

团 体 标 准

T/GAMDPM 020—2024

空气负（氧）离子观测仪校准规范

Calibration specification for air negative ion measuring instrument

2024 - 12 - 09 发布

2024 - 12 - 16 实施

广东省气象防灾减灾协会 发 布

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。

本文件由广东省气象防灾减灾协会提出并归口。

本文件起草单位：广东华风锐进科技有限公司、广东省生态气象中心、中国气象局广州热带海洋气象研究所、湛江市气象局、揭阳市气象局、肇庆市气象局、生态环境部华南环境科学研究所。

本文件主要起草人：尹航、付裕、李源鸿、胡猛、刘敏、杨思鹏、杨士士、司徒仕尧、黄培枫、黄天文、王迁、蔡明甫、孙家仁。

本文件由广东省气象防灾减灾协会负责管理和对条文的解释。

空气负（氧）离子观测仪校准规范

1 范围

本文件规定了空气负（氧）离子观测仪的计量特性、测定原理与方法、校准条件、校准前准备、校准项目及校准方法、校准结果表达和校准间隔等要求。

本文件适用于空气负（氧）离子观测仪的实验室校准。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气负（氧）离子 air negative (oxygen) ion

空气负（氧）离子是带负电荷的单个气体分子和轻离子团的总称。

3.2

空气负（氧）离子浓度 concentration of air negative (oxygen) ion

单位体积空气中离子迁移率大于等于 $0.4 \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ 的负离子数目。

注：单位为个每立方厘米[个/ cm^3]

3.3

离子电迁移率 ionic mobility

空气离子在单位强度电场作用下的移动速度。

注：单位为平方厘米每伏秒($\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$)

3.4

电容式吸入法 capacitive inhalation method

通过电容式空气离子传感器收集空气离子携带的电荷，并测量出这些电荷形成的电流和取样空气的流量，再换算出离子浓度。

3.5

烟雾箱 smog box

用惰性材料制成用于模拟大气环境的装置。

3.6

高分辨率差分电迁移率分析仪 high resolution differential electric mobility analyzer

根据带电粒子电迁移率进行筛分，获得单分散带电粒子的装置。

3.7

静电计 electrometer

测量带电粒子形成电流计算带电粒子浓度的装置。

3.8

电喷雾 electron spray

施加高压电场使待离子化溶液在电喷雾针尖端雾化从而形成带电粒子的装置。

3.9

管式炉粒子发生器 tube furnace particle generator

通过在管式炉内加热实验样品，使其在在高温作用下升华转化为气态后凝华形成颗粒物的装置。

3.10

气溶胶中和器 neutralizer

通过放射性元素的衰变发射 α （正电）或 β （负电）粒子或者利用电产生X射线或高压给粒子均匀带电的装置。

4 测定原理与方法

4.1 空气负（氧）离子观测仪主要有极化电源、离子收集器、微电流放大器（采集器）、风扇、流量反馈装置、控制电路板等部分组成，是测量空气负（氧）离子浓度的测量仪器。

4.2 根据离子收集器的结构，常用的空气负（氧）离子监测分为“平极板法”和“双重同心圆筒式法”两种工作方法：

- a) **平极板法**：平极板法是在离子传感器的极化板上加载定量的极化电压，再让被测空气按设定速度匀速通过传感器，空气中的负离子在电场的作用下发生偏转，通过设置特定的空气流速与极化电压，使特定离子迁移率的负离子被采集板所捕获。采集到的离子电荷量经过微电流放大器的处理，即可计算出负（氧）离子的电荷浓度值；
- b) **双重同心圆筒式法**：双重同心圆筒式法在传感器外筒上加设一定的电压，在外筒和内筒之间形成一定强度的电场，当恒定流量的空气通入传感器时，空气中负离子在电场的作用下发生偏转，通过设置特定的空气流量与外筒电压，使特定离子迁移率的负离子被采集板所捕获。采集到的负氧（离）子负电荷量经过微电流放大器处理，即可计算出负（氧）离子的电荷浓度值。

5 计量特性

5.1 负氧(离)子浓度值

包括：

- c) 测量范围： $(10 \sim 5 \times 10^6)$ 个/ cm^3 [离子迁移率 $\geq 0.4 \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$];
- d) 测量误差：最大允许误差： $\pm 10\%$ (≥ 100 个/ cm^3 时)；
- e) 最小分辨力：10 个/ cm^3 。

5.2 空气温度

包括：

- a) 测量范围： $-30^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ ；
- b) 测量误差：最大允许误差： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；
- c) 分辨力： 0.1°C 。

5.3 空气相对湿度

包括：

- a) 测量范围：10%~100%；
- b) 测量误差：最大允许误差： $\pm 10\%$ ；

c) 分辨力：1%。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境条件如下：

- a) 温度：(20±5)℃；
- b) 相对湿度：≤80%；
- c) 电磁场：周围不应存在影响测量的电磁干扰；
- d) 测试场地应无影响测量仪测量的机械振动。

6.2 标准仪器

6.2.1 标准温度计：

- a) 测量范围：(-30~60)℃；
- b) 最大允许误差：±0.1℃。

6.2.2 标准湿度发生器：

- a) 温度控制范围：(-30~60)℃；
- b) 湿度控制范围：(10%~100%)RH；
- c) 最大允许误差：±0.1℃，±1.5%RH。

6.2.3 标准气压计：

- a) 测量范围：(500~1060)hPa；
- b) 准确度等级：0.01级。

6.2.4 标准气体流量计：

- a) 测量范围：(0~10)lpm；
- b) 测量精度优于1%。

6.3 辅助设备

辅助设备及其性能指标见表1。

表1 辅助设备及性能指标

序号	名称	测量范围	用途
1	烟雾箱	温度：(-30~70)℃； 湿度：(10~100)%RH	模拟大气环境，用于对待检测仪器进行校准的装置
2	静电计	电流测量范围覆盖±10 ⁻¹⁴ A，电流测量灵敏度优于±1fA	测量带电粒子形成电流，计算带电粒子浓度的装置
3	高分辨率差分电迁移率分析仪	筛选精度不低于0.1nm ² /V·s； 测量电迁移率大于0.4cm ² /V·s	筛选出特定电迁移率的离子
4	负(氧)离子发生装置	(10~5×10 ⁶)个/cm ³	产生负(氧)离子浓度
5	气体流量传感器	测量流速：(0~50)lpm	监测样气流量
6	可调速风扇	最大转速：16000转	抽取样气

7 校准前准备

7.1 待检测仪器使用说明

待校准仪器设备厂家应提供仪器说明书或详细的使用手册等资料。

7.2 外观检查

7.2.1 测量仪外观结构完好，不应有影响计量性能的损伤或锈蚀，各部件应装配牢固，无松动、脱焊或者接触不良等现象。

7.2.2 测量仪产品名称、制造厂家、仪器型号、出厂编号、测量范围、最大允许误差等均应有明确的标记。

7.3 待校准仪器正常性检查

7.3.1 在测试前应对测量仪进行通电，检查测量仪测量功能正常，显示屏显示完整。

7.3.2 在测试前应对计量设备及辅助设备进行检查和测试，检查各项功能正常。

8 校准项目

校准项目包含负(氧)离子观测仪浓度校准、负(氧)离子观测仪温度校准、负(氧)离子观测仪湿度校准

9 校准方法

9.1 负(氧)离子浓度校准

9.1.1 采用电喷雾法或者管式炉粒子发生器产生离子，电喷雾溶液为有机离子液体（例如四庚基溴化铵等）溶于甲醇或乙腈等溶剂，通过配比不同浓度的电喷雾溶液，管式炉中样品为氯化钠等。管式炉粒子发生器的样品需要经过中和器使其均匀带电。通过载气将电喷雾或者管式炉粒子发生器发生的离子送入高分辨率差分电迁移率分析仪，采用高分辨率差分电迁移率分析仪对多分散离子进行筛选，得到单分散的离子。

9.1.2 在仪器校准前，需先将待检测仪器进行校零，然后再放入烟雾箱中，并将烟雾箱温湿度设定为一个恒温恒湿环境，温度为 20℃~30℃之间，相对湿度设定为 60%~90%之间。采用高分辨率差分电迁移率分析仪筛选出特定电迁移率的离子，将筛选后的离子通入烟雾箱中，同时通入特定流速的零气，待烟雾箱内部混合均匀后，采用静电计测量烟雾箱内部的离子浓度，并定义为标准浓度（Q1），与待测试仪器所测量的浓度（Q2）对比。通过调整零气的流速，改变烟雾箱内部的离子浓度，获得多组 Q1、Q2（需要为单数组），从而得到仪器的标定曲线，并对仪器进行校准。

9.2 温度校准

方法如下：

- 将被校仪器和标准温度计的温度传感器置于温湿度检定箱中心位置；
- 温度校准点为-10℃、0℃、20℃、40℃、60℃，湿度控制范围：50%RH~70%RH；
- 将烟雾箱温度设置在校准点，到达校准点并稳定 30min 后，同时读取标准器和被校仪器温度示值，读数应不少于 5 组；
- 以各校准点的标准温度计示值的算术平均值和被校仪器的温度示值的算术平均值作为该校准点的标准温度示值和被校仪器温度示值，各校准点温度示值误差见公式（1）：

$$\Delta t_i = t_i - t_{0i} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Δt_i ——各校准点温度示值误差, 单位为摄氏度 (°C);
- t_i ——各校准点被校仪器温度示值的算术平均值, 单位为摄氏度 (°C);
- t_{0i} ——各校准点标准温度计示值的算术平均值, 单位为摄氏度 (°C);
- i ——各校准点序号, $i=1, 2, 3, \dots$;
- e) 以各校准点的温度示值误差绝对值的最大值作为被校仪器的环境温度测量误差, 根据误差值调整被测仪器的温度读数, 对其进行温度校准。

9.3 湿度校准

方法如下:

- a) 将被校仪器湿度传感器置于标准湿度发生器中心位置;
- b) 湿度校准点为 30%RH、60%RH、90%RH, 温度控制范围: 20°C~30°C;
- c) 将标准湿度发生器的控制温度设定为 20°C 并保持稳定, 设置湿度点为相应校准点, 湿度到达校准点并稳定 30min 后, 同时读取标准湿度发生器和被校仪器示值, 读数应不少于 3 组;
- d) 以各校准点的标准湿度发生器湿度示值的算术平均值和被校仪器的湿度示值的算术平均值作为该校准点的标准湿度值和被校仪器湿度示值, 各校准点湿度示值误差见公式 (2):

$$\Delta h_i = h_i - h_{0i} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- Δh_i ——各校准点湿度示值误差, 单位为相对湿度 (%RH);
- h_i ——各校准点被检仪器湿度示值的算术平均值, 单位为相对湿度 (%RH);
- h_{0i} ——各校准点标准湿度示值的算术平均值, 单位为相对湿度 (%RH);
- i ——各校准点序号, $i=1, 2, 3, \dots$;
- e) 以各校准点的湿度示值误差绝对值的最大值作为被校仪器的环境湿度测量误差, 根据误差值调整被测仪器的湿度读数, 对其进行湿度校准。

10 设备功能

为实现定量输出离子流量和自适应离子浓度量程切换控制, 得出准确的离子迁移率, 设备应设计有流量闭环控制系统。设备应能控制风扇转速, 通过调整输出占空比改变流量大小。

11 校准结果表达

各校准项目和校准结果需与第5章、第6章的要求做出符合性判断。对校准的各项数据进行记录, 出具校准证书。数据记录表格式参见附录A, 校准证件样式参见附录B。

12 校准间隔

12.1 定期校准

- 12.1.1 空气负(氧)离子观测仪宜 6 个月校准一次, 如仪器稳定性良好, 可将复校时间延长, 最长不超过 12 个月。
- 12.1.2 空气负(氧)离子观测仪的校准应尽可能与相关设备一次进行检修校准。

12.2 故障异常校准

在运行过程中，如发现仪器出现硬（软）件故障，或监测数据出现异常值，应及时进行校准。出现故障及异常时，应对空气负（氧）离子观测仪整机及其相关设备一起进行检修后校准。

图A.1 空气负（氧）离子观测仪校准记录格式

委托单位		记录编号	
仪器名称		型号/规格	
仪器编号		生产厂商	
允许误差		校准地点	
检定依据			
计量标准			
标准器			
环境参数	气压：（ ～ ）hPa， 温度：（ ～ ）℃， 湿度：（ ～ ）%RH		

1、外观: _____ 2、风扇: _____
3、绝缘电阻: _____
4、温度测量误差: _____ (校准时环境温度: _____℃, 环境湿度: _____%RH)

5、湿度测量误差: (校准时环境温度: °C, 环境湿度: %RH)

6、负离子浓度测量误差: (校准时环境温度: ℃, 环境湿度: %RH)

[illegible]

图A.1 空气负（氧）离子观测仪校准记录格式(续)

2										
3										
.....										
.....										
平均值										
误差										
7、响应时间：（校准时环境温度：℃， 环境湿度：%RH ）										
序号	仪器零位值(cm³/s)		标准浓度(cm³/s)		升、降后浓度(cm³/s)		响应时间(s)			
1										
2										
8、零点漂移：（校准时环境温度：℃， 环境湿度：%RH ）										
仪器出厂本底噪音值 (cm³/s)		初始零位值 (cm³/s)		1 小时后零位值 (cm³/s)		零位漂移 1 (cm³/s)		零位漂移 2 (cm³/s)		
9、测量范围：（校准时环境温度：℃， 环境湿度：%RH ）										
序号	仪器零位值(cm³/s)		标准浓度(cm³/s)		仪器上限示值(cm³/s)		报警值(cm³/s)			
1										
2										
3										
4										
校准日期：校准后仪器状况说明：										
校准人：审核人：证书号：										
注：其他说明：										

附录 B
(资料性)
校准证件样式

空气负（氧）离子观测仪校准证书样式见图B.1。

图B.1 空气负（氧）离子观测仪校准证书样式

XXXXXXXXXX 检定所

校准证书
Calibration Certificate

证书编号
Certificate No.

委托单位
Chient

校准仪器名称
Description

型号规格
Model/Type

制造厂
Marufacturer

编号
Serial No.

发证机构(专用章)
ISSUED BY(STAMP)

主管
Approver

核 验
Inspedtor

校 准
Calbration by

校准日期

年

月

日

XXXXXXXXXX 检定所

图B.2 空气负（氧）离子观测仪校准证书样式（续）

校准说明 Description of Calibration 证书编号:											
1. 本次校准的技术依据: The technical basis for this calibration											
2. 本次校准使用的主要计量器具: The main measuring instruments used in this calibration											
3. 校准地点、环境条件: Location and ambient condtion forcalibration <table><tr><td>地 点 :</td><td>温 度 :</td><td>相对湿度:</td><td>大气压力:</td></tr><tr><td>Location</td><td>Temperature</td><td>Relative Humidity</td><td>Atmosphere pressure</td></tr></table>				地 点 :	温 度 :	相对湿度:	大气压力:	Location	Temperature	Relative Humidity	Atmosphere pressure
地 点 :	温 度 :	相对湿度:	大气压力:								
Location	Temperature	Relative Humidity	Atmosphere pressure								
校准机构地址: 邮 政 编 码 : 电 话 : 传真:		E-Mail: 证书编号:									

图B.1 空气负（氧）离子观测仪校准证书样式（续）

1. 校准结果
Calibration results

序号	校准项目	校准结果	技术要求	符合性说明
1	负(氧)离子浓度测量误差			
2	负(氧)离子浓度测量范围			
3	环境温度测量误差			
4	环境湿度测量误差			

2. 备注
Remarks

参 考 文 献

- [1] GB/T 18809-2019 空气离子测量仪通用规范
 - [2] GB/T 38677-2020 气体分析 测量过程及结果校准技术要求
 - [3] QX/T 419-2018 空气负离子观测规范电容式吸入法
 - [4] QX/T 475-2019 空气负离子自动测量仪技术要求 电容式吸入法
 - [5] 中国气象局综合观测司. 综合观测司关于印发空气负离子自动观测仪功能规格需求书（第3版）的通知[M]：气测函〔2024〕11号. 2024年
 - [6] 郭昀.“电容式吸入法”空气负离子监测系统工作原理及典型故障分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2015, 2:99-102
 - [7] 李庆, 甘罕, 李文昭. 空气离子测量系统的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2013, 3:64-65
 - [8] 周慧萍. 空气负氧离子浓度检测方法及其系统设计[D]. 南京信息工程大学. 2016
-

团 体 标 准

空气负（氧）离子观测仪校准规范

T/GAMDPM 020—2024

广东省气象防灾减灾协会组织印刷

广州市越秀区梅东路 29 号 304 室

邮政编码：510600

网址：<http://gdfzxh.org.cn/>

电话：020-37652142



广东省气象防灾减灾协会
Guangdong Association Of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation