[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
F02D 41/34 F02B 17/00

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97108730.X

[45]授权公告日 2002 年 10 月 9 日

[11]授权公告号 CN 1092285C

[22]申请日 1997.12.18 [21]申请号 97108730.X

[30]优先权

[32]1996.12.19 [33]JP [31]340165/96

[32]1997.5.8 [33]JP [31]118057/97

[73]专利权人 三菱自动车工业株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 金子胜典 安东弘光 宫本胜彦
渡边干二 田中宽之 织田英幸
五岛贤司 田岛一亲 田村宏记
加村均 小岛淳良

[56]参考文献

EP0491381 1992. 6.24 F02D41/34

EP0661432 1995. 7. 5 F02D41/34

审查员 肖光庭

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

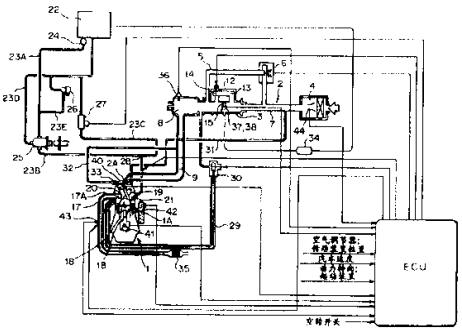
代理人 张兆东

权利要求书 3 页 说明书 28 页 附图 4 页

[54]发明名称 点火花式缸内喷油内燃机

[57]摘要

为可靠地防止在起动等时发生爆震，同时提高点火花式缸内喷油内燃机的压缩比，本发明内燃机包括将燃油直接喷入燃烧室(18)的喷油嘴(21)，并且在中等到高负载的特定运行区间中的压缩行程中喷油，以便进行分层燃烧，另外该内燃机还配置有用于驱动和控制喷油嘴(21)的控制装置(16)，使得在分层燃烧中，先于压缩行程喷油，在进气行程中燃油从喷油嘴(21)中喷出，所喷出的燃油量不会导致燃油自燃。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种点火花式缸内喷油内燃机，该内燃机包括将燃油直接喷入燃烧室(18)内的喷油嘴(21)，并且该内燃机在中等到高负载条件下的特定运行区间里在压缩行程中进行喷油，以便进行分层燃烧，上述特定运行区间处于内燃机转速低于预定内燃机转速的运行状态；

该内燃机还包括用于驱动和控制上述喷油嘴(21)的控制装置(16)，使得在上述分层燃烧中，早于上述压缩行程中的喷油，燃油在进气行程中从上述喷油嘴(21)喷出，所喷出的燃油量不会导致上述燃油自燃。

2. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于： 上述控制装置（16）把上述喷油嘴（21）驱动和控制成，在上述特定运行区间内，燃油在进气行程中喷射的量少于在压缩行程中喷射的量。

3. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：根据上述喷油嘴(21)的性能，在进气行程中上述喷油分多次进行。

4. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述控制装置(16)驱动和控制上述喷油嘴(21)，使得在低负载时燃油主要在压缩行程中喷入，以便进行分层燃烧；而在除上述特定运行区间以外的中等到高负载时，燃油主要在进气行程中喷入，以便进行预混合燃烧。

5. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述控制装置(16)驱动和控制上述喷油嘴(21)，使得在中等到高负载的上述特定运行区间中，在进气行程中喷入大致恒定量的燃油，而在压缩行程中喷入的燃油量大致与负载状态成比例。

6. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述控制装置(16)驱动和控制上述喷油嘴(21)，使得在中等到高负载的上述特定运行区间中，在进气行程中的喷油量使空燃比介于 30 和 60 之间；而在压缩行程中的喷油量使总空燃比低于理论空燃比。

7. 如权利要求 6 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述总空燃比约为 12。

8. 如权利要求 6 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：压缩行程喷油量占总喷油量的 60％～90％。

9. 如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，其特征在于：

上述内燃机是多缸式内燃机，每个气缸配置有上述喷油嘴(21)；以及

上述控制装置(16)控制上述喷油嘴(21)，使得在中等到高负载的上述特定运行区间中，一个气缸在进气行程中的喷油正时不与另一个缸在压缩行程中的喷油正时重迭。

10.如权利要求 1、4 或 5 中任一项所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述特定运行区间是这样的一种运行区间，在其中上述内燃机温度至少是预定温度。

11.如权利要求 1 所述点火花式缸内喷油内燃机，

其特征在于：上述内燃机还包括燃油品质检测装置(105)，上述控制装置(16)根据由上述燃油品质检测装置(105)检测的结果校正在中等到高负载的上述特定运行区间中的上述进气行程喷油量。

12. 如权利要求 2 所述点火花式缸内喷油内燃机，其特征在于：

上述内燃机还包括控制上述内燃机点火正时的点火正时控制装置(104)；

上述控制装置(16)具有模式选择装置(102)，该模式选择控制装置选择：一个分层燃烧模式，控制上述喷油嘴(21)，使得当上述运行状态处于低负载区间时，在压缩行程中喷油；分时分层燃烧模式，控制上述喷油嘴(21)，使得当上述运行状态处于上述特定运行区间时，先于压缩行程喷油，燃油在进气行程中喷入，所喷入的燃油量不会导致上述燃油自燃；预混合燃烧模式，控制上述喷油嘴(21)，使得当上述运行状态既不处于上述低负载运行区间也不处于上述特定运行区间时，在进气行程中喷油，以便运行上述内燃机；以及

当上述模式选择装置(102)在上述分时分层燃烧模式和非上述分时分层燃烧模式之间切换时，至少在上述喷油嘴(21)的上述喷油正时从切换

前的燃烧模式切换为切换后的燃烧模式之前，上述点火正时控制装置(104)使点火正时与上述切换前的燃烧模式保持一致，以便进行有效地控制。

13. 一种点火花式缸内喷油内燃机，该内燃机包括将燃油直接喷入燃烧室(18)内的喷油嘴(21)，并且该内燃机在中等到高负载条件下的特定运行区间里在压缩行程中进行喷油，以便进行分层燃烧；

该内燃机还包括用于驱动和控制上述喷油嘴(21)的控制装置(16)，使得在上述分层燃烧中，早于上述压缩行程中的喷油，燃油在进气行程中从上述喷油嘴(21)喷出，所喷出的燃油量不会导致上述燃油自燃；

上述控制装置（16）把上述喷油嘴（21）驱动和控制成，在上述特定运行区间内，燃油在进气行程中喷射的量少于在压缩行程中喷射的量。

说　　明　　书

点火花式缸内喷油内燃机

本发明涉及在压缩行程中喷油以便进行分层燃烧的点火花式缸内喷油内燃机，具体涉及适合于用作汽车内燃机的点火花式缸内喷油内燃机。

近来，实际应用的点火花式缸内喷油内燃机通过火花塞进行火花点火和向缸内直接喷油。利用其可自由设定喷油正时和自由调节空气燃油混合气构成状态的独特特征，这种点火花式缸内喷油内燃机可以改善燃油消耗性能和输出性能。

也就是说，由于是分层燃烧，通过在压缩行程中喷油，点火花式缸内喷油内燃机可以在燃油非常稀薄（即空燃比大大高于理论空燃比）的情况下运行（超稀燃运行），于是点火花式缸内喷油内燃机的燃烧模式具有超稀燃运行模式（压缩的稀燃运行模式），因而极大地降低了耗油率。

另一方面，通过主要在进气行程过程中喷油，点火花式缸内喷油内燃机当然也可以进行预混合燃烧运行。在这种情况中，将燃油直接喷入燃烧室（在缸内），在燃烧循环中能够使大部分燃油充分地燃烧，从而也有助于改善输出性能。

在上述预混合燃烧运行中还可以设定燃烧模式：稀燃运行模式（进气稀燃运行模式），该模式在燃油浓度低（即空燃比高于理论空燃比）、但高于超稀燃模式的状态下运行；理论运行模式（理论反馈运行模式），该模式基于 O_2 传感器或其它传感器的信息进行反馈控制，使空燃比成为理论空燃比；加浓运行模式（开环模式），它在富油状态（即空燃比低于理论空燃比）下运行。

然后，根据内燃机的运行状态，即内燃机转速和负载，从上述各种运行模式中选出恰当的运行模式，以便调节内燃机。

通常，在所要求内燃机的输出小时（即内燃机转速和负载低时），为改善燃油消耗率而采用压缩稀燃运行模式；而随着内燃机转速和负载的开始增大，依次采用进气稀燃运行模式、理论运行模式和加浓运行模式。

同时，如图14（B）所示，通常燃烧室内的温度或压力越高，就越可能发生燃油自燃和内燃机爆震，因而从消除爆震的观点看应限制压缩比的提高。而在点火花式缸内喷油内燃机中，由于导入燃烧室的空气被进气行程初期喷入的燃油冷却，所以不易发生爆震，因而可以设定较高的压缩比。

另一方面，已经发现当设定较高压缩比时，点火花式缸内喷油内燃机只是在汽车起动的短暂时间内发生爆震，特别是自动变速汽车。在使用汽油作燃油时，低辛烷值汽油（普通汽油）发生爆震的现象比高辛烷值汽油（高级汽油）严重。

据信自动变速汽车在起动时发生爆震的原因是此时出现了低转速而高负载的状态。

也就是说，如图15所示，在自动变速汽车起动时，当加速器被从空转状态开始驱动时，进气量随着油门开度角的迅速增大而急剧增加，由此内燃机的负载显著增加。而内燃机转速的提高低于内燃机负载的增加，从而暂时出现了低转速而高负载的情况（见图15中区域LH），虽然只是在短暂的时间内。

也就是说，在内燃机低转速高负载时，采用理论运行模式或加浓运行模式，所获得的空燃比（数量在12和18之间）处在易发生爆震的区间，如图14（A）所示。并且，在这种运行模式中，与大量的燃油从进气行程的前一半喷入燃烧室中的同时，如上所述出现暂时的低转速状态，由此雾化喷入的燃油需要较长的时间，从而容易导致自燃。因此，在低转速高负载的情况下非常容易发生爆震。

对于手动换挡汽车，由于内燃机转速在离合器操作的延迟过程中提高，所以起动时产生爆震的可能性比自动变速汽车小。

点火正时延迟可以作为防止上述起动爆震的方法。然而，为保证起动扭矩，延迟控制受到限制，因而难以充分防止起动爆震发生。

因此，提出另一种防止起动爆震的方法，例如，在自动变速汽车的D范围内设定较高的空转速度，以便减小起动时转速低的程度，从而保证起动扭矩。

然而，当设定较高的空转速度时，耗油率因此而提高。

在日本专利申请公开号（Kokai）No. 平 7-189767 中披露了一项防止点火花式缸内喷油内燃机爆震的技术。在这项技术中，燃油被分多次喷入，结果在较早的喷油过程中形成均匀的空燃混合气，并且在随后的喷油过程中、在点火正时附近产生火花，由此在较早喷油过程中形成的空燃混合气迅速地燃烧，从而防止了爆震。

这项技术应该是利用熏蒸法，这是一种在柴油机中应用的防爆方法。这里熏蒸法是指这样一种技术，在柴油机进气行程中，当燃油被雾化或汽化时，燃油混入到吸入气体中达到这样一种程度，使空燃混合气不会发生自燃，由此通过在压缩行程中的预燃反应减少了点火的延迟，因此防止了爆震。

例如，为了在点火花式缸内喷油内燃机中采用熏蒸法，可以在进气行程中进行喷油（早期喷油），同时防止上述喷入的燃油自燃，并且点火可以在压缩行程中喷油完成后进行。这里，防止早期喷油的燃油自燃是重要的。然而，上述公开内容没有特别指出如何防止早期喷入的燃油自燃。相反地，所披露的早期喷油量被定得较高，早期喷油易于自燃，因此不能可靠地防止爆震。

并且，在熏蒸法有效地防止爆震和提高输出功率的同时，该方法不利地提高了排气中的烃含量，这可能导致柴油机排气的臭气问题。在点火花式缸内喷油内燃机采用了基于熏蒸法的防爆技术的情形中，即使是在没有产生排气臭气那样的问题的情况下利用了该技术的优点，也需要从内燃机整体的性能考虑，在恰当的条件下应用该技术。然而，上述公开内容没有充分披露这一点，因此遗留下有关这种防爆控制条件的问题。

考虑到上述问题，本发明的一个目的是提供一种可以提高压缩比的点火花式缸内喷油内燃机，以便在没有提高空转速度和产生源于防爆的

有害影响的情况下，可靠地防止在起动或其它时候产生爆震，同时能够产生足够的输出功率。

因此，本发明提供了一种点火花式缸内喷油内燃机，包括：用于将燃油直接喷入燃烧室的喷油嘴，在中等与高负载之间特定的运行区间中，在压缩行程中喷油，以便进行分层燃烧；还包括用于驱动和调节喷油嘴的装置，在分层燃烧的情形中，在压缩行程喷油之前，燃油在进气行程中从喷油嘴喷出，所喷出的量不会导致燃油自燃。

在这种结构中，在分层燃烧时，压缩行程喷油之前，在进气行程中燃油从喷油嘴喷出，所喷出的量不会导致燃油自燃。在压缩行程喷油之后，点火进行分层燃烧时，在压缩行程中喷入的燃油没有足够的时间进行爆震反应，因此不会发生自燃。当然，在进气行程中喷入的燃油也不会发生自燃，由此在这种燃烧条件（即特定的中等与高负载之间的运行区间）下可以防止发生爆震。

此外，压缩行程中喷入的燃油在进行分层燃烧的过程中，含有在进气行程中预先喷入的燃油的空燃混合气燃烧，这有助于使在压缩行程中喷入的燃油燃烧未充分燃烧的部分，从而提高内燃机的输出功率并净化了废气。

另外，在内燃机转速低于预定转速的特定运行状态中，例如，可以扩大防爆震极限输出功率区间，在该区间中可以保证在不发生爆震的情况下起动所需的扭矩，因此，即使是在突然起动等情况下，也能保证所要求的输出功率而不发生爆震，由此可以改善加速性能。并且，由于起动扭矩得到了充分地保证，所以可以降低空转速度，从而使空转时的耗油率得以改善。

在这种情形下，在特定的运行状态中，内燃机转速最好低于预定转速（即 2,500 转/分）。因此，可以特定地扩大起动时的运行区间，即在不发生爆震的情况下保证起动所需扭矩的防爆震极限输出功率区间。因此，例如，在油门被踩到全开状态的情形中，可以在不发生爆震的情况下保证所要求的输出功率，从而使加速性能得以改善。并且，由于起动扭矩得到充分保证，所以可以降低空转速度，从而使空转时的耗油率得以改善。

尽管喷油可在进气行程中一次完成，但是在由于喷油嘴性能的原因而不能进行一次充分或恰当地喷油的情形下，还是需要进行多次喷油。

优选地是，控制装置驱动和调节喷油嘴，在低负载时，使燃油主要在压缩行程中被喷入，以便进行分层燃烧；而在除了特定的运行区间以外的中等到高负载时，燃油主要在进气行程中被喷入，以便进行预混合燃烧。

在这种结构中，由于在低负载时燃油主要是在压缩行程中被喷入以便进行分层燃烧，而在除了特定的运行区间以外的中等到高负载时燃油主要在进气行程中被喷入以便进行预混合燃烧，所以能够根据运行状态实现最理想的燃烧，因此使内燃机的耗油率和输出功率得以改善。

优选地是，控制装置驱动和调节喷油嘴，在中等到高负载的特定运行区间，在进气行程中喷入大致恒定量的燃油，而在压缩行程中喷入的燃油量大致与负载状态成比例。

在这种结构中，在中等到高负载的特定运行区间，在进气行程中喷入大致恒定量的燃油，而在压缩行程中喷入与负载状态大致成比例的量的燃油；由此能够用非常简单的控制实现适合运行状态的燃烧，从而使内燃机的耗油率和输出得以改善。

优选地是，控制装置驱动和调节喷油嘴，在中等到高负载的特定运行区间，进气行程中喷入的燃油量使空燃比在 30 ~ 60 之间变化，而压缩行程中喷入的燃油量使总空燃比低于理论空燃比。

在这种结构中，在中等到高负载的特定运行区间，进气行程中喷入的燃油量使空燃比在 30 ~ 60 之间变化，而压缩行程中喷入的燃油量使总空燃比低于理论空燃比；由此，在可靠消除爆震的情况下，能够提高输出功率。

在这种情形中，总空燃比优选地约为 12 。

并且，压缩行程喷油量优选地是总喷油量的 60 % ~ 90 % 。

内燃机优选地是多缸式内燃机，每个缸配置有喷油嘴，内燃机控制装置调节喷油嘴，使在中等到高负载的特定运行区间，一个缸在进气行程中的喷油正时不与另一个缸在压缩行程中的喷油正时重迭。

在这种结构中，在中等到高负载的特定运行区间中，由于设定一个

缸在进气行程中的喷油正时，以便防止其与另一个缸在压缩行程中的喷油正时重迭，所以能够减轻加在喷油嘴驱动系统（喷油器驱动器）上的负荷，由此不需要为每一个喷油嘴配置作为独立回路的喷油器驱动器，从而降低了费用。

特定运行区间优选地是内燃机温度至少是预定温度并且内燃机转速不高于预定转速的运行区间。

在这种结构中，由于将特定运行区间设定为内燃机温度至少是预定温度并且内燃机转速不高于预定转速的运行区间，所以可以选择最适合所需运行状态的燃烧，从而使输出功率和耗油率得以改善。

特别是在起动时，在不出现爆震的情况下能够保证起动所需的扭矩，由此可以在不出现爆震的情况下保证所需的输出功率，从而改善了加速性能。同样，由于可以充分保证起动扭矩，所以可以设定低的空转速度，从而使空转时的耗油率得以改善。

优选地是，内燃机还包括燃油参数检测装置，控制装置根据燃油参数检测装置的检测结果补偿处于中等到高负载时、在特定运行区间进气行程的喷油量。

在这种结构中，由于处于中等到高负载时、在特定运行区间进气行程的喷油量在控制装置的作用下根据燃油参数检测装置的检测结果进行补偿，所以根据个别燃油参数可以防止发生爆震，从而可以获得较大的输出功率，因此耗油率也得以改善。

优选地是，内燃机还包括用于控制内燃机点火正时的点火正时控制装置。其中，点火正时控制装置具有模式选择装置，该模式选择装置选择其中的分层燃烧模式用于控制喷油嘴，以便当运行状态处于低负载区间时，燃油在压缩行程中喷射，该模式选择装置选择分时分层燃烧模式用于控制喷油嘴，以便当运行状态处于特定的运行区间时，燃油先于压缩行程喷油在进气行程中喷油，所喷出的油量能够保证防止燃油自燃，该模式选择装置选择预混合燃烧模式用于控制喷油嘴，以便当运行状态既不处于低负载运行区间也不处于特定运行区间时，燃油在进气行程中喷入，从而控制内燃机；当模式选择装置在分时分层燃烧模式和其它非分时分层燃烧模式之间切换时，至少在直到喷油嘴的喷油正时由切换前

的燃烧模式切换为切换后的燃烧模式以前为止，点火正时控制装置使点火正时与切换前燃烧模式保持一致，以便进行控制。

在这种结构中，由于在中等到高负载的特定运行区间中实行分时喷油，所以能够实现防爆、增加输出功率和有助于净化废气等优点；同时，在起动（内燃机转速低的特定运行状态）时，即使是突然起动，也可以保证所需的输出功率而且还不会出现爆震，从而使加速性能得以改善，并且可以保证有足够的起动扭矩，因此可以设定低的空转速度，从而改善空转时的耗油率。

另外，当内燃机的运行模式切换时，点火正时在喷油状态改变之间与前一运行模式保持一致，由此在切换运行模式的过程中能够按恰当的正时进行点火。因此，可以避免在运行模式切换过程中由于点火正时等改变而可能发生的燃烧恶化，从而总是能够实现理想燃烧状态。

在这种结构中，在点火花式缸内喷油内燃机压缩行程喷油模式中，在迅速改善耗油率的同时，燃烧稳定性可以得到保证，由此能够实现耗油率、燃烧稳定性以及废气净化的改善。

图 1 是示意框图，示出本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机主要部件的结构；

图 2 示出本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机的结构；

图 3 说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机的运行模式；

图 4(A)是说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中基于分时喷油的燃烧原理的主剖视图，示出内燃机压缩喷油正时的状态；

图 4(B)是说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中基于分时喷油的燃烧原理的主剖视图，示出内燃机点火后燃烧后期的状态；

图 5(A)为一曲线图，示出了一个例子，说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中设定分时喷油的压缩行程喷油及其产生效果，用于说明压缩行程喷油比值和喷油正时；

图 5(B)为一曲线图，示出上述例子，说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中设定分时喷油的压缩行程喷油及其产生效果，表

明通过分时喷油改善防爆震极限输出功率的特性;

图 6(A)为一曲线图，示出了另一个例子，说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中设定分时喷油的压缩行程喷油及其产生效果，用于说明压缩行程喷油比值和喷油正时;

图 6(B)为一曲线图，示出上述的另一个例子，说明在本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机中设定分时喷油的压缩行程喷油及其产生效果，表明通过分时喷油改善防爆震极限输出功率的特性;

图 7(A)说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油的喷油特性;

图 7(B)说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机的改型分时喷油的喷油特性;

图 8 是说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油控制的流程图;

图 9 说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油所得效果（降低空转速度）;

图 10 说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油所得效果（由降低空转速度而引起的耗油率改善）;

图 11(A)说明本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机中的点火正时控制，举例示出从分时喷油模式向进气喷油模式切换的状态;

图 11(B)说明本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机中的点火正时控制，举例示出从进气喷油模式向分时喷油模式切换的状态;

图 12 是说明本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油控制的流程图;

图 13(A)说明本发明第一或第二实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油控制的效果，示出理想点火正时建立后的扭矩（ T ）—空燃比（ A/F ）特性曲线;

图 13(B)说明本发明第一或第二实施例点火花式缸内喷油内燃机分时喷油控制的效果，示出理想空燃比的扭矩（ T ）—点火正时（ IG ）特性曲线;

图 13(C)说明本发明第一或第二实施例点火花式缸内喷油内燃机分

时喷油控制的效果，示出恒定点火正时的扭矩（ T ）—空燃比（ A/F ）特性曲线；

图 14(A) 示出相对于空燃混合气浓度和温度的典型爆震产生特性（自燃极限）；

图 14(B) 示出相对于温度和压力的典型爆震产生特性（自燃极限）；以及

图 15 说明采用传统点火花式缸内喷油内燃机的汽车在起动时的低转速高负载状态。

下面参照附图对本发明实施例进行说明，图 1 ~ 10 示出本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机，而图 11(A) ~ 13(C) 示出本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机。假定每个上述实施例内燃机安装在汽车上。

首先，参照图 2 说明本发明第一实施例点火花式缸内喷油内燃机（下文中也称之为缸内喷油内燃机）的结构。

图 2 示出了内燃机主体 1 、气缸 1A 、活塞 1B 、进气通道 2 、油门安装部分 3 、空气滤清器 4 、旁通道（第二旁通道） 5 以及适合于调节流过旁通道 5 的空气流量的第二空气旁通阀 6 。进气管 7 、减震筒 8 以及进气歧管 9 从上游一侧开始顺次排列构成进气通道 2 ，旁通道 5 配置在减震筒 8 的上游。通过步进电机将旁通阀 6 调节为预期的开口角度，即旁通阀的开口角度由受负载控制的电磁阀控制。

附图标记 12 表示空转速度控制功能部分，该部分由旁通道 13 （第一旁通道）和作为旁通阀的第一空气旁通阀 14 构成。第一空气旁通阀 14 由未示出的例如步进电机驱动。附图标记 15 表示油门。第一旁通道 13 和第二旁通道 5 分别用它们的上游端和下游端连接进气通道 2 ，同时为油门 15 在进气通道 2 上的安装部分设置旁路。

通过电子控制器 16 （ ECU ）实现对第二空气旁通阀 6 和第一空气旁通阀 14 各自的开启／闭合控制。

还配置有排气通道 17 和燃烧室 18 。与燃烧室 18 相通的进气通道 2 和排气通道 17 的开口部分，即进气口 2A 和排气口 17A ，分别安装有进

气阀 19 和排气阀 20 。

附图标记 21 表示喷油嘴，在本内燃机中配置该喷油嘴以便将燃油直接喷入燃烧室 18 。

另外还配置有燃油箱 22 、供油通路 23A ~ 23 E 、低压燃油泵 24（电子泵）、高压燃油泵 25 （内燃机驱动泵）、低压调节器 26 、高压调节器 27 以及输油管 28 ，由此，燃油箱 22 中的燃油由低压燃油泵 24 驱动、并经直接与内燃机的运行同步工作的高压燃油泵 25 进一步增压、以预定的高压状态、通过供油通路 23A 、 23B 和输油管 28 输送给喷油嘴 21 。这里，由低压燃油泵 24 产生的燃油压力受到低压调节器 26 的调节，而为导向输油管 28 而由高压燃油泵 25 增压的燃油压力受到高压调节器 27 的调节。

同样还配置有：废气再循环通道 29 （ EGR 通道），使内燃机 1 废气通道 17 中的废气再循环回进气通道 2 ；步进电机式阀 30 （ EGR 阀），用于调节通过 EGR 通道 29 流入进气通道 2 的废气循环量；流动通道 31 ，用于返回窜缸混合气；通道 32 ，用于曲轴箱强制通风；阀 33 ，用于曲轴箱强制通风；油气过滤器 34 ；以及废气净化催化剂 35（这里指稀薄 NO_x 催化剂）。

如图 2 所示，由于 ECU16 不仅控制第一和第二空气旁通阀 14 和 6 ，而且还控制喷油嘴 21 、火花塞 45 的点火线圈（见图 1 ）、 EGR 阀以及借助于高压调节器 27 进行的燃油压力调节，所以连接在 ECU16 上的有空气流量传感器 44 、进气温度传感器 36 、用于检测油门开口程度的油门位置传感器（ TPS ） 37 、空转开关 38 、空气调节器开关（未示出）、传动装置位置传感器（未示出）、车速传感器（未示出）、用于检测动力转向运行状态的动力转向开关（未示出）、起动装置开关（未示出）、第一气缸传感器 40 、曲轴转角传感器 41 、用于检测内燃机冷却水温度的水温度传感器 42 、用于检测废气中氧气浓度的 O_2 传感器 43 等等。 ECU16 还具备根据曲轴转角传感器 41 计算内燃机转速的功能。尽管曲轴转角传感器 41 和上述内燃机转速计算功能构成内燃机转速传感器，但是，为了方便起见，这里还是将曲轴转角传感器 41 当作内燃机转速传感器。

下面参照图 1 说明通过 ECU16 控制内燃机的细节。

按照内燃机的运行状态，上述内燃机在预混合燃烧运行和分层燃烧运行之间切换，通过向燃油燃烧室 18 中均匀地喷油可以建立预混合燃烧运行，而通过在朝向燃烧室 18 的火花塞 45 四周集中喷入燃油可以建立分层燃烧运行。

按照内燃机的运行模式，上述内燃机设定分层燃烧模式和预混合燃烧模式，在分层燃烧模式中，通过在压缩行程中喷油实现上述分层燃烧运行；在预混合燃烧模式中，通过主要在进气行程中喷油实现上述预混合运行。

进而，规定分层燃烧模式是超稀燃运行模式（压缩稀燃运行模式），这种运行（超稀燃运行）通过在燃油非常稀薄（即空燃比大大高于理论空燃比）的情况下分层燃烧而实现。

另外，规定预混合燃烧模式是：稀燃运行模式（进气稀燃运行模式），实现一种在燃油浓度低（高于理论空燃比）但是高于超稀燃运行模式的运行；理论运行模式（理论反馈运行模式），它基于 O_2 传感器等的信息进行反馈控制，使空燃比成为理论空燃比；加浓运行模式（开环模式），它实现富油运行（即空燃比低于理论空燃比）。

在压缩稀燃运行模式中，可以实现最大程度的稀薄燃烧（空燃比为 30 ~ 40 或更高）。在这种模式中，在非常靠近点火正时的阶段（例如压缩行程的后期）进行喷油，并且在整体上保持稀薄的同时，燃油集中在火花塞附近，以便形成局部加浓，由此可以在保证可燃性和燃烧稳定性的同时，实现经济运行。

进气稀薄运行模式同样也可以实现稀薄燃烧（空燃比为 20 ~ 24）。在这种模式中，在压缩稀燃运行模式之前，在进气行程中进行喷油，使得燃油在燃烧室中扩散，从而降低总空燃比。因此，可以在保证可燃性和燃烧稳定性的同时实现经济运行。

在理论运行模式中，根据 O_2 传感器的输出，空燃比可以保持在理论状态或在其附近，可以有效地获得足够的内燃机输出功率。

在开环燃烧运行模式中，在开环控制下，燃烧运行在理论空燃比或（加浓）更低的空燃比下实现，从而在加速或起动时获得足够的输出功

率。

除了上述模式以外，上述内燃机还包括分时喷油加浓模式（下文中称之为分时喷油模式），该模式是本发明的特征。这种分时喷油模式属于分层燃烧模式，在这种模式中，喷油在进气行程和压缩行程中分别进行，而特别地是，燃烧主要是指压缩行程喷入的燃油的分层燃烧。

在这种分时喷油模式中，如此设定喷油量，使进气行程喷油和压缩行程喷油的总喷油量构成富油的空燃混合气（即空燃混合气的总空燃比低于理论空燃比）。在进气行程喷油之后进行压缩行程喷油，但是，当输入气缸的进气行程喷油的燃油自燃时，发生爆震。因此，在进气行程喷油中，为防止喷入的燃油自燃，所喷入的燃油量应保证空燃混合气的燃油浓度低。

也就是说，如上述图 14(A)所示，当空燃比 A/F 接近理论空燃比时，例如介于 18 和 12 之间，燃油容易发生自燃；而当空燃混合气的燃油浓度偏离理论空燃比时，燃油不易发生自燃。为采用熏蒸法，需要使燃油混入吸入空气达到这样的程度，使空燃混合气不自燃，而燃油被雾化或汽化。为此，在进气行程喷油中形成的空燃混合气具有非常低的燃油浓度（其空燃比 A/F 大大高于理论空燃比）。

这里，设定进气行程喷油的喷油量使空燃比介于 30 和 60 之间。

另一方面，在压缩行程喷油中，设定与空燃比 15 ~ 20 相对应的喷油量进行喷油，以便可以由压缩行程喷油和进气行程喷油的总喷油量构成富油的空燃混合气，即空燃比约为 12 的空燃混合气。

也就是说，在进气行程喷油的空燃比约为 60 的情况下，当以对应空燃比约为 15 的喷油量进行喷油时，与总喷油量相对应的总空燃比可以大致设定为 12（即 1/12=1/60+1/15）。在进气行程喷油的空燃比约为 30 的情况下，当以对应空燃比约为 20 的喷油量进行喷油时，与总喷油量相对应的总空燃比可以大致设定为 12（即 1/12=1/30+1/20）。

在上述各种运行模式中，选择一种模式以控制内燃机的运行。参照如图 3 所示的图，根据内燃机转速 Ne 和表示负载状态的有效压力 Pe 选择运行模式。

除了上述运行模式以外，还有用于停止喷油的燃油切断模式。这里

不对燃油切断模式进行说明，由于该模式是特定条件下的模式，并且该模式是为防止内燃机转速超过上限而使用的，所以当油门关闭时，暂时减少了燃油消耗量，防止碳氢化合物的过多流出，从而防止催化剂被过分加热，等等。

如图 3 所示，在内燃机转速 Ne 和负载 Pe 都低的情况下，选择超稀燃运行模式（压缩稀燃运行模式）。随着内燃机转速 Ne 和负载 Pe 的增大，依次选择稀燃运行模式（进气稀燃运行模式）、理论运行模式（理论反馈运行模式）以及加浓运行模式（开环模式）。

如图 3 所示，虽然加浓运行模式最适合在高负载时使用，但是加浓运行模式对应的负载在内燃机转速较低时也变小了。在加浓运行模式不适合的内燃机的低转速、高负载区间选择分时喷油模式。

即使在内燃机低速转动时，分时喷油模式运行也能获得高的内燃机输出功率，所以可以在内燃机低转速、高负载区间设置分时喷油模式区间。经由实验证实，在分时喷油时的燃烧现象应该产生如下所述的高输出功率。

也就是说，对于上述分时喷油，在其压缩喷油正时时，在燃烧室内，由预先的进气行程喷油形成的稀薄燃油空燃混合气（空燃比 A/F 介于 30 和 60 之间）已经扩散，压缩行程喷油形成的、局部高燃油浓度的空燃混合气（由于对应于总空燃比 A/F15 ~ 20 的燃油喷入燃烧室，从而形成高燃油浓度空燃混合气）以层流的方式流向火花塞 45 附近。

这里，由进气行程喷油形成的空燃混合气足够稀薄使混合气不能自燃。由于在火花塞 45 点火之前，由压缩行程喷油形成的富油空燃混合气层流没有时间进行爆震前的预反应，所以该空燃混合气也不会发生自燃。因此，没有发生燃油自燃，由火花塞 45 进行点火。

因此，在火花塞 45 附近的富油空燃混合气先被点燃，从而富油空燃混合气层流开始燃烧。在燃烧过程中，由于上述富油空燃混合气的空气含量低，所以产生了大量的烟灰。如图 4(B) 所示，进气行程喷油形成的稀薄空燃混合气应当被上述产生的烟灰点燃而燃烧。

也就是说，由于进气行程喷油形成稀薄空燃混合气，在压缩行程喷油形成的层状富油空燃混合气的周围存在过多的空气，这些空气得到有

效地利用，所以燃烧产生的能量得到充分地提高，从而产生高的输出功率。并且也能够最大程度地防止烟灰的产生，烟灰是在压缩行程喷油的分层燃烧中，富油空燃混合气燃烧时产生的。

分时喷油模式包括禁用区间。这里，将禁用区间设置在内燃机冷却水温度（不一定是冷却水的温度，也可以是任何内燃机温度的可检测参数，这里选择冷却水的温度是由于其易于检测）不高于预定温度（例如-10℃）的范围内。这是由于当内燃机温度较低时，燃油的雾化可能会恶化，而在进气行程中喷入的油难以雾化时，不能满足熏蒸法的条件，从而不会产生防爆效果。

下面参照图5(A)、5(B)、6(A)和6(B)说明如何设定上述分时喷油模式中喷油量比值和压缩行程喷油的喷油正时。

一对图5(A)、5(B)和一对图6(A)、6(B)分别示出规格彼此不同的点火花式缸内喷油内燃机的特性。图5(A)和图6(A)说明，在内燃机转速为600转／秒、点火正时为20° ATDC（曲轴转角为上止点后20°）、进气行程喷油正时为280° BTDC（曲轴转角为上止点前280°）及总空燃比为12时，如何设定喷油量比值（压缩行程喷油脉冲／总喷油脉冲）和压缩行程喷油正时；而图5(B)和图6(B)示出分别如图5(A)和图6(A)设定所获得的防爆震极限输出功率特性。

首先，根据图5(A)和图5(B)进行说明。如图5(A)所示，当压缩行程喷油正时提前时，爆震预反应进行，由此出现了爆震区域。当压缩行程喷油量与上一次喷油量的比值变高时，碳氢化合物总量（THC）变大。当压缩行程喷油正时延迟并且压缩行程喷油量的比值变高时，产生了大量的烟。另外，对应于压缩行程喷油正时和压缩行程喷油量比值，如图所示，存在着转动产生较大脉动从而导致熄火的区域。此外，对应于压缩行程喷油正时和压缩行程喷油量比值，存在着如图中曲线所示的最小需求扭矩的等输出功率线。

考虑到上述各种条件，在不产生爆震（即不在爆震区域内）和不发生熄火（即不在熄火区域内）等主要前提下，存在图5(A)中浓淡点所示分时喷油区域A1，在其中碳氢化合物总量不太大而又能获得最小需求扭矩。

尽管区域A1主要由对应最小需求扭矩的等输出功率线确定，但既使是对于同一内燃机，限定区域A1的条件可以依照对碳氢化合物总量和产生的烟的限制水平而改变。同样，既使是对于同一内燃机，对区域A1的限定条件也可依照不同的运行条件而改变

另外，在内燃机规格彼此不同的情况下，既使运行条件相同并且各个限定条件相同（既不发生爆震也不发生熄火，对碳氢化合物总量和产生烟的限制水平相同，最小需求扭矩相同），分时喷油区域A2[图6(A)中浓淡点所示区域A2]与图5(A)所示的区域A1也不相同。

在分时喷油区域A1和A2中，图5(A)和6(A)中圆环所示点P1和P2最有利地平衡了各个限定条件。

如图5(A)和6(A)中的区域A1和A2所示，存在着适合于进行分时喷油的区域，其中压缩行程喷油正时介于30° BTDC和100° BTDC之间，而压缩行程喷油量比值介于60 %和90 %之间。虽然可以为上述两种内燃机的分时喷油区域设定这样的数值范围，但是分时喷油区域可以依据内燃机的特性、运行条件、区域限定条件的改变而变化。上述数值设定可以当作是设定值的粗略标准，其中压缩行程喷油正时介于30° BTDC和100° BTDC之间、压缩行程喷油量比值介于60 %和90 %之间。因此，设定应优选地依照各个内燃机的特性、运行条件及区域限定条件进行。

当压缩行程喷油在分时喷油区域A1和A2中点P1和点P2的条件下运行时，与具有相同空燃比（12）、只在进气行程中喷油的情形（加浓运行模式）相比，防爆震极限输出功率分别如图5(B)和6(B)所示有极大的提高。这里，当喷油正时在不发生爆震的范围内提前时，可以获得防爆震极限输出功率。

如图所示，在只在进气行程中喷油的情形中，在低内燃机转速范围内可能发生爆震，除非点火正时较大幅度地延迟到20A[“A”表示“°ATDC（上止点后曲轴转角）”]、14A或12A。相形之下，在分时喷油中，虽然点火正时在内燃机转速非常低的区域中被设定为20A或16A，但是在高转速范围内点火正时可以连续地提前到11A、7A、4A及2A。这种点火正时的提高也方便了防爆震极限输出功率的大幅度提高。

这里，在进行上述分时喷油的低内燃机转速范围内，内燃机运行模

式根据负载的状态进行切换，如图 3 所示，以便在低负载时选择压缩稀燃运行模式，在中等负载时选择进气稀燃运行模式、理论运行模式及开环模式，而在高负载时选择分时喷油模式。因此，图 7(A)和图 7(B)示意性地示出内燃机在一定的低转速范围内的喷油特性。

图 7(A)涉及这一实施例，而图 7(B)涉及这一实施例的改型。首先，根据图 7(A)进行说明。

内燃机低负载（ Pe 小）运行时，选择压缩稀燃运行模式。因此，如图 7(A)中区域 INJ1 所示，当在压缩行程中采用确定的时间点（理想时间）作为喷油中止正时时，负载变大时喷油起动正时提前，以便随着负载的增加相应地增加喷油时间（因而增加了喷油量）。

对内燃机的中等到高负载（ Pe 由中等变大）运行，按照负载的状态选择进气稀燃运行模式、理论运行模式及开环模式。在这些模式中，由于在进气行程中进行喷油，如图 7(A)中区域 INJ2 所示，所以当在进气行程中采用确定的时间点（理想时间）作为喷油中止正时时，负载变高时喷油起动正时提前，以便随着负载的增加相应地增加喷油时间（因而增加了喷油量），

在内燃机进行非常高负载运行时（ Pe 特别大），选择分时喷油模式，以便喷油在如图 7(A)中区域 INJ3A 所示的进气行程、在图 7(A)中区域 INJ3B 所示的压缩行程中分时进行。同样在这种情形中，喷油 INJ3A 和 INJ3B 各自的中止正时被设定为理想时间点，通过改变喷油起动正时，调节与负载状态对应的喷油时间（喷油量）。

在上述分时喷油模式中，喷油量由压缩行程喷油 INJ3B 调节，而将进气行程喷油 INJ3A 设定为，获得恒定的喷油量，即恒定的喷油起动正时及恒定的喷油中止正时。当然，随着负载的升高，通过提前压缩行程喷油 INJ3B 的喷油起动正时来调节喷油量。

如上所述，由于进气行程喷油 INJ3A 需要以这样的量进行，使燃油浓度变得如此稀薄从而避免喷入的燃油自燃，因此喷油量（总喷油时间）只受压缩行程喷油 INJ3B 的调节。因此，总喷油量主要由压缩行程喷油 INJ3B 的喷油量构成，由此喷油量可以完全由压缩行程喷油 INJ3B 调节。因此，当进气行程喷油量保持一定时，简化了控制。

这里，如图 7(B)所示，当上述内燃机低速转动时，在低负载运行和中等到高负载运行时可分别选择压缩稀燃运行模式和分时喷油模式。

也就是说，当内燃机低负载（ Pe 小）运行时，选择压缩稀燃运行模式。因此，如图 7(B)中区域 INJ4 所示，当在压缩行程中采用确定的时间点（理想时间）作为喷油中止正时时，当负载增大时喷油起动正时提前，以便与负载的增加相对应增加喷油时间（因而增加了喷油量）。

对内燃机的中等到高负载（ Pe 由中到大）运行，选择分时喷油模式，以便在除图 7(B)中区域 INJ4 所示的压缩行程喷油之外进行如图 7(B)中区域 INJ5 所示的进气行程喷油。同样在这种情形下，喷油 INJ4 和喷油 INJ5 的各自中止正时被设定为预定的理想时间点，而与负载状态相对应的喷油时间（喷油量）只随压缩行程喷油 INJ4 的喷油起动正时的改变而调整。

在上述点火花式缸内喷油内燃机中，从上述各种内燃机运行模式中选择一种运行模式。这种选择受内燃机运行状态（内燃机负载状态 Pe 和内燃机转速 Ne ）的影响。而且，在每一种模式中，根据内燃机运行状态（内燃机负载状态 Pe 和内燃机转速 Ne ）进行喷油控制（喷油嘴 21 的喷油控制）和点火正时控制（火花塞 45 的驱动控制）。

为此，如图 1 所示，点火花式缸内喷油内燃机配置有检测内燃机运行状态的运行状态检测装置 101 ，并由此将检测到的内燃机运行状态信息传输到 ECU16 。另外还配置有检测燃油品质（汽油辛烷值等燃油品质）的燃油品质检测装置 105 ，并同样将检测到的燃油品质信息传递给 ECU16 。

ECU16 包括：模式选择装置 102 ，该装置用于根据内燃机运行信息和数据（内燃机负载状态 Pe 和内燃机转速 Ne ）选择运行模式，上述数据是基于内燃机的运行信息计算出来的；喷油控制装置 103 ，该装置用于根据模式选择装置 102 选择的运行状态和上述数据（负载状态 Pe 和内燃机转速 Ne ）设定喷油正时（喷油中止正时和喷油起动正时），以便控制喷油嘴 21 的驱动；以及点火正时控制装置 104 ，该装置用于根据模式选择装置 102 选择的运行状态和上述数据（负载状态 Pe 和内燃机转速 Ne ）设定喷油点火正时从而控制火花塞 45 的驱动。

由于内燃机负载状态 Pe 是基于内燃机转速 Ne 和油门开度θth 计算的，所以传递到 ECU16 的内燃机运行状态数据是内燃机转速 Ne 和油门开度θth，因而运行状态检测装置 101 包括内燃机转速传感器 41 和油门位置传感器 37 。

特别是，根据油门位置传感器 37 检测的油门开度θth 、基于加速器位置传感器输出的内燃机转速 Ne 和曲轴转角传感器检测的信息，依照图可以设定设计内燃机负载 Pe （设计有效压力）。

另外，设计负载 Pe 还根据空气调节器开或关、动力转向装置开或关等等进行修正。根据如上修正的设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne ，模式选择装置 102 进行模式选择，喷油控制装置 103 进行喷油控制，点火正时控制装置 104 进行点火控制和进行空气旁通阀控制等等。

在模式选择装置 102 的模式选择中，根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne ，参照如图 3 所示的图进行模式选择，而上述图是按照燃油品质从许多种图中选出的。因此，根据燃油品质可以选出合适的运行模式。

同样，为使喷油控制装置 103 控制喷油，需要设定喷油起动正时和喷油中止正时。这里，如上所述设定喷油嘴驱动时间和喷油嘴喷油中止正时，并且在如此设定的时间和正时的基础上反算喷油起动正时，从而确定喷油嘴的驱动正时。

也就是说，为设定喷油嘴驱动时间，首先根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne ，按照图等设定空燃比 A/F 。在这种情形中，为每一个模式配置设定图，有选择地采用一个与内燃机运行状态相对应的运行模式。

根据如上所获得的空燃比 A/F 和空气流量传感器检测到的进气量 Qpb ，计算喷油嘴驱动时间 Tinj 。在这种内燃机中，对喷油嘴驱动时间的修正不仅是根据气缸间不同的喷油嘴比值(injector ratio)和静止时间(dead times)，而且还根据燃油品质检测装置 105 检测的燃油品质信息（燃油品质修正）进行。

同样依照特性图根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne 设定喷油嘴的喷油中止时间。在这种情形下，同样为每个模式提供设定特性图，有选择地采用一个与内燃机运行状态相对应的模式。

在压缩稀燃运行模式中，根据水的温度修正如此获得的喷油中止时

间。按照上述喷油嘴驱动时间 Tinj 和喷油中止正时驱动喷油嘴。

同样，对于利用点火正时控制装置 104 的点火正时控制，即利用点火线圈的火花塞点火正时控制，依照特性图根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne 设定点火正时。在这种情形下，同样为每个模式提供设定特性图，有选择地采用一个与内燃机运行状态相对应的模式。

在这种内燃机中，如上所述获得的点火正时不仅受各种延迟修正的影响，而且还根据燃油品质检测装置 105 检测的燃油品质信息进行修正（燃油品质修正），并且根据上述修正的正时控制点火线圈。

对于空气旁通控制，首先根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne 依据特性图设定空气旁通阀 14 及 6 的阀开度控制量，以便获得所需要的空气量（或设计进气量） Q 。为设定阀开度控制量，从许多特性图中选择使用与内燃机运行模式相对应的特性图，并且与内燃机运行模式相对应恰当地输出信号。当空转运行状态建立时，基于内燃机转速反馈设定与所需空气量（或设计进气量）有关的阀开度控制量（主要是空气旁通阀 14 的控制量）。按照如上所述获得的阀开度控制量控制第二空气旁通阀 6 和第一空气旁通阀 14，以便达到所要求的状态。

对于 EGR 的流量控制，根据设计负载 Pe 和内燃机转速 Ne 依据特性图设定 EGR 的流速。在这种情形中，同样为每一个模式（后期稀燃运行模式和理论反馈运行模式）提供设定特性图，根据水温对由此获得的 EGR 的流速进行修正，并且实现 EGR 的流速控制。

由于如此构造本发明第一实施例的点火花式缸内喷油内燃机，故而分时喷油模式（分时喷油控制）得以实现，如图 8 所示。

也就是说，首先根据燃油品质检测装置 105 检测到的燃油品质信息（燃油辛烷值信息）确定燃油的辛烷值（步骤 S10 ）；然后读入内燃机运行状态，包括内燃机转速 Ne 、油门开度θth 、冷却水温度、进气量、进气温度、大气压力等等（步骤 S20 ）。

接下来，根据冷却水温度判断内燃机运行状态是否处于分时喷油的禁用区间（步骤 S30 ）。也就是说，当冷却水温度不高于预定温度（例如-10 ℃）时，可以判断运行状态处于分时喷油禁用区间。如果运行状态处于分时喷油禁用区间，那么流程执行步骤 S80 ，在那里决定标识 A 。

当分时喷油控制处于开或关时标识 A 被分别设定为 1 和 0 。这里，当标识 A 为 1 时（即分时喷油控制为开），那么流程执行步骤 S90，在那里取消（中止）分时喷油控制，标识 A 被重新置零。如果标识 A 不为 1（即分时喷油控制为关），那么流程直接返回。

相形之下，如果内燃机运行状态不处于分时喷油禁用区间，那么流程由步骤 S30 进行到步骤 S40，在那里判断内燃机运行状态是否处于分时喷油区域。按照如图 3 所示的特性图，根据内燃机设计负载 Pe 和转速 Ne 进行判断，以便确定内燃机运行状态是否处于分时喷油模式区域。这里使用的特性图是按照燃油品质（燃油辛烷值）准备的。根据在步骤 S10 得到的燃油品质信息选择特性图，以便按照燃油品质信息挑选分时喷油模式。

如果在步骤 S40 判断出内燃机运行状态不处于分时喷油区域，那么流程执行步骤 S80，以便进行上述过程。相反，如果在步骤 S40 判断出内燃机运行状态处于分时喷油区域，那么流程执行步骤 S50，在那里测定标识 A 。这里，如果标识 A 为 1（即分时喷油控制为开），那么流程直接返回。

相形之下，如果在步骤 S50 标识 A 不为 1，那么流程执行步骤 S60，在那里执行分时喷油控制（分时喷油模式）。在分时喷油控制中止后，流程执行步骤 S70，在那里标识 A 被设定为 1，然后流程返回。

在步骤 S60 如下所述进行分时喷油控制:

1) 首先，设定总空燃比。根据内燃机负载 Pe 和内燃机转速 Ne 计算总空燃比，或根据特性图等来设定。为设定总空燃比，按照燃油品质进行修正，或使用与燃油品质信息相对应的特性图。在任何一种情形中，当负载 Pe 特别高时，将总空燃比降低到大约 12，以便出现富油状态。

2) 然后，由总空燃比和进气量信息（有关在一个周期中进入燃烧室的空气量的信息）计算一个周期中喷出的总燃油量。

3) 由于进气行程喷油量是恒定的，所以从总喷油量中减去进气行程喷油量就可以计算出压缩行程喷油量。

4) 根据内燃机负载 Pe 和内燃机转速 Ne 设定喷油中止正时。同样，为设定喷油中止正时，按照燃油品质进行修正，或使用与燃油品质信息

相对应的特性图。

5) 由进气行程喷油量、压缩行程喷油量、进气行程喷油的喷油中止正时及压缩行程喷油的喷油中止正时计算进气行程喷油的喷油起动正时和压缩行程喷油的喷油起动正时。

在这种情形中，优选地设定一个气缸的进气行程喷油正时，使其不与另一个气缸的压缩行程喷油正时重迭。也就是说，如果一个气缸的进气行程喷油正时与另一个气缸的压缩行程喷油正时重迭，那么应当改变喷油正时和喷油状态，以便改变进气行程喷油正时使其比压缩行程喷油正时早或晚，或者进气行程喷油分开在压缩行程喷油的前后进行喷油。在这种情形下，进气行程分时喷油可以分两次（分别在压缩行程喷油正时前后）或者多次进行。

当如上所述设定喷油正时以便使其不彼此重迭时，可以减轻喷油嘴驱动系统（喷油嘴驱动器）的负荷，从而不需要为每一个喷油嘴提供作为独立回路的喷油嘴驱动器，因而使费用降低。

同样，尽管在每个进气行程喷油和压缩行程喷油是一次完成的情况下基本上实现了结构的简单化，但是其中的一个喷油可以分多次进行，这不仅仅是为了避免上述喷油正时重迭的问题。特别是，当进气行程喷油分多次进行、而每次的喷油量很小时，能够改善燃油的雾化，由此可以有效地防止爆震。

6) 进行进气行程喷油和压缩行程喷油。这种分时喷油按照如图 7 (A) 中的区域 INJ3A 和区域 INJ3B 或图 7 (B) 中的区域 INJ4 和 INJ5 所示的负载特性进行。

按照参照图 4 (A) 和 4 (B) 所说明的分时喷油，在燃烧室内，由预先进行的进气行程喷油构成的稀薄燃油空燃混合气（空燃比 A/F 为 30 到 60）已经扩散，由压缩行程喷油形成的具有较高燃油浓度的空燃混合气（与总空燃比 A/F 为 15 ~ 20 对应的空燃混合气）以层流的方式流入，即在火花塞 45 附近[见图 4 (B)]构成富油空燃混合气层。

由于进气行程喷油构成的空燃混合气非常稀薄，所以空燃混合气不会自燃。同样，由压缩行程喷油以层流方式构成的较浓空燃混合气也不能自燃，这是因为在火花塞点火之前，空燃混合气没有足够的时间进行

爆震预反应。因此，没有引起燃油自燃，即没有出现爆震，火花塞 45 进行点火。

由于上述点火，在火花塞 45 附近的富油空燃混合气燃烧。在燃烧过程中，由于上述空燃混合气空气含量低，所以产生了大量的烟灰。然而，如图 4(B)所示，上面产生的烟灰点燃了进气行程喷油形成的稀薄空燃混合气，由此烟灰被烧掉，等等。因此，由于没有排出大量的烟灰，所以能够产生足够的燃烧能。

因此，如上参照图 5(A)、 5(B)、 6(A)和 6(B)所述，在防止点正时延迟的同时，可以极大地提高防爆震极限输出功率。这种防爆震极限输出功率的显著提高允许空转速度降低。所以，例如如图 3 所示，可以设定该内燃机（进行分时喷油）的空转速度 Ne1 低于常规点火花式缸内喷油内燃机（不进行分时喷油）的空转速度 Ne0 。

也就是说，在通常情况下，当内燃机转速较低时容易发生爆震，而在点火正时延迟后不易发生爆震。例如，如图 9 中的曲线 L1 所示，相对于内燃机转速和点火正时存在着爆震产生极限。另一方面，在起动配置有该内燃机的汽车时，要求达到最小扭矩（起动所需要的扭矩）。存在着如图 9 中曲线 L2 所示的相对于内燃机转速和点火正时的上述扭矩。

因此，为使汽车在不发生爆震的情况下起动，应设定内燃机转速和点火正时的状态，使其满足两个条件，即位于区域 A1 内，既不高于曲线 L1 也不低于曲线 L2 。在这种情形下，由于内燃机转速的低限是 710 转/秒，所以空转速度不能低于该转速水平。

然而，在本发明的点火花式缸内喷油内燃机中，在如上所述防止点火正时延迟的情况下，可以极大地提高了防爆震极限输出功率。因此，相对于内燃机转速和点火正时的爆震产生限制可以用图 9 中的曲线 L3 表示，而随内燃机转速和点火正时变化的起动所需扭矩可以例如用图 9 中的曲线 L4 表示。

因此，汽车在不发生爆震的情况下起动的区域是区域 A2 ，该区域不高于曲线 L3 但也不低于曲线 L4 ，由此内燃机转速的下限极大地降到 N0 。因此，当空转速度能够降到转速 N0 的水平时，由于当空转速度降低时汽车车体发生振动的可能性加大，所以存在着不可使用区域 A3 （在这里不

高于600转/秒）。

因此，在这种情形下，空转速度受到上述不可使用区域A3的限制（600转/秒）。

对于典型的汽车内燃机，当使用空气调节器时，空转速度升高。同样在本发明的内燃机中，使用空气调节器时的空转速度比空气调节器关闭时的空转速度高一个预定的转速（例如，大约50转/秒）。

至少，本发明内燃机能极大地降低空转速度，因此这有助于显著地改善汽车里程油耗（耗油率）。

例如，图10示出随内燃机转速变化的燃油消耗特性。在本发明内燃机中，由于能够极大地降低空转速度，与图9所示区域A1对应的空转速度700转/秒（常规内燃机空转速度）相比大大降低，所以燃油消耗能够改善的幅度为10％～20％。

同样，可以不仅是在起动时应用本发明内燃机分时喷油。分时喷油导致本发明内燃机在低转速运行时输出扭矩的提高，这极其有助于改善内燃机的驱动性能。

当然，当上述分时喷油应用于手动换挡轿车等汽车的内燃机时，为避免起动时爆震或者说保证起动扭矩，内燃机不需要特别提高其空转速度，内燃机可在低转速运行的条件下提高扭矩，因此极其有助于改善驱动性能。

同样，当手动换挡轿车内燃机采用分时喷油时，由于在低转速运行时的输出扭矩提高，所以产生扭矩范围(torque margin)，由此内燃机的飞轮可以具有较大的惯性。因此，有助于防止手动换档产生格登格登的噪声。

另外，由于上述消除起动时爆震的可能性，所以从提高压缩比的观点看这是非常有利的。也就是说，在点火花式缸内喷油内燃机中，由于考虑到进气冷却的效果，从本质上说爆震难以发生，所以可以设定较高的压缩比。再者说，通常易于在加速后立即发生的瞬时爆震难以发生，由此在加速时点火正时可以迅速提前。尽管从这个观点看，压缩比还可以提高，但是考虑到起动时的爆震，对压缩比的提高仍存在着极限。由于避免了起动时的爆震，所以本发明有助于进一步提高压缩比。

下面参照图 11(A) ~ 13(C)说明本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机（下文中也称之为缸内喷油内燃机）的结构。

在这个实施例中，比第一实施例更加具体地限定进行分时喷油的条件，以便分时喷油只在其有效的运行状态下进行。并且，在分时喷油模式和其它模式之间切换时，注意恰当地控制点火正时。

也就是说，下面说明如何设定进行分时喷油的条件，当满足所有这些条件时，分时喷油进行。

分时喷油进行条件:

1) 内燃机运行状态既不处于停止模式也不处于起动模式。这是一个前提，根本不需要进行分时喷油，除非内燃机处于正常运行之中。

2) 未示出的燃油压力检测装置检测高压燃油泵 25 下游供油通路 23B 中的燃油压力，在确定为高压后，再经过一段预定的时间。这个条件与压缩行程喷油的条件相同。由于分时喷油同时伴随着压缩行程喷油，所以设定这样的条件。也就是说，为了进行分层燃烧，燃油需要充分地雾化，即在高压条件下喷油。同样，如果驱动喷油嘴 21 的燃油压力低，那么喷油压力将低于缸内压力，由此当喷油嘴 21 开启时燃油将向喷油嘴 21 回流，这是应当避免的。

3) 水温高于稀燃模式起动水温（例如 75 ℃）。这是分层燃烧能够稳定进行的内燃机温度条件。

4) 内燃机转速 Ne 小于预定转速。由于，当内燃机转速 Ne 太高时，分时喷油与理论反馈模式或加浓模式相比在输出功率方面不十分有效，所以转速区间被限定在分时喷油有效的区间内。

5) EV 大于预定水平。这涉及爆震产生区域并定义了防爆分时喷油有效运行的条件。

6) 爆震学习结果（ knock-learning result ）处于爆震产生可能性高的状态。这同样是一种防爆分时喷油有效运行的条件。

7) 内燃机运行状态不是稀燃运行模式(包括压缩稀燃和进气稀燃运行模式）。这是因为在内燃机低负载区域内选择稀燃运行模式，因而不需要分时喷油模式。

8) 空燃比拖尾(A/F tailing)中止。这一条件用于确定空燃比的稳

定状态。也就是说，当切换为分时喷油运行模式时，使用这一条件用于恰当地设定喷油量等。

这里，在满足条件 1 ~ 7 的情形下，当检测到Δ TPS 大于预定水平时，由于驱动器要求有高的加速性，所以空燃比拖尾在向分时喷油模式切换之前被强行中止。

当满足了上述各种条件后，进行分时喷油。相对于分时喷油的脉冲宽度（喷油时间），对进气行程喷油时的脉冲 Tinjm （主脉冲）和压缩行程喷油时的脉冲 Tinjs （子脉冲）计算如下:

$$Tinjm = (Tb \times Kaf \times Kels \times Ktrn) \times Kdinjm + Td$$

$$Tinjs = (Tb \times Kaf \times Kels \times Ktrn) \times Kdinjs + Td$$

式中: Kdinjm 为主脉冲分配系数，Kdinjs 为子脉冲分配系统，Tb 为基准时间，Kaf 为设计空燃比校正增益，Kels 为另一设计空燃比校正增益，Ktrn 为加速或减速校正增益，Td 为空载时间。

这里优选地是，根据喷油嘴的性能相对于主脉冲和子脉冲的喷油时间设定最小喷油时间，对每个主脉冲 Tinjm 和子脉冲 Tinjs 进行最小限幅(clipping)处理。

在分时喷油模式中，禁止由Δ Pe 设定脉冲宽度。这是因为，随着喷油正时延伸至两个行程时，当脉冲宽度在两个行程中各自的喷油正时中校正，改变了总空燃比，因此不能产生恰当的空燃比，或为达到恰当的总空燃比所进行的控制变复杂。

对于主脉冲，在进气行程的最后阶段或压缩行程起动时间附近设定喷油中止正时。

在本实施例中，在分时喷油模式从非分时喷油模式开始的情形中，以及在分时喷油模式结束并开始另一个模式的情形中，点火正时只在预定数量的行程中保持为前一模式的点火正时。

也就是说，如图 11(A)所示，在分时喷油模式在某一时间点切换为进气行程模式的情形中，在进气行程喷油开始后的预定数量行程中，按照分时喷油模式的点火正时进行点火。

也就是说，由于分时喷油模式中的喷油由进气行程延伸到压缩行程，所以，既使在某一时间点分时喷油模式切换为进气喷油模式，也会

由于只是分时喷油中的进气行程喷油中止或进行，或者进气行程喷油后压缩行程喷油中止或进行，而可能存在还没有完成点火的情况。

例如，在图 11(A)中，当输出喷油模式切换信号时，第四气缸(# 4)处于分时喷油模式中进气行程喷油后压缩行程喷油过程中，而第二气缸(# 2)只完成了进气行程喷油，正准备开始后续的压缩行程喷油。因此，在这些气缸中还没有进行点火。图 11(A)和 11(B)中的# 1 ~ # 4 分别表示第一到第四气缸。

在这种情形下，既使在喷油模式切换后，仍按分时喷油模式点火正时进行点火。例如，在如图 11(A)所示的情形中，至少第四气缸(# 4)和第二气缸(# 2)在分时喷油正时的点火正时点火。然后，在喷油模式切换为新模式后，点火正时相应地切换为相应于新模式。

也就是说，由于分时喷油是不易发生爆震（具有防爆效果）的喷油状态，所以提前分时喷油点火正时，而推迟进气行程点火正时，从而防止爆震产生。因此，在分时喷油状态切换为进气喷油的信号发出后分时喷油仍在继续的这种喷油状态情形下，象第四气缸(# 4)和第二气缸(# 2)那样，当在进气行程喷油点火正时进行点火时，点火正时从其原始正时（对应于分时喷油正时）延迟，由此输出功率降低。

图 11(B)示出在某一时间点进气喷油模式切换为分时喷油模式的情形。同样在这种情形中，在分时喷油模式起动后的预定数量行程中，在进气行程喷油模式的点火正时进行点火。

例如，在图 11(B)中，在喷油模式切换信号发出时，第一气缸(# 1)已经中止了进气行程喷油，而第三气缸(# 3) 正在进行进气行程喷油。因此，在这种情形下，在第一和第三两个气缸中，即使在分时喷油模式起动后，仍在进气行程喷油模式点火正时进行点火。

也就是说，作为喷油状态，即使在进气行程喷油向分时喷油切换的信号发出后仍然继续进行进气行程喷油，在这种情形中，当在分时喷油点火正时进行点火时，点火正时比其原始正时（对应于进气行程喷油正时）提前，由此发生爆震的可能性增大。

因此，在本实施例中，与切换喷油模式的信号正时无关，为确保内燃机的输出功率，在分时喷油点火正时进行分时喷油时的点火；而为防

止爆震，在进气行程喷油点火正时进行进气行程喷油时的点火。

如图 11(B)所示，在第四气缸（ # 4 ）中，根据当运行模式切换为分时喷油模式时获得的信号进行喷油。也就是说，按照新模式即分时喷油模式进行喷油，并且在分时喷油模式点火正时进行点火。

由于如上所述构造本发明第二实施例点火花式缸内喷油内燃机，所以例如如图 12 所示进行分时喷油模式（分时喷油控制）。

也就是说，首先（步骤 S10 ）根据燃油品质检测装置 105 检测到的燃油品质信息（燃油辛烷值信息）确定燃油的辛烷值；然后（步骤 S20 ）读入内燃机运行状态，包括内燃机转速 Ne 、油门开度θth 、冷却水温度、进气量、进气温度、大气压力等等。

接下来，判断是否满足分时喷油条件（步骤 S35 ）。也就是说，判断下述条件是否全部满足： 1） 内燃机运行状态既不处于停止模式也不处于起动模式； 2） 在检测到较高燃油压力的一段预定时间后； 3） 水温高于稀燃模式起动水温； 4） 内燃机转速 Ne 小于预定转速； 5） EV 大于预定水平； 6） 爆震学习结果处于爆震发生可能性高的状态； 7） 内燃机不处于稀燃运行模式； 8） 空燃混合比拖尾中止。

如果不满足分时喷油条件，那么流程执行步骤 S80，在这里决定标识 A 的值。当分时喷油控制处于开或关时，标识 A 被分别设定为 1 和 0。这里，如果标识 A 为 1 （即分时喷油控制处于开时），那么流程执行步骤 S90，在这里分时喷油控制被取消（中止），标识 A 被重新设置为 0，然后流程执行步骤 S110。如果标识 A 不为 1（即分时喷油控制处于关时），那么流程执行步骤 S13 。以便进行相应模式（不是分时喷油）的点火正时控制。

相形之下，如果满足分时喷油条件，那么流程执行步骤 S50，在这里决定标识 A 。这里，如果标识 A 为 1 （即分时喷油控制处于开），那么流程执行步骤 S120，以便进行分时喷油模式点火正时控制。

如果在步骤 S50 处判断标识 A 不为 1，那么流程执行步骤 S60，以便进行分时喷油控制（分时喷油模式）。在分时喷油控制中止后，流程执行步骤 S70，这里标识 A 被设定为 1，然后流程执行步骤 S110。

在步骤 S110，在保持前一运行模式的点火正时的同时，进行点火控

制。这一步骤包括非分时喷油模式切换为分时喷油模式的情形（流程依次执行步骤S35、S50、S60、S70和S110）和分时喷油模式切换为非分时喷油模式的情形（流程依次执行S35、S80、S90和S110）。在任何一种情形下，进行点火控制，使得在喷油切换为新模式喷油之前，保持前一运行模式的点火正时，以便与喷油模式相对应。

因此，在分时喷油向进气行程喷油切换、而喷油仍是分时喷油的情形中，按照分时喷油点火正时进行点火，以便保证内燃机的输出功率；而在进气行程喷油向分时喷油切换、而喷油仍是进气行程喷油的情形中，按照进气行程喷油点火正时进行点火，以便防止爆震。

图13(A)～13(C)示出分时喷油和进气行程喷油的扭矩特性。也就是说，图13(A)示出，在达到理想点火正时时，扭矩（T）相对于空燃比（A/F）的特性；图13(B)示出，理想空燃比时，扭矩（T）相对于点火正时（IG）的特性；以及图13(C)示出，当点火正时被设定为爆震点（K点）时，扭矩（T）相对于空燃比（A/F）的特性。

如图13(A)所示，当能够选择理想点火正时（达到最高输出扭矩的点火正时）时，进气行程喷油的输出扭矩高于分时喷油的输出扭矩。如图13(B)所示，当出于防爆的考虑而设定点火正时（IG）时，分时喷油的输出扭矩高于进气行程喷油的输出扭矩。在这种考虑了防爆的点火正时中，如图13(B)所示，按照总空燃比（A/F）的设定，在一个大的区间内分时喷油的输出扭矩高于进气行程喷油的输出扭矩。由于这种特性，可以看出分时喷油在输出功率方面也是有效的。

同样，如图13(C)所示，在分时喷油中可以将产生最大扭矩的空燃比（A/F）设定得较低，由此在油门全开的驱动状态下提高输出功率特别有效。

图 1

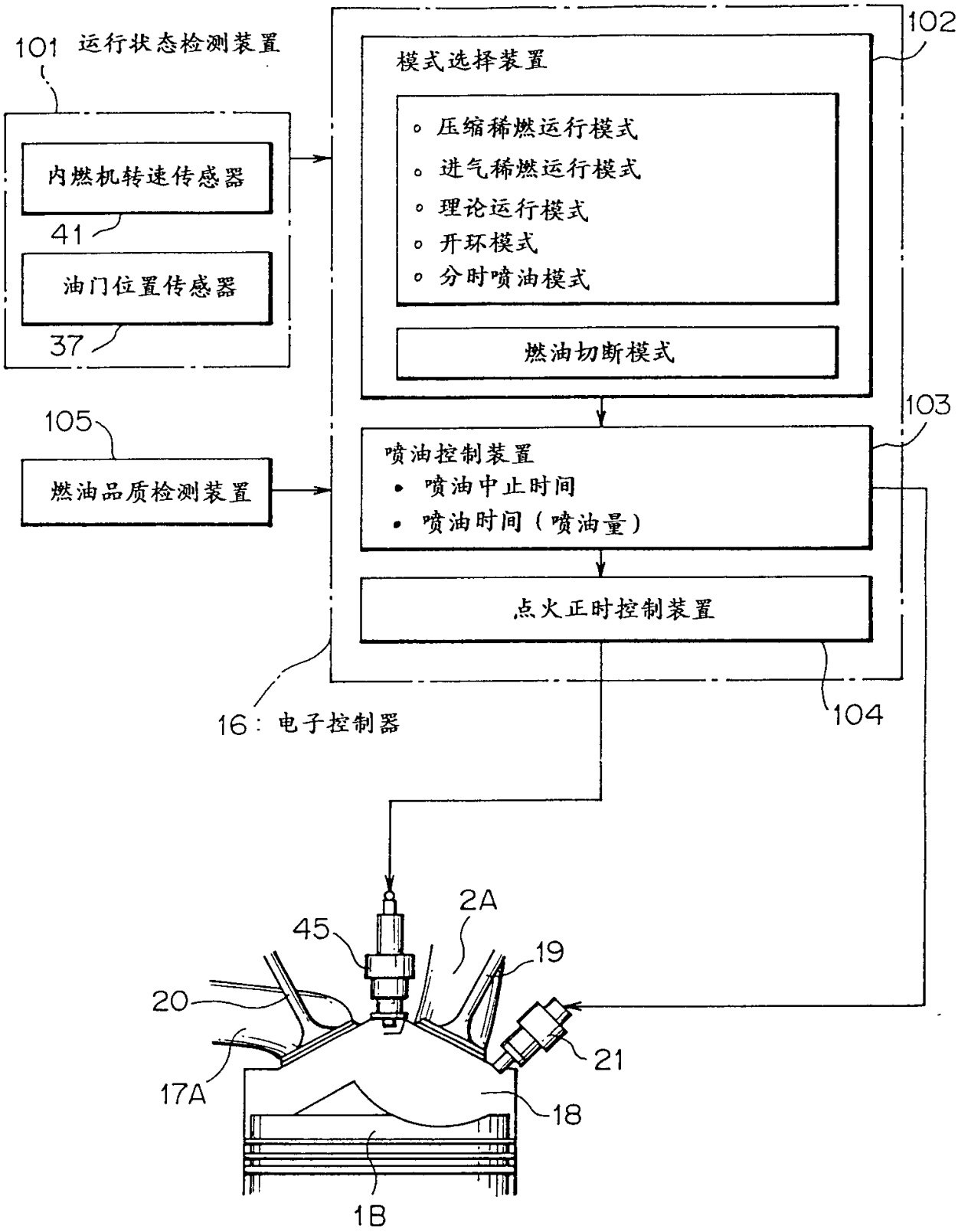

101 运行状态检测装置
内燃机转速传感器
41
油门位置传感器
37
105
燃油品质检测装置
102
模式选择装置
压缩稀燃运行模式
进气稀燃运行模式
理论运行模式
开环模式
分时喷油模式
燃油切断模式
103
喷油控制装置
喷油中止时间
喷油时间（喷油量）
点火正时控制装置
104
16：电子控制器
45
2A
19
20
21
17A
18
1B

图 2

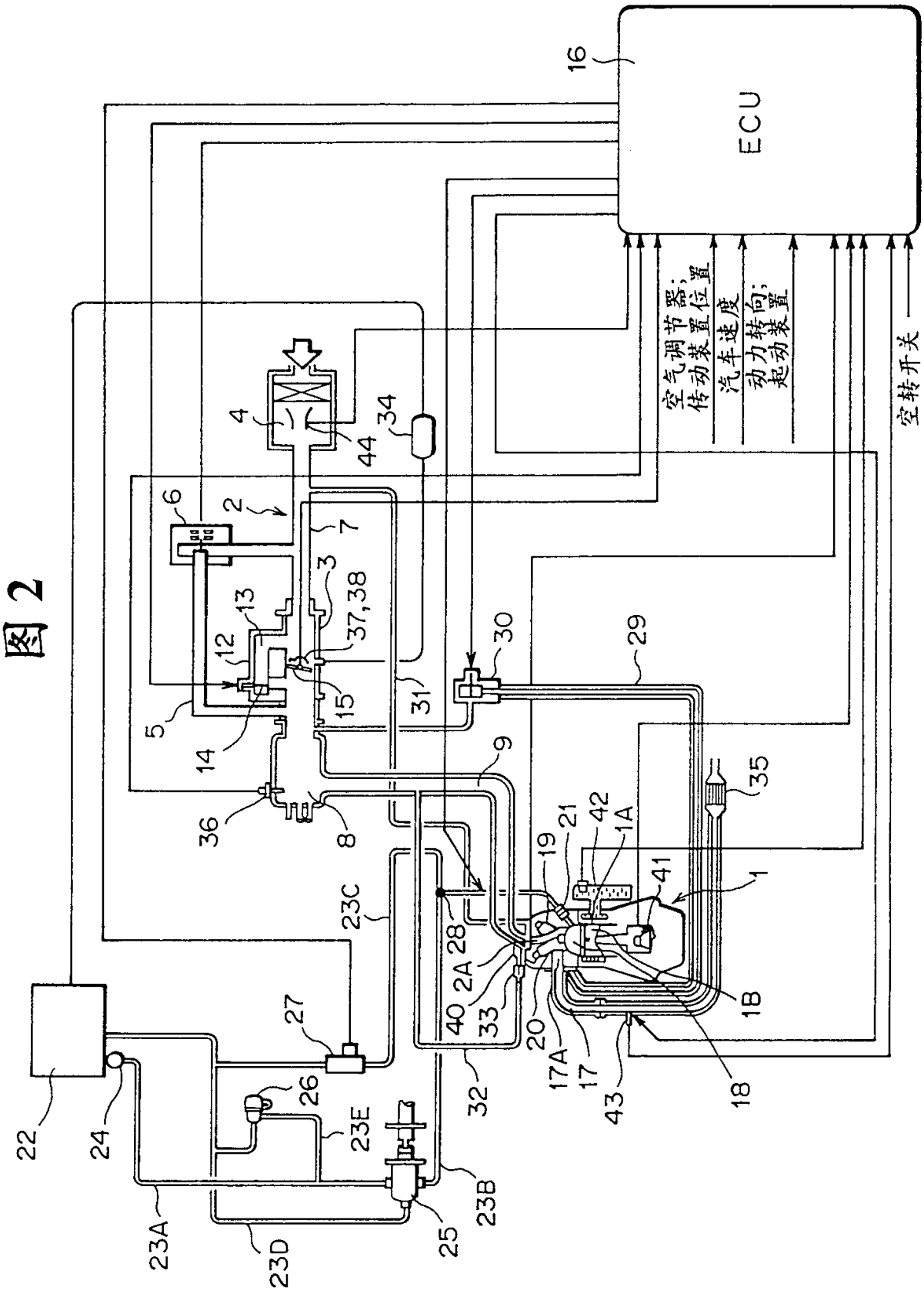

ECU
16
空气调节器;
传动装置位置
汽车速度
动力转向;
起动装置
空转开关
4
44
34
6
2
7
3
37,38
13
12
5
14
15
31
30
29
9
36
8
35
42
1A
21
19
41
1
23C
28
2A
40
33
20
17A
17
43
18
1B
32
27
26
22
24
23E
23A
23D
25
23B

图 3

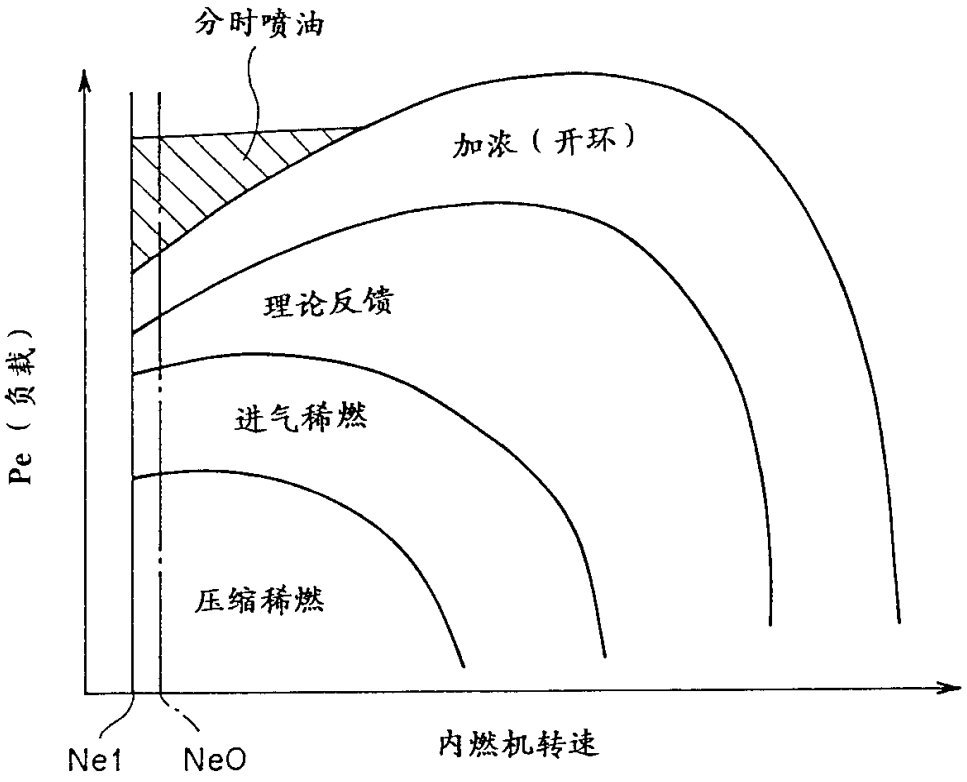


图 4(A)

压缩行程后期（喷油正时）

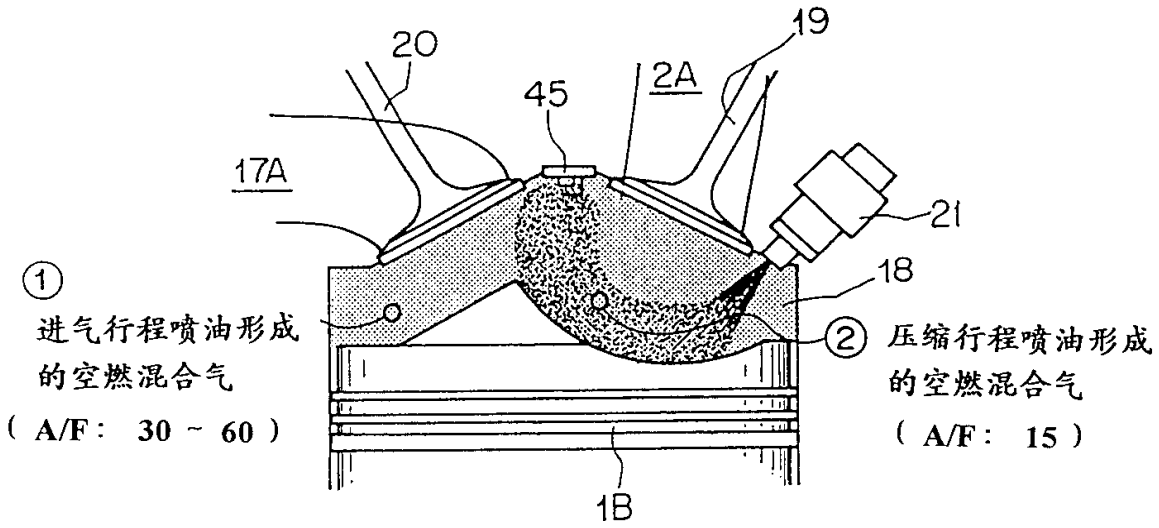


图 4(B)

膨胀行程早期（燃烧后期）

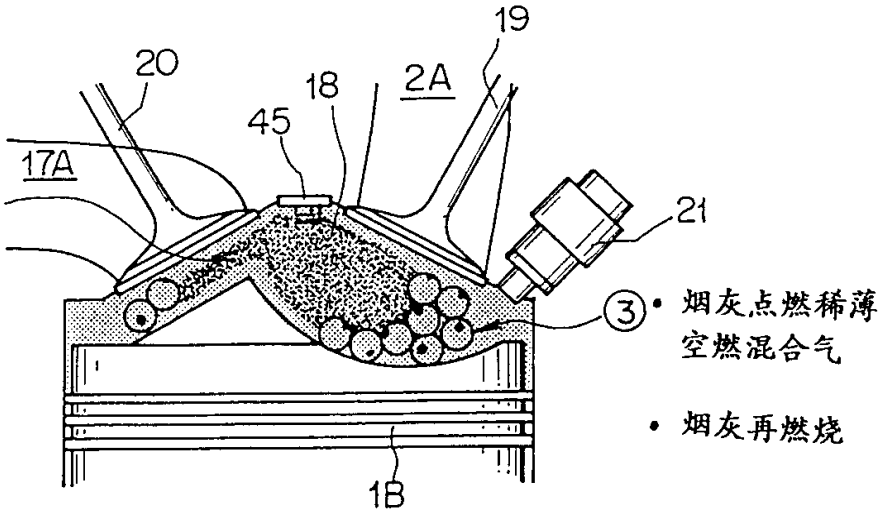


图 5(A)

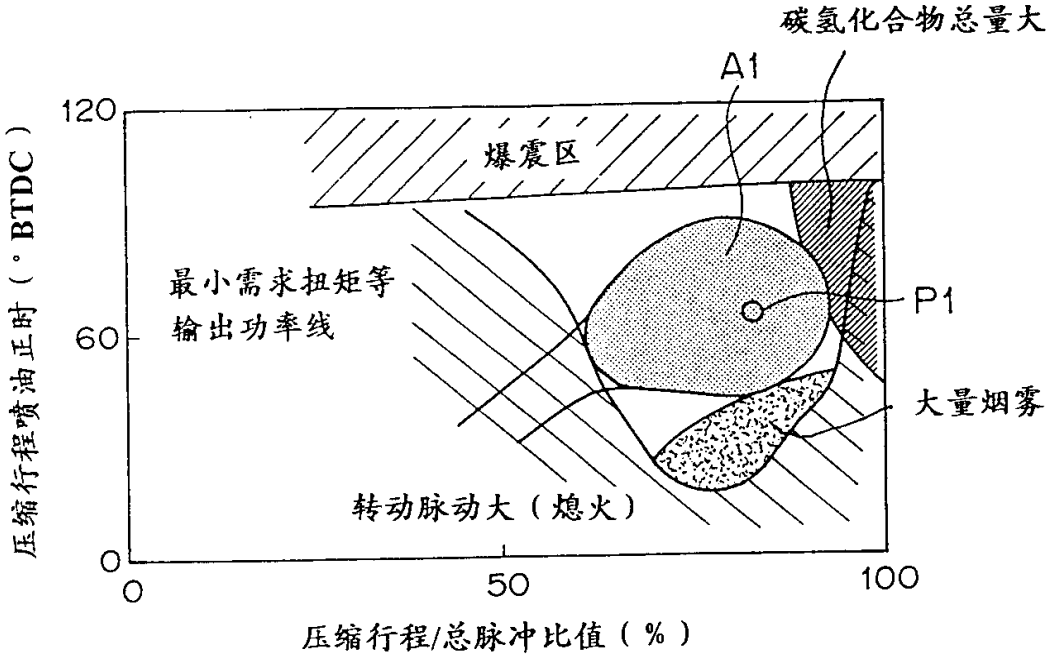

碳氢化合物总量大
A1
120
爆震区
最小需求扭矩等
输出功率线
P1
大量烟雾
60
转动脉动大（熄火）
0
0
50
100
压缩行程喷油正时（°BTDC）
压缩行程/总脉冲比值（%）

图 5(B)

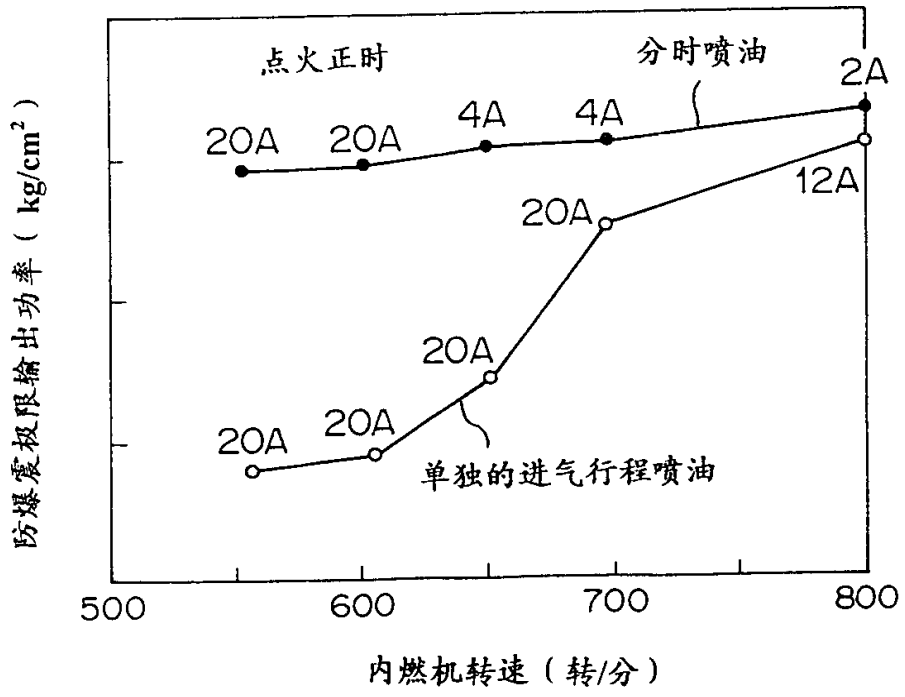

点火正时
分时喷油
2A
20A
20A
4A
4A
12A
20A
20A
20A
20A
单独的进气行程喷油
500
600
700
800
防爆震极限输出功率（kg/cm²）
内燃机转速（转/分）

图 6(A)

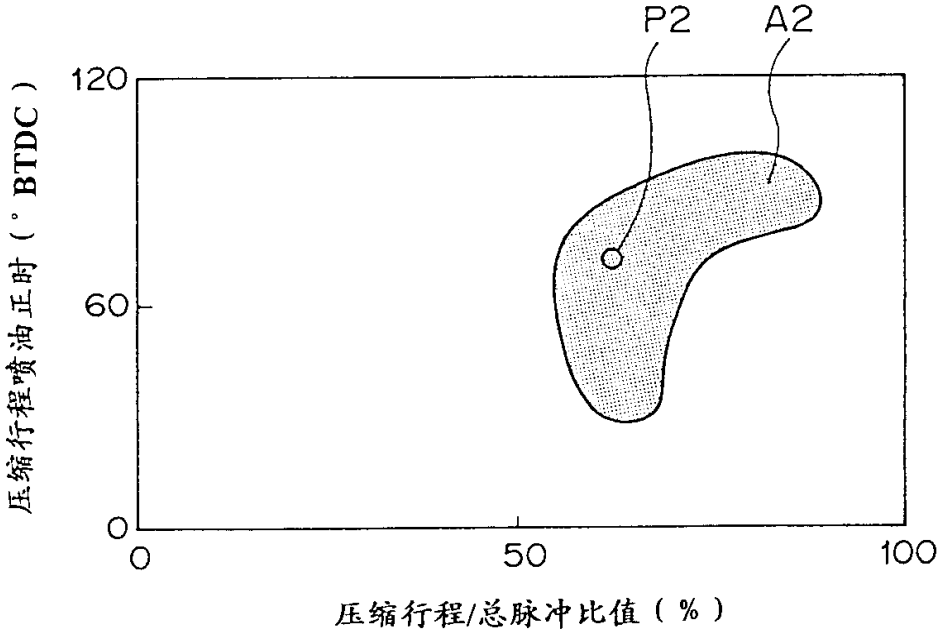

P2
A2
120
60
0
0
50
100
压缩行程喷油正时（°BTDC）
压缩行程/总脉冲比值（%）

图 6(B)

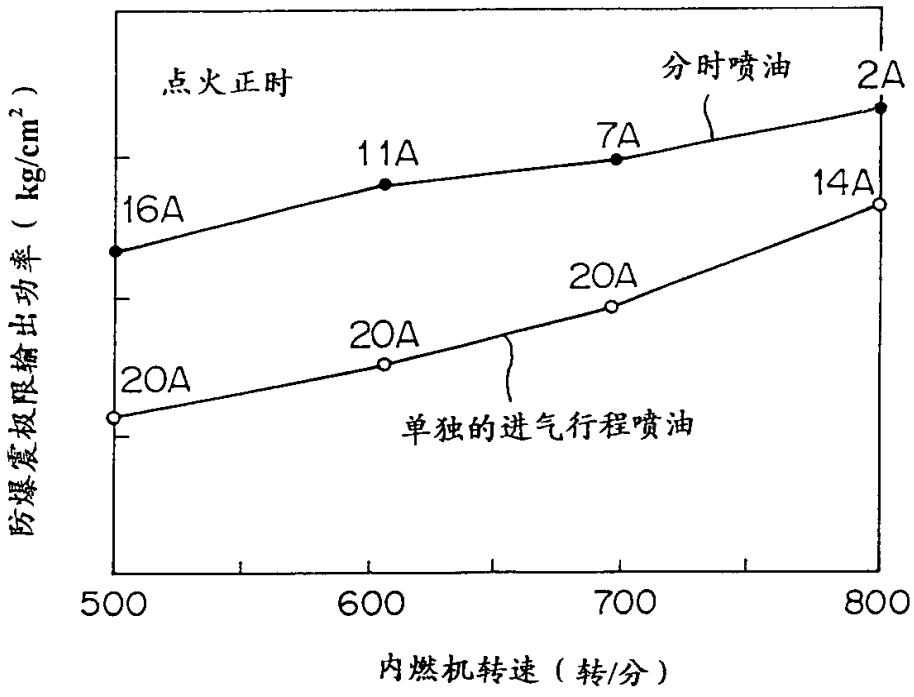

点火正时
分时喷油
2A
11A
7A
14A
16A
20A
20A
单独的进气行程喷油
防爆震极限输出功率（kg/cm²）
500
600
700
800
内燃机转速（转/分）

图 7(A)

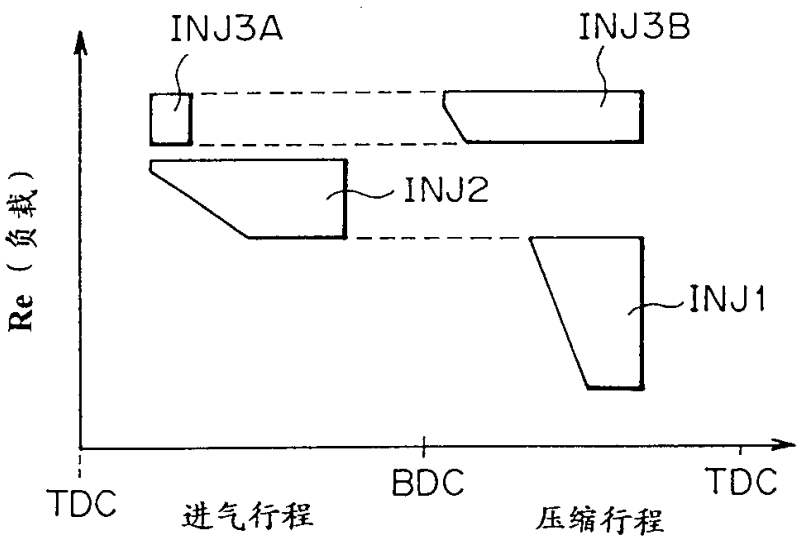

INJ3A
INJ3B
INJ2
INJ1
Re（负载）
TDC
进气行程
BDC
压缩行程
TDC

图 7(B)

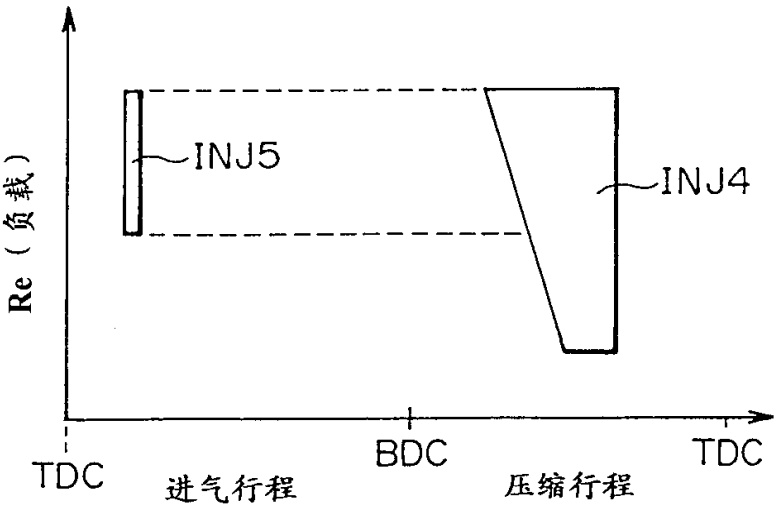

INJ5
INJ4
Re（负载）
TDC
进气行程
BDC
压缩行程
TDC

图 8

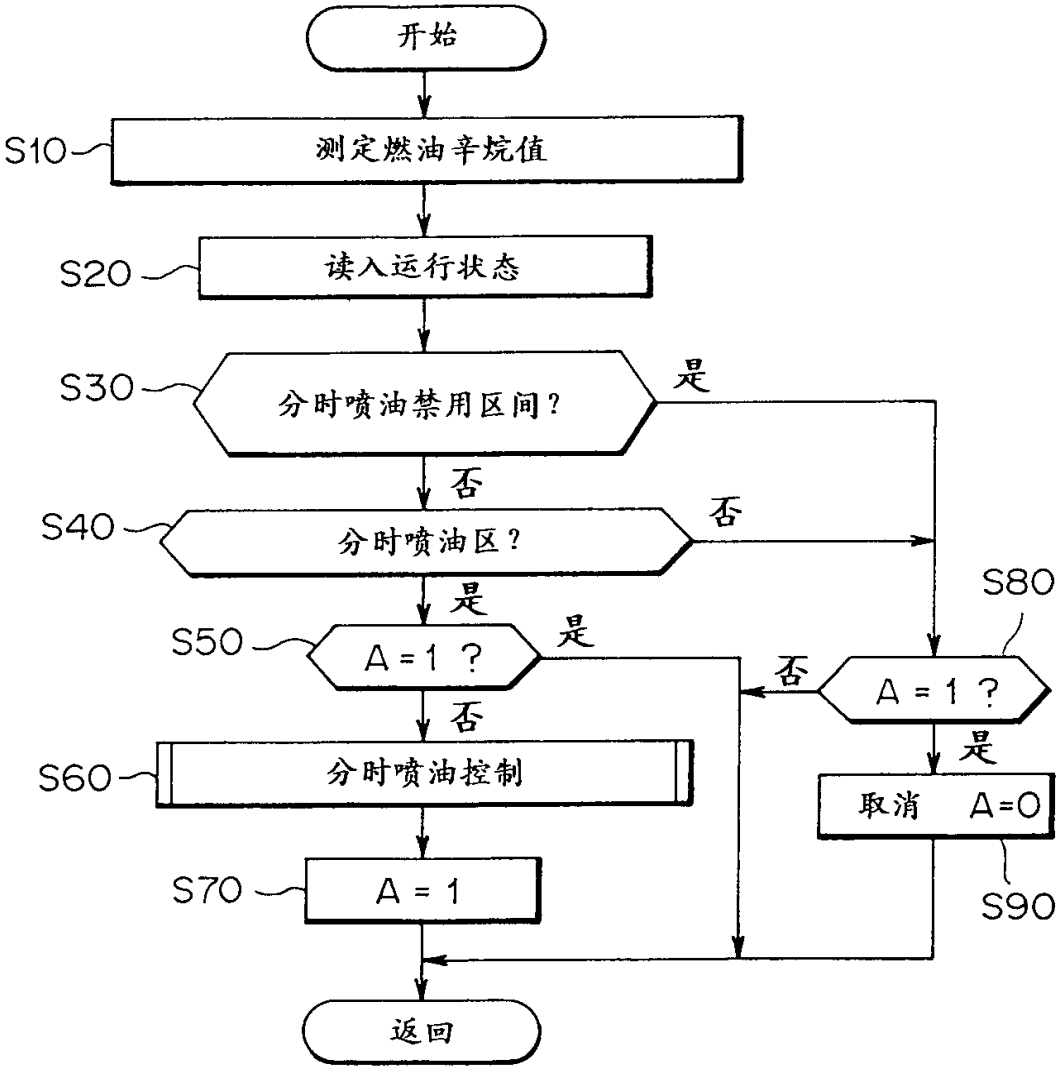

开始
S10
测定燃油辛烷值
S20
读入运行状态
S30
分时喷油禁用区间？
是
否
S40
分时喷油区？
否
是
S50
A = 1 ？
是
否
S60
分时喷油控制
S70
A = 1
S80
A = 1 ？
否
是
取消 A=0
S90
返回

图 9

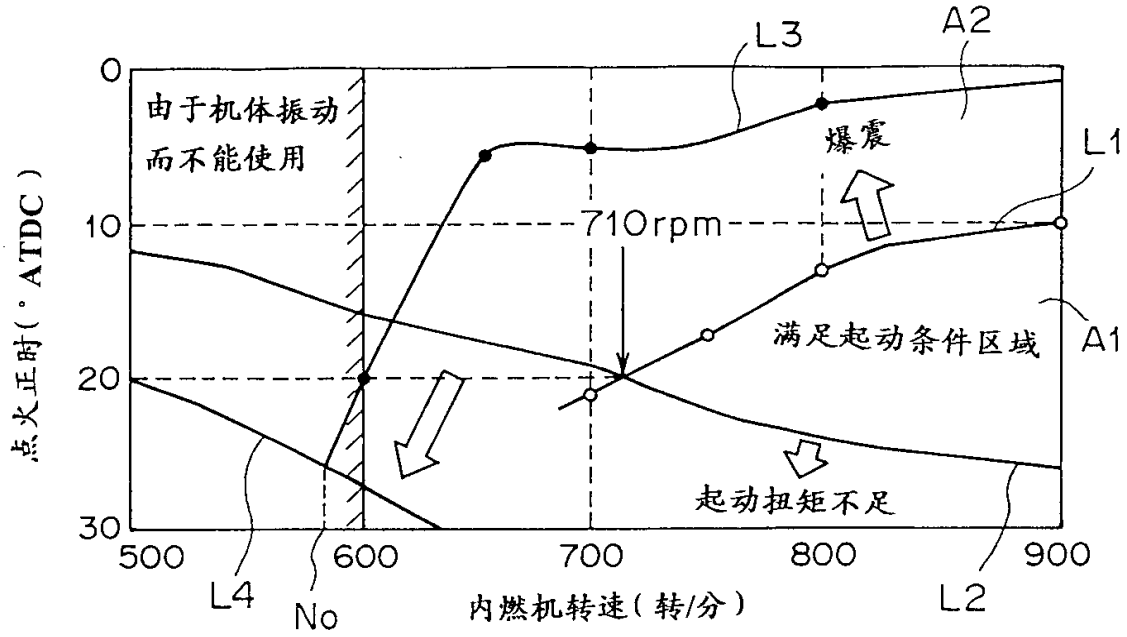

L3
A2
0
由于机体振动
而不能使用
爆震
L1
10
710rpm
满足起动条件区域
A1
20
起动扭矩不足
30
500
600
700
800
900
L4
No
内燃机转速（转/分）
L2
点火正时（°ATDC）

图 10

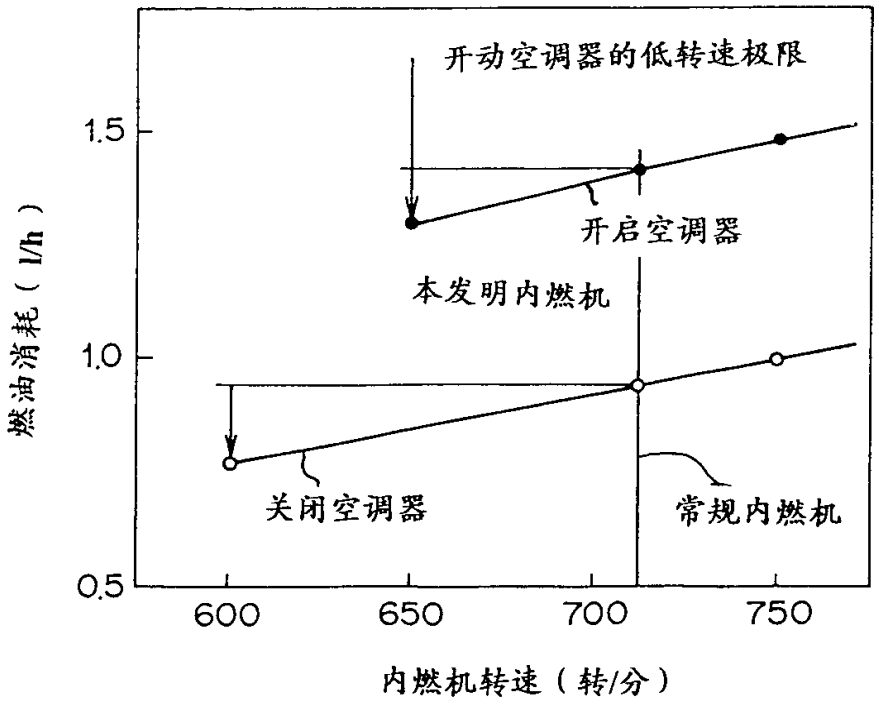
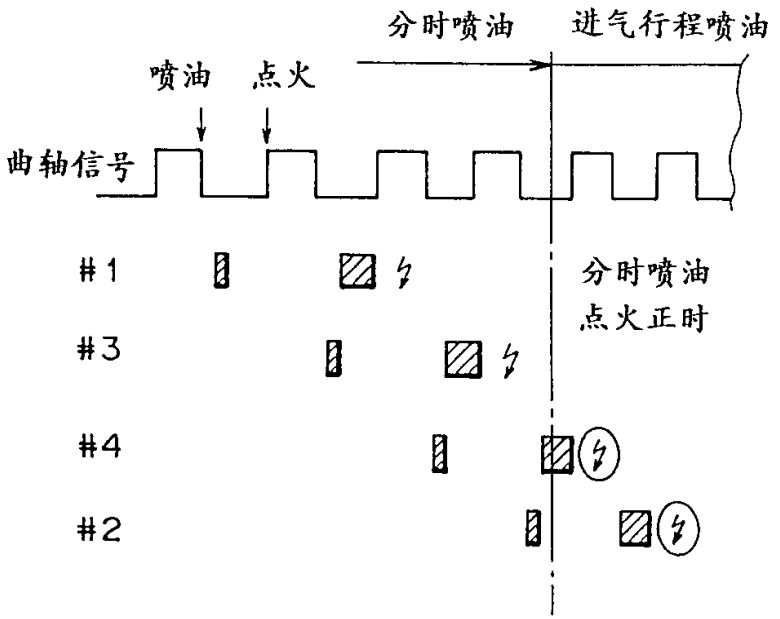

开动空调器的低转速极限
1.5
开启空调器
本发明内燃机
1.0
关闭空调器
常规内燃机
0.5
600
650
700
750
内燃机转速（转/分）
燃油消耗（l/h）

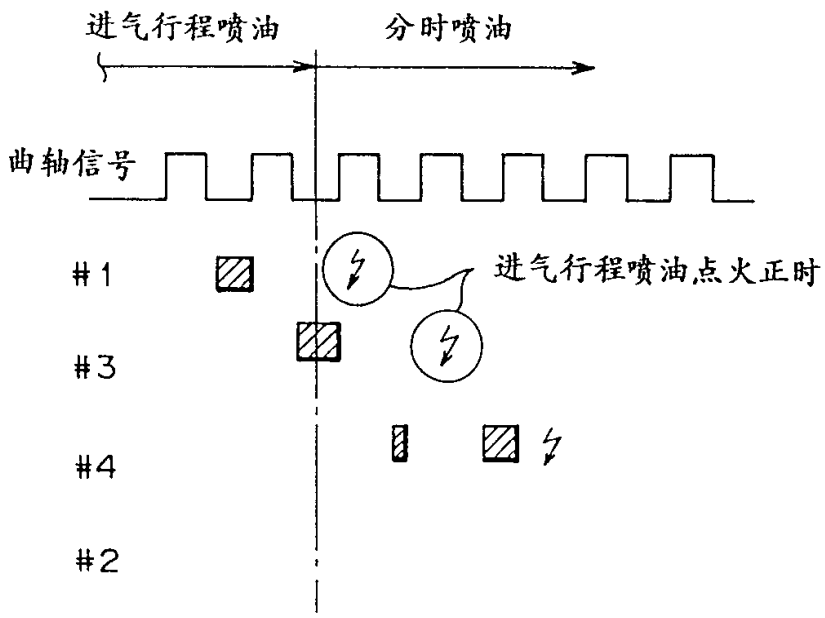
图 11(A)



保证输出功率;

- 分时喷油点火正时提前
- 进气行程喷油点火正时延迟

图 11(B)



防止爆震;

- 分时喷油点火正时提前
- 进气行程点火正时延迟

图 12

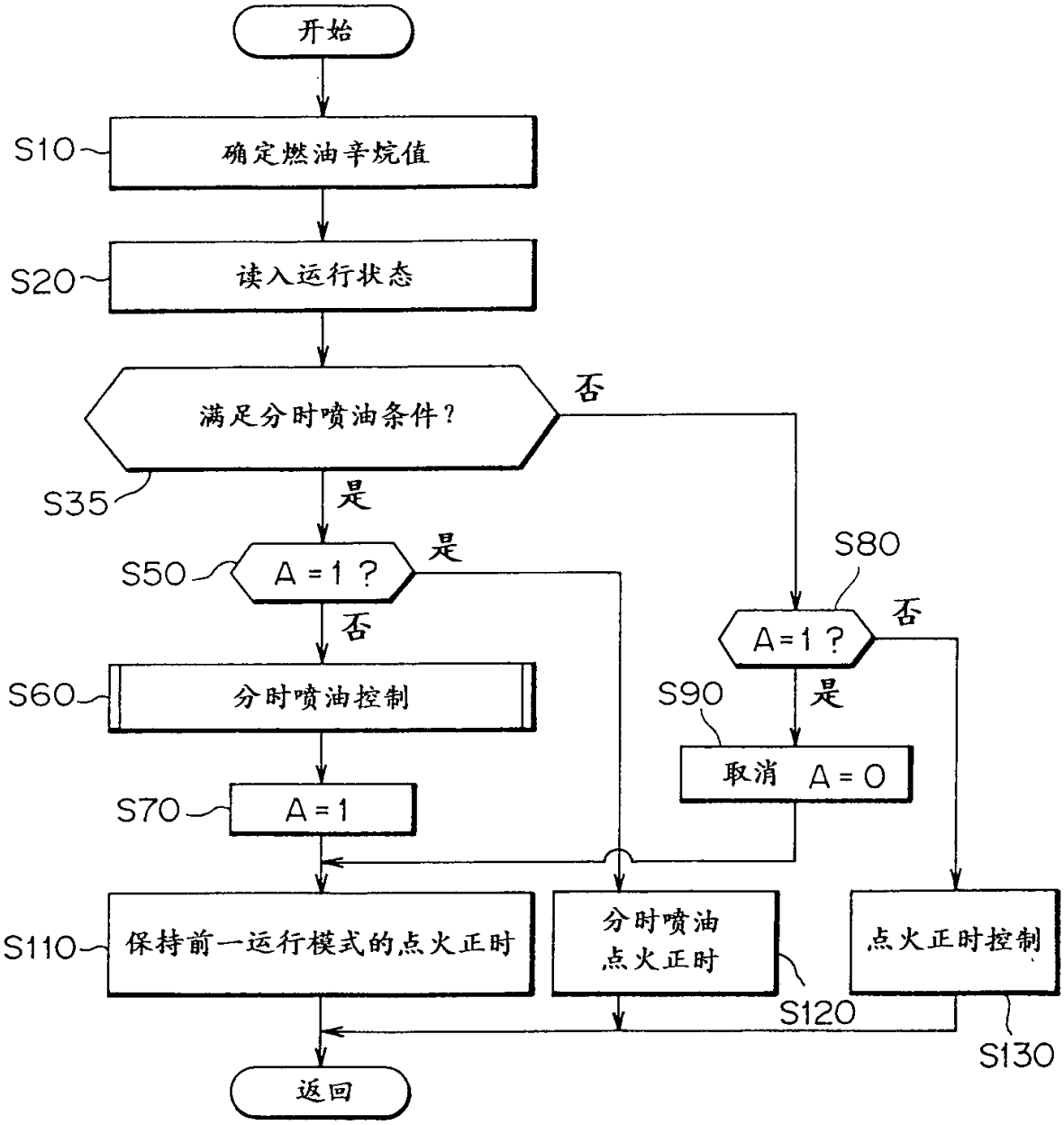

开始
S10
确定燃油辛烷值
S20
读入运行状态
满足分时喷油条件？
否
S35
是
S50
A=1？
是
否
S60
分时喷油控制
S70
A=1
S80
A=1？
否
是
S90
取消 A=0
S110
保持前一运行模式的点火正时
分时喷油
点火正时
S120
点火正时控制
S130
返回

图 13(A)

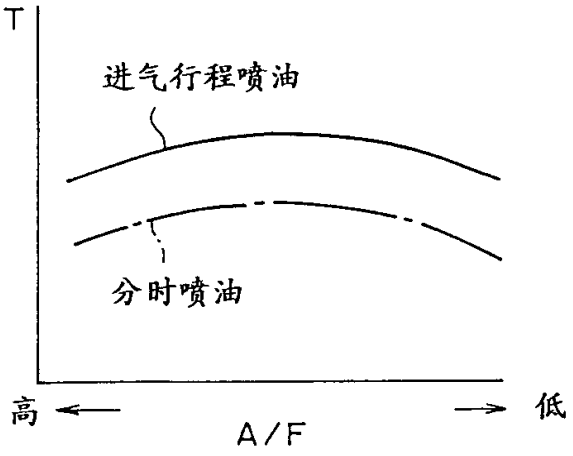


图 13(B)

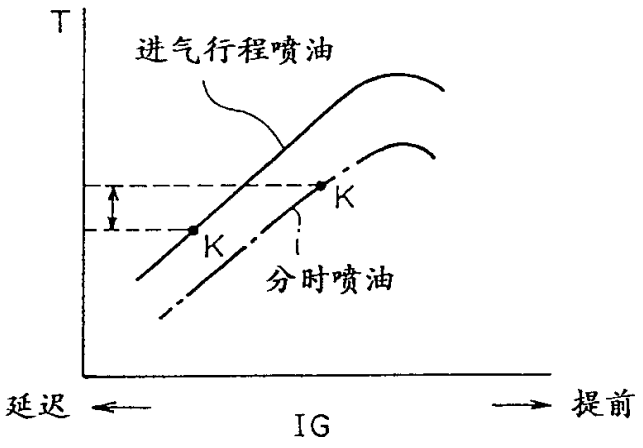


图 13(C)

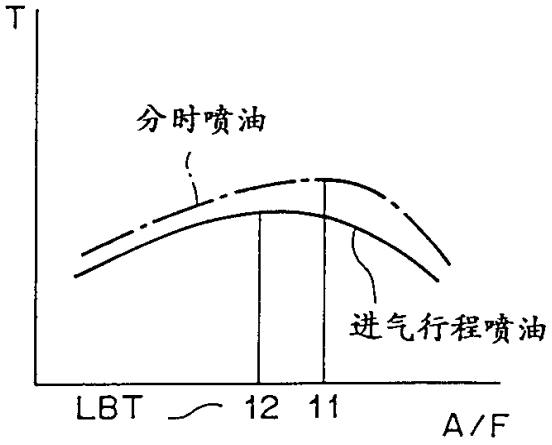


图 14(A)

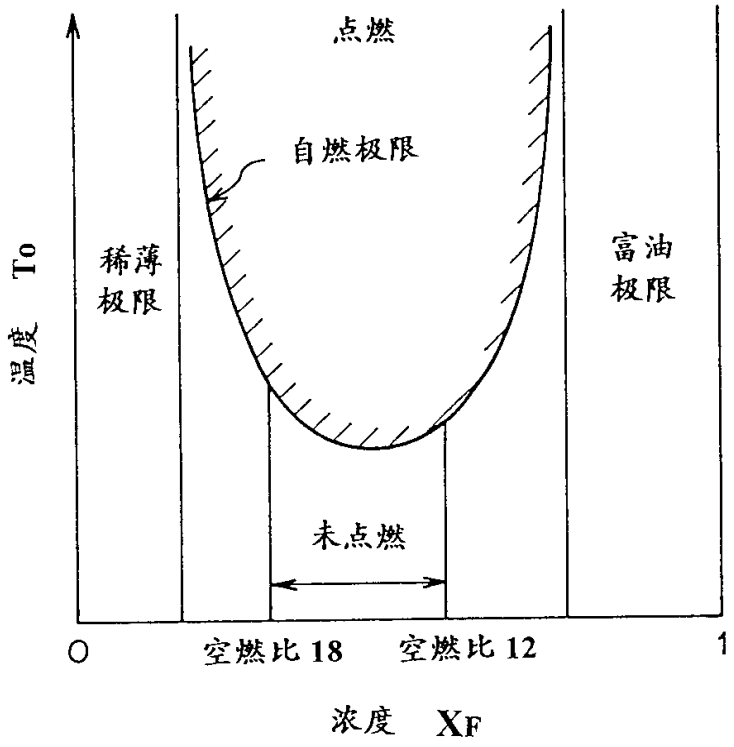

点燃
自燃极限
稀薄
极限
富油
极限
温度 To
未点燃
O
空燃比 18
空燃比 12
1
浓度 XF

图 14(B)

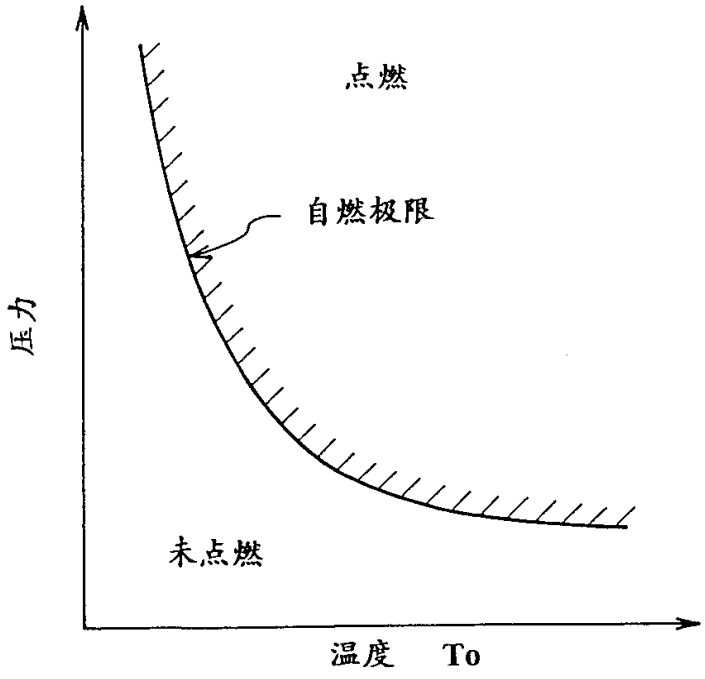

点燃
自燃极限
压力
未点燃
温度 To

图 15

