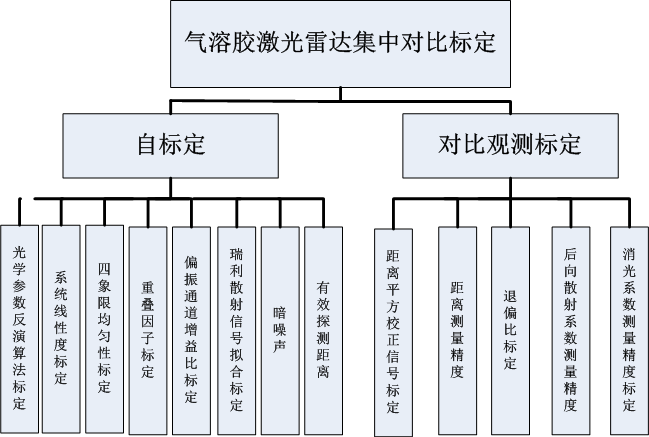
**气溶胶激光雷达集中对比标定方案**

该次集中对比标定实验分为自标定和对比观测标定两个部分，具体包含的内容如下：



气溶胶激光雷达集中对比标定内容

为更好地保证气溶胶激光雷达对比数据及结果的准确性，依据综合气象观测业务要求，标定实验要求在相同时间、相同大气环境条件、相同时间积分的长度等条件下进行，时间段包含白天、夜晚，天气状况涵盖晴天、多云、雾霾等，不包含雨天、阴天等天气状况。标定内容的指标要求如下表所示：

**表2 标定项目与技术要求**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目** | **序号** | **项目** | **测量方法** | **数据格式** | **数据文件名标示(????)**  产品型号\_设备编号\_???? \_yyyymmddhhmmss.txt | **技术要求** |
| **自标定** | **1** | **气溶胶光学参数反演算法精度** | 以标准仿真信号作为输入，对比待标校的气溶胶激光雷达的算法反演后向散射系数结果与标准仿真信号的后向散射系数的差异。 | Range(m) Channel1 …….  7.5 ........  22.5 ........ | [Algorithm](http://www.baidu.com/link?url=rqsGwmiX1VLmpkO6sIonvgjgyJqg2SjtsefNzbvSBHXsJK-XkaByLOWRVDOE2-3jWT9iFnJE24MSjMbRRfXTrhw_fyObHKTD-XYzk8LpiNi) | 0.5-2km：平均相对偏差≤10%；  2-5km：平均相对偏差≤20%。 |
| **2** | **系统线性度\*** | 利用晚上大气较稳定情况，获取待校准雷达系统不加衰减片，以及分别增加透过率80%(OD 0.1)、50%(OD 0.3)、20%(OD 0.7)和10%(OD 1)的衰减片信号进行去背景距离订正后的数据。（每条信号廓线积分时间不超过2min）  **注：**衰减片需分别加入到接收通道中进行测量。 | Range(m) RCS\_100…… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | SaturationCalibration | 0.5-2km：平均相对偏差偏差≤10% |
| **3** | **接收横截面四象限均匀性\*** | 获取待校准雷达系统不同象限回波信号去背景距离订正后的数据。（每个象限积分时间不超过2min）  **注：**没有自动遮挡机械结构的设备，需自行准备半圆形硬纸板，在测量时需要确保半圆形硬纸板能遮挡一半望远镜面积，并将硬纸板分别转动0，90º，180º，270º和360º进行测量。 | Range(m) Q1 Q2 ……  7.5 ........  22.5 ........ | FourquadrantCalibration | 2-5km：至少有三个象限的平均相对偏差≤20%且0和360º对应信号的平均相对偏差小于10% |
| **4** | **重叠因子** | 获取待校准雷达的系统重叠因子结果（方法和实验条件根据系统自定义）。 | Range(m) Result  7.5 ........  22.5 ........ | OverLap | 0.2-0.5km：平均相对偏差≤50% |
| **5** | **偏振通道增益比\*** | 将波片或者消偏器放置于光路中，通过旋转调整波片或者消偏器位置，保证进入水平和垂直通道的信号强度相同，采集获得平行和垂直通道的原始数据P1和S1。（积分时间不超过2min） | Range(m) p s …… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Gainratio | 偏振系统光轴一致性：相对偏差≤10%  增益比稳定性：相对偏差≤15% |
| **6** | **大气瑞利信号拟合一致性标定\*** | 在水平能见度不小于15 km且无风且稳定的天气条件下，采集大气数据，并进行背景扣除和距离平方修正。（积分时间不超过30min） | Range(m) Channel1…… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | RayleighCalibration | 在与瑞利信号对比的区间段内信号相对偏差≤15%且区间段长度大于2km |
| **7** | **有效探测范围\*** | 在水平能见度不小于15 km且无风且稳定的天气条件下，采集大气数据。（积分时间不超过30min） | Range(m) Channel1 ……(不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Detectionrange | 晴空下廓线≥10km（信噪比≥3） |
| **8** | **暗噪声\*** | 遮蔽望远镜，采集系统信号。（积分时间不超过30min） | Range(m) Channel1 …….  7.5 ........  22.5 ........ | Noise | 系统噪声小于随机噪声 |
| **对比标定（在完成自标定并达到技术指标要求后实施）** | **1** | **距离平方校正信号精度标定\*** | 在能见度不小于15 km，无风且稳定的天气条件下，待标定激光雷达与标准激光雷达开展比对。连续采集至少180min的原始数据，从中选出不少于连续30min气溶胶分布稳定的时间段，用原始采集数据得出原始信号廓线，对原始信号廓线进行累计平均、零点校正（如果采用光子计数采集则需进行死时间校正）、扣除背景、距离平方校正处理，获得距离平方校正信号。分别计算0.5km~2km和2km~5km的平均相对偏差和平均标准偏差。 | Range(m) rcs1 …… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Rcs | 0.5-2km：平均相对偏差≤ 10%，  0.5-2km：平均标准偏差≤ 10%；  2-5km：平均相对偏差 ≤ 20%，  2-5km：平均标准偏差≤ 20%。 |
| **2** | **退偏比精度标定\*** | 在无风且稳定的天气条件下，待标定激光雷达与标准激光雷达开展比对。连续采集后获得至少30min米散射通道的原始采集数据，并反演计算得到退偏比结果。分别计算0.5km~2km和2km~5km的平均相对偏差和平均标准偏差。 | Range(m) D1 …… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Depolarizationratio | 0.5-2km：平均相对偏差≤ 10%，  0.5-2km：平均标准偏差≤ 10%；  2-5km：平均相对偏差 ≤ 20%，  2-5km：平均标准偏差≤ 20%。 |
| **3** | **米散射气溶胶后向散射系数测量精度标定\*** | 在能见度不小于15 km，无风且稳定的天气条件下，待测激光雷达和标准激光雷达垂直探测，避开云，开机运行。连续采集后获得至少30min米散射通道的原始采集数据，并使用统一的激光雷达比（如50sr）反演计算得到米散射通道的消光系数和后向散射系数。分别计算0.5km~2km和2km~5km的平均相对偏差和平均标准偏差。 | Range(m) result …… (不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Backcattercoefficient-mie | 0.5-2km：平均相对偏差≤20%，  0.5-2km：平均标准偏差≤20%；  满足后向散射系数>1\*10-7时，2-5km：平均相对偏差≤40%，  2-5km：平均标准偏差≤40%。  （不计入激光雷达比误差） |
| **4** | **米散射气溶胶消光系数测量精度标定\*** | Range(m) result ……(不同波长)  7.5 ........  22.5 ........ | Extinctioncoefficient-mie |
| **6** | **拉曼气溶胶后向散射系数测量精度标定\*** | 在能见度不小于15 km，无风且稳定的天气条件下，待测激光雷达和标准激光雷达垂直探测，避开云，开机运行。连续采集后获得至少30min的拉曼通道的原始采集数据，反演计算得到拉曼散射通道的消光系数和后向散射系数。分别计算0.5km~2km和2km~5km的平均相对偏差和平均标准偏差。 | Range(m) result ……(532nm)  7.5 ........  22.5 ........ | Backcattercoefficient-raman | 0.5-2km：平均相对偏差≤25%，  0.5-2km：平均标准偏差≤25%；  满足后向散射系数>1\*10-7时，2-5km：平均相对偏差≤30%；  2-5km：平均标准偏差≤40%。 |
| **7** | **拉曼气溶胶消光系数测量精度标定\*** | Range(m) result ……(532nm)  7.5 ........  22.5 ........ | Extinctioncoefficient- raman | 0.5-2km：平均相对偏差≤30%，  0.5-2km：平均标准偏差≤30%；  满足后向散射系数>1\*10-7时，2-5km：平均相对偏差≤40%，  2-5km：平均标准偏差≤40%。 |
| **8** | **距离测量精度\*** | 在有薄云的天气情况下，开机运行。积分时间不超过1min。在系统指向和零点标定的基础上，采用标准气溶胶激光雷达的原始回波信号进行比对，抽取具有强散射薄云的测量区间，利用信号峰值位置作为比对标准，采用强度加权平均法计算云强度最高点高度，然后计算两者峰值位置的差别。 | Range(m) Channel1 …… (532nm)  7.5 ........  22.5 ........ | Rangeaccuracy | 不大于其空间分辨率（15m） |

**\*表示必需完成的检验事项，否则为可选完成事项。**

**附1：偏差计算方法**

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps1.png

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps4.png——相对偏差%；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps6.png——参考信号；不同高度处的标准仿真信号后向散射系数；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps8.png——待测试信号；仿真回波信号距离校正信号作为标准输入，经待标定激光雷达计算出的后向散射系数。

对于一段距离区间内的平均相对偏差即为区间内的相对偏差的算数平均值。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps10.png

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps12.png——一段距离区间内的平均相对偏差，%；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps14.png——选定的一个确定的高度范围内的测试数据个数。

对于一段距离区间内的平均标准偏差即为区间内的相对偏差的标准差。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps17.jpg

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps18.png——指定距离区间的相对标准偏差。

**附2：系统线性度标定****处理方法**

以5条有效信号廓线的信号峰值为纵坐标、以衰减率为横坐标画图，并进行线性拟合。根据下式计算出判定系数。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps142.jpg

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps143.png——判定系数，%；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps145.png——衰减透过率，%；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps147.png——近场信号的峰值（最大值），V或个数；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps149.png——测试数据个数；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps151.png ——测试数据序号（C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps153.pngC:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps154.jpg）。

**附3：大气瑞利信号拟合一致性标定处理方法**

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C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps39.png。利用标准大气模型，得到大气分子的瑞利散射距离平方校正信号C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps42.jpg。将C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps44.jpg和C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps46.jpg置于同一坐标系下绘图（纵坐标取对数），并以C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps48.jpg+常数的方式调整C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps50.jpg的大小，使得C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps52.jpg和C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps53.png的高空部分重合，选择两者重合部分进行计算，利用最小二乘法进行一阶线性拟合，其斜率C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps55.png和C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps57.png，根据下计算获得的相对偏差。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps59.png

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps61.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps64.jpg重合区域一阶线性拟合斜率值；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps65.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps68.jpg重合区域n个点信号点高度的平均值，m；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps69.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps72.jpg重合区域C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps74.jpg序号对应的探测点探测高度，m；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps75.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps78.jpg重合区域n个点信号距离平方校正强度的平均值；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps79.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps82.jpg重合区域C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps84.jpg序号对应的探测点信号距离平方校正强度；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps85.png——测试数据序号（C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps87.pngC:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps88.jpg）；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps89.png——选定的一个确定的高度范围内的测试数据个数。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps91.png

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps93.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps95.png重合区域一阶线性拟合斜率值；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps97.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps100.jpg重合区域n个点信号点高度的平均值，m；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps101.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps104.jpg重合区域C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps105.png序号对应的探测点探测高度，m；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps107.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps110.jpg重合区域n个点信号距离平方校正强度的平均值；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps111.png——C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps114.jpg重合区域C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps115.png序号对应的探测点信号距离平方校正强度；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps117.png——测试数据序号（C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps119.pngC:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps120.jpg）；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps121.png——选定的一个确定的高度范围内的测试数据个数。

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps123.pngC:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps124.jpg ………………………………………….（9）

式中：

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps125.png——相对偏差，%；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps127.png*——*C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps130.jpg重合区域一阶线性拟合斜率值；

C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps131.png*——*C:\Users\li\AppData\Local\Temp\ksohtml24224\wps134.jpg重合区域一阶线性拟合斜率值。