

# 环境监测技术在污染防治中的应用与发展

吴克奖 郭静 林晨 俞洪

浙江中一检测研究院股份有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要:** 本文剖析环境监测技术分类与特性,按监测对象和原理梳理大气、水、土壤监测技术手段及特点。探讨其在污染防治中的具体应用,包括污染物监测、污染源追踪、质量评估等环节。同时阐述技术智能化、自动化、精准化、精细化的发展趋势,为环境监测与污染防治实践提供理论参考与方向指引。

**关键词:** 环境监测技术; 污染防治; 发展趋势; 监测应用

引言: 随着环境问题日益严峻,污染防治成为重要任务。环境监测技术作为污染防治的基础,其重要性愈发凸显。准确的环境监测数据能为污染防治决策提供科学依据。本文深入探讨环境监测技术的分类、特性,以及在大气、水、土壤污染防治中的应用,并分析其发展趋势,以期推动环境监测技术在污染防治中发挥更大作用。

## 1 环境监测技术分类与特性

### 1.1 按监测对象分类

#### 1.1.1 大气环境监测技术

大气环境监测技术主要针对颗粒物和气态污染物的检测。激光散射法通过测量颗粒物对激光的散射强度来测定PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>浓度,适用于实时在线监测但易受湿度干扰。化学发光法利用氮氧化物与臭氧反应产生激发态分子释放光信号的原理,具有高灵敏度但需定期校准。气相色谱法通过分离和检测挥发性有机物组分,适用于复杂有机物分析但设备成本较高。这些技术组合使用可覆盖从常规污染物到痕量有毒物质的监测需求。

#### 1.1.2 水环境监测技术

水体监测技术涵盖物理、化学和生物指标。电化学分析法通过电极反应测定水中重金属离子浓度,操作简便但易受共存离子干扰。原子吸收光谱法基于原子对特定波长光的吸收定量重金属,精度高但需复杂前处理。生物传感器法利用酶或微生物对污染物的特异性响应,能实现原位监测但稳定性较差。针对藻类监测的荧光法和针对细菌总数的ATP生物发光法,可快速反映水体生态状况。多技术联用能全面评估水质安全与生态风险。

#### 1.1.3 土壤环境监测技术

土壤污染监测依赖先进仪器分析方法。X射线荧光光谱法通过检测土壤受激发射的特征X射线定量重金属,可实现无损快速筛查但精度受限<sup>[1]</sup>。气相色谱-质谱联用法分离并鉴定有机污染物分子结构,是农药残留检测的金标准但耗时长。电感耦合等离子体质谱法可同时测定多

种重金属元素,检出限低但运行成本高。这些技术为土壤污染空间分布制图和健康风险评估提供数据支撑,指导修复方案制定。

### 1.2 按监测原理分类

#### 1.2.1 物理监测技术

基于物理参数的监测手段具有非破坏性特点。光学浊度仪通过测量水中颗粒物对光的散射评估水质,适用于污水处理过程控制。声级计利用声压级换算原理监测噪声污染,需配合频率加权网络反映人耳感知。热红外成像技术通过检测地表辐射差异识别隐蔽污染源,在突发环境事件中发挥重要作用。物理监测技术响应速度快,但通常需化学方法辅助确定污染物具体成分。

#### 1.2.2 化学监测技术

化学分析方法构成环境监测的核心支撑。分光光度法基于显色反应测定污染物吸光度,设备简单但抗干扰能力弱。离子色谱法分离测定水中阴阳离子,适合常规水质指标批量检测。滴定法通过标准溶液体积消耗计算污染物含量,操作简便但自动化程度低。化学监测技术通过标准方法体系和质控程序保证数据准确性,在实验室分析和在线监测中广泛应用。

#### 1.2.3 生物监测技术

生物方法提供环境污染的综合效应评估。鱼类行为变化监测系统通过视频分析逃逸反应强度预警水质突变。地衣群落分布反映大气污染历史累积效应,适用于大尺度环境质量评价。微核试验通过统计生物细胞染色体畸变率评估污染物遗传毒性。生物监测整合了污染物多途径暴露与生物累积效应,弥补理化监测在生态风险评估中的不足,但结果解读需结合环境参数。

## 2 环境监测技术在污染防治中的应用

### 2.1 在大气污染防治中的应用

#### 2.1.1 污染物监测

大气污染物监测依赖多种技术手段。激光散射法监

测颗粒物,利用颗粒物对激光产生散射现象,通过检测散射光强度来计算颗粒物浓度,此方法响应速度快,适合在公共场所、工业车间等区域进行实时监测。 $\beta$ 射线吸收法基于 $\beta$ 射线穿过含颗粒物空气时被吸收强度衰减的原理,测量结果精准,常用于环境空气质量监测站长期测定。气体污染物监测方面,电化学传感器通过化学反应产生电信号检测气体浓度,能快速灵敏地检测特定气体,常集成于小型便携式检测设备<sup>[2]</sup>。红外光谱法依据气体分子对红外光吸收特性差异分析成分浓度,可同时检测多种气体,在工业废气排放监测中广泛应用。选择监测技术时,若需实时获取低浓度污染物数据,电化学传感器更合适;若要全面分析复杂气体成分,红外光谱法是更好的选择。

### 2.1.2 污染源追踪

确定大气污染源位置和排放强度需综合分析多种数据。将风向、风速等气象数据与污染物浓度分布数据结合,特定风向时某区域污染物浓度升高,可初步判断污染源位于上风向。源解析技术通过分析污染物化学组成、物理特性,确定污染源类型和贡献率。在工业污染源追踪中,依据废气中特征化学物质判断生产过程;交通污染源追踪结合道路周边污染物浓度、车辆流量和车型确定排放强度;生活污染源则通过分析居民区周边污染物成分,判断生活燃烧、垃圾处理等活动的污染贡献。

### 2.1.3 空气质量评估与预警

空气质量评估采用空气质量指数(AQI)进行分级评价。通过综合计算各项污染物监测数据得出AQI数值,依数值大小划分空气质量等级,并对应不同健康影响和建议措施。空气质量预警系统构建时,先确定高浓度颗粒物、二氧化硫等关键预警指标,再按污染物浓度阈值划分预警级别。当监测数据达到阈值,预警系统及时发布信息,相关部门据此采取工业企业限产、机动车限行等防治措施。

## 2.2 在水污染防治中的应用

### 2.2.1 水质监测指标与技术

水质监测指标多样。化学需氧量反映水体还原性物质污染程度,重铬酸钾法通过重铬酸钾在酸性条件下氧化还原性物质,根据消耗量计算化学需氧量,结果准确但操作复杂耗时;快速消解分光光度法利用消解后溶液吸光度与化学需氧量关系快速测定,操作简便。原子吸收光谱法测定重金属含量,基于基态原子对特定波长光吸收程度确定浓度,灵敏度高、选择性好;电感耦合等离子体质谱法可同时测定多种重金属,检测限更低、速度更快。选择监测指标和技术要根据监测目的和水体特

点,工业废水重点监测重金属,生活污水关注化学需氧量、氨氮等指标。

### 2.2.2 水污染溯源

追踪水污染来源需综合分析污染物特征和环境条件。分析水体污染物种类、浓度,发现特定工业污染物可初步判断与工业生产有关;通过同位素组成确定来源特征。结合水文地质条件和水流方向,利用水流模型模拟污染物扩散路径,确定污染源位置和排放途径。工业废水溯源依据废水中特征污染物和生产工艺;农业面源污染分析水体氮、磷营养物质浓度和农田施肥灌溉情况;生活污水溯源通过分析污水管网布局和成分定位。

### 2.2.3 水环境质量评价与保护

采用水质综合指数法评价水环境质量,综合多项指标计算指数值分级。模糊综合评价法利用模糊数学原理,处理评价中的不确定性,更全面反映质量状况<sup>[3]</sup>。基于评价结果,划定水功能区明确用水功能和保护要求,制定水污染物排放标准,实施水生态修复工程,如种植水生植物、恢复湿地,改善水环境。

## 2.3 在土壤污染防治中的应用

### 2.3.1 土壤污染监测指标与方法

土壤污染监测指标包括有机污染物、无机污染物、放射性物质等。气相色谱-质谱联用法测定有机污染物,利用气相色谱分离、质谱定性定量分析,能准确识别多种有机污染物;高效液相色谱法适用于热稳定性差、不易挥发的有机污染物。原子荧光光谱法测定无机污染物,基于基态原子吸收光后发射荧光原理,对砷、汞等元素灵敏度高;X射线荧光光谱法可快速分析多种无机元素,无需复杂前处理。选择监测指标和方法要考虑土壤类型和污染特征,农田土壤关注有机农药污染,重金属污染土壤采用原子荧光光谱法和X射线荧光光谱法。

### 2.3.2 土壤污染风险评估

土壤污染风险评估先确定污染物种类、浓度、土壤理化性质等评估因子,建立考虑污染物迁移转化、暴露途径的评估模型计算风险值,依据风险值划分风险等级。低风险区域可正常利用,高风险区域需采取限制措施。在土地利用规划中,依据风险评估结果合理规划用地;土壤修复决策时,根据风险等级确定修复目标和技术。

### 2.3.3 土壤修复监测

在土壤修复过程中,环境监测技术通过监测土壤中污染物浓度变化判断修复效果,若污染物浓度持续下降,说明修复措施有效。同时监测土壤理化性质改善情况,如土壤pH值、有机质含量等,了解土壤生态功能恢复程度。土壤修复监测指标包括各类污染物含量、土壤

肥力指标等，监测方法根据指标特性选择合适的分析技术。监测频率根据修复目标和进度调整，在修复初期，为及时掌握修复效果，监测频率较高；随着修复进程推进，可适当降低监测频率，确保修复工作按计划完成。

### 3 环境监测技术在污染防治中的发展趋势

#### 3.1 智能化与自动化

##### 3.1.1 智能监测系统应用

智能监测系统在污染防治领域前景广阔。其具备自动采样功能，可依据设定程序定时、定点采集大气、水体、土壤样本，避免人工采样的时间局限性与操作误差。自动分析功能借助内置算法与传感器，快速解析样本成分，一旦污染物浓度达到预设阈值，自动报警功能即刻启动，以声光或网络信号形式通知相关人员<sup>[4]</sup>。智能监测系统通过高度集成的软硬件设计，减少人为干预，极大提高监测效率，同时降低人为因素导致的测量偏差，让监测结果更精准可靠。

##### 3.1.2 无人监测技术发展

无人机、无人船、无人监测车等无人监测技术逐渐成为环境监测新力量。无人机凭借灵活的飞行能力，能抵达高山、森林等复杂地形区域，对大气污染物进行高空监测；无人船可在河流、湖泊等水域自主航行，实时获取水体数据；无人监测车则适用于道路周边、工业园区等地面区域的环境监测。目前，无人监测技术虽已取得一定成果，但面临续航能力不足、复杂环境下信号传输不稳定等挑战。未来，随着电池技术、通信技术的进步，无人监测设备将实现更长续航、更稳定数据传输，监测范围也将进一步拓展。

#### 3.2 精准化与精细化

##### 3.2.1 高精度监测技术应用

高精度监测技术对污染防治意义重大。在微量污染物监测方面，其能捕捉极少量污染物的存在与变化，为精准制定污染治理方案提供关键依据。比如，新型光谱分析技术可探测到以往难以发现的痕量有机污染物，让

治理措施更具针对性。高精度监测技术不断发展，未来将在提高检测灵敏度、缩短检测时间等方面持续突破，应用场景也会从实验室走向更多实际监测场景，助力污染防治工作向更精准方向发展。

##### 3.2.2 精细化监测网络建设

构建精细化环境监测网络是必然趋势。增加监测点位密度，可减少监测盲区，让环境质量变化更全面地呈现。提高监测数据时空分辨率，能更细致地捕捉污染物在时间和空间上的分布特征。建设精细化监测网络，需科学规划点位布局，结合地理信息系统（GIS）等技术优化选址。在管理机制上，建立统一的数据采集、传输、存储标准，确保海量监测数据的有序管理与高效利用，实现对环境质量变化的实时、精准掌握。

#### 结束语

环境监测技术在污染防治中具有不可替代的地位，其发展水平直接影响环境治理的科学性与有效性。当前，多种监测技术已在大气、水和土壤污染防治中得到广泛应用，涵盖从污染物识别到修复效果评估的全过程。随着智能系统、无人设备和高精度分析手段的发展，监测方式正朝着自动化、精准化方向演进。构建多要素综合监测体系和跨部门协同机制，将进一步提升环境监管能力。持续推动技术创新与应用融合，是提升污染防治成效的关键路径。

#### 参考文献

- [1]樊建琼.环境监测技术在大气污染防治中的应用探讨[J].生态与资源,2024(09):11-13.
- [2]赵建文.生态环境监测技术在大气污染防治中的应用[J].中国轮胎资源综合利用,2024(12):61-63.
- [3]张若阳.大气污染防治中环境监测技术应用分析[J].低碳世界,2024,14(06):37-39.
- [4]王俏,陈宜钦.浅谈环境监测在大气污染治理中的作用及措施[J].清洗世界,2022,38(10):103-105.