

附件：

**《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录
(2020年版)》供需对接指南之十七：
大气污染监测技术装备典型案例**

目 录

| | |
|---|----|
| 案例一：上海北分科技股份有限公司颗粒物风洞检测仪器..... | 1 |
| 案例二：青岛众瑞智能仪器股份有限公司低浓度自动烟尘烟气综合测试仪..... | 3 |
| 案例三：北京雪迪龙科技股份有限公司 MODEL 4050 大气甲醛在线分析仪..... | 5 |
| 案例四：山东省科学院海洋仪器仪表研究所船载多波长气溶胶激光雷达..... | 7 |
| 案例五：无锡中科光电技术有限公司大气颗粒物监测激光雷达..... | 10 |
| 案例六：浙江多普勒环保科技有限公司机动车尾气遥感监测系统..... | 13 |
| 案例七：安徽科创中光科技有限公司大气臭氧激光雷达..... | 15 |
| 案例八：广州市云景信息科技有限公司机动车尾气遥感监测系统..... | 18 |
| 案例九：杭州谱育科技发展有限公司 EXPEC 3500 便携式气相色谱质谱联用分析仪..... | 20 |
| 案例十：控软自动化技术（北京）有限公司 AECS-2000 先进过程控制运行优化系统..... | 23 |

案例一：

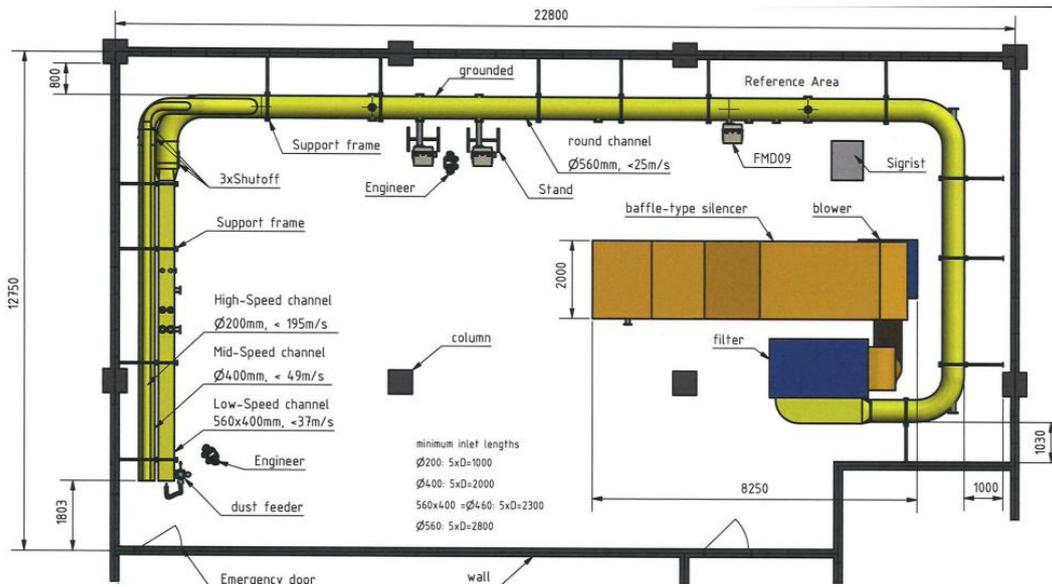
上海北分科技股份有限公司颗粒物风洞检测仪器

一、技术适用范围

适用于烟气颗粒物检测装置的能力及适应性测试。

二、技术原理及工艺

该技术装备由定量控制发尘系统，烟尘气模拟管道，风量流速控制系统，除尘回收装置和湿度发生控制系统五个部分组成。定量控制发尘系统采用高效稳定的送料机，通过功率的调整和末端的高精度颗粒物浓度检测仪联用对一定时间内颗粒物发生的质量进行有效控制。颗粒物进入管道后，经过扩散段，一次弯道，直管段测量区，二次弯道后进入除尘器被完全回收，除尘器的后端有变频风机通过流量计的时时测量控制自身功率从而保证流速的稳定。湿度发生器可在管道的不同位置送入一定质量的无液滴水蒸气，调整烟气的湿度参数。所有装置的联用能够有效模拟出各种工况条件，对颗粒物监测检测仪的关键技术指标进行测试。



技术路线图

三、技术指标

关键技术：颗粒物发生器；高精度湿度发生器。

技术指标：颗粒物浓度： $0.1\text{mg}/\text{m}^3 \sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ ；风速： $0 \sim 45\text{m/s}$ ；颗粒物检测：偏差 $\pm 0.1\%$ ；连续检测时间 $\geq 7\text{d}$ 。

四、技术特点及先进性

（一）可模拟各种流速、湿度和颗粒物粒径的工况，填补原有的颗粒物沉降实验室的参数空白。

（二）适应性强、运行稳定、可连续工作 7 天。

（三）调节精度高，重复性强，操作简单。

五、推广前景

该技术装备在测试现有产品的同时为改进、优化设备的关键指标提供丰富的理论基础，填补了颗粒物风洞检测实验室的空白，为国内整体烟气颗粒物监测检测能力提高提供了基础。颗粒物的风洞检测仪器在基准应用场景下的投资成本约 500 万元左右，具有良好推广前景。

案例二：

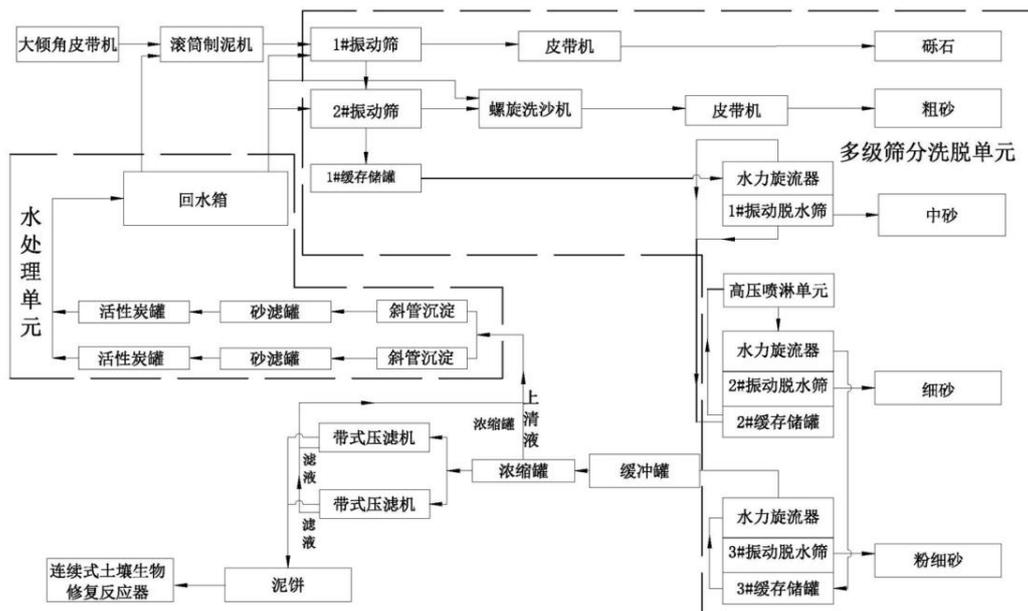
青岛众瑞智能仪器股份有限公司低浓度自动烟尘烟气综合测试仪

一、技术适用范围

适用于冶金、化工、电力等领域的固定污染源废气中低浓度颗粒物的测定。

二、技术原理及工艺

采用 β 射线吸收称重及采样与检测工位分离技术，将具有加热功能的颗粒物组合式采样管由采样孔插入烟道中，利用等速采样原理抽取一定量的含颗粒物的废气，采用烟道外过滤的方式，颗粒物被截留在滤膜上，用 β 射线照射滤膜，根据采样前后单位面积的滤膜上 β 射线衰减量得出滤膜上捕集的颗粒物质量和同时抽取的废气体积，计算出颗粒物的浓度。



工艺流程图

三、技术指标

关键技术： β 射线吸收称重及采样与检测工位分离技术。

技术指标：浓度范围： $0.1\text{mg}/\text{m}^3 \sim 50\text{mg}/\text{m}^3$ ；分辨率 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ；采样流量：参数范围： $0 \sim 50\text{L}/\text{min}$ ，分辨率： $0.1\text{L}/\text{min}$ ，最大允许误差 $\pm 2.5\%$ ；烟气动压：参数范围： $0 \sim 1250\text{Pa}$ ，分辨率： 1Pa ，最大允许误差 $\pm 2.0\%$ ；烟气静压、烟气全压：参数范围： $-5\text{kPa} \sim 5\text{kPa}$ ，分辨率： 0.01kPa ，最大允许误差 $\pm 2.0\%$ ；烟气温度：参数范围： $0 \sim 500^\circ\text{C}$ ；分辨率： 1°C ，最大允许误差： $\pm 3^\circ\text{C}$ ；大气压：参数范围： $60\text{kPa} \sim 130\text{kPa}$ ，分辨率： 0.1kPa ，最大允许误差 $\pm 0.5\text{kPa}$ ；校准源： $\text{C}14$ ；放射性活度 $< 3.7\text{MBq}$ (100uCi)；校准方式：标准膜校准。

四、技术特点及先进性

与传统手工法采样对比， β 射线法缩短了工作时间、减少了人为误差，数据更加准确，操作简单，可现场直接读取监测数据，提高了采样数据的时效性、平行性。

五、推广前景

山东省、河北省、江西省、辽宁省已经建立了 β 射线法烟尘浓度直读仪器的相关标准，在国家政策的支持，给相关仪器带来较大规模的市场，具有较好的市场前景，预计年销量可达到 200 台以上。

案例三：

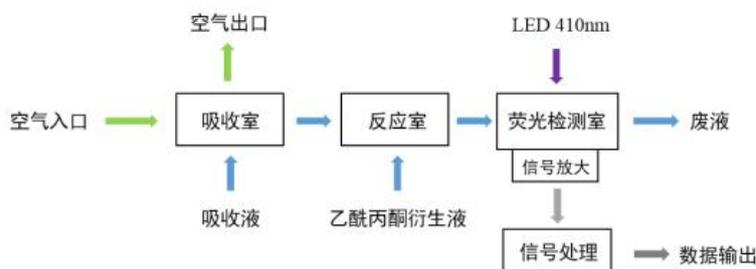
北京雪迪龙科技股份有限公司 MODEL 4050 大气甲醛在线分析仪

一、技术适用范围

适用于甲醛监测。

二、技术原理及工艺

该技术装备采用气态甲醛的液相捕集技术，由吸收室、反应室、荧光检测室三部分组成：吸收室采用不锈钢螺旋管并伴以低温来实现甲醛的低温富集；反应室为恒温 70℃ 设计，在此甲醛与反应液反应，转化成荧光产物 DDL；荧光检测室为检测荧光产物激发的荧光信号的场所。



技术路线图

三、技术指标

关键技术：研发气态甲醛的液相捕集，研究气液分离的技术装备，选定气液分离的最佳温度区间，背景信号的获取以及荧光检测室的设计。

技术指标：检出限 $\leq 100\text{ppt}$ ；线性测量区间： $1 \times 10^2\text{ppt} \sim 5 \times 10^6\text{ppt}$ ；响应时间 $T_{90} < 300\text{s}$ ；重复性 $\pm 2\%$ ；线性误差 $\pm 2\%FS$ 。

四、技术特点及先进性

(一) 时间分辨率高，数据更新频率低至 1 秒，适用于连续监测或走航监测。

(二) 灵敏度高，检出限低至 100ppt，满足痕量分析需要。响应时间快，不超过 5min。

(三) 线性测量区间宽，最高可达 5ppm，适用于多种监测场景。

(四) 其他醛、酮对监测无干扰。

(五) 智能化程度高，具备自动零点、自动校准等功能。

五、推广前景

大气甲醛是大气挥发性有机物的中间产物和环境空气臭氧的重要前体物质，随着我国经济的快速发展，大气臭氧污染和室内甲醛污染问题显得日益严重，实现对环境空气和室内甲醛的快速且准确监测尤为必要。该技术装备可准确测定环境空气、室内/车内空气、污染源等区域甲醛排放，市场前景广阔。

案例四：

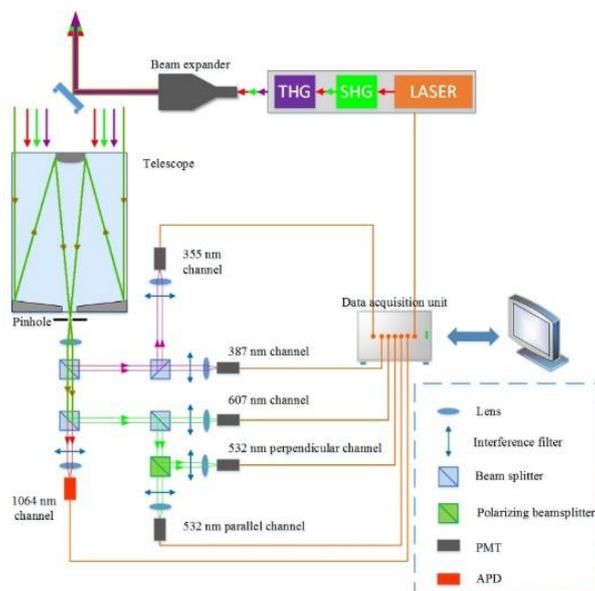
山东省科学院海洋仪器仪表研究所船载多波长气溶胶激光雷达

一、技术适用范围

适用于大气、海洋环境监测及预警。

二、技术原理及工艺

采用 355nm、532nm 与 1064nm 三波长激光作为探测光源，通过激光与大气的相互作用，对近地面至 20km 大气光学参数与微物理参数进行高时空分辨率实时探测，获得大气参数垂直廓线信息。探测参数主要包括气溶胶与云时空分布特征、后向散射系数、消光系数、光学厚度、退偏比、边界层高度、雾霾厚度以及颗粒物浓度等，是大气环境监测的有力工具。可安装在地基平台（观测站和海岛）、移动平台（船舶）进行长期无人值守观测。



技术路线图

三、技术指标

探测波长：355 nm，532 nm，1064 nm；

探测距离： ≥ 20 km（晴空）；

探测通道：355 nm与1064 nm米散射通道，532 nm平行与垂直偏振通道，387 nm与607 nm拉曼通道；

脉冲能量：100 mJ@1064 nm，50mJ@532 nm，80mJ@355 nm；

脉冲频率：20 Hz；

探测器：光电倍增管@532 nm&355 nm&拉曼通道，雪崩光电二极管@1064 nm；

空间分辨率：7.5 m/15 m/30 m；

使用寿命： > 10000 h；

主要观测参数：

大气气溶胶与云的时空分布、演变特征；

大气边界层的结构和时空演变特征；

大气气溶胶消光系数、后向散射系数、光学厚度等光学特征参数；

云底高度与云层厚度；

颗粒物粒子形态测量（可判断沙尘、冰晶云等）；

颗粒物浓度观测；

沙尘、雾霾、降雨等典型天气过程观测。

四、应用案例

项目名称：中国气象局大城市综合观测试验

项目概况：受中国气象局邀请，参与进行中国气象局组织的大城市综合观测试验。经过一年的测试、比对、校准后，布点于海淀气象局进行业务化观测，在降雨、雾霾天气的监测中发挥了重要作用，为大气环境研究、重大灾害天气监测与预警提供了技术支持，在国庆 70 周年气象服务保障工作中得到了中国气象局气象探测中心的认可。

五、推广前景

近年来，中国气象局明确提出需要迫切发展精细化大气垂直廓线探测装备和技术，提高气象灾害预报和预警水平；同时，生态环境部明确应用激光和航空监测手段在重点区域开展立体监测试点，增加污染物远距离高分辨率激光雷达等检测设备，激光雷达成为大气环境监测标准化建设基本设备配置。目前中国气象局已经在激光雷达布网监测试运行，后期预计全国各环境监测站、气象站将逐步开展激光雷达监测网建设，市场前景广阔。

案例五：

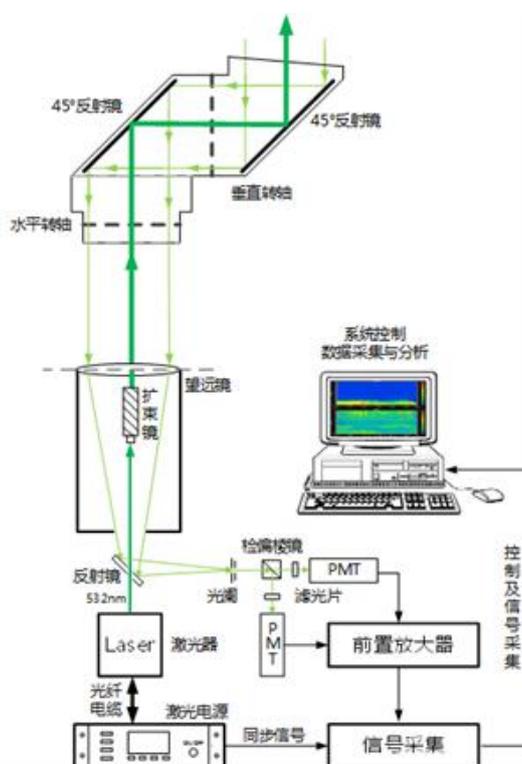
无锡中科光电技术有限公司大气颗粒物监测激光雷达

一、技术适用范围

适用于大气颗粒物在线监测。

二、技术原理及工艺

大气颗粒物监测激光雷达采用高能量脉冲激光作为探测光源,通过采集激光在大气中传输产生的散射信号,快速获取区域颗粒物的廓线、立体分布,并进行可视化评估,分析大气颗粒物的组分和变化情况,为我国日常空气质量、大气污染来源、污染传输特征和跨区域的联防联控提供技术工具和技术保障。



技术路线图

三、技术指标

时间分辨率 $\geq 3s$ ；信噪比：白天优于 15dB，夜间优于 60dB；空间分辨率可调：最小 3.75m；探测盲区 $\leq 75m$ ；脉冲频率：2kHz ~ 100kHz；脉冲能量：10uJ ~ 1000 uJ 可调；扫描周期：扫描单周期内扫描与垂直探测可多次交替连续进行，扫描一周（水平 360°）采集数据量不小于 180 条，每条数据不少于 10000 个脉冲，工作周期优于 30min；在水平 360° 扫描，并且扫描步长 $\leq 2^\circ$ 条件下，获取清晰有效扫描图片 ≥ 4 张/小时。

四、技术特点及先进性

具有探测距离远，空间分辨率高，探测精度高，探测盲区小等特点。

五、应用案例

项目名称：徐州经济技术开发区空气质量综合改善服务项目

项目概况：江苏省徐州市徐州经济技术开发区空气质量综合改善服务项目，合同服务期三年，经开区采购大气颗粒物监测激光雷达 2 台、无人机 2 台、走航车 1 辆，建成国标站 6 个，微型站 32 个，共计投资 1470 万元。借助大气颗粒物监测激光雷达对徐州市 PM_{2.5}、PM₁₀ 等多种污染因子进行实时立体监测，获取污染数据。通过“金龙湖绿网”进行城市分析、区域分析，实现区域内大气污染监测、溯源、预警分析一体化集成，实时监管大型排污工厂污染物排放，为政府监管部门推进其开展绿色制造、节能减排整改措施提供科

学建议，为”散乱污“企业关停整治提供依据和技术支撑，为高质量项目落地腾出环境容量和承载空间，实现针对性有效监管。

六、推广前景

根据国家环境监测总站规划，随着中国城镇化战略的推进，城市化水平的提高，明确提出进行激光雷达监测系统建设，预计“十四五”期间重点灰霾监测区域涉及19个省、自治区及125个地级市将加紧进行灰霾站及96个区域站建设，共计221个站点，因此“十四五”期间激光雷达监测点位将剧增，加上以后新增的站点，预计将达到400个站点，未来5年内至少有60%站点需建设完成，考虑每年10%的产品进行升级换代，市场容量将达到至少1000套。

案例六：

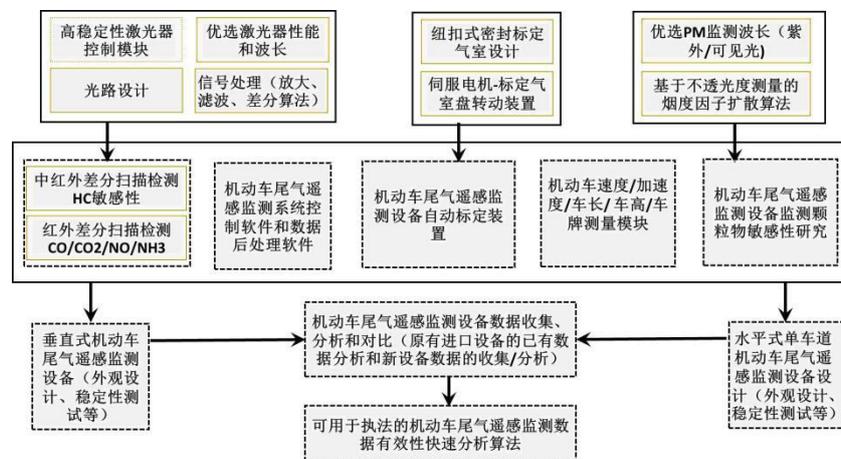
浙江多普勒环保科技有限公司机动车尾气遥感监测系统

一、技术适用范围

适用于机动车尾气排放监测。

二、技术原理及工艺

数据监测通过行驶在道路上的机动车经过遥感设备光路时挡光触发，主机发射端发出的检测光穿过车辆排放的尾气烟团后，通过反射端传回主机接收传感器，利用检测光被尾气烟羽吸收的信号差值计算出烟团的浓度；被检测车辆将会被摄像头拍下照片作为记录，以便配对车辆牌照号码，令后期处理工作更加高效；车辆的速度及加速度由激光测速仪以多点量度原理或者雷达多点测量原理进行准确的测量，用于计算 VSP 分析车辆行驶状态。使用自动标定装置对系统主机尾气测量模块进行自动/手动校准，以标准气瓶为校准气体，每隔 2 小时进行一次，保证测量准确性。



技术路线图

三、技术指标

尾气（CO₂、CO、HC、NO）检测相对误差 ≤ 8%，不透光度相对误差 ≤ 2%；单车测量时间 ≤ 0.8s（以车辆通过尾气检测主机时刻计）；系统连续稳定运行时间 > 8000h；自动标定系统间隔时间 ≤ 12h；车辆速度测量范围 10km/h ~ 100km/h，误差 ≤ 1.5km/h；加速度测量范围：-10m/s² ~ 10m/s²，误差 < 0.2m/s²；尾气遥感检测数据有效性分析方法误判几率 < 7%。

四、技术特点及先进性

敏感度高，稳定运行时间长，有效数据分析速度快，可对机动车尾气排放超标快速识别。

五、应用案例

项目名称：河南驻马店机动车尾气遥感监测项目

项目概况：河南驻马店生态环境局根据《京津冀及周边地区 2017 年大气污染防治工作方案》即“2+26”政策对大气环境污染治理中的机动车尾气排放监测要求，安装 10 套机动车尾气遥感监测系统，总投资 1992 万。2019 年 11 月完成验收后投入使用，单个安装点每月完成超过 5 万次过往机动车尾气排放的检测，10 套设备一个年度内完成超过 600 万次的尾气监测，并对超标排放情况进行标记。

六、推广前景

2018 至 2023 年是机动车尾气遥感监测系统建设密集期，年市场空间约 30 亿元，同时遥感设备的安装，会产生相应的维修服务市场，按每台仪器每年 15 万元计，目前维护服务需求量约为 3 亿元/年并在逐年快速递增，市场前景良好。

案例七：

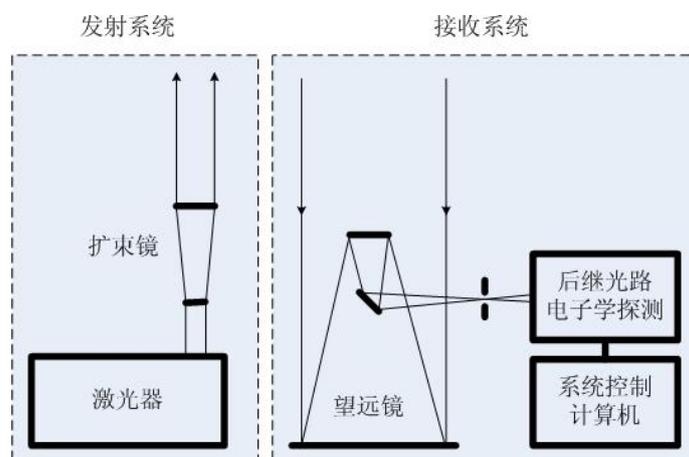
安徽科创中光科技有限公司大气臭氧激光雷达

一、技术适用范围

适用于大气臭氧监测。

二、技术原理及工艺

基于差分吸收原理，利用大气臭氧分子的吸收特性测量臭氧气体的立体空间浓度分布。激光雷达向大气中发射一对或者多对波长相近的脉冲激光光束，每对波长中其中一个波长位于臭氧吸收光谱的峰值附近，臭氧对它有较强的吸收，而另一个波长位于臭氧吸收光谱的翼区，臭氧对它吸收很弱或者基本没有吸收。由于这两个波长非常接近，其它气体分子和气溶胶对这两束激光的消光作用接近，两束激光回波强度的差异主要由臭氧气体分子的吸收所引起，从而根据两个激光波长的吸收差别（两种波长光信号衰减差），确定两个脉冲激光共同路径上臭氧的浓度，从而实现了对臭氧时空分布的探测。



技术路线图

三、技术指标

总体测量指标：时间分辨率：1s ~ 30min 可调；空间分辨率：7.5m；最大探测高度：3km（和大气状况有关）；探测盲区 < 75m；光源中心波长及偏差：标准偏差 $\leq 0.5\text{nm}@266\text{nm}$ ；探测灵敏度 $\leq 1\text{ppbv}$ ；数据相关性：雷达 120m 高度层以下数据与近地面空气站数据相关性不低于 0.9；适应性：采用平板干涉光学滤波技术，稳定可靠；安全防护性：具备高功率臭氧激光雷达的安全防护系统，能够保证系统运行电、光和运行的安全性；自动准直功能：支持通过设在激光雷达发射光路上的电动调整架，实现激光雷达光束的自动调整和准直；温度适应性：高温条件下，系统具备制冷技术装置，可以控制雷达工作的环境温度；数据质控：控制软件通过调用零点校准文件中的零点高度校准参数，对激光雷达 0 点基准进行矫正和质量控制。可通过调用分子分布高度分布模式文件，对激光雷达分子模式进行矫正和质量控制。

发射单元：探测波长：差分双波长或更多波长；总激光发射功率 $\geq 1\text{W}$ ；脉冲频率： $\geq 10\text{Hz}@$ 基站型， $\geq 5\text{KHz}@$ 走航型；激光器：Nd: YAG；泵浦方式：闪光灯泵浦或半导体泵浦；激光器冷却方式：水冷或风冷；光束发散角 $\leq 3\text{mrad}$ ；输出能量不稳定性 $\leq 7\%$ ；单脉冲宽度 $\leq 8\text{ns}$ ；

接收单元；接收望远镜：反射式光学系统；望远镜口径 $\geq 200\text{mm}@$ 走航型， $\geq 300\text{mm}@$ 基站型；紫外光纤耦合，提高系统稳定性；多通道探测。

四、应用案例

项目名称：青岛市臭氧激光雷达立体监测

项目概况：走航监测青岛市臭氧污染现状，掌握臭氧的变化特征和污染成因。充分利用先进的大气臭氧激光雷达监测预报，为第十八次上合组织峰会提供环境质量保障。可形成垂直测量观测立体空间臭氧的分布变化图，监测臭氧变化的时间特征和氧化作用及高空输送。

五、推广前景

随着经济社会的快速发展和城市化进程的不断加速，环境监测及监管部门对建设大气臭氧综合立体观测系统需求加大，用以准确监测的臭氧的污染现状，及时掌握臭氧的变化特征和污染成因。臭氧激光雷达具有广泛的市场前景，预计三年后销售收入将超过 3 亿元。

案例八：

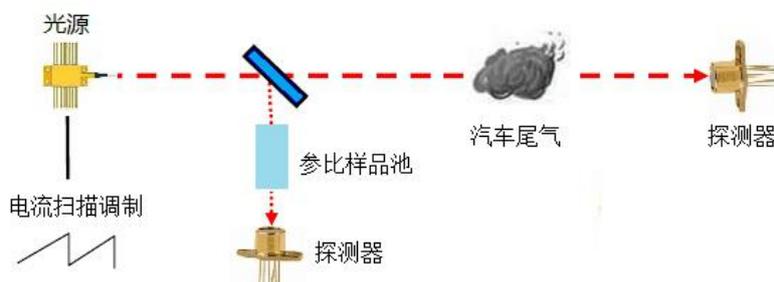
广州市云景信息科技有限公司机动车尾气遥感监测系统

一、技术适用范围

适用于机动车尾气排放监测。

二、技术原理及工艺

采用遥感监测技术，适用于道路上监测正常行驶的汽车排放的污染物浓度，采用非分散红外光和紫外光，由光源直接发射光束到道路对面的光学反光镜，再反射到检测器中，通过分析汽车尾气对光束的吸收程度，进而得出污染物浓度。



技术路线图

三、技术指标

CO 测量范围：0 ~ 10%，绝对误差： $\pm 0.25 \times 10^{-2}$ ，相对误差： $\pm 10\%$ ；CO₂ 测量范围：0 ~ 16%，绝对误差： $\pm 0.25 \times 10^{-2}$ ，相对误差： $\pm 10\%$ ；HC (1, 3-丁二烯) 测量范围： $(0 \sim 200) \times 10^{-6}$ ，绝对误差： $\pm 10 \times 10^{-6}$ ，相对误差： $\pm 10\%$ ；HC (丙烷) 测量范围： $(0 \sim 5000) \times 10^{-6}$ ，绝对误差： $\pm 100 \times 10^{-6}$ ，相对误差： $\pm 10\%$ ；NO 测量范围： $(0 \sim 5000) \times 10^{-6}$ ，

绝对误差： $\pm 50 \times 10^{-6}$ ，相对误差： $\pm 10\%$ ；不透光度测量范围：0~100%，最大允许误差： $\pm 2\%$ 。

四、应用案例

项目名称：肇庆市机动车尾气遥感监测系统

项目概况：肇庆市机动车尾气遥感监测系统建设在肇庆市端州区端州八路西向东方向的三榕港路段，系统可实时监测过往车辆尾气中的CO、CO₂、HC、NO等污染物，同时测量其不透光度和林格曼黑度。项目总投资290万元，每年运行成本为15万元。2020年间，共计抓拍约340万次车辆，筛查出约3万辆高排车辆，捕获6000余辆冒黑烟车辆。

五、推广前景

机动车尾气排放是大气污染治理重点监测对象，汽车尾气遥感监测设备具有良好的技术储备，受益于遥感监测政策推进和遥感监测行业快速发展带来的红利，按照全国293个地市，每个地市的需求为10套，每套按照160万元计算，市场空间约为47亿元。

案例九：

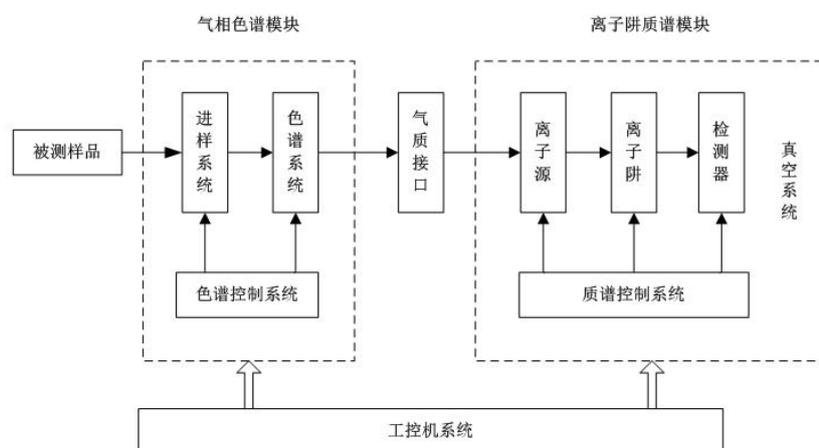
杭州谱育科技发展有限公司 EXPEC 3500 便携式气相色谱质谱联用分析仪

一、技术适用范围

适用于大气、水体和土壤中挥发性有机化学污染物（VOCs）和半挥发性有机化学污染物（SVOCs）的快速定性及定量分析。

二、技术原理及工艺

该技术装备由进样系统、气相色谱模块及质量分析器质谱模块等组成。进样系统采用吸附管和定量环并联的模式，进样方式可通过软件实现自由切换，提高了仪器的现场检测灵活度和现场检测效率；色谱模块采用低热容快速气相色谱技术，分析速度比常规色谱技术提高 5 倍以上；质谱模块采用三维离子阱作为质量分析器，并采用脉冲式内离子源技术，检出限达到 ppb 量级，可满足痕量有机物分析的需求。



技术路线图

三、技术指标

VOCs 灵敏度：ppt 量级，分析时间 $\leq 5\text{min}$ (T0-14)，
动态范围： 1×10^7 (ppb-ppm)；分析速度 $\leq 5\text{min}$ (T0-15)；
质量范围：15amu-550amu，质量准确性： ± 0.3 amu (8h)；
扫描速率 ≥ 12000 amu/s。

四、技术特点及先进性

分离效率、样品前处理、检测灵敏度高，性能稳定，操作简单。

五、应用案例

项目名称：《硬质聚氨酯泡沫和组合聚醚中 CFC-12、HCFC-22、CFC-11 和 HCFC-141b 等消耗臭氧层物质的测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法》(HJ 1058-2019) 等四项标准制订

项目概况：EXPEC 3500 便携式气相色谱质谱联用分析仪参与了《硬质聚氨酯泡沫和组合聚醚中 CFC-12、HCFC-22、CFC-11 和 HCFC-141b 等消耗臭氧层物质的测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法》(HJ 1058-2019)、《固定污染源废气 挥发性有机物的测定 便携式气相色谱-质谱法》(征求意见稿)、《水质 挥发性有机物的测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法》(征求意见稿)、《环境空气 挥发性有机物的测定 便携式气相色谱-质谱法》(征求意见稿) 四项标准的制订工作。分别完成了固定污染源废气 30 种、水质 56 种和环境空气 52 种 VOCs 的快速测定，对现场应急监测、执法监测提供可靠的分析设备和方法依据。

六、推广前景

“十四五”以来，VOCs 已取代 SO₂ 成为空气质量改善的重要指标之一，实现对 VOCs 的精准管控离不开高精度现场分析设备，EXPEC 3500 便携式 GC-MS 与国内外同类产品相比，在检测灵敏度、可靠性等方面均具有明显优势。基于不断增长的市场需求及技术上的明显优势，未来五年 EXPEC 3500 便携式 GC-MS 具有良好的市场前景。

案例十：

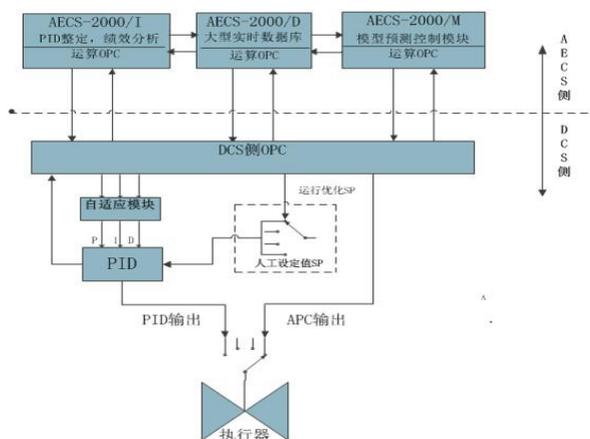
控软自动化技术（北京）有限公司 AECS-2000 先进过程控制运行优化系统

一、技术适用范围

适用于火电/钢铁/化工等行业氮氧化物 (NO_x) 等污染物稳定排放控制、煤炭能源节能降耗。

二、技术原理及工艺

采用脱硝自动控制优化系统，通过 OPC 通讯实时与 DCS 交换数据，综合各个过程单元模块信息，时变过程类型，采用多节指令模型，通过启发式算法以及高阶质量与死区时间应用，通过对机组锅炉反应过程进行参数建模，借由模型进行精准控制。脱硝自动控制优化系统是将自动控制领域先进控制算法（软测量技术、模型预测控制、内模控制、解耦控制等）与先进控制策略有机地结合在一起，为加快脱硝自动控制系统响应能力、增强系统闭环稳定性以及提高系统抗扰动能力提供完整的解决方案。



工艺流程图

三、技术指标

机组在运行中主汽压力、主汽温度的波动幅度： $\pm 0.1\text{MPa}/\pm 2.0^\circ\text{C}$ （稳态工况）； $\pm 0.2\text{MPa}/\pm 4^\circ\text{C}$ （变负荷工况）；实际负荷速率 K1: $1.63\%Pe/\text{min}$ ；负荷精度 K2: $0.3\%Pe$ ；负荷响应时间 K3 平均为 20 秒；脱硝自动控制系统连续运行下控制脱硫出口 NO_x 的均值控制在设定值的 $\pm 2\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ 范围内，且满足环保考核排放指标（ $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ）；平均节省氨流量为 $15\text{kg}/\text{h}$ ，综合煤耗降低 $0.5\text{g}/\text{kW} \cdot \text{h} \sim 2\text{g}/\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

四、技术特点及先进性

在整体控制结构上以 DCS 控制逻辑中的前馈+反馈的控制模式为基础，通过系统内置的多参数 PID 功能块进行变参数切换同时以预测控制技术判断 AGC 指令，动态加强锅炉调节作用，从而实现利用锅炉蓄热的同时加强锅炉的燃烧，使锅炉能量快速跟上需求能量，并且大幅提高机组 AGC 控制系统的闭环稳定性和抗扰动能力。

五、应用案例

项目名称：华能武汉发电有限责任公司#1 机组加装实时自动控制优化系统

项目概况：项目位于长江经济带的湖北省武汉市，华能武汉发电有限责任公司占武汉市发电装机容量的 54%。机组在运行中主汽压力、主汽温度的波动幅度： $\pm 0.1\text{MPa}/\pm 2.0^\circ\text{C}$ （稳态工况）； $\pm 0.2\text{MPa}/\pm 4^\circ\text{C}$ （变负荷工况）。在 AGC 方式下，满足电网“两个细则”考核指标的要求。实际负荷速率 K1 为 $1.63\%Pe/\text{min}$ ，远高于“两个细则” $1.2\%Pe/\text{min}$

的要求;负荷精度 K2 为 0.3%Pe, 远小于 AGC 精度 1%Pe 需求;负荷响应时间 K3 平均为 20 秒。脱硝自动控制系统连续运行下控制脱硫出口 NO_x 的均值控制在 $35\text{mg}/\text{m}^3 \sim 45\text{mg}/\text{m}^3$, 并且不会出现单侧过喷现象, 同时变负荷过程各参数也相对平稳。

综合煤耗降低 $2.9 \text{ g}/\text{kW} \cdot \text{h}$, 液氨耗量降低 $15\text{kg}/\text{h}$, 按照年平均负荷率 80%, 标煤 500 元/吨和标准液氨 2000 元/吨计算, 每年降低运行成本 1700 万元, 同时降低了空预器堵塞的风险。

六、推广前景

先进过程控制 (APC) 系统被列入最新的《产业结构调整指导目录》新增鼓励类产业, 在智慧工厂建设、生产过程灵活性改造、节能降耗、大气污染物排放控制等工业生产过程智能化寻优运行管理等方面应用广阔, 市场容量接近 100 亿元。