



中华人民共和国国家标准

GB/T 32327—XXXX/ISO 23043:2021

代替 GB/T 32327—2015

工业废水处理和回用技术评价方法

Evaluation methods for industrial wastewater treatment reuse processes

(ISO 23043:2021, IDT)

(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
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 评价原则 2

 4.1 综合性 2

 4.2 可操作性 2

 4.3 相关性 2

 4.4 透明性 2

5 评价程序 2

 5.1 一般原则 2

 5.2 程序说明 3

6 评价方法 4

 6.1 评价指标 4

 6.2 指标测算方法 5

附录 A（资料性） 二级评价指标解释 9

附录 B（资料性） 二级定性指标量化 13

附录 C（资料性） 指标权重值的确定 14

附录 D（资料性） 工业废水处理与回用技术评价案例示例 16

参考文献 29

前 言

本文件按照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。

本文件等同采用ISO 23043: 2021《工业废水处理与回用技术评价方法》。

本文件代替GB/T 32327—2015《工业废水处理与回用技术评价导则》，与GB/T 32327—2015相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 标准名称与 ISO 23043:2021 统一，调整为“工业废水处理回用技术评价方法”；
- 更新了适用范围的描述（见第 1 章，2015 的第 1 章）；
- 更新了规范性引用文件（见第 2 章，2015 的第 2 章）；
- 更新了术语和定义（见 3.1，2015 的第 3 章）；
- 增加了“缩略语”（见 3.2）；
- 更新了评价原则（见第 4 章，2015 版的第 4 章）；
- 更新了评价程序（见第 5 章，2015 版的第 6 章）；
- 更新了评价方法（见第 6 章，2015 版的第 7 章），并合并了评价指标体系（见 6.1，2015 版的第 5 章）；
- 更新了二级评价指标的解释（见附录 A，2015 版的附录 A）；
- 增加了二级定性指标量化（见附录 B）；
- 更新了指标权重值的确定（见附录 C，2015 版的附录 B）；
- 增加了工业废水处理与回用技术评价案例示例（见附录 D）。

本文件由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC 618）提出并归口。

本文件起草单位：南京大学、南京大学宜兴环保研究院、中国标准化研究院、山西大学、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司、江苏中宜金大环保产业技术研究院有限公司、福州城建设计研究院有限公司、中国轻工业长沙工程有限公司、广东海文环保技术有限公司、中南大学、深圳市海川实业股份有限公司、重庆大学、河北工程大学、北京恩菲环保股份有限公司、乾坤环保股份有限公司、天津高能时代水处理科技有限公司、中冶华天南京工程技术有限公司、深圳科力迩科技有限公司、华电郑州机械设计研究院有限公司、东北电力大学、深圳市环境集团有限公司、中煤（北京）环保股份有限公司、烟台金正环保科技有限公司、内蒙古农业大学。

本文件主要起草人：任洪强、耿金菊、张蕊、王庆、邵明明、杨忠平、胡达清、范怀蒙、魏忠庆、万华、梁海波、韩凯、朱霞、于清淼、李思敏、麻倩、潘建文、李骏、贾方杰、简小文、陈欣、邵莹、白岩、郭新茹、梁延东、杨跃军、李庭、张卓、喻干、李海普、张倬玮、龙少鹏、李刚、张伟、张庆磊、刘晓明、杨耀天。

工业废水处理与回用技术评价方法

1 范围

本文件规定了工业废水处理与回用技术综合评价的原则和框架，包括：

- a) 确定目标和范围；
- b) 说明评价程序；
- c) 确定评价指标体系（技术指标/子指标、环境指标/子指标、资源指标/子指标、经济指标/子指标）。

本文件介绍了如何利用提出的评价体系和计算方法对工业废水处理与回用技术进行综合评价。本文件不针对具体某项指标说明其评价方法。

本文件旨在为广泛的工业废水处理与回用项目相关部门提供指导，包括专业人员（规划、管理、设计和操作人员）、行政机构（监测、评估、监管和管理）和地方机构。本文件适用于：

- a) 评估、比较和选择工业废水处理与回用技术；
- b) 实施持续改进；
- c) 改进现有处理与回用设施的工艺和性能。

在目标和范围定义中，考虑了综合评价结果的预期应用。

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、定义和缩略语

3.1 术语和定义

ISO 20670界定的术语和定义适用于本文件。

3.1.1

德尔菲法 Delphi method

就某一议题专家达成共识的信息收集技术。

注1：本文件采用德尔菲法（Delphi method）确定一级指标/二级指标的权重

注2：协调人通过问卷向专家征集与评价主题相关的重要意见，汇总反馈后再次分发专家进行进一步评议。通常经过3~4轮迭代可达成共识。

[来源：ISO/IEC/IEEE 24765:2017, 3.1102]

3.1.2

指标 indicator

定量或定性衡量因素。

[来源：ISO 19208:2016, 3.8]

3.2 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

BOD₅: 五日生化需氧量 (5-day Biochemical Oxygen Demand)

COD: 化学需氧量 (Chemical Oxygen Demand)

ELR: 环境负荷率 (Environment Load Ratio)

ESI: 能值可持续性指数 (Energy Sustainability Index)

EYR: 能源产出比 (Energy Yield Ratio)

GHG: 温室气体 (Greenhouse Gas)

GWP: 温室效应潜能值 (Global Warming Potential)

LCY: 本地货币 (Local Currency)

PAC: 聚合氯化铝 (Poly-Aluminum Chloride)

PAM: 聚丙烯酰胺 (Polyacrylamide)

TDS: 总溶解固体 (Total Dissolved Solids)

TSS: 总悬浮固体 (Total Suspended Solids)

4 评价原则

4.1 综合性

评价指标体系提供多准则分析框架,通过选取与目标工艺相关的参数对备选方案进行评价。该框架涵盖多项指标(技术、环境、资源与经济)的所有属性,并基于以上指标设立二级指标以满足特定的评价需求,各指标的选取与可持续发展分析的要素一致。根据地方政策或法规要求,其他社会或政治类标准可纳入评价范畴,指标的选取包括:

- 技术,指应用于水回用的工业废水处理工艺中的技术;
- 环境,指应用于水回用系统的工业废水处理工艺的环境影响;
- 资源,指水回用过程中的可回收、分配及利用资源;
- 经济,指应用于水回用的工业废水处理工艺的全生命周期经济影响。

4.2 可操作性

评价指标选取具有普遍性、合理性和可实现性,因此评价指标简洁明确,易于获取。同时也符合对水环境进行管理的实际需求。

4.3 相关性

宜对工业废水处理与回用工艺的评价流程和参数进行适当的量化处理。

4.4 透明性

由于评价本身的复杂性,数据的透明度是确保合理结果的重要指导原则。二级指标的计算过程宜记录留档以便后续查证。

5 评价程序

5.1 一般原则

工业废水处理与回用技术评价工作程序如图1所示。

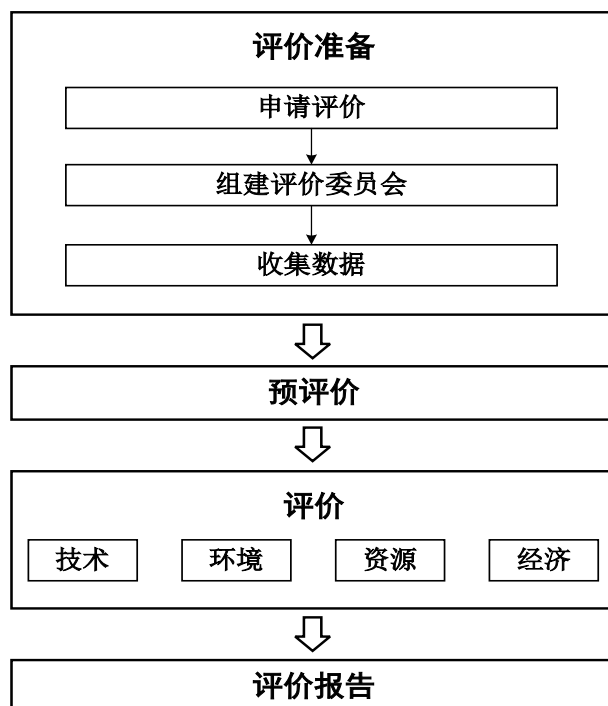


图1 工业废水处理与回用技术评价工作程序

5.2 程序说明

5.2.1 评价准备

步骤1：申请评价

企业/行业管理人员或相关组织提出评价需求并提交相关文件，文件类型和内容包括但不限于：

- a) 基本信息表，其中包括：
 - 企业的实际状况，
 - 主要技术和设备，
 - 工业废水进水和出水的水质参数，
 - 回用方式和回用要求；
- b) 主要污染物排放台账；
- c) 资源和能源消耗统计数据及其台账；
- d) 环境影响评价报告；
- e) 公共安全影响评价报告；
- f) 其他必要性文件。

注：若无台账，数据（列项b、c）能从相关的研究报告、参考资料或统计数据中获得。报告（列项d）包括对淡水消耗量和污水水质直接下降分别可能产生的影响的评价，即污染物浓度增加的可能性。

步骤2：组建评价委员会

评价委员会可由专家、熟练操作人员、行业股东或管理者、监管人员等组成，评价委员会负责承担以下工作职责：

- a) 执行评价任务；
- b) 监督现场调查和抽样测试；

c) 根据企业提供的统计报告和原始记录，验证数据的完整性和准确性。

步骤3：收集数据

通过基础信息调查，从相关行业或企业收集原始数据和辅助数据，详见附件 D 中的表 D.4。当评价过程运行记录数据充足，可通过现场调查、抽样测试和企业台账来收集数据；当出现新工艺或新项目，无现有运行记录，可通过研究报告和参考文献分析来收集数据。

注：步骤1、步骤2和步骤3是评价准备工作的推荐步骤，其主要任务是收集数据。只要满足收集足够信息的需求，允许采取其他可选步骤来开展评价准备工作。

5.2.2 预评价

预评价程序如下。

- a) 根据工业废水所属类别，对国内外现有处理和回用技术进行分析总结，确定拟评价的若干技术。
- b) 对上述各项技术进行简易初选淘汰，主要考虑因素包括但不限于：
 - 技术能否达到预期的污染物去除效率；
 - 结合参考《2012年水回用指南》（见参考文献[10]）和相关标准（如ISO 20468-1），判断技术能否满足其相应的回用水质要求；
 - 是否在现有的场地、公用设施等条件或稍作改进即可实施；
 - 其他必要的条件。
- c) 评价委员会（见 5.2.1 的步骤 2）联合利益相关方、工程师、技术人员和相关专家进行讨论，结合企业实际情况分出初步可行技术和不可行技术两大类结论。初步可行技术供进一步评价。

5.2.3 评价

5.2.3.1 对初步可行技术从技术指标、环境指标、资源指标和经济指标四个方面进行综合评价（见第 6 章），并根据综合评价指数进行排序，确定最佳适用技术。

5.2.3.2 宜结合当地政策或法规，进一步考虑本文件范围外的社会影响因素，包括教育、文化价值、操作人员培训要求、创造就业机会等。

5.2.4 评价报告

步骤1：分析评价结果

根据所推荐的评价流程，比较工业废水处理与回用技术的综合评价得分。结合评价结果分析与工业企业实际情况，编制评价报告。确定符合要求的、完整的、推荐的技术工艺，作为可供用户和决策者使用的解决方案。

步骤2：编制评价报告

工业废水处理与回用技术评价报告宜包括企业及废水的基本情况、有关技术情况、评价过程和结果等。

6 评价方法

6.1 评价指标

评价指标体系分为一级指标和二级指标，其中一级指标包括技术指标、环境指标、资源指标和经济指标，二级指标是一级指标的细化。评价指标体系的总体框架见表1，二级指标解释参见附录A，定性二级指标的计算见附录B。

表1 工业废水处理与回用技术评价指标体系表

一级指标	二级指标	注释	相关参考
技术指标	Te1.技术成熟度	定性	A.1.1
	Te2.设备利用率	定量	A.1.2
	Te3.设备完好率	定量	A.1.3
	Te4.稳定性	定性	A.1.4
	Te5.系统管理	定性	A.1.5
	Te6.可维修性和实施难易程度	定性	A.1.6
			
环境指标	En1.常规污染物去除率	定量	A.2.1
	En2.其他相关污染物去除率	定量	A.2.2
	En3.污泥产生率	定量	A.2.3
	En4.温室气体总排放量	定量	A.2.4
	En5.能值可持续性指数（ESI）	定量	A.2.5
	En6.气味控制和通风	定性	A.2.6
			
资源指标	Re1.污水回用率	定量	A.3.1
	Re2.资源回收量	定量	A.3.2
	Re3.能量回收量	定量	A.3.3
	Re4.能源消耗量	定量	A.3.4
	Re5.化学物质消耗量	定量	A.3.5
			
经济指标	Ec1.投资成本	定量	A.4.1
	Ec2.运营成本	定量	A.4.2
	Ec3.处置成本	定量	A.4.3
	Ec4.投资收益	定量	A.4.4
			
注：表1中的所有二级指标在进行评价时并非都是强制性的。其他二级指标（如风险管理、环境、公共安全等）可根据具体情况进行选择或添加。			

6.2 指标测算方法

6.2.1 一般原则

逐步方法，如以下步骤（步骤1~步骤5），表2中给出了一个评价示例表。

6.2.2 评价步骤

步骤1：二级指标单项评价指数

为了各二级指标量纲和量纲单位不同所带来的不可比性，评价前宜将评价指标进行无量纲化处理。使用公式（1）和（2）计算二级指标“ i ”的单项评价指数“ I_i ”，评价值为无量纲量。

对于取值越大越好的指标，按公式（1）计算：

$$I_i = \frac{S_i - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \dots\dots\dots (1)$$

对于取值越小越好的指标，按公式（2）计算：

$$I_i = \frac{S_{\max} - S_i}{S_{\max} - S_{\min}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S_i ——二级指标“ i ”的单项评价指数；

i ——二级指标编号， $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

$S_{\max}$ 和 $S_{\min}$ 分别是同一评估二级指标在不同待评估技术中的最大值和最小值。

步骤2：二级指标单项评价得分

按公式（3）计算二级指标的单项评价得分“ P_i ”：

$$P_i = I_i \times K_i \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I_i ——二级指标的单项评价基准指数；

K_i ——二级指标的“ i ”的权重系数，可参考附录C确定 K_i 。

步骤3：一级指标单项评价指数

按公式（4）计算一级指标“ j ”的单项评价指数“ Q_j ”，评价值为无量纲量：

$$Q_j = \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots (4)$$

式中：

j ——一级指标编号， $j=1, 2, 3, 4$ ；

n ——一级指标“ j ”下的二级指标的总数；

P_i ——一级指标“ j ”下的二级指标“ i ”的单项评价得分。

步骤4：一级指标单项评价得分

按公式（5）计算一级指标的单项评价得分“ M_j ”：

$$M_j = Q_j \times F_j \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_j ——一级指标“ j ”的单项评价指数；

F_j ——一级指标“ j ”的权重系数，可参考附录C确定 F_j 。

步骤5：综合评价得分计算

按公式（6）计算拟评价工业废水处理与回用技术的综合评价得分“ E ”：

$$E = \sum_{j=1}^4 M_j \dots\dots\dots (6)$$

式中：

M_j ——一级指标“ j ”的单项评价得分。

6.2.3 评价示例表

工业废水处理与回用技术评价示例表见表2。

表2 工业废水处理与回用技术评价示例表

序号	一级指标	二级指标	二级指标相关值			指标相关值		
			K 二级指标权重 (见附件C)	I 二级指标单项 评价值	P 二级指标单项得分 $P_i = I_i \times K_i$	F 指标权重 (见附件C)	Q 指标单项评价值 $Q_j = \sum_{i=1}^n P_i$	M 指标单项得分 $M_j = Q_j \times F_j$
1	技术指标	Te1. 技术成熟度						
		Te2.设备利用率						
		Te3.设备完好率						
		Te4.稳定性						
		Te5.系统管理						
		Te6.可维修性和实施难易程度						
								
2	环境指标	En1.常规污染物去除率						
		En2.其他相关污染物去除率						
		En3.污泥产生率						
		En4.温室气体总排放量						
		En5.能值可持续性指数 (ESI)						
		En6.气味控制和通风						
								
3	资源指标	Re1.废水回用率						
		Re2.资源回收量						
		Re3.能量回收量						
		Re4.能源消耗量						
		Re5.化学物质消耗量						
								

序号	一级指标	二级指标	二级指标相关值			指标相关值		
			K 二级指标权重 (见附件C)	I 二级指标单项 评价值	P 二级指标单项得分 $P_i=I_i\times K_i$	F 指标权重 (见附件C)	Q 指标单项评价值 $Q_j=\sum_{i=1}^n P_i$	M 指标单项得分 $M_j=Q_j\times F_j$
4	经济指标	Ec1.投资成本						
		Ec2.运营成本						
		Ec3.处置成本						
		Ec4.投资收益						
								
综合评价得分E:								
注：附录D中给出了一个评价案例的示例。								

附录 A (资料性) 二级评价指标解释

A.1 技术指标

A.1.1 Te1 技术成熟度

技术成熟度是定性的二级指标，技术成熟程度由低到高分五个等级：研发阶段、现场试验、工业示范、工业应用、商业化。

A.1.2 Te2 设备利用率

按公式 (A.1) 计算设备 W_0 的平均运行效率，以百分比表示：

$$W_0 = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

t_1 ——设备每年平均运行天数；

t_2 ——设备每年平均停机天数。

A.1.3 Te3 设备完好率

宜充分考虑所选工艺流程的关键设备完好率。

按公式 (A.2) 计算设备完好率 W_E ：

$$W_E = \frac{T_{in}}{T} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

T_{in} ——统计周期 T 内设备完好运行的天数；

T ——总天数时间，以天表示。

A.1.4 Te4 稳定性

所选工艺的运行稳定性是定性的二级指标，包括抗冲击负荷能力和水质稳定率。

——抗冲击负荷能力：当进水水质发生剧烈变化时，会对废水处理设施造成一定影响。系统恢复到初始状态所需的时间反映了其抗冲击负荷能力的强弱。

——水质稳定率：表明了处理后的废水达到排放标准的概率。其数值是全年达标排放标准天数与全年总天数的比率。

注：该二级指标可参照 ISO 20468-1 标准。

A.1.5 Te5 系统管理

系统管理是定性二级指标，考虑以下方面：

- a) 规章制度；
- b) 培训和技术资料；
- c) 系统自动化水平；
- d) 一般数据要求。

A.1.6 Te6 可维修性和实施难易程度

可维修性是产品/设备固有的质量特性，用于衡量机械/设备产品出现故障时的维修难度和成本。可维修性能够反映产品的系统效能和生命周期成本。

实施难易程度是与自动控制水平和人工管理情况相关。众所周知，自动控制水平会直接影响废水处理技术的运行稳定性以及项目投资金额。

A.2 环境指标

A.2.1 En1 常规污染物去除率

在工业废水处理过程中，单位时间内总氮、总磷、TSS、大肠杆菌、氯化物、pH值、COD、BOD₅以及其他常规污染物的去除率。

A.2.2 En2 其他相关污染物去除率

其他相关污染物的去除率，如石油烃、挥发性酚类、氯化物、重金属[汞、镉、铬（六价铬）、总铬、铅、砷]以及其他化学成分。在不同的工艺流程和区域，宜根据工业废水的数量和水质情况进行选择。由于条件各异，不宜强制统一。

A.2.3 En3 污泥产生率

在工业生产及污废水处理过程中，从液体悬浮液中分离出来的半液态（或半固态）残渣或固体的产生速率。按公式（A.3）计算产生 R_s 。

$$R_s = \frac{m_s}{V_t} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

R_s ——污泥产生率，单位为 kg/m^3 ；

m_s ——工业废水处理回用过程中产生的污泥量，单位为 kg ；

V_t ——统计期间处理的工业废水量，单位为 m^3 。

A.2.4 En4 GHG总排放量

全球增温潜势（GWP）用于衡量GHG排放对全球变暖的贡献，计算方式见参考文献[20]。

按公式（A.4）计算温室气体总排放量，其结果以影响值表示。

$$IV_i = EFGWP_i \times A_i \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

IV_i ——温室气体的影响值；

$EFGWP_i$ ——温室气体I的GWP相关系数，如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O ；

A_i ——温室气体I的排放量，如 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 。

注1：En4的计算方法可参照ISO 20468-2。

注2：En4可通过软件或相关网站进行计算。

A.2.5 En5 能值可持续性指数（ESI）

能值可持续性指数（ESI）从系统整体可持续性方面反映了生态效益和经济效益，按公式（A.5）计算ESI：

$$ESI = EYR/ELR \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

EYR ——能源产出比,反映了来自经济系统的反馈能源,是衡量能源产出对经济系统贡献程度的指标,用于根据投入的购买能源和非可再生资源能源来判断系统的能源效率和经济竞争力。

ELR ——环境负荷率,非可再生资源投入能源(包括购买能源和非可再生资源能源)与可再生资源投入能源的比值,表示经济活动对环境造成的压力。

注:见参考文献[21]。

A.2.6 En6 气味控制和通风

气味主要由硫化物、氮、碳和氧的化合物构成。

A.3 资源指标

A.3.1 Re1 废水回用率

在统计期间,采用公式(A.6)计算工业废水回用率 K_w ,以百分比表示:

$$K_w = \frac{V_w}{V_d + V_w} \times 100\% \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

V_w ——该企业/行业在统计期内的回用水量,单位为 m^3 ;

V_d ——企业排放废水量,单位为 m^3 。

A.3.2 Re2 资源回收量

在废水处理与回用过程中,重金属、无机盐、氮、磷、硫以及其他物质的回收量。

A.3.3 Re3 能源回收量

在统计期间,通过废热、厌氧消化以及太阳能所实现的能源回收情况及有机能源产出情况。在废水处理过程中,部分工业有机废物可转化为可回收的可燃气体或液态燃料生物质能源,如甲烷、氢气等,按公式(A.7)计算热能 E_H :

$$E_H = C_{COD} \times R \times V_t \times c_1 \times c_2 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

E_H ——有机废弃物、热能和太阳能的能量回收量,单位为 kJ ;

C_{COD} ——工业废水中COD的浓度,单位为 kg/m^3 ;

R ——设备的去除率,以百分比表示;

V_t ——统计期间处理的工业废水量,单位为 m^3 ;

c_1 ——沼气产生速率, $0.35 \sim 0.7 m^3/kg COD$;

c_2 ——沼气低位热值,取值 $20514 kJ/m^3$ 。

A.3.4 能源消耗量

废水处理过程中所消耗的所有能源,如用电量、用水量、管理工作所耗能源,以及处理过程中处理残渣和废水所需的泵送能源。

A.3.5 Re5 化学物质消耗量

在工业废水处理过程中所消耗的化学物质（药剂、材料等），如吸附剂、混凝剂、pH缓冲剂、甲醇、石灰等。

A. 4 经济指标

A. 4.1 Ec1 投资成本

资本成本包括购买机械设备、技术装置、工程服务、建筑成本、土地使用费等相关的所有费用。

注：可参考ISO 20468-1、ISO 22449-2。

A. 4.2 Ec2 运营成本

运营成本包括补充用水成本、药剂成本、电力成本、员工工资、维修成本等。

注：可参考ISO 20468-1、ISO 22449-2。

A. 4.3 Ec3 处置成本

处置成本包括系统使用寿命结束时系统拆除的费用以及系统所使用土地的修复费用（如适用），包括与该系统相关的所有人工成本、材料成本和建筑设备使用成本。

注：可参考ISO 20468-1、ISO 22449-2。

A. 4.4 Ec4 投资收益

收益可通过销售废物处理过程中的产品获得，如电、热、堆肥以及回收材料。此外，收益的评价是基于废物处理的数据进行的：堆肥（考虑堆肥的市场价格）、焚烧（考虑所发电量的价格）和厌氧消化（考虑所发电量的价格）。回收收益的评价则是基于回收材料的市场价格进行的。

附 录 B
(资料性)
二级定性指标量化

二级评价指标可分为定量指标和定性指标两类，其评价原则如下：

——定量指标的评价原则：基于工业废水处理工艺的工程应用统计数据和理论数据来计算二级定量指标，必要时可在现场对数据进行测量和测试，部分计算方法参照附录 A；

——定性指标的评价原则：基于专家经验对二级定性指标进行量化，其方法和步骤可参考表 B.1。

表B.1 二级定性指标的量化值

二级定性指标	二级定性指标的量化值				
	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
Te1. 技术成熟度	研发阶段	现场试验	工业示范	工业应用	商业化
Te4. 稳定性	差	较差	一般	较好	优异
Te5. 系统管理	差	较差	一般	较好	优异
Te6. 可维修性和实施难易程度	非常复杂	比较复杂	中等	比较简单	简单
En6. 气味控制和通风	非常低	较低	中等	较高	非常高

附录 C (资料性) 指标权重值的确定

C.1 指标权重值的确定

一级指标 F_j 和二级指标 K_i 的指标权重值，其中：

$$0 \leq K_i \leq 1, 0 \leq F_j \leq 1; \sum_{i=1}^m K_i = 1, \sum_{j=1}^4 F_j = 1。$$

分别确定指标权重 F_j 和二级指标权重 K_i ，具体程序如下。

步骤1：组建评价委员会，确定一级指标和二级指标的权重

对评价委员会的具体要求如下：

- a) 具有典型代表性，调查范围尽量广；
- b) 从事的工作与污水处理有较密切关系，且在相应领域有较高权威；
- c) 涉及的专业面广，调查对象从所从事的专业来说，可涉及环境工程、环境科学、建筑经济、给水排水等专业；从工作单位来说，可涉及政府部门、教学科研等单位；
- d) 向评价委员会组提供建议、反馈意见，并给与认可。

注：权重在不同的评估案例中有所不同。

步骤2：编制权重值调查表

首先，将要研究的问题集中在一起，以避免准确性重叠。其次，明确评估结构和索引系统。然后，设计成一种面向调查受访者的征求意见的表格。权重值问卷参考表C.1。

采用德尔菲法进行问卷调查。

围绕调查目的，宜使用统一的调查表，按统一的填写方式进行调查：

- a) 提出征询的问题，制定征询意见表，分发给各位专家填写；
- b) 收集征询意见表，对各种意见进行统计、整理；
- c) 轮换意见咨询，直到得出相似或相同的结果。

步骤3：统计分析调查结果

采用算术平均法，对数据进行统计，确定二级指标权重值 K_i 和一级指标权重值 F_j 。具体计算方法如下：

假设参与统计专家总数为 n ， W_{ij} 表示第 j 个专家对第 i 个一级或二级指标所给的权重咨询值，且同类同级指标（设同类指标数为 m 个）权重咨询值之和宜为1，按公式（C.1）所示：

$$\sum_{i=1}^m W_{ij} = 1 \dots\dots\dots (C.1)$$

公式（C.2）计算每个一级指标或二级指标的加权平均值 W_i ：

$$W_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} \dots\dots\dots (C.2)$$

C.2 权重值调查表

工业废水处理与回用技术评价的权重值调查可参考表C.1。

表C.1 权重值调查表

一级指标（Q）	权重值（F） ^a	二级指标（I）	权重值（K）
技术指标		Te1.技术成熟度	
		Te2.设备利用率	

一级指标（Q）	权重值（F） ^a	二级指标（I）	权重值（K）
		Te3.设备完好率	
		Te4.稳定性	
		Te5.系统管理	
		Te6.可维修性和实施难易程度	
			
环境指标		En1.常规污染物去除率	
		En2.其他相关污染物去除率	
		En3.污泥产生率	
		En4.温室气体总排放量	
		En5.能值可持续性指数（ESI）	
		En6.气味控制和通风	
			
资源指标		Re1.废水回用率	
		Re2.资源回收量	
		Re3.能量回收量	
		Re4.能源消耗量	
		Re5.化学物质消耗量	
			
经济指标		Ec1.投资成本	
		Ec2.运营成本	
		Ec3.处置成本	
		Ec4.投资收益	
			
^a 请根据经验对各指标在工业废水处理与回用中的重要程度给出权重评分，分值界于 0~1 之间，各级指标的和宜为 1。			

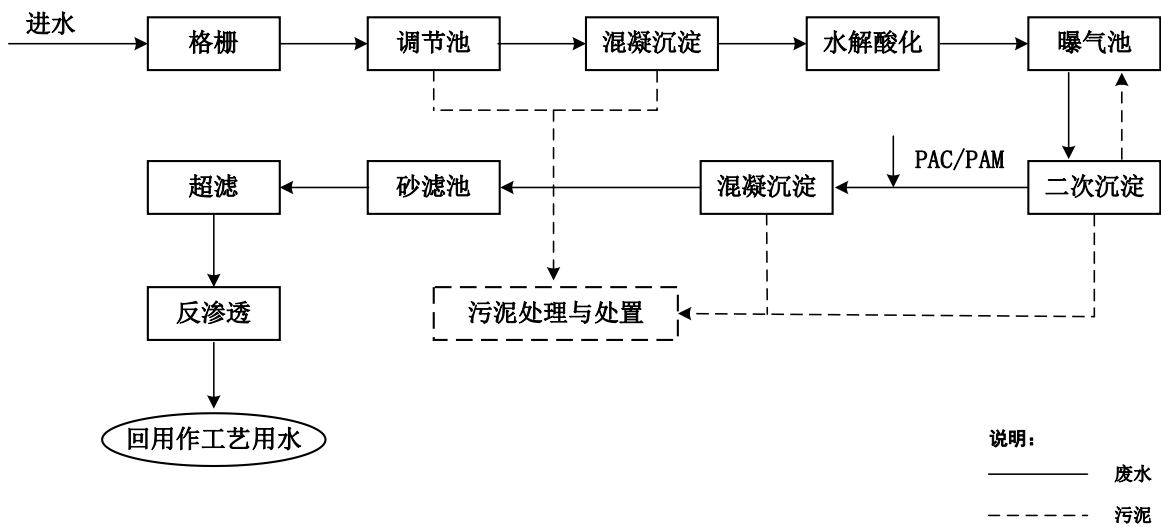
附 录 D
(资料性)

工业废水处理与回用技术评价案例示例

D.1 该案例基础数据的选取和收集是来自纺织印染行业（场景 A），如下表 D.1 所示，工艺流程图见图 D.1，数据收集表附在附录 D 末尾的表 D.4 中。

表D.1 评价基础数据表

参数	场景A
废水来源	纺织印染行业
废水量	30000 m³/d
Te1. 技术成熟度	0.8/无量纲
Te2.设备利用率	100%
Te3.设备完好率	100%
Te4.稳定性	0.7/无量纲
Te5.系统管理	0.7/无量纲
Te6.可维修性和实施难易程度	0.2/无量纲
En1.常规污染物去除率	92% ^a
En2.其他相关污染物去除率	98% ^b
En3.污泥产生率	30%
En6.气味控制和通风	0.9/无量纲
Re1.废水回用率	53%
Re4.能源消耗量	0.858 CNY ^c /m³
Re5.化学物质消耗量	3.5 CNY/m³
Ec1.投资成本	7000 CNY
Ec2.运营成本	4.43 CNY/m³
Ec3.处置成本	1400 CNY
Ec5.资本回收期	10.5年
^a 在统计分析中，色度、BOD₅、COD、TSS、TN、NH₃-N、TP 都属于常规污染物，其权重系数相等且优先级相同。因此，常规污染物的最终去除率取所有污染物去除率的平均值。 ^b 在本次统计中，其他相关污染物去除率是指硫化物的去除率，硫化物在纺织印染行业中是重要而特殊的。 ^c CNY 表示人民币。 注：下表D.1中引用了以下缩略语。	



图D.1 纺织印染工业园区废水处理与回用工艺流程图

D.2 纺织印染行业工业废水处理与回用技术评价的各项评价指标的权重值见表 D.2，参照附录 C 指标权重值确定。

表D.2 各项评价指标的权重值

一级指标	权重值（F）	二级指标	权重值（K）
技术指标	0.30	Te1.技术成熟度	0.15
		Te2.设备利用率	0.10
		Te3.设备完好率	0.20
		Te4.稳定性	0.20
		Te5.系统管理	0.30
		Te6.可维修性和实施难易程度	0.05
			
环境指标	0.20	En1.常规污染物去除率	0.20
		En2.其他相关污染物去除率	0.35
		En3.污泥产生率	0.20
		En4.温室气体总排放量	0.00
		En5.能值可持续性指数（ESI）	0.00
		En6.气味控制和通风	0.15
			
资源指标	0.10	Re1.废水回用率	0.30
		Re2.资源回收量	0.00
		Re3.能量回收量	0.00
		Re4.能源消耗量	0.30
		Re5.化学物质消耗量	0.40
			

一级指标	权重值 (F)	二级指标	权重值 (K)
经济指标	0.40	Ec1.资本成本	0.20
		Ec2.运营成本	0.30
		Ec3.处置成本	0.20
		Ec4.投资收益	0,00
		Ec5.资本回收期	0.30
			
注1：根据经验得出各指标在工业废水处理与回用中的重要程度权重评分，分值界于0~1之间，各级指标的和宜为1。 注2：各项指标的权重是根据附件C得出。表D.2中的权重适用于本附件中的案例，并非适用于所有的评估案例。用户宜根据附件C中的步骤自行计算权重，或通过调查或软件收集权重。			

表D.3 综合评价得分计算见表

序号	一级指标	二级指标	二级指标相关值			指标相关值		
			K 二级指标权重 (见附件C)	I 二级指标单项 评价值	P 二级指标单项得分 $P_i=I_i\times K_i$	F 指标权重 (见附件C)	Q 指标单项评价值 $Q_j=\sum_{i=1}^n P_i$	M 指标单项得分 $M_j=Q_j\times F_j$
1	技术指标	Te1.技术成熟度	0.15	0.8	0.12	0.15	0.78	0.12
		Te2.设备利用率	0.10	1.0	0.10			
		Te3.设备完好率	0.20	1.0	0.20			
		Te4.稳定性	0.20	0.7	0.14			
		Te5.系统管理	0.30	0.7	0.21			
		Te6.可维修性和实施难易程度	0.05	0.2	0.01			
								
2	环境指标	En1.常规污染物去除率	0.30	0.92	0.28	0.40	0.82	0.33
		En2.其他相关污染物去除率	0.35	0.98	0.34			
		En3.污泥产生率	0.20	0.30	0.06			
		En4.温室气体总排放量	0.00	无效	0.00			
		En5.能值可持续性指数（ESI）	0.00	无效	0.00			
		En6.气味控制和通风	0.15	0.90	0.14			
								
3	资源指标	Re1.废水回用率	0.30	0.53	0.16	0.15	0.56	0.08
		Re2.资源回收量	0.00	无效	0.00			
		Re3.能量回收量	0.00	无效	0.00			
		Re4.能源消耗量	0.30	0.11	0.03			
		Re5.化学物质消耗量	0.40	0.92	0.37			
								

序号	一级指标	二级指标	二级指标相关值			指标相关值		
			K 二级指标权重 (见附件C)	I 二级指标单项 评价值	P 二级指标单项得分 $P_i=I_i\times K_i$	F 指标权重 (见附件C)	Q 二级指标单项评价值 $Q_j=\sum_{i=1}^n Pi$	M 指标单项得分 $M_j=Q_j\times F_j$
4	经济指标	Ec1.投资成本	0.20	0.99	0.20	0.30	0.34	0.10
		Ec2.运营成本	0.60	0.22	0.13			
		Ec3.处置成本	0.20	0.40	0.01			
		Ec4.投资收益	0.00	无效	0.00			
								
综合评价得分，E=0.36								

表D.4 评价过程数据收集

公司/企业:																															
地址:																															
联系人姓名:																															
联系电话和邮箱:																															
污水处理厂 <table border="1"><tr><td>厂址/地址: 国家:</td><td>省/州:</td><td>区:</td></tr><tr><td>申请时间 (日期):</td><td>年:</td><td>月:</td><td>日:</td></tr><tr><td>处理规模:</td><td colspan="3">m³/d;</td></tr></table> 废水来源和类型 <table border="1"><tr><td>☐金属矿物制品行业</td></tr><tr><td>☐纺织印染行业</td></tr><tr><td>☐电力、热力生产行业</td></tr><tr><td>☐食品工业</td></tr><tr><td>☐化学原料及制品行业</td></tr><tr><td>☐制药工业</td></tr><tr><td>☐农副食品加工行业</td></tr><tr><td>☐酒/饮料/精制茶制造业</td></tr><tr><td>☐金属制品业</td></tr><tr><td>☐煤炭开采和选矿行业</td></tr><tr><td>☐造纸及纸制品行业</td></tr><tr><td>☐黑色金属矿采选行业</td></tr><tr><td>☐有色金属冶炼行业</td></tr><tr><td>☐工业有色金属采选行业</td></tr><tr><td>☐通用设备制造业</td></tr><tr><td>☐工业园区</td></tr><tr><td>☐其他产业</td></tr></table>				厂址/地址: 国家:	省/州:	区:	申请时间 (日期):	年:	月:	日:	处理规模:	m³/d;			☐ 金属矿物制品行业	☐ 纺织印染行业	☐ 电力、热力生产行业	☐ 食品工业	☐ 化学原料及制品行业	☐ 制药工业	☐ 农副食品加工行业	☐ 酒/饮料/精制茶制造业	☐ 金属制品业	☐ 煤炭开采和选矿行业	☐ 造纸及纸制品行业	☐ 黑色金属矿采选行业	☐ 有色金属冶炼行业	☐ 工业有色金属采选行业	☐ 通用设备制造业	☐ 工业园区	☐ 其他产业
厂址/地址: 国家:	省/州:	区:																													
申请时间 (日期):	年:	月:	日:																												
处理规模:	m³/d;																														
☐ 金属矿物制品行业																															
☐ 纺织印染行业																															
☐ 电力、热力生产行业																															
☐ 食品工业																															
☐ 化学原料及制品行业																															
☐ 制药工业																															
☐ 农副食品加工行业																															
☐ 酒/饮料/精制茶制造业																															
☐ 金属制品业																															
☐ 煤炭开采和选矿行业																															
☐ 造纸及纸制品行业																															
☐ 黑色金属矿采选行业																															
☐ 有色金属冶炼行业																															
☐ 工业有色金属采选行业																															
☐ 通用设备制造业																															
☐ 工业园区																															
☐ 其他产业																															

表D.4 评价过程数据收集（续）

工业废水基本信息

所调查工业废水产生量（m³/d）：_____；

废水处理量（m³/d）：_____；

废水回用量（m³/d）：_____；

达标排放水量（m³/d）：_____；

地方或政府政策文件：_____；

废水减排量（m³/d）：_____。

废水水质参数

参数	处理前 （平均值或范围值）	处理后 （平均值或范围值）
pH		
温度（℃）		
色度		
BOD ₅ (mg/L)		
COD (mg/L)		
TSS (mg/L)		
TN (mg/L)		
NH ₃ -N (mg/L)		
TP (mg/L)		
总硬度 (CaCO ₃ , mg/L)		
TDS (mg/L)		
AOX (mg/L)		
CL ⁻ (mg/L)		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)		
石油类烃类物质		
氰化物 (mg/L)		
酚类 (mg/L)		

表D.4 评价过程数据收集（续）

废水水质参数（续）			
参数	处理前 （平均值或范围值）	处理后 （平均值或范围值）	
硫化物 (mg/ L)			
油和油脂类 (mg/ L)			
重金属(mg/ L)			
Hg			
Cd			
Cr ⁶⁺			
Cr			
Pb			
As			
其他			
污泥产量 (kg/m³)			

设备利用率			
参数	t ₁ (d)	t ₂ (d)	W ₀ =t ₁ /(t ₁ +t ₂)
数值			
注： t ₁ ： 是设备每年的平均运行天数。 t ₂ ： 是设备每年的平均停机天数。 W ₀ ： 是设备利用率。			

表D.4 评价过程数据收集（续）

设备完好率			
参数	$T_{in} \text{ (d)}$	$T \text{ (d)}$	$W_E = T_{in}/T$
数值			
注： T_{in}：在统计时间段T内设备处于完好状态的天数。 T：总统计天数 W_E：设备完好率			

水质稳定性			
参数	$D_1 \text{ (d)}$	$D_2 \text{ (d)}$	$W_s = D_1/D_2$
数值			
注： D_1：水质达标天数 D_2：全年的天数 W_s：水质稳定性			

表D.4 评价过程数据收集（续）

主要技术
☐ 1. 气浮法； ☐ 2. 混凝气浮法； ☐ 3. SBR生物处理技术； ☐ 4. 生物接触氧化法； ☐ 5. EGSB厌氧反应技术； ☐ 6. A/O生物处理技术； ☐ 7. 芬顿高级氧化技术； ☐ 8. 电解脱盐技术，EDT； ☐ 9. 磁分离技术； ☐ 10. 磁性树脂交换技术； ☐ 11. GFH 除磷技术； ☐ 12. 硅藻土技术； ☐ 13. 臭氧氧化； ☐ 14. 混凝沉淀法；（ ☐ 普通混凝沉淀法/ ☐ 石灰法/ ☐ Actiflo™ 工艺）； ☐ 15. 生物滤池（ ☐ BAF/ ☐ 反硝化生物滤池/ ☐ 上流式连续反硝化滤池）； ☐ 16. 物理过滤技术（ ☐ 深床过滤/ ☐ 转鼓式过滤机过滤/ ☐ 滤布过滤/ ☐ 盘式过滤）； ☐ 17. 膜技术（ ☐ MF/ ☐ UF/ ☐ NF/ ☐ RO/ ☐ 膜生物反应器MBR）； ☐ 18. 消毒技术（ ☐ 液氯/ ☐ 次氯酸钠/ ☐ 二氧化氯/ ☐ 其他化学药剂/ ☐ 臭氧/ ☐ 紫外线）； 其他注：勾选被调查项目中所使用的技术，若存在未列在表中，可补充添加。 注：下表缩略语适用于本表。 SBR：序批式活性污泥法；EGSB：膨胀颗粒污泥床；A/O：厌氧/好氧；GFH：颗粒氢氧化铁；BAF：曝气生物滤池；MF：微滤；UF：超滤；NF：纳滤；RO：反渗透；MBR：膜生物反应器。
主要设施
☐ 1. 格栅； ☐ 2. 调节池搅拌机； ☐ 3. 调节池提升泵； ☐ 4. 应急池提升泵； ☐ 5. 冷却塔； ☐ 6. 快速混合搅拌机； ☐ 7. 慢速混合搅拌机； ☐ 8. 刮泥机； ☐ 9. 鼓风曝气装置； ☐ 10. 曝气器； ☐ 11. 流化床-芬顿反应器； ☐ 12. 聚合氯化铝（PAC）投加系统； ☐ 13. 聚丙烯酰胺（PAM）投加系统； ☐ 14. 氮磷投加系统； ☐ 15. 氢氧化钠投加系统； ☐ 16. 盐酸投加系统； ☐ 17. 离心脱水机； ☐ 18. 调节蓄水池； ☐ 19. 管道混合器； ☐ 20. 多介质过滤器； ☐ 其他； 注：勾选被调查项目中所使用的设备，若设备不在列表中可补充添加。

表D.4 评价过程数据收集（续）

处理工艺

注：请打印或绘制出处理工艺。

化学物质消耗量

药剂中来	剂量 (mg/ L)	费用 (CNY)	成本 (CNY)
阻垢分散剂			
缓蚀剂			
阻垢缓蚀剂			
(微生物) 杀灭剂			
混凝剂			
清洗剂			
前处理成膜剂			
其他			
注：CNY是当地货币的一个例子。			

表D.4 评价过程数据收集（续）

能源消耗量			
参数	量/体积	费用（CNY）	成本（CNY）
电			
补给水			
其他			

能源回收	
能源	量 (kwh/m ³ water)
热能	
冷能	

重金属回收	
重金属	量 (mg/m ³ water)
汞	
铜	
六价铬	
总铬	
铅	
其他	

矿物盐回收	
矿物盐	量 (mg/m ³ water)
氮	
磷	
硫化物	
其他	

表D.4 评价过程数据收集（续）

资本成本	
项目	成本 (CNY)
建造工程成本	
设备成本	
分包成本	
应急成本	

运营成本	
项目	成本(CNY)
电费	
药剂费用	
人工费用	
维修费用	
管理费用	
污染物排放费用	
污泥处置费用	

处置成本	
项目	成本 (CNY)
拆移成本	
修复成本	

参 考 文 献

- [1] GB 8978—1996 污水综合排放标准
- [2] GB 50684—2011 化学工业污水处理与回用设计规范
- [3] GB/T 32327—2015 工业废水处理与回用技术评价导则
- [4] ISO 14046 Environmental management—Water footprint—Principles, requirements and guidelines
- [5] ISO 20468-1 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems—Part 1: General
- [6] ISO 20468-2 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
- [7] ISO 22449-2 Use of reclaimed water in industrial cooling systems—Part 2: Guidelines for cost analysis
- [8] EN 12255 9 Wastewater treatment plants—Part 9: Odour control and ventilation.
- [9] WHO, Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water: Volume 1, Policy and regulatory aspects, World Health Organization, (2006).
- [10] USEPA, Guidelines for Water Reuse 2012, United States Environmental Protection Agency, (2012).
- [11] USEPA, Greenhouse Gas Equivalencies Calculator, Environmental Protection Agency. 2011.
- [12] European commission, Better regulation guidelines – Monitoring, (2016).
- [13] Guidelines for the Non-Potable Uses of Recycled Water in Western Australia (Perth, Western Australia: Environmental Health Directorate, Government of Western Australia), (2011).
- [14] Clise, J. D. "Industrial wastewater reuse." Environ Prot Technol Ser Epa Us Environ Prot Agency (1974).
- [15] Gutierrez, Mariliz, and P. M. D. Aquim. Wastewater Reuse Focused on Industrial Applications. Wastewater Reuse and Management. Springer Netherlands, 2013:127-164.
- [16] Feng, X., and K. H. Chu. "Cost Optimization of Industrial Wastewater Reuse Systems." Process Safety & Environmental Protection 82.3(2004):249-255.
- [17] Hao, Rui Xia, et al. "Study on a comprehensive evaluation method for the assessment of the operational efficiency of wastewater treatment plants." Stochastic Environmental Research & Risk Assessment, 27.3(2013):747-756.
- [18] Ibáñez, V. "A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective." Journal of Cleaner Production 70.4(2014):259-281.
- [19] Shao, Shuai, et al. "Application of Emergy Analysis to the Sustainability Evaluation of Municipal Wastewater Treatment Plants." Sustainability 9.1(2016): 8.
- [20] <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.
- [21] <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-10/documents/framework-for-sustainability-indicators-at-epa.pdf>.
- [22] A Framework for Sustainability Indicators at EPA. (2012). Available from <https://www.epa.gov/sustainability/report-framework-sustainability-indicators-epa>.

国家标准
《工业废水处理与回用技术评价方法》
(征求意见稿)

编 制 说 明

《工业废水处理与回用技术评价方法》编制组
2026 年 07 月

一、工作简况

1.1 任务来源及要求

计划下达文号：国家标准化委员会《国家标准委关于下达 2025 年第十一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2025〕69 号）第 148 项任务

计划编号：20256286-T-469

下达日期：2025 年 12 月 2 日

计划要求：项目周期为 12 个月，主管部门为国家标准委，归口单位和执行单位为 TC618 全国水再利用标准化技术委员会，主要起草单位是南京大学、中国标准化研究院、南京大学宜兴环保研究院等

标准性质：推荐性国家标准

制订（修订）：修订

采标情况：等同采标 ISO 23043:2021

1.2 制定背景

随着工业经济、城市化进程的快速发展以及人类生活水平的稳步提升，有限的淡水资源已经远不能满足人类的需求，世界范围内水质型、水源型双重水资源危机已成为制约全球环境可持续发展的瓶颈。而水危机的缓解和改善，优先依赖于水资源的可持续利用和保护。当前，世界上很多国家已经把再生水作为潜在的新水源，尤其是将耗水量较大的工业废水进行回用作为工业的“第一水源”，这种除了传统开源节流方式之外的节水方式，已逐步达成了市场和各级政府的共识。积极开展工业水回用可以实现减轻水体环境污染、改善生态、缓解水资源短缺的多重环境保护等目标，“工业废水再生利用”已成为水资源可持续利用的重要环节。

随着我国工业化进程的加速，工业废水排放对环境造成的压力日益增大，为应对这一挑战，我国国家和地方政府也在不断发力，在污水资源化利用方面进行部署。20 世纪 80 年代末，为再生水起步和引导阶段，主要集中于水污染方式和污水资源化技术、污水处理和工业废水关键技术研究等。“十五”和“十一五”期间为再生水集中工程建设阶段，陆续将再生水纳入城市规划，《工信部关于进一步加强工业节水工作的意见》首提工业水回用，这一阶段工业水回用起步、再生水行业发展迅

速。“十二五”为全面启动阶段，国家和地方持续推进科学研究和工程实践，一些城市和地区全面规划和实时再生水利用工程。“十三五”期间，《节水型社会建设“十三五”规划》、《国家节水行动方案》等政策重点强调工业水回用，持续强调高耗水工业行业的废水资源化利用。“十四五”期间，国家和地方政府为推动再生水利用，支撑我国工业水回用事业高速发展，进一步颁布了《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》、《工业废水循环利用实施方案》、《工业水效提升行动计划》等系列政策，其中 2022 年 6 月，工业和信息化部等 6 部门联合印发《工业水效提升行动计划》中更是明确了要“推进工业废水循环利用”、“加强工业水效示范引领”、“因地制宜提升区域工业水效”。

随着政策支撑和用水需求的增加，工业水回用市场规模持续扩大，工业水回用行业竞争格局呈现出多元化、多层次的特点。根据《2025-2030 年中国工业水处理行业发展前景预测与投资战略规划分析报告》，我国 2023 年工业水处理市场规模达 1850 亿元，同比增长 12.3%。预计到 2025 年将突破 2400 亿元，2030 年有望达到 3800 亿元，其中电力和化工行业贡献超 50%的市场份额。然而，由于工业水处理回用行业尚处于高速发展阶段，技术种类繁多、参差不齐，使得技术市场较为混乱，最终导致企业等在工业废水处理与回用技术的选择和应用上存在偏差和盲从，进而产生成本增加、环境二次污染等问题。因此，亟需制定统一的工业废水处理回用技术的评价方法，进一步规范和指导工业废水处理与回用技术的科学评估，推动水资源的高效利用和工业绿色低碳转型，促进节能高效的工业水处理回用技术创新发展，为推进工业水处理回用行业可持续提供保障。

在标准研制方面，目前现行的工业水回用领域评价标准共有 2 项，其中国际标准 1 项(ISO 23043:2021 Evaluation methods for industrial wastewater treatment reuse processes)、国家标准 1 项（GB/T 32327-2015《工业废水处理与回用技术评价导则》），这 2 项标准可作为顶层设计来引导工业废水处理与回用技术的选择和优化。因此，本编制团队对国际标准 ISO 23043: 2021 和 GB/T 32327-2015 进行对比，其两项标准均属于工业水回用领域评价相关基础性标准，且主要框架一致，均包含评价原则、评价指标体系、评价程序及评价方法等主要内容，遵循评价标准的通用框架。由于我国国家标准 GB/T 32327-2015 发布实施于 2015 年、编制时间较早，ISO 23043: 2021 较 GB/T 32327-2015 的评价方法更先进、科学，评价指标体系更为全

面、创新。因此，亟需参照 ISO 23043:2021 的采标转化，将我国已有国家标准 GB/T 32327-2015 进行更新完善。

因此，本标准对 ISO 23043:2021 采标转化、对 GB/T 32327-2015 修标完善，可有效提升我国标准与国际标准一致性程度，有效完善国内工业废水处理与回用技术评价领域相关标准的不足，为工业废水处理与回用技术的筛选、评估及应用提供更全面科学的理论指导与技术支持，推动工业水回用行业的可持续发展。

1.3 起草过程

(1) 前期准备阶段

2025 年 12 月~2026 年 5 月，展开标准编制前期准备工作，主要包括筹备组建编制组、调研并收集相关资料、编制标准工作大纲、撰写标准初稿等工作。

(2) 启动与起草阶段

2026 年 6 月，南京大学、南京大学宜兴环保研究院和中国标准化研究院在宜兴以线上+线下结合的方式组织召开标准启动会，全国水再利用标准化技术委员会的有关领导和标准编制组成员参加了此次会议。会议对标准初稿、重点问题、起草组分工及下一步工作计划进行了讨论，形成了修改建议与意见。

会后，编制组对标准启动会确定的重点内容进行了深入研究和交流，并根据讨论意见对标准草案进行完善，形成了标准的征求意见稿。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 编制原则

本标准的制定遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性，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》相关要求编写。

2.2 编制依据

本标准与相关法律法规及强制性标准协调配套，不存在违法相关法律法规及强制性标准的技术内容。本标准有助于《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和国内污染物排放标准等一系列法律、法规、规章和强制性国家标准的实施。

本标准依据的法律、法规、政策主要有：

《中华人民共和国环境保护法》（主席令第九号）

《中华人民共和国环境影响评价法》（主席令第四十八号）

《中华人民共和国标准化法》（主席令第七十八号）

《中华人民共和国消防法》（主席令第八十一号）

《中华人民共和国科学技术进步法》（主席令第八十二号）

《中华人民共和国水污染防治法》（主席令第八十七号）

《中华人民共和国水污染防治实施细则》（国务院令 第 284 号）

《城镇排水与污水处理条例》（国务院令 第 641 号）

《国务院关于深入推进新型城镇化建设的若干意见》（国发〔2016〕8 号）

《国家节水行动方案》（发改环资规〔2019〕695 号）

《国家标准化发展纲要》（国务院公报 2021 年第 30 号）

《“十四五”水安全保障规划》（国家发展改革委、水利部印发）

《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13 号）

《工业水效提升行动计划》（工信部联节〔2022〕72 号）

《工业废水循环利用实施方案》（工信部联节〔2021〕213 号）

《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》（发改环资〔2023〕1193 号）

《节约用水条例（2024 年）》（国务院令 第 776 号）

《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划（2024—2025 年）》（国市监标技发〔2024〕30 号）

《关于加快发展节水产业的指导意见》（发改环资〔2024〕898 号）

《关于加强生态环境领域科技创新 推动美丽中国建设的实施意见》（环科财〔2025〕12 号）

《关于促进环保装备制造业高质量发展的若干意见》（工信部联节〔2025〕49 号）

本文件参考的标准主要有：

（1）工业水处理与回用类标准

GB/T 16811-2018 工业锅炉水处理设施运行效果与监测

GB/T 30888-2014 纺织废水膜法处理与回用技术规范

GB/T 32327-2015 工业废水处理与回用技术评价导则

GB/T 37758-2019 高矿化度矿井水处理与回用技术导则

GB/T 37764-2019 酸性矿井水处理与回用技术导则

GB/T 38224.1-2019 重金属废水处理与回用技术评价 第 1 部分：程序和方法

GB/T 38224.2-2019 重金属废水处理与回用技术评价 第 2 部分：指标体系

GB/T 41016-2021 水回用导则 再生水厂水质管理

GB/T 41017-2021 水回用导则 污水再生处理技术与工艺评价方法

GB/T 41018-2021 水回用导则 再生水分级

GB/T 42247-2022 水回用导则 再生水利用效益评价

GB/T 42866-2023 煤化工废水处理与回用技术导则

GB/T 43742-2024 工业园区水回用指南

GB/T 43743-2024 工业回用水处理设施运行管理导则

GB/T 43950-2024 工业浓盐水回用技术导则

GB/T 45386.1-2025 工业废水电化学处理技术规范 第 1 部分：总则

GB/T 50050-2017 工业循环冷却水处理设计规范

GB 50684-2011 化学工业污水处理与回用设计规范

GB 51137-2015 电子工业废水废气处理工程施工及验收规范

GB 51441-2022 电子工业废水处理工程设计标准

FZ/T 01107-2011 纺织染整工业回用水水质

FZ/T 07031-2023 水刺非织造工艺回用水要求

HG/T 3730-2004 工业水和冷却水净化处理滤网式全自动过滤器

HG/T 5958-2021 工业废（污）水杀菌消毒处理技术规范

HG/T 6236-2023 工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法

HG/T 6237-2023 有机氮工业废水处理及回用技术规范

HG/T 6377-2024 脱水稀硫酸处理回用装置技术要求

HJ 2019-2012 钢铁工业废水治理及回用工程技术规范

HJ 2051-2016 烧碱、聚氯乙烯工业废水处理工程技术规范

JB/T 14502-2023 工业膜法水处理设备水效评价方法

LY/T 3279-2021 工业水处理用活性炭技术指标及试验方法

Q/HS 11003-2012	磷矿选矿废水处理回用水质要求
XB/T 815-2023	稀土采选生产废水处理回用技术规范
XB/T 816-2023	稀土冶炼生产废水处理回用技术规范
YB/T 4791-2019	钢铁工业浓盐水处理技术规范
YB/T 4792-2019	钢铁工业直接冷却循环水处理技术规范
YB/T 6001-2022	钢铁企业综合污水回用于净循环水系统水质技术要求
YB/T 6003-2022	冷轧废水深度处理回用技术规范
YB/T 6116-2023	冷轧废水再生回用技术规范
YS/T 1169-2017	再生铅生产废水处理回用技术规范
YS/T 1405-2020	铅锌选矿废水处理与回用规范
DB11/T 1765-2020	工业废水回用工程运行管理规范
DB36/T 1835-2023	钨选矿厂废水处理与回用技术指南
DB53/T 888-2018	铅锌选矿废水处理与回用规范
T/CAQI 364-2023	铝电解电容器生产废水处理及回用技术指南
T/CECS 1524-2024	铅锌选矿废水生物法处理与回用技术规程
T/CGCC 72-2022	公用纺织品洗涤废水回用水质要求

（2）评价方法类标准

GB/T 44908-2024	风力发电场技改升级安全要求及评价方法
GB/T 44392-2024	电工合金生产企业能耗评价方法
GB/T 43979-2024	室内 LED 显示屏光舒适度评价方法
GB/T 43651-2024	智慧城市基础设施火电站基础设施质量评价方法和运营

维护要求

GB/T 43588-2023	纸、纸板和纸制品 可回收性评价方法
GB/T 43512-2023	全钒液流电池可靠性评价方法
GB/T 43113-2023	碳纤维增强复合材料耐湿热性能评价方法
GB/T 43007-2023	床垫硬度等级分布测试与评价方法
GB/Z 42964-2023	图书馆纸质文献脱酸工艺有效性评价方法
GB/T 42961-2023	植被生态质量的气候变化影响评价方法
GB/T 41350-2022	再制造 节能减排评价指标及计算方法

GB/T 40150-2021 粮油储藏 储粮机械通风均匀性评价方法

GB/T 39034-2020 非公路用旅游观光车辆风险评价方法

GB/T 38948-2020 沥青混合料低温抗裂性能评价方法

2.3 主要内容及其确定依据

本文件等同采用 ISO 23043: 2021 Evaluation methods for industrial wastewater treatment reuse processes。

以下内容属于本文件的范围：

本文件规定了工业废水处理与回用技术综合评价的原则和框架，包括：

- a) 确定目标和范围；
- b) 说明评价程序；
- c) 确定评价指标体系（技术指标/子指标、环境指标/子指标、资源指标/子指标、经济指标/子指标）。

本文件介绍了如何利用提出的评价体系和计算方法对工业废水处理与回用技术进行综合评价。本文件不针对具体某项指标说明其评价方法。

本文件旨在为广泛的工业废水处理与回用项目相关部门提供指导，包括专业人员（规划、管理、设计和操作人员）、行政机构（监测、评估、监管和管理）和地方机构。本文件适用于：

- a) 评估、比较和选择工业废水处理与回用技术；
- b) 实施持续改进；
- c) 改进现有处理与回用设施的工艺和性能。

在目标和范围定义中，考虑了综合评价结果的预期应用。

2.4 起草单位和起草人员信息及分工

起草单位：南京大学、南京大学宜兴环保研究院、中国标准化研究院、山西大学、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司、江苏中宜金大环保产业技术研究院有限公司、福州城建设计研究院有限公司、中国轻工业长沙工程有限公司、广东海文环保技术有限公司、中南大学、深圳市海川实业股份有限公司、重庆大学、河北工程大学、北京恩菲环保股份有限公司、乾坤环保股份有限公司、天津高能时代水处理科技有限公司、中冶华天南京工程技术有限

公司、深圳科力迩科技有限公司、华电郑州机械设计研究院有限公司、东北电力大学、深圳市环境集团有限公司、中煤（北京）环保股份有限公司、烟台金正环保科技有限公司、内蒙古农业大学。

主要起草人：任洪强、耿金菊、张蕊、王庆、邵明明、杨忠平、胡达清、范怀蒙、魏忠庆、万华、梁海波、韩凯、朱霞、于清淼、李思敏、麻倩、潘建文、李骏、贾方杰、简小文、陈欣、邵莹、白岩、郭新茹、梁延东、杨跃军、李庭、张卓、喻干、李海普、张倬玮、龙少鹏、李刚、张伟、张庆磊、刘晓民、杨耀天。

各主要参加单位及工作组成员所做工作见表 1。

表 1 主要参加单位及工作组成员所做工作

标准章节	主要工作	牵头单位及主要负责人	主要负责单位	参与人员
1 范围 2 规范性引用文件	范围的编写、论证，规范性引用文件的检查更新	牵头单位：南京大学、南京大学宜兴环保研究院、中国标准化研究院 主要负责人：任洪强、耿金菊、张蕊	山西大学 中国石油集团安全环保技术研究院有限公司 广东海文环保技术有限公司 中南大学	邵明明 杨忠平 喻干 梁海波 韩凯 李海普 白岩 王庆
3 术语、定义和缩略语	术语、定义和缩略语的编写、核实和论证		浙江浙能技术研究院有限公司 江苏中宜金大环保产业技术研究院有限公司 福州城建设计研究院有限公司 中国轻工业长沙工程有限公司，	胡达清 范怀蒙 魏忠庆 万华 白岩 王庆

标准章节	主要工作	牵头单位及主要负责人	主要负责单位	参与人员
4 评价原则	评价原则等内容的资料调研、方法论证、草案编写		浙江浙能技术研究院有限公司 江苏中宜金大环保产业技术研究院有限公司 福州城建设计研究院有限公司 广东海文环保技术有限公司 中南大学 深圳市海川实业股份有限公司 重庆大学 河北工程大学	胡达清 范怀蒙 魏忠庆 梁海波 韩凯 李海普 朱霞 于清淼 李思敏 张倬玮 陈欣 邵莹
5 评价程序	评价程序等内容的资料调研、方法论证、草案编写		山西大学 中国石油集团安全环保技术研究院有限公司 福州城建设计研究院有限公司 深圳市海川实业股份有限公司 重庆大学 河北工程大学 北京恩菲环保股份有限公司 乾坤环保股份有限公司 天津高能时代水处理科技有限公司	邵明明 杨忠平 喻干 魏忠庆 朱霞 于清淼 李思敏 张倬玮 麻倩 潘建文 李骏 龙少鹏 陈欣

标准章节	主要工作	牵头单位及主要负责人	主要负责单位	参与人员
6 评价方法	评价方法等内容的资料调研、方法论证、草案编写		山西大学 中国石油集团安全环保技术研究院有限公司 北京恩菲环保股份有限公司 乾坤环保股份有限公司 天津高能时代水处理科技有限公司	邵明明 杨忠平 喻干 麻倩 潘建文 李骏 龙少鹏 王庆 陈欣
附录 A 二级指标解释	二级指标解释等内容的资料调研、方法论证、草案编写		山西大学 浙江浙能技术研究院有限公司 中冶华天南京工程技术有限公司 中煤（北京）环保股份有限公司	邵明明 胡达清 贾方杰 白岩 王庆 李庭 张伟
附录 B 二级指标量化	二级指标量化等内容的资料调研、方法论证、草案编写		山西大学 江苏中宜金大环保产业技术研究院有限公司 深圳科力迩科技有限公司 华电郑州机械设计研究院有限公司	邵明明 范怀蒙 简小文 郭新茹 白岩

标准章节	主要工作	牵头单位及主要负责人	主要负责单位	参与人员
附录 C 指标权重值的确定	指标权重值的确定等内容的资料调研、方法论证、草案编写		中国石油集团安全环保技术研究院有限公司 福州城建设计研究院有限公司 东北电力大学 内蒙古农业大学	杨忠平 喻干 魏忠庆 梁延东 刘晓民 杨耀天
附录 D 工业废水处理与回用技术评价案例示例	工业废水处理与回用技术评价案例示例等内容的资料调研、方法论证、草案编写		中国石油集团安全环保技术研究院有限公司 中国轻工业长沙工程有限公司 深圳市环境集团有限公司 烟台金正环保科技有限公司	杨忠平 喻干 万华 杨跃军 李刚 张卓 张庆磊 陈欣

三、技术论证和效益分析

3.1 试验验证的分析、综述报告

本文件等同采用 ISO 23043: 2021 Evaluation methods for industrial wastewater treatment reuse processes, 该国际标准由南京大学主导研制, 在研制过程中充分吸收国内实践经验, 作为工业水回用领域的奠基性国际标准, 对于废水处理与回用技术的评价原则、评价指标体系、评价程序和方法作出指导, 对工业企业和有关部门的废水处理与回用技术的比选提供了技术支持。

3.2 技术经济论证

(1) 技术成熟度

综合评价(Comprehensive Evaluation)是指对被评价对象所进行的客观、公正、合理的全面评价。对于有限多个方案的决策问题来说, 综合评价是决策的前提, 而正确的决策源于科学的综合评价。在实际中, 由于评价对象的所属目标范围不同、评估侧重点的差异、定量和定性信息的获取难易度以及信息的不确定性等原因, 使得技术评估过程一般都较为复杂。技术评估方法经过多年的研究和发展, 在各行业的技术评估中都得到了广泛的实际运用。但由于各技术评估方法本身特征及内容的差异, 使得在实际技术应用领域存在一定的差异, 当前广泛运用的技术评估方法有专家打分法、层次分析法(AHP)、德尔菲法(Delphi)、模糊综合评价法、灰色关联分析法、成本效益分析等方法。项目评估方法的选择直接影响到评价结果的正确性, 评估方法具有: 整体性、相关性、动态性、最优化、复杂性及多样性等特点, 在实际运用中, 评估方法的选择需要根据评估目的和评估对象进行优选。

国外污水处理工艺的评估开展较早, 美国曾就城市污水处理的 11 项技术以及污泥处置的 12 项技术进行经济技术评估。我国水污染控制技术评价从上个世纪 80 年代就已经开展, 在电镀含铬废水、焦化废水、印染废水等处理技术评估中得到广泛运用, 对技术的筛选及评估提供指导。

有研究采用层次分析法对印染废水深度处理技术进行综合评价, 根据专家评分对定性指标进行量化, 结合企业自身情况和排放废水特点从环境效益、经济效益以及技术性能三方面对印染废水深度处理技术进行评价筛选。李蕊将灰色综合评价、模糊综合评判法、层次分析法等评价法与将计算机技术相结合, 建立了辽河水

专项技术评估软件，从技术效益、经济效益和社会效益三方面对四种造纸厂废水处理技术进行综合评价，找到适合该地区的造纸废水处理工艺。秦川运用层次分析法和模糊综合评价法建立了焦化废水处理技术评估模型，通过层次分析法确定指标权重值，利用模糊理论建立隶属函数和模糊评语集，最后通过模糊矩阵的合成运算得到各焦化废水处理技术综合评价结果。

因此，基于国内外工业水回用软化除盐技术的发展和运用，本标准的制定与实施在技术上是可行的。

（2）经济性

本标准的采标与修订在经济上具有显著可行性，其核心驱动力源于成本节约、政策激励与技术创新的协同作用。从成本结构来看，虽然初期需投入标准论证、市场调研、技术研发与论证等标准编制费用，但长期收益远超支出，如标准发布后的实施推广中给企业带来的经济效益。从政策层面来看，政府通过税收优惠、专项补贴及标准奖补等方面，积极推动工业水回用系列标准的落地实施，鼓励企业建设标准化、规范化的工业水回用系统。例如，2023 年 10 月 24 日，经十四届全国人大常委会第六次会议表决通过，明确中央财政将在 2023 年四季度增发 2023 年国债 1 万亿元，资金用途包含重点防洪工程、灌区建设改造和重点水土流失治理工程、水资源循环再利用、工业水效提升等水务重点工作，特别重视是节水型社会的建设。从技术创新来看，技术的研发与创新进一步优化了经济的可行性，例如，膜分离技术、智能化控制系统等先进技术的应用大幅提升工业水处理效率与水质稳定性，同时有效降低系统能耗。

因此，从成本节约、政策激励与技术创新三个方面来看，本标准的制定和实施在经济上是可行的。

3.3 预期效益

（1）环境效益

本标准的转化通过规范废水处理技术的评价标准，促进先进、高效、低耗的废水处理工艺的应用，从而提升工业废水处理效率，减少污染物排放。有助于减少水体污染，优化处理技术可降低 COD、BOD、重金属等污染物的排放，改善受纳水体环境质量。促进水资源循环利用，鼓励废水回用技术（如膜分离、高级氧化等），

减少新鲜水取用量，缓解水资源短缺问题。降低二次污染风险，通过科学评价污泥处理、化学药剂使用等环节，减少处理过程中的环境风险。

（2）社会效益

本标准的转化有助于引导企业采用清洁生产技术，促进工业绿色低碳发展，助力“双碳”目标实现。提升公众环境满意度，减少工业废水对周边社区的影响，改善人居环境，增强社会对工业可持续发展的信心。促进技术创新，标准化评价体系推动环保企业研发高效、低成本的废水处理技术，形成良性市场竞争。同时，优化工业废水处理和回用工艺，可进一步提高废水回用率、提高用水效率，实现水资源的最大化利用。

（3）经济效益

本标准的转化可帮助企业优化废水处理方案，降低运营成本，提高资源利用效率，降低处理成本。通过技术比选，选择经济可行的处理工艺，减少能耗和药剂消耗。提高回用收益，废水回用于冷却、冲洗或生产工艺，可减少企业用水成本，部分行业回用率提升 10%~30%。

四、与国际或国外同类标准一致性情况对比

本文件等同采用 ISO 23043:2021，技术水平一致。

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

本文件等同采用 ISO 23043:2021。

引用、采用国际国外标准合规。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本文件与相关法律法规及强制性标准协调配套，不存在违反相关法律法规及强制性标准的技术内容。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、涉及专利的有关说明

本文件不涉及专利内容。

九、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

为了贯彻实施本文件，应在实施前保证标准文本的充足供应。在实施过程中，向涉及设计、建设、使用工业水回用系统的单位与监管部门进行宣传、贯彻，根据贯彻实施情况反馈信息，不断修订完善。同时，随着信息化技术的不断发展创新以及实践经验的积累，根据环境管理的实际需要，标准内容应不断得到完善、拓展、深入和更新，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理的需要。因此，本标准发布与实施后，建议建立相关信息的反馈机制，适时解决标准应用中的问题，及时了解和总结工业水回用的新动向，推动标准的贯彻执行。

十、其他应当说明的事项

无

《工业废水处理与回用技术评价方法》编制组

2026年07月

国家标准《工业废水处理与回用技术评价方法》
(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 8 月 31 日前返回 standard@njuyi.cn。