

(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
2018 年 4 月 5 日 (05.04.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/059485 A1

- (51) 国际专利分类号:
F02D 41/30 (2006.01) **F02D 43/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/103980
- (22) 国际申请日: 2017 年 9 月 28 日 (28.09.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610880511.6 2016 年 9 月 30 日 (30.09.2016) CN
- (71) 申请人: 广州汽车集团股份有限公司 (GUANGZHOU AUTOMOBILE GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。
- (72) 发明人: 陈泓 (CHEN, Hong); 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。李钰怀 (LI, Yuhuai); 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。刘巨

江 (LIU, Jujiang); 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。占文锋 (ZHAN, Wenfeng); 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。林思聪 (LIN, Sicong); 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510000 (CN)。

(74) 代理人: 上海波拓知识产权代理有限公司 (PSHIP FIRM, LLC); 中国上海市静安区沪太路 315 弄 2 号 19F, Shanghai 200070 (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, 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,

(54) Title: GASOLINE ENGINE EXCESS AIR COEFFICIENT COMBUSTION CONTROL METHOD AND COMBUSTION CONTROL SYSTEM

(54) 发明名称: 汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法及燃烧控制系统

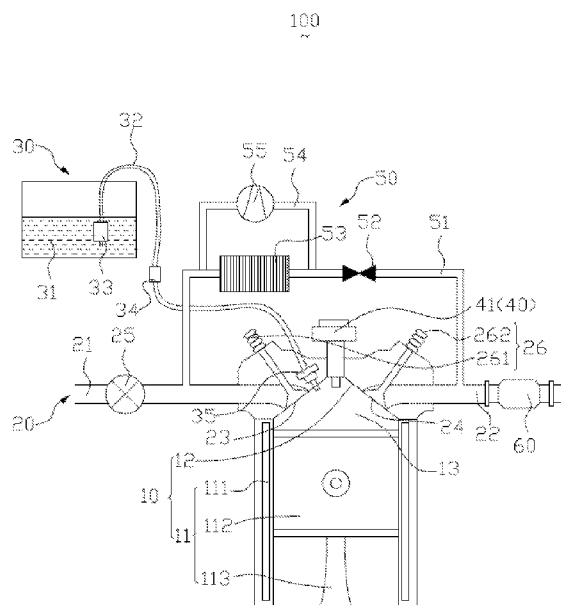


图 1

(57) Abstract: Provided are a gasoline engine excess air coefficient combustion control method and a combustion control system. The gasoline engine excess air coefficient combustion control method comprises the steps of: monitoring an engine operation state; according to the operation state of the engine, determining a current load state of the engine, the load state of the engine being divided into: a partial load state, a heavy load state and a full load state; according to the current load state of the engine, choosing an appropriate combustion mode of the excess air coefficient. When the current load state of the engine is a partial load state, the engine adopts a lean combustion mode with an excess air coefficient of 1.6-2.0; when the current load state of the engine is a heavy load state, the engine adopts a combustion mode with an excess air coefficient of 1; and when the current load state of the engine is a full load state, the engine adopts a combustion mode with an excess air coefficient of 0.8-0.9.

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: 一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法和燃烧控制系统, 其中该汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法包括步骤: 监测发动机的运行工况; 根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态, 其中发动机的负荷状态分为: 部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态; 根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式, 其中当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时, 发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式; 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时, 发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式; 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时, 发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法及燃烧控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及发动机技术领域，尤其涉及汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法及燃烧控制系统。

背景技术

[0002] 均质充量压缩燃烧（Homogeneous Charging Compression Ignition, HCCI）控制技术通过控制进气温度，并采用预混合、压缩着火的燃烧方式实现了低温稀薄燃烧，有效提升了发动机有效热效率，并降低了污染物排放。然而，由于进气温度难以精确控制，且随着发动机负荷的增加，压缩着火对进气温度的敏感程度大幅增加，细微的温度控制差异将会导致压缩着火时出现较大的变动，最终导致HCCI控制技术的燃烧始点和放热率无法获得控制；同时发动机负荷的增加，还会使燃烧压力升高率急剧上升，出现类似爆震的不可控、不正常的燃烧过程。

技术问题

[0003] 现有汽油发动机燃烧控制技术中，汽油与空气通常以化学计量空燃比进行混合后燃烧，过量空气系数不会随着发动机工况（负荷情况）的变化而改变，难以发挥稀薄燃烧有效提升发动机热效率的优势。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足之处，提供一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法及燃烧控制系统，针对汽油发动机不同的工况，采用不同的过量空气系数，获得汽油发动机在全工况范围内有效热效率、动力性和污染物排放的综合改善的效果。

[0005] 本发明提供一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，包括步骤：

[0006] 监测发动机的运行工况；

[0007] 根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态，其中发动机的负荷状态分

为：部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态；

[0008] 根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式，其中，

[0009] 当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式；

[0010] 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式；

[0011] 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0012] 进一步地，部分负荷状态为0~50%发动机功率运行的状态，大负荷状态为50%~90%发动机功率运行的状态，满负荷状态为90%~100%发动机功率运行的状态。

[0013] 进一步地，当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气并进行点火；同时，发动机采用米勒循环结合废气再循环降低发动机气缸内的燃烧温度，使发动机气缸内的燃烧温度处于1900K以下。

[0014] 进一步地，利用废气再循环控制燃烧后的废气回流量和废气回流温度，使气缸内过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气在点火时间窗口的混合气温度等于临界自燃温度。

[0015] 进一步地，所述过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气采用大于400MJ的点火能量进行点火。

[0016] 进一步地，当所述发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为1的混合气并进行点火；同时，发动机利用废气再循环调节废气回流量和废气回流温度进行燃烧适配。

[0017] 进一步地，当所述发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制

燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气并进行点火；同时，发动机利用废气再循环调节废气回流量和废气回流温度进行燃烧适配。

[0018] 进一步地，该汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法还包括利用废气再循环控制燃烧后的废气回流量，其中三种燃烧模式下的废气回流量的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0019] 进一步地，该汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法还包括利用废气再循环控制燃烧后的废气回流温度，其中三种燃烧模式下的废气回流温度的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0020] 进一步地，所述发动机燃烧产生的待排放废气最后经催化转化后排出。

[0021] 本发明还提供一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，所述燃烧控制系统包括气缸体结构、可变配气系统、燃油喷射系统、高能点火系统、废气再循环系统、工况监测系统和发动机电控单元，所述气缸体结构包括气缸，所述可变配气系统用于控制新鲜空气进入所述气缸的进气量，所述燃油喷射系统用于控制喷射进入所述气缸的燃油量，所述高能点火系统包括高能火花塞并用于放电点火，所述废气再循环系统用于控制废气回流量和废气回流温度，其中：

[0022] 所述发动机电控单元与所述工况监测系统、所述可变配气系统、所述燃油喷射系统、所述高能点火系统和所述废气再循环系统电连接；

[0023] 所述工况监测系统用于监测发动机的运行工况并将监测结果传递给所述发动机电控单元；

[0024] 所述发动机电控单元根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态，其中发动机的负荷状态分为：部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态；

[0025] 所述发动机电控单元根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式，其中，

[0026] 当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式；

- [0027] 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式；
- [0028] 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [0029] 进一步地，所述工况监测系统包括发动机转速监测传感器和功率监测装置。
- [0030] 进一步地，所述废气再循环系统包括废气再循环管路、废气再循环控制阀、废气再循环中冷器、废气回流旁通管路及废气旁通阀，所述废气再循环管路的出气端与进气管相连通，所述废气再循环管路的入气端与排气管相连通，所述废气再循环控制阀和所述废气再循环中冷器串接设置于所述废气再循环管路中，所述废气回流旁通管路与所述废气再循环中冷器并联，所述废气旁通阀设置于所述废气回流旁通管路中。
- [0031] 进一步地，所述废气再循环系统用于控制燃烧后的废气回流量，其中三种燃烧模式下的废气回流量的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [0032] 进一步地，所述废气再循环系统用于控制燃烧后的废气回流温度，其中三种燃烧模式下的废气回流温度的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [0033] 进一步地，所述高能火花塞的点火能量可点燃过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气及过量空气系数为1的混合气，且还可点燃过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气。

发明的有益效果

有益效果

- [0034] 上述汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法和燃烧控制系统，针对汽油发动机不同的工况，采用不同的过量空气系数燃烧模式，获得汽油发动机在全工况范围内的有效热效率、动力性和污染物排放的综合改善效果。

对附图的简要说明

附图说明

- [0035] 图1是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统的结构示意图。

[0036] 图2是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统的模块示意图。

[0037] 图3是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法的流程图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0038] 为进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效，以下结合附图及较佳实施例，对本发明的具体实施方式、结构、特征及其功效，详细说明如后。

[0039] 图1是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统的结构示意图，图2是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统的模块示意图，请参阅图1与图2所示，本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统100，包括气缸体结构10、可变配气系统20、燃油喷射系统30、高能点火系统40、废气再循环系统50、催化转化器60、工况监测系统70和发动机电控单元80。

[0040] 气缸体结构10包括气缸11和缸盖12。缸盖12设于中空的气缸11的上方，气缸11包括中空的缸体111、插设于缸体111中且可沿缸体111轴线移动的活塞112、以及与活塞112铰接连接的连杆113。由缸盖12的底面、气缸11的活塞112顶面、及气缸11的缸体111所形成的空间为燃烧室13，本实施例采用米勒循环（Miller Cycle）技术，故燃烧室13为米勒循环燃烧室。

[0041] 可变配气系统20用于精确控制向气缸11提供的燃烧所需空气量。可变配气系统20包括进气管21、排气管22、进气门23、排气门24、节气门25及可变气门正时装置26。进气门23和排气门24设置在缸盖12上，进气管21和排气管22设置于缸盖12外侧且与缸盖12固定连接，进气管21通过进气门23与气缸11连通，排气管22通过排气门24与气缸11连通。本实施例采用米勒循环技术，因此进气门23采用米勒循环小升程进气门。可变气门正时装置26采用可变气门正时（Variable Valve Timing, VVT）技术，根据发动机的运行情况调整进气（排气）的量，即进气门23（进气门24）开合时间和角度，使进入的空气量达到最佳，以提高燃烧效率。可变气门正时装置26包括可变进气门驱动器261和可变排气门驱动器262，可变进气门驱动器261设置于进气门23的上端以控制进气门23的开启与关闭，可变排气门驱动器262设置于排气门24的上端以可控制排气门24的开启与关闭。节气门

25设置于进气管21上，节气门25可控制进气管21的进气量。可变进气门驱动器261、可变排气门驱动器262和节气门25为电控驱动部件，具体地，发动机电控单元80与可变进气门驱动器261、可变排气门驱动器262和节气门25电连接并控制这些部件进行工作。

[0042] 气缸体结构10与可变配气系统20相配合采用米勒循环技术，米勒循环能够实现膨胀比大于有效压缩比的燃烧循环，提高发动机热效率，同时可以实现降低最高燃烧温度的效果。

[0043] 燃油喷射系统30用于控制向气缸11内喷射的燃油量，燃油喷射系统30采用缸内直喷（Gasoline Direct Injection, GDI）技术。燃油喷射系统30包括油箱31、输油管32、低压输油泵33、高压输油泵34及高压喷油器35，输油管32的两端分别与油箱31和高压喷油器35连接，低压输油泵33与油箱31相连，高压输油泵34对燃油加压而将其输送，高压输油泵34设置于输油管32上，高压输油泵34对输油管32中的燃油进一步加压，高压喷油器35设于缸盖12上用于往气缸11内直接喷射燃油，高压喷油器35的喷油嘴位于气缸11（燃烧室13）内，输油管32中燃油经高压喷油器35的喷油嘴喷射至气缸11内。高压喷油器35为电控驱动部件，具体地，发动机电控单元80与高压喷油器35电连接并控制其进行喷油工作。

[0044] 燃油喷射系统30与可变配气系统20配合实现对气缸11燃油量和进气量的精确控制，进而实现了发动机过量空气系数的可变控制。

[0045] 高能点火系统40包括高能火花塞41和高能放电电源（图未示），高能放电电源为高能火花塞41提供电能。高能火花塞41设于缸盖12上，高能火花塞41的打火端位于燃烧室21内。高能火花塞41可产生高达400MJ的点火能量，其不仅可点燃过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气及过量空气系数为1的混合气，还可点燃过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气。高能火花塞41为电控驱动部件，具体地，发动机电控单元80与高能火花塞41电连接并控制其进行放电点火。

[0046] 废气再循环（Exhaust Gas Recirculation, EGR）系统50包括废气再循环管路51、废气再循环控制阀52、废气再循环中冷器53、废气回流旁通管路54、及废气旁通阀55。废气再循环管路51的出气端与位于节气门25后的进气管21相连通，废气再循环管路51的入气端与排气管22相连通。废气再循环控制阀52和废气再

循环中冷器53串接设置于废气再循环管路51中。废气回流旁通管路54与废气再循环中冷器53并联，废气旁通阀55设置于废气回流旁通管路54中，废气旁通阀55用于控制废气再循环管路51中经过与不经过的废气再循环中冷器53的废气比例以精确控制回流废气温度。废气再循环控制阀52和废气旁通阀55为电控驱动部件，具体地，发动机电控单元80与废气再循环控制阀52和废气旁通阀55电连接并控制这些阀的开启与关闭。

[0047] 本实施例利用废气再循环技术来控制回流废气量和回流废气温度。具体地，从气缸11排出的一部分废气经排气管22进入废气再循环管路51，通过废气再循环控制阀52控制进入废气再循环管路51的废气量，废气再循环管路51中的废气分为两部分，一部分经由废气再循环中冷器53冷却降温，另一部分则经由废气回流旁通管路54绕过废气再循环中冷器53再进入废气再循环管路51，与经由废气再循环中冷器53的冷却降温的废气相混合，之后回流至进气管21，再与新鲜空气混合重新进入气缸11中。其中，经由废气再循环中冷器53的废气和经由废气回流旁通管路54的废气的比例是通过废气回流旁通管路54中的废气旁通阀55的开启与关闭来进行调整，进而精确控制回流至进气管21的废气温度。

[0048] 废气再循环系统50的作用是控制废气回流量和废气回流温度，实现不同工况对废气回流量和废气回流温度需求的控制。通过废气再循环系统50控制废气回流温度和废气回流量，进而控制气缸内混合气在点火时间窗口的混合气温度。废气回流量大小，直接影响混合气点火燃烧后的最高燃烧温度，废气回流量越大，最高燃烧温度越低。

[0049] 催化转化器60设置于排气管22中，催化转化器60中可填充有铂或钯等催化剂，可将气缸11燃烧后排入排气管22中的含氮氧化物、碳氢及一氧化碳等废气催化转化成符合环保要求可排放的废气再进行排放。催化转化器60根据燃烧温度及空气系数的不同所产生的污染废气（如低温稀薄燃烧时产生碳氢和一氧化碳等废气，高温燃烧时产生氮氧化物、碳氢和一氧化碳等废气）不同，分别将污染废气转化为可排放废气。

[0050] 如图2所示，发动机电控单元80与工况监测系统70、可变配气系统20、燃油喷射系统30、高能点火系统40和废气再循环系统50电连接。工况监测系统70用于

监测发动机的运行工况，如发动机转速和发动机功率等，工况监测系统可以包括发动机转速监测传感器（图未示）和功率监测装置（图未示）等，用于监测发动机转速和发动机功率等，并将监测得到的监测结果传递给发动机电控单元80。然后，发动机电控单元80根据这些监测结果，控制可变配气系统20、燃油喷射系统30、高能点火系统40和废气再循环系统50进行工作。

[0051] 图3是本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法的流程图，请参阅图3所示，本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，包括步骤：

[0052] S1：监测发动机的运行工况；

[0053] S2：根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态；

[0054] S3：根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式；

[0055] S4：发动机燃烧产生的待排放废气经催化转化后排出。

[0056] 在步骤S1中，监测发动机的运行工况，例如是监测包括发动机转速和发动机功率在内的发动机运行参数，来获得发动机的运行工况。

[0057] 在步骤S2中，根据获得的发动机的运行工况，判断发动机当前的负荷状态，其中发动机的负荷状态分为：部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态，本实施例中，部分负荷状态为0~50%发动机功率运行的状态，大负荷状态为50%~90%发动机功率运行的状态，满负荷状态为90%~100%发动机功率运行的状态。

[0058] 在步骤S3中，根据获得的发动机当前的负荷状态，选择相适配的过量空气系数燃烧模式，本实施例中，当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式；当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式；当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0059] 当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的燃烧模式，该燃烧模式是利用可变配气系统20精确控制进气量和利用燃油喷射系统30精确控制燃油量，使气缸11内形成过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气并利用高能点火系统40的点火能量进行点火；同时，发动机采用米勒循环结合废气再循环（废气再循环系统50）降低发动机气缸11内的燃烧温度，控制发动机气缸11内的燃烧温度处于1900K以下。进一步地，还利用废气再循环控制

燃烧后的废气回流量和废气回流温度，使气缸内过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气在点火时间窗口的混合气温度等于临界自燃温度，实现燃烧始点可控的同时提高燃烧等容度。进一步地，过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气采用大于400MJ的点火能量进行点火，即高能点火系统40的点火能量可达到400MJ以上。

[0060] 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式，该燃烧模式是利用可变配气系统20精确控制进气量和利用燃油喷射系统30精确控制燃油量，使气缸11内形成过量空气系数为1的混合气；同时，发动机利用废气再循环（废气再循环系统50）调节废气回流量和废气回流温度，使得与当前燃烧模式下的燃烧相适配，以对燃烧的粗暴程度进行抑制。

[0061] 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式，该燃烧模式是利用可变配气系统20精确控制进气量和利用燃油喷射系统30精确控制燃油量，使气缸内形成过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气；同时，发动机利用废气再循环（废气再循环系统50）调节废气回流量和废气回流温度，使得与当前燃烧模式下的燃烧相适配，以确保发动机动力的有效输出。

[0062] 具体地，发动机利用废气再循环控制燃烧后的废气回流量，其中三种燃烧模式下的废气回流量的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0063] 具体地，发动机利用废气再循环控制燃烧后的废气回流温度，其中三种燃烧模式下的废气回流温度的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[0064] 在步骤S4中，发动机燃烧产生的待排放废气经催化转化后排出。当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的燃烧模式，发动机燃烧产生的待排放废气含有碳氢和一氧化碳，通过催化转化器60的催化转化后再排出；当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式，发动机燃烧产生的待排放废气含有碳氢、一氧化碳及氮氧化物，通过催化转化器60的催化转化后再排出；当发动机当前的负荷状态

为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式，发动机燃烧产生的待排放废气含有碳氢、一氧化碳及氮氧化物，通过催化转化器60的催化转化后再排出。

[0065] 本发明的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，采用废气再循环技术、燃烧循环膨胀比大于有效压缩比的米勒循环技术、可控制气缸内喷油量的缸内直喷技术、可控制气缸内进气量的可变配气系统技术以及高能点火系统控制燃烧始点技术来控制发动机燃烧，并采用催化转化器处理燃烧废气。废气再循环技术实现废气再利用，可控制废气回流量和废气回流温度，以对燃烧进行控制。

[0066] 如上所述，本发明实施例的技术方案带来的有益效果是：上述汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法和燃烧控制系统，针对汽油发动机不同的运行工况，采用不同的过量空气系数燃烧模式，获得汽油发动机在全工况范围内的有效热效率、动力性和污染物排放的综合改善效果。

[0067] 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，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。

工业实用性

[0068] 本发明实施例的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法和燃烧控制系统，针对汽油发动机不同的运行工况，采用不同的过量空气系数燃烧模式，获得汽油发动机在全工况范围内的有效热效率、动力性和污染物排放的综合改善效果。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，包括步骤：
- 监测发动机的运行工况；
- 根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态，其中发动机的负荷状态分为：部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态；
- 根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式，其中，
- 当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式；
- 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式；
- 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，部分负荷状态为0~50%发动机功率运行的状态，大负荷状态为50%~90%发动机功率运行的状态，满负荷状态为90%~100%发动机功率运行的状态。
- [权利要求 3] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气并进行点火；同时，发动机采用米勒循环结合废气再循环降低发动机气缸内的燃烧温度，使发动机气缸内的燃烧温度处于1900K以下。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，利用废气再循环控制燃烧后的废气回流量和废气回流温度，使气缸内过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气在点火时间窗口的混合气

温度等于临界自燃温度。

- [权利要求 5] 如权利要求3所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，所述过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气采用大于400MJ的点火能量进行点火。
- [权利要求 6] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，当所述发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为1的混合气并进行点火；同时，发动机利用废气再循环调节废气回流量和废气回流温度进行燃烧适配。
- [权利要求 7] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，当所述发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式，所述燃烧模式如下：利用燃油喷射系统精确控制燃油供给量和可变配气系统精确控制新鲜空气进气量，使气缸内形成过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气并进行点火；同时，发动机利用废气再循环调节废气回流量和废气回流温度进行燃烧适配。
- [权利要求 8] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，该汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法还包括利用废气再循环控制燃烧后的废气回流量，其中三种燃烧模式下的废气回流量的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [权利要求 9] 如权利要求1所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法，其特征在于，该汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法还包括利用废气再循环控制燃烧后的废气回流温度，其中三种燃烧模式下的废气回流温度的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。
- [权利要求 10] 如权利要求1~9任一项所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制方法

，其特征在于，所述发动机燃烧产生的待排放废气最后经催化转化后排出。

- [权利要求 11] 一种汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征在于，所述燃烧控制系统包括气缸体结构、可变配气系统、燃油喷射系统、高能点火系统、废气再循环系统、工况监测系统和发动机电控单元，所述气缸体结构包括气缸，所述可变配气系统用于控制新鲜空气进入所述气缸的进气量，所述燃油喷射系统用于控制喷射进入所述气缸的燃油量，所述高能点火系统包括高能火花塞并用于放电点火，所述废气再循环系统用于控制废气回流量和废气回流温度；
- 所述发动机电控单元与所述工况监测系统、所述可变配气系统、所述燃油喷射系统、所述高能点火系统和所述废气再循环系统电连接；
- 所述工况监测系统用于监测发动机的运行工况并将监测结果传递给所述发动机电控单元；
- 所述发动机电控单元根据发动机的运行工况判断发动机当前的负荷状态，其中发动机的负荷状态分为：部分负荷状态、大负荷状态及满负荷状态；
- 所述发动机电控单元根据发动机当前的负荷状态选择相适配的过量空气系数燃烧模式，其中，
- 当发动机当前的负荷状态为部分负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式；
- 当发动机当前的负荷状态为大负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为1的燃烧模式；
- 当发动机当前的负荷状态为满负荷状态时，所述发动机电控单元控制发动机采用过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

- [权利要求 12] 如权利要求11所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征在于，所述工况监测系统包括发动机转速监测传感器和功率监测装置。

- [权利要求 13] 如权利要求11所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征

在于，所述废气再循环系统包括废气再循环管路、废气再循环控制阀、废气再循环中冷器、废气回流旁通管路及废气旁通阀，所述废气再循环管路的出气端与进气管相连通，所述废气再循环管路的入气端与排气管相连通，所述废气再循环控制阀和所述废气再循环中冷器串接设置于所述废气再循环管路中，所述废气回流旁通管路与所述废气再循环中冷器并联，所述废气旁通阀设置于所述废气回流旁通管路中。

[权利要求 14] 如权利要求11所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征在于，所述废气再循环系统用于控制燃烧后的废气回流量，其中三种燃烧模式下的废气回流量的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[权利要求 15] 如权利要求11所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征在于，所述废气再循环系统用于控制燃烧后的废气回流温度，其中三种燃烧模式下的废气回流温度的大小为：过量空气系数为1.6~2.0的稀薄燃烧模式>过量空气系数为1的燃烧模式>过量空气系数为0.8~0.9的燃烧模式。

[权利要求 16] 如权利要求11所述的汽油发动机过量空气系数燃烧控制系统，其特征在于，所述高能火花塞的点火能量可点燃过量空气系数为0.8~0.9的浓混合气及过量空气系数为1的混合气，且还可点燃过量空气系数为1.6~2.0的稀薄混合气。

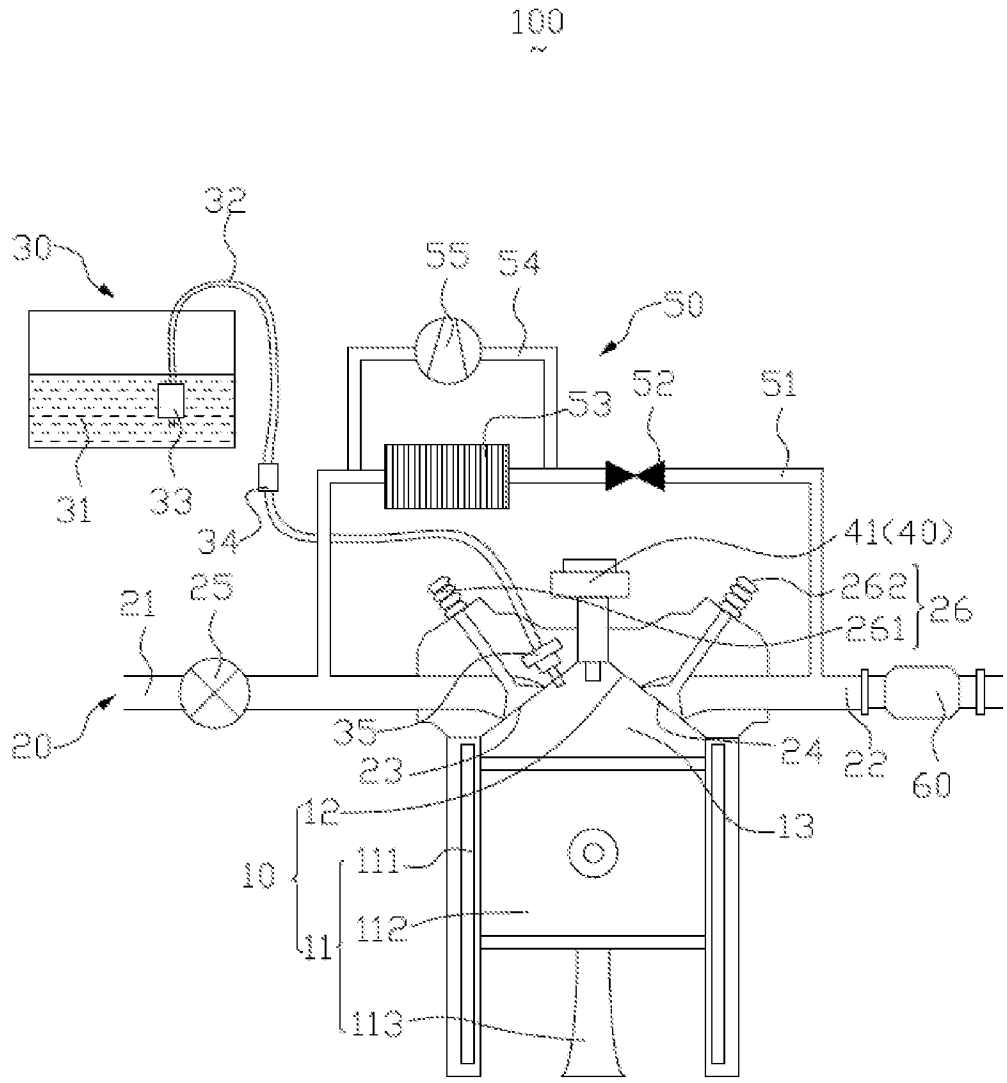


图 1

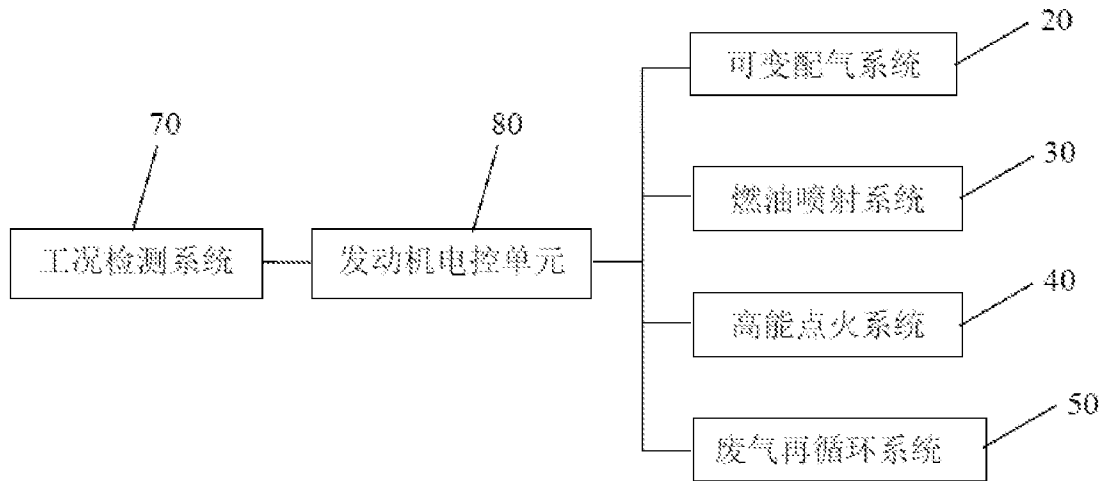


图 2

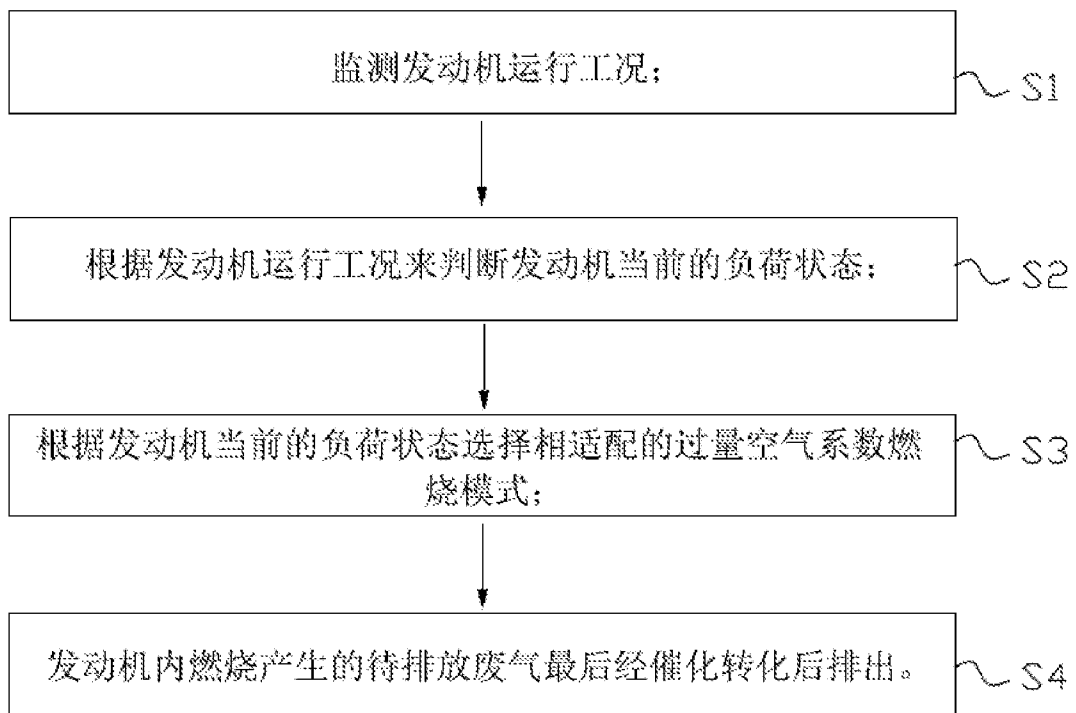


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/103980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D 41/30 (2006.01) i; F02D 43/00 (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)

F02D; F02M

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, CPRSABS, CNKI, DWPI, VEN: 汽油, 发动机, 负荷, 过量空气系数, 燃烧, 工况, 废气, 再循环, 温度; gasoline, engine, load, condition, excess, air, ratio, combustion, work, exhaust, recycle, temperature

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106285985 A (GUANGZHOU AUTOMOBILE GROUP CO., LTD.) 04 January 2017 (04.01.2017), claims 1-16	1-16
X	CN 104500247 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 08 April 2015 (08.04.2015), description, pages 1-3, and figure 1	1-7, 10
Y	CN 104500247 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 08 April 2015 (08.04.2015), description, pages 1-3, and figure 1	11-13, 16
Y	CN 105422327 A (JILIN UNIVERSITY) 23 March 2016 (23.03.2016), description, pages 5-7, and figures 1-8	11-13, 16
A	CN 102619636 A (CHONGQING CHANGAN AUTOMOBILE CO., LTD.) 01 August 2012 (01.08.2012), entire document	1-16

☒ 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	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“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	“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 08 November 2017	Date of mailing of the international search report 06 December 2017
Name and mailing address of the ISA 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 ZHANG, Wei Telephone No. (86-10) 62085300

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2017/103980

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105673199 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY) 15 June 2016 (15.06.2016), entire document	1-16
A	US 2005022778 A1 (NISSAN MOTOR) 03 February 2005 (03.02.2005), entire document	1-16
A	US 2002100454 A1 (NISSAN MOTOR) 01 August 2002 (01.08.2002), entire document	1-16
A	US 2007089721 A1 (NIPPON SOKEN) 26 April 2007 (26.04.2007), entire document	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/103980

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106285985 A	04 January 2017	None	
CN 104500247 A	08 April 2015	CN 104500247 B	01 February 2017
CN 105422327 A	23 March 2016	None	
CN 102619636 A	01 August 2012	CN 102619636 B	18 November 2015
CN 105673199 A	15 June 2016	None	
US 2005022778 A1	03 February 2005	JP 2005048702 A	24 February 2005
		US 6907858 B2	21 June 2005
		JP 4096834 B2	04 June 2008
US 2002100454 A1	01 August 2002	DE 60211572 T2	28 September 2006
		EP 1229228 B1	24 May 2006
		US 6640775 B2	04 November 2003
		JP 2002227692 A	14 August 2002
		EP 1229228 A3	09 July 2003
		DE 60211572 D1	29 June 2006
		EP 1229228 A2	07 August 2002
US 2007089721 A1	26 April 2007	JP 2007113519 A	10 May 2007
		JP 4598193 B2	15 December 2010
		US 7370642 B2	13 May 2008

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/103980

A. 主题的分类 F02D 41/30(2006.01)i; F02D 43/00(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) F02D; F02M 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, CPRSABS, CNKI, DWPI, VEN: 汽油、发动机、负荷、过量空气系数、燃烧、工况、废气、再循环、温度; gasoline, engine, load, condition, excess, air, ratio, combustion, work, exhaust, recycle, temperature		
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
PX	CN 106285985 A (广州汽车集团股份有限公司) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 权利要求1-16	1-16
X	CN 104500247 A (清华大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第1-3页和附图1	1-7, 10
Y	CN 104500247 A (清华大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第1-3页和附图1	11-13, 16
Y	CN 105422327 A (吉林大学) 2016年 3月 23日 (2016 - 03 - 23) 说明书第5-7页和附图1-8	11-13, 16
A	CN 102619636 A (重庆长安汽车股份有限公司) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文	1-16
A	CN 105673199 A (上海交通大学) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-16
A	US 2005022778 A1 (NISSAN MOTOR) 2005年 2月 3日 (2005 - 02 - 03) 全文	1-16
A	US 2002100454 A1 (NISSAN MOTOR) 2002年 8月 1日 (2002 - 08 - 01) 全文	1-16
☒ 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 2017年 11月 8日		国际检索报告邮寄日期 2017年 12月 6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 张炜 电话号码 (86-10)62085300

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	US 2007089721 A1 (NIPPON SOKEN) 2007年 4月 26日 (2007 - 04 - 26) 全文	1-16

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/103980

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	106285985	A	2017年 1月 4日	无			
CN	104500247	A	2015年 4月 8日	CN	104500247	B	2017年 2月 1日
CN	105422327	A	2016年 3月 23日	无			
CN	102619636	A	2012年 8月 1日	CN	102619636	B	2015年 11月 18日
CN	105673199	A	2016年 6月 15日	无			
US	2005022778	A1	2005年 2月 3日	JP	2005048702	A	2005年 2月 24日
				US	6907858	B2	2005年 6月 21日
				JP	4096834	B2	2008年 6月 4日
US	2002100454	A1	2002年 8月 1日	DE	60211572	T2	2006年 9月 28日
				EP	1229228	B1	2006年 5月 24日
				US	6640775	B2	2003年 11月 4日
				JP	2002227692	A	2002年 8月 14日
				EP	1229228	A3	2003年 7月 9日
				DE	60211572	D1	2006年 6月 29日
				EP	1229228	A2	2002年 8月 7日
US	2007089721	A1	2007年 4月 26日	JP	2007113519	A	2007年 5月 10日
				JP	4598193	B2	2010年 12月 15日
				US	7370642	B2	2008年 5月 13日