



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX/ISO 20468-2:2019

水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第2部分：基于温室气体排放的处理系统 性能评价方法

Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 2: Methodology to evaluate performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions

(ISO 20468-2:2019, MOD)

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 原则 3

6 核算边界 4

 6.1 概述 4

 6.2 处理系统 4

 6.3 废弃物管理系统 4

 6.4 辅助系统 5

7 计算 5

 7.1 计算程序 5

 7.2 步骤 1：确立核算边界 6

 7.3 步骤 2：计算再生水的年产量 7

 7.4 计算步骤 3～步骤 6 温室气体排放量的方法概述 7

 7.5 步骤 3：计算能源消耗产生的温室气体排放量 7

 7.6 步骤 4：计算生物处理工艺产生的温室气体排放量 8

 7.7 步骤 5：计算耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量 9

 7.8 步骤 6：计算通过再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量 10

 7.9 步骤 7：计算温室气体排放总量 14

 7.10 步骤 8：计算 CO_{2eq} 排放强度 15

8 CO_{2eq} 排放强度在处理系统环境绩效评价中的应用 15

附录 A（资料性） 排放因子示例 16

附录 B（资料性） 用于计算温室气体排放总量的工作表示例 19

参考文献 20

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T XXXXX《水再利用系统处理技术绩效评价指南》的第2部分。GB/T XXXXX已经发布了以下部分：

——第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法。

本文件修改采用ISO 20468-2:2019《水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法》。

本文件与ISO 20468-2:2019相比做了下述结构调整：

——依据《IPCC 第六次评估报告》，更新了表 10 中 CH₄ 和 N₂O 的全球变暖潜势数值；

——更新了附录 A 内排放因子数值，适配我国再生水处理系统能耗、污水处理、污泥处置和药耗本土化参数，贴合国内水再利用项目碳绩效评价实际；

——删除了原国际标准附录 C，附录 C 中通用核算基础规则、简化测算方法已纳入正文对应条款，避免内容重复冗余；

——更新了正文中和参考文献中重要英文资料的最新信息（如 IPCC 2019），补充国内相关重要标准、报告和文献资料信息。

本文件做了下列编辑性改动：

——删除了文中和附录中更新后未涉及的术语、定义和缩略语。

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。

本文件由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口。

本文件起草单位：清华苏州环境创新研究院、清华大学、中铁建发展集团有限公司、北京首创生态环保集团股份有限公司、中国标准化研究院、北控水务（中国）投资有限公司、上海世浦泰膜科技有限公司、中国建筑发展有限公司、北京恩菲环保股份有限公司、长江生态环保集团有限公司、北京城市排水集团有限责任公司、福州大学、清华大学深圳国际研究生院、江西省质量和标准化研究院、福建省融旗建设工程有限公司。

本文件主要起草人：陈卓、胡洪营、陈东旭、李伏京、白雪、巫寅虎、孙丽娟、铁拓、白海龙、王连峰、吴乾元、王文龙、郝姝然、刘超翔、徐傲、李伟、刘牡、薛晓飞、徐伟杰、张玉博、张俊、张志渊、刘丽君、李爽、李群、王晗青、高世雄、周学礼、董程、马世斌。

引 言

GB/T XXXXX《水再利用系统处理技术绩效评价指南—第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法》是基于ISO 20468系列标准，结合我国国情制定的，拟由以下部分构成。

- 第1部分：通则。
- 第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法。
- 第3部分：臭氧处理技术。
- 第4部分：紫外线消毒。
- 第5部分：膜过滤。
- 第6部分：离子交换和电渗析。
- 第7部分：高级氧化处理技术。
- 第8部分：基于生命周期成本的处理系统评价。
- 第9部分：电氯化技术指南和要求。
- 第10部分：处理系统可靠性评价。

本文件旨在更具体地定义一种水再利用系统处理技术绩效评价方法，该方法遵循ISO 20468-1:2018的《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分 通则》中的第7章“非功能性要求”的规定。

水再利用因在环境保护和缓解水资源短缺问题方面发挥重要作用而备受关注。例如，再生水处理系统除基础功能外，还承担着去除新污染物、病原微生物、毒害化学物质等污染物的责任，避免污水直接排放对生态环境和人体健康的危害。与包含水库和输水设施的传统供水系统相比，再生水系统在运行能耗和设施建设成本方面具有显著优势，并能有效降低开发建设过程对环境的破坏。

为保护环境的同时实现水再利用的可持续发展，亟需建立科学的评价方法。然而目前国际社会对于水再利用系统处理技术绩效评价中涉及环境的相关指标尚未形成统一的标准。尽管不同地区就再生水系统特点自行制定了相应规则，但通过各国专家共同制定标准并通过ISO推行统一规范将更具经济性和实施便利性。

在开展环境维度评价工作时，首先宜明确两个基本要素。一是界定评估范围的核算边界。二是确定相关的评价指标。

水再利用项目的环境评估核算边界涵盖取水、输水、处理、储存、输配、用户端使用以及最终排放进入环境等环节。根据第1部分界定的范围，本文件重点聚焦处理系统环节。

另一方面，处理系统的环境影响评价指标选取可能显著不同。例如，再生水水质对区域生态系统和地下水的潜在影响、水再利用所导致的土壤污染程度、处理设施运行产生的噪音和振动等对环境的影响，以及在考虑全球变暖防治背景下，处理系统运行过程中的温室气体排放等可作为评价指标。理论上，评价处理系统时宜将所有指标进行综合评价，但多指标评价体系目前面临时间与成本的双重压力，当前实际操作中仍缺乏可行性。

鉴于上述情况，本文件提出了以系统运行过程中的每立方米再生水的温室气体排放为核心指标的处理系统绩效评价指南。选择温室气体排放作为指标主要基于其具备成熟的国际标准体系支撑（比如ISO 14064-1等）。需要特别说明的是，本文件不排斥水再利用项目中处理系统的其他环境评价指标（包括前述各项指标）。若需开展此类评价，宜参考其他专业指南或咨询领域专家意见。

评价范围仅限于处理系统的运行阶段。这是由于系统建成后通常需持续运行20年以上，而此期间因日常运行产生的温室气体排放量，往往远超过建设阶段或系统报废处置阶段的水平。

本文件采用了一种简明通用的标准化方法，适用于各种场景。为此，文件详细阐述了如何基于典型运行数据，比如能耗或运行中的耗材使用量，来估算温室气体排放量。此外，本文件定义了以C02eq排放强度作为处理系统绩效评价的核心指标，该指标以每立方米再生水的温室气体排放量来量化。该方法无需对现有的工程任务进行调整，将有效减轻工程师的工作负担。

本文件旨在有利推动环境友好型处理系统的建设与发展。

水再利用系统处理技术绩效评价指南-

第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法

1 范围

本文件给出了以温室气体（GHG）排放为基准的水再利用系统处理技术绩效评价指南。

本文件涵盖了温室气体排放量估算方法、温室气体种类与排放源界定、各类温室气体排放因子确定以及全球变暖潜势计算等核心内容。评价中所采用的温室气体权重数据，等同于水再利用系统在运行阶段产生的实际排放量。

本文件定义了二氧化碳当量（CO₂eq）排放强度的计算方法，即生产单位再生水（每立方米再生水）的温室气体排放量，并给出了基于该指标的处理技术绩效评价方法。

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。

ISO 20670, 水再利用 术语（Water reuse — Vocabulary）

3 术语和定义

ISO 20670界定的术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC维护的用于标准化的术语数据库网址如下：

——ISO在线浏览平台：<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电工百科：<https://www.electropedia.org/>

3.1 术语和定义

3.1.1

活动数据 activity data

导致温室气体排放或减排活动的量化指标。

示例：消耗的输入用电量、经生物处理的污水量或水处理化学药剂消耗量。

注：见ISO 14064-1。

3.1.2

厌氧-缺氧-好氧活性污泥法 anaerobic-anoxic-oxic activated process

采用厌氧区、缺氧区和好氧区串联运行的污水生物处理工艺。

3.1.3

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

将温室气体排放量或减排量按气候变化影响等值换算为在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量，计量单位为每吨二氧化碳当量。

注：IPCC 2019。

3.1.4

二氧化碳当量 (CO₂eq) 排放强度 carbon dioxide equivalent (CO₂eq) emission intensity
生产单位再生水（每立方米再生水）的温室气体排放量。

3.1.5

排放因子 emission factor
量化单位活动水平所对应的温室气体排放量或减排量的系数。
注：IPCC 2019。

3.1.6

环境绩效 environmental performance
处理技术在环境效益方面的可量化结果与成效。

3.1.7

温室气体 greenhouse gas; GHG
二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄) 和氧化亚氮 (N₂O)。
注：见ISO 14064-1。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。
CO₂ 二氧化碳 (carbon dioxide)
CO₂eq 二氧化碳当量 (carbon dioxide equivalent)
CH₄ 甲烷 (methane)
N₂O 氧化亚氮 (nitrous oxide)
GHG 温室气体 (greenhouse gas)
AAO法 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法 (anaerobic-anoxic-oxic activated process)
ds 干固体 (dry solid)
GWP 全球变暖潜势 (global warming potential)

4 符号

本文件中使用的符号见表1。

表1 符号

符号	单位	描述
$E_{E,CO_2,每年}$	吨 CO ₂ /年 (t CO ₂ /年)	能源(包括电力、燃料等)消耗产生的 CO ₂ 排放
$E_{E,CH_4,每年}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位)	能源(包括电力、燃料等)消耗产生的 CH ₄ 排放
$E_{E,N_2O,每年}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位)	能源(包括电力、燃料等)消耗产生的 N ₂ O 排放
$E_{P,CH_4,每年}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位)	各生物处理工艺产生的 CH ₄ 排放
$E_{P,N_2O,每年}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位)	各生物处理工艺产生的 N ₂ O 排放
$E_{C,CO_2,每年}$	吨 CO ₂ /年 (t CO ₂ /年)	耗材使用和废弃物产生所导致的 CO ₂ 排放
$E_{C,CH_4,每年}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位)	耗材使用和废弃物产生所导致的 CH ₄ 排放
$E_{C,N_2O,每年}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位)	耗材使用和废弃物产生所导致的 N ₂ O 排放
$E_{R,CO_2eq,每年}$	吨 CO ₂ eq/年 (t CO ₂ eq/年)	通过再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量 (CO ₂ 当量)

符号	单位	描述
$E_{T,CO_2eq,每年}$	吨 CO ₂ eq/年 (t CO ₂ eq/年)	温室气体排放总量 (CO ₂ 当量)
I_{CO_2eq}	千克 CO ₂ eq/立方米再生水 (kg CO ₂ eq/m ³)	二氧化碳当量 (CO ₂ eq) 排放强度
$Q_{每年}$	千立方米再生水/年 (1000 m ³ /年)	相关再生水厂的再生水年产量
$Q_{E,t}$	单位 ^a	能源 (包括电力、燃料等) 消耗量
$Q_{P,t}$	单位 ^a	各生物处理工艺的处理量
$Q_{C,t}$	单位 ^a	耗材使用量和废弃物产生量
$K_{E,CO_2,t}$	吨 CO ₂ /单位 (t CO ₂ /单位) ^a	消耗能源 (包括电力、燃料等) 产生的 CO ₂ 排放因子
$K_{E,CH_4,t}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位) ^a	消耗能源 (包括电力、燃料等) 产生的 CH ₄ 排放因子
$K_{E,N_2O,t}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位) ^a	消耗能源 (包括电力、燃料等) 产生的 N ₂ O 排放因子
$K_{P,CH_4,t}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位) ^a	生物处理工艺产生的 CH ₄ 排放因子
$K_{P,N_2O,t}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位) ^a	生物处理工艺产生的 N ₂ O 排放因子
$K_{C,CO_2,t}$	吨 CO ₂ /单位 (t CO ₂ /单位) ^a	耗材使用和废弃物产生所导致的 CO ₂ 排放因子
$K_{C,CH_4,t}$	吨 CH ₄ /单位 (t CH ₄ /单位) ^a	耗材使用和废弃物产生所导致的 CH ₄ 排放因子
$K_{C,N_2O,t}$	吨 N ₂ O/单位 (t N ₂ O/单位) ^a	耗材使用和废弃物产生所导致的 N ₂ O 排放因子
$K_{GWP,t}$		全球变暖潜势 (GWP)
^a 单位因所涉及的物质种类而异, 定义见第 7 章。		

5 原则

5.1 总则

以下原则适用于使用CO₂eq当量排放强度进行处理系统绩效评价的情况。

5.2 相关性

宜准确识别处理系统中与温室气体排放相关的活动, 并进行量化分析。

5.3 完整性

在计算再生水生产过程中的温室气体排放量时, 宜确保系统的其他环境要求 (如再生水水质、噪音、振动等) 均符合项目的要求。

5.4 一致性

为确保数据可比性, 宜尽可能采取统一方法持续获取数据。对于同一座再生水厂, 评价初期宜确定所要使用的评价方法。

5.5 准确性

数据获取宜尽可能避免偏差, 同时最大限度降低不确定性。对于特定方法, 宜参见第6章和第7章的规定。

5.6 透明性

CO₂eq当量排放强度的计算过程及相关参数 (如排放因子、设备效率等) 宜完整记录在案, 并在需要时可供核查说明。

6 核算边界

6.1 概述

在使用本文件评价处理系统的环境绩效时，宜根据相关项目要求确定评价的核算边界。为确保不同处理系统间的可比性，需明确绩效评价的核算边界，涵盖污水转化为再生水的全过程以及必要时纳入再生水厂内的相关配套设施。除非另有规定，核算边界宜参照图1所示的示例进行界定。为避免处理系统绩效评价受到污水取水点位置或再生水输配范围的影响，核算边界宜限定在处理系统内部及再生水厂内的相关设施。在再生水处理设施和再生水交付设施之间宜设定明确的核算边界。此外，根据项目特点，可将污泥处理系统等相关系统纳入评价范围。

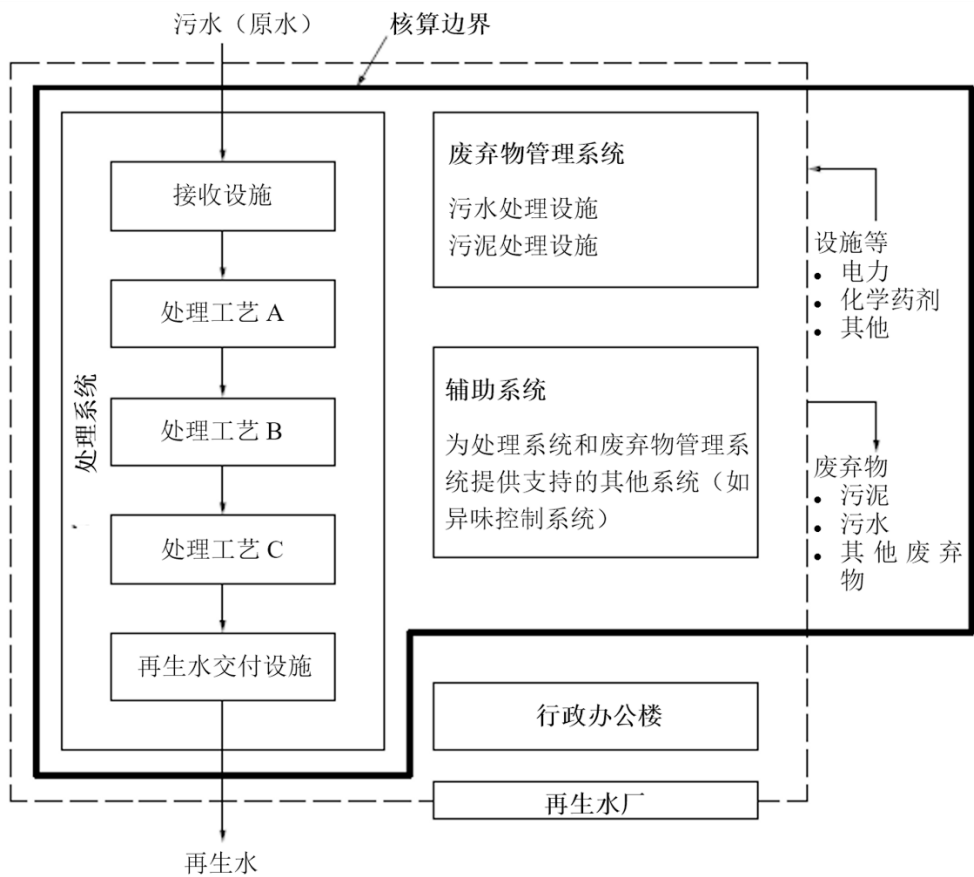


图1 核算边界示例

6.2 处理系统

处理系统指再生水厂内将原水（如未经处理的污水、经过预处理、一级处理或二级处理的出水）转化成再生水的一系列处理工艺的组合。该处理系统通常包括物理、生物和/或化学等多种处理过程。本文件不限具体处理工艺类型和顺序，如图1中的A、B、C等处理工艺可根据项目要求替换为适合的处理工艺。在应用本文件对处理系统的环境绩效进行评价时，处理系统宜纳入核算边界之内。

6.3 废弃物管理系统

通常，处理系统会产生污水或污泥。需要使用以下设施来处理污水或污泥：

- 污水处理设施；
- 污泥处理设施。

这些设施可作为项目的一部分，也可将处理工作委托给附近已投入运行的厂站。根据评价要求，废弃物管理系统产生的温室气体排放可纳入核算边界。但需要明确说明此类温室气体排放是否已包含在内。

6.4 辅助系统

不属于处理系统或废弃物管理系统，但与生产再生水相关的系统，被视为辅助系统。例如异味控制系统。可根据需要将其纳入评价的核算边界。

然而，原则上，与再生水生产无直接关联的照明、空调等所消耗的电力，不计入绩效评价范围内。

7 计算

7.1 计算程序

本章规定了CO₂eq排放强度的计算方法。步骤如下（见图2）：

- 步骤 1：确立评价的核算边界（见 7.2）；
- 步骤 2：计算再生水的年产量（见 7.3）；
- 步骤 3：计算由能源（电力、燃料等）消耗产生的温室气体排放量（见 7.5）；
- 步骤 4：计算生物处理工艺产生的温室气体排放量（见 7.6）；
- 步骤 5：计算耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量（见 7.7）；
- 步骤 6：计算通过再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量（见 7.8）；
- 步骤 7：计算温室气体排放总量（见 7.9）；
- 步骤 8：计算 CO₂eq 排放强度（见 7.10）。

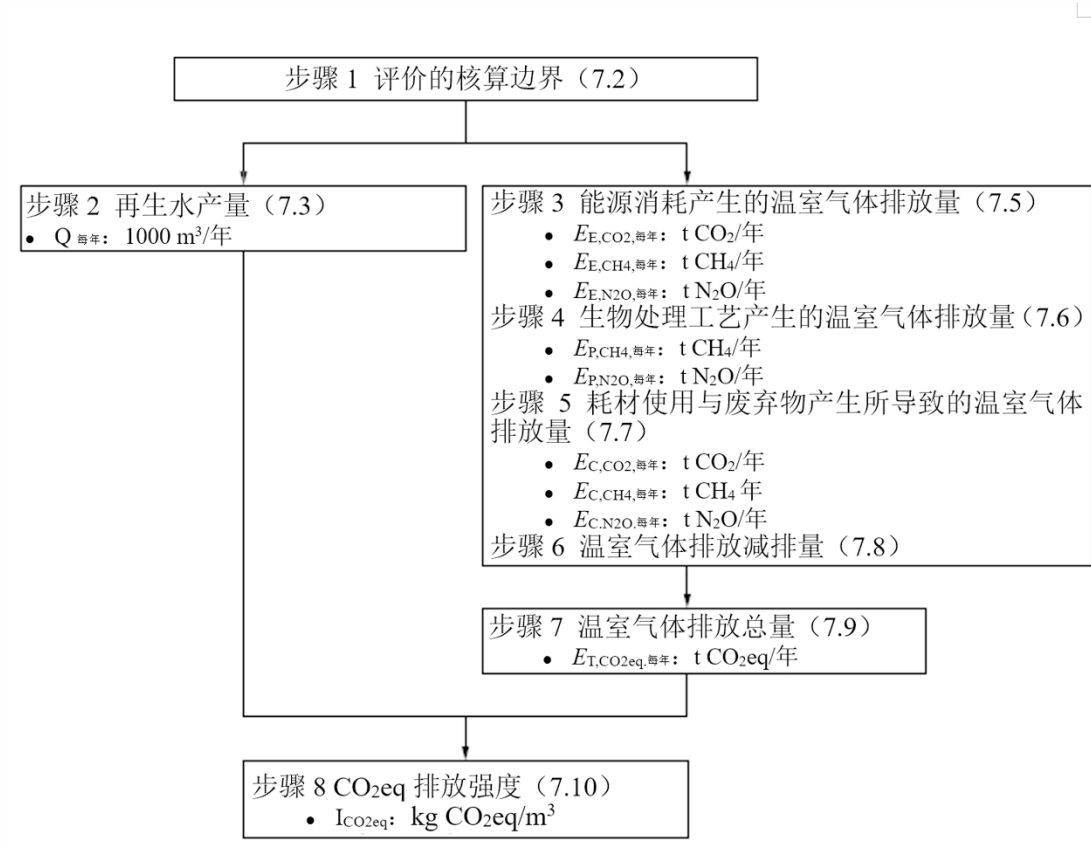


图2 计算过程

7.2 步骤1：确立核算边界

步骤1旨在确立评价环境绩效的核算边界，同时参考第6章的相关规定。依据7.5、7.6、7.7和7.8，计算核算边界内的温室气体排放量和减排量。通常，纳入计算范围内的活动及相关的温室气体类型如下：

- 温室气体排放量和减排量可分为表2中的1)类~4)类；
- 温室气体类型包括CO₂、CH₄和N₂O；
- 处理系统的环境绩效评价时，建议仅选取与处理系统直接相关的排放源，行政办公楼等设施予以排除。

表2 需计算的活动

温室气体排放量、减排量和类型		再生水生产过程中的主要温室气体排放和减排示例	对应章条号
1) 步骤3 能源（电力、燃料等）消耗产生的温室气体排放量	CO ₂	——第三方供电的电力消耗产生的温室气体排放	7.5
	CH ₄	——第三方供热的热能消耗产生的温室气体排放	
	N ₂ O	——柴油发动机燃料燃烧产生的温室气体排放	
2) 步骤4 生物处理工艺产生的温室气体排放量	CH ₄	——水处理生物处理工艺产生的温室气体排放	7.6
	N ₂ O	——污泥填埋产生的温室气体排放	
		——污泥堆肥产生的温室气体排放	
3) 步骤5 耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量	CO ₂	——化学药剂消耗产生的温室气体排放	7.7
	CH ₄		
	N ₂ O		

温室气体排放量、减排量和类型	再生水生产过程中的主要温室气体排放和减排示例	对应章条号
4) 步骤6 再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量	CO ₂ ——通过资源化利用（比如沼气、藻类、营养物质回收等）而减少的温室气体排放	7.8
1) 步骤3 能源（电力、燃料等）消耗产生的温室气体排放量	CO ₂ ——第三方供电的电力消耗产生的温室气体排放 CH ₄ ——第三方供热的热能消耗产生的温室气体排放 N ₂ O ——柴油发动机燃料燃烧产生的温室气体排放	7.5
在ISO 14046-1中，1) 被归类为直接温室气体排放量和减排量和/或能耗导致的间接温室气体排放量（见ISO 14064-1）。		
在ISO 14064-1中，2) 被归类为直接温室气体排放量和减排量（见ISO 14064-1）。		
在ISO 14064-1中，3) 被归类为其他间接温室气体排放量和减排量（ISO 14064-1）。		

7.3 步骤2：计算再生水的年产量

再生水厂每年生产的再生水量以 $Q_{\text{每年}}$ 来表示。计算所得不是污水排放量，而是符合水质要求的可用再生水量。在计算中使用可用再生水量的原因在于：即使相关处理系统的水再利用率较低，也能准确计算出7.10中定义的CO₂eq排放强度。原则上，计算以下水量：

——规划阶段处理系统的再生水设计水量；

——运行阶段处理系统中，通过流量计累计的再生水量，或基于实测流量计算得出的再生水量。

$Q_{\text{每年}}$ 的单位为千立方米再生水/年（即1000 m³再生水/年）。

7.4 计算步骤3～步骤6温室气体排放量的方法概述

7.4.1 温室气体排放量的计算方法选择

第一步是使用活动数据乘以相应的排放因子计算出温室气体排放量，具体如下。

温室气体排放量 = 活动数据 × 排放因子

详情见7.5、7.6、7.7和7.8。

第二步是使用相应的全球变暖潜势，将上述计算得出的所有温室气体排放量进行加总，见7.9。

7.4.2 活动数据的选择

为便于实际操作，表3、表5和表7提供了与再生水项目相关的典型活动案例。宜根据需要增补必要的活动和/或删除无关活动，从而最终确定表格内容。此外，为匹配相应排放因子的单位，可对活动数据的单位进行调整。此项工作可由项目指定的工程师和/或专家完成。

原则上，活动数据应基于进入处理系统的进水量进行计算，而7.3中为计算CO₂eq排放强度所定义的 $Q_{\text{每年}}$ 是指再生水产量。这是因为电力、化学药剂等温室气体来源的消耗量，基本是由进水量决定的。

7.4.3 排放因子的选择

本文件不对排放因子的选择设置优先级，为便于操作，附录A的表A.1、表A.2和表A.3中列出了一些参考值，它们分别对应于表3、表5和表7。也可使用其他来源的排放因子，如IPCC指南（IPCC 2019）、区域技术指南以及针对特殊设备向制造商进行的调查问卷。具体项目的排放因子选择可由实施方自主决定，只需确保所使用的排放因子数据可靠。值得注意的是，当开展不同方案对比核算时，宜使用相同的排放因子，确保对比基准一致，结果具备可比性。

注：排放因子核算取值建议以当期最新公开数据为准。

7.5 步骤3：计算能源消耗产生的温室气体排放量

7.5.1 数据获取

在选定的核算边界内，识别所用能源类型（包括电力、燃料等），计算其年消耗量，并使用表3进行汇总。此项工作宜在计算7.5.2所述的温室气体排放量之前完成。通常，能源消耗量的计算宜按照如下规定进行：

- 规划阶段在处理系统的设计能耗；
- 运行阶段处理系统中，通过电能表（或适用于该能源类型的其他计量仪表）累计的能耗，或基于实测数据计算得出的能耗。

若采用其他方式确定能耗计算方法，宜阐明所采用的方法。

表3 能源消耗产生的活动数据

识别编号 ^a	活动	单位	消耗量 $Q_{E,t}$
1	输入电力	兆瓦时/年 (MWh/年)	$Q_{E,1}$
N	其他能源	用户指定	$Q_{E,N}$
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。			

7.5.2 计算温室气体排放量

由电力、燃料等能源消耗产生的温室气体排放量，使用公式（1）～公式（3）进行计算。计算需用到表3所示的数据 $Q_{E,t}$ 和相应的排放因子（ $K_{E,CO_2,t}$ ， $K_{E,CH_4,t}$ ， $K_{E,N_2O,t}$ ），这些需预先填入表4。

$$E_{E,CO_2,每年} = \sum_{t=1}^N K_{E,CO_2,t} \times Q_{E,t} \quad [t \text{ CO}_2/\text{年}] \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{E,CH_4,每年} = \sum_{t=1}^N K_{E,CH_4,t} \times Q_{E,t} \quad [t \text{ CH}_4/\text{年}] \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{E,N_2O,每年} = \sum_{t=1}^N K_{E,N_2O,t} \times Q_{E,t} \quad [t \text{ N}_2\text{O}/\text{年}] \dots\dots\dots (3)$$

表4 能源消耗导致的温室气体排放因子

识别编号 ^a	活动	CO ₂ 排放因子 $K_{E,CO_2,t}$ t CO ₂ /单位 ^b	CH ₄ 排放因子 $K_{E,CH_4,t}$ t CH ₄ /单位 ^b	N ₂ O 排放因子 $K_{E,N_2O,t}$ t N ₂ O/单位 ^b
1	输入电力	$K_{E,CO_2,1}$	不适用	不适用
N	其他能源	$K_{E,CO_2,N}$	$K_{E,CH_4,N}$	$K_{E,N_2O,N}$
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。				
^b 单位指表 3 中使用的单位。				

7.6 步骤 4：计算生物处理工艺产生的温室气体排放量

7.6.1 数据获取

在选定的核算边界内，识别每项生物处理工艺，并使用表5汇总其年处理量。此项工作宜在计算7.6.2所述的温室气体排放量之前完成。当根据原水中可生物降解碳的量计算温室气体排放时，可参照IPCC指南等其他适用指南修改表5的内容。若在选定的边界范围内未采用生物处理工艺，则不必进行本步骤的数据采集。

表5 每种生物处理工艺中的活动数据

识别编号 t ^a	活动	单位	处理量 $Q_{P,t}$
1	污水生物处理	千立方米再生水/年（1000 m ³ /年）	$Q_{P,1}$
2	污水污泥填埋	吨 ds/年（t ds/年）	$Q_{P,2}$
3	污泥堆肥	吨 ds/年（t ds/年）	$Q_{P,3}$
N	其他	用户指定	$Q_{P,N}$
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。			

7.6.2 计算温室气体排放量

生物处理过程产生的温室气体排放量，使用公式（4）和公式（5）进行计算。计算需用到表5所示的数据 $Q_{P,t}$ 和相应的排放因子（ $K_{P,CH_4,t}$ ， $K_{P,N_2O,t}$ ），这些需预先填入表6。

对于有机物分解为CO₂的过程，根据碳中和概念，所产生的CO₂不纳入此次计算中（见IPCC 2019）。

虽然理论上可仅基于污泥中可生物降解物质含量计算温室气体排放量，但由于该物质在填埋过程中随时间动态变化，实际测定难度较大。因此本文件采用污泥产生总量进行计算，并假定送往填埋场的污泥均完全分解。

$$E_{P,CH_4,每年} = \sum_{t=1}^N K_{P,CH_4,t} \times Q_{P,t} \quad [t \text{ CH}_4/\text{年}] \dots\dots\dots (4)$$

$$E_{P,N_2O,每年} = \sum_{t=1}^N K_{P,N_2O,t} \times Q_{P,t} \quad [t \text{ N}_2\text{O}/\text{年}] \dots\dots\dots (5)$$

表6 生物处理工艺产生的温室气体排放因子

识别编号 t ^a	活动	CH ₄ 排放因子 $K_{P,CH_4,t}$ t CH ₄ /单位 ^b	N ₂ O 排放因子 $K_{P,N_2O,t}$ t N ₂ O/单位 ^b
1	污水生物处理	$K_{P,CH_4,1}$	$K_{P,N_2O,1}$
2	污水污泥填埋	$K_{P,CH_4,2}$	不适用
3	污泥堆肥	$K_{P,CH_4,3}$	$K_{P,N_2O,3}$
N	其他	$K_{P,CH_4,t}$	$K_{P,N_2O,t}$
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。			
^b 单位指表 5 中使用的单位。			

7.7 步骤 5：计算耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量

7.7.1 数据获取

在选定的核算边界内，需识别系统运行产生的耗材与废弃物，并使用表7进行计算并汇总其产生量。此项工作宜在计算7.7.2所述的温室气体排放量之前完成。此外，在相关情况下，运入再生水厂的化学药剂及运出厂外的废弃物可考虑计入。对于长期使用的耗材（如膜组件）所产生的废弃物排放，可按设计更换周期进行分摊。需注意的是，废弃物中已在7.5统计计算的污泥量，此处不再重复计入。

表7 耗材使用和废弃物产生的活动数据

识别编号 t ^a	活动	单位	消耗量或产生量 Q _{C,t}
1	水处理化学药剂	吨/年 (t/年)	Q _{C,1}
2	过滤介质	吨/年 (t/年)	Q _{C,2}
3	膜组件	平米/年 (m ² /年)	Q _{C,3}
N	其他	用户指定	Q _{C,N}
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。			

7.7.2 计算温室气体排放量

系统运行过程中，由耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量，使用公式（6）~公式（8）进行计算。计算需用到表7所示的数据Q_{C,t}和相应的排放因子（K_{C,CO2,t}，K_{C,CH4,t}，K_{C,N2O,t}），这些需预先填入表8。

$$E_{C,CO2,每年} = \sum_{t=1}^N K_{C,CO2,t} \times Q_{C,t} \text{ [t CO}_2\text{/年]} \dots\dots\dots (6)$$

$$E_{C,CH4,每年} = \sum_{t=1}^N K_{C,CH4,t} \times Q_{C,t} \text{ [t CH}_4\text{/年]} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_{C,N2O,每年} = \sum_{t=1}^N K_{C,N2O,t} \times Q_{C,t} \text{ [t N}_2\text{O/年]} \dots\dots\dots (8)$$

表8 耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放因子

识别编号 t ^a	活动	CO ₂ 排放因子 K _{C,CO2,t} t CO ₂ /单位 ^b	CH ₄ 排放因子 K _{C,CH4,t} t CH ₄ /单位 ^b	N ₂ O 排放因子 K _{C,N2O,t} t N ₂ O/单位 ^b
1	水处理化学药剂	K _{C,CO2,1}	不适用	不适用
2	过滤介质	K _{C,CO2,2}	不适用	不适用
3	膜组件	K _{C,CO2,3}	不适用	不适用
N	其他	K _{C,CO2,t}	K _{C,CH4,t}	K _{C,N2O,t}
^a 后缀“t”表示数字编号 1~N。 ^b 单位指表 7 中使用的单位。				

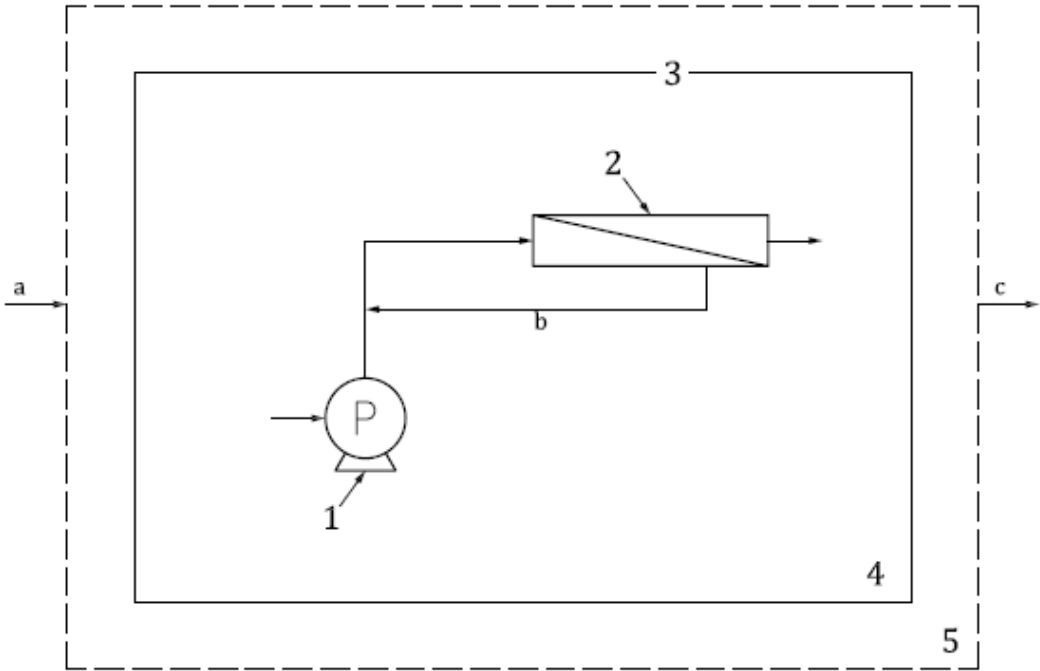
7.8 步骤 6：计算通过再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量

通过再生水生产过程中产生的资源而实现的温室气体减排量的计算方法见表9所示。若预计不会产生如能源等可利用资源，则可省略此项计算。

表9 各情形下再生水生产过程中实现资源化利用而减少的温室气体排放量的计算方法

利用情景	温室气体减排量计算的注意事项
处理系统内资源化利用	一般情况下，通过资源化利用而实现的温室气体减排量体现在设定的核算边界内。为确保准确性，建议明确减排量的计算口径与方法。 示例（见图3）： 该示例表明，宜避免对温室气体减排量的重复计算。当反渗透工艺中回收的能量用于补偿反渗透进水泵的运行能耗时，由此减少的反渗透进水泵电力消耗即被视为温室气体减排量。因此，这部分减排量不宜再从核算边界内的排放量中扣除。

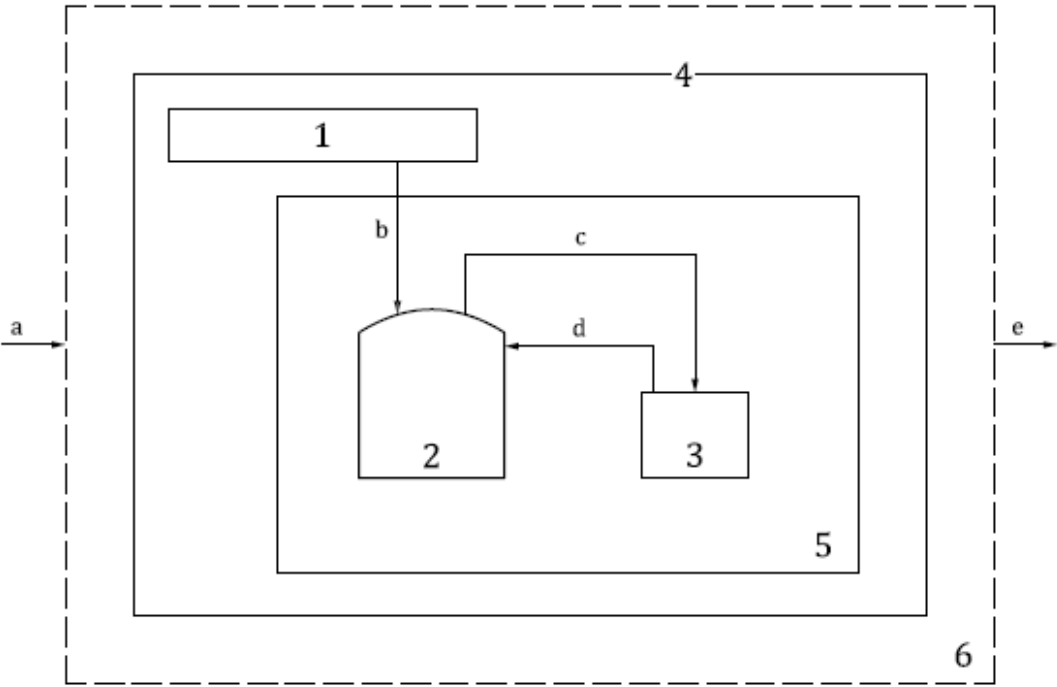
利用情景	温室气体减排量计算的注意事项
废弃物管理系统内资源化利用	计算通过资源化利用而实现的温室气体减排量，取决于为废弃物管理系统设定的核算边界。因此，需要确定减排实现的具体方式和实施地点。两个示例如下所示。 示例（见图4）： 该示例表明，宜避免对温室气体减排量的重复计算。当同一个水再利用项目中所采用的厌氧工艺所产生的沼气被用作加热厌氧消化池的热源时，由此减少的热量消耗即被计为温室气体减排量。因此，这部分减排量不宜再从核算边界内的排放量中扣除。 需注意的是，根据碳中和理念，由生物质来源的甲烷燃烧所产生的二氧化碳不计入减排量计算。 示例（见图5）： 当废弃物管理系统未被纳入评价的核算边界时，其收益被量化为温室气体减排量（$E_{R,CO2eq,每年}$），可从温室气体排放总量中予以扣除。
辅助系统内资源化利用	参照废弃物管理系统的计算原则
其他情形下的资源化利用	资源化利用的效益未在核算边界内的温室气体减排量中体现。因此，该效益可被量化为温室气体减排量（$E_{R,CO2eq,每年}$），并从温室气体排放总量中予以扣除。 示例（见图6）： 当再生水生产过程中回收的能源用于除再生水生产以外的其他业务时，可估算该部分能源所对应的温室气体当量，并从核算边界内的排放量中予以扣除。



- 标引序号说明：
- 1——反渗透进水泵；
 - 2——反渗透膜；
 - 3——核算边界；
 - 4——处理系统；
 - 5——再生水厂；
 - a——污水；
 - b——回收的能源；
 - c——再生水。

注：由于该示例中，回收的能源已在核算边界内被有效利用，且相应的温室气体减排量已在反渗透进水泵环节进行了计算，因此 E_{R,CO_2eq} ，每年不再计入核算。

图3 处理系统内资源化利用示例

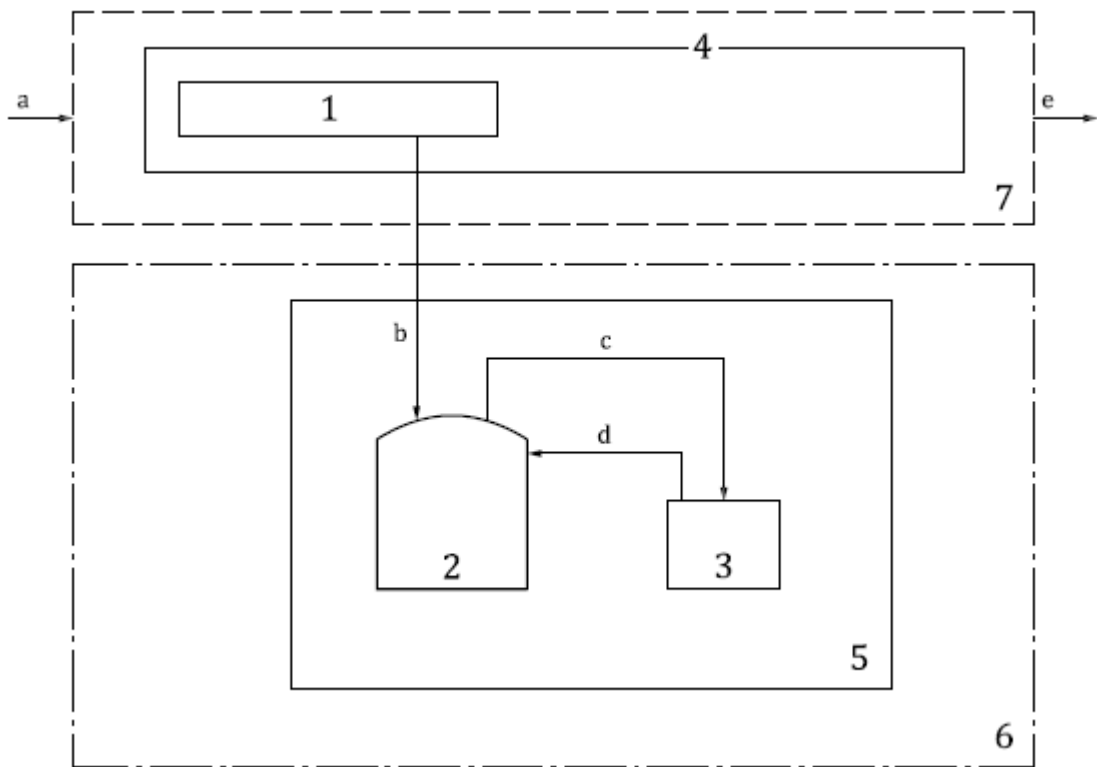


标引序号说明：

- 1——处理系统；
- 2——厌氧消化池；
- 3——锅炉；
- 4——核算边界；
- 5——废弃物管理系统；
- 6——再生水厂；
- a——污水；
- b——污泥；
- c——沼气；
- d——蒸汽；
- e——再生水。

注：由于该示例中，沼气已在核算边界内被有效利用，且相应的温室气体减排量已在废弃物管理系统中进行了计算，因此 E_{R,CO_2eq} ，每年不再计入核算。

图4 废弃物管理系统在核算边界内的资源化利用示例

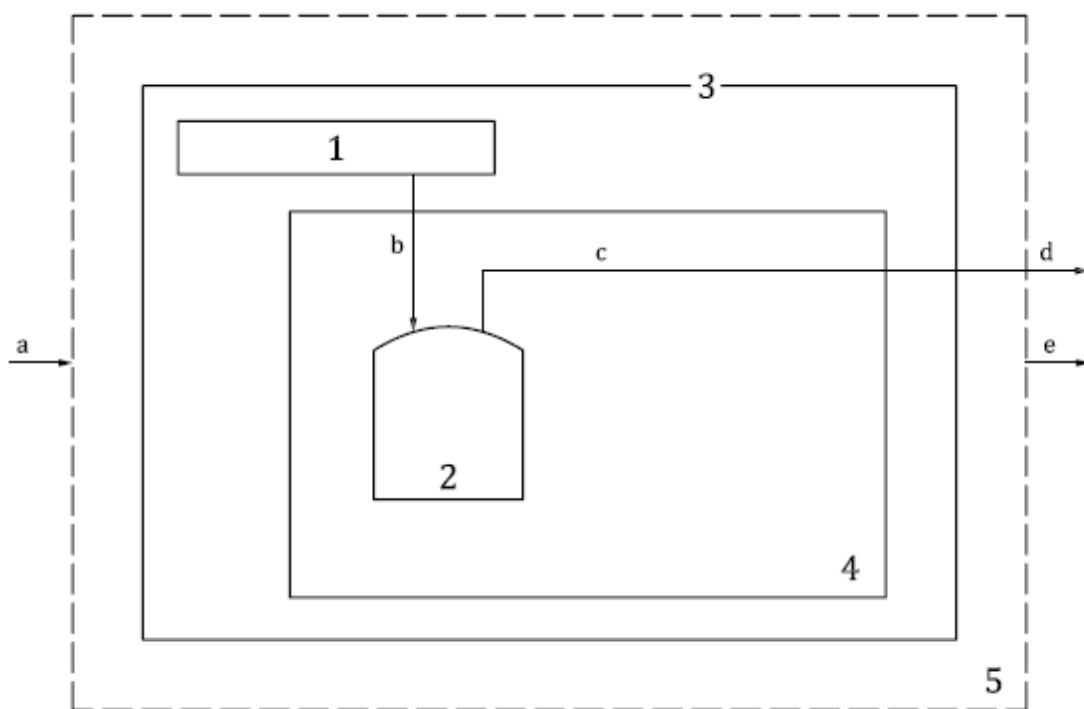


标引序号说明：

- 1——处理系统；
- 2——厌氧消化池；
- 3——锅炉；
- 4——核算边界；
- 5——废弃物管理系统；
- 6——其他厂（例如现有的污水处理厂）；
- 7——再生水厂；
- a——污水；
- b——污泥；
- c——沼气；
- d——蒸气；
- e——再生水。

注：由于该示例中，沼气是在核算边界之外被有效利用，且相应的温室气体减排量未在核算边界内体现，因此 $E_{R,CO2eq}$ ，每年能计入核算。

图5 废弃物管理系统在核算边界外的资源化利用示例



标引序号说明：

1——处理系统；

2——厌氧消化池；

3——核算边界；

4——废弃物管理系统；

5——再生水厂；

a——污水；

b——污泥；

c——沼气；

d——通往其他设施；

e——再生水。

注：由于该示例中，沼气是在核算边界之外被有效利用，且相应的温室气体减排量未在核算边界内体现，因此 E_{R,CO_2eq} ，每年能计入核算。

图6 除上述情形外其他场所的资源化利用示例

7.9 步骤 7：计算温室气体排放总量

每种温室气体（CO₂、CH₄、N₂O）的排放量需分别乘以其对应的全球变暖潜势（见表10），从而确定排放总量。需特别注意的是，若在评价核算边界内实现了资源化利用，在计算该部分减排量与能源消耗减少所致的温室气体减排量时，宜采取谨慎措施避免重复计算。附录B给出了温室气体排放总量计算的工作表示例。

可根据公式（9）计算温室气体排放总量（ $E_{T,CO_2eq, 每年}$ ）：

$$E_{T,CO_2eq, 每年} = (E_{E,CO_2, 每年} + E_{C,CO_2, 每年}) \times K_{GWP,CO_2} + (E_{E,CH_4, 每年} + E_{P,CH_4, 每年} + E_{C,CH_4, 每年}) \times K_{GWP,CH_4} + (E_{E,N_2O, 每年} + E_{P,N_2O, 每年} + E_{C,N_2O, 每年}) \times K_{GWP,N_2O} - E_{R,CO_2, 每年} [t \text{ CO}_2eq / 年] \dots\dots\dots (9)$$

表10 每种温室气体的全球变暖潜势

识别编号 t ^a	指标	全球变暖潜势 K _{GWP,t} ^b
CO ₂	二氧化碳	1
CH ₄	甲烷	27
N ₂ O	一氧化二氮	273
^a 后缀“t”表示CO ₂ 、CH ₄ 和N ₂ O。 ^b 依据《IPCC 第六次评估报告》。		

7.10 步骤 8：计算 CO_{2eq} 排放强度

根据公式（10），使用E_{T,CO_{2eq}} 每年和Q_{每年}，计算CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）：

$$I_{CO_{2eq}} = E_{T,CO_{2eq}, 每年} / Q_{每年} [kg CO_{2eq} / m^3] \dots\dots\dots (10)$$

8 CO_{2eq} 排放强度在处理系统环境绩效评价中的应用

处理系统的环境绩效随CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）的降低而提升。

示例1：

某再生水厂需在规划阶段对多个处理系统的环境绩效进行比较。

当存在两个（X和Y）待定处理系统时，分别计算各系统的CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）并进行比较。例如，“处理系统X的CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）”小于“处理系统Y的CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）”意味着系统X的环境绩效更高。据此，从环保角度考虑，宜优先选择系统X。

为确保评价结果不受排放因子选择的影响，待比较的各处理系统宜采用相同的排放因子进行计算。

示例2：

某再生水厂需为已投入运行的处理系统制定环境绩效基准。

可将该处理系统2016财年的CO_{2eq}排放强度（ICO_{2eq}）作为2017财年实现更环保运行的量化目标。

附 录 A
(资料性)
排放因子示例

表A. 1～表A. 3列出了用于计算温室气体排放的排放因子作为参考。

表A. 1 能源消耗导致的温室气体排放因子

识别编号 t ^a	活动	CO ₂ 排放因子 <i>K_{E,CO2,t}</i>	CH ₄ 排放因子 <i>K_{E,CH4,t}</i>	N ₂ O 排放因子 <i>K_{E,N2O,t}</i>
1	输入 电力	0.5306 ^b kg CO ₂ /MWh	不适用	不适用
^a 后缀“t”表示 1。 ^b 该数值来源于生态环境部发布的 2023 年全国电力平均二氧化碳排放因子（生态环境部，2025）。				

表A. 2 生物处理工艺产生的温室气体排放因子

识别编号 t ^a	活动	CH ₄ 排放因子 <i>K_{P,CH4,t}</i>	N ₂ O 排放因子 <i>K_{P,N2O,t}</i>
1	污水处理 (平均)	0.0083 ^b t CH ₄ /t COD	0.0032 ^b t N ₂ O/t TN
2	污水处理 (AAO 工艺)	0.0077 ^b t CH ₄ /t COD	0.0034 ^b t N ₂ O/t TN
3	污水处理 (氧化沟)	0.0033 ^b t CH ₄ /t COD	0.0023 ^b t N ₂ O/t TN
4	污泥干化焚烧	0.003 ^c t CH ₄ /t ds	0.8 ^c t N ₂ O/t ds
5	污泥好氧发酵	0.48 ^c t CH ₄ /t ds	0.54 ^c t N ₂ O/t ds
^a 后缀“t”表示数字编号 1～5。 ^b 上海市地方标准《污水处理厂温室气体排放核算方法》（征求意见稿）。 ^c 国家标准《温室气体排放核算与报告要求 第 X 部分：生活污水处理企业》（征求意见稿）。			

表A. 3 耗材使用与废弃物产生所导致的温室气体排放因子

识别编号 t ^a	类型		CO ₂ 排放因子 ^b <i>K_{E,CO2,t}</i> (tCO ₂ /t)
1	碳源类	甲醇（天然气制）	0.65
2		甲醇（煤制）	2.9
3		乙酸（98%）	1.92
4		乙酸钠	2.9
5		葡萄糖	1.4

识别编号 t ^a	类型		CO ₂ 排放因子 ^b <i>K</i> _{E,CO2,t} (tCO ₂ /t)
6		淀粉	0.63
7		乙醇（70%）	1.47
8	化学除磷类	氯化铁	2.86
9		硫酸亚铁	0.03
10		硫酸铁（以 Fe ³⁺ 计）	0.23
11		硫酸铝	0.15（8.25%）
12			0.30（17%）
13		聚合氯化铝	1.75
14		脱水类	聚丙烯酰胺
15	消毒类	次氯酸钠（15%）	2.99
16		二氧化氯	9.31
17		液氯	1.08
18		氯酸钠	5.11
19		臭氧	12.88
20		液氧	1.07
21		氧气	0.32
22		双氧水	1.14
23		高锰酸钾	1.73
24		其他消毒剂	1.4
25	其他	活性炭	3.33
26		石英砂	1.6
27		微砂	0.12
28		硅胶	1.6
29		磁粉	0.0081
30		聚碳酸酯	1.37
31		柠檬酸	8.17
32		盐酸	0.8
33		氢氧化钠（50%）	0.46
34		碳酸氢钠	1.13
35		碳酸钠	1.88
36		生石灰	1.18

识别编号 t ^a	类型		CO ₂ 排放因子 ^b K _{E,CO₂,t} (tCO ₂ /t)
37		硫酸	0.182
38		磷酸	1.45
39		磷酸氢二铵	0.018
40		钠石灰	1.6
41		硫酸镁	0.3
42		硫酸钙	0.44
43		亚硫酸氢钠	1.6
44		乙二胺四乙酸四钠	4.32
45		十二烷基苯磺酸钠	1.6
46		氯化铵	1.56
47		阻垢剂	1.6
48		碳酸铁	0.38
49		碳酸钾	0.318
50		尿素	2.51
^a 后缀“t”表示数字编号 1~50。			
^b 上海市地方标准《污水处理厂温室气体排放核算方法》（征求意见稿）。			

附 录 B
(资料性)

用于计算温室气体排放总量的工作表示例

表B. 1给出了用于计算温室气体排放总量的工作表示例。

表B. 1 用于计算温室气体排放总量的工作表示例

	温室气体排放基准			CO ₂ 当量排放量 (对于每种气体)			排放量
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 换算值
	t CO ₂ /年	t CH ₄ /年	t N ₂ O/年	t CO ₂ /年	t CO _{2eq} /年	t CO _{2eq} /年	t CO _{2eq} /年
能源消耗产生的排放量 (见7.5)							
生物处理工艺产生的排放量 (见7.6)							
耗材使用和废弃物产生所导致的排放量 (见7.7)							
通过再生水生产实现资源化利用而减少的排放量 (见7.8)							
温室气体排放 总量 (见 7.9)							

参 考 文 献

- [1] ISO 14064-1 Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
- [2] ISO/TR 14069:2013 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations — Guidance for the application of ISO 14064-1
- [3] IPCC 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- [4] GB/T 32151.XX—2025 温室气体排放核算与报告要求 第X 部分：生活污水处理企业（征求意见稿）。
- [5] 生态环境部 2025. 2023年全国电力平均二氧化碳排放因子.
- [6] 中国环境保护产业协会. T/CAEPI49 污水处理厂低碳运行评价技术规范.
- [7] 哈尔滨工业大学、龙江环保集团股份有限公司. 城镇污水处理厂碳减排评估标准.
- [8] 中国城镇供水排水协会. 城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2022.
- [9] 中国环境科学研究院、环境保护部环境与经济政策研究中心. 城镇污水处理厂污染物去除量协同控制温室气体核算技术指南（试行）。
- [10] 上海市地方标准. 污水处理厂温室气体排放核算方法（征求意见稿）
-

《水再利用系统处理技术绩效评价指南—第 2 部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法》（征求意见稿）编制说明

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

（一）编写目的及任务来源

水再利用是缓解水资源短缺、保护生态环境的重要途径，再生水处理系统在运行过程中产生的温室气体排放，是全球气候变化背景下水环境领域环境绩效评价的核心关注点之一。当前国际社会对于水再利用系统处理技术绩效评价的环境相关指标尚未形成统一标准，不同地区存在评价口径不一、结果不可比等问题，亟需通过国际统一规范实现评价方法的实施便利性。

ISO 20468-2 国际标准作为水再利用系统处理技术绩效评价的系列标准之一，聚焦处理系统运行阶段的温室气体排放，提出了以吨水 CO₂eq 排放强度为核心的评价指标和标准化计算方法，填补了水再利用领域温室气体排放绩效评价方面的标准空白。该标准基于成熟的温室气体核算国际标准体系，方法简明通用，无需调整现有系统工艺，对推动环境友好型再生水处理系统建设、实现水再利用行业的低碳可持续发展具有重要意义。

我国水资源供需矛盾突出，水再利用产业发展迅速。水再利用是推动温室气体减排的重要领域。2023 年 12 月发改委、住建部和生态环境部联合发布了《关于推进污水处理减污降碳协同增

效的实施意见》，提出协同推进污水处理全过程污染物削减与温室气体减排，开展源头节水增效、处理过程节能降碳、污水污泥资源化利用，全面提高污水处理综合效能，提升环境基础设施建设水平，推进城乡人居环境整治，助力实现碳达峰碳中和目标，加快美丽中国建设。但我国现有标准主要针对城镇污水处理的碳排放核算和评价，尚未涉及水再利用领域温室气体排放监测、核算和评价方面。目前针对再生水处理系统温室气体排放的绩效评价缺乏统一的国家标准支撑，行业发展面临评价方法不统一、低碳改造方向不明确等问题。为保持与国际水再利用领域低碳评价研究同步，满足我国再生水行业企业、监管部门、设计单位等对标准化评价方法的需求，及时将 ISO 20468-2 转化为国家标准，能够完善我国水再利用标准化体系，为再生水处理系统的规划、设计、运行和改造提供科学的环境绩效评价依据，助力我国“双碳”目标在水资源领域的落地实施。

本标准由全国节水标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口，由清华大学等单位负责组织相关专家共同转化起草。

标准立项信息如下：

项目编号：20256307-T-469

项目名称：水再利用系统处理技术绩效评价指南—第 2 部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法

制、修订：制定

主管部门：国家标准委

归口单位：全国节水标准化技术委员会（SAC/TC618）

起草单位：清华大学等。

（二）水再利用领域温室气体排放绩效评价现状

1. 温室气体排放绩效评价现状

实现碳达峰、碳中和是我国推动经济社会全面绿色转型、应对全球气候变化的重大国家战略。《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》《国家标准化发展纲要》明确要求加快完善重点行业碳排放核算、绩效评价类标准，构建覆盖全链条、全场景的碳标准体系，支撑统一规范的碳排放统计核算体系落地实施。

水再利用是落实节水、减污降碳协同增效要求的核心路径。

《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》文件原文明确：当前，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、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。污水处理既是深入打好污染防治攻坚战的重要抓手，也是推动温室气体减排的重要领域。做好再生水利用系列标准制修订工作。研究制定城镇污水处理碳排放统计核算、监测计量等相关标准。

当前我国城镇再生水设施建设运行规模持续扩大，水再利用全流程包含预处理、深度处理、消毒、输配、分质再利用等单元，运行阶段产生甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）直接温室气体排

放；电力、热力、水处理药剂消耗产生二氧化碳（CO₂）间接排放；同时再生水替代新鲜水开采、自来水制水环节可形成显著碳减排效益，是水务行业减污降碳协同管控关键环节。

现行标准体系缺少专门面向水再利用场景的温室气体排放绩效评价统一技术规范。现有碳排放核算、低碳绩效评价文件适用边界多限于污水二级生化处理单元，未覆盖再生深度处理、再生水输配、分质再利用等水再利用特有工艺环节，无法实现不同工艺、规模、类型再生水设施碳排放绩效横向对标、分级评价与低碳管理，难以支撑《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》提出的再生水标准化建设、行业降碳绩效评价落地实施。

2.温室气体排放绩效评价国内外标准体系现状

当前国内外水再利用主流处理工艺包含天然生态处理系统（人工湿地、氧化塘等）、多级厌氧/缺氧/好氧生化工艺、混凝沉淀过滤、膜分离处理（微滤、超滤、纳滤、反渗透）、消毒单元（紫外线、臭氧、次氯酸盐）、深度处理单元（活性炭吸附、离子交换、高级氧化）等。上述各类工艺运行全过程均存在直接、间接温室气体排放，不同工艺、规模、布局水再利用系统碳排放强度差异显著，亟需统一的温室气体排放绩效评价方法实现横向对标、分级管控。

国际层面，世界卫生组织（WHO）2017 年发布《再生水饮

用回用：安全饮用水生产指南》，仅聚焦再生水水质健康风险管控，未涉及温室气体排放相关评价内容；美国 2012 年发布《污水再生利用指南》、欧盟 2018 年出台《再生水农业灌溉和地下水回灌最低水质要求法规》，均以水质指标管控为核心，仅附带简易碳排放核算附表，未建立标准化绩效评价指标体系；欧盟针对小规模分散式场景单独发布《分散式水回用系统-雨水利用》《分散式水回用系统-灰水利用》技术指南，仅规范分散施工工艺、管网设计、运维管理，未覆盖温室气体绩效评价模块。

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）2019 年修订发布《国家温室气体清单指南》，废弃物处置章节统一规定生活污水、工业废水、灰水、化粪池处理过程甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）基础核算方法与全球缺省排放因子，是全球污水及再生水设施温室气体量化底层通用技术依据，但仅服务国家宏观清单编制，未针对再生深度处理、水再利用环节细化核算规则，无设施层面绩效评价、分级判定相关内容。

国际标准化组织 ISO 于 2019 年发布 ISO 20468-2:2019《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 2 部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法》国际标准，为全球唯一专门针对全类型水再利用系统的温室气体绩效评价专项国际标准。文件统一划定水再利用系统运行阶段核算边界、全排放源识别框架，确定单位再生水产水量 CO₂eq 排放强度为核心绩效指标，规范

排放强度计算、多工艺绩效横向对比、分级判定完整流程，适用于污水再生设施。但该国际标准排放因子、能源基准、再利用减排测算数据基于日本、欧美等文献报告，未适配我国电网排放因子、污水再生处理系统、水处理药剂等情形，无法直接作为国内统一评价依据。目前国内缺少配套国家标准，行业监管、工程设计、低碳评价缺少统一技术依据，制约水再利用领域双碳工作推进。亟需转化 ISO 20468-2 为国家标准，补齐再生水低碳评价标准短板，为再生水系统规划、设计、运维、改造提供统一环境绩效评价依据，助力城镇水回用领域落实双碳战略。

总体来看，国际发达国家及国际标准化机构已搭建污水、再生水温室气体核算基础方法框架，针对集中、分散式再生水出台配套技术管理文件，但目前全球范围内尚缺少兼顾设施运行碳排放、再生水替代新鲜水资源碳减排双重维度、适配多场景水再利用系统的统一温室气体排放绩效评价通用标准。

为落实碳达峰碳中和、污水处理减污降碳协同增效政策要求，规范各类温室气体量化与低碳管理，我国已陆续发布多项通用碳排放标准、指南等规范性文件。如表 1 所示。

表 1 碳排放相关标准

标准编号	标准名称
GB/T 46725—2025	协同降碳绩效评价 城镇污水处理
GB/T 32150—2025	工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 44915—2024	基于项目的温室气体减排量评估技术规范 废气废水处理及废渣回收

GB/T 32151.XX	温室气体排放核算与报告要求 第 X 部分：生活污水处理企业（征求意见稿）
DB21/T 4162—2025	城镇污水处理厂低碳运行技术规程
DB62/T 4913.1— 2024	温室气体排放核算方法与报告指南 第 1 部分：污水处理厂
T/CI 1038—2025	污水处理技术碳中和评价导则
T/GDBX 104—2025	城镇污水处理厂 AAO 工艺温室气体排放通量监测及排放量核算指南
T/TJEIA 003—2024	城镇污水处理厂碳排放核算技术规程
T/CUWA 50055— 2023	城镇污水处理厂碳减排评估标准
T/CABEE 040—2022	城镇污水处理和污泥处理处置工程碳排放计算标准
T/CAEPI 49—2022	污水处理厂低碳运行评价技术规范

现有国家标准、地方标准及团体标准仅聚焦城镇污水处理环节，未覆盖再生深度处理、再生水输配再利用，缺少兼顾设施碳排放与再生水替代减排的统一绩效评价体系，各类文件核算、评价口径不统一，难以支撑全场景水再利用设施低碳对标与分级管理，亟需制定本国家标准补齐体系短板。

（三）标准编制过程

1.预研阶段

2025 年 9 月-12 月，清华大学、中国标准化研究院等单位通过资料梳理分析、调研等方式开展相关研究论证，成立编制组，按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）和《标准化工作导则 第 2 部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》（GB/T 1.2-2020）要

求，起草标准草案，并开展标准立项准备工作。

2.立项阶段

2025 年 12 月，国家标准化管理委员会标准项目立项申请通过。

3.标准起草阶段

2026 年 5 月 12 日，清华大学联合中国标准化研究院在北京召开了编制组成立会议暨第一次工作会议。

2026 年 5 月 19 日，以线上形式召开标准专家咨询会，编制组成员代表、全国水再利用标准化技术委员会

（SAC/TC618）专家和再生水、市政给排水、标准化等领域相关专家参加，针对标准条款和核心技术内容讨论。

2026 年 3 月至 2026 年 6 月，编制组结合前期调研情况和专家意见，完成标准初稿修改编制工作。

（四）主要起草人员、起草单位及其所做的工作

标准主要起草人：陈卓、胡洪营、陈东旭、李伏京、刘佳琳、巫寅虎、孙丽娟、铁拓、白海龙、王连峰、吴乾元、王文龙、白雪、郝姝然、刘超翔、徐傲、李伟、刘牡、薛晓飞、徐伟杰、张俊、张志渊、刘丽君、李爽、李群、王晗青、高世雄、周学礼、董程、马世斌

主要起草单位：清华苏州环境创新研究院、清华大学、中铁建发展集团有限公司、北京首创生态环保集团股份有限公司、中

国标准化研究院、北控水务（中国）投资有限公司、上海世浦泰膜科技有限公司、中国建筑发展有限公司、北京恩菲环保股份有限公司、长江生态环保集团有限公司、北京城市排水集团有限责任公司、福州大学、清华大学深圳国际研究生院、江西省质量和标准化研究院、福建省融旗建设工程有限公司

本标准各主要起草单位立足自身专业领域与业务优势，各司其职、协同配合、聚力推进，共同完成标准编制全流程各项工作任务，各单位具体工作如表 2 所示。

表 2 参编单位具体工作分工

序号	起草单位	单位类型	核心职责
1	清华苏州环境创新研究院	科研机构	1. 统筹协调起草组各项工作，制定起草工作计划，组织召开起草工作会议；2. 牵头完成标准总体框架搭建、国际标准内容转化及全文整合；3. 统筹全流程标准转化，包括标准文本翻译、校对审核与报批材料整合；4. 负责意见征集、汇总处理及标准修改完善工作；5. 牵头编制标准编制说明、意见汇总处理表等相关材料；6. 对接主管单位、技术委员会，汇报工作进展，协调解决起草过程中的重大问题；7. 负责标准报批相关材料的整理、报送工作。
2	清华大学	科研机构	1. 负责国际标准内容转化工作；2. 负责标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化，确保中文版本与国际标准原文含义一致；3. 统筹温室气体排放核算相关术语的中文译法审定工作；4. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
3	中铁建发展集团有限公司	企业	1. 协助开展国际标准内容转化工作；2. 负责国内外相关政策、法规、强制性文件收集与比对，重点梳理国内外关于水处理

序号	起草单位	单位类型	核心职责
			系统温室气体排放的法规要求；3. 参与标准技术指标的适用性分析工作。
4	北京首创生态环保集团股份有限公司	企业	1. 协助牵头单位开展标准总体框架搭建及国际标准内容转化；2. 负责国内同类国家标准、行业标准、地方标准梳理，确保本标准与现有标准体系协调一致；3. 负责标准术语、定义及标准化格式规范的审核与把关；4. 参与意见征集、汇总处理及标准修改完善工作。
5	中国标准化研究院	科研机构	1. 提供基础设施建设工程领域相关资料，参与国际标准转化过程中的工程适用性分析工作；2. 负责编制说明整理、立项材料收集与整理；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
6	北控水务（中国）投资有限公司	企业	1. 参与国际标准转化过程中的适用性分析工作；2. 负责核心技术内容（核算方法、计算公式、流程）解析，确保国际标准中的技术方法可在我国应用场景下落地；3. 参与标准技术指标的论证工作。
7	上海世浦泰膜科技有限公司	企业	1. 提供膜处理技术领域的温室气体排放相关资料，参与国际标准转化过程中的技术论证工作；2. 负责内容校对、按 GB/T 1.1 要求对标准文本结构、格式、体例进行调整，确保标准编写规范性；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
8	中国建筑发展有限公司	企业	1. 参与国际标准转化过程中的适用性分析工作；2. 负责标准征求意见稿编制及意见汇总处理；3. 参与标准技术指标的论证工作；4. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
9	北京恩菲环保股份有限公司	企业	1. 参与国际标准转化过程中的技术论证工作；2. 负责关键技术方法（如温室气体核算、计算模型）国内外对比分析；3. 参与标准技术指标的论证工作。
10	长江生态环保集团有限公司	企业	1. 提供市政水处理工程领域的温室气体排放核算资料，参与国际标准转化过程中

序号	起草单位	单位类型	核心职责
			的技术论证工作；2. 负责标准技术适用性、可行性、可操作性论证，确保本标准可在国内工程设计实践中应用；3. 参与标准技术指标的论证工作。
11	北京城市排水集团有限责任公司	企业	1. 提供城市排水与再生水设施运营过程中的温室气体排放数据及实践资料，参与国际标准转化过程中的适用性分析工作；2. 负责编制说明、立项材料、支撑附件撰写与完善；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
12	福州大学	科研机构	1. 参与国际标准转化过程中的工程适用性分析工作；2. 参与标准技术适用性、可行性的论证工作；3. 配合牵头单位完成标准报批相关工作。
13	清华大学深圳国际研究生院	科研机构	1. 提供再生水系统温室气体排放核算相关资料，参与国际标准转化过程中的工程适用性分析工作；2. 参与标准技术适用性、可行性的论证工作；3. 配合牵头单位完成标准报批相关工作。
14	江西省质量和标准化研究院	科研机构	1. 协助编制标准编制说明、意见汇总处理表等材料；2. 配合牵头单位完成标准报批相关工作。
15	福建省融旗建设工程有限公司	企业	1. 协助编制说明、立项材料、支撑附件撰写与完善；2. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）国家标准编制依据与原则

依据：主要依据《关于推进污水资源化利用的指导意见》《节约用水条例》《水污染防治行动计划》《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》《国家节水行动方案》《城镇节水

工作指南》《关于将非常规水源纳入水资源统一配置的指导意见》《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》《减污降碳协同增效实施方案》《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》等制度文件。

原则：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》和 GB/T 1.2-2020《标准化工作导则 第2部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的规定起草。本标准应具有科学性、先进性、系统性和可行性，同时标准要具有普适性、操作性、规范性。

（二）调研分析

为科学转化 ISO 20468-2:2019 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 2: Methodology to evaluate performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions，符合我国水再利用系统温室气体排放绩效评价。编制组针对我国水再利用系统温室气体排放绩效评价实际应用情况进行调研梳理。

具体调研内容整理如下：

污水处理和水再利用领域是温室气体排放的重要来源之一，尤其是 CH₄ 排放，如表 3 所示。尽管 N₂O 排放量逐年增加，但其在总排放中的占比变化不大，整体保持在较低水平。

根据《中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告》《温室气体排放核算与报告要求 第 X 部分：生活污水处理企业》国家标准（征求意见稿）以及相关数据，污水处理和水再利用领域在中国温室气体总排放中的占比相对较低，但 CH₄ 和 N₂O 的排放量在过去十几年间呈现缓慢的增长趋势。在应对气候变化的过程中，需要关注污水处理和水再利用领域的温室气体排放，并采取有效措施加以控制，以减少其对整体排放的贡献。

表 3 污水处理领域温室气体排放清单（万吨）

年份	CH ₄			N ₂ O		
	总排放量	污水处理领域排放量	污水处理领域占比	总排放量	污水处理领域排放量	污水处理领域占比
2005	4683.1	175.0	3.7%	144	8.9	6.2%
2020	5902.8	228.0	3.8%	197.9	8.8	4.4%
2021	5953.5	229.7	3.9%	210.2	8.8	4.2%

注：表格数据来自《中华人民共和国气候变化第一次双年透明度报告》

（三）主要内容说明

1.范围

本文件给出了以温室气体（GHG）排放为基准的水再利用系统处理技术绩效评价指南，适用于再生水处理设施开展运行阶段温室气体排放绩效核算、评价与分级工作。

本文件涵盖了温室气体排放量估算方法、温室气体种类与排放源界定、各类温室气体排放因子确定以及全球变暖潜势计算等核心内容。评价中所采用的温室气体权重数据，等同于水再利用系统在运行阶段产生的实际排放量。

本文件定义了二氧化碳当量（CO₂eq）排放强度的计算方法，即生产单位再生水（吨水）的温室气体排放量，并给出了基于该指标的处理技术绩效评价方法；同时纳入再生水替代新鲜水资源产生的碳减排效益核算规则，形成完整的水再利用系统综合温室气体绩效评价逻辑。

2.规范性引用文件

本文件引用了多领域核心标准，构建了完整的技术支撑体系：引用了术语类标准 ISO 20670: 2023 水再生利用 术语（Water reuse — Vocabulary）确保关键概念在行业内认知统一，避免歧义。

3.术语和定义

条文 3.1 术语和定义

条文 3.1.1 活动数据（activity data）

术语定义直接沿用 ISO 14064-1 通用表述，定义为导致温室气体排放或减排的活动的量化指标，贴合温室气体核算领域通用译法。

条文 3.1.2 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法（anaerobic-anoxic-

oxic activated process)

为水再利用主流生化处理工艺专属术语,明确工艺核心构型特征,适配各类再生水处理设施场景,作为本标准排放源识别、绩效对比的典型工艺对象。

条文 3.1.3 二氧化碳当量 (carbon dioxide equivalent)

定义采用 IPCC 2019 国家温室气体清单指南统一换算逻辑,为国际通用标准译法,明确其为将温室气体排放量或减排量按气候变化影响等值换算为在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

条文 3.1.4 二氧化碳当量 (CO₂eq) 排放强度 (carbon dioxide equivalent (CO₂eq) emission intensity)

并明确具体内涵为“生产单位再生水 (吨水) 的温室气体排放量”,贴合水再利用行业场景。

条文 3.1.5 排放因子 (emission factor)

基础核算通用术语,定义与 IPCC 2019、ISO 14064-1 保持一致。

条文 3.1.6 环境绩效 (environmental performance)

与 ISO 14000 系列标准保持一致。

条文 3.1.7 温室气体 (greenhouse gas; GHG)

并明确本标准中温室气体特指二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。

条文 3.2 缩略语

本节汇总标准全文高频使用缩略语，同步标注中英文全称，统一全文缩写表述，减少文字重复，提升标准可读性。

其中 AAO 法、ds 为水处理行业通用缩写，CO₂、CO_{2eq}、CH₄、N₂O、GHG、GWP 为碳排放核算通用标准化缩写，与 ISO、IPCC、国内碳排放相关国标、团标缩写规则完全统一，便于第三方评价机构、运营单位、监管人员统一识别使用。

4. 符号

本章节统一规范标准全文计算过程中全部数学符号、对应计量单位与文字释义，以表格形式集中罗列，便于快速查阅、统一计算公式书写规范，避免不同评价主体符号定义不统一造成核算结果偏差。文件明确所有计算采用符号统一见表 1，完整覆盖排放总量、分项排放量、减排量、排放强度、产水量、活动数据、各类排放因子、全球变暖潜势全部计算要素。

全部符号命名规则遵循“排放源类别-温室气体种类-统计周期”的统一编码逻辑，行业碳排放核算、水处理相关标准符号命名习惯保持协调；单位严格区分实物量单位、二氧化碳当量单位，避免量纲混淆；所有符号释义与后文计算公式、术语定义一一对应。

5. 原则

条文 5.1 总则

本条文作为本章统领性条款，明确本章全部原则的适用边界，仅约束以二氧化碳当量排放强度为核心指标开展水再利用处理系统绩效评价的全部工作环节，划定原则适用场景，避免跨场景不当套用。

条文 5.2 相关性

本条文要求精准识别系统内所有产生、消减温室气体的生产活动并完成量化，避免漏算、无关活动纳入核算，保障核算边界贴合设施实际运行工况，保证评价结果与设施真实碳排绩效直接相关。

条文 5.3 完整性

本条文在通用碳核算完整性要求基础上，叠加水再利用行业水质安全管控要求。常规碳排放标准仅要求温室气体排放核算边界完整，本标准考虑水再利用具备环境安全底线约束，明确核算温室气体排放量的同时，不能降低再生水水质、噪声、振动等常规环保指标管控标准，兼顾减污与降碳协同评价，契合《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》政策导向。

条文 5.4 一致性

本条文服务跨年度纵向对比、同类型设施横向对标管理需求。一是要求同一再生水厂长期固定核算、评价方法，连续多年评价保持参数选取、边界划分、计算公式统一，实现自身逐年绩效变化可比；二是统一全行业通用评价逻辑，不同再生水设施采用同

一套评价框架，支撑行业低碳分级、标杆筛选、第三方统一核查。

条文 5.5 准确性

本条文针对核算数据、计算参数的质量管控提出约束。要求活动数据、排放因子、监测数值采集全过程减少人为偏差与系统不确定性，降低评价结果误差。

条文 5.6 透明性

本条文规定二氧化碳当量排放强度全部计算过程、关键输入参数（排放因子、设备运行效率、药剂消耗量等）均完整留存台账记录，形成可追溯、可复核、可对外核查的完整资料链。

6.核算边界

条文 6.1 概述

本条文为核算边界总体统领条款，明确边界划定的双重核心目标：一是满足项目个性化评价需求，二是保障不同再生水处理系统评价结果横向可比。条款明确基准核算边界覆盖污水至再生水全处理流程及厂区配套设施，统一以标准附图 1 作为通用边界参考范例，为无特殊约定项目提供统一划定依据。

为消除取水、再生水外输管网距离对排放强度指标的干扰，本条文将核算边界严格限定于再生水厂厂区内，在处理设施与再生水外送交付节点设置清晰分界。同时设置弹性条款，允许根据项目评价需求将污泥处理系统等关联设施纳入边界。

条文 6.2 处理系统

本条文界定本标准核心核算主体范围，明确处理系统定义为厂区内原水转化为再生水的全部工艺组合，覆盖物理、生物、化学各类再生水处理单元，不限制工艺种类与排布顺序，适配氧化塘、AAO、膜处理、高级氧化等各类水再利用工艺场景。

本条文指出所有再生水处理主体工艺必须纳入核算边界，是温室气体直接排放、药剂与能源消耗间接排放的核心来源，保障排放强度指标能够真实反映水处理核心环节碳绩效水平；附图 1 中 A、B、C 工艺模块采用可替换设计，适配不同项目工艺组合，提升标准通用性。

条文 6.3 废弃物管理系统

本条文针对再生水处理副产物污水、污泥配套处置设施边界作出差异化规定。废弃物管理系统包含污水处理设施、污泥处理设施，以及委托外部第三方厂站处置两种情形，允许评价方根据项目评价目标自主选择是否将该系统温室气体排放纳入核算边界。本条款设置前置要求：无论是否纳入边界，均需在评价报告中清晰标注废弃物处置系统排放是否参与核算，避免不同项目污泥处置边界口径不一致造成绩效指标失去对比性。

条文 6.4 辅助系统

本条文划分辅助系统定义，将不属于主处理、废弃物处置系统但直接服务再生水生产的设施纳入可选核算范围，例如异味控制系统，匹配再生水厂除臭工艺能耗、药剂消耗产生的温室气体

排放核算需求。

同时明确排除性边界规则：厂区照明、空调等与再生水生产无直接工艺关联的用电消耗，原则上不纳入绩效评价核算范围。避免厂区办公配套能耗影响工艺本身减排成效，保障评价指标精准对标水处理技术本身。

7. 计算

条文 7.1 计算程序

本条文提出 8 步标准化计算流程，流程图 2 直观展示先后逻辑，每一步均对应后续独立条文，形成闭环计算链条。流程设计遵循“先定核算边界、再计算年产量、分项核算各类排放、单独核算资源化减排、计算总当量、最终计算排放强度”的逻辑。全流程同时覆盖设施自身温室气体排放与再生水资源化带来的减排效益，区别于仅核算排放的常规污水碳核算文件，完整体现水再利用减污降碳协同特征。

条文 7.2 步骤 1：确立核算边界

本条文明确所有排放量、减排量计算严格限定在划定边界内。通过表 2 将全部核算内容划分为能源间接排放、生物工艺直接排放、耗材废弃物间接排放、再生水资源化减排四大类，列明每一类对应的温室气体种类、典型排放源、对应计算条款。

本条同步标注各类排放与 ISO 14064-1 温室气体分类体系对应关系：能源消耗归为能耗间接排放、生物处理产 $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ 归

为工艺直接排放、药剂耗材归为其他间接排放，实现本标准与国际通用碳排放核算体系术语、分类逻辑互通。同时重申仅纳入与再生水处理直接相关排放源，剔除办公楼等无关设施。

条文 7.3 步骤 2：计算再生水的年产量

本条文定义核心分母参数，明确核算对象为达标可利用再生水量，而非进水污水总量，该设定是保障排放强度指标横向可比的关键。统一以合格再生水产水量为基准，可客观评价不同处理工艺的低碳性能。

本条文区分两类项目阶段数据取值规则：规划设计阶段采用设计再生水产水量，已投运设施采用流量计实测累计水量，兼顾新建项目方案比选与在运设施年度绩效评价双重应用场景；统一规定计量单位为千吨再生水/年。

条文 7.4 计算步骤 3~步骤 6 温室气体排放量的方法概述

本条文统一通用核算逻辑，确定基础计算模型“温室气体排放量=活动数据×排放因子”，作为能源、生物工艺、耗材废弃物三类排放统一计算公式。

条文 7.4.1 明确两步计算逻辑：先分项计算各类温室气体实物量，再通过全球变暖潜势统一计算二氧化碳当量。

条文 7.4.2 规范活动数据选取规则，配套标准化表格汇总典型活动，允许根据项目实际增删条目；说明活动数据以进水水量为统计基准、而绩效强度以再生水产水量为基准的底层逻辑，解

释两类统计口径差异的合理性，消除计算口径混淆问题。

条文 7.4.3 放开排放因子来源限制，不设置强制优先级，附录 A 提供参考因子同时允许采用 IPCC 指南、区域地方指南、设备厂商实测数据，适配全国不同地域、不同工艺设施差异化核算需求；设置横向对比约束条件：同一项目两套工艺对比时必须采用完全相同排放因子，保障对比结果精准。

条文 7.5 步骤 3：计算能源消耗产生的温室气体排放量

条文 7.5.1 区分规划阶段设计能耗、运行阶段仪表实测能耗两类数据来源，统一采用表 3 标准化归集各类能源活动数据，预留多类能源扩展编号，适配电力、燃料等多种能源类型；若无常规计量条件时，需说明能耗测算方法。

条文 7.5.2 配套公式（1）（2）（3）分别核算能源消耗 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 实物排放量，配套表 4 统一归集各类能源对应排放因子，区分电力仅核算 CO_2 、自备燃料同步核算三类温室气体。

条文 7.6 步骤 4：计算生物处理工艺产生的温室气体排放量

本条文针对污水生物处理、污水污泥填埋、污泥堆肥等工艺直接排放 CH_4 、 N_2O 制定计算规则，贴合 IPCC 2019 污水清单核算方法。

条文 7.6.1 通过表 5 归集污水生物处理、污泥处置活动数据，无生化工艺的设施可直接跳过本步骤；允许依据 IPCC 指南调整核算口径，适配精细化测算需求。

条文 7.6.2 采用公式 (4) (5) 核算 CH_4 、 N_2O 实物排放量，明确生物源 CO_2 遵循碳中和理念不予统计，与 IPCC 评估报告规则保持一致；考虑污泥降解动态监测难度大，简化采用污泥总产量作为活动数据，兼顾核算科学性与工程实操可行性；配套表 6 对应各类生物工艺专属排放因子。

条文 7.7 步骤 5：计算耗材使用和废弃物产生所导致的温室气体排放量

条文 7.7.1 通过表 7 归集耗材消耗量，明确膜组件长周期耗材按更换周期分摊年消耗量；设置重复计算剔除规则，已在 7.6 统计的污泥废弃物不再重复计入，保障核算边界不重叠、不重复，落实完整性原则。

条文 7.7.2 通过公式 (6) (7) (8) 核算耗材对应三类温室气体排放量，配套表 8 归集耗材排放因子；水处理化学药剂、滤料、膜组件仅核算上游生产 CO_2 排放，与国内现有碳排放核算文件口径统一。

条文 7.8 步骤 6：计算通过再生水生产实现资源化利用而减少的温室气体排放量

本条文专门量化再生水、污泥、沼气回收带来的碳减排效益，完整反映水再利用资源化减碳价值。

按照资源化发生位置分为处理系统内、废弃物系统内、辅助系统、边界外其他场景四大类，配套图 3~图 6 示意图，核心规

避重复计算问题：若回收能源在核算边界内部抵消自身能耗，减排效益已体现在能源消耗核算中，不再重复扣减总排放；若资源化利用发生在核算边界外部，减排效益单独核算并从总排放中扣除。同步明确生物质沼气燃烧生成 CO_2 不计入减排量，遵循 IPCC 碳中和基础理念。

条文 7.9 步骤 7：计算温室气体排放总量

本条规定多类型温室气体统一折算 CO_2 当量的计算规则，采用 IPCC 评估报告 GWP 取值（ $\text{CO}_2=1$ 、 $\text{CH}_4=27$ 、 $\text{N}_2\text{O}=273$ ），配套表 10 固定参数，消除不同项目 GWP 取值不一致造成的对比偏差。

条文 7.10 步骤 8：计算 CO_2eq 排放强度

本条给出本标准核心绩效指标计算公式（10），以年度净总 CO_2 当量排放量除以年度合格再生水产水量，得到单位再生水碳排放强度 CO_2eq ，计量单位 $\text{kg CO}_2\text{eq}/\text{m}^3$ 。

该指标统一不同规模、不同工艺、不同类型水再利用设施横向对标基准，实现低碳分级、方案比选、年度绩效考核量化判定，是本标准开展温室气体排放绩效评价的核心量化依据。

8. CO_2eq 排放强度在处理系统环境绩效评价中的应用

本条文明确核心评价指标的判定逻辑与两类典型工程应用场景，解决行业缺少统一碳绩效判定规则、工艺比选与年度低碳目标无标准化依据的问题，配套两类具象工程示例覆盖项目前期

规划、设施后期运维全生命周期评价需求。

示例 1 规划阶段多工艺方案横向比选

本示例针对新建、改扩建再生水厂规划设计阶段工艺选型场景设置，是标准核心应用场景之一。项目前期通常存在两套及以上备选再生水处理工艺，通过统一核算各方案。数值，直接量化对比不同工艺低碳性能，作为工艺方案环保层面取舍依据，支撑减污降碳协同规划落地。

示例 2 在运设施年度低碳绩效基准设定

本示例针对已投产运行再生水厂常态化低碳管控场景，面向企业年度碳目标考核、行业低碳对标工作。条款规定可选取历史完整运行年度（示例以 2016 年）。

测算值作为后续年度（2017 财年及以后）绩效基准值，逐年以更低排放强度作为优化目标，形成逐年递进的低碳管控机制。

附录 A（资料性）排放因子示例

本附录为资料性附录，不具备强制约束力，提供成套、可直接套用的排放因子参考数值。7.4.3 明确允许项目采用 IPCC 指南、地方技术文件、厂商实测数据等多渠道排放因子。

附录按照标准第 7 章三大排放核算模块拆分设置表 A.1、表 A.2、表 A.3，表格结构、编号规则、符号体系与正文第 7 章表 3～表 8 完全对应，实现正文计算公式与附录参数一一匹配，便于对照使用。

表 A.1 能源消耗导致的温室气体排放因子

仅设置电力排放因子，数值采用生态环境部 2025 年发布的 2023 年全国电网平均 CO₂ 排放因子，标注来源，保证全国通用基准；电力环节无 CH₄、N₂O 排放，对应栏标注“不适用”，与 7.5.2 正文计算规则保持一致，统一电力能耗核算口径。

表 A.2 生物处理工艺产生的温室气体排放因子

覆盖市政主流再生水处理工艺（普通污水生化、AAO、氧化沟）及污泥处置单元（干化焚烧、好氧发酵），区分以 COD、TN 为基数的污水生化因子、以干污泥 ds 为基数的污泥处置因子，分别标注参数取自上海污水厂碳核算地方标准征求稿、生活污水处理企业碳排放核算国标征求稿，贴合国内污水生化、污泥处置实测研究成果，适配各类生化再生水设施核算。

表 A.3 耗材使用与废弃物产生所导致的温室气体排放因子

完整覆盖再生水处理全流程药剂、滤料、膜配套耗材、酸碱药剂、碳源、除磷药剂、消毒药剂、污泥调理药剂等 50 类常用物料，统一采用 tCO₂/t 物料单位，全部参数来源统一标注上海污水处理厂温室气体核算地方标准征求稿，填补现有标准缺少水处理药剂、耗材配套排放因子的空白；区分同类物料不同生产工艺（如天然气制甲醇、煤制甲醇），便于根据药剂实际采购来源精准选取参数，提升核算精准度。

附录 B（资料性）用于计算温室气体排放总量的工作表示例

本附录为资料性附录，无强制约束作用，提供标准化汇总计算台账模板，将八步计算流程全部数据归集至一张表格，规范核算台账归档格式，方便企业、第三方评价机构、监管部门统一记录、复核全流程碳数据。

表 B.1 表格结构严格对应正文四大核算模块：能源消耗排放、生物处理工艺排放、耗材废弃物排放、再生水资源化减排，与第 7 章步骤 3 至步骤 6 一一对应；表格列项分层设置实物排放量、各类温室气体 CO₂ 当量换算值，完整匹配 7.9 利用 GWP 折算 CO₂ 当量的计算逻辑，可直接填入公式（1）至公式（9）全部计算结果，自动汇总得出年度温室气体总排放量。

表格区分 CO₂、CH₄、N₂O 三类温室气体独立列项，单独设置 CO₂ 当量换算列，直观体现各类气体经全球变暖潜势折算后的贡献占比，便于快速识别高贡献温室气体、高碳工艺环节，支撑后续低碳改造优化分析。

该工作表解决行业核算台账格式不统一、数据零散分散、复核难度大的问题，为碳绩效评价报告、年度碳排放台账、第三方核查资料提供标准化归档模板。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准修改采用 ISO 20468-2:2019，适用于各类水再利用设施，可为运营单位、设计机构、第三方评价机构、行业管理部门

开展再生水低碳核算、绩效对标、绿色认证提供全面指导，实施后具备显著的经济效益、社会效益与生态效益。

技术经济论证：本标准核算依托水厂现有水电、药剂、水量常规计量数据，无需新增大型监测设备，配套资料性附录简化核算操作，落地门槛低、兼容性强；经济层面，企业无需大额固定资产投资，仅产生少量人工核算成本，同时可依托标准精准识别高碳环节，指导节能降碳改造，统一评价口径还可减少行业重复核查、第三方评估的综合管理成本，技术与经济均具备落地可行性。

经济效益方面：通过本标准开展碳绩效评价，可精准定位高能耗、高药剂消耗工序，实施节能低碳改造降低日常运维成本；标准统一低碳评价要求，带动节能水处理设备、低碳药剂、第三方碳评价等细分产业发展，培育水务低碳新经济增长点；再生水规模化替代新鲜取水，还能减少区域新建供水工程的财政投资。

社会效益方面：本标准填补国内水再利用领域温室气体绩效评价标准空白，完善水再利用领域减污降碳标准体系，为行业主管部门开展低碳管控提供统一依据；统一核算与评价规则实现不同类型再生水设施公平横向对标；借助标准宣贯培训提升从业人员节水降碳专业能力，量化碳绩效结果便于企业公示绿色运营成效，普及污水资源化可持续发展理念。

生态效益方面：以标准化碳绩效评价引导扩大水再利用规模，

减少地表水、地下水开采，缓解区域水资源紧缺压力；系统量化再生水设施碳排放与资源化减排潜力，指导行业实施节能、沼气回收等改造，助力水务领域碳达峰碳中和；坚持水质达标与降碳同步评价，避免为降碳弱化治污效果，同步削减污染物与温室气体，实现减污降碳协同增效，为资源循环利用、应对气候变化提供水务行业标准化示范模式。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本文件修改采用 ISO 20468-2:2019 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 2: Methodology to evaluate performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions （水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第 2 部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法）

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本文件修改采用 ISO 20468-2:2019 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 2: Methodology to evaluate performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions （水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第 2 部分：基于温室气体排放的处理

系统性能评价方法)

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与本标准密切相关的法律及政策文件有《关于推进污水资源化利用的指导意见》《节约用水条例》《水污染防治行动计划》《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》《国家节水行动方案》《城镇节水工作指南》《关于将非常规水源纳入水资源统一配置的指导意见》《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》《减污降碳协同增效实施方案》《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》等。

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准无交叉、无矛盾、无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循各方参与原则，制定时充分吸收了有关领域专家的意见，无重大分歧意见。

八、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准对水再利用项目运营单位、工程设计单位、第三方评价机构、节水与生态环境行业管理部门等主体开展再生水处理系统温室气体排放核算、绩效评价、项目管控等活动具有重要指导意义。建议标准发布后，针对标准的使用者进行培训和宣传。建

议标准发布后三个月实施。

九、其他应说明的事项

本文件修改采用 ISO 20468-2:2019 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 2: Methodology to evaluate performance of treatment systems on the basis of greenhouse gas emissions （水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第 2 部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法）。具体修改如下：

—— 术语、定义和缩略语部分删除文中和附录中更新后未涉及的术语、定义和缩略语；

—— 依据《IPCC 第六次评估报告》，更新表 10 中 CH₄ 和 N₂O 的全球变暖潜势数值；

—— 更新附录 A 内排放因子数值，适配我国再生水处理系统能耗、污水处理、污泥处置和药耗本土化参数，贴合国内水再利用项目碳绩效评价实际；

—— 删除原国际标准附录 C，附录 C 中通用核算基础规则、简化测算方法已纳入正文对应条款，统一正文与附录技术逻辑，避免内容重复冗余。

—— 更新文中和参考文献中重要英文资料的最新信息（如 IPCC 2019），补充国内相关重要标准、报告和文献资料信息。

《水再利用系统处理技术绩效评价指南—第2部分：基于
温室气体排放的处理系统性能评价方法》国家标准起草组

2026年7月

国家标准《水再利用系统处理技术绩效评价指南— 第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法》（征求意见稿）意见反馈表

姓名		电话		E-mail	
单位 (盖章)		通信 地址		邮编	
章条号	修改建议	修改理由 (请详细说明修改的依据)			

(篇幅不足，可续页)
请于 2026 年 08 月 31 日前返回 3596250@qq.com。