



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106959182 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(21)申请号 201710381802.5

(22)申请日 2017.05.26

(71)申请人 河北工业大学

地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8  
号河北工业大学东院330#

(72)发明人 刘晓日 米雪 魏石峰 黎明  
郑清平 王恩宇 孔祥飞 成东康

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务  
所(普通合伙) 12210

代理人 付长杰 赵凤英

(51)Int. Cl.

G01L 5/00(2006.01)

G01M 15/02(2006.01)

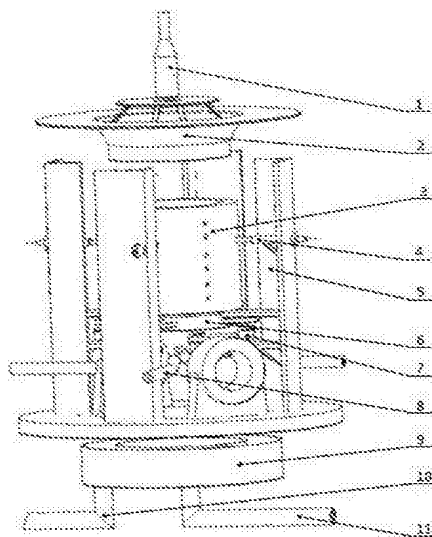
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

### (54)发明名称

带有热管理的活塞摩擦力测试装置及方法

### (57)摘要

本发明涉及带有热管理的活塞摩擦力测试装置及方法,其特征在于该装置包括活塞顶部传热测控子装置、活塞底部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置、支承钢架和缸套-活塞间测摩擦机构;所述活塞顶部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置和活塞底部传热测控子装置由上至下依次固定在支承钢架上,缸套-活塞间测摩擦机构安装在支承钢架的内部;所述活塞顶部传热测控子装置包括喷火嘴支承和喷火嘴,所述喷火嘴支承安装在活塞上部,为圆盘形,中间部位开一个圆孔,所述喷火嘴穿过该圆孔,并固定在喷火嘴支承上。该装置能满足研究传热对摩擦影响的需求,在测量缸套-活塞间摩擦力的同时,能对活塞顶部、裙部的温度场进行精确控制。



1. 一种带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于该装置包括活塞顶部传热测控子装置、活塞底部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置、支承钢架和缸套-活塞间测摩擦机构;所述活塞顶部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置和活塞底部传热测控子装置由上至下依次固定在支承钢架上,缸套-活塞间测摩擦机构安装在支承钢架的内部;

所述活塞顶部传热测控子装置包括喷火嘴支承和喷火嘴,所述喷火嘴支承安装在活塞上部,为圆盘形,中间部位开一个圆孔,所述喷火嘴穿过该圆孔,并固定在喷火嘴支承上,喷火嘴的喷火口朝向活塞顶部;在活塞上表面涂有传热涂层;

所述缸套水腔侧传热测控子装置包括温控水箱、水泵、冷却液电磁阀、温控套筒、电加热器、水温传感器、单片机和上位机;所述温控套筒套在缸套上,温控套筒内加工有 $n$ 个环槽, $n \geq 2$ ,缸套与环槽之间的间隙形成冷却液回路,每个环槽都由两个子环槽组成,位于下部的子环槽是进水子环槽,位于上部的子环槽是出水子环槽;在温控套筒的外壁上沿圆周方向均匀分布有四列管道接口,每列上有 $2n$ 个管道接口,分成 $n$ 组,相邻两个管道接口为一组,分别为进水管道接口和出水管道接口;进水子环槽通过进水管道接口与注水管连接,在进水管道接口处均安装有水温传感器,出水子环槽通过出水管道接口与出水管连接,每个出水管经散热器连接温控水箱的进水口;每个注水管上均通过相应的支路管路与温控水箱的出水干路连接,每个支路管路上均安装有冷却液电磁阀,温控水箱的出水干路上安装水泵;温控水箱内安装有电加热器;所述单片机与每个冷却液电磁阀、水温传感器和电加热器连接,同时单片机还与上位机连接;所述温控水箱上还设有冷却液回液口;

所述缸套-活塞间测摩擦机构包括传力夹环和拉压传感器,缸套的下部插入传力夹环内,并夹紧,在传力夹环的外壁上沿圆周方向分布有四个传力臂,每个传力臂通过螺栓连接一个拉压传感器;

所述活塞底部传热测控子装置包括温控机油箱、机油泵、机油电磁阀和喷油嘴,喷油嘴的喷油口朝向活塞底部;

所述支承钢架底部为环形支座,环形支座上固定安装有四个支撑平台,四个支撑平台的上端支撑喷火嘴支承,同时与温控套筒通过调节顶针连接;每个拉压传感器均固定在相应的支撑平台上。

2. 根据权利要求1所述的带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于两个子环槽之间的凸台部分处与缸套的配合间隙为 $1-1.5\text{mm}$ ,同时两个环槽之间的凸台处与缸套的配合间隙不大于 $0.1\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于所述单片机的控温过程是:单片机和上位机用CAN总线连接,上位机向单片机发送缸套目标温度,单片机向上位机发送温控套筒的实时温度;单片机依次接收 $n$ 个水温传感器的温度信号,并将 $n$ 个水温传感器的温度值与单片机内的缸套目标温度值分别进行比较,当某个水温传感器的温度值大于缸套目标温度值时,开启该水温传感器所对应的管路上的冷却液电磁阀,相反则关闭该管路上的冷却液电磁阀,如此反复,实时控制缸套的温度;当 $n$ 个水温传感器的温度始终低于缸套目标温度时,手动关闭散热器的开关,如果温度仍然达不到缸套目标温度,开启电加热器主动加热冷却液,对冷却液进行预热。

4. 根据权利要求1所述的带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于在支承钢架

的下部安装有集液器,所述集液器分内外两层,内层集机油,外层集泄漏的冷却液;且集液器内外层底部分别开孔,内层接有机油回液管;外层接冷却液回液管,将冷却液经冷却液回液口送回温控水箱。

5.根据权利要求1所述的带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于在两个环槽之间的温控套筒上还有设有滚珠槽,滚珠槽内安放滚珠。

6.一种带有热管理的活塞摩擦力测试方法,该方法使用权利要求1-5任一所述的装置,步骤是:在进行实验时,首先将待测缸套-活塞曲柄连杆机构安装在支承钢架上,曲柄轴与驱动电机的轴用弹性联轴器相连;缸套和活塞之间用活塞底部的喷油嘴来喷油冷却润滑,多余的机油滴到集液器里收集起来供再循环使用;待检查所有零件连接牢固安装无误、冷却液充满温控套筒后,启动驱动电机,由曲柄连杆机构带动活塞在缸套内做往复运动;

待转速稳定后,开启喷火嘴加热活塞顶部,将活塞顶部温度稳定在活塞顶部目标温度的1.05-1.3倍,此时开启水泵,使冷却液在温控套筒内循环流动;

根据实验需求不同,通过改变活塞顶部传热涂层的分布状态,从而控制顶部温度分布,活塞顶部的温度测量及采集采用手持式红外测温仪;缸套则通过上位机改变设定的缸套目标温度,由上位机控制缸套温度场纵向分布,单片机采集水温传感器的温度,并传输给上位机,由上位机显示当前的温度;活塞裙部通过无线传输方式获得活塞裙部温度,并通过控制机油泵和温控油箱来控制活塞底部温度分布;

待各个温度均稳定后,通过拉压传感器测得的数据经计算处理后即可得到活塞与缸套间的摩擦力值。

## 带有热管理的活塞摩擦力测试装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及发动机传热、机械摩擦测量技术领域,具体涉及带有热管理的活塞摩擦力测试装置及方法。

### 背景技术

[0002] 活塞-缸套摩擦润滑的空间尺度达到微米和纳米级别,而缸套和活塞热变形的尺度也在微米级别;温度对润滑油的粘度和密度等特性有显著影响;而且,活塞和缸套的温度影响到摩擦热在活塞和缸套之间的传热分配情况,随着内燃机功率密度的提升,热负荷愈来愈严重,传热对活塞-缸套系统的摩擦功耗的影响更加显著。张启(张启,毛军红,谢友柏.IMEP法测量内燃机活塞组摩擦力的分析计算方法[J].内燃机学报,2007,25(6):560-564.)平均指示压力(IMEP)法测量内燃机活塞的摩擦力。宁李谱(宁李谱,孟祥慧,谢友柏.基于无线传输的内燃机活塞组-缸套摩擦力测量方法[J].上海交通大学学报,2014,48(9):1297-1302.)在平均指示压力法的基础上,利用无线传输测试了连杆应力信号。Yeow-Chong Tan(Yeow-Chong Tan,Zaidi Mohd Ripin.Technique to determine instantaneous piston skirt friction during piston slap[J].Tribology International,2014,74:145-153.)将单缸机采用卧放的方式安装在测力器上,用电动机倒拖活塞,测试机体受到的摩擦力。Dallwoo Kim(Dallwoo Kim,Akemi Ito,Yasuhiro Ishikawa,et al.Friction Characteristics of Steel Pistons for Diesel Engines[J].Journal of Materials Research and Technology,2012,1(2):96-102.)使用浮动气缸法测试单缸机活塞摩擦力。但他们的研究均没有考虑传热的影响,不考虑活塞裙部和缸套的热变形时,活塞裙部周期平均摩擦功率为0.42KW,活塞裙部和缸套的热变形使平均摩擦功率增大0.21KW(刘晓日.基于流固耦合传热的内燃机润滑摩擦特性研究[D].山东:山东大学,2015.),因此研究传热对摩擦功耗的影响显得尤为必要。

### 发明内容

[0003] 针对现有技术的不足,本发明所要解决的技术问题是,提供一种带有热管理的活塞摩擦力测试装置及方法。该装置在浮动缸套测摩擦实验装置的基础上进行改进,去掉传统的浮动缸套测摩擦实验装置中安装在测试台架上的机体结构,只保留了缸套活塞曲轴连杆部分,应用喷火嘴配合涂在活塞上表面的传热涂层来精确控制活塞顶部的温度分布,应用活塞底部传热测控子装置对活塞裙部的温度进行精确控制,应用缸套水腔侧传热测控子装置对缸套纵向温度分布进行控制;并使用台架将缸套固定,通过拉压传感器测量缸套与活塞之间的摩擦力;该装置能满足研究传热对摩擦影响的需求,在测量缸套-活塞间摩擦力的同时,能对活塞顶部、裙部的温度场进行精确控制。

[0004] 本发明解决所述技术问题采用的技术方案是:

[0005] 一种带有热管理的活塞摩擦力测试装置,其特征在于该装置包括活塞顶部传热测控子装置、活塞底部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置、支承钢架和缸套-活塞

间测摩擦机构；所述活塞顶部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置和活塞底部传热测控子装置由上至下依次固定在支承钢架上，缸套-活塞间测摩擦机构安装在支承钢架的内部；

[0006] 所述活塞顶部传热测控子装置包括喷火嘴支承和喷火嘴，所述喷火嘴支承安装在活塞上部，为圆盘形，中间部位开一个圆孔，所述喷火嘴穿过该圆孔，并固定在喷火嘴支承上，喷火嘴的喷火口朝向活塞顶部；在活塞上表面涂有传热涂层；

[0007] 所述缸套水腔侧传热测控子装置包括温控水箱、水泵、冷却液电磁阀、温控套筒、电加热器、水温传感器、单片机和上位机；所述温控套筒套在缸套上，温控套筒内加工有 $n$ 个环槽， $n \geq 2$ ，缸套与环槽之间的间隙形成冷却液回路，每个环槽都由两个子环槽组成，位于下部的子环槽是进水子环槽，位于上部的子环槽是出水子环槽；在温控套筒的外壁上沿圆周方向均匀分布有四列管道接口，每列上有 $2n$ 个管道接口，分成 $n$ 组，相邻两个管道接口为一组，分别为进水管接口和出水管接口；进水子环槽通过进水管接口与注水管连接，在进水管接口处均安装有水温传感器，出水子环槽通过出水管接口与出水管连接，每个出水管经散热器连接温控水箱的进水口；每个注水管上均通过相应的支路管路与温控水箱的出水干路连接，每个支路管路上均安装有冷却液电磁阀，温控水箱的出水干路上安装水泵；温控水箱内安装有电加热器；所述单片机与每个冷却液电磁阀、水温传感器和电加热器连接，同时单片机还与上位机连接；所述温控水箱上还设有冷却液回液口；

[0008] 所述缸套-活塞间测摩擦机构包括传力夹环和拉压传感器，缸套的下部插入传力夹环内，并夹紧，在传力夹环的外壁上沿圆周方向分布有四个传力臂，每个传力臂通过螺栓连接一个拉压传感器；

[0009] 所述活塞底部传热测控子装置包括温控机油箱、机油泵、机油电磁阀和喷油嘴，喷油嘴的喷油口朝向活塞底部；

[0010] 所述支承钢架底部为环形支座，环形支座上固定安装有四个支撑平台，四个支撑平台的上端支撑喷火嘴支承，同时与温控套筒通过调节顶针连接；每个拉压传感器均固定在相应的支撑平台上。

[0011] 一种带有热管理的活塞摩擦力测试方法，该方法使用上述的装置，步骤是：在进行实验时，首先将待测缸套-活塞曲柄连杆机构安装在支承钢架上，曲柄轴与驱动电机的轴用弹性联轴器相连；缸套和活塞之间用活塞底部的喷油嘴来喷油冷却润滑，多余的机油滴到集液器里收集起来供再循环使用；待检查所有零件连接牢固安装无误、冷却液充满温控套筒后，启动驱动电机，由曲柄连杆机构带动活塞在缸套内做往复运动；

[0012] 待转速稳定后，开启喷火嘴加热活塞顶部，将活塞顶部温度稳定在活塞顶部目标温度的1.05-1.3倍，此时开启水泵，使冷却液在温控套筒内循环流动；

[0013] 根据实验需求不同，通过改变活塞顶部传热涂层的分布状态，从而控制顶部温度分布，活塞顶部的温度测量及采集采用手持式红外测温仪；缸套则通过上位机改变设定的缸套目标温度，由上位机控制缸套温度场纵向分布，单片机采集水温传感器的温度，并传输给上位机，由上位机显示当前的温度；活塞裙部通过无线传输方式获得活塞裙部温度，并通过控制机油泵和温控油箱来控制活塞底部温度分布；

[0014] 待各个温度均稳定后，通过拉压传感器测得的数据经计算处理即可得到活塞与缸套间的摩擦力值。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:以往的活塞摩擦力测试装置,对传热考察较少,不能实现整个活塞-缸套系统的热测控。本装置主要通过活塞顶部传热测控子装置、活塞底部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置这三个部分精确控制活塞顶部、活塞与缸套之间的温度分布,从而达到研究传热对摩擦影响的目的。

[0016] ①活塞顶部加热装置配合活塞顶部涂层,喷火嘴旨在调节活塞顶部总体传热量,顶部涂层旨在控制活塞顶部传热空间分布。

[0017] ②活塞底部喷油以往是为了进行活塞冷却,该装置中设置活塞底部传热测控子装置喷油流量和喷油温度,旨在从活塞底部控制活塞的传热,既有传统的冷却功能,也带加热功能。

[0018] ③缸套水腔侧以往是为了冷却缸套,该装置中通过对多条独立的水路实现温控功能(既有传统的冷却功能,也带加热功能),从而实现缸套从顶部到底部的温度分布控制。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置的结构示意图。

[0020] 图2为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中待测缸套-活塞曲柄连杆机构的示意图。

[0021] 图3为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中缸套水腔侧传热测控子装置的流路图。

[0022] 图4为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中活塞顶部传热测控子装置的结构示意图。

[0023] 图5为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中温控套筒3的立体结构示意图。

[0024] 图6为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置的支承钢架5的结构示意图,该支承钢架5上安装有调节顶针4和拉压传感器7。

[0025] 图7为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中传力夹环6的立体结构示意图。

[0026] 图8为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中集液器9的立体结构示意图。

[0027] 图9为本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置中温控套筒与待测缸套之间的配合间隙示意图。

[0028] 图中,1、喷火嘴,2、喷火嘴支承,3、温控套筒,4、调节顶针,5、支承钢架,6、传力夹环,7、拉压传感器,8、喷油嘴,9、集液器,10、冷却液回液管,11、润滑油回液管,12、缸套,13、活塞曲柄连杆机构,14、冷却液回液口,15、温控水箱,16、电加热器,17、散热器,18、水泵,19、冷却液电磁阀,20、注水管,21、水温传感器,22、出水管,301、管道接口,302、子环槽,303 滚珠槽,501、环形支座,502、支撑平台,601、传力臂。

## 具体实施方式

[0029] 下面将结合实施例及附图进一步叙述本发明,但并不以此作为对本申请权利要求保护范围的限定。

[0030] 本发明带有热管理的活塞摩擦力测试装置(简称测试装置,参见图1)包括活塞顶部传热测控子装置、活塞底部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置、支承钢架5和缸套-活塞间测摩擦机构;所述活塞顶部传热测控子装置、缸套水腔侧传热测控子装置和活

塞底部传热测控子装置由上至下依次固定在支承钢架5上,缸套-活塞间测摩擦机构安装在支承钢架5的内部;所述活塞顶部传热测控子装置用于控制活塞顶部的温度分布,

[0031] 所述活塞顶部传热测控子装置(参见图4)包括喷火嘴支承2和喷火嘴1,所述喷火嘴支承2安装在活塞13上部,为圆盘形,中间部位开一个圆孔,所述喷火嘴穿过该圆孔,并固定在喷火嘴支承2上,喷火嘴1的喷火口朝向活塞顶部,喷火嘴支承2同时能起到集中热量、隔绝火焰的作用,活塞顶部的温度采集使用手持式红外测温仪;

[0032] 所述缸套水腔侧传热测控子装置(参见图3)包括温控水箱15、水泵18、冷却液电磁阀19、温控套筒3(参见图5)、电加热器16、水温传感器21、单片机和上位机(图中未标出);所述温控套筒3套在缸套12上,温控套筒内加工有 $n$ 个环槽, $n \geq 2$ ,缸套与环槽之间的间隙形成冷却液回路(温控套筒与待测缸套之间的配合间隙参见图9),每个环槽都由两个子环槽302组成,位于下部的子环槽是进水子环槽,位于上部的子环槽是出水子环槽,两个子环槽之间的凸台部分处与缸套的配合间隙约为 $1-1.5\text{mm}$ ,这样的设计保证了两个子环槽之间可以顺利流动冷却液,又能形成一定的液面,以克服缸套受到的侧向力,同时两个环槽之间的凸台处与缸套的配合间隙不大于 $0.1\text{mm}$ ,以达到隔绝水流的作用;在温控套筒的外壁上沿圆周方向均匀分布有四列管道接口301,每列上有 $2n$ 个管道接口,分成 $n$ 组,相邻两个管道接口为一组,分别为进水管接口和出水管接口;进水子环槽通过进水管接口与注水管20连接,在进水管接口处均安装有水温传感器21,出水子环槽通过出水管接口与出水管22连接,每个出水管22经散热器17连接温控水箱15的进水口;每个注水管20上均通过相应的支路管路与温控水箱15的出水干路连接,每个支路管路上均安装有冷却液电磁阀19,温控水箱15的出水干路上安装水泵18;温控水箱15内安装有电加热器16;所述单片机与每个冷却液电磁阀19、水温传感器21和电加热器16连接,同时单片机还与上位机连接,用于接收缸套目标温度指令并传输当前温度数据;所述温控水箱15上还设有冷却液回液口14;

[0033] 冷却液(水)的压力由水泵18提供,冷却液的温度由电加热器16控制,管路上安装有冷却液电磁阀19,水温传感器21测量水温后传给单片机,由单片机配合上位机共同控制冷却液电磁阀的开闭。具体控温过程是:单片机和上位机用CAN总线连接,上位机向单片机发送缸套目标温度,单片机向上位机发送温控套筒的实时温度,也即当前缸套的温度。单片机依次接收 $n$ 个水温传感器的温度信号,并将 $n$ 个水温传感器的温度值与单片机内的缸套目标温度值分别进行比较,当某个水温传感器的温度值大于缸套目标温度值时,开启该水温传感器所对应的管路上的冷却液电磁阀,相反则关闭该管路上的冷却液电磁阀,如此反复,以便实时控制缸套的温度。当 $n$ 个水温传感器的温度始终低于缸套目标温度时,手动关闭散热器的开关,如果温度仍然达不到缸套目标温度,可以开启电加热器主动加热冷却液,对冷却液进行预热,防止突然开启冷却液电磁阀时而导致温控套筒温度急速下降;

[0034] 所述缸套-活塞间测摩擦机构包括传力夹环6(参见图7)和拉压传感器7,缸套12的下部插入传力夹环6内,并夹紧,在传力夹环的外壁上沿圆周方向分布有四个传力臂601,每个传力臂通过螺栓连接一个拉压传感器7,这样可以使缸套的重力以及所受摩擦力完全传递到拉压传感器上;

[0035] 所述活塞底部传热测控子装置包括温控机油箱、机油泵、机油电磁阀和喷油嘴8,喷油嘴8的喷油口朝向活塞底部,机油泵安装在温控机油箱内,通过机油泵给机油提供压力使机油经喷油嘴8喷射到活塞13底部,机油电磁阀安装在机油泵的输出管路上,用来控制机

油的流量,从而达到控制温度的目的;

[0036] 所述支承钢架5起到整体支承的作用(参见图6),支承钢架底部为环形支座501,环形支座501上固定安装有四个支撑平台502,四个支撑平台的上端支撑喷火嘴支承2,同时与温控套筒3通过调节顶针4连接,调节顶针4同时起到径向支承作用;每个拉压传感器7均固定在相应的支撑平台上。

[0037] 本发明的进一步特征在于在支承钢架5的下部安装有集液器9(参见图8),所述集液器分内外两层,内层集机油,外层集泄漏的冷却液;且集液器内外层底部分别开孔,内层接有机油回液管11,将机油送回温控机油箱;外层接冷却液回液管10,将冷却液经冷却液回液口14送回温控水箱15,从而使机油和冷却液边收集边循环。

[0038] 本发明的进一步特征为在活塞上表面涂有传热涂层,用于改变活塞局部热阻,从而控制温度场分布。

[0039] 本发明的进一步特征为在两个环槽之间的温控套筒上还有设有滚珠槽303,滚珠槽内安放滚珠,滚珠起到平衡径向力的作用。

[0040] 本发明测试装置的测试对象为缸套-活塞曲柄连杆机构,缸套-活塞曲柄连杆机构包括缸套12、活塞曲柄连杆机构13和驱动电机,曲柄连杆机构在驱动电机的作用下,带动活塞在缸套12内上下移动;缸套12严密嵌套在温控套筒3内,温控套筒3安装在支承钢架5内,通过温控套筒3对缸套12进行冷却。

[0041] 本发明带有热管理的活塞摩擦力测试方法,该方法的过程是:在进行实验时,首先将待测缸套-活塞曲柄连杆机构安装在支承钢架上,曲柄轴与驱动电机的轴用弹性联轴器相连。缸套和活塞之间用活塞底部的喷油嘴来喷油冷却润滑,多余的润滑油(机油)滴到集液器里收集起来供再循环使用。待检查所有零件连接牢固安装无误、冷却液充满冷却温控套筒后,启动驱动电机,由曲柄连杆机构带动活塞在缸套内做往复运动,待转速稳定后,开启喷火嘴加热活塞顶部,将活塞顶部温度稳定在活塞顶部目标温度的1.1倍左右,此时开启水泵18,使冷却液在温控套筒内循环流动。

[0042] 根据实验需求不同,可改变活塞顶部传热涂层的分布状态,从而控制顶部温度分布,活塞顶部的温度测量及采集采用手持式红外测温仪。缸套则通过上位机改变设定的缸套目标温度,由上位机控制缸套温度场纵向分布,单片机采集水温传感器21的温度,并传输给上位机,由上位机显示当前的温度。活塞裙部通过无线传输方式获得活塞裙部温度,活塞裙部的温度测量方式为现有技术。通过机油泵和温控油箱来控制活塞底部温度分布。待各个温度均稳定后,通过拉压传感器测得的数据经计算处理即可得到活塞与缸套间的摩擦力值。通过设定多种合理的缸套和活塞的温度分布方案,测得每种方案相应的摩擦力数值,再配合理论分析,即可得到传热对摩擦功耗的影响。

[0043] 所述活塞底部传热温控子装置,根据需求起到加热或冷却活塞底部的作用,多余的润滑油(机油)滴到集液器里收集起来再送回温控机油箱。对于无内冷油腔的活塞和有内冷油腔的活塞均适用。

[0044] 本发明所述温控套筒3的具体工作方式如图3所示,温控水箱15内的冷却液经水泵18提供压力,进入冷却液电磁阀19,温控套筒3内水路共分为n层( $n \geq 2$ ,图例中为3层),每层内冷却液通过注水管20进入,再由出水管22流入散热器17散热后再回到温控水箱15。每层冷却液回路的温度由水温传感器21测量后传给单片机,单片机将测得水温与目标水温进行



比较,并控制冷却液电磁阀19的开闭和电加热器16的加热功率,从而获得目标水温,目标水温的设定通过上位机来写入。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例带有热管理的活塞摩擦力测试装置,如图1所示,包括从上到下依次为喷火嘴1、喷火嘴支承2、支承钢架5和集液器9,支承钢架5由外至内依次是温控套筒3、缸套12,缸套内为活塞曲柄连杆机构13,活塞曲柄连杆机构13固定在支承钢架5的轴承上,曲柄连杆机构由驱动电机带动,温控套筒3与支承钢架5之间用调节顶针4来固定。缸套12的底部用传力夹环6夹紧,传力夹环6包括四个传力臂601,四个传力臂与拉压传感器7用螺栓固连。拉压传感器7同时与支承钢架5固连。

[0047] 所述温控套筒内加工有三个环槽,缸套与环槽之间的间隙形成冷却液回路,每个环槽都由两个子环槽302组成,位于下部的子环槽是进水子环槽,位于上部的子环槽是出水子环槽,两个子环槽之间的凸台部分处与缸套的配合间隙约为1.2mm,同时两个环槽之间的凸台处与缸套的配合间隙为0.05mm;在温控套筒的外壁上沿圆周方向均匀分布有四列管道接口301,每列上有6个管道接口,分成3组,相邻两个管道接口为一组,分别为进水管接口和出水管接口;进水子环槽通过进水管接口与注水管20连接,在进水管接口处均安装有水温传感器21,出水子环槽通过出水管接口与出水管22连接,每个出水管22经散热器17连接温控水箱15的进水口;每个注水管20上均通过相应的支路管路与温控水箱15的出水干路连接,每个支路管路上均安装有冷却液电磁阀19,温控水箱15的出水干路上安装水泵18;温控水箱15内安装有电加热器16;所述单片机与每个冷却液电磁阀19、水温传感器21和电加热器16连接,同时单片机还与上位机连接,用于接收缸套目标温度指令并传输当前温度数据;所述温控水箱15上还设有冷却液回液口14;

[0048] 在第一个环槽和第二个环槽之间及第三个环槽的下端的温控套筒上均设有滚珠槽303,滚珠槽303用于安放滚珠,滚珠起到平衡径向力的作用。

[0049] 尽管已经示出和描述了本装置的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本装置的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本装置的范围由所附权利要求及其等同物限定。

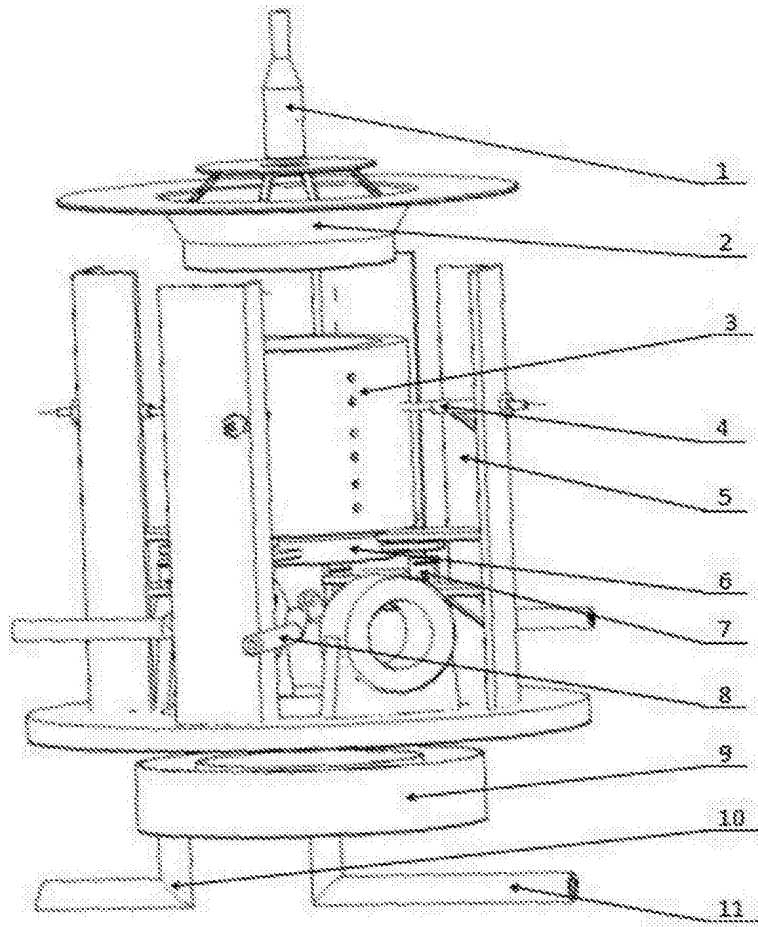


图1

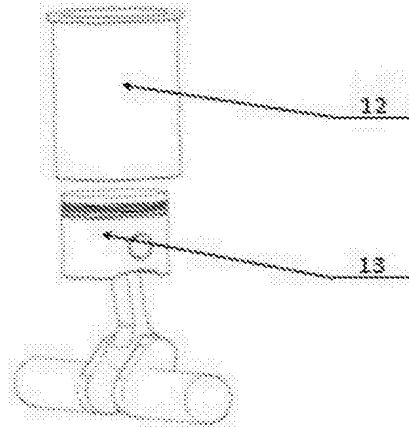


图2

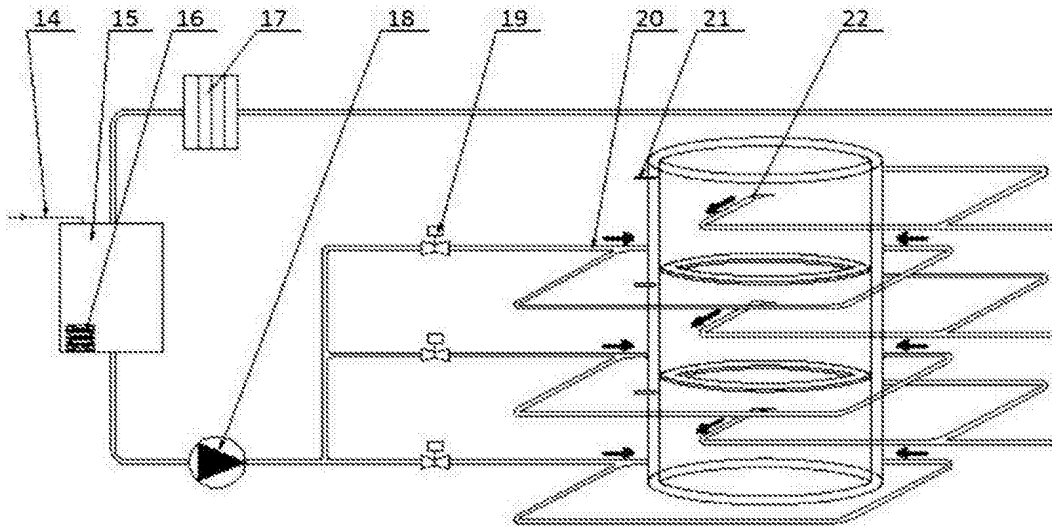


图3

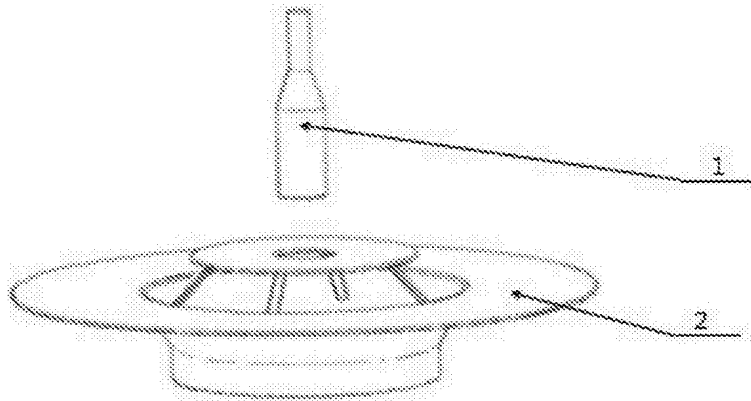


图4

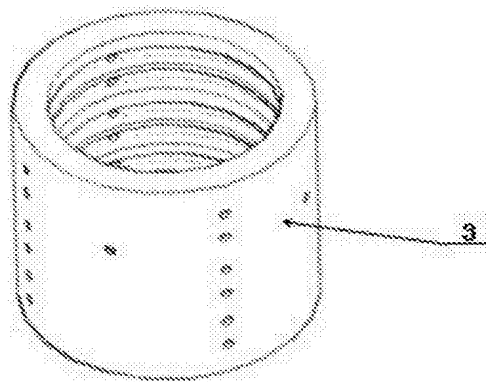


图5

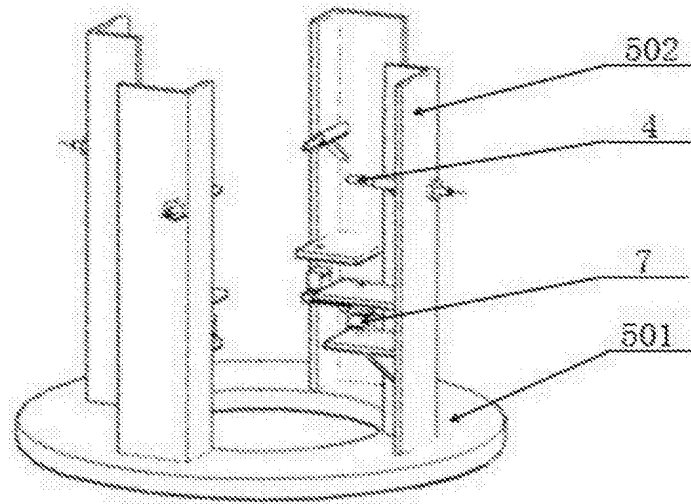


图6

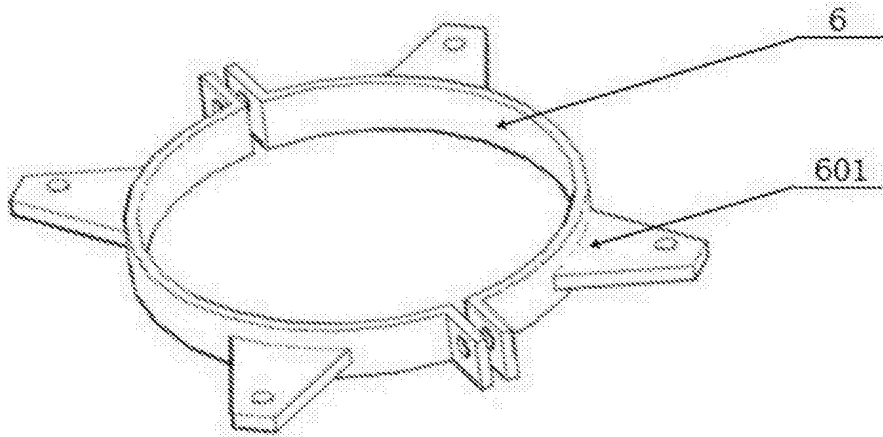


图7

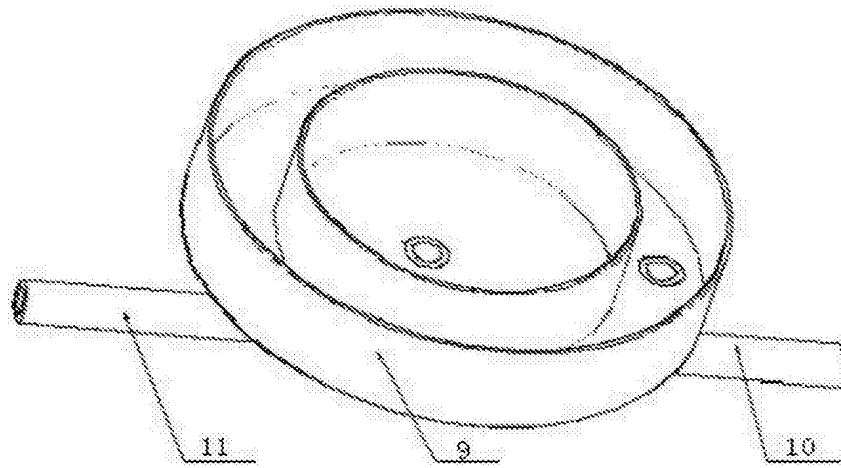


图8

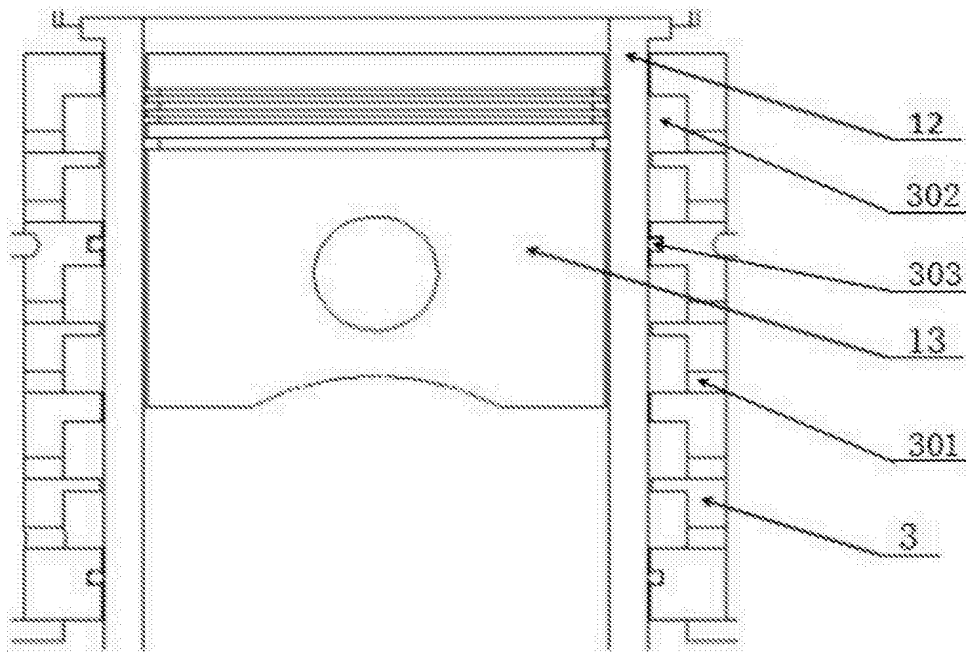


图9