(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206847904 U
(45)授权公告日 2018.01.05

(21)申请号 201720582844.0

(22)申请日 2017.05.24

(73)专利权人 浙江理工大学
地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区白杨街道2号大街928号

(72)发明人 朱祖超 张少峰 李晓俊 李昳

(74)专利代理机构 杭州九洲专利事务所有限公司 33101
代理人 王洪新 王之怀

(51)Int.Cl.
G01M 10/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

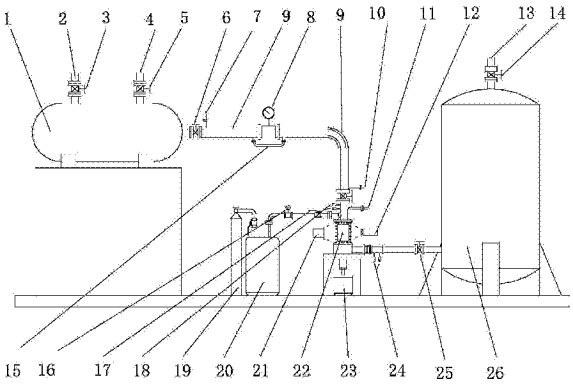
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)实用新型名称

一种高速诱导轮低温空化实验装置

(57)摘要

本实用新型涉及低温空化实验装置。目的是提供一种高速诱导轮低温空化实验装置，该装置应能确保实验顺利进行，实验过程安全可靠易于操作，且结构简单。技术方案是：一种高速诱导轮低温空化实验装置，包括卧式供液罐、带有二号真空泵接口的诱导轮测试段以及通过单层管道连通诱导轮测试段输出口的立式集液罐，二号真空泵接口用于连通二号真空泵；其特征在于所述卧式供液罐通过带有阀门的双层管道与诱导轮测试段连通，双层管道与诱导轮测试段之间还通过配有入口压力和温度传感器的接头连通着配有稳压罐的高压气瓶；所述卧式供液罐上还分别安装着带有阀门的一号真空泵接口和压缩机接口；前述的各个部件及各管道的外表面均包覆着聚氨酯泡沫材料。



CN 206847904 U

1.一种高速诱导轮低温空化实验装置,包括卧式供液罐(1)、带有二号真空泵接口(11)的诱导轮测试段(22)以及通过单层管道连通诱导轮测试段输出口的立式集液罐(26),二号真空泵接口用于连通二号真空泵;

其特征在于所述卧式供液罐通过带有阀门的双层管道(9)与诱导轮测试段连通,双层管道与诱导轮测试段之间还通过配有入口压力和温度传感器(18)的接头连通着配有稳压罐(20)的高压气瓶(19);所述卧式供液罐上还分别安装着带有阀门的一号真空泵接口(2)和压缩机接口(4);前述的各个部件及各管道的外表面均包覆着聚氨酯泡沫材料。

2.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:所述诱导轮测试段包括低温电机(23)带动的诱导轮(30)和安装在诱导轮测试段的石英玻璃管(29)下面的导流体(31);诱导轮测试段外部的透明真空视窗(28)采用有机玻璃材质的方腔型结构,且透明真空视窗(28)与石英玻璃管(29)之间抽真空。

3.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:所述双层管道的外层管道两端分别安装有等温气体入口(7)和等温气体出口(10),双层管道的内层管道之间连接有低温涡街流量计(8)。

4.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:双层管道的外层管道安装有等温气体连通管(15),以绕过低温涡街流量计并保持连通。

5.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:所述高压气瓶通过带有通气喷嘴的管路连通稳压罐以单向且以一定速率向主循环回路注入等温气体,所述通气喷嘴是直管通气喷嘴或螺旋通气喷嘴。

6.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:诱导轮测试段与立式集液罐之间的单层管道上安装有出口温度和压力传感器(24)。

7.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:所述诱导轮测试段配有观察研究用的冷光灯(21)以及高速相机(12)。

8.根据权利要求1所述的高速诱导轮低温空化实验装置,其特征在于:诱导轮测试段的动密封采用金属波纹管密封,静密封采用金属缠绕垫密封。

一种高速诱导轮低温空化实验装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及低温空化实验装置，尤其涉及一种高速诱导轮低温空化实验装置。属于低温工程、流体机械工程领域和航空工程领域。

背景技术

[0002] 随着石化工业和航天技术的不断发展，离心泵也逐步向高速和大功率密度方向发展，而且随着离心泵输送介质的多样化，离心泵在输送易汽化介质和气体低温液化输送等应用领域的不断拓展，使得离心泵内复杂湍流场对进口条件异常敏感，特别是空化导致液体火箭发动机离心泵故障越来越突出的背景下，进口截面上即使相对强度较弱的扰动，也可能与泵内空化流场作用，进而影响泵的稳定运行，这些都对离心泵的空化性能、工作稳定性等提出了更高的要求。

[0003] 为了保证离心泵具有优越的空化性能，在离心泵叶轮前加载高抗空化性能的诱导轮是保证离心泵稳定运行的最有效方法。由于低温液体的表面张力比常温水小很多，诱导轮在输送低温液体的过程中，如果管路泄热将促使低温介质相变析出气泡，导致低温液体的运动行为和常温汽液两相流动有较大差别。此外，低温流体较低的粘性也会直接影响气泡尾迹区域的流场结构，进而影响汽液两相流动流型的转变边界，这些都会对输送低温介质的诱导轮空化性能产生影响。开展针对性的诱导轮低温空化实验，并在此基础上提出改进措施具有显著的现实意义。然而，在实际的操作的过程中开展低温液体含气条件下的空化实验难度较大：一方面因为在进行诱导轮高速运转实验时，直接通过壁面加热或辐射传热等方法研究输送管路泄热导致的低温液体相变时，如果操作不慎，可能造成管内低温流体瞬间沸腾，具有较难的技术问题；另一方面，如果保温措施实施不当或者发生低温液体泄漏，就会造成人员伤害。

实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的是克服上述背景技术的不足，提供一种高速诱导轮低温空化实验装置，该装置应能确保实验能够顺利进行，实验过程安全可靠，易于操作，并且具有结构简单的特点。

[0005] 本实用新型通过以下技术方案实现。

[0006] 一种高速诱导轮低温空化实验装置，包括卧式供液罐、带有二号真空泵接口的诱导轮测试段以及通过单层管道连通诱导轮测试段输出口的立式集液罐，二号真空泵接口用于连通二号真空泵；

[0007] 其特征在于所述卧式供液罐通过带有阀门的双层管道与诱导轮测试段连通，双层管道与诱导轮测试段之间还通过配有入口压力和温度传感器的接头连通着配有稳压罐的高压气瓶；所述卧式供液罐上还分别安装着带有阀门的一号真空泵接口和压缩机接口；前述的各个部件及各管道的外表面均包覆着聚氨酯泡沫材料。

[0008] 所述诱导轮测试段包括低温电机带动的诱导轮和安装在诱导轮测试段的石英玻

璃管下面的导流体;诱导轮测试段外部的透明真空视窗采用有机玻璃材质的方腔型结构,且透明真空视窗与石英玻璃管之间抽真空。

[0009] 所述双层管道的外层管道两端分别安装有等温气体入口和等温气体出口,双层管道的内层管道之间连接有低温涡街流量计。

[0010] 双层管道的外层管道安装有等温气体连通管,以绕过低温涡街流量计并保持连通。

[0011] 所述高压气瓶通过带有通气喷嘴的管路连通稳压罐以单向且以一定速率向主循环回路注入等温气体,所述通气喷嘴是直管通气喷嘴或螺旋通气喷嘴。

[0012] 诱导轮测试段与立式集液罐之间的单层管道上安装有出口温度和压力传感器。

[0013] 所述诱导轮测试段配有观察研究用的冷光灯以及高速相机。

[0014] 诱导轮测试段的动密封采用金属波纹管密封,静密封采用金属缠绕垫密封。

[0015] 卧式供液罐主要用于存储和提供低温液体(液氮),罐体的表面包裹有聚氨酯泡沫材料进行绝热,罐子上端的一号真空泵接口是为了降低低温液体的压强,使液体在诱导轮处较容易发生空化现象;压缩机接口是为了提高低温液体的压强,使液体在诱导轮处不易发生空化现象,这样方便比较诱导轮处发生空化和没有发生空化时流场流动的差异。双层管道中的低温涡街流量计用来实时测量实验过程中流量的变化情况,从而可以准确有效的控制管道系统中低温流体的流动速度。双层管道的内层管道中流动的是低温液体,外层管道中流动的是和低温液体等温的气体(氮气),双层管道的起始端和终止端分别安装有等温气体入口和等温气体出口,且低温涡街流量计两端的外层管道之间通过等温气体连通管连接,这样确保双层管道的外层管道中流动的等温气体能够顺利的从等温气体入口处流到等温气体出口处;双层管道的表面同样包裹有聚氨酯泡沫材料进行绝热,这样整个管道系统在等温气体和聚氨酯泡沫材料的双重保温作用下,大大降低了管道内低温液体泄热的现象,从而确保后面的实验能够顺利展开。入口温度和压力传感器用来测量低温流体在实验之前的温度和压力值,出口温度和压力传感器用来测量低温流体在实验过后的温度和压力值,这样通过比较实验前后传感器的温度和压力值的差异来确定低温流体通过诱导轮后温度和压力的变化情况。实验过程中二号真空泵接口不断地将石英玻璃管和透明真空窗之间部分抽真空以避免真空视窗与空气接触的一面结霜。在进行诱导轮高速运转实验时通过采用高压气瓶向管路通入气体(氮气)替代管路加热的方法来研究管道因为泄热而在壁面处析出的气泡,稳压罐的作用是确保高压气体均匀平缓地进入到低温液体中;其中高压气瓶中的高压气体通过通气喷嘴射入低温流体,本实用新型提供两种通气喷嘴(常规结构)),一种是直管通气喷嘴,另一种是螺旋管通气喷嘴。

[0016] 导流体的外形为弧形圆锥面是为了尽量与离心泵叶轮的前盖外形一致。固定安装在轴上的诱导轮一方面驱动石英玻璃管中的低温流体快速旋转而发生空化现象,另一方面起到泵送的作用,驱动整个管道系统中流体运动。低温驱动电机通过联轴器带动诱导轮旋转。为保证低温密封可靠性,动密封采用金属波纹管密封,以及静密封采用金属缠绕垫密封而不是采用传统的橡胶密封,主要是考虑到橡胶密封低温易脆需要每次更换的缺点,金属密封不但提高了实验装置的安全性,减少了维修费用及频繁的维修保养,还提供了清洁安全的实验环境。考虑实验运行时间都比较短,为了简化结构,低温轴承采用油脂润滑。

[0017] 本实用新型的有益效果是:

[0018] 本实用新型所提供的高速诱导轮低温空化实验装置，不同于传统的低温空化实验装置，采用双层管道和包裹聚氨酯泡沫材料双重保温措施，大大降低了管道内低温液体泄热的现象，从而确保后面的实验能够顺利展开。本实验装置不需要专门的低温泵来驱动低温液体的流动，在实验进行的过程中，诱导轮的快速旋转能够驱动液体流动；另外，卧式供液罐和立式集液罐之间的压力差也能促进液体的流动。研究输送管路泄热导致的低温液体相变时，采用高压气瓶向管路中通入气体来代替管路加热的方法，从而使得实验过程变得安全可靠，易于操作（传统的诱导轮高速运转实验，直接通过壁面加热或辐射传热等方法，若操作不慎，可能造成管内低温流体瞬间沸腾，具有较大的技术难度和危险性）。

附图说明

[0019] 图1为诱导轮低温空化实验装置结构示意图。

[0020] 图2为诱导轮测试段三维结构示意图。

[0021] 图3为诱导轮测试段二维结构示意图。

[0022] 图4双层管道水平段二维结构示意图。

[0023] 图5直管通气喷嘴三维结构示意图。

[0024] 图6螺旋管通气喷嘴三维结构示意图。

[0025] 图中标号如下：

[0026] 1、卧式供液罐；2、一号真空泵接口；3、一号真空泵接口阀门；4、压缩机接口；5、压缩机接口阀门；6、卧式供液罐出口阀门；7、等温气体入口；8、低温涡街流量计；9、双层管道；10、等温气体出口；11、二号真空泵接口；12、高速相机；13、三号真空泵接口；14、三号真空泵接口阀门；15、等温气体连通管；16、涡轮流量计；17、稳压罐阀门；18、入口压力和温度传感器；19、高压气瓶；20、稳压罐；21、冷光灯；22、诱导轮测试段；23、低温驱动电机；24、出口温度和压力传感器；25、立式集液罐阀门；26、立式集液罐；27、直管通气喷嘴；28、透明真空视窗；29、石英玻璃管；30、诱导轮；31、导流体；32、机械密封转子；33、机械密封定子；34、机械密封波纹管；35、低温轴承。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图与实施例对本实用新型作进一步说明。

[0028] 图1所示的诱导轮低温空化实验装置中，存储有低温液体的卧式供液罐1的外面包裹有聚氨酯泡沫材料进行绝热处理；所述卧式供液罐的上端安装有调节罐内低温液体静压的一号真空泵接口2和压缩机接口4；本装置中从卧式供液罐到诱导轮测试段22之间的管道采用双层管道9连接，而从诱导轮测试段到立式集液罐26之间的管道采用单层管道连接；所述卧式供液罐与双层管道之间连接有卧式供液罐出口阀门6；所述双层管道的起始端安装有等温气体入口7，终止端安装有等温气体出口10；所述双层管道的水平段之间安装有低温涡街流量计8用来实时测量实验过程中流量的变化情况，从而可以准确有效的控制管道系统中低温流体的流动速度；所述低温涡街流量计两端的双层管道中的管道外层通过等温气体连通管15连接，这样确保与低温流体等温的气体在双层管道的外层管道中顺利地从等温气体入口流到等温气体出口；诱导轮测试段22上端的接头（通常是三通）安装有入口温度和压力传感器18；所述诱导轮测试段连接有向低温液体中通入永久气体（氮气）的高压气瓶

19;所述高压气瓶与诱导轮测试段之间连接有确保永久气体平稳流入低温液体中的稳压罐20;所述稳压罐与诱导轮测试段之间连接有稳压罐阀门17和涡轮流量计16;所述涡轮流量计用于实时监测高压气瓶中的永久气体通过直管通气喷嘴27射入到低温液体中的速率;所述直管通气喷嘴也可以用螺旋管通气喷嘴36代替;所述诱导轮测试段的出口法兰处安装有波纹管,该波纹管的右端安装有出口温度和压力传感器24;立式集液罐26的低温流体入口端安装有立式集液罐阀门25;所述立式集液罐的顶端安装有三号真空泵接口13;所述立式集液罐和整个管道系统的的外面同样包裹有聚氨酯泡沫材料进行绝热处理。

[0029] 如图2和图3所示,诱导轮测试段的透明真空视窗28与石英玻璃管29之间通过三号真空泵接口(连通着真空泵)抽真空,以此防止透明真空视窗(28)与空气接触的部分结霜;所述石英玻璃管与诱导轮30的叶顶之间有一定的间隙;导流体31的外形为弧形圆锥面是为了尽量与离心泵叶轮的前盖外形一致;所述导流体的下方安装有与轴固定连接的机械密封转子32;所述机械密封转子与机械密封定子33紧密接触,两者之间形成动密封的关系;所述机械密封定子与机械密封波纹管34固定连接;考虑实验运行时间都比较短,为了简化结构,低温轴承35采用油脂润滑;低温驱动电机23与轴之间采用联轴器连接;诱导轮的叶片为等厚度等螺距。显然,所述诱导轮测试段为现有技术。

[0030] 具体工作过程如下:

[0031] 实验开始之前,关闭压缩机接口阀门5和稳压罐阀门17,打开其余阀门,二号真空泵接口11开始抽真空,与此同时,等温气体入口7不断通入等温气体冷却双层管道9,一号真空泵接口2不断通入等温气体对装置清扫和充分预冷;待装置温度稳定后,一号真空泵接口和三号真空泵接口13开始对整个实验装置抽真空,直到整个装置内的压强降低到一定程度时关闭卧式供液罐出口阀门6,打开压缩机接口阀门5开始往卧式供液罐1内注入低温液体;待低温液体添加到实验所需要的量时,关闭压缩机接口阀门;根据实验要求,当一号真空泵接口和三号真空泵接口在抽真空的过程中,卧式供液罐1内的压强略高于立式集液罐26时,打开卧式供液罐出口阀门;待整个管道系统内充满低温液体时,启动低温驱动电机23;与此同时,打开稳压罐阀门17往低温液体中通入永久气体,并在观察涡轮流量计16的同时,通过调节稳压罐阀门控制永久气体射入低温流体的速率。

[0032] 实验开始后,通过高速相机12拍摄诱导轮流场变化情况,温度和压力传感器获取流场中温度和压力的值;若要进行无空化实验,则关闭一号真空泵接口阀门3,打开压缩机接口阀门5往卧式供液罐1内加压,使卧式供液罐内的静压高于低温液体的饱和蒸气压。

[0033] 实验结束后,关闭稳压罐阀门17,与此同时,关闭卧式供液罐出口阀门6和低温驱动电机23并清理整个装置中低温液体。

[0034] 本实用新型可在诱导轮低温空化试验中,对不同温度和压力的低温液体在发生空化、不发生空化、通气与不通气流动时,进行流场信息的显示与采集。低温流体在管路输送过程中,通常管路壁面附近析出离散小气泡,随主流流动的过程中,小气泡的相互碰撞和凝并可能导致诱导轮进口流态发生变化,本实用新型可用于此类现象的研究。

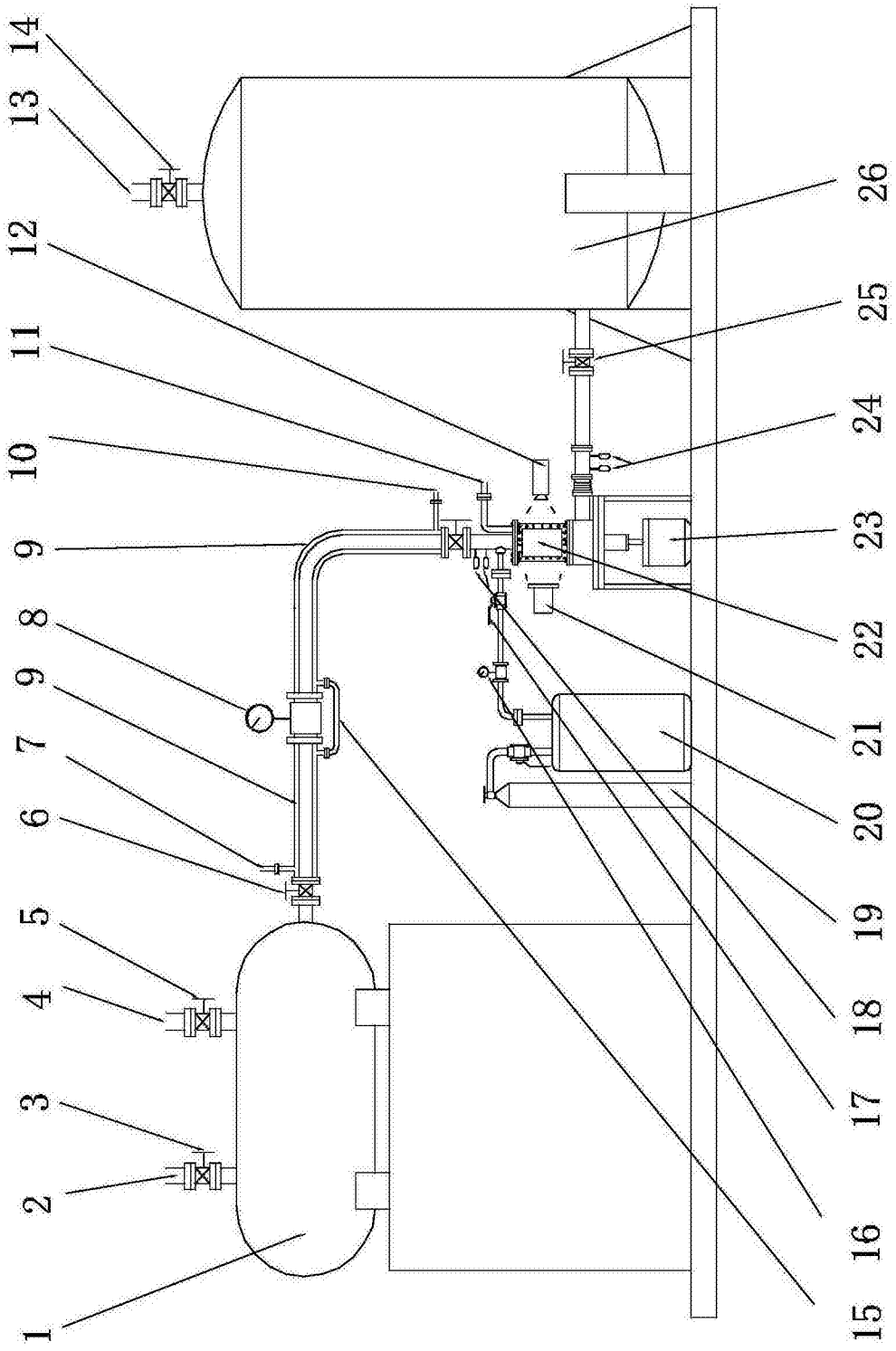


图1

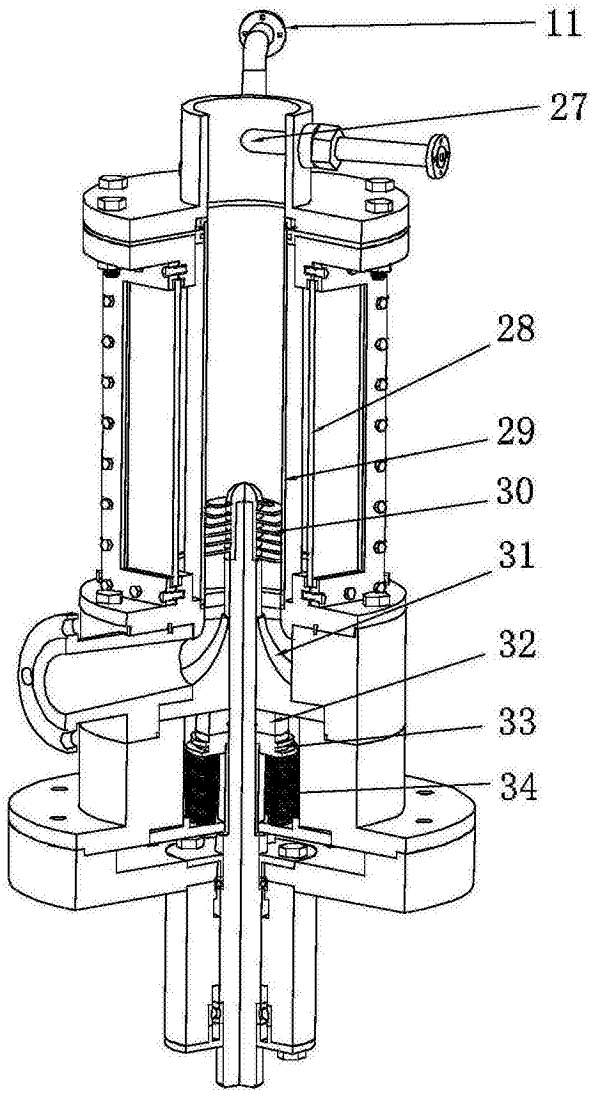


图2

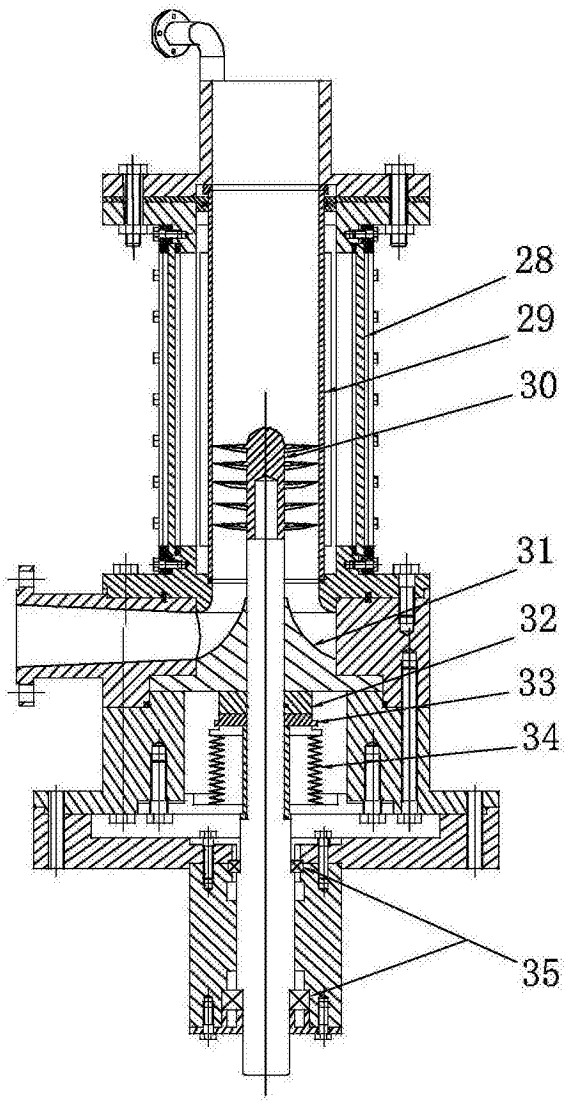


图3

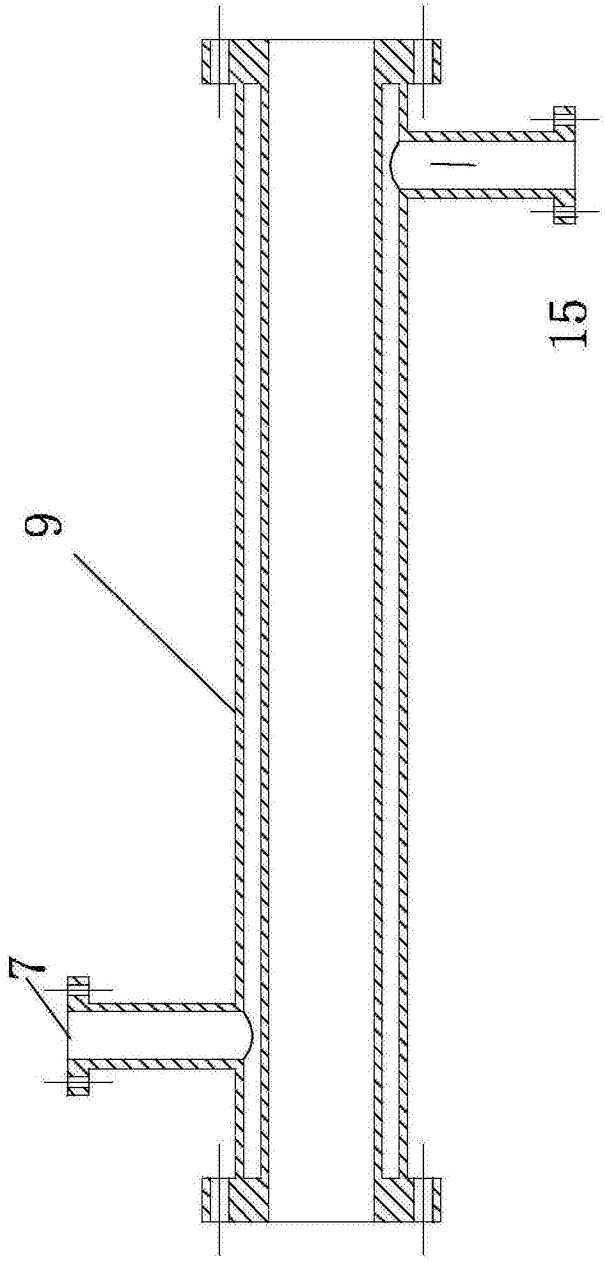


图4

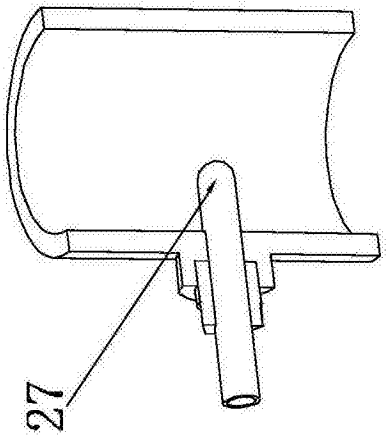


图5

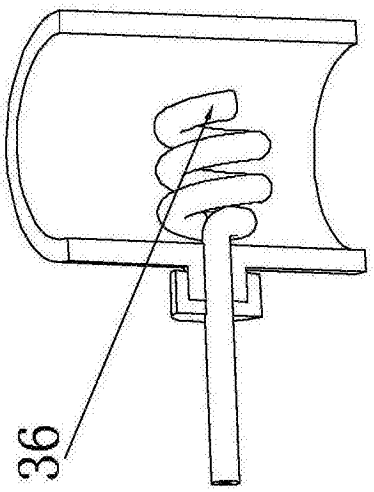


图6