(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111870397 B
(45)授权公告日 2024.08.23

(21)申请号 202010891062.1

(22)申请日 2020.08.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111870397 A

(43)申请公布日 2020.11.03

(73)专利权人 吉林大学
地址 130000 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 马志超 赵晟腾 杜海瑞 柳克祥 张微 佟帅 卢坊州 赵宏伟 任露泉

(74)专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有限责任公司 22100
专利代理师 王怡敏

(51)Int.Cl.
A61F 2/24(2006.01)
G01N 21/65(2006.01)

(56)对比文件
CN 212415991 U,2021.01.29

审查员 陆一平

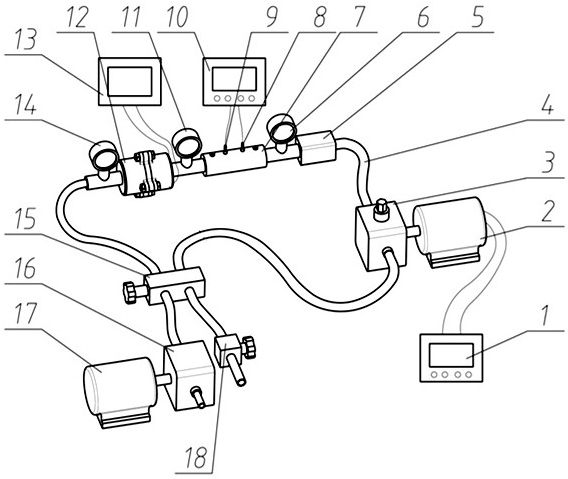
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置

(57)摘要

本发明涉及一种基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,属于科学仪器与测试技术领域。包括介质驱动循环单元、原位监测单元、瓣膜温度控制单元和辅助单元,所述介质驱动循环单元通过单向阀与瓣膜温度控制单元的恒温水浴管刚性连接,瓣膜温度控制单元通过恒温水浴管与原位监测单元的输入端压力指示器刚性连接,原位监测单元通过输出端压力指示器与辅助单元的工作状态切换阀柔性连接,辅助单元通过工作状态切换阀与介质驱动循环单元的驱动泵柔性连接。优点在于:构思新颖,结构简单。可在测试循环试验过程中对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测,可为仿生人工瓣膜抗凝性能试验提供在线测试。实用性强。



CN 111870397 B

1.一种基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:包括介质驱动循环单元、原位监测单元、瓣膜温度控制单元和辅助单元,所述介质驱动循环单元通过单向阀(5)与原位监测单元的流量指示器(6)刚性管接头连接,瓣膜温度控制单元通过恒温水浴管(7)与原位监测单元的输入端压力指示器(11)和流量指示器(6)刚性管接头连接,原位监测单元通过输出端压力指示器(14)与辅助单元的工作状态切换阀(15)柔性软管连接,辅助单元通过工作状态切换阀(15)与介质驱动循环单元的驱动泵(3)柔性软管连接;

所述的原位监测单元包括测试组件(12)、原位监测显示器(13)、流量指示器(6)、输入端压力指示器(11)、输出端压力指示器(14),所述输入端压力指示器(11)通过管接头与测试组件(12)连接,原位监测显示器(13)通过数据传输线与测试组件(12)连接;

所述的测试组件(12)包括连接螺栓(1201)、输入通道(1202)、密封圈一(1203)、试件安装架(1204)、密封圈二(1205)、输出通道(1206)、连接螺母(1207)、光学显微组件(1208)、便携式拉曼光谱组件(1209)和仿生人工瓣膜试件(1210),通过连接螺栓(1201)和连接螺母(1207)将输入通道(1202)、试件安装架(1204)和输出通道(1206)连接在一起,通过密封圈一(1203)和密封圈二(1205)实现密封;通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件(1208)和便携式拉曼光谱组件(1209),对仿生人工瓣膜试件(1210)表面血液凝固行为进行实时原位监测;

通过光学显微组件(1208)实时获取仿生人工瓣膜试件(1210)表面的动态粘附图像,通过便携式拉曼光谱组件(1209)对仿生人工瓣膜试件(1210)表面的粘附成分进行动态分析,实现在测试循环过程中对仿生人工瓣膜试件(1210)的原位监测;两套光学显微组件(1208)和便携式拉曼光谱组件(1209)对称集成于测试组件(12)中的输入通道(1202)上,且位置与试件安装架(1204)两个瓣叶的位置相对应,光学显微组件(1208)的可见光路与便携式拉曼光谱组件(1209)的拉曼光路的焦点位于瓣膜表面的同一微区,点实现可见光与拉曼光的同步-同位共焦观测,同时获取的动态粘附图像和表面粘附成分分析数据输出至原位监测显示器(13)。

2.根据权利要求1所述的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:所述的介质驱动循环单元包括电源模块(1)、驱动泵电动机(2)、驱动泵(3)、单向阀(5),所述电源模块(1)、驱动泵电动机(2)带动驱动泵(3)间歇性运转,驱动泵电动机(2)与驱动泵(3)之间为刚性键连接,驱动泵(3)通过金属软管(4)与单向阀(5)柔性连接,通过调控可调节排量的驱动泵(3)的间歇性运动,实现对仿生瓣膜处血流特性的等效模拟。

3.根据权利要求1所述的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:所述的仿生人工瓣膜试件(1210)表面具有微米级方柱形阵列结构特征,以实现表面减阻抗粘附;仿生人工瓣膜试件(1210)通过胶接方式安装在试件安装架(1204)的两个一次性瓣叶上,可同时对不同的试件进行对比试验。

4.根据权利要求1所述的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:所述的瓣膜温度控制单元通过水浴恒温的方式实现对人体心脏内生理温度环境的模拟,包括温度控制器(10)、恒温水浴管(7)、加热器(8)、温度传感器(9),所述加热器(8)和温度传感器(9)通过螺纹安装在恒温水浴管(7)上,温度控制器(10)通过数据传输线与加热器(8)和温度传感器(9)连接;通过恒温水浴管(7)对输入测试组件的血液模拟液进行恒温预热,温度传感器(9)将测得的温度信号输入温度控制器(10),由温度控制器(10)将温度控制

信号输出给加热器(8),实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。

5.根据权利要求1所述的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:所述的辅助单元包括工作状态切换阀(15)、真空泵(16)、真空泵电动机(17)、开关阀门(18),所述工作状态切换阀(15)分别通过金属软管(4)与真空泵(16)、开关阀门(18)、驱动泵(3)柔性连接,真空泵电动机(17)与真空泵(16)刚性键连接,通过真空泵电动机(17)带动真空泵(16)运转,通过真空泵(16)排出测试装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。

6.根据权利要求1所述的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,其特征在于:通过电源模块(1)为驱动泵电动机(2)输出周期电源信号,带动驱动泵(3)间歇性运转,提供脉动的血液模拟液,调节驱动泵电动机(2)的输出功率和信号以及驱动泵(3)的排量,可以改变血液模拟液的流量以及测试组件(12)的输入端压力和输出端压力,通过流量指示器(6)获得血液模拟液的流量,通过输入端压力指示器(11)和输出端压力指示器(14)获得测试组件(12)的输入端压力和输出端压力,实现对人体心脏交变循环血流特性的模拟。

基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及科学仪器与测试技术领域,特别涉及流体循环试验装置,尤指一种基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置。

背景技术

[0002] 目前心脏瓣膜疾病的发病率越来越高,心脏瓣膜病变严重到一定程度则需要置换人工心脏瓣膜,我国每年就有约30万例患者需要置换人工心脏瓣膜,并且数量呈增长趋势。人工机械瓣膜作为人工心脏瓣膜的一种主流类型,具有可靠的机械性能和长久的使用寿命,植入患者体内不出意外可终生使用,因此广受青睐,非常具有前景。但表面易形成血栓最终导致栓塞事故是人工机械瓣膜的致命缺点,这使得患者必须终生服用抗凝药物进行抗凝治疗,大大降低了患者的生活质量。人们对此问题开展了很多研究工作,探讨如何避免在人工机械瓣膜表面形成血栓,而基于仿生的思路,通过设计制造仿生人工瓣膜,来提升人工机械瓣膜的抗凝性能十分具有潜力和前景。只有通过可靠的方法对仿生人工瓣膜试件进行表面凝血测试,准确评价其抗凝性能,才能检验是否取得了满意的抗凝效果。

[0003] 当前缺乏对于仿生人工瓣膜抗凝性能的有效测试手段和试验设备仪器,传统上对人工机械瓣膜抗凝性能的测试试验多为简单的接触粘附测试,即将人工机械瓣膜试件放入血液模拟液中浸泡一定时间后,取出试件观察其表面的粘附情况。但人体内的心脏瓣膜并不是简单地浸泡在血液中,流经心脏瓣膜的血液流呈交变循环特性,并且在测试循环试验过程中需要模拟人体内的生理环境温度以及排除空气对血液模拟液凝固的干扰。现有的相关设备大多是针对人工机械瓣膜的机械性能测试试验所研发的,鲜有针对仿生人工瓣膜抗凝性能进行测试循环试验的装置仪器,并且在试验过程中缺乏原位监测功能,这很大程度上限制了提升人工机械瓣膜抗凝性能研究的发展,不利于新型抗凝仿生人工瓣膜的研发和应用。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,为仿生人工瓣膜抗凝性能试验提供在线测试装置,解决了现有技术存在的上述问题。本发明通过调控可调节排量的驱动泵的间歇性运动,实现对仿生瓣膜处交变血流特性的等效模拟。通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件和便携式拉曼光谱组件,可在测试循环试验过程中对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测,动态观察凝血粘附情况,分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。通过水浴恒温的方法实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。通过真空泵排出装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。并且仿生人工瓣膜是基于仿生的思路设计加工制作而得的,表面具有微米级方柱形阵列结构特征,以实现表面减阻抗粘附。

[0005] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现:

[0006] 基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,包括介质驱动循环单元、原位

监测单元、瓣膜温度控制单元和辅助单元,所述介质驱动循环单元通过单向阀5与原位监测单元的流量指示器6刚性管接头连接,瓣膜温度控制单元通过恒温水浴管7与原位监测单元的输入端压力指示器11和流量指示器6刚性管接头连接,原位监测单元通过输出端压力指示器14与辅助单元的工作状态切换阀15柔性软管连接,辅助单元通过工作状态切换阀15与介质驱动循环单元的驱动泵3柔性软管连接。

[0007] 所述的介质驱动循环单元包括电源模块1、驱动泵电动机2、驱动泵3、单向阀5,所述电源模块1、驱动泵电动机2带动驱动泵3间歇性运转,驱动泵电动机2与驱动泵3之间为刚性键连接,驱动泵3通过金属软管4与单向阀5柔性连接,通过调控可调节排量的驱动泵3的间歇性运动,实现对仿生瓣膜处血流特性的等效模拟。

[0008] 所述的原位监测单元包括测试组件12、原位监测显示器13、流量指示器6、输入端压力指示器11、输出端压力指示器14,所述输入端压力指示器11通过管接头与测试组件12连接,原位监测显示器13通过数据传输线与测试组件12连接。

[0009] 所述的测试组件12包括连接螺栓1201、输入通道1202、密封圈一1203、试件安装架1204、密封圈二1205、输出通道1206、连接螺母1207、光学显微组件1208、便携式拉曼光谱组件1209和仿生人工瓣膜试件1210,通过连接螺栓1201和连接螺母1207将输入通道1202、试件安装架1204和输出通道1206连接在一起,通过密封圈一1203和密封圈二1205实现密封;通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件1208和便携式拉曼光谱组件1209,对仿生人工瓣膜试件1210表面血液凝固行为进行实时原位监测,并分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。

[0010] 通过光学显微组件1208实时获取仿生人工瓣膜试件1210表面的动态粘附图像,通过便携式拉曼光谱组件1209对仿生人工瓣膜试件1210表面的粘附成分进行动态分析,实现在测试循环过程中对仿生人工瓣膜试件1210的原位监测;两套光学显微组件1208和便携式拉曼光谱组件1209对称集成于测试组件12中的输入通道1202上,且位置与试件安装架1204两个瓣叶的位置相对应,光学显微组件1208的可见光路与便携式拉曼光谱组件1209的拉曼光路的焦点位于瓣膜表面的同一微区,点实现可见光与拉曼光的同步-同位共焦观测,同时获取的动态粘附图像和表面粘附成分分析数据输出至原位监测显示器13。

[0011] 所述的仿生人工瓣膜试件1210表面具有微米级方柱形阵列结构特征,以实现表面减阻抗粘附;仿生人工瓣膜试件1210通过胶接方式安装在试件安装架1204的两个一次性瓣叶上,可同时对不同的试件进行对比试验。

[0012] 所述的瓣膜温度控制单元通过水浴恒温的方式实现对人体心脏内生理温度环境的模拟,包括温度控制器10、恒温水浴管7、加热器8、温度传感器9,所述加热器8和温度传感器9通过螺纹安装在恒温水浴管7上,温度控制器10通过数据传输线与加热器8和温度传感器9连接。通过恒温水浴管7对输入测试组件的血液模拟液进行恒温预热,温度传感器9将测得的温度信号输入温度控制器10,由温度控制器10将温度控制信号输出给加热器8,实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。

[0013] 所述的辅助单元包括工作状态切换阀15、真空泵16、真空泵电动机17、开关阀门18,所述工作状态切换阀15分别通过金属软管4与真空泵16、开关阀门18、驱动泵3柔性连接,真空泵电动机17与真空泵16刚性键连接,通过真空泵电动机17带动真空泵16运转,通过真空泵16排出测试装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。

[0014] 通过电源模块1为驱动泵电动机2输出周期电源信号,带动驱动泵3间歇性运转,提

供脉动的血液模拟液，调节驱动泵电动机2的输出功率和信号以及驱动泵3的排量，可以改变血液模拟液的流量以及测试组件12的输入端压力和输出端压力，通过流量指示器6获得血液模拟液的流量，通过输入端压力指示器11和输出端压力指示器14获得测试组件12的输入端压力和输出端压力，实现对人体心脏交变循环血流特性的模拟。

[0015] 本发明的有益效果在于：介质驱动循环单元调控可调节排量的驱动泵的间歇性运动，实现对仿生瓣膜处血流特性的等效模拟。原位监测单元通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件和便携式拉曼光谱组件，可在测试循环试验过程中对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测，动态观察凝血粘附情况，分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。瓣膜温度控制单元通过水浴恒温的方法实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。辅助单元通过真空泵排出装置内的空气，减少空气对测试过程的干扰。仿生人工瓣膜表面具有微米级方柱形阵列结构特征，以实现表面减阻抗粘附。本发明可实现对仿生瓣膜处交变血流特性和生理环境温度的等效模拟，并可排出装置内的空气，减少空气对测试过程的干扰，同时在仿生瓣膜处集成光学显微组件和便携式拉曼光谱组件，可在测试循环试验过程中对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测，动态观察凝血粘附情况，分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。并且仿生人工瓣膜表面具有微米级方柱形阵列结构特征，以实现表面减阻抗粘附。本发明可为仿生人工瓣膜抗凝性能试验提供在线测试。实用性强。

附图说明

[0016] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，本发明的示意性实例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

[0017] 图1为本发明的整体结构示意图；

[0018] 图2为本发明的测试组件装配爆炸示意图；

[0019] 图3为本发明的试件安装示意图；

[0020] 图4为本发明的回路原理示意图；

[0021] 图5为本发明的原位监测示意图；

[0022] 图6为本发明的仿生人工瓣膜试件表面方柱形阵列结构特征示意图。

[0023] 图中：1、电源模块；2、驱动泵电动机；3、驱动泵；4、金属软管；5、单向阀；6、流量指示器；7、恒温水浴管；8、加热器；9、温度传感器；10、温度控制器；11、输入端压力指示器；12、测试组件；13、监测显示器；14、输出端压力指示器；15、工作状态切换阀；16、真空泵；17、真空泵电动机；18、开关阀门；1201、连接螺栓；1202、输入通道；1203、密封圈一；1204、试件安装架；1205、密封圈二；1206、输出通道；1207、连接螺母；1208、光学显微组件；1209、便携式拉曼光谱组件；1210、仿生人工瓣膜试件。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图进一步说明本发明的详细内容及其具体实施方式。

[0025] 参见图1至图6所示，本发明的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置，通过调控可调节排量的驱动泵的间歇性运动，实现对仿生瓣膜处交变血流特性的等效模拟。通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件和便携式拉曼光谱组件，可在测试循环试验过程中对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测，动态观察凝血粘附情况，分

析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。通过水浴恒温的方法实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。通过真空泵排出装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。并且仿生人工瓣膜是基于仿生的思路设计加工制作而得的,表面具有微米级方柱形阵列结构特征,以实现表面减阻抗粘附。

[0026] 参见图1至图6所示,本发明的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置包括介质驱动循环单元、原位监测单元、瓣膜温度控制单元和辅助单元。所述的介质驱动循环单元包括电源模块1、驱动泵电动机2、驱动泵3、单向阀5,通过调控可调节排量的驱动泵的间歇性运动,实现对仿生瓣膜处血流特性的等效模拟。所述的原位监测单元包括测试组件12、原位监测显示器13、流量指示器6、输入端压力指示器11、输出端压力指示器14,所述输入端压力指示器11通过管接头与测试组件12连接,原位监测显示器13通过数据传输线与测试组件12连接,通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件和便携式拉曼光谱组件,对仿生人工瓣膜试件表面血液凝固行为进行实时原位监测,并分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。所述的瓣膜温度控制单元通过水浴恒温的方法实现对人体心脏内生理温度环境的模拟,包括温度控制器10、恒温水浴管7、加热器8、温度传感器9,所述加热器8和温度传感器9通过螺纹安装在恒温水浴管7上,温度控制器10通过数据传输线与加热器8和温度传感器9连接;通过恒温水浴管7对输入测试组件的血液模拟液进行恒温预热,温度传感器9将测得的温度信号输入温度控制器10,与设定温度进行比较,由温度控制器10将温度控制信号输出给加热器8,实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。所述的辅助单元包括工作状态切换阀15、真空泵16、真空泵电动机17、开关阀门18,所述工作状态切换阀15分别通过金属软管4与真空泵16、开关阀门18、驱动泵3柔性连接,真空泵电动机17与真空泵16刚性键连接,通过真空泵电动机17带动真空泵16运转,通过真空泵16排出测试装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。

[0027] 所述介质驱动循环单元通过单向阀5与原位监测单元的流量指示器6刚性管接头连接,瓣膜温度控制单元通过恒温水浴管7与原位监测单元的输入端压力指示器11和流量指示器6刚性管接头连接,原位监测单元通过输出端压力指示器14与辅助单元的工作状态切换阀15柔性软管连接,辅助单元通过工作状态切换阀15与介质驱动循环单元的驱动泵3柔性软管连接。驱动泵3和单向阀5、输出端压力指示器14和工作状态切换阀15、工作状态切换阀15和真空泵16、工作状态切换阀15和开关阀门18以及工作状态切换阀15和驱动泵3均由金属软管4柔性连接。驱动泵电动机2和驱动泵3之间以及真空泵电动机17和真空泵16之间均为刚性键连接。

[0028] 所述的测试组件12由连接螺栓1201、输入通道1202、密封圈一1203、试件安装架1204、密封圈二1205、输出通道1206、连接螺母1207、光学显微组件1208、便携式拉曼光谱组件1209和仿生人工瓣膜试件1210组成,通过连接螺栓1201和连接螺母1207将输入通道1202、试件安装架1204和输出通道1206连接在一起,通过密封圈一1203和密封圈二1205实现密封;通过在仿生瓣膜处集成光学显微组件1208和便携式拉曼光谱组件1209,对仿生人工瓣膜试件1210表面血液凝固行为进行实时原位监测,并分析瓣膜表面凝血物质的粘附成分。

[0029] 通过电源模块1为驱动泵电动机2输出周期电源信号,带动驱动泵3间歇性运转,提供脉动的血液模拟液,调节驱动泵电动机2的输出功率和信号以及驱动泵3的排量,可以改

变血液模拟液的流量以及测试组件12的输入端压力和输出端压力,通过流量指示器6获得血液模拟液的流量,通过输入端压力指示器11和输出端压力指示器14获得测试组件12的输入端压力和输出端压力,实现对人体心脏交变循环血流特性的模拟。通过恒温水浴管7对输入测试组件的血液模拟液进行恒温预热,温度传感器9安装在恒温水浴管7上,将测得的温度信号输入温度控制器10,与设定温度进行比较,由温度控制器10将温度控制信号输出给加热器8,实现对人体心脏内生理温度环境的模拟。通过真空泵电动机17带动真空泵16运转,在测试循环试验开始前抽取并排出测试循环装置内的空气,减少空气对测试过程的干扰。

[0030] 通过光学显微组件1208实时获取仿生人工瓣膜试件1210表面的动态粘附图像,通过便携式拉曼光谱组件1209对仿生人工瓣膜试件1210表面的粘附成分进行动态分析,实现在测试循环过程中对仿生人工瓣膜试件1210的原位监测。两套光学显微组件1208和便携式拉曼光谱组件1209对称集成于测试组件12中输入通道1202上对应试件安装架1204两个瓣叶的位置,光学显微组件1208的可见光路与便携式拉曼光谱组件1209的拉曼光路的焦点位于瓣膜表面的同一微区,点实现可见光与拉曼光的同步-同位共焦观测,同时获取的动态粘附图像和表面粘附成分分析数据输出至原位监测显示器13。

[0031] 仿生人工瓣膜试件1210是基于仿生的思路设计加工制作而得的,基体A采用钛合金材料,微米级方柱形阵列结构B表面具有热解炭涂层C,以实现表面减阻抗粘附。仿生人工瓣膜试件1210通过胶接方式安装在试件安装架1204的两个一次性瓣叶上,可同时对不同的试件进行对比试验。

[0032] 参见图1至图6所示,本发明的基于原位监测的仿生人工瓣膜抗凝性能测试装置,通过工作状态切换阀15控制整个循环测试装置的工作状态,工作状态切换阀15的常态位置为关闭状态,将工作状态切换阀15由关闭状态切换至循环状态,装置内的血液模拟液在驱动泵3的驱动下循环流动,用于循环试验过程,将工作状态切换阀15由关闭状态切换至排出状态,空气或血液模拟液在驱动泵3和真空泵16的作用下排出装置,用于循环试验开始前排出装置内的空气并将血液模拟液由开关阀门18输入装置或在循环试验结束后排出装置内的血液模拟液。在循环试验结束后拆下一次性瓣叶,实现对完成试验的仿生人工瓣膜试件的保存,可通过其他显微设备进一步对仿生人工瓣膜试件表面进行粘附量的表征,精确评价其抗凝性能。

[0033] 以上所述仅为本发明的优选实例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡对本发明所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

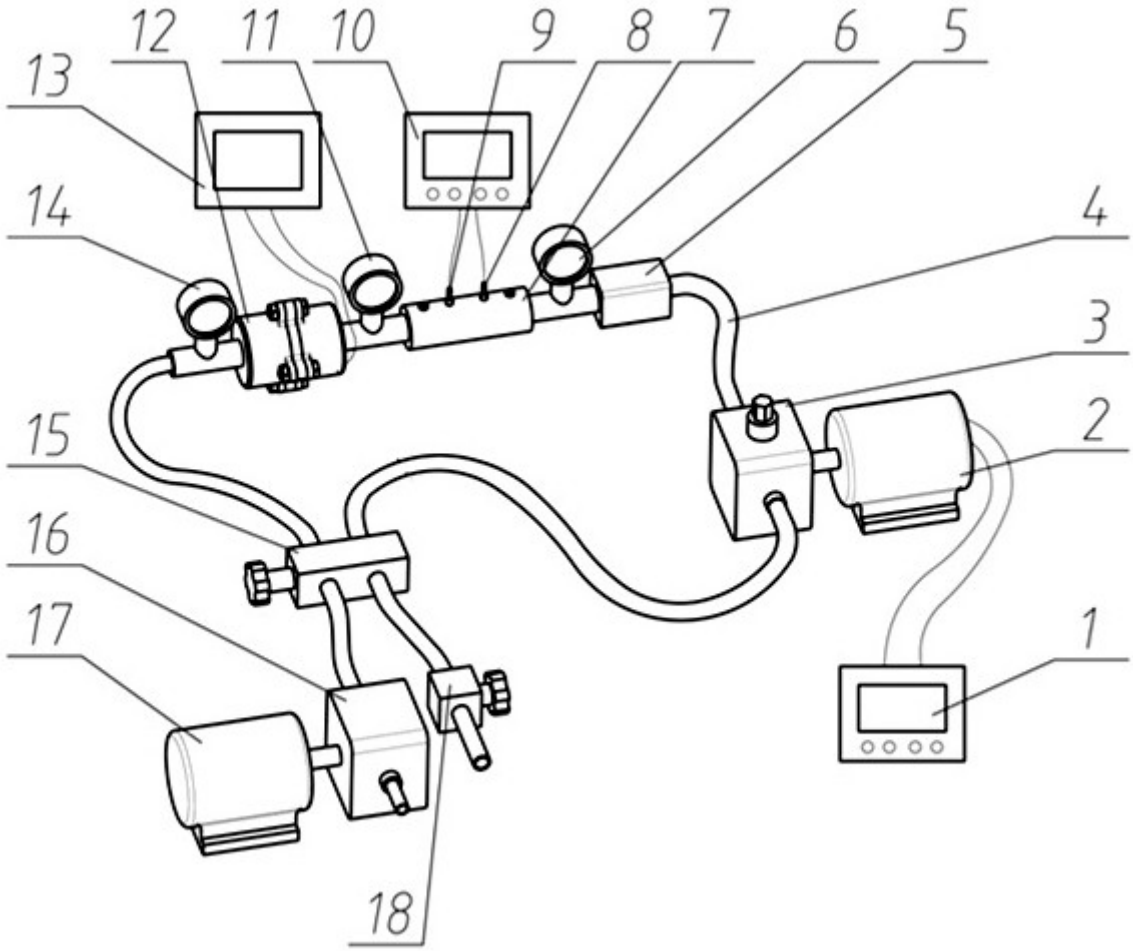


图1

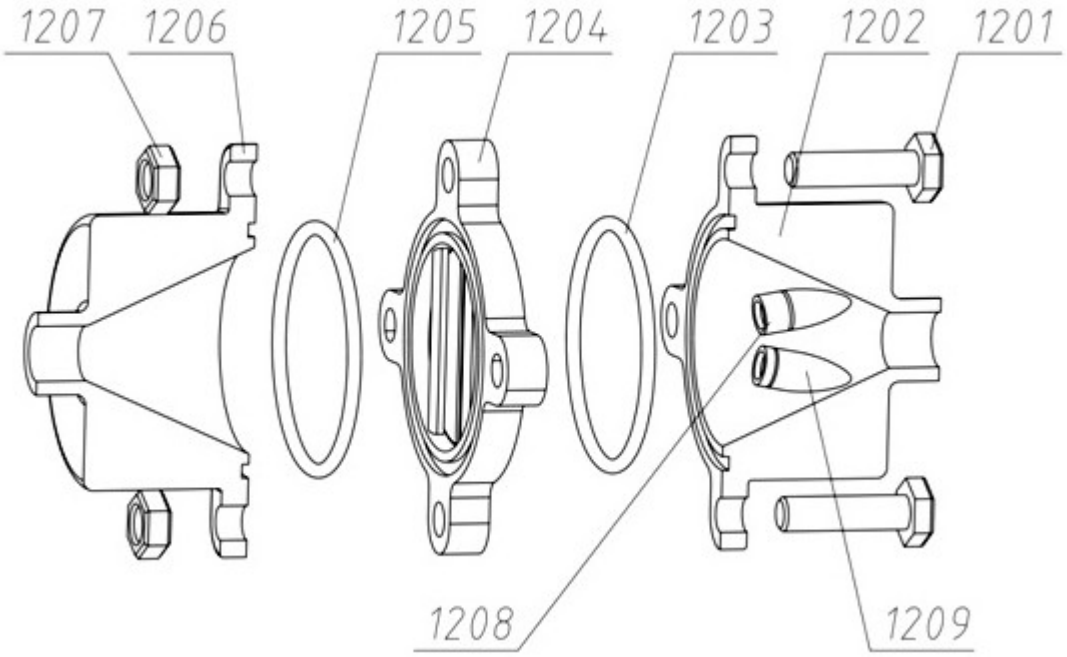


图2

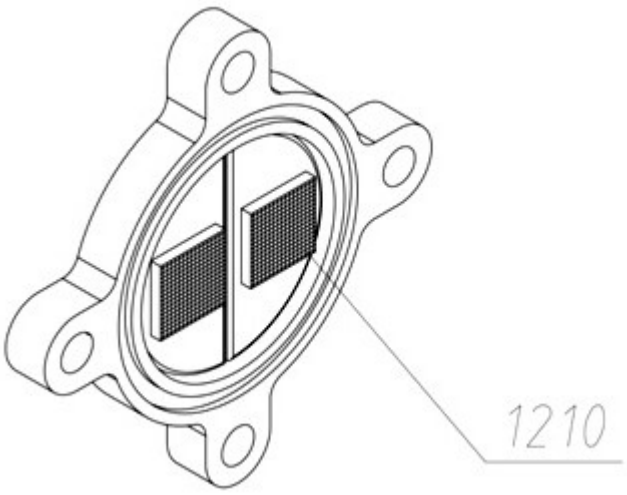


图3

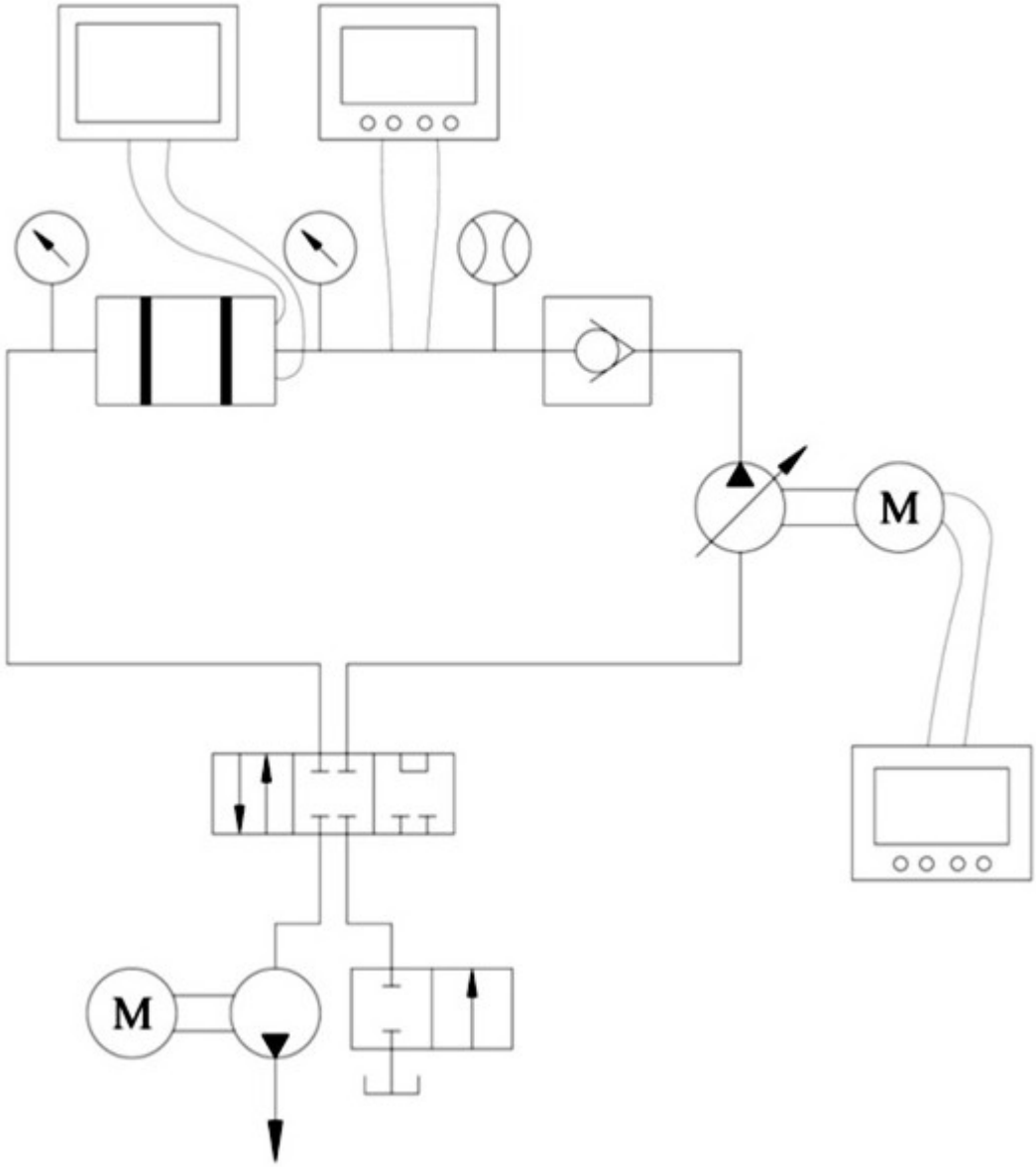


图4

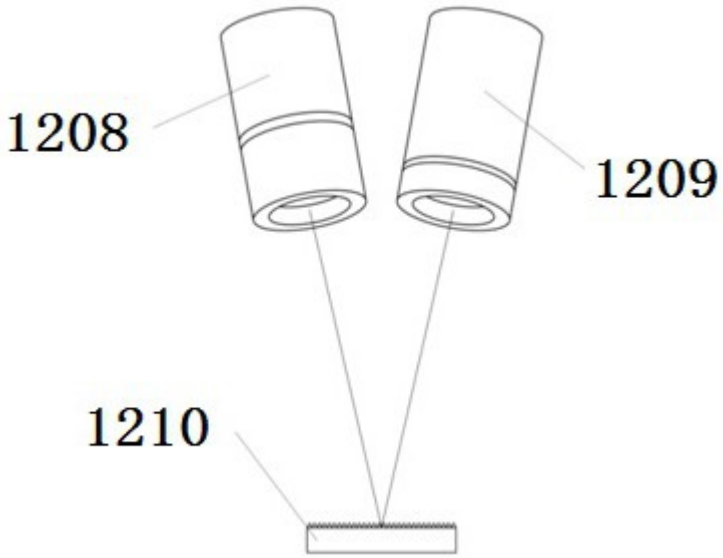


图5

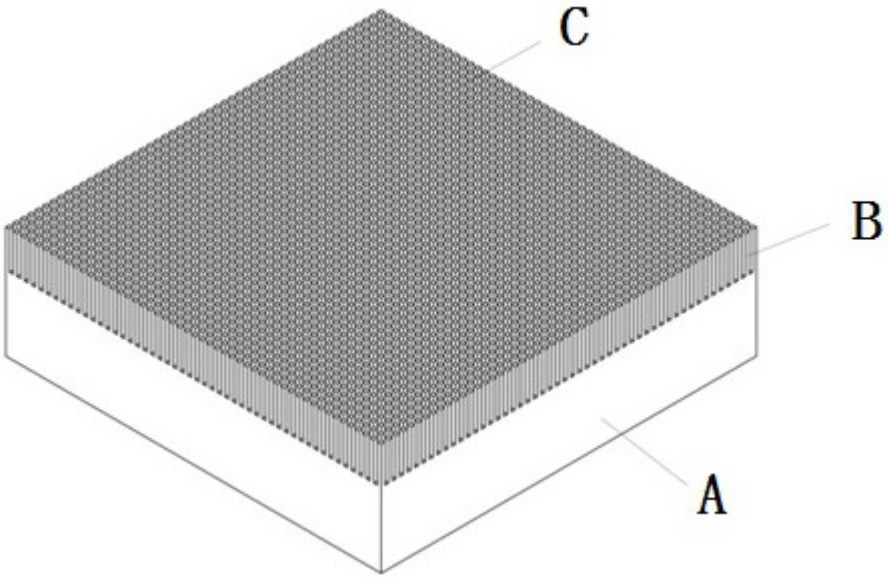


图6