



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106179631 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(21)申请号 201610541500.5

(22)申请日 2016.07.09

(71)申请人 青岛大学

地址 266071 山东省青岛市市南区宁夏路  
308号

(72)发明人 王立 周力 张晓倩 吕明飞  
杨帆 李欣然

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 赵妍

(51)Int.Cl.

B02C 17/10(2006.01)

B02C 17/24(2006.01)

B02C 23/12(2006.01)

B02C 25/00(2006.01)

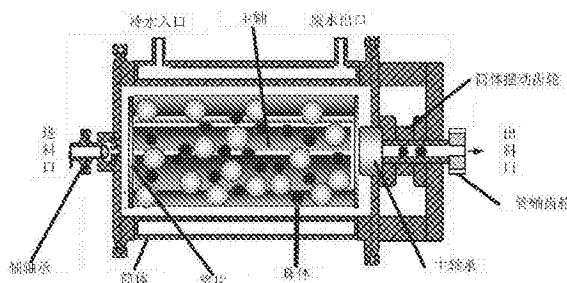
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

一种双向转动的研磨化工机械系统

## (57)摘要

一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:包括研磨部分和控制系统两部分,研磨部分包括原料斗、给料机、集合器、送料带、研磨机、珠体分离器、粗粉分离器、细粉分离器、粉料斗、风机、阀以及管线,研磨机具有进料口、出料口、筒体、主轴承、辅轴承、浆片、珠体、主轴、筒体摆动齿轮以及管轴齿轮,主轴在主轴电机的带动下旋转,筒体摆动齿轮在步进电机的带动下周期性的以一定的角度进行往复转动。



1. 一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:包括研磨部分和控制系统两部分,研磨部分包括原料斗、给料机、集合器、送料带、研磨机、珠体分离器、粗粉分离器、细粉分离器、粉料斗、风机、阀以及管线,原料通过给料机进入集合器,与其他的粉料集合经过送料带进入研磨机,研磨机将物料研磨后形成初加工粉料,通过管线进入珠体分离器,将珠体分离并退回研磨机中,分离后的初加工粉料通过管线进入粗粉分离器,将尺寸过大的初加工粉料分离并通过管线进入集合器,经过粗粉分离器的初加工粉料形成初分离粉料,通过管线直接进入粉料斗形成最终粉料,或者通过管线进入细粉分离器,进一步将初分离粉料筛选形成最终粉料,并将尺寸不合规定的粉料返回集合器,细粉分离器和集合器之间设置有气动泵浦,以便于粉料顺畅快速的通过管路;

其中,研磨机具有进料口、出料口、筒体、主轴承、辅轴承、浆片、珠体、主轴、筒体摆动齿轮以及管轴齿轮,原料通过筒体的进料口进入筒体内部,进料口外部套设辅轴承,筒体内的浆片与主轴固定连接,主轴为中空管状结构,并在表面形成多个通孔,主轴一端伸出形成出料口,主轴承套设在主轴上,管轴齿轮套设在主轴上,管轴齿轮与主轴电机上的驱动齿轮啮合,主轴在主轴电机的带动下旋转,筒体摆动齿轮与筒体固定连接,筒体摆动齿轮通过链条与外部的步进电机连接,筒体摆动齿轮在步进电机的带动下周期性的以一定的角度进行往复转动,步进电机采用大功率混合式步进电机,功率为5kW;

控制系统包括传感器、主控器、执行装置、显示装置以及通讯装置,传感器将测量得到的信号传递给主控器,主控器为AT89C51单片机,主控器将得到的信号进行处理后控制执行装置进行相应的动作,并将相应的参数显示在显示装置上,通讯装置与主控器连接,通讯装置为无线连接装置,进而实现远程监控。

2. 根据权利要求1所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:主轴在主轴电机的带动下周期性的交替正反向旋转,且正反向旋转的交替周期与筒体摆动齿轮的往复运动周期相同,主轴与筒体摆动齿轮的运动方向相反。

3. 根据权利要求1所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:研磨机体内的主轴上的浆片为多个分散盘,主轴转动时,机体内的珠体在分散盘的带动下对压入筒内的浆料进行分散研磨,分散盘共有3片,每个分散盘上具有5个以中心轴为圆心均匀排列的通孔,分散盘直径100cm,通孔直径为20cm,分散盘的厚度为9cm,主轴直径为25cm,临近分散盘之间的距离为39cm;珠体分为大珠体和小珠体,大珠体直径为60mm,小珠体直径为20mm。

4. 根据权利要求1所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:传感器包括测速传感器、转速传感器、重量传感器、温度传感器、压力传感器、振动传感器、音频传感器、负载估计模块,测速传感器安装在送料带上以测量送料带的速度,重量传感器安装在原料斗和粉料斗上以测量原料和加工后的粉料重量,温度传感器安装在研磨机的废水出口处以测量水温,压力传感器安装在研磨机的出料口处以测量出料口压力,振动传感器以及音频传感器安装在研磨机的基座上以测量研磨机的机械振动信号和噪声信号,负载估计模块设置在主轴电机和电源之间以测量电机的电流和电压的负载,转速传感器设置在主轴上以测量主轴的转速;

测速传感器、重量传感器、温度传感器、压力传感器、振动传感器、音频传感器通过采样芯片将信号输入主控器,负载估计模块经过带通滤波器将信号输入主控器。

5. 根据权利要求4所述的一种送料速度模糊控制的研磨化工机械,其特征在于:通过机

械振动信号和噪声信号判断筒体中的料位,具体步骤如下:

步骤1,将机械振动信号和噪声信号进行滤波,去除无用信号,并获取机械振动信号函数 $f_z$ 和噪声频率函数 $f_c$ ;

步骤2,计算声级,

$$L = 10 * \left( \lg \left| \frac{dF(f_z)}{dt} \right| + \lg \operatorname{Re} \left[ H_e(f_c) e^{-j90} \right] + \lg \left( \frac{a \sigma_{\text{rad}}}{f_z} \right) - \lg \eta_s - \lg d \right)$$

式中,L为声级强度,t为时间,e为自然对数函数的底数,lg为对数函数,F()为筒体内珠体与物料之间的冲击力函数, $H_e()$ 为筒体结构响应函数,a为声级加权系数, $\sigma_{\text{rad}}$ 筒体结构的声辐射系数, $\eta_s$ 为筒体的内部阻尼系数,d为筒体平均厚度,Re表示取复数的实部;

步骤3,绘制声级强度L的曲线,并提取包络信号,形成包络曲线并对包络信号进行下抽样处理,进行数据压缩;

步骤4,对压缩后的数据进行低频重构,得到低频重构信号;

步骤5,将上述低频重构信号通过已经训练好的三层BP神经网络,与预先测量得到的分别处于10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%料位的低频重构信号进行比对,输出研磨机的实时料位信息。

6.根据权利要求5所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:执行装置包括皮带轮电机、步进电机、主轴电机、冷水泵、气动泵浦、离合器、齿轮箱,皮带轮电机与送料带的皮带轮连接,主控器通过驱动装置与皮带轮电机连接向其提供转速信号以调节送料带的送料速度,主控器通过脉冲生成器与步进电机连接,脉冲生成器向步进电机提供周期的脉冲信号进而控制其运转周期和旋转角度,主控器通过驱动器主轴电机连接并向其提供驱动信号以调节主轴电机的电力供应进而调节主轴电机的负载能力,主控器与冷水泵上控制阀连接以控制冷水的供应压力,进而实现对筒体的有效冷却,主控器与气动泵浦连接以控制粉料的流量。

7.根据权利要求6所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:主轴电机通过离合器与齿轮箱连接,齿轮箱的输出轴上有齿轮从而与研磨机上的管轴齿轮相互啮合,主控器与离合器连接从而在负载过大时使主轴电机与齿轮箱断开,主控器与齿轮箱连接对转速和转向进行调节。

8.根据权利要求7所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:脉冲信号是由正弦信号调制生成的,并且每个周期内具有两个正负的脉宽相同的脉冲,主控器通过调节脉冲宽度的大小进而控制步进电机旋转角度,通过调节脉冲信号周期调节步进电机运转周期,主控器将脉冲信号周期的一半作为对齿轮箱转向调节的周期。

9.根据权利要求1所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:显示装置包括液晶显示器和报警指示器,显示装置液晶显示器与主控器连接,显示各个传感器采集的数据以及各个执行机构的状态,报警指示器与主控器连接,用于在出现故障时发出警报以提醒操作人员,故障为管线发生堵料,送料带停转,离合器发生分离,废水出口水温过高,机械振动信号和噪声信号异常。

10.根据权利要求9所述的一种双向转动的研磨化工机械系统,其特征在于:主控器具有模糊控制装置,模糊控制装置包括差分器、微分器、模糊化接口、输出量转换模块、推理机、知识库,负载估计模块将测得的主轴电机的测量负载电压通过带通滤波器提供给差分

器,差分器将操作人员输入的设定负载电压与测量负载电压相减得到误差值E,误差值E经过微分器得到误差变化率 $dE/dt$ ,误差值E和误差变化率 $dE/dt$ 提供给模糊化接口,对误差值E和误差变化率 $dE/dt$ 进行模糊化赋值,分别得到模糊化误差值ME和模糊化误差变化值MEC,模糊化误差值ME和模糊化误差变化值MEC提供给推理机,推理机根据知识库中的输入输出隶属度矢量值以及逻辑推理规则对模糊化误差值ME和模糊化误差变化值MEC进行模糊推理得到模糊控制量MU,输出量转换模块将模糊控制量MU转换为实际控制量U,根据实际控制量U控制电源向主轴电机提供电压;

其中,模糊化赋值的过程具体为:按照操作人员的语言变量的选取参量PL、PB、PM、PS、ZO、NS、NM、NB、BL分别表示正超大、正大、正中、正小、零、负小、负中、负大、负超大,对应的模糊集 $\{-n, -n+1, \dots, 0, \dots, n-1, n\}$ ,  $n=4$ ,

确定量化因子, $k_e=n/e$ ,其中, $k_e$ 为误差值量化因子, $e$ 为测量的最大误差值, $k_{ec}=n/ec$ , $k_{ec}$ 为误差变化率量化因子, $ec$ 为测量的最大误差变化率,

如果 $m \leq k_e E \leq m+1$ ,  $m < n$ ,则模糊化误差值ME为经过四舍五入的 $k_e E$ ;

如果 $k_e E < -n$ ,则模糊化误差值ME为 $-n$ ;

如果 $k_e E > n$ ,则模糊化误差值ME为 $n$ ;

如果 $m \leq k_{ec} E \leq m+1$ ,  $m < n$ ,则模糊化误差变化值MEC为经过四舍五入的 $k_{ec} E$ ;

如果 $k_{ec} E < -n$ ,则模糊化误差变化值MEC为 $-n$ ;

如果 $k_{ec} E > n$ ,则模糊化误差变化值MEC为 $n$ ;

知识库包括数据库以及规则库,

数据库中存放输入、输出变量的模糊隶属度矢量值,此矢量值是输入、输出量经过对应论域离散化后所对应值的集合,所对应论域若是连续的,则可作为为隶属度函数,对于输入的模糊变量,隶属度函数保存于数据库中,在模糊推理关系中向推理机提供数据。

## 一种双向转动的研磨化工机械系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于研磨机械,特别涉及一种双向转动的研磨化工机械系统。

### 背景技术

[0002] 目前,化学品的研磨机械的生产技术力量薄弱、生产线自动化程度低、人工操作多、工序分散、工作环境差的落后生产途中,生产过程存在的问题有如下几点。

[0003] 研磨加工效率低下,研磨产品单一,无法根据需要适时调整机械;自动控制程度低,操作人员手工操作效率低下;在化学品研磨过程中,化学品会产生热量,需要停机冷却,不能实时降温;生产过程中某些参数的调节和监控主要依靠有经验的操作工人监视,使得生产信息及过程数据不能准确,不能及时调整。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种双向转动的研磨化工机械系统,其能够加快研磨生产的效率,提供不同颗粒大小的成品粉料,实现了研磨生产的自动化。

[0005] 为了实现上述目的,本发明的技术方案为:一种双向转动的研磨化工机械系统,包括研磨部分和控制系统两部分,研磨部分包括原料斗、给料机、集合器、送料带、研磨机、珠体分离器、粗粉分离器、细粉分离器、粉料斗、风机、阀以及管线,如图所示,原料通过给料机进入集合器,与其他的粉料集合经过送料带进入研磨机,研磨机将物料研磨后形成初加工粉料,通过管线进入珠体分离器,将珠体分离并退回研磨机中,分离后的初加工粉料通过管线进入粗粉分离器,将尺寸过大的初加工粉料分离并通过管线进入集合器,经过粗粉分离器的初加工粉料形成初分离粉料,通过管线直接进入粉料斗形成最终粉料,或者通过管线进入细粉分离器,进一步将初分离粉料筛选形成最终粉料,并将尺寸不合规定的粉料返回集合器,细粉分离器和集合器之间设置有气动泵浦,以便于粉料顺畅快速的通过管路;

[0006] 其中,研磨机具有进料口、出料口、筒体、主轴承、辅轴承、浆片、珠体、主轴、筒体摆动齿轮以及管轴齿轮,原料通过筒体的进料口进入筒体内部,进料口外部套设辅轴承,筒体内的浆片与主轴固定连接,主轴为中空管状结构,并在表面形成多个通孔,主轴一端伸出形成出料口,主轴承套设在主轴上,管轴齿轮套设在主轴上,管轴齿轮与主轴电机上的驱动齿轮啮合,主轴在主轴电机的带动下旋转,筒体摆动齿轮与筒体固定连接,筒体摆动齿轮通过链条与外部的步进电机连接,筒体摆动齿轮在步进电机的带动下周期性的以一定的角度进行往复转动,步进电机采用大功率混合式步进电机,功率为5kW;

[0007] 控制系统包括传感器、主控器、执行装置、显示装置以及通讯装置,传感器将测量得到的信号传递给主控器,主控器为AT89C51单片机,主控器将得到的信号进行处理后控制执行装置进行相应的动作,并将相应的参数显示在显示装置上,通讯装置与主控器连接,通讯装置为无线连接装置,进而实现远程监控。

[0008] 本发明的有益效果:

[0009] 1.对制粉的有效加工,并且可以根据需求加工不同的粉料;

- [0010] 2.加大了对原料的加工力度,从而提高粉碎效率;
- [0011] 3.实现了对筒体温度的控制;
- [0012] 4.实现了颗粒的精细化研磨;
- [0013] 5.自动化控制,减少了人工设定的反复修改带来的效率上浪费以及精度的不准确;
- [0014] 6.实时监控料位情况,防止料位过高或过低的情况出现。

#### 附图说明

- [0015] 图1为本发明的研磨部分结构示意图;
- [0016] 图2为本发明的研磨机结构示意图;
- [0017] 图3a为本发明的分散盘结构尺寸示意图一;
- [0018] 图3b为本发明的分散盘结构尺寸示意图二
- [0019] 图4为本发明的主轴电机的驱动示意图;
- [0020] 图5为本发明的模糊控制器的示意图;

#### 具体实施方式

[0021] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步的说明。

[0022] 本发明的实施例参考图1-5所示。

[0023] 一种双向转动的研磨化工机械系统,其包括研磨部分和控制系统两部分,研磨部分包括原料斗、给料机、集合器、送料带、研磨机、珠体分离器、粗粉分离器、细粉分离器、粉料斗、风机、阀以及管线,如图所示,原料通过给料机进入集合器,与其他的粉料集合经过送料带进入研磨机,研磨机将物料研磨后形成初加工粉料,通过管线进入珠体分离器,将珠体分离并退回研磨机中,分离后的初加工粉料通过管线进入粗粉分离器,将尺寸过大的初加工粉料分离并通过管线进入集合器,经过粗粉分离器的初加工粉料形成初分离粉料,通过管线直接进入粉料斗形成最终粉料,或者通过管线进入细粉分离器,进一步将初分离粉料筛选形成最终粉料,并将尺寸不合规定的粉料返回集合器,细粉分离器和集合器之间设置有气动泵浦,以便于粉料顺畅快速的通过管路。

[0024] 通过上述多个管线的多循环设置,实现了对制粉的有效加工,并且可以根据需求加工不同的粉料。

[0025] 其中,研磨机具有进料口、出料口、筒体、主轴承、辅轴承、浆片、珠体、主轴、筒体摆动齿轮以及管轴齿轮,原料通过筒体的进料口进入筒体内部,进料口外部套设辅轴承,筒体内的浆片与主轴固定连接,主轴为中空管状结构,并在表面形成多个通孔,主轴一端伸出形成出料口,主轴承套设在主轴上,管轴齿轮套设在主轴上,管轴齿轮与主轴电机上的驱动齿轮啮合,主轴在主轴电机的带动下旋转,筒体摆动齿轮与筒体固定连接,筒体摆动齿轮通过链条与外部的步进电机连接,筒体摆动齿轮在步进电机的带动下周期性的以一定的角度进行往复转动,步进电机采用大功率混合式步进电机,功率为5kW。

[0026] 上述结构中,主轴和筒体同时旋转,较以往单一的主轴或者筒体的旋转的技术方案,加大了对原料的加工力度,从而提高粉碎效率。

[0027] 控制系统包括传感器、主控器、执行装置、显示装置以及通讯装置,传感器将测量

得到的信号传递给主控器,主控器为AT89C51单片机,主控器将得到的信号进行处理后控制执行装置进行相应的动作,并将相应的参数显示在显示装置上,通讯装置与主控器连接,通讯装置为无线连接装置,进而实现远程监控。

[0028] 进一步的说,原料的粒度为450微米以上,经过粗粉分离器分离的粉料的粒度为50微米以下,经过细粉分离器分离的粉料的粒度为1微米以下。

[0029] 进一步的说,细粉分离器分离参数可调节。

[0030] 进一步的说,珠体为人造玻璃珠或者钢珠。

[0031] 通过上述分离器的设置使该研磨设备适于油漆涂料、磨制颜料、染料、药物或胶悬剂等多种不同颗粒度要求的化工材料的研磨制造。

[0032] 进一步的说,气动泵浦是气动双隔膜泵,流量可调,采用压缩空气作为压力,工作压力范围为0.5-0.7Mpa。

[0033] 进一步的说,筒体具有双层桶壁,双层桶壁形成容置腔,容纳冷却水,筒体的外层桶壁上设置冷水入口、废水出口。

[0034] 通过设置双层桶壁的筒体以及相应的入水和出水口,实现了对筒体温度的控制。

[0035] 进一步的说,主轴在主轴电机的带动下周期性的交替正反向旋转,且正反向旋转的交替周期与筒体摆动齿轮的往复运动周期相同。

[0036] 进一步的说,主轴与筒体摆动齿轮的运动方向相反。

[0037] 通过上述运动方向的设置,进一步提高了粉碎效率。

[0038] 进一步的说,研磨机体内的主轴上的浆片为多个分散盘,主轴转动时,机体内的珠体在分散盘的带动下对压入筒内的浆料进行分散研磨,分散盘共有3片,每个分散盘上具有5个以中心轴为圆心均匀排列的通孔,分散盘直径100cm,通孔直径为20cm,分散盘的厚度为9cm,主轴直径为25cm,临近分散盘之间的距离为39cm。

[0039] 通过上述多个5孔分散盘的设置,实现了主轴电机低转速条件下的对颗粒的精细化研磨。

[0040] 进一步的说,珠体分为大珠体和小珠体,大珠体直径为60mm,小珠体直径为20mm。

[0041] 通过大小珠体的设置,可以有效填充珠体之间的空隙,有利于精细粉末的磨制生成。

[0042] 其中传感器包括测速传感器、转速传感器、重量传感器、温度传感器、压力传感器、振动传感器、音频传感器、负载估计模块,测速传感器安装在送料带上以测量送料带的速度,重量传感器安装在原料斗和粉料斗上以测量原料和加工后的粉料重量,温度传感器安装在研磨机的废水出口处以测量水温,压力传感器安装在研磨机的出料口处以测量出料口压力,振动传感器以及音频传感器安装在研磨机的基座上以测量研磨机的机械振动信号和噪声信号,负载估计模块设置在主轴电机和电源之间以测量电机的电流和电压的负载,转速传感器设置在主轴上以测量主轴的转速;

[0043] 测速传感器、重量传感器、温度传感器、压力传感器、振动传感器、音频传感器通过采样芯片将信号输入主控器,负载估计模块经过带通滤波器将信号输入主控器;

[0044] 进一步的说,通过机械振动信号和噪声信号判断筒体中的料位,具体步骤如下:

[0045] 步骤1,将机械振动信号和噪声信号进行滤波,去除无用信号,并获取机械振动频率函数 $f_z$ 和噪声频率函数 $f_c$ ;

[0046] 步骤2,计算声级,

$$[0047] \quad L = 10 * \left( \lg \left| \frac{dF(f_z)}{dt} \right| + \lg \operatorname{Re} \left[ H_e(f_z) e^{-j90} \right] + \lg \left( \frac{a \sigma_{rad}}{f_z} \right) - \lg \eta_s - \lg d \right)$$

[0048] 式中,L为声级强度,t为时间,e为自然对数函数的底数,lg为对数函数,F()为筒体内珠体与物料之间的冲击力函数, $H_e()$ 为筒体结构响应函数,a为声级加权系数, $\sigma_{rad}$ 筒体结构的声辐射系数, $\eta_s$ 为筒体的内部阻尼系数,d为筒体平均厚度,Re表示取复数的实部;

[0049] 步骤3,绘制声级强度L的曲线,并提取包络信号,形成包络曲线并对包络信号进行下抽样处理,进行数据压缩;

[0050] 步骤4,对压缩后的数据进行低频重构,得到低频重构信号;

[0051] 步骤5,将上述低频重构信号通过已经训练好的三层BP神经网络,与预先测量得到的分别处于10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%料位的低频重构信号进行比对,输出研磨机的实时料位信息。

[0052] 料位过低将造成球磨机工作在缺料状态,出料率低,珠体和筒体的磨损更加严重,料位过高也会造成出料率低,甚至有时可能造成堵料的问题。通过上述方法可以实时监控筒体内的料位情况,进而防止料位过低或过高的情况发生。

[0053] 执行装置包括皮带轮电机、步进电机、主轴电机、冷水泵、气动泵浦、离合器、齿轮箱,皮带轮电机与送料带的皮带轮连接,主控器通过驱动装置与皮带轮电机连接向其提供转速信号以调节送料带的送料速度,主控器通过脉冲生成器与步进电机连接,脉冲生成器向步进电机提供周期的脉冲信号进而控制其运转周期和旋转角度,主控器通过驱动器主轴电机连接并向其提供驱动信号以调节主轴电机的电力供应进而调节主轴电机的负载能力,主控器与冷水泵上控制阀连接以控制冷水的供应压力,进而实现对筒体的有效冷却,主控器与气动泵浦连接以控制粉料的流量。

[0054] 主轴电机通过离合器与齿轮箱连接,齿轮箱的输出轴上有齿轮从而与研磨机上的管轴齿轮相互啮合,主控器与离合器连接从而在负载过大时使主轴电机与齿轮箱断开,主控器与齿轮箱连接对转速和转向进行调节。

[0055] 进一步的说,脉冲信号是由正弦信号调制生成的,并且每个周期内具有两个正负的脉宽相同的脉冲,主控器通过调节脉冲宽度的大小进而控制步进电机旋转角度,通过调节脉冲信号周期调节步进电机运转周期,主控器将脉冲信号周期的一半作为对齿轮箱转向调节的周期。

[0056] 显示装置包括液晶显示器和报警指示器,显示装置液晶显示器与主控器连接,显示各个传感器采集的数据以及各个执行机构的状态,报警指示器与主控器连接,用于在出现故障时发出警报以提醒操作人员;

[0057] 进一步的说,故障为管线发生堵料,送料带停转,离合器发生分离,废水出口水温过高,机械振动信号和噪声信号异常;

[0058] 主控器具有模糊控制装置,模糊控制装置包括差分器、微分器、模糊化接口、输出量转换模块、推理机、知识库,负载估计模块将测得的主轴电机的测量负载电压通过带通滤波器提供给差分器,差分器将操作人员输入的设定负载电压与测量负载电压相减得到误差值E,误差值E经过微分器得到误差变化率 $dE/dt$ ,误差值E和误差变化率 $dE/dt$ 提供给模糊化接口,对误差值E和误差变化率 $dE/dt$ 进行模糊化赋值,分别得到模糊化误差值ME和模糊化



误差变化值MEC,模糊化误差值ME和模糊化误差变化值MEC提供给推理机,推理机根据知识库中的输入输出隶属度矢量值以及逻辑推理规则对模糊化误差值ME和模糊化误差变化值MEC进行模糊推理得到模糊控制量MU,输出量转换模块将模糊控制量MU转换为实际控制量U,根据实际控制量U控制电源向主轴电机提供电压。

[0059] 其中,模糊化赋值的过程具体为:按照操作人员的语言变量的选取参量PL、PB、PM、PS、ZO、NS、NM、NB、BL分别表示正超大、正大、正中、正小、零、负小、负中、负大、负超大,对应的模糊集 $\{-n, -n+1, \dots, 0, \dots, n-1, n\}$ ,  $n=4$ ;

[0060] 确定量化因子,  $k_e = n/e$ , 其中,  $k_e$ 为误差值量化因子,  $e$ 为测量的最大误差值,  $k_{ec} = n/ec$ ,  $k_{ec}$ 为误差变化率量化因子,  $ec$ 为测量的最大误差变化率,

[0061] 如果  $m \leq k_e E \leq m+1$ ,  $m < n$ , 则模糊化误差值ME为经过四舍五入的  $k_e E$ ;

[0062] 如果  $k_e E < -n$ , 则模糊化误差值ME为  $-n$ ;

[0063] 如果  $k_e E > n$ , 则模糊化误差值ME为  $n$ ;

[0064] 如果  $m \leq k_{ec} E \leq m+1$ ,  $m < n$ , 则模糊化误差变化值MEC为经过四舍五入的  $k_{ec} E$ ;

[0065] 如果  $k_{ec} E < -n$ , 则模糊化误差变化值MEC为  $-n$ ;

[0066] 如果  $k_{ec} E > n$ , 则模糊化误差变化值MEC为  $n$ 。

[0067] 进一步的说,知识库包括数据库以及规则库,

[0068] 数据库中存放输入、输出变量的模糊隶属度矢量值,此矢量值是输入、输出量经过对应论域等离散化后所对应值的集合,所对应论域若是连续的,则可作为为隶属度函数,对于输入的模糊变量,隶属度函数保存于数据库中,在模糊推理关系中向推理机提供数据。

[0069] 规则库中存储有模糊规则,模糊规则是操作人员长期积累的经验并结合专家知识的基础上形成的,由相关的逻辑关系的词汇来表达,例如if-then、else、end、and、or等。

[0070] 通过模糊控制可以自动有效实现电机负载的迅速设定,减少了人工设定的反复修改带来的效率上浪费以及精度的不准确。

[0071] 以上所述实施方式仅表达了本发明的一种实施方式,但并不能因此而理解为对本发明范围的限制。应当指出,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

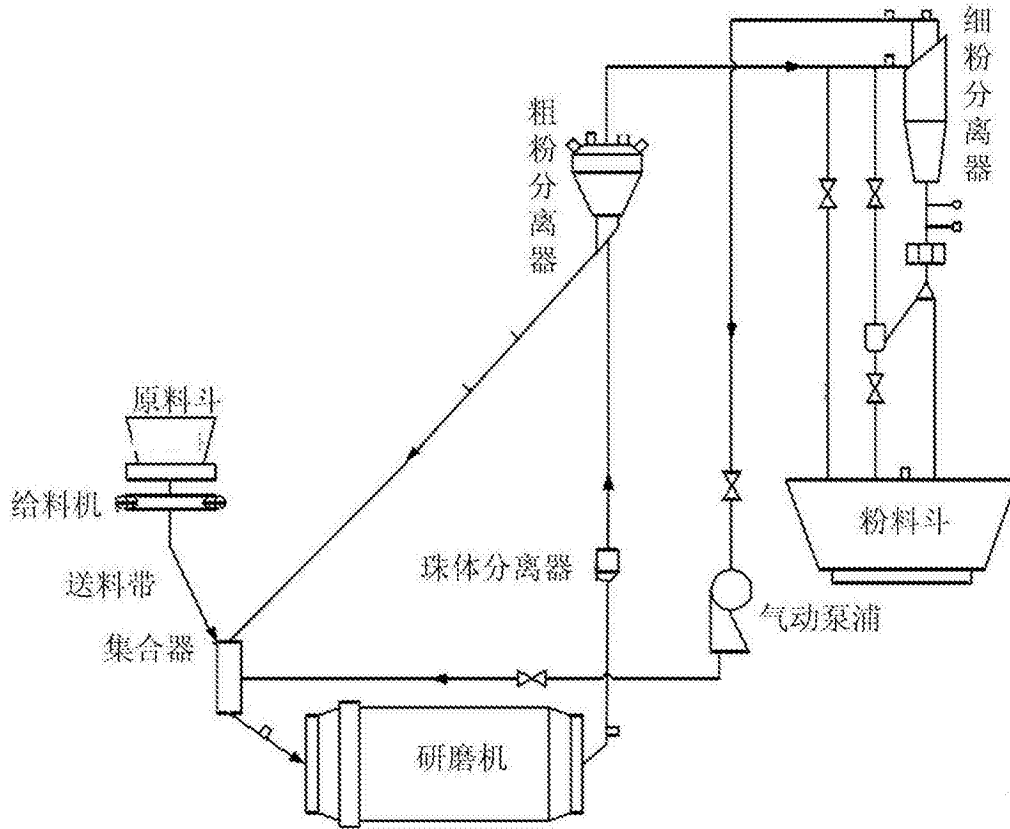


图1

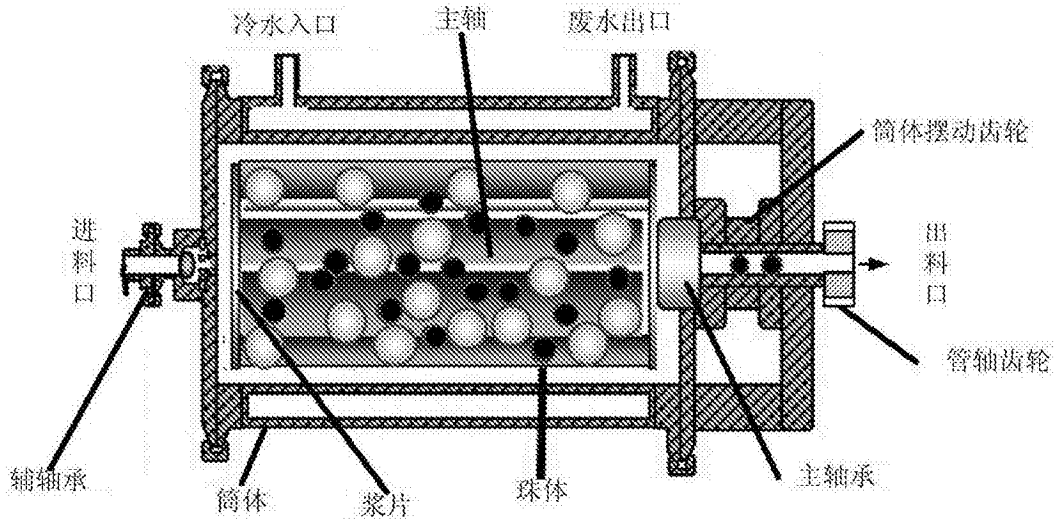


图2

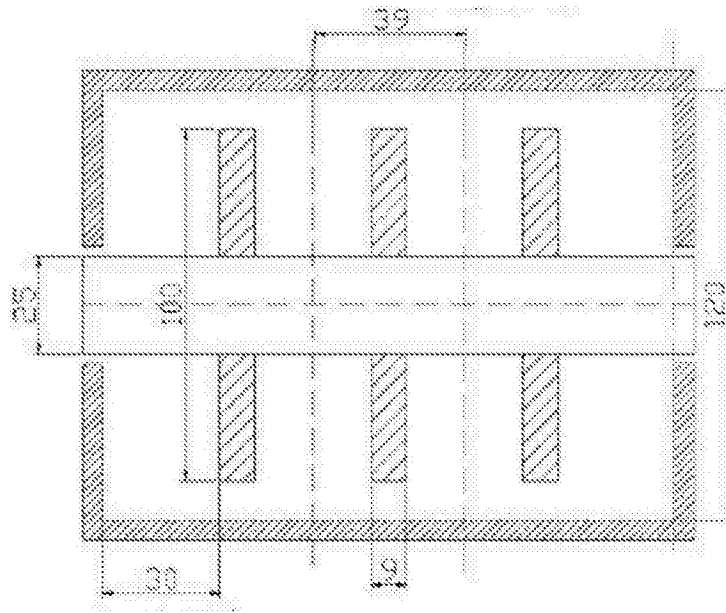


图3a

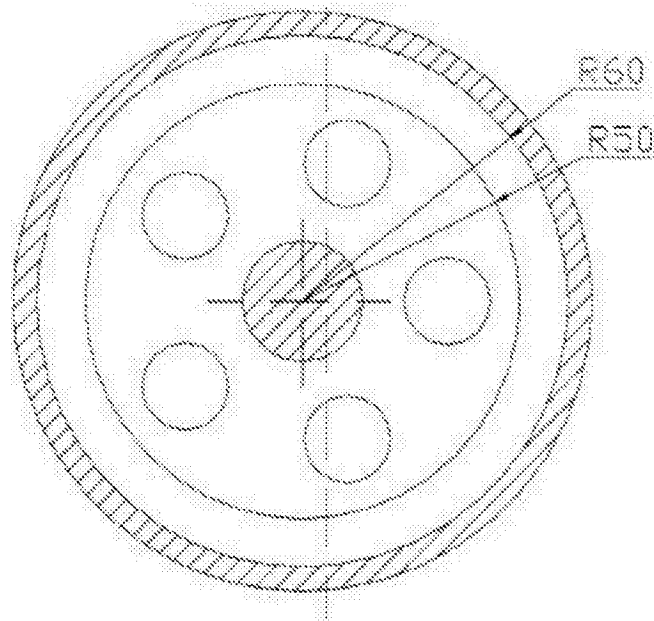


图3b

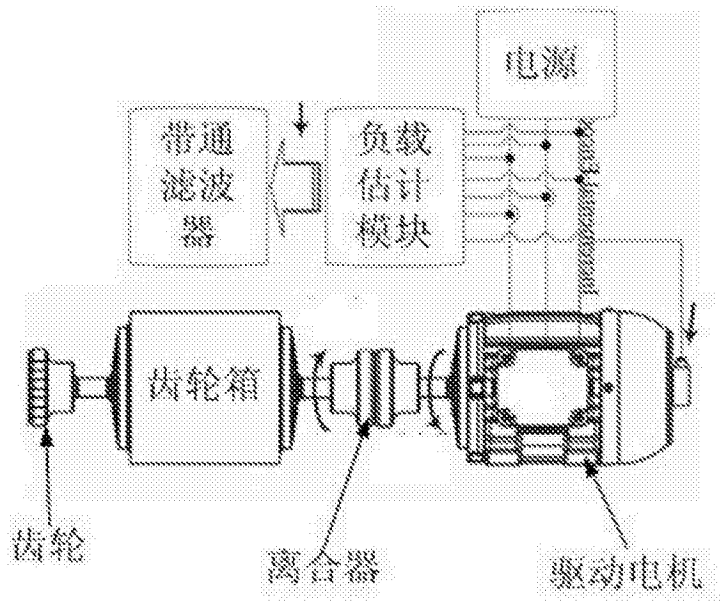


图4

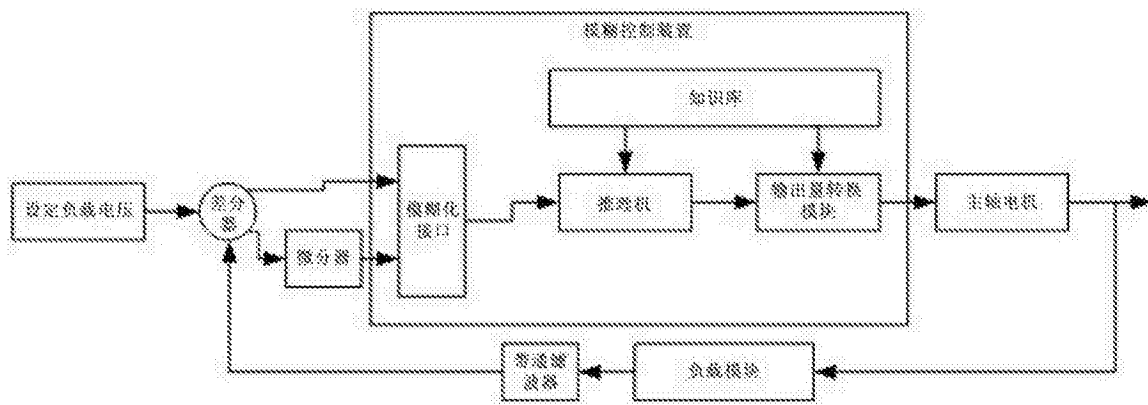


图5