

新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会团体标准

T/XEEPIA XXX—2026

煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术 生命周期评价准则

Life cycle assessment guidelines for low-temperature and high-efficiency conversion
technologies of VOCs in coal conversion processes

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会

发布



目 次

目 次	I
前 言	II
煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价准则	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则与框架	3
4.1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价原则	3
4.2 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价步骤	3
4.3 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价框架	3
5 评价目的和范围确定	5
5.1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价的目的	5
5.2 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价的范围	5
6 生命周期评价清单分析	6
6.1 清单分析基本要求	6
6.2 数据类型与来源	7
6.3 数据质量与补值方法	7
7 生命周期影响评价	8
7.1 基本要求	8
7.2 环境影响类型选择与清单因子归类	8
7.3 影响类型参数结果的量化（特征化）	9
7.4 标准化及加权分析	9
7.5 数据的质量分析	10
8 生命周期解释	11
8.1 基本要求	11
8.2 生命周期解释的主要步骤	11
9 评价报告内容与格式	11
9.1 基本要求	11
9.2 报告主要内容	11
参考 文 献	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及到专利及付费软件。本文件的发布机构不承担识别付费软件及专利的责任。

本文件由中国科学院大学、国科大杭州高等研究院、浙江大学、伊犁新天煤化工有限责任公司提出。

本文件由新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：中国科学院大学、国科大杭州高等研究院、浙江大学、伊犁新天煤化工有限责任公司、华东理工大学、新疆泓源碳资产碳资源管理有限责任公司、新疆碳汇环境科技有限公司、新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会。

本文件主要起草人：XXX

本文件为首次发布。

本文在实施过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,随时将有关意见和建议反馈给中国科学院大学资源与环境学院(通信地址:北京市怀柔区雁栖湖东路1号中国科学院大学东区学院四;邮政编码:101408;电话:010-69672957)和新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会(通信地址:乌鲁木齐市水磨沟区南湖西路215号;邮政编码:830063;电话:0991-4165463;电子邮箱:xEEPPIA@163.com),以供今后修订时参考。

煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价准则

1 范围

本文件规定了煤转化过程VOCs低温高效转化技术生命周期评价的基本框架、评价方法和报告的一般要求，对煤转化过程VOCs低温高效转化技术的环境影响进行评估。

本文件适用于对采用低温高效转化技术治理煤转化过程VOCs排放的项目或技术方案进行生命周期环境影响评价，旨在为其环境管理决策提供科学、统一的方法学支持。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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

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

GB/T 24040-2008：环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044-2008：环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 33445-2023：煤制合成天然气

GB 37822-2019：挥发性有机物无组织排放控制标准

GB 16297-1996：大气污染物综合排放标准

GB 31571-2015：石油化学工业污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 14040-2006、ISO 14044-2006、GB/T 24040-2008、GB/T 24044-2008、GB/T 33445-2023、GB 37822-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤制合成天然气 coal-based synthetic natural gas (CBSNG)

以煤为原料，经合成气制取以甲烷为主要成分的合成燃气。

注：本文件指煤转化过程，即煤经合成气制取天然气的过程，主要包括空分、煤气化、水煤气变换、低温甲醇洗、甲烷化、甲烷压缩干燥、酚氨回收等单元。

[来源：GB/T 33445-2023，3.1，有修改]

3.2

挥发性有机化合物 volatile organic compounds (VOCs)

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。在表征VOCs总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（Total Volatile Organic Compounds, TVOC或TVOCs）、非甲烷总烃（Non-Methane Hydrocarbons, NMHC或NMTHC）作为污染物控制项目。

注：本文件涉及的VOCs指非甲烷总烃。

[来源: GB 37822-2019, 3.1]

3.3

非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons (NMHC)

采用规定的监测方法, 氢火焰离子化检测器有响应的除甲烷外的气态有机化合物的总和, 以碳的质量浓度计。

[来源: GB 37822-2019, 3.3]

3.4

VOCs低温高效转化技术 VOCs low-temperature and high-efficiency conversion technology

指在相对较低的反应温度(通常显著低于传统直接燃烧或热力氧化温度)下, 通过催化氧化等途径, 将煤转化过程VOCs高效转化为二氧化碳(CO₂)和水(H₂O)的废气净化技术。

3.5

多孔介质低温催化氧化 porous media low-temperature catalytic oxidation

一种基于多孔介质载体与催化剂协同作用, 在较低温度条件下(如≤550°C)将VOCs转化为CO₂和H₂O的净化技术。该技术通常具有高转化率、低运行温度及良好的抗硫性能等特点。

3.6

生命周期评价 life cycle assessment (LCA)

对一个技术系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

[来源: GB/T 24044-2008: 3.2]

3.7

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis (LCI)

生命周期评价中对煤转化过程VOCs控制技术系统整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

[来源: GB/T 24044-2008: 3.3, 有修改]

3.8

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

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

[来源: ISO 14040-2006, 3.4]

3.9

功能单位 functional unit

用来量化煤转化过程VOCs低温高效转化技术系统性能的基准单位。它是所有输入和输出数据归一化的基础, 以确保LCA结果的可比性。

[来源: ISO 14044-2006, 3.20, 有修改]

3.10

系统边界 system boundary

为进行生命周期评价所确定的, 包含所有与评价目的相关的单元过程的集合。

[来源: ISO 14040-2006, 3.32, 有修改]

3.11

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目和范围的要求对清单分析和影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源: ISO 14044-2006, 3.5, 有修改]

4 原则与框架

4.1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价原则

4.1.1 以环境为焦点

LCA关注产品系统中的潜在生态环境影响等因素，对煤转化过程VOCs低温高效转化技术项目进行综合性评价时，可将LCA评价与其他评价方法相结合。

4.1.2 以功能单位为基础

LCA是围绕功能单位构建评价方法，功能单位是量化产品系统性能的基准单位。

4.1.3 透明性

为了评价结果的完整、准确、客观，对生命周期评价过程中结果、方法、数据、局限性和假设等应有详细的解释及书面说明。

4.1.4 科学性

LCA中的决策应以自然科学为基础，如果缺乏科学依据，所做的决策可建立在价值选择的基础之上。

4.2 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价步骤

LCA分为以下4个阶段，各阶段的主要内容如下：

a) 目的和范围的确定：首先明确评价目的，根据产品特点和评价目的，定义系统边界。它是生命周期评价的第一步，是清单分析、影响评价和结果解释所依赖的出发点和立足点，直接影响到整个评价工作程序和最终的研究结论。

b) 生命周期清单分析：该阶段是对煤转化过程VOCs低温高效转化项目在规定系统边界范围内的能量与原材料消耗量，以及对环境的排放（包括废气、废水、固体废弃物及其它环境污染物）进行以资料为基础的客观量化过程。是生命周期评价的关键阶段。如果清单数据不能很好地满足评价目的需要，可对数据收集程序或范围进行修改。

c) 生命周期影响评价：建立在生命周期清单分析的基础上，根据清单数据进行不同环境影响的量化计算并评价。

d) 结果解释：综合考虑清单分析和影响评价过程，在此基础上对重大环境问题进行辨识，并对重要的输入、输出和方法的选择进行评价和敏感性检查、不确定性检查，对结论、建议及其局限性进行说明，得出最终报告。

4.3 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价框架

4.3.1 煤制天然气生命周期评价系统

根据国际标准化组织ISO 14040环境管理体系，煤转化过程VOCs低温高效转化技术生命周期评价步骤由目标与范围定义、清单分析、影响评价和结果解释四部分构成（图1）。

a) 目标与范围定义：包括对评价目的的定义（如评价环境影响、识别减排潜力等）和评价范围即系统边界的定义。

b) 清单分析：在生命周期系统边界内，全面收集并量化所有输入与输出数据，包括待处理的VOCs气体（组分、浓度、流量）、电能、燃料、脱盐水、循环冷却水、仪表空气、氮气、蒸汽等公用工程消耗，以及脱硫剂、脱水剂、催化剂等化学材料的投入量；输出清单：净化后气体（组成、温度、压力）、废水、废催化剂、废脱硫剂等固体废物。

数据来源可依据工艺软件包中的设计参数、物料与热量平衡表、实际运行监测数据、行业数据库（如Eco-invent（Ecoinvent Database）、ELCD（European Reference Life Cycle Database）数据库等）及文献调研结果进行整合与校准。

c) 生命周期影响评价：基于清单数据，采用分类、特征化、标准化与加权等方法，将资源与排放数据转化为以功能单位为基准的环境影响指标，主要包括全球变暖潜力、资源消耗（水资源、能源消耗等）、环境酸化、富营养化潜力、人体毒性及生态毒性影响。

d) 结果解释：通过对影响评价结果的一致性、敏感性与不确定性分析，明确煤转化过程VOCs低温高效转化技术在全生命周期中的关键环境影响环节与改进潜力。最后形成结论、建议及报告。

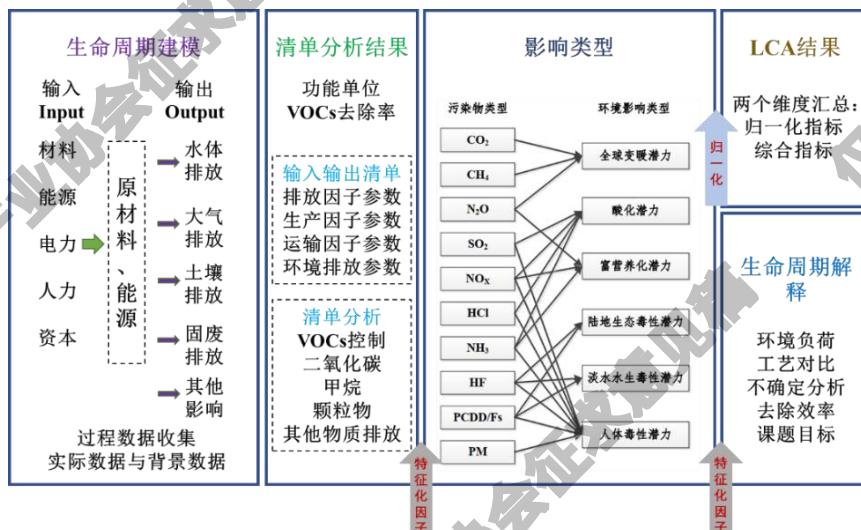


图1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价框架

4.3.2 煤制天然气典型工艺流程

煤制天然气煤转化过程工艺流程图见图2。

原料煤经备用系统处理后，碎煤送至加压气化装置，沫煤输送至热电站。空分装置产生的氧气与热电站提供的蒸汽共同参与气化，反应生成粗煤气、煤气水及灰渣。粗煤气依次经变换冷却与低温甲醇洗净化，产出净化气、酸性气、CO₂废气及轻烃。净化气经甲烷合成与干燥压缩后，制得天然气产品。酸性气送锅炉处理，副产硫酸；CO₂废气进入RTO装置进行转化与热量回收。煤气水经分离后进入重芳烃多元烃加工装置，产出轻烃、蒽油、洗油、含酚油及煤沥青等副产品。分离后的水相经酚氨回收，得到混合酚与含酚废水。含酚废水送至污水处理厂处理，产生的回用水最终汇入循环水站回用。

VOCs低温高效转化技术是通过多孔介质低温催化氧化装置将煤转化过程中合成气净化单元等排放的VOCs气体进行净化，该技术通常包括气体预处理（脱硫、脱水）、气体输送和多孔介质低温催化氧化单元，通过在较低温度（如500~550°C）下使用高效耐硫催化剂，实现总烃的高效转化（如≥97%），出口NMHC浓度可控制在限值（如≤60 mg/Nm³）以下。



图 2 煤转化过程工艺流程图

5 评价目的和范围确定

5.1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价的目的

5.1.1 基本要求

评价目的与范围的确定是LCA的第一步，直接决定评价的深度、广度和方向。应根据评价报告的预期应用方向，清晰、明确地界定。

5.1.2 评价目的

- a) 量化评价该技术全生命周期的资源消耗、能源使用及潜在环境影响，计算其环境效益。
 - b) 识别该技术生命周期各阶段中对环境贡献最大的关键环节和物质流。
 - c) 比较不同煤转化过程VOCs控制技术方案或同一技术不同工艺参数下的环境表现，为技术工艺优化提供决策依据。

5.2 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价的范围

5.2.1 基本要求

评价范围与评价目的相适应，必要时可对评价范围进行调整，调整的内容及理由要有书面说明。保证LCA研究的深度和广度适应所确定的评价目的，首先需要确定功能单位和系统边界。

5.2.2 功能单位的确定

功能单位是从数学的角度为输入和输出数据的归一化提供基准。功能单位的确定应与评价目的和范围相对应。在进行煤转化过程VOCs低温高效转化过程生命周期评价时,由评价目的和系统边界可将功能单位定义为:处理1 Nm³ 1000 mg/Nm³的非甲烷总烃,来衡量转化过程生命周期环境影响。

5.2.3 系统边界的确定

依据一定的准则,明确需要整合到评价系统中的单元过程,对单元过程中的单元对象、输入与输出做出清晰的界定。同时确定这些单元过程研究的详细程度,明确评价的环境类型及其研究的详细度。一

一般来说，应采用“从摇篮到坟墓”的系统边界，则煤转化过程VOCs低温高效转化技术生命周期评价包括的核心单元过程应如下所示：

- a) 上游原材料与能源生产：催化剂、吸附剂等关键材料的生产；电力、蒸汽等能源的生产。
- b) 技术系统制造与建造：预处理单元、催化氧化反应器、风机、换热器、管道等设备的制造、运输及现场安装。
- c) 运行与维护阶段：
 - 1) 输入：电能、燃料、循环冷却水、脱盐水、仪表空气、氮气等公用工程消耗。
 - 2) 核心过程：VOCs废气预处理（脱硫、脱水）、气体输送、预热、多孔介质低温催化氧化反应、热量回收。
 - 3) 消耗品：催化剂、吸附剂的定期更换。
 - 4) 输出：净化后的达标气体、可能产生的少量废水（如凝结水）、废催化剂、废吸附剂等。
- d) 废弃阶段：废气废水废渣，废弃催化剂、吸附剂作为危险废物或一般固废的处置；设备生命周期结束后的拆解、金属回收或处置。

取舍原则：系统边界的选择根据评价目的和范围确定。为确保研究的可靠性和透明度，必须在研究报告中清晰陈述并论证系统边界的选择准则、任何忽略生命周期阶段或输入输出的决定，以及所使用的基本假设。此外，对于预计对总体结论影响不大的单元过程或流量，可予以排除，但须记录和说明。基础设施（如厂房建筑）的贡献通常可忽略，除非有特殊研究目的；若特殊研究目的明确要求纳入，需在报告中详细说明纳入依据与范围。

5.2.4 数据要求及数据质量要求

根据研究目的和范围，明确数据及其质量标准。数据要求包括数据的种类、来源，收集、计算程序等。数据质量要求包括数据来源的可靠性及数据的精度、完整性、代表性、可重复性、不确定性和数据缺失的处理等要求。在范围确定阶段，可进行初步的关键性审查，通过初步数据收集或文献综述或专家判断，识别可能对结果有重大影响的过程，以指导后续数据清单分析的重点。

5.2.5 影响类型与评价方法选择

应预先确定拟评价的环境影响类型（见第7章）和拟采用的LCIA评价方法，如CML（CML Impact Assessment Methodology）、ReCiPe（A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level）等。

6 生命周期评价清单分析

6.1 清单分析基本要求

煤转化过程VOCs低温高效转化技术生命周期评价中的清单分析是对系统在整个生命周期阶段内所有物质流和能量流，包括材料、能源的输入和输出以及VOCs等污染物排放进行量化的技术过程。清单分析基本步骤如图3所示。

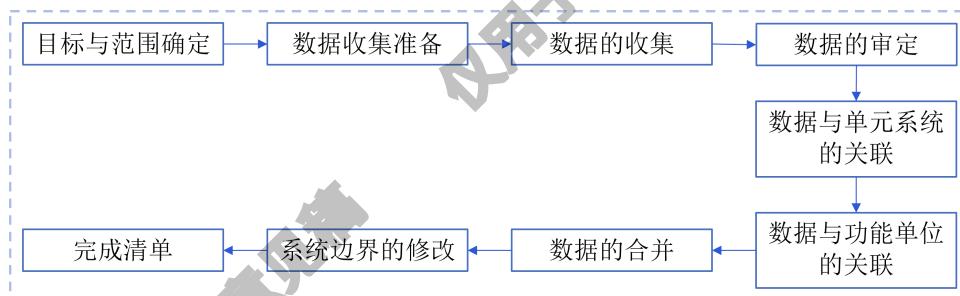


图 3 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期评价清单分析流程

6.2 数据类型与来源

- a) 清单分析所需收集的数据内容应根据评价目的和范围进行确定, 具体输入、输出数据项及详细说明内容应满足第4.3.1小节和第5.2.3小节的要求。
- b) 在收集系统边界内的各单元过程的输入和输出数据时, 数据的主要来源与优先顺序为:
 - 1) 宜优先采用现场实测数据或生产数据, 即示范工程或工业化装置的实际运行监测记录。
 - 2) 其次是来自工艺设计与模拟的数据: 如可靠的技术软件包、工艺设计文件或经校准的化工流程模拟结果。
 - 3) 生命周期数据库: 使用经广泛认可的生命周期数据库 (Eco-invent, Gabi, SimaPro 等) 获取背景数据 (如电力生产、化学品生产的数据)。
 - 4) 公开文献与报告: 来自同行评议期刊、权威机构发布的行业报告、排放因子汇编等数据。
 - 5) 专家估算: 在数据极度缺乏时, 基于工程原理和经验进行合理估算, 但需明确说明并评估其不确定性。

6.3 数据质量与补值方法

- a) 数据质量要求: 应对收集的数据进行质量评估: 关注以下方面:
 - 1) 技术代表性: 数据是否反映评价对象的具体技术、规模和运行条件。
 - 2) 时间代表性: 数据所属时间段与评价目标期是否匹配 (如近 5 年数据优于 10 年前数据)。
 - 3) 地理代表性: 数据是否来源于评价区域或具有相似条件的区域。
 - 4) 完整性: 是否覆盖了系统边界内所有重要的单元过程和流量。以及与评价目的、范围的一致性。
 - 5) 可靠性与透明度: 数据来源 (具体数据库名称及数据集、文献出处、模拟条件、专家信息等), 并评估其原始数据收集和处理方法的科学性与可信度。
- b) 数据补值与处理: 当无法获取优先值时, 可以下方法补值, 并记录说明。
 - 1) 利用生命周期数据库: 采用背景数据库中的平均或特定数据集。
 - 2) 引用文献值: 参考公开发表的科学文献、行业报告中的典型值或排放因子。
 - 3) 过程模拟与计算: 借助化工过程模拟软件建立模型模拟计算。模拟结果需结合工程经验和文献数据进行校准和验证。
 - 4) 工程估算与专家判断: 在严格限制下使用, 并需进行敏感性分析。

7 生命周期影响评价

7.1 基本要求

生命周期影响评价（LCIA）旨在将LCI结果转化为易于理解的潜在环境影响指标，为之后的生命周期解释阶段提供必要的信息。根据ISO 14040 - 2006规定，LCIA包括必备要素和可选要素。

7.1.1 必备要素

包含影响类型、类型参数和特征化模型的选择；将LCI结果划分到所选的影响类型中(结果归类)；类型参数结果的计算(特征化)。

7.1.2 可选要素

包括标准化、分组、加权以及数据的质量分析。在生命周期影响评价时可根据评价目的和范围，对这些要素选择性地展开分析。

7.1.3 生命周期影响评价因子的获取

不同的生命周期影响评价方法有不同的环境影响类型指标，且对应的特征化因子、标准化因子和权重因子各不相同，各因子数据可参考CML，ReCiPe等模型。

7.2 环境影响类型选择与清单因子归类

7.2.1 环境影响类型的选择

不同的生命周期影响评价方法拥有不同的环境影响类型指标，包括全球变暖潜力（GWP）、酸化潜力（AP）、能源消耗（PE）、不可再生资源消耗（ADP）、富营养化潜力（EP）、光化学臭氧形成潜力（POCP）、陆地生态毒性潜力（TETP）、淡水水生生态毒性（FAETP）、人体毒性潜力（HTP）等。根据评价目的和范围选择适合的指标进行分析。

7.2.2 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期清单因子归类

归类是根据清单负荷因子的物化性质和环境影响情况，将对某影响类型有贡献的因子归类在一起的过程。根据煤转化过程VOCs控制技术的特点，建议环境影响类型及因子归类如表1所示（包括但不限）。

表 1 煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术生命周期影响评价清单因子归类

影响类型	清单因子
全球变暖潜力（GWP）	二氧化碳；甲烷；一氧化二氮
酸化潜力（AP）	二氧化硫；氮氧化物；氨
能源消耗（PE）	总一次能源
不可再生资源消耗（ADP）	煤；石灰石；催化剂；吸附剂
富营养化潜力（EP）	二氧化氮；化学需氧量；总氮；氨氮；总磷
光化学臭氧形成潜力（POCP）	二氧化硫；一氧化碳；甲烷；挥发性有机化合物
陆地生态毒性潜力（TETP inf.）	挥发性有机化合物；工艺中可能涉及的金属
淡水水生毒性潜力（FAETP inf.）	挥发性有机化合物；工艺中可能涉及的金属
人体毒性潜力（HTP inf.）	二氧化硫；氮氧化物；氨；总悬浮颗粒物；挥发性有机化合物

7.3 影响类型参数结果的量化（特征化）

7.3.1 基本要求

同质量的不同负荷因子对同一种环境影响类型的贡献潜力不同，则需找到一种共同的度量单位，将各负荷因子的贡献潜力转化为此度量单位后再进行汇总，这一步骤即为特征化。特征化包括对LCI结果进行统一单位换算，并在相同的影响类型内对换算结果进行合并。转化为统一度量时，需要借助于特征化模型。

7.3.2 特征化过程

目前国际上环境影响特征化的模型很多，不同模型的特征化因子有所不同。同一环境影响类型归类的所有负荷因子通过当量因子法全部换算成同一表征量纲并相加得到该环境影响类型的环境影响结果，具体计算公式如下：

$$EI_i = \sum (Emission_j \times C_{ij}) \quad (1)$$

式中：

EI_i —环境影响类型i的特征化结果；

$Emission_j$ —生命周期清单因子j的清单结果；

C_{ij} —污染物j在环境影响类型i中的特征化因子。特征化因子来源于表2所列特征化模型，具体说明见7.1.3。

计算完成后，应获得以功能单位为基准的各影响类型特征化结果。

表 2 不同环境影响类型的特征化因子

影响类型	特征化因子
GWP	温室气体 100 年内的全球变暖潜力 (kg CO ₂ -当量)
AP	物质的酸化潜力 (kg SO ₂ -当量)
PE	一次能源消耗折算为标准煤系数 (kgce)
ADP	资源耗竭潜值 (kg Sb eq.)
EP	物质的富营养化潜力 (kg PO ₄ ³⁻ eq.)
POCP	物质的光化学臭氧形成潜力 (kg Ethene-当量)
TETP inf.	有毒物质排放到空气、水体、土壤的陆地生态毒性潜力 (kg DCB-当量)
FAETP inf.	有毒物质排放到空气、水体、土壤的淡水水生毒性潜力 (kg DCB-当量)
HTP inf.	有毒物质排放到空气、水体、土壤的人体毒性潜力 (kg DCB-当量)

7.4 标准化及加权分析

7.4.1 标准化过程

标准化是根据一定的基准信息对特征化结果的大小进行计算，以此去掉结果在量级和量纲上的差异，使不同环境类型的结果能互相比较。它有助于：检查不一致性；提供和交流关于参数相对重要的信息；为其他阶段例如分组、加权、生命周期解释等做准备。标准化方法按下述公式计算：

$$N_i = \frac{EI_i}{S_i} \quad (2)$$

式中：

N_i —环境影响类型i的标准化结果；

S_i —环境影响类型i的标准化因子。标准化因子具体说明见7.1.3。

7.4.2 分组

此阶段是用于将影响类型划分到目的和范围确定阶段预先规定的一个或多个组中。这个过程可包括分类和排序两个不同的步骤：

a) 根据性质对影响类型进行分类。例如，影响类型属于输入还是输出，是全球性、区域性还是局地性的。

b) 根据预定的等级规则对影响类型进行排序。例如，将影响类型按高、中、低级排序。排序是基于价值选择的，具有主观性，不同的个人、组织和人群可能具有不同的倾向性，对于同样的参数结果或归一化的参数结果可能得出不同的排序结果。

7.4.3 加权过程

根据不同环境影响类型的重要性，对于不同环境影响类型赋予不同的权重因子，从而将不同环境影响类型结果加权后求和得到一个综合的环境影响结果。加权计算过程如下：

$$En_{LCA} = \sum (N_i \times W_i) \quad (3)$$

式中：

En_{LCA} —生命周期环境影响结果；

W_i —环境影响类型i的权重因子。权重因子具体说明见7.1.3。

7.5 数据的质量分析

a) 为评估LCIA结果的可信度与稳健性，应进行数据质量分析，关注结果的不确定性和敏感性：

1) 重要度分析：基于清单分析和特征化结果，识别对最终LCIA结果有显著贡献的关键单元过程、关键物质流及清单因子。

2) 不确定性分析：评估并说明关键输入数据及LCIA结果的不确定性。可通过分析数据来源、测量误差、技术代表性等因素进行定性或半定量评估。鼓励使用不确定性分析工具（如蒙特卡洛模拟）进行量化分析。

3) 敏感性分析：通过敏感性检查来测试LCIA结果的稳健性。可通过改变关键假设（如系统边界）、替换关键数据或调整模型参数，观察LCIA结果的变化情况，以判断结论是否可靠。

b) 与生命周期评估（LCA）的反复性相一致，生命周期影响评估（LCIA）的数据质量分析能促使对生命周期清单（LCI）阶段的重新修订。这一过程确保了评价结果的准确性和可靠性，反映了LCA方法学中不断优化和更新数据的需求。因此，在LCIA阶段发现的数据质量问题可以作为反馈机制，指导LCI数据的收集和处理，以提升整个生命周期评估的质量。

8 生命周期解释

8.1 基本要求

在清单分析中所涉及的数据可能包含推测和引用的数据，实测数据占比可能较低，且影响评价阶段的特征化系数选择不同会导致结论存在差异性。因此，结果解释阶段需重点说明清单分析和影响评价阶段的不确定因素，确保评价结论的客观性与可靠性。

8.2 生命周期解释的主要步骤

- a) 识别：根据LCA前几个阶段或LCI结果，识别煤转化过程VOCs低温高效转化技术系统范围内的重大问题。
- b) 评估：包括完整性和敏感性和一致性检查。
 - 1) 评估研究是否按照目的和范围的要求完成，数据、方法和假设是否完整。
 - 2) 报告敏感性分析的结果，说明评价结论在多大程度上依赖于关键假设和选择。若敏感性分析显示改变关键参数会导致结论逆转，则需谨慎对待结论。
 - 3) 评估整个研究过程中（目的、范围、数据、方法、解释）是否始终保持一致。
- c) 结论：得出解释结论、建议和最终报告。
 - 1) 清晰、简洁地总结评价结果，回答在目的与范围确定阶段提出的问题。结论应基于重大议题识别的结果。
 - 2) 根据结论，提出对煤转化过程 VOCs 低温高效转化技术的环境影响评估结果有针对性的、可行的改进建议。
 - 3) 客观说明本研究存在的局限性，如数据的不确定性、系统边界的取舍、所选 LCIA 方法的局限性等。

9 评价报告内容与格式

9.1 基本要求

报告是对LCA的各阶段分别作出说明，LCA研究报告应完整、准确、客观，报告应对评价的结果、数据、方法、假设和局限性及对初始范围的修改理由作出详细说明。

9.2 报告主要内容

报告一般应包括以下内容：

- (a) 评价的目的及范围；
- (b) 功能单位；
- (c) 系统边界；
- (d) 评价系统单元过程划分及描述；
- (e) 数据收集与处理过程（含数据来源、质量评估、补值方法）；
- (f) 评价方法学说明（含LCIA方法选择、特征化模型等）；
- (g) 影响类型、参数结果及分析；
- (h) 评价的局限性说明及数据质量说明；
- (i) 评价的结论及建议。

参 考 文 献

- [1] ISO 14040-2006 Environmental management Life cycle assessment Principles and framework
- [2] ISO 14044-2006 Environmental management Life cycle assessment Requirements and guidelines
- [3] GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [4] GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [5] GB/T 33445-2023 煤制合成天然气
- [6] GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准
- [7] GB 16297-1996 大气污染物综合排放标准
- [8] GB 31571-2015 石油化学工业污染物排放标准