



# 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□□—202□

---

## 固定污染源废气 含湿量的测定 便携式电阻电容法

Stationary source emission—Determination of moisture content  
—Portable resistance-capacitance method

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

---

生态环境部 发布

# 目 次

前 言 .....	ii
1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 方法原理 .....	2
5 试剂和材料 .....	2
6 仪器和设备 .....	2
7 样品 .....	3
8 分析步骤 .....	3
9 结果表示 .....	3
10 准确度 .....	3
11 质量保证和质量控制 .....	4
12 注意事项 .....	4
附录 A（资料性附录）仪器性能核查记录表 .....	5
附录 B（资料性附录）含湿气体发生装置技术指标要求 .....	6

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《生态环境监测条例》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范固定污染源废气中含湿量的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定固定污染源废气中含湿量的便携式电阻电容法。

本标准的附录A为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境监测总站、上海市环境监测中心。

本标准验证单位：河北省生态环境监测中心、山东省生态环境监测中心、湖北省生态环境监测中心站、重庆市生态环境监测中心、江苏省南京环境监测中心、上海金艺检测技术有限公司。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 固定污染源废气 含湿量的测定 便携式电阻电容法

## 1 适用范围

本标准规定了测定固定污染源废气中含湿量的便携式电阻电容法。

本标准适用于固定污染源废气中含湿量的测定。进入电阻电容法传感器的废气温度高于180℃时，本方法不适用。

方法检出限为0.05%，测定下限为0.20%，测定上限为40.0%。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**含湿量 moisture content**

废气中水蒸气的含量，单位为%（体积分数），又称“水分含量”。

### 3.2

**露点温度 dew-point temperature (DP)**

在等压条件下将气体冷却，当气体中的水蒸气冷凝成水并达到相平衡状态时的气体温度。

### 3.3

**校准量程 calibration span (C.S.)**

仪器校准的含湿量上限，由校准用最高含湿量含湿气体的标称值确定，应小于或等于仪器的满量程。

### 3.4

**示值误差 error of indication**

含湿气体直接导入仪器的测定结果与含湿气体标称值之间的绝对误差或相对误差。

### 3.5

**零点漂移 zero drift**

样品测定前、后，仪器对同一零点气的测定结果的差值或差值与校准量程的百分比。

#### 4 方法原理

废气中的水蒸气进入湿敏电阻传感器或湿敏电容传感器，经感湿膜吸附扩散，传感器电阻值或电容量的变化与水蒸气相对湿度呈相关性，通过废气温度和压力关系曲线，计算废气中的含湿量。湿敏电阻传感器的电阻值与相对湿度呈指数或幂函数关系（公式1）。湿敏电容传感器的电容值与相对湿度呈正相关关系（公式2）。

$$R(RH) = R_0 \cdot e^{-k \cdot RH} \quad (1)$$

其中， $R(RH)$ -----电阻值， $\Omega$ ；

$RH$ -----相对湿度，%RH；

$R_0$ -----基准电阻， $\Omega$ ；

$k$ -----衰减常数。

$$C(RH) = C_0 + \alpha \cdot RH \quad (2)$$

其中， $C(RH)$ -----电容值，F；

$RH$ -----相对湿度，%RH；

$C_0$ -----基准电容，F；

$\alpha$ -----感湿灵敏度。

#### 5 试剂和材料

零点气：纯度 $\geq 99.999\%$ 的氮气，其含湿量（体积分数） $\leq 3 \times 10^{-6}$ 。

#### 6 仪器和设备

##### 6.1 便携式电阻电容法含湿量测定仪

###### 6.1.1 仪器组成

便携式电阻电容法含湿量测定仪（以下简称“仪器”）分为原位式和抽取式。原位式仪器一般由预处理单元、分析单元、数据采集和处理单元组成。预处理单元包括颗粒物过滤器和加热装置等；分析单元包括湿敏电阻传感器或湿敏电容传感器等；数据采集和处理单元包括存储设备、分析软件和打印机等。抽取式仪器一般由采样单元、预处理单元、分析单元、数据采集和处理单元组成。采样单元包括采样管、导气管、抽气泵和流量计等，其他单元与原位式相同。

###### 6.1.2 性能要求

仪器应满足以下性能要求：

a) 示值误差：校准量程 $\leq 5.00\%$ 时，绝对误差在 $\pm 0.50\%$ 以内；校准量程 $> 5.00\%$ 时，相对误差在 $\pm 10\%$ 以内。

b) 零点漂移：校准量程 $\leq 5.00\%$ 时，绝对误差在 $\pm 0.10\%$ 以内；校准量程 $> 5.00\%$ 时，相对误差在 $\pm 2\%$ 以内。

c) 响应时间： $\leq 60$ 秒。

d) 采样单元和预处理单元应具备加热保温功能，加热温度为  $100\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所用材质应耐高温、防腐蚀，宜采用不锈钢或钛合金等材质；颗粒物过滤器应至少能过滤  $50\text{ }\mu\text{m}$  粒径的颗粒物。

e) 数据存储容量能够满足工作要求，存储时长不低于 1 年。

## 7 样品

按照 GB/T 16157、HJ/T 397 等有关规定，确定采样位置、测点及频次，测定含湿量。

## 8 分析步骤

### 8.1 测试准备

原位式仪器按照使用说明书连接各组成单元，开启仪器，待仪器运行稳定后，将零点气导入仪器，按照使用说明书规定的步骤进行零点检查。

抽取式仪器按照使用说明书连接各组成单元，开启仪器，待仪器运行稳定后，按照使用说明书操作步骤开展气密性检查。若气密性检查不合格，应查漏和维护，直至检查合格。再以仪器规定的采样流量将零点气导入仪器，按照仪器使用说明书规定的步骤进行零点检查。

### 8.2 含湿量测定

将采样管前端置于排气筒中并尽量靠近中心位置，封堵采样孔。待仪器运行稳定后开始按分钟保存测定数据，取至少连续 5min 测定数据的平均值作为一次测定值。

### 8.3 仪器关机

测定完成后，将采样管前端置于环境空气中清洗仪器，待示值稳定后关闭电源，断开仪器各部分连接，结束测定。

## 9 结果表示

以 % 表示。当测定结果  $< 10.0\%$  时，保留至小数点后 2 位；当测定结果  $\geq 10.0\%$  时，保留 3 位有效数字。

## 10 准确度

### 10.1 精密度

6 家验证实验室对含湿量分别为 3.33%、9.29%、14.2%、23.7% 的含湿气体重复测定 6 次。

实验室内相对标准偏差分别为 0.18%~3.0%、0.30%~1.8%、0.42%~1.4% 和 0.20%~1.2%；

实验室间相对标准偏差分别为 6.9%、3.0%、3.6% 和 6.3%；

重复性限分别为 0.17%、0.25%、0.41% 和 0.60%；

再现性限分别为 0.66%、0.77%、1.48% 和 4.29%。

6 家验证实验室对电厂废气和水泥厂废气的含湿量重复测定 6 次。电厂废气含湿量为

5.36%~6.65%，平均值为 6.01%；水泥厂废气含湿量为 12.3%~13.9%，平均值为 13.2%。

实验室内相对标准偏差分别为 2.3%~3.6%和 0.43%~4.6%；

实验室间相对标准偏差分别为 7.7%和 4.0%；

重复性限分别为 0.48%和 1.36%；

再现性限分别为 0.98%和 1.74%。

## 10.2 正确度

6 家验证实验室对含湿量分别为 3.33%、9.29%、14.2%、23.7%的含湿气体重复测定 6 次。

相对误差分别为-12%~9.0%、-1.3%~0.64%、-5.4%~-0.34%和-6.7%~2.8%；

相对误差最终值分别为-0.13%±15%、-0.52%±1.6%、-3.4%±3.5%和-2.1%±6.9%。

## 11 质量保证和质量控制

11.1 仪器使用期间，每半年至少核查 1 次零点漂移和示值误差。使用零点气（5）核查 1h 零点漂移；使用含湿气体发生装置（11.2）发生含湿气体的方式核查示值误差，填写附录 A。对于长期未使用的仪器（超过半年），应在下次使用前核查零点漂移和示值误差，核查结果应符合 6.1.2 的要求，若核查结果不符合要求，应及时调整、维护或修复仪器，直至符合要求方可使用。当仪器使用频次较高，或者现场监测条件较为恶劣时，应适当缩短核查周期，增加核查次数。

11.2 含湿气体发生装置可采用高温精密露点仪和高温湿度标准箱或其他等同装置（技术指标要求见附录 B）。各技术指标校准方法参照相关计量校准规范，计量校准规范发布后从其规定。

## 12 注意事项

12.1 测定前应检查颗粒物过滤器，若有沾污应及时清洁或更换滤芯，防止阻塞气路。检查仪器加热功能，若不能正常运行应及时维护或修复。

12.2 测定时仪器应良好接地，避免对仪器和人员造成伤害。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 仪器性能核查记录表

测试地点：\_\_\_\_\_ 测试人员：\_\_\_\_\_ 测试日期：\_\_\_\_\_

电阻电容法仪器型号及编号：\_\_\_\_\_ 仪器量程 (%)：\_\_\_\_\_

仪器计量校准有效起止日期：\_\_\_\_\_

高温精密露点仪和高温湿度标准箱型号及编号：\_\_\_\_\_

氮气生产单位：\_\_\_\_\_ 氮气编号：\_\_\_\_\_

氮气含湿量符合标准要求：是  否  氮气有效截止日期：\_\_\_\_\_

表 A.1 示值误差结果记录表

核查方式	仪器测定值 ( $A_i$ )	含湿气体含湿量 ( $C_i$ )	绝对误差 ( $\delta_i$ )	相对误差 ( $\delta_i$ )				
含湿气体								
<p>注：待仪器运行稳定后，测定低（约 5.00%）、中（约 12.0%）、高（约 25.0%）含湿气体样品，也可根据需要确定含湿气体样品的含湿量。每种样品分别测定 3 次，计算绝对误差或相对误差。</p> <p style="text-align: center;">绝对误差：<math>\delta_i = \bar{A}_i - \bar{C}_i</math> 或相对误差：<math>\delta_i = \frac{(\bar{A}_i - \bar{C}_i)}{C_i} \times 100\%</math></p> <p>式中：<math>\delta_i</math>-----测定第 i 种含湿气体样品的示值误差；  <math>\bar{C}_i</math>-----第 i 种含湿气体样品平均值，%；  <math>\bar{A}_i</math>-----仪器测定第 i 种含湿气体样品平均值，%；            i-----待测样品序号（i=1~3）。</p>								
溯源方式	设备名称	型号编号	校准日期	有效期	偏差	不确定度	校准结果	校准单位
校准								
传递标准								
注：含湿气体发生装置采用校准或传递标准方式开展计量溯源。								

表 A.2 零点漂移结果记录表

零点气		起始日期 和时间	最终日期 和时间	零点漂移			
				零点气测定值		零点漂移 绝对误差	零点漂移 相对误差
名称	标准值 $x$			起始 ( $x_{i,0}$ )	最终 ( $x_i$ )	$\Delta x_i = x_i - x_{i,0}$	$\Delta x_i / C.S. \times 100\%$
注 1：起始表示核查开始，最终表示核查结束。							
注 2：零点漂移计算式中 C.S. 表示校准量程。							

附录 B

(资料性附录)

含湿气体发生装置技术指标要求

表 B.1 含湿气体发生装置技术指标要求

设备名称	项目		技术指标
高温精密露点仪	测量范围		露点温度范围 (10~80) °C
	最大允许误差		±0.3 °C以内
	重复性		0.1 °C以内
数字气压计	最大允许误差		±1.0 hPa 以内
高温湿度标准箱 (或其他等同装置)	测量范围		露点温度范围 (10~80) °C
	露点温度均匀度		0.3 °C以内
	露点温度波动度	20min 内波动度	±0.2 °C以内
		2min 间波动度	±0.1 °C以内
注 1: 各技术指标应分别在抽气量 5L/min 和 30 L/min 条件下满足。			
注 2: 数字气压计测量范围应覆盖当地实际大气压。			