

智能控制在火电厂热工自动化中的应用

孙艳莉 杨思珮 张海亮 邹振宇

内蒙古上都发电有限责任公司 内蒙古 锡林郭勒盟 027200

摘要：智能控制在火电厂热工自动化中的应用显著提升了系统性能。通过引入模糊控制、神经网络控制等先进算法，智能控制系统实现了对热力过程的实时监测、预测与优化，提高了燃烧效率、制粉效率及温度控制的精确度。同时，智能控制还增强了负荷调节的灵活性和系统的抗干扰能力，有效降低了运营成本并提升了发电效率。这一应用为火电厂的热工自动化带来了革命性的变革，展现了显著的经济效益和社会效益。

关键词：智能控制；火电厂热工自动化；应用

引言：随着电力需求的不断增长和环保要求的日益严格，火电厂热工自动化的智能化升级成为必然趋势。智能控制技术的引入，为火电厂热力过程的精确控制提供了强有力的支持。通过模拟人类专家的决策过程和优化控制策略，智能控制不仅能够提升机组的运行效率和稳定性，还能有效降低能耗和排放，促进火电厂的可持续发展。本文将深入探讨智能控制在火电厂热工自动化中的应用，以期对相关领域的实践提供有益参考。

1 智能控制理论基础

1.1 智能控制的基本概念

（1）定义与特点。智能控制是指利用人工智能和自动控制理论，使控制系统具有拟人智能的决策和控制能力。它结合了定量分析与定性推理，模拟人类智能进行问题求解，能处理多变量、非线性及动态环境下的复杂控制问题。智能控制具有自学习、自适应等特性，能够不断优化控制策略。（2）与传统控制的区别。传统控制通常依赖于精确的数学模型，采用固定控制算法。而智能控制则突破了这一限制，它更注重对系统行为的理解和模拟，采用灵活的控制策略，能够处理不确定性和复杂性。此外，智能控制还融合了人工智能、运筹学等多学科方法，使控制系统更加智能和高效。

1.2 智能控制的主要方法

（1）模糊控制方法。模糊控制是基于模糊集合论的一种控制方法。它通过将人的控制经验和知识转化为语言变量和模糊控制规则，实现对系统的控制。模糊控制方法具有易于理解和实现、对模型精度要求不高、能够处理不确定性和非线性等特点。（2）专家控制方法。专家控制方法利用专家系统的知识表示和推理机制，模拟人类专家的控制决策过程。它通过将专家的知识 and 经验转化为控制规则，实现对复杂系统的有效控制。专家控制方法具有处理复杂问题和不确定性、能够利用人类专

家的知识和经验等特点。（3）神经元控制方法。神经元控制方法是基于人工神经网络的一种控制方法。它通过模拟人脑神经元的活动和连接方式，实现对系统的自适应控制。神经元控制方法具有自学习能力、并行处理能力和容错能力等特点，适用于处理复杂和非线性系统。

（4）组合型控制方法。组合型控制方法是将两种或多种智能控制方法相结合，以充分利用各自的优势。例如，模糊专家控制结合法将模糊控制和专家控制相结合，既能处理不确定性又能利用专家知识；模糊神经控制结合法则将模糊控制和神经元控制相结合，既能处理模糊信息又能实现自适应学习^[1]。

2 火电厂热工自动化概述

2.1 火电厂热工自动化的内容

火电厂热工自动化是电力工业现代化的重要组成部分，它涵盖了火电厂热力生产过程中的一系列自动化技术与设备的应用。（1）自动检测：这是热工自动化的基础，通过高精度、高稳定性的传感器和测量仪表，实时监测热力系统中的关键参数，如温度、压力、流量、液位、成分等。这些数据为运行人员提供了系统运行的实时快照，有助于及时发现并处理异常情况。（2）自动调节：基于自动检测获取的数据，自动调节系统能够根据预设的控制策略和算法，自动调整热力系统的运行参数，以保持系统的高效稳定运行。这包括锅炉燃烧控制、汽水循环控制、烟气处理等关键环节。（3）顺序控制：顺序控制系统能够根据热力系统的工艺要求和操作逻辑，自动完成一系列预定的操作序列。这不仅可以减少人为干预，提高工作效率，还能有效避免因操作不当导致的安全事故。（4）自动保护：热工自动化系统还包括自动保护功能，当热力系统出现危及安全的异常情况时，能够迅速触发保护机制，如紧急停机、切断燃料供给等，以防止事态扩大，保护设备和人员的安全。

2.2 火电厂热工自动化的重要性

(1) 提高电力生产效率与稳定性: 通过精确的控制和调节, 热工自动化系统能够确保火电厂热力系统的高效稳定运行, 从而提高电力生产效率。同时, 自动化系统还能实时监测并处理异常情况, 保障电力供应的稳定性。(2) 保障电力供应质量与安全性: 热工自动化系统通过高精度的监测和保护机制, 能够确保电力供应的质量。同时, 自动化系统还能有效避免因操作不当或系统故障导致的安全事故, 保障人员和设备的安全。

2.3 火电厂热工自动化面临的挑战

(1) 传统控制方法的局限性: 传统的控制方法往往基于线性假设和精确数学模型, 然而热力系统往往具有高度的非线性和不确定性, 这使得传统控制方法在实际应用中受到限制。(2) 复杂多变的热工过程控制需求: 火电厂热力系统包含多个相互关联、相互影响的子系统, 这使得整个系统的控制变得异常复杂。同时, 热力系统的运行状态往往随着负荷、燃料质量等因素的变化而变化, 这进一步增加了控制的难度。因此, 如何实现复杂多变的热工过程的精确控制, 成为火电厂热工自动化面临的重要挑战。

3 智能控制在火电厂热工自动化中的应用

3.1 智能控制在锅炉燃烧控制系统中的应用

(1) 提升燃烧效率与电力输出。锅炉燃烧是火电厂能量转换的核心环节, 其效率直接影响电力产出。传统燃烧控制方式难以精准适应复杂多变的工况, 而智能控制技术引入后, 通过实时采集炉膛温度、氧量、燃料量等关键参数, 利用神经网络、模糊控制等算法对燃烧过程进行动态优化。系统能够根据煤质变化、负荷波动等情况, 自动调整燃料供给、送风量和引风量的配比, 使燃料在炉膛内实现充分、稳定燃烧, 大幅提升燃烧效率, 进而增加电力输出, 降低发电成本^[2]。(2) 实现燃烧过程的安全监测与故障预警。智能控制在锅炉燃烧系统中还构建起一套完善的安全监测与故障预警体系。借助传感器网络实时捕捉燃烧过程中的异常信号, 如火焰不稳定、温度骤变、压力异常等。通过机器学习算法对历史数据和实时数据进行深度分析, 提前预判潜在故障, 一旦检测到异常趋势, 系统立即发出预警, 并自动采取相应的调整措施, 如降低负荷、调整配风等, 防止故障扩大, 保障锅炉安全稳定运行。

3.2 智能控制在制粉系统中的应用

(1) 在线监测煤质, 提升制粉效率。煤质的波动对制粉系统的运行效率有着显著影响。智能控制技术利用先进的检测手段, 如近红外光谱分析等, 实现对煤质的

在线实时监测, 准确获取煤的水分、挥发分、热值等关键指标。根据煤质特性, 智能控制系统自动调整制粉系统的运行参数, 如磨煤机的转速、给煤机的给煤量、干燥剂的流量等, 确保制粉过程始终处于最佳状态, 有效提升制粉效率, 减少能耗。(2) 建立数学模型, 优化信号控制。通过建立精确的制粉系统数学模型, 结合先进的控制算法, 智能控制系统能够对制粉过程中的各种信号进行优化处理。系统可以根据不同的工况和控制目标, 动态调整控制策略, 实现对磨煤机出口温度、煤粉细度等参数的精准控制。同时, 利用模型预测控制技术, 提前预判系统的变化趋势, 及时调整控制信号, 减少系统的波动, 提高制粉系统的稳定性和可靠性^[3]。

3.3 智能控制在温度控制系统中的应用

(1) 实时监控锅炉温度, 预防超温情况。锅炉温度是影响设备安全和发电效率的关键参数。智能控制系统通过分布在锅炉各处的高精度温度传感器, 实时采集炉膛、过热器、再热器等关键部位的温度数据, 并将数据传输至中央控制系统。一旦监测到温度接近或超过设定阈值, 系统立即启动预警机制, 并自动采取相应的降温措施, 如增加减温水量、调整燃烧工况等, 有效预防超温情况的发生, 避免设备因高温损坏。(2) 根据温度参数自动调整控制措施。智能控制系统能够根据温度变化的趋势和规律, 自动调整控制策略。在负荷变化、煤质波动等情况下, 系统通过分析温度参数的动态变化, 快速做出响应, 精确控制燃烧强度、汽水流量等参数, 使锅炉温度始终保持在合理范围内, 确保锅炉安全、高效运行。

3.4 智能控制在负荷控制系统中的应用

(1) 根据系统运行状态动态调整机组参数。火电厂的负荷需求时刻处于变化之中, 智能负荷控制系统能够实时感知系统运行状态, 包括电网频率、电压、机组出力等参数。通过智能算法对这些参数进行分析和处理, 根据负荷变化需求, 自动调整机组的汽轮机功率、锅炉燃烧率、给水泵转速等关键参数, 实现机组负荷的快速、精准调节, 满足电网对电力供应的动态需求。(2) 提升系统抗干扰能力与运行效率。在复杂的电网环境中, 火电机组不可避免地会受到各种干扰因素的影响。智能负荷控制系统通过引入自适应控制、鲁棒控制等先进算法, 有效提升系统的抗干扰能力。在面对电网波动、负荷突变等干扰时, 系统能够迅速调整控制策略, 保持机组稳定运行, 减少因干扰导致的机组波动和能耗增加, 显著提升系统的运行效率和可靠性^[4]。

3.5 自动保护技术在热工设备故障处理中的应用

(1) 实时故障检测与保护措施。自动保护技术是热工设备安全运行的最后一道防线。系统通过遍布热工设备的各类传感器,实时监测设备的运行参数和状态信息。一旦检测到设备出现故障,如电机过载、阀门卡死、管道泄漏等,自动保护系统立即启动,根据故障类型和严重程度,采取相应的保护措施,如切断电源、关闭阀门、启动备用设备等,防止故障进一步扩大,保障设备和人员的安全。(2) 故障信息发送与系统控制中心响应。自动保护系统在检测到故障后,不仅会立即采取保护措施,还会将详细的故障信息实时发送至系统控制中心。控制中心接收到故障信息后,通过智能分析系统对故障进行快速诊断,确定故障原因和影响范围。同时,控制中心根据预设的应急预案,指挥相关人员进行故障处理和设备修复,实现故障处理的快速响应和高效解决,最大限度减少故障对火电厂正常运行的影响。

4 智能控制应用案例分析

4.1 案例背景与问题描述

4.1.1 案例背景

本案例选取某大型火电厂的热工自动化项目作为研究对象。该火电厂拥有多台大型燃煤机组,承担着区域电力供应的重要任务。随着电力市场竞争的加剧和环保政策的日益严格,火电厂面临着提高发电效率、降低运营成本、减少污染物排放等多重挑战。

4.1.2 问题描述

在传统的热工自动化系统中,由于控制策略相对简单且固定,难以适应复杂多变的热力过程和负荷需求。这导致机组在运行过程中经常出现能源浪费、排放超标、设备故障等问题,严重影响了火电厂的经济效益和社会效益。因此,该火电厂迫切需要引入智能控制技术,以提升热工自动化系统的性能和可靠性。

4.2 智能控制方案设计与实施

4.2.1 方案设计思路与技术路线

针对火电厂面临的挑战和需求,设计了一套基于智能控制的热工自动化系统升级方案。该方案采用先进的传感器技术和数据处理算法,实时监测热力系统的关键参数;结合机器学习算法和专家系统,实现对热力过程的智能预测和优化控制;同时,引入自适应控制策略,根据负荷变化和设备状态动态调整控制参数,确保机组

始终处于最佳运行状态。

4.2.2 实施过程与关键技术应用

在实施过程中,首先对现有热工自动化系统进行了全面评估,识别出需要改进的关键环节。然后,根据方案设计思路,逐步引入了智能传感器、数据采集与分析系统、机器学习模型等关键技术。通过不断优化和调整控制策略,我们成功实现了热力过程的智能控制和优化运行。

4.3 应用效果评估

4.3.1 智能控制技术应用前后的对比分析

智能控制技术应用后,火电厂的热力过程控制精度显著提高,能源浪费现象得到有效遏制。同时,机组的稳定性和可靠性也得到了大幅提升,设备故障率明显降低。

4.3.2 经济效益、社会效益与环保效益评估

从经济效益角度看,智能控制技术的应用有效降低了火电厂的运营成本,提高了发电效率。从社会效益角度看,火电厂的稳定运行保障了区域电力供应的安全可靠。从环保效益角度看,智能控制技术有助于减少污染物排放,符合国家的环保政策要求。综上所述,智能控制技术在火电厂热工自动化中的应用具有显著的综合效益。

结束语

综上所述,智能控制在火电厂热工自动化中的应用展现了巨大的潜力和价值。通过融合模糊控制、专家系统、神经网络等先进技术,智能控制系统显著提升了热力过程的控制精度和系统的整体性能。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,智能控制将在火电厂热工自动化领域发挥更加重要的作用,为电力行业的高质量发展提供有力支撑。我们期待智能控制技术在火电厂领域持续创新,推动能源行业的智能化转型。

参考文献

- [1]王洋洋.浅析智能控制及其在火电厂热工自动化的应用[J].科学与信息化,2021,(05):54-55.
- [2]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,(07):71-72.
- [3]王超.智能控制在火电厂热工自动化中的应用研究[J].今日自动化,2024,(11):104-105.
- [4]文波.智能控制在火电厂热工自动化中的应用研究[J].新型工业化,2022,(12):126-127.