



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204594925 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201520344968. 6

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 05. 26

(73) 专利权人 中国核动力研究设计院

地址 610000 四川省成都市一环路南三段
28 号

(72) 发明人 王宏庆 马韦刚 姜峨 唐月明
唐敏 郑华

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所
(普通合伙) 51220

代理人 郭受刚

(51) Int. Cl.

G01N 27/26(2006. 01)

G01L 11/00(2006. 01)

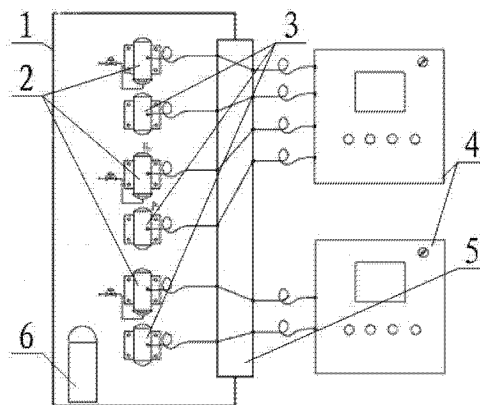
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种核电站用氢气浓度在线监测装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种核电站用氢气浓度在线监测装置,包括设于安全壳内的氢气浓度传感器和压力传感器,以及设于安全壳外的数据处理装置,氢气浓度传感器和压力传感器均通过电缆与数据处理装置连接。氢气浓度传感器包括压力平衡膜、内层壳体、对电极、工作电极、浓硫酸电解质、氢气半透膜及信号接头,压力平衡膜和氢气半透膜分别封闭内层壳体上下两端的开口,压力平衡膜、内层壳体及氢气半透膜三者之间的区域构成电解质容腔,浓硫酸电解质填充于电解质容腔内。对电极、工作电极及信号接头三者均有一端嵌入电解质容腔内,对电极和信号接头均与工作电极连接。本实用新型能连续监测安全壳氢气浓度,在核电站事故工况下具备连续稳定工作的能力。



1. 一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,包括氢气浓度传感器(2)、压力传感器(3)及数据处理装置(4),所述氢气浓度传感器(2)和压力传感器(3)均设于安全壳(1)内,数据处理装置(4)设于安全壳(1)外,所述氢气浓度传感器(2)和压力传感器(3)均通过信号电缆与数据处理装置(4)连接;所述氢气浓度传感器(2)包括压力平衡膜(203)、内层壳体(204)、对电极(205)、工作电极(208)、浓硫酸电解质(209)、氢气半透膜(210)及信号接头(212),所述内层壳体(204)上下两端均开口,所述压力平衡膜(203)和氢气半透膜(210)分别固定于内层壳体(204)上下两端且封闭内层壳体(204)上下两端的开口,压力平衡膜(203)、内层壳体(204)及氢气半透膜(210)三者之间的区域构成电解质容腔,所述浓硫酸电解质(209)填充于电解质容腔内;所述对电极(205)、工作电极(208)及信号接头(212)三者均有一端穿过内层壳体(204)且嵌入电解质容腔内,对电极(205)和工作电极(208)两者位于内层壳体(204)外的一端通过电缆连接,信号接头(212)位于电解质容腔内的一端与工作电极(208)连接;所述对电极(205)的基材表面涂覆有二氧化铂层,工作电极(208)的基材表面镀有铂黑层。

2. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述对电极(205)和工作电极(208)均采用贵金属为基材。

3. 根据权利要求2所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述对电极(205)和工作电极(208)均采用铂片或铂网为基材。

4. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述氢气浓度传感器(2)还包括测温元件(207),所述测温元件(207)穿过内层壳体(204)且其感温端与浓硫酸电解质(209)接触。

5. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述压力平衡膜(103)采用聚四氟乙烯薄膜,所述氢气半透膜(110)采用PET半透膜。

6. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述氢气浓度传感器(2)还包括外层壳体(201),所述内层壳体(204)设于外层壳体(201)内。

7. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,还包括固定在安全壳(1)侧壁上且接通安全壳(1)内部与外界的贯穿件(5),所述氢气浓度传感器(2)、压力传感器(3)及数据处理装置(4)均通过电缆与贯穿件(5)连接,进而实现氢气浓度传感器(2)和压力传感器(3)与数据处理装置(4)连接。

8. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,还包括设于安全壳(1)内的标定装置(6)。

9. 根据权利要求1所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述数据处理装置(4)包括控制器、同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及I/O控制模块,所述同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及I/O控制模块均与控制器连接。

10. 根据权利要求1~9中任意一项所述的一种核电站用氢气浓度在线监测装置,其特征在于,所述氢气浓度传感器(2)和压力传感器(3)构成传感器组,每组传感器组包括一个氢气浓度传感器(2)和一个压力传感器(3);所述数据处理装置(4)的数量为两个,一个数据处理装置(4)连接有两组传感器组,另一个数据处理装置(4)连接有一组传感器组。

一种核电站用氢气浓度在线监测装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及核电站中易燃易爆气体浓度在线监测技术领域，具体是一种核电站用氢气浓度在线监测装置。

背景技术

[0002] 目前国内二代压水堆核电厂在对安全壳内氢气浓度测量时采用从安全壳内取样检测的方式，该方式存在不能实时在线检测安全壳内氢气浓度的缺陷。三代核电厂要求以在线监测的氢气浓度值作为控制氢气点火器启动的条件，这就要求实现氢气浓度在线实时监测的功能。然而，目前国内外的氢气浓度传感器普遍基于热导法工作原理实现，这些传感器无法对环境中氢气实现在线连续监测，受到氢气浓度传感器的限制，现今也没有实现安全壳氢气浓度在线监测的装置。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于克服现有技术的不足，提供了一种核电站用氢气浓度在线监测装置，其响应时间快、测量准确性高，能实现安全壳内氢浓度的在线连续监测，进而能满足三代核电厂的需求。

[0004] 本实用新型解决上述问题主要通过以下技术方案实现：一种核电站用氢气浓度在线监测装置，包括氢气浓度传感器、压力传感器及数据处理装置，所述氢气浓度传感器和压力传感器均设于安全壳内，数据处理装置设于安全壳外，所述氢气浓度传感器和压力传感器均通过信号电缆与数据处理装置连接；所述氢气浓度传感器包括压力平衡膜、内层壳体、对电极、工作电极、浓硫酸电解质、氢气半透膜及信号接头，所述内层壳体上下两端均开口，所述压力平衡膜和氢气半透膜分别固定于内层壳体上下两端且封闭内层壳体上下两端的开口，压力平衡膜、内层壳体及氢气半透膜三者之间的区域构成电解质容腔，所述浓硫酸电解质填充于电解质容腔内；所述对电极、工作电极及信号接头三者均有一端穿过内层壳体且嵌入电解质容腔内，对电极和工作电极两者位于内层壳体外的一端通过电缆连接，信号接头位于电解质容腔内的一端与工作电极连接；所述对电极的基材表面涂覆有二氧化铂层，工作电极的基材表面镀有铂黑层。本实用新型的氢气浓度传感器中连接对电极和工作电极的电缆上串接有电阻或负载，氢气浓度传感器产生的电流信号由信号接头输出。氢气浓度传感器的压力平衡膜主要用于平衡外界大气的压力和电解质容腔中压力，使得大气和电解质容腔中的压力保持一致，消除压力对测量结果的影响，以保证氢气通过氢气半透膜的动力主要来源于氢气浓度差，氢气半透膜主要作用为隔离电解质容腔和测量气体，并使得测量气体中的氢气经过氢气半透膜进入电解质容腔。

[0005] 本实用新型的氢气浓度传感器应用时基于催化反应电化学分析原理，利用氢气在涂有催化剂的工作电极上的化学反应以及电解质作用下产生的电流测量氢气的分压。测量样气经氢气半透膜进入电解池，并在与工作电极接触时立即发生电离反应①，工作电极表面的铂黑层作为使氢气发生电离的催化剂。对电极含有 PtO_2 (反应②)，对电极浸在酸性浓

硫酸电解质中,此电解质在 210℃ 高温条件下不沸腾,且具备导电功能。浓硫酸电解质提供了离子导电通路,连接两个电极间的电阻或负载提供了电子导电通路。氢气半透膜将浓硫酸电解质与环境大气中分离。氢气进入电解质容腔后,使电解质容腔分压为零。因此,氢气半透膜大气一侧的氢分压是传输氢气使其通过氢气半透膜的驱动力。外部电阻或负载电压为可将感测大气氢分压转换为电流信号,与驱动力成正比。

[0006] $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$ 工作电极反应①

[0007] $2H^+ + 2e^- + PtO_2 \longrightarrow PtO + H_2O$ 对电极反应②

[0008] 电流——分压比为特定电极配置常数和恒温常数,就温度变换而言,氢气半透膜对氢气的透气率不相同,从而使得传感器的感应电流也随之发生变化。透气率的变化,之后转化为电流的变化随着温度升高而增加。

[0009] 进一步的,所述对电极和工作电极均采用贵金属为基材。

[0010] 进一步的,所述对电极和工作电极均采用铂片或铂网为基材。

[0011] 进一步的,所述氢气浓度传感器还包括测温元件,所述测温元件穿过内层壳体且其感温端与浓硫酸电解质接触。本实用新型应用时通过测温元件对电解质容腔内的温度进行监测,便于对电解质容腔内的氢气浓度进行校准。因本实用新型产生的信号与温度有关,设置温度校准可满足不同温度下氢气浓度监测的要求。

[0012] 进一步的,所述压力平衡膜采用聚四氟乙烯薄膜,所述氢气半透膜采用 PET 半透膜。如此,本实用新型的压力平衡膜和氢气半透膜具有耐硫酸腐蚀、耐 220℃ 高温、耐辐照等特性,压力平衡膜在大气压力变化时,能平衡电解质容腔与外界压力,而氢气半透膜具备氢分子透过功能。

[0013] 进一步的,所述氢气浓度传感器还包括外层壳体,所述内层壳体设于外层壳体内。本实用新型的氢气浓度传感器应用时内层壳体为浓硫酸电解质提供压力边界,外层壳体提供校准时的压力边界。

[0014] 为了使氢气浓度传感器和压力传感器两者与数据处理装置连接时操作便捷,进一步的,一种核电站用氢气浓度在线监测装置,还包括固定在安全壳侧壁上且接通安全壳内部与外界的贯穿件,所述氢气浓度传感器、压力传感器及数据处理装置均通过电缆与贯穿件连接,进而实现氢气浓度传感器和压力传感器与数据处理装置连接。

[0015] 进一步的,一种核电站用氢气浓度在线监测装置,还包括设于安全壳内的标定装置。其中,标定装置用于在役检查氢浓度时本实用新型的校准和检查。

[0016] 进一步的,所述数据处理装置包括控制器、同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及 IO 控制模块,所述同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及 IO 控制模块均与控制器连接。

[0017] 进一步的,所述氢气浓度传感器和压力传感器构成传感器组,每组传感器组包括一个氢气浓度传感器和一个压力传感器;所述数据处理装置的数量为两个,一个数据处理装置连接有两组传感器组,另一个数据处理装置连接有一组传感器组。如此,本实用新型具有 3 个氢气浓度传感器和 3 个压力传感器,在正常运行工况下,三组传感器组测量结果基本一致,每组结果均能体现安全壳内氢气浓度。在事故工况下,安全壳内环境条件复杂,仪表的测量的可靠性会降低,三组测量结果中取两组结果相近的结果作为安全壳内氢气浓度值,以提高仪器测量结果的可靠性。

[0018] 本实用新型应用时通过氢气浓度传感器能测量安全壳内大气中氢气的分压,通过压力传感器能测量安全壳内大气的总压,氢气浓度传感器和压力传感器传出的模拟信号经过数据处理装置处理后,再通过数据处理装置的显示模块持续显示安全壳内大气中氢气的百分比浓度,对超出用户输入限值的氢气浓度进行报警。监测的氢气浓度信号传输至主控室,测量得到的氢气浓度值用于严重事故工况下氢气点火器启动依据。

[0019] 综上所述,本实用新型具有以下有益效果:(1)本实用新型的氢气浓度传感器和压力传感器直接安装在核电站安全壳内,通过氢气浓度传感器和压力传感器能实现核电站安全壳内氢气分压和气体环境总压力的连续在线测量,如此,本实用新型应用时能够及时、直接监测安全壳内氢气浓度变化,并在核电站正常运行和基准事故工况下具备连续稳定工作的能力。

[0020] (2)本实用新型的氢气浓度传感器是一种自供电化学装置,可产生与大气中氢分压成正比的电流信号,其应用时选择性强,测量误差受背景气体组分影响较小,可以消除水蒸气对测量结果的影响,测量时无须对样气进行预处理,可实现连续在线测量。

[0021] (3)本实用新型的氢气浓度传感器具备在高温、辐照、高浓度水蒸气等苛刻条件下连续稳定工作能力。

[0022] (4)本实用新型可直接应用于 AP1000 和 CAP1400 三代核电站,也可加装在二代核电站上,还可推广应用到舰船核动力装置的堆舱内氢气浓度在线监测,具有良好的应用前景。

附图说明

[0023] 图 1 为本实用新型一个具体实施例的结构示意图;

[0024] 图 2 为本实用新型一个具体实施例中氢气浓度传感器的结构示意图;

[0025] 图 3 为本实用新型一个具体实施例中数据处理装置的结构示意图。

[0026] 附图中附图标记所对应的名称为:1、安全壳,2、氢气浓度传感器,201、外层壳体,202、上密封盖板,203、压力平衡膜,204、内层壳体,205、对电极,206、安装底座,207、测温元件,208、工作电极,209、浓硫酸电解质,210、氢气半透膜,211、下密封盖板,212、信号接头,3、压力传感器,4、数据处理装置,5、贯穿件,6、标定装置。

具体实施方式

[0027] 下面结合实施例及附图,对本实用新型做进一步地的详细说明,但本实用新型的实施方式不限于此。

[0028] 实施例 1:

[0029] 如图 1 及图 2 所示,一种核电站用氢气浓度在线监测装置,包括氢气浓度传感器 2、压力传感器 3 及数据处理装置 4,其中,氢气浓度传感器 2 和压力传感器 3 均设于安全壳 1 内,数据处理装置 4 设于安全壳 1 外,氢气浓度传感器 2 和压力传感器 3 均通过信号电缆与数据处理装置 4 连接。本实施例的氢气浓度传感器 2 包括压力平衡膜 203、内层壳体 204、对电极 205、工作电极 208、浓硫酸电解质 209、氢气半透膜 210 及信号接头 212,其中,内层壳体 204 的材质为聚四氟乙烯,内层壳体 204 上下两端均开口,压力平衡膜 203 固定于内层壳体 204 上两端且封闭内层壳体 204 上端的开口,氢气半透膜 210 固定于内层壳体 204 下

两端且封闭内层壳体 204 下端的开口。本实施例中的压力平衡膜 203、内层壳体 204 及氢气半透膜 210 三者之间的区域构成电解质容腔,浓硫酸电解质 209 填充于电解质容腔内。本实施例的对电极 205、工作电极 208 及信号接头 212 三者均有一端穿过内层壳体 204 且嵌入电解质容腔内,对电极 205 和工作电极 208 两者位于内层壳体 204 外的一端通过电缆连接,该电缆上串接有电阻或负载,信号接头 212 位于电解质容腔内的一端与工作电极 208 连接。本实施例中的对电极 205 和工作电极 208 均采用贵金属为基材,优选采用铂片或铂网为基材,对电极 205 的基材表面涂覆有二氧化铂层,工作电极 208 的基材表面镀有铂黑层。本实施例中的压力平衡膜 203 采用聚四氟乙烯薄膜,氢气半透膜 210 采用 PET 半透膜。

[0030] 本实施例的压力传感器 3 在选取时应满足以下要求:工作温度为 0~250℃,工作压力 0~1Mpa;防爆等级:IP64,耐辐照 10⁶Gy;测量精度 0.1%。

[0031] 本实施例应用时环境中氢气通过氢气半透膜 210 进入电解质容腔,在电解电极上发生催化反应产生电流,该电流与进入电解质容腔的氢气量成正比。本实施例通过氢气浓度传感器 2 测出氢气在待测气体中的分压,并通过压力传感器 3 测出待测气体环境总压力,如此,可计算出氢气浓度。氢气浓度计算公式为:

$$[0032] \quad C_{H_2}\% = P_{\text{分}} / P_{\text{总}} \times 100\%$$

[0033] 其中, $C_{H_2}\%$ 待测气体中氢气的体积浓度, $P_{\text{分}}$ 氢气在待测气体中的分压, $P_{\text{总}}$ 待测气体环境总压力。

[0034] 本实施例应用时,氢气浓度传感器 2 和压力传感器 3 探测到的信号输出到数据处理装置 4,数据处理装置 4 通过计算与分析,将氢气浓度值转换成对应的电流值输出到主控制和远距离停堆室,当氢气浓度超过设定阈值时,数据装置 4 进行就地报警,并且同时将报警信号提供给主控制和远距离停堆室。

[0035] 实施例 2:

[0036] 本实施例在实施例 1 的基础上做出了如下进一步限定:本实施例的氢气浓度传感器 2 还包括测温元件 207,测温元件 207 穿过内层壳体 204 且其感温端与浓硫酸电解质 209 接触。

[0037] 实施例 3:

[0038] 本实施例在实施例 1 或实施例 2 的基础上做出了如下进一步限定:本实施例的氢气浓度传感器 2 还包括上密封盖板 202 和下密封盖板 211,上密封盖板 202 和下密封盖板 211 均为圆环状。本实施例的内层壳体 204 为圆筒状,内层壳体 204 上下两端均外凸构成有环形的定位平台,压力平衡膜 203 周向边缘均与内层壳体 204 上端定位平台的上端面接触且由上密封盖板 202 下压固定,氢气半透膜 210 周向边缘与内层壳体 204 下端定位平台的下端面接触且由下密封盖板 211 上压固定。本实施例在对压力平衡膜 203 和氢气半透膜 210 进行固定时,先将两者平铺且使两者的周向边缘与内层壳体 204 的定位平台接触,再通过上密封盖板 202 和下密封盖板 211 下压固定。为了使压力平衡膜 203 和氢气半透膜 210 固定牢固,本实施例再通过多颗穿过上密封盖板 202、压力平衡膜 203 及内层壳体 204 上端定位平台的螺栓及套设在螺栓上的螺母对压力平衡膜 203 加强固定,并通过多颗穿过下密封盖板 211、氢气半透膜 210 及内层壳体 204 下端定位平台的螺栓及套设在螺栓上的螺母对氢气半透膜 210 加强固定。

[0039] 实施例 4:

[0040] 本实施例在实施例 1 ~ 实施例 3 中任意一个实施例的基础上做出了如下进一步限定：本实施例的氢气浓度传感器 2 还包括外层壳体 201，其中，外层壳体 201 的材质为铜或 316L 不锈钢，内层壳体 204 及其上连接的部件均设于外层壳体 201 内。为了便于对外层壳体 201 进行定位，本实施例还设置有安装底座 206，外层壳体 201 固定在安装底座 206 上。

[0041] 实施例 5：

[0042] 本实施例在实施例 1 ~ 实施例 4 中任意一个实施例的基础上做出了如下进一步限定：本实施例还包括固定在安全壳 1 侧壁上且接通安全壳 1 内部与外界的贯穿件 5，其中，氢气浓度传感器 2、压力传感器 3 及数据处理装置 4 均通过电缆与贯穿件 5 连接，进而实现氢气浓度传感器 2 和压力传感器 3 与数据处理装置 4 连接。

[0043] 实施例 6：

[0044] 为了使本实施例应用时便于校准和检查，本实施例在实施例 1 ~ 实施例 5 中任意一个实施例的基础上做出了如下进一步限定：本实施例还包括标定装置 6，其中，标定装置 6 设于安全壳 1 内。

[0045] 实施例 7：

[0046] 如图 3 所示，本实施例在实施例 1 ~ 实施例 6 中任意一个实施例的基础上做出了如下进一步限定：本实施例的数据处理装置 4 包括控制器、同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及 I/O 控制模块，所述同步数据采集模块、校准驱动模块、电流输出模块及 I/O 控制模块均与控制器连接。本实施例的数据处理装置 4 具有一个 8 槽的 PXI 标准机箱，并配备一个触摸式液晶显示屏安装在机箱外侧。本实施例的控制器、同步数据采集模块、电流输出模块及 I/O 控制模块均基于 PXI 总线。控制器采用计算机，其包括硬盘、内存、显示驱动、USB、RS232 等多种接口，控制器中集成有操作系统和监测软件，控制器是整个装置进行数据采集和分析处理的核心模块。I/O 控制模块的作用是：当控制器分析当前的氢浓度高于报警阈值时，对应的 I/O 端口向主控室和远距离停堆室同时提供断开报警信号。同步数据采集模块可以对氢浓度传感器 2 的采集信号和压力传感器 3 的采集信号同步进行数据采集，采集的数据作为氢浓度计算分析或者校准的依据。

[0047] 实施例 8：

[0048] 为了在事故工况下提高本实施例测量的可靠性，本实施例在实施例 1 ~ 实施例 7 中任意一个实施例的基础上做出了如下进一步限定：本实施例的氢气浓度传感器 2 和压力传感器 3 构成传感器组，每组传感器组包括一个氢气浓度传感器 2 和一个压力传感器 3。本实施例中数据处理装置 4 的数量为两个，一个数据处理装置 4 连接有两组传感器组，另一个数据处理装置 4 连接有一组传感器组。如此，本实施例在事故工况下，取三组测量结果中两组结果相近的结果作为安全壳内氢气浓度值，以提高仪器测量结果的可靠性。如此，本实施例包括三个测量通道，每个测量通道分别对应安全壳 1 内的一个氢浓度传感器 2 和一个压力传感器 3，六路传感器均与数据处理装置 4 连接。本实施例在配备有同步数据采集模块时，同步数据采集模块可以对 3 路氢浓度传感器 2 的采集信号和 3 路压力传感器 3 的采集信号同步进行数据采集。

[0049] 如上所述，可较好的实现本实用新型。

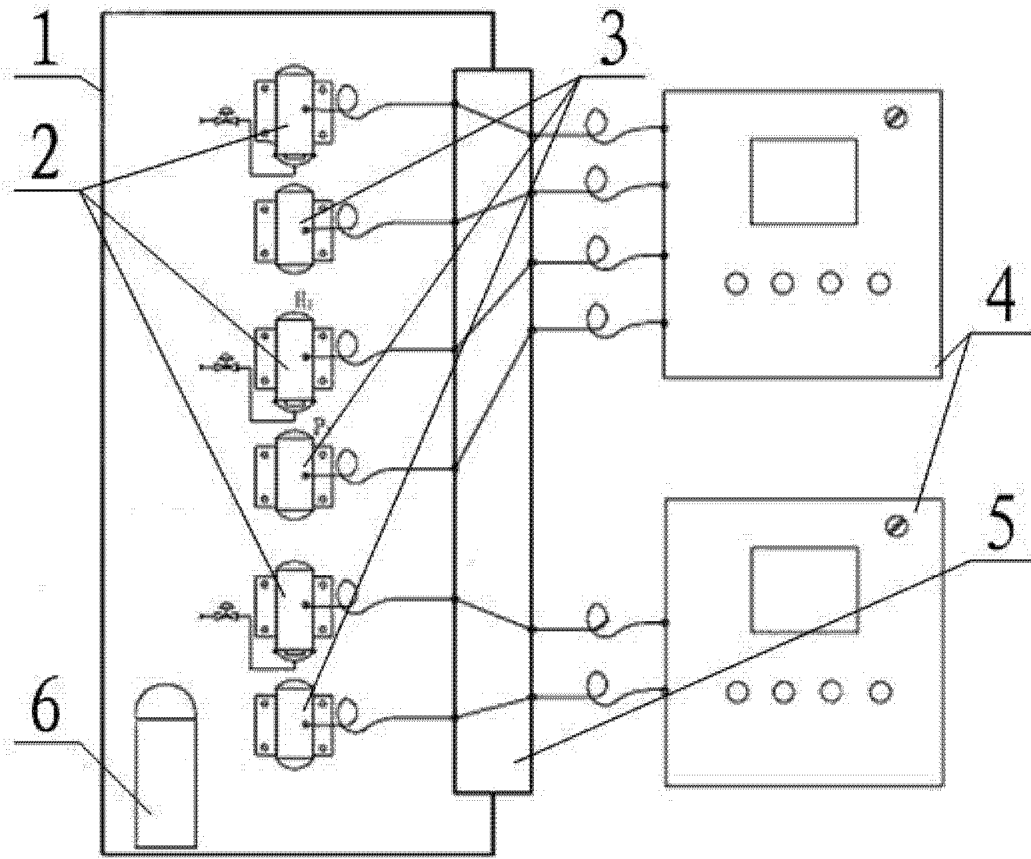


图 1

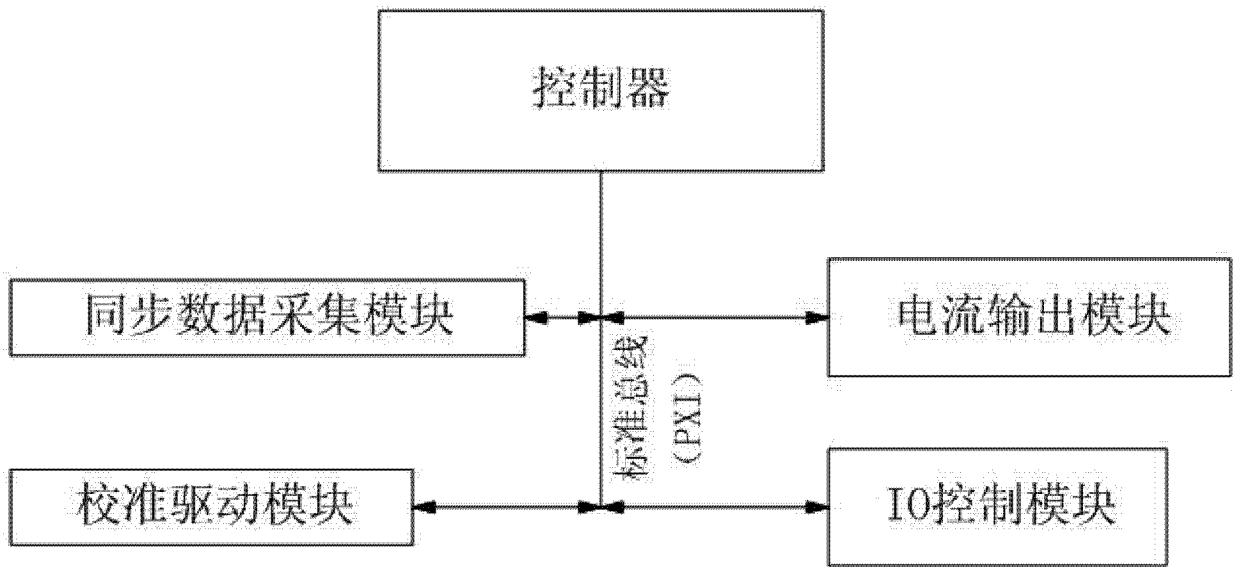


图 3