

600MW 火电机组 DCS 国产化改造可行性研究

Feasibility Research on Localization Transformation of DCS for 600MW Thermal Power Units

赵丽君¹ 沈恺祺² 沈庆贺³

Lijun Zhao¹ Kaiqi Shen² Qinghe Shen³

1. 北方联合电力有限责任公司呼和浩特金桥热电厂 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

2. 西南石油大学 中国·四川 成都 610500

3. 北方联合电力有限责任公司 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

1.Northern United Power Co., Ltd. Hohhot Jinqiao Thermal Power Plant, Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

2.Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China

3.Northern United Power Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

摘要: 论文论述了达拉特发电厂 7 号机组采用华能睿渥 (HNICS-T316) 全国产化 DCS 系统全部替代原有 DCS 或 PLC 系统的可行性, 为其他同类型机组 DCS 改造提供参考。

Abstract: This paper discusses the feasibility of using HNICS-T316 DCS system to replace the original DCS or PLC system in Unit 7 of Dalat Power plant, which provides reference for other similar units.

关键词: DCS; 火电厂; 全国产; 600MW 机组

Keywords: DCS; thermal power plant; fully-domestic; 600MW units

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9079

1 引言

论文以北方联合电力达拉特发电厂 7 号机组为例, 探讨 600MW 火电机组 DCS 全国产化改造的可行性。

2 火电机组 DCS 发展和改造现状

2.1 中国 DCS 发展现状

DCS 自 1975 年由美国 HOLLYWELL 公司推出以来, 虽然在原理上并没有太大的突破, 但其在设计理念上发生了很大的改变, 目前已发展到了第四代, 一些主流进口 DCS 产品均为第四代产品, 具有网络结构相近、核心设备采用冗余配置、数据传输采用点对点的通信架构、适应现场恶劣环境、适应强电磁干扰等特点。国产 DCS 品牌起步较早, 1985 年上海新华控制技术有限公司成立, 此后浙江中控技术、南京科远自动化、和利时自动化等公司相继成立, 分别推出了自主研发的 DCS 品牌, 国产 DCS 硬件系统经历了结

构优化、芯片升级、智能低功耗等发展历程^[1,2]。虽然国产品牌起步早, 但与进口品牌相比, 国产 DCS 品牌市场占有率较低, 且部分系统软硬件仍依赖于进口。近年来, 随着研发成本的大力投入, 关键核心技术不断突破, 全国产自主可控的 DCS 系统在火电机组上不断投入运行, 主要代表产品有华能睿渥、国能智深、华电睿蓝、南京科远、和利时等。学者卢化等对上述国产化 DCS 系统与西屋 OVATION 控制系统进行性能测试与对比, 结果表明国产自主可控 DCS 与进口 DCS 已基本无差距, 在某些性能方面更是优于进口 DCS 产品, 国产 DCS 主要性能和应用功能均已满足基本要求, 部分指标高于行业标准要求。如表 1 所示, 近年来国产 DCS 品牌在 300MW、600MW、1000MW 等级火电机组上均有广泛应用, 并取得了良好的示范效应。

2.2 中国 DCS 改造历程

DCS 软硬件产品中电子元器件的稳定运行周期为 8~12 年,

【作者简介】赵丽君 (1979-), 女, 中国内蒙古通辽人, 硕士, 高级工程师, 从事安全管理研究。

此后将进入故障高发期，性能、功能及可靠性等方面存在巨大安全隐患。学者陈胜利等总结了我国 DCS 改造主要经历的三个阶段：第一阶段从 1990 年左右开始，对 20 世纪 80 年代之前建成的机组进行改造，主要目的在于提高机组自动化水平和实现集中控制。第二阶段从 2010 年左右开始，对 20 世纪 90 年代新建的 300MW 及 600MW 等级机组进行改造，主要目的在于实现标准化和信息化，在保障和提升 DCS 控制功能的基础上，将 SIS、MIS、数据分析、专家指导、生产管理等数据接入。第三阶段从 2016 年左右开始，主要针对 2003 年“电荒”后大量上马的 600MW 及以上等级的机组，由于投产已超过 10 年之久，DCS 软硬件设备故障率居高不下，此阶段 DCS 改造主要适应于节能减排、污染物超低排放、电网侧“两个细则”考核、深度调峰、碳达峰碳中和等要求，DCS 改造进一步向智能化、专家型迈进^[3]。

表 1 国产 DCS 品牌应用情况

国产品牌	型号	应用情况
华能睿渥	HNICS-T316	华能福州电厂 350MW 机组、华能玉环电厂 1055MW 机组、华能瑞金电厂 1000MW 机组等
国能智深	EDPF、iDCS	国能北仑电厂 1000MW 机组、内蒙古能源公司布连电厂 660MW 机组等
华电睿蓝	maxCHD	华电扬州电厂 330MW 机组、华电芜湖电厂 660MW 机组、华电句容电厂 1000MW 机组等
南京科远	NT6000	大唐南京电厂 660MW 机组
和利时	MACSV6	国华台山电厂 1000MW 机组

2.3 本项目 DCS 运行现状

北方联合电力达拉特发电厂 7 号机组于 2006 年投产，7 号机组 DCS 使用南京西门子公司的 T-XP 系统，汽轮机 DEH 为西门子 PCS7 系统、ETS 为莫迪康 PLC 系统、TSI 为菲利普 Epro 系统。除灰、化学水处理、制氢站控制系统采用莫迪康 PLC 系统，脱硫控制采用新华 XDPS-400 控制系统，吹灰控制系统采用施耐德 PLC 控制系统，另外有低温省煤器、脱硝、尖峰冷却器等控制系统采用西门子 T-3000 控制系统。由于设备超期服役，电子元器件老化严重，近两年已发生多起故障，操作员记录、SOE、历史趋势等不能使用，现已是机组安全运行的隐患。此外，现使用的西门子 T-XP 系统硬件设备老化严重，截至 2022 年已经使用 16 年属于淘汰产品，并且西门子 T-XP 系统已不再生产，无法购置备件，所以急需进行升级改造。

面对上述问题，电厂提出对 DCS 系统进行改造，将原采用与主机不同品牌的 DCS 或 PLC 系统统一改造为 DCS 控制系统，实现主辅机控制系统一体化。经多方对比最终选择华能睿渥 DCS 对原控制系统进行国产化改造。

2.4 华能睿渥 DCS 系统简介

华能睿渥 DCS (HNICS-T316) 控制系统是西安热工研究院面向过程控制领域，按模块化、标准化理念，采用

最新的计算机网络及信息安全技术设计的系统。该系统由 FCP 系列控制器及各类 I/O 模块实现对工艺流程数据采集和控制，由 HNICS-T316-SmartIC 组态软件实现工程的创建、硬件组态、算法组态、在线监视、无扰更新等功能，由 HNICS-T316 监控软件及后台实现人机交互。FCP100 控制器是 HNICS-T316 控制系统中负责数据集中处理、逻辑运算以及指令响应的控制单元，其特点有：采用高性能 SOC 处理器进行信号处理，实现了大容量高精度的快速、实时信息处理；全冗余设计，支持控制器冗余、供电冗余、IO 网络冗余；硬件和软件均采用模块化设计，灵活可配置、模块通用、易于扩展、易于维护；结构化布置，标准 35mm 导轨安装，预制电缆连接，无风扇，宽温运行，支持三防。华能睿渥 DCS (HNICS-T316) 系统架构如图 1 所示。

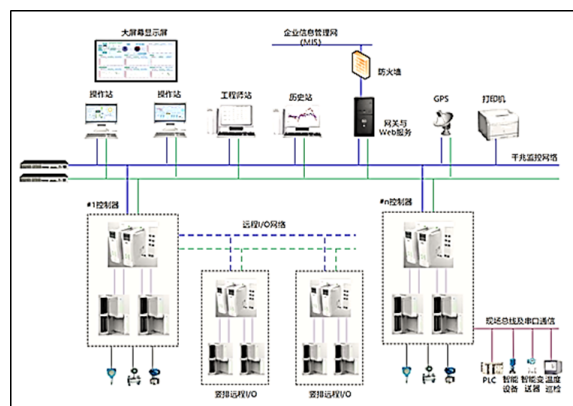


图 1 华能睿渥 (HNICS-T316) DCS 系统架构

3 本项目 DCS 改造的可行性

华能睿渥 DCS (HNICS-T316) 系统经过欧盟数十项严苛测试，各项试验结果和指标均满足欧洲安全规范和电磁兼容高标准要求，取得了 CE-LVD、CE-EMC 证书。2020 年开始陆续在福州电厂 350MW 机组、玉环电厂 1055MW 机组、瑞金电厂 100MW 机组上成功应用，目前机组运行稳定，自动调节品质良好，未出现因 DCS 系统自身故障引起的非计划停运。本次达拉特发电厂 7 号机组 DCS 系统改造选用睿渥 DCS 系统是首个在上汽 600MW 汽轮机上的应用，可以为后续 600MW 上汽机型 DEH 研发应用提供经验。

3.1 机组设备概况

达拉特发电厂 7 号机组，锅炉由上海锅炉厂制造，型号为 SG2093/17.5-M921 型，亚临界压力一次中间再热控制循环汽包炉，单炉膛 Π 型紧身封闭布置，四角切向燃烧，锅炉采用摆动式燃烧器调温，四角布置、切向燃烧，一次风正压直吹式制粉系统、单炉膛、固态排渣、全钢架悬吊结构、平衡通风。

汽轮机为上海汽轮机有限公司生产制造的亚临界、单轴、中间再热、三缸四排汽、直接空冷凝汽式汽轮机。整个汽轮机由一个高、中压合缸和两个双流低压缸组成，汽轮机高、中压部分是冲动和反动的混合型式，低压部分采用双流反向结构，顶部装有 4 个 DN762 防爆膜以满足空冷凝汽器 100% 的蒸汽释放。

发电机为美国西门子西屋公司生产的 THDF-118/56 型隐极同步发电机。采用机端自并励静态励磁系统。发电机冷却方式为水氢氢,即定子线圈水内冷、定子铁芯和转子氢冷。

分散控制系统使用南京西门子公司的 T-XP 系统,汽轮机 DEH 为西门子 S7-400 系统,ETS 为莫迪康 PLC 系统,TSI 为菲利普 EPRO 系统。系统除大小修短时间停电检修外,其他时间均在带电运行状态。

3.2 分散控制系统运行存在的问题

3.2.1 控制器负荷率高

达拉特发电厂 7 机组 DCS 系统多个 CP 的负荷率一直居高不下,部分负荷率都在 60%~80% 之间,负荷率远高于 DL/T 659—2006《火力发电厂分散控制系统验收测试规程》规定的正常工况下不大于 40%,异常工况下不高于 60% 的要求,高负荷会导致在一些特殊工况下无法满足需要,影响机组安全运行。

3.2.2 现场 IO 卡件故障频发

经过 16 年的运行,IO 卡件陆续老化,影响机组安全稳定运行。目前 IO 卡件已更换多批次,部分卡件采购价格高昂,甚至已无备品。近几年更换的 DI 卡件、AI 卡件、通讯模块的数量不断增加,目前电厂各类卡件等已基本无备品,近年来 IO 卡件的具体损坏情况如表 2 所示。

表 2 IO 卡件损坏情况

卡件名称	型号	损坏数量
CP1430	6GK1143-0TB01	3
CPU948	6ES5948-3UR23	4
FUM210	6DP1210-8BC	11
PS 电源卡	SYS995/6DP1995-8AA	3
卡件卡笼箱	6DP9905-8AA01	4
IM324 通讯卡	6ES5324-3UR11	1
IM304 通讯卡	6ES5304-3UR11	3
SU 历史站	M420	4
PU 过程处理单元	M450	2
西门子数据线	6ES5734-2BF00	1
电源模块(20A)	SITOP6EP1336-2B1200	2
电源模块(40A)	SITOP EP1337-3B1200	4
UPS 电源	APC	12

3.2.3 DCS 系统扩容困难

达拉特发电厂 7 号机组投产至今,越来越多的辅助设备也同步进入了老化阶段,当初的 PLC 系统也随着更新换代,很多备品备件无法购买,导致辅助设备的维护量也逐步增加。如今 DEH、ETS、吹灰系统等进入 DCS 已是大势所趋,接入 DCS 系统中的每点单价远比采用全新 PLC 改造经济性强。单元机组低氮、脱硝、低温省煤器改造,造成 DCS 的余量以及可扩展性已经不能满足新增项目进入 DCS。目前 7 号机组多次出现网络堵塞现象以及画面变红、操作迟缓的问题,DCS 备品备件已全部用完,没有新的卡件来接入新的信号,依靠目前的 DCS 硬件无法完成主机任一改造工程的

配套工作。

3.2.4 DEH、ETS 系统设计存在缺陷

DEH 系统逻辑设计原采用固化的方式,软件无法在线修改控制组态,系统维护功能差很难与其他系统进行连接通讯,只能通过硬接线来实现,失去了现有系统的灵活性,降低了可靠性,提高了维护费用。汽机保安系统 ETS 采用“一对一”保护设计,不具备在线维护功能,单个保护测点误动将会造成机组跳闸。

3.3 DCS 改造的必要性

随着使用时间的不断增长,设备老化、技术服务等问题异常严峻,系统随时可能出现不可预知的情况。电厂解决系统部件淘汰、元器件老化、处理能力不足、网络结构不可靠等一系列问题已是刻不容缓。

3.3.1 安全原因

因 DCS 系统故障导致机组非停将会造成很大的经济损失,通过精心维护和认真巡检虽然可以降低风险,但对于重要硬件的突发故障却是防不胜防。改造成更先进、处理能力更强的操作和控制系统,获得通用、先进的硬件设备,完善系统诊断、系统配置、报表生成等功能,增加机组的运行可靠性。经过多年技术的发展,DCS 系统也在不断地更新换代,在智能化、网络化方面取得了长足进步,可以满足达拉特发电厂 7 号机组 DCS 改造的技术要求。

3.3.2 市场原因

当前中国火电厂建设速度放缓,DCS 的市场将急剧萎缩,现有品牌或面临一次重新洗牌,在严峻的市场形势下,可以预计 DCS 厂商会迅速缩减产品线,加快非畅销产品的淘汰速度,加速退出过时产品的服务市场。

总体来说,7 号机组的 DCS 系统后续将难以获得 DCS 厂家提供的技术支持以及备品备件,同时 DCS 系统无法为一些重大技术改造提供配套支持。目前达拉特发电厂 7 号机组 DCS 系统运行已经超过 16 年,部分硬件已停产,无法购买,控制系统的改造迫在眉睫。

4 改造方案

主辅一体化控制已成为火力发电厂控制系统发展的趋势,本次 DCS 改造,不仅涵盖原采用南京西门子公司的 T-XP 控制系统的主机及公用系统,同时将原采用与主机不同品牌的 DCS 或 PLC 系统统一改造为华能睿渥(HNICS-T316) DCS 控制系统。拆除已不适应生产要求的旧控制系统(包括网络、控制机柜、端子柜、工程师站等),采用全新且完整的控制设备(包括网络柜、控制机柜、端子柜、工程师站等等)组成新的 DCS 控制系统,重新接入原有的 IO 点,根据新控制系统的控制器功能和电缆布置等重新确定控制器数量并合理划分控制器任务分布,重新进行组态和调试,实现原有的控制策略,确保改造后的控制系统各项性能得到优化和提升。达拉特发电厂 7 号机组控制系统 IO 点数初步统计如表 3 所示。

表 3 DCS 系统改造 IO 点数

系统	控制器(对)	4~20mA	RTD	TC	AO	DI	DO	PI	SOE	合计
DCS	13	1063	671	678	220	4625	1636	0	0	8906
DEH	2	129	0	88	44	76	80	3	0	422
ETS	1	0	0	0	0	48	64	0	0	113
吹灰	1	29		0	0	399	165	0	0	594
低温省煤器	1	22	15	15	10	218	82	0	0	363
公用	1	4	0	0	0	128	48	0	0	181
除灰	2	456		56		721	198	0	0	1433
脱硫	8	629	28	142	7	1508	745	0	0	3067
化学水处理	2	332	0	3	32	721	194	0	0	1284
制氢站	1	20	0	0	3	38	20	0	0	82
尖峰冷却器	1	32	50	6	6	150	66	0	0	311
合计	33	2716	764	988	322	8632	3298	3	0	16756

5 改造风险评估与对策

5.1 机组自动化水平下降风险与对策

机组热工自动化水平的高低取决于诸多因素，主要有机组的可控性、控制策略的适用性和系统调试的实用性。机组的可控性是工艺系统决定的，DCS 改造对机组可控性没有风险。控制策略的适用性是以对机组特性了解的程度为基础，达拉特发电厂 7 号机组运行已超 16 年，控制策略的适用性经过长期的验证和完善已非常成熟，但 DCS 换型之后，组态软件的算法模块、组态平台随之变化，对原有的控制策略重新组态时，算法和结构会发生变化，是一项技术含量高、难度大的工作。软件组态工作组织不好有降低机组自动化水平的风险。

对策：本次改造不改变工艺系统，选择合适的组态队伍，要求技术人员熟知火力发电机组的控制策略，全面掌握达拉特发电厂机组的工作原理，熟悉 DCS 原系统和新系统的组态软件，有丰富的工程经验。除此之外，项目实施过程中尽量安排电厂技术人员跟随组态，一则可以借此机会熟悉新的组态软件，二则可以帮助解读原控制逻辑，并适时提出新的控制要求，提高组态的正确性及先进性，提升自动化水平。

5.2 机组调试风险与对策

本次 DCS 改造，涉及的项目较多，存在公用系统与单元机组之间互相干扰造成非停的风险，也存在调试不到位对 DCS 改造后的自动化水平保持构成的技术风险。

对策：选择合适的调试人员，要求熟知设备特性和控制策略，具有大型火电机组的试验测试经验，全面掌握达拉特发电厂 7 号机组的工作原理。理清公用系统与单元机组之间的交互信号，采取有效措施避免非停出现。

6 结论

火电厂开展全国产化 DCS 系统改造对提高电力基础设施安全水平，保障电能安全、稳定、可靠输出具有重要意义。论文论述了达拉特发电厂 7 号机组 DCS 系统进行全国产化改造的可行性，分析了当前国内 DCS 改造和应用现状，结合达拉特发电厂 7 号机组 DCS 运行现状，设计了 DCS 系统改造方案，分析了改造过程中的风险和控制策略。达拉特发电厂 7 号机组使用华能睿渥 DCS 系统进行全面改造后将是首个 600MW 上汽汽轮机应用研发项目，同时也是睿渥 DCS 系统首个西门子 T-XP 系统的改造项目，可以为后续 600MW 上汽机型 DEH 研发应用积累经验。

参考文献

- [1] 杨乐.分散控制系统信息安全方案探讨[J].石油化工自动化,2017,53(3):1-4.
- [2] 王宾,蔡丹,邱起瑞,等.分散控制系统自主可控技术的发展[J].热力发电,2022,51(3):182-186.
- [3] 胡波,陈俊,杨柳,等.全国产分散控制系统开发与应用[J].热力发电,2022,51(3):159-165.