

T/SDSES

山 东 环 境 科 学 学 会 团 体 标 准

T/SDSES XXX—202X

污水处理厂碳中和实施指南

Implementation guidelines for carbon neutrality of wastewater treatment plants

（征求意见稿）

202 - - 发布

202 - - 实施

目 次

前 言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 原则..... 2

5 污水处理厂碳中和实施流程..... 2

6 碳中和实施计划的制定与发布..... 3

7 温室气体核算和报告..... 3

8 减碳增汇及碳抵消..... 5

9 碳中和评价..... 6

10 碳中和声明..... 6

附 录 A（资料性）污水处理厂温室气体核算要素的范围、类别及其说明..... 7

附 录 B（资料性）污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源..... 9

附 录 C（资料性）污水处理厂减碳增汇排路径建议..... 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由复旦大学提出。

本文件由山东环境科学学会归口。

本文件起草单位：复旦大学、山东大学、上海环境集团股份有限公司、上海友联竹园第一污水处理投资发展有限公司、山东省生态环境规划研究院、国家环境保护陆海统筹生态治理与系统调控重点实验室。

本文件主要起草人：陈斌、王玉涛、李佳硕、安东、方垠天、钱云坤、许洲、蔡文雄、姜坤、王天宇、章瑶、张传兴、王占金、李玲玲。

本文件为首次发布。

污水处理厂碳中和实施指南

1 范围

本文件规定了提供了对污水处理厂碳中和实施工作的基本原则、实施流程、碳中和实施计划的制定与发布、温室气体核算和报告、减碳增汇、碳抵消、碳中和评价以及碳中和实现声明等方面的指导性建议和要求。

本文件适用于指导污水处理厂开展的碳中和相关工作。

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 18918-2002	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB/T 32150-2015	工业企业温室气体排放核算和报告通则
T/CAEPI 49-2022	污水处理厂低碳运行评价技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳汇 carbon sink

通过植树造林、森林管理、植被恢复等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动和机制。

3.2

碳抵消 carbon offsetting

企业通过在核算边界外投资新建可再生能源、林业碳汇、温室气体回收利用等项目，和（或）购买国家核证自愿减排量（CCER）、经省级及以上应对气候变化主管部门批准备案的碳普惠项目减排量等产生碳汇量的形式来补偿或抵消核算边界内的温室气体排放的过程。

3.3

污水处理厂碳中和 wastewater treatment plant carbon neutralization

污水处理厂温室气体核算边界内在一定时间内产生的所有温室气体排放量，在核算边界内尽可能减排的基础上将不可避免的温室气体排放量通过投资核算边界外的碳抵消项目或（和）购买碳信用等方式产生的碳汇量完全抵消达到“近零排放”状态的过程。

3.4

温室气体 greenhouse gases

指大气中那些吸收和重新放出红外辐射的自然的和人为的气态成分。

3.5

温室气体清除 greenhouse gas removal

指利用温室气体汇从大气中吸收温室气体。

3.6

无法减少的温室气体排放 unabated greenhouse gas emission

指在实施温室气体减排措施后，在主体碳足迹范围内存在的温室气体排放。

注：无法减少的温室气体包括但不限于残余温室气体。

3.7

残余温室气体排放 residual greenhouse gas emission

指在实施所有技术和经济上可行的减排措施后，在主体温室气体排放范围内仍然存在的温室气体排放。

3.8

报告周期 reporting period

为了确定碳中和而选择的特定的历史时间段。

注：报告周期在主体的碳中和计划中确定，通常为一年，对于农业或森林系统这类可能涉及多年管理的系统可以选择更长的周期。

3.9

碳信用额度 carbon credit

可交易证明，代表了通过温室气体减排或清除增加的一吨二氧化碳当量。

注：碳信用额度有不同的类型，包括：温室气体避免排放信用、减排信用、清除信用。

3.10

碳抵消项目 carbon crediting programme

产生碳信用额度的温室气体项目。

4 原则

4.1 透明度

在商业机密允许的范围内应披露用于温室气体核算、碳减排、碳增汇及碳抵消工作的数据、方法和假设。

4.2 完整性

实施碳中和工作的相关流程、数据及材料应保存完整。

4.3 准确性

宜尽可能减少误差和不确定性。

4.4 自愿性

污水处理厂是否实施碳中和工作或申请认证宜取决于自身的意愿，污水处理厂实施碳中和工作或申请认证不会增加或改变污水处理厂在环境保护所应承担的法律责任，污水处理厂可通过自身特点及在经济、技术可行的条件加以选择采用。

5 污水处理厂碳中和实施流程

污水处理厂碳中和实施流程如图1所示：

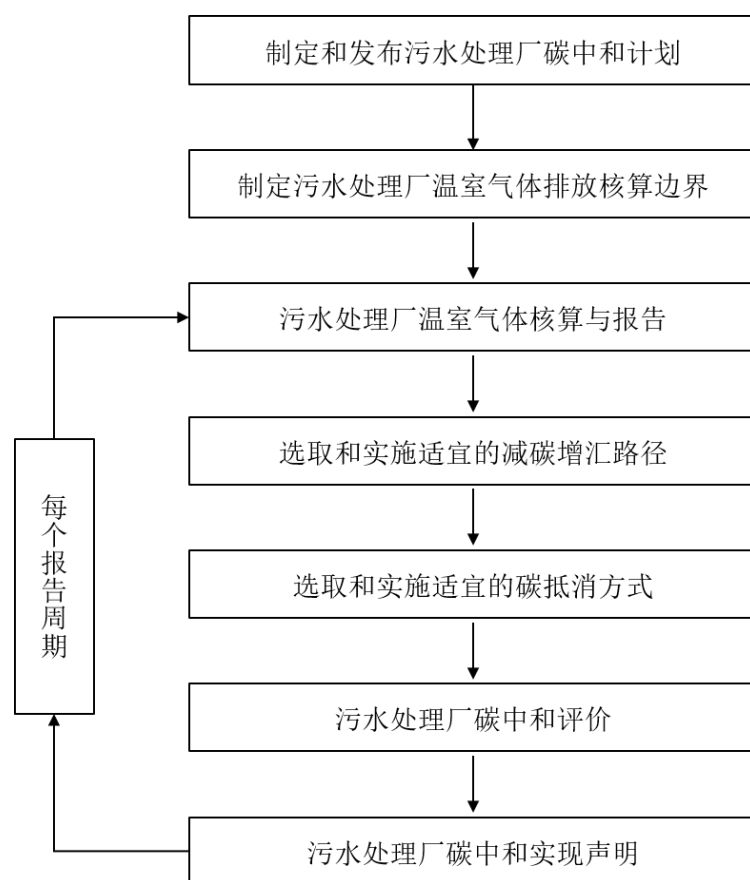


图1 污水处理厂碳中和实施流程

6 碳中和实施计划的制定与发布

污水处理厂应成立专门的碳中和实施部门或工作小组，由公司高层作为部门或小组领导，制定并在内部及外部信息网络发布碳中和实施计划，统筹推进推进碳中和实施工作，并定期审查实施进度。污水处理厂碳中和实施计划的内容应包含以下内容：

- 碳中和承诺的陈述；
- 实施碳中和的主体；
- 温室气体排放核算与碳中和的范围边界；
- 实现碳中和的时间表；
- 计划降低温室气体排放使用的减碳增汇路径，包括具体内容与选用理由，减排基准及逐年减排目标；
- 计划实现碳中和的碳抵消方式，包括具体内容与选用理由。

7 温室气体核算和报告

7.1 核算流程

报告主体进行污水处理厂温室气体核算的完整工作流程包括以下步骤：

- 确定污水处理厂温室气体核算边界；
- 识别碳源、污泥资源回收利用的碳补偿效应；
- 收集活动数据；
- 选择和获取排放因子数据；

- 分别计算各碳源的排放量、污泥资源回收利用的碳补偿量；
- 汇总计算污水处理厂碳排放总量。

7.2 确定核算边界

污水处理厂温室气体核算边界为范围一、范围二、范围三、污泥资源回收利用的碳补偿效应，如图2所示。针对污水处理厂温室气体核算边界，范围一、范围二的各核算类别都应包括，范围三可根据企业实际需求纳入核算边界，碳补偿量不应计入污水处理厂碳排放总量，如核算该类别应单独报告。

范围一为污水处理厂所有或控制的温室气体直接排放源，例如污水处理厂的自备电厂、锅炉、熔炉、车辆等产生的燃烧排放，污水处理系统产生的排放。

范围二为污水处理厂购买的电力、热力（蒸汽、热水）所产生的温室气体排放。

范围三为非污水处理厂所有或控制的间接排放源，例如采购的化学药品、非污水处理厂车辆的运输、售出产品的使用、加工及最终处置等，本文件着重计算运营过程中废物（即污泥）的碳排放。

碳补偿为对污水处理厂运行过程产生的废物（污泥）进行能源或资源回收利用，替代化石类能源及化学品等。碳补偿过程包括污泥焚烧热量回收、填埋与厌氧消化过程的甲烷回收、污泥的化肥利用与建材利用。碳补偿量不应计入污水处理厂碳排放总量，如核算该类别应单独报告。

从事及销售的污水处理厂温室气体核算范围、类别及其说明见附录A。如污水处理厂还从事及销售以外的产品生产活动，并存在本指南未涵盖的温室气体排放环节，则应参考相关标准，将其计入碳排放总量之中。

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

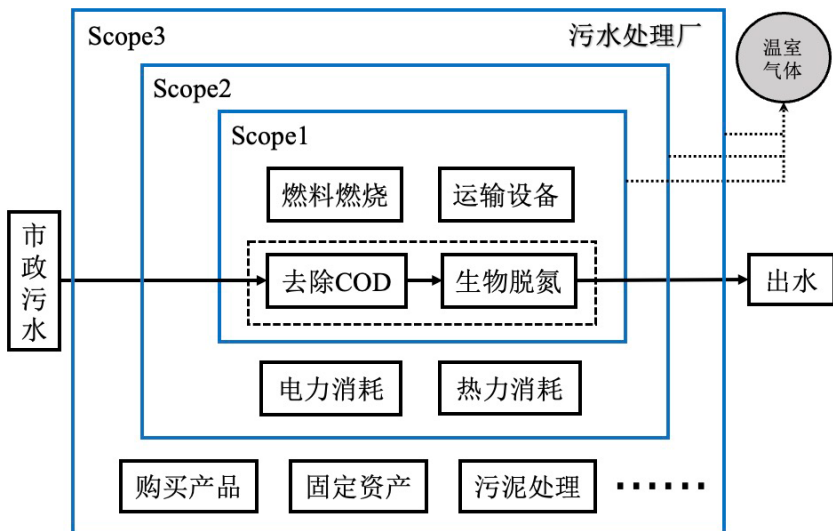


图2 污水处理厂温室气体核算边界

7.3 污水处理厂温室气体核算

7.3.1 污水处理厂碳排放总量

污水处理厂碳排放总量为污水处理厂核算边界内范围一、范围二、范围三的碳排放总和，本文件采用IPCC第六次评估报告的最新数据，各种温室气体计算排放应乘以相应的全球变暖潜势（GWP），CO₂、CH₄和N₂O的GWP值分别为1、27.9和273。污水处理厂温室气体核算的核算方法见附录A。污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源，见附录B。

本标准提供的排放因子缺省值仅供参考，污水处理厂的排放优先采用现场监测数据。排放因子应根据核算主体的技术、区域等特征进行针对性选择。电力排放因子等数据应采用动态更新的最新数值。

7.4 数据质量要求

数据质量要求涉及多个方面，确保数据的有效性和可靠性，用于反映实际情况。这些要求通常包括：

- 技术代表性：数据应反映实际生产技术情况；
- 时间代表性：数据应反映生产活动的实际时间或产品寿命；
- 地域代表性：数据应反映生产活动发生的所处位置，相关参数应使用当地数据；
- 数据完整性：应保证数据的连续性和正确性，宜尽量减少数据缺失；
- 数据精确性：原料、能耗、产品运输等数据应采用污水处理厂实际生产统计数据；环境排放数据优先采用环境监测报告；所有数据均应注明来源和处理过程；估算或引用文献的数据应在报告中说明。

7.5 温室气体核算报告

污水处理厂温室气体核算报告应至少包含以下内容：

- 污水处理厂生产经营的基本信息；
- 核算的系统边界；
- 核算的相关方法、数据及来源；
- 核算结果与分析（如核算污泥资源回收利用的碳补偿效应，则应单独报告）；
- 数据质量和不确定性说明；
- 其他应说明事项。

8 减碳增汇及碳抵消

8.1 减碳增汇

在污水处理厂的碳中和规划中，应优先减少温室气体排放，然后在主体范围内实施温室气体排放清除，最终进行碳抵消。随着技术的进步和经济的变化，无法减少的温室气体排放和残余温室气体之间的阈值将随着时间的推移而调整。

污水处理厂应着力降低污水处理厂自身及产品的碳排放。针对范围一排放，污水处理厂可采取优化工艺及生产设备，引进低碳/无碳技术等措施；针对范围二排放，污水处理厂可采取转换或采购可再生能源，提高电力和热力的使用效率等措施；针对范围三排放，污水处理厂可采取提高化学药品的使用效率，优化污水处理厂绿色供应链，综合提高污水处理厂运营能效等措施。详细的污水处理厂减碳增汇路径建议见附录C。

8.2 碳抵消

8.2.1 碳抵消的方式

污水处理厂可通过自主开发碳抵消项目和购买碳信用额度等方式，抵消污水处理厂温室气体排放。自主开发碳抵消项目主要包括在核算边界外投资新建可再生能源、林业碳汇、温室气体回收利用等项目，碳抵消项目可产生碳信用额度；购买碳信用额度主要包括购买国家核证自愿减排量（CCER）、经省级及以上应对气候变化主管部门批准备案的碳普惠项目减排量等。

8.2.2 碳抵消的原则

在任何情况下，抵消温室气体排放所采用的方法论和类型均应符合以下原则：

- 碳信用额度应真实地反映温室气体额外减排量或清除增加量；
- 用于抵消的碳信用额度应满足额外性、可测量性、永久性、认证性和重复计算性等准则；
- 当只有残余温室气体排放时，只能使用基于温室气体去除增加的碳信用额进行碳抵消；
- 碳抵消应由独立第三方进行认证；
- 开发碳抵消项目产生的碳排放额度，在温室气体减排或清除增加已经发生后才可用于碳中和实现声明；
- 用于碳中和实现声明的碳信用额度的年份日期应在声明公布之日的前5年以内；
- 用于碳抵消的碳信用额度应在报告周期结束日起的12个月以内撤销；

- 碳信用额度应在一个独立可信的注册处予以保存和撤销；
- 碳抵消项目产生的碳信用额度应由在注册处公开可用的项目文档予以支持，其中应提供的信息包括抵消项目、量化方法论以及审定和核查程序。

8.2.3 污水处理厂碳补偿

污水处理厂运行过程中会产生大量污泥，应经过处理之后才能排放处置，污泥处理过程会造成温室气体排放，若将污泥处理处置过程中排放的热量或沼气收集起来，则可以实现碳补偿效应。碳补偿过程是指将污泥中的能源或资源回收利用，替代化石类能源及化学品等。污水处理厂的碳补偿量不计入碳抵消。污水处理厂碳补偿的核算方法见附录A。污水处理厂碳补偿的活动数据、排放因子及相关参数来源，见附录B。

9 碳中和评价

污水处理厂在获得碳中和认证前应自行组织专家论证会或委托独立的具备认证资质的第三方机构进行碳中和审定和核查，确认污水处理厂碳中和实施过程按本文件执行，且在一定时间段内实现碳中和。

第三方机构应确保数据来源和结果的准确性和真实性，编制评价报告，报告应真实完整、逻辑清晰、客观公正。

污水处理厂碳中和评价报告应包含但不限于以下内容：

- 污水处理厂基本信息；
- 污水处理厂温室气体核算报告（包括核算范围、核算结果及数据来源）；
- 污水处理厂碳减排、碳增汇路径及实现情况；
- 污水处理厂碳抵消方式及抵消量；
- 碳中和的评价方法及评价结论；
- 第三方评价机构基本信息或评价的单位/组织/人、评价的开始及结束时间；
- 其他需要说明的情况。

10 碳中和声明

污水处理厂碳中和声明包括阶段目标完成情况声明和碳中和实现声明，并在内部及外部信息网络发布。

污水处理厂碳中和实现声明应包含但不限于以下内容：

- 污水处理厂基本信息；
- 污水处理厂温室气体核算范围和结果；
- 碳中和覆盖的时间（有效期为一年）；
- 污水处理厂碳减排、碳增汇路径及实现情况；
- 污水处理厂碳抵消方式及抵消量；
- 碳中和的评价方式、第三方评价机构基本信息（如有）及评价结论；
- 声明的污水处理厂单位/组织/人、声明时间；
- 其他需要说明的情况。

在碳中和覆盖时间内，污水处理厂应对污水处理厂碳中和情况进行专门记录，以监管其碳中和有效性。如果发生任何可能使声明无效的变化或事件，所属污水处理厂应在三个月内采取有效的纠正措施以恢复其有效性，或撤回声明。

附 录 A

(资料性)

污水处理厂温室气体核算要素的范围、类别及其说明

污水处理厂温室气体核算要素的范围、类别及其说明见表A.1。

表A.1 污水处理厂温室气体核算要素的范围、类别及其说明

范围	类别	类别说明
范围一	燃料消耗	污水处理厂所涉及的化石燃料燃烧排放是指煤炭、燃气、柴油等燃料在各种类型的固定或移动燃烧设备(如自备电厂、锅炉、窑炉、内燃机等)中与氧气充分燃烧产生的二氧化碳
	自有运输设备	污水处理厂所有或控制的车辆和设备进行的运输和配送
	污水处理系统	污水处理系统处理污水过程中会产生温室气体排放,包括去除有机物产生的碳排放、污水生物脱氮产生的碳排放
范围二	购买的电力	污水处理厂消费的购入电力所对应的二氧化碳排放(该部分排放实际发生在电力生产污水处理厂)
	购买的热力(蒸汽、热水)	污水处理厂消费的购入热力(蒸汽、热水)所对应的二氧化碳排放(该部分排放实际发生在热力生产污水处理厂)
范围三(上游排放)	类别1: 购买的产品和服务	污水处理厂在报告年内购买或的产品或服务的获取、生产和运输,本文件是指污水处理厂用于反硝化外加碳源、消毒剂、污泥浓缩等过程消耗的化学药品所对应的二氧化碳排放
	类别2: 固定资产	污水处理厂在报告年度内购买或要求的资本产品的获取、生产和运输
	类别3: 燃料和能源相关活动(不包括范围1、2提到的)	范围一或二未核算的,污水处理厂消耗的燃料和能源相关的活动:污水处理厂购买的燃料、电力、蒸汽的上游开采、运输、加工等活动,蒸汽、冷气、热力、电力的输配损失等
	类别4: 运输和配送(上游)	A: 污水处理厂在报告年度内购买的产品的第三方运输和配送,包括污水处理厂一级供应商和各运营方之间、污水处理厂设备之间、污水处理厂和客户之间(污水处理厂付费) B: 在报告年度购买的第三方运输和配送服务(直接或通过中介),包括入境物流、出境物流
	类别5: 运营中产生的废物	废物: 污水处理过程会产生大量污泥,污水处理厂对污泥进行处理处置所产生的碳排放,包括污泥堆肥、污泥厌氧消化、污泥焚烧以及污泥填埋
	类别6: 商务旅行	污水处理厂使用第三方所有或运营的车辆(如飞机、火车、公共汽车和客车)和进行与商业相关活动员工运输所产生的排放
	类别7: 员工通勤	污水处理厂员工上下班的通勤,包括污水处理厂所有或租用的实体和设施的员工以及其他非公司雇员,但往返于公司拥有和运营的设施的个人
	类别8: 租赁资产(不包括范围一和二提到的)	污水处理厂(承包方)在报告年度内租赁的、尚未包括在范围一或范围二中的资产的经营排放
	类别9: 投资(不包括范围一和二提到的)	范围一和范围二不包括的投资运营,包括股权投资和债务投资
范围三(下游排放)	类别10: 运输和配送(下游)	售出产品从出售时到终端用户的第三方运输和配送(非报告污水处理厂付费),包括零售和储存
	类别11: 售出产品的加工	下游价值链合作伙伴(如制造商)进行的售出产品的加工
	类别12: 售出产品的使用	消费者使用污水处理厂在报告年售出的产品和服务

表 A.1 污水处理厂温室气体核算要素的范围、类别及其说明（续）

范围	类别	类别说明
范围三（下游排放）	类别13: 售出产品的最终处理	污水处理厂售出产品的最终处理产生的排放
	类别14: 租赁资产(不包括范围一和二提到的)	污水处理厂(出租方)在报告年度内租赁的、尚未包括在范围一或范围二中的资产的经营排放
	类别15: 特许运营(不包括范围一和二提到的)	污水处理厂的加盟商在报告年度内的范围一、范围二的排放
碳补偿	热量回收	污泥焚烧产生热能用电热联产技术进行发电实现碳补偿
	甲烷回收	污泥填埋、厌氧消化过程产生的甲烷收集起来加以高效利用实现碳补偿
	污泥处置	污泥经处理后用作化肥、建材实现碳补偿

附 录 B

(资料性)

污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源

污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源见表B.1。

表 B.1 污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源

范围	类别	活动数据来源	排放因子及相关参数来源
范围一	燃料消耗	天然气、煤炭等消费量(原始数据)	IPCC 2006 固定燃料
	自有运输设备	车辆燃料消费量(原始数据)	IPCC 2006 移动源排放
	污水处理系统	污水处理去除的有机物总量、以污泥方式清除的有机物总量、甲烷回收量、污水处理厂总氮年去除量	废水厌氧处理系统的甲烷最大生产能力 Bo 优先使用国家最新公布的数据。甲烷修正因子 MCF 以及污水中单位质量的氮能够转化为氧化亚氮的氮量 EF_{N_2O} ，根据实际情况进行直接测量。上述指标也可采用本指南的推荐值（详见表B.2）
范围二	购买的电力	电力消费量(原始数据)	电力排放因子根据政府主管部门发布的最新官方数据，可参考本文件推荐值（详见表B.3）
	购买的热力（蒸汽、热水）	蒸汽与热力消费量(原始数据)	热力排放因子根据政府主管部门发布的最新官方数据。根据《上海市生态环境局关于调整本市温室气体排放核算指南相关排放因子数值的通知》，上海地区的热力排放因子缺省值为 $0.06 \text{ t CO}_2/\text{GJ}$
范围三（上游排放）	类别1: 购买的产品和服务	药品消耗量（原始数据）	不同种类化学药剂及其 CO_2 排放因子可参考本文件推荐值（详见表B.4）
	类别2: 固定资产	财务数据	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
	类别3: 燃料和能源相关活动（不包括范围一和二提到的）	燃料及能源消耗量（原始数据）	IPCC 2006 固定燃料
	类别4: 运输和配送（上游）	财务数据（平均运输和配送距离）	IPCC 2006 移动源排放
	类别5: 运营中产生的废物	污泥堆肥量、污泥厌氧消化量、污泥焚烧量、污泥干物质去除量、污泥干物质中有机质含量	IPCC 2006废弃物的焚化和露天燃烧 相关参数详见表B.5；甲烷修正因子 MCF 见表B.2
	类别6: 商务旅行	财务数据（运输方式、距离、酒店类型及居住天数）	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)

表 B.1 污水处理厂温室气体核算的活动数据、排放因子及相关参数来源（续）

范围	类别	活动数据来源	排放因子及相关参数来源
范围三（上游排放）	类别7：员工通勤	污水处理厂员工数量（原始数据）、员工的通勤方式、每天出行的平均距离、一天内上班时长及一年内的上班天数	IPCC 2006 移动源排放
	类别8：租赁资产（不包括范围一和二提到的）	财务数据（租赁区域的范围一、范围二相关数据及租赁面积）	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
	类别9：投资（不包括范围一和二提到的）	财务数据	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
范围三（下游排放）	类别10：运输和配送(下游)	估算财务数据	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
	类别11：售出产品的加工	/	/
	类别12：售出产品的使用	/	/
	类别13：售出产品的最终处理	/	/
	类别14：租赁资产（不包括范围1和2提到的）	财务数据（出租区域的范围一、范围二相关数据及出租面积）	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
	类别15：特许运营（不包括范围一和二提到的）	财务数据（加盟商范围一、范围二及范围三的排放数据）	环境投入产出分析 (Environmentally Extended Input-Output, EEIO)
碳补偿（不计入企业碳排放总量，如核算该类别应单独报告）	热量回收	污泥焚烧量	相关参数详见表B.6；电力排放因子 EF_e 根据政府主管部门发布的官方数据选择（详见表B.3）
	甲烷回收	填埋污泥产生的甲烷量、厌氧消化污泥量	相关参数详见表B.6；电力排放因子 EF_e 根据政府主管部门发布的官方数据选择（详见表B.3）
	污泥资源化利用	用于化肥的污泥量、污泥含水率、用于建材的污泥量	污泥化肥产品的氮含量 ω_N 与磷含量 ω_P 以及污泥焚烧后固体灰渣占焚烧前质量的比例，具备条件的污水处理厂可开展实测，或采用推荐值（详见表B.6）

表 B.2 范围一污水处理系统相关排放因子及来源

项目	数值	注释
Bo	0.25 ^a kg CH ₄ /kg COD	/
MCF	0.003 ^d	初沉池正常刮泥排泥、厌氧和缺氧区充分混合搅拌、曝气池好氧区曝气均匀
	0.03 ^d	初沉池刮泥排泥不正常、厌氧或缺氧区搅拌不充分、曝气池好氧区曝气不均匀
EF_{CH_4}	0.00789 ^b t CH ₄ /t COD	A+OD工艺（厌氧+氧化沟）
	0.00938 ^b t CH ₄ /t COD	A-A/A/O工艺（预缺氧-A/A/O）
	0.00099 ^b t CH ₄ /t COD	A/A/O工艺
	0.00078 ^b t CH ₄ /t COD	R-A/A/O工艺（倒置A/A/O）
	0.001 ^c t CH ₄ /t COD	AAO+深度处理工艺

表 B.2 范围一污水处理系统相关排放因子及来源（续）

项目	数值	注释
EF_{N2O}	0.005 ^a (0.0005 - 0.25) kg N ₂ O-N/kg N	源自生活废水氮污水的排放的缺省IPCC排放因子
	0.016 ^d kg N ₂ O-N/kg TN	/
	0.00183 ^b t N ₂ O-N/ t N	A+OD工艺（厌氧+氧化沟）
	0.00156 ^b t N ₂ O-N/ t N	A-A/A/O工艺（预缺氧-A/A/O）
	0.00133 ^b t N ₂ O-N/ t N	A/A/O工艺
	0.00117 ^b t N ₂ O-N/ t N	R-A/A/O工艺（倒置A/A/O）
	0.0096 ^f kg N ₂ O/kg N _{inf}	A/A/O工艺
	0.013 ^f kg N ₂ O/kg N _{inf}	A/O工艺
	0.0034 ^f kg N ₂ O/kg N _{inf}	氧化沟工艺
	0.0364 ^f kg N ₂ O/kg N _{inf}	SBR工艺
^a 数据取值来源为IPCC 2006 废水处理和排放； ^b 数据取值来源为《城镇污水处理厂中温室气体的释放研究》； ^c 数据取值来源为《中国城市污水处理厂甲烷排放因子研究》； ^d 数据取值来源为《污水处理厂低碳运行评价技术规范》（T/CAEPI 49—2022）； ^e 数据取值来源为《城镇污水处理厂温室气体排放规律及热岛效应研究》； ^f 数据取值来源为《城市污水处理典型工艺N ₂ O的释放特征及减排策略研究》。		

表 B.3 范围二电力排放因子及来源

地区	EF_e (kgCO ₂ / (kW·h))	地区	EF_e (kgCO ₂ / (kW·h))
北京	0.5688 ^a	河南	0.6369 ^a
天津	0.7355 ^a	湖北	0.3672 ^a
河北	0.7901 ^a	湖南	0.5138 ^a
山西	0.7222 ^a	重庆	0.4743 ^a
内蒙古	0.7025 ^a	四川	0.1255 ^a
山东	0.6838 ^a	广东	0.4715 ^a
辽宁	0.5876 ^a	广西	0.5154 ^a
吉林	0.5629 ^a	贵州	0.5182 ^a
黑龙江	0.6342 ^a	云南	0.1235 ^a
上海	0.5834 ^a	海南	0.4524 ^a
江苏	0.6451 ^a	陕西	0.6336 ^a
浙江	0.5422 ^a	甘肃	0.4955 ^a
安徽	0.7075 ^a	青海	0.1326 ^a
福建	0.4711 ^a	宁夏	0.6546 ^a
江西	0.5835 ^a	新疆	0.6577 ^a
全国	0.5568 ^a	华北	0.7120 ^a
东北	0.6012 ^a	华东	0.5992 ^a
华中	0.5354 ^a	西北	0.5951 ^a
南方	0.4326 ^a	西南	0.2113 ^a
^a 数据取值来源为《生态环境部、国家统计局关于发布2021年电力二氧化碳排放因子的公告》			

表 B.4 范围三化学药品排放因子及来源

化学药品	EF_m (kgCO ₂ /kg)
碱度	1.74 ^a
氢氧化钠（50% in H ₂ O）	1.12 ^b
甲醇	1.54 ^a
聚合氯化铝（PAC）	1.62 ^a

表 B.4 范围三化学药品排放因子及来源（续）

化学药品	EF_m (kgCO ₂ /kg)
硫酸铝	0.50 ^b
聚丙烯酰胺 (PAM)	1.50 ^a
六水三氯化铁	2.71 ^a
石灰	0.68 ^a
其他絮凝剂	2.50 ^a
次氯酸钠 (15% in H ₂ O)	0.92 ^b
液氯	2.00 ^a
臭氧 (液)	8.01 ^b
双氧水 (50% in H ₂ O)	1.14 ^b
其他消毒剂	1.40 ^a
其他药剂	1.60 ^a
注：未在表B.4中列出但实际消耗的其他化学药剂品种，污水处理厂应自行添加，并按照相关行业确定其排放因子。若该化学药剂的碳排放因子未公布，宜按表中“其他药剂”选择排放因子，为1.60 kgCO ₂ /kg。	
^a 数据取值来源为《Greenhouse gas emissions from wastewater treatment plants》；	
^b 数据取值来源为 https://winnipeg.ca/	

表 B.5 范围三运营中产生的废物相关排放因子及来源

项目	排放因子
污泥堆肥产CH ₄ ^a	10 kg CH ₄ / t DS
污泥堆肥产N ₂ O ^a	0.6 kg N ₂ O/ t DS
污泥厌氧消化产CH ₄ ^b	341 m ³ CH ₄ / t DS
污泥厌氧消化产CH ₄ 收集率 ^a	95%
污泥焚烧产CH ₄ ^a	0.024 kg CH ₄ / t DS
污泥焚烧产N ₂ O ^a	0.99 kg N ₂ O/ t DS
污泥干物质中可降解有机碳比率 ^a	50%
可降解有机碳中可产生甲烷的碳比例 ^a	50%
污泥填埋产甲烷的回收率 ^c	40%
^a 数据取值来源为《Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》；	
^b 数据取值来源为《污泥热水解厌氧消化与常规厌氧消化的运行比较》；	
^c 数据取值来源为《垃圾填埋气收集利用全流程系统解决方案》。	

表 B.6 污泥资源回收利用碳补偿相关排放因子及来源

项目	排放因子
中国污泥热值均值 ^a	11.9 GJ / t DS
污泥焚烧过程能量损失 ^a	0.8 GJ / t DS
热量与电量转化系数	1MWh=3.6GJ
污泥热电联产效率 ^a	80%
污泥填埋产甲烷的回收率 ^b	40%
CH ₄ 发电效率 ^c	2.30 kWh / m ³ CH ₄
污泥厌氧消化产CH ₄ ^d	341 m ³ CH ₄ / t DS
污泥厌氧消化产CH ₄ 的收集率 ^e	95%
污泥化肥产品的氮含量 ^f	18.8 g N/kg DS
污泥化肥产品的磷含量 ^f	12.7 g P/kg DS
单位氮肥制造排放因子（以元素C计） ^g	2.116 kg C/kg N

表 B.6 污泥资源回收利用碳补偿相关排放因子及来源（续）

项目	排放因子
单位磷肥制造排放因子（以元素C计） ^g	0.636 kg C/kg P
灰渣平均占比 ^h	17.5%
水泥熟料生产的排放因子 ⁱ	0.97 kg/kg
^a 数据取值来源为《污泥干化焚烧乃污泥处理/处置终极方式》； ^b 数据取值来源为《垃圾填埋气收集利用全流程系统解决方案》； ^c 数据取值来源为《碳中和运行的国际先驱奥地利 Strass 污水厂案例剖析》； ^d 数据取值来源为《污泥热水解厌氧消化与常规厌氧消化的运行比较》； ^e 数据取值来源为《Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》； ^f 数据取值来源为《城市污泥产品林地施用效果与风险评价》； ^g 数据取值来源为《中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算》； ^h 数据取值来源为《污泥处理处置与资源综合利用技术》； ⁱ 数据取值来源为《水泥生产的碳排放因子研究进展》。	

附录 C

(资料性)

污水处理厂减碳增汇排路径建议

表 C.1 污水处理厂减碳增汇排路径建议

范围	类别	减排路径建议
范围一	燃料消耗	1.优化工艺及设备，改进能源供应结构； 2.转向低碳燃料来源。
	自有运输设备	1.转向低温室气体排放强度的燃料来源，使用新能源汽车等。
	污水处理系统	1.使用绿色低碳的原材料，提高化学品利用效率； 2.改进工艺及设备，使用低排放强度的先进技术； 3.改进技术，降低能耗，采用低能耗污水处理工艺； 4.进行温室气体捕集，减少其排放，如氧化亚氮捕集、甲烷捕集、原水碳源捕集。
范围二	购买的电力	1.园区使用可再生能源电力，风力、光伏发电、太阳能供热、污泥和有机质厌氧消化热电联产、水源热泵回收余温热能等可再生能源供应,优化办公园区的能源供应结构； 2.采取多元化节能减排措施，对现有办公园区进行绿色化升级改造，比如:优化空调负荷、使用节能设备、园区精细化管理等，从源头减少能源消耗。
	购买的热力（蒸汽、热水）	
范围三 (上游排放)	类别1：购买的产品和服务	1.使用低温室气体排放强度的原材料替代高温室气体排放强度的原材料； 2.实现低温室气体排放采购政策，建设绿色采购机制，推进供应链的碳中和，优先选择低碳高效生产/服务模式的供应商。 3.药剂优选与精准投加
	类别2：固定资产	1.使用低温室气体排放的资本产品替代高温室气体排放的资本产品。
	类别3：燃料和能源相关活动（不包括范围一和二提到的）	1.减少能源消耗，改善能源结构。
	类别4：运输和配送（上游）	1.缩短供应商和客户之间的距离； 2.近地取原材料，优化运输和分配效率； 3.转向低温室气体排放强度的燃料来源，使用新能源汽车等。
	类别5：运营中产生的废物	1.减少使用化学品，污泥稳定化； 2.物料回收循环利用，从源头减排； 3.改进技术，采用降低污染物及废弃物的技术和废弃物处理方法，如磷回收利用技术、蛋白质回收利用技术等； 4.加强污泥堆肥、厌氧消化、填埋过程中温室气体收集与回收。 5.加强污泥焚烧的热量回收
	类别6：商务旅行	1.减少商务旅行的数量(例如，鼓励视频会议和网络会议代替现场会议)； 2.鼓励采用少排放的旅游方式(如：火车代替飞机)。
	类别7：员工通勤	1.缩短员工通勤距离； 2.提出开车上下班的不利因素(如停车政策)提供公共交通、自行车等激励机制； 3.实施远程办公方案； 4.合理安排工作时间，减少每周工作的天数。
	类别8：租赁资产（不包括范围一和二提到的）	1.增加运营能效； 2.转向低温室气体排放强度的燃料和原材料等。
	类别9：投资（不包括范围一和二提到的）	1.增加运营能效； 2.转向低温室气体排放强度的燃料和原材料等。

表 C.1 污水处理厂减碳增汇排路径建议（续）

范围	类别	减排路径建议
范围三 （下游排放）	类别10：运输和配送（下游）	1.缩短供应商和客户之间的距离； 2.近地取原材料，优化运输和分配效率； 3.转向低温室气体排放强度的燃料来源，使用新能源汽车等。
	类别11：售出产品的加工	1.增加运营能效； 2.转向低温室气体排放强度的燃料和原材料等。
	类别12：售出产品的使用	1.开发新的低或零温室气体排放强度的产品； 2.使用温室气体排放强度低的包装。
	类别13：售出产品的最终处理	1.加强垃圾分类的引导，增强污水污泥能源回收效率； 2.采用能减少温室气体总量的产品包装(如减少产品的包装量，开发减少温室气体排放的新包装材料等)；
	类别14：租赁资产（不包括范围一和二提到的）	1.增加运营能效； 2.转向低温室气体排放强度的燃料和原材料等。
	类别15：特许经营（不包括范围一和二提到的）	1.增加运营能效； 2.转向低温室气体排放强度的燃料和原材料等。
碳补偿	热量回收	1.减小污泥焚烧过程的能量损失
	甲烷回收	1.提高甲烷气体的回收率 2.增大厌氧消化产生甲烷的收集率
	污泥资源化利用	1.优化高温煅烧工艺，提高污泥有机质分解率