《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1. 任务来源

本项目是根据2022年3月29日“中国工业节能与清洁生产协会团体标准立项的通知”进行制定，项目名称：“固定源二氧化碳排放连续监测技术规范”，本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。标准起草牵头单位：中国矿业大学，计划完成时间为2022年X月。

2. 主要工作过程

**起草阶段：**

2022年3月29日，成立标准制定工作组，明确进度安排。

2022年3月29日～4月23日，中国矿业大学完成资料、技术参数等资料的收集与整理，结合相关政策要求，形成团体标准《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》（初稿）及编制说明。

2022年4月27日～5月8日，对团体标准《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》(初稿)及编制说明进行了标准制定组内部及相关专家函审，共发送征求意见函9家单位。收到5家单位回函，其中4家单位无意见，共提出65条修改意见。其中，采纳40条，部分采纳5条，未采纳20条。根据各位专家提出的建议，对标准“初稿”进行修改和完善，于5月13日形成团体标准《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》（研讨稿）及编制说明。

拟于2022年XX月XX日~XX月XX日，在XXXX组织召开团体标准《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》（研讨稿）研讨会，根据会议意见，对标准“研讨稿”进行修改和完善，于X 月 X日形成团体标准《固定源二氧化碳排放连续监测技术规范》（征求意见稿）及编制说明。

**征求意见阶段：**

**审查阶段：**

**报批阶段：**

3. 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等

主要参加单位：中国矿业大学、浙江菲达环保科技股份有限公司、武汉世嘉新能源工程有限公司、国能龙源环保有限公司、宁波诺丁汉大学、华电电力科学研究院有限公司、浙江大学、国能唯真（山东）测试分析有限公司、中创科仪（天津）有限公司、上海中核维思仪器仪表股份有限公司。

本文件主要起草人：朱前林、刘含笑、周统、吴敏、金鑫、罗象、张杨、郑成航、林青阳、杨桂芹、付作伟、邹燕、陈浮、张义钢、毛雄飞、赵飞、张军。

所做的工作：朱前林任标准制定工作组组长，为标准总负责人，全面协调标准的制定工作，负责对各阶段标准的审核。刘含笑、周统、吴敏、金鑫、罗象、张杨、郑成航、林青阳主要参与标准的起草及编写工作。杨桂芹、付作伟、邹燕、赵飞、张军负责收集国内相关技术文献和资料，张义钢、毛雄飞、陈浮负责对标准各阶段意见及建议进行归纳、分析及其他材料的编制。

二、标准编制原则、主要内容和解决的主要问题

1. 标准编制的原则

本文件的编制遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准的制订与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。并力求标准具有“简洁性、通用性、指导性、引导性和可扩展性”的特点。

2. 标准主要内容

本文件主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、系统组成与功能要求、技术性能要求、监测站房要求、安装要求、技术指标调试检测、技术验收、运行管理、数据审核和处理、规范性附录、资料性附录。

1. 范围章节内容主要阐述了标准文件的规定内容及适用范围。
2. 规范性引用文件章节主要内容是列举本文件规范性引用而构成本文件必不可少的条款的文件。
3. 术语和定义章节主要内容是列出了适用于本文件主要术语及定义。
4. 系统组成与功能要求章节规定了CO2CEMS的结构组成及其应具备的功能，并结合规范性附录文件，阐明输出参数的计算方法。
5. 技术性能要求章节对影响固定源二氧化碳排放监测系统数据准确性的关键参数提出要求，包括烟气基本状态参数监测与二氧化碳含量监测。烟气基本状态参数监测与二氧化碳含量监测的结合用于计算标准状态下二氧化碳排放量。烟气基本状态参数包括烟气流速、烟气温度、烟气压力、烟气湿度。因此，该部分内容分别对上述技术性能要求进行了规定。
6. 监测站房章节分别对监测站房的距离、基础荷载、面积空间、环境条件、配电要求及布线要求进行了规定。
7. 安装要求章节主要是规定了监测点的选择要求及确定方法，并规定了其安装施工要求。
8. 技术指标调试检测章节内容规定了CO2CEMS现场安装运行以后，在接受验收前，应进行调试检测的技术指标内容，并结合附录，规定了技术指标调试方法。
9. 技术验收主要内容包括验收的一般要求、CO2CEMS技术指标验收内容、烟气基本状态参数CMS技术指标验收内容。CO2CEMS技术指标验收内容包括了CO2CEMS示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移和准确度五个技术指标的验收程序及要求。烟气基本状态参数CMS技术指标验收内容包括了烟气流速、烟气压力、烟气温度、湿度准确度验收程序及要求。同时，还规定了技术验收报告的要求及联网验收要求。
10. 运行管理章节内容主要规定了运行管理的总体要求、巡检、维护保养、校准、校验、定期校准校验技术指标要求及数据失控时段的判别和修约、技术指标抽检的具体要求。
11. 数据审核和处理章节内容规定了数据审核要求、数据无效时间段数据处理办法及要求、数据记录内容及报表要求。

3. 标准主要技术内容

3.1 范围

固定源二氧化碳排放连续监测技术的使用是一个系统工程，涉及系统的功能要求、结构组成、安装调试与验收、日常运维相关问题。因此，本文件规定了固定源二氧化碳排放连续监测技术的术语和定义、系统组成和功能要求、技术性能要求、监测站房、安装要求、技术指标调试检测、技术验收、运行管理及数据审核和处理的相关要求。

目前工业二氧化碳排放源仍是人类二氧化碳主要排放源，其主要来源形式是化石能源的使用及含碳矿物分解，因此，本次标准将适用范围定为化石能源为燃料或原料的锅炉和工业炉窑以及石油化工、冶金、建材等生产过程中产生的废气中二氧化碳排放连续监测系统。生活垃圾、生物质燃烧为燃料的固定源二氧化碳排放连续监测系统可参照本标准执行。

3.2 规范性引用文件

本次标准草案中引用以下的标准的相关内容：

引用《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157-1996）中关于烟气基本状态参数测定选择及断面测点数目的确定，新版本仍适用，因此未注日期。

引用《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）对监测站房防雷措施进行规范要求，防止或减少雷击监测站房对人员及站内电器的损坏，新版本仍适用，因此未注明日期。

引用《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB 50168-2018）、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》（GB 50254-2014）对监测站房内电缆、电气装置的安装进行规范，新版本仍适用，因此未注明日期。

引用《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB 50169-2016）对监测站房接地装置规范性进行要求，新版本仍适用，因此未注明日期。

引用《自动化仪表工程施工及验收规范》（GB 50093-2013）对监测系统的仪表安装进行规范要求，新版本仍适用，因此未注明日期。

引用《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）中部分术语与定义、监测系统的安装施工要求、部分技术指标的验收方法。术语与定义仅对应版本适用，因此注明引用文件日期。安装要求与验收方法新版本仍适用，因此未注日期。

引用《污染物连续监控（监测）系统数据传输标准》（HJ 212-2017）部分术语与定义、数据采集传输以及通信协议。术语与定义仅对应版本适用，因此注明引用文件日期。数据采集传输及通信协议新版本仍适用，因此未注明日期。

引用《固定源废气监测技术规范》（HJ/T 397-2007）中部分术语与定义、参比方法监测的数据替代。术语与定义引用仅对应版本适用于本文件，因此注明引用文件日期。参比方法监测的数据替代，新版本仍适用，因此未注日期。

引用《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》（DL/T 2376-2021）中部分术语与定义，仅对应版本适用于本文件，因此注明引用文件日期。

引用《固定污染源烟气流速连续监测 超声波法》（DB 37/T 3462-2018）中设备安装施工要求与超声波气道与数量选择，新版本仍适用，因此未注明日期。

3.3 术语和定义

本文件编制时，对固定源、连续监测系统、二氧化碳排放连续监测系统、烟气基本状态参数、有效数据、季度有效数据捕集率、校验、调试检测、系统响应时间、零点校准、零点漂移、量程漂移、相对准确度、干基、速度场系数、示值误差进行了定义，对于连续监测技术中的其它术语可参见其它相关标准，没有在本文件中进行重新定义。

连续监测系统的定义引用了DL/T 2375-2021，3.2二氧化碳排放连续监测系统的定义及HJ 212-2017, 3.3在线自动监控（监测）设备的定义，具体化了连续监测系统所具备的安装及参数获取的特征。

固定源气体污染物排放连续监测系统，国内环境领域对“排放连续监测系统”的英文翻译一直沿用continuous emission monitoring system 缩写为CEMS，这个术语已成为行业共识并广泛使用。本次标准编制继续沿用该习惯，将二氧化碳排放连续监测系统翻译为carbon dioxide continuous emission monitoring system，缩写成CO2CEMS。

校验方法的定义引用HJ 75-2017,3.8,将CEMS修改为CO2CEMS。

系统响应时间的定义引用 HJ 75-2017,3.11,将CEMS修改为CO2CEMS。

零点漂移的定义引用HJ 75-2017,3.12,将CEMS修改为CO2CEMS。

量程漂移的定义引用HJ 75-2017,3.13,将CEMS修改为CO2CEMS。

相对准确度的定义引用HJ 75-2017,3.14,将CEMS修改为CO2CEMS。

速度场系数的定义引用HJ 75-2017,3.16,将CEMS修改为流速CMS。

3.4 系统组成与功能要求

采样法固定源CO2CEMS包括烟气基本状态参数监测单元、烟气采集、烟气预处理、烟气二氧化碳浓度监测单元、数据采集、处理与传输单元。由于很多固定源都已安装气态污染物排放CMS，且烟气基本状态参数监测单元、烟气采样、烟气预处理、数据采集、数据数理与传输单元都与CO2CEMS兼容通用，因此，标准编制时，建议宜充分利用现有气态污染物排放CMS，在已有的气体分析仪基础上增加二氧化碳浓度监测单元。目前，气体污染物CMS采样主要包括完全抽取、稀释取样法。在美国，SO2CMS采样方式中，稀释法占87.9%、直接抽取法占10.0%；NOxCMS采样方式中，稀释法占47.2%、直接抽取法占51.5%。其它原位测量及原位堆栈法在两种污染物监测中，使用比例都不到3%。在中国，直接抽取法使用较多，约占70%，仍有10%的原位测量法。但是，随着碳税、碳管理需求的提升，对固定源CO2排放量的精确度的要求也相应提高，CO2CEMS对气体浓度测量精度与稳定性要求比SO2CMS、NOxCMS要求更严苛。原位测量法测量精度与稳定性较低，因此，本次标准不推荐使用原位测量法，建议采用完全抽取法或稀释采样法，避免气体分析过程的干扰因素，提高CO2CEMS数据的可靠性。

因此，本次标准编制列出原位直接测法、完全抽取法与稀释取样法的CO2CEMS系统组成。且由于原位直接测量法CO2CEMS、稀释法取样CO2CEMS与完全抽取法CO2CEMS是三个独立的CO2CEMS技术，因此，区别于HJ 76-2017中气态污染物连续监测系统组成示意图，本文件编制时，分别给出三种取样方法的CO2CEMS系统组成示意图。

3.5 技术性能要求

技术性能要求主要对影响固定源二氧化碳排放监测系统数据准确性的关键参数提出要求，包括烟气基本状态参数监测与二氧化碳含量监测，前者用于气体标准状态换算及烟气排放通量计算，与烟气二氧化碳含量监测相结合，能够用于计算标准状态下二氧化碳排放量。烟气基本状态参数包括烟气流速、烟气温度、烟气压力、烟气湿度，这也是SO2、NOx等气体污染排放监测所必需的监测参数，因此，其主要技术性能要求大部分相兼容。

3.5.1 烟气流速**CMS**

HJ 75/76-2017指标要求流速CMS的测量范围上限≥30 m/s。DL/T 2376-2021采用该指标，流速CMS的测量范围上限取为≥30 m/s。美国 Title 40 CFR Part75建议按最大潜在速度选取。英国BS EN ISO 16911-2：2013建议流速上限取正常运行时最大流速，下限取不低于正常运行流速的10%。由于皮托管、超声波等流速仪精度受其满量程影响，因此，取正常运行时最大流速即满足流速监测要求，同时最大提高流速仪的监测精度。因此，本文件将量程范围取值定为固定源满负荷运行时的最大流速值。

HJ 75/76-2017要求速度场系数精密度≤5%，当速度场系数精密度不满足要求，参比方法与流速CMS有效数据对数≥9时，相关系数≥0.9，DL/T 2376-2021采用同样指标。英国BS EN ISO 16911-2：2013建议相关系数≥0.9。本文件采用速度场系数精密度≤5%，当速度场系数精密度不满足要求，参比方法与流速CMS有效数据对数≥9时，相关系数≥0.9，。

HJ 75/76-2017规定：当参与方法测量烟气流速平均值速度＞10 m/s时，速度相对误差不超过±10%。当流速≤10 m/s时，相对误差不超过±12%。本文件采用同样规定。

3.5.2 烟气压力**CMS**

HJ 75/76-2017未单独提及烟气压力监测指标，差压法流量计兼有烟气压力测量功能。JJG 680要求压力零点漂移≤4Pa，静压力示值误差不超过满量程的±4.0%，准确度不低于0.5级。当采用的流速测量仪不含烟气压力测量功能时，如采用超声波流量计、光闪烁流速仪时，烟气压力则需要单独测量，且测量方式有差压法与全压法，为了考虑标准的通用性，本文件将准确度规定烟气压力CMS与参比方法测量结果平均值的绝对误差不超过满量程的±0.5 %，目前，大部分压力传感器可以满足该要求。

3.5.3 烟气温度**CMS**

HJ 75/76-2017要求温度精确度绝对误差不超过±3℃，美国Title 40 CFR Part75要求相对误差不超过±1.5%，本文件要求温度精确度绝对误差不超过±3℃。

3.5.4 烟气湿度**CMS**

HJ 75/76-2017要求湿度＞5.0%时，相对误差不超过±25%；湿度≤5.0%时，绝对误差不超过±1.5%。美国 Title 40 CFR Part75要求湿度准确度为相对准确度≤10.0%或绝对误差不超过±1.5%中最小值。本文件引用HJ 75/76标准，按湿度＞5.0%时，相对误差不超过±25%，相对，湿度≤5.0%时，绝对误差不超过±1.5%。

3.5.5 **CO2CEMS**

DL/T 2376-2021规定：CO2CEMS响应时间≤200 s；示值误差要求与标准气体标称值的相对误差不超过±5%且绝对误差不超过±0.5 Vol%（CO2体积百分比）；24 h零点漂移、量程漂移不超过满量程±2.0%；准确度要求相对准确度≤5%；测量范围定为燃煤固定源二氧化碳浓度测量上限应选择在20%和25%范围，燃气固定源二氧化碳浓度测量上限应选择在6%和14%范围。

ISO 12039:2019（E）规定：CO2CEMS响应时间≤200 s；24 h零点漂移、量程漂移为不超过±2.0%使用最低测量范围的上限值；测量范围定为测量值应介于满量程的20%-80%。

美国 Title 40 CFR Part75建议：CO2CEMS响应时间≤15 min；示值误差为与标准气体标称值的相对误差不超过±5%且绝对误差不超过±0.5%（CO2体积百分比）；24 h零点漂移、量程漂移为绝对误差不超过±0.5%（CO2体积百分比）；准确度要求相对准确对度≤10%，绝对误差不超过±1.0%；测量范围为测量值应介于满量程的20%-80%。

为了与HJ 75/76-2017、DL/T 2376-2021标准兼容，本文件规定CO2CEMS响应时间≤200 s。由于二氧化碳气体分析精度与量程有关，因此，应选择适合于固定源二氧化碳排放范围的量程。由于烟气二氧化碳气体分析仪下限一般为0，因此，只需限定量程上限。ISO 12039:2019（E）、美国 Title 40 CFR Part75中将测量范围限定为测量值应介于满量程的20%-80%这一规定将可能出现满量程远大于正常运行时的测量值，造成误差变大。因此，本文件制定时，同时借鉴美国Title 40 CFR Part75与BS EN ISO 16911-2：2013对烟气流速测量的量程范围规定，将正常运行时最大浓度作为CO2CEMS量程选择的依据，将测量范围要求“正常运行时气体浓度最大值应在满量程的80%”，以便根据具体固定源排放的二氧化碳浓度范围选择合适的CO2CEMS，同时，本文件编制时，也通过附表方式列出了常见固定源烟气的CO2浓度范围以供本文件使用者参考。本文件将24 h零点漂移与量程漂移规定为不超过满量程的±2.0%，通过调研，目前大部分烟气二氧化碳分析仪能符合该指标。与DL/T 2376-2021一致，本文件准确度要求相对准确度≤5%

3.6 监测站房要求

新建CO2CEMS监测站房要求引用HJ 75-2017中相关要求，增加了要求监测站房应避免噪声、振动、电磁辐射的影响；增加监测站房内站地面应高于室外地坪100 mm以上的要求，避免监测站房的水淹。为了电气安装及电缆布线规范性，要求安装与施工应符合GB 50168、GB 50524的相关规定。对监测站房接地与防雷提出要求，要求其应符合GB 50169、GB 50057的相关规定。

新建CO2CEMS监测站房要求引用HJ 363-2019中相关要求，阐述监测站房给排水、消防、通讯、安全生产影响等条件要求。

由于很多固定源已配备气体污染物CMS监测站房，且优先考虑在现有气体污染CMS系统基础上增加CO2CEMS监测功能。因此，本文件还规定“在原气态污染物排放CMS机柜上加装二氧化碳浓度监测单元，可在原气态污染物排放CMS监测站房中增设二氧化碳分析机柜，应满足6.1中相关要求”。

3.7 安装要求

本文件安装位置的一般要求、具体要求和安装施工要求参照HJ 75-2017、GB 50093-2013中相关要求规定。

引用HJ 75-2017标准中7.1.1一般性要求，对安装位置和现场配套环境条件、采样平台与采样孔的布置进行规定。

引用HJ 75-2017标准中7.1.2.1节要求，确保所采集样品的代表性。由于二氧化碳气体混合性好，因此，在CO2CEMS系统中，对采样点要求低于HJ 75-2017颗粒物采样点要求，本次标准文件仅要求采集的样品具有代表性。规定烟气基本状态参数测定位置选择按GB/T 16157-1996执行。采样应避开涡流区，断面烟气气流均匀程度引用HJ 75-2017 7.1.2.3方法，采用流速相对均方根σr≤0.15判断。

因差压式流量计（如S型皮托管）在5 m/s以下时，流速比对监测的误差较大，规定流速CMS探头宜安装在烟道内烟气流速≥5 m/s的位置。

为保证CO2CEMS监测的二氧化碳排放量为固定源总排放量，7.1.2.5中规定CO2CEMS应尽可能安装在总排管上，亦允许在每个烟道或管道上安装CO2CEMS，CO2测量值为所有烟道测量值的和。

另外，当采用超声波流量计时，本文件引用DB 37/T 3462-2018中7.1.6、7.2关于避开影响及声道位置与数量的选择规定。

3.8 技术指标调试检测

本章明确了CO2CEMS技术性能指标的调试检测条件，各监测单元调试检测的技术指标，各个指标的调试检测方法，技术指标的要求、调试结果记录格式和调试检测报告格式的各条款。

本文件CO2CEMS现场调试检测技术指标、调试检测方法、调试检测数据记录、调试检测报告格式均参照HJ 75-2017中气态污染物CMS给出。具体指标包括示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移、准确度。

本文件流速CMS、压力CMS、温度CMS和湿度CMS现场调试检测技术指标、调试检测方法、调试检测数据记录、调试检测报告格式均参照HJ 75-2017中流速CMS和温度CMS给出，并增加压力CMS。具体指标包括速度场系数、速度场系数精密度、压力准确度、温度准确度、湿度准确度。

3.9 技术验收

本章参照HJ 75-2017对CO2CEMS的现场验收和联网验收两部分做出了规定。

考虑目前气态污染物的管理现状，规定了排放单位应自主验收CO2CEMS。

CO2CEMS技术验收条件和技术指标验收内容参照HJ 75-2017气态污染物CMS技术验收要求给出，技术指标应满足本文件要求。

流速CMS技术指标验收操作步骤和计算公式与HJ 75-2017保持一致，技术指标应满足本文件要求。

烟气温度CMS和烟气湿度CMS技术指标验收与HJ 75-2017相关要求保持一致，参照烟气温度CMS精确度验收方法，增加烟气压力CMS精确度验收。

联网验收与HJ 75-2017中的相关规定保持一致。

3.10 运行管理

本章参照DL/T 2376-2021相关运行管理规定，对CO2CEMS的日常巡检、日常维护保养、校准、校验、数据失控时段判别和技术指标抽检六部分做出了规定。其中，将24 h、7 d零点漂移要求不超过满量程的±2.0%，对应失控指标设为超过满量程的±4.0%。

3.11 数据审核和处理

本章参考DL/T 2376-2021，明确了数据有效与无效时间段。规定了CO2CEMS运行与数据审核条件。规定了无效数据时段数据处理方法，并规定了监测数据记录和上报要求。

4. 标准解决的主要问题

随着碳达峰、碳中和目标的提出，对二氧化碳排放管控需求提高。并且随着碳核查、碳交易、碳税的推进，急需对固定源二氧化碳排放进行监测。因此，随着固定源二氧化碳排放监测技术的逐步实施，统一合理的技术标准化有利于保障该技术的推广，为该技术的应用提供很好的指导作用。为此，本文件主要解决目前固定源二氧化碳监测技术的有待进一步标准化问题；解决目前该技术使用中，尚缺少技术实施的标准化技术指导文件；解决监测技术缺少标准化带来的数据的可靠性无法保障问题。

标准具体制定过程中，扩展了DL/T 2376-2021、HJ 75-2017关于烟气流速测量仅皮托管法适用的局限性，本文件将超声波法作为测量烟气流速可选项。另外，由于烟气流速光闪烁法测量目前尚无公布的标准规范，因此，本次标准未明确光闪烁法的适用性。本文件解决了固定源烟气二氧化碳连续监测系统采用超声波流速仪的适用性问题，提高了标准的适用性范围。

本文件重新规定了烟气流速CMS测量范围技术指标要求，解决了现有标准中关于烟气流速CMS流速测量范围适宜性不足可能带来的误差，有利于保障流速监测的精度，提高二氧化碳排放量监测精度。

本文件借鉴ISO 12039:2019（E）、Title 40 CFR Part75、英国BS EN ISO 16911-2：2013，规定了CO2CEMS测量范围技术指标的要求，最大限度地降低量程带来的监测误差可能，同时，解决了现有DL/T 2376-2021标准仅适用于火电厂二氧化碳排放监测的局限性，提供了固定源烟气二氧化碳排放连续监测技术的标准依据。

三、是否有对应的国家标准或行业标准

本文件没有对应的国家标准或行业标准。

相近的行业标准有：

《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）

《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017）

《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》（DL/T 2376-2021）

四、主要试验（或验证）情况分析

本文件的相关技术条款参考了国外ISO 12039:2019（E）、Title 40 CFR Part75、英国BS EN ISO 16911-2：2013标准、国内《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）、《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017）、《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》（DL/T 2376-2021）等标准，这些标准均作了试验（或验证）工作，本文件同样适用。

《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》（DL/T 2376-2021）编制过程中，在宁夏灵武发电有限公司600 MW亚临界直接空冷机组（机组A）和1060 MW超超临界直接空冷机组（机组B）进行了验证，结果表明，该标准中关于在现有气体污染物监测站房基础上增设CO2CEMS的规定要求符合现场情况，因此，本文件也验证符合。

标准编制组在某电厂组织开展了2种分析原理，3种型号的CO2浓度分析仪的现场验证测试试验，以验证CO2浓度性能指标。同时，选取几种分析仪的性能与本文件指标验证结果见表1

表1 CO2CEMS性能指标验证对比结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能指标 | 本文件要求 | 现场验证 | | |
| 西克非分散红外分析仪（冷干法） | 艾默生非分散红外分析仪（冷干法） | 艾默生 CT5400量子激光分析仪（热湿法） |
| 量程范围 | 正常运行时气体浓度最大值应在满量程的80%。 | 0~25% | 0~25% | 0~25% |
| 示值误差 | 与标气标称值相对误差≤±5% | -2.28%（标气标称值） | -2.13%（标气标称值） | 0.71%（标气标称值） |
| 绝对误差≤±0.5 Vol% | -0.16%（绝对值） | -0.15%（绝对值） | 0.05%（绝对值） |
| 系统响应时间 | ≤200s | 58s | 50s | 76s |
| 24h零点漂移 | ≤±2.0%满量程 | 0 | 0.04% | 0.04% |
| 24h量程漂移 | ≤±2.0%满量程 | 0.36% | -0.52% | 0.56% |

现场对比表明，示值误差、系统响应时间、24 h零点漂移、24 h量程漂移均具备可操作性。量程范围的选择借鉴ISO 12039:2019（E）、美国 Title 40 CFR Part75规定。

DL/T 2376-2021编制过程中，已对准确度要求进行了现场验证。其验证测试结果如表2~表4所示。

表 2 某电厂A机组准确度现场验证测试结果汇总

测试日期 2020 年 7 月 24 日 CO2CEMS 生产厂商 西克（SICK）

测试位置 脱硫净烟气垂直烟道 CO2CEMS 型号、编号 SMC-9021 型

参比方法仪器生产厂商 HORIBA CO2CEMS 原理 冷干法+非分散红外吸收法

参比方法仪器型号、编号 PG350 参比方法仪器原理 非分散红外吸收法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 时间  （时、分） | 参比方法测量值  A（%） | CO2CEMS测量值  B（%） | 数据对差  =B−A（%） |
| 1 | 11:38-11:57 | 10.380 | 10.311 | -0.069 |
| 2 | 12:13-12:29 | 10.463 | 10.491 | 0.027 |
| 3 | 12:29-12:45 | 10.523 | 10.458 | -0.066 |
| 4 | 12:45-13:02 | 10.547 | 10.409 | -0.137 |
| 5 | 13:02-13:34 | 10.518 | 10.525 | 0.007 |
| 6 | 13:35-13:51 | 10.660 | 10.467 | -0.193 |
| 7 | 13:51-14:06 | 10.570 | 10.451 | -0.119 |
| 8 | 14:07-14:25 | 10.532 | 10.563 | 0.031 |
| 9 | 14:26-14:40 | 10.615 | 10.567 | -0.048 |
| 平均值 | | 10.534 | 10.471 | -0.063 |
| 数据对差的平均值的绝对值 | | 0.063 | | |
| 数据对差的标准偏差 | | 0.077 | | |
| 置信系数 | | 2.262 | | |
| 相对准确度 | | 1.152% | | |

表 3 某电厂B机组1#监测仪准确度现场验证测试结果汇总

测试日期 2020 年 7 月 18 日 CO2CEMS 生产厂商 艾默生

测试位置 脱硫净烟气水平烟道 CO2CEMS 型号、编号 GMP 2000 型

参比方法仪器生产厂商 HORIBA CO2CEMS 原理 冷干法+非分散红外吸收法

参比方法仪器型号、编号 PG350 参比方法仪器原理 非分散红外吸收法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 时间  （时、分） | 参比方法测量值  A（%） | CO2CEMS 测量值  B（%） | 数据对差=  B−A（%） |
| 1 | 15:14~16:06 | 12.399 | 12.672 | 0.273 |
| 2 | 16:07~16:48 | 12.806 | 12.938 | 0.131 |
| 3 | 16:49~17:18 | 12.942 | 13.094 | 0.152 |
| 4 | 17:18~17:29 | 13.221 | 13.424 | 0.203 |
| 5 | 17:30~17:42 | 13.319 | 13.443 | 0.124 |
| 6 | 17:42~17:53 | 13.269 | 13.613 | 0.344 |
| 7 | 17:54~18:03 | 13.564 | 13.934 | 0.370 |
| 8 | 18:03~18:11 | 13.782 | 13.954 | 0.172 |
| 9 | 18:11~18:22 | 13.754 | 13.789 | 0.035 |
| 平均值 | | 13.228 | 13.429 | 0.201 |
| 数据对差的平均值的绝对值 | | 0.201 | | |
| 数据对差的标准偏差 | | 0.109 | | |
| 置信系数 | | 2.262 | | |
| 相对准确度 | | 2.139% | | |

表 4 某电厂B机组2#监测仪准确度现场验证测试结果汇总

测试日期 2020 年 7 月 18 日 CO2-CEMS 生产厂商 艾默生

测试位置 脱硫净烟气水平烟道 CO2-CEMS 型号、编号 CT 5400 型

参比方法仪器生产厂商 HORIBA CO2-CEMS 原理 热湿法+量子级联激光吸收法

参比方法仪器型号、编号 PG350 参比方法仪器原理 非分散红外吸收法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 时间  （时、分） | 参比方法测量值  A（%） | CO2-CEMS测量值  B（%） | 数据对差=  B−A（%） |
| 1 | 15:45-16:02 | 12.399 | 12.939 | 0.540 |
| 2 | 16:03-16:21 | 12.806 | 13.154 | 0.347 |
| 3 | 16:22-16:42 | 12.942 | 12.973 | 0.031 |
| 4 | 16:43-17:00 | 13.221 | 13.519 | 0.298 |
| 5 | 17:01-17:21 | 13.319 | 13.570 | 0.251 |
| 6 | 17:22-17:43 | 13.269 | 13.721 | 0.452 |
| 7 | 17:44-16:03 | 13.564 | 14.051 | 0.487 |
| 8 | 16:04-16:25 | 13.782 | 14.086 | 0.304 |
| 9 | 16:25-16:49 | 13.754 | 13.930 | 0.176 |
| 平均值 | | 13.228 | 13.549 | 0.321 |
| 数据对差的平均值的绝对值 | | 0.321 | | |
| 数据对差的标准偏差 | | 0.160 | | |
| 置信系数 | | 2.262 | | |
| 相对准确度 | | 3.335% | | |

采用参比方法比对，三组实测数据的准确度分别为1.152%、3.335%、3.335%，验证均表明，本文件将准确度定为“当参比方法测量烟气中二氧化碳浓度的平均值时，CO2CEMS与参比方法测量结果相对准确度≤5%”具备合理性。

通过单点皮托管、光闪烁流量计和矩阵式流量计对四组机组进行流速CMS验证，其实测结果如表5~表8所示。

表5 机组1 流速现场验证测试结果

测试日期 2020年 8月 19 日 流速 CMS 生产厂商 美国 OSI 国际公司

测试位置 烟囱 120米平台手工比对孔 流速 CMS 型号 OFS 2000

参比方法原理 S 型皮托管 流速 CMS 原理 光闪烁技术

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 时间段 | CEMS流速测量值（m/s） | 参比方法流速测量值（m/s） | 绝对误差  （m/s） | 相对误差  （%） | 流速相对均方根（%） |
| 1 | 11:32~11:51 | 17.364 | 16.940 | 0.424 | 2.50 | 7.12 |
| 2 | 11:51~12:02 | 17.232 | 17.767 | -0.535 | -3.01 | 6.03 |
| 3 | 12:02~12:13 | 17.685 | 18.514 | -0.829 | -4.48 | 6.05 |
| 4 | 12:13~12:22 | 18.236 | 18.739 | -0.503 | -2.69 | 7.41 |
| 5 | 12:30~12:37 | 17.457 | 18.123 | -0.666 | -3.68 | 5.67 |
| 6 | 12:38~12:45 | 17.228 | 17.606 | -0.379 | -2.15 | 5.80 |
| 7 | 12:45~12:53 | 17.205 | 17.933 | -0.728 | -4.06 | 5.20 |
| 8 | 12:53~13:01 | 17.553 | 17.852 | -0.299 | -1.68 | 3.36 |
| 9 | 13:02~13:09 | 17.680 | 18.714 | -1.033 | -5.52 | 5.01 |
| 10 | 13:09~13:17 | 17.815 | 18.258 | -0.443 | -2.42 | 4.12 |
| 平均流速（m/s） | | 17.546 | 18.045 | -0.499 | -2.77 | — |
| 方差（%） | | 0.094 | 0.274 | — | — | — |
| 标准偏差（%） | | 0.324 | 0.552 | — | — | — |
| 相对标准偏差（%） | | 1.846 | 3.059 | — | — | — |

表6 机组2流速现场验证测试结果

测试日期 2020 年 8 月 20 日 流速 CMS 生产厂商 美国 OSI 国际公司

测试位置 烟囱 90 米平台手工比对孔 流速 CMS 型号 OFS 2000

参比方法原理 S 型皮托管 流速 CMS 原理 光闪烁技术

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 时间段 | 流速CMS 测量值（m/s） | 参比方法流速测量值（m/s） | 绝对误差  （m/s） | 相对误差  （%） | 流速相对均方根（%） |
| 1 | 13:35~14:15 | 18.688 | 17.824 | 0.864 | 4.85 | 5.25 |
| 2 | 14:16~14:43 | 18.741 | 17.732 | 1.009 | 5.69 | 5.00 |
| 3 | 14:44~15:09 | 18.858 | 18.316 | 0.542 | 2.96 | 6.56 |
| 4 | 15:10~15:30 | 19.313 | 18.858 | 0.455 | 2.41 | 4.85 |
| 5 | 15:31~15:52 | 19.827 | 19.368 | 0.459 | 2.37 | 5.40 |
| 平均流速（m/s） | | 19.085 | 18.420 | 0.666 | 3.614 | — |
| 方差（%） | | 0.186 | 0.386 | — | — | — |
| 标准偏差（%） | | 0.482 | 0.695 | — | — | — |
| 相对标准偏差（%） | | 2.526 | 3.772 | — | — | — |

表7 机组3流速现场验证测试结果

测试日期 2020 年 8 月 24 日 流速CMS 生产厂商 南京吉纳波环境测控有限公司

测试位置 烟囱 90 米平台手工比对孔 流速 CMS 型号 545C

参比方法原理 S 型皮托管 流速 CMS 原理 皮托管法

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 时间段 | 流速CMS测量值（m/s） | 参比方法流速测量值（m/s） | 绝对误差  （m/s） | 相对误差  （%） | 流速相对均方根（%） |
| 1 | 13:27~11:39 | 20.045 | 19.306 | 0.739 | 3.83 | 12.88 |
| 2 | 13:40~13:49 | 21.477 | 20.454 | 1.023 | 5.00 | 12.71 |
| 3 | 13:49~13:59 | 22.607 | 20.894 | 1.713 | 8.20 | 16.46 |
| 4 | 13:59~14:09 | 21.507 | 21.265 | 0.242 | 1.14 | 14.17 |
| 5 | 14:09~14:18 | 21.145 | 20.466 | 0.679 | 3.32 | 12.60 |
| 6 | 14:18~14:27 | 20.150 | 20.322 | -0.172 | -0.84 | 16.85 |
| 7 | 14:27~14:37 | 21.270 | 19.510 | 1.760 | 9.02 | 12.53 |
| 8 | 14:37~14:46 | 22.650 | 21.035 | 1.615 | 7.68 | 10.38 |
| 9 | 14:46~14:55 | 22.565 | 20.344 | 2.221 | 10.92 | 11.13 |
| 10 | 14:55~15:05 | 22.325 | 21.158 | 1.167 | 5.52 | 11.73 |
| 平均流速（m/s） | | 21.574 | 20.475 | 1.099 | 5.37 | — |
| 方差（%） | | 0.843 | 0.392 | — | — | — |
| 标准偏差（%） | | 0.968 | 0.660 | — | — | — |
| 相对标准偏差（%） | | 4.485 | 3.222 | — | — | — |

表8 机组4流速现场验证测试结果

测试日期 2020年 8月 22日 流速CMS 生产厂商 南京友智科技有限公司

测试位置 水平烟道 CEMS平台手工比对孔 流速 CMS 型号 WISDOM

参比方法原理 S 型皮托管 流速 CMS 原理 矩阵式流量计

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 时间段 | 流速CMS 测量值  （m/s） | 参比方法流速测量值（m/s） | 绝对误差  （m/s） | 相对误差  （%） | 流速相对均方根  （%） |
| 1 | 12:14~12:36 | 11.730 | 13.020 | -1.291 | -9.91 | 25.23 |
| 2 | 12:37~12:49 | 11.746 | 12.702 | -0.956 | -7.52 | 26.25 |
| 3 | 12:49~12:58 | 11.759 | 12.503 | -0.744 | -5.95 | 26.57 |
| 4 | 12:59~13:08 | 11.751 | 12.684 | -0.933 | -7.36 | 30.36 |
| 5 | 13:28~13:36 | 11.770 | 12.546 | -0.776 | -6.18 | 28.93 |
| 6 | 13:37~13:46 | 11.755 | 12.425 | -0.670 | -5.39 | 29.23 |
| 7 | 13:46~13:54 | 11.780 | 12.398 | -0.618 | -4.99 | 32.72 |
| 8 | 13:55~14:05 | 11.894 | 12.604 | -0.710 | -5.63 | 28.84 |
| 9 | 13:06~14:14 | 11.962 | 12.716 | -0.754 | -5.93 | 29.05 |
| 平均流速（m/s） | | 11.794 | 12.622 | -0.745 | -5.90 | — |
| 方差（%） | | 0.006 | 0.032 | — | — | — |
| 标准偏差（%） | | 0.079 | 0.189 | — | — | — |
| 相对标准偏差（%） | | 0.671 | 1.501 | — | — | — |

通过上述四组流速现场验证表明，通过准确度取为当速度＞10 m/s时，速度相对误差不超过±10%，当流速≤10 m/s时，相对误差不超过±12%能够符合现场要求，验证对比汇总结果如表9所示。

表9 流速**CMS**性能指标验证对比结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 机组 | 流速监测位置 | 实测流速范围  （m/s） | 本文件要求 | 验证结果 | |
| 相对误差  （%） | 是否满足本  标准要求 |
| 机组 1  超超临界1000MW | 烟囱 | 17.205~18.236 | 速度＞10 m/s时，速度相对误差不超过±10%。流速≤10 m/s时，相对误差不超过±12% | -2.77 | 符合 |
| 机组 2  超超临界1000MW | 烟囱 | 18.688~19.858 | 3.61 | 符合 |
| 机组 3  超超临界660MW | 烟囱 | 20.045~22.650 | 5.37 | 符合 |
| 机组 4  亚临界330MW | 水平  烟道 | 11.730~11.962 | -5.90 | 符合 |

五、标准中涉及专利的情况

本文件中不涉及专利。

六、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本文件将促进固定源二氧化碳排放连续监测技术的推广，保障碳排放数据的可靠性，为碳减排决策与政策制定提供支持，促进碳达峰、碳中和目标的实现。

七、采用国际标准和国外先进标准情况

本文件采用美国 Title 40 CFR Part75、英国BS EN ISO 16911-2：2013的建议，将流速上限取正常运行时最大流速，在此基础上，考虑流速仪选型方便，将流速范围按5倍数值向上取整倍数值作为量程。

本文件借鉴ISO 12039:2019（E）、美国 Title 40 CFR Part75中关于CO2CEMS测量范围的规定，同时借鉴美国Title 40 CFR Part75、英国BS EN ISO 16911-2：2013的建议，将CO2CEMS测量范围定为正常运行时气体浓度最大值应在满量程的80%。

八、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本文件符合国家《中华人民共和国标准化法》等相关法律法规的规定，按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1的结构和起）规定编写，技术内容与国家现有环境监管体系下《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）、《固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017）、《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》（DL/T 2376-2021）等环境标准要求相协调，没有冲突。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

十、标准性质的建议说明

建议本文件按推荐性团体标准发布。

十一、贯彻标准的要求和措施建议

本文件规定了固定源二氧化碳排放连续监测系统相关技术规范，本文件的制定将有利于推进固定源二氧化碳排放连续监测技术的规范化实施，提高监测技术的稳定性，保障监测结果的可靠性。建议通过试点先行方式，在火电、水泥、钢铁等典型固定排放源率先开展二氧化碳排放连续监测试点，积累相应经验，分阶段适时开展技术的应用和推广工作。

十二、其他应予说明的事项

无其他应予说明的事项。