

智能化联合循环电厂建设方案探讨

耿海涛¹, 朱亚迪²

- (1. 湖北华电武昌热电有限公司, 湖北省 武汉市 430061;
2. 华电电力科学研究院有限公司, 浙江省 杭州市 310030)

Construction Scheme Discussion for Smart Gas-fired Power Plant

GENG Haitao¹, ZHU Yadi²

- (1. Hubei Huadian Wuchang Co-generation Co.LTD, Wuhan 430061, Hubei Province, China;
2. Huadian Electric Power Research Institute Co.LTD, Hangzhou 310030, Zhejiang Province, China)

摘要: 在我国加大能源结构调整, 提高能源利用水平, 实现能源利用与信息的深度融合, 构建智慧能源体系的背景下, 通过深入分析当前智能电厂建设的现状, 融合大数据、物联网、可视化、先进仪表等先进技术, 结合湖北华电武昌热电有限公司数字化水平, 提出智能联合循环电厂建设方案。通过融合全厂生产、管理和经营信息, 构建一体化平台, 在此基础上, 从联合循环电厂基础设备层、过程控制层和生产管理层 3 个层面入手, 通过智能设备的应用、生产数据挖掘分析、管理信息融合分析等, 实现设备层、控制层和管理层的智能化建设, 最终实现安全可靠、经济高效和精益化管理的目标。

关键词: 智能电厂; 基础设备层; 过程控制层; 生产管理层

ABSTRACT: China is adjusting its energy structure, improving the level of energy utilization, realizing the deep integration of energy utilization and information, and building a smart energy system. Through in-depth analysis of the current status of intelligent power plant construction, the integration of BIG data, Internet of Things (IOT), visualization, advanced instrumentation and other advanced technologies, combined with the digital level of Hubei Huadian Wuchang Thermal Power Ltd., an intelligent combined cycle power plant construction scheme was proposed. An integrated platform was constructed by combing the information of production and management. By using the technologies including smart equipment, operation data mining and management information analyzing at equipment layer, control layer and management layer, the target of security, reliable, economic, efficient and lean management will be accomplished in the future.

KEY WORDS: smart power plant; equipment layer; control layer; production management layer

0 引言

经过近几十年的发展, 我国电厂已经基本实现了信息化的建设, 建立了以分布式控制系统(distributed control system, DCS)+安全仪表系统(safety instrumented system, SIS)+管理信息系统(management information system, MIS)为核心的信息化网路架构^[1]。随着以德国“工业 4.0”和美国“工业互联网”为代表的新工业革命的发展, 以及“中国制造 2025”、“互联网+”行动计划的颁布实施, 数字化技术正以前所未有的方式改变工业的生产和运营方式, 电力行业亦是如此。

《中国制造 2025》中将“推进信息化与工业化深度融合”纳入战略任务重点, 电力装备是十大重点发展领域之一^[2]。《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》中, 特别将“互联网+能源”作为重点行动, 强调“推进能源生产智能化”, “鼓励能源企业运用大数据技术对设备状态、电能负载等数据进行分析挖掘与预测, 开展精准调度、故障判断和预测性维护, 提高能源利用效率和安全稳定运行水平”^[3]。另外, 国家能源局发布的《电力发展“十三五”规划》中也明确提出“提升电源侧智能水平, 加强传统能源和新能源发电的厂站级智能化建设”^[4]。

关于智能电厂的研究应用, 国内已经作了大量的研究^[5-8], 许多专家学者对智能电厂提出了不

同的见解,文献[9]认为智能电厂是数字化电厂的进一步发展,实现智能发电首先是要进一步提高电厂的数字化水平;文献[10]认为智能电厂以新一代智能管控一体化系统为核心,全面开拓和整合电厂的实时数据处理及管理决策等业务。除此以外,国内在发电厂关键技术的智能化方面做了大量的研究,如智能供热技术、故障诊断等^[11-12]。

国外发电厂智能化建设以西门子和 GE 公司为代表,其认为智能电厂的核心是对设备生产信息进行深度挖掘,从而指导企业生产、经营和管理。对此,西门子和 GE 分别推出了以工业互联网为基础的 Mindsphere 和 Predix 工业互联网平台,融合大数据和云计算等技术手段,对发电企业机组运行方式进行优化,对设备的运行状态进行全面监测和诊断,进而提高发电企业的生产、经营及管理水平。

1 智能电厂内涵

中国智能电厂联盟于 2016 年底发布了《智能电厂技术发展纲要》^[13](以下简称纲要)。纲要对智能电厂作如下定义:智能电厂是指在广泛采用现代数字信息处理技术和通信技术基础上,集成智能的传感与执行、控制和管理等技术,达到更安全、高效、环保运行,与智能电网及需求侧相互协调,与社会资源和环境相互融合的发电厂。

智能电厂是数字化电厂的进一步发展,强调在进一步完善基础设备信息采集、过程控制的基础上,加强对电厂信息的处理和应用,并结合先进的可视化技术实现信息的展现。智能电厂的特征表现为数字化、信息网络化、信息可视化、过程控制智能化以及生产管理一体化。

数字化是信息的表现形式,传统电厂数字化往往只针对生产过程信息的数字化,忽略了电厂全寿命周期过程中静态信息的数字化,如设计、安装、调试、检修等过程的静态信息。智能电厂通过对静态信息的数字化,形成设备基础信息数据库,为电厂的生产决策提供全面的数字化信息。

信息的网络化,是通过统一的规划和设计,建立统一的数据中心,打通电厂信息孤岛,实现各系统信息的共享,为信息的智能化挖掘和分析

奠定基础。

信息的可视化是基于现代三维建模技术,建立各设备、系统的精细化三维结构模型,并将相关的动态和静态信息与三维模型关联,构成三维数字化信息平台,从而避免传统二维可视造成的信息降维,为生产管理人员进行操作和管理提供一个友好、直观的信息交互方式。

过程控制智能化是在融合先进控制技术的基础上,通过对电厂生产、经营和管理信息挖掘和分析,自适应调节运行方式,如厂级负荷优化分配、自动调压等。

生产管理一体化是智能化电厂的支撑平台,通过统一规划建设,将设备、控制、生产、管理和决策等层面进行整合集成的软硬件平台。

2 智能电厂整体架构

围绕着智能电厂以上 5 个方面的特征,智能电厂的建设分为 3 个层级:基础设备层、过程控制层以及生产管理层,如图 1 所示。

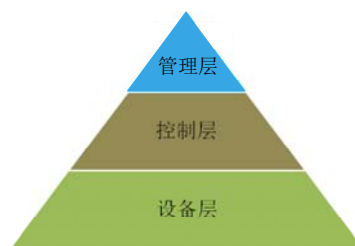


图 1 智能电厂层级图

Fig. 1 Hierarchy figure of smart power plant

2.1 智能设备层

智能设备层:智能设备层主要任务是全面获取电厂的信息,并有效执行控制指令。广泛的设备层不仅包括现场安装的智能仪表、执行机构、工艺设备、接口和基础网络,还包括人员所携带的移动监测设备(如点检仪、测振仪等)、智能巡检机器人等^[14]。

2.2 智能控制层

智能控制层是在传统 DCS 控制的基础上,通过嵌入优化调度、优化调整等控制思想,实现控制过程的智能化,如燃气发电机组的快速启停机、自启停技术等。

2.3 智能生产管理层

智能生产管理层包含 3 个层面:智能生产层、

智能管理层和智能经营决策层,这3个层面有一个共同的特点,需要通过大数据、人工智能等技术手段,对信息进行深层次的挖掘和分析,进而提供指导意见。

智能生产层:除了包含传统 SIS 的指标统计,信息监测以外,还包括基于专家系统的设备状态诊断、检修维护、设备监督等。

智能管理层:包括资产、财务、人员、安全等管理的智能化,如智能仓储系统、基于人员定位的安全管理系统、智能燃料管理系统等。

智能经营决策层:通过互联网或能源互联网与集团公司、产业链上下游进行连接,并进行数据交换,为电厂经营决策提供支持。如商务智能系统、需求侧响应系统等

3 智能电厂关键技术探索

实现3个层级的智能化是一项复杂的系统工程,建设过程应坚持“结合实际、统一规划、分步实施”的方针策略。对于新建机组,应在可研设计阶段融入智能化电厂的理念,按照设备层、控制层和生产管理层逐层建设。对于在役电厂,根据机组现有的信息系统、控制系统有选择性的开展智能化建设。目前,针对智能电厂的3个层级,国内外已经探索出部分关键技术,并逐步形成应用成果。

3.1 智能设备应用

智能仪表具有在线采集设备运行信息、远程整定、自诊断等功能,可将大量现场信息传送到全厂生产管理系统,智能仪表往往与现场总线技术结合在一起使用,比如可寻址远程传感器高速通道(highway addressable remote transducer, HART)协议的智能仪表以及HART协议的智能执行机构的应用。

3.2 燃机快速启停机技术

针对燃气-蒸汽联合循环发电机组中燃气轮机、余热锅炉、汽轮机自身的特性以及热力系统的组成,合理优化主、辅机设备的启停时间和启停步序,包括:汽轮机进汽管道疏水阀控制逻辑优化、金属温度匹配优化、旁通阀调节逻辑优化、汽轮机暖机控制逻辑优化,提高下位电站的进汽

及升负荷速率。另外,通过对机组启停机过程设备运行参数的分析,建立燃气发电机组启停过程的评价体系,对主辅机设备在启停机过程中的健康状况、能耗水平进行评估。

3.3 自启停机技术

发电厂机组自启停系统(automatic plant startup and shutdown, APS)为机组级高度自动化的控制系统,基于单元机组整机自动启停控制思想,以电厂基本系统(机组协调控制系统、汽机电液调节系统、锅炉燃烧管理系统和锅炉、汽机及相应辅机顺序控制等)为基础。在机组启动和停止时,APS为机组控制中心的中心,根据机组启停要求,按规定好的程序发出各个系统、子系统、设备的启停指令,同时接收各系统的反馈信息,进行综合分析判断,完成实现单元机组的自动启动或停止。

3.4 基于互联网+的安全管理

基于互联网+的安全管理是通过定位基站和定位标签采集定位数据,通过基础配置维护区域、标签和人员的关系,通过集成定位数据和关系模型,形成人员定位、人员轨迹回放、动态预警、区域及设备监测等应用功能,如图2所示,在这些集成应用功能的基础上,开展进一步的数据分析和处理,形成诸如安全管理、考勤管理、考核管理等高级应用功能。



图2 基于互联网+的人员定位系统

Fig. 2 Personnel location system base on internet plus

3.5 基于生产信息挖掘的智能巡检

通过对两票信息、巡检信息、值班日志、设备管理信息的挖掘,构建智能化运检系统。智能运检系统主要功能包括:

1) 自动生成巡检路线。目前,运检人员进行

巡检时主要依据经验或者运行规程中的规定路线。智能运检系统可根据两票信息、值班日志、设备缺陷信息及交接班信息设备健康程度智能生成巡检路线,以加强对缺陷发生较多的设备巡检。

2) 移动化巡检。通过设备二维码标签,结合移动设备,实现移动化巡检。用户使用移动设备对设备进行扫描之后可以直接进行模型的定位,同时可以实现对点检线路管理、点检计划管理以及点检结果的录入和查询等,如图3所示。



图3 智能运检移动终端

Fig. 3 Mobile terminal of smart operation and overhauling

3.6 基于大数据挖掘的设备故障诊断

设备故障预警管理是信息技术与数据技术融合的典型应用。利用机器学习和大数据技术,对设备的正常运行工况信息进行学习,建立设备正常运行状态预测模型。当设备出现劣化或者故障时,预测模型会与实测值产生偏差,从而向工作人员或者工作流发出报警。与传统预警诊断技术相比,故障预警技术能够在渐变性故障发生之前,通过劣化趋势分析及时报警,并提供该异常的具体变化趋势,以及相关异常参数情况,供故障预警与分析。该技术能够在各种运行工况下持续监视所有设备和生产流程,可用于监视负荷变化工况和机组启动/停机工况,并能在到达临界点之前发现蠕变缺陷。该系统包括状态预估模型管理、智能集中监测、智能告警管理。

1) 状态预估模型管理。

状态预估模型管理提供预警监测模型的配置、训练、启用等管理过程,完成数字化电厂各专业相关设备的趋势预警模型的构建,通过本模块,将电厂有价值的运行经验,固化到模型中,通过模拟人工智能实现智能监视。

2) 集中监测管理。

集中监测模块向专业诊断人员提供远程监控

功能,包括厂级告警趋势、各机组告警情况、系统工程模型告警分析等。通过集中监测,远程诊断员可实时掌控电厂各设备的运行情况,并对设备故障预警进行及时分析与处理。

3) 智能告警管理。

告警管理模块面向专业诊断人员、运行人员、设备管理人员,提供告警自动产生、告警自动合并、告警辅助分析、告警处理、告警闭环归档等全流程服务。通过告警深度分析功能,结合三维虚拟电厂,对告警设备及相关测点进行综合,辅助故障诊断。

3.7 三维可视化信息展现

基于设计院提供的三维模型(包括汽机房、锅炉房及结构、设备、管道、桥架等,以及化学,供水等工艺设备管道)构建全厂三维模型。在此基础上开发以下功能:

1) 通过电厂标识系统(kraftwerk-kennzeichen system, KKS)编码以及设备标签,使设备三维与设备信息相互关联,实现对电厂设备基础信息的可视化管理以及资产与信息的一体化管理,如图4所示。

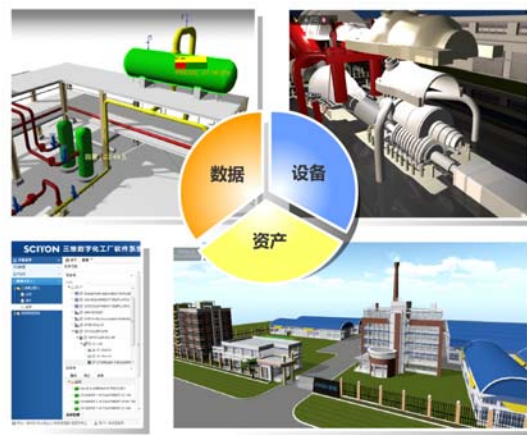


图4 三维可视化设备资产管理系统

Fig. 4 3D visualized equipment asset management system

2) 在三维虚拟电厂的基础上,与虚拟现实(virtual reality, VR)技术进行结合,实现三维可视化仿真培训,如基于VR的电厂全场景漫游、三维可视化拆解、组装,电厂设备检修过程仿真等,如图5所示。

3.8 智能升压站

升压站作为智能电厂与智能电网的结合点,



图5 三维虚拟电厂

Fig. 5 3D virtualization power plant

其智能化建设将会是智能电厂建设的重点环节。智能升压站是采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能的升压站^[15]。

3.9 一体化平台

一体化平台以设备管理和发电生产为主线，以资产管理为核心，对电厂人员、资金、材料、设备、技术等各种资源进行优化管理，实现电厂实时生产过程与人、财、物等价值链的高度集成与协作，引导企业从常规管理迈向精细化闭环管理。管控一体化主要实现：

1) 生产实时信息与管理信息系统的集成，使管理信息系统的应用模式由管控分离向管控一体化转变；

2) 完成应用系统从部门级单项应用到企业级，涵盖生产、采供及人事、设备等环节的整体应用，使系统的应用架构由分散应用向整合应用转变；

3) 达成在全厂范围内形成信息共享、增值的机制，使系统的数据管理由分散管理向集中管理转变。

4 智能电厂建设目标

智能电厂是传统数字化电厂的进一步延伸，除传统数字化电厂所要求的及时、全面、准确地

获得电厂的信息以外，更加强调对所获得信息的融合及挖掘分析，以期实现电厂的安全可靠、经济高效、精益管理以及管控一体。

安全可靠：以可靠性为中心，利用大数据和云计算等技术手段挖掘和分析设备生产信息，诊断设备的健康状态，优化设备检修策略；深度融合人员信息、设备状态信息、环境信息以及安全管理信息，构建起以人、机、环境及管理为核心的数字化安全管理体系。

经济高效：以节能监督为中心，利用人工智能、云计算等技术手段挖掘分析机组、系统和设备的生产信息，诊断机组经济性水平；融合先进仿真技术，优化调整机组及系统的运行方式。通过机组快速启停机、自启停机、负荷优化分配等优化控制技术的应用，结合不同机组实际性能，建立满足经济、环保和高效的多目标柔性优化控制策略。

精益管理：以设备为核心，整合设备资产信息，结合设备三维虚拟技术，建立可视化设备资产信息管理中心；结合互联网技术，构建数字化仓储系统，实现备品备件的数字化管理；结合设备可靠性和经济性状态，合理优化定期工作。

5 结语

智能电厂的是现有数字化电厂的进一步延伸，不仅仅是现场设备、控制系统的智能化升级，还需深入融合大数据、云计算、物联网、可视化等先进技术，并与企业、集团的发展战略相融合，统一规划实施，提高生产效率、降低企业综合成本，提升企业市场应变能力，为企业生产、经营和科学决策提供更好帮助。

参考文献

- [1] 候子良. 中国电厂信息化第二次飞跃—智能化电厂建设[J]. 自动化博览, 2016(1): 34-36.
- [2] 工业和信息化部. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知[EB/OL]. [2015-05-19]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n1234620/n1234622/c4409653/content.html>.
- [3] 国务院办公厅. 国务院关于积极推进“互联网+”行

- 动的指导意见[EB/OL]. [2015-07-04]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm.
- [4] 国家发展和改革委员会. 电力发展“十三五”规划(2016-2020)[EB/OL]. [2016-12-22]. <http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201612/P020161222582163986577.pdf>.
- [5] 刘新龙, 贺悦科, 孟晓伟, 等. 智能电厂实施过程中的大数据应用研究[J]. 电气技术, 2018(6): 32-36.
- [6] 许承顺. 智慧电厂与智能发电典型研究方向及关键技术综述[J]. 智能城市, 2018(19): 143-144.
- [7] 潘卫东, 武霞, 潘瑞. 智能电厂新技术应用现状及发展前景[J]. 内蒙古电力技术, 2018, 36(3): 83-88.
- [8] 尹峰, 陈波, 苏烨, 等. 智慧电厂与智能发电典型研究方向及关键技术综述[J]. 浙江电力, 2017, 36(10): 1-6.
- [9] 葛志伟, 刘战礼, 周保中, 等. 火力发电厂数字化发展现状以及向智能化电厂转型分析[J]. 发电与空调, 2015, 36(5): 45-47.
- [10] 刘吉臻, 胡勇, 曾德良, 等. 智能发电厂的架构及特征[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(22): 6463-6470.
- [11] 邢涛, 李志军, 曹玲燕, 等. 基于自适应免疫算法的变压器故障诊断[J]. 发电与空调, 2017, 38(6): 42-45.
- [12] 冯亦武, 费盼峰. 互联网+智能供热技术应用研究[J]. 发电与空调, 2016, 37(5): 74-78.
- [13] 陈世和, 尹峰, 郭为民, 等. 智能电厂技术发展纲要[M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
- [14] 王晓雄, 王景超, 裴顺. 浅谈智能电厂规划建设[J]. 南方能源建设, 2017, 4(3): 30-34.
- [15] 张小兵, 张太林. 智能升压站在百万发电厂的应用[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2018, 23(3): 37-40.
-
- 收稿日期:** 2018-07-05.
- 作者简介:**
- 
- 耿海涛(1976), 男, 工程师, 研究方向为燃气-蒸汽联合循环发电机组经济运行、智能化建设等, 48909813@qq.com.
- (责任编辑 原竞格)