



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106838610 B

(45)授权公告日 2018.11.20

(21)申请号 201710119306.2

G05B 19/042(2006.01)

(22)申请日 2017.03.02

F17C 13/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106838610 A

(56)对比文件

CN 102928315 A, 2013.02.13, 全文.

(43)申请公布日 2017.06.13

CN 1437005 A, 2003.08.20, 全文.

(73)专利权人 扬州大学

CN 1687773 A, 2005.10.26, 全文.

地址 225009 江苏省扬州市大学南路88号
(72)发明人 程宏辉 奚晨雨 陈东雷 武英
刘晶晶 韩兴博 严凯 黄新
秦康生

CN 1523259 A, 2004.08.25, 全文.

CN 2531231 Y, 2003.01.15, 全文.

JP 2000180342 A, 2000.06.30, 全文.

审查员 吴磊

(74)专利代理机构 扬州苏中专利事务所(普通
合伙) 32222

代理人 许必元

(51)Int.Cl.

G01D 21/02(2006.01)

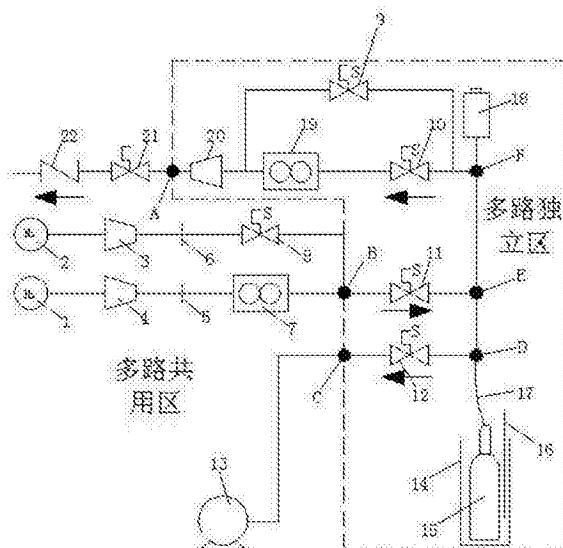
权利要求书3页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装
一体化设备及其工艺流程

(57)摘要

一种多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和
封装一体化设备及其工艺流程，属于气体贮罐设
备及生产测试技术领域，由上层气路、中层气路
和底层气路构成，上层气路由止回阀、2通高压电
磁阀、压力传感器以及第一节点连接构成；中层
气路由氢气源、氮气源、减压阀、减压阀、过滤器、
质量流量计、2通高压电磁阀连接构成，底层气路
由机械真空泵、第三节点、2通高压电磁阀、金属
编织软管、合金型贮氢罐和温度传感器连接构
成，其设备结构新颖，布局合理紧凑，占地面积
小，工艺流程原理清晰，自动化程度高，通用性
强，操作简易方便；可实现多通道多规格合金型
贮氢罐同时操作，大大提高合金型贮氢罐的生产
测试效率。



1. 多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述一体化设备由上层气路、中层气路和底层气路构成；

所述上层气路由止回阀(22)、第六2通高压电磁阀(21)、背压阀(20)、质量流量控制器(19)、第三2通高压电磁阀(10)、第二2通高压电磁阀(9)、压力传感器(18)以及第一节点(A)连接构成；所述止回阀(22)的入口与所述第六2通高压电磁阀(21)的出口相连，所述第六2通高压电磁阀(21)的入口与所述第一节点(A)相连，所述第一节点(A)与所述背压阀(20)的出口相连，所述背压阀(20)的入口分别与所述第二2通高压电磁阀(9)、质量流量控制器(19)的出口相连，所述质量流量控制器(19)的入口与第三2通高压电磁阀(10)的出口相连，所述压力传感器(18)下方连接设有不锈钢管道，所述不锈钢管道上依次设有第六节点(F)、第五节点(E)和第四节点(D)，所述第四节点(D)与第五节点(E)相连，所述第五节点(E)与第六节点(F)相连，所述第二2通高压电磁阀(9)和第三2通高压电磁阀(10)的入口与所述不锈钢管道上的第六节点(F)相交；

所述中层气路由氢气源(1)、氮气源(2)、第一减压阀(3)、第二减压阀(4)、第一过滤器(5)、第二过滤器(6)、质量流量计(7)、第一2通高压电磁阀(8)和第四2通高压电磁阀(11)连接构成；所述氢气源(1)与所述第二减压阀(4)的入口连接，所述第二减压阀(4)的出口与所述第一过滤器(5)连接，所述第一过滤器(5)与所述质量流量计(7)入口连接；所述氮气源(2)与所述第一减压阀(3)的入口相连接，所述第一减压阀(3)的入口与所述第二过滤器(6)连接，所述第二过滤器(6)与所述第一2通高压电磁阀(8)的入口相连，所述质量流量计(7)与所述第一2通高压电磁阀(8)的出口相交于第二节点，所述第二节点(B)与所述第四2通高压电磁阀(11)的入口相连，第四2通高压电磁阀(11)的出口与所述不锈钢管道上的第五节点(E)相连；

所述底层气路由机械真空泵(13)、第三节点(C)、第五2通高压电磁阀(12)、金属编织软管(17)、合金型贮氢罐(15)和温度传感器(16)连接构成；所述机械真空泵(13)的入口与所述第三节点(C)相连，所述第三节点(C)与所述第五2通高压电磁阀(12)的出口相连，所述第五2通高压电磁阀(12)的入口与所述不锈钢管道上的第四节点(D)相连，所述金属编织软管(17)设置在所述第四节点(D)的下方，所述金属编织软管(17)与所述合金型贮氢罐(15)相连，所述合金型贮氢罐(15)放置在加热装置(14)中实现恒温加热，所述温度传感器(16)固定在所述合金型贮氢罐(15)的表面；所述第一节点(A)、第二节点(B)和第三节点(C)所构成的气源一侧为多路共用区，非气源一侧为多路独立区，多路独立区包含多套相同气路；

所述一体化设备通过计算机上运行的测试控制软件实现人机交互，测控软件通过数据采集卡驱动程序与多功能数据采集卡进行通讯，完成对温度传感器、压力传感器、质量流量计、质量流量控制器实测流量输出端的数据采集，对质量流量控制器的流量信号输入端进行设定，并对继电器驱动板状态进行控制进而实现对所有2通高压电磁阀的开关状态进行控制；所述测控软件还对温度、压力和流量数据进行长期监控，在充氢时，通过质量流量计进行合金型贮氢罐充氢性能的测试，包括充入量，充满时间，充装过程的流速变化，在放氢时，通过质量流量控制器进行合金型贮氢罐放氢性能的测试，包括放氢过程的流速变化，累计放出量，放尽时间，不同流速设定条件下维持稳定放氢流速的时间，所述设备对于合金型贮氢罐充满和放尽的判断是基于压力判断的，充满压力和放尽压力的设定根据贮氢罐中具体的材料的吸放氢PCT曲线进行确定。

2. 根据权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述氢气源(1)与第二减压阀(4)的入口通过螺纹相连，第二减压阀(4)的出口通过不锈钢管道及VCR接头与第一过滤器(5)相连，第一过滤器(5)通过不锈钢管道与质量流量计(7)入口相连，第二减压阀(4)的输出压力范围为4~10MPa，第一过滤器(5)的过滤精度范围为0.5~2μm，质量流量计(7)的量程范围为0~20~30SLM。

3. 根据权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述氮气源(2)与第一减压阀(3)的入口通过螺纹相连，第一减压阀(3)的入口通过不锈钢管道及VCR接头与第二过滤器(6)相连，第二过滤器(6)通过不锈钢管道与第一2通高压电磁阀(8)的入口相连，第二过滤器(6)的过滤精度范围为0.5~2μm，第一减压阀(3)的输出压力范围为0.15~0.2MPa，第一2通高压电磁阀(8)的使用压力范围为0~4~10MPa。

4. 根据权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述加热装置(14)为水浴槽或柔性加热套，柔性加热套的恒温加热范围为RT~500℃，水浴槽的恒温加热范围为RT~100℃，所述温度传感器(16)的测试温度范围为0~500℃。

5. 根据权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述止回阀(22)的入口与第六2通高压电磁阀(21)的出口通过不锈钢管道相连，第六2通高压电磁阀(21)的入口通过不锈钢管道与第一节点(A)相连，第一节点(A)通过不锈钢管道与背压阀(20)的出口相连，背压阀(20)入口分别与第二2通高压电磁阀(9)的出口以及质量流量控制器(19)的出口相连，质量流量控制器(19)的入口通过不锈钢管道与第三2通高压电磁阀(10)的出口相连，第二2通高压电磁阀(9)和第三2通高压电磁阀(10)的入口通过不锈钢管道与第六节点(F)相连，第六节点(F)与压力传感器(18)通过不锈钢管道相连，背压阀(20)的输入压力范围为3~9MPa，质量流量控制器(19)的流量控制范围为0~1~20SLM，2通高压电磁阀的使用压力范围为0~4~10MPa，压力传感器(18)的测试压力范围为0~4~10MPa。

6. 根据权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，其特征在于：所述第一节点(A)、第二节点(B)、第三节点(C)以左区域构成系统的多路共用区，以右区域构成系统的多路独立区，多路独立区包含2~8个测试通道，用于不同规格，不同数量的合金型贮氢罐性能测试。

7. 如权利要求1所述的多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备的工艺流程，其特征在于，包括以下工艺流程：

(1) 活化处理和充氢测试工艺流程，其具体操作步骤如下：

(1-1) 第一步，打开机械真空泵(13)，调节第二减压阀(4)输出压力至4~10MPa；

(1-2) 第二步，打开第五2通高压电磁阀(12)，对系统管路以及所连接上的合金型贮氢罐进行抽真空，抽真空0.5~1小时，关闭第五2通高压电磁阀(12)，打开第四2通高压电磁阀(11)，氢气进入系统和合金型贮氢罐，管路和贮氢罐的压力不断抬升直到接近第二减压阀(4)出口端压力即认为合金型贮氢罐吸氢饱和，在此过程中通过测控软件完成对充氢过程实际流速，压力和温度变化进行监控，对实时的累计充氢量进行计算和显示，累计充氢量的计算公式为 $m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt$ ，其中t表示质量流量计7的充氢运行时间，f表示转化因子， q_v

表示实测瞬时充氢流速, ρ 表示氢气的密度, 其具体数值为 $0.0000899 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$;

(1-3) 第三步, 关闭第四2通高压电磁阀(11), 等待5~10分钟后, 打开第五2通高压电磁阀(12), 对系统进行抽真空0.5~1小时, 使贮氢罐彻底脱氢;

(1-4) 第四步, 重复上述充放氢过程5~10次即完成贮氢罐中材料的活化处理, 同时获得其最后一次充氢性能数据;

(2) 放氢测试工艺流程如下, 其具体操作步骤如下:

(2-1) 第一步, 将质量流量控制器(19)置于全开状态;

(2-2) 第二步, 打开第二2通高压电磁阀(9)等待5秒重新关闭, 调节背压阀(20), 使上游压力维持在3~9MPa之间;

(2-3) 第三步, 将质量流量控制器(19)置于全闭状态, 打开第三、和第六2通高压电磁阀(10,21), 设定质量流量控制器(19)的流速, 并启动放氢, 同时通过测控软件完成对放氢过程的实际流速, 压力和温度变化进行监控, 同时对实时的累计放氢量进行计算, 累计放氢量的计算公式为 $m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt$, 其中 t 表示质量流量控制器(19)的放氢运行时间, f 表示转化因子, q_v 表示实测瞬时放氢流速, ρ 表示氢气的密度, 其具体数值为 $0.0000899 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$;

(2-4) 第四步, 完成放氢性能测试后, 关闭质量流量控制器(19), 关闭第三、和第六2通高压电磁阀(10,21), 对测试结果进行分析, 确定满足有关要求, 就可以对被测合金型贮氢罐进行氮气封装操作;

(3) 氮气封装工艺流程, 其具体操作步骤如下:

(3-1) 第一步, 调节第一减压阀(3)输出压力为0.15~0.2MPa, 打开第一、和第四2通高压电磁阀(8,11);

(3-2) 第二步, 向合金型贮氢罐充入氮气, 同时通过压力传感器(18)对系统压力进行检测;

(3-3) 第三步, 当系统压力与减压阀输出压力基本一致时, 氮气封装操作完成, 关闭第一、和第四2通高压电磁阀(8,11)。

多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备及其 工艺流程

技术领域

[0001] 本发明属于气体贮罐设备及生产测试技术领域,具体的说是涉及一种多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备及其工艺流程。

背景技术

[0002] 贮氢罐是一种氢气储存的容器。现有氢气的贮存技术包括高压储氢、液氢贮存、金属氢化物贮氢、低温吸附贮氢、纳米碳管高压吸附贮氢以及液体有机氢化物贮氢。各种贮氢技术相应的贮氢罐也有所区别。高压气态贮氢是目前较为广泛使用的一种氢气贮存方式,使用传统不锈钢或者铝合金等金属材料制成的压力容器作为贮氢罐,其设计制造技术成熟、成本低、灌装速度快、能耗也较低,但是单位质量贮氢密度较小,一般只用于大型无缝钢制贮罐存储,无需任何材料做载体,只需耐压或绝热的容器就行,但是贮氢效率较低。液态贮氢对贮氢容器的绝热要求很高,民用领域应用很少,多用于火箭燃料等领域。未来,氢气将逐步应用到汽车燃料电池、医学等领域。加氢站、移动式贮氢罐等对贮存容器的贮氢密度提出了很高的要求,常规钢制压力容器已经不能满足技术要求。各类轻质高压贮氢容器开始出现,这类贮氢容器内部一般填充有贮氢材料。这些贮氢材料主要包括碳质材料、金属有机骨架材料、贮氢合金、复杂金属氢化物。其中贮氢合金尤其是AB5系、Mg系以及TiFe系是目前在实际中应用效果最好的贮氢材料。这主要是因为这些合金能够在较宽的范围内采用元素掺杂的方式获得满足应用要求的性能,对性能的调控比较容易实现。虽然,人们在有关材料的研究过程中已经将这些材料的本征性质摸得比较透彻,但是实际中贮氢罐的充放氢特性,并不完全与其中填充的贮氢材料的充放氢特性显著一致,实际中有可能差别很大,这主要是因为贮氢罐的充放氢特性不仅取决于材料的本征贮氢特性,还取决于其在贮氢罐中的填充方式,进而决定了其传热传质特性。贮氢罐在各种使用条件下的充放氢特性,其中包括贮氢容量、动力学性能、循环寿命,是使用者选择合金型贮氢罐前必须了解的参数,也是合金型贮氢罐生产过程必须了解的内容。对于合金型贮氢罐生产者来说贮氢罐中填充的合金需要在高压下进行多次吸放氢活化方可进行有关性能的测试。对于贮氢罐而言,其活化过程是一个比较耗时的过程,如何提高贮氢罐活化过程的效率已逐步成为人们关心的问题。另外贮氢罐在活化和性能测试之后,提交用户使用前,其内部是充满氮气,以防止负压下氧气进入气瓶中造成合金的氧化损耗。因此,如何设计出一套能够先后完成多规格合金型贮氢罐的吸放氢活化、充/放氢性能测试、以及最终氮气封装操作,是有关应用领域极为重要的课题。

发明内容

[0003] 本发明针对上述合金型贮氢罐性能测试装置能够测试的贮氢罐规格比较单一、自动化程度不高、功能单一、通用性不强、效率高等不足和缺陷,提供一种多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备及其工艺流程,可实现多通道多规格合金型贮氢罐

同时操作,可大大提高合金型贮氢罐的生产测试效率。

[0004] 本发明的技术方案是:多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备,其特征在于:所述一体化设备由上层气路、中层气路和底层气路构成;

[0005] 所述上层气路由止回阀、第六2通高压电磁阀、背压阀、质量流量控制器、第三2通高压电磁阀、第二2通高压电磁阀、压力传感器以及第一节点连接构成;所述止回阀的入口与所述第六2通高压电磁阀的出口相连,所述第六2通高压电磁阀的入口与所述第一节点相连,所述第一节点与所述背压阀的出口相连,所述背压阀的入口分别与所述第二2通高压电磁阀、质量流量控制器的出口相连,所述质量流量控制器的入口与第三2通高压电磁阀的出口相连,所述压力传感器下方连接不锈钢管道,所述不锈钢管道上依次设有第六节点、第五节点和第四节点,所述第四节点与第五节点相连,所述第五节点与第六节点相连,所述第二2通高压电磁阀和第三2通高压电磁阀的入口与所述不锈钢管道上的第六节点相交;

[0006] 所述中层气路由氢气源、氮气源、第一减压阀、第二减压阀、第一过滤器、第二过滤器、质量流量计、第一2通高压电磁阀和第四2通高压电磁阀连接构成;所述氢气源与所述第二减压阀的入口连接,所述第二减压阀的出口与所述第一过滤器连接,所述第一过滤器与所述质量流量计入口连接;所述氮气源与所述第一减压阀的入口相连接,所述第一减压阀的入口与所述第二过滤器连接,所述第二过滤器与所述第一2通高压电磁阀的入口相连,所述质量流量计与所述第一2通高压电磁阀的出口相交于第二节点,所述第二节点与所述第四2通高压电磁阀的入口相连,第四2通高压电磁阀的出口与所述不锈钢管道上的第五节点相连;

[0007] 所述底层气路由机械真空泵、第三节点、第五2通高压电磁阀、金属编织软管、合金型贮氢罐和温度传感器连接构成;所述机械真空泵的入口与所述第三节点相连,所述第三节点与所述第五2通高压电磁阀的出口相连,所述第五2通高压电磁阀的入口与所述不锈钢管道上的第四节点相连,所述金属编织软管设置在所述第四节点的下方,所述金属编织软管与所述合金型贮氢罐相连,所述合金型贮氢罐放置在加热装置中实现恒温加热,所述温度传感器固定在所述合金型贮氢罐的表面;所述第一节点、第二节点和第三节点所构成的气源一侧为多路共用区,非气源一侧为多路独立区,多路独立区包含多套相同气路;

[0008] 所述一体化设备通过计算机上运行的测试控制软件实现人机交互,测控软件通过数据采集卡驱动程序与多功能数据采集卡进行通讯,完成对温度传感器、压力传感器、质量流量计、质量流量控制器实测流量输出端的数据采集,对质量流量控制器的流量信号输入端进行设定,并对继电器驱动板状态进行控制进而实现对2通高压电磁阀的开关状态进行控制;所述测控软件还对温度,压力和流量数据进行长期监控,在充氢时,通过质量流量计进行合金型贮氢罐充氢性能的测试,包括充入量,充满时间,充装过程的流速变化,在放氢时,通过质量流量控制器进行合金型贮氢罐放氢性能的测试,包括放氢过程的流速变化,累计放出量,放尽时间,不同流速设定条件下维持稳定放氢流速的时间,所述设备对于合金型贮氢罐充满和放尽的判断是基于压力判断的,充满压力和放尽压力的设定根据贮氢罐中具体的材料的吸放氢PCT曲线进行确定。

[0009] 所述氢气源与第二减压阀的入口通过螺纹相连,第二减压阀的出口通过不锈钢管道及VCR接头与第一过滤器相连,第一过滤器通过不锈钢管道与质量流量计入口相连,第二减压阀的输出压力范围为4~10MPa,第一过滤器的过滤精度范围为0.5~2μm,质量流量计

的量程范围为0~20~30SLM。

[0010] 所述氮气源与第一减压阀的入口通过螺纹相连,第一减压阀的入口通过不锈钢管道及VCR接头与第二过滤器相连,第二过滤器通过不锈钢管道与第一2通高压电磁阀的入口相连,第二过滤器的过滤精度范围为0.5~2μm,第一减压阀的输出压力范围为0.15~0.2MPa,第一2通高压电磁阀的使用压力范围为0~4~10MPa。

[0011] 所述加热装置为水浴槽或柔性加热套,柔性加热套的恒温加热范围为RT~500℃,水浴槽的恒温加热范围为RT~100℃,所述温度传感器的测试温度范围为0~500℃。

[0012] 所述止回阀的入口与第六2通高压电磁阀的出口通过不锈钢管道相连,第六2通高压电磁阀的入口通过不锈钢管道与第一节点相连,第一节点通过不锈钢管道与背压阀的出口相连,背压阀入口分别与第二2通高压电磁阀的出口以及质量流量控制器的出口相连,质量流量控制器的入口通过不锈钢管道与第三2通高压电磁阀的出口相连,第二2通高压电磁阀和第三2通高压电磁阀的入口通过不锈钢管道与第六节点相连,第六节点与压力传感器通过不锈钢管道相连,背压阀的输入压力范围为3~9MPa,质量流量控制器的流量控制范围为0~1~20SLM,2通高压电磁阀的使用压力范围为0~4~10MPa,压力传感器的测试压力范围为0~4~10MPa。

[0013] 所述第一节点、第二节点、第三节点以左区域构成系统的多路共用区,以右区域构成系统的多路独立区,多路独立区包含2~8个测试通道,用于不同规格,不同数量的合金型贮氢罐性能测试。

[0014] 多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备的工艺流程,其特征在于,包括以下工艺流程:

[0015] (1) 活化处理和充氢测试工艺流程,其具体操作步骤如下:

[0016] (1-1) 第一步,打开机械真空泵,调节第二减压阀输出压力至4~10MPa;

[0017] (1-2) 第二步,打开第五2通高压电磁阀,对系统管路以及所连接上的合金型贮氢罐进行抽真空,抽真空0.5~1小时,关闭第五2通高压电磁阀,打开第四2通高压电磁阀,氢气进入系统和合金型贮氢罐,管路和贮氢罐的压力不断抬升直到接近第二减压阀出口端压力即认为合金型贮氢罐吸氢饱和,在此过程中通过测控软件完成对充氢过程实际流速,压力和温度变化进行监控,对实时的累计充氢量进行计算和显示,累计充氢量的计算公式为

$$m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt, \text{ 其中 } t \text{ 表示质量流量计7的充氢运行时间, } f \text{ 表示转化因子, } q_v \text{ 表示实测瞬时充氢流速, } \rho \text{ 表示氢气的密度, 其具体数值为 } 0.0000899 g \cdot ml^{-1};$$

[0018] (1-3) 第三步,关闭第四2通高压电磁阀,等待5~10分钟后,打开第五2通高压电磁阀,对系统进行抽真空0.5~1小时,使贮氢罐彻底脱氢;

[0019] (1-4) 第四步,重复上述充放氢过程5~10次即完成贮氢罐中材料的活化处理,同时获得其最后一次充氢性能数据;

[0020] (2) 放氢测试工艺流程如下,其具体操作步骤如下:

[0021] (2-1) 第一步,将质量流量控制器置于全开状态;

[0022] (2-2) 第二步,打开第二2通高压电磁阀等待5秒重新关闭,调节背压阀,使上游压力维持在3~9MPa之间;

[0023] (2-3) 第三步,将质量流量控制器置于全闭状态,打开第三和第六2通高压电磁阀,

设定质量流量控制器的流速，并启动放氢，同时通过测控软件完成对放氢过程的实际流速，压力和温度变化进行监控，同时对实时的累计放氢量进行计算，累计放氢量的计算公式为 $m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt$ ，其中 t 表示质量流量控制器的放氢运行时间，f 表示转化因子， q_v 表示实测瞬时放氢流速， ρ 表示氢气的密度，其具体数值为 $0.0000899 g \cdot m l^{-1}$ ；

[0024] (2-4) 第四步，完成放氢性能测试后，关闭质量流量控制器，关闭第三和第六2通高压电磁阀，对测试结果进行分析，确定满足有关要求，就可以对被测合金型贮氢罐进行氮气封装操作；

[0025] (3) 氮气封装工艺流程，其具体操作步骤如下：

[0026] (3-1) 第一步，调节第一减压阀输出压力为 $0.15 \sim 0.2 MPa$ ，打开第一和第四2通高压电磁阀；

[0027] (3-2) 第二步，向合金型贮氢罐充入氮气，同时通过压力传感器对系统压力进行检测；

[0028] (3-3) 第三步，当系统压力与减压阀输出压力基本一致时，氮气封装操作完成，关闭第一和第四2通高压电磁阀。

[0029] 本发明的有益效果为：本发明提出的一种多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备及其工艺流程，其设备结构新颖，布局合理紧凑，占地面积小，工艺流程原理清晰，自动化程度高，通用性强，操作简易方便；可实现多通道多规格合金型贮氢罐同时操作，大大提高合金型贮氢罐的生产测试效率。

附图说明

[0030] 图1为本发明一体化设备侧视结构示意图。

[0031] 图2为本发明一体化设备上层俯视结构示意图。

[0032] 图3为本发明一体化设备中层俯视结构示意图。

[0033] 图4为本发明一体化设备下层俯视结构示意图。

[0034] 图5为本发明一体化设备的测控系统结构示意图。

[0035] 图6为本发明一体化设备的活化处理和充氢测试工艺流程图。

[0036] 图7为本发明一体化设备的放氢测试工艺流程图。

[0037] 图8为本发明一体化设备的氮气封装工艺流程图。

[0038] 图中：氢气源1、氮气源2、第一减压阀3、第二减压阀4、第一过滤器5、第二过滤器6、质量流量计7、第一2通高压电磁阀8、第二2通高压电磁阀9、第三2通高压电磁阀10、第四2通高压电磁阀11、第五2通高压电磁阀12、机械真空泵13、加热装置14、合金型贮氢罐15、温度传感器16、金属编织软管17、压力传感器18、质量流量控制器19、背压阀20、第六2通高压电磁阀21、止回阀22、第一节点A、第二节点B、第三节点C、第四节点D、第五节点E、第六节点F。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0040] 如图1-8所示，多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，由上层气路、中层气路和底层气路构成；

[0041] 上层气路由止回阀22、第六2通高压电磁阀21、背压阀20、质量流量控制器19、第三2通高压电磁阀10、第二2通高压电磁阀9、压力传感器18以及第一节点A连接构成；止回阀22的入口与第六2通高压电磁阀21的出口相连，第六2通高压电磁阀21的入口与第一节点A相连，第一节点A与背压阀20的出口相连，背压阀20的入口分别与第二2通高压电磁阀9、质量流量控制器19的出口相连，质量流量控制器19的入口与第三2通高压电磁阀10的出口相连，压力传感器18下方连接设有不锈钢管道，不锈钢管道上依次设有第六节点F、第五节点E和第四节点D，第四节点D与第五节点E相连，第五节点E与第六节点F相连，第二2通高压电磁阀9和第三2通高压电磁阀10的入口与不锈钢管道上的第六节点F相交；

[0042] 中层气路由氢气源1、氮气源2、第一减压阀3、第二减压阀4、第一过滤器5、第二过滤器6、质量流量计7、第一2通高压电磁阀8和第四2通高压电磁阀11连接构成；氢气源1与第二减压阀4的入口连接，第二减压阀4的出口与第一过滤器5连接，第一过滤器5与质量流量计7入口连接；氮气源2与第一减压阀3的入口相连接，第一减压阀3的入口与第二过滤器6连接，第二过滤器6与第一2通高压电磁阀8的入口相连，质量流量计7与第一2通高压电磁阀8的出口相交于第二节点，第二节点B与第四2通高压电磁阀11的入口相连，第四2通高压电磁阀11的出口与不锈钢管道上的第五节点E相连；

[0043] 底层气路由机械真空泵13、第三节点C、第五2通高压电磁阀12、金属编织软管17、合金型贮氢罐15和温度传感器16连接构成；机械真空泵13的入口与第三节点C相连，第三节点C与第五2通高压电磁阀12的出口相连，第五2通高压电磁阀12的入口与不锈钢管道上的第四节点D相连，金属编织软管17设置在第四节点D的下方，金属编织软管17与合金型贮氢罐15相连，合金型贮氢罐15放置在加热装置14中实现恒温加热，温度传感器16固定在合金型贮氢罐15的表面；第一节点A、第二节点B和第三节点C所构成的气源一侧为多路共用区，非气源一侧为多路独立区，多路独立区包含多套相同气路；

[0044] 一体化设备通过计算机上运行的测试控制软件实现人机交互，测控软件通过数据采集卡驱动程序与多功能数据采集卡进行通讯，完成对温度传感器、压力传感器、质量流量计、质量流量控制器实测流量输出端的数据采集，对质量流量控制器的流量信号输入端进行设定，并对继电器驱动板状态进行控制进而实现对2通高压电磁阀的开关状态进行控制；所述测控软件还对温度、压力和流量数据进行长期监控，在充氢时，通过质量流量计进行合金型贮氢罐充氢性能的测试，包括充入量，充满时间，充装过程的流速变化，在放氢时，通过质量流量控制器进行合金型贮氢罐放氢性能的测试，包括放氢过程的流速变化，累计放出量，放尽时间，不同流速设定条件下维持稳定放氢流速的时间，所述设备对于合金型贮氢罐充满和放尽的判断是基于压力判断的，充满压力和放尽压力的设定根据贮氢罐中具体的材料的吸放氢PCT曲线进行确定。

[0045] 如图1所示，多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备，氢气源1与第二减压阀4的入口通过螺纹相连，第二减压阀4的出口通过不锈钢管道及VCR接头与第一过滤器5相连，第一过滤器5通过不锈钢管道与质量流量计7入口相连，第二减压阀4的输出压力范围为4~10MPa，第一过滤器5的过滤精度范围为0.5~2μm，质量流量计7的量程范围为0~20~30SLM；

[0046] 氮气源2与第一减压阀3的入口通过螺纹相连，第一减压阀3的入口通过不锈钢管道及VCR接头与第二过滤器6相连，第二过滤器6通过不锈钢管道与第一2通高压电磁阀8的

入口相连,第二过滤器6的过滤精度范围为 $0.5\sim2\mu\text{m}$,第一减压阀3的输出压力范围为 $0.15\sim0.2\text{MPa}$,第一2通高压电磁阀8的使用压力范围为 $0\sim4\sim10\text{MPa}$;

[0047] 加热装置14为水浴槽或柔性加热套,柔性加热套的恒温加热范围为 $\text{RT}\sim500^\circ\text{C}$,水浴槽的恒温加热范围为 $\text{RT}\sim100^\circ\text{C}$,所述温度传感器16的测试温度范围为 $0\sim500^\circ\text{C}$;

[0048] 止回阀22的入口与第六2通高压电磁阀21的出口通过不锈钢管道相连,第六2通高压电磁阀21的入口通过不锈钢管道与第一节点A相连,第一节点A通过不锈钢管道与背压阀20的出口相连,背压阀20入口分别与第二2通高压电磁阀9的出口以及质量流量控制器19的出口相连,质量流量控制器19的入口通过不锈钢管道与第三2通高压电磁阀10的出口相连,第二2通高压电磁阀9和第三2通高压电磁阀10的入口通过不锈钢管道与第六节点F相连,第六节点F与压力传感器18通过不锈钢管道相连,背压阀20的输入压力范围为 $3\sim9\text{MPa}$,质量流量控制器19的流量控制范围为 $0\sim1\sim20\text{SLM}$,2通高压电磁阀的使用压力范围为 $0\sim4\sim10\text{MPa}$,压力传感器18的测试压力范围为 $0\sim4\sim10\text{MPa}$;

[0049] 第一节点A、第二节点B、第三节点C以左区域构成系统的多路共用区,以右区域构成系统的多路独立区,多路独立区包含2~8个测试通道,用于不同规格,不同数量的合金型贮氢罐性能测试。

[0050] 如图1所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备中第一节点A、第二节点B、第三节点C以左区域构成系统的多路共用区,以右区域构成系统的多路独立区。

[0051] 如图2所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备中第一节点A以上区域构成系统的多路共用区,第一节点A以下区域构成系统的多路独立区。

[0052] 如图3所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备中第二节点B以上区域构成系统的多路共用区,第二节点B以下区域构成系统的多路独立区。

[0053] 如图2所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备中第三节点C以上区域构成系统的多路共用区,第三节点C以下区域构成系统的多路独立区。多路独立区包含2~8个测试通道,用于不同规格,不同数量的合金型贮氢罐性能测试。

[0054] 如图5所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备,通过计算机上运行的测试控制软件实现人机交互,该控制软件是基于LabVIEW编程环境编制出的。控制软件通过数据采集卡驱动程序与PCIe-6321和PCIe-6323多功能数据采集卡进行通讯,完成对温度传感器16,压力传感器15,质量流量计7,质量流量控制器18实测流量输出端的数据采集,对质量流量控制器18的流量信号输入端进行设定,并对继电器驱动板状态进行控制进而实现对2通高压电磁阀8,9,10,11,12,21的开关状态进行控制,整个测控系统包含有19个输入模拟量(AI),6个输出模拟量(AO),26个输出数字量(DO)。另外,测控软件还对温度,压力和流量数据进行长期监控,在充氢时,通过质量流量计7进行合金型贮氢罐充氢性能的测试,主要包括充入量,充满时间,充装过程的流速变化。在放氢时,通过质量流量控制器19进行合金型贮氢罐放氢性能的测试,主要包括累计放出量,放尽时间,不同流速设定条件下维持稳定放氢流速的时间。该测试设备对于合金型贮氢罐充满和放尽的判断是基于系统压力判断的,而该充满压力和放尽压力的设定需要根据贮氢罐中具体的材料的吸放氢PCT曲线进行确定。

[0055] 如图6~8所示,多通道合金型贮氢罐活化、性能测试和封装一体化设备的工艺流程,包括以下工艺流程:

- [0056] (1) 活化处理和充氢测试工艺流程,其具体操作步骤如下:
- [0057] (1-1) 第一步,打开机械真空泵13,调节第二减压阀4输出压力至4~10MPa;
- [0058] (1-2) 第二步,打开第五2通高压电磁阀12,对系统管路以及所连接上的合金型贮氢罐进行抽真空,抽真空0.5~1小时,关闭第五2通高压电磁阀12,打开第四2通高压电磁阀11,氢气进入系统和合金型贮氢罐,管路和贮氢罐的压力不断抬升直到接近第二减压阀4出口端压力即认为合金型贮氢罐吸氢饱和,在此过程中通过测控软件完成对充氢过程实际流速,压力和温度变化进行监控,对实时的累计充氢量进行计算和显示,累计充氢量的计算公式为 $m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt$, 其中t表示质量流量计7的充氢运行时间,f表示转化因子,q_v表示实测瞬时充氢流速,ρ表示氢气的密度,其具体数值为0.0000899g·m⁻¹;
- [0059] (1-3) 第三步,关闭第四2通高压电磁阀11,等待5~10分钟后,打开第五2通高压电磁阀12,对系统进行抽真空0.5~1小时,使贮氢罐彻底脱氢;
- [0060] (1-4) 第四步,重复上述充放氢过程5~10次即完成贮氢罐中材料的活化处理,同时获得其最后一次充氢性能数据;
- [0061] (2) 放氢测试工艺流程如下,其具体操作步骤如下:
- [0062] (2-1) 第一步,将质量流量控制器19置于全开状态;
- [0063] (2-2) 第二步,打开第二2通高压电磁阀9等待5秒重新关闭,调节背压阀(20),使上游压力维持在3~9MPa之间;
- [0064] (2-3) 第三步,将质量流量控制器19置于全闭状态,打开第三和第六2通高压电磁阀10、21,设定质量流量控制器19的流速,并启动放氢,同时通过测控软件完成对放氢过程的实际流速,压力和温度变化进行监控,对实时的累计放氢量进行计算,累计放氢量的计算公式为 $m = \rho \cdot \int_0^t f \cdot q_v dt$, 其中t表示质量流量控制器19的放氢运行时间,f表示转化因子,q_v表示实测瞬时放氢流速,ρ表示氢气的密度,其具体数值为0.0000899g·m⁻¹;
- [0065] (2-4) 第四步,完成放氢性能测试后,关闭质量流量控制器19,关闭第三和第六2通高压电磁阀10、21,对测试结果进行分析,确定满足有关要求,就可以对被测合金型贮氢罐进行氮气封装操作;
- [0066] (3) 氮气封装工艺流程,其具体操作步骤如下:
- [0067] (3-1) 第一步,调节第一减压阀3输出压力为0.15~0.2MPa,打开第一和第四2通高压电磁阀8、11;
- [0068] (3-2) 第二步,向合金型贮氢罐充入氮气,同时通过压力传感器18对系统压力进行检测;
- [0069] (3-3) 第三步,当系统压力与减压阀输出压力基本一致时,氮气封装操作完成,关闭第一和第四2通高压电磁阀8、11。

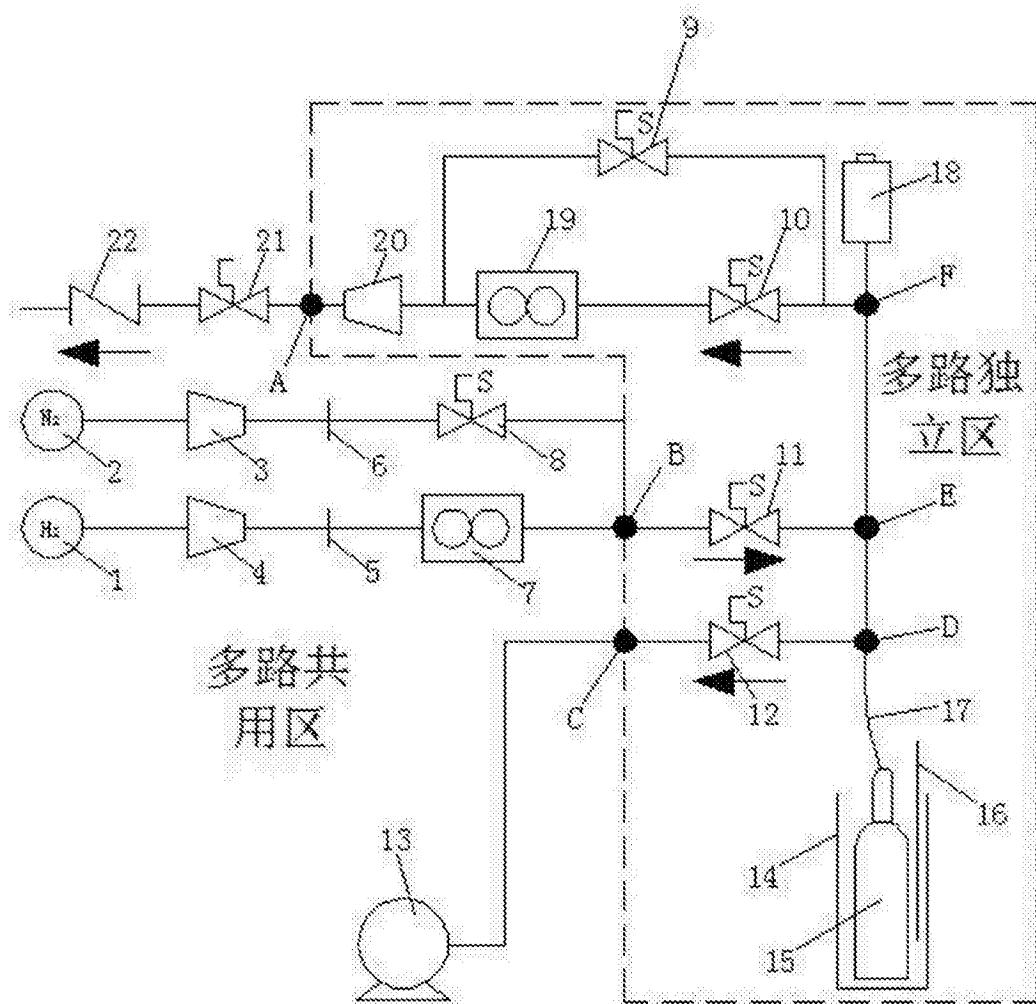


图1

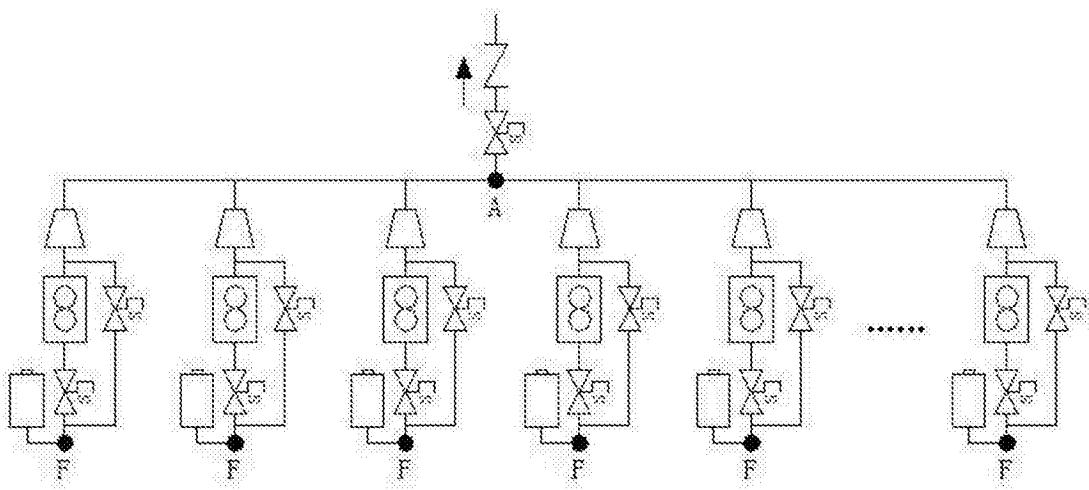


图2

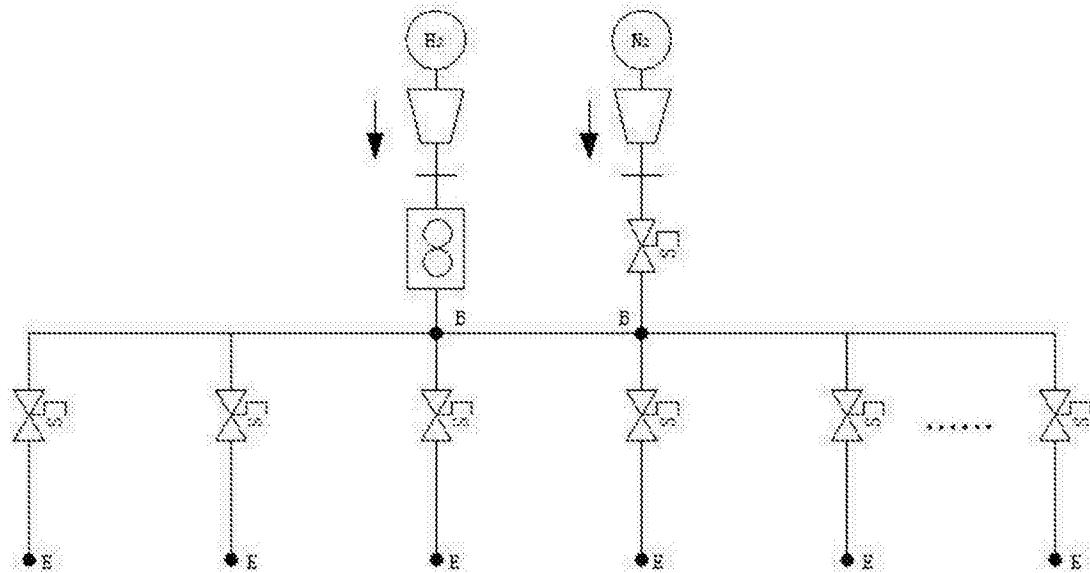


图3

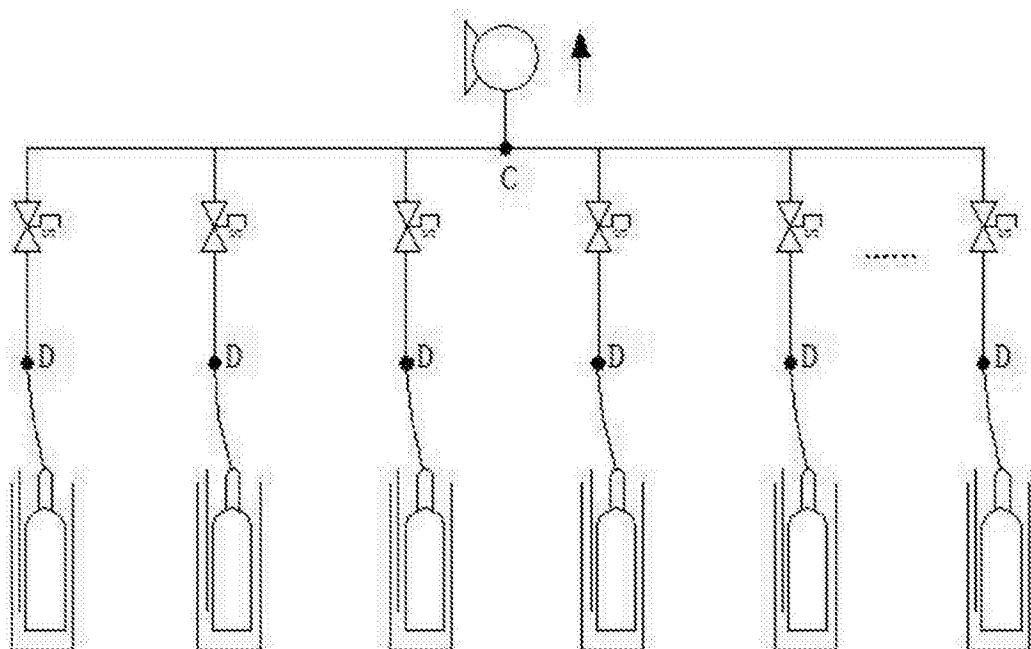


图4

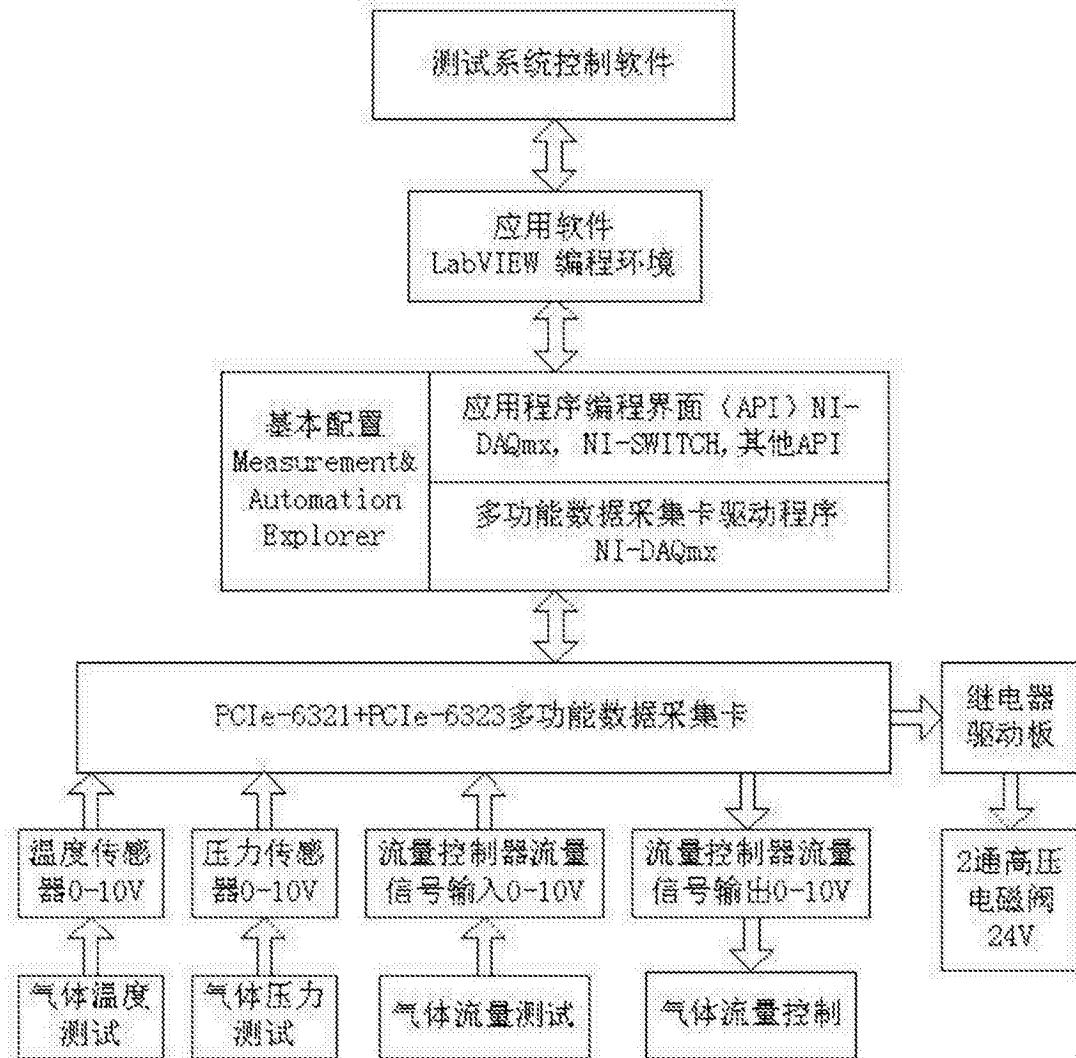


图5

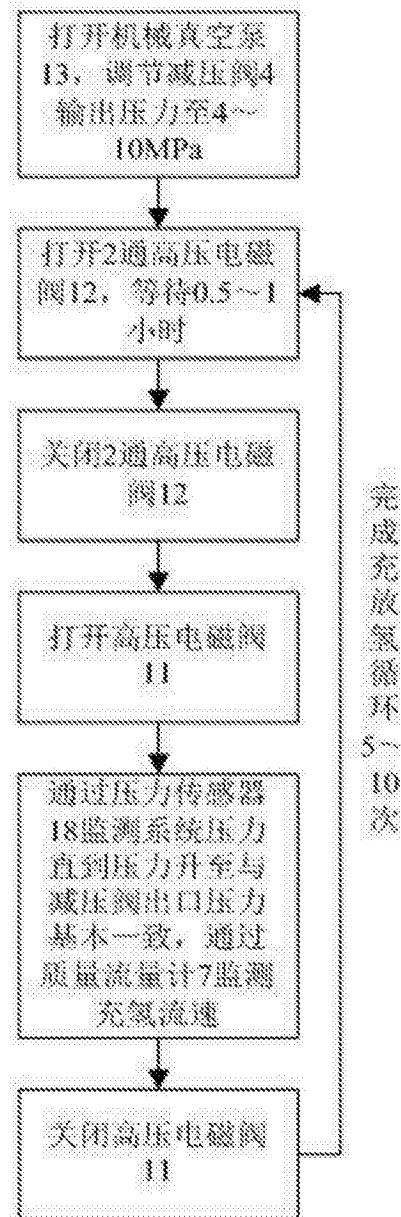


图6

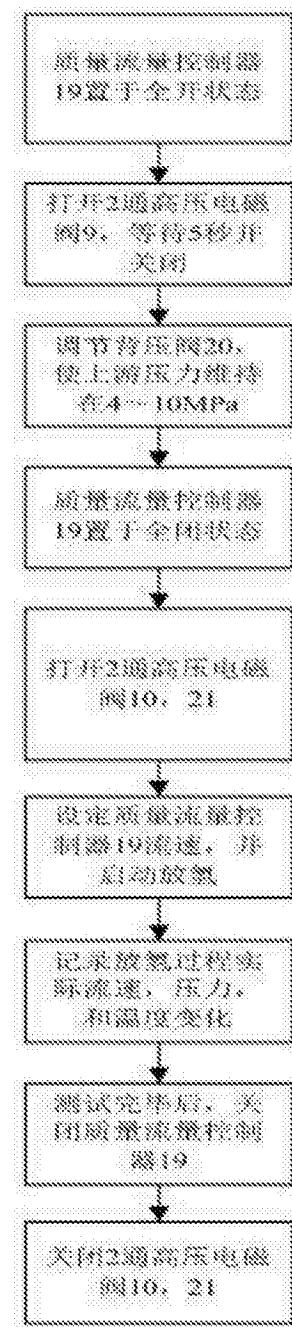


图7

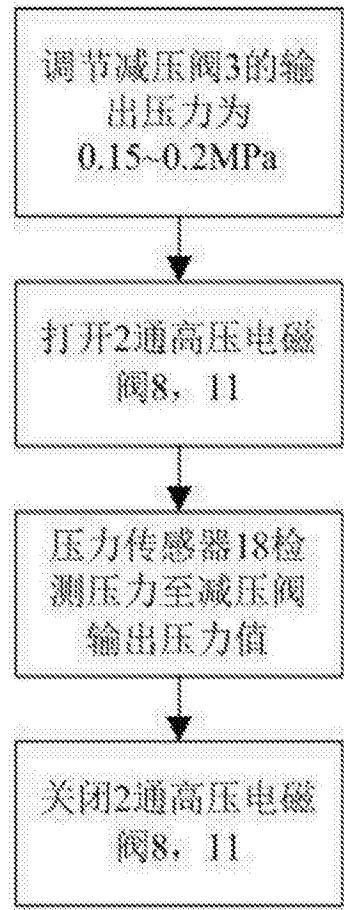


图8