20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

循环流化床锅炉高温烟气组分

监测采样装置技术规范

Technical specifications for monitoring and sampling devices for

 high-temperature flue gas components in circulating fluidized bed boilers

（征求意见稿）

T/CSEE XXXX—YYYY

ICS 27.060.30

CCS L00/09

团体标准

中国电机工程学会

发 布

目 次

前 言 1

1 范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 2

4 装置工作原理和组成 3

5 技术要求 5

6 采样方法与检测方法及要求 8

附录A（规范性附录） 高温烟气组分监测采样装置推荐技术要求 12

附录B（资料性附录） 高温烟气组分监测采样装置典型布置方式 13

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会火力发电专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：大唐瑶池发电有限公司、清华大学、华电山西能源有限公司、福建华电永安发电有限公司、中创科仪（天津）科技有限公司、华电国际电力股份有限公司朔州热电分公司、华电电力科学研究院有限公司、西安热工研究院有限公司、清华大学山西清洁能源研究院。

本文件主要起草人：黄中、柴磊、蔡晋、任志杰、王义、衡晓峰、李宁、孙嘉权、谢德清、范文磊、张秦川、刘彬科、刘明辉、付作伟、杨海瑞、张缦、杨秀娟、江建平。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：http://www.csee.org.cn，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样装置技术规范

1. 范围

本文件规定了循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样装置技术要求、采样方法、检测方法及要求。

本文件适用于对循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样装置的设计优化及工程应用指导。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

HJ 75 固定污染源烟气（SO2、NO*x*、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ 76 固定污染源烟气（SO2、NO*x*、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

DL/T 1600 循环流化床锅炉燃烧系统技术条件

DL/T 2558 循环流化床锅炉基本名词术语

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

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

GB/T 34065 分析仪器的安全要求

1. 术语和定义

DL/T 2558界定的基本名词术语以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高温烟气 high-temperature flue gas

循环流化床锅炉在燃烧过程中产生的具有较高温度（600℃以上）的烟气。

3.2

烟气关键监测组分 key monitoring components of flue gas

循环流化床锅炉燃烧过程中生成的烟气是复杂多组分，烟气关键监测组分一般包括O2、CO、SO2、NO、NO2、N2O等。

3.3

高温烟气组分监测采样装置 high temperature flue gas component monitoring and sampling device

对循环流化床锅炉高温烟气进行实时采集、预处理、成分分析和数据传输的设备。

3.4

仪表响应时间 instrumentation response time

从观察到分析仪示值产生一个阶跃增加或阶跃减少的时刻起，到其示值达到标准气体标称值90%或10%的时刻止，中间的时间间隔。

3.5

系统响应时间 system response time

从系统采样探头通入标准气体的时刻起，到分析仪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。

3.6

量程漂移 span drift

在高温烟气组分监测采样装置未进行维修、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。

3.7

采集单元 acquisition unit

与在线监测装置的探头、传感器等直接相连，用于收集各类被检测设备信息的数字化单元设备。

3.8

冷干法 cold-dry extraction

将高温烟气通过采样探头、伴热管送至机柜内，并通过冷凝器快速冷却，使烟气的露点温度降至一定温度以下，然后使用过滤器等设备去除样品中的水分和杂质，保证干燥的烟气送入分析仪进行分析，最终测得烟气浓度的方法。

3.9

热湿法 hot-wet extraction

将高温烟气通过采样探头、伴热管线送至高温分析仪内，整个过程要始终保持被测样品气的温度都应保持在样品气露点之上，保证烟气始终处于湿热状态进行分析，最终测得烟气浓度的方法。

1. 装置工作原理和组成

4.1 工作原理

烟气中O2、CO、SO2、NO、NO2、N2O组分是反映循环流化床锅炉炉内燃烧状态和污染物生成的重要特征参数，为准确进行烟气组分监测，应选用具有代表性的采样点，通过高温烟气组分监测采样装置进行连续监测，以此作为优化控制风量、燃料、脱硝还原剂、脱硫剂的指导工具，更高效地开展燃烧优化调整及污染物控制。

高温烟气组分监测采样装置的采样点应布置在分离器出口到多分离器初步汇合区域，监测的高温烟气组分包括O2、CO、SO2、NO、NO2、N2O等。高温烟气组分监测采样装置能在高温、高烟气流速、高颗粒浓度条件下安全、稳定工作。

4.2 装置组成

高温烟气组分监测采样装置由烟气采集和传输设备、烟气预处理设备、数据采集和控制设备、气体分析仪器以及其他辅助设备组成，具体如图1所示。



图1 高温烟气组分监测采样装置组成示意图

4.2.1 烟气采集和传输设备

用于管道中高温烟气的采样与气体输送，主要包括采样探头、烟气传输管线、流量控制设备和采样泵等，为保证采样的准确性和连续性，应设置反吹设备为采样探头提供反吹防堵功能，还应设置加热管线为采样管路提供保温伴热功能，其具体技术要求见5.3.1。

4.2.2 烟气预处理设备

用于对烟气进行预处理，主要包括烟气过滤设备、冷凝脱水设备以及反吹控制等，其具体技术要求见5.3.2。

4.2.3 数据采集和控制设备

用于高温烟气组分监测采样装置数据采集、处理和存储监测数据，并能够按照可编程逻辑控制器（PLC）传输监测数据和设备工作状态信息记录与传输控制，其具体技术要求见5.3.3。

4.2.4 气体分析仪器

用于检测烟气中的O2、CO、SO2、NO、NO2、N2O等的浓度，其具体技术要求见5.3.4。

4.2.5 其他辅助设备

用于确保高温烟气组分监测采样装置在采样过程中的准确性及可靠性，主要包括校准仪表用气、反吹系统、采样复合管线、防尘过滤系统、防结晶系统等，其具体技术要求见5.3.5。

1. 技术要求

5.1 工作条件

1. 气体分析仪器的运输、贮存基本环境条件及试验方法参照GB/T 25480执行。
2. 高温烟气组分监测采样装置应布置在分析小屋内，并能在以下环境条件中连续稳定工作：

1）环境温度：15℃～30℃；

2）相对湿度：≤60%；

3）大气压：80kPa～106kPa；

4）供电电压：AC（220±10%）V，（50±1%）Hz

5.2 安全要求

5.2.1 绝缘电阻

在环境温度为（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，高温烟气组分监测采样装置电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于20MΩ。

5.2.2 绝缘强度

在环境温度为（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，高温烟气组分监测采样装置在1500V（有效值）、50Hz正弦波实验电压下持续1min，不应出现击穿或飞弧现象。

5.2.3 电源要求

高温烟气组分监测采样装置应配有稳压电源，以确保供电符合AC（220±10%）V，（50±1%）Hz的要求；应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止雷击等对系统造成损坏。

5.2.4 功能要求

高温烟气组分监测采样装置除进行组分测量外还应具有以下功能：

1. 校准功能。
2. 温度补偿功能。
3. 测量结果显示和存储功能。
4. 查询功能。
5. 数据通讯功能。
6. 报警和报警输出功能。

5.2.5 分析小屋技术要求

1. 分析小屋的设计、施工应满足电厂要求，且专室专用。
2. 分析小屋应配置温度计和空调等设施，小屋内温度应保持在15℃~30℃，且小屋内应安装排风扇或其它通风设备。
3. 分析小屋内电源应由两路220V交流电源供电，互为备用，或配备UPS电源，确保分析仪机柜电源供给连续稳定。
4. 分析小屋内可配备不同浓度的待测组分标准气体，满足仪器设备标定需要。
5. 分析小屋相关制度、运维人员信息、气体分析仪采样分析方法、主要技术参数应在墙壁上显著位置张贴。
6. 针对炉外粉尘含量高的机组，建议采用正压小屋以确保系统安全，提高使用寿命。
7. 小屋安装位置应尽可能靠近锅炉本体的采样点，并在设计时预留必要的检修空间。

5.2.6 其他要求

1. 现场应具备良好的排水条件，严禁室内排放。
2. 安装地点宜干燥、清洁，无机械振动，附近不应有强电场、磁场干扰，避免阳光直射。
3. 现场应采用不锈钢管线将分析后的烟气排放到空气对流性好的地方，严禁室内排放。
4. 根据系统采样探头反吹的需要，在预处理机柜处应连续提供无油、无尘、无水的清洁压缩空气。
5. 高温烟气组分监测采样装置加装前后不应对分离器运行造成不利影响，分离器关键技术要求参照DL/T 1600中4.4分离器相关内容。

5.3 装置各单元技术要求

5.3.1 烟气采集和传输设备要求

1. 烟气采样过程中操作规范及采样方法参照GB/T 16157标准中的要求。
2. 采样探头包含探头、套筒、探杆，具体如图2所示。



图2 典型采样探头结构示意图

1. 在自动控制采样状态或手动采样状态下，烟气经过采样探杆进入采样探头内部。
2. 采样探头内部电加热将其温度保持在一定温度（典型值不低于180℃），防止烟气中的水分凝结和污染物吸附。
3. 采样探头应具备颗粒物过滤功能。
4. 根据锅炉分离器的数量确定采样探头数量，每个分离器应配置一个采样探头。
5. 采样探头在与工艺管道连接处进行必要的保温处理，确保烟气的采样安全。
6. 采样探头最高可耐受100g/m3粉尘含量，耐受烟气温度最高可达1200℃。
7. 小屋位置选定之后，伴热管线布置时应优先选择距离近的路径，减少烟气采样的滞后性。
8. 伴热管线应使用不吸附、不与样气发生反应的材料，应具备耐高温、耐腐蚀、耐磨等特性，同时有良好的保温性能。伴热带的温度不宜低于120℃（典型温度范围120℃~180℃），且能根据需要调控。
9. 烟气管线长度不宜超过70m，在铺设过程中需遵循从高到低的原则，避免出现U型弯，减少采样管线阻力，避免水汽凝结和颗粒物沉积。
10. 烟气管线宜采用电加热式伴热方式，伴热采样管线应能满足极端条件下的伴热保温要求。
11. 烟气采样设备抽气压力应克服烟道负压的影响，并且保障采样流量准确、可靠、稳定。

5.3.2 烟气预处理设备要求

1. 烟气预处理设备及其部件应方便清理和更换。
2. 除湿设置温度应保持在4℃左右（设备出口烟气露点温度应<4℃），正常波动在±2℃以内，其实际温度数值应能够在机柜或系统软件中显示查询。
3. 除湿设备除湿过程产生的冷凝液应采用自动方式通过冷凝液收集和排放装置及时、顺畅排出。
4. 为确保分析结果的准确性以及分析仪的稳定运行，需要在烟气进气体分析仪前设置精细过滤器，过滤器应能有效地去除烟气中的颗粒物。过滤材料应选择不吸附待测气体且不与其发生化学反应的疏水材料，以避免对烟气测量结果的干扰。
5. 应配备定期反吹装置，用以定期对样品采集装置等其它测量部件进行反吹，避免出现由于颗粒物等累积造成的堵塞状况。
6. 前部反吹控制尽可能靠近采样探头，并配置截止阀。
7. 反吹控制介质应为无油、无尘、无水的清洁压缩空气。
8. 加热箱控制系统中所有使用的伴热管线，应具备稳定、均匀加热和保温的功能。
9. 加热箱设置加热温度要保持烟气中的水分在烟气露点温度以上，其实际温度值应能够在加热箱或机柜系统软件中显示查询。
10. 应设置除结晶装置，防止结晶物堵塞管路。

5.3.3 数据采集和控制设备要求

1. 数据采集器必须能够实时、准确地采集和传输数据，以确保数据采集的及时性和数据传输的可靠性。
2. 确保数据传输的安全性和完整性，防止数据在传输过程中被篡改或丢失。
3. 具备冷凝脱水、校准控制、吹扫控制、故障报警等功能，其实际操作应能够在设备或系统软件中控制并显示。

5.3.4 气体分析仪器要求

1. 仪器应具备手动/自动校准零点和量程的功能，能够自动切换量程并在出现故障时发出警报。
2. 仪器操作界面应直观易用，支持全菜单操作，配有人机交互触摸屏，操作便捷，测量精度高，自诊断功能强，并满足防爆标准要求（典型防爆级别ExdIICT6）。
3. 仪器的安全要求按GB/T 34065相关内容执行。
4. 仪器应具有高选择性和高稳定性，并满足特定的技术要求，其技术指标应符合附录A中的表A.1技术要求。
5. 仪器应内置微处理器进行信号处理，能够有强大的数据处理能力。
6. 仪器应配备人机交互界面，能够集流程监视界面、数据显示界面、手动操作界面、系统参数界面、报警信息界面等功能于一体，实现监测系统的过程控制。
7. 仪器能够显示实时数据，且能够查询、导出历史数据。
8. 仪器应具备显示、设置系统时间和时间标签功能，且能够手动设置采样时间、反吹时间、温度报警等。
9. 仪器应设置通信接口，并具备数字信号输出和通讯功能。传输协议应符合HJ 212的要求。
10. 仪器配备具有中文数据采集、记录、处理、存储、表格及图文显示、故障报警等功能的操作软件。
11. 对于410t/h以上大型循环流化床锅炉，宜采用一对一的系统布置方式，即每个分离器配备独立的烟气处理和监测系统，这种布置方式能确保每台锅炉的运行效率和排放控制都得到最佳的管理和优化；410t/h以下的中小型循环流化床锅炉可以采用一拖多的布置方式，以降低部署成本。两种布置方式见附录B。

5.3.5 其他辅助设备要求

1. 用于校准仪表的气体应与分析仪测量成分相符，并配备气瓶减压阀以控制气体输出。
2. 系统排气管路应按照规范进行铺设，避免随意放置，防止排放的尾气对周围环境造成污染。
3. 分析仪机柜内部气体管路以及电路、数据传输线路等应规范化敷设，同类管路应尽可能集中汇总设置；不同类型的管路或不同作用、方向的管路应采用明确标识加以区分；各种走线应安全合理，便于查找维护维修。
4. 分析仪机柜应具备良好的散热装置，确保设备内的温度满足仪器工作温度要求，内部应配备照明设备，便于日常维护和检查。
5. 采样方法与检测方法及要求

6.1 采样方法

循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样宜采用直接抽取法进行。直接抽取法是通过采样探头和采样泵将烟气从烟道中直接抽取出来，并通过特制的管线输送到分析机柜中进行组分含量的检测，可采用的分析方法包括冷干法和热湿法。

6.1.1 冷干法

1. 冷干法是将高温烟气通过采样探头、伴热管送至机柜内，并通过冷凝器快速冷却，然后使用过滤器等设备去除样品中的水分和杂质，保证干燥的烟气送入分析仪进行分析，最终测得烟气浓度。
2. 冷干法系统配备冷凝除湿装置，测量的数据是干基浓度，无需进行公式换算。
3. 常见的冷干法分析系统如图3所示。



图3 典型冷干法分析系统组成示意图

6.1.2 热湿法

1. 热湿法是通过采样探头、伴热管线、高温预处理箱、高温检测器对气体全程伴热，可以对高温原烟气直接进行测量分析。
2. 热湿法的测量结果均为湿基浓度，需要进行公式换算。
3. 常见的热湿法分析系统如图4所示。



图4 典型热湿法分析系统组成示意图

6.2 检测方法

从烟气中检测O2、CO、SO2、NO、NO2、N2O等气体组分常见的方法有电化学检测法、红外检测法和紫外检测法。

6.2.1电化学检测法

1. 电化学检测法是通过测量气体在电解液中的氧化或还原反应产生的电流变化来确定气体浓度的方法。该方法通常使用电化学传感器，传感器由工作电极、参比电极和电解液组成，工作电极由贵金属（如铂）制成，并覆盖有高表面积的多孔膜以增加反应面积。
2. 电化学检测法常用于测量O2、CO、SO2、NOX等气体。
3. 电化学检测法成本低、设备简单、便携性强，但电化学传感器寿命很短，精度低，易受交叉干扰，需要定期校准。

6.2.1 红外检测法

1. ‌红外原理检测气体的基本原理‌是通过测量气体对特定波长红外光的吸收来检测其浓度。当特定波长的红外光穿过含有目标气体的样品时，气体分子会吸收特定波长的能量，导致光强度的变化。通过测量这一变化，可以计算出气体的浓度。该方法通常分为非分散红外（NDIR）和分散红外两种类型。
2. 红外检测法常用于测量CO2、CO、NO等气体。
3. 红外检测法采用非接触式测量，抗干扰能力强、寿命长、受环境影响小，适合复杂环境下的长期监测，但设备成本较高，对高浓度气体测量精度较低，受气体温度和湿度的影响，容易产生漂移。

6.2.2 紫外检测法

1. 紫外检测法是利用紫外光谱技术来测量烟气中的化学成分，由于不同化学成分会吸收不同波长的紫外光，通过对紫外光的吸收光谱进行测量和分析就可以得出烟气中各种化学成分的浓度。
2. 紫外检测法常用于测量SO2、NO2等气体。
3. 紫外检测法测量精度高、响应迅速、无需消耗品，适合实时监测，对低浓度气体检测灵敏度较高，但紫外光源的寿命比较短，设备成本较高。

6.3 检测要求

6.3.1 一般要求

1. 应定期对高温烟气组分监测采样装置进行维护、检修和调节。
2. 如果因供电问题造成测试中断，在供电恢复正常后，应继续进行检测，已经完成的测试指标和数据应能有效保存。
3. 现场安装和调试技术要求应符合HJ 75的相关内容。
4. 无自动校准功能的抽取式气态污染物仪器每7天校准一次。

6.3.2 标准物质要求

零气（零点气体）与标准气体的要求应符合HJ 76的要求。

6.3.3 性能指标

6.3.3.1 示值误差

待测分析仪器运行稳定后，分别进行零点校准和满量程校准后，通入浓度约为50%量程的标准气体，读数稳定后记录显示值；再通入零点校准气体，重复测试3次，按公式（1）计算待测分析仪器的示值误差$L\_{e}$。

$L\_{e}=\frac{(\overbar{C\_{d}}−C\_{s})}{R}×100\%$ (1)

式中：

$L\_{e}$——待测分析仪器示值误差，%；

$c\_{s}$——标准气体浓度标称值，ppm（mg/m3）；

$c\_{d}$——待测分析仪器3次测量浓度平均值，ppm（mg/m3）；

$R$——待测分析仪器满量程值，ppm（mg/m3）。

6.3.3.2 响应时间（上升时间/下降时间）

待测分析仪器运行稳定后，通入零点标准气体，待读数稳定后通入80%量程标准气体，同时用秒表开始计时；当待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值90%时，停止计时；记录所用时间为待测分析仪器的上升时间。待80%量程标准气体测量读数稳定后，通入零点标准气体，同时用秒表开始计时，当待测分析仪器显示值下降至80%量程标准气体浓度标称值10%时，停止计时；记录所用时间为待测分析仪器的下降时间。

6.3.3.3 流量稳定性

待测分析仪器运行稳定后，记录初始进样流量值$RM\_{0}$，连续运行7d，每天定时记录待测分析仪器进样流量值$RC\_{i}$，按公式（2）计算待测分析仪器进样流量与初始流量值的相对偏差$d\_{Qi}$。

$d\_{Qi}=\frac{RC\_{i}−RM\_{0}}{RM\_{0}}×100\%$ (2)

式中：

$d\_{Qi}$——待测分析仪器第*i*天的流量稳定性，%；

$RC\_{i}$——待测分析仪器第*i*天的进样流量值，mL/min；

$RM\_{0}$——待测分析仪器初始进样流量值，mL/min；

$i$——测试天数的序号（*i*=1～8）。

6.3.3.4 24h零点漂移和24h量程漂移

气态污染物24h零点漂移和24h量程漂移不宜超过±2.5%量程，具体检验方法应符合HJ 76的要求。

附 录 A

（规范性附录）

高温烟气组分监测采样装置推荐技术要求

循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样装置主要性能指标见表A.1。

表A.1 循环流化床锅炉高温烟气组分监测采样装置主要性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量组分 | O2 | NO/NO2/N2O | SO2 | CO |
| 测量原理 | 电化学 | NDIR/红外/紫外 |
| 线性误差 | <1.5%F.S | <1%F.S | <1%F.S | <1%F.S |
| 24h零点漂移 | <2% F.S/7d | <1% F.S/7d | <1% F.S/7d | <1% F.S/7d |
| 24h量程漂移 | <1% F.S/7d | <1% F.S/7d | <1% F.S/7d | <1% F.S/7d |
| 测量范围 | 0~25% | 0~500mg/m³ | 0~7500mg/m³ | 0~2000mg/m³ |
| 示值误差 | <5% F.S/7d | <2% F.S/7d |
| 响应时间（*t*90） | <25s | <15s |
| 流量稳定性 | ±10% F.S/7d |
| 最高耐受烟气温度 | 1200℃ |
| 最高耐受烟尘浓度 | 100g/m³ |
| 最高耐受烟气流速 | 80m/s |
| 模拟输出 | 4mA-20mA，最大负载400Ω |
| 防护等级 | IP65 |
| 允许使用温度 | 0°C~45°C |
| 允许相对湿度 | max. 90 % |
| 电 压 | 220VAC±10%, 50±1% Hz |

 附 录 B

（资料性附录）

高温烟气组分监测采样装置典型布置方式

高温烟气组分监测采样装置的典型布置方式如图B.1和图B.2所示。



图B.1 分析系统一拖一布置方式（适用于大型循环流化床锅炉）



图B.2 分析系统一拖二布置方式（适用于中小型循环流化床锅炉）