

《工业污水处理设施温室气体排放核算技术标准》

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

二〇二四年五月

目录

1.背景情况和起草过程.....	1
1.1 背景情况.....	1
1.2 必要性说明.....	2
1.3 起草过程.....	2
2.国内外工业污水处理设施温室气体排放核算进展.....	3
2.1 国外进展.....	3
2.2 国内进展.....	4
2.3 小结.....	4
3.制定基本原则和内容框架.....	5
3.1 基本原则.....	5
3.2 内容框架.....	5
4.主要内容说明.....	6
4.1 范围.....	6
4.2 规范性引用文件.....	7
4.3 术语及定义.....	7
4.4 核算边界.....	9
4.5 核算步骤.....	10
4.6 核算方法.....	13
4.7 质量控制.....	15
5.先进性说明.....	16
6.重大意见分歧的处理经过和依据.....	17
7.与现行法律法规和强制性国家标准的关系.....	17
8.实施标准的建议措施.....	17
9.参考文献.....	17

《工业污水处理设施温室气体排放核算技术规范》

编制说明

1.背景情况和起草过程

1.1 背景情况

“十四五”期间，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效的关键时期。为支撑国家二氧化碳排放达峰与碳中和目标，服务政府应对气候变化战略需要，生态环境部下发了《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》（环综合〔2021〕4号），要求加强温室气体监测，逐步纳入生态环境监测体系统筹实施。2021年9月和2023年9月，生态环境部分别发布了《碳监测评估试点工作方案》（环办监测函〔2021〕435号）和《深化碳监测评估试点工作方案》（环办监测函〔2023〕293号），要求从重点行业、城市、区域三个层面深入开展碳监测评估试点工作。

在废弃物处理行业中，污水处理厂作为城市基础设施的核心组成，同时也是温室气体排放的重要人为源之一。其碳排放量占全社会人为总碳排放量的1.71%-2.8%，预计到2030年这一占比将增至3%左右。污水处理厂被列为最大的小型温室气体排放单元之一，属于前十大碳排放行业之一，同时污水处理过程的非二氧化碳温室气体在不断加速增长，这一现象在以我国为代表的快速发展国家中尤甚。我国已成为世界上拥有污水处理厂数量最多及处理能力最大的国家，污水处理厂的排放量和处理量逐年增加。根据2022城市建设统计年鉴显示，我国共有污水处理厂2894座，年处理量超过 $6.3 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。

我国拥有全球最大的污水处理规模，其行业非二氧化碳温室气体排放居世界之首。2023年，按照政府间气候变化委员会（IPCC）要求发布的《中华人民共和国气候变化第三次两年更新报告》显示，废弃物处理行业是我国第三大非二氧化碳温室气体排放部门，其中污水处理行业贡献了该部门48%与95.1%的甲烷（ CH_4 ）与氧化亚氮（ N_2O ）排放。因此，2023年12月，国家发展改革委、住房城乡建设部、生态环境部三部委联合发布的《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》中，明确到2025年，污水处理行业减污降碳协同增效取得积极进展，能效水平和降碳能力持续提升，推动污水处理行业实现绿色低碳转型迫在

眉睫。

1.2 必要性说明

现有的温室气体排放因子多参考《2006年IPCC国家温室气体清单编制指南》中的推荐因子，但这些因子在应用于实际核算中存在较大误差，尤其是在污水处理行业中。例如，IPCC推荐的N₂O排放因子不确定度高达90%，这意味着在实际应用中，这些因子的使用可能会导致温室气体排放量的显著低估或高估。以城镇污水处理厂的N₂O排放为例，现行核算方法对排放量的低估可达约95%。这种误差的产生主要来源于因子的通用性和地域差异性。IPCC推荐的因子多基于全球范围的平均值，未能充分考虑到不同国家和地区的具体情况。例如，不同国家和地区的污水处理工艺、处理水平和污水成分可能有显著差异，这些因素都会对温室气体排放量产生影响。因此，使用全球通用因子进行核算，难以准确反映具体区域的实际排放情况，导致核算结果的可靠性和准确性不足。

本地化因子的缺失不仅影响核算的准确性，还影响到碳排放监测和减排措施的有效性。工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施的工艺和排放特征可能有很大不同。例如，不同工业行业的废水成分、处理工艺和排放条件各异，导致其温室气体排放特征也存在显著差异。而且，目前前的全球通用因子未能充分考虑这些差异，导致核算结果可能存在较大偏差。现有因子的类别较少且来源单一，难以满足不同工业行业和区域的具体需求。制定和应用适应具体区域和行业的本地化因子，可以更准确地反映各地和各行业的实际排放情况，提高排放数据的可靠性和科学性。这对于制定针对性的减排政策和措施具有重要意义，有助于实现更高效的温室气体减排。

1.3 起草过程

（1）标准立项

上海化学工业区中法水务发展有限公司牵头，联合上海市环境科学研究院、上海市减污降碳管理运行技术中心、上海市环境保护有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司等十余家单位成立了编制组，开展了前期调研和资料收集整理工作，形成了初步方案，于2023年6月21日召开了《工业污水处理设施温室气体排放核算技术规范》立项评审会，经专家评审，符合立项条件，获批立项，并在全国团体标准信息平台进行了公示。

（2）起草标准

编制组在实地调研了上海化学工业区中法水务发展有限公司工业废水集中处理厂的基础上，根据其工业废水处理工艺、运行模式，通过跟踪监测评估和数据资料分析，初步确定了工业废水集中处理厂的本地化排放因子。在此基础上，编制组还通过面上资料收集、整理和分析，系统梳理了上海市主要工业行业类型，并结合国内外研究成果和工业废水集中处理厂不同处理环节温室气体排放因子，初步确定了各行业工业废水处理推荐排放因子。同时，编制组先后调研了国内外污水处理行业的温室气体核算方法，结合《2006年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》《工业企业污染治理设施污染物去除协同控制温室气体核算技术指南》《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）》等文件，组织召开了多次技术交流会，对《工业污水处理设施温室气体排放核算技术规范》制定思路和方案进行研讨，编制完成工作讨论稿。

（3）标准的修改与完善

2023年7月至2024年2月，基于《工业污水处理设施温室气体排放核算技术标准》工作讨论稿，进行了编制组内部征求意见，根据编制组内部的反馈意见，并结合工业废水集中处理厂跟踪监测评估更新数据，对工作讨论稿进行了修改完善。2024年3月，编制组召开了团体标准《工业污水处理设施温室气体排放核算技术规范》专家咨询会，根据专家意见，进一步进行修改，形成了征求意见稿。

2.国内外工业污水处理设施温室气体排放核算进展

2.1 国外进展

美国、欧盟、日本等主要发达国家将温室气体纳入环境监管范畴，现有污水处理行业的温室气体排放数据主要来源于核算，其数据准确性取决于所使用的排放因子。现有的排放因子主要参考 IPCC 制定的《2006年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》的推荐因子。然而，污水处理行业的排放因子存在极大误差并且对排放造成显著低估。以城镇污水处理厂 N_2O 为例，其排放因子不确定度高达 90%，与 IPCC 核算指南(2019年)推荐因子相比，现行的核算方法对排放造成了约 95% 的低估。过去二十年间，污水处理厂的 N_2O 排放的直接排放因子已经发生了显著变化：1997年为 1%，2006年调整为 0.5%，2014年进一步下调到 0.035%，最

终在 2019 年回升至 1.6%。

同时，工业污水处理设施的排放因子存在空缺。IPCC 中 CH₄的排放因子仅包括食品加工行业(0.24 kg CH₄/kg COD)、纸浆和造纸行业(0.18 kg CH₄/kg COD)、饮料生产行业(0.22 kg CH₄/kg COD)、肉类加工行业(0.48 kg CH₄/kg COD)和乳制品行业(0.30 kg CH₄/kg COD)；N₂O 的排放因子仅包括化工工业(0.005 kg N₂O-N/kg TN)、食品和饮料工业(0.003 kg N₂O-N/kg TN)和纺织工业(0.002 kg N₂O-N/kg TN)。IPCC 推荐的排放因子类别较少且来源单一，作为本地化因子应用的可靠性有待考证。

2.2 国内进展

目前，我国在污水处理行业的温室气体监测体系建设方面，仍处在摸索或试点探索阶段。我国工业行业工业污水处理设施温室气体排放核算主要侧重将污染物去除与温室气体核算相结合，均不涉及外购能源和投加药剂的温室气体核算。近年来，国家发展改革委发布了 24 个行业企业温室气体排放核算和报告指南；2017 年，环境保护部发布了《工业企业污染治理设施污染物去除协同控制温室气体核算技术指南（试行）》，首次建立了工业企业污染治理与温室气体排放之间的相关关系，用于工业企业采取脱硫、脱硝、挥发性有机物处理设施治理废气以及采用物理、化学、生化方法处理工业废水所产生的污染物去除量及温室气体减排量核算。

同时，污水处理厂温室气体核算研究主要集中于城镇污水处理厂，对工业污水处理的研究较少。2018 年中国环境科学研究院发布了《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）》，首次建立城镇污水处理厂污染物去除与温室气体排放之间的相关关系，适用于城镇污水处理厂采用物理、化学、生化方法处理城镇污水所产生的污染物去除量及温室气体减排量核算。2023 年，上海市排水行业协会发布了《上海城镇污水处理厂温室气体排放核算指南》（T/SWARTA 001-2023），进一步为上海市城镇污水处理厂提供了核算依据。但是，目前仍尚无针对工业污水处理设施温室气体排放核算的国家、地方标准或规范，同时针对不同工业行业的本地化因子也相对缺乏。

2.3 小结

目前，国内外温室气体核算工作主要参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单

编制指南》中的推荐因子，但这些因子存在较大误差，导致排放量显著低估。同时工业污水处理设施的排放因子存在空缺，涉及行业有限，本地化因子缺乏。因此，制定和应用工业污水处理设施温室气体排放核算技术标准，是提高碳排放监测数据质量、强化数据质量控制的重要举措。同时，针对工业污水处理，核算范围除污水处理过程的直接排放以外，还应包括外购电力、热力的间接排放和投加物料尤其是使用药剂的间接排放，可以提高温室气体排放数据的准确性和可靠性，为政策制定和减排措施提供坚实的数据基础。

3.制定基本原则和内容框架

3.1 基本原则

a) 以科学性、先进性和可操作性为原则，以《上海城镇污水处理厂温室气体排放核算指南》（T/SWARTA 001-2023）和《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）》等为依据，将工业污水处理设施温室气体排放核算体系建设与质控规范化，同时结合国家碳监测评估试点工作，提高本地化因子的科学性和可靠性。

b) 与实际操作紧密结合，方便查询使用。本规范在研究国内外工业污水处理设施温室气体排放核算实际工作中面临问题的基础上，结合上海市工业污水处理设施的实际情况与排放特征，根据实际业务中的通常要求，拟定规范文本的内容和顺序，方便实际工作中的查询和使用。

c) 标准执行后有利于工业污水处理设施温室气体排放数据质量的提升，有利于本地化排放因子的建立，推进工业污水处理减污降碳协同增效。

3.2 内容框架

在全面调研目前国内外工业污水处理设施温室气体排放核算方法和体系、数据收集和处理、质量保证和控制等发展现状的基础上，系统梳理国内外工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施温室气体排放量核算相关规范，充分考虑不同行业类别、不同处理工艺下排放因子的差异，综合分析国内尤其是上海主要工业行业及工业污水处理工艺，实地采集和调研本地化因子，广泛了解国内核算试点工作中积累的经验和存在的问题，编制《工业污水处理设施温室气体排放核算

技术标准》。标准编制技术路线图见图 1。

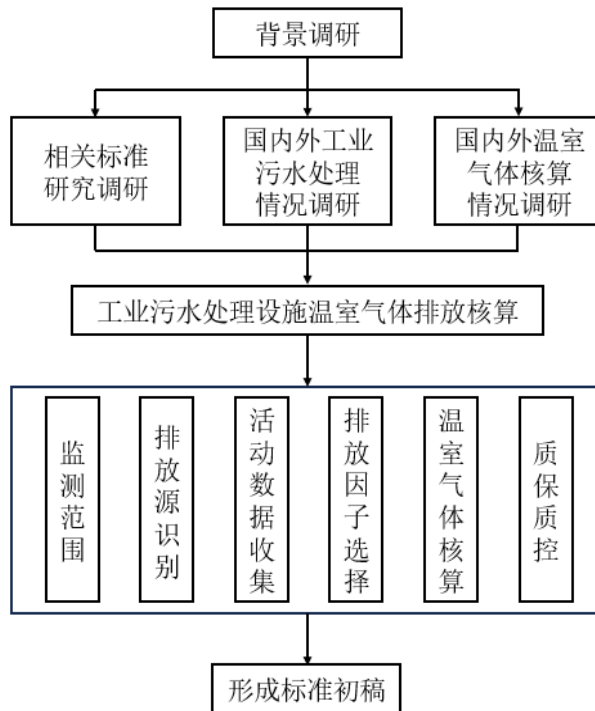


图 1 标准编制技术路线

4.主要内容说明

4.1 范围

本文件规定了工业污水处理设施温室气体排放量核算相关的术语、核算边界、核算步骤、核算方法、质量控制、报告编制等内容。

我国工业污水处理设施主要包括工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施两大类，总量庞大，分布相对分散，现有的排放因子误差较大。因此，本标准主要适用于指导各种规模的工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施进行温室气体排放量核算，并提供以化学原料和化学制品制造业为主的工业废水集中处理厂和以汽车制造业，医药制造业，金属制品业，食品制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业及化学原料和化学制品制造业为主的工业企业废水处理设施进行温室气体排放量核算的本地化因子作为参考。

基于可操作性和数据可获得性，本标准针对工业污水处理设施污水处理过程直接排放量和外购电力、热力、使用药剂间接排放量，不涉及污泥等废弃物的处

理处置和尾水排放及纳管过程。

4.2 规范性引用文件

标准文件编制过程中规范性或资料性引用了多个已发布标准规范：

工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施核算边界及典型工艺行业引用《排污许可证申请与核发技术规范水处理（试行）》（HJ 978）和《化工园区混合废水处理技术规范》（HG/T 5821）。

工业污水处理设施温室气体排放核算方法引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150）。

质量保证和质量控制引用《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167）和《污水处理厂温室气体监测技术标准》（T/SHAPEPI 010）。

4.3 术语及定义

本指南的术语和定义重点对污水处理厂温室气体监测的相关专用术语进行了定义，包括温室气体、工业污水、工业污水处理设施、工业废水集中处理厂、工业企业废水处理设施、排放因子法、全球变暖潜势、活动数据、排放因子和二氧化碳当量。由于现有标准规范无相关规定，又确有规范定义必要的术语，参考国内外技术文件和已发表论文著作，并参考类似术语和定义的表述方式，对其进行规范。对于现有标准规范中已有相关定义的术语，本标准中直接参照已有标准规范中的定义。

4.3.1 温室气体 **greenhouse gas**

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）中对于“3.1 温室气体”的定义。

4.3.2 工业污水 **industrial wastewater**

工业生产过程中的废水和废液，其中含有随水流失的工业生产用料、中间产物、副产物以及生产过程中产生的污染物。

参考《化工园区混合废水处理技术规范》（HG/T 5821-2020）中对于“3.2 生产废水”的定义，并结合使用药剂间接排放量的核算需要，将工业生产过程中的废液也纳入了定义的范围。

4.3.3 工业污水处理设施 industrial wastewater treatment facility

采用以物理、化学、生物为主的方法处理工业污水以达到污染物排放标准的设施，本文件主要包括工业废水集中处理厂和工业企业废水处理设施。

4.3.4 工业废水集中处理厂 industrial wastewater integrated treatment plant

专门处理其他单位的工业废水，或为工业园区、开发区等工业集聚区的排污单位提供污水处理服务并作为工业集聚区配套设施的污水处理厂。

引用《排污许可证申请与核发技术规范 水处理（试行）》（HJ 978-2018）中对于“3.4 工业废水集中处理厂”的定义。

4.3.5 工业企业废水处理设施 industrial wastewater treatment facility of

主要处理工业污水的工业企业内部污水预处理设施，包括污水处理构筑物（设备）、配套管网和辅助设施。

4.3.6 排放因子法 emission factor method

依照温室气体排放清单列表，针对每一种排放源收集活动数据与排放因子，以活动数据和排放因子的乘积作为温室气体排放量估算值，核算温室气体排放量的方法。

引用《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“3.6 排放因子法”的定义。

4.3.7 全球变暖潜势 global warming potential, GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）中对于“3.15 全球变暖潜势”的定义。

4.3.8 活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）中对于“3.12 活动数据”的定义。

4.3.9 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的系数。

引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150-2015)中对于“3.13 排放因子”的定义。

4.3.10 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent, CO₂e

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(GWP)。

引用《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150-2015)中对于“3.16 二氧化碳当量”的定义。

4.4 核算边界

本标准明确了工业污水处理设施主要分为工业企业废水处理设施和工业废水集中处理厂的核算边界，并明确了主要的核算范围。

4.4.1 概述

关于污水处理技术，参考《城市污水处理》(JB 99-103)和《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》(CJJ 60)，确定物理处理法、化学处理法和生物处理法相关具体技术。

关于城镇污水处理厂核算边界，确定了属地管理原则，规定了核算报告的对象应以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界，与环境统计、温室气体统计工业企业核算边界保持一致。

关于温室气体核算边界，《联合国气候变化框架公约》及其《京都议定书》和议定书的《多哈修正案》确定二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)和三氟化氮(NF₃)七种温室气体。基于可操作性和数据可获得性，目前本标准主要针对CH₄和N₂O直接排放和CO₂间接排放进行核算。

4.4.2 核算范围

本标准核算范围为工业污水处理设施污水处理过程CH₄和N₂O直接排放量和外购电力、热力、使用药剂CO₂间接排放量，不涉及污泥等废弃物的处理处置和尾水排放及纳管过程。

4.4.2.1 污水处理过程的直接排放

工业污水处理过程的温室气体排放主要是CH₄和N₂O，属于生物成因的CO₂

排放不纳入核算范围。

4.4.2.2 外购电力、热力的间接排放

工业污水处理过程消耗的电力、热力对应的 CO₂ 排放。

4.4.2.3 使用药剂的间接排放

工业污水处理过程使用的化学药剂对应的 CO₂ 排放。

4.5 核算步骤

4.5.1 核算工作流程

工业污水处理设施温室气体排放核算的工作流程包括以下步骤：

- a) 确定核算边界；
- b) 识别排放源；
- c) 收集活动数据；
- d) 选择和获取排放因子数据；
- e) 分别计算处理过程直接排放量及外购电力和热力、使用药剂所对应的间接排放量；
- d) 汇总计算工业污水处理设施温室气体排放量；
- e) 编制排放报告并做好数据质量管理和文件存档工作。

4.5.2 数据获取要求

数据获取主要包括活动数据获取和排放因子获取两部分，数据均优先采用直接计量和监测获得，其次采用相关指南或文件中提供的排放因子。并将获取的数据填写入附录 C 工业污水处理设施温室气体核算表对应位置，方便进行计算。

4.5.2.1 活动数据

收集工业污水处理设施污水实际处理量、进出水水质、电力和热力消耗量、药剂使用量等活动数据，优先采用直接计量和监测获得的数据，其次采用通过原始数据折算获得的数据或来自相似过程或活动的的数据。

4.5.2.2 排放因子

选择工业污水处理设施温室气体直接和间接排放因子，优先采用通过工业企业内的直接监测、能量平衡或物料平衡等方法得到的排放因子或相关参数值，其次采用相关指南或文件中提供的排放因子。

考虑到温室气体核算的实际情况，本标准推荐直接排放因子参考附录 A，间

接排放因子参考附录 B。

a)工业废水集中处理厂直接排放因子的获取依据如下(附录 A: 表 A.1, A.2):

行业类型	常见工艺	排放因子 EF_{CH_4} (kg CH ₄ /kgCOD)	排放因子 EF_{N_2O} (kg N ₂ O-N /kgTN)	依据
化学原料和化学 制品制造业	物化处理+厌氧生物处理+好氧 生物处理+深度处理	0.0013	0.0025	实测 ^[1]
马铃薯加工废水	基于絮凝体的复合式脱氮工艺	/	0.0035	文献 ^[2]
马铃薯加工废水 +污泥消化废水	厌氧生物处理	/	0.0121	文献 ^[3]

[1] 实测数据来源于上海化学工业区中法水务发展有限公司集中式工业污水处理厂 2022 年 10 月-2023 年 12 月实测数据获得, 每月采集全厂区各构筑物温室气体排放数据一次, 全年平均 CH₄ 和 N₂O 直接排放量分别是 27.65 和 4.32 kg/d, 进水 COD 和 TN 的负荷分别是 23998.65 和 1658.15 kg/d, 所求得的排放因子分别是 0.0013 和 0.0025。

[2] 排放因子由文献《Floc-based sequential partial nitrification and anammox at full scale with contrasting N₂O emissions》计算得到。(Desloover J, De Clippeleir H, Boeckx P, et al. Floc-based sequential partial nitrification and anammox at full scale with contrasting N₂O emissions[J]. Water Research, 2011, 45(9): 2811-2821.)

[3] 排放因子由文献《Effect of aeration regime on N₂O emission from partial nitrification-anammox in a full-scale granular sludge reactor》计算得到。(Castro-Barros C, Daelman M, Mampaey K, et al. Effect of aeration regime on N₂O emission from partial nitrification-anammox in a full-scale granular sludge reactor[J]. Water Research, 2015, 68: 793-803.)

b)工业废水集中处理厂直接排放因子的获取依据如下(附录 A: 表 A.1, A.2):

行业类型	常见工艺	排放因子 EF_{CH_4} (kg CH ₄ /kgCOD)	排放因子 EF_{N_2O} (kg N ₂ O-N /kgTN)	依据
天然橡胶加工	厌氧生物处理	/	0.0167	文献 ^[1]
医药行业	厌氧全搅拌罐式反应器 (CSTR)	0.229	/	文献 ^[2]
汽车制造	升流式厌氧污泥床 (UASB)	0.275	/	文献 ^[3]
乳制品加工	溶气浮选系统 (DAF)	0.0060	0.0025	文献 ^[4]

[1] 排放因子由文献《Greenhouse gas emissions from open-type anaerobic wastewater treatment system in natural rubber processing factory》计算得到。

(Tanikawa D, Syutsubo K, Watari T, et al. Greenhouse gas emissions from open-type anaerobic wastewater treatment system in natural rubber processing factory[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 119: 32-37.)

[2] 排放因子由文献《Microbial Population Dynamics in an Anaerobic CSTR Treating a Chemical Synthesis-Based Pharmaceutical Wastewater》计算得到。(Oz N A, Ince O, Ince B K, et al. Microbial Population Dynamics in an Anaerobic CSTR Treating a Chemical Synthesis-Based Pharmaceutical Wastewater[J]. Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, 2003, 38(10): 2029-2042.)

[3] 排放因子由文献《Anaerobic treatment of the mixture of automotive industry and molasses wastewater for different organic loading rates in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor》计算得到。(Gökçek Ö B and Sarioglu M. Anaerobic treatment of the mixture of automotive industry and molasses wastewater for different organic loading rates in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor[J]. Desalination and Water Treatment, 2018, 105: 83-91.)

[4] 排放因子由文献《Experimental and statistical modeling of the effect of process modification and wastewater characterization on greenhouse gas emissions for a dairy industry wastewater treatment plant: A minimization approach》计算得到。

(Yapicioglu P, Yalçın H and Yesilnacar M I. Experimental and statistical modeling of the effect of process modification and wastewater characterization on greenhouse gas emissions for a dairy industry wastewater treatment plant: A minimization approach[J]. Journal of Water and Climate Change, 2023, 14(9): 3313-3328.)

c) 外购电力、热力间接排放因子的获取依据如下 (附录 B: 表 B.1):

能源类型	单位	排放因子 E_{eCO_2}	排放因子数据来源
电力	kg CO ₂ /kWh	0.42	《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》 (沪环气(2022)34号)
热力	kg CO ₂ /GJ	60	

d) 使用药剂间接排放因子的获取依据如下 (附录 B: 表 B.2):

材料名称	排放因子 E_{mCO_2} (kg CO ₂ /kg)	排放因子数据来源
阳离子絮凝剂	1.5	《污水处理厂低碳运行评价技术规范》 (T/CAEPI 49-2022)
阴离子絮凝剂	1.5	
非离子絮凝剂	2.5	
高分子絮凝剂乳液	2.5	
其他絮凝剂	2.5	
硫酸铝溶液	1.6	
次氯酸钠溶液	1.4	
氢氧化钠溶液	0.84	
聚合氯化铝溶液	1.62	
乙酸钠	1.6	
消石灰（氢氧化钙）	1.74	
其他药剂	1.6	
盐酸	1.4	城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南. 中国建筑工业出版社, 2022.
尿素	2.51	中国污水处理行业碳足迹与减排潜力分析. 中国科学技术大学, 2019.
石英砂	1.6	污水处理碳足迹核算及环境综合影响评价研究. 北京建筑大学, 2019.

4.6 核算方法

使用获取的活动数据和排放因子,通过计算工业污水处理设施污水处理过程 CH₄ 和 N₂O 直接排放量和外购电力、热力、使用药剂 CO₂ 间接排放量,并将各排放量换算成全球增温潜势后相加,具体公式如下。

4.6.1 污水处理过程直接排放量

工业污水处理过程的温室气体排放主要是 CH₄ 和 N₂O,属于生物成因的 CO₂ 排放不纳入核算范围。

4.6.1.1 CH₄ 直接排放量

CH₄ 直接排放量公式主要参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》第五卷“废弃物”第六章“废水处理和排放”进行简化修改。按照公式（1）进行计算。

$$E_{CH_4} = (TOM_{in} - TOM_{ef} - S \times a) \times EF_{CH_4} - R \quad (1)$$

式中： E_{CH_4} —工业污水处理设施 CH₄ 直接排放量，kg CH₄/a；

TOM_{in} —工业污水处理设施进水有机物总量，以 COD 计，kg COD/a；

TOM_{ef} —工业污水处理设施出水有机物总量，以 COD 计，kg COD/a;

S —工业污水处理设施年干污泥产生量，kg/a;

a —工业污水处理设施年干污泥的有机质含量，以 COD 计，kg COD/kg;

EF_{CH_4} —工业污水处理设施去除 COD 的 CH_4 排放因子(参考附录 A 选择)，
kg CH_4 /kg COD;

R —工业污水处理厂处理产生并回收再利用的 CH_4 量，kg CH_4 /a。

其中 CH_4 排放因子优先采用通过工业企业内的直接监测，考虑到实际情况，推荐因子参考附录 A（表 A.1）选择。

4.6.1.2 N_2O 直接排放量

N_2O 直接排放量公式主要参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》第五卷“废弃物”第六章“废水处理和排放”进行简化修改。按照公式（2）进行计算。

$$E_{N_2O} = (TN_{in} - TN_{ef}) \times EF_{N_2O} \times \frac{44}{28} \quad (2)$$

式中： E_{N_2O} —工业污水处理设施 N_2O 直接排放量，kg N_2O /a;

TN_{in} —工业污水处理设施进水总氮量，kg TN/a;

TN_{ef} —工业污水处理设施出水总氮量，kg TN/a;

EF_{N_2O} —工业污水处理设施去除 TN 的 N_2O 排放因子（参考附录 A 选择），
kg N_2O -N/kg TN。

其中 N_2O 排放因子优先采用通过工业企业内的直接监测，考虑到实际情况，推荐因子参考附录 A（表 A.2）选择。

4.6.2 外购电力、热力的间接排放量

外购电力、热力间接排放量公式参考《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150—2015）间接排放核算部分修改。按照公式（3）进行计算。

$$E_{eCO_2} = E_e \times EF_{eCO_2} \quad (3)$$

式中： E_{eCO_2} —工业污水处理设施外购电力或热力产生的 CO_2 间接排放量，kg CO_2 /a;

E_e —工业污水处理设施外购电力或热力消耗量，kWh/a 或 GJ/a;

EF_{eCO_2} —电力或热力生产的 CO_2 排放因子（参考附录 B）， $kg\ CO_2/kWh$ 或 $kg\ CO_2/GJ$ 。

4.6.3 使用药剂的间接排放量

使用药剂的间接排放量公式参考《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150—2015）间接排放核算部分修改。按照公式（4）进行计算。

$$E_{mCO_2} = \sum_i E_i \times EF_{iCO_2} \quad (4)$$

式中： E_{mCO_2} —工业污水处理设施使用药剂产生的 CO_2 间接排放量， $kg\ CO_2/a$ ；

E_i —工业污水处理设施使用第 i 种药剂消耗量， kg/a ；

EF_{iCO_2} —第 i 种药剂生产的 CO_2 排放因子（参考附录 B）， $kg\ CO_2/kg$ 。

4.6.4 温室气体总排放量

公式主要参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》第五卷“废弃物”第六章“废水处理和排放”进行简化修改。按照公式（5）进行计算。

$$E_{total} = E_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + E_{N_2O} \times GWP_{N_2O} + E_{eCO_2} + E_{mCO_2} \quad (5)$$

式中： E_{total} —工业污水处理设施温室气体总排放量， $kg\ CO_2e/a$ ；

GWP_{CH_4} — CH_4 的全球变暖潜势，取值 $28\ kg\ CO_2e/kgCH_4$ ；

GWP_{N_2O} — N_2O 的全球变暖潜势，取值 $265\ kg\ CO_2e/kgN_2O$ 。

4.7 质量控制

4.7.1 管理制度要求

工业废水集中处理厂或工业企业应加强温室气体数据质量管理工作，包括但不限于：

a) 建立温室气体排放核算和报告的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等；配置专职人员负责企业温室气体排放核算和报告工作；

b) 根据各种类型的温室气体排放源的重要程度对其进行等级划分，并建立企业温室气体排放源一览表，对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求；

c) 依照 GB 17167、T/SHAEP1010 等标准对现有监测条件进行评估，不断提

高自身监测能力，并制定相应的监测计划；定期对计量器具、检测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；

d) 建立健全温室气体数据记录管理体系，包括数据来源、数据获取时间及相关负责人等信息的记录管理；

e) 建立温室气体排放报告内部审核机制，定期交叉检验企业的温室气体排放数据，构建误差数据的风险评估体系，并提出相应的调整方案；

f) 建立温室气体核算参数的优先序体系，并根据优先序体系进行参数的选取。

4.7.2 数据质量控制

工业废水集中处理厂或工业企业应构建温室气体排放数据质量控制计划工作体系，确保数据完整率、数据正确率以及数据可溯源率。包括但不限于：

a) 明确实际核算边界和主要排放设施情况，包括核算边界，设施名称、类别、编号、位置情况等内容；

b) 明确数据的确定方式，包括数据的计算方法、数据获取方式，相关测量设备信息，数据缺失处理，数据记录及管理信息等内容；

c) 明确数据内部质量控制和保证相关规定，包括数据质量控制计划的制定、修订以及执行等管理流程、人员配置情况、内部评估管理、数据文件归档管理程序等内容。

d) 若采用基于实测的方法，应遵循标准方法进行监测，当仪器不满足监测要求时，应当及时采取必要的调整，对该测量仪器进行测试、控制、维护和更换，以确保数据准确可靠；

e) 所有活动数据、排放因子和生产数据能够按照计划实施测量，并能够依照计划中的规定频次记录测量结果，数据缺失时的处理方法能够与计划一致。

5.先进性说明

目前尚无针对工业污水处理设施温室气体排放核算的国家、地方标准或规范，本标准为首个针对工业污水处理设施温室气体排放核算的标准文件。本标准的范围更聚焦于工业污水处理设施的核算因子，比现有的核算因子更有针对性，通过细化工业污水处理过程中不同排放源的核算方法，提升了排放数据的精确性与可

比性，从而弥补我国工业污水处理行业排放数据的空缺。此外，本标准引入了本地化因子，通过对典型工业污水处理构筑物的排放因子进行补充说明，便于标准使用者理解和应用。这些本地化因子考虑了区域性差异，确保了核算结果的更高准确性和可靠性。

6.重大意见分歧的处理经过和依据

本文件制定过程中无重大分歧意见。

7.与现行法律法规和强制性国家标准的关系

本文件符合法律法规和强制性国家标准的规定。

8.实施标准的建议措施

（1）加强标准宣贯培训

《标准》发布实施后，标准参与编制单位及相关主管部门或企事业单位宜组织开展《标准》的宣贯，确保相关单位知晓、了解以及使用本《标准》。

（2）加强政策文件对标准引用

考虑到《标准》为推荐性标准，建议在相关温室气体排放核算政策文件中加强对本标准的引用，确保标准效力和有效实施。

9.参考文献

- [1] 《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》
- [2] 《工业企业污染治理设施污染物去除协同控制温室气体核算技术指南（试行）》（环办科技〔2017〕73 号）
- [3] 《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）》（征求意见稿）（环办标征函〔2018〕4 号）
- [4] 《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》（环综合〔2021〕4 号）
- [5] 《碳监测评估试点工作方案》（环办监测函〔2021〕435 号）

- [6] 《减污降碳协同增效实施方案》（环综合〔2022〕42号）
- [7] 《深化碳监测评估试点工作方案》（环办监测函〔2023〕293号）
- [8] 《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》（发改环资〔2023〕1714号）
- [9] 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167-2006）
- [10] 《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）
- [11] 《排污许可证申请与核发技术规范 水处理（试行）》（HJ 978-2018）
- [12] 《化工园区混合废水处理技术规范》（HG/T 5821-2020）
- [13] 《污水处理厂低碳运行评价技术规范》（T/CAEPI 49-2022）
- [14] 《上海城镇污水处理厂温室气体排放核算指南》（T/SWARTA 001-2023）
- [15] 《污水处理厂温室气体监测技术标准》（T/SHAPEPI 010-2024）