

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

厨余垃圾处理项目碳排放核算指南

Guidelines for carbon emission accounting for food waste treatment
projects

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 适用范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 核算边界与范围 2

 4.1 边界与范围 2

 4.2 碳排放源识别 2

5 核算方法 3

 5.1 核算原则 3

 5.2 核算流程 3

 5.3 核算内容 4

 5.4 活动数据收集 5

 5.5 排放因子确定 6

6 不确定性分析 6

 6.1 主要流程 6

 6.2 降低不确定性的方法 6

7 数据质量管理 6

8 报告编制 7

 8.1 项目信息 7

 8.2 碳排放量计算 7

 8.3 数据来源说明 7

 8.4 真实性声明 7

附录 A（规范性） 相关参数推荐值 8

附录 B（规范性） 报告格式模板 14

参考文献 20

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。

本文件由深圳市城市管理和综合执法局提出并归口。

本文件起草单位：深圳市城管宣教和发展研究中心、深圳生活垃圾分类管理事务中心、清华大学深圳国际研究生院。

本文件主要起草人：金红、刘荣杰、李欢、吴远明、李水坤、张蕾、尹寒冰、肖丽祺。

引 言

党的二十大报告提出，要积极稳妥推进碳达峰碳中和。“双碳”工作已成为推动形成绿色低碳生产生活方式，促进经济社会发展全面绿色转型的重要举措。城市管理工作与“双碳”息息相关，其中的生活垃圾处理更是直接关系着降碳减污的成效。

随着深圳市全面推进生活垃圾分类工作，厨余垃圾收运处理量不断提升，厨余垃圾已成为生活垃圾分类管理的重要板块。厨余垃圾处理技术种类多样，不同技术之间的碳排放存在很大差异。为引导全市厨余垃圾处理项目转型升级，减少生活垃圾处理过程的碳排放，促进城市降碳减污、资源节约集约利用，有必要建立健全厨余垃圾处理项目碳排放核算方法。

目前，针对固体废物的碳排放核算方法主要局限在填埋、焚烧、厌氧消化等处理技术上，难以满足对类型多样的厨余垃圾处理项目进行评估的需求。为此，本文件在深入调研各类厨余垃圾处理项目的基础上，以生命周期评价方法为基础，选取典型排放因子，建立了适用于厨余垃圾处理项目的碳排放核算方法，可为政府管理部门进行业务指导以及企（事）业单位开展碳排放核算提供依据。

厨余垃圾处理项目碳排放核算指南

1 适用范围

本文件规定了厨余垃圾处理项目碳排放核算边界与范围、核算方法、不确定性分析、数据质量管理、报告编制要求等内容。

本文件适用于厨余垃圾处理项目碳排放量的核算和报告。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

厨余垃圾 food waste

容易腐烂的食物残渣、瓜皮果核等含有有机质的垃圾。

注：包括家庭厨余垃圾、餐厨垃圾、其他厨余垃圾等。

[来源：GB/T 19095—2019，表 9，有修改]

3.2

厨余垃圾处理项目 food waste treatment project

用于实现厨余垃圾减量化、资源化和无害化的处理系统。

注：包括厨余垃圾的收运、处理以及“三废”（废水、废气、废渣）的处理。

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：一般包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、三氟化氮（NF₃）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）等。本文件仅量化计算 CO₂、CH₄ 和 N₂O。

[来源：GB/T 32150—2015，3.1]

3.4

全球增温潜势 global warming potential

将单位质量的某种温室气体在给定时间段（本文件选择 100 年）内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度的影响相关联的系数。

注：二氧化碳（CO₂）的全球增温潜势为 1，甲烷（CH₄）的全球增温潜势为 27.2，氧化亚氮（N₂O）的全球增温潜势为 273。

[来源：ISO 14064—1：2018，3.1.12；气候变化 2021：物理科学基础]

3.5

碳排放 carbon emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体排放的总和。

注：碳排放以二氧化碳当量（CO₂-eq）表示。

[来源：ISO 14064—1：2018，3.1.5，有修改]

3.6

碳排放源 carbon emission source

向大气中排放温室气体的物理单元或过程。

[来源：ISO 14064—1：2018，3.1.2，有修改]

3.7

排放因子 carbon emission factor

单位活动的碳排放。

[来源：GB/T 32150—2015，3.13，有修改]

3.8

碳氧化率 carbon oxidation rate

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。

[来源：GB/T 32150—2015，3.14]

3.9

碳源 carbon source

污（废）水生化处理过程中投加的高含碳化合物。

注：包括甲醇、乙酸钠、葡萄糖、淀粉等。

4 核算边界与范围

4.1 边界与范围

厨余垃圾处理项目的碳排放总量为产生的碳排放及碳补偿的和。为便于碳排放源的描述和识别，本文件将产生的碳排放划分为以下范围一、范围二、范围三和碳补偿：

- a) 范围一：直接碳排放。厨余垃圾、废水、废气、残渣、外购能源、外购材料等工艺处理或产生的物质运输过程中，有机质转化和化石燃料燃烧产生的碳排放。有机质转化后最终生成的 CO₂ 为生物源 CO₂，其排放不计入范围一，可自愿单独报告；
- b) 范围二：能源消耗产生的间接碳排放。厨余垃圾处理过程中，外购并消耗的电力、热、冷或蒸汽所对应的碳排放；
- c) 范围三：材料消耗产生的间接碳排放。厨余垃圾处理过程中，外购并消耗的水、原材料、药剂等所对应的碳排放；
- d) 碳补偿：厨余垃圾处理输出的能源化/资源化产物替代市场上类似产品，其生产制造的碳排放被避免，这部分被避免的碳排放即碳补偿。

注：可产生碳补偿的产品包括天然气、蒸汽、电力、生物柴油、有机肥料、饲料、生物碳源等，未输出的产品不属于此条。

4.2 碳排放源识别

4.2.1 范围一

范围一包括以下主要碳排放源：

- a) 燃料燃烧：在厨余垃圾、废水、残渣、产物、外购能源、外购材料等工艺处理或产生的物质运输活动中，化石燃料燃烧产生的碳排放；

- b) 处理过程：在厨余垃圾、废水、残渣、产物处理利用和二次污染控制过程中，有机质经生物、物理或化学转化产生的碳排放。

4.2.2 范围二

范围二包括以下主要碳排放源：

- a) 外购并消耗的电力；
- b) 外购并消耗的热、冷或蒸汽等。

4.2.3 范围三

范围三包括以下主要碳排放源：

- a) 外购并消耗的水；
- b) 外购并消耗的原材料；
- c) 外购并消耗的药剂。

4.3 碳补偿

碳补偿包括以下主要输出物：

- a) 输出天然气；
- b) 输出热水/蒸汽；
- c) 输出电力；
- d) 输出生物柴油、肥料、饲料、碳源等替代性产品。

5 核算方法

5.1 核算原则

5.1.1 相关性

应选择与项目有关的碳排放源数据和方法。

5.1.2 一致性

碳排放量在不同项目的碳排放效应评估中代表的内涵应具有一致性，可进行比较。

5.1.3 准确性

应降低数据的不确定性。

5.2 核算流程

报告主体进行二氧化碳排放核算的工作流程应包括以下步骤：

- a) 识别排放源；
- b) 收集活动数据；
- c) 确定排放因子；
- d) 分别计算范围一、范围二、范围三对应的二氧化碳排放量及碳补偿对应的二氧化碳减排量；
- e) 汇总报告主体的二氧化碳排放量；
- f) 编制项目碳排放报告。

5.3 核算内容

5.3.1 碳排放总量

厨余垃圾处理项目的碳排放总量见公式（1）。

$$E=E_a+E_b+E_c-E_r \cdots \cdots (1)$$

式中：

E ——碳排放总量（tCO₂-eq）；

E_a ——范围一的碳排放量（tCO₂-eq）；

E_b ——范围二的碳排放量（tCO₂-eq）；

E_c ——范围三的碳排放量（tCO₂-eq）；

E_r ——碳补偿（tCO₂-eq）。

5.3.2 排放源排放量

排放源的碳排放量采用排放因子法，见公式（2）。

$$E_i=\sum_{i=1}^n AD_i \times EF_i \cdots \cdots (2)$$

式中：

i ——排放源编号；

E_i ——排放源 i 的碳排放（tCO₂-eq）；

AD_i ——排放源 i 的活动数据，例如某化石燃料的使用量、厨余垃圾的处理量、废水 BOD/TN 的去除量、废渣的处理量、外购电量、外购蒸汽量、用水量、某药剂的使用量、某材料的消耗量等；

EF_i ——排放源 i 的排放因子，例如某化石燃料的排放因子、厨余垃圾处理过程的排放因子、废水处理过程的排放因子、废渣处理过程的排放因子、电力排放因子、蒸汽排放因子、用水排放因子、某药剂的排放因子、某材料的排放因子等，见附录 A。

5.3.3 碳补偿的计算

厨余垃圾处理项目可能输出能源/资源化产品，它们可以替代市场上类似的产品，从而带来碳补偿，碳补偿见公式（3）。

$$E_r=-\sum_{j=1}^n BC_j \times \Phi_j \times EF_j \cdots \cdots (3)$$

式中：

E_r ——碳补偿量（tCO₂-eq）；

BC_j ——输出能源/资源化产品 j 的量；

Φ_j ——能源/资源化产品 j 替代市场上相应产品的系数，见表 A. 10；

EF_j ——被替代产品的碳排放因子，见表 A. 10。

5.3.4 生物源 CO₂ 排放计算

厨余垃圾有机质转化生成的 CO₂ 为生物源 CO₂（ E_{bio} ），不计入碳排放总量，但不同厨余垃圾处理项目的生物源 CO₂ 排放差异较大，其数值可为全面评价不同处理项目的碳排放效应提供参考，项目可自愿将生物源 CO₂ 排放独立于三个范围之外单独报告。排放量计算采用质量平衡法，见公式（4）。

$$E_{bio}=W_{FW} \times (TOC_{FW} - TOC_{effluent} - TOC_{residue} - TOC_{product} - VOC_{gas}) \times \frac{44}{12} \cdots \cdots (4)$$

式中：

E_{bio} ——处理项目生物源 CO₂ 的排放总量（tCO₂-eq）；

- W_{FW} ——厨余垃圾处理量（t）；
 TOC_{FW} ——单位质量厨余垃圾中的总有机碳含量（t/t）；
 $TOC_{effluent}$ ——单位质量厨余垃圾处理后随尾水排放的总有机碳的量（t/t）；
 $TOC_{residue}$ ——单位质量厨余垃圾处理后最终残渣的总有机碳的量（t/t）；
 $TOC_{product}$ ——单位质量厨余垃圾处理后产品中的总有机碳的量（t/t）；
 VOC_{gas} ——单位质量厨余垃圾处理后排气中的挥发性有机碳的量（t/t）。

5.4 活动数据收集

宜参照表 1 内容，通过监测、记录、计算等方式收集活动数据，优先选择质量较高的活动数据，活动数据按照数据质量依次递减的顺序分为下列三类：

- a) 连续测量数据：仪器不间断测量的活动数据；
- b) 间歇测量数据：仪器间歇工作测量的活动数据；
- c) 推估数据：非仪器测量的、根据一定方法推估的活动数据。

表 1 项目碳排放计算汇总表

排放源/产品	排放形式	活动数据（AD）	排放因子（EF）	排放因子来源
范围一				
燃料燃烧	燃烧释放 CO ₂	燃料消耗量	表 A. 1	
厨余垃圾处理过程	CH ₄ 排放	厨余处理量	表 A. 2	
	N ₂ O 排放		表 A. 2	
废水处理过程	CH ₄ 排放	废水 COD	表 A. 3	
	N ₂ O 排放	废水 TN	表 A. 3	
废渣处理过程	CH ₄ 排放	废渣处理量	表 A. 4	
	N ₂ O 排放	废渣处理量	表 A. 4	
.....				
范围二				
外购电力	/	外购电量	表 A. 5	
外购蒸汽/热水	/	外购热量	表 A. 5、表 A. 6、表 A. 7	
.....				
范围三				
用水		消耗量	表 A. 8	
外购药剂	/	消耗量	表 A. 9	
外购材料	/	消耗量	表 A. 9	
.....				
碳补偿				
天然气	/	对外输出量	表 A. 10	
蒸汽	/	对外输出量	表 A. 10	
电力	/	对外输出量	表 A. 10	
生物柴油	/	对外输出量	表 A. 10	
肥料	/	对外输出量	表 A. 10	
饲料	/	对外输出量	表 A. 10	

表 1 项目碳排放计算汇总表（续）

排放源/产品	排放形式	活动数据（AD）	排放因子（EF）	排放因子来源
碳源	/	对外输出量	表 A. 10	
.....				

5.5 排放因子确定

宜参照表 1 内容，通过监测、记录、计算等方式确定排放因子，考虑所选排放因子在计算期内的时效性，优先选择数据质量较高的排放因子，排放因子按照数据质量依次递减的顺序包括下列三类：

- a) 测量/物料平衡法获得的排放因子，包括以下两种：
 - 1) 一是根据经过计量检定、校准的仪器测量获得的数据；
 - 2) 二是依据物料平衡法获得的因子，例如通过化学反应方程式与质量守恒推估的因子。
- b) 相同工艺/设备的经验系数获得的排放因子：由相同的工艺或设备根据相关经验和证据获得的因子；
- c) 附录 A 中给出的推荐值。

6 不确定性分析

6.1 主要流程

计算项目碳排放应进行不确定性分析，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。

6.2 降低不确定性的方法

在报告编制过程中，应降低不确定性，尤其要确保使用的模型和收集到的数据能够反映实际情况。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) 提高清单编制人员的技术能力：包括提高对项目的处理工艺、排放源和本文件等相关内容的了解，从而发现和纠正问题。

7 数据质量管理

报告主体应加强项目碳排放数据质量管理工作，包括但不限于以下内容：

- a) 建立碳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；指定专职人员负责报告主体的碳排放核算和报告工作；

- b) 建立碳排放源一览表，对排放源的活动数据收集提出相应的要求；
- c) 对现有监测条件进行评估，按照附录 B 制定监测计划并严格执行，定期对计量器具、检测设备和监测仪表进行维护管理，并记录存档；提高自身对活动数据及排放因子等参数的监测能力；
- d) 建立健全的碳数据记录管理体系，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) 建立碳排放报告内部审核制度。定期对碳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。

8 报告编制

8.1 项目信息

报告主体应按照图 B.1 的格式要求填报如下信息：

- a) 基本信息：项目名称、运营单位、统一社会信用代码、法定代表人、填报负责人、联系人信息和报告时间区间等；
- b) 工艺流程：项目采用的厨余垃圾处理工艺和各单元采用的技术；
- c) 污染控制：废水、废气、废渣的处理方式及最终的污染物排放浓度等；
- d) 物质流图：项目物质、能量的输入与输出情况，绘制项目的物质流图；
- e) 产品性质：项目输出的能源产品和资源化产品的具体性质。

8.2 碳排放量计算

报告主体应根据其所用工艺，按照表 1 进行排放源/产品的识别、活动数据及排放因子的确定，完成项目碳排放量的核算，并按照图 B.1 的格式要求报告总碳排放量及各范围碳排放、碳补偿的明细。

8.3 数据来源说明

报告主体应按照图 B.1 的格式要求，报告计算各范围碳排放及碳补偿时所用活动数据及排放因子的来源。

8.4 真实性声明

报告主体应按照图 B.1 的格式就报告真实性做书面声明。

附 录 A
(规范性)
相关参数推荐值

相关参数推荐值见表 A.1~A.10。

表 A.1 化石燃料的排放因子

化石燃料种类	单位热值含碳量 ^a (tC/TJ)	碳氧化率 ^b (%)	热值 ^c (kJ/kg)	排放因子 ^d (tCO ₂ -eq/t 燃料)	密度 (kg/m ³)
汽油	18.9	98	43070	2.92	775 ^e
一般煤油	19.6	98	43070	3.03	840 ^f
柴油	20.2	98	42652	3.10	845 ^g
液化石油气	17.2	98	50179	3.10	—
液化天然气	15.9	98	46900	2.68	—
^a 单位热值含碳量数据来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》表 1.5； ^b 碳氧化率来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》表 1.7； ^c 热值数据来源于 GB/T 2589—2008 中附录 A 各种能源折标煤参考系数表； ^d 排放因子计算方法为：排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率×热值×44/12； ^e 汽油密度来源于 GB 17930—2016； ^f 煤油密度来源于 GB 253—2008； ^g 柴油密度来源于 GB 19147—2016。					

表 A.2 厨余垃圾处理过程的直接排放因子

工艺	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /t wet FW)	N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/t wet FW)
厌氧消化 ^a	1	0
好氧堆肥 ^b	4	0.3
其他过程 ^c	0	0
注 1：好氧堆肥包括生物干燥等衍生工艺。 注 2：在其他处理过程中，物化处理无 CH ₄ 、N ₂ O 排放；厌氧发酵（以产有机酸、醇为目标）一般采用酸性（pH<6.5）或碱性（pH>8.5）条件，也无 CH ₄ 、N ₂ O 排放。		
^a 厌氧消化的排放因子来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》表 4.1； ^b 好氧堆肥的排放因子来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》表 4.1； ^c 其他过程的排放因子根据工艺原理确定。		

表 A.3 废水处理过程的排放因子

处理工艺	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /kgBOD)		N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/kgTN)
	计算公式	推荐值	
厌氧工艺 (不回收 CH ₄)	/	0.4800 ^a	0
厌氧工艺 (回收 CH ₄)	$(0.48-R)^b$	0.004 ^c	0
好氧为主工艺 ^d	/	0.00054	0.0251

^a 厌氧工艺 (不回收 CH₄) 的 CH₄排放因子推荐值参考《广东省市县 (区) 温室气体清单编制指南 (试行)》计算得；

^b 厌氧工艺 (回收 CH₄) 的 CH₄排放因子计算公式参考《广东省市县 (区) 温室气体清单编制指南 (试行)》确定，其中，R 为 CH₄回收量 (单位为 kgCH₄/kgBOD)；

^c 厌氧工艺 (回收 CH₄) 的 CH₄排放因子推荐值来源于蔡博峰等 (2015) 的研究结果；

^d 好氧为主工艺的排放因子推荐值参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 年细化报告》表 6.3 (更新)、表 6.8 (新) 计算得。

表 A.4 废渣处理过程的排放因子

处理工艺	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /t residue)		N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/t residue)
	计算公式	推荐值	
焚烧 ^a	/	0.0002	0.0470
堆肥 ^b	/	4	0.3
填埋 (不回收 CH ₄)	/	45 ^c	0
填埋 (回收 CH ₄)	$(45-0.9R)^d$	9 ^e	0

^a 焚烧的排放因子来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》表 5.3、表 5.4；

^b 堆肥的排放因子来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》表 4.1；

^c 填埋 (不回收 CH₄) 的 CH₄排放因子推荐值参考《广东省市县 (区) 级温室气体清单编制指南 (试行)》计算得；

^d 填埋 (回收 CH₄) 的 CH₄排放因子计算公式参考《广东省市县 (区) 级温室气体清单编制指南 (试行)》确定，其中，R 为 CH₄回收量 (单位为 kgCH₄/t residue)；

^e 填埋 (回收 CH₄) 的 CH₄排放因子推荐值参考李欢等 (2011) 研究结果计算得。

表 A.5 外购能源排放因子

消耗项目	排放因子
电力 ^a	0.8042 tCO ₂ -eq/MWh
热力 ^b	0.11 tCO ₂ -eq/GJ

^a 电力排放因子来源于生态环境部发布的《2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》中南方区域电网的排放因子数值；如有更新，参考生态环境部发布的最新数值；

^b 热力排放因子来源于《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南 (试行)》。

表 A.6 饱和蒸汽排放因子

压力 (MPa)	温度 (°C)	排放因子 (kgCO ₂ -eq/kg)	压力 (MPa)	温度 (°C)	排放因子 (kgCO ₂ -eq/kg)
0.001	6.98	0.27	1.00	179.88	0.30
0.002	17.51	0.27	1.10	184.06	0.30

表 A.6 饱和蒸汽排放因子（续）

压力 (MPa)	温度 (℃)	排放因子 (kgCO ₂ -eq/kg)	压力 (MPa)	温度 (℃)	排放因子 (kgCO ₂ -eq/kg)
0.003	24.1	0.27	1.20	187.96	0.30
0.004	28.98	0.27	1.30	191.60	0.30
0.005	32.9	0.27	1.40	195.04	0.30
0.006	36.18	0.27	1.50	198.28	0.30
0.007	39.02	0.27	1.60	201.37	0.30
0.008	41.53	0.27	1.40	204.30	0.30
0.009	43.79	0.27	1.50	207.10	0.30
0.010	45.83	0.28	1.90	209.79	0.30
0.015	54.00	0.28	2.00	212.37	0.30
0.020	60.09	0.28	2.20	217.24	0.30
0.025	64.99	0.28	2.40	221.78	0.30
0.030	69.12	0.28	2.60	226.03	0.30
0.040	75.89	0.28	2.80	230.04	0.30
0.050	81.35	0.28	3.00	233.54	0.30
0.060	85.95	0.28	3.50	242.54	0.30
0.070	89.96	0.28	4.00	250.33	0.30
0.080	93.51	0.28	5.00	263.92	0.30
0.090	96.71	0.28	6.00	275.56	0.30
0.100	99.63	0.29	7.00	285.80	0.30
0.120	104.81	0.29	8.00	294.98	0.29
0.140	109.32	0.29	9.00	303.31	0.29
0.160	113.32	0.29	10.00	310.95	0.29
0.180	116.93	0.29	11.00	318.04	0.29
0.200	120.23	0.29	12.00	324.64	0.29
0.250	127.43	0.29	13.00	330.81	0.28
0.300	133.54	0.29	14.00	336.63	0.28
0.350	138.88	0.29	15.00	342.12	0.28
0.400	143.62	0.29	16.00	347.32	0.27
0.450	147.92	0.29	17.00	352.26	0.27
0.500	151.85	0.29	18.00	356.96	0.27
0.600	158.84	0.29	19.00	361.44	0.26
0.700	164.96	0.29	20.00	365.71	0.26
0.800	170.42	0.30	21.00	369.79	0.25
0.900	175.36	0.30	22.00	373.68	0.23
注：参考《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》表 2.4 计算得。					

表 A.7 过热蒸汽排放因子（单位：kgCO₂-eq/kg）

温度（℃）	压力（Mpa）							
	0.01	1	3	5	14	20	25	30
0	0	1	3	5	14.1	20.1	25.1	30
10	42	43	44.9	46.9	55.6	61.3	66.1	70.8
20	83.9	84.8	86.7	88.6	97	102.5	107.1	111.7
40	167.4	168.3	170.1	171.9	179.8	185.1	189.4	193.8
60	2611.3	251.9	253.6	255.3	262.8	267.8	272	276.1
80	2649.3	35.7	337.3	338.8	346	350.8	354.8	358.7
100	2687.3	419.7	421.2	422.7	429.5	434	437.8	441.6
120	2725.4	504.3	505.7	507.1	513.5	517.7	521.3	524.9
110	2763.6	589.5	590.8	592.1	598	602	605.1	603.1
160	2802	675.7	676.9	678	683.4	687.1	690.2	693.3
180	2840.6	2777.3	764.1	765.2	769.9	773.1	775.9	778.7
200	2879.3	2827.5	853	853.8	857.7	860.1	862.8	856.2
220	2918.3	2874.9	9413.9	9141.4	917.2	919.3	951.2	953.1
240	2957.4	2920.5	2823	1037.8	1039.1	1040.3	1011.5	1024.8
260	2996.8	2964.8	2885.5	1135	1134.1	1134	1134.3	1134.8
280	3036.5	3008.3	2941.8	2857	1233.5	1231.6	1230.5	1229.9
300	3076.3	3051.3	2991.2	2925.1	1339.5	1334.6	1331.5	1329
350	3177	3157.7	3115.7	3069.2	2753.5	1648.4	1626.4	1611.3
400	3279.4	3264	3231.6	3196.9	3004	2820.1	2583.2	2159.1
420	3320.96	3306.6	3276.9	3245.4	3072.72	2917.02	2730.76	2424.7
注：参考《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》表 2.5 计算得。								

表 A.8 用水排放因子

用水类型	排放因子（kgCO ₂ -eq/t）
自来水 ^a	0.82
再生水	0
河道水	0
^a 自来水排放因子来源于中国产品全生命周期温室气体排放系数库。	

表 A.9 药剂排放因子

消耗项目	排放因子	单位	备注
三氯化铁	2.71 ^{a, b, c}	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
50%氢氧化钠溶液	1.12 ^a	kgCO ₂ -eq/kg 产品	氢氧化钠（50% in H ₂ O）
次氯酸钠	0.92 ^a	kgCO ₂ -eq/kg 产品	次氯酸钠（15% in H ₂ O）
聚丙烯酰胺（PAM）	1.5 ^{a, d}	kgCO ₂ -eq/kg 产品	
氧化钙	0.68 ^a	kgCO ₂ -eq/kg 产品	石灰
聚合氯化铝（PAC）	1.62 ^d	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/

表 A.9 药剂排放因子（续）

消耗项目	排放因子	单位	备注
碱度	1.74 ^b	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
氢氧化钠	1.602 ^c	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
石灰（碱度）	1.74 ^{b,f}	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
絮凝剂	2.5 ^a	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
消毒剂	1.4 ^f	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
活性炭	3.44 ^g	kgCO ₂ -eq/kg 产品	/
^a 来源：T/CAEPI 49—2022； ^b 来源：Kyung et al., 2015； ^c 来源：周政等，2022； ^d 来源：王庆会等，2022； ^e 来源：王琳等，2022； ^f 来源：宋宝木等，2015； ^g 来源：陈文昊等，2023。			

表 A.10 碳补偿产品排放因子

产品种类	排放因子	替代系数		备注
		计算公式	推荐值	
天然气	0.0022 tCO ₂ -eq/m ³ 天然气 ^a	/	1	沼气加工成天然气产品
蒸汽	附录 A 表 A.6、A.7	/	1	按蒸汽温度、压力选取
电力	0.8042 tCO ₂ -eq/MWh ^b	/	1	/
柴油	3.1 kgCO ₂ -eq/kg 柴油 ^c	(q/42652) ^d	0.87 ^{e,f}	/
肥料	4.37 kg CO ₂ -eq/kg 尿素 ^g	(ω _N /46.67%) ^h	0.066 ⁱ	按替代等氮含量的尿素计算
饲料	0.6 kg CO ₂ -eq/kg 豆粕饲料 ^{j,k}	(ω _{protein} /42.5%) ^l	1 ^{m,n,o}	饲料产品为黑水虻虫干，按替代等蛋白质含量的豆粕饲料计算
碳源	1.54 kgCO ₂ -eq/kg 甲醇 ^{p,q}	[(COD-5×TN)×10 ⁻⁶ /1.5] ^r	/	按替代等量 COD 的甲醇计算
^a 来源：SZDB/Z 69—2018 中表 E.2； ^b 来源：生态环境部发布的《2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》中南方区域电网的排放因子数值；如有更新，参考生态环境部发布的最新数值； ^c 来源：GB/T 2589—2008 中附录 A 各种能源折标煤参考系数表； ^d q 为实际测定的生物柴油热值（单位为 kJ/kg），42652 是柴油的热值（单位为 kJ/kg）； ^e 来源：倪梓皓，2022； ^f 来源：王全振，2022； ^g 来源：陈舜等，2015； ^h ω _N 为实际测定的有机肥料总氮含量，46.67% 为尿素的总氮含量； ⁱ 来源：李欢等，2021； ^j 来源：郭丽平，2022； ^k 来源：张振华等，2022； ^l ω _{protein} 为实际测定的生物转化所产饲料的蛋白质含量，42.5% 为豆粕饲料的蛋白质含量；				

表 A.10 碳补偿产品排放因子（续）

产品种类	排放因子	替代系数		备注
		计算公式	推荐值	
<div><div>^m 来源：周元清，2018；</div><div>ⁿ 来源：胡文举等，2022；</div><div>^o 来源：毛元坤等，2022；</div><div>^p 来源：宋宝木等，2015；</div><div>^q 来源：Kyung et al., 2015；</div><div>^r COD、TN 为实际测定的碳源 COD、TN 浓度（单位为 mg/L），5 是单位质量的 TN 转化消耗 COD 的系数（大量研究结果和工程经验表明，污水处理微生物利用降解污染物的最佳碳氮比为 5：1），10⁻⁶为 mg 到 kg 的单位转换系数，1.5 为甲醇的氧当量（单位 kgCOD/kg）。</div></div>				

附 录 B
(规范性)
报告格式模板

厨余垃圾处理项目碳排放核算报告的相关示例见图 B.1。

XXX 项目碳排放报告

报告主体（盖章）：
报告年度：
编制日期： 年 月 日

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 1 页/共 6 页）

本报告主体核算了 年度碳排放量，并填写了以下相关数据。现将有关情况报告如下：

- 一、项目信息
- 二、碳排放计算结果
- 三、真实性声明

法人代表（签字）：
年 月 日

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 2 页/共 6 页）

表 1 报告单位基本信息

项目名称					
运营单位				统一社会信用代码	
项目注册地址	广东省深圳市 区 街道 路 号				
项目办公地址	广东省深圳市 区 街道 路 号				
法定代表人		电话		传真	
通讯地址				邮编	
单位分管领导		电话		传真	
单位碳排放管理机构名称					
填报负责人		电话		收集	
电子邮件				传真	
联系人		电话		手机	
电子邮件				传真	
通信地址				邮编	
项目主要产品或服务					
核算和报告边界					
核算和报告边界变化					
核算和报告时间					

表 2 项目运营情况详细说明

1. 工艺流程（说明项目采用的工艺和各单元采用的技术）
2. 污染控制（说明废水、废气、废渣的处理方式及最终的污染物排放浓度等）
3. 物质流图（说明项目物质、能量的输入与输出情况，绘制项目的物质流图）
4. 产品性质（说明项目输出的能源化和资源化产品的具体性质）

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 3 页/共 6 页）

表 3 碳排放量汇总表

碳排放明细	二氧化碳排放量 (t/y)
碳排放总量	
范围一排放量	
范围二排放量	
范围三排放量	
碳补偿总量	
生物源二氧化碳排放量 (不计入碳排放总量)	

表 4 报告主体范围一碳排放明细

排放源		活动数据		排放因子		碳排放量	
		数值	单位	数值	单位	数值	单位
化石燃料燃烧	汽油						
	喷气煤油						
	柴油						
	液化石油气						
	液化天然气						
厨余垃圾处理过程	CH ₄						
	N ₂ O						
废水处理过程	CH ₄						
	N ₂ O						
废渣处理过程	CH ₄						
	N ₂ O						
...							
...							
范围一排放总量							
活动数据来源:							
排放因子来源:							

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 4 页/共 6 页）

表 5 报告主体范围二碳排放明细

排放源	活动数据		排放因子		碳排放量	
	数值	单位	数值	单位	数值	单位
外购电力						
外购热力						
范围二排放总量						
活动数据来源：						
排放因子来源：						

表 6 报告主体范围三碳排放明细

排放源	活动数据		排放因子		碳排放量	
	数值	单位	数值	单位	数值	单位
用水	自来水					
	再生水					
	河道水					
外购药剂	药剂 1					
	药剂 2					
	药剂 3					
	药剂 4					
	药剂 5					
	药剂 6					
	药剂 7					
外购材料	材料 1					
	材料 2					
	材料 3					
	材料 4					
	材料 5					
	材料 6					
	材料 7					
范围三排放总量						
活动数据来源：						
排放因子来源：						

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 5 页/共 6 页）

表 7 报告主体碳补偿明细

碳补偿产品	活动数据		排放因子		碳排放量	
	数值	单位	数值	单位	数值	单位
天然气						
蒸汽						
电力						
生物柴油						
肥料						
饲料						
碳源						
...						
...						
碳补偿总量						
活动数据来源：						
排放因子来源：						

表 8 报告真实性声明

声明

本排放报告完整和真实。报告中的信息与实际情况不符的，本单位愿负相应的法律责任，并承担由此产生的一切后果。特此声明。

法定代表人（或授权代表）

签字/盖章：

（企业/单位盖章）

年 月 日

图 B.1 厨余垃圾处理项目碳排放核算报告（第 6 页/共 6 页）

参 考 文 献

- [1] GB 13078—2017 饲料卫生标准
- [2] GB/T 19095—2019 生活垃圾分类标志
- [3] GB/T 2589—2008 综合能耗计算通则
- [4] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [5] GB/T 32151 温室气体排放核算与报告要求
- [6] 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
- [7] NY/T 525—2021 有机肥料
- [8] DB11/T 1787—2020 二氧化碳排放核算和报告要求 其他行业
- [9] DB 11/1119—2014 餐厨垃圾生化处理能源消耗限额
- [10] SZDB/Z 69—2018 组织的温室气体排放量化和报告指南
- [11] SH/MRV-001-2012 温室气体排放核算与报告指南（试行）
- [12] T/CAEPI 49—2022 污水处理厂低碳运行评价技术规范
- [13] T/ZSA 62—2019 厨余废弃物资源化还田项目温室气体减排量核算技术规范
- [14] ISO 14064—1: 2018 温室气体 第一部分 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南
- [15] 中华人民共和国生态环境部. 2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子. 2020 年
- [16] 国家发展和改革委员会. 省级温室气体清单编制指南（试行）：发改办气候〔2011〕1041 号. 2012 年
- [17] 国家发展和改革委员会. 工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）：发改办气候〔2015〕1722 号. 2015 年
- [18] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2020. 2020 年
- [19] 广东省生态环境厅. 广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）. 2020 年
- [20] 广东省生态环境厅. 广东省企业（单位）二氧化碳排放信息报告指南（2023 年修订）. 2023 年
- [21] 深圳市第六届人民代表大会常务委员会. 深圳市生活垃圾分类管理条例：深人常〔2020〕199 号. 2020 年
- [22] 深圳市政府五届五十五次常务会议. 深圳市餐厨垃圾管理办法：深圳市人民政府〔2012〕243 号. 2012 年
- [23] 联合国政府间气候变化委员会. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南. 2006 年
- [24] 联合国政府间气候变化委员会. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 年细化报告. 2019 年
- [25] 世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会. 温室气体核算体系：企业核算与报告标准（修订版）. 2011 年
- [26] 重庆市发展和改革委员会. 重庆市工业企业碳排放核算和报告指南（试行）：渝发改环〔2014〕544 号. 2014 年
- [27] 湖南省发展和改革委员会. 湖南省重点企（事）业单位温室气体排放核算方法与报告指南（试行）. 2014 年
- [28] 湖北省发展与改革委员会. 湖北省工业企业温室气体排放监测、量化和报告指南（试行）. 2014 年

- [29] 天津市发展和改革委员会. 天津市其他行业碳排放核算指南(试行). 2014 年
- [30] United Nations Environment Programme. UNEP Food waste index report 2021. 2021 年
- [31] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. 2021 年
- [32] European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 年
- [33] United States Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Reporting Program. 2009 年
- [34] British Standards Institution. PAS 2070—Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city. 2013 年
- [35] FOLEY J, DE HAAS D, YUAN Z, et al. Nitrous oxide generation in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants[J/OL]. Water Research, 2010, 44(3): 831-844
- [36] KYUNG D, KIM M, CHANG J, et al. Estimation of greenhouse gas emissions from a hybrid wastewater treatment plant[J/OL]. Journal of Cleaner Production, 2015, 95: 117-123
- [37] MERTENAT A, DIENER S, ZURBRÜGG C. Black Soldier Fly biowaste treatment - Assessment of global warming potential[J/OL]. Waste Management, 2019, 84: 173-181
- [38] Silvia Scherhauser, Graham Moates, Hanna Hartikainen, Keith Waldron, and Gudrun Obersteiner. Environmental Impacts of Food Waste in Europe. Waste Management, 2018: 98 - 113
- [39] 蔡博峰, 陈彬, 陈绍晴, 等. 中国产品全生命周期温室气体排放系数库[EB/OL]. [2023-10-26]. <http://lca.cityghg.com/pages/product-view/4239>
- [40] 蔡博峰, 高庆先, 李中华, 等. 中国城市污水处理厂甲烷排放因子研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(04): 118-124
- [41] 陈舜, 逯非, 王效科. 中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算[J]. 生态学报, 2015, 35(19): 6371-6383
- [42] 陈文昊, 袁辉洲, 柯水洲等. 厨余垃圾资源化处置方式的碳补偿与能源回收潜力对比分析[J]. 环境工程, 2023, 41(07): 37-44
- [43] 郭丽平. 猪饲料碳足迹生命周期评价[D/OL]. 北京建筑大学, 2022
- [44] 胡文举, 宋艳画. 黑水虻的产业化开发应用研究进展[J/OL]. 中国饲料, 2022(18): 5-8
- [45] 李欢, 金宜英, 李洋洋. 生活垃圾处理的碳排放和减排策略[J]. 中国环境科学, 2011, 31(02): 259-264
- [46] 李欢, 周颖君, 刘建国, 等. 我国厨余垃圾处理模式的综合比较和优化策略[J]. 环境工程学报, 2021, 15(07): 2398-2408
- [47] 毛元坤, 张子辰, 刘世奇, 等. 黑水虻生物处理餐厨垃圾与剩余污泥的效果研究[J]. 环境工程技术学报: 1-12
- [48] 倪梓皓. 生物质液体燃料燃烧反应动力学及燃烧火焰特性研究[D]. 昆明理工大学, 2022
- [49] 宋宝木, 秦华鹏, 马共强. 污水处理厂运行阶段碳排放动态变化分析: 以深圳某污水处理厂为例[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(10): 204-209
- [50] 王琳, 李德彬, 刘子为, 等. 污泥处理处置路径碳排放分析[J]. 中国环境科学, 2022, 42(5): 2404-2412
- [51] 王庆会. 新概念污水处理厂碳排放量核算研究[D]. 华北水利水电大学, 2022
- [52] 王全振. 废弃油脂生物柴油/柴油掺混燃烧及非常规排放的试验研究[D]. 山东理工大学, 2023
- [53] 张炳康, 李云玉, 张欣, 等. 垃圾焚烧发电项目碳排放核算与减排效应研究[J]. 环境保护科学, 2023, 49(1): 75-81

- [54] 张振华, 胡凯, 曾德源. 基于 LCA 的江西省典型生猪供应链的碳排放测算[J]. 家畜生态学报, 2022, 43(10): 78-85
- [55] 赵丛. 污水处理过程中温室气体甲烷和氧化亚氮的释放量研究[J]. 低碳世界, 2019, 9(01): 5-6
- [56] 周元清. 中国规模化生猪养殖碳足迹评估方法与案例研究[D/OL]. 中国农业科学院, 2018
- [57] 周政, 李怀波, 王燕, 等. 低碳氮比进水 AAO 污水处理厂低碳运行[J]. 中国环境科学, 2022, 42(11): 5088-5099
-