

贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) 89-2025

烟气 (CO₂) 连续监测系统校准规范

Calibration Specification for Flue Gas (CO₂) Continuous
Monitoring Systems

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局 发布

烟气 (CO₂) 连续监测系统

校准规范

JJF (黔) 89—2025

Calibration Specification for Flue Gas (CO₂)

Continuous Monitoring Systems

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：贵州省计量测试院

贵州航天计量测试技术研究所

参加起草单位：清镇市市场监管检验检测中心

安顺市质量技术监督检测所

北京雪迪龙科技股份有限公司

本规范委托贵州省计量测试院负责解释

本规范主要起草人：

李 骋（贵州省计量测试院）

胡 波（贵州省计量测试院）

李金阳（贵州航天计量测试技术研究所）

参加起草人：

韩 璐（清镇市市场监管检验检测中心）

李昭娟（贵州省计量测试院）

章 薇（安顺市质量技术监督检测所）

李 蕊（北京雪迪龙科技股份有限公司）

目 录

引言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 响应时间	1
3.2 零点漂移	1
3.3 量程漂移	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 示值误差	2
5.2 重复性	2
5.3 响应时间	2
5.4 漂移	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 测量标准及其他设备	2
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	3

8 校准结果表达	5
8.1 校准结果处理	5
8.2 校准记录与证书内页、不确定度评定	6
9 复校时间间隔	6
附录 A 校准原始记录格式	7
附录 B 校准证书内页格式	8
附录 C 示值误差测量结果的不确定度评定	11

引 言

本规范按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》等基础性系列规范进行制定。

烟气 (CO₂) 连续监测系统校准规范

1 范围

本规范适用于非工况状态下烟气 (CO₂) 连续监测系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1585 固定污染源烟气排放连续监测系统校准规范

HJ 76 固定污染源烟气 (SO₂、NO₂、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法

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 响应时间 systems response time

从监测系统采样探头通入标准气体的时刻起，到分析仪器示值达到标准气体标称值90%的时刻止，中间的时间间隔。包括管线传输时间和仪表响应时间。

3.2 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。

3.3 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。

4 概述

烟气 (CO₂) 连续监测系统（以下简称监测系统）是连续监测烟气中二氧化碳气体浓度的设备。由二氧化碳浓度监测单元、数据采集与控制系统等组成。烟气 (CO₂) 连

续监测系统组成示意图见图 1。

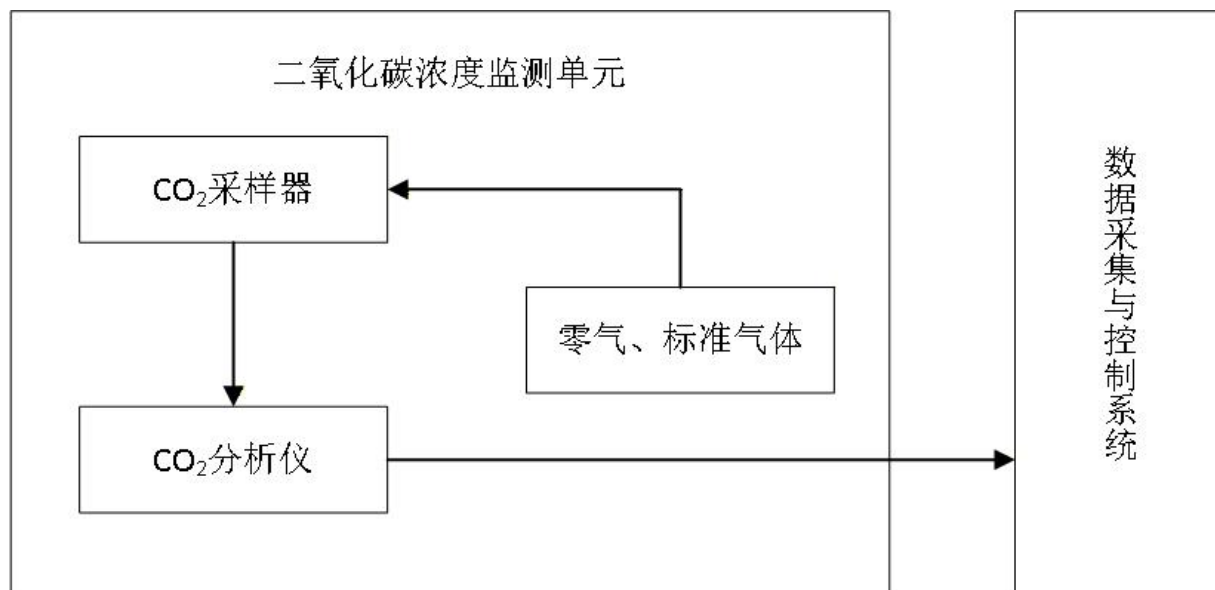


图 1 烟气 (CO₂) 连续监测系统组成示意图

5 计量特性

- 5.1 示值误差：±5%。
- 5.2 重复性：≤2%。
- 5.3 响应时间：≤200 s。
- 5.4 漂移：零点漂移≤2%FS；量程漂移≤2%FS。

6 校准条件

6.1 环境条件

- 6.1.1 温度：(15~35)℃。
- 6.1.2 相对湿度：≤85%。
- 6.1.3 大气压：(80~106) kPa。
- 6.1.4 供电电源：电压 (220±22) V；频率 (50±2) Hz。
- 6.1.5 其他：周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 零点气体

99.999%高纯氮气。

6.2.2 二氧化碳气体标准物质

氮气中二氧化碳气体标准物质，相对扩展不确定度 $\leq 2\%$ （ $k=2$ ）。

6.2.3 电子秒表

测量范围（0~3600）s，最大允许误差： ± 0.10 s。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表1 校准项目

序号	校准项目
1	示值误差
2	重复性
3	响应时间
4	漂移

7.2 校准方法

7.2.1 示值误差

通入零点气体，待监测系统运行稳定后，分别通入浓度为满量程的20%、50%和80%的二氧化碳气体标准物质，待稳定后，记录监测系统示值。各浓度点重复测量3次，取算术平均值作为测量结果。按公式（1）计算各浓度点的监测系统的示值误差。

$$\Delta_{ei} = \frac{(\overline{C_{di}} - C_{si})}{C_{si}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

Δ_{ei} ——示值误差，%；

$\overline{C_{di}}$ ——各浓度点 3 次监测系统示值的算术平均值，%；

C_{si} ——各浓度点二氧化碳气体标准物质标称值，%。

7.2.2 重复性

通入零点气体，待监测系统运行稳定后，通入浓度为满量程 50%的二氧化碳气体标

准物质，待读数稳定后记录监测系统示值，重复测量 6 次，按公式 (2) 计算监测系统重复性。

$$s_r = \frac{1}{\bar{c}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (c_i - \bar{c})^2}{6-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

s_r ——重复性，%；

c_i ——第 i 次监测系统示值，%；

$\bar{c}$ ——6 次监测系统示值的算术平均值，%。

7.2.3 响应时间

a) 通入浓度约为满量程 80% 的二氧化碳气体标准物质，读取监测系统稳定示值；

b) 通入零点气体使之回零，再通入 80% 浓度的二氧化碳气体标准物质，同时启动秒表，待监测系统示值达到稳定示值的 90% 时停止计时，记录秒表读数，重复测量 3 次，取算术平均值作为监测系统的响应时间。

7.2.4 漂移

监测系统的漂移包括零点漂移和量程漂移。

a) 通入零点气体，待监测系统运行稳定后，记录第 1 次通入零点气体示值；

b) 再通入浓度约为满量程 50% 的二氧化碳气体标准物质，记录第 1 次通入二氧化碳气体标准物质示值；

c) 每隔 2 h 通入零点气体，记录示值，再通入浓度约为满量程 50% 的二氧化碳气体标准物质，记录示值。重复测量 4 次。

d) 按公式 (3) 计算监测系统的零点漂移。

$$\Delta_{zi} = \frac{\text{Max}|c_{zi} - c_{z0}|}{R} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

Δ_{zi} ——零点漂移，%；

c_{zi} ——第 i 次通入零点气体监测系统示值，%；

c_{z0} ——第 1 次通入零点气体监测系统示值，%；

R ——监测系统满量程值，%；

e) 按公式 (4) 计算监测系统的量程漂移。

(4)

$$\Delta_{si} = \frac{\text{Max}|(c_{si}-c_{zi})-(c_{s0}-c_{z0})|}{R} \times 100\%$$

式中：

Δ_{si} ——量程漂移，%；

c_{si} ——第 i 次通入二氧化碳气体标准物质系统示值，%；

c_{s0} ——第 1 次通入二氧化碳气体标准物质系统示值，%。

8 校准结果表达

8.1 校准结果处理

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；

- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

8.2 校准记录与证书内页、不确定度评定

校准原始记录格式见附录 A,校准证书内页格式见附录 B,测量不确定度评定示例见附录 C。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短由仪器使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的,因此,送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

附录 A

校准原始记录格式

第 页 共 页

原始记录编号				证书编号	
送校单位				规格型号	
仪器名称				出厂编号	
生产厂家				测量范围	
校准依据					
主要测量设备:					
名称/型号	编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期
环境条件	温度: °C, 相对湿度: %		大气压: kPa		
校准地点			校准时间		
校准员			核验员		
备注					

A.1 示值误差

气体标准物质浓度值/%		测量值/%			平均值/%	示值误差/%	扩展不确定度 U_{rel} ($k=2$)
		1	2	3			
二氧化碳							

A.2 重复性

气体标准物质浓度值/%		测量值/%						重复性/%
		1	2	3	4	5	6	
二氧化碳								

A.3 响应时间

气体名称	系统响应时间/s			
	1	2	3	平均值
二氧化碳				

A.4 漂移

气体名称	时间	0 h	2 h	4 h	6 h	8 h	漂移/%
二氧化碳	零点漂移						

日期： 年 月 日

校准证书内页格式

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	气 压		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

校 准 结 果

校准项目	校准结果					
	二氧化碳					
校准浓度/%						
示值误差/%						
校准结果的扩展 不确定度 U_{rel} ($k=2$)						
重复性/%						
响应时间/s						
零点漂移/%						
量程漂移/%						
以下空白						
说明： 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下_____个月校准一次。						
声明： 1. 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。 2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。						

附录 C

示值误差测量结果的不确定度评定

C.1 概述

C.1.1 环境条件：温度：25℃；相对湿度：≤85%。

C.1.2 测量标准：二氧化碳气体标准物质，测量范围（0~20）%，不确定度 $U_{\text{rel}}=1\%$ ， $k=2$ 。

C.1.3 被校对象：烟气（CO₂）连续监测系统，测量范围（0~20）%，最大允许误差 ±5%。

C.1.4 测量方法：通入零点气体，待监测系统运行稳定后，分别通入浓度为满量程的20%、50%和80%的二氧化碳气体标准物质，待稳定后，记录监测系统示值。各浓度点重复测量3次，取算术平均值作为测量结果。按公式（C.1）计算各浓度点的监测系统的示值误差。

C.2 测量模型

测量模型按公式（C.1）建立。

$$\Delta_{ei} = (\overline{C_{di}} - C_{si}) \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δ_{ei} ——监测系统的示值误差，%；

C_{si} ——第*i*种二氧化碳气体标准物质浓度标称值，%；

$\overline{C_{di}}$ ——第*i*种浓度二氧化碳气体标准物质 3 次测量的平均值，%；

C.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta_{ei}) = c_1^2 u^2(\overline{C_{di}}) + c_2^2 u^2(C_{si}) \quad (\text{C.2})$$

式中灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta_{ei})}{\partial \overline{C_{di}}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta_{ei})}{\partial C_{si}} = -1$$

C.4 不确定度来源

- a) 二氧化碳气体标准物质定值引入的标准不确定度 u_1 ;
- b) 测量重复性引入的标准不确定度 u_2 ;
- c) 监测系统分辨力引入的标准不确定度 u_3 。

C.5 标准不确定度评定

C.5.1 二氧化碳气体标准物质引入的标准不确定度 u_1

按 B 类评定方法进行评定, 由标准物质证书可知, 二氧化碳气体标准物质的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = 1\%$, 包含因子 $k=2$ 。由浓度为 10% 的二氧化碳气体标准物质定值引入的标准不确定度为:

$$u_1 = \frac{0.1 \times 1\%}{2} = 0.05\%$$

C.5.2 测量重复性引入的标准不确定度 u_2 。

按 A 类评定方法进行评定, 将浓度为 10% 的二氧化碳气体标准物质通入被校监测系统, 稳定后读取示值, 重复测量 10 次。测量结果见表 C.1。

表 C.1 测量结果

测量序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/%	9.93	9.93	9.91	9.76	9.96	9.87	9.87	9.82	9.82	9.98

计算实验标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}} = 0.07\%$$

实际在重复条件下连续测量 3 次, 以 3 次测量得平均值作为测量结果, 由监测系统测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.04\%$$

C.5.3 监测系统分辨力引入的标准不确定度 u_3

按 B 类评定方法进行评定，监测系统的显示分辨力为 0.01%，按均匀分布，由监测系统分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.01\%}{2\sqrt{3}} = 0.0029\%$$

测量重复性引入的标准不确定度和监测系统分辨力引入的标准不确定度存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

C.6 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度 /%	灵敏系数 C_i
二氧化碳气体标准物质定值	u_1	0.05	-1
测量重复性	u_2	0.04	1
监测系统分辨力	u_3	0.0029	1

以上各项标准不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u(c) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.064\%$$

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则绝对示值误差的扩展不确定度为：

$$U = ku(c) = 2 \times 0.064\% \approx 0.13\%$$

取包含因子 $k=2$ ，则相对示值误差的扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = 0.13\% / 0.1 = 1.3\%$$

