

常见大气污染物来源及防控措施

石玉科

四川省泸州生态环境监测中心站

DOI:10.32629/btr.v8i12.5155

[摘要] 本文将大气污染物划分为颗粒态、气态无机、有机及复合型三类,剖析各类污染物理化特性、生态与人体健康危害,从工业生产、交通运输、农林生活、自然扬尘四大维度溯源解析污染成因。结合污染排放特征,针对性制定工业技改、交通管控、面源治理、全域监管四大防控方案,搭建跨区域联防联控长效机制,补齐大气污染治理短板,为区域大气环境提质、雾霾与光化学烟雾污染管控、人居生态健康保护提供实操性治理参考。

[关键词] 常见大气污染; 污染物来源; 防控措施

中图分类号: X51 **文献标识码:** A

Sources and Prevention and Control Measures of Common Air Pollutants

Yuke Shi

Sichuan Luzhou Ecological Environment Monitoring Center

[Abstract] This paper classifies air pollutants into three categories: particulate pollutants, gaseous inorganic pollutants, and organic and compound pollutants. It analyzes the physicochemical characteristics and ecological and human health hazards of different types of pollutants, and traces their sources from four dimensions: industrial production, transportation, agriculture, forestry and domestic activities, and natural dust. Based on the characteristics of pollutant emissions, four targeted prevention and control strategies are proposed, including industrial technological upgrading, transportation management and control, non-point source pollution control, and comprehensive regional supervision. A long-term cross-regional joint prevention and control mechanism is established to address shortcomings in air pollution management and provide practical management references for improving regional air quality, controlling haze and photochemical smog pollution, and protecting ecological and human health.

[Key words] common air pollution; pollutant sources; prevention and control measures

引言

现阶段,工业化与城镇化快速推进,工业废气、机动车尾气、农林面源及天然扬尘叠加,导致大气复合型污染突出,雾霾、酸雨、臭氧频发。这不仅降低环境质量、破坏生态系统,还持续损害人体健康,增加慢病与癌变风险。为破解治理难题,厘清污染物分类、危害与溯源逻辑,立足区域排放实际,实施源头—过程—末端一体化防控,助力大气生态修复与绿色低碳发展。

1 常见大气污染物分类及环境危害分析

1.1 颗粒态大气污染物

(1)PM_{2.5}、PM₁₀污染物核心特性:PM₁₀为可吸入颗粒物,粒径小于10 μm,可滞留于上呼吸道;PM_{2.5}属于细颗粒物,粒径低于2.5 μm,吸附性极强,可附着重金属、病菌等物质,大气停留时间长、输送范围广,受气象条件影响极易扩散堆积。(2)粉尘、扬尘类污染物组分特征:该类污染物多源于建筑施工、道路裸

土、工业燃煤及矿山开采,组分以二氧化硅、硅酸盐矿物颗粒为主,掺杂少量工业碳尘,颗粒粒径跨度大,粗颗粒占比偏高,无二次反应衍生污染物,原生杂质含量高。(3)颗粒污染物环境与人体危害:颗粒物遮挡太阳辐射,降低大气能见度,诱发雾霾天气;沉降后覆盖植被叶面阻碍光合作用。人体层面粗颗粒引发鼻炎、咽炎,细颗粒渗入肺泡与血液,诱发心肺疾病,加重慢性病发病风险。

1.2 气态无机大气污染物

(1)二氧化硫、氮氧化物污染物理化特征:二氧化硫无色刺激性强,主要来自燃煤工业锅炉;氮氧化物以一氧化氮、二氧化氮为主,机动车尾气、工业焚烧为主要来源,两类气体均易溶于水,具备强氧化性,易发生大气二次化学反应。(2)一氧化碳、氨气污染物污染特性:一氧化碳无色无味、难溶于水,燃油不完全燃烧产生,毒性极强;氨气多来自畜禽养殖、化工生产,具备

刺鼻异味, 极易溶于水, 碱性特质突出, 易与酸性气体结合生成盐类颗粒物。(3) 气态无机污染物酸雨、土壤酸化危害: 两类酸性气体经大气反应生成硫酸、硝酸, 形成酸雨; 酸雨沉降腐蚀建筑、损毁植被, 渗入土壤中和有机质, 降低土壤肥力, 造成水体酸化, 破坏水陆生态菌群结构^[1]。

1. 3 有机类及复合型大气污染物

(1) 挥发性有机物(VOCs) 污染物特点: 多源自涂装、化工、汽修行业, 沸点低、易挥发, 成分包含烷烃、芳香烃, 部分物质具备致癌性, 易参与大气光化学反应。(2) 臭氧、光化学烟雾复合型污染物成因: VOCs与氮氧化物在强光、高温环境下发生光催化反应, 衍生近地面臭氧, 叠加醛类物质形成光化学烟雾, 属于典型二次复合污染物。(3) 有机污染物生态、人体呼吸系统损伤危害: 污染物抑制植物生长、破坏农林生态; 刺激人体呼吸道黏膜, 诱发咳嗽、哮喘, 长期接触损伤肺部机能, 有害物质侵入人体还会损伤脏器, 提升癌变概率。

2 常见大气污染物主要来源解析

2. 1 工业生产污染源

(1) 重工业燃煤、冶炼企业废气排放: 钢铁、火电、有色金属冶炼等高耗能重工业, 是无机气态污染物核心源头。企业生产依托原煤、焦炭作为燃料, 煤炭燃烧会直接释放大量二氧化硫、氮氧化物, 金属冶炼高温工序会富集重金属废气与硫化物, 废气经烟囱有组织直排大气, 排放总量大、持续性强, 是区域酸性污染物首要工业来源。(2) 化工、涂装行业VOCs废气无组织排放: 精细化工、家具涂装、印刷加工行业生产原料含大量有机溶剂, 生产投料、物料储存、产品固化全过程中, 有机溶剂自发挥发, 无收集处理装置便形成无组织VOCs排放, 分散性强、治理难度大, 为光化学烟雾生成提供前置污染物。(3) 建材加工企业粉尘、颗粒物排放: 水泥、砂石、砖瓦加工企业原料破碎、研磨、筛分、熟料烧制工序中, 原生矿物粉尘大量逸散, 同时生产窑炉伴随燃煤颗粒物排放, 粗、细颗粒污染物兼具, 直接提升区域PM10与PM2.5基底浓度。

2. 2 交通运输移动污染源

(1) 机动车燃油尾气氮氧化物、颗粒物排放: 城市私家车、小型燃油客车汽油燃烧过程中, 燃烧室高温催生氮氧化物, 燃油杂质、不完全燃烧产生细微碳颗粒, 尾气直接排入城市近地面空气, 贴合居民活动圈层, 成为城区低空污染主力来源。(2) 货运柴油车辆、非道路机械污染排放: 重型柴油货车、工地挖掘机、推土机等非道路工程机械, 柴油燃烧效率偏低, 颗粒物、一氧化碳排放强度远高于汽油车辆, 老旧设备尾气净化装置老化, 污染物超标排放问题突出^[2]。(3) 船舶、航空交通区域性大气污染贡献: 内河、沿海船舶燃烧重油燃料, 硫含量极高, 硫化物与颗粒物排放量庞大; 机场飞机起降阶段燃油高负荷燃烧, 氮氧化物集中释放, 水陆空交通联动, 形成跨区域复合型移动污染。

2. 3 生活与农业面源污染源

(1) 城乡居民燃煤、生物质露天焚烧污染: 城郊与农村散户冬季取暖燃烧民用散煤, 脱硫除尘设施缺失, 废气直排; 枯枝、

生活垃圾露天焚烧, 产生碳烟颗粒物与有害气体态污染物, 属于分散式生活污染。(2) 农业秸秆焚烧、畜禽养殖氨气排放: 秋收时节农田秸秆露天集中焚烧, 短时间释放大量烟尘、VOCs; 规模化及散户畜禽养殖粪便厌氧发酵, 持续挥发氨气, 提升大气碱性气态污染物浓度。(3) 餐饮油烟、民用散煤生活化污染排放: 城区餐饮门店烹饪产生油烟颗粒物与有机废气, 叠加居民日常散煤燃烧排放, 面源分布零散, 覆盖居民区全域, 加重城市低空污染负荷。

2. 4 自然及扬尘天然污染源

(1) 建筑施工、道路扬尘颗粒物来源: 城区土建施工土方开挖、物料堆放, 城市主干道车辆碾压裸土、渣土遗撒, 干燥天气下极易扬起粗颗粒扬尘, 瞬时拉高大气颗粒物浓度。(2) 风沙、森林火灾天然大气污染物排放: 荒漠季风天气引发风沙扬尘, 原生矿物颗粒远距离输送; 自然森林、草原火灾释放大量烟尘、碳氧化物, 属于突发性天然大气污染源。(3) 土壤风蚀次生大气扬尘污染成因: 地表植被退化、土地裸露后, 大风气流剥离表层干燥土壤, 形成持续性次生扬尘, 无人工污染干预, 属于长期性天然颗粒污染源。

3 常见大气污染物针对性防控措施与优化策略

3. 1 工业污染源源头管控治理措施

(1) 工业燃煤机组脱硫脱硝、除尘设备升级改造: 针对火电、钢铁等高耗能燃煤企业, 淘汰传统低效废气处理设备, 推行超低排放改造工艺, 加装湿式脱硫装置、选择性催化还原脱硝设备与静电布袋复合除尘系统, 全方位截留二氧化硫、氮氧化物以及粗细颗粒物。同时建立设备定期运维机制, 清理滤网、催化模块, 保障机组全天候达标排放, 从废气排放末端削减无机气态污染物与颗粒污染物产出, 严控工业固定源基础污染负荷。(2) 化工行业密闭生产、VOCs收集回收工艺优化: 针对化工、喷涂、印刷行业无组织废气问题, 改造开放式生产车间, 实现物料储存、投料、反应、出料全流程密闭闭环管控; 搭建废气负压收集管网, 吸附富集工艺尾气, 采用冷凝回收、活性炭吸附、催化燃烧技术分解VOCs有机废气, 实现有机溶剂二次回收利用, 兼顾污染治理与资源节约, 削减光化学污染物前驱体排放量。(3) 落后高耗能污染企业关停与产业结构调整: 依据区域环保准入标准, 关停小型冶炼、土法建材、小化工等高污染、低效益散乱污企业, 淘汰高污染生产工艺。优化区域工业产业布局, 引导重工业企业向园区集中布局, 推行绿色低碳生产模式, 扶持节能环保、高端制造低耗产业, 从产业源头压缩工业污染物排放总量, 优化工业污染排放格局^[3]。

3. 2 交通移动污染综合治理措施

(1) 新能源机动车推广、老旧超标车辆淘汰管控: 依托环保政策, 加大新能源私家车、公务用车、公交投放力度, 完善充电桩、换电站等设施, 降低燃油机动车保有量增速。全面排查车龄超10年老旧汽油车、超标燃油私家车, 落实强制报废补贴, 加快高排放车辆清退; 强化新车出厂尾气检测, 提高国六排放标准门槛, 严控高排放燃油车入市, 从源头降低尾气氮氧化物、颗粒物、

一氧化碳排放。(2)道路路网优化、机动车限行常态化管控:优化主干道、绕城路网,打通拥堵路段,减少怠速、低速行驶,避免燃烧不充分加剧污染;结合空气质量指数,实施差异化常态化限行,重污染时段限行私家车、轻型货车,高峰时段分流过境货车,减少城区核心区域聚集排污。同时优化公共交通,加密地铁、公交班次,引导市民绿色出行,压降机动车出行总量^[4]。(3)船舶岸电改造、非道路机械尾气净化治理:沿江沿海港口船舶全面完成岸电系统改造,船舶靠港期间强制关停燃油机组,接入港口岸电供电,消除重油燃烧废气污染;工地挖掘机、装载机等非道路工程机械加装尾气过滤装置,淘汰老旧高污染机械,统一工程机械环保准入标准,补齐水陆交通、工程机械移动污染治理短板。

3.3生活及农业面源污染防控方案

(1)清洁取暖改造、民用散煤全域替代政策落地:针对城乡城郊、农村散户民用散煤取暖污染问题,全域推进北方村镇电采暖、天然气入户改造工程,落实取暖设备补贴、用气用电惠民补贴,替代高硫劣质民用散煤。取缔村内散煤售卖点,全面禁止劣质散煤销售、燃烧,配套村镇集中供热管网延伸工程,实现村镇居民取暖清洁能源全覆盖,消除散煤燃烧产生颗粒物、二氧化硫生活化污染源。(2)秸秆资源化利用、全域露天焚烧巡查管控:改变秋收秸秆露天焚烧传统模式,搭建秸秆回收加工厂,将农田秸秆加工为畜牧饲料、生物质燃料、有机肥原料,实现农业废弃物资源化循环利用;构建乡镇、村级网格化巡查体系,搭配无人机空中巡检,秋收、春耕关键时段全域管控秸秆、枯枝焚烧行为,落实违规焚烧处罚机制,从源头遏制生物质焚烧烟尘、VOCs污染。(3)餐饮油烟净化装置强制安装与运维监管:城区全部餐饮商铺、街边小吃门店强制安装高效油烟分离净化设备,取缔无净化装置露天大排档、流动餐饮摊贩;环保部门定期上门核查设备运行、清洗台账,杜绝商户关停净化设备直排油烟,降低餐饮油烟细颗粒物、挥发性有机污染物低空排放,优化居民区近地面空气质量。

3.4监管体系与长效防控优化策略

(1)搭建全域大气污染物实时监测预警平台:依托物联网、大气传感技术,在工业区、交通干道、农田、港口等布设网格化监测站点,实时监测PM_{2.5}、PM₁₀、氮氧化物、VOCs、氨气等浓

度,联动气象数据研判扩散趋势,构建重污染天气三级预警机制。预警发布后快速启动企业限产、车辆限流、工地停工等应急方案,实现污染事前预判与精准管控。(2)完善大气环保法律法规、加大排污惩处力度:细化工业无组织排污、秸秆焚烧、车辆超标排放、扬尘污染等专项管控条例,明确处罚标准;提高企业超标排污、偷排废气罚款金额,落实环保信用扣分、停产整改机制,对屡改屡犯企业追加行政处罚,压实企业环保主体责任^[5]。(3)依托社区、校园、新媒体开展大气环保科普,普及污染危害、绿色出行、清洁能源等知识,鼓励群众举报违规排污、露天焚烧行为,构建政府监管、企业自律、全民监督的长效协同治理体系,稳固大气污染治理成效。

4 结束语

综上,大气污染成因多元、污染源跨界交叉,固定源、移动源、面源与天然污染源协同加剧污染负荷,单一治理模式难以实现长效管控。唯有依托产业结构优化、清洁能源替代、废气工艺升级完成源头减污,叠加网格化监测、法规约束、跨区域联动与全民监督体系,统筹各类污染源综合治理,方能削减多类型大气污染物排放。后续需贴合气象与产业动态优化治理方案,持续巩固治污成果,筑牢区域大气生态安全屏障。

【参考文献】

- [1]张凯,王健.城市典型大气污染物来源溯源及分区防控策略研究[J].环境科学与管理,2025,50(2):78-83.
- [2]李萌.PM_{2.5}、臭氧协同污染成因及常态化治理防控路径[J].生态经济,2024,40(6):187-192.
- [3]刘思远.我国常见大气污染物排放来源、环境危害及综合治理对策[J].环境工程,2023,41(9):216-221.
- [4]陈雨桐.城乡区域大气污染源分类解析与精准防控技术探析[J].资源节约与环保,2024(11):132-134.
- [5]周航.燃煤、机动车及扬尘大气污染物溯源与源头管控措施研究[J].环境保护科学,2025,51(1):90-95.

作者简介:

石玉科(1986--),男,汉族,四川人,研究生,高级工程师(环境监测),研究方向:长期从事环境大气自动监测,噪声,辐射监测等。