(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113189260 A
(43)申请公布日 2021.07.30

(21)申请号 202110314824.6

(22)申请日 2021.03.24

(71)申请人 中国工程物理研究院材料研究所
地址 621700 四川省绵阳市江油市华丰新村9号

(72)发明人 陈俊光 安永涛 姜飞 张志 胡俊 陈军 姚勇 陈克琳

(74)专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214
代理人 曹洋苛

(51)Int.Cl.
*G01N 30/88*(2006.01)
*G01N 30/66*(2006.01)
*G05B 19/042*(2006.01)

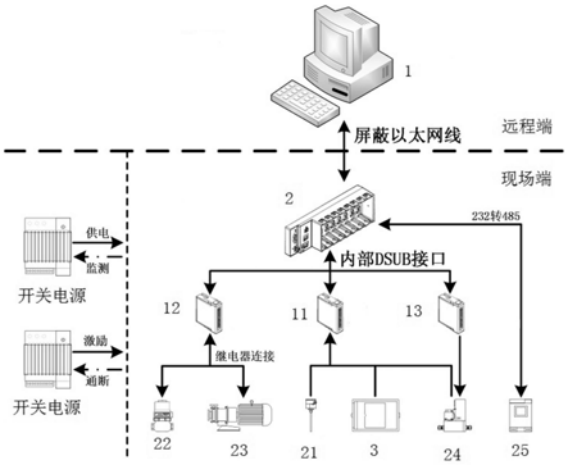
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

一种氢同位素在线分析微色谱测控系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种氢同位素在线分析微色谱测控系统及其控制方法，该系统包括依次电相连的上位机、嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器，所述嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机设于远程端。本发明解决了现有技术存在的难以实现远程操作、通用性低、自动化程度低、操作麻烦、有辐射风险等问题。




CN 113189260 A

1.一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,包括依次电相连的上位机(1)、嵌入式处理器(2)、模拟量输入模块(11)、热导浓度检测器(3),所述嵌入式处理器(2)、模拟量输入模块(11)、热导浓度检测器(3)设于待测氢同位素气体现场端,所述上位机(1)设于远程端。

2.根据权利要求1所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括与模拟量输入模块(11)电相连的温度传感器(21),所述温度传感器(21)设于待测氢同位素气体现场端。

3.根据权利要求2所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括与嵌入式处理器(2)电相连的数字量输入输出模块(12)、分别与数字量输入输出模块(12)电相连的电磁阀(22)、真空泵(23),所述数字量输入输出模块(12)、电磁阀(22)、真空泵(23)设于待测氢同位素气体现场端。

4.根据权利要求3所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括与嵌入式处理器(2)电相连的模拟量输出模块(13)、电子压力控制器(24),所述电子压力控制器(24)与模拟量输入模块(11)、模拟量输出模块(13)分别电相连,所述模拟量输出模块(13)、电子压力控制器(24)设于待测氢同位素气体现场端。

5.根据权利要求4所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括与嵌入式处理器(2)电相连的温控表(25),所述温控表(25)设于待测氢同位素气体现场端。

6.根据权利要求5所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括与所述热导浓度检测器(3)电相连的独立的开关电源,所述独立的开关电源用于为热导浓度检测器(3)提供激励电压。

7.根据权利要求6所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,还包括设于待测氢同位素气体现场端的屏蔽箱。

8.一种根据权利要求1至7任一项所述的氢同位素在线分析微色谱测控系统,其特征在于,所述上位机(1)为安装有Labview的计算机。

9.根据权利要求1至8任一项所述的一种氢同位素在线分析微色谱测控系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,通过上位机(1)设定嵌入式处理器(2)的过程控制参数;

S2,上位机(1)通过嵌入式处理器(2)控制热导浓度检测器(3)采集待测氢同位素气体信号;

S3,上位机(1)自动分析热导浓度检测器(3)采集到的待测氢同位素气体信号,得到待测氢同位素气体的色谱峰数据;

S4,上位机(1)计算并显示色谱峰数据的峰面积、待测氢同位素气体中氢同位素及杂质的组分含量。

10.一种根据权利要求9所述的氢同位素在线分析微色谱测控系统的控制方法,其特征在于,还包括位于步骤S1之前的以下步骤:

K1,设定热导浓度检测器(3)的压力阈值、温度阈值;

K2,选用电子压力控制器(24)检测热导浓度检测器(3)的实际压力、选用温度传感器(21)检测热导浓度检测器(3)的实际温度,并将检测到的实际压力信息和实际温度信息经嵌入式处理器(2)传输至上位机(1);若检测到的实际压力值高于设定的压力阈值,而且实

际温度值高于温度阈值,则进入步骤K3;若检测到的实际压力值低于设定的压力阈值,或者,实际温度值低于温度阈值,则重复执行步骤K2;

K3,上位机(1)通过嵌入式处理器(2)控制热导浓度检测器(3)启动。

# 一种氢同位素在线分析微色谱测控系统及其控制方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及微色谱过程控制技术领域，具体是一种氢同位素在线分析微色谱测控系统及其控制方法。

## 背景技术

[0002] 低温气相色谱在分析同位素方面有着明显的优势，具有技术设备简单、系统建造费用低廉、能够实现在线分析的优点。尤其是高性能、快速、小体积、低功耗和低物耗的微色谱仪，将之改造后应用于同位素及杂质气体分析，得以广泛应用。

[0003] 氢同位素氕、氘、氚在现代工业、医疗、核能、军事上已得到广泛应用。氢同位素准确快速的定量分析技术对于氢同位素应用有着非常重要的意义。然而，目前市场上没有用于氢同位素分析的专业化微色谱仪，国内外氢同位素实验室近年来大都通过改装通用微色谱仪来实现低温色谱对氢同位素气体的分析检测，但通用微色谱仪使用场景较为固定、难以实现远程操作，且不具备数据交换接口、难以集成到其它系统，通用性低；用于测量的TCD检测器也需搭配专用的二次仪表，价格昂贵、自动化程度低，而且需要经常现场手动操作、观察、调整二次仪表，由于氢同位素具有放射性，日常操作对使用人员不友好，操作麻烦且有辐射风险。这些特点均限制了氢同位素分析色谱的研制，限制了氢同位素气体的在线分析要求。

## 发明内容

[0004] 为克服现有技术的不足，本发明提供了一种氢同位素在线分析微色谱测控系统及其控制方法，解决现有技术存在的难以实现远程操作、通用性低、自动化程度低、操作麻烦、有辐射风险等问题。

[0005] 本发明解决上述问题所采用的技术方案是：

[0006] 一种氢同位素在线分析微色谱测控系统，包括依次电相连的上位机、嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器，所述嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机设于远程端。

[0007] 上位机与嵌入式处理器电相连，上位机用于运行应用程序，远距离接收数据、发送指令，接收嵌入式处理器信息并发送指令给嵌入式处理器；嵌入式处理器接收现场端热导浓度检测器通过模拟量输入模块处理并传输的信号，模拟量输入模块用于接收热导浓度检测器的信号并将信号处理后传输给嵌入式处理器，热导浓度检测器用于检测待测氢同位素气体现场的氢同位素的浓度，并输出电信号传输给模拟量输入模块。由于所述嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机设于远程端，便于实现远程操作，而且嵌入式处理器、模拟量输入模块便于集成多个模块及数据交换接口等，便于与现场端设备进行通信和实现实时控制，也方便集成到其它系统，通用性强，可移植能力强，自动化程度高，仅需远程操作即可，操作便捷，有效避免了现有技术中需要搭配专用的需要操作人员经常现场手动操作、观察、调整的二次仪表，大幅降低了操作人员

受辐射的风险;另外,也便于采用总线方式进行多处场景、多套设备的远程控制。

[0008] 作为一种优选的技术方案,还包括与模拟量输入模块电相连的温度传感器,所述温度传感器设于待测氢同位素气体现场端。

[0009] 温度传感器用于检测待测氢同位素气体现场端的温度,并将其通过模拟量输入模块传输给嵌入式处理器,嵌入式处理器与上位机通信,以便于分析现场温度信息。

[0010] 作为一种优选的技术方案,还包括与嵌入式处理器电相连的数字量输入输出模块、分别与数字量输入输出模块电相连的电磁阀、真空泵,所述数字量输入输出模块、电磁阀、真空泵设于待测氢同位素气体现场端。

[0011] 电磁阀便于控制现场端的管路等部件的方向及通断,真空泵便于使待测气体依靠气压差进入热导浓度检测器,从而使气体与热导浓度检测器接触更充分,且测量速度快;而通过数字量输入输出模块,嵌入式处理器则便于接收现场仪表的信息并控制现场仪表,自动化程度进一步提高。

[0012] 作为一种优选的技术方案,还包括与嵌入式处理器电相连的模拟量输出模块、电子压力控制器,所述电子压力控制器与模拟量输入模块、模拟量输出模块分别电相连,所述模拟量输出模块、电子压力控制器设于待测氢同位素气体现场端。

[0013] 电子压力控制器便于检测和控制现场的压力,从而便于上位机、嵌入式处理器根据现场压力对现场测控仪表做进一步的调整控制。

[0014] 作为一种优选的技术方案,还包括与嵌入式处理器电相连的温控表,所述温控表设于待测氢同位素气体现场端。

[0015] 温控表便于检测现场测控点的温度,也便于接收嵌入式处理器指令控制现场测控点的温度,从而更加自动化地实现温度控制。

[0016] 作为一种优选的技术方案,还包括与所述热导浓度检测器电相连的独立的开关电源,所述独立的开关电源用于为热导浓度检测器提供激励电压。

[0017] 这使得激励电压的稳定性强,热导浓度检测器输出信号的稳定性强,有效避免了热导浓度检测器输入端的电磁干扰,使得热导浓度检测器检测的准确度和可靠性进一步提高。

[0018] 作为一种优选的技术方案,还包括设于待测氢同位素气体现场端的屏蔽箱。

[0019] 屏蔽箱便于将现场端仪表收纳于内,避免待测氢同位素气体对仪表的核辐射,有利于提高现场设备的工作寿命;而且工作人员在安装和拆卸现场仪表时,更方便快速,大幅缩短了工作人员接触现场辐射环境的时间。

[0020] 作为一种优选的技术方案,其特征在于,所述上位机为安装有Labview的计算机。

[0021] Labview广泛应用于测试测量领域,大多数主流的测试仪器、数据采集设备都拥有专门的LabVIEW驱动程序,使用LabVIEW可以非常便捷的控制这些硬件设备,方便地找到Labview工具包,通用性和可移植能力强,调用函数少,测试效率高;方便编制各种控制程序。

[0022] 一种所述的氢同位素在线分析微色谱测控系统的控制方法,包括以下步骤:

[0023] S1,通过上位机设定嵌入式处理器的过程控制参数;

[0024] S2,上位机通过嵌入式处理器控制热导浓度检测器采集待测氢同位素气体信号;

[0025] S3,上位机自动分析热导浓度检测器采集到的待测氢同位素气体信号,得到待测

氢同位素气体的色谱峰数据；

[0026] S4，上位机计算并显示色谱峰数据的峰面积、待测氢同位素气体中氢同位素及杂质的组分含量。

[0027] 上位机与嵌入式处理器电相连，上位机用于运行应用程序，远距离接收数据、发送指令，接收嵌入式处理器信息并发送指令给嵌入式处理器；嵌入式处理器接收现场端热导浓度检测器通过模拟量输入模块处理并传输的信号，模拟量输入模块用于接收热导浓度检测器的信号并将信号处理后传输给嵌入式处理器，热导浓度检测器用于检测待测氢同位素气体现场的氢同位素的浓度，并输出电信号传输给模拟量输入模块。由于所述嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机设于远程端，便于实现远程操作，而且嵌入式处理器、模拟量输入模块便于集成多个模块及数据交换接口等，便于与现场端设备进行通信和实现实时控制，也方便集成到其它系统，通用性强，可移植能力强，自动化程度高，仅需远程操作即可，操作便捷，有效避免了现有技术中需要搭配专用的需要操作人员经常现场手动操作、观察、调整的二次仪表，大幅降低了操作人员受辐射的风险；另外，也便于采用总线方式进行多处场景、多套设备的远程控制。

[0028] 作为一种优选的技术方案，还包括位于步骤S之前的以下步骤：

[0029] K1，设定热导浓度检测器的压力阈值、温度阈值；

[0030] K2，选用电子压力控制器检测热导浓度检测器的实际压力、选用温度传感器检测热导浓度检测器的实际温度，并将检测到的实际压力信息和实际温度信息经嵌入式处理器传输至上位机；若检测到的实际压力值高于设定的压力阈值，而且实际温度值高于温度阈值，则进入步骤K3；若检测到的实际压力值低于设定的压力阈值，或者，实际温度值低于温度阈值，则重复执行步骤K2；

[0031] K3，上位机通过嵌入式处理器控制热导浓度检测器3启动。

[0032] 在步骤S1之前设置上述步骤，在压力阈值、温度阈值达到要求后才启动热导浓度检测器，有效防止了热导浓度检测器误动作，有利于提高热导浓度检测器的寿命；也便于节约能源。

[0033] 本发明相比于现有技术，具有以下有益效果：

[0034] (1)本发明由于所述嵌入式处理器、模拟量输入模块、热导浓度检测器设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机设于远程端，便于实现远程操作，而且嵌入式处理器、模拟量输入模块便于集成多个模块及数据交换接口等，便于与现场端设备进行通信和实现实时控制，也方便集成到其它系统，通用性强，可移植能力强，自动化程度高，仅需远程操作即可，操作便捷，有效避免了现有技术中需要搭配专用的需要操作人员经常现场手动操作、观察、调整的二次仪表，大幅降低了操作人员受辐射的风险；另外，也便于采用总线方式进行多处场景、多套设备的远程控制；

[0035] (2)本发明温度传感器用于检测待测氢同位素气体现场端的温度，并将其通过模拟量输入模块传输给嵌入式处理器，嵌入式处理器与上位机通信，以便于分析现场温度信息；

[0036] (3)本发明电磁阀便于控制现场端的管路等部件的方向及通断，真空泵便于使待测气体依靠气压差进入热导浓度检测器，从而使气体与热导浓度检测器接触更充分，且测量速度快；而通过数字量输入输出模块，嵌入式处理器则便于接收现场仪表的信息并控制

现场仪表，自动化程度进一步提高；

[0037] (4)本发明电子压力控制器便于检测和控制现场的压力，从而便于上位机、嵌入式处理器根据现场压力对现场测控仪表做进一步的调整控制；

[0038] (5)本发明温控表便于检测现场测控点的温度，也便于接收嵌入式处理器指令控制现场测控点的温度，从而更加自动化地实现温度控制；

[0039] (6)本发明还包括与所述热导浓度检测器电相连的独立的开关电源，所述独立的开关电源用于为热导浓度检测器提供激励电压；这使得激励电压的稳定性强，热导浓度检测器输出信号的稳定性强，有效避免了热导浓度检测器输入端的电磁干扰，使得热导浓度检测器检测的准确度和可靠性进一步提高；

[0040] (7)本发明屏蔽箱便于将现场端仪表收纳于内，避免待测氢同位素气体对仪表的核辐射，有利于提高现场设备的工作寿命；而且工作人员在安装和拆卸现场仪表时，更方便快速，大幅缩短了工作人员接触现场辐射环境的时间；

[0041] (8)本发明上位机为安装有Labview的计算机，Labview广泛应用于测试测量领域，大多数主流的测试仪器、数据采集设备都拥有专门的LabVIEW驱动程序，使用LabVIEW可以非常便捷的控制这些硬件设备，方便地找到Labview工具包，通用性和可移植能力强，调用函数少，测试效率高；方便编制各种控制程序；

[0042] (9)本发明在压力阈值、温度阈值达到要求后才启动热导浓度检测器，有效防止了热导浓度检测器误动作，有利于提高热导浓度检测器的寿命；也便于节约能源。

## 附图说明

[0043] 图1为本发明所述系统的硬件及连接关系示意图；

[0044] 图2为本发明的信息传递示意图；

[0045] 图3为本发明所述控制方法实施例3的流程图。

[0046] 附图中标记及相应的零部件名称：1、上位机，2、嵌入式处理器，3、热导浓度检测器，11、模拟量输入模块，12、数字量输入输出模块，13、模拟量输出模块，21、温度传感器，22、电磁阀，23、真空泵，24、电子压力控制器，25、温控表。

## 具体实施方式

[0047] 下面结合实施例及附图，对本发明作进一步的详细说明，但本发明的实施方式不限于此。

[0048] 实施例1

[0049] 如图1至图3所示，一种氢同位素在线分析微色谱测控系统，包括依次电相连的上位机1、嵌入式处理器2、模拟量输入模块11、热导浓度检测器3，所述嵌入式处理器2、模拟量输入模块11、热导浓度检测器3设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机1设于远程端。

[0050] 上位机1与嵌入式处理器2电相连，上位机1用于运行应用程序，远距离接收数据、发送指令，接收嵌入式处理器2信息并发送指令给嵌入式处理器2；嵌入式处理器2接收现场端热导浓度检测器3通过模拟量输入模块11处理并传输的信号，模拟量输入模块11用于接收热导浓度检测器3的信号并将信号处理后传输给嵌入式处理器2，热导浓度检测器3用于检测待测氢同位素气体现场的氢同位素的浓度，并输出电信号传输给模拟量输入模块11。

由于所述嵌入式处理器2、模拟量输入模块11、热导浓度检测器3设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机1设于远程端，便于实现远程操作，而且嵌入式处理器2、模拟量输入模块11便于集成多个模块及数据交换接口等，便于与现场端设备进行通信和实现实时控制，也方便集成到其它系统，通用性强，可移植能力强，自动化程度高，仅需远程操作即可，操作便捷，有效避免了现有技术中需要搭配专用的需要操作人员经常现场手动操作、观察、调整的二次仪表，大幅降低了操作人员受辐射的风险；另外，也便于采用总线方式进行多处场景、多套设备的远程控制。

[0051] 作为优选，上位机1与嵌入式处理器2通过以太网连接，便于远程通信；嵌入式处理器2可优选CompactRIO控制器，可靠性高，性能好，使用范围广强。

[0052] 需要说明的是，在热导浓度检测器3的前端安装有将待测气体成分区分的装置，这样的装置既可以单独的置于热导浓度检测器3的前端，也可以与热导浓度检测器3集成在一起，其采用的具体结构和种类也比较多样，其实现的功能主要为将待测气体组分根据需要区分开，便于热导浓度检测器3的检测。由于且为现有技术，且种类及设置结构较多，故未在对此对此做更具体的阐述。

[0053] 作为一种优选的技术方案，还包括与模拟量输入模块11电相连的温度传感器21，所述温度传感器21设于待测氢同位素气体现场端。

[0054] 温度传感器21用于检测待测氢同位素气体现场端的温度，并将其通过模拟量输入模块11传输给嵌入式处理器2，嵌入式处理器2与上位机1通信，以便于分析现场温度信息。作为优选，温度传感器21采用热电阻温度传感器，更优选PT100铂热电阻，PT100铂热电阻抗冲击、测量准确度高。

[0055] 作为一种优选的技术方案，还包括与嵌入式处理器2电相连的数字量输入输出模块12、分别与数字量输入输出模块12电相连的电磁阀22、真空泵23，所述数字量输入输出模块12、电磁阀22、真空泵23设于待测氢同位素气体现场端。

[0056] 电磁阀22便于控制现场端的管路等部件的方向及通断，真空泵23便于使待测气体依靠气压差进入热导浓度检测器3，从而使气体与热导浓度检测器3接触更充分，且测量速度快；而通过数字量输入输出模块12，嵌入式处理器2则便于接收现场仪表的信息并控制现场仪表，自动化程度进一步提高。

[0057] 作为一种优选的技术方案，还包括与嵌入式处理器2电相连的模拟量输出模块13、电子压力控制器24，所述电子压力控制器24与模拟量输入模块11、模拟量输出模块13分别电相连，所述模拟量输出模块13、电子压力控制器24设于待测氢同位素气体现场端。

[0058] 电子压力控制器24便于检测和控制现场的压力，从而便于上位机1、嵌入式处理器2根据现场压力对现场测控仪表做进一步的调整控制。

[0059] 作为一种优选的技术方案，还包括与嵌入式处理器2电相连的温控表25，所述温控表25设于待测氢同位素气体现场端。

[0060] 温控表25便于检测现场测控点的温度，也便于接收嵌入式处理器2指令控制现场测控点的温度，从而更加自动化地实现温度控制。

[0061] 作为一种优选的技术方案，还包括与所述热导浓度检测器3电相连的独立的开关电源，所述独立的开关电源用于为热导浓度检测器3提供激励电压。

[0062] 这使得激励电压的稳定性强，热导浓度检测器3输出信号的稳定性强，有效避免了

热导浓度检测器3输入端的电磁干扰，使得热导浓度检测器3检测的准确度和可靠性进一步提高。需要说明的是，为了附图清晰不杂乱，附图中未画出开关电源与其他部件的电连接关系。

[0063] 作为一种优选的技术方案，还包括设于待测氢同位素气体现场端的屏蔽箱。

[0064] 屏蔽箱便于将现场端仪表收纳于内，避免待测氢同位素气体对仪表的核辐射，有利于提高现场设备的工作寿命；而且工作人员在安装和拆卸现场仪表时，更方便快速，大幅缩短了工作人员接触现场辐射环境的时间。作为优选，可通过在屏蔽箱上接管道以提供待测氢同位素气体的进入通道，从而兼顾防辐射和检测的方便性。

[0065] 作为一种优选的技术方案，其特征在于，所述上位机1为安装有Labview的计算机。

[0066] Labview广泛应用于测试测量领域，大多数主流的测试仪器、数据采集设备都拥有专门的LabVIEW驱动程序，使用LabVIEW可以非常便捷的控制这些硬件设备，方便地找到Labview工具包，通用性和可移植能力强，调用函数少，测试效率高；方便编制各种控制程序。

[0067] 实施例2

[0068] 如图1至图3所示，作为实施例1的进一步优化，本实施例包含了实施例1的全部技术特征，除此之外，本实施例还包括以下技术特征：

[0069] 一种所述的氢同位素在线分析微色谱测控系统的控制方法，包括以下步骤：

[0070] S1，通过上位机1设定嵌入式处理器2的过程控制参数；

[0071] S2，上位机1通过嵌入式处理器2控制热导浓度检测器3采集待测氢同位素气体信号；

[0072] S3，上位机1自动分析热导浓度检测器3采集到的待测氢同位素气体信号，得到待测氢同位素气体的色谱峰数据；

[0073] S4，上位机1计算并显示色谱峰数据的峰面积、待测氢同位素气体中氢同位素及杂质的组分含量。

[0074] 上位机1与嵌入式处理器2电相连，上位机1用于运行应用程序，远距离接收数据、发送指令，接收嵌入式处理器2信息并发送指令给嵌入式处理器2；嵌入式处理器2接收现场端热导浓度检测器3通过模拟量输入模块11处理并传输的信号，模拟量输入模块11用于接收热导浓度检测器3的信号并将信号处理后传输给嵌入式处理器2，热导浓度检测器3用于检测待测氢同位素气体现场的氢同位素的浓度，并输出电信号传输给模拟量输入模块11。由于所述嵌入式处理器2、模拟量输入模块11、热导浓度检测器3设于待测氢同位素气体现场端，所述上位机1设于远程端，便于实现远程操作，而且嵌入式处理器2、模拟量输入模块11便于集成多个模块及数据交换接口等，便于与现场端设备进行通信和实现实时控制，也方便集成到其它系统，通用性强，可移植能力强，自动化程度高，仅需远程操作即可，操作便捷，有效避免了现有技术中需要搭配专用的需要操作人员经常现场手动操作、观察、调整的二次仪表，大幅降低了操作人员受辐射的风险；另外，也便于采用总线方式进行多处场景、多套设备的远程控制。

[0075] 作为一种优选的技术方案，还包括位于步骤S1之前的以下步骤：

[0076] K1，设定热导浓度检测器3的压力阈值、温度阈值；

[0077] K2，选用电子压力控制器24检测热导浓度检测器3的实际压力、选用温度传感器21

检测热导浓度检测器3的实际温度，并将检测到的实际压力信息和实际温度信息经嵌入式处理器2传输至上位机1；若检测到的实际压力值高于设定的压力阈值，而且实际温度值高于温度阈值，则进入步骤K3；若检测到的实际压力值低于设定的压力阈值，或者，实际温度值低于温度阈值，则重复执行步骤K2；

[0078] K3，上位机1通过嵌入式处理器2控制热导浓度检测器3启动。

[0079] 在步骤S1之前设置上述步骤，在压力阈值、温度阈值达到要求后才启动热导浓度检测器3，有效防止了热导浓度检测器3误动作，有利于提高热导浓度检测器3的寿命；也便于节约能源。

[0080] 实施例3

[0081] 在实施例1、实施例2的基础上，本实施例以含氚氢同位素在线分析微色谱测控提供更具体的实施例，以便于阐述本发明的实施过程及有益效果。

[0082] 如图1至图3所示，本发明的系统分为两大部分，一是上位机1，位于远程端，用于运行上位机应用程序，上位机1包含人机交互界面和内部控制程序。二是现场硬件设备，位于测量现场，包括、嵌入式处理器2、数字量输入输出模块12、模拟量输入模块11、模拟量输出模块13、电磁阀22、真空泵23、温度传感器21、电子压力控制器24(简称EPC)、温控表25、开关电源；其中，嵌入式处理器2选择CompactRIO控制器，温度传感器21选择PT100铂热电阻，热导浓度检测器3为TCD检测器；另外数字量输入输出模块12选择NI 9476、模拟量输入模块11选择NI 9219、模拟量输出模块13选择NI 9264，数字量输入输出模块12、模拟量输入模块11、模拟量输出模块13均安装在CompactRIO控制器插槽中。

[0083] 上位机1与CompactRIO控制器通过以太网连接，运行应用程序，远距离接收数据、发送指令，符合测量场景的使用要求；上述数字量输入输出模块12、模拟量输入模块11、模拟量输出模块13均安装在CompactRIO控制器内置插槽上，并行执行各项指令；电磁阀22、真空泵23接收数字量输入输出模块12的开关信号；PT100测量低温箱内高低固定点位温度，以此温度值计算低温箱内液氮液位高度；EPC接收模拟量输出模块13输出的0-5V电压信号以控制和调节EPC后端压力，同时输出0-5V电压信号并将其反馈给模拟量输入模块11，其输入信号和输出信号均与EPC后端压力成正比关系；TCD检测器是利用被测组分和载气的热导率不同而产生响应的浓度型检测器，其本质是一个惠斯通电桥，其输出信号由模拟量输入模块11进行检测，进一步传输到上位机应用程序，由人机交互界面进行显示。温控表25与CompactRIO控制器通过485总线连接，负责控制柱温箱、阀箱、TCD检测器内部测控点的温度，接收CompactRIO控制器指令，同时返回设定值、当前值、设备状态等信息；开关电源为上述系统中部件供电，模拟量输入模块11对其输出电压进行检测，人机交互界面显示供电状态，另有独立的开关电源为TCD检测器提供激励电压，数字量输入输出模块12输出控制信号控制其通断。

[0084] 本发明基于基于Labview和CompactRIO控制器开发，用于含氚氢同位素在线分析微色谱过程控制、数据采集、数据分析和状态监控。

[0085] 含氚氢同位素测量环境属于强辐射环境，因此上位机位于远程端，远离测量环境，其他部件装配在金属屏蔽机箱里，置于测量现场；双方仅通过标准屏蔽以太网线连接。

[0086] 上位机1是安装有Labview的计算机，应用软件运行在上位机1上，提供人机交互界面，实现数据显示、曲线显示、状态监测、报警提醒、数据存储、数据处理等功能。

[0087] CompacRIO控制器通过以太网线与上位机1相连，数字量输入输出模块12、模拟量输入模块11、模拟量输出模块13均安装在CompactRIO控制器插槽上，通过内部15孔DSUB连接器连接。

[0088] 电磁阀22、真空泵23均属于开关器件，与数字量输入输出模块12相连接，数字量输入输出模块12输出布尔量TRUE，电磁阀22、真空泵23打开；数字量输入输出模块12输出布尔量FALSE，电磁阀22、真空泵23关闭。同时，人机交互界面显示各个现场器件的开关状态。

[0089] PT100与模拟量输入模块11连接，测得的温度值用于计算低温箱内液氮液位高度，人机交互界面实时显示各测量点的温度和液位高度，当高度低于阈值发出添加液氮的提醒。值得说明的是，液氮的作用是提供低温，在其他条件相同的情形下，液氮液位高度与温度呈正相关关系，尤其是在含氚氢同位素检测中，其有助于更加准确地测量。

[0090] TCD检测器输出信号与模拟量输入模块11连接，当有一恒定直流电通过TCD检测器内部热导池时，热丝被加热。由于载气的热传导作用使热丝的一部分热量被载气带走，一部分传给池体。当热丝产生的热量与散失热量达到平衡时，热丝温度就稳定在一定数值。此时，热丝阻值也稳定在一定数值。由于参比池和测量池通入的都是纯载气，同一种载气有相同的热导率，因此两臂的电阻值相同，电桥平衡，无信号输出。当有试样进入检测器时，纯载气流经参比池，载气携带着组分气流经测量池，由于载气和待测量组分二元混合气体的热导率和纯载气的热导率不同，测量池中散热情况因而发生变化，使参比池和测量池孔中热丝电阻值之间产生了差异，电桥失去平衡，TCD检测器有电压信号输出，即色谱峰。载气中待测组分的浓度越大，测量池中气体热导率改变就越显著，温度和电阻值改变也越显著，电压信号就越强。

[0091] EPC输入信号和输出信号均为0-5V电压，其输入信号端与模拟量输出模块13连接，其输出信号端与模拟量输入模块11连接，其后端压力与输入信号电压值大小成正比。

[0092] CompactRIO控制器经232转485模块与温控表25连接，形成一主多从的总线结构，温控表25各通道通过设定不同通讯地址进行区分，CompactRIO控制器通过轮询方式写入和读取各通道数据。

[0093] 开关电源与模拟量输入模块11连接，以进行实时监控，确保供电在稳定的范围内，人机交互界面显示供电状态，如有异常，发出供电异常报警。

[0094] 上位机1的应用程序基于Labview开发，主要实现系统参数设置、数据显示、数据保存、定量计算、状态监测等功能。

[0095] 上位机1与CompactRIO控制器通过以太网屏蔽线缆连接，远距离传输数据和指令。

[0096] 上述模块中，NI 9219各通道分别与EPC输出电压信号端、TCD检测器输出电压信号端、开关电源输出电压信号端、PT100铂热电阻电连接，测量电压值和温度值；NI 9264各通道与EPC输入电压信号端连接，调节EPC后端出口压力；NI 9476各通道经继电器分别与电磁阀22、真空泵23连接，控制它们的开启和关闭；CompactRIO控制器自带的RS232串口经232/485转换接头与温控表25连接，实时获取温控表25各通道温度、同时向其写入设定温度以达到控温的目的。

[0097] 上述模块中，NI 9219与TCD检测器输出信号连接的通道配置为高精度电压模式，并对数据进行50点滑动平均滤波处理，以50ms时间间隔记录该输出信号；与PT100铂热电阻连接的通道配置为RTD模式。

[0098] 如图2所示，上位机1的应用程序分为人机交互界面和后台控制程序两部分，人机交互界面实现显示、报警、接收数据更改等功能，后台控制程序负责数据处理、程序逻辑控制等，系统的信息传递结构如下，上位机1与CompactRIO控制器配置为同一网段内不同的静态IP地址，同时每一个不同的CompactRIO控制器具有唯一的UID，上述数字量输入输出模块12、模拟量输入模块11、模拟量输出模块13安装后，其相对位置固定，通过静态IP+UID+模块位置+通道名称组合的唯一地址访问各个通道，访问方式为实时扫描；CompactRIO控制器与温控表25组成一主多从的485总线结构，每个温控表25内部的各个通道配置为不同的地址，通过温控表25自带的AIBUS协议访问每一个通道，其读指令为：

[0099] 地址代号+52H(82)+要读的参数代号+00+00+校验码；

[0100] 写指令为：

[0101] 地址代号+43H(67)+要写的参数代号+写入数低字节+写入数高字节+校验码；

[0102] 返回信息为：

[0103] 测量值PV+给定值SV+输出值MV及报警状态+所读/写参数值+校验码。

[0104] CompactRIO控制器将读到的返回信息字符串存入读取共享变量，上位机1的应用程序对读取共享变量进行解析，获得PV、SV、MV等信息，人机交互界面进行显示；人机交互界面更改SV后，上位机1的应用程序后台将该数据和其他信息进行打包，形成符合上述写指令格式的字符串，同时将其存入写入共享变量，CompactRIO控制器本地程序按固定时间时隔将写入共享变量发送到485总线，对应地址的温控表25通道进行参数更改动作。

[0105] 上述测控系统控制方法的具体步骤如图3所示，具体描述如下：

[0106] 1)系统上电，系统自检。

[0107] 2)配置CompactRIO控制器和上位机1计算机IP地址为静态IP，且处于同一个网段。

[0108] 3)CompactRIO控制器串口参数设置，波特率9600，8位数据位，1位起始位，1位停止位。

[0109] 4)CompactRIO控制器与上位机1通信测试，CompactRIO控制器与温控表25通信测试，控制器通过485总线发送AIBUS协议所规定的字符串指令，读取当前温度值。开关电源、EPC、PT100铂热电阻输出信号测试。CompactRIO控制器开始运行本地程序，以温控表25的AIBUS协议对温控表25各通道进行轮询访问，发送写入共享变量字符串，获取返回字符串并存入读取共享变量。

[0110] 5)上位机1应用程序对读取共享变量的字符串进行解析，获取当前各通道温度值，并显示到人机交互界面，同时将人机交互界面上的设定温度值按AIBUS协议打包成字符串存入写入共享变量。上位机1应用程序通过实时扫描的方式访问CompactRIO控制器插槽中的各个模块，输出模拟控制量和数字控制量，获取各测量点位的模拟量值。

[0111] 6)通过PT100铂热电阻测得的低温箱内部温度计算液氮液位，实时显示在人机交互界面上，若液位低于阈值，发出提醒添加液氮。开关电源、EPC输出信号若不在正常范围以内，则人机交互界面显示报警。若通信测试异常，人机交互界面报错。

[0112] 7)设定仪器环境参数，主要包括EPC后端压力、柱温箱、阀箱、TCD检测器环境温度。设定过程控制具体步骤，包括每一步的操作内容和动作的时间点，何时打阀门、何时关闭阀门、何时保存有效数据、何时停止、是否连续多次运行，是否进行极性反转，是否进行自动校正等，根据不同的测试要求保存为配置文件。下一次测试时直接打开配置文件，保证多次测

试条件的一致性。

[0113] 8)当仪器参数不满足要求时,执行锁定程序,无法开启激励电压、TCD检测器环境温度无法上升。例如,当载气管道EPC后端压力为0,没有气体进入TCD检测器的时候,激励电压钳制于关闭状态,TCD检测器环境设定温度始终保持于0,无法升温,以避免TCD检测器内部热丝温度过高影响使用寿命。

[0114] 9)待仪器参数达到设定值并稳定后,开启激励电压,初始TCD检测器由于没有激励电压,其输出信号小于10uV,开启激励电压后,TCD检测器输出信号幅值显著增大(>100uV),若TCD检测器信号未有变化,则系统故障,应断电进行检查。开始自动分析过程,各组件和程序按设定时间点进行相应动作。上位机1应用程序后台对原始TCD检测器信号进行50点滑动平均滤波处理,并按50ms时间间隔记录数据,自动保存成数据文件。同时人机交互界面对TCD检测器信号进行监控,绘制实时曲线。

[0115] 10)上位机1应用程序后台对得到的色谱峰数据进行计算,过滤噪声峰,人机交互界面显示计算结果:保留时间、峰高、峰宽、峰面积。

[0116] 11)若自动计算结果不理想,打开第9步形成的数据文件,进行进一步分析,本步骤为并行操作与前述自动分析过程互不干扰。

[0117] 值得说明的是,本发明不仅适用于含氚氢同位素场景,也适用于含氕氢同位素、含氘氢同位素等其他使用场景。

[0118] 值得说明的是,本实施例及图3在实施例2的基础上增加了诸多细致的步骤和功能,是为了更加细致地举例阐述本发明的思想和技术方案,为了便于理解和提供详细的实施方案,其并不能被视为本发明所要保护的技术方案的范围的限制。

[0119] 本说明书中所有实施例公开的所有特征,或隐含公开的所有方法或过程中的步骤,除了互相排斥的特征和/或步骤以外,均可以以任何方式组合和/或扩展、替换。

[0120] 如上所述,可较好的实现本发明。

[0121] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,依据本发明的技术实质,在本发明的精神和原则之内,对以上实施例所作的任何简单的修改、等同替换与改进等,均仍属于本发明技术方案的保护范围之内。

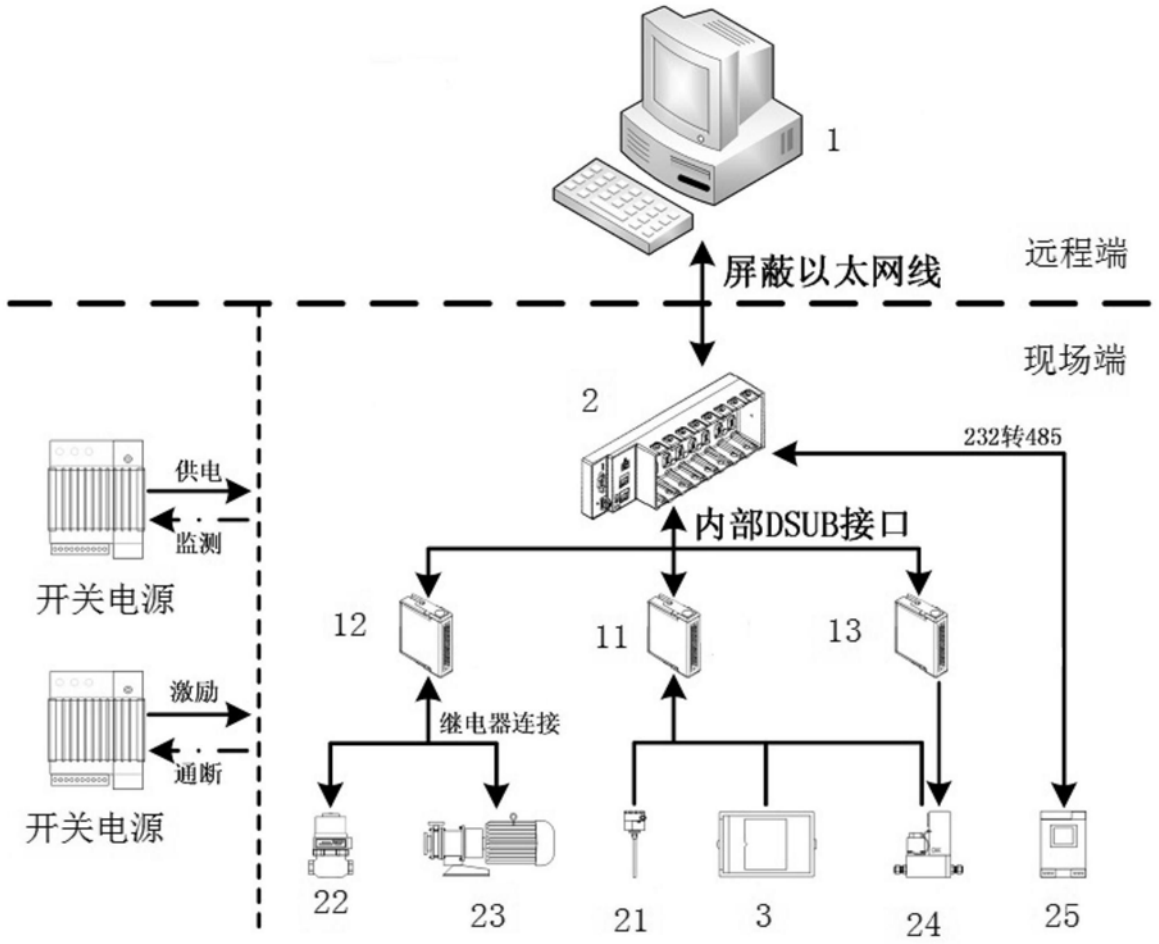

1
屏蔽以太网线
远程端
现场端
2
232转485
内部DSUB接口
供电
监测
开关电源
激励
通断
开关电源
12
11
13
继电器连接
22
23
21
3
24
25

图1

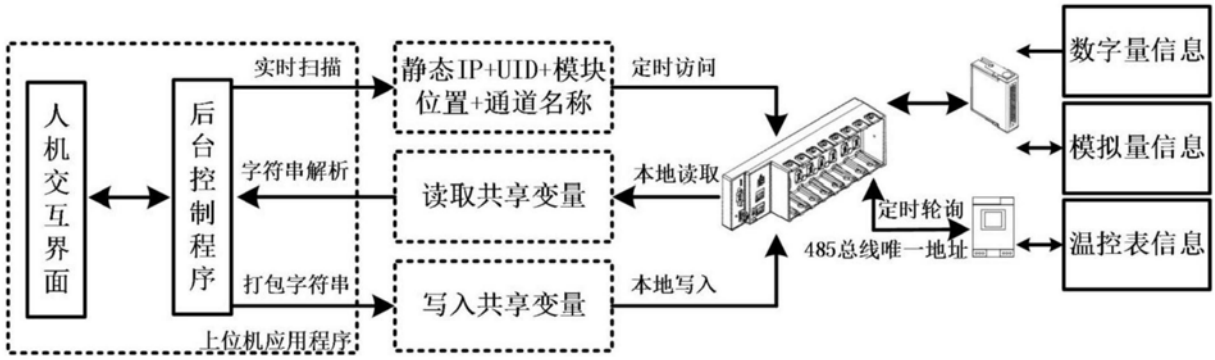

人机交互界面
后台控制程序
实时扫描
字符串解析
打包字符串
上位机应用程序
静态IP+UID+模块位置+通道名称
读取共享变量
写入共享变量
定时访问
本地读取
本地写入
数字量信息
模拟量信息
温控表信息
定时轮询
485总线唯一地址

图2

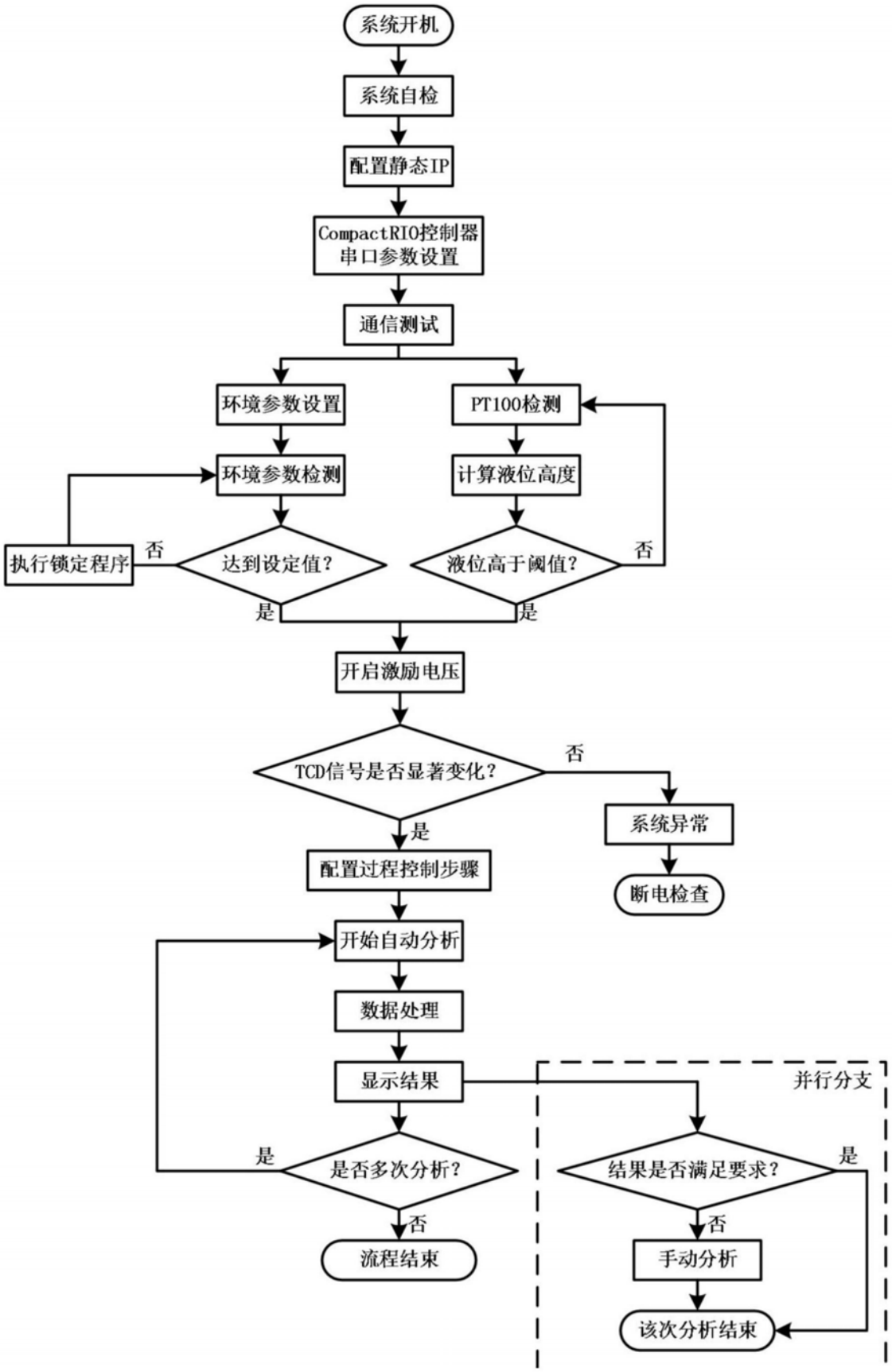

系统开机
系统自检
配置静态IP
CompactRIO控制器
串口参数设置
通信测试
环境参数设置
PT100检测
环境参数检测
计算液位高度
执行锁定程序
否
达到设定值?
液位高于阈值?
否
是
是
开启激励电压
TCD信号是否显著变化?
否
系统异常
是
断电检查
配置过程控制步骤
开始自动分析
数据处理
显示结果
并行分支
是
是否多次分析?
结果是否满足要求?
是
否
否
流程结束
手动分析
该次分析结束

图3