

# 燃煤电厂输煤皮带液压张紧系统设计优化与电控策略研究

何 田

中国华电集团有限公司四川分公司 四川成都 610041

**摘 要:** 为了延长火力发电厂带式输煤机的工作寿命并确保矿井运输作业的安全性。本文首先研发了一款新型液压张紧装置, 专用于火力发电厂带式输煤机, 并对其电气控制系统进行了设计。随后, 针对输送带在使用过程中存在的非线性、大惯性、滞后以及时变特性问题, 本文在传统动态矩阵控制 (DMC) 和与 PID 控制基础上, 创新性的将两种方法进行结合提出了一种 DMC-PID 串级控制策略。最后, 利用 MATLAB 软件的 Simulink 仿真平台, 对皮带输送机液压张紧装置的张紧力响应曲线进行了深入分析。结果表明: 本文设计的液压张紧装置能够自适应控制带式输送机张紧; DMC-PID 具有响应迅速、控制精度高、抗干扰能力好、鲁棒性能好的优点。

**关键词:** 带式输送机; 液压张紧装置; 动态仿真; DMC-PID

## 引言

在火力发电厂中, 皮带输送机是煤炭运输的关键工具, 具有连续运输、长距离、大输送量、低成本及易维护等优势。但煤炭负载动态变化使皮带长度伸缩量改变, 导致张力剧烈波动, 加速皮带磨损, 缩短使用寿命, 影响运行稳定与效率 [1-3]。因此, 优化皮带输送机张紧装置设计及张力智能控制意义重大。

为实现对带式输送机拉紧张力变化的自适应控制, 改善 PID 控制器缺陷 [4,5]。本文先设计发电厂带式输送机的张紧装置与电气控制系统, 再将传统 DMC 与 PID 控制结合, 提出 DMC-PID 串级控制策略, 用于控制液压张紧装置, 并通过 Simulink 对不同控制器仿真并对比分析。

## 1 皮带输送机液压张紧装置设计

### 1.1 张紧装置功能要求

结合输煤皮带的工作要求对液压张紧装置提出以下功能要求:

(1) 具备智能调节功能。能随带式输送机启停、制动状态变化, 自动适应工况, 精准调整张紧力 [6]。

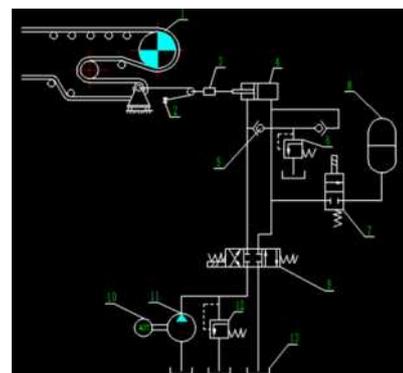
(2) 拥有自适应能力。在持续运行中, 实时监测输送系统负载变化, 自动调节张紧力, 使输送带保持最佳状态 [7,8]。

(3) 具有远程控制功能。支持本地与远程遥控操作, 提供手动和自动两种模式, 满足不同场景需求。实时精准监测并反馈运行状态、负载及张力数据, 保障系统稳定安全 [9,10]。

### 1.2 皮带输送机液压张紧装置结构和工作原理

本文结合皮带输送机对张紧装置的功能要求, 设计了一款创新液压张紧装置, 其结构原理图如图 1。

工作原理为: 固定在液压杆和传动滑轮间的高精度力传感器实时监测张力, 将数据传给控制中心。控制中心对比监测值与预设值并反应, 输出电信号给力变换器, 力变换器将其转为脉冲信号传给控制器。控制器逻辑判断后确定带式输送机状态并采取措施, 发出动作指令, 经驱动电源电路、继电器及驱动磁力电路启动器传至驱动电机, 实现拉紧装置实时自动控制。



1. 输送带 2. 绞车 3. 力传感器 4. 液压缸 5. 单向阀 6. 溢流阀 7. 开关阀 8. 蓄能器 9. 电液伺服比例阀 10. 电机 12. 定量泵 13. 油箱

图 1 液压拉紧装置系统结构原理图

### 1.3 皮带输送机液压张紧装置电气控制系统设计

本文借助微处理器对张紧系统的运行实施高效控制。张紧装置具体的控制方式，如图 2 所示。

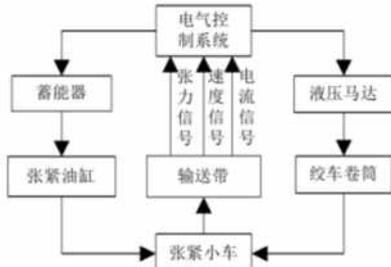


图 2 张紧装置控制框图

工作流程：传感器将测得的张力信号、速度信号、电流信号传递到电气控制系统，控制系统依据微处理器作出相应的逻辑分析并输出控制指令，控制输送带的张紧。电气控制系统硬件主要由微控制器、电源、存储及显示单元组成，如图 3 所示。

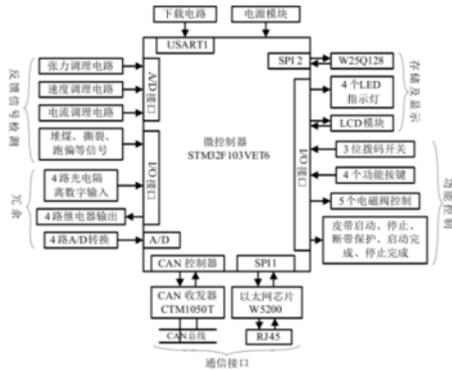


图 3 电气控制系统硬件组成框图

## 2 液压自动张紧系统的控制分析

### 2.1 自动张紧控制系统设计

由于燃煤电厂输煤皮带的动态复杂性，使得传统 PID 控制系统在对被控对象行为的预测十分有限制，缺乏对复杂对象的动态跟踪。因此本文在传统 PID 控制系统基础上结合动态矩阵控制（DMC）对液压自动张紧系统进行控制。从而提高张紧系统的抗干扰能力、系统的动态响应，降低系统的建模误差及延时造成的影响。动态矩阵控制结合 PID 控制结构如图 4 所示，两者之间采用串联的形式进行。



图 4 张紧装置的控制系统图

### 2.2 自动张紧控制系统参数设计

在液压张紧装置控制系统中，整个控制系统主要用于控制电液伺服系统的动作状态，电液伺服系统的结构原理图如图 5 所示，对应的参数如表 1 所示。

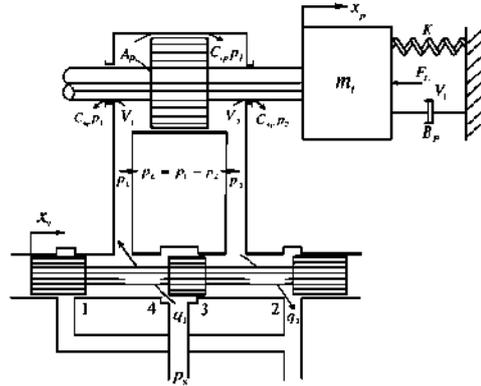


图 5 电液伺服系统结果原理图

表 1 张紧装置控制系统参数

参数	数值
活塞的有效面积 ( )	
流量增益	
外泄漏系数	
内泄漏系数	
为负载弹簧刚 ( )	1370
液压缸压力 (MPa)	14

### 2.3 自动张紧装置性能分析

为了验证 DMC-PID 控制的效果，利用 Simulink 对控制系统进行仿真分析，通过仿真得到皮带输送机液压张紧装置在延时、干扰两种条件下分别采用 DMC 控制、PID 控制和 DMC-PID 串级控制的动态响应曲线，如图 5、6 所示。

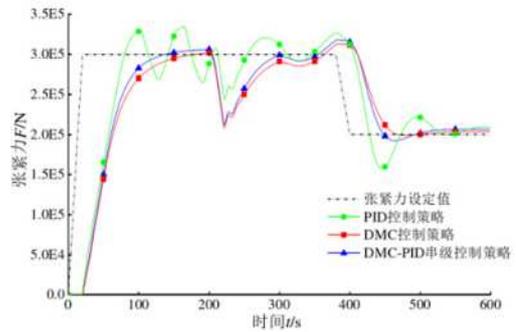


图 6 抗延时动态响应曲线

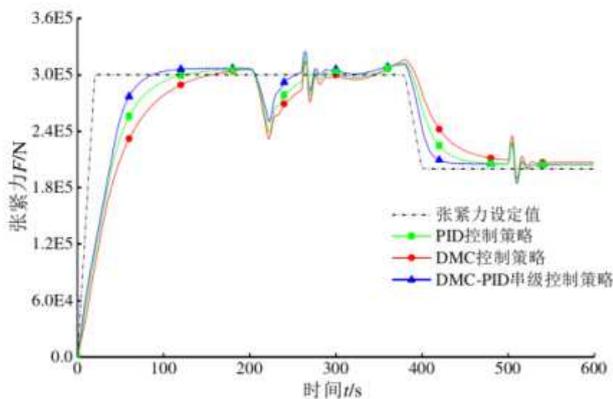


图 7 抗干扰动态响应曲线

从图 6 抗延时动态响应曲线可以看出：普通 PID 控制的张紧力波动较大，容易发生震荡，而 DMC 和 DMC-PID 串级控制策略具有良好的稳定性。

从图 7 抗干扰动态响应曲线可以看出：采用 DMC-PID 控制系统的动态响应速度相对快速。

### 3. 结语

针对火力发电厂皮带输煤机送带所表现出的非线性特性、大惯性、滞后效应以及时变性问题，设计了一款新型液压张紧装置，并对其电气控制系统进行设计，最后结合 DMC 控制和 PID 控制的优缺点，提出了 DMC-PID 串级控制策略，通过仿真得到：

(1) 设计的新型液压张紧装置能够自适应控制带式输送机张紧；

(2) DMC-PID 串行控制算法具有快速的响应速度、高精度的控制能力、以及出色的抗干扰能力。

### 参考文献：

- [1] 仇书文. 矿用带式输送机皮带张紧智能控制系统设计[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (12): 126-128.
- [2] 彭佳斌. 带式输送机自动张紧控制系统设计[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (11): 101-103.
- [3] 陈丽君. 大功率强力带式输送机部件的优化研究[J]. 石化技术, 2023, 30 (11): 256-257.
- [4] 李志阳. 带式输送机张紧绞车自锁特性分析[J]. 自动化应用, 2023, 64 (21): 250-252.
- [5] 赵晓波. 带式输送机电控自动张紧装置应用分析[J]. 机械管理开发, 2023, 38 (10): 126-127.
- [6] 郭辉. 带式输送机液压张紧自适应控制的优化及模拟[J]. 自动化应用, 2023, 64 (17): 67-68+71.
- [7] 翟浩. 带式输送机自动张紧系统的设计及性能分析[J]. 机械管理开发, 2023, 38 (09): 62-63+66.
- [8] 姜中豪. 煤矿带式输送机综合控制技术的应用分析[J]. 江西煤炭科技, 2023, (03): 223-225.
- [9] 陈召霞. 带式输送机尾部驱动张紧力自动调节研究[J]. 机械管理开发, 2023, 38 (07): 105-107.
- [10] 吴虎城. 可伸缩带式输送机液压张紧装置的开发[J]. 机械工程与自动化, 2023, (04): 85-86+89.