

**广 东 省 地 方 计 量 技 术 规 范**

JJF(粤)XXX—XXXX

固定源二氧化碳排放连续监测系统  
计量技术规范

**Metrological Technical Specification for Continuous Emission Monitoring Systems of CO2 Emitted from Stationary Source**

（报批稿）

XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施

**广东省市场监督管理局** 发 布

|  |  |
| --- | --- |
| 固定源二氧化碳排放连续监测系统计量技术规范 | JJF(粤)XXX-XXXX |
| **Metrological Technical Specification for Continuous Emission Monitoring Systems of CO2 Emitted from Stationary Source** |

归 口 单 位：广东省碳达峰碳中和计量技术委员会

主要起草单位：广东省计量科学研究院

参加起草单位：广东省广州生态环境监测中心站

国能清远发电责任有限公司

广州华润热电有限公司

深圳市前度科技有限公司

本规范委托广东省碳达峰碳中和计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

[引言 Ⅱ](#_Toc4696)

[1 范围 1](#_Toc30636)

[2 引用文件 1](#_Toc30926)

[3 概述 1](#_Toc6334)

[4 计量特性 1](#_Toc27355)

[5 校准条件 2](#_Toc19180)

[5.1 环境条件 2](#_Toc8943)

[5.2 校准用设备 2](#_Toc32750)

[6 校准项目和校准方法 3](#_Toc4294)

[6.1 非工况状态下计量特性校准 3](#_Toc8687)

[6.2 工况状态下计量特性校准 4](#_Toc12755)

[7 校准结果表达 7](#_Toc19647)

[8 复校时间间隔 8](#_Toc7716)

[附录A 校准原始记录参考格式 9](#_Toc32171)

[附录B 校准证书内页参考格式 12](#_Toc30053)

[附录C 测量不确定度评定示例 14](#_Toc22265)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1005《标准物质通用术语和定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094《测量仪器特性评定》共同构成支撑本规范制订工作的基础性系列规范。

本文件在编制中充分考虑了JJF 1585《固定污染源烟气排放连续监测系统校准规范》、JJG 635《一氧化碳、二氧化碳红外气体分析器》、DL/T 2376《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》、T/CAEPI 47《固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求》的部分技术指标。

本规范为首次发布。

固定源二氧化碳排放连续监测系统计量技术规范

1 范围

本规范适用于非工况状态下及工况状态下固定源二氧化碳排放连续监测系统的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1005 标准物质通用术语和定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

JJF 1094 测量仪器特性评定

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

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 概述

固定源二氧化碳排放连续监测系统（以下简称监测系统）主要用于实时、连续监测烟气中二氧化碳浓度、流速、温度、湿度等参数，监测系统由二氧化碳浓度监测子系统、烟气排放参数测量子系统（通常包含温度、流速、湿度等）、数据传输与处理子系统以及显示子系统等部分组成。其中二氧化碳浓度监测子系统的测量原理主要有非色散红外法（NDIR）、傅立叶变换红外光谱法（FTIR）、可调谐半导体激光吸收光谱法（TD-LAS）、中红外激光吸收光谱法（MIR-LAS）等。流速测量原理主要有分为皮托管法、超声波法等。

4 计量特性

监测系统计量特性分为非工况状态下（见表1）及工况状态下（见表2）。

1. 表1.非工况状态下计量特性

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术要求 |
| 示值误差 | ±2%FS |
| 重复性 | ≤1%（相对标准差） |
| 响应时间 | ≤60 s |
| 零点漂移 | ±2%FS |
| 量程漂移 | ±2%FS |

1. 表2.工况状态下计量特性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 测量范围 | 示值误差 | 重复性 |
| 二氧化碳 | ≤10%（体积比） | ±0.5%（绝对误差） | 0.25%（标准差） |
| ＞10%（体积比） | ±5%（相对误差） | 2.5%（相对标准差） |
| 流速 | ≤10 m/s | ±12% | 5% |
| ＞10 m/s | ±10% |
| 烟气温度 | （0～800）℃ | ±3℃ | 2℃ |
| 烟气湿度 | ≤5%（绝对湿度） | ±0.75%（绝对误差） | 0.4%（标准差） |
| ＞5%（绝对湿度） | ±15%（相对误差） | 7.5%（相对标准差） |

注：以上各项指标不用于合格性判定，仅作参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度：（0～40）℃；

湿度：≤90%RH；

大气压：（80~106）kPa。

5.2 校准用设备

5.2.1 非工况状态下校准用设备

5.2.1.1 气体标准物质

氮（或空气）中二氧化碳气体有证标准物质，相对扩展不确定度应不大于1.5%（包含因子*k*=2）；当采用稀释装置进行配气时，稀释后的气体标准物质相对扩展不确定度应满足上述要求。

5.2.1.2 零点气体

高纯氮气（纯度不低于99.999%）或合成空气（体积浓度约为20.9%的氮中氧气体标准物质）。

注：校准过程中使用的零点气体应与气体标准物质的平衡气体种类一致。

5.2.1.3 流量控制器

流量控制器由两个气体流量计组成，如图1所示：

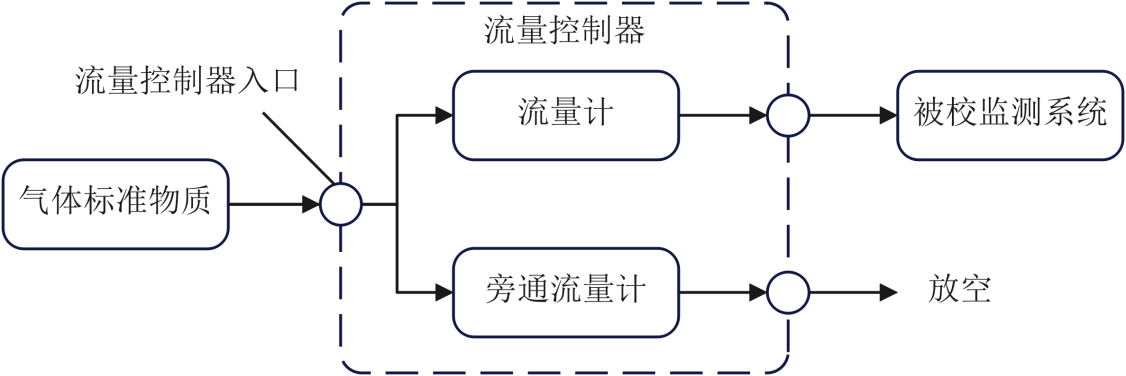


图1 监测系统校准框图

其中气体流量计测量范围为（0.5～5）L/min，准确度级别不低于4.0级。

5.2.1.4 秒表

最大允许误差不超过±0.5 s/d。

5.2.2 工况状态下校准用设备

5.2.2.1 二氧化碳气体分析仪

测量范围0~30%，最大允许误差不超过±2%FS。

5.2.2.2 流速测量装置

三维皮托管流速测量标准装置或其他等同准确度设备，测量范围（5~30）m/s，最大允许误差不超过±3%。

5.2.2.3 测温仪

测量范围（0~800）℃，最大允许误差不超过±1℃。

5.2.2.4 烟气湿度测量装置

测量范围0~40%（绝对湿度），最大允许误差不超过±5%（相对误差）。

5.2.2.5 气压计

最大允许误差不超过±2.5 hPa。

6 校准项目和校准方法

6.1 非工况状态下计量特性校准

6.1.1 校准前调整

按照监测系统使用说明书的要求对监测系统进行预热稳定以及零点和示值的调整。按图1所示连接气体标准物质、流量控制器和被校监测系统，校准时必须保证旁通流量计有流量放空。

6.1.2 示值误差

依次通入浓度约为监测系统量程上限值20%，50%和80%的气体标准物质，待读数稳定后，记录监测系统的显示值。重复测量3次，按式（1）计算监测系统各浓度点的示值误差，取绝对值最大的作为监测系统的示值误差：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （1） |
|  | （2） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——示值误差，%； |
|  | ——各校准点仪器3次读数值的算术平均值，%； |
|  | ——气体标准物质的浓度值，%； |
|  | ——仪器的满量程值，%； |
|  | ——各次测量的监测系统显示值，%。 |

6.1.3 重复性

通入浓度约为监测系统量程上限值50%的气体标准物质，待读数稳定后，记录监测系统显示值，然后通入零点气体。待监测系统示值稳定后，再通入上述浓度的气体标准物质，重复前述测量6次，分别记录每次的读数。监测系统的重复性以相对标准偏差来表示，按式（3）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （3） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——6次仪器读数的算术平均值，%； |
|  | ——第次测量监测系统的读数，%； |
|  | ——测量次数，=6。 |

6.1.4 响应时间

通入浓度约为量程上限值50%的气体标准物质，待监测系统示值稳定后，记录监测系统读数。然后通入零点气体，待监测系统稳定后，再通入上述浓度的气体标准物质，同时启动秒表开始计时，当监测系统的示值达到上一次稳定值的90%时停止计时，秒表所显示的时间即为响应时间。重复测量3次，取算术平均值作为监测系统的响应时间。

6.1.5 漂移

通入零点气体，待监测系统稳定后，记录监测系统显示值，然后通入浓度约为量程上限值50%的气体标准物质，待监测系统稳定后，记录监测系统显示值。撤去气体标准物质，使监测系统连续运行8 h，每隔2 h重复上述步骤一次，将第次监测系统显示值记录为与。按照式（4）计算零点漂移，按照式（5）计算量程漂移。取绝对值最大的和作为监测系统的零点漂移和量程漂移。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4） |
|  | （5） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——被测监测系统满量程值，%； |
|  | ——首次通入零点气体时监测系统读数，%； |
|  | ——首次通入气体标准物质时监测系统读数，%； |
|  | ——第次通入零点气体时监测系统读数，%； |
|  | ——第次通入气体标准物质时监测系统读数，%。 |

6.2 工况状态下计量特性校准

6.2.1 二氧化碳浓度

将二氧化碳气体分析仪（以下简称气体分析仪）放置在现场操作平台，接通各气路系统，启动并预热达到正常工作状态。在现场烟气工况处于相对稳定的状态（5分钟内二氧化碳浓度分钟均值变化不超过对应工况下监测系统示值误差的要求）时开始测量，取一段时间（5~15分钟）内气体分析仪测得的二氧化碳浓度，连续记录至少5个数值，取平均值作为该时间段内的测量值。断开气路连接，使气体分析仪回零后，重复上述步骤测量6次。

从气体分析仪记录数据开始，同时记录监测系统在每个测量时间段内至少5个数据，取平均值作为该时间段监测系统的测量值。

当二氧化碳浓度在10%及以下时，使用式（8）计算示值误差，使用式（10）计算重复性。

当二氧化碳浓度在10%以上时，使用式（9）计算示值误差，使用式（11）计算重复性。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6） |
|  | （7） |
|  | （8） |
|  | （9） |
|  | （10） |
|  | （11） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第次监测系统测量的二氧化碳浓度，%； |
|  | ——第次气体分析仪测量的二氧化碳浓度，%； |
|  | ——第次测量监测系统的浓度绝对误差，%； |
|  | ——第次测量监测系统的浓度相对误差，%； |
|  | ——测量次数，=6。 |

6.2.2 流速

将流速测量装置按照说明书的要求放置在现场操作平台，所选择的测量断面应在不影响流场的前提下与监测系统测试断面尽量靠近。现场测量点的选择宜参考GB/T 16157的相关要求。在现场烟气工况处于相对稳定的状态（5分钟内流速分钟均值变化不超过对应工况下监测系统示值误差的要求）时开始测量，使用流速测量装置开始测量的同时开始计时，至全部测量点流速测量完成时停止计时，记录此区间内监测系统测量均值，装置根据各测量点数据计算出本次测量的截面平均流速。

从流速测量装置记录数据开始，同时记录监测系统在每个测量时间段内至少5个数据，取平均值作为该时间段监测系统的测量值。

重复测量6次，按照式（13）计算流速的示值误差，按照式（14）计算流速的重复性。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （12） |
|  | （13） |
|  | （14） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——计时区间内监测系统测量均值； |
|  | ——计时区间内流速测量装置测量均值； |
|  | ——第次测量监测系统的流速相对误差，%； |
|  | ——测量次数，=6； |

6.2.3 烟气温度

将温度测量装置探头放入监测系统测试断面，与监测系统温度探头安装位置尽量靠近。在现场烟气工况处于相对稳定的状态（5分钟内温度分钟均值变化不超过对应工况下监测系统示值误差的要求）时开始测量，监测系统和温度测量装置同时进行烟气温度的测量，同时读取6组监测系统和温度测量装置的示值，按照式（16）计算温度的示值误差，按照式（17）计算温度的重复性。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （15） |
|  | （16） |
|  | （17） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第组温度测量装置测量的烟气温度平均值，℃； |
|  | ——第组监测系统测量的烟气温度，℃； |
|  | ——第次测量监测系统的温度绝对误差，℃； |
|  | ——测量次数，=6。 |

6.2.4 烟气湿度

将湿度测量装置探头放入监测系统测试断面，与监测系统湿度探头安装位置尽量靠近。在现场烟气工况处于相对稳定的状态（5分钟内湿度分钟均值变化不超过对应工况下监测系统示值误差的要求）时开始测量，监测系统和湿度测量装置同时进行烟气湿度的测量，同时读取6组监测系统和湿度测量装置的示值。

当湿度在5%及以下时，使用式（20）计算示值误差，使用式（22）计算重复性。

当湿度在5%以上时，使用式（21）计算示值误差，使用式（23）计算重复性。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （18） |
|  | （19） |
|  | （20） |
|  | （21） |
|  | （22） |
|  | （23） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第次监测系统测量的湿度，%； |
|  | ——第次湿度测量装置所测量的湿度，%； |
|  | ——第次测量监测系统的湿度绝对误差，%； |
|  | ——第次测量监测系统的湿度相对误差，%； |
|  | ——测量次数，=6。 |

7 校准结果表达

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：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 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；
8. 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
9. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
10. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
11. 校准环境的描述；
12. 校准结果及其测量不确定度的说明；
13. 对计量技术规范的偏离的说明；
14. 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；校准员、核验员的签名以及校准日期；
15. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
16. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由监测系统的使用情况、使用者、监测系统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1年。在相邻两次校准期间，如对监测系统的检测数据有怀疑或监测系统更换主要部件及修理后等，可考虑对监测系统重新校准。

附录A  
校准原始记录参考格式

第 页 共 页

|  |  |
| --- | --- |
| 委 托 方： | 仪器名称： |
| 制 造 厂： | 型号规格： |
| 编 号： | 设 备 号： |
| 证书编号： | 记录编号： |
| 环境条件： | |
| 依 据： | |

本次校准所用主要测量设备：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准器名称 | 仪器编号 | 技术特征 | 证书号 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

1 外观：

2 非工况状态校准

2.1 示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标气/标准值 | | 仪器测得值/ % | | | | 误差/ % |
| 1 | 2 | 3 | 平均 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

2.2 重复性

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标气/标准值 | | 仪器测得值/ % | | | | | | 重复性  / % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.3 响应时间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标气/标准值 | | 响应时间/ s | | | |
| 1 | 2 | 3 | 平均 |
|  |  |  |  |  |  |

2.4 漂移

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值 | | 仪器测得值/ % | | | | | 漂移/ %FS |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 零点 |  |  |  |  |  |  |  |
| 量程 |  |  |  |  |  |  |  |

3 工况状态校准

3.1 二氧化碳浓度

第 页 共 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据/ % | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值  / % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差  / % |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 示值误差平均值  / % | | |  | | | | 重复性  / % | |  | | | |

3.2 流速

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 烟道类型及尺寸 | □圆形烟道： | | | | □矩形烟道： | | | | □其他： | | | |
| 测试平台  情况 | 上游直管段长度： | | | | | | 下游直管段长度： | | | | | |
| 测量次数 | 多次测量数据/（m/s） | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 |
| 各点  流速数据 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 截面平均  流速  /（m/s） |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差  / % |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 示值误差平均值  / % |  | | | | | | 重复性  / % | |  | | | |

3.3 烟气温度

第 页 共 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据/ ℃ | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 |
| 温度示值/ ℃ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差/ ℃ |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 示值误差平均值/ ℃ | | |  | | | | 重复性/ ℃ | |  | | | |

3.4 烟气湿度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据/ % | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 | 系统 | 装置 |
| 温度示值/ % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差/ % |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 示值误差平均值/ % | | |  | | | | 重复性/ % | |  | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准结果的不确定度： | | |
| 非工况状态： |  | |
| 工况状态： | 二氧化碳浓度： | 流速： |
| 温度： | 湿度： |

校准员 核验员 日期

附录B  
校准证书内页参考格式

1. 外观检查及基本功能检查：

2. 非工况状态下校准项目和结果

2.1 校准环境条件

环境温度： 相对湿度： 大气压力：

2.2 校准项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 校准结果 | 备注 |
| 示值误差 |  |  |
|  |
|  |
| 重复性 |  |  |
| 响应时间 |  |  |
| 零点漂移 |  |  |
| 量程漂移 |  |  |
| 不确定度： | | |

3 工况状态下校准项目和结果

3.1 校准工况烟气参数

烟气温度： 烟气湿度： 气压：

3.2 校准项目

3.2.1 二氧化碳浓度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 校准结果 | 备注 |
| 示值误差 |  |  |
| 重复性 |  |  |
| 不确定度： | | |

3.2.2 流速

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 校准结果 | 备注 |
| 示值误差 |  |  |
| 重复性 |  |  |
| 不确定度： | | |

3.2.3 烟气温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 校准结果 | 备注 |
| 示值误差 |  |  |
| 重复性 |  |  |
| 不确定度： | | |

3.2.4 烟气湿度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目名称 | 校准结果 | 备注 |
| 示值误差 |  |  |
| 重复性 |  |  |
| 不确定度： | | |

附录C  
测量不确定度评定示例

C.1 非工况状态部分

C.1.1 概述

C.1.1.1 环境条件

温度：（15～18）℃；湿度：（72～80）%RH；大气压：99.2 kPa。

C.1.1.2 测量标准

氮中二氧化碳气体标准物质，浓度为20%，不确定度：=1%，=2；高精度气体稀释装置，最大允许误差为±1%。

C.1.1.3 被测对象

固定源二氧化碳排放连续监测系统，测量范围为0~20%，分度值为0.01%。

C.1.1.4 测量方法

在规定的流量下，将已知浓度的氮中二氧化碳标准气体通入仪器，待示值稳定后读数，每点重复测量3次，取算术平均值，该平均值与气体标准物质的差值即为该仪器的示值误差。

C.1.2 不确定度来源

a）气体标准物质引入的不确定度；

b）气体稀释装置引入的不确定度；

c）被测仪器重复性引入的标准不确定度；

d）被测仪器分辨力引入的不确定度。

C.1.3 标准不确定度评定

C.1.3.1 气体标准物质引入的标准不确定度

用B类评定方法进行评定，由标准物质证书可知，标准气体的扩展不确定度＝1%,包含因子=2。则各组分由标准物质引入的不确定度见表C.1.1：

1. 表C.1.1 气体标准物质引入的标准不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 浓度/ % | / %  （=2） | / % |
| 4.00 | 1% | 0.0200 |
| 10.00 | 1% | 0.0500 |
| 16.00 | 1% | 0.0800 |

C.1.3.2 气体稀释装置引入的标准不确定度

用B类评定方法进行评定，气体稀释装置最大允许误差为±1%，按照均匀分布进行进行考虑，可知



则由气体稀释装置引入的不确定度见表C.1.2：

1. 表C.1.2 气体稀释装置引入的标准不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 浓度/ % | / % | / % |
| 4.00 | 0.58 | 0.0232 |
| 10.00 | 0.58 | 0.0580 |
| 16.00 | 0.58 | 0.0928 |

C.1.3.3 被测仪器重复性引入的标准不确定度

用A类评定方法进行评定，将浓度为通入被测仪器，待示值稳定后，重复测量10次，读取测量值，计算标准偏差；由于实际测量中，测量次数为3，则可知=/。计算结果见表C.1.3。

1. 表C.1.3 被测仪器重复性引入不确定度评定结果
2. %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 测量结果 | | |
| 4.00 | 10.00 | 16.00 |
| 1 | 3.92 | 9.93 | 16.09 |
| 2 | 3.85 | 9.85 | 16.18 |
| 3 | 3.88 | 9.91 | 16.20 |
| 4 | 3.80 | 9.98 | 16.25 |
| 5 | 3.90 | 9.96 | 16.12 |
| 6 | 3.85 | 9.87 | 16.14 |
| 7 | 3.83 | 9.89 | 16.17 |
| 8 | 3.84 | 9.93 | 16.27 |
| 9 | 3.93 | 9.91 | 16.04 |
| 10 | 3.86 | 9.82 | 16.16 |
| 平均值 | 3.87 | 9.91 | 16.16 |
| s | 0.0412 | 0.0490 | 0.0696 |
|  | 0.0238 | 0.0283 | 0.0402 |

C.1.3.4 被测仪器分辨力引入的不确定度

用B类评定方法进行评定，被测仪器分辨力为0.01%，则由仪器分辨力引入的不确定度为：

%

C.1.4 合成标准不确定度

C.1.4.1 主要标准不确定度汇总表（见表C.1.4）

1. 表C.1.4 主要标准不确定度汇总
2. %

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 符号 | 浓度点 | | |
| 4.00 | 10.00 | 16.00 |
| 气体标准物质 |  | 0.0200 | 0.0500 | 0.0800 |
| 气体稀释装置 |  | 0.0232 | 0.0580 | 0.0928 |
| 被测仪器重复性 |  | 0.0238 | 0.0283 | 0.0402 |
| 被测仪器分辨力 |  | 0.00289 | 0.00289 | 0.00289 |

C.1.4.2 合成标准不确定度与扩展不确定度计算

由于中已包含人员读数引入的不确定度，为避免重复计算，只考虑较大的，舍弃。由于、、是互不相关的，所以合成标准不确定度计算公式为：



所以合成标准不确定度见表C.1.5：

1. 表C.1.5 不确定度计算结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 浓度点  % | 不确定度分量/ % | | | / % | / %  (＝2) | / %  (＝2) |
|  |  |  |
| 4.00 | 0.0200 | 0.0232 | 0.0238 | 0.0388 | 0.0776 | 2.0 |
| 10.00 | 0.0500 | 0.0580 | 0.0283 | 0.0816 | 0.164 | 1.7 |
| 16.00 | 0.0800 | 0.0928 | 0.0402 | 0.129 | 0.258 | 1.7 |

C.2 工况状态二氧化碳浓度部分

C.2.1 概述

C.2.1.1 环境条件

温度：（15～18）℃；湿度：（72～80）%RH；大气压：99.2 kPa。

C.2.1.2 测量标准

二氧化碳气体分析仪，测量范围为0~30%，最大允许误差为±2%FS。

C.2.1.3 被测对象

固定源二氧化碳排放连续监测系统，测量范围为0~20%，分度值为0.01%。

C.2.1.4 测量方法

将标准二氧化碳气体分析仪按照要求放置在现场操作平台，接通各气路系统，启动并预热达到正常工作状态。在现场烟气工况处于相对稳定的状态下时，将采样探头放入监测系统测试断面进行测量，取一段时间内气体分析仪测得的二氧化碳浓度，连续记录至少5个数值，取平均值作为该时间段内的测量值，并记录测量的开始及结束时间。从气体分析仪开始记录数据开始，同时记录监测系统在每个测量时间段内至少5个数据，取平均值作为该时间段监测系统的测量值。将分析仪与监测系统在同时间段内测量平均值的差值作为监测系统的误差，重复上述步骤6次取平均值。

C.2.2 不确定度来源

a）二氧化碳气体分析仪测量误差引入的不确定度；

b）工况变化、重复性等随机因素引入的不确定度。

C.2.3 标准不确定度评定

C.2.3.1 标准装置误差引入的标准不确定度

已知二氧化碳气体分析仪的最大允许误差为±2%FS，测量范围为0~30%，用B类评定方法进行评定。则由二氧化碳气体分析仪引入的标准不确定度为：



C.2.3.2 随机因素引入的标准不确定度

由工况变化、重复性等随机因素引起，为了减少工况变化的影响，不单独分别考虑和的测量重复性，而采取考虑和差值的测量重复性。此外，由于重复测量过程中已包含读数引入的不确定度，因此不再单独考虑仪器分辨力所引入的不确定度分量。

可以通过在相同的试验条件下连续多次手动测量和差值的标准偏差获得，采用A类方法评定，按照测量方法所得数据如表C.2。

1. 表C.2 二氧化碳浓度测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据/ % | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | |
| 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | | 实际 |
| 1 | 13.06 | 13.08 | 13.51 | 13.57 | 13.83 | 14.39 | 14.02 | 14.21 | 13.84 | 14.20 | 13.18 | | 13.44 |
| 2 | 12.96 | 13.11 | 13.24 | 13.27 | 13.84 | 13.99 | 14.36 | 14.32 | 13.72 | 14.08 | 13.15 | | 13.82 |
| 3 | 12.86 | 13.30 | 13.15 | 13.64 | 14.11 | 14.35 | 14.18 | 14.47 | 13.73 | 14.09 | 13.01 | | 13.73 |
| 4 | 12.88 | 13.01 | 13.15 | 13.73 | 13.84 | 14.25 | 14.16 | 14.12 | 13.57 | 14.27 | 13.03 | | 13.83 |
| 5 | 12.74 | 12.97 | 13.41 | 13.49 | 14.19 | 14.32 | 14.30 | 14.54 | 13.89 | 14.30 | 13.21 | | 13.83 |
| 平均值 | 12.90 | 13.09 | 13.29 | 13.54 | 13.96 | 14.26 | 14.20 | 14.33 | 13.75 | 14.19 | 13.12 | | 13.73 |
| 差值/ % | -0.19 | | -0.25 | | -0.29 | | -0.13 | | -0.44 | | -0.61 | | |
| 差值平均值/ % | | | -0.32 | | 标准偏差/ % | | 0.18 | | 实测浓度平均值/ % | | | 13.86 | |

实际校准中为重复测量6次，取算术平均值作为仪器示值，故有：



C.2.4 合成标准不确定度与扩展不确定度计算

由于与不相关，则合成标准不确定度计算结果为：

=0.354%



取包含因子=2，则工况状态二氧化碳浓度测量结果的相对扩展不确定度为：



C.3 工况状态流速部分

C.3.1 概述

C.3.1.1 环境条件

温度：（15～18）℃；湿度：（72～80）%RH；大气压：99.2 kPa。

C.3.1.2 测量标准

三维皮托管流速测量标准装置，测量范围为（5~30）m/s，最大允许误差为±3%。

C.3.1.3 被测对象

固定源二氧化碳排放连续监测系统，测量范围为（5~30）m/s，分度值为0.01 m/s。

C.3.1.4 测量方法

将流速测量装置按照说明书的要求放置在现场操作平台，所选择的测量断面应在不影响流场的前提下与监测系统测试断面尽量靠近。现场测量点的选择符合GB/T 16157的相关要求。使用流速测量装置开始测量的同时开始计时，至全部测量点流速测量完成时停止计时，记录此区间内被校监测系统测量均值，标准装置根据各测量点数据计算出本次测量的截面平均流速。重复6次，计算示值误差。

C.3.2 不确定度来源

a）工况变化、重复性等随机因素引入的不确定度；

b）所使用的流速测量装置的误差所引入的不确定度。

C.3.3 标准不确定度评定

C.3.3.1 随机因素引入的标准不确定度

由工况变化、重复性等随机因素引起，为了减少工况变化的影响，不单独分别考虑和的测量重复性，而采取考虑和差值的测量重复性。此外，由于重复测量过程中已包含读数引入的不确定度，因此不再单独考虑仪器分辨力所引入的不确定度分量。

可以通过在相同的试验条件下连续多次手动测量和差值的标准偏差获得，采用A类方法评定。

流速示值误差测量结果见表C.3：

1. 表C.3 流速测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系  统 | 实际 | 系  统 | 实际 | 系  统 | 实际 | 系  统 | 实际 | 系  统 | 实际 | 系  统 | 实  际 |
| 流速示值  /（m/s） | 10.31 | 9.96 | 10.13 | 9.56 | 10.16 | 9.80 | 10.28 | 9.97 | 10.08 | 9.66 | 10.35 | 10.07 |
| 差值/ % | +0.35 | | +0.57 | | +0.36 | | +0.31 | | +0.42 | | +0.28 | |
| 差值平均值  /（m/s） | | | +0.38 | | 标准偏差  /（m/s） | | 0.104 | | 实测平均值  /（m/s） | | 9.84 | |

实际校准中为重复测量3次，取算术平均值作为测量结果，故有：



C.3.3.2 流速测量装置误差引入的标准不确定度

由三维皮托管流速测量标准装置误差使不准所引起，三维皮托管流速测量标准装置的最大允许误差为±3%，则有：



C.3.4 合成标准不确定度及扩展不确定度

由于与不相关，则合成标准不确定度计算结果为：



取包含因子=2，则工况状态流速测量结果的相对扩展不确定度为：



C.4 工况状态烟气温度部分

C.4.1 概述

C.4.1.1 环境条件

温度：（15～18）℃；湿度：（72～80）%RH；大气压：99.2 kPa。

C.4.1.2 测量标准

测温仪，测量范围为0~800 ℃，最大允许误差为±1 ℃。

C.4.1.3 被测对象

固定源二氧化碳排放连续监测系统，测量范围为0~800 ℃，分度值为0.1 ℃。

C.4.1.4 测量方法

将温度测量装置探头放入监测系统测试断面，与监测系统温度探头安装位置尽量靠近，监测系统和温度测量装置同时进行烟气温度的测量，分别记录标准装置测得值和被校监测系统测得值，将两者读数的差值作为示值误差。

C.4.2 不确定度来源

a）工况变化、重复性等随机因素引入的不确定度；

b）所使用的测温仪的误差所引入的不确定度。

C.4.3 标准不确定度评定

C.4.3.1 随机因素引入的标准不确定度

由工况变化、重复性等随机因素引起，为了减少工况变化的影响，不单独分别考虑和的测量重复性，而采取考虑和差值的测量重复性。此外，由于重复测量过程中已包含读数引入的不确定度，因此不再单独考虑仪器分辨力所引入的不确定度分量。

可以通过在相同的试验条件下连续多次手动测量和差值的标准偏差获得，采用A类方法评定。

温度示值误差测量结果见表C.4.：

1. 表C.4 烟气温度测量结果
2. ℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 |
| 温度示值 | 56.3 | 57.2 | 55.5 | 56.5 | 56.2 | 57.0 | 56.2 | 56.8 | 56.6 | 57.2 | 55.9 | 56.7 |
| 差值 | -0.9 | | -1.0 | | -0.8 | | -0.6 | | -0.6 | | -0.8 | |
| 差值平均值 | | | -0.78 | | | | 重复性 | | 0.16 | | | |

实际校准中为重复测量6次，取算术平均值作为测量结果，故有：



C.4.3.2 测温仪误差引入的标准不确定度

由测温仪误差使不准所引起，测温仪的温度最大误差为±1 ℃，可认为服从均匀分布。可得：



C.4.4 合成标准不确定度及扩展不确定度

由于与不相关，则合成标准不确定度计算结果为：

= 0.58℃

取包含因子=2，则工况状态温度测量结果的扩展不确定度为：



C.5 工况状态烟气湿度部分

C.5.1 概述

C.5.1.1 环境条件

温度：（15～18）℃；湿度：（72～80）%RH；大气压：99.2 kPa。

C.5.1.2 测量标准

湿度测量装置，测量范围为0~40%，最大允许误差为±5%。

C.5.1.3 被测对象

固定源二氧化碳排放连续监测系统，测量范围为0~40%，分度值为0.01%。

C.5.1.4 测量方法

将湿度测量装置探头放入监测系统测试断面，与监测系统湿度探头安装位置尽量靠近。监测系统和湿度测量装置同时进行烟气湿度的测量，将两者读数的差值作为示值误差。

C.5.2 不确定度来源

a）工况变化、重复性等随机因素的不确定度。

b）湿度测量装置测量误差引入的不确定度；

C.5.3 标准不确定度评定

C.5.3.1 随机因素引入的标准不确定度

由工况变化、重复性等随机因素引起，为了减少工况变化的影响，不单独分别考虑和的测量重复性，而采取考虑和差值的测量重复性。此外，由于重复测量过程中已包含读数引入的不确定度，因此不再单独考虑仪器分辨力所引入的不确定度分量。

可以通过在相同的试验条件下连续多次手动测量和差值的标准偏差获得，采用A类方法评定。

湿度示值误差测量结果见表C.5：

1. 表C.5 烟气湿度测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量位置 | 多次测量数据 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | | 4 | | 5 | | 6 | | |
| 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | 实际 | 系统 | | 实际 |
| 湿度示值/ % | 8.29 | 8.87 | 8.36 | 8.82 | 8.55 | | 9.19 | 8.59 | 9.21 | 8.37 | 8.90 | 8.65 | | 9.35 |
| 差值/ % | -0.58 | | -0.46 | | -0.64 | | | -0.62 | | -0.53 | | -0.70 | | |
| 差值平均值/ % | | | -0.59 | | | 标准偏差/ % | | 0.085 | | 实测平均值  / % | | | 9.06 | |

实际校准中为重复测量6次，取算术平均值作为测量结果，故有：



C.5.3.2 湿度测量装置误差引入的标准不确定度

已知湿度测量装置的最大允许误差为±5%（相对误差），用B类评定方法进行评定。则由湿度测量装置引入的标准不确定度为：



C.5.4 合成标准不确定度与扩展不确定度计算

由于与不相关，则合成标准不确定度计算结果为：

= 0.264%



取包含因子=2，则工况状态湿度测量结果的相对扩展不确定度为：

