

浅析发电厂国产化 DCS 系统的发展

李博

安徽华电芜湖发电有限公司，安徽省芜湖市，241000；

摘要：近年来，发电厂自动化水平成为衡量其运行效率与安全性的关键指标。分散控制系统（DCS）作为发电厂自动化控制的核心技术，在提升发电效率、保障机组稳定运行等方面发挥着不可替代的作用。早期，我国发电厂 DCS 系统大多依赖进口，不仅成本高昂，而且在技术支持和系统维护上存在诸多不便。随着国内科研力量的不断投入和技术创新的推进，国产化 DCS 系统逐渐在市场中占据较为重要的地位。

关键词：发电厂；国产化；DCS 系统；发展

DOI：10.69979/3041-0673.25.07.030

引言

在当今社会，电力作为国民经济发展的重要支撑，供应的稳定性和可靠性十分关键。发电厂作为电力生产的核心场所，如何实现高效、稳定、安全的运行是待解决的关键问题。分散控制系统（DCS）作为发电厂自动化控制的中枢神经，能够对发电过程中的各种参数进行实时监测、精确控制和优化管理。长期以来，我国发电厂 DCS 系统市场被国外品牌所垄断，这不仅使国内电力行业面临技术封锁的风险，还在一定程度上制约了电力工业的自主发展。基于此，本文旨在探讨发电厂国产化 DCS 系统的发展历程、取得的成就以及未来的发展方向，在本文形成较为系统的结构分析。

1 国产化 DCS 系统的发展历程

1.1 起步阶段

上世纪阶段，国内工业自动化水平相对较低，在 DCS 系统领域几乎为空白，发电厂以及其他工业领域所使用的 DCS 系统主要依赖进口。但这一时期，国外的 DCS 系统凭借先进的技术和成熟的产品，在全球市场占据主导地位，国内企业在 DCS 系统的应用上处于被动接受的状态。在 20 世纪 80 年代，我国许多新建的大型发电厂，如一些早期引进国外机组的火电厂，其 DCS 系统全部从国外知名企业进口，这些进口系统不仅价格昂贵，而且在技术支持、售后服务方面存在诸多不便。随着国内工业的快速发展，对 DCS 系统的需求日益增长，国内企业开始意识到自主研发 DCS 系统的紧迫性。在这一背景下，国内企业踏上了艰难的技术引进之路。通过与国外企业合作、引进国外先进技术和设备，国内企业开始学习和掌握 DCS 系统的基本原理和关键技术。如一些企业与国

外 DCS 厂商签订技术转让协议，引进其硬件设计、软件算法关键技术，并派遣技术人员到国外学习培训，深入了解 DCS 系统的设计、调试和维护技术。在技术引进的基础上，国内企业开始进行自主研发的初步尝试。尽管当时面临着诸多困难，但国内企业凭借着坚定的决心和不懈的努力，逐步攻克了一些关键技术难题。但对于起步阶段的国产化 DCS 系统来说，在技术水平和性能上与国外产品仍存在较大差距。在市场应用方面，由于国产化 DCS 系统的知名度和信誉度较低，用户对其产品质量和性能存在疑虑，导致国产化 DCS 系统在市场推广过程中面临较大的困难，主要应用于一些小型工程项目或对控制系统要求不高的领域。

1.2 发展阶段

随着技术引进的推进和国内企业对 DCS 系统关键技术的逐步掌握，国产化 DCS 系统进入了自主研发与逐步应用的关键阶段。在这一时期，国内企业不再满足于对国外技术的简单模仿和引进，而是积极投入研发力量，致力于开发具有自主知识产权的 DCS 系统，以满足国内市场日益增长的需求。自上世纪 90 年代起，国内多家企业在 DCS 系统自主研发方面取得了显著进展。在自主研发的同时，国产化 DCS 系统开始在中小机组中逐步应用，积累了宝贵的实践经验。在一些小型火力发电厂和热电厂中，国产化 DCS 系统逐渐替代了进口产品，实现了对机组的有效控制。这些应用案例不仅验证了国产化 DCS 系统的技术可行性和稳定性，也为其实现推广应用奠定了基础。例如在部分小型火电厂的改造项目中，采用了国产化 DCS 系统，对锅炉、汽轮机以及其他相关设备进行控制。经过实际运行验证，该系统能够准确采集设备运行数据，实现对设备的精准控制，有效提高了

机组的运行效率和稳定性，降低了能耗和维护成本。国产化 DCS 系统在中小机组的应用过程中，不断进行技术改进和优化。企业根据实际运行中反馈的问题，对系统的硬件和软件进行了针对性的改进，提高了系统的性能和可靠性。同时随着系统的持续进步和渗透，国产化 DCS 系统在中小机组的应用也得到了政府和行业协会的大力支持。这些支持措施为国产化 DCS 系统的发展提供了良好的政策环境和社会氛围，有力地推动了国产化 DCS 系统的发展。

1.3 突破阶段

2010 年后，国产化 DCS 系统迎来了关键的突破阶段，在关键技术上取得了一系列重大突破，并在大机组和改造项目中实现了大规模应用，展现出强大的技术实力和市场竞争力。在关键技术突破方面，国产化 DCS 系统在多个核心领域取得了显著进展。在硬件国产化方面，国内企业加大了对芯片、电子元器件等关键硬件的研发投入，取得了重要成果。中国华电自主研发的“华电睿蓝”智能分散控制系统，在华电芜湖电厂 660MW 超超临界机组成功投运，该系统控制层、网络层、监控层均实现国产化，主要卡件国产化率达到 100%，采用了新一代国产 CPU 的控制器，运算能力更强且功耗更低，为系统的高性能运行提供了坚实的硬件基础。在软件自主化方面，国产化 DCS 系统也取得了长足进步。科远智慧基于开源的 RTEMS 开发了高实时性的自主嵌入式实时操作系统(RTOS)，实现了在多个平台的移植与应用，为开发网络安全等高实时性的应用功能提供了有力支持。该公司还开发了一种实时同步调度策略，实现了不同架构控制器(DPU)之间的冗余同步运行，避免了共性故障造成冗余系统失效，提高了系统的可靠性和稳定性。随着关键技术的突破，国产化 DCS 系统在大机组和改造项目中得到了大规模应用。在大机组领域，国产化 DCS 系统成功应用于多个大型火力发电项目。另外国产化 DCS 系统在大机组和改造项目中的大规模应用，不仅验证了其技术的可靠性和先进性，也为用户带来了显著的经济效益和社会效益。此外系统还能够根据用户的需求进行个性化定制，提供更加贴合实际生产的解决方案，有效提升了生产效率和质量，为企业的可持续发展提供了有力支持。

2 安徽华电芜湖发电有限公司国产化 DCS 系统应用分析

2.1 项目背景与目标

华电芜湖电厂原有的 DCS 系统多为国外品牌产品，长期依赖进口不仅使设备采购和维护成本居高不下，还面临着技术封锁和供应链风险的问题。随着国际形势的变化和国内对自主可控技术需求的日益迫切，电厂深刻认识到实现 DCS 系统国产化的必要性和紧迫性。对此，要在现阶段摆脱对国外技术和产品的依赖，降低供应链风险，保障电厂的安全稳定运行。通过采用国产化 DCS 系统，掌握核心技术，提高电厂的自主可控能力，为国内能源产业的自主发展贡献力量。国产化 DCS 系统在设备采购和维护成本方面具有明显优势，通过应用该系统，降低电厂的运营成本，提高市场竞争力。减少进口设备的采购费用和高额的维护费用，降低电厂的总体运营成本，为电厂的可持续发展提供经济支持。作为试点项目，华电芜湖电厂的应用实践将为国产化 DCS 系统的进一步完善和推广提供宝贵经验，促进国产化 DCS 系统在电力行业的广泛应用。

2.2 国产化 DCS 系统的选型

在众多国产化 DCS 系统中，华电芜湖电厂最终选择了“华电睿蓝”。从技术先进性来看，“华电睿蓝”采用了新一代国产 CPU 的控制器，运算能力更强，功耗更低，为系统的高效稳定运行提供了坚实的硬件基础。设计的多路并发高速串行通讯机制，使通讯更快更可靠，有效提升了系统的数据传输效率和响应速度。该系统还嵌入了吹灰、燃烧智能优化模块，能够根据机组运行状况实时调整控制策略，有效提高锅炉燃烧效率，降低机组煤耗，实现了机组的智能化、精细化控制。并且在安全性方面表现出色。采用全方位一体化安全防护体系技术，从硬件到软件，从网络到数据，构建了多层次、多角度的安全防护屏障，有效抵御外部网络攻击和内部数据泄露风险，保障了电厂生产的安全稳定运行。成本效益也是华电芜湖电厂选择过程中的重要因素之一。国产化 DCS 系统在设备采购和维护成本方面具有明显优势，“华电睿蓝”能够为电厂节省大量的资金，降低运营成本，提高市场竞争力。其本地化的服务团队和完善的售后服务网络，能够及时响应电厂的需求，提供高效、优质的技术支持和维护服务，减少设备停机时间，保障生产的连续性。

2.3 实施方案

在系统控制层，“华电睿蓝”采用了国产化的控制器和 I/O 模块，实现了对机组设备的精确控制。控制器

基于新一代国产CPU，具备强大的运算能力和实时处理能力，能够快速响应现场设备的信号变化，执行复杂的控制算法。I/O模块采用先进的数字化技术，提高了信号采集和传输的精度和可靠性，减少了信号干扰和误差。通过冗余配置和故障诊断技术，控制器和I/O模块具备高可靠性和容错能力，确保在部分设备出现故障时系统仍能正常运行。网络层方面，“华电睿蓝”采用了国产化的工业以太网交换机和网络协议，构建了高速、稳定的通信网络。工业以太网交换机具备高带宽、低延迟的特点，能够满足大量数据的实时传输需求。自主研发的网络协议优化了数据传输的效率和可靠性，增强了网络的安全性和稳定性。通过网络冗余技术和网络管理系统，实现了网络的无缝切换和实时监控，确保网络的可靠性和可管理性。不仅如此，监控层采用国产化的人机界面(HMI)和监控软件，为运行人员提供了直观、便捷的操作界面和全面、准确的监控信息。HMI采用高分辨率的显示屏和人性化的设计，能够清晰显示机组设备的运行状态、参数信息和实施预警信息。监控软件具备强大的数据处理和分析能力，能够对机组运行数据进行实时监测、分析和预测，为运行人员提供决策支持。通过权限管理和操作记录功能，保障了监控系统的安全性和可追溯性。

2.4 应用效果与效益分析

从控制范围来看，“华电睿蓝”实现了对锅炉、汽轮机(DEH)主辅设备的全面控制，覆盖了发电厂的核心生产环节，真正做到了全厂一体化控制。在传统DCS系统中，部分辅助设备可能需要独立的控制系统，这不仅增加了系统的复杂性和维护成本，还可能导致不同系统之间的协同性不佳。而“华电睿蓝”将所有主辅设备纳入统一的控制体系，实现了数据的集中采集和处理，以及控制指令的统一下达，使整个发电过程的协同性和连贯性得到了极大提升。运行人员可以通过一个操作界面，对全厂设备进行监控和操作，显著的提高了工作效率和管理水平。在运算能力方面，基于新一代国产CPU的控制器展现出强大的性能优势。运算能力更强，能够快速处理大量的实时数据，满足复杂的控制算法对计算速度的要求。在锅炉燃烧控制中，需要根据实时的燃料量、风量、蒸汽压力的参数，快速调整燃烧策略，以保证燃烧的稳定性和高效性。通讯可靠性是DCS系统稳定

运行的关键因素之一。“华电睿蓝”设计的多路并发高速串行通讯机制，使通讯更快更可靠。在实际运行中，该系统能够稳定地传输大量的数据，避免了数据丢失和延迟的问题。另外“华电睿蓝”嵌入的吹灰、燃烧等智能优化模块，对提高锅炉燃烧效率起到了关键作用。通过实时监测锅炉的运行参数，智能优化模块能够根据实际情况自动调整吹灰策略和燃烧参数，使锅炉始终保持在最佳燃烧状态。这不仅减少了积灰对锅炉受热面的影响，提高了热传递效率，还降低了不完全燃烧损失，从而有效降低了机组耗煤。

3 结语

综上所述，发电厂国产化DCS系统在过去一段时间取得了令人瞩目的发展成果。从最初的技术引进与消化吸收，到如今具备自主知识产权的先进系统开发，国产化DCS系统在功能、可靠性、经济性方面均展现出强大的竞争力。它不仅降低了中国发电厂对国外技术的依赖，还为电力行业的安全稳定运行提供了坚实保障。在未来发展进程中，相关企业和科研机构需继续加大研发投入，持续提升国产化DCS系统的性能和品质。最终在各方的共同努力下，发电厂国产化DCS系统必将迎来更加辉煌的明天，为国内电力事业的可持续发展注入源源不断的动力。

参考文献

- [1]袁骏,何志军,张鹏.基于DCS的燃料操作设备集中控制系统设计[J].自动化仪表,2025,46(02):30-33+39.
- [2]辛丽梅.火电厂热工自动化DCS控制系统的运用分析[J].科技视界,2024,14(33):65-68.
- [3]郝广宁.DCS系统在火电厂电气控制中的运用研究[J].电力设备管理,2024(21):145-147.
- [4]焦玉明.火电厂DCS仿真系统的测试与验证研究[J].工业控制计算机,2024,37(10):32-34.
- [5]孙一帆,许黎明.智深DCS系统在火电厂国产化改造中的设计及应用[J].设备监理,2024(05):60-63.

作者简介：李博，出生年月：1988年10月，性别：男，民族：汉，籍贯：山东聊城，学历：大学本科，职称：中级工程师，研究方向：发电厂国产化DCS；锅炉协调优化燃烧。