

# 油气管道施工期大气污染物排放特征与监测方法改进

刘丽杰

山东蓝普检测技术有限公司 山东 东营 257000

**摘要:** 随着油气管道工程建设规模扩大,施工期大气污染对周边环境的影响日益受到关注。本文聚焦油气管道施工期大气污染物排放特征与监测方法改进。首先剖析了施工期大气污染物在时空分布、排放强度及排放成分等方面的特征,揭示其排放规律。接着阐述现有监测方法,包括扬尘、焊接烟尘及施工机械尾气监测,并指出监测准确性、实时性、全面性及成本等方面存在的问题。最后提出改进策略,涵盖引入先进监测技术、优化监测点位布局、完善监测指标体系以及加强监测数据管理与分析,旨在为油气管道施工期大气污染防治提供科学依据。

**关键词:** 油气管道; 施工期; 大气污染物; 排放特征; 监测方法; 改进

引言: 油气管道建设作为能源输送的关键基础设施项目,对保障国家能源安全意义重大。然而,在施工期间,诸如扬尘、焊接烟尘以及施工机械尾气等大气污染物的大量排放,给周边环境空气质量带来严重负面影响,威胁居民健康与生态平衡。准确掌握油气管道施工期大气污染物排放特征,并改进现有监测方法,对于有效控制施工污染、实现绿色施工至关重要。鉴于此,深入探讨油气管道施工期大气污染物排放特征及监测方法改进具有重要的现实意义和紧迫性。

## 1 油气管道施工期大气污染物排放特征

### 1.1 时空分布特征

#### 1.1.1 时间分布

油气管道施工期大气污染物排放呈现明显的阶段性时间分布特征。施工初期场地平整、挖掘作业频繁,产生大量扬尘,颗粒物排放浓度较高;中期管道焊接、防腐作业阶段,主要污染物转变为焊接烟气中的重金属、有机废气等,排放相对平稳但持续;后期回填、地貌恢复阶段,扬尘污染再次回升。此外,受季节影响,冬季低温导致机械燃油效率降低,尾气污染物排放增加;春秋干燥多风,加剧扬尘扩散。

#### 1.1.2 空间分布

大气污染物排放空间分布与施工工序紧密相关。管道沿线的开挖区域,如管沟开挖、回填处,因土方翻动频繁,扬尘污染集中;焊接作业点附近,焊接烟气扩散形成局部污染区。从区域看,人口密集区和交通主干道周边,施工机械尾气与道路扬尘叠加,污染更为严重;而偏远山区施工,虽污染物浓度相对较低,但地形封闭不利于污染物扩散,可能造成局部累积。

### 1.2 排放强度特征

#### 1.2.1 不同作业环节排放强度

不同作业环节的大气污染物排放强度差异显著。管沟开挖环节,由于土方大量翻动,扬尘排放强度极高,其颗粒物排放量可达每平方米数克量级。焊接作业时,因焊条使用及金属熔化,会释放一定量的金属氧化物烟尘,如锰、铁的氧化物等,排放强度依焊接工艺、设备及焊条种类有所不同,一般在每千克焊条数克至数十克。防腐作业使用的有机涂料挥发,产生挥发性有机物(VOCs),其排放强度与涂料成分、施涂方式相关,喷涂较刷涂排放强度更高,可达每平方米数十克至数百克。

#### 1.2.2 不同施工阶段排放强度

施工初期场地平整,多种大型机械同时作业,机械尾气与扬尘排放强度均处于高位,颗粒物排放浓度可达每立方米数百微克至数毫克,氮氧化物、一氧化碳等尾气污染物排放也较为可观。施工中期焊接、防腐为主,污染物排放强度相对平稳但持续,焊接烟尘、VOCs排放稳定在一定水平。后期回填阶段,虽整体排放强度低于初期,但扬尘因土方回填再次上升,颗粒物排放浓度回升至每立方米数百微克,对局部空气质量影响明显。

### 1.3 排放成分特征

油气管道施工期大气污染物成分复杂多样。扬尘主要包含土壤颗粒、砂石碎屑等,粒径范围广,粗颗粒易沉降,细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)可长时间悬浮,影响范围大。焊接烟气中除金属氧化物外,还有氟化物、臭氧等,对人体呼吸道、眼睛等有刺激危害。防腐作业挥发的VOCs涵盖苯、甲苯、二甲苯等多种有机化合物,具有挥发性强、气味大特点,不仅污染空气,还可能参与光化学反应,生成二次污染物,如臭氧等,加剧大气污染<sup>[1]</sup>。

## 2 现有监测方法及存在的问题

### 2.1 现有监测方法

#### 2.1.1 不同作业环节排放强度

不同作业环节的大气污染物排放强度差异显著。管沟开挖环节,由于土方大量翻动,扬尘排放强度极高,其颗粒物排放量可达每平方米数克量级。焊接作业时,因焊条使用及金属熔化,会释放一定量的金属氧化物烟尘,如锰、铁的氧化物等,排放强度依焊接工艺、设备及焊条种类有所不同,一般在每千克焊条数克至数十克。防腐作业使用的有机涂料挥发,产生挥发性有机物(VOCs),其排放强度与涂料成分、施涂方式相关,喷涂较刷涂排放强度更高,可达每平方米数十克至数百克。

### 2.1.2 不同施工阶段排放强度

施工初期场地平整,多种大型机械同时作业,机械尾气与扬尘排放强度均处于高位,颗粒物排放浓度可达每立方米数百微克至数毫克,氮氧化物、一氧化碳等尾气污染物排放也较为可观。施工中期焊接、防腐为主,污染物排放强度相对平稳但持续,焊接烟尘、VOCs 排放稳定在一定水平。

### 2.1.3 排放成分特征

油气管道施工期大气污染物成分复杂多样。扬尘主要包含土壤颗粒、砂石碎屑等,粒径范围广,粗颗粒易沉降,细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)可长时间悬浮,影响范围大。焊接烟气中除金属氧化物外,还有氟化物、臭氧等,对人体呼吸道、眼睛等有刺激危害。防腐作业挥发的VOCs涵盖苯、甲苯、二甲苯等多种有机化合物,具有挥发性强、气味大特点,不仅污染空气,还可能参与光化学反应,生成二次污染物,如臭氧等,加剧大气污染。

## 2.2 存在的问题

### 2.2.1 监测准确性问题

在油气管道施工监测中,各类干扰因素严重影响准确性。扬尘监测时,环境中的温湿度、风速风向变化,会干扰光散射法测量,使颗粒物浓度数据偏差大;焊接烟尘监测,现场复杂环境中的强光、电磁干扰,易让便携式监测仪误判,滤膜采样若受气流冲击,也会造成烟尘采集不完全,导致结果不准。机械尾气监测,尾气成分复杂,不同工况下污染物比例变化,现有设备难以精准区分测量,像碳氢化合物中多种成分易混淆,影响排放强度判断。

### 2.2.2 监测实时性问题

当前监测手段在实时性上存在短板。滤膜采样-重量法用于焊接烟尘和扬尘监测,从采样到实验室分析出结果,流程繁琐耗时,无法及时反映施工中污染物浓度动态变化。部分施工机械尾气监测虽用PEMS能实时测量,但设备安装调试时间长,在机械频繁转场作业时,难以及时跟上监测,错过排放高峰期数据。而遥感监测

只能捕捉尾气瞬间数据,对机械长时间运行的排放变化监测存在空白,难以为施工期大气污染管控提供及时数据支撑。

### 2.2.3 监测全面性问题

监测全面性不足体现在多方面。施工区域范围广、地形复杂,固定监测点位难以覆盖整个施工场地,如山区管道施工,山谷、山坡等不同位置污染物分布差异大,单点监测无法代表全貌。监测项目也不完整,除常见的扬尘、焊接烟尘、尾气常规污染物,施工中可能产生的特殊污染物,如某些新型防腐涂料挥发的特殊有机污染物,现有监测体系常未纳入,导致对施工期大气污染状况掌握不全面,难以评估潜在环境风险。

### 2.2.4 监测成本问题

油气管道施工大气污染监测成本高昂。高精度监测设备,如 $\beta$ 射线扬尘监测仪、便携式排放测量系统,采购成本高,且维护、校准费用不菲,需专业人员操作,人力成本也随之增加。对于长距离管道施工,若全线密集布置监测点位,设备数量需求大,成本呈几何倍数增长。频繁的采样分析,像滤膜采样需消耗大量滤膜等耗材,进一步加重经济负担,使得不少施工单位因成本考量,难以全面、规范开展监测工作<sup>[2]</sup>。

## 3 油气管道施工期大气污染物监测方法改进策略

### 3.1 引入先进的监测技术

#### 3.1.1 高精度传感器技术

高精度传感器融合多种测量原理,有效提升监测准确性。激光散射与 $\beta$ 射线复合传感器,克服温湿度、风速干扰,精准测量扬尘浓度;纳米气敏传感器可降低复杂环境对焊接烟尘监测的影响,准确识别污染物成分;傅里叶变换红外光谱传感器则能清晰区分机械尾气复杂成分,精准判断排放强度,为污染管控提供可靠数据。

#### 3.1.2 无人机监测技术

无人机搭载监测设备,灵活覆盖复杂施工区域。它能快速穿梭于山区管道沿线,动态监测固定点位难以触及的区域,绘制实时污染地图。在机械转场时,可实时追踪尾气排放,及时响应突发污染事件,弥补监测范围与实时性不足,提升施工期污染监测效率。

#### 3.1.3 物联网监测技术

物联网通过分布式传感器节点与通信技术,实现数据高效整合与实时传输。施工场地部署大量节点采集数据,经5G、LoRa等协议上传云端,便于多终端随时查看。其设备联动与大数据分析功能,可精准定位污染源、预测污染趋势,提升监测智能化水平与管理效能。

### 3.2 优化监测点位布局

### 3.2.1 根据施工场地特点布局

施工场地各作业区域污染排放差异显著,需针对性布局监测点。在管沟开挖、回填等高扬尘区域,应加密布设扬尘监测点,实时捕捉颗粒物浓度变化;焊接作业集中地段,在焊接工位上风向、下风向分别设置焊接烟尘监测点,掌握烟尘扩散规律。对于施工场地面积大、地形复杂的情况,可利用网格化布局,将场地划分为多个监测单元,每个单元设置关键监测点位,确保污染物排放数据全面覆盖,准确反映不同施工环节的污染强度。

### 3.2.2 考虑周边环境敏感点

周边环境敏感点易受施工大气污染影响,需重点关注。在临近居民区、学校、医院等区域,应在施工场地边界靠近敏感点一侧增设监测点位,实时监测污染物浓度,一旦超标及时预警。对于生态保护区、水源地等环境敏感区域,需提前在其外围设置监测防线,监测施工活动对敏感区大气环境的潜在影响,防止污染物扩散对生态环境和居民健康造成危害,为施工与环境保护协调发展提供数据支持。

## 3.3 完善监测指标体系

### 3.3.1 增加监测污染物种类

现有监测多聚焦常规污染物,难以全面反映施工污染状况。应拓展监测范围,增加新型防腐涂料挥发产生的特殊有机污染物,如异氰酸酯、卤代烃等的监测,这些物质毒性强且易引发光化学污染。同时,针对焊接过程可能产生的重金属有机化合物、氟化物等,也要纳入监测指标。

### 3.3.2 开展污染物来源解析监测

当前监测难以精准区分污染物具体来源。开展污染物来源解析监测,可通过受体模型、同位素示踪等技术,分析施工扬尘中土壤源、道路尘源的占比,确定焊接烟尘中不同焊条成分贡献量,明确施工机械尾气与周边交通尾气的差异。通过解析,能精准定位主要污染源头,为制定靶向治理措施提供依据,避免治理的盲目性,提高施工期大气污染防治效率,助力实现科学减排。

### 3.3.3 估算污染物排放通量

仅监测污染物浓度无法准确评估污染总量。需结合气象条件、施工设备运行参数等,采用扩散模型、质量平衡法等手段,估算不同施工环节、不同区域的污染物排放通量。如通过测量管沟开挖面积、土壤翻动频率及风速等参数,计算扬尘排放通量;依据焊接时间、焊条使用量和排放因子,估算焊接烟尘排放通量。

## 3.4 加强监测数据管理与分析

### 3.4.1 建立监测数据库

当前监测数据分散、格式不统一,导致数据管理混乱。建立标准化监测数据库,需整合扬尘、焊接烟尘、机械尾气等多源监测数据,统一数据格式与存储标准。同时,数据库应具备数据采集、存储、查询、更新等功能,实现对施工期大气污染物监测数据的全生命周期管理。通过设置分级权限,保障数据安全,为后续数据分析、污染溯源及环境评估提供稳定、可靠的数据支撑,避免因数据管理问题影响监测结果的准确性与可用性。

### 3.4.2 运用大数据分析技术

传统数据分析手段难以挖掘海量监测数据背后的规律。借助大数据分析技术,可对施工期大气污染物浓度变化、时空分布、排放强度等数据进行深度挖掘。通过机器学习算法建立污染预测模型,分析气象条件、施工进度与污染物排放的关联,预测污染发展趋势。还能利用聚类分析等方法,发现不同施工环节、区域间的污染特征差异,为制定针对性污染防治措施提供科学依据,提升施工期大气污染监测的智能化与精准化水平。

### 3.4.3 实现数据共享与公开

监测数据缺乏共享导致信息孤岛,限制了其应用价值。实现数据共享与公开,一方面要建立施工单位、监管部门、科研机构等多方参与的数据共享平台,打破部门间的数据壁垒,促进数据高效流通,便于监管部门实时掌握施工污染状况,科研机构开展深入研究。另一方面,向公众适度公开部分监测数据,保障公众知情权,接受社会监督,增强施工单位环保意识,推动形成多方协同治理施工期大气污染的良好局面<sup>[1]</sup>。

## 结束语

油气管道施工期大气污染问题不容忽视,其排放特征呈现出独特的时空分布、排放强度与成分规律,现有监测方法在准确性、实时性、全面性及成本方面存在诸多挑战。而引入先进技术、优化点位布局、完善指标体系与强化数据管理等改进策略,为精准监测、科学防控提供了有力支撑。

## 参考文献

- [1]常莉君.大气污染物的监测与控制研究[J].环境工程,2023,41(03):280.
- [2]王姝,冯微微,丁莹等.大气污染物排放调查监测研究进展[J].环境监测管理与技术,2023,35(01):9-13.
- [3]周轩宇,钱狄鑫,白彬.基于大气监测的城市环境治理分析[J].中国资源综合利用,2023,41(01):170-172.