



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101915180 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 201010204750. 2

(22) 申请日 2010. 06. 11

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 纪常伟 汪硕峰

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 魏聿珠

EP 2078839 A1, 2009. 07. 15,

CN 101251039 A, 2008. 08. 27, 全文.

US 2007044469 A1, 2007. 03. 01,

CN 1508408 A, 2004. 06. 30,

JP 5296111 A, 1993. 11. 09,

FR 2916020 A1, 2008. 11. 14,

审查员 卫红

(51) Int. Cl.

F02G 5/02 (2006. 01)

F02D 9/02 (2006. 01)

F02D 41/06 (2006. 01)

F02D 41/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1568402 A, 2005. 01. 19, 全文.

EP 1013997 B1, 2005. 11. 09,

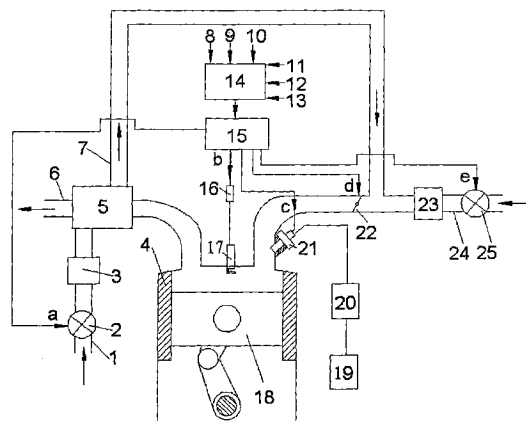
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种具有余热回收和利用功能的内燃机及控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种具有余热回收和利用功能的内燃机及控制方法, 具体涉及一种内燃机的排气余热回收、利用、燃料供给与燃烧控制。该装置与传统火花点火内燃机的电控系统相结合可实现内燃机排气能量的回收和利用。该装置在内燃机处于起动、怠速和大负荷工况时不回收排气能量, 在内燃机处于部分负荷工况时回收排气能量, 通过加热进气, 实现内燃机在部分负荷的热空气、大节气门、稀薄燃烧, 较大幅度地降低车用火花点火内燃机部分负荷的油耗和排放。该装置结构简单、制造容易、成本较低, 控制灵活, 即可对在用车内燃机进行改造亦可应用于新车的内燃机, 具有广泛的市场前景和较好的节能减排效果。



1. 一种具有余热回收和利用功能的内燃机,包括传统电控火花点火内燃机的内燃机气缸(4)、内燃机排气管(6)、曲轴转角位置传感器(8)、冷却水温度传感器(9)、进气温度和压力传感器(10)、节气门位置传感器(11)、爆震传感器(12)、线性氧传感器(13)、原机电控单元(14)、点火模块(16)、火花塞(17)、内燃机活塞(18)、燃料箱(19)、燃料压力调节器(20)、燃料喷嘴(21)、电子节气门(22)和内燃机进气空滤器(23);其特征在于:增加了一套内燃机排气余热回收装置,包括换热器低温进气管(1)、换热器进气开关阀(2)、换热器进气空滤器(3)、换热器(5)、换热器高温出气管(7)、内燃机进气开关阀(25)和余热管理控制单元(15);曲轴转角位置传感器(8)、冷却水温度传感器(9)、进气温度和压力传感器(10)、节气门位置传感器(11)、爆震传感器(12)、线性氧传感器(13)与原机电控单元(14)相连;余热管理控制单元(15)与原机电控单元(14)相连并获取与原机电控单元(14)相连的所有传感器(8)-(13)的信号;余热管理控制单元(15)与换热器进气开关阀(2)、点火模块(16)、燃料喷嘴(21)、电子节气门(22)和内燃机进气开关阀(25)相连,燃料箱(19)、燃料压力调节器(20)和燃料喷嘴(21)依次连接,燃料喷嘴(21)固连在内燃机进气管(24)上,内燃机进气空滤器(23)和内燃机进气开关阀(25)固连在内燃机进气管(24)上,换热器(5)固连在内燃机排气管(6)上,换热器进气开关阀(2)和换热器进气空滤器(3)依次连接在换热器低温进气管(1)上并整体连接在换热器(5)上,换热器(5)和内燃机进气管(24)之间通过换热器高温出气管(7)相连至电子节气门(22)和内燃机进气空滤器(23)之间。

2. 权利要求1所述的一种具有余热回收和利用功能的内燃机的控制方法,其特征在于采用如下控制策略:1) 内燃机处于起动、怠速和大负荷工况时,内燃机进气开关阀(25)打开,换热器进气开关阀(2)关闭,通过内燃机进气开关阀(25)、内燃机进气空滤器(23)和内燃机进气管(24)吸入常温空气,余热管理控制单元(15)完全采用原机电控单元(14)的起动、怠速和大负荷控制策略;2) 内燃机处于部分负荷工况时,内燃机进气开关阀(25)关闭,换热器进气开关阀(2)打开,通过换热器低温进气管(1)、换热器进气开关阀(2)、换热器进气空滤器(3)、换热器(5)和换热器高温出气管(7)吸入经内燃机排气加热的空气,使内燃机工作在热空气、稀燃和大节气门状态。

3. 根据权利要求2所述的一种具有余热回收和利用功能的内燃机的控制方法,其特征在于:余热管理控制单元(15)通过原机电控单元(14)接收曲轴转角位置传感器(8)的曲轴转角信号,冷却水温度传感器(9)的冷却水温度信号,节气门位置传感器(11)的节气门位置信号,线性氧传感器(13)的空燃比信号,根据节气门位置信号为1-3伏判定内燃机处于部分负荷工况;随着内燃机负荷的增加,排气温度增加,通过换热器低温进气管(1)、换热器进气开关阀(2)、换热器进气空滤器(3)、换热器(5)和换热器高温出气管(7)进入内燃机进气管(24)的空气温度不断提高,此时余热管理控制单元(15)根据进气温度和压力传感器(10)的进气温度信号,发出电子节气门控制信号(d),将电子节气门(22)的开度增大,发出燃料喷射信号(c)使燃料喷嘴(21)减少燃料喷射量,使内燃机处于热空气、大节气门、稀薄燃烧状态;根据获得的进气温度和压力传感器(10)的进气温度信号和爆震传感器(12)的爆震信号,通过内燃机台架试验确定内燃机部分负荷实现热空气、大节气门、稀薄燃烧的节气门开度、过量空气系数和点火角脉谱。

一种具有余热回收和利用功能的内燃机及控制方法

技术领域

[0001] 本发明提供一种具有余热回收和利用功能的内燃机及控制方法,具体涉及一种内燃机的排气余热回收与利用、燃料供给与燃烧控制。

背景技术

[0002] 20 世纪 70 年代以来,随着电子技术和尾气后处理技术的广泛应用,内燃机的油耗和有害物排放得到大幅度降低。传统的汽油机属于预混均质燃烧,由于受爆震等诸多因素的限制,压缩比低,热效率低,采用电子控制和排气后处理装置可使汽油机达到较低的排放。与汽油机相比,柴油机压缩比高,具有较高的热效率和优越的燃油经济性,但是,传统柴油机的燃烧是燃料喷雾的扩散燃烧,依靠内燃机活塞压缩到接近终点时的高温使混合气自燃着火。由于喷雾与空气的混和时间很短,燃料与空气混和的严重不均匀,形成高温浓混合气区和高温火焰区,导致碳烟和 NO_x 大量生成,采用电控高压共轨和多次喷油技术并附以排气后处理技术可使柴油机达到很低的排放,但成本较高。另一种受到广泛关注的燃烧形式,把柴油机的高压缩比和汽油机均质预混合结合起来,形成了均质预混合点燃内燃机,高压缩比实现高热效率,均质预混合实现低排放。该内燃机在进气过程形成均质的混合气,当压缩到上止点附近时均质混合气实现多点自燃着火。由于采用稀混合气均质同时燃烧,没有火花点火和扩散燃烧的局部高温反应区,使得 NO_x 和 PM 排放很低,而且具有较高的热效率。但这种燃烧方式受燃烧边界条件和燃料化学协同控制,没有汽油机的火花点火和柴油机的缸内喷油来控制着火时刻,因此,着火时刻难于控制,低负荷易失火,高负荷易爆震,运行工况较窄。传统汽油机采用化学计量比燃烧和机械节气门调节进气量,在部分负荷时的热效率较低、排气温度较高、进气流动损失大,由于汽油机绝大部分时间工作在部分负荷状态,从而导致汽油机总热效率较低。本发明采用高效换热器回收内燃机处于部分负荷状态的排气能量,利用该能量对汽油机的进气进行加热,可扩大汽油-空气混合气的稀燃界限,实现高效稀薄燃烧,而为了保持原机的功率,需加大节气门开度,导致汽油机的泵气损失减小,因此,采用进气加热、稀燃和大节气门开度能够较大幅度地提高汽油机在部分负荷的热效率并降低排放,是一种有效的点燃式内燃机节能减排的技术手段。

发明内容

[0003] 为了实现提高火花点火内燃机部分负荷热效率、降低排放的目的,本发明采用了如下技术方案:一种具有余热回收和利用功能的内燃机,包括传统电控火花点火内燃机的内燃机气缸 4、内燃机排气管 6、曲轴转角位置传感器 8、冷却水温度传感器 9、进气温度和压力传感器 10、节气门位置传感器 11、爆震传感器 12、线性氧传感器 13、原机电控单元 14、点火模块 16、火花塞 17、内燃机活塞 18、燃料箱 19、燃料压力调节器 20、燃料喷嘴 21、电子节气门 22 和内燃机进气空滤器 23。其特征在于增加了一套内燃机排气余热回收装置,包括换热器低温进气管 1、换热器进气开关阀 2、换热器进气空滤器 3、换热器 5、换热器高温出气管 7、内燃机进气开关阀 25 和余热管理控制单元 15。曲轴转角位置传感器 8、冷却水温度传感

器 9、进气温度和压力传感器 10、节气门位置传感器 11、爆震传感器 12、线性氧传感器 13 通过电缆与原机电控单元 14 相连。余热管理控制单元 15 通过电缆与原机电控单元 14 相连并获取与原机电控单元 14 相连的所有传感器 8-13 的信号。此外,余热管理控制单元 15 通过电缆与换热器进气开关阀 2、点火模块 16、燃料喷嘴 21、电子节气门 22 和内燃机进气开关阀 25 相连。燃料箱 19、燃料压力调节器 20 和燃料喷嘴 21 通过不锈钢管或耐压软管依次连接,燃料喷嘴 21 固连在内燃机进气管 24 上。内燃机进气空滤器 23 和内燃机进气开关阀 25 固连在内燃机进气管 24 上。换热器 5 固连在内燃机排气管 6 上,换热器进气开关阀 2 和换热器进气空滤器 3 依次连接在换热器低温进气管 1 上并整体连接在换热器 5 上,换热器 5 和内燃机进气管 24 之间通过换热器高温出气管 7 相连至电子节气门 22 和内燃机进气空滤器 23 之间。

[0004] 一种具有余热回收和利用功能的内燃机的控制方法在不同工况下的控制过程如下:

[0005] 内燃机处于起动、怠速和大负荷工况时,余热管理控制单元 15 控制内燃机进气开关阀 25 打开,换热器进气开关阀 2 关闭,通过内燃机进气开关阀 25、内燃机进气空滤器 23 和内燃机进气管 24 吸入常温空气。内燃机处于部分负荷时,余热管理控制单元 15 控制内燃机进气开关阀 25 关闭,换热器进气开关阀 2 打开,通过换热器低温进气管 1、换热器进气开关阀 2、换热器进气空滤器 3、换热器 5 和换热器高温出气管 7 吸入经内燃机尾气加热的空气,使内燃机工作在热空气、稀燃和大节气门状态。

[0006] 1) 起动和怠速工况:余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的信号判定内燃机转速低于 400rpm 和冷却水温度传感器 9 的信号判定冷却水温度低于 60 度,确定内燃机处于起动工况;余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的信号判定内燃机转速大于 600rpm,冷却水温度传感器 9 的信号判定冷却水温度大于 60 度和节气门位置传感器 12 的信号小于 1 伏,确定内燃机处于怠速工况。内燃机处于起动或怠速工况时,余热管理控制单元 15 发出换热器进气开关阀控制信号 a 关闭换热器进气开关阀 2,同时发出内燃机进气开关阀控制信号 e 打开内燃机进气开关阀 25,使得空气通过内燃机进气管 24 和内燃机进气空滤器 23 进入内燃机气缸 4。在起动和怠速工况,余热管理控制单元 15 完全采用原机电控单元 14 的起动和怠速控制策略。

[0007] 2) 部分负荷工况:内燃机进气开关阀 25 关闭,换热器进气开关阀 2 打开。余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的曲轴转角信号,冷却水温度传感器 9 的冷却水温度信号,节气门位置传感器 11 的节气门位置信号,线性氧传感器 13 的空燃比信号,根据节气门位置信号为 1-3 伏判定内燃机处于部分负荷工况。随着内燃机负荷的增加,排气温度增加,通过换热器低温进气管 1、换热器进气开关阀 2、换热器进气空滤器 3、换热器 5 和换热器高温出气管 7 进入内燃机进气管 24 的空气温度不断提高,此时,余热管理控制单元 15 根据进气温度和压力传感器 10 的进气温度信号,发出电子节气门控制信号 d,将电子节气门 22 的开度增大,发出燃料喷射信号 c 使燃料喷嘴 21 减少燃料喷射量,使内燃机处于热空气、大节气门、稀燃的燃烧状态,根据获得的进气温度和压力传感器 10 的进气温度信号和爆震传感器 12 的爆震信号,通过内燃机台架试验确定内燃机部分负荷实现热空气、大节气门、稀薄燃烧的节气门开度、过量空气系数和点火角脉谱。

[0008] 3) 大负荷工况:余热管理控制单元 15 控制内燃机进气开关阀 25 打开,换热器进

气开关阀 2 关闭。余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的曲轴转角信号,冷却水温度传感器 9 的冷却水温度信号,节气门位置传感器 11 的节气门位置信号,线性氧传感器 13 的空燃比信号,根据节气门位置信号为 3-5 伏判定内燃机处于大负荷工况。余热管理控制单元 15 发出燃料点火控制信号 b,通过点火模块 16 使火花塞 17 发火,同时发出燃料喷射信号 c 使燃料喷嘴 21 喷射燃料,发出电子节气门控制信号 d,通过调整电子节气门 22 的开度和点火角实现内燃机大负荷工况。在大负荷工况,余热管理控制单元 15 完全采用原机电控单元 14 的大负荷控制策略。

[0009] 本发明的工作过程:内燃机处于起动、怠速和大负荷工况时,不采用内燃机排气余热对进气进行加热,此时余热管理控制单元 15 采用原机电控单元 14 的控制策略对内燃机进行起动、怠速和大负荷控制;内燃机处于部分负荷工况时,余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的曲轴转角信号,冷却水温度传感器 9 的冷却水温度信号,节气门位置传感器 11 的节气门位置信号,进气温度和压力传感器 10 的进气温度信号,线性氧传感器 13 的空燃比信号,爆震传感器 12 的爆震信号,实现内燃机在部分负荷的热空气、大节气门、稀薄燃烧,达到较大幅度改善内燃机部分负荷燃烧和排放性能的目的。

[0010] 由于火花点火内燃机绝大部分时间工作在部分负荷工况,因此,本发明的有益效果是,针对传统化学计量比燃烧火花点火内燃机部分负荷效率低、排放高的缺点,提出了一种利用内燃机排气余热加热进气,扩大燃油-空气混合气的稀燃范围,通过热混合气、大节气门和稀薄燃烧实现火花点火内燃机部分负荷的高效和低排放。本发明的装置和方法不但回收了内燃机排气能量,降低了内燃机的排气温度和排气噪声,还较大幅度地提高了内燃机部分负荷的热效率并降低排放,是一条有效的火花点火内燃机节能减排技术路线,成为改善火花点火内燃机性能的简单且实用的技术手段。

附图说明

[0011] 图 1 本发明的结构和工作原理图

[0012] 图中 1、换热器低温进气管;2、换热器进气开关阀;3、换热器进气空滤器;4、内燃机气缸;5、换热器;6、内燃机排气管;7、换热器高温出气管;8、曲轴转角位置传感器;9、冷却水温度传感器;10、进气温度和压力传感器;11、节气门位置传感器;12、爆震传感器;13、线性氧传感器;14、原机电控单元;15、余热管理控制单元;16、点火模块;17、火花塞;18、内燃机活塞;19、燃料箱;20、燃料压力调节器;21、燃料喷嘴;22、电子节气门;23、内燃机进气空滤器;24、内燃机进气管;25、内燃机进气开关阀;a、换热器进气开关阀控制信号;b、内燃机点火控制信号;c、燃料喷射信号;d、电子节气门控制信号;e、内燃机进气开关阀控制信号。

具体实施方式

[0013] 由于在起动、怠速和大负荷不进行余热回收和利用,完全采用原机进行控制,因此,本实施例只进行了部分负荷工况汽油机的实验,下面结合附图详细说明本实施例。如图 1 所示,本实施例包括:换热器低温进气管(1)、换热器进气开关阀(2)、换热器进气空滤器(3)、内燃机气缸(4)、换热器(5)、内燃机排气管(6)、换热器高温出气管(7)、曲轴转角位置

传感器 (8)、冷却水温度传感器 (9)、进气温度和压力传感器 (10)、节气门位置传感器 (11)、爆震传感器 (12)、线性氧传感器 (13)、原机电控单元 (14)、余热管理控制单元 (15)、点火模块 (16)、火花塞 (17)、内燃机活塞 (18)、燃料箱 (19)、燃料压力调节器 (20)、燃料喷嘴 (21)、电子节气门 (22)、内燃机进气空滤器 (23)、内燃机进气管 (24)、内燃机进气开关阀 (25)。

[0014] 实验内燃机为 1 台直列 4 缸 1.6L 电喷汽油机,按图 1 所示改造成具有余热回收功能的点燃式内燃机。实验采用直径为 150mm、长为 300mm 的管式换热器,内置 10 根长 300mm,直径为 30mm,壁厚为 1mm 的不锈钢管,高温废气从 10 根不锈钢管内部流过,热量传递给不锈钢管外面的空气,受到废气加热的空气被活塞吸入气缸。采用湖南湘仪电涡流测功机测量内燃机的转矩、转速和油耗,采用一台日本堀场株式会社生产的 Horiba-7100DEGR 排放分析仪,测量内燃机的 HC、CO 和 NO_x 排放。实验内燃机转速为 1400rpm,进气压力为 61.5Kpa,排气温度为 567℃。

[0015] 余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 接收曲轴转角位置传感器 8 的曲轴转角信号,进气温度和压力传感器 10 的进气压力信号,确定内燃机转速为 1400rpm,进气压力为 61.5Kpa,内燃机处于部分负荷工作状态。余热管理控制单元 15 控制内燃机进气开关阀 25 关闭,换热器进气开关阀 2 打开,通过换热器低温进气管 1、换热器进气开关阀 2、换热器进气空滤器 3、换热器 5 和换热器高温出气管 7 吸入经内燃机尾气加热的空气进入气缸。余热管理控制单元 15 通过原机电控单元 14 获得进气温度和压力传感器 10 的进气温度信号,确定经排气加热后的内燃机进气温度为 74℃。

[0016] 余热管理控制单元 15 发出燃料喷射信号 c 使燃料喷嘴 21 减少燃料喷射量,通过线性氧传感器 13 的空燃比信号获得此时稀薄热混合气的空燃比为 22,发出电子节气门控制信号 d,加大电子节气门 22 的开度使得进气压力达到 81.2Kpa,发出燃料点火控制信号 b,通过点火模块 16 调整点火角为 22CA 并使火花塞 17 发火,使内燃机处于热空气、大节气门、稀薄燃烧状态。

[0017] 实验结果表明,在冷却水温度为 90℃,原机在转速为 1400rpm,进气压力为 61.5Kpa 时的有效热效率为 18.7%,催化器前的 HC、CO 和 NO_x 排放分别为 4500ppm,3.7%,2400ppm。在相同的转速和水温条件下,采用余热回收实现热空气、大节气门、稀薄燃的汽油机的有效热效率为 22.5%,催化器前的 HC、CO 和 NO_x 排放分别为 2470ppm,1.5%,1540ppm,与原机相比有效热效率提高了 20.3%,HC 排放降低了 45%,CO 排放降低了 59%, NO_x 排放降低 9.4%。

[0018] 上述的内燃机台架试验结果表明,采用本发明的一种具有余热回收和利用功能的内燃机及控制方法,可较大幅度地提高火花点火内燃机在部分负荷的热效率并较大幅度地降低 HC、CO 和 NO_x 排放。该技术将为车用内燃机达到更高的排放标准和实现更低的油耗提供一条有效的技术途径。

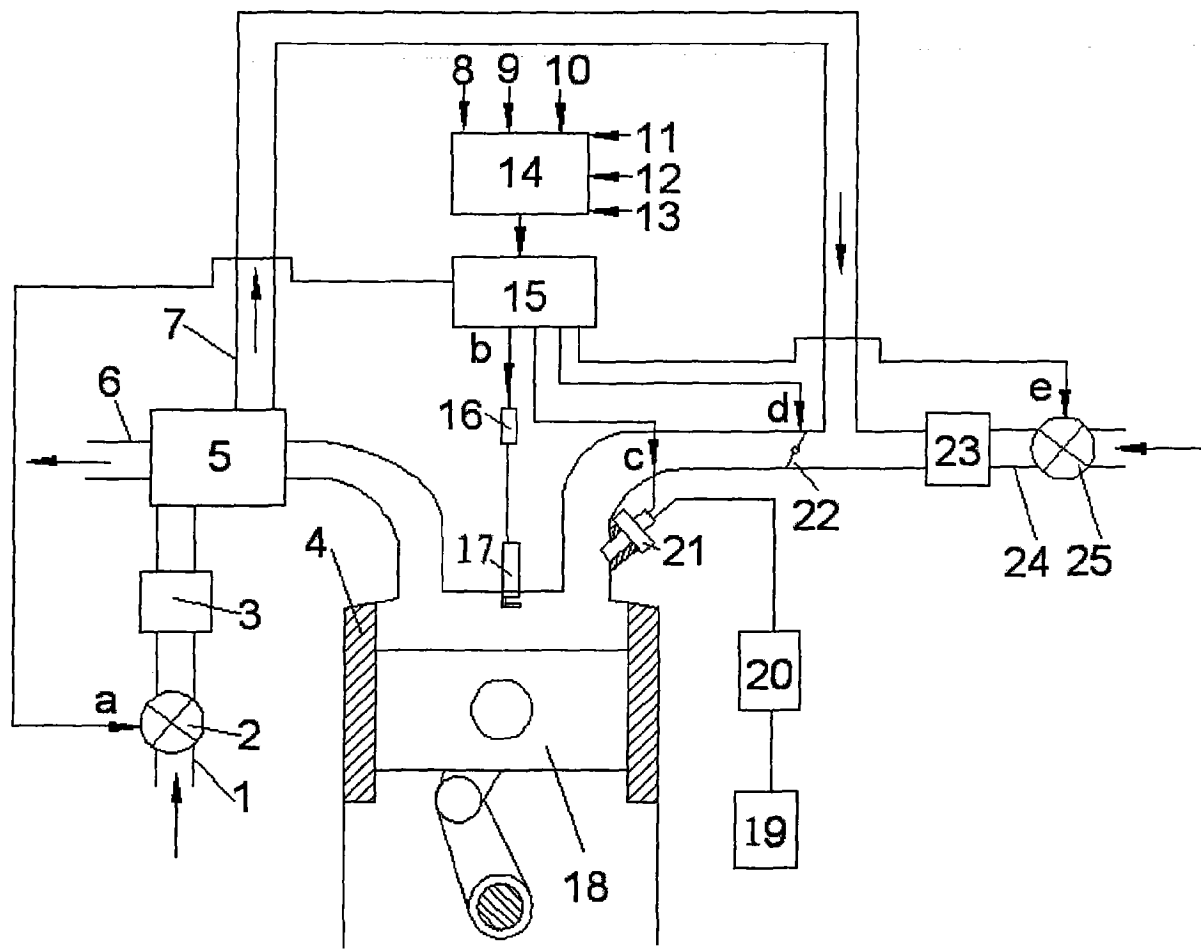


图 1