



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98102138.7

[43]公开日 1998年11月18日

[11] 公开号 CN 1199133A

[22]申请日 98.5.13

[30]优先权

[32]97.5.13 [33]JP[31]137484 / 97

[32]97.6.20 [33]JP[31]179124 / 97

[71]申请人 株式会社五十铃硅酸盐研究所

地址 日本神奈川县

[72]发明人 河村英男

[74]专利代理机构 隆天国际专利商标代理有限公司

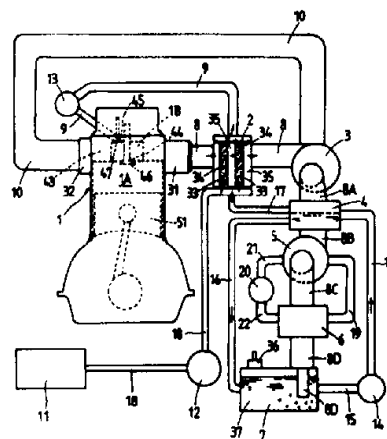
代理人 潘培坤 左明坤

权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 备有气体燃料改质装置的燃气发动机

[57]摘要

本发明提供的备有气体燃料改质装置的燃气发动机，由燃料箱、触媒反应器、气体燃料供给装置、CO₂供给装置和改质燃料供给装置构成。该燃气发动机，将CO₂与CH₄混合，将该混合气送入配置在排气通路上的触媒反应器，用废气的热能使其热分解而变换为改质燃料。CO₂由CO₂供给装置从废气中俘获并送入触媒反应器。该发动机把天然气的主成分CH₄热分解成为改质燃料，提高发热量，减少废气中CO₂的含量，并抑制NO_x的产生。





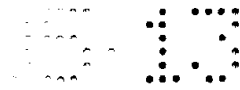
权 利 要 求 书

1. 备有气体燃料改质装置的燃气发动机, 其特征在于, 由燃料箱、触媒反应器、气体燃料供给装置、 CO_2 供给装置和改质燃料供给装置
5 构成; 燃料箱收容以 CH_4 为主成分的天然气燃料; 触媒反应器配置在排出燃烧室内废气的排气通路上, 利用排气热能将 CH_4 和 CO_2 的混合气体热分解而变换为由 CO 和 H_2 构成的改质燃料; 气体燃料供给装置将天然气燃料从燃料箱供给触媒反应器; CO_2 供给装置把从废气中分离出的 CO_2 送入触媒反应器; 改质燃料供给装置将改质燃料供给
10 燃烧室。

2. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 供给装置由 CO_2 溶解装置、 CO_2 送出装置和循环泵构成; CO_2 溶解装置收容溶解冷却了的低温废气中的 CO_2 的溶液; CO_2 送出装置配置在从燃烧室排出的高温废气流过的排气通路上, 该 CO_2 送出装置
15 利用高温废气对在 CO_2 溶解装置溶解了 CO_2 的溶液加热, 并收容使 CO_2 放出的溶液, 同时将放出的 CO_2 送入触媒反应器; 循环泵使上述溶液在 CO_2 溶解装置与 CO_2 送出装置之间循环。

3. 如权利要求 2 所述的燃气发动机, 其特征在于, 吸收上述 CO_2 溶解装置中废气中的 CO_2 的溶剂是 β -氨基乙醇, 放出 CO_2 送出装置中的 CO_2 的溶液是 β -羟乙基氨。
20

4. 如权利要求 2 所述的燃气发动机, 其特征在于, 溶解上述 CO_2 溶解装置中的 CO_2 的溶剂是二乙醇胺。



5. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 溶解装置, 使废气中的 CO_2 溶解在溶剂中成为溶液, 把废气中的 N_2 、 H_2O 排放到大气中。

6. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 供给装置, 用配置在低温废气流过的排气通路上的 CO_2 分离膜分离废气中的 CO_2 , 并把从废气中分离出的 CO_2 供给触媒反应器。

7. 如权利要求 6 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 供给装置中的 CO_2 分离膜, 由聚四氟乙烯膜构成。

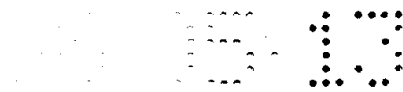
8. 如权利要求 6 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 供给装置中的 CO_2 分离膜, 由结合了乙二胺、提高 CO_2 俘获的聚四氟乙烯膜构成。

9. 如权利要求 6 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述 CO_2 分离膜是由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜。

10. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述触媒反应器中用的触媒是 Ni 或 Pt 。

11. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 上述触媒反应器由配置在排气通路上的热交换器构成, 上述热交换器由废气流过的排气通路和收容着多孔质部件的气体燃料通路构成, 该多孔质部件表面被触媒覆盖, 该触媒配入排气通路的隔壁的内侧。

12. 如权利要求 1 所述的燃气发动机, 其特征在于, 在触媒反应器尾气气流的排气通路上, 设有涡轮增压器, 在该涡轮增压器尾气气流的排气通路上, 设有能量回收涡轮, 在该能量回收涡轮尾气气流的排气通路上, 设有产生蒸气的热交换器。



1 3. 如权利要求 1 所述的燃气发动机，其特征在于，上述燃烧室由陶瓷部件做成隔热构造。

1 4. 备有天然气改质装置的燃气发动机，其特征在于，由燃料箱、触媒反应器、改质燃料供给装置、涡轮增压器、第 1 级热交换器、汽轮机、冷凝器、第 2 级热交换器和 CO_2 供给装置构成；燃料箱内收容以 CH_4 为主成分的天然气燃料；触媒反应器配置在排气通路上，用从燃烧室排出的废气对从燃料箱供给的 CH_4 进行热分解而将其变换为改质燃料；改质燃料供给装置将上述改质燃料供给燃烧室；涡轮增压器设在触媒反应器尾气气流的排气通路上；第 1 级热交换器设在涡轮增压器尾气气流的排气通路上；汽轮机被第 1 级热交换器产生的蒸气驱动；冷凝器将汽轮机排出的水蒸气变换为水；第 2 级热交换器设在第 1 级热交换器尾气气流的排气通路上，把从冷凝器送出的水变换为蒸气，将该蒸气供给第 1 级热交换器； CO_2 供给装置用设在第 2 级热交换器尾气气流的排气通路上的 CO_2 分离膜从废气中分离 CO_2 ，并将该 CO_2 供给触媒反应器。

1 5. 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述 CO_2 分离膜是由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜。

1 6. 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述触媒反应器用 Ni 或 Pt 作为触媒，使 CH_4 和 CO_2 反应，热分解为 CO 和 H_2 。

1 7. 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述触媒反应器是具热交换作用的触媒装置，由废气流过的排气通路和气体燃料通路构成，该气体燃料通路内收容着表面被触媒覆盖着的多孔质部件，触媒配入排气通路的隔壁的内侧。



1 8 . 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述第 1 级热交换器由蒸气通路和排气通路构成；蒸气通路内配置着多孔质陶瓷部件，被配置在第 2 箱体内的第 2 级热交换器加热了的蒸气流过该多孔质陶瓷部件；排气通路配置在蒸气通路周围且配置着多孔质陶瓷部件，
5 供上述废气流过。

1 9 . 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述第 2 级热交换器由能储留水的水—蒸气通路和排气通路构成；水—蒸气通路配置在与第 1 箱体相邻的第 2 箱体内，配置着供蒸气流过的多孔质陶瓷部件；排气通路配置在上述水—蒸气通路周围，配置着供第 1 级热交换
10 器出来的废气流过的多孔质陶瓷部件。

2 0 . 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，在第 1 级热交换器上游侧的排气通路上，设有燃料喷咀，该燃料喷咀喷射来自触媒反应器的改质燃料的一部分。

2 1 . 如权利要求 1 4 所述的燃气发动机，其特征在于，上述燃烧
15 室用陶瓷部件做成为隔热构造。

说明书

备有气体燃料改质装置的燃气发动机

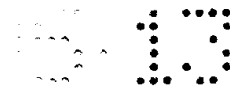
5 本发明涉及备有气体燃料改质装置的燃气发动机，所说的气体燃料改质装置利用排出气体的热能对天然气等气体燃料改质，以提高热效率。

现有技术中，以天然气为主燃料的燃气发动机，作为废气发电系统被迅速开发。废气发电系统是用发电机将动力作为电能输出，在热交换
10 器中利用排出气体所具有的热加热水，制成热水供使用。

以天然气为燃料的发动机，例如有日本特开平 6-108865 号公报、特开平 6-101495 号公报所揭示的形式。

特开平 6-108865 号公报揭示的废气发电型燃气发动机，使排气通过涡轮增压器、能量回收装置和蒸气发生装置，降低排出气体温
15 度，将低温的排出气体供 EGR 使用，减少 NO_x 。用隔热型燃气发动机的排出气体驱动涡轮增压器，由该涡轮增压器的排出气体驱动备有发动机的能量回收装置。该废气发电型燃气发动机，把能量回收装置的排出气体送入热交换器的蒸气发生装置，由该蒸气发生装置把水变换为蒸气，由该蒸气驱动汽轮机，作为电能回收。

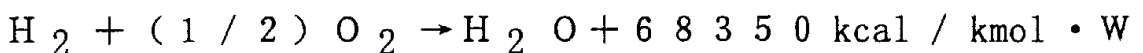
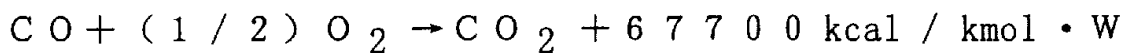
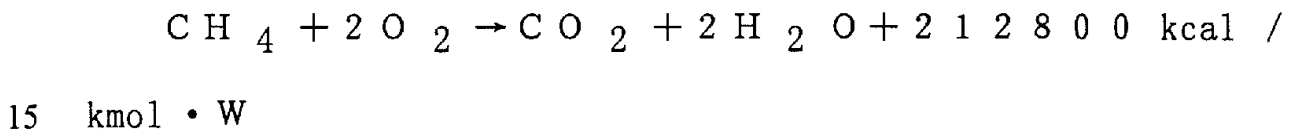
20 特开平 6-101495 号公报揭示的多气缸燃气发动机，把各个点火顺序不连续的气缸分为 2 个气缸一组，在各组设置涡轮增压器，第 1 气缸和第 4 气缸与一方的排气歧管连接，第 2 气缸和第 3 气缸与另一方排气歧管连接。两排气歧管上设有喷射水的喷水咀。从喷水咀向排气歧管喷射的水，在排气通路蒸发而转化为蒸气，使气体流量增大，驱动
25 涡轮增压器。



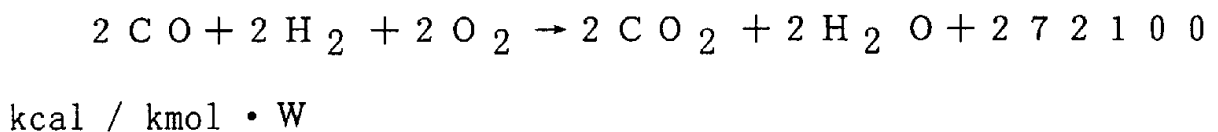
燃气发动机中，如果将燃烧室用陶瓷等材料做成为隔热构造，则空气的压缩温度上升到天然气的自己点火温度以上，所以，不需要点火装置。另外，除了设有导入空气的主室外，还设有导入燃料的副室，在主室与副室之间设置控制阀，可提供由柴油循环作动的高效率废气发电用
5 发动机。在把燃烧室做成为隔热构造时，燃气发动机的排出气体达到 8
5 0 °C 以上的高温。从高温的排出气体中回收热能，可提高发动机的热效率。

众所周知，天然气的主要成分是甲烷 CH_4 。燃料甲烷发热量大，在自然界存在有很多，所以，将来可期望作为代替石油的燃料。如果通
10 过触媒使甲烷热分解而改质，则甲烷成为一氧化碳 CO 和氢 H_2 ， CO 和 H_2 的发热量比 CH_4 的发热量大，用于发动机时，可提高热效率，节省能源，并能抑制 CO_2 的排出。

甲烷 CH_4 、一氧化碳 CO 和氢 H_2 ，这些燃料的发热量如下：



但是，如果采用触媒并利用排气所具有的热能，将 CH_4 转化为改质燃料，则其发热量可增加。



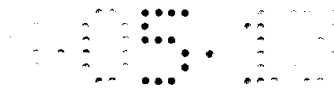
本发明的目的是为了解决上述课题，提供一种备有天然气改质装置

的燃气发动机，上述天然气改质装置能对天然气等气体燃料、特别是对 CH_4 进行改质，将 CO_2 混合到 CH_4 中，在触媒作用下，利用排出气体的热能，改质为 CO 和 H_2 ，提高热效率，将排出气体中的 CO_2 用于改质，减少 CO_2 的排出量，同时，减少 NO_x 的发生。

5 本发明的备有气体燃料改质装置的燃气发动机，由燃料箱、触媒反应器、气体燃料供给装置、 CO_2 供给装置和改质燃料供给装置构成。燃料箱收容以 CH_4 为主成分的天然气燃料。触媒反应器配置于排出燃烧室内的排出气体的排气通路上，用排出气体的热能对 CH_4 和 CO_2 的混合气进行热分解，将其变换为由 CO 和 H_2 构成的改质燃料。
 10 气体燃料供给装置将天然气燃料从燃料箱供给到触媒反应器。 CO_2 供给装置把从上述排出气体中分离的 CO_2 送入触媒反应器。改质燃料供给装置向燃烧室供给改质燃料。

上述 CO_2 供给装置由 CO_2 溶解装置、 CO_2 送出装置和循环泵构成； CO_2 溶解装置收容溶解冷却了的低温排出气体中的 CO_2 的溶液； CO_2 送出装置配置在从燃烧室排出的高温排出气体流过的
 15 排气通路上，该 CO_2 送出装置利用高温排出气体对在 CO_2 溶解装置溶解了 CO_2 的溶液加热，并收容使 CO_2 放出的溶液，同时将放出的 CO_2 送入触媒反应器；循环泵使上述溶液在 CO_2 溶解装置与 CO_2 送出装置之间循环。

20 吸收上述 CO_2 溶解装置的排出气体中的 CO_2 的溶剂是 β -氨基乙醇，放出 CO_2 送出装置中的 CO_2 的溶液是 β -羟乙基氨。或者，溶解 CO_2 的溶剂也可以采用二乙醇胺。



上述 CO_2 溶解装置，使排气中的 CO_2 溶解到溶剂中成为溶液，把排出气体中的 N_2 、 H_2O 气体（ 100°C 以上的水蒸气）排放到大气中。因此，只将排出气体中的 N_2 、 H_2O 排放到大气中，排出气体极为清洁，可减少对大气的污染，有利于环境。另外，燃料中含有大量的 CO_2 ，可抑制 NO_x 的产生。

或者，上述 CO_2 供给装置，用配置在低温排出气体流过的排气通路上的 CO_2 分离膜，把从排出气体中分离出的 CO_2 供给触媒反应器。上述 CO_2 分离膜，由聚四氟化乙烯膜构成，或者，由结合了乙二胺、提高 CO_2 的俘获的聚四氟化乙烯膜构成。或者，上述 CO_2 分离膜是由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜。

上述触媒反应器用的触媒是 Ni 或 Pt ，使 CH_4 和 CO_2 反应，热分解成 CO 和 H_2 。上述触媒反应器由配置在排气通路上的热交换器构成，上述热交换器由排出气体流过的排气通路和收容着多孔质部件的气体燃料通路构成，该多孔质部件表面被触媒复盖，该触媒配入排气通路的隔壁的内侧。

该燃气发动机中，在触媒反应器尾气气流的排气通路上，设有涡轮增压器，在该涡轮增压器尾气气流的排气通路上，设有以尾气气体和 / 或水蒸气作为驱动源的能量回收涡轮，在该能量回收涡轮尾气气流的排气通路上，设有产生蒸气的热交换器。

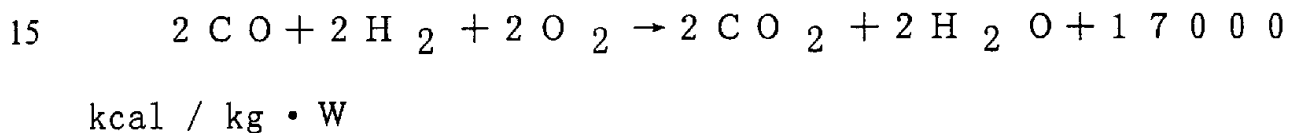
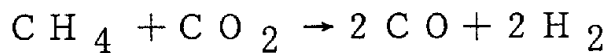
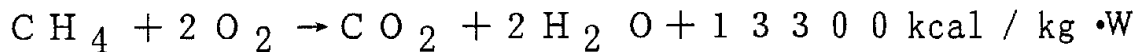
从燃烧室排出的排出气体温度，在触媒反应器中是 $900^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ 左右，被涡轮增压器回收后，约降低 150°C ，接着，被能量回收涡轮回收，又降低约 200°C 左右，最后被热交换器回收，再降低 350°C 左右。因此，吹入 CO_2 溶解装置的排气温度，可降至 100°C

左右。在 CO_2 溶解装置中， β -氨基乙醇能使 CO_2 良好地溶解。

上述燃烧室由陶瓷部件做成隔热构造。用陶瓷部件制作燃烧室的壁面，在其外侧形成隔热层，将燃烧室做成隔热构造。该燃气发动机中，从燃烧室排出的排出气体是约 900°C 的高温排气，将该高温排出气体从燃烧室排出到排气通路，这样， CH_4 和 CO_2 的混合气体在触媒作用下热分解，变换为 CO 和 H_2 ，可提高热效率。

该燃气发动机中，如上所述，将 CO_2 与天然气的主成分 CH_4 混合，借助于触媒，用排出气体的热能使其热分解，转化为改质燃料 CO 和 H_2 ，所以， $272100 / 212800 = 2.8$ ，能将发热量提高 3 成，由此提高热效率。

将天然气转化为改质燃料时的发热量换算为每 $1 \text{ kg} \cdot \text{W}$ 时，如下式：



甲烷气体 (CH_4)，在镍 (Ni) 或铂 (Pt) 等触媒作用下，利用排出气体的热能与二氧化碳 (CO_2) 反应，热分解成为一氧化碳 (CO) 和氢 (H_2)。在上述分解反应中，利用废气的热能可进行热分解，得到发热量大的燃料 CO 和 H_2 。即，上述分解反应，是将甲烷气体通过 Ni 或 Pt 等触媒，加热至约 800°C 以上时产生热分解的反应。二氧化碳分解为一氧化碳，甲烷分解为 CO 和 H_2 。

该燃气发动机，如上所述，将天然气的主成分 CH_4 与废气中含



有的 CO_2 混合，将该混合气体通过触媒，利用废气的热能变成 800°C 以上的高温并热分解，将 CH_4 变换为 CO 和 H_2 ，提高发热量。从燃气发动机排放到大气中的排气，由于去除了 CO_2 ，成为 N_2 和 H_2O 气体，所以，不污染大气，有利于环境。

5 废气的热能用于 CH_4 的热分解后，由设在排气通路上的涡轮增压器、能量回收涡轮和热交换器回收。即，燃气发动机中，用废气的热能驱动涡轮增压器，该涡轮增压器的涡轮排出的废气驱动备有发电机的能量回收涡轮，该能量回收涡轮排出的废气的热能由热交换器产生蒸气，该蒸气驱动能量回收涡轮的汽轮机，由发电机作为电力回收。

10 该燃气发动机，与现有的以天然气为燃料的燃气发动机相比，在理论上可提高热效率 28% ，设采用天然气的燃气发动机的热效率为 42% ，则可提高热效率 54% 。另外，该燃气发动机，在排气通路上设有由废气能量驱动的涡轮增压器和能量回收涡轮，可确保约 62% 的热效率。与现有的燃气发动机相比，可大幅度提高热效率。

15 或者，本发明的备有天然气改质装置的燃气发动机，由燃料箱、触媒反应器、改质燃料供给装置、涡轮增压器、第 1 级热交换器、汽轮机、冷凝器、第 2 级热交换器和 CO_2 供给装置构成；燃料箱内收容以 CH_4 为主成分的天然气燃料；触媒反应器配置在排气通路上，用从燃烧室排出的废气对从燃料箱供给的 CH_4 进行热分解而将其变换为改
20 质燃料；改质燃料供给装置将上述改质燃料供给燃烧室；涡轮增压器设在触媒反应器尾气气流的排气通路上；第 1 级热交换器设在涡轮增压器尾气气流的排气通路上；汽轮机被第 1 级热交换器产生的蒸气驱动；冷凝器将汽轮机排出的水蒸气变换为水；第 2 级热交换器设在第 1 级热交换器尾气气流的排气通路上，把从冷凝器送出的水变换为蒸气，将该蒸

气供给第1级热交换器； CO_2 供给装置用设在第2级热交换器尾气气流的排气通路上的 CO_2 分离膜从排气中分离 CO_2 ，并将该 CO_2 供给触媒反应器。

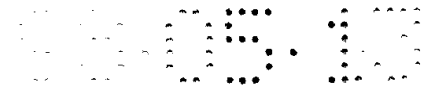
上述 CO_2 分离膜是由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜。上述 CO_2 分离膜由在陶瓷部件上形成细小孔的、耐热性好的多孔体膜构成。例如，利用 CO_2 的分子直径小于 N_2 、 O_2 分子直径这一特性，利用分子筛分效果，可从废气中分离 CO_2 ，由于使用温度高达 350°C ，所以可有效地适用于本发明。上述 CO_2 分离膜，在 300°C 的温度时最活性化，能良好地从废气中分离 CO_2 。

未参与 CH_4 的热分解的 CO_2 ，与改质燃料一起供给燃烧室。在燃烧室中，由于 CH_4 、 CO 、 H_2 、 CO_2 的混合气被导入燃烧室的副室，所以，控制阀开放后，副室的混合气与燃烧室主室的压缩空气混合而燃烧时，由于 CO_2 的存在而抑制 NO_x 的产生，可将 NO_x 的产生抑制在 100 ppm 以下。

上述第1级热交换器由蒸气通路和排气通路构成；蒸气通路内配置着多孔质陶瓷部件，被配置在第1箱体内部的第2级热交换器加热了的蒸气流过该多孔质陶瓷部件；排气通路配置在蒸气通路内且配置着多孔质陶瓷部件，供上述废气流过。

上述第2级热交换器由能储留水的水—蒸气通路和排气通路构成；水—蒸气通路配置在与第1箱体相邻的第2箱体内，配置着供蒸气流过的多孔质陶瓷部件；排气通路配置在上述水—蒸气通路周围，配置着供第1级热交换器出来的废气流过的多孔质陶瓷部件。

在第1级热交换器上游侧的排气通路上，设有燃料喷嘴，该燃料喷



咀喷射来自触媒反应器的改质燃料。

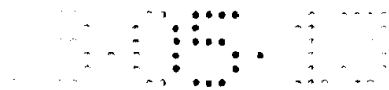
在第 1 级热交换器上游侧的排气通路上，由于设有喷射来自触媒反应器的改质燃料之一部分的燃料喷咀，所以，从该燃料喷咀喷射的少量燃料被排气中含有的 O_2 燃烧、发热并送入第 1 级热交换器，所以，排气的热函增加，可提高汽轮机的效率。

从隔热构造的燃烧室排出的废气的温度，例如，在触媒反应器中是 $900^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ ，足够使 CH_4 热分解，接着，被涡轮增压器回收，降低 150°C 左右，再被第 1 级热交换器回收，又降低 200°C 左右，最后，被第 2 级热交换器回收，再降低约 200°C 。因此，向 CO_2 分离装置供给温度降至约 $350^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 的废气，在 CO_2 分离装置中，能良好地从废气中分离 CO_2 。

由第 1 级热交换器和第 2 级热交换器产生的高温蒸气，驱动汽轮机，所以，与现有由燃气轮机构成的能量回收装置相比，不必象汽轮机那样要提高第 1 级热交换器的入口压力。即，汽轮机入口压力的上升，在往复运动型发动机的排气冲程中会提高背压，而产生较大损失。

该燃气发动机，由于采用汽轮机，所以不提高背压，用废气能量产生高压蒸气，变换为电能，所以能提高热效率。汽轮机做成为径流式汽轮机时，与轴流式汽轮机相比，体积小，造价低。

该燃气发动机，将 CO_2 混合到天然气主成分 CH_4 中，在触媒作用下，用废气热能使其热分解，变换为改质燃料 CO 和 H_2 ，所以，能将发热量提高 3.8 成，提高发动机的热效率。上述分解反应，是将 CH_4 和 CO_2 的混合气通过 Ni 或 Pt 等的触媒，加热到约 800°C 以上时产生热分解的反应。 CO_2 分解成为一氧化碳， CH_4 分解为 CO 和 H_2 。另外，由于将燃烧室做成隔热构造，从燃烧室出来的



排气为高温状态，排气温度为 800°C 以上，可以使上述热分解反应顺利进行。

该燃气发动机，设用柴油机循环的燃气发动机的热效率为 42% 时，由备有发电机的涡轮增压器将热效率约提高 8% ，汽轮机的热效率约提高 5% ，将 CH_4 热分解为 CO 和 H_2 产生的发热量为 1.38 倍，所以，设 CH_4 的热分解率为 50% ，则整个燃气发动机的热效率可望达到 65.5% 。

该燃气发动机，废气的热能用于 CH_4 的热分解后，由设在排气通路上的涡轮增压器、第 1 级热交换器和第 2 级热交换器回收。即，燃气发动机中，用废气的热能驱动涡轮增压器，从该涡轮增压器的涡轮排出的废气由第 1 级热交换器和第 2 级热交换器产生蒸气，由该蒸气驱动汽轮机，驱动该汽轮机后，由发电机作为电力输出。

图 1 是本发明的备有燃料改质装置的燃气发动机一实施例的说明图；

15 图 2 是组装入图 1 所示燃气发动机中的涡轮增压器的说明图；

图 3 是组装入图 1 所示燃气发动机中的能量回收涡轮的说明图；

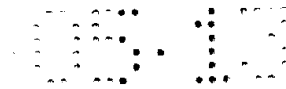
图 4 是本发明的备有燃料改质装置的燃气发动机另一实施例的说明图；

20 图 5 是本发明的备有燃料改质装置的燃气发动机又一实施例的说明图；

图 6 是组装入图 5 所示燃气发动机中的汽轮机的说明图。

下面，参照附图说明本发明的备有气体燃料改质装置的燃气发动机的各实施例。

先参照图 1 说明本发明的备有气体燃料改质装置的燃气发动机的

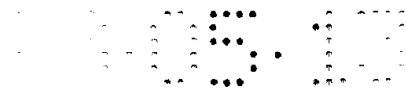


第 1 实施例。

第 1 实施例是使用天然气等气体燃料的燃气发动机 1，例如，是适用于废气发电系统的单气缸或多气缸的副室式燃气发动机。燃烧室由主室 1 A 和副室 1 B 构成，主室 1 A 形成于气缸内，副室 1 B 形成在气缸盖 4 3 上，通过连通口 4 6 与主室 1 A 连通。气体燃料被改质后的改质燃料供给到副室 1 B，该副室 1 B 通过控制阀 4 4 开放连通口 4 6 而与主室 1 A 连通。在该燃气发动机中，设在副室 1 B 上的燃料阀 4 5 开放燃料供给口 4 7 时，从改质燃料供给路 9 向副室 1 B 供给改质燃料。接着，由控制阀 4 4 开放连通口 4 6，从主室 1 A 吹入副室 1 B 的空气与改质燃料混合，混合气在副室 1 B 点火燃烧，火焰、未燃烧混合气等气体从副室 1 B 向主室 1 A 喷出，完成二次燃烧，由燃烧气体推下活塞 5 1，驱动燃气发动机 1。

燃气发动机 1 备有涡轮增压器 3、CO₂ 送出装置 4、能量回收涡轮 5、热交换器 6、汽轮机 2 7 和 CO₂ 溶解装置 7。涡轮增压器 3 由从主室 1 A 通过排气通路 8 排出的废气的热能驱动。CO₂ 送出装置 4 构成设在涡轮增压器 3 尾气气流的排气通路 8 A 上的 CO₂ 供给装置。能量回收涡轮 5 备有由从涡轮增压器 3 的涡轮 2 3 排出的废气热能驱动的涡轮 2 8，以废气和水蒸气作为驱动源。热交换器 6 用能量回收涡轮 5 的涡轮 2 8 的废气热能产生高温蒸气。汽轮机 2 7 设在由热交换器 6 的蒸气驱动的能量回收涡轮 5 内。CO₂ 溶解装置 7 构成可将能量回收涡轮 5 的废气吹入的 CO₂ 供给装置。

燃气发动机 1，备有燃料箱 1 1、触媒反应器 2、天然气供给泵 1 2、CO₂ 供给装置和加压燃料泵 1 3。燃料箱 1 1 内收容以 CH₄ 为主成分的天然气燃料。触媒反应器 2 配置在排出主室 1 A 的废气的排气



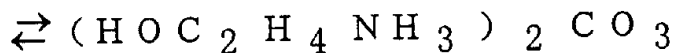
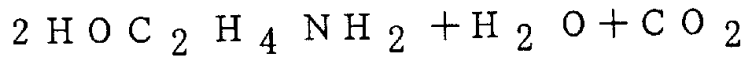
5 通路 8 上，利用废气的热能对 CH_4 和 CO_2 的混合气进行热分解，
变换为由 CO 和 H_2 构成的改质燃料。天然气供给泵 1 2 作为气体燃
料供给装置，把天然气燃料从燃料箱 1 1 供给到触媒反应器 2 中。 CO_2
供给装置分离废气中含有的 CO_2 并将其送入触媒反应器 2。加压燃
料泵 1 3 是改质燃料供给装置，向主室 1 A 供给改质燃料。

燃气发动机 1 是多气缸发动机，为了排出主室 1 A 的废气，备有向
排气歧管 3 1 和主室 1 A 供给吸入气体的吸气歧管 3 2。从吸气通路 1
0 吸入的空气通过吸气歧管 3 2 供给到各气缸的主室 1 A，各主室 1 A
的废气由排气歧管 3 1 集合并向排气通路 8 排出。把供给主室 1 A 的天
10 然气改质了的改质燃料，借助加压燃料泵 1 3，并通过改质燃料供给路
9 供给到各主室 1 A。

CO_2 供给装置由 CO_2 溶解装置 7、 CO_2 送出装置 4 和循环
泵 1 4 构成。 CO_2 溶解装置 7 收容着溶液，该溶液用于溶解排气通
路 8 D 排出的低温废气中的 CO_2 。 CO_2 送出装置 4 配置于高温废
15 气流过的排气通路 8 A 中，用高温废气对在 CO_2 溶解装置 7 溶解了
 CO_2 的溶液加热，收容使 CO_2 放出的溶液，同时，将放出的 CO_2
送入触媒反应器 2。循环泵 1 4 使溶液在 CO_2 溶解装置 7 与 CO_2
送出装置 4 之间循环。

溶解配置在废气低温区域的 CO_2 溶解装置 7 中的 CO_2 的溶
20 剂，是 β -氨基乙醇 ($2\text{HOC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$)，放出配置在废气高
温区的 CO_2 送出装置 4 中的 CO_2 的溶液，是碳酸 β -羟乙基氨
($(\text{HOC}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{CO}_3$)。

CO_2 供给装置中的化学反应式如下：

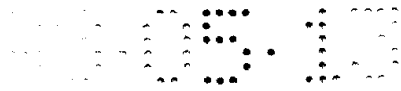


上面的化学反应式中，反应时，在低温吸收 CO_2 ，进入右侧（ β -氨基乙醇），在高温放出 CO_2 ，进入左侧（碳酸 β -羟乙基氨）。

5 β -氨基乙醇（溶剂）在低温吸收 CO_2 而成为碳酸 β -羟乙基氨（溶液）。该溶液由循环泵 1 4 将其送入 CO_2 送出装置 4，成为高温而从溶液中放出 CO_2 ，放出了 CO_2 后的溶液，即 β -氨基乙醇和 H_2O ，再回收到 CO_2 溶解装置 7。

CO_2 送出装置 4 是一种气相-液相热交换器，在溶液中配置有
10 排气通路，该溶液中收容有加热时放出 CO_2 的溶剂。 CO_2 送出装置 4 内的排气通路中流过排出的废气，这样，溶液被加热成高温而放出 CO_2 。放出的 CO_2 通过 CO_2 供给路 1 7 送入触媒反应器 2。另外，放出了 CO_2 的溶剂，通过溶剂回收通路 1 6 一边被冷却一边回收到 CO_2 溶解装置 7。

15 CO_2 溶解装置 7，使排气中的 CO_2 溶解到溶剂中而成为溶液 3 7，将废气中的 N_2 和 H_2O （ 100°C 以上的水蒸气）通过排气口 3 6 排放到大气中。在进入 CO_2 溶解装置 7 内的溶液 3 7 中，通过排气通路 8D 的开口，把废气吹入溶液 3 7。废气被吹入溶液 3 7 后， CO_2 溶解到溶剂中， N_2 和 H_2O 气体不溶解于溶剂，从排气口 3
20 6 排放到大气中。因此，该燃气发动机排放到大气中的废气，几乎不含有 CO_2 ，不污染大气。另外，溶解了 CO_2 的溶液 3 7，由循环泵 1 4 通过含 CO_2 的溶液供给路 1 5 送入 CO_2 送出装置 4。



在触媒反应器 2 中，触媒是采用 Ni 或 Pt。触媒反应器 2 配置在排气歧管 3 1 的集合部，从主室 1 A 排出的废气变成约为 9 0 0 °C 这样的 8 0 0 °C 以上的高温状态。触媒反应器 2 内，在废气流过的排气通路 3 5 中，配置着气体燃料通路 3 3，该气体燃料通路 3 3 内充填着供气 5 体燃料流过的 Ni 或 Pt 触媒 3 4，构成一种气相—气相热交换器。触媒反应器 2 由配置在排气通路 8 上的热交换器构成，热交换器由气体燃料通路 3 3 构成，该气体燃料通路 3 3 收容着表面被触媒 3 4 覆盖的多孔质部件，该触媒 34 配入废气流过的通路间的隔壁内侧。

从主室 1 A 出来的高温废气流过触媒反应器 2 的排气通路 3 5 10 时，充填着 Ni 或 Pt 触媒 3 4 的气体燃料通路 3 3 被加热。流过约成为 8 0 0 °C 以上高温气体燃料通路 3 3 的 CH_4 和 CO_2 的混合气体与触媒接触， CH_4 热分解成为 CO 和 H_2 ， CO_2 被热分解为 CO ，变换为 CO 和 H_2 的改质燃料。接着，从天然气被变换后的改质燃料由加压燃料泵 1 3 通过改质燃料供给路 9 从吸气歧管 3 2 供给各自气 15 缸的主室 1 A。

燃气发动机 1 的主室 1 A 是用陶瓷部件和隔热层做成为隔热构造，所以，从主室 1 A 通过排气歧管 3 1 排出的废气是约 9 0 0 °C ~ 8 0 0 °C 的高温气体。燃气发动机 1 中，在触媒反应器 2 利用废气的热能进行热分解后，将该热能由涡轮增压器 3、能量回收涡轮 5 和热交换器 20 6 回收。

燃气发动机 1 中，涡轮增压器 3 设在触媒反应器 2 尾气气流的排气通路 8 上。在涡轮增压器 3 的涡轮 2 3 的尾气气流的排气通路 8 A 上，配置着构成 CO_2 供给装置的 CO_2 送出装置 4。在 CO_2 送出装置 4 尾气气流的排气通路 8 B 上设有能量回收涡轮 5。能量回收涡轮的涡

轮 2 8 尾气气流的排气通路 8 C 上，设有用于产生蒸气的热交换器 6。

涡轮增压器 3 如图 2 所示，由被废气驱动的涡轮 2 3、通过轴 2 6 与涡轮 2 3 连接并被涡轮 2 3 驱动的压缩机 2 4、设在轴 2 6 上的发电—电动机 2 5 构成。压缩机 2 4 由涡轮 2 3 驱动，将空气加压而形成压缩空气，通过吸气通路 1 0 将该压缩空气从吸气歧管 3 2 供给各气缸的主室 1 A。发电—电动机 2 5 将涡轮 2 3 的旋转力作为电力输出，并回收废气能量。

能量回收涡轮 5 如图 3 所示，由被废气驱动的涡轮 2 8、被热交换器 6 产生的蒸气驱动的汽轮机 2 7 和设在轴 3 0 上的发电机 2 9 构成。因此，废气能量驱动涡轮 2 8，蒸气能量驱动汽轮机 2 7，它们的旋转力由发电机 2 9 作为电力回收。设在排气通路 8 C 上的热交换器 6，是气相—液相热交换器，借助废气能量产生高温蒸气，该高温蒸气通过蒸气通路 1 9 送入汽轮机 2 7，驱动汽轮机 2 7。驱动汽轮机 2 7 后的蒸气成为水与低温蒸气的流体，通过流体通路 2 1 放排到冷凝器 2 0 中，在冷凝器 2 0 内变成为高温水，通过水通路 2 2 再送入热交换器 6。通过热交换器 6 的废气，成为热能几乎全被回收的低温废气（1 0 0 °C 左右）后，被吹入 C O₂ 溶解装置 7 的溶液 3 7 内。

溶解 C O₂ 的溶解装置中的 C O₂ 的溶剂，除了上述的 β—氨基乙醇外，也可以用二乙醇胺。二乙醇胺（(H O C H₂ C H₂) N H）与 β—氨基乙醇同样地，具有在低温吸收 C O₂、在高温放出 C O₂ 的特性。采用二乙醇胺时也与上述同样地，在 C O₂ 送出装置 4 放出 C O₂ 并送入触媒反应器 2，在触媒反应器 2 中，在触媒的催化作用下，把天然气中的 C H₄ 和 C O₂ 的混合气热分解为 C O 和 H₂。废气被吹入有二乙醇胺溶剂的 C O₂ 溶解装置 7，借此废气在 C O₂ 溶解装

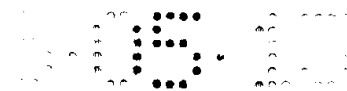
置 7 中，成为排除了 CO_2 的 N_2 和 H_2O 气体（100 以上的水蒸气）组成的极清洁的气体状态，排放到大气中。

下面，参照图 4 说明本发明备有气体燃料改质装置的燃气发动机的第 2 实施例。

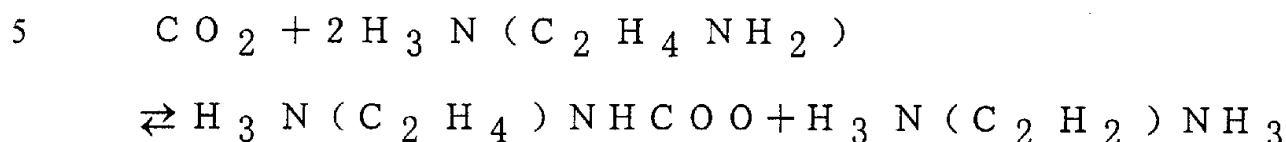
5 第 2 实施例与第 1 实施例相比，除了 CO_2 的输出系统不同外，其余构造基本相同。具有相同功能的部件，注以相同标记，其说明从略。

第 2 实施例的燃气发动机 1，与第 1 实施例相比，仅 CO_2 供给装置不同。 CO_2 供给装置由配置在低温废气流过的排气通路 8 D 上的、收容 CO_2 分离膜 4 0 的 CO_2 分离装置 3 8 构成。从排气通路
 10 8 D 送入 CO_2 分离装置 3 8 的废气，被 CO_2 分离膜 4 0 从废气中分离 CO_2 ，分离的 CO_2 借助 CO_2 供给泵 4 2，通过 CO_2 供给通路 1 7 供给到触媒反应器 2。安置在 CO_2 分离装置 3 8 内的 CO_2 分离膜 4 0，由聚四氟乙烯膜构成，或者是由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜。 CO_2 分离膜 4 0 是一种过滤膜，由该过
 15 滤膜构成过滤器，利用分子通过高分子材料的链间隙的作用，使分子直径大的 N_2 和 H_2O （水蒸气）不能通过，使分子直径小的 CO_2 通过，借助泵 4 2，将该 CO_2 通过 CO_2 供给通路 1 7 送入触媒反应器 2。

CO_2 分离装置 3 8 中，不能通过分离膜 4 0 的 N_2 和 H_2O 气
 20 体，从排气通路 8 E 排出到大气中。在排气通路 8 E 上设有压力调节阀 3 9，由压力调节阀 3 9 调节向大气中排放的废气压力， CO_2 分离装置 3 8 中的 CO_2 分离膜 4 0 对 CO_2 的俘获进行调节。

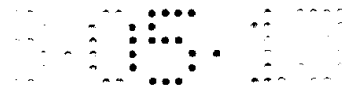


为了提高CO₂的分离性，CO₂分离膜40可以是在透过性好的聚四氟乙烯膜上，结合着具有促进CO₂输送特性的乙二胺的分离膜。乙二胺与CO₂的化学反应式如下所示，加大了CO₂向CO₂分离膜40的输入。



下面，参照图5说明本发明的备有天然气改质装置的燃气发动机的第3实施例。第3实施例与第1实施例相比，采用了燃气发动机和涡轮增压器具有相同构造的结构，所以，相同的部件注以相同标记，省略重复说明。

燃气发动机1，备有天然气改质装置，触媒反应器52设在排气通路8上，该触媒反应器52利用从主室1A通过排气通路8排出的废气的热能，以及利用CO₂的存在，将天然气中的CH₄变换为改质燃料。在触媒反应器52尾气气流的排气通路8上，设有被废气驱动的涡轮增压器3。燃气发动机1备有燃料箱61、燃料加压泵13、第1级热交换器54、汽轮机55、第2级热交换器56和CO₂供给装置57。燃料箱61收容以CH₄为主成分的天然气燃料。燃料加压泵13构成向燃烧室的副室1B供给改质燃料的改质燃料供给装置。第1级热交换器54设在涡轮增压器3尾气气流的排气通路8A上。汽轮机55由第1级热交换器54产生的蒸气驱动。第2级热交换器56设在第1级热交换器54尾气气流的排气通路58B上，把从汽轮机55排出的流体（低温蒸气和水）变换为蒸气，将该蒸气供给第1级热交换器54。CO₂供给装置57把从废气中分离出的CO₂供给触媒反应

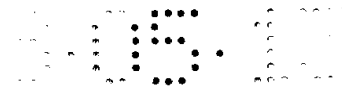


器 5 2。C O₂ 供给装置 5 7 由分离膜 8 7 和供给泵 8 8 构成。分离膜 8 7 设在第 2 热交换器 5 6 尾气气流的排气通路 5 8 C 上,从废气中分离 C O₂。供给泵 8 8 把从废气中分离出的 C O₂ 供给触媒反应器 5 2。

燃气发动机 1 中,从 C O₂ 供给装置 5 7 向大气排出的废气,是 C O₂ 含量少的 N₂ 气体等,不会造成大气污染而使环境恶化。触媒反应器 5 2 所用的触媒是 N i 或 P t,使 C H₄ 与 C O₂ 产生反应而热分解为 C O 和 H₂。触媒反应器 5 2 配置在排气歧管 3 1 的集合部,从燃烧室的主室 1 A 排出的废气,为约 9 0 0 °C ~ 8 0 0 °C 的高温状态,所以, C H₄ 的热分解改质是在很高温下进行。触媒反应器 5 2 是具有热交换作用的触媒装置,由废气流过的排气通路和气体燃料通路构成,构成一种气相—气相热交换器。上述气体燃料通路在排气通路隔壁的内侧,收容着表面被 N i 或 P t 触媒 8 3 复盖着的多孔质部件。触媒反应器 5 2 配置在排气通路 8 上,例如,由废气流过的排气通路和收容着多孔质部件的气体燃料通路构成,上述多孔质部件的表面由 15 配入排气通路的隔壁内侧的触媒 8 3 覆盖。

从主室 1 A 出来的高温废气流过触媒反应器 5 2 的排气通路,由此对充填着 N i 或 P t 触媒 8 3 的气体燃料通路进行加热。经过成为约 8 0 0 °C 以上高温气体燃料通路而流动的 C H₄ 和 C O₂ 混合气体与触媒 8 3 接触, C H₄ 被热分解成为 C O 和 H₂, C O₂ 被热分解成为 20 C O, 这样, 变换为 C O 和 H₂ 的改质燃料。接着, 从天然气变换的改质燃料, 由燃料加压泵 1 3 通过改质燃料供给路 9, 从吸气歧管 3 2 供给到各气缸的副室 1 B。

燃气发动机 1 中的燃烧室的主室 1 A 和副室 1 B, 用陶瓷部件和隔



热层做成为隔热构造，所以，从主室 1 A 通过排气歧管 3 1 排出的废气，是约 9 0 0 °C ~ 8 0 0 °C 的高温气体。燃气发动机 1 中，在触媒反应器 5 2 将废气的热能用于热分解后，该热能由涡轮增压器 3、第 1 级热交换器 5 4 和第 2 级热交换器 5 6 回收。

5 第 3 实施例中，涡轮增压器 3 采用图 2 所示结构，这里省略对其重复说明。

第 1 级热交换器 5 4，由蒸气通路 8 5 和排气通路 7 8 构成。蒸气通路 8 5 内配置着多孔质陶瓷部件，被配置在第 2 箱体内的第 2 级热交换器 5 6 加热了的蒸气流过该蒸气通路 8 5 内的多孔质陶瓷部件。排气通路 7 8 配置在蒸气通路 8 5 周围，内配置有供废气流过的多孔质陶瓷部件。第 2 热交换器 5 6 由能储留水的水—蒸气通路 8 6 和排气通路 7 9 构成。水—蒸气通路 8 6 配置在与第 1 箱相邻设置的第 2 箱内，并且配置着供蒸气流过的多孔质陶瓷部件。排气通路 7 9 配置在水—蒸气通路 8 6 的周围，内配置着供来自第 1 级热交换器 5 4 的废气流过的多孔质陶瓷部件。

在涡轮增压器 3 尾气气流且在第 1 热交换器 5 4 上游侧的排气通路 8 A 上，设有燃料喷咀 7 4，该燃料喷咀 7 4 喷射来自触媒反应器 5 2 的改质燃料。改质燃料从触媒反应器 5 2 通过辅助燃料供给路 7 3 供给燃料喷咀 7 4。

20 如图 6 所示，汽轮机 5 5 由涡轮 6 9 和发电机 7 0 构成。涡轮 6 9 由第 1 级热交换器 5 4 产生的蒸气驱动，发电机 7 0 设在轴 7 1 上。因此，蒸气能量驱动涡轮 6 9，其旋转力被发电机 7 0 作为电力输出。设在排气通路 5 8 B 上的第 2 级热交换器 5 6，是气相—液相热交换器，由排气能量产生蒸气，该蒸气通过蒸气通路 9 1 送入第 1 级热交换器 5 4。驱动了汽轮机 5 5 后的蒸气，成为低温蒸气（含水分蒸气）流体，



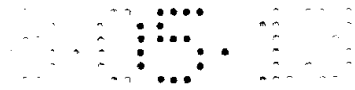
通过流体通路 7 7 排到冷凝器 6 4，在冷凝器 6 4 中变成为高温水，由水泵 6 2 通过水通路 7 6 再送入第 2 级热交换器 5 6。通过了第 2 级热交换器 5 6 的废气，其热能几乎全被回收而成为低温废气（例如约 200℃左右），再被送入 CO₂ 供给装置 5 7。

5 CO₂ 供给装置 5 7，例如配置在低温废气流过的排气通路 5 8 C 上，收容着若干个杆状 CO₂ 分离膜 8 7。从排气通路 5 8 C 送入 CO₂ 供给装置 5 7 的废气，通过了 CO₂ 分离膜 8 7 使 CO₂ 从废气中分离，不能通过 CO₂ 分离膜 8 7 的 N₂、O₂、H₂O 等，绕过分离膜 8 7 向排气通路排出。分离了的 CO₂ 借助 CO₂ 供给泵 8 8，通过 CO₂ 供给通路 7 2 供给到触媒反应器 5 2 中。收容在 CO₂ 供给装置 5 7 内的 CO₂ 分离膜 8 7 是陶瓷多孔体，该陶瓷多孔体由氧化铝、硅、沸石类多孔质陶瓷构成的无机分离膜，是一种过滤膜，分子直径大的 N₂、O₂、H₂O（水蒸气）不能通过，分子直径小的 CO₂ 能通过，借助 CO₂ 吸引供给泵 8 8，将该 CO₂ 通过 CO₂ 供给通路 7 2 送入触媒反应器 5 2 内。

10 在 CO₂ 供给装置 5 7 中，不能通过 CO₂ 分离膜 8 7 的 N₂、H₂O（水蒸气），从排气通路 5 8 D 排放到大气中。在排气通路 5 8 D 上，例如设有压力调节阀 9 2，向大气排放的废气压力由该压力调节阀 9 2 调节，由 CO₂ 吸引供给泵 8 8 的 CO₂ 俘获量通过 CO₂ 供给装置 5 7 中的 CO₂ 分离膜 8 7 进行调节。

备有该天然气改质装置的燃气发动机，具有上述构造，其动作如下。

在控制阀 4 4 的关闭状态，打开吸气阀（图未示）时，来自涡轮增



压器 3 的压缩机 2 4 的空气通过吸气通路 1 0 从吸气歧管 3 2 供给到主室 1 A。主室 1 A 的空气因控制阀 4 4 的关闭状态而在压缩冲程中被压缩。天然气燃料从燃料箱 6 1 通过天然气供给通路 8 4 供给触媒反应器 5 2，将天然气变换为改质燃料，同时，在控制阀 4 4 的关闭状态下
5 打开燃料阀 4 5，燃料加压泵 1 3 动作，来自触媒反应器 5 2 的改质燃料通过改质燃料供给路 9 供给到副室 1 B。在压缩冲程上死点附近，打开控制阀 4 4，使主室 1 A 的压缩空气流入副室 1 B，改质燃料与压缩空气混合而点火燃烧，然后移至膨张冲程，活塞 5 1 做功。

在排气冲程中，主室 1 A 和副室 1 B 的废气通过排气通路 8 排出。
10 高温的废气在通过触媒反应器 5 2 时，其热能将天然气变换为改质燃料，然后送出到涡轮增压器 3 中。在涡轮增压器 3 中，驱动涡轮 2 3，其旋转力由发电—电动机 2 5 变换为电能，同时驱动压缩机 2 4。由发电—电动机 2 5 得到的电力蓄存在电池内或者用于驱动辅机而消费掉。压缩机 2 4 具有将空气通过吸气通路 1 0 供给燃烧室的主室 1 A 的
15 功能。通过涡轮增压器 3 的涡轮 2 3，废气通过排气通路 8 A 被送入第 1 级热交换器 5 4。

在排气通路 8 A 上设燃料喷咀 7 4，该燃料喷咀 7 4 把从触媒反应器 5 2 通过辅助燃料供给路 7 3 送入的改质燃料的一部分喷射到排气通路 8 A 内。由于流过排气通路 8 A 的废气中含有多量 O_2 ，所以，
20 从燃料喷咀 7 4 喷射的改质燃料点火燃烧，增加排气的热函。送入第 1 级热交换器 5 4 中的废气，通过排气通路 7 8，再通过排气通路 5 8 B 被送入第 2 级热交换器 5 6。废气通过排气通路 7 8 时，与从第 2 级热交换器 5 6 通过蒸气通路 9 1 送入蒸气通路 8 5 内的蒸气进行热交换，加热成高温。

25 在第 1 级热交换器 5 4 中被加热成高温的蒸气，通过高温蒸气通路

7 5 送入汽轮机 5 5，驱动涡轮 6 9。涡轮 6 9 的驱动使发电机 7 0 发电。发电机 7 0 产生的电力，蓄存在电池内或者用于驱动辅机而消费掉。高温蒸气驱动了汽轮机 5 5 后，变换为低温蒸气或水构成的流体，该流体通过流体通路 7 7 送入冷凝器 6 4 而变成水，该水借助于水泵 6 2 的
5 驱动通过水通路 7 6 送入第 2 级热交换器 5 6 的水—蒸气通路 8 6。

从第 1 级热交换器 5 4 送入第 2 级热交换器 5 6 的废气，通过第 2 级热交换器 5 6 的排气通路 7 9 送出到排气通路 5 8 C。排气在通过排气通路 7 9 时，用热交换将通过水—蒸气通路 8 6 的水变换为蒸气。往
10 排气通路 5 8 C 送出的废气，由触媒反应器 5 2、涡轮增压器 3、第 1 级热交换器 5 4 和第 2 级热交换器 5 6 回收热能，例如，降低到约 2 0 0 °C 的温度，所以，即使向 CO_2 供给装置 7 送出，也不会损伤 CO_2 分离膜 8 7。送进 CO_2 供给装置 5 7 的废气，通过 CO_2 分离膜 8 7 后， CO_2 从废气中分离。分离出的 CO_2 借助 CO_2 吸引供给泵 8 8，从 CO_2 供给装置 5 7 通过 CO_2 供给通路 7 2 送入触媒反应
15 器 5 2。通过 CO_2 分离膜 8 7，把 CO_2 分离，分离了 CO_2 后的废气，成为 CO_2 含有量少的 N_2 、 H_2O 等，从排气通路 5 8 D 排放到大气中。

说明书附图

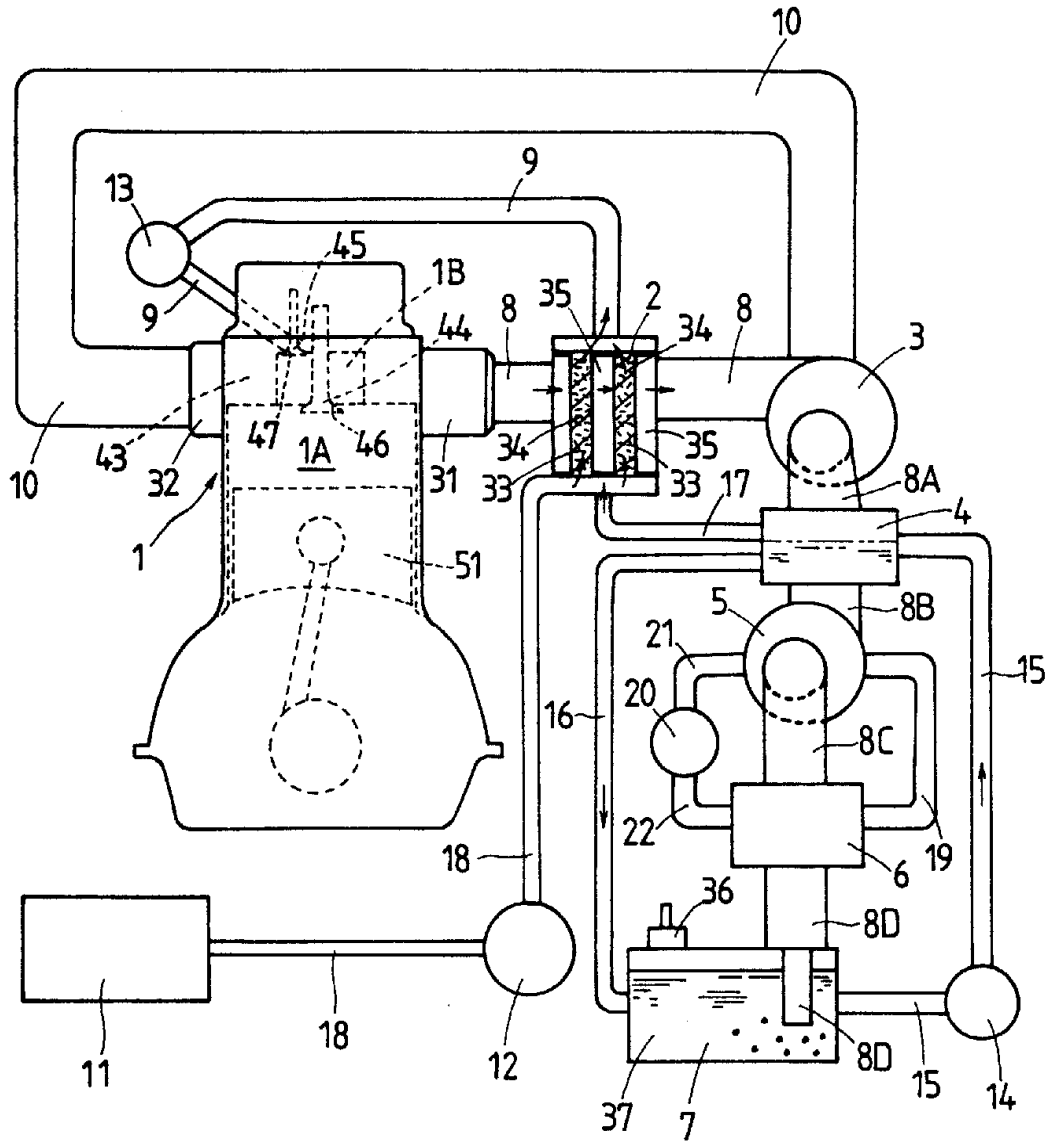


图 1

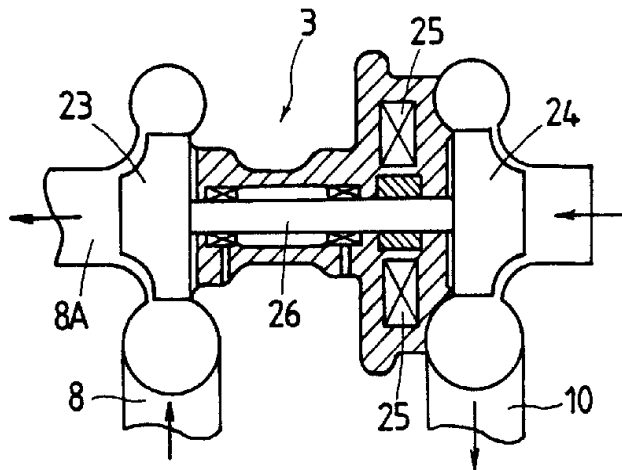


图 2

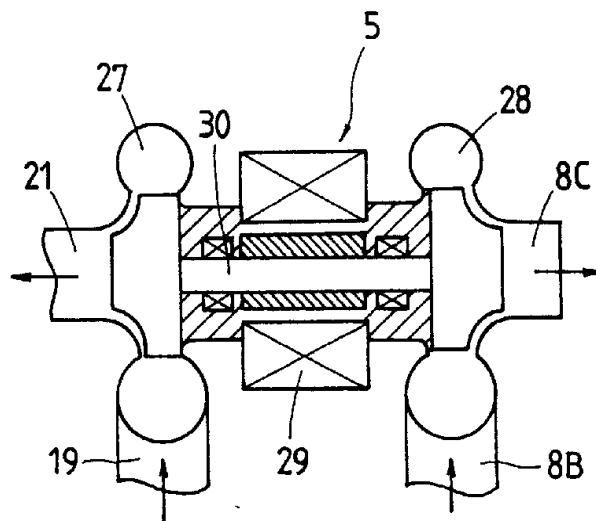


图 3

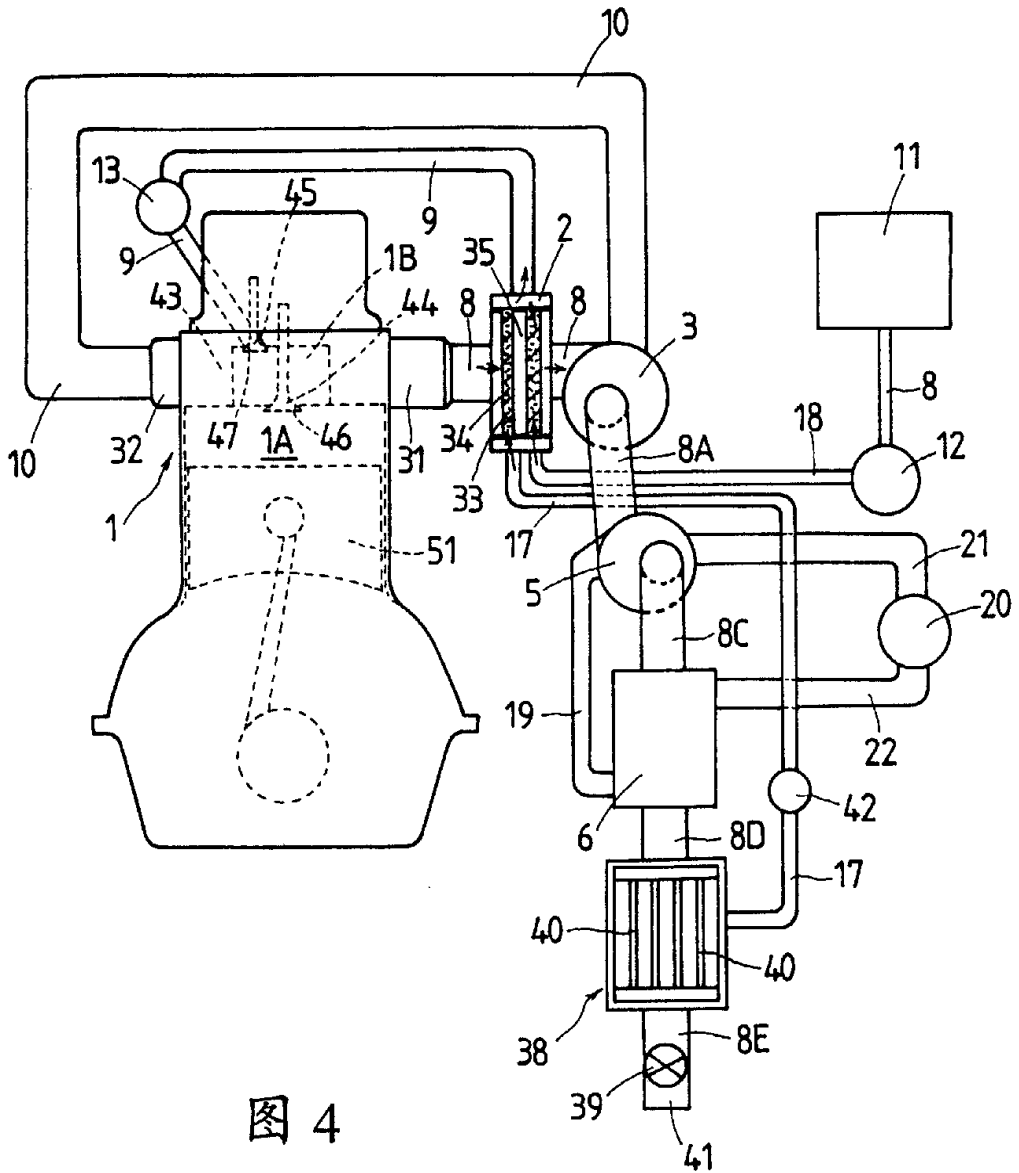


图 4

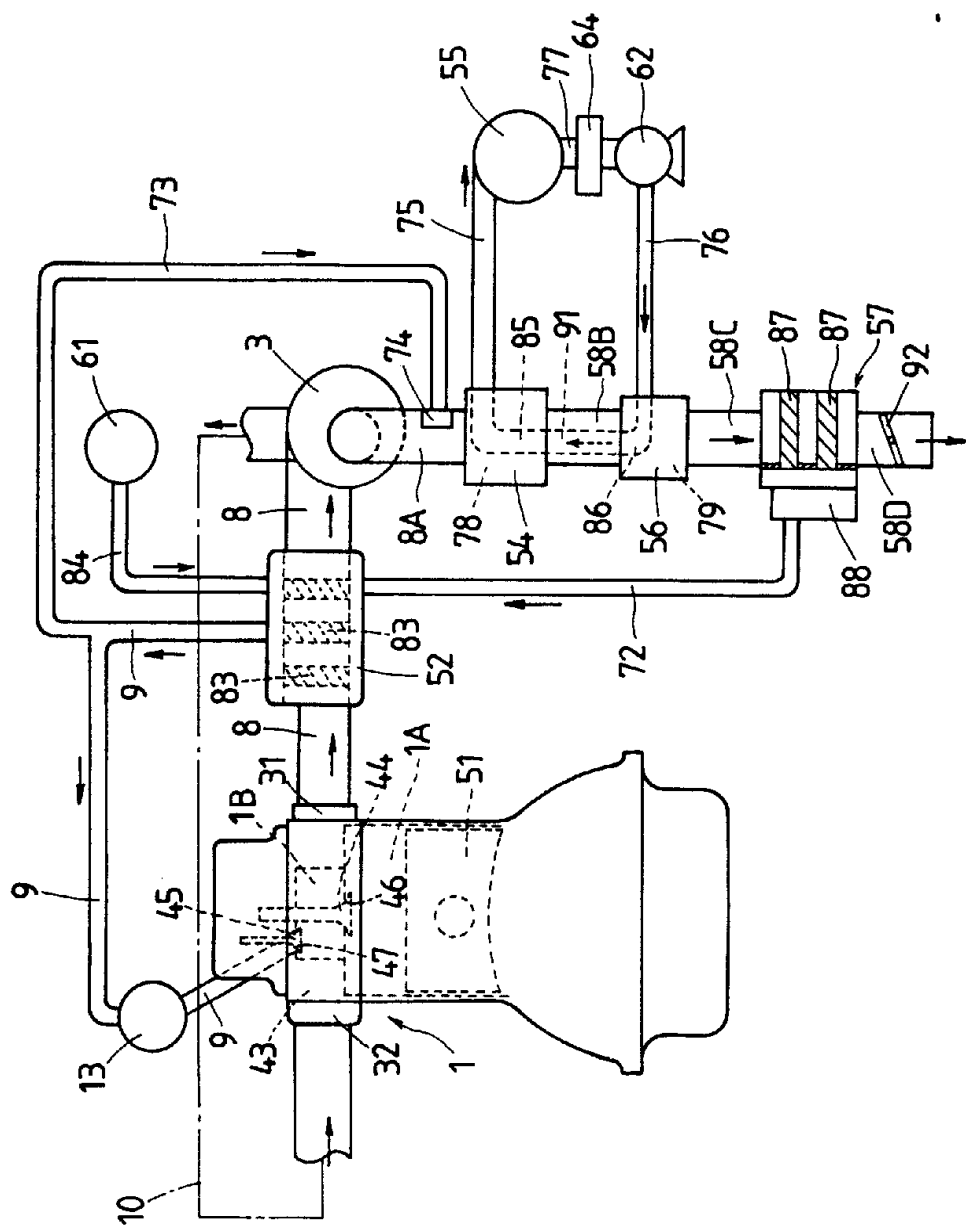


图 5

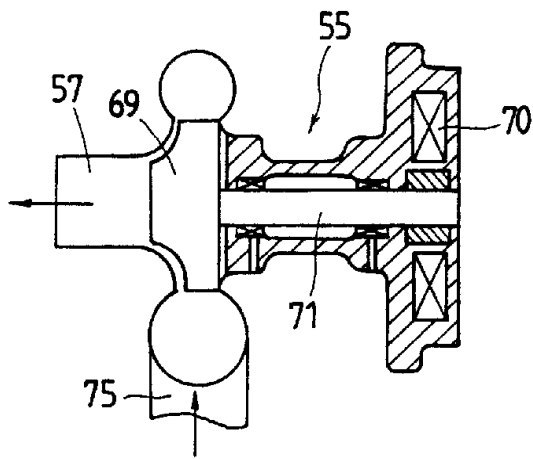


图 6