

# 团 体 标 准

T/CMSA XXXX—XXXX

## 空气负离子测量仪器性能测试规范

Specification for performance testing of air negative ion measuring instruments

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - 实施

中国气象服务协会 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 计量特性 .....	2
5 测试用标准装置 .....	2
5.1 主要技术指标 .....	2
5.2 组成 .....	2
6 测试环境条件 .....	2
7 测试项目 .....	3
8 测试方法 .....	3
8.1 测试前准备工作 .....	3
8.2 测量误差测试 .....	3
8.3 响应时间测试 .....	4
8.4 重复性测试 .....	4
8.5 离子迁移率测试 .....	5
9 测试结果的处理 .....	6
附 录 A（资料性附录） 空气负离子测量仪性能测试记录格式 .....	7
附 录 B（资料性附录） 空气负离子测量仪测试报告格式 .....	9

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象服务协会提出并归口。

本标准起草单位：浙江省大气探测技术保障中心、中国气象服务协会、杭州赛玛信息技术有限公司、深圳市万仪科技有限公司、广东华风锐进科技有限公司、北京依派伟业数码科技有限公司、威德创新科技（北京）有限公司、中国气象局上海物资管理处、江西省气象服务中心、河南省气象服务中心。

本标准主要起草人：罗昶、屈雅、丁妙增、杨安良、李闯、唐修雄、谢克勇、冯杉、王珊山、张垒、齐会会、张阳、陆勇、黄鹏良、章焕、夏祎萌、王新伟、李永强、季洪献、张梦磊、付裕、安锦华。

# 空气负离子测量仪器性能测试规范

## 1 范围

本标准规定了规定了空气负离子测量仪器的计量特性、测试设备、测试条件、测试方法和测试结果的处理。

本标准适用于于测量范围为（ $100\sim 5\times 10^5$ ）个每立方厘米，离子迁移率不小于 $0.4$ 平方厘米每伏秒的空气负离子测量仪计量性能的测试。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的标准适用于本文件。凡是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 18809-2019	空气离子测量仪通用规范
JIS B 9929-2006	Standard for measuring methods of airborne ion density
QX/T 475-2019	空气负离子自动测量仪技术要求 电容式吸入法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**空气负离子** air negative ion

带负电荷的空气离子，简称负离子。

[GB/T18809-019, 定义3.4]

### 3.2

**离子迁移率** ionic mobility

空气离子在单位强度电场作用下的移动速度。

注：离子迁移率的单位为平方厘米每伏秒 $[\text{cm}^2/(\text{v}\cdot\text{s})]$ ，一般用  $K$ 表示。

[QX/T 475-2019, 定义3.1]

### 3.3

**空气负离子浓度** concentration of air negative ion

单位体积空气中所含的负离子个数。

注1：单位为个每立方厘米 $[\text{ions}/\text{cm}^3]$ 。

注2：通常取离子迁移率为不小于  $0.4\text{ cm}^2/(\text{v}\cdot\text{s})$ 的空气负离子浓度。

[QX/T 475-2019, 定义3.3, 改写]

### 3.4

**零位** background value of air negative ion measuring instrument

仪器校零后，离子收集器进风口或风扇关闭时仪器测得的空气负离子浓度。

### 3.5

**离子收集器** ionic collector

收集空气离子的装置，包括极化板（筒）、收集板（棒）、风扇、极化电压和外壳等。

## 4 计量特性

空气负离子测量仪器的计量特性包括：

- a) 测量误差
- b) 重复性
- c) 响应时间
- d) 离子迁移率

## 5 测试用标准装置

### 5.1 主要技术指标

标准装置的测量范围应覆盖被测仪器要求的测试范围，不确定度应不大于被测仪器最大允许误差绝对值的 1/2。

### 5.2 组成

标准装置包括标准器和配套设备，其组成及主要技术指标见表1。

表 1 标准器及配套设备

分类	名称	测量范围	主要技术指标
标准器	标准离子收集器	$(10\sim 5\times 10^5)$ ions/cm <sup>3</sup>	空气流量误差不超过±3%，雷诺数不大于 2300，极化电压误差不超过±1%，零位不超过 50 ions/cm <sup>3</sup>
	微电流计	(0~1) nA	最大允许误差不超过±2%
配套设备	负离子发生装置	$(10\sim 5\times 10^5)$ ions/cm <sup>3</sup>	均匀度：≤5% (≥500 ions/cm <sup>3</sup> 时) 波动度：±5% (≥500 ions/cm <sup>3</sup> 时) 试验区风场流速小于 0.5m/s 试验区域不小于 800mm*500mm*500mm(长*宽*高)
	空气流量计	(0~5) m <sup>3</sup> /h	最大允许误差：±2%
	数字直流电压计	(0~100) V	最大允许误差：±1%
	游标卡尺	(0~30) cm	准确度等级：三等

## 6 测试环境条件

测试时，环境条件应符合以下要求：

- a) 空气温度：20℃±5℃；
- b) 空气湿度：30%RH~75%RH；
- c) 空气洁净度：10000 级；
- d) 无静电干扰。

## 7 测试项目

测试项目应包括：

- a) 测量误差
- b) 重复性
- c) 响应时间
- d) 离子迁移率

## 8 测试方法

### 8.1 测试前准备工作

#### 8.1.1 外观检查

查看被测仪器的外观和结构，记录仪器相关信息（记录格式参见附录1）。

#### 8.1.2 设备安装

8.1.2.1 将负离子监测仪和标准离子收集器置于负离子发生装置试验区中心附近，各离子收集器进风口处于同一横截面上并与试验区风速流场垂直。各离子收集器出风口处于进风口下风方或侧风方，不得影响离子收集。

8.1.2.2 设备安装后应不影响负离子发生装置试验区空气流场的均匀性。

8.1.2.3 连接标准离子收集器和微电流计组成标准离子测量仪，开启负离子监测仪和微电流计并进行预热，调整标准负离子测量仪的离子迁移率与被测仪器相一致。

8.1.2.4 负离子发生装置试验区内不得放置具有吸附负离子特性的材料或物品。

8.1.2.5 负离子监测仪和标准负离子测量仪应调零。

### 8.2 测量误差测试

#### 8.2.1 测试点选取

依次选取 500 ions/cm<sup>3</sup>、1000 ions/cm<sup>3</sup>、5000 ions/cm<sup>3</sup>、10000 ions/cm<sup>3</sup>、50000 ions/cm<sup>3</sup> 测试点，正返行程各一次。测试点可根据客户要求增减。

#### 8.2.2 示值比较

调节负离子浓度发生装置试验区负离子浓度至相应测试点，稳定10min后同时读取标准负离子测量仪和被校仪器负离子浓度示值，等时间间隔读取10组数据。一个测试点示值比较完成后，进行下一个测试点的示值比较。

#### 8.2.3 数据处理

8.2.3.1 按公式1计算标准负离子测量仪测试点示值平均值

$$\bar{x}_{0i} = \frac{\sum_{j=0}^n x_{0ij}}{n} \quad (1)$$

式中：

—— $\bar{x}_{0i}$ ：各测试点标准负离子测量仪示值平均值，单位：ions/cm<sup>3</sup>；

—— $x_{0ij}$ ：各测试点标准负离子测量仪第j个示值，单位：ions/cm<sup>3</sup>；

——n：各测试点测量次数。

8.2.3.2 按公式2计算各测试点被测负离子测量仪示值平均值。

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=0}^n x_{ij}}{n} \quad (2)$$

式中：

—— $\bar{x}_i$ ：各测试点被测负离子测量仪示值平均值，单位：ions/cm<sup>3</sup>；

—— $x_{ij}$ ：各测试点被测负离子测量仪第j个示值，单位：ions/cm<sup>3</sup>；

——n：各测试点测量次数。

8.2.3.3 按公式3计算各测试点相对测量误差。

$$\delta x_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{0i}}{\bar{x}_{0i}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

—— $\delta x_i$ ：各测试点相对测量误差；

—— $x_{0ij}$ ：各测试点标准负离子测量仪第j个示值，单位：ions/cm<sup>3</sup>；

—— $\bar{x}_i$ ：各测试点被测负离子测量仪示值平均值，单位：ions/cm<sup>3</sup>。

## 8.3 响应时间测试

### 8.3.1 响应时间测量

调节负离子浓度发生装置试验区负离子浓度至1000 ions/cm<sup>3</sup>，被测负离子测量仪稳定5min后，调节试验区负离子浓度至10000 ions/cm<sup>3</sup>，用秒表测量负离子测量仪示值升至7000 ions/cm<sup>3</sup>时所需时间。关闭负氧离子浓度发生装置使负离子浓度下降，用秒表测量负氧离子监测仪示值从高值降至1000 ions/cm<sup>3</sup>时所需时间。

### 8.3.2 数据处理

以2次测得时间的算术平均值作为被测仪器的响应时间，精确到秒。

## 8.4 重复性测试

### 8.4.1 重复性试验

开启负离子发生装置，将负离子浓度稳定至3000 ions/cm<sup>3</sup>，稳定后同时读取标准负离子测量仪和被校仪器示值。重复测量10次。

### 8.4.2 数据处理

以10次重复测量结果按公式4计算相对标准偏差，以该相对标准偏差作为该测试点的重复性。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta x_i}{\bar{x}}\right)^2}{n-1}} \quad (4)$$



式中：

- $S$ ：相对标准偏差；
- $\Delta x_i$ ：第 $i$ 次测量误差，单位： $\text{ions}/\text{cm}^3$ ；
- $\bar{x}$ ：标准负离子测量仪示值平均值，单位： $\text{ions}/\text{cm}^3$ ；
- $n$ ：测量次数。

## 8.5 离子迁移率测试

### 8.5.1 离子收集器参数测量

测量被测仪器的空气流量、收集器物理结构尺寸和极化电压，测试方法如下：

- a) 用空气流量计测量被测仪器离子收集器的空气流量，重复测量 3 次，取算术平均值作为被测仪器的空气收集流量。
- b) 用游标卡尺测量离子收集器极化板和收集板的长度、宽度和间距（或极化筒内径、收集棒外径和长度）。
- c) 用直流电压计测量极化电压，重复测量 2 次，取算术平均值作为被测仪器的极化电压。

### 8.5.2 离子迁移率计算

8.6.2.1 平板式离子收集器离子迁移率按公式5或公式6计算。

$$K_u = \frac{\Phi d}{LwU} \quad (5)$$

$$K_u = \frac{d^2 V_s}{LU} \quad (6)$$

式（5）和式（6）中：

- $K_u$ ：离子迁移率，单位： $\text{cm}^2/(\text{v} \cdot \text{s})$ ；
- $\Phi$ ：两块极板间空气流量，单位： $\text{cm}^3/\text{s}$ ；
- $d$ ：极板间距，单位： $\text{cm}$ ；
- $V_s$ ：离子收集器气流速度，单位： $\text{cm}/\text{s}$ ；
- $L$ ：收集板长度，单位： $\text{cm}$ ；
- $w$ ：极板宽度，单位： $\text{cm}$ ；
- $U$ ：极化电压，单位： $\text{V}$ 。

8.6.2.2 双重圆筒式离子收集器离子迁移率按公式7计算。

$$K_u = \frac{\Phi}{2\pi LU} \ln\left(\frac{R}{r}\right) \quad (7)$$

式中：

- $K_u$ ：离子迁移率，单位： $\text{cm}^2/(\text{v} \cdot \text{s})$ ；
- $\Phi$ ：空气流量，单位： $\text{cm}^3/\text{s}$ ；
- $R$ ：外管（极化管）内径，单位： $\text{cm}$ ；
- $r$ ：内管（收集管）外径，单位： $\text{cm}$ ；
- $L$ ：收集管长度，单位： $\text{cm}$ ；
- $U$ ：极化电压，单位： $\text{V}$ 。

## 9 测试结果的处理

测试报告的格式参见附录 B。

测试结果应在报告中反映，报告至少包括以下信息：

- a) 标题：测试报告；
- b) 测试单位和委托单位信息；
- c) 核查标准设备信息；
- d) 测试地点及环境参数；
- e) 报告唯一性编号；
- f) 被测试设备的状态描述和标识；
- g) 测试日期及时间；
- h) 依据的测试方法说明；
- i) 测试环境的描述；
- j) 测试报告签发人的签名；
- k) 测试项目及测试结果，必要时附加图表。

附 录 A  
(资料性附录)

空气负离子测量仪性能测试记录格式

委托单位							记录编号					
测试用 标准设备	设备名称	型号		编号		技术指标		证书编号	有效期		备注	
被测仪器							(被测仪器图片)					
测试依据												
测试环境												
测量误差 测试	测试点/ions/cm <sup>3</sup>											...
	序号	标准示值	仪器示值	标准示值	仪器示值	标准示值	仪器示值	标准示值	仪器示值	标准示值	仪器示值	
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
9												

	10											
	平均值/ions/cm <sup>3</sup>											

(续表)

	测量误差/ions/cm <sup>3</sup>											
	相对测量误差											
重复性 测试	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	重复性
	标准示值/ions/cm <sup>3</sup>											
	仪器示值/ions/cm <sup>3</sup>											
响应时间 测试	标准示值/ions/cm <sup>3</sup>					平均值		响应时间测试曲线图				
	响应时间/s											
离子迁移率 测试	空气流量/cm <sup>3</sup> /s				极板/收集管长度/cm	极板宽度/极化管外径/cm	极板间距/收集管内径/cm	极化电压/V				
	1	2	3	平均值				1	2	平均值		
	极限迁移率/cm <sup>2</sup> /(v·s)											
备注												
				测试员		审核员						
				测试日期		测试报告编号						

附录 B  
(资料性附录)  
空气负离子测量仪测试报告格式

# 空气负离子测量仪测试报告

报告编号: \_\_\_\_\_

委 托 单 位 \_\_\_\_\_  
计 量 器 具 名 称 \_\_\_\_\_  
型 号 / 规 格 \_\_\_\_\_  
出 厂 编 号 \_\_\_\_\_  
制 造 单 位 \_\_\_\_\_

主 管 \_\_\_\_\_

测试机构(专用章) 核 验 \_\_\_\_\_

测 试 \_\_\_\_\_

核 查 日 期                      年                      月                      日

测试机构地址:                      电 话:

传 真:                                      邮 编:

## 测试说明

1、机构说明

2、本次测试使用标准：

3、测试依据：

4、环境条件：

地点：            温度： \_\_\_\_\_℃；    相对湿度： \_\_\_\_\_ %RH

5、备注：

**测试结果**

序号	测试项目	测试结果	备注
1	外观和结构		
2	测量误差		
3	重复性		
4	响应时间		
5	离子迁移率		
说明：			