



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116659626 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 29

(21) 申请号 202211644957.0

(22) 申请日 2022.12.20

(71) 申请人 中国计量科学研究院

地址 100029 北京市朝阳区北三环东路18号

(72) 发明人 郭立功 任立太 王金涛 刘翔
佟林 暴雪松 张竞月 时文才
许常红

(74) 专利代理机构 北京博海嘉知识产权代理事务
所(普通合伙) 16007

专利代理师 郝彦东

(51) Int. Cl.

G01F 25/00 (2022.01)

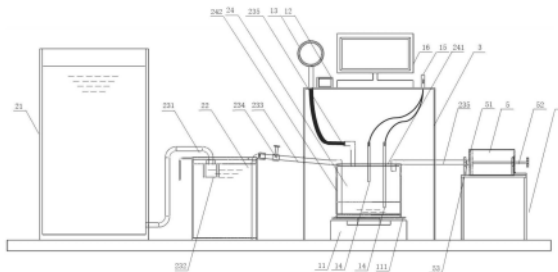
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

定标筒容量校准装置和方法

(57) 摘要

本发明公开定标筒容量校准装置和方法,属测量装置技术领域,所述校准装置包括数据采集系统、管路组件、防风罩和支撑架。定标筒容量校准时采用了负压吸入替代测量法,即通过测量吸入过渡容器内液体介质的质量、温度及环境的温度、相对湿度、压力,由计算出的液体体积得到定标筒容量,实现其容量量值溯源到质量、温度和压力。本发明解决了常规静力称重法和容量比较法校准时介质进入定标筒活塞腔引起活塞泄露的问题,实现定标筒容量的快速校准和计量性能评价的优点。



1. 定标筒容量校准装置及方法,其特征在于,包括数据采集系统、管路组件、防风罩和支撑架。

2. 如权利要求1所述的定标筒容量校准装置,其特征在于:所述数据采集系统由称重模块、温湿度传感器、大气压力传感器、温度传感器、温度采集模块及计算机组成,所述管路组件由水箱、容器、管路及称量桶组成。

3. 如权利要求1所述的一种定标筒容量校准装置,其特征在于:所述防风罩的左面板、右面板和上面板可以前后推拉,所述支撑架,前竖直挡板固定安装,后竖直挡板安装在丝杠滑轨上,可以调节水平位置,固定支撑定标筒的外壳。

4. 如权利要求1所述的一种定标筒容量校准装置,其特征在于:所述称重模块为力补偿高精度称重传感器,最大称量8200g,分辨力为0.01g,不确定度为0.05g,具有RS232串口,所述温湿度传感器,其温度分辨力为0.1℃、测量允差为0.1℃,湿度分辨力为1%、测量不确定度为10% ($k=2$),具有RS485串口,所述大气压力传感器为精密气压计,准确度等级为0.05级,具有RS232串口,所述温度传感器为浸没式RTD传感器(Pt 100),测量不确定度优于0.02℃;共2支,分别测量称量桶内液体上部和下部的温度;所述温度采集模块是多通道数据采集模块,具有RS485通讯端口,其接线端子连接2支温度传感器,所述称重模块、大气压力传感器通过RS232串口与计算机通讯,所述温湿度传感器、温度采集模块通过RS485串口与计算机通讯;所述计算机为工控机,具有1个RS232串口和1个RS485串口。

5. 如权利要求2所述的一种定标筒容量校准装置,其特征在于:所述水箱用于储存纯水;所述容器用于保持内部纯水液位在设定高度;所述管路包括注液管、液位控制阀、进液管、进液阀和气管,除液位控制阀和进液阀外的管路均为透明气动软管;所述注液管一端连接水箱、另一端连接液位控制阀;所述液位控制阀固定在容器内并连接注液管,用于自动供液使液位保持设定高度;所述进液管左端插入容器内、中间安装有进液阀,右端连接称量桶并插入底部;所述气管,共2根,其中1根连通大气压力传感器和称量桶,另1根连通称量桶和与定标筒气口;所述称量桶由桶盖和桶体组成,校准时放置于称重模块的托盘上;作为过渡容器,称量桶24用于容纳校准时的纯水;所述桶盖安装有2支温度传感器14、3个管路接头,并通过卡扣和密封圈实现与桶体242的紧密密封。

6. 一种定标筒容量校准方法,其特征在于,校准时采用了负压吸入替代测量法,将活塞杆缓慢拉出,定标筒活塞腔内压力下降、低于大气压力形成负压,称量桶内压力随之下降,纯水被吸入;当压差为0时,纯水流动停止,通过测量流入的纯水体积,即可得到定标筒的容量值。

7. 如权利要求6所述的一种定标筒容量校准方法,其特征在于:包括以下步骤

①,将定标筒固定于支撑架,称量桶倒空并扣好桶盖,连接好其他管路组件;

②,检查定标筒的密封性能:关闭进液阀,缓缓拉动定标筒的活塞杆至大气压力测量值达到设定值并保持,观察大气压力传感器示值的变化;若1min内压力变化不超过 $\pm 10\text{Pa}$,则认为定标筒密封良好;

③,空称:打开进液阀,将活塞杆推至0位,待大气压力传感器的示值稳定后,记录该测量值为 p_{0i} ,并记录此时称重模块的测量值为 I_{0i} ;

④,进水:缓缓拉动定标筒的活塞杆至最大伸出位置并保持,纯水从容器进入称量桶,当大气压力传感器的示值与 p_{0i} 之差的绝对值小于10Pa时,关闭进液阀;

⑤, 实称: 测量并记录称重模块的测量值为 I_{1i} 、大气压力传感器的测量值为 p_{1i} , 测量并记录环境温湿度传感器的测量值为 t_{ai} 、 rh_i , 采集纯水温度测量值为 t_{1i} 、 t_{2i} ;

⑥, 将称量桶内纯水倒空并扣好桶盖, 连接好其他管路组件;

⑦重复③~⑥, 共6次。

8. 如权利要求7所述的一种定标筒容量校准方法, 其特征在于, 由测量的 I_{0i} 、 I_{1i} 、 t_{1i} 、 t_{2i} 、 p_{1i} 、 t_{ai} 、 rh_i , 计算定标筒容积测量值 V_{20i} ; 6次测量 V_{20i} 的平均值 \bar{V}_{20} , 做为定标筒容积 V_{20} ; 根据公式(1) $V_{20} = (I_1 - I_0) \cdot (1 - \rho_A / \rho_B) / (\rho_w - \rho_A) \cdot [1 - \alpha \cdot (t - 20)]$ 计算标准温度20℃时定标筒的容量 V_{20} , 其中: I_1 , 为实称时称量示值, kg; I_0 , 为空称时称重示值, kg; t , 为纯水温度(2支温度传感器测量值的平均值), °C; ρ_w , 为t℃时纯水密度, kg/m³; ρ_A , 为空气密度, kg/m³; α , 为定标筒体膨胀系数, °C⁻¹; ρ_B , 为砝码密度, 7850kg/m³。

9. 如权利要求7所述的一种定标筒容量校准方法, 其特征在于, 用温湿度传感器和大气压力传感器测量的环境温度、湿度、压力数据, 根据CIPM推荐的空气密度简化公式(2)

$\rho_A = [0.34848 \cdot p - 0.009 \cdot rh \cdot e^{0.061 \cdot ta}] / (273.15 + t_a)$ 计算空气密度, 其中: p , 为大气压力, hPa; rh , 为相对湿度, %; t_a , 为空气温度, °C。

10. 如权利要求7所述的一种定标筒容量校准方法, 其特征在于, 根据纯水密度Tanaka公式(3) $\rho_w = a_5 \cdot [1 - (t + a_1)^2 \cdot (t + a_2) / a_3 / (t + a_4)] + (s_0 + s_1 \cdot t)$ 计算纯水密度, 其中: $a_1 = -3.983035$ °C, $a_2 = 301.797$ °C, $a_3 = 522528.9$ °C, $a_4 = 69.34881$ °C, $a_5 = 999.974950$ kg/m⁻³, $s_0 = -4.612 \times 10^{-3}$ kg/m³, $s_1 = 0.106 \times 10^{-3}$ kg/m³ · °C⁻¹, t , 为纯水温度, °C。

定标筒容量校准装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于计量领域中对计量器具进行校准的装置和方法,特别涉及肺功能仪用定标筒(以下称为定标筒)容量的校准装置和方法,适用于对容量为200mL~7L的定标筒容量进行校准。

背景技术

[0002] 肺功能仪是临床医学中呼吸生理指标检查的最常用仪器,主要由肺量计、气体分析仪等组成,能提供相应的分析数据,供诊断和研究使用。肺量计用于测量肺活量、用力肺活量、最大分钟通气量,进行支气管扩张试验。其质量是影响检查结果是否可靠的关键因素。

[0003] 根据肺功能检查指南(第二部分)——肺量计检查,为确保肺功能仪临床检查数据可靠,日常使用前须对肺量计进行校准。JJF1213-2008肺功能仪校准规范规定,使用定标筒(标准呼吸模拟器)对肺功能仪的肺量计进行校准。所用定标筒容量测量结果,直接影响肺量计检查数据的准确性,进而影响肺功能呼吸生理指标检查结果的可靠性。

[0004] 定标筒一般有筒体、活塞、活塞杆以及通气口组成,如图A所示,筒体内表面和活塞之间紧密接触,通过密封圈实现密封,形成密闭的活塞腔空间如a、b所示。拉动活塞杆带动活塞移动,活塞腔体积改变。活塞移动至最右端即为最大位移,移动至最左端即为0位移。与之相对应的活塞腔体积之差,即为定标筒容量使用时排出空气的最大体积,也就是定标筒总容量。

[0005] 近年来,国家对基础医学尤为重视,医院和健康体检中心均配有肺功能仪。截至目前,全国有数万台肺功能仪均配有定标筒,适用于从婴儿到成年人的不同对象。与之相适应,最小的定标筒容量为200mL,最大的定标筒容量为7L。根据肺功能检查指南(第二部分)——肺量计检查,定标筒容量值的精确度须达到总量程的0.5%。

[0006] 定标筒容量校准属于中小容量计量范畴。目前,中小容量计量器具现行有效国家计量技术规范,主要有JJG259-2005标准金属量器、JJG18-1990医用注射器、JJG20-2001标准玻璃量器、JJG10-2001专用玻璃量器。参照这些技术规范校准,无论采用所述的静力称量法还是容量比较法,液体介质均要注入定标筒活塞腔内,实践表明,液体介质进入活塞腔内使活塞密封失效导致泄露,使定标筒容量测量结果的精准度不能满足肺量计检查的要求。

[0007] 综上所述,现有的容量检定装置和方法,不适用于定标筒容量的准确校准,致使全国范围内数万台定标筒的容量量值不能得到有效溯源。为了对定标筒容量性能指标做出客观有效的评价,确认其容量是否满足 $\pm 0.5\%$ 的要求,亟须研究满足校准要求的定标筒容量校准装置和方法。

发明内容

[0008] 本发明目的是针对定标筒容量检测的现状,提出一种定标筒容量校准装置及方法和方法,综合运用容量校准新原理——负压吸入替代测量法。校准时,通过测量吸入过渡容

器内液体介质的质量、温度及环境的温度、相对湿度、压力,由计算出的液体体积得到定标筒容量,实现其容量量值溯源到质量、温度和压力。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0010] 一种定标筒容量校准装置及方法,包括数据采集系统硬件、管路组件、防风罩和支撑架。

[0011] 数据采集系统由1个称重模块、1个温湿度传感器、1个大气压力传感器、2支温度传感器、1个温度采集模块及计算机等组成。

[0012] 管路组件由水箱、容器、管路及称量桶组成;管路包括注液管、液位控制阀、进液管、进液阀和气管,使水箱、容器、称量桶、定标筒及大气压力传感器相互连通。

[0013] 本发明中,为了将称重模块和称量桶与外部环境隔开、减少外部气流对称量的影响,设计使用了防风罩,所述防风罩的左面板、右面板和上面板可以前后推拉;为了便于管路连接,左面板、右面板的3/4高度处均有1排孔,直径为2cm;校准时放入称重模块和称量桶,以减少外部环境对测量影响。

[0014] 本发明中,为了观察校准时纯水流动,注液管、进液管、气管均采用透明气动软管;为了校准时定标筒活塞杆准确定位,设计了固定定标筒的支撑架;为了保证液体介质温度稳定,使用了大容量水箱,并在校准前注满纯水;

[0015] 本发明中,为了避免校准时纯水进入定标筒的活塞腔,采用了负压吸入替代测量法,即:定标筒活塞杆移动使活塞腔容量由0增大到最大,引起活塞腔内压力降低小于大气压力形成负压,与之连通的称量桶内压力随之下降。在负压作用下,纯水被吸入;当压差为0时,纯水流动停止;通过测量流入纯水的体积就可确定定标筒的容量值。校准时,首先打开进液阀,将定标筒活塞杆推至0位移处并保持;空称,采集称重模块测量数据和大气压力传感器测量数据;然后,缓缓拉动定标筒活塞杆至最大位移处并保持,直到大气压力传感器数据与空称测量的大气压力测量值相差不超过 $\pm 10\text{Pa}$,关闭进液阀;实称,采集称重模块、温湿度传感器、大气压力传感器、温度传感器数据。最后,根据测量数据,由公式计算定标筒容量 V_{20} 。

[0016] 本发明所研发的定标筒容量校准装置,其数据采集系统实质包括:定标筒容量校准软件以及数据采集硬件。所述定标筒容量校准软件的作用是进行定标筒信息的录入、修改等管理,以及测量数据采集及处理。校准时,自动采集环境温度湿度、大气压力参数、质量、温度等数据,并将相关信息显示在当前界面上。校准完毕,自动对校准原始数据进行处理,最后生成定标筒校准原始记录和校准证书。

[0017] 计算机安装的定标筒容量校准软件,通过RS232串口和RS485串口连接传感器和温度采集模块,实现数据采集控制和数据传输;使用通用纯水密度公式、空气密度公式和静力称重法容量计算公式,计算得到标准温度下定标筒的容量 V_{20} 。

[0018] 计算机的RS232串口与称重模块和大气压力传感器通讯,采集质量和大气压力数据;RS485串口与环境温湿度传感器和温度采集模块通讯,采集环境温度、湿度和纯水温度数据;

[0019] 在具体实践中,使用液位控制阀,使容器内纯水液位保持设定高度;使用2支温度传感器测量纯水温度,使用平均值作为纯水温度。

[0020] 本发明为了配合系统应用,还研发了定标筒容量校准方法,该方法包括以下步骤:

- [0021] ①,将定标筒固定在支撑架上,称量桶倒空并扣好桶盖,连接好其他管路组件;
- [0022] ②,录入定标筒基本信息;
- [0023] ③,检查定标筒的密封性能:关闭进液阀,缓缓拉动定标筒活塞杆至压力传感器示值达到设定值,保持1min;观察所述大气压力传感器示值变化,确认其密封性能;
- [0024] ④,进行空称:将进液阀打开,将定标筒的活塞杆推至0位移处并保持,直到大气压力传感器测量值稳定;采集并记录初始气压值 p_{0i} 和称重模块测量值 I_{0i} ;
- [0025] ⑤,进液:缓缓拉动定标筒的活塞杆至最大位移处并保持,在负压作用下液体介质从容器流入称量桶;当大气压力传感器测量值 p_{1i} 与 p_{0i} 之差的绝对值 $|p_{1i}-p_{0i}| \leq 10\text{Pa}$,关闭进液阀;采集并记录称重传感器的测量值 I_{1i} ,以及大气压力传感器的测量值 p_{1i} 、环境温度湿度传感器的测量值 t_{ai} 、 rhi ,采集液体介质温度测量数据 t_{1i} 、 t_{2i} ;
- [0026] ⑥,将称量桶内液体介质倒空,连接好管路组件;
- [0027] 重复④~⑥,共6次;
- [0028] 本发明中,根据每次采集的 I_{0i} 、 I_{1i} 、 t_{1i} 、 t_{2i} 、 p_{1i} 、 t_{ai} 、 rhi ,计算定标筒容积值 V_{20i} ;取6次测量的平均值 \bar{V}_{20} ,作为定标筒容积;
- [0029] 本发明中,测量结束进行数据处理,包括:
- [0030] ①,计算每次测量的空气密度 ρ_{ai} 、纯水密度 ρ_{wi} ,以及标准体积 V_{20i} ;
- [0031] ②,计算 V_{20i} 的平均值 \bar{V}_{20} ,作为定标筒容量测量结果 V_{20} ;
- [0032] ③,计算测量不确定度 U_c ($k=2$);
- [0033] 本发明中,自动生成的校准原始记录,包括以下信息:
- [0034] ①,定标筒的使用单位、型号、编号、制造商以及校准日期;
- [0035] ②,空称的大气压力数据 p_{0i} 、称重模块数据 I_{0i} ;
- [0036] ③,实称的大气压力数据 p_{1i} 、称重模块数据 I_{1i} 、温度传感器数据 t_{1i} 、 t_{2i} 、环境温度数据 t_{ai} 、环境湿度数据 rhi ;
- [0037] ④,计算结果:空气密度 ρ_{ai} 、液体介质密度 ρ_{wi} ,以及标准体积 V_{20i} ;
- [0038] ⑤,容量校准结果 V_{20} ,容量校准结果的不确定度 U_c ($k=2$)。
- [0039] 本发明中,校准原始记录可以保存为Excel格式或word格式的原始数据文件。
- [0040] 与现有技术相比,本发明的有益之处是:利用定标筒活塞杆拉出至最大位移处活塞腔内形成的负压将纯水吸入到称量桶中,通过采集环境温度、湿度、压力以及纯水质量和温度数据,计算出纯水体积作为定标筒容量。本发明提高了定标筒的检定效率,避免了液体介质进入定标筒内对其密封性能的破坏和液体残留量对测量的影响。

附图说明

- [0041] 图1为本发明提供的定标筒容量校准装置的整体结构示意图。
- [0042] 图2为本发明提供的数据采集系统组成的示意图。
- [0043] 图3为本发明提供的管路组件的结构示意图。
- [0044] 图4中4.a为本发明提供的防风罩的结构示意图,4.b为防风罩与称重模块关系示意图。
- [0045] 图5为本发明提供的支撑架的结构示意图。
- [0046] 图6中6.a为本发明提供的托盘结构的示意图,6.b为称重模块与托盘位置关系的

示意图。

[0047] 图7为本发明提供的定标筒容量校准方法的流程示意图；

图8为本发明背景技术中提到的图A结构示意图。

11、称重模块；111、托盘；1111、主体；1112、定位销；12、温湿度传感器；13、大气压力传感器；14、温度传感器；15、温度采集模块；16、计算机；2、管路组件；21、水箱；22、容器；23、管路；231、注液管；232、液位控制阀；233、进液管；234、进液阀；235、气管；24、称量桶；241、桶盖；242、桶体；3、防风罩；31、框架；32、左面板；33、上面板；34、右面板；4、支撑架；41、左挡板；42、右挡板；43、丝杠滑轨；5、定标筒；51、外壳；52、活塞杆；53、定标筒气口。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图和具体实施方式，详细描述本发明的实施例。

[0049] 如图1所示，一种定标筒容量校准装置，包括数据采集系统1、管路组件2、防风罩3和支撑架4。

[0050] 如图2所示，数据采集系统由1个称重模块11、1个温湿度传感器12、1个大气压力传感器13、2支温度传感器14、1个温度采集模块15及计算机16等组成。计算机16为工控机，具有1个RS232串口和1个RS485串口，其显示器为12英寸触摸屏；称重模块11为力补偿式高精度称重传感器，最大称量8200g，分辨力为0.01g，不确定度为0.05g，具有RS232串口；温湿度传感器12，其温度分辨力为0.1℃、测量允差为0.1℃，湿度分辨力为1%、测量不确定度为10% (k=2)，具有RS485串口；大气压力传感器13为精密气压计，准确度等级为0.05级，具有RS232串口；温度传感器14为浸没式RTD传感器(Pt100)，测量不确定度优于0.02℃；共2支，分别测量称量桶内液体上部和下部的温度；温度采集模块15为多通道数据采集模块，具有RS485通讯端口，其接线端子连接2支温度传感器；称重模块13、大气压力传感器13通过RS232串口与计算机16通讯；所述温湿度传感器12、温度采集模块15通过RS485串口与计算机16通讯。

[0051] 如图3所示，管路组件2由水箱21、容器22、管路23及称量桶24组成。水箱21用于储存纯水，容器22用于保持内部液位在设定位置。管路23包括注液管231、液位控制阀232、进液管233、进液阀234和气管235。注液管231一端连接水箱21、另一端连接液位控制阀232。液位控制阀232装在容器22上，用于自动供水并控制液位在设定高度。气管235与大气压力传感器13、称量桶24及定标筒5连通。进液管233左端插入容器22内、中间安装有进液阀234，右端连接称量桶24并插入底部。气管235，共2根，其中1根连通大气压力传感器13和称量桶24，另1根连通称量桶24和与定标筒气口53。称量桶24由桶盖241和桶体242组成，校准时放置于称重模块11的托盘上111上。作为过渡容器，称量桶24用于容纳校准定标筒5容量时的纯水；桶盖241安装有2支温度传感器、3个管路接头，通过卡扣和密封圈实现与桶体242的紧密密封。

[0052] 如图4所示，防风罩3由框架31、和前、后、左、右和上面板组成。其中，框架31为铝型材制造，左面板32、上面板33、右面板34均可以前后推拉，和前面板材质相同，均为透明有机玻璃板。如图4.b所示，称重模块11和称量桶24放置于防风罩内部，与外部环境隔开，减少外部环境对称量的影响；称量桶24放置在称重模块11的托盘111上。

[0053] 如图5所示，支撑架4用于固定支撑定标筒5的外壳51，有利于确定定标筒活塞杆52

的推拉位置。支撑架由主体41和挡板41、挡板42以及丝杠滑轨43组成。挡板42的位置可通过丝杠滑轨43调节,以适应定标筒5的轴向尺寸。

[0054] 如图6.a所示,托盘111水平装在称重模块上。如图6.b所示,托盘111由主体1111、定位销1112组成,表面画有以圆盘中心为中心的一系列同心圆,中部有3个沉孔。主体1111为圆盘形,由铝合金加工而成;定位销1112,长30mm,直径6mm,其螺纹安装孔位的中心位于直径为210mm的圆上且均布。主体1111使用穿过沉孔1113的3个内六角螺栓与称重模块11配合,实现托盘的水平安装固定。定位销1112和同心圆环的使用,可以提高称量桶24居中放置的定位精度、减小称量偏载。

[0055] 如图7所示,为一种定标筒容量校准方法的流程。具体实施例为:校准前,将定标筒5筒体51固定于支撑架,连接好管路组件2。然后,按照如下步骤开始校准:

[0056] 信息录入:录入定标筒相关信息;

[0057] 开始检测,打开计算机串口;

[0058] a、进行密封性能检查,确认定标筒5密封良好;

[0059] b、空称:测量并记录初始气压值 p_0 和称重模块11的测量值 I_0 ;

[0060] c、进液。

[0061] d、实称:测量并记录称重模块11的测量值 I_1 ,以及大气压力传感器13的测量值 p_1 、环境温湿度传感器12的测量值 t_a 、 rh ,纯水温度测量数据 t_1 、 t_2 ;

[0062] e、倒空称量桶24;重复b~e,共6次;

[0063] f、由测量采集的 I_{0i} 、 I_{1i} 、 t_{1i} 、 t_{2i} 、 p_{1i} 、 t_{ai} 、 rh_i ,计算定标筒容积测量值 V_{20i} ;取6次测量 V_{20i} 的平均值 \bar{V}_{20} ,作为定标筒容积 V_{20} ;计算校准结果的不确定度 $U_c(k=2)$ 。

[0064] 校准结束,手动保存数据、生成定标筒校准原始记录和校准证书。

[0065] 在本说明书的描述中,参考术语“具体实施例”、“具体示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

[0066] 以上所述仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明。本发明可以有各种合适的更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

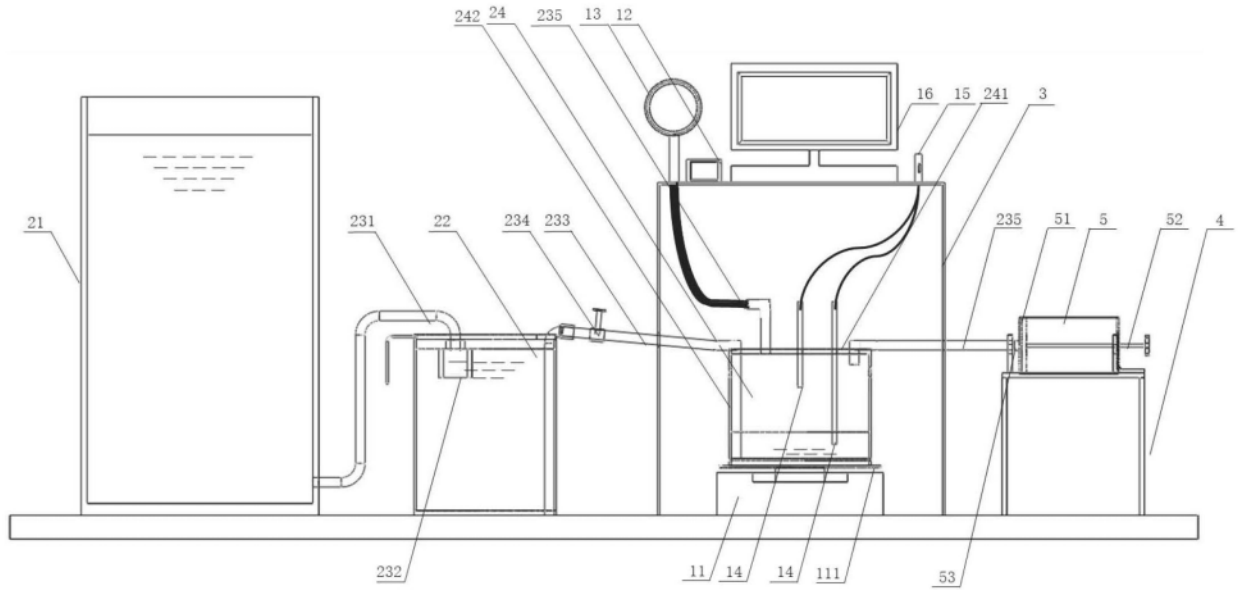


图1

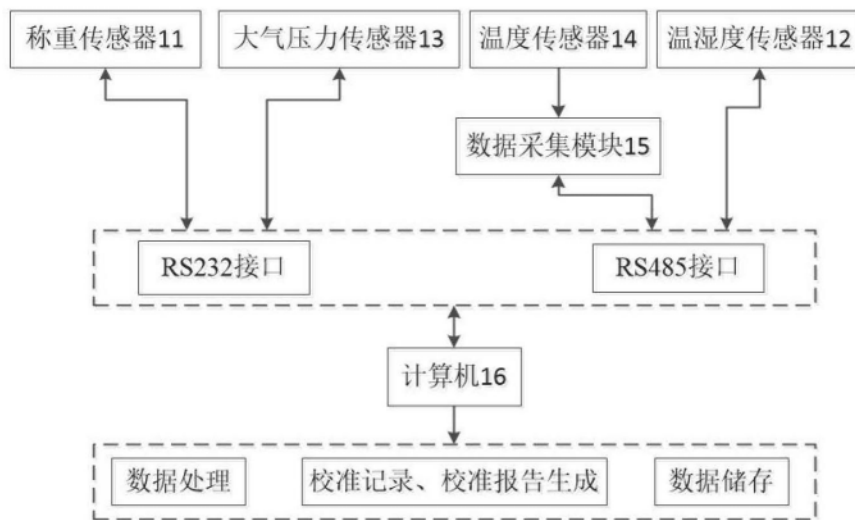


图2

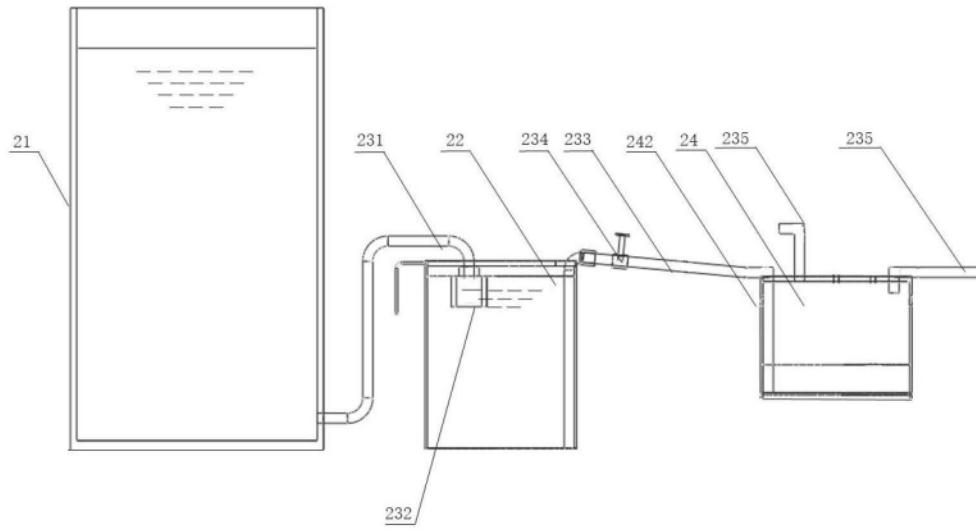


图3

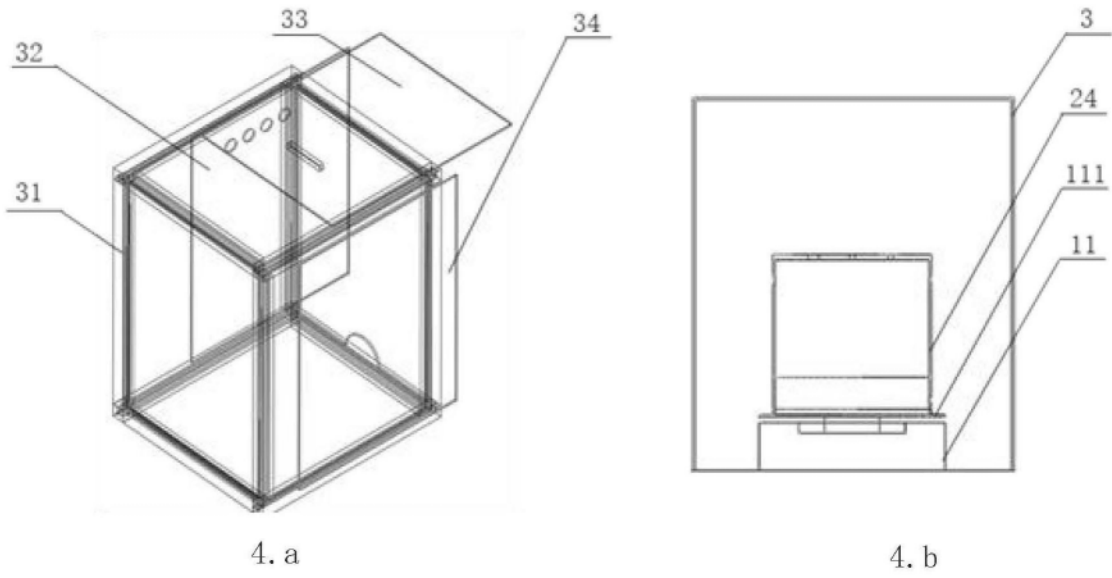


图4

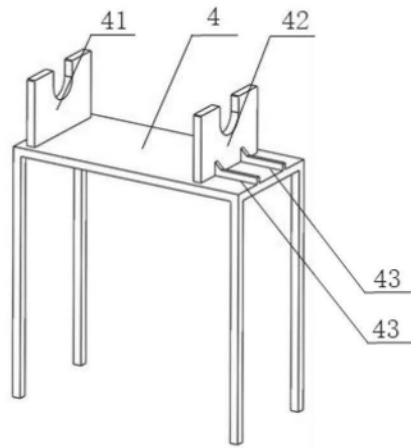
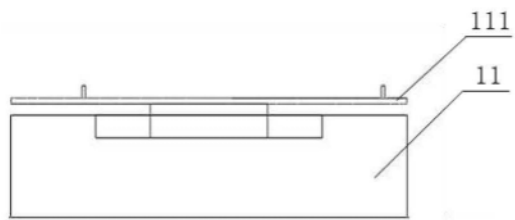
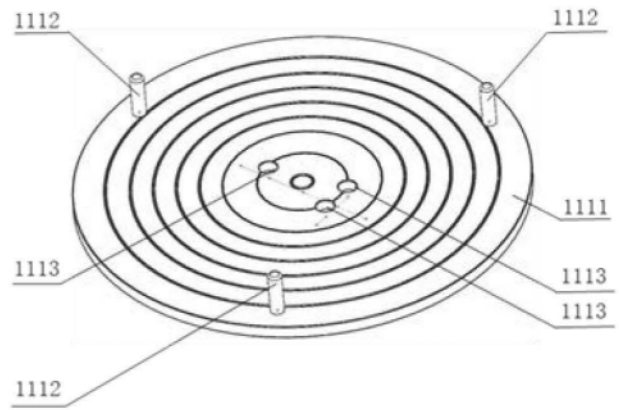


图5



6. a



6. b

图6

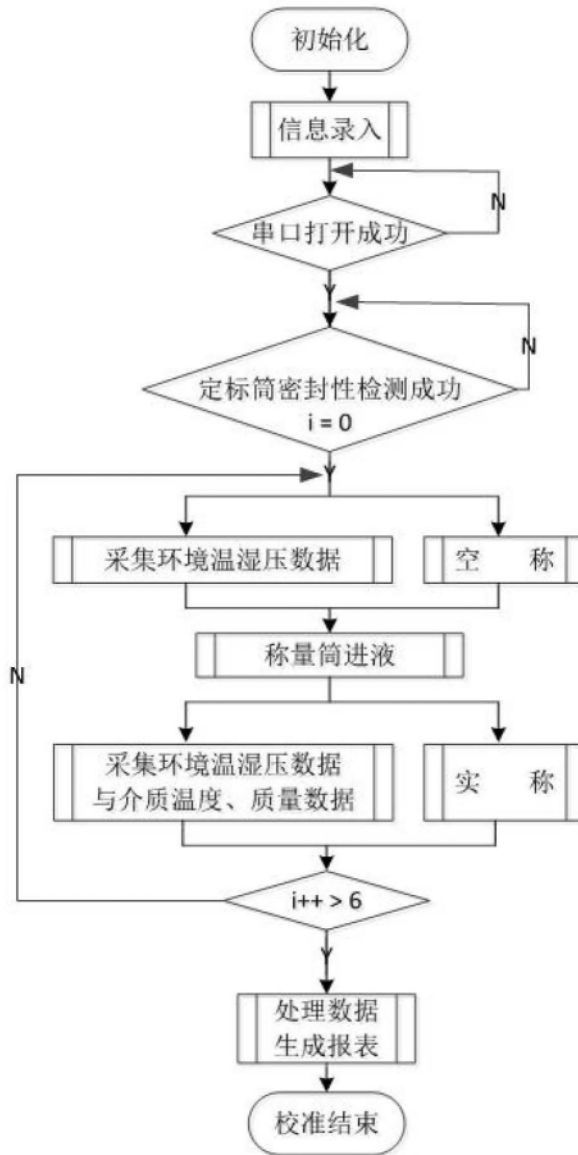
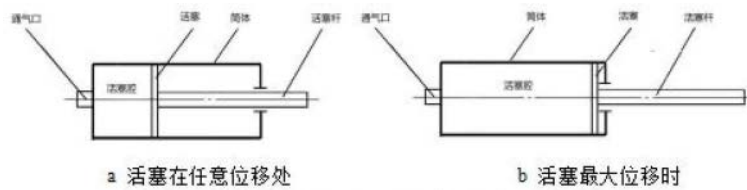


图7



图A 定标筒结构示意图

图8