

化工环境污染防治策略

高原

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 随着化工行业快速发展, 环境污染问题愈发突出, 严重威胁生态安全与人体健康。本文系统分析化工环境污染防治的核心特点, 包括复杂性与多样性、隐蔽性与长期性、突发性和强危害性; 从技术与管理维度构建防治体系, 技术层面涵盖源头控制、过程与末端治理(大气、水体、土壤及地下水专项治理), 管理层面提出全链条监管、完善企业内部管理及多元主体责任落实。研究为化工环境污染精准防控提供理论与实践支撑, 助力化工行业绿色可持续发展。

关键词: 化工; 环境污染; 核心特点; 防治策略

引言: 化工行业作为国民经济支柱产业, 在推动经济发展的同时, 因其生产工艺复杂、物料属性特殊等特性, 产生的污染物种类多、危害大, 引发系列环境问题。高原等特殊区域的化工污染还存在环境承载力弱、治理难度大等额外挑战。加强化工环境污染防治是践行绿色发展理念、保障生态环境质量的必然要求。本文立足化工污染治理实际需求, 深入剖析污染特点, 探索科学有效的防治策略, 为提升化工污染治理水平、促进产业与环境协调发展提供参考。

1 化工行业发展与环境污染概述

1.1 化工行业核心产业分类与生产特征

化工行业依据产品属性与生产工艺可分为基础化工原料制造、精细化工、高分子化工、化肥农药制造等核心产业类别, 覆盖从原料加工到终端产品生产的完整产业链。其生产特征呈现多流程联动、反应条件复杂等特点, 普遍涉及高温、高压、催化等工艺环节, 物料转化过程中伴随较高的能量消耗与物质损耗。同时, 化工生产具有原料品类多样、产品附加值差异大的特性, 不同细分产业的生产规模与污染物排放强度存在显著差异, 但整体均呈现出生产连续性强、工艺关联性强、环境影响链条长的共性特征。

1.2 化工环境污染防治的主要污染源识别

化工环境污染防治的主要污染源可按生产全流程划分为生产工艺过程、物料储存运输及废弃物料处置三大核心环节。(1) 生产工艺过程污染源源于原料转化、中间产物分离提纯等关键工序, 污染物多为反应副产物与未完全转化的原料;(2) 物料储存与运输环节的污染源主要与物料的挥发性、腐蚀性、运输过程的密封性相关, 涉及物料挥发、泄漏等污染途径;(3) 废弃物料处置污染源则产生于生产废料、废旧设备及副产物的处理过程, 包括固废堆放、废液排放、废气无组织排放等多种污染形

式, 各环节污染源相互关联, 形成全链条污染风险。

1.3 化工污染物的主要类型与危害

化工污染物按化学属性可分为无机污染物、有机污染物及复合型污染物三大类。(1) 无机污染物具有化学稳定性强、累积性显著的特点, 易通过食物链富集, 破坏生态系统平衡, 影响生物体正常生理功能;(2) 有机污染物则多具有毒性、挥发性及难降解性, 部分物质具有致癌、致畸、致突变效应, 对水体、大气、土壤环境造成多介质污染, 且易在环境中长周期残留;(3) 复合型污染物由多种单一污染物协同作用形成, 其环境行为与危害效应具有非线性特征, 通过协同、拮抗等作用放大污染影响, 增加环境治理难度, 对生态环境与人体健康构成双重威胁^[1]。

2 化工环境污染防治的核心特点

2.1 复杂性与多样性

化工环境污染防治的复杂性与多样性由化工生产工艺特性、物料属性及排放路径共同决定, 贯穿污染产生、扩散、影响全流程, 给环境治理带来显著挑战。(1) 污染物成分的复杂性。化工生产涉及多组分原料转化, 排放污染物多为混合物, 包含未反应原料、副产物及中间态物质, 各组分化学性质差异显著, 部分具有强反应活性, 在环境中易二次转化生成毒性更强或更稳定的衍生污染物, 进一步提升成分复杂程度。同时, 不同化工细分行业工艺差异大, 排放污染物种类不同, 导致区域内呈现多行业污染物叠加的复合特征。(2) 污染形式的多样性。从污染介质看, 可同时涉及大气、水体、土壤三大环境要素, 形成多介质交叉污染: 大气污染以挥发性有机物、酸性气体、颗粒物为主; 水体污染涵盖溶解态、悬浮态污染物, 可通过地表径流、地下渗透扩散; 土壤污染表现为污染物吸附累积, 甚至深入深层形成隐蔽污染。从排放形态看, 包含点源、面源、线源等类

型,点源源于生产装置排放口,浓度稳定;面源涉及厂区无组织排放、原料堆放淋溶等;线源与物料运输泄漏相关,不同排放形态扩散规律各异,加剧治理难度。

(3)污染影响的连锁性。污染物可在不同环境介质间迁移转化,形成连锁效应,如大气污染物通过干湿沉降进入土壤和水体,土壤污染物渗透污染地下水,水体污染物挥发进入大气,逐步扩大影响范围,形成跨介质污染链条。

2.2 隐蔽性与长期性

化工环境污染的隐蔽性与长期性源于污染物物理化学特性及环境迁移转化规律,导致污染问题难以及时发现,且影响具有长期累积效应,对生态环境和人体健康构成潜在威胁。(1)污染的隐蔽性表现。一方面,部分污染物具有低浓度高毒性特点,常规监测手段难以精准捕捉,却已显现毒性效应,形成“低浓度隐蔽危害”;另一方面,污染扩散路径隐蔽,尤其地下水和深层土壤污染,污染物通过地下渗透、土壤孔隙迁移,表面无明显迹象,需专业深层采样监测才能发现,往往累积到一定程度才被察觉。此外,部分污染物可与环境介质结合伪装,增加识别难度。(2)污染影响的长期性。多数化工污染物稳定性强,尤其是持久性有机污染物、重金属等,在自然环境中难降解,可长期残留于土壤、水体等介质,残留周期达数十年甚至更久。污染物在环境中渐进式累积,初期影响不明显,随时间推移逐步显现,导致土壤肥力下降、水体生态崩溃等不可逆问题;同时通过食物链长期累积,放大对人体健康的影响,增加慢性疾病、遗传损伤风险,甚至跨代传递。(3)污染监测与溯源的滞后性。常规监测体系难以实时全面捕捉隐蔽性污染,需专项监测才能发现,存在明显滞后;污染溯源时,受污染物迁移转化及多污染源叠加影响,难以精准定位源头和扩散路径,延长治理准备周期,导致污染影响持续扩大。

2.3 突发性与强危害性

化工生产多处于高温、高压、易燃易爆工艺条件,物料多具毒性、腐蚀性,一旦工艺失控、设备故障,极易引发突发性污染事件,此类事件具有污染物排放量大、扩散快、危害广的特点。(1)突发性污染的诱发因素多元。生产环节中,工艺参数偏离、设备老化泄漏、管道破裂、操作失误等均可引发污染;外部环境方面,暴雨、台风、高温、严寒等极端天气可破坏生产设施稳定性,引发物料泄漏;地震、地质塌陷等自然灾害也可能损毁生产装置,导致大量污染物外泄。这些因素具有不确定性,增加了风险预判难度。(2)污染物排放的高

强度性。突发性污染多为短时间大量污染物失控外泄,排放浓度远超常规水平,短时间内即可形成高浓度污染区域,剧烈污染周边环境介质。部分事件还可能伴随燃烧、爆炸等二次灾害,进一步加剧污染物扩散强度。

(3)危害的强破坏性与广覆盖性。从范围看,污染可通过大气扩散、水体流动快速蔓延,影响周边数公里至数十公里区域,覆盖居民生活区、农田、自然保护区等,受影响群体广泛;从程度看,高浓度污染物可导致人体急性中毒、灼伤甚至死亡,造成周边动植物大量死亡、生态栖息地破坏等短期内难以恢复的生态灾难^[2]。

3 化工环境污染防治的技术策略

3.1 源头控制技术

源头控制技术是化工污染防治的基础与前瞻手段,通过全流程优化从根源削减污染物生成,降低治理压力。(1)清洁生产工艺革新与替代。依托工艺研发升级优化反应路径,采用高效催化体系提升原料转化率,减少副产物;推行低污染低能耗工艺替代传统高排放流程,淘汰落后环节,构建闭环绿色生产链路。优先选用低毒、低挥发性、环境相容性好的原辅材料,替代高污染高风险原料,从输入端阻断污染。(2)污染预防型设备与监测系统应用。推广密闭式生产装置、管线及装卸设备,配备高效密封组件减少无组织泄漏;配套在线泄漏检测与修复系统,实现泄漏快速定位与修复。搭建物料循环回收体系,对未反应原料、中间产物分离提纯后复用,降低废弃物排放量。(3)全流程精细化管控。建立覆盖原料采购、生产、储存、运输及废弃处置的全链条管理体系,精准控制反应参数避免工艺波动导致超标排放;规范物料储存,采用防挥发防渗设施,对易泄漏物料实施密闭储存与惰性保护;选用专用防泄漏运输工具,落实装卸密闭化与防渗措施,降低转运污染风险。

3.2 过程与末端治理技术

3.2.1 大气污染物治理技术

针对化工大气污染物复杂性,采用分级组合工艺提升效率。(1)挥发性有机物(VOCs)治理。采用吸附-脱附-催化燃烧集成工艺,通过活性炭等材料富集低浓度VOCs,热脱附后催化分解;高浓度高沸点VOCs采用蓄热式热氧化技术,高温分解并回收热量;含氯含硫等特殊VOCs采用等离子体氧化与吸附组合技术,避免二次污染。(2)酸性气体治理。采用湿法洗涤与干法吸附联用工艺,碱性吸收液中和大部分酸性组分后,经吸附材料深度净化;氮氧化物采用选择性催化还原技术,利用氨气将其还原为氮气和水。(3)颗粒物治理。采用电袋复合除尘技术,结合静电除尘与袋式除尘优势提升效率;

含粘性腐蚀性颗粒物烟气采用覆膜滤料袋式除尘技术，避免滤袋堵塞腐蚀。

3.2.2 水体污染物治理技术

针对化工废水复杂性，采用“预处理-主体处理-深度处理”分级工艺。（1）预处理。通过隔油、气浮、混凝沉淀去除浮油、悬浮物及部分重金属，降低后续负荷；高浓度高盐废水采用蒸发浓缩预处理；含毒性废水采用高级氧化技术破坏毒性结构，提升可生化性。（2）主体处理。高浓度有机废水采用厌氧-好氧生物处理组合工艺，厌氧降解大分子有机物并产沼气回收能量，好氧进一步分解；难降解有机废水采用高级氧化与生物处理联用工艺。含重金属废水采用化学沉淀与膜分离联用技术，药剂沉淀后通过膜组件深度截留残余污染物。（3）深度处理。采用吸附、高级氧化、膜分离等工艺进一步净化出水，去除微量有机物、重金属及色度，保障出水达标排放或回用^[3]。

3.2.3 土壤与地下水污染修复技术

结合污染场地特征，采用原位与异位修复结合的技术路径。（1）原位修复。原位化学氧化还原技术通过注入氧化剂或还原剂破坏污染物结构；原位生物修复技术通过添加微生物菌剂、营养盐优化环境条件，利用微生物代谢分解污染物；原位固化/稳定化技术添加固化剂固定污染物，降低迁移性。（2）异位修复。重度污染土壤采用异位热脱附技术，高温分离挥发性污染物后进一步处理；污染土壤重金属采用异位淋洗技术，淋洗剂洗脱后处理淋洗废水；污染地下水采用抽出-处理技术，净化达标后回灌或排放，配合原位修复实现全面治理^[4]。

4 化工环境污染防治的管理策略

化工环境污染防治要依托企业主导、行业协同的体系化管理体制，通过全流程精细化管控、内部制度完善与多元主体联动，确保污染防治措施落地见效。（1）构建企业全链条内控监管体系。企业建立覆盖原料采购、生产加工、物料储运、废弃处置全环节的内部监管机制，明确各部门、各岗位的管控职责与操作标准；引入智能化监管工具，整合在线监测设备、数据追溯系统，

实现污染物排放实时监控、异常数据预警及污染溯源定位，提升内部监管的精准度与时效性。（2）完善企业内部治理制度与技术保障。企业健全污染防治内部管理制度，细化清洁生产、泄漏防控、应急处置等操作规范，强化过程管控与考核问责；建立技术升级长效机制，定期开展污染治理技术评估与迭代，主动引入先进治理工艺与设备，提升污染治理的稳定性与高效性；搭建物料循环利用管理体系，优化资源配置，降低污染物产生量。（3）强化多元主体协同治理。企业落实环境治理主体责任，主动公开排污信息与治理成效，接受社会监督；推动行业内协同合作，搭建技术交流与经验共享平台，推广成熟有效的污染治理模式；加强与专业环保服务机构合作，借助第三方力量开展污染检测、治理方案优化等工作；畅通与周边社区、公众的沟通渠道，及时回应环境关切，形成企业主导、行业协同、社会参与的治理合力。

结束语：化工环境污染防治是一项系统性、长期性工程，需精准把握其复杂性、隐蔽性等核心特点，统筹技术革新与管理优化。本文提出的源头控制与过程末端治理协同的技术路径，以及全链条监管、多元协同的管理策略，为污染防治提供了可行方案。未来需进一步关注高原等特殊区域的污染治理难点，推动技术创新与政策完善。唯有持续强化污染防控力度，才能实现化工行业绿色转型，筑牢生态安全屏障，促进经济社会与生态环境高质量协同发展。

参考文献

- [1]秦磊.化工园区水环境效应评估与污染防控策略探究[J].石油石化物资采购,2025(21):154-156.
- [2]王俭俭.化工项目环境影响评价中的污染防治措施研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(1):109-112.
- [3]石小娟.化工园区地下水污染资源化利用措施及防治策略分析[J].中国资源综合利用,2025,43(10):259-261.
- [4]张睿钰.化工项目土壤环境影响预测及控制策略研究[J].造纸装备及材料,2024,53(6):145-147.