火电机组远程碳排放监测系统的设计应用与推广

文/宣添星
国电环境保护研究院有限公司

为远程化、实时化监控火电机组CO_2排放量，设计了一款功能完善、实用性强的火电机组远程碳排放监测系统。从主指标汇总管理功能、监测标准化管理功能、参数报警管理功能和碳排放预警管理功能等多个方面入手，完成了系统功能设计。结果表明该系统完全符合预期设计标准和要求。

目前，大部分火电企业均严格按照国家相关规定和标准，盘查和核算碳排放量，但是，这种工作大部分依赖第三方盘查和核算机构进行落实，出现这一现象的根本原因是火电企业自身缺乏较高的碳管理能力。为解决这一问题，本文设计和应用火电机组远程碳排放监测系统，引导火电企业远程化、智能化监测和管理碳排放量、碳资产相关数据。

系统概述

结合火电企业碳排放相关标准和要求，所设计的远程碳排放监测系统主要包含主指标汇总管理、监测标准化管理、参数报警管理和碳排放预警管理等多个功能。本文系统结合多种用户使用需求，有针对性地配置相关功能模块，从而保证火电企业正常、稳定地开展碳排放工作。

系统架构设计

本文系统架构如图1所示，从图1中可以看出，整个系统主要是由运维层、监控层和数据层三个部分组成。首先，本文系统从子站中采集所需数据，然后，将其向实时数据库进行安全化传输。此外，计算和统计分析所采集数据，并在实时数据库中存储最终计算结果。同时，借助前端程序，运用实时数据库，再次加工相关数据，并对所加工好的数据进行Web发布。最后，实时监控服务程序，并管理短信平台和用户操作权限。

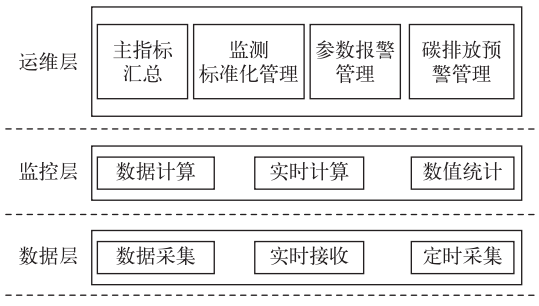

图1　系统架构

系统功能设计

系统功能结构如图2所示，可以看出，本文系统主要包含系统登录功能、主指标汇总管理、监测标准化管理、参数报警管理、碳排放预警管理和统

基金项目：燃煤电厂碳排放计量关键技术研究与应用（GJNY-23-82）；江苏省重点研发计划：江苏省固定污染源碳排放核算与监测技术公共服务平台建设（BM2022036）

计分析管理六大功能模块。这些功能模块主要选用eclipse开发工具和JAVA编程语言，同时，还要运用B/S架构设计思想，保证系统功能实现效果。

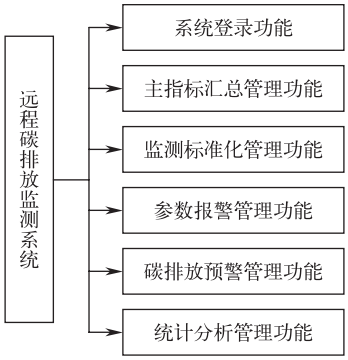

图2　远程碳排放监测系统功能结构

1. 系统登录功能设计

系统登录功能作为本文系统的基础功能，用户在访问和使用本文系统之前，要做好对用户信息注册和登录，只有保证登录账号和密码输入正确的情况下，才能成功登录和访问系统，否则系统登录失败。系统登录功能在具体设计时，要运用加密技术，对用户所提交的账号和密码进行加密处理，使其转换为暗文，降低登录信息可读性，当暗文传输至服务器后，由服务器利用解密技术进行解密处理，使得暗文转变为明文，这种处理技术的应用可以避免登录信息被非法分子恶意攻击和窃取，保证用户登录信息的安全性和保密性。服务器调用系统数据库，监测用户输入的账号和密码与用户信息表是否一致，如果一致，说明用户输入登录信息正确；反之，说明登录信息输入错误。

2. 主指标汇总管理功能设计

主指标汇总管理功能主要向用户呈现以下四个独立项：①全厂碳排放情况。全厂排放情况主要包括火电企业和火电机组碳排放量、配额盈余量以及指标月度变化规律等信息；②实时排放强度。该独立项主要向用户呈现当日所统计的供电或者供热碳排放强度，并将集团所对应的参考值进行直观化展示；③实时报警。实时报警主要向用户呈现重要报警信息，提醒相关人员选用合适的措施，降低火电机组消耗量，促使CO_2排放量降到最低；④履约动态管理查看。该独立项主要向用户提供年度、月度所对应的实际履约情况，以引起相关人员的注意。

3. 监测标准化管理功能设计

通过降低火电机组效率，降低火电企业燃料消耗量，在某种程度上可以降低CO_2排放量。因此，需要对火电机组煤消耗量进行标准化监测和管理。为全面地掌握和了解火电机组煤消耗量，本文运用平衡法，对表征煤消耗量进行在线化计算，从而获得最终火电机组煤耗。某年9月某电网公司调管范围内火电机组煤耗及其排序见表1。

表1　公司调管范围内火电机组煤耗及其排序

机组	额定容量/MW	实测煤耗/[g·（kW·h）$^{-1}$]	排序
A#	1 000	365.9	1
B#	1 000	368.0	2
C#	1 000	368.7	3
D#	1 000	368.8	4
E#	1 000	376.1	5
F#	1 000	376.2	6
G#	1 000	376.7	7
H#	1 000	377.0	8
I#	1 000	377.6	9
J#	1 000	378.9	10

4. 参数报警管理功能设计

参数报警管理功能设计和应用，可以为用户提供碳排放相关参数限值所展现的自动报警能力。在进行碳排放远程化、智能化监测期间，一旦发现异常数据，该功能可以在第一时间内进行快速报警提示。该功能通过有效地设置碳排放参数预警相关规则，可以借助后台将所监测到的报警参数变化形象生动地呈现在用户面前。当系统异常数据触达到预警阈值，系统会自动发出报警声，同时，将预警信息推送到手机端，提醒用户快速查看和处理异常数据。此时，用户可以解除系统报警模块，并向数据库录入和存储故障处理措施及最终处理结果，便于其他人员查看和调用。功能具体包含对历史报警事件浏览查询、报表生成，当前报警事件的提醒确认，超时事件的浏览查询填报，报警事件的统计分析，报警信息的用户推送功能。报警按参数类型可分为状态报警和越限报警两大类。状态报警即碳排放相关的参数不在正常状态引发的报警，一般为布尔型参数的报警，报警参数如低位发热量无法获取。

5. 碳排放预警管理功能设计

碳排放预警管理功能主要包含以下几个模块：①全厂年度预测。全厂年度预测主要是指电厂全厂

对碳排放量、碳配额量等参数进行预测；②机组年度预测。机组年度预测模块主要用于对全厂各个火电机组的CO_2排放量、年度配额量的预测和统计。碳排放预警管理功能设计，可以实时监测火电机组的CO_2排放浓度、烟气流量等参数，并按照年、月、日等时间格式，对CO_2排放量进行周期性统计。某日9:00部分机组的碳排放监测参数见表2。

表2　某日9:00部分机组的碳排放监测参数

机组	实时出力/MW	烟气流量/km^3·EOL自动检测系统$^{-1}$	碳排放浓度/mg·（EOL自动检测系统3）$^{-1}$	本日碳排放量/kg
A#	708.3	2 026.9	802.2	13 005.7
B#	546.8	1 489.5	861.3	10 261.5
C#	547.2	1 491.8	857.7	10 234.4
D#	541.4	1 560.7	901.6	11 255.1
E#	542.7	1 588.3	905.4	11 502.5

结合各个火电机组的CO_2排放量，对电厂的CO_2排放量进行精确化计算。同时，根据发电量管控进度以及CO_2排放量变化规律，发现当电厂年度CO_2排放量完全上升至全年CO_2配额86%以上时，系统会自动呈现出预警信息，并发出相应预警声，以引起相关人员的注意，提醒相关人员及时采用合适措施，将CO_2排放量降到最低。

6. 统计分析管理功能设计

为满足相关管理人员全面性地统计、整理和分析碳排放相关参数的需求，将统计分析管理功能划分为以下几个子模块：①机组排名。机组排名主要是指结合火电机组的碳排放强度、配额量和配额盈亏等参数进行有效排名；②变化趋势。变化趋势主要是指以日、周、月为时间周期，分析和汇总碳排放量、配额量、供热碳排放强度等指标变化规律；③机组对标。机组对标主要是指采用对标分析的方式，分析和处理各个火电机组的供电强度和供热强度等参数，并与区域同种火电机组均值进行有效对比和分析，并将最终对比结果以图形化方式直观形象地呈现；④参数分析。参数分析主要是指配合火电机组分析和确定碳排放相关指标之间的关系，并采用图形化方式进行直观、形象地呈现，确保用户全面地了解和掌握各个指标之间的相关性。

系统应用

目前，本文系统在某电网企业已经稳定、有效地运行将近4年时间，其数据与电厂各个子站内相关数据之间保持一致关系，真实、有效地反映出火电机组的CO_2排放水平，为实时监测和管控CO_2排放量提供重要的数据资产。但是，本文系统仍然存在一些不足，如没有安装和应用CO_2排放浓度在线测量装置，无法实时有效地了解和掌握CO_2排放情况，不利于后期火电机组与电厂之间对标工作的有效开展。但是，在碳中和理念和国家战略目标作用下，火电机组烟气排放口所安装和使用的CO_2排放浓度在线测量装置会得到有效推广和普及，为后期远程化、实时化监测和管控CO_2排放量提供重要的设备支持。

结束语

本文重点介绍了远程碳排放监测系统概念、系数架构设计、系统功能设计和系统应用等内容。结果表明，系统具有操作简单、智能高效和CO_2排放量检测准确度高等特点，完全符合实际应用需求。在不断分解碳中和目标背景下，火电企业要想实现CO_2排放量在线化、精细化监测和管理，必须重视对碳排放监测系统的设计和应用，这将为后期类似系统构建提供重要的依据和参考。EA

参考文献

[1] 王明，周志兴，封明敏，等．火电机组实测法CO_2排放监测模型及准确性验证[J]．煤化工，2022，50(2)：18-21，33．

[2] 姚顺春，支嘉琦，付金杯，等．火电企业碳排放在线监测技术研究进展[J]．华南理工大学学报（自然科学版），2023，51(6)：97-108．

[3] 李峥辉，卢伟业，庞晓坤，等．火电企业CO_2排放在线监测系统的研发应用[J]．洁净煤技术，2020，26(4)：182-189．

[4] 陈咏城，唐雯，马旭涛．火力发电厂碳排放测量及分析[J]．电站辅机，2021，42(3)：14-17．

[5] 张彬，靳阿妮，吉朝阳，等．火力发电厂二氧化碳在线监测方案对比研究[J]．能源与节能，2022(12)：164-167．

[6] 卢伟业，陈小玄，陆继东，等．双碳背景下火电企业碳计量分析与建议[J]．洁净煤技术，2023，29(1)：194-203．