

中国循环经济协会团体标准

《废塑料再生利用减污降碳效果评估方法》

编 制 说 明

《废塑料再生利用减污降碳效果评估方法》编制组

二〇二四年十二月

一、标准编制背景、依据、目的与意义

（一）编制背景

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，严重影响了评估结果的准确性和可靠性。2022年，由北京工业大学承担的国家重点研发计划课题“废塑料薄膜回收利用减污降碳协同增效机制”

（2022YFC3901905），着眼塑料薄膜的全生命周期视角，拟探明废塑料回收利用物质能量代谢规律，识别减污降碳潜力，构建废塑料回收利用减污降碳效应评价方法体系，形成协同增效调控优化系统性解决方案。经过两年的研究工作，项目组分析发现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。

本文件针对废塑料再生利用过程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效果。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。

（二）编制依据

本文件按照 GB/T 1.1—2020 的规定起草。遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；验证指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定促进行业健康发展和技术推广的原则。标准制定过程中参考了各个相关技术标准，验证方法主要采用现行的国家标准和行业标准，以保证标准中验证指标的准确性、科学性与可比性，各项指标值在满足要求的前提下根据各个利用技术的实际情况确定。

本文件的编制原则为先进性、实用性。标准的编制过程中，严格遵照 GB/T 1.1《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》、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 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（全部部分）等相关标准为编制依据。

（三）编制目的与意义

本文件将建立统一、完善、严格的废塑料再生利用减污降碳量核算标准，可确保废塑料再生利用过程中减污降碳量评估的科学性、客

观性和有效性，规范废塑料再生利用的减污降碳量核算方法；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效果。本文件提及的减污降碳效果，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。通过标准编制旨在将废塑料再生利用过程的减污降碳量进行规范化评估，为塑料生产加工及回收利用提供全生命周期的减污降碳指导。

二、起草单位组成情况及编制组成员名单

（一）起草单位组成

本标准起草单位：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、常州厚德再生资源科技有限公司、广东隽诺环保科技股份有限公司、中国循环经济协会。

（二）编制组成员名单

本标准主要起草人：吴玉锋、顾一帆、晋刚、殷小春、李建军、刘思杨、拓明轩、杨名、卢翔、朱晓邢、卞梓馨、李亦涵、洪雨娴、杨雪蕊、袁庆彬……

三、标准编制的工作基础

北京工业大学建设有国内首个“资源环境与循环经济”跨学科专

业，该专业由原北京工业大学校长、中国工程院院士左铁镛教授于2005年4月创建。现有包括院士、教授、副教授等30余人的跨学科研究团队，建有全国首个“资源、环境及循环经济”交叉学科（北京市重点学科）、全国首批“资源循环科学与工程”本科专业、全国首个“资源环境与循环经济”交叉专业博士点。

通过十多年来的持续建设，已发展成为在国内外具有相当影响力的、具有一流研究水平的循环经济专业研究机构，聚焦废弃资源回收与利用、循环经济评价与政策等交叉性领域的关键需求，在废弃稀土稀贵稀散金属资源回收利用技术、危险废物资源化利用及其污染控制技术、固体废物资源化利用效益评价及其标准制定等主题方面形成自身特色和优势，并积极拓展对外合作，与中国节能环保集团公司、格林美股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司等行业龙头企业建立战略合作关系。

北京工业大学建设有“工业大数据应用技术国家工程实验室”国家级科研基地，“北京市生态环境材料及其评价工程技术研究中心”、“环境友好新材料技术北京市高等学校工程研究中心”、“首都资源环境材料技术协同创新中心”等北京市研究平台以及全国再生有色金属行业“城市矿产综合评价重点实验室”，依托教育部“资源循环科学与工程”新兴专业和北京市“资源环境与循环经济”交叉学科。以上平台，为课题的顺利实施提供有力支撑。

在软件方面，已购买 eBalance、Gabi 等生命周期评价软件，包括 CLCD、ecoinvent 数据库和再生资源数据库，可以为本课题提供数据

支持；拥有 Gaussian 量化分析软件、VASP 等软件，可以对再生产品的物质结构和部分性能进行预测和评价，从物理化学过程进行模拟计算，确定废弃资源的再生机制等，为再生利用路径提供理论计算依据。

在设备方面，依托北京工业大学固体微结构与性能北京市重点实验室丰富的成分、物相、微观形貌等分析检测设备，如 XRF、XRD、EDX、SEM、TEM、AAS、ICP 等；北京工业大学新型功能材料教育部重点实验室 DSC、XPS 等研究测试设备，为本课题开展检测和分析提供有力支撑。

在经验方面，近年来课题牵头单位主持国家 863 计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金、国家发展改革委、科技部、中国工程院、北京市重大课题数十项、地方和企业委托课题上百项；出版全国首套《循环经济研究丛书》《城市矿业研究丛书》，在 ACS Sustainable Chemistry & Engineering；Journal of Cleaner Production；Waste Management 等学术期刊上发表学术论文数百篇；申请国家发明专利十余项；主持和参与制定废弃资源回收利用行业标准 20 余项。以上积累的经验，为本文件编制的顺利开展提供保障。

四、前期筹备工作

（一）标准研制经费预算筹措

本文件确定立项需求后，已纳入国家重点研发计划课题“废塑料薄膜回收利用减污降碳协同增效机制”、北京市科技新星计划创新新星计划项目、北京工业大学新锐青年学者培育团队等项目支撑范围，

在所属课题中工作任务书编制了相应任务，明确了标准研制工作流程和预算情况，标准研制经费预算均来自国拨经费。

（二）前期工作基础

本文件确定立项需求后，对废塑料再生利用技术综合评价、测试相关研究进行了广泛调研，整理了（1）国际环境技术验证标准化和互认体系研究和应用现状；（2）国内“十四五”期间循环经济技术评价方法及应用现状；（3）国内再生资源回收利用企业的实际运营现状；（4）再生利用过程减污降碳量核算相关标准情况；（5）国家发改委、工信部、生态环境部等管理部门对循环经济领域减污降碳量核算的政策规定和需求。

五、主要章节内容

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。

本文件中的降碳指的减低全球变暖潜势量，减污指的是降低酸化效应潜势、富营养化潜势、人体健康损害潜势、光化学臭氧制造潜势量。

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。

（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]

（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）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]

（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]

（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。

（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]

（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/T32150，3.12]

（8）项目业主 **project owner**：对项目进行全面控制并负责责任的组织或个人。[来源：GB/T 33760，3.10]

4. 总体要求

（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。

（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。

（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) 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。

(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。

(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。

(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) 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

(1) 本文件评价流程为基准线排放量核算、项目排放量核算、项目减污降碳效果计算三个阶段，见图 1。

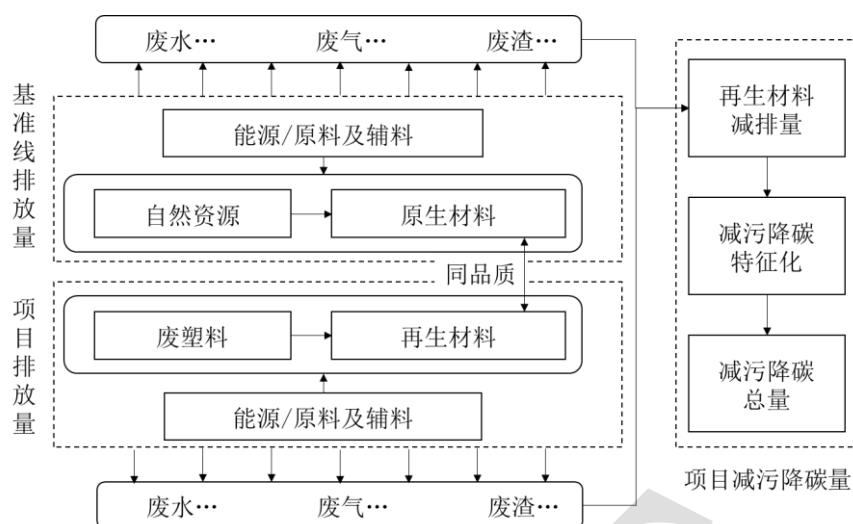


图 1 废塑料再生利用减污降碳量评估流程

(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）。

(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。

(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。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。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) 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。

(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。

6. 排放量核算

(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。

（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。

(3) 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

(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。

(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。

(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；

μ_j ----- 第 j 种环境影响（特征化值）的权重。

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出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) 项目业主减污降碳效果提升的举措（可选）；g) 其他解释说明（可选）。

六、需要调查研究的主要问题，必要的测试验证项目

本文件在编制过程中，重点开展以下问题研究：

- (1) 核算循环经济领域废塑料再生利用过程碳污减排量；
- (2) 核算项目碳污排放量和项目减污降碳量。

七、编制组成员工作分工

本标准编制工作方式包括文献调研、问卷调查、技术验证平台测试等方式。由中国循环经济协会负责总体组织和协调工作，由北京工业大学进行标准内容汇总和整体修订。由参与单位进行数据分析和交流研讨、应用指导等工作。

八、工作进度计划

标准起草阶段，进行文献调研和前期筹备工作，完成标准草案编制和立项其他材料；

2024 年 1-10 月：标准起草阶段，形成工作组讨论稿。

九、标准编制进展

(一) 标准起草

2024 年 1 月，北京工业大学组成了标准起草工作组。为了准确完成制定工作，工作组在广泛收集国内外废塑料再生利用的相关政策、法律法规、技术导则、标准等文献。标准起草组收集并学习了 ISO 14040（环境管理 生命周期评价 原则与框架）、ISO 14044（环境管理 生命周期评价 要求与指南）等国际标准，以及 GB/T 32150（工业企业温室气体排放核算和报告通则）等相关标准。

为了使标准具有科学性和可操作性，标准起草工作组同时选择典型企业开展系统深入的实地调研。结合我国废塑料再生利用过程现状，在全面系统研究的基础上，于2024年9月完成标准初稿和编制说明。经工作组内部多次讨论，起草工作组对初稿进行修改和整理后，按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的要求于2024年10月完成了立项稿。

（二）标准立项

2024年10月，标准起草组向中国循环经济协会提交制修订立项申请书，并经协会审议进行立项公示。

2024年11月4日，中国循环经济协会组织召开团体标准开题启动会，会上邀请了标准化专家和行业专家对标准进行技术指导，……

十、其他需要安排的工作

无。