

(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
2025 年 1 月 2 日 (02.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/001882 A1

(51) 国际专利分类号:
F02P 5/152 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/099319

(22) 国际申请日: 2024 年 6 月 14 日 (14.06.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310783375.9 2023年6月28日 (28.06.2023) CN

(71) 申请人:东风汽车集团股份有限公司(DONGFENG MOTOR GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。

(72) 发明人:陈龙(CHEN, Long); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。李仕成(LI, Shicheng); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。潘洪健(PAN, Hongjian); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。杨柳春(YANG, Liuchun); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。

(74) 代理人: 武汉智权专利代理事务所(特殊普通合伙)(WUHAN ZHIQUAN PATENT AGENT, LLP); 中国湖北省武汉市东湖高新区创业广场7-3栋3层302室, Hubei 430000 (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,

(54) Title: ENGINE IGNITION METHOD AND APPARATUS, ENGINE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种发动机点火方法及装置、发动机、存储介质

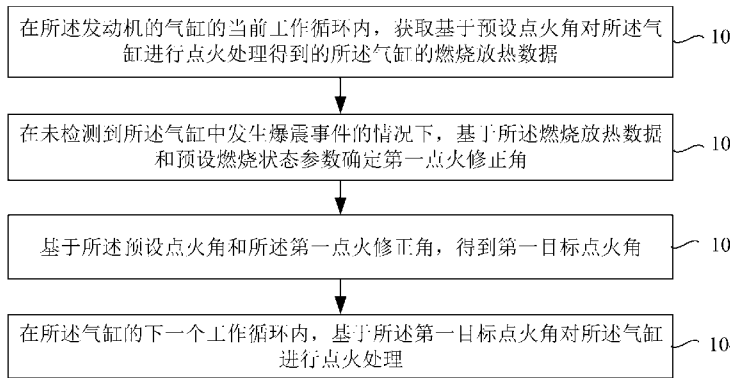


图 1

- 101 Within a current working cycle of a cylinder of an engine, acquire combustion heat release data of the cylinder obtained by carrying out ignition treatment on the cylinder on the basis of a preset ignition angle
- 102 When no knocking event is detected in the cylinder, determine a first ignition correction angle on the basis of the combustion heat release data and preset combustion state parameters
- 103 On the basis of the preset ignition angle and the first ignition correction angle, obtain a first target ignition angle
- 104 Within a next working cycle of the cylinder, carry out ignition treatment on the cylinder on the basis of the first target ignition angle

(57) Abstract: An engine ignition method, comprising: within a current working cycle of a cylinder of an engine, acquiring combustion heat release data of the cylinder obtained by carrying out ignition treatment on the cylinder on the basis of a preset ignition angle; when no knocking event is detected in the cylinder, determining a first ignition correction angle on the basis of the combustion heat release data and preset combustion state parameters, wherein the preset ignition angle and the preset combustion state parameters are acquired when a compression ignition event occurs in the cylinder; on the basis of the preset ignition angle and the first ignition correction angle, obtaining a first target ignition angle; and within a next working cycle of the cylinder, carrying out ignition treatment on the cylinder

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

on the basis of the first target ignition angle. According to the engine ignition method, the ignition angle of the cylinder can be adjusted on the basis of the preset ignition angle and the preset combustion state parameters corresponding to a compression ignition working condition, so as to implement spark-ignition, compression ignition and combustion in the cylinder of the engine. Also disclosed are an engine ignition apparatus, an engine, and a computer-readable storage medium.

(57) 摘要: 一种发动机点火方法, 包括: 在发动机的气缸的当前工作循环内, 获取基于预设点火角对气缸进行点火处理得到的气缸的燃烧放热数据; 在未检测到气缸中发生爆震事件的情况下, 基于燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角; 其中, 预设点火角和预设燃烧状态参数是在气缸中发生压燃事件的情况下获取的; 基于预设点火角和第一点火修正角, 得到第一目标点火角; 在气缸的下一个工作循环内, 基于第一目标点火角对气缸进行点火处理。该发动机点火方法能够基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角, 以控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧。还公开了一种发动机点火装置、一种发动机和一种计算机可读存储介质。

一种发动机点火方法及装置、发动机、存储介质

技术领域

本发明涉及发动机技术领域，尤其涉及一种发动机点火方法及装置、发动机、存储介质。

背景技术

随着生产生活的不断进步与发展，车辆成为了运输、代步等场景的重要工具，良好的发动机对车辆起到至关重要的作用。

目前，车用发动机主要包括汽油发动机和柴油发动机。汽油发动机是使用火花塞引燃汽油使气缸内发生点燃燃烧实现动力驱动；柴油发动机是使用压缩冲程将燃油跟空气的混合物压缩使气缸内发生压燃燃烧实现动力驱动。

而柴油发动机缺少火花塞结构促进点火会使发动机缺氧而产生有毒气体，造成环境污染，汽油机的燃油消耗率高，经济性差，所以，点燃压燃式汽油机是当前乘用车发动机发展的重要研究方向。点燃压燃式汽油机主要结合火花塞点燃技术和压缩冲程压燃技术以及稀薄燃烧，实现气缸内的点燃压燃燃烧，显著提升燃烧效率。

而在点燃压燃式汽油机中，如何进行发动机的点火控制，以进一步实现发动机的点燃压燃燃烧，成为了亟待解决和突破的难点。

发明内容

为克服相关技术中存在的问题，本公开提供了一种发动机点火方法及装置、发动机、存储介质。通过本公开提出的发动机点火方法，能够基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角，以控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧。

本公开实施例的技术方案是这样实现的：

本公开实施例的第一方面，提供一种发动机点火方法，所述方法包括：

在所述发动机的气缸的当前工作循环内，获取基于预设点火角对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据；

在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下，基于所述燃烧放热数据和
5 预设燃烧状态参数确定第一点火修正角；其中，所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的；

基于所述预设点火角和所述第一点火修正角，得到第一目标点火角；

在所述气缸的下一个工作循环内，基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

10 在一些实施例中，所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率，所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角；所述基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角，包括：

15 确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角；

基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

20 在一些实施例中，所述目标燃烧放热率的参数值包括 50%；所述基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角，包括：

基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述实际曲轴转角，和所述气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

25 在一些实施例中，所述方法还包括：

在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下，基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角；

基于所述预设点火角和所述第二点火修正角，得到第二目标点火角；

在所述下一个工作循环内，基于所述第二目标点火角对所述发动机进行点火处理。

5 角，包括：

确定所述爆震事件的爆震强度；

根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述第二点火修正角。

10 述气缸进行点火处理，包括：

基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

在一些实施例中，所述方法还包括：

15 述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；

基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

在一些实施例中，所述方法还包括：

20 得到的多个曲轴转角；

基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；

对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；

在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

本公开实施例的第二方面，提供一种发动机点火装置，所述装置包括：

25 获取模块，被配置为在所述发动机的气缸的当前工作循环内，获取基于预设点火角对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据；

第一确定模块，被配置为在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下，

基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角；其中，所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的；

5 第一修正模块，被配置为基于所述预设点火角和所述第一点火修正角，得到第一目标点火角；

第一点火模块，被配置为在所述气缸的下一个工作循环内，基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

10 在一些实施例中，所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率，所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角；

所述第一确定模块，还被配置为确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角；基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

15 在一些实施例中，所述第一确定模块，还配置为基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到 50% 对应的所述实际曲轴转角，和所述气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到 50% 对应的所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

在一些实施例中，所述装置还包括：

20 第二确定模块，被配置为在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下，基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角；

第二修正模块，被配置为基于所述预设点火角和所述第二点火修正角，得到第二目标点火角；

25 第二点火模块，被配置为在所述下一个工作循环内，基于所述第二目标点火角对所述发动机进行点火处理。

在一些实施例中，所述第二确定模块，还被配置为确定所述爆震事件的爆震强度；根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述

第二点火修正角。

在一些实施例中，所述气缸包括多个；

所述第一点火模块，还被配置为基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

5 在一些实施例中，所述获取模块，还被配置为在所述气缸的历史工作循环内，获取所述气缸生成的第一信号，其中，所述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

在一些实施例中，所述装置还包括：

10 信号生成模块，被配置为在所述历史工作循环内，获取所述发动机的曲轴依次转动预设角度增量所得到的多个曲轴转角；基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

本公开实施例的第三方面，提供一种发动机，包括：

15 存储器，被配置为存储可执行指令；

处理器，被配置为执行所述存储器中存储的可执行指令时，实现本公开上述第一方面所提出的发动机点火方法。

20 本公开实施例的第四方面，提供一种计算机可读存储介质，存储有可执行指令，被配置为被处理器执行时，实现本公开上述第一方面所提出的发动机点火方法。

本公开实施例提供的技术方案可以包括以下有益效果：

25 本公开实施例中，基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角，能够有效控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧；并且，本公开考虑到了气缸实际燃烧过程中受到使用环境、使用时长、循环次数等干扰因素对发动机燃烧放热状态的影响，通过预设燃烧状态参数修正点火角使得下一个工作循环内气缸的燃烧状态能够有效满足压燃工况下的燃烧状态，进一步提高了发动机的压燃燃烧效率，优化了发动机的工作场景。

附图说明

图 1 是根据一示例性实施例示出的发动机点火方法的流程示意图；

图 2 是根据一示例性实施例示出的发动机点火方法的点火策略示意图；

5 图 3 是根据一示例性实施例示出的压燃事件判定方法的流程示意图；

图 4 是根据一示例性实施例示出的发动机的结构示意框图。

具体实施方式

为了使本公开的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本公开作进一步地详细描述，所描述的实施例不应视为对本公开的限制，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本公开保护的范围。

在以下的描述中，涉及到“一些实施例”，其描述了所有可能实施例的子集，但是可以理解，“一些实施例”可以是所有可能实施例的相同子集或不同子集，并且可以在不冲突的情况下相互结合。

15 在以下的描述中，所涉及的术语“第一\第二\第三”仅仅是是区别类似的对象，不代表针对对象的特定排序。可以理解地，“第一\第二\第三”在允许的情况下可以互换特定的顺序或先后次序，以使这里描述的本公开实施例能够以除了在这里图示或描述的以外的顺序实施。

20 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本公开的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的术语只是为了描述本公开实施例的目的，不是旨在限制本公开。

参见图 1，图 1 是根据一示例性实施例示出的发动机点火方法的流程示意图。如图 1 所示的，本公开提出的发动机点火方法能够通过步骤 101 至步骤 104 实施：

25 步骤 101、在所述发动机的气缸的当前工作循环内，获取基于预设点火角

对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据；

步骤 102、在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下，基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角；

其中，所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的；

步骤 103、基于所述预设点火角和所述第一点火修正角，得到第一目标点火角；

步骤 104、在所述气缸的下一个工作循环内，基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

需要说明的是，本公开提出的发动机点火方法应用在点燃压燃式汽油发动机中。

这里，点燃压燃式汽油发动机具有将点燃过程和压燃过程结合的新型燃烧方式，需要在点燃压燃燃烧室的中心同时布置喷油器和火花塞。点燃压燃式汽油发动机的一个工作行程将控制喷油器进行两次喷油，控制火花塞进行一次点火。点燃压燃式汽油发动机的进气冲程中，活塞向下止点运动，发动机吸气，在下止点附近，控制模组如电子控制单元(Electronic Control Unit, ECU)控制喷油器向气缸内进行第一次喷油，第一次喷油量都将被容纳在气缸内，油量浓度稀薄。点燃压燃式汽油发动机的压缩冲程中，活塞向上止点运动，当活塞运行至上止点附近时，ECU 控制喷油器向活塞顶部中心凹坑进行第二次喷油，第二次喷油量都将被容纳于活塞顶部中心凹坑，油量浓度高。ECU 控制喷油器完成第二次喷油并控制火花塞点火，引燃活塞顶部中心凹坑的第二次喷油量形成火核，火核使缸内温度和压力上升，促进被压缩的第一次喷油的稀薄油量到达上止点时进行点燃压燃，完成整个点燃压燃的过程。

申请人在探索点燃压燃式汽油发动机的过程中发现，控制火花塞点火的点火角不同时，汽油机内可能出现不同的燃烧情况，基于压燃事件发生的预设燃烧状态参数来修正实际点火角能够帮助发动机在后续的工作循环内准确的完成点燃压燃燃烧过程。因此，通过本公开提出的实施例，能够在气缸中未发生爆

震事件的情况下，基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角，以控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧。

这里，在步骤 101 中，发动机的气缸处于当前工作循环内，在曲轴转动到预设点火角的位置，利用火花塞进行点火，并获取点火处理后所述气缸的燃烧放热数据。

需要说明的是，发动机的一个工作循环中，发动机中的气缸完成一次完整的能量转换，具体完成进气、压缩及点火、燃烧膨胀和排气四个工作过程；发动机曲轴在循环往复转动过程中，发动机依次完成多个工作循环，以持续提供驱动力。

本公开实施例中，预设点火角是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的。具体的，在历史工作循环内，若判定气缸中发生压燃事件，则获取该气缸的点火角，并将该点火角写入点火角三维表（MAP1）内；预设点火角可以是点火角三维表（MAP1）中记录的任意一个点火角，还可以与当前工作循环最近的一个发生压燃事件的历史工作循环中的点火角，还可以是点火角三维表（MAP1）中记录的多个点火角的平均值，本公开对此不作进一步限制。

这里，生成点火角三维表（MAP1）可以通过对发动机的气缸进行燃烧放热测试得到。具体的，在多个历史工作循环中，通过扭矩三维表和/或转速三维表，依次调整扭矩点格和/或转速点格，并在每个工作循环内，通过点火和喷油控制气缸内混合气燃烧，并判定气缸中是否发生压燃事件；在压燃事件的发生率高的情况下，判定该发动机工作在压燃工况下；并将压燃事件对应的点火角写入点火角三维表（MAP1）中。这里，扭矩三维表中扭矩点可以是 0Nm 至 200Nm，且间隔 10Nm；转速三维表中转速点可以 1000rpm 至 5000rpm，间隔 500rpm。

本公开实施例中，当前工作循环内点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据用于反映所述发动机的气缸中的汽油及稀薄混合气发生燃烧的实际燃烧状态。本公开中，燃烧放热数据包括但不限于所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率、缸压升高率、平均有效压力等。

在步骤 102 中，发动机设置有爆震传感器，用于检测气缸中的爆震事件；在未检测到气缸中发生爆震事件的情况下，可以控制气缸中的混合气进行点燃压燃燃烧，在发生爆震事件的情况下，则需要先进行爆震抑制处理。

这里，爆震是汽油机中一种不正常燃烧的现象，具体表现为：燃烧的火焰还没有到达燃烧室之前，远程混合气由于受到燃烧气体膨胀的压力而被压缩，造成体积缩小、温度和压力升高，使得一部分混合气自行引燃，并迅速向外传播，其火焰波与正常燃烧的火焰波相遇时，会产生剧烈的气体震动，形成爆震。而在爆震事件发生的情况下，不能进行压燃燃烧点火角控制。

本公开中，预设燃烧状态参数也是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的，预设燃烧状态参数用于表征气缸工作在压燃工况下的燃烧放热状态。本公开中，预设燃烧状态参数包括但不限于所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率、压燃缸压升高率或压燃平均有效压力。

需要说明的是，气缸在实际燃烧过程中，使用环境、使用时长、循环次数等干扰因素会对发动机当前工作循环内的燃烧放热状态产生影响，在预设点火角的作用下，实际燃烧放热状态在上述干扰因素的作用下可能低于理想的压燃燃烧放热状态，所以，通过预设燃烧状态参数对点火角修正，能够使气缸的燃烧状态趋向压燃工况下的燃烧状态。

在历史工作循环内，若判定气缸中发生压燃事件，则获取预设燃烧状态参数，并将预设状态参数记载在参数三维表内。以预设状态参数为压燃平均有效压力为例，获取的压燃平均有效压力可以是参数三维表中的任意一个平均有效压力，还可以与当前工作循环最近的一个发生压燃事件的历史工作循环中对应的平均有效压力，还可以是参数三维表中记录的多个平均有效压力的平均值，本公开对此不作进一步限制。

本公开中，基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角可以实施为：确定当前工作循环内所述气缸的平均有效压力和获取的压燃平均有效压力的差值；确定该差值和压燃平均有效压力之间的比值，将该比值与设定角度的乘积作为第一点火修正角。其中，设定角度是预先设置的，示例性

的，设定角度可以是 10 度。

这里，通过监测当前工作循环内实际的平均有效压力和压燃工况下气缸的压燃平均有效压力之间的差异，并基于该差异得到第一点火修正角，使得在下一个工作循环内，能够通过该点火修正角控制气缸内发生点燃压燃燃烧，并控制实际燃烧放热状态趋向理想的点燃压燃燃烧放热状态。

在步骤 103 中，第一点火修正角可以是基于所述预设点火角和所述第一点火修正角的逻辑与结果，得到第一目标点火角。

例如，将标定曲轴转角（气缸的活塞到达压缩上止点位置对应的所述曲轴转角）定义为 0 度，预设点火角可以是 -5 度；在确定的第一点火修正角为 2 度时，目标点火角为 -3 度。

在步骤 104 中，在气缸的下一个工作循环内，基于第一目标点火角对气缸进行点火处理，能够有效控制气缸内的点燃压燃燃烧，并且使气缸内的燃烧趋向理想的压燃燃烧放热状态。

本公开实施例中，基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角，能够有效控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧；并且，本公开考虑到了气缸实际燃烧过程中受到使用环境、使用时长、循环次数等干扰因素对发动机燃烧放热状态的影响，通过预设燃烧状态参数修正点火角使得下一个工作循环内气缸的燃烧状态能够有效满足压燃工况下的燃烧状态，进一步提高了发动机的压燃燃烧效率，优化了发动机的工作场景。

在一些实施例中，所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率，所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角；步骤 S102 中的基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角，包括：

确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角；

基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点

火修正角。

本公开中，通过比较所述气缸的实际燃烧放热率和气缸在压燃工况下的压燃燃烧放热率之间的差异来获取第一点火修正角。

示例性的，目标燃烧放热率的参数值可以包括 90%，预设曲轴转角为预设 CA90；此时确定所述气缸的实际燃烧放热率达到 90%对应的实际曲轴转角为实测 CA90。将实测 CA90 和预设 CA90 之间的差值作为第一点火修正角。

这里，通过监测当前工作循环内燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的曲轴转角和压燃工况下气缸的目标燃烧放热率对应的曲轴转角之间的差异，并基于该差异得到第一点火修正角，能够通过第一点火修正角控制气缸朝向压燃工况的点燃压燃燃烧状态靠近，提高发动机的燃烧放热效率。

在一些实施例中，所述目标燃烧放热率的参数值包括 50%；所述基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角，包括：

基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述实际曲轴转角，和所述气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

这里，气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述预设曲轴转角是点燃压燃燃烧中点，即预设 CA50；此时确定所述气缸的实际燃烧放热率达到 90%对应的实际曲轴转角是实测燃烧中点，即实测 CA50。将实测 CA50 和预设 CA50 之间的差值作为第一点火修正角。

需要说明的是，目标燃烧放热率的参数值在 50%时，燃烧放热的效果最佳；如此，通过监测当前工作循环内燃烧放热率达到 50%对应的曲轴转角和压燃工况下气缸的压燃燃烧放热率达到 50%对应的曲轴转角之间的差异，能够控制气缸朝向压燃工况的点燃压燃燃烧最佳状态靠近，提高发动机的燃烧放热效率。

在一些实施例中，在所述气缸的下一个工作循环内，所述方法还包括：
获取点火控制信号；

在所述点火控制信号包括第一控制信号时，执行步骤 104 中的基于所述第

一目标点火角对所述气缸进行点火处理；

在所述点火控制信号包括第二控制信号时，基于点燃点火角对所述气缸进行点火处理；

其中，第一控制信号用于指示对所述气缸进行压燃燃烧控制；所述第二控制信号用于指示对所述气缸进行点燃燃烧控制。

这里，点燃点火角是预先设置的，在活塞运动到点燃点火角对应的位置时，控制火花塞进行点燃点火控制。

在一些实施例中，所述方法还包括：

在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下，基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角；

基于所述预设点火角和所述第二点火修正角，得到第二目标点火角；

在所述下一个工作循环内，基于所述第二目标点火角对所述发动机进行点火处理。

这里，发动机设置有爆震传感器，用于检测气缸中的爆震事件。具体的，基于爆震传感器采集到的信号进行频谱分析，在频谱分析后的结果超过爆震阈值时，确定气缸中发生爆震事件。

在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下，需要先进行爆震抑制处理。具体的，爆震抑制处理的方式是根据第二目标修正角调整点火位置，以抑制发动机发生爆震。这里，第二目标点火角可以是基于所述预设点火角和所述第二点火修正角的逻辑与结果，得到第二目标点火角。

在实际实施过程中，可以通过推迟点火角来抑制爆震。例如：预设点火角为-5度；通过频谱分析后的结果确定第一点火修正角为-2度，此时，第二目标点火角为-7度。

本公开实施例通过爆震传感器检测爆震情况，并通过推迟点火角来抑制爆震发生，减少工况中的非正常燃烧现象，优化发动机的工作场景。

在一些实施例中，所述基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角，包括：

确定所述爆震事件的爆震强度；

根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述第二点火修正角。

5 本公开中，对爆震传感器采集到的信号进行频谱分析的分析结果包括爆震事件的爆震强度；这里，爆震强度在第一强度范围内时，爆震等级为初级爆震；爆震强度在第二强度范围内时，爆震等级为中级爆震，爆震强度在第三强度范围内时，爆震等级为超级爆震。这里，第一强度范围内的强度值小于第二强度范围内的强度值，第二强度范围内的强度值小于第三强度范围内的强度值。

10 这里，预先设置爆震等级和第二点火修正角的对应关系表。需要说明的是，爆震等级和第二点火修正角的绝对值呈正相关关系。爆震等级越高，第二点火修正角的绝对值越大，相应的，对点火角的修正程度越大。

在确定爆震强度后，根据爆震强度所在的强度区间确定爆震等级，并查找对应关系表确定第二点火修正角。

15 通过本公开实施例能够根据爆震事件的实际情况确定合适的第二点火修正角，有助于更好的实现爆震抑制。

在一些实施例中，所述方法还包括：

在所述气缸的历史工作循环内，获取所述气缸生成的第一信号，其中，所述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；

20 基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

这里，确定点火角三维表（MAP1）和记载预设燃烧状态参数的参数三维表可以通过对发动机的气缸进行燃烧放热测试得到；在测试环节的多个历史工作循环中，需要以转速和气缸内每循环进气量为输入，不断调整点火角；并通过气缸的燃烧放热数据来确定压燃事件是否发生。

25 本公开中，第一信号和第二信号是气缸中输出的与压燃事件发生判定结果对应的信号。

示例性的，第一信号以高电平数字信号输出，指示所述气缸发生压燃事件，

在接收到第一信号后，将该气缸对应的预设点火角写入所述点火角三维表内，并将预设燃烧状态参数写入参数三维表内；第二信号以低电平数字信号输出，指示所述气缸内未发生压燃事件。在实际实施时，第一信号可以通过信号 1（true）的形式传输，第二信号可以通过 0（false）的形式传输。

5 这里，点火角三维表执行开环控制策略，输出预设点火角后不需要反馈控制；参数三维表执行闭环控制策略，输出预设燃烧状态参数需要反馈控制。

本公开实施例中，基于获取第一信号和第二信号能够知晓压燃事件的判定结果，有助于判定发动机在测试过程中的工况，并且，基于第一信号能够确定压燃事件发生时的预设点火角和预设燃烧状态参数，有助于在实际工作中控制
10 气缸实现压燃燃烧。

在一些实施例中，所述方法还包括：

在所述历史工作循环内，获取所述发动机的曲轴依次转动预设角度增量所得到的多个曲轴转角；

基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；

15 对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；

在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

这里，在气缸的工作循环内，确定发动机的曲轴沿预设旋转方向依次转动预设角度增量得到的多个曲轴转角，并获取每个曲轴转角对应的气缸特征数据；这里，气缸特征数据包括但不限于缸压、活塞位置、缸内容积等。示例性的，
20 预设角度增量可以是 1 度。

本公开中，燃烧放热数据用于反映所述发动机的气缸中的汽油及稀薄混合气发生燃烧的燃烧状态。在一些示例中，本公开提出的燃烧放热数据可以包括燃烧放热率曲线。

在一些实施例中，所述基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放
25 热数据，包括：

确定多个所述曲轴转角中每个所述曲轴转角对应的缸压数据和缸内容积；

根据每个所述曲轴转角对应的缸压数据和缸内容积，确定所述发动机的气

缸的燃烧放热率曲线。

这里，燃烧放热率曲线是基于多个曲轴转角下气缸的燃烧放热率所形成的；具体的，通过每个曲轴转角 θ 对应的气缸特征数据（包括缸压数据和缸内容积）确定燃烧放热率，再基于多个曲轴转角 θ 的燃烧放热率得到燃烧放热率曲线；

5 这里，燃烧放热率 ($dQ/d\theta$) 用于表征每个曲轴转角 θ 下气缸对应的瞬时放热量 Q 基于曲轴转角 θ 的变化量。

在一些实施例中，本公开上述实施例提出的：根据每个所述曲轴转角对应的缸压数据和缸内容积，确定所述发动机的气缸的燃烧放热数据，包括：

在多个所述曲轴转角中确定第 i 度曲轴转角，其中， i 是整数；

10 确定第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸压数据和第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸压数据之间的缸压差值；

确定所述第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸内容积和所述第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸内容积的容积差值；

15 基于所述容积差值与所述第 i 度曲轴转角对应的缸压数据的乘积，和所述缸压差值和所述第 i 度曲轴转角对应的缸内容积的乘积，确定所述气缸的燃烧放热率曲线。

20 这里，首先，将标定曲轴转角（气缸的活塞到达压缩上止点位置对应的所述曲轴转角）定义为 0 度，在曲轴转角旋转的过程中，确定气缸每转动预设角度增量后对应的第 i 度曲轴转角；需要说明的是，本公开提出的预设角度增量是整数， i 与 $i-1$ ， i 与 $i+1$ 之间的角度间隔与预设角度增量相同。这里，预设角度增量为 1 度。

本公开中，第 i 度曲轴转角对应的缸压数据 (P_i) 可以通过缸压传感器输出的缸压信号得到；第 i 度曲轴转角对应的缸内容积 (V_i) 可以通过以下公式 (1) 和公式 (2) 得到：

$$25 \quad V_i = V_c + \frac{\pi B^2 (l + a - S_i)}{4} \quad (1)$$

$$S_i = a \cos(i) + \left[l^2 - a^2 \sin^2(i) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

这里， V_c 是气缸内活塞顶面燃烧室的容积， B 为气缸的缸径； S_i 为当前活塞在活塞中的位置； l 为曲柄连杆长度， a 为曲柄半径，这里， $i \in [-180, 180]$ 。

本公开实施例中，基于获取到的第 i 度曲轴转角、第 $i-1$ 度曲轴转角以及第 $i+1$ 度曲轴转角分别对应的缸压数据和缸内容积，燃烧放热率 (dQ/di ，即 Q_i)

5 可以通过公式 (3) 得到：

$$Q_i = \frac{100}{(k-1) * [k * P_i * (V_{i+1} - V_{i-1}) + V_i * (P_{i+1} - P_{i-1})]} \quad (3)$$

这里， P_i 为第 i 度曲轴转角对应的缸压数据； V_i 为第 i 度曲轴转角对应的缸内容积； P_{i-1} 是第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸压数据、 V_{i-1} 是第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸内容积； P_{i+1} 是第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸压数据、 V_{i+1} 是第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸内容积； k 为热力学多变系数，是预先设置的参数。本公开实施例中，点燃压燃式汽油机的 k 可以设置为 1.35，这里 $i \in [-180, 180]$ 。

本公开实施例通过第 i 度曲轴转角、第 $i-1$ 度曲轴转角以及第 $i+1$ 度曲轴转角分别对应的缸压数据和缸内容积，有效确定了曲轴转角变化时燃烧放热量的变化即得到燃烧放热率，并得到燃烧放热率曲线，以燃烧放热率曲线具象表征气缸内的燃烧放热数据。

在一些实施例中，所述分析结果包括曲线变化值；本公开上述实施例提出的对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果，包括：

确定所述气缸对应的预设曲轴转角区间；

基于所述预设曲轴转角区间，对所述气缸的燃烧放热率曲线进行数据分析，得到所述燃烧放热率曲线在所述预设曲轴转角区间内的所述曲线变化值。

如此，当所述曲线变化值超过压燃阈值时，判定所述气缸中发生压燃事件，并生成第一信号；在所述曲线变化值为超过压燃阈值时，判定所述气缸中未发生压燃事件，并生成第二信号。

这里，预设曲轴转角区间是活塞在压缩上止点附近位置对应的曲轴转角形成的区间。这里，标定曲轴转角（气缸的活塞到达压缩上止点位置对应的所述曲轴转角）为 0 度，预设曲轴转角区间可以是 (-20, 70) 度。

本公开中，曲线变化值包括所述燃烧放热率曲线在所述预设曲轴转角区间内的曲线值的最大值；这里，对燃烧放热率曲线在预设曲轴转角区间内所有曲轴转角对应的曲线值即所有曲轴转角对应的燃烧放热率 (dQ/di) 进行排序，确定曲线值的最大值 $Max(\frac{dQ}{di})$ 。

5 如此，在所述曲线值的最大值 [$Max(\frac{dQ}{di})$] 超过第一压燃阈值 $limit1$ 时，可以确定所述气缸中发生压燃事件。这里，第一压燃阈值是气缸处于压燃工况下，压燃燃烧放热率曲线的曲线值的最大值，用于表征气缸内发生了高效的压燃燃烧。示例性的，第一压燃阈值 $limit1$ 可以设置在 70% 至 90% 之间。

10 这里，根据曲线值的最大值和第一压燃阈值的关系可以快速判定压燃事件的发生，并生成第一信号，有助于加快后续发动机点火控制进程。

本公开中，曲线变化值还包括所述燃烧放热率曲线在所述预设曲轴转角区间内的曲率变化极值。这里，对所述燃烧放热率曲线在所述预设曲轴转角区间内进行求导处理，得到燃烧放热率 (dQ/di) 在相邻两个曲轴转角（即间隔一个预设角度增量）之间的曲率变化值 ($2dQ/di$)，并确定在预设曲轴转角区间内曲率变化值 ($2dQ/di$) 中的极小值，将极小值的绝对值作为曲率变化极值。

15

如此，在当曲率变化极值 $\left| Min(2\frac{dQ}{di}) \right|$ 超过第二压燃阈值 $limit2$ 时，可以确定所述气缸中发生压燃事件。这里，第二压燃阈值是气缸处于压燃工况下，压燃燃烧放热率曲线的曲率变化极值，这里曲率变化极值是曲率变化值的极小值，用于表征压燃燃烧放热率的变化程度最大对应位置。

20 本公开中，第二压燃阈值和第一压燃阈值不同。示例性的，第二压燃阈值 $limit2$ 可以设置在 3 至 5 之间。

这里，根据曲率变化极值与第二压燃阈值的关系可以更精准判定压燃事件的发生，有助于后续发动机点火控制的准确性。

25 在一些实施例，所述气缸包括多个；所述基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理，包括：

基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

这里，本公开提出的点燃压燃式汽油机可以具有多个气缸，这里，多个气缸可以表现为三个、四个或者五个等，本公开对此不做限制。

5 需要说明的是，每个气缸内的燃烧是独立的；所以，获取气缸内的燃烧放热数据、确定气缸的第一点火修正角、第一目标点火角，以及对气缸在下个工作循环内的点火控制等，都是通过发动机的控制模组对每个气缸进行独立处理的。这里，每个气缸都具有各自的点火角三维表（MAP1）和记载预设燃烧状态参数的参数三维表。本公开中，对气缸内的压燃事件判定也是独立处理的。

10 本公开实施例通过对发动机多个气缸进行独立数据处理和点火控制，相较于统一点火控制来说，兼顾了各个气缸之间的差异性，进一步提高了发动机的燃烧效率。

在另一些实施例中，所述基于所述第二目标点火角对所述气缸进行点火处理，包括：

15 基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第二目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

需要说明的是，每个气缸都有对应的爆震传感器，所以对于气缸内的爆震检测、确定气缸的第二点火修正角、第二目标点火角，以及对每个气缸在下个工作循环内爆震抑制处理等，都是通过发动机的控制模组对每个气缸进行独立处理的。

20 本公开实施例通过对发动机多个气缸进行独立的爆震检测和爆震抑制处理，兼顾了各个气缸之间的差异性，进一步提高了发动机的燃烧效率。

下面结合本公开上文实施例内容，说明本公开提出的发动机点火方法的一个具体的应用实施例。

25 这里，发动机点火方法可以实施在点燃压燃式汽油机中。参见图 2，图 2 是根据一示例性实施例示出的发动机点火方法的点火策略示意图。如图 2 所示的，本公开提出的发动机点火方法可以通过下述方式实施：

首先，设定发动机运行在点燃压燃状态下的工况，以发动机转速和缸内每循环进气量为输入，确定点燃压燃的控制区间；随后，获取点火控制信号（包括第一控制信号和第二控制信号），根据点火控制信号判断是否需要点燃压燃控制；若是，基于第一控制信号执行控制点燃压燃燃烧的发动机点火方案；

5 若不是，基于第二控制信号执行控制点燃燃烧的发动机点火方案。这里，控制点燃燃烧的发动机点火方案包括：通过点燃点火角对所述气缸进行点火处理。

在执行控制点燃压燃燃烧的发动机点火方案中，需要获取预设点火角和预设燃烧状态参数。这里，预设点火角记载在点火角三维表（MAP1）内，预设燃烧状态参数记载在参数三维表中，点火角三维表内的点火角以及参数三维表

10 中的燃烧状态参数是在气缸中发生压燃事件的情况下记录的。

这里，参见图 3，图 3 是根据一示例性实施例示出的压燃事件判定方法的流程示意图。如图 3 所示的，对气缸中压燃事件判定的方法可以通过以下步骤实施：

步骤 301，实测气缸基于曲轴转角的燃烧放热率。

15 这里，发动机具有多个气缸；以曲轴转角为参考轴，监测发动机每转动 1° 得到的曲轴转角下的各气缸缸内压力、当前曲轴转角以及缸内容积，通过处理上述数据得到各气缸的燃烧放热率（ $dQ/d\theta$ ），这里，燃烧放热率（ $dQ/d\theta$ ）用于表征每个曲轴转角 θ 下气缸对应的瞬时放热能量 Q 基于曲轴转角 θ 的变化量。

这里，曲轴转角的燃烧放热率（ $dQ/d\theta$ ），即 Q_i 可以通过公式（3）得到：

$$20 \quad Q_i = \frac{100}{(k-1) * [k * P_i * (V_{i+1} - V_{i-1}) + V_i * (P_{i+1} - P_{i-1})]} \quad (3)$$

需要说明的是， P_i 为第 i 度曲轴转角对应的缸压数据； V_i 为第 i 度曲轴转角对应的缸内容积； P_{i-1} 是第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸压数据、 V_{i-1} 是第 $i-1$ 度曲轴转角对应的缸内容积； P_{i+1} 是第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸压数据、 V_{i+1} 是第 $i+1$ 度曲轴转角对应的缸内容积； k 为 1.35，这里 $i \in [-180, 180]$ 。

25 步骤 302，获取燃烧放热率对应的燃烧放热率曲线。

步骤 303，获取燃烧放热率曲线在预设曲轴转角区间内的曲线值的最大值。

这里，预设曲轴转角区间是活塞在压缩上止点附近位置对应的曲轴转角形成的区间。这里，标定曲轴转角（气缸的活塞到达压缩上止点位置对应的所述曲轴转角）为 0 度，预设曲轴转角区间可以是 $(-20, 70)$ 度。燃烧放热率曲线在预设曲轴转角区间内的曲线值（即燃烧放热率 dQ/di ）的最大值 $Max(\frac{dQ}{di})$ 。这

5 里， $i \in (-20, 70)$ 。

步骤 304，获取压燃阈值。

这里，压燃阈值 $limit$ 可以设置在 3 至 5 之间。

步骤 305，判断所述最大值是否大于压燃阈值；若是，执行步骤 306，若不是执行步骤 307。

10 步骤 306，判定所述气缸内发生压燃事件，并生成第一信号。

这里，第一信号通过数字信号 1 (true) 的形式传输。

步骤 307，判定所述气缸内未发生压燃事件，生成第二信号。

这里，第二信号通过数字信号 0 (false) 的形式传输。

步骤 306 和步骤 307 可以通过如下方式实施：

15 当 $Max(\frac{dQ}{di}) > limit$ 时，以信号 1 (true) 传输判定结果，当 $Max(\frac{dQ}{di}) \leq limit$ 时，

以信号 0 (false) 传输判定结果。

步骤 308，获取预设点火角和预设燃烧状态参数。

20 这里，预设燃烧参数包括压燃燃烧放热率的参数值达到 50% 对应的预设曲轴转角，即点燃压燃燃烧中点预设 CA50。将预设 CA50 写在点燃压燃燃烧中点三维表 (MAP2) 中，并将预设点火角（预设 SA）写入点火角三维表 (MAP1) 内。

结合图 2 示出的策略图，在实际实施时，根据点火角三维表 (MAP1) 输出的预设点火角（预设 SA）和点燃压燃燃烧中点三维表 (MAP2) 输出的点燃压燃燃烧中点预设 CA50，执行控制点燃压燃燃烧的发动机点火方案，具体的：

25 基于预设点火角对发动机的气缸进行点火处理，获取气缸的实际燃烧放热率达到 90% 对应的实际曲轴转角，即实测燃烧中点实测 CA50；

将预设 CA50 与实测 CA50 比较，得到第一点火修正角 SA1，基于第一点火修正角 SA1 控制点火处理，以促进压燃发生。

这里，每个气缸进行独立数据采集、信号处理和实测 CA50 反馈，以通过第一点火修正角 SA1 对相应的气缸进行点火角修正。

5 结合图 2 示出的策略图，在实际实施时，在发动机的当前工作循环内，通过气缸上设置的爆震传感器检测气缸内的爆震事件。

判断气缸中是否发生爆震事件，如果是，根据爆震情况获取第二点火修正角 SA2，并将第二点火修正角 SA2 和预设点火角相加，得到第二目标点火角，通过第二目标点火角控制点火，抑制发动机发生爆震。

10 如果不是，基于第一点火修正角 SA1 控制点火处理，并将第一点火修正角 SA1 和预设点火角相加，得到第一目标点火角，通过第一目标点火角控制点火以促进压燃发生。

接下来对本公开实施例提供的用于实施基于上述发动机点火方法的发动机设备进行说明。参见图 4，图 4 是根据一示例性实施例示出的发动机 400 的结
15 构示意框图。如图 4 所示的，发动机 400 包括：至少一个处理器 401 和存储器 402。发动机 400 中的各个组件通过总线系统 403 耦合在一起。可理解，总线系统 403 用于实现这些组件之间的连接通信。总线系统 403 除包括数据总线之外，还包括电源总线、控制总线和状态信号总线。但是为了清楚说明起见，在图 4 中将各种总线都标为总线系统 403。

20 处理器 401 可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力，例如通用处理器、数字信号处理器（DSP，Digital Signal Processor），或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等，其中，通用处理器可以是微处理器或者任何常规的处理器等。

存储器 402 可以是可移除的，不可移除的或其组合。示例性的硬件设备可
25 以是固态存储器。存储器 402 可选地包括在物理位置上远离处理器 401 的一个或多个存储设备。

存储器 402 包括易失性存储器或非易失性存储器，也可包括易失性和非易

失性存储器两者。非易失性存储器可以是只读存储器（ROM，Read Only Memory），易失性存储器可以是随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）。本公开实施例描述的存储器 402 旨在包括任意适合类型的存储器。

5 在一些实施例中，存储器 402 能够存储数据以支持各种操作，这些数据的示例包括程序、模块和数据结构或者其子集或超集。本公开实施例中，存储器 402 中存储有操作系统 4021 及基于发动机点火装置 4022；具体地：

操作系统 4021，包括用于处理各种基本系统服务和执行硬件相关任务的系统程序，例如框架层、核心库层、驱动层等，用于实现各种基础业务以及处理基于硬件的任务。

10 在一些实施例中，本公开实施例提供的发动机点火装置可以采用软件方式实现。图 4 示出了存储在存储器 402 中的发动机点火装置 4022，其可以是程序和插件等形式的软件，包括以下软件模块：获取模块 40221、第一确定模块 40222 和第一修正模块 40223、第一点火模块 40224、第二确定模块 40225、第二修正模块 40226、第二点火模块 40227、信号生成模块 40228，这些模块是逻辑上的，
15 因此根据所实现的功能可以进行任意的组合或进一步拆分。将在下文中说明各个模块的功能。

在另一些实施例中，本公开实施例提供的发动机点火装置可以采用硬件方式实现。作为示例，本公开实施例提供的发动机点火装置可以是采用硬件译码处理器形式的处理器，其被编程以执行本公开实施例提供的发动机点火方法，
20 例如，硬件译码处理器形式的处理器可以采用一个或多个应用专用集成电路（ASIC，Application Specific Integrated Circuit）、DSP、可编程逻辑器件（PLD，Programmable Logic Device）、复杂可编程逻辑器件（CPLD，Complex Programmable Logic Device）、现场可编程门阵列（FPGA，Field-Programmable Gate Array）或其他电子元件。

25 下面继续说明本公开实施例提供的发动机点火装置 4022 的实施为软件模块的示例性结构。在一些实施例中，如图 4 所示，存储在存储器 402 的发动机点火装置 4022 中的软件模块可以包括：

获取模块 40221, 被配置为在发动机的气缸的当前工作循环内, 获取基于预设点火角对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据;

第一确定模块 40222, 被配置为在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下, 基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角; 其中, 5 所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的;

第一修正模块 40223, 被配置为基于所述预设点火角和所述第一点火修正角, 得到第一目标点火角;

第一点火模块 40224, 被配置为在所述气缸的下一个工作循环内, 基于所述 10 第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

在一些实施例中, 所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率, 所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下, 所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角;

15 所述第一确定模块 40222, 还被配置为确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角; 基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值, 确定所述第一点火修正角。

在一些实施例中, 所述第一确定模块 40222, 还配置为基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到 40%对应的所述实际曲轴转角, 和所述气缸的压燃 20 燃烧放热率的参数值达到 40%对应的所述预设曲轴转角之间的差值, 确定所述第一点火修正角。

在一些实施例中, 所述装置还包括:

第二确定模块 40225, 被配置为在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下, 基于所述爆震事件的爆震情况, 得到第二点火修正角;

25 第二修正模块 40226, 被配置为基于所述预设点火角和所述第二点火修正角, 得到第二目标点火角;

第二点火模块 40227, 被配置为在所述下一个工作循环内, 基于所述第二

目标点火角对所述发动机进行点火处理。

在一些实施例中，所述第二确定模块 40226，还被配置为确定所述爆震事件的爆震强度；根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述第二点火修正角。

5 在一些实施例中，所述气缸包括多个：

所述第一点火模块 40224，还被配置为基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

10 在一些实施例中，所述获取模块 40221，还被配置为在所述气缸的历史工作循环内，获取所述气缸生成的第一信号，其中，所述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

在一些实施例中，所述装置还包括：

15 信号生成模块 40228，被配置为在所述历史工作循环内，获取所述发动机的曲轴依次转动预设角度增量所得到的多个曲轴转角；基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

需要说明的是，本公开实施例装置的描述，与上述方法实施例的描述是类似的，具有同方法实施例相似的有益效果，因此不做赘述。

20 本公开实施例提供了一种计算机程序产品或计算机程序，该计算机程序产品或计算机程序包括计算机指令，该计算机指令存储在计算机可读存储介质中。计算机设备的处理器从计算机可读存储介质读取该计算机指令，处理器执行该计算机指令，使得该计算机设备执行本公开实施例提供的发动机点火方法。

25 本公开实施例提供一种存储有可执行指令的计算机可读存储介质，其中存储有可执行指令，当可执行指令被处理器执行时，将引起处理器执行本公开实施例提供的发动机点火方法。

在一些实施例中，计算机可读存储介质可以是 FRAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、闪存、磁表面存储器、光盘、或 CD-ROM 等存储器；也

可以是包括上述存储器之一或任意组合的各种设备。

5 在一些实施例中，可执行指令可以采用程序、软件、软件模块、脚本或代码的形式，按任意形式的编程语言（包括编译或解释语言，或者声明性或过程性语言）来编写，并且其可按任意形式部署，包括被部署为独立的程序或者被部署为模块、组件、子例程或者适合在计算环境中使用的其它单元。

10 作为示例，可执行指令可以但不一定对应于文件系统中的文件，可以可被存储在保存其它程序或数据的文件的一部分，例如，存储在超文本标记语言（HTML, Hyper Text Markup Language）文档中的一个或多个脚本中，存储在专用于所讨论的程序的单个文件中，或者，存储在多个协同文件（例如，存储一个或多个模块、子程序或代码部分的文件）中。

作为示例，可执行指令可被部署为在一个计算设备上执行，或者在位于一个地点的多个计算设备上执行，又或者，在分布在多个地点且通过通信网络互连的多个计算设备上执行。

15 综上所述，通过本公开实施例能够基于压燃工况对应的预设点火角和预设燃烧状态参数调整气缸的点火角，以控制发动机的气缸内实现点燃压燃燃烧。

以上所述，仅为本公开的实施例而已，并非用于限定本公开的保护范围。凡在本公开的精神和范围之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均包含在本公开的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种发动机点火方法，其特征在于，所述方法包括：

在所述发动机的气缸的当前工作循环内，获取基于预设点火角对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据；

5 在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下，基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角；其中，所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获取的；

基于所述预设点火角和所述第一点火修正角，得到第一目标点火角；

10 在所述气缸的下一个工作循环内，基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率，所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角；所述基于所述燃烧放热数据和预设
15 燃烧状态参数确定第一点火修正角，包括：

确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角；

基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

20 3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述目标燃烧放热率的参数值包括50%；所述基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角，包括：

基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到50%对应的所述实际曲轴转角，和所述气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到50%对应的所述预设曲轴转角
25 之间的差值，确定所述第一点火修正角。

4、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下，基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角；

基于所述预设点火角和所述第二点火修正角，得到第二目标点火角；

在所述下一个工作循环内，基于所述第二目标点火角对所述发动机进行点火处理。

5 5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述基于所述爆震事件的爆震情况，得到第二点火修正角，包括：

确定所述爆震事件的爆震强度；

10 根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述第二点火修正角。

6、根据权利要求1至5中任一项所述的方法，其特征在于，所述气缸包括多个；所述基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理，包括：

基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

15 7、根据权利要求1至5中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在所述气缸的历史工作循环内，获取所述气缸生成的第一信号，其中，所述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；

20 基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

8、根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在所述历史工作循环内，获取所述发动机的曲轴依次转动预设角度增量所得到的多个曲轴转角；

基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；

25 对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；

在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

9、一种发动机点火装置，其特征在于，所述装置包括：

WO 2025/001882 配置为在所述发动机的气缸的当前工作 PCT/CN2024/099319 预
设点火角对所述气缸进行点火处理得到的所述气缸的燃烧放热数据;

第一确定模块，被配置为在未检测到所述气缸中发生爆震事件的情况下，
基于所述燃烧放热数据和预设燃烧状态参数确定第一点火修正角；其中，所述
5 预设点火角和所述预设燃烧状态参数是在所述气缸中发生压燃事件的情况下获
取的；

第一修正模块, 被配置为基于所述预设点火角和所述第一点火修正角, 得到第一目标点火角:

第一点火模块, 被配置为在所述气缸的下一个工作循环内, 基于所述第一目标点火角对所述气缸进行点火处理。

10、根据权利要求9所述的装置，其特征在于，所述燃烧放热数据包括在所述当前工作循环内所述气缸的实际燃烧放热率，所述预设燃烧状态参数包括在所述气缸中发生压燃事件的情况下，所述气缸的压燃燃烧放热率达到目标燃烧放热率对应的所述发动机的预设曲轴转角；

15 所述第一确定模块，还被配置为确定所述气缸的实际燃烧放热率达到所述目标燃烧放热率对应的所述发动机的实际曲轴转角；基于所述实际曲轴转角和所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

11、根据权利要求 10 所述的装置，其特征在于，

所述第一确定模块，还配置为基于所述气缸的实际燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述实际曲轴转角，和所述气缸的压燃燃烧放热率的参数值达到 50%对应的所述预设曲轴转角之间的差值，确定所述第一点火修正角。

12、根据权利要求9所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

第二确定模块,被配置为在检测到所述气缸中发生所述爆震事件的情况下,基于所述爆震事件的爆震情况,得到第二点火修正角;

25 第二修正模块, 被配置为基于所述预设点火角和所述第二点火修正角, 得到第二目标点火角;

第二点火模块，被配置为在所述下一个工作循环内，基于所述第二目标点

火角对所述发动机进行点火处理。

13、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，

所述第二确定模块，还被配置为确定所述爆震事件的爆震强度；根据所述爆震强度对应的爆震等级，确定与所述爆震等级对应的所述第二点火修正角。

5 14、根据权利要求 9 至 13 中任一项所述的装置，其特征在于，所述气缸包括多个；

所述第一点火模块，还被配置为基于多个所述气缸中的每个所述气缸对应的所述第一目标点火角，对每个所述气缸进行单独点火处理。

15、根据权利要求 9 至 13 中任一项所述的装置，其特征在于，

10 所述获取模块，还被配置为在所述气缸的历史工作循环内，获取所述气缸生成的第一信号，其中，所述第一信号用于指示所述气缸中发生所述压燃事件；基于所述第一信号，获取所述气缸对应的所述预设点火角和所述预设燃烧状态参数。

16、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

15 信号生成模块，被配置为在所述历史工作循环内，获取所述发动机的曲轴依次转动预设角度增量所得到的多个曲轴转角；基于多个所述曲轴转角确定所述气缸的所述燃烧放热数据；对所述燃烧放热数据进行数据分析，得到分析结果；在所述分析结果超过压燃阈值的情况下，生成所述第一信号。

17、一种发动机，其特征在于，包括：

20 存储器，被配置为存储可执行指令；

处理器，被配置为执行所述存储器中存储的可执行指令时，实现权利要求 1 至 8 中任一项所述的发动机点火方法。

18、一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储有可执行指令，被配置为被处理器执行时，实现权利要求 1 至 8 中任一项所述的发动机点火方法。

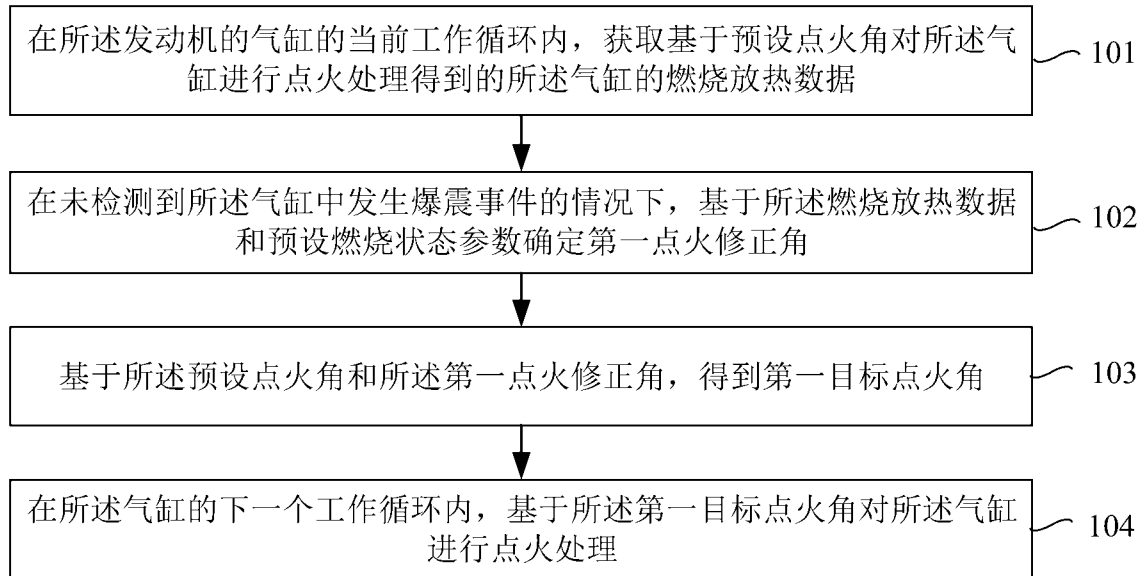


图 1

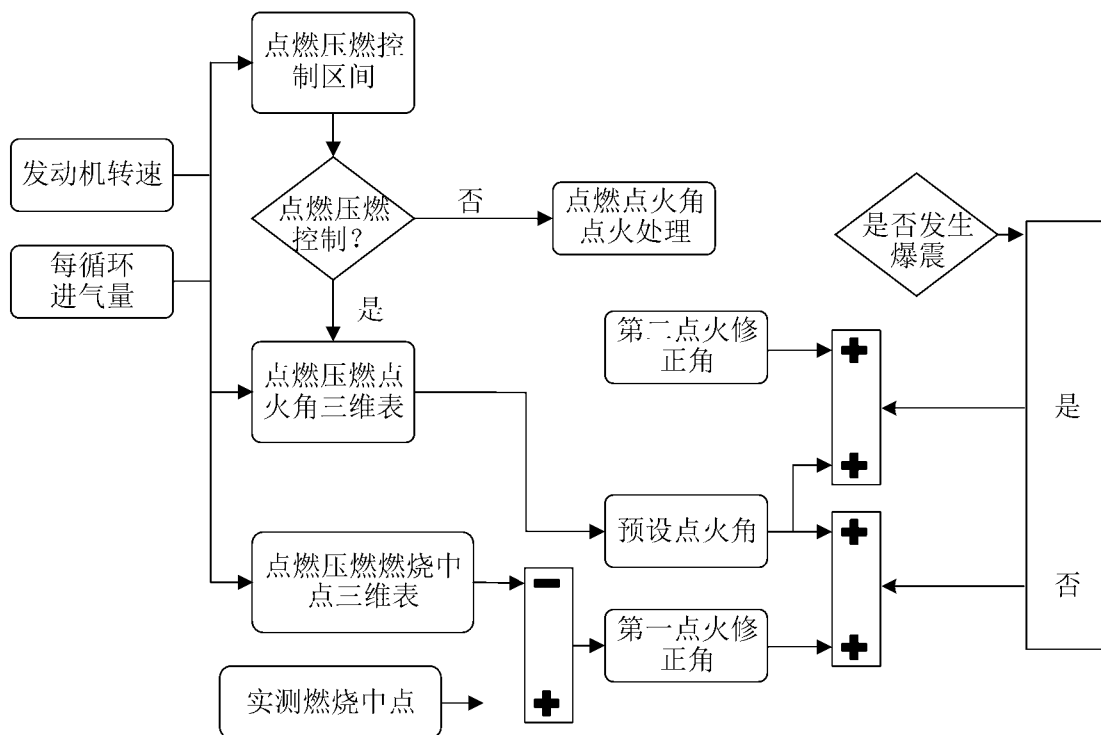


图 2

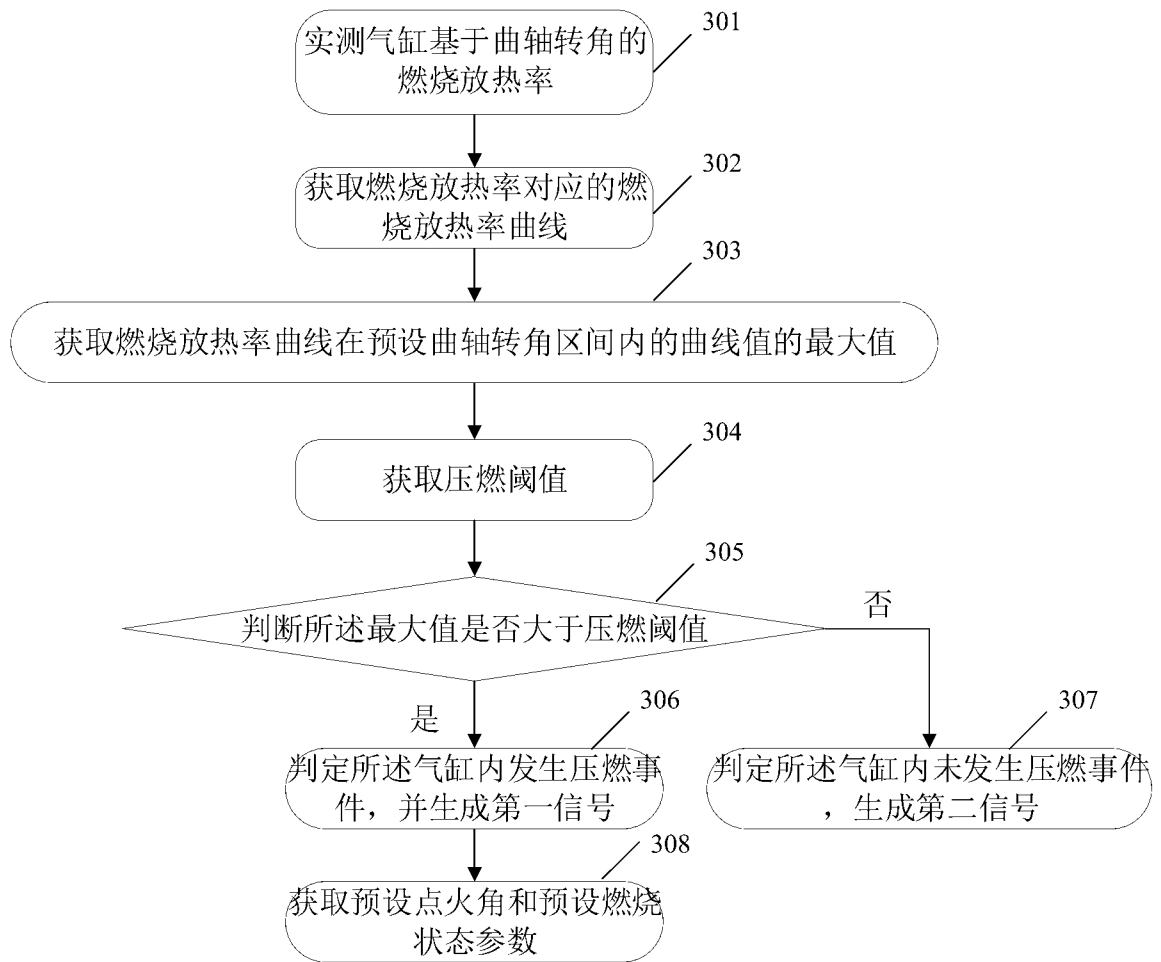


图 3

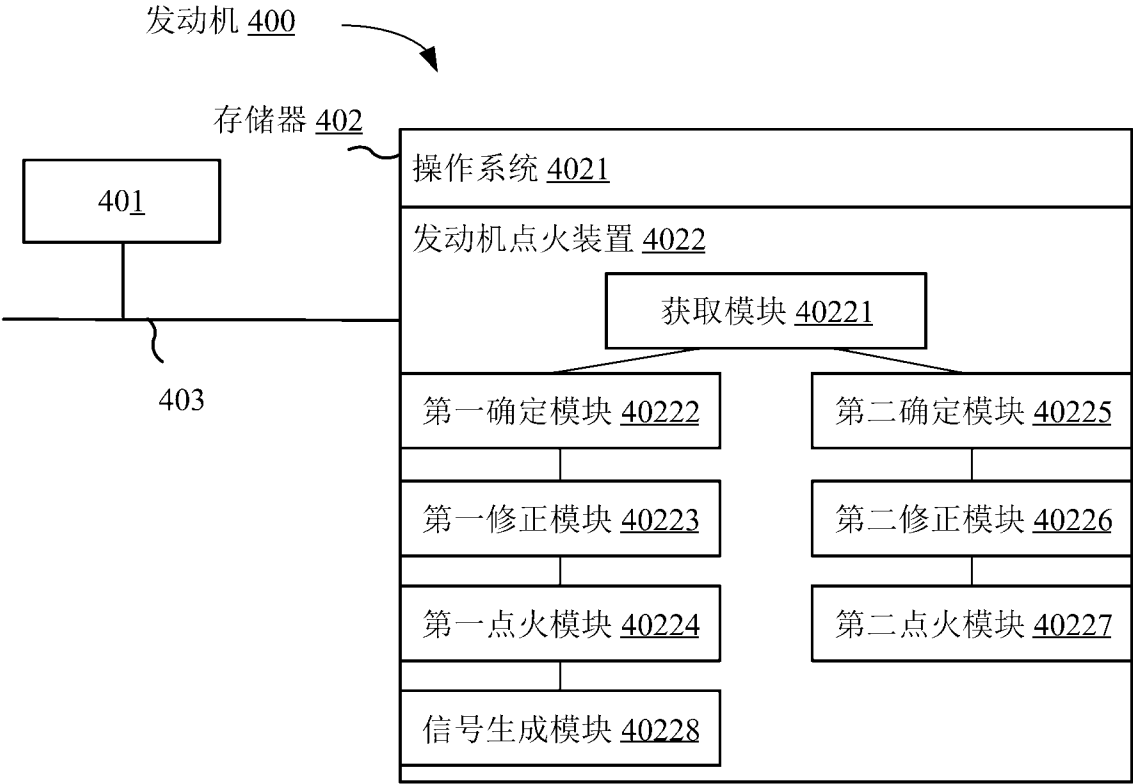


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/099319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02P 5/152(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)

IPC: F02P

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)

CNTXT; CNABS; ENTXTC; VEN; CNKI: 点火角, 点火时刻, 点火正时, 点火提前角, 燃烧, 放热, 压燃, 压缩燃烧, 爆震, 爆振, 敲缸, 修正, 校正, 矫正, 目标, ignition, angle, timing, advance, combustion, exotherm, compression, detonation, knocking, correction, target

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116576056 A (DONGFENG MOTOR GROUP CO., LTD.) 11 August 2023 (2023-08-11) claims 1-18	1-18
A	CN 101233308 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 30 July 2008 (2008-07-30) description, pages 9-10, and figure 3	1-18
A	CN 110778411 A (MAZDA MOTOR CORP.) 11 February 2020 (2020-02-11) entire document	1-18
A	CN 102305141 A (TIANJIN UNIVERSITY) 04 January 2012 (2012-01-04) entire document	1-18
A	US 2003217733 A1 (HITACHI, LTD.) 27 November 2003 (2003-11-27) entire document	1-18
A	JP 2000320333 A (NISSAN MOTOR CORP.) 21 November 2000 (2000-11-21) entire document	1-18



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

26 September 2024

Date of mailing of the international search report

10 October 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/099319

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116576056	A	11 August 2023	None			
CN	101233308	A	30 July 2008	EP	1910657	A1	16 April 2008
				EP	1910657	B1	18 July 2018
				US	2009159046	A1	25 June 2009
				US	7669583	B2	02 March 2010
				WO	2007013663	A1	01 February 2007
				JP	2007032531	A	08 February 2007
				JP	4380604	B2	09 December 2009
				CN	100588828	C	10 February 2010
CN	110778411	A	11 February 2020	EP	3599362	A1	29 January 2020
				EP	3599362	B1	21 December 2022
				US	2020032736	A1	30 January 2020
				US	10837391	B2	17 November 2020
				JP	2020016195	A	30 January 2020
				JP	7131169	B2	06 September 2022
				CN	110778411	B	13 May 2022
CN	102305141	A	04 January 2012	None			
US	2003217733	A1	27 November 2003	US	6880518	B2	19 April 2005
				JP	2003343312	A	03 December 2003
				EP	1365134	A2	26 November 2003
				EP	1365134	A3	05 July 2006
JP	2000320333	A	21 November 2000	JP	4122630	B2	23 July 2008

A. 主题的分类

F02P 5/152(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)

IPC: F02P

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))

CNTEXT;CNABS;ENTXTC;VEN;CNKI: 点火角, 点火时刻, 点火正时, 点火提前角, 燃烧, 放热, 压燃, 压缩燃烧, 爆震, 爆振, 敲缸, 修正, 校正, 矫正, 目标, ignition, angle, timing, advance, combustion, exotherm, compression, detonation, knocking, correction, target

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 116576056 A (东风汽车集团股份有限公司) 2023年8月11日 (2023 - 08 - 11) 权利要求1-18	1-18
A	CN 101233308 A (丰田自动车株式会社) 2008年7月30日 (2008 - 07 - 30) 说明书第9-10页、图3	1-18
A	CN 110778411 A (马自达汽车株式会社) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 全文	1-18
A	CN 102305141 A (天津大学) 2012年1月4日 (2012 - 01 - 04) 全文	1-18
A	US 2003217733 A1 (HITACHI LTD) 2003年11月27日 (2003 - 11 - 27) 全文	1-18
A	JP 2000320333 A (NISSAN MOTOR) 2000年11月21日 (2000 - 11 - 21) 全文	1-18

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2024年9月26日

国际检索报告邮寄日期

2024年10月10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

闫周

电话号码 (+86) 010-62085299

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/099319

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	116576056	A	2023年8月11日	无			
CN	101233308	A	2008年7月30日	EP	1910657	A1	2008年4月16日
				EP	1910657	B1	2018年7月18日
				US	2009159046	A1	2009年6月25日
				US	7669583	B2	2010年3月2日
				WO	2007013663	A1	2007年2月1日
				JP	2007032531	A	2007年2月8日
				JP	4380604	B2	2009年12月9日
				CN	100588828	C	2010年2月10日
CN	110778411	A	2020年2月11日	EP	3599362	A1	2020年1月29日
				EP	3599362	B1	2022年12月21日
				US	2020032736	A1	2020年1月30日
				US	10837391	B2	2020年11月17日
				JP	2020016195	A	2020年1月30日
				JP	7131169	B2	2022年9月6日
				CN	110778411	B	2022年5月13日
CN	102305141	A	2012年1月4日	无			
US	2003217733	A1	2003年11月27日	US	6880518	B2	2005年4月19日
				JP	2003343312	A	2003年12月3日
				EP	1365134	A2	2003年11月26日
				EP	1365134	A3	2006年7月5日
JP	2000320333	A	2000年11月21日	JP	4122630	B2	2008年7月23日