声明单位与企业使用产品的形式完全符合。
- 质量和浓度适合使用的产品。
- 数据质量满足报告的要求。
- 不同供应商之间的差异合理。
- 与产品的PCF数据同时提供的属性参数应该完整且有代表性。对于产品来说, 应提供采购材料的数量和金额, 用于正确计算质量平衡数值。

4.2 范围3.1核算过程的基础

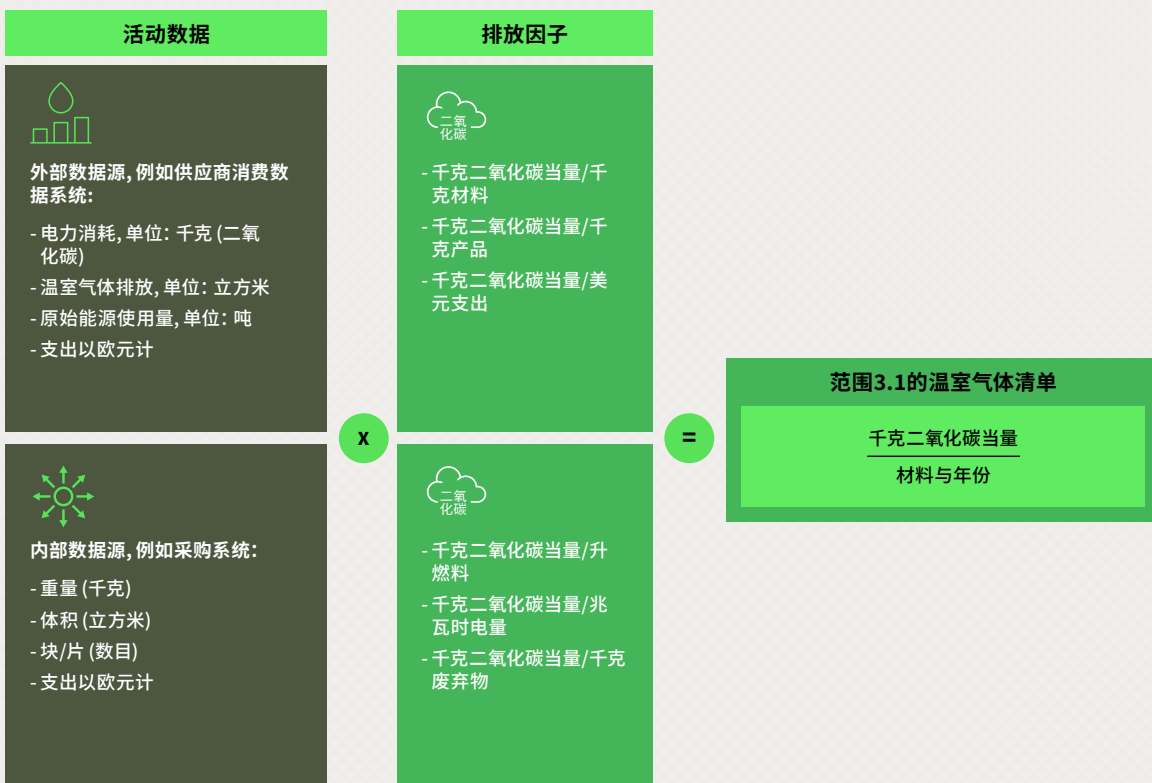
本节涵盖了建立温室气体排放清单的最佳实践和温室气体排放计算技术。温室气体排放清单核算应说明报告企业排放到大气中或从大气中清除的所有温室气体。温室气体清单将按排放源或温室气体排放范围列出在特定时间段(大多在企业报告周期内)排放到大气中的温室气体排放量。选择清单边界需要特别注意, 所选择边界要求平衡完整性, 一致性以及与范围3.1排放的相关性。温室气体核算体系第三章详细说明了设置清单边界的最佳实践(WBCSD化学品, 2013)。

为了构建范围3.1的温室气体排放清单, 清单边界、数据基础和方法学应该保持一致, 以得出有意义的结论, 并进行长时间的绩效跟踪。因此必须严格选择清单边界和活动数据的数据源以及排放因子。即应致力于提高数据质量, 以便用最准确的方式描述排放。与往年相比出现任何变化, 都可能影响企业的范围三温室气体清单, 因此必须慎重考虑活动的重要性的提高数据质量的预期收益后才能进行。然而, 为了确保数据的长期可比性, 应该清晰透明地报告计算方法的变化, 并考虑需要重新计算基准年的可能。第4.4节, 提供了在不过度影响数据质量前提下的各种精简流程和降低工作量的方法。

温室气体排放清单内的排放量通过直接测量或计算方法进行量化。由于报告企业难以获得范围三排放的直接测量数据,通常利用活动数据和排放因子,使用计算方法估算此类信息。根据《温室气体核算体系》,"活动数据"是对导致温室气体排放的活动水平的定量测量(例如:采购材料的千克数或为活动支出的美元金额)。“排放因子”是将活动数据转换为温室气体排放量的因子(例如,每千克或每支出一美元对应的千克二氧化碳排放量)。图4.1说明了范围3.1温室气体排放清单数据的要素,活动数据生成(第4.4节)和排放因子收集(第4.5节)将在之后章节详细说明。

温室气体核算体系将温室气体计算的基本方法分为四种:支出法、平均法、混合法和供应商法(《温室气体核算体系范围三计算指南》,2013)。这些方法在收集和处理数据的方式上有很大不同,导致工作量和准确性方面差异较大。不同方法可以组合使用,但可能导致难以执行,或会产生额外工作量。具体方法的选择应基于企业的商业目标,范围三类别一商品和服务排放的重要性,以及数据的可得性和数据多少来决定。在数据质量允许的情况下,应该首选供应商的具体数据。

图 4.1 编制温室气体清单的一般计算方法



4.3 活动数据

用于计算范围3.1排放的活动数据,通常指在报告年度采购的原材料数目和/或购买服务或技术产品的货币支出。

4.3.1 活动数据收集和处理

活动数据是计算温室气体排放的关键输入,指与产生温室气体排放的活动相关的数据,如采购原材料的吨数。该活动数据单位为物理单位(吨)或支出货币,然后与排放因子和相关的温室气体全球升温潜能值(GWP)相结合,计算二氧化碳当量。活动数据的收集是报告企业的主要责任,也往往是制定温室气体清单时最重要的挑战。因此,建立可靠的活动数据收集程序至关重要。将与生产相关的采购和与生产不相关的采购区分开可能是较有效的方式,这种方式有可能与企业的当前采购方式一致,从而提高数据整理和收集过程的效率。

与生产有关的采购(通常称为直接采购)包括与企业产品生产直接相关的采购商品。与生产相关的采购可能包括:

- 企业购买的原材料和中间商品(例如:材料、部件和零件),用于加工、转化或组合成其他产品。
- 为转售购买的最终商品(仅适用于零售和分销公司)。
- 企业用于生产产品、提供服务或销售、储存和交付商品,或者为了让客户能够准确使用其购买的化学品的技术和资本货物(如工厂、资产和设备)。化工行业内相关技术和资本货物的实例包括包装、水净化化学品或用于冷却塔的化学品等。

注意,资本货物应在范围3.2(资本货物)中报告。

与产品生产无关的采购(通常称为间接采购)包括所购买的货物和服务,这些货物和服务不是公司产品的组成部分,而用于支持业务运行。与生产无关的采购可能包括生产资料,如家具、办公设备和计算机(《温室气体核算体系企业价值链(范围三)标准》)。

图4.2总结了活动数据的生成、准备和处理过程,以下进行详细描述。

数据可用性检查

- 1.1) 活动数据可以通过仪表读数、采购记录、直接监测、质量平衡、化学计量或其他从公司价值链的特定活动中获取数据的方法获取。活动数据可以从内部采购和/或企业资源计划(ERP)系统中获取,或直接向供应商索取。关于支出和产品的质量、体积、数量的数据必须向内部索取。此外,应了解内部系统,包括其更新频率、单位、格式、预测值的可用性。应预估潜在的变化以及其对核算系统的未来影响,还应考虑年度核算周期内的数据可用性,确保能够在正确的时间收集高质量数据,用于进一步计算。
- 1.2) 除了实际活动数据值,还需要采购商品的相关属性值。原始属性直接指材料属性(如材料名称、编号、CAS编号、化学结构、化学基团),而次要属性则进一步说明间接特征(如年份、供应商国家、供应商名称、供应商编号)。使用这些属性参数将活动数据映射到排放因子,并对数据进行分析 and 解释。

图 4.2 范围3.1活动数据的生成、准备和处理的关键过程步骤



1.3) 在最终核查步骤中,应检查从内部系统提取的数据,确保准确一致。

准备数据收集

2.1) 由于财务核算的要求,支出数据可能较为完整,然而采购商品的物理数据,如数量、体积或质量往往不完整和/或不一致。由于通常企业采购需要数十或数百人参与,数据收集过程的变化可能会对流程和系统产生较大影响。对许多企业来说,收集一套完整的物理输入数据可能是长期挑战,建议尽早开始准备数据。

2.2) 大量需要处理的潜在数据,材料编号方式的差异,甚至没有材料编号,以及各种内部和外部数据源管理,导致有必要建立一套适当的数据管理系统,而不仅限于当前应用广泛的基于Excel的系统。不论使用任何数据管理系统,应用识别号码对于确保数据库条目的可追溯和唯一性至关重要。表4.2列出了化工行业当前使用的识别号码系统,其中化学文摘社(CAS)是化工企业和提供排放因子数据方接受和使用最广泛的系统。企业也可以为化学品分类系统以外的采购商品或服务建立自己的识别号码,例如包装、劳动服务或IT产品。

表 4.1 在活动数据和排放因子映射过程中,可作为标识符的分类系统实例

缩写	
化学文摘社 (CAS) 编号	CAS编号是一套唯一且明确的识别号码,用于标识特定的物质,以便于清晰地进行信息交流。并在化学文摘科学家的协助下,将与该物质相关的所有既有数据和研究联系起来 ¹ 。
简化分子线性输入规范 (SMILES)	简化分子线性输入规范是以行符号的形式,用短ASCII字符串 ² 来描述分子结构的规范。
ECLASS	ECLASS是一套全球广泛应用,符合ISO/IEC标准的产品和服务数据标准 ³ 。
联合国标准产品和服务编码 (UNSPSC)	联合国标准产品和服务编码 (UNSPSC)是一套全球性的产品和服务分类系统。这些编码被用于对产品和服务进行分类:对于供应商来说,是对其公司的产品和服务进行分类,而对于联合国工作人员来说,是在公布采购机会时对产品和服务进行分类 ⁴ 。
PRODCOM	PRODCOM是一项年度数据调查,用于收集和发布欧盟 (EU) ⁵ 的工业 (主要是制造业) 产品的价值和数量方面的统计数据。
欧洲海关化学品清单 (ECICS)	欧洲海关化学品清单是由欧盟委员会税收和关税联盟总局管理的一套信息工具,用户可以: - 清晰简单地识别化学品; - 使用联合命名法,正确而轻松地对化学品进行分类; - 出于监管目的,用所有欧盟语言对其进行命名 ⁶ 。
商品名称及编码协调制度(HS)	协调制度是一套用于产品分类的国际命名法,它允许参与国家以海关贸易为目的,在共同基础上对贸易商品进行分类。在国际层面上,用于产品分类的协调制度 (HS) 是一个六位数的代码系统 ⁷ 。

(1) <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>

(2) https://www.chemieurope.com/en/encyclopedia/Simplified_molecular_input_line_entry_specification.html

(3) <https://www.eclass.eu/en/index.html>

(4) <https://www.unspsc.org/>

(5) <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:PRODCOM>

(6) https://ec.europa.eu/taxation_customs/online-services/online-services-and-databases-customs/ecics-european-customs-inventory-chemical_en

(7) <https://unstats.un.org/unsd/tradekb/Knowledgebase/50018/Harmonized-Commodity-Description-and-Coding-Systems-HS>

- 2.3) 对于进一步的处理和映射程序, 将供应商定义的商品名称转换为标准化的材料名称可能有用。是否需要这样做, 取决于采购数据库的质量, 以及将活动数据与排放因子进行映射的应用策略。例如, 基于CAS号的自动映射不需要定义唯一材料名称。基于材料名称手动映射排放因子和活动数据的策略则需要定义简单且唯一的材料名称。

活动数据的提取/收集

- 3.1) 从内部系统中提取活动数据或从供应商处收集数据时, 应首先明确定义数据要求。除材料的具体定义 (与典型数据属性相比较) 外, 还应提供关于可用数据和文件格式的一般信息。

- 数据提取日期。
- 使用的数据系统和版本。
- 相关数据点 (PCF/核算清单数据质量、体积、能源等)。
- 时间框架 (例如, 基准时间段)。
- 地理边界 (国家)。
- 技术边界 (例如, 材料或生产规格 (浓度))。
- 企业范围 (例如, 运营边界)。
- 单位。
- 更多数据属性 (专业分类法、供应商名称、邓白氏 (DUNS) 编码)。

- 3.2) 处理来自外部和内部的数据请求时, 必须从报告企业的采购或企业资源计划 (ERP) 系统中提取数据。数据库提取 (如查询语句) 应记录和保存, 确保长期可比性和一致性, 同时为审计企业的核查过程提供可靠的依据。

单位转换

- 4.1) 明确定义的活动数据提交单位也可能不同, 或与排放因子数据集的单位不一致。虽然不同计量单位 (公制/英制) 或货币单位的转换可能较易使用标准化因子处理, 但不同物理单位 (体积-质量或件数-质量) 之间的转换需要产品或材料的具体因子。例如, 密度的平均因子可能在大多数情况下有用, 但是应该仔细检查是否适用于特定产品。这同样适用于从件数单位转换到质量单位。

数据分析和分类

- 5.1) 分析步骤应有助于报告企业根据数据的完整性和质量, 作出进一步处理和改进数据的决定。首先, 报告企业应了解不同类型的数据 (实物、基于支出) 包括哪些活动数据点。然后应该估计既有数据缺口的现状, 来支持定义数据策略。
- 5.2) 基于实物或支出数据的热点分析可能有助于确定关键供应商以及在排放清单中占比例最高的商品和服务。对具有相似属性的商品和服务进行分类可能有助于弥补 5.1) 中指出的数据缺口。

优先次序和数据策略

- 6.1) 基于数据分析, 可能能够确定各个供应商、商品和服务类别的优先领域以及进一步的数据需求。运营和战略性的数据需求应在数据策略中定义, 并定义弥补这些缺口的的方法、流程和系统。
- 6.2) 要求报告企业的全部供应商都提供PCF数据是不现实的。这种情况下, 企业应鼓励供应商制定温室气体排放清单。如果无法获得供应商的温室气体排放数据, 应使用其他来源的排放因子 (请见第4.4章排放因子)。

4.3.2 活动数据的聚类 and 优先排序

采购商品和服务的优先排序是3.1活动数据评估的重要步骤。它可以通过两步方法来完成。

第一步: 聚类

对于有数千种采购商品和服务的化工企业来说, 将企业自己的采购归入产品组可以方便计算 (德国全球契约组织, 2019)。对于采购商品, 考虑可用排放因子的汇总水平, 建议根据其概况 (如CAS编号) 进行分类。为了更好地总览和处理数据, 在采购类别、子类别或材料组层面进行聚类划分可能有效。这有利于选择排放因子 (如从LCA数据库中选择), 并且在可行时, 对温室气体排放进行推定, 来计算在某类 (化学品) 相关物质中采购的100%原材料的温室气体排放 (见第4.4章推定)。该方法可以提高推定步骤的准确性。

对于非原材料相关的采购商品和服务, 可以使用支出数据对商品进行聚类划分。以国际公认的行业组分类 (如NACE代码) 进行分类可能会有用。使用环境延伸投入产出 (EEIO) 数据¹表格和模型中用于对行业和地区进行聚类划分的覆盖范围和基本原理作为指南, 如Exiobase或2014年Defra / DECC的《企业报告温室气体转换因子指南》(表13: 供应链的间接排放)。该公开文件根据标准工业分类, 为100多个产品组或行业提供基于支出的排放因子。

¹环境延伸投入产出 (EEIO) 模型用于估算经济体内不同行业和产品生产以及上游供应链活动所产生的能源使用和/或温室气体排放。由此生成的EEIO排放因子可用于估计特定行业或产品类别的温室气体排放。在确定数据收集工作的优先次序时, EEIO数据对筛选排放源非常有效。EEIO模型是通过将国家温室气体排放分配给基于行业部门之间经济流动的成品组而得出的。EEIO的不同模型在所涵盖的行业和产品数量以及更新频率方面有所差异。EEIO数据通常较为全面, 但与其他数据来源相比, 颗粒度水平相对较低。

第2步: 确定优先级

根据温室气体排放量大小确定活动的优先次序

确定优先活动的最严格方法是使用初步的温室气体排放量的估算(或筛选)方法,确定哪些在范围3.1内的商品或服务在购买商品重量或支出等因素方面的预计规模最大。定量法可以最准确地了解各种范围3.1内活动的相对规模。要根据预期的温室气体排放量确定活动的优先次序,企业应该:

- 使用初步的温室气体估算(或筛选)方法来估计每个范围3.1内活动的排放量(例如,使用行业平均数据、EEIO数据、代用数据或粗略估计);
- 根据估算的温室气体排放量,将所有范围3.1的商品或服务从大到小排序,以确定哪些范围3.1内活动影响最大;
- 应用本文档第5.2.6章至第5.2.8章指南。

企业还应评估采购商品的价值链中是否存在任何温室气体或能源密集型材料或活动。例如基于贵金属的材料,如催化剂《温室气体核算体系企业价值链(范围)标准》。

企业可能会发现将与生产有关的采购商品(如材料、部件和零件)和与生产无关的采购商品(如办公家具、办公用品和IT支持产品)区分开来非常有用。这种区分方式与实际采购一致,因此可能是一种更有效组织和收集数据的方法,并显示对范围3.1整体排放的贡献(图4.3)。

图 4.3 根据不同原材料所占比例,对范围3.1报告的影响概述

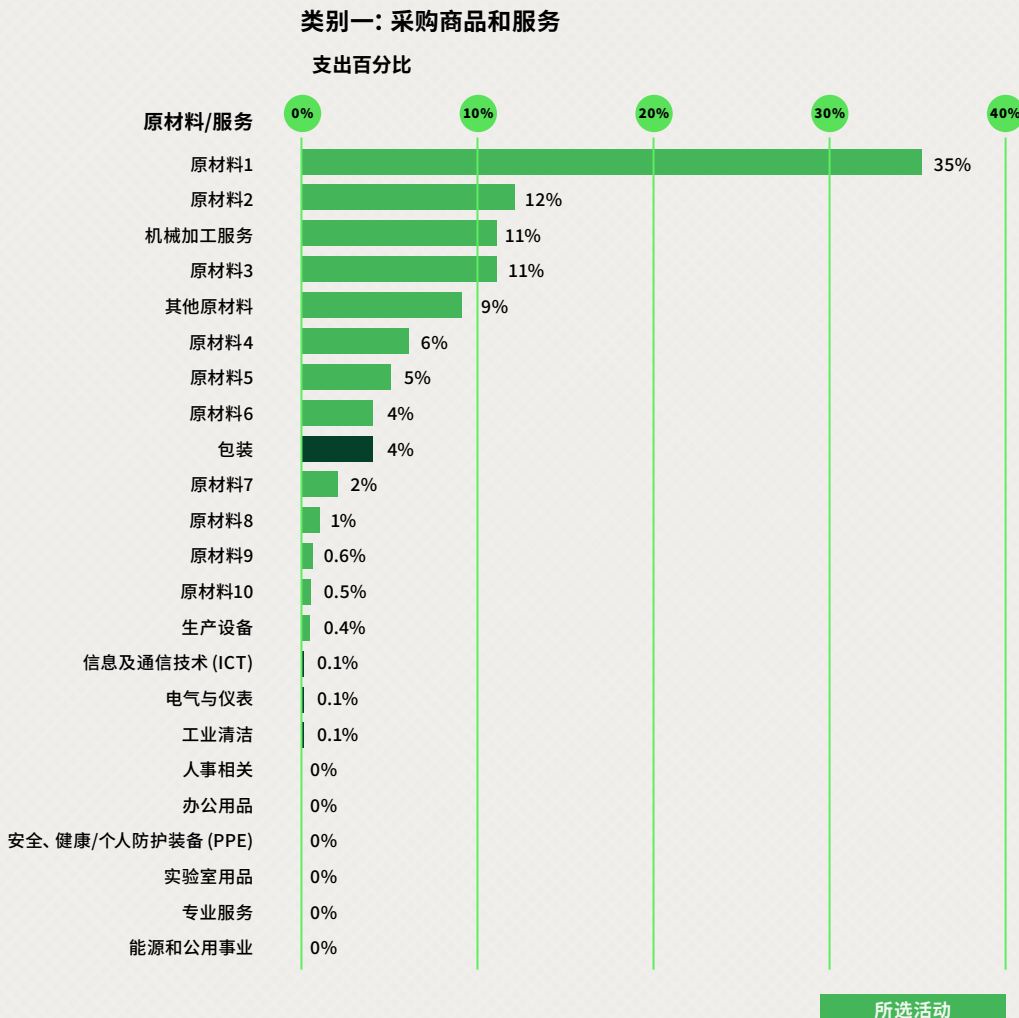


表 4.2 基于二氧化碳排放量和支出,选择商品和服务的优先次序。遵循80/20规则,对于前80%的二氧化碳排放量,优先考虑原材料,而对于前80%的支出,则同时优先考虑原材料和服务。

采购商品或服务	占估算二氧化碳的百分比	支出百分比
原材料1	35%	20%
原材料2	20%	15%
原材料3	10%	10%
原材料4	15%	5%
原材料5	5%	5%
信息技术	3%	5%
金融服务	5%	5%
人工服务	5%	15%
咨询服务	2%	20%

基于支出的方法准确度最低,因为支出依赖于财务影响,如通货膨胀、税收和汇率影响。

根据财务支出或收入确定活动的优先次序

如果无法基于估算的温室气体排放量对范围3.1中的活动进行排序,企业可以选择基于相对财务影响对范围3.1的活动进行优先排序。企业可以进行财务支出分析,根据在企业支出总额或部分支出中的占比,对上游各类采购商品进行排序(见下文,实际企业案例研究)。

公司在根据财务贡献确定活动优先级时应谨慎行事,因为支出和收入可能与排放没有明显关联。例如,有些活动,如金融服务,市场价值高,但排放量相对较低。相反,有些活动市场价值低,但排放相对较高,如某些原材料。因此,公司也应优先考虑对财务支出或收入贡献不大,但预计会对温室气体有重大影响的活动。

应注意,排放因子仅更新到2011年,并且与2011年的英镑汇率(包括增值税)相关。应用这些排放因子之前,必须根据当前报告年度的货币通胀率、相关汇率和增值税进行调整。

来自《温室气体核算体系》的例子: 优先考虑采购货物和服务的范围三排放

一家特种化学品公司在收集第一类数据之前,采用基于排放量和支出的分析,对采购商品和服务进行了优先排序。该公司列出了占总排放量80%以及占总支出80%的购买商品和服务。该表说明了分别考虑温室气体排放量和支出时,优先排序的结果如何变化;最明显的情况是在考虑支出时,将所购买的支出较高服务作为活动纳入其中。

4.3.3 活动数据更新和改进

企业必须每年更新采购商品和服务的数目,还必须将任何新的采购类别和采购类型纳入计算。如果发现任何会影响上一年度计算的重大错误,都应在当年和之前的年度计算中纠正,见温室气体核算体系《温室气体议定书企业价值链(范围三)标准》中的详细描述。长期看来,可能会出现更准确的数据来源,这些数据来源也可以用于当年和上一年度的计算,除非新的数据来源与上一年度不相关。

所使用的数据收集方法必须每年持续维护,以进行适当的比较和跟踪进展。然而企业可能会发现,长期看来,采购类别将与最初假设不一致。虽然这不属于企业范围三排放的重大变化,但确属提高数据核算精确度的机会,这一类变化可能会导致为了确保比较的一致性,需要重新计算基准线。

4.4 排放因子

如前所述, 排放可以通过直接测量或计算进行量化, 但范围三的排放计算最常采用使用活动数据和排放因子的计算方法。

基于排放因子计算范围3排放, 可能导致较大差异和不确定性。因此, 排放因子是否合适, 是范围3.1温室气体排放清单质量的关键因素。以下步骤提供了查找和使用排放因子的最佳实践指导(图4.4)。

1) 数据可用性检查和排放因子策略

排放因子数据可以来自不同的数据源、具有不同的质量和范围。表4.3给出了不同数据类型的概述。当从数据库中获取排放因子时, 这些数据必须始终来自经过验证的数据库。排放因子数据源实例如下:

- 来自ISOPA、欧洲塑料工业协会、欧洲化肥协会、世界钢铁协会等协会的经核实数据。
- LCA数据库, 如GaBi (Sphera)、Ecoinvent、Carbon Minds、Agribalyse、ELCD (PEF)、IDEA数据库等。
- 国家官方排放因子数据库, 如美国环保署(EPA)、国际能源署(IEA)、Defra (例如, DECC基于支出的数据)、GREET等。
- 供应商数据。

企业应通过查阅第5.3章中的属性列表来检查PCF的有效性。

2) 数据提取

对于必须收集哪些数据用于跟踪供应商的基础排放, 应建立企业内部的优先排序(图4.3)。这种内部排放因子的优先排序, 有助于企业建立前后一致的清单, 并考虑企业降低范围三排放, 达到排放目标的愿景(1.2)。图4.5中的决策树提供如何对排放因子进行优先排序的指导。选择数据源时应考虑内部核算和目标跟踪系统的数据可用性。关于制定和实施数据管理计划的全面信息可见《温室气体议定书企业价值链(范围三)标准》。企业必须始终采用最具体和准确的可用排放因子, 确保所报告的范围3.1排放清单质量最高。因此建议实施数据管理计划, 以不断改进数据, 同时根据数据量, 也可能有助于确定工作的优先次序(1.3)。考虑到一致性, 次级排放因子应尽可能始终来自同一数据库。此外, 应始终评估现有数据是否可靠。概述见表4.2。

图 4.4 范围3.1排放因子生成、准备和处理的關鍵过程步骤

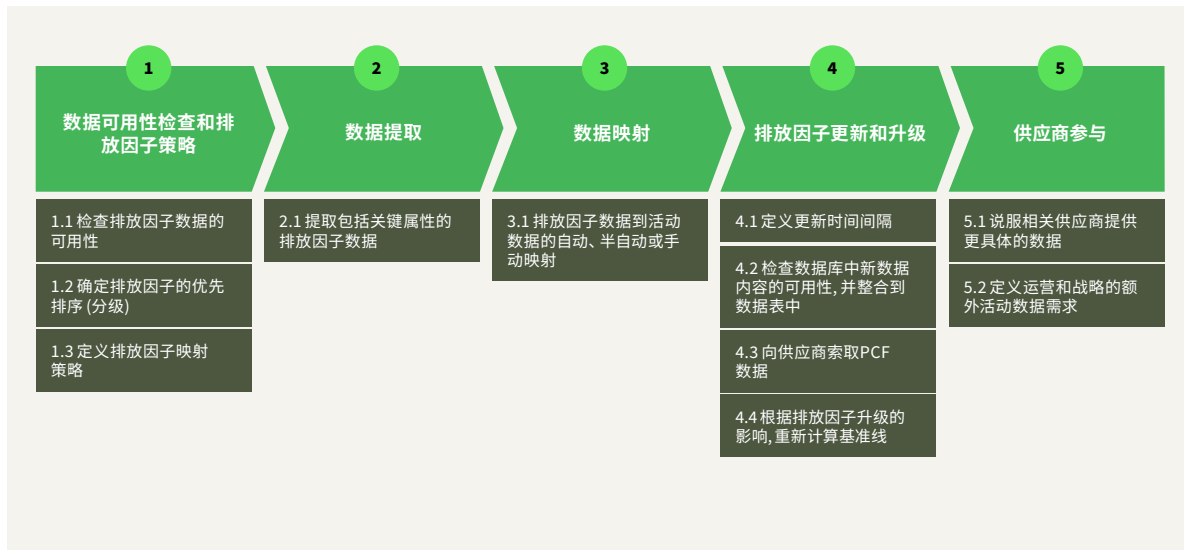


表 4.3 可用于核算范围3.1排放的数据源概览

定义	环境延伸投入产出 (EEIO)	行业平均 LCA	具体PCF	供应商的 PCF	混合型	组织碳足迹 (OCF)
描述	基于采购量映射的行业/国家/全球排放因子	来自LCA数据库的产品行业平均数据	比行业平均水平更精细的技术或地理模拟数据集	从具体供应商处收集的相应产品的PCF数据	范围一和范围二的供应商具体分配的组织碳足迹, 供应商活动数据以及供应商范围三的平均排放因子数据。	范围一、二、三的供应商具体组织碳足迹 (每欧元或物理单位或二氧化碳排放量的绝对值)
前提条件	了解企业支出、货币和通货膨胀率 获取输入/输出模型	可用的物理数据 LCA数据的一致基础	供应链相关详细信息, 包括物理数据 产品层面的PCF数据	供应商是否愿意共享产品数据, 并将其作为基准线	供应商是否愿意共享产品的核算数据 (材料数目)	组织碳足迹和采购量数据或物理数据是否可用
应用	基础核算 热点分析 (国别、材料类别的贡献)	广泛的产品组合	通过普通减排策略实现减排量	供应商绩效测量 跟踪气候目标进展	一般供应商表现	一般供应商表现
活动数据来源	采购记录(+价格调整)	报告企业的企业资源计划 (ERP) 系统物料清单	报告企业的企业资源计划 (ERP) 系统物料清单	报告企业的企业资源计划 (ERP) 系统物料清单	供应商数据	报告企业的采购或企业资源计划 (ERP) 系统
排放因子来源	环境延伸投入产出模型	LCA数据库 按需提供的文献或数据	报告企业或咨询行业/产品的具体模型和平均LCA数据	基于原始数据收集的供应商PCF	一级供应商的组织碳足迹数据和一级供应商上游的平均LCA/PCF数据	可持续发展报告 CDP报告
优点	对所有产品进行完整和一致的核算 良好的地理区域覆盖	相对详细的产品差异化 年度差异化 容易获得	产品差异化详细 年度差异化	精确的产品差异化	供应商的具体表现 可能每年更新 在工作量和数据准确性方面有所妥协	供应商的具体表现 可能每年更新 计算简单快速

关于范围3.1的指导意见

定义	环境延伸投入产出 (EEIO)	行业平均 LCA	具体PCF	供应商的 PCF	混合型	组织碳足迹 (OCF)
缺点	只有粗略的产品差异化 统计数据的时间滞后,使用时间离下次更新较近时,有数据过时的风险 (由于价格和货币的影响而造成的不准确性) 没有标准化的 EEIO 模型 没有具体的供应商信息	人力活动数据往往不完整 不是所有产品和国家都有可用的排放因子数据 由于方法学更新,与基准年排放的可比性有限 时间上的代表性 LCA 数据库的成本 没有具体的供应商信息	人力活动数据的可用性 计算中的不确定性 没有具体的供应商信息	人力活动数据往往不完整 如果手动操作,数据生成、验证和收集的工作量很大 如果手动操作,则没有年度更新 可用性有限 如果没有详细的文档,则难以追溯	大量的数据收集工作 精度有限 难以验证	由于方法差异(范围三)和分配方式,导致不准确和低可比性 出现货币单位对价格和汇率影响敏感的情况
结论	非常基本的方法,在准确性和供应商表现衡量方面有局限	基本方法,但越是具体的产品组合,可用的数据越少	只提供有限的产品类别数据	准确度最高,但工作量大,对供应商有依赖性。然而,通过自动化和IT工具的应用,来计算和共享 PCF 和 PCF 数据,可以减少工作量	中等工作量,对供应商有依赖性	基本方法。只适用于供应商的同质化产品系列
* OCF = 组织碳足迹						

除了采用数据准确度较低的排放因子数据 (例如,支出或平均数据方法) 外,报告企业还可以使用抽样和推定的方法。使用替代方法,不变换数据类型,可以提高数据的可比性,从而提高一致性。公司应(按体积、重量或支出,见第4.2章: 优先排序方法) 计算至少80%采购商品和服务的排放量,之后使用推定法估算100%的排放量(WBCSD, 2013)。

温室气体核算体系将推定和代理技术定义为评估范围3.1温室气体排放的完全合法程序。为了估算范围3.1的排放总量,许多企业以具有可比性的排放强度将特定部分采购的排放计算推定到更多的商品和服务的采购中去。以下简要介绍了数据估算的主要方法及其潜在的应用和典型示例。表4.4列出了数据来源概览。

表 4.4 可用于核算范围3.1排放的数据源概览

估算方法	应用	实例
对占比较高的部分采用更准确的数据/计算方法	如有可能,采用80:20的方法	从供应商处收集20%采购产品的原始数据,这部分产品碳排放应超过报告企业范围3.1碳足迹的80%
对占比较低的部分应用准确度较低的数据/计算方法	<ul style="list-style-type: none"> 应用同一产品的行业平均PCF数据集,不使用特定供应商的PCF 采用在技术、地理或时间方面没有完全覆盖的行业平均数据集,不要采用完全覆盖的行业平均值(代用) 	<ul style="list-style-type: none"> 使用LCA数据库中的"DE: 氢氧化钠"数据集来估计位于德国的特定氢氧化钠供应商的影响 在无法获得供应商或具体国家的行业平均值的情况下,使用例如GLO或欧盟平均"氢氧化钠"数据集。
分组或合并类似的活动数据(如商品和服务)	根据以下情况建立化学品分组 <ul style="list-style-type: none"> SIC或NAICS分组 相似的化学结构 相同或类似的生产技术/工艺 采用代表具体群体的技术、地理和时间的产品的PCF	将甲醇的PCF应用于所有属于SIC代码2869的化学品——工业有机化学品,未另行分类。
从代表性样本中获取数据并将结果推定到整体	按照《温室气体核算体系》范围三计算指南附录A所述,利用简单随机、系统或分层抽样建立样本	某公司购买了特定化工产品类别的100种产品,希望确定平均PCF,该公司可以随机抽取20种产品作为代表样本收集数据
使用代用技术	推定、扩大或定制,使之更能代表给定的活动	<ul style="list-style-type: none"> 一家占产品采购量80%的供应商可以推定为代表100%的活动 来自加拿大的氢氧化钠供应商的排放量与来自美国的氢氧化钠的排放因子相近

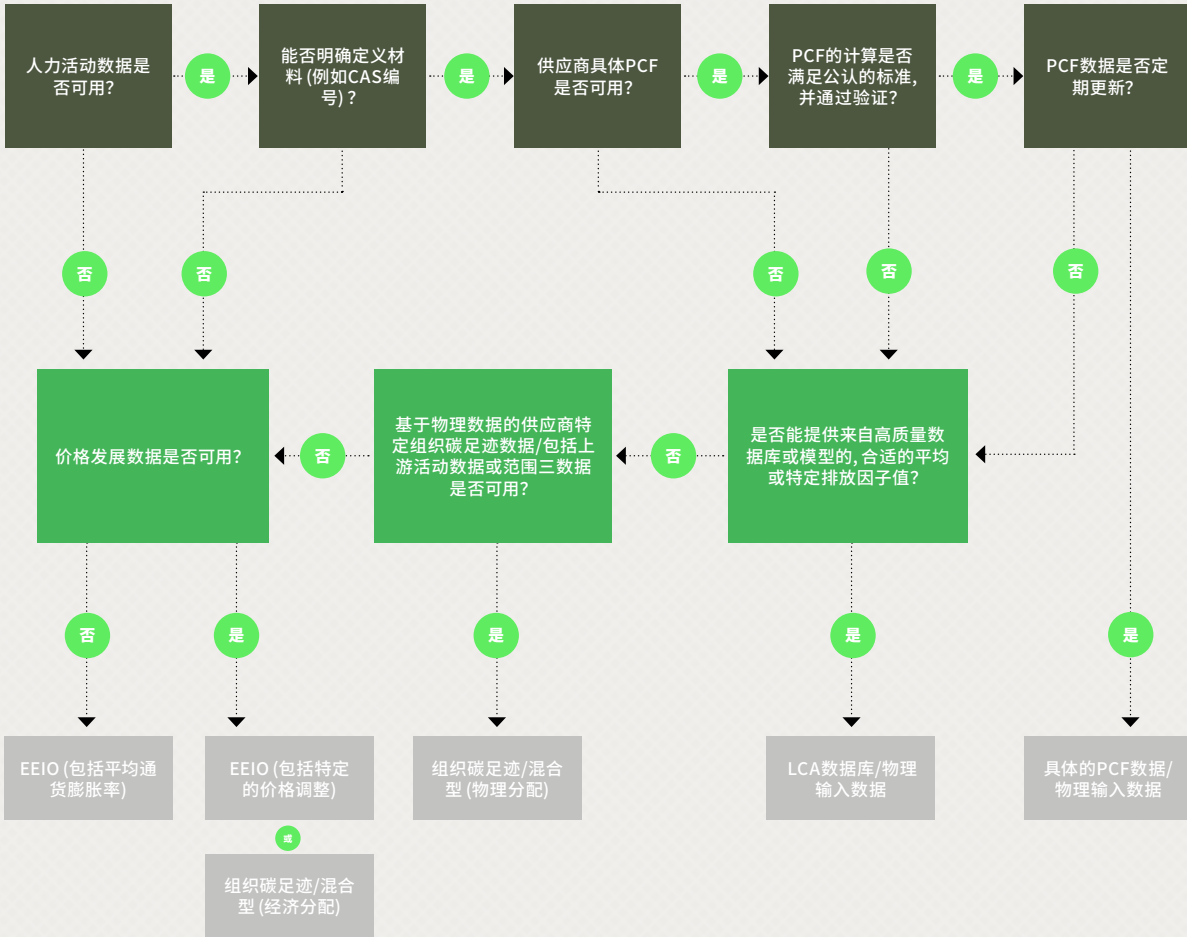
如果高质量数据无法达到80%,企业可以使用代用数据弥补数据缺口。代用数据是来自类似活动的数据,用作特定活动的替代数据。可以将代用数据推定,放大或定制,以使其更好地代表指定的活动。(例如,某活动的部分数据被推定或放大,代表该活动的100%)《温室气体核算体系企业价值链(范围三)标准》。

3) 数据映射

排放因子的数据提取取决于数据源。虽然EEIO数据可能来自公共数据源或咨询机构,但PCF数据(除了供应商的具体数据)通常来自LCA数据库。供应商具体数据目前最常见的形式是手动交付(例如,excel表格),但未来可以通过预定义工具和界面交付(见Tfs倡议WS 5.2)。CDP也是良好的供应商数据来源,例如PCF和营收强度因子。OCF数据可以从供应商的公开报告中获取,或者如果生产数量和产品划分数据可用,则每年通过CDP或Ecovadis等收集一次。描述排放因子的属

性(例如,地理位置、时间和技术范围)可能有助于将因子映射到活动数据。LCA数据库的国际生命周期数据(ILCD)格式,能够提供一致属性集,这种数据格式的颗粒度通常高于供应商提供的数据,并且不适用于OCF或EEIO数据。本指南附录中列出了与公司内部PCF数据交换相关的属性。用于支持决策过程的决策树如图4.5所示。

图 4.5 选择排放因子数据的决策树 (注: 根据本指南第5.2.2章, PCF的有效期最长为5年, 必须在有效期结束前更新。)



4) 排放因子的更新和升级

手动完成工作时, 将排放因子数据归属到活动数据的过程可能相当耗时。提供一套预定义的属性、规则和质量标准有助于实现映射过程的自动化 (或半自动化)。根据企业采购材料组合的复杂程度, 可能仍然需要对产品细分进行最终审查和/或引入排放因子专家。

5) 供应商参与

定期更新报告的要求包括定期更新排放因子。考虑温室气体减排目标, 许多企业可能会争取每年更新其排放清单 (4.1)。活动数据和排放因子的更新可以包括长时间以来的实际变化、修正已发现的错误、数据质量的其他提升、或改变计算

方法。企业必须了解数据如何变化, 以及任何数据变化的原因。可以理解, 最初开始数据收集的几年, 数据质量可能较低, 但企业应根据减排目标尽可能地提高数据质量。对于化工行业, 过渡到使用供应商具体数据, 是最有效提高数据质量的方法之一。这种数据过渡可以优先用于利用率高的输入和温室气体排放量相对较高的输入方面。供应商可以大力降低产品的PCF, 降低自身排放量, 同时也有助于为客户范围3.1的减排作出贡献。

LCA数据库的数据每年更新一次, 而供应商数据的更新频率可能较低。建立正规和/或自动化的排放因子更新流程, 可以维持流程稳定, 并减少工作量。如果要求供应商提供PCF数据, 有可能需要尽早计划, 并与供应商交流。4.3) 排放因子更新也可以包括某些排放因子的升级, 如更换排放因子的数据

源。例如,在报告年度将数据来源由LCA或EEIO数据库的行业平均数据集改为供应商具体数据集可能需要(取决于重要性和重新计算的方式)使用新的排放因子,调整基准年和任何其他之前年度的计算。(比较第4.5章关于基准线的重新计算)。如果要将基于支出的方法转为针对更具体供应商的方法,企业需要:

- 从范围三总排放中去除或降低具体采购商品或服务基于支出的数据。
- 在新的范围三计算中,尽可能采用特定供应商的PCF数据,或其他行业平均PCF数据,不采用基于支出的数据。
- 将新的核算方法应用于基准年和任何之前年度的计算。
- 这将导致计算方法的组合。

例如,A公司每年在采购商品和服务上的支出总额为500万美元,其中10万美元用于购买300千克输入产品Y。虽然A公司一直使用基于支出的方法来计算其范围三排放,但产品Y的供应商现在能够提供产品Y的PCF值。产品Y的PCF值为10千克二氧化碳当量/千克产品Y。为了应对该变化,A公司遵循以下策略:

$5,000,000 \text{ 美元} - 100,000 \text{ 美元} = 4,900,000 \text{ 美元}$,仍然使用基于支出的方法。购买300千克产品Y \times 10千克二氧化碳当量/千克产品Y = 3,000千克二氧化碳(基于产品Y的输入量)因此,基于支出方法计算,范围三类别一包括的采购商品和服务总额 = 支出4,900,000美元的温室气体排放量 + 3,000千克二氧化碳当量(基于产品Y的输入量)

企业应鼓励其供应商调查和汇报温室气体数据(5.1)。与供应商密切接触有助于建立在排放量相关信息方面,以及在实现温室气体减排的机会和效益方面的共同理解。积极交流可以帮助双方更好地了解产品上游的排放驱动因素,更好地使用和处理报废产品,还有助于减少对PCF数据共享的担忧。最后,数据管理计划必须定义可操作且具有战略性的排放因子目标需求,应与报告企业温室气体减排目标一致(5.2)。

供应商数据的重要性

减碳不是线性过程,基于不同的行业,地理位置,政策和市场驱动力,减碳的速度不同。即,某些企业和产品的减碳速度将比其他企业更快。考虑到这些动态变化,区域性和全球性的排放因子可能会高估或低估采购商品的实际排放量,由此导致数据不确定,这是企业在追踪及实现范围三减排气候目标进展中面临的迫切问题。

对此,供应商数据是切实可行的解决方案。通过CDP等项目、行业团体或直接从供应商处收集的供应商数据可以替代排放因子,与报告企业的活动数据(如采购数量或支出)相乘,例如:

- 相关采购商品的供应商PCF(每千克产品的千克二氧化碳当量)
- 相关商品和服务的收入碳强度因子(每欧元或美元收入的千克二氧化碳当量)

在应用供应商的排放因子时,应注意验证因子计算是否正确,以及是否应用于正确的采购商品或服务。

4.5 目标基准线和重新计算

当企业选择跟踪绩效或设定减排目标时,企业必须:

- 选择范围三的基准年,并说明选择该特定年份的原因;
- 制定基准年排放重新计算的相关政策,阐明任何重新计算的依据;
- 当企业结构或核算方法发生重大变化时,必须重新计算基准年排放量。

重新计算基准年排放量

为了持续跟踪范围三排放量,当企业结构或核算方法发生重大变化时,企业必须重新计算基准年排放量。这种情况下,为确保前后始终一致,并允许对排放清单进行长期且有意义的比较,重新计算基准年排放量是必须的,当发生以下变化,并对排放清单产生重大影响时,基准年排放量必须重新计算:

- 报告企业结构变化,如合并、收购、撤资、外包和内包。
- 计算方法学改变,数据准确性提高,或发现重大错误。
- 范围三排放清单中包括的类别或活动的变化。

在这种情况下,必须重新计算基准年排放量,以确保所申报温室气体排放数据前后一致并且相关。企业在温室气体排放增加和降低时,都必须重新计算基准年排放量。排放量变化较大的原因不仅应归因为单一的重大变化,也可能来自各个较小的变化相加,导致结果变化较大。作为基准年排放量重新计算的政策一部分,企业必须建立并公布与企业温室气体排放目标一致的显著性阈值。企业对重新计算政策的应用必须前后一致。

建立重新计算政策的指导原则和化工业的部分附加主题将由TfS在另一份独立文件中制定,称为白皮书,涵盖重新组织报告主题的建议《温室气体核算体系企业价值链(范围三)标准》。

4.6 附加的核算和申报指南

化工业中,需要处理一些普通核算方法无法处理的特殊情况。因此提供以下内容,描述主题及相关程序。主题内容包括对于特殊案例,如何尽可能避免重复计算,尽可能进行准确的数据处理以及核算。

4.6.1 包括来料加工在内的合同生产

合同生产活动的排放报告原则:

- 生产步骤中存在外包时,不允许将产品相关排放量归于外包,同时尽量减少重复计算。
- 计算排放量所需的信息应可获得,且工作量合理。

术语说明:

合同生产商指为另一家公司(客户)生产产品的公司,它利用自己的资产,按照生产合同为客户生产产品。合同生产的产品所需的原材料、能源、公用事业,完全或部分由合同生产商购买,或者完全由客户提供。

委托生产商与上述定义中的合同生产商基本相同,但委托生产商以另一家公司(客户)的知识产权名义进行生产。

客户指将产品生产外包给合同生产商的公司。

4.6.1.1 合同生产所需的原材料、能源和公用事业等完全由合同生产商采购

从温室气体核算的角度,合同生产产品(CMP)的原材料、能源和公用工程部分完全由合同生产商采购,必须与采购商品或其他任何购买的原材料同等对待:

$$\text{排放}_{\text{范围三类别}} = \text{质量}_{\text{CMP}} * \text{PCF}_{\text{CMP}}$$

合同生产商应计算所生产产品的PCF(PCF计算指南见第5章),并将PCF提供给客户,即报告企业,但如果没有生产商的具体PCF,则可使用数据库的PCF值或代用值(请参考5.2.5:数据类型和来源)。

4.6.1.2 合同生产使用的原材料、能源和公用工程等, 部分由合同生产商采购, 或全部由客户提供

在合同生产中, 原材料、能源和公用工程只有部分由合同生产商采购, 或全部由客户提供时, 范围3.1排放的计算结果区别, 取决于合同生产商提供的排放数据详细程度, 以及客户为合同生产商工艺提供的原材料和/或能源的多少。

排放量和由此产生的PCF应基于活动数据进行计算, 活动数据由合同生产商利用原始或次级排放数据, 以及客户提供的原材料和能源的排放信息收集。通常, 如果可能存在任何反垄问题, 客户不应要求提供活动数据。

关于客户提供的原材料、能源等, 以下建议计算规则的假设和先决条件是客户的温室气体清单中已经考虑了这部分原材料和能源的排放, 例如范围3.1或范围1或2的排放。

从交换汇总的PCF数据中, 无法提取活动数据。然而, 如果客户将前体的PCF值提供给合同生产商, 与生产过程相关的 (例如能源使用) 温室气体排放PCF值, 必须由合同生产商加入到新的PCF计算中。然后合同生产商应向客户提供新的PCF以反映生产过程。应避免从计算中提取商业关键信息。本指南不主张违反任何适用法律或反垄断条款, 建议企业在交换部分PCF数据时, 向法律顾问核实是否合规。

尽量避免重复计算客户订购并收到的合同生产产品和客户购买并提供的原材料的排放量, 但一般这种情况可以接受。然而如果有更准确的信息, 则必须利用这些信息来减少重复计算。

根据所提供的信息, 必须采用以下方法, 其中提供合同生产产品的原始数据始终是首选:

- 1) 如果合同生产商无法提供基于活动数据和原始或次级排放数据计算的合同生产产品PCF值, 则必须使用数据库的碳足迹, 代用数据或者估算的PCF值计算合同生产的排放量。该通用PCF不允许根据客户为生产该产品提供的已知能源和/或材料量进行调整。

- 2) 如果合同生产商能够提供完整的从摇篮到大门的PCF值, 客户作为报告企业, 必须根据以下选项之一计算排放量:

- 2a) 合同生产产品的排放量引用合同生产商提供的"从摇篮到大门"的PCF进行计算, 即从客户报告的相应范围3.1的排放量中减去客户提供的能源和/或原材料造成的排放量。如果提供给合同生产商的原材料是由客户企业生产的, 合同生产产品的PCF可以通过考虑客户生产和提供的原材料在合同生产产品中的必要比例, 降低每千克提供产品的排放量。

- 2b) 与合同生产相关的范围3.1排放使用合同生产商提供的"从摇篮到大门"的PCF计算, 则客户提供的能源和/或原材料会造成排放的重复计算。

- 3) 合同生产商应尽可能提供已经减去客户提供的能源/材料排放量之后"从摇篮到大门"的PCF, 以避免重复计算。在这种情况下, 客户在计算和报告排放量时, 不得减去由客户提供的能源和/或原材料造成的排放量。

如果满足以下情况

- 1) 至少90%的原材料 (始终包括催化剂和其他高二氧化碳当量原材料)、能源和公用事业由客户提供。
- 2) 并保证合同生产商不配置任何温室气体密集型的原材料, 如催化剂等。

可以按照以下附加选项来计算排放量:

合同生产商应向客户提供合同生产产品生产过程中的直接排放量以及由废弃物和废水处理导致的排放量, 单位为千克二氧化碳当量/千克。在这种情况下, 客户必须仅将以上条文中提到的这些额外排放量考虑进范围三类别一的排放中。

如果合同生产过程是大众较为熟悉的常见过程, 客户应基于燃料消耗和化学计量, 计算直接排放以及废弃物和废水处理导致的排放, 并从范围三类别一的排放中减去这些排放量。

特殊案例"外包单个次要流程的步骤":

单个次要的生产流程外包给另一家公司(合同生产商),如:简单的机械、热处理过程或化学反应。原材料或中间产品交付给合同生产商加工,之后由委托方采购或回收。原材料或中间产品和加工产品都记录在内部订单系统(例如ERP系统)中。

可以采用以下核算方法:

- 1) 排放量的计算采用外包流程步骤之后合同生产商品的"从摇篮到大门"PCF。范围3.1的排放量应减去作为初始材料的原材料/中间产品的购买量或排放量。
- 2) 排放量的计算采用原材料/中间产品的PCF以及外包流程的部分PCF。如果不知道外包流程的部分PCF,则必须通过热点分析(80:20方法)对应确定的必要(如按支出、按质量或按能源强度)流程进行估算。由此确定的质量/支出/能源加权PCF值应用于估算尚未考虑的非必要流程的排放量。如果产品在加工流程之后,在ERP系统中被额外追踪,应从范围3.1排放中减去产品排放量,以免因列入不同系统而发生重复计算。
- 3) 如果(部分)PCF仅涵盖整个生命周期的一部分,如,来自外包流程和/或外包流程之前的原材料无法提供根据ISO14067定义的从摇篮到大门的数据,则可接受重复计算,并应如实披露。在最终推定步骤中,必须考虑将购买以及加工的材料推定成为100%的采购材料(见第4.4章)。

如果合同生产商是报告企业,必须报告所有由生产引起的排放,包括上游的排放(分别为范围1、范围2和范围3.1的排放),但客户免费提供的原材料/能源等除外。

4.6.2 材料/商品交易

如果一家化工企业同时也是材料贸易商,则必须报告范围三相关的排放,特别注意类别一(购买的货物和服务)、四和九(上游和下游的运输和分配)、十一(已售产品的使用——如适用)和类别十二(已售产品的报废处理)。

如果交易活动是"纸面交易"(即购买和销售间隔时间不久),并且材料没有进入实际交付或运输阶段,贸易公司可以从其范围三清单中排除相应的温室气体排放。其本质原因是,在这些情况下:

- 由于通常不存在长期供货关系,因此无法追踪供应链,所以难以或无法获得供应商的具体信息。
- 频繁更换材料的"所有者",并且每个材料所有者都提交后续报告,将导致范围三排放计算高度重复。
- 考虑到这种交易目的,不应付出过多工作量收集数据,因为该交易仅是为了获取经济利益。

(世界可持续发展理事会,2013)

4.6.3 互换

互换是一种货物交易,两个商业伙伴(第三方)互相交付或交换产品。通常交换产品相同或相当,并且交换的数量相等。这种相互交付的交易通常是在对双方有利的情况下进行的。例如,由于:

- 优化物流(例如,节省运费、油费和海关费用)或
- 补救临时出现产品瓶颈或过剩的情况。

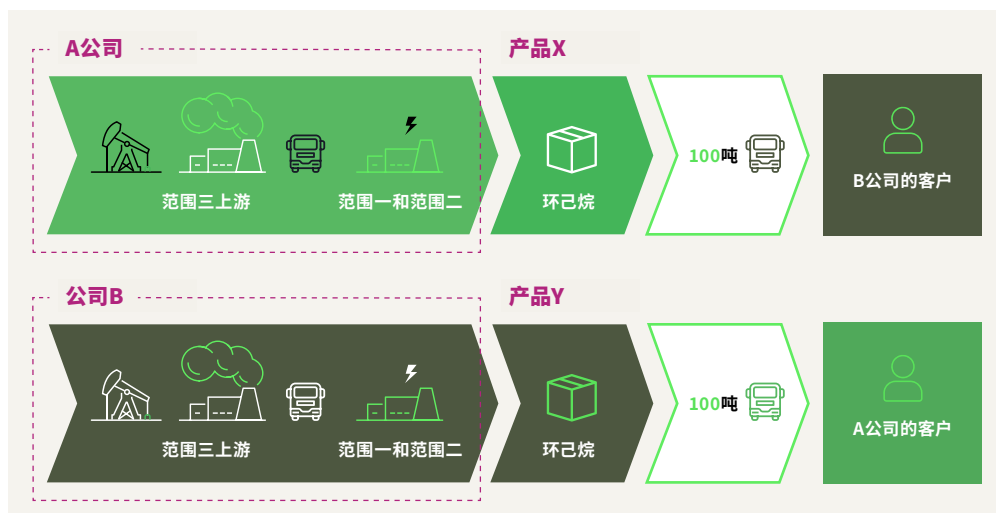
与化工产品相关的互换协议示例如下。

位于欧洲的A公司生产产品X,位于亚洲的B公司生产产品Y,两家公司达成互换协议,B公司将产品X(由A公司生产)出售给B公司的欧洲客户,A公司将产品Y(由B公司生产)出售给A公司的亚洲客户。

要区分互换协议的不同情况,即在一年期间(即在年度资产负债表中)是分别交换相等和可比较数量的化学产品,还是交换不同数量的化学产品。

对于所有互换协议,每家公司都必须核算与其产品相关的范围一、二和三的排放量,即A公司核算并报告与生产产品X相关的范围一、二和三的上游排放量,相对的,B公司核算并报告与生产产品Y相关的排放量。这意味着参与互换协议的两家公司都在范围3.1中考虑了与公司自己的原材料采购相关的温室气体排放量,而不考虑与在互换协议中实际交付给客户的产品相关的原材料采购的温室气体排放量。销售公司只需报告从互换合作伙伴到客户的运输过程温室气体排放量。范例2见图4.6。

图 4.6 产品相同, 而且互换数量大致相同, 示例1



A公司的账目和报告:

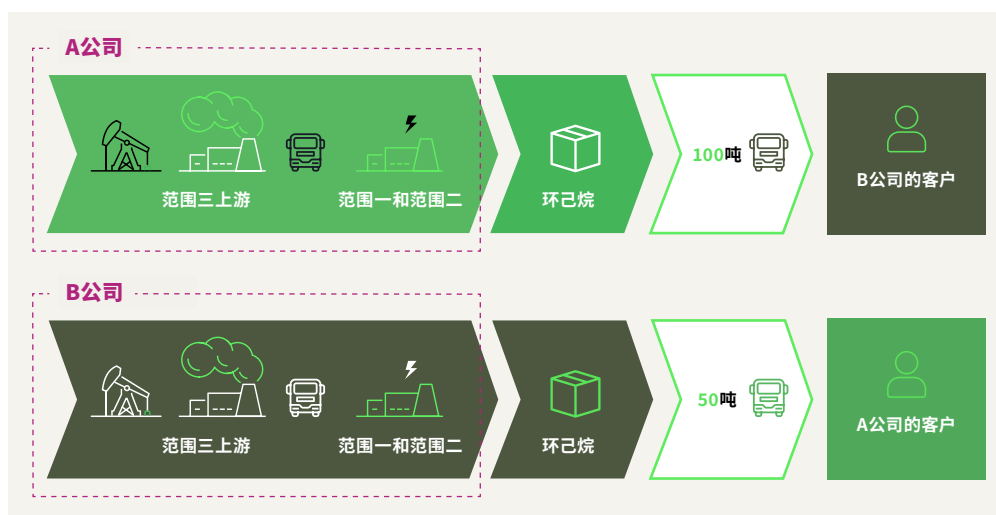
1. 与100吨环己烷 (产品X) 生产相关的范围一、范围二和上游范围三的排放。
2. 与100吨环己烷 (产品Y) 从交换伙伴 (B公司) 到其客户的运输相关的范围三排放。

对于B公司, 反之亦然。

提供给客户的PCF值是销售公司相同产品的PCF值。即, 例如, B公司的客户收到B公司生产的环己烷的PCF值, 而非A公司交付产品的PCF值。

这确保了公司只为客户提供PCF值, 其计算和数据基础由公司负责。此外, 即使互换双方变化, 与客户的沟通也仍然保持一致。同时也不会鼓励互换高碳足迹的产品。图4.7描述了示例2。

图 4.7 互换相同产品的不同数量, 示例2



A公司的核算和报告:

1. 与100吨环己烷 (产品X) 的生产相关的范围一、范围二和上游范围三的排放。
2. 与50吨环己烷 (产品Y) 从交换伙伴 (B公司) 到其客户的运输相关的范围三排放。

B公司的核算和报告:

1. 与50吨环己烷 (产品Y) 的生产相关的范围一、范围二和上游范围三的排放。
2. 与100吨环己烷 (产品Y) 从交换伙伴 (A公司) 到其客户的运输相关的范围三排放。
3. A公司外购原材料数量差为50吨, 提供其类别3.1中从摇篮到大门的温室气体排放量。

为了弥补各公司资产负债表中的数量差异, B公司实际只生产了50吨, 但向客户出售了100吨环己烷, 必须说明与“缺失的”50吨外购原材料相关的范围三类一“从摇篮到大门”温室气体排放量。

与客户之间的PCF相关沟通遵循与案例1相同的规则。

4.6.4 合资企业/联合协议

本节旨在明确如何核算由联合运营、合资企业或其他需由两个或多个企业共同负责的组织结构所生产产品的温室气体排放量。本节描述必须如何考虑这种类型企业关系的生产过程对采购商品和服务的影响。

企业具体选择的符合温室气体核算体系企业标准规定的核算方法将会有所不同。鼓励企业按照《化工行业价值链中企业温室气体排放核算与报告指南》(WBCSD, 2013) 的建议, 将温室气体核算报告与财务报告保持一致。这种方法确保温室气体信息与报告收入的内部一致性(表4.5)。

4.6.5 回收/可回收成分(报告内容与相应章节: 范围3.1与范围3.12)。

在化工行业的核算中, 计算回收产品和含有回收成分的产品指导原则将由TfS另外单独制定。本指南的第5.2.8.4章给出了计算质量平衡的PCF的指导原则。

废弃物是指生产运行、改造或使用过程中的任何残留物, 是指所有者计划丢弃的任何物质、材料、产品。最终丢弃的废弃物没有经济价值。术语“二次材料”指在最终丢弃前可以再次使用、回收、再利用的各类废弃物。回收这些材料所需的人力付出和相应的温室气体排放可以以不同的方式与输入和产生的二次材料发生联系。第5.2.8.4章给出了如何计算回收材料的PCF数据指南。如果企业购买和使用回收材料, PCF报告中必须反映回收的成分比例。

回收成分或回收过程的排放量, 可按不同类别进行核算:

- A) 如果企业购买的产品或材料含有回收成分(最高为100%), 则回收过程的上游排放量将被纳入该产品的“从摇篮到大门”排放因子, 反映在类别一(采购商品和服务)中。如果企业购买的回收材料的上游排放低于相等的原生材料, 则记为较低的类别一排放。在B项所述情况下, 企业可以回收其部分“运营废弃物”。
- B) 另一方面, 含有可回收成分的产品最终会成为可以被回收利用的废弃物。这一过程中产生的排放第十二类(已售产品的报废处理)中报告。

为了正确一致地将排放量分配给不同的公司和类别, 并避免重复计算, 需要建立标准化方法, 来设置统一边界。

遵循范围三核算和报告的废弃物等级制度, 企业也必须采用回收成分法(《温室气体核算体系》中范围三排放计算技术指南第77-79页详细描述)(WBCSD, 2013)。根据该方法, 回收过程的排放量必须包括在购买和使用回收产品的公司的范围3.1(采购商品和服务)中。

对范围3.12(已售产品的报废处理)解释如下:

- 企业必须只核算产品第一个生命周期的排放, 不核算产品回收后的任何排放。
- 在报告中, 回收产品的排放因子和能源回收的分配比例应该为零。

回收成分法通常与可用于再生材料输入的次级排放因子相一致, 因此易于应用。

表 4.5 股权比例和控制方法概述

股权比例法		股权比例作为公司范围一和范围二温室气体核算的一部分
控制方法	运营控制方法	如果合资企业处于公司的运营控制之下, 则纳入公司的范围一和范围二温室气体核算, 或者 如果合资企业不在公司的运营控制之下, 则列入公司的范围三排放(类别十五)
	财务控制方法	如果合资企业在公司的财务控制之下, 产品比例作为公司范围一和范围二温室气体核算的一部分, 或者如果合资企业不在公司的财务控制之下, 则包括在公司的范围三(类别十五)中。

4.6.6 生物碳排放和清除

TFS将在今后的独立文件中为在化工业核算中建立生物物质和质量平衡产品制定指导原则。本指南章节5.2.10.1至5.2.10.2和5.2.10.5给出了计算生物源清除和碳排放PCF的指南。

4.6.6.1 在从摇篮到坟墓的产品LCA中

根据欧盟委员会产品环境足迹 (PEF, 2021) 系统和《温室气体核算体系产品标准》，生物碳排放和生物碳清除定义为中性，与报废处理无关。碳吸收与报废阶段中的碳排放平衡。ISO允许计算生物碳清除，并要求根据实际应用、碳利用的时间表等单独计算排放量。报废情景下的长期使用或其他使用方式可以具体考虑。

根据ISO14067 (ISO 14067: 2018)，生物生长过程中吸收二氧化碳的生物碳清除量必须包括在PCF计算中。进入生物质的二氧化碳清除量在PCF计算中必须定性为进入产品系统时的-1千克二氧化碳/千克二氧化碳，而生物质的二氧化碳排放必须定性为+1千克二氧化碳当量/千克二氧化碳的生物碳 (ISO 14067: 2018)。详情见5.2.10.1章。

对于短期使用的焚烧材料，两种方法在“从摇篮到坟墓”的计算中结果相同。但是基于最终报废的方式，长期应用的计算差异显著。必须评估二氧化碳排放和清除时间的影响。对于其他从大气中清除二氧化碳的技术，这些规则通常也适用，必须指明对温室气体减排带来的具体效益。

如果有关产品在使用阶段和/或报废时的隐含碳排放，包括二氧化碳排放 (和前期清除) 发生在目标产品的使用时期和/或使用之后的生命阶段末期报废时间较长，需要进行定义 (如果在相关的PCR指南中没有另行规定)，这些排放可以忽略不计，或者可以作为长时间的碳汇处理。这部分二氧化碳排放和相应产品生产年份的时间表必须通过生命周期清单规定。产品系统的二氧化碳排放和清除的时间影响，如果已经计算，必须单独记录在清单中 (ISO 14067: 2018)。

4.6.6.2 企业核算中的生物碳排放

来自生物物质的排放通常由光合作用期间吸收的二氧化碳补偿。因此，许多企业将生物质燃烧作为零排放报告。如果不同企业采用不同方法或格式报告来自生物源头的排放，可以出现不一致或相互混淆的情况 (WBCSD, 2013)。

根据《温室气体核算体系企业标准》，报告企业价值链中发生的生物源二氧化碳排放 (如生物质燃烧产生的二氧化碳) 需要在公开报告中列入，但与范围三分开报告。

单独报告生物源二氧化碳排放的要求仅指生物质燃烧或降解产生的二氧化碳排放，不包括任何其他温室气体 (如甲烷和一氧化二氮) 的排放，也不包括生物质生命周期中除燃烧或生物降解以外的任何温室气体排放 (如加工或运输生物质的温室气体排放)。

范围一、范围二和范围三的清单一只包括排放量，不包括清除量。任何清除量 (例如，温室气体的生物吸收排放) 可以与范围分开报告 (WBCSD, 2013)。

在企业报告中，可以报告以下信息：

- 范围三的总排放量不包括任何生物源二氧化碳的排放或清除 (强制满足)。
- 分别报告：任何生物源二氧化碳清除 (如生物性温室气体吸收) 排放 (强制满足)。
- 分别报告：任何生物源二氧化碳清除 (如生物性温室气体吸收) (强制满足)。

4.6.7 质量平衡监管链

在化工行业的核算中,建立生物量和质量平衡产品的指导原则将由TfS另外单独制定。本指南的第5.2.10.5章给出了计算质量平衡的PCF的指导原则。

监管链是一套管理流程,该过程用于当材料在供应链上流动时,传输,监控并控制材料的相关信息(ISO 22095:2020)。质量平衡方法是一种监管链模型,其中具有一组特定特征(如回收成分、生物成分或其他可持续材料来源)的材料可以根据定义的标准与没有该组特征的材料(如原生化石材料)混合。在化工行业,质量平衡监管链有助于让更可持续的替代材料取代化石原材料,减少消耗化石资源并向循环经济过渡。

在**质量平衡监管链系统**下,(对转换因子和过程产量损失进行调整后)经认证的替代原材料的数量可以以单个产品的具体数量为形式分配。与分开使用替代原材料相比,质量平衡可以利用现有的生产网络,尽量减少对新工艺技术和生产设施的投资,甚至免除投资。然而,替代原材料在产品中的含量只能使用分配法,大多数情况下不能通过分析方法进行追踪,例如,生物基含量的碳十四法。

注意:本指南中的“质量平衡”一词是指监管链系统,它与质量的物理守恒概念不同。

为了切实有效的应用,必须安装可靠的记账系统,以避免重复计算和所归结替代产品的销售量超过采购替代原材料的数量。此外,质量平衡方法也可应用于作为原料输入到化工业的回收材料。

质量平衡产品的计算

质量平衡法用于多个行业,在这些行业中,在加工过程中将可持续材料和传统材料在物理层面上分开是不现实的。质量平衡法确保供应链中可持续产品的数量与可持续材料的投入平衡(不超过),并根据产量和转换因子进行适当的调整。

可持续原材料和传统原材料的共同加工导致生产出混合来源的材料(如化石基、生物基、回收废弃物基),这些材料在成分或技术特性方面无法区分。质量平衡法允许将可持续成份分配给单个产出,以实现使用可持续材料的价值。

质量平衡产品的PCF通过替换化石原材料的影响来计算,替换原材料的排放必须避免重复计算。如果替换原材料被分配给专门的物料平衡产品,所有其他产品必须以化石原材料的影响计算。此外,在技术上或化学过程上,必须能使用替换原材料生产物料平衡产品。

4.6.8 抵消、碳捕集与碳存储(CCS)和碳捕集与碳利用(CCU)的具体规定。

在化工行业的核算中,建立抵消,碳捕集与碳存储和碳捕集与碳利用的指导原则将由TfS另外单独制定。本指南的第5.2.10.4章给出了计算碳捕集与碳存储和碳捕集与碳利用的PCF的指导原则。

对抵消、碳捕集与碳存储和碳捕集与碳利用应用具体的规则。其中直接或间接碳清除作为过程的一步,往往超出了报告企业的边界。

在化工行业的温室气体核算中,建立抵消,碳捕集与碳存储和碳捕集与碳利用的指导原则将由TfS另外单独制定。本指南的第5.2.10.4章给出了计算碳捕集与碳存储和碳捕集与碳利用的PCF的指导原则。

一般来说,必须考虑以下方面:

- 报告公司必须将所有碳抵消与范围一、二和三的排放分开报告。包括有证书和无证书的碳抵消。
- 必须满足任何监管报告要求。
- 按照《温室气体核算体系》企业标准的指导,企业必须将其排放量与用于实现任何既定温室气体减排目标的抵消量分开报告,而非提供单个净数值。
- 企业必须公开透明地公布所报告的抵消量来源。
- 非捆绑证书必须作为单独的抵消量报告(即不调整排放因子)。
- 由电力供应商购买的证书(即供应商代表企业购买证书)必须作为单独的抵消量报告。

- 捆绑在可再生能源证书 (REC) 上的外购能源的排放必须根据可再生能源证书中给出的排放因子进行报告。《温室气体核算体系范围二指南》
- 如果一家企业出售其在报告范围内的减排量证书, 必须将影响报告为正的"抵消"。

(ISO 14064:2019, WBCSD, 2013)

组织可将可选信息与所需信息和建议信息分开报告。下文所述的每一类可选信息都应与其他信息分开报告。

组织可以报告温室气体属性 (基于市场的方法) 合同工具的计算结果, 以温室气体排放量 (吨二氧化碳当量) 以及转换单位 (如千瓦时) 表示。组织可以报告购买量与消耗量的对比。

组织可以报告抵消或其他类型的碳信用额。如果这样, 该组织:

- 必须公开该组织编制的温室气体计划;
- 如果抵消或其他类型的碳信用额来源于同一温室气体计划, 并且年份时间合适, 则可以将其相加;
- 不应在组织的直接或间接排放清单中增加或减少抵消或其他类型的碳信用额。

组织可以报告储存在温室气体库中的温室气体。

05

供应商的产品碳足迹计算规范

价值链上的产品层面二氧化碳排放透明度对于与供应链成员企业合作, 识别、跟踪和减少温室气体 (GHG) 排放至关重要。

来自各个工业部门的客户在减少温室气体排放方面的需求明显增长, 因此对二氧化碳排放透明度的要求日益上升。

供应链成员之间共享产品碳足迹信息,允许企业跟踪其范围三内的温室气体排放,并促进减排工作《温室气体核算体系范围三标准(2011)》。

以下要求适用于计算产品相关“从摇篮到大门”的温室气体清单,也可作为计算化工行业产品碳足迹的全球性标准/指南。遵守这些要求可以让产品碳足迹的计算具有可比较性,创建公平的竞争环境。为了实现更高的透明度,达到数据的可比较性,关于所用方法或标准的信息必须作为数据交换的要素之一与下游共享。

本指南适用于所有化工业产品,与产品的最终用途无关。

产品碳足迹的模型建立基于可比较的指南或标准,确保模型计算结果的一致性。两种可比较的材料其产品碳足迹结果可能会基于技术、供应商使用的数据、地理位置等方面不同,而出现差异。

然而,应该详细描述建立模型的基础,确认符合本指南。以避免因使用不同的评估方法而产生差异。计算结果应该与有意义的统一报告一同提交,解释计算过程及计算结果的依据,特别注意应用了不同方法的情况。此外,计算依据必须遵循本指南,特别是在应用了不同方法的情况下。从业者或进行产品碳足迹计算的人员直接负责模型准备、数据计算、结果质量以及将产品碳足迹汇报给第三方。

只有供应商完成精确的报告之后,才能对计算进行审计。因此,本文件额外提供了一套属性列表和具体要求,来支持通过特定平台进行数据交换,确保接收方获得清晰、高质量、有意义的信息。

本指南由“共同促进可持续发展(TfS)”组织的专家与试点公司以及第三方组织共同编制。它反映了全世界主流公认标准的现状。并且进一步规定了对化工业产品的要求,程序和评估方法。如果由于其他通用标准变化,目前尚未纳入考虑的内容出现,或市场出现了新的要求而需要进行重大修改或调整,本指南将进行更新。修订内容将发布在TfS网页上,并列与与上一版本相比的区别。旧版本将保存在TfS可访问的存档中。

TfS了解,由于在计算中所选择的底层方法论不同、使用数据具有不确定性、数据质量不同、地区和技术的差异等,通常类似产品的碳足迹数据难以进行比较。然而,本指南的应用旨在减少比较化工产品碳足迹数据过程中的问题。在未来,产品碳足迹将成为重要信息源,用以支持企业温室气体减排战略。

供应商依据特定行业指南提供产品碳足迹信息,将有助于提高供应链的透明度。一份优秀的报告,明确了相关信息,包括范围,使用标准,所应用的产品类别规则和数据来源,分配方法等,将促进对化工业产品碳足迹的理解。

产品碳足迹研究报告目的是描述碳足迹研究,包括产品碳足迹或部分产品碳足迹,并证明满足了本指南条款。企业获得的产品碳足迹结果有多种不同的使用方式。第一种情况是企业与企业之间交换数据,并推荐进行内部审查。此外,企业可以用不同的方式发布产品碳足迹结果,根据《ISO 14026:2017》要求进行外部审查。产品碳足迹分析的结果和结论必须公正地记录在分析报告中。必须对分析结果、数据、方法、假设和生命周期提供透明的解释以及足够的细节,让读者能够理解产品碳足迹研究中固有的复杂性和各种权衡(ISO 14067:2018)。

本指南重点关注政府间气候变化专门委员会(IPCC)定义的所有相关温室气体(GHG)。相关的温室气体排放及其排放因子在章节5.2.6中详细描述。

然而,如果需要分析化工产品温室气体以外产生的其他环境影响因素(如空气质量、水资源利用、生物多样性),也可应用本指南的基本原则。这些问题日趋成为化工行业客户的普遍要求,有可能利用相同的方法来评价各种影响。这种情况下,需要进一步深化规范,这是今后可能开展的工作,也是本指南的范围延伸。

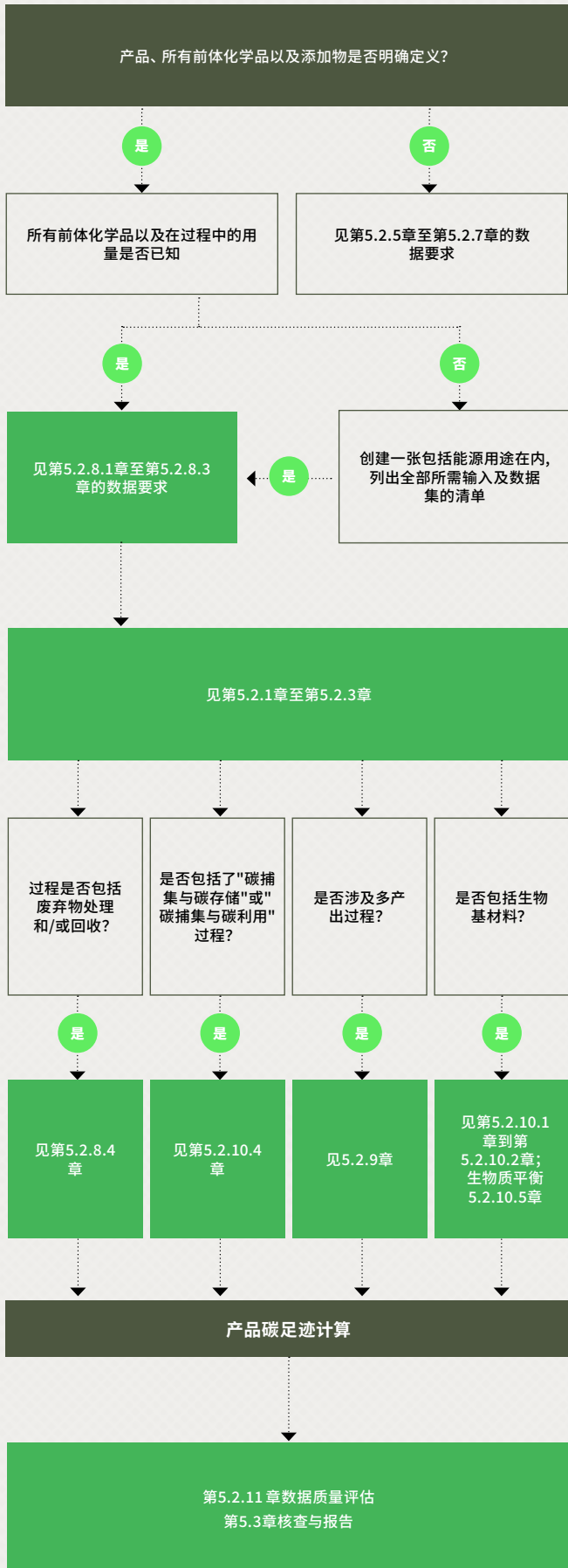
图5.1是本指南的概览,用于在指南中查找章节,跳过其他章节找到最相关的章节。图5.1还为入门级的读者提供支持,使其能够相对快速地开始初次计算,并在以后跟进相关的具体问题。

目前,德国莱茵TÜV集团能源有限公司正在为TfS提供以下服务,预计将在2022年第三/四季度完成:

- 根据所有适用的相关标准(如SBTi、WBCSD、温室气体核算体系等)评估本指南。
- 检查本指南是否充分定义了申请者应提供报告的要求。
- 测试可用性,并提出优化建议。
- 在测试阶段(TfS,WP1-4)和最终定稿阶段(TfS,WP1-5)进行反复讨论,提出潜在改进方案。

可以确认,本指南采用的方法和计算方式合理,透明,并且适用于本指南的编制目标。提出的方法和计算实例具有一致性,透明度,并且易于理解。

图 5.1 指南各主要章节概述



5.1 目标和范围

5.1.1 通则

本指南的范围包括“从摇篮到大门”的产品碳足迹计算方法，并且引用了“声明单位”（见第5.1.3章）。

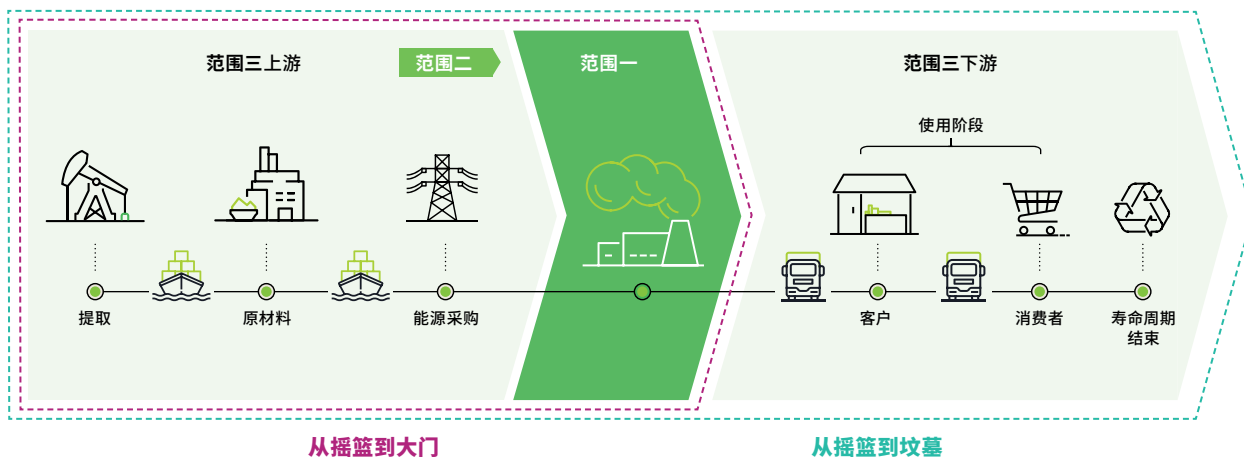
本指南基于不同机构制定的标准和指导，来计算从摇篮到大门的产品碳足迹。

一般主题遵循第5.2.4章中提到的标准。必须指出，本指南为现行标准中缺乏详细说明了的化学品界定了具体规则。指南完全符合ISO标准和温室气体核算体系，此外，完全满足其他所有相关标准或指南的难度很大。德国莱茵TÜV集团对合规性进行了检查并验证。

本指南选用的“从摇篮到大门”产品碳足迹是指产品体系内一个或多个选定过程中温室气体（GHG）排放量和减排量的总和，以二氧化碳当量（CO₂e）表示，以全生命周期内选定的阶段或过程作为基础。本指南选定的阶段涵盖了系统边界内的所有活动，系统边界详细定义见第5.1.2章。

注意，将产品评估内容限于温室气体方面的优点在于能够简化分析过程，并且将分析结果清楚地呈现给利益相关者。仅列出温室气体清单的局限性在于有可能遗漏多种环境影响之间潜在的权衡或共同效益。因此，仅有温室气体清单的结果，不适用于评估产品的整体环境表现《温室气体核算体系产品标准（2011）》。

图 5.2 系统边界定义



5.1.2 系统边界

本指南将边界定义为“从摇篮到大门”的产品碳足迹，包括整个开采提取、生产和运输过程，直到产品离开工厂大门。一般来说，产品使用和到时报废阶段的下游排放不包括在“从摇篮到大门”的产品碳足迹计算中(图5.2)。

以下活动**必须包括**在“从摇篮到大门”的产品碳足迹计算中：生产过程中所有与产品相关的直接(范围一)和间接(范围三)温室气体排放，包括化石或生物质清除、能源消耗(范围二：电力、外部热量和蒸汽；范围一：天然气、沼气等燃料消耗)、公用事业、生产、入站运输、现场交付运输、工艺废弃物处理和废水处理以及所有与原材料消耗有关的“范围三”温室气体排放，包括反应中消耗的催化剂(BASF SE, 2021)。表5.1提供关于所纳入活动的进一步信息。

本指南重点关注产品，因此以下活动**不允许包括**在“从摇篮到大门”PCF的范围内：制造生产设备、建筑、基础设施和基建物资，人员的商务旅行，人员的上下班通勤，以及研究和开发活动(探路者框架, WBCSD)。见表5.1, 同时见第5.2.3章关于取舍的要求。

基于取舍标准或客户要求，下列活动可以纳入系统边界，也可排除在系统边界之外。一般来说，产品的出厂运输应排除在外(见图5.2)。如果基于客户要求，需要考虑出厂运输，可以单独计算和报告。产品的包装活动可以纳入系统边界，也可以排除在外。对于许多化学品，就质量和环境影响而言，包装的影响在计算产品碳足迹时可以忽略不计。例如，由供应商运送到客户生产场地的散装化学品属于这种情况。对于其他化学品，如特种化学品或建筑施工化学品，包装可以在产品碳足迹计算中起到更重要的作用，即以较小单位分装式出售的产品(例如，桶装、筒装或包装卷)。根据本指南第5.2.3节中定义的截止标准，在计算产品碳足迹时可将包装活动纳入或排除在外，这取决于其质量大小和环境影响。如果纳入包装活动，应反映在声明单位中(见第5.1.3章)。

系统边界必须作为用于确定哪些单元过程被纳入产品碳足迹研究的基础。如果使用产品类别规则(PCR)，该规则内对相应纳入过程的要求应取代以上要求(见第5.2.4章)。根据ISO 14067《ISO 14067: 2018》，产品类别规则是“一套具体的规则、要求和指南，用于评估产品的碳足迹或产品量化的部分碳足迹。适用于一个或多个产品类别”。用于确定系统边界的标准，如取舍标准(第5.2.3章)，必须在产品碳足迹计算报告中确定，并进行内部记录。

必须决定在产品碳足迹研究中纳入哪些单元过程，以及对这些单元过程的分析详细程度。只有在不会明显影响产品碳足迹计算的总体结论情况下，才允许排除生命周期各阶段、处理过程、输入或输出。在“从摇篮到大门”的方法中，产品使用和处理阶段并非没有影响，但不在分析范围以内，因此将其排除在外。在第5.1.3章中详细介绍了取舍法。

下表统一描述了必须纳入系统边界或排除在系统边界之外的活动，以及可选择的的活动。

表 5.1 系统边界中应纳入和应排除的活动, 以及可选活动

纳入活动	排除活动	可选活动
与生产有关的原材料 (包括所消耗的催化剂和辅助材料) ¹	服务, 如工程或基础设施服务、研发活动	包装, 取决于具体的产品和满足排除在外的要求
基础设施资源消耗	商务旅行或员工通勤	出场运输 (如果包括在系统边界内, 必须单独说明)
能源消耗	投资所需物资及设备的生产	进场运输 (如果不相关)
生产过程和相关的现场基础设施运行/生产直接排放	满足取舍要求的活动 (按照第5.2.3章规定)	
原材料的运输和场地之间的运输		
处理或丢弃过程废弃物以及废水处理		

(1) 与产品生产无关的采购 (通常称为间接采购) 包括所购买的货物和服务, 这些货物和服务不是公司产品的组成部分, 而用于支持业务运行。与生产无关的采购可能包括生产资料, 如家具、办公设备和计算机。来源: 《温室气体核算体系企业价值链标准》。

5.1.3 产品碳足迹声明单位 (DU)

声明单位 (DU) 描述产品数量, 在“从摇篮到大门”的产品碳足迹量化计算过程中用作参考单位。对于化学品而言, 声明单位通常被定义为1千克产品。

本TfS指南只涉及声明单位的使用, 因为仅指导计算从摇篮到大门的产品碳足迹, 不包括整个产品生命周期。

产品碳足迹以每声明单位的千克二氧化碳当量表示, 反映了温室气体排放对气候变化的累积影响。同一产品的不同供应商必须使用相同的声明单位来计算其排放量 (BASF SE, 2021)。

标准单位最好是每千克产品的二氧化碳当量。对于某些特定产品, 如气体 (如氢气、液化石油气), PCF的声明单位可以使用每标准立方米产品。此外, 有些产品以体积单位 (如升) 作为销售基础, 此时PCF可以用体积单位表示。在这些情况下, 供应商必须提供转换因子 (相应条件下的密度), 以便将其转换为第5.3章中属性列表要求的千克。不允许使用任何其他计量单位, 如件或欧元。

对于工艺处理过程, 产品碳足迹可以表示为每吨蒸馏产品、每吨处理过的废水或每吨结晶过程中的产品的千克二氧化碳当量。

有些领域可能使用件或其他单位作为声明单位。无论使用何种声明单位, 都必须提供充分的实际转换信息, 以便于将这些单位转换为千克。

结果基于声明单位, 应表示为每声明单位的千克二氧化碳当量, 精确到小数点后一位。由于数值的变异性, 增加小数位数没有意义。精确到小数点后两位的结果应该四舍五入: 产品碳足迹值较高时, 可以省略一位小数。产品碳足迹值非常低时, 精确到更多小数位数更有意义。

1.25千克可四舍五入为1.3千克二氧化碳当量; 1.24千克可四舍五入为1.2千克二氧化碳当量。

PCF研究必须**明确规定**所研究系统的声明单位。声明单位必须与产品碳足迹研究的**目标和范围一致** (ISO 14067: 2018)。声明单位主要目的是为输入和输出计算**提供参考**。因此, 声明单位必须**明确定义并可测量**。举例说明, **声明单位**通常指产品的物理量, 如“1千克含水30%的洗衣液”。

计算产品系统的碳足迹时, 声明单位为出厂时的**1千克无包装**产品, 由于按照具体密度计算, 产品可以是任何状态 (固体、液体、气体) (BASF SE, 2021)。如果包装流程纳入计算 (见第5.1.2章), 声明单位为出厂时的1千克已包装产品。

本指南的下次修订版中, TfS将考虑在将包装流程纳入计算方面提供具体指导。

任何情况下, 都必须提供**声明单位**的明确定义, 作为计算产品碳足迹的基础。计算必须基于**声明单位**, 并必须在企业之间互相交换产品碳足迹数据时作为文件提供。

5.2 计算规则

5.2.1 PCF的计算步骤

本章包括制定产品碳足迹时应遵循的关键计算标准。

基于本文件进行产品碳足迹分析,通常应覆盖生命周期评估的四个阶段,按照以下步骤进行:

- (i) 目标和范围定义:必须定义声明单位,并确定应纳入系统边界内的全部相关活动和过程。系统边界概述见第5.1.2章,包括与产品成型、生产以及运输相关,从原材料开采到出厂之间的所有服务、材料和能源流动。
- (ii) 通过收集活动数据创建生命周期清单:必须收集系统边界内各个过程的活动数据(如材料输入、能源输入(电力、供冷和供暖)、采购产品和直接排放)。不同类型活动数据的适用数据要求见第5.2.8章。哪些活动可以从收集的数据中排除,见第5.2.3章。
- (iii) 生命周期影响评估:
 - a. 计算排放量:必须通过将相关活动水平数据与其各自的排放因子(每声明单位的二氧化碳当量)相乘来计算某一过程产生的温室气体排放量。活动数据这一术语用于描述例如材料的输入、工艺、化学反应、工作或净化步骤。数据类型和排放因子来源在第5.2.5和第5.2.6章中描述。
 - b. 可能需要增加额外步骤,如划分多产出工艺的排放量,或将它们分配给不同的输出产品。这部分问题相关指南见第5.2.9章。
 - c. 为灵活应用核算准则,计算应该完整,支持在必要时应用不同的分配方法。从而确保有必要时,可以遵守不同的标准准则(探路者框架,WBCSD),(BASF SE, 2021)。
- (iv) PCF合并:必须将所有温室气体排放量相加,计算PCF值。
 - a. 如果企业有多个生产场地,对每个生产场地都应使用其具体的地点数据进行自下而上的计算。如可行,对于不属于企业控制范围的过程,使用相应国家的次级数据。为便于交流,企业可根据各场地生产的各类产品产量,将具体场地点数据整体汇总为加权平均值。如果基于具体场地的产品碳足迹数据进行过平均处理,必须明确说明。此外,这也会反映在较低的数据质量分数上。

b. 一般来说,数据收集过程应尽可能细化,最好是来自相应产品的具体生产工艺。如果工艺级别的数据无法获得,必须收集工厂甚至场地级别的数据,工厂级别的数据优于场地级别数据。在这些情况下,整个工程设施或场地的能源使用排放因子或直接温室气体排放应归因于该设施或场地的具体过程。以上计算必须使用基于质量,时间,或其他物理属性的分配法。为此,需要分解因子(BDF),将设施或场地的温室气体排放分配给单个过程。分解因子的计算方式是过程的产品产量(吨)与设施或整个场地的产品产量(吨)的比例。随后将工厂或场地的温室气体排放量乘以该分解因子,得出过程的温室气体排放量。

(v) 文件和报告。

5.2.2 时间范围

产品碳足迹的时间边界指的是产品碳足迹值具有代表性的时间段《ISO 14067: 2018》。以下时间边界适用于不同类型的数据:

- **计算产品碳足迹时使用的原始数据**必须尽可能新,且**不超过5年**。如果使用有代表性的平均生产年份,以**最近的全年**(报告年或日历年)作为计算产品碳足迹的时间界限。对于不连续或不规则的生产年份,产品数据可以以较长的时间段为基础进行平均,减少由于整改、大修以及其他非典型生产状况造成的变化。在产品碳足迹计算中应用平均产品数据时,不得将超过过去三年(报告年或日历年)的生产数据进行平均并用于产品碳足迹计算。(BASF SE, 2021),《探路者框架,WBCSD》。
- **用于所有输入和输出的次级数据**应反映最新的活动数据和/或最新的LCI。在计算PCF时使用的LCI数据(如来自数据库的数据)必须尽可能新,且不得超过十年。**不超过10年**(BASF SE, 2021)。如果时间较长,应使用适当的、较新的替代数据。数据质量等级将受到数据选择的影响。
- **应定期计算产品碳足迹**,来跟踪长期的改进状态。然而,对于手动计算产品碳足迹和没有自动计算方法的企业,这是一个挑战。因此,如果产品生产过程没有重大变化(与最初的产品碳足迹相比变化超过20%),产品碳足迹的最长有效期必须从数据收集的参考年份开始计算,**最高为五年**。企业可以更加频繁地**定期更新**产品碳足迹计算结果(例如,每年)。TfS要求,五年之后或如果产品生产过程变化较大,产品碳足迹值则不再具有代表性,必须重新计算。根据EN 15804 (EN 15804- 2: 2019), EPD的有效期也是五年,过期后必须重新认证,通常需要修订。如果五年后没有变化,产品碳足迹值也可以发布声明更新。产品碳足迹修订之后,新版本将取代原来的产品碳足迹,并在五年内有效。但建议三年后启动产品碳足迹的审查程序。
- 计算产品碳足迹的时间边界是基准年。产品碳足迹的**基准年份**和计算/发布日期必须始终与产品碳足迹值一起公开。

5.2.3 排除特定活动的标准 (取舍)

一般来说,可归属于生产产品体系的所有工艺过程、材料/能源流和活动都必须包括在产品碳足迹中(见第5.1.2章,通常应排除和纳入的活动)(BASF SE, 2021)(ISO 14067: 2018)。LCI数据收集过程必须以完整性为目标。如果有定量数据,必须将其纳入。但是,不应花费不必要的精力来分析与温室气体排放相关,但可忽略不计的数据。如果发现个别材料或能源流在某一单位过程中的碳足迹可忽略,则可基于实际原因将其排除在外,并应列入数据截止报告。

取舍标准规定了可不计入产品碳足迹研究的物料/能源流的量,或与单位工艺/产品系统相关的温室气体排放的重要性水平(BASF SE, 2021)。此外,如果数据不可获得,且基本流非常低(低于量化限值)或者为了弥合数据差距需要作出较大努力,或者几乎无法取得可接受的结果,有必要进行取舍。

如果数据不可获得,但基本流较高,则参考第5.2.6和5.2.7章的规定来填补数据缺口。

在LCA实践中,有几条取舍标准用于决定哪些输入应纳入评估。如质量、能源和环境影晌度(BASF SE, 2021)。仅根据质量大小对输入进行初步定性,可能会导致后期研究中遗漏重要的输入。因此,在这一过程中,能源和环境影晌重要性也应作为取舍标准。

对产品碳足迹取舍标准的要求

1. 所有累计总量超过单元过程95%总质量输入的物料输入都必须纳入计算。但本指南建议涵盖98%以上的物料输入,用于避免潜在不确定性,并且提高完整度(BASF SE, 2021)。
2. 所有累计总量超过单元过程95%总能源输入的能源输入都必须纳入计算。如需通过提高计算的完整性,获得质量更高的产品碳足迹,总能源输入的98%及以上应纳入计算。
3. 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(迭代方法)(BASF SE, 2021)。
4. 上游环境足迹较高的输入材料流(例如,贵金属,含有铂类金属的催化剂),应考虑纳入产品碳足迹计算。无论其对材料流总质量的相对贡献如何,即使输入质量 \leq 总质量的1%。产品碳足迹计算应至少应考虑材料的损失(例如,催化剂损失)并指定一个与原生材料相等的产品碳足迹值。如果数据已知,还应该考虑回收工作。否则,可以使用其他工艺中已知的工作数据替代。

5.2.4 使用标准

本章化工工业产品指南按照国际标准《ISO 14040:2006/AMD 1:2020》和《ISO 14044:2006/AMD 2:2020》来进行生命周期评估。基于这些通用标准,本指南遵循《ISO 14067: 2018 产品碳足迹核算标准》。根据《ISO 14067: 2018》,产品碳足迹指"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,基于使用气候变化单一影响类别的生命周期评价。"根据《ISO 14067: 2018》,产品类别规则是"为量化和沟通产品碳足迹或产品部分碳足迹所制定的一套具体规则,要求和指南。"它还借鉴了其他指南,如近年来制定的《温室气体核算体系》。碳透明度伙伴关系(PACT)发表的探路者框架和WBCSD生命周期评估指南的工作也纳入了考虑。通常而言,本指南遵循这些标准,并为化工行业提供解释和例证。

为了促进价值链上产品碳足迹计算的一致性,产品碳足迹计算必须遵循以下统一的优先级层次指南:

1. 基于TfS指南制定的产品类别规则。
2. 基于ISO14000系列的产品或行业特定准则(如PCR欧洲塑料工业协会准则)。
3. TfS指南,如果没有产品类别规则,可以使用该指南来计算产品碳足迹。
4. ISO14067标准(ISO14067: 2018)。
5. 探路者框架(WBCSD);温室气体核算体系产品标准。
6. 根据欧洲产品环境足迹倡议(EU PEF)制定的产品环境足迹类别规则(PEFCR)。

如果不同机构对同一产品正式声明的产品类别规则不同,TfS将与专家成员组共同审查,并宣布"TfS认可的产品类别规则"。首先应该检查TfS指南是否正确应用,来作为决策基础。TfS每年都会公布和更新"TfS认可的产品类别规则"名单。对于未正式宣布为产品类别规则或产品环境足迹类别规则的行业板块特定规则,其应用也必须由TfS进行论证和核查。

表 5.2 Tfs接受的产品类别规则 (该清单可在Tfs专家审查产品类别规则后采用)

产品系统	遵循的标准/原理
蒸汽裂解装置	(欧洲塑料工业协会--蒸汽裂解装置的分配, 2017)
C12-14脂肪醇 (油醇)、甲基酯、精炼油, 来自油棕榈的原油、来自椰树的精炼油和原油	(ERASM, 2014)
甲苯二异氰酸酯 (TDI)、二苯基甲烷二异氰酸酯 (MDI)	(ISOPA, 2012)
制氯 (氯-碱工艺)	(EUROCHLOR, 2022)

5.2.5 数据类型和数据来源

数据的质量不同。PCF计算应具备最高的数据质量, 确保数据适合且有意义。高质量数据是指基于政府标准要求 (如欧盟排放交易体系EU-ETS) 通过验证的排放数据。对于化学反应, 需要多个输入。这些应输入的信息可以来自不同数据来源。所有来源的输入数据都必须通过质量分级系统评估, 使用质量评分最高的数据来进行产品碳足迹计算。关于原始数据的占比和数据质量评级, 请参考第5.2.11章。

数据按照来源可分类为:

原始数据:

- 企业特定数据——指从一个或多个工艺 (工艺特定数据)、从一个或多个设施 (设施或工厂的特定数据) 以及从一个或多个生产场地 (场地数据) 直接测量或收集的数据, 这种数据用于代表企业的活动 (企业在这里是组织的同义词) 为了确定数据在多大程度上具有代表性, 可以采用抽样程序¹。
- 原始数据定义为来自所研究的产品生命周期中具体工艺的数据。从企业拥有或控制的所有工艺中收集。如果符合定义, 直接排放数据、排放因子和工艺活动数据都可以归为原始数据。
- 一般来说, 应尽可能细化收集和计算原始的企业具体数据。即具体工艺的数据优于具体设施的数据, 而具体设施的数据则优于具体场地的数据。
- 如果仅有企业特定设施或特定场地的数据, 必须进行收集、计算, 并且对于收集数据的设施或场地, 数据必须具有代表性。
- 然后, 必须基于质量或其他合理的方式, 将设施或场地的具体数据分解到产品层面。
- 对于那些通常用于多个工艺的单位工艺, 也应使用特定地点的数据, 如焚烧或废物处理。总体消耗数据应按服务单位计算, 如每吨垃圾焚烧的千克二氧化碳当量。此外, 具体过程中的具体排放量, 其可用信息必须考虑 (例如, 半导体行业使用等离子体焚烧过程中的六氟化硫排放)

一些标准优先考虑使用原始数据, 如果数据质量高, 本标准也支持使用原始数据 (见第5.2.11章)。

次级数据:

- 次级数据——定义为非直接收集、测量或根据企业现有具体产品数据计算的数据。次级数据包括供应商和技术的具体数据, 它们应是工厂/场层面面的详细数据, 来自于市场报告或专利、行业平均数据、或者文献研究, 可以作为产品碳足迹计算中重要而合理的数据来源。
- 次级数据包括行业平均数据、基于文献研究的估计值、行业公布的生产数据、政府统计数据、文献研究、工程研究和专利、也可能基于财务数据。可以由外部专家评估产生的代用数据。此外, 还可以来自第三方LCI数据库、开放资源、产品碳足迹计算等。
- 次级数据可以被独立审查, 从而提高可靠性和数据质量评级 (DQR) 得分。只有当收集原始数据不可行, 或用于不重要的过程, 或由于各种原因使得次级数据比原始数据质量更高或更适合的情况下, 次级数据才能用于输入和输出 (例如, 特定产品的关联数据)。
- 次级数据的质量水平可以与原始数据相同, 这取决于数据的生成过程、与所使用的数据的有意义的匹配、汇总水平等。

数据缺口情况说明

缺乏足够代表产品生命周期中特定工艺的原始数据和次级数据时, 就存在数据缺口。对于大多数缺少数据的工艺, 应该可以获得足够的信息进行合理估算。因此, 很少有出现数据缺口的情况。数据质量评级将说明所存在的数据缺口已有代用数据作为补充。以下各章节对使用代用数据和估算数据填补数据缺口提供了额外指导。

(1)关于采样和采样技术的更多信息, 请见《温室气体核算体系》企业标准的附录A。

表 5.3 原始数据、次级和代用数据的能源和材料输入数据层次 (探路者框架, WBCSD)

方法	活动数据来源		排放因子来源	
	能源 ¹	材料	能源	材料
最佳方案	内部/原始		用于现场生产: 内部/原始数据 对于购买的电力: 供应商具体数据/可再生能源证书和原产地担保 对于其他购买的能源: 供应商具体数据	供应商具体数据(例如, 通过探路者网络)
基准方案 ²	内部/原始		次级数据库	
最差方案 ³	内部/二次 ³ 代用数据		代用数据和EEIO数据库	

(1)电力、供暖/制冷、蒸汽。
(2)实践中的普遍方法。
(3)财务数据。

代用数据

代用数据是来自类似工艺的数据, 作为特定工艺的代替数据使用。可以通过推定、放大或者自定义代用数据, 使其代表给定的工艺。如果有足够的信息, 企业可以自定义代用数据, 以便更好地近似描述在产品生命周期中所研究过程的条件。可以自定义数据, 使其更好地匹配地理、技术或其他工艺指标。在没有产品清单的情况下, 识别关键的输入、输出以及其他指标应当基于相关产品清单或其他考虑 (例如, 与利益相关方顾问的讨论)。

代用数据范例包括:

- 当具体塑料输入参数 (如HDPE) 的数据不详时, 使用聚乙烯塑料的工艺数据。根据具体评估、所分析的工艺和对整个产品碳足迹的贡献, 使用聚乙烯数据作为聚丙烯的代用数据也有可能满足要求。
- 将一个地区的电网排放因子用于另一个发电方式比重不同的地区。
- 自定义另一种产品的流程, 与所分析流程相匹配, 例如: 调整材料消耗量以匹配所分析产品的类似流程。

估算数据

当企业无法收集原始数据或整合有意义的次级数据或代用数据, 以填补数据缺口时, 企业必须估算缺失的数据, 确定其对产品碳足迹结果的影响重要性。如果根据估算数据确定过程影响不大, 则可将该过程从清单结果中排除 (取舍标准)。确定过程影响重要性的标准在第5.2.3章《温室气体核算体系产品标准》中概述。如果数据缺口较大, 且无法通过本章定义的其他类型的数据来弥补, 则应提供估算数据的说明。应在详细考虑数据缺口的所有已知情况之后进行估算, 生成相应的估算数据。在更新产品碳足迹时, 应尽快用原始或次级数据取代估算数据。为协助数据质量评估, 详细列出在填补数据缺口时作出的所有假设, 以及对产品清单结果的预期影响 (ISO 14067: 2018)。

5.2.6 排放因子要求和来源

排放因子是单位活动数据的温室气体排放量, 与活动数据相乘得出温室气体排放量。排放因子可能涵盖一种类型的温室气体 (例如, 甲烷/升燃料), 或以二氧化碳当量为单位的多种气体。排放因子可以仅包括产品生命周期中的单个过程, 也可以是多个过程的总和。用于描述产品所有应计入的上游过程的生命周期排放因子通常称为“从摇篮到大门”的排放因子。企业应了解清单中的排放因子包括哪些过程, 以确保数据收集涵盖了产品生命周期内的所有过程。

排放因子因来源不同, 分为原始排放因子和次级排放因子:

原始排放因子是根据企业控制的过程或供应商控制的过程原始活动数据计算的排放因子。

次级排放因子的来源包括: LCA数据库、公布的产品清单报告、政府机构或行业协会。次级或默认排放因子基于二次活动数据。次级数据的来源必须在报告中注明。

排放因子必须始终包括所有温室气体, 并且是"从摇篮到大门"的排放因子, 包括产品所有应计入的上游过程的排放。

在选择排放因子时, 必须按照以下优先层级执行:

1. 如果可以直接从原材料和能源供应商处或通过内部流程获得原始排放因子, 则必须使用这些因子。供应商或企业提供的具体排放因子, 应经过质量评估和检查, 以确定其是否合适(见下文: 对原始数据的数据要求或参考适当的章节)。
2. 当使用公用事业部门的排放因子时, 例如电力或蒸汽(称为基于市场的因子), 必须确保这些因子是"从摇篮到大门"的全过程排放因子, 包括燃烧的排放量和使用一次能源载体的排放量。如果公用事业部门无法提供生命周期的排放因子, 则需要附加额外信息, 例如使用的一次能源载体及其各自的比例。根据这些信息, 必须计算供给能源载体的上游排放量, 用于补充燃烧产生的二氧化碳排放因子, 以获得第5.2.8章活动数据要求中所述的生命周期排放因子。此外, 所提供的排放因子应包括所有的温室气体, 至少包括二氧化碳, 因为到目前为止二氧化碳占原始燃料燃烧产生的温室气体排放的最大比例(>95%)。
3. 公用事业部门供应商在计算热电联产(CHP)工厂的排放量时, 应使用效率或能源分配方法, 遵循世界可持续发展工商理事会WBCSD核算文件的建议, 该文件提供了默认的效率值, 可在必要时使用(WBCSD化学品, 2013)。
4. 如果无法获得原始排放因子, 则根据第5.2.6章选择最适合的次级排放因子。在可获得的数据中, 选择生产原材料, 公用事业, 以及燃料的产品碳足迹值时, 应使用最具代表性, 并基于具体场地位置和技术的数据。只有来自以下数据库的数据才能作为次级数据源, 这些数据库质量较高, 而且经过验证。

生产原材料次级数据选择的附加要求如下所示。必须遵循以下优先层级进行选择(BASF SE, 2021)。

1. 如果已知供应原材料的生产地(区域或国家)和生产技术, 则选择具体的区域或国家/技术的排放因子。区域可以指全世界, 也可以指几个国家组成的区域(如欧洲)或单个较小的区域(如美国的几个州, 或加拿大的一个省份)例如: 欧洲使用液态氯碱电解, 薄膜电池生产。
2. 如果已知供应原材料的生产地(区域或国家), 但不知生产技术, 选择具体区域或国家的产品排放因子混合因子。例如: 欧洲的液态氢生产。
3. 如果产品生产地未知, 选择直接供应商所在地的具体区域或国家的消费因子混合因子。例如: 欧洲的液态氢市场。
4. 如果缺少区域或国家的具体数据集, 则选择同样的生产原材料, 该材料应来自其它温室气体排放情况尽量相似的国家或地区。例如: 欧洲使用液态氯碱电解, 薄膜电池生产数据使用巴西供应商的数据, 而不使用全球平均值, 这是因为全球平均值的计算中, 能源以煤炭为基础的国家占较高比例。
5. 如果缺少具体的生产原材料数据, 则选择适当的代用材料数据, 例如, 来自同一化学族的化学物质。

进入生产场地和场地之间运输的数据质量基于运输活动数据库的原始数据, 应包括数据质量高的运输方式排放因子。

生命周期排放因子的来源和计算通常必须基于下列经核查的数据来源(非详尽列表):

- 来自ISOPA、欧洲塑料工业协会、欧洲化肥协会、世界钢铁协会等协会的经验证数据。
- LCA数据库, 如GaBi(Sphera)、Ecoinvent、Carbon Minds、Agribalyse、ELCD(PEF)、IDEA数据库等。
- 国家官方排放因子数据库, 如美国EPA、IEA、Defra、GREET等。
- 用于运输数据的GLEC框架或DIN EN ISO 16258。

如果上述参考文献中未提供次级排放因子, 可以使用其他数据来源或代用数据来补充缺失的排放因子。任何情况下, 都必须报告次级数据的来源或代用数据来源。对于所有以二氧化碳当量计算的温室气体排放, 必须具体说明使用次级数据的情况。

报告中必须具体说明次级数据来源。第5.3章中的属性列表要求详细描述了原始数据和次级数据应列入报告的参数, 以及次级数据数据库的使用。

5.2.7 生命周期影响评估(LCIA)

产品碳足迹代表产品在气候变化环境影响类别中的潜在生命周期影响。该影响类别认为不同的温室气体对气候变化的影响不同, 以其全球升温潜能值(GWP)表示, 单位为千克二氧化碳当量(CO₂e)。

计算活动数据的温室气体排放(二氧化碳当量)基本公式是:

$$\text{千克二氧化碳当量} = \text{活动数量} \times \text{排放因子} \times \text{全球升温潜能值}$$

活动数量	(千克温室气体/活动)	(千克二氧化碳当量/千克温室气体)
------	-------------	-------------------

公式1例如, 如果活动是购买5000千克的甲醇作为原材料, 而供应商的具体排放因子为0.80千克二氧化碳当量/千克, 则该活动的温室气体排放量为5000 * 0.80 = 4000千克二氧化碳当量。

计算直接排放的二氧化碳当量的基本公式:

$$\text{千克二氧化碳当量} = \text{直接排放数据} \times \text{全球升温潜能值}$$

(单位) (单位) (千克二氧化碳当量/千克温室气体)

公式2所需的排放因子类型取决于所收集的活动数据类型。

图 5.3 计算产品碳足迹的所需数据类型, 以生产1千瓦时电力为例

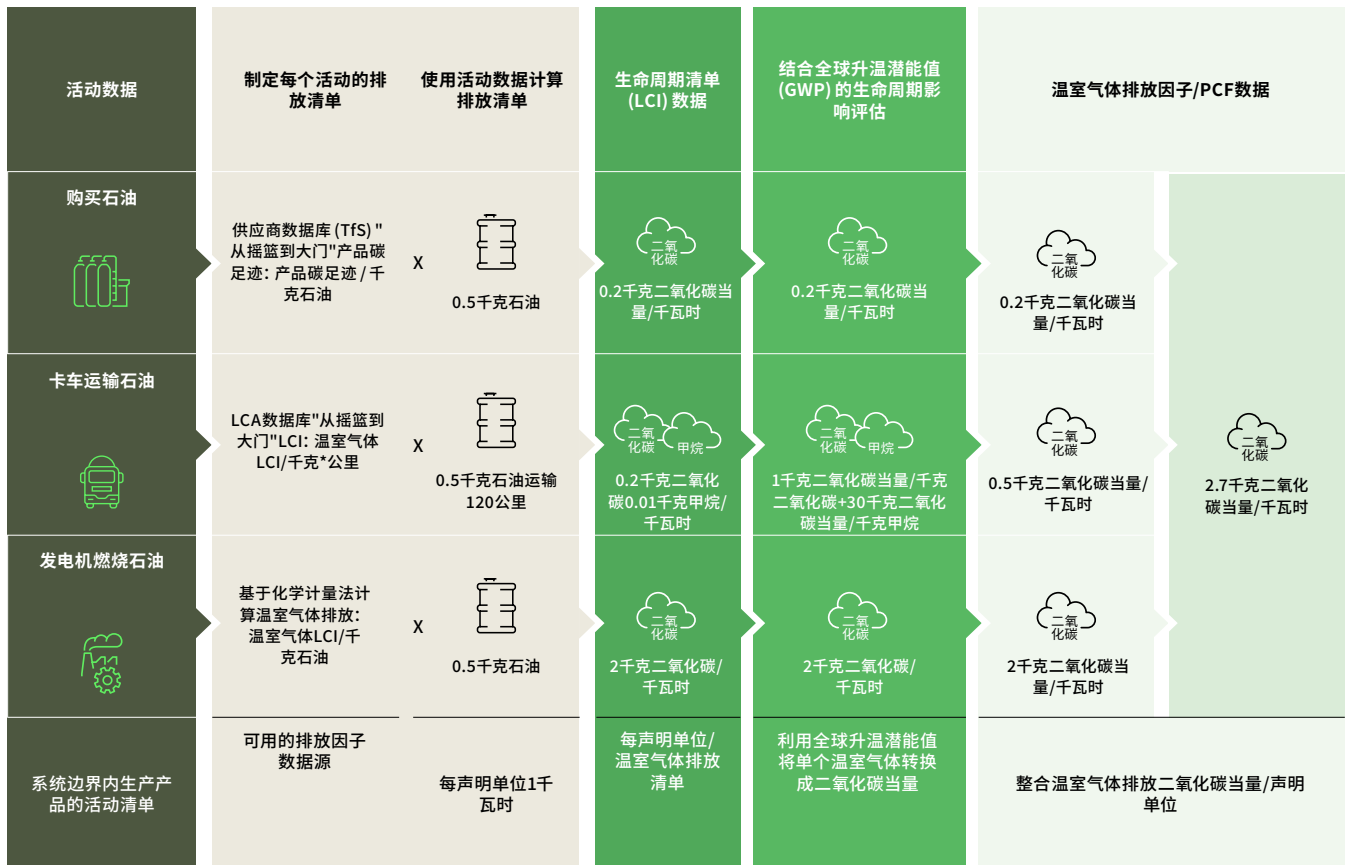


图5.4, 氯碱电解门到门工艺数据范例。氯的生产由所选择原材料和能源输入及输出的加权平均生产值表示, 单位为每千克氯。图中的数值并不代表分配比例, 而是由平均电解过程中总的输入和输出流之和除以生产的氯气质量, 这里仅显示部分输入值。获得温室气体信息之后, 进行加权分配。图中

显示, 在加权分配之前, 必须如何引入活动数据和排放因子以生成符合指南的数据集 (EUROCHLOR, 2022)。代用次级数据, 用于计算输入原材料的产品碳足迹, 从《温尼伯二氧化碳排放因子》中提取。

图 5.4 用于产品碳足迹计算的氯碱电解"门到门"过程数据,在分配前转换成基准产品碳足迹



产品碳足迹计算包括产品体系中每种温室气体的排放量和移除量的总和,必要时应用分配规则计算(见第5.2.9章和5.2.10章)。

《温室气体核算体系》指明了必须纳入核算的温室气体,标题为“温室气体清单:核算和报告标准修正案”。该清单包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化合物、六氟化硫(SF₆)、三氟化氮(NF₃)、全氟化碳(PFCs)、氟化醚(HFEs)、全氟聚醚(例如PFES)、氯氟烃(CFCs)和氢氯氟烃(HCFCs)。温室气体排放应汇总为二氧化碳当量,不应分开报告各种气体。

根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)要求,PCF计算必须使用100年全球升温潜能值(GWP100y)特征因子,见IPCC第六次评估报告(AR6)。这些因子包括非二氧化碳气体的气候系统对碳排放的响应。如果未来有更新,Tfs将更新指南,确保满足最新版本要求。

AR6的GWP-100特征因子**必须优先从IPCCAR6气候变化2021物理科学基础第七章的表7.15中获得**。该表提供了CH₄和N₂O的化学影响(IPCC 2021-物理科学)。

表7.15中未列出化学品的AR6 GWP-100特征因子,必须从AR6《气候变化2021年物理科学基础》第七章补充材料的**表7.SM.7**中获得《IPCC 2021-补充材料》。

根据《IPCC第五次评估报告》(AR5)附录8.A(寿命、辐射效率和度量值),GWP-100(100年全球升温潜能值特征因子)在2022年过渡期内仍可采用《IPCC 2013-物理科学》。

产品碳足迹报告必须公示使用的是哪一版政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告作为基础。

5.2.8 活动数据要求

活动数据描述使用材料、能源、服务等的具体应用。在LCA评价中,需要描述系统边界内的活动,定义所用材料及能源等质量流。这些活动的数量随后与生命周期清单联系,用于计算该活动对整个产品碳足迹的作用。

5.2.8.1 电力和热能

本章指导如何核算与电力和热能(如蒸汽、加热和供冷)使用相关的排放。

与能源使用相关的温室气体排放应包括:

- **能源供应系统的上游排放**(如燃料开采,运输到发电机,或作为燃料使用的生物质的种植和加工)。
- **发电或产生热能过程中的温室气体排放**,包括传输和分配过程中的损失。
- **下游排放**(例如:废弃物处理,如燃煤发电厂运行产生的灰烬的处理)。

排放因子来源见第5.2.6章。如果使用IEA或EPA等数据来源,必须确保与上游活动相关的排放也包括在内。

企业可以购买天然气、石油或煤炭等一次能源载体,作为进一步加工材料的原料或作为产生能源的燃料。提供这些一次能源载体的活动所产生的上游排放量必须按照第5.2.8.2章要求进行估算。原材料。

热能: 蒸汽、加热和供冷系统

企业必须按照报告电力使用的要求,同样报告购买和使用这些能源产品的排放量。如果采用的合同文书符合范围二质量标准,适用于气体交易,则应按照基于地点和基于市场的方法进行报告。总量应该与直接转移的能源总量相同《温室气体核算体系范围二标准》。

自产生热能

如果能源来自内部产生(如,现场产生),并用于所分析产品的生产,则能源生产系统的原始数据必须用于计算产品的产品碳足迹。活动数据和直接排放的原始数据收集方式必须为自下而上。

热能也可以作为化学过程的副产品产生(如多余的蒸汽)。关于如何核算能源和其他副产品的排放量,见第5.2.9章的详细指导。

购买热能

报告企业购买的热能,必须使用供应商具体能源产品的温室气体排放因子(基于市场的方法)。

基于市场的方法反映了供应商有目的地选择(或无法选择)电力的排放量。该方法从合同文书中获得排放因子,合同文书包括能源销售和购买方双方签订的任何类型合同,合同可与能源生产的相关参数绑定提供,或对相关参数进行单独陈述。

如果公用事业部门供应商不能提供能源产品基于生命周期的温室气体排放因子,而只能提供直接排放(如燃烧)的二氧化碳当量排放因子,则需加入进入能源生产的燃料的上游排放信息。在这种情况下,能源供应商应提供所使用的一次能源载体及其各自占比的信息。温室气体排放因子必须按照本标准进行数据质量评级。

电力

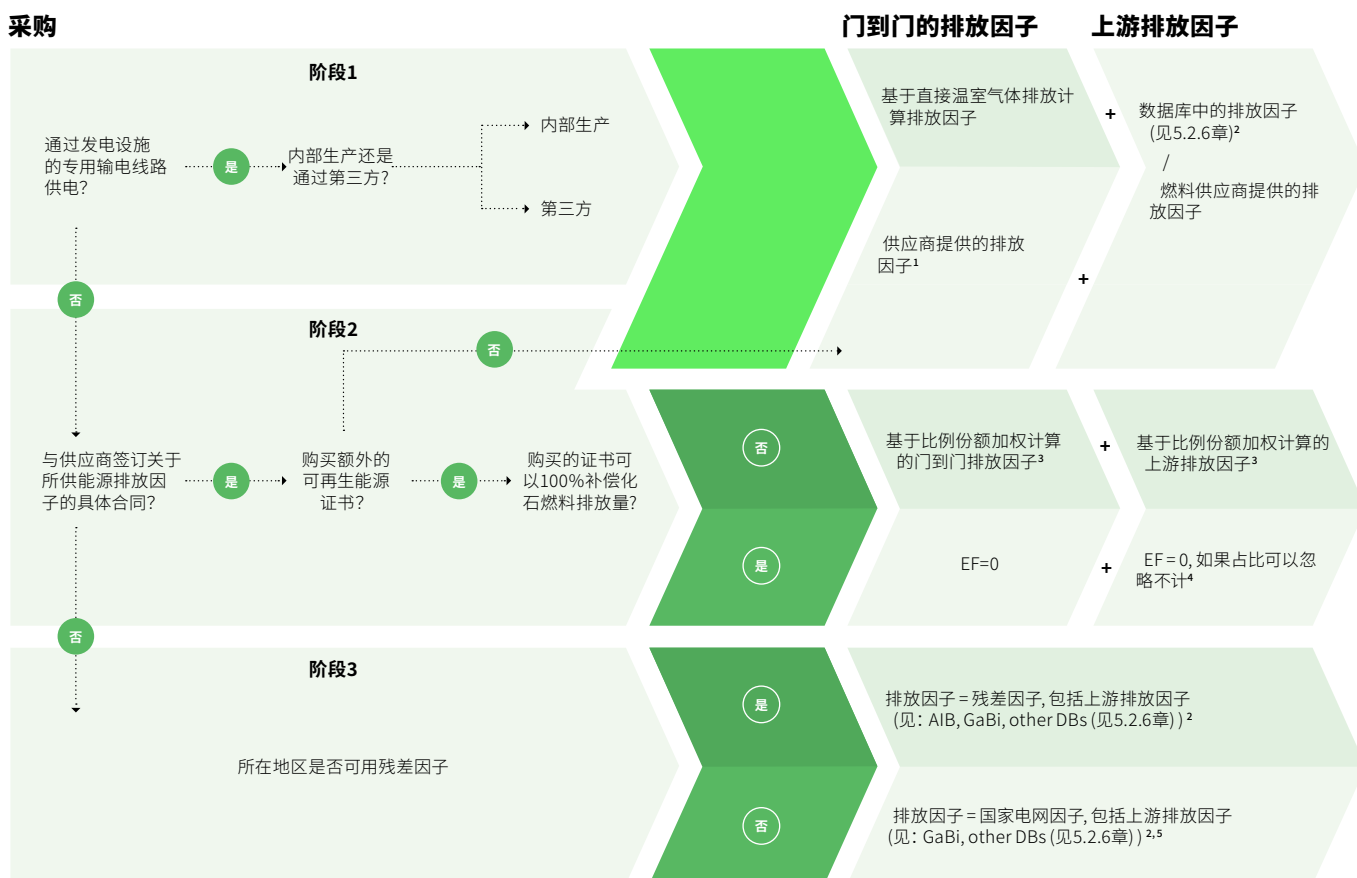
各机构一般应按照基于市场的方法(如《温室气体核算体系》范围二指南中所述)计算电力的排放量,用于产品碳足迹计算。产品碳足迹报告中应说明使用的电力核算方法。请按照图5.5中的决策树,对所购买电力的温室气体排放量进行选择。如上所述,总温室气体排放因子应包括发电过程中的温室气体排放(门到门)和来自一次能源供应系统的上游排放。为方便起见,如果这两个因子使用同一能源单位,则可以直接相加得出总的温室气体因子。决策树分为三个阶段(以下将附加较详细的解释):

- 阶段1: 通过专用输电线路提供电力(基于市场)。
- 阶段2: 来自电网的电力(基于地点)或与供应商签订关于能源结构的具体合同(基于市场)。
- 阶段3: 残差因子(未与供应商签订关于能源结构的具体合同,或无法提供具体数据)。

从阶段1的左上角开始。但如果企业通过合同文书,将所用电力的能源属性凭证出售给了第三方,则从阶段3开始(见图5.5)。

门到门的排放因子仅考虑企业边界内的排放,不包括所有上游的排放。

图 5.5 决策树: 选择适当的外部采购电力的排放因子



(1) 如果无法获得供应商提供的排放因子 (EF), 直接进入第三阶段。
 (2) 如果无法获得上游排放因子数据, 请使用IEA值的20%代替, 并将其加入到门到门的排放因子中。
 (3) 由供应商提供单一能源结构参数, 将对应于某一能源的排放因子, 乘以该能源在整个能源结构中所占的比例, 同时还应将通过购买证书补偿的部分化石燃料排放考虑在内 (如, 能源混合结构: 20%可再生资源 (RE), 80%化石能源 (FE), 已经购买证书, 可补偿50%化石能源 = 化石能源_{采购} = 0.2 × 排放因子_{可再生资源} + 0.8 × 0.5 × 排放因子_{化石能源} + 0.8 × 0.5 × 0)。
 (4) 如果影响在可取舍范围内 (见第5.2.3章), 排放因子=0。否则, 请使用数据库值 (GaBi或其他数据库 (见第5.2.6章))。
 (5) 另外, 如果增加了来自数据库 (GaBi或其他数据库 (见第5.2.6章)) 的额外上游排放因子, 则可以使用IEA数据。

第一阶段: 是否通过发电设施的专用输电线路供电?

确定门到门的排放因子

如果企业和发电站之间有专用输电线路, 并且消耗的电力未通过证书 (也称合同文书) 被出售给第三方。必须使用供应商具体提供的电力温室气体排放因子。

- 如果电力为内部生产 (如现场发电), 必须使用发电系统的原始数据来计算产品的产品碳足迹。
- 如果电力由第三方提供, 可以使用第三方提供的温室气体排放因子。

如果企业和发电站之间有专用输电线路, 并且能源属性证书已经签订合同文书出售给了第三方, 则可以使用第三方提供的温室气体排放因子, 企业必须从决策树的第三阶段开始。

确定上游排放因子

额外的上游温室气体排放 (如: 燃料开采, 运输到发电厂) 可以要求燃料或电力供应商提供, 或选用数据库计算。(可用数据库列表见第5.2.6章)。如果企业有内部生产的电力, 并决定根据数据库的数值计算上游的温室气体排放, 则以每单位电力消耗的燃料作为基础。如果电力来自第三方, 则需要电力结构的组成来进行计算。

阶段二: 来自电网的电力 (与供应商签订能源结构的具体合同)

确定门到门的排放因子

如果企业与电力供应商签订合同中注明了温室气体排放因子, 并且没有进一步购买可再生能源属性凭证, 则企业必须使用供应商具体电力产品的温室气体排放。

如已进一步购买可再生能源证书,企业必须检查证书是否足以覆盖所获电力的化石燃料排放。如果无法覆盖,则必须基于未被可再生能源证书覆盖的剩余电力比例,计算电力的门到门排放因子。如果证书完全补偿了化石燃料排放,则门到门的排放因子可视为零。

请注意,电力供应商必须在合同文书中承诺追踪其出售的产品,确保不会重复计算可再生能源。

确定上游排放因子

额外的上游温室气体排放(如:燃料开采,运输到发电厂)可以要求燃料或电力供应商提供,或选用数据库计算。(可用数据库列表见第5.2.6章)。如果企业决定使用数据库计算上游的温室气体排放,则需要电力结构的组成来进行计算。

如已进一步购买可再生能源证书,企业必须检查证书是否足以覆盖所获电力的化石燃料排放。如果无法覆盖,则必须基于未被可再生能源证书覆盖的剩余电力比例,计算电力的上游排放因子。如果证书补偿了门到门因子中的化石燃料排放,企业应从数据库中获得数据,计算所应用的可再生能源类型的上游排放。如果上游排放影响不显著,在可取舍范围内,则可以忽略不计(见第5.2.3章)。为验证是否可取舍,应使用原始数据。如果缺乏原始数据,次级数据信息可能有助于验证取舍标准。

阶段三: 残差因子 (未与供应商签订关于能源结构的具体合同,或无法提供具体数据)

当供应商的具体电力信息不可用或可再生属性的能源证书已被出售给第三方时,应使用残差温室气体排放因子(基于市场的方法)。该因子代表在证书、合同和供应商具体排放因子均已经过声明,并从计算中移除之后的剩余排放量。企业可查阅数据库(见5.2.6节),以了解其所在运营地区的可用残差因子。首选涵盖了从摇篮到大门数值的数据库。另外,在欧洲运营的企业可以使用AIB《AIB 2021-欧洲残差因子》等数据源的残差因子能源数据,来确定其门到门的排放因子。如果使用该数据源,上游排放因子必须基于电力结构的组合,使用数据库中的燃料数据进行计算。如果使用AIB残差因子组合,则应根据所使用的燃料来计算电力的上游排放。在其他地区经营的企业应检查是否有残差因子数据(例如,部分美国地区的残差因子数据已经公布,见《绿色电力2021-残差因子排放率》)。

如果没有残差因子数据,那么根据《温室气体核算体系范围二指南》,作为最后选择,为了确保质量,可以采用国家电网混合数据。企业应参考数据库(见第5.2.6章),查阅涵盖“从摇篮到大门”边界的排放因子。如果数据库无法提供数值,企业可以使用IEA数据作为门到门的排放因子。如果选择该方法,必须基于电网结构的组合,采用燃料的数据库值,计算上游排放因子。

关于可再生能源电力的进一步说明

可再生能源指令(EC-Renewable Energy Directive)将可再生能源或“绿色”能源定义为“.....来自可再生非化石资源的能源,即风能、太阳能、空气热能、地热能、水热能和潮汐能、水电、生物质能、垃圾填埋气体、污水处理厂气体和生物气体”。

重要的是,必须避免重复计算。根据ISO14067《ISO14067:2018》,不会出现重复计算的情况:

- 除了使用电力的工艺以外,其他工艺均没有同时声明该部分电力的发电机特定温室气体排放因子。
- 发电机特定电力生产不影响任何其他工艺或企业的温室气体排放因子《ISO14067:2018》。

只要符合ISO14067第6.4.9.4.4章的标准,可以考虑在基于市场的排放因子中,纳入购买和使用的绿色电力《ISO14067:2018》。

如果一个单位运行能源产量使用20%的100%可再生能源证书,可以声明总产量包括20%可再生能源。另外,质量平衡法也可以应用于可再生或去碳化电力。这种情况下,可以应用与生物质的质量平衡产销监管链(见第5.2.10.5章)相同的原则。为特定产品购买的可再生能源可以应用于这些特定产品。

在计算可再生能源时,不允许使用抵消。

对可再生电力的要求和规定同样适用于其他可再生能源形式,包括可再生热能。

补充说明:

- 如果分析系统中的工艺位于小岛屿发展中国家(SIDS,由联合国定义),则产品碳足迹或“从摇篮到大门”产品碳足迹可额外使用合同文书量化这些过程,而不考虑电网的内部连接。
- 合同文书包括能源销售和购买方双方签订的任何类型合同,合同可与能源生产的相关参数绑定提供,或对相关参数进行单独陈述。例如:合同文书可以包括能源属性凭证、可再生能源证书(REC)、原产地认证(GoO)或绿色能源证书。
- 发电机的参数应包括工厂的注册名称、所有者的名称、产生的能源性质、发电能力和提供的可再生能源。可以添加其他特征参数来描述电力生产。

5.2.8.2 原材料

原材料指购买并用于生产产品的材料。原材料分为初级或二次材料,如,回收材料即二次材料(《ISO 14040: 2006》,见第5.2.8.4章)。初级原材料通常称为“原生”材料。

根据探路者框架(探路者框架,WBCSD),原材料可以是:

- 由企业直接提取,如采矿或农业生产。
- 由外部供应商采购。
- 委托生产。
- 来自回收过程。

化工产品通常基于从石油及其衍生品提取的原材料。供应给机器或加工流程的原材料称为给料。

产品碳足迹计算必须考虑原材料的整个上游生命周期;包括原材料采集和预处理,或直接从自然资源中获得(如采矿),直到到达工厂大门。它还必须包括原材料生产过程中的废弃物处置。

根据探路者框架(探路者框架,WBCSD),原材料采集是指从环境中提取生产产品所需的资源。预处理是指对所获得的自然和生物资源进行提炼,使其能够用于生产设施。还必须包括往返于资源开采地、预处理设施场地和生产设施场地的交通运输。

关于购买的原材料和在化学反应中使用的原材料信息

在化学反应中,原材料可以由位于不同地点或同一地点内的不同工厂购买或使用。

应定义化工产品的生产网络比例和原材料的消费构成,作为产品碳足迹计算的基础。不同来源的产品之间的关系应该用报告系统的物料清单(BOM)记录。企业所有场地之间的企业内部关系,可以整合成一个信息网络。通过调整和取消企业内部的关系,生成有代表性的产品网络比率(百分比率)的平均值。整合物料清单(BOM)可用于计算。基于公司信息以及各个产品/场地/工厂的供应-需求-平衡,可以获得一个公司所需的所有原材料比率。若要建立来源不同的同一种原材料输入的平均值,必须使用基于不同原材料来源的产品碳足迹相关质量加权平均法。

平均数计算可以基于以下几点:

- 外部来源(从外部供应商处采购):
 - 原材料是从外部供应商处采购的。
 - 所有采购的原材料都有产品碳足迹信息。产品碳足迹信息需要与原材料一起提供的供应商的具体产品碳足迹或原材料的次级数据来获得(见第5.2.5章对原始和次级数据的要求和第5.2.6章对排放因子的要求)。
 - 对于同一种原材料的不同供应商,原材料的产品碳足迹应按采购量取平均值。作为替代方法,有文件证明的情况下,供应商的具体原材料可以划分为特定的产品线。
- 企业来源:
 - 产品在同一企业内部按照另一个综合物料清单生产。
 - 企业内部转移的产品:产品根据物料清单从另一个内部场地或工厂采购。
 - 混合来源:
 - 产品在同一内部场地/工厂按照另一个物料清单生产,和/或产品来自企业的另一个场地/工厂,产品从外部供应商处采购(BASF SE, 2021)。

第5.2.7章中的公式是使用活动数据计算温室气体排放(二氧化碳当量)的基本公式。

用于原材料的数据可以是原始数据或次级数据(见第5.2.5章)。关于排放因子的更多要求,见第5.2.6章。

目前仍然是适应供应链能力发展的过渡期,对原材料不设置最低数据质量要求(见第5.2.11章)。TfS或成员企业在未来最好实施最低数据质量要求。

5.2.8.3 运输

运输中的温室气体排放通常对化学产品的产品碳足迹影响较低。但是,在对产品碳足迹影响较大时,必须通过迭代过程进行考虑和检查(另见第5.2.3章的取舍标准)。

下列运输活动必须纳入“从摇篮到大门”的产品碳足迹中:

- 供应链内部运输,例如,将原材料运输到企业场地,或将原材料从二级供应商处运到一级供应商处(如果尚未考虑)。
- 只有在对整个产品碳足迹影响很大的情况下(见第5.2.3章),才应考虑入厂运输,例如,将运输到企业的存储场地作为企业直接活动的一部分。
- 如果取舍标准认为中间产品在生产场地之间的运输相关,必须予以考虑。

出厂运输的温室气体排放不允许包括在“从摇篮到大门”的产品碳足迹中,但如果客户要求,应进行单独计算和报告。

一般来说,在计算运输排放时必须考虑整个燃料寿命周期(从油井到车轮)¹的温室气体排放。

运输可以由企业直接进行,如使用企业自有或租赁的车辆,也可以由外部运输服务商进行。因此,用于计算产品相关运输排放的方法在很大程度上取决于信息的可用性,如燃料消耗、运输距离、运输方式或实际负载。

以下章节提供了如何根据现有数据类型计算运输排放量的指导意见(另见图5.6)(探路者框架,WBCSD)。该指导部分在探路者框架的更新版本中已不再提供。

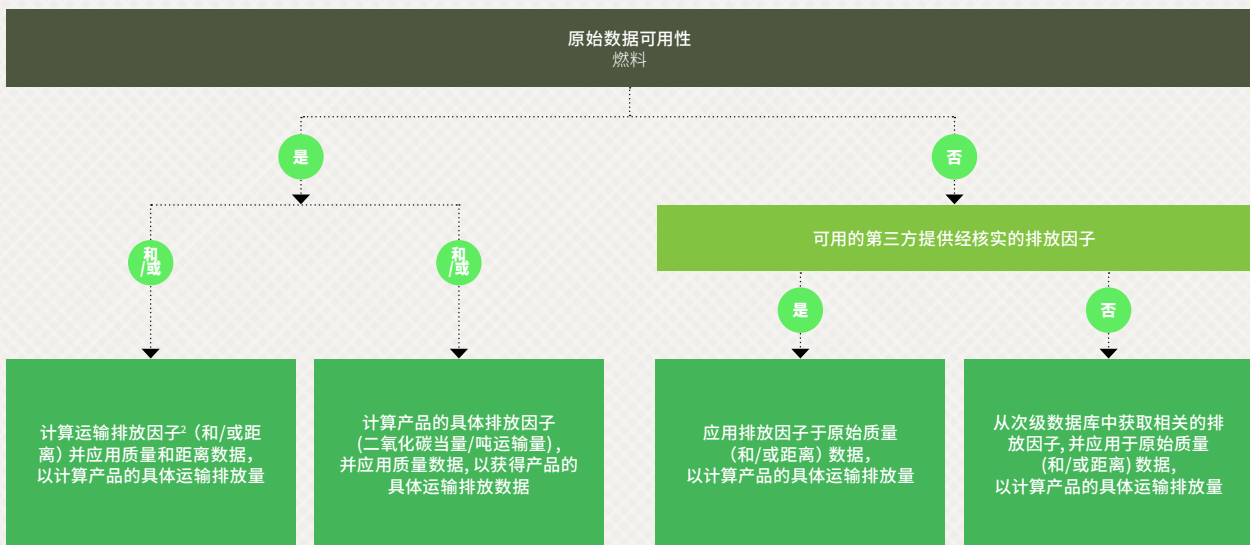
1. 如条件允许,应基于实际的运输方式、距离和车辆负载,采用燃料用量的原始数据计算产品相关的运输排放,燃料用量数据应包括整个往返行程,即与满载、部分装载和空载行程相关的所有燃料(如果相关)。必须以产品质量为基础分配这部分排放量。在运输受体积限制的情况下(满载货物的质量低于卡车的装载能力),必须以体积为基础分配排放量。

2. 如果没有原始数据,但负责运输的第三方能够提供产品的具体运输排放数据,则应采用该数据,并纳入产品碳足迹计算。

3. 如果企业既没有燃料用量原始数据,也无法获得产品的具体运输排放数据,则使用质量原始数据和最合适的距离来计算排放量。应将运输服务提供者提供的不同运输类型的相关排放因子(以每吨公里二氧化碳当量表示)作为计算数据,计算产品的具体排放量。如果无法提供排放因子,必须查询相关的次级数据库以获得必要的排放因子(见第5.2.6章可用的数据库或GLEC框架)。

注意事项:考虑到与大气层的物理和化学反应,某些情况下,飞机温室气体排放在高海拔时会产生额外的气候影响。关于飞机温室气体排放的进一步信息,见IPCC国家温室气体清单指南和IPCC航空特别报告。

图 5.6 计算产品运输排放量的步骤 (探路者框架, WBCSD)



(1)从油井到车轮,包括与燃料生产、分配和燃烧有关的温室气体排放。
(2)排放因子总是按运输方式和类型计算。

货运环境影响评估：以卡车运输为例

在数据集中,用每吨公里(吨*公里)作为计算卡车运输环境影响的单位,表示特定载重量卡车将每1吨产品运输1公里时,所产生的环境影响。运输载重(即允许的最大载重量)在数据集中标明。例如,一辆28-32吨的卡车载重为22吨,LCA生命周期评价数据集中1吨公里(满载重)的值即代表使用一辆载重量为22吨的卡车将每吨产品运输1公里时产生的环境影响。运输排放量基于所运输的产品重量按比例分配,只占卡车全部排放量比例的1/22。当运输重量低于最大载重量时(如:10吨),同样1吨产品的环境影响值将受到两方面要素影响。首先,卡车每运输单位重量的产品,燃料消耗更少(为了简化计算,这部分因素不纳入考虑)。其次,环境影响值按照运输的产品重量分配(如:1/10吨)。当卡车所运输产品重量低于卡车最大载重量时(如:10吨),所运输货物可以认为体积受限。这种情况下,环境影响必须按照实际的运输重量计算。如果卡车返回的时候是空载,回程运输的环境影响必须纳入考虑,并且分配给运输产品。对于空载的回程,可以考虑在最大载重量的基础上,使用降低之后的排放因子进行计算。

在假设平均载重因子为每总吨合0.5净吨的基础上,得出以下结论,长距离运输中,铁路运输的空车公里数比例仍然明显高于公路运输。对于铁路运输,增加的空车公里数部分原因可以归结于所运输货物的特性。

因此,在假定散装货物和按体积计算货物的差异较小的基础上,提出以下假设:

- 最大载重量基于满载车辆运输公里数和散装货物的前提计算。对于公路运输,额外空车公里数可按照最大载重量的60%估算;对于铁路运输,额外空车公里数可按照最大载重量的80%估算。
- 所运输货物按体积计算时,对于公路运输和铁路运输,相关载重量因子均可按照最大载重量的30%估计。公路运输的空载因子为最大载重量的10%,铁路运输的空载因子为最大载重量的20%。这些假设考虑了公路运输的更高灵活性以及承运人对其他货物在返程运输中的普遍适用性。

EcoTransIT World基于EN16258和GLEC框架,开发了一个关于温室气体和废气排放量的计算器《EcoTransIT- Emission Calculator for GHG Emissions》。

ISO14083标准正在编制中,它将为交通运输业提供进一步指导。所有与运输相关的假设和取舍都必须列入报告。此外,全球物流排放委员会(GLEC)制定了GLEC框架,它是世界公认的方法,用于在多模式的供应链系统中,统一计算和报告供应链的温室气体足迹。(全球物流排放委员会(GLEC))。

5.2.8.4 废弃物处理及回收

化工品生产流程通常会产生废弃物,包括固体废弃物、液体废弃物、气体废弃物和废水。

废弃物定义为,由所有者丢弃,或计划根据欧盟废弃物框架指令(EU Waste Framework Directive)丢弃的任何物质。废弃物没有经济价值。

共生副产品指在多产品输出的生产过程中,与核心产品同步产生的产品,并且具有最高的经济价值¹。共生副产品具有经济价值,必须纳入PCF计算中。参考第5.2.9章,指导如何计算有价值的共生副产品。

本章节指导如何计算废弃物处理和回收过程的负担和效益。提供以下三种情况的相关产品碳足迹计算指导:

- 处理在产品生产相关流程中产生的废弃物。
- 利用回收废弃物焚烧产生的能源,用于产品生产。
- 产品生产中使用的回收的二次材料。
- 废弃物处理的准备步骤和相关支持活动,包括废弃物收集,运输,分类,拆卸或粉碎,都必须考虑,并按照本指南纳入产品碳足迹计算。

本指南中产品碳足迹计算的边界设定为"从摇篮到工厂大门",因此产品碳足迹计算不包括产品本身的使用和报废阶段的排放量。如果产品使用的原材料是循环生产线中的材料,则必须按照本指南中的相关章节纳入考虑。

如需考虑生物碳相关计算,请参考第5.2.10.1章

排放因子来源:

- 企业应尽可能使用基于原始数据的废弃物处理排放因子。
- 如果废弃物由排放废弃物的企业直接处理,排放因子必须根据内部原始数据计算。
- 如果废弃物运送到第三方处理,则处理方必须计算其废弃物处理排放量,制定排放因子,核实并且通报给产生废弃物的企业。第三方处理过程的排放因子必须基于TfS方法计算。

(1) 见欧盟废弃物框架指令(Waste Framework Directive, 2008/98/EC),查找共生副产品的进一步定义要求。

- 如果无法获得原始排放因子, 必须遵循以下优先级层次, 使用次级排放因子:
 - 排放因子必须基于废弃物构成, 工艺技术的现有信息, 以及所应用的处理技术参数进行估计。计算必须基于TfS方法。
 - 如果无法获得数据, 则应从广泛认可的次级数据库中获取排放因子 (第5.2.6章)。
 - 对于无法获得数据的情况, 附录中列出了一些用于替代填埋和废水处理的建议。

废弃物处理和丢弃排放因子的计算指南

生产过程中产生的不可回收废弃物, 其处理过程产生的排放必须按比例分配给主要产品或副产品, 并反映在产品碳足迹中。由于废弃物是没有经济价值的产物, 因此产品排放不能分配给生产过程中产生的实际废弃物。

典型的废弃物处理过程包括丢弃活动, 如:

- 垃圾填埋。
- 废水处理。
- 工艺中不包括回收能源的焚烧 (见例1)。
- 危险废弃物处理。

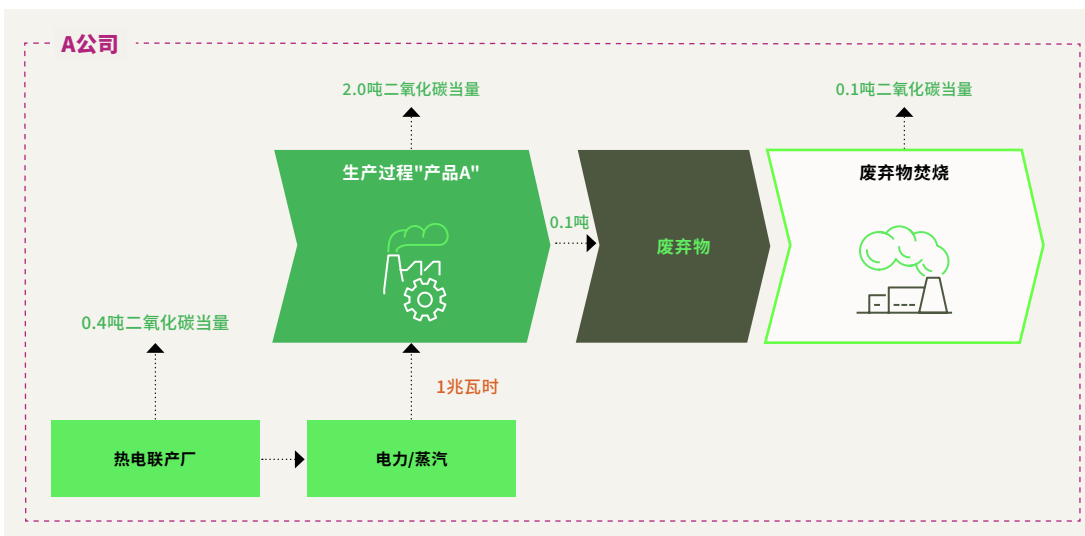
某些情况下, 不同类型的废弃物流在同一个废弃物处理设施中处理。例如, 高热值和低热值废物流共同焚烧, 或不同成分的废水处理。这种废弃物处理过程可视为多功能处理, 无论过程中是否包括能源回收。如果数据可用, 则必须按照第5.2.9章所述的多产出工艺的分配优先级, 按照不同废弃物类型分配焚烧过程的影响。

例1: 不进行能源回收的废弃物焚烧

产品A生产过程中产生的废弃物在现场或由第三方焚烧, 不进行能源回收。

焚烧过程的影响应根据本指南中的要求进行计算或估算。由此产生的排放因子必须分配给产品A的PCF值。

图 5.7 不包括能源回收和使用的废弃物焚烧



产品碳足迹产品A = 2.0 吨二氧化碳当量 / 吨 + 0.4 吨二氧化碳当量 / 吨 + 0.1 吨二氧化碳当量 / 吨 = 2.5 吨二氧化碳当量 / 吨

进行能源回收的废弃物处理排放因子计算指南

"废弃物的能源回收是指通过各种过程,如燃烧和其他回收能源的过程,将不可回收的废弃材料转化为可利用的能源,如热能或电能。这一过程通常被称为"垃圾变能源"(EPA)。

进行能源回收的废弃物处理的影响,必须按照本章所述的计算方法,列入产品生命周期清单和系统边界。

材料回收过程是指从废弃材料中获得二次材料的过程,这些材料被进一步用作生产产品的材料。这些生产包括通过热解、蒸馏进行的化学回收或机械回收。关于材料回收的计算方法指南见以下部分。

材料回收和进行能源回收的废弃物处理过程互相独立,且不相等。为了减少温室气体的排放,化工行业应尽量让碳停留在材料循环中。该目标主要通过减少废弃物产生和剩余废弃物的材料回收实现。影响分配方法的设计旨在激励这两者。

焚烧作为最终的处置方式,是最不利的解决方案。TfS小组成员讨论了各种与进行能源回收的废弃物处理相关的现有计算方法,目前尚未达成共识。本指南列出了三种方法,并阐述了其优缺点(表5.4)。必须选择这三种分配方法中的一种进行计算。选择必须注明在产品碳足迹的附加信息中,用于记录和进一步交流。

TfS将邀请更多利益相关者参与讨论,选择最合适的指导方法。一旦达成修改的共识之后,本指南将相应更新。TfS还鼓励通过其他方式,如制定产品类别规则等,为此类情况制定有针对性的解决方案。

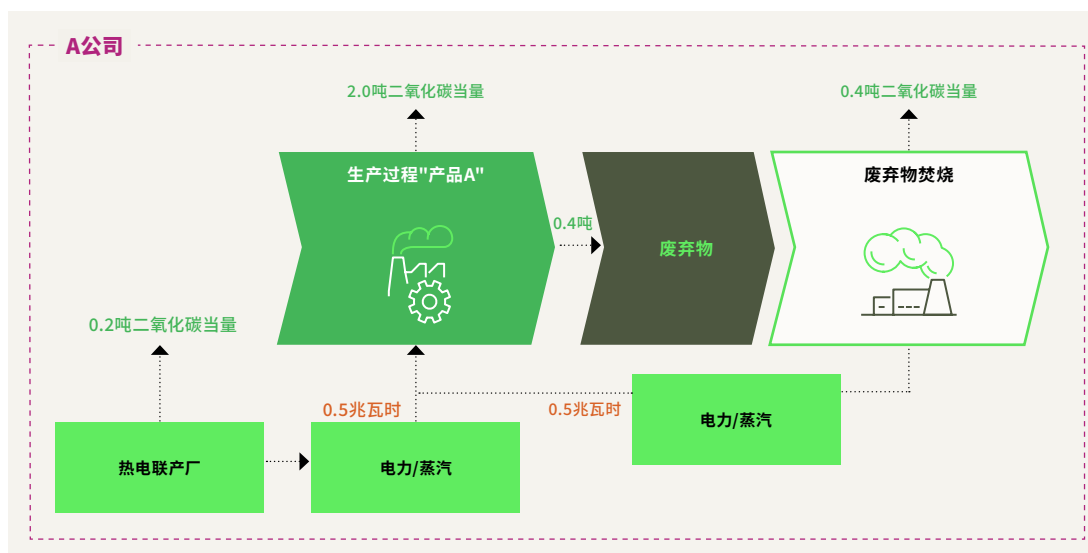
产品系统边界内的能源回收

如果所有与废弃物能源回收相关的过程都包含在系统边界内,则不需要分配,或者任何分配方法的结果都相同。如果产生的能源直接用于所分析产品的工艺,就属于这种情况。废弃物焚烧的影响必须包括在产品碳足迹中(见例2)。这种闭环回收意味着直接回收的能源不存在额外的环境影响(=0)。同样情况也适用于系统边界内的材料回收,见后章。

例2: 在系统边界内包括能源回收的废弃物焚烧

产品A的生产过程中产生的废弃物在现场控制下进行焚烧,并回收能源。回收的能源用于产品A的生产过程。由于回收的能源是在产品A的系统范围内使用,不需另外分配。该过程的所有二氧化碳当量排放必须归于产品A。

图 5.8 在企业系统边界内进行能源回收的废弃物焚烧



产品碳足迹产品A = 2.0 吨二氧化碳当量/吨 + 0.2 吨二氧化碳当量/吨 + 0.4 吨二氧化碳当量/吨 = 2.6 吨二氧化碳当量/吨

在产品的系统边界之外进行能源回收

废弃材料是产品系统生命周期的一部分。处理废料时,可以进行能量回收,同时将回收能量用于其他产品系统。这就需要拆分处理过程的影响,并确定要添加到每个产品系统的影响部分。

以下是必须满足的一般适用规则:

1. 在合适和有可能的情况下,必须采用流程细分来划分共同流程,避免分配的需要(温室气体核算体系产品标准,2011)。

2. 对于进行能源回收的废弃物处理,所用分配方法必须符合已发布和广泛接受的产品类别规则。

3. 如果以上都不适用,则必须选用以下三种分配方法中的任何一种。选择必须注明在PCF值附加信息中,用于记录和进一步交流。

下表描述了三种不同的方法,并讨论了其优缺点。目前可以使用任何一种方法,直到TfS讨论之后提供更新。

表 5.4 概述: 不同评估方法

	目标 也称可再生成分法	反向取舍法 也称废弃物分配	替代法
描述	"能源生产商控制" 所有环境负荷分配给能源生产	"污染者负责" 所有环境负荷分配给废弃物产生过程	"考虑市场影响" 通过替代能源的环境得分,降低焚烧排放
谁承担环境负担?	能源使用者	废弃物产生者	能源使用者和废弃物产生者
谁获得效益?	废弃物产生者	能源使用者	能源使用者和废弃物产生者
优点	+ 与不进行能源回收的情况相比,奖励进行能源回收的废弃物处理 + 与《温室气体核算体系》和WBCSD的探路者框架一致。 + 应用简单	+ 有减少废弃物的激励措施 + 激励从废弃物处理中进行能源回收 + 应用简单 + 简单的数据交换(废弃物产生者提供废物数据进行计算,并收到排放因子)	+ 与不进行能源回收的情况相比,奖励进行能源回收的废弃物处理 + 符合温室气体和ISO标准 + 在LCA数据库中普遍实施 + 更多可再生能源能激励减少废弃物。
缺点	- 与能源回收相比,对材料回收无法起到激励作用 - 没有减少废弃物的激励措施 - 与可再生能源相比,没有节能方面的激励措施(与最优技术相比,排放因子更高) - 部分LCA数据库需要调整	- 偏离了温室气体核算体系 - 与可再生资源相比,能源排放因子没有差别 - 节能方面的激励措施较少 - 部分LCA数据库需要调整	- 结果在很大程度上取决于用于比较的替代系统选择 - 需要比较解决方案的复杂数据和交换数据(市场数据),并由能源使用者和废弃物产生者同意
与企业温室气体报告的联系/影响	与企业温室气体报告保持一致	企业报告必须进行调整	替代排放需要单独报告

按照取舍法 (也称可再生成分法):

- 准备步骤和支持活动,如收集、运输、分类、拆解或粉碎的影响必须添加到生产次级产品的产品系统的清单结果中。
- 输入能量回收过程的废弃物必须按照无负担处理。与先前或后续生命周期中的材料相关的负担或信用额不予考虑,即"取舍"。
- 能源回收过程的影响必须加入到使用该能源的产品的清单结果中。

例3: 多个产品系统的能源回收 (取舍法)

产品A生产过程中产生的有机溶剂废弃物,通过操作控制,在现场直接焚烧处理并进行能源回收。回收的能源不用于产品A的生产过程,而用于产品B的生产。

按照取舍法,废弃物处理过程的影响必须分配给能源使用者,即产品B。产品A生产过程的影响允许分配给产品B的PCF值。如果任一过程,例如"产品B"的生产过程不是由A公司经营,而是由第三方经营,仍然必须使用同样的方法。

按照反向取舍法 (废弃物分配法)

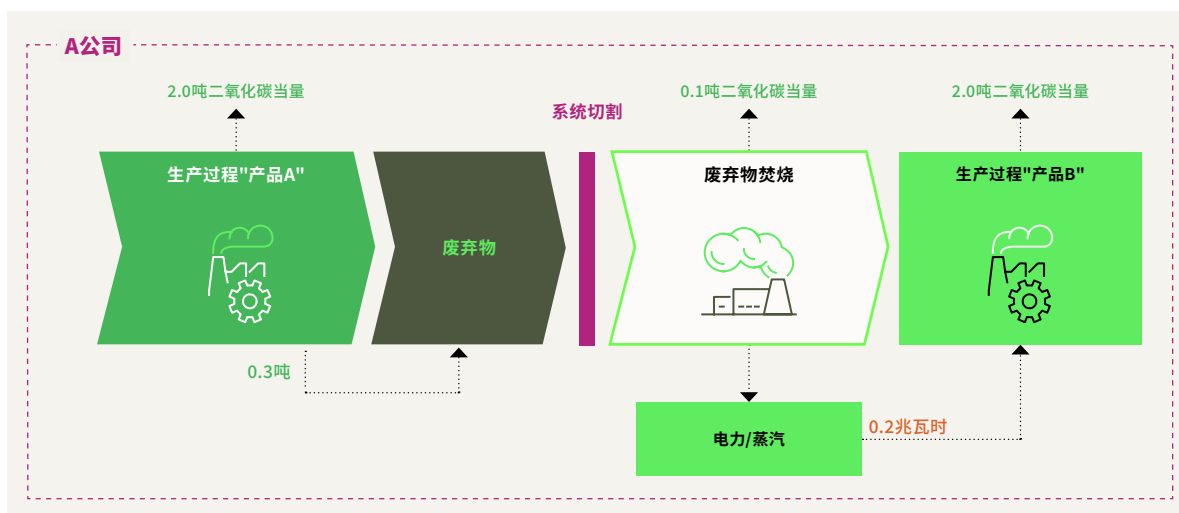
- 必须将收集、运输、分类、拆解或粉碎等准备步骤和支持活动的影响添加到产生废弃物的产品系统的清单结果中。
- 处理废弃物并进行能源回收的过程(如焚烧)影响,必须添加到产生该过程所处理废弃物的产品系统清单结果中。
- 进入能源回收过程中的废弃物必须认为无环境负担。来自生命周期前后各阶段的材料,不考虑其环境负担或环境得分,即被"取舍"。

例4: 多个产品系统进行能源回收 (反向取舍法)

产品A生产过程中产生的有机溶剂废弃物,由第三方处理并回收能源。回收的能源不用于产品A的生产过程,而用于产品B的生产。

按照反向取舍法,废弃物焚烧过程的影响必须分配给废弃物产生者,即产品A。

图 5.9 采用取舍法的废弃物焚烧并回收能源



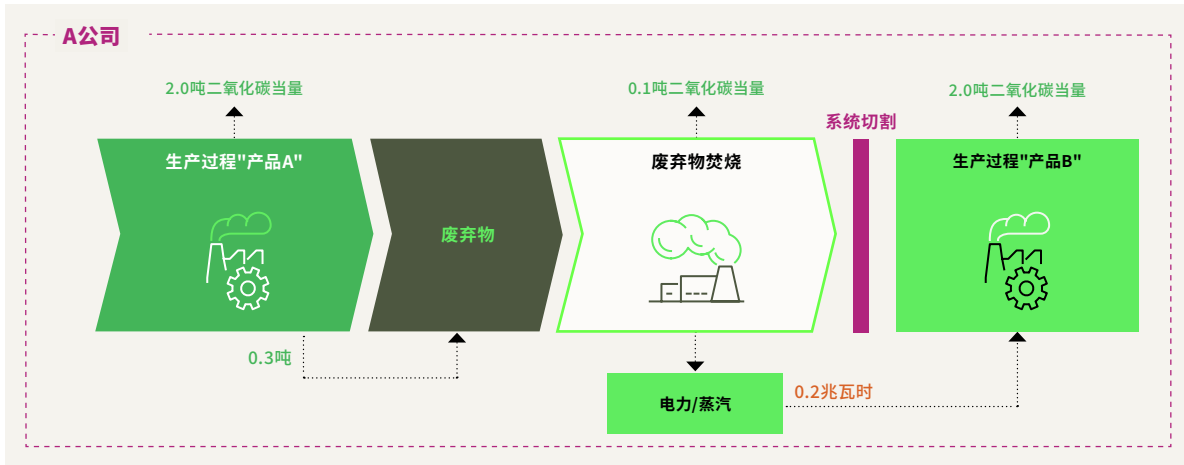
$$PCF_{\text{产品A}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$$

$$PCF_{\text{产品B}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} + 0.1 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} = 2.1 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$$

$$PCF_{\text{能源}} = 0.1 \text{ 吨二氧化碳当量} / 0.2 \text{ 兆瓦时} = 0.5 \text{ 吨二氧化碳当量/兆瓦时}$$

规范

图 5.10 采用反向取舍法的废弃物焚烧并回收能源



$PCF_{\text{产品A}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} + 0.1 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} = 2.1 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$
 $PCF_{\text{产品B}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$
 $PCF_{\text{能源}} = 0 \text{ 吨二氧化碳当量/兆瓦时}$

按照替代法:

替代法是一种在废弃物生成和能源使用系统之间分配多产出工艺 (如, 进行能源回收的废弃物处理) 环境影响的方法。使用替代方法, 并纳入能源生产的参考系统, 可以实现以下目标。按照本方法:

- 必须将收集、运输、分类、拆解或粉碎等准备步骤和支持活动的影响添加到产生废弃物的产品系统的清单结果中。
- 从回收过程(如焚烧)中回收的能量, 必须有相应PCF值代表能源生产参考系统的环境影响(如来自热电联产厂天然气燃烧的蒸汽)。该环境影响必须添加到使用所生产能

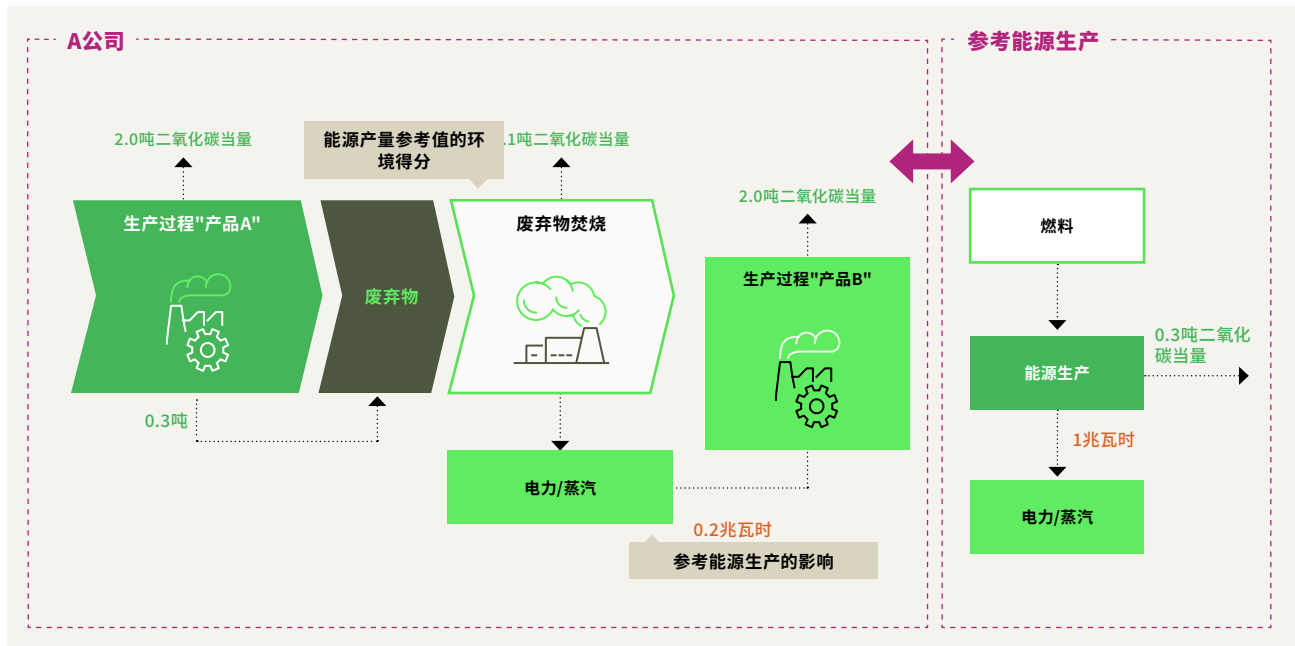
源的产品系统中。使用能源的产品系统不会从带能源回收的废弃物处理过程中获得任何环境加分。

- 回收过程(如焚烧)的影响必须添加到产生废弃物的系统中。使用参考能源生产系统的环境影响时, 必须减去所回收能源的环境得分。

例5: 多个产品系统的能源回收(替代法)

产品A在生产过程中产生废弃物(如: 溶剂废弃物)。该废弃物被焚烧并进行能源回收。回收能源用于产品B的生产。作为参考值, 能源可以通过焚烧初级燃料产生。

图 5.11 采用替代法的废弃物焚烧并回收能源



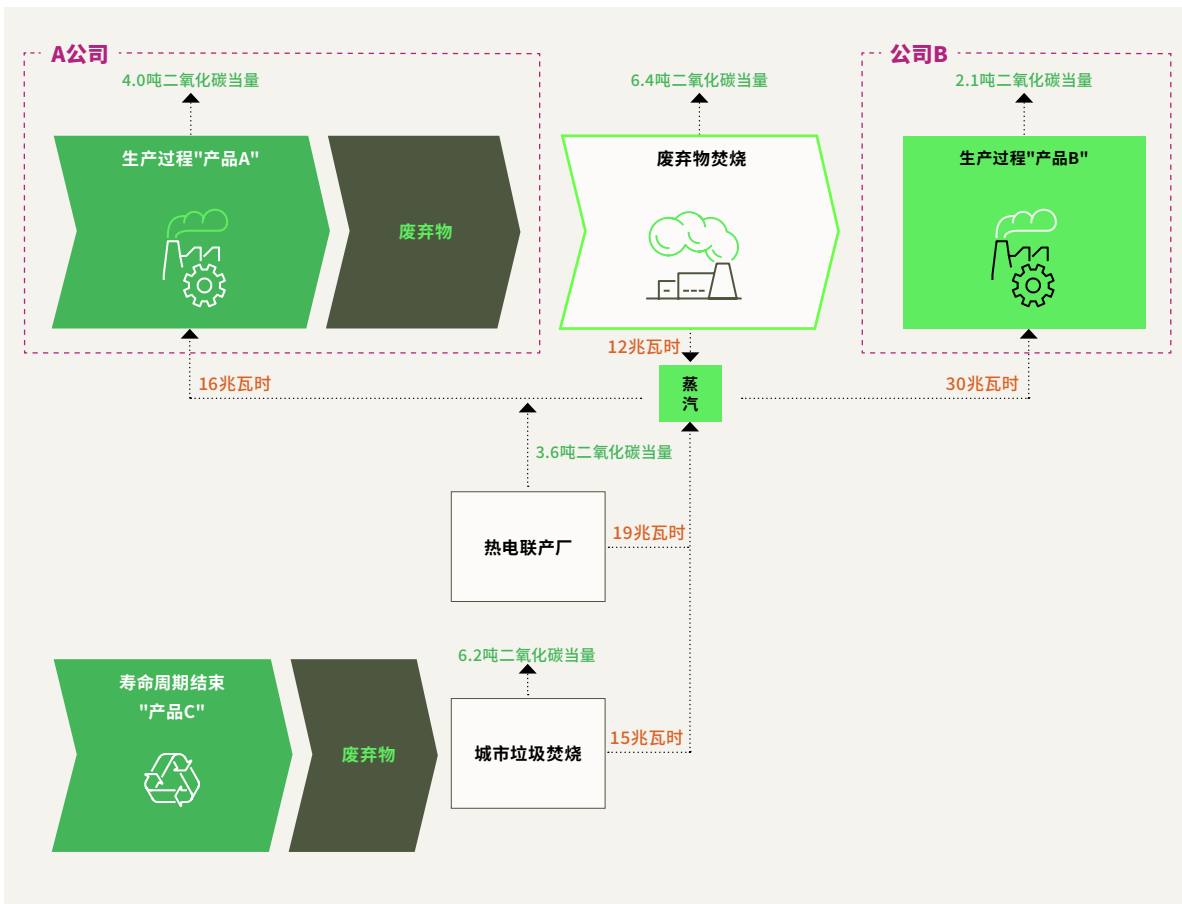
$PCF_{\text{产品A}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} + 0.1 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} - 0.2 \text{ 兆瓦时} * 0.3 \text{ 吨二氧化碳当量/兆瓦时} = 2.04 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$
 $PCF_{\text{产品B}} = 2.0 \text{ 吨二氧化碳当量/吨} + 0.2 \text{ 兆瓦时} * 0.3 \text{ 吨二氧化碳当量/兆瓦时} = 2.06 \text{ 吨二氧化碳当量/吨}$
 $PCF_{\text{参考能源}} = 0.3 \text{ 吨二氧化碳当量/兆瓦时}$

例6: 热网中的能量回收 (三种方法比较)

为比较本章讨论的三种方法, 本例子分别基于三种方法进行计算。本例是价值链中生产网络的简化版。用不同方法计算的蒸汽和产品的不同产品碳足迹值见表5.5。

A公司生产产品A, 焚烧生产产品A过程中产生的废弃物, 并进行能源回收。除了在废弃物焚烧中回收的能源产生的蒸汽以外, 蒸汽网还包括一个热电联产厂和一个城市垃圾焚烧厂, 该厂焚烧报废的产品C, 并进行能源回收。公司A和B在生产产品时都使用蒸汽。系统内生产1吨产品A和1吨产品B。处理1吨报废产品C。

图 5.12 产品废弃物和城市垃圾焚烧能源回收的关联系统实例



规范

表 5.5 产品碳足迹计算, 基于图6的不同评估方法

单位: 吨二氧化碳当量/千克 (材料) 吨二氧化碳当量/兆瓦时 (蒸汽)		取舍法	反向取舍法	替代法
蒸汽	PCF (蒸汽, 热电联产)	$3.6 / 19 = 0.19$	$3.6 / 19 = 0.19$	$3.6 / 19 = 0.19$
	产品碳足迹 (蒸汽, 化学废弃物焚烧)	$6.4 / 12 = 0.53$	0	0.19 = PCF (蒸汽、热电联产设备)
	产品碳足迹 (蒸汽, 热电联产)	$6.2 / 15 = 0.41$	0	0.19 = PCF (蒸汽、热电联产设备)
	产品碳足迹 (蒸汽, 全部)	$(3.6 + 6.2 + 6.4) / (19 + 15 + 12) = 0.35$	$3.6 / (19 + 15 + 12) = 0.078$	0.19 = PCF (蒸汽、热电联产设备)
产品A	直接工艺排放	4.0	4.0	4.0
	废弃物焚烧排放	0	6.40	6.40
	蒸汽排放	$16 * 0.35 = 5.63$	$16 * 0.078 = 1.25$	$16 * 0.19 = 3.04$
	蒸汽碳额度	0	0	$12 * 0.19 = 2.28$
	PCF (产品A)	9.63	11.65	11.16
产品B	直接过程排放	2.10	2.10	2.10
	废弃物焚烧排放	0	0	0
	蒸汽排放	$30 * 0.35 = 10.56$	$30 * 0.078 = 2.34$	$30 * 0.19 = 5.70$
	PCF (产品B)	12.66	4.44	7.80
产品C	报废阶段排放	0	6.20	$6.2 - 15 * 0.19 = 3.35$

材料回收排放因子计算指导

材料回收工艺是指从废弃材料中获得二次材料的过程, 回收的二次材料将进一步用于生产产品。这些工艺包括通过热解、蒸馏进行的化学回收或机械回收。材料回收的影响必须按照本章所述的计算方法纳入产品生命周期清单和系统边界。

产品系统边界内的能源回收

如果所有与废弃物回收相关的过程都纳入了系统边界, 则不需要特别考虑。回收过程的环境影响必须包括在PCF值中 (见例2)。例2描述了这种方法, 用于采用能源回收的废弃物处理。

产品系统边界外的回收

工业材料也可以沿价值链进行再循环利用。废弃物材料是产品系统生命周期的一部分, 在新的产品系统中作为二次材料重新使用或回收。这要求分割回收相关过程的环境影响, 因为它们可能在两个不同的产品生命周期中同时出现。

为了减少温室气体的排放, 化工行业应尽量让碳停留在材料循环中。这主要通过减少废弃物产生和剩余废弃物的材料回收实现。影响分配方法的设计旨在激励这两者。

TfS小组成员对现有的不同计算方法进行了讨论, 到目前为止尚未达成共识。将邀请更多的利益相关者参与讨论, 选择最合适的指导方法。一旦达成修改共识后, 本指南将相应更新。TfS还鼓励通过其他方式, 如制定产品类别规则等, 为此类情况制定有针对性的解决方案。

产品生命周期评估和企业可持续性报告的标准目前还不统一, 对于化工业内去碳化的重要技术, 如化学品回收, 也无法完全起到引导作用。以下列出各方法是化工业提出针对这些技术的引导方案, 但尚未与现有标准 (包括《温室气体核算体系》) 相协调。

下一节重点介绍消费后废物回收的评估。被回收并在此之后应用于其他用途的高质量/或高价值的工业过程后的废物流必须按照第5.2.9章中的指导作为副产品进行评估。不允许因此干扰根据法律规定进行的废弃物分类。

能源密集型回收 (如化学回收) 技术用于回收无法通过其他方法回收的废弃物流 (如由于技术和经济原因, 无法进行机械回收)。例如, 多种类型的混合塑料废弃物在分拣之后, 将分离出无法用机械回收等方法处理的废弃材料。如果该回收技术能够将废弃物变为再利用原料 (从而使材料不报废, 将碳继续保留在循环中), 说明该技术以减少二氧化碳和节约资源的形式创造了社会效益, 应得到认可。

以下是必须执行的一般适用规则:

1. 条件合适和允许时, 必须用工艺细分来分开常见的工艺, 以避免需要进行分配《温室气体核算体系产品生命周期核算标准》。
2. 对于来自回收过程的二次材料, "所用分配方法必须符合已发布和广泛接受的产品类别规则, 例如欧洲塑料工业协会。" (探路者框架, WBCSD)
3. 如果以上都不适用, 则必须选用以下两种分配方法中的任何一种。

第一选择应根据温室气体核算体系 (温室气体核算体系产品标准) 的要求, 以及报告的额外要求, 采用取舍法。提供"从摇篮到大门"的PCF值时, 必须额外报告当寿命周期结束, 进入废弃阶段时的排放。

对于特定情况, 可以使用上游系统扩展方法作为替代方法。在这种方法中, 在提供"从摇篮到大门"的PCF值时, 要考虑第一个生命周期中减少废弃物处理所得的环境分数。

两种方法均在下文中举例说明。

按照取舍法 (也称可再生成分法):

- 必须将收集、运输、分类、拆解或粉碎等准备步骤和支持活动的影响添加到产生废弃物的产品系统的清单结果中。
- 进入材料回收过程中的废弃物应视为无环境负担。来自前后生命周期的材料, 不考虑其环境负担或环境得分, 即被"取舍"。
- 回收过程的影响必须加入到使用该二次材料产品的清单结果中。
- 对于范围内的产品, 必须报告所有环境负担的产品碳足迹。此外, 应说明原生替代物的报废阶段, 用于与回收产品进行对比。这是涵盖了报废阶段影响的具体产品碳足迹。这种方法可以显示出材料回收的贡献, 但超出了"从摇篮到大门"的范围。

计算方法及细节见本章的例3。

例: 取舍和附加信息

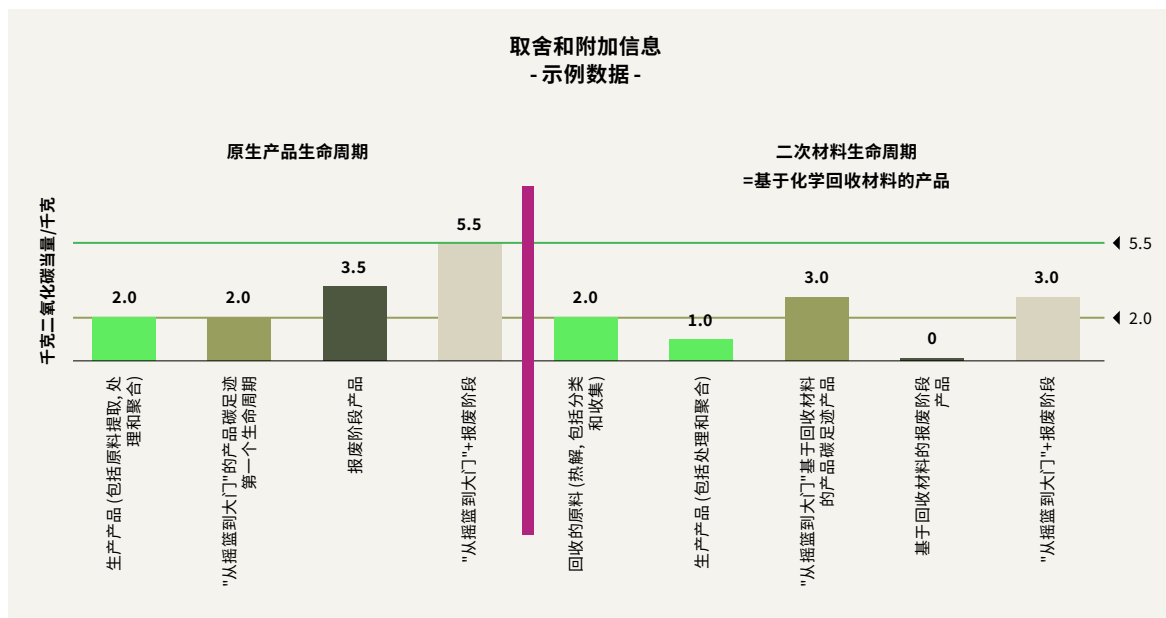
取舍法标准报告如下:

原生材料PCF (第一个生命周期, 从 摇篮到大门)
= 2.0 千克二氧化碳当量/千克
二次材料的PCF (第一个生命周期, 从摇篮到大门)
= 3.0 千克二氧化碳当量/千克

额外报告信息:

原生材料产品包括寿命周期结束阶段的PCF
= 5.5 千克二氧化碳当量/千克
二次材料包括寿命周期结束阶段的PCF
= 3.0 千克二氧化碳当量/千克

图 5.13 取舍及附加信息方法: 示例数据



本例中假设原材料的报废阶段技术是基于原材料的可再生含量, 焚烧地点为欧洲。焚烧的影响分配到报废阶段技术中, 包括对回收能源的替代。如果没有进一步的原材料报废阶段信息, 必须考虑原产国家的废弃物处理技术结构。

这种方法接近于《温室气体核算体系》中描述的取舍法。通过取舍增加的额外信息, 与原始材料相比, 回收材料的优势明显。

上游系统扩展 (USE) 方法:

在特殊情况下, 可以使用“上游系统扩展 (USE)”方法 (BASF, 2020) 证明回收材料的优势。这些特殊情况必须满足以下所有标准。

- 相比其他可用的处理方法, 能明显全面地减少温室气体排放, 获得社会效益。
- 该项新技术如果商业应用规模进一步扩大, 效率很有可能更高。
- 确保使用符合TfS指南的数据, 并定期更新。
- 已有替代废弃物处理的市场方案, 并必须明确界定要求。
- 采用符合ISO标准的替代方法, 废弃物的确切用途已知。
- 必须只在当替代处理方法能直接取代最终废弃方式, 并且通过提供副产品减少了该工艺的情况下, 才可采用替代方法。
- 需要获得有关替代产品工艺影响的数据, 用于计算替代产品的产品碳足迹, 并将其与所分析的系统进行比较。
- 必须明确描述选择化学回收方案, 来替代最终废弃方式的过程。

收集、分类、回收步骤的环境负担 (如热解) 和最终产品的进一步过程 (如裂解) 被计入二次材料以及回收过程的环境负担。必须列出全部环境负担。此外, 还可以减去所转移的最终废弃方式环境分数。作为报废阶段影响的估算基础, 如果没有进一步的原材料报废阶段信息, 必须考虑原产国家的废弃物处理技术结构。

第二步, 必须确定反事实假设情景的排放量 (如果废弃物不用于回收, 将如何处理)。采用化学回收方式时, 用过的废弃物流很难回收, 通常进入焚烧。应计算反事实假设方案的排放量, 例如, 混合塑料的焚烧包括使用定义区域内的常用技术进行能源回收 (温室气体核算体系产品标准, 2011)。

化学回收产品的最终产品碳足迹来自于所回收过程的环境负担减去反事实假设情景的节约量。因为该技术通过取代不利的废弃物处理方案, 为减碳作出了社会贡献。

这种方法可以显示材料回收的贡献, 但超出了从摇篮到大门的范围。

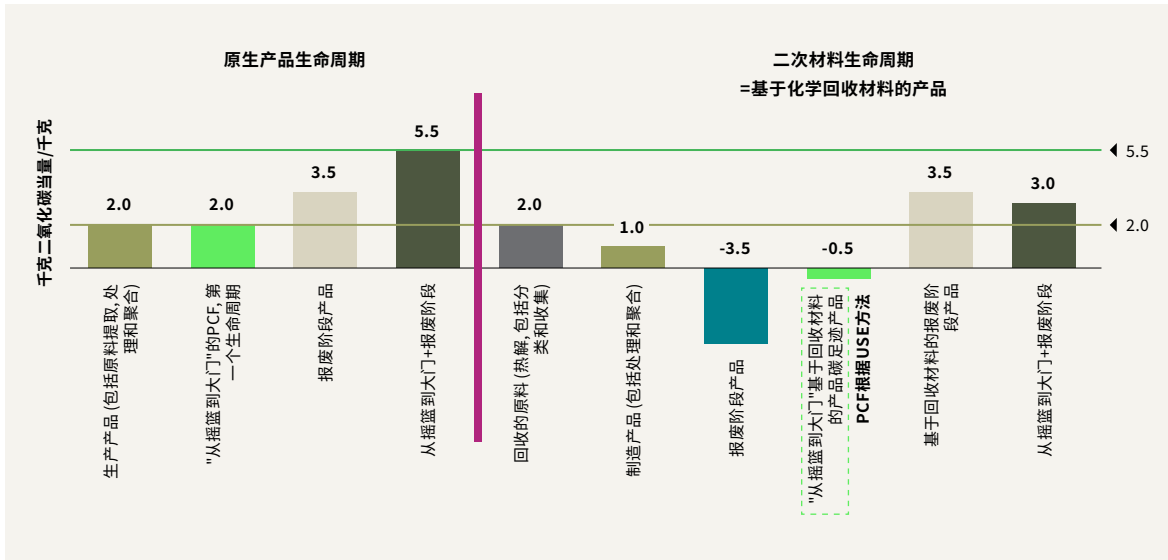
例: 上游系统扩展 (USE)

PCF原材料 (第一个生命周期, 从摇篮到大门) = 2.0 千克二氧化碳当量/kg PCF二次材料 (从摇篮到大门, 基于回收材料地毯) = -0.5 千克二氧化碳当量 / 千克

附加信息:

PCF原材料包括报废阶段 = 5.5 千克二氧化碳当量/千克
PCF二次材料包括报废阶段 = 3.0 千克二氧化碳当量/千克

图 5.14 上游系统扩展 (USE) 方法——示例数据



根据所用方法,范围3.1和范围3.12中的企业核算可能不同,TfS在企业报告说明中进行了解释。

这种方法不同于现有的温室气体核算体系方法。上游系统扩展方法的结果包括报废阶段,超过了从摇篮到大门的范围。这里得出的PCF值可以在利益相关者之间的协调过程中进一步确认。价值链上材料的回收者和材料使用者互相之间的环境负荷核算应作为其中一部分。

5.2.8.5 直接排放

直接排放是指由公司拥有或控制的工艺所产生的排放:

- 化学反应。
- 利用能源或无需使用能源的废弃物处理(如:焚烧)。
- 加工厂的燃料和残留物焚烧。

直接排放必须根据化学反应、质量平衡或测量数据确定排放的温室气体数量来计算。然后,排放量必须乘以各自的全球升温潜能值(GWP),以计算出每声明单位的二氧化碳当量的排放因子。数据相关时,应根据第5.2.10.1章的指导,分别报告化石资源和生物资源的直接二氧化碳当量排放。

5.2.9 多产出工艺

本章是关于在多产出情况下的投入和排放,即当一个工艺产生一个以上的产品时,可称为共生副产品。共生副产品一词也包括能源产品,如蒸汽或电力,或任何其他具有明确经济价值的产品,如剩余燃料。在这个意义上,能源被理解为直接能源,如来自外热反应(探路者框架,WBCSD)。直接进入最终处置(如焚烧或填埋)的废物材料不是共生副产品,因为它们不具有经济价值,因此,不允许参与多产出工艺环境负担的分配。垃圾焚烧产生的能源在废物处理章节中描述。

参考温室气体核算体系产品标准、ISO14040:2006、ISO14044:2006、ISO14067:2018、WBCSD探路者框架和欧盟委员会环境足迹建议中描述的层次结构,应用以下步骤对多产出情况下的影响进行分配(见图5.15):

- 1) 必须尽可能利用工艺细分来避免多产出的情况。必须将常见工艺分解为单独生产共生副产品的子工艺。工艺细分可以通过对特定工艺进行分项计量和/或使用工程模型来模拟工艺投入和产出(温室气体核算体系产品标准)。

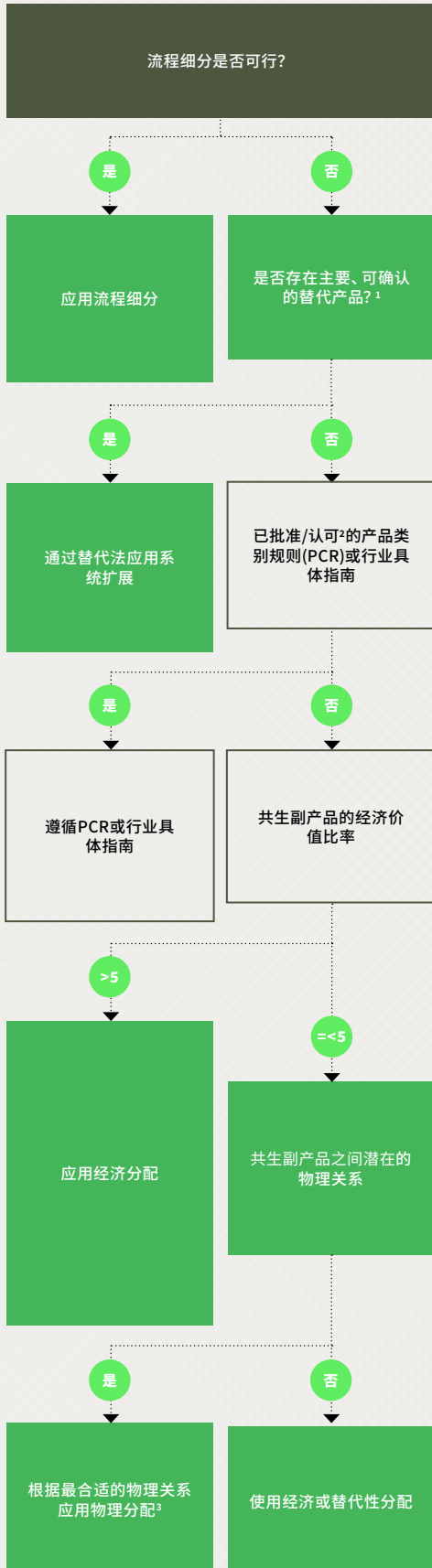
- 2) 如果无法通过细分避免多产出,则必须采用系统扩展。系统扩展是指通过将共生副产品纳入系统边界来扩展系统,并使用扩展后的系统PCF结果(PEF-GUIDE,2012)。系统扩展和替代的目的在于避免分配。将被副产品替代的产品系统,纳入所分析的产品系统中。实践中,副产品与其他可替代产品进行比较,从所分析的产品系统中减去与被替代产品相关的环境负担(ISO14044:2006)。只有在报告企业状态满足第5.1.3章中定义的状态时,才能接受替代之后的系统扩展(下文简称为“替代”)。

如第5.2.9.1章所述,在多产出的情况下,如果下列各项都适用,可采用替代法,将影响归因于多产出情况下的共生副产品:

- a. 共生副产品是在工艺中额外产生的,而不是工艺的主要产品。主要产品定义为工艺运行及优化的目的在于生产该产品。此外,主要产品的经济价值通常明显高于共生副产品。
- b. 共生副产品直接取代了市场上有专门生产工艺的替代产品。通过提供共生副产品,能够减少生产这种替代产品。
- c. 替代生产工艺的影响数据可用于计算替代产品的PCF。
- d. TfS制定了对于置换产品生产路径的共识。注意:TfS将发布并更新经认可的工艺和产品列表。

- 3) 必须采用已公布和广泛接受的产品类别规则(PCR)或行业协会项目(如有)中描述的相应产品系统计算方法(见5.2.4使用标准)。当单个产品或产品类别存在一个以上的PCR时,必须优先考虑第5.2.9.3章中描述的分配规则。
- 4) 在任何其他情况下,企业必须按照第5.2.9.3章中所述的分配规则将环境影响分配给共生副产品。对所采用的解决多产出问题的方法,必须进行说明并核查。TfS将与WBCSD和Catena X在分配层次上保持一致,因此,产品类别规则中描述的分配方法可能会优先于系统扩展和替代。考虑到产品类别规则排名已经相当靠前,产品类别规则将优先于其他方法。

图 5.15 决策树显示分配规则并减少下游的评估负担 (探路者框架, WBCSD)

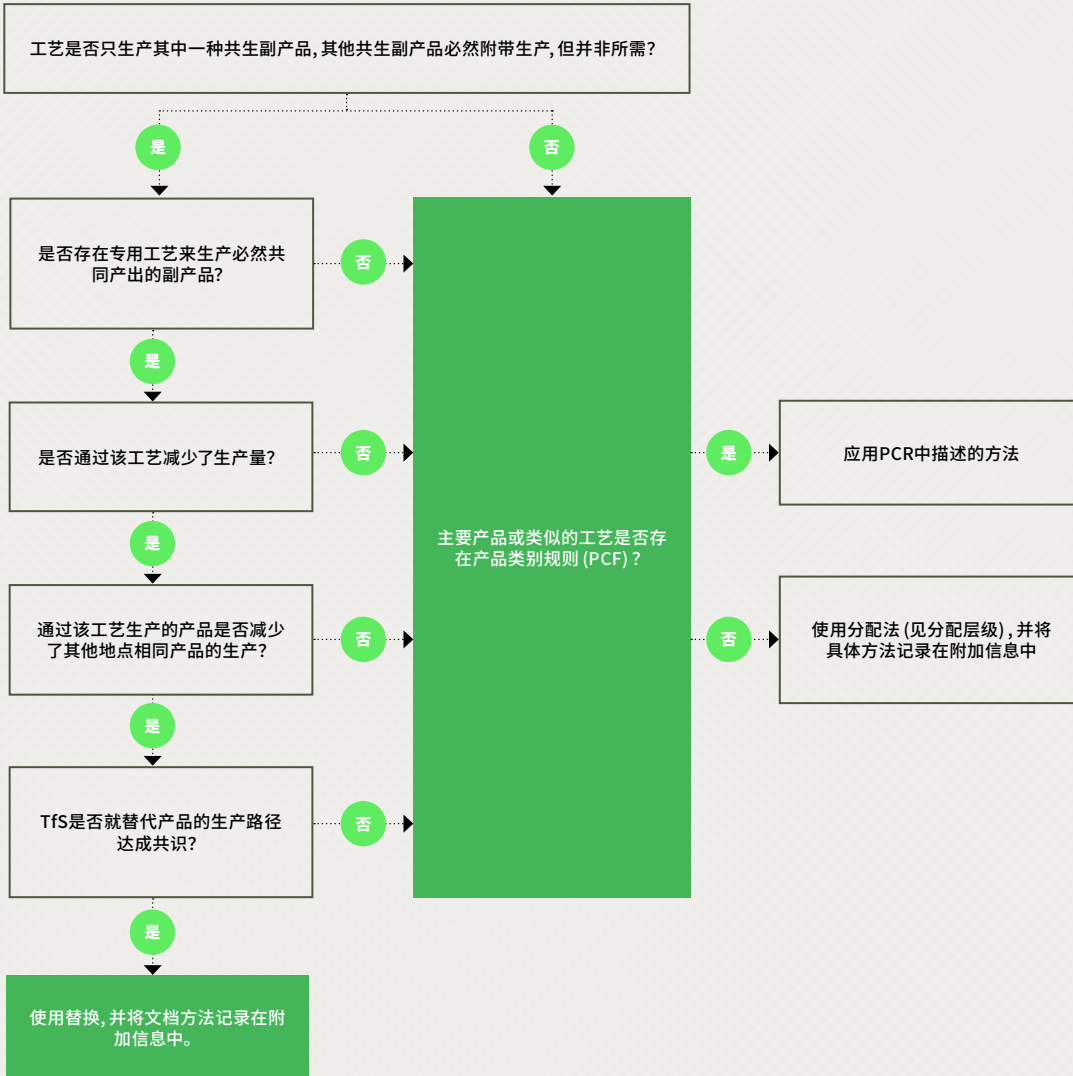


5.2.9.1 替代法

在替代法中, 将工艺的共生副产品与类似的替代产品相比, 并从分析的产品系统中减去与替代产品相关的环境负担, 以获得生产过程主要产品的环境影响 (见图5.17) (ISO14044: 2006)。使用替代法避免分配, 需要了解共生副产品的市场。为确保替代法符合ISO, 需要了解共生副产品的确切用途。必须仅当共生副产品 (不允许是主要产品) 直接替代市场上的替代产品, 并且通过生产共生副产品减少了该替代产品的生产时, 才适用替代法。需要使用替代生产过程的环境影响数据来计算替代产品的PCF, 并将其从分析系统中减去。如果共生副产品和所替代的过程满足上述所有要求, 则可以考虑将其纳入TfS认可的列表。应清晰描述整个选择由共生副产品替代替代产品的过程, 并进行记录。如果能源的共生副产品 (如残余燃料或过量蒸汽) 替代了原本的一次能源, 则必须采用替代法处理。请参阅以下示例的进一步说明。

(1) 只有当存在主要、可确认的被替代产品和基于行业共识的被替代产品的生产路径的情况时, 才可以应用替代法进行系统扩展。
 (2) 化工行业参考TfS, 其他汽车行业参考Catena-X, TfS和Catena-X所涵盖行业以外的其他行业参考WBCSD探路者, 如果这三家机构已经批准具体行业指导或PCR, 并要求作为落地标准, 则必须使用具体行业指导或PCR。
 (3) 有争议的是, 通常应优先考虑质量分配, 但在有些情况下, 其他分配因素可能更合适 (例如, 气体按体积分配, 能源按能源含量分配)。

图 5.16 应用替代法、PCR和分配的决策树

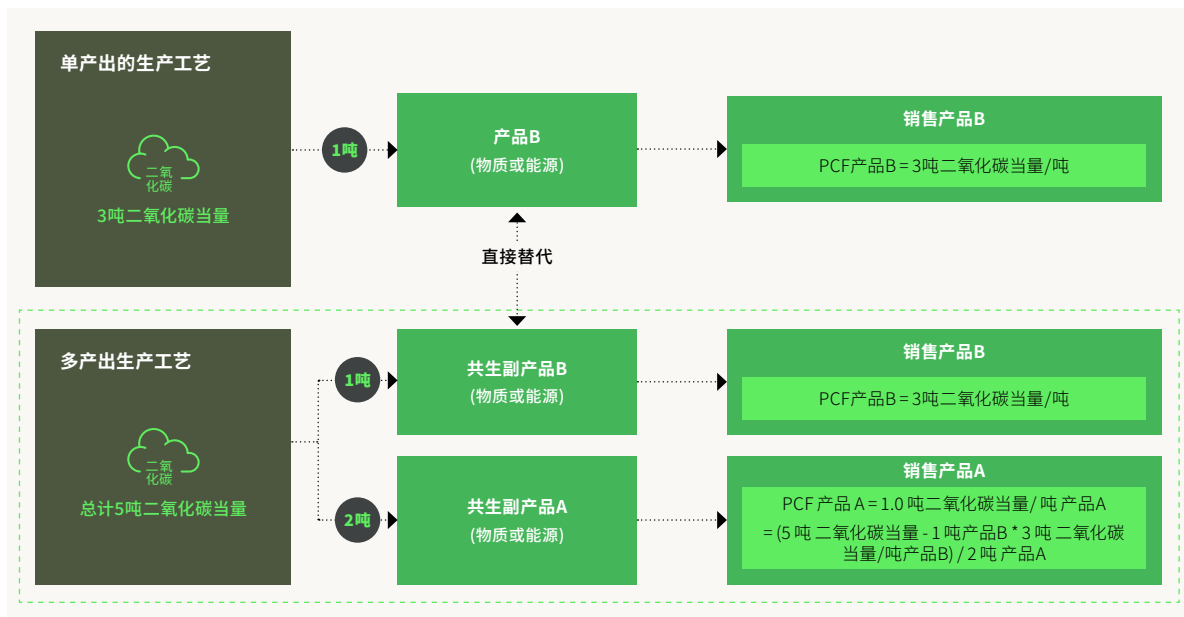


5.2.9.2 替代法示例

在示例中, 共生副产品 A 和共生副产品 B 都是作为同一工艺的共生产品生产的。该工艺产生 2 吨副产品 A 和 1 吨副产品 B, 相关的 CO₂e 排放量为 5 吨 CO₂e (参见图 5.16)。且无法进行工艺细分, 不存在产品类别规则。操作和优化该工艺以生产副产品 A 作为主要产品。副产品 B 是不可避免的共生产品, 被视为副产品。副产品 B 是与来自单一输出生产工艺的产品 B 相同的产品, 并替代来自单一输出工艺的产品 B (材料或能源)。

在市场上, 共生副产品 B 直接替代了经工艺生产的替代产品 B, 工艺环境影响为 3 吨二氧化碳/1 吨产品 B。由于所分析的工艺在系统边界内生产 1 吨产品 B, 可从工艺总影响中减去被替代工艺的影响。因此, 2 吨共生副产品 A 的 PCF 影响为 (5-3) 吨二氧化碳当量=2 吨二氧化碳当量。

图 5.17 替换法及相应多产出工艺的建模



5.2.9.3 分配规则

分配是指基于物理、经济或其他标准,通过在所分析的产品系统和一个或多个其他产品系统之间,将工艺或产品系统的输入和输出量进行分割,进而将多产出工艺分割成单产出单位工艺。当产出包括共生副产品和废弃物时,投入和产出必须仅分配给副产品。

多产出过程可以采用不同的分配方法。ISO14067 (ISO 14067: 2018) 对基于产品和共生副产品之间基本物理关系的分配进行了区分,如质量、体积或能源含量和经济分配——其中物理关系为首选。此外,输入材料,如化学品,可以根据化学反应和元素连接,通过化学计量分配给产品。

以下是必须应用的一般适用规则:

如果无法避免多产出的情况,必须以准确一致的方法划分共生副产品之间的排放量,这对PCF数据质量十分重要。分配规则应遵循图5.15中描述的层次结构(探路者框架,WBCSD):

a) 必须尽可能采用符合已公布和接受的类似过程的产品类别规则(PCR)的分配方法(见第5.2.4章使用标准)。当产品或产品类别存在多个PCR时,必须优先考虑TfS在已发布列表或PCR中接受的分配规则:

- 现有的区域性法律。
- 来自世界范围内运营协会的PCR。
- 来自区域性运营协会的PCR。(例如,欧洲塑料工业协会)。
- EPD项目的PCR。

b) WBCSD化学品指南(WBCSD化学品LCA指南,2014)首先采用了应用共生副产品的经济价值作为决定物理分配和经济分配的标准。探路者项目也采用经济分配标准,并与TfS一致(图5.15)。经济分配因子应根据稳定的市场价格计算,作为年度平均值,或在价格高度波动(如>100%)的情况下,使用多年平均值,避免价格波动影响,同时影响基于经济价值作为价格的分配过程结果(BASF SE, 2021)。如果没有市场价格,可以采用其他经济系数。

如果共生副产品的比例非常小(质量或体积<=1%),在决定分配方法时可以跳过(关于取舍标准的规则也可见第5.2.3章)。如果有两个以上的共生副产品,使用所有副产品的最高和最低价值来确定价值比率。

极少数情况下,有可能出现上述分配规则的例外情况,如:

1. 被捕获并投入其他过程的二氧化碳将单独处理(见第5.2.10.3章碳捕集和碳利用)。
2. 如果共生副产品是氢气,由于氢气的分子量较低,必须按热值分配。例如:产生一氧化碳和氢气的合成气工艺,两者都是气体和有价值的产品。如果氢气是多产出工艺中的共生副产品,由于氢气的分子量低,不允许采用质量分配。

采用处理多产出情况的方法,应始终进行清晰的说明和论证,单位工艺分配之后的投入和产出之和必须与分配前单位工艺的投入和产出相等。

5.2.9.4 分配示例

分配程序对PCF结果影响很大,从以下氯碱电解的例子可以看出,氯碱电解是产生氯、苛性钠和氢气的多产出工艺

(见图5.18)。因此,需要统一方法来处理所有可能的产品和共生副产品类型的多产出情况,让结果一致并具有可比性。

图 5.18 氯碱电解工艺的产出



应该注意的是,对于氯碱电解有专门的关联文件,此处描述的不同分配方法只是说明性的实例。

基于质量的分配

这种类型的分配是根据质量的分配,以总质量来衡量(见表5.6)。

表 5.6 基于质量分配的计算实例

定义	质量 (千克/千克氯)	影响的比例
氯	1.00	47%
氢氧化钠	1.085	51%
氢气	0.028	2%
总数		100%

化学计量或元素分配

化学反应的化学计量比可以作为分配的基础。如果质量流不能反映共生副产品的基本情况,则此方法很有用。这种分配方式可用于仅与某些产品而非所有共生副产品

有化学连接性的投入材料。化学计量或元素分配可以与其他原材料、能源、废弃物、排放物等的质量分配相结合(见表 5.7)。

表 5.7 化学计量或元素分配的计算实例

定义	摩尔质量 (克/摩尔)	与氯化钠的化学计量 关系	氯化钠的影响比例
氯, Cl ₂	70.9	0.5	60.7%
氢氧化钠, NaOH (100%)。	40	1	39.3%
氢气, H ₂	2	0	0%
总和			100%

氯化钠的影响比例=产品的摩尔质量*产品的化学计量因子/氯化钠的摩尔质量。

经济分配

经济分配是指多产出功能工艺提供的产品在地点(如工厂)以及状态(如未清洗)和数量上的经济价值。每个产品都有具体的市场价格(见表 5.8)。

如果价格存在较大波动,应计算多年平均价格以降低波动。如果有合适的资料,应使用最近的价格。

表 5.8 经济分配计算实例

定义	价值 (美元/千克)	质量 (千克/千克氯)	价值x质量 (美元)	影响的比例
氯	0.42	1.00	0.42	63%
氢氧化钠	0.10	1.085	0.1085	16%
氢	5.00	0.028	0.14	21%
总和			0.6685	100%

在产品未经出售或几乎无法确定市场价格的情况下(如内部使用的中间体,聚氯乙烯的氯),可以使用其他方法,如生产成本和加工产品的市场价格或营业额的组合。

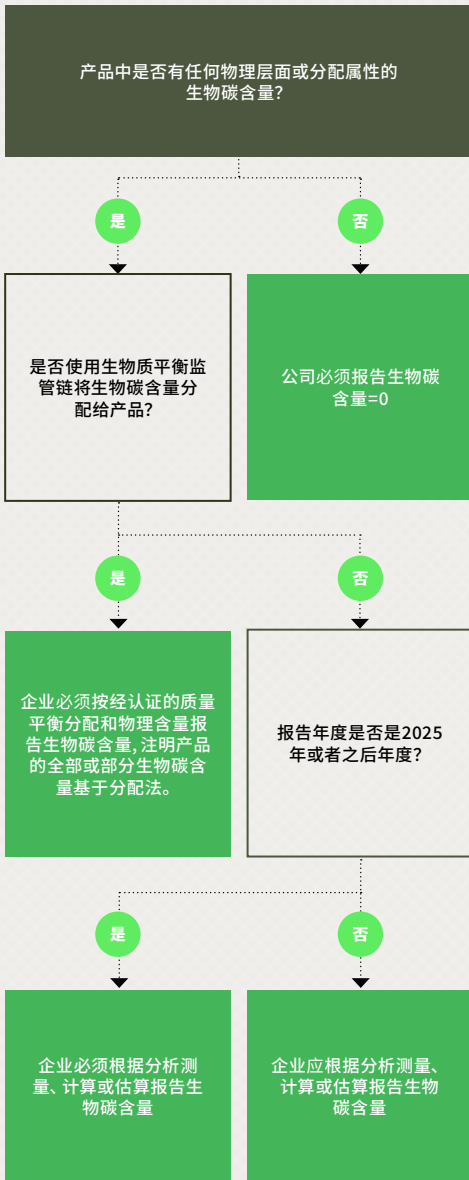
多产出分配的计算示例概述

表 5.9 分配方法和计算规则的一般示例

示例案例	适用的PCF计算规则 "如何执行"
<p>氯-碱-电解除了产生氯气之外,主要产生氢气和氢氧化钠;不产生蒸汽等能源共生副产品。</p>	<p>遵循上述决策树:应用(Eurochlor, 2022)中PCR指定的分配方案。输入的氯化钠通过化学计量法分配给所有含有钠或氯原子(或两者均有)的产品:氯气、氢氧化钠、次氯酸钠和硫酸钠。输入的硫酸仅分配给氯气生产过程,因为它用于干燥氯气。氢气排放只分配给氢气生产过程,因为这里指的是氢气进入大气,造成氢气损失。氯气排放只分配给氯气过程,因为这里指的是氯气进入大气,造成氯气损失。电力、蒸汽和所有其他输入和输出都按质量分配给所有有价值的产品,用于解决活性分子的质量含量问题。</p>
<p>蒸汽裂解工艺将化石碳氢化合物原料(主要是乙烷、液化石油气、石脑油或天然气)转化为几种不同的主要产品,如乙烯和丙烯、苯、丁二烯和氢气。该工艺产生额外的化学衍生品,如乙炔、丁烯、甲苯和二甲苯。</p>	<p>这种复杂的生命周期评价过程需要具体方法来支持准确计算。因此,欧洲塑料工业协会开发了PCR¹来统一这些方法,该PCR根据定义区分了所谓的"主要产品"(乙烯、丙烯、苯、丁二烯、氢、甲苯、二甲苯和丁烯)和"附加产品"(所有其他产品)。规定使用的原料必须按质量分配给所有蒸汽裂解产品。能源需求和排放必须只按质量分配给"主要产品"。</p>
<p>用甲醇生产甲醛,除了产生甲醛外,还产生多余的蒸汽,用于报告企业同一地点的另一个产品生产工艺。这些蒸汽可以替代基于天然气的现场热电联产厂产生的蒸汽。</p>	<p>甲醛工艺产生的共生副产品仅用于能源回收。按照决策树及其例外的情况,分配问题可以通过系统扩展和替代来解决。这意味着该工艺输入和输出的二氧化碳影响完全分配给主要产品。然而,与此同时,该工艺获得的二氧化碳减量额度与基于天然气的现场热电联产厂产生的蒸汽的二氧化碳影响相对应。当废蒸汽作为另一个生产工艺的投入时,该生产工艺需要计入基于天然气的热电联产厂产生蒸汽的二氧化碳排放量。通过这种方式,达到二氧化碳平衡,同时奖励生成蒸汽的工艺,因为它替代了本应生产的产品。</p>
<p>大气中的气体如氮气、氧气、氩气和其他惰性气体通过空气分离工艺产生。该工艺将空气分馏成各主要成分气体。建造低温空气分离装置(ASU)提供氮气或氧气,并经常同时产生氩气。该工艺提供高纯度气体。稀有气体如氦、氖和氙可以通过使用至少两个精馏塔的空气蒸馏分离。这种蒸馏类型可以类推到化工业中经常使用的几乎所有其他蒸馏过程。该过程适用于分离不同的化学品馏分和净化化学品。</p>	<p>遵循上述决策树:没有PCR,比较共生副产品的经济价值(=价格)的结果>5。(价格产品1(最大)/价格产品2(最小)>5)。输入和输出流的二氧化碳当量影响必须根据经济分配方法进行分配。如果共生副产品的经济价值(=价格)的结果=<5,则必须采用基于物理关系的分配。典型的蒸馏过程中,(如:分离沸点不同的不同化学品),沸点可以作为分配基础。沸点越高,环境负担越重,因为蒸馏产品需要的能量更多。</p>

(1) 欧洲塑料工业协会关于蒸汽裂解装置分配的建议。欧洲塑料工业协会-蒸汽裂解装置分配

图 5.19 报告产品中生物碳含量 (BCC) 的决策树¹



其他要求:

企业必须说明生物碳含量是否基于物理基础或分配法。

在供应链中应用经济分配后, 必须修正生物碳含量。

5.2.10 附加规则和要求

5.2.10.1 在PCF中考虑生物碳的方法

"植物在光合作用过程中清除大气中的碳(以二氧化碳的形式), 并将其储存在植物组织内。直到这些碳再次进入大气之前将停留在大量的碳库中"(温室气体核算体系企业标准), 如生物基材料。"碳可以在这些库中停留很长时间, 有时长达几个世纪, 储存在这些聚集区的被封存的碳的增加, 代表着大气中被清除碳是净减少的"。由于生物基材料源于植物, 对它们来说也是如此。"

本指南中的要求与ISO14067 (ISO 14067: 2018) 中规定的要求一致。

根据ISO14067, 生物质生长过程中**吸收**二氧化碳**产生**的生物质清除量必须包括在PCF计算中。此外, 所有生物质排放(如粪便施肥产生的甲烷排放等)和相关过程的进一步排放, 如生物质的种植、生产和收获, 必须包括在PCF计算中 (ISO14067: 2018)。

进入生物质的二氧化碳清除量在PCF计算中必须描述为进入产品系统时的-1千克二氧化碳/千克二氧化碳, 而生物源二氧化碳排放量必须描述为+1千克二氧化碳/千克生物质碳 (ISO14067: 2018)。如第5.3.2章所述, 考虑生物源排放和清除的PCF值必须申报为**PCF (包括生物源二氧化碳清除)**。

应该注意的是, 其他系统(即欧盟委员会产品环境足迹(PEF 2021)系统)对生物源排放和清除的处理方式不同。目前PEF不考虑生物源二氧化碳排放和生物源二氧化碳清除(0/0方法), 而是考虑生物源甲烷排放。此外, PEF认为生物源二氧化碳排放和生物源二氧化碳清除是中性的, 独立于其报废处理阶段。对于短期使用的焚烧材料, 这种方法与考虑生物碳吸收和随后焚烧排放的方法相同。为满足PEF和当前GHG协议的要求, 还必须报告**"PCF (不包括生物源二氧化碳清除)"**, 该PCF不考虑生物源清除, 而是考虑所有生物源和化石源的碳排放。生物源排放包含来自生物基碳转化为甲烷的甲烷排放, 并将其转化为二氧化碳当量。来自生物基材料的一氧化二氮排放量也以二氧化碳当量表示。如果一氧化二氮的排放来自基于化石材料的肥料, 则与化石源排放的二氧化碳当量相关。

即将发布的《温室气体核算体系土地行业和清除指南》将在生物源排放和核算要求方面推翻所有现行的温室气体排放标准。最终版本发布之后, TfS将依据该最终版更新本指南。

由于本指南中规定的PCF(包括生物因子量)的范围完全考虑"从摇篮到大门", 材料的总碳含量和生物碳含量也必须与PCF(包括生物吸收量)一起报告, 目的是在进一步的下游计算中或在生命周期结束报废时完成生物碳平衡, 这部分不属于本指南范围 (BASF SE),

⁽¹⁾ 2025年设定为强制性报告生物碳的第一年, 以使相关企业有足够的时间为此做准备。

(ISO14067: 2018)。图5.19提供了生物碳含量 (BCC) 的报告决策树。生物碳的定义指来自于生物质的碳。生物质是指基于生物来源的材料, 包括有生命和无生命的有机材料, 如树木、农作物、草、枯枝落叶、藻类、动物、粪便和生物来源的废弃物。在本文件中, 泥炭被排除在生物质的定义之外 (ISO14067: 2018)。在产品方面, 产品中含有的生物质碳被称为产品的生物碳含量 (ISO14067: 2018)。产品中存在的生物碳含量可能来源于物理上的实际存在, 或来源于生物量平衡的分配计算。如果采用生物量平衡, 则必须规定避免重复计算, 特别是对于没有分配到生物碳含量的产品。

如果产品中含生物碳材料的质量低于产品质量的5%, 可以省略生物碳含量的声明 (EN15804+A2 2019: 46)。

以下以生物基乙醇为例, 介绍如何计算和报告生物源碳吸收量和碳含量。

- 乙醇中的碳含量 (碳分子量/乙醇总分子量)
= (24克/摩尔/46克/摩尔) = 52.17%乙醇中的碳含量。
- 1千克乙醇含有521.7克碳。
- 由于生物碳含量占100%, 所以生物碳含量也是521.7克碳/千克。
- 生物碳去除量为521.7克碳/千克*44/12 (碳转化为二氧化碳) = 1 913克二氧化碳/千克乙醇。

当燃烧乙醇时, 例如在报废过程中, 将释放相应数目的二氧化碳当量¹。如果将乙醇用于化工品前体, 并且长期应用该产品, 则乙醇的贡献为负。新的温室气体核算体系土地行业和清除指南就如何核算产品碳库的延迟排放提供了新的方法。该指南发布之后, TFS指南将进行相应更新。

表5.10提供了如何报告生物基乙醇排放量的示例。

表 5.10 计算和报告包括生物源材料的PCF结果

简化计算示例: 对于1千克乙醇	根据ISO14067: 2018; 温室气体核算体系产品标准	根据PEF2021
产品中的生物碳 (千克生物碳/千克乙醇)	0.521	0.521
产品中的等效生物碳去除量, 以二氧化碳表示 (千克二氧化碳/千克乙醇)	-1.9	0.0
等效生物碳总去除量, 以二氧化碳表示 (千克二氧化碳/千克乙醇)	-2.334	0.0
排放量、土地用途和直接的土地用途变化 (千克二氧化碳/千克乙醇)	0.2	0.2
其中直接的土地用途变化 (千克二氧化碳/千克乙醇)	0.1	0.1
排放, 生物源 (千克二氧化碳/千克乙醇)	0.8 (0.4来自甲烷)	0.4 (甲烷)
排放, 化石源 (千克二氧化碳/千克乙醇) (化石源碳排放和化石碳清除量的净结果)	2.0	2.0
从摇篮到大门的排放量 (千克二氧化碳当量/千克乙醇)	-2.334+0.2+0.8+2.0 = 0.67	0.0+0.2+0.4+2.0 = 2.6

(1) 在报废阶段的建模中, 例如, 当生物质被用作某一过程的能源时, 产品中的生物碳应以与化石碳相同的方式释放, 这取决于具体的报废方式 (例如, 考虑转化为所有相关碳基气体 (二氧化碳、一氧化碳、甲烷))。还应检查碳平衡是否闭合 (吸收量等于排放量)。

- 生物源甲烷排放量和相应的二氧化碳吸收量：
0.4千克二氧化碳当量/千克乙醇

$$0.4 / \text{全球升温潜能值甲烷 (30 千克/千克甲烷)} \\ = 0.013 \text{ 千克甲烷/千克乙醇}$$

$$0.013 \text{ 千克甲烷} = (0.013/16) * 44 \\ = 0.04 \text{ 千克二氧化碳吸收量}$$

- 生物源二氧化碳排放的额外吸收量：
0.4 千克二氧化碳当量/千克乙醇
- 二氧化碳总吸收量：
-1.9 千克二氧化碳 - 0.04 千克二氧化碳 - 0.4 千克二氧化碳
= -2.34 千克二氧化碳

根据ISO14067 (ISO14067: 2018), 必须报告产品中的生物碳、化石和生物体的温室气体排放和清除。应报告土地利用的温室气体排放和清除。

在某些情况下, 例如, 当进行分配时, 碳流量可能无法代表碳含量的实际情况。为了避免误导或错误计算, 应对最后的PCF计算结果进行碳校正。必须确保产品中的生物碳含量等于生物碳(二氧化碳)清除量与生物碳排放(二氧化碳和甲烷)量之和。如果情况并非如此(例如, 由于价值链的分配方式), 则必须调整生物碳(二氧化碳)清除量。

因此, 表5.10所示的信息需要单独报告并传输给接收方(另见第5.3章)。此外, 必须补充碳含量的信息:

- 生物碳含量: 0.5217 千克碳/千克乙醇。
- 总碳含量: 0.5217 千克碳/千克乙醇 (= 0.5217 千克碳(产品的生物碳含量)/千克产品 + 0 千克碳(产品的化石碳含量)/千克产品)。

第5.2.8.2章中的原材料计算, 必须使用符合ISO14067 (ISO14067: 2018) 的总数。产品计算的结果包括在大门的生物碳清除。必须另行报告生物碳吸收, 以根据产品最终用户的报废处理方式计算正确的PCF。

考虑产品在特定时间段内的生物碳清除时, 必须评估温室气体排放和清除的时间影响 (ISO14067: 2018)。

如果产品投入使用之后(如果相关的《项目报告》中没有另行规定), 使用阶段和/或报废阶段产生的温室气体排放和清除超过了10年, 则必须在生命周期清单中规定相对于产品生产年份的温室气体排放和清除的时间。如果计算了产品系统的温室气体排放和清除的时间影响(以二氧化碳当量计), 必须在清单中单独记录 (ISO14067: 2018)。

包装的生物碳含量(如果纳入了PCF) 必须进行排除或单独报告, 以进行准确的报废阶段计算。

用于化学品生产的生物质应该是高质量的, 并且在生产过程中应该着重于达到高水准的可持续性。使用质量平衡监管链确定PCF时, 应满足以下要求:

1. 使用的生物质应该遵循透明的认证标准, 并且应由具有资质的独立机构核查, 确认满足认证。
 - a. 认证体系必须有明确的监管链规则、可追溯的要求、确定的边界、市场声明的指南, 包括避免重复计算的保障措施, 并必须在整个供应链中确定可持续原材料的类型。
 - b. 可接受的认证体系的例子包括ISCC PLUS、REDCert2、UL ECVP 2809、RSB高级材料、FSC、RSPO或同等认证。

2. 进行质量平衡分配的生产工艺的生命周期评价可以由独立机构进行审查, 并确认其符合ISO14044 (ISO14044: 2006) 或ISO14067 (ISO14067: 2018) 的规定。该研究还必须记录物质流和归因方式是如何计算的。

例如, 在修订后的欧盟2018/2001号指令中, 欧盟的可持续标准扩展到涵盖用于供暖和制冷以及发电的生物质。欧盟国家必须在2021年6月30日前开始遵守新规则, 而自愿机制必须调整认证方法, 以满足新的要求。

要获得欧盟委员会的认可, 该计划必须满足以下标准:

- 原料生产商遵守修订后的《可再生能源指令》及其实施法规的可持续标准。
- 与可持续参数相关的信息可以追溯到原料的来源。
- 所有信息都有详细记录。
- 企业在开始参与该计划之前就接受审计, 并定期进行追溯性审计。
- 审计人员拥有与该计划标准相关的通用和具体的审计技能。
- 认可自愿排放计划的决定通常法定有效期为5年。

如果使用含生物质材料不足100%的混合原料, 必须根据生物质材料比例计算生物质含量, 并提交相应报告。其他比例的材料与化石碳相关。

如果要求按照PEF进行计算, 必须使用PEF参考值。

表 5.11 dLUC和iLUC (ISO14067: 2018)

直接土地利用变化 (dLUC)	间接土地利用变化 (iLUC) ; 可选
<p>在相关边界内, 人类利用土地用途的变化, 导致土壤和生物碳储存变化。</p> <p>例如, 原始森林变为农业用地或草地。</p> <p>从原本的土地利用变化到实际评估的土地利用, 应分析与这些变化相关的温室气体排放和清除量, 并必须纳入PCF计算。</p>	<p>土地利用变化, 是直接土地利用变化的结果, 但发生在相关边界之外。</p> <p>例如, 将种植粮食的农业用地改为用于种植生物基化学原料的农业用地, 导致粮食生产转移到边界之外。</p>

5.2.10.2 土地利用变化排放

土地利用变化 (LUC) 是指从一种土地利用 (可以是自然生态地, 如原始森林, 也可以是农业用地) 到另一种土地利用 (多数情况下是“人类对土地的利用或管理。”) 的变化。由于土地利用变化导致土壤和地上及地下生物碳储量的变化, 实现温室气体的排放和清除, 这些变化不是土地管理变化的结果 (ISO14067: 2018)。同一土地利用类别内的土地管理变化不属于土地利用变化 (例如, 农业用地到农业用地)。土地利用变化可分为直接土地利用变化和间接土地利用变化 (表5.11) :

根据ISO14067 (ISO14067: 2018), 由于直接土地利用变化而产生的温室气体排放和清除量必须包括在PCF计算中, 并必须在文件中单独声明 (ISO14067: 2018)。由于间接土地利用变化而产生的温室气体排放和清除可以考虑纳入, 如果进行计算, 必须单独记录 (ISO14067: 2018)。

在**过去几十年内** (常用数据为IPCC一级二十年期限), 因直接土地利用变化产生的**温室气体排放量和清除量**, 必须按照国际公认的方法进行评估, 如**IPCC国家温室气体清单指南**《IPCC-温室气体清单指南》。

如果使用特定方法 (如基于现场、区域或国家数据), 数据必须基于经过验证的研究、经过同行评审的研究或类似**科学证据**, 并必须在PCF研究报告中予以记录 (ISO14067: 2018)。

如果一种产品包括前体都100%基于化石材料, 该类别的相关性非常低, 在评估中可以忽略, 应该报告为“不适用”。

5.2.10.3 避免碳排放和碳抵消

避免碳排放的定义

在本标准中, 为避免碳排放量被量化为由所分析的产品或工艺间接导致的排放减少, 或由所研究的产品或工艺在其生命周期内发生的市场反应引起的排放减少。不允许从PCF的总清单结果中减去避免碳排放。

关于避免碳排放的更多信息, 参见WRI关于避免碳排放指南 (估算和报告产品的比较排放影响; 温室气体核算体系产品标准; ICCA - 避免碳排放挑战, 2017; WBCSD - SOS 1.5, 预计将于2022年底发布)。

排放抵消量的定义

“排放抵消量是企业购买的排放信用额度 (以排放交易或资助减排项目的形式), 以抵消所分析产品碳排放的影响。企业通常出于以下两个原因之一使用排放抵消量: 满足无法单独达到的减排目标, 或声称产品为碳中和” (温室气体核算体系产品标准)。

PCF的总清单结果不允许减去排放抵消量。然而, 如果企业希望为其产品的气体清单购买抵消量, 可以在清单结果中单独提供有关抵消量的信息。对于这些作为额外信息单独提供的抵消量, 企业应: 购买按照国际公认的温室气体减排项目核算方法 (如温室气体核算体系项目核算) 量化的温室气体排放效益的抵消量; 只核算产品层面的抵消量, 以避免重复计算企业层面的抵消量 (温室气体核算体系产品标准)。

排放清除量的定义

封存或吸收大气中的温室气体排放, 最典型的情况是二氧化碳在光合作用中被生物物质吸收。

表 5.12 通过抵消避免排放的示例

示例案例	适用的PCF计算规则	排放抵消的自愿补充信息
公司从一个投资再造林的项目购买排放信用额度, 以抵消PCF计算结果的50%	PCF计算结果不变	50%的排放抵消量与清单结果分开提供
该公司从另一家公司购买碳捕集与碳存储设施的排放额度, 以抵消PCF计算结果的30%	PCF计算结果不变。碳捕集与碳存储的温室气体减排不能视为PCF的减排, 因为碳捕集与碳存储不是产品系统的一部分	30%的排放抵消量与清单结果分开提供

由于ISO新标准的发展, 各个层面可能会出现不同处理方式。在ISO层面, 新标准ISO14068《气候中立》正在制定中。ISO的净零计算方法也从IWAR42净零指导原则开始。这些标准可能会导致新的计算处理方式和具体PCF计算修改。本指南将在新标准发布和需要应对新的要求时, 进行相应更新。

5.2.10.4 碳捕集之后的储存、利用

"碳捕集"是指从工业和能源相关来源中分离出二氧化碳或从大气中进行技术性捕集的过程。本指南仅指在排放源处捕集二氧化碳。直接空气捕集技术不属于本章节的范围。对于捕获其他碳源(如甲烷)的其他技术, 需要进一步定义。

CCS (碳捕集与储存, 或更准确地说: 二氧化碳捕集与储存) 是指分离二氧化碳, 并注入地质层, 从而与大气层长期隔离。

长期是指被视为有效且为环境安全气候变化缓解方案所必需的最低期限 (ISO 27917:2017; ISO Guide 84:2020)。

CCU (二氧化碳捕集和利用) 是指将分离的二氧化碳转化为有价值的产品的技术过程。与碳捕集与储存相比, 碳捕集与利用中的二氧化碳储存只是暂时的。排放可以延迟, 因此, 在储存期间不会对气候变化产生影响 (Müller, Kästelhön等, 2020)。

碳捕集仅指工业排放源, 而生物过程, 如植树, 也是储存(或封存)二氧化碳的过程, 并不包括在术语中。

碳捕集和储存

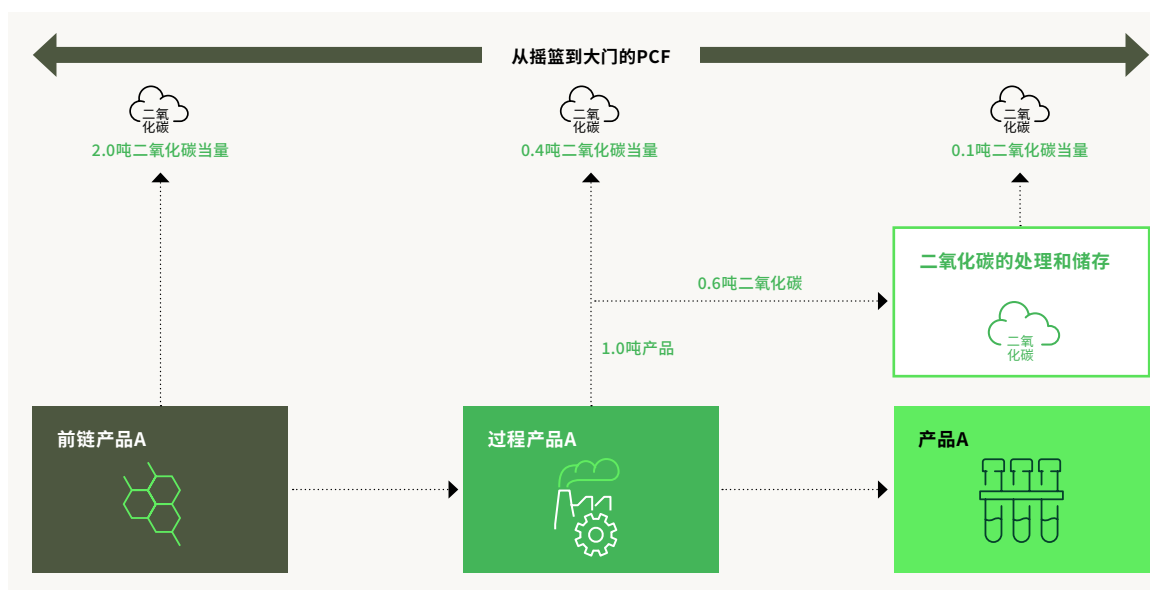
如果能保证永久和完整地储存在设施中, 碳捕集和碳储存可以加入PCF的计算。永久储存技术的特点是储存过程的物理逆转风险非常低。世界经济论坛提供了对储存技术的全面概述。必须记录温室气体排放、储存的温室气体排放和部署的储存技术的净结果。排放的温室气体(如通过捕获、运输、储存)和储存的温室气体可以分开报告 (BASF SE, 2021)。

只有当碳捕集和储存技术在产品生产时处于活跃状态时, 碳捕集和储存才可以纳入PCF。

表 5.13 CCS示例

示例案例 (见图5.20)	适用的PCF计算规则	排放抵消的自愿补充信息
该公司安装了一套碳捕集的设施, 并保证永久完整储存0.6吨二氧化碳 (碳捕集与碳存储)	应考虑捕集0.6吨二氧化碳, PCF的最终结果必须包括储存的0.6吨排放量以及在捕集、运输和储存过程中释放的排放量 (见图5.20)	释放排放量和储存排放量的绝对值可以单独报告

图 5.20 碳捕集与存储实例 (CCS), 假设每吨产品A封存0.6吨二氧化碳



PCF (产品A) = 2.0吨二氧化碳当量/吨 + 0.4吨二氧化碳当量/吨 + 0.1吨二氧化碳当量/吨 = 2.5吨二氧化碳当量/吨

如果没有碳捕集和存储, "工艺产品A"的排放量为1吨二氧化碳当量, 这将导致总排放量为3.0吨二氧化碳当量。通过碳捕集和存储, "工艺产品A"的排放量降至0.4吨。处理和存储排放0.1吨二氧化碳当量; 因此, 总净二氧化碳当量为2.5吨二氧化碳当量(2.0吨 + 0.4吨 + 0.1吨)

- 包括碳捕集和存储的净PCF (产品A) 报告: 2.5吨二氧化碳当量。
- 关于碳捕集和存储的自愿性补充信息: 0.6吨二氧化碳 (捕集和储存)。
- 关于释放的温室气体排放量的自愿补充信息: 0.4吨 (过程) 和0.1吨 (处理)。

碳捕集和利用

产品生命周期评估的标准目前还不统一, 没有完全解决PCF对有可能使化工业去碳化的重要技术的引导作用, 如碳捕集和利用以及化学品回收。因此, 以下方法可视为化工业对这些技术的引导建议, 但尚未与其他标准统一, 包括温室气体核算体系。

捕集的二氧化碳是人类转化的产物, 因此, 二氧化碳可视为技术流和供利用的化学原料。捕集和使用二氧化碳时, 必须采用ISO和TfS的分配等级, 即如果无法通过细分避免多产出, 则必须采用公开和广泛使用的产品类别规则 (PCR) 或行业协会项目 (如可行) 中描述的相应产品系统的方法进行系统扩展或分配 (见第5.2.9章)。见以下章节解释, 这两种方法均不利于激励碳捕集技术。因此, TfS决定建立替代方法, 以供后续讨论。

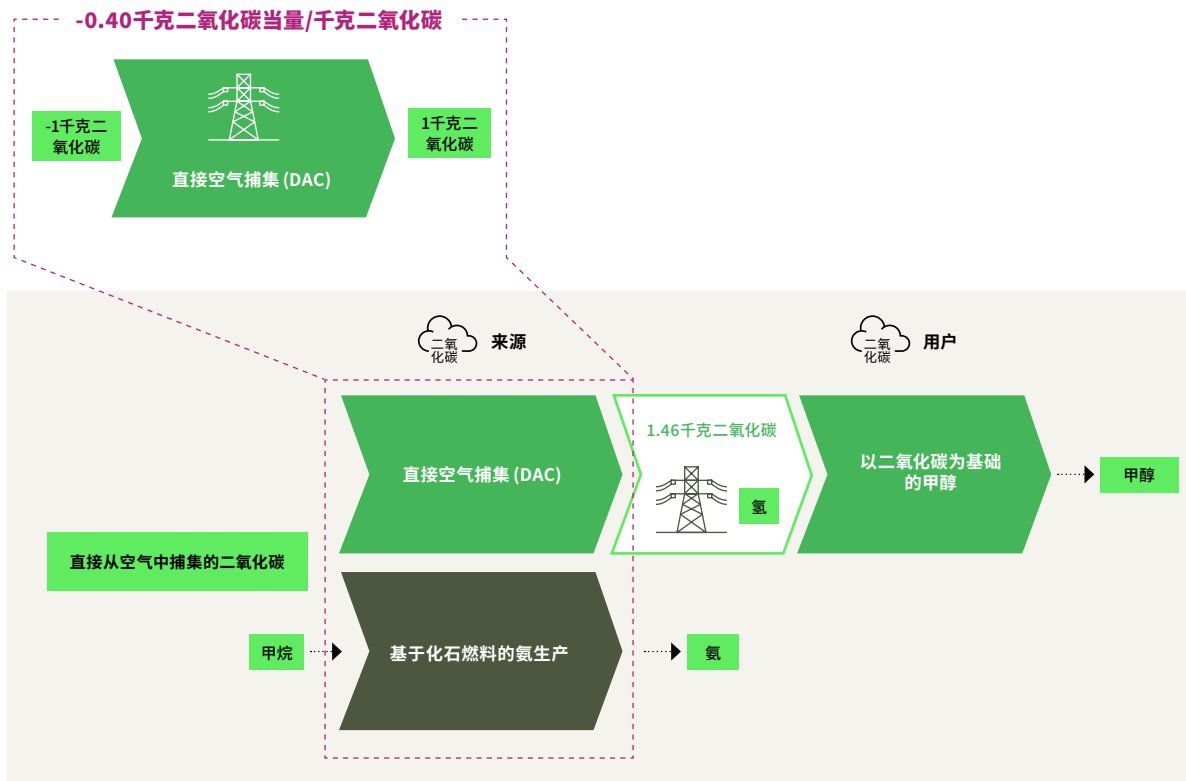
二氧化碳的来源可以是直接空气捕集 (DAC), 也可以是点源 (工业过程, 如氨生产)。对于这两种来源, 通过捕集和利用二氧化碳生产化学产品的技术转型由二氧化碳的使用者推动; 对于点源, 也由二氧化碳来源推动。只有制定能够反映主要产品和二氧化碳之间关系的评估方法, 才能推动二氧化碳使用者在决策中考虑二氧化碳来源。

根据表5.14提供的示例数据, 计算了不同评估方法对合成氨厂 (点源) 和甲醇生产 (二氧化碳的使用者) 以及直接空气捕集 (DAC) 作为二氧化碳参考源的影响。

图5.21反映了使用两种不同二氧化碳来源计算基于二氧化碳生产甲醇从摇篮到大门的PCF计算结果。二氧化碳来源分别为：直接空气捕集 (DAC) 和工业点源,即生产氨的工厂。在直接空气捕集的范例计算中 (见图 5.21 和表 5.14), 通过直接空气捕集1千克二氧化碳。本例中与二氧化碳捕集和DAC捕集过程相关的总PCF为0.60千克二氧化碳当量/千克二氧化碳。包括去除1千克二氧化碳在内, 捕获的二氧化碳的总PCF为-0.40千克二氧化碳当量/千克二氧化碳。该计算考虑了每千克捕获的二氧化碳: 2.52兆焦电力, 通过热泵提供11.9兆焦热量, 这与4.74兆焦的电力需求 (假设热泵的COP为2.51) 和0.02千克二氧化碳当量相关, 用于计算吸附剂损失。在上述示例中, 电力二氧化碳当量排放因子为0.08 千克二氧化碳当量/兆焦。

在情景1)"非多输出系统"中, 甲醇工艺使用1.46公斤来自DAC的二氧化碳来生产1公斤CH₃OH。如图5.21所示, 考虑到所有来自甲醇和原料H₂的生产, 来自DAC的基于二氧化碳的甲醇的总PCF为2.57千克二氧化碳当量/千克甲醇。如果使用DAC, 因此在合成氨厂不进行捕集, 则合成氨的生产导致的PCF为1.98千克二氧化碳/千克氨气 (表5.15)。

图 5.21 空气直接捕集情景——直接使用空气捕集二氧化碳, 加工成甲醇。生产氨的工厂没有捕获二氧化碳 (表5.15 第1栏)。



1千克氨 + 1千克甲醇 = 4.55千克二氧化碳当量

表 5.14 使用"非多产出"方法的PCF结果

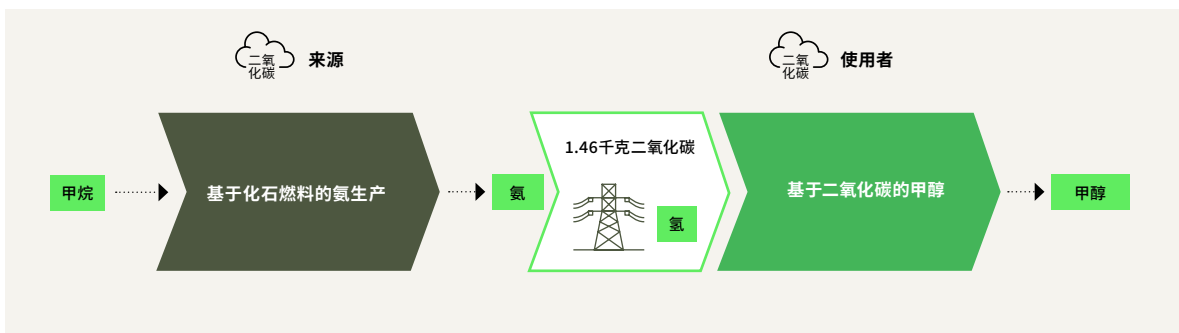
单位: 千克二氧化碳当量	氨 (作为二氧化碳源的PCF (1千克氨))	甲醇 (作为二氧化碳使用者) 的PCF (1千克甲醇)	系统扩展 (1千克氨+1千克甲醇)
来自空气直接捕捉的二氧化碳	1.98 (无捕获)	2.57	4.55

在使用点源捕集二氧化碳时,该评估方法会影响氨和甲醇的PCF值。以下计算实例中,应用了"系统扩展,随后使用替代法替代生产氨的工厂"和"经济分配"两种评估方法,以说明不同方法对两种产品PCF的影响,从而说明指导的效果。

在场景2)"系统扩展:规避生产氨,有/无捕集"中,计算从规避运行无捕集的氨厂过程中获得的碳信用额度,用以确定从氨厂捕集的二氧化碳的PCF。通过这种方法,1.46千克二氧化碳(用于生产1千克甲醇)将导致生产氨工厂的PCF为-0.97千克二氧化碳/千克捕集二氧化碳

(-规避排放的二氧化碳 + 捕集排放 = -1千克二氧化碳当量/千克 + 0.03千克二氧化碳/千克二氧化碳)。PCF鼓励使用二氧化碳(考虑到二氧化碳的负PCF值,甲醇-碳捕集与利用的PCF为1.73千克二氧化碳当量/千克);但不鼓励生产二氧化碳,即氨生产消耗的化石燃料。与无捕集的第一种情况相似,有捕集过程的氨生产将导致PCF计算值为1.98千克二氧化碳当量/千克氨。

图 5.22 来自点源的CCU——两种不同分配方案对氨的PCF和甲醇的PCF的影响(表5.15第2和3栏)

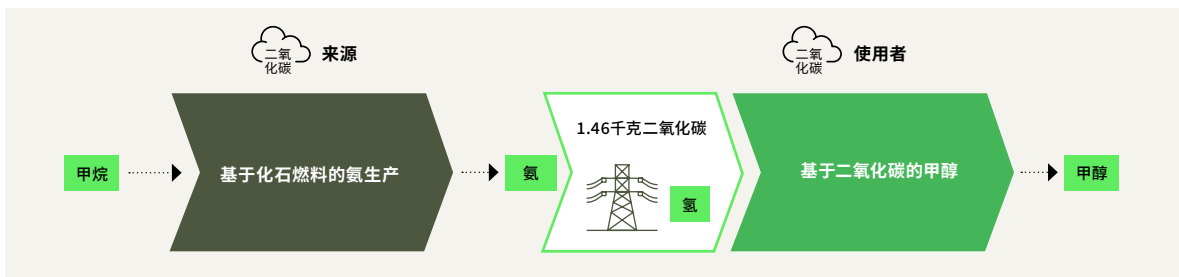


1千克氨 + 1千克甲醇 = 3.71千克二氧化碳当量

为规避化石燃料的碳排放,并让两个过程(二氧化碳排放源和二氧化碳使用者)可以共享相同的激励措施。TfS 倾向于应用系统扩展,来替代直接空气碳捕集。(表5.15第4栏)。如下例所示,生产氨的厂家可以将氨的PCF值降低到1.14千克二氧化碳当量/千克氨。甲醇的PCF值将达到2.57千克二氧化碳当量/千克甲醇。该场景可与DAC场景进行比较,并且处于采用系统扩展方法替代生产氨工厂(1.73千克二氧化碳当量/

千克甲醇)和经济分配之间的平均范围(3.25千克二氧化碳当量/千克甲醇)。与其他方法一样,系统的总排放量为3.71千克二氧化碳当量/(千克甲醇 + 千克氨)。两种产品之间的激励措施存在分歧。下一章将介绍用直接空气碳捕集代替系统扩展的方法和原理。

图 5.23 来自点源的CCU——建议分配方法:系统扩展,规避直接空气碳捕集(表5.14第2和第3栏)



1千克氨 + 1千克甲醇 = 3.71千克二氧化碳当量

规范

由于点源的二氧化碳浓度较高,通常排放强度低于直接空气碳捕集。对这种特殊情况进行评估,应引导二氧化碳需求转向排放量最小的二氧化碳源(点源)。因此,可以通过应用系统扩展,纳入上游的二氧化碳替代源,避免直接空气碳捕集,从而鼓励点源的二氧化碳利用。相应地,将二氧化碳从二氧化碳点源中分离,并随后用于化工生产的过程也应获得碳信用额度,否则,二氧化碳将进入排放阶段,或转为存储状态。二氧化碳点源(如:氨厂)以及二氧化碳用户可以运用以下计算逻辑:

二氧化碳用户(此处指生产甲醇的工厂)采用在点源区域内运行的最优直接空气碳捕集过程的二氧化碳PCF(在本例中:直接空气碳捕集源的二氧化碳PCF=-0.40千克二氧化碳当量/千克二氧化碳)。表5.14第4列中,基于使用的二氧化碳量(1.46千克二氧化碳)重新计算其碳信用额度,因此占甲醇生产的-0.58千克二氧化碳当量。二氧化碳排放源(此处指生产氨的工厂)可以通过更高效的碳捕集,获得相对于直接

碳捕集更高的信用额度。通过来自点源(与直接空气碳捕集相比)的二氧化碳信用额度,还可以降低氨的PCF值,此处:

$$\text{捕集/规避DAC的氨PCF值} = \text{生产氨厂的排放总量} - (\text{PCF规避的DAC} \times \text{二氧化碳} - \text{生产氨厂的输出})$$

在例子中,这等于

$$\begin{aligned} &\text{每1千克氨总计} + 1.46 \text{ 千克二氧化碳: 氨的排放: } 1.58 \text{ 千克二氧化碳} - 1.46 \text{ 千克二氧化碳} = 0.12 \text{ 千克二氧化碳} \\ &\text{氨PCF值} = (0.36 + 0.08 + 0.12) - (-0.58 \text{ 千克二氧化碳}) = 1.14 \text{ 千克二氧化碳每千克氨} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{每1千克甲醇总量: 甲醇PCF值} = (2.94 + 0.09 + 0.12) + (-0.58 \text{ 千克二氧化碳当量}) \\ &= 2.57 \text{ 千克二氧化碳当量/每千克甲醇} \end{aligned}$$

表 5.15 概述: 计算假设

		1) 非多产出系统	2) 系统扩展: 规避氨生产(有/无捕集)	3) 基于经济价值的分配	4) 点源氨工厂(规避DAC)
		千克二氧化碳当量			
直接空气碳捕集(DAC)	捕集的二氧化碳(千克二氧化碳)	1.00	-	-	-
	直接电力贡献	0.20	-	-	-
	用于供热的电力贡献	0.38	-	-	-
	胺损失的贡献	0.02			
	每千克二氧化碳	-0.40¹	-	-	-
氨生产	捕集的二氧化碳(千克二氧化碳)	0	1.46	1.46	1.46
	捕集的二氧化碳的PCF(每千克二氧化碳)		-0.97	0.07	-0.40
	捕集的二氧化碳的贡献(每1.46千克二氧化碳)	-	-	-	-0.58
	原材料生产的贡献	0.36	0.36	0.29 ²	0.36
	对电力的贡献	0.04	0.04	0.07 ²	0.08
	对直接排放的贡献	1.58	1.58	0.10 ²	0.12
	输出	1千克氨	1千克氨 + 1.46千克二氧化碳		
	每项输出	1.98	1.98	0.46²	1.14
基于二氧化碳的甲醇生产	输入二氧化碳	1.46	1.46	1.46	1.46
	捕集二氧化碳的PCF(千克二氧化碳当量/(千克二氧化碳))	-0.40	-0.97	0.07 ²	-0.40
	原材料生产的贡献——二氧化碳	-0.58	-1.42	0.1 ²	-0.58
	原材料生产的贡献——氢	2.94	2.94	2.94	2.94
	直接排放的贡献	0.09	0.09	0.09	0.09
	能源消耗的贡献	0.12	0.12	0.12	0.12
	输出	1千克甲醇	1千克甲醇		
	每项输出	2.57	1.73	3.25	2.57
每(1千克氨+1千克甲醇)	4.55	3.71	3.71	3.71	

(1) 需要考虑通过捕集能源而减少的PCF的二氧化碳当量

(2) 基于氨的价格(380欧元/吨)和二氧化碳的价格(60欧元/吨)经济分配的排放量。来源: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2020/ee/d0ee01530j>

根据本TfS指南计算CCU过程的PCF必须使用规避直接空气碳捕集的系统扩展。在计算捕集二氧化碳的PCF值时,必须考虑以下能源需求:捕集每千克二氧化碳需要2.52兆焦耳电力,以及通过热泵提供低温热量(>100°C) 4.74兆焦耳的电力《Deutz 2021》。此外,在空气捕集中,考虑纯捕集每千克二氧化碳的吸收损耗,相当于0.02千克二氧化碳当量。注意以上例子中,电力排放因子为每兆焦耳电力相当于80克二氧化碳当量。该因子必须进行相应调整,以反映二氧化碳排放者所在国家的电力消费结构。必须使用以下公式:1千克捕集二氧化碳PCF=0.02千克二氧化碳当量+(2.52兆焦耳+4.74兆焦耳)*具体排放因子电力-1千克二氧化碳。

必须注意,在LCA数据库中,多产出系统的生命周期清单通常根据不同的分配原则(例如,物理分配与经济分配)或替换结合系统扩展,系统扩展后通过替换进行不同建模。因此,在选择次级数据集时,必须注意确保它们符合本指南定义的分配原则。如果数据集不可用,在可能的情况下,则必须与数据库提供者一起开发数据集以进行协调。反之,PCF计算的结果还取决于是否使用了来自遵守本指南原则的化学公司的供应商特定数据集,或者是否使用了次级数据集。该指南中建议的具有碳捕集与碳利益(避免直接空气捕集的系统扩展)的系统建模方法尚未反映在现有的LCA数据库中,因此会产生不同的结果。切实可行的计算方法报告必须有数值值作为参考,来比较碳捕集与碳利用产品的不同PCF。

5.2.10.5 质量平衡产品的计算

质量平衡是用于多个行业的监管链,在这类行业中,无法在加工过程中确保所替代材料和传统材料的物理层面隔离。质量平衡通过在既有的大规模资产和复杂供应链中,实现使用替代材料的高效共同加工,从而向可持续和循环经济转型。替代材料可以是例如生物基原材料,也可以是其他原材料,如化学回收原材料,废弃物原材料或者二氧化碳基材料。对于化工行业内寻求向使用废弃塑料和生物基材料做为原料过渡的公司,以减少原始化石基础材料的使用,同时利用分子回收解决全球塑料废弃物困境的公司,质量平衡非常重要。质量平衡要求输入和输出材料之间存在物理联系,因此与相对间接的监管链方法(如预订和索赔)有所不同。

质量平衡确保输出材料的数量与输入材料平衡(不超过),并根据产量和转换因子进行适当调整。

替代原材料和传统原材料共同加工,即生产混合来源的材料,这些材料在成分或技术特性方面无法区分。质量平衡法允许将替代成份分配给单个产出,以从替代投入的使用中创造价值。企业拥有大型综合资产,无法立即实现过渡时,质量平衡提供了关键的桥梁。

用质量平衡法计算过程PCF的数学方法不属于本指南的范围,因为对于不同类型的化学工艺,计算方法不同。在LCA中实施质量平衡计算需要行业指南,产品类别规则,或国际标准。本TfS指南无法将这一复杂的前沿方法标准化,需要进一步制定LCA中考虑监管链的标准。

使用质量平衡监管链确定PCF时,必须执行以下要求。

1. 质量平衡必须遵循透明的认证标准,并由独立且具有资质的第三方审查是否满足该认证标准。
 - a. 认证系统必须有明确的监管链规则、可追溯的要求、确定的边界、市场声明准则,包括防止重复计算的技术保障措施,并必须在整个供应链中确定可持续原材料的类型。
2. 采用质量平衡分配给生产过程的LCA必须满足ISO14044 (ISO 14044: 2006)。必须分析应记录材料流和分配的具体计算方式。

对于生物或生物循环属性的原料,可以考虑生物利用率,但必须避免重复计算。例如,生物碳吸收量必须以化学计量的方式分配给生物基材料和潜在的生物废物流)。因此,在分配生物或归因为生物属性的碳排放时必须予以高度重视。为了反映质量平衡产品,术语“生物碳含量”的含义应延展到包括生物碳含量/分配的生物碳(根据质量平衡方法)。

此处以已公开的案例作为参考, Jeswani (Jeswani等, 2019)描述了一种将质量平衡方法纳入LCA评估的方法,针对化工使用热解之后的蒸汽裂解,进行生物质应用。过程理念符合ISO14044 (ISO 14044: 2006) 要求,可作为生物基给料(生物质平衡)或回收原料(循环物料平衡)的质量平衡应用。通过材料流分析计算取代化石物质给料投入所需的可持续给料的数量。根据不同给料的相对转换率和结果产出的化学价值,(使用质量平衡法)来确定分配了可持续成分的产出的生命周期排放清单。

5.2.11 数据质量和原始数据比例

5.2.11.1 原始数据比例

为了在PCF计算中让原始数据比例可见,应确定(并分享)每个数据集中的原始数据比例(PDS)(探路者框架,WBCSD)。原始数据比例可以通过计算从摇篮到大门的系统边界中使用原始数据得出的温室气体总排放影响(二氧化碳当量)的比例(%)完成(见公式2)。原始数据和次级数据的定义见术语表。

公式3: 原始数据比例的计算方法

$$\frac{\text{基于原始数据的部分 PCF (二氧化碳当量)}}{\text{PCF (二氧化碳当量)}} = \text{PDS}_{\text{PCF}}(\%)$$

理想状况下,能够从上游供应商(第n-1层)处获得相关输入层的原始数据比例。此时,PCF的原始数据比例应使用将PCF分配给材料和能源输入的平均方法进行计算。如果不是所有原始数据比例皆可用,则鼓励全体供应链成员参与此项工作,因为只有大多数输入的相关信息由各自供应商提供时,才能准确确定原始数据比例。

为此,从供应商(原始数据比例外部组织)以及其他组织(原始数据比例其他组织)获得的单个原始数据比例,例如能源投入或生产的直接排放,应与它们各自对PCF的相对贡献(%)相乘。然后,将所有加权的原始数据比例(加权的原始数据比例组织)相加,以获得总原始数据比例(原始数据比例产出)。为提高原始数据使用的透明度,原始数据比例信息应与PCF一起向下游(n+1层)共享。因此,鼓励纳入对原始数据比例的解释,旨在推动企业互相支持,提高系统提供的原始数据量,此外,如果数据质量优良,则能确保PCF更加准确(图5.24)。通常使用的方法见图5.25。

图 5.24 计算两个组织的原始数据比例

原始数据比例计算

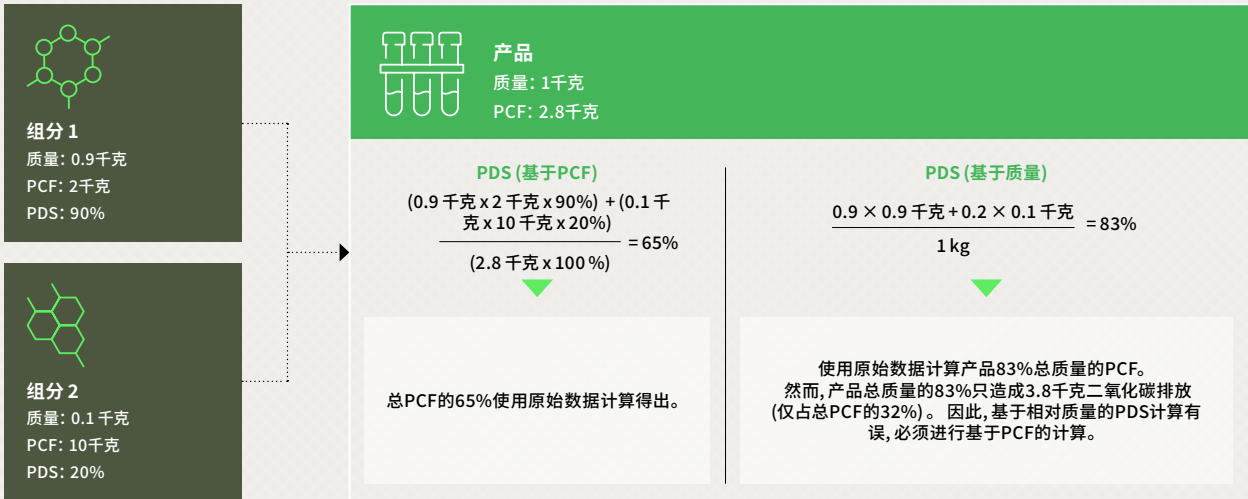
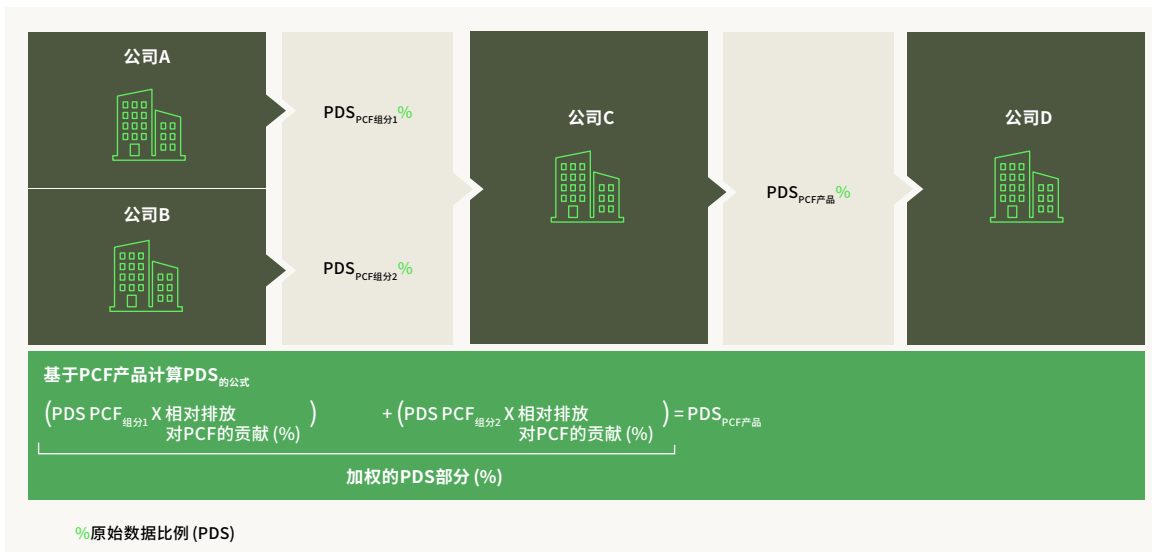


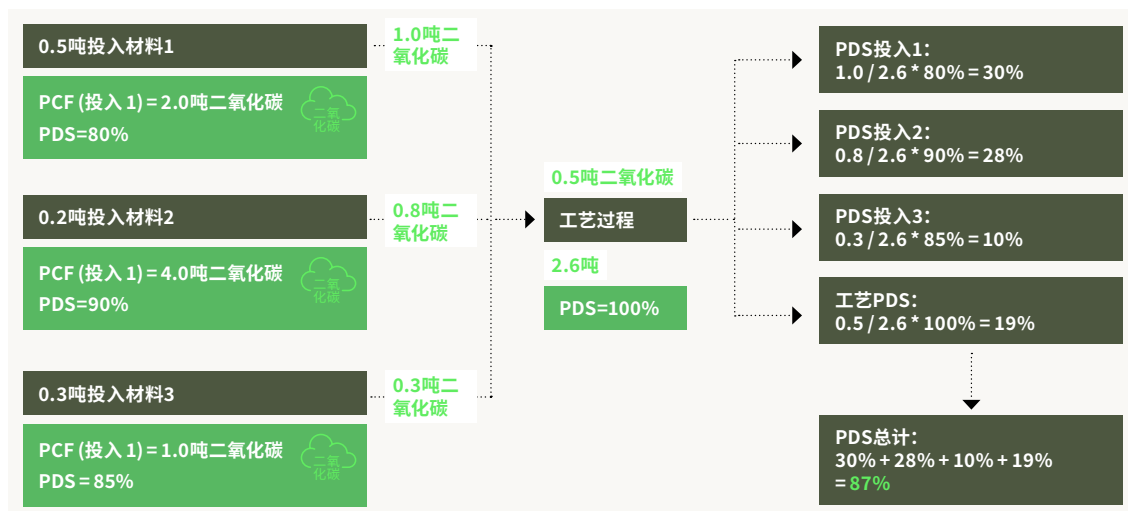
图 5.25 计算PCF的原始数据比例 (探路者框架, WBCSD)



详细示例见图5.26,在计算产品PCF过程中,生成原始数据比例的详细步骤。必须只在当活动数据(如千瓦时数量)和排放因子信息都来自于原始数据源时,才能归入原始数据比例。

如果这两种信息其中之一来源于次级数据,该单位过程的整个原始数据比例应分类为次级数据。

图 5.26 计算PCF的初级数据比例, 示例



通常, 只有当活动数据 (数据源) 和排放因子 (排放因子源) 是原始数据时, 才能确认为原始数据集。如果原始数据比例计算的两个因素中有一个来源是次级数据, 则这

部分数据贡献的评级为次级数据, 相应地在原始数据比例计算中实施。见表5.16的示例。

表 5.16 原始和次级数据来源的原始数据比例计算示例

材料	数据输入 (千瓦时)	数据来源	排放因子 (千克二氧化碳当量)	排放因子来源	千克二氧化碳当量	% PCF	总计 PDS
A	10,435	原始数据	0.19	原始数据	1,983	42%	42%
B	10,000	次级数据	0.18	次级数据	1,800	38%	0%
C	5,000	原始数据	0.18	次级数据	900	19%	0%
					4,683		42%

5.2.11.2 数据质量评级 (DQR)

在数据收集过程中, 企业必须使用数据质量指标来评估活动数据、排放因子和/或直接排放数据的数据质量。

如果企业内部存在比次级数据库更高质量的数据 (例如, 企业内部燃料的排放因子) 并用于计算, 必须按照本章所述标准, 在数据质量评级报告中须审查并报告内部数据使用的适当性。来自经核实的排放因子数据库的数据 (见第5.2.6章) 也必须列入数据质量评级报告, 说明其代表性、相关性和对相关产品的正确应用。数据质量评级的计算和报告在2025年之前是非强制性的, 以便企业有足够的时间为此做准备。在此之前, 建议企业依照自愿原则执行。

该标准定义了五个用于评估数据质量的数据质量指标。如下所示, 总结见表5.18。

- **技术代表性:** 数据反映工艺中实际使用的技术的程度。
- **地域代表性:** 数据反映排放清单边界内工艺的实际地理位置的程度 (例如, 国家或地点)。
- **时间代表性:** 数据反映工艺的实际时间 (例如, 年份) 或年限的程度。
- **完整性:** 数据在统计学意义上代表加工场地的程度。
- **可靠性:** 用于获取数据的来源、数据收集方法和验证程序的可靠程度。

与在收集完成后再进行数据质量评估相比, 在数据收集期间评估数据质量, 能够让企业更有效地改进数据质量。

探路者框架只要求占PCF总量5%以上的投入进行数据质量评估, 这减少了生成数据质量评级因子的工作量。TfS也推荐该方法 (表5.17)。

表 5.17 温室气体核算体系的数据质量指标

指标	描述	与数据质量的关系
技术代表性	数据反映实际使用的技术的程度。	公司应选择针对技术的具体数据。
时间上的代表性	数据反映活动的实际时间 (如年份) 或年限的程度。	公司应选择针对时间的具体数据。
地域代表性	数据反映活动的实际地理位置的程度 (如国家或地点)。	公司应选择针对地理位置的具体数据。
完整性	数据在统计学上代表相关活动的程度。 完整性包括数据可用和数据使用的地点位置在与特定活动相关的总数中所占百分比。完整性还涉及数据的季节性和其他正常波动。	公司应选择完整的数据。
可靠性	用于获取数据的来源、数据收集方法和核查程序 ^{1,2} 的可靠程度。	公司应选择可靠的数据。

(1) 改编自B.P. Weidema和M.S. Wesnaes, "Data quality management for life cycle inventories - an example of using data quality indicators.", Journal of Cleaner Production, 4 no. 3-4 (1996): 167-174。
(2) 核查的数据: 核查可以通过 ([1996]) 几种 ([1996]) 方式进行, 例如, 通过现场检查、重新计算、通过质量平衡或通过与其他来源交叉检查。

表 5.18 Tfs和探路者框架 (探路者框架, WBCSD) 中使用的数据质量评估

DQI	1 - 良好	2 - 一般	3 - 不足
技术	相同的技术	类似技术 (基于次级数据)	不同或未知的技术
时间	报告年份的数据	5年以内的数据	5年以上的数据
地理	相同国家或国家分区	相同地区或地区细分	全球或未知
完整性	特定时间段内所有相关地点	特定时间段内<50%的地点, 或较短时间内>50%的地点	较短时间内少于50%的地点, 或未知。
可靠性	测量的活动数据	活动数据部分基于假设	不合格估算

基于表 5.14 的数据质量评估可用于以数据质量评级 (DQR) 的形式得出更多的量化信息, 使数据用户对数据的整体质量和由此产生的 PCF 有更深入的理解。

必须计算并报告各个 PCF 的数据质量。数据质量评级的计算必须基于五类数据质量标准 (每类标准被认为同等重要), 其中 TeR 指技术代表性, TiR 指时间/时间代表性, GeR 指地理代表性, C 指完整性, R 指可靠性。

质量水平分为三个类别, 1——良好, 2——一般, 3——不足。代表性 (技术、地理和时间相关) 表征了在分析系统中所选择过程和产品相关程度, 而完整性和可靠性则涉及生成的 PCF 结果的质量。

投入材料对工艺PCF的贡献与投入材料的数据质量评级有关。数据质量评级得分越低,投入材料在总PCF中的比例越高,投入材料对数据质量评级_{总分}的影响就越积极。

例如:	产品1	产品2
技术代表性 (TeR) :	2	3
时间代表性 (TiR) :	1	3
地域代表性 (GeR) :	2	2
完整性 (C) :	3	3
可靠性 (R) :	2	3
总计	10	14
数据质量评级过程 (总计 / 5)	2	3

公式四显示了来自上游所有投入材料的单一结果汇总。第二行显示基于上述五个标准的单个过程数据质量评级的一般计算。第四行显示如何根据图5.27添加过程相关的数据质量评级和上游数据质量评级。

公式4: 数据质量评级的一般计算

$$DQR_{\text{上游}} = (DQR_{\text{投入材料1}} * PCF_{\text{总比例例1}} + DQR_{\text{投入材料2}} * PCF_{\text{总比例例2}} + DQR_{\text{投入材料3}} * PCF_{\text{总比例例3}} + DQR_{\text{投入材料n}} * PCF_{\text{总比例例n}})$$

$$DQR_{\text{工艺}} = (TeR + TiR + GeR + C + R) / 5$$

$$DQR_{\text{工艺贡献}} = DQR_{\text{过程}} * PCF_{\text{工艺部分}}$$

$$DQR_{\text{总计}} = (DQR_{\text{上游}} + DQR_{\text{工艺贡献}})$$

总计的数据质量评级必须按声明单位中定义的1千克或1吨的产出计算。

相关示例见图 5.27。工艺总计数据质量评级为2.0,在2025年后应该报告给PCF数据的接收者。数据质量评级可作为完整LCA计算的输入参数,进而最终计算完整的数据质量评级值。数据质量评级支持对PCF数据的解释,并支持识别PCF数据质量的改进潜力。注意:工艺的数据质量评级并不一定等于1,具体取决于哪些数据可用。可以提供原始数据生成的过程,也有可能由于技术或时间代表性始终较低,导致得分低于1。企业流程必须以与上游流程相同的方式进行评估。

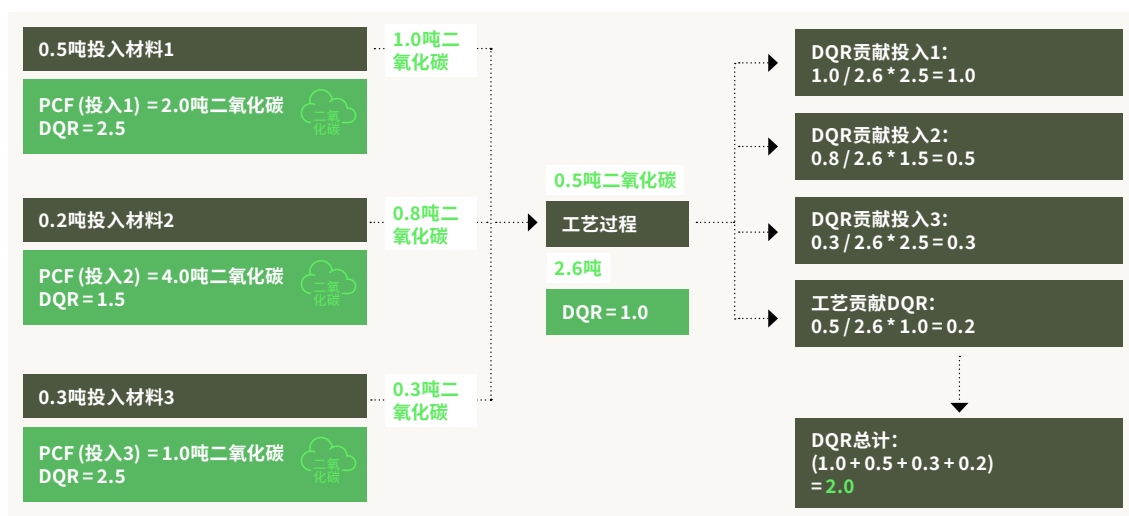
提高数据质量

收集数据并评估其质量是一个迭代过程,用以提高产品排放清单的整体数据质量。如果使用数据质量指标,认定数据源质量较低,企业应重新收集数据(温室气体议定书产品标准)。

以下步骤在提高数据质量时很有用:

1. 利用数据质量评估结果确定产品排放清单中的低质量数据来源。优先考虑经分析确定为对PCF结果意义重大的低质量数据来源。
2. 条件允许时,为低质量的数据源收集新数据。
3. 评估新的数据,如果质量高于原来的数据,则用新数据代替。如果数据质量不高,可以选择使用既有数据,或继续收集新数据。
4. 如果企业在之后的排放清单中修改了数据来源,应评估该变化是否会导致必须更新基准排放清单。

图 5.27 数据质量评级示例: 包含上游数据质量评级的过程 (来源: Tfs)



5.3 核查和报告

表 5.19 企业采用不同方法的报告实例

示例案例	适用的PCF计算规则	抵消排放量的自愿补充信息
企业从一个投资再造林的项目购买排放信用额度,以抵消PCF计算结果的50%	PCF维持不变,与计算结果相同。	50%的排放抵消量与排放清单结果分开提供
该企业从碳捕集与碳封存设施处购买排放额度,以抵消PCF计算结果的30%	PCF维持不变,与计算结果相同。	30%的排放抵消量与清单结果分开提供
该公司购买可再生能源电力证书,以抵消特定地点的100%电力消耗,从而将PCF的电力相关排放降到零	基于电力节约潜力,降低PCF。抵消部分不计入碳信用额度	排放抵消可以与清单结果分开提供
公司的工艺过程直接产生二氧化碳,并将二氧化碳捕集,作为副产品出售。(见第5.2.10.4章)	捕集大气中的二氧化碳并作为副产品出售的过程影响必须根据捕获的二氧化碳量添加到PCF的清单结果中,并视情况可考虑从该过程的清单结果中减去	作为从清单结果中减去捕集和销售的二氧化碳排放量的替代方法,也可以单独提供捕集的排放量

5.3.1 PCF计算核查/质量保证

核查的定义是通过提供客观证据,确认满足规定要求(ISO9000:2005)。为完成核查,必须依据本指南要求,对计算结果进行交叉核查,并报告结果。

强烈建议在分享数据之前,对PCF数据进行核查,以确保数据质量高且可信(探路者框架,WBCSD)。探路者框架在核查和质量保证章节进行了重大更新。

TfS不允许不进行核查。可以接受的核查类型包括内部LCA专家、第三方核查——产品审查或独立机构核查——系统的方法审查。核查类型必须在PCF报告中说明(见第5.3.2章)。

如果进行内部审查,PCF数值的声明必须始终明确,PCF按照TfS指南要求进行计算,而第三方审查允许声明更有力(例如,根据TfS要求进行审查)

任何类型的核查,都应包括由内部LCA专家或外部审计师就以下方面进行的四眼原则审查:

- 目标和范围及其相关方面(见第5.1章)。
- 计算规则(见第5.2章)。
- 系统边界(见第5.1.2章和取舍标准(见第5.2.3章))。
- 数据质量(见第5.2.5章)。

第三方核查可以协助满足这些要求。核查可以在产品层面上进行,也可以采用系统的方法核查,即核查企业统一计算PCF的方法是否满足要求。

质量保证定义为质量管理的一部分,着重于保证满足质量要求。在此意义上,质量保证必须解决的问题是,是否PCF计算结果以及计算方法均不存在数据质量问题,满足高质量数据要求(引自ISO 9000:2005)。

以下摘要清单可以协助LCA从业者核查PCF。除了LCA专家以外,也可供其他核查人员使用,包括技术专家、控制员、工厂经理和现场经理:

- 检查总体质量平衡(包括原材料投入、产品输出、废弃物以及向大气和水体中的排放)。
- 生命周期阶段的完整性。
- 通过化学计量计算来检查元素平衡。
- 检查直接排放是否符合实际,例如,检查碳平衡。
- 检查碳平衡是否封闭,考虑所有输入,并与产品、排放(大气、水、土壤)、废弃物的输出相平衡。检查过程相关直接排放是否可信(碳、氮在过程中的输入和输出平衡)。
- 检查数据汇总、数据打磨和基础建模,以计算企业自用数据集的产品排放清单。
- 检查应用的计算公式是否正确。
- 检查公用事业消耗情况(是否合理?)。
- 检查分配因子(根据第5.2.9章):单位过程的分配投入和输出之和等于分配前的单位过程的投入和输出。多产出过程所有副产品的分配因子之和为1。
- 对照企业自身的计算结果、其他场地/分公司工厂的相同产品、现有的LCA数据、其他第三方数据库的LCI数据,定义二氧化碳当量基准线。
- 检查是否正确考虑和报告了生物源排放和吸收(第5.2.10.1章)。
- 检查为范围三上游数据选择的次级数据集是否合适:

- 检查LCI中代表的技术和地理是否合适。
- 检查代用数据的应用是否合适。
- 如果供应商数据可用,则替换数据集。

- 检查是否生成了数据质量分数,以及质量分数是否满足要求。
- 检查为什么与LCA基准数据偏差较大。
- 敏感性分析和结果的质量检查:进行不同建模选择敏感性分析(例如,原材料的另一个数据集,产品系统前景的另一种分配方法),以测试结果稳定性。
- 是否将生命周期阶段纳入计算,将导致PCF结果10%左右的变化。这种变化从业人员普遍接受,它们来源于PCF计算中固有的不确定性,以及数据库或因子差异。任何决定都必须明确在内部PCF计算报告指出,并解释排除这些决定的原因和影响。报告应说明显著性阈值以及选择理由。

任何可用的额外信息,如PCF报告或关键审查声明,均可添加或附在报告中,以补充和提供更多细节信息(BASF SE, 2021)。

PCF研究报告中报告的结果可用于碳足迹相关信息沟通(ISO 14026: 2017)。

5.3.2 随PCF报告提交的信息

本节规定了供应商应与PCF值同时提交的信息。除了PCF值之外,还应提供其他支持PCF值解释和验证的信息,以及价值链下游客户量化PCF时所需的必要信息。PCF涵盖的是某种环境影响,此处应注意,不能使用PCF对产品的总体环境表现进行评估。只有在所有相关信息均已进行报告的情况下,才有可能参照特定标准,对PCF进行比较。

供应商在提供PCF值时,必须提供表5.20中标记为“强制性”的字段信息(“是”)。一些字段信息将从2025年底起才开始强制要求填写,作为过渡期以便适应。Tfs仍然强烈建议尽可能多报告数据。即使是目前非强制性的额外数据细节,也可以提供作为进一步支持。ISO14067(ISO 14067: 2018)说明了报告要求,反映在参数列表中。为了完全符合PCF分析,必须满足所有报告要求。

表 5.20

参照 Tfs PCF Data Model: How to report PCF data



术语表

缩写	术语	定义
	活动数据	"活动数据是对导致温室气体排放或清除的活动水平的量化测量" ¹ 。 活动数据可以是测量数据、模拟数据或计算数据。 活动数据分为两类：工艺活动数据和财务活动数据。 工艺活动数据是对导致温室气体排放或清除的过程的物理测量值。这些数据捕捉产品生命周期的物理投入、产出和其他指标（如能量、质量、体积等）。财务活动数据是以货币方式对导致温室气体排放的过程进行计量。
	分配	将单个工艺或单个产品系统的投入或产出流在所研究的产品系统和一个或多个其他产品系统之间进行划分。
	后台数据	见次级数据。涉及公司运营控制之外过程的数据。
	物料清单 (BOM)	组成装配或产品的所有成分及其数量的结构化列表。
	生物碳含量	产品中源自生物质的碳部分。
	生物源排放	生物质燃烧或生物质降解产生的二氧化碳排放。
	生物源去除	隔离或吸收大气中的温室气体排放量，最典型的情况是二氧化碳在光合作用中被生物物质吸收。
	生物质	源自生物的材料，不包括进入地质构造和/或化石层的材料。
化学文摘编号	化学文摘注册 (CAS) 编号	见表4.2
CCS	碳捕集和储存	碳捕集和储存涉及捕集工业生产过程中排放的二氧化碳 (CO ₂)，如钢铁和水泥生产，或在发电过程中燃烧的化石燃料。这部分碳通过船舶或管线，从产地运送到地下深处的地质构造中。
CCU	碳捕集与利用	碳捕集和碳利用 (CCU) 涉及从点源或大气环境中捕集温室气体二氧化碳，随后将其转化为有价值的产品。
CFP	产品的碳足迹	见产品碳足迹 (PCF)。
CFCs	氟氯化碳	参阅温室气体定义。
CH ₄	甲烷	参阅温室气体定义。
CMP	合同生产产品	当企业将部分生产过程外包给第三方企业以减少生产费用时，称之为合同生产。
	从摇篮到大门	对产品一部分生命周期进行的评估，包括从材料获取到所分析产品的生产，但不包括产品使用或报废阶段。
	从摇篮到坟墓	从摇篮到坟墓的评估考虑了产品生命周期各个阶段的影响，从地下开采自然资源和加工过程，到随后的生产、运输、产品使用、回收以及最终报废等各个阶段。
	合规性评估	证明满足与产品、过程、系统、个人或组织相关的特定要求。 条目注释1：改编自ISO/IEC 17000: 2004, 定义2.1。 ISO/TS 14441:2013(en), 3.13
	消费组合	该方法着重关注国内生产和进口，对于特定国家/地区的某些商品（如电力），可以存在动态组合。
CO ₂ e	二氧化碳当量	二氧化碳当量，或称CO ₂ e，是一种用于表示所有温室气体的度量方法，将其转换为二氧化碳的当量。
C14-方法	放射性碳定年法	一种放射性测年法，用于确定古代物体（如考古标本）中的有机残留物的年代，其依据是碳-14的半衰期以及遗留物样本中碳-12与碳-14的比例与生物体中已知比例的比较。

(1) https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf

缩写	术语	定义
	声明单位	中间产品或终产品, 即仍将进一步加工以形成最终产品的产品, 根据其最终用途可以有几种功能。在这种情况下 (以及在LCA不涵盖整个生命周期的情况下), 必须使用声明单位一词--通常指产品的物理数量, 例如"1升含水30%的洗衣液"来代替。
DUNS	邓白氏编码	邓白氏D-U-N-S号码是一套独特的九位数企业识别码。
ECICS	欧洲海关化学品清单 (ECICS)	见表4.2
环境延伸投入产出 (EEIO)	环境延伸投入产出模型	环境延伸投入产出分析 (EEIOA) 在环境核算中被用作反映一个或几个经济体内部生产和消费结构的工具。
EF	环境足迹	一套多标准的衡量标准, 用于计算一个产品、服务或组织的环境绩效, 基于生命周期的方法。
EoL	寿命周期结束	寿命周期结束是指产品生命周期的结束, 该阶段可以区分不同的处理方法: 回收、填埋和焚烧
ERP系统	企业资源规划系统	企业资源规划指帮助自动化和管理财务、制造、零售、供应链、人力资源和运营等业务流程的系统。
EU	欧盟	欧盟是一个由27个成员国组成的超国家政治和经济联盟, 成员国主要位于欧洲。
	功能单位	功能单位描述了有关产品的功能。例如, 对于洗衣粉来说, 功能单位可以定义为"用中硬水的推荐剂量洗涤4.5千克的干织物"。了解功能单位对于具有相同功能的产品之间的可比性至关重要, 因为它提供了量化投入 (材料和能源) 和产出 (如产品、副产品、废物) 的参考。
GHG	温室气体	<p>温室气体是一组导致全球变暖和气候变化的气体。《京都议定书》是《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 的各个缔约方于1997年通过的一项遏制全球变暖的环境协议, 如今已涵盖了七种温室气体:</p> <p>不含氟的气体:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 二氧化碳(CO₂) • 甲烷 • 氧化亚氮(N₂O) <p>含氟气体:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氢氟碳化物(HFCS) • 全氟化碳 (PFCS) • 六氟化硫 (SF₆) • 三氟化氮(NF₃) <p>将它们转换为二氧化碳 (或CO₂) 当量, 则可对它们进行比较, 并确定各排放气体对全球变暖的单独和总影响。</p>
温室气体核算体系	温室气体核算体系标准	关于如何计算温室气体的国际标准。
GLO	全球化	
GWP	全球升温潜能值	全球升温潜能值, 是用于描述温室气体分子之间的相对效应, 以及从分子角度考虑在大气中维持活性时间的术语。
HCFCs	氢氯氟烃	参阅温室气体定义。
HEFs	氟化醚	液体化学品。
HFCs	氢氟碳化物	参阅温室气体定义。
HS	商品名称及编码协调制度	见表4.2

缩写	术语	定义
IEC	国际电工委员会	IEC (国际电工委员会) 成立于1906年, 是为所有电气、电子和相关技术编制和出版国际标准的世界领先的组织。
ILCD	国际生命周期数据系统	国际参考生命周期数据系统是由JRC和DG ENV自2005年以来开发的一项倡议, 目的是为LCA应用提供指导和标准, 以提高一致性和质量保证。
ISO	国际标准化组织	国际标准化组织指由成员国的国家标准组织代表组成的国际标准制定组织。
ISOPA	欧洲二异氰酸酯和多元醇生产商协会	ISOPA是欧洲二异氰酸酯和多元醇生产商的贸易协会, 二异氰酸酯是聚氨酯的主要组成部分。
ISO 14067: 2018	ISO温室气体标准——产品的碳足迹——量化要求和指南	ISO 14067: 2018规定了量化和报告产品碳足迹 (CFP) 的原则、要求和指南, 其方式与国际生命周期评估 (LCA) 标准 (ISO14040: 2006 和 ISO14044) 一致。
IT	信息技术	
kg	千克	
kWh	千瓦时	
LCA	生命周期影响评估	对一个产品系统在整个生命周期内的投入、产出和潜在的环境影响进行汇编和评估 (ISO 1440: 2006)。
LCI	生命周期清单	生命周期评估的阶段, 涉及产品在整个生命周期内的投入和输出的汇编和量化 (ISO 14040:2006)。
LCIA	生命周期影响评估	生命周期评估阶段, 旨在了解和评估一个产品系统在整个产品生命周期内对环境的潜在影响的大小和重要性 (ISO 14040:2006)。
NACE	经济活动的命名法	NACE (经济活动命名法) 是欧洲经济活动的统计分类, 由法律规定。
NF ₃	三氟化氮	参阅温室气体定义。
N ₂ O	一氧化二氮	参阅温室气体定义。
OCF	组织碳足迹	组织碳足迹。
	原始数据	有时也被称为活动数据。涉及企业运营控制范围内的流程或产品生命周期内特定流程的数据。 如果活动数据和排放因子的测量, 是数据提供方通过直接测量或直接控制的评估而获得的数据, 则部分PCF数值被视为原始数据。 "与具体产品或企业价值链中的活动相关的数据。这种数据可以以活动数据, 排放或排放因子的形式出现。原始数据是针对具体场地和具体公司的数据 (如果同一产品有多个生产场地), 或者针对具体供应链的数据。原始数据可以通过读表、采购记录、公用事业账单、工程模型、直接监测、材料或产品平衡、化学计量或其他方法获得公司价值链中特定过程的数据" (Path 2021:41)
PCF	产品碳足迹	产品碳足迹是目前用于确定产品气候影响的最成熟的方法, 考虑生产产品所造成的温室气体排放总量, 以二氧化碳当量表示。产品碳足迹可以按照从摇篮到门 (部分碳足迹) 或从摇篮到坟墓 (总碳足迹) 进行评估。
PCR	产品分类规则	为一个或多个产品类别制定第三类环境声明的一套具体规则、要求和指南 (ISO 14025:2006)。
PFCs	全氟化碳	参阅温室气体定义。

缩写	术语	定义
PFPEs	全氟聚醚	全氟聚醚 (PFPE) 是一系列塑料聚合物, 在室温下通常为液态至膏状, 是由氟、碳和氧组成的含氟聚合物。
PRODCOM	生产共同体(生产社区)	见表4.1
	产品组合	这种方法着重于具体国家/地区应用的本地生产路线和技术, 并依据各自生产路径的实际生产量进行单独调整。这种组合通常非动态。
	清除	封存或吸收大气中的温室气体排放, 最典型的情况是二氧化碳在光合作用中被生物物质吸收。
	次级数据	见背景数据。涉及公司运营控制之外的过程的数据, 或者并非来自产品生命周期中特定过程的过程数据。 "数据不是来自公司价值链中的具体活动, 而来自数据库、基于平均数、科技文献或其他来源的数据。" (Path 2021:41)
SF ₆	六氟化硫	参阅温室气体定义。
SIC	标准行业分类	标准产业分类 (SIC) 是一个四位数的分类系统, 根据商业活动对行业进行分类。
SMILES	简化分子线性输入规范	见表4.2
	系统扩展	扩展产品系统, 包括与共生副产品相关的额外功能。系统扩展是用于避免共生副产品分配的方法。
TÜV	德国技术监督协会 (英文: MOT)	
	单元工艺	在生命周期清单分析中考虑的最小元素 (3.1.4.4), 其输入和输出数据被量化。 (ISO 14040:2006, 3.34)。
UNSPSC	联合国标准产品和服务编码 (UNSPSC)	见表4.2
	公用事业	该术语"公用事业"包括: 电力、工艺蒸汽、多余的蒸汽、冷却水、脱盐水、工艺水、压缩空气和氮气。
	验证	评估系统或组件以确保符合功能、绩效和界面要求的过程。 (ISO/IEC 14776:2010)
VAT	增值税	
	核查	通过提供客观证据, 确认规定的要求已得到满足。 (ISO 9000: 2005; ISO 14025:2006)
	废弃物	持有人计划或必须废弃的物质或物品。 注意: 该定义引用自《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》(1989年3月22日), 但本国际标准中所指废弃物不限于危险废料。 (ISO 14040:2006, 3.35)
WBCSD	世界可持续发展工商理事会	世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) 是一个以商业为主导的组织, 专注于商业和可持续发展。

参考文献

- AIB, (2022), European Residual Mixes- Results of the calculation of Residual Mixes for the calendar year 2021, <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix>, (Accessed 18 August, 2022)
- BASF SE, (2021), Guideline for Product Carbon Footprint Calculations of companies
- The Institute of Life Cycle Assessment, (2015), Guidelines for Assessing the Contribution of Products to avoided Greenhouse Gas Emissions, Japan
- Deutz, S.; Bardow, A., (2021), Life-cycle assessment of an industrial direct air capture process based on temperature–vacuum swing adsorption. *Nat Energy* 6, 203–213 (2021), <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00771-9>
- European Union, (2009), directive 2009/28/ec of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- EcoTransIT, (2020), Emission calculator for greenhouse gases and exhaust emissions, <https://www.ecotransit.org/en/emissioncalculator/> (Accessed 13 October 2022)
- EN 15804+Amd 2:2019, (2019), Sustainability of Construction Works- Environmental Product Declarations- Core rules for the Product Category of Construction Products
- EPA, (2022), Energy Recovery from the Combustion of Municipal Solid Waste (MSW), <https://www.epa.gov/smm/energy-recovery-combustion-municipal-solid-waste-msw> (Accessed 18 August 2022).
- ERASM, (2014), Surfactant Life Cycle and Ecofootprinting Project; updating the life cycle inventories for commercial surfactant production. Final Report for ERASM (www.erasm.org), 186 p.
- World Resource Institute, (2019), Estimating and Reporting the Comparative Emissions Impacts of Products, <https://www.wri.org/research/estimating-and-reporting-comparative-emissions-impacts-products> (Accessed 18 August 2022)
- European Commission, (2021), Final Product Environmental Footprint Category Rules and Organisation Environmental Footprint Sector Rules, https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm (Accessed 18 August 2022)
- European Union, (2008), European Waste Framework Directive 2008/98/EC - Directive on waste and repealing certain Directives
- Eurochlor, (2022), The Chlorine Alkali Process Final Report
- GHG Protocol Corporate Standard, (2004), A Corporate Accounting and Reporting Standard
- GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard, (2011), Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard
- GHG Protocol Product Standard, (2011), Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard
- GHG Protocol Scope 2 Guidance, (2015), GHG Protocol Scope 2 Guidance - An Amendment to the GHG Protocol Corporate Standard
- GHG Protocol Scope 3 Calculation Guidance, (2013), Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions
- GLEC Framework, (2019), Global Logistics and Emission Council Framework - Logistics Emissions Accounting and Reporting
- Global Compact Network Germany (2017), Scope 3.1 Practical Guidelines for Data Collection and Calculation of Greenhouse Gas Emissions from Purchased Goods and Services
- Center of Research Solutions, (2021), Residual Mix Emission Rate (2019 Data), <https://www.green-e.org/2021-residual-mix> (Accessed 18 August 2022)
- ICCA & WBCSD, (2013), Addressing the Avoided Emission Challenge, Guidelines from the chemical industry for accounting for and reporting greenhouse gas (GHG) emissions avoided along the value chain based on comparative studies
- ICCA & WBCSD, (2017), Avoided GHG Emissions- The Essential Role of Chemicals. Accounting for and Reporting Greenhouse Gas (GHG) Emissions Avoided along the Value Chain based on Comparative Studies Version 2
- IPCC, (2013), Climate Change 2013- The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (Accessed 18 August 2022)
- IPCC, (2021a), Climate Change 2021- The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (Accessed 18 August 2022)
- IPCC, (2021b), The Earth's Energy Budget, Climate Feedback, Climate Sensitivity- Supplementary Materials, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter_07_Supplementary_Material.pdf (Accessed 18 August 2022)
- IPCC, (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- ISO 14025:2006, (2006), Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures
- ISO 14026:2017, (2017), Environmental labels and declarations — Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
- ISO 14044:2006+Amd 2: 2020, (2020), Environment Management-Lifecycle Assessment-Principles and Framework

ISO 14040:2006+Amd 1: 2021, (2020), Environment Management-Lifecycle Assessment-Principles and Framework

ISO 14064 -1:2019, (2019), Treibhausgase - Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene

ISO 14064 -2:2019, (2019), Part 2: Specification with guidance for the quantitative determination and reporting of greenhouse gas emissions and removals at the organization level

ISO 14064 -3:2019, (2019), Part 3: Specification with guidance for the quantitative determination and reporting of greenhouse gas emissions and removals at the organization level

ISO 14067:2018, (2018), Greenhouse Gases- Carbon Footprint for products- Requirements & Guidelines for Quantification

ISO 22095:2020, (2020), Chain of custody — General terminology and models

ISO 27917:2017, (2017), Carbon dioxide Capture, Transportation and Geological Storage — Cross Cutting terms

ISO 9000:2005, (2005), Quality management systems — Fundamentals and vocabulary

ISO Guide 84:2020, (2020), Guidelines for Addressing Climate Change in Standards

ISO/IEC 14776:2010, (2010), Information technology — Small Computer System Interface (SCSI) — Part 121: Passive Interconnect Performance (PIP)

ISO/IEC 17000: 2004, (2004), ISO Standard- Conformity Assessment

ISOPA, (2012), Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturer - Toluene Diisocyanate (TDI) Methylenediphenyl Diisocyanate (MDI)

Jeswani, H.; Krüger, C.; Kicherer, A.; Anthony, F.; Azapagic, A., (2019), A Methodology for Integrating the Biomass balance approach into Lifecycle Assessment with an application in the Chemicals Sector, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.088>

Müller, L.J.; Kästelhön, A.; Bachmann, M.; Zimmermann, A.; Sternberg, A., Bardow, A., (2020), A Guideline for Life Cycle Assessment of Carbon Capture and Utilization; <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00015>

World Economic Forum, (2021), Net-Zero to Net-Negative: A Guide for Leaders on Carbon Removal

European Commission, (2012), Product Environmental Footprint (PEF) Guide

PlasticsEurope - Steam Cracker Allocation, (2018), PlasticsEurope recommendation on Steam Cracker allocation

WBCSD (2020), SOS 1.5- The Road to a Resilient, net-zero Carbon Future

WBCSD, (2013), Guidance for Accounting and Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain

WBCSD, (2014), Lifecycle Metrics for Chemical Products - A guideline by the chemical sector to assess and report on the environmental footprint of products, based on life cycle assessment

WBCSD, (2021), Pathfinder- Framework- Guidelines for the Accounting and Exchanging of Product Life Cycle Emissions

WBCSD, (2021), Reporting Matters

Winnipeg, (n.d.), Emission factors in Kg CO₂- Equivalent per Unit, https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf (Accessed 18 August 2022)

附录

缺少原始或次级数据情况下计算代用数据的建议

示例: 垃圾填埋

废弃物进入地表填埋场处理时, 废弃物的碳含量必须完全转换为二氧化碳当量。

对于在地下填埋场或类似方法(如深井注入法)处置的废弃物, 不允许计算温室气体排放分配。

- 进入地下垃圾填埋场的废弃物: 不计算温室气体排放分配。
- 进入地上垃圾填埋场的废弃物: 根据碳含量100%转换为二氧化碳当量。

(BASF SE, 2021)

范例: 废水处理

产品A生产过程中产生的废水, 处理过程的二氧化碳排放量应分配给产品A的PCF。

废水处理的温室气体排放量计算必须包括生物降解产生的排放量以及废水处理厂运行和污泥处置(焚烧等)产生的排放量。废料中的碳含量必须完全转换为二氧化碳当量。如果数据可用, 可以使用过程的总有机碳(TOC)负荷作为计算基础。

如果已知过程的总有机碳(TOC)负荷:

- 则基于碳含量将其100%转换为二氧化碳当量。
- 废水处理的公用事业消耗, 和污泥焚烧(使用处理厂的排放因子)过程, 例如, 处理100千克废水产生1千克二氧化碳当量。

(BASF SE, 2021)

例如: 生产每千克某产品产生100千克废水。废水中含有产品的数量为0.1千克。

0.001千克二氧化碳当量/处理每千克废水消耗电力

0.0005千克二氧化碳当量/处理每千克废水的污泥焚烧

$PCF_{\text{产品A}} = 0.001 \text{ 千克二氧化碳当量/处理每千克废水消耗电力} * 100 \text{ 千克} + 0.0005 \text{ 千克二氧化碳当量/处理每千克废水的污泥焚烧} * 100 \text{ 千克} + 0.7 \text{ 千克二氧化碳当量/处理每千克废水的总有机负荷} = 0.85 \text{ 千克二氧化碳当量/千克}$

如需更多信息, 请访问:

Hernández-Chover, V.; Bellver-Domingo, A., Hernández-Sancho, F.; (2018), Efficiency of wastewater treatment facilities: The influence of scale economies, Journal of Environmental Management, Volume 228, 77-84, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.014>.

不同分配方法的概述示例

二氧化碳排放量来自投入的千克/千克	5.00				
	产出材料	数量 (千克)	数量 (摩尔)	氮含量,单位: 千克氮/千克	价格 (欧元/千克)
	产品A	0.2	0.3	0.1	20
	产品B	0.4	0.5	0.2	5
	产品C	0.3	0.2	0.3	1
总计	0.9				
基于质量的分配	输出质量 (千克)	分配因子: 质量/总质量	分配因子 * 排放量 (B*5)	每千克产品的千克二氧化碳 (C/B)	
	产品A	0.20	0.22	1.11	5.00
	产品B	0.40	0.44	2.22	5.00
	产品C	0.30	0.33	1.67	5.00
	总计	0.90	1.00	5.00	
经济分配	收益: 金额 * 价格 (千克) * 欧元	分配因子: 收益/总收益	每千克产品的千克二氧化碳 (B * 5)		
	产品A	4.00	0.63	3.17	
	产品B	2.00	0.32	1.59	
	产品C	0.30	0.05	0.24	
	总计	6.3		5.00	
氮含量分配	收益: 金额 * N (千克)	分配因子: 收益/总收益	每千克产品的千克二氧化碳 (B * 5)		
	产品A	0.02	0.11	0.53	
	产品B	0.08	0.42	2.11	
	产品C	0.09	0.47	2.37	
	总计	0.19		5.00	
化学计量分配	收益: 金额 * 摩尔	分配因子: 收益/总收益	每千克产品的千克二氧化碳 (B * 5)		
	产品A	0.06	0.19	0.94	
	产品B	0.20	0.63	3.13	
	产品C	0.06	0.19	0.94	
	总计	0.32		5.00	

