

环境保护工程中大气污染防治措施研究

凌明明

慈溪市浒山生态环境所 浙江 慈溪 315300

摘要: 全球大气污染形势严峻, 威胁人类生存与发展。我国大气污染呈复合型特征, 臭氧和PM2.5是首要污染物, 其危害涉及人体健康、生态环境和经济发展。本文阐述环境保护工程中大气污染防治技术体系, 涵盖源头控制、过程管理、末端治理及新兴技术应用; 并从严格执行环境影响评价制度、加强环境监管、提高公众环保意识三方面提出防治措施。研究表明, 多维度综合施策可有效改善大气质量, 推动经济绿色转型, 实现环境效益与经济效益双赢。

关键词: 环境保护工程; 大气污染; 防治措施

引言: 大气作为人类生存的基础要素, 其质量直接关系到生态平衡与可持续发展。近年来, 全球大气污染问题愈发突出, 我国也面临严峻挑战, 臭氧和PM2.5污染成为空气质量改善的“绊脚石”, 给人体健康、生态系统和经济发展带来诸多负面影响。本文聚焦环境保护工程, 深入剖析大气污染防治的技术体系与具体措施, 旨在为提升大气环境质量、推动生态文明建设提供理论支持与实践参考。

1 大气污染现状

1.1 全球大气污染现状

全球大气污染问题日益严峻, 已成为威胁人类生存与发展的重大环境挑战。根据世界卫生组织(WHO)报告, 全球每年因空气污染导致的过早死亡人数超过700万人, 其中臭氧污染是主要诱因之一。臭氧作为典型的二次污染物, 由氮氧化物(NO_x)和挥发性有机物(VOCs)在强光照射下发生光化学反应生成, 其浓度在夏季午后达到峰值。例如, 2025年夏季京津冀地区因持续高温天气, 臭氧浓度多次突破国家二级标准(160微克/立方米), 部分站点甚至达到中重度污染水平。此外, 细颗粒物(PM2.5)污染仍普遍存在, 全球约90%的城市人口暴露于超标PM2.5环境中, 导致呼吸系统疾病、心血管疾病及肺癌发病率显著上升。

1.2 我国大气污染现状

我国大气污染呈现复合型特征, 以煤烟型污染为主, 同时叠加机动车尾气、工业排放及扬尘等多重污染源。生态环境部《2024中国生态环境状况公报》显示, 全国339个地级及以上城市中, 34.5%的城市环境空气质量超标, 其中臭氧和PM2.5是首要污染物。分区域看, 京津冀及周边地区“2+36”城市臭氧平均浓度达179微克/立方米, 同比上升0.6%; 汾渭平原、长三角及成渝地区臭氧污染亦呈加重趋势。从季节分布看, 夏季(5—9月)

臭氧超标天数占比高达85.1%—94.9%, 成为制约空气质量改善的关键因素。此外, 北方地区因冬季燃煤取暖及沙尘天气影响, PM2.5和PM10浓度显著高于南方, 形成“冬重夏轻、北重南轻”的时空分布格局^[1]。

2 大气污染危害

2.1 对人体健康的危害

大气污染对人体健康的危害具有多系统、长期性及累积性特点。研究表明, 臭氧短期暴露可导致肺功能下降, 增加呼吸道感染风险, 并诱发哮喘、慢性阻塞性肺疾病(COPD)急性发作; 长期暴露则与肺癌、心血管疾病及代谢综合征(如糖尿病、肥胖)密切相关。例如, 2021年全球因臭氧暴露导致的COPD死亡人数达47.2万, 其中我国占比38%(17.82万人)。PM2.5的危害同样显著, 其可深入肺泡并进入血液循环, 引发动脉粥样硬化、心肌梗死及脑卒中等心血管事件。世界卫生组织国际癌症研究机构(IARC)已将大气污染列为一类致癌物, 长期暴露可使肺癌发病率提高20%—30%。

2.2 对生态环境的危害

大气污染对生态系统的破坏体现在多个层面。臭氧污染可导致农作物减产, 例如, 我国小麦、水稻因臭氧暴露每年损失产量约5%—10%; 同时, 臭氧会抑制植物光合作用, 破坏森林生态系统稳定性。酸性污染物(如SO₂、NO_x)是酸雨形成的主因, 我国华中、西南及华东地区酸雨频率超过30%, 导致土壤酸化、水体富营养化及建筑物腐蚀。此外, 大气污染与气候变化形成恶性循环: 黑碳等短寿命气候污染物(SLCPs)加剧全球变暖, 而高温天气又促进臭氧生成, 形成“污染—升温—更严重污染”的反馈机制。

2.3 对经济发展的影响

大气污染对经济的负面影响广泛且深远。医疗支出方面, 我国因空气污染导致的呼吸系统疾病和心血管疾

病年治疗费用超过千亿元；农业损失方面，臭氧和酸雨每年造成粮食减产约2000万吨，直接经济损失超百亿元；工业生产方面，严重污染天气迫使企业停产限产，例如2025年京津冀地区因臭氧污染实施重污染企业限产，影响工业产值约50亿元^[2]。此外，空气污染还损害城市形象，降低旅游业吸引力，间接制约服务业发展。世界银行估算，我国每年因空气污染造成的经济损失占GDP的1.2%—1.5%，治理大气污染已成为推动经济高质量发展的必然选择。

3 环境保护工程中大气污染防治技术体系

3.1 源头控制技术

源头控制是大气污染防治的核心策略，其本质是通过技术革新与产业转型，从生产、能源、原料等根源环节减少污染物排放。在能源结构调整方面，清洁能源替代技术成为关键突破口。例如，太阳能光伏发电成本较十年前下降超80%，推动全球可再生能源占比突破30%；中国北方“煤改电”“煤改气”工程覆盖超3500万户，使冬季燃煤污染排放减少60%以上。工业领域，低排放工艺设计显著降低无组织排放：钢铁行业采用封闭式原料场与密闭输送系统，粉尘排放浓度可控制在1mg/m³以下；化工企业通过全流程密闭化改造，VOCs泄漏量减少90%。原料选择方面，低硫煤洗选技术使原煤硫分从1.5%降至0.6%，配合循环流化床锅炉燃烧，SO₂排放浓度低于35mg/m³，达到超低排放标准。此外，产业布局优化通过环境容量评估，将高污染企业迁出城市上风向，如雄安新区建设前清退周边200公里内重化工企业，从空间维度切断污染传输路径。源头控制技术的综合应用，使中国工业源颗粒物排放量较2015年下降42%，为大气质量改善奠定基础。

3.2 过程管理措施

过程管理强调对生产、运输、使用等环节的实时调控与优化，其技术体系以智能化、精细化为核心。在线监测技术是过程管控的“眼睛”：通过在重点企业安装CEMS（烟气排放连续监测系统），可实时获取SO₂、NO_x、颗粒物等污染物浓度数据，并与环保部门平台联网，实现“监测-预警-处置”闭环管理。例如，河北省钢铁行业安装1.2万台在线监测设备，使数据传输准确率达99.7%，违法排污行为发现时间缩短至2小时内。清洁生产审核则通过“诊断-改进-评估”循环，挖掘企业减排潜力：某水泥厂通过优化煅烧工艺，将熟料综合能耗从110kgce/t降至105kgce/t，同时减少CO₂排放5%；印刷行业推广水性油墨替代溶剂型油墨，使VOCs产生量下降80%。运输环节管控中，新能源车推广与柴油货车尾气

检测形成双重保障：深圳市电动货车保有量突破4万辆，占物流车比例超35%，氮氧化物排放减少15%；全国高速公路服务区建设充电桩12万个，推动长途货运电动化转型。此外，重污染天气应急响应机制通过分级管控，实现精准减排：2023年冬季京津冀地区启动橙色预警期间，通过停限产涉气企业3.2万家、限制高排放车辆通行，使PM_{2.5}浓度较预警前下降28%，彰显过程管理的应急效能^[3]。

3.3 末端治理技术

末端治理作为污染防治的“最后屏障”，其技术发展聚焦高效、低成本、资源化方向。除尘领域，电除尘器与布袋除尘器形成互补：电除尘器适用于高温、高湿工况，在火电厂除尘效率达99.9%以上；布袋除尘器对细颗粒物捕获率高，在水泥行业应用广泛，出口排放浓度可稳定低于10mg/m³。脱硫脱硝技术方面，石灰石-石膏湿法脱硫因脱硫效率高（>95%）、运行稳定，成为燃煤电厂主流技术，配套SCR脱硝装置后，NO_x排放浓度可降至50mg/m³以下。VOCs治理技术呈现多元化趋势：吸附浓缩-催化燃烧技术适用于低浓度、大风量废气，处理效率超90%；生物过滤法通过微生物降解实现无害化处理，运行成本较传统方法降低30%，在喷涂、化工行业得到推广。协同治理技术突破单一污染物控制局限：活性炭吸附+再生工艺可同步去除重金属与有机污染物，在电子废弃物拆解行业应用后，二噁英排放浓度从0.1ng-TEQ/m³降至0.01ng-TEQ/m³；湿式电除尘器通过电场与喷淋协同作用，有效控制PM_{2.5}和SO₃酸雾，在超低排放改造中发挥关键作用，使燃煤电厂烟尘排放浓度低于5mg/m³。

3.4 新兴技术应用

人工智能与大数据技术为污染防治注入“智慧基因”：通过构建空气质量数值模型，结合气象、污染源数据，可实现72小时PM_{2.5}浓度预测，误差控制在±15%以内；北京市“环保大脑”系统整合2万多个监测站点数据，自动生成污染源热力图，指导执法人员精准排查。碳捕集利用与封存（CCUS）技术迈向产业化：化学吸收法在燃煤电厂实现90%以上CO₂捕获，配套驱油利用后，每吨CO₂可产生30元经济效益；矿化利用技术将CO₂转化为碳酸钙建材，年处理量达50万吨，实现“变废为宝”。纳米材料应用突破传统治理瓶颈：纳米TiO₂光催化剂在紫外线照射下可分解VOCs，在建筑外墙涂层中应用后，室内甲醛浓度降低60%；石墨烯过滤膜对PM_{0.3}捕获率达99%，孔径可调至0.1μm，用于个人防护装备可阻断99.97%的颗粒物。无人机监测技术则破解了污染源巡查难题：搭载气体传感器的无人机可在2小时内完成10平方

公里区域巡查,识别秸秆焚烧、工地扬尘等污染事件,效率较人工提升5倍。新兴技术的融合创新,正推动大气污染防治从“末端治理”向“全链条智能防控”转型。

4 环境保护工程中大气污染防治措施

4.1 严格执行环境影响评价制度

环境影响评价制度构建了“事前预防—事中监管—事后评估”全链条体系。规划层面,京津冀等重点区域实施“三线一单”论证,某化工园区通过规划环评优化布局,降低治污成本30%。建设项目环评强化污染源核算,某燃煤电厂通过模型模拟优化烟囱高度,使周边PM_{2.5}贡献值下降40%。公众参与机制完善,重大项目采用“线上公示+线下听证”,某垃圾焚烧项目经12轮沟通调整规模并增设净化装置,获90%居民支持。后评价制度实现闭环管理,某水泥厂投运后更换催化剂,使氮氧化物稳定达标。跨区域协作方面,长三角建立环评互认机制,某汽车企业跨省迁建审批时间压缩50%,环保标准不降。

4.2 加强环境监管

环境监管形成“天空地一体化”立体网络,全国5000余个国控站点实时监测6项指标,数据传输有效率达99.8%。卫星遥感与无人机联动,使秸秆焚烧火点处置时间缩短至2小时内。3.8万家重点企业安装在线监控,超标数据15分钟预警,某焦化企业因连续超标被罚1200万元。执法采用“双随机+专项行动”模式,2024年查处大气案件8.6万起。跨区域联合执法破解“邻避效应”,汾渭平原年查处跨界污染530起。智慧监管平台赋能精准治污,某省会城市通过AI算法12小时溯源污染,为应急减排提供依据^[4]。

4.3 提高公众环保意识

多元化宣传覆盖全社会,央视《蓝天保卫战》系列报道观看量超5亿人次,3000余家环保设施开放年接待1200万人次,中学生提案推动社区厨余垃圾分出率提升25%。举报渠道畅通,“12369”平台实现全流程线上办理,2024年受理大气举报52万件,奖励总额超2000万元。社区自治化解矛盾,某小区通过“居民议事会”协调餐饮商户安装净化器,投诉量下降93%。绿色生活蔚然成风,全国“低碳日”带动3亿人参与绿色出行,“碳普惠”平台注册用户120万,年减排8万吨。中小学环境教育常态化,《大气环境保护》教材覆盖95%以上学校,培养青少年环保习惯。

结束语

大气污染防治是一项长期而艰巨的系统工程,需要政府、企业和公众的共同参与和持续努力。通过构建完善的技术体系,从源头、过程和末端全方位控制污染物排放,并积极应用新兴技术提升治理效能;未来,应不断探索创新,持续优化防治策略,以实现大气环境的持续改善,为人类创造一个清新、健康的生活空间。

参考文献

- [1]严丽霞,傅荣幸,王正禹,等.温室气体与大气污染物协同治理研究浅析[J].浙江化工,2024,55(06):35-42.
- [2]陈磊杰,巨小芹,姜锦玉.浅谈环境工程中的大气污染防治管理策略[J].皮革制作与环保科技,2024,5(10):90-92.
- [3]潘海华,童玲方,包王镇.环境工程中的大气污染防治措施探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(07):51-53.
- [4]荀立伟.大气污染防治措施及对策研究[J].清洗世界,2023,39(10):157-159.