**T/SSM**

ICS XXXXXXX

N XX

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 2024-XX-XX | 发布 |  | 2024-XX-XX | 实施 |

T/SSM XXX-XXXX

**济南计量测试学会**

 （征求意见稿）

济南计量测试学会团体标准

发布



便携式碳排放分析仪校准方法

Calibration specification for portable carbon emission analyzers

目 录

前 言 I

1范围 2

2引用文件 2

3术语和计量单位 2

3.1术语 2

3.2 计量单位 3

4 概述 3

5 技术要求 3

5.1 外观要求 3

5.2 安全要求 4

5.3 功能要求 4

5.4 计量性能要求 5

6 校准条件 6

6.1 校准环境 6

6.2 校准装置设备 6

7 校准项目和校准方法 7

7.1 气体 7

7.2 流量 8

7.3 压力 9

7.4 温度 10

7.5 含湿量 10

8 校准结果表达 10

9 复校时间间隔 11

附录A (资料性附录) 仪器数据采集记录和处理要求 12

附录B（资料性附录）实测法二氧化碳排放量计算方法 14

附录C（资料性附录）便携式碳排放分析仪CO2校准结果的不确定度评定方法 15

# 前 言

本标准按GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本标准由XXXX提出。

本标准由济南计量测试学会归口。

本标准起草单位：

主要起草人：

便携式碳排放分析仪校准方法

# 1范围

本标准规定了便携式碳排放分析仪的技术要求及校准方法，适用于便携式碳排放分析仪的校准、设计和生产。

# 2引用文件

本标准引用了下列文件：

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 1045 固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法

JJG 968-2002 烟气分析仪

JJG 205-2005 机械式温湿度计

JJG 1169-2019 烟尘采样器检定规程

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

# 3术语和计量单位

## 3.1术语

### 3.1.1 满量程 span (full scale)

仪器根据实际应用需要设置的最大测量值。

### 3.1.2 响应时间 response time

仪器响应时间分为上升响应时间和下降响应时间。上升响应时间指仪器零点读数稳定后通入量程校准气体，此时开始计时，到其示值达到量程校准气体标称值 90%的时刻止，中间的时间间隔。下降响应时间指仪器量程点读数稳定后通入零点气体，此时开始计时，到其示值达到量程校准气体标称值 10%的时刻止，中间的时间间隔。

### 3.1.3 零点漂移 zero drift

在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，仪器按规定的时间运行后通入零点气体，仪器的读数与零点气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

### 3.1.4 量程漂移 span drift

在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，仪器按规定的时间运行后通入量程校准气体，仪器的读数与量程校准气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

## 3.2 计量单位

便携式碳排放分析仪应采用法定计量单位，各组分气体含量的测量结果用体积分数表示，其中：

CO2、O2体积分数表示为“%”或“10-2”；

CH4、CO、N2O体积分数表示为“10-6”，质量分数表示为“mg/m3”；

流速单位为m/s，流量单位为 L/min或m3/h；

含湿量单位%RH，以干基计算；

压力单位为Pa或kPa。

# 4 概述

便携式碳排放分析仪主要用于分析烟气中的CO2、CH4、CO、N2O、O2等气体浓度，并能计算碳排放量。传感器可选择性配置，测定一种或多种气体。便携式碳排放分析仪由气路系统和电路系统两部分组成。其工作原理是抽气泵将烟气经采样管送至传感器的气室，传感器的输出电信号通过电子线路将模拟信号放大，转换成被测气体的浓度，其检测原理有电化学、非色散红外（FTIR）、傅里叶红外、可调谐激光法（TDLAS）等。仪器一般由样品采集和输送装置、样品预处理装置、分析仪、数据采集和处理装置等组成（见图1）。



图1 便携式碳排放分析仪结构示意图

# 5 技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 仪器应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、制造日期、仪器量程等信息。

5.1.2 仪器表面应完好无损，无明显缺陷，各部件单元连接可靠，各操作键、按钮使用灵活，定位准确。

5.1.3 仪器主机面板显示清晰，涂色牢固，字符、标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。

5.1.4 仪器外壳或外罩应耐腐蚀、密封性能良好、防尘、防雨。

5.1.5 仪器应具备较好的便携性和移动性，仪器总质量（含预处理装置）一般不超过 30 kg，单个装置质量一般不超过15 kg；仪器接电后，开机预热稳定时间不超过 1 h。

5.2 安全要求

5.2.1 绝缘电阻

在环境温度为（0～40）℃，相对湿度≤85%条件下，关闭仪器电路状态时，采用直流500 V 绝缘阻抗计，仪器电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 20 MΩ。

5.2.2 绝缘强度

在环境温度为（0～40）℃，相对湿度≤85%条件下，关闭仪器电路状态时，接地装置与机壳之间施加 50 Hz、1500 V 的交流电压 1 min，无飞弧或击穿等异常现象。

5.2.3 漏电保护

仪器应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止雷击、静电等对仪器造成损坏。

5.3 功能要求

5.3.1 样品采集和输送装置要求

5.3.1.1 采样管和样品输送管线（采用抽取冷干方式除湿设备前或抽取热湿方式的仪器）的材质应选用耐高温、防腐蚀和不吸附、不与气体发生反应的材料，且不影响气体的正常测量。

5.3.1.2 采样管和样品输送管线应具备稳定、均匀的加热、保温功能。其加热温度一般在120 ℃以上，温度可调，且应高于烟气露点温度10℃以上，其实际温度值应能够在仪器上或软件内显示。

5.3.1.3 采样管应具备颗粒物过滤功能。采样管前端或后端应具备便于更换或清洗的颗粒物过滤器，过滤器滤料的材质应不吸附、不与气体发生反应，过滤器应能过滤5 μm 粒径以上的颗粒物。

5.3.1.4 采样管和样品输送管线应具备足够的长度到达烟道或烟囱采样断面符合测量要求的点位。其中样品输送管线技术指标应符合：加热采样管线粗细均匀、各测试点温度与设定温度差值小于设定值的 10% 、加热线达到设定温度（120 ℃～220 ℃）时，表面温度小于等于 55 ℃ 、冷状态下加热管线气路耐压≥0.6 MPa。

5.3.1.5 流量控制设备应保障采样流量均匀、稳定，采样流量波动应保持在设置采样流量的±10%以内。

5.3.1.6 采样泵应具备克服烟道或烟囱负压以及采样设备阻力等的足够抽气能力。

5.3.2 样品预处理装置要求

5.3.2.1 预处理装置的材质应使用不吸附、不与气体发生反应的材料，且不影响气体的正常测量。

5.3.2.2 采用抽取冷干测量方式的仪器，除湿设备稳定后温度波动范围±2 ℃ 。除湿设备的设置温度应设置在（0～4）℃（设备出口烟气露点温度应≤4 ℃），温度波动不超过±2 ℃，其实际温度或露点温度数值应能够在仪器上或软件内显示。脱水效率：当湿度＞5.0%～≤10.0%时，脱水率≥85% 当湿度＞10.0%～≤15.0%时，脱水率≥90% 当湿度＞15.0%时，脱水率≥95%

5.3.2.3 除湿设备除湿过程如果产生冷凝液，应采用手动或自动方式通过冷凝液收集、排放装置及时、顺畅排出。

5.3.3 校准功能要求

5.3.3.1 仪器应能够进行零点和量程校准。

5.3.3.2 仪器应具备便于操作的标准气体全系统校准功能，即能够完成从样品采集和输送单元、预处理单元和分析单元的全过程校准。

5.3.4 气密性要求

仪器整个气路应具有良好的气密性，保证样品采集、输送、预处理和分析等各个环节连接紧密。仪器应具备现场检查气密性的功能，气密性检查方法参照 HJ 1045 附录 C。

5.3.5 数据采集和处理单元要求

5.3.5.1 仪器应显示和记录超出其零点以下和满量程以上至少10%的数据值。当测量结果超过零点以下或满量程以上10%时，数据记录可存储其最小或最大值保持不变，同时应在仪器显示和记录中加以明确标识。

5.3.5.2 仪器应具备显示、设置仪器时间和时间标签功能，数据为设置时段的平均值。

5.3.5.3 仪器应具有中文数据采集、存储、处理和控制软件。能够显示实时数据，具备查询历史数据的功能，并能以报表或报告形式输出。仪器数据采集、存储、处理和控制软件应符合附录 A 的技术要求。

5.3.5.4 仪器应具有北斗定位功能，能够实时采集仪器所在位置的经纬度信息，在“数据采集记录和处理软件”中实时显示，并可记录、查询和输出。

5.3.5.5 仪器应具有操作日志，记录包括运行、维护、校准等所有操作，且操作日志不可修改删除。

5.3.5.6 仪器与打印机连接时，应能够打印设置时间段内的测量数据和参数等相关信息。

5.3.5.7 仪器具备数字信号输出功能。

5.3.5.8 仪器断电后，具备自动保存数据功能。

5.3.5.9 仪器应能够实现数据实时传输，具备将监测数据和参数信息实时上传的功能。

# 5.4 计量性能要求

便携式碳排放分析仪计量性能要求如表1所示。

表1 计量性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 示值误差 | 重复性 | 稳定性 |
| 气体 | CO2 | ±5% | ≤2% | ≤2% |
| O2 |
| CH4 |
| CO |
| N2O |
| 压力 | 动压 | ±2%FS | ≤2% | ≤4 Pa/h |
| 静压 | ±4%FS |
| 含湿量 | ≤5.0%绝对误差不超过±0.75%＞5.0%相对误差不超过±0.75% | ≤0.5% | ≤0.5%/h |
| 流速 | ±5% | ≤2% | ≤2%/h |
| 温度 | ±2℃ | ≤1.5℃ | ≤1.5℃/h |

# 6 校准条件

6.1 校准环境

温度：（20±10）℃

相对湿度：不大于85%；

无影响仪器正常工作的电磁干扰。

6.2 校准装置设备

6.2.1 标准气体

空（氮）气中二氧化碳、甲烷、一氧化碳、一氧化二氮、氧气体有证标准物质，其浓度的扩展不确定度不应大于2%（*k*=2），标准气体可稀释获得，稀释获得的标准气体不确定度不大于3%，*k*=2。

6.2.2 零点校准气

清洁空气。

6.2.3 电子秒表

分度值0.01s。

6.2.4 流量控制器

流量稳定性优于2%，流量范围应能满足被检仪器要求，并设有放空的流量计。

6.2.5 流量标准器或装置

 工作范围应覆盖被检仪器的流量范围，最大允许误差为±1%。

6.2.6 压力标准装置

数字压力计：测量范围（-40~40）kPa，准确度级别不低于0.2级。

6.2.7 温度标准装置

 温度计：测量范围（0~50）℃，示值误差不超过±0.5℃。

6.2.8 湿度标准装置

精密露点仪：测量范围（-20~+40）℃（露点或露点温度），最大允许误差为±0.2℃（露点或露点温度）。

# 7 校准项目和校准方法

7.1 气体

7.1.1 气体示值误差

按照分析仪使用说明书或客户的要求确定分析仪的使用量程，并对分析仪进行预热稳定以及零点和量程的校准。依次通入浓度为使用量程20%、50%和80%左右的气体标准物质，读数稳定后分别记录分析仪示值，再通入零气等待分析仪示值回零。重复上述步骤3次，按公式（1）分别计算示值误差Δc。

  ............（1）

式中：

Δc——浓度示值误差，%；

 ——3次测量的算术平均值，10-6或10-2或mg/m3；

 ——气体标准物质的浓度，10-6或10-2。

7.1.2 气体重复性

待测分析仪运行稳定后，通入浓度为使用量程50%的气体标准物质，读数稳定后记录分析仪的示值A*i*，重复上述测试操作6次，按公式（2）计算重复性。

  ..............（2）

式中：

——相对标准偏差，%；

 ——6次测量的算术平均值，10-6或10-2或mg/m3；

 ——第*i*次的测量值，10-6或10-2或mg/m3。

 *n*——测量次数，*n*=6。

7.1.3 气体稳定性

分析仪校准零点后，通入约为量程80%的气体标准物质，分别读取稳定示值Ai，作为仪器的初始值。让仪器连续运行1h，每间隔15min通入一次气体标准物质，同时读取稳定示值Ai，每种气体标准物质读取稳定示值4次，取与初始值偏离最大的值，按公式（3）计算稳定性。

  . ..................（3）

式中：

——稳定性，%；

 ——分析仪初始值，10-6或10-2或mg/m3；

 ——与初始值偏离最大的值，10-6或10-2或mg/m3。

7.2 流量

7.2.1 流量示值误差

将流量标准器的出气端与仪器的进气端直接连接，见图2。确保气路不漏气，选择流量上限的20%、50%和80% 3个点作为流量测量点，分别设定仪器的采样流量至测量点并启动仪器，待仪器运行稳定后，同时记录仪器流量值QN和流量标准器的流量QS，每个点重复测量3次，取3次平均值，根据公式（4）和公式（5）计算流量示值误差。

  ............................（4）

  ............................（5）

 式中：

——流量示值误差，L/min；

 ——流量相对示值误差，%；

 Q——仪器入口处的流量（见图1），L/min；

 ——流量标准器的流量平均值，L/min。



图2 仪器流量校准连接示意图

7.2.2 流量重复性

 按照图1方式连接，设定仪器流量上限的50%，启动采样，待流量示值稳定后读取流量标准器示值Q*i*。按照上述步骤重复独立连续测量6次，根据公式（6）计算重复性*s*rel。

  ............................（6）

式中：

 Qi——第i次测量流量示值，L/min；

 ——6次流量测量的算数平均值，L/min；

 *n*——仪器测量次数。

7.2.3 流量稳定性

按照图1方式连接，设定仪器流量上限的50%，启动采样，待流量稳定后读取流量标准器测量的采样流量并开始计时，以后每隔15min读取1次，共4次，取5个读数中的最大值Qmax和最小值Qmin，根据公式（7）计算采样流量稳定性ω。

  ............................（7）

式中：

 ——平均流量值，L/min；

 ——最大流量值，L/min；

 ——最小流量值，L/min。

7.3 压力

取一个三通连接管,将仪器的进气口连接到三通连接管的一端,将数字压力计连接 到三通连接管的另一端,三通连接管第三端通过调节阀连接到大气。仪器的进气口到三通以及数字压力计到三通的距离尽可能要短，连接管路见图3。



图3 流量计前压力校准连接示意图

设置仪器采样流量为最大流量的50%，启动采样。调节阀处于全开状态，分别读取仪器和数字压力计的初始压力值。然后通过调节阀使管路产生负压，选择-5kPa，-10kPa，-20kPa 3个点作为流量计前压力校准点，待压力稳定后，同时读取数字压力计和仪器的压力值，根据公式（8）计算流量计前压力示值误差ΔP。

 ΔP =(P -P0)- (Ps -Ps0) ............................（8）

式中:

ΔP———流量计前压力示值误差，kPa;

 P———仪器流量计前压力值，kPa;

P0———仪器流量计前压力初始值，kPa;

Ps——— 数字压力计的显示值，kPa;

Ps0———数字压力计初始值，kPa。

7.4 温度

 将标准温度计与仪器的温度感应探头置于同一环境中，稳定1h后,启动仪器进入采样状态,分别记录仪器的流量计前温度与标准温度计显示的温度值,根据公式（9）计算温度示值误差 ΔT。

ΔT =T -Ts ............................（9）

式中:

ΔT———温度示值误差，℃;

T———仪器显示温度，℃;

Ts———标准温度计显示温度，℃。

7.5 含湿量

将精密露点仪与仪器的湿度感应探头置于同一环境中，稳定1h后，启动仪器进入采样状态，分别记录仪器的流量计前含湿量与精密露点仪显示的湿度值，根据公式（10）计算温度示值误差 ΔT。

ΔH =H -HB ............................（10）

式中:

ΔH———含湿量示值误差，%RH；

H———仪器显示含湿量，%RH

HB———精密露点仪显示湿度值，%RH。

# 8 校准结果表达

按本文件进行校准，校准结果应给出CO2测量结果的不确定度（评定示例见附录C）。

经校准后便携式碳排放分析仪应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书至少应包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 校准证书或报告的编号，页码以及总页数；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校仪器的制造单位，名称，型号和编号；
7. 校准单位校准专用章；
8. 校准日期；
9. 本文件所依据的技术规范名称及编号；
10. 本次校准所用有证标准物质和主要测量设备名称，型号，准确度等级或不确定度最大允许误差，仪器编号，证书（报告）编号和有效期；
11. 校准时的环境温度，相对湿度；
12. 校准结果以及测量不确定度；
13. 对校准规范偏离的说明（若有）；
14. 复校时间间隔的建议；
15. “校准证书”的校准人，核验人，批准人签名及签发日期；
16. 校准结果仅对被校仪器本次测量有效声明；
17. 未经实验室书面批准，部分复制证书或报告的无效声明。

# 9 复校时间间隔

便携式碳排放分析仪复校时间间隔建议为1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主确定复校周期间隔。

附 录 A

(资料性附录)

仪器数据采集记录和处理要求

仪器应具有具备数据采集、处理、存储、表格或图文显示、故障警告和打印等功能的操作软件；应设置通信接口，用于数据输出和通讯。

A.1 数据采集记录存储要求

由仪器的控制功能协调整个仪器的时序，仪器能够将采集和记录的实时数据自动处理并记录为分钟数据。

A.1.1 仪器应能采集每组测量的实时数据，主要包括：气体体积浓度或实测质量浓度、烟气湿度等。

A.1.2 至少每 1 min 记录存储一组仪器测量的分钟数据，数据为该时段的平均值；主要包括：气体体积浓度或标准状态下的质量浓度，烟气湿度等。

A.1.3 采用不同采样测量方式的仪器，若测量结果需要湿/干基的转换计算处理，则应同时显示并记录该测量值湿基和干基的测量数据。

A.2 数据处理计算方法和公式要求

A.2.1 浓度转换计算公式

1）体积浓度与标准状态下质量浓度转换按公式（A-1）计算：

  ...........................................(A-1)

式中：

--------标准状态下质量浓度，mg/m3；

M---------摩尔质量，g/mol；

22.4--------标准状态下气体摩尔体积，L/mol；

--------体积浓度，μmol/mol。

注：公式（A-1）中质量浓度和体积浓度干湿基状态应相同。

2）干基浓度和湿基浓度转换按公式（A-2）计算：

 ....................................（A-2）

式中：

--------干基质量浓度或体积浓度，mg/m3 或 μmol/mol；

--------湿基质量浓度或体积浓度，mg/m3或 μmol/mol；

--------烟气绝对湿度（又称水分含量），%。

注：公式（A-2）中干基浓度与湿基浓度的工况状态条件应相同。

A.2.2 体积浓度统计计算公式

1）体积浓度分钟数据按公式（A-3）计算：

 ....................................（A-3）

式中：

--------第 *j*分钟测量干基体积浓度平均值，μmol/mol；

--------最大间隔 5s采集测量的干基体积浓度瞬时值，μmol/mol；

*n*------------在该分钟内有效测量的瞬时数据数，（*n*为整数，*n*≥12）。

注：其它监测因子如烟气湿度，计算方法与公式与（A-3）相同。

附 录 B

（资料性附录）

实测法二氧化碳排放量计算方法

实测法二氧化碳排放量计算方法。

利用实测数据，计算日CO2排放量采用公式（B-1）计算：

 （B-1）

式中：——实测法获得的日CO2排放量，t/d；

——烟气中二氧化碳浓度，%；

——标准状况下单日排放烟气总量，m3；

——标准气体摩尔体积，取22.4L/mol；

——二氧化碳摩尔质量，取44g/mol；

其中标准状况下单日烟气总流量按照公式（B-2）计算：

 （B-2）

式中：——实测烟气流量，m3/h；

——标准状况温度，取273.15K；

——实测温度，K；

——标准状况压力，取101.33kPa；

——实测烟道绝对压力，kPa。

附 录 C

（资料性附录）

便携式碳排放分析仪CO2校准结果的不确定度评定方法

C.1 CO2测量结果不确定度评定

C.1.1 测量方法

利用空气中二氧化碳气体标准物质对便携式碳排放分析仪进行校准，得到被校仪器测量值，与标准气体浓度进行比较，得到CO2浓度的示值误差。

C.1.2 数学模型

 .............................……………….（C-1）

式中：

—CO2浓度示值误差；

—CO2浓度的算术平均值，单位为%；

*cbi*—标准气体的浓度值，单位为%。

C.1.3 方差和灵敏系数

依方程：

  ............................……………….（C-2）

由（C-2）式得方差：

 ............................……………….（C-3）

式中：

—便携式碳排放分析仪测量重复性引入的标准不确定度；

—标准气体的标准不确定度分量。

C.1.4 输入量的不确定度来源

a)便携式碳排放分析仪测量结果重复性。

b)便携式碳排放分析仪数显量化误差引入的不确定度分量。

c)标准气体的标准不确定度分量。

C.1.5 输入量的标准不确定度评定

C.1.5.1 便携式碳排放分析仪测量重复性引入的标准不确定度评定

便携式碳排放分析仪测量重复性引入的标准不确定度可以通过连续测量得到测量列，采用A类方法评定。

进行10次重复性测量，得到便携式碳排放分析仪测量值的观测列：

表C.1 测量值的观测列

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量点% | % | 标准差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值 |
| 10.5 | 10.45 | 10.42 | 10.43 | 10.46 | 10.42 | 10.47 | 10.45 | 10.44 | 10.42 | 10.45 | 10.44 | *s*=0.018 |

实际校准中重复测量3次，取平均值，所以：



C.1.5.2 便携式碳排放分析仪数显量化误差引入的标准不确定度评定

便携式碳排放分析仪的分辨力为：0.01%，其量化误差以等概率分布在半宽度为1/2=0.005 %的区间内，取包含因子=，其引入的相对标准不确定度为：



按照[JJF 1033-2016 计量标准考核规范](http://www.instrument.com.cn/download/shtml/066694.shtml%22%20%5Ct%20%22_blank)的要求，测量重复性引入的不确定度和数显量化误差引入的不确定度两者中取大值，故由输入量*i*引入的标准不确定度为：



C.1.5.3 标准气体引入的标准不确定度评定

根据标准气体证书给出的定值不确定度来评定，采用B类方法评定。

标准气体证书中提供的相对扩展不确定度为*U*rel=2%，*k*=2，则标准不确定度为：



C.1.6 输出量的标准不确定度分量一览表

表C.2 输出量的标准不确定度分量一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 输入量估计值的标准不确定度评定 | 输出量估计值的相对标准不确定度分量 |
| 标准不确定值 | 灵敏系数 |  |
| 测量重复性引入的标准不确定度分量 |  | 0.011% | 0.019 | 0.008 |
| 标准气体引入的标准确定度分量 |  | 0.105% | -0.021 | -0.011 |

C.1.7 合成标准不确定度

由于各标准不确定度分量不相关，所以：





C.1.8 相对扩展不确定度

取*k*=2，相对扩展不确定度为

 *U*rel=*k*×=2.2%

C.1.9 便携式碳排放分析仪测量不确定度评定结果

便携式碳排放分析仪在测量点的相对扩展不确定度为*U*rel=2.2%，*k* =2。