

《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》（送审稿）编制说明

1. 项目背景

1.1 标准编制背景

党的二十大报告指出，协同推进降碳、减污，推进各类资源节约集约利用，加快构建废弃物循环利用体系，积极稳妥推进碳达峰碳中和。

生活垃圾是碳排放的重要来源，生活垃圾的资源化处理应实现减污和降碳的双重目标，垃圾分类工作的推进也给废弃物资源化利用提供了基础。我国厨余垃圾在生活垃圾中的占比在半数以上，其处理体系的碳排放相当可观，研究表明，全球温室气体排放的 8%~10%源于被浪费掉的食物（UNEP，2021），欧洲每年有 6%的温室气体排放源于厨余垃圾处理、管理的全过程（Scherhaufer 等，2018），这些数据也同时说明厨余垃圾的处理、管理有较大的减排潜力。一些国家的经验表明，废弃物领域是继能源领域之后的重点减排领域，减少废弃物处理所带来的温室气体排放量是实现国家减排目标的有效途径之一。

深圳市是“无废城市”试点之一，生活垃圾分类走在全国前列，近年来大力推动建设厨余垃圾处理项目，不断提升生活垃圾资源化利用水平，为城市的碳达峰、碳中和工作提供支撑。目前，国内外碳排放的评估方法繁多，深圳市的厨余处理项目也工艺多样、水平参差，缺乏一个科学通用的碳排放评估体系来指导厨余处理行业的碳排放评价，因此在总结国内外评估方法、学者研究和实地调研的基础上编制《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》，能够为厨余垃圾处理行业各级主管部门、业主单位有序、规范地开展工作提供科学依据。

1.2 标准编制的必要性

《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》的编制，具有以下必要性：

——**尚未有厨余垃圾处理项目碳排放的科学评价体系。**目前，深圳市厨余垃圾技术种类繁多，根据其转化过程可分为厌氧消化、好氧堆肥、生物转化等，这些技术在实际处理项目中的运行状况和效果取决于系统设备水平、运营技术及费用、企业运营目的和理念等因素，呈现出较大的不确定性和差异性。为对厨余垃圾处理项目的碳排放情况进行科学全面的评估，首先要对项目的碳排放量进行计算，这就涉及到评估方法和计算方法的选择。碳排放评估方法包括 IPCC 核算法、清洁发展机制（CDM）和国家核证自愿减排量（CCER）、生命周期评价（LCA）等，组织或学者进行计算和研究时大多会采用生命周期的视角，但其计算时采用的边界和关键参数各不相同，因而计算结果差异较大，即各处理技术的碳排放结果存在

争议。碳排放计算方法包括排放因子法、质量平衡法和实测法，其中，最为权威、主流的计算方法是排放因子法。排放因子法是联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）采用的方法，目前大多数组织和学者进行碳排放计算时采用此方法，但此方法需要大量可靠的活动数据和参数，这也是目前碳排放研究领域的难点。综上所述，深圳市厨余垃圾处理技术和管理模式类型多样、水平参差，为准确量化厨余垃圾处理项目的碳排放，有必要建立一个全面、学科、系统的碳排放评价体系，对各项目的碳排放结果作准确可靠的核算，根据评价结果为深圳市减排措施的制定提供参考，助力实现“双碳”目标。

——**基于数据支撑的减排策略尚不明晰。**随着深圳经济社会快速发展，生活垃圾产生量持续增长，生活垃圾处理更是直接关系着降碳减污的成效。深圳市近年来建设厨余垃圾处理项目采用了厌氧消化、好氧堆肥、生物转化、干化、压榨脱水等技术，其处理规模、运行状况也各不相同，企业在进行碳排放核算时存在方法不统一、参数不明晰等情况，由此得出的碳排放核算结果可信度存疑，无法为以减碳为目的技术升级提供数据支撑，也无法为明确有效的减排策略的制定提供参考。为引导深圳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，有必要编制《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》，建立科学通用的碳排放评估体系，明确各种厨余处理项目的碳排放情况，为厨余垃圾处理企业乃至行业的减排策略提供数据支撑，为其他类别垃圾处理项目的碳排放评估提供方法学参考。

2. 工作简况

2.1 任务来源

根据 2023 年 5 月《深圳市市场监督管理局关于下达 2023 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》，《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》地方标准制定项目正式获批立项，由深圳市城管宣教和发展研究中心牵头组建了编制组。

2.2 主要起草过程

（1）文献调查。编制组调查分析国内外碳排放计算和评估方法的科学文献和标准文件等资料，总结厨余垃圾处理项目产生碳排放的关键环节和单元/过程，初步确定了厨余垃圾处理项目碳排放评估体系框架，为本文件制定提供了基础资料支持。

（2）实地调研。2023 年 4 月以来，编制组采用座谈、走访、现场考察等形式对深圳市福田区、龙华区、南山区等区具有代表性的厨余垃圾处理项目进行了实地调研，了解深圳市厨余垃圾处理项目的现状和运营情况，获取相关的文件资料与数据记录，并进行系统分析，

从全生命周期的视角，明确了厨余垃圾处理项目碳排放核算的核算边界、评估方法、关键参数等，通过座谈、专家咨询等方式进行了优化，从而保证技术体系的可操作性。

(3) 起草初稿及修改完善。在充分调研和分析的基础上，结合深圳市厨余垃圾处理项目实际碳排放核算的具体要求，完成了深圳市地方标准《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》的初稿，并经修改完善形成送审稿。

3. 确定标准主要内容的依据以及对标情况

3.1 确定标准主要内容的依据

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，编制深圳市地方标准《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》文本、编制说明，形成国内领先的厨余垃圾处理项目碳排放评估体系。

厨余垃圾碳排放核算是量化评估企业环境效益、制定企业及行业减排策略的基础，本文件为厨余垃圾处理项目碳排放核算边界及范围的确定、排放源的识别及碳排放计算、计算关键参数的确定、碳排放报告的编制等提供了指南，相关的主要依据如下。

3.1.1 核算边界与范围

对厨余垃圾处理项目核算边界与范围的确定从全生命周期的视角出发，考虑一个厨余垃圾处理项目的物质输入（即厨余垃圾运输进厂）到物质输出利用/处置/排放（包括产物利用或处置、污染物处理达标排放等）过程中产生的能源、资源消耗或替代的全流程碳排放效应，将其划分为三个范围和碳补偿两部分，主要依据如下：

(1) 三个范围。《2006年IPCC国家温室气体清单指南》、《2006年IPCC国家温室气体清单指南2019年细化报告》[《2006年IPCC国家温室气体清单指南》、《2006年IPCC国家温室气体清单指南2019年细化报告》分别是IPCC于2006年、2019年发布的温室气体清单编制的指导文件，后者是对前者内容的补充和更新，内容具有一致性和互补性，本文件诸多条内容对二者的引用是不可分割的，故在下文中将两文件合称为“《IPCC国家温室气体清单指南》（2006版，2019修订）”]、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》、《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等各级标准或协议都对企业/组织的温室气体排放范围界定做出相关要求，本文件对厨余垃圾处理项目碳排放核算边界及范围的确定参考以上标准内容。三个范围的概念是参考《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）第4章内容提出的，再结合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》中直接碳排放、能源消耗产生的间接碳排放、其他间接排放的内容及含义，最终确定三个范围的定义和内容。范围一、范围二排放源识别部分的内容是参考SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》6.4内容确定的。《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006版，2019修订）是项目核算边界和范围确定的基础。

（2）碳补偿。碳补偿的概念是基于厨余垃圾处理项目实际运行情况和文献调研结果提出的。首先，厨余垃圾处理技术包括厌氧消化、好氧堆肥、生物转化、厌氧发酵等，实现了厨余垃圾的资源化回收利用，产出了天然气、蒸汽、电力、生物柴油、有机肥料、饲料、生物碳源等产品，可以替代一部分市场上的类似产品，因而产生了碳减排效应。其次，大量研究在核算碳排放过程中都将产品的减排效应纳入其中，研究结果也表明产品的减排效应是决定一个厨余垃圾处理项目碳排放总量的关键部分。综上所述，故将产品的碳减排部分纳入核算边界，定名碳补偿。

3.1.2 核算方法

本文件中对厨余垃圾处理项目核算方法的原则、流程、内容、活动数据收集、排放因子确定进行了规定，主要依据如下：

（1）核算原则：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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》对企业/组织的温室气体排放核算原则做出了相关要求，本文件核算原则的内容是根据以上标准内容确定的。

（2）核算流程。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》、《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、DB11/T 1787—2020《二氧化碳核算和报告要求 其他行业》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等各级标准或协议都对企业/组织的温室气体排放核算流程做出了相关要求，本文件核算流程的内容是根据以上文件内容确定的。

（3）核算内容。《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006版，2019修订）提供了碳排放计算的基本范式 and 整体框架，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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》等各级标准均遵循《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006版，2019修订），故本文件中厨余垃圾处理项目

的碳排放总量和各排放源计算的基础公式和整体计算过程也是根据上述标准内容确定的。碳排放的计算方法根据文献调研和实际情况确定，是排放因子法的变形。

（4）活动数据收集。《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）提供了碳排放计算的基本范式 and 整体框架，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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》等各级标准均对活动数据的收集做出要求，本文件对活动数据收集的要求根据以上标准内容确定。

（5）排放因子确定。《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）提供了碳排放计算的基本范式 and 整体框架，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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》等各级标准均对排放因子的确定做出要求，本文件对排放因子确定的要求根据以上标准内容确定。

3.1.3 不确定性分析

本文件要求厨余垃圾处理项目进行碳排放核算结果的不确定性分析工作，明确了不确定性分析的流程和方法，《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》对组织温室气体清单编制的不确定性分析工作做出要求，本文件不确定性分析内容根据此文件内容确定。

3.1.4 数据质量管理

本文件对厨余垃圾处理项目的碳排放数据质量管理工作做出要求，《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、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》、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等各级标准均对企业/组织的温室气体排放报告数据质量管理做出要求，本文件对数据质量管理工作的要求根据以上标准内容确定。

3.1.5 报告编制

本文件对厨余垃圾处理项目的报告编制工作做出要求，要求项目的碳排放报告应包括项目信息、碳排放量计算结果及数据来源、真实性声明等内容，《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、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》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等各级标准/协议均对企

业/组织的温室气体排放报告编制做出要求，本文件对报告编制的要求根据以上文件内容确定。

3.2 对标情况

（1）国外情况

碳排放核算包括多种计算方法和评价体系，目前国内外的碳排放计算方法包括排放因子法、实测法、物质平衡法三种，其中排放因子法是 IPCC 的官方计算方法，也是最权威、学者采用最多的方法。目前，关于碳排放评估的国外标准可分为国际通用标准和某国家或地区制定的标准两大类。国际通用标准包括 IPCC 体系、ISO 体系、GHG 体系、CDM 体系；某国家或地区标准包括美国 EPA 体系、英国 PAS 体系、欧盟 UNEP 体系等。总体而言，这些标准都遵循 IPCC 的基本框架和基本计算方法，即排放因子法，但在活动数据和排放因子的获取与确定上采用更符合地区实际情况、更准确的数值，因而可获得更准确的碳排放核算结果。

当前欧盟的国家温室气体排放清单的编制是以欧洲环境署（European Environment Agency, EEA）发布的《EMEP/EEA 空气污染排放清单指南 2023》（EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023）为指导开展的，该指南提供了核算自然源排放和人为源排放的指导。美国环保署（United States Environmental Protection Agency, EPA）体系通过《美国温室气体排放与沉降清单》与《温室气体报告计划》（Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP）两个互补清单跟踪温室气体排放。英国标准协会（British Standards Institution, BSI）于 2013 年发布的城市温室气体排放评估规范（PAS 2070：Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city）以英国伦敦为例，给出详细的数据收集、排放核算与报告模板等技术细节，便于使用者的工作。

上述标准/规范/协议文件多为适用于各行业或某个组织/企业的通用标准，其中部分内容能覆盖厨余垃圾处理项目碳排放核算的部分工作，其余很多部分并无可参考的计算方法和参数，项目边界也无专门标准/规范/协议明确规定，所以，在国际上，一个厨余垃圾处理项目的碳排放评估标准体系也是亟须的。

（2）国内情况

参照 IPCC、CDM 等国际机构发布的温室气体排放标准、规范、协议，我国也出台了一系列相关的企业/组织温室气体报告标准，相关国家标准包括 GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》、《省级温室气体清单编制指南（试行）》、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 32150—2015《工业企业温室气体排放核算

和报告通则》、《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）》等，这些标准是我国各行业、部门进行温室气体核算的主要参考文件。在此基础上，为进一步落实和细化我国各省、市级的企业/组织温室气体核算与报告工作，部分省（市）发挥模范带头作用，陆续出台了各自的地方标准，包括《广东省市县（区）级温室气体清单编制指南（试行）》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、《广东省企业（单位）二氧化碳排放信息报告指南（2023 年修订）》、SH/MRV-001-2012《温室气体排放核算与报告指南（试行）》、DB11/T 1787-2020《二氧化碳排放核算和报告要求 其他行业》、《重庆市工业企业碳排放核算和报告指南（试行）》、《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）》、《湖北省工业企业温室气体排放监测、量化和报告指南（试行）》、《天津市其他行业碳排放核算指南（试行）》等省（市）级标准。

上述国家标准和地方标准均为适用于各行业或某个组织/企业的通用标准，专门针对厨余垃圾处理行业的标准几乎没有。北京市于 2014 出台的 DB 11/1119—2014《餐厨垃圾生化处理能源消耗限额》规定了餐厨垃圾生化处理设施的能源消耗限额的技术要求、统计范围、计算方法和节能管理措施，并未涉及碳排放计算相关内容；中关村标准化协会于 2019 年发布的 T/ZSA 62—2019《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》中给出了对餐厨废弃物采用高温好氧发酵技术并进行资源化还田利用时碳排放核算的依据，但对于采用其他技术如厌氧消化、生物转化等多种厨余垃圾处理项目的碳排放核算内容涉及很少。

而另一方面，我国深入贯彻落实可持续发展战略，不断加快废弃物资源化回收利用体系的构建，据不完全统计，截至 2021 年 5 月，全国已投运、在建筹建（已立项）的厨余垃圾处理项目（50 t/d 以上）有 196 座，总设计处理能力约为 3.87 万吨/日，分布在全国 31 个省、自治区、直辖市，包括南京、杭州、苏州、宁波等，其中厌氧工艺约占 87.5%，其余工艺（包括固液分离协同焚烧、好氧堆肥和生物养殖）约占 12.5%。深圳市更是在全国持续发挥先行示范作用，已建成 90 余处厨余垃圾处理设施（含集中式处理设施和分散式小型处理设施），处理能力超过 4600 吨/日。厨余垃圾的资源化利用是构建废弃物循环利用体系的重要组成部分，也是支撑“双碳”目标实现的重要环节，随着厨余垃圾处理项目的不断落地，科学准确衡量上述项目的减碳效果很有必要，因而，建立一套适用于厨余垃圾处理项目的碳排放核算和评估体系是迫切而必要的。

4. 主要条款的说明

4.1 范围

(1) 主要内容

厨余垃圾处理是废弃物资源回收的重要环节，也是“双碳”目标实现的重要支撑，本文件规定了典型厨余垃圾处理项目的碳排放核算边界与范围、核算方法、数据质量管理、报告编制等要求，为科学准确评估厨余垃圾处理项目的碳排放提供指南。

(2) 适用范围

本文件适用于深圳市厨余垃圾处理项目碳排放量的核算和报告。

4.2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

4.3 术语和定义

(1) 厨余垃圾 food waste

此条明确厨余垃圾的定义为容易腐烂的食物残渣、瓜皮果核等含有有机质的垃圾，包括家庭厨余垃圾、餐厨垃圾、其他厨余垃圾等，根据 GB/T 19095—2019《生活垃圾分类标志》中表 9 确定此条内容。

(2) 厨余垃圾处理项目 food waste treatment project

此条明确厨余垃圾处理项目的定义为用于实现厨余垃圾减量化、资源化和无害化的处理系统，包括厨余垃圾的收运、处理以及“三废”（废水、废气、废渣）的治理。本文件采用生命周期的视角，结合厨余垃圾处理企业的运营范围、厨余垃圾物质流等实际情况确定此条内容。

(3) 温室气体 greenhouse gas

此条明确温室气体的定义为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，一般包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）等。本文件仅量化计算二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）。根据 GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》中 3.1 确定此条内容。

(4) 全球增温潜势 global warming potential

此条明确全球增温潜势的定义为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。其中，CO₂ 的全球增温为 1，CH₄ 的全球增温潜势为 27.2，N₂O 的全球增温潜势为 273。根据 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》

2.18 条和 IPCC 发布的报告《气候变化 2021：物理科学基础》确定此条内容。

(5) 碳排放 carbon emission

此条明确碳排放的定义为在特定时段内释放到大气中的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量（CO₂-eq）表示。根据 ISO 14064—1《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》2.5 确定此条内容。

(6) 碳排放源 carbon emission source

此条明确碳排放源的定义为向大气中排放温室气体的物理单元或过程。根据 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》2.6 确定此条内容。

(7) 排放因子 carbon emission factor

此条明确排放因子的定义为单位活动的碳排放，根据 GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》3.13 确定此条内容。

(8) 碳氧化率 carbon oxidation rate

此条明确碳氧化率的定义为燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。根据 GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》3.14 确定此条内容。

(9) 碳源 carbon source

此条明确碳源的定义为污（废）水生化处理过程中投加的高含碳化合物，如甲醇、乙酸钠、葡萄糖、淀粉等。根据污（废）水处理厂实际情况确定此条内容。

4.4 核算边界与范围

本文件给出了厨余垃圾处理项目的核算边界与范围。4.1 明确了项目的范围边界。为便于描述、识别产生碳排放和碳补偿的源，依据《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、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》、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中的相关内容，提出三个范围和碳补偿的概念。4.2 给出了边界内产生碳排放的常见源，这部分依据《温室气体核算体系：企业核算与报告标准》（修订版）、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放 量化和报告指南》（2011 版）相关内容确定。4.3 给出了边界内产生碳补偿的常见源，依据实地调研结果、文献调研结果确定。

第 4.1.1 条给出了产生碳排放的三个范围的定义。a) 点给出了范围一碳排放的定义，

即项目产生的直接碳排放,包括有机质转化过程中温室气体的释放和化石燃料燃烧产生的碳排放,例如,厨余垃圾、废水、废气、废渣等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等。此条参考了《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》(修订版)、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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中对范围一和直接排放的定义。厨余垃圾所含碳绝大多数为生物质碳,其发生生化反应转化为CO₂(例如焚烧、厌氧产沼、好氧堆肥等)产生的生物源CO₂排放不计入范围一,项目可自愿对其予以单独报告,此要求参考了《IPCC 国家温室气体清单指南》(2006版,2019修订)第五卷、文献调研结果。b)点给出了范围二碳排放的定义,即外购并消耗的能源产生的间接碳排放,包括外购并消耗的电力、热、冷或蒸汽所对应的碳排放。此条参考了《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》(修订版)、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》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中对范围二和能源间接碳排放的定义。c)条给出了范围三碳排放的定义,即外购并消耗的材料产生的间接碳排放,包括外购并消耗的水、原材料、药剂等所对应的碳排放。此条参考了《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》(修订版)、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》中对范围三和其他间接碳排放的定义。

第4.1.2条给出了厨余垃圾处理项目碳补偿的定义,明确了碳补偿是厨余垃圾处理后获得的能源化或资源化产物替代市场上的类似产品所带来的碳减排效应,包括天然气、蒸汽、电力、生物柴油、有机肥料、饲料、生物碳源等。此条参考了项目实际运行情况和文献调研结果。

第4.2.1条给出了厨余垃圾处理项目范围一的碳排放源,包括燃料燃烧和处理过程两类,第一类包括厨余垃圾、废水、残渣、产物、外购能源、外购材料等处理和运输过程中化石燃料燃烧产生的排放,例如,运输车消耗的柴油等;第二类包括厨余垃圾、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,例如,厨余垃圾厌氧消化产生的CH₄泄漏、堆肥过程中释放的CH₄和N₂O、废水处理过程产生的CH₄和N₂O逸散、废渣填埋产生的未被收集的CH₄等。

第4.2.2条给出了厨余垃圾处理项目范围二的碳排放源,包括项目外购并消耗的能源:电力、热水或蒸汽等。例如,厨余垃圾处理设施运行的电耗、厨余堆肥时外购的用于保温的

蒸汽等。

第 4.2.3 条给出了厨余垃圾处理项目范围三的碳排放源，包括项目外购并消耗的材料：水、原材料、药剂。例如，三氯化钙、絮凝剂等。

第 4.3 条给出了厨余垃圾处理项目常见的碳补偿产品，包括项目产生的资源化或能源化产品，例如天然气、热水/蒸汽、电力、生物柴油、有机肥料、饲料、生物碳源等。

4.5 核算方法

本文件给出了厨余垃圾处理项目碳排放的核算方法，分别从核算原则、核算流程、核算内容、活动数据收集、排放因子确定等五个方面对厨余垃圾碳排放的核算做出要求。

第 5.1 条对核算原则进行了规定，明确原则应包括相关性、一致性和准确性。此条参考了 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》中第 3 章、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中 4.1 内容。

第 5.2 条对核算流程进行了规定，明确流程应包括识别排放源、收集活动数据、确定排放因子、计算各范围碳排放量及碳补偿对应的减排量、汇总二氧化碳总排放量、编制报告五个主要步骤。此条参考了 GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》第 7 章、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中 4.2 内容。

第 5.3 条对核算内容进行了规定，明确了碳排放总量、各排放源、碳补偿、生物源 CO₂ 排放的计算公式。第 5.3.1 条明确了项目的碳排放总量是范围一、二、三及碳补偿的总和。根据标准文件相关内容、文献调研结果和项目实际运行情况确定此条内容。第 5.3.2 条明确了各排放源的计算公式，采用排放因子法，参考了《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）、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》、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等标准中的计算方法。第 5.3.3 条明确了碳补偿的计算公式，碳补偿产品的减排量为产品数量与减排因子的乘积，也是排放因子法的变形，依据项目实际运行情况和文献调研结果确定此条内容。第 5.3.4 条明确了厨余垃圾处理项目可自愿报告生物源 CO₂ 的要求，《广东省市县（区）级温室气体清单编制指南（试行）》、SZDB / Z 69-2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、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》均不将生物源 CO₂ 计入碳排放总量，《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）

仅要求能源部门将生物源 CO₂ 作为信息项报告（仍不计入总碳排放），而厨余垃圾处理项目不属于能源部门，然而文献调研结果表明不同厨余垃圾处理项目的生物源 CO₂ 排放差异较大，其数值对全面评价不同处理项目的碳排放效应也有一定的参考性，因此本文件规定项目可自愿单独报告生物源 CO₂，但不做强制要求；同时，第 5.3.4 条明确了生物源 CO₂ 的计算公式，依据文献调研结果和项目实际物质转化过程，基于物质平衡法确定此条内容。

第 5.4 条对活动数据的收集进行了规定，明确了不同数据的质量高低，要求计算时优先采用质量较高的数据。根据 SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中 8.2 节相关内容确定此条内容。需要进行测量的活动数据可以参照本文件表 1 内容，范围一常见的活动数据包括燃料消耗量、厨余垃圾处理量、废水 COD、TN 指标、废渣处理量等，从相关环节监测、测定、记录、计算得到；范围二常见的活动数据及相关数据包括外购电量、外购热量等，从相关环节监测、测定、记录、计算得到；范围三常见的活动数据包括用水量、外购材料量、外购药剂用量等，从相关环节监测、记录、计算得到；碳补偿常见的活动数据包括天然气、蒸汽、电力、生物柴油、肥料、饲料、碳源等替代性产品的输出量，从相关环节监测、记录、计算得到。c) 点给出的推估数据指活动数据难以测量得到或实测数据错误、丢失时依据一定经验、理论、公式推估的数据。

第 5.5 条对排放因子的确定进行了规定，明确了不同数据的质量高低，要求计算时优先采用质量较高的数据。参考 SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》中 8.3 确定此条内容。a) 中的第一类指对厨余垃圾处理过程、废渣处理过程、废水处理过程排放到环境中的温室气体（包括 CH₄、N₂O、CO₂）进行监测得到的排放因子；a) 中的第二类指依据物料平衡法获得的因子，方法一般为：使用专门测试或监测仪器/系统（例如 TOC 分析仪、元素分析仪、水质在线自动监测系统）对厨余垃圾处理过程、废渣处理过程、废水处理过程中的进出物料相关指标（例如 TOC、TN、COD 等）进行监测或测定，并查阅相关资料明确物质转化过程及转化率（例如消耗掉的 TOC、TN、COD 有多少转化成了 CH₄、CO₂、N₂O，转化率与处理工艺、处理时间、设备参数、物料特性等多个因素均有关系，因文献资料较少且数值差异较大，不便给出范围或推荐值），然后通过物料平衡公式计算得到排放因子。b) 指参考相同工艺/设备，通过 a) 方法获得的排放因子，基于类似项目的经验值和相关科学可靠理论、数据支撑等确定自身项目工艺/设备的排放因子。c) 即本文件在附录 A 中给出的推荐值，推荐值的给出基于国内外标准文件相关内容、实际项目调研和文献调研结果。需要额外说明的一点是，碳补偿产品还涉及替代系数，本文件附录 A 表 A.10 也给出了替代系数的推

计算公式或推荐值，碳源的替代系数计算公式中包括 COD、TN 指标，可将其视为活动数据，按照正文 5.4 条及相应编制说明内容进行收集。

4.6 不确定性分析

本文件给出了不确定性分析工作的内涵和要求。对核算结果进行不确定性分析是为了找寻和确定降低核算结果不确定性的最优方法，针对各排放源，降低其核算结果不确定性的方法可能有所差异，报告编制者应按照本章内容进行不确定性分析。

第 6.1 条明确了不确定性分析的主要流程。根据《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》中第 6 章确定此条内容。

第 6.2 条明确了降低不确定性的方法。方法的制定是根据不确定性产生的原因制定的，包括如下：（1）理论完整性欠缺：由于排放机理尚不清晰或者该排放的测量方法尚未形成，无法获得测量结果及其他相关数据；（2）数据缺乏：在现有条件下无法获得或者非常难以获得所必需的数据；在这些情况下，常用方法是使用相似类别的替代数据，以及使用内插法或外推法作为估算基础；（3）数据缺乏代表性：例如已有的排放数据是在发电机组满负荷运行时获得的，而缺少机组启动和负荷变化时的数据；（4）样品随机误差：与样本数多少有关，通常可以通过增加样本数来降低这类不确定性；（5）测量误差：如测量标准和推导资料不够精确等；（6）错误报告或错误分类：由于某些项目包含工艺环节较多，报告编制者未能准确识别其排放实质和类别，对其进行错误归类和报告；（7）丢失数据：如低于检测限度的测量数值。根据《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》中第 6 章确定此条内容。

量化和合并不确定性的方法的理论依据是数理统计知识，可按《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》6.3 内容进行。

4.7 数据质量管理

本文件给出了厨余垃圾处理项目碳排放核算的数据质量管理要求，分别从规章制度的建立、碳排放源一览表、监测计划、数据记录管理体系、内部审核制度五个方面对数据质量管理提出要求。根据 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》第 6 章、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》第 8 章、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》第 9 章确定此条内容。

4.8 报告编制

本文件给出了厨余垃圾处理项目碳排放核算的报告编制要求，分别从项目信息、二氧化碳排放量计算、数据来源说明、真实性声明四方面提出要求。参考 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》8.3、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》中第 5 章、《广东省企业（单位）二氧化碳排放信息报告指南（2022 年修订）》内容确定此条内容。

第 8.1 条对厨余垃圾项目碳排放报告的项目信息做出要求，明确了项目信息应包括基本信息、工艺流程、污染控制、物质流图、产品性质等，要求报告主体按照附录 B 中图 B.1 的格式要求报告项目信息。基本信息应包括项目名称、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。工艺流程是指项目采用的厨余垃圾处理工艺和各单元采用的技术，例如中温厌氧消化工艺、超高压压榨脱水技术等。污染控制是指废水、废气、废渣的处理方式及最终的污染物排放浓度等，例如“UASB+AAO+MBR”废水处理工艺、废渣运至焚烧厂焚烧、UV 光解废气处理工艺等。物质流图应清晰准确显示项目物质、能量的输入与输出情况，以便核算和核查项目涉及的所有碳排放，不重复不遗漏。产品性质是指项目输出的能源化和资源化产品的具体性质，例如天然气的成分、热值、密度，蒸汽的温度、压力、焓值、热值，电量的准确数值，生物柴油的热值、密度，有机肥料的总养分、有机质含量、水分、酸碱度、种子发芽指数、总砷、总粪大肠菌群数等 NY/T 525—2021《有机肥料》中规定的指标，饲料的总砷、铅、汞等 GB13078—2017《饲料卫生标准》中规定的指标，碳源的 COD、TN、TP 等指标。

第 8.2 条对厨余垃圾处理项目的碳排放量计算做出要求，给出了厨余垃圾处理项目的碳排放计算汇总表参考，报告主体可以依据此表进行排放源/产品的识别、活动数据的收集、排放因子的确定等，完成项目碳排放量的核算，并按照附录 B 中图 B.1 的格式要求报告总碳排放量、各范围碳排放量、碳补偿的明细。计算方法和排放因子根据前文提到的各标准文件、文献调研结果、项目实际运行情况等确定。

第 8.3 条对厨余垃圾处理项目的碳排放计算数据来源说明做出了要求，要求报告主体应按照附录 B 中图 B.1 的格式报告各范围碳排放及碳补偿的活动数据来源、排放因子来源。根据《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）、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》、GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》第 9 章、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》10.2 确定此条内容。

第 8.4 条对厨余垃圾处理项目的真实性声明做出了要求，要求报告主体应按照附录 B 图 B.1 的格式就报告真实性做书面声明。根据 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》第 7 章确定此条内容。

4.9 附录 A

附录 A 按照范围一、范围二、范围三、碳补偿的顺序给出了厨余垃圾处理项目碳排放计算时可能用到的排放因子、替代系数的计算公式或推荐值，来源包括《省级温室气体清单编制指南（试行）》、GB/T 2589—2008《综合能耗计算通则》、GB 17930-2016《车用汽油》、GB 253-2008《煤油》、GB 19147-2016《车用柴油》、《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》、《2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》、《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）》、中国产品全生命周期温室气体排放系数库、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》、T/CAEPI 49—2022《污水处理厂低碳运行评价技术规范》、SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》等文件，以及文献调研结果、项目实际运行数据。报告主体在进行项目碳排放计算时要严格按照 5.5、第 6 章、第 7 章内容要求进行排放因子的确定和质量管理。

表 A.1 给出了多种常用燃料的单位热值含碳量、碳氧化率、热值、排放因子、密度等数值，包括汽油、一般煤油、柴油、液化石油气、液化天然气，可供范围一燃料燃烧碳排放计算参考。单位热值含碳量、碳氧化率、热值分别来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》表 1.5 和表 1.7、GB/T 2589—2008《综合能耗计算通则》附录 A、GB 17930-2016《车用汽油》、GB 253-2008《煤油》、GB 19147-2016《车用柴油》，排放因子按照下式计算：排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率×热值×44/12。

表 A.2 给出了多种典型厨余垃圾处理工艺的 CH₄、N₂O 的排放因子，包括厌氧消化、好氧堆肥、其他过程等，可供范围一厨余垃圾处理过程碳排放计算参考，来源于《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）中第五卷 4.1.3 内容。需要说明的是，为与《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）表述一致，表 A.2 给出的 CH₄、N₂O 的排放因子未以二氧化碳当量计，进行碳排放计算时应分别乘以 CH₄、N₂O 的全球增温潜势（分别为 27.2、273）得到以二氧化碳当量计的结果。关于厌氧消化处理，《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）第五卷 4.1.3 条表 4.1 给出的 CH₄ 排放因子范围是 0~8 kgCH₄/t 处理的废弃物，推荐值是 1 kgCH₄/t 处理的废弃物，N₂O 可忽略不计。关于好氧堆肥处理，

《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）第五卷 4.1.3 条中表 4.1 给出的 CH₄ 因子排放范围是 0.03~8 kgCH₄/t 处理的废弃物，推荐值是 4 kgCH₄/t 处理的废弃物；表 4.1 给出的 N₂O 排放因子范围是 0.06~0.6 kgN₂O/t 处理的废弃物，推荐值是 0.3 kgN₂O/t 处理的废弃物。

表 A.3 给出了多种典型废水处理工艺的 CH₄、N₂O 的排放因子，包括厌氧、好氧为主两大类处理工艺，来源于《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》中 5.3 条、《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）增补内容第五卷第 6 章、蔡博峰等（2015）研究结果，可供范围一废水处理过程碳排放计算参考。需要说明的是，为与《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》、《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）表述一致，表 A.3 给出的 CH₄、N₂O 的排放因子未以二氧化碳当量计，进行碳排放计算时应分别乘以 CH₄、N₂O 的全球增温潜势（分别为 27.2、273）得到以二氧化碳当量计的结果。表 A.3 中处理工艺的详细说明如表 4.1 所示。

表 4.1 污水处理工艺说明

工艺分类	具体工艺
厌氧	生物接触氧化法、厌氧滤器工艺、上流式厌氧污泥床工艺、厌氧折流板反应器工艺
好氧为主	活性污泥法、普通活性污泥法、高浓度活性污泥法、接触稳定法、氧化沟、SBR、MBR、生物膜法、普通生物滤池、生物转盘、两段好氧生物处理工艺、A/O 工艺、A ² /O 工艺、A/O ² 工艺
非生物	过滤、离心、沉淀分离、上浮分离、化学混凝法、化学混凝沉淀法、化学混凝气浮法、中和法、化学沉淀法、氧化还原法、吸附、离子交换、电渗析、反渗透、超过滤

根据项目实际情况和文献调研结果，厨余垃圾处理项目自行处理其产生的废水时，因废水污染物浓度较高，一般采用厌氧、好氧为主的组合工艺。市政污水厂主要处理生活污水，因污水污染物浓度不高，一般仅采用好氧为主处理工艺。对某一厨余垃圾处理项目来说，可能自行处理废水，也可能并入市政污水厂处理废水，或两者兼有，核算时应考虑废水处理工艺包括的各环节。

参考《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》5.3 条中式（5-6）、式（5-7），确定废水处理中 CH₄ 排放因子计算公式为： $EF = B_0 \times MCF - R$ ，其中，EF 为 CH₄ 排放因子（单位为 kgCH₄/kgBOD），B₀ 为 CH₄ 最大产生能力（单位为 kgCH₄/kgBOD），MCF 为 CH₄ 修正因子（单位为 1），R 为 CH₄ 回收量（单位为 kgCH₄/kgBOD），B₀ 取推荐值 0.6 kgCH₄/kgBOD，MCF 的取值与废水处理工艺类型有关，R 与 CH₄ 回收情况有关。对于“厌氧工艺（不回收 CH₄）”情况，

《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》表 5.7 给出的 MCF 推荐取值为 0.8, R 取 0, 计算得 CH_4 排放因子为 $0.48 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOD}$ 。对于“厌氧工艺（回收 CH_4 ）”情况, MCF 推荐取值为 0.8, R 取实际测定的 CH_4 回收量, 即 CH_4 排放因子为 $(0.48-R)$; 然而对厨余垃圾处理项目来说, 废水处理是必要但非主要环节, 可能外运处理, 若无 CH_4 回收量数据, 采用推荐值 0.004 [根据蔡博峰等 (2015) 的研究结果, “厌氧工艺（回收 CH_4 ）”的 CH_4 排放强度在 $0.0008\sim0.003 \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$, 取中间值 $0.0019 \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$, BOD/COD 取《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》推荐值 0.47, 即 $0.0040 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOD}$]。对于“好氧为主工艺”情况, 《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》的 MCF 推荐取值为 0, 这与文献调研的结果不符, 好氧为主工艺以好氧过程为主, 处理过程中的缺氧段、沉降过程、管道间传输等均会导致一定量的 CH_4 排放, 故参考《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版, 2019 修订）增补内容第五卷 6.2.2.2 条表 6.3（更新）中的集中好氧处理设施的参数推荐值, B_0 取推荐值 $0.018 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOD}$, MCF 的范围在 $0.003\sim0.09$, 推荐取值 0.03, 计算得 CH_4 排放因子范围在 $0.000054\sim0.00162 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOD}$, 推荐取值 $0.00054 \text{ kgCH}_4/\text{kgBOD}$ 。若 B_0 、 EF 有实测值, 优先采用实测值按照公式: $EF=B_0\times MCF-R$ 计算排放因子。计算碳排放量时, 优先采用 BOD 值; 若只能获得 COD 值, BOD/COD 推荐取值 0.47（《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》表 5.6 华南地区平均 BOD/COD 推荐值）, 将 COD 折算为 BOD。

参考《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》5.3 条中式（5-10）, 确定废水处理中 N_2O 排放因子的计算公式为: $EF=EF_E\times 44/28$, 其中, EF_E 为废水的 N_2O 排放因子（单位为 $\text{kgN}_2O\text{-N}/\text{kgN}$ ）, 44/28 为转化系数。《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》给出的 EF_E 推荐取值为 $0.005 \text{ kgN}_2O\text{-N}/\text{kgN}$, 与赵丛等 (2019) 研究结果 ($0.010\sim0.015 \text{ kgN}_2O/\text{kgTN}$)、Foley 等 (2010) 研究结果 ($0.006\sim0.253 \text{ kgN}_2O/\text{kgTN}$) 相差较大, 故参考《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版, 2019 修订）第五卷 6.3.1.2 条中表 6.8（新）中集中好氧处理设施的排放因子, 范围在 $0.00016\sim0.045 \text{ kgN}_2O\text{-N}/\text{TN}$, 推荐取值 $0.016 \text{ kgN}_2O\text{-N}/\text{TN}$, 与赵丛等 (2019)、Foley 等 (2010) 研究结果较为符合, 乘以转化系数 (44/28), 计算得排放因子为 $0.0251 \text{ kgN}_2O/\text{TN}$ 。厌氧工艺的 N_2O 排放均可忽略不计。

表 A.4 给出了多种典型废渣处理工艺的 CH_4 、 N_2O 的排放因子, 包括焚烧、堆肥、填埋等, 可供范围一废渣处理过程碳排放计算参考。需要说明的是, 为与《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版, 2019 修订）、《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》表

述一致，表 A. 4 给出的 CH_4 、 N_2O 的排放因子未以二氧化碳当量计，进行碳排放计算时应分别乘以 CH_4 、 N_2O 的全球增温潜势（分别为 27. 2、273）得到以二氧化碳当量计的结果。焚烧排放因子参考《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）第五卷 5. 2 和 5. 4 内容； CH_4 排放因子采用 5. 2. 2. 1 条方法 1 进行计算，排放因子采用 5. 4. 2 中表 5. 3 中连续焚烧—堆料机的 CH_4 排放因子 0. 2 kgCH_4/Gg 废弃物（湿重），即 0. 0002 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ ； N_2O 排放因子采用 5. 2. 3. 1 条方法 1 进行计算，排放因子采用 5. 4. 3 条中表 5. 4 中连续焚烧—堆料机的排放因子 47 $\text{gN}_2\text{O}/\text{t}$ 废弃物，即 0. 0470 $\text{kgN}_2\text{O}/\text{t residue}$ ；由于厨余垃圾中均为生物碳源，按照第 5. 2. 2. 1 条方法 1 进行计算的结果为零，其排放可按正文第 5. 3. 4 条计算。堆肥排放因子参考《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006 版，2019 修订）第五卷 4. 1. 3 条中表 4. 1，计算过程和计算结果同表 A. 2“好氧堆肥”。填埋的 CH_4 排放因子参考《广东省市县（区）温室气体清单编制指南（试行）》5. 2 条中式（5-1），确定 CH_4 排放因子计算公式为 $\text{EF}=(\text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times F \times 16/12 \times 10^3 - R) \times (1 - \text{OX})$ ，其中，MCF 为各管理类型垃圾填埋场的 CH_4 修正因子（单位为 1），DOC 为填埋物的可降解有机碳（单位为 kgC/kg 废弃物）， DOC_f 为可分解的 DOC 比例（单位为 1），F 为垃圾填埋气中的 CH_4 比例（单位为 1），16/12 为 CH_4/C 分子量比率， 10^3 为单位转换系数（将 kg/kg 转为 kg/t ），R 为 CH_4 回收量（单位为 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ ），OX 为氧化因子（单位为 1），MCF 取其表 5. 2 中“管理的：A”类型填埋场对应的推荐值 1，DOC 取其表 5. 3 中“食品垃圾”类型固体废弃物对应的推荐值 15%， DOC_f 取其推荐值 0. 5，F 取其推荐值 0. 5，OX 取其推荐值 0. 1，计算得 $(50 - R) \times 0. 9$ （单位为 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ ）；无甲烷回收时 R 取 0，计算得排放因子为 45 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ ；有甲烷回收时，R 优先选择实际监测记录的甲烷回收量按照给定公式 $(45 - 0. 9R)$ 进行计算；没有实际监测记录的甲烷回收量时， CH_4 排放因子采用推荐值 9 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ [根据李欢等（2011）研究结果，甲烷回收率取 80%，那么 R 为 40 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$ ，计算得 9 $\text{kgCH}_4/\text{t residue}$]。填埋的 N_2O 排放因子可忽略不计。

表 A. 5 给出了两种外购能源——电力和热力的排放因子，可供范围二外购能源碳排放计算参考。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》中南方区域电网数值，该数据会定期更新，如有更新，项目计算时应参考生态环境部发布的最新数据。热力排放因子来源于国家发展改革委发布的《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）》中的推荐值。

表 A. 6 和表 A. 7 分别给出了饱和蒸汽、过热蒸汽的排放因子，参考国家发展改革委发布

的《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）》中式（17），确定蒸汽排放因子计算公式为：蒸汽排放因子=蒸汽热值×热力排放因子=（蒸汽焓值-标准大气压下 20 摄氏度水的焓值）×热力排放因子，其中，标准大气压下 20 摄氏度水的焓值取 83.74 kJ/kg，代入《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）》中表 2.4、表 2.5 给出的蒸汽焓值和热力排放因子计算得蒸汽排放因子。

表 A.8 给出了三种用水类型的排放因子，包括自来水、再生水、河道水，可供范围三外购用水碳排放计算参考。自来水的排放因子数值来源于《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》中自来水的碳足迹数值，再生水和河道水的排放因子可忽略不计。

表 A.9 给出了多种外购药剂的排放因子，包括三氯化铁、氢氧化钠、聚丙烯酰胺（PAM），聚合氯化铝（PAC）、絮凝剂、消毒剂等，可供范围三外购药剂碳排放计算参考，数值来源于 T/CAEPI 49—2022《污水处理厂低碳运行评价技术规范》和国内外学者的相关研究结果。

表 A.10 给出了具有典型碳补偿效应、可替代市场上类似产品的能源或资源化产品的排放因子和替代系数，包括天然气、蒸汽、电力、生物柴油、肥料、饲料、碳源等，可供碳补偿计算参考。天然气排放因子参考 SZDB/Z 69—2018《组织的温室气体排放量化和报告指南》附录 E 表 E.2 中天然气的排放因子。蒸汽排放因子参考表 A.6、表 A.7，其计算过程已在前文详细叙述过，在此不做赘述。生物柴油通过厨余垃圾油脂分离、加工得到，柴油的关键衡量指标为热值，所以生物柴油按替代等发热量的柴油计算，柴油的热值为 42652 kJ/kg，替代系数公式为 $\Phi_{diesel} = q/42652$ ，其中， q 为生物柴油的热值（单位为 kJ/kg），优先根据实际测定的生物柴油热值计算 Φ_{diesel} ；若无实测值， Φ_{diesel} 采用推荐值 0.87[根据倪梓皓（2022）和王全振（2022）的研究结果，生物柴油的热值在 36202~38570 kJ/kg，计算得 Φ_{diesel} 范围在 0.85~0.90，本文件取中间值 0.87]。有机肥料通过好氧堆肥或生物转化（厨余垃圾/残渣养殖黑水虻等腐生昆虫，虫粪砂可制成肥料）得到，肥料的关键营养素是氮含量，所以有机肥料按替代等氮含量的尿素计算，尿素碳排放因子参考陈舜等（2015）的研究结果，替代系数公式为 $\Phi_{fertilizer} = \omega_N / 46.67\%$ ，其中， ω_N 为有机肥料的总氮含量，46.67% 为尿素的总氮含量，优先根据实际测定的有机肥料总氮含量计算 $\Phi_{fertilizer}$ ；若无实测值， $\Phi_{fertilizer}$ 采用推荐值 0.066[ω_N 采用推荐值 3.08%（李欢等，2021），计算得 0.066]。饲料通过生物转化（厨余垃圾/残渣养殖黑水虻等腐生昆虫，虫体富含蛋白质，可作为动物饲料）得到，饲料的关键营养素是蛋白质，所以饲料按替代等蛋白质含量的豆粕饲料计算，根据郭丽平等（2022）、张振华等（2022）的研究结果，豆粕饲料的排放因子在 0.555~0.661 tCO₂/t 豆粕饲料，本

文件取中间值 0.60；所以替代系数公式为 $\Phi_{feed} = \omega_{protein}/42.5\%$ ，其中， $\omega_{protein}$ 为饲料的蛋白质含量，优先根据实际测定的饲料蛋白质含量计算 Φ_{feed} ；若无实测值， Φ_{feed} 采用推荐值 1[周元清（2018）报道的豆粕蛋白质含量约为 42.5%，胡文举（2022）报道的黑水虻虫干蛋白质含量在 42%~48%，毛元坤报道的黑水虻干蛋白质含量为 40.8%，故认为黑水虻虫干蛋白质含量与豆粕饲料相当]。碳源的关键物质是碳含量，所以按替代等 COD 含量的甲醇计算，甲醇的排放因子参考宋宝木等（2015）、Kyung 等（2015）的研究结果；扣除碳源中的氮在处理转化过程中本身需要消耗的一部分碳，那么替代系数计算公式为 $\Phi_{Carbon\ source} = (COD - 5 \times TN) \times 10^{-6} / 1.5$ ，其中， $\Phi_{Carbon\ source}$ 为替代系数（单位为 kg 甲醇/L 碳源，即每升碳源相当于多少千克甲醇），COD 为碳源的实测 COD 值（单位为 mg/L），TN 为碳源的实测 TN 值（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）。

4.10 附录 B

附录 B 给出了厨余垃圾处理项目的碳排放报告模板，明确报告内容应包括项目信息、碳排放计算结果及数据来源、真实性声明等，报告主体应按照报告模板及要求如实填写相关内容，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

图 B.1 给出了报告单位基本信息的填写模板，包含项目名称、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等信息，运营报告主体应按照报告模板及要求如实填写相关内容，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

图 B.1 给出了项目运营情况详细说明确的填写模板，包含工艺流程、污染控制、物质流图、产品性质，运营报告主体应按照报告模板及要求如实填写相关内容，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

图 B.1 给出了碳排放量汇总表的填写模板，包含碳排放总量、范围一排放量、范围二排放量、范围三排放量、碳补偿总量，运营报告主体应按照填写模板如实填写相关内容，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

图 B.1 给出了报告主体范围一排放明细的填写模板，包含化石燃料燃烧、厨余垃圾处理过程、废水处理过程、废渣处理过程等（如有其他源排放，可自行添加），报告主体应按照填写模板如实填写活动数据、排放因子、排放量数值和数据来源，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。范围一排放具体计算过程如下。

(1) 范围一内任一燃料燃烧碳排放可按下式计算, 存在多种燃料使用时, 应分别计算后进行加和。

$$E_{\text{fuel}} = AD_{\text{fuel}} \times E_{\text{fuel}} \quad (4.1)$$

式中: E_{fuel} ——清单年份范围一由化石燃料燃烧引起的碳排放总量, $\text{tCO}_2\text{-eq/y}$;

AD_{fuel} ——清单年份某燃料的总用量, t/y ;

E_{fuel} ——某燃料的排放因子, $\text{tCO}_2\text{-eq/t 燃料}$, 参考附录 A 表 A.1。

(2) 范围一厨余垃圾处理过程的碳排放可按下式计算。

$$E_{\text{treatment}} = AD_{\text{FW}} \times EF_{\text{technique}} \quad (4.2)$$

式中: $E_{\text{treatment}}$ ——清单年份范围一厨余垃圾处理过程产生的碳排放, $\text{tCO}_2\text{-eq/y}$;

AD_{FW} ——清单年份的厨余垃圾处理量, t/y ;

$EF_{\text{technique}}$ ——项目采用的厨余处理工艺的碳排放因子, $\text{tCO}_2\text{-eq/t 厨余垃圾}$, CH_4 和 N_2O 不同, 应分别计算, 参考附录 A 表 A.2。

(3) 范围一废水处理过程的碳排放可按下式计算。

$$E_{\text{sewage}} = AD_{\text{sewage}} \times EF_{\text{operation}} \quad (4.3)$$

式中: E_{sewage} ——清单年份范围一废水处理过程产生的碳排放, $\text{tCO}_2\text{-eq/y}$;

AD_{sewage} ——清单年份的——废水 BOD/TN 处理量, t/y ;

$EF_{\text{operation}}$ ——项目采用的废水处理工艺的碳排放因子, $\text{tCO}_2\text{-eq/t 污染物}$, CH_4 和 N_2O 不同, 应分别计算, 参考附录 A 表 A.3。

对某一厨余垃圾处理项目来说, 可能自行处理废水, 也可能并入市政污水厂处理废水, 或两者兼有, 核算时应考虑废水处理工艺包括的各环节。

(4) 范围一废渣处理过程的碳排放可按下式计算, 存在多种废渣处理方式时, 应分别计算后进行加和。

$$E_{\text{solid}} = AD_{\text{solid}} \times EF_{\text{precess}} \quad (4.4)$$

式中: E_{solid} ——清单年份范围一废渣处理过程产生的碳排放, $\text{tCO}_2\text{-eq/y}$;

AD_{solid} ——清单年份的废渣处理量, t/y ;

EF_{precess} ——项目采用的废渣处理过程的碳排放因子, $\text{tCO}_2\text{-eq/t 废渣}$, CH_4 和 N_2O 不同, 应分别计算, 参考附录 A 表 A.4。

关于废渣处理碳排放, 有以下情况需要说明: ①厨余垃圾的废渣可能包含混入的塑料杂质, 这部分需要分离后处理处置, 但塑料杂质处理处置产生的碳排放取决于前端的分类投放

和分类运输，而与厨余垃圾处理项目无关，因此不计入核算。②存在多种废渣处理方式时，应分别计算后进行加和。

图 B.1 给出了报告主体范围二排放明细的填写模板，包含外购电力和热力，报告主体应按照填写模板如实填写活动数据、排放因子、排放量数值和数据来源，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。范围二排放具体计算过程如下。

(1) 范围二外购电力的碳排放可按下式计算。

$$E_{\text{electricity}} = AD_{\text{electricity}} \times EF_{\text{electricity}} \quad (4.5)$$

式中： $E_{\text{electricity}}$ ——清单年份范围二外购电力的碳排放，tCO₂-eq/y；

$AD_{\text{electricity}}$ ——清单年份的用电量，MWh/y；

$EF_{\text{electricity}}$ ——电网排放因子，tCO₂-eq/MWh，参考附录 A 表 A.5。

(2) 范围二外购热力的碳排放可按如下方法计算。根据厨余垃圾处理项目实际情况，外购热力多为蒸汽，所以给出蒸汽碳排放的计算方法。报告主体根据所用蒸汽的温度、压力从附录 A 表 A.6、表 A.7 中查得排放因子后，可按下式计算外购蒸汽的碳排放。

$$E_{\text{steam}} = AD_{\text{steam}} \times EF_{\text{steam}} \quad (4.6)$$

式中： E_{steam} ——清单年份范围二外购热力的碳排放，tCO₂-eq/y；

AD_{steam} ——清单年份的蒸汽用量，t/年；

EF_{steam} ——蒸汽排放因子，tCO₂-eq/t 蒸汽，参考附录 A 表 A.6、A.7。

图 B.1 给出了报告主体范围三排放明细的填写模板，包含外购的用水、药剂、材料，报告主体应按照填写模板如实填写活动数据、排放因子、排放量数值和数据来源，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

范围三外购材料的碳排放可按下式计算。

$$E_{\text{material}} = AD_{\text{material}} \times EF_{\text{material}} \quad (4.7)$$

式中： E_{material} ——清单年份范围三外购材料的碳排放，tCO₂-eq/y；

AD_{material} ——清单年份某材料的使用量，t/y；

EF_{material} ——某材料的排放因子，tCO₂-eq/t 材料，参考附录 A 表 A.8、表 A.9。

图 B.1 给出了报告主体碳补偿明细的填写模板，包含项目生产的天然气、蒸汽、电力、生物柴油、肥料、饲料、碳源等（如有其他产品，可自行添加），报告主体应按照填写模板如实填写活动数据、排放因子、排放量数值和数据来源，不应有漏报、瞒报、误报等不良行为。

能源或资源化产品的碳补偿可按下式计算，存在多种产品时，应分别计算后进行加和。

$$E_{\text{product}} = - AD_{\text{product}} \times \Phi_{\text{product}} \times EF_{\text{product}} \quad (4.8)$$

式中： E_{product} ——清单年份碳补偿总量， $\text{tCO}_2\text{-eq/y}$ ；

AD_{product} ——清单年份某能源化或资源化产品的产量， t/y ；

Φ_{product} ——某能源化或资源化产品替代市场上相应产品的系数，参考附录 A 表 A.10；

EF_{product} ——某能源化或资源化产品的减排因子， $\text{tCO}_2\text{-eq/t 产品}$ ，参考附录 A 表 A.10。

图 B.1 给出了报告的真实性和声明模板，报告主体应签署并承担相应责任。

5. 标准实施的效益与建议

5.1 主要效益

（1）环境效益

厨余垃圾处理是废弃物资源回收利用体系的重要环节，厨余垃圾处理的碳减排是实现“双碳”目标的重要支撑，《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》的完成将构建包括厨余垃圾处理项目在内的生活垃圾分类管理碳排放核算体系，涵盖深圳全市众多厨余垃圾处理项目和关键共性技术。该标准的编制实施，可以帮助全市和各区的生活垃圾分类主管部门对行业进行监督和管理，核算碳排放情况，量化分析生活垃圾分类管理绩效，回应人民群众关心的生态环境问题，可以为广大运营企业开展技术变革提供科学指引，引导企业采用低碳化技术，实现转型升级，还可以为深圳市各主管单位开展工作提供参考，最终为全市碳中和工作提供支撑。

（2）社会效益

深圳市的垃圾管理一直走在全国前列，深圳地方标准《厨余垃圾处理项目碳排放核算指南》涉及深圳市社会发展的重点领域，这些重点领域也是城市管理行业的重点工作范畴，通过该标准的制定和实施，可以形成具有深圳特色的厨余垃圾资源化利用道路，从而引领我国厨余垃圾处理技术的升级，持续发挥深圳市的先行示范作用。

5.2 实施建议

为确保本文件的顺利实施，切实保障高等级评价指南的切实有效，提出以下建议：

- （1）贯彻落实规范要求，为本文件的实施提供保障；
- （2）强化日常监督监管，定期依照本文件对厨余垃圾处理项目的碳排放进行考核，将

其纳入监管单位等相关人员的绩效考评中；

（3）针对性地开展厨余垃圾处理减排项目的示范工程，形成可借鉴、可推广的减排管理系统模式，发挥厨余垃圾处理行业的减排潜力；

（4）本文件发布实施后，开展系列培训，并根据实施情况对本标准进行完善、修订与补充。