



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104603414 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201380044986. 6

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(22) 申请日 2013. 09. 13

代理人 汤慧华 郑霞

(30) 优先权数据

13/614, 084 2012. 09. 13 US

(51) Int. Cl.

F01N 3/20(2006. 01)

B01D 53/94(2006. 01)

F02M 25/07(2006. 01)

F02B 43/06(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/059794 2013. 09. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/043563 EN 2014. 03. 20

(71) 申请人 康明斯知识产权公司

地址 美国印第安纳州

(72) 发明人 利昂·A·莱伯因特

爱德华·J·莱福德-派克

丹尼尔·J·莫尔 阿希什·古普塔

阿力克斯·叶泽列茨

尼尔·W·柯里尔 塔马斯·塞勒

托马斯·约努谢尼斯

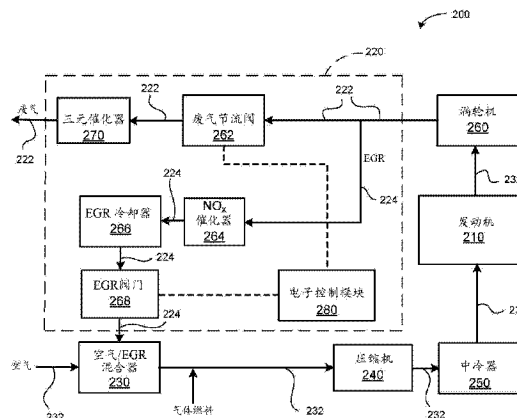
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

用于火花点燃式气体燃料发动机的排气系统

(57) 摘要

内燃发动机系统 (200) 包括由气体燃料提供动力的火花点燃式内燃发动机 (210)。发动机系统还包括与内燃发动机连通以提供空气的进气口 (232)。此外,发动机系统包括与内燃发动机连通以接收废气的排气系统 (220)。排气系统包括甲烷氧化催化剂 (270) 和废气再循环管路 (224),其中至少部分废气流过甲烷氧化催化剂,废气再循环管路与进气口连通以提供废气。



CN 104603414 A

1. 一种内燃发动机系统,包括:
火花点燃式内燃发动机,所述火花点燃式内燃发动机由气体燃料提供动力;
进气口,所述进气口与所述内燃发动机连通以提供空气;以及
排气系统,所述排气系统与所述内燃发动机连通以接收废气,所述排气系统包括甲烷氧化催化器和废气再循环管路,其中,至少一部分废气流过所述甲烷氧化催化器,且所述废气再循环管路与所述进气口连通以提供废气。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,还包括具有与压缩机共旋耦合的涡轮机的涡轮增压器,所述涡轮机与所述内燃发动机连通以接收废气并且与所述甲烷氧化催化器连通以提供废气,并且所述压缩机与所述进气口连通以接收空气并且与所述发动机连通以提供充入空气。
3. 根据权利要求 2 所述的系统,其中,所述废气再循环管路位于所述甲烷氧化催化器的上游和所述涡轮机的下游。
4. 根据权利要求 3 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述废气再循环管路内的氮氧化物还原催化器。
5. 根据权利要求 3 所述的系统,其中,所述废气再循环管路是第一废气再循环管路,所述排气系统还包括与所述第一废气再循环管路连通以提供废气的第二废气再循环管路,其中所述第二废气再循环管路位于所述涡轮机的上游。
6. 根据权利要求 5 所述的系统,其中,所述排气系统还包括泵,所述泵与所述第一废气再循环管路和所述第二废气再循环管路连通以接收废气,并且与所述进气口连通以提供废气。
7. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述泵下游的氮氧化物还原催化器。
8. 根据权利要求 5 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述第二废气再循环管路内的氮氧化物还原催化器。
9. 根据权利要求 2 所述的系统,其中,所述废气再循环管路位于所述甲烷氧化催化器的下游。
10. 根据权利要求 9 所述的系统,其中,所述废气再循环管路是第一废气再循环管路,所述排气系统还包括与所述第一废气再循环管路连通以提供废气的第二废气再循环管路,其中所述第二废气再循环管路位于所述涡轮机的上游。
11. 根据权利要求 10 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述第二废气再循环管路内的氮氧化物还原催化器。
12. 根据权利要求 10 所述的系统,其中,所述排气系统还包括泵,所述泵与所述第一废气再循环管路和所述第二废气再循环管路连通以接收废气,且与所述进气口连通以提供废气。
13. 根据权利要求 10 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述泵下游的氮氧化物还原催化器。
14. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述甲烷氧化催化器上游和所述废气再循环管路下游的废气节流阀。
15. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述排气系统还包括位于所述甲烷氧化催化器

下游的被动废气孔,并且其中所述进气口包括进气节流阀。

16. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述排气系统还包括至少一部分废气流过的一氧化碳氧化催化器和氮氧化物还原催化器。

17. 根据权利要求 16 所述的系统,其中,所述甲烷氧化催化器、所述一氧化碳氧化催化器和所述氮氧化物还原催化器共同形成三元催化器。

18. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述气体燃料包括实质上仅天然气。

19. 一种排气系统,其用于火花点燃式气体燃料内燃发动机,所述发动机包括:涡轮增压器和压缩机,其中,所述涡轮增压器具有涡轮机,所述涡轮机与所述发动机连通以接收废气,所述压缩机与所述发动机连通以提供充入空气,所述系统包括:

主废气管路,其与所述涡轮机连通以接收废气;

三元催化器,其位于所述主废气管路内,所述三元催化器配置为氧化一氧化碳和甲烷,并且还原存在于流过所述主废气管路的废气中的氮氧化物;

废气再循环管路,其与所述主废气管路连通以接收废气,并且与由所述压缩机所接收的空气流连通以提供废气,所述废气再循环管路位于所述三元催化器的下游。

20. 一种排气系统,其用于火花点燃式气体燃料内燃发动机,所述发动机包括:涡轮增压器和压缩机,所述涡轮增压器具有涡轮机,所述涡轮机与所述发动机连通以接收废气,并且所述压缩机与所述发动机连通以提供充入空气,所述系统包括:

主废气管路,其与所述涡轮机连通以接收废气;

三元催化器,其位于所述主废气管路内,所述三元催化器配置为氧化一氧化碳和甲烷,并且还原存在于流过所述主废气管路的废气中的氮氧化物;

废气再循环管路,其与所述主废气管路连通以接收废气,并且与由所述压缩机所接收的空气流连通以提供废气,所述废气再循环管路位于所述三元催化器的下游。

用于火花点燃式气体燃料发动机的排气系统

技术领域

[0001] 本公开涉及火花点燃式气体燃料内燃发动机，并且更特别涉及使用这种内燃发动机的排气系统来控制废气排放物和功率密度。

[0002] 背景

[0003] 近年来，内燃发动机的排放物法规已经变得越来越严格。环境问题的担忧已经促使全世界许多国家对内燃发动机实施更严格的排放物要求。政府机构，诸如，美国的环境保护局 (EPA)，认真监控发动机的排放物质量和设置所有发动机必须遵从的、可接受的排放物标准。通常，排放物要求根据发动机的种类而变化。对火花点燃式汽油（例如，非气体）发动机的排放物的测试通常监控一氧化碳、氮氧化物 (NO_x) 和未燃的碳氢化合物 (UHC) 的释放。废气后处理系统中所实施的催化转化器（例如，氧化催化器）已经被用于消除存在于汽油提供动力的发动机所产生的废气中的许多所规定的污染物质。例如，一些熟知的三元催化器 (three-way catalyst) 包括针对专门氧化一氧化碳和未燃烧的碳氢化合物、以及还原氮氧化物所认真选择的催化材料的配方以使废气中存在较少有害成分。传统的三元催化器被设计为更有效地氧化或还原运行在高于化学当量的空气燃料比（例如，富空气燃料比条件）的发动机的这类污染物质。

[0004] 近来，至少部分由于高原油价格、环境方面的担忧和未来燃料供应，许多内燃发动机设计师已经寻求至少部分地替换原油化石燃料（例如，汽油和柴油），用所谓的代用燃料给内燃发动机提供动力。所期望的是，通过用代用燃料替换化石燃料、或减少化石燃料的使用，来降低给内燃发动机加注燃料的成本、来减少对环境有害的污染物质、和 / 或增加未来燃料的供应。熟知的代用燃料包括气体燃料或气体碳氢化合物燃料，诸如，天然气、石油气体（丙烷）和氢气。由火花点燃式气体提供动力的发动机所产生的废气中存在的燃烧副产品类似于由火花点燃式非气体燃料提供动力的发动机所产生的废气中存在的燃烧副产品。因此，传统的气体所提供动力的发动机系统利用在非气体提供动力的发动机系统中所发现的相同的催化剂来氧化由气体提供动力的发动机所产生的所规定的污染物质。

[0005] 然而，气体提供动力的发动机也产生相当大量的带有目前未规定的污染物质（诸如，甲烷）的废气。传统意义上，气体提供动力的发动机是在富空气燃料比处（例如，比化学当量更高）操作以便减少废气中的氧气浓度，并且因此减少一氧化碳和氮氧化物的形成。在这种富空气燃料比的条件下的操作，最终产生非常高水平的未燃碳氢化合物（例如，甲烷）。传统的气体提供动力的发动机系统不包括能够氧化甲烷的氧化催化剂。因此，气体提供动力的发动机系统允许大量甲烷逃逸到大气中。

[0006] 此外，在化学当量或更高的空气燃料比的条件下操作气体提供动力的发动机系统导致发动机处于相对低的制动热效率。此外，在这样的空气燃料比下的操作引起高的燃烧温度，这导致发动机中的高部件温度，并且需要减少输出功率以避免部件失效。然而，鉴于着眼于满足废气排放法规的强制要求，传统的气体提供动力的发动机被设计为以牺牲热效率和功率密度来满足废气排放法规。

[0007] 此外，如发明者所认识到的，一些使用废气再循环 (EGR) 策略的内燃发动机经常

遭受空气和充气进气管路内的有害冷凝物的形成。例如,循环废气中的特定排放物(例如,CO、CO₂、NO_x和UHC)的存在可能引起发动机进气回路的冷凝物中的侵蚀性酸的形成,因此应该将进气系统中任何位置的温度控制到处于露点以下。CO和CO₂可以导致在进气系统中形成碳酸,并且NO_x可以导致冷凝物内的硝酸的形成。这两种酸中,硝酸是更有侵蚀性的,并且更可能不利地影响进气系统部件的使用寿命。

[0008] 概要

[0009] 已经对本申请的主题进行了开发以响应目前技术发展水平,并且尤其是,响应还未由当前可用的气体提供动力的内燃机发动机的排气系统完全解决的技术中的问题和需要。因此,本申请的主题已经开发以提供气体提供动力的排气系统,该系统具有后处理催化器(例如,可能能够氧化甲烷的三元催化器)和用于克服现有技术系统的至少一些缺点的废气再循环策略。

[0010] 例如,根据一个实施方式,内燃发动机系统包括由气体燃料提供动力的火花点燃式内燃发动机。发动机系统还包括与内燃发动机连通以提供空气的进气口。发动机系统还包括与内燃发动机连通以接收废气的排气系统。排气系统包括后处理催化器(例如,甲烷氧化催化器)和废气再循环管路,其中至少一部分废气流经后处理催化器,而废气再循环管路与进气口连通以提供废气。气体燃料可以基本上完全是天然气。

[0011] 在一些实现中,发动机系统包括具有涡轮增压器的涡轮增压器,该涡轮增压器与压缩机共旋耦合。涡轮增压器与内燃发动机连通以接收废气,并且与甲烷氧化催化器连通以提供废气。压缩机与进气口连通以接收空气,并且与发动机连通以提供充入空气。

[0012] 根据发动机系统的特定实现,废气再循环管路位于后处理催化器的上游和涡轮增压器的下游。在这样的实现中,排气系统还包括位于废气再循环管路中的辅助后处理催化器(例如,能够还原氮氧化物的催化器)。废气再循环管路可以是第一废气再循环管路,并且排气系统还可以包括与第一废气再循环管路废气连通以提供废气的第二废气再循环管路。第二废气再循环管路可以位于涡轮增压器的上游。辅助催化器可以位于第二废气再循环管路内。排气系统还可以包括泵,其与第一和第二废气再循环管路连通以接收废气,并且与进气口连通以提供废气。在一些实现中,辅助后处理催化器可以位于泵的下游。

[0013] 在发动机系统的又一些实现中,废气再循环管路位于后处理催化器的下游。废气再循环管路可以是第一废气再循环管路,并且排气系统还可包括与第一废气再循环管路连通以提供废气的第二废气再循环管路。第二废气再循环管路位于涡轮增压器的上游。辅助后处理催化器可以位于第二废气再循环管路内。在一些例子中,排气系统包括泵,其与第一和第二废气再循环管路连通以接收废气,并且与进气口连通以提供废气。在这样的例子中,辅助后处理催化器可以位于泵的下游。

[0014] 根据发动机系统的一定的实现,排气系统还包括位于后处理催化器上游和废气再循环管路下游的废气节流阀。在又一个其它实现中,排气系统还包括位于后处理催化器下游的被动废气孔(passive exhaust orifice),并且进气口包括进气节流阀。

[0015] 在发动机系统的一些实现中,排气系统还包括至少一个辅助后处理催化器(例如,能够氧化一氧化碳的催化器和能够还原氮氧化物的催化器),至少一部分废气流经辅助后处理催化器。

[0016] 根据另一个实施方式,用于火花点燃式气体燃料内燃发动机的排气系统被公开。

发动机包括带有涡轮增压器的涡轮增压器,和压缩机,其中,涡轮增压器与发动机连通以接收废气,而压缩机与发动机连通以提供充入空气。排气系统包括与涡轮增压器连通以接收废气的主废气管路。此外,排气系统包括位于主废气管路中的三元催化器。三元催化器被配置为氧化一氧化碳和甲烷,并且还原流过主废气管路的废气中存在的氮氧化物。排气系统也包括与主废气管路连通以接收废气并且与由压缩机所接收的气流连通以提供废气的废气再循环管路。

[0017] 在又一个实施方式中,用于火花点燃式气体燃料内燃发动机的排气系统被公开,该发动机包括涡轮增压器和压缩机,其中,涡轮增压器具有涡轮增压器,其与发动机连通以接收废气,而压缩机与发动机连通以提供充入空气。该排气系统包括与涡轮增压器连通以接收废气的主废气管路。此外,排气系统包括位于主废气管路内的三元催化器,该三元催化器被配置为氧化一氧化碳和甲烷,并且还原流过主废气管路的废气中存在的氮氧化物。排气系统也包括与主废气管路连通以接收废气并且与由压缩机所接收的气流连通以提供废气的废气再循环管路。废气再循环管路位于三元催化器的下游。

[0018] 贯穿本说明书对特征、优点的引用或相似的语言并不意味着可以由本公开的主题所实现的所有的特征和优点应该是或是在任意单个实施方式中。相反,涉及特征和优点的语言被理解是指与实施方式有关的所描述的特定的特征、优点或特性被包括在本公开的至少一个实施方式中。因此,贯穿本说明书对特征、优点的讨论和相似语言可能,但不一定,是指相同实施方式。

[0019] 本公开的主题所描述的特征、结构、优点、和 / 或特性可以以任何合适的方式在一个或多个实施方式和 / 或实现中合并。在下面的描述中,提供大量的特定细节以给予本公开的主题的实施方式的全面的理解。相关技术领域的技术人员将认识到本公开的主题可以在没有特定实施方式或特定实现的一个或多个具体的特征、细节、成分、材料、和 / 或方法下实践。在其它例子中,可能并不在所有的实施方式或实现中出现的额外的特征和优点可以在某些实施方式和 / 或实现中认识到。此外,在一些例子中,熟知的结构、材料或操作并不示出或详细描述以避免对本发明的主题的各个方面的造成模糊。根据下面的描述和所附加的权利要求,本公开的主题的特征和优点将变得更充分明显、或可以通过下文所阐述的主题的实践被获知。

[0020] 附图简述

[0021] 为了使本主题的优点可以被更容易的理解,上面所描述的主题的更详细的描述将通过参考附图中所说明的具体实施方式表达。应该理解的是,这些图仅描述本主题的典型实施方式,并且因此不被认为是对其范围的限定,本主题将通过使用附图对附加的特征和细节进行描述和解释,其中:

[0022] 图 1 是根据一个实施方式的具有排气系统的内燃发动机系统的示意图;

[0023] 图 2 是根据一个实施方式的具有三元催化器和三元催化器上游的低压废气再循环 (EGR) 管路系统的排气系统的内燃发动机系统的示意图;

[0024] 图 3 是根据一个实施方式的具有三元催化器和三元催化器下游的低压 EGR 管路的排气系统的内燃发动机系统的示意图;

[0025] 图 4 是根据一个实施方式的具有三元催化器、三元催化器下游的低压 EGR 管路的排气系统的内燃发动机系统的示意图,并且所述发动机系统具有涡轮增压器上游的高压 EGR 管路;

[0026] 图 5 是根据一个实施方式的具有三元催化器、三元催化器下游的低压 EGR 管路的排气系统的内燃发动机系统的示意图,并且所述发动机系统具有涡轮机上游的高压 EGR 管路;

[0027] 图 6 是根据一个实施方式的具有三元催化器、三元催化器下游的低压 EGR 管路的排气系统、以及三元催化器和 EGR 管路下游的废气气压调节器的内燃发动机系统的示意图;

[0028] 图 7 是根据一个实施方式的具有三元催化器、三元催化器上游的低压 EGR 管路的排气系统、以及三元催化器和 EGR 管路下游的废气气压调节器的内燃发动机系统的示意图。

[0029] 详细描述

[0030] 贯穿整个说明书的对“一个实施方式 (one embodiment)”、“一实施方式 (an embodiment)”的引用或相似的语言意味着与实施方式相关的所描述的具体的特征,结构或特性被包括在本发明的至少一个实施方式中。因此,贯穿整个说明书的词组“在一个实施方式中”、“在一实施方式中”和相似的语言的出现可以,但不一定,全部涉及相同的实施方式。

[0031] 如以上所讨论的,本公开涉及用于火花点燃式气体燃料的内燃发动机的排气系统。通常,排气系统被配置为氧化由发动机所产生的废气中的过量的甲烷,并且在燃烧之前,再循环一部分所产生的废气返回到充入的空气中。概括地说,气体提供动力的发动机中的甲烷氧化催化器和 EGR 的结合允许发动机系统利用再循环的废气来有效冷却燃烧温度,具体方式是通过将空燃比降低到化学当量的条件以下。因为燃烧温度降低,制动热效率增加,并且达到了发动机的负载携带能力和功率密度提高的结果。在一些实现中,发动机的负载携带能力提高多达 50%,并且在一些情况中超过 50%。此外,降低燃烧温度的这种方式也可以降低燃烧副产品中氮氧化物 (NO_x) 的总量。

[0032] 然而,尽管降低燃烧温度的已经具有超越现有技术系统的优点,但是可能导致一些不期望的结果。例如,使用 EGR 的注入来冷却燃烧的过程可能引起气缸内熄火,这导致废气中氧气 (O₂) 的增加。通常,在废气中氧气的水平较高,会使得将废气中的 NO_x 转化为更无害的排放物变得更难。因此,与非气体燃料发动机(例如,汽油提供动力的发动机和柴油提供动力的发动机)相比,本公开的系统包括氧化废气中相对大量的甲烷的甲烷氧化催。甲烷的氧化从废气中去除过量的氧气,这提高了排气系统转化废气中 NO_x 的能力。

[0033] 通常,在一定的实施方式中,本公开的排气系统包括 EGR 管路内的 NO_x 还原催化器和其他减少 NO_x 的部件。在 EGR 冷却器之前,从 EGR 废气中去除 NO_x 的 NO_x 还原催化器有机会液化 NO_x,这种方式降低在 EGR 管路和进气管路中形成硝酸的可能性。

[0034] 根据图 1 中所示的内燃发动机系统 100 的一个特定实施方式,该系统包括耦合到排气系统 120 的内燃发动机 110。发动机 110 是由天然气、石油气体(丙烷)和氢气等气体碳氢化合物作为燃料的火花点燃式发动机。如本文所定义的气体燃料,与非气体燃料(例如,汽油和柴油)相对,是以相对于流体或固体状态的气体状态引入发动机并在其中使用。在所示出的实现中,发动机 110 是由天然气作为燃料的火花点燃式发动机。火花点燃式气体燃料发动机的配置和校准与火花点燃式非气体燃料发动机不同。气体燃料发动机引入了不存在于非气体发动机的各种考虑。例如,非气体发动机不产生由气体发动机所产生的大量的特定燃烧副产品。在所示出的本公开特别相关的系统 100 的实施方式中,与气体燃料

发动机相比,非气体燃料发动机产生的额定的甲烷的总量不超过气体燃料发动机,当气体燃料本身含有大量天然气和许多其他气体燃料通常具有的甲烷时,气体燃料发动机产生大量的甲烷。

[0035] 内燃发动机系统 100 也包括进气系统,该进气系统包括空气/EGR 混合器 130、压缩机 140 和中冷器(charge air cooler)150。进气系统包括基本处于大气压力的进气道,因此能够使新鲜的空气进入空气系统。新鲜空气与再循环的废气在空气/EGR 混合器 130 中混合。在所示出的实现中,燃料在进入涡轮增压器的压缩机 140 之前被添加到空气/EGR 混合器中。在另一个实现中,燃料可以在空气/EGR 混合器 130 之前添加到空气中。在又一个实现中,燃料可以添加到压缩机之后的空气/EGR 混合器 130 中。例如,在一个实现中,通过公共的导轨和多个燃料喷射器,将燃料直接注入发动机的燃烧室中。通常,燃料从燃料槽中提供,并且在被注入到系统之前,凭借燃料泵通过燃料输送系统被抽出。无论使用或不使用所注入的燃料,空气/EGR 混合物都由压缩机 140 压缩以增大混合物的压力和密度。涡轮机 160 驱动压缩机 140 共同旋转,而涡轮机 160 由技术中熟知的发动机 110 的废气气流驱动。所压缩的空气/EGR 的混合物随后进入中冷器 150 中,这降低了进入补充空气的温度以用于维持使密集的充气进入到发动机的使用。随后冷却的空气/EGR 混合物直接进入发动机的燃烧室。不管将燃料直接注入到燃烧室还是注入到发动机上游的空气/EGR 混合物中,结合的燃料和空气/EGR 混合物通过产生的火花点燃式点火系统被点燃,并且燃料被燃烧以在室内产生用于提供发动机动力的压力差。

[0036] 燃料的燃烧产生废气,在驱动涡轮增压器的涡轮机 160 之后,该废气被可操作地排放到排气系统 120。通常,排气系统 120 处理、调节和引导从发动机接收的废气。排气系统 120 可以包括一个或多个废气处理部件或成分,例如,三元催化器或三元催化剂、氧化催化器或氧化催化剂、过滤器或过滤剂、吸附器或吸附剂、以及诸如此类的用于处理废气(例如,从废气中去除污染物质)的部件或成分等。优选地,排气系统 120 包括甲烷氧化催化器。如本文所定义的甲烷氧化催化器是能够氧化所接收的废气中的甲烷的任何废气后处理催化器。如在下面将更详细描述,甲烷氧化催化器可以是独立流转催化器或形成三元流转催化器的一部分。此外,排气系统 120 可以包括废气流量调节装置以调节废气流入、流经和流出系统 120 的流速和压力(例如,回压(backpressure))。同样,排气系统 120 可以包括引导废气到达一个或多个目的地的致动器和阀。例如,排气系统 120 可以包括 EGR 阀门,该 EGR 阀门被致动以引导(排出)所接收的一部分废气进入大气中作为排出废气,并且引导所接收的一部分废气进入一个或多个 EGR 管路用于返回燃烧室的再循环。

[0037] 如图 2 所示,内燃发动机系统 200 的一个实施方式包括类似于图 1 中的发动机系统 100 的特征和部件的特征和部件,用相似的数字和名称指代相似的元件。例如,发动机系统 200 包括发动机 210,在一些实现中,发动机 210 与发动机系统 100 的发动机 110 共有相同的特征(例如,发动机 210 是火花点燃式气体燃料发动机)。发动机系统 200 的排气系统 220 包括与发动机 210 连通以接收废气的主废气管路 222 和与主废气管路连通以接收废气的低压(LP)EGR 管路 224。

[0038] 三元催化器 270 位于主废气管路 22 内。三元催化器 270 是具有暴露于流经主废气管路 222 的催化剂床并穿过该床的流转型催化器。催化剂床包括布置在载体涂料(washcoat)或载体层上的催化层。载体可以包括能够悬挂其中的催化层的任何不同材料

(例如,氧化物)。催化层是由与废气中的一个或多个污染物质反应(例如,氧化反应)的一个或多个所选择的催化材料构成。三元催化器 270 的催化材料可以包括任何不同材料,诸如,贵金属铂、钯和铑,还有其他金属,诸如,过渡金属钨、铁、锰和镍。此外,催化材料可以具有用于氧化和还原所期望的污染物质的种类和相对数量的相对于彼此的任何不同比率。

[0039] 通常,三元催化器 270 被如此命名是因为它含有所专门选择的与三种特定的污染物质反应并氧化或还原三种特定污染物质的催化材料。三种特定的污染物质包括:一氧化碳(CO)、未燃烧的碳氢化合物(UHC)和氮氧化物(NO_x)。不同于传统的三元催化器,三元催化器 270 包括专门配置为氧化 UHC 甲烷的催化材料。如上面所讨论的,明显的大量的甲烷是诸如天然气的气体燃料燃烧的 UHC 的副产品。在一些实现中,任何不同的催化材料配方可以被用来氧化如此大量的甲烷。在一个特别的实现中,甲烷是在诸如钯、铂和铑的贵金属含量高的至少一种催化材料的存在下被氧化的。尽管三元催化器 270 在图 2 中作为单个单元被描绘,但在一些实施方式中,三元催化器可以由两个或多于两个单独的、完全不同的单元形成。例如,在一个实施方式中,三元催化器 270 被封装在单个壳体内,而在另一个实施方式中,三元催化器 270 包括三个单独的催化器(例如,CO 氧化催化器、甲烷氧化催化器和 NO_x 还原催化器),每一个催化器都封装在单独的壳体中。尽管没有示出,主废气管路 222 可包括其他废气处理装置(诸如,过滤器),该过滤器在废气进入大气之前进一步处理废气。

[0040] 此外,在一些实现中,三元催化器 270 被封装在相同的壳体中,该催化器包括三个催化剂床,它们彼此相邻放置以形成三个独立的催化级。根据一个实现,甲烷氧化级在 NO_x 还原级的上游,这样使得废气中的过量的氧气在经 NO_x 还原级还原 NO_x 之前,首先经过甲烷的氧化被减少。在这种方式中,通过发动机产生的废气中的过量的氧气,由于低化学当量条件下的操作并没有负面影响 NO_x 还原催化剂还原 NO_x 的能力。

[0041] 主废气管路 222 还包括一个或多个废气流量调节装置,其通常被配置为调节主废气管路中的废气的流速和回压。在图 2 中所示出的系统 200 的实施方式中,废气流量调节装置是废气节流阀 262,该废气节流阀 262 可致动以调节废气节流阀上游的主废气管路 222 内的回压。废气节流阀 262 可以是简单的阀,诸如蝶形阀或提供压力调节功能的任何不同种类的装置。废气节流阀 262 的控制和由此造成的主废气管路 222 中的废气的回压由电子控制模块 280 提供。通常,电子控制模块 280 接收多个输入、处理输入、并且传输多个输出。多个输入可以包括来自传感器和各种用户输入的所感知的测量结果。由电子控制模块 280 使用各种算法、所存储的数据和其它输出处理输入以更新所存储的数据和/或产生输出值。所产生的输出值和/或命令被传输到控制器的其它部件和/或发动机系统 200 的一个或多个元件以控制系统来达到期望的结果,并且更特别的是,以达到期望的废气排放和发动机携带负载的能力。

[0042] 电子控制模块 280 还控制 EGR 阀门 268 的致动,该 EGR 阀门 268 用于调节通过 LP EGR 管路 224 再循环到发动机的废气的数量和流速。LPEGR 管路 224 包括与主废气管路 222 中的废气连通以接收废气的进气道,主废气管路 222 位于三元催化器 270 和废气节流阀 262 的上游。此外,LPEGR 管路 224 的进气道位于涡轮机 260 的下游。因为离开涡轮机 260 的废气压力低于进入涡轮机的废气压力(压力差可归因于驱动涡轮机损失的压力能),流体耦合到涡轮机下游的主废气管路 222 的 EGR 管路 224,并被认为是低压 EGR 管路。

[0043] 然而,为了使 LP EGR 管路 224 中的再循环废气将被吸入进气管路 232,LP EGR 管

路中的废气的压力、以及由此造成的涡轮机 260 下游的主废气管路 222 中的废气的压力,必须高于在进气管路中的空气的压力。这个必需的压力差是由废气流量调节装置(例如,废气阀 262)的操作造成的。通过关闭废气流量调节装置以允许较少的废气通过,该装置引起主废气管路 222 中的回压,该回压有效地增大了主废气管路中的废气的压力,因此造必需的压力差。基于由废气节流阀 262 所控制的废气的压力,EGR 阀门 268 的致动由电子控制模块 280 控制以提供进入进气管路 232 的再循环废气的期望的流速和浓度。在进入进气管路和经空气/EGR 混合器 230 与空气混合之前,LP EGR 管路 224 中的再循环废气经过冷却废气的 EGR 冷却器 266。此外,尽管 EGR 阀门 268 在 EGR 冷却器 266 的下游被展示出,在一些实施方式中,EGR 阀门 268 可以位于 EGR 冷却器的上游。

[0044] 如上面所讨论的,带有 EGR 的 NO_x 产生的发动机系统有在 EGR 管路和进气管路内形成硝酸冷凝物的倾向,这是由于再循环气体中存在 NO_x。因此,LP EGR 管路 224 包括在 EGR 冷却器 266 上游的 NO_x 催化器 264,其被配置为将 NO_x 还原为不易于引起生成硝酸的成分(例如,氮气和水)。NO_x 催化器 264 具有暴露于再循环废气的床,所述在循环废气流经 LP EGR 管路并穿过该床。类似于三元催化器 270,NO_x 催化器 264 的床包括布置在载体涂层上的催化层。催化层包括催化材料,该催化材料配置为将再循环废气中的 NO_x 还原为危害较小的成分。在一个实施方式中,NO_x 催化器 264 是 NO_x 的吸附催化器。在另一个实施方式中,NO_x 催化器 264 是选择性催化还原(SCR)催化器,其构成 SCR 系统的一部分。

[0045] 在图 2 中的排气系统 220 所示的实施方式中,NO_x 催化器 264 位于 EGR 冷却器 266 的上游。然而,尽管不是所期望的,在其它实施方式中,如果需要,NO_x 催化器 264 可以位于 EGR 冷却器 266 的下游。因为流过 LP EGR 管路 224 的再循环废气的量通常少于流过主废气管路 222 的废气的量,所以体积(例如,催化材料的大小和数量)可以小于三元催化器 270 的 NO_x 还原部分或主废气管路中的单独的 NO_x 催化器。在这种方式中,进气管路 232 中的硝酸的积累可以以很少的代价(或在一些情况下节约成本)减少并且没有大量占用开放空间。此外,因为 NO_x 催化器 264 的体积较少,所以 NO_x 催化器在 LP EGR 管路 224 内引入了较小的回压(例如,较少的流量限制)。

[0046] 参考图 3,内燃发动机系统 300 的另一个实施方式被示出。发动机系统 300 包括的特征和部件类似于图 1 中的发动机系统 100 的特征和部件、并且类似于图 2 中的排气系统 220 的特征和部件,用相似的数字和名称指代相似的元件。例如,像图 2 中的排气系统 220 一样,发动机系统 300 的排气系统 320 包括如上面所定义的带有三元催化器 370 的主废气管路 322 和与主废气管路连通以接收废气的 LP EGR 管路 324。然而,LP EGR 管路 324 的进气道位于三元催化器 370 的上游,这与排气系统 220 中位于三元催化器的上游相反。此外,因为 LP EGR 管路 324 的进气道在三元催化器 370 的下游,该三元催化器 370 包括 NO_x 还原部分或独立的 NO_x 催化器,所以 LP EGR 管路 324 不包括用于还原 NO_x 的单独的 NO_x 催化器。即,在一部分废气通过 LP EGR 管路 324 被再循环前,主废气管路 322 中的三元催化器 370 还原 NO_x。在这种方式中,在进气管路 232 中积累的硝酸可以在 LP EGR 管路 324 中没有额外 NO_x 催化剂的需要下被减少。尽管如此,在一定的实现中,如果期望的话,LP EGR 管路 324 可以包括 NO_x 催化器,诸如,当排气系统 320 包括高压(HP)EGR 管路时。

[0047] 相比排气系统 220,排气系统 320 包括带有在涡轮机 360 上游的进气道的 HP EGR 管路 326。因为离开发动机 310 且进入涡轮机 360 之前的废气压力,大于离开涡轮机的废气

的压力,所以耦合到涡轮机上游的主废气管路 322 的 EGR 管路 326 被认为是高压 EGR 管路。HP EGR 管路 326 不仅提供用于再循环气体返回发动机 310 的方法,而且其作用于驱动废气通过 LP EGR 管路 322 再循环。如上面所描述的,因为涡轮机 360 下游的主废气管路 322 中的废气压力,需要流量调节装置来造成必需的压力差以引起废气从主废气管路 322 到进气管路 332 的再循环。

[0048] 如图 3 中所示,LP EGR 管路 322 包括泵(例如,喷射泵 372),该泵由 HP EGR 管路 326 中的高压废气提供动力以从主废气管路 322 中抽出废气,所抽出的废气经过 LP EGR 管路 324,并且进入进气管路 332 中。通常来讲,HP EGR 管道 326 中的高压废气(例如,运动的流体)通过喷射泵 372 驱动所驱动的 LR EGR 管路 324 中的低压废气(例如,吸入流体)。喷射泵 372 可以是任何不同种类的泵。在一个实现中,喷射泵 372 包括文氏类型喷管。当运动的高压废气经过喷管的会聚进气道、并且进入分离出气道时,HP EGR 管路 326 中的废气的高压能被转化为引起压力差的速度能。当低压废气与高压废气混合时,压力差基本上吸入或吸取低压废气通过喷管。所混合的废气然后流入进气管路 332 的空气/EGR 混合器 330 中,其具有的速度由电子控制模块 380 和相关的 EGR 阀门 368 决定。尽管排气系统 320 的流量调节装置作为泵或喷射泵被示出和描述,但在其他实施方式中,流量调节装置可以是能够利用高压废气将低压废气吸入到进气管路 332 的任何其他类型的装置。

[0049] 根据图 4 中所示的又一个实施方式,内燃发动机系统 400 包括类似于图 3 中的发动机系统 300 的特征和部件的特征和部件,用相似的数字和名称指代相同的元件。例如,像图 3 中的排气系统 320 一样,发动机系统 400 的排气系统 420 包括带有三元催化器 470 的主要的废气管路 422、与在三元催化器下游的主废气管路连通以接收在废气的 LP EGR 管路 424、以及涡轮机 460 上游的 HP EGR 管路 426。

[0050] 然而,不同于图 3 中的排气系统 320,排气系统 420 包括分别位于 LPEGR 管路 424 和 HP EGR 管路 426 两者或两者之一中的单独的 NO_x 催化器 464,用于在废气与进气管路 432 混合之前,还原来自通过 HP EGR 管路再循环的未处理的废气中的 NO_x。通过使用虚线指示可代替的或可选的 NO_x 催化器的位置,来标识 NO_x 催化器 464。例如,在一个实现中,排气系统 420 包括位于 HP EGR 管路 426 内的 NO_x 催化器 424,而在喷射泵 472 下游没有 NO_x 催化器 424。根据另一种实现,排气系统 420 包括位于喷射泵 472 下游的 LP EGR 管路 424 内的 NO_x 催化器 424,而在 HP EGR 管路 426 内没有 NO_x 催化器 424。在喷射泵 472 下游包括 NO_x 催化器 424 可以允许三元催化器的 NO_x 还原部分形成较小的体积(例如,更低的花费和空间占用),因为部分 NO_x 被 NO_x 催化器 424 还原。在又一个实现中,排气系统 420 可以同时包括喷射泵 472 下游的 LP EGR 管路中的 NO_x 催化器 424 和在 HP EGR 管路 426 中的 NO_x 催化器 424。

[0051] 参考图 5,内燃发动机系统 500 的另一个实施方式被示出。发动机系统 500 包括分别类似于图 2、3、4 中的发动机系统 200、300、400 的特征和部件的组合的特征和部件,用相似的数字和名称指代相似的元件。例如,像图 2 中的排气系统 220 一样,发动机系统 500 的排气系统 520 包括带有三元催化器 570 的主废气管路 522 和三元催化器上游的 LP EGR 管路 524。此外,像图 3 中的排气系统 320 一样,排气系统 520 包括涡轮机 560 上游的 HP EGR 管路 526 和驱动低压废气通过 LP EGR 管路 524 的喷射泵 572。此外,像图 4 中的排气系统 420 一样,排气系统 520 包括分别位于 LP EGR 管路 524 和 HP ERG 管路 526 两者或两者之

一中的单独的 NO_x 催化器 564, 用于在废气与进气管路 532 混合之前, 还原来自通过 HP EGR 管路再循环的未处理的废气中的 NO_x。

[0052] 根据图 6 中所示的另一个实施方式, 内燃发动机系统 600 包括类似于图 2 中的发动机系统 200 的特征和部件的特征和部件, 用相似的数字和名称指代相似的元件。例如, 像排气系统 220 一样, 发动机系统 600 的排气系统 620 包括带有三元催化器 670 的主废气管路 622、以及与三元催化器下游的主废气管路连通以接收废气的 LP EGR 管路 624。

[0053] 然而, 代替作为废气流量调节器和回压感应器的废气节流阀, 排气系统 220 包括废气孔 690 和进气节流阀 692。废气孔 690 包括被动的、不可调整的节流通道的, 该通道具有的横截面积小于主废气管路 622 的横截面积。废气孔 690 的节流通道的部分地堵塞通过主废气管路 622 的废气流, 引起主废气管路中的回压。所引起的回压增大了主废气管路 622 中的废气的压力, 造成了主废气管路和进气管路 632 之间的必需气压差以再循环废气通过 LP EGR 管路 624。因为废气孔 690 提供固定的节流, 由孔引起的压力增大依赖于废气经过主废气管路的流速。为了补偿主废气管路 622 内的不同废气流速的回压的变化, 排气系统 620 包括正好在废气孔 690 上游的压力传感器。压力传感器通过物理的或虚拟的传感器检测废气的压力。基于所检测的废气的压力, 进气节流阀 692 被致动以调整通过进气管路 632 的流速, 以达到用于完成 EGR 策略的期望的回压 (例如, 总的废气压力)。在一些实现中, 压力传感器和进气节流阀可以被电耦合到电子控制模块 680, 该电子控制模块 680 基于从传感器所接收的压力读数控制进气节流阀的位置。

[0054] 根据在图 7 中所示出的另一个实施方式, 内燃发动机系统 700 包括类似于图 6 中的发动机系统 600 的特征和部件的特征和部件, 用相似的数字和名称指代相似的元件。例如, 像排气系统 620 一样, 发动机系统 700 的排气系统 720 包括带有三元催化器 770 的主废气管路 722、以及与主废气管路连通以接收废气的 LP EGR 管路 724、废气孔 790 和独立操作的进气节流阀 792。然而, 代替位于三元催化器 770 的下游的 LP EGR 管路 764, 将 LP EGR 管路 764 设置在带有单独的 NO_x 催化器 764 的三元催化器的上游, 该单独的 NO_x 催化器位于 LP EGR 管路内部, 且类似于图 2 中的 NO_x 催化器 264。

[0055] 本公开的主题可以以其它具体形式体现, 在不违背它的精神或本质特征。所描述的实施方式的所有方面被仅仅认为是说明性的而不是限定性的。因此, 本发明的范围由所附属的权利要求而非前面的描述表明。所有在权利要求的等效范围和含义之内的改变都是可接受的。

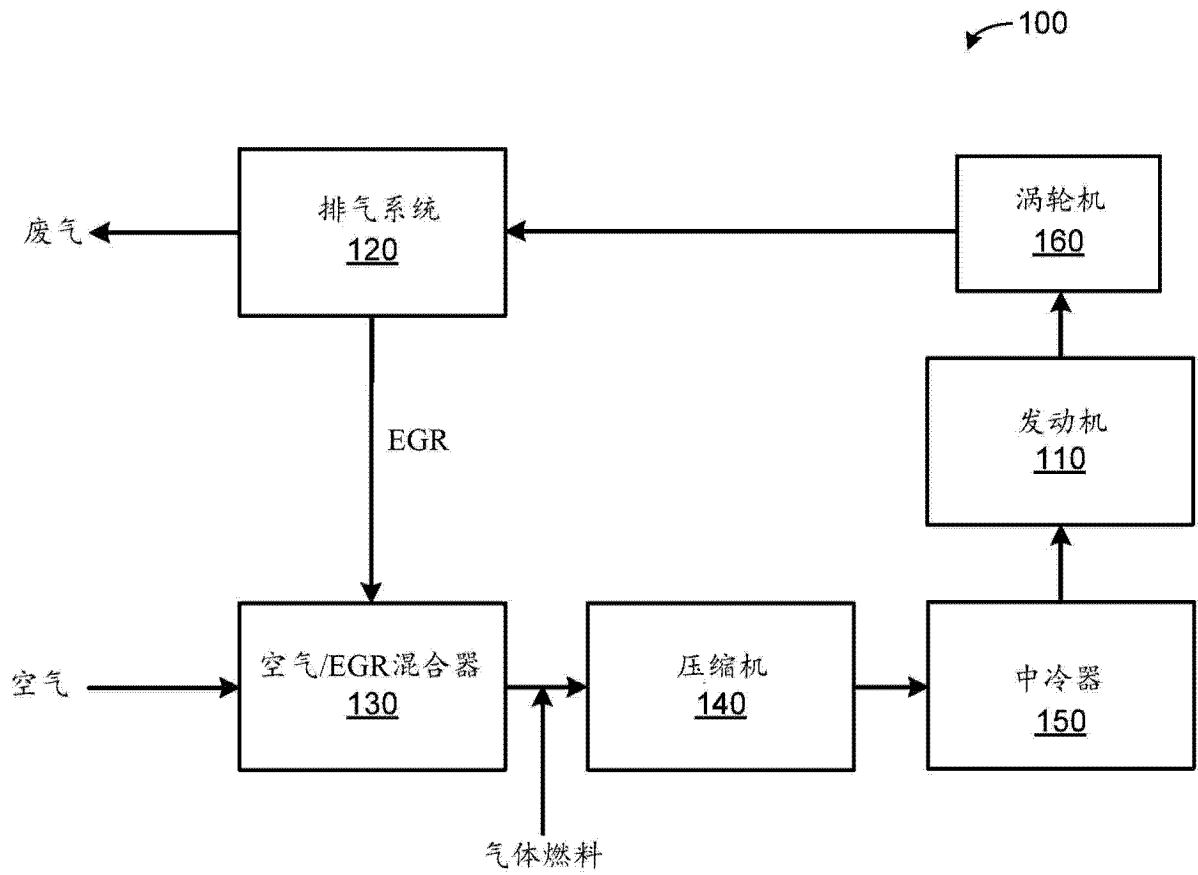


图 1

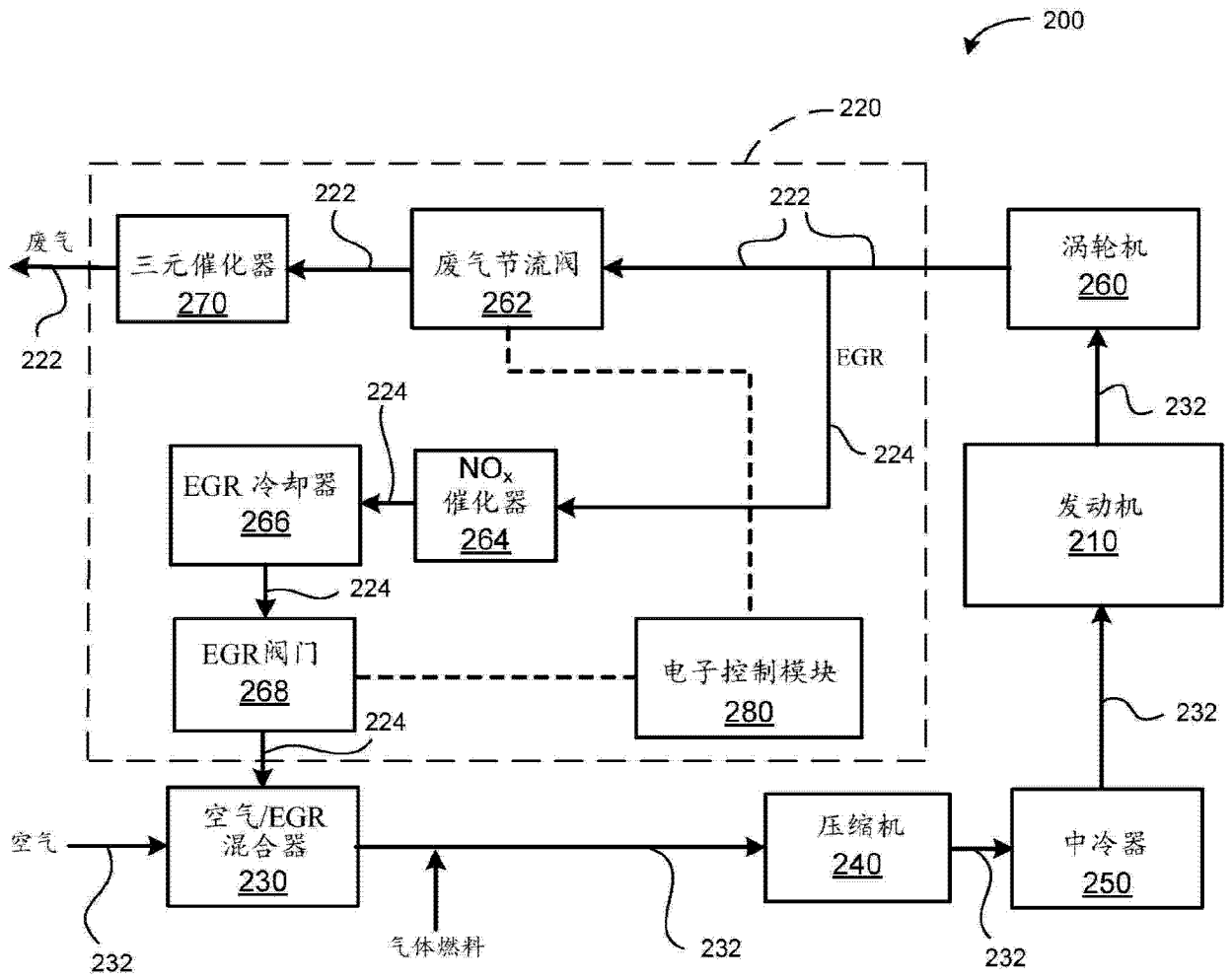


图 2

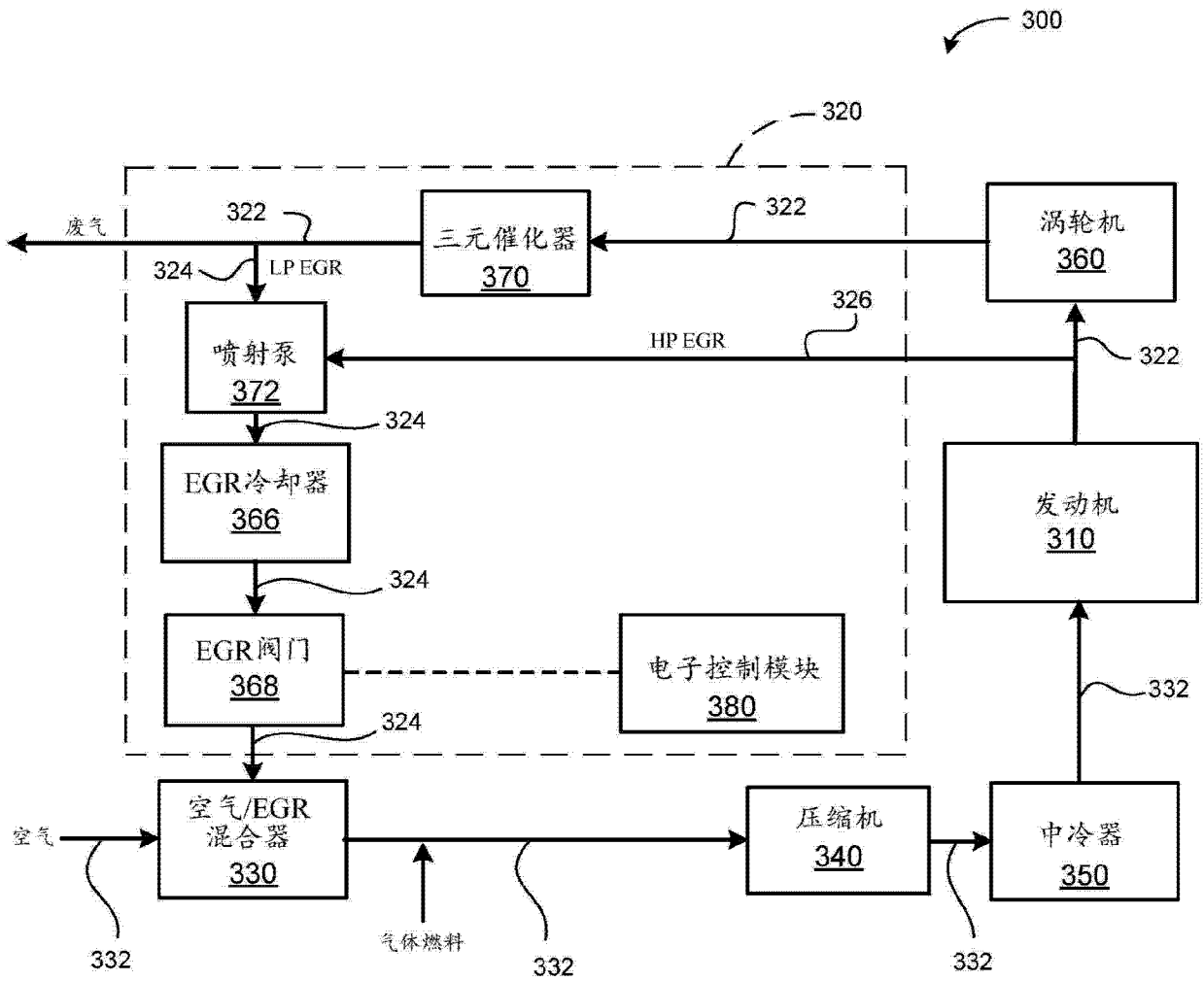


图 3

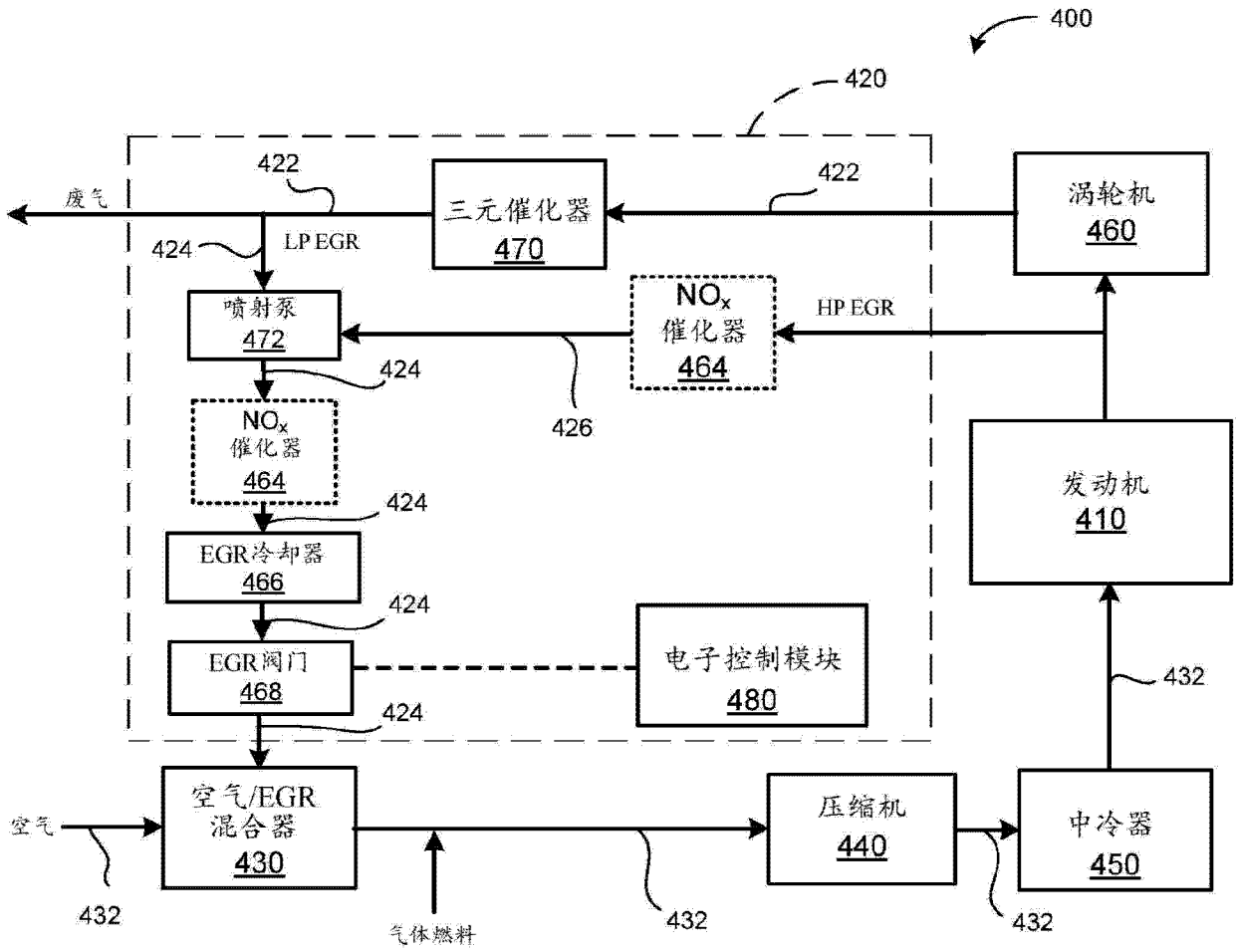


图 4

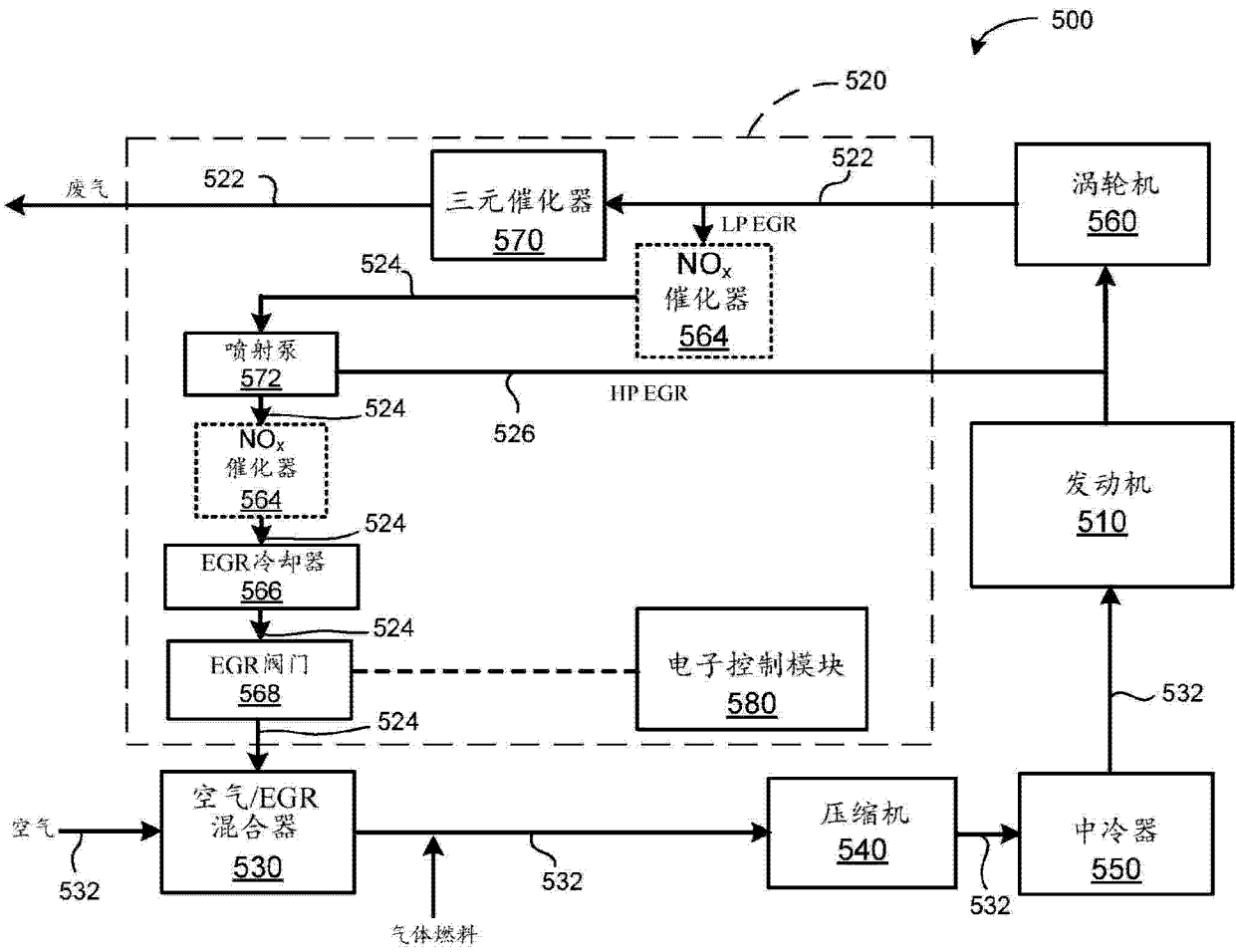


图 5

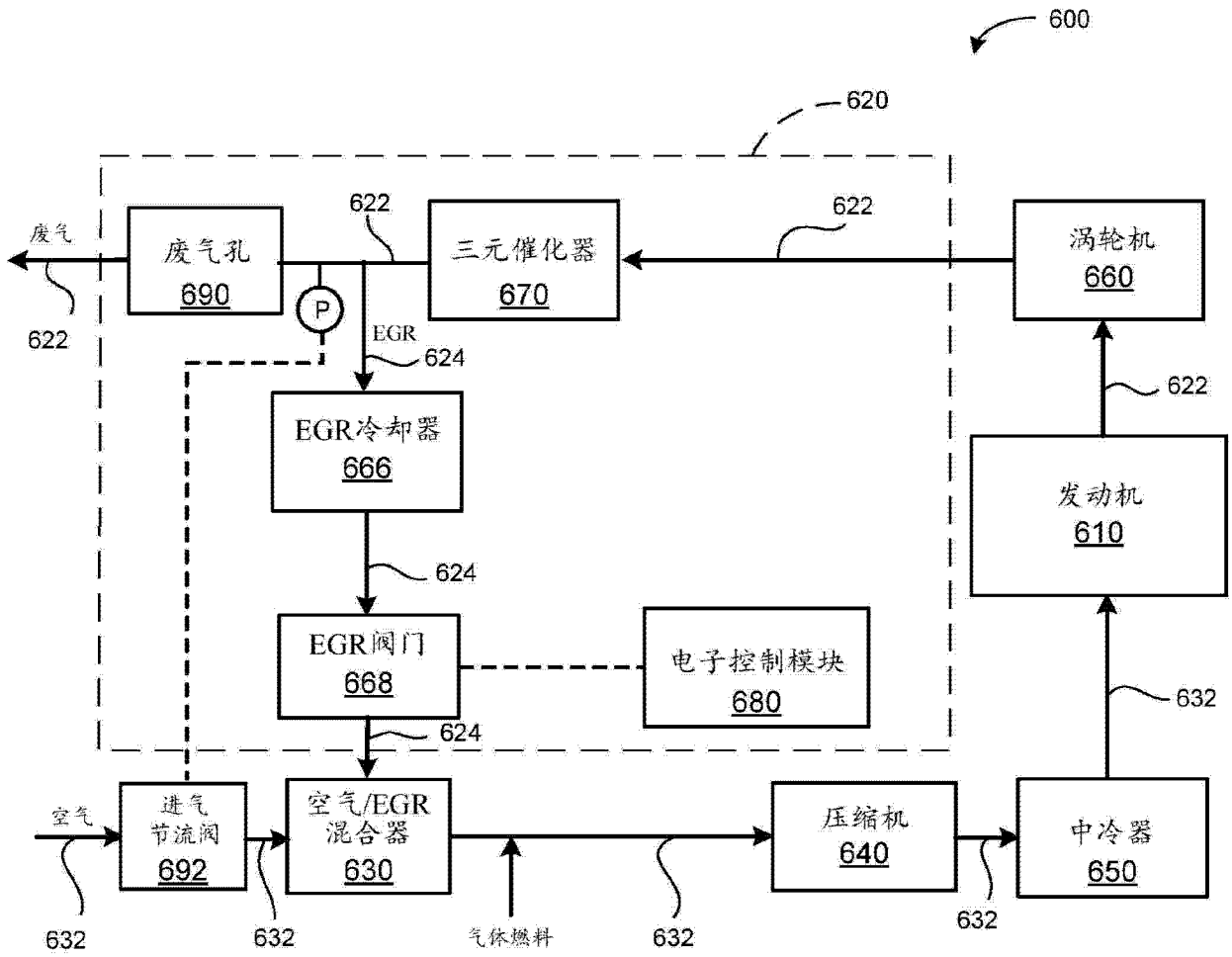


图 6

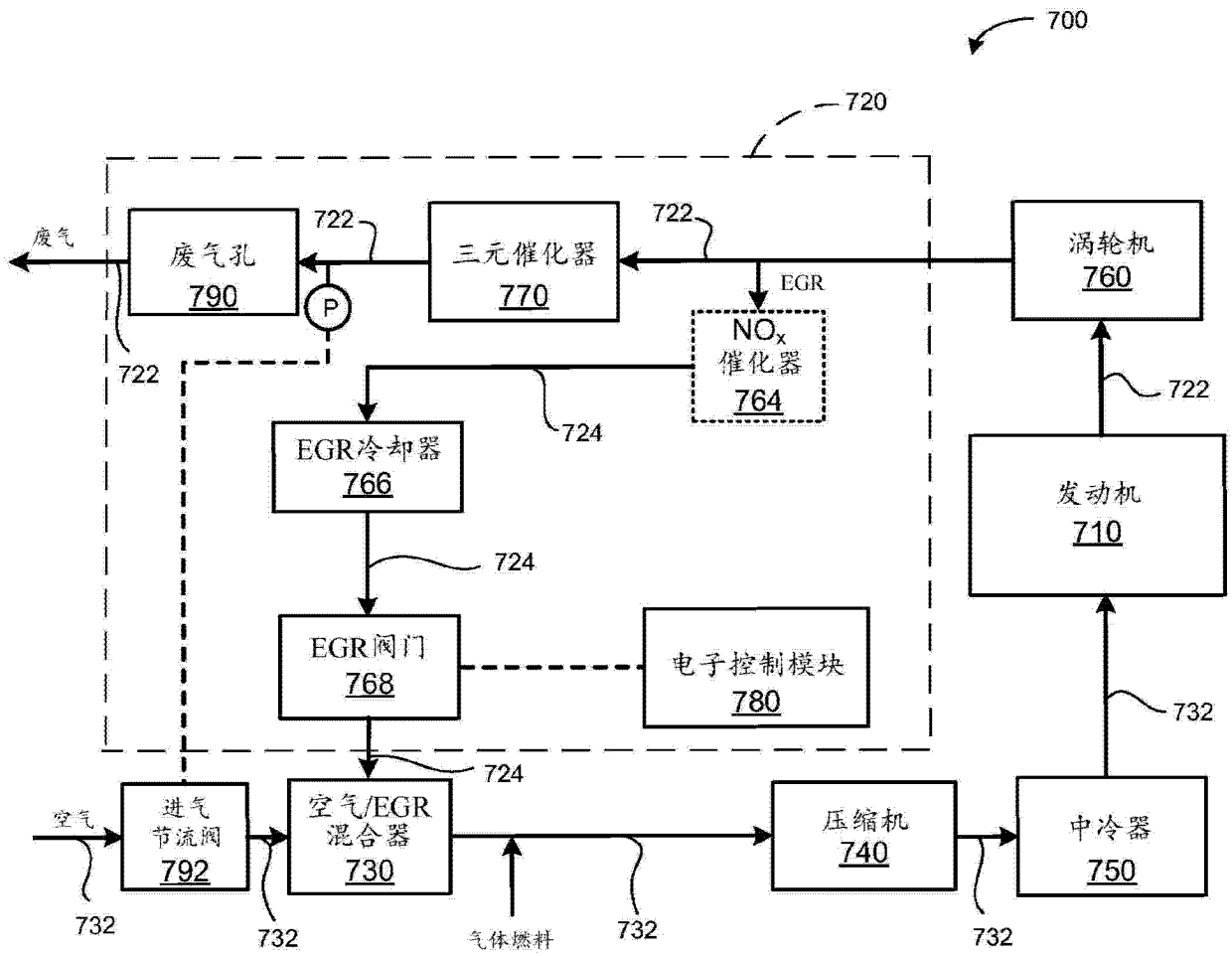


图 7