

附件：

**《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录
(2023 年版)》供需对接指南之十九
大气污染监测技术装备典型案例**

目 录

案例一：	1
杭州泽天春来科技有限公司船舶大气污染物排放动态监测系统	1
案例二：	5
安徽科创中光科技股份有限公司测风激光雷达	5
案例三：	9
浙江浙大鸣泉科技有限公司温室气体在线监测系统	9
案例四：	14
安徽科创中光科技股份有限公司气溶胶高度探测仪	14
案例五	17
珠海富鸿科技有限公司超小型 VOCs 及恶臭异味在线监测系统	17
案例六：	23
力合科技（湖南）股份有限公司环境空气颗粒物组分自动监测系统	23
案例七：	30
上海北分科技股份有限公司光学反馈腔增强激光吸收光谱法高精度温室气体监测系统	30

案例一：

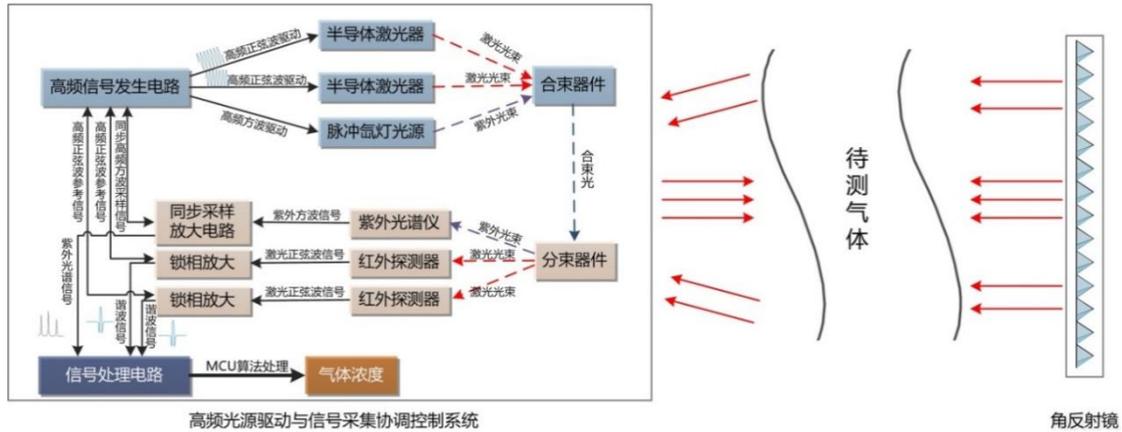
杭州泽天春来科技有限公司船舶大气污染物排放动态监测系统

一、技术适用范围

适用于内河航道、港口码头、船舶检测站等场所船舶废气超标排放在线监测及违规筛查。

二、技术原理及工艺

以 UV-DOAS、TDLAS、光谱成像等复合光谱检测技术为基本依托，对排放控制区域航行船舶大气排放污染物（氮氧化物、碳氢化合物、一氧化碳、二氧化物、颗粒物等）监测和违规识别，利用物联网技术将船舶信息及排放数据、行驶参数、区域环境参数、船舶视频等参数集成在控制系统，并采用数据加密、动态多途径传输等技术上传至云平台。实现多种监测手段的集成化和信息化管理，为船舶排放控制区大气环境及船舶移动源排放监管体系的建立和违规船舶快速筛查-精准定位-跨区执法的闭环管理，提供了更加科学可靠的数据支持。



技术路线图

三、技术指标

检测组分：SO₂、NO、NO₂、CO₂；检测范围≤1km（光程）；检测量程：SO₂：0～1000ppb；CO₂：0～1000ppm；NO：0～2000ppb；NO₂：0～1000ppb、燃油硫含量：0～1.0%、林格曼黑度：0～5级；检出限：SO₂：1ppb、CO₂：2ppm、NO：1ppb、NO₂：3ppb、林格曼黑度：0.25级；响应时间：≤45 s（500m光程）或≤5 s（100m光程）；漂移（零点、量程）< 2% F.S/7d。

四、技术特点及先进性

系统集成度高、检测精度高、易用性和适应性强，不产生二次污染物，对环境无影响。经鉴定总体技术达到国内领先水平，其中多光谱协调控制和实时重叠光谱分离算法监测等技术达到国际先进水平。

五、应用案例

项目名称：昆山市船舶尾气遥测仪及配套设备建设项目

项目概况：项目根据昆山市交通运输综合行政执法大队要求，结合区域内船舶进出港流量大小和基层海事执法机构

的设置，在航道两侧配置了尾气遥测光谱发射端设备 1 台、尾气遥测光谱接收及反射端设备 1 套，总投资 115 万元。2021 年 10 月验收投入使用后，实现对航行船舶大气排放污染物（氮氧化物、碳氢化合物、一氧化碳、二氧化物、颗粒物等）监测和违规识别，并采用数据加密、动态多途径传输等技术上传至云平台，实现对船舶尾气排放的快速初筛，并实时将有重大超标嫌疑船舶信息推送给一线执法人员，执法人员对可疑船舶进行登船取证执法可提高执法效率，促进“十四五”期间绿色航运发展和船舶节能减排。



六、推广前景

近年来，我国陆续出台《船舶与港口污染防治专项行动实施方案》等系列政策，2022 年发布的《“十四五”生态环境监测规划》重点提出，要“构建陆海统筹、河海联动的海洋生态环境监测体系；加强控制区船舶污染防治”，故促进绿色航运发展和海洋生态环境安全，船舶减碳控污成为重中之重。该技术装备的成功开发，实现不登船、快速、宽覆

盖的船舶尾气动态监测装备，有利于提升海事智能装备水平，打破国外在船舶监测领域的垄断，改变国内监测系统关键核心技术“依赖进口、成本高、推广慢”的现状。预计未来三年，该技术装备在全国多地推广应用，预计产生亿元以上经济效益，推动了我国绿色航运和低碳船舶产业链发展。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：杭州泽天春来科技股份有限公司

联系人：屈颖

联系方式：15879116359

案例二：

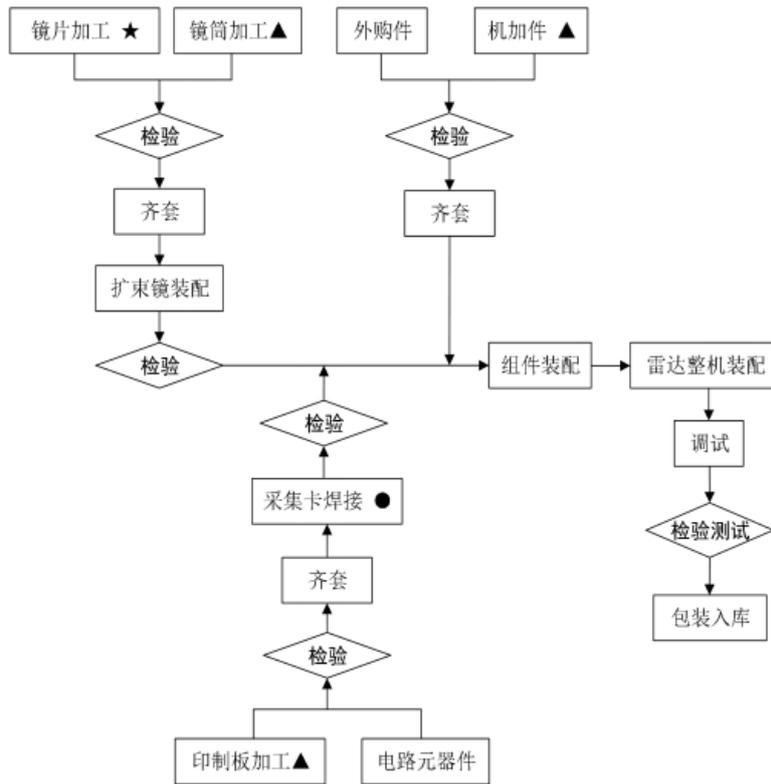
安徽科创中光科技股份有限公司测风激光雷达

一、技术适用范围

适用于机场低空风切变预警、风能领域、气象气候、大气研究及中低空风场探测。

二、技术原理及工艺

发送端产生频率稳定的激光脉冲序列,脉冲之间具有一定时间间隔。当激光脉冲被移动目标(如空气组分)反射后,由于多普勒效应,接收到的信号中相邻脉冲之间会存在一个频移。在测风雷达中,目标就是气流运动的气体分子,通过测量不同方向多点的多普勒频移,就可以反演出三维空间的风场分布信息,实现对大气风速的探测。



★为关键过程 ▲为外包过程 ●为特殊过程

工艺流程图

三、技术指标

探测距离：60m ~ 5000m（垂直方向）；光源高能：150 μj ~ 200 μj ；风速测量范围：水平：0 ~ 60m/s、垂直：-60m/s ~ +60m/s；风速精度： $\leq 0.1\text{m/s}$ ；风向精度 $\leq 1^\circ$ 。

四、技术特点及先进性

测风激光雷达 RayWL-GB 是自主研发的，采用先进的激光技术基于激光脉冲多普勒频移原理，根据空气中颗粒（灰尘、盐晶体、云雾水汽、污染颗粒等气溶胶）的激光后向散射回波，连续测量风速、风向、三维风廓线等信息，实时获得高时空分辨率、高精度的风场数据。可进行 5000m 范围内不同高度层的风向、风速、风切变等风场探测反演，测量

风场数据可靠性好，精度高，适用于机场低空风切变预警、风能领域、气象气候、大气研究及中低空风场探测等。

五、应用案例

项目名称：濮阳市大气臭氧监测与预报系统建设硬件采购合同

项目概况：濮阳市大气臭氧监测与预报系统建设硬件采购合同项目总金额 235 万元，主要用于建设濮阳市大气臭氧监测与预报系统。项目建成后，通过污染预测、定位及溯源，有效的节省了地区大气污染防治专项支出；为城市环境治理决策提供依据，美化了城市环境，提高了人民幸福指数；对于促进濮阳市区域可持续发展、建设生态文明具有积极意义。



六、推广前景

测风激光雷达 RayWL-GB 产品，具有大量程、高精度、高时空分辨率、易维护、数据安全等优势，同时采取产品差异化战略，在价格和技术方法上具备一定的优势，同时考虑

便携性、机动性，适应环境监测部门机动性的需求，预计 3 年后全国市场普及率为 50%。预计总投入约 800 万元，应用本产品后，区域内的主要污染物将得到有效监测及精准溯源，空气质量将得到极大改善。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：安徽科创中光科技股份有限公司

联系人：舒文桃

联系方式：18326006801

案例三：

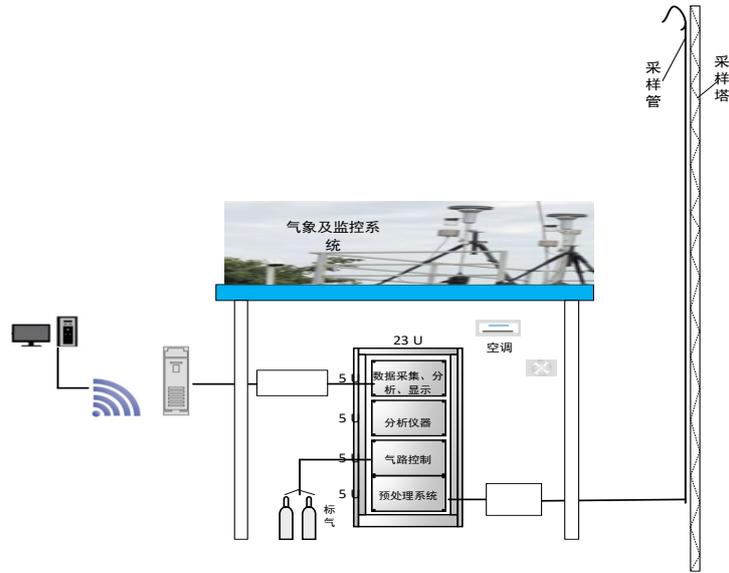
浙江浙大鸣泉科技有限公司温室气体在线监测系统

一、技术适用范围

适用于高精度温室气体在线监测系统可用于环境空气中的温室气体监测，主要应用场景如区域环境空气监测、城市空气质量检测、园区厂界检测；中、低精度温室气体在线监测系统可用于工业企业连续排放烟气中的温室气体监测，主要应用场景如石油炼化、钢铁冶金、火电厂、水泥厂、垃圾焚烧、天然煤炭气开采等烟气排放监测。

二、技术原理及工艺

温室气体在线监测系统采用非分散红外吸收法（NDIR）及气相色谱-氢离子火焰法原理研发而成，该系统由采样系统、预处理系统、气路控制和校准系统、高精度分析系统、数据处理系统等部分组成，可实现 CO₂、CH₄ 等温室气体的在线监测，并通过数据传输系统传输至后端管理平台。



工艺流程图

三、技术指标

量程精密密度： CO_2 : 0.1ppm (1s)、0.05ppm (5s)、0.02ppm (5min)； CH_4 :1ppb(1min)； 响应时间 (T90)： $\text{CO}_2 < 5\text{s}$ 、 $\text{CH}_4 < 60\text{s}$ ；线性度： ≥ 0.9999 ；重复性： $\text{CO}_2 < 0.03\%$ 、 $\text{CH}_4 < 0.1\%$ ；24小时漂移：零点漂移 0.12ppm、测量点漂移 0.2ppm；气体抗干扰性 $\leq \pm 2\% \text{F.S}$ ；水汽干扰误差 $\leq \pm 0.1\% \text{F.S}$ ；。

四、技术特点及先进性

(一) 多通道光学探测技术

项目将多个窄带中红外探测器组成的阵列集成在 NDIR 系统的探测端，使每个窄带探测器具有独立的探测波长，就可以构成“宽谱光源 + 气室 + 多波长窄带红外探测器”的多组分气体检测系统。NDIR 光学多通道探测系统，可用于分析混合气体中的多种目标气体，同时显著降低了系统复杂度并缩短了操作时间。利用该系统，最多可实现 7 种不同气体进行的检测。

（二）高精度滤光片设计

项目组基于多年的 NDIR 光学平台设计经验，结合高精度检测的应用需求，开发了一套针对滤光片的设计模型，并提出不同国际上评价滤光片的指标参数，首次提出了透过率曲线（SHAPE）和阻断特性（BLOCK）的评价指标，首创了 0.2BW 和 0.8BW 的评价指标和验证方法，减少了交叉干扰，提高了检测精度。

（三）自适应补偿算法

NDIR 技术检测气体组分最大的问题就在于易受环境因素(温度、压力、水汽等因素)的影响，项目通过对温度、压力、气体间相互干扰、展宽效应自适应等对测量结果的影响研究，建立了基于动态校准多参数的三维曲面网络，并结合校准系数和线性差值，形成了一个基于多参数变化的综合补偿模型，解决了 CO₂ 气体高精度测试时的准确性与可靠性，满足不同应用场景下 CO₂ 温室气体检测需求。

五、应用案例

项目名称：浙江省碳监测能力建设项目

项目概况：2022 年 10 月，浙江省生态环境监测中心开展浙江省碳监测能力建设项目，该项目采购 MQ-AQMS2000 环境空气温室气体监测系统 1 套，安装在浙江省生态环境监测中心办公楼 17 楼（离地 60 米左右）。项目采样杆总高度 15 米，采样高度符合规范要求，周围空气流通无遮挡，采样环境良好，符合监测系统要求。

截止目前，该系统已连续稳定使用时间超过 12 个月，

能准确可靠的测量和记录杭州区域环境空气中 CO₂、CH₄ 气体浓度，能准确可靠的测量和记录杭州区域温室气体浓度数据，这些数据可以实时传输到云端，供浙江省生态环境监测中心进行分析和决策。

六、推广前景

浙大鸣泉温室气体在线监测系统打破了以美国 Picarro 为代表的气体分析仪器公司，在温室气体高精度测量领域的垄断，系统国产化率高达 95%，有效避免了光源、透镜等核心器件存在的“卡脖子”问题，技术水平达到国际先进，且响应时间等指标超过国际同类产品。

国家对温室气体监测设备的国产化进程以及国内自主核心技术的突破予以了高度重视和强力支持，在“双碳”战略目标下，温室气体监测必将成为未来一段时期环境监测的重点，也将为整个环境监测市场带来新的增长点。后期随着国内碳交易试点重点排放单位监测点位和政府碳监测评估试点建设，工业重点排放企业碳监测工作的开展，预计将产生规模超百亿元的新兴市场。预计未来五年，该技术装备在全国推广率达 15%左右，实现销售收入约 18000 万元。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：浙江浙大鸣泉科技有限公司

联系人：三先军

联系方式：15867116851

案例四：

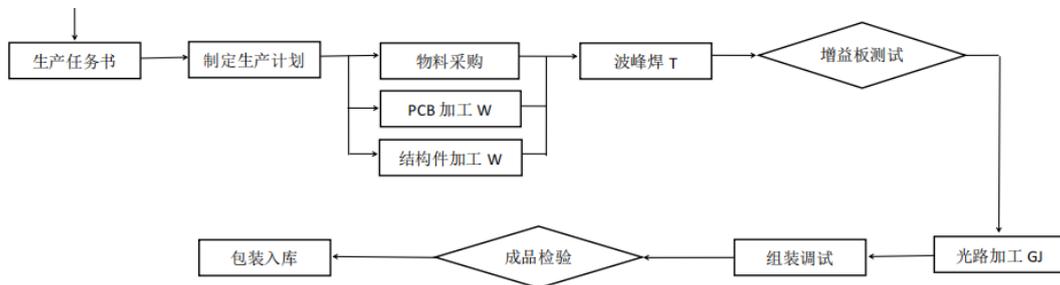
安徽科创中光科技股份有限公司气溶胶高度探测仪

一、技术适用范围

适用于气象探测研究、污染物扩散检测和污染物溯源、航空航天试验。

二、技术原理及工艺

采用 Mie 散射原理探测激光路径上颗粒物的浓度分布和形状特征。激光在大气中传输时，受到传输路径上大气的衰减（主要来自大气气溶胶和空气分子的消光），同时一部分被大气气溶胶和空气分子散射激光沿原路径返回，并且再次受到传输路径上大气的衰减，最终被激光雷达接收。



注：W 为外包过程；T 特殊过程；GJ 关键过程

工艺流程图

三、技术指标

测量高度 $\geq 10\text{km}$ ；空间分辨率 $\geq 10\text{m}$ ；波长：532nm；测量精度： $\pm 20\%$ （消光系数）；激光能量 $\geq 3\text{mJ}$ ；重复频率 $\geq 1\text{kHz}$ ；发散角度 $< 1\text{mrad}$ ；望远镜口径：200mm；最大采样深度为6000。

四、技术特点及先进性

气溶胶高度探测仪基于 532nm 固体激光器发射脉冲激光作为探测光源采用 Mie 散射原理探测激光路径上气溶胶的浓度分布和形状特征。产品实现了气溶胶粒径谱分析、气溶胶层结构检测等多维监测功能,并具有结构紧凑、环境适应性强、可靠稳定等特性优势,已在大区环境监测领域实现批量应用,并在火山灰监测、森林火灾烟气检测等领域进行实验,满足对高性能气溶胶探测的需求。。

五、应用案例

项目名称：中国科学院合肥物质科学研究院气溶胶高度探测仪采购合同

项目概况：中国科学院合肥物质科学研究院气溶胶高度探测仪采购合同项目总金额 160 万元，主要用于环境监测与污染溯源。通过使用该装备，提高了中国科学院合肥物质科学研究院的区域环境管理水平,为科学制定空气污染治理提供数据支持,有效改善空气质量,保护公众健康，为大气环境污染防治的科研工作提供技术支持。



六、推广前景

我的测风激光雷达 RayWL-GB 产品，具有大量程、高精度、高时空分辨率、易维护、数据安全等优势，同时采取产品差异化战略，在价格和技术方法上具备一定的优势，同时考虑便携性、机动性，适应环境监测部门机动性的需求，预计 3 年后全国市场普及率为 50%。预计投入 1000 万元，应用本产品后，区域内的主要污染物将得到有效监测及精准溯源，空气质量将得到极大改善。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：安徽科创中光科技股份有限公司

联系人：舒文桃

联系方式：18326006801

案例五

珠海富鸿科技有限公司超小型 VOCs 及恶臭异味在线监测系统

一、技术适用范围

适用于石油化工、石油炼制、纺织、表面涂装等领域 VOCs 无组织排放在线监测，也可用于企业内部 VOCs 溯源、以及日常安全、环保监测。

二、技术原理及工艺

富鸿®VOCProbe 在线监测仪，由超小型监测仪、智慧平台和手机小程序三个部分组成。设备内置电池和物联网模组，通过膨胀螺丝或者抱箍固定在需要监测的区域，设备防水级别为 IP56，污染物通过自然扩散方式进入设备内部，设备每 30 秒检测一次 TVOC 浓度、温度、湿度，数据保存在设备内部，定时自动将数据压缩，通过 5G 物联网技术上传到云平台，云平台对数据进行解析、清洗和保存，自动进行温湿度补偿和基线漂移处理，去除各种干扰因素的影响，数据保存到数据库。

检测基于金属氧化物法（MOS）纳米多孔传感器，利用纳米结构吸附大量的 VOCs 气体，通过加热内置 MOS 气敏元件，使表面吸附氧离子与 VOCs 气体产生氧化还原反应，从而释放电子，改变了 MOS 电阻，通过测量电阻的变化来反映 VOCs 浓度的变化。氧离子模型可分为两个主要过程：

（1）空气中的氧气分子吸附在材料表面，从材料导带夺取

电子形成氧负离子；（2）还原性气体与氧负离子发生氧化还原反应，将电子还给半导体材料。在唯象层面，人们通过定义材料在不同气体下的电阻（ R ）变化来评价气敏性能，而就其本质而言，电阻的变化是载流子在材料中运输过程的宏观反映。因此，描述载流子运输的导电模型是连接宏观气敏性能和微观气敏机理的桥梁。

气体扩散式在线检测 VOCs 浓度、温湿—在线湿度补偿—数据压缩—数据存储—数据发送—收发服务器接收数据—数据处理服务器存储、计算、分析、处理数据—提供 GIS、报表、推送、查询服务。AIoT 融合 AI 技术和 IoT 技术，通过物联网产生、收集来自不同维度的、海量的数据存储于云端、边缘端，再通过大数据分析，以及更高形式的人工智能，实现万物数据化、万物智能化。设备采用工厂标准化预制。



功能展示图

三、技术指标

VOCs 测量范围：0～60ppm；恶臭异味测量范围：0～2750；检出限：1ppb；分辨率：1ppb；示值误差：±10%FS；零点漂移：监测浓度范围在0～1ppm时：±100ppb/年，监测浓度范围在1～60ppm时：±1.3%FS/年；湿度测量范围：0%～100%RH；湿度测量分辨率：0.01%RH。温度测量范围：-40℃～125℃；温度测量分辨率：0.01℃。

四、技术特点及先进性

(一) 解决了金属氧化物法设备监测数据难以准确比对

且不具有自动校准功能的问题；

（二）从传统在线监测手段的需要拉电土建方式，转变为产品防爆、内置电池供电一年的即插即用方式，大大拓展了产品的应用场景；

设备采用精巧轻便的设计，尺寸紧凑，相当于一个菠萝大小，使用高精度超低功耗传感器与芯片，监测仪测试时间间隔为 30 秒，内置电池可以连续工作不少于 365 天，在相对湿度在 0%至 100%的环境下都可以正常工作，可以应用于投诉敏感点比如居民小区、以及企业排气筒传输通道、危废仓库、污水池、管道阀门法兰等生产区域等应用场景。设备配合系统的滚动式安装配置，实现阶段式监测移装，大大提升了设备的方便性与经济性。

（三）运维过程从需要每周携带标准气体前往现场校准，改为智慧云平台自动化运维，保障了高质量的监测数据，大大节省了运维成本；

自动化的温湿度补偿和基线校准，解决了 ppb 级别下气体测量的干扰与漂移问题。环保产品认证要求的厂界和网格化 TVOC 监测设备零点漂移限值是 20%F.S./24 小时，以 50ppm 的 F.S.计算，大概相当于 $46\text{mg}/\text{m}^3$ ，这个数值是一般厂界 VOCs 排放标准 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 的 11.5 倍，这往往导致现场没有 VOCs 排放，传统设备发生误报警的情况。本系统将数据在云平台算法处理解决，节省了每台设备需要配置计算机的硬件成本，并把零点漂移指标大幅提高到：0 ~ 1ppm， $\pm 100\text{ppb}/\text{年}$ ；1 ~ 60ppm， $\pm 1.3\%\text{F.S.}/\text{年}$ ，指标提升了 93.5%，

运维时间从 24 小时一次提升到一年一次。

在 VOCs 恶臭异味溯源工作中，在城市环境 10KM 以内的小气象场，受到涡旋现象、狭管效应的影响，大气污染物呈非规则扩散，与空气的比重、湍流强度、热力效应等因子的设定与实际大气环境存在差异，难以准确仿真。本系统通过在排放源、敏感点，传输路径部署监测，利用大数据自动化溯源模式，实现快速、准确溯源目的。

（四）模块化、装配式生产，现场标准化安装，智慧平台自动化溯源模式，缩短了生产周期，严格的质检可保障高质量的出厂产品质量。

五、应用案例

项目名称：珠海市斗门区挥发性有机物 VOCs 在线监控服务项目

项目概况：项目主要服务区域为珠海市斗门区。项目合同总额为 423.44 万元，通过项目实施达到以下目的：（1）对工业园区实现 VOCs 闭环监测管控，督促企业对 VOCs 无组织排放进行收集，并升级废气治理措施，实现稳定达标；

（2）居民区周边涉 VOCs 排放的恶臭异味投诉溯源，对敏感点—传输通道—涉 VOCs 排放企业实施布点，利用大数据、微信实时推送等科技手段，实现高效溯源，并督促企业整改，减低居民投诉信访情况。

项目为 7 家省级挥发性有机物重点排放企业、20 家市级挥发性有机物重点排放企业、2 家涉恶臭气体饲料厂共 29 家企业安装 108 台监测仪，项目从 2021 年 7 月开始运行，为

两期 2 年。

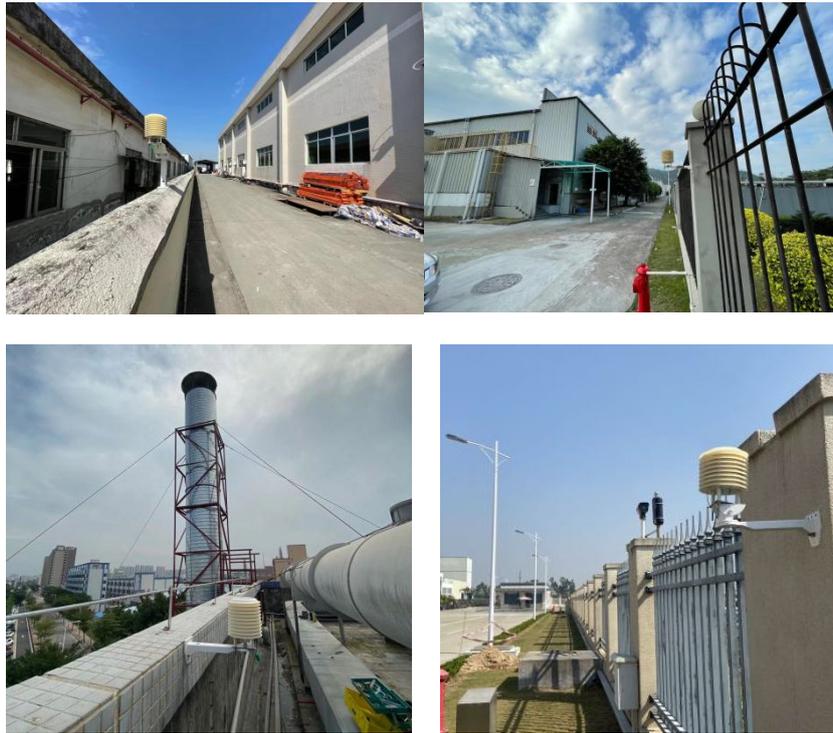


图 5 项目现场图片

六、推广前景

VOCs 污染物具有种类多、排放源涉及行业多和单一排放源排放量较小等特点。因此对监测设备在监测灵敏度、准确度、数据有效性及可对比性等方面存在着一系列挑战。预计未来 3 年，该技术装备在广东省推广率达 30%，年销售量达 3000 万元。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：珠海富鸿科技有限公司

联系人：宋伟亮

联系方式：13702942830

案例六：

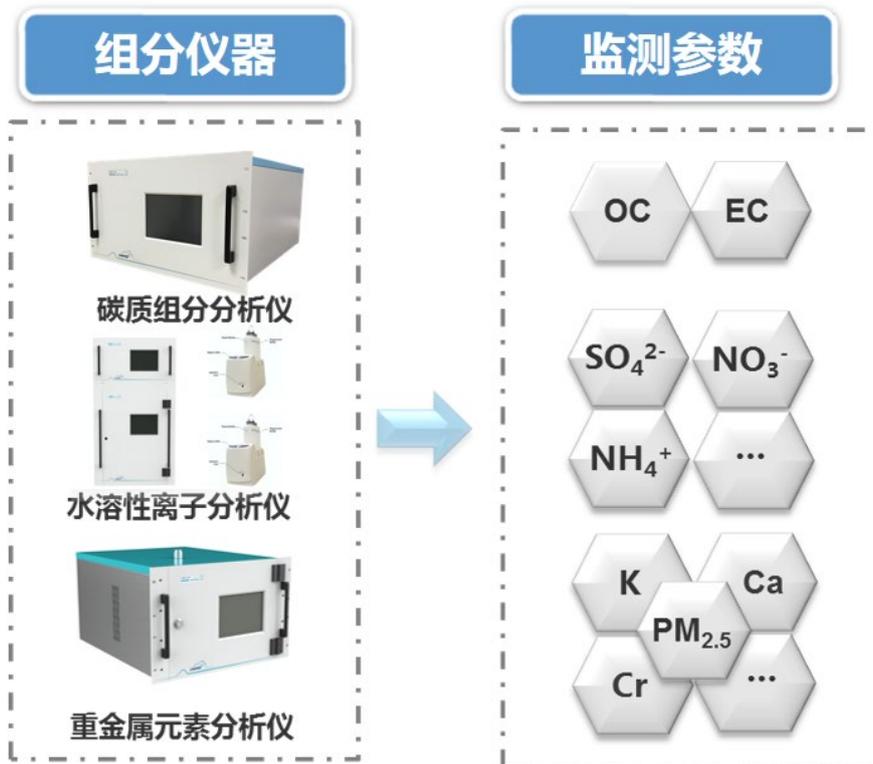
力合科技（湖南）股份有限公司环境空气颗粒物组分自动监测系统

一、技术适用范围

适用于城市环境空气颗粒物成分监测以及空气颗粒物污染溯源分析。

二、技术原理及工艺

环境空气颗粒物组分自动监测系统通过自动采样装置和切割器，对环境空气中的细颗粒物（PM_{2.5}）进行采集，检测系统对采集的细颗粒物进行自动检测，分析颗粒物中水溶性离子、无机元素成分和碳质组分（OC、EC）的含量，对结果进行源解析，支撑大气中长期精细化污染成因的分析。



系统组分图

1. 空气颗粒物水溶性离子在线监测系统

仪器通过 $\text{PM}_{2.5}$ 旋风分离器入口去除空气中的粗颗粒，然后样气通入湿式旋转溶蚀器，溶蚀器内壁面有硅图层，形成粗糙的适合于液体及气体吸附的表面，颗粒物则由于惯性作用不会被吸附于内壁表面。同时溶蚀器中双氧水溶液流过时，形成一层液膜，用于吸附样气中的酸碱气体。样本过溶蚀器后，进入蒸汽发生器，将高温过饱和的水蒸气与颗粒物混合，颗粒物遇水蒸汽后粒径迅速吸湿增长，增大的水滴颗粒冷凝为液体后，实现颗粒物在线自动采样蒸汽吸收液化，经旋风分离器分离，然后由注射泵送至离子色谱进行分析，可获取颗粒物中阴离子 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 F^- 、 Cl^- 等（可

扩展)、阳离子 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等(可扩展)等成分。

2. 环境空气颗粒物 OC/EC 在线分析仪

仪器用恒定的流速把待测颗粒物采集到石英滤膜上,石英滤膜首先在 He 气的无氧环境中逐级升温,致使有机碳被加热挥发(该过程中也有部分有机碳被炭化,即热解碳),此后样品又在氦气/氧气混合气(He/O₂)环境中逐级升温,该过程中元素碳被氧化分解为气态氧化物。这两个步骤中所产生的分解产物都随着通过分析室的载气(同时也是环境气及反应气,亦即 He 或 He/O₂)经过二氧化锰(MnO₂)氧化炉被转化为 CO₂后,由二氧化碳传感器定量检测。整个过程中都有一束激光照在石英膜上,这样在有机碳炭化时该激光的透射/反射光的强度会逐渐减弱,而在 He 切换成 He/O₂并加温时,随着热解碳和元素碳的氧化分解,该激光的透射/反射光会逐渐增强。当透射/反射光的强度恢复到起始强度时,这一时刻就定义为有机碳/元素碳的分割点,亦即该时刻之前检测到的碳量就定义为有机碳,而其后检测到的碳量则为元素碳。

3. 环境空气颗粒物元素成分在线分析仪

仪器用恒定的流速把待测颗粒物采集到 PTFE 滤膜上;将滤膜通过传动部件自动移动至检测位置,光源 X 射线照射到样品上,样品中各元素产生对应的特征荧光峰,荧光

信号进入 X 射线能谱仪中进行定性和定量检测得出各元素对应的浓度。

三、技术指标

水溶性阴阳离子监测仪器（阳离子 Li^+ ，阴离子 Cl^- ）检出限 $\leq 0.02\mu\text{g/mL}$ ，检出限 $\leq 0.2\mu\text{gC}$ ，示值误差 $\leq \pm 5\% \text{F.S.}$ ，精密度 $\leq 5\%$ ，24h 零点漂移 $\leq \pm 0.5\mu\text{gC}$ ，24h20%量程漂移 $\leq \pm 2\mu\text{gC}$ ，24h80%量程漂移 $\leq \pm 5\mu\text{gC}$ ，流量稳定性（流量相对标准偏差） $\leq 2\%$ ，平均流量偏差： $\pm 2\%$ ；无机元素监测仪器量程 $0 \sim 100\mu\text{g/m}^3$ ，检出限为 ng/m^3 级别，精密度 $\leq 3\%$ ，示值误差 $\leq \pm 10\%$ ，24h 零点漂移 $\leq \pm 1\mu\text{g/cm}^2$ ，20%24h 量程漂移量程： $\pm 2\mu\text{g/cm}^2$ ，80%24h 量程漂移量程： $\pm 4\mu\text{g/cm}^2$ ，电压变化稳定性 $\leq 5\%$ ，环境温度变化的影响 $\leq 0.5\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，长期（ $>7\text{d}$ ）零点漂移 $\leq \pm 2\mu\text{g/cm}^2$ ，长期（ $\geq 7\text{d}$ ）量程漂移 $\leq \pm 5\mu\text{g/cm}^2$ ；组分监测系统分析时间 $\leq 60\text{min}$ ；数据有效率（ >60 天） $\geq 90\%$ 。

四、技术特点及先进性

（一）空气颗粒物水溶性离子在线监测系统

研发的环境空气颗粒物水溶性离子在线分析仪，其结构简单可靠，模块化程度高维护方便，性能稳定，技术参数达到了国际先进水平，核心部件国产和自产程度高；在溶蚀器模块、液位计量模块、流量控制模块等方面，均采用自有技术进行控制。

（二）环境空气颗粒物 OC/EC 在线分析仪

环境空气颗粒物 OC/EC 在线分析仪集颗粒物切割器-气态 VOC 溶蚀器-富集解析装置-采样装置-分析单元-数据处理

单元于一体，技术指标可达到：测量范围：0-200 $\mu\text{gC}/\text{m}^3$ ；检出限： $\leq 0.5 \mu\text{gC}/\text{m}^3$ （采样40min）；精密度： $\leq 5\%$ ；示值误差： $\pm 5\%$ ；采样时间：0-40min；分析时间： $\leq 20\text{min}$ 。系统整体达到国际先进、国内领先水平。

系统攻克气室痕量残余氧吹扫技术，解决了 OC/EC 分割点精准度问题；优化内标物定量解析流路设计，提供内标物测量的精准性和稳定性；简化升温程序，提升低浓度 OC/EC 检测的灵敏度；通过激光光路智能修正，降低升温过程中滤膜形变对激光光路的影响；通过设计滤膜载体、优化滤膜固定方式，提升质控和测试的一致性，同时实现滤膜便捷更换且保证了更换成功率。

（三）环境空气颗粒物元素成分在线分析仪

研发的环境空气颗粒物元素成分在线分析仪，其结构简单可靠，维护方便，性能稳定，技术参数达到了国际先进水平；使用氦气系统，提高了轻元素测量精度；自制标准膜，解决了价格昂贵和垄断地位；同时使用辐射安全多重防护，完全达到了 GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准的要求。

五、应用案例

项目名称：长沙市百日攻坚行动-长沙市环境空气颗粒物溯源应用

项目概况：项目在湖南省长沙市通过组建环境空气颗粒物/光化学组分站+全过程可溯源管理及数据应用系统，补充现有监测体系，加强长沙市大气污染物组分监测及来源分析

能力，做到空气质量精细化监管。项目运行至今，长沙市大气环境治理成效显著，一举荣获年度省政府真抓实干奖。2022年，全市空气质量优良天数累计302天，优良率82.7%；重污染天数2天，同比减少5天；综合指数3.75，同比改善6.0%。空气质量综合指数、优良率、PM2.5改善幅度排名均位列全省第1位。PM2.5浓度为38ug/m³，降至近十年来最低水平，在全国31个省会城市排名第24位，较去年前进5位。



六、推广前景

《2019年国家大气颗粒物组分监测方案》中明确要求在京津冀及周边地区、汾渭平原、长三角地区及其他具备条件的典型城市开展大气颗粒物组分监测。其中：京津冀及周边地区“2+26”城市、雄安新区、张家口、秦皇岛等31个城

市、汾渭平原 11 个城市均开展手工及自动监测；长三角地区 41 个城市开展手工监测，在已具备组分自动监测能力的 12 个城市开展自动监测；其他区域具备组分自动监测能力的典型城市（广州、成都等）开展组分自动监测，鼓励有条件的城市同时开展手工监测；鼓励其他已建组分自动监测站联网。目前有关地市颗粒物组分还未建设完成，预计未来三年后，公司将该技术设备生产规模提升至亿级以上，抢占国家大气组分百亿级监测市场。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：力合科技（湖南）股份有限公司

联系人：申田田

联系方式：13808465295

案例七：

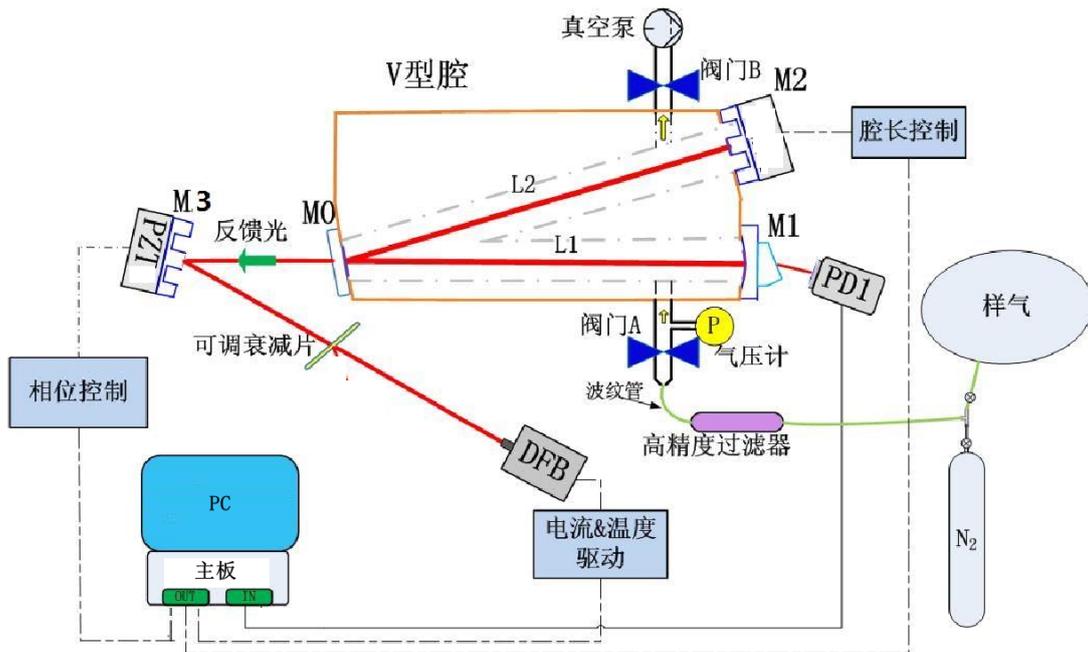
上海北分科技股份有限公司光学反馈腔增强激光吸收光谱法高精度温室气体监测系统

一、技术适用范围

适用于大气、气象、半导体、医疗、化工等领域的温室气体浓度监测。

二、技术原理及工艺

SBF1600-A 型温室气体监测系统采用光反馈腔增强原理测量温室气体。样气（空气）进入高塔上的采样管路通过采样泵提供的抽力被抽取下来，经过进气过滤器和样气除湿装置处理后进入到光反馈腔增强主机单元进行气体分析。经处理后干净的样气进入到谐振腔中，不同的气体在光谱中具有不同的特征吸收带，当激光进入含高精度反射镜的光学谐振器（腔）中，光信号被多次反射并被样气中被测气体的特征吸收带吸收后衰减，剩下的部分光信号被反馈到激光器中（“光反馈”），通过“入射光强度减去衰减后的入射光强度”与“衰减后的入射光强度”对比，经过数据处理从光学检测器的原始数据计算吸收光谱；然后使用模型提取，并通过测量得到的衰荡时间从而得到气体浓度信息。气体浓度信息经数据传输到数据采集及处理单元，进行数据储存及处理，形成相关图标，并通过数据，图文等方式传输至管理部门。



技术原理图

三、技术指标

测量范围： CO_2 : $0 \sim 1 \times 10^3 \text{ppm}$ 、 CH_4 : $0 \sim 5 \text{ppm}$ 、 CO : $0 \sim 10 \text{ppm}$ 、 N_2O : $0 \sim 5 \text{ppm}$ ；重复性： $\text{CO}_2 \leq 0.05 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 0.5 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 0.2 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 0.2 \text{ppb}$ ；稳定性： $\text{CO}_2 \leq 0.025 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 0.2 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 0.2 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 0.2 \text{ppb}$ ；漂移： $\text{CO}_2 \leq 0.1 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 1 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 0.2 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 0.1 \text{ppb}$ ；响应时间 $\leq 40 \text{s}$ ；线性度： $\text{CO}_2 \leq 0.1 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 1 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 1 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 1 \text{ppb}$ ；准确度： $\text{CO}_2 \leq 0.1 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 0.2 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 0.5 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 0.2 \text{ppb}$ ；水汽校正： $\text{CO}_2 \leq 0.1 \text{ppm}$ 、 $\text{CH}_4 \leq 1 \text{ppb}$ 、 $\text{CO} \leq 1 \text{ppb}$ 、 $\text{N}_2\text{O} \leq 1 \text{ppb}$ 。

四、技术特点及先进性

(一) 技术特点

1. 超过 20000 米的有效吸收光路长度
2. 优于 0.00112nm 的波长分辨率
3. 自动校准功能：

(1) 每组光谱数据自带零点数据，无需专门的零点校准操作；

(2) 每 100ms 进行一次自动 RingDown 时间校准，自动补偿各种影响精度的因素

4. 低压取样

(1) 显著缩小 IR 吸收谱带的带宽，加强多组分测量能力

(2) 提高了气体流动速度，T90 时间 < 1s

(3) 降低被测气体露点，不容易冷凝，防止冷凝水影响测量精度

(二) 先进性

光学反馈腔增强激光吸收光谱法高精度温室气体监测系统，具备新颖性，综合技术达到国内领先水平。（见附件“查新报告”、“水平报告”）

主要创新点：

1. 采用 OF-CEAS 光学反馈腔增强吸收光谱技术，高精度测量大气中 CO₂ 和 CH₄ 气体的浓度；

2. 采用负压取样技术，高精度测量大气中 CO₂ 和 CH₄ 气体的浓度。

负压取样的好处：

(1) 可达到定流量采样；

(2) 可达到定压力测量；

(3) 负压采样，加快了采样速率；

(4) 真空负压区间真空压力测量

(5) 真空采样泵控制信号可调

五、推广前景

双碳监测领域的国内市场一直被国外企业垄断，国内长期面临着关键技术“卡脖子”以及监测数据信息安全等问题。该装备是目前世界上先进的气体分析技术，测量精度远远高于常规的红外、紫外监测技术，可填补双碳监测领域国产化的空白，为双碳监测实现装备支撑。

除了温室气体监测领域，该装备还可应用于火电、垃圾焚烧等固定污染源的排污气体监测，以及氢能源氢气杂质测量、半导体行业的超净水含氧量测量和超纯 N₂ 痕量 H₂O/O₂ 测量等工艺检测领域。

六、支撑单位信息

支撑单位名称：上海北分科技股份有限公司

联系人：宋晓璐

联系方式：18964582658