

低碳视角下火电厂集控运行节能降耗技术探究

李晓云

华电新疆发电有限公司 新疆 乌鲁木齐 830063

摘要：当前火电行业正加速推进低碳转型，集控运行作为机组发电全流程管控的核心枢纽，因运行管控精度不足导致的能耗浪费问题愈发突出，已成为制约火电能效水平提升的关键瓶颈。本文结合火电生产实际运行特点，深入剖析集控环节各类能耗问题的形成根源，分类介绍适配不同运行场景的节能调控技术，提出机组运行管控模式的优化方向，为火电行业实现低碳增效、节能提质提供可落地的运行参考。

关键词：低碳；火电厂；集控运行；节能降耗

引言：电力产业绿色转型步伐不断加快，传统火电生产模式正面临能效提升与低碳减排的双重发展要求。作为我国电力供应体系的核心组成部分，火电厂运行管控质量对能源利用效率有着决定性影响。集控运行贯穿火电生产全流程，是把控机组能耗水平、优化设备运行状态的关键环节。借助科学技术手段改良集控运行方式，破解生产过程中的各类能耗难题，已成为推动火电产业绿色升级的核心路径。

1 低碳视角下火电厂集控运行节能降耗概述

在电力产业不断迭代更新的大环境下，火电机组始终是国内电力供应体系的重要支撑，为电网平稳运行与持续供电提供保障。随着绿色低碳生产理念深度普及，火电产业的发展重心发生明显转变，不再单纯追求发电产能与运行稳定性，而是更加注重生产全过程的能耗管控与资源利用率提升，依靠运行方式改良实现节能增效，成为火电产业转型升级的关键抓手。火电厂集控运行模式涵盖机组发电作业、辅助设备运行、负荷动态调整等生产环节，是统筹管控电厂各类设备与运行工况的核心方式，机组整体能耗水平与集控操作的规范度、精准度密切相关。以往火电集控作业普遍将设备安全稳定运行作为首要目标，在参数精细化调整、设备联动配合、工况动态适配等方面把控不足，极易出现能源无端消耗，无法契合当下火电绿色高效运行的发展标准。对火电厂集控运行方式进行系统性优化与改良，可从生产源头减少能耗损耗，充分挖掘发电机组潜藏的节能空间。立足低碳生产的核心标准，梳理集控运行阶段各类影响能耗的关键因素，改良传统运行管控方式，根据不同作业工况调整运行策略，借助成熟的运行优化手段完善集控管理模式^[1]。持续优化集控运行的操作逻辑与管控方式，可切实减少发电过程中的能源浪费，提升火电生产资源的实际利用率，推动火电产业朝着绿色、高效、

长效的发展方向稳步前行。

2 低碳背景下火电厂集控运行能耗现存问题

2.1 集控运行参数匹配度不足

火电机组运行过程中涉及数十项运行指标的相互配合与制约，系统整体运行状态极易受内部工况波动的影响，各项指标的匹配程度直接决定了机组能量转化的实际效率。目前多数电厂的集控操作仍采用基于固定参数范围的调控模式，运行人员主要依据预设的参数区间进行设备调节，调控方式相对僵化，难以适应设备长期运行后出现的性能衰减情况。锅炉燃烧状态、水循环流程以及蒸汽温度控制等核心生产环节，都需要根据设备实时状态做出动态调整。负荷出现浮动变化时，各类运行指标的更新速度无法跟上工况转变节奏，送风、输煤、给水、控温等关键操作环节难以做到同步配合。各项运行指标的联动特性得不到充分利用，局部参数的小幅调整会带动周边运行条件出现偏移，造成整体工况偏离理想运行区间。参数匹配度不足会导致锅炉燃烧效率下降1-3个百分点，机组供电煤耗增加3-8g/kWh。设备长期在非最佳状态下持续运转，会不断产生不必要的能量消耗，削弱机组运行的经济性能。

2.2 机组辅机系统运行能耗偏高

火电生产流程的顺利开展，离不开各类辅机设备的协同支撑，送风、给水、制粉等辅助系统均为主机发电作业提供保障，其运行状态直接影响全厂整体能效水平。火电厂辅机系统能耗一般占厂用电总量的70%-80%，是厂用电消耗的最主要组成部分。多数辅机设备在前期选配阶段以极端峰值工况为参照标准，设备设计裕度相对充足，普遍在20%-40%之间，机组日常常规负荷运行阶段，设备实际出力往往超出生产所需。多数辅机保持恒定的运行参数开展作业，无法跟随机组负荷动态变化做出适应性调整。工况出现浮动变化时，管路阻力

消耗、设备空转消耗等多余能耗问题持续存在,造成能源利用不充分的情况。长时间持续服役会让辅机内部结构出现正常损耗,设备工作效能随之产生衰减,完成同等作业任务需要消耗更多能源^[2]。各台辅机运行状态相对独立,相互之间的联动调控精度不足,系统整体配合度较差,各类能耗损耗不断叠加,使得辅机单元整体能耗始终处于较高区间。

2.3 集控智能调控体系建设不完善

智能化控制技术已在火电机组日常运行管控中得到广泛应用,能够辅助运行人员开展工况调节工作。但目前多数火电厂建成的智能集控系统仍存在不少短板,整体管控能力尚不能完全满足高质量、低能耗的发电运行要求。当前集控智能架构大多只能够满足基础的数据采集与稳态控制需求,面对机组运行过程中多因素相互干扰的复杂工况,很难做到全方位、精细化的智能管控。传统人工调控模式下,机组运行参数偏离最优值的时间占比可达30%-40%。各类智能控制模块的自主适配能力有限,在机组负荷不断变动的运行场景下,控制动作的灵敏程度与精准程度无法达到理想标准,难以主动完成最优工况的匹配优化。系统内部各类功能模块独立度较高,数据传输与指令执行衔接不够顺畅,容易引发控制延迟和调节偏差。智能运算技术未能深度融入运行管控环节,难以适配机组动态变化的运行规律,导致设备潜藏的节能性能无法释放。

2.4 动态工况能耗管控机制不完善

火电机组在连续运行过程中,运行负荷始终处于动态变化之中,不同工况之间的频繁切换会产生大量可变能耗,直接影响机组的整体节能效果。机组在深度调峰工况下,供电煤耗会比额定负荷工况增加15%-30%。现阶段火电行业的能耗管控方式大多围绕机组稳定运行状态设计,并未充分适配调峰、负荷变动等非稳态运行场景,动态管控层面存在明显不足。机组工况发生切换时,现行操作标准缺少细化的调节依据,现场运行调控方式偏于笼统,难以根据实时运行状态做出精细化调整。机组动态运行过程中,各设备系统的能耗生成规律存在波动,现有管控方式难以灵活适配这类复杂的运行变化。常规运行管理工作更侧重稳定工况下的能耗治理,对工况变动期间的能耗流失问题把控不足,没有形成完备的动态运行管控体系^[3]。管控模式的滞后,使得波动工况下的能耗损耗无法得到有效管控,机组潜藏的节能空间无法有效挖掘。

3 低碳视角下火电厂集控运行节能降耗核心技术

3.1 集控运行参数优化调控技术

火电发电系统的整体运行效率,在很大程度上取决于各项工况参数的匹配精度,通过科学优化参数调控方式,能够有效减少发电过程中的能量损耗,符合火电绿色低碳运行的发展趋势。传统集控操作模式多采用固定式参数标准,难以适配设备运行状态的动态变化,参数优化调控技术可以有效弥补这类运行短板。摒弃以往单一参数独立调节的传统操作思路,结合机组热力系统的整体运行机理,重新梳理各类运行指标之间的联动关系。针对锅炉燃烧工况、水汽循环流程与压力温度控制等关键环节,搭建多指标协同调节的运行逻辑,依据设备实时运行状态灵活调整参数标准。这种调控方式能够有效缓解参数耦合带来的运行偏差,改善工况切换阶段参数响应不及时的问题,让整套机组始终维持在高效运转状态。通过多指标协同参数优化,可使锅炉燃烧效率提升0.5-2个百分点,降低机组供电煤耗1.5-4g/kWh。精细化的参数调整方式可以有效削减设备运行产生的无用损耗,充分释放机组不同运行状态下的节能空间,持续提升火电生产阶段的能源利用效率。

3.2 辅机系统协同节能运行技术

火电厂各类辅助设备并非孤立运行的单元,相互之间存在着紧密的运行联系,仅针对单一设备进行节能调节,很难从根本上降低整个辅机系统的能耗水平。辅机系统协同节能运行技术以整套辅助设备体系为优化对象,改变以往单一设备单独管控的运行思维,对风机、水泵以及制粉装置等常用辅机设备进行统一协调管控。技术运用过程中依据主机实时运行负荷变化,灵活调整各类辅机的工作出力状态,弱化设备预留冗余过大造成的无效能耗。通过重新梳理各辅机设备的配合逻辑,改善管路输送损耗、动力输出不匹配等常见运行问题,让各设备的工作节奏相互适配,减少系统内部的能量流失。一体化的协同管控方式,能够有效规避设备空转、低效运转等不良工况,提升整套辅机体系的运行贴合度。辅机系统协同优化可降低厂用电率0.5-1.2个百分点,对于300MW级机组,每年可节约厂用电约300-800万千瓦时^[4]。对辅机系统开展整体性节能优化,能够有效弥补传统运行模式的能效缺陷,减少机组厂用电的不必要消耗,从辅助生产层面提升火电整体运行效率。

3.3 智能集控精准调控节能技术

传统火电机组的集控操作高度依赖运行人员的经验判断,人工调节方式往往难以同时保证调控精度和响应速度,容易导致机组运行能效无法得到充分发挥。采用对先进的系统感知与智能的运算体系依托手段,我们不仅能够对机组各个设备的运行状态信息都能实时的采集

到,而且对整体的运行工况也能通过一系列综合性地研判。借助对其自适应控制逻辑的不断适配机组多变的运行环境需求,能主动对各项的运行参数都能进行细微校准与动态的调整,从而使机组高效稳定地运行。面对火电生产过程中多参数相互干扰、工况频繁波动的运行特点,智能化管控体系可实现全程动态修正,及时消除运行偏差,保障整套设备系统平稳运行。凭借智能调控模式的优越性,有效地克服了传统调控方式所带来的操作延迟和调节误差,使得各个生产系统都能维持在一个相对高的工作效率的状态下。通过智能的集控精准调控,不仅能使机组的整体运行效率都能提升1-3个百分点,还能将供电的煤耗降低2-6g/kWh,同时也能将人工操作量都大大地减少60%以上。采用对机组的智能化精准管控手段的优化方式,使其能够更好的适应不同的运行场景,有效的削减了各类无效的能耗,持续的推进了火电生产的节能提质工作。

3.4 动态工况适配节能运行技术

火电机组的实际运行状态始终处于动态调整之中,负荷增减和工况转换十分频繁,非稳定运行阶段产生的各类能耗损失,会持续拉低机组的整体能源利用效率。动态工况适配节能运行技术聚焦机组各类变工况运行场景,解决传统固定调控模式难以适配动态生产状态的缺陷。该技术结合火电机组热力循环的动态运转特点,结合设备自身的负荷响应特性构建全新的调控逻辑,摆脱传统稳态运行标准的单一约束。在机组工况发生切换的过程中,可实时调整各子系统的运行配合方式,优化各项运行参数的过渡节奏,弱化工况变动引发的设备波动与能源浪费。通过细化各类变负荷场景的运行调控细则,妥善处理动态运行中普遍存在的参数偏移、设备匹

配度不足等问题,让机组在各类非稳态工作状态下依旧保持优良的运行效能。动态工况适配技术可使机组变负荷过程中的能耗降低8%-15%,深度调峰工况下的煤耗增幅可减少5-10个百分点^[5]。这种贴合工况变化的适配调控方式,可有效管控动态运行中的无效能耗支出,完善全工况能耗治理体系,充分释放机组不同运行状态下的节能空间。

结束语:未来,火电行业的发展将进一步聚焦精细化运行管控和低碳能效提升,各类智能化、动态化的节能技术将逐步在集控运行环节得到普及应用。通过持续优化参数调控逻辑、完善辅机协同运行模式、升级智能管控体系,能够全方位解决火电生产的各类能耗难题。持续深耕集控运行节能优化领域,可不断挖掘火电机组节能潜力,推动火电生产模式向低碳化、高效化、精细化方向稳步升级。

参考文献

- [1]武州峰.低碳转型背景下火电厂集控运行节能降耗创新技术研究——以天津国能盘山发电有限公司改造项目为实证[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(1):137-140.
- [2]刘洋.低碳经济背景下火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2025(17):220-222.
- [3]李阳.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2025(13):236-238.
- [4]罗春.火电厂集控系统节能降污协同管控策略[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(2):069-072.
- [5]王桐.低碳经济背景下火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].时代报告,2023(47):0122-0123.