

先进自动控制理论在深度调峰火力发电厂的应用

刘星辰

内蒙古国华准格尔发电有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：先进自动控制理论在深度调峰火力发电厂中展现出显著应用效果。通过引入自适应控制、智能控制及鲁棒控制等先进技术，火力发电厂能够精准调控机组负荷，优化运行效率，同时增强系统稳定性和抗干扰能力。这些技术不仅提升了机组的调峰能力，还保障了电力供应的可靠性和经济性。系统集成与通信技术的同步发展，确保了控制指令的实时传输与数据的高可靠性，为火力发电厂的智能化转型提供了坚实支撑。

关键词：先进自动控制；深度调峰；火力发电厂；应用

引言：随着全球能源需求的持续增长与电力市场的深刻变革，火力发电厂作为能源供应的关键环节，面临着前所未有的调峰压力。为实现电力供应的灵活调节与高效利用，深度调峰技术应运而生。在此背景下，先进自动控制理论的融入，犹如为火力发电厂注入了一股强大的科技动力。它不仅能够精确调控机组负荷，优化燃烧过程，减少能耗与排放，还能显著提升系统的响应速度与稳定性，为火力发电厂的智能化转型和可持续发展奠定了坚实基础。

1 先进自动控制理论在深度调峰火力发电厂的重要性

在电力系统中，火力发电厂作为主要的能源供应者，其运行效率和稳定性直接关系到整个电网的安全与稳定。随着电力需求的不断增长及可再生能源的快速发展，电网调峰问题日益严峻，对火力发电厂提出了更高的深度调峰要求。在这一背景下，先进自动控制理论的应用显得尤为重要。第一，先进自动控制理论能够显著提升火力发电厂的调峰能力。通过精确控制发电过程中的各项参数，如燃料量、送风量、引风量等，使机组能够快速响应电网负荷的变化，实现深度调峰，从而保证电网的稳定运行。第二，先进自动控制理论有助于降低火力发电厂的运行成本。通过优化燃烧过程，减少不必要的燃料消耗和排放，提高能源利用效率，从而降低运行成本^[1]。先进的故障诊断与预警系统能够及时发现并处理潜在故障，减少因停机检修带来的经济损失。第三，先进自动控制理论还有助于提升火力发电厂的环保性能。通过精确控制燃烧过程，减少氮氧化物、二氧化硫等污染物的排放，降低对环境的污染。同时，在深度调峰过程中，通过优化调整，减少低负荷运行时的污染物排放，进一步提升环保水平。第四，先进自动控制理论在深度调峰火力发电厂中的应用具有重要意义。它不仅能够提升机组的调峰能力和运行效率，降低运行成本，

还能够提升环保性能，促进电力行业的可持续发展。因此，在火力发电厂的技术升级和智能化管理过程中，应高度重视先进自动控制理论的应用和推广。

2 先进自动控制理论在深度调峰火力发电厂中的应用

2.1 模型预测控制的应用

在深度调峰火力发电厂中，模型预测控制（Model Predictive Control, MPC）作为一种先进的自动控制理论，得到了广泛的应用。模型预测控制以其强大的预测能力、滚动优化和反馈校正机制，在应对火力发电厂复杂多变的运行环境中展现出独特的优势。在火力发电厂深度调峰过程中，负荷的快速波动对机组的稳定性提出了严峻挑战。模型预测控制通过构建精确的数学模型，能够提前预测机组未来的运行状态，并据此制定出最优的控制策略。这种前瞻性的控制方法，使得机组能够在负荷波动前及时调整运行状态，有效避免了因负荷突变而导致的机组不稳定。同时，模型预测控制还具备滚动优化的特点。在控制过程中，它不断地根据最新的测量数据和预测结果，对控制策略进行修正和优化，以确保机组始终处于最佳运行状态。这种动态调整的能力，使得模型预测控制在应对深度调峰过程中可能出现的各种不确定性因素时，具有更强的鲁棒性和适应性。模型预测控制还通过反馈校正机制，对控制效果进行实时评估和调整。当实际运行状态与预测结果存在偏差时，控制系统会立即进行修正，以确保控制目标的实现。这种闭环控制的方式，进一步提高了火力发电厂深度调峰的准确性和可靠性。模型预测控制在深度调峰火力发电厂中的应用，不仅提升了机组的调峰能力和运行稳定性，还降低了运行成本和污染排放，为电力行业的可持续发展做出了重要贡献。

2.2 自适应控制的应用

自适应控制能够根据系统运行状态的实时变化，自

动调整控制策略和参数,以应对复杂多变的工况,确保火力发电厂的安全、高效运行。自适应控制能够有效应对火力发电厂中燃料特性的变化。由于燃料的种类、质量等因素会影响燃烧过程,进而影响机组的负荷调节能力。自适应控制通过实时监测燃料参数,自动调整燃烧控制策略,确保燃烧过程稳定,提高机组的调峰响应速度和精度。自适应控制还能应对电网负荷的快速波动。在深度调峰过程中,电网负荷的频繁变化对火力发电厂提出了更高的要求。自适应控制通过实时预测电网负荷变化趋势,提前调整机组运行状态,确保机组能够快速响应电网负荷需求,实现深度调峰。

自适应控制还具有自我学习和优化的能力。在运行过程中,自适应控制系统会不断积累运行数据,通过数据分析和挖掘,发现系统运行中的潜在问题和优化空间。进而,自动调整控制算法和参数,优化控制策略,提高系统的运行效率和稳定性。自适应控制在深度调峰火力发电厂中的应用,能够显著提升机组的适应性和调节能力,确保机组在复杂多变的工况下安全、高效运行。同时,其自我学习和优化的能力也为火力发电厂的智能化管理和优化提供了有力支持。

2.3 智能控制的应用

智能控制是指利用人工智能技术,如模糊逻辑控制、神经网络控制、遗传算法等,对复杂系统进行智能化管理和优化控制的一种方法。智能控制在深度调峰火力发电厂中的应用可以提高系统的调度精度和效率。火力发电厂是一个复杂的系统,常常受到各种不确定因素的影响,如天气变化、负荷波动等。智能控制可以通过学习和适应能力,根据实时数据进行智能调度,使得系统能够更加灵活和高效地应对不同情况^[2]。智能控制可以优化发电设备的运行方式,提高发电效率。通过智能控制算法的优化调整,可以使发电设备的能耗降低、运行效率提高,从而降低成本,提高经济效益。同时,智能控制还能够有效减少设备的维护成本和损耗,延长设备的使用寿命。智能控制还可以提升深度调峰火力发电厂的安全性和稳定性。智能控制系统可以实时监测设备运行状态,及时发现问题并作出相应的控制调整,以避免设备损坏或发生故障,确保火力发电厂的安全稳定运行。智能控制在深度调峰火力发电厂中的应用将为其提供更加智能化、高效化的管理和控制手段,提高发电效率、降低成本、保障安全稳定运行,对于满足能源需求和提升能源供应质量具有重要的意义。

2.4 鲁棒控制的应用

在深度调峰火力发电厂中,鲁棒控制作为先进自动

控制理论的重要组成部分,其应用对于提升系统的稳定性和可靠性具有重要意义。鲁棒控制旨在设计一种控制器,使其在面对系统模型不确定性、参数变化以及外部干扰时,仍能保持良好的控制性能。(1)应对不确定性:火力发电厂在运行过程中,常常会受到煤质变化、设备老化、环境温度等多种不确定因素的影响。鲁棒控制通过其独特的控制策略,能够在这些不确定因素存在的情况下,保持系统的稳定运行,确保深度调峰的顺利进行。(2)优化控制性能:在深度调峰过程中,鲁棒控制通过优化控制算法,使得系统能够在保证稳定性的同时,达到更好的经济性和环保性。例如,通过调整燃烧控制策略,减少燃料消耗和污染物排放,提高能源利用效率。(3)增强系统鲁棒性:鲁棒控制的核心在于其强大的抗干扰能力。在火力发电厂中,外部干扰如电网负荷波动、燃料供应不稳定等都会对系统造成影响。鲁棒控制通过其控制算法的设计,能够有效抑制这些干扰对系统的影响,提高系统的鲁棒性。(4)降低维护成本:由于鲁棒控制能够提升系统的稳定性和可靠性,因此能够减少因系统故障而导致的停机维修次数,从而降低维护成本。这对于火力发电厂而言,无疑是一个重要的经济考虑因素。

3 先进自动控制技术应用的关键技术与实现要点

3.1 模型建立与参数辨识

3.1.1 机组动态模型的建立方法

机组动态模型的建立是深入理解火力发电厂运行特性的基础。这一过程通常涉及复杂的物理过程建模与数学表达式的构建。需要基于热力学、流体力学等基本原理,对锅炉、汽轮机、发电机等主要设备的动态行为进行详细分析。利用系统辨识理论,结合实际运行数据,通过线性化、降阶等技术手段,构建出能够准确反映机组动态特性的数学模型。这些模型不仅包含设备间的相互作用关系,还需考虑负荷变化、环境温度等外部因素对机组运行的影响,以确保模型的全面性和准确性。

3.1.2 关键参数的测量和辨识技术

在火力发电厂中,关键参数的准确测量和辨识对于模型的建立和运行优化至关重要。对于如蒸汽压力、温度、流量、负荷等核心参数,通常采用高精度传感器进行实时测量。然而,由于系统复杂性和运行环境的多变性,部分参数难以直接测量或测量精度受限。此时,需借助参数辨识技术,通过构建参数估计模型,利用可观测的系统输入输出数据,对不可直接测量的参数进行估计。常用的参数辨识方法包括最小二乘法、卡尔曼滤波、遗传算法等,这些方法能够有效提高参数估计的准

确性和可靠性，为模型建立和后续控制策略设计提供有力支持。

3.2 控制算法的优化与调整

控制算法作为自动控制系统的灵魂，其优化与调整不仅是技术挑战，更是推动行业进步的关键。在深度调峰火力发电厂这一复杂应用场景中，控制算法的选择与实施更需精益求精。PID控制作为经典算法，其稳定性和可靠性在众多工业场合得到验证，但在面对高度非线性和时变特性的火力发电系统时，单一的PID控制可能显得力不从心。因此，引入模糊控制与神经网络控制等智能算法，利用其强大的自学习和自适应能力，能够更好地处理系统的不确定性，提升控制精度和鲁棒性。在优化过程中，关键参数的精细调整是核心环节。通过构建高精度的系统模型，结合仿真实验，可以预先评估不同参数组合下的控制效果，为实际调试提供有力支持。同时，收集并分析实际运行数据，运用数据挖掘技术挖掘隐藏的运行规律，为算法的持续优化提供数据支撑^[3]。面对系统的不确定性和外部干扰，鲁棒控制与自适应控制的融合应用显得尤为重要。鲁棒控制策略确保了系统在面对未知扰动时的稳定性，而自适应控制则赋予了系统动态调整自身以适应环境变化的能力。两者相辅相成，共同提升了系统的整体性能。此外，先进的优化技术如遗传算法、粒子群优化算法等的引入，为控制参数的自动调优开辟了新的途径。

3.3 系统集成与通信

3.3.1 控制子系统与电厂现有系统的集成方案

在电厂的智能化升级过程中，控制子系统的集成是至关重要的一环。为了确保新旧系统之间的无缝衔接，我们设计了一套全面的集成方案。该方案首先进行详尽的需求分析，明确控制子系统与电厂现有系统（如DCS、SIS等）之间的交互需求。采用标准化的接口协议

（如OPCUA、Modbus等），实现数据的双向流通与指令的准确传递。同时，通过中间件技术，构建统一的数据交换平台，确保各系统间的数据一致性和同步性。此外，还考虑了系统的可扩展性和灵活性，以应对未来可能的新增设备或功能需求。

3.3.2 数据通信的可靠性和实时性保障

数据通信的可靠性和实时性是电厂自动化控制系统的基石。为了保障这两点，我们采取了多重措施。在硬件层面，选用高可靠性的通信设备和冗余配置，确保在单点故障时系统仍能正常运行。在软件层面，采用先进的通信协议和加密技术，确保数据传输过程中的安全性和完整性。同时，通过优化网络拓扑结构和路由算法，减少数据传输的延迟，提高通信的实时性。还建立了完善的监控和故障预警机制，对通信状态进行实时监测，一旦发现异常立即采取相应措施，确保系统的稳定运行。

结语

在技术进步的浪潮推动下，先进自动控制理论在火力发电领域的应用展现出无限潜力。随着算法精度的提升与智能化技术的飞跃，火力发电厂将能更精细地调控各项参数，实现运行状态的实时优化。这一变革不仅将大幅提升能源利用效率，减少资源消耗与环境污染，还将为火力发电行业带来前所未有的创新活力，推动能源行业向更加绿色、智能、可持续发展的方向发展。

参考文献

- [1]刘明,顾杰,陈国强.先进控制理论在火力发电调峰优化中的应用[J].电力调峰与储能,2021(2):49-55.
- [2]王珊珊,张雷,刘晓东.基于深度学习的火力发电厂优化调峰策略研究[J].电力系统保护与控制,2021,49(4):172-178.
- [3]高柳,刘莱光,张小美.智能控制在火力发电厂调峰中的应用研究[J].火力发电,2020,49(6):12-17.