

中国循环经济协会团体标准

《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程 热解炭基材料修复污染场地》

编制说明

(征求意见稿)

《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程 热解炭基材料修复污染场地》编制组

二〇二五年八月

目录

1 任务来源	2
2 项目背景及工作基础	2
3 标准制定目的与必要性	4
4 国内外相关标准概况	4
5 标准编制依据	5
6 主要工作过程规划	6
7 标准技术框架的确定	6
8 标准的层次结构	6
9 标准主要技术内容及说明	7
10 碳核算	10
11 数据监测收集与质量管理	13
12 标准实施建议	13

1 任务来源

2025年3月，中国环境科学研究院拟决定承担该标准的编制工作，参编单位有中国环境科学研究院，中车山东机车车辆有限公司，北京化工大学，广西力源宝科技有限公司，华北电力大学，江苏中科云璟环境科技有限公司，青岛中科聚能环保科技有限公司。

2 项目背景及工作基础

2.1 项目背景

“十四五”阶段，将深入有机固废管理，国家发展改革委联合九部门印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，以提升多种类型有机废弃物综合利用率达到60%，大宗固废综合利用制度基本完善等目标。目前，我国有机固废类型复杂、处理技术与资源化利用途径模式多样，导致碳减排差异性明显，由于缺少必要的固碳效果评估方法，导致不同原料、不同资源化利用途径碳减排评价无规可依。2023年12月，生态环境部发布《关于促进土壤污染风险管控和绿色低碳修复的指导意见》，要求发展可持续风险管控和绿色低碳修复集成与耦合技术，推进土壤污染精准刻化、复合污染阻控和修复技术的组合优化，推动土壤健康管理和生态功能提升，增强土壤固碳增汇能力。基于此，本申请拟规范有机固废高值转化制备生物炭并用于土壤修复过程的碳减排评估技术，以期有机固废资源化利用“双碳”战略目标提供支持。

2.2 工作基础

本标准编制工作由中国环境科学研究院牵头，参与单位有中车山东机车车辆有限公司，广西力源宝科技有限公司，华北电力大学，江苏中科云璟环境科技有限公司，青岛中科聚能环保科技有限公司。

编制组团队成员长期从事有机固废资源化研究，研发了有机固废多项资源化利用技术，构建了有机固废热解生物炭制备的技术方法，研制了有机固废资源化系列成套装备，相关技术与装备在北京、四川、山东、湖北多地开展工程项目推广应用。此外，团队依托项目经验，发布了《农田土壤固碳核算技术规范》（T/ZGCERIS 00011-2018）、《农业企业（组织）温室气体排放核算和报告通

则》（T/ZGCERIS 00013-2018）、《种植农产品温室气体排放核算指南》（T/ZGCERIS 00014-2018）、《畜牧产品温室气体排放核算指南》（T/ZGCERIS 00015-2018）、《农业有机废弃物（畜禽粪便）循环利用项目碳减排量核算指南》（T/ZGCERIS 00012-2018）、《餐厨废弃物资源化还田项目温室气体减排量核算技术规范》（T/ZGCERIS 0001-2019）和《村镇多源有机废物好氧生化处理技术指南》（T/CACE 0116-2024）等碳排放核算与有机固废资源化利用相关规范、指南共 7 项，具备有机固废生物炭制备与资源化利用过程固碳效果、碳排放评价相关方面咨询服务。基于上述工作和项目执行要求，本指南将重点解决有机固废资源化由于物料来源、处理方式、资源化利用方式差异性导致的工程应用中固碳效果评估的技术难题。

本指南编制项目负责人主持了“高含水有机固废自热多层级发酵设备”国家重点研发计划项目 1 项，“覆膜发酵产物高分子协调可降解膜产品研发”“多源有机垃圾协同定向腐殖化与微环境调控技术、产品研发”国家重点研发计划子课题 2 项，主持“餐厨废物快速处理过程中难降解-易利用有机碳形态定向调控机制研究”国家自然科学基金 1 项，主持“典型废弃物水热-好氧协同腐殖化微环境调控机制研究”中央级公益性科研院所基金 1 项。此外，还主持了集团企业揭榜挂帅项目“典型废弃物热解资源利用技术及 EOD 模式研究”“北京城市副中心环卫一体化服务评估项目”等企业/地方重大项目。项目负责人主持编制了《村镇多源有机废物好氧生化处理技术指南》（T/CACE 0116-2024），项目研究团队发布了《农田土壤固碳核算技术规范》（T/ZGCERIS 00011-2018）、《农业企业（组织）温室气体排放核算和报告通则》（T/ZGCERIS 00013-2018）、《种植农产品温室气体排放核算指南》（T/ZGCERIS 00014-2018）、《畜牧产品温室气体排放核算指南》（T/ZGCERIS 00015-2018）、《农业有机废弃物（畜禽粪便）循环利用项目碳减排量核算指南》（T/ZGCERIS 00012-2018）、《餐厨废弃物资源化还田项目温室气体减排量核算技术规范》（T/ZGCERIS 0001-2019）、《农林用沼液生物降解液使用技术规范》（T/CACE 074-2023）等系列标准指南，项目负责人与研究团队在固废资源化的工程应用领域标准指南编制方面具有扎实研究基础。

3 标准制定目的与必要性

土壤污染风险管控和修复是土壤污染防治的重要内容。党中央、国务院高度重视土壤污染防治工作。党的十八大以来，土壤污染风险管控和修复工作水平不断提升，涉用途变更为住宅、公共管理与公共服务的重点建设用地安全利用得到有效保障，但过程中仍存在过度修复、资源能源消耗和二次污染风险较高等问题。

党的二十大报告要求“统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展”。《减污降碳协同增效实施方案》和《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》中均提出“鼓励绿色低碳修复”。为贯彻落实党的二十大精神，推动土壤污染防治领域减污降碳协同增效，鼓励和引导土壤修复行业绿色低碳转型和高质量发展，以更高标准深入打好净土保卫战，生态环境部经过深入调研、专题研究、广泛征求意见，2023年底制定并印发《关于促进土壤污染风险管控和绿色低碳修复的指导意见》。

本指南拟针对生物炭的提质增效和循环利用，开发并优选炭基绿色修复新材料，核算修复过程中修复材料的碳排放，利用典型污染场地开展联合技术质量验证，形成热解炭基材料修复污染场地的温室气体减排量评估技术规范标准指南。为我国有机固废/生物质废物高值资源转化制备生物炭并用于场地修复工程的“减污降碳”评估工作提供理论支撑依据。

4 国内外相关标准概况

基于文献调研，尚未发现国内外有关热解炭基材料应用于污染场地修复相关标准、规范。现存的《农业有机废弃物（畜禽粪便）循环利用项目碳减排量核算指南》（DB11/T 1561-2018）、《农田土壤固碳核算技术规范》（DB11/T 1562-2018）、《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求》（GB/T 33760-2017）、《农田土壤固碳核算技术规范》（T/ZGCERIS 00011—2018）、《绿色可持续性修复指南》（T/GIA 001—2017）、《污染地块绿色可持续修复通则》（T/CAEPI 26-2020）等，主要围绕有机固废资源利用碳循环、农田固碳相关核算发布的指南与规范，急需有机废物资源高值应用场地碳排放评估指南，支撑相关行业的规范、标准化发展。

本指南以国家自然科学基金重点国际合作项目《基于风险分级的油田废弃物资源化及绿色低碳修复机制》（项目号：52220105009）为依托，以集团企业揭榜挂帅项目《典型废弃物热解资源化利用技术及 EOD 模式研究》为支撑，开展本指南的撰写工作。

5 标准编制依据

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

GB/T 23349 肥料中砷、镉、铬、铅、汞含量的测定

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 28731 固体生物质燃料工业分析方法

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 36197 土壤质量 土壤采样技术指南

GB 36600 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 40113.1 生物质热解炭气油多联产工程技术规范 第 1 部分：工艺设计

HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则

HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）

HJ 615 土壤 有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法

HJ 1266 生物质废物堆肥污染控制技术规范

ISO 14064-1 温室气体第一部分 组织层面上温室气体排放与清除量化及报告规范（Greenhouse gases Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals）

ISO 14064-2 温室气体第二部分项目层次上对温室气体减排和清除增加的量化监测和报告的规范及指南（Greenhouse gases Part2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements）

6 主要工作过程规划

(1) 准备阶段

2025年4月—2025年7月，基于国家自然科学基金重点国际合作项目《基于风险分级的油田废弃物资源化及绿色低碳修复机制》（项目号：52220105009），中国环境科学研究院协同各参与单位完成标准申报材料的起草工作。主要工作包括成立标准起草组，开展行业调研、资料收集、标准信息查询，明确本标准的编制方向及框架性内容。

(2) 成立编制小组，完成立项申请与开题

2025年3月，主编单位向中国循环经济协会提交了《热解炭基材料修复污染场地碳排放评估指南》立项申请表。中国循环经济协会将组织召开《热解炭基材料修复污染场地碳排放评估指南》标准的立项申请咨询会，申请单位对标准立项的必要性、可行性、范围和拟编制的内容等进行汇报，并重新确定了指南题目。

(3) 完善指南文本

2025年3月~4月，编制组成员依据专家意见，修改完善标准内容。

(4) 组织专家咨询会完善指南文本

2025年5月~6月，编制组多次组织内部研讨会，针对指南定位、工程流程、具体内容等进行修改完善，编制完成指南初稿。主编单位在搜集国内技术标准、相关工程案例的基础上，确定了本标准编制的技术路线、适用范围、工作进度等，同时组织编制组成员赴多地开展了现场调研。

(5) 中期评审会

2025年7月，编制组形成了指南征求意见稿，中国循环经济协会组织召开标准中期评审会，修改完善形成征求意见稿。

7 标准技术框架的确定

本文件规定了热解炭基材料修复污染场地的减排量评估的基本要求，并描述了对应方法。

8 标准的层次结构

指南共包括9个章节，层次结构如下图所示。

目 次

前 言.....	2
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总则.....	3
5 基准线排放量核算.....	4
6 项目排放量核算.....	4
7 项目减排量计算.....	6
8 项目监测要求和数据质量管理.....	6
9 减排量评估报告编制.....	7

图 1 层次结构图

9 标准主要技术内容及说明

9.1 适用范围

本文件规定了基于热解炭基材料修复污染场地项目的总则、基准线排放量核算、项目排放量核算、项目减排量计算、项目监测要求和数据质量管理、减排量评估报告编制。

本文件适用于热解炭基材料修复污染场地项目的温室气体减排量的评估。

9.2 术语和定义

(1) 热解炭基材料 Pyrolytic carbon-based materials

有机固废经热解炭化技术转化为以热解炭为基体的高值化炭材料。

(2) 生物质废物 bio-waste

生活垃圾中的厨余垃圾、园林废物和不可回收的纸类，农业固体废物中的畜禽粪便、秸秆和其他作物残余，城镇污水处理厂污泥，厨余垃圾厌氧消化沼渣及食品加工废物等源于生物质的固体废物。

[来源：HJ 1266-2022，3.1]

(3) 生物质热解 pyrolysis

生物质在无氧或者低氧条件下受热发生分解的反应过程。

[来源：GB/T 40113.1-2021，3.2]

(4) 热解炭 pyrolysis carbon

生物质经热解，除去挥发成分，剩余的深褐色或黑色多孔固体产物。

[来源：GB/T 40113.1-2021，3.8]

(5) 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地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

注：本文件涉及的温室气体包括二氧化碳（CO）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.1，有修改]

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.1]

(6) 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注：给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.2]

(7) 温室气体排放量 greenhouse gas emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.6]

(8) 温室气体减排量 greenhouse gas emission reduction

经计算得到的一定时期内项目所产生的温室气体排放量与基准线情景的排放量相比较的减少量。

[来源：GB/T 33760-2017，3.5]

(9) 活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

[来源：GB/T 32150-2015，3.11]

(10) 温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor

活动数据与温室气体排放相关的系数。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.7]

9.3 原则与要求

9.3.1 碳排放与碳减排核算基本原则

碳排放核算应以环境保护法律、法规、强制性标准为依据，以达到国家、地方以及行业相关政策为前提，确保温室气体相关信息之真实与公正，科学客观地评价有机固废热解处置与资源化利用的碳减排效果，应遵循 GB/T 33760-2017 中原则：

- (1) **相关性** 选择适当的温室气体源、数据和方法。
- (2) **完整性** 包括适应目标用户需求的所有相关的温室气体排放。
- (3) **一致性** 能够对有关温室气体信息进行有意义的比较。

注：采用相同的准则和程序，定期（如间隔一年的时间）进行两次减排量评估，两次的结果可以进行比较，可称之为有意义的比较。

- (4) **准确性** 尽可能减少偏差和不确定性。

(5) **透明性** 在满足国家政策、商业秘密要求的前提下，发布充分适用的温室气体信息,使目标用户能够做出合理的决策。

注：为了满足透明性原则，通常要求但不限于：

a) 对选择基准线情景和项目情景所依据的原则和相关内容进行解释和说明，并形成文件；

b) 对评估程序、评估方法、排放因子、活动数据等的选择进行解释和说明，并形成文件。

- (6) **保守性** 确保使用的假定、数值和评估方法不高估温室气体减排量。

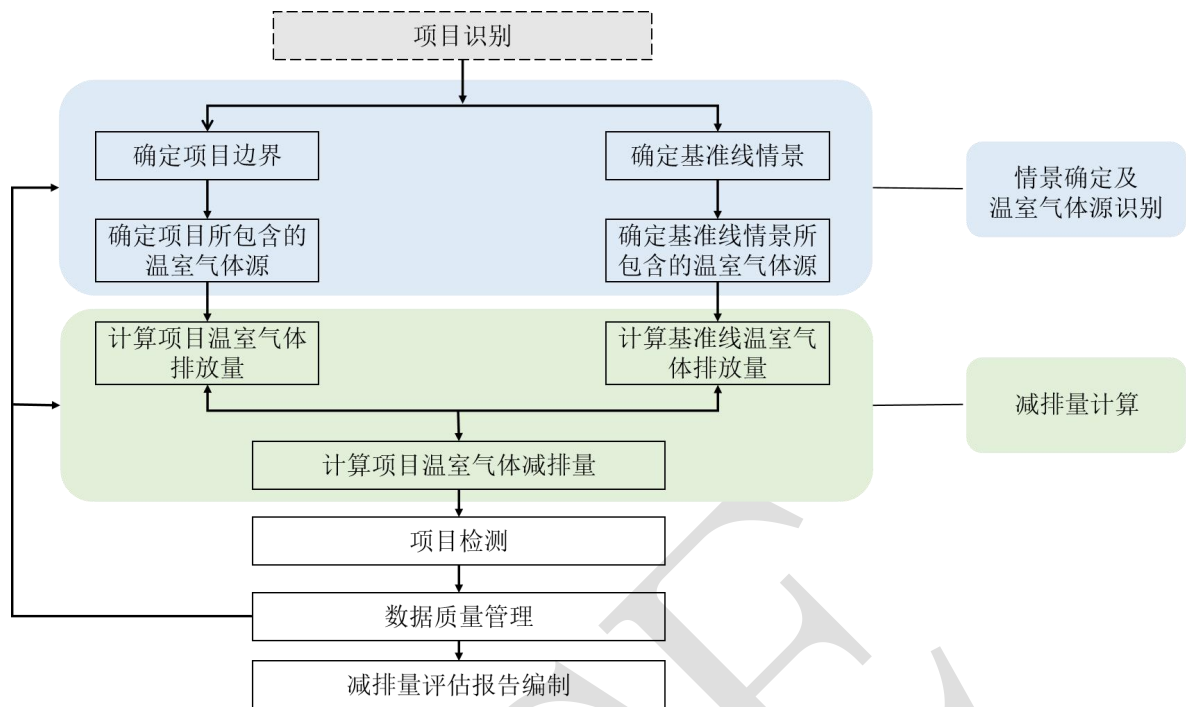


图 2 基于项目的温室气体减排量评估程序图

9.3.2 监测与检测要求

- (1) 热解炭基材料施加后，其修复目标应当依据用途对应满足 GB 36600、HJ25.4 标准及相关技术要求确定，且应当低于风险管制值。
- (2) 土壤样品采集技术宜按照 GB/T 36197 要求执行。
- (3) 取得的土壤、植物样品宜在专业实验室进行有机碳的测定，宜采用 HJ 615-2011 中的重铬酸钾氧化法。
- (4) 定期监测生物降解副产物，避免有毒有害副产物的富集或扩散。

10 碳核算

10.1 热解炭基材料施用阶段过程数据碳核算分解数据

热解炭基材料施用阶段产生的碳排放量，即修复/风险管控过程中，能源、材料、交通以及电力消耗产生的总碳排放量，按下列公式计算：

$$E_2 = E_P + E_m + E_t + E_e$$

E_2 ：土壤修复/管挖工程碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

E_P ：机械能耗产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

E_m : 材料生产阶段碳排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

E_t : 交通运输产生的碳排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

E_e : 电力消耗造成的碳排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)。

(1) 机械能耗产生的碳排放量

修复/风险管控过程中挖机、钻机等机械设备所消耗的化石能源导致的碳排放, 按下列公式计算:

$$E_p = \sum_{i=1}^n (q_i \times r_i \times p_i)$$

式中:

E_p : 机械消耗碳排放;

q_i : 第*i*种加工设备每台班所耗能源量;

r_i : 第*i*种加工设备台班数;

p_i : --第*i*种加工设备所耗能源碳排放因子;

(2) 材料消耗产生的碳排放量

$$E_m = \sum_{i=1}^n (q_i \times e_{fi})$$

E_m : 材料消耗碳排放;

n : 所有使用的原材料总种类数;

q_i : 材料*i*的消耗量;

e_{fi} : 材料*i*的排放因子。

(3) 交通运输产生的碳排放量

$$E_t = \sum_{i=1}^n (M_i \times D_i \times T_i / 1000)$$

E_t : 交通运输碳排放;

M_i : 第*i*种材料载重量;

D_i : 第*i*种材料平均运输距离;

T_i : 第*i*种材料的运输方式下, 运输距离的碳排放因子, CO₂/t·km。

(4) 电力能源产生的碳排放量

$$E_e = \sum_t (U_t \times efp)$$

E_e : 电力消耗的碳排放;

t : 耗电设备类别;

U_t : 设备 t 的耗电量;

efp : 处理设备用电的区域电网碳排放因子。

上述碳排放因子参照《建设用土壤污染修复绿色低碳评价技术指南》数据。

10.2 碳封存量

碳封存量按照以下公式计算:

$$E_3 = M \times C_p \times K \times (44/12)$$

E_3 : 热解炭的碳封存量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

M : 施用量, 单位为吨;

C_p : 碳含量, %;

K : 稳定性系数, 建议采用80%*, 可根据实际情况调整。

*注: 80%的来源依据: VM0044 Methodology for Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications, v1.0 (Verra,2021)在Section 5.2.2. Calculation of Carbon Storage in Biochar中明确规定: The fraction of fixed carbon in biochar that is stable (i.e., expected to persist for >100 years) is conservatively assumed to be 80%, unless project proponents provide scientifically validated evidence for a higher fraction based on biochar properties. (即: 除非项目方基于生物炭特性提供科学验证证据证明更高比例, 否则生物炭中稳定固定碳的比例(即预期存续>100年)保守取值为80%。)

其中Equation 5定义生物炭封存碳量: Carbon Stored in Biochar (tCO_2e) = Mass of Biochar (t) \times Fixed Carbon Content (%) \times 0.80 \times (44/12), 其中 0.80 即80%稳定碳比例系数。并且, Section 5.2.2脚注中明确说明: This conservative estimate aligns with the International Biochar Initiative (IBI) guidelines. (该保守估计与国际生物炭倡议组织 (IBI) 指南一致。)

11 数据监测收集与质量管理

(1) 明确评估目标、收集基础数据，包括修复方案、材料供应链信息，宜按照 GB/T 24067、GB/T 33760、ISO 14064-1-2018 和 ISO 14064-2-2019 方法要求，列出对应指标信息，并建立监测计划用于指导取得、记录和分析项目和基准线情景的温室气体排放量的活动数据和信息，并分步骤核算碳排放，参照 GB/T 28731、GB/T 24067、GB/T 32150 系列方法、GB/T 33760 和 ISO 14064-2-2019 等方法开展过程碳排放核算。监测计划包含但不限于：

- a) 监测目的；
- b) 数据和信息的类型及计量单位；
- c) 数据来源；
- d) 监测方法，包括估算、测量或计算方式；
- e) 监测次数和周期；
- f) 数据和信息的质量保证和质量控制；
- g) 监测职责；
- h) 温室气体信息系统，包括数据的保存和存放位置。

(2) 项目业主应采取必要措施，确保监测计划有效实施。

(3) 项目业主应对与项目和基准线情景有关的数据和信息进行管理，对准确性进行常规检查：定期对计量器具、检测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；定期对温室气体排放数据进行交叉校验，识别产生数据误差的风险，并提出相应的解决方案。

12 标准实施建议

该标准由中国循环经济协会组织，并由编制单位向从业单位和相关管理部门开展规范宣传活动，做好相关条款的执行与实施的准备；编制单位制定保证本标准实施的配套文件；组织关于本标准的宣传贯彻培训，以帮助相关单位及技术人员正确理解和应用本标准；编制单位可选择实际典型污染场地应用示范工作，组织技术人员进行实地学习，深化对标准条文的理解。