

DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2020.01.004

# 基于“互联网+”的火电厂环保智能 监管系统研究与应用

Research and application of environmental intelligent supervision system for  
thermal power plants based on “Internet + ”

张山山, 吴巧玲, 王仁雷, 朱跃

ZHANG Shanshan, WU Qiaoling, WANG Renlei, ZHU Yue

( 华电电力科学研究院有限公司, 杭州 310030)

( Huadian Electric Power Research Institute Company Limited, Hangzhou 310030, China)

**摘 要:**以“互联网+”、数据共享及大数据分析、改进型灰色神经网络(UGMN)模型分析等技术为基础,建立了以烟气排放连续监测系统(CEMS)、环保分散控制系统(DCS)/可编程控制器(PLC)、火电厂厂级监控信息系统(SIS)/管理信息系统(MIS)、集团公司级生产营销与实时监管系统、集团公司级燃料管理系统等多个数据源为基础的环保数据库,开发了多数据源的火电厂环保智能监管系统。火电厂环保智能监管系统可实现对火电厂环保数据的实时监控、趋势分析、智能预测、报表管理、报警管理等功能,全面提高火电企业环保设备健康水平和污染物达标排放水平,为烟气污染物排放管理和环保监督管理提供了更高效、智能的平台。

**关键词:**互联网+; 火电厂; 环保设施; 烟气污染物; 智能监管系统

**中图分类号:** TM 621.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-1951(2020)01-0020-05

**Abstract:** Based on “Internet +”, data sharing, big data analysis, improved gray-neural network(UGMN) model analysis and other technologies, continuous emission monitoring system(CEMS), environmentally distributed control system(DCS), programmable logic controller(PLC), thermal power plant plant-level safety instrumented system(SIS)/management information system(MIS), group-level production marketing and real-time monitoring system, group-level fuel management system and other environmental protection database are established. These database that base on multiple data sources have developed a multi-data sources environmental protection intelligent supervision system for thermal power plants which can realize real-time monitoring, trend analysis, intelligent prediction, report management, alarm management, etc. The system can comprehensively improve the health of environmental protection equipment and pollutant emission standards of thermal power enterprises, and provide a more efficient and intelligent platform for flue gas emission management and environmental supervision.

**Keywords:** Internet +; thermal power plant; environmental protection facilities; flue gas pollutants; intelligent supervision system

## 0 引言

火电厂是大气污染物排放大户,限制火电厂的污染物排放对环境保护工作具有重要的意义。火电厂排放的主要污染物包括  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和烟尘等。现代火电厂在将含有上述污染物的烟气排向大气前,必须进行脱硝、脱硫和除尘。火电厂一方面对环保设施的运行状况进行监控<sup>[1-2]</sup>,另一方面利用烟气排放连续监测系统(CEMS)对电厂烟气排放情况进行长期连续的监测,从而控制环保设施的运行状态,

确保主要污染物长期、稳定达标排放<sup>[3]</sup>。在国家对火电厂环保要求越来越严格的背景下,为提高火电厂环保设备管理水平、主要污染物达标排放水平和整体经济效益,减少烟气污染物排放,保护环境,以“互联网+”、数据共享及大数据分析、改进型灰色神经网络(UGMN)模型分析等技术为基础,某发电集团公司研究开发了一套基于“互联网+”的火电厂环保智能监管系统。

## 1 基于“互联网+”的系统结构设计

火电厂环保智能监管系统覆盖某发电集团公司 92 家火电厂的 296 台机组(包括燃煤锅炉、燃气锅

收稿日期:2018-12-20; 修回日期:2019-03-05

炉、生物质锅炉和工业小锅炉等),以 CEMS、环保分散控制系统(DCS)/可编程控制器(PLC)、火电厂厂级监控信息系统(SIS)/管理信息系统(MIS)、集团公司级生产营销与实时监管系统、集团公司级燃料管理系统等多个数据源为基础建立了环保数据库,以“互联网+”的方式将数据传输到总部监控中心,通过多数据共享技术、大数据分析技术、地理信息分析技术、烟气扩散模拟技术等实现环保数据的共享、分析和展示<sup>[4-6]</sup>,其技术构架如图 1 所示。

将火电厂环保智能监管系统划分为数据访问层、业务逻辑层、表示层和对外接口层。数据访问层位于系统平台的最底层,用于接收和存储厂站侧数据采集平台上传的实时数据和关系数据:实时数据主要用来传输和存储实时性要求较高的环保生产实时数据,如脱硫系统、脱硝系统和电除尘系统的数据;关系数据用于传输和存储填报、配置参数等关系型数据。业务逻辑层通过多数据共享技术、大数据分析技术、地理信息分析技术、烟气扩散模拟技术等,实现环保统计和环保监管等多种功能。表示层

对业务逻辑层实现的各种功能进行多用户、多层次的展示,不同权限用户通过集团公司广域网实名制登录系统,实现火电厂环保智能监管系统的使用。

## 2 基于“互联网+”的系统硬件设计

火电厂环保智能监管系统构架主要包括电厂侧数据子站采集层、通信网络层和集团公司侧中心站数据服务层 3 层。在面向服务的体系架构(SOA)的基础上,该系统建立分布式集成应用服务,以提供不同层次的服务:在电厂设置前置数据库服务器和应用程序服务器,提供不同平台的厂级服务;在集团公司设置数据中心服务器,提供集团公司级环保技术支撑和管理服务。电厂侧数据子站采集层部署相应的数据采集接口机和接口软件,按照统一的数据传输规约采集来自环保相关控制系统(脱硫系统、脱硝系统和电除尘系统)及 CEMS 的数据,通过集团公司广域网将数据传输到集团公司侧实时数据库中,完成数据的采集和传输。数据在集团公司侧中心站统一储存、分析、应用,系统整体网络拓扑如图 2 所示。

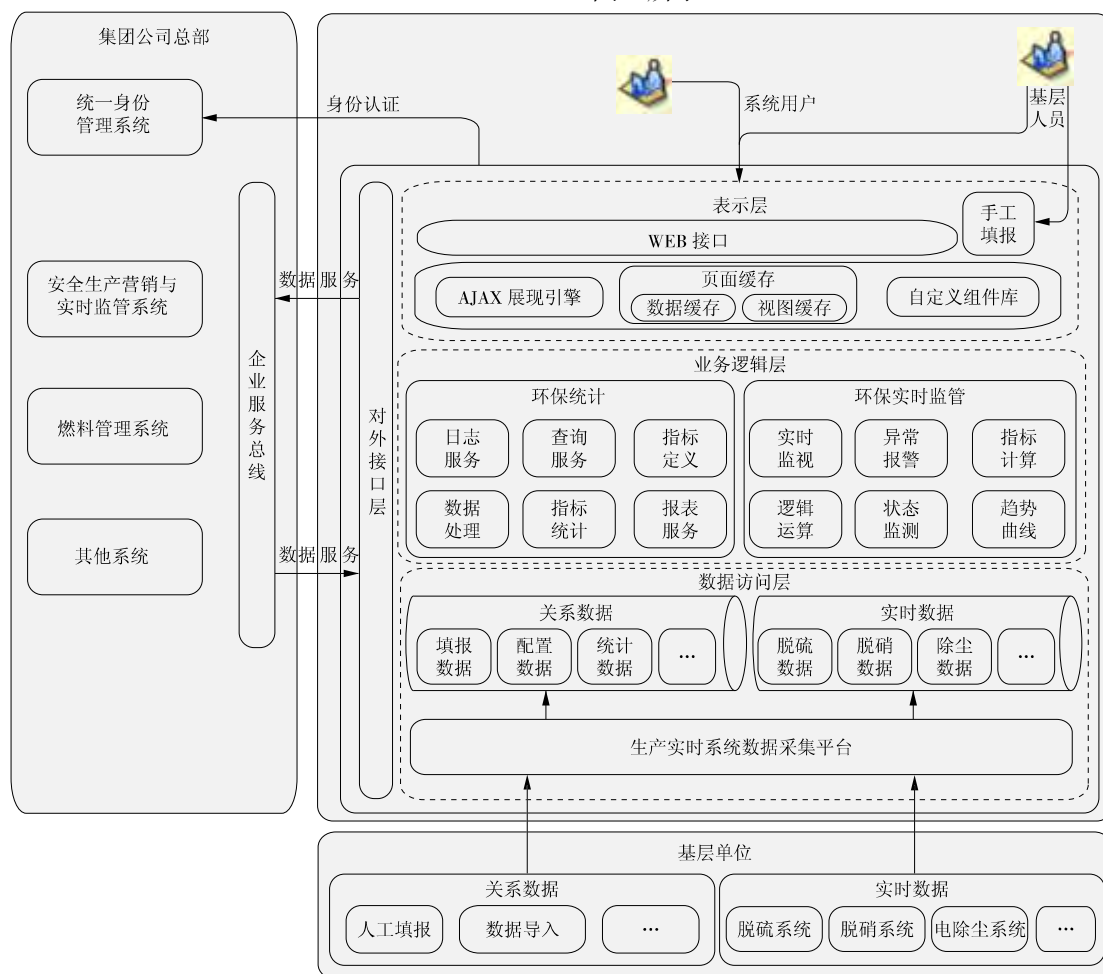


图 1 火电厂环保智能监管系统技术构架

Fig. 1 Technology structure of an intelligent supervision system for thermal power plants

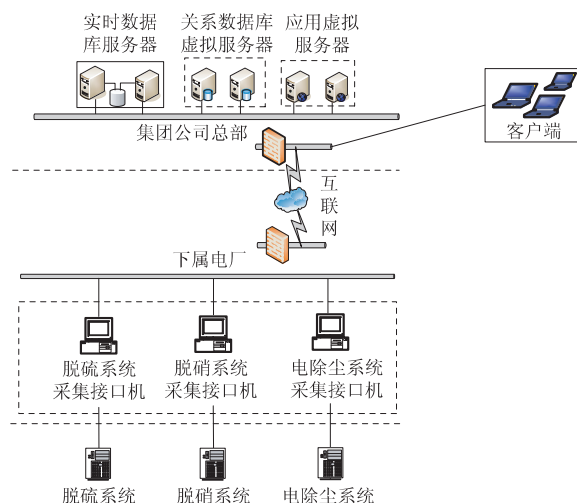


图 2 系统网络拓扑图

Fig. 2 Topology of the system network

### 3 基于“互联网+”的系统软件设计

火电厂环保智能监管系统实现数据采集与存储、环保统计和环保监管等功能,其软件的设计基于多数据共享技术、大数据分析技术、地理信息分析技术及烟气扩散模拟技术等。

#### 3.1 数据采集与存储

数据分为关系数据和实时数据,关系数据以集团公司层面的虚拟数据库为存储平台,实时数据以集团公司层面的工厂信息系统(PI)数据库为存储平台。系统规定了烟气参数、环保设施运行参数的内容和格式,实现了数据规范。电厂端根据实时数据、关系数据等不同数据源设计统一的数据接口,汇集到电厂侧的数据终端机,通过集团公司局域网、互联网等实现电厂端数据与集团公司PI数据库的传输与存储。在集团公司侧建立一个以CEMS、环保DCS/PLC、SIS/MIS、集团公司级生产营销与实时监管系统、集团公司级燃料管理系统等多个数据源为基础的环保数据库,作为火电厂环保智能监管系统的数据基础。

#### 3.2 环保功能

火电厂环保智能监管系统对电厂的烟气系统污染物排放情况、环保设施的运行情况进行监管,根据各类基础数据的统计、分析结果进行预警分析、报表管理、智能预测等,提高脱硫、除尘和脱硝环保设备的安全性,实现相关环保设备投运率和效率、污染物排放质量浓度和总量、排放绩效等的统计,以及在线管控和考核等功能。

(1) 实时监控。以工艺流程图、表格等形式,对电厂侧的烟气排放情况(烟气质量浓度、氧量、烟气流速、温度等)、环保设施运行参数(电流、电压、阻力

等)进行实时展示和监控。

(2) 报警管理。对污染物质量浓度超标、电机故障、环保设施退出运行等实现自动报警,并下发报警单给电厂,电厂根据实际情况反馈报警,分公司和集团公司对反馈的报警进行审核和审批,实现报警的闭环管理。

(3) 曲线分析。自行组成机组烟气参数、环保设施运行参数、主机运行参数等曲线,实现对历史数据和实时数据的数据曲线展示和分析。

(4) 报表管理。根据集团公司、分公司和电厂各级用户的不同需求,自动形成日、月、季度和年度报表。

(5) 统计分析。根据集团公司、分公司和电厂各级用户的不同需求,实现污染物排放质量浓度、污染物排放总量、污染物脱除效率、环保设施投运率、环保设施能耗等的统计分析,以报表、趋势图、对比图的形式进行展示及对比。

(6) 电子地图。以电子地图的形式展示各电厂的分布及污染物排放当前小时均值,对污染物排放小时均值超标进行实时报警并统计展示。

(7) 智能预测。以UGMN模型为基础,实现火电厂烟气污染物排放质量浓度的智能预测。

(8) 手机应用程序(APP)。对应开发了火电厂环保智能监管系统的手机APP,手机端和电脑端的数据及功能可共享,实现了手机移动端的环保监督和管理。

## 4 火电厂环保智能监管系统的应用

火电厂环保智能监管系统已全面应用于某发电集团公司所属92个电厂的296台机组,包括燃煤锅炉、燃气锅炉、生物质锅炉和工业小锅炉等。

某电厂环保智能监管系统首页如图3所示,该系统以曲线图的形式展示污染物排放质量浓度的小时均值,以报表的形式展示污染物排放总量、环保技术指标等相关数据。图4为该电厂#3机组自2018-12-19 T 00:00起11h内烟气排放随机组负荷的变化情况。图5为该电厂#3机组污染物排放质量浓度小时均值报表。

根据UGMN模型开发的趋势预警功能,能够成功模拟并预测出大气污染物排放质量浓度的波动与变化趋势,达到预测精度要求,从而为电厂的运行调整提供依据。图6为该电厂#3机组一段时间内,白天和夜间的大气污染物排放质量浓度趋势预测,预警值与实际排放值达到了较高的吻合度,能够较准确地预警电厂的污染物排放情况。

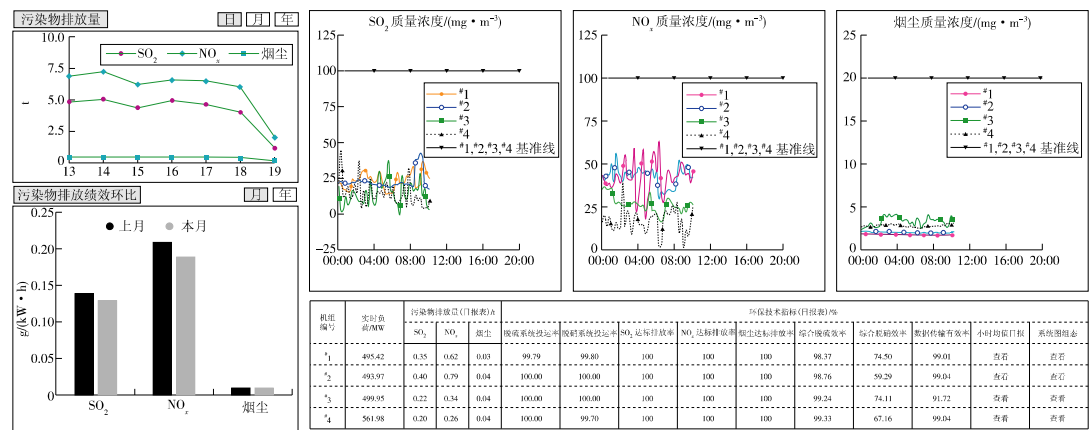


图 3 某电厂环保智能监管系统首页

Fig.3 Homepage of the intelligent supervision system for a thermal power plant

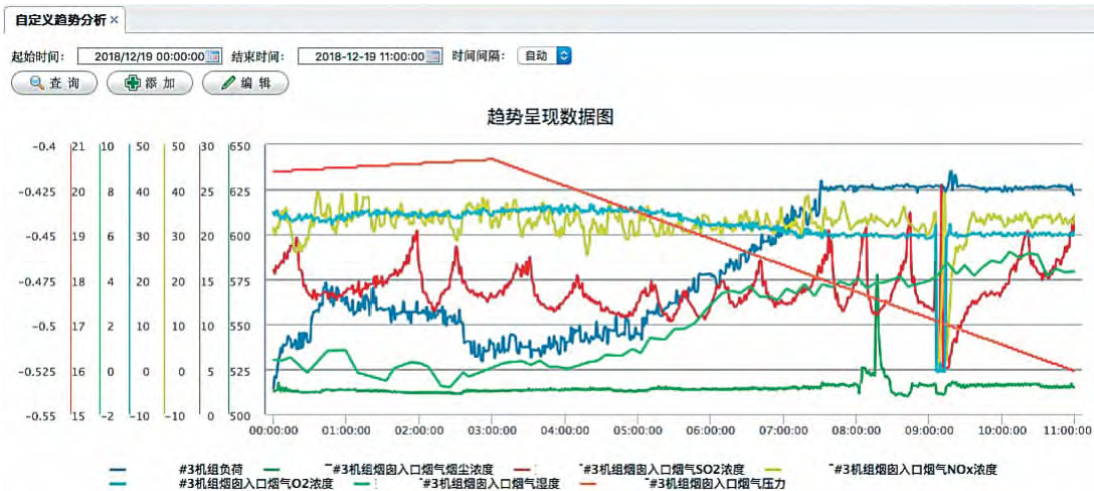


图 4 某电厂污染物排放情况(截图)

Fig.4 Pollutant concentration discharged from a power plant( screenshot)

时间	烟尘			SO <sub>2</sub>			NO <sub>x</sub>			烟气流量	氧含量	烟气温度	烟气湿度	负荷
	实测浓度	折算浓度	排放量	实测浓度	折算浓度	排放量	实测浓度	折算浓度	排放量					
	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	kg	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	kg	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	kg					
3-4	2.3	2.8	3.8	16.8	19.6	27.0	26.3	30.8	42.4	1610.7	8.2	72.5	14.2	64.9
4-5	2.5	3.0	4.0	12.3	14.5	19.8	28.7	33.9	46.2	1609.6	8.3	72.4	14.4	64.0
5-6	2.6	3.0	4.4	11.2	13.2	19.1	29.8	35.0	50.7	1704.0	8.2	71.5	14.5	67.6

图 5 某电厂 #3 机组污染物排放质量浓度小时均值报表(截图)

Fig.5 Hourly report on average pollutant concentration of No.3 unit in a power plant( screenshot)

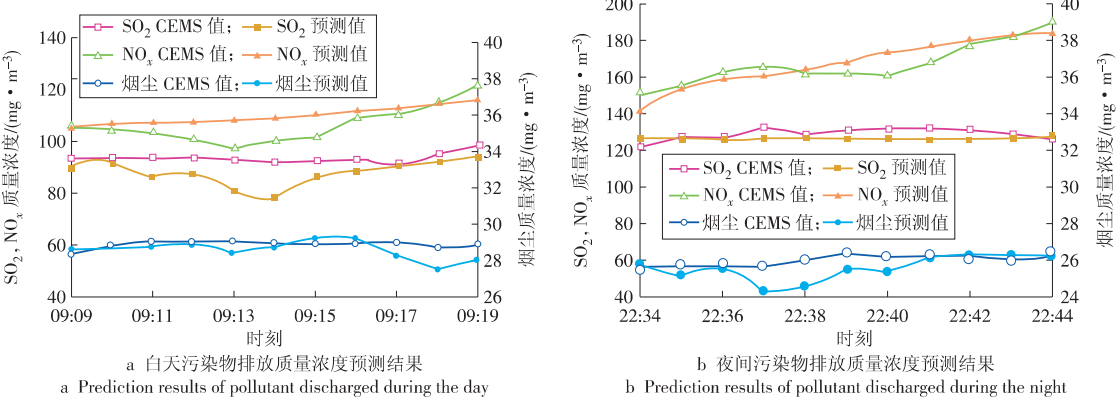


图 6 某电厂 #3 机组污染物排放质量浓度预测结果

Fig.6 Prediction of pollutant discharged from the No.3 unit in a power plant



## 5 结论

基于“互联网+”的火电厂环保智能监管系统根据多个火电厂多个数据源采集的实时数据和关系数据,通过互联网+、数据共享及大数据分析、UGMN 模型分析等技术,建立了一套完整、全面的环保数据库,实现了各类环保信息数据的在线统计、分析诊断、智能预警、报表管理、智能预测等功能,对环保设备运行、污染物达标排放和总量控制等情况深层次、多角度进行统计分析和预警,实现了大数据背景下的“互联网+环保监管”,减少了发电企业环保监督管理和设备运行维护管理成本,提高了机组环保设备运行的安全性和经济性,为环保运行及管理提供了技术支撑。基于“互联网+”的火电厂环保智能监管系统已应用于某发电集团公司及其所属火电厂。

## 参考文献:

- [1] 陈秋,李振海,张国强,等. 火电厂环保设施及烟气污染物排放实时监管系统研究及建设 [J]. 电力建设,2010,31(11):80-83.
- CHEN Qiu, LI Zhenhai, ZHANG Guoqiang, et al. Construction of environmental protection facilities in thermal power plant and real-time monitoring system of flue gas pollutant emissions [J]. Electric Power Construction, 2010, 31(11): 80-83.

- [2] 候文佳. 燃煤电厂环境污染物在线监测软件的开发研究 [D]. 保定: 华北电力大学, 2007.
- [3] 万松森, 郑小刚, 李青. 基于互联网的火电厂远程集中式仿真系统实时数据通信研究与应用 [J]. 热力发电, 2013, 41(8): 128-130.
- WAN Songsen, ZHENG Xiaogang, LI Qing. Internet based real-time data communication in remote centralized simulation system for thermal power plant: research and application [J]. Thermal Power Generation, 2013, 41(8): 128-130.
- [4] 梁维彪, 黄梓洋. 环保数据实时监测系统的开发与应用 [C]//第十届工业仪表与自动化学术会议论文集. 上海: 中国仪器仪表学会, 中国自动化学会, 2009: 202-205.
- [5] 刘正乾, 周峰, 董斌, 等. 泛在网在环保领域的应用 [J]. 电信科学, 2010, 26(4): 48-51.
- LIU Zhengqian, ZHOU Feng, DONG Bin, et al. Application of ubiquitous network in the field of environment protection [J]. Telecommunications Science, 2010, 26(4): 48-51.
- [6] 付守国. 环保监测系统前台应用软件的开发 [J]. 鞍山钢铁学院学报, 2001, 24(5): 352-355.
- FU Shouguo. Development of foreground softwares in environment monitoring system [J]. Journal of Anshan Institute of Iron and Steel Technology, 2001, 24(5): 352-355.

(本文责编: 刘芳)

## 作者简介:

张山山(1987—),男,安徽芜湖人,工程师,工学硕士,从事火电厂环保方面的研究(E-mail: zssncepu@163.com)。

## “能源电力领域区块链技术的应用”专栏征稿启事

能源互联网、综合能源服务、多能融合、智慧电力等能源服务方式的快速发展,将深刻变革未来的能源生产、传输、存储和消费等各个环节。区块链技术作为一种去中心化、透明性、公平性以及公开性的技术,以保障信任为核心促进交易、认证等多方面高效运行,有助于促进多形式能源、各参与主体的协同,促进信息与物理系统的进一步融合,实现交易的多元化和低成本化,在能源电力领域有着十分广泛的应用前景。《华电技术》将在 2020 年开辟“能源电力领域区块链技术的应用”专栏,诚邀领域内专家、学者共同研讨,推出区块链技术在能源电力领域应用的新方向、新模式、新方法、新应用等研究成果。

### 一、专栏征稿范围(包括但不限于)

- (1) 区块链技术在国内外能源电力领域的应用与工程进展; (2) 区块链技术应用与能源电力系统的模式与关键技术; (3) 区块链技术与综合能源服务; (4) 区块链技术在能源互联网建设中的应用研究; (5) 基于区块链技术的分布式能源交易方案设计; (6) 基于区块链技术的分布式能源交易模式与交易安全; (7) 构建能源区块链的硬件设备、系统设计及实践机制; (8) 基于区块链技术的能源数据安全共享网络体系研究。

### 二、时间进度

专栏拟于 2020 年 6 月 30 日截稿,2020 年第 7 期(7 月 25 日出版)开始陆续刊出。

### 三、征文要求

- (1) 引言简述国内外研究现状,对现有研究成果进行客观评述;明确自己观点,介绍研究总体思路,引言不少于 800 字; (2) 研究设计和方法叙述清楚,数据客观、准确并能正确分析;比较所提出的方法和现有方法的优缺点; (3) 重点突出,论证严谨、充分,文字精练,避免不必要的长篇公式推导,字数以不超过 10000 字为宜; (4) 来稿请用 Word 排版,格式参照《华电技术》来稿要求、投稿模板或已发表论文。

### 四、投稿方式

- (1) 在线投稿(推荐): 登录《华电技术》在线采编系统(<http://www.hdpower.net>),完成在线全文投稿。
- (2) 电子邮箱投稿: [hdjs-chd@vip.163.com](mailto:hdjs-chd@vip.163.com)
- (3) 咨询联系: 张帆 电话: 010-63912485/8755 手机: 18510167701 邮箱: [zhangfan1@chec.com.cn](mailto:zhangfan1@chec.com.cn)
- 真诚欢迎国内外相关领域的专家学者以及国家级科研计划承担单位踊跃投稿!

《华电技术》编辑部  
2020 年 1 月 19 日