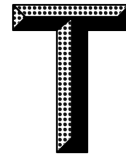


ICS 13.040.01
CCS Z 10



团 体 标 准

T/CI 1241—2025

大气污染多平台一体化监测技术导则

Technical guidelines for integrated multi-platform monitoring of air pollution

2025-11-07 发布

2025-11-07 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 手工监测	3
5 固定站点监测	4
6 车载走航监测	7
7 无人机监测	11
8 一体化监测数据平台	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国国际科技促进会提出并归口。

本文件起草单位：广东工业大学、广西壮族自治区环境保护科学研究院、西安鼎研科技股份有限公司、北京市科学技术研究院分析测试研究所(北京市理化分析测试中心)、国网北京市电力公司、无锡零碳环境管理有限公司、上海交通大学、清芯未来(北京)科技有限公司、青岛理工大学、河南师范大学、浙江树人学院、山东省环保发展集团科技有限公司。

本文件主要起草人：安太成、毛敬英、马涛、穆奕君、石兆奇、覃渝欣、刘艳菊、田世丽、王伟贤、陆斯悦、李海妮、袁水星、张蕾、李荣融、李泽晖、李东立、蒋光亚、张展、马子轸、谈琰、曹治国、李雪、陈浚、王泽宇、孙誉、孟祥伟、岳洋、张达标、栗少丽、杨俊超、农川、陆嘉辉、吴颖、黄喜寿、夏万华、亓学奎。

大气污染多平台一体化监测技术导则

1 范围

本文件给出了大气污染手工监测、固定站点监测、车载走航监测、无人机监测等监测技术和一体化监测数据平台的导则。

本文件适用于城市和工业园区大气污染多平台一体化监测体系的建立。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB 9801 空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法
- GB/T 18204.2 公共场所卫生检验方法 第2部分:化学性指标
- GB/T 19870 工业检测型红外热像仪
- GB/T 37940 大气环境监测移动实验室通用技术规范
- GB/T 39610 倾斜数字航空摄影技术规程
- GB/T 39612 低空数字航摄与数据处理规范
- HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则
- HJ 93 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})采样器技术要求及检测方法
- HJ 168 环境监测分析方法标准制订技术导则
- HJ 193 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统安装和验收技术规范
- HJ 194—2017 环境空气质量手工监测技术规范
- HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求
- HJ/T 375 环境空气采样器技术要求及检测方法
- HJ/T 376 24小时恒温自动连续环境空气采样器技术要求及检测方法
- HJ 460 环境信息网络建设规范
- HJ 479 环境空气 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法
- HJ 482 环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法
- HJ 483 环境空气 二氧化硫的测定 四氯汞盐吸收-副玫瑰苯胺分光光度法
- HJ 504 环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法
- HJ 590 环境空气 臭氧的测定 紫外光度法
- HJ 618 环境空气 PM₁₀和PM_{2.5}的测定 重量法
- HJ 630 环境监测质量管理技术导则
- HJ 653 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统技术要求及检测方法
- HJ 654 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统技术要求及检测方法
- HJ 656 环境空气颗粒物(PM_{2.5})手工监测方法(重量法)技术规范

- HJ 663 环境空气质量评价技术规范(试行)
HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范(试行)
HJ 718 环境信息共享互联互通平台总体框架技术规范
HJ 759 环境空气 65种挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法
HJ 817 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统运行和质控技术规范
HJ 818 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统运行和质控技术规范
HJ 872 环境空气 氯气等有毒有害气体的应急监测 电化学传感器法
HJ 1010 环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 1012 环境空气和废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法
HJ 1233—2021 入河(海)排污口排查整治 无人机遥感航测技术规范
JB/T 13999 电化学 VOCs 气体传感器
JJF 1172 挥发性有机化合物光离子化检测仪校准规范
JJG 1036 电子天平
MH/T 1069 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

一体化监测 integrated multi-platform monitoring

采用在线、离线等监测技术,集成环境空气质量手工监测、固定站点监测、车载走航监测、无人机监测的多平台一体化监测体系,从而实现全方位、高精度的大气污染监测。

3.2

环境空气质量手工监测 manual methods for ambient air quality monitoring

指在监测点位上用采样装置采集一定时段的环境空气样品,将采集的样品在实验室分析、处理的过程。

[来源:HJ 194—2017,3.1]

3.3

固定站点监测 fixed site monitoring

在固定点位上对各种污染物进行连续自动采样、分析测定和传送数据的设施。

注:监测数据包括固定点位的污染物数据和气象数据等。

3.4

网格化监测 grid based precise monitoring

通过在监测区域内合理划分网格,在每个网格内设置监测点位,利用高精度传感器和先进的数据处理技术,实现对污染物浓度和气象参数的连续监测,并能对污染来源进行有效识别与溯源的监测方式。

3.5

车载走航监测 cruise monitoring

利用车载监测仪器及其他辅助设备,对环境空气进行连续自动监测,并根据地理位置信息,显示沿行进路线的污染物空间连续分布,完成定性定量分析。

3.6

无人机监测 unmanned aerial vehicle monitoring

利用无人机搭载大气监测设备,对不同高度处和不同高度平面的多种污染物浓度及气象参数同步监测,同时实时显示地理位置等相关辅助参数,并实现远程数据传输和实时显示。

4 手工监测

4.1 概述

手工监测的方法主要有重量法、溶液吸收法和直接采样法。其中：

- a) 重量法适用于颗粒物(PM_{2.5}、PM₁₀)的采集与监测；
- b) 溶液吸收法适用于二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、臭氧(O₃)的采样与监测；
- c) 直接采样法适用于一氧化碳(CO)、挥发性有机物(VOCs)的采样与监测。

4.2 手工监测条件

4.2.1 点位布设

采样不宜在对监测影响较大的雨雪天气及风速大于 8 m/s 的天气条件下进行。点位布设应符合 HJ/T 55、HJ 664、HJ 194—2017 的要求。

4.2.2 采样时间和频率

PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、O₃ 的采样时间及频率应根据 GB 3095 中的污染物浓度有效性规定执行。VOCs 可参照执行,或者根据监测目的、污染物浓度水平及监测分析方法的检出限等因素确定。其他条件下按照 HJ 194—2017 执行。

4.3 重量法

4.3.1 仪器和设备

4.3.1.1 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 采样器性能和技术指标应符合 HJ 93 的要求。

4.3.1.2 流量校准器、温度计、气压计、湿度计、滤膜、滤膜保存盒、恒温恒湿设备的技术性能应符合 HJ 618、HJ 656 的要求,分析天平的技术性能应符合 JJG 1036 的要求。

4.3.2 监测步骤

采样(包括采样前准备、样品采集、样品运输和保存)、称量、结果计算与表述(包括结果计算、结果表述、记录要求)、质量保证与质量控制(包括监测仪器管理、采样过程质量控制、称量过程质量控制)等操作步骤应符合 HJ 618、HJ 656、HJ 194—2017 的规定。

4.4 溶液吸收法

4.4.1 仪器和设备

采样系统由气路系统、流量控制系统、时间控制系统、吸收装置、干燥器等部分组成,吸收装置主要有气泡吸收管(瓶)、孔玻板吸收管(瓶)、冲击式吸收管(瓶)等类型,各部分的性能和技术指标按照 HJ/T 375、HJ/T 376、HJ 194—2017 的规定执行。

4.4.2 监测步骤

监测分为采样(包括采样前准备、样品采集、样品运输和保存)、样品分析、结果表示、精密度和准确度、质量保证与质量控制等步骤。测定 SO₂ 宜采用甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法或四氯汞盐吸收-副玫瑰苯胺分光光度法,应符合 HJ 482、HJ 483 的要求;测定 NO₂ 宜采用盐酸萘乙二胺分光光度法,应符合 HJ 479 的要求;测定 O₃ 宜采用靛蓝二磺酸钠分光光度法或紫外光度法,应符合 HJ 504、HJ 590 的

要求。

4.5 直接采样法

4.5.1 仪器和设备

采样装置有真空罐(瓶)、气袋、注射器等,性能和技术指标应符合 GB 9801、HJ 194—2017、HJ 759 的要求。

4.5.2 监测步骤

监测分为采样(包括采样前准备、样品采集、样品保存、空白制备)、样品分析、结果计算与表示、精密度和准确度、质量保证与质量控制等步骤。测定 CO 宜采用非分散红外法,应符合 GB 9801 的要求;测定 VOCs 宜采用气相色谱-质谱法,应符合 HJ 759 的要求。

5 固定站点监测

5.1 概述

通过固定监测站对大气污染物进行连续、长期的监测。根据布点方式、设备组成、质控要求等区别,分为微型空气质量监测站、小型空气质量监测站、综合空气质量监测站三个级别。微型站适用于网格化监测、小型站适用于区域监测、综合站适用于国控点/省控点/市控点空气质量监测。

5.2 监测条件

5.2.1 布点方法

5.2.1.1 监测站点的布设应符合 HJ 664 要求。固定监测站网络有必要覆盖区域内各类典型污染源(如化工企业、加油站、餐饮聚集区)、敏感区域(如居民区、学校)及背景区域,通过功能性点位(环境监控点、污染监测点、质控点)的协同布设,完整反映区域空气质量时空分布特征及污染演变规律。

5.2.1.2 微型空气质量监测站点位可以分为污染源区域监测点、厂界监测点、敏感区监测点、背景监测点、污染传输通道点、网格质控点等。小型空气质量监测站和综合空气质量监测站点位可分为环境空气质量评价城市点、环境空气质量评价区域点、背景点、污染监控点和路边交通点。

5.2.2 气象条件的影响

气象条件对污染物的扩散和浓度有直接影响。监测站应依据 HJ 193 配备风速、风向、温度、湿度、气压等气象监测设备。

5.2.3 采样时间与频率

监测站宜全年连续运行,数据有效率不低于 90%。

5.3 仪器设备

5.3.1 微型空气质量监测站

微型空气质量监测站体积小、重量轻,可通过立杆或壁挂的方式放置于室外,通过传感器进行连续自动监测。传感器的最低检测浓度满足环境监测需求,宜达到 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ng/m^3 级别。传感器对目标污染物具有良好的选择性,在复杂气体环境中,对目标污染物的响应信号与干扰组分的响应信号比值大于 10:1。传感器对目标污染物浓度变化的响应时间宜尽可能短, T90(达到最终响应值 90% 所需的时

间)不超过 60 s。在正常工作条件下,传感器的性能保持稳定,零点漂移和量程漂移在规定时间内不超过 $\pm 5\%$ FS(满量程)。

5.3.2 小型空气质量监测站

小型空气质量监测站可由多种测量仪器组合集成,宜采用户外机柜或者建设小型监测站房的形式建立。

5.3.3 综合空气质量监测站

综合空气质量监测站在小型空气质量监测站的基础上,对污染物监测项目进行扩展。综合空气质量监测站包含多种测量仪器,对空气污染理化特性、成因和变化规律进行观测。可扩展颗粒物的理化性质(包括水溶性离子、有机碳、元素碳、重金属、颗粒物数浓度谱分布等)方面相关仪器设备来作为微型空气质量监测站和小型空气质量监测站的补充。微型空气质量监测站、小型空气质量监测站和综合空气质量监测站的监测项目及分析方法见表 1。

表 1 环境空气质量站的监测项目及分析方法

监测项目	监测内容	分析方法		
		微型空气质量监测站	小型空气质量监测站	综合空气质量监测站
VOCs	TVOC	光离子化法	气相色谱法	
	总烃、甲烷、非甲烷总烃	—	气相色谱法	
	VOCs组分	电化学法、半导体法	—	气相色谱法、气相色谱-质谱法、质子转移反应飞行时间质谱法
污染物	PM _{2.5} 、PM ₁₀	光散射法	β 射线或微量振荡天平(TEOM)原理	
	SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃	电化学法	紫外荧光法、化学发光法、非分散红外吸收法、紫外吸收法	
	水溶性离子	—	—	离子色谱法
	有机碳、元素碳	—	—	光热法、光吸收法
	重金属	—	—	X射线荧光光谱法
	颗粒物数浓度谱分布	—	—	空气动力学法、电迁移率法、光学法
气象参数	风向、风速、温度、湿度、气压	超声波、传感器		

5.4 监测步骤

5.4.1 数据采集

设备宜能够连续监测空气中的颗粒物和气态污染物浓度。常规空气污染物应采用 HJ 653 和 HJ 654 标准监测方法,挥发性有机物等按照 HJ 1010 的要求。

5.4.2 采集频率和报送要求

各级别监测站宜实现独立的无线数据传输上报功能,采用单一通信或混合通信方式,报送数据应符合 HJ 212 要求。常规污染物和挥发性有机物数据采集和上报频次宜不低于 1 次/min,且数据采集

完成后 1 min 内进行数据上报。中心计算机室可通过有线或无线通信设备收集各子站的监测数据和设备工作状态信息,并对所收集的监测数据进行判别、检查和存储。

5.5 监测结果验证

5.5.1 设备校准

5.5.1.1 监测仪器设备校准

常规污染物($PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO)应根据 HJ 817、HJ 818 要求定期校准。建设质量保证实验室,用于对微型空气质量监测站设备进行量值传递、校准和审核等。传感器安装前宜开展气路检查、标气/辅助气压力及漏气检查,根据仪器说明书或作业指导书对系统进行维护,并至少开展一次定量保留时间校准、零点检查和标点检查,若超过 20% 的组分不合格,宜对系统进行必要维护并重新进行校准。

5.5.1.2 网格化监测传感器性能比对测试

网格化监测传感器设备在安装使用前进行性能比对测试是十分必要的,比对测试内容包括平行性比对和相关性比对,当比对结果满足相关指标要求后可进行安装。宜配备室外比对平台,用于网格化监测设备的性能比对。具体如下:

- 比对平台宜具有稳定的供电系统,至少可容纳 100 台设备同时运行,每台间隔不小于 0.5 m;
- 比对平台的周围宜相对开阔,且周围环境 50 m 内无明显污染源;
- 比对平台离地面高度宜为 3 m~30 m;
- 比对平台宜配有大气污染物标准监测设备并稳定运行,质量保证和质量控制符合相关技术要求;
- 比对平台宜配有能够溯源到国家计量部门的压力计、温度计、湿度计等计量器具,温、湿度计需为可连续自动出具数据的设备。

5.5.1.3 传感器校准比对测试要求

质控设备的性能比对测试要求、网格化监测设备的性能比对测试要求和性能比对步骤见表 2。

表 2 传感器校准比对测试要求汇总表

测试类别	测试项目	指标要求	测试周期	合格标准
质控设备性能比对测试	气象参数误差	温度示值误差	每批次测试	$\leq \pm 2^\circ\text{C}$
		大气压示值误差		$\leq \pm 1\text{ kPa}$
	湿度示值误差	$\leq \pm 5\%$		
	平行性比对	质控设备间数据一致性	$\geq 14\text{ d/批次}$	$\leq 15\%$
	相关性比对	质控设备、标准监测设备数据相关性	$\geq 14\text{ d/批次}$	相关系数 ≥ 0.85
网格化监测设备性能比对测试	气象参数误差	温度示值误差	每批次测试	$\leq \pm 2^\circ\text{C}$
		大气压示值误差		$\leq \pm 1\text{ kPa}$
	湿度示值误差	$\leq \pm 5\%$		
	平行性比对	网格化设备、质控设备数据一致性	$\geq 7\text{ d/批次}$	$\leq 15\%$
性能比对步骤	质控设备启用	同一批次质控设备需同步通过: 气象参数误差; 平行性比对; 相关性比对	一次性验证	全部达标

表 2 传感器校准比对测试要求汇总表（续）

测试类别	测试项目	指标要求	测试周期	合格标准
性能比对步骤	网格化设备启用	同一批次网格化设备需通过： 气象参数误差； 平行性比对(与质控设备)	一次性验证	全部达标

5.5.2 数据审查与质控

5.5.2.1 应根据 HJ 630, 定期进行数据质量审查, 剔除异常值。同时, 监测站需定期进行内部审核及外部质量保证, 以确保监测数据的准确性和合规性。

5.5.2.2 常规污染物(PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃、CO)监测仪器应根据 HJ 817、HJ 818 要求进行质控。

5.5.2.3 微型空气质量监测站网格布点包括必要的网格质控点, 网格质控点位于小型空气质量监测站或综合空气质量监测站周边, 用于微型空气质量监测站设备传递与平行比对, 保证监测数据质量。开展微型空气质量监测站设备的保养、维护、检修或更换发生故障的仪器设备。

5.5.2.4 传感器宜每周开展仪器状态参数检查、基线检查、定量保留时间校准、零点检查、标点检查等工作, 若零点检查浓度大于方法检出限或标点检查误差超出±10%, 有必要重新进行校准; 每月宜至少进行一次采样流量检查, 若误差超过±5%, 有必要重新进行校准; 每季度宜至少开展一次系统零点噪声校准、灵敏度等指标测定, 使用标准气体更新多点校准曲线, 标准曲线上的浓度点残差与理论浓度比值在±10%以内, 测量结果应满足 HJ 1010 中相关规定; 每年需至少进行一次仪器的系统保养, 对气体管路、检测器等进行清洗, 更换必要的耗材及配件, 保养及维修后, 进行多点校准、重复性、检出限等指标测定, 保证仪器测量数据的准确性和可比性。

6 车载走航监测

6.1 概述

利用车载式快速监测设备在行进中连续自动监测, 结合固定站点监测, 对污染物进行定性定量分析, 并基于地理位置信息显示沿行进路线污染物的空间分布。该技术能够识别高浓度污染区域, 辅助污染源的定位和分析。

6.2 监测条件

监测工作宜在以下外部环境条件下开展。

- a) 无雨雪天气, 风速不大于 8 m/s。
- b) 环境温度: -40℃~45℃; 空气相对湿度: 95% 以下; 海拔高度: 3 000 m 以下。

6.3 载具、移动实验室、仪器设备和设施要求

6.3.1 载具

承载走航监测实验人员、仪器设备及相关设施的车辆, 满足移动走航或非移动状态时进行工作, 应符合 GB/T 37940 的规定。

6.3.2 移动实验室

移动实验室的舱体设计制造、工作区、辅助工作区、内装饰材料、环境要求(工作温度和相对湿度、

照明、电磁屏蔽性能、监测设备环境适应性、通风装置、遮蔽光区、隔热设施)、安全性等应符合 GB/T 37940 的规定。

6.3.3 仪器设备

应满足 GB 3095 规定的监测项目,依据实际监测要求配置,具体内容见表 3。

表 3 车载走航监测项目及方法

监测项目	监测内容	分析方法
VOCs	TVOC	光离子化传感器
	VOCs组分	气相色谱、质子转移反应飞行时间质谱
常规污染物	PM _{2.5}	β射线、TEOM、光散射传感器
	PM ₁₀	β射线、TEOM、光散射传感器
	SO ₂	紫外荧光法、电化学传感器
	NO ₂	化学发光法、电化学传感器
	CO	非分散红外吸收法、电化学传感器
	O ₃	紫外吸收法、电化学传感器
气象参数	风向、风速、温度、湿度、气压	超声波、传感器

6.3.4 采样系统

6.3.4.1 采样宜配备多支路采样总管的采样装置,采样装置宜连接紧密,避免漏气。

6.3.4.2 采样口宜高出车顶不少于 0.2 m,采样头的设计宜保证采样气流不受风向影响,稳定进入采样装置,同时防止雨水和粗大的颗粒物、鸟类、小动物、大型昆虫进入。

6.3.4.3 采样总管应满足 HJ 654 的要求,管路宜尽量短,总长度不超过 3 m。

6.3.4.4 采样管路宜选用不易吸附目标污染物且不会与污染物发生化学反应的材料,宜选用聚四氟乙烯、硅烷化处理的不锈钢等材质。

6.3.5 供气系统

配备供气接口、气源存储装置,气源管路布置区分明确。

6.3.6 温度系统

配备空调和温度感应器,15℃~30℃范围智能化控制温度,精度±2℃,实时监测仪器工作环境温度,保证移动舱内温度均匀。

6.3.7 电力系统

自带市电接入,不间断供电。电力满足实验室的所有用电要求,并有冗余。有足够的电源插座,配备防雷接地装置。

6.3.8 卫星定位系统及电子地图

在走航监测时记录经纬度坐标,并在地图上实时显示行进路径。车载定位系统定位精度在 3 m 以内。

6.3.9 气体稀释系统

气体稀释系统最大稀释倍率宜不低于 1 000 倍。

6.3.10 气象监测系统

气象监测系统能测定气温、气压、风速、风向和相对湿度等气象参数,相关测量范围和精度应符合 HJ 194—2017 的要求,气象适宜度的确定和记录应满足 HJ/T 55 的要求。

6.3.11 数据采集和传输系统

数据采集和传输系统宜具备以下功能:

- a) 采集监测数据并进行保存、计算和输出;
- b) 具备网络传输功能,能定时传输数据和图表,传输协议应符合 HJ 212 的要求;
- c) 实时显示监测数据和设备工作状态,并具备历史数据查询的功能。

6.3.12 其他设备

配备送排风系统、备用电源系统、消防和安保设备等。

6.4 监测步骤

6.4.1 监测前准备

6.4.1.1 资料收集。走航区域资料收集包括但不限于以下内容:

- a) 监测区域的地理特征、气象条件、道路状况、限制通行区域分布情况等内容;
- b) 监测区域的工业企业布局,包括但不限于特征污染物因子等;
- c) 附近环境空气自动监测站的监测数据。

6.4.1.2 行驶路线规划与执行:设定合理的行驶路线,覆盖目标污染区域及周边 3 km~5 km 范围。必要时可对路线进行适当调整,走航监测速度宜满足每 25 m~35 m 获得一组有效监测数据。避免频繁的加速和减速对数据采集的干扰。单次走航监测时间宜不少于 1 h,以确保数据的连贯性。

6.4.1.3 设备安装与测试:在监测前,宜对所有监测设备进行检查,确保安装正确并已校准。设备宜能在车辆行驶过程中持续采集和传输数据,避免因车辆震动影响数据的准确性。预热设备,确保其工作状态稳定。

6.4.2 监测实施

在车辆行驶过程中,监测设备宜实时采集污染物的浓度数据,并记录车辆的行驶路径和时间。数据采集间隔不宜超过 5 s。根据需求对异常高值区域进行定点复测,并且采样时间不少于 5 min,可利用其他监测设备进行现场测定或手工采样带回实验室分析。

6.4.3 数据处理与分析

监测结束后,宜对所有采集的数据进行整理和预处理。去除噪声数据和设备故障或环境干扰引起的异常值。结合 GPS 位置信息将污染物的浓度数据与行驶路线进行匹配,生成污染物的空间分布图。结合走航监测数据和前期调研结果,初步研判分析污染来源。监测数据宜同步存储到数据存储设备或通过无线传输模块实时传输至中央控制系统,数据传输应符合 HJ 212 的要求。

6.4.4 报告编制

走航监测报告包括但不限于以下内容：

- a) 走航区域基本信息：走航监测区域范围、主要道路名称、走航路径、走航时间；
- b) 走航时段环境气象信息：天气状况、气象参数及其变化情况；
- c) 污染物浓度与组分分布特征：污染物浓度的空间分布特征、主要污染点位的污染物名称、定量结果、总量浓度、地理位置等信息。

6.4.5 结果留存

走航监测的报告、原始数据、谱图等资料归档留存，保存期限不少于 6 年。

6.5 监测结果验证

6.5.1 准确度检查

每次走航监测前，应按照 HJ 168、HJ 630 的要求开展准确度检查。准确度检查不合格及时查找原因，修正或重新建立校准曲线，直至合格后进行走航监测。走航监测完成后准确度检查不合格时，当次走航监测定量数据仅作为参考。

6.5.2 采样流量和气密性检查

每月至少一次使用在计量认证有效期内的固定标准流量计对仪器流量和气密性进行检查。检查方法应符合 HJ/T 375 中的相关要求。采样流量与标准流量计示值的误差不超过±5%。

6.5.3 气体稀释系统检查

气体稀释系统中的稀释气体流量、标准气体流量相对误差不超过 2%，温度误差不超过±2℃，大气压误差不超过±1 kPa。所使用流量计、温度计、大气压计经过计量溯源。每季度开展一次系统检查。

6.5.4 标准曲线

在仪器正常工作状态下，依次从低浓度到高浓度通入至少 6 个浓度点（含零点）的标准气体进行分析，以目标化合物浓度（或与内标物的浓度比）为横轴，离子响应（或峰面积）为纵轴建立坐标系，用最小二乘法绘制校准曲线，目标化合物的标准曲线相关系数不小于 0.98；浓度点的选择宜根据污染物排放水平确定。每季度或准确度检查不满足要求的情况下，有必要重新绘制标准曲线。

6.5.5 空白实验

用高纯氮气或零空气，按照与样品分析相同步骤进行分析。空白样品中目标物的浓度宜小于检出限。每周或单次走航任务前开展一次空白试验，空白试验的记录格式可参考 HJ 194—2017 的要求，或依据实验室内部质量控制程序执行。

6.5.6 对比实验

为验证车载走航监测数据的准确性，可将其与固定监测站相似原理设备的数据进行对比。在车载监测路线经过固定监测点时，比较两者在相同时段和地点的污染物浓度值。

7 无人机监测

7.1 概述

利用无人机搭载大气监测设备对不同高度处和不同高度平面的多种污染物浓度和气象参数同步监测,同时实时显示地理位置等相关辅助参数,并配备远程数据传输系统。

7.2 监测条件

7.2.1 天气条件

飞行作业宜避免大雾、霾等能见度低和大风气象条件,以及各种覆盖物(如积雪、洪水、扬尘等)的不利影响,飞行作业应符合 MH/T 1069 的要求,地形较复杂的区域,需要人工操作引导无人机避开障碍区域。

7.2.2 飞行高度和范围

飞行高度宜控制在 120 m 以内,并且在规划范围内进行操作。飞行路线宜采用平面或垂直高度路线,飞行移动速度宜小于 2 m/s。监测过程中宜实时关注污染物浓度的变化,记录下污染物浓度显著升高的地理位置及高度。

7.2.3 续航时间

续航时间宜根据飞行时间或距离规划。

7.2.4 注意事项

7.2.4.1 上方进气避开机身和发动机排气,下方进气加装足够长的采样杆,将进气口延伸到旋翼涡流区之外。

7.2.4.2 总重量(包括气体传感器、相机、定位系统等)不宜超过无人机的最大载重能力。

7.2.4.3 任务载荷宜合理分布于无人机上,确保载荷的重量分布平衡。

7.2.4.4 设备的安装宜牢固,以避免飞行过程中因震动或突发情况导致设备松动或影响监测数据的准确性。

7.3 仪器设备

7.3.1 飞行模块

机体、动力系统、电气系统以及其他保证飞行平台正常工作的设备和部件主要性能指标宜满足以下规格:

- a) 任务载重不宜小于 2 kg;
- b) 实用升限高于海拔 3 000 m;
- c) 抗风能力大于 4 级;
- d) 在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度环境中能正常工作。

7.3.2 监测模块

7.3.2.1 监测模块包括但不限于多参数传感器,应符合 HJ 872、JB/T 13999 要求。监测指标主要有 NO_2 、 SO_2 、 CO 、 O_3 、 VOCs 、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染物参数以及温度、湿度、风速、风向、气压等气象参数。

可配置可见光相机、热红外相机、可见光倾斜数字航摄仪及配套的 POS 系统,热红外相机应符合 GB/T 19870 相关标准,对污染物泄漏点、温度异常点和污染物高浓度排放区域进行精准抓拍;可见光相机应满足 GB/T 39612 的要求;热红外相机、POS 系统主要性能指标应符合 HJ 1233—2021 要求;可见光倾斜数字航摄仪应满足 GB/T 39610 的要求。监测模块及配件的总重量不超过无人机的最大载荷。

7.3.2.2 具体监测项目及其方法见表 4。

表 4 无人机监测项目及其方法

监测项目	监测内容	分析方法
VOCs	TVOC	光离子化传感器
	VOCs 组分	罐采样+气相色谱-质谱、电化学传感器
常规污染物	PM _{2.5}	光散射传感器
	PM ₁₀	光散射传感器
	SO ₂	电化学传感器
	NO ₂	电化学传感器
	CO	电化学传感器
	O ₃	电化学传感器
气象参数	风向、风速、温度、湿度、气压	超声波、传感器

7.3.3 数据存储与传输模块

7.3.3.1 数据存储和传输设备用于记录和传输收集到的监测数据。

7.3.3.2 无人机上配备机载数据存储设备,如小型固态硬盘(SSD),用于在飞行过程中临时存储采集到的监测数据。存储设备具备抗震、防水等特性,确保在复杂的飞行环境下数据的安全性。

7.3.3.3 当无人机完成飞行任务或在飞行过程中与地面控制站建立稳定通信链路时,将存储的监测数据回传至地面控制站。回传方式可采用无线数传模块,如 4G、5G 或微波通信等,确保数据传输的快速性和稳定性。

7.3.4 地面指挥控制站

负责与无人机进行实时通信,查看实时数据变化,监控飞行状态,接收和处理无人机传回的数据,并通过远程控制指挥无人机的飞行和任务执行。

7.4 监测步骤

7.4.1 飞行计划与路径规划

在无人机航测前,应收集相关资料,包括地形图、交通图、行政区划图、目标区域特征、污染源分布情况、障碍物、飞行高度及天气参数等。根据收集到的资料,制定合适的航测方案后,宜向空域管理部门申请飞行空域,获得批准后方可开展飞行作业。

7.4.2 飞行监测步骤

7.4.2.1 检查机身及内部电池安全,开启无人机遥控,无人机进入自检程序,完成校准工作,检查完毕后,对无人机进行一次断电重启操作,无人机预备飞行。

7.4.2.2 打开污染物和气象监测装置开关,检查数据是否可以正常显示与保存;然后将监测装置安装并

固定至无人机上,准备就绪。

7.4.2.3 遥控无人机起飞,飞行过程中,平板电脑时刻观察无人机水平颠簸情况和锂电池组的电压值,到达目标位置开始悬停测量。

7.4.2.4 测量结束后,操控无人机安全落地,对无人机进行断电,取下监测装置,检查测量结果,保存并拷贝数据,关闭和拆卸无人机。

7.4.3 飞行监测数据采集

无人机按照规划好的路线进行飞行监测。依靠监测传感器实时采集污染物和气象数据,对搭载采用远程传输的监测设备,宜具备将数据转发至上位机储存的功能,通信协议应符合 HJ 212 要求;对搭载不具备远程传输的监测设备,宜自带数据储存功能,待无人机返回后由工作人员自行确认。

7.4.4 数据检查

监测数据采集完成后,需对数据进行初步处理,去除异常值,应使用符合 HJ 193 方法分析污染物的空间分布和浓度变化情况,并结合气象数据(如风速、风向)进行扩散分析。

7.4.5 飞行记录

每次飞行任务结束后需填写飞行任务记录表,记录高浓度污染区域的地理位置及高度等信息,记录的内容及格式参见 HJ 1233—2021 的附录 A。

7.5 监测结果验证

7.5.1 数据比对与验证

监测结束后,将无人机采集的数据与地面固定监测站的数据进行对比分析。数据比对应符合 HJ 663 的要求。

7.5.2 设备校准与维护

传感器设备需通过标准监测设备进行定期校准,各类监测仪器都有其特定的校准方法和周期,以确保测量的准确性。审核时要检查校准记录,包括校准日期、校准步骤、校准结果等信息,确保校准操作符合仪器制造商的要求和相关标准规范。

7.5.3 数据质量控制

数据质量控制应符合 HJ 630 的要求,识别并剔除受气象变化或飞行条件影响的数据偏差。

8 一体化监测数据平台

8.1 概述

大气污染多平台一体化监测方法结合了多种监测方式,通过融合多源数据实现对污染物的全方位、多层次时空分布监测。手工监测作为基准方法和法定依据,提供高精度的验证校准数据并监测特定污染物;固定监测站提供了高精度、连续性的地面数据;车载走航监测可以在短时间内覆盖大范围区域,捕捉污染物的空间分布和快速变化特征;无人机监测则能够获取高空和难以到达区域的污染状况,尤其在复杂地形和城市高层建筑区域,补充了地面监测的盲区。

8.2 数据平台的构成

8.2.1 数据处理分析平台包括：

- a) 监测数据采集和传输系统；
- b) 监测数据处理系统；
- c) 监测数据图文展示系统。

8.2.2 监测数据采集和传输系统负责通过各类监测设备实时采集大气污染物浓度、气象参数及设备工作状态等数据,并利用数据传输及存储单元以实时无线传输方式将这些数据安全传输与存储。

8.2.3 监测数据处理系统包括数据接收模块、数据存储模块、数据运算模块及数据分析和模块,用于监测单元产生数据的换算、判别及大气污染一体化监测数据平台的管理等。

8.3 监测数据采集系统

大气污染一体化监测数据平台的数据采集功能主要通过各类监测设备,如手工监测、地面监测站、移动监测平台(车载走航、无人机监测等),采集大气污染物浓度数据、气象参数数据以及设备工作状态信息等：

- a) 手工采样监测在监测点位用采样装置采集一定时段的环境空气样品,将采集的样品在实验室用分析仪器分析、处理；
- b) 地面监测站采用高精度的专业仪器,按设定时间间隔定时采集数据；
- c) 车载走航利用综合监测设备,在行驶过程中实时采集数据,其采样进气口合理设置以避免干扰；
- d) 无人机监测依靠气体监测模块,在飞行过程中获取数据,进气方式减少桨叶转动影响。

8.4 监测数据传输系统

8.4.1 监测数据平台具备数据传输功能,具有通用数据通信接口,支持有线或者无线数据传输。

8.4.2 监测数据传输系统具有数据包的校验、检查、解析和入库(数据存储)的功能,能采用多线程异步通信技术和各检测点通信,同时接收一万个以上的在线监测设备实时传输数据,按照规定的数据传输协议与现有管理部门的管理平台连接。

8.5 手工监测数据采集与传输

8.5.1 手工监测数据采集包含以下信息:采样元数据、点位编号、经纬度坐标(需 GPS 定位记录)、采样起止时间、采样流量、滤膜/吸收液/采样罐/气袋/注射器编号、环境参数(温度、湿度、气压、风速、天气状况)。

8.5.2 手工监测采样数据现场填写电子采样记录,录入移动终端(平板/手机),通过 4G/5G 网络实时上传至平台。实验室生成的分析报告经审核后,通过平台数据接口上传。所有传输数据均应符合 HJ 212 协议扩展字段规范,并标记操作人员电子签名及仪器校准证书编号,确保采样点位空间坐标、气象背景与分析结果的时空一致性。

8.6 固定站点监测数据采集与传输

8.6.1 微型空气质量监测站具备独立的无线数据传输上报功能,采用单一通信或混合通信方式,报送数据应符合 HJ 212 要求。污染物和气象监测仪器数据采集及报送频率不低于 1 次/h,数据采集完成后 1 min 内进行数据上报。

8.6.2 小型空气质量监测站和综合空气质量监测站设备采用有线或无线通信方式,报送数据应符合 HJ 212 要求。随机抽取 7 d 的监测数据,对比接收到的数据和现场机存储的数据,数据传输正确率

≥95%。在连续 30 d 内,数据采集和传输设备能稳定运行。

8.7 车载走航监测数据采集与传输

8.7.1 数据采集传输通过数采仪完成,实现大气污染物、气象、视频等数据的自动采集、存储和传输。

8.7.2 车载走航监测采集的所有数据,包括大气污染物浓度、气象参数等,都与车辆的实时位置紧密关联。通过 GPS 或 BDS 定位系统获取的经纬度和高度信息,与其他监测数据同步记录,使得数据具有明确的空间位置标识,便于后续在地图上进行可视化展示和空间分析。

8.7.3 宜采用高精度时钟同步技术,车载监测平台配备高精度时钟源,如原子钟或 GPS 同步时钟,各监测设备通过网络或硬件接口与时钟源进行时间同步。

8.7.4 数据传输网络应按 HJ 460、HJ 718 等相关要求执行,通信协议应按 HJ 212 执行。

8.8 无人机监测数据采集与传输

8.8.1 监测数据采集依靠监测模块完成,监测模块宜具备浓度监测及数据传输或存储的功能,监测模块的时间分辨率宜适用于无人机的快速移动。

8.8.2 上方进气避开机身和发动机排气,下方进气加装足够长的采样杆,将进气口延伸到旋翼涡流区之外,同时应符合 HJ/T 193、HJ 654 相关要求。

8.8.3 每次飞行任务结束后需填写飞行任务记录表,记录高浓度污染区域的地理位置及高度等信息。每次飞行任务结束之后,及时查看数据是否保存完整。同时检查无人机桨叶、机身和起落架等部件是否出现损坏。

8.8.4 数据传输网络应按 HJ 460、HJ 718 等相关要求执行,通信协议应兼容 HJ 212,并具备处理 GB/T 20512(GPS 数据格式)的能力。

8.9 监测数据处理系统

8.9.1 监测数据处理流程

数据处理流程应符合 HJ 718 要求,平台模块层级关系如图 1 所示。

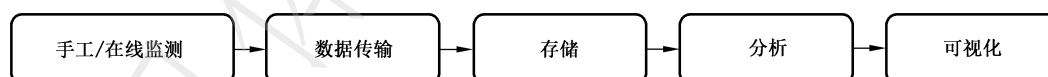


图 1 数据处理流程

8.9.2 监测数据存储

数据处理分析平台宜具有存储原始数据的功能,固定站点监测存储数月至数年,车载走航监测数据存储 1 年,无人机监测数据机载存储数小时,及时导出并备份至地面站(数月至数年)或云端存储,并能提供可供应用程序调用的数据接口。平台宜具有断电保护功能,断电时不宜造成已存储数据丢失。平台宜实现监测区域中固定站点、车载走航、无人机等在线监测数据的接入,以及手工监测等非在线监测数据录入。

8.9.3 监测数据处理

监测数据处理时宜保证监测数据的完整性,确保全面、客观地反映监测结果。不用数据有效性规则达到不正当的目的;不选择性地舍弃不利数据,人为干预监测和评价结果。

- a) 有效数字及数值修约:数值修约和计算应按照 GB/T 8170 和相关环境监测分析方法标准的要求执行。记录测定数值时,宜同时考虑计量器具的精密度、准确度和读数误差。对检定合

格的计量器具,有效数字位数可以记录到最小分度值,最多保留一位不确定数字。校准曲线相关系数只舍不入,保留到小数点后第一个非9数字,如果小数点后多于4个9,最多保留4位;校准曲线斜率的有效位数,宜与自变量的有效数字位数相等;校准曲线截距的最后一位数,宜与因变量的最后一位数取齐。

- b) 因不明的异常高值不宜随意剔除。
- c) 数据校核及审核:宜对原始数据和拷贝数据进行校核。对可疑数据,宜与样品分析的原始记录进行校对。监测原始记录宜有监测人员和校核人员的签名。监测人员负责填写原始记录;校核人员宜检查数据记录是否完整、抄写或录入计算机时是否有误,数据是否异常等,并考虑以下因素:监测方法、监测条件、数据的有效位数、数据计算和处理过程、法定计量单位和质量控制数据等。审核人员宜对数据的准确性、逻辑性、可比性和合理性进行审核,重点考虑以下因素:监测点位;监测工况;与历史数据的比较;总量与分量的逻辑关系;同一监测点位的同一监测因子,连续多次监测结果之间的变化趋势;同一监测点位、同一时间(段)的样品,有关联的监测因子分析结果的相关性和合理性等。

8.10 监测数据图文展示系统

8.10.1 宜设置综合数据中心,展示各类数据的联网情况、有效传输情况和数据质量情况。

8.10.2 监测数据图文展示系统宜具有数据实时显示功能,监测数据更新周期 ≤ 5 min,可同时在PC端和移动端实现,宜以列表、曲线、状态图等方式动态显示各站点的实时监控数据,具有自动输出常规报表功能,如日报、月报、同比、环比、分类排名、日变化规律分析、报警信息统计和反馈信息统计等功能。提供历史数据查询和对比分析功能,可以选择不同的时间段、监测站点或污染物指标进行数据对比。通过折线图、柱状图等可视化方式,展示不同时间段内同一污染物浓度的变化情况,或者同一时间不同监测站点之间污染物浓度的差异。

8.10.3 监测数据图文展示系统宜具有空间分布展示功能,利用地理信息系统(GIS)技术,将监测数据在地图上进行可视化展示。根据监测站点的地理位置,在地图上标注出各个站点的位置,并通过颜色渐变、气泡大小等方式直观展示大气污染物浓度的空间分布情况。对于车载走航和无人机监测获取的大范围数据,通过地图叠加的方式展示污染物的宏观分布和动态变化,可以通过缩放、平移地图等操作,详细查看不同区域的污染情况,实现空间维度上的数据深度分析。具有超标报警、信息推送和现场情况反馈功能,具有数据筛选,查询和下载功能,具有区域污染实时、历史动态展示功能,发生局部污染事件时,可自动追溯污染源方位。

中国国际科技促进会
团体标准
大气污染多平台一体化监测技术导则
T/CI 1241—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 33 千字
2026年2月第1版 2026年2月第1次印刷

*

书号:155066·5-20098 定价 49.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 1241—2025