

中小型企业废水循环利用改造思路分析

高双德

京粮（天津）粮油工业有限公司 天津 300400

摘要：中小企业生产模式灵活多变，废水水质复杂、水量波动显著，传统水处理及循环体系难以适配企业生产回用的实际需求。本文结合中小企业废水水质组分、排水规律及各工序污染差异特征，梳理废水收集布局、处理工艺、配套设施及产销衔接中存在的各类结构性问题，针对性提出分质管网改造、模块化工艺升级、配套设施优化等系统性改造方案，搭建适配企业生产特点的长效运维管控体系，可持续优化厂区水资源利用结构与利用方式，提升工业废水循环利用的稳定性与实效性。

关键词：中小企业；废水循环；分质处理；系统改造；运维管控

引言：工业水资源循环利用是企业降本增效、优化生产体系的重要举措，也是中小型企业生产升级过程中的重要建设内容。中小型企业生产工序灵活、产能波动较大，产出废水在水质、水量层面具备较强的动态性特征，对水处理与回用体系的适配性有着更高要求。当前多数中小企业废水循环系统建设较为粗放，设施布局、处理工艺、运维管理均存在不同程度的短板，难以实现水资源的高效循环复用。通过剖析企业废水排放核心特征，优化水循环系统改造路径与运行模式，可有效改善企业用水结构，保障生产体系稳定运行。

1 中小型企业废水水质与排水特征梳理

1.1 中小企业废水水质组分与污染特质分析

中小企业行业覆盖范围广泛，加工品类多样，生产原料与加工工艺的差异性，让废水内部组分表现出较强的复杂性。水体内部普遍包含有机污染物质、固体悬浮颗粒、胶体杂质以及多种溶解性污染物，部分精细加工、轻工制造类生产场景，废水内部会留存微量专属特征污染物。各类杂质在水体中分布状态存在区别，轻质杂质悬浮于水体上层与中层，高密度杂质逐步沉降于水体底部，形成层次分明的污染结构。生产负荷的动态变化，会改变污染物富集浓度与水体浑浊程度，让水质状态始终处于浮动状态^[1]。复杂且多变的水质条件，大幅提升水处理稳定运行的难度。常规单一净化工艺难以彻底去除水体杂质，无法达到生产回用的水质标准。深度剖析水质组分与污染特质，可针对性搭建分级净化处理流程，匹配差异化的处理工艺，满足复杂水质的净化处置需求。

1.2 企业生产排水时段与排水体量特征分析

中小企业多以订单化、阶段性生产模式为主，生产排班、加工节奏会随生产任务灵活调整。废水排放无法

保持大型企业连续、平稳的排放状态，整体排放节奏跟随生产工序启停发生明显波动。生产集中作业阶段，各类用水工序持续运行，废水产出量维持在较高水平。生产间歇、设备检修以及停工阶段，废水产出量大幅回落，部分时段甚至出现无废水排放的状态。起伏波动的排水体量，会改变废水收集设施的水位荷载与进水浓度，造成水处理系统进水工况极不稳定。系统总结排水时段与体量的变化规律，能够为收集设施容积设计、设备运行负荷调控、储水设施布局规划提供可靠依据。

1.3 不同生产工序废水污染差异与回用潜力梳理

整套工业生产流程由多道独立工序组成，各工序的用水用途、作业环境各不相同，产出废水的污染程度呈现显著差异。原料预处理、设备清洗、工艺冷却、精细加工等不同环节，产生的废水在杂质类型、污染浓度、洁净程度上存在明显区分。部分辅助性生产工序产生的废水杂质构成简单，污染负荷较低，经过基础的沉淀、过滤净化后，即可重新投入生产使用。核心加工工序产生的废水杂质种类繁多，污染负荷偏高，需要经过多级深度净化处理，才能满足生产复用要求。依据工序污染差异开展分类收集、分质处置，对低污染水体简化处理流程，控制系统运行能耗与改造成本。对高污染水体配置专属净化工艺，充分挖掘不同水体的循环价值，有效提升企业内部水资源整体利用效率。

2 中小型企业废水循环利用现存结构性问题

2.1 废水收集体系布局的不合理性分析

多数中小企业厂区建设优先满足生产与仓储需求，废水收集管道、收集池、导流沟渠等设施多为后期增补建设，整体布局欠缺统筹规划。管道布设走向杂乱，部分区域存在管线交叉、管径匹配失衡的情况。生产区域产生的不同污染等级废水容易出现混流现象，低污染清洁废水与

高污染废水相互混杂,提升整体污水处理负荷。收集点位布设不够均匀,部分生产工序排水点位距离收集设施较远,容易出现积水滞留、外溢渗漏的情况。储纳设施划分不够精细,缺少分级收集、分质存储的专属空间,无法实现废水分类处置^[2]。杂乱的收集布局大幅降低废水预处理效果,影响后续循环处理工作有序开展。

2.2 现有处理工艺与循环回用需求的适配短板

很多中小企业水处理工艺选型以达标排放为核心目标,工艺架构设计偏向基础净化功能,难以适配循环回用的高标准水质要求。常规处理流程仅能完成悬浮物、常规有机物的基础去除,对水体中残留的微量杂质、溶解性污染物处理能力有限。生产废水水质存在动态波动特征,固定单一的工艺组合缺少灵活调节空间。进水水质出现波动时,出水水质稳定性难以保障。部分老旧工艺单元运行能耗偏高,净化效率偏低,长期运行会抬高生产用水成本。工艺体系缺少深度净化模块,无法根据回用场景的水质标准调整处理精度,难以满足多场景生产用水的复用要求。

2.3 废水循环系统运维与配套设施的现存缺陷

废水循环体系的稳定运行,依托完整的配套设施与常态化运维管理机制。不少中小企业水循环配套设施建设较为薄弱,管路阀门、过滤装置、水泵设备长期服役出现老化损耗,故障出现频次逐步增加。沉淀设施、净化构筑物清理维护不够及时,内部淤积大量杂质污垢,削弱水体净化能力。企业缺少专业化运维管理制度,设备检修、设施清洁、工况排查多依靠人工经验开展。运维工作缺少固定频次与标准化流程,设备隐患、设施堵塞等问题无法及时发现处理。粗放的运维模式容易造成系统运行工况不稳定,阻碍水循环体系常态化运转。

2.4 生产用水与废水循环体系的衔接断层问题

生产用水环节与废水循环系统属于相互联动的整体,多数企业将两类系统独立管控,形成明显的运行断层。循环净化后的水体无法精准对接各生产工序用水需求,回用输水路径规划不完善,部分工序依旧依赖新鲜水源补给。用水工序与水循环系统缺少联动调控机制,生产用水负荷变动时,循环供水力度无法对应调整。净化水体储存、调度、输送环节衔接不够顺畅,容易出现净化水闲置或供水不足的情况。断层式运行模式大幅降低废水回用频次,弱化循环系统的建设价值,难以形成可持续的厂区水资源循环运行模式。

3 适配中小企业的废水循环系统改造设计思路

3.1 分质分类废水收集管网系统改造思路

废水收集管网是水循环系统的基础载体,传统混流

式管网布局是造成水处理负荷偏高、净化效率偏低的主要原因。管网改造工作摒弃统一收集的粗放模式,推行分质分类的精细化收集理念。结合各生产工序的废水污染程度,划分清洁废水、一般污染废水、高浓度污染废水三类收集体系。重新梳理厂区管线走向,改造老旧杂乱管路,增设独立专用收集管道,实现不同污染属性废水的单独导流^[3]。配套搭建多级储水池,针对不同水质设置专属收纳区域,杜绝不同水体相互混杂。优化管网布设点位,覆盖全部生产排水工序,补齐局部收集盲区。规整管网排布结构,减少管路弯折、堵塞、渗漏等问题。改造后的分类管网体系可以从源头降低水处理难度,为分质处理、分级回用创造基础条件。

3.2 模块化废水处理工艺的优化改造思路

针对传统固定工艺适配性差、运行能耗高的问题,模块化工艺改造模式更加贴合中小企业灵活的生产工况。模块化工艺具备组合灵活、扩容便捷、适配性强的优势,可根据厂区水质波动情况自由调整工艺组合。保留原有成熟基础处理单元,拆除低效、高能耗的老旧工艺设备。新增精细过滤、杂质分离、水质净化等可灵活搭配的模块化单元,搭建可动态调整的处理流程。低污染水体可启用简易模块完成净化,缩短处理流程、控制运行成本。高污染水体可叠加多级处理模块,提升水体净化精度。模块化改造无需大规模土建施工,整体投入更低,能够适配中小企业的改造预算,满足不同水质的净化处理与回用标准要求。

3.3 废水循环配套设施的升级改造思路

配套设施的完善程度,直接决定废水循环系统的长效运行能力。结合现有设施的运行缺陷,针对性开展设备升级与功能完善。更换老化破损的水泵、阀门、输送管路等基础设备,提升水体输送的稳定性。对沉淀设施、净化构筑物进行清淤整修,优化内部结构布局,强化杂质沉淀与分离效果。增设必要的稳压、过滤、储水辅助设施,补齐系统运行功能短板。结合厂区运维条件,简化设备结构与操作流程。完善设施防护与防渗体系,规避水体渗漏、设备故障带来的运行问题,全方位提升废水循环系统的整体稳定性与使用寿命。

4 中小型企业废水循环系统长效运行保障体系构建

4.1 废水循环系统常态化运维机制搭建

改造后的废水循环系统想要维持稳定运行状态,需要依托规范化的运维机制作为支撑。零散、随意的维护模式会让改造后的设备与管网逐步出现老化、堵塞、效率衰减等问题。结合中小企业生产节奏简单、人员配置精简、运维预算有限的特点,搭建轻量化、可落地、易

执行的运维流程。明确管网线路、水处理设备、储水设施以及输水构筑物的日常管护内容,划定不同设备的检查周期、清洁标准与维护重点^[4]。落实常态化日常巡检工作,细致排查管路堵塞、设备异响、水体浑浊异常、输水不畅等细微运行问题。建立基础运维台账,如实记录设备运行状态、设施清洁情况与故障处置内容,让运维工作形成闭环流程。标准化的运维机制可以持续保留系统改造成效,维持水处理与水循环环节的稳定工况,有效延长整套系统的服役周期,为长期循环回用提供基础保障。

4.2 厂区用水排水工序规范化管控优化

厂区生产用水行为的规范程度,会直接影响废水水质稳定性与循环系统运行负荷。无序的用水、排水操作容易造成水体污染程度突增、排水流量骤变,干扰模块化处理工艺与梯级回用体系的稳定运行。对企业现有生产用水工序进行统一规范,系统梳理各工序的用水操作标准与排水要求,杜绝随意排水、混排乱排、超额用水等不规范行为。稳定各工序用水量与排水节奏,最大程度削弱水质与水量的波动幅度。明确各岗位的用水排水职责,细化设备清洗、工序排水、场地用水等操作细节,减少人为操作带来的水质扰动与工况波动。标准化的工序管控可以维持进水工况平稳,降低循环系统运行压力,让分质处理、梯级回用的改造模式持续落地,让水循环体系长期处于稳定可控的运行状态。

4.3 水循环系统工况自查与动态微调机制

生产工况的动态变化,会持续改变废水水质、水量与回用需求,固定不变的运行模式难以适配长期生产变化。企业订单规模、加工品类、生产班次的调整都会带来废水状态的波动,单一运行参数无法适配全周期生产场景。搭建常态化工况自查机制,定期核查管网分流状态、工艺净化能力、储水设施水质、回用供水稳定性。针对生产淡季、生产旺季、设备检修、工艺调整等不同生产阶段,灵活微调设备运行档位、工艺模块组合、输水调度模式。水质污染程度偏低时,适当简化处理流程,缩减设备能耗与运行成本。水质波动偏大时,及时增补深度净化模块,强化水体处理精度。动态微调模式

可以让水循环系统始终适配企业实际生产状态,避免系统运行与生产工况出现脱节。

4.4 厂区水资源循环利用氛围与岗位能力建设

人员操作能力与节水认知,是保障废水循环体系长效运转的软性支撑条件,也是容易被中小企业忽视的管理环节。多数中小企业一线生产人员对水循环系统结构、运行逻辑与操作规范认知有限,缺少规范用水、节水护水的作业意识,随意操作、错误操作都会破坏水循环体系运行状态。企业需要定期开展基础岗位技能培训,普及废水分类排放、设备规范操作、简单故障识别、日常养护要点等基础内容,稳步提升岗位人员的实操能力与问题处置能力。引导生产人员养成规范用水、有序排水的作业习惯,从源头减少水质突变、混排污染等问题。巩固厂区水资源循环利用的生产理念,让规范用水、科学回用融入日常生产流程,从人员管理层面为废水循环系统稳定运行提供持续性保障。

结束语

废水循环利用改造是适配中小企业生产模式、优化厂区水资源配置的系统性工作。结合企业废水水质特征与排放规律,针对性优化管网收集布局、模块化处理工艺、梯级回用路径与配套设施,可从硬件层面补齐传统水循环体系的运行短板。常态化运维机制、工序管控规范、动态自查微调模式与岗位能力建设的落地,能够从管理层面稳固改造成效。软硬件结合的优化方式,持续提升中小企业废水处理与循环复用能力,推动厂区水资源利用模式向规范化、精细化、长效化方向转变。

参考文献

- [1]杨余明,吴华,徐海进.预制桩企业废水处理及循环利用方案探讨[J].江苏建筑,2022(3):145-147.
- [2]虞琴琴.废纸造纸企业的清洁生产及废水循环利用措施[J].造纸装备及材料,2023,52(2):7-9.
- [3]李成枝.化工中间体生产废水处理与循环利用技术实践[J].华东纸业,2026,56(6):140-142.
- [4]颜瑾.工业企业高盐废水资源化处理实践[J].广东化工,2026,53(6):106-108,100.