

ICS 93.020

CCS P30

DB21

辽宁省地方标准

DB21/T XXX—2026

JXXX—XXX

城镇污水处理厂碳减排核算技术规程

Technical Specification for Carbon Emission Reduction Accounting of Municipal
Wastewater Treatment Plant

(征求意见稿)

2026—X—XX 发布

2026—X—XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅
辽宁省市场监督管理局

联合发布

辽宁省地方标准

城镇污水处理厂碳减排核算技术规程

Technical Specification for Carbon Emission Reduction Accounting of Municipal

Wastewater Treatment Plant

(征求意见稿)

DB21/T XXXX-2026

主编单位：辽宁省建设事业指导服务中心（辽宁省建设工程质量安全监督总站）

辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

施行日期：2026 年 xx 月 xx 日

2026 沈阳

前 言

根据辽宁省住房和城乡建设厅《辽宁省市场监督管理局关于印发 2025 年辽宁省地方标准立项计划的通知》辽市监发[2025]28 号的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、碳排放核算要求、规划建设阶段碳排放量核算、运维阶段碳减排量核算、拆除阶段碳排放量核算、全生命周期碳排放量核算。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅和辽宁省市场监督管理局批准，由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，由辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。本规程的某些内容可能涉及专利，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本规程执行过程中如有意见或建议，请将有关资料反馈到辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司(地址:沈阳市南五马路 185 巷 1 号,邮编:110016,E-mail:1367803895@qq.com)。

本规程主编单位:辽宁省建设事业指导服务中心(辽宁省建设工程质量安全监督总站)
辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司

本规程参编单位:辽宁建筑职业学院

本规程主要编制人员:宋悦 刘天怡 于佳辉 吕学东 蹇汶豫 寅诗 刘元 牟宁
许海鹏 高子平 许延玲 于晓明子 刘文睿 张钧皓 赵舒
赵爽 曹雨 傅勇迪 孙诗咏 王子龙 冯宁 吉冬萍 白博
刘鑫 顾红 谷绥新 崔德炜 王一涵 程新婷 郝佳奇
李猛 段凯丰 燕宇航 张力元 荆海洋 司翠 孙翌桁
张友维 石宏伟

本规程主要审查人员:

目 次

前 言.....	I
1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	4
4 碳排放核算要求.....	5
4.1 核算边界.....	5
4.2 核算周期.....	5
4.3 温室气体种类.....	5
5 规划建设阶段碳排放核算.....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 化石燃料直接排放.....	7
5.3 电力消耗间接排放.....	8
5.4 材料消耗间接排放.....	8
5.5 运输过程间接排放.....	8
5.6 整体估算.....	8
6 运维阶段碳排放核算.....	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 污水处理阶段碳排放核算.....	10
6.3 污泥处理阶段碳排放核算.....	13
6.4 污水管渠设施碳排放核算.....	16
6.5 碳减排量核算.....	21
7 拆除阶段碳排放核算.....	25
8 全生命周期碳排放核算.....	26
8.1 一般规定.....	26
8.2 全生命周期运维阶段的碳排放量.....	26
8.3 污泥处置阶段的碳排放量.....	27
8.4 污水排入受纳水体的延伸阶段碳排放量.....	29
8.5 城镇污水系统全生命周期碳排放量.....	30
附录.....	31
附录 A（资料性） 化石燃料排放因子.....	31
附录 B（资料性） 中国地区电力排放因子.....	31
附录 C（资料性） 常见建筑材料排放因子.....	31
附录 D（资料性） 各类运输方式排放因子.....	32
附录 E（资料性） 化学药剂排放因子.....	33
附录 F（资料性） 污泥非连续焚烧的 CH ₄ 排放因子.....	33
附录 G（资料性） 回用水替代供水生产过程的碳排放强度.....	33
附录 H（资料性） 膜组件和其他材料的碳排放因子.....	33
本规程用词说明.....	35

引用标准名录.....	36
条文说明.....	37

Contents

Preface.....	I
1 Contents.....	1
2 Terms.....	2
3 Basic Requirements.....	4
4 Carbon Emission Accounting Requirements.....	5
4.1 Accounting Boundary.....	5
4.2 Accounting Period.....	5
4.3 Greenhouse Gas Species.....	5
5 Carbon Emission Accounting in the Planning and Construction Stage.....	7
5.1 General Requirements.....	7
5.2 Direct Emissions from Fossil Fuels.....	7
5.3 Indirect Emissions from Electricity Consumption.....	8
5.4 Indirect Emissions from Material Consumption.....	8
5.5 Indirect Emissions from Transportation Processes.....	8
5.6 Overall Estimation.....	8
6 Carbon Emission Accounting in the Operation and Maintenance Stage.....	10
6.1 General Requirements.....	10
6.2 Carbon Emission Accounting for Wastewater Treatment Processes.....	10
6.3 Carbon Emission Accounting for Sludge Treatment Processes.....	13
6.4 Carbon Emission Accounting for Sewage Conveyance Facilities.....	16
6.5 Accounting of Carbon Emission Reductions.....	21
7 Carbon Emission Accounting in the Demolition Stage.....	25
8 Life Cycle Carbon Emission Accounting.....	26
8.1 General Requirements.....	26
8.2 Carbon Emissions from the Operation and Maintenance Stage over the Life Cycle.....	26
8.3 Carbon Emissions from the Sludge Disposal Stage.....	27
8.4 Carbon Emissions from the Extended Stage of Effluent Discharge into Receiving Water Bodies.....	29
8.5 Total Life Cycle Carbon Emissions of the Urban Wastewater System.....	30
Appendix.....	31
Appendix A (Informative) Emission Factors for Fossil Fuels.....	31
Appendix B (Informative) Regional Electricity Emission Factors for China.....	31
Appendix C (Informative) Emission Factors for Common Building Materials.....	31
Appendix D (Informative) Emission Factors for Various Transport Modes.....	32
Appendix E (Informative) Emission Factors for Chemical Agents.....	33
Appendix F (Informative) CH ₄ Emission Factors for Non-continuous Sludge Incineration.....	33
Appendix G (Informative) Carbon Emission Intensity of Reclaimed Water Substituting for Potable Water Production.....	33
Appendix H (Informative) Emission Factors for Membrane Modules and Other Materials.....	33
Explanation of Wording in This Specification.....	35
List of Referenced Standard.....	36
Clarification of Provisions.....	37

1 总 则

1.0.1 为规范并指导城镇污水系统的碳减排核算，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于已投运的城镇污水系统（含污水管渠及提升泵站、污水处理厂等）、新建和改扩建城镇污水系统的碳减排核算。其他类型的污水处理设施可参照执行。

1.0.3 城镇污水系统的碳减排核算除应符合本规程规定外，尚应符合国家和辽宁省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城镇污水系统 urban wastewater system

城镇污水系统是与污水收集、输送、处理、排放、副产物处置相关的全部构筑物和设施的总称。

2.0.2 碳减排 carbon reduction

通过减碳、替碳和碳汇三个范畴的行动来减少温室气体排放。

2.0.3 碳排放 carbon emissions(CE)

在特定时段内，向大气中释放温室气体的过程。本规程所定义的碳排放量以二氧化碳当量(CO₂ -eq)表示。

2.0.4 温室气体 greenhouse gas; GHG

大气中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分。温室气体种类包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。

2.0.5 碳排放强度 carbon emission intensity(CEI)

城镇污水系统单位污水量对应的碳排放量。

2.0.6 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系数。

2.0.7 直接碳排放 direct carbon emission

城镇污水处理生产并直接向大气环境排放温室气体因而导致的碳排放。

2.0.8 间接碳排放 indirect carbon emission

并非城镇污水处理直接产生，但其消耗了自外部购入的能源或产品，而这些产品在生产时产生的碳排放量。

2.0.9 全球变暖潜能值 global warming potential (GWP)

衡量大气中某种温室气体吸收热量的相对程度，为一定质量的温室气体所吸收的热量与同等质量 CO₂ 所吸收的热量的比值

2.0.10 规划建设阶段碳排放量 carbon emissions during the onstruction stages

城镇污水系统建设中器械工作消耗的化石燃料和电力产生的碳排放量以及消耗的建筑材料生产和运输产生的碳排放量之和。

2.0.11 拆除阶段碳排放量 carbon emissions during the demolition stages

城镇污水系统拆除阶段中器械工作消耗的化石燃料和电力产生的碳排放量以及消耗

的建筑材料生产和运输产生的碳排放量之和。

2.0.12 全生命周期运维阶段碳排放量 life cycle carbon emissions during the operation stage

城镇污水系统预期生命周期所有年度运维阶段的碳排放总量与设备更新对应的材料消耗碳排放量之和。

2.0.13 城镇污水系统全生命周期碳排放量 life-cycle carbon emissions from urban wastewater system

新建或改扩建城镇污水系统在建设阶段、拆除阶段、预期寿命周期内运维阶段的碳排放量与延伸边界碳排放量之和。

2.0.14 延伸阶段碳排放量 carbon emissions under extended stage

污水排入受纳水体后和发生在污水厂区外的污泥处理、处置过程中的生化反应产生并释放的碳排放当量与污泥运输、处理和处置过程中消耗的外购能源、药剂和材料对应的碳排放量之和。

3 基本规定

3.0.1 城镇污水系统碳减排核算应遵循科学性、规范性、适用性和可操作性的原则，确保核算结果的准确性、可比性和可追溯性。

3.0.2 城镇污水系统碳减排核算应根据核算目的和应用场景选择适宜的核算方法，并应明确核算边界和核算期。

3.0.3 城镇污水系统碳排放核算应在满足污染物排放标准的前提下进行。

3.0.4 城镇污水系统碳排放核算的工作程序应包括以下步骤：

- a) 确定核算目的；
- b) 确定核算边界，识别排放源；
- c) 收集活动水平数据；
- d) 确定排放因子；
- e) 计算碳排放量；
- f) 计算碳减排相关指标；
- g) 编制核算报告。

3.0.5 碳减排核算管理目标宜根据污水系统年度碳排放核算结果进行动态调整。

3.0.6 碳排放核算应采用基于活动水平数据与排放因子的计算方法，活动水平数据应优先采用实际计量值，排放因子应优先采用实测值或主管部门发布的最新数据。

3.0.7 城镇污水系统应建立碳排放核算制度，明确核算责任部门、核算周期、数据采集与校核流程，定期编制碳排放核算报告。

3.0.8 鼓励将碳减排核算及减排成效纳入污水处理厂的运行质量评价体系，推动减污降碳协同增效工作的持续改进。

4 碳排放核算要求

4.1 核算边界

4.1.1 碳减排核算边界应按空间范围和时间范围分别确定。按空间范围，核算边界分为系统内核算边界（含污水处理厂、污水管渠及提升泵站等设施）和延伸核算边界（含污泥处置、受纳水体等）；按时间范围，核算边界分为建设阶段、运维阶段、拆除阶段三类年度核算边界，以及全生命周期核算边界。

4.1.2 运维阶段年度核算边界：应以城镇污水收集与处理系统的运营管理责任范围为空间边界，包括污水管渠（含提升泵站、溢流口等附属设施）的运维阶段，以及污水处理厂（含厂内污泥处理阶段）的运维阶段。

4.1.3 城镇污水系统全生命周期核算边界：应以污水处理厂、污水管渠及提升泵站等设施的建设原材料获取、建材生产运输、施工建造、运营维护以及拆除处置的全过程为时间范围，核算各阶段的碳排放量。

4.1.4 延伸核算边界：对于城镇污水系统全生命周期核算，还应包括污水排入受纳水体后的生化反应碳排放，以及厂外污泥运输、处理、处置过程中产生的碳排放。

4.2 核算周期

4.2.1 城镇污水系统运维阶段年度碳排放核算的核算周期应为 1 个自然年或连续的 12 个月。

4.2.2 城镇污水系统全生命周期碳排放核算的核算期，应包括污水处理厂、污水管渠及提升泵站等设施从建设至拆除的全过程。分期建设的设施可按分期分别进行核算。

4.2.3 改扩建项目碳排放变化核算应以改扩建前不少于 1 年的运行数据为基准，改扩建后碳排放核算期不应少于 1 年。

4.3 温室气体种类

本文件核算的温室气体种类包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）。各种温室气体的全球增温潜势（GWP）取值应符合表 4.3 的规定。

表 4.3 温室气体全球增温潜势（GWP）

温室气体种类	化学分子式	100 年全球增温潜势（GWP）
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	28

氧化亚氮	N ₂ O	265
------	------------------	-----

注：本表 GWP 取值参考 IPCC 第五次评估报告（2014 年）。如需与《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（试行）》（2018 年）保持一致进行对比核算，可同时采用 IPCC 第二次评估报告取值（CH₄=21，N₂O=310）并注明。

5 规划建设阶段碳排放核算

5.1 一般规定

5.1.1 规划建设阶段碳排放核算适用于新建和改扩建城镇污水系统：含污水管渠及提升泵站、污水处理厂等在设计阶段的碳排放核算。

5.1.2 规划建设阶段碳排放核算的时间边界应从项目开工起至项目竣工验收止。

5.1.3 规划建设阶段主要碳排放应包括：

- a) 施工过程中器械工作燃烧化石燃料产生的直接碳排放；
- b) 施工过程消耗电能产生的间接碳排放；
- c) 规划建设消耗建筑材料产生的间接碳排放；
- d) 运输各类材料产生的间接碳排放。

5.2 化石燃料直接排放

5.2.1 当可获取施工周期化石燃料种类和对应消耗量时，可按下式进行碳排放核算：

$$CE_{rl} = \sum_{i=1}^n (M_{rl, i} \times EF_{rl, i}) \quad (5.2.1)$$

式中： CE_{rl} ——化石燃料排放量，kgCO₂-eq；

$M_{rl, i}$ ——消耗的第*i*种化石燃料总量，kg 或 m³；

$EF_{rl, i}$ ——第*i*种化石燃料排放因子，kgCO₂-eq/kg 或 kgCO₂-eq/m³，见附录 A-1

n——总计使用 *n* 种化石燃料。

5.2.2 若化石燃料消耗量不可得，则根据施工周期内的机械台班数进行核算，可按下式进行碳排放核算：

$$CE_{rl} = \sum_{i=1}^n (T_i \times S_i \times EF_{rl, i}) \quad (5.2.2)$$

式中： CE_{rl} ——化石燃料排放量，kgCO₂-eq；

T_i ——第*i*种机械台班使用数量，kg 或 m³；

S_i ——第*i*种机械台班化石燃料消耗量，kg 或 m³，可参考《建筑碳排放计算标准》GB/T51366—2019；

$EF_{rl, i}$ ——第*i*种化石燃料排放因子，kgCO₂-eq/kg 或 kgCO₂-eq/m³，见附录 A-1

n——总计使用 *n* 种化石燃料。

5.3 电力消耗间接排放

5.3.1 施工周期内因消耗电能导致的碳排放，可按下式进行碳排放核算：

$$CE_d = E_d \times EF_d \quad (5.3.1)$$

式中： CE_d ——消耗电力产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{-eq}$ ；

E_d ——总耗电量， kWh/a ；

EF_d ——该地区电力排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ，见附录 A-2。

5.4 材料消耗间接排放

5.4.1 施工周期内因建筑材料消耗导致的碳排放，可按下式进行碳排放核算：

$$CE_{cl} = \sum_{i=1}^n (M_{cl, i} \times EF_{cl, i}) \quad (5.4.1)$$

式中： CE_{cl} ——消耗材料产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{-eq}$ ；

$M_{cl, i}$ ——第*i*种材料使用量， t 或 m^3 ；

$EF_{cl, i}$ ——第*i*种材料排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/t}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ，见附录 A-3

n ——总计使用 n 种材料。

5.5 运输过程间接排放

5.5.1 规划建设阶段所消耗的建筑材料在运往现场时所产生的碳排放量，可按下式进行碳排放核算：

$$CE_{ys} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l (M_{ys, i, j} \times L_{ys, i, j} \times EF_{ys, j}) \quad (5.5.1)$$

式中： CE_{ys} ——材料运输环节所产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{-eq}$ ；

$M_{ys, i, j}$ ——第*i*次运输中，使用第*j*种方式的运输材料总量， t ；

$L_{ys, i, j}$ ——第*i*次运输中，使用第*j*种方式的运输距离， km ；

$EF_{ys, j}$ ——第*j*种运输方式排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq}/(\text{t} \cdot \text{km})$ ，见附录 A-4；

n ——总计进行 n 次运输；

l ——第*i*次运输中，总计采用了*l*种运输方式。

5.6 整体估算

5.6.1 当工程量清单缺乏时，基于设计规模的城镇污水处理厂规划建设阶段的碳排放量可按(5.6.1-1)进行碳排放核算：

$$CE_{cs} = EF_{gm} \times Q_{gm} \quad (5.6.1-1)$$

式中： CE_{cs} ——规划建设阶段的碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

EF_{gm} ——污水厂建设施工碳排放因子， $tCO_2-eq/(万 m^3/d)$ ，见表 5.6.1-1；

Q_{gm} ——运行规模， $万 m^3/d$ 。

表 5.6.1-1 污水处理厂实现不同出水标准及提标改造建设施工碳排放因子

工艺流程	排放因子 [$tCO_2-eq/(万 m^3/d)$]		
	< 1 万 m^3/d	1 万~10 万 m^3/d	≥ 10 万 m^3/d
一级 B 污水处理厂（不含污泥消化）	3275.0	2239.9	1575.3
一级 B 污水处理厂（含污泥消化）	4226.4	2543.8	2022.9
一级 A 污水处理厂（不含污泥消化）	4748.9	2919.8	2293.1
一级 A 污水处理厂（含污泥消化）	5657.7	2503	2750.8
提标改造至一级 A 污水处理厂（不含污泥消化）	1602.3	1037.6	794.1
提标改造至准Ⅲ类污水处理厂（不含污泥消化）	2421.2	1369.5	1054.7

基于建设投资的城镇污水处理厂规划建设阶段的碳排放量可按(5.6.1-2)进行碳排放核算：

$$CE_{cs} = EF_{tz} \times Q_{tz} \quad (5.6.1-2)$$

式中： CE_{cs} ——规划建设阶段的碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

EF_{tz} ——污水厂建设投资碳排放因子， $tCO_2-eq/万元$ ，见表 5.6.1-2；

Q_{tz} ——规划建设投资总额，万元。

表 5.6.1-2 污水处理厂实现不同出水标准及提标改造建设施工投资碳排放因子

工艺流程	排放因子 ($tCO_2-eq/万元$)		
	< 1 万 m^3/d	1 万~10 万 m^3/d	≥ 10 万 m^3/d
一级 B 污水处理厂（不含污泥消化）	1.3	1.3	1.1
一级 B 污水处理厂（含污泥消化）	1.3	1.2	1.2
一级 A 污水处理厂（不含污泥消化）	1.3	1.2	1.2
一级 A 污水处理厂（含污泥消化）	1.3	0.9	1.2
提标改造至一级 A 污水处理厂（不含污泥消化）	1.3	1.2	1.2
提标改造至准Ⅲ类污水处理厂（不含污泥消化）	1.3	1	1

污水管渠规划建设阶段碳排放量的整体估算方法（包括不同管径、不同材质的建设施工碳排放因子及投资碳排放因子），见条文说明第 5.6.1 条中的表 5-3、表 5-4 及相关说明。

6 运维阶段碳排放核算

6.1 一般规定

6.1.1 污水系统运维阶段的年度碳排放核算的空间边界应以城镇污水收集与处理系统的运营管理责任范围为空间边界，包括污水管渠的运维阶段，以及污水处理厂的运维阶段。

6.1.2 污水系统运维阶段的年度碳排放核算的分项应包括污水管渠及污水处理厂内生化反应碳排放量、能源和药剂消耗碳排放量、碳减排量。

6.1.3 污水处理阶段典型流程宜包括格栅、沉砂池、初沉池、生化池、二沉池及深度处理单元。

6.1.4 污泥处理方式应为浓缩脱水、厌氧消化、好氧发酵、焚烧和热解中的一种或多种组合。

6.2 污水处理阶段碳排放核算

6.2.1 化石源 CO₂ 排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-CO_2} = (COD_{in} - COD_{out}) \times EF_{ws-CO_2} \times FCF \times 10^{-3} \quad (6.2.1)$$

式中： CEI_{ws-CO_2} ——污水处理化石源 CO₂ 碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

COD_{in} ——污水处理厂平均进水 COD 浓度，mg/L；

COD_{out} ——污水处理厂平均出水 COD 浓度，mg/L；

EF_{ws-CO_2} ——污水处理阶段生化反应产生的 CO₂ 当量的排放因子，kgCO₂-eq/kgCOD；可取 0.366kgCO₂-eq/kgCOD~0.560kgCO₂-eq/kgCOD；

FCF ——集中式水厂进水化石源有机物比例(%)；取值在 5%~20%之间，可取 10%。

6.2.2 外加碳源矿化产生的化石源 CO₂ 碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-eCO_2} = EF_{ws-eCO_2} \times M_e \quad (6.2.2)$$

式中： CEI_{ws-eCO_2} ——外加碳源的化石源 CO₂ 碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

EF_{ws-eCO_2} ——污水处理外加碳源的化石源 CO₂ 当量的排放因子，kgCO₂-eq/kgCOD；取值可为葡萄糖 0.98kgCO₂-eq/kg，乙酸钠 0.72kgCO₂-eq/kg，乙酸 0.98kgCO₂-eq/kg，甲醇 0.92kgCO₂-eq/kg；

M_e ——外加碳源的平均用量，kg/m³。

6.2.3 当泵站和沉砂池逸散的 CH₄ 量可实测时，污水收集提升和处理阶段排放的 CH₄ 的

碳排放强度宜按公式(6.2.3-1)计算；不可实测时，宜按公式(6.2.3-2)计算：

$$CEI_{ws-CH_4} = (COD_{in} - COD_{out}) \times EF_{ws-CH_4} \times f_{CH_4} \times 10^{-3} + (M_{pump-CH_4} + M_{grit-CH_4}) \times f_{CH_4} \quad (6.2.3-1)$$

$$CEI_{ws-CH_4} = (1 + F_{CH_4}) \times (COD_{in} - COD_{out}) \times EF_{ws-CH_4} \times f_{CH_4} \times 10^{-3} \quad (6.2.3-2)$$

式中： CEI_{ws-CH_4} ——污水处理阶段 CH_4 碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

COD_{in} ——污水处理厂平均进水 COD 浓度， mg/L ；

COD_{out} ——污水处理厂平均出水 COD 浓度， mg/L ；

EF_{ws-CH_4} ——污水处理阶段 CH_4 的排放因子， $kgCH_4/kg\text{COD}$ ；可实测，没有实测条件的常规推荐值宜为 $0.0040kgCH_4/kgCOD \sim 0.0075kgCH_4/kgCOD$ ，当构筑物内存在污泥淤积时可取大值；

$M_{pump-CH_4}$ ——提升泵站逸散的 CH_4 量， kg/m^3 ；可实测，没有实测条件的可按照 CEI_{ws-CH_4} 按公式(6.2.3-2)计算；

$M_{grit-CH_4}$ ——沉砂池逸散的 CH_4 量， kg/m^3 ；可实测，没有实测条件的可按照 CEI_{ws-CH_4} 按公式(6.2.3-2)计算；

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定；

F_{CH_4} ——提升泵站和沉砂池逸散的 CH_4 量占生化反应过程排放总量的百分比(%)；取值在 $10.25\% \sim 26.19\%$ 之间，可取 20% 。

6.2.4 污水生物处理脱氮过程排放的 N_2O 的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-N_2O} = (TN_{in} - TN_{out}) \times EF_{ws-N_2O} \times \frac{44}{28} \times f_{N_2O} \times 10^{-3} \quad (6.2.4)$$

式中： CEI_{ws-N_2O} ——污水处理排放的 N_2O 碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

TN_{in} ——污水处理厂平均进 TN 浓度， mg/L ；

TN_{out} ——污水处理厂平均出水 TN 浓度， mg/L ；

EF_{ws-N_2O} ——污水处理阶段 N_2O 的排放因子， $kgN_2O\text{-N}/kgN$ ；排放因子宜用数学模型法计算，亦可采用连续实测法获取，当数学模型和连续实测法均不能获取本厂特定的排放因子时，可采用推荐值 $0.01kgN_2O\text{-N}/kgN$ ；

$\frac{44}{28}$ ——转换系数， $kgN_2O/kgN_2O\text{-N}$ ；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

6.2.5 污水处理阶段药剂消耗产生的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-cc} = \left[\sum_{j=1} (M_{cc, j} \times EF_{cc, j}) \right] / Q \quad (6.2.5)$$

式中： CEI_{ws-cc} ——污水处理药剂消耗产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ；

$M_{cc, j, m}$ ——第 j 种药剂的投加量， kg/a ；

$EF_{cc, j}$ ——第 j 种药剂生产的 CO_2 当量排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/kg}$ ，按本标准表 A-5 确定。

Q ——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.2.6 污水处理构筑物运行维护因化石燃料产生的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-rl} = \sum_{i=1}^n (M_{rl, i} \times EF_{rl, i}) / Q \quad (6.2.6)$$

式中： CEI_{ws-rl} ——化石燃料碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ；

$M_{rl, i}$ ——每年第 i 种化石燃料总量， kg/a 或 m^3/a ；

$EF_{rl, i}$ ——第 i 种化石燃料排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/kg}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ，见附录 A-1

Q ——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

n ——总计使用 n 种化石燃料。

6.2.7 污水处理构筑物运行维护因电力消耗产生的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-d} = (E_d \times EF_d) / Q \quad (6.2.7)$$

式中： CEI_{ws-d} ——消耗电力产生的碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ；

E_d ——年运行维护总耗电量， kWh/a ；

EF_d ——该地区电力排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ，见附录 A-2。

Q ——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.2.8 污水处理构筑物运行维护因材料消耗产生的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-cl} = \sum_{i=1}^n (M_{cl, i} \times EF_{cl, i}) / Q \quad (6.2.8)$$

式中： CEI_{ws-cl} ——消耗材料产生的碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ；

$M_{cl, i}$ ——每年第 i 种材料使用量， t/a 或 m^3/a ；

$EF_{cl, i}$ ——第 i 种材料排放因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/t}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ，见附录 A-3

Q ——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

n ——总计使用 n 种材料。

6.2.9 污水处理构筑物运行维护在运输过程中产生的碳排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{ws-ys} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l (M_{ys, i, j} \times L_{ys, i, j} \times EF_{ys, j}) / Q \quad (6.2.9)$$

式中： CEI_{ws-ys} ——材料运输环节所产生的碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{-eq m}^3$ ；

$M_{ys, i, j}$ ——第 i 次运输中，使用第 j 种方式的运输材料总量， t/a ；

$L_{ys, i, j}$ ——第*i*次运输中，使用第*j*种方式的运输距离，km；

$EF_{ys, j}$ ——第*j*种运输方式排放因子，kgCO₂-eq/（t·km），见附录 A-4；

Q ——污水处理厂年平均处理水量，m³/a。

n ——总计进行 n 次运输；

l ——第*i*次运输中，总计采用了*l*种运输方式。

6.2.10 污水处理阶段生化反应的年度碳排放量宜按下式计算：

$$CE_{w-b, an} = (CEI_{ws-CH_4} + CEI_{ws-N_2O} + CEI_{ws-CO_2} + CEI_{ws-eCO_2}) \times Q \quad (6.2.10)$$

式中： $CE_{ws-b, an}$ ——污水处理阶段生化反应的年度碳排放量，kg-CO₂-eq/a；

CEI_{ws-CH_4} ——污水处理单元 CH₄ 碳排放强度，kgCO₂-eq m³；

CEI_{ws-N_2O} ——污水处理排放的 N₂O 碳排放强度，kgCO₂-eq m³；

CEI_{ws-CO_2} ——污水处理化石源 CO₂ 碳排放强度，kgCO₂-eq m³；

CEI_{ws-eCO_2} ——外加碳源的化石源 CO₂ 碳排放强度，kgCO₂-eq m³；

Q ——污水处理厂年平均处理水量，m³/a。

6.2.11 污水处理阶段能源和药剂消耗产生的碳排放量宜按下式计算：

$$CE_{ws-re, an} = (CEI_{ws-cc} + CEI_{ws-rl} + CEI_{ws-d} + CEI_{ws-cl} + CEI_{ws-ys}) \times Q \quad (6.2.11)$$

式中： $CE_{ws-re, an}$ ——污水处理阶段年度能源和药剂消耗产生的碳排放量，kg-CO₂-eq/a；

CEI_{ws-cc} ——污水处理药剂消耗产生的碳排放量，kgCO₂-eq m³；

CEI_{ws-rl} ——污水处理阶段化石燃料碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

CEI_{ws-d} ——污水处理阶段消耗电力产生的碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

CEI_{ws-cl} ——污水处理阶段消耗材料产生的碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

CEI_{ws-ys} ——污水处理阶段材料运输环节所产生的碳排放强度，kgCO₂-eq/m³；

Q ——污水处理厂年平均处理水量，m³/a。

6.3 污泥处理阶段碳排放核算

6.3.1 污泥浓缩脱水过程的生化反应碳排放量可忽略不计。

6.3.2 污泥厌氧消化沼气收集管路无意泄露的 CH₄ 或沼气火炬燃烧不充分导致的碳排放，CO₂ 排放强度宜按下式计算：

$$CEI_{wn-CH_4, ad} = V_{biogas} \times P_{CH_4} \times F \times \frac{16}{22.4} \times 28 \times \frac{1}{Q} \quad (6.3.2)$$

式中： $CE_{wn-CH_4, ad}$ ——污泥处理阶段污泥厌氧消化化石源 CO_2 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

V_{biogas} ——沼气产量(m^3/a)；

P_{CH_4} ——沼气中 CH_4 的质量分数(%)；

F——沼气逸散比例(%)，缺省值宜为 5%；

16/22.4—— CH_4 的摩尔质量与摩尔体积的换算系数， kg/m^3 ；

28—— CH_4 的全球变暖潜能；

Q——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.3.3 单独处理污泥厌氧消化过程产生的沼液时，可根据沼液量与 TN 浓度按本标准第 6.2.4 条规定计算。

6.3.4 污泥好氧发酵过程生化反应的碳排放包括 CH_4 和 N_2O ， CO_2 排放强度宜按下列公式计算：

$$CEI_{wn-CH_4, af} = M_{ss} \times EF_{wn-CH_4, af} \times 10^{-3} \times f_{CH_4} \times \frac{1}{Q} \quad (6.3.4-1)$$

$$CEI_{wn-N_2O, af} = M_{ss} \times EF_{wn-N_2O, af} \times 10^{-3} \times f_{N_2O} \times \frac{1}{Q} \quad (6.3.4-2)$$

式中： $CEI_{wn-CH_4, af}$ ——污泥处理过程污泥好氧发酵过程排放 CH_4 的碳排放强， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

$CEI_{wn-N_2O, af}$ ——污泥处理过程污泥好氧发酵过程排放的 N_2O 的碳排放强， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

M_{ss} ——污泥处理好氧发酵量， kg 干污泥/ a ；

$EF_{wn-CH_4, af}$ ——污泥处理阶段污泥好氧发酵过程 CH_4 的排放因子， gCH_4/kg 干污泥；

$EF_{wn-N_2O, af}$ ——污泥处理阶段污泥好氧发酵过程 N_2O 的排放因子， gN_2O/kg 干污泥；

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

Q——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.3.5 在污泥干化焚烧或协同焚烧过程，化石源碳被氧化产生的化石源 CO_2 碳排放量宜按下式计算：

$$CEI_{wn-fCO_2, inc} = (M_{ss} \times CF \times FCF \times \frac{44}{12})/Q \quad (6.3.5)$$

式中： $CEI_{wn-fCO_2, inc}$ ——污泥处理过程污泥焚烧过程化石源 CO_2 碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

M_{ss} ——污泥处理焚烧量， kg 干污泥/a；

CF——污泥干物质中含碳比例%，计算是湿污泥的 40%~50%；

FCF——污泥中化石碳比例%，宜取 12%；

44/12—— CO_2 与 C 的分子质量比；

Q——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.3.6 污泥焚烧过程不完全燃烧产生的 CH_4 和 N_2O 的 CO_2 排放当量宜按下列公式计算：

$$CEI_{wn-CH_4, inc} = M_{ss} \times EF_{wn-CH_4, inc} \times f_{CH_4} \times \frac{1}{Q} \quad (6.3.6-1)$$

$$CEI_{wn-N_2O, inc} = M_{ss} \times EF_{wn-N_2O, inc} \times f_{N_2O} \times \frac{1}{Q} \quad (6.3.6-2)$$

式中： $CEI_{wn-CH_4, inc}$ ——污泥处理过程污泥焚烧过程排放的 CH_4 的 CO_2 当量， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

$CEI_{wn-N_2O, inc}$ ——污泥处理过程污泥焚烧过程排放的 N_2O 的 CO_2 当量， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

M_{ss} ——第 m 天污泥处理焚烧量，t 干污泥/a；

$EF_{wn-CH_4, inc}$ ——污泥处理过程污泥焚烧过程 CH_4 的排放因子， $kgCH_4/t$ 干污泥；连续焚烧时宜取 0，非连续焚烧时宜按本标准表 A-6 确定；

$EF_{wn-N_2O, inc}$ ——污泥处理过程污泥焚烧过程 N_2O 的排放因子， kgN_2O/t 干污泥；可实测，无实测值时可采用 $0.99kgN_2O/t$ 干污泥；

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

Q——污水处理厂年平均处理水量， m^3/a 。

6.3.7 污泥热解碳化或气化过程生化反应的碳排放应包括化石源 CO_2 ($CEI_{wn-fCO_2, py}$) 排放、 CH_4 ($CEI_{wn-CH_4, py}$) 和 N_2O ($CEI_{wn-N_2O, py}$) 排放，具体计算方法可按本标准第 6.3.5 条、第 6.3.6 条规定执行。

6.3.8 根据污泥实际处理方法，计算污泥处理生化反应的碳排放总量，应包括化石源 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 的碳排放强度，宜按下式计算：

$$CEI_{wn-b} = \sum_{r=1}^n (CEI_{wn-CH_4, r} + CEI_{wn-N_2O, r} + CEI_{wn-fCO_2, r}) \quad (6.3.8)$$

式中： CEI_{wn-b} ——污泥处理阶段生化反应的碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

n——污泥的 n 种处理方式，包括厌氧消化、好氧发酵、污泥干化、焚烧热解或

气化;

r ——污泥第 r 种处理方式;

$CEI_{wn-CH_4, r}$ ——污泥处理过程第 r 种处理方式排放的 CH_4 的碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

$CEI_{wn-N_2O, r}$ ——污泥处理过程第 r 种处理方式排放的 N_2O 的碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

$CEI_{wn-fCO_2, r}$ ——污泥处理过程第 r 种处理方式排放的化石源 CO_2 的碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ 。

6.3.9 污泥处理过程药剂消耗产生的碳排放强度($CEI_{wn-cc, r}$)计算方法可按本标准第 6.2.5 条规定执行。

6.3.10 污泥处理过程因化石燃料产生产生的碳排放量($CEI_{wn-rl, r}$)计算方法可按本标准第 6.2.6 条规定执行。

6.3.11 污泥处理过程因电力消耗产生的碳排放强度($CEI_{wn-d, r}$)应计入污泥处理厂(区)所有环节消耗的电量, 计算方法可按本标准第 6.2.7 条规定执行。

6.3.12 污泥处理阶段因材料消耗产生的碳排放强度($CEI_{wn-cl, r}$), 计算方法可按本标准第 6.2.8 条规定执行。

6.3.13 污泥处理阶段在运输过程中产生的碳排放强度($CEI_{wn-ys, r}$), 计算方法可按本标准第 6.2.9 条规定执行。

6.3.14 污泥处理阶段生化反应的年度碳排放量宜按下式计算:

$$CE_{wn-b, an} = CEI_{wn-b} \times Q \quad (6.3.14)$$

式中: $CE_{wn-b, an}$ ——污泥处理阶段生化反应的年度碳排放量, $kg\text{-}CO_2\text{-eq}/a$;

CEI_{wn-b} ——污泥处理阶段生化反应的碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$; ;

Q ——污水处理厂年平均处理水量, m^3/a 。

6.3.15 污泥处理阶段能源和药剂消耗产生的碳排放量宜参照式 6.2.11 计算, 记为 $CE_{wn-re, an}$ 。

6.4 污水管渠设施碳排放核算

6.4.1 当居民生活污水降解时产生的化石源 CO_2 排放宜按下式计算:

$$CEI_{gq-co_2} = FCF \times EF_{gq-co_2} \times C \times \left(1 - \frac{1}{1+\eta_T t}\right) \quad (6.4.1)$$

$$\eta_T = \eta_{20} \times 1.117^{T-20} \quad (6.4.1-1)$$

式中： CEI_{gq-co_2} ——化粪池/污水管渠化石源 CO_2 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

FCF ——化石源 CO_2 排放比例，%，可取 5%~20%，一般取 10%；

EF_{gq-co_2} ——化粪池/污水管渠的 CO_2 排放因子， $kgCO_2$ / $kgCOD$ ，根据有机物厌氧反应过程，可取 $0.4kgCO_2$ / $kgCOD$ ；

C ——化粪池/污水管渠内污水有机物平均浓度， $kgCOD/m^3$ ；

η_T ——化粪池/污水管渠内污水有机物（COD）厌氧转化率，可实测。在无详细数据前提下可根据式(6.4.1-1)计算；

t ——计算边界范围内的污水平均水力停留时间，d；

η_{20} ——有机物（COD）在 20℃ 下的厌氧转化率，常数，0.221；

T ——当地污水管渠中污水的全年平均温度，℃。

6.4.2 化粪池中，厌氧环境条件下有机物转化为 CH_4 气体时，可获取化粪池进水 COD 浓度时宜采用(6.4.2-1)计算；当信息不足时，可采用服务人口进行估算，宜按(6.4.2-2)计算：

$$CEI_{hfc-CH_4} = \sum_{i=1}^n \left[C_i \times \left(1 - \frac{1}{1+\eta_{T,i} t_i}\right) \times Q_{hfc-i} \right] \times EF_{hfc-CH_4} / Q_y \times f_{CH_4} \quad (6.4.2-1)$$

式中： CEI_{hfc-CH_4} ——化粪池 CH_4 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

EF_{hfc-CH_4} ——化粪池 CH_4 排放因子， $kgCO_2$ / $kgCOD$ ，根据有机物厌氧反应过程，可取 $0.4kgCO_2$ / $kgCOD$ ；

C_i ——第 i 座化粪池进水有机物浓度， $kgCOD/m^3$ ；

$\eta_{T,i}$ ——第 i 座化粪池有机物（COD）厌氧转化率，可实测。在无详细数据前提下可根据式(6.4.1-1)计算；

t_i ——第 i 座化粪池污水平均水力停留时间，d；

Q_{hfc-i} ——第 i 座化粪池单位评价年内总处理水量， m^3/a ；

Q_y ——污水管渠系统年总转输水量， m^3/a ；

n ——共核算 n 座化粪池；

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

$$CEI_{hfc-CH_4} = \frac{EF_{CH_4-PE}}{365Q_{PE}} \quad (6.4.2-2)$$

式中： CEI_{hfc-CH_4} ——化粪池 CH_4 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

EF_{CH_4-PE} ——化粪池 CH_4 排放当量, $kgCO_2\text{-eq}/(\text{人}\cdot\text{a})$, 取 $85 kgCO_2\text{-eq}/(\text{人}\cdot\text{a})$;

Q_{PE} ——人均污水排放量, $m^3/(\text{人}\cdot\text{d})$, 根据城镇规模取值, 可参考《给水排水设计手册》。

6.4.3 污水管渠, 厌氧环境条件下有机物转化为 CH_4 气体时, 可获取污水各段水利条件时宜采用(6.4.3-1)计算; 可获取污水管渠中 COD 浓度信息时宜采用(6.4.2-2)计算:

$$CEI_{gq-CH_4} = 0.419 \times 1.05^{(T-20)} \times \sum_{i=1}^n \left[\frac{Q_i^{-0.74}}{(3600 \times 24)^{0.26}} \times D_i^{0.28} \times S_i^{-0.138} \times L_i \right] \times f_{CH_4} \quad (6.4.3-1)$$

式中: CEI_{gq-CH_4} ——污水管渠 CH_4 排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

T ——污水管渠内污水全年平均温度, $^{\circ}C$ 。

Q_i ——污水管渠内第 i 段管段日平均流量, m^3/d ;

D_i ——污水管渠内第 i 段管段直径, m ;

S_i ——污水管渠内第 i 段管段坡度, m/m ;

L_i ——污水管渠内第 i 段管段长度, km ;

n ——共有 n 条管段;

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

$$CEI_{gq-CH_4} = EF_{gq-CH_4} \times C \times \left(1 - \frac{1}{1 + \eta_T t} \right) \times f_{CH_4} \quad (6.4.3-2)$$

式中: CEI_{gq-CH_4} ——污水管渠 CH_4 排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

EF_{gq-CH_4} ——污水管渠 CH_4 排放因子, $kgCH_4/kgCOD$, 根据有机物厌氧反应过程, 可取 $0.25kgCH_4/kgCOD$;

C ——污水管渠内污水有机物平均浓度, $kgCOD/m^3$;

η_T ——污水管渠内污水有机物(COD)厌氧转化率, 可实测。在无详细数据前提下可根据式(6.4.1-1)计算;

t ——计算边界范围内的污水平均水力停留时间, d ;

η_{20} ——有机物(COD)在 $20^{\circ}C$ 下的厌氧转化率, 常数, 0.221 ;

T ——当地污水管渠中污水的全年平均温度, $^{\circ}C$ 。

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

6.4.4 污水管渠内进行消化与反硝化反应产生 N_2O 气体时的碳排放强度, 可获取污水管渠中污水总氮浓度时宜采用(6.4.4-1)计算; 当信息不足时, 可采用服务人口进行估算, 宜按(6.4.4-2)计算:

$$CEI_{gq-N_2O} = EF_{gq-N_2O} \times (TN_o - TN_e) \times \frac{22}{14} \times f_{N_2O} \quad (6.4.4-1)$$

式中： CEI_{gq-N_2O} ——污水管渠 N_2O 排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

EF_{gq-N_2O} ——污水管渠 N_2O 排放因子， $kgN_2O\text{-N}/kgN$ ，可取 $0.005kgN_2O\text{-N}/kgN$ ；

TN_o ——计算边界范围的初始总氮平均浓度， $kg\ N/m^3$ ；

TN_e ——计算边界范围的末端总氮平均浓度， $kg\ N/m^3$ ；

$\frac{22}{14}$ —— $1/2N_2O$ 与 N 分子质量比；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

$$CEI_{gq-N_2O} = \frac{EF_{N_2O-PE}}{365Q_{PE}} \times f_{N_2O} \quad (6.4.4-2)$$

式中： CEI_{gq-N_2O} ——污水管渠 N_2O 碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

EF_{N_2O-PE} ——人均综合 N_2O 排放因子，取 $(1.5 \sim 3.5) \times 10^{-3}kgN_2O\text{-eq}/(人 \cdot a)$ ；

Q_{PE} ——人均污水排放量， $m^3/(人 \cdot d)$ ，根据城镇规模取值，可参考《给水排水设计手册》；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

6.4.5 在强降雨气候或融雪季等期间，合流制管道溢流产生的 CH_4 碳排放强度宜采用 (6.4.5-1) 计算，合流制管道溢流产生的 N_2O 碳排放强度宜采用 (6.4.5-2) 计算：

$$CEI_{cso-CH_4} = \sum_{i=1}^n (M_{O,i} \times Q_{cso,i}) \times EF_{cso-CH_4} \times f_{CH_4}/Q_y \quad (6.4.5-1)$$

式中： CEI_{cso-CH_4} ——合流制管道溢流 CH_4 碳排放强度， $kgCO_2\text{-eq}/m^3$ ；

$M_{O,i}$ ——第 i 次溢流污水有机物浓度，可实测， $kgCOD/m^3$ 或 $kgBOD_5/m^3$ ；

EF_{cso-CH_4} ——溢流污水排放至水体后 CH_4 排放因子， $kg\ CH_4/kgCOD$ 或 $kg\ CH_4/kg\ BOD_5$ ，可采用 IPCC 推荐值，见表 6.4.5-1；

$Q_{cso,i}$ ——第 i 次溢流污水量， m^3 ；

Q_y ——污水管渠系统年总转输水量， m^3/a ；

n ——当年共发生 n 次溢流；

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

表 6.4.5-1 处理出水排放至自然水体后 CH_4 排放因子

排放水体	CH_4 排放因子	
	$kgCH_4/kg\ BOD_5$	$kgCH_4/kg\ COD$
处理出水（排放至自然水体） ¹	0.068(0.0024~0.16) ²	0.028(0.001~0.068)

处理出水（排放至水库、河流、入海口）	0.114(0.048~0.16)	0.048(0.02~0.068)
处理出水（排放至非水库、河流、入海口）	0.021(0.0024~0.036)	0.009(0.001~0.015)

注：¹ 当没有受纳水体类型信息时，可以参考该类进行取值；

² 可根据各省或国家生态环境保护部门发布的《生态环境状况公报》的水质状况从括号内范围进行取值，□类水取低值、劣□类取高值；当没有受纳水体水质状况时，可选取平均值进行核算。

$$CEI_{CSO-N_2O} = \sum_{i=1}^n (TN_{O,i} \times Q_{CSO,i}) \times EF_{CSO-N_2O} \times \frac{22}{14} \times f_{N_2O}/Q_y \quad (6.4.5-2)$$

式中： CEI_{CSO-N_2O} ——合流制管道溢流 N_2O 碳排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

$TN_{O,i}$ ——第 i 次溢流污水总氮浓度，可实测， kgN/m^3 ；

EF_{CSO-N_2O} ——溢流污水排放至水体后 N_2O 排放因子， kgN_2O-N/kgN ，可采用 IPCC 推荐值，见表 6-2；

$Q_{CSO,i}$ ——第 i 次溢流污水量， m^3 ；

Q_y ——污水管渠系统年总转输水量， m^3/a ；

n ——当年共发生 n 次溢流；

$\frac{22}{14}$ —— $1/2N_2O$ 与 N 分子质量比；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 6.4.5-2 确定。

表 6.4.5-2 处理出水排放至自然水体后 N_2O 排放因子

排放水体	N_2O 排放因子	单位
处理出水（排放至湖泊、海洋等自然水体） ¹	0.005(0.0005~0.075) ²	kgN_2O-N/kgN
处理出水（排放至养分过量或缺氧的自然水体）	0.019(0.0041~0.091)	kgN_2O-N/kgN

注：¹ 当没有受纳水体类型信息时，可以参考该类进行取值；

² 可根据各省或国家生态环境保护部门发布的《生态环境状况公报》的水质状况从括号内范围进行取值，□类水取低值、劣□类取高值；当没有受纳水体水质状况时，可选取平均值进行核算。

6.4.6 污水提升泵站运行维护因电力消耗导致的碳排放核算，参照 6.2.7 式核算，记为 CEI_{gq-d} 。

6.4.7 污水管渠设施的年度碳排放量宜按下式计算：

$$CE_{gq, an} = (CEI_{gq-CO_2} + CEI_{hfc-CH_4} + CEI_{gq-CH_4} + CEI_{gq-N_2O} + CEI_{CSO-CH_4} + CEI_{CSO-N_2O} + CEI_{gq-d}) \times Q_y \quad (6.4.6)$$

式中： $CE_{gq, an}$ ——污水管渠设施的年度碳排放量， $kg-CO_2$ -eq/a；

CEI_{gq-CO_2} ——化粪池/污水管渠化石源 CO_2 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

CEI_{hfc-CH_4} ——化粪池 CH_4 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

CEI_{gq-CH_4} ——污水管渠 CH_4 排放强度， $kgCO_2$ -eq/ m^3 ；

CEI_{gq-N_2O} ——污水管渠 N_2O 排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

CEI_{cso-CH_4} ——合流制管道溢流 CH_4 碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

CEI_{cso-N_2O} ——合流制管道溢流 N_2O 碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

CEI_{gq-d} ——污水泵站消耗电力产生的碳排放强度, $kgCO_2\text{-eq}/m^3$;

Q_y ——污水管渠系统年总转输水量, m^3/a ;

6.5 碳减排量核算

6.5.1 采用热泵技术回收利用污水中蕴含的热能时, 相应的碳减排量宜按下式计算:

$$CA_{hp} = A_{ss} \times EF_{fc, j} \times 10^{-9} \quad (6.5.1)$$

式中: CA_{hp} ——热泵产热或制冷的碳减排量, $kgCO_2\text{-eq}/an$;

A_{ss} ——热泵实际年供热量、供冷量, 仪表测量结果, kJ/an ;

$EF_{fc, j}$ ——被替代的第 j 类燃料的 CO_2 当量排放因子, $kgCO_2\text{-eq}/TJ$, 按本标准表 A-1 确定。

6.5.2 采用光伏发电的厂区, 应使用光伏企业提供的厂内发电量, 相应的碳减排量宜按下式计算:

$$CA_{hp} = E_{pv} \times EF_{ec, p} \quad (6.5.2)$$

式中: CA_{hp} ——光伏发电的碳减排量, $kgCO_2\text{-eq}/an$;

E_{pv} ——污水厂光伏年发电量 $kW \cdot h/an$;

$EF_{ec, p}$ ——污水厂所在区域 p 的电力行业的平均 CO_2 当量排放因子, $kgCO_2\text{-eq}/(kW \cdot h)$, 按本标准表 A-2 确定。

6.5.3 再生水回用的碳减排量宜按替代的供水的取水、生产和输送的碳排放量计算, 并宜按下式计算:

$$CA_{zs} = Q_{zs} \times [(EI_{it} + EI_{sp} - EI_{zs}) \times EF_{ec, p} + CEI_{zs}] \quad (6.5.3)$$

式中: CA_{zs} ——回用水替代供水的碳减排量, $kgCO_2\text{-eq}/an$;

Q_{zs} ——回用水供应量, (m^3/an ; 取自产生经济收益的且有明确支付记录的绿化浇灌、市政道路冲洗和替代工业用水等结算凭证记录数据;

EI_{it} ——城市取水的能源强度, $kW \cdot h/m^3$; 缺省值可取 $0.2kW \cdot h/m^3$;

EI_{sp} ——城市供水输送阶段的能源强度, $kW \cdot h/m^3$; 缺省值可取 $0.5kW \cdot h/m^3$,

对于长距离调水和输水的城市应实际调研;

$EI_{zs, j}$ ——城市用水输送的能源强度, $kW \cdot h/m^3$; 缺省值可取 $0.5kW \cdot h/m^3$,

对于长距离输送回用水的城市应实际调研；

$EF_{ec, p}$ ——污水厂所在区域 p 的电力行业的平均 CO_2 当量排放因子 $kgCO_2-eq/(kW \cdot h)$ ，按本标准表 A-2 确定；

CEI_{zs} ——回用水替代的供水生产过程的碳排放强度， $kgCO_2-eq/m^3$ ，根据供水厂规模和本标准表 A-7 确定。

6.5.4 污泥厌氧消化沼气利用的碳减排量应只计算富余沼气实际供热或发电量，或富余沼气经过净化提纯产生的天然气量宜按下式计算：

$$CA_{ad} = E_{ad} \times EF_{ec, p} + H_{ad} \times EF_{fc, j} + V_{ng} \times EF_{fc, ng} \quad (6.5.4)$$

式中： CA_{ad} ——污泥厌氧消化沼气利用的碳减排量， $kgCO_2-eq/an$ ；

E_{ad} ——污泥厌氧消化沼气发电量， $kW \cdot h/an$ ；

$EF_{ec, p}$ ——污水厂所在区域 p 的电力行业的平均 CO_2 当量排放因子 $kgCO_2-eq/(kW \cdot h)$ ，按本标准表 A-2 确定；

H_{ad} ——污泥厌氧消化沼气富余热能利用量， TJ/an ；

$EF_{fc, j}$ ——被替代的第 j 类燃料的 CO_2 当量排放因子， $kgCO_2-eq/TJ$ ，按本标准表 A-1 确定；

V_{ng} ——沼气提纯并网的天然气量， m^3CH_4/an ；

$EF_{fc, ng}$ ——天然气的 CO_2 当量排放因子， $kgCO_2-eq/m^3CH_4$ ，宜取 $0.0022kgCO_2-eq/m^3CH_4$ 。

6.5.5 对于污泥干化焚烧或热解处理过程，相应的碳减排量宜按下式计算：

$$CA_{inc} = E_{inc} \times EF_{ec, p} + H_{inc} \times EF_{fc, j} \quad (6.5.5)$$

式中： $CA_{inc, m}$ ——污泥焚烧或热解热能利用的碳减排量， $kgCO_2-eq/an$ ；

E_{inc} ——污泥焚烧或热解的电力年利用量， $kW \cdot h/an$ ；

$EF_{ec, p}$ ——污水厂所在区域 p 的电力行业的平均 CO_2 当量排放因子 $kgCO_2-eq/(kW \cdot h)$ ，按本标准表 A-2 确定；

H_{inc} ——污泥焚烧或热解热能年利用量(TJ/an)；

$EF_{fc, j}$ ——被替代的第 j 类燃料的 CO_2 当量排放因子， $kgCO_2-eq/TJ$ ，按本标准表 A-1 确定。

6.5.6 污泥经过厌氧、好氧或碳化处理后，产生的碳减排量宜按下式计算：

$$CA_{land} = M_{land} \times (P_N \times \omega_N \times EF_{N-FERT} + P_{po} \times \omega_{po} \times EF_{P-FERT}) \quad (6.5.6)$$

式中： CA_{land} ——污泥产物土地利用的碳减排量， $kgCO_2-eq/an$ ；

M_{land} ——回收作为肥料的污泥量, kg 干污泥/an;

P_N ——污泥中氮的质量分数, kgN/kg 干污泥, 可取 0.03kgN/kg 干污泥;

ω_N ——污泥中可被植物吸收的氮的比例%, 可取 61%;

EF_{N-FERT} ——全国尺度氮肥生产的能耗排放因子, kgCO₂-eq/kgN, 可取 2.166kgCO₂-eq/kgN;

P_{po} ——污泥含磷的质量分数, kgP/kg 干污泥, 可取 0.006kgP/kg 干污泥;

ω_{po} ——污泥中可被植物吸收的磷的比例%, 可取 70%;

EF_{P-FERT} ——全国尺度磷肥生产的能耗排放因子, kgCO₂-eq/kgP, 可取 1.45kgCO₂-eq/kgP。

6.5.7 污泥焚烧制建材产品过程中的碳排放量()的计算应符合本标准第 6.3.5 条、第 6.3.6 条的规定。污泥建材综合利用替代建材产生碳减排量, 应根据建材生产量, 按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 的有关规定计算。

6.5.8 污水厂污水水质越好, 出水污染物在受纳水体中产生的碳减排量越低, 污水处理厂出水水质高于出水标准规定而使收纳水体减少的碳排放量宜按下式计算:

$$CA_{szts} = Q_{out} \times \left[(COD_{std} - COD_{out}) \times EF_{ec, CH_4} \times f_{CH_4} + (TN_{std} - TN_{out}) \times EF_{ec, N_2O} \times f_{N_2O} \right] \times 10^{-3} \quad (6.5.8)$$

式中 CA_{szts} ——水质提升的碳减排量, kgCO₂-eq/an;

COD_{std} ——出水标准规定 COD 浓度, mg/L;

TN_{std} ——出水标准规定 TN 浓度, mg/L;

Q_{out} ——排放至受纳水体的污水量, m³/an;

COD_{out} ——排入收纳水体的平均处理出水 COD 浓度, mg/L;

EF_{ec, CH_4} ——受纳水体延伸阶段 CH₄ 的排放因子, kgCH₄/kg COD, 可采用 IPCC 推荐值, 见表 6-1;

f_{CH_4} ——CH₄ 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

TN_{out} ——排入收纳水体的平均出水 TN 浓度, mg/L;

EF_{ec, N_2O} ——受纳水体延伸阶段 N₂O 的排放因子, kgN₂O/kg N, 可采用 IPCC 推荐值, 见表 6-2;

f_{N_2O} ——N₂O 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

6.5.9 污水处理厂厂区绿化产生的碳减排量, 宜按下式计算:

$$CA_{zb} = A_{zb} \times EF_{zb} \quad (6.5.9)$$

式中 CA_{zb} ——厂区植被的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

EF_{ec, N_2O} ——植被的固碳因子， $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^2$ ，见表 6.5.9；

A_{zb} ——植物覆盖面积， m^2 。

表 6.5.9 不同类型植被固碳因子

植被类型	固碳因子	单位
乔木、灌木、花草密植混种	27.5	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
大小乔木密植混种	22.5	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
落叶大乔木	20.2	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
落叶小乔木、针叶木、疏叶形乔木	13.4	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
高约 1.25m 密植灌木丛	10.3	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
高约 0.85m 密植灌木丛	8.2	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
高约 0.55m 密植灌木丛	5.2	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
高 1m 野草地	1.2	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
高 0.25m 低茎野草	0.4	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

6.5.10 污水系统年度碳减排量宜按下式计算：

$$CA_{an} = CA_{hp} + CA_{pv} + \sum_{r=1}^n CA_r + CA_{ws} + CA_{szts} + CA_{zb} + CA_{other}$$

式中： CA_{an} ——污水系统年度碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{hp} ——热泵产热或制冷的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{pv} ——光伏发电的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

n ——污泥的 n 种处理方式，包括厌氧消化、污泥干化、焚烧热解、土地利用；

r ——污泥第 r 种处理方式；

CA_r ——污泥处理阶段第 r 种处理方式污泥利用的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{ws} ——回用水替代供水的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{szts} ——水质提升的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{zb} ——厂区植被的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ ；

CA_{other} ——其他类型回收可利用材料的碳减排量， $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$ 。

7 拆除阶段碳排放核算

7.0.1 拆除阶段碳排放核算适用于新建和改扩建城镇污水系统（含污水管渠及提升泵站、污水处理厂等）在设计阶段进行的拆除阶段碳排放预估。

7.0.2 城镇污水系统拆除阶段碳排放核算的时间边界，应从拆除工作开始起，至拆除废弃物全部运出所属厂区或管渠用地范围止。

7.0.3 污水系统内建筑物、构筑物拆除阶段，除非有明确的建筑材料回收利用方案，否则预期的资产重置可能产生的碳减排量不应计入本阶段的核算。

7.0.4 拆除阶段主要碳排放应包括：

- a) 拆除过程中器械工作燃烧化石燃料产生的直接碳排放；
- b) 拆除过程消耗电能产生的间接碳排放；
- c) 拆除产生的建筑垃圾向外清运过程中产生的间接碳排放；

7.0.4 城镇污水系统拆除阶段的碳排放量应根据工程量清单按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的有关规定进行计算，也可按照与规划建设阶段相等的碳排放量估算，记为 CE_{dm} 。

8 全生命周期碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 全生命周期碳排放量核算包含的分项应包括建设和拆除阶段碳排放量、全生命周期运维阶段碳排放量和延伸阶段碳排放量(图 8.1.1)。

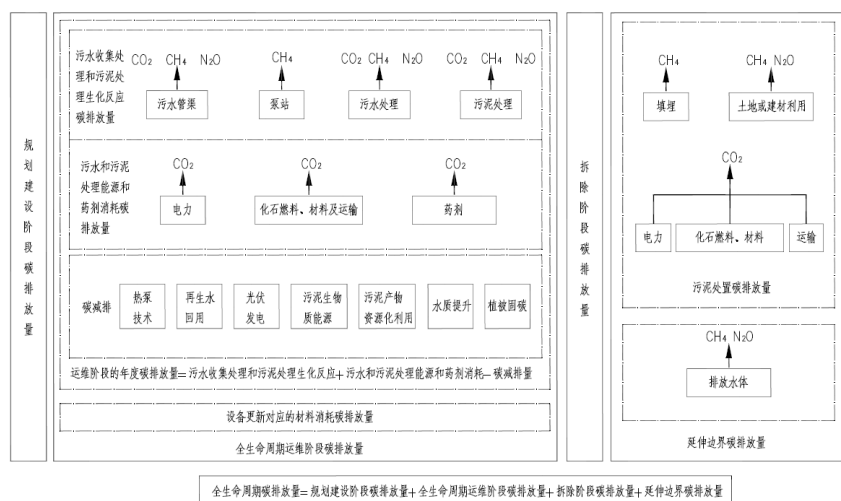


图 8.1.1 全生命周期碳排放核算边界与分项框架图

8.1.2 全生命周期碳排放量核算的时间边界应包括城镇污水系统的建设阶段、拆除阶段和预期生命周期内的所有运行年度。

8.1.3 城镇污水系统中各类设施的设计使用年限应按设计值选取。建筑物、构筑物及管网结构主体、泵站土建部分，无相关资料时可按 50 年计；设备应按实际使用寿命选取，其中泵站内的机电设备可取 10 年~30 年；不同管材的实际使用寿命存在差异，当管材信息明确时，可依据管材类型选取对应的使用年限。

8.1.4 污泥处置方式应为填埋、建材利用和土地利用中的一种或多种组合。

8.2 全生命周期运维阶段的碳排放量

8.2.1 城镇污水系统运维阶段的年度碳排放量宜按下式计算：

$$CE_{ws, an} = (CE_{ws-b, an} + CE_{ws-re, an} + CE_{wn-b, an} + CE_{wn-re, an} + CE_{gq, an}) - CA_{an} \quad (8.2.1)$$

式中： $CE_{ws, an}$ ——城镇污水系统运维阶段的年度碳排放量， $\text{kg-CO}_2\text{-eq/a}$ ；

$CE_{ws-b, an}$ ——污水处理阶段生化反应的年度碳排放量， $\text{kg-CO}_2\text{-eq/a}$ ；

$CE_{wn-b, an}$ ——污泥处理阶段生化反应的年度碳排放量， $\text{kg-CO}_2\text{-eq/a}$ ；

$CE_{wn-re, an}$ ——污泥处理阶段年度能源和药剂消耗产生的碳排放量, kg-CO₂-eq/a;

$CE_{ws-re, an}$ ——污水处理阶段年度能源和药剂消耗产生的碳排放量, kg-CO₂-eq/a;

$CE_{gq, an}$ ——污水管渠设施的年度碳排放量, kg-CO₂-eq/a;

CA_{an} ——污水厂年度碳减排量, kg-CO₂-eq/a;

8.2.2 城镇污水系统全生命周期运维阶段碳排放量宜按下式计算:

$$CE_{lc, om} = T_1 \times (CE_{ws, an} + \frac{M_{rp} \times EF_{rp, j}}{T_2}) \quad (8.2.2)$$

式中: $CE_{lc, om}$ ——城镇污水系统全生命周期运维阶段碳排放量, kg-CO₂-eq;

T_1 ——服务年限(a);

$CE_{ws, an}$ ——城镇污水系统运维阶段的年度碳排放量, kg-CO₂-eq/a;

M_{rp} ——污水处理阶段大型设备更新的质量或面积, kg 或 m²;

$EF_{rp, j}$ ——大型设备所使用的第 j 种材质组件的 CO₂ 当量排放因子, kgCO₂-eq/kg 或 kgCO₂-eq/m², ;

T_2 ——设备使用寿命年限, a。

8.2.3 城镇污水系统运维阶段的年度碳排放量核算, 应根据系统内各设施实际包含的分项进行取舍计算。当污水处理厂区的能耗和物料清单未按工艺单元分割时, 通风和除臭设施的碳排放及碳减排量, 不应与污水和污泥处理段的消耗重复计算。

8.2.4 膜组件、填料和钢铁的排放因子宜按本标准附录 A-8 确定, 其他材料组件的排放因子可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 的有关规定执行。

8.3 污泥处置阶段的碳排放量

8.3.1 脱水污泥填埋或与生活垃圾混合填埋后, 有机物降解产生的 CH₄逸散造成的 CO₂排放当量宜按下式计算:

$$CE_{sd-CH_4, lf, an} = \sum_{m=1}^t (M_{ss, m} \times MCF \times 2.52) \quad (8.3.1)$$

式中: $CE_{sd-CH_4, lf, an}$ ——污泥处置阶段填埋排放的 CH₄的年度 CO₂当量, kgCO₂-eq/a;

t——核算周期内的日历天数 d; 核算周期为一年;

$M_{ss, m}$ ——第 m 天污泥处置填埋量, kg 干污泥/d;

MCF ——CH₄的修正因子, 根据填埋场的 CH₄回收和利用方式确定, 无回收默

认值宜为 1(IPCC 推荐值, 厌氧填埋); 填埋气收集直燃部分宜为 1/28; 填埋气 CDM 项目根据发电量和排放因子计入碳减排量;

2.52——转换系数, kgCO₂-eq/kg 干污泥。

8.3.2 污泥土地利用后分解产生的 CH₄、N₂O 排放的 CO₂ 当量宜按下列公式计算:

$$CE_{sd-CH_4, land, an} = M_{ss, an} \times EF_{sd-CH_4, land} \times f_{CH_4} \quad (8.3.2-1)$$

$$CE_{sd-N_2O, land, an} = M_{ss, an} \times P_N \times EF_{sd-N_2O, land} \times f_{N_2O} \quad (8.3.2-2)$$

式中: $CE_{sd-CH_4, land, an}$ ——污泥处置阶段土地利用过程排放的 CH₄ 的年度 CO₂ 当量, kgCO₂-eq/a;

$CE_{sd-N_2O, land, an}$ ——污泥处置阶段土地利用过程排放的 N₂O 的年度 CO₂ 当量, kgCO₂-eq/a;

$M_{ss, an}$ ——污泥处置土地年利用量, kg 干污泥/an;

$EF_{sd-CH_4, land}$ ——污泥处置阶段土地利用过程 CH₄ 的排放因子, kgCH₄/kg 干污泥, 可取 0.003kgCH₄/kg 干污泥;

$EF_{sd-N_2O, land}$ ——污泥处置阶段土地利用过程 N₂O 的排放因子, kgN₂O/kgN, 可取 0.011kgN₂O/kgN;

P_N ——污泥中氮的质量分数, kgN/kg 干污泥, 可取 0.03kgN/kg 干污泥;

f_{CH_4} ——CH₄ 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定;

f_{N_2O} ——N₂O 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

8.3.3 污泥及其处理产物进行填埋、土地利用时因化石燃料产生产生的碳排放强度 (CEI_{sd-rl}) 计算方法可按本标准第 6.2.6 条规定执行。

8.3.4 污泥及其处理产物进行填埋、土地利用时因电力消耗产生的碳排放强度 (CEI_{sd-d}) 应计入污泥处理厂(区)所有环节消耗的电量, 计算方法可按本标准第 6.2.7 条规定执行。

8.3.5 污泥及其处理产物进行填埋、土地利用时因材料消耗产生的碳排放强度 (CEI_{sd-cl}), 计算方法可按本标准第 6.2.8 条规定执行。

8.3.6 污泥处置阶段在运输过程中产生的碳排放强度 (CEI_{sd-ys}), 计算方法可按本标准第 6.2.9 条规定执行。

8.3.7 污泥及其处理产物进行填埋、土地利用时消耗能源产生的碳排放量宜按下式计算:

$$CE_{sd-re, an} = (CEI_{sd-rl} + CEI_{sd-d} + CEI_{sd-cl} + CEI_{sd-ys}) \times Q \quad (8.3.7)$$

式中: $CE_{sd-re, an}$ ——污水处理阶段年度能源消耗产生的碳排放量, kg-CO₂-eq/a;

CEI_{sd-rl} ——化石燃料碳排放强度, $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$;

CEI_{sd-d} ——消耗电力产生的碳排放强度, $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$;

CEI_{sd-cl} ——消耗材料产生的碳排放强度, $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$;

CEI_{sd-ys} ——材料运输环节所产生的碳排放强度, $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$;

Q ——污水处理厂年平均处理水量, m^3/a 。

8.3.8 污泥处置阶段的碳排放量宜按下式计算:

$$CE_{sd, an} = \sum_{r=1}^n (CE_{sd-CH_4, r, an} + CE_{sd-N_2O, r, an} + CE_{sd-re, r, an}) \quad (8.3.8)$$

式中: $CE_{sd, an}$ ——污泥处置阶段的年度碳排放量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

n ——污泥的 n 种处置方式, 包括填埋和土地利用等;

r ——污泥第 r 种处置方式;

$CE_{sd-CH_4, r, an}$ ——第 r 种污泥处置方式排放的 CH_4 的 CO_2 当量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

$CE_{sd-N_2O, r, an}$ ——第 r 种污泥处置方式排放的 N_2O 的 CO_2 当量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

$CE_{sd-re, r, an}$ ——第 r 种污泥处置方式能源消耗产生的年度 CO_2 当量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

8.4 污水排入受纳水体的延伸阶段碳排放量

8.4.1 污水排至受纳水体延伸阶段的 CH_4 的 CO_2 排放当量宜按下式计算:

$$CE_{ec-CH_4, an} = COD_{out} \times EF_{ec, CH_4} \times Q_{out} \times f_{CH_4} \times 10^{-3} \quad (8.4.1)$$

式中: $CE_{ec-CH_4, an}$ ——污水排至受纳水体延伸阶段排放的 CH_4 的年度 CO_2 当量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

COD_{out} ——排入受纳水体的平均处理出水 COD 浓度, mg/L ;

Q_{out} ——排放至受纳水体的污水量, m^3/a ;

EF_{ec, CH_4} ——受纳水体延伸阶段 CH_4 的排放因子, $\text{kgCH}_4/\text{kg COD}$, 可采用 IPCC 推荐值, 见表 6-1;

f_{CH_4} —— CH_4 的全球变暖潜能, 按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

8.4.2 污水排至受纳水体延伸阶段的 N_2O 的 CO_2 排放当量宜按下式计算:

$$CE_{ec-N_2O, an} = TN_{out} \times EF_{ec, N_2O} \times Q_{out} \times \frac{22}{14} \times f_{N_2O} \times 10^{-3} \quad (8.4.2)$$

式中: $CE_{ec-N_2O, an}$ ——污水排至受纳水体延伸阶段排放的 N_2O 的年度 CO_2 当量, $\text{kgCO}_2\text{-eq/a}$;

Q_{out} ——排放至受纳水体的污水量， m^3/an ；

TN_{out} ——排入收纳水体的平均出水 TN 浓度， mg/L ；

EF_{ec, N_2O} ——受纳水体延伸阶段 N_2O 的排放因子， $kgN_2O/kg N$ ，可采用 IPCC 推荐值，见表 6-2；

22/14—— $1/2N_2O$ 与 N 分子质量比；

f_{N_2O} —— N_2O 的全球变暖潜能，按本标准 4.2 节中的表 4.2.1 确定。

8.5 城镇污水系统全生命周期碳排放量

8.5.1 城镇污水系统全生命周期碳排放量宜按下式计算：

$$CE_{lc} = CE_{cs} + CE_{dm} + CE_{lc, om} + T_1 \times (CE_{sd, an} + CE_{ec-CH_4, an} + CE_{ec-N_2O, an}) \quad (8.5.1)$$

式中： CE_{lc} ——城镇污水系统全生命周期碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

CE_{cs} ——建设阶段的碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

CE_{dm} ——拆除阶段的碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

$CE_{lc, om}$ ——城镇污水系统全生命周期运维阶段碳排放量， $kgCO_2-eq$ ；

T_1 ——服务年限(a)；

$CE_{sd, an}$ ——污泥处置阶段的年度碳排放量， $kgCO_2-eq/a$ ；

$CE_{ec-CH_4, an}$ ——污水排至受纳水体延伸阶段排放的 CH_4 的年度 CO_2 当量， $kgCO_2-eq/a$ ；

$CE_{ec-N_2O, an}$ ——污水排至受纳水体延伸阶段排放的 N_2O 的年度 CO_2 当量， $kgCO_2-eq/a$ 。

8.5.2 无论污水处理设计是否包含污泥处理过程，计算中均应包含污泥处理处置过程。可按本标准第 6.3 节、第 8.3 节的计算过程，按照预期污泥产量和处置路径计算预期污水厂运维的年度碳排放量。

附 录

附录 A（资料性） 化石燃料排放因子

化石燃料排放因子

附表 A

燃料	化石燃料的排放因子	
	kgCO ₂ /GJ	kg CO ₂ /kg（固、液态燃料）或 kg CO ₂ /m ³ （气态燃料）
无烟煤	98.08	1.97
一般烟煤	93.11	1.86
褐煤	98.56	2.06
洗精煤	89.41	2.45
其他洗煤	89.41	0.78
煤制品	110.88	1.17
焦炭	100.25	2.85
焦炉煤气	49.37	0.00089
其他煤气	44.29	0.00017
原油	72.23	3.02
燃料油	75.82	3.17
汽油	67.91	2.92
柴油	72.59	3.1
喷气煤油	70.07	3.03
一般煤油	70.43	3.03
液化石油气	61.81	3.1
炼厂干气	35.40	3.04
石脑油	71.87	3.26
石油焦	98.82	4.14
其他油品	71.87	3.26
天然气	55.54	0.0022

注释：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（资料性） 中国地区电力排放因子

中国地区电力排放因子

附表 B

区域	排放因子	单位
华北区域电网	0.6361	kg CO ₂ -eq/kWh
东北区域电网	0.5122	kg CO ₂ -eq/kWh
华东区域电网	0.5500	kg CO ₂ -eq/kWh
华中区域电网	0.5271	kg CO ₂ -eq/kWh
西北区域电网	0.5543	kg CO ₂ -eq/kWh
南方区域电网	0.4042	kg CO ₂ -eq/kWh
西南区域电网	0.2472	kg CO ₂ -eq/kWh

附录 C（资料性） 常见建筑材料排放因子

常见建筑材料排放因子

附表 C

材料	排放因子	单位
卵石	11.29	kg CO ₂ /m ³
种植土	0.024	kg CO ₂ /t
黏质土	2.69	kg CO ₂ /t
砂质土	2.51	kg CO ₂ /t
砾石	6.05	kg CO ₂ /t
草本	0.024	kg CO ₂ /t
页岩石	5.08	kg CO ₂ /t

碎石	2.18	kg CO ₂ /t
块石	2.18	kg CO ₂ /t
山石	2.18	kg CO ₂ /t
级配碎石	52.8	kg CO ₂ /m ³
中砂	2.51	kg CO ₂ /t
石笼	11.36	kg CO ₂ /t
页岩实心砖	292	kg CO ₂ /m ²
无砂混凝土透水砖	336	kg CO ₂ /m ³
砂	2.51	kg CO ₂ /kg
烧结普通砖	134	kg CO ₂ /m ³
植草砖	336	kg CO ₂ /m ³
透水砖	2.21	kg CO ₂ /m ³
木桩	144.5	kg CO ₂ /m ³
1:2 水泥砂浆	531.52	kg CO ₂ /m ³
1:2.5 水泥砂浆	158.75	kg CO ₂ /t
1:3 水泥砂浆	393.65	kg CO ₂ /m ³
1:6 水泥砂浆	140.16	kg CO ₂ /m ³
水泥	735	kg CO ₂ /t
C15 混凝土	186.43	kg CO ₂ /m ³
C20 混凝土	239.19	kg CO ₂ /m ³
C25 混凝土	289.44	kg CO ₂ /m ³
C30 混凝土	295	kg CO ₂ /m ³
细石混凝土	355	kg CO ₂ /m ³
钢筋	2340	kg CO ₂ /t
无缝钢管	3150	kg CO ₂ /t
玻璃钢	2170	kg CO ₂ /t
砌筑砂浆 DM5.0-HR	228.03	kg CO ₂ /m ³
砌筑砂浆 DM10-HR	315.39	kg CO ₂ /m ³
UPVC 穿孔收集管	7.93	kg CO ₂ /kg
植物纤维毯	144.5	kg CO ₂ /kg
膨润土防水毯	1.46	kg CO ₂ /kg
高密度聚乙烯土工膜	10.28	kg CO ₂ /kg
复合性防水卷材	4.46	kg CO ₂ /kg
SBS 卷材	2.37	kg CO ₂ /m ²
透水土工布	10280	kg CO ₂ /t
HDPE 复合膜	2620	kg CO ₂ /t
SBS 改性沥青防水卷材	2.37	kg CO ₂ /m ²
聚酯无纺布	10.28	kg CO ₂ /kg
PVC 排（蓄）水板	1765	kg CO ₂ /t
聚乙烯土工膜	2620	kg CO ₂ /t
PP 聚丙烯	1939	kg CO ₂ /t

附录 D（资料性） 各类运输方式排放因子

各类运输方式排放因子		附表 D
运输方式	排放因子	单位
轻型汽油货车运输（载重 2t）	0.334	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
中型汽油货车运输（载重 8t）	0.115	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型汽油货车运输（载 10t）	0.104	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型汽油货车运输（载重 18t）	0.104	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
轻型柴油货车运输（载重 2t）	0.286	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
中型柴油货车运输（载重 8t）	0.179	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型柴油货车运输（载重 10t）	0.162	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型柴油货车运输（载重 18t）	0.129	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型柴油货车运输（载重 30t）	0.078	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
重型柴油货车运输（载重 46t）	0.057	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
电力机车运输	0.01	kg CO ₂ -eq/(t ž km)

内燃机车运输	0.011	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
铁路运输（中国市场平均）	0.01	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
液货船运输（载重 2000t）	0.019	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
干散货船运输（载重 2500t）	0.015	kg CO ₂ -eq/(t ž km)
集装箱船运输（载重 200TEU）	0.012	kg CO ₂ -eq/(t ž km)

附录 E（资料性） 化学药剂排放因子

化学药剂排放因子		附表 E
药剂	排放因子	单位
臭氧	11.36	kg CO ₂ -eq/kg
乙酸	0.852	kg CO ₂ -eq/kg
乙酸钠	0.623	kg CO ₂ -eq/kg
硫酸	0.16	kg CO ₂ -eq/kg
盐酸	1.2	kg CO ₂ -eq/kg
聚合氯化铝	0.53	kg CO ₂ -eq/kg
次氯酸钠	0.99	kg CO ₂ -eq/kg
氧气	0.32	kg CO ₂ -eq/kg
碳酸钠	0.95	kg CO ₂ -eq/kg
甲醇	0.61	kg CO ₂ -eq/kg
磷酸氢二铵	0.03	kg CO ₂ -eq/kg
硫酸亚铁	0.26	kg CO ₂ -eq/kg
氯化铁	0.93	kg CO ₂ -eq/kg
液氯	1.1	kg CO ₂ -eq/kg
生石灰	1.1	kg CO ₂ -eq/kg
聚丙烯酰胺	1.48	kg CO ₂ -eq/kg
硫酸铝	0.16	kg CO ₂ -eq/kg

附录 F（资料性） 污泥非连续焚烧的 CH₄ 排放因子

污泥非连续焚烧的 CH ₄ 排放因子		附表 F
焚烧类型/技术	CH ₄ 排放系数	单位
半连续焚烧	加煤机	0.06
	流化床	1.88
间歇性焚烧	加煤机	0.60
	流化床	2.37

附录 G（资料性） 回用水替代供水生产过程的碳排放强度

回用水替代供水生产过程的碳排放强度			附表 G
给水厂类型	供水规模	供水过程中的碳排放强度	单位
小型	<5 万	0.52	kg CO ₂ -eq/m ³
中型	5 万~10 万	0.41	kg CO ₂ -eq/m ³
大型	>10 万	0.30	kg CO ₂ -eq/m ³

附录 H（资料性） 膜组件和其他材料的碳排放因子

膜组件和其他材料的碳排放因子			附表 H
类别	膜材质	排放因子	单位
MBR 膜组件	聚氯乙烯(PVC)	7.3	kg CO ₂ -eq/kg
	聚四氟乙烯(PTFE)	11.4	kg CO ₂ -eq/kg
	聚偏氟乙烯(PVDF)	20.13	kg CO ₂ -eq/kg
反渗透膜	醋酸纤维素(CTA)	1.29	kg CO ₂ -eq/kg
	复合薄膜(TFC)	0.686	kg CO ₂ -eq/kg
MBBR 填料	聚乙烯(PE)	3.6	kg CO ₂ -eq/kg
	聚丙烯(PP)	2.14	kg CO ₂ -eq/kg
	涤纶纤维	3.76	kg CO ₂ -eq/kg
	玻璃钢	7.90	kg CO ₂ -eq/kg
	聚氯乙烯(PVC)	3.19	kg CO ₂ -eq/kg

	聚甲基乙撑碳酸酯(PPC)	1.73	kg CO ₂ -eq/kg
	聚氨酯泡沫(PUR)	4.54	kg CO ₂ -eq/kg
建筑材料碳排放因子	炼钢生铁	1.7	kg CO ₂ -eq/kg
	铸造生铁	2.28	kg CO ₂ -eq/kg
	炼钢用铁合金	9.53	kg CO ₂ -eq/kg
	转炉碳钢	1.99	kg CO ₂ -eq/kg
	电炉碳钢	3.03	kg CO ₂ -eq/kg
	普通碳钢	2.05	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢小型型钢	2.31	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢中型型钢	2.365	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢中厚板	2.4	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢 H 钢	2.35	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢宽带钢	2.31	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢钢筋	2.34	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢棒材	2.34	kg CO ₂ -eq/kg
	螺旋埋弧焊管	2.52	kg CO ₂ -eq/kg
	焊接直缝钢管	2.53	kg CO ₂ -eq/kg
	热轧碳钢无缝钢管	3.15	kg CO ₂ -eq/kg
	钢单板	0.218	kg CO ₂ -eq/kg
	聚苯乙烯泡沫钢	5.02	kg CO ₂ -eq/kg
	硬泡聚氨酯板	5.22	kg CO ₂ -eq/kg
	普通聚苯乙烯	4.62	kg CO ₂ -eq/kg
	高密度聚乙烯	2.62	kg CO ₂ -eq/kg
	低密度聚乙烯	2.81	kg CO ₂ -eq/kg

本规程用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格,非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《综合能耗计算通则》 GB/T 2589
2. 《城镇污水处理厂污染物排放标准》 GB 18918
3. 《水处理剂 硫酸铝》 GB 31060
4. 《工业企业温室气体排放核算和报告通则》 GB/T 32150
5. 《室外排水设计标准》 GB 50014
6. 《建筑碳排放计算标准》 GB/T 51366
7. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
8. 《城镇污水处理厂低碳运行技术规程》 DB21/T 4162

辽宁省地方标准

城镇污水处理厂碳减排核算技术规程

条文说明

目 次

1 总 则	1
3 基本规定	2
4 碳排放核算要求	4
4.1 核算边界	4
4.2 核算周期	4
4.3 温室气体种类	5
5 规划建设阶段碳排放核算	6
5.1 一般规定	6
5.2 化石燃料直接排放	7
5.3 电力消耗间接排放	7
5.4 材料消耗间接排放	8
5.5 运输过程间接排放	8
5.6 整体估算	9
6 运维阶段碳排放核算	12
6.1 一般规定	12
6.2 污水处理阶段碳排放核算	13
6.3 污泥处理阶段碳排放核算	16
6.4 污水管渠设施碳排放核算	18
6.5 碳减排量核算	19
7 资产重置与拆除阶段碳排放核算	23
8 城镇污水厂全生命周期碳排放核算	25
8.1 一 般 规 定	25
8.2 城镇污水厂全生命周期运维阶段的碳排放量	25
8.3 污泥处置阶段的碳排放量	27
8.4 污水排放入受纳水体的延伸阶段碳排放量	29
8.5 城镇污水厂全生命周期碳排放量	30

1 总 则

1.0.1 本条规定了本规程的制定目的。随着国家“碳达峰、碳中和”战略的深入推进，城镇污水系统的碳排放核算与减排成效评价已成为行业绿色低碳转型的基础性工作。本规程旨在为城镇污水系统（包括污水管渠、提升泵站、污水处理厂及其污泥处理设施）提供统一、规范的碳减排核算方法，指导相关单位科学量化碳排放、识别减排重点环节、评价减排措施效果，推动减污降碳协同增效。

1.0.2 本条规定了规程的适用范围。本规程适用于两类场景：一是已投运城镇污水系统的运维阶段碳排放核算及碳减排效果评价；二是新建和改扩建城镇污水系统在设计阶段的全生命周期碳排放量估算及低碳工艺比选。适用范围明确涵盖污水管渠（含提升泵站等附属设施）及污水处理厂等组成部分，体现了城镇污水收集、输送、处理、污泥处置全系统的系统性。其他类型的污水处理设施（如农村小型污水处理站、工业企业内部污水处理设施等）可参照本规程执行。

1.0.3 本条规定了本规程与其他相关标准的关系。城镇污水系统碳减排核算涉及污染物排放标准、能耗计算标准、建筑碳排放计算标准等多个技术领域。本规程在核算方法、排放因子选取、参数缺省值等方面与现行国家标准（如 GB/T32150、GB/T51366 等）及辽宁省地方标准（如 DB21/T4162）保持协调一致。在使用本规程时，尚应遵守国家和辽宁省现行有关法律、法规和标准的规定，确保核算结果的合规性和可比性。

3 基本规定

3.0.1 本条提出了城镇污水系统碳减排核算应遵循的四项基本原则。科学性要求核算方法有充分的理论基础和数据支撑；规范性要求核算过程符合标准化的程序和格式；适用性要求核算方法适应辽宁省寒冷地区特点及不同规模污水系统的实际情况；可操作性要求核算步骤清晰、数据获取可行。核算结果的准确性、可比性和可追溯性是后续减排效果评价、行业对标及碳交易的基础。

3.0.2 本条明确了核算方法的选择应因地制宜。不同核算目的（如年度碳排放报告、全生命周期评估、改扩建效果评价）对应不同的核算边界和精度要求。例如，运维阶段年度核算可采用排放因子法，而全生命周期评估可能需要更详细的物料衡算。明确核算边界和核算期是保证核算结果可比性的前提。

3.0.3 本条强调了碳减排核算不能以牺牲污染物减排为代价。城镇污水系统的首要任务是达标排放，满足国家及地方现行污染物排放标准（如 GB 18918 等）是开展碳排放核算的基本前提。任何碳减排措施均不应导致出水水质超标或污泥处置环境风险增加，体现了减污降碳协同增效的核心理念。

3.0.4 本条给出了碳排放核算的标准工作程序。其中 a)和 b)中均提及确定核算边界，实际工作中应在第一步明确总体边界（如全厂或某一工艺段），第二步则进一步细化为具体排放源的识别。步骤顺序体现了从宏观到微观、从定性到定量的逻辑，有助于核算人员系统开展核算工作。

3.0.5 本条强调碳减排管理目标的动态调整机制。污水系统的进水水质、水量、设备效率、排放标准等因素会随时间变化，年度碳排放核算结果可反映实际减排成效。根据核算结果动态调整管理目标，有助于实现持续改进，避免目标与实际情况脱节。

3.0.6 本条明确了碳排放核算的基本方法要求。活动水平数据优先采用实际计量值（如电表读数、采购发票等），避免使用估算值；排放因子优先采用本厂实测值，其次选用主管部门最新发布的缺省值。这一要求有助于提高核算结果的准确性和可信度。

3.0.7 本条要求建立碳排放核算制度。制度应明确责任部门（如环保部门或能源管理部门）、核算周期（一般为年度）、数据采集（包括在线监测和人工记录）与校核流程（如交叉验证、内部审核）。定期编制核算报告不仅是标准化的要求，也是后续减排方案制定和效果评价的基础。

3.0.8 本条为鼓励性条款。将碳减排核算及减排成效纳入污水系统运行质量评价体系，有

助于形成长效激励机制。例如，可在运行考核指标中增设碳排放强度、碳减排量等权重，引导运营单位主动开展低碳运行管理和技术改造，推动减污降碳协同增效工作的持续改进。

4 碳排放核算要求

4.1 核算边界

4.1.2 本条界定了运维阶段年度核算的空间边界。与原有仅针对污水处理厂厂界的核算不同，本条将边界扩展至城镇污水收集与处理系统的运营管理责任范围，涵盖了污水管渠（包括重力流管道、压力流管道）、提升泵站、溢流口等附属设施的运维碳排放。这一扩展体现了城镇污水系统“厂网一体”的低碳管理理念，有助于全面评估污水系统在输送环节的碳排放贡献（如泵站电耗、甲烷逸散等）。同时保留了污水处理厂及厂内污泥处理阶段的核算内容，确保边界完整。

4.1.3 本条规定了城镇污水系统全生命周期核算的时间边界。全生命周期核算应从原材料获取（如钢材、水泥、管材生产）开始，经过建材运输、施工建造、运营维护，直至最终拆除处置。与仅针对污水处理厂的建设阶段不同，本条明确将污水管渠及提升泵站等设施纳入核算范围，体现了“厂网一体”的系统性碳管理理念。这一时间边界的设定参考了 GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》中关于建筑全生命周期的规定，同时结合了城镇污水系统中不同设施（如管网结构主体、泵站土建、设备等）的设计使用年限差异，为第 8 章全生命周期碳排放汇总提供统一的时间基准。

4.1.4 本条规定了城镇污水系统全生命周期核算的时间边界。全生命周期核算应从原材料获取（如钢材、水泥、管材生产）开始，经过建材运输、施工建造、运营维护，直至最终拆除处置。与仅针对污水处理厂的建设阶段不同，本条明确将污水管渠及提升泵站等设施纳入核算范围，体现了“厂网一体”的系统性碳管理理念。这一时间边界的设定参考了 GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》中关于建筑全生命周期的规定，同时结合了城镇污水系统中不同设施（如管网结构主体、泵站土建、设备等）的设计使用年限差异，为第 8 章全生命周期碳排放汇总提供统一的时间基准。

4.2 核算周期

4.2.1 本条规定了运维阶段年度碳排放核算的周期。1 个自然年（即 1 月 1 日至 12 月 31 日）便于与财务年度、统计年度衔接，连续 12 个月则适用于非自然年度的运营考核（如特许经营期）。核算周期内应包含完整的冬季和夏季运行数据，以反映季节性变化对碳排放的影响，尤其对于辽宁省寒冷地区，冬季低温导致的电耗和药耗上升必须在核算周期内充分体现。

4.2.2 本条规定了城镇污水系统全生命周期碳排放核算的时间边界。与第 4.1.3 条的空间边界相对应，本条明确了核算期应覆盖污水处理厂、污水管渠及提升泵站等设施从建设开始（如场地平整、管沟开挖）至拆除结束（建筑垃圾清运完成）的全部过程。由于污水系统中的不同设施（如处理厂、主干管、泵站）可能分期建设、分期投运，各期的设计使用年限和实际寿命也可能不同，因此允许分期分别进行全生命周期核算，便于单独评估每期工程的碳排放水平。分期核算时，共用设施（如总变电站、区域泵站）的碳排放宜按合理比例分摊，并在报告中说明分摊方法。

4.2.3 条规定了改扩建项目碳排放变化核算的基准期和后评估期的要求。改扩建前的基准数据应不少于 1 个完整年度的连续运行数据，该数据应反映改扩建前的正常工况（非检修、非事故状态），避免因短期波动影响基准值的代表性。改扩建后的碳排放核算期不应少于 1 年，以消除调试期、设备磨合期对碳排放数据的影响，确保改扩建前后数据的可比性。若改扩建后处理工艺、排放标准或处理规模发生重大变化，基准年数据的选取应相应调整，或采用模拟数据作为补充。本条规定适用于污水处理厂的改扩建工程，也适用于污水管渠及泵站的扩容、升级改造项目。

4.3 温室气体种类

本条明确了本规程核算的温室气体种类及其全球增温潜势（GWP）取值。

城镇污水系统在运行过程中，主要直接排放的温室气体为甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)，分别产生于污水及污泥处理过程中的厌氧消化、反硝化等生化反应。二氧化碳(CO_2)虽然也通过化石燃料燃烧等途径排放，但其在污水系统碳排放中更多来源于外购电力、热力等间接排放。本规程将 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 同时纳入核算范围，是为了全面覆盖污水系统的主要温室气体排放类型，与国际通行的温室气体清单编制方法（如 IPCC 指南）保持一致。

全球增温潜势（GWP）的取值参考了 IPCC 第五次评估报告（2014 年），该报告是当前国际上应用最广泛、数据最新的评估结果。其中 CH_4 的 GWP 取 28， N_2O 取 265，相较于 IPCC 第二次评估报告（1995 年）中的 21 和 310 有所调整。采用最新评估结果有助于更准确地反映不同温室气体对全球增温的实际贡献。

考虑到部分用户可能仍需与《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（试行）》（生态环境部，2018 年）进行对比核算，而该指南采用 IPCC 第二次评估报告的取值，因此在注中说明可同时采用旧版取值（ $\text{CH}_4=21$ ， $\text{N}_2\text{O}=310$ ）并在报告中注明。

5 规划建设阶段碳排放核算

5.1 一般规定

5.1.1 本规程将核算范围扩展至城镇污水系统的规划建设全过程，包括污水管渠（含重力流管道、压力流管道）、提升泵站以及污水处理厂等设施。这一扩展体现了“厂网一体化”的系统性碳管理理念。在设计阶段进行碳排放核算，有助于在方案比选时识别不同设计方案的碳排放差异（如管渠走向、泵站选址、处理工艺选型等），从而在规划建设阶段即开始实施低碳优化。本规程适用于新建项目和改扩建项目，改扩建项目应结合原有设施的利用情况合理界定核算范围。

5.1.2 核算起点为项目开工日（一般为场地平整或基础施工开始之日），终点为项目竣工验收合格之日。这一时间段涵盖了施工准备、土建施工、设备安装、调试运行等全部建设活动，但不包括项目前期工作（如可行性研究、环境影响评价、工程设计等）的碳排放，也不包括运营阶段的碳排放。明确时间边界有助于准确归集建设期的碳排放量，避免与运维阶段碳排放重叠或遗漏。对于分期建设的项目，应按各期的实际施工起止时间分别核算。

5.1.3 本条列出了规划建设阶段的主要碳排放来源，分为四类：

a) 施工机械燃烧化石燃料产生的直接碳排放：包括挖掘机、推土机、装载机、起重机、运输车辆等施工机械消耗的汽油、柴油等化石燃料。这部分排放属于范围一排放，应在施工现场直接核算。

b) 施工过程消耗电能产生的间接碳排放：包括施工现场的照明、混凝土搅拌、焊接、临时办公等用电设施消耗的外购电力。对于自备发电机供电的情况，其排放应归入 a) 类化石燃料燃烧。这部分排放属于范围二排放，需采用施工所在地的区域电网排放因子计算。

c) 规划建设消耗建筑材料产生的间接碳排放：包括钢材、水泥、混凝土、砖瓦、管材、电缆等建筑材料在生产阶段产生的碳排放。这部分排放虽然发生在厂界之外，但属于城镇污水系统建设活动的间接贡献，应予核算。建材碳排放因子可参考 GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》附录取值。

d) 运输各类材料产生的间接碳排放：包括将上述建筑材料从生产地运输至施工现场过程中产生的碳排放。运输方式（公路、铁路、水运等）和运输距离应根据实际供应情况确定，缺省运输距离可参考相关规定（如混凝土默认 40 km、其他建材默认 500 km）。

上述四类碳排放的核算方法详见第 5.2 至 5.5 节。值得注意的是，施工临时设施（如临时办公房、生活用房、材料库房等）的建造和拆除产生的碳排放可不计入，因其占比较小且难

以准确核算，符合取舍原则。

5.2 化石燃料直接排放

5.2.1~5.2.2 本条规定了施工周期内因动力机械消耗化石燃料（煤、石油、天然气及其衍生燃料）导致碳排放的核算方法。

施工过程中，挖掘机、推土机、装载机、起重机、运输车辆等动力机械以汽油、柴油、天然气等化石燃料为能源，其燃烧产生的 CO₂ 排放是规划建设阶段碳排放的主要来源之一。由于不同施工项目的台账管理水平和数据可得性存在差异，本规程提供了两种核算方法，供用户根据实际情况选择。

方法一（5.2.1）：基于化石燃料实际消耗量的核算方法。该方法要求获取施工周期内各类化石燃料的采购记录、领用台账或油料消耗统计等直接数据。由于数据来源于实际消耗，核算结果的准确度较高，是优先推荐的方法。适用于具备完善燃料管理记录的项目，如大型施工总承包项目或实行严格燃料核算的工程。

方法二（5.2.2）：基于施工机械台班数的估算方法。当无法获取化石燃料实际消耗量时（如小型项目、分包工程、历史项目资料不全等），可采用此方法。通过统计各类型机械的台班使用数量，结合标准台班燃料消耗量（参考 GB/T51366—2019）进行间接估算。由于台班消耗量为统计平均值，与现场实际工况（如机械新旧程度、负荷率、操作习惯等）可能存在偏差，因此核算结果的准确度相对较低。此方法可作为数据缺失时的替代方案，或在设计阶段进行碳排放预估时使用。

用户应根据数据可获取性合理选择核算方法，并在核算报告中说明所选方法的依据以及数据来源。若条件允许，应优先采用方法一以保证核算结果的准确性。采用方法二时，建议对关键参数（如台班燃料消耗量）进行敏感性分析，以评估结果的不确定性范围。

5.3 电力消耗间接排放

5.3.1 本条规定了施工周期内因消耗电能导致的碳排放核算方法。

施工过程中，施工现场的照明、混凝土搅拌、焊接、临时办公等设施需要消耗外购电力。这部分碳排放虽然发生在施工场地，但排放源是电力生产端，属于间接排放，需采用排放因子法进行核算。

公式（5.3.1）中，总耗电量 E_d 应通过施工现场的电表读数或电力结算凭证获取，包括施工各分部分项工程及临时设施的用电量。当无法获取总耗电量时，可根据施工机械的功率和运行时间进行估算，或参考同类工程的用电强度。

关于地区电力排放因子 EF_d ，应根据施工项目所在地所属的区域电网进行选取。电力排放因子是连接电力消费量与碳排放量的关键桥梁，其取值直接影响核算结果的准确性。根据《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366—2019 第 3.0.5 条的规定，建筑运行、建造及拆除阶段中因电力消耗造成的碳排放计算，应采用由国家相关机构公布的区域电网平均碳排放因子。

5.4 材料消耗间接排放

5.4.1 本条规定了施工周期内因建筑材料消耗导致的碳排放核算方法。

规划建设阶段需要消耗大量的建筑材料，包括钢材、水泥、混凝土、砖瓦、管材、电缆等。这些材料在生产阶段（包括原材料开采、加工、运输及生产过程的能源消耗）已产生了大量的碳排放。虽然这部分碳排放发生在建材生产厂，而非施工现场，但属于城镇污水系统建设活动的间接贡献，应予纳入核算范围。

公式（5.4.1）中，第 i 种材料的使用量 $M_{cl, i}$ 应通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关资料确定。纳入计算的主要建筑材料的总重量不宜低于建筑中所耗建材总重量的 95%；当重量比小于 0.1% 的建筑材料可不计算。建材生产阶段的碳排放因子 $EF_{cl, i}$ 应包含以下内容：建筑材料生产涉及原材料的开采、生产过程的碳排放；建筑材料生产涉及能源的开采、生产过程的碳排放；建筑材料生产涉及原材料、能源的运输过程的碳排放；以及建筑材料生产过程的直接碳排放。

建材生产时，当使用低价值废料作为原料时，可忽略其上游过程的碳排放；当使用其他再生原料时，应按其所替代的初生原料的碳排放的 50% 计算。

本附录 A-3 中所列举的建筑材料碳排放因子，其数值主要摘自《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366—2019 附录 D，并参考了《省级温室气体清单编制指南（试行）》等相关技术文件。计算时可根据计算建筑物所处的区域位置选择对应的碳排放因子，也可采用全国平均值。当附录 A-3 中未列出的建筑材料，可优先选用由建材生产商提供的且经第三方审核的建材碳足迹数据，或查询适时更新的国内相关权威数据库，如中国生命周期基础数据库（CLCD）、天工 LCA 数据库、中国碳足迹开放平台数据库等。当无第三方数据时，可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366—2019 附录 D 选取缺省值。计算时应注明所选取数据的具体来源。

5.5 运输过程间接排放

5.5.1 建筑材料从生产地运输至施工现场的过程中，运输工具（主要是载货汽车）消耗化

石燃料会产生碳排放。这部分排放属于间接排放，应在规划建设阶段碳排放核算中予以考虑。

公式(5.5.1)中，第*i*次运输的材料总量 $M_{ys, i, j}$ 应与5.4.1条中的材料使用量相对应，避免重复计算或遗漏。运输距离 $L_{ys, i, j}$ 宜优先采用实际的建材运输距离。当建材实际运输距离未知时，可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366—2019附录E中的默认值取值，即混凝土的默认运输距离为40km，其他建筑材料的默认运输距离为500km。这一默认距离的设定，综合考虑了我国建材生产企业的分布特征及建材运输的实际情况：混凝土生产厂（搅拌站）一般靠近城市建成区，运输距离相对较短；而钢材、水泥、管材等大宗建材的生产基地相对集中，运输距离较长。

考虑到目前运输工具的生产、运输道路等基础设施建设等过程的基础数据尚不完善，且此类过程分摊到建材运输上的环境影响较小，可忽略不计。

关于附录A-4：附录A-4表A.4.1所列举的主要运输方式能源消耗碳排放因子，其数值主要摘自GB/T51366—2019附录E。公路运输宜取值 $0.10\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ，铁路和水运宜取值 $0.01\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ 。对于多种运输方式组合的运输路径，应分段计算后累加。

5.6 整体估算

5.6.1 在实际工程中，尤其是在可行性研究阶段或初步设计阶段，详细的工程量清单尚未形成，或相关资料不齐全。此时，为满足碳排放预估的需求，可采用基于污水处理厂运行规模或工程投资的简化估算方法。

（一）基于运行规模的估算方法

公式(5.6.1-1)采用运行规模作为核算基础，即“碳排放量=建设施工碳排放因子×运行规模”。建设施工碳排放因子（ EF_{gm} ）是指污水处理厂单位设计规模（万 m^3/d ）在建设阶段所产生的碳排放量。该因子涵盖了建设施工过程中因材料生产运输、施工机械能耗、施工用电等产生的全部碳排放。

表5-1给出了不同工艺路线、不同规模区间、不同出水标准下污水处理厂建设施工碳排放因子的缺省值。表5-1中所列数据主要参考了《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》及相关研究成果。使用本表时，应根据项目设计的处理工艺、出水标准和设计规模选取对应行和列的排放因子。

管道系统则可依据敷设长度进行估算。污水管渠建设施工碳排放因子 EF_{gm-gq} （ $\text{tCO}_2\text{e}/\text{km}$ ），见表5.6.1-1。

$$CE_{cs} = EF_{gm-gq} \times L \quad (5.6.1-1)$$

式中：CE_{cs}——规划建设阶段的碳排放量，kgCO₂-eq；

EF_{gm-gq}——污水管渠建设施工碳排放因子，tCO₂-eq/km，见表 5.6.1-1；

L——不同管径管道敷设施工长度，km。

表 5.6.1-1 不同材质污水管渠建设施工碳排放因子

钢筋混凝土管道		HDPE 管道	
管径	排放因子 ¹	管径	排放因子 ¹
	(t CO ₂ -eq/km)		(t CO ₂ -eq/km)
<i>d</i> 600	52.4	<i>dn</i> 600	17.9
<i>d</i> 800	86.7	<i>dn</i> 800	20.8
<i>d</i> 1000	126.7	<i>dn</i> 1000	24.4
<i>d</i> 1200	178.8	<i>dn</i> 1200	29.9
<i>d</i> 1400	263.5	<i>dn</i> 1400	36.1
<i>d</i> 1600	346.4	<i>dn</i> 1600	44.1
<i>d</i> 1800	414.9	<i>dn</i> 1800	49.6
<i>d</i> 2000	536.5	<i>dn</i> 2000	55.1

注：1.覆土深度 0.7 m。

对于设计规模处于区间边界的情形，宜按较高规模区间选取，或通过内插法确定。

（二）基于工程投资的估算方法

公式(5.6.1-2)采用工程投资作为核算基础，即“碳排放量=投资碳排放因子×建设投资总额”。投资碳排放因子（EF_{tz}）是指单位投资额（万元）在污水处理厂建设阶段所产生的碳排放量。该因子适用于当仅有工程投资概算而缺乏详细的工程量清单和工艺方案时的碳排放预估。

表 5-2 给出了不同工艺路线、不同规模区间、不同出水标准下污水处理厂建设投资碳排放因子的缺省值。投资排放因子同样参考了《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》及相关研究成果。表 5-2 与表 5-1 采用相同的规模划分（<1 万 m³/d、1 万~10 万 m³/d、≥10 万 m³/d）和工艺流程分类，便于用户根据项目的工艺方案和投资总额快速估算建设阶段的碳排放量。使用本表时，应注意投资总额应扣除征地拆迁费用，因征地拆迁过程产生的碳排放一般不计入建设阶段的碳排放核算。

污水管渠建设施工投资碳排放因子EF_{tz-gq}（tCO₂-eq/万元），见表 5.6.1-2。

表 5.6.1-1 不同材质污水管渠建设施工投资碳排放因子

钢筋混凝土管道		HDPE 管道	
管径	总排放强度	管径	总排放强度
	(t CO ₂ -eq/万元)		(t CO ₂ -eq/万元)
<i>d</i> 600	3.1	<i>dn</i> 600	0.5
<i>d</i> 800	4.3	<i>dn</i> 800	0.5
<i>d</i> 1000	5.2	<i>dn</i> 1000	0.5
<i>d</i> 1200	6.1	<i>dn</i> 1200	0.5
<i>d</i> 1400	8.1	<i>dn</i> 1400	0.5
<i>d</i> 1600	8.8	<i>dn</i> 1600	0.5
<i>d</i> 1800	9.2	<i>dn</i> 1800	0.5
<i>d</i> 2000	10.7	<i>dn</i> 2000	0.5

6 运维阶段碳排放核算

6.1 一般规定

6.1.1 与传统的仅以污水处理厂厂界为核算边界不同，本规程将核算范围扩展至城镇污水收集与处理系统的运营管理责任范围，包括污水管渠（含重力流管道、压力流管道、提升泵站、溢流口等附属设施）的运维阶段，以及污水处理厂（含厂内污泥处理设施）的运维阶段。这一扩展体现了“厂网一体化”的系统性碳管理理念，有助于全面评估城镇污水系统在输送和处理全过程中的碳排放贡献。

污水管渠在运行过程中会产生碳排放，主要来源于提升泵站的电力消耗、溢流口及检查井的甲烷逸散等；污水处理厂的碳排放则主要来源于生化反应过程、能源消耗和药剂消耗。将两者纳入统一的空间边界，可避免核算遗漏，实现城镇污水系统碳排放的完整核算。核算边界的具体划分应以运营单位的责任管理范围为依据，对于厂网分离的运行模式，可按实际管辖范围分别核算。

6.1.2 本条规定了运维阶段年度碳排放核算的主要分项。

核算分项包括以下三个部分：

- a) 污水管渠及污水处理厂内生化反应碳排放量：指污水及污泥处理过程中，由于微生物代谢活动直接产生的温室气体排放，主要包括甲烷（ CH_4 ）和氧化亚氮（ N_2O ）。对于污水管渠，生化反应碳排放主要来自管道内有机物在厌氧条件下产生的甲烷；对于污水处理厂，生化反应碳排放主要来自厌氧段及脱氮过程。
- b) 能源和药剂消耗碳排放量：指污水系统运行过程中消耗的化石燃料、外购电力、外购热力以及各类化学药剂（如碳源、絮凝剂、消毒剂等）在生产使用过程中产生的碳排放。这部分排放属于间接排放，是污水系统碳排放的主要组成部分。
- c) 碳减排量：指通过清洁能源替代（如光伏发电、污水源热泵）、资源能源回收（如沼气利用、再生水回用、污泥产物土地利用）等措施，从系统外替代或抵消的碳排放量。碳减排量在核算中作为负项计入，以反映碳减排措施的实际成效。

需要说明的是，本规程将“碳减排量”作为单独的分项，而不再单独列出“替碳量”和“碳汇量”两个子项，是为了简化核算框架并与现行标准保持协调。碳减排量应包括通过减碳、替碳和碳汇三个范畴的所有减排贡献。

6.1.3 污水处理阶段的典型流程包括格栅、沉砂池、初沉池、生化池、二沉池及深度处理单元。各单元在碳排放核算中的角色不同：

格栅、沉砂池、初沉池：主要涉及提升泵和格栅机的电力消耗，以及可能产生的甲烷逸散；
生化池：是污水处理的核心单元，涉及曝气系统的电力消耗、碳源投加的药剂消耗以及 CH_4 和 N_2O 的直接排放；

二沉池及深度处理单元：主要涉及回流泵、过滤、消毒等设备的电力消耗及化学药剂消耗。
实际污水处理厂的工艺流程可能与本条所列存在差异（如采用 MBR 工艺替代二沉池和深度处理单元），核算时应根据实际工艺配置确定核算单元，确保无遗漏。

6.1.4 本条列出了污泥处理的主要方式，作为核算边界内污泥处理单元的识别参考。

污泥处理方式包括浓缩脱水、厌氧消化、好氧发酵、焚烧和热解中的一种或多种组合。不同处理方式在碳排放特征上存在显著差异：

浓缩脱水：主要涉及电力消耗和絮凝剂消耗，碳排放强度相对较低；

厌氧消化：可回收沼气能源（产生替碳量），但消化过程及沼液处理可能产生 CH_4 和 N_2O 排放；

好氧发酵：主要产生 CH_4 和 N_2O 排放，同时其产物可作为营养土用于土地利用，产生替碳量；

焚烧：化石源 CO_2 排放较高，同时可能产生 CH_4 和 N_2O 排放，但焚烧余热回收可产生替碳量；

热解：类似于焚烧，但 CH_4 和 N_2O 排放较低，热解炭可作为土壤改良剂或吸附材料。

核算时，应根据污水厂实际采用的污泥处理工艺，选择对应的核算方法和排放因子。对于采用多种工艺组合的情况，应分别核算各单元后汇总。需要说明的是，本条规定的是厂界内的污泥处理方式，对于厂外的污泥处置（如填埋、土地利用、建材利用等），其碳排放属于延伸边界核算范围，在本规程第 8 章全生命周期核算中予以考虑。

6.2 污水处理阶段碳排放核算

6.2.1~6.2.2 污水处理厂二级处理过程利用微生物代谢活动降解并去除污水中的污染物。

污水中有机污染物（ BOD_5/COD ）被微生物摄取利用后，一部分被氧化为 CO_2 ，为微生物提供能量；一部分被微生物同化为细胞物质。同时，微生物还会发生内源呼吸，消耗体内有机物，生成 CO_2 。然而，自养硝化细菌在氧化水中 NH_4^+ 时，会吸收 CO_2 作为无机碳源，在某种程度上看是一种“碳汇”，应予以扣除被吸收的 CO_2 ；但部分 NH_4^+ 为微生物同化所利用，不应考虑碳汇作用。上述各生化过程中排放/吸收 CO_2 结果之和就是污水处理过程中 CO_2 气体排放总量。其中，生物源 CO_2 不计入碳排放核算中。此外，若污水处理过程中，为促进微生物活动而人为向其中投入碳源时，则该部分有机物降解产生的 CO_2 应当计入化

石源 CO₂。

EF_{ws-CO_2} : 污水处理中 CO₂ 当量的排放因子。污水处理中 CO₂ 当量的排放因子范围为 0.366 kg CO₂/kg COD~0.560 kg CO₂/kg COD, 可取 0.560 kg CO₂/kg COD 进行核算。以上数据源自于 Wang D Ye W Wu G X, et al.Greenhouse gas emission from municipal wastewater treatment facilities in China from 2006 to 2019[J].Scientific Data, 2022,9 (1): 317.

外加碳源通过生物过程转化, 虽然代谢过程较为复杂, 但基本复核一下假设, 即外加碳源的 2/3 用于分解代谢, 1/3 用于合成代谢。对于葡萄糖、乙酸钠、乙酸以及甲醇等最常用的碳源来说, 利用过程的直接碳排放因子可按照下列转化系数估算:

$$\begin{aligned}EF_{C_6H_{12}O_6} &= \frac{2}{3} \times 6 \times \frac{44}{180} = 0.98(\text{kg CO}_2/\text{kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \\EF_{CH_3COONa} &= \frac{2}{3} \times 2 \times \frac{44}{82} = 0.72(\text{kg CO}_2/\text{kg CH}_3\text{COONa}) \\EF_{CH_3COOH} &= \frac{2}{3} \times 2 \times \frac{44}{60} = 0.98(\text{kg CO}_2/\text{kg CH}_3\text{COOH}) \\EF_{CH_3OH} &= \frac{2}{3} \times 1 \times \frac{44}{32} = 0.92(\text{kg CO}_2/\text{kg CH}_3\text{OH})\end{aligned}$$

6.2.3 城镇污水在收集和输送过程中, 有机物在管道、泵站、沉砂池等设施的厌氧环境下可能降解产生 CH₄; 同时, 在污水处理厂的初沉池、生化池等构筑物中, 若存在局部厌氧环境或污泥淤积, 也会产生 CH₄。这些 CH₄逸散至大气, 是城镇污水系统直接温室气体排放的重要组成部分。

公式(6.2.3-1)——基于实测的核算方法: 本公式适用于能够获取提升泵站和沉砂池 CH₄逸散实测数据的情形。公式由两部分组成:

第一部分: 污水处理单元因有机物降解产生的 CH₄排放强度, 即(进水 COD-出水 COD)×污水处理阶段 CH₄的排放因子×全球增温潜势(GWP);

第二部分: 提升泵站和沉砂池逸散的 CH₄排放强度, 即(提升泵站 CH₄逸散量+沉砂池 CH₄逸散量)×GWP。

其中, 污水处理阶段 CH₄的排放因子(EF_{ws-CH_4})的取值范围为 0.0040~0.0075kgCH₄/kg COD。该范围主要参考了《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(试行)》(生态环境部, 2018 年)以及国内外相关研究成果。蔡博峰等(2015)基于对中国污水厂的研究, 推荐好氧为主处理工艺的 CH₄排放因子为 0.0040kgCH₄/kg COD; 而 IPCC (2019 修订版)推荐的好氧处理缺省值为 0.0075kgCH₄/kg COD。当污水处理构筑物内存在污泥淤积或厌氧区域时, CH₄产生量会增加, 宜取较大值。

公式（6.2.3-2）——基于缺省系数的估算方法：本公式适用于无法获取提升泵站和沉砂池 CH₄ 逸散实测数据的情形。公式引入修正系数 $(1 + F_{CH_4})$ ，将泵站和沉砂池的 CH₄ 逸散量按污水处理单元 CH₄ 排放总量的一定比例估算。 F_{CH_4} （提升泵站和沉砂池逸散的 CH₄ 量占生化反应过程排放总量的百分比）的取值在 10.25%~26.19%之间，可取 20%。对于污水管渠较长或泵站扬程较高的项目，可适当取较高值。

关于 COD 指标的说明 $COD_{in} - COD_{out}$

公式中 COD_{in} 和 COD_{out} 应使用同一监测频次下的平均值。对于污水处理单元， COD_{out} 指二沉池出水 COD 浓度；若厂区内有深度处理单元，应以深度处理出水 COD 作为最终出水浓度。

关于实测方法的补充说明：鼓励有条件的污水厂采用现场实测方法获取本厂 CH₄ 排放数据。实测方法可参考生态环境部《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（试行）》中推荐的静态箱法或动态箱法，对提升泵站、沉砂池、生化池等主要排放源进行多点位、多频次监测，并根据实测数据计算本厂特定的排放因子和逸散比例。实测结果应经质量控制程序验证后方可用于核算。

注意事项：本公式计算的是 CH₄ 的碳排放强度（kg CO₂-eq/m³），而非排放总量。年度总排放量需乘以年处理水量后获得。公式中各项单位应保持一致，COD 浓度单位为 mg/L，排放因子单位为 kg CH₄/kg COD，GWP 无量纲，计算结果单位为 kg CO₂-eq/m³。当污水处理厂接纳工业废水比例较高时，排放因子和逸散比例可能偏离推荐范围，建议通过实测或模型模拟获取更准确的参数。

6.2.4 在污水处理厂二级处理工艺中，利用微生物的代谢作用，处理降解含氮污染物至 N₂O，并释放于大气中。然而，在污水处理厂实际运行中，硝化与反硝化过程通常反应不彻底，从而产生中间产物 N₂O，释放于大气。当处理厂通过回收或处理去除部分 N₂O 气体时，应予以扣除。

关于 N₂O 排放因子（ EF_{ws-N_2O} ）的说明： EF_{ws-N_2O} 表示单位质量的氮（以 N 计）转化为 N₂O-N 的质量。不同污水处理工艺、水质条件和运行管理水平的 N₂O 排放因子差异显著。推荐值 0.01 kg N₂O-N/kg N：主要参考了《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（试行）》（生态环境部，2018 年）以及 IPCC 指南中的缺省值。该值适用于一般市政污水处理厂在正常运行条件下的 N₂O 排放估算。

数学模型法：对于有条件的污水厂，推荐采用活性污泥模型（如 ASM2d、ASM3 等）耦合 N₂O 生成模块进行模拟计算。数学模型可考虑溶解氧浓度、亚硝酸盐积累、碳氮比等关键

影响因素，能够较为准确地反映本厂特定工况下的 N_2O 排放水平。常用的 N_2O 模型包括 Mampaey 模型、Ni 模型等。

连续实测法：鼓励大型污水处理厂（处理规模 ≥ 5 万 m^3/d ）或实行深度脱氮工艺的污水厂采用现场连续监测方法获取本厂 N_2O 排放数据。实测方法可采用在线气相色谱法、傅里叶变换红外光谱法或激光分析法，对生物反应池的好氧区、缺氧区及尾气排放口进行多点位、多频次监测，并持续至少一个完整的运行周期（建议不少于 7 天），以获取具有代表性的排放因子数据。实测结果需经质量控制验证后方可用于核算。

关于排放因子取值范围的补充说明：近年来国内研究表明，我国污水处理厂的实际 N_2O 排放因子普遍低于 IPCC 缺省值。管理较好的 A^2/O 工艺污水厂的 N_2O 排放因子可低至 $0.002 \text{ kgN}_2\text{O-N}/\text{kgN}$ 以下。因此，当具备实测或模型模拟条件时，应优先采用本厂特定的排放因子。当采用推荐值 0.01 进行核算时，若核算结果远高于行业同类平均水平，建议进一步开展实测或模型分析以验证核算结果的合理性。

关于转换系数 44/28 的说明：公式中 44/28 为 N_2O 与 $\text{N}_2\text{O-N}$ 的分子量之比，即 $1 \text{ kg N}_2\text{O-N}$ 相当于 $44/28 \approx 1.571 \text{ kg N}_2\text{O}$ 。使用该系数可将 $\text{N}_2\text{O-N}$ 排放量转换为 N_2O 质量，再乘以 N_2O 的 GWP（265），最终得到 CO_2 当量排放量。

关于 TN 指标的说明： TN_{in} 和 TN_{out} 应采用同一监测频次下的平均值。 TN_{out} 指二沉池出水总氮浓度，若厂区内有深度脱氮单元（如反硝化滤池），应以深度处理出水 TN 作为最终出水浓度。对于接纳工业废水比例较高的污水厂，TN 去除量计算时应注意排除工业废水中的有机氮影响，必要时可采用实测的有机氮与氨氮、硝酸盐氮分别核算。

注意事项：本公式计算的是 N_2O 的碳排放强度（ $\text{kgCO}_2\text{-eq}/\text{m}^3$ ），年度总排放量需乘以年处理水量后获得。若污水厂仅核算年度总排放量而非强度，则无需乘以水量，直接使用 TN 去除总量（ kg/a ）乘以排放因子及转换系数和 GWP 即可。需要特别说明的是，本公式仅适用于污水处理生物脱氮过程产生的 N_2O ，不包括污泥处理过程（如好氧发酵、焚烧等）产生的 N_2O ，后者在第 6.4 节中单独核算。对于污水厂内采用反硝化滤池等深度脱氮工艺的，其 N_2O 排放宜一并纳入本公式核算，但应在报告中注明工艺环节。

6.3 污泥处理阶段碳排放核算

6.3.1 污泥浓缩（重力浓缩、气浮浓缩、机械浓缩等）和污泥脱水（带式压滤、离心脱水、板框压滤等）属于物理单元操作，其目的在于降低污泥的含水率、减小污泥体积，为后续处理处置创造条件。在整个浓缩脱水过程中，污泥中的有机物基本不发生生物降解反应，因此不会产生甲烷（ CH_4 ）或氧化亚氮（ N_2O ）等温室气体。尽管在污泥储存、搅拌或输

送过程中，可能存在局部微量厌氧现象，但其产生的碳排放量相对于污水处理和污泥厌氧消化、好氧发酵等生化反应单元可忽略不计。从工程实践和碳排放核算的简化原则出发，本规程规定污泥浓缩脱水过程的生化反应碳排放量可不计入核算范围。

需要说明的是，本条款仅针对污泥浓缩脱水过程中的生化反应碳排放。浓缩脱水过程中消耗的电力、药剂等产生的间接碳排放（如浓缩机、脱水机、加药系统等设备电耗，以及絮凝剂等药剂消耗），应按本规程第 6.3.9~6.3.13 节的有关规定进行核算，不可忽略。

6.3.2 厌氧消化产生的沼气主要成分为 CH_4 ，在收集、输送及利用过程中，可能因设备密封不严、阀门泄漏等原因发生 CH_4 逸散；火炬燃烧若不完全，也会导致部分 CH_4 直接排入大气。上述 CH_4 排放虽占沼气产生量的比例较小，但因其全球增温潜势高（28 倍 CO_2 ），仍需纳入核算。

公式中，沼气产量 V_{biogas} 和 P_{CH_4} 宜采用实际检测数据；F 为沼气逸散比例，IPCC 指南推荐缺省值为 5%，在缺乏实测数据时可采用该值；16/22.4 为标准状况下 CH_4 密度换算系数；28 为 CH_4 的 GWP；Q 为污水厂年处理水量，用于将年度排放量折算为碳排放强度（ $\text{kgCO}_2\text{-eq/m}^3$ ）。需要说明的是，若火炬系统配有连续燃烧监控且可证明完全燃烧，则可不计 F 引起的 CH_4 排放。

6.3.3 沼液中含有较高浓度的总氮（TN），若单独进行处理（如采用生化脱氮工艺），其生物脱氮过程同样会产生 N_2O 排放。由于沼液处理的 N_2O 产生机理与污水处理脱氮过程一致，因此可参照本规程第 6.2.4 条的方法进行核算，将沼液量视为污水量、沼液 TN 浓度作为进水 TN 浓度、处理后 TN 浓度作为出水 TN 浓度，代入公式（6.2.4）计算。若沼液合并进入污水处理厂进水系统处理，则无需单独核算，其排放已包含在污水处理单元的 N_2O 核算中。

6.3.4 污泥在好氧发酵过程中会产生 CH_4 和 N_2O 气体，分别是污泥初始碳含量的（1%~4%）和（0.5%~5%），主要与污泥碳含量、通气状况、发酵工艺等因素有关。

当有实测值时，可采用实测值进行计算。当缺乏实测值时，可采用 IPCC 推荐值，其中 $EF_{\text{wn-CH}_4, \text{af}}$ 宜取 10g CH_4 /kg 干污泥（范围 0.018~20 g CH_4 /kg 干污泥），或 4 g CH_4 /kg 湿污泥（范围 $0.003\sim 8\times 10^{-3}$ g CH_4 /kg 湿污泥）， $EF_{\text{wn-N}_2\text{O}, \text{af}}$ 宜取 0.6 g N_2O /kg 干污泥（范围 0.02~1.6g N_2O /kg 干污泥），或 0.3g N_2O /kg 湿污泥（范围 0.06~0.6g N_2O /kg 湿污泥）。

6.3.5~6.3.6 对于不同焚烧处理方式的甲烷和氧化亚氮排放因子，包括独立焚烧、不同含水率入炉焚烧、电厂或垃圾厂掺烧、水泥窑协同焚烧等，应随这文献数据逐年更新，并征集不同污泥焚烧处理工程案例数据，以进一步优化排放因子。

6.3.7 热解碳化或气化作为污泥热化学处理的新兴技术，具有显著的减容效果和资源化利用潜力，近年来在国内逐步得到应用。其碳排放机制与焚烧类似，均涉及化石源 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 三种温室气体的产生，因此可参照本规程第 6.3.5 条（焚烧）的方法进行核算。

需要说明的是，热解碳化或气化与焚烧存在以下差异：一是热解在无氧或限氧条件下进行，反应温度通常低于焚烧， CH_4 和 N_2O 的生成机理及排放水平有所不同；二是不同工艺装备类型导致排放因子差异明显。在实际核算中，燃烧不充分产生的 CH_4 和 N_2O 排放因子可按第 6.3.6 条规定选取，或采用 IPCC 指南中推荐的热解系统排放因子进行估算。当具备实测条件时，应优先采用本厂实测数据。对于采用回转窑的热解系统，根据 IPCC 2019 修订版，其 CH_4 和 N_2O 排放因子（以湿基计）可分别参考 5.4g/t 污泥和 8.38g/t 污泥；对于竖井式、流化床式等其他类型的热解系统，应参照相应技术类型的排放因子。化石源 CO_2 排放因子的计算则参照第 6.3.5 条执行。

目前国内污泥热解工程案例仍相对有限，相关排放因子的本地化数据有待进一步积累。核算时应结合具体工艺条件和技术路线合理选取参数，并在报告中注明参数来源。

6.4 污水管渠设施碳排放核算

6.4.1 居民产生污水中，部分有机物来源于日常使用的洗涤剂、化妆品、药物等化工产品，其由化石燃料加工而来，因此，当其降解时产生的 CO_2 气体属于化石源 CO_2 ，应纳入碳排放核算中。使用污水中化石碳比例与 CO_2 产生量乘积，核算化粪池/管网系统中化石源 CO_2 排放强度。

本条文适用于化粪池、污水管渠（含重力流管道、提升泵站前池等）中污水的厌氧降解过程。对于已纳入污水处理厂收集范围的区域，若污水在管渠中的停留时间较短（如小于 0.5 天），有机物降解量有限，可酌情简化核算或忽略不计。当具备实测条件时，优先采用现场监测数据率定本厂特定的转化率和排放因子。

6.4.2~6.4.3 在污水管渠设施中，由于厌氧环境存在，污水中有机物经大量微生物共同作用，最终转化为 CH_4 、 CO_2 、 H_2O 等。有机物厌氧降解过程可以分为 4 个阶段：水解阶段、发酵（或酸化）阶段、产氢产乙酸阶段和产甲烷阶段。 CH_4 主要在最后一个阶段产生，其过程由两种生理上完全不同的产甲烷菌完成，一组把 H_2 和 CO_2 转化成 CH_4 ，另一组从乙酸或乙酸盐脱羧产生 CH_4 ，前者约占总量的 1/3，后者约占总量的 2/3。

化粪池的 CH_4 排放受温度、停留时间、清掏周期等因素影响较大，有条件时宜采用实测或模型模拟获取本地化参数。对于已纳入污水管网的区域，若化粪池定期清掏且停留时间较

短，可酌情简化核算。各化粪池排放强度经加权平均后，可代表整个污水收集系统的 CH_4 排放水平。

6.4.4 污水管渠中的 N_2O 排放受溶解氧、有机物浓度、水力停留时间等多种因素影响，存在较大不确定性。有条件时宜采用实测或模型模拟获取本地化参数。当管渠为封闭压力流且溶解氧极低时，硝化作用微弱， N_2O 排放可忽略。核算时应根据实际水力条件合理选取方法，并在报告中注明参数来源。

6.4.5 合流制排水系统在雨季或融雪期可能发生溢流，未经处理或仅经简单截流的雨污混合水直接排入河流、湖泊等自然水体。溢流污水中携带的大量有机物和氮素进入水体后，在沉积物界面及水柱中发生厌氧降解和硝化反硝化作用，产生 CH_4 和 N_2O 排放。

公式（6.4.5-1）—— CH_4 排放核算：

该公式基于溢流污水中有机物负荷（溢流量×有机物浓度）乘以 CH_4 排放因子，再经年总转输水量折算为排放强度。排放因子 $EF_{\text{CSO}-\text{CH}_4}$ 的取值见表 6-1。表 6-1 参考了 IPCC 2019 修订版《国家温室气体清单指南》第五卷“废弃物”中关于污水处理出水排放至自然水体的 CH_4 排放因子，并根据受纳水体类型（是否水库、湖泊、河口）及水质状况进行了分类。当缺乏受纳水体类型信息时，可按“处理出水（排放至自然水体）”的中值取值（即 $0.028\text{kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 或 $0.068\text{kgCH}_4/\text{kgBOD}_5$ ）；当掌握受纳水体富营养化程度时，Ⅰ类水取低值，劣Ⅴ类取高值。

公式（6.4.5-2）—— N_2O 排放核算：

该公式基于溢流污水中总氮负荷乘以 N_2O 排放因子，再经单位换算和年总转输水量折算为排放强度。 $22/14$ 为 N_2O 与 $\text{N}_2\text{O}-\text{N}$ 的分子量比。排放因子 $EF_{\text{CSO}-\text{N}_2\text{O}}$ 的取值见表 6-2，主要参考了 IPCC 指南中受纳水体 N_2O 排放的缺省因子（ $0.005\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}/\text{kgN}$ ），对于养分过量或缺氧的水体取高值（ 0.019 ）。受纳水体水质分类依据同表 6-1。

本方法适用于合流制溢流事件的年度核算，需统计全年溢流次数、各次溢流量及水质浓度（可采用典型值或加权平均值）。溢流污水的有机物浓度和总氮浓度应尽量采用实际监测数据；若无监测条件，可参考该区域旱流污水浓度的 60%~80% 作为估算依据（因雨水稀释）。溢流排放的 CH_4 和 N_2O 排放只发生在溢流事件发生后短期内（数天至数周），持续排放量随时间衰减，本公式基于总负荷法进行年尺度估算，可用于区域碳排放清单编制和溢流控制措施的减排效果评价。

6.5 碳减排量核算

6.5.1 热泵通过消耗少量电能，将污水中低品位热能提升为可供热或制冷的高品位能源，

可替代传统的燃煤、燃气锅炉供热或电制冷空调，从而实现碳减排。当热泵用于供热时，替代的燃料类型应根据当地实际供热方式确定（如天然气、燃油或燃煤）；用于制冷时，可替代电制冷，此时 $EF_{fc, j}$ 应采用当地电网电力排放因子折算。核算时应注明被替代的能源类型及排放因子来源。

6.5.2 光伏发电系统将太阳能转化为电能，替代外购电力，从而减少电网电力消耗对应的碳排放。公式中， E_{pv} 为污水厂光伏系统年实际发电量（kW·h/an），应优先采用光伏企业提供的计量数据或并网电表读数； $EF_{ec, p}$ 为污水厂所在区域电网的平均 CO₂当量排放因子（kgCO₂-eq/(kW·h)），按附录 A-2 选取，并应采用与核算年份相对应的官方最新发布值。

需要说明的是，本公式仅适用于光伏发电自发自用部分。若光伏发电余量上网，则上网部分对应的碳减排量不应在污水厂层面重复计算，以避免与电网侧减排重叠。核算时应在报告中注明光伏系统装机容量、年发电量及自发自用比例。当光伏电力用于厂内具体设备（如曝气机、泵组）时，无需进一步拆分，直接采用总发电量计算即可。

6.5.3 再生水回用场景包括药剂稀释、格栅冲洗、绿化浇灌等厂内回用，也包括厂外绿化浇灌、市政道路冲洗、替代工业用水等。

6.5.4 本条规定了污泥厌氧消化沼气利用所产生的碳减排量核算方法。厌氧消化产生的沼气经收集、净化后，可用于发电、供热或提纯为天然气，替代化石能源，从而实现碳减排。公式（6.5.4）由三部分组成：沼气发电替代外购电力的减排量（ $E_{ad} \times EF_{ec, p}$ ）、沼气直接供热替代化石燃料的减排量（ $H_{ad} \times EF_{fc, j}$ ）、以及沼气提纯为天然气并网的减排量（ $V_{ng} \times EF_{fc, ng}$ ）。核算时仅计富余沼气部分，即扣除系统自用能耗后的净产出量。 E_{ad} 、 H_{ad} 、 V_{ng} 应优先采用实际计量数据； $EF_{ec, p}$ 为区域电网排放因子（附录 A-2）； $EF_{fc, j}$ 为被替代燃料的排放因子（附录 A-1）； $EF_{fc, ng}$ 取 0.0022 kgCO₂-eq/m³CH₄，参考天然气燃烧的碳排放强度。需注意避免重复计算，若沼气发电同时回收余热，则发电和供热减排量应分别计入但需扣除自用部分。

6.5.5 本条规定了污泥干化焚烧或热解处理过程中能源回收所产生的碳减排量核算方法。污泥干化焚烧或热解过程会产生高温烟气，可通过余热锅炉回收热能用于发电或对外供热，替代化石能源。公式（6.5.5）由两部分组成：余热发电替代外购电力的减排量（ $E_{inc} \times EF_{ec, p}$ ）和余热直接供热替代化石燃料的减排量（ $H_{inc} \times EF_{fc, j}$ ）。核算时仅计富余能源量，即扣除系统自用（如干化、焚烧助燃等）后的净输出量。 E_{inc} 和 H_{inc} 应优先采用实际计量数据；

排放因子选取同 6.5.4。当焚烧或热解系统自带发电且电力全部自用，减排量为零；若有多余电力上网或余热外供，方可计入。核算时需注明能源回收方式、自用比例及被替代的燃料类型。

6.5.6 污泥经稳定化处理后，富含氮、磷等营养元素，可作为有机肥或土壤改良剂用于农业、园林绿化等，替代工业化肥的生产和使用，从而减少化肥生产过程中的碳排放。

核算时应区分污泥的土地利用去向（如农业、林地、绿化等），不同利用场景中养分的实际利用率可能存在差异，有条件时可采用本地实测参数。需要说明的是，本公式仅计算替代化肥的碳减排量，不包括污泥本身在土地利用过程中可能产生的 CH_4 和 N_2O 排放，后者应按本规程相关条款另行核算。当污泥产物用于建材等非土地利用途径时，不适用本公式。

6.5.8 污水处理厂出水排入受纳水体后，残留的有机物（COD）和总氮（TN）在水体沉积物界面及水柱中会发生厌氧降解和硝化反硝化反应，分别产生 CH_4 和 N_2O 。若出水水质优于国家或地方规定的排放标准（即实际排放浓度低于标准限值），则排入水体的污染物负荷减少，从而避免了部分本应产生的温室气体排放，这部分“避免的排放”可视为碳减排量。

本公式仅适用于出水水质确实优于现行排放标准的情况。标准限值（ COD_{std} 、 TN_{std} ）应采用污水处理厂环评批复或排污许可证中规定的排放浓度限值，而非设计值或地方建议值。若实际出水浓度已低于标准限值，则（ $\text{COD}_{\text{std}} - \text{COD}_{\text{out}}$ ）和（ $\text{TN}_{\text{std}} - \text{TN}_{\text{out}}$ ）为正值，计算得到碳减排量；若出水浓度已接近或等于标准限值，则减排量趋近于零；若出水浓度高于标准限值（超标排放），则不应计算减排量，且可能需额外核算超标排放带来的增排影响。

本公式核算的碳减排量属于“间接减排”，其本质是受纳水体生态系统服务功能的提升。在实际应用中，应注意避免与受纳水体本底排放核算重复。当污水处理厂出水排入已处于富营养化状态的水体时，额外削减的氮负荷对 N_2O 减排的贡献可能低于理论值，有条件时建议采用实测或模型模拟的本地化排放因子。核算时应注明所采用的标准限值来源、受纳水体类型及排放因子取值依据。

6.5.9 厂区植被通过光合作用吸收大气中的 CO_2 ，并将其固定在植物生物量中，形成碳汇。本条将植被固碳量视为厂区的碳减排量（负排放），纳入碳减排核算体系。表 6-3 中不同植被类型的固碳因子主要参考了《城市绿化项目碳汇核算技术规范》及国内相关研究成果，按照植被群落结构、乔木大小和栽植密度进行分类。一般而言，复层混交（乔、灌、草、

花结合)的植被结构固碳能力最强,单一草坪或低茎野草的固碳能力最弱。

核算时应注意:碳减排量应基于植被的正常生长状态,新建绿化在栽植后需经历一定生长周期(通常3~5年)才能达到稳定固碳能力,核算初期可酌情折减;养护不当导致植被退化的,应按实际状况调整。碳减排量的计入年限不应超过植被的成熟期(通常20~30年)。

此外,厂区内原有植被(非新建绿化)的固碳效益原则上不计入,以避免重复计算历史碳汇。

本公式仅适用于厂界范围内的永久性绿化,临时绿地、移动绿植等可忽略。如有实测的植物生物量增长数据,优先采用实测值核定固碳速率。

7 资产重置与拆除阶段碳排放核算

7.0.1 本条规定了拆除阶段碳排放核算的适用范围。与规划建设阶段（第 5 章）相对应，拆除阶段的碳排放核算同样适用于新建和改扩建城镇污水系统（含污水管渠、提升泵站、污水处理厂等）在设计阶段进行的碳排放评估。核算对象包括设施达到使用寿命后进行拆除重建（资产重置）以及工程寿命结束后的整体拆除过程。在设计阶段进行拆除阶段的碳排放预估，有助于全生命周期碳排放的综合评估和低碳设计方案的比选。例如，在比选不同管材（钢筋混凝土管与 HDPE 管）或不同泵站结构形式时，可预先估算其未来拆除过程产生的碳排放，从而选择全生命周期碳排放更优的方案。需要说明的是，本条的核算是指在设计阶段依据设计方案对拆除活动进行的预估，而非对已发生拆除活动的追溯核算。

7.0.2 本条规定了拆除阶段碳排放核算的时间边界。核算起点为拆除工作正式开始（如人工拆除、机械进场、爆破等），终点为拆除后的废弃物（建筑垃圾、废料、设备等）全部运出所属厂区或管渠用地范围，并完成初步归集。时间边界的明确有助于准确归集拆除活动的能源消耗和碳排放，避免与后续废弃物处置阶段的碳排放重叠。需要说明的是，拆除后废弃物在厂外运输、填埋或资源化利用过程中的碳排放，属于延伸边界核算范围，应按本规程第 8.4 节相关规定执行，不应计入拆除阶段。对于分期拆除或分段施工的项目，应按实际拆除范围分别划定时间边界。

7.0.3 本条规定了拆除阶段材料回收碳减排量的计入原则。建筑物、构筑物拆除过程中，部分材料（如钢材、混凝土骨料、砖瓦、管材等）可回收利用，替代原生建材的生产，从而产生碳减排量。但该减排量的实现取决于是否有明确的回收利用方案，例如设计文件中规定回收率、回收去向（如钢厂回炉、骨料加工厂）、再利用方式等。若缺乏此类方案，则资产重置或拆除过程中预期的碳补偿不宜计入，以避免高估减排效果。这一原则体现了碳排放核算的保守性和可验证性要求。当具备详细回收方案时，可按 GB/T 51366—2019 附录 E 中关于建材回收替代碳排放的方法计算，并在此处核减。需要说明的是，对于常规的废钢回收市场行为（如拆除后的废钢按市场价出售），若无专门的回收利用方案且无法追踪其实际替代的原生材料，不建议计入碳减排量。核算时应在报告中注明回收材料的种类、数量、去向及计算方法。

7.0.4 本条规定了拆除阶段主要碳排放来源。包括三类：a) 拆除机械（破碎锤、挖掘机、起重机、运输车辆等）消耗化石燃料（汽油、柴油）产生的直接碳排放；b) 拆除现场照明、小型电动工具等消耗电能产生的间接碳排放；c) 建筑垃圾清运过程中运输车辆燃料消耗产

生的间接碳排放。垃圾清运的碳排放需根据运输距离和运输方式（通常为重型柴油货车）计算，排放因子可参考本规程附录 A-4。需要说明的是，拆除阶段不涉及建筑材料生产等上游排放，其核算范围较建设阶段更为聚焦。

7.0.5 本条规定了拆除阶段碳排放量的两种核算方式。方法一：依据工程量清单，参照 GB/T 51366—2019 和 GB 55015—2021 的有关规定进行详细计算（推荐方法）。方法二：当缺乏详细数据时，可按与规划建设阶段碳排放量相等的原则进行估算（ $CE_{dm} \approx CE_{cs}$ ）。这一简化假设基于工程经验：拆除施工的能耗通常低于建设施工，但考虑到废弃物运输和处理等因素，两者总量大致相当。采用估算方法时，应在报告中注明并说明理由。对于分期拆除或部分拆除的项目，不宜采用本简化方法，应按实际拆除范围单独核算。无论采用哪种方法，均应在报告中明确说明核算依据和数据来源。

8 城镇污水厂全生命周期碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 本条规定了全生命周期碳排放量核算的主要分项构成。全生命周期碳排放由三大部分组成：一是建设和拆除阶段碳排放量；二是全生命周期运维阶段碳排放量（含年度运行碳排放及设备更新的材料消耗碳排放）；三是延伸阶段碳排放量（包括污泥处置和受纳水体排放）。图 8-1 直观展示了各分项的逻辑关系，核算时应确保三项完整覆盖，避免遗漏或重复。

8.1.2 本条规定了全生命周期碳排放核算的时间边界。时间范围应覆盖城镇污水系统从建设到拆除的全过程，具体包括：建设阶段（从原材料获取、建材生产运输到施工建造）、运行维护阶段（预期寿命周期内的所有运行年度）以及拆除处置阶段（设施拆除及废弃物清运）。全生命周期的起始点为建设开始，终点为拆除完成，体现了从“摇篮到坟墓”的完整生命周期理念。对于污水系统中的不同设施（如处理厂、主干管、泵站），若建设年代或设计年限不同，应分别确定其时间边界，并在全生命周期汇总时注明。

8.1.3 本条规定了全生命周期碳排放核算的时间边界。时间范围应覆盖城镇污水系统从建设到拆除的全过程，具体包括：建设阶段（从原材料获取、建材生产运输到施工建造）、运行维护阶段（预期寿命周期内的所有运行年度）以及拆除处置阶段（设施拆除及废弃物清运）。全生命周期的起始点为建设开始，终点为拆除完成，体现了从“摇篮到坟墓”的完整生命周期理念。对于污水系统中的不同设施（如处理厂、主干管、泵站），若建设年代或设计年限不同，应分别确定其时间边界，并在全生命周期汇总时注明。

8.1.4 本条规定了厂外污泥处置方式的类型，作为全生命周期核算中延伸边界碳排放核算的依据。污泥处理产物（脱水污泥、消化污泥、焚烧灰渣、热解炭等）离开厂界后，需进行最终处置。常见的处置方式包括：填埋（卫生填埋、与生活垃圾混合填埋）、建材利用（制砖、制水泥、轻骨料、道路基材等）以及土地利用（农业利用、园林绿化、土壤改良等）。多种处置方式可组合使用（如部分填埋、部分建材利用）。不同处置方式的碳排放特征差异显著（如填埋产生大量 CH_4 ，建材利用可替代原生建材产生碳补偿），核算时应根据实际处置路径分别选用对应的排放因子或替代系数，按本规程第 8.3 节有关规定执行。

8.2 城镇污水厂全生命周期运维阶段的碳排放量

8.2.2 本条规定了城镇污水系统全生命周期运维阶段碳排放量的核算方法。全生命周期运

维阶段碳排放量由两部分组成：一是正常运行期间的年度碳排放累计（ $T_1 \times CE_{ws, an}$ ）；二是大型设备更新产生的材料碳排放（ $T_1 \times \frac{M_{rp} \times EF_{rp, j}}{T_2}$ ）。

关键参数取值说明

服务年限 T_1 ：指城镇污水系统从投运至拆除的总年数，应按设计文件取值，缺省可取 50 年（见 8.1.3 条）。当系统中不同设施（如管网与厂区）设计年限不同时，宜分别核算后汇总，或按最长服务年限统一取值并说明。

设备更新质量 M_{rp} ：指单次更换的设备总质量（kg）或膜面积（m²），应根据设计资料或设备选型确定。对于泵站内的机电设备，应归入本项核算。

排放因子 $EF_{rp, j}$ ：不同材质组件的碳排放因子，可参考附录 A-8（膜组件、钢材等）或 GB/T 51366—2019 附录 D 取值。当设备为组合材质时，应按各材质组件的质量和排放因子分别计算后累加。

设备使用寿命 T_2 ：指设备在正常维护条件下的预期使用年限，应依据厂家质保期、设计文件或工程经验确定。典型取值：膜组件 5~8 年，大型泵类 10~15 年，风机 10~12 年，电机 10~20 年。

注意事项

本公式中设备更新碳排放的计算是基于“全生命周期内多次更新”的简化模型。当设备使用寿命 T_2 大于服务年限 T_1 时，设备在服务年限内无需更新，此项可忽略（即取 $T_1/T_2=0$ 或直接不计）。核算时，应分别列出需要更新的主要设备及其参数。对于小型设备或非主要设备（如阀门、仪表、小型搅拌器等），可忽略其更新碳排放，以简化核算工作量。采用本公式时，应在报告中说明所考虑的设备类型、更新次数及参数来源。

8.2.3 本条规定了城镇污水系统运维阶段年度碳排放量核算中的分项取舍原则和避免重复计算的要求。

关于分项取舍：城镇污水系统包含污水处理厂、污水管渠、提升泵站等不同设施，各设施的工艺流程、设备配置和运行管理模式存在差异。核算时应根据系统内各设施实际包含的工艺环节（如是否包含污泥厌氧消化、是否设置深度处理单元、是否有污水提升泵站等）选择对应的核算分项。对于系统内不存在的工艺环节或未发生的排放活动，相应分项可不纳入核算，以避免过度计算。

关于避免重复计算：通风和除臭系统（如曝气生物滤池除臭、化学洗涤塔、活性炭吸附等）

通常服务于污水处理厂内的特定单元（如格栅间、生化池、污泥脱水间等），其电能消耗和药剂消耗已在各处理单元的能源和药剂消耗中体现。若污水处理厂区的能耗和物料清单未按工艺单元分割（如仅有全厂总电表、总药耗台账），则在汇总核算时应确保通风和除臭设施的碳排放不再单独计入，也不应从其他单元中重复扣除。碳减排量（如采用清洁能源或资源回收）同样应避免与处理单元的能耗抵扣重复计算。

实操建议：具备条件时，建议污水处理厂按处理单元分别计量能耗和药耗，以支撑精细化核算；若无法分割，可参照全厂总能耗减去已知单元能耗的方式估算，并在报告中说明数据来源和处理方法。对于污水管渠和提升泵站，其能耗（主要为泵站电耗）单独计量，不存在与厂区能耗重复计算的问题。

8.2.4 污水处理厂在全生命周期评估中涉及多种材料的碳排放核算，其中膜组件、填料和钢铁是设备更新和构筑物建设中的典型材料，其碳排放因子应优先按本规程附录 A-8 选取。附录 A-8 中的数据主要参考了现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366—2019 附录 D、《城镇污水处理厂碳减排评估标准》T/CUWA 50055—2023 附录 A 及相关研究成果。对于膜组件，不同材质（如聚氯乙烯 PVC、聚偏氟乙烯 PVDF、聚四氟乙烯 PTFE 等）的碳排放因子差异较大，附录 A-8 中的取值基于 Ecoinvent 数据库及文献调研的生命周期碳排放建模数据；对于填料（如聚丙烯 PP、聚乙烯 PE 等），其排放因子依据材料生产过程中的能源消耗和原材料碳排放综合确定；对于钢铁材料，区分了炼钢生铁、铸造生铁、转炉碳钢、电炉碳钢及各类钢材制品的排放因子，反映了不同生产工艺路线的碳排放差异。对于附录 A-8 中未列出的其他材料组件（如泵、风机、管道、阀门、电气设备等），可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366—2019 附录 D 的有关规定选取缺省值，或选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当使用再生原料时，应按其所替代的初生原料的碳排放的 50% 计算。

8.3 污泥处置阶段的碳排放量

8.3.1 污泥填埋后，在厌氧条件下有机物被微生物分解，产生大量 CH_4 。公式（8.3.1）基于质量平衡法，将填埋污泥量乘以 CH_4 修正因子（MCF）和转换系数，得到年度 CH_4 排放的 CO_2 当量。

其中，2.52 为综合转换系数（ $\text{kgCO}_2\text{-eq/kg}$ 干污泥），该系数已整合了污泥中有机碳含量（DOC）、可降解有机碳比例（DOC_f）、 CH_4 浓度（F）、氧化因子（OX）、 CH_4 与碳分子量比（16/12）以及 CH_4 的全球增温潜势（GWP=28）等参数的乘积。根据 IPCC 2019 修订版指南，当采用默认参数时（DOC=0.3，DOC_f=0.5，F=0.5，OX=0.1，16/12×28≈37.33，

且考虑填埋场无回收条件下 $MCF=1$ ），综合转换系数计算值为 $0.3 \times 0.5 \times 0.5 \times (1 - 0.1) \times 37.33 \approx 2.52$ 。因此，本公式中的 2.52 即为此综合系数的简化表达。

关于 CH_4 修正因子(MCF): MCF 反映了填埋场 CH_4 回收和利用情况对实际排放的影响。当填埋场无任何 CH_4 回收措施时, MCF 取 1 (IPCC 推荐值, 厌氧填埋); 当填埋气被收集并直接燃烧(火炬)时, 因大部分 CH_4 被转化为 CO_2 , 仅少量逸散, MCF 可取 1/28 (即约 0.036); 当填埋气用于发电 (CDM 项目等) 时, 其减排量应根据实际发电量和所在区域电网排放因子单独计算并计入碳减排量, 此时 MCF 可取 0 (假设全部利用) 或按实际回收率折算。

关于污泥填埋量: $M_{ss, m}$ 为第 m 天填埋的干污泥量 (kg/d), 应以实际过磅数据为准。对于深度脱水后的污泥 (含水率 60% 以下), 需折算为干物质质量。

适用范围: 本公式适用于卫生填埋、与生活垃圾混合填埋等处置方式。对于焚烧灰渣填埋, 因有机物已基本去除, 不存在 CH_4 排放, 无需使用本公式, 仅需核算运输和填埋过程中的能耗碳排放。当污泥性质和填埋场条件与默认参数差异较大时 (如污泥有机质含量偏低或偏高、填埋场为半好氧等), 建议采用 IPCC 提供的分级方法, 使用本地化参数重新计算转换系数, 并在报告中说明。

8.3.2 污泥经稳定化处理后用于农业、林业、园林绿化等土地利用时, 残留在污泥中的有机物和氮素在土壤中继续降解转化, 产生 CH_4 和 N_2O 排放。其中, CH_4 主要产生于局部厌氧微环境 (如污泥团块内部), N_2O 则通过硝化和反硝化过程生成。

公式(8.3.2-1)—— CH_4 排放核算: CH_4 排放量 = 年土地利用干污泥量 $\times CH_4$ 排放因子 $\times GWP$ 。 $EF_{sd-CH_4, land}$ 为 CH_4 排放因子, 缺省值取 0.003 kg CH_4 /kg 干污泥。该值主要参考了 IPCC2019 修订版指南中关于污泥土地利用 CH_4 排放的缺省因子 (0.003kg CH_4 /kg 干污泥, 范围 0.00008~0.02), 同时结合了国内相关文献实测数据的综合分析。

公式 (8.3.2-2) —— N_2O 排放核算: N_2O 排放 = 年土地利用干污泥量 $\times$ 污泥含氮量 $\times N_2O$ 排放因子 $\times GWP$ 。 P_N 为污泥中氮的质量分数, 缺省值取 0.03kgN/kg 干污泥, 参考了《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》及国内典型污泥实测数据。 $EF_{sd-N_2O, land}$ 为 N_2O 排放因子, 缺省值取 0.011kg N_2O /kg N, 该值参考了 IPCC 指南中污泥土地利用 N_2O 排放的缺省因子 (0.011kg N_2O /kg N, 范围 0.002~0.06)。需要说明的是, 该因子与污泥类型 (厌氧消化污泥、好氧发酵污泥、热解炭等)、土壤质地、气候条件、土地利用方式 (农业、林地、绿化等) 密切相关, 有条件时建议开展现场监测获取本地化参数。

适用条件：本公式适用于污泥产物（包括厌氧消化沼渣、好氧发酵堆肥产物、热解炭等）的土地利用过程。对于污泥直接施用（未经稳定化处理）的情形，其 CH_4 和 N_2O 排放可能更高，建议根据实际情况调整排放因子或采用分层核算。当污泥产物用作有机肥替代化肥时，其替代化肥产生的碳减排量按本规程 6.5.6 条另行核算，不应与本条排放量混淆（即减排量单独计算，排放量单独计算，两者不可抵消）。本公式核算的排放量属于延伸边界碳排放，在全生命周期核算中应予计入。

8.4 污水排入受纳水体的延伸阶段碳排放量

8.4.1 本条规定了污水处理厂出水排入受纳水体后，残留有机物在沉积物界面及水体中厌氧降解产生甲烷（ CH_4 ）的碳排放核算方法。

处理后的出水仍含有少量可降解有机碳，在受纳水体（河流、湖泊、水库、入海口等）底部沉积物或缺氧水层中发生厌氧分解，生成 CH_4 并逸散至大气。

公式（8.4.1）采用排放因子法，以出水 COD 负荷（出水 COD 浓度×年排放量）为基础，乘以 CH_4 排放因子和全球增温潜势，得到年度 CO_2 当量排放量。系数 10^{-3} 为 mg/L 转换为 kg/m^3 的单位换算因子。

关于排放因子 EF_{ec, CH_4} ：取值按本规程表 6-1 执行。IPCC 2019 修订版指南根据受纳水体类型将 CH_4 排放因子分为三类：排放至水库、湖泊、河口等富营养化水体时取 $0.048\text{kgCH}_4/\text{kg COD}$ ；排放至其他河流、入海口等一般水体时取 $0.009\text{kgCH}_4/\text{kg COD}$ ；当缺乏水体类型信息时，取中值 $0.028\text{kgCH}_4/\text{kg COD}$ 。此外，可根据各省生态环境状况公报的水质类别在括号范围内调整取值（Ⅲ类水取低值，劣Ⅲ类取高值）。用户应优先选用与实际受纳水体水质状况相匹配的排放因子。

注意事项：本公式适用于污水处理厂正常排放工况，不包括溢流或事故排放。当受纳水体为厌氧状态（如黑臭水体）时，排放因子应取高值。本公式核算的排放属于延伸边界碳排放，在全生命周期核算中应予计入。核算时需注明受纳水体类型、水质状况及排放因子取值依据。

8.4.2 本条规定了污水处理厂出水排入受纳水体后，残留总氮通过硝化和反硝化作用产生氧化亚氮（ N_2O ）的碳排放核算方法。

出水中的总氮（主要是氨氮和硝酸盐氮）进入受纳水体后，在微生物作用下发生硝化和反硝化反应，产生副产物 N_2O 。公式（8.4.2）以出水 TN 负荷（出水 TN 浓度×年排放量）为基础，乘以 N_2O 排放因子、转换系数（22/14）和全球增温潜势，得到年度 CO_2 当量排

放量。系数 10^{-3} 用于将 mg/L 转换为 kg/m^3 。

关于排放因子 EF_{ec, N_2O} ：取值按本规程表 6-2 执行。IPCC 2019 修订版指南将受纳水体 N_2O 排放因子分为两类：一般自然水体（湖泊、海洋、河流等）取 $0.005\text{kgN}_2\text{O-N/kg N}$ ；养分过量或缺氧的水体（如富营养化湖泊、黑臭水体等）取 $0.019\text{kgN}_2\text{O-N/kg N}$ 。当缺乏水体类型信息时，采用第一类缺省值（0.005）。用户可根据受纳水体水质状况在推荐范围内调整取值，富营养化程度越高，排放因子越大。

关于转换系数 22/14： N_2O 的分子量为 44，其中氮的原子量为 14，两个氮原子总重 28，因此 $1\text{kgN}_2\text{O-N}$ 相当于 $44/28=22/14\approx 1.571\text{kgN}_2\text{O}$ 。该系数用于将排放因子从 $\text{kgN}_2\text{O-N/kg N}$ 转换为 $\text{kg N}_2\text{O/kg N}$ 。

本公式适用于正常排放工况。当受纳水体已处于严重富营养化或厌氧状态时， N_2O 排放因子应取高值。本公式核算的排放属于延伸边界碳排放，在全生命周期核算中应予计入。核算时应注明受纳水体类型、水质状况及排放因子取值依据。

8.5 城镇污水厂全生命周期碳排放量

8.5.1 本条规定了城镇污水系统全生命周期碳排放总量的核算方法。公式（8.5.1）将全生命周期碳排放分解为一次性排放和周期性排放两部分，分别汇总后得到总量。

一次性排放部分：包括建设阶段碳排放（ CE_{cs} ）和拆除阶段碳排放（ CE_{dm} ）。这两部分在污水系统全生命周期中仅发生一次，不随服务年限延长而重复计算。

周期性排放部分：包括全生命周期运维阶段碳排放（ $CE_{lc, om}$ ）和服务年限内延伸边界排放的累加。其中， $CE_{lc, om}$ 已按本规程第 8.2.2 条核算，包含了 T 年内所有运行年度的运维碳排放以及设备更新产生的碳排放； $T_1 \times (CE_{sd, an} + CE_{ec-CH_4, an} + CE_{ec-N_2O, an})$ 将年度污泥处置碳排放和受纳水体 CH_4 、 N_2O 排放（按第 8.3 节和 8.4 节核算）乘以服务年限 T ，得到预期寿命周期内延伸边界的碳排放总量。

公式中的 T 同时作用于运维阶段（通过 $CE_{lc, om}$ 内部的年度累加）和延伸阶段（外部相乘），两者均反映了全生命周期长度的影响，但 $CE_{lc, om}$ 还包含了设备更新碳排放，不能简单拆分为 $T \times$ 年度运维排放。使用时需确保各部分核算采用的 T 取值一致。对于分期建设的污水厂，应分别计算各期的全生命周期碳排放，或按整体服务年限加权平均。采用本公式时，需在报告中注明各分项的核算方法和参数来源。

8.5.2 在城镇污水系统全生命周期碳排放核算中，污泥处理处置是不可回避的重要环节。即使污水厂的设计方案中未包含污泥处理设施（如污泥外运至其他专业污泥处理厂集中处

理)，或污泥处理设施不在厂界内，其产生的碳排放（包括污泥运输、处理、处置过程中的生化反应排放、能源消耗和药剂消耗）仍属于城镇污水系统的延伸边界，必须纳入全生命周期核算范围。

核算方法说明：对于设计阶段的全生命周期评估，应按以下步骤核算污泥处理处置的碳排放：

根据污水处理工艺参数（如进水水质、污泥产率系数、处理规模等）估算污泥产量（kg 干污泥/a），具体可参考《室外排水设计标准》GB 50014 中的污泥量计算公式。

根据设计方案中拟定的污泥处理处置路径（如厌氧消化+土地利用、脱水+填埋、干化+焚烧+建材利用等），按本规程第 6.3 节（污泥处理生化反应及能耗药耗碳排放）和第 8.3 节（污泥处置阶段填埋、土地利用碳排放）的核算方法，计算污泥处理处置过程对应的年度碳排放量（kgCO₂-eq/a）。

核算范围的完整性：需要特别说明的是，即使污水厂实际运行中将污泥外运由第三方处置，该部分碳排放也应在污水厂的全生命周期核算中予以体现，不应因转移至厂外而被忽略。这一原则保证了不同设计方案（如厂内消化 vs 厂外处置）在相同边界下具有可比性。核算时，应明确污泥处理处置的技术路线、运输距离、处置方式等关键参数，并在报告中注明数据来源。