

某火电厂二氧化碳排放连续监测系统应用分析

郭佳

大唐环境产业集团股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v5i12.7493

[摘要] 本文旨在通过集团公司某电厂燃煤机组新建二氧化碳排放连续监测系统试点工程，验证系统测量准确性、稳定性，为后续其他机组开展碳排放计量提供方案参考。通过比选国内外主流设备技术性能，结合本项目现有烟道条件，该试点工程在机组烟囱总排放口加装二氧化碳浓度在线分析仪和烟气流量计等测量仪表，直接获取排放烟气的二氧化碳的浓度和流量实施测量值，再由系统软件计算得到二氧化碳排放总量作为测量值，通过与核算值的比较验证整套系统测量的准确性。试点实施结果表示偏差值满足规范要求，达到试点目的，具备推广意义。

[关键词] 火电厂；二氧化碳排放连续监测系统；二氧化碳浓度分析仪；超声波流量计；监测点位

Application Analysis of CO₂ Continuous Emission Monitoring System in a Power Plant

Guo Jia

Datang Environment Industry Group Co., Ltd.

[Abstract] This article aims to verify the accuracy and stability of the system measurement through the pilot project of a new CO₂ emission continuous monitoring system for a coal-fired unit in a group company, and provide a reference for other units to carry out carbon emission measurement in the future. By comparing the technical performance of mainstream equipment both domestically and internationally, and taking into account the existing flue conditions of this project, installs CO₂ concentration analyzer and flue gas flow meters at the total discharge outlet of the chimney to directly obtain the concentration and flow rate of CO₂ emitted from the flue gas, and then calculates the total amount of CO₂ emissions using the system software as the measurement value. Verify the accuracy of the entire system measurement by comparing it with the calculated values. The pilot implementation results indicate that the deviation value meets the standard requirements, achieves the pilot purpose, and has promotional significance.

[Key words] Power Plant, CO₂ continuous emission monitoring system (CO₂-CEMS), CO₂ concentration analyzer, Ultrasonic flowmeter, Monitoring sites

引言：

随着社会持续发展和人们不断要求生活水平提高，对经济发展提出了更高的要求。全社会用电量指标可视经济发展健康状况的晴雨表，可以说电力是工业化的基础，提供了必要的驱动力的同时还不断改善着人们的生活质量。电力生产过程带来了不少的环境问题，特别是温室气体的排放，火力发电行业尤为突出。随着我国政府“双碳目标”的提出，火电厂需要在二氧化碳排放方便积极行动，认真贯彻国家相关标准、规范的执行，引领全行业健康、绿色发展。

一、项目实施背景

实现碳达峰、碳中和，是以习近平同志为核心的党中央统

筹国内国际两个大局作出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。

根据国家统计局数据显示 2022 年我国的发电量累计数值为 83886.3 亿千瓦时，与上年相比实现了 2.2% 的增长。其中，火力发电量为 58531.3 亿千瓦时，同比增长率放缓至 0.9%，占据的市场份额降至 69.77%。火力发电厂生产过程中会向大气中排放大量二氧化碳，造成温室效应，诱发全球气温上升的危害。本着负责任大国的态度，我国政府于 2020 年 9 月 22 日在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出“碳达峰、碳中和”理念，并于 2021 年 9 月发布《中共中央国务院关于完整准确全面贯

彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中明确提出要加强二氧化碳排放统计核算能力建设，提升信息化实测水平。为此，在火力发电厂建设碳排放在线监测系统势在必行。

二、项目实施前期准备工作

碳排放在线监测系统是一种利用先进的传感器、仪表、工控机平台及计算软件等对碳排放源进行实时、连续监测和分析的系统，可以为碳排放核算、评估、控制和交易提供有效的数据支撑。

项目实施前期需进行必要的市场调研工作，通过对市场上主流的不同测量原理的仪表优性能分析、对比，选定适合本试点项目实施过程中的仪表。系统内核心测量仪表包括二氧化碳浓度分析仪、烟气流量计及温压测量仪表。

现场烟道条件也是制约在线监测系统设备选型的制约因素，项目实施前需对现场烟道条件、监测点位布置、机柜布置及电源、气源接口条件充分了解，为后期设备选型、施工图设计提供支持。

三、项目实施具体过程

3.1 机组条件

本项目为2×1000MW超超临界燃煤机组，采用变压运行直流炉、单炉膛、前后墙对冲燃烧、一次再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构Π型炉，机组配套建设烟气脱硫装置（不设烟气旁路），烟囱采用双内筒结构玻璃钢材质，烟囱内配置电梯。本次选定其中1号机组作为碳排放在线监测试点实施机组。

该机组现有脱硫净烟气CEMS测点安装在烟囱内筒上，烟囱内筒直径8.2m。测点位于95.275m标高处，环保监测孔布置于95.575m标高处，烟囱93.775m标高处设置测点检修平台。2台机组脱硫净烟气CEMS机柜布置在烟囱内外筒之间42.40m平台上专用小间内，小间尺寸4500mm×3000mm×3000mm（L×W×H），目前已无新增CO₂-CEMS机柜布置空间，可在平台新增碳排放监测小间。

3.2 二氧化碳在线监测系统测量仪表配置具体方案

1) 二氧化碳在线监测仪表配置方案

二氧化碳排放在线监测系统采用冷干抽取式采样预处理系统，配置高精度非分散红外分析仪，用于连续在线分析烟气中的二氧化碳排放浓度。二氧化碳排放在线监测系统由CO₂监测单元、烟气参数（含烟气温度、压力、流速、湿度、O₂）监测单元、数据采集与处理单元组成。

2) 烟气流量测量单元配置方案

CO₂与常规烟气污染因子虽然同根同源，但其最大的特点是需用于交易，因此其排放数据必须具备公信力。随着“双碳”政策的推行、碳排放交易的开始，对流速的测量精度要求会越来越高。

本方案采用单声道对穿式超声波原理测量烟气中的流量，利用超声在两个传感器之间的传输的时间差来测量烟气的流速或流量。

3.3 本项目仪表配置及监测点位选取

参考本项目现有脱硫净烟气CEMS测点安装在烟囱内筒上，且烟囱内筒直段较长，结合前期设备调研工作，最终选定现有

主流的基于冷干直抽法NDIR技术作为二氧化碳在线浓度分析仪表，单声道超声波流量计作为烟气流量测量仪表，最终确定本工程监测点位安装在烟囱内筒上。监测点位的选取原则符合HJ 75-2017及相关标准的要求，即：流速测量满足前4D，后2D的直段要求；气态污染物满足前2D，后0.5D的直段要求（D为烟囱内筒有效直径）。

本次试点选取的位置为1号机组烟囱总排口，材质为玻璃钢管内筒套筒式烟囱，监测点位位置标高约95.275m处。需重新开孔4个：1个CO₂采样孔、1个温压测量孔、2个超声波流量计孔（斜45°对穿开孔，不同标高）。烟道侧开孔连接法兰尺寸、标准与仪表侧法兰一致。

3.4 分析机柜及站房配置

现有脱硫CEMS小间无新增机柜空间，另因目前脱硫CEMS与CO₂-CEMS主管单位不一，为运维、管理方便，所以本工程拟在现有脱硫CEMS小间旁新建碳排放在线监测小间一座，内部布置1号机组二氧化碳分析机柜及附属设施，同时考虑预留2号机组机柜布置位置，新建小间尺寸为4500mm×3000mm×3000mm（L×W×H），采用同脱硫CEMS小间一样材质。小间尺寸及布置如图1：

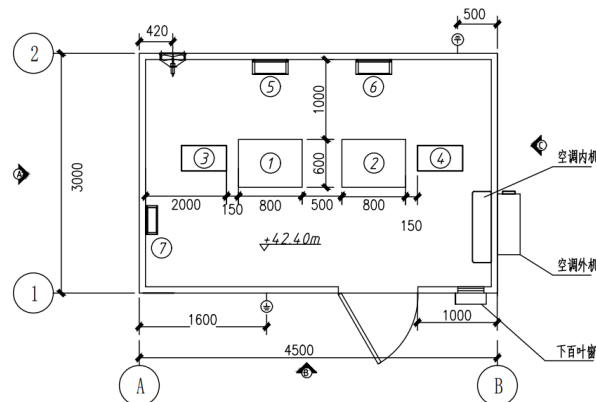


图1 1号机组新增CO₂-CEMS小间布置图

新建CO₂-CEMS监测站房内应安装空调和采暖设备，保证室内温度保持在（15~30）℃，相对湿度应≤60%，空调具有来电自动重启功能，站房内安装排风扇或其他通风设施。监测站房内配电容量满足系统实际要求，容量不少于8kVA，同时预留三孔插座、稳压电源及UPS电源。所有分析仪表、接线/配电箱、桥架、汇线槽及小屋本体等安全接地，均由接地线经汇流排接入烟囱内电气安全接地网。

3.5 辅助设施建设系统

1) 电源系统配置

为保证系统用电可靠性，1号机组CO₂-CEMS监测系统拟采用双路电源进线：一路220VAC UPS电源2kVA，用于仪表、工控机、数采仪的供电；另一路220VAC PC电源6kVA，用于取样系统供电。其中UPS电源由脱硫公用220V仪表柜30K空开引出至CO₂-CEMS监测小间；220VAC PC电源由1号机组PC A段（J0BH09E01）备用开关引出。

2) 仪用气源系统配置

因本系统所需压缩空气量较少，考虑由烟囱内现有压缩空气管路引接，系统投运后与现有脱硫CEMS系统错峰使用，满足各系统高峰用气量需求。

3) 电缆敷设及防火封堵

根据前期现场勘测情况, 现有 CEMS 监测点位至监测小间间电缆桥架已敷设电缆量较多, 无可利用空间, 本期工程需考虑重新安装电缆桥架, 路径由本期新增测点平台至 CO₂-CEMS 小间, 新增电缆桥架采用槽盒式 200mm×100mm 规格, 满足新增控制电缆、信号电缆及 CO₂-CEMS 取样管线敷设要求。由配电间至 CO₂-CEMS 间电缆可利用旧有电缆通道敷设。因本次施工需在现有电缆桥架内新增电缆敷设, 施工过程中会对原有电缆防火措施造成破坏, 电缆敷设完成后需对防火措施进行修复, 新增电缆设施根据相关规范要是做好电缆防火封堵措施。

3) 监测点位平台、扶梯搭建

本工程烟囱内筒新增测点开孔共四个, 其中 CO₂ 浓度、温度测量、超声波流量计下测量孔标高与现有脱硫净烟气 CEMS 相关测点开孔标高一致, 可利用旧有测点检修平台进行检修工作。但超声波流量计上测量孔与下测量孔标高差 8.2m 左右, 现有平台无法满足该测量点位的检修, 因此需新搭建平台及扶梯, 以满足该监测点位的巡检。

4) 系统对外接口

与现有 FGD-DCS 硬接线接口: 新增 1 号机 CO₂-CEMS 系统信号均送至 1 号机组脱硫 DCS 系统机柜内, 接口位于脱硫 DCS 机柜端子排处。因本期新增 I/O 测点较少, 现有脱硫 DCS 备用通道满足改造要求, 无需新增硬件设备, 只需做好接线工作和组态画面修改工作。

与现有脱硫电源系统接口: 新增 1 号机 CO₂-CEMS 系统两路总电源进线, 接口位于现有脱硫系统相关开关下口。

与集团公司碳监测平台通讯接口: CO₂-CEMS 系统预留与集团公司碳监测平台通讯接口, 待平台建立后需完成相关数据上传工作。

3.5 性能验收

CO₂-CEMS 在完成安装、调试检测后, 应组织验收工作, 验收内容包括二氧化碳浓度和烟气参数技术指标验收。其中二氧化碳浓度验收包括示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移和准确度验收, 烟气参数验收包括烟气流速、烟气温度、烟气湿度准确度的验收。

四、项目实施过程发现的主要问题

4.1 分析机柜运送至平台问题

本工程采购的 CO₂-CEMS 测量机柜为标准机柜尺寸, 即 800mm×600mm×2200mm (L×W×H), 需从烟囱 0m 地面运输至 42.40m 层平台内小间安装, 拟采用现有烟囱内电梯运送, 但电梯轿厢尺寸较小, 施工过程中发现无法直接通过电梯整体运送机柜至安装平台层, 现场只能将机柜拆分后运送, 这会带来施工工期增加及设备拆装后稳定性的问题。后期工程可根据现场电梯条件合理调整机柜尺寸, 增加现场施工效率。

4.2 烟囱内新增检修平台

烟囱内、外之间净空距离有限, 空间内可使用新增梁柱生根点较少, 这些问题给新增检修平台带来了不小的设计、施工难度。平台设计还需对现有结构进行荷载进行计算, 满足新增平台荷载要求。施工过程中会使用电焊, 需做好防火措施。另外, 平台改造施工还涉及到高空作业, 凡高空作业施工的, 应使用脚手架、平台、梯子、防护围栏、挡脚板、安全带和安全

网等, 作业前须认真检查所使用的设备的安全性。

4.3 超声波流量计安装精度对测量准确性的影响

超声波流量计测量准确性受安装精度及相关修正系数影响较大。超声波流量计安装前, 应充分保证厂家要求的 45° 夹角的开孔精度。流量计安装时应再次测量烟道直径、安装的实际角度, 用于烟气流速、流量计算程序相关参数的修订与调整, 进而保证最终的烟气流量测量准确性。

五、项目建设取得效果

经建设单位、设计单位、施工单位等各方积极、高效推进项目实施, 本工程按前期进度安排按时完成了设备安装及调试工作。1 号机组二氧化碳在线监测系统于 5 月 1 日进入正常运行阶段, 碳排放量监测值取自 5 月 1 日 0 时至 5 月 31 日 24 时, 1 号机组 5 月份累计发电量 517946MWh, 碳排放量监测值为 418719 吨, 碳排放量核算值为 412249 吨, 二者差值为 +6, 470 吨, 偏差为 +1.57%, 小于 DL/T2376-2021 规范中不大于 5% 要求, 系统整体测量性能达到了前期设计目标, 其中二氧化碳浓度、流速、烟温及烟气湿度均符合规范要求。整套系统运行期间未发生故障, 运行平稳、可靠。

结语:

在双碳目标战略指引下, 建设碳排放在线监测系统可使企业减少污染物排放量、确保碳排放达标、减轻环境污染。还可为企业提供精细化、可视化的能耗数据, 辅助企业开展节能降耗活动。通过对能耗和工况全面监测、诊断与分析, 为重点用能单位合理用能、经济用能提供支持。助力企业完善能耗管理体系, 帮助企业管理者清晰掌握能耗使用情况与安全生产管理。

本项目作为集团公司首批碳排放在线监测项目首批试点机组, 项目的成功建设与运行, 为后期集团公司其他火电机组开展碳监测技术路线选取提供具有建设性的指导意见, 对完善集团公司碳排放计量系统具有重要意义, 同时具备推广实施的意义。

【参考文献】

[1]DL/T 2376-2021, 火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范[S].北京: 国家能源局, 2021.

[2]JT/CAEPI 47-2022, 固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求[S].北京: 中国环境保护产业协会, 2022.

[3]DL/T 2201-2021, 火力发电厂流量测量装置技术规范[S].北京: 国家能源局, 2020.

[4]索新良, 盛金贵, 王大勇等.600MW 燃煤电厂 CO₂ 排放量测算和碳减排分析[J]. 锅炉技术, 2019, 50(6): 17-20.

[5]贺胜, 彭黎辉, 仲里敏.基于 CFD 的超声波流量计最优声道位置研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(4): 852-856.

[6]李峥辉, 卢伟业, 庞晓坤等.火电企业 CO₂ 排放在线监测系统的研发应用[J]. 洁净煤技术, 2020, 26(4): 182-189.

作者简介: 郭佳(1990.10.24), 男, 北京市, 大学本科, 工程师, 现就职于大唐环境产业集团股份有限公司, 长期从事火电厂环保工程电控专业设计工作。