

火电厂热工自动化系统设计中节能减排技术的应用

孟宪鹏

天津国能津能热电有限公司，天津 300304

摘 要： 在全球能源结构转型与环保要求日益严格的大背景下，火电厂作为能源生产的重要力量，其节能减排任务艰巨且关键。热工自动化系统在火电厂的高效、清洁运行中扮演着举足轻重的角色。本文旨在深入分析我国火电厂热工自动化系统发展现状，详细探讨其节能减排技术的应用策略，并结合实际设备参数阐述应用效果，为火电厂进一步实现节能减排目标提供理论与实践参考。

关 键 词： 火电厂；热工自动化系统；节能减排；设备参数

Application of Energy Saving and Emission Reduction Technology in the Design of Thermal Automation System for Thermal Power Plants

Meng Xianpeng

Tianjin Guoneng Jinneng Thermal Power Co., Ltd. Tianjin 300304

Abstract： In the context of the global energy structure transformation and increasingly strict environmental protection requirements, thermal power plants, as an important force in energy production, face a daunting and critical task of energy conservation and emission reduction. The thermal automation system plays a pivotal role in the efficient and clean operation of thermal power plants. This article aims to deeply analyze the current development status of thermal automation systems in China's thermal power plants, discuss in detail the application strategies of energy conservation and emission reduction technologies, and elaborate on the application effects based on actual equipment parameters, providing theoretical and practical references for thermal power plants to further achieve energy conservation and emission reduction goals.

Keywords： thermal power plant; thermal automation system; energy conservation and emission reduction; equipment parameters

引言

随着经济的快速发展，能源消耗与环境污染问题愈发凸显。火电厂作为传统的能源供应基石，是节能减排的重点关注领域。热工自动化系统凭借其生产过程精准控制和优化的能力，成为实现火电厂节能减排目标的核心手段^[1]。通过合理应用该系统中的各类节能减排技术，不仅能提高能源利用效率，还能有效降低污染物排放，对推动火电厂可持续发展具有重要意义。

一、我国火电厂热工自动化系统发展现状剖析

（一）系统功能详述

热工自动化系统涵盖了多个关键功能，以保障火电厂生产的稳定与高效。首先，其具备强大的监测功能，通过各类传感器实时采集温度、压力、流量、液位等众多运行参数，为操作人员提供全面、准确的机组运行状态信息^[2]。同时，系统的控制功能可以依据预设的参数和控制策略，对机组的启停、负荷调节、燃烧过程等进行精准调控。如在负荷变化时，自动化系统能够快速协调汽轮机、锅炉等设备的运行状态，确保机组平稳过渡，维持高效的能源转换效率。而且，通过自动化的调节，能使燃烧过程保

持在最佳状态，实现燃料的充分燃烧，减少不完全燃烧带来的能源损失和污染物排放。此外，系统还具备报警与联锁保护功能。一旦监测到关键参数超出正常范围，会立即发出警报并触发相应的联锁保护动作，防止设备损坏，保障人员安全，同时避免因设备故障导致的大量能源损耗和环境影响。

（二）系统特性分析

热工自动化系统具备显著的智能化特性。凭借先进的人工智能算法与大数据分析技术，该系统可深度挖掘大量运行数据，进而实现故障预测、性能优化等功能。不仅如此，其在数据传输速度方面能实现大幅优化，同时有效提升资源共享效率，为火电厂的高效、稳定运行筑牢根基，助力整体生产流程更加顺畅有序^[3]。

作者简介：孟宪鹏（1990-），男，汉族，天津市人，毕业于华北电力大学，现任公司维护部热控班长，研究方向：测控技术与仪器。

二、基于节能减排的热力设备安全保障策略

（一）安全运行对节能减排的基础性作用

在火电厂生产中，任何设备故障或不稳定运行都会引发一系列连锁反应。例如，锅炉若出现燃烧不稳定情况，不仅会导致燃料燃烧不充分，能源利用率低，煤耗增加，还会造成污染物排放超标（CO、NO_x等）。再如汽轮机控制参数不合理，导致做功效率低，蒸汽能量不能有效转化为电能，则需要更多的能源投入来维持机组的运行，加剧能源浪费和环境污染。因此，只有确保热力设备始终处于安全稳定的运行状态，才能为节能减排工作的顺利开展创造良好的基础条件。

（二）设备状态监测与故障诊断的强化举措

为保障热力设备的安全运行，先进的状态监测技术被广泛应用。通过在设备关键部位安装温度、振动、压力等各类传感器，可以实时获取设备的运行状态数据^[4]。如在锅炉的管壁上安装温度传感器，能够连续监测管壁温度，及时发现超温现象，预防爆管事故的发生。利用大数据分析和机器学习算法，对采集到的海量数据进行分析处理，建立设备的健康评估模型，实现精准的故障诊断。在此基础上，制定合理的预防性维护计划，根据设备的实际运行状况和故障风险等级，安排针对性的维护保养工作，避免设备过度维修或维修不足的情况发生，延长设备使用寿命，确保设备长期高效、安全运行，从而最大程度地减少因设备故障导致的能源浪费和污染物排放，助力节能减排目标的实现。

三、火电厂热工自动化系统优化策略

（一）控制软件应用优化

控制软件是热工自动化系统的核心组成部分，其性能直接影响系统对机组的控制效果。应当选择适配性良好、功能先进的控制软件，例如，采用基于模型预测控制（MPC）算法的控制软件，它能够根据火电厂机组的动态模型，预测未来一段时间内机组的运行状态，并据此制定最优的控制策略。在实际应用中，通过优化控制软件的参数设置和控制逻辑，可以进一步提高控制精度。比如，对于锅炉的燃烧控制，精确调节风煤比，根据实时的负荷需求、燃料特性以及氧量反馈等信息，动态调整送风量和给煤量，使燃烧过程更加接近理想状态，提高燃烧效率，减少燃料消耗和污染物生成。对于设计人员而言，具备较高的设计能力以及良好的职业素养是必不可少的。在实际工作中，往往需要借助现代化的算法软件来开展控制工作，以此实现对整个系统全面且细致的调试，确保系统能够稳定、高效地运行^[5]。

（二）负荷经济分配策略实施

火电厂通常有多台机组并行运行，如何合理分配电网负荷到各台机组，实现整体能源利用效率的最大化，是节能减排可以拓展的重要环节。负荷经济分配需要综合考虑各机组的性能特点，如不同机组的热效率曲线、最小稳定负荷、最大出力限制等因素。运用优化算法，如动态规划算法、遗传算法等，建立负荷分配模型，以总发电成本最小或总能耗最低为目标函数，在满足电

网负荷需求和机组运行约束条件下，求解出各机组的最佳负荷分配方案。在对火电厂的各项数据予以深入分析之后，便可获取相应的机组运行负荷曲线图，借助这一曲线图的呈现形式，能够在一定程度上有效削减消耗，为火电厂的成本控制以及高效运营提供有力支持^[6]。

四、节能减排理念在热工自动化系统中的应用

（一）微油点火技术应用优势

微油点火技术是一种新型的节能点火技术，其原理是通过特殊的燃烧器设计和燃油雾化装置，将少量的燃油进行精细雾化，在高能点火装置的作用下形成稳定的火焰核心，然后利用煤粉的自热性，逐步引燃煤粉，实现锅炉的启动。与传统点火方式相比，微油点火技术能够显著降低点火过程中的燃油用量。在实际应用中，可将燃油消耗降低80%以上，大大减少了燃油成本，同时也降低了因燃油燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物等污染物排放量。尤其对于频繁启停的机组，微油点火技术的节能减排效果更为突出，为火电厂的清洁启动提供了有效的技术手段。

（二）单元机组控制与脱硝、脱硫的协同策略

在火电厂运行中，脱硝、脱硫过程对于减少NO_x和二氧化硫等污染物排放至关重要。将单元机组控制与脱硝、脱硫过程有机结合，能够实现更好的节能减排效果。在控制策略上，通过热工自动化系统实现对机组负荷、燃烧工况、烟气流量等参数的协同调节，使脱硝、脱硫系统的运行与机组整体运行状态相匹配。例如，根据实时监测的NO_x浓度，自动调整燃烧器的运行参数，如改变燃烧器摆角、调整风量分配等，在保证机组稳定发电的同时，优化燃烧过程，降低NO_x的生成量。通过将旁路挡板以及烟气脱硫控制系统替换为换热器与增压风机的方式，来优化锅炉的燃烧性能，进而最大程度地减少对空气造成的污染，助力实现环保目标^[7]。

（三）变频技术规范应用要点

火电厂中有大量的辅机设备，如风机、水泵等，这些设备的能耗在厂用电中占比较大。变频技术的应用为降低辅机设备能耗提供了有效途径。其原理是通过改变电机的供电频率，进而调节电机的转速，实现对辅机设备流量、扬程等工作参数的按需调节。在实际应用中，对于送风机，根据锅炉的实际负荷需求，通过变频器调节风机转速，使送风量与燃烧所需风量精准匹配，避免了传统定速风机通过调节挡板开度来控制风量造成的大量节流损失，提高了风机的运行效率，降低了能耗。同样，对于给水泵等设备，采用变频调速技术也能实现根据实际工况精确供水，减少能源浪费。在进行技术规范编制的过程中，鉴于机组配备并使用了变频器，这一举措能够极大地优化机组的使用效果，使其在运行过程中展现出更优的性能表现，更好地满足生产等相关需求^[8]。然而，变频技术的应用需要规范操作，要合理选择变频器的容量、类型，确保其与电机和设备的匹配性，同时要做好变频器的散热、电磁兼容性等方面的维护工作，保障其稳定可靠运行，充分发挥其节能降耗的优势，助力火电厂节能减排目标的

实现。因此，在进行热工设计工作期间，应充分发挥变频器的作用，凭借与之相关的操作，切实有效地推动火电厂热工领域不断向前发展，同时促使相关编织技术朝着更加规范化的方向迈进，为热工系统整体的高效、稳定运行筑牢基础^[9]。

五、火电厂热工自动化系统相关设备概况

（一）锅炉设备特点与构造

美国燃烧工程公司(CE)技术设计和制造的锅炉呈现出诸多独特特点，是亚临界参数、一次中间再热、单炉膛、自然循环汽包炉，且采用固态干式排渣方式。炉膛内部的受热面布局精妙，上部的壁式再热器、分隔屏过热器、后屏过热器以及折焰角上方的屏式再热器，合理分布以充分吸纳炉膛热量，提升蒸汽温度与品质。水平烟道里，高温再热器和高温过热器有序排列，让蒸汽过热程度更契合汽轮机需求。尾部竖井烟道中，低温过热器和省煤器依次设置，省煤器借助烟气余热预热给水，有效提高锅炉热效率，其下方的脱硝装置更是为减少氮氧化物排放助力，契合节能减排要求。另外，尾部竖井外侧配备的两台三分仓回转式空气预热器，利用烟气余热预热进炉空气，优化燃烧，提升能源利用效率。

（二）锅炉的调温、制粉与燃烧系统

过热器系统设有两级喷水减温系统，一级减温器置于低过出口集箱至分隔屏进口集箱连接管，二级在后屏出口集箱至高温过热器进口集箱连接管上，能依蒸汽温度实时监测情况喷水，保障过热蒸汽温度稳定，确保汽轮机安全运行。再热蒸汽调温以燃烧器摆角调节为主，辅以壁式再热器进口管道的事故喷水减温器，通过改变摆角调整火焰中心位置，影响再热蒸汽吸热量，实现温度调节，紧急时可喷水保护再热器。制粉系统采用MPS180HP-II型中速磨煤机、冷一次风机正压直吹式系统，5台磨煤机4用1备，保障煤粉供应并预留冗余。A磨煤机及B层燃烧器采用等离子点火，平时ABD磨优先运转，效果更优。煤粉细度 $R_{90} \leq 23\%$ ，利于充分燃烧。燃烧器采用四角切向、直流摆动式，正四角布置形成双切圆燃烧，独特的14层喷口布局，一、二次风合理分配，能营造良好燃烧工况，提高燃烧效率，减少排放，契合节能减排理念。

（三）锅炉的吹灰、保护与排渣系统

该锅炉各类吹灰器数量众多，墙式、长吹灰器、半长吹灰器等合理分布，空预器也配有吹灰器，吹灰汽源选取过热蒸汽，定期吹灰可清除受热面积灰，维持传热效率，保障锅炉高效运行，实现节能减排。SCR每层催化剂的8台吹灰器以压缩空气为汽源，能维持催化剂脱硝活性，控制氮氧化物排放。炉膛两侧墙的可伸缩式烟温探针，在锅炉启停时监测烟温，避免超温损坏受热面，保障安全与操作平稳，减少能源损耗与设备损伤风险。同时，10套安全阀和1套PCV阀作为超压保护，在压力异常时自动开启释压，防止爆炸等事故，守护人员、设备安全及火电厂稳定清洁运行。锅炉的干式排渣机连续除渣系统，运行出力合理且有裕量，渣斗能储存一定量灰渣。干式排渣避免水资源浪费与湿渣处理问题，还能实现干渣综合利用，体现节能减排与可持续发展理念。

（四）汽轮机主要技术规范

型号为C330/262-16.7/0.3/538/538型（合缸）的汽轮机，属于亚临界中间再热两缸两排汽抽汽凝汽式，在能量转换中至关重要。额定功率330MW（ECR工况），最大功率360.16MW（VWO工况），额定蒸汽参数明确了不同工况蒸汽输入与能量转换范围，是热力系统设计和运行优化依据^[10]。采暖抽汽压力在0.2~0.55MPa间，通过合理抽汽实现热电联产，提高能源综合利用效率，挖掘节能减排潜力。全电调配汽方式可精准控制阀门开度调节蒸汽流量，维持高热效率，减少能量损失，保障运行安全稳定。在额定供热和最大供热工况下，各参数变化体现发电与供热关联及调节情况，借助热工自动化系统精准调配，能实现发电与供热协同高效运行，发挥能源利用效益，达成节能减排目标。

六、结论与展望

热工自动化系统对火电厂节能减排意义重大，保障安全生产的基础上，热力设备安全策略、系统优化策略及具体节能减排技术的应用，从多方面提升能源利用效率、降低污染物排放。未来，随着科技发展，热工自动化系统有望深度融合新兴技术，控制软件将更智能，节能减排技术应用会持续优化拓展。通过这些进步，火电厂节能减排水平将进一步提升，更好地应对能源与环境挑战，实现可持续发展。

参考文献

- [1]李家海. 火电厂热工自动化设计中节能减排分析[J]. 黑龙江科学, 2017, 8(04): 160-161.
- [2]梁雪. 火电厂热工自动化DCS控制系统的应用浅析[J]. 中国设备工程, 2023, (14): 53-55.
- [3]江顺斌. 浅析智能控制在电厂热工自动化中的应用[J]. 新型工业化, 2021, 11(07): 142-143.
- [4]高飞. 发电厂热工自动化系统中的新技术应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40(08): 236-237.
- [5]邹子锋. 自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2021(01): 217-219.
- [6]林兆乐, 王宝文, 葛树俊, 等. 发电厂自动化系统电源切换装置可靠性测试方法研究[J]. 山东电力技术, 2019, 46(12): 60-64.
- [7]王冬生. 火电厂热工自动化中自动控制理论及实际应用研究[J]. 应用能源技术, 2020(10): 14-16.
- [8]陈亚凯. 自动控制理论在火电厂热工自动化中的有效运用分析[J]. 科学技术创新, 2019(34): 195-196.
- [9]李延. 燃煤发电厂热工自动化设备及系统风险分析及对策措施[J]. 价值工程, 2019, 38(25): 120-121.
- [10]赵磊. 燃煤发电厂热工自动化设备及系统风险分析及对策措施[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(5): 3262.