

工业废水回用系统的设计与实施

宣森阳

浙江海牛环境科技股份有限公司 浙江杭州 310000

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13201

[摘要] 随着水资源短缺问题日益严重以及环保要求的不断提高,工业废水回用成为工业可持续发展的关键举措。本文详细阐述了工业废水回用系统的设计原则、流程以及实施过程中的要点。通过对不同行业工业废水特点的分析,提出针对性的处理工艺和回用方案,并结合实际案例探讨了系统运行效果和经济效益。旨在为工业企业构建高效、稳定且经济可行的废水回用系统提供理论依据和实践指导。

[关键词] 工业废水; 回用系统; 设计与实施

引言

工业生产过程中会产生大量废水,若直接排放不仅造成水资源的巨大浪费,还会对环境产生严重污染。工业废水回用系统能够将经过处理后的废水重新应用于工业生产环节,既满足了企业自身对水资源的需求,又降低了对外部供水的依赖,同时减少了污染物排放,具有显著的环境效益、经济效益和社会效益。因此,合理设计与有效实施工业废水回用系统对于工业企业的绿色发展至关重要。

一、工业废水回用系统设计原则

(一) 水质水量匹配原则

深入分析工业废水的来源、水质特性(如酸碱度、悬浮物、有机物、重金属含量等)以及水量变化规律。根据回用目标对水质的要求,确保处理后的水质能够稳定达到回用标准,同时使系统处理能力与废水产生量和回用量相匹配,避免出现处理能力不足或过剩的情况。

(二) 技术可行性原则

选用成熟、可靠且先进的处理技术和设备。考虑处理工艺对废水水质变化的适应性,保证在不同工况下都能实现稳定运行。同时,要关注新技术的发展动态,适时引入更高效、节能的处理方法,以提高系统的整体性能。

(三) 经济合理性原则

在满足水质水量要求的前提下,尽量降低系统的建设和运行费用。优化工艺流程,减少设备投资;选择能耗低、药剂消耗少的处理工艺;合理规划系统布局,降低占地面积,从而实现经济效益最大化。

(四) 操作管理简便原则

系统设计应便于操作和维护,减少复杂的操作流程和设备。配备完善的监测和控制系统,能够实时掌握系统运行状况,及时发现并解决问题。同时,要考虑操作人员的技能水平和培训需求,确保系统能够长期稳定运行。

二、工业废水回用系统设计流程

(一) 预处理阶段

格栅与调节池:通过格栅去除废水中较大的悬浮物和漂浮物,防止其堵塞后续处理设备。调节池用于均衡废水的水质和水量,降低水质水量波动对后续处理工艺的影响。

沉淀与气浮:沉淀法可去除废水中的可沉降颗粒物,气浮法则适用于去除密度接近水的细小悬浮物和油类物质。根据废水特性选择合适的沉淀或气浮工艺,提高废水的预处理效果。

(二) 核心处理阶段

生物处理:对于含有机物较多的工业废水,生物处理是常用的核心处理工艺。包括活性污泥法、生物膜法等。活性污泥法通过微生物的新陈代谢作用分解废水中的有机物;生物膜法则利用附着在载体表面的生物膜对有机物进行降解。生物处理能够有效降低废水的化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)。

深度处理:经过生物处理后的废水,可能仍含有一些难以降解的有机物、微量重金属离子和溶解性盐类等。深度处理工艺包括反渗透(RO)、纳滤(NF)、超滤(UF)、离子交换、

活性炭吸附等。反渗透和纳滤能够截留大部分溶解性盐类和小分子有机物;超滤可去除大分子有机物和胶体物质;离子交换用于去除特定的离子;活性炭吸附则对有机物有良好的去除效果。根据回用目标水质要求,选择一种或多种深度处理工艺组合。

(三) 后处理阶段

消毒:为防止回用水中的微生物对回用过程产生不良影响,通常采用消毒措施。常见的消毒方法有紫外线消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒等。消毒能够杀灭水中的细菌、病毒等病原体,保证回用水质的卫生安全。

水质调整:根据回用用途,对处理后的水质进行适当调整,如调节酸碱度、硬度等,使其满足具体的回用要求。

(四) 回用分配系统

设计合理的回用分配系统,将处理后的回用水输送至各个回用点。回用分配系统应具备良好的管道布局和压力控制,确保回用水能够稳定、均匀地供应到需要的生产环节。同时,要设置必要的计量和监测装置,以便对回用水量 and 水质进行实时监控。

三、不同行业工业废水回用系统设计要点

(一) 印染行业

印染废水具有水量大、色度高、有机物含量高、成分复杂等特点。在设计回用系统时,预处理阶段需强化对悬浮物和色度的去除,可采用混凝沉淀和气浮相结合的方法。核心处理阶段通常采用生物处理与高级氧化相结合的工艺,如水解酸化-好氧生物处理-芬顿氧化等,以有效降解难生物降解的有机物和去除色度。深度处理可选用反渗透等膜分离技术,进一步去除溶解性有机物和盐分,使处理后的水满足印染生产中的漂洗、染色等工序的用水要求。

(二) 电子行业

电子行业废水主要来源于芯片制造、电路板加工等过程,含有重金属(如铜、镍、铅等)、酸碱、有机物等污染物。预处理重点是去除重金属离子,可采用化学沉淀法将重金属转化为不溶性沉淀物去除。核心处理阶段可采用离子交换树脂进一步去除残留的重金属离子,同时结合生物处理或活性炭吸附去除有机物。深度处理多采用反渗透和超滤等膜技术,确保回用水的高纯度,满足电子生产对水质的严格要求,如用于清洗、蚀刻等工序。

(三) 化工行业

化工废水成分复杂,含有各种有机和无机化合物,部分废水具有毒性和腐蚀性。预处理需根据废水的具体成分选择合适的方法,如酸碱中和、破乳等。核心处理阶段可采用多种工艺组合,如厌氧生物处理-好氧生物处理-深度氧化等,以降解复杂有机物。深度处理可选用纳滤、反渗透等膜技术以及离子交换、活性炭吸附等工艺,去除残留的有机物、盐分和重金属等,使回用水达到化工生产中的循环冷却、反应釜补水等回用标准。

四、工业废水回用系统的实施要点

(一) 项目规划与前期调研

在实施工业废水回用系统之前,全面且细致的项目规划

是整个工程成功的基石。这需要深入企业内部,全方位调研生产工艺的每一个环节。详细了解不同生产阶段废水的产生源头、产生量以及废水的具体成分特性。同时,精准把握企业当前及未来的用水需求,不仅要满足日常生产的水量供应,还要考虑到企业业务拓展、产能提升等未来发展规划下的用水变化。除了企业自身情况,外部环境因素同样关键。深入研究当地的水资源政策,明确水资源利用的方向与限制,确保项目符合政策导向。紧密关注环保要求,使废水回用系统达到甚至超越环保标准,避免后续因政策变动或环保不达标带来的风险。此外,对相关技术市场情况进行调研也不可或缺。了解行业内最新的废水处理技术、设备发展趋势以及各类技术的应用案例,为系统的设计和建设提供丰富且前沿的参考依据,从而打造出既符合企业实际需求又具备前瞻性的工业废水回用系统。

(二) 设备选型与采购

根据系统设计要求挑选设备时,质量可靠与性能优良是首要考量因素。处理能力是衡量设备能否满足企业废水处理规模的关键指标,需依据企业废水产生量的大小,精确匹配设备的处理能力,确保系统能够高效稳定运行。运行稳定性直接关系到系统的持续运转,关乎企业生产的连续性,因此要选择经过市场检验、技术成熟的设备型号。而维护成本则涉及到长期运营费用,低维护成本的设备能有效降低企业的运营负担。在设备选型过程中,要综合权衡以上各种因素。通过公开招标、多方询价等多种方式,广泛收集市场信息,对比不同供应商的产品质量、价格、售后服务等方面。与信誉良好、实力雄厚的设备供应商建立合作关系,确保设备能够按时、按质到货。同时,在采购合同中明确设备的规格参数、质量标准、交货时间、售后服务条款等细节,保障企业的合法权益,为后续系统的顺利建设和运行奠定坚实基础。

(三) 工程施工与安装

工程施工必须严格依照设计图纸和施工规范有序推进。施工过程中的质量控制是重中之重,尤其是管道安装的密封性,任何微小的泄漏都可能导致废水外溢,不仅影响处理效果,还可能对周边环境造成污染。因此,在管道安装时,要采用先进的连接工艺和密封材料,确保每一处接口都严丝合缝。设备基础的稳定性同样不容忽视,稳固的基础是设备正常运行的前提,若基础不稳,设备在运行过程中可能会出现振动、位移等问题,严重影响设备寿命和处理效果。在设备安装过程中,技术人员要严格把关,确保设备安装位置准确无误,连接牢固可靠。每完成一台设备的安装,都要进行必要的调试工作,对设备的各项性能指标进行检测,查看是否达到设计要求。在整体设备安装完成后,进行系统的试运行。在试运行期间,密切观察系统的运行状况,及时发现并解决安装过程中可能遗留的问题,如设备运行异常、管道堵塞等,确保系统在正式投入使用前处于最佳状态。

(四) 人员培训与系统调试

对操作人员进行全面且专业的培训是确保系统正常运行的关键环节。培训内容涵盖系统的工艺流程,让操作人员清晰了解废水从进入系统到处理后回用的每一步走向,明白各个处理单元的作用和相互关联。详细讲解设备的操作方法,包括启动、停止、参数调节等基本操作,以及应对突发情况的紧急操作流程。同时,传授设备维护要点,如日常保养、定期检修的内容和方法,使操作人员能够及时发现并处理潜在的设备故障隐患。此外,还要对操作人员进行应急处理措施的培训,让他们在面对诸如设备突发故障、水质异常等紧急情况时,能够迅速做出正确反应,保障系统的安全稳定运行。在系统调试阶段,技术人员要逐步调整各项运行参数,如水流速度、药剂投加量、反应时间等。通过不断地测试和优化,使系统达到最佳运行状态。在此过程中,对处理后的水质进行实时监测和详细分析至关重要。采用专业的水质检测设备和方法,对水质的各项指标进行检测,将检测结果与设计要求进行对比。若发现水质不达标或存在其他问题,及

时调整运行参数或排查设备故障,直至系统处理后的水质完全满足设计要求,为系统的正式投入运行做好充分准备。

(五) 运行管理与维护

建立一套完善的运行管理制度是保障工业废水回用系统长期稳定运行的核心。首先要制定详细且可操作性强的操作规程,明确每个岗位的职责和操作流程,确保操作人员严格按照规定进行操作,避免因人为失误导致系统运行异常。同时,制定周全的应急预案,针对可能出现的各种突发情况,如设备重大故障、自然灾害等,提前规划应对措施,确保在紧急情况下能够迅速响应,最大限度减少损失。定期对系统进行全面巡检和维护是必不可少的工作。巡检过程中,仔细检查设备的运行状况,包括设备的温度、压力、声音等指标是否正常,及时发现设备潜在的问题。密切关注水质变化情况,通过定期采样检测,掌握水质动态,以便及时调整处理工艺。对于损坏的设备部件,要及时进行更换,确保设备的正常运行。按照系统运行需求,准确添加必要的药剂,保证废水处理效果。此外,做好运行数据的记录和分析工作意义重大。通过对运行数据的深入分析,可以发现系统运行中的规律和问题,为系统的优化和改进提供有力依据,从而不断提升系统的运行效率和处理效果。

五、实际案例分析

(一) 案例背景

某印染企业,日产生废水约 2000 吨,原废水直接排放至污水处理厂,随着企业规模扩大和环保要求提高,决定建设工业废水回用系统。回用目标是将处理后的水用于印染生产中的漂洗工序,要求回用水的 COD 小于 50mg/L,色度小于 10 倍,电导率小于 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

(二) 系统设计

预处理:采用格栅 - 调节池 - 混凝沉淀 - 气浮工艺,去除废水中的悬浮物和大部分色度。

核心处理:采用水解酸化 - 接触氧化 - 芬顿氧化工艺,降解有机物和进一步去除色度。

深度处理:采用反渗透膜处理工艺,去除溶解性有机物和盐分。

后处理:经过紫外线消毒和水质微调后,进入回用分配系统。

(三) 运行效果

系统建成运行后,处理后的回用水水质稳定达到回用标准。日回用水量可达 1500 吨左右,回用率达到 75%。企业每年可节约新鲜水资源约 54.75 万吨,减少向污水处理厂排放废水约 54.75 万吨,同时降低了水费和污水处理费用,取得了显著的经济效益和环境效益。

结语

工业废水回用系统的设计与实施是一项复杂的系统工程,需要综合考虑多方面因素。通过遵循合理的设计原则,采用科学的工艺流程,并注重实施过程中的各个环节,可以构建出高效、稳定且经济可行的工业废水回用系统。不同行业应根据自身废水特点,选择合适的处理工艺和回用方案。实际案例表明,工业废水回用系统不仅能够有效解决企业的水资源短缺问题,降低生产成本,还能减少对环境的污染,推动工业的可持续发展。随着技术的不断进步和环保要求的日益严格,工业废水回用系统将在更多工业领域得到广泛应用和不断完善。

【参考文献】

- [1] 采煤工业废水深处理及处理后污水的循环利用初探. 刘文. 中国石油和化工标准与质量, 2017 (09)
- [2] 工业废水的处理方法. 张洪; 张雨霏; 张皓楠. 化学工程与装备, 2024 (11)
- [3] 智能工业废水运维平台的研究与实践. 蒲明东; 陈殿君. 山东化工, 2024 (21)
- [4] 珠江三角洲零散工业废水集中治理现状调查. 翟家欣. 中国资源综合利用, 2023 (11)