ICS 13.030.10
CCS W06

DB33

长 江 三 角 洲 区 域 地 方 标 准

DB 31/T 310XXX—XXXX
DB 32/T 310XXX—XXXX
DB 33/T 310XXX—XXXX
DB 34/T 310XXX—XXXX

废水碳源综合利用管理与技术指南 第3部分：碳减排和经济效益核算方法

Guidelines for management and technology of comprehensive utilization wastewater as carbon sources
Part 3: Methods of accounting for carbon reduction and economic benefits

（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。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

上 海 市 市 场 监 督 管 理 局
江 苏 省 市 场 监 督 管 理 局
浙 江 省 市 场 监 督 管 理 局
安 徽 省 市 场 监 督 管 理 局

目　　次

前言 II
1　范围 3
2　规范性引用文件 3
3　术语和定义 3
4　核算原则 4
5　核算边界、范围与工作流程 4
6　核算方法 5
7　数据要求 12
附录 A（资料性）　废水碳源综合利用碳排放的核算边界 13
附录 B（资料性）　活动数据和排放因子 14

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。

本文件是《废水碳源综合利用管理与技术指南》的第3部分。本文件包括以下部分：

——第1部分：管理要求；

——第2部分：评估技术导则；

——第3部分：碳减排和经济效益核算方法。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省生态环境厅、上海市生态环境局、江苏省生态环境厅、安徽省生态环境厅联合提出并组织实施。

本文件由浙江省环境保护标准化技术委员会、上海市生态环境保护标准化技术委员、江苏省环境管理标准化技术委员会、安徽省生态环境保护标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：浙江省生态环境科学设计研究院、上海市环境科学研究院、江苏省环境科学研究院、安徽省生态环境科学研究院、中国环境科学研究院、安徽农业大学、嘉兴市生态环境局嘉善分局、浙江大学。

本文件主要起草人：

废水碳源综合利用管理与技术指南
第 3 部分：碳减排和经济效益核算方法

1 范围

本文件规定了废水碳源综合利用效益的核算原则、边界、范围、工作流程、核算方法及数据要求。

本文件适用于指导和规范废水作为碳源综合利用的碳减排和经济效益核算。

本文件不适用于含放射性物质的废水。

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 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.27 温室气体排放核算与报告要求 第27部分：陆上交通运输企业

HJ 102 水质总氮自动监测仪技术要求及检测方法

HJ 377 化学需氧量（COD_{Cr}）水质在线自动监测仪技术要求及检测方法

HJ/T 399 水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法

HJ 636 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法

HJ 667 水质 总氮的测定 连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法

HJ 668 水质 总氮的测定 流动注射-盐酸萘乙二胺分光光度法

HJ 828 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法

DB 31/ 310**.1 废水碳源综合利用管理与技术指南 第1部分：管理要求

DB 32/ 310**.1 废水碳源综合利用管理与技术指南 第1部分：管理要求

DB 33/ 310**.1 废水碳源综合利用管理与技术指南 第1部分：管理要求

DB 34/ 310**.1 废水碳源综合利用管理与技术指南 第1部分：管理要求

3 术语和定义

DB31/ 310***、DB32/ 310***、DB33/ 310***、DB34/ 310***、GB/T 32150界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳排放 carbon emissions

在特定阶段向大气中释放温室气体的过程。

注：本文件涉及的温室气体包括甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）和二氧化碳（CO_2）。

[来源：GB/T 47704—2026，3.2]

3.2

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO_2e

在辐射强度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温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150—2025，3.16]

3.3

活动数据 activity data；AD

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—2025，3.12，有修改]

3.4

排放因子 emission factors

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—2025，3.13]

3.5

污水集中处理设施 centralized wastewater treatment facilities

为两家及以上排污单位提供污水处理服务的污水处理设施，包括各种规模和类型的城镇污水集中处理设施、工业集聚区（经济技术开发区、高新技术产业开发区、出口加工区等各类工业园区）污水集中处理设施，以及其他由两家及以上排污单位共用的污水处理设施等。

[来源：GB 4287—2026，3.12]

4 核算原则

4.1 核算原则

4.1.1 整体性

实施废水碳源综合利用的工业企业（一个或多个）与下游污水集中处理设施应视作一个整体。

4.1.2 一致性

对废水碳源综合利用实施前后的碳排放、经济成本的核算应采用统一的核算边界和核算方法，以保证核算结果的准确性。

4.1.3 针对性

识别比筛选废水碳源综合利用实施前后工业企业、污水集中处理设施主要变化的温室气体排放源和经济指标，对其开展碳排放、经济效益核算。若无变化的，可不开展核算。

5 核算边界、范围与工作流程

5.1 核算边界

5.1.1 空间边界

将实施废水碳源综合利用的工业企业和污水集中处理设施中作为核算边界。暂不考虑工业企业污水依托管网向污水集中处理设施输送过程中因有机物降解等产生的碳排放。

5.1.2 时间边界

核算工业企业、污水集中处理设施运行阶段中实施废水碳源综合利用前和后的碳排放、经济成本。核算期应在实施废水碳源综合利用后工业企业、污水集中处理设施稳定运行下开展，以月、季度、半年和年为核算时间周期。

5.2 核算范围

以工业企业和污水集中处理设施的污水和污泥处理系统为主要核算范围，兼顾废水碳源利用输送过程，参见附录A。

5.3 工作流程

废水碳源综合利用工作流程主要包括：核算边界和核算范围的确定；开展核算工作，包括收集数据、碳排放核算、碳减排效益核算、经济效益核算等工作。

6 核算方法

6.1 碳减排效益

6.1.1 碳排放总量

污水和污泥处理系统碳排放总量按式（1）计算：

$$E = E_{燃烧} + E_{污水} + E_{污泥} + E_{购入电} + E_{购入热} + E_{药剂} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

E——污水污泥处理系统温室气体排放总量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；

$E_{燃烧}$——化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，以吨二氧化碳（tCO_2）计；

$E_{污水}$——污水处理过程的温室气体排放量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；

$E_{污泥}$——污泥处理过程的温室气体排放量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；

$E_{购入电}$——核算期内购入电力产生的二氧化碳排放量，以吨二氧化碳（tCO_2）计；

$E_{购入热}$——核算期内购入热力消耗所产生的二氧化碳排放量，以吨二氧化碳（tCO_2）计；

$E_{药剂}$——污水和污泥处理过程药剂使用相关的二氧化碳排放量，以吨二氧化碳（tCO_2）计。

6.1.2 污水和污泥处理的碳排放

6.1.2.1 污水处理的碳排放

污水处理过程直接排放量包括污水处理各环节直接排放的温室气体，其排放总量、甲烷（CH_4）排放量和氧化亚氮（N_2O）排放量，分别按公式（2）（3）和（4）计算。

a) 污水处理过程直接排放的碳总量

$$E_{污水} = E_{CH_4-污水} \times GWP_{CH_4} + E_{N_2O-污水} \times GWP_{N_2O} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

$E_{污水}$——污水处理温室气体排放，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；

$E_{CH_4-污水}$——污水处理过程甲烷排放总量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$E_{N_2O-污水}$——污水处理过程氧化亚氮排放总量，以吨氧化亚氮（tN_2O）计；

GWP_{CH_4}——甲烷全球变暖潜势值；根据《IPCC第六次评估报告》，取值为27；

GWP_{N_2O}——氧化亚氮全球变暖潜势值，根据《IPCC第六次评估报告》，取值为273。

b） 污水处理过程中甲烷排放量

$$E_{CH_4-污水} = Q \times \left(COD_{进水} - COD_{出水}\right) \times EF_{CH_4-污水} \times 10^{-2} \cdots\cdots (2)$$

式中：

$E_{CH_4-污水}$——污水处理过程甲烷排放总量，以吨甲烷（tCH_4）计；

Q——核算期内的污水处理总量，以万立方米（10^4m^3）计；

$COD_{进水}$——核算期平均进水化学需氧量浓度，以毫克COD每升水（mg/L）计；

$COD_{出水}$——核算期平均出水化学需氧量浓度，以毫克COD每升水（mg/L）计；

$EF_{CH_4-污水}$——污水处理过程甲烷排放因子，以千克甲烷每千克COD去除（$kgCH_4/kgCOD_{Re}$）计，可采用表B.1的推荐值。

c） 污水处理过程中氧化亚氮排放量

$$E_{N_2O-污水} = Q \times \left(TN_{进水} - TN_{出水}\right) \times EF_{N_2O-污水} \times 10^{-2} \times \frac{44}{28} \cdots\cdots (3)$$

式中：

$E_{N_2O-污水}$——污水处理过程氧化亚氮排放总量，单位为吨氧化亚氮（tN_2O）；

Q——核算期内的污水处理总量，以万立方米（10^4m^3）计；

$TN_{进水}$——核算期平均进水总氮平均浓度，以毫克氮每升（mg/L）计；

$TN_{出水}$——核算期平均出水总氮平均浓度，以毫克氮每升（mg/L）计；

$EF_{N_2O-污水}$——污水处理过程N_2O排放因子，以千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除（kgN_2O-N/kg TN_{Re}）计；可采用表B.1的推荐值。

$\frac{44}{28}$——氧化亚氮和总氮测试值的分子质量比。

6.1.2.2 污泥处理的碳排放

污泥处理过程直接排放量包括污泥处理各环节直接排放的温室气体，其排放总量、甲烷（CH_4）排放量和氧化亚氮（N_2O）排放量，分别按公式（5）、（6）、（7）和（8）计算。

a） 污泥处理过程直接排放的碳总量

$$E_{污泥} = E_{CH_4-污泥} \times GWP_{CH_4} + E_{N_2O-污泥} \times GWP_{N_2O} \cdots\cdots (1)$$

式中：

$E_{污泥}$——核算期内污泥处理过程温室气体排放，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；

$E_{CH_4-污泥}$——污泥处理过程甲烷排放总量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$E_{N_2O-污泥}$——污泥处理过程氧化亚氮排放总量，以吨氧化亚氮（tN_2O）计。

b） 污泥厌氧消化过程甲烷管路逸散量

$$E_{CH_4-污泥厌氧} = V_{沼气} \times F_{甲烷} \times L \times \rho \times 0.001 \cdots\cdots (2)$$

式中：

$E_{CH_4-污泥厌氧}$——核算期内污泥厌氧消化过程甲烷排放总量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$V_{沼气}$——核算期内沼气总产量，以立方米（m^3）计；

$F_{甲烷}$——沼气中甲烷所占比例，以百分比（%）计；

L——沼气泄漏比例，以百分比（%）计，比例通常为1～10%，缺省值取5%；

ρ——甲烷密度，标准状态下（压强101.325kPa，温度0°C）甲烷的密度为0.717kg/m³。

c） 污泥焚烧碳排量

$$E_{CH_4-\text{污泥焚烧}} = \left(M_{\text{污泥}} \times EF_{CH_4-\text{污泥焚烧}}\right) \times 10^{-3} \cdots\cdots (3)$$

$$E_{N_2O-\text{污泥焚烧}} = \left(M_{\text{污泥}} \times EF_{N_2O-\text{污泥焚烧}}\right) \times 10^{-3} \cdots\cdots (4)$$

式中：

$E_{CH_4-\text{污泥焚烧}}$——核算期内污泥焚烧过程甲烷排放总量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$E_{N_2O-\text{污泥焚烧}}$——核算期内污泥焚烧过程氧化亚氮排放总量，以吨氧化亚氮（tN_2O）计；

$M_{\text{污泥}}$——绝干污泥重量，以吨干重（tDS）计；

$EF_{CH_4-\text{污泥焚烧}}$——污泥焚烧过程甲烷排放因子，以千克甲烷每吨干污泥（$kgCH_4/tDS$）计，可采用表B.2的推荐值；

$EF_{N_2O-\text{污泥焚烧}}$——污泥焚烧过程氧化亚氮排放因子，以千克氧化亚氮每吨干污泥（kgN_2O/tDS）计，可采用表B.2的推荐值。

注：污泥不在污水集中处理设施内焚烧，可不计算。

6.1.2.3 污水和污泥处理的沼气甲烷回收利用

污水和污泥处理过程中对厌氧产生的沼气进行回收利用的，其所减少的碳排放量，按公式（9）-（11）计算：

注：若未有甲烷回收利用过程，$R_{CH_4-\text{回收}}$取值为0。

$$R_{CH_4-\text{回收}} = R_{CH_4-\text{使用}} - E_{CH_4-\text{火炬}} \cdots\cdots (1)$$

$$R_{CH_4-\text{使用}} = Q_{\text{使用}} \times \varphi_{CH_4-\text{使用}} \times \rho \cdots\cdots (2)$$

$$E_{CH_4-\text{火炬}} = Q_{\text{火炬}} \times \varphi_{CH_4-\text{火炬}} \times （1 - OF_{\text{火炬}}） \times \rho - （Q_{\text{火炬}} \times \varphi_{CH_4-\text{火炬}} \times OF_{\text{火炬}} \times 1.977 \times FY_{CH_4-CO_2}）/GWP_{CH_4} \quad (3)$$

式中：

$R_{CH_4-\text{回收}}$——通过沼气回收利用减少的甲烷排放量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$R_{CH_4-\text{使用}}$——回收沼气使用减少的甲烷排放量，以吨甲烷（tCH_4）计，包括自用和外供；

$E_{CH_4-\text{火炬}}$——回收沼气火炬燃烧减少的甲烷排放量，以吨甲烷（tCH_4）计；

$Q_{\text{使用}}$——回收使用的沼气体积，以千标立方米沼气（10^3Nm^3沼气）计；

$\varphi_{CH_4-\text{使用}}$——使用沼气中甲烷气体的体积浓度，以千标立方米甲烷每千标立方米沼气（$10^3Nm^3CH_4/10^3Nm^3$沼气）计；

ρ——甲烷密度，标准状态下（压强101.325kPa，温度0℃）甲烷的密度为0.717kg/m³。

$Q_{\text{火炬}}$——火炬燃烧的沼气体积，以千标立方米沼气（10^3Nm^3沼气）计；

$\varphi_{CH_4-\text{火炬}}$——火炬燃烧中甲烷气体的体积浓度，以千标立方米甲烷每千标立方米沼气（$10^3Nm^3CH_4/10^3Nm^3$沼气）计；

$OF_{\text{火炬}}$——甲烷火炬燃烧的碳氧化率%，按天然气碳氧化率计算；

$FY_{CH_4-CO_2}$——甲烷燃烧生成二氧化碳转化系数，以标立方米二氧化碳每标立方米甲烷（Nm^3CO_2/Nm^3CH_4）计，取值为1；

1.977——二氧化碳气体在0摄氏度（℃）、101.325kPa下的密度，以吨二氧化碳每千标立方米二氧化碳（$tCO_2/10^3Nm^3CO_2$）计。

6.1.3 使用药剂的碳排放

污水和污泥处理药剂使用对应的碳排放按公式（12）计算：

$$E_{药剂} = \Sigma_{i=1}^{n}(EF_{药剂_i} \times M_i) \cdots\cdots (1)$$

式中：

n——使用的n种药剂；

$EF_{药剂_i}$——第i种药剂使用对应的二氧化碳排放因子，以吨二氧化碳每吨药剂（tCO_2/t）计；可采用表B.3的推荐值；

M_i——核算期内第i种药剂用量，以吨（t）计。

6.1.4 化石燃料燃烧的碳排放

污水和污泥处理过程中使用化石燃料燃烧产生的碳排放，按公式（13）计算：

$$E_{燃烧} = \Sigma_i^n(AD_i \times EF_{燃料_i}) \cdots\cdots (1)$$

式中：

$E_{燃烧}$——核算期内化石燃料燃烧对应的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

i——第i种燃料；

AD_i——第i种化石燃料的活动数据，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{燃料_i}$——第i种化石燃料的二氧化碳排放因子，以吨二氧化碳每吉焦（tCO_2/GJ）计。

其中，活动数据AD_i和排放因子$EF_{燃料_i}$的计算，分别按公式（14）和（15）计算：

$$AD_i = NCV_i \times FC_i \cdots\cdots (2)$$

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \cdots\cdots (3)$$

式中：

NCV_i——核算期内第i种化石燃料的平均低位发热量；对固体和液体化石燃料，以吉焦每吨（GJ/t）计；对气体化石燃料，以吉焦每万标立方米（$GJ/10^4Nm^3$）计；可采用表B.4的推荐值；

FC_i——第i种燃料净消耗量；对固体和液体燃料，以吨（t）计；对气体燃料，以万标立方米（10^4Nm^3）计；

CC_i——第i种化石燃料单位热值含碳量，以吨碳每吉焦（tC/GJ）计；可采用表B.4的推荐值；

OF_i——第i种化石燃料碳氧化率，以百分比（%）计；可采用表B.4的推荐值；

$\frac{44}{12}$——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

6.1.5 购入电力的碳排放

污水和污泥处理过程中购入电力的碳排放，按公式（16）计算：

$$E_{购入电} = AD_{购入电} \times EF_{电} \cdots\cdots (1)$$

式中：

$E_{购入电}$——核算期内购入电力产生的二氧化碳排放量，以吨二氧化碳（tCO_2）计；

$AD_{购入电}$——核算期内用于污水和污泥处理的外购电量，以千瓦时（kWh）计；

$EF_{电}$——区域电网电力二氧化碳排放因子，以千克二氧化碳每千瓦时（$kgCO_2/kWh$）计；可采用表B.5的推荐值，优先选用所在地、生态环境部、国家统计局发布的最新数据。

6.1.6 购入热力的碳排放

污水和污泥处理过程中购入热力的碳排放，按公式（17）计算：

$$E_{购入热} = AD_{购入热} \times EF_{热} \cdots\cdots (1)$$

式中：

$AD_{购入热}$——核算期内的外购热量，以吉焦（GJ）计；

$EF_{热}$——平均供热的二氧化碳排放因子，以吨二氧化碳每吉焦（tCO_2/GJ）计；优先选用所在地发布的最新数据；无数据时可采用GB/T 32150中数据。

对于外购热量，优先采用企业热力表记录的数据，数据不可得时也可采用供应商提供的发票或结算单等结算凭证上的数据。以热水计量时按公式（18）转化为热量单位，以蒸汽计量时按公式（19）转化为热量单位。

$$AD_{热水} = Ma_{w} \times (T_W - 20) \times 4.186 \times 10^{-3} \cdots\cdots (2)$$

$$AD_{蒸汽} = Ma_{st} \times (En_{st} - 83.74) \times 10^{-3} \cdots\cdots (3)$$

式中：

$AD_{热水}$——热水的热量，单位为吉焦（GJ）；

Ma_{w}——热水的质量，单位为吨（t）；

T_{w}——热水的温度，单位为摄氏度（℃）；

4.186——水在常温压下的比热容，单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)]。

$AD_{蒸汽}$——蒸汽的热量，单位为吉焦（GJ）；

Ma_{st}——蒸汽的质量，单位为吨（t）；

En_{st}——蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的热焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；饱和蒸汽和过热蒸汽的热焓可参考附录可采用表B.6和B.7的推荐值。

6.1.7 输送过程的碳排放

废水作为碳源进行综合利用时，应考虑输送过程产生的碳排放量。

a) 依托管网输送时，涉及输送泵等用电设备，列入外购电力进行统一计算；

b) 依托车辆运输时，可采用 GB/T 32151.27 中单位行驶里程能耗计算方式，获取百公里燃油（气）量、核算期内行驶里程，计算核算期内消耗的化石燃料，并列入化石燃料燃烧进行统计计算。

6.1.8 碳减排量核算

碳减排量是对工业企业与污水集中处理设施实施废水碳源综合利用前和后的碳排放量核算，并计算出废水碳源综合利用的碳减排效益。碳减排量的核算是应在污水和污泥处理工艺运行稳定下开展，可以选择月、季、半年和年为周期开展。

碳减排量核算按公式（20）计算：

$$\Delta E = \sum (E_i - E_i^{'}) + E_{wwtp} - E_{wwpt}^{'} \cdots\cdots (1)$$

式中：

ΔE——碳减排量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；
E_i——实施前工业企业污水污泥处理的碳排量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；
$E_i^{'}$——实施后工业企业污水污泥处理的碳排量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；
i——涉及废水碳源综合利用项目的企业家数；
E_{wwtp}——实施前污水集中处理设施污水污泥处理的碳排量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计；
$E_{wwpt}^{'}$——实施后污水集中处理设施污水污泥处理的碳排量，以吨二氧化碳当量（tCO_2e）计。

6.2 经济效益

6.2.1 药剂费

按药剂使用量和购买成本单价进行核算，按公式（21）计算：

$$C_y = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{A}_i \times \mathrm{T}_i \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：
C_y——工业企业或污水集中处理设施核算期内药剂费用，元；
A_i——第i种化学药剂的使用量，kg
T_i——第i种化学药剂的单价，元/kg；
n——使用的n种药剂。

6.2.2 动力费

主要涉及电费、化石燃料费等核算，按公式（22）计算：

$$C_d = \mathrm{V} \times \mathrm{E} \times \mathrm{EV} + \sum (B_j \times \mathrm{S}_j) \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：
C_d——工业企业或污水集中处理设施核算期内的动力费，元；
V——工业企业或污水集中处理设施核算期内的污水处理量，m^3；
E——工业企业或污水集中处理设施核算期内的污水/污泥处理系统等用电量，kWh/m^3；
EV——电价，元/kWh；
B_j——第j种燃料的使用量，kg；
S_j——第j种燃料的单价，元/kg。

6.2.3 污泥处置费

工业企业和污水集中处理设施污泥处置费用按公式（23）计算：

$$C_s = \mathrm{M}_s \times \mathrm{t} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：
C_s——工业企业或污水集中处理设施核算期内污泥处置费用，元；
M_s——工业企业或污水集中处理设施核算期内污泥产生量，以脱水污泥计，t；
t——污泥处理处置费用单价，元/t。

6.2.4 其他费用

主要为废水作为碳源综合利用时依托车辆运输产生的运输成本以及依托管网运输增加的污水处理费用等，相关费用主要从工业企业支出；车辆运输成本、增加的污水处理费用以及总其他费用可分别按公式（24）、（25）和（26）进行计算：

$$C_{ys} = C_e \times V_{ys} \cdots\cdots (1)$$

$$C_z = （C_w^{'} - C_w） \times V_g \cdots\cdots (2)$$

$$C_q = C_z + C_{cy} \cdots\cdots (3)$$

式中：

C_{ys}——工业企业废水碳源综合利用增加的运输成本，元；

C_e——运输吨废水的单价，元/m^3；

V_{ys}——核算期内依托车辆运输的废水量，m^3；

C_z——新增污水处理费用，元；

$C_w^{'}$——废水碳源综合利用实施后核定的污水处理费用，元/m^3；

C_w——废水碳源综合利用实施前核定的污水处理费用，元/m^3；

V_g——核算期内依托管网输送的废水量，m^3；

C_q——核算期内总的其他费用，元。

6.2.5 经济效益测算

主要核算工业企业和污水集中处理设施实施废水碳源综合利用前和后的经济效益情况，并计算出废水碳源综合利用的经济效益。经济效益测算的周期与碳减排量核算的周期一致。

工业企业的经济效益、污水集中处理设施的经济效益以及实施废水碳源综合利用的总经济效益分别按公式（27）、（28）和（29）计算：

$$C_i = \left(C_{y-i} - C_{y-i}^{'} + C_{p-i} - C_{p-i}^{'} + C_{s-i} - C_{s-i}^{'} + C_q\right)/10000 \cdots\cdots (1)$$

$$C_{wwpt} = （C_{y-wwpt} - C_{y-wwpt}^{'} + C_{p-wwpt} - C_{p-wwtp}^{'} + C_{s-wwpt} - C_{s-wwpt}^{'}）/10000 \cdots\cdots (2)$$

$$\Delta C = \sum C_i + C_{wwtp} \cdots\cdots (3)$$

式中：

C_i——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用产生的经济效益；万元；

C_{y-i}——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用前药剂费用；元；

$C_{y-i}^{'}$——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用后药剂费用；元；

C_{p-i}——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用前动力费用；元；

$C_{p-i}^{'}$——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用后动力费用；元；

C_{s-i}——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用前污泥处置费用；元；

$C_{s-i}^{'}$——核算期内工业企业实施废水碳源综合利用后污泥处置费用；元；

C_q——核算期内总的其他费用，元

C_{wwpt}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用产生的经济效益；万元；

C_{y-wwpt}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用前药剂费用；元；

$C_{y-wwpt}^{'}$——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用后药剂费用；元；

C_{p-wwpt}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用前动力费用；元；
C'_{p-wwtp}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用后动力费用；元；
C_{s-wwpt}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用前污泥处置费用；元；
C'_{s-wwpt}——核算期内污水集中处理设施实施废水碳源综合利用后污泥处置费用；元；
ΔC——核算期内废水碳源综合利用后经济总效益；万元；

7 数据要求

7.1 对于活动数据和排放因子的选择与收集，应符合 GB/T 32150 规定的要求，优先采用直接计量、监测获得的数据。

7.2 对于污水处理量、污泥处置量可通过相关企业台账或统计报表来确定，优先采用主管部门相关数据。采用流量计计量数据的，确保流量计应定期校准且校准期内。

7.3 对于化学需氧量浓度、总氮浓度数据优先采用自动监测数据，且应符合 HJ 377、HJ 102 等要求；采用手工监测数据的，应符合 HJ/T 399、HJ 828、HJ 636、HJ 667、HJ 668 等相关标准规定。

7.4 对于药剂费、动力费、污泥处置费等效益测算数据，优先采用财务报备数据。

附 录 A
（资料性）
废水碳源综合利用碳排放的核算边界

废水碳源综合利用碳排放的核算边界如图A.1所示。

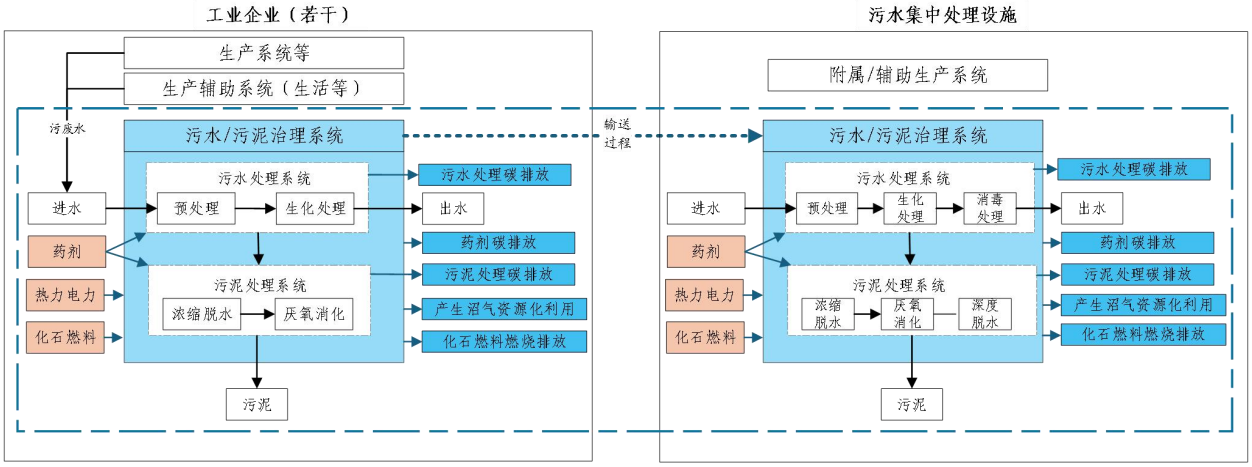


图 A.1 废水碳源综合利用碳排放核算边界

附 录 B
（资料性）
活动数据和排放因子

B.1 污水处理过程中温室气体排放因子见表 B.1。

表 B.1 污水处理温室气体排放因子

污水处理厂类型	类型		缺省值	单位
城镇污水处理厂	甲烷	A^2/O	7.7×10^{-3}	千克甲烷每千克 COD 去除 $kgCH_4/kgCOD_{Re}$
		氧化沟	3.3×10^{-2}	千克甲烷每千克 COD 去除 $kgCH_4/kgCOD_{Re}$
		Unitank	3.2×10^{-3}	千克甲烷每千克 COD 去除 $kgCH_4/kgCOD_{Re}$
		其他	6.9×10^{-3}	千克甲烷每千克 COD 去除 $kgCH_4/kgCOD_{Re}$
	氧化亚氮	A^2/O	3.4×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
		氧化沟	2.3×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
		Unitank	2.6×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
		推流式活性污泥	5.6×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
		完全混合式活性污泥	7.6×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
		生物滤池	1.5×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$
工业污水处理厂	甲烷		1.3×10^{-3}	千克甲烷每千克 COD 去除 $kgCH_4/kgCOD_{Re}$
	氧化亚氮		2×10^{-3}	千克氧化亚氮-氮每千克总氮去除 kg N_2O-N/$kgTN_{Re}$

B.2 污泥处理过程中温室气体排放因子见表 B.2。

表 B.2 污泥处理温室气体排放因子

类型		缺省值	单位
甲烷	厌氧消化	0.3	百分比%
	焚烧	0.01	千克甲烷每吨干污泥 kg CH4/t DS
氧化亚氮	焚烧	0.72	千克氧化亚氮每吨干污泥 kg N2O/t DS

B.3 主要药剂温室气体排放因子见表 B.3。

表 B.3 主要药剂温室气体排放因子

类型		缺省值（tCO_2/t）
碳源类	甲醇（天然气制）	0.65
	甲醇（煤制）	2.9
	乙酸（98%）	1.92
	乙酸钠	2.9
	葡萄糖	1.4
	淀粉	0.63
	乙醇（70%）	1.47
化学除磷类	氯化铁	2.86
	硫酸亚铁	0.03
	硫酸铁（以 Fe^{3+}计）	0.23

表 B.3 主要药剂温室气体排放因子（续）

类型		缺省值（tCO_2/t）
化学除磷类	硫酸铝	0.15（8.25%）
		0.30（17%）
	聚合氯化铝	1.75
脱水类	聚丙烯酰胺	2.85
消毒类	次氯酸钠（15%）	2.99
	二氧化氯	9.31
	液氯	1.08
	氯酸钠	5.11
	臭氧	12.88
	液氧	1.07
	氧气	0.32
	双氧水	1.14
	高锰酸钾	1.73
	其他消毒剂	1.4
其他	活性炭	3.33
	石英砂	1.6
	微砂	0.12
	硅胶	1.6
	磁粉	0.0081
	聚碳酸酯	1.37
	柠檬酸	8.17
	盐酸	0.8
	氢氧化钠（50%）	0.46
	碳酸氢钠	1.13
	碳酸钠	1.88
	生石灰	1.18
	硫酸	0.182
	磷酸	1.45
	磷酸氢二铵	0.018
	钠石灰	1.6
	硫酸镁	0.3
	硫酸钙	0.44
	亚硫酸氢钠	1.6
	乙二胺四乙酸四钠	4.32
	十二烷基苯磺酸钠	1.6
	氯化铵	1.56
	阻垢剂	1.6
	碳酸铁	0.38
	碳酸钾	0.318
	尿素	2.51

B.4　常用化石燃料相关参数的缺省值，见表 B.4。

表 B.4 常用化石燃料相关参数的缺省值

燃料品种		计量单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/×10^4 m^3	单位热值含碳量 t C/GJ	燃料碳氧化率 %
固体燃料	无烟煤	t	26.7[c]	26.8[b]×10^{-3}-27.5[b]×10^{-3}	94[b]
	一般烟煤	t	19.570[d]	26.1[b]×10^{-3}-26.7[b]×10^{-3}	93[b]
	褐煤	t	11.9[c]	27.2[b]×10^{-3}	96[b]
	洗精煤	t	26.334[a]	25.2[b]×10^{-3}	90[d]
	其他洗煤	t	12.545[a]	25.4[b]×10^{-3}	90[d]
	型煤	t	17.460[d]	33.6[b]×10^{-3}	90[b]
	其他煤制品	t	17.460[d]	33.6[b]×10^{-3}	98[b]
	焦炭	t	28.435[a]	29.2[b]×10^{-3}	93[b]
	石油焦	t	32.5[c]	26.6[b]×10^{-3}	98[b]
液体燃料	原油	t	41.816[a]	20.0[b]×10^{-3}	98[b]
	燃料油	t	41.816[a]	21.2[b]×10^{-3}	98[b]
	汽油	t	43.070[a]	18.9[b]×10^{-3}	98[b]
	柴油	t	42.652[a]	20.2[b]×10^{-3}	98[b]
	一般煤油	t	43.070[a]	19.5[b]×10^{-3}	98[b]
	液化天然气	t	51.498[e]	15.3[b]×10^{-3}	98[b]
	液化石油气	t	50.179[a]	17.2[b]×10^{-3}	98[b]
	石脑油	t	44.5[c]	20.0[b]×10^{-3}	98[b]
	焦油	t	33.453[a]	22.0[c]×10^{-3}	98[b]
	粗苯	t	41.816[a]	22.7[d]×10^{-3}	98[b]
	其他石油制品	t	41.031[d]	20.0[b]×10^{-3}	98[b]
气体燃料	天然气	10^4 m^3	389.31[a]	15.3[b]×10^{-3}	99[b]
	高炉煤气	10^4 m^3	33.00[d]	70.80[c]×10^{-3}	99[b]
	转炉煤气	10^4 m^3	84.00[d]	49.60[d]×10^{-3}	99[b]
	焦炉煤气	10^4 m^3	179.81[a]	13.58[b]×10^{-3}	99[b]
	炼厂干气	t	45.998[a]	15.7[b]×10^{-3}	99[b]
	其他煤气	10^4 m^3	52.270[a]	12.1[b]×10^{-3}	99[b]

[a] 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2021》。
[b] 数据取值来源为《省级温室气体清单指南（2025 年版）》。
[c] 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》及 2019 修订版。
[d] 数据取值来源为《中国温室气体清单研究》。
[e] 数据取值来源为 GB/T 2589。

B.5 购入电力、热力的温室气体排放因子见表 B.5。

表 B.5 电力和热力温室气体排放因子

地区	2023 年省级电力平均二氧化碳排放因子 $kgCO_2/kWh$	2023 年综合热力二氧化碳排放因子 tCO_2/GJ
上海	0.5737	0.0499
江苏	0.5827	0.11（GB/T 32150—2025）
浙江	0.4974	
安徽	0.6553	

B.6 饱和蒸汽热焓见表 B.6。

表 B.6 饱和蒸汽热焓表

压力（MPa）	温度（℃）	焓（kJ/kg）	压力（MPa）	温度（℃）	焓（kJ/kg）
0.001	6.98	2513.8	1.00	179.88	2777.0
0.002	17.51	2533.2	1.10	184.06	2780.4
0.003	24.10	2545.2	1.20	187.96	2783.4
0.004	28.98	2554.1	1.30	191.6	2786.0
0.005	32.90	2561.2	1.40	195.04	2788.4
0.006	36.18	2567.1	1.50	198.28	2790.4
0.007	39.02	2572.2	1.60	201.37	2792.2
0.008	41.53	2576.7	1.70	204.3	2793.8
0.009	43.79	2580.8	1.80	207.1	2795.1
0.010	45.83	2584.4	1.90	209.79	2796.4
0.015	54.00	2598.9	2.00	212.37	2797.4
0.020	60.09	2609.6	2.20	217.24	2799.1
0.025	64.99	2618.1	2.40	221.78	2800.4
0.030	69.12	2625.3	2.60	226.03	2801.2
0.040	75.89	2636.8	2.80	230.04	2801.7
0.050	81.35	2645.0	3.00	233.84	2801.9
0.060	85.95	2653.6	3.50	242.54	2801.3
0.070	89.96	2660.2	4.00	250.33	2799.4
0.080	93.51	2666.0	5.00	263.92	2792.8
0.090	96.71	2671.1	6.00	275.56	2783.3
0.10	99.63	2675.7	7.00	285.8	2771.4
0.12	104.81	2683.8	8.00	294.98	2757.5
0.14	109.32	2690.8	9.00	303.31	2741.8
0.16	113.32	2696.8	10.0	310.96	2724.4
0.18	116.93	2702.1	11.0	318.04	2705.4
0.20	120.23	2706.9	12.0	324.64	2684.8
0.25	127.43	2717.2	13.0	330.81	2662.4
0.30	133.54	2725.5	14.0	336.63	2638.3
0.35	138.88	2732.5	15.0	342.12	2611.6
0.40	143.62	2738.5	16.0	347.32	2582.7
0.45	147.92	2743.8	17.0	352.26	2550.8
0.50	151.85	2748.5	18.0	356.96	2514.4
0.60	158.84	2756.4	19.0	361.44	2470.1
0.70	164.96	2762.9	20.0	365.71	2413.9
0.80	170.42	2768.4	21.0	369.79	2340.2
0.90	175.36	2773.0	22.0	373.68	2192.5

B.7　过热蒸汽热焓表见表 B.7。

表 B.7 过热蒸汽热焓表

温度	压力（MPa）											
	0.01	0.1	0.5	1	3	5	7	10	14	20	25	30
0℃	0	0.1	0.5	1	3	5	7.1	10.1	14.1	20.1	25.1	30
10℃	42	42.1	42.5	43	44.9	46.9	48.8	51.7	55.6	61.3	66.1	70.8
20℃	83.9	84	84.3	84.8	86.7	88.6	90.4	93.2	97	102.5	107.1	111.7
40℃	167.4	167.5	167.9	168.3	170.1	171.9	173.6	176.3	179.8	185.1	189.4	193.8
60℃	2611.3	251.2	251.2	251.9	253.6	255.3	256.9	259.4	262.8	267.8	272	276.1
80℃	2649.3	335	335.3	335.7	337.3	338.8	340.4	342.8	346	350.8	354.8	358.7
100℃	2687.3	2676.5	419.4	419.7	421.2	422.7	424.2	426.5	429.5	434	437.8	441.6
120℃	2725.4	2716.8	503.9	504.3	505.7	507.1	508.5	510.6	513.5	517.7	521.3	524.9
140℃	2763.6	2756.6	589.2	589.5	590.8	592.1	593.4	595.4	598	602	605.4	603.1
160℃	2802	2796.2	2767.3	675.7	676.9	678	679.2	681	683.4	687.1	690.2	693.3
180℃	2840.6	2835.7	2812.1	2777.3	764.1	765.2	766.2	767.8	769.9	773.1	775.9	778.7
200℃	2879.3	2875.2	2855.5	2827.5	853	853.8	854.6	855.9	857.7	860.4	862.8	856.2
220℃	2918.3	2914.7	2898	2874.9	943.9	944.4	945	946	947.2	949.3	951.2	953.1
240℃	2957.4	2954.3	2939.9	2920.5	2823	1037.8	1038	1038.4	1039.1	1040.3	1041.5	1024.8
260℃	2996.8	2994.1	2981.5	2964.8	2885.5	1135	1134.7	1134.3	1134.1	1134	1134.3	1134.8
280℃	3036.5	3034	3022.9	3008.3	2941.8	2857	1236.7	1235.2	1233.5	1231.6	1230.5	1229.9
300℃	3076.3	3074.1	3064.2	3051.3	2994.2	2925.4	2839.2	1343.7	1339.5	1334.6	1331.5	1329
350℃	3177	3175.3	3167.6	3157.7	3115.7	3069.2	3017	2924.2	2753.5	1648.4	1626.4	1611.3
400℃	3279.4	3278	3217.8	3264	3231.6	3196.9	3159.7	3098.5	3004	2820.1	2583.2	2159.1
420℃	3320.96	3319.68	3313.8	3306.6	3276.9	3245.4	3211	3155.98	3072.72	2917.02	2730.76	2424.7
440℃	3362.52	3361.36	3355.9	3349.3	3321.9	3293.2	3262.3	3213.46	3141.44	3013.94	2878.32	2690.3
450℃	3383.3	3382.2	3377.1	3370.7	3344.4	3316.8	3288	3242.2	3175.8	3062.4	2952.1	2823.1
460℃	3404.42	3403.34	3398.3	3392.1	3366.8	3340.4	3312.4	3268.58	3205.24	3097.96	2994.68	2875.26
480℃	3446.66	3445.62	3440.9	3435.1	3411.6	3387.2	3361.3	3321.34	3264.12	3169.08	3079.84	2979.58
500℃	3488.9	3487.9	3483.7	3478.3	3456.4	3433.8	3410.2	3374.1	3323	3240.2	3165	3083.9
520℃	3531.82	3530.9	3526.9	3521.86	3501.28	3480.12	3458.6	3425.1	3378.4	3303.7	3237	3166.1
540℃	3574.74	3573.9	3570.1	3565.42	3546.16	3526.44	3506.4	3475.4	3432.5	3364.6	3304.7	3241.7
550℃	3593.2	3595.4	3591.7	3587.2	3568.6	3549.6	3530.2	3500.4	3459.2	3394.3	3337.3	3277.7
560℃	3618	3617.22	3613.64	3609.24	3591.18	3572.76	3554.1	3525.4	3485.8	3423.6	3369.2	3312.6
580℃	3661.6	3660.86	3657.52	3653.32	3636.34	3619.08	3601.6	3574.9	3538.2	3480.9	3431.2	3379.8
600℃	3705.2	3704.5	3701.4	3697.4	3681.5	3665.4	3649	3624	3589.8	3536.9	3491.2	3444.2