



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820177025.9

[45] 授权公告日 2009年10月28日

[11] 授权公告号 CN 201336157Y

[22] 申请日 2008.11.7
 [21] 申请号 200820177025.9
 [73] 专利权人 北京广利核系统工程有限公司
 地址 100084 北京市海淀区农大南路1号硅谷亮城9号楼
 [72] 发明人 尹宝娟 孙娜 李幼媛 池立勇
 左新 白涛

[74] 专利代理机构 北京元中知识产权代理有限公司
 代理人 王明霞

权利要求书1页 说明书9页 附图4页

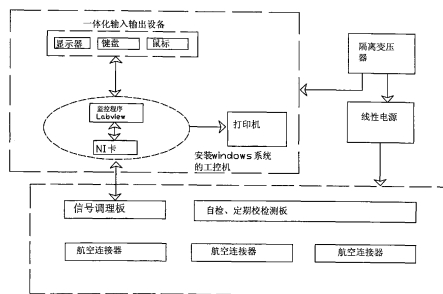
[54] 实用新型名称

一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置

[57] 摘要

本实用新型涉及反应堆保护系统过程仪表测试的试验装置。机柜内底部前方的机架上设置有打印机盒，内放置有一台激光打印机，后侧底部设置有一外接交流电源与隔离变压器，交流电源通过空气开关与外界连接，隔离变压器输出三路电源，隔离变压器与机柜顶部中间的线性电源模块连接，机柜顶部后侧设置有信号调理板，机柜中部后侧有自检、定期校验接口板，这两块板卡与线性电源间有电源线缆连接，信号调理板与机柜背面的试验用插座连接，自检、定期校验接口板与机柜背面的自检用插座、定期校验插座、定期校验用对外连接测孔相连接，试验电缆用于连接现场被测设备。打印机上方的机架上固定有一体化输入输出设备，一体化输入输出设备的上方通过机架固定有工控机，一体

化输入输出设备使用电缆连接到工控机的视频输出与键盘鼠标端口上。该装置提供一种满足移动要求、功能强大，维护方便的试验装置。



- 1、一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，所述用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置的硬件设备组成主要包括打印机、包含有模拟量与开关量信号通道的调理板件、插有 PCI 接口信号采集与输出的 GE 工控机、一体化输入输出设备、以及容纳这些设备的可移动式机柜，所述的一体化输入输出设备与 GE 工控机连接，所述信号调制板与 GE 工控机连接并设置有对外的航空连接器插座，其特征在于：所述用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置还设置有自检、定期校检系统，所述自检、定期校检系统包括自检、定期校检接口板以及与其连接的航空连接器插座。
- 2、根据权利要求 1 所述的一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，其特征在于：所述自检、定期校检接口板有两个航空连接器插座，第一航空连接器插座用于试验装置自检测，第二航空连接器用于定期校验，所述第一或第二航空连接器插座可与 GE 工控机连接的第三航空连接器插座对接。
- 3、根据权利要求 1 所述的一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，其特征在于：所述机柜为可移动式，其底部四个角上各安装一个脚轮，脚轮上安装有刹车板。
- 4、根据权利要求 2 所述的一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，其特征在于：所述 GE 工控机，配置为 P4 的 CPU、硬盘、配有光驱、软驱、USB 接口，工控机中配有两块 PCI 接口的数据采集板卡。
- 5、根据权利要求 1 所述的一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，其特征在于：所述打印机为激光打印机。
- 6、根据权利要求 1 所述的一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，其特征在于：所述试验装置设有就地参数计算功能执行。

一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置

技术领域:

本试用新型涉及一种自动化测试装置,特别是一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置。

背景技术:

过程仪表系统作为核电站核岛总控制模拟间系统的一部分,其作用是将由变送器测量得到的过程变量(压力、水位、流量、温度、转速等)信号进行必要的处理,最终经阈值处理形成逻辑保护信号,送至反应堆保护系统进行逻辑运算形成保护指令。过程仪表系统的故障将直接威胁到核电站的安全和正常运行。反应堆保护系统过程仪表测试的试验装置的作用就是在反应堆运行期间检查该系统的保护测量通道,及时发现故障,从而保证该系统的可用性。

现有在役试验装置为法国 80 年代的产品,大部分设计资料已经遗失,借助实物和试验操作可以了解到:

1、硬件设备组成主要包括:

1 台针式打印机; 1 台包含有控制模块、若干模拟量与开关量试验通道板件的机柜; 1 个外接试验启动盒。

2、试验过程描述如下:

- a) 将试验电缆连接到过程仪表系统的被测通道上;
- b) 试验装置启动后,根据针式打印机的输出提示手动输入要进行的试验名称;
- c) 试验装置进行连接正误判断,给出结果,如果连接正确,提示操作人员进行开始试验的确认;
- d) 操作人员手动按外接试验启动盒上的对应按钮进行确认;
- e) 试验装置接到操作人员的确认后,发出试验开关切换触发信号,将被测试验通道切换到试验状态;
- f) 此后在被测试验通道口注入一斜波信号,同时采集阈值继电器送出的逻辑保护信号的状态,当采集到逻辑保护信号的动作时,试验装置记录动作时间以及采集到逻辑保护信号时刻在试验通道口注入的斜波电压值,并将其与装置中存储的标准动作电压值比较以判断该被测试验通道功能

是否正常，由打印机打印出整个试验过程的数据与结果；

- g) 试验完成后，试验装置自动退出，操作人员如果要继续进行试验需重复步骤 a) 到 f)。

现有在役试验装置为除了可以完成对被测对象的保护测量通道的检查功能外，具有如下缺点：

- 1、该设备人机界面不友好，人机交互主要靠键盘和打印机来实现，打印机响应缓慢，试验时间长；
- 2、该设备没有硬盘，试验结果无法储存；
- 3、系统内存小、速度慢、数据处理能力弱；
- 4、该设备输出的信号没有隔离功能，对过程仪表系统来说，存在一定的风险隐患；
- 5、该设备的试验步骤设置不够灵活，一旦选择执行某个试验，必须按照既定的试验顺序完成，不能灵活选择其中的若干步骤独立执行；
- 6、试验程序已经固化到芯片中，修改试验参数非常困难；
- 7、该设备无故障分析、报告管理、模块就地参数计算等功能，对试验和维修带来不便；
- 8、该设备没有对自身的维修检测手段，完全靠操作人员的经验对其进行维护；
- 9、设备老化、缺乏备件、已经影响了过程仪表系统的正常试验功能。

针对现有在役试验装置的上述缺陷，我们使用新的技术实现了本专利所述及的新型试验装置，目的在于在完成基本的试验功能的基础上，使该试验装置体现更简便快捷的人机交互功能、数据处理与分析功能、更强大的安全性能等优势。

发明内容：

本发明的发明目的为在完成基本的试验功能的基础上，使用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置体现更简便快捷的人机交互功能、数据处理与分析功能、更强大的安全性能等优势。

本实用新型通过以下实施方案实现的：

一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置，所述用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置的硬件设备组成主要包括打印机、包含有模拟量与开关量信号通道的调理板件、插有 PCI 接口信号采集与输出的 GE 工控机、一体化输入输出设备、以及容纳这些设备的可移动式机柜，所述的一体化输入输出设备与 GE 工控机连接，所述信号调制板与 GE 工控机连接并设置有对外的航空连接器插座，

所述用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置还设置有自检、定期校检系统，所述自检、定期校检系统包括自检、定期校检接口板以及与其连接的航空连接器插座。

本发明的一种更进一步的优选技术方案为所述自检接口板设置有两个航空连接器插座，第一航空连接器插座用于试验装置自检测，第二航空连接器用于定期校检，所述第一或第二航空连接器插座可与 GE 工控机连接的第三航空连接器插座对接。

本发明的一种还进一步的优选技术方案为所述 GE 工控机，配置为 P4 的 CPU、硬盘、配有光驱、软驱、USB 接口，工控机中配有两块 PCI 接口的数据采集板卡，所述打印机为激光打印机。

本实用新型所述的所述试验装置还设有就地参数计算功能执行，所述就地参数计算功能执行为：通过键盘操作，选择试验装置软件界面上的“就地参数计算”功能按钮，启动该功能；

(1) 利用键盘完成软件界面上待修改的就地参数数值的设定；

(2) 在完成新的就地参数值修改后，选择试验装置软件界面上的“执行计算”功能按钮并确认执行该操作后，软件使用内部固定的算法对就地参数新值进行计算，从而得到试验装置执行通道试验所需试验参数，并在界面上显示出来；

(3) 选择试验装置软件界面上的“更新数据库”功能按钮并确认执行该操作后，软件自动将计算得到的试验参数写入到数据库中；

(4) 重复执行以上步骤，可完成所有就地参数计算与试验参数的更新操作。

本实用新型所述的用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置的试验过程描述如下：

- a) 将试验电缆连接到过程仪表系统的被测通道上；
- b) 试验装置启动后，根据针式打印机的输出提示手动输入要进行的试验名称；
- c) 试验装置进行连接正误判断，给出结果，如果连接正确，提示操作人员进行开始试验的确认；
- d) 操作人员手动按外接试验启动盒上的对应按钮进行确认；
- e) 试验装置接到操作人员的确认后，发出试验开关切换触发信号，将被测试验通道切换到试验状态；
- f) 此后在被测试验通道口注入一斜波信号，同时采集阈值继电器送出的逻辑保护信号的状态，当采集到逻辑保护信号的动作时，试验装置记录动作时间以及采集到逻辑保护信号时刻在试验通道口注入的斜波电压值，并将其与装置

中存储的标准动作电压值比较以判断该被测试通道功能是否正常，由打印机打印出整个试验过程的数据与结果；

- g) 试验完成后，试验装置自动退出，操作人员如果要继续进行试验需重复步骤 a) 到 f)。

一种用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置的 PAMS 试验主要应用于事故后监测通道 PAMS 试验过程如下：

(1) 确认待测试通道硬件连接正确后，启动试验；

(2) 试验操作人员选择在待测试通道的信号注入点应注入的电压信号（系统自动设定的顺序依次为满量程的 25%，50%，75%，信号注入前需试验操作人员手动确认）；

(3) 读取主控室中相关仪表上显示的对应数据；

(4) 试验操作人员将此数据手动输入到试验装置的试验记录中；

(5) 系统再次提示试验操作人员选择在待测试通道的信号注入点应注入的电压信号；

(6) 完成该通道的所有信号注入点的三个电压等级的信号注入后，试验结束，系统自动保存试验结果。

本发明的有益效果为：

使用于反应堆保护系统过程仪表测试的新型试验装置体现更简便快捷的人机交互功能、数据处理与分析功能、更强大的安全性能等优势。

说明书附图

图 1 为试验装置逻辑构成简图；

图 2 为试验装置结构示意图；

图 3 为定期校验板原理图；

图 4 为试验过程简图；

图 5 为试验过程简图；

图中 1 为设备箱、2 为工控机、3 为一体化输入输出设备、4 为打印机、5 为线性电源、6 为信号调理板、7 为自检、定期检验接口板、8 为航空连接器、9 为变压器、10 为连接器、11 为连接端子、12 为信号发生器、13 为电压检测器、14 为电阻检测器、15 为按键开关、16 为输出指示器、17 为开关量输出驱动电路、18 为开关量输入整形滤波器、19 为模拟量输入滤波器、20 为模拟量输出信号调理板、21 为电压型检测电路、22 为电流型检电路。

具体实施方式

如图 1 所示此部分包括两个设备：一台打印机，用于生成纸质的测试结果，便于试验过程中的签字确认及存档；一体化输入输出设备（键盘+显示器+鼠标），作为试验过程中的人机交互手段。

该新型试验装置最重要的组成部分，由一台配有两块 NI 的数据采集控制模块的高性能 GE 工控机和信号调理板组成。工控机上运行由 LABVIEW 专家版生成的试验装置上位机监控程序，并通过人机接口设备实现对整个试验装置的操控；NI 的数据采集控制模块实现模拟量信号和开关量信号的采集和输出功能。信号调理板和 NI 卡之间通过标准电缆连接，信号调理板通过 55 芯电缆（带航空连接器）和被测试对象（过程仪表系统机柜）连接。

信号调理板原理图参见图 4，其主要包括如下功能：

模拟量输出处理及回读：由于数据采集控制模块的模拟量输出通道为电压型输出，而待测试通道需要 4~20mA 电流型或 -10V~+10V 电压型激励信号，因此，进行通道试验过程中，必要时，需将数据采集控制模块输出的电压型信号转换为试验装置需要的电流型（4~20mA）信号。同时，提供模拟量输出信号回读功能，以便确认测试信号已经施加到待测试通道；

电阻切换：对待测试通道注入热电阻信号是“超温/超功通道试验”的一个特殊要求，采用低导通电阻（ R_{on} ）多路选择器切换精密电阻器的办法实现；

开关量输出处理：试验需要向待测试通道发送控制指令将通道切换到试验状态，这些指令是由开关量输出实现的；数据采集控制模块的开关量输出不能直接驱动这些设备，因此需要在信号调理板上设置开关量输出处理电路实现这些信号的转换；

开关量输入处理：待测试通道的阈值继电器在越限时会发生动作，送出逻辑保护信号，试验装置需要采集并记录这些开关量输入动作；待测试通道的特征信息（如机组、过程仪表系统组、系统和通道标识等）作为判定试验电缆连接正确与否的依据，以开关量输入形式提供给试验装置，这些开关量动作需要经过处理后发送给数据采集控制模块进行采集。

模拟量输入处理：待测试通道中的模拟量信号（如中间运算结果等），需要经过模拟量输入处理电路处理成数据采集控制模块可以处理的信号后，送到工控机平台进行采集、显示、记录。

该装置还具备通道自检和定期校验功能，将 55 芯电缆插到相应的自检（或定期校验）航空连接器插座上，即可实现自检（或定期校验）功能。

自检航空连接器插座和自检接口板连接。自检接口板将来自 55 芯电缆的输入和输出信号相互连接在一起（模拟量输入对应模拟量输出，开关量输入对应开关量输出），从输出通道注入一个信号，再从对应的输入通道读取数据，通过比对两者，即可得到这两个通道的状态，完成自检。

定期校验航空连接器插座和定期校验接口板相连接。试验台的通道信号一共有 4 种类型，开入，开出，模入，模出（均相对于试验装置而言）。每种信号的检验方法如下：

开入：通过定期校验接口板输入 0、1 变位信号。观察试验装置的测量结果，判断通道质量。

开出：通过试验装置输出 0、1 变位信号，观察定期校验接口板的状态指示电路，判断通道质量。

模入：通过定期校验接口板的信号输入端子，使用标准表输入模拟量信号。观察试验装置的测量结果，判断通道质量。

模出：通过试验装置输出模拟量信号，使用标准表测量定期校验接口板相应的测量端子上的信号精度，判断通道质量。

该新型试验装置供电电源为 220V。为确保安全，220Vac 电源采用隔离变压器隔离。考虑到被测对象系统的特性，信号调理板、自检接口板和定期校验接口板通过线性电源供电。

该新型试验装置采用了 Souriau 公司的 55 芯孔型航空连接器作为对外接口，试验时采用一条两头都是采用了 Souriau 公司的 55 芯针型航空连接器的 2.5 米长的自制电缆将试验装置与被测机柜相连接。

该新型试验装置实现对过程仪表系统涵盖的所有 41 个保护测量通道可用性的检查，通道试验可以分为两种类型：总体通道试验和 PAMS 试验。所有的保护测量通道都可以执行总体通道试验，只有与事故后监测系统相关的部分通道可以执行 PAMS 试验。

总体通道试验可以应用于所有的保护测量通道，其目的是根据待测试通道的试验信号注入点在注入设定的信号后，判断通道整体是否存在超差来检查该通道的可用性。

总体通道试验具有分步执行和连续执行两项功能，即：选择分步执行时，可以独立选择总体通道试验的不同阶段作为试验的执行内容；选择连续执行时，试验操作人员不能介入总体通道试验的执行过程，系统连续执行该通道的所有试验阶段内

容。

试验方法为：在待试验通道的某信号注入点处注入设定的斜波信号，其他信号注入点注入一稳定电压信号，通过比较动作单元动作时刻该注入信号的电压值与试验装置设定的标准电压值，判断该通道是否超差。一个待测试通道可能需要在多个信号注入点多次注入不同斜率的斜波信号才能完成该通道的总体通道试验。

某待测试通道的总体通道试验启动后，自动完成信号注入与采集过程，试验结束时，软件界面上显示试验结果，同时自动打印和保存试验数据与结果。对于某些通道的关键试验步骤，软件界面上应给出提示，待试验操作人员予以确认后，方可继续执行该试验的后续步骤。

PAMS 试验主要应用于事故后监测通道，这些通道包含一个或多个电压信号注入点，经过通道内各种计算模块处理后，结果将在主控室内的 PAMS 记录仪或指示仪上显示出来。

PAMS 试验过程如下：

- 1、确认待测试通道硬件连接正确后，启动试验；
- 2、试验操作人员选择在待测试通道的信号注入点应注入的电压信号（系统自动设定的顺序依次为满量程的 25%，50%，75%，信号注入前需试验操作人员手动确认）；
- 3、读取主控室中相关仪表上显示的对应数据；
- 4、试验操作人员将此数据手动输入到试验装置的试验记录中；
- 5、系统再次提示试验操作人员选择在待测试通道的信号注入点应注入的电压信号；
- 6、完成该通道的所有信号注入点的三个电压等级的信号注入后，试验结束，系统自动保存试验结果。

在试验装置的操作界面上不体现 PAMS 类型的试验，而是将其融入到需要该功能的具体通道的“总体通道试验”中，连续执行。

本装置还具备通道动态模块测试功能，通道动态模块测试分为数据采集和数据验证两个步骤进行，在数据采集阶段，试验装置在通道口注入信号，同时采集动态模块的输入和输出信号并保存在硬盘中；在数据验证阶段，试验系统对保存在硬盘中的模块数据进行数学运算并判断该模块是否超差。数据采集只能在线（即通道处在试验状态下）情况下进行，而数据验证可离线进行。在数据验证时，可以只执行一个模块的验证，也可以执行一个通道内所有动态模块的验证。

本装置还具备就地参数计算功能，就地参数计算功能专门为“超温/超功通道试验”的参数修改而设计。可修改的参数应包括：

热端和冷端探头的电阻值 R286 和 R323

Tavg 加法器的增益 (G1、G2) 和偏置 (Vp)

ΔT 加法器的增益 (G1、G2) 和偏置 (Vp)

计算 E_0 , E_{set} 值的公式参数

ΔT 加法器和 Tavg 加法器的增益和偏置的修改将引起试验准则的变化，就地参数计算软件模块应依据该通道的过程算法自动计算出新的试验准则并刷新数据库中的对应数据。

试验装置具有通道自检功能，它并不等同于使用试验装置定期校验板对试验台进行的定期校验。进行通道自检时，应将通道试验用连接电缆（55 芯）接到 I/O 通道自检接口，其原理就是将试验台的 AO 通道接到 AI 通道、LO 通道接到 LI 通道，从模拟/逻辑输出通道输出信号，通过模拟/逻辑输入通道进行测量，实现对试验台本身各部件运行情况的检查。

如果通道自检不通过，可以查看此次通道自检的结果，重复自检等。

通道自检对应的操作界面上具有可选择是否执行该功能的按钮，不需要执行这一功能时，可以跳过，直接进入后面的通道试验内容。试验台经过长距离的移动或受过振动后，必须执行通道自检。

为保证该新型试验装置的正常可靠运行，应使用定制试验设备（即定期校验板）和试验装置的上位机监控软件的校验功能对其进行定期校验一般周期为一年。实施校验时，仅需用试验装置的试验电缆将通道试验航空连接器座与定期校验航空连接器座相连接，并借助于一些外部设备即可完成。

对于试验装置的检验，需要运行试验装置的上位机监控软件的校验功能，并使用合适的仪表及规定的检验方法进行试验装置所有类型通道的检验。

- a) 对于试验装置的开关量输入输出功能的检验：在定期校验板上提供按键和指示灯，按键作为开关量输入信号检测试验装置的开关量输入功能；试验软件发命令给试验装置，发出开关量输出时点亮对应的指示灯，用于确认试验装置的开关量输出功能是否正常。
- b) 对于试验装置的模拟量输入功能的检验：使用一个外部信号源（例如 FLUKE 表）对所有输入通道端子施加适当的电压，然后直接在试验软件界面上读取对应的电压值，以确认模拟量输入精度是否合格；

c) 对于试验装置的模拟量输出功能的检验：在试验软件界面上指定各模拟量输出通道输出适当的模拟量信号，使用电压检测设备（例如 FLUKE 表）测得相应的电压输出值，从而确认各通道的电压精度是否合格；

另外，由于模拟量输出分为电压型和电流型两种，为减少接线，电流型输出通过在专用校验模块上串接适当的采样电阻，将其转化为电压，从而采用同样的校验方法对电流型输出进行校验。

d) 对于模拟电阻的检验：在试验软件输出特定电阻值后，直接用电阻测量设备测量对应的端子之间的电阻值，从而实现模拟电阻精度的检验。

如果检验过程中发现试验装置的部分通道精度不满足要求，需要运行专用校验软件，使用规定的校准方法与精度要求，并辅助以合适的仪表进行试验装置的通道校准。

该新型试验装置需要对过程仪表系统的 4 个保护机柜共 41 个通道进行试验，这 4 个机柜所连接出来的航空连接器插座共 47 个，根据试验通道的复杂程度不同，所用到的信号类型和数量亦有所区别。各通道试验的信号注入点和相应的信号类型、信号采集点与类型、信号注入过程在该装置的配置文件中作为输入项在试验过程中被读取。

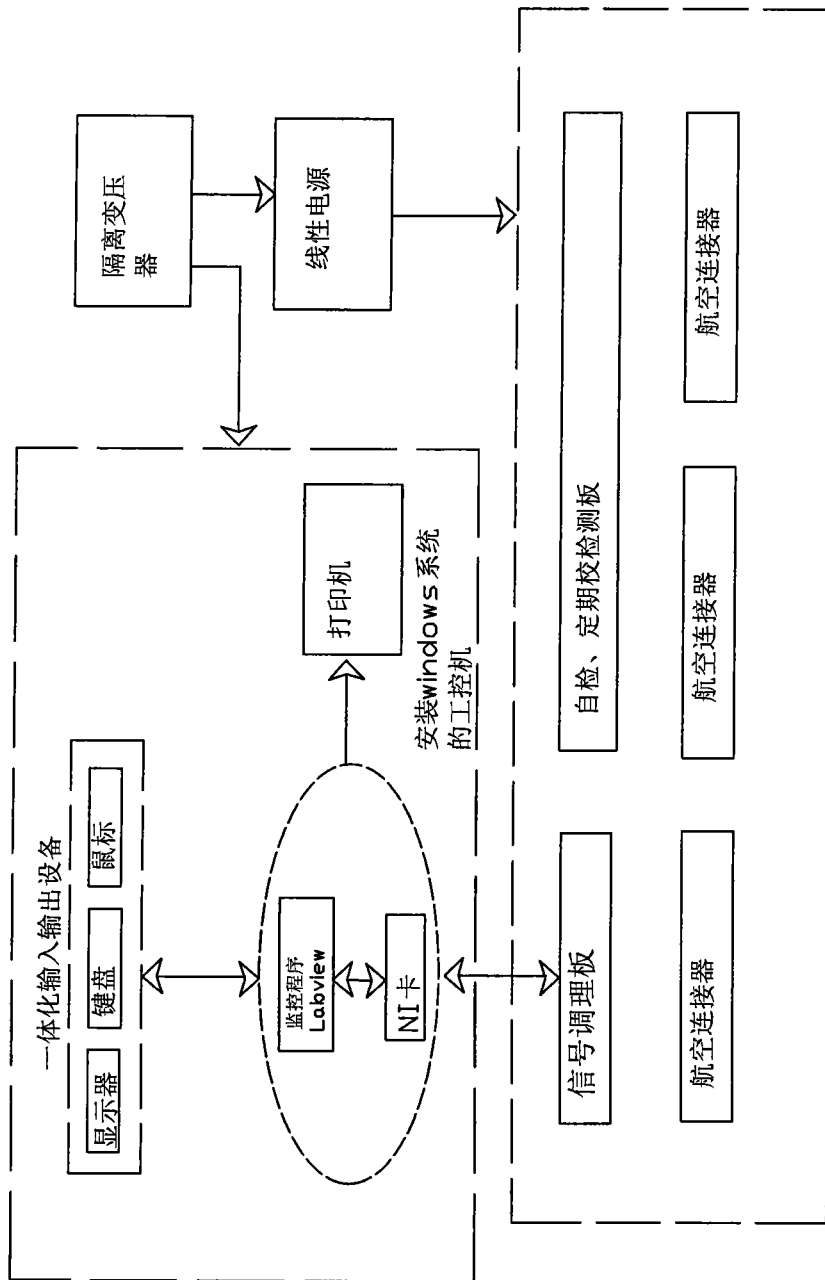


图1

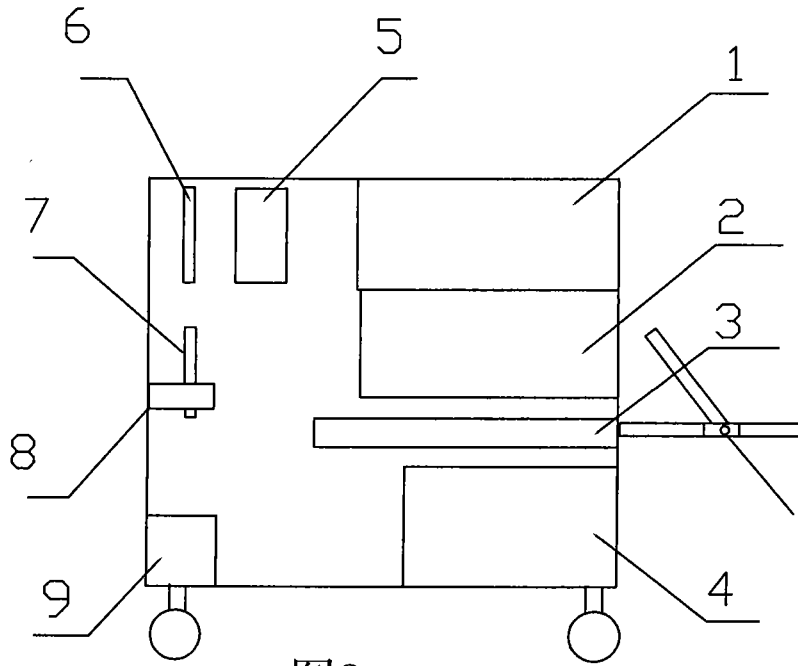


图2

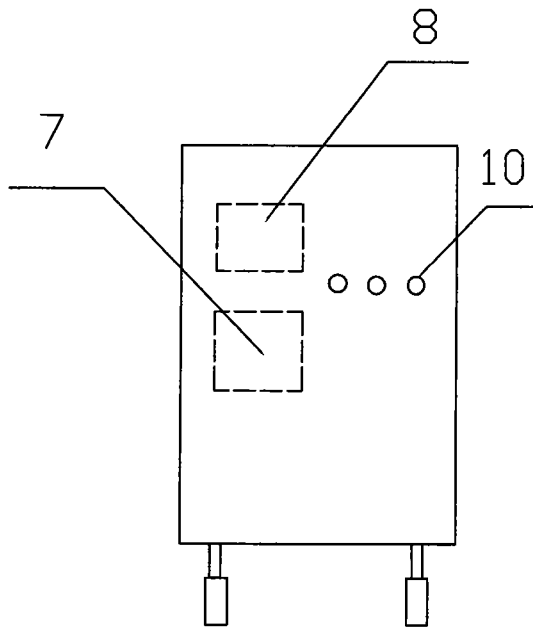


图3

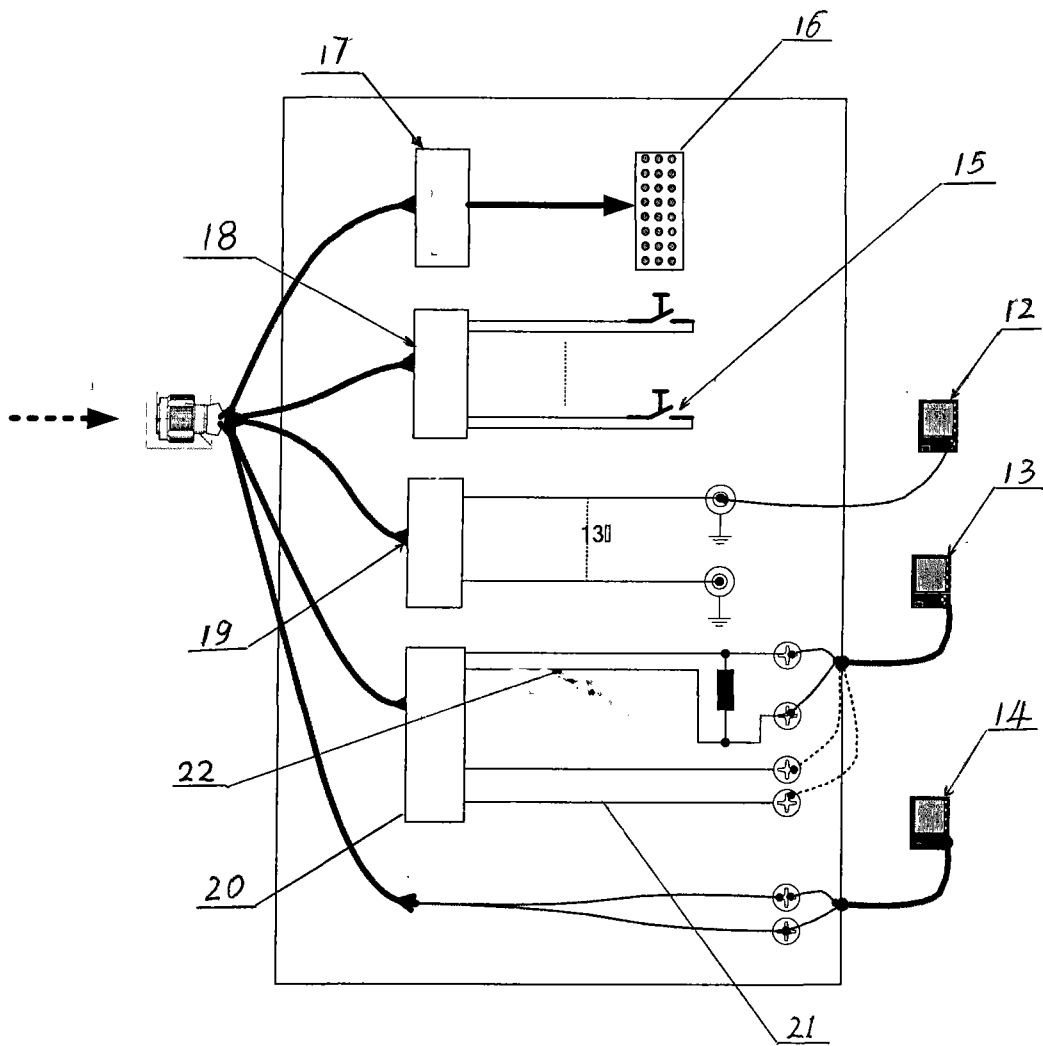


图 4

