(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114543500 A
(43)申请公布日 2022.05.27

(21)申请号 202210039459.7

(22)申请日 2022.01.13

(71)申请人 西安航天华阳机电装备有限公司
地址 710100 陕西省西安市长安区神舟二路147幢

(72)发明人 唐康 张泽灵 王弘煜 高艳红 唐连涛 刘阳 张京京

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214
专利代理师 许志蛟

(51)Int.Cl.
F26B 21/00(2006.01)
F26B 21/10(2006.01)
F26B 21/12(2006.01)
F23N 1/00(2006.01)
B05D 3/04(2006.01)
H01M 4/88(2006.01)

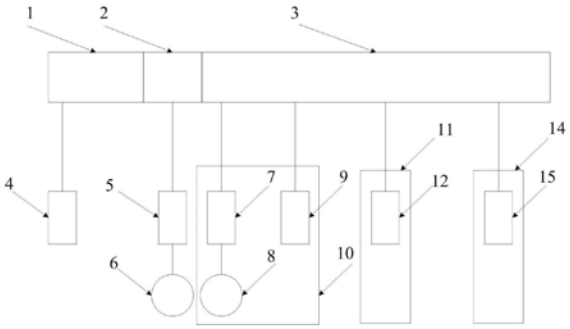
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

混风加热的温度控制系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种混风加热的温度控制系统，包括电源模块，电源模块与CPU模块、模拟量输入输出模块连接安装在配电柜内，CPU模块依次连接风机变频器与进风机，模拟量输入输出模块分别连接一次混风箱、烘箱及天然气电动阀门，天然气电动阀门连接燃烧炉，电源模块连接有HMI人机界面。本发明还公开了混风加热的温度控制系统的控制方法，本发明解决了现有设备高温下烘箱温度控制不稳、精度不高，超高温烘箱温度控制领域空白的问题。



CN 114543500 A

1.混风加热的温度控制系统,其特征在于:包括电源模块,电源模块与CPU模块、模拟量输入输出模块连接安装在配电柜内,CPU模块依次连接风机变频器与进风机,模拟量输入输出模块分别连接一次混风箱、烘箱及天然气电动阀门,天然气电动阀门连接燃烧炉,电源模块连接有HMI人机界面。

2.根据权利要求1所述的混风加热的温度控制系统,其特征在于:所述一次混风箱内设有一次混风箱PT100热电偶,一次混风箱PT100热电偶将箱内实际温度通过一次混风箱温度变送器反馈至模拟量输入输出模块;一次混风箱内还设有冷风电动阀门,CPU模块通过模拟量输入输出模块控制冷风电动阀门,冷风电动阀门控制进入一次混风箱的冷风大小。

3.根据权利要求1所述的混风加热的温度控制系统,其特征在于:所述烘箱中设有红外温度探头,红外温度探头将实际温度反馈至模拟量输入输出模块。

4.根据权利要求1所述的混风加热的温度控制系统,其特征在于:所述HMI人机界面设定进风机的频率并反馈至CPU模块中,CPU模块将信号通过模拟量输入输出模块输入至进风机变频器,进风机将热风从二次混风箱送入烘箱中。

5.根据权利要求1～4任一权利要求所述的混风加热的温度控制系统的控制方法,其特征在于:具体包括如下步骤:

步骤1,在一次混风箱内安装一次混风箱PT100热电偶与一次混风箱温度变送器,并对一次混风箱温度变送器进行标定,在烘箱内安装红外温度探头;

步骤2,根据GDL材料的不同涂布工艺,输入一次混风箱温度设定值SP_1、温度最大值T_{1max}、烘箱温度设定值SP_2、温度最大值T_{2max}及进风机设定频率,参数通过PROFINET通信方式传送至CPU模块中;

步骤3,手动打开RTO热风手动阀门和新风手动阀门,打开温控开关与进风机开关;

步骤4,采用一次混风箱PT100热电偶测量一次混风箱内的实际温度PV_1,通过一次混风箱温度变送器转换成4～20mA的电流信号反馈至模拟量输入输出模块中,PID运算模块比较一次混风箱的实际温度PV_1与设定温度SP_1,将冷风电动阀门开度值传递至一次混风箱的冷风电动阀门处,调节通入一次混风箱的冷风大小,使一次混风箱内的温度达到动态平衡;

步骤5,通过红外温度探头测量烘箱内的实际温度PV2,发送电流信号至模拟量输入输出模块中,PID运算模块比较烘箱实际温度PV_2与设定温度SP_2,将天然气电动阀门开度值传递至燃烧炉的天然气电动阀门处,调节通入燃烧炉的天然气进气量;

步骤6,将一次混风箱与燃烧炉热风共同进入二次混风箱,通过进风机将二次混风箱的热量传递至烘箱,使烘箱内的温度差维持恒定。

6.根据权利要求5所述的混风加热的温度控制系统的控制方法,其特征在于:所述步骤4的具体步骤如下:

步骤4.1,HMI人机界面中输入一次混风箱温度设定值SP_1、最高温度值T_{1max},根据公式计算得到实际温度反馈值PV_1:

$PV_1=SP_1\times T_{1max}\div 27648$;

把一次混风箱温度反馈值PV_1与一次混风箱温度设定值SP_1连接至西门子博图软件V自带的连续性CONT_C PID计算块输入管脚,通过计算块计算得出的冷风电动阀门的PID调节量V_{1PID};

步骤4.2,CPU模块将PID调节量V_{1PID}转换为开度冷风OV_1:

$OV_1 = V_{1PID} \times 100 \div 27648$；

由模拟量输入输出模块发送至冷风电动阀门，冷风电动阀门随之增大或减小开度值，调节冷风进风量大小，使一次混风箱温度达到动态平衡。

7.根据权利要求6所述的混风加热的温度控制系统的控制方法，其特征在于：所述步骤5的具体步骤如下：

步骤5.1，HMI人机界面中输入烘箱温度设定值SP_2、最高温度值T_{2max}，根据公式计算得到实际温度反馈值PV_2：

$PV_2 = SP_2 \times T_{2max} \div 27648$；

把烘箱温度反馈值PV_2与烘箱温度设定值SP_2连接至连续性CONT_C PID计算块输入管脚，通过计算块计算得出的电动阀门的PID调节量V_{2PID}；

步骤5.2，CPU模块将PID调节量V_{2PID}转换为天然气开度OV_2：

$OV_2 = V_{2PID} \times 100 \div 27648$；

由模拟量输入输出模块发送至天然气电动阀门，天然气电动阀门随之增大或减小开度值，调节天然气进气量大小，使烘箱温度达到动态平衡。

混风加热的温度控制系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于气体扩散层(GDL)材料技术领域,涉及一种混风加热的温度控制系统,本发明还涉及上述控制系统的控制方法。

背景技术

[0002] 2020年以来,国家相继出台氢能产业发展规划、氢燃料电池技术产业链发展蓝图、氢燃料电池供给建设等多项政策,推进氢能行业发展。研制氢能源功能材料时,材料将在烘箱内进行高温(350-400℃)烧结或超高温(900-1800℃)碳化,为维持这一温度单纯使用传统天然气加热作为热源成本高,能源消耗大。

[0003] 企业为响应国家环保政策,通常会配备RTO有机废气治理设备,它在燃烧废气的同时还可提供二次余热回收。而利用RTO热能回收作为烘箱热源之一,既能降低氢能源功能材料生产运行成本,又可达到烘箱内高温及超高温的温控指标。

[0004] 因此,为实现高温及超高温状态下温度精准控制,研究具有消耗小、成本低、精度高、性能优的温度控制系统已成为氢能材料制备的关键技术。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种混风加热的温度控制系统,该系统解决了现有设备高温下烘箱温度控制不稳、精度不高,超高温烘箱温度控制领域空白的问题。

[0006] 本发明的目的是还提供一种混风加热的温度控制系统的控制方法。

[0007] 本发明所采用的技术第一种方案是,混风加热的温度控制系统,包括电源模块,电源模块与CPU模块、模拟量输入输出模块连接安装在配电柜内,CPU模块依次连接风机变频器与进风机,模拟量输入输出模块分别连接一次混风箱、烘箱及天然气电动阀门,天然气电动阀门连接燃烧炉,电源模块连接有HMI人机界面。

[0008] 一次混风箱内设有一次混风箱PT100热电偶,一次混风箱PT100热电偶将箱内实际温度通过一次混风箱温度变送器反馈至模拟量输入输出模块;一次混风箱内还设有冷风电动阀门,CPU模块通过模拟量输入输出模块控制冷风电动阀门,冷风电动阀门控制进入一次混风箱的冷风大小。

[0009] 烘箱中设有红外温度探头,红外温度探头将实际温度反馈至模拟量输入输出模块。

[0010] HMI人机界面设定进风机的频率并反馈至CPU模块中,CPU模块将信号通过模拟量输入输出模块输入至进风机变频器,进风机将热风从二次混风箱送入烘箱中。

[0011] 本发明采用第二种技术方案是:混风加热的温度控制系统的控制方法,具体包括如下步骤:

[0012] 步骤1,在一次混风箱内安装一次混风箱PT100热电偶与一次混风箱温度变送器,并对一次混风箱温度变送器进行标定,在烘箱内安装红外温度探头;

[0013] 步骤2,根据GDL材料的不同涂布工艺,输入一次混风箱温度设定值SP_1、温度最大

值T_{1max}、烘箱温度设定值SP_2、温度最大值T_{2max}及进风机设定频率，参数通过PROFINET通信方式传送至CPU模块中；

[0014] 步骤3，手动打开RTO热风手动阀门和新风手动阀门，打开温控开关与进风机开关；

[0015] 步骤4，采用一次混风箱PT100热电偶测量一次混风箱内的实际温度PV_1，通过一次混风箱温度变送器转换成4～20mA的电流信号反馈至模拟量输入输出模块中，PID运算模块比较一次混风箱的实际温度PV_1与设定温度SP_1，将冷风电动阀门开度值传递至一次混风箱的冷风电动阀门处，调节通入一次混风箱的冷风大小，使一次混风箱内的温度达到动态平衡；

[0016] 步骤5，通过红外温度探头测量烘箱内的实际温度PV_2，发送电流信号至模拟量输入输出模块中，PID运算模块比较烘箱实际温度PV_2与设定温度SP_2，将天然气电动阀门开度值传递至燃烧炉的天然气电动阀门处，调节通入燃烧炉的天然气进气量；

[0017] 步骤6，将一次混风箱与燃烧炉热风共同进入二次混风箱，通过进风机将二次混风箱的热量传递至烘箱，使烘箱内的温度差维持恒定。

[0018] 本发明第二种技术方案的特点还在于：

[0019] 步骤4的具体步骤如下：

[0020] 步骤4.1，HMI人机界面中输入一次混风箱温度设定值SP_1、最高温度值T_{1max}，根据公式计算得到实际温度反馈值PV_1：

[0021] $PV_1=SP_1\times T_{1max}\div 27648$；

[0022] 把一次混风箱温度反馈值PV_1与一次混风箱温度设定值SP_1连接至西门子博图软件V自带的连续性CONT_C PID计算块输入管脚，通过计算块计算得出的冷风电动阀门的PID调节量V_{1PID}；

[0023] 步骤4.2，CPU模块将PID调节量V_{1PID}转换为开度冷风OV_1：

[0024] $OV_1=V_{1PID}\times 100\div 27648$；

[0025] 由模拟量输入输出模块发送至冷风电动阀门，冷风电动阀门随之增大或减小开度值，调节冷风进风量大小，使一次混风箱温度达到动态平衡。

[0026] 步骤5的具体步骤如下：

[0027] 步骤5.1，HMI人机界面中输入烘箱温度设定值SP_2、最高温度值T_{2max}，根据公式计算得到实际温度反馈值PV_2：

[0028] $PV_2=SP_2\times T_{2max}\div 27648$；

[0029] 把烘箱温度反馈值PV_2与烘箱温度设定值SP_2连接至连续性CONT_C PID计算块输入管脚，通过计算块计算得出的电动阀门的PID调节量V_{2PID}；

[0030] 步骤5.2，CPU模块将PID调节量V_{2PID}转换为天然气开度OV_2：

[0031] $OV_2=V_{2PID}\times 100\div 27648$；

[0032] 由模拟量输入输出模块发送至天然气电动阀门，天然气电动阀门随之增大或减小开度值，调节天然气进气量大小，使烘箱温度达到动态平衡。

[0033] 本发明的有益效果是，本发明一种混风加热的温度控制系统的控制方法，通过控制一次混风箱入口冷风电动阀门与燃烧炉入口天然气电动阀门的开度，实现烘箱内高温及超高温精准控制。充分利用RTO二次回收热量，减小企业生产成本。另外，温度控制系统采用双闭环结构，先粗调再精调，对温度进行逐步、进阶控制，达到精准控制要求。因此，本发明

能够实现高温及超高温状态下温度精准控制要求，具有省时、省力、省成本等优点。

附图说明

[0034] 图1是本发明混风加热的温度控制系统的原理框图；

[0035] 图2是本发明混风加热的温度控制系统的拓扑图；

[0036] 图3是本发明混风加热的温度控制系统的一次混风箱温度控制系统图；

[0037] 图4是本发明混风加热的温度控制系统的烘箱温度控制系统图。

[0038] 图中，1.电源模块，2.CPU模块，3.模拟量输入输出模块，4.HMI人机界面，5.进风机变频器，6.进风机，7.一次混风箱PT100热电偶，8.一次混风箱温度变送器，9.冷风电动阀门，10.一次混风箱，11.烘箱，12.红外温度探头，13.燃烧炉，14.天然气电动阀门，15.二次混风箱，16.RTO热风，17.冷风，18.新风，19.天然气，20.RTO热风手动阀门，21.新风手动阀门。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0040] 本发明混风加热的温度控制系统，如图1、2所示，包括电源模块1，电源模块1依次与CPU模块2(CPU模块2为PLC的CPU模块)、模拟量输入输出模块3连接安装在配电柜内的导轨上，CPU模块2通过模拟量输入输出模块3控制冷风电动阀门9和天然气电动阀门14，冷风电动阀门9控制进入一次混风箱10的冷风大小，天然气电动阀门14控制进入燃烧炉13的天然气进气量，一次混风箱10内装有一次混风箱PT100热电偶7，一次混风箱PT100热电偶7将箱内实际温度通过一次混风箱温度变送器8反馈至模拟量输入输出模块3，烘箱11内装有红外温度探头12，红外温度探头12将实际温度反馈至模拟量输入输出模块3，通过HMI人机界面4设定进风机6的频率并反馈至PLC的CPU模块2中，PLC模块将信号通过模拟量输入输出模块3输入至进风机变频器5，进风机6将热风从二次混风箱送入烘箱11中。

[0041] 温度闭环I：一次混风箱10温度由RTO热风16与冷风17共同控制。其中RTO热风16常通入一次混风箱10，热风风量大小由RTO热风手动阀门20控制。一次混风箱10内装有一次混风箱PT100热电偶7，实时采集一次混风箱内的实际温度，由一次混风箱温度变送器8将温度数据传入模拟量输入输出模块3，并反馈至CPU模块2的PID运算，与一次混风箱的设定温度进行比较，由温差值控制冷风电动阀门9开度，从而调节进入一次混风箱10的冷风17风量大小。冷风17与RTO热风16在一次混风箱10内充分混合后进入二次混风箱15。

[0042] 由于RTO热风16温度在600～800℃浮动，因此一次混风箱10内的温度并不能满足高温精准控制的要求，需要采用温度闭环II达到烘箱11内高温精准控制。

[0043] 温度闭环II：燃烧炉13温度由天然气19燃烧产生的热量与新风18共同控制。其中新风18常通入燃烧炉，风量大小由新风手动阀门21控制。烘箱内装有红外温度探头12，实时采集烘箱内的实际温度，并将温度数据传入模拟量输入输出模块3，并反馈至CPU模块2的PID运算，与烘箱内的设定温度进行比较，由温差值控制天然气电动阀门14开度，从而调节进入燃烧炉13的天然气19通量大小，新风18与天然气19在燃烧炉13内混合燃烧后进入二次混风箱15。二次混风箱15充分混合一次混风箱10与燃烧炉13输入的热风后，由进风机6吹入烘箱11中，形成第2个温控闭环。

[0044] RTO混风加热的结构，主要包括控制器(PLC模块)，控制对象(一次混风箱、烘箱)，检测机构(PT100热电偶、红外温度探头)，执行机构(两个电动阀门)。

[0045] 检测机构PT100热电偶、红外温度探头测量控制对象的实际温度，将信号传输进控制器PLC模块中，PLC通过程序运算，控制执行机构电动阀门的开度，从而对一次混风箱温度粗控、烘箱温度精准控制。

[0046] 本发明本发明混风加热的温度控制系统的控制方法，如图3、4所示，具体按照以下步骤实施：

[0047] 步骤1，一次混风箱10内安装一次混风箱PT100热电偶7与一次混风箱温度变送器8，并对一次混风箱温度变送器8进行标定；烘箱11内安装红外温度探头12。

[0048] 步骤1中，一次混风箱10内选用镍铬-镍硅铠装型热电偶，可测量温度范围-40～350℃，一次混风箱温度变送器8输出4～20mA电流信号至PLC模拟量输入输出模块；烘箱11内选用红外温度探头12，可测量温度范围250～1650℃，并输出4～20mA电流信号。

[0049] 步骤2，启动机构前，将应用程序存储在CPU模块2当中，HMI人机界面4可显示烘箱加热状态及设定参数，根据GDL材料的不同涂布工艺，输入一次混风箱10温度设定值PV_1、温度最大值T_{1max}、烘箱11温度设定值PV_2、温度最大值T_{2max}及进风机设定频率，参数通过PROFINET通信方式传送至CPU模块中。其中，采用自适应温度PID自学习整定参数；

[0050] 步骤2中，根据不同工艺需求，一次混风箱10设定温度介于100～150℃；烘箱11设定温度介于350～400℃或900～1600℃。

[0051] 自适应温度PID采用西门子博图V15自带的温度PID块PID_Temp，是一种具有抗积分饱和功能并且能够对比例作用和微分作用进行加权的PIDT1控制器。

[0052] 设定温度连接Setpoint管脚，模拟量转换为温度值后连接Input，温度开关连接Reset，输出连接OutputHeat。

[0053] 组态内进行配置，Mode模式选择为精确调节，输入参数选择为Input_PER(模拟量)，过程之上/下限填入最高温度和最低温度，输出设置为加热的PID参数，并在一次混风箱与烘箱温度调节时进行标定，即可得到自适应PID参数值。

[0054] 步骤3，手动打开RTO热风手动阀门20和新风手动阀门21，打开温控开关与进风机开关；

[0055] 步骤3中，一次混风箱10内的温度控制为粗调，实际温度保持在设定温度±10℃左右；烘箱11内的温度控制为精调，实际温度保持在设定温度±1℃左右。

[0056] 步骤4，一次混风箱PT100热电偶7测量一次混风箱内的实际温度SV_1，通过一次混风箱温度变送器8转换成4～20mA的电流信号反馈至PLC的模拟量输入输出模块3中，PID运算模块比较一次混风箱10的实际温度PV_1与设定温度SP_1，将冷风电动阀门开度值传递至一次混风箱10的冷风电动阀门9处，调节通入一次混风箱10的冷风大小，使一次混风箱10内的温度差恒定在±10℃内。

[0057] 步骤4中，一次混风箱10内实际温度PV_1通过温度变送器以4～20mA电流型模拟量传送给模拟量输入输出模块，温度设定值为SP_1，通过PID运算得到数字量0～27648，转化为电动阀门0～100的开度值OV_1；

[0058] 步骤4的具体步骤如下：

[0059] 步骤4.1，HMI人机界面4中输入一次混风箱温度设定值SP_1、最高温度值T_{1max}，根据

公式计算得到实际温度反馈值PV_1：

[0060] $PV_1=SP_1\times T_{1max}\div 27648$；

[0061] 把一次混风箱温度反馈值PV_1与一次混风箱温度设定值SP_1连接至西门子博图软件V15自带的连续性CONT_C PID计算块输入管脚，通过计算块计算得出的冷风电动阀门9的PID调节量V_{1PID}；

[0062] 步骤4.2，CPU模块2将PID调节量V_{1PID}转换为开度冷风OV_1：

[0063] $OV_1=V_{1PID}\times 100\div 27648$；

[0064] 由模拟量输入输出模块3发送至冷风电动阀门9，冷风电动阀门9随之增大或减小开度值，调节冷风进风量大小，使一次混风箱10温度达到动态平衡。

[0065] 步骤5，红外温度探头12测量烘箱11内的实际温度SP_2，发送4～20mA的电流信号至PLC的模拟量输入输出模块3中，PID运算模块比较烘箱实际温度PV_2与设定温度SP_2，将天然气电动阀门开度值传递至燃烧炉13的天然气电动阀门14处，调节通入燃烧炉13的天然气进气量。

[0066] 步骤5的具体步骤如下：

[0067] 步骤5.1，HMI人机界面4中输入烘箱温度设定值SP_2、最高温度值T_{2max}，根据公式计算得到实际温度反馈值PV_2：

[0068] $PV_2=SP_2\times T_{2max}\div 27648$；

[0069] 把烘箱温度反馈值PV_2与烘箱温度设定值SP_2连接至连续性CONT_C PID计算块输入管脚，通过计算块计算得出的电动阀门的PID调节量V_{2PID}；

[0070] 步骤5.2，CPU模块2将PID调节量V_{2PID}转换为天然气开度OV_2：

[0071] $OV_2=V_{2PID}\times 100\div 27648$；

[0072] 由模拟量输入输出模块3发送至天然气电动阀门14，天然气电动阀门14随之增大或减小开度值，调节天然气19进气量大小，使烘箱11温度达到动态平衡。

[0073] 步骤6，一次混风箱10与燃烧炉13热风共同进入二次混风箱15，通过进风机6将二次混风箱15的热量传递至烘箱11，使烘箱11内的温度差恒定在±1℃之内。

[0074] 步骤6中，进风机6频率由变频器内部PID进行调节，并通过RS485与HMI人机界面4通信，可在HMI人机界面4显示进风机实际频率。

[0075] 本发明混风加热的温度控制系统的特点为：

[0076] 1.合理利用RTO废气分解的回收热量，降低氢能源功能材料生产运行成本；

[0077] 2.采用两级阶梯控制实现烘箱内温度恒定、热量分别均匀，即一次混风箱内温度粗控(±10℃)，烘箱内温度精调(±1℃)。

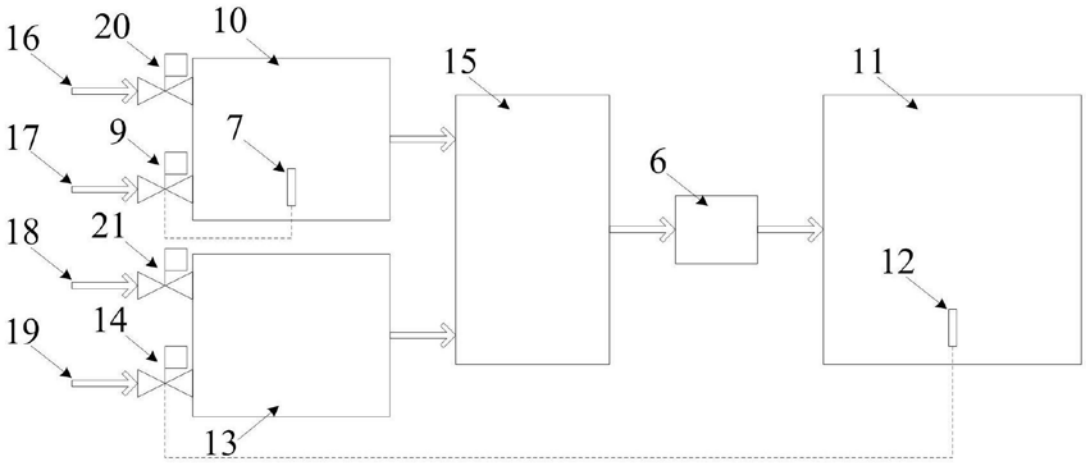


图1

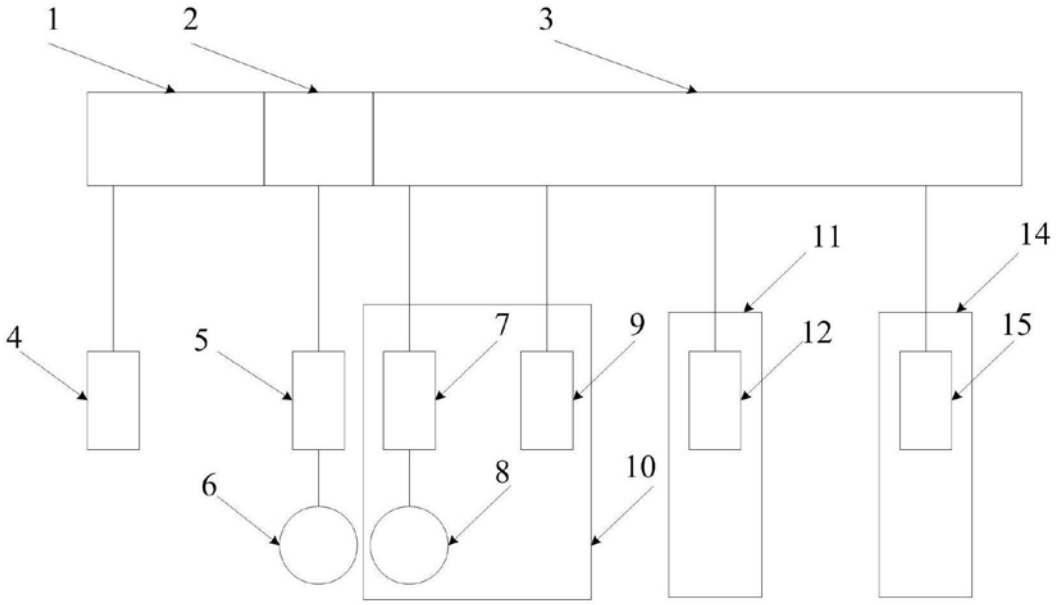


图2

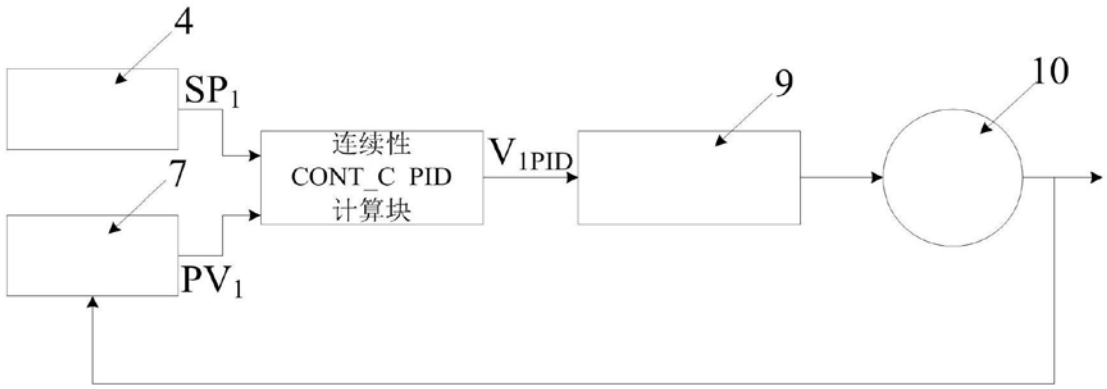

4
SP1
7
PV1
连续性
CONT_C PID
计算块
V1PID
9
10

图3

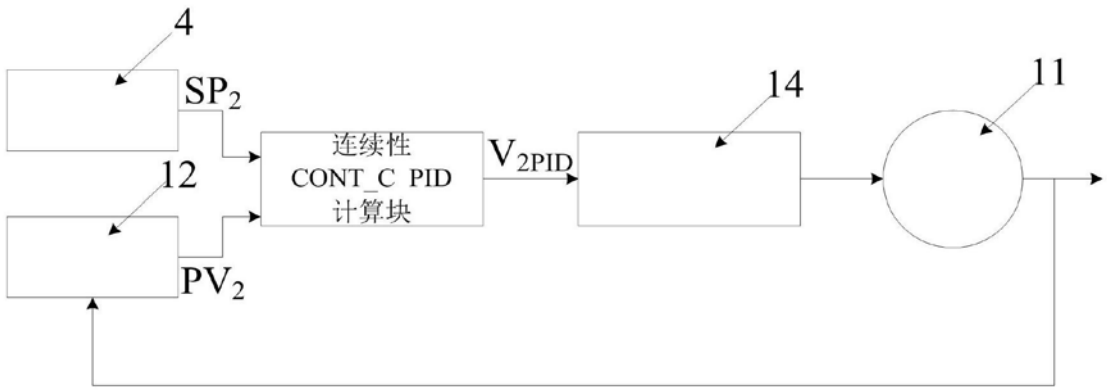

4
SP2
12
PV2
连续性
CONT_C PID
计算块
V2PID
14
11

图4