

T/CAPID

中 国 产 业 发 展 促 进 会 团 体 标 准

T/CAPID 004—2022

基于项目的温室气体减排量评估技术规范 生活垃圾焚烧发电项目

Technical specification at the project level for assessment of greenhouse gas emissions reductions —Municipal solid waste incineration power generation

2022 – 06 – 30 发布

2022 – 08 – 01 实施

中国产业发展促进会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 适用条件 2

5 温室气体减排量评估基本原则与流程 2

6 边界和排放源识别 3

7 基准线情景确定 3

8 减排量计算 3

9 监测及数据质量管理 4

10 减排量评估报告的编制 5

附录 A（规范性） 基准线情景与项目情景中温室气体排放计算方法 6

附录 B（规范性） 监测数据和要求 9

附录 C（资料性） 相关参数推荐值 10

附录 D（资料性） 减排量计算表格 13

参考文献 16

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。

本文件由中国产业发展促进会提出。

本文件由中国产业发展促进会生物质能产业分会归口管理。

本文件主要起草单位：中国产业发展促进会生物质能产业发展分会

中国标准化研究院资源环境研究分院

上海环境卫生工程设计院有限公司

广州环保投资集团有限公司

中国环境保护集团有限公司

北京松杉低碳技术研究院有限公司

北京易二零环境股份有限公司

光大环保（中国）有限公司

重庆三峰环境集团股份有限公司

浙江伟明环保股份有限公司

深圳能源环保股份有限公司

瀚蓝环境股份有限公司（企业以笔画顺序排序）

本文件参与起草单位：中国能源研究会能源与环境专业委员会

中国能源研究会绿色低碳技术研究中心

山东丰源生物质发电股份公司

天津排放权交易所有限公司

北京绿色交易所有限公司（企业以笔画顺序排序）

本文件主要起草人：	王卫权	张大勇	刘洪荣	王乐乐	吴雨浓	张基祥	徐秉声
	潘 珂	周洪权	毕珠洁	李水江	张雪球	周 康	赵国鸿
	刘国强	郭雅正茜	曹 斌	张萌雪	胡延国	张宝珍	徐云清
	项奕豪	陈 革	钟日钢	彭晓为	郭光召	仇志超	张 良
	甘志端	韩翠莲	张永康	鲁亚霜			

本文件为首次发布。

基于项目的温室气体减排量评估技术规范 生活垃圾焚烧发电项目

1 范围

本文件规定了生活垃圾焚烧发电项目温室气体减排量评估的术语和定义、适用条件、基本原则与流程、边界及排放源识别、基准线情景确定、减排量计算、监测及数据质量管理、减排量评估报告编制等。

本文件适用于接入电网的直接燃烧生活垃圾的发电项目或者热电联产项目。

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/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 50869—2013 生活垃圾卫生填埋处理技术规范

3 术语和定义

GB/T 32150—2015和GB/T 33760—2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 32150—2015和GB/T 33760—2017的某些术语和定义。

3.1

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—2017，定义3.4]。

3.2

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，定义3.5]。

3.3

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，定义3.13]。

3.4

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，定义3.12]。

3.5

生活垃圾 municipal solid waste (MSW)

在日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。

[来源：中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020年修订）]。

3.6

原生垃圾 fresh waste

将在固体废物处理场（SWDS）处理但还没有被处理的生活垃圾，不包括陈腐垃圾和危险废物。

3.7

上网电量 net quantity of electricity generation

发电厂扣去附加和辅助负荷的用电量后的发电量。附加和辅助负荷包括发电厂辅助设备（如水泵、风机、烟气处理、控制设备等）和与燃料制备相关的设备。

3.8

电网排放因子 emission factor of power grid

项目所在地的区域电网排放因子，引用生态环境部发布的数值。

3.9

固体废物处理场 solid waste disposal site (SWDS)

作为固体垃圾最终存放处的指定区域。SWDS 需满足以下条件：（a）体积与表面积比不低于1.5；和（b）经在生态环境部备案的审定/核证机构的目测后可确认垃圾是处在厌氧状态（即具有低孔隙度和潮湿环境）。

3.10

填埋气体 landfill gas (LFG)

填埋体中有机垃圾分解产生的气体，主要成分为甲烷和二氧化碳。

[来源：GB 50869—2013，定义2.0.20]

3.11

气体收集率 ration of landfill gas collection

填埋气体抽气流量与填埋气体估算产生速率之比。

[来源：GB 50869—2013，定义2.0.25]

3.12

计入期 crediting period

计算项目情景相对于基准线情景产生的温室气体减排量的时间区间。

4 适用条件

本文件适用于满足如下条件的并网的直接燃烧生活垃圾的电厂或热电联产厂项目活动：

- a) 处理的固体废物为原生垃圾，不允许掺烧；
- b) 焚烧产生的热量用来供热或者发电；
- c) 焚烧技术是循环流化床或者炉排炉。

5 温室气体减排量评估基本原则与流程

5.1 基本原则

5.1.1 相关性

选择适当的温室气体源、数据和方法。

5.1.2 完整性

包含适应目标客户需求的所有相关的温室气体排放。

5.1.3 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。

5.1.4 准确性

尽可能减少偏差和不确定性。

5.1.5 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，使目标客户能够做出合理的决策。

5.1.6 保守性

明确使用的假定、数值和评估方法不高估温室气体减排量。

5.1.7 可操作性

公式的设定和数值的选取易于温室气体减排评估。

5.2 温室气体减排量评估程序

温室气体减排量评估流程分为以下五大步骤：

- 项目边界及排放源识别；
- 基准线情景确定；
- 减排量计算；
- 监测及数据质量管理；
- 减排量评估报告编制。

6 边界和排放源识别

本文件覆盖的项目边界包括燃烧生活垃圾进行发电和/或供热的电厂。项目边界不包括垃圾收集和运输的设施。本文件涉及的基准线和项目活动的温室气体排放源和温室气体种类信息见表1。

表1 项目边界内包含的温室气体排放源

项目边界	排放源	温室气体种类
基准线	来自发电的排放	CO ₂
	来自供热的排放	CO ₂
	来自SWDS生活垃圾分解的排放	CH ₄
项目活动	现场消耗化石燃料产生的排放	CO ₂
	现场使用电网电量产生的排放	CO ₂
	生活垃圾焚烧产生的排放	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂

7 基准线情景确定

本文件的基准线情景由发电、供热和生活垃圾处置三部分构成。本文件确定的基准线情景见表2。

表2 减排量计算的基准线情景

基准线	基准线情景
发电	电网供电
供热	燃煤锅炉集中供热
生活垃圾处置	在具有一定LFG收集率的SWDS

8 减排量计算

8.1 减排量计算

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- ER_y ——第 y 年的减排量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 BE_y ——第 y 年的基准线排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 PE_y ——第 y 年的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 LE_y ——第 y 年的泄漏排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

8.2 基准线排放量计算

基准线排放主要来自SWDS的甲烷排放、电力和热力生产和/或消耗电网电量的排放。基准线排放量计算如下。

$$BE_y = BE_{CH_4,y} \times DF_{RATE,y} + BE_{EN,y} \dots\dots\dots (2)$$

$$DF_{RATE,y} = \begin{cases} 1 - RATE_{compliance,y}, & \text{若 } RATE_{compliance,y} < 0.5 \\ 0, & \text{若 } RATE_{compliance,y} \geq 0.5 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- BE_y ——第 y 年基准线排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $BE_{CH_4,y}$ ——第 y 年来自SWDS的甲烷基准线排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $BE_{EN,y}$ ——第 y 年与能源生产相关的基准线排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $DF_{RATE,y}$ ——第 y 年考虑 $RATE_{compliance,y}$ 的折减因子，无量纲；
- $RATE_{compliance,y}$ ——第 y 年强制执行的垃圾焚烧法律法规的遵守率，无量纲。

注： $BE_{CH_4,y}$ 按照附录A.1计算， $BE_{EN,y}$ 按照附录A.2计算。

8.3 项目排放量计算

项目排放量计算如下。

$$PE_y = PE_{INC,y} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- PE_y ——第 y 年的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $PE_{INC,y}$ ——第 y 年焚烧产生的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

焚烧产生的项目排放包括在项目边界内燃烧的排放（ $PE_{COM,INC,y}$ ），以及电力消耗产生的排放和化石燃料消耗产生的排放。项目排放量计算方法如下。

$$PE_{INC,y} = PE_{EC,INC,y} + PE_{FC,INC,y} + PE_{COM,INC,y} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $PE_{INC,y}$ ——第 y 年焚烧产生的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $PE_{EC,INC,y}$ ——第 y 年与焚烧相关的电力消耗产生的项目排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $PE_{FC,INC,y}$ ——第 y 年与焚烧相关的化石燃料消耗产生的项目排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $PE_{COM,INC,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

注： $PE_{EC,INC,y}$ 按照附录A.3计算， $PE_{FC,INC,y}$ 按照附录A.4计算， $PE_{COM,INC,y}$ 按照附录A.5计算。

8.4 泄漏计算

本文件不考虑泄漏。

9 监测及数据质量管理

9.1 监测计划制定及数据监测

生活垃圾焚烧发电和热电联产项目温室气体减排量评估的监测程序制定按照GB/T33760—2017中5.10执行。需要监测的数据及要求详见附录B中表B.1。

测量仪器/表精度应满足相关要求，定期检定和校准，检定和校准机构应具有测量仪器/表检定资质。检定和校准相关要求应依照国家相关计量检定规整执行。

在项目实施中，项目业主应按规范实施监测准则和程序，通过各类测量仪器/表的监测获得温室气体排放数据，记录、汇编和分析有关数据，并对数据存档，保证测量管理体系符合质量和规范要求。

9.2 数据质量管理

应建立和应用数据质量管理程序，对与项目和基准线情景有关的数据和信息进行管理，包括对不确定性进行评价。在对温室气体减排量进行计算时，宜尽可能减少不确定性。

不需要监测的数据和参数见附录C。排放因子及燃料热值应采用国家公布的或主管部门认可的相关数据，附录B中表B.1的监测数据和参数为企业实际测量值，通常具有较小的不确定性。

其他数据质量管理要求按照GB/T 33760—2017中5.11执行。

10 减排量评估报告的编制

参见附录D，对减排量通过表格进行计算汇总。减排量评估报告编制要求和内容按照GB/T 33760—2017中5.12执行。

附录 A

(规范性)

基准线情景与项目情景中温室气体排放计算方法

A.1 来自 SWDS 的甲烷基准线排放量计算

本文件采用联合国清洁发展机制 (CDM) 的《固体废物处置场排放计算工具》中的一阶衰减 (FOD) 公式, 具体如下。

$$BE_{CH_4,y} = \varphi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j \times (y-x)} \times (1 - e^{-k_j}) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$BE_{CH_4,y}$ ——第 y 年来自 SWDS 的甲烷基准线排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)

φ_y ——为校正模型不确定性的模型校正因子, 无量纲;

f_y ——第 y 年在 SWDS 为避免甲烷往大气排放而采取焚烧、利用等方式销毁的甲烷占其回收总量的比例, 无量纲;

GWP_{CH_4} ——甲烷的全球增温潜势, 单位为吨二氧化碳当量每吨甲烷 (tCO₂e/tCH₄), 取值 25;

OX ——基准线情景下, 在 SWDS 内甲烷在垃圾覆盖层氧化的比例, 无量纲;

$\frac{16}{12}$ ——可降解有机碳生成甲烷的转换因子, 单位为吨甲烷每吨有机碳 (tCH₄/tC);

F ——有机碳分解产生的甲烷在 SWDS 填埋气中的比例, 无量纲, 取值 0.5;

$DOC_{f,y}$ ——第 y 年在 SWDS 的特定条件下可降解有机碳的分解比例, 无量纲;

MCF_y ——第 y 年甲烷校正因子, 无量纲;

$W_{j,x}$ ——第 x 年在 SWDS 已处理或尚未处理的第 j 类城市生活垃圾数量, 单位为 (t);

DOC_j ——第 j 类城市生活垃圾产生可降解有机碳的数量, 单位为百分数 (%);

k_j ——第 j 类城市生活垃圾的年降解率, 单位为百分数每年 (%/yr);

j ——垃圾种类;

x ——计入期内的某一年份, x 从第一个计入期的第一年 (x=1) 至计算排放量的那一年 (x=y), 单位为年 (yr);

y ——计算垃圾填埋气排放量的年份, 单位为年 (yr)。

A.2 能源生产的基准线排放计算

本文件涉及的与能源生产相关的基准线排放量, 计算公式如下。

$$BE_{EN,y} = BE_{EC,y} + BE_{HG,y} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$BE_{EN,y}$ ——第 y 年与能源生产相关的基准线排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$BE_{EC,y}$ ——第 y 年与发电相关的基准线排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$BE_{HG,y}$ ——第 y 年与产热相关的基准线排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂)。

其中与发电相关的基准线排放量, 计算公式如下。

$$BE_{EC,y} = EC_y \times EF_{EL,y} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$BE_{EC,y}$ ——第 y 年电量基准线排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

EC_y ——第 y 年项目的并网供电量, 单位为兆瓦时 (MWh);

$EF_{EL,y}$ ——第 y 年电网电量排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (tCO₂/MWh)。

与产热相关的基准线排放量, 计算公式如下。

$$BE_{HG,y} = HG_{PJ,y} \times EF_{CO_2,HG} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$BE_{HG,y}$ ——第 y 年供热基准线排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2) ;
 $HG_{PJ,y}$ ——第 y 年被替代的化石燃料锅炉所产生基准线供热量, 单位为吉焦 (GJ) ;
 $EF_{CO_2,HG}$ ——基准线供热的 CO_2 排放因子, 单位为吨二氧化碳每吉焦 (tCO_2/GJ) , 采用国家最新发布值。

A.3 电力消耗产生的项目排放计算

本文件涉及的与焚烧相关的电力消耗产生的项目排放量, 计算公式如下。

$$PE_{EC,INC,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{EL,y} \times (1 + TDL_y) \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$PE_{EC,INC,y}$ ——第 y 年电力消耗的项目排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2) ;
 $EC_{PJ,y}$ ——第 y 年项目消耗的电量, 单位为兆瓦时 (MWh) ;
 $EF_{EL,y}$ ——第 y 年电网电量的排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (tCO_2/MWh) ;
 TDL_y ——第 y 年平均输电和配电损耗率, 无量纲。

A.4 化石燃料消耗产生的项目排放计算

本文件涉及的与焚烧相关的化石燃料消耗产生的项目排放量, 计算公式如下。

$$PE_{FC,INC,y} = \sum_i FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$PE_{FC,INC,y}$ ——第 y 年化石燃料燃烧的产生的 CO_2 排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2) ;
 $FC_{i,y}$ ——第 y 年燃烧的燃料类型 i 的量, 单位为质量或体积单位;
 $NCV_{i,y}$ ——第 y 年燃料类型 i 的加权平均净热值, 单位为兆焦每质量单位或体积单位 (MJ/质量或体积单位) ;
 $EF_{CO_2,i}$ ——第 y 年燃料类型 i 的加权平均 CO_2 排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆焦 (tCO_2/MJ) ;

A.5 项目边界内化石垃圾燃烧产生的项目排放计算

本文件涉及的项目边界内化石垃圾燃烧产生的项目排放量, 计算公式如下。

$$PE_{COM,INC,y} = PE_{COM,CO_2,y} + PE_{COM,CH_4,N_2O,y} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$PE_{COM,INC,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生的项目排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e) ;
 $PE_{COM,CO_2,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生 CO_2 的项目排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e) ;
 $PE_{COM,CH_4,N_2O,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生 N_2O 和 CH_4 的项目排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e) 。

其中, 项目边界内化石垃圾燃烧产生 CO_2 的项目排放量, 计算公式如下。

$$PE_{COM,CO_2,y} = \frac{44}{12} \times EFF_{COM,y} \times \sum_j Q_{waste,y} \times pn_{j,y} \times FCC_{j,y} \times FFC_{j,y} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

$PE_{COM,CO_2,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生 CO_2 的项目排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e) ;
 $EFF_{COM,y}$ ——第 y 年燃烧垃圾的效率, 无量纲;
 $Q_{waste,y}$ ——第 y 年供给垃圾焚烧厂的原生垃圾数量, 单位为吨 (t) ;
 $pn_{j,y}$ ——第 y 年项目处理垃圾中垃圾 j 的比例, 无量纲;
 $FCC_{j,y}$ ——第 y 年垃圾类型 j 中的总碳含量, 单位为吨碳每吨生活垃圾 (tC/t) ;
 $FFC_{j,y}$ ——第 y 年垃圾类型 j 总碳含量中的化石碳比例(重量比例), 无量纲;
 $\frac{44}{12}$ ——碳到二氧化碳的转换因子, 单位为吨二氧化碳当量每吨碳 (tCO_2e/tC) 。

项目边界内化石垃圾燃烧产生 N_2O 和 CH_4 的项目排放量, 计算公式如下。

$$PE_{COM,CH_4,N_2O,y} = Q_{waste,y} \times (EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O} + EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4}) \dots\dots\dots (A. 9)$$

式中：

$PE_{COM,CH_4,N_2O,y}$ ——第 y 年项目边界内化石垃圾燃烧产生 N_2O 和 CH_4 的项目排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$Q_{waste,y}$ ——第 y 年供给垃圾焚烧厂的原生垃圾数量，单位为吨（ t 生活垃圾）；

EF_{N_2O} ——生活垃圾焚烧的 N_2O 排放因子，单位为吨氧化亚氮每吨生活垃圾（ tN_2O/t 生活垃圾）；

GWP_{N_2O} ——氧化亚氮全球变暖潜势，单位为吨二氧化碳当量每吨氧化亚氮（ tCO_2e/tN_2O ）；

EF_{CH_4} ——生活垃圾焚烧的 CH_4 排放因子，单位为吨甲烷每吨生活垃圾（ tCH_4/t 生活垃圾）；

GWP_{CH_4} ——甲烷全球变暖潜势，单位为吨二氧化碳当量每吨甲烷（ tCO_2e/tCH_4 ）。

附录 B
(规范性)
监测数据和要求

监测数据和要求见表B. 1。

表B. 1 监测数据和要求

数据/参数	单位	描述	监测频率	监测方法
$RATE_{compliance,y}$	比例值	第 y 年强制执行的垃圾焚烧法律法规的遵守率	每年	研究或者官方报告，如市政机构提供的年度报告
$EFF_{COM,y}$	比例值	第 y 年燃烧垃圾的效率	每年	——
$Q_{waste,y}$	t	第 y 年焚烧的原生垃圾量	连续监测，至少每年合计	称重传感器测量
$EC_{BL,y}$	MWh	第 y 年项目的并网供电量	连续监测	电表
$HG_{PJ,y}$	GJ	第 y 年项目的供热量	每月监测，每年合计	蒸汽流量计，并根据蒸汽和热水的热焓进行计算。
$FC_{i,y}$	kg或 m^3	第 y 年燃烧的燃料类型 i 的量 (质量或体积单位)	每月监测，每年合计	称重传感器测量或者流量计
$pn_{j,y}$	比例值	第 y 年项目处理垃圾中垃圾 j 的比例。	每三个月最少监测三个样本，且其平均值作为年份 y 的有效值。	抽样测量

附录 C
(资料性)
相关参数推荐值

本文件所涉及到的相关参数推荐值见表C.1~C.9。

表C.1 相关参数推荐值

排放因子/参数	单位	描述	默认值	数据来源
$FCC_{j,y}$	tC/t	第 y 年垃圾类型 j 中的总碳含量	见表C.2	IPCC指南2006
FFC_j	%	垃圾类型 j 中化石碳占总碳含量的比例	见表C.3	IPCC指南2006
GWP_{CH_4}	——	CH_4 的全球温升潜势值	25	IPCC第四次评估报告
GWP_{N_2O}	——	N_2O 的全球温升潜势值	298	IPCC第四次评估报告
EF_{CH_4}	t CH_4 /t垃圾(湿基)	生活垃圾焚烧的 CH_4 排放因子	见表C.4	IPCC指南2006
EF_{N_2O}	t N_2O /t垃圾(湿基)	生活垃圾焚烧的 N_2O 排放因子	见表C.5	IPCC指南2006
$EF_{CO_2,i}$	t CO_2 /MJ	燃料类型 i 燃烧的加权平均 CO_2 排放因子	见表C.6	生态环境部
$NCV_{i,y}$	MJ/质量或体积单位	第 y 年燃料类型 i 的加权平均净热值	见表C.6	生态环境部
ϕ	——	固体废物处理场甲烷模型不确定性校正因子	0.75	固体废物处置场排放计算工具
f_y	——	第 y 年基准线情景下抽取填埋气火炬燃烧或者以其他方式利用而防止排入大气中的比例	0.2	调研得到
OX	——	基准线情景下,在SWDS内甲烷在垃圾覆盖层氧化的比例。	0.1	固体废物处置场排放计算工具
F	——	有机碳分解产生的甲烷在垃圾填埋气中的含量(质量比例)	0.5	固体废物处置场排放计算工具
DOC_f	——	第 y 年在垃圾填埋场具体条件下,可降解有机碳的比例(重量比例)	0.5	固体废物处置场排放计算工具
MCF	——	甲烷校正因子	1.0	固体废物处置场排放计算工具
$W_{j,x}$	t	第 x 年在SWDS已处理或尚未处理的第 j 类城市生活垃圾数量,由 $pn_{j,y}$ 和 $Q_{waste,j}$ 计算得到	——	计算得到
DOC_j	——	有机废弃物 j 中的可降解有机碳的比例	见表C.7	IPCC指南2006
k_j	——	有机废弃物 j 的降解率	见表C.8	IPCC指南2006
$EF_{EL,y}$	t CO_2 /MWh	第 y 年电网电量排放因子	见表C.9	生态环境部
$EF_{CO_2,HG}$	t CO_2 /GJ	基准线供热的 CO_2 排放因子	0.11	采用国家最新发布值。
TDL_y	——	第 y 年平均输电和配电损耗率	20%	联合国清洁发展机制(CDM)的“电力消耗导致的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具”
$\eta_{HG,BL}$	——	基准线用于产热的燃煤锅炉的效率	90%	联合国清洁发展机制(CDM)的“热能或电能生产系统的基准线效率确定工具”

表C.2 不同类型垃圾总碳含量

垃圾类型	垃圾中的总碳含量 FFC (%)
纸/厚纸板	50
纺织品	50
食物垃圾	50
木头	54
花园和公园垃圾	55
卫生纸	90

表C.2 不同类型垃圾总碳含量（续）

垃圾类型	垃圾中的总碳含量 FFC （%）
橡胶和皮革	67
塑料	85
金属	——
玻璃	——
注：默认值采用IPCC指南2006第5卷第2章表2.4中范围的最大值	

表C.3 不同类型垃圾中化石碳占总碳含量的比例

垃圾类型	化石碳占总碳含量的比例 FFC （%）
纸/厚纸板	5
纺织品	50
食物垃圾	——
木头	——
花园和公园垃圾	0
卫生纸	10
橡胶和皮革	20
塑料	100
金属	——
玻璃	——
其它惰性垃圾	100
注：默认值采用IPCC指南2006第5卷第2章表2.4中范围的最大值	

表C.4 城市固体垃圾燃烧的 CH_4 排放因子

焚烧/技术类型		CH_4 排放因子 EF_{CH_4} （ tCH_4/t 垃圾湿基）
连续焚烧	炉排炉	$1.21 \times 0.2 \times 10^{-6}$
	流化床	0
注：默认值采用IPCC指南2006第5卷第5章表5.3的数值		

表C.5 城市固体垃圾燃烧的 N_2O 排放因子

垃圾类型	技术/管理实践	N_2O 排放因子 EF_{N_2O} （ tN_2O/t 垃圾湿基）
城市固体垃圾	连续焚烧炉	$1.21 \times 50 \times 10^{-6}$
注：默认值采用IPCC指南2006第5卷第5章表5.6的数值		

表C.6 不同燃料燃烧的热值和加权平均 CO_2 排放因子

燃料品种	平均低位发热量 NCV		含碳量 (tC/TJ)	碳氧化率 (%)	燃料 CO_2 排放因子 EF_{CO_2} (tCO_2/MJ)
	数值	单位			
原煤	20.908	MJ/kg	25.8	100	87.3×10^{-6}
精洗煤	26.344	MJ/kg	25.8	100	87.3×10^{-6}
其它洗煤	8.363	MJ/kg	25.8	100	87.3×10^{-6}
型煤	15.473	MJ/kg	26.6	100	87.3×10^{-6}
煤矸石	8.363	MJ/kg	25.8	100	87.3×10^{-6}
焦炭	28.435	MJ/kg	29.2	100	95.7×10^{-6}
焦炉煤气	16726	MJ/m^3	12.1	100	37.3×10^{-6}
高炉煤气	3.763	MJ/m^3	70.8	100	219×10^{-6}
转炉煤气	7.945	MJ/m^3	46.9	100	145×10^{-6}
其它煤气	5.227	MJ/m^3	12.2	100	37.3×10^{-6}
其它焦化产品	33.453	MJ/kg	25.8	100	95.7×10^{-6}
原油	41.816	MJ/kg	20	100	71.1×10^{-6}
汽油	43.070	MJ/kg	18.9	100	67.5×10^{-6}
煤油	43.070	MJ/kg	19.6	100	71.9×10^{-6}
柴油	42.652	MJ/kg	20.2	100	75.5×10^{-6}
燃料油	41.816	MJ/kg	21.1	100	95.7×10^{-6}

表C.6 不同燃料燃烧的热值和加权平均CO₂排放因子（续）

燃料品种	平均低位发热量		含碳量	碳氧化率	燃料CO ₂ 排放因子 EF_{CO_2}
	数值	单位	(tC/TJ)	(%)	(tCO ₂ /MJ)
石油焦	31.947	MJ/kg	26.6	100	82.9*10 ⁻⁶
液化石油气	50.179	MJ/kg	17.2	100	61.6*10 ⁻⁶
炼厂干气	45.998	MJ/kg	15.7	100	48.2*10 ⁻⁶
其它石油制品	40.980	MJ/kg	20	100	72.2*10 ⁻⁶
天然气	38.931	MJ/m ³	15.3	100	54.3*10 ⁻⁶
液化天然气	51.434	MJ/kg	15.3	100	54.3*10 ⁻⁶
垃圾燃料	7.945	MJ/kg	25.0	100	73.3*10 ⁻⁶
其它来源	29.271	MJ/kgce	0	100	0

注：排放因子数据来自生态环境部2019年度中国区域电网二氧化碳基准线排放因子OM计算说明，表中单位已进行换算。

表C.7 不同种类垃圾中可降解有机碳比例（质量比）

垃圾种类	有机废弃物中可降解有机碳的比例DOC (%)
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

注：DOC默认值采用IPCC指南2006第5卷第2章表2.4和2.5

表C.8 不同种类有机废弃物的降解率

废弃物类型		年平均气温≤20℃		年平均气温>20℃	
		干燥（MAP/PET<1） 条件降解率 k (%)	湿润（MAP/PET>1） 条件降解率 k (%)	干燥（MAP/PET<1）条 件降解率 k (%)	湿润（MAP/PET>1）条 件降解率 k (%)
慢速降解	纸浆、纸张、纸板，纺织 品	0.04	0.06	0.045	0.07
	木头、木制品、秸秆	0.02	0.03	0.025	0.035
中速降解	其它易腐烂公园剪枝废 物（不包含食物）	0.05	0.10	0.065	0.17
快速降解	食物、餐厨、污泥、烟 草等	0.06	0.185	0.085	0.40

注： k 默认值采用IPCC指南2006第5卷表3.3

表C.9 2019年度中国区域电网基准线排放因子

电网名称	$EF_{grid,OM,simple,y}$ (tCO ₂ /MWh)	$EF_{grid,BM,y}$ (tCO ₂ /MWh)	$EF_{EL,y}$ (tCO ₂ /MWh)
华北区域电网	0.9419	0.4819	0.7119
东北区域电网	1.0826	0.2399	0.6613
华东区域电网	0.7921	0.387	0.5896
华中区域电网	0.8587	0.2854	0.5721
西北区域电网	0.8922	0.4407	0.6665
南方区域电网	0.8042	0.2135	0.5089

注1：目前最新可得的基准线排放因子为2019年度数据。如有更新，参考生态环境部公布的最新数据。
注2：对 $EF_{grid,OM,simple,y}$ 和 $EF_{grid,BM,y}$ 分别采用权重0.5，0.5计算得到 $EF_{EL,y}$ 。

附录 D
(资料性)
减排量计算表格

D.1 基准线排放 (BE_y)

根据公式 (A.1) 和附录B, 附录C的参数参考值, 可以对公式 (A.1) 进行简化:

$$\begin{aligned}
 BE_{CH_4,y} &= \varphi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \times \\
 &\quad MCF_y \times \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j}) \\
 &= 0.75 \times (1 - 0.2) \times 25 \times (1 - 0.1) \times \frac{16}{12} \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times \\
 &\quad \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j}) \\
 &= 4.5 \times \sum_1^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j}) \dots\dots\dots (D.1)
 \end{aligned}$$

式中:

- BE_{CH₄,y} ——第 y 年来自SWDS的甲烷基准线排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)
- φ_y ——为校正模型不确定性的模型校正因子, 无量纲, 取值0.75;
- f_y ——第 y 年在SWDS为避免甲烷往大气排放而采取焚烧、回收利用等方式销毁的甲烷的比例, 无量纲, 取值0.2;
- GWP_{CH₄} ——甲烷的全球增温潜势, 单位为吨二氧化碳当量每吨甲烷 (tCO₂e/tCH₄), 取值25;
- OX ——基准线情景下, 在SWDS内甲烷在垃圾覆盖层氧化的比例, 无量纲, 取值0.1;
- $\frac{16}{12}$ ——可降解有机碳生成甲烷的转换因子, 单位为吨甲烷每吨有机碳 (tCH₄/tC);
- F ——有机碳分解产生的甲烷在SWDS填埋气中的比例, 无量纲, 取值0.5;
- DOC_{f,y} ——第 y 年在SWDS的特定条件下可降解有机碳的分解比例, 无量纲, 取值0.5;
- MCF_y ——第 y 年甲烷校正因子, 无量纲, 取值1;
- W_{j,x} ——第 x 年在SWDS已处理或尚未处理的第 j 类城市生活垃圾数量, 单位为 (t);
- DOC_j ——第 j 类城市生活垃圾产生可降解有机碳的数量, 单位百分数 (%);
- k_j ——第 j 类城市生活垃圾的年降解率, 单位为百分数每年 (% /yr);
- j ——垃圾种类;
- x ——计入期内的某一年份, x 从第一个计入期的第一年开始 (x =1) 至计算排放量的那一年 (x = y), 单位为年 (yr);
- y ——计算垃圾填埋气排放量的年份, 单位为年 (yr)。

表D.1 来自 SWDS 的甲烷基准线排放量 (BE_{CH₄,y})

垃圾种类	所占比例	x 年处理垃圾 总量Q _{waste,y}	W _{j,x}	DOC _j	e ^{-k_j(y-x)}	(1 - e ^{-k_j})	BE _{CH₄,y}
	pn _{j,y}						
	(%)		(t)	(tC/t)	——	——	(tCO ₂ e)
	A1 _j	A2	A3 _j =A1 _j *A2	A4 _j	A5 _j	A6 _j	A _j =4.5*A3 _j *A4 _j *A5 _j *A6 _j
纸/厚纸板				40			
纺织品				24			
食物垃圾				15			
木头				43			
花园和公园垃圾				20			
卫生纸				——			
橡胶和皮革							

表D.1 来自 SWDS 的甲烷基准线排放量 ($BE_{CH_4,y}$) (续)

垃圾种类	所占比例 $pn_{j,y}$	x 年处理垃圾 总量 $Q_{waste,y}$	$W_{j,x}$	DOC_j	$e^{-k_j(y-x)}$	$(1 - e^{-k_j})$	$BE_{CH_4,y}$
	(%)	(t)	(t)	(tC/t)	——	——	(tCO ₂ e)
	A1 _j	A2	A3 _j =A1 _j *A2	A4 _j	A5 _j	A6 _j	A _j =4.5*A3 _j *A4 _j *A5 _j *A6 _j
塑料							
金属				——			
玻璃				——			
其它，惰性垃圾				——			
合计 A=∑ _j A _j							

表D.2 发电相关的基准线排放 ($BE_{EC,y}$)

项目并网供电量 $EC_{BL,y}$	电网电量排放因子 $EF_{EL,y}$	发电相关的基准线排放 $BE_{EC,y}$
(MWh)	(tCO ₂ /MWh)	(tCO ₂)
B1	B2	B=B1*B2

表D.3 供热相关的基准线排放 ($BE_{HG,y}$)

替代化石燃料锅炉所产生基准线供热量 $HG_{PJ,y}$	基准线供热的CO ₂ 排放因子, $EF_{CO_2,HG}$	供热相关的基准线排放 $BE_{HG,y}$
(GJ)	(tCO ₂ /GJ)	(tCO ₂)
C1	C2	C=C1*C2
	0.11	

表D.4 项目基准线排放 (BE_y)

来自 SWDS 的甲烷基准线排放量 $BE_{CH_4,y}$	发电相关的基准线排放 $BE_{EC,y}$	供热相关的基准线排放 $BE_{HG,y}$	项目基准线排放 BE_y
(tCO ₂ e)	(tCO ₂)	(tCO ₂)	(tCO ₂ e)
A	B	C	D=A+B+C

D.2 项目排放 (PE_y)

表D.5 电力消耗产生的项目排放量 ($PE_{EC,y}$)

项目消耗的电量 $EC_{PJ,y}$	电网电量的排放因子 $EF_{EL,y}$	电网平均输电和配电损耗率 TDL_y	电力消耗产生的项目排放 $PE_{EC,y}$
(MWh)	(tCO ₂ /MWh)	——	(tCO ₂)
E1	E2	E3	E=E1*E2*(1+E3)
		20%	

表D.6 化石燃料消耗产生的项目排放量 ($PE_{FC,INC,y}$)

第 y 年在过程 j 中燃烧的轻柴油的量 $FC_{i,j,y}$	第 y 年轻柴油的加权平均净热值 $NCV_{i,y}$	第 y 年轻柴油的加权平均CO ₂ 排放因子 $EF_{CO_2,i}$	化石燃料消耗产生的项目排放 $PE_{FC,INC,y}$
(kg)	(MJ/kg)	(tCO ₂ /MJ)	(tCO ₂)
F1	F2	F3	F=F1*F2*F3
	42.652	75.5*10 ⁻⁶	
注: 此处假设燃烧的是轻柴油。如果是燃烧的生物柴油, 则该项排放为零。如果是其它燃料, 参见表C.5不同燃料燃烧的加权平均CO ₂ 因子。			

表D.7 项目边界内化石垃圾燃烧产生 CO₂ 的项目排放量 ($PE_{COM,CO_2,y}$)

垃圾类型	重量(湿基) ^a	干重比例	$FCC_{j,y}$	$FFC_{j,y}$	$EFF_{COM,c,y}$	$PE_{COM,CO_2,y}$
	(t)	——	(%)	(%)	——	(tCO ₂ e)
	G1 _j	G2 _j	G3 _j	G4 _j	G5 _j	$G_j=G1_j*G2_j*G3_j*G4_j*G5_j*44/12$
厨余垃圾		0.4	50	0	1	
纸类		0.9	50	5	1	
庭园(院子)和公园废弃物		0.4	55	0	1	
竹木		0.85	54	0	1	
塑料		1	85	100	1	
纺织		0.8	50	50	1	
橡胶		0.84	67	20	1	
其他(灰土等)		0.9	5	100	1	
金属		1	NA	NA	1	
玻璃		1	NA	NA	1	
合计 $G=\sum_j G_j$						
^a 各垃圾类型的重量 G1 _j 由 $Q_{waste,y} \times pn_{j,y}$ 计算得到。						

表D.8 项目边界内化石垃圾燃烧产生 N₂O 和 CH₄ 的项目排放量 ($PE_{COM,CH_4,N_2O,y}$)

第 y 年供给垃圾焚烧厂的原生垃圾数量 $Q_{waste,y}$	化石垃圾焚烧的 N ₂ O 排放因子 EF_{N_2O}	化石垃圾焚烧的 CH ₄ 排放因子 EF_{CH_4}	N ₂ O 全球变暖潜势 GWP_{N_2O}	CH ₄ 全球变暖潜势 GWP_{CH_4}	项目边界内燃烧产生的 CH ₄ 和 N ₂ O 排放量 $PE_{COM,CH_4,N_2O,y}$
t (湿基)	tN ₂ O/t 垃圾 (湿基)	tCH ₄ /t 垃圾 (湿基)	tCO ₂ e/t N ₂ O	tCO ₂ e/tCH ₄	tCO ₂ e
H1	H2	H3	H4	H5	$H=H1*(H2*H4+H3*H5)$
	$1.21 \times 50 \times 10^{-6}$	$1.21 \times 0.2 \times 10^{-6}$	298	25	

表D.9 项目排放 (PE_y)

电力消耗产生的项目排放 $PE_{EC,y}$	化石燃料消耗产生的项目排放 $PE_{FC,INC,y}$	项目边界内化石垃圾燃烧产生的 CO ₂ 项目排放 $PE_{COM,CO_2,y}$	项目边界内化石垃圾燃烧产生的 N ₂ O 和 CH ₄ 项目排放 $PE_{COM,CH_4,N_2O,y}$	项目排放 PE_y
tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
E	F	G	H	$I=E+F+G+H$

D.3 泄漏 (LE_y)

泄漏为0。

D.4 项目减排量 (ER_y)

表D.10 项目减排量 (ER_y)

项目基准线排放 BE_y	项目排放 PE_y	泄漏 LE_y	项目减排量 ER_y
tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
D	I	J	$K=D-I-J$
		0	

参 考 文 献

- [1] CM-072-V01 多选垃圾处理方式（第一版），国家发展和改革委员会
 - [2] 2019年度中国区域电网基准线排放因子，生态环境部
 - [3] 固体废物处置场排放计算工具，联合国清洁发展机制（CDM）
 - [4] 电力消耗导致的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具，联合国清洁发展机制（CDM）
 - [5] 热能或电能生产系统的基准线效率确定工具，联合国清洁发展机制（CDM）
 - [6] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020年修订）
-