

团 体 标 准

T/CMSA 0024—2021

空气负离子测量仪性能测试规范

Specification for performance testing of air negative ion measuring instruments

2021 - 12 - 07 发布

2021 - 12 - 07 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 测试要求 1

5 测试方法 2

 5.1 测试条件 2

 5.2 测试前准备 2

 5.3 测量误差 2

 5.4 响应时间 3

 5.5 重复性 3

 5.6 离子迁移率 4

6 测试报告 4

附 录 A （资料性） 空气负离子测量仪测试报告格式..... 6

附 录 B （资料性） 空气负离子测量仪性能测试记录格式..... 9

参 考 文 献 10

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。

本文件由中国气象服务协会提出并归口。

本文件起草单位：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、中国气象局上海物资管理处、深圳市万仪科技有限公司、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、广东华风锐进科技有限公司、江西省气象服务中心、河南省气象服务中心、广东省气象探测数据中心。

本文件主要起草人：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、谢文斌、陆勇、黄鹏良、章焕、夏祎萌、王新伟、谢舟、季洪献、张梦磊、付裕、安锦华、敖振浪、吕雪芹。

空气负离子测量仪性能测试规范

1 范围

本文件规定了空气负离子测量仪（简称：负离子测量仪）性能测试要求、测试方法和测试报告。
本文件适用于测量范围为（ $10\sim5\times10^5$ ） ions/cm³，离子迁移率不小于0.4 cm²/（V•s）的电容式吸入法空气负离子测量仪性能的测试。

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]负离子 air negative ion

带负电荷的空气分子或原子。

注：带有电荷的空气分子或原子为空气离子，简称离子。

[来源：GB/T 18809—2019，3.4，有修改]

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（cm²/（V•s））。

[来源：QX/T 475—2019，3.1]

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（ions/cm³）。

注2：通常取离子迁移率为不小于 0.4 cm²/（V•s）的空气负离子浓度。

[来源 QX/T 475—2019，3.3，有修改]

3.4

离子收集器 ionic collector

将空气吸入带有电场的固定空间使空气离子发生偏转并聚集到导体形成电流的装置。

注：离子收集器主要包括极化板（筒）、收集板（棒）、风扇、极化电压和外壳等。

4 测试要求

- 4.1 负离子测量仪的测试项目应至少包括：测量误差、重复性、响应时间、离子迁移率等。
- 4.2 测试设备的测量范围应覆盖被测仪器的测量范围，不确定度应不大于被测仪器最大允许误差绝对值的 1/2。
- 4.3 测试设备应符合的测量范围及主要技术指标见表 1。

表1 测试设备的测量范围和主要技术指标

测试设备名称	测量范围	主要技术指标
--------	------	--------

负离子 标准器	标准离子收集器	$(10 \sim 5 \times 10^5) \text{ ions/cm}^3$	空气流量测量误差: $\pm 3\%$ 空气流场雷诺数 ≤ 2300 极化电压测量误差: $\pm 1\%$ 零位误差: 不超过 $\pm 50 \text{ ions/cm}^3$
	微电流计	$(0 \sim 1 \times 10^{-9}) \text{ A}$	最大允许误差: $\pm 2\%$ ($\geq 50 \times 10^{-15} \text{ A}$ 时)
配套 设备	负离子发生装置	$(500 \sim 5 \times 10^5) \text{ ions/cm}^3$	均匀度: $\leq 5\%$ ($\geq 500 \text{ ions/cm}^3$ 时) 波动度: $\pm 5\%$ ($\geq 500 \text{ ions/cm}^3$ 时) 试验区风场流速: $\leq 0.5 \text{ m/s}$ 试验段: $\geq 800 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)
	空气流量计	$(0 \sim 5) \text{ m}^3/\text{h}$	准确度等级: 1.0 级
	数字直流电压计	$(0 \sim 100) \text{ V}$	最大允许误差: $\pm 1\%$
	游标卡尺	$(0 \sim 30) \text{ cm}$	准确度等级: 三等
	秒表	$(0 \sim 300) \text{ s}$	最大允许误差: $\pm 1 \text{ s}$

4.4 被测仪器应符合产品说明书中的要求。

5 测试方法

5.1 测试条件

测试时应符合下列条件:

- a) 空气温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- b) 空气相对湿度: $(30 \sim 75) \%$ 。

5.2 测试前准备

5.2.1 外观检查

查看被测仪器的外观和结构, 应符合4.4的要求。

5.2.2 设备安装

5.2.2.1 连接标准离子收集器和微电流计, 开启电源并进行预热, 调整负离子标准器的离子迁移率与被测仪器相一致。

5.2.2.2 将被测仪器和标准离子收集器置于负离子发生装置试验段中心附近, 各离子收集器进风口轴线与试验段空气流场相垂直并处于垂直风场的同一横截面上。各离子收集器出风口应处于进风口下风方向或侧风方向。

5.2.2.3 负离子标准器和被测仪器的安装位置应不互相阻挡或干扰, 各离子收集器进风口处于同一空气流场风速下。

5.2.2.4 测试前, 各仪器应接地并调零, 避免静电干扰。

5.3 测量误差

5.3.1 测试点选取

测试点的选取可选择以下两种之一:

a) 依次选取500 ions/cm³、1000 ions/cm³、5000 ions/cm³、1×10⁴ ions/cm³、5×10⁴ ions/cm³测试点，正反行程各一次；

b) 可根据客户要求增减和设置测试点，但不应少于均匀分布在全测试范围内的5个测试点。

5.3.2 示值读取

调节负离子发生装置试验段负离子浓度至相应测试点，稳定10 min后同时读取负离子标准器和被测仪器负离子浓度示值，等时间间隔至少读取10组数据。一个测试点示值读取完成后，进行下一个测试点的示值读取。

5.3.3 数据处理

5.3.3.1 按公式（1）计算标准负离子测量仪测试点示值平均值。

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

式中：

$\bar{x}_{0i}$ ——第*i*个测试点负离子标准器示值平均值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；

x_{0ij} ——第*i*个测试点负离子标准器第*j*个示值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；

n ——各测试点测量次数。

5.3.3.2 按公式（2）计算各测试点被测负仪器示值平均值。

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\bar{x}_i$ ——第*i*个测试点被测仪器示值平均值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；

x_{ij} ——第*i*个测试点被测仪器第*j*个示值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）

5.3.3.3 按公式（3）计算各测试点相对测量误差。

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

式中：

δx_i ——第*i*个测试点相对测量误差；

$\bar{x}_{0i}$ ——第*i*个测试点负离子标准器示值平均值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；

$\bar{x}_i$ ——第*i*个测试点被测仪器示值平均值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）。

5.4 响应时间

5.4.1 响应时间测量

调节负离子发生装置试验段负离子浓度至1000 ions/cm³，被测仪器稳定5 min后，调节试验段负离子浓度至1×10⁴ ions/cm³，用秒表分别测量试验段负离子浓度从1000 ions/cm³升至1×10⁴ ions/cm³所需时间*t*₀以及被测仪器从某示值升至6300 ions/cm³时所需时间*t*₁。关闭负离子发生装置使负离子浓度下降至500 ions/cm³以下，用秒表测量被测仪器示值从高值降至1000 ions/cm³时所需时间*t*₂。重复测量3次。

5.4.2 数据处理

以3次测得的*t*₁与*t*₀的差值的算术平均值作为负离子浓度上升时的响应时间，以3次测得的*t*₂的算术平均值作为负离子浓度下降时的响应时间。响应时间精确到秒(s)。

5.5 重复性

5.5.1 重复性试验

开启负离子发生装置，将负离子浓度稳定至2000 ions/cm³，稳定后同时读取负离子标准器和被校仪器示值。重复测量至少10次。

5.5.2 数据处理

以重复测量结果按公式（4）计算相对标准偏差，并作为该测试点的重复性。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\frac{\Delta x_i}{\bar{x}})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 S ——相对标准偏差；
 Δx_i ——第*i*个测量误差，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；
 $\bar{x}$ ——负离子标准器示值平均值，单位为个每立方厘米（ions/cm³）；

5.6 离子迁移率

5.6.1 离子收集器参数测量

测量被测仪器的空气流量、离子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（或极化管内径、收集管外径和长度）。
- c) 用直流电压计测量被测仪器的极化电压。

5.6.2 离子迁移率计算

5.6.2.1 平板式离子收集器离子迁移率按公式（5）计算。

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

式中：
 K_u ——离子迁移率，单位为平方厘米每伏秒（cm²/（V·s））；
 Φ ——两块极板间空气流量，单位为立方厘米每秒（cm³/s）；
 d ——极板间距，单位为厘米（cm）；
 L ——收集板长度，单位为厘米（cm）；
 w ——极板宽度，单位为厘米（cm）；
 U ——极化电压，单位为伏（V）。

5.6.2.2 双重圆筒式离子收集器离子迁移率按公式（6）计算。

$$K_u = \frac{\Phi_0}{2\pi L_0 U} \ln\left(\frac{R}{r}\right) \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 K_u ——离子迁移率，单位单位为平方厘米每伏秒（cm²/（V·s））；
 Φ_0 ——空气流量，单位为立方厘米每秒（cm³/s）；
 R ——极化管内径，单位为厘米（cm）；
 r ——收集管外径，单位为厘米（cm）；
 L_0 ——收集管长度，单位为厘米（cm）；
 U ——极化电压，单位为伏（V）。

6 测试报告

测试报告的内容至少包括以下信息（报告格式见附录A，测试记录格式见附录B）：

- a) 测试单位和委托单位信息；
- b) 测试设备信息；
- c) 测试地点；

- d) 报告唯一性编号；
- e) 被测仪器的状态描述和标识；
- f) 测试日期及时间；
- g) 依据的测试方法说明；
- h) 测试环境的描述；
- i) 测试人、核验人和报告签发人的签名；
- j) 测试项目及测试结果，必要时附加图表。

附录 A
(资料性)

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的封面、说明页、结果页见图A. 1、图A. 2和图A. 3所示。

(测试机构)

测试报告

报告编号: _____

委托单位: _____

被测仪器名称: _____

型号 / 规格: _____

出厂编号: _____

制造厂商: _____

签发人: _____

测试机构(专用章)

核验人: _____

测试人: _____

测试日期 _____年____月____日

图A. 1 测试报告封面

测试说明	
1 测试机构说明	
2 本次使用的测试设备	
3 测试依据	
4 环境条件	
5 备注	

图A. 2 测试报告说明页

测试结果			
序号	测试项目	测试结果	备注
1	测量误差		
2	重复性		
3	响应时间		
4	离子迁移率		
其他说明：			

图A. 3 测试报告结果页

附 录 B
(资料性)
空气负离子测量仪性能测试记录格式

空气负离子测量仪性能测试记录格式见图B. 1。

委托单位				记录编号																							
测试设备	设备名称		型号		编号		技术指标		证书编号		有效期		备注														
空气负离子测量仪														(空气负离子测量仪图片)													
测试依据																											
测试环境																											
测量误差测试	测试点 ions/cm³												...														
	序号		标准示值		被测仪器示值		标准示值		被测仪器示值		标准示值		被测仪器示值														
	1																										
	2																										
	3																										
	4																										
	5																										
	6																										
	7																										
	8																										
	9																										
	10																										
	平均值 ions/cm³																										
	测量误差 ions/cm³																										
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/cm³																										
	被测仪器示值 ions/cm³																										
响应时间测试	序号		t ₀		t ₁		t ₁ -t ₀		负离子浓度上升响应时间 s		t ₂		负离子浓度下降响应时间 s														
	1																										
	2																										
	3																										
离子迁移率测试	空气流量 cm³/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 cm²/(V·s)																							
备注																											
												测试员								审核员							
												测试日期								测试报告编号							

图B. 1 空气负离子测量仪性能测试记录表

参 考 文 献

- [1] GB/T 18809—2019 空气离子测量仪通用规范
 - [2] 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] JIS B 9929—2006 Standard for measuring methods of airborne ion density
-