

1000MW 火力发电厂化学制水系统能效提升与节能措施

张星平

福建华电可门发电有限公司, 福建省福州市, 350512;

摘要: 伴随着我国经济的迅速发展, 电力需求不断增大, 1000MW 火力发电厂在电力供应上起着重要的作用。但是火力发电厂的化学制水系统的能耗较高, 会增加发电成本, 并且会对环境造成一定的影响。因此提高化学制水系统效率, 采取有效的节能措施, 对降低发电成本、减少环境污染有重大意义。

关键词: 1000MW; 火力发电厂; 化学制水系统能效; 节能措施

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.073

引言

在当前能源形势日趋紧张、环保要求越来越高的环境下, 1000MW 火力发电厂化学制水系统节能问题越发突出。化学制水系统属于火力发电厂的重要组成, 它的主要任务就是给锅炉供给优质的补给水, 保证锅炉安全、稳定运行。但是传统的化学制水工艺存在工艺流程复杂、设备运行效率低、能源消耗大等缺点, 既影响发电厂的经济效益, 又不符合国家节能减排的要求。

1 化学制水系统能效提升的必要性

1000MW 火力发电厂属于高耗能企业, 化学制水系统是保证机组安全、稳定运行的重要辅助系统, 其能耗占电厂总能耗的 3%到 5%, 虽然从比例上看并不大, 但是由于机组的庞大产能基数, 即使节能水平只有一丁点的变化也会产生很大的能量损耗差别。能效提升的必要性从企业的降本增效角度来说是在存在的, 目前电力市场竞争越来越激烈, 火电企业面临着上网电价调控和环保成本上升的双重压力, 化学制水系统经过能效改善可以有效地减少电耗、药耗以及水资源的消耗量, 以某一台 1000MW 机组为例, 制水系统能效提高 10%, 可以达到每年节约电量约 50 万度, 节约用水量约 10 万吨, 从而降低生产成本近百万元。其次, 从能源利用和环保政策导向看, 在国家“双碳”目标下, 火电企业要完成严格的节能减排任务, 化学制水系统属于高耗水、高耗电的环节, 它的能效提升是企业实现节能降耗、推进绿色发展的主要途径, 可以减少水资源的开采量和废水的排放量, 减轻对环境的影响。其次, 关系到机组运行安全和稳定, 1000MW 机组对给水水质的要求很高, 化学制水系统能效提升不是单纯的节能降耗, 而是工艺改进和运行精度提高, 可以有效地防止由于水质波动造成的锅炉结垢、管道腐蚀等现象, 减少非计划停机损失, 保证机

组长期高效率运行。另外, 从行业发展趋势上看, 智能化、高效化是火电辅助系统升级的方向, 化学制水系统能效提升可以促进传统制水工艺同先进技术的融合, 提高企业的技术装备水平和核心竞争力, 为火电企业在能源转型背景下实现可持续发展打下基础。

2 能效提升策略

2.1 提高设备运行效率

提高设备运行效率是 1000MW 火力发电厂化学制水系统能效提升的主要途径, 要从核心设备的选型、运维和优化运行入手。对反渗透系统进行定期的物理和化学清洗, 根据膜污染的不同选择合适的清洗剂, 无机污染用柠檬酸溶液清洗, 有机污染用碱性清洗剂清洗, 恢复膜的透水性, 降低跨膜压差, 减小高压泵耗电量; 更换老化、破损的反渗透膜元件, 选用低能耗、高通量的新型膜元件, 例如采用抗污染型反渗透膜, 可以降低运行压力 0.3~0.5MPa, 明显提高运行效率。对于高压泵、循环水泵等转动设备, 采用变频调速技术改造, 根据制水负荷和工艺要求来调节泵的转速, 防止设备在额定转速下长期低效运行, 当制水负荷降到 70%以下的时候, 用变频调速可以将泵的能耗降低 50%, 对泵体做优化检修, 清除叶轮积垢、调整轴承间隙, 减小设备运行阻力, 提高泵的运转效率。对离子交换器和 EDI 设备要定期检查离子交换树脂性能, 及时更换老化、污染的树脂, 用高效再生方法, 改进再生剂浓度及用量, 减小再生过程中能源和药剂消耗量; 改善 EDI 设备的电流、电压参数, 保证设备处于良好的工作状态, 提高脱盐率和电流效率。另外加强辅助设备的管理, 比如对风机运行参数进行优化, 使预处理环节的曝气强度满足水质要求; 定期维护加药系统, 保证药剂投加的准确度, 防止过多投加造成药耗增加和后续处理负荷增大, 通过全设备生命周期的

高效管理来提高系统的整体运行效率。

2.2 能源梯级利用

能源梯级利用是 1000MW 火力发电厂化学制水系统能效提高的方向之一，主要就是根据各种能源品位的不同来建立“高品位能源高效利用、低品位能源回收复用”的能源利用体系。首先加强余热回收利用，1000MW 机组的汽轮机排汽、锅炉烟道等处有大量的低品位余热，可以通过余热换热器把余热传给化学制水系统中的原水或者再生液，提高原水温度和再生液反应活性，将原水温度由 20℃ 提高到 35℃，可以使得反渗透膜的产水量提高 15% 左右，同时降低高压泵的能耗；用余热来加热再生液，可以加快离子交换反应的速度，减少再生剂的使用量和再生的时间，提高再生效率。其次就是实现余压回收利用，在化学制水系统中高压泵出口处有高压水，高压水经过反渗透膜之前还会有剩余的压力，可以设置余压透平装置把多余的压力转换成机械能，驱动加药泵、循环水泵等辅助设备或者用来发电补充系统用电，达到余压资源的回收再利用的目的；优化系统压力调节方式，防止由于阀门节流降压造成的能量损耗，采用变频调速和压力反馈控制相结合的方法，准确地控制系统的压力。再次就是推行水资源的梯级利用，构建起“原水—制水—浓水—再生废水”梯级利用链条，原水经过预处理之后进入到深度处理环节，反渗透浓水用作预处理环节冲洗、煤场洒水或者厂区绿化用水，离子交换再生废水经中和处理后作为灰渣水系统补水使用，实现水资源的多级重复使用，减少新鲜水的消耗；收集系统的冲洗水、溢流水，经简单处理后返回到原水箱重新处理，提高水资源利用率。另外，改善能源供给结构，在制水系统里推行使用光伏、风电等可再生资源来给加药系统、监测系统等辅助设备供电，减少对传统火电能源的依赖，提高整个系统的能源利用率。

2.3 系统智能化与自动化

系统智能化和自动化是 1000MW 火力发电厂化学制水系统节能提效的技术保障，依靠采用先进的监测、控制及优化技术，达到对系统运行精确调节、高效管理的目的。首先建立全流程水质监测网络，在原水进水口、预处理出口、反渗透进出口、EDI 出口等主要部位装设在线监测仪表，实时监测浊度、硬度、含盐量、电导率等主要水质指标，数据经由工业互联网平台传送到中央控制室，给运行参数的调节供给准确依据，防止因为水

质变化造成低效运转以及能源耗费。其次就是推行智能控制系统改造，用 PLC（可编程逻辑控制器）和 SCADA（数据采集与监控系统）相配合的方式，使制水流程实现自动化运行，即按照原水水质监测数据来自动调节絮凝剂、阻垢剂的投加量，依照反渗透产水水质来自动调节高压泵的转速以及回收率，依据制水负荷来自动启停设备，减小人的操作失误，提高运行精确度。采用人工智能优化算法，根据历史运行数据和实时监测数据来创建一个能效优化模型，对水质的变化趋势进行预测，并且自动地去调节工艺参数，比如反渗透运行的压力、EDI 电流电压等，使系统达到最佳能效；用数字孪生技术创建化学制水系统虚拟模型，模拟不同的运行工况下系统的性能，给工艺优化、设备维护提供理论依据，减少现场试验造成的能耗和资源消耗。另外就是建设智能运维管理系统，对设备运行状况实行实时监测、故障预警和全生命周期管理，用振动监测、温度监测等方式来发现设备潜在的故障，并且预先做好维护保养的工作，防止由于设备出现故障而造成的低效运转以及能源的浪费；设立能耗统计及分析模块，实时统计系统电耗、药耗、水耗，生成能效分析报告，给能效提高策略的优化提供数据支持，依靠智能化、自动化的技术手段去完成化学制水系统高效、精确、低成本地工作。

3 节能措施实施

3.1 节能措施的选择与评估

节能措施选择及评价是 1000MW 火力发电厂化学制水系统节能工作的基础，要按照技术可行、经济合理、环保达标、适应工况的原则来确定，并保证所选的措施具有实际的应用价值。选择时首先要根据系统目前的实际运行情况和能效不足的地方，做全面的能效诊断，找出能耗高的地方，比如高压泵运行、反渗透膜污染、再生剂消耗过大的地方，有针对性地选择节能措施，例如对高压泵能耗高进行变频调速改造，对反渗透膜污染进行高效清洗和抗污染膜更换，对再生剂消耗大进行 EDI 技术代替传统离子交换工艺。其次，从技术成熟度和可行性角度出发，优先选择在火电领域有成功应用的节能技术，例如反渗透膜优化、变频调速、余热回收等，防止采用的技术不成熟、不稳定而造成系统运行风险，还要考虑电厂现有的设备条件以及场地的空间大小，在余热回收系统改造中要考虑余热来源及场地布置等因素，不能因为场地受限而无法实施改造。在经济评价上，用

生命周期成本法来综合考虑节能措施的初始投入、运行费用、维护费用和节能效益,计算投资回收期 and 节能效益,优先选择投资回收期短、节能效益明显的措施,变频调速改造的投资回收期一般为1-2年,应该优先推广;投资大但是长期节能效益明显的话,要根据企业长远发展规划来确定合理的实施区域。另外还需要做环保评价,保证选用的节能措施不会产生二次污染,即再生剂替代措施要保证替代后再生剂对环境无害,浓水回收利用措施要保证回收水不给后面用水环节带来污染,从多个角度选择和评价,选出最符合本厂化学制水系统节能措施组合。

3.2 节能措施实施步骤

节能措施的实施要遵循统筹规划、分步实施、先易后难、试点先行的原则,保证实施过程中有序进行,不影响系统的正常运转。第一步就是前期准备工作,成立专项实施小组,明确各个成员的分工,由技术负责人、施工负责人、安全负责人等组成,完成现场详细的勘察和数据采集的工作,核实正在使用的系统设备参数、运行状态、能耗指标等情况,在此基础上编写出节能措施实施方案,即节能措施实施的目标、进度安排、技术标准以及安全保障措施等内容,同时对相关工作人员进行培训,提升他们的节能意识和技术水平,保证节能措施的有效执行。第二步是试点实施阶段,在系统中能耗较高的地方和具备改造条件的地方选择一台高压泵进行变频调速改造,或者在一个制水单元里实行反渗透膜优化和浓水回收利用,试点规模不宜太大,便于及时发现并改进问题,保证施工质量符合技术要求,试点结束后对节能效果做测试和分析,比较改造前后能耗指标、运行效率等,评价试点方案的可行性和有效性,根据试点结果进一步完善整体实施方案。第三步是全面推广阶段,在试点方案经验证可行之后,依照优化后的方案将节能措施全面地推广到整个化学制水系统当中去,合理安排施工时间表,防止多个改造工程一起进行给制水系统正常运转带来干扰,先对所有的高压泵进行变频调速改造,然后再进行智能化系统的改造;在全面实施的过程中要

建立施工台帐,记载施工进度、质量问题及解决办法,保证实施过程可以追查。第四步验收和总结阶段,在所有的节能措施全部完成之后,组织专项验收,由技术专家、设备厂家及企业有关人员参加,依照方案和节能目标对改造效果进行评价;总结实施过程中取得的经验以及遇到的问题,并且完善系统运行的操作规程及维护管理规章制度,保证节能措施能长久地发挥作用。

4 结语

总之,1000MW火力发电厂化学制水系统的能效提升与节能措施是一项系统且具有深远意义的工作。通过提高设备运行效率、实现能源梯级利用以及推进系统智能化与自动化等策略,再经过科学合理的节能措施选择、评估与有序实施,能够在多个层面为火电企业带来显著的效益。企业不仅能在降本增效方面迈出坚实步伐,有效降低生产成本,还能积极响应国家“双碳”目标,在能源利用和环保方面展现出更强的责任感和执行力,减少对环境的影响。同时,保障了机组运行的安全与稳定,为企业的长期高效运营奠定基础。从行业发展角度看,也顺应了智能化、高效化的趋势,提升了企业的技术装备水平和核心竞争力。

参考文献

- [1]王小龙.火力发电厂设备运行中的故障及解决措施研究[J].仪器仪表用户,2025,32(12):86-88.
- [2]张家玉.火力发电厂尿素水解制氨工艺优化与机理研究[J].化工管理,2025,(31):142-144.
- [3]马振强,高志锐,张文燕,柴澍靖.火力发电厂直流冷却海水综合利用研究[J].盐科学与化工,2025,54(07):25-27+32.
- [4]常维维.火力发电厂中现代环保技术的应用分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(12):16-17+20.
- [5]廖德均.火力发电厂湿法脱硫工艺应用与脱硫效率影响因素分析[J].资源节约与环保,2025,(05):145-149.
- [6]郭小钢.火力发电厂锅炉脱硫除尘及节能技术[J].清洗世界,2025,41(01):13-15.