

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 6 月 27 日 (27.06.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/119666 A1

- (51) 国际专利分类号:
F02B 75/02 (2006.01) *F02D 13/02* (2006.01)
F02M 26/04 (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/080318
- (22) 国际申请日: 2018 年 3 月 23 日 (23.03.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201711414248.2 2017年12月22日 (22.12.2017) CN
- (71) 申请人: 天津大学 (TIANJIN UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国天津市津南区海河教育园雅观路135
号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。
- (72) 发明人: 尧命发 (YAO, Mingfa); 中国天津市津南
区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin
300350 (CN)。 王洋 (WANG, Yang); 中国天津市

津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区,
Tianjin 300350 (CN)。 王洪 (WANG, Hu); 中国天
津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区,
Tianjin 300350 (CN)。 刘海峰 (LIU, Haifeng); 中
国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋
园校区, Tianjin 300350 (CN)。 郑尊清 (ZHENG,
Zunqing); 中国天津市津南区海河教育园雅观
路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。 米珊
(MI, Shan); 中国天津市津南区海河教育园雅观
路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。

(74) 代理人: 天津市北洋有限责任专利代理事务所
(BEI&OCEAN); 中国天津市南开区鞍山西道时
代公寓A座603室, Tianjin 300193 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

(54) Title: FCE MODE-BASED CONTROL METHOD FOR VARIABLE-STROKE REFORMING OF HIGH-OCTANE-VALUE FUELS

(54) 发明名称: 基于FCE模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法

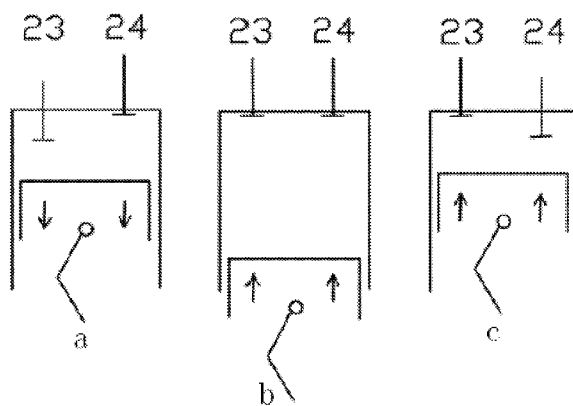


图 2

(57) Abstract: A flexible cylinder engine (FCE) mode-based control method for variable-stroke reforming of high-octane-value fuels. An ECU connected to an engine controls the quantity of oil injected from a flexible cylinder oil injector (19) to a flexible cylinder (8) and the states of an intake door (23) and an exhaust door (24) of the flexible cylinder, so that a working mode of the flexible cylinder (8) is switched between a two-stroke mode and a four-stroke mode according to actual working condition requirements of the engine; when stable combustion needs to be promoted since the engine is in low load, the flexible cylinder oil injector (19) injects over-concentrated fuels at an equivalent ratio greater than 1 to the flexible cylinder (8), and the flexible cylinder (8) is in the two-stroke working mode and may increase the yield of the reforming fuels and improve the reforming efficiency. When enough power output is needed because of high load of the engine, the flexible cylinder oil injector (19) injects conventional-concentration fuels into the flexible cylinder (8), and the flexible cylinder (8) is in the four-stroke working mode, thus the working mode of the flexible cylinder (8) may be switched between the two-stroke working mode and the four-stroke working mode.

JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于FCE模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法, 与发动机相连的ECU控制灵活缸喷油器(19)向灵活缸(8)的喷油量以及灵活缸进气门(23)和排气门(24)的状态, 从而根据发动机实际工况需求使得灵活缸(8)的工作模式在二冲程与四冲程之间切换; 当发动机处于小负荷需要促进燃烧稳定时, 灵活缸喷油器(19)向灵活缸(8)喷入当量比大于1的过浓燃油, 灵活缸(8)为二冲程工作模式, 可以增加重整燃料的产量, 提高重整效率; 当发动机大负荷需要足够的动力输出时, 灵活缸喷油器(19)向灵活缸(8)喷入常规浓度燃油, 灵活缸(8)为四冲程工作模式, 由此可以将灵活缸(8)工作模式在二冲程和四冲程之间切换。

基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法

技术领域

5 本发明涉及一种发动机，尤其涉及一种灵活缸发动机 FCE (Flexible Cylinder Engine) 模式下的新型燃烧模式发动机。

背景技术

降低由汽车尾气造成的环境污染以及增加燃油效率是一个全球性的问题，因而世界各国的科学家们相继提出了多种新型燃烧模式[1-9]以缓解这一问题，包括 HCCI (均质压
10 燃 Homogeneous Charge Compression Ignition)，PPC (部分预混燃烧 Partially Premixed Combustion)，RCCI (活性控制均质压燃 Reactivity Controlled Compression Ignition) 等。这些新型的燃烧模式都是通过改变发动机的初始运行条件或者燃料的属性来实现高效节能这一目的。美国西南研究院的研究人员[10]提出了废气再循环 (EGR) 专用发动机汽缸策略 (D-EGR) 以提高发动机的效率和排放。根据 D-EGR 理论，部分汽油燃料在废气再
15 循环专用发动机汽缸中被催化成氢气和一氧化碳等小分子，而后与其余汽油燃料混合并被导入工作缸中作为混合燃料进行燃烧。研究表明，采用 D-EGR 策略，发动机的平均热效率可以提高 12-15%。上述燃料重整模式可以提高发动机的燃烧效率以及降低排放，这是因为重整后的燃料富含氢气，因此提高了混合燃料的层流燃烧速度，并拓宽了燃料的空燃比。上海交通大学的研究人员[11]提出化学热重整 TFR 新型燃烧策略，即在一台天然气发动机上独立出一个气缸用于重整天然气，将其重整成 H₂ 和 CO，再导入到
20 其他气缸进行后续燃烧。结果表明，BSHC，BSCO 和 BSNO_x 排放分别降低 12%，8% 及 35%。

然而发动机应该在较大的范围内灵活可调以适应实际工况。双燃料燃烧模式和催化重整模式可以实现这一需求，但是这些模式需要在汽车上再加装一个油箱或者一套催化
25 重整装置，这些都会增加汽车的负载。基于上述燃烧策略，公开号为 CN105134373，公开日为 2015 年 12 月 9 日，名称为《基于燃烧反应路径可调控的发动机及其调控方法》的中国专利文献中披露了可变缸重整燃烧策略 (Flexible cylinder engine, FCE) [12-13]。

[参考文献]

[1] Iwamoto Y., et al., Development of gasoline direct injection engine, 1997, SAE
30 technical paper。

[2] Kanda T., et al., PCCI operation with early injection of conventional diesel fuel, 2005, SAE Technical Paper。

[3] Kokjohn S., et al., Fuel reactivity controlled compression ignition (RCCI): a pathway to controlled high-efficiency clean combustion. International Journal of Engine Research, 2011.
35 12(3): p. 209-226。

[4] Reitz R.D., Duraisamy G., Review of high efficiency and clean reactivity controlled compression ignition (RCCI) combustion in internal combustion engines. Progress in Energy and Combustion Science, 2015. 46: p. 12-71。

[5] Sgro L.A., et al., Investigating the origin of nuclei particles in GDI engine exhausts. Combustion and Flame, 2012. 159(4): p. 1687-1692。

[6] Stanglmaier R.H., Roberts C.E., Homogeneous charge compression ignition (HCCI): benefits, compromises, and future engine applications, 1999, SAE Technical Paper。

[7] Thring R.H., Homogeneous-charge compression-ignition (HCCI) engines, 1989, SAE Technical paper。

[8] Yao M.F., Zheng Z., Liu H.F., Progress and recent trends in homogeneous charge compression ignition (HCCI) engines. Progress in Energy and Combustion Science, 2009. 35(5): p. 398-437。

[9] Zheng M., et al., Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. Fuel, 2008. 87(6): p. 714-722。

[10] Alger T., Mangold B., Dedicated EGR: a new concept in high efficiency engines. SAE international journal of engines, 2009. 2(2009-01-0694): p. 620-631。

[11] Zhu L., et al., In-cylinder thermochemical fuel reforming (TFR) in a spark-ignition natural gas engine. Proceedings of the Combustion Institute, 2017. 36(3): p. 3487-3497。

[12] Wang Y., Wei L.X., Yao M.F., A theoretical investigation of the effects of the low-temperature reforming products on the combustion of n-heptane in an HCCI engine and a constant volume vessel. Applied Energy, 2016. 181: p. 132-139。

[13] Yao MF, Wang Y, Jia GR, et al. Novel engine controlled by combustion reaction path and regulating method thereof. U.S. Patent Application No. 15/268,586。

发明内容

本发明公开了一种基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法。其中的灵活缸可根据实际工况条件通过调节气门策略实现二冲程和四冲程两种工作模式，即该灵活缸作为重整缸重整汽油类高辛烷值燃料时其工作模式为二冲程，可以增加重整燃料的产量提高重整效率；当发动机大负荷需要足够的动力输出时，灵活缸转变为四冲程。本发明可以将灵活缸工作模式在二冲程和四冲程之间切换。

为了解决上述技术问题，本发明提出的一种基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法，所用发动机包括空气进气系统，并具有多个工作缸和至少一个燃料灵活缸，所述空气进气系统包括涡轮机和增压器，与所述增压器连接的空气进气总管，所述空气进气总管上设有一个空气进气三通阀；所述空气进气总管自所述空气进气三通阀后分为两路，一路为工作缸进气管，另一路为灵活缸进气管，所述空气进气总管与所述工作缸

进气管之间连接有工作回路，所述工作缸进气管与所述灵活缸进气管之间连接有燃料重整回路；所述燃料重整回路是由灵活缸进气管后依次经过灵活缸喷油器、灵活缸、灵活缸排气三通阀、重整气中冷器、重整气管至所述混合腔；其中，所述重整气中冷器设置在重整气管上，且介于所述灵活缸与所述混合腔之间；与发动机相连的 ECU 控制所述灵活缸喷油器向所述灵活缸的喷油量及所述灵活缸进气门和排气门的状态，从而根据发动机实际工况需求使得所述灵活缸的工作模式在二冲程与四冲程之间的切换；当发动机处于小负荷需要促进燃烧稳定时，所述灵活缸喷油器向所述灵活缸喷入当量比大于 1 的过浓燃油，所述灵活缸为二冲程工作模式；当发动机大负荷需要足够的动力输出时，所述灵活缸喷油器向所述灵活缸喷入常规浓度燃油，所述灵活缸为四冲程工作模式；其中：

二冲程工作模式实现重整循环的过程是：

1-1) 关闭排气门，开启进气门，空气进入灵活缸；

1-2) 当灵活缸到达下止点时，关闭进气门和排气门，灵活缸开始低温压缩失火重整高辛烷值燃料；

1-3) 根据灵活缸重整气的活性曲线，选择排气门的开启时刻，从所述灵活缸中导出发动机相应所需活性的重整气引入所述工作缸。所述灵活缸重整气的活性曲线的获得是：根据重整产物不同导出时刻活性不同利用 CHEMKIN 软件得出灵活缸重整气的活性曲线。

四冲程工作模式实现重整循环的过程是：

2-1) 关闭排气门，开启进气门，空气进入灵活缸；

2-2) 当灵活缸到达下止点时，关闭进气门和排气门，灵活缸开始压缩点燃高辛烷值燃料；

2-3) 灵活缸活塞下行做功向发动机提供动力输出；

2-4) 开启排气门，燃烧后的废气通过排气门排出。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

本发明基于 FCE 模式下二冲程灵活缸重整汽油类高辛烷值燃料发动机，即可根据发动机所处具体工况条件：当小负荷时灵活缸转变为重整缸，通过调节气门策略实现灵活缸二冲程重整燃料；当大负荷时灵活缸转变为与常规缸工作职能一样，成为四冲程参与工作。在重整模式下，灵活缸二冲程重整相较于四冲程重整，可以提供给常规缸足够的重整气，提高重整效率。

附图说明

图 1 是一种基于 FCE 模式下高辛烷值燃料发动机结构简图；

图 2 是本发明中灵活缸二冲程时气门状态示意图，其中，a 是进气示意图，b 是压缩失火重整示意图，c 是排气示意图。

图 3 是灵活缸四冲程时气门状态示意图, 其中, a 是进气状态示意图, b 是压缩状态示意图, c 是做功状态示意图, d 是排气状态示意图。

图 4 是灵活缸重整气的活性随排气门开启时刻的变化情况。

图中: 1-灵活缸进气管, 2-工作缸进气管, 3-混合腔, 4-工作缸喷油器, 5-工作缸进气歧管, 6-发动机, 7-工作缸, 8-灵活缸, 9-空气进气总管, 10-EGR 管, 11-EGR 控制阀, 12-增压器, 13-涡轮机, 14-排气管, 15-总排气管, 16-排气后处理装置, 17-灵活缸排气三通阀, 18-重整气中冷器, 19-灵活缸喷油器, 20-重整气管, 21-空气进气三通阀, 22-EGR 中冷器, 23-进气门, 24-排气门。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明技术方案作进一步详细描述, 所描述的具体实施例仅对本发明进行解释说明, 并不用以限制本发明。

本发明的设计思路是: 本发明中, 灵活缸通过气门策略调节设计为二冲程/四冲程灵活切换, 而其余常规缸固定设计为四冲程。这样设计相较于灵活缸为四冲程的情况而言提供供给常规缸的重整气更加充裕, 重整效率更高。而当发动机处于大负荷需要足够的动力输出时, 灵活缸可以与常规缸气门策略变为一样, 转换成四冲程。FCE 模式发动机由灵活缸和常规缸组成, 具体工作流程为: 灵活缸负责重整燃料, 重整后的重整气经过管路冷却后与新鲜燃料混合导入到常规缸中参与燃烧。本发明基于 FCE 模式基础上具体设计一种灵活缸为二冲程/四冲程, 其余常规缸为四冲程的新概念发动机, 其中灵活缸中的重整产物活性可通过控制排气门的开启时刻调控, 并且当灵活缸由于工况需要转变成常规缸时, 灵活缸的气门策略此时与常规缸相同, 转变成四冲程, 以使发动机在大负荷时拥有足够的功率输出。

本发明提出的一种基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法, 主要是通过调节气门策略实现了发动机缸内二冲程燃料重整, 从而使发动机在小负荷时获得足够多的重整气, 让其更加高效节能运行。本发明基于燃烧反应路径可调控的新概念发动机由进气系统、工作系统和燃料重整系统组成, 结构图如图 1 所示。其中的进气系统和工作系统与参考文献[13]中提出的 FCE 模式下的结构相同, 但优化了燃料重整系统气门策略。所用发动机的结构如图 1 所示, 包括空气进气系统, 并具有多个工作缸 7 和至少一个燃料灵活缸 8 (诸如: 三缸机一个灵活缸, 两个工作缸或者六缸机两个灵活缸, 四个工作缸, 形成“一拖二”模式), 所述空气进气系统包括涡轮机 13 和增压器 12, 与所述增压器 12 连接的空气进气总管 9, 所述空气进气总管 9 上设有一个空气进气三通阀 21; 所述空气进气总管 9 自所述空气进气三通阀 21 后分为两路, 一路为工作缸进气管 2, 另一路为灵活缸进气管 1, 所述空气进气总管 9 与所述工作缸进气管 2 之间连接有工作回路, 所述工作缸进气管 2 与所述灵活缸进气管 1 之间连接有燃料重整回路; 涡轮增压器由涡轮机 13 和增压器 12 组成, 来自排气管 14 的废气驱动涡轮机 13 转动, 涡轮机 13 驱动增压器 12 压

缩进气，实现进气增压；所述空气进气三通阀 21 控制着来自空气进气总管 9 空气的分配与流向，防止由于管路内压力大小的差异导致 EGR 管 10 内通过的废气回流到空气进气总管 9 中；所述工作缸进气管 2 将通过空气进气三通阀 21 的空气或者 EGR 与空气的混合气导入到混合腔 3 中。所述空气进气三通阀 21 只允许空气进气总管 9 中的进气分别流
5 向灵活缸进气管 1 和工作缸进气管 2。与发动机相连的 ECU 根据空气进气总管 9、灵活缸进气管 1 和工作缸进气管 2 内压力大小的差异通过所述空气进气三通阀 21 控制来自空气进气总管 9 的空气的分配与流向，用以防止废气回流到空气进气总管 9 中。

所述工作回路由增压器 12、空气进气三通阀 21、工作缸进气管 2、混合腔 3、工作缸进气管歧管 5、工作缸喷油器 4、工作缸 7、排气管 14、EGR 阀 11、EGR 中冷器 22、总
10 排气管 15 和排气后处理装置 16 等组成。所述混合腔 3 混合来自工作缸进气管 2 的空气（或者 EGR 与空气的混合气）和来自灵活缸 8 经重整气管 20 的重整气；所述工作缸喷油器 4 控制着喷入工作缸内燃油的时刻与量；所述 EGR 控制阀 11 也设置在 EGR 管 10 上，控制着导入混合腔 3 的废气量；所述 EGR 中冷器 22 设置在 EGR 管 10 的管路上，介于混合腔 3 与 EGR 控制阀 11 之间。

所述燃料重整回路由灵活缸进气管 1、灵活缸喷油器 19、进气门 23、排气门 24、灵活缸 8、重整气管 20、重整气中冷器 18、混合腔 3 组成。所述燃料重整系统回路从燃料进入灵活缸进气管后依次经过灵活缸喷油器 19、灵活缸 8、重整气管 20、重整气中冷器
15 18 至所述混合腔 3；其中，所述重整气中冷器 18 设置在重整气管 20 上、且介于所述重整灵活缸 8 与所述混合腔 3 之间。与发动机相连的 ECU 控制所述灵活缸喷油器 19 向所述灵活缸 8 的喷油量及所述灵活缸 8 进气门 23 和排气门 24 的状态，从而根据发动机实际工况需求使得所述灵活缸 8 的工作模式在二冲程与四冲程之间的切换。

当发动机处于小负荷需要促进燃烧稳定时，所述灵活缸喷油器 19 向所述灵活缸 8 喷入当量比大于 1 的过浓燃油，所述灵活缸为二冲程工作模式；如图 2 所示，二冲程工作模式实现重整循环的过程是：

25 1-1) 关闭排气门 24，开启进气门 23，空气进入灵活缸 8；

1-2) 当灵活缸 8 到达下止点时，关闭进气门 23 和排气门 24，灵活缸 8 开始低温压缩失火高辛烷值燃料；

1-3) 根据灵活缸重整气的活性曲线，选择排气门 24 的开启时刻，从所述灵活缸 8 中导出发动机相应所需活性的重整气引入所述工作缸 7。其中，所述灵活缸重整气的活性
30 曲线的获得是：根据重整产物不同导出时刻活性不同利用 CHEMKIN 软件得出灵活缸重整气的活性曲线，图 4 是灵活缸重整气的活性随排气门开启时刻的变化情况。

当发动机大负荷需要足够的动力输出时，所述灵活缸喷油器 19 向所述灵活缸 8 喷入常规浓度燃油，所述灵活缸为四冲程工作模式；如图 3 所示，四冲程工作模式实现重整循环的过程是：

35 2-1) 关闭排气门 24，开启进气门 23，空气进入灵活缸 8；

2-2) 当灵活缸 8 到达下止点时, 关闭进气门 23 和排气门 24, 灵活缸 8 开始压缩点燃高辛烷值燃料;

2-3) 灵活缸 8 活塞下行做功向发动机提供动力输出;

2-4) 开启排气门 24, 燃烧后的废气通过排气门 24 排出。

5 综上, 与发动机相连的 ECU 根据发动机运行工况特点, 对灵活缸气门策略进行调整: 当灵活缸作为重整缸重整汽油类高辛烷值燃料时, 该缸的工作模式为二冲程; 而当发动机大负荷需要足够的动力输出时, 灵活缸此时与常规缸工作模式相同, 转变为四冲程。通过气门策略可以将灵活缸工作模式在二冲程和四冲程之间切换。因此在灵活缸二冲程重整过程中, 通过控制灵活缸排气门的开启时刻, 可以获得不同重整程度的重整混合气, 10 即不同活性的重整气, 从而可以满足发动机在广阔范围内需要不同活性重整气的需求。并且由于灵活缸是二冲程这就使得当发动机处于一个正常的四冲程循环工作过程时, 灵活缸可以重整两次, 因此可以向常规缸提供足够的重整气, 满足发动机的需求。

15 尽管上面结合附图对本发明进行了描述, 但是本发明并不局限于上述的具体实施方式, 上述的具体实施方式仅仅是示意性的, 而不是限制性的, 本领域的普通技术人员在本发明的启示下, 在不脱离本发明宗旨的情况下, 还可以做出很多变形, 这些均属于本发明的保护之内。

权利要求

1. 一种基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法，所用发动机包括空气进气系统，并具有多个工作缸(7)和至少一个燃料灵活缸(8)，所述空气进气系统包括涡轮机(13)和增压器(12)，与所述增压器(12)连接的空气进气总管(9)，所述空气进气总管(9)上设有一个空气进气三通阀(21)；

所述空气进气总管(9)自所述空气进气三通阀(21)后分为两路，一路为工作缸进气管(2)，另一路为灵活缸进气管(1)，所述空气进气总管(9)与所述工作缸进气管(2)之间连接有工作回路，所述工作缸进气管(2)与所述灵活缸进气管(1)之间连接有燃料重整回路；

所述燃料重整回路是由灵活缸进气管(1)后依次经过灵活缸喷油器(19)、灵活缸(8)、灵活缸排气三通阀(17)、重整气中冷器(18)、重整气管(20)至所述混合腔(3)；其中，所述重整气中冷器(18)设置在重整气管(20)上，且介于所述灵活缸(8)与所述混合腔(3)之间；

其特征在于：

与发动机相连的 ECU 控制所述灵活缸喷油器(19)向所述灵活缸(8)的喷油量及所述灵活缸(8)进气门(23)和排气门(24)的状态，从而根据发动机实际工况需求使得所述灵活缸(8)的工作模式在二冲程与四冲程之间的切换；当发动机处于小负荷需要促进燃烧稳定时，所述灵活缸喷油器(19)向所述灵活缸(8)喷入当量比大于 1 的过浓燃油，所述灵活缸为二冲程工作模式；当发动机大负荷需要足够的动力输出时，所述灵活缸喷油器(19)向所述灵活缸(8)喷入常规浓度燃油，所述灵活缸为四冲程工作模式；其中：

二冲程工作模式实现重整循环的过程是：

1-1) 关闭排气门(24)，开启进气门(23)，空气进入灵活缸(8)；

1-2) 当灵活缸(8)到达下止点时，关闭进气门(23)和排气门(24)，灵活缸(8)开始低温压缩失火重整高辛烷值燃料；

1-3) 根据灵活缸重整气的活性曲线，选择排气门(24)的开启时刻，从所述灵活缸(8)中导出发动机相应所需活性的重整气引入所述工作缸(7)。

2. 根据权利要求 1 所述基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法，其中，二冲程工作模式实现重整循环过程的步骤 1-3) 中，所述灵活缸重整气的活性曲线的获得是：根据重整产物不同导出时刻活性不同利用 CHEMKIN 软件得出灵活缸重整气的活性曲线。

3. 根据权利要求 1 所述基于 FCE 模式变冲程重整高辛烷值燃料的控制方法，其中，四冲程工作模式实现重整循环的过程是：

2-1) 关闭排气门(24)，开启进气门(23)，空气进入灵活缸(8)；

2-2) 当灵活缸(8)到达下止点时，关闭进气门(23)和排气门(24)，灵活缸(8)开始压缩点燃高辛烷值燃料；

2-3) 灵活缸(8)活塞下行做功向发动机提供动力输出；

2-4) 开启排气门(24)，燃烧后的废气通过排气门(24)排出。

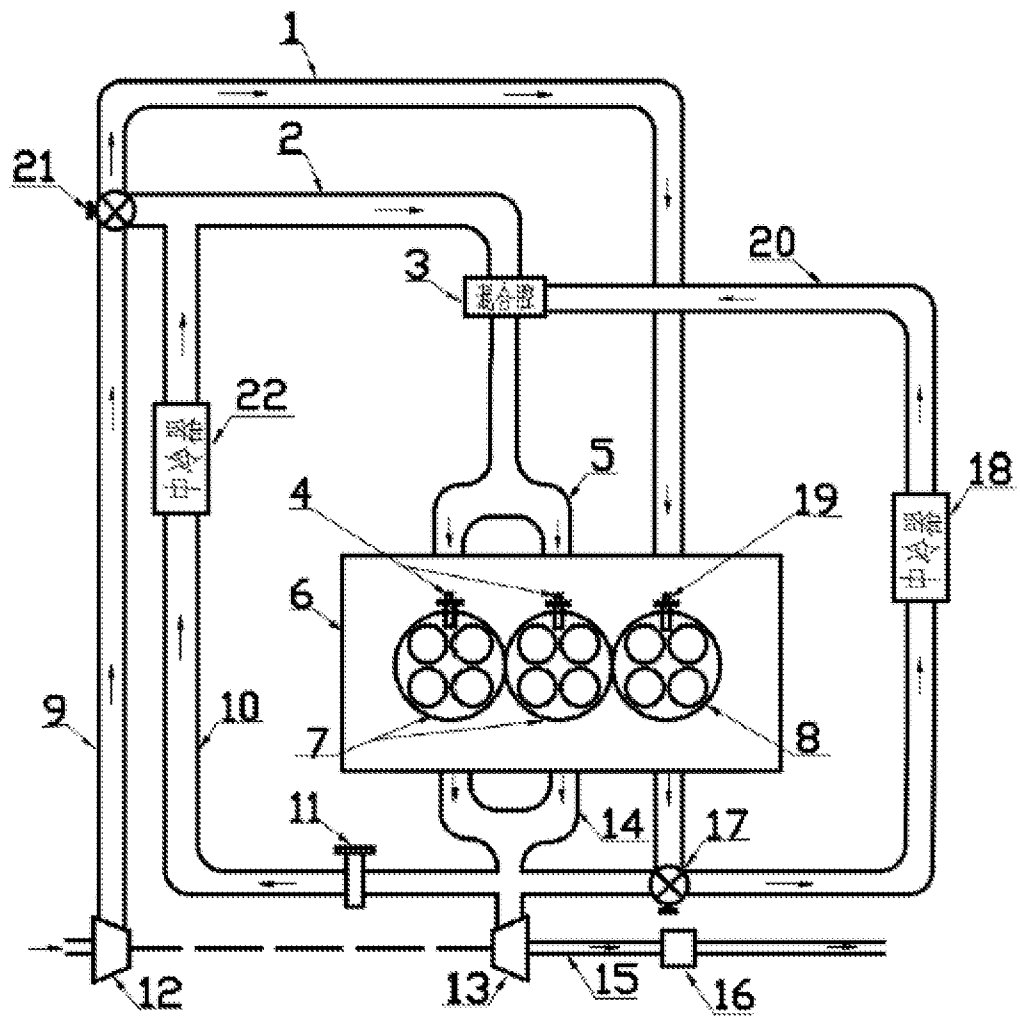


图 1

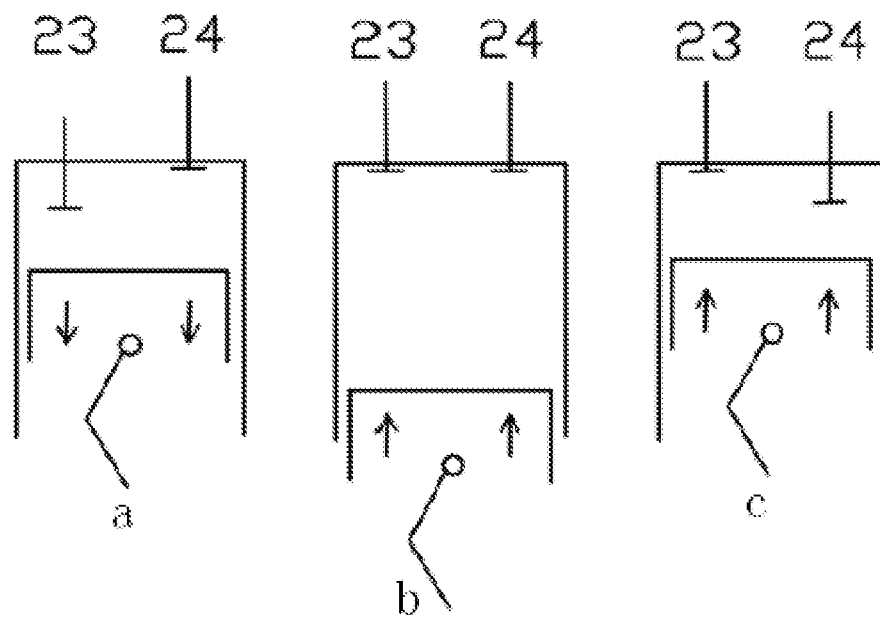


图 2

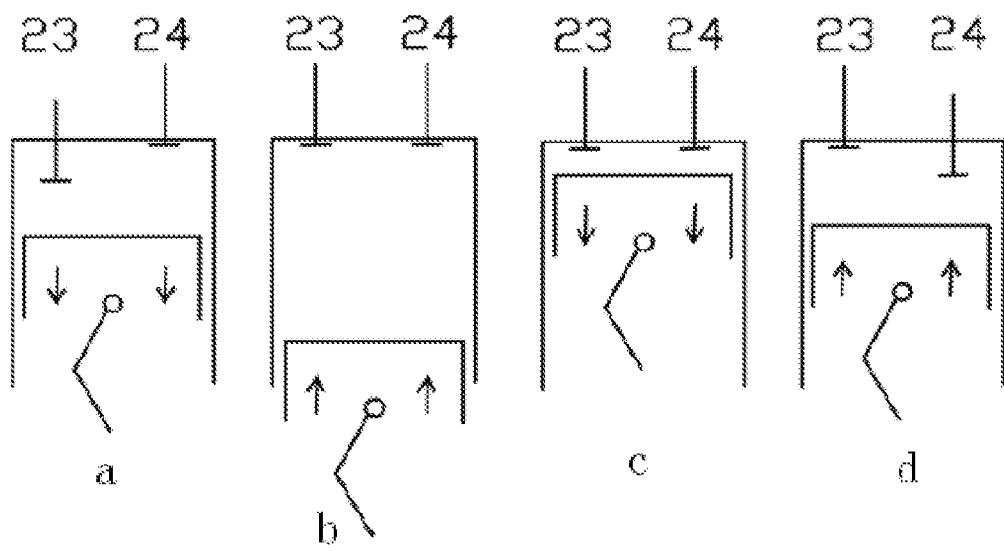


图 3

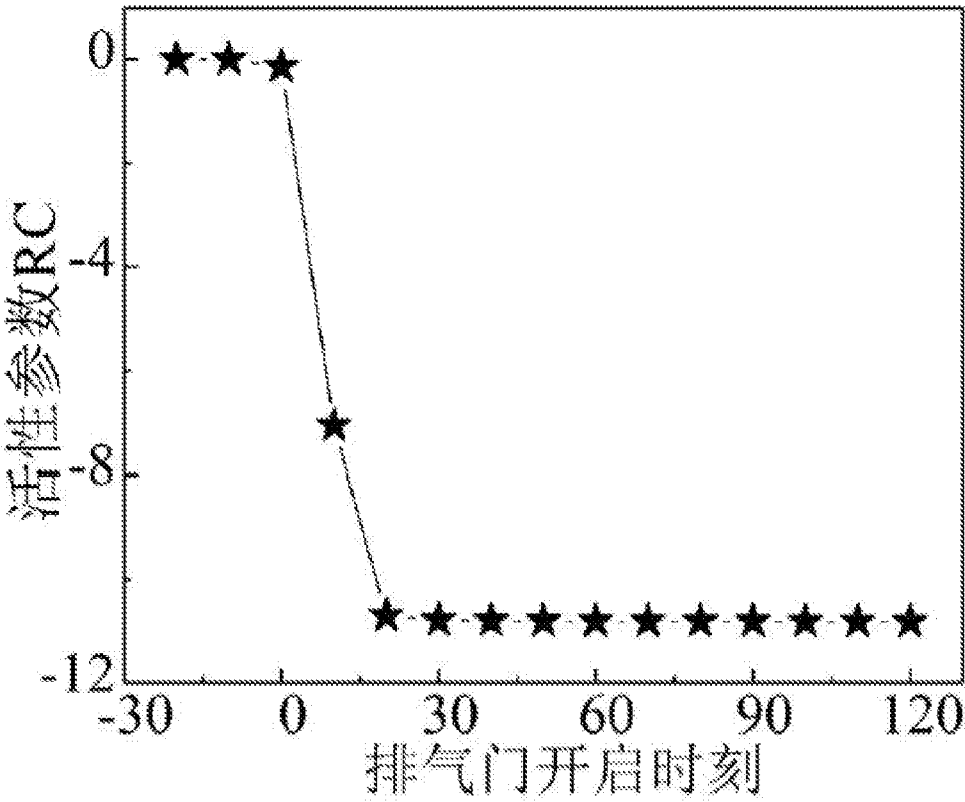


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/080318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02B 75/02(2006.01)i; F02M 26/04(2016.01)i; F02D 13/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02B, F02M, F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; DWPI; SIPOABS; VEN; CNKI: 天津大学, 二冲程, 四冲程, 切换, 再循环, two, four, cycle, stroke, shift+, chang+, EGR

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105134373 A (TIANJIN UNIVERSITY) 09 December 2015 (2015-12-09) description, paragraphs [0024]-[0040], and figure 1	1-3
A	US 4131095 A (NISSAN MOTOR) 26 December 1978 (1978-12-26) entire document	1-3
A	CN 204921157 U (TIANJIN UNIVERSITY) 30 December 2015 (2015-12-30) entire document	1-3
A	US 9206769 B2 (SOUTHWEST RES. INST.) 08 December 2015 (2015-12-08) entire document	1-3
A	CN 102959224 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 06 March 2013 (2013-03-06) entire document	1-3
A	CN 1737350 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 22 February 2006 (2006-02-22) entire document	1-3
A	CN 102434326 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 02 May 2012 (2012-05-02) entire document	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2018

Date of mailing of the international search report

24 July 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/080318

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
CN	105134373	A	09 December 2015	CN	105134373	B		28 November 2017	
				US	2017145966	A1		25 May 2017	
				WO	2017028389	A1		23 February 2017	
US	4131095	A	26 December 1978	JP	S52113423	A		22 September 1977	
CN	204921157	U	30 December 2015	None					
US	9206769	B2	08 December 2015	US	2014196697	A1		17 July 2014	
CN	102959224	A	06 March 2013	AU	2010356307	B2		01 May 2014	
				BR	112012033674	A2		29 November 2016	
				EP	2588736	A1		08 May 2013	
				WO	2012002983	A1		05 January 2012	
				ZA	201300383	B		25 June 2014	
				US	2012000448	A1		05 January 2012	
				CN	102959224	B		20 January 2016	
				EP	2588736	B1		28 March 2018	
				AU	2010356307	A1		17 January 2013	
				US	8528530	B2		10 September 2013	
CN	1737350	A	22 February 2006	CN	100356048	C		19 December 2007	
CN	102434326	A	02 May 2012	US	8671920	B2		18 March 2014	
				US	2013146004	A1		13 June 2013	
				DE	102011111866	A1		22 March 2012	
				WO	2012030816	A3		03 April 2014	
				US	2012048244	A1		01 March 2012	
				CN	102434326	B		24 February 2016	
				DE	112011102483	T5		29 May 2013	
				CN	103547789	A		29 January 2014	
				WO	2012030816	A2		08 March 2012	
				IN	201101155	I2		25 May 2012	
				IN	201300526	P2		28 June 2013	

A. 主题的分类 F02B 75/02 (2006.01) i; F02M 26/04 (2016.01) i; F02D 13/02 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) F02B, F02M, F02D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS; DWPI; SIPOABS; VEN; CNKI: 天津大学, 二冲程, 四冲程, 切换, 再循环, two, four, cycle, stroke, shift+, chang+, EGR		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105134373 A (天津大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09) 说明书第[0024]-[0040]段, 附图1	1-3
A	US 4131095 A (NISSAN MOTOR) 1978年 12月 26日 (1978 - 12 - 26) 全文	1-3
A	CN 204921157 U (天津大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 全文	1-3
A	US 9206769 B2 (SOUTHWEST RES INST) 2015年 12月 8日 (2015 - 12 - 08) 全文	1-3
A	CN 102959224 A (通用电气公司) 2013年 3月 6日 (2013 - 03 - 06) 全文	1-3
A	CN 1737350 A (清华大学) 2006年 2月 22日 (2006 - 02 - 22) 全文	1-3
A	CN 102434326 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2012年 5月 2日 (2012 - 05 - 02) 全文	1-3
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2018年 7月 10日		国际检索报告邮寄日期 2018年 7月 24日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 黄继嗣 电话号码 86-1062085286

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/080318

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	105134373	A	2015年 12月 9日	CN	105134373	B	2017年 11月 28日		
				US	2017145966	A1	2017年 5月 25日		
				WO	2017028389	A1	2017年 2月 23日		
US	4131095	A	1978年 12月 26日	JP	S52113423	A	1977年 9月 22日		
CN	204921157	U	2015年 12月 30日	无					
US	9206769	B2	2015年 12月 8日	US	2014196697	A1	2014年 7月 17日		
CN	102959224	A	2013年 3月 6日	AU	2010356307	B2	2014年 5月 1日		
				BR	112012033674	A2	2016年 11月 29日		
				EP	2588736	A1	2013年 5月 8日		
				WO	2012002983	A1	2012年 1月 5日		
				ZA	201300383	B	2014年 6月 25日		
				US	2012000448	A1	2012年 1月 5日		
				CN	102959224	B	2016年 1月 20日		
				EP	2588736	B1	2018年 3月 28日		
				AU	2010356307	A1	2013年 1月 17日		
				US	8528530	B2	2013年 9月 10日		
CN	1737350	A	2006年 2月 22日	CN	100356048	C	2007年 12月 19日		
CN	102434326	A	2012年 5月 2日	US	8671920	B2	2014年 3月 18日		
				US	2013146004	A1	2013年 6月 13日		
				DE	102011111866	A1	2012年 3月 22日		
				WO	2012030816	A3	2014年 4月 3日		
				US	2012048244	A1	2012年 3月 1日		
				CN	102434326	B	2016年 2月 24日		
				DE	112011102483	T5	2013年 5月 29日		
				CN	103547789	A	2014年 1月 29日		
				WO	2012030816	A2	2012年 3月 8日		
				IN	201101155	I2	2012年 5月 25日		
				IN	201300526	P2	2013年 6月 28日		