

环境工程中大气污染治理技术的效果评估与改进

欧阳红亮

3408271987****5230

摘要: 工业化加速使大气污染加剧, 严重威胁生态与人类健康, 大气污染治理技术成为环境工程领域应对该问题的关键。科学准确的效果评估是判断治理技术可行性、优化方案的核心。本文阐述了评估的重要性与基本原则, 分析了除尘、脱硫脱硝、VOCs 治理等常见技术的评估指标与方法, 指出评估问题及技术不足, 并提出改进方向, 为提升治理效果、推动环境工程可持续发展提供参考。

关键词: 环境工程; 大气污染治理技术; 效果评估; 技术改进; 除尘技术; 脱硫脱硝技术; VOCs 治理

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 05. 067

引言

大气污染作为全球环境问题的核心议题之一, 其主要来源于工业生产、交通运输、能源燃烧等人类活动, 污染物成分复杂, 包括颗粒物 (PM_{2.5}、PM₁₀)、二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x)、挥发性有机化合物 (VOCs) 等。这些污染物不仅会导致雾霾、酸雨等环境灾害, 还会引发呼吸系统疾病、心血管疾病等健康问题, 严重制约社会经济的绿色发展。

环境工程领域通过不断研发和应用大气污染治理技术, 在控制污染物排放、改善空气质量方面发挥了重要作用。然而, 不同治理技术在不同应用场景下的效果存在显著差异, 部分技术可能因设计不合理、运行参数不匹配或维护不当等原因, 无法达到预期的治理目标, 甚至造成资源浪费和二次污染。因此, 对大气污染治理技术进行系统、全面的效果评估, 及时发现技术应用中的问题并进行改进, 成为提升治理效率、降低治理成本、实现大气环境质量持续改善的关键所在。

1 大气污染治理技术效果评估的重要性与基本原则

1.1 效果评估的重要性

首先, 效果评估是判断治理技术是否符合环境标准的核心依据。各国及地区针对大气污染物排放制定了严格的限值标准, 只有通过科学评估, 才能确定治理技术处理后的污染物排放浓度是否达标, 避免不合格技术投入应用导致的环境风险。其次, 效果评估为技术选型与优化提供支撑。在工业项目规划阶段, 通过对不同治理

技术的效果进行对比评估, 可选择最适合项目污染物特征、处理效率高且成本低的技术方案; 在技术运行过程中, 通过持续评估, 能够及时发现处理效率下降的原因, 为调整运行参数、优化工艺流程提供依据。最后, 效果评估有助于推动治理技术的创新与发展。通过对现有技术效果的评估, 明确技术存在的短板与不足, 可为研发新型高效、绿色环保的治理技术指明方向, 促进环境工程技术水平的整体提升。

1.2 效果评估的基本原则

大气污染治理技术效果评估需遵循以下基本原则, 以确保评估结果的科学性、客观性与实用性。一是全面性原则, 评估指标应涵盖污染物去除效率、能耗、水耗、药剂消耗量、二次污染物产生情况等多个维度, 不仅关注治理技术的环境效益, 还需考虑其经济成本与资源消耗, 避免单一指标评估导致的片面性。二是客观性原则, 评估过程中应采用标准化的监测方法与仪器, 确保监测数据的准确性与可靠性; 同时, 评估人员应避免主观因素干扰, 基于实际数据进行分析与判断, 确保评估结果真实反映技术的实际效果。三是针对性原则, 不同类型的大气污染物 (如颗粒物、SO₂、NO_x、VOCs) 具有不同的物理化学性质, 其治理技术的作用原理与效果影响因素也存在差异, 因此评估指标与方法需根据具体污染物类型和治理技术特点进行调整, 确保评估的针对性与有效性。四是动态性原则, 大气污染治理技术的效果会随着运行时间、污染物排放负荷、环境条件 (如温度、湿度) 等因素的变化而变化, 因此评估不应局限于一次性检测, 而应建立长期监测与动态评估机制, 及时掌握

技术效果的变化趋势,为后续改进提供及时依据。

2 常见大气污染治理技术的效果评估

2.1 除尘技术的效果评估

除尘技术是控制颗粒物排放的主要手段,常见有袋式、静电、旋风、湿式除尘等。其效果评估核心是颗粒物去除效率,公式为 $\eta = (C_{in} - C_{out}) / C_{in} \times 100\%$,同时结合能耗、滤料寿命、二次水污染等指标综合评估。监测时,根据颗粒物粒径分布选合适采样方法。如袋式除尘对细颗粒物(PM_{2.5})去除好,旋风除尘对粗颗粒物(PM₁₀)去除优。此外,能耗是重要经济指标,静电除尘能耗高,袋式除尘能耗与滤料透气性和清灰效果有关。湿式除尘要评估废水处理情况,结合废水处理成本与污染物去除效果判断整体效益。

2.2 脱硫脱硝技术的效果评估

脱硫脱硝技术用于控制SO₂与NO_x排放,常见有湿法脱硫、干法脱硫、选择性催化还原法(SCR)、选择性非催化还原法(SNCR)等。效果评估核心是SO₂和NO_x去除效率,同时关注副产物利用率、催化剂寿命、运行稳定性等。湿法脱硫评估SO₂去除效率时要关注副产物石膏品质,干法脱硫效率低但无废水、占地小,评估需结合场地与环保要求。脱硝方面,SCR技术NO_x去除效率高,评估要关注催化剂活性与寿命;SNCR技术效率低但投资成本低、无需催化剂,受反应温度窗口影响大,评估需监测炉膛温度。

2.3 VOCs治理技术的效果评估

VOCs治理技术有吸附法、催化燃烧法、蓄热式燃烧法(RTO)、生物处理法等。效果评估核心是VOCs去除效率、能耗、安全性,要考虑不同VOCs组分处理差异。吸附法适用于低浓度、大风量处理,评估需关注吸附剂再生周期与更换成本;催化燃烧法与RTO适用于高浓度处理,RTO效果好,评估要关注热回收效率。生物处理法适用于易生物降解的VOCs,去除效率受环境因素影响大,评估需结合工况判断适用性与稳定性。此外,安全性评估也很重要,如吸附法要评估防火措施,RTO技术要评估防爆、隔热措施。

3 大气污染治理技术效果评估与应用中的问题

3.1 效果评估存在的问题

一是评估指标单一,部分评估仅关注污染物去除效率,忽略能耗、水耗、副产物处置等经济与环境成本指标,导致部分技术虽达标,但运行成本高或产生二次污染,整体效益差。如某项目用湿式除尘,颗粒物去除达标,却因洗涤废水直排污染水体,后续需额外投入处理废水。

二是监测数据可靠性不足,部分企业为省成本未用标准化监测仪器与方法,或存在数据造假,使评估结果失真。如某电厂评估脱硫脱硝技术时,通过缩短采样时间、选低浓度时段监测,看似SO₂与NO_x达标,实际排放频繁超标,影响周边空气质量。

三是动态评估机制缺失,多数评估仅在技术初期做一次性检测,无长期监测,难以及时发现设备老化、参数漂移导致的效果下降。如某化工厂用活性炭吸附VOCs,初期达标,后期因活性炭未及时更换效率下降,却因无动态评估,导致VOCs超标排放。

3.2 治理技术本身的不足

一是技术适应性有限,部分技术仅适用于特定污染物或工况,复杂成分、多变工况下效果差。如静电除尘处理高湿度、高含尘烟气时,易电极结露、粉尘黏附,效率骤降;SCR脱硝处理高硫烟气时,催化剂易被硫酸铵堵塞,寿命缩短。

二是能耗与成本较高,部分高效技术投资、运行成本高,限制中小型企业应用。如某类高效VOCs治理技术,因成本压力,中小企业多选低效低成本技术,导致排放难达标。

三是二次污染风险,部分技术处理污染物时会产生二次污染。如湿式除尘废水直排、袋式除尘废弃滤料违规处置,会污染水与土壤;脱硫石膏纯度不足堆存,可能释放SO₂造成二次大气污染。

4 大气污染治理技术的改进方向与策略

4.1 优化效果评估体系

一是完善评估指标体系,构建“环境效益-经济效益-资源效益”三位一体综合体系,除污染物去除效率外,新增能耗、水耗、药剂消耗、副产物利用率及二次污染物排放量等指标,采用加权评分法或层次分析法综合评价,保障评估全面客观。

二是规范监测方法与数据管理,制定统一监测技术

标准,明确颗粒物、SO₂、VOCs 等污染物的采样方法、仪器要求与数据处理流程,确保数据准确可比;建立监测数据联网上报机制,对接企业自测与环保部门在线监控数据,实现数据透明化,杜绝造假以提升评估可靠性。

三是建立动态评估与预警机制,结合治理技术运行特点制定长期监测计划,定期评估技术效果并跟踪处理效率、能耗、设备状态等指标变化;设置预警阈值,指标偏离正常范围时及时预警,提醒企业排查问题,保障技术稳定运行。

4.2 提升治理技术的适应性与效率

一是研发多污染物协同治理技术,针对工业烟气多污染物共存特点,开发“除尘-脱硫-脱硝”“吸附-催化燃烧”等一体化设备,优化工艺实现污染物同步去除,减少设备占地与投资,提升技术对复杂工况的适应性。

二是优化现有技术运行参数与工艺,通过实验与现场调试确定最佳参数:如静电除尘优化电极间距、电压与清灰周期,SCR 脱硝调整催化剂配方,生物处理法优化填料、通风量与营养液投加量,以此提升处理效率、降低能耗并延长设备寿命。

三是应用新型材料与技术,在袋式除尘中采用耐温抗黏附滤料,脱硫技术使用新型吸收剂,VOCs 治理采用高性能吸附材料,通过材料升级提升技术效果与稳定性,降低能耗与药剂消耗。

4.3 降低技术成本与二次污染风险

一是推动技术国产化与规模化,加强国内治理技术与设备研发,降低进口依赖,通过规模化生产降低初始投资;推动中小企业集群治理,建设集中式 VOCs 处理设施,实现资源共享以降低单个企业成本。

二是加强副产物资源化利用,研发脱硫石膏制建筑材料、废弃活性炭再生、燃烧灰分改良土壤等技术,提

升副产物循环利用率,减少固废产生。

三是强化二次污染控制,治理技术设计与运行中同步规划防控措施:如湿式除尘配套废水处理设施,袋式除尘规范废弃滤料处置,脱硫脱硝设置尾气净化装置,避免二次污染,保障技术整体环境效益。

5 结论与展望

大气污染治理技术的效果评估与改进,是环境工程领域改善大气质量的关键。科学评估可判断技术实际效益,为技术选型、优化和创新提供依据;针对评估问题从多方面改进,能提升技术适用性与可持续性。

未来,环境标准趋严与环保需求提升,要求评估更注重多维度、动态化与智能化,如结合物联网提效;技术研发需向低能耗、低成本、无二次污染方向发展,多污染物协同治理技术与新型材料应用至关重要。政策上也需加强引导,鼓励企业推进技术评估与升级,助力绿色低碳目标。

参考文献

- [1] 王树民. 清洁煤电大气污染物近零排放技术与工程应用[J]. Engineering, 2020(12): 167-197.
- [2] 李霞, 赵克明, 王胜利, 等. 乌鲁木齐市大气污染治理对大气环境改善的综合评估分析[C]//2015 年中国环境科学学会学术年会. 2015.
- [3] 孙新丽[1]; 杜世勇[2]; 王书肖[3]; 朱云[1]; 韩道汶[2]; 许宏宇[4]; 邢佳[3]; 龙世程[5]; 袁颖枝[1]; 马乔[6]. 大气污染防治综合决策支持技术平台典型城市应用研究[J]. 环境科学研究, 2021(1).
- [4] 李佳阳. 环境工程中大气污染的治理[J]. 安家, 2023(9): 0265-0267.
- [5] 金枫淇, 刘师辰. 环境工程大气污染危害与治理技术研究[J]. 2024.