

火电厂热工自动化改造实践与效能分析

余强

国家电投集团贵州金元股份有限公司纳雍发电总厂, 贵州 毕节 553303

DOI:10.61369/WCEST.2025110022

摘要 : 在“双碳”目标以及电力市场化改革的双重驱动下, 火电厂面临迫切的节能降耗以及提升效率的需求, 热工自动化改造遂成为关键突破口。目前, 老旧火电厂大多存在控制精度低下、系统兼容性欠佳、能耗相对偏高的问题。本文结合热工自动化技术的发展趋向, 系统地阐释了分散控制系统升级、智能传感技术应用等改造的核心要点, 以某300MW机组的改造作为实例, 从能耗指标、控制精度、运维成本等多个层面进行效能分析, 进而提出分阶段进行改造、融合应用技术等优化建议, 为火电厂的自动化升级提供实践参考。

关键词 : 火电厂; 热工自动化; 改造实践; 效能分析

Practice and Efficiency Analysis of Thermal Automation Transformation in Thermal Power Plants

Yu Qiang

Nanyong Power Generation General Plant, Guizhou Jinyuan Co., Ltd. of State Power Investment Corporation, Bijie, Guizhou 553303

Abstract : Driven by the "dual carbon" goals and the market-oriented reform of the power industry, thermal power plants are confronted with an urgent need for energy conservation, consumption reduction, and efficiency improvement. As a result, thermal automation transformation has become a key breakthrough. At present, most of the old thermal power plants have problems such as low control accuracy, poor system compatibility and relatively high energy consumption. This paper, in light of the development trends of thermal automation technology, systematically expounds the core points of the transformation such as the upgrade of distributed control systems and the application of intelligent sensing technology. Taking the transformation of a 300MW unit as an example, it conducts efficiency analysis from multiple aspects including energy consumption indicators, control accuracy, and operation and maintenance costs, and then puts forward optimization suggestions such as phased transformation and integrated application of technologies. Provide practical references for the automation upgrade of thermal power plants.

Keywords : thermal power plant; thermal engineering automation; renovation practice; performance analysis

引言

在我国的电力供应体系中, 火电厂扮演核心支撑角色, 它的运行效率以及环保水平会直接对能源安全和“双碳”目标的达成产生影响。由于时间的推移, 这些机组的热工自动化系统普遍显现出一些问题, 会导致机组的调峰能力弱, 能耗指标高。热工自动化系统是火电厂生产控制的“神经中枢”, 对它实施改造升级能够达成对锅炉以及汽轮机组等核心设备的精确调控。本文着重关注火电厂热工自动化改造的实际操作, 梳理改造的技术途径, 借助案例对改造的效能开展量化分析, 从而为老旧机组的升级以及新建机组的自动化建设提供理论与实践的支持。

一、火电厂热工自动化改造的核心技术与内容

(一) 分散控制系统升级改造

热工自动化改造的关键内容聚焦于分散控制系统升级, 主要从硬件更换以及软件优化两个维度推进。在硬件层面, 运用高性能控

制器, 并且配置冗余架构, 主控制器挑选运算能力突出的处理器, 有能力满足大规模数据处理的要求, 电源模块以及通信模块均实施冗余设计, 以此保证系统在单一模块出现故障时也能够持续运转。在软件方面, 着重升级控制逻辑和人机交互界面, 增添了机组负荷预测功能, 能够依据电网调度指令预先对控制参数作出调整; 优化

报警系统，采用分级报警机制，把报警信息按照紧急程度进行分类，切实降低无效报警为运行人员造成的干扰。与此同时，构建统一性数据中台，达成功散控制系统与厂内其余管理系统在数据层面的交互流通，破除各个系统之间存在的数据阻碍。

（二）智能传感与检测系统改造

智能传感系统的改造着重于对“精准感知—稳定传输—数据校准”全流程的优化。在诸如锅炉炉膛、汽轮机缸体等关键设备部位，会把传统的机械传感器全部更换成光纤传感以及无线传感等新式设备，对于炉膛温度，借助红外测温传感器达成多测点的实时监测；而针对汽轮机组的振动情况，则运用专用传感器，该传感器能够敏锐捕捉到细微的振动异常。搭建专业的无线传感网络，运用前沿的网络技术保障数据传输达成高速度以及低延迟的效果，构建全面的传感数据校准体系，定期利用标准仪器针对传感器进行校准，并融合大数据分析技术达成漂移误差的自动弥补。在改造工作结束之后，主蒸汽压力等关键参数的测量误差显著降低，为机组实施精确控制给予了稳定可靠的数据支持。

（三）控制策略与算法优化

采用“智能算法与工况适配相结合”的灵活模式进行控制策略的优化，针对各种不同的运行工况制定出差异化控制方案。在锅炉控制领域，运用“预测控制和模糊 PID 相融合”的复合算法，依据给煤量、风量、给水流量等与之相关的参数对蒸汽温度的变化趋向进行预测，提前调整减温水量，切实缩小主蒸汽温度的波动幅度。对于汽轮机组控制，引入协调控制策略，达成锅炉和汽轮机的协同式调节，在机组负荷发生变化的进程中，有效把控转速的波动情况，增强机组运行的稳定程度。对于辅机控制，采用将变频调速和逻辑优化相结合的方式，依照主机的实际负荷情况，动态调整给水泵、风机这类辅机设备的运行状态，如此，能够有效规避“大马拉小车”的不合理能源浪费问题，进而明显降低辅机所消耗的电能。

（四）安全与运维系统升级

安全系统的改造着重于增强数据安全以及设备保护的能力，构建起三级安全防护体系，针对现场控制层面、监控层面以及管理层面分别拟定防护办法，借助防火墙、访问控制、数据加密、安全审计等技术手段，从各个方面确保系统的安全。运维系统的升级引入智能诊断技术，依据设备的运行数据构建故障诊断模型，通过振动频率、温度变化等特征参数识别设备的早期故障。在某机组完成改造之后，设备故障提前预警的精准度得到了显著提高，成功地防止了多次非计划的停机情况发生。与此同时，开发移动运维平台，运维人员借助移动终端便能够接收故障预警情况、查询设备台账信息，显著缩短了故障处理耗时的时间，有效提升运维工作的效率。

二、火电厂热工自动化改造的实施路径与关键环节

（一）改造前期的评估与方案设计

在改造工作前期，要开展全方位的系统评测以及方案计划，其核心的操作步骤涵盖了多个维度。首先是对现状进行深入调研，

借助专业的检测设备并且收集有关运行的数据，从而对分散控制系统、传感器等各种设备的运行情况进行全面梳理，要精确辨别出诸如控制精度不够、可靠性欠佳等问题，进而形成一份详细的问题列表。其次是开展需求剖析，综合考虑机组的容量、运行时长以及相关政策要求，清晰确定改造之后在控制精度、能耗指标等领域的具体目标。再者是进行技术的挑选，依据实际需求抉择与之适配的分散控制系统品牌以及传感设备型号，优先选用国产化的技术以及设备，以此降低后期维护成本以及技术依赖可能带来的风险。最后是进行方案的编撰，要制定出详细的改造施工规划，明确各个阶段的时间节点、人员的分工情况以及安全措施，尽可能降低改造工作对机组正常运行产生的影响。方案完成后需组织技术专家、电厂运维团队联合论证，重点审核技术可行性与成本合理性，同时预判政策变动等潜在风险并制定应对预案。

（二）改造实施的分阶段推进

火电厂热工自动化改造采用将“停机改造”与“在线升级”相融合的分阶段推进的模式。第一个阶段是停机改造时期，主要借助机组进行大修的时间段，集中开展分散控制系统硬件替换、核心传感器装设等无法在线开展的重要工作，在此阶段，需要做好旧设备拆除工作和新设备调试工作的衔接，防止出现设备闲置以及工期延误的情况。第二阶段为在线升级阶段，在机组正常运行时，进行控制算法优化、软件系统升级等工作，运用主备切换的办法，保证在升级过程中控制系统能够持续运行，不会对机组的稳定性造成影响。第三阶段是联调测试时期，对改造之后的系统开展整体联调工作，通过模拟不同的负荷工况以及故障场景，全方位验证系统的控制精准度和可靠性，只有在联调符合标准之后才可以正式投入使用。各阶段需建立专项台账，详细记录设备参数、施工进度及问题整改情况，阶段衔接前组织多方验收。

（三）改造后的调试与验收

改造之后的调试以及验收是保障改造质量的关键的环节，调试工作能够分成静态调试与动态调试两个方面。静态调试着重测试设备硬件连接以及软件功能，例如查看分散控制系统跟传感器的数据通信是否正常、控制指令的执行是否准确；动态调试在机组的运行状态下进行，测试不同负荷工况之下系统的控制性能，例如当机组负荷从 50% 提高到 100% 时，主蒸汽压力、温度等参数的波动情况。验收工作应依照国家相关标准以及行业规范开展，组建一个由建设单位、监理单位、施工单位共同构成的验收小组，从技术指标达成情况、安全性能保障程度、经济效能实现水平等多个维度进行评估。验收所涉及的指标包含控制精度的达标比率、设备运行的可靠程度、能耗降低的具体幅度等，只有当全部的验收指标都符合要求之后，才能够宣告验收工作圆满完成。

三、火电厂热工自动化改造效能评估体系与案例分析

（一）效能评估指标体系构建

搭建包含“技术指标、经济指标、安全指标”的三维效能评估系统，从而全方位、整体地衡量改造工作所取得的成效。技术指标包含控制的精确程度（主蒸汽温度的波动范围、汽压控制时

产生的误差等）、系统的可靠程度（例如平均没有故障而能够运行的时间、控制指令得到准确执行的比率）、响应速度（比如系统做出响应的时间、负荷改变后进行调整的时间）；经济指标包括能耗指标（像供电过程中消耗的煤炭量、发电厂自身用电所占的比率）、运行维护成本（如处理故障成本、设备维护费用）、发电的效率情况（例如机组的负荷率、等效可用的系数）；安全指标有故障提前预警的准确比率、并非按照计划进行停机的次数、环保排放的有关指标（像氮氧化物排放浓度）。凭借体系能够达成针对改造效能的量化以及精准评估。

（二）案例背景：某300MW火电机组改造实践

挑选一个在2008年开始投入生产运营的300MW亚临界火力发电机组作为案例分析。在对该机组实施改造之前，它存在三方面显著的问题，其一，主蒸汽温度呈现出较大的波动情况，其波动范围达到了正负6℃，由于控制的精准程度不够，进而致使锅炉的运行效率较低；其二，分散控制系统老化，系统平均能够保持无故障运行的时长仅为1800小时，并且每年会出现3次非计划停机；其三，该机组的供电煤耗量较高，达到了318克每千瓦时，相较于行业内的先进水平，每千瓦时要高出12克。在2023年，此机组展开了热工自动化方面的改造工作，改造所涵盖的内容有：将分散控制系统更新为国产化的第七代产品，更换120台智能传感器以及优化控制算法等，此次改造的总投资达到860万元，改造的工期设定为18天，改造工作借助机组大修的窗口期完成核心部分的施工。

（三）改造效能量化分析

凭借所构建的评估体系，对比分析该机组在改造前与改造后各12个月的运行数据，可以发现效能提升展现出明显的效果。在技术指标维度，主蒸汽温度的波动范围收缩至正负1.2摄氏度，控制精准度提高76.7%；系统的响应时长从450毫秒缩减至90毫秒，变负荷的调整时长从40分钟减少至15分钟；平均无故障的运行时长提升到了6200小时，和改造之前相比增长244%。在经济指标范畴内，供电煤耗降低至309克每千瓦时，若按照年发电量18亿千瓦时来计算，每年能够节约标准煤1620吨，并且使得燃

料成本减少129.6万元，厂用电率从6.8%下降到6.1%，一年可节约厂用电1260万千瓦时，节省电费75.6万元，运维成本每年降低42万元，改造投资的回收期限大概为5.2年。在安全与环保指标领域，故障预警的准确程度达到93%，改造之后未曾出现非计划停机的情况，氮氧化物的排放浓度从每立方米105毫克降低到每立方米82毫克，符合最新的环保标准。

（四）案例改造的经验与启示

此案例改造所取得的成功经验主要涵盖三个方面，其一，技术选型适配性强，所选用的国产化分散控制系统与机组容量高度契合，和进口设备相比使采购成本降低30%，并且后期技术支持响应迅速；其二，施工组织科学合理，借助大修窗口期集中进行硬件改造，在在线升级阶段运用主备切换模式，以此保证机组能够持续运行；其三，重视人员培训，在改造之前组织运维人员开展为期一个月的技术培训，从而确保改造之后能够快速掌握新系统的操作以及维护技能。其带来的启示是，火电厂进行热工自动化改造时，需依照机组的实际情况拟定个性化方案，防止采用“一刀切”这种单一、缺乏灵活性的改造方式，同时还需着重加强改造完成之后的人员培训事宜以及系统运维工作，进而充分发挥出改造的实际效能。

四、结论

在能源转型以及政策推动双重背景下，火电厂实施热工自动化改造已然成为提升其核心竞争力的必然举措。本文针对分散控制系统的升级、智能传感的应用等关键改造部分开展了系统性阐述，搭建起“技术—经济—安全”三维的效能评估体系，并借助具体的机组实例验证改造所取得的良好成效。研究显示，经过科学规划与合理实施的热工自动化改造，能够切实降低机组的能源消耗，增强设备运行的可靠程度，让投资回报处于合理周期。在改造中，要着重结合机组的实际情形拟定个性化方案，采用分阶段推进的模式，同时强化针对人员的培训工作。·

参考文献

- [1] 欧再星.火力发电厂热工自动化仪表安装及常见故障[J].机械管理开发,2024,39(12):258-259+273.
- [2] 郭超.火电厂热工自动化系统安全保护与故障诊断的智能化技术研究[J].电气技术与经济,2024,(09):258-260+264.
- [3] 黄宏宁.火电厂热控自动化控制设备的调试及安装应用[J].模具制造,2024,24(07):222-224.
- [4] 徐龙涛.故障树分析法在电厂热工自动化检修中的应用[J].科学技术创新,2024,(07):31-34.
- [5] 颜为红.火电厂热控自动化保护装置的检修及维护探究[J].冶金与材料,2022,42(04):59-61.