

团 体 标 准

T/CACE XXXX—2024

废塑料再生利用减污降碳量评估方法

Evaluation method for pollution reduction and carbon dioxide reduction of recycling
of waste plastics

（征求意见稿）

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

中国循环经济协会 发 布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 总体要求.....	6
5 评价方法学框架.....	6
6 排放量核算.....	7
7 项目减污降碳量评估.....	8
8 减污降碳量评估报告编制.....	8
附录 A.....	10
附录 B.....	12
附录 C.....	13
附录 D.....	14

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国循环经济协会提出并归口。

本文件起草单位：北京工业大学、华南理工大学、中国科学院广州能源研究所、金发科技股份有限公司、江苏中车云汇科技有限公司、首都机场集团有限公司北京大兴国际机场、常州厚德再生资源科技有限公司、中国循环经济协会。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

废塑料再生利用是循环经济的重要组成部分，也是提高生态环境质量、实现绿色低碳发展的有效途径。由于废塑料种类繁多、物料来源复杂、循环技术差异较大等因素的影响，导致循环利用过程的污染物以及温室气体减排效果均难以得到有效评估，现有评估结果大多根据企业自身需求择选评价系统边界及指标体系等，评价过程难以统一。废塑料种类及利用技术虽存在较大差异，但其减污降碳量核算方法及核算流程存在统一性，均包含了功能单位和系统边界确定、数据收集与对比评估等核心内容，这为制定普适性的废塑料再生利用减污降碳量评估方法提供了可能。

本文件针对典型废塑料构建统一完整的减污降碳量评估方法体系，可用于分析废塑料再生利用生产再生高分子材料相较原生原料开发利用的比较优势，并可用于择选低污染、低碳排放的优势再生利用技术作为推荐国家科技专项支持的重要导向。其中，再生高分子材料是指全部或质量分数90%以上利用废塑料生产的高分子材料。

本文件提及的减污降碳量，是指由于废塑料再生利用过程避免了从自然界或自然资源中获取原材料而排放的污染物及温室气体，避免的排放量被视为通过传统方法生产相同数量原料的排放量。

本文件基于保守的基准线情景，将废塑料再生利用过程的直接温室气体及污染物排放与各类能源/辅料等生产加工全生命周期过程的间接温室气体及污染物排放进行分类加和，再与按照上述流程计算的原生原料生产过程的温室气体及污染物排放分别进行作差比较，以此确定废塑料再生利用过程的减污降碳量。不包括由于循环经济避免的废料填埋焚烧所产生的污染物及温室气体排放。

废塑料再生利用减污降碳量评估方法

1 范围

本文件规定了废塑料再生利用减污降碳量评估的术语和定义、总体要求、评价方法学框架、排放量核算、项目减污降碳量评估、减污降碳量评估报告编制。

本文件中减污指的是降低 SO_2 、 NO_x 、NMVOC、COD、BOD 等污染物所进一步减少的环境影响，本文件中包括了酸化量、富营养化量、人体健康损害量及光化学臭氧制造量；降碳指的降低 CO_2 、 CH_4 等温室气体减排量。

本文件适用于废聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚氯乙烯等典型废塑料制成再生产品相关项目的减污降碳量评估与报告，由废塑料再生利用形成的再生产品应采用 GB/T 30102 等标准作为合格判据，其他废高分子材料制成再生产品项目的减污降碳量可参照本文件进行评估。

2 规范性引用文件

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

GB 31571 石油化学工业污染物排放标准

GB 31572 合成树脂工业污染物排放标准

GB/T 16605 再生纤维素丝织物

GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 30102 塑料 塑料废弃物的回收和再循环指南

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 33760 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求

GB/T 37821 废塑料再生利用技术规范

GB/T 39171 废塑料回收技术规范

GB/T 40006.2 塑料 再生塑料 第 2 部分：聚乙烯（PE）材料

GB/T 40006.3 塑料 再生塑料 第 3 部分：聚丙烯（PP）材料

GB/T 40006.5 塑料 再生塑料 第 5 部分：丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）材料

GB/T 40006.6 塑料 再生塑料 第 6 部分：聚苯乙烯（PS）和抗冲击聚苯乙烯（PS-I）材料

GB/T 40006.7 塑料 再生塑料 第 7 部分：聚碳酸酯（PC）材料

GB/T 40006.8 塑料 再生塑料 第 8 部分：聚酰胺（PA）材料

GB/T 40006.9 塑料 再生塑料 第 9 部分：聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）材料

GB/T 40006.11 塑料 再生塑料 第 11 部分：聚氯乙烯（PVC）材料

CMS-061-V01 从固体废物中回收材料及循环利用

CMS-073-V01 电子垃圾回收与再利用

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

废塑料 waste plastic

产品拥有者不再使用且已经丢弃或放弃的塑料，以及在生产、运输、销售、使用过程中产生的不合格、报废和过期塑料等。[来源：GB/T 20861，2.1，有修改]

3.2

再生产品 secondary product

通过废料循环利用生产出的产品类型。若原生原料和再生原料混合制成再生产品的过程，仅考虑其中再生原料循环过程的碳排放及污染物排放。

3.3

温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：如无特别说明,本文件中的温室气体（简称GHG）包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150，3.1]

3.4

基准线情景 baseline scenario

用来提供参照的，在不实施项目的情景下可能发生的假定情景。

[来源：GB/T 33760，3.4]

3.5

减污降碳量 pollution reduction and carbon dioxide reduction

经计算得到的一定时期内项目所排放的污染物环境影响当量值及温室气体排放量与基准线情景中对应排放量相比较的减少量。

3.6

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

[来源：GB/T 32163.4，3.2]

3.7

活动数据 activity data

导致污染物及温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150，3.12]

3.8

项目业主 project owner

对项目进行全面控制并负责任的组织或个人。

[来源：GB/T 33760，3.10]

4 总体要求

- 4.1 废塑料再生利用项目的减污降碳量，应包括由于废塑料循环利用过程避免的从自然界或自然资源中获取原材料而排放的污染物及温室气体，避免的排放量被视为通过传统方法生产相同数量原生原料的排放量。
- 4.2 本文件基于保守的基准线情景，不包括由于循环经济避免的废料填埋焚烧所产生的污染物及温室气体排放。
- 4.3 项目业主应证明其回收利用的废塑料来自于固体废弃物，材料来源不明确则不适用本方法学。
- 4.4 项目业主应承诺其减污降碳量未在上游产业链中申请过相应减排信用协议，如全国温室气体自愿减排交易配额等，以避免重复计算。
- 4.5 本文件核算的系统边界应包括与项目业主直接产生和受项目影响而间接产生的污染物及温室气体排放。其中，间接排放量应基于GB/T 24040及GB/T 24044的生命周期评价方法进行测算。
- 4.6 本文件的项目排放量仅包含从预分类的废塑料进行处理以获得再生产品的过程，不包含废塑料回收、分类过程。
- 4.7 由废塑料再生利用形成的再生产品应采用 GB/T 30102 等标准作为合格判据。再生产品的合格判据应由使用要求或供应商和用户之间的协议确定，合格判据可包括以下信息（a-b）：
- a) 再生产品的性状及性能应符合GB/T 40006（所有部分）、GB/T 16605等标准要求，并具有适当的识别标志，包括聚合物的批号。
 - b) 废塑料再生利用过程的添加剂、填料、增强材料等以及污染物种类和浓度、再生原料和聚合物的含量应符合GB/T 37821、GB/T 39171等技术规范要求。

5 评价方法学框架

5.1 本文件评价流程为基准线排放量核算、项目排放量核算、项目减污降碳量计算三个阶段，见图1。

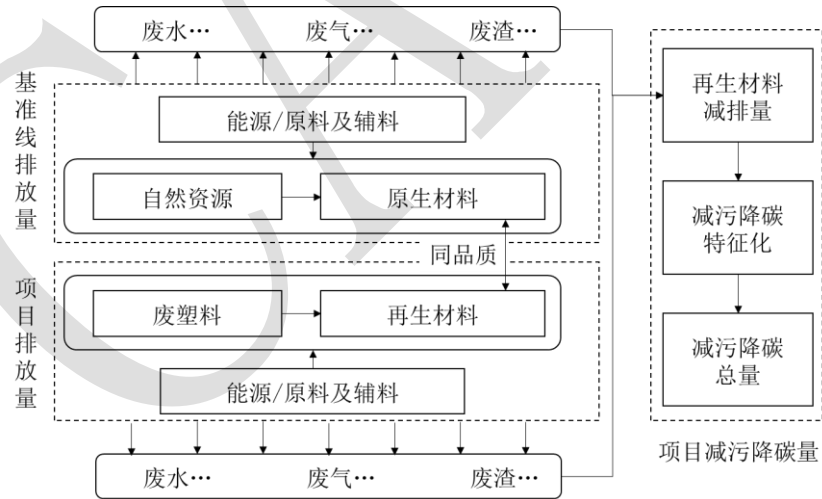


图1 废塑料再生利用减污降碳量评估流程

- 5.2 评价指标体系宜选取CML 2001（2016年版本）涵盖的全球变暖潜势（GWP）、酸化效应潜势（AP）、富营养化潜势（EP）、人体健康损害潜势（HTP）、光化学臭氧制造潜势（POCP）。
- 5.3 本文件核算的数据来源应从已稳定运行一年以上的项目获得，应选择或建立相关准则和程序，对与项目有关的和受项目影响的污染物及温室气体源进行定期监测或估算，对于不选择定期监测的污染物及温室气体源，说明其理由。

5.4. 活动数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，数据来源应注明出处。活动数据收集包括现场数据和背景数据的收集。现场数据应由项目业主测量和记录入厂及出厂过程中，原料、辅料及再生产品类别及重量，并测量和记录设备运行过程消耗的各类燃料及电量、污染物及温室气体排放量等数据。背景数据包括辅料及能源生产过程的技术标准数据、历史累积数据、统计数据和相关数据库中数据等，被选择的背景数据应完整覆盖本文件现场数据中的污染物及温室气体排放清单（参见资料性附录A）。宜优先使用现场数据进行测算。

a) 项目业主宜选择或建立相关准则和程序，用于指导取得、记录现场数据。现场数据应来自于生产单元的实际生产统计记录（参见资料性附录A）。所有现场数据均应转换为单位产品，即1吨再生产品为基准折算，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。

b) 背景数据应优先选择辅料及能源供应商提供的符合生命周期评价标准要求的、经第三方独立验证的生命周期数据。若数据缺失，应优先选择代表中国国内平均生产水平且公开可获得的辅料及能源生命周期数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据。

5.5 废塑料再生利用的减污降碳量评估应首先对所收集的原生原料及再生原料的数据清单进行作差，再对污染物及温室气体减排量进行减污降碳特征化处理。减污降碳特征化宜采用CML 2001的方法，对每类环境影响指标选定一种参照物，将其他污染物的环境影响作用以这种参照物的当量表示；每种污染物的特征化因子宜采用CML 2001方法学中提供的数据，参见资料性附录B。

5.6 减污降碳总量为评估的可选步骤，是对减污降碳特征化结果进一步归一化和加权计算的过程，可对各特征化结果进行转化合并成单一无量纲指标，宜采用CML 2001方法学中提供的归一化和加权因子，参见资料性附录C。

6 排放量核算

6.1 基准线排放量应按照原生原料生产过程各类污染物或温室气体的排放总量进行核算，见式（1）。

$$PE_i = DPE_i + \sum_m (Q_m \times \alpha_{m,i} \times B_{m,i}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

i -----	污染物或温室气体排放种类；
PE_i -----	原生原料开发利用过程中第 i 种污染物或温室气体的排放总量；
DPE_i -----	原生原料开发利用过程中污染物或温室气体直接排放量；
Q_m -----	原生原料开发利用过程中第 m 种辅料或能源投入量；
$\alpha_{m,i}$ -----	第 m 种辅料或能源的全生命周期过程对应的第 i 种污染物或温室气体排放量。
$B_{m,i}$ -----	按照CMS-061-V01及CMS-073-V01，废塑料在分类过程中材质退化和损耗而设定的（净重/毛重）修正系数；如果再生利用过程是通过机械再利用的再生原料，采用0.75；如果再生利用过程是通过物理再利用或化学再利用的再生材料，采用1。

6.2 项目排放量应按照再生原料循环利用过程中各类污染物或温室气体的排放总量进行核算，见式（2）。

$$SE_i = DSE_i + \sum_m (Q_m \times \alpha_{m,i}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

SE_i -----	废塑料再生利用过程中第 i 种污染物或温室气体的排放总量；
--------------	---------------------------------

DSE_i ----- 废塑料再生利用过程中污染物或温室气体直接排放量。

6.2 废塑料存在混杂料的情况，其再生利用过程可能会产生再生金属、再生玻璃等，应根据材料的市场价格，将项目排放分配到分离的各类原料中。其中，再生高分子材料承担的污染物及温室气体排放量 SE_i 应进行修正，见式（3）。此规则适用于再生原料市场价格透明和可靠信息可得的情况，否则应采用保守方法，所有的项目排放应全部施加至再生高分子原料中。

$$SE_{i,j} = SE_i \times P_j / \sum_s P_s \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$SE_{i,j}$ ----- 第 j 种再生原料再生利用过程中第 i 种污染物或温室气体的排放总量；
 P_j ----- 第 j 种再生原料的市场价格；
 S ----- 再生原料的种类。

7 项目减污降碳量评估

7.1 由于废塑料包装循环利用，第 i 种污染物或温室气体减排量，应等于基准线总排放量减去项目总排放量，按式（4）进行计算。

$$ER_{i,y} = N_y \times (PE_i - SE_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$ER_{i,y}$ ----- 第 i 种污染物或温室气体的减排量；
 N_y ----- 废塑料再生利用的再生原料量。

7.2 减污降碳量的特征化过程是将污染物及温室气体排放量转化为对应的环境影响类型，见式（5）。

$$CP_y = \sum_i (ER_{i,y} \times \beta_i) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

CP_y ----- y 年由于废塑料再生利用而减少的第 i 种环境影响类型的特征化值；
 β_i ----- 第 i 种污染物排放的特征化因子，参见资料性附录B。

7.3 减污降碳总量是将特征化值转化为可比较的单一无量纲化指标，见式（6）。

$$TP_y = \sum_j [(CP_{y,j} / \gamma_j) \times \mu_j] \dots\dots\dots (6)$$

式中：

TP_y ----- 第 y 年由于废塑料再生利用而引致的减污降碳总量；
 γ_j ----- 第 j 种环境影响（特征化值）的归一化基准值，参见资料性附录C；
 μ_j ----- 第 j 种环境影响（特征化值）的权重，参见资料性附录C。

8 减污降碳量评估报告编制

再生原料利用减污降碳量评估报告应完整记录对象系统、数据来源、评价过程和评价结果，报告内容宜包含但不限于：

a) 所评价的对象系统，包括废塑料的材料类型、再生原料类型及适用范围、生产规模、系统边界以及主要的利益相关方等；

b) 项目业主提供的数据来源以及过程描述、相关假设和重要数据（如市场价格等）取舍原则；

c) 项目业主单位废塑料再生利用过程产生的各类污染物及温室气体减排量清单；

d) 项目业主年度减污降碳特征化评价结果；

e) 项目业主年度减污降碳总效果评价结果（可选）；

f) 项目业主减污降碳量提升的举措（可选）；

g) 其他解释说明（可选）。

附录 A

(资料性)

表 A 企业现场数据收集表格

填报基本信息				
填报单位/技术应用单位				
技术信息采集责任人		联系方式		
技术应用单位地址				
废塑料类别				
废塑料再生利用技术类别				
填报时间		项目投产时间		
报告期及时间跨度		起始：_____ 结束：_____ 周期：_____ (建议 1 年)		
再生原料种类及生产规模		再生原料种类：_____；牌号：_____；生产规模：_____ 吨/年		
数据收集表				
指标 维度	对应指标名称	物质清单	数值	单位
资源 消耗 量	辅料消耗量	辅料 1		kg/t 再生材料
		辅料 2		kg/t 再生材料
		辅料 3		kg/t 再生材料
		其他		kg/t 再生材料
	能耗消耗量	电消耗量		kwh/t 再生材料
		煤消耗量		kg/t 再生材料
		天然气消耗量		m³/t 再生材料
		蒸汽消耗量		kg/t 再生材料
		其他能源消耗量		kg/t 再生材料
	环境 排放 量	废气	SO ₂	
NO _x				kg/t 再生材料
CO ₂				kg/t 再生材料
CH ₄				kg/t 再生材料
CF ₄				kg/t 再生材料
N ₂ O				kg/t 再生材料
SF ₆				kg/t 再生材料
CFC-11				kg/t 再生材料
CFC-12				kg/t 再生材料
CFC-114				kg/t 再生材料
CFC-124				kg/t 再生材料

		NM VOC		kg/t 再生材料
		二噁英		kg/t 再生材料
		其他: ____		kg/t 再生材料
	废水	化学需氧量 COD		kg/t 再生材料
		生化需氧量 BOD		kg/t 再生材料
		总磷 TP		kg/t 再生材料
		总氮 TN		kg/t 再生材料
		其他: ____		kg/t 再生材料
	废渣	废渣 1: ____		kg/t 再生材料
		废渣 2: ____		kg/t 再生材料
		其他: ____		kg/t 再生材料

附录 B

(资料性)

表 B 污染物及温室气体排放的特征化因子

特征化因子	全球变暖潜势 GWP (kg CO ₂ -eq.)	酸化效应潜势 AP (kg SO ₂ -eq.)	富营养化潜势 EP (kg PO ₄ ³⁻ -eq.)	人体健康损害潜势 HTP (kg DCB-eq.)	光化学臭氧制造潜势 POCP (kg C ₂ H ₄ -eq.)
SO ₂	—	1.20	—	9.60E-02	4.80E-02
NO _x	—	5.00E-01	1.30E-01	1.20	2.80E-02
CO ₂	1	—	—	—	—
CH ₄	2.80E+01	—	—	—	6.00E-03
CF ₄	6.63E+03	—	—	—	—
N ₂ O	2.65E+02	—	2.70E-01	—	—
SF ₆	2.35E+04	—	—	—	—
CFC-11	4.66E+03	—	—	—	—
CFC-12	1.02E+04	—	—	—	—
CFC-114	8.59E+03	—	—	—	—
CFC-124	5.27E+02	—	—	—	—
NMVOC	—	—	—	5.85E-02	1.50E-01
二噁英	—	—	—	1.93E+09	—
COD	—	—	2.20E-02	—	—
BOD	—	—	2.20E-02	—	—
NH ₃ -N	—	4.80	6.80E-01	1.00E-01	—
TP	—	—	3.06	—	—
TN	—	—	0.42	—	—

*数据取自 CML 2001 (2016 年版本)

附录 C
(资料性)

表 C 减污降碳量的量化评价因子

环境影响指标	归一化基准值单位	归一化基准值	权重
全球变暖潜势 (GWP)	kg CO ₂ -eq.	4.22E+13	9.3
酸化效应潜势 (AP)	kg SO ₂ -eq.	2.39E+11	6.1
富营养化潜势 (EP)	kg PO ₄ ³⁻ -eq.	1.58E+11	6.6
人体健康损害潜势 (HTP)	kg DCB-eq.	2.58E+12	7.1
光化学臭氧制造潜势 (POCP)	kg C ₂ H ₄ -eq.	3.68E+10	6.5

*数据取自 CML 2001 (2016 年版本)

附录 D

(资料性)

废塑料再生利用减污降碳量评估示例

D.1 评估目标、系统边界及功能单位

D.1.1 评估目标

通过废塑料再生利用再生塑料可以在一定程度上缓解我国资源紧缺的问题。废旧塑料早期的处理处置技术多采用填埋或者焚烧处理，占用了土地资源的同时造成了严重的二次污染，并且浪费了大量的有价资源。随着国家对塑料回收利用的处理越发重视，废塑料回收利用技术逐渐演化为机械再利用、物理再利用、化学再利用三大类。通过走访调研相关企业并结合企业提供的数据来源，整理分析后可对废塑料再生利用减污降碳量进行评价，以期促进技术改良并挖掘塑料再生利用减污降碳优化空间。

D.1.2 系统边界及功能单位

依据我国目前废塑料回收利用技术现状，选定上述机械再利用和化学再利用 2 种技术进行减污降碳分析，功能单位设定为生产 1 吨再生材料，具体技术评价系统边界如图 D.1 所示。

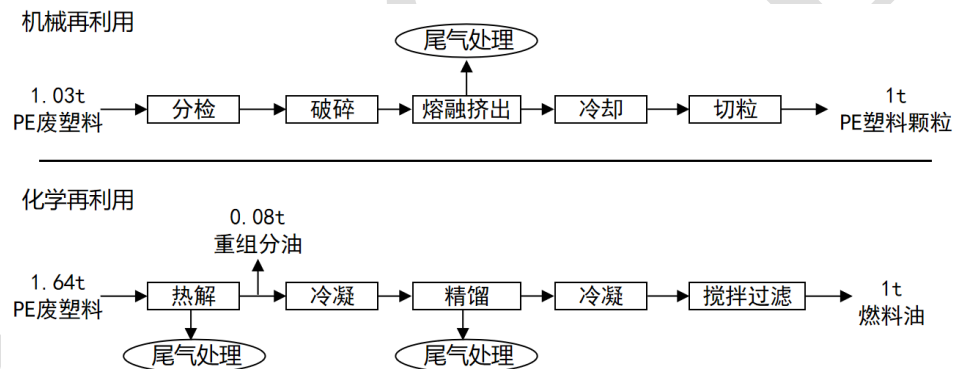


图 D.1 评价系统边界示意图

D.2 清单分析

评价用主要数据来自企业环评报告、可行性研究报告和企业实际数据。废塑料机械再利用以及化学再利用技术的污染物及温室气体排放清单如表 D.1 及表 D.2 所示。

表 D.1 机械再利用污染物及温室气体排放清单

指标维度	对应指标名称	物质清单		数值	单位
资源消耗量	辅料消耗量	辅料 1	水	1.55	m ³ /t 再生材料
	能耗消耗量	电消耗量		2.50E+02	kwh/t 再生材料
		NMVOC		6.65E-02	kg/t 再生材料
		粉尘		5.00E-02	kg/t 再生材料
	废水	化学需氧量 COD		2.69E-01	kg/t 再生材料

		SS	4.51E-06	kg/t 再生材料
	废渣	废渣	2.08E+01	kg/t 再生材料
		分拣废物	3.75	kg/t 再生材料

表D.2 化学再利用污染物及温室气体排放清单

指标维度	对应指标名称	物质清单		数值	单位
资源消耗量	辅料消耗量	辅料 1	滤网	1.50E+01	kg/t 再生材料
		辅料 2	催化剂	1.50E+00	kg/t 再生材料
		辅料 3	精致剂	1.25E+00	kg/t 再生材料
		辅料 4	水	1.25E-01	m³/t 再生材料
	能耗消耗量	电消耗量		3.01E+01	kwh/t 再生材料
环境排放量	废气	SO ₂		2.29E-04	kg/t 再生材料
		NO _x		2.63E-01	kg/t 再生材料
		NMVOC		2.25E-01	kg/t 再生材料
		其他：烟尘		3.18E-03	kg/t 再生材料
	废水	化学需氧量 COD		2.40E-02	kg/t 再生材料
		生化需氧量 BOD		4.51E-03	kg/t 再生材料
		SS		7.51E-03	kg/t 再生材料
		氨氮		3.01E-03	kg/t 再生材料

D.3 评估结果

将走访调研以及环评报告中获得的数据进行指标计算分析，得到废塑料再生利用的减污降碳评价指标统计结果如表 D.3 所示

表 D.3 废塑料再生利用的评价指标清单

指标类型	单位	机械再利用	化学再利用
全球变暖潜势（GWP）	kg CO ₂ -eq.	1.56E+02	1.46E-01
酸化效应潜势（AP）	kg SO ₂ -eq.	4.60E-01	3.30E-04
富营养化潜势（EP）	kg PO ₄ ³⁻ -eq.	5.11E-02	6.65E-03
人体健康损害潜势（HTP）	kg DCB-eq.	1.47E+01	2.31E-02
光化学臭氧制造潜势（POCP）	kg C ₂ H ₄ -eq.	7.15E-02	5.97E-02

对表 D.3 中数据进行归一化处理后，得到两种废塑料再生利用的减污降碳绩效如图 D.2 及图 D.3 所示。相比于原生产品，机械再利用和化学再利用均可以大幅度减少环境负荷。机械再利用中主要环境负荷来源于电力等能源的使用，相比于生产 1t 原生 PE 颗粒，机械再利用 1t PE 颗粒环境负荷仅为原生产品的 5.6%。化学再利用可以在回收利用过程汇总实现燃料的自给，因此化学再利用中的环境污染主要来源于污染气体的排放。相比于生产 1t 燃料油，化学再利用 1t 再生产品的环境负荷仅为原生产品的 3.2%。

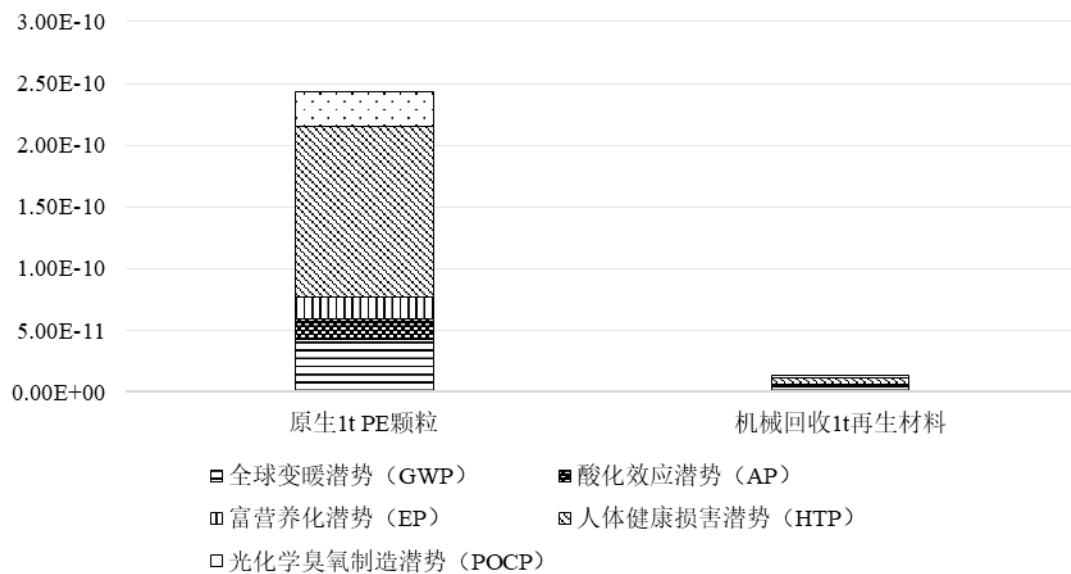


图 D.2 废塑料机械再利用的减污降碳绩效

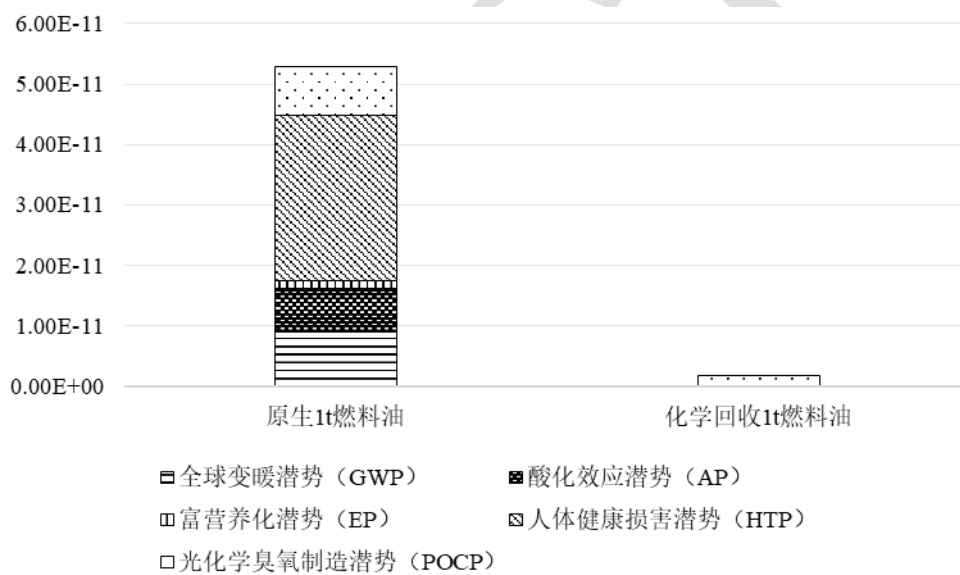


图 D.3 废塑料化学再利用的减污降碳绩效