

基于大数据平台的智能电厂数据及系统集成方案研究

李维聪^{1,✉}, 胡玉涛², 李伟²

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663;
2. 广东省能源集团有限公司, 广东 广州 510630)

摘要: [目的] 文章旨在通过研究智能电厂整体平台架构, 对智能电厂各应用系统的数据采集及系统集成进行分类并提出融合方式, 为智能电厂的系统与大数据平台集成融合提供参考方案。[方法] 首先阐述智能电厂四大层次的划分, 进而根据安全分区要求对应用系统的数据进行采集集成, 以大数据平台数据库为核心进行交互, 最后按照划分的三类集成类别分析智能电厂各应用系统的方案。[结果] 智能电厂目前架构体系的分析整合以及数据采集和应用系统的集成极大地提高了大数据平台的效率及智能化水平。[结论] 随着智能电厂在国内电力行业逐步推广应用, 根据项目需求提前进行技术调研及规划更有利于搭建高集成度的智能一体化平台, 有利于大数据分析及交互。

关键词: 智能电厂; 大数据平台; 数据集成; 系统集成; 智能管控平台

中图分类号: TM621; TP277 文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)04-0143-07

开放科学(资源服务)二维码:



Research on Data and System Integration of Intelligent Power Plant Based on Big Data Platform

LI Weicong^{1,✉}, HU Yutao², LI Wei²

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China;
2. Guangdong Energy Group Co., Ltd., Guangzhou 510630, Guangdong, China)

Abstract: [Introduction] The purpose of the research is to propose a classification and fusion method for the data acquisition and system integration of various application systems of the intelligent power plant by studying the overall platform architecture of the intelligent power plant, and provide a reference for the integration scheme of the system and the big data platform in intelligent power plant. [Method] First, the division of four levels of the intelligent power plant was described. Then, the application system's data was collected and integrated according to the safety partition requirements, with the big data platform database as the core for interaction. Finally, according to the classification of three types of integration, the scheme of intelligent power plant application system was analyzed. [Result] The analysis and integration of the current architecture system of the intelligent power plant and data acquisition and application system greatly improved the efficiency and intelligence level of the big data platform. [Conclusion] With the gradual promotion and application of intelligent power plants in the China's power industry, technical research and planning in advance according to the project needs is conducive to building a highly integrated intelligent integration platform, which is conducive to big data analysis and interaction.

Key words: intelligent power plant; big data platform; data integration; system integration; intelligent control platform

2095-8676 © 2022 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

收稿日期: 2022-01-06 修回日期: 2022-01-27

基金项目: 中国能建广东院科技项目“智慧电厂关键技术及平台开发研究”(EV06231W)

0 引言

2010年以来,“智慧城市”“智慧园区”“清洁能源”的建设在我国逐步推广落地^[1],设备产能的“智能化”建设、控制和管理也逐渐从社会公共服务、市政建设向基础工业领域拓展。而电力行业以分散控制、信息安全管理为核心的数字化建设模式经过长期的发展,自动化和数字化水平程度已相对成熟。中共中央政治局常务委员会全体会议强调了国家新基建的未来发展方向,人工智能、数据中心也都明确属于智能电厂实施范畴^[2]。随着电力智能产业迅速发展,针对智能工程设计、智能控制设计、智能运行设计、智慧管理设计及其相关关键技术应用的可行

性方案已经被提出,并已在国内电厂中分步实施部分智能模块。

智能电厂以电力发电厂的模型设计、生产过程监控、厂区监控、设备状态的数字化为基础,以计算机系统和网络为平台,运用云计算、大数据对海量数据进行加工处理^[3],为电厂相应的人员提供辅助决策依据。海量数据的处理和多应用子系统融合运行是整个智能电厂实现快速数据流和多功能联合操控的核心技术。目前,智能电厂平台主要分为基础设施层、智能平台层、智能应用层、智能交互管控层四个部分^[4]。各层次结构以数据作为桥架进行交互,形成一个整体平台,智能电厂平台的结构如图1所示。

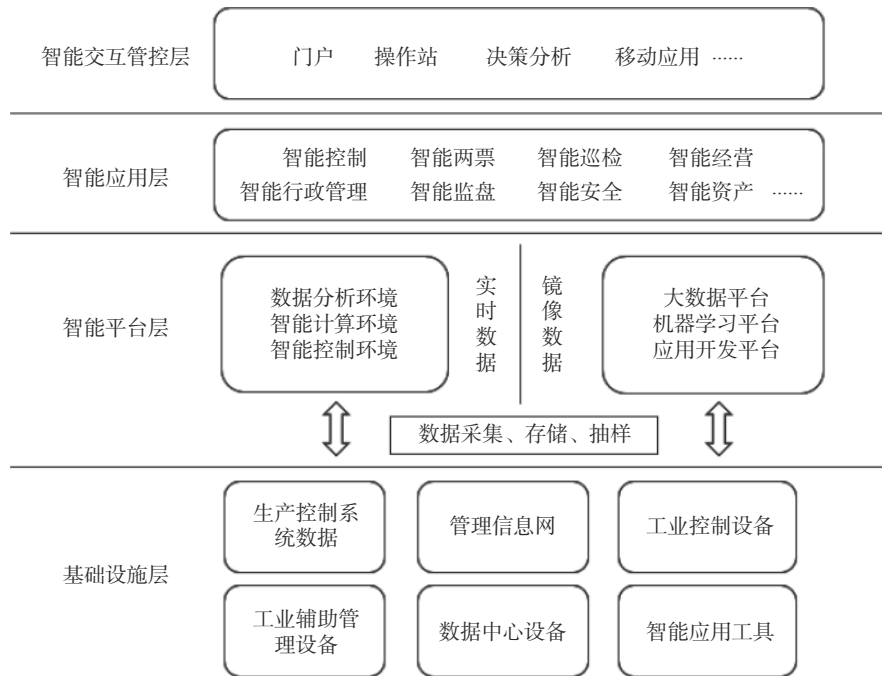


图1 智能电厂平台结构图

Fig. 1 Structure diagram of intelligent power plant platform

1 智能电厂平台

智能电厂由智能生产控制平台和智能管控平台组成^[5]。围绕智能化的两大平台,从四大功能层部分在电厂范围内进行数据采集、数据管理储存、数据处理分析和数据展示应用,形成具备自主学习、智能分析、优化决策、事故预测、智能应急方案、机器学习分析、自动化管理等功能的智能运行及管理模式^[6]。

1.1 基础设施层

智能生产控制平台的基础设施层主要包括智能控制器、实时数据库服务器、应用服务器、高级值班员站和网络设备,主要通过智能控制网络层设备对生产控制网数据进行交互,同时为优化控制应用提供运行硬件设备支撑,使用智能控制器进行逻辑运算及信息输入输出。

基础设施层主要由一体化安防设施、计算机储存及网络设备、智能应用硬件设施(如巡检仪、巡检

机器人)组成,为大数据平台、应用服务提供硬件设施,确保整体平台数据和程序流运转顺畅、稳定。

1.2 智能平台层

智能生产控制平台中平台层的建设是以生产实时数据库为数据核心,搭建数据处理分析、自主管理体系、智能算法模型、多平台共享的应用开发环境^[7]。

智能平台层以镜像方式将生产实时数据作为数据库源,对智能应用相关设备数据进行采集、抽样、存储等,以大数据平台、应用开发平台、运行维护及算法平台等部分组建平台层架构。

1.3 智能应用层

智能生产控制平台的智能应用层是以平台层数据库为分析模型基础,对整个电厂机组及公辅控制网工艺流程和设备进行“智能分析”“智能报警”“智能监盘”“智能控制”和“智能运行”。

智能应用层以厂级实时监控信息和管理信息系统为模版,将各部分功能进行融合开发和数据互连,以管理规范、标准化、流程化为基础,以管控智能化为核心,建设电厂各专岗位、生产运行的平台构架^[8],包括智能基础建设、智能生产管理、智能行政管理、智能运维、智能安全、智能经营等。

1.4 智能交互管控层

智能生产控制平台的智能交互管控层是通过高级操作员站、高级值班站、智能监盘站等设备实现智能控制指令的下发、数据分析的显示和报警等功能。

智能交互管控层是通过上位机、数字中心屏幕、移动设备等,通过门户网站方式、移动客户端 APP、智能分析软件、短信电话等方式进行交互,通过更加智能化的途径实现智能管控。

2 智能电厂数据采集集成方案

2.1 智能电厂安全分区划分

目前在规划的智能电厂方案中,智能生产控制平台建设用于生产控制的安全 I 区,其智能控制是由内部生产控制网与智能控制网通过 VLAN(Virtual Local Area Network, 虚拟局域网)实现逻辑访问控制。智能电厂的平台层架构中,智能优化控制数据和实时生产数据由物理隔离装置输入到实时数据库从而进行数据存储及处理,而实时数据库为非控制生产的安全 II 区。智能管控平台的生产数据核心是由实时数据库的镜像功能存储至本地的镜像数据库

内从而进行数据抽取及管理。同时管控平台也需要提取其他非生产数据,如巡检、视频门禁、三维数字化等。因此,智能管控平台属于管理信息大区,即安全 III 区。具体的系统与对应的安全区如表 1 所示。

表 1 智能电厂系统安全分区

Tab. 1 The intelligent power plant system safety zone

安全分区	系统名称	数据集成方式
安全 I 区	实时生产数据	数据接口机
	智能生产控制数据	数据接口机
安全 II 区	实时生产数据库	数据镜像
	三维数字化	数据接口交互
	生产监控信息管理	大数据平台
安全 III 区	综合信息管理	大数据平台
	安防一体化系统	数据接口交互
	大数据优化分析	大数据平台
	智能两票及巡检	大数据平台

2.2 智能电厂系统数据集成

在安全 I 区中,一般实时生成数据由本地的历史站或者服务器形式存储。而大部分控制系统如分散式控制系统、厂用电监控管理系统随系统配置历史站,通过历史站接口数据接口机以 OPC(Object Linking and Embedding for Process Control, 对象链接与嵌入过程控制)方式通信^[9]。

实时数据库是智能电厂将生产数据进行集成处理的核心设备,通过接收接口机的网络通信传输方式对生产数据进行存储处理。实时数据库位于生产大区的安全 II 区中,以镜像映射方式对应存储至关系数据库,关系数据库则作为智能管控平台的核心设备集成生产、管理监控、安防一体化、智能工具设备等信息。

管理信息大区(安全 III 区)基于数据的集成有利于智能管控的执行,生产监控信息管理、综合信息管理、大数据优化分析、智能两票及巡检等多用于业务流、 workflow、生产数据流等关联的系统,由智能电厂的关系数据库进行统一数据存储及管理。对于交互相对较少且存在大量数据存储记录的三维数字化和安防一体化系统则采用数据接口形式进行通信。

实际上适用于电厂的数据集成方式存在多样性,数据的交互、通信方式可以根据实际数据量及设备

采用的连接接口形式调整。智能电厂的大数据建设核心目的是利用强大的计算机存储及算力将数据进行关联和优化分析。

3 智能电厂应用系统集成方案

智能电厂从整体平台架构分析出发,从电厂的业务需求分析,按照类型对不同的业务流进行分类,同时根据数据流传输方式设计不同的数据架构。在传统电厂建设中,各供应商提供的软件及设备都是具有多年的运行业绩,其对应的应用及系统开发已模式化。而在实际实施过程中,由于供应商所设计的应用系统及控制系统的开发环境、开发语言、人机交互方式、数据存储采集方式等不同,智能电厂一体化平台建设^[10]存在较大难度。智能电厂需要从顶层设计出发,建设统一的业务流及数据流平台。

3.1 智能电厂业务应用系统组成

智能电厂的业务应用主要包括分散式控制系统、振动监视及分析设备、安防一体化系统、生成实时管理系统、综合信息管理系统、智能两票及巡检系统、三维数字化平台等,按照其功能可以划分为生产控制类、辅助生产监控类、信息监控管理类、安全监控类四种。

生产控制类系统包括分散式控制系统、厂用电监视管理系统、智能生产控制平台等,具有较高的安全性要求,网络设备均为独立的体系,建设布置在生产大区安全Ⅰ区中,系统需与安全Ⅱ区及Ⅲ区平台设置隔离装置。

辅助生产监控类主要是指用于辅助生产运行,针对电厂内现场环境状况、设备状态、检修维护、监督管理等相应建立的系统及设备,如智能巡检、智能两票、热网管控、智能仓库等^[11]。该部分系统在传统电厂中一般由不同的供应商提供,没有形成一体化管理,有各自开发的环境及语言。

信息监控管理类主要用于电厂所有信息分析监控及办公管理业务,主要包括生产实时信息管理系统、综合业务管理系统、大数据优化运行及分析、三维数字化等。在传统电厂中其业务划分也由不同的供应商开发实现,随着智能电厂的快速发展和方案落地,大部分综合能力较强的供应商均可以实现上

述系统的融合,可以基于大数据平台中开发应用。

安防监控类主要用于电厂范围内的安全防护相关的系统,在电厂分布较广,应用的场合较多,包括视频监视、门禁管理、人员定位、环境监测等^[12]。该部分系统供应商均集成在一体化的安防管理平台中,同时该部分的安防信息存储量较大,相对智能电厂信息交互量较少。

3.2 智能电厂各系统互连结构

智能电厂各类系统通过大数据平台进行交互,其业务交互网络结构如图2所示。

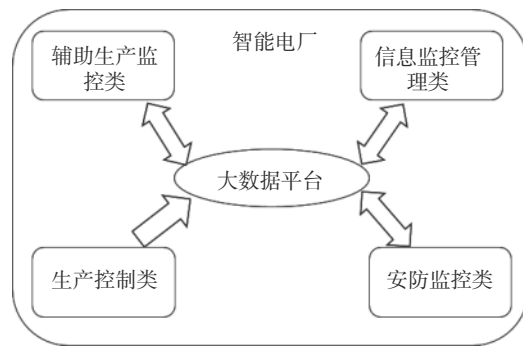


图2 智能电厂业务流信息结构图

Fig. 2 Business interaction structure diagram of intelligent power plant

生产控制类与信息监控管理类系统需要提供实时的生产监控数据,同时需要进行优化决策的计算。安防监控类联动的监控视频、入侵报警、定位信息均可通过信息监控管理类系统如数字中心、三维数字化进行交互显示及控制。辅助生产监控类业务如巡检记录、两票检修需要实时监控安防相关信息,同时信息监控管理类系统中的工作流运转及班组管理也与其有信息关联。大数据平台作为各系统的信息“桥梁”对信息进行集中存储处理。

3.3 智能电厂数据应用系统集成方式

智能电厂作为业务应用及系统统一的软硬件载体平台,还需为未来电厂新增业务应用系统的快速部署或者原应用系统的功能拓展提供更便捷、更稳定、标准化的统一开发环境。将平台的集成方式划分为三大类,建设统一的数据平台架构使得各业务流、数据流之间的传输更为便捷,同时可以使用不同的集成方式,具体如表2所示。

表2 智能电厂系统集成类别
Tab. 2 Intelligent power plant system integration category

系统集成类别	硬件层要求	软件层要求	数据层要求
第一类别	应用系统可以使用独立硬件部署	系统应用层软件采用本地数据库并使用原有通信方式	系统数据库与统一数据平台之间开发相应的接口程序, 统一数据平台的数据中心可根据需要从系统数据库抽取数据
第二类别	直接部署在私有云平台虚拟机节点上	系统应用层软件采用本地数据库并使用原有通信方式	系统数据库与统一数据平台之间开发相应的接口程序, 统一数据平台的数据中心可根据需要从系统数据库抽取数据
第三类别	直接部署在私有云平台虚拟机节点上	应用系统软件按照统一数据平台的数据与服务格式从统一数据平台的数据中心获取数据, 而系统原有的数据库作为数据中心私有操作数据层的一部分	应用系统数据库与统一数据平台的数据中心进行融合

第一类集成系统项目包括分散式控制系统、振动检测与分析系统、厂用电监视管理系统、智能生产控制系统、安防一体化系统、三维数字化等。其服务器及存储、控制网络及设备、采集信息的仪器、显示运算等均相对独立或性能要求较高, 从生产运行安全要求、厂区安全考虑, 采用独立的硬件设备、数据库和通信方式, 与大数据平台以数据接口方式连接。由于第一类系统的软件部分相对独立, 只能采用自身系统开发的软件系统。

第二类集成系统项目包括智能两票、智能巡检系统等^[13]。其应用程序可以在虚拟平台上运行, 由于其辅助生产业务及部分硬件设备关联, 且数据量交互相对独立, 可使用本地的数据库及通信方式。第二类集成通过接口形式与大数据平台进行数据交互。在软件方面, 第二类集成系统采用自身开发的软件在平台上运行; 在硬件方面, 无需单独配置, 可使用平台的硬件设备。

第三类集成系统项目包括生产监控管理、综合信息管理系统、设备全生命周期管理、智能仓储等。第三类融合属于高度融合方式, 软件程序开发及数据库等的使用均采用大数据平台提供的部署及开发模式。其数据融合的主要内容包括设备编码信息的融合, 基础数据模型、运行指标模型、经营指标模型的融合, 关联、时序数据的编码以及数据格式融合, 非结构化数据的融合等。智能电厂最终实现的综合平台即为第三类集成方式。第三类系统与平台高度融合, 在软硬件方面均采用平台提供的开发环境及硬件设备。

不同应用系统的供应商开发模式不同, 所使用

的数据库、数据接口、硬件要求均不一致。因此, 上述各种系统的具体集成方式需要与智能电厂不同的供应商进行协调沟通, 若要求系统采用第三类集成方式则需要更多地考虑开发成本、应用效果、数据量交互方式等。

3.4 智能电厂应用系统集成实施

应用系统集成的完整性对于智能电厂的一体化运行、智能化程度、数据管理等都有十分重要的影响。因此前期应重点调研供应商的平台集成能力, 以及相关集成系统的应用案例和业绩, 基于一体化方面的考虑, 需要了解不同子系统供应商的集成方式。

在智能电厂规范书的编写阶段, 需对供应商提出集成融合的要求, 要求其提供硬件融合、软件层融合、数据融合等技术方案, 以助力实现智能电厂一体化大数据平台^[14]。在实施阶段, 应对应用系统与大数据平台的集成进行调试测评, 聘请专业技术人员对系统的稳定性、操作性、兼容性等方面进行检测, 以确保大数据平台长期稳定高效运行。基于项目建设及产权要求, 还需在规范书编写阶段及实施过程中让各系统的供应商明确系统软硬件的授权及相关知识产权的使用关系, 同时为项目提供相关创新产权的保护。

以某智能电厂为例, 项目实施过程中, 前期项目组对各应用系统进行了深度调研, 并在规范书中明确了应用系统的三类集成方式; 协议签订后邀请各应用系统厂家及技术专家在技术联席会上对各系统的具体方案应用进行审查, 确认了系统与智能管控平台的数据接口、开发平台、通信方式等。项目采用了协商后的实施方案, 在系统软件开发及对接上

进展顺利,有利于后续项目落地应用。

4 结论

文章分析了智能电厂的平台,分析了基础设施层、平台层、应用层、管控交互层各层数据连接的关系,同时对数据采集集成的方式进行了研究,将智能电厂的应用系统划分四类方式,不同类型对数据采集的方式不同,但都可以通过大数据平台进行交互。智能电厂的核心在于大数据高度集成,融入更多的智能算法、智能联动、智能分析等功能,以实现各系统无缝连接融合,实现电厂的智能化^[15]。因此,文章对各应用系统的三类集成方式进行了归纳,通过不同的集成方式实现大数据平台的融合。

目前智能电厂在国内已逐渐发展推广,部分已在电厂中落地实施。传统电厂的应用系统相对独立,存在数据孤岛的问题,智能电厂通过大数据平台实现了融合和智能分析,解决了该问题。在后续的智能电厂项目实施过程中,在智能电厂的集成方式和应用系统供应商的选择方面,都需考虑各方集成的实施,充分利用大数据平台的优势;在大数据平台及应用系统的选取方面,应充分考虑其兼容性和融合方案,以扩展不同的系统功能及其他新兴智能技术。

参考文献:

- [1] 郑伟平. 智慧电厂一体化大数据平台的关键技术应用 [J]. *集成电路应用*, 2021, 38(10): 80-81. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2021.10.034.
ZHENG W P. Key technology application of smart power plant integrated big data platform [J]. *Applications of IC*, 2021, 38(10): 80-81. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2021.10.034.
- [2] 郭朝先, 徐枫. 新基建推进“一带一路”建设高质量发展研究 [J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2020, 40(5): 1-10. DOI: 10.15896/j.xjtuskxb.202005001.
GUO C X, XU F. Research on new infrastructure promoting high quality development of the belt and road construction [J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences)*, 2020, 40(5): 1-10. DOI: 10.15896/j.xjtuskxb.202005001.
- [3] 万祥. 基于大数据挖掘技术的火电机组运行优化研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
WAN X. Study on operation optimization of thermal power units based on big data mining technology [D]. Wuhan: Wuhan University, 2017.
- [4] 周宏成, 冯开正, 王燊. 基于前端感知的智慧监管实战平台设计 [J]. *电脑与电信*, 2019(10): 48-50. DOI: 10.15966/j.cnki.dnydx.2019.10.014.
ZHOU H C, FENG K Z, WANG S. Design of intelligent supervision platform based on front-end perception [J]. *Computer & Telecommunication*, 2019(10): 48-50. DOI: 10.15966/j.cnki.dnydx.2019.10.014.
- [5] 骆长勇. 智能电厂体系架构与智能应用研究 [J]. *科技资讯*, 2021, 19(30): 39-41. DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2110-5042-9822.
LUO C Y. Research on system architecture and intelligent application of intelligent power plant [J]. *Science & Technology Information*, 2021, 19(30): 39-41. DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2110-5042-9822.
- [6] 晏超, 张鹏, 王琴, 等. 马钢北湖电厂发电智慧运营应用及探索 [J]. *冶金动力*, 2021(6): 1-4+14. DOI: 10.13589/j.cnki.yjdl.2021.06.001.
YAN C, ZHANG P, WANG Q, et al. Application and exploration of intelligent operation of power generation in Beihu Power Plant of Masteel [J]. *Metallurgical Power*, 2021(6): 1-4+14. DOI: 10.13589/j.cnki.yjdl.2021.06.001.
- [7] 刘江山. 基于智能控制的电厂热工自动化研究 [J]. *科技创新导报*, 2020, 17(19): 3-5. DOI: 10.16660/j.cnki.1674-098X.2004-4956-1865.
LIU J S. Research on thermal automation of power plant based on intelligent control [J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2020, 17(19): 3-5. DOI: 10.16660/j.cnki.1674-098X.2004-4956-1865.
- [8] 郝鹏. 智慧电厂建设管理与效果评价研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2019.
HAO P. Research on management and effect evaluation of smart power plant construction [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2019.
- [9] 谢长发. 分布式控制系统中基于OPC的实时数据分发技术研究 [D]. 深圳: 深圳大学, 2018. DOI: 10.27321/d.cnki.gszdu.2018.000147.
XIE C F. Study on OPC based of data distribution service real time system in DCS [D]. Shenzhen: Shenzhen University, 2018. DOI: 10.27321/d.cnki.gszdu.2018.000147.
- [10] 杨宁, 蔡杰, 舒凯, 等. 智能水电厂一体化平台数据库设计 [J]. *水电自动化与大坝监测*, 2012, 36(2): 5-8. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3893.2012.02.003.
YANG N, CAI J, SHU K, et al. Database design for smart hydropower plant integration platform [J]. *Hydropower and Pumped Storage*, 2012, 36(2): 5-8. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3893.2012.02.003.
- [11] 刘吉臻, 王庆华, 房方, 等. 数据驱动下的智能发电系统应用架构及关键技术 [J]. *中国电机工程学报*, 2019, 39(12): 3578-3587. DOI: 10.13334/j.0258-8013.pcsee.181251.

- LIU J Z, WANG Q H, FANG F, et al. Data-driven-based application architecture and technologies of smart power generation [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2019, 39(12): 3578-3587. DOI: [10.13334/j.0258-8013.pcsee.181251](https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.181251).
- [12] 李毅. 智能电站人员安全管控系统研究与设计 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- LI Y. Research and design of personnel safety management system for intelligent power station [D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2019.
- [13] 田宁. 智慧电厂顶层设计的研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2016.
- TIAN N. Research on the top level design of intelligent power plant [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2016.
- [14] 舒长清. 智慧电厂一体化大数据平台关键技术及其应用 [J]. *通信电源技术*, 2018, 35(7): 125-126. DOI: [10.19399/j.cnki.tpt.2018.07.052](https://doi.org/10.19399/j.cnki.tpt.2018.07.052).
- SHU C Q. Smart power plant integration big data platform key technologies and applications [J]. *Telecom Power Technologies*, 2018, 35(7): 125-126. DOI: [10.19399/j.cnki.tpt.2018.07.052](https://doi.org/10.19399/j.cnki.tpt.2018.07.052).
- [15] 耿海涛, 朱亚迪. 智能化联合循环电厂建设方案探讨 [J]. *发电技术*, 2018, 39(6): 520-525. DOI: [10.12096/j.2096-4528.pgt](https://doi.org/10.12096/j.2096-4528.pgt).

18101.

GENG H T, ZHU Y D. Construction scheme discussion for smart gas-fired power plant [J]. *Power Generation Technology*, 2018, 39(6): 520-525. DOI: [10.12096/j.2096-4528.pgt.18101](https://doi.org/10.12096/j.2096-4528.pgt.18101).

作者简介:



李维聪

李维聪 (第一作者, 通信作者)

1988-, 男, 广东五华人, 设计员/中级工程师, 控制工程硕士, 主要从事电力行业热工仪控设计研究的工作 (e-mail) liweicong@gedi.com.cn。

胡玉涛

1975-, 男, 浙江临海人, 中级工程师, 中级技师, 学士, 主要从事电厂热工控制自动化的工作 (e-mail) hyt9879@163.com。

李伟

1983-, 男, 瑶族, 广西桂林人, 中级工程师, 学士, 主要从事发电厂热控维护管理的工作 (e-mail) 13424560630@163.com。

(编辑 叶筠英)