|  |
| --- |
|  |

团体标准

温室气体 企业碳足迹量化方法与要求

污水处理厂

（征求意见稿）

Greenhouse gases Carbon footprint of enterprise Requirements and guidelines for quantification Wastewater treatment plants

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

江苏省标准化协会

T/JSAS-T002-2025

|  |  |
| --- | --- |
| IICS号 |  |
| 中国标准文献分类号 |  |

发布

目 录

[前言 II](#_Toc8543)

[1 适用范围 1](#_Toc28832)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc24065)

[3 术语和定义 2](#_Toc29285)

[4 运行过程碳排放核算方法 5](#_Toc5584)

[4.1 污水收集碳排放核算方法 5](#_Toc26423)

[4.2 污水处理碳排放核算方法 7](#_Toc26560)

[4.3 污泥处置碳排放核算方法 10](#_Toc20700)

[4.4 间接碳排放核算方法 12](#_Toc14994)

[4.5 碳排放总和 14](#_Toc7874)

[5 建设拆除碳排放 14](#_Toc7398)

[5.1 规划建设碳排放 14](#_Toc13903)

[5.2 拆除碳排放 16](#_Toc13002)

[附 录 A 18](#_Toc5799)

[附 录 B 排放因子 20](#_Toc1238)

[参 考 文 献 25](#_Toc15333)

1. 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。

本文件由江苏省标准化协会组织制定。

本文件起草单位：江苏省环境科学研究院

本文件主要起草人

温室气体 企业碳足迹量化方法与要求 污水处理厂

* 1. 适用范围

本文件规定了集中式污水处理设施与上游污水收集单元和下游污泥处理处置的建设、运行、拆除过程中的直接碳排放当量和间接碳排放当量的核算方法。

本文件适用于污水处理系统碳排放当量的核算。

* 1. 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 4282 农用污泥污染物控制标准

GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法

GB 23486 城镇污水处理厂 园林绿化用泥质

GB 24600 城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB 50014 室外排水设计标准

GB 50015 建筑给水排水设计标准

CJJ 68 城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程

CJ/T 307 城镇排水设施气体的检测方法

HJ 38 固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法

HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定

HJ 494 水质采样技术指导

HJ 495 水质 采样方案设计技术指导

HJ/T 199 水质 总氮的测定 气相分子吸收光谱法

HJ/T 399 水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法

DB 61/T 1571 城镇污水处理厂污泥处理处置技术规范

HJ-BAT-002 城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行技术指南（试行）

IPCC 2006年国家温室气体清单标准（2019修订版）

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

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：本文件涉及的温室气体包含二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）和氧化亚氮（N2O）。

[GB/T 32151.9-2023，3.1，有修改]

碳排放 carbon emission

在特定时段内向大气中释放温室气体的过程。

[来源：GB/T 32151.9-2023，3.2]

化石源CO2 fossil carbon dioxide

不可溯源至近期内植物光合作用所产生的有机物。

[来源：城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南，2.2.2，有修改]

直接碳排放当量 direct carbon emission

污水处理及污泥处理处置过程中产生的化石源CO2、CH4和N2O碳排放当量之和。

[来源：T/CAEPI 49-2022，3.3，有修改]

间接碳排放当量 indirect carbon emission

污水处理及污泥处理处置过程消耗的外购电力、热力和化学药剂对应的碳排放当量之和

[来源：T/CAEPI 49-2022，3.4，有修改]

污水处理系统 wastewater treatment system

收集、处理污水和剩余污泥处理处置的设施，包括污水收集单元、污水处理单元和污泥处理处置单元。

[来源：GB50014-2021，2.0.3，有修改]

生活污水domestic sewage

生活污水是指居民在日常生活中产生的废水，主要来源于居住建筑和公共建筑，如住宅、机关、学校、医院、商店、公共场所及工业企业卫生间等‌。

[来源：GB50014-2021，4.1.14，有修改]

工业废水industrial wastewater

在工业生产过程中产生的废水、污水和废液。

[来源：GB50014-2021，4.1.16，有修改]

污水收集单元 sewage collection unit

用于收集和输送污水的设施，包括污水管道、化粪池、泵站等。

[来源：GB50014-2021，2.0.4，有修改]

污水处理厂 wastewater treatment plant

采用物理、化学、生物等方法对污水、污泥进行净化、处理的场所。

[来源：GB50334-2017，2.0.1]

**集中式污水处理设施centralized sewage treatment facility**

将生活污水或工业废水通过污水收集单元集中到一个特定场所进行处理的设施。

[来源：DB50/ 848-2021，3.2，有修改]

剩余污泥excess sludge

在污水处理过程中，通过物理、化学和生物方法去除污水中的污染物后，所产生的固态或半固态物质，不包括栅渣、浮渣和沉砂池砂砾。

[来源：HJ 578-2010，6.10，有修改]

污泥处理 sludge treatment

对污泥进行稳定化、减量化和无害化处理的过程，包括浓缩（调理）、脱水、厌氧消化、好氧消化石灰稳定、堆肥、干化等。

[来源：GB/T 23484-2009，2.4，有修改]

污泥处置 sludge disposal

污泥处理后的消纳过程，包括土地利用、填埋、建筑材料利用和焚烧等。

[来源：GB/T 23484-2009，2.5，有修改]

土地利用 land application

将处理后的污泥作为肥料或土壤改良的材料，用于园林绿化、土地改良或农业等场合的处置方式。

[来源：GB/T 23484-2009，2.6]

焚烧 incineration

通过高温氧化污泥中的有机物，使污泥成为少量灰烬的处置方式。

[来源：GB/T 23484-2009，2.9]

建材利用 building material utilization

将污泥作为制作建筑材料部分原料的处置方式。

[来源：GB/T 23484-2009，2.8]

* 1. 运行过程直接碳排放核算方法
     1. 运行过程直接碳排放核算方法
     2. 污水收集单元碳排放核算方法

污水收集单元碳排放核算方法由排放因子法和化学平衡法组成。排放因子法适用于区域污水收集单元的直接碳排放核算，化学平衡法适用于单个管道、化粪池和泵站等污水收集设施的直接碳排放核算。

4.1.1 排放因子法

4.1.1.1 CO2核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元CO2排放量，kg； |
|  | —— | 核算期内区域生活污水接管COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元生活污水排水总量，m3； |
|  | —— | 核算期内区域工业废水接管COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元工业废水排水总量，m3； |
|  | —— | 核算期内管道末端集中式污水处理设施进水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内管道末端集中式污水处理设施处理水量，m3； |
|  | —— | 区域污水收集单元CO2的排放因子，kg CO2/kgCOD，取值见表1。 |

4.1.1.2 CH4核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元CH4排放量，kg； |
|  | —— | 核算期内区域生活污水接管COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元生活污水排水总量，m3； |
|  | —— | 核算期内区域工业废水接管COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内区域污水收集单元工业废水排水总量，m3； |
|  | —— | 核算期内管道末端集中式污水处理设施进水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内管道末端集中式污水处理设施处理水量，m3； |
|  | —— | 区域污水收集单元CH4的排放因子，kg CH4/kgCOD，取值见表1。 |

表1 区域污水收集单元排放因子

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 平均流速  m/s | kg CO2/kgCOD | kg CH4/kgCOD |
| <0.1 | 0.25 | 0.12 |
| ≥0.1，<0.2 | 0.28 | 0.13 |
| ≥0.2，<0.4 | 0.33 | 0.15 |
| ≥0.4，<0.6 | 0.34 | 0.18 |
| ≥0.6 | 0.38 | 0.22 |

4.1.2 化学平衡法

4.1.2.1 CO2核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内化学平衡法计算单个管道、化粪池和泵站CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站输送污水水量，m3； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站进水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站出水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 单个管道、化粪池和泵站水力停留时间，d； |
|  | —— | 核算期内混合液挥发性悬浮固体平均浓度，mg/L； |
| *T* | —— | 核算期内污水平均水温，℃。 |

4.1.2.2 CH4核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内化学平衡法单个管道、化粪池和泵站CH4产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站输送污水水量，m3； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站进水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内单个管道、化粪池和泵站出水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 单个管道、化粪池和泵站水力停留时间，d； |
|  | —— | 核算期内混合液挥发性悬浮固体平均浓度，mg/L； |
| *T* | —— | 核算期内污水平均水温，℃。 |

* + 1. 污水处理单元碳排放核算方法

污水处理单元碳排放核算方法采用排放因子法，适用于计算使用A2/O、A/O、氧化沟和SBR工艺的污水处理单元的直接碳排放当量。新型水处理工艺（如好氧颗粒污泥、厌氧氨氧化和化能自养反硝化工艺）可参考附录A方法进行碳排放强度实测定量。在数据充足的情况下，可参考附录C的化学平衡法计算污水处理单元的直接碳排放当量。

4.2.1 CO2排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污水处理厂CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂进水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂出水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内剩余污泥产量，kg； |
|  | —— | 常见水处理工艺的CO2的排放因子，kg CO2/kg COD，取值见表2。 |

4.2.2 CH4排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污水处理厂CH4产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂进水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂出水COD平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 外回流倍数，默认取值0.5； |
|  | —— | 核算期内剩余污泥产量，kg； |
|  | —— | 常见水处理工艺的CH4的排放因子，kg CH4/kgCOD，取值见表2。 |
|  | —— | 评价年内污水处理厂厌氧产CH4回收的量，kg。 |

4.2.3 N2O排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污水处理厂N2O产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3/a； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂进水TN平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内污水处理厂出水TN平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内剩余污泥产量，kg； |
|  | —— | 常见水处理工艺的N2O的排放因子，kg N2O-N/kgN，取值见表2。 |

4.2.4 常见水处理工艺排放因子

表2 常见水处理工艺排放因子

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工艺类型 | kg CO2/kg COD | kg CH4/kg COD | kg N2O/kg TN |
| A2/O工艺 | 0.45 | 0.11 | 0.056 |
| A/O工艺 | 0.60 | 0.29 | 0.056 |
| 氧化沟 | 0.51 | 0.12 | 0.067 |
| SBR | 0.41 | 0.24 | 0.071 |

* + 1. 污泥处置碳排放核算方法

根据污泥处理处置相关政策要求和江苏省内污泥处理处置工艺的调研结果，污泥处理核算方法主要针对厌氧消化、好氧堆肥，污泥处置核算方法主要针对焚烧、建材利用和土地利用。

4.3.1 厌氧消化

4.3.1.1 化石源CO2排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污泥厌氧消化CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，污泥有机质含量可参照《固体废物 有机质的测定 灼烧减量法》（HJ761-2015）进行测定，省内推荐值为50%； |
|  | —— | 污泥厌氧消化时有机质的去除率，30%； |
|  | —— | 二氧化碳的相对分子质量，44； |
|  | —— | 污泥有机质的相对分子质量，以C5H7O2N计为113； |

4.3.1.2 CH4泄露排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污泥厌氧消化CH4泄露导致的无组织排放，kg； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，污泥有机质含量可参照《固体废物 有机质的测定 灼烧减量法》（HJ761-2015）进行测定，省内推荐值为50%； |
| *P* | —— | 厌氧发酵装置的CH4泄漏率，参照IPCC推荐值取1~10%。 |

4.3.1.3 CH4燃烧后生成的化石源CO2排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内沼气利用后CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，省内推荐值为50%； |
|  | —— | 污泥厌氧消化时有机质的去除率，30%； |
|  | —— | 甲烷的相对分子质量，16； |
|  | —— | 二氧化碳的相对分子质量，44； |
|  | —— | 污泥有机质的相对分子质量，以C5H7O2N计为113； |

4.3.2 好氧堆肥

当污泥处理方式为好氧堆肥时，纳入直接碳排放量计算的温室气体为CO2，可按下列公式核算。

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污泥好氧堆肥CO2产排量，kg/a； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，污泥有机质含量可参照《固体废物 有机质的测定 灼烧减量法》（HJ761-2015）进行测定，省内推荐值为50%； |
|  | —— | 污泥好氧堆肥时有机质的去除率，30%； |
|  | —— | 二氧化碳的相对分子质量，44； |
|  | —— | 污泥有机质主要成分的相对分子质量，以C5H7O2N计为113； |

4.3.3 污泥焚烧、建材利用

当污泥处置方式为焚烧和建材利用时，纳入直接碳排放量计算的温室气体为CO2，可按下列公式核算。

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污泥焚烧或建材利用CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，省内推荐值为50%； |
|  | —— | 二氧化碳的相对分子质量，44； |
|  | —— | 污泥有机质的相对分子质量，以C5H7O2N计为113； |

4.3.4 土地利用

当污泥处置方式土地利用时，纳入直接碳排放量计算的温室气体为CO2，直接碳排放可按下列公式核算。

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内污泥土地利用CO2产排量，kg/a； |
|  | —— | 核算期内干污泥固体量，kg； |
|  | —— | 污泥有机质含量，%，省内推荐值为50%； |
|  | —— | 污泥土地利用时有机质的吸收率，30%； |
|  | —— | 二氧化碳的相对分子质量，44； |
|  | —— | 污泥有机质的相对分子质量，以C5H7O2N计为113； |

* 1. 运行过程间接碳排放核算方法

间接碳排放包括电力消耗和化学药剂消耗对应的CO2碳排放量，具体计算方法如下。

* + 1. 电耗碳排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内电耗碳排放当量，CO2e kg/a； |
|  | —— | 核算期内用电量kw·h/a； |
|  | —— | 电耗排放因子，CO2e kg/kw·h，江苏省取值0.695 kg CO2e/kw·h。 |

* + 1. 药剂碳排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内药剂使用碳排放当量，CO2e kg/a； |
|  | —— | 核算期内药剂用量，kg/a； |
|  | —— | 药耗排放因子，CO2e kg/kg，取值见表3。 |

表3 污水处理常用药剂排放因子 单位：kg CO2e/kg

|  |  |
| --- | --- |
| 化学药剂类别 | 排放因子 |
| 乙酸钠（白色粉末，≥99%） | 2.9 |
| 葡萄糖（白色粉末，≥99%） | 1.4 |
| 碱度 | 1.74 |
| 石灰 | 0.68 |
| 氢氧化钠（50%inH2O） | 1.12 |
| 聚合氯化铝（PAC） | 1.62 |
| 聚丙烯酰胺（PAM） | 1.5 |
| 六水三氯化铁 | 2.71 |
| 其他絮凝剂 | 2.5 |
| 液氯 | 2 |
| 臭氧（液） | 8.01 |
| 次氯酸钠（15% in H2O） | 0.92 |
| 双氧水（50% in H2O） | 1.14 |
| 其他消毒剂 | 1.4 |
| 其他药剂 | 1.6 |

* + 1. 碳排放总和

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 污水处理系统核算期内碳排放当量总和，kg CO2e； |
|  | —— | 化石源CO2占比，%；生活污水取值可参考0.28，机加工废水为0.83，电子行业废水为0.77，医药行业废水为0.45； |
|  | —— | 污水收集单元核算期内直接碳排放当量，kg CO2e； |
|  | —— | 污水处理单元核算期内直接碳排放当量，kg CO2e； |
|  | —— | 污泥处理处置单元核算期内碳排放当量，kg CO2e； |

全球变暖潜势（Global warming potential，GWP）取值以IPCC2018文件100年评估时间数据为准：CO2为1，CH4为28，N2O为265。

* 1. 建设拆除过程碳排放
     1. 建设过程碳排放

建设碳排放量包括：(1)施工过程中器械工作燃烧化石燃料产生的直接碳排放量；(2)施工过程消耗电能产生的间接碳排放量；(3)规划建设消耗建筑材料产生的间接碳排放量；(4)运输各类材料产生的间接碳排放量。

5.1.1化石燃料直接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 化石燃料碳排放量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 消耗的第i种化石燃料总量，kg或m3; |
|  | —— | 第i种化石燃料排放因子，kg CO2-eq/kg或kg CO2-eq/m3，见附录B.1; |
|  | —— | 总计使用n种化石燃料 |

5.1.2电力消耗间接排放

施工周期内因消耗电能导致的碳排放，核算方法为消耗的总电量乘以该地区电力排放因子，计算如下：

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 消耗电力产生的碳排放量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 总耗电量, kWh; |
|  | —— | 该地区电力排放因子，kg CO2-eq/kWh, 见附录B.2. |

5.1.3材料消耗间接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 消耗材料产生的碳排放量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 第i种材料使用量，t或m3; |
|  | —— | 第i种材料的排放因子, 或 见附录B.3; |
|  | —— | 总计使用n种材料 |

5.1.4运输过程间接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 材料运输环节所产生的碳排放量，kg CO2—eq； |
|  | —— | 第i次运输中，使用第j种方式的运输材料总量，t； |
|  | —— | 第i次运输中,使用第j种方式的运输距离, km; |
|  | —— | 第j种运输方式排放因子, 见附录B.4; |
|  | —— | 总计进行n次运输； |
|  | —— | 第i次运输中，总计采用了l种运输方式。 |

* + 1. 拆除过程碳排放

5.2.1化石燃料直接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 化石燃料碳排放量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 消耗的第i种化石燃料总量，kg或m3; |
|  | —— | 第i种化石燃料排放因子，kg CO2-eq/kg或kg CO2-eq/m3，见附录B.1; |
|  | —— | 总计使用n种化石燃料 |

5.2.2电力消耗间接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 消耗购入电力产生的碳排放量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 总耗电量, kWh; |
|  | —— | 该地区电力排放因子，kg CO2-eq/kWh, 见附录B.2. |

5.2.3运输过程间接排放

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 材料运输环节所产生的碳排放量，kg CO2—eq； |
|  | —— | 第i次运输中，使用第j种方式的运输材料总量，t； |
|  | —— | 第i次运输中,使用第j种方式的运输距离, km; |
|  | —— | 第j种运输方式排放因子, 见附录B.4; |
|  | —— | 总计进行n次运输； |
|  | —— | 第i次运输中，总计采用了l种运输方式。 |

5.2.4材料回收碳补偿

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 资产重置与拆除阶段回收材料碳补偿量，kg CO2-eq; |
|  | —— | 第i种材料回收量，kg或m3; |
|  | —— | 第i种材料的排放因子，kg CO2-eq/kg或kg CO2-eq/m3，见附录B.3; |
|  | —— | 共回收n种材料。 |

附 录 A

（资料性）

碳排放检测计量方法

离线分析利用采样工具（静态箱、通量箱），通过铝箔复合膜采样袋收集气体后在实验室进行气相色谱的定量检测。CH4、N2O、CO2的气相色谱检测器分别为离子化火焰检测器（FID）、电子捕获检测器（ECD）和热导检测器（TCD）。离线分析的采样数量，每个样品应保证有3个平行样。

A.1 曝气处理单元碳排放检测计量方法

曝气处理单元的气体采样使用气袋法进行采样，可用于曝气池这类产生气体较多的地方。装置包括浮体、框架以及气袋。测量开始时，气袋为压缩状态，待气体充满气袋后，使用抽气泵进行气体采集。

气袋法计算公式如下：

*F=ρcQ/A*

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 温室气体排放强度，kg/m2 min-1； |
|  | —— | 待测气体的密度，kg/m3 |
|  | —— | 气袋中待测气体组分的浓度，%vol； |
|  | —— | 单位时间内的流量，m3/min； |
|  | —— | 气袋罩住的液面面积，m2； |

A.2 非曝气处理单元碳排放检测计量方法

非曝气处理单元的气体采样使用静态箱进行，主要用于污水处理厂厌氧池、缺氧池及其他非曝气单元的气体排放监测。设备整体主要包括浮体和箱体两部分，可进行离线分析及在线分析。测量时，箱体布设在水面，待稳定后开始采样，使用小型抽气泵（＜2.5L/min）定时定量抽取箱内气体至气袋中。间隔相同时间40-60s，进行1次采样（收集1气袋），共计重复5次。静态箱法计算公式如下：

*F=(V/A)ρ(dc/dt)*

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 温室气体排放强度，kg/m2 min-1； |
| *V* | —— | 静态箱体积，m3； |
| *A* | —— | 静态箱所罩的液面表面积，m2； |
|  | —— | 待测气体的密度，kg/m3 |
|  | —— | 目标气体浓度变化率kg/min。 |

附 录 B 排放因子

附录 B.1 化石燃料排放因子

化石燃料排放因子、碳氧化率 附表 B-1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃料 | 化石燃料的排放因子EF； | | 碳氧化率a； |
| kg CO₂/GJ | kg CO₂/ kg(固、液态燃料) 或kg CO₂/m³(气态燃料) |
| 无烟煤 | 98.08 | 1.97 | 97.3% |
| 一般烟煤 | 93.11 | 1.86 | 97.0% |
| 褐煤 | 98.56 | 2.06 | 96% |
| 洗精煤 | 89.41 | 2.45 | 96% |
| 其他洗煤 | 89.41 | 0.78 | 96% |
| 煤制品 | 110.88 | 1.17 | 90% |
| 焦炭 | 100.25 | 2.85 | 93% |
| 焦炉煤气 | 49.37 | 0.00089 | 99% |
| 其他煤气 | 44.29 | 0.00017 | 99% |
| 原油 | 72.23 | 3.02 | 98% |
| 燃料油 | 75.82 | 3.17 | 98% |
| 汽油 | 67.91 | 2.92 | 98% |
| 柴油 | 72.59 | 3.10 | 98% |
| 喷气煤油 | 70.07 | 3.03 | 98% |
| 一般煤油 | 70.43 | 3.03 | 98% |
| 液化石油气 | 61.81 | 3.10 | 98% |
| 炼厂干气 | 65.40 | 3.04 | 98% |
| 石脑油 | 71.87 | 3.26 | 98% |
| 石油焦 | 98.82 | 4.14 | 98% |
| 其他油品 | 71.87 | 3.26 | 98% |
| 天然气 | 55.54 | 0.0022 | 99% |

注：1.无烟煤、一般烟煤的数据来源于《中国温室气体清单研究》《省级温室气体清单编制指南(试行)》；

2.洗精煤、其他洗煤和其他煤气的数据来源于《中国能源统计年鉴2011》，石油焦和其他油品的数据来源于《万家企业能源利用状况》。

附录B.2 中国地区电力排放因子

中国地区电力排放因子 附表 B-2

|  |  |
| --- | --- |
| 区域 | 排放因子(kg CO₂-eq/kWh) |
| 华北区域电网 | 0.9419 |
| 东北区域电网 | 1.0826 |
| 华东区域电网 | 0.7921 |
| 华中区域电网 | 0.8587 |
| 西北区域电网 | 0.8922 |
| 南方区域电网 | 0.8042 |

附录 B.3 常见建筑材料排放因子

常见建筑材料排放因子 附表 B-3

|  |  |
| --- | --- |
| 材料 | 碳排放因子 |
| 卵石 | 11.29kg CO₂/m³ |
| 种植土 | 0.024kg CO₂/t |
| 黏质土 | 2.69kg CO₂/t |
| 砂质土 | 2.51kg CO₂/t |
| 砾石 | 6.05kg CO₂/t |
| 草本 | 0.024kg CO₂/t |
| 页岩石 | 5.08kg CO₂/t |
| 碎石 | 2.18kg CO₂/t |
| 块石 | 2.18kg CO₂/t |
| 山石 | 2.18kg CO₂/t |
| 级配碎石 | 52.8kg CO₂/m³ |
| 中砂 | 2.51kg CO₂/t |
| 石笼 | 11.36kg CO₂/t |
| 页岩实心砖 |  |
| 无砂混凝土透水砖 |  |
| 砂 | 2.51kg CO₂/ kg |
| 烧结普通砖 |  |
| 植草砖 |  |
| 透水砖 | 2.21kg CO₂/m³ |
| 木桩 | 144.5kg CO₂/m³ |
| 1：2水泥砂浆 | 531.52kg/m³ |
| 1:2.5水泥砂浆 | 158.75kg CO₂/t |
| 1：3水泥砂浆 | 393.65kg CO₂/m³ |
| 1：6水泥砂浆 | 140.16kg CO₂/m³ |
| 水泥 | 735kg CO₂/t |
| C15混凝土 | 186.43kg CO₂/m³ |
| C20混凝土 | 239.19kg CO₂/m³ |
| C25 混凝土 | 289.44kg CO₂/m³ |
| C30混凝土 | 295kg CO₂/m³ |
| 细石混凝土 | 355kg CO₂/m³ |
| 钢筋 | 2340kg CO₂/t |
| 无缝钢管 | 3150kg CO₂/t |
| 玻璃钢 | 2170kg CO₂/t |
| 砌筑砂浆 DM5.0-HR | 228.03kg CO₂/m³ |
| 砌筑砂浆 DM10-HR | 315.39kg CO₂/m³ |
| UPVC穿孔收集管 | 7.93kg/ kg |
| 植物纤维毯 | 144.5kg CO₂/ kg |
| 膨润土防水毯 | 1.46kg CO₂/ kg |
| 高密度聚乙烯土工膜 | 10.28kg CO₂/ kg |
| 复合性防水卷材 | 4.46kg CO₂/ kg |
| SBS卷材 | 2.37kg CO₂/m² |
| 透水土工布 | 10280kg CO₂/t |
| HDPE复合膜 | 2620kg CO₂/t |
| SBS改性沥青防水卷材 | 2.37kg CO₂/m² |
| 聚酯无纺布 | 10.28kg CO₂/ kg |
| PVC排(蓄) 水板 | 1765kg CO₂/t |
| 聚乙烯土工膜 | 2620kg CO₂/t |
| PP 聚丙烯 | 1939kg CO₂/t |

附录 B.4 各类运输方式排放因子

各类运输方式排放因子 附表B-4

|  |  |
| --- | --- |
| 运输方式 | 排放因子[kg CO₂-eq/ (t· km)] |
| 轻型汽油货车运输(载重2t) | 0.334 |
| 中型汽油货车运输(载重8t) | 0.115 |
| 重型汽油货车运输(载10t) | 0.104 |
| 重型汽油货车运输(载重18t) | 0.104 |
| 轻型柴油货车运输(载重2t) | 0.286 |
| 中型柴油货车运输(载重8t) | 0.179 |
| 重型柴油货车运输(载重10t) | 0.162 |
| 重型柴油货车运输(载重18t) | 0.129 |
| 重型柴油货车运输(载重30t) | 0.078 |
| 重型柴油货车运输(载重46t) | 0.057 |
| 电力机车运输 | 0.010 |
| 内燃机车运输 | 0.011 |
| 铁路运输(中国市场平均) | 0.010 |
| 液货船运输(载重2000t) | 0.019 |
| 干散货船运输(载重2500t) | 0.015 |
| 集装箱船运输(载重200TEU) | 0.012 |

附录C 污水处理单元直接碳排放计算化学平衡法

适用于在数据充足的情况下，对A2/O、A/O、SBR、氧化沟、巴颠甫等常见工艺的污水处理厂碳排放详细核算。各构筑物分为厌氧（溶解氧浓度＜0.2mg/L）、缺氧（溶解氧浓度0.2~0.5mg/L）和好氧（溶解氧浓度≥2mg/L）三种情况进行单独核算，再求和计算碳排放量。

4.2.3.1 厌氧段碳排放核算

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内厌氧工艺CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内厌氧工艺CH4产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3； |
|  | —— | 核算期内厌氧工艺进水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内厌氧工艺出水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 厌氧工艺水力停留时间，d； |
|  | —— | 混合液挥发性悬浮固体平均浓度，mg/L； |
| *T* | —— | 核算期内污水平均水温，℃。 |

4.2.3.2 缺氧段碳排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内缺氧工艺CO2产生量，kg； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3； |
|  | —— | 核算期内缺氧工艺进水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内缺氧工艺出水TOC平均浓度，mg/L。 |

4.2.3.3 好氧段碳排放核算方法

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 核算期内缺氧工艺CO2产生量，kg； |
|  | —— | MLVSS与MLSS浓度的比值； |
|  | —— | 污泥产率系数，kg MLSS/kg BOD5，通常取值0.6； |
|  | —— | 核算期内污水处理量，m3； |
|  | —— | 核算期内好氧工艺进水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 核算期内好氧工艺出水TOC平均浓度，mg/L； |
|  | —— | 好氧阶段水力停留时间，d； |
|  | —— | 混合液挥发性悬浮固体平均浓度，mg/L； |
| *T* | —— | 核算期内污水平均水温，℃。 |

4.2.3.4 化学平衡法碳排放总和

式中

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 化学平衡法计算CO2产生量，kg； |
|  | —— | 化学平衡法计算CH4产生量，kg； |

参 考 文 献

1. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[M]. Hayama, Japan: The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.
2. IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[M]. Hayama, Japan: The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2019.
3. 中国环境保护产业协会. T/CAEPI49 污水处理厂低碳运行评价技术规范.
4. 中国城镇供水排水协会. 城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
5. 国家生态环境部. 城镇污水处理厂污染物去除协同控制温室气体核算技术指南.
6. 中国建筑节能协会. T CABEE 040-2022 城镇污水处理和污泥处理处置工程碳排放计算标准
7. 中国城镇供水排水协会. T CUWA 50055-2023 城镇污水处理厂碳减排评估标准.
8. T/CABEE 040 城镇污水处理和污泥处理处置工程碳排放计算标准
9. T/CAEPI 49 污水处理厂低碳运行评价技术规范
10. T/CUWA 50051 城镇排水系统通沟污泥处理处置技术规程
11. T/LCAA 0007 气体中甲烷、氧化亚氮和二氧化碳浓度测定——气相色谱法