

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CMSS XXXX—20□□

“无废城市”建设温室气体排放核算指南

Guidelines for Greenhouse Gas Emission Accounting in “Zero-Waste City”
Construction

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025-□□-□□发布

2025-□□-□□实施

中 国 管 理 科 学 学 会 发 布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算边界	4
4.1 概述	4
4.2 核算和报告范围	5
5 核算步骤和核算方法	6
5.1 核算步骤	6
5.2 核算方法	6
5.3 活动数据收集	16
5.4 排放因子的选择	17
5.5 不确定分析	17
6 数据质量管理	18
7 “无废城市”建设温室气体排放核算指南报告编制	18
附 录 A 相关参数缺省值（资料性）	20
附 录 B 基础数据收集（资料性）	22
附 录 C 报告内容及格式要求（资料性）	24

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这些专利的责任。

本文件由中国管理科学学会提出并归口。

本文件起草单位： 。

本文件主要起草人员： 。

本文件为首次发布。

“无废城市”建设温室气体排放核算指南

1 范围

本文件规定了“无废城市”建设温室气体排放量的核算和报告相关的术语、核算边界、核算步骤与核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等内容。

本标准适用于“无废城市”建设温室气体排放量的核算和报告编制。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是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 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 33760-2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求

GB/T 51462-2024 生态环境保护工程术语标准

IPCC 2006 年国家温室气体清单标准（2019 修订版）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

“无废城市” Zero-waste city

“无废城市”是以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式，也是一种先进的城市管理理念。

3.2

固体废物 solid waste

在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物

品、物质。经无害化加工处理，并且符合强制性国家产品质量标准，不会危害公众健康和生态安全，或者根据固体废物鉴别标准和鉴别程序认定为不属于固体废物的除外。

3.3

源头减量 source reduction

在生产、流通和消费等过程中避免和减少资源消耗和废物产生，以及采取适当措施使废物量减少（含体积和重量）的过程。

3.4

利用 Recycling

从固体废物中提取物质作为原材料或者燃料的活动。

3.5

处置 Disposal

将固体废物焚烧和用其他改变固体废物的物理、化学、生物特性的方法，达到减少已产生的固体废物数量、缩小固体废物体积、减少或者消除其危险成分的活动，或者将固体废物最终置于符合环境保护规定要求的填埋场的活动。

3.6

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，本文件涉及的温室气体主要包括二氧化碳温室气体（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟温室气体化物（HFCs）、全氟温室气体化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1]

3.7

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排放总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.6]

3.8

燃料燃烧排放 fossil fuel combustion emission

燃料在氧化燃烧过程中产生的温室气体排放。

[来源：GB/T 32150-2015，3.7]

3.9

过程排放 process emission

在生产、废弃物处理处置等过程中除燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。

[来源：GB/T 32150—2015，3.8]

3.10

购入的电力、热力产生的排放 emission from purchased electricity and heat

企业消费的购入电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。

[来源：GB/T 32150—2015，3.9]

3.11

材料消耗产生的排放 emission from material consumption

企业购入消耗的药剂和材料产生的二氧化碳排放。

3.12

避免排放 Avoid emission

固体废物处理处置过程中回收利用的物质替代原生材料/产品或替代能源所导致的温室气体避免排放量。

3.13

全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳温室气体辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15]

3.14

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强迫上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球变暖潜势。

[来源：GB/T 33760-2017，3.7]

3.15

活动水平 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150-2015，3.12]

3.16

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.13]

4 核算边界

4.1 概述

“无废城市”是以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式。“无废城市”建设固体废物类型主要包括生活垃圾、餐厨垃圾、一般工业固体废物、建筑垃圾、市政污泥、危险废物、农业废物。以城市管辖范围内为系统边界，固废产生点（产品或材料被遗弃的时刻）作为起始点，以年为核算年限，核算和报告边界内固体废物源头减量、循环利用、处置等处理所有环节和处理设施产生的温室气体排放，对于城市固体废物处理过程中可能涉及的建材利用、土地利用等过程，需要根据城市实际利用情况进行取舍计算如图 1 所示。

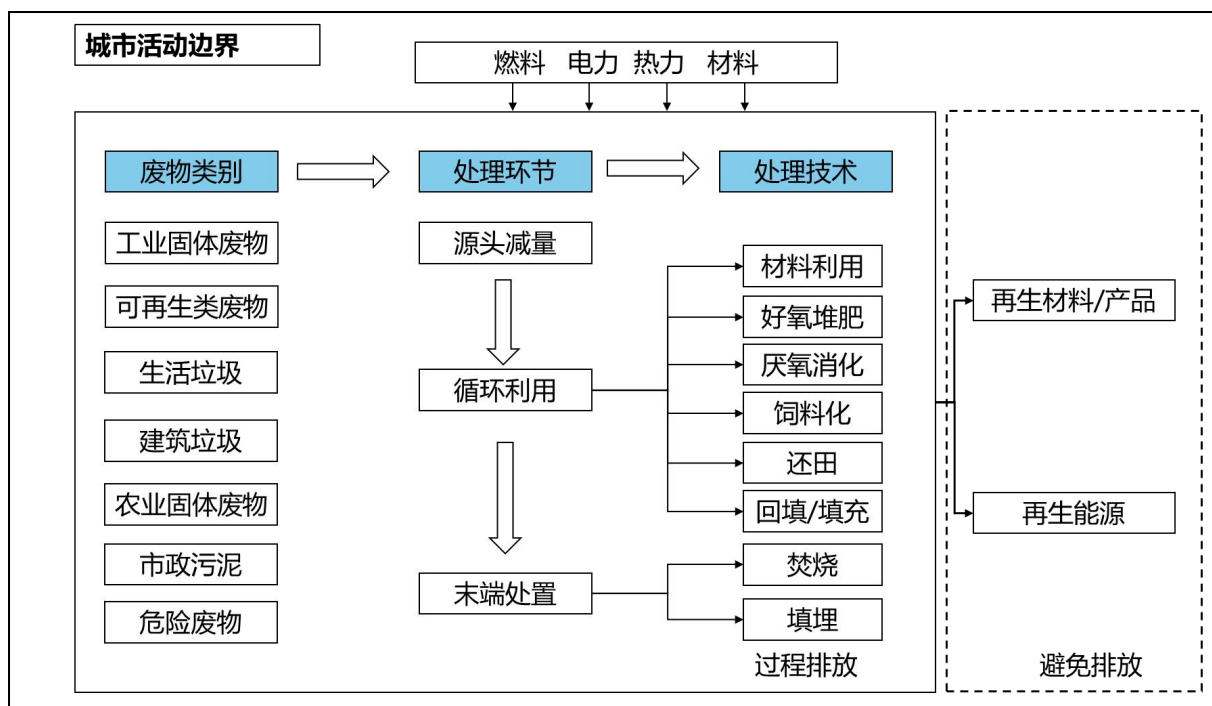


图1 “无废城市”建设温室气体核算边界图

4.2 核算和报告范围

“无废城市”建设温室气体排放核算和报告范围为城市固体废物源头减量、循环利用、处置等处理所有环节和处理设施产生的温室气体排放包括：燃料燃烧排放、过程排放、购入的电力和热力产生的排放、消耗材料产生的排放以及避免排放。

4.2.1 燃料燃烧排放

“无废城市”建设固体废物处理过程中移动燃烧源及固定源燃烧设备（如锅炉、窑炉、内燃机、运输车辆等）中化石燃料助燃燃烧产生的温室气体排放。

4.2.2 过程排放

“无废城市”建设固体废物处理过程中生产过程排放、矿物碳成分焚烧、逸散排放等产生的温室气体排放。

4.2.3 购入的电力、热力产生的排放

“无废城市”建设固体废物处理过程中涉及企业消耗的购入电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生温室气体排放。

4.2.4 辅助材料消耗产生的排放

“无废城市”建设固体废物处理过程中涉及企业消耗的购入辅助材料所对应的辅助材料生产环节产生的温室气体排放。

4.2.5 避免排放

“无废城市”建设固体废物处理过程中回收利用的物质替代原生材料或替代能源所导致的避免温室气体排放，对于城市固体废物处理过程中可能涉及的建材利用、土地利用等过程，需要根据城市实际利用情况进行取舍计算。

5 核算步骤和核算方法

5.1 核算步骤

报告主体进行“无废城市”建设温室气体排放核算与报告的完整工作流程包括以下步骤：

- a) 确定核算边界；
- b) 识别排放源；
- c) 收集活动数据；
- d) 选择和获取排放因子数据；
- e) 分别计算燃料燃烧排放量、过程排放量、购入的电力及热力、辅助材料所对应的排放量和避免排放量；
- f) 汇总计算“无废城市”建设温室气体排放量；
- g) 编制排放报告并做好数据质量管理和文件存档工作。

5.2 核算方法

5.2.1 “无废城市”建设温室气体排放量

“无废城市”建设温室气体排放量按照公式（1）计算：

$$E = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m M_{ij} \times E_{ij} \quad \#(1)$$

式中：

E：“无废城市”建设温室气体排放量，tCO₂e；

i：固体废物类别，包括工业固体废物、可再生类废物、生活垃圾、农业固体废物、建筑垃圾、市政污泥、危险废物等 m 种类别的废物；

j：固体废物处理路径类型，包括源头减量、材料回收、好氧堆肥、厌氧消化、饲料化、还田、回填/填充、焚烧和填埋等 n 条处理路径；

M_{ij} ：不同固体废物类别各环节处理量，t；

$E_{i,j}$: i类固体废物类别j处理路径单位温室气体排放量, tCO₂e/t,

其中, i类固体废物类别j处理路径单位温室气体排放量 ($EF_{i,j}$) 按照公式(2) 计算:

$$E_{i,j} = E_{i,j,运输燃料} + E_{i,j,固定源燃料} + E_{i,j,过程} + E_{i,j,电力} + E_{i,j,热力} + E_{i,j,辅助材料} - E_{i,j,避免排放} \quad \#(2)$$

式中:

$E_{i,j,运输燃料}$: 固体废物处理过程运输环节燃料消耗产生的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,固定源燃料}$: 固体废物处理过程化固定源化石燃料消耗产生的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,过程}$: 固体废物处理生产过程、逸散排放等产生的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,电力}$: 固体废物处理过程消耗的电力所产生的单位排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,热力}$: 固体废物处理过程消耗的热力所产生的单位排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,辅助材料}$: 固体废物处理过程消耗的辅助材料所产生的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i,j,避免排放}$: 固体废物处理过程回收利用的物质替代原生材料/产品或替代能源所导致的单位避免温室气体排放量, tCO₂e;

5.2.1.1 运输燃料燃烧排放

固体废物处理过程中运输环节燃料消耗产生的温室气体排放量, 按照公式(3) 计算:

$$E_{i,j,运输燃料} = \sum_z M_{Trans,z} \times D_{Trans,z} \times EF_{Trans,z} \quad \#(3)$$

式中:

M_{Trans} : 运输车辆的装载量, t;

z : 运输车辆燃料类型;

D_{Trans} : 运输车辆的实际行驶距离, km;

EF_{Trans} : 运输车辆的排放因子, tCO₂e/t · km, 见附表 A1;

5.2.1.2 固定源化石燃料燃烧排放

固体废物处理过程中固定源燃烧设备(如锅炉、窑炉、内燃机、运输车辆等)中化石燃料助燃燃烧过程产生的温室气体排放, 按照公式(4) 计算:

$$E_{i,j,固定源燃料} = \sum_t (FC_t \times NCV_t \times CC_t \times OF_t) \times \frac{44}{12} \quad \#(4)$$

式中：

FC_t ：第 i 种化石燃料的消耗量，其中，固体或液体燃料单位为吨（t）；气体燃料单位为万立方米（万 m^3 ）；

t ：化石燃料成分，如煤粉、重油等；

NCV_t ：第 t 种化石燃料的平均低位热值，其中，固体或液体燃料单位为百万千焦/吨（GJ/t）；气体燃料单位为百万千焦/万立方米（GJ/万 m^3 ），具体参数见附录 A.2；

CC_t ：第 i 种化石燃料的单位热值含碳量，tC/GJ，见附录 A.2；

OF_t ：第 i 种化石燃料的碳氧化率，%，见附录 A.2；

44/12：碳转换成二氧化碳的转换比例。

5.2.1.3 过程排放

固体废物处理过程中生产过程排放、矿物碳成分焚烧、逸散排放等产生的温室气体排放，按照公式（5）计算：

$$E_{ij,过程} = AD_{CO_2} \times GWP_{CO_2} + AD_{N_2O} \times GWP_{N_2O} + AD_{CH_4} \times GWP_{CH_4} \quad \#(5)$$

式中：

AD_{CO_2} 、 AD_{N_2O} 、 AD_{CH_4} ：固体废物处理过程生产过程、矿物碳成分焚烧、逸散过程直接产生的 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 的量；

GWP_{CO_2} 、 GWP_{N_2O} 、 GWP_{CH_4} ：对应 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 的全球增温潜势值，见附表 A3；

5.2.1.3 购入电力、热力产生的排放

固体废物处理过程中涉及企业消耗的购入电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生温室气体排放，按照公式（6）和（7）计算

$$E_{ij,电力} = AD_{ec} \times EF_{ec,p} \quad \#(6)$$

$$E_{ij,热力} = AD_{he} \times EF_{he} \quad \#(7)$$

式中：

AD_{ec} ：购入的电力量，kWh；

AD_{he} ：购入的热力量，GJ；

$EF_{ec,p}$ ：区域 p 的发电行业平均的二氧化碳排放因子，tCO₂e/kWh，见附表 A4；

EF_{he} ：热力生产的温室气体排放系数，tCO₂e/GJ，见附表 A4；

5.2.1.4 辅助材料消耗产生的排放

固体废物处理过程中消耗的辅助材料所对应的辅助材料生产环节产生的温室气体排放,按照公式(8)计算:

$$E_{i,j,辅助材料} = AD_{mc} \times EF_{mc} \#(8)$$

式中:

AD_{mc} : 消耗的辅助材料量, t;

EF_{mc} : 辅助材料生产的温室气体排放系数, tCO₂e/t;

5.2.1.4 避免排放

固体废物处理过程中回收利用的物质替代原生材料或替代能源所导致的避免温室气体排放,按照公式(9)计算:

$$E_{i,j,避免排放} = AD_p \times EF_p + AD_k \times EF_k \#(9)$$

式中:

AD_p : 固体废物处理过回收利用的物质替代原生材料/产品 P 的量, t;

EF_p : 回收利用的物质所替代原生材料/产品 P 生产过程的排放系数, tCO₂e/t;

AD_k : 固体废物处理过程能源化产物 k 的量, 包括发电、供热、天然气;

EF_k : 固体废物处理过程能源化产物 k 所替代能源生产过程的排放系数;

5.2.2 固体废物源头减量温室气体排放量

固体废物源头减量环节产生的温室气体, 对产品类废物, 是指避免的原材料或原产品生产过程的单位温室气体排放量, 按公式(10)计算; 对环境治理类废物, 是指减少废物处置过程的单位温室气体排放量, 按照公式(11)计算:

$$E_{i,源头减量} = -E_{i,raw} \#(10)$$

式中,

$E_{i,源头减量}$: i 类固体废物的源头减量环节单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i,raw}$: i 类固体废物所对应原生材料/产品的生产过程温室气体排放量, tCO₂e;

$$E_{i,源头减量} = -E_{i,处置} \#(12)$$

式中：

$E_{i,处置}$ ：减少 i 类固体废物处置环节温室气体排放量，tCO₂e；

5.2.3 固体废物利用温室气体排放量

固体废物利用工艺包括材料回收、好氧堆肥、厌氧消化、饲料化、还田、回填/填充等处理技术。

5.2.3.1 材料回收

固体废物材料回收环节产生的温室气体，是指固体废物材料回收利用替代的原生材料/产品生产的单位温室气体排放量，按公式（11）计算：

$$E_{i,材料回收} = (E_{i,运输燃料} + E_{i,固定源燃料} + E_{i,电力} + E_{i,辅助材料}) - E_{i,raw} \times (1 - \emptyset) \quad \#(11)$$

式中，

$E_{i,材料回收}$ ： i 类固体废物的材料回收环节单位温室气体排放量，tCO₂e；

$E_{i,运输燃料}$ ：固体废物材料回收环节运输环节燃料消耗产生的温室气体排放量，tCO₂e，参考公式（3）

计算；

$E_{i,固定源燃料}$ ：固体废物材料回收环节固定源化石燃料消耗产生的温室气体排放量，tCO₂e，参考公式

（4）计算；

$E_{i,电力}$ ：固体废物材料回收环节消耗的电力所产生的排放量，tCO₂e，参考公式（5）计算；

$E_{i,辅助材料}$ ：固体废物回收环节辅助材料消耗所产生的温室气体排放量，tCO₂e，参考公式（7）计算；

$E_{i,raw}$ ： i 类固体废物材料回收利用所对应原生材料/产品的生产过程温室气体排放量，tCO₂e；

$\emptyset$ ：再生材料/再生产品与原生材料/原生产品 P 之间的损耗系数。

5.2.3.2 好氧堆肥

固体废物好氧堆肥环节产生的温室气体，包括：运输过程燃料燃烧排放、好氧发酵过程直接排放、购入的电力产生的排放以及避免排放，按公式（12）计算：

$$E_{i,堆肥} = E_{i,运输燃料} + E_{i,发酵过程} + E_{i,电力} - E_{i,避免排放} \quad \#(12)$$

式中：

$E_{i,堆肥}$ ： i 类固体废物好氧堆肥环节的单位温室气体排放量，tCO₂e；

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物好氧堆肥环节运输车辆燃料消耗产生的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (3)

计算;

$E_{i, \text{发酵过程}}$: 固体废物好氧堆肥环节发酵过程直接产生的温室气体排放量, 包括 CH₄ 和 N₂O, tCO₂e;

$E_{i, \text{电力}}$: 固体废物好氧堆肥环节消耗的电力所产生的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (5) 计算;

$E_{i, j, \text{避免排放}}$: 固体废物好氧堆肥环节回收利用的物质替代原生产品所导致的避免温室气体排放量, tCO₂e

其中,

(1) 好氧堆肥环节发酵过程直接产生的温室气体排放量, 按照公式 (13) 计算:

$$E_{i, \text{发酵过程}} = M_{i, \text{堆肥}} \times CL_{N_2O} \times GWP_{N_2O} + M_{i, \text{堆肥}} \times CL_{CH_4} \times GWP_{CH_4} \#(13)$$

式中,

$E_{i, \text{发酵过程}}$: 固体废物好氧堆肥环节发酵过程的温室气体排放量, 包括 CH₄ 和 N₂O, tCO₂e;

$M_{i, \text{堆肥}}$: i 类固体废物堆肥量, t;

CL_{N_2O} : 固体废物好氧堆肥过程中 N₂O 排放因子, tN₂O/t;

CL_{CH_4} : 固体废物好氧堆肥过程中 CH₄ 排放因子, tCH₄/t;

(2) 好氧堆肥产物回收利用替代原生产品所导致的避免温室气体排放量, 按照公式 (14) 计算:

$$E_{i, \text{避免排放}} = AD_p \times EF_p \#(14)$$

式中,

$E_{i, \text{避免排放}}$: 固体废物好氧堆肥回收利用的物质替代原生产品所导致的避免温室气体排放量, tCO₂e;

AD_p : 固体废物好氧堆肥回收利用的物质替代原生产品 P 的量, t;

EF_p : 固体废物好氧堆肥回收利用的物质替代原生产品 P 生产过程的温室气体排放系数, tCO₂e/t;

5.2.3.3 厌氧消化

固体废物厌氧消化环节产生的温室气体, 包括: 燃料燃烧排放、厌氧消化沼气逸散过程排放、购入的电力产生的排放、辅助材料消耗产生的排放以及避免排放, 按公式 (15) 计算:

$$E_{i, \text{厌氧消化}} = E_{i, \text{运输燃料}} + E_{i, \text{固定源燃料}} + E_{i, \text{逸散过程}} + E_{i, \text{电力}} + E_{i, \text{辅助材料}} - E_{i, \text{避免排放}} \#(15)$$

式中,

$E_{i, \text{厌氧消化}}$: i 类固体废物厌氧消化环节的单位温室气体排放量, tCO_2e ;

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物厌氧消化环节运输环节燃料消耗产生的温室气体排放量, tCO_2e , 参考公式 (3)

计算;

$E_{i, \text{固定源燃料}}$: 固体废物厌氧消化环节固定源化石燃料消耗产生的温室气体排放量, tCO_2e , 参考公式

(4) 计算;

$E_{i, \text{逸散过程}}$: i 类固体废物厌氧消化环节沼气收集管路无意泄露的 CH_4 或沼气火炬燃烧不充分导致的温室气体排放量, tCO_2e ;

$E_{i, \text{电力}}$: 固体废物厌氧消化环节消耗的电力产生的温室气体排放量, tCO_2e , 参考公式 (5) 计算;

$E_{i, \text{辅助材料}}$: 固体废物厌氧消化环节辅助材料消耗产生的温室气体排放量, tCO_2e , 参考公式 (7) 计算;

$E_{i, \text{避免排放}}$: i 类固体废物厌氧消化产物回收利用替代原生材料/产品 P 和替代能源所导致的温室气体排放量, tCO_2e ;

其中,

(1) 厌氧消化沼气逸散过程排放是指, 厌氧消化沼气收集管路无意泄露的 CH_4 或沼气火炬燃烧不充分导致的温室气体排放量, 按照公式 (16) 计算:

$$E_{i, \text{逸散过程}} = M_{i, \text{厌氧消化}} \times CL_{\text{CH}_4} \times (1 - \varphi_{\text{CH}_4}) \times \rho_{\text{CH}_4} \times GWP_{\text{CH}_4} \quad (16)$$

式中,

$M_{i, \text{厌氧消化}}$: i 类固体废物厌氧消化量, t ;

φ_{CH_4} : i 类固体废物厌氧消化 CH_4 收集率, %;

ρ_{CH_4} : CH_4 密度, $0.72\text{kg}/\text{m}^3$;

(2) 厌氧消化环节的避免温室气体, 包括 (1) 粗油脂回收制备生物柴油 (对厨余垃圾而言); (2) 富余沼气供热、发电或提纯制备天然气; (3) 厌氧消化泥饼土地利用所导致的避免温室气体排放量, 按照公式 (17) 计算:

$$E_{i, \text{避免排放}} = \sum_p (AD_p \times EF_p) + M_{i, \text{厌氧消化}} \times CL_{\text{CH}_4} \times \varphi_{\text{CH}_4} \times \sum_k (CD_k \times EF_k + \rho_{\text{CH}_4} \times \frac{44}{16} \times GWP_{\text{CH}_4}) \quad (17)$$

式中,

AD_p : 固体废物厌氧消化环节产物替代原生产品 P 的量, 包括粗油脂回收, 泥饼土地利用等, t;

EF_p : 厌氧消化环节产物所替代原生产品 P 生产过程的排放系数, tCO₂e/t;

CD_k : CH₄ 能源化系数, 包括发电或发热系数, kWh/m³ (GJ/m³)

5.2.3.4 饲料化

固体废物饲料化环节产生的温室气体, 包括: 运输过程燃料燃烧排放、购入的电力产生的排放和避免排放, 按公式 (18) 计算:

$$E_{i, \text{饲料化}} = E_{i, \text{运输燃料}} + E_{i, \text{电力}} - E_{i, \text{避免排放}} \quad \#(18)$$

式中,

$E_{i, \text{饲料化}}$: i 类固体废物饲料化环节的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物饲料化环节运输过程消耗的燃料燃烧温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (3)

计算;

$E_{i, \text{电力}}$: 固体废物饲料化环节消耗的电力所产生的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (5) 计算;

$E_{i, \text{避免排放}}$: i 类固体废物饲料化环节回收利用的物质作为替代原生产品 P 所导致的避免温室气体排放量, tCO₂e; 参考公式 (14) 计算;

5.2.3.4 还田

固体废物还田利用环节产生温室气体, 包括运输过程燃料燃烧排放和过程排放, 按公式 (19) 计算

$$E_{i, \text{还田}} = E_{i, \text{运输燃料}} + E_{i, \text{过程}} \quad \#(19)$$

式中,

$E_{i, \text{还田}}$: i 类固体废物还田利用环节的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物还田利用环节运输过程消耗的燃料燃烧温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (3)

计算;

$E_{i, \text{过程}}$: i 类固体废物还田环节直接排放的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (5) 计算;

5.2.3.4 回填/填充

固体废物回填/填充利用环节产生温室气体, 仅包括运输车辆燃料燃烧排放, 按公式 (20) 计算:

$$E_{i, \text{回填/填充}} = E_{i, \text{运输燃料}} \quad \#(20)$$

式中,

$E_{i, \text{回填/填充}}$: i 类固体废物回填/填充利用环节的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物回填/填充利用环节运输过程消耗的燃料燃烧温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (3) 计算;

5.2.4 固体废物处置温室气体排放量

固体废物处置工艺主要包括焚烧和填埋等处理技术。

5.2.4.1 焚烧

固体废物焚烧环节产生的温室气体, 包括: 燃料燃烧排放、矿物碳燃烧直接排放、购入的电力和热力产生的排放、辅助材料消耗产生的排放以及避免排放, 按公式 (21) 计算:

$$E_{i, \text{焚烧}} = E_{i, \text{运输燃料}} + E_{i, \text{固定源燃料}} + E_{i, \text{矿物碳燃烧}} + E_{i, \text{电力}} + E_{i, \text{热力}} + E_{i, \text{辅助材料}} - E_{i, \text{避免排放}} \quad \#(21)$$

式中,

$E_{i, \text{焚烧}}$: i 类固体废物焚烧环节的单位温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i, \text{运输燃料}}$: 固体废物焚烧环节运输环节燃料消耗产生的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (3) 计算;

$E_{i, \text{固定源燃料}}$: 固体废物焚烧环节固定源化石燃料消耗产生的温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (4) 计算;

$E_{i, \text{矿物碳燃烧}}$: i 类固体废物焚烧环节矿物碳组分焚烧产生的直接温室气体排放量, tCO₂e;

$E_{i, j, \text{电力}}$: 固体废物焚烧环节消耗的电力所产生的单位排放量, tCO₂e, 参考公式 (5) 计算;

$E_{i, j, \text{热力}}$: 固体废物焚烧环节消耗的热力所产生的单位排放量, tCO₂e, 参考公式 (6);

$E_{i, j, \text{辅助材料}}$: 固体废物焚烧环节消耗的辅助材料所产生的单位温室气体排放量, tCO₂e, 参考公式 (7) 计算;

$E_{i, \text{避免排放}}$: i 类固体废物焚烧产物替代原生材料/产品 P 和替代能源所导致的温室气体排放量, tCO₂e;

其中,

(1) 固体废物矿物碳组分燃烧温室气体排放量，按照公式 (22) 计算：

$$E_{i, \text{矿物碳燃烧}} = M_{i, \text{焚烧}} \times \sum_z (WF_z \times dm_z \times CF_z \times FCF_z \times OF_z) \times \frac{44}{12} \quad \#(22)$$

式中，

$M_{i, \text{焚烧}}$ ：i 类固体废物焚烧量，t；

z：生活垃圾成分，包括纸类、织物、厨余垃圾、木材、橡胶、塑料等生活垃圾。

WF_z ：组分 z 的分数，无量纲；

dm_z ：组分 z 的干物质含量，%，见附录 A 表 A.5；

CF_z ：组分 z 中干物质的含碳分数，%，见附录 A 表 A.5；

FCF_z ：组分 z 中的化石碳分数（矿物碳在碳的总含量中的比例），%，见附录 A 表 A.5；

OF_z ：氧化因子，%，见附录 A 表 A.5；

44/12——碳转换成二氧化碳的转换比例。

(2) 固体废物焚烧产物建材利用和焚烧发电替代能源导致的避免温室气体排放量，按照公式 (23) 计算：

$$E_{i, \text{避免排放}} = AD_p \times EF_p + AD_{\text{输出电}} \times EF_{ec,p} \quad \#(23)$$

5.2.4.2 填埋

固体废物填埋环节产生的温室气体，包括：运输过程燃料燃烧排放、填埋气逸散过程排放以及避免排放，按公式 (24) 计算：

$$E_{i, \text{填埋}} = E_{i, \text{运输燃料}} + E_{i, \text{逸散过程}} - E_{i, \text{避免排放}} \quad \#(24)$$

式中，

$E_{i, \text{填埋}}$ ：i 类固体废物填埋环节的单位温室气体排放量，tCO₂e；

$E_{i, \text{运输燃料}}$ ：固体废物填埋环节运输过程消耗的燃料燃烧温室气体排放量，tCO₂e，参考公式 (3) 计算；

$E_{i, \text{逸散过程}}$ ：i 类固体废物填埋环节产生的填埋气收集管路无意泄露的 CH₄ 或填埋气火炬燃烧不充分导致的温室气体排放量，tCO₂e；

$E_{i, \text{避免排放}}$ ：i 类固体废物填埋环节产生的填埋气供热或发电替代能源导致的避免温室气体排放量，

tCO₂e;

其中,

(1) 有机固体废物填埋产生的填埋气收集管路无意泄露的 CH₄ 或填埋气火炬燃烧不充分导致的温室气体排放量, 无机固废填埋不涉及填埋气排放, 按照公式 (25) 计算:

$$E_{i, \text{逸散过程}} = M_{i, \text{填埋}} \times DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times (1 - OX) \times (1 - MCR) \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4} \quad (25)$$

式中,

$M_{i, \text{填埋}}$: i 类固体废物填埋量, t;

DOC : i 类固体废物中可降解有机碳含量, (kg C/kg), 见附录 A 表 A.6;

DOC_f : 可分解的 DOC 比例, %, 见附录 A 表 A.6;

MCF : CH₄ 的修正因子, 见附录 A 表 A.6;

F : 填埋气中 CH₄ 浓度 (体积分数), %, 见附录 A 表 A.6;

OX : CH₄ 释放前被氧化比例, %, 见附录 A 表 A.6;

MCR : 填埋场 CH₄ 收集率, %;

16/12: CH₄ 与 C 分子质量比;

(2) 有机固体废物填埋环节产生的填埋气替代能源导致的避免温室气体排放量, 按照公式 (26) 计算:

$$E_{i, \text{避免排放}} = M_{i, \text{填埋}} \times DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times (1 - OX) \times MCR \times \frac{16}{12} \times CD_k \times EF_k \quad (26)$$

5.3 活动数据收集

城市可参照本指南附录 B 格式进行数据收集:

(1) 固体废物产生量。通过《中国统计年鉴》、《固体废物污染环境防治信息公报》、《“无废城市”建设实施方案》等统计数据获取“无废城市”建设固体废物类别包括生活垃圾、餐厨垃圾、一般工业固体废物、建筑垃圾、市政污泥、危险废物、农业废物等产生量数据。其中, 生活垃圾产生量可选取生活垃圾清运量的统计数据; 另外, 无统计数据的可根据计算公式获取。通常秸秆量的估算采用草谷比法, 畜禽粪污的产生量通过畜禽粪污排污系数法估算, 拆除垃圾、工程施工垃圾和装修垃圾等, 采用单位面积产生量法估算建筑垃圾产生量。

(2) 固体废物处理处置设施全生命周期清单数据。通过文献、行业研究报告、生命周期评价数据库、文献调研、WARM 相关参数等数据获取生命周期清单数据。如果条件允许, 尽可能通过实地调研

获取全生命周期中的相关数据，包括系统边界内运输距离、各环节的能耗、水耗、材料投入、废水排放量及主要污染物、废水排放量及主要污染物、废渣及处理处置方式等。如购入电力、热力的活动数据以固体废物处理处置设施处理企业电表或热力表读数为准，或采用供应商提供的发票或结算凭证数据、能源消费台账等，部分数据可以使用替代数据或其他估算数据、经验数据。

5.4 排放因子的选择

排放因子包括上述活动的温室气体排放系数。在获取温室气体排放因子时，应考虑以下方面：

- a) 来源明确，有公信力；
- b) 适用性；
- c) 时效性。

温室气体排放因子获取的优先级如表 1 所示。

表 1 温室气体排放因子获取优先级

数据类型	描述	优先级
排放因子实测值或测算值	通过工业企业内的直接测量、能量平衡或物料平衡等方法得到的排放因子或相关参数值	高
排放因子参考值	采用附录或其他相关指南和文件中提供的排放因子 注：排放因子的获取可参考《2006/2019 年 IPCC 国家温室气体清单指南》、IPCC 第六次评估报告常见温室气体全球变暖潜势、《省级温室气体清单编制指南（试行）》、《中国能源统计年鉴》等文件。	低

5.5 不确定分析

5.5.1 主要流程

“无废城市”建设温室气体排放的不确定性分析主要包括以下流程：

- a) 确定单个变量的不确定性；
- b) 将单个变量的不确定性合并为总不确定性；
- c) 识别清单不确定性的主要来源，以帮助确定数据收集和质量改进的优先顺序。

5.5.2 降低不确定性的方法

在报告编制过程中，使用能够反映实际情况的模型和数据。在降低不确定性时，优先考虑对整个报告不确定性有重大影响的部分。确定降低不确定性优先顺序的工具包括关键类别分析和评估特定类别的不确定性对总不确定性的贡献。根据不确定性出现的原因，可从以下几个方面降低不确定性：

- a) 提高数据的代表性：如使用连续排放监测系统来监测，可得到不同阶段的数据，从而可以更加

准确地描述排放源的排放属性；

b) 使用更精确的测量方法：包括提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术；

c) 大量收集测量数据：增加样本量可以降低随机取样的误差，填补数据漏缺可以减少偏差和随机误差，这对测量和调查均适用；

d) 消除已知的偏差：确保仪器仪表准确地定位和校准，确保模型或其他估算过程准确且具有代表性，以及系统性地使用专家判断；

e) 提高相关人员的技术能力：包括提高对“无废城市”建设固体废物的处理工艺、排放源和本文件等相关内容的了解，从而发现和纠正问题。

6 数据质量管理

报告主体应加强温室气体排放数据质量管理工作，包括但不限于：

a) 建立“无废城市”建设温室气体排放核算和报告的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等：指定专职人员负责“无废城市”建设温室气体排放核算和报告工作；

b) 根据各种类型的温室气体排放源的重要程度对其进行等级划分，并建立“无废城市”建设固体废物管理温室气体排放源一览表，对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求；

c) 依照 GB17167 对现有监测条件进行评估，不断提高自身监测能力，并制定相应的监测计划，包括对活动数据的监测和对化石燃料低位发热量等参数的监测：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；

d) 建立健全温室气体数据记录管理体系，包括数据来源，数据获取时间以及相关责任人等信息的记录管理；

e) 建立“无废城市”建设温室气体排放报告内部审核制度。定期对温室气体排放数据进行交叉校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案。

7 “无废城市”建设温室气体排放核算指南报告编制

城市可参照本指南附录 C 格式进行报告，“无废城市”建设固体废物管理温室气体排放报告的内容包括但不限于：

(1) “无废城市”建设基本信息

城市人口、产业，GDP、城市建设基本情况等；

(2) “无废城市”建设温室气体排放情况

以吨二氧化碳温室气体当量 ($t\ CO_2e$) 的形式报告“无废城市”建设在整个核算报告期内的温室气体排放总量，并分别报告不同类别固体废物处理的温室气体排放量。

(3) 活动数据及来源

固体废物产生量、利用方式、利用量以及处置方式和处置量，并说明来源。

(4) 排放因子数据及其来源

消耗的各种燃料单位热值含温室气体量和温室气体氧化率，相关排放因子，各种药剂排放因子、购入电力和热力的生产排放因子，并说明来源。

(5) 辅助参数报告项

城市通过市场化交易各种副产品利用处置情况。

附录 A 相关参数缺省值 (资料性)

附表 A.1 道路运输排放因子缺省值

运输方式	排放因子类型	排放因子数值	单位
道路运输	道路货运平均	7.4×10^{-5}	t CO ₂ e/t · km
	重型货车	4.9×10^{-5}	
	中型货车	4.2×10^{-5}	
	轻型货车	8.3×10^{-5}	
	微型货车	1.2×10^{-5}	
注：引用 WB/T 1135—2023《物流企业温室气体排放核算与报告要求》中数值。			

附表 A.2 常见化石燃料特性参数缺省值

燃料种类		平均低位发热值 (GJ/t 或 GJ/万 Nm ³)	单位热值含碳量 (10 ⁻³ tC/GJ)	碳氧化率 ^c
固体燃料	无烟煤	26.700 ^b	27.4 ^c	94%
	烟煤	25.800 ^b	26.1 ^c	93%
	褐煤	11.900 ^b	28.0 ^c	96%
	炼焦煤	28.200 ^b	25.4 ^c	98%
	焦炭	28.435 ^a	29.5 ^c	93%
液体燃料	原油	41.816 ^a	20.1 ^c	98%
	燃料油	41.816 ^a	21.1 ^c	98%
	汽油	43.070 ^a	18.9 ^c	98%
	柴油	42.652 ^a	20.2 ^c	98%
	喷气煤油	43.070 ^a	19.5 ^c	98%
	一般煤油	43.070 ^a	19.6 ^c	98%
	液化天然气	44.200 ^b	17.2 ^c	98%
	液化石油气	50.179 ^a	17.2 ^c	98%
	炼厂干气	45.998 ^a	18.2 ^c	98%
	石脑油	44.500 ^b	20.0 ^c	98%
	沥青	40.200 ^b	22.0 ^c	98%
	润滑油	40.200 ^b	20.0 ^c	98%
	石油焦	32.500 ^b	27.5 ^c	98%
	石化原料油	43.000 ^b	20.0 ^c	98%
	其他油品	40.200 ^b	20.0 ^c	98%
气体燃料	天然气	389.310 ^a	15.3 ^c	99%
	焦炉煤气	173.854 ^a	13.6 ^c	99%

数据来源：

^a 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2020》；^b 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》；^c 数据取值来源为《省级温室气体清单编制指南（试行）》。

附表 A.3 温室气体全球增温潜势值

温室气体种类	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
GWP (kgCO ₂ e/kg)	1	27	273

注：来自 IPCC 第六次评估报告，该数值随 IPCC 官方数据更新

附表 A.4 我国分区电能、热力的碳排放因子

电网名称	服务省份	排放因子 kg CO ₂ e/kWh
华北区域电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区	0.6776
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省	0.5564
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.5617
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省	0.5395
西北区域电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区	0.5857
南方区域电网	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省	0.3869
西南区域电网	四川省、重庆市	0.2268
全国平均		0.5366

注：数据来源于生态环境部、国家统计局发布的《2022 年电力二氧化碳排放因子》，随官方数据更新；热力排放因子取推荐值 0.11 tCO₂/GJ，来自 DB11/T 1784-2020

表 A.5 生活垃圾成分中干物质含量占湿重的百分比和化石碳百分含量

生活垃圾成分	干物质含量占垃圾湿重的百分比	总碳含量占干重的百分比		化石碳在总碳中所占比重（干基）		氧化因子占碳输入百分比
	缺省值	缺省值	范围	缺省值	范围	
纸类	90	46	42~50	1	0~5	100
织物	80	50	25~50	20	0~50	100
厨余垃圾	40	38	20~50	—	—	100
木材	85	50	46~54	—	—	100
卫生纸	40	70	54~90	10	10	100
橡胶和皮革	84	67	67	20	20	100
塑料	100	75	67~85	100	95~100	100
金属	100	NA	NA	NA	NA	
玻璃	100	NA	NA	NA	NA	
其它惰性废弃物	90	3	0~5	100	50~100	

注：引自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 5 卷，表 2.4

表 A.6 混合垃圾填埋的缺省值

参数	含义	数值
----	----	----

DOC	可降解有机碳的比例	木头和木制品	43.0%
		纸制品	40.0%
		食品	15.0%
		纺织类	24.0%
		公园庭院剪枝	20%
		玻璃、塑料、金属和其它惰性垃圾	0%
DOC _f	实际分解的可降解有机碳的比例		50%
F	填埋气中 CH ₄ 浓度（体积分数）		50%
OX	CH ₄ 释放前被氧化比例		0.1%
MCF	甲烷修正因子的缺省值	标准卫生填埋	1.0
		卫生填埋中期-深(>5m 废弃物) 和/或地下水位高	0.8
		卫生填埋初期-浅(<5m 废弃物)	0.4
		未分类的	0.6

注：引自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 5 卷

附录 B 基础数据收集 (资料性)

附表 B.1 “无废城市”建设固体废物处理活动水平收集

基础信息						
城市名称				建设年份		
固体废物类别	产生量	源头减量	利用方式	利用量	处置方式	处置量
工业固体废物						
冶炼废渣						
粉煤灰						
炉渣						
煤矸石						
尾矿						
脱硫石膏						
。。。。						
可再生类废物						
废钢铁						
废有色金属						
废塑料						
废玻璃						

废纸						
废橡胶						
废纺织品						
.....						
生活垃圾						
有害垃圾						
厨余垃圾						
其他生活垃圾						
可回收物						
建筑垃圾						
工程渣土						
工程泥浆						
工程垃圾						
拆除垃圾						
装修垃圾						
农业固体废物						
废弃农用薄膜						
作物秸秆						
畜禽粪污						
其他农业废物						
市政污泥						
危险废物						
医疗废物						
废矿物油与含矿物油废物						
精（蒸）馏残渣						
废铅蓄电池						
生活垃圾焚烧飞灰						
.....						

附表 B.2 “无废城市”建设固体废物处理全生命周期清单收集

基础信息			
企业名称	XXXX	运行年份	XXXX
企业类型	废物产生企业 废物处理企业		
废物类别	工业固体废物 可再生废物 生活垃圾 建筑垃圾 农业固体废物 市政污泥 危险废物		

废物处理企业技术类别	材料回收 好氧堆肥 厌氧消化 饲料化 回填 还田 焚烧 填埋 其他 ()				
处理能力	XXXX				
温室气体排放量					
温室气体排放	燃料、药剂、材料种类	消耗量	排放因子	排放量	备注
化石燃料		/	/		
电力		/	/		
热力		/	/		
材料消耗					
过程排放	排放量				备注
生产过程					若有企业监测数据，直接填写
化石碳燃烧					
逸散					
避免排放					
避免温室气体排放源	输出方式	对外输出量	排放因子	排放量	备注
再生能源					
再生产品					
再生材料					

附 录 C报告内容及格式要求
(资料性)

附表 C.1 “无废城市”建设温室气体排放量核算报告

”无废城市”建设温室气体排放量核算报告	
报告年度:	编制日期:
报告编制单位	联系人
“无废城市”建设固体废物管理基本情况	
“无废城市”建设温室气体排放情况	
活动数据及来源说明	
排放因子、计算参数及来源说明	
辅助参数报告项	
本报告主体对本报告的真实性的负责	
报告主体	年 月 日