

# 《工业企业废水处理及回用技术规范》 团体标准编制说明

## 一、工作简况

### （一）任务来源

《工业企业废水处理及回用技术规范》团体标准于 2024 年 8 月在山东省环境保护产业协会立项，由山东本源环境科技股份有限公司牵头起草。

### （二）标准编制的背景

工业废水含有大量的碳、氮、磷等微量元素，排放到自然水系中会对自然资源造成极大的破坏。近年来为了减少工业废水的排放，我国首先从源头减少工业用水量，2015-2020 年，我国工业用水量及占总用水量比例均呈逐年递减趋势。2020 年我国工业用水量约为 1030.4 亿立方米，2022 年我国工业用水为 968.4 亿立方米。总的来看，我国工业用水管理效果显著，但我国工业用水量整体体量仍较大，行业仍面临较大的工业废水处理需求。

根据目前工业废水处理水质特点及处理工艺，工业废水处理工艺流程可分为五个工段，分别为预处理工段、厌氧处理工段、好氧处理工段、深度处理工段、回用工段，每个工段常用的废水处理工艺较多。本标准主要规定工业企业废水处理及回用的通用要求，给出工业企业废水处理的基本要求，以及预处理、厌氧处理、好氧处理、深度处理、回用等的工

艺和技术要求，有效降低废水对环境的污染，提高水资源的循环利用率，同时推动工业企业采用先进技术，增强市场竞争力，促进经济、社会与环境的协调可持续发展。

## **二、主要起草过程**

截止目前，标准的起草工作共分为三个阶段：

### **（一）成立标准起草工作组，确定工作方案**

自立项后，山东本源环境科技股份有限公司牵头成立标准起草工作组，明确了工作指导思想，制订了工作原则，确定了起草组成员和任务分工。由山东本源环境科技股份有限公司负责标准文本的初稿起草、意见汇总和修改工作，其他单位共同参与标准编制。

### **（二）起草标准草案**

标准起草工作组搜集国家、行业以及山东省内的相关法律法规、政策文件，并查询国家标准信息公共服务平台和标准信息网有关工业企业废水处理及回用的标准，并进行比对分析，形成《工业企业废水处理及回用技术规范》（标准草案）。

### **（三）编制标准征求意见稿**

在大量文献资料及标准比对的基础上，结合山东本源环境科技股份有限公司工作实际，在征求相关领域专家意见的基础上，标准起草工作组经多轮研讨，形成《工业企业废水处理及回用技术规范》（征求意见稿）。

## **三、标准编制原则和依据**

## （一）标准编制原则

按照《团体标准管理规定》（国标委联〔2019〕1号）和《团体标准化 第1部分：良好行为指南》（GB/T 20004.1-2016）的相关要求，本标准制定工作遵循的基本原则有：遵守国家有关的法律、法规，不得与国家有关产业政策相抵触；技术要求不得低于强制性标准的相关技术要求；符合保障人身健康与生命财产安全、国家安全、生态环境安全的要求；有利于科学合理利用资源，推广科学技术成果，增强产品的安全性、通用性、可替换性，提高经济效益、社会效益、生态效益，做到技术上先进、经济上合理；禁止利用团体标准实施妨碍商品、服务自由流通等排除、限制市场竞争的行为；积极采用国际标准；合法、公正、公开、公平等。同时又遵循标准编写的一致性原则、规范性原则和实用性原则。

### 1. 一致性原则

标准规范性引用文件及各条款内容与国家及山东省现行政策、规划、标准、意见中的规定和要求相一致。参考政策要求、国家标准、行业标准，尽量等同引用。

### 2. 规范性原则

本标准按照《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《团体标准化 第1部分：良好行为指南》（GB/T 20004.1-2016）的要求进行编写，保证标准形式和内容的规范性。结构上主要包括封面、

目次、前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、工艺流程、主要工艺单位、排放及回用要求等内容。

### 3. 实用性原则

本标准中有关废水处理工艺的相关内容，是在充分收集相关标准和指导文件，结合实际典型案例的基础上进行的编写。本标准体现最新科学技术水平，同时可操作性强，便于实施。

## （二）标准编写的主要依据

1. 国家环境保护法律、法规和标准，如《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》等，这些法律法规为标准提供了基本的法律框架和要求。

2. 工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、生态环境部、住房城乡建设部、水利部联合印发《工业废水循环利用实施方案》（工信部联节〔2021〕213号），旨在通过政策引导和支持，推动工业废水处理技术的创新和应用，提高工业用水的重复利用率，减少水资源的浪费和污染。

3. 行业特定的废水治理及回用工程技术规范，例如：《淀粉废水治理工程技术规范》（HJ 2043-2014）、《发酵类制药工业废水治理工程技术规范》（HJ 2044-2014）、《石油炼制工业废水治理工程技术规范》（HJ 2045-2014）、《屠宰与肉类加工废水治理工程技术规范》（HJ 2004-2010）、《畜禽养殖业污染治理工程技术规范》（HJ 497-2009）、《钢铁工业废水治理及回用工程技术规范》（HJ 2019-2012）、《酿造

工业废水治理工程技术规范》(HJ 575—2010)等，这些规范针对特定行业的特点，提供了详细的技术指导。

4. 《工业废水处理与回用技术评价导则》(GB/T 32327-2015)等，这些文件提供了标准化的技术要求和设计指导。

#### **四、标准主要技术内容**

##### **(一) 标准的适用对象**

本标准适用于工业企业废水的处理及回用。

##### **(二) 标准的主要架构**

本标准在充分借鉴已有标准的基础上，广泛征求意见，确定标准主要框架，共分为 12 个部分，具体划分为封面、目次、前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、工艺流程、主要工艺单位、排放及回用要求、附录 A 和附录 B。

##### **(三) 标准的主要内容**

###### **1. 范围**

本标准规定了工业企业废水处理及回用的总体要求、工艺流程、主要工艺单位、排放及再生回用等内容，适用于工业企业废水的处理及回用。

###### **2. 规范性引用文件**

本标准所引用的有关标准均为现行且有效的，条文中给出编号，以便于使用时查找。

###### **3. 术语和定义**

本标准未给出新的术语和定义，HJ 2016 界定的术语和定义适用于本标准。

#### **4. 总体要求**

本章主要给出工业企业废水处理及回用应遵循的原则以及选择废水处理与回用技术时应考虑的主要因素。

#### **5. 工艺流程**

根据目前工业废水处理水质特点及处理工艺，工业废水处理工艺流程可分为五个工段，分别为预处理工段、厌氧处理工段、好氧处理工段、深度处理工段、回用工段，每个工段常用的废水处理工艺较多，根据不同种类工业废水水质污染物，选择对应的合适处理工艺。本章给出了工业企业废水处理的五个工段，并以附录的形式给出了每个工段常见工艺单元和典型工业废水处理工艺流程。

#### **6. 主要工艺单元**

本章详细描述了预处理工段、厌氧处理工段、好氧处理工段、深度处理工段、回用工段的主要工艺单元的设计要求。

##### **(1) 预处理工段**

工业类生产废水种类复杂，水质特性差异大，需要对每类工业废水分别分析，设计合适的处理工艺流程。针对工业废水中可能存在的高悬浮物（SS）、高盐分、高氨氮、可生化性差等特性，分别选用合适的预处理工艺处理后，再进入后续生化处理工段。

##### **a. 格栅**

拦截废水中大块悬浮固体、漂浮物、固体颗粒物质。工业废水中根据拦截的悬浮物性状，常用的有回转式、转鼓式等。根据废水中大块悬浮固体形式，选择不同形式格栅。

#### b. 调节池

工业废水来源种类较多，水质复杂，通过调节池均衡水质水量。并可根据废水特点分类收集，设计多格调节池，分别收集。池内一般设计搅拌装置，防止悬浮物沉积。标准还给出了不同废水的停留时间。

#### c. 初沉池

通过重力沉降作用，去除废水中部分 SS，根据废水特性，可选择加入合适的絮凝剂、助凝剂。标准给出了初沉池表面水力负荷的推荐范围宜。

#### d. 隔油池

利用油与水的比重差异，主要用于分离去除废水中悬浮状态油品。

#### e. 气浮机

气浮主要用于去除废水中乳化状态油、杂质等悬浮物。投加絮凝剂使悬浮物、杂质等悬浮物凝聚，在气浮的作用下分离。根据原理不同，常用的气浮工艺有涡凹气浮、溶气气浮、浅层气浮。

#### f. 高级催化氧化

根据产生自由基的方式和反应条件的不同，可将其分为光催化氧化、湿式催化氧化、臭氧催化氧化、电催化氧化、

Fenton 氧化、多相催化氧化等。臭氧投加量宜采用试验确定，接触时间一般为 1 h~3 h。芬顿氧化及衍生工艺多相催化氧化，反应 pH 宜为 3~4，水力停留时间宜为 2 h~4 h。其余光催化氧化、电催化氧化等均宜采用试验确定反应条件。

#### g. 铁碳微电解

在不通电的情况下，利用铁碳填料产生“原电池”效应对废水进行电解氧化和还原处理，以达到降解有机污染物的目的。同时生成的  $\text{Fe}^{3+}$ ，具有较强的吸附-絮凝性，适用于氧化还原电位较高的废水生化处理前的预处理，可提高废水的可生化性。适宜偏酸性条件，水力停留时间宜为 1 h~2 h，应设曝气系统，防止铁碳板结。

#### h. 蒸发器

去除高盐工业废水中盐分及部分高沸点有机物。高盐工业废水中盐分可达到几万至十几万 mg/L 不等，对生物菌种产生不同程度抑制性。根据蒸发形式的不同，常用的蒸发工艺有多效蒸发、MVR 蒸发等。多效蒸发器适用于高含盐废水处理，根据蒸发的效数（大于等于 1）不同，蒸汽用量不同。MVR 蒸发器适用于高含盐废水除盐、废水深度处理及中水回用，不适宜含有高浓度易挥发性有机物废水的预处理。

#### i. 换热设备

部分工业废水排至污水处理站时温度较高，如大豆分离蛋白废水、发酵废水等，采用换热设备对废水做降温处理，常用降温设备如：冷却塔、闭式冷却塔、板式/管式换热器

等。若废水中悬浮物已发生堵塞且不易采用沉降工艺预处理时，宜采用宽通道式换热器。

## (2) 厌氧处理工段

### a. 水解酸化池

提高废水的可生化性和溶解性。高浓度废水一般可作为厌氧反应器的前处理，起预酸化作用。对含有毒性抑制成分的化工类废水，具有更高的耐冲击性。适用于难降解废水的预处理，可提高废水的可生化性，水力停留时间宜大于 8 h。生化性较差的化工类、制药类废水可适当延长停留时间。

### b. 升流式厌氧污泥床 (UASB)

中温厌氧工艺，是高浓度工业废水中去除 COD 的主要工艺。内部结构包含底部布水系统、一层三相分离器、出水系统、沼气收集系统等。适用于高浓度废水的处理，宜采用絮状污泥运行，运行负荷小于  $5 \text{ kgCOD/m}^3\cdot\text{d}$ ，CODCr 去除率为 60 %~90 %。沼气脱硫后可作为燃料利用，沼气不便利用或不能完全利用时，应设火炬处理。

### c. 膨胀颗粒污泥床 (EGSB)

中温厌氧工艺，是高浓度工业废水中去除 COD 的主要工艺，是在 UASB 反应器的基础上发展起来的第三代厌氧生物反应器。高径比 3-5，内部结构包含底部布水系统、一层三相分离器、出水系统、沼气收集系统、外循环系统等。适用于高浓度废水的处理，宜采用颗粒污泥运行，运行负荷为  $8 \text{ kgCOD/m}^3\cdot\text{d} \sim 20 \text{ kgCOD/m}^3\cdot\text{d}$ ，占地面积小，CODCr 去除率为

60 %~90 %。

d. 内循环厌氧反应器 (IC)

中温厌氧工艺，是高浓度工业废水中去除 COD 的主要工艺。高度可达 16m~25m，高径比一般为 4~8，内部结构包含底部布水系统、上下两层三相分离器、内循环系统、出水系统、沼气收集系统、外循环系统等。适用于处理以碳氢化合物为主要污染物的高浓度废水，如淀粉类、发酵类、蛋白类、食品类废水等。宜采用颗粒污泥运行，中温条件下，运行负荷为  $10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 24 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，CODCr 去除率为 70 %~90 %。

e. 全混式厌氧反应器 (CSTR)

反应器内安装有搅拌装置，使发酵原料和微生物处于完全混合状态。投料方式采用恒温连续投料或半连续投料运行，适合用于处理高悬浮固体含量的废水，一般应用于养殖场中畜禽粪便的处理和沼气生产、发电工程。

### (3) 好氧处理工段

a. 生物接触氧化池

一种介于活性污泥法与生物滤池之间的生物处理技术，反应池内填加生物填料，微生物在填料表面附着生长，废水与生物膜接触并在生物膜上微生物的新陈代谢功能的作用下，去除废水中有机污染物，比普通活性污泥法可节省占地，污泥产生量少等优点。内部结构包含填料、支架曝气装置等。适用于处理较低 CODCr 进水浓度和负荷条件下的废水好氧

处理。容积负荷碳氧化/硝化宜为  $0.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 2.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，碳氧化宜为  $2.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 5.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，CODCr 去除率为 60%~90%。

#### b. A/O 池

在常规二级生化处理基础上发展起来的生物去碳除氮技术，也是目前采用较广泛的一种脱氮工艺。氨氮主要通过微生物的同化作用以及硝化菌和反硝化菌的作用予以去除。适用于需要脱氮除碳的废水处理，根据脱氮要求，可设置多级 A/O。O 段溶解氧浓度应维持在 2 mg/L 以上，pH 应控制在 7~8 之间。缺氧与好氧水力停留时间宜控制在 1:3 左右，在碳氮比 (C/N) 小于 5 的情况下需补充反硝化碳源。

#### c. A2/O 池

氧-缺氧-好氧脱氮除磷工艺。废水经过厌氧、缺氧、好氧交替状态处理，提高总氮、总磷去除率的生物处理。适用于需要脱氮除磷的废水处理， $\text{BOD}_5$  污泥负荷宜为  $0.1 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d}) \sim 0.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 。

#### d. 厌氧氨氧化工艺 (ANAMMOX 池)

在缺氧条件下，厌氧氨氧化菌直接以  $\text{NO}_2^-$ -N 为电子受体，将  $\text{NH}_4^+$ -N 氧化成  $\text{N}_2$  的生物脱氮工艺。相比普通好氧脱氮工艺，具有池容小、能耗低、产泥量小等优势。适用于高氨氮、高总氮废水的处理，总氮、 $\text{NH}_3$ -N 去除率均可达 80%以上。

#### e. 序批式活性污泥法 (SBR 池)

通过在时间上的交替实现传统活性污泥法的整个过程，

由进水、曝气、沉淀、排水等阶段构成一个循环。其改型工艺循环活性污泥法(CASS)在反应器进水端增加生物选择器,可实现连续进水。适用于 CODCr 浓度在 2000 mg/L 以下中、小水量的废水处理, CODCr 去除率为 50%~80%。

#### f. MBR 膜生物反应器

把膜分离过程与生物反应器组合使用的工艺。根据膜构型可分为中空纤维帘式、板式、管式、卷式等。可与其他好氧工艺结合使用,一般适用于污泥沉降性一般废水、或对排水 SS 要求较高废水,也可与中水回用设备结合使用。

### (4) 深度处理工段

#### a. 混凝沉淀池

通过投加化学药剂,与水中污染物质反应,生成难溶的沉淀物而析出。一般用于投加除磷剂,去除磷酸盐;或用于投加絮凝剂,降低废水中 SS 浓度等。

#### b. 磁絮凝沉淀池

化学除磷工艺,在反应区投加除磷剂、絮凝剂及磁种,产生包裹了磁种的微磁絮团,并通过超磁分离回收装置回收磁种,实现循环利用。该工艺出水磷酸盐、SS 浓度很低,占地面积小,仅为普通快滤池的 1/6。适用于水量大、总磷要求高、占地面积小的废水处理。表面水力负荷宜为  $8\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 10\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

#### c. 高密度沉淀池

一种快速沉淀处理工艺,利用池中聚集的泥渣,通过回

流与水中的颗粒进行相互接触、吸附，加速颗粒絮凝，促进杂质颗粒的快速分离，并结合斜管加速沉淀过程，实现高效的固液分离。适用于水量大、占地面积小的项目。表面水力负荷宜为  $4\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 8\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

#### d. 高级催化氧化

与预处理中高级催化氧化工艺种类相同，但目的不仅仅是提高可生化性，还可通过羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )的强氧化作用，进一步去除剩余的有机物，降低 COD 值。一般情况下，末端 COD 值低，与预处理相比加药量、电能等能耗均会降低。

#### e. 脱色池

用于末端色度仍然较高的工业废水，如发酵制药类废水、印染废水等，脱色药剂需根据发色物质选择，如次氯酸钠、铁盐、芬顿试剂、臭氧等。

#### f. 消毒池

出水水质对大肠菌群有要求或回用类废水，末端需采用杀菌消毒工艺，工业废水处理中常用消毒方法如氯消毒、臭氧、紫外线等。氯消毒后应进行混合和接触，接触时间不应小于 30 min。一级处理后污水加氯量应为  $20\text{ mg/L} \sim 30\text{ mg/L}$ ，二级处理后污水加氯量应为  $5\text{ mg/L} \sim 10\text{ mg/L}$ 。臭氧投加量应为  $5\text{ mg/L} \sim 15\text{ mg/L}$ 。

#### g. 过滤器

为进一步降低废水中 SS 值，或为满足进入中水回用设备要求。过滤器根据滤料不同，种类较多，如砂滤、炭滤、

多介质、纤维束过滤器等。过滤器根据滤料不同，设计滤速不同，不宜低于 4 m/h。过滤器应设计水洗、气洗，定期反冲洗。

#### h. 曝气生物滤池 (BAF)

兼有活性污泥法和生物膜法两者优点，将生化反应和过滤两种处理过程合并在同一构筑物完成，结构包含滤池池体、生物滤料、承托层、布水、布气系统、反冲洗系统、出水系统等。适用于处理有机物和高悬浮物浓度较低的废水，进水高悬浮物浓度应小于 60 mg/L。COD<sub>Cr</sub> 去除率为 30%~50%。

#### i. 深床反硝化滤池

集生物脱氮和过滤功能为一体的深度脱氮工艺。一般应用于出水总氮要求较高废水，可与好氧脱氮工艺结合使用，出水总氮可低至 10 mg/L。

### (5) 回用工段

工业用水回用一般应用于循环冷却水补水、锅炉补给水等，回用水质标准对浊度、溶解性固体、总硬度、氯离子、硫酸盐等都有具体数值要求，工业生产排水仅采用生化处理、过滤等难以达标，往往采用超滤 (UF)、反渗透 (RO)、高压膜 (DTRO、STRO 等) 等膜处理工艺去除盐分，降低浊度。膜系统会产生浓水，往往采用蒸发器蒸发处理，最终达到零排放。

## 7. 排放及回用要求

本章给出了工业企业废水排放和回用应符合的相关标

准。

**排放要求。**有行业排放标准的应符合相关标准的要求，暂未有相关排放标准和当地部门要求的，应符合 GB 8978 的相关规定；排入城市下水道的应满足 GB/T 31962 的相关规定；排入江河、渠道等地表水体的应满足 GB 3838、GB 18918 的相关规定。

**回用要求。**工业废水的回用应根据回用对象对水质的要求确定，回用水质应符合当地要求和地方相关标准，标准分别给出了回用至工业用水、工业循环冷却水、锅炉补给水、杂用水及景观用水、农田灌溉以及其他工艺水与产品用水水源时应参照执行的标准。

标准给出了水污染物监测分析方法。

## **五、与现行相关法律、行政法规和其他标准的关系**

在工业企业废水处理及回用方面，目前现行的国家标准主要包括 GB/T 42866-2023《煤化工废水处理与回用技术导则》、GB/T 33961-2017《炼焦废水处理技术规范》、GB/T 32123-2015《含氰废水处理处置规范》等；工业企业废水处理及回用的行业标准主要集中在稀土、化工、黑色冶金、有色金属等行业，如 XB/T 816-2023《稀土冶炼生产废水处理回用技术规范》、HG/T 6237-2023《有机氮工业废水处理及回用技术规范》、YB/T 6000-2022《电解金属锰企业废水处理技术规范》、YS/T 1169-2017《再生铅生产废水处理回用技术规范》等，环境保护行业标准主要有 HJ1095-2020《芬

顿氧化法废水处理工程技术规范》、HJ 2051-2016《烧碱、聚氯乙烯工业废水处理工程技术规范》、HJ 2023—2012《厌氧颗粒污泥膨胀床反应器废水处理工程技术规范》、HJ 2024—2012《完全混合式厌氧反应池废水处理工程技术规范》等。

本标准主要规定工业企业废水处理及回用的通用要求，与国内现行相关标准协调一致。

## **六、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据**

本标准无重大分歧意见。

## **七、标准实施的预期效益**

《工业企业废水处理及回用技术规范》标准主要规定工业企业废水处理及回用的通用要求，给出工业企业废水处理的基本要求，以及预处理、厌氧处理、好氧处理、深度处理、回用等的工艺和技术要求。标准的实施将有效降低废水对环境的污染，提高水资源的循环利用率，同时推动工业企业采用先进技术，增强市场竞争力，促进经济、社会与环境的协调可持续发展。