

Research on the application of industrial wastewater treatment and rain and sewage diversion engineering in enterprise pollution prevention and control

Hanmin Jin

Hunan Zhongnan Gold Smelting Co., Ltd., Yueyang, Hunan, 414500, China

Abstract

This paper sets the technical system of industrial wastewater treatment and the rain and sewage diversion project as the focus of comprehensive research. With the help of a comprehensive analysis of the main pollution characteristics of industrial wastewater, the comprehensive application of physicochemical, biochemical and advanced treatment technologies is summarized. Combined with the design concept, hydraulic model construction, and key structure technology involved in the rainwater and sewage diversion system, a systematic scheme for the collaborative treatment of the two is proposed. From the functional point of view, industrial wastewater treatment and rain and sewage diversion projects have high complementarity, and the integrated implementation of the two can improve the actual effect of pollution reduction. The research provides technical support and guidance in the field of engineering for industrial enterprises to achieve systematic and intelligent pollution control.

Keywords

industrial wastewater treatment; rain and sewage diversion; Process integration

工业废水治理与雨污分流工程在企业污染防治中的应用研究

金涵民

湖南中南黄金冶炼有限公司, 中国 · 湖南 岳阳 414500

摘 要

文章将工业废水治理技术体系与雨污分流工程设定为综合研究的重点。借助对工业废水所表现的主要污染特性进行全面解析, 总结出物化、生化及深度处理等技术的综合运用方式。结合雨污分流系统中涉及的设计理念、水力模型构建、关键构筑物技术等, 提出针对这两者协同治理的系统性方案。从功能的层面来看, 工业废水治理工作和雨污分流工程具有较高的互补性, 二者融合实施能够提升污染削减的实际成效。研究为工业企业实现系统化、智能化的污染控制目的, 提供了技术方面的支撑及工程领域的思路指引。

关键词

工业废水治理; 雨污分流; 工艺集成

1 引言

随着环保要求日益严格, 工业排水体系仍需提升处理效率和精准化管理水平。自 2015 年全新的环境保护法正式施行起, 废水的治理工作及雨污分流举措被提升至战略高度, 与土壤、地下水的保护行动同步推进。现阶段各企业将环境保护与生产经营并重, 着重强化风险的防范与控制, 致力于促使治理体系朝着生产全过程延伸。搭建起技术与系统相互协同配合的治理框架, 是实现环境效益与产业发展双赢局面的核心。

2 工业废水治理技术体系

2.1 工业废水的典型来源与污染物特性

工业废水来源广泛、成分复杂、浓度高及排放不均。各类企业生产工艺和流程存在差异, 排出的废水中包含多种无机及有机的污染物质, 重金属离子、油类物质、表面活性剂, 还有氮磷类化合物、酚类与氰化物等。化工、电镀、制药和纺织印染这些行业领域排放的废水中包含难以降解的有机物质及具有高盐负荷的成分。在黄金冶炼行业, 通过氰化提金工艺后产生的含铜、砷等物质的工业废水, 虽经过化学氧化法或分离回收法进行处理, 可回用于生产系统, 但随着循环使用次数增多, 废水中铜、砷、钠以及硫酸根离子累积, 含盐量增加, 游离氰与重金属离子组合形成氰的络合物, 对浸金工艺造成负面影响, 处理后产生的污泥不断增加固体

【作者简介】金涵民 (1986-), 男, 中国湖南常德人, 从事生态环境保护与污染防治研究。

废物管理压力，积压环境安全空间。固守工业废水“零排放”的废水管控要求必然导致后期处理的高成本，加重了企业生存发展负担与潜在环境保护压力。同时，考虑到雨污分流相关工程会受到厂区布局状况的限制，若初期雨水收集工作不全面，极易引发重金属污染扩散，这种矛盾状况在一定程度上

增加了水质稳定控制的复杂性。工业废水的排放存在间歇性和突发的特征，水质波动剧烈，在系统设计上采用动态调节和稳定负荷的方式进行适应。在水体受纳能力有限且环保法规日益严格的背景下，传统以末端处理作为核心的治理模式，无法满足对环境的管控需求。

表 1 工业废水主要来源与污染物特性对照表

行业类型	废水主要来源	主要污染物类型	特征描述
化工行业	反应釜清洗、冷却水排放	高 COD、有机溶剂、酚类、氰化物	高毒性、难降解、波动大
电镀行业	电镀槽溢流、清洗废水	重金属（Cr、Ni、Cu）、酸碱性	高盐分、高腐蚀性
制药行业	合成反应、设备冲洗水	高浓度有机物、抗生素、氮磷污染	生物毒性强、处理复杂
纺织印染行业	染料残液、印染工序排水	表面活性剂、染料、悬浮物、色度	水量大、可生化性差

2.2 工艺集成化发展

工业废水治理正从单一处理朝着集成化、多元化体系转变。依据污染物具备的特性，现代工艺所采用“预处理—资源回收—深度净化”的组合路径处理工艺。物理化学处理手段运用絮凝沉淀、中和等办法，去除颗粒物和重金属；在冶金行业，借助化学沉淀与扩散渗析技术相结合的方式，实现重金属的去除及 70%~80% 酸液的回收。生物处理技术处在不断优化的过程中，与离子交换树脂相配合，同步完成有机物的降解和金属资源的回收。难以降解的污染物借助高级氧化与膜分离技术构成的智能组合系统，例如“硫化物沉淀—臭氧氧化—RO 膜”这一工艺，能够使出水的重金属浓度降低至低于 0.1mg/L，回用率达 90%，智能控制系统还能够将药剂消耗降低 15%~20%。智能化管控体系借助整合在线水质监测设备（pH、电导率、重金属传感器等），对水质相关参数进行实时监控，自动调整加药量和设备运行的各项参数，实现精准的调控目的。其他处理工艺电化学处理方式能在电解过程中同步完成污染物的转化及金属的回收。Fenton 氧化技术可以高效分解难以降解的有机物质增强处理效果。

2.3 工业废水回用与零排放系统设计要点

废水回用系统应当按照用水单元对水质提出的要求，精准匹配预处理及深度净化的工艺模块，保证回用水的水质稳定、安全。零排放系统的核心要点，是让高效的分离、浓缩与蒸发技术实现协同整合。采用多效蒸发器、机械蒸汽再压缩（MVC）、结晶器及浓盐水处理工艺等方式，将高盐、高浓度的废水进一步浓缩至固态。在系统的设计流程中，兼顾能耗控制、膜污染的预防及治理、盐分管理及运维的可持续性等相关要素^[1]。还要构建完善的水平衡管理体系，通过实时掌握各工艺环节水量变化，优化用水分配，保证整个系统的水消耗最小化。在技术的选择方面，要全方位考量水源水质、运行成本、土地占用状况和设备集成的难易程度，构建起分质分流、模块组合及源头提前把控的系统架构。

3 雨污分流工程技术体系

3.1 雨污合流现状分析与分流改造必要性

在传统的城市和工业区排水体系中，虽然采取了雨污

分流，但普遍效果较差，尤其大雨、暴雨等天气状况下，城市、工业园区会发生混流、混合制排放现象，造成安全、环境及公共卫生隐患的问题。因此，雨污分流是一项值得研究的具有实用性工程项目。推进雨污分流系统的重新构建，从根源处实现排水介质在功能方面的分类、路径的分隔和风险的隔离，提升水环境治理水准的关键支撑方向。

3.2 分流系统的水力设计原则与排水模型构建

雨污分流系统的水力设计，要保障其排水能力、调蓄特性及系统稳定状态的基本前提下，实现流量调整、溢流把控及风险应对等多个目标的协同。在系统规划方面，依照区域的气象信息、水文相关参数及排水单元的具体特点，搭建分布式或集中式的水力计算模型，模拟不同重现周期、降雨持续时长及排水负荷情况下，该系统运行时展现出的响应情况。雨水汇流耗时、排水管直径与坡度、节点滞蓄容量及最大设计流量等关键设计参数，确保排水过程的顺利流畅，兼顾投资和运维层面的经济合理性^[2]。在构建模型过程中，采用不稳定流动模拟方法、时间逐步递进的分析形式嵌入节点控制逻辑，动态估算排水网络的边界条件、初始状态突发事件引发的干扰。在工业企业园区环境中，分流系统需与厂区生产排水系统实现协调对接，借助统一调度平台，提升管网运行的可预测性和调节的响应速度。

3.3 分流管网关键构筑物与智能控制系统

在进行雨污分流工程期间，雨水口位置的确定要从多方面去考量，兼顾汇水的面积大小、地势所呈现出的坡度状况及集水会遵循的路径。截流井、倒虹吸和检查井等工程中的节点结构部分，布置时须与管道坡度相协调，降低水头的损失和沉积会产生的风险。调蓄池系统应具有雨水削峰、将初期污染物进行隔离及使雨水能够有序排放等多项功能。在计算其容积时，综合气候条件、初期雨污水的质量状况及排放的节奏等多个因素全面地评估^[3]。智能控制系统布设在线流量计、水质传感器及液位监测等相关设备，实时采集系统运行时参数，依据控制逻辑算法实现对闸门的开启与关闭、泵站的启动与停止及排放路径的切换等操作。整合运用 GIS 空间分析、BIM 协同设计和 SCADA 控制平台，使雨污分流工程朝着数字化、自动化的全新阶段迈进。

4 工业污染治理的协同应用路径

4.1 工业废水与雨污分流系统的功能互补性

工业废水处理系统着重处理高含量、高负荷及种类多样的污染物。雨污分流系统是从源头让雨水和污水走上不同的路径,减轻处理压力和外部因素的不良影响。在协同运作模式中,分流系统能在雨季降低污水处理设施进水流量的峰值。还可避免含有工业物质的雨水径流在没有经过处理的情况下直接排放到自然水体中。合理规划排水系统的功能区,确定雨水渗透、储存调节及引导排放的路线以及工业污水集中收集与定向输送的通道,在系统设计阶段构建起一个稳定、高效且职责分明的污染管控体系。这两个系统间的协同还表现在负荷调节、应急配合和信息交流等方面功能的相互融合,促使企业从分散式的治理,转变为统一规划配置、协同调节控制的治理体系。

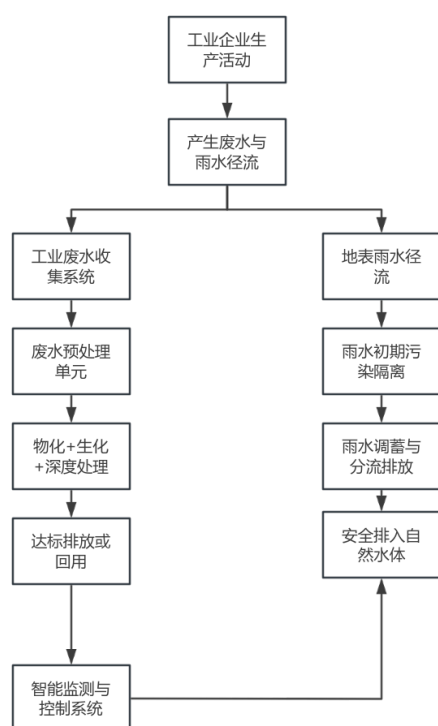


图1 工业企业废水治理与雨污分流系统协同路径图

4.2 工业园区污染防治的一体化系统构建

在工业园区层面打造一体化污染治理体系,全面综合考量区域内企业的分布状况、水污染物的具体类别、排放所呈现的规律及园区整体具备的水环境容量。该体系的架构应选取集中式和分散式处理单元相结合的模式,将污水处理厂、预处理站点、中水回用设施及雨污分流网络融合,塑造出一个能动态调整的水质调控平台。在开展规划设计工作的阶段,依照工业企业的工艺特性与排水特征施行分类管理,清晰划定清污分离的管网区域,提前规划好事故池与调节池等起到缓冲作用的设施。在运行过程阶段,借助一体化监控

平台实现对于水量、水质、能耗及设备状态的实时监督检测,保障该体系在不断变化的工况情形下依旧能够稳定运转做出高效回应。引入区域级水资源循环与污染物协同削减机制,构建起涵盖源头预控、过程管控、末端治理及资源再利用全过程的环境管理体系。

4.3 工程实施中的技术耦合与运行保障机制

实现工业废水治理系统与雨污分流系统的高效协同配合,在工程建设阶段,构建从技术层面紧密联结的机制,确保系统稳定运行。在工程接口设计,关注不同处理单元间的水量匹配、负荷均衡及处理流程的恰当性。在控制逻辑设计领域,依据多变量参数相互关系的分析打造自动化控制策略。依据实际情况动态调整进出水路线、处理节奏与能耗分配,以契合瞬时负荷变化和应对异常状态的需要。运行保障机制包含在线监测系统、故障诊断模块和应急联动机制的配套设置,借助数据挖掘和对运行参数的趋势预判,提升系统的稳定性与响应速度。在组织管理层面,明确各部门责任分工,制定统一的调度预案和风险响应预案,保障协同系统在长期运行过程中。还需要构建完善的制度保障系统,包含定期评估、绩效考评等长效管理机制。

4.4 企业污染治理智能化与系统化发展

未来污染治理体系要将大数据平台视为关键,整合物联网感知层、边缘计算节点及云端决策模块,塑造具备自我学习、自我适应特性的环境控制网络。依托智能化平台工业废水与雨污分流系统实现从源头数据采集、异常情形察觉到过程优化管控与预测性调度等全过程的智能化管理,并逐步把智慧冶炼科研项目纳入生产统一规划监管范围。系统化发展层面,要求企业打破工艺孤岛与系统限制,实现工艺、设备、能源和排放领域的一体化协同,搭建起以环境目标为导向的综合决策平台。深度融合污染治理系统与能源系统、资源回用系统,提高整体环境治理效益及企业可持续发展的竞争力,推动碳达峰碳中和目标的实现。

5 结语

在企业污染防治工作中,工业废水治理工程与雨污分流工程具有协同增效的技术优势。通过构建一体化的治理体系,可提高污染削减效率与资源利用水平。未来加强对关键技术耦合、运行机制优化及信息化平台建设等相关领域的投入,推动企业在环境治理方面朝着高质量、可持续的方向转变。

参考文献

- [1] 叶海平.工业废水废气治理技术探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(24):142-144.
- [2] 叶海平.工业废水处理装置中的废气治理技术分析[J].佛山陶瓷,2024,34(09):94-96.
- [3] 王通.SZ市政工程公司雨污分流工程项目风险管理研究[D].青岛科技大学,2023.