



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108486300 B

(45)授权公告日 2020.02.21

(21)申请号 201810300218.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.04.04

G21B 7/20(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 金桂香

申请公布号 CN 108486300 A

(43)申请公布日 2018.09.04

(73)专利权人 秦皇岛秦冶重工有限公司

地址 066318 河北省秦皇岛市经济技术开
发区鄱阳湖路2号

(72)发明人 陈晓光 杨树新 郁景民 冷春辉

党志东 张博 高放 赵磊静

李炳奇 李金超 白雪峰

(74)专利代理机构 北京金信知识产权代理有限
公司 11225

代理人 黄威 佛新瑜

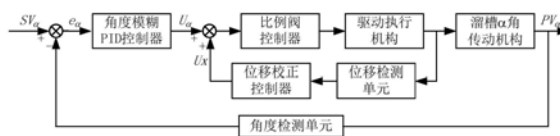
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

布料器倾动机构及该机构的控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种布料器倾动机构及该机构的控制方法,该机构包括:机构本体,所述机构本体上设置有用于入料的溜槽,所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度可调;驱动执行机构,所述驱动执行机构包括一提供驱动力的驱动部以及一传递所述驱动力的连杆;传动机构,所述传动机构与所述连杆连接并在所述驱动执行机构作用下对所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度进行调整;控制机构,所述控制机构包括角度检测单元、角度模糊PID控制器、位移检测单元、位移校正控制器和比例阀控制器。本发明的布料器倾动机构具有响应速度快、定位精度高、鲁棒性好的特点。



1. 布料器倾动机构,其特征在于,包括:

机构本体,所述机构本体上设置有用于入料的溜槽,所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度可调;

驱动执行机构,所述驱动执行机构包括一提供驱动力的驱动部以及一传递所述驱动力的连杆;

传动机构,所述传动机构与所述连杆连接并在所述驱动执行机构作用下对所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度进行调整;

控制机构,所述控制机构包括角度检测单元、角度模糊PID控制器、位移检测单元、位移校正控制器和比例阀控制器;其中,所述角度检测单元配置为检测倾动角度,所述角度模糊PID控制器配置为根据所述角度检测单元的检测值进行倾动角度的定位控制;所述位移检测单元配置为采集所述驱动部的位移值,所述位移校正控制器配置为根据所述位移值进行校准控制;所述比例阀控制器配置为根据比例阀控制信号控制比例阀动作以对所述倾动角度进行调整。

2. 如权利要求1所述的布料器倾动机构,其特征在于,所述角度检测单元包括倾动检测装置及安装于其上的角度检测编码器。

3. 如权利要求1所述的布料器倾动机构,其特征在于,所述角度模糊PID控制器,包括模糊控制器、PID控制器和参数整定单元,所述参数整定单元配置为以模糊控制器的输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分环节参数调节输入。

4. 如权利要求1所述的布料器倾动机构,其特征在于,所述位移检测单元包括设置于所述驱动部上的位移传感器和位移校准单元,所述位移校准单元配置为根据所述位移传感器得出的检测位移值得到校准位移值,并以所述校准位移值作为位移控制参量。

5. 如权利要求1所述的布料器倾动机构,其特征在于,所述位移校正控制器包括位移模糊PID控制器。

6. 如权利要求1所述的布料器倾动机构,其特征在于,所述驱动部为液压缸;所述传动机构包括导轨、导轮、托圈、回转支撑、万向框架、曲柄尾轮、曲柄和耳轴,其中所述导轨设置于所述机构本体上,所述托圈与所述连杆连接并通过所述导轮与所述导轨滑动相接,所述回转支撑设置在所述托圈内并且所述托圈通过所述万向框架与所述曲柄连接,所述曲柄包括连接在所述万向框架上的曲柄尾轮和与所述溜槽连接的耳轴。

7. 布料器倾动机构的控制方法,其特征在于,该方法包括:

S1、通过角度检测单元实时获取溜槽的 α 角度实际值 PV_α ;

S2、通过角度模糊PID控制器计算比例阀控制器主给定值 U_α ;

S3、通过位移检测单元实时获取液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ,针对所述检测位移值进行校准,获得液压缸校准位移值 X_1 、 X_2 、 X_3 ;

S4、通过位移校正控制器计算比例阀控制器附加给定值 U_x ;

S5、比例阀控制器将主给定输入 U_α 与附加给定 U_x 合成比例阀控制信号 U ,根据所述比例阀控制信号 U 对液压缸的比例阀进行控制,其中, $U=U_\alpha+U_x$ 。

8. 如权利要求7所述的布料器倾动机构的控制方法,其特征在于,所述步骤S2具体包括:

S21、以布料档位设定值为 α 角目标值 SP_α ,以角度检测单元输出检测值为 α 角实际值 PV_α ,

计算角度误差 e_α 及角度误差变化率 ec_α ;其中,角度误差 $e_\alpha = SP_\alpha - PV_\alpha$;角度误差变化率

$$ec_\alpha = \frac{de_\alpha}{dt};$$

S22、将步骤S21处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 KP_α 、 KI_α 、 KD_α ;

S23、将步骤S22输出 KP_α 、 KI_α 、 KD_α 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

S24、以角度误差 e_α 和误差变化率 ec_α 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式(1)计算比例阀控制器的主给定 U_α ;

$$U_\alpha(k) = KP_\alpha \left\{ e_\alpha(k) + \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^k e_\alpha(i) K_d + \frac{ec_\alpha}{T} \right\} = KP_\alpha e_\alpha(k) + KI_\alpha \sum_{i=1}^k e_\alpha(i) + KD_\alpha ec_\alpha(k) \quad (1)$$

式(1)中 k 为采样间隔。

9.如权利要求7所述的布料器倾动机构的控制方法,其特征在于,所述步骤S3具体包括:

S31、经A/D转换模块实时采集液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ;

S32、逻辑判断,系统程序是否接收到重新计算调整量指令,是则顺序执行;否则跳转至步骤S36;

S33、逻辑判断,检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 中最大值 X'_{max} 与最小值 X'_{min} 是否满足下式(2):

$$|X'_{max} - X'_{min}| \leq 5\text{mm} \quad (2)$$

是则顺序执行,否则需要进行机械调整,系统程序返回至步骤S32;

S34、按式(3)计算液压缸位移检测值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 的平均值 \bar{X}' ;

$$\bar{X}' = (X'_1 + X'_2 + X'_3)/3 \quad (3)$$

S35、按式(4)计算每个液压缸的位移调整量;

$$\Delta X'_n = X'_n - \bar{X}' \quad (4)$$

S36、按式(7)计算每个液压缸的校准位移;

$$X_n = X'_n - \Delta X'_n \quad (7)$$

其中, n 表示第 n 个液压缸, n 为正整数。

10.如权利要求7所述的布料器倾动机构的控制方法,其特征在于,所述步骤S4包括:

S41、按式(10)计算控制器位移目标值 \bar{X} ;

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3)/3 \quad (10)$$

S42、计算液压缸位移误差及液压缸位移误差变化率;其中,液压缸位移误差为:

$$e_x = X - \bar{X},$$

$$\text{液压缸位移误差变化率为: } ec_x = \frac{de_x}{dt};$$

S43、将S42处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 KP_x 、 KI_x 、 KD_x ;

S44、将S43输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

S45、以位移误差 e_x 和误差变化率 ec_x 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式(11)计算比例阀控制器的附加给定 U_x ;

$$U_x(k) = KP_x \left\{ e_x(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^k e_x(i) K_d + \frac{ec_x}{T} \right\} = KP_x e_x(k) + KI_x \sum_{i=1}^k e_x(i) + KD_x ec_x(k) \quad (11)$$

式中 k 为采样间隔, KP_x 、 KI_x 、 KD_x 是位移模糊控制器输出给PID控制器的比例、积分、微分参数增益。

布料器倾动机构及该机构的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制方法,特别是涉及布料器倾动机构及该机构的控制方法。

背景技术

[0002] 目前,大型高炉高精度布料器溜槽倾动角度(α 角)采用三支或多支液压缸驱动定位,与采用电机驱动的溜槽旋转角度(β 角)相互配合,完成入炉料在高炉圆截面的落料点控制,应用于如多档位环形布料、单环布料、扇形布料、螺旋布料、定点布料等诸多布料工艺。大型高炉炉喉直径大,布料溜槽长, α 角位置精确控制可以实现入炉料在炉喉圆周方向和径向的均匀分布,促进炉况顺行,改善工艺过程控制质量,提高高炉的运行效率,为处理炉料管道、偏行等事故创造条件。

[0003] 传统的大型高炉无料钟炉顶布料器存在一些缺点,如 α 角采用电机驱动,机械传动复杂;角度定位速度慢精度不高,速度1.5度/秒时,精度 $\pm 0.2^\circ$;布料环挡采用固定角度调整不便、可编程性差等。现有的布料器倾动机构中倾动角度(α 角)控制系统原理框图请参见图1所示。

发明内容

[0004] 鉴于现有技术存在的上述问题,本发明的目的在于提供一种高精度的布料器倾动机构及该机构的控制方法。可以满足大型高炉无料钟炉顶布料器 α 角(倾角)高精度定位控制的要求。该控制方法采用角度位移内外双闭环模糊PID智能控制技术。位移内环实现驱动液压缸位移的动态补偿、同步校正控制,从而抑制各液压缸在交变载荷作用下的位移波动,使托圈保持水平,以减小传动导向机构导轮与导轨间的冲击和磨损,避免机械导向机构磨损误差影响布料精度,从而解决设备长寿命高精度定位运行难题;角度外环实现布料倾动角度的快速高精度定位控制要求。

[0005] 具体地,本发明一个方面提供的布料器倾动机构,包括:

[0006] 机构本体,所述机构本体上设置有用于入料的溜槽,所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度可调;

[0007] 驱动执行机构,所述驱动执行机构包括一提供驱动力的驱动部以及一传递所述驱动力的连杆;

[0008] 传动机构,所述传动机构与所述连杆连接并在所述驱动执行机构作用下对所述溜槽的倾动角度和/或旋转角度进行调整;

[0009] 控制机构,所述控制机构包括角度检测单元、角度模糊PID控制器、位移检测单元、位移校正控制器和比例阀控制器;其中,所述角度检测单元配置为检测倾动角度,所述角度模糊PID控制器配置为根据所述角度检测单元的检测值进行倾动角度的定位控制;所述位移检测单元配置为采集所述驱动部的位移值,所述位移校正控制器配置为根据所述位移值进行校准控制;所述比例阀控制器配置为根据比例阀控制信号控制比例阀动作以对所述倾动角度进行调整。

[0010] 作为优选,所述角度检测单元包括倾动检测装置及安装于其上的角度检测编码器。

[0011] 作为优选,所述角度模糊PID控制器,包括模糊控制器、PID控制器和参数整定单元,所述参数整定单元配置为以模糊控制器的输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分环节参数调节输入。

[0012] 作为优选,所述位移检测单元包括设置于所述驱动部上的位移传感器和位移校准单元,所述位移校准单元配置为根据所述位移传感器得出的检测位移值得到校准位移值,并以所述校准位移值作为位移控制参量。

[0013] 作为优选,所述位移校正控制器包括位移模糊PID控制器。

[0014] 作为优选,所述驱动部为液压缸;所述传动机构包括导轨、导轮、托圈、回转支撑、万向框架、曲柄尾轮、曲柄和耳轴,其中所述导轨设置于所述机构本体上,所述托圈与所述连杆连接并通过所述导轮与所述导轨滑动相接,所述回转支撑设置在所述托圈内并且所述托圈通过所述万向框架与所述曲柄连接,所述曲柄包括连接在所述万向框架上的曲柄尾轮和与所述溜槽连接的耳轴。

[0015] 本发明另一个方面还提供了一种布料器倾动机构的控制方法,该方法包括:

[0016] S1、通过角度检测单元实时获取溜槽的 α 角度实际值 PV_α ;

[0017] S2、通过角度模糊PID控制器计算比例阀控制器主给定值 U_α ;

[0018] S3、通过位移检测单元实时获取液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ,针对所述检测位移值进行校准,获得液压缸校准位移值 X_1 、 X_2 、 X_3 ;

[0019] S4、通过位移校正控制器计算比例阀控制器附加给定值 U_x ;

[0020] S5、比例阀控制器将主给定输入 U_α 与附加给定 U_x 合成比例阀控制信号 U ,根据所述比例阀控制信号 U 对液压缸的比例阀进行控制,其中, $U=U_\alpha+U_x$ 。

[0021] 作为优选,所述步骤S2具体包括:

[0022] S21、以布料档位设定值为 α 角目标值 SP_α ,以角度检测单元输出检测值为 α 角实际值 PV_α ,计算角度误差 e_α 及角度误差变化率 ec_α ;其中,角度误差 $e_\alpha=SP_\alpha-PV_\alpha$;角度误差变化率 $ec_\alpha=de_\alpha/dt$;

[0023] S22、将步骤S21处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 KP_α 、 KI_α 、 KD_α ;

[0024] S23、将步骤S22输出 KP_α 、 KI_α 、 KD_α 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

[0025] S24、以角度误差 e_α 和误差变化率 ec_α 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式(1)计算比例阀控制器的主给定 U_α ;

$$U_\alpha(k) = KP_\alpha \left\{ e_\alpha(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^k e_\alpha(i) K_d + \frac{ec_\alpha}{T} \right\} = KP_\alpha e_\alpha(k) + KI_\alpha \sum_{i=1}^k e_\alpha(i) + KD_\alpha ec_\alpha(k) \quad (1)$$

[0027] 式(1)中 k 为采样间隔。

[0028] 作为优选,所述步骤S3具体包括:

[0029] S31、经A/D转换模块实时采集液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ;

[0030] S32、逻辑判断,系统程序是否接收到重新计算调整量指令,是则顺序执行;否则跳转至步骤S36;

[0031] S33:逻辑判断,检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 中最大值 X'_{\max} 与最小值 X'_{\min} 是否满足下式(2):

$$[0032] \quad |X'_{\max} - X'_{\min}| \leq 5\text{mm} \quad (2)$$

[0033] 是则顺序执行,否则需要进行机械调整,系统程序返回至步骤S32;

[0034] S32、按式(3)计算液压缸位移检测值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 的平均值 \bar{X}' ;

$$[0035] \quad \bar{X}' = (X'_1 + X'_2 + X'_3)/3 \quad (3)$$

[0036] S35、按式(4)计算每个液压缸的位移调整量;

$$[0037] \quad \Delta X'_n = X'_n - \bar{X}' \quad (4)$$

[0038] S36、按式(7)计算每个液压缸的校准位移;

$$[0039] \quad X_n = X'_n - \Delta X'_n \quad (7)$$

[0040] 其中,n表示第n个液压缸,n为正整数。

[0041] 作为优选,所述步骤S4包括:

[0042] S41、按式(10)计算控制器位移目标值 \bar{X} ;

$$[0043] \quad \bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3)/3 \quad (10)$$

[0044] S42、计算液压缸位移误差及液压缸位移误差变化率;其中,液压缸位移误差为: $e_x = X - \bar{X}$,液压缸位移误差变化率为: $ec_x = de_x/dt$ 。

[0045] S43、将S42处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 KP_x 、 KI_x 、 KD_x ;

[0046] S44、将S43输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

[0047] S45、以位移误差 e_x 和误差变化率 ec_x 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式(11)计算比例阀控制器的附加给定 U_x ;

$$[0048] \quad U_x(k) = KP_x \left\{ e_x(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^k e_x(i) K_d + \frac{ec_x}{T} \right\} = KP_x e_x(k) + KI_x \sum_{i=1}^k e_x(i) + KD_x ec_x(k) \quad (11)$$

[0049] 式中k为采样间隔, KP_x 、 KI_x 、 KD_x 是位移模糊控制器输出给PID控制器的比例、积分、微分参数增益。

[0050] 与现有技术相比,本发明有益效果在于:

[0051] 1、采用模糊PID控制器,具有响应速度快、定位精度高、鲁棒性好的特点。使用该机构,布料器的布料精度对油源压力变化、溜槽重量变化、因布料角度及料流冲击引起的载荷幅度变化等各种运行工况条件的适应能力显著提高。PID控制器的控制参数由模糊控制器动态整定给出,更适应控制对象的非线性时变特性。

[0052] 2、采用双闭环控制系统,角度外环实现高精度定位控制的同时,位移内环使三缸在运行过程中保持位移同步校正,保证托圈基本处于水平状态,减小了导轮与导轨间的冲击和磨损,避免了机械导向磨损误差影响布料精度问题,解决设备长寿命高精度定位运行难题。

[0053] 3、该方法不仅适合三液压缸驱动布料器倾角控制,也适合多液压缸驱动的布料器倾角控制。

[0054] 4、针对传统型布料器存在的问题,本发明提出的布料器倾动机构改由液压驱动,速度快、精度高, α 角度定位速度最高可达6度/秒,精度 $\pm 0.1^\circ$ 。由于高精度布料器溜槽倾角

传动机构具有大惯量强扰动非线性交变的负载特性,如图1所示的传统控制系统难以保证 α 角定位精度长期稳定。溜槽重量变化、导向机构磨损等都会影响控制系统的稳定性,进而降低 α 角定位精度。

附图说明

- [0055] 图1是现有的布料器倾动机构中倾动角度(α 角)控制系统原理框图;
- [0056] 图2是本发明的布料器倾动机构的控制原理框图;
- [0057] 图3是本发明的布料器倾动机构的结构示意图;
- [0058] 图4是本发明的布料器倾动机构中的角度模糊PID控制器原理构成框图;
- [0059] 图5是本发明的布料器倾动机构中油缸位移校准程序的流程图;
- [0060] 图6是本发明的布料器倾动机构的位移校正控制器原理构成框图;
- [0061] 主要附图标记:液压缸1、连杆2、导轨3、导轮4、托圈5、回转支撑6、万向框架7、曲柄尾轮8、曲柄9、耳轴10、溜槽11。其中,液压缸1和连杆2构成驱动执行机构,3~10部分构成溜槽 α 角的传动机构。

具体实施方式

- [0062] 以下结合附图对本发明的技术方案做进一步详细的说明。
- [0063] 本发明所提出的布料器倾动机构及该机构的控制方法,其基本实现方式为:采用位移角度内外双闭环模糊PID智能控制技术;内环采用位移校正控制器实现每个液压缸的位移闭环控制,位移校正控制器以位移模糊PID控制器为核心单元,以每个液压缸的位移值为实际值 X ,以三液压缸的位移均值 \bar{X} 为目标值,以目标值与实际值的差值 e_x 及差值变化率 e_{cx} 作为模糊PID控制器的输入,以模糊控制器的输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分环节参数调节输入。以PID控制器的输出值作为液压缸比例阀控制器的附加给定输入 U_x 。内环确定比例阀的附加开度,用于实现在布料器溜槽旋转运动过程中三个液压缸位移的动态补偿控制,从而抑制液压缸在交变载荷作用下的位移波动,使托圈保持水平,从而减小导向机构磨损,确保机构长寿命稳定运行。外环采用模糊PID控制器实现角度闭环控制,角度闭环控制以布料档位设定值为目标值 SP_α ,以溜槽角度检测单元的编码器反馈值为实际值 PV_α ,以目标值与实际值的差值 e_α 及差值变化率 $e_{c\alpha}$ 作为模糊PID控制器的输入,以模糊控制器的输出 KP_α 、 KI_α 、 KD_α 作为PID控制器的比例、积分、微分环节参数调节输入。以PID控制器的输出作为液压缸比例阀控制器的主给定输入 U_α 。外环决定比例阀的主开度值,对 α 角的定位速度和定位精度起主导作用,三支驱动液压缸的比例阀控制器的主开度值相同。
- [0064] 以下结合附图予以具体说明,如图2至图6所示,本发明实施例提供的布料器倾动机构,包括:
- [0065] 机构本体,所述机构本体上设置有用于入料的溜槽11,所述溜槽11的倾动角度(α 角)和/或旋转角度(β 角)可调;
- [0066] 驱动执行机构,所述驱动执行机构包括一提供驱动力的驱动部1以及一传递所述驱动力的连杆2;
- [0067] 传动机构,所述传动机构与所述连杆2连接并在所述驱动执行机构作用下对所述溜槽11的倾动角度和/或旋转角度进行调整;

[0068] 控制机构,所述控制机构包括角度检测单元、角度模糊PID控制器、位移检测单元、位移校正控制器和比例阀控制器;其中,所述角度检测单元配置为检测倾动角度,所述角度模糊PID控制器配置为根据所述角度检测单元的检测值进行倾动角度的定位控制;所述位移检测单元配置为采集所述驱动部的位移值,所述位移校正控制器配置为根据所述位移值进行校准控制;所述比例阀控制器配置为根据比例阀控制信号控制比例阀动作以对所述倾动角度进行调整。

[0069] 其中具体地,角度检测单元由倾动检测装置及安装于其上的角度检测编码器构成,为便于实现 α 角的高精确定位控制,角度编码器选用总线型,单圈分辨率不低于13位,以提高角度检测精度和系统响应时间,降低误码率。

[0070] 角度模糊PID控制器原理构成框图如图4所示,包括模糊控制器、PID控制器和角度误差及其微分环节三部分,用于实现布料器溜槽 α 角度精确定位控制。

[0071] 位移检测单元由安装驱动执行机构液压缸上的位移传感器及相应的校准环节构成。由于机械设计需要选定合适的公差配合带以便于制造工艺实现,各位移传感器间也存在一定的个体差异,这使得在托圈水平的状况下,三个位移传感器采集到的检测位移值并不相同,以检测位移值进行位移校正闭环控制的不能保证托圈水平,为此在位移检测单元设置校准环节。采用校准位移作为液压缸的位移控制参量,可以补偿因机械装配等原因造成的位移实测值间的差异,确保在三个油缸位移相同的情况下,托圈与机械基准水平,从而实现在不同 α 角度位置,通过实时控制调整油缸位移值相同,即达到控制托圈水平的目的。

[0072] 位移校正控制器以位移模糊PID控制器为核心,以液压缸校准位移 $X = [X_1 X_2 X_3]^T$ 为实际值,以三个油缸位移的平均值为目标值 \bar{X} ,对各个液压缸实施位移校正调节。位移校正控制器的输出值作为液压缸比例阀控制器的附加输入 U_x 。

[0073] 比例阀控制器将主给定输入 U_α 与附加给定 U_x 合成比例阀控制信号 U 。经数模转换器D/A后,输出至比例放大板,驱动比例阀动作。驱动执行机构和溜槽 α 传动机构构成了本控制方法的控制对象部分。

[0074] 再进一步具体地,如图3所示,所述驱动部为液压缸;所述传动机构包括导轨3、导轮4、托圈5、回转支撑6、万向框架7、曲柄尾轮8、曲柄9和耳轴10,其中所述导轨3设置与所述机构本体上,所述托圈5与所述连杆2连接并通过所述导轮4与所述导轨3滑动相接,所述回转支撑6设置在所述托圈5内并且所述托圈5通过所述万向框架7与所述曲柄9连接,所述曲柄9包括连接在所述万向框架7上的曲柄尾轮8和与所述溜槽11连接的耳轴。

[0075] 以下对于本发明所提供的布料器倾动机构的控制方法予以详细说明,该方法包括:

[0076] S1、通过角度检测单元实时获取溜槽的 α 角度实际值 PV_α ;

[0077] S2、通过角度模糊PID控制器计算比例阀控制器主给定值 U_α ;

[0078] S3、通过位移检测单元实时获取液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ,针对所述检测位移值进行校准,获得液压缸校准位移值 X_1 、 X_2 、 X_3 ;

[0079] S4、通过位移校正控制器计算比例阀控制器附加给定值 U_x ;

[0080] S5、比例阀控制器将主给定输入 U_α 与附加给定 U_x 合成比例阀控制信号 U ,根据所述比例阀控制信号 U 对液压缸的比例阀进行控制,其中, $U = U_\alpha + U_x$ 。

[0081] 具体地,以三个液压缸为例,本发明布料器倾动机构的控制方法按如下步骤实施:

[0082] 步骤1:通过角度检测单元实时获取溜槽的 α 角度实际值 $PV\alpha$ 。

[0083] 步骤2:通过角度模糊PID控制器计算比例阀控制器主给定值 $U\alpha$ 。

[0084] 步骤2.1:以布料档位设定值为 α 角目标值 $SP\alpha$,以角度检测单元输出检测值为 α 角实际值 $PV\alpha$,计算角度误差 $e\alpha$ 及其变化率 $ec\alpha$;

[0085] 角度误差 $e\alpha = SP\alpha - PV\alpha$ 。

[0086] 角度误差变化率 $ec\alpha = de\alpha/dt$ 。

[0087] 步骤2.2:将步骤2.1处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 $KP\alpha$ 、 $KI\alpha$ 、 $KD\alpha$;

[0088] 步骤2.3:将步骤2.2输出 $KP\alpha$ 、 $KI\alpha$ 、 $KD\alpha$ 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

[0089] 步骤2.4:以角度误差 $e\alpha$ 和误差变化率 $ec\alpha$ 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式计算比例阀控制器的主给定 $U\alpha$ 。

$$[0090] \quad U_{\alpha}(k) = KP_{\alpha} \left\{ e_{\alpha}(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^k e_{\alpha}(i) K_d + \frac{ec_{\alpha}}{T} \right\} = KP_{\alpha} e_{\alpha}(k) + KI_{\alpha} \sum_{i=1}^k e_{\alpha}(i) + KD_{\alpha} ec_{\alpha}(k) \quad (1)$$

[0091] 式(1)中 k 为采样间隔。

[0092] 步骤3:通过位移检测单元实时获取液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ,计算液压缸校准位移值 X_1 、 X_2 、 X_3 。

[0093] 步骤3.1:经A/D转换模块实时采集液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 ;

[0094] 步骤3.2:逻辑判断,系统程序是否接收到重新计算调整量指令,是则顺序执行;否则跳转至步骤3.6;

[0095] 步骤3.3:逻辑判断,检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 中最大值 X'_{max} 与最小值 X'_{min} 是否满足下式:

$$[0096] \quad |X'_{max} - X'_{min}| \leq 5\text{mm} \quad (2)$$

[0097] 是则顺序执行,否则需要进行机械调整,系统程序返回至步骤3.2;

[0098] 机械调整按以下顺序进行:

[0099] 步骤3.3.1:在布料器摘除溜槽状态下,通过调整布料器内托圈可调机械支撑限位,以布料器箱体内垂直方向上的基准面找平托圈,将托圈调至水平状态。

[0100] 步骤3.3.2:在托圈水平状态下,通过机械连杆调整液压缸检测位移值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 满足式(2)要求。

[0101] 步骤3.4:按式(3)计算液压缸位移检测值 X'_1 、 X'_2 、 X'_3 的平均值 \bar{X}' ;

$$[0102] \quad \bar{X}' = (X'_1 + X'_2 + X'_3)/3 \quad (3)$$

[0103] 步骤3.5:按式(4)~(6)计算每个液压缸的位移调整量;

[0104] 1#液压缸位移调整量:

$$[0105] \quad \Delta X'_1 = X'_1 - \bar{X}' \quad (4)$$

[0106] 2#液压缸位移调整量:

$$[0107] \quad \Delta X'_2 = X'_2 - \bar{X}' \quad (5)$$

[0108] 3#液压缸位移调整量:

$$[0109] \quad \Delta X'_3 = X'_3 - \bar{X}' \quad (6)$$

[0110] 步骤3.6:按式(7)~(9)计算每个液压缸的校准位移;

[0111] 1#液压缸校准位移:

$$[0112] \quad X_1 = X'_1 - \Delta X'_1 \quad (7)$$

[0113] 2#液压缸校准位移:

$$[0114] \quad X_2 = X'_2 - \Delta X'_2 \quad (8)$$

[0115] 3#液压缸校准位移:

$$[0116] \quad X_3 = X'_3 - \Delta X'_3 \quad (9)$$

[0117] 油缸位移校准程序流程图如图5所示

[0118] 步骤4:通过位移校正控制器计算比例阀控制器附加给定值 U_x 。

[0119] 步骤4.1:按式(10)计算控制器位移目标值 \bar{X} ;

$$[0120] \quad \bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3)/3 \quad (10)$$

[0121] 步骤4.2:计算液压缸位移误差及其变化率;

[0122] 液压缸位移误差: $e_x = X - \bar{X}$ 。

[0123] 液压缸位移误差变化率 $ec_x = de_x/dt$ 。

[0124] 步骤4.3:将步骤4.2处理后的信号作为模糊控制器的输入量,进行模糊化,模糊推理及清晰化处理,得到模糊控制器的输出量 KP_x 、 KI_x 、 KD_x ;

[0125] 步骤4.4:将步骤4.3输出 KP_x 、 KI_x 、 KD_x 作为PID控制器的比例、积分、微分增益整定参数;

[0126] 步骤4.5:以位移误差 e_x 和误差变化率 ec_x 作为PID控制器的输入,按PID控制器计算公式计算比例阀控制器的附加给定 U_x 。

$$[0127] \quad U_x(k) = KP_x \left\{ e_x(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^k e_x(i) K_d + \frac{ec_x}{T} \right\} = KP_x e_x(k) + KI_x \sum_{i=1}^k e_x(i) + KD_x ec_x(k) \quad (11)$$

[0128] 式中 k 为采样间隔, KP_x 、 KI_x 、 KD_x 是位移模糊控制器输出给PID控制器的比例、积分、微分参数增益。

[0129] 图6是本发明的布料器倾动机构的位移校正控制器原理构成框图。图中虚线框部分的液压缸位移为位移检测单元输出的液压缸校准位移。

[0130] 步骤5:比例阀控制器将主给定输入 U_a 与附加给定 U_x 合成比例阀控制信号 U 。经数模转换器D/A后,输出至比例阀控制器,驱动比例阀动作。比例阀控制器输入信号按式(12)计算。

$$[0131] \quad U = U_a + U_x \quad (12)$$

[0132] 本发明的布料器倾动机构具有响应速度快、定位精度高、鲁棒性好的特点。使用该控制方法,布料器的布料精度对油源压力变化、溜槽重量变化、因布料角度及料流冲击引起的载荷幅度变化等各种特别工况条件的适应能力显著提高,同时,大大提高了机械导向机构的使用寿命。本发明直接应用于高炉冶金技术领域,主要用来解决 α 角的高精度定位控制问题,以满足高炉生产工艺对炉料稳定操作、均匀分布的工艺要求。

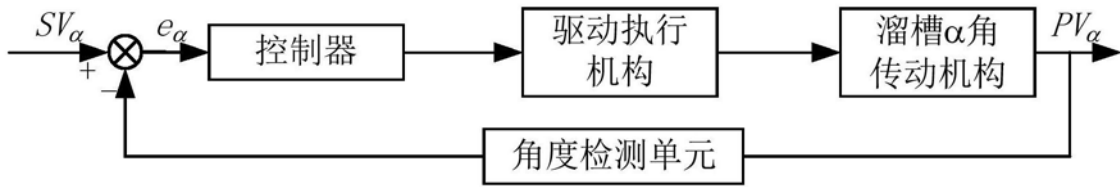


图1

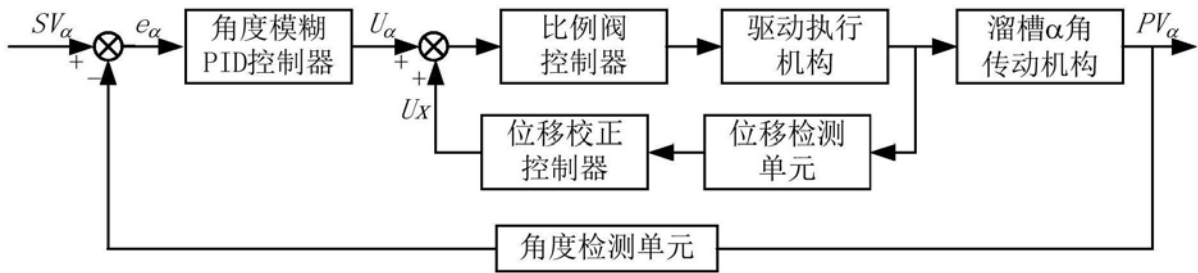


图2

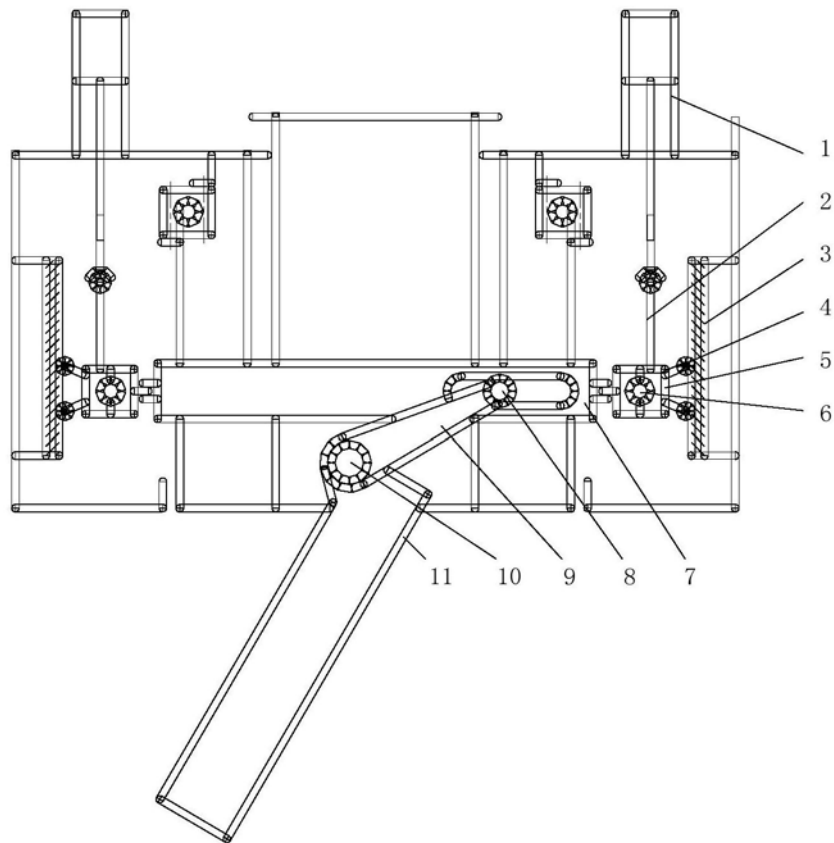


图3

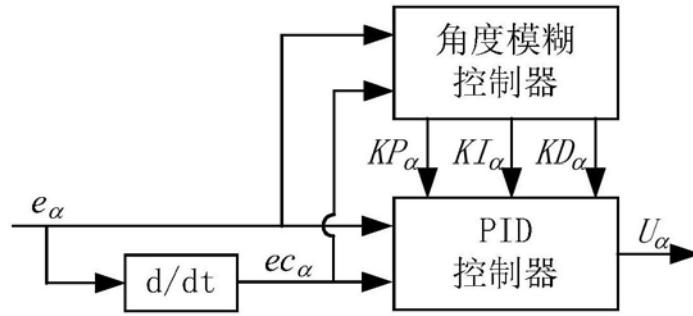


图4

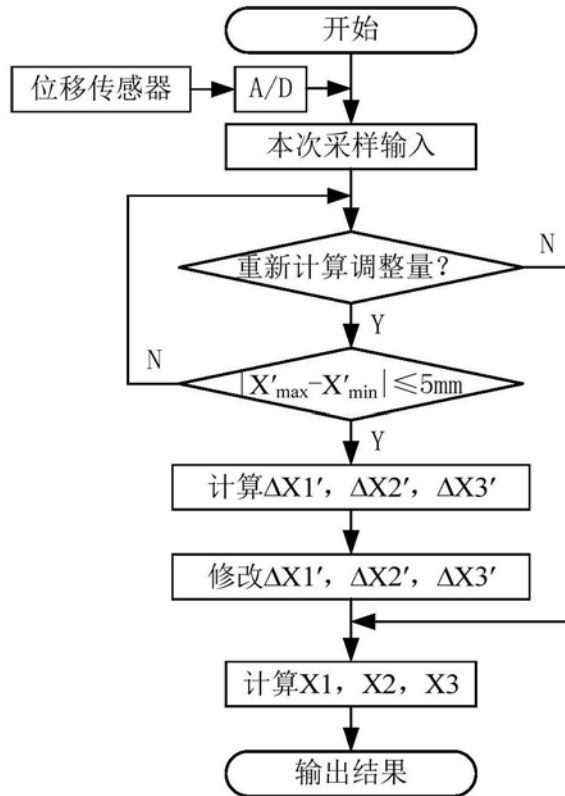


图5

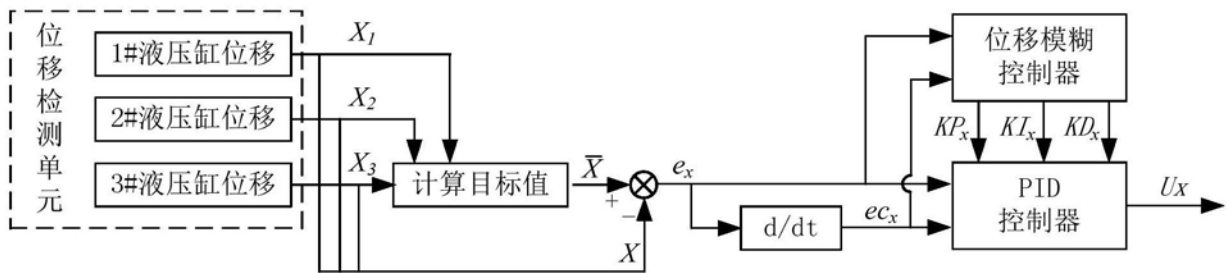


图6