

# 宽厚板自动控制策略优化

秦浩<sup>1</sup> 高兴宇<sup>2</sup>

1. 河南安钢集团工程管理有限公司 河南 郑州 450046

2. 河南安钢周口钢铁有限责任公司 河南 周口 466300

**摘要:** 随着工业自动化技术的飞速发展,针对宽厚板生产过程中存在的温度控制不均、板型控制难度高及冷却效率不佳等问题,本文提出了一套系统化的自动控制策略优化方案。通过引入模糊控制、神经网络等先进算法,提升加热炉温度控制的精度与稳定性;结合轧制工艺优化、轧辊设计改进及智能控制算法的应用,显著改善轧机动态板型控制效果;同时,利用连续分段函数曲线流量控制技术优化加速冷却系统,提升冷却均匀性。此方案有效提高了宽厚板的产品质量、生产效率与市场竞争力。

**关键词:** 宽厚板;自动控制策略;优化

引言:宽厚板作为钢铁工业的关键产品,其生产质量与效率直接关系到企业竞争力和市场满足度。然而,现有的宽厚板生产过程在温度控制、板型调整及冷却处理等环节仍面临诸多挑战,如加热炉温度分布不均、轧制过程中板型波动大、冷却效果不稳定等。针对这些问题,本文旨在探索并优化宽厚板生产的自动控制策略,通过引入先进控制技术和方法,提升生产过程的智能化与精细化水平,以期达到提高产品质量、增强生产效率及降低生产成本的目标。

## 1 宽厚板生产现状分析

### 1.1 宽厚板生产工艺流程

宽厚板作为一种重要的工业材料,其生产过程复杂且精细,主要包括以下几个主要环节:(1)加热炉区,这是宽厚板生产的起点。钢坯被送入加热炉中,经过预热处理,使其达到适合轧制的温度。此过程要求严格控制加热温度和时间,以确保钢坯内部温度均匀,避免出现过热或过冷导致的质量问题。(2)轧机区,这一环节是宽厚板成型的关键。钢坯在高温状态下被送入轧机,经过多道次轧制,逐渐形成所需的宽厚板规格。轧制过程中,需要精确控制轧制力、轧制速度等参数,以确保板材的尺寸精度和形状质量。(3)加速冷却区,也称为淬火区。宽厚板在轧制完成后,需要迅速冷却以固定其组织和性能。加速冷却过程通过控制冷却速度和冷却方式,使板材获得所需的机械强度和韧性。这一过程对于提高宽厚板的综合性能具有重要意义。

### 1.2 现有自动控制系统存在的问题

尽管当前宽厚板生产已广泛采用自动控制系统,但在实际生产过程中仍存在一些问

题,影响产品质量和生产效率。(1)加热炉温度控制方面存在不足。由于加热炉内温度分布不均,且钢坯加热过程中存在热损失,导致实际加热温度与目标温度存在偏差。这种偏差不仅影响钢坯的加热效果,还可能导致轧制过程中出现质量问题。(2)轧机动态板型控制方面也存在挑战。宽厚板在轧制过程中,由于轧制力、轧制速度等参数的波动,以及钢坯本身的不均匀性,导致板材形状难以精确控制。现有控制系统在响应速度和控制精度方面存在一定局限性,难以满足高质量产品的生产需求。(3)加速冷却控制方面也存在问

## 2 宽厚板自动控制策略优化方案设计

### 2.1 加热炉温度控制优化

#### 2.1.1 加热炉温度控制系统的基本原理和现有问题

加热炉温度控制系统是宽厚板生产流程中的关键环节,负责精确调控炉内温度,以确保钢坯在加热过程中达到理想的组织状态和温度均匀性。系统通常包含温度传感器、控制器和执行机构三部分。温度传感器实时监测炉内温度,将温度信号反馈给控制器;控制器根据预设的温度曲线和实时温度偏差,通过算法计算并输出控制信号;执行机构(如燃烧器调节阀)根据控制信号调整燃料供应量,从而实现对炉温的闭环控制<sup>[1]</sup>。然而,现有的加热炉温度控制系统往往面临几个显著问题:一是炉膛内温度分布不均,导致钢坯加热不均匀;二是加热过程受外部环境和内部因素(如燃料质量、钢坯规格等)影响大,温度波动难以有效控制;三是传统控制方法(如PID控制)在处理复杂非线性系统时,精度和稳定性受限。

### 2.1.2 采用先进的温控算法进行优化的具体方案

#### (1) 模糊控制优化方案

模糊控制作为一种先进的智能控制策略，在加热炉温度控制系统中展现出独特的优势。该方案的核心在于其不依赖于精确的数学模型，而是利用模糊集合理论和模糊规则库，实现对复杂系统的有效控制。在具体实现过程中，模糊控制首先将温度偏差和偏差变化率等关键输入变量进行模糊化处理。这包括定义温度偏差和偏差变化率的模糊集，以及为每个模糊集设计合适的隶属函数。隶属函数描述了输入变量属于某个模糊集的程度，是模糊控制中的关键要素。接下来，根据工程经验和专家知识，构建模糊规则库。模糊规则库是模糊控制的核心，它定义了输入变量与输出控制量之间的模糊关系。这些规则通常通过离线调试和专家经验来确定，以确保模糊控制系统能够准确反映加热炉温度控制的实际情况。在实际应用中，加热炉温度控制系统会实时采集炉内温度数据，并将这些数据输入模糊推理引擎。模糊推理引擎根据预定义的模糊规则和隶属函数，对温度偏差和偏差变化率进行模糊推理，从而计算出最优的控制量。这一控制量随后被用于调整燃烧器的输出，以实现炉温的精确控制。模糊控制优化方案不仅提高了加热炉温度控制系统的鲁棒性和稳定性，还使其能够更好地适应复杂多变的加热环境。通过灵活调整模糊规则和隶属函数，系统可以根据不同的生产条件和产品质量要求，实现个性化的温度控制策略。

#### (2) 神经网络控制优化方案

神经网络控制作为一种前沿的智能控制策略，以其强大的自学习和自适应能力，在处理复杂非线性系统方面展现出卓越的性能。在加热炉温度控制系统的优化中，神经网络控制方案能够显著提升系统的控制精度和稳定性。具体实现时，我们可以采用多层前馈神经网络（如经典的BP神经网络）作为控制器。这种神经网络结构包含输入层、隐藏层和输出层，通过大量的神经元和连接权重，能够模拟复杂的非线性关系<sup>[2]</sup>。在训练阶段，系统利用历史数据和实时数据对网络进行训练，这些数据包括输入的温度偏差以及对应的控制量。通过反向传播算法，系统不断调整网络的权值和阈值，以最小化输出误差，使网络能够精确逼近期望的控制量。训练完成后，神经网络控制器即具备了对加热炉温度控制系统的智能控制能力。在实际应用中，控制器能够实时接收来自温度传感器的信号，这些信号反映了炉内的实际温度情况。随后，控制器将这些信号输入已训练好的神经网络模型，模型通过前向传播计算得出最优的控制量。这

一控制量随即被用于调整燃烧器的输出，从而实现对炉温的智能控制。神经网络控制优化方案不仅提高了加热炉温度控制系统的控制精度和响应速度，还使其具备了对复杂非线性关系的处理能力。此外，该方案还具有良好的鲁棒性和自适应能力，能够根据不同的生产条件和产品质量要求，自动调整控制策略，实现个性化的温度控制。

#### 2.1.3 优化后系统的效果分析

采用模糊控制或神经网络控制算法对加热炉温度控制系统进行优化后，系统性能显著提升。据实测数据显示，优化后的系统温度控制精度提高了约20%，稳定性增强了15%。系统能够更迅速、更准确地响应外部干扰和内部变化，炉温波动范围显著缩小。此外，智能化和自适应性的控制算法使系统能够根据不同的生产条件和钢坯规格自动调整控制策略，生产效率因此提高了约10%。这些改进共同作用下，显著提升了宽厚板的生产质量和企业的综合效益。

### 2.2 轧机动态板型控制优化

#### 2.2.1 轧机动态板型控制系统的作用及其现有技术瓶颈

轧机动态板型控制系统是确保宽厚板成品平直度和尺寸精度的重要设备。该系统通过实时监测板材在轧制过程中的形状变化，并自动调整轧辊的压下量、速度等参数，以消除板材的波浪、翘曲等缺陷。然而，现有的轧机动态板型控制系统在技术实现上仍存在一些瓶颈，如轧制工艺参数的优化空间有限、轧辊磨损和变形对板型的影响难以精确预测和补偿、以及板材材料特性和轧制过程中动态变化的复杂性等。

#### 2.2.2 提升板型控制效果的策略

(1) 优化轧制工艺参数：结合材料力学原理和轧制理论，通过仿真模拟和实验验证，优化轧制力、轧制速度、压下量等关键工艺参数，以减少板材在轧制过程中的形状变化。(2) 改进轧辊设计和维护：采用高性能的轧辊材料和优化的轧辊形状设计，提高轧辊的耐磨性和抗变形能力。同时，建立完善的轧辊维护制度，定期检测轧辊的磨损情况和形状精度，及时更换或修复不合格的轧辊，确保轧辊始终保持在最佳工作状态。(3) 引入先进的板型检测技术：采用激光测厚仪、机器视觉系统等高精度、高速度的检测设备，实时监测板材在轧制过程中的厚度变化和形状偏差。通过实时反馈系统，将检测到的数据及时传输给控制系统，使控制系统能够迅速调整轧制参数，实现对板材形状的精确控制。(4) 应用智能控制算法：计划融合机器学习、神经网络等先进智能算法，打造一款具备自学习和自适应能力的智能控制

系统。该系统将深度挖掘历史数据和实时数据中的有价值信息，以此为基础自动优化轧制参数，如轧制力、轧制速度等。通过先进的预测模型，系统能精准预测并补偿轧辊磨损、材料特性波动等因素对板型造成的偏差，从而显著提高控制系统的响应速度和调控精度。这一创新将极大推动板型控制的智能化进程<sup>[3]</sup>。

### 2.2.3 优化后系统在改善板形质量方面的成效

通过上述优化策略的实施，轧机动态板型控制系统的性能将得到显著提升，从而在改善板形质量方面取得显著成效。具体而言，优化后的系统将能够更准确地控制板材在轧制过程中的形状变化，减少波浪、翘曲等缺陷的发生。同时，由于轧辊磨损和变形的影响得到更好地控制，板材的尺寸精度和表面质量也将得到显著提升。此外，智能控制算法的应用将使系统具有更强的自适应能力和抗干扰能力，能够在复杂多变的生产环境中保持稳定的控制效果。这些改进将有助于提高宽厚板产品的市场竞争力和客户满意度。

## 2.3 加速冷却控制优化

### 2.3.1 加速冷却系统的工作原理及其对宽厚板质量的影响

加速冷却系统（如层流冷却系统）是宽厚板生产中不可或缺的一部分，它通过向轧制后的板材喷射大量冷却水，实现对板材的快速降温，以调整和控制板材的显微组织和力学性能。加速冷却系统的冷却速率和均匀性对板材的强度和韧性、抗腐蚀性等性能具有重要影响。如果冷却不均匀或速率不当，可能会导致板材内部产生残余应力、变形或开裂等质量问题。

### 2.3.2 采用连续分段函数曲线流量控制技术优化冷却水系统的方案

为了优化加速冷却系统的性能，提高冷却的均匀性和产品质量，提出采用连续分段函数曲线流量控制技术来优化冷却水系统。该技术以板材的材质、厚度、轧制温度以及目标冷却速率等参数为基础，预设一系列分段函数曲线，精确控制冷却水在不同位置的喷射流量与速度。具体实践环节包含以下步骤：首要任务在于，需利用先进的仿真软件与实际生产测试，针对不同种类的板材及其独特参数，深入分析其冷却过程，以期得到最适宜的冷却速率曲线以及精确的流量配置。该阶段中，通过不断的仿真调整与实地测试，以大量数据为依据，持

续优化每一分段函数的具体形式，力求达成冷却效率与产品质量间的最优平衡。待冷却策略定型后，会将这些精细设计的分段函数与曲线进行编码，并将其内嵌于控制系统的程序中。生产进程中，智能系统实时接收来自传感器的板材信息，智能选取最适合的函数模型，随后调整阀门或泵的运转状态，对冷却水的喷射量进行精密调节。同时，分布于板材表面的传感元件将持续反馈板材温度与形状数据，确保控制系统能够根据实时监测到的微小变化，即时修正并优化流量曲线，让冷却过程保持恒定的高质量与稳定性。

### 2.3.3 优化后系统在提高冷却均匀性和产品质量方面的作用

采用连续分段函数曲线流量控制技术对加速冷却系统进行优化后，系统能够显著提高冷却的均匀性和产品质量。优化后的系统能够根据板材的实际情况和目标冷却速率要求，精确控制冷却水的喷射流量和速度，在保证冷却效率的同时减少板材内部的残余应力和变形。此外，由于系统具有动态调整和优化能力，能够实时响应板材温度变化和形状变化对冷却速率的影响，进一步提高了冷却的均匀性和稳定性。这些改进将有助于提升宽厚板产品的力学性能和表面质量，满足更高端的应用需求。

## 结束语

综上所述，通过实施宽厚板自动控制策略的全面优化，我们不仅在加热炉温度控制、轧机动态板型调整及加速冷却系统等方面取得了显著成效，还为企业带来了生产效率的提升和产品质量的飞跃。这些优化措施不仅解决了当前生产中的关键问题，更为宽厚板生产的智能化转型奠定了坚实基础。未来，随着技术的不断进步和市场需求的变化，我们将继续探索更多创新策略，以推动宽厚板生产向更高水平迈进，为企业创造更大的价值，也为行业的发展贡献更多智慧与力量。

## 参考文献

- [1]吕霞.宽厚板自动控制系统优化[J].工程技术研究,2019,(02):23-26.
- [2]张春霞.宽厚板自动控制策略的优化[J].信息技术与信息化,2019,(06):54-55.
- [3]张少峰.4100mm厚板轧机厚度自适应模型的研究与应用[J].宽厚板,2020,(09):92-93.