带式输送机液压自动系统设计研究

张　祺（西山煤电集团有限责任公司马兰矿，山西　太原　030053）

摘　要：为了解决传统刮板输送机的自动张紧系统稳定性差的问题，本文通过对原有系统进行仿真发现，在收缩工况下液压缸无杆侧的压力呈现大幅度波动，极易造成部件的损坏，所以对系统进行优化设计，给出了基于遗传算法 PID 的优化方案，并对方案进行仿真验证，发现优化后的系统压力达到稳定的时间明显降低，且压力波动幅度也有所降低，验证了优化方案的可行性，为矿井刮板输送机的稳定运行提供参考。

关键词：刮板输送机；自动张紧；仿真模拟；遗传算法

1 前言

随着我国国民生产的不断提升，煤炭资源作为我国主体能源的需求量不断加大，且在未来很长一段时间，煤炭资源的需求地位不会发生大的变动。在我国煤矿资源开采过程中，煤矿机械是采煤、装煤、运煤等工作的重要依靠。刮板输送机作为我国矿井煤炭运输的重要设备，其主要是对煤、物料等进行运输，随着开采量的增大，矿井刮板输送机逐步朝着大功率、大运距、大载荷的方向发展[1-2]，其工作的效率直接影响着我国煤矿开采的效率。在刮板输送机运行过程中，由于负载较大且容易急起急停使得其极易出现掉链、卡链等故障，制约着矿井的正常生产[3-4]。本文通过分析影响链条张力的因素对刮板输送机的自动张紧系统进行研究，为矿井刮板输送机高效工作提供一定的理论基础。

2 自动张紧系统研究

不同类型的刮板输送机拥有不同的组成形式，但其存在着相同的结构，都有机头部、机尾部、刮板链、推移装置、溜槽等。自动张紧系统是刮板输送机刮板链调节的重要装置，张紧系统的好坏直接影响设备的正常运行，系统的主要是由电液控制单元、伸缩机尾、自动张紧液压系统组成。自动张紧液压系统由压力传感器、位移传感器、控制阀门、收缩（伸出）阀及推移液压缸等组成，收缩（伸出）阀通过识别电液控制单元下发的指令进行液压油方向调节，从而实现油缸的收缩与伸出。

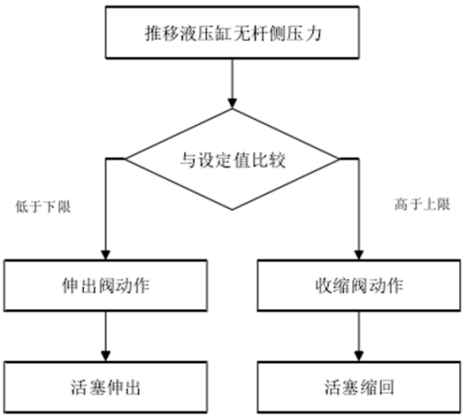


图 1　刮板输送机自动张紧系统原理图

刮板输送机正常运行过程中，压力传感器可以将液压缸无杆侧压力进行检测，并对检测数据与设定的标准值进行对比，当存在偏差时，及时进行收缩、伸出的调节，保证系统稳定运行。其中当传感器检测值低于设定值下限时，此时系统对伸出阀进行调节，使得活塞伸出，当传感器检测值高于上限值时低于收缩阀进行操作，使得活塞缩回。液压缸对的活塞杆与机尾的移动部分相互连接，当液压缸活塞做出相应动作时，此时的机尾移动部位发生相应的移动，调节机头机尾链轮的距离，实现链条自动张紧。系统重复如上的工作，使得设备在运行过程中的安全。刮板输送机自动张紧系统原理图如 1 所示。

对系统液压元件的参数选定进行研究，首先对液压缸活塞的直径进行分析，根据自动张紧系统的高强度环境，根据实际情况选定系统压力为 25MPa，所以活塞的直径可以表示为：

$$D=\sqrt{\frac{2T}{\pi p\eta}}$$

公式中：T 为液压系统的推力，设定系统最大推力为 611kN；η 为液压机械效率，本文选定 0.9，根据计算可知液压缸的活塞直径为 132mm，考虑到实际直径取值表，选定活塞直径为 140mm。

对活塞杆的伸缩速度进行分析，在实际工作中如果刮板输送机速度过大则会造成冲击损坏，所以为了降低冲击磨损，提升系统运行的稳定性，活塞的速度选定为 5cm/s，而液压缸的最大流量根据公式：

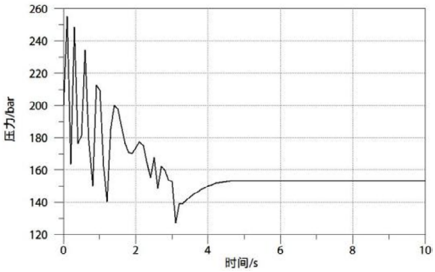
$$Q=\frac{V\pi D^2}{2}$$

公式中：Q 为液压缸的最大流量，L/min；D 为活塞的直径，mm；V 为液压缸的伸缩速度，cm；根据计算可知最大流量为 90L/min。

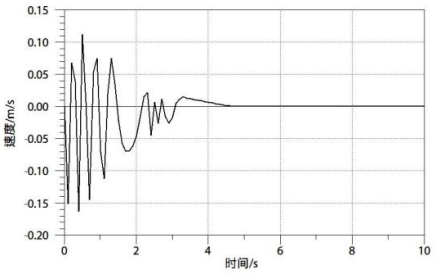
根据计算情况进行仿真模拟，选定仿真软件 AMESim，对仿真模拟的参数进行设定，选定仿真时间为 10s，仿真的采样周期为 0.1s，得到收缩工况下的液压缸无杆侧的应力速度变化曲线如图 2 所示。

如图 2 所示可以看出，当系统开始运行时，此时的液压缸无杆侧的压力呈现大幅度波动，当时间为 0.1s 时，此时的压力最大，最大值为 256bar，当时间为 3s 时，此时的压力值最小，最小值为 128bar，波动幅度为 100%，在时间 4s 后压力逐步趋于平稳，平稳压力为

154bar，而液压缸无杆侧速度呈现出上下波动的情况，当时间为 4s 时速度稳定为 0。根据以上分析可以看出液压缸的无杆侧压力波动幅度太大，使得系统较为不稳定，所以需要对系统进行优化设计。



（a）液压缸无杆侧压力曲线



（b）液压缸无杆侧速度曲线

图 2 收缩工况下的液压缸无杆侧的应力速度变化曲线

3 优化设计研究

基于遗传算法 PID 对系统进行优化，通过对每个特征进行编码后杂交，从而得出不同的优化解，对计算得出的解进行对比分析，从而得出最优的参数，实现优化设计。对基于遗传算法的 PID 优化方案进行设计，刮板输送机自动张紧系统的控制单元主要为收缩伸出阀，均为电液换向阀，这就使得只能存在全开、全关，而不能实现半开半关状态，所以首先需要对其进行优化，本文选定拥有伺服系统精度和高性价比的电液比例换向阀，其不仅可以实现换向，同时可以实现流量的调节，实现系统的精准控制。基于遗传算法的 PID 优化控制图如 3 所示。

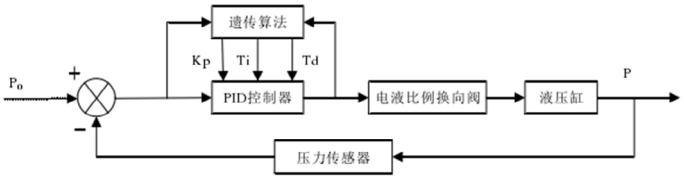
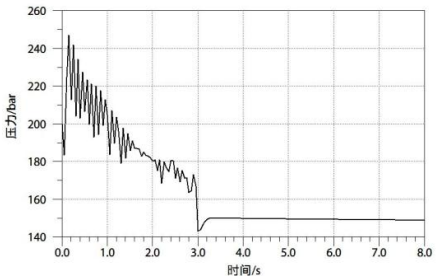


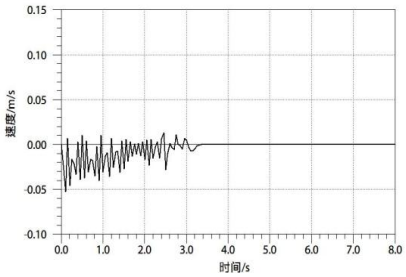
图 3 基于遗传算法的 PID 自动液压系统控制流程图图

如图 3 所示，算法以目标值为目标，根据液压缸无杆侧的压力对 PID 的参数进行实时调整，同时根据 PID 的整定参数对液压缸无杆侧的压力与初步设定的目标值进行积分、微分等操作对电液比例换向阀进行精准控制，电液比例换向阀的开口度直接影响着杆侧的流量值，依次来达到活塞的速度、伸缩量等控制。

对优化方案进行仿真模型的建立，对仿真的模型进行重新设置，将 PID 的输参数设定为输入量，设定为比例系数 0.3–0.6，积分时间为 0–0.1s，微分时间同样为 0–0.1s 输出量为需要优化控制的目标量，由于遗传算法的参数有着明显的影响，所以参数值的设定应当适当选定，完成设定后对其进行仿真模拟计算，经过计算可以得出三种参数的最佳分别为比例系数 0.54，积分时间为 0.059s，微分时间同样为 0.067s，所以将计算得到的参数代入到仿真模型，模型仿真步长设定为 0.05s，仿真时间设定为 8s，所以可以得到收缩工况下的液压缸无杆侧的应力速度变化曲线如图 4 所示。



（a）液压缸无杆侧压力曲线



（b）液压缸无杆侧速度曲线

图 4 优化后收缩工况下的
液压缸无杆侧的应力速度变化曲线

如图 4 可以看出，经过优化后液压缸无杆侧的压力波动明显减小，而系统达到稳定的时间由优化前的 4s 降低为 3s，液压缸无杆侧的压力达到平稳的压力为 148bar，同时液压缸无杆侧的速度曲线波动的幅度也有了明显的降低，此时虽然液压缸无杆侧的压力距离设定的上限值有一定的差距，但其高于设定的最小值，所以系统可以稳定运行，所以优化达到了理想的效果。

4 结论

①本文通过分析刮板输送机自动张紧系统，给出了刮板输送机自动液压张紧系统液压部件的参数计算公式和设定值；②对原有系统进行仿真研究发现，液压缸的无杆侧压力波动幅度太大，使得系统较为不稳定，并给出了基于遗传算法 PID 的优化方案；③通过对优化后方案进行仿真模拟，发现优化后的系统液压缸无杆侧的应力有了明显降低，优化方案可行。

参考文献：

[1] 岳宁，贾伟霞．不等功率双驱动刮板输送机技术研究与应用 [J]. 煤矿机械 ,2021,42(05):154-156.

[2] 马艳芳，刘雪贞，邓小飞．刮板输送机链传动系统故障检测与诊断 [J]. 煤矿机械 ,2021,42(04):181-183.

[3] 贾恒．刮板输送机刮板链运行状态监测系统的应用研究 [J]. 能源与节能 ,2021(03):209-210.

[4] 韩林睿，邓永红．基于 PLC 的刮板输送机控制算法的研究 [J]. 煤矿机械 ,2021,42(03):190-192.