

团 体 标 准

T/JSSES XXXX—XXXX

大气环境激光雷达走航监测技术规范

**Technical specifications for atmospheric environment Lidar cruise
monitoring**

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

江苏省环境科学学会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法概述 1

5 技术要求 2

6 监测方法 3

7 结果分析与应用 5

8 质量保证与质量控制 6

9 安全防护要求 6

附 录 A （规范性） 气溶胶激光雷达性能指标检测方法 7

附 录 B （规范性） 臭氧激光雷达性能指标检测方法 9

参考文献 11

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。

本文件由江苏省环境科学学会提出并归口。

本文件主要起草单位：无锡中科光电技术有限公司、江苏省环境监测中心、江苏省苏州环境监测中心、浙江大学、中国科学院安徽光学精密机械研究所

本文件主要起草人：陈文泰、郑隆武、高宗江、章统、周剑锋、钟声、郁建桥、曹军、徐政、顾均、吴祺、刘东、吴兰、刘崇、董云升。

大气环境激光雷达走航监测技术规范

1 范围

本文件规定了大气环境激光雷达（包括大气气溶胶激光雷达及大气臭氧激光雷达）走航监测的方法概述、仪器和设备、监测方法、质量保证与质量控制及安全防护要求。

本文件适用于搭载355nm、532nm、1064nm波长大气气溶胶激光雷达以及搭载紫外差分吸收臭氧激光雷达的走航监测。

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/T 31159-2014 大气气溶胶观测术语
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求和用户指南
- HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则
- HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准
- HJ 633 环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）
- QC/T 41 中华人民共和国汽车行业标准 环境监测车

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大气气溶胶 atmospheric aerosol

液体或固体微粒分散在大气中形成的相对稳定的悬浮体系。

[来源：GB/T 31159-2014]

3.2

激光雷达法 lidar method

利用发射激光脉冲，测量不同距离气溶胶后向散射，遥感气溶胶物理特性空间分布的方法。

[来源：GB/T 31159-2014]

3.3

盲区 blind region

在离激光雷达非常近的一段距离范围内，激光器发射的激光光束不在接收视场内，接收望远镜接收不到大气气溶胶及分子的后向散射光，这一区域称为激光雷达的盲区。

3.4

气溶胶消光系数 aerosol extinction coefficient

表征大气气溶胶造成辐射能量衰减程度的物理量。注：数值上等于气溶胶散射系数和吸收系数之和，常用单位为 m^{-1} 、 km^{-1} 。

[来源：GB/T 31159-2014]

3.5

退偏振比 depolarization ratio

又称“消偏振比”或“退偏比”。是大气分子和气溶胶在平行偏振光的散射作用中后向散射光中垂直偏振部分的强度和水平偏振部分的强度的比值。

4 方法概述

利用车载激光雷达法设备及其他辅助设备，基于地理位置信息在行进中连续自动监测，对大气气溶胶、对流层臭氧进行定性定量分析，得出沿行进路线的气溶胶、臭氧空间连续分布，必要时辅以定点监测，完成定性、定量分析。

5 技术要求

5.1 激光雷达技术要求

5.1.1 大气气溶胶激光雷达

- a) 依照激光器能量的不同，应采用高能量脉冲激光雷达、微脉冲激光雷达两种类型之一；
- b) 依照光电转换和数据采集方式的不同，应采用模拟采集激光雷达、光子计数激光雷达两种类型之一；
- c) 依照波长不同，应采用355nm、532nm、1064nm三种波长类型的激光雷达之一。

5.1.2 大气臭氧激光雷达

大气臭氧激光雷达应采用根据两个及以上紫外波长的回波信号进行差分计算臭氧浓度的设备，且为保证臭氧浓度计算的准确性，两个紫外波长对的波长差应在20nm范围以内。

5.1.3 激光雷达安装

激光雷达应按GB 7247.1-2001中4类产品规定，贴有激光警告标记、说明标记、激光窗口标志以及有关文字说明，相关标志应符合GB 2894-2008中的第4章的规定。

5.2 走航监测车要求

5.2.1 基础承载载体

走航监测车应配置成品商用车作为基础承载载体，需满足设备集成承载能力、国家道路通行标准及监测作业场景（如复杂路况、室外环境）的适应性要求。

5.2.2 供电系统

应集成稳定的供电系统，需保障核心仪器设备、环境控制系统、网络传输系统等全链路用电需求，具备电压稳定调节、断电应急供电（如备用电源）及过载保护功能。

5.2.3 环境控制系统

需配置环境控制系统，可对车内监测设备安装区域的温度、湿度进行调控，维持设备运行所需的适宜环境条件。

5.2.4 防雷接地系统

应设置符合防雷规范的防雷接地系统，需有效规避雷击对车内电子设备、供电系统的损害，接地电阻值需满足相关安全标准。

5.2.5 减震安装结构

需采用专用减震安装结构固定核心仪器设备，减少车辆行驶过程中振动对设备精度、运行稳定性及数据采集质量的影响，减震性能应适配设备安装精度要求。

5.2.6 网络传输系统

应集成网络传输系统，需实现监测数据的实时传输（如无线通信、卫星传输等）与本地存储备份功能，保障数据传输的时效性与安全性，满足远程监控与数据汇总需求。

5.2.7 辅助设备

需配置必要的辅助设备，包括但不限于设备维护工具、数据存储备份设备、安全警示装置等，辅助设备功能需适配监测作业全流程需求，确保监测工作连续开展。

5.3 系统集成要求

激光雷达需集成在车的内部，不能直接安装在车顶或者通过升降台的方式集成，以保障激光雷达的稳定性和安全性。

激光雷达需要配备定制的光学天窗，以实现在雨天情况下走航车的使用，实现走航车的全天候工作和无人值守。

大气气溶胶激光雷达走航车需要配备光学扫描头，以实现移动走航和定点扫描监测功能。

5.4 车载工控机

车载工控机应满足 HJ 212 要求，还应符合以下要求：

- a) 通信接口：具备一路 RS-485 或 RS-232 或 USB 接口或以太网通信接口，用于与上位机通信；
- b) 存储要求：根据使用需求，以二进制的或十进制格式，能完整存储不少于 12 个月的所有参数监测数据和报警等信息；
- c) 抗干扰能力：具有防雷击、防电磁干扰、抗震动等能力；
- d) 电压稳定性：允许外部供电电压波动±10%；
- e) 保障系统运行并将数据传输至上位平台。

5.5 供电设备

电量应至少满足在满负荷运行状态下走航监测的激光雷达设备连续运行6h以上。

5.6 工作温湿度

走航监测车在环境温度范围是-20℃~40℃、湿度范围为0%~90%的外部环境条件下应能正常工作。

5.7 走航软件

走航软件包括但不限于设备状态参数实时监控、状态异常情况报警、设备性能指标测试、监测数据实时展示、走航结果地图叠加及历史数据回看等功能。

5.8 车载卫星定位系统及电子地图

应配备车载卫星定位系统，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3.5 m以内。

6 监测方法

6.1 仪器准备

6.1.1 整体要求

大气气溶胶激光雷达和大气臭氧激光雷达检测性能指标分别见表1和表2。

表 1 大气气溶胶激光雷达检测性能指标

探测波长	355nm/532nm/1064nm 波长
盲区	≤75 m
信噪比	≥60dB(500m 处) ≥30dB(1000m 处) ≥5dB(2000m 处)
有效探测距离	≥4 km
接收横截面四象限均匀性	≤20%

大气瑞利散射信号拟合偏差	≤20%
时间分辨率	≤1min

表 2 大气臭氧激光雷达检测性能指标

探测波长	至少包含 2 个紫外波长，且波长差小于 20nm
盲区	≤75 m
信噪比	≥60dB(500m 处) ≥30dB(1000m 处) ≥5dB(2000m 处)
有效探测距离	≥3 km
接收横截面四象限均匀性	≤20%
时间分辨率	≤1min

6.1.2 盲区

按照附录A中A. 1、附录B中B. 1的方法进行盲区检查，近地面探测最低高度应满足表1和表2要求。

6.1.3 信噪比

按照附录A中A. 2、附录B中B. 2的方法进行原始信号采集，信号峰值与噪声比值应满足表1和表2要求。

6.1.4 有效探测距离

按照附录A中A. 3、附录B中B. 3的方法进行原始信号采集，信噪比SNR≥3时，对应高度应满足表1和表2要求。

6.1.5 接受横截面四象限均匀性

按照附录A中A. 4、附录B中B. 4的方法进行接收横截面四象限均匀性检查，结果应满足表1和表2要求。

6.1.6 大气瑞利散射信号拟合偏差

按照附录A中A. 5的方法进行大气瑞利散射信号拟合偏差检查，激光雷达原始信号和标准大气模型的距离平方校正信号进行线性拟合，斜率的相对偏差应满足表1要求。

6.1.7 走航监测车准备

对大气环境激光雷达走航监测车的测试应在规定的标准监测条件下进行。参考的标准监测条件见表3。

表 3 大气环境激光雷达走航监测车准备

影响对象	大气臭氧激光雷达
车内环境温度	25℃~30℃
车内环境湿度	≤85%RH
电源电压	220V±22V
电源频率	50Hz±1Hz

6.1.8 试运行

启动监测设备和车辆，在周边开展小范围走航试验，确认车辆、监测设备等运行正常，工控机可正常上传监测数据，电子地图显示定位准确、无明显延迟。

6.2 监测方案制定

6.2.1 走航天气条件的确定

走航监测工作宜在风速8m/s以下，无降水的天气开展。

6.2.2 走航监测区域的确定

根据环境管理要求和解决实际环境问题需求，规划走航监测区域。掌握监测区域的企业分布及所属行业、道路分布状况、周边敏感区分布状况、盛行风向等。

6.2.3 前期资料的收集和调查

在对目标区域开展大气激光雷达走航监测前应先确认气象条件，并对目标区域内的污染源信息、区域环境空气污染分布和时间变化特征等信息进行资料收集和调查，包括但不限于工业源、无组织排放源、交通源、高架源等信息。

6.2.4 走航路线规划

结合目标区域污染源分布、主导风向和区域管理需求，规划走航监测路线。走航监测在满足区域管理要求和保证安全的前提下，走航监测区域应适当空旷，不应有明显遮挡，且尽可能靠近排放源头进行监测。监测过程可以参考HJ/T 55的要求在目标排放源周围及下风向进行监测。

6.3 监测实施

6.3.1 按照规划路线开展走航监测，必要时可对路线进行适当调整。走航监测速度宜控制在30km/h-40 km/h。

6.3.2 在污染天气、污染突发性事件、监测站点数据突高等特殊情况下，可增加走航监测频次，为管理部门提供精准打击对象与污染源归档。

7 结果分析与应用

7.1 数据产品

7.1.1 大气气溶胶激光雷达监测的数据产品包括气溶胶消光系数、退偏振比、大气边界层高度、PM_{2.5}和PM₁₀浓度。

7.1.2 大气臭氧激光雷达监测的数据产品包括对流层臭氧浓度廓线、气溶胶消光系数、大气边界层高度。

7.1.3 以上数据产品均需剔除云的影响。

7.2 结果表示

7.2.1 本文件臭氧浓度、PM_{2.5}和PM₁₀浓度所使用的浓度单位为μg/m³，保留至个位数。气溶胶消光系数使用的单位为km⁻¹，保留小数点后两位。退偏振比为无量纲，保留小数点后两位。大气边界层高度使用的单位为m，保留至个位数。

7.2.2 走航监测完成后，需根据走航路径，绘制所监测的气溶胶消光系数、退偏振比、PM_{2.5}浓度、PM₁₀浓度及大气臭氧浓度的伪彩图，包括位置（时间）—高度—色度三个维度。支持对伪彩图不同区域特定时间点和特定高度的消光、退偏振比、PM_{2.5}和PM₁₀浓度、大气臭氧浓度的查询功能。伪彩图需标注图例。

7.2.3 走航监测完成后绘制走航路径上的所监测大气边界层高度的平面折线图，图谱应提供图例等信息。

7.3 走航报告

7.3.1 报告应包含走航路线规划、天气条件、走航时段、走航目标及预期效果等。

7.3.2 报告应包含走航期间的整体情况，包括区域伪彩图，以表格形式呈现的高值点位台账，高值点位的空间分布。

7.3.3 报告应包含结合区域周边污染源，风速、风向、温度、湿度等气象要素数据，分析污染来源及传输等。

8 质量保证与质量控制

8.1 性能指标检查

应按照附录A、附录B的要求定期对仪器性能进行检查，检查结果应符合相应要求，确认雷达状态。若走航监测前的任一性能指标检查不合格，则应及时查找原因，直至合格后可进行走航监测。

8.2 走航前设备状况检查

- 8.2.1 检查激光光斑形状、是否出现位移，有偏差应及时调整。
- 8.2.2 检查输出能量大小及稳定性，如出现能量波动异常需及时检查维修激光器。
- 8.2.3 采用水冷激光器的仪器，检查激光器冷却液液位。
- 8.2.4 如有天窗加热装置，检查是否正常工作。
- 8.2.5 在季节交换期应注意室内外温差，及时调整走航车内空调温度，防止天窗出现冷凝水现象。
- 8.2.6 清洁光学天窗玻璃表面，检查天窗是否破裂、天窗支架及玻璃密封是否完好、有无漏水渗水等现象。
- 8.2.7 检查光学镜片表面是否有积尘、污渍或被打损现象，扩束镜片是否有被激光灼损现象。

8.3 建立质量控制文件

质量控制文件是为保障质量控制工作的流程化、标准化与可追溯而制定的文件，包括每台仪器的标准操作规范（SOP）、日常运行维护与质量控制规范、巡检表格、维修表格与校准表格等。

8.4 走航监测设备防震措施

应对走航车中的激光雷达设备采取必要的防震措施，包括雷达设备整机减震及关键器部件减震，主要的减震手段可采用钢丝绳减震或橡胶减震。

9 安全防护要求

9.1 优先保障行车安全

沿城市主要交通干道或重点工业园区开展走航监测，以较低车速行驶或临时停车时，应通过开启危险报警闪光灯或鸣笛等方式对周边车辆进行警示；沿高速公路进行走航监测的，确保行车安全前提下参考6.3.1中的要求。

9.2 应注意监测车内人员的安全健康防护

根据工作实际需要配备口罩、防护服、防毒面具等装备。

附录 A (规范性) 气溶胶激光雷达性能指标检测方法

A.1 盲区

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，将激光雷达处于垂直探测状态，避开低空云，开机运行。连续采集后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，统计有效信号廓线第 1 个波峰（为杂散光信号）和第 2 个波峰之间最低点在数据点中的序号。根据式（1）计算出的每个通道的盲区均应分别满足 6.1.2 中的要求。

$$B = D \times n \quad \text{..... (1)}$$

式中：B-----盲区，m；

D-----空间分辨率，m；

n-----第 1 个波峰（为杂散光信号）和第 2 个波峰之间最低点在数据点中的序号。

A.2 信噪比

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，激光雷达垂直探测，避开云，开机运行。连续采集后获得 1 组（含 500m、1000m、2000m 三个点）原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，根据式（2）、（3）、（4）计算出的对应波长有效信号廓线信噪比的最大值均应分别满足表 1 中的要求。

（4）计算出的对应波长有效信号廓线信噪比的最大值均应分别满足 6.1.3 中的要求。

$$SNR = \frac{Signal}{Noise} \quad \text{..... (2)}$$

$$Noise = \sqrt{\frac{\sum_{i=m}^{m+n} (x_i - \bar{x})^2}{n+1}} \quad \text{..... (3)}$$

$$SNR(dB) = 20 * \log(SNR) \quad \text{..... (4)}$$

式中：SNR-----信噪比；

Signal-----扣除背景基线后的峰值信号；

m-----计算背景基线的起始点；

m + n-----计算背景基线结束点；

x_i -----数据值；

$\bar{x}$ -----该段数据平均值，即背景基线值；

SNR(dB)-----信噪比（dB）。

A.3 有效探测距离

在能见度 $\geq 10km$ 的晴朗天气下，激光雷达垂直探测，避开云，开机运行。连续采集后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，根据式（2）、（3）、（4）计算出的有效信号廓线信噪比 $SNR \geq 3$ 的部分为有效信号，相应的最大高度为有效探测距离，对应波长有效信号探测距离均应分别满足 6.1.4 中的要求。

A.4 接收横截面四象限均匀性

A.4.1 同轴激光雷达

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，激光雷达垂

直探测，避开低空云，开机运行。用工装遮挡住望远镜其它三个接收面，只留一个接收面接收信号，连续采集后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出 1 条原始信号廓线。对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线“S1”，以同样的方法获得其它三个象限的有效信号廓线 S2、S3、S4，将 4 个有效信号廓线置于同一坐标系下绘图（纵坐标取对数），然后选取高度范围在 50~300m（避开云），例如 1050m~1300m 之间的有效信号廓线进行比对。根据式（5）、（6）、（7）计算出的对应波长四个象限有效信号相对平均偏差均应分别满足 6.1.5 中的要求。

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta m = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m}{n} \dots\dots\dots (6)$$

$$\Delta m_{rel} = 100 \times \frac{\Delta m}{\bar{m}} \dots\dots\dots (7)$$

式中： m -----有效信号廓线某一个高度的幅值；

$\bar{m}$ -----有效信号廓线在一个确定的高度范围幅值的平均值；

n -----代表在一个确定的高度范围获得的测量值个数；

Δm -----代表某一个高度上 4 条有效信号廓线的最大偏差；

Δm -----4 条有效信号廓线的平均偏差；

Δm_{rel} -----相对平均偏差，百分比。

A. 4.2 离轴激光雷达

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，激光雷达垂直探测，避开低空云，开机运行。用工装遮挡住望远镜其它三个接收面，只留一个接收面接收信号，连续采集后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出 1 条原始信号廓线。对原始信号廓线进行扣除背景处理，获得有效信号廓线“S1”。以同样的方法获得其它三个象限的有效信号廓线 S2、S3、S4，将 4 个有效信号廓线置于同一坐标系下绘图（纵坐标取对数），且 $S1(S4) \geq S2(S3)$ ，然后选取空间范围在 50~300m（避开云），例如 1050m~1300m 之间的有效信号廓线进行比对。同样根据式（5）、（6）、（7）计算出的对应波长两两象限有效信号相对平均偏差均应分别满足 6.1.5 中的要求。

A. 5 大气瑞利散射信号拟合偏差

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，大气中的气溶胶含量处于无污染或者轻度污染的水平，激光雷达垂直探测，避开云，开机运行。连续采集后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景、距离平方校正处理，获得距离平方校正信号“S”。利用标准大气模型（参考国际标准大气模型 ISA 或者美国 1976 年标准大气模型 Standard atmosphere model of the United States of 1976），得到大气分子的瑞利散射距离平方校正信号“S'”。将“S”和“S'”置于同一坐标系下绘图（纵坐标取对数），并以“S'”+常数的方式调整“S'”的大小，使得“S”和“S'”的高空部分重合，计算两者重合部分的各自线性拟合直线的斜率“k”和“k'”，对应波长的“k”和“k'”的相对偏差应满足 6.1.6 中的要求。

附录 B

(规范性)

臭氧激光雷达性能指标检测方法

B.1 盲区

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，将激光雷达处于垂直探测状态，避开低空云，开机运行。连续采集 1min 后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，统计有效信号廓线第 1 个波峰（为杂散光信号）和第 2 个波峰之间最低点在数据点中的序号；如果没有杂散峰，统计数据点信噪比连续 4 个或以上大于 1 的最低的序号。

根据式（1）计算出的每个通道的盲区均应分别满足质控的要求。

$$B = D \times n \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

B——盲区，m；

D——根据 5.1 计算出的空间分辨率，m；

n——第 1 个波峰（为杂散光信号）和第 2 个波峰之间最低点在数据点中的序号；或者连续 4 个或以上大于 1 的最低的序号

B.2 信噪比

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ ，能见度 $\geq 10 km$ ，的晴朗天气下，连续采集 1min 后获得 1 组（含 500m、1000m、2000m 三个点）原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，根据式（2）、（3）、（4）计算出的对应波长有效信号廓线信噪比的最大值均应分别满足表 2 中的要求。

$$SNR = \frac{Signal}{Noise} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Noise = \sqrt{\frac{\sum_{i=m}^{m+n} (x_i - \bar{x})^2}{n+1}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$SNR(dB) = 20 * \log_{10}(SNR) \quad \dots\dots\dots (4)$$

SNR——信噪比；

Signal——扣除背景基线后的峰值信号；

m ——为计算背景基线的起始点；

m + n——为计算背景基线结束点；

x_i ——为数据值；

$\bar{x}$ ——为该段数据平均值，即背景基线值

SNR(dB) ——信噪比（dB）

B.3 有效探测距离

在能见度 $\geq 10 km$ 的晴朗天气下，臭氧探测激光雷达设备垂直探测，避开云，开机运行。连续采集 10min 后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出原始信号廓线，对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线，根据式（2）、（3）、（4）计算出的有效信号廓线信噪比 $SNR \geq 3$ 的部分为有效信号，相应的最大高度为有效探测距离，对应波长有效信号探测距离均应分别满足 6.1.5 的要求。

B.4 接收界面四象限均匀性

在近地面气溶胶质量浓度 $PM_{10} \leq 150 \mu g/m^3$ 、 $PM_{2.5} \leq 75 \mu g/m^3$ ，湿度 $\leq 60\%$ 的晴朗天气下，激光雷达垂直探测，避开低空云，开机运行。用工装遮挡住望远镜其它三个接收面，只留一个接收面接收信号，连续采集 1min 后获得 1 组原始采集数据，以距离为横坐标，信号幅值为纵坐标，用该组原始采集数据画出 1 条原始信号廓线。对原始信号廓线进行扣除背景信号处理，获得有效信号廓线 S1，以同样的方法获得其它三个象限的有效信号廓线 S2、S3、S4，将 4 个有效信号廓线置于同一坐标系下绘图（纵坐标取对数），至少三个象限在高空（ $>1km$ ）的有效信号廓线要重合，然后选取高度范围在 50~300m（避开云），例如 1050m~1300m 之间的有效信号廓线进行比对。根据式（5）、（6）、（7）计算出的对应波长四个象限有效信号相对平均偏差均应分别满足质控的要求

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$\overline{\Delta m} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m}{n} \dots\dots\dots (6)$$

$$\overline{\Delta m}_{rel} = 100 \times \frac{\overline{\Delta m}}{\bar{m}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

m ——有效信号廓线某一个高度的幅值；

$\bar{m}$ ——有效信号廓线在一个确定的高度范围幅值的平均值；

n ——代表在一个确定的高度范围获得的测量值个数；

Δm ——代表某一个高度上 4 条有效信号廓线的最大偏差；

$\overline{\Delta m}$ ——4 条有效信号廓线的平均偏差；

$\overline{\Delta m}_{rel}$ ——相对平均偏差，百分比。

参考文献

- [1] DB31/T 310002-2021 长三角生态绿色一体化发展示范区挥发性有机物走航监测技术规范
 - [2] T/JSES 8-2020 大气环境走航监测车改装技术要求及运行作业指导书
 - [3] T/JSES XX-2019 大气臭氧监测激光雷达技术要求及检测方法作业指导书
 - [4] HJC-ZY82 大气气溶胶激光雷达技术要求及检测方法作业指导书
 - [5] HJ168 环境监测分析方法标准制订技术导则
 - [6] DB31/T 310006 大气超级站质控质保体系技术规范
-