

DOI: 10.7667/PSPC180496

# 基于云平台的发电机组节能减排实时监控系統

郑中原, 赵鹏, 姜玲, 张佳成, 于金山

(国网天津市电力公司电力科学研究院, 天津 300392)

**摘要:** 地区发电机组节能减排实时监控系統涉及部门多、任务繁重, 传统的本地化平台难以有效地实现上述复杂功能。结合信息技术发展, 研发了基于云平台的节能减排实时监控系統。首先介绍了节能减排系统的功能需求, 针对该需求提出了分层服务的设计方法。进一步研究节能减排系统的云平台, 在分析基于云平台节能减排系统的整体结构基础上, 重点研究了云功能、云结构和云安全等核心内容。具体设计了云平台的采集系统和主站系統两个关键组成部分的实现方法。最后介绍了该节能减排系統在地区电网的应用情况, 验证了方案的有效性。

**关键词:** 节能减排; 监控; 云平台; 实时; 安全性

## A real-time monitoring and control system for energy saving and emission reduction of generator set based on cloud platform

ZHENG Zhongyuan, ZHAO Peng, JIANG Ling, ZHANG Jiacheng, YU Jinshan  
(State Grid Tianjin Electric Power Research Institute, Tianjin 300392, China)

**Abstract:** As the real time monitoring and control system of energy saving and emission reduction of regional generator sets involves many departments and heavy tasks, the traditional localization platform is difficult to effectively realize the complex functions. Combined with the development of information technology, this paper develops a real-time monitoring system based on cloud platform for energy saving and emission reduction. Firstly, the functional requirements of the energy saving and emission reduction system are introduced. Further research on the cloud platform of the energy saving and emission reduction system is studied. On the basis of analyzing the overall structure of the energy saving and emission reduction system based on cloud platform, this paper focuses on the core contents of cloud function, cloud structure and cloud security. And the design method of two key components of cloud platform acquisition system and master station system is designed. Finally, the application of the energy saving and emission reduction system in the regional power grid is introduced, and the effectiveness of the scheme is verified.

This work is supported by Science and Technology Project of Tianjin Electric Power Company (No. KJ18-1-02).

**Key words:** energy saving and emission reduction; monitoring; cloud platform; real-time; security

## 0 引言

地方公用热电厂迅速发展, 但存在监管难题。一些电厂名义上是热电联产或资源综合利用电厂, 享受着包括电价、汽价、电量上网等优惠政策, 而实际上并未达到国家规定的热电联产或资源综合利用标准, 存在能耗偏高、机组选型不合理、环保水平低下等问题<sup>[1]</sup>。

随着节能减排要求的硬化推进, 一些燃煤电厂安装了脱硫系统与烟气排放监测系统。但很多监

测系統受限于自身功能而无法起到很好的监督作用, 许多企业出于节省成本考虑, 并不真正启用烟气脱硫设施<sup>[2]</sup>。

现有的监测系统大多只建立在燃煤电厂等被监测对象, 存在信息不完全和信息孤岛等技术问题, 由于无法建立全方位的燃煤电厂实时监控及信息管理系统, 也就无法对燃煤电厂的节能减排情况实现有效监视<sup>[3]</sup>。因此, 借助当前高速发展的信息技术, 建立具有实时、高效的发电机组节能减排实时监控系統迫在眉睫。

发电机组节能减排实时监控系統, 需要对区域的大量发电机组进行监控, 涉及机组多、所需监测

的数据量大、数据类型多样且复杂; 作为重要的政策依据, 需要对不同的部门赋予不同的权限, 具有接待同时段大量访问的能力, 且有异地备份的防灾能力<sup>[4]</sup>。

传统的单机处理方式难以满足上述技术要求<sup>[5-7]</sup>, 本文将云技术融入到节能减排实时监控系统中, 研发具有高效、开放、安全特性的地区发电机组节能减排实时监控系

### 1 系统分析

地区发电机组节能减排实时监控系, 以电厂为监控单位, 实时监控系以热电、脱硝机组为起点, 实现同步监测和显示节能、环保参数, 并进一

步实现脱硫效率、系系统投运率等功能的综合管理。节能减排实时监控系涉及环保局、电监会、电厂用户和电力公司等多个不同部门, 需要根据各个部门的不同职责, 赋予不同的权限开放对应的信息。

作为集监测、监控、监管一体化的环境信息综合平台, 节能减排实时监控系主要功能包括实时监测、综合查询、报表系和系管理四大功能。

由于发电机组节能减排实时监控系所需实现的功能较为复杂, 本文采用分层服务的方法, 使得所设计的系具有较好的灵活性和合理的耦合性。整个系由应用层、公共服务层、基础服务层和组件层等不断细分的层次组成, 如图 1 所示。

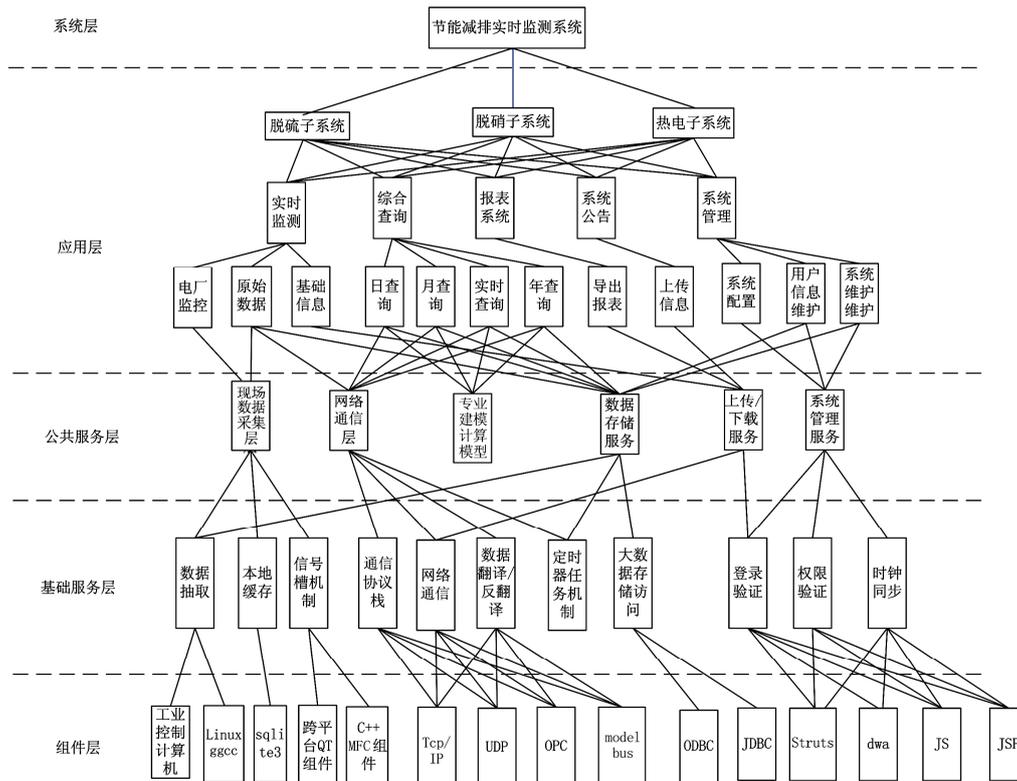


图 1 分层服务

Fig. 1 Layered service

作为系统功能的直接展示, 应用层实现脱硝子系统、脱硝子系统和热电子系统的实时监测、综合查询、报表、公告和系管理等功能。公共服务层为应用层提供技术支撑, 完成现场数据采集、通信网络、计算和建模、数据存储和传输等任务。基础服务层作为公共服务层的功能细化, 完成数据抽取、本地存储、通信协议栈、大数据存储等具体任务。而组件层包含了工业控制机、Linux GCC、SQL、QT 等具体的硬件和软件平台, 以实现基础服务层

的具体功能。

### 2 云平台

由于发电机组节能减排实时监控系功能庞大, 而且涉及分布各地的多个部门, 不同部门被赋予不同的职能和任务, 传统的本地化平台难以有效地实现上述功能。

而云平台简化了复杂系的实现方式, 利用云平台, 开发人员进行发电机组节能减排实时监控系

统设计时，只需侧重于数据采集和具体的监控系统的应用实现，而将实时监控系统所需的服务器、数据库、web 应用发布、安全验证和系统维护等底层支撑由云平台完成，缩短了系统开发周期<sup>[18]</sup>。

### 2.1 总体结构

基于云平台的发电机组节能减排实时监控系系统，以地区电力公司的监控中心为信息处理枢纽，经通信网络，将电厂、政府部门、电力公司用户、电力监管部门甚至互联网用户连接起来，实现完整的节能减排实时监控功能，如图 2 所示。

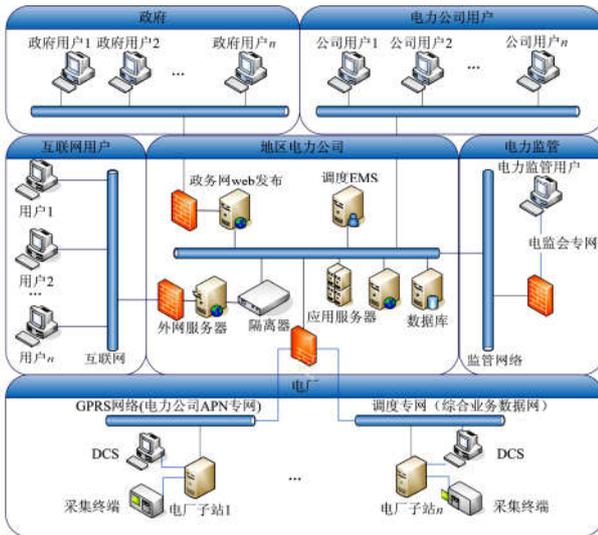


图 2 整体架构

Fig. 2 Overall architecture

发电机组节能减排实时监控系系统采用云平台后，不仅实现了本地信息的网络化收集和处理，兼容了传统实时监控系系统依靠内部通信网络实现信息汇总的功能；而且将分散在不同地理区域的相关部门及其对应功能，以统一的数据接口形成无缝的信息交互，将更加广域的发电机组节能减排信息，也融合到该实时监控系系统中。

整体功能上，监控中心通过电力公司 APN 专网或综合业务数据网等通信网络，接收来自于各个电厂子站的采集终端和 DCS 设备上传的发电机组监测数据，通过对数据进行处理后，将对信息传递给相关部门或向公众用户开放。

### 2.2 云功能

发电机组节能减排实时监控系系统充分利用云平台，将现场采集的发电机组节能减排数据，存储到云平台中，可供监控中心调用和进一步处理。监控中心也将各个发电机组节能减排的分析结果，存储到云平台中，供其他部门和用户调用。整个发电

组节能减排原始数据、分析结果等都存入到云平台中，避免了传统数据应用存在的本地备份困难、数据不同步等问题<sup>[9-10]</sup>。

进一步细化云功能，云平台提供业务技术服务、统计分析数据服务、实时计算服务、实时监测数据服务和在线通信服务能力。业务技术服务包含了业务技术服务和业务统计服务内容；实时计算服务涵盖了在线技术服务、在线统计服务和在线事件服务等内容。

在云功能基础上，发电机组节能减排实时监控系系统提供了 WEB 服务器和应用服务软件功能，如图 3 所示。应用服务器完成各种相关的应用功能的实现，包括系统门户、实时监控、用户管理、查询统计、数据采集和数据分析等功能。

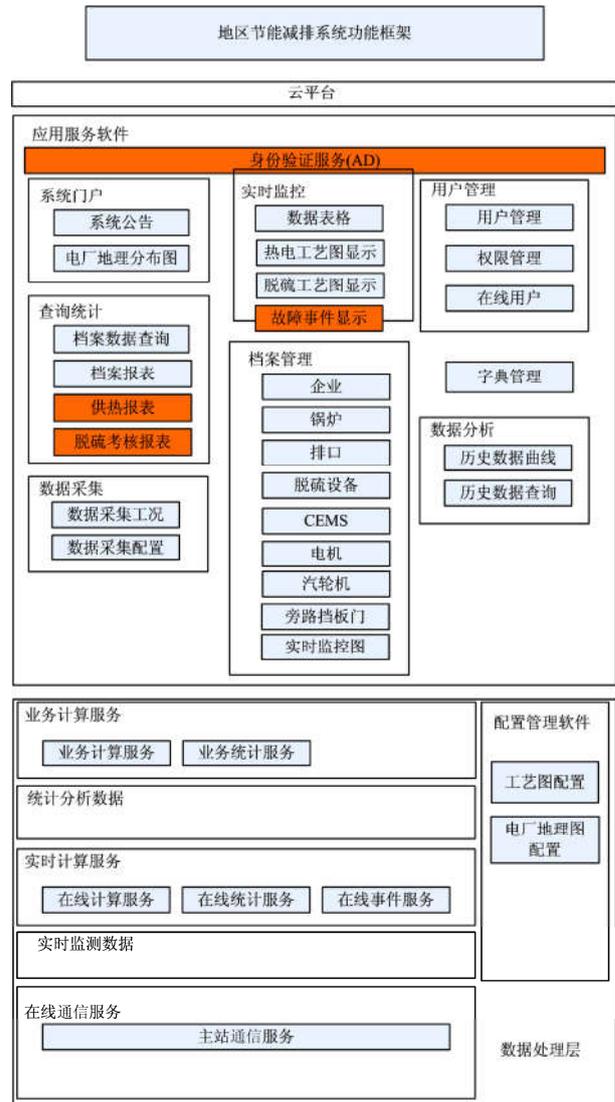


图 3 云功能

Fig. 3 Cloud function

## 2.3 云架构

基于云平台发电机组节能减排实时监控系统的, 由现场数据采集层、通信网络层及监控中心层三个主要模块组成<sup>[11]</sup>, 如图 4 所示。

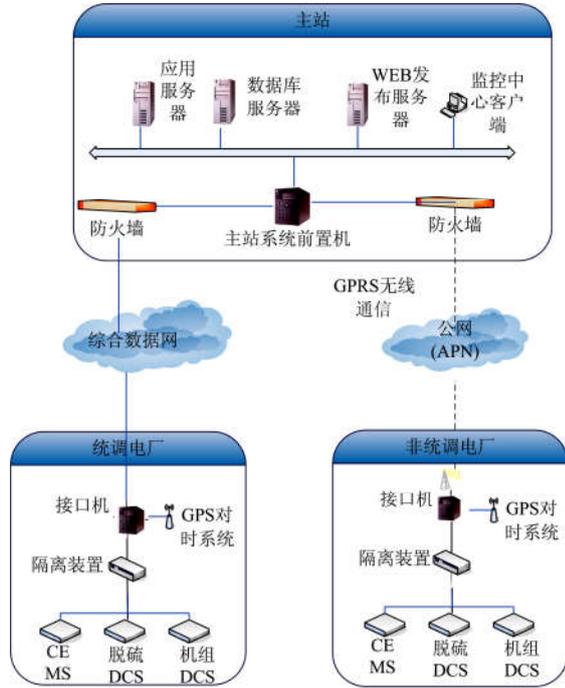


图 4 云架构

Fig. 4 Cloud architecture

最低一层为数据采集层, 通过各种接口采集各个测点数据, 然后进行标准化处理; 中间一层为数据分析层, 对采集的测点数据进行计算分析, 最上一层为数据展现层, 将分析后测点数据和计算数据展现给用户, 并与流程管理结合在一起。每一层又是由许多模块共同组成, 这种分层模块化的设计方法, 大大提高了系统的扩展性, 同时这种高内聚低耦合的分层架构, 提高了系统的可靠性。

现场数据采集层作为直接面向发电机组的基础单元, 依靠放置于发电机组现场的智能电子设备, 采集污染物数据、供热数据、设备运行状态以及相关辅助参数数据, 并经通信网络将数据发送到云平台。

通信网络层是云平台的核心, 结合当前电力通信网络现状, 重点考虑网络的安全性和方便性, 可根据所传输的节能减排数据的重要性和实时性要求, 灵活地采用综合数据网、GPRS 无线通信甚至 APN 公网等<sup>[12]</sup>。

具体而言, 发电机组节能减排的数据由电厂负责送入接口机, 并在接口机上按照通信规约打包后, 通过综合数据网将数据送入中心站的数据前置机, 没有接入综合数据网的单位通过 GPRS 设备发送数

据至中心站的数据前置机。

发电机组节能减排实时监控系统的网络传输协议使用 TCP/IP 连接协议, 传输周期目前暂定为 5 min, 要求各电厂在编制数据接口程序时将采样周期等参数放到配置文件中, 可方便调节通信数据。

基于云平台的通信系统具有数据缓存和异常处理能力, 能够缓存最近 7 天的数据包, 并能够补发节能减排的实时数据和历史数据, 发送周期不小于 1 min, 每周期不大于 5 包。

监控中心完成所有电厂数据的计算、分析和展现功能。监控中心经通信网络, 接收来自于云平台发电机组节能减排的数据。监控中心从云平台中读取采集的数据进行计算和分析, 将处理后的数据进行用户展示; 同时也将数据存储到云平台中, 供相关部门调用。

## 2.4 云安全

由于近几年因网络攻击导致的电网事故频发发生<sup>[13-14]</sup>, 发电机组节能减排实时监控系统的云安全问题也日渐重要。

首先从网络设计层面上, 考虑发电机组节能减排实时监控系统的云安全。基于全程全网的安全理念, 在节能减排系统的出口处部署两台防火墙, 形成双机(也可以和其他系统共用, 但是要求放在单独的 DMZ 区域中)。

为了加强节能减排实时监控自身的安全性, 采用了双层的安全检测机制。对于需要接入云平台的系统或设备, 首先进行自身的安全检测。即在接入云平台前, 系统或设备先进行孤机或单系统运行。在满足离网运行安全性的基础上, 系统或设备才运行接入云平台中, 并进行第二次安全检测。安全测试内容主要包括:

1) 核心数据的紧急恢复和数字签名等服务, 节能减排系统的用户口令信息采用系统加密算法, 防止用户密码不被窃取和破坏, 保证用户顺畅使用系统。用户访问 WEB 服务器支持 HTTPS 访问方式, 防止通信被窃听。

2) 分权设计。节能减排系统提供了用户角色、用户类型、资源划分功能。用户角色分为: 全省管理、电厂监控; 用户类型分为: 省用户、市用户、电厂用户、市公司营销部; 可以根据地区信息、电厂划分为不同的资源。不同的用户不可以越权浏览、更改其他用户所属的信息。

## 3 采集系统

数据源是发电机组节能减排实时监控系统的基

础，也是云平台的处理难点之一<sup>[15-17]</sup>。本文设计节能减排实时监控系统的采集系统，为云平台提供数据融合，主要完成采集任务生成、采集任务调度、采集数据通信传输管理和采集数据传输到云平台等功能，如图 5 所示。

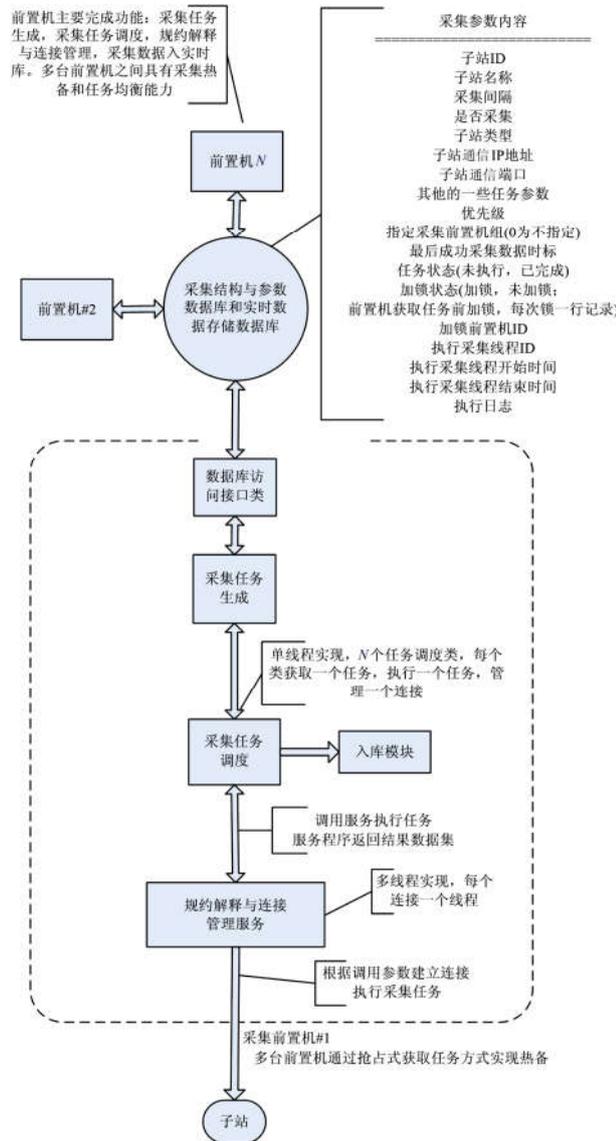


图 5 采集子站

Fig. 5 Acquisition sub station

1) 采集任务生成。根据设定的采集频率(默认为 1 min)产生采集任务，同时可根据主站请求产生补采任务，定时产生对时任务。每台前置机均采集任务生成功能，本前置机生成的任务由本前置机执行，多台前置机之间有良好的协调机制，还具有采集热备和任务均衡能力。

2) 采集任务调度。获取采集任务，同时调度与管理多个任务的执行过程。根据相关采集参数调用

采集数据通信传输管理服务建立通信连接、采集数据并将数据存储到实时数据库中。

3) 采集数据通信传输管理。采集数据通信传输管理服务程序，接受主程序调用，向数据软数采集子站发送数据上传请求，建立连接后接收上传数据，并将数据返回主程序。服务程序采用多线程机制实现，可同时执行多个通信任务。

4) 采集数据传输到云平台。一组任务全部执行完成后由网络传输程序统一传输到云平台，减少云平台的访问的频度和访问并发数，减小云平台的传输压力。

### 4 主站系统

主站系统由云平台提供所需的数据，通过模型运算和管理信息的综合处理得出真实有效的指标<sup>[18]</sup>，并实现发电机组节能减排实时监控的高级应用功能，主站系统具有下述特性。

1) 图形化界面。以用户为中心，采用用户界面(UI)设计的一般性原则，设计中考虑系统的一致性、可扩展性、易用性、用户体验等功能，方便用户了解和使用该系统。

2) 可扩展性。开发独立的用户权限控制模块，增加用户时不影响系统结构及运行。开发独立的功能控制模块，增加新的功能模块时，尽量降低对现有系统的影响。计算模型的独立化，将计算模型独立出来，形成新的子系统，有利于系统增加或改变系统计算方法时，对整个程序的运行影响降到最小。

3) 可靠性。系统独立部署，节能减排系统的各个子系统(监控中心子系统、采集子系统、计算子系统)，相互独立部署，当一个子系统有运行异常或程序升级时，对其余子系统都没有影响。

4) 高性能。节能减排系统由于采集和计算的数据量一般相对都比较大，因此在系统设计时需要考虑特殊的性能需要，本文采用两种方法提高系统的实时性。

第一，采用分表设计方式，以提高数据库的存取速度。节能减排系统各个电厂的实时数据、历史数据、各种计算后的数据量都是比较大的<sup>[19]</sup>。设计时根据电厂 ID 的不同，将各个电厂的数据分别放在不同的实时数据表、历史数据表以及计算后的数据表中，各个实时和历史数据表都是保持相同的数据库结构。

其次，采用累计数据由计算子系统事先计算入库的方法。节能减排系统采集子系统采集的数据都是各个测点的详细数据，为了减轻监控中心展现数据时的负载，提高监控中心的运行效率，将各个电

厂的数据均由计算子系统计算入库。计算子系统完成各个测点的详细数据向电厂数据的累计汇总。

5) 可维护性。节能减排系统的参数采用字典表配置, 可根据现场具体应用情况, 灵活地选择所需的配置方法和系统升级方法。

同时, 针对系统的计算公式在运行过程中可能需要不断修订和修改的情况, 计算公式采用参数表配置方法, 计算参数与系统其他功能相互独立, 单独存放在计算公式表中, 便于用户对计算公式的变更维护。

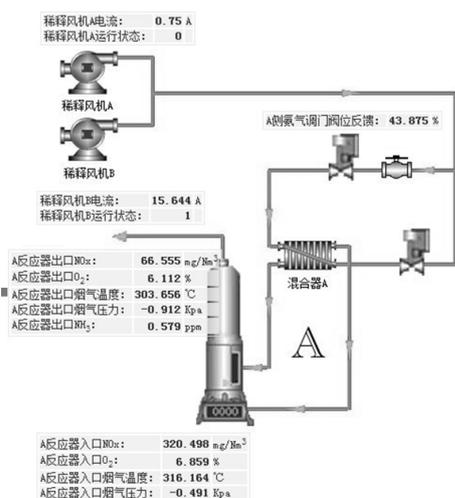
6) 容错性。节能减排系统采用数据库双机热备, 同时运行过程中采用回滚机制, 防止脏数据被写入数据库。运行过程的异常情况均要被记录日志, 提示用户出错信息<sup>[20]</sup>。

7) 可移植性。主站系统的各个组件采用 J2EE 技术的跨平台设计方法, 能够方便在多种操作系统之间迁移。

## 5 应用

所研发的基于云平台的发电机组节能减排实时监控系統已投入地区电网使用, 系統采用集中部署, 统一管理地区电厂节能减排工作, 基于云平台部署了监控中心子系统、热电计算模块和脱硫计算模块两个计算子系统、采集子系统。各个子系统在部署上没有相互依赖性, 独立部署。

该系统能较好地实现对地区电网发电机组运行参数管理、实施动态跟踪管理, 动态跟踪分析脱硝机组的脱硝、发电情况和生产指标, 图 6 为一个实际发电机组节能减排实时监控的客户端显示界面。



大港发电厂 (#1机组)

图 6 客户端显示界面

Fig. 6 Display interface of the client

## 6 结语

针对传统平台难以满足地区级节能减排系统的高性能要求, 本文提出了基于云平台的发电机组节能减排实时监控系統。该系统充分利用云平台所提供的底层技术支持, 减少了系统开发和维护难度。所研发的系統已投入实际应用, 对于指导脱硝机组科学合理组织生产, 提高对脱硝厂的管理水平、设备投运率和脱硫效率, 减少烟气中 NOx 的排放, 发挥了重要作用。

## 参考文献

- [1] 郭琳, 文旭, 赵志强, 等. 计及节能风险评估的月度随机规划调度模型[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(16): 22-29.  
GUO Lin, WEN Xu, ZHAO Zhiqiang, et al. A stochastic programming monthly generation dispatching model considering energy-saving risk assessment[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(16): 22-29.
- [2] 文旭, 郭琳, 王俊梅. 面向节能减排的电力系统发输电计划研究述评[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(9): 136-144.  
WEN Xu, GUO Lin, WANG Junmei. Overview of power dispatch and purchasing plan in power system from energy-saving and emission-reducing[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(9): 136-144.
- [3] 尚金成, 张立庆. 电力节能减排与资源优化配置技术的研究与应用[J]. 电网技术, 2007, 31(22): 58-63.  
SHANG Jincheng, ZHANG Liqing. Research and application of technologies in energy-saving, emission-reducing and optimal resource allocation of electric power system[J]. Power System Technology, 2007, 31(22): 58-63.
- [4] 高宗和, 耿建, 张显, 等. 大规模系统月度机组组合和安全校核算法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(23): 28-30.  
GAO Zonghe, GENG Jian, ZHANG Xian, et al. Monthly unit commitment and security assessment algorithm for large scale power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(23): 28-30.
- [5] 李瑞生. 云一层一端三层架构体系的随机性电源即插即用构想[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(7): 47-54.  
LI Ruisheng. Idea of random power supply plug and play based on cloud-layer-terminal three layer architecture[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(7): 47-54.
- [6] 宋亚奇, 周国亮, 朱永利, 等. 云平台下输变电设备状态监测大数据存储优化与并行处理[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(2): 255-267.  
SONG Yaqi, ZHOU Guoliang, ZHU Yongli, et al. Storage optimization and parallel processing of condition monitoring big data of transmission and transforming

- equipment based on cloud platform[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(2): 255-267.
- [7] 刘科研, 盛万兴, 张东霞, 等. 智能配电网大数据应用需求和场景分析研究[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(2): 287-293.  
LIU Keyan, SHENG Wanxing, ZHANG Dongxia, et al. Big data application requirements and scenario analysis in smart distribution network[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(2): 287-293.
- [8] 宋人杰, 丁江林, 白丽, 等. 基于合作博弈法和梯形云模型的配电网模糊综合评价[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(14): 1-8.  
SONG Renjie, DING Jianglin, BAI Li, et al. Fuzzy comprehensive evaluation of distribution network based on cooperative game theory and trapezoidal cloud model[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(14): 1-8.
- [9] 梁唐杰, 谢庆, 柳春芳, 等. 基于全生命周期理论和云物元理论的配电网规划综合效益的评估[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(19): 12-17.  
LIANG Tangjie, XIE Qing, LIU Chunfang, et al. Comprehensive benefit evaluation of distribution network planning based on the life cycle cost theory and the cloud matter element theory[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(19): 12-17.
- [10] 蒋宏图, 袁越. 电力系统自动化综合应用信息平台设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(5): 113-116.  
JIANG Hongtu, YUAN Yue. Design and implementation of integrated application information platform for electric power system automation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(5): 113-116.
- [11] 王月月, 陈民铀, 姜振超, 等. 基于云理论的智能变电站二次设备状态评估[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(1): 71-77.  
WANG Yueyue, CHEN Minyou, JIANG Zhenchao, et al. A state assessment method for secondary equipment in intelligent substation based on cloud model[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(1): 71-77.
- [12] 张晓平, 余南华. 智能配电网的通信系统建设与发展分析[J]. 广东电力, 2011, 24(11): 59-65.  
ZHANG Xiaoping, YU Nanhua. Analysis on construction and development of communication system for smart distribution grid[J]. Guangdong Electric Power, 2011, 24(11): 59-65.
- [13] 王智东, 王钢, 许志恒, 等. 结合域含义的 GOOSE 报文加解密方法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2016(4): 63-70.  
WANG Zhidong, WANG Gang, XU Zhiheng, et al. Encryption and decryption methods of GOOSE packets based on domain implication[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2016(4): 63-70.
- [14] 王智东, 王钢, 黎永昌, 等. 基于微型加密算法的 IEC61850-9-2LE 报文加密方法[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(4): 121-127.  
WANG Zhidong, WANG Gang, LI Yongchang, et al. An encryption method for IEC 61850-9-2LE packet based on tiny encryption algorithm[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(4): 121-127.
- [15] 王冬青, 李刚, 何飞跃. 智能变电站一体化信息平台的设计[J]. 电网技术, 2010, 34(10): 20-25.  
WANG Dongqing, LI Gang, HE Feiyue. Design of integrative information platform for smart substations[J]. Power System Technology, 2010, 34(10): 20-25.
- [16] 李瑞生, 李燕斌, 周逢权. 智能变电站功能架构及设计原则[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 24-27.  
LI Ruisheng, LI Yanbin, ZHOU Fengquan. Every week right smart substation functional architecture and design principles[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 24-27.
- [17] 马杰, 李磊, 黄德斌. 智能变电站二次系统全过程管控平台研究与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 77-90.  
MA Jie, LI Lei, HUANG Debin. The whole process of research and practice of management and control platform for intelligent substation secondary system[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 77-90.
- [18] 张金江, 郭创新, 曹一家. 基于 MAS 的变电站信息一体化嵌入式平台设计[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(9): 52-56.  
ZHANG Jinjiang, GUO Chuangxin, CAO Yijia. Design of embedded platform for substation data integration based on multi-agent system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(9): 52-56.
- [19] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 8-11.  
WU Zaijun, HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 8-11.
- [20] 杨志宏, 周斌, 张海滨, 等. 智能变电站自动化系统新方案的探讨[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(14): 1-7.  
YANG Zhihong, ZHOU Bin, ZHANG Haibin, et al. Discussion on novel scheme of smart substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(14): 1-7.

收稿日期: 2018-04-28; 修回日期: 2018-06-08

作者简介:

郑中原(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电网环保技术; E-mail: gffhjjg1278@163.com

赵鹏(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为材料腐蚀与防腐和水处理;

姜玲(1992—), 女, 本科, 助理工程师, 主要研究方向为电厂化学。

(编辑 张爱琴)