

工业园区废水废气协同治理生态工程方案及环境咨询评估

作者：毕润鑫

单位：大理市洱海流域管护中心

摘要：工业园区集聚大量工业制造、精细化工、轻工加工类企业，生产运营同步产生大量工艺废水、VOCs 废气、工艺尾气，传统模式下废水、废气独立治理存在设施重复建设、能耗偏高、污染物协同管控不足、治理成本居高不下等短板。单一末端治理模式难以适配当下减污降碳协同管控要求，无法实现园区污染物全域闭环管控。本文立足工业园区污染排放特征，分析园区水气分治现存痛点，构建源头防控、过程联动、末端协同、生态修复一体化水气协同治理生态工程方案，同时开展全流程环境咨询评估，明确方案环境效益、经济效益与运维风险，为工业园区一体化环境治理、绿色低碳园区改造提供可落地的工程参考。

关键词：工业园区；废水废气；协同治理；生态工程；环境咨询评估

一、引言

工业园区是工业经济集聚发展的核心载体，也是区域大气污染、水体污染集中排放的重点管控单元。当前国内多数工业园区采用水分开治、气分开治的独立治理模式，两套治理系统独立运维、资源无法互通，治理能耗与运维成本居高不下。《减污降碳协同增效实施方案》明确提出，产业园区要优化污染治理基础设施布局，推动水气固多污染物协同控制，实现园区能源梯级利用、水资源循环利用与污染治理设施共建共享。相较于分散式独立治理，废水废气协同治理能够打通两类污染治理系统的能量、水资源与物料链路，实现余热回用、废水循环、废气协同降解，兼顾污染治理与节能降碳双重目标。依托专业环境咨询服务完成方案论证、风险预判与效益评估，能够保障生态工程合规落地、长效稳定运行。

二、工业园区废水废气独立治理现存问题

（一）治理设施重复建设，资源利用率偏低

园区企业分别自建废水预处理站、废气收集处理装置，园区配套集中污水处理厂与集中废气焚烧装置，治理设备数量冗余。废水处理过程产生大量中水余热直接散失，废气焚烧产生的高温烟气余热未接入废水调温系统，两类治理系统热能完全割裂，能源浪费突出。同时废气洗涤补水、废水站药剂调配均取用新鲜自来水，水资源缺乏内部循环通道，园区水资源消耗总量居高不下。

（二）污染物跨界耦合污染，治理存在盲区

园区部分水溶性 VOCs 废气未经有效收集，随大气沉降进入园区雨水管网与地表水体，提升废水 COD 与有机污染物负荷；废水处理站厌氧环节产生的硫化氢、氨气等恶臭气体无组织逸散，叠加园区工艺废气，加重区域大气异味污染。水气污染物相互交叉影响，单一治理系统无法兼顾跨界污染问题，末端治理负荷持续增加，治理达标压力不断加大。

（三）运维管理体系割裂，环境监管难度大

废水、废气治理分属不同运维班组，监测数据独立存储、独立分析，无法实现园区全域污染数据联动溯源。园区环保监管只能分别核查水质、大气单项指标，无法分析水气污染物协同变化规律，难以精准定位企业偷排、设施低效运行等隐蔽性环境问题，园区整体环境精细化管控水平不足。

三、废水废气协同治理一体化生态工程方案设计

（一）源头协同减量：全域密闭收集与清洁生产改造

工程前端落实源头减排举措，统一改造园区企业生产装置，实现物料储运、投料、出料全流程密闭化，从源头削减无组织废气排放。同步推行企业生产废水分类分流收集，划分高浓度工艺废水、低浓度清洗废水、地面冲洗废水收集管网，避免废水混合提升治理难度。同步开展园区清洁生产排查，淘汰高污染、高能耗落后生产工序，从源头同步削减废水、废气产生总量，降低后端协同治理负荷。

（二）过程联动耦合：水气治理系统能量互通复用

搭建水气能量联动复用系统，将蓄热式废气焚烧装置产生的高温烟气余热，通过换热装置输送至园区污水处理厂，用于废水生化池升温、污泥干化，减少废

水处理蒸汽加热能耗。将废水深度处理后的中水，作为废气洗涤塔循环补水、烟气降温用水，构建园区内部水资源闭环循环体系，大幅减少新鲜水取用。同时在废气洗涤环节同步吸收水溶性有机废气与恶臭气体，实现废气预处理与废水污染物降解联动开展。

（三）末端协同深度治理：组合工艺一体化降解污染物

末端采用“废气蓄热焚烧+烟气余热回收+废水臭氧氧化+人工湿地生态净化”组合工艺。有机废气统一收集后进入 RTO 蓄热焚烧装置彻底降解，焚烧余热回收用于废水系统加温；生化处理后的尾水采用臭氧催化氧化去除残留难降解有机物，最终排入园区人工湿地，依托水生植物、微生物协同作用完成生态深度净化。湿地植被同时吸附周边低空大气颗粒物与少量残留气态污染物，实现水体、大气同步生态净化。

（四）数字化协同监控：全域一体化智慧监管平台

搭建园区水气一体化智慧监测平台，对废水流量、COD、氨氮以及废气 VOCs、硫化氢、二氧化硫等指标 24 小时同步在线监测。平台联动分析水气污染物浓度变化规律，快速识别污染物跨界迁移规律，实现污染溯源、异常预警、运维调度一体化管控，补齐传统分散监管的数据短板。

四、协同治理工程全流程环境咨询评估内容

（一）工程前期合规性咨询评估

前期依托环境咨询服务，完成工程选址合理性论证、工艺比选、排污许可合规性核查，对照现行园区污染物排放标准，核算工程减排能力与排污总量削减额度。同时完成项目环评报告编制、施工期环境风险预判，识别施工扬尘、施工废水、设备噪声等次生环境问题，制定前置防控方案，保障工程建设全程符合环保法律法规要求。

（二）工程运行期效益评估

运行期从环境、经济、运维三个维度开展量化评估。环境效益方面，该方案可实现园区 VOCs 减排率高于 92%，废水达标排放率 100%，园区中水回用率提升

至 75%以上，彻底解决水气交叉污染问题。经济效益方面，依托余热回用与中水循环，每年可降低园区能耗、水耗及药剂运维成本 18%左右，减少重复设施建设投入。运维效益方面，一体化运维模式缩减运维人员配置，简化管控流程，降低人工管理成本。

（三）潜在环境风险与优化建议评估

咨询评估明确工程核心风险点：废气焚烧装置故障停机、湿地生态系统受冲击、水气联动换热设备泄漏三类风险。针对性提出优化对策，增设废气应急旁路装置、分区管控人工湿地水质、定期检测换热管道密封性，同时制定突发污染事故应急处置预案，全面提升工程运行稳定性。

五、结论

工业园区传统废水废气分治模式存在资源浪费、跨界污染、监管滞后等固有缺陷，无法适配现阶段园区减污降碳一体化管控要求。本次设计的源头减量、过程联动、末端共治、智慧监管四位一体协同生态工程，打通了水气治理系统能量与水资源循环链路，实现污染物同步治理、能源水资源双向复用。配套全流程环境咨询评估，能够保障工程前期合规建设、中期高效运行、后期风险可控，兼顾环境效益、经济效益与管理效益。后续工业园区可结合主导产业排污特征，因地制宜优化协同治理工艺参数，持续完善一体化环境治理体系，助力工业园区绿色低碳、高质量可持续发展。

参考文献

- [1] 陈吕军. 工业园区水气协同污染治理技术路径与园区绿色转型研究[J]. 环境科学学报, 2024, 44(02): 345-351.
- [2] 吴浩. 产业园区减污降碳协同治理工程设计与效益分析[J]. 工业水处理, 2024, 44(07): 156-160.
- [3] 郑磊. 工业园区废气废水一体化治理系统构建及运维管控[J]. 环境工程, 2023, 41(09): 212-217.

[4] 徐嘉. 工业园区环境咨询评估体系构建与工程应用[J]. 环境保护科学, 2024, 50(03): 178-183.