(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101526217 B
(45)授权公告日 2011.06.01

(21)申请号 200910004264.3
(22)申请日 2009.02.18
(30)优先权数据
2008-054230 2008.03.05 JP
(73)专利权人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都
(72)发明人 小泉浩美 浅井智广 井上洋
西岛庸正 村田英太郎
(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 张敬强
(51)Int.Cl.
F23D 14/02(2006.01)
F23D 14/48(2006.01)
F23D 14/60(2006.01)

审查员 李飞

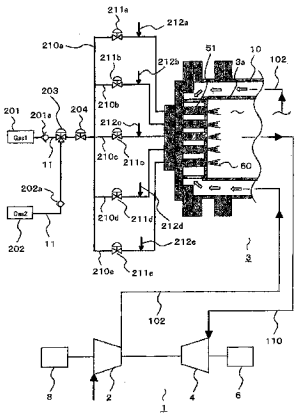
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54)发明名称

燃气轮机及燃烧器的燃料供给方法

(57)摘要

在将发热量比LNG还低的低发热量气体向燃烧器供给的场合，有必要根据发热量降低的情况来增加燃料流量。本发明的目的在于抑制因使用两种燃料而引起的成本的大幅上升和不稳定燃烧。本发明的特征是，具备：供给发热量不同的两种燃料气体的两个燃料气体上游系统；使两个该燃料气体上游系统合流的三通阀；通过该三通阀供给的上述燃料气体被分支，将上述燃料气体向燃烧室供给的多个燃料气体供给系统；以及与各自的该燃料气体供给系统对应，并将从上述燃料气体供给系统供给的燃料气体向燃烧室喷出的多个喷灯。采用本发明，可抑制因使用两种燃料而引起的成本的大幅上升和不稳定燃烧。



CN 101526217 B

1. 一种燃烧器，其特征在于，具备：

供给发热量不同的两种燃料气体的两个燃料气体上游系统；

使两个该燃料气体上游系统合流的三通阀；

通过该三通阀供给的上述燃料气体被分支，将上述燃料气体向燃烧室供给的多个燃料气体供给系统；

与各自的该燃料气体供给系统对应，并将从上述燃料气体供给系统供给的燃料气体向燃烧室喷出的多个喷灯；

与上述燃料气体供给系统并排配置的低发热量燃料的专用系统；

对该专用系统调节上述低发热量燃料的流量的燃料气体流量调节阀；

设置于该流量调节阀的上游侧的断流阀；以及

设置于该燃料气体流量调节阀的下游侧的配管净化系统。

2. 根据权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，

上述燃料气体的一个是液化天然气体 LNG，上述燃料气体的另外一个是发热量比 LNG 还低、包含氢气和一氧化碳在内的混合气体。

3. 根据权利要求 2 所述的燃烧器，其特征在于，

所述混合气体是在炼油厂产生的废气。

4. 根据权利要求 2 所述的燃烧器，其特征在于，

所述混合气体是在钢铁制造过程中产生的炼焦炉煤气。

5. 一种燃烧器，其特征在于，具备：

供给发热量不同的两种燃料气体的两个燃料气体上游系统；

使两个该燃料气体上游系统合流的三通阀；

调节通过该三通阀供给的上述燃料气体的压力的燃料气体压力调节阀；

通过该燃料气体压力调节阀供给的上述燃料气体被分支，将上述燃料气体向燃烧室供给的多个燃料气体供给系统；

设置在各自的该燃料气体供给系统中，并调节燃料气体流量的燃料气体流量调节阀；以及

与各自的该燃料气体供给系统对应，并将从上述燃料气体供给系统供给的燃料气体向燃烧室喷出的多个喷灯；

多个上述燃料气体供给系统中的一个上述燃料气体供给系统具备：在上述燃料气体流量调节阀的下游侧分支的分支系统；以及设置在该分支系统中的断流阀。

6. 一种燃烧器的运行方法，用于进行燃烧器的运行，该燃烧器具备：供给发热量不同的两种燃料气体的两个燃料气体上游系统；使两个该燃料气体上游系统合流的三通阀；通过该三通阀供给的上述燃料气体被分支，将上述燃料气体向燃烧室供给的多个燃料气体供给系统；以及与各自的该燃料气体供给系统对应，并将从上述燃料气体供给系统供给的燃料气体向燃烧室喷出的多个喷灯；与上述燃料气体供给系统并排配置的低发热量燃料的专用系统；对该专用系统调节上述低发热量燃料的流量的燃料气体流量调节阀；设置于该流量调节阀的上游侧的断流阀；以及设置于该燃料气体流量调节阀的下游侧的配管净化系统，其特征在于，

在以从点火、起动起用上述两种燃料气体中的发热量高的燃烧气体进行运行且其后用

发热量低的燃烧气体进行运行的方式切换三通阀时，在上述配管净化系统进行的上述专用系统的净化结束后，将低发热量燃料供给上述专用系统，并增加供给燃烧气体的喷灯的数量。

燃气轮机及燃烧器的燃料供给方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机及燃烧器的燃料供给方法。

背景技术

[0002] 在专利文献 1（日本特开 2006-161603 号公报）中公开了能够稳定地燃烧低发热量气体，用紧凑的构造以低成本利用可燃性气体的燃气轮机装置。然而，在专利文献 1 中关于使高发热量气体和低发热量气体合流的三通阀与配置于三通阀的下游侧的喷灯的关系未作公开。

[0003] 在将发热量比 LNG 还低的低发热量气体向燃烧器供给的场合，有必要根据发热量降低的情况来增加燃料流量。

[0004] 在专利文献 1 中，在三通阀与喷灯之间为单一的燃料供给系统的场合，若以 LNG 为基准而向燃料喷嘴供给低发热量气体则燃料流量增加，从而燃料喷嘴的压力损失变大。因此，气体压缩机的压力规格、控制阀等器具规格、燃料配管的规格也要变更，因而导致成本的大幅上升。另一方面，若以低发热量气体的最大流量条件确定燃料喷嘴的规格（开口面积），则因 LNG 的小流量条件使得燃料喷嘴的压力损失非常低，从而产生燃料流量的偏差，发生诱发不稳定燃烧等问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于抑制因使用两种燃料而引起的成本的大幅上升和不稳定燃烧。

[0006] 本发明的特征是，具备：供给发热量不同的两种燃料气体的两个燃料气体上游系统；使两个该燃料气体上游系统合流的三通阀；通过该三通阀供给的上述燃料气体被分支，将上述燃料气体向燃烧室供给的多个燃料气体供给系统；以及与各自的该燃料气体供给系统对应，并将从上述燃料气体供给系统供给的燃料气体向燃烧室喷出的多个喷灯。

[0007] 采用本发明，可抑制因使用两种燃料而引起的成本的大幅上升和不稳定燃烧。

附图说明

[0008] 图 1 是实施例 1 的发电成套设备的系统简图。

[0009] 图 2 是表示 LNG 及副产气体对实施例 1 的燃气轮机负载的流量变化的图。

[0010] 图 3 是实施例 2 的发电成套设备的系统简图。

[0011] 图 4 是表示 LNG 及副产气体对实施例 2 的燃气轮机负载的流量变化的图。

[0012] 图 5 是实施例 3 的发电成套设备的系统简图。

[0013] 图 6 是表示 LNG 及副产气体对实施例 3 的燃气轮机负载的流量变化的图。

[0014] 符号说明

[0015] 1- 燃气轮机，2- 空压机，3- 燃烧器，3a- 衬套，4- 涡轮，6- 发电机，8- 起动用马达，10- 外筒，11- 燃料气体上游系统，51、51a- 喷灯，102- 燃烧空气，110- 燃烧气体，201-LNG，202- 副产气体，201a、202a- 止回阀，203- 三通阀（换向阀），204- 燃料气体压力调节阀，

210a、210b、210c、210d、210e- 燃料气体供给系统，210f- 副产气体专用系统，211a、211b、211c、211d、211e、211f- 燃料气体流量调节阀，211fa- 燃料气体断流阀（开闭阀），212a ～ 212f- 配管净化系统。

具体实施方式

[0016] 近年来，在燃气轮机方面探讨燃料的多样化。因此，除了作为燃气轮机的主要成分的液化天然气体 (LNG) 以外，还探讨将由包含氢气和一氧化碳在内的多种成分构成的混合气体燃料（例如在炼油厂产生的废气、在钢铁制造过程中产生的炼焦炉煤气等）作为燃气轮机的主要燃料利用。这些由于是副产燃料因而价廉，因此，若能够作为燃气轮机的燃料利用则有能够削减燃料费的运行成本等好处。而且，由于是含有氢气的燃料因而燃料中的碳成分较少，因而与 LNG 相比，还可期待排出气体中的 CO_2 的削减效果。

[0017] 然而，由包含在这些副产燃料中的氢气或一氧化碳而产生的火焰温度比 LNG 高。尤其，氢气不仅可燃范围较宽而且燃烧速度快（易燃），爆炸的危险性也高。因此，在将氢气作为燃气轮机使用的场合，一般使用其它燃料用来起动。

[0018] 另外，在将高发热量气体 (LNG) 和低发热量气体（发热量比 LNG 还低的气体）向燃气轮机供给的场合，有必要根据发热量降低的情况来增加燃料流量。然而，在专利文献 1 中关于使高发热量气体和低发热量气体合流的三通阀与配置于三通阀的下游侧的喷灯的关系未作公开，因而未能应对由两种燃料引起的燃料流量的增加。

[0019] <实施例 1>

[0020] 图 1 表示燃气轮机发电成套设备的构成概要。燃气轮机 1 主要由空压机 2、燃烧器 3、涡轮 4、发电机 6 以及燃气轮机起动用马达 8 等构成。

[0021] 在燃烧器 3 的头部配置有多个用于喷射、混合燃料和空气并进行低 NOx 燃烧的喷灯 51。向燃烧器 3 供给的燃烧空气 102 是由空压机 2 所加压的排出空气。燃烧空气 102 在成为燃烧器 3 的燃烧室的圆筒状的衬套 3a 和成为压力容器的外筒 10 的空间流动而冷却衬套 3a 的表面，并且分配为衬套 3a 的冷却用空气和喷灯 51 的燃烧用空气。

[0022] 在燃烧器 3 上设有分别供给 LNG201 和包含发热量比 LNG 还低的氢气的副产气体 202 的燃料气体上游系统 11。在本实施例中，LNG201 设为高发热量燃料，副产气体 202 设为低发热量燃料。在两个燃料气体上游系统 11 的下游侧设有可进行 LNG201 和包含副产气体 202 切换的三通阀（换向阀）203，由三通阀的开度任何燃料气体也都可供给。在与三通阀合流的各燃烧气体上游系统 11 分别设有止回阀 201a 和 202a 以防止其它气体向各燃料气体上游系统 11 回流。

[0023] 在三通阀 203 的下游侧设有单一的燃料系统，在该燃料系统中设有一个燃料气体压力调节阀 204。燃料气体压力调节阀 204 用于调节燃料气体流量调节阀 211 的上游侧压力。伴随燃料气体流量的变化调节燃料气体压力调节阀 204 的开度，调节至适宜的值。由于在燃料气体压力调节阀 204 的上游侧设置了三通阀 203，因而任何燃料气体也可用同一的燃料气体压力调节阀 204 来应对。

[0024] 配置有燃料气体压力调节阀 204 的燃料系统在下游侧分支，设有与各自的喷灯 51 对应的燃料气体供给系统 210。向喷灯 51 供给的燃料流量可通过设置于燃料气体供给系统 210 中的燃料气体流量调节阀 211 来调节。在图 1 中，表示以 210a ～ 210e 的五个系

统构成向喷灯供给的燃料气体供给系统，并与各个系统对应而具备了燃料气体流量调节阀 211a ～ 211e 和配管净化系统 212a ～ 212e 的系统。

[0025] 下面，说明本成套设备的动作。起动时，燃气轮机由起动用马达 8 等的外部动力所驱动。在燃烧器 3 上使用空压机 2 的燃烧空气 102 和作为起动用燃料气体的 LNG201，对从引火灯的燃料气体供给系统 210a 向喷灯 51 供给的 LNG201 点火。其后，燃烧气体 110 供给到涡轮 4，涡轮 4 随着 LNG201 的流量的增加而提速。而且，燃气轮机随起动用马达 8 的脱离而进入独立运行，并达到无负载额定转数。在燃气轮机达到负载额定转数后，并行连接发电机 6，进而增加通向引火灯的燃料气体供给系统 210a 的燃料流量，从而涡轮 4 的入口气体温度上升，负载上升。其后，通过使从 210b 至 210e 的燃料流量一边使用燃料气体流量调节阀 211b ～ 211e 一边顺序变化到规定的流量条件，而在所配置的所有喷灯 51 上形成火焰，从而实现通过全部喷灯燃烧的使用负载范围内的连续的负载运行。

[0026] 下面，说明本实施例的 LNG 与包含氢气在内的副产气体的燃料切换、以及副产气体的负载运行。这里，假定在燃气轮机的 50％负载附近切换燃料气体，并假定每个单位质量的发热量比副产气体 LNG 还低 30％左右且在炼铁厂产生的炼焦炉煤气。

[0027] 在通过将 LNG201 向喷灯 51 供给来使燃烧器点火、起动后，涡轮 4 伴随燃料流量的增加而提速，达到燃气轮机的无负载额定转数。在达到无负载额定转数后，通过利用具备在燃料气体供给系统 210a、210b、210c 上的燃料气体流量调节阀 211a、211b、211c 来顺序调节燃料流量，而达到燃气轮机的部分负载条件。达到部分负载条件后，通过使三通阀 203 的当前的开度（LNG 系统全开、副产气体系统全闭）以成为相反的开度的方式渐渐地变化，从而可向 210a ～ 210c 的系统供给副产气体。这里，由于在燃料气体供给系统 210a ～ 210c 中 LNG201 流动，因而即便在副产气体 202 上切换燃料种类，副产气体 202 在燃料配管内也不会与氧气共存，从而不需要利用氮气等的配管净化。但是，比燃料气体流量调节阀 211d、211e 还靠下游一侧的配管内充满空气。于是，由于在三通阀 203 的开度调节结束，并将燃料从 LNG201 切换到副产气体 202 后，向燃料气体供给系统 210d 的系统供给燃料，因此，有必要通过配管净化系统 212d 供给氮气并净化配管。进行利用配管净化系统 212d 的配管净化后，通过向燃料气体供给系统 210d 供给副产气体，而结束燃料切换。再有，若因增加燃料流量使得负载上升，则向燃料气体供给系统 210e 供给副产气体。在该场合也与燃料气体供给系统 210d 的情况相同地、需要利用氮气等的配管净化。通过向燃料气体供给系统 210e 供给燃料，而在配置于燃烧器 3 上的喷灯 51 全部形成火焰，从而实现通过全部喷灯燃烧的副产气体的连续的负载运行。

[0028] 下面，图 2(a)、(b) 分别表示各燃料流量对于燃气轮机负载的变化。图 2(a) 表示了仅使用 LNG 且从 0％负载到额定负载的各系统的燃料流量的变化。横轴表示燃气轮机负载，纵轴表示燃料流量。随着全部燃料流量的增加，燃气轮机的负载上升，且额定负载条件的燃料流量变得最多。通过使燃料气体供给系统 210a ～ 210e 的各系统的燃料流量分别按照负载条件变化，并让使之燃烧的喷灯数量变化（图中的 A ～ D 的负载），可从无负载额定转数至额定负载运行。通过向 210a ～ 210e 的全系统供给燃料的全部喷灯燃烧，可实现高负载条件下的低 NOx 燃烧。

[0029] 图 2(b) 表示用 LNG 从燃气轮机的点火、起动运行至部分负载条件后，利用三通阀的切换从 LNG 切换为副产气体而运行时的燃料流量的变化。燃气轮机负载 A 及 B 的条件是

用 LNG 运行，以燃气轮机负载 C 的条件将燃料从 LNG 切换为副产气体。

[0030] 副产气体其发热量低于 LNG。因此，为了以副产气体得到与 LNG 相同的燃气轮机输出，有必要根据发热量降低的情况来增加供给的燃料流量。因此，在将燃料从 LNG 切换为副产气体后，燃料流量在同一负载条件下比 LNG 增加。若因燃料流量的增加使得燃料喷嘴的压力损失超过容许值，则以与 LNG 相同的压力供给副产气体的必要流量困难，因而有必要提高供给压力。在该场合，所谓提高供给压力，与 LNG 相比，就是连气体压缩机的压力规格、控制阀等器具规格、燃料配管的规格也要变更，因而与成本的大幅上升相关。相反，若使喷灯内的燃料喷嘴的规格（开口面积）与副产气体的流量一致，则因 LNG 供给时的小流量条件而使燃料喷嘴的压力损失变得过小，因此，有因流量偏差而发生不稳定燃烧的危险。因此，有必要将燃料喷嘴的压力损失“压力比 :（燃料喷嘴前压力）/（燃烧器压力）”限制在适宜范围内。尤其，从燃气轮机的点火使用至额定负载的燃料气体供给系统 210a（引火灯的系统），由于燃料流量的变化范围较大，因而需要注意。因此，在本实施例中，LNG 和副产气体的燃料的切换在燃气轮机负载 C 的条件下实施。

[0031] 如上所述，在两种燃料的发热量为 30％以内的场合，如本实施例所示，对于比燃气轮机负载 C 的条件还高的负载，可用 LNG 和副产气体的双方的燃料实现低 NOx 燃烧。进而在发热量差变大的场合和使燃料喷嘴的压力比现状还降低的场合，可考虑如下所示方法。

[0032] ＜实施例 2＞

[0033] 图 3 表示实施例 2 的燃气轮机发电成套设备的构成简要。在本实施例中，用燃料气体供给系统 210a 和副产气体专用系统 210f 来应对向引火灯供给的燃料气体供给系统。副产气体专用系统 210f 是仅使副产气体流动的专用系统，与配置于燃烧器内的副产气体专用的喷灯 51a 相通。在副产气体专用系统 210f 中具备燃料气体流量调节阀 211f 和用于防治燃料向其上游渗漏的开闭阀 211fa，通过将它们连接在燃料气体压力调节阀 204 的下游，而能够共有压力调节阀。另外，在燃料气体流量调节阀 211f 的下游连接有用于向燃料配管内供给净化用氮气的配管净化系统 212f。

[0034] 在 LNG 专烧中，通过根据负载来调节燃料气体供给系统 210a ～ 210e 的燃料流量，可进行至额定负载的运行。将燃料从 LNG201 切换到副产气体 202 的运行方法，基本上与实施例 1 相同。在本实施例中，如在图 4(b) 后述，副产气体 202 通过在燃气轮机的 50％负载附近调节三通阀 203 的开度而向燃料气体供给系统 210a、210b、210c 供给。此时，由于比燃料气体供给系统 210d、210e 及副产气体专用系统 210f 的燃料气体流量调节阀还靠下游一侧的燃料配管充满空气，因此，在供给包含氢气在内的副产气体 202 之前，有必要进行通过配管净化系统的配管内的净化。在副产气体专用系统 210f 中，在燃气轮机的 50％负载附近供给副产气体。因此，在配管的净化结束后，打开副产气体专用系统 210f 的开闭阀 211fa，通过渐渐地打开燃料气体流量调节阀 211f 可供给副产气体。通过设置与五个燃料气体供给系统并排配置的副产气体专用系统，在供给副产气体时可以不增加燃料喷嘴的压力损失地进行运行。另外，由于在专烧 LNG 时不使用副产气体专用系统，因而可以不增加燃料喷嘴的压力损失地进行运行。此外，副产气体专用系统的开闭阀 211fa 在 LNG 专烧时防止 LNG 向副产气体专用系统 210f 渗漏。

[0035] 下面，图 4(a) 及图 4(b) 分别表示本实施例的燃料流量的变化。图 4(a) 表示了仅用 LNG 进行了从燃气轮机的点火运行至额定负载时的燃料流量的变化。在仅使用 LNG 的场

合，由于不使用副产气体专用系统 210f，因此，成为与图 2(a) 相同的燃料流量的变化，因而省略详细的说明。

[0036] 另外，图 4(b) 表示本实施例的燃气轮机负载和燃料流量的关系（通过副产气体的负载运行）。直至达到燃气轮机负载 C 的条件为止用 LNG 运行，并利用燃料气体供给系统 210a、210b 及 210c 根据负载调节燃料流量。此后，通过三通阀的切换操作向燃料气体供给系统 210c ～ 210c 供给副产气体，与此同时，实施燃料气体供给系统 210d 和副产气体专用系统 210f 的利用氮气的配管净化。进行配管净化之后，通过增加向 210d 和 210e 供给的副产气体的燃料流量，而结束燃料切换。此后，通过以燃气轮机负载 D 的条件从燃料气体供给系统 210e 供给燃料，而在燃烧器可进行通过全部喷灯燃烧的低 NOx 下的高负载运行。当然，在供给 210e 的燃料之前有必要实施配管净化。这次，由于设置了副产气体专用系统 210f，因而在与 210f 以外的 LNG 共有的系统（尤其是燃料气体供给系统 210a）中，不会大幅增加燃料喷嘴的压力损失。

[0037] 〈实施例 3〉

[0038] 图 5 表示实施例 3 的燃气轮机发电成套设备的构成简要。实施例与本实施例的差异是，与引火灯相通的燃料系统将燃料气体供给系统 210a 进一步分支为二系统。具体来讲，在燃料气体流量调节阀 211a 的下游，将燃料气体供给系统 210a 分支为第一系统 410a 和第二系统 310a。在第二系统 310a 中设置断流阀 311a，按照燃料的种类和燃气轮机负载进行开闭。在本实施例中，使引火灯的开口面积比实施例 2 还大，并使供给了副产气体时的燃料喷嘴的压力比进入适宜值内地将调节燃料喷嘴的开口面积作为前提。

[0039] 图 6(a) 及图 6(b) 分别表示本实施例的燃气轮机负载与燃料流量的关系。图 6(a) 表示了 LNG 运行的从 0％负载到 100％负载的燃料流量的变化。燃料气体供给系统 210a 的系统从中途分支为二系统，在燃气轮机负载 A 及 B 的条件下打开使用断流阀 311a。在达到燃气轮机负载 C 的条件后，由于燃料气体供给系统 210a 的燃料流量变少，因此，向燃料气体供给系统 210b ～ 210d 供给燃料，与此同时，关闭使用断流阀 311a。通过上述的使用，即便在如燃气轮机负载 C 及 D 那样燃料气体供给系统 210a 为低流量的条件下，也可确保燃料喷嘴的压力比。在该场合，使得与燃料气体供给系统 210a 相通的燃料喷嘴的开口面积比实施例 1 及实施例 2 还大。在比燃气轮机负载 C 还高的负载的条件下，与上述的燃料流量的控制方法相同。

[0040] 图 6(b) 表示供给副产气体时的燃料流量变化。在 LNG 专烧中，在燃料气体供给系统 210a 的燃料流量变少的燃气轮机负载 C ～ 100％负载的范围，关闭使用了燃料气体的断流阀 311a。在副产气体的场合，由于燃料流量变得比 LNG 多，因此，即便在依旧打开了断流阀 311a 的状态下运行，也可确保燃料喷嘴的规定的压力比。即、仅在 LNG 专烧中的燃气轮机负载 C ～ 100％负载的范围关闭使用断流阀 311a，而在其余的燃气轮机负载及燃料种类条件下打开使用断流阀 311a。通过这样的使用，在供给了任何燃料气体时，均可确保燃料喷嘴的适宜的压力，可进行低 NOx 下的燃烧。

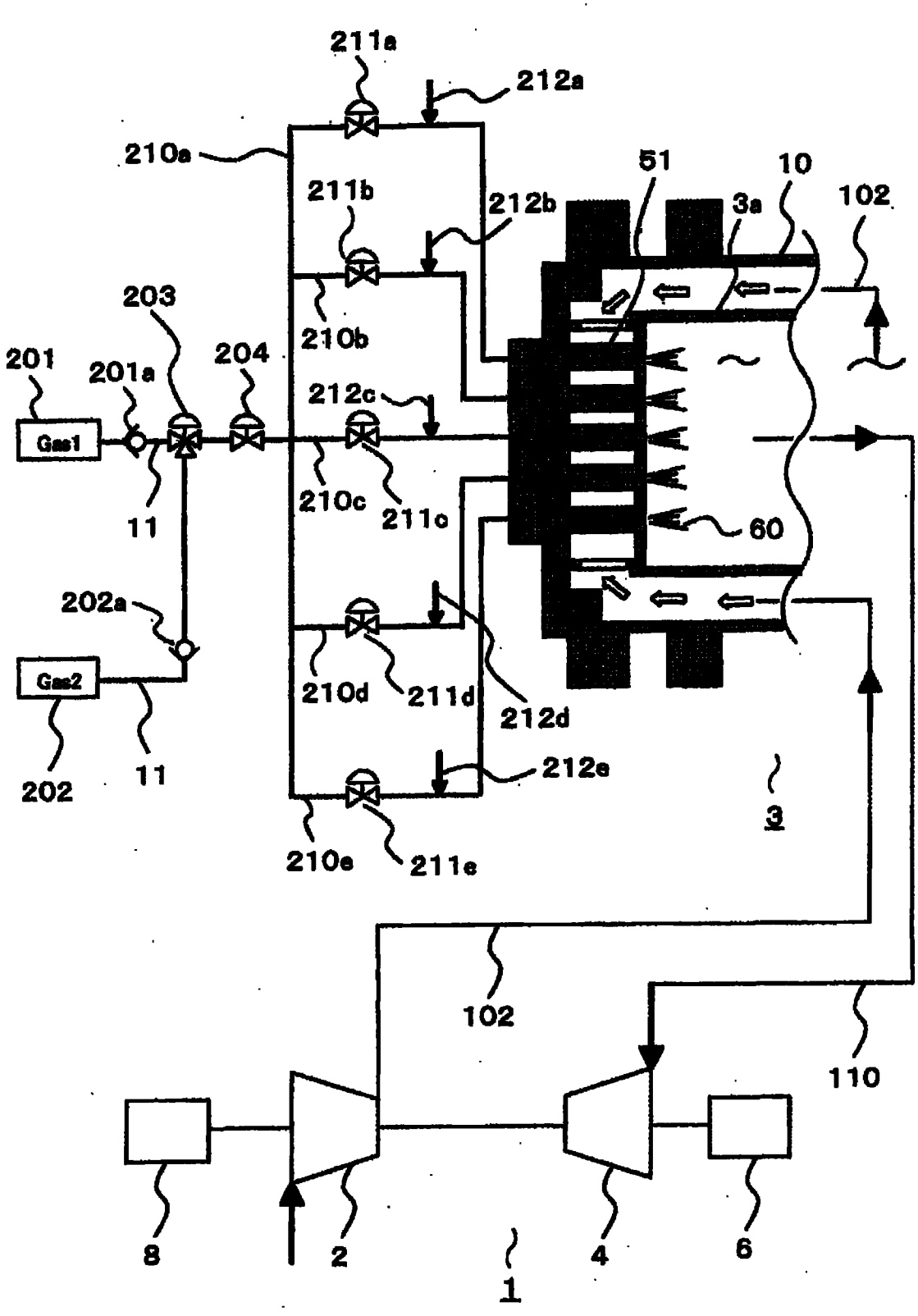
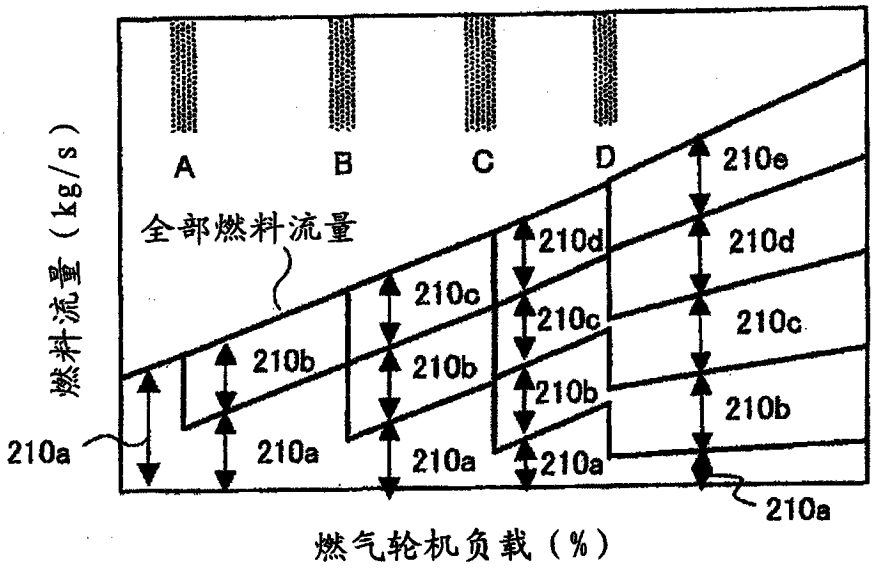

211a
212a
210a
211b
212b
51
10
3a
102
203
201
204
201a
210b
212c
Gas1
210c
211c
11
60
202a
Gas2
210d
211d
212d
202
11
212e
3
210e
211e
102
110
8
2
4
6
1

图 1

(a)


燃料流量（kg/s）
A
B
C
D
全部燃料流量
210a
210b
210c
210d
210e
燃气轮机负载（%）

(b)

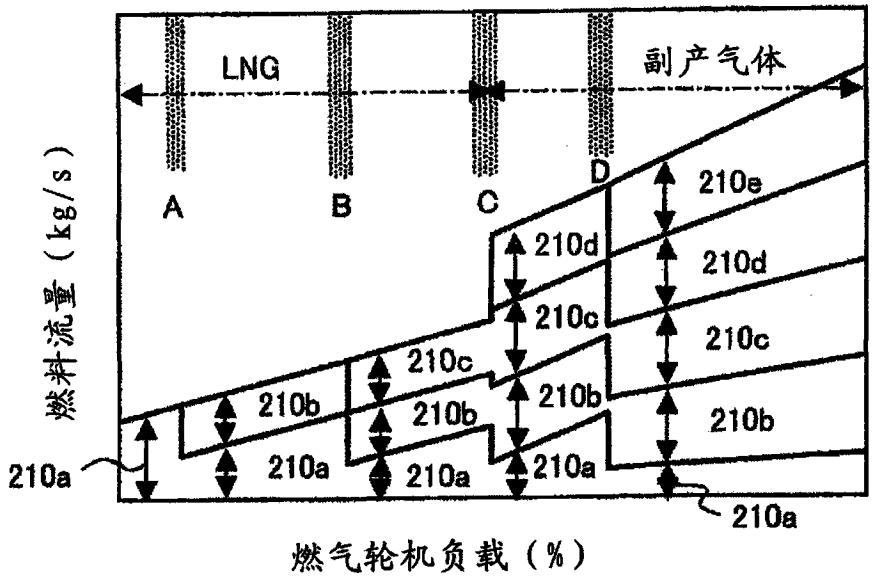

燃料流量（kg/s）
LNG
副产气体
A
B
C
D
210a
210b
210c
210d
210e
燃气轮机负载（%）

图 2

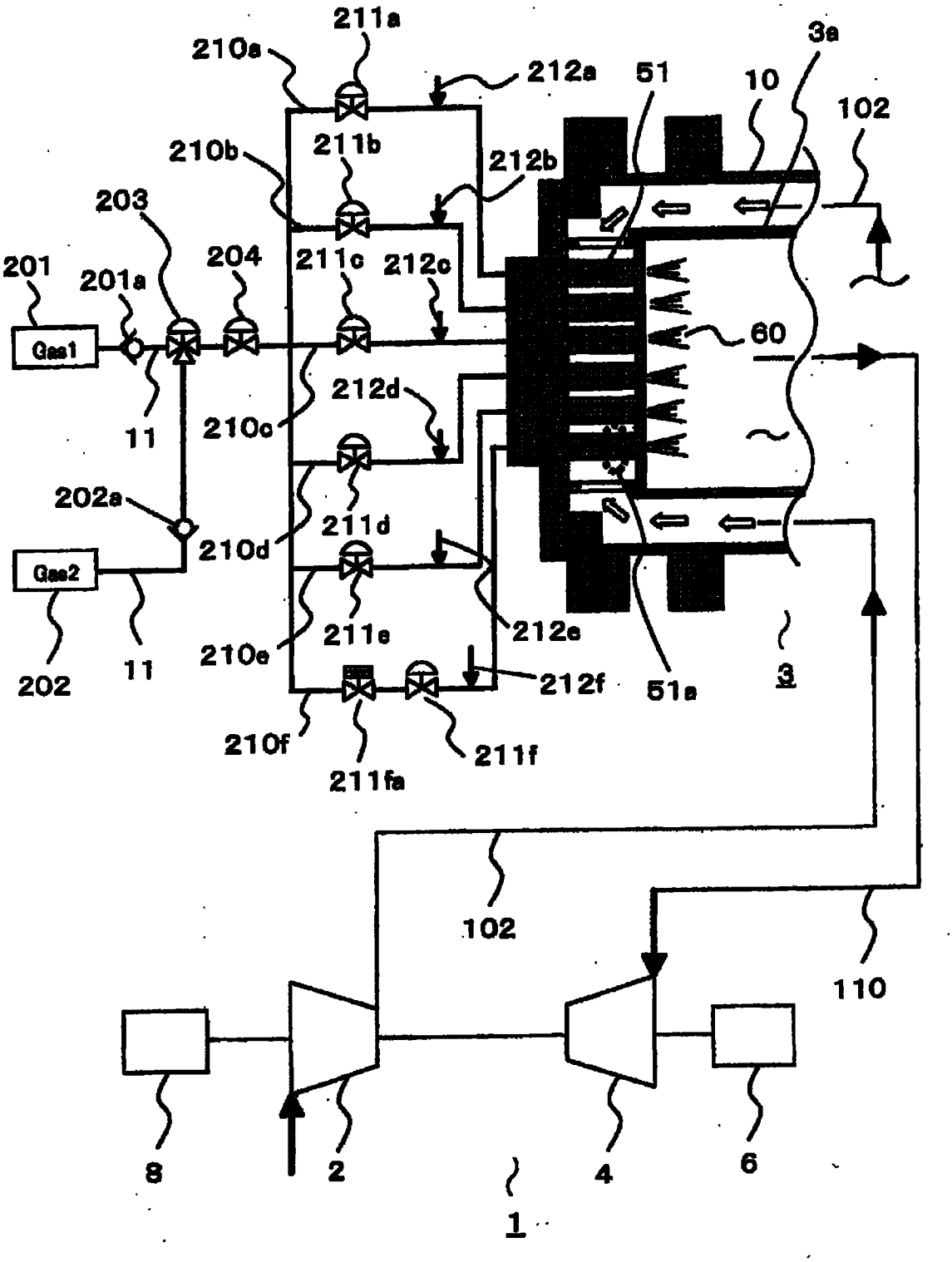

211a
210a
212a
51
10
3a
102
210b
211b
212b
203
211c
212c
204
201
201a
Gas1
60
11
210c
212d
202a
211d
210d
Gas2
211e
212e
210e
202
11
212f
51a
3
210f
211f
211fa
102
110
8
2
4
6
1

图 3

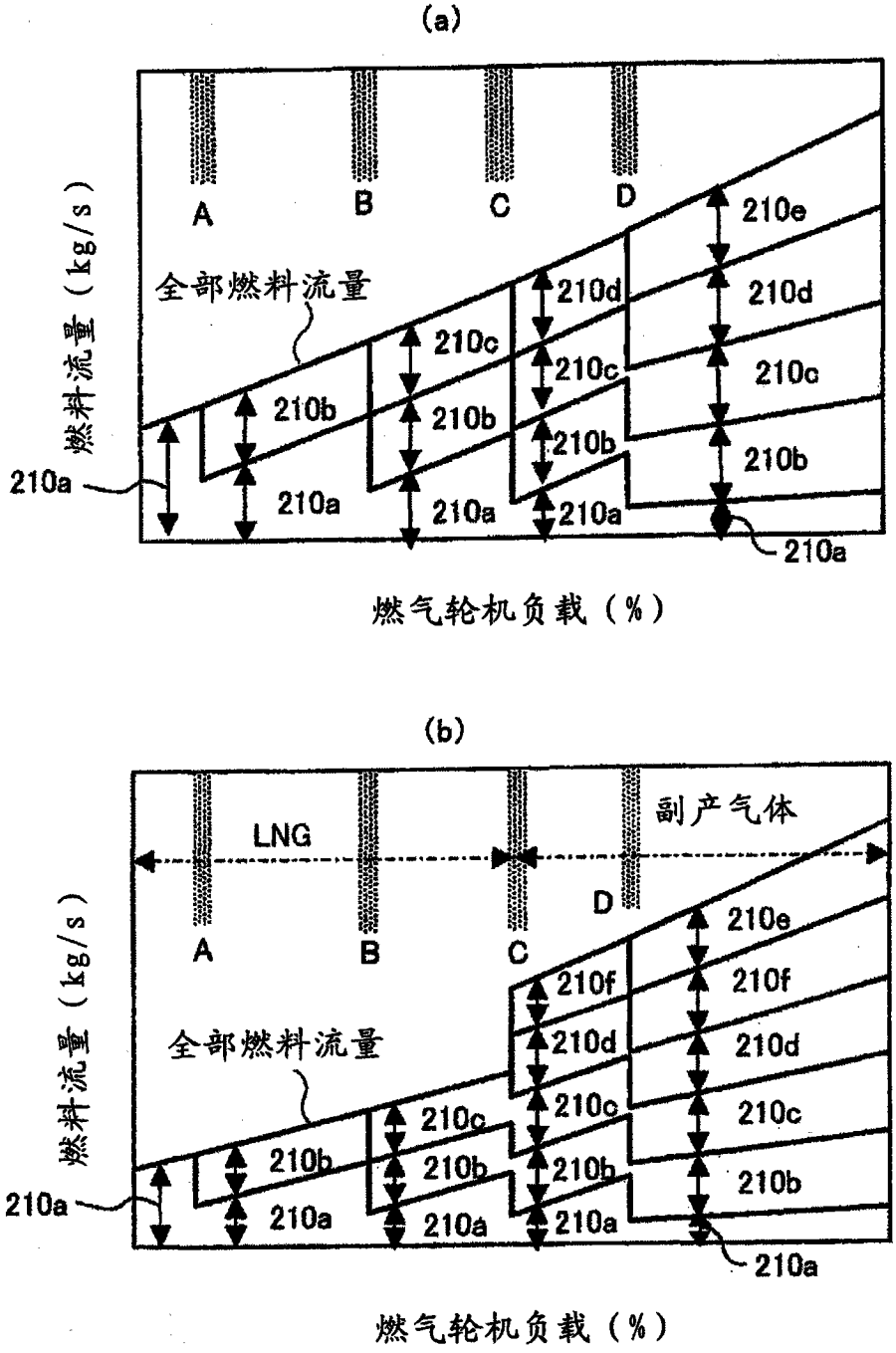

(a)
燃料流量（kg/s）
A
B
C
D
全部燃料流量
210a
210b
210c
210d
210e
燃气轮机负载（%）
(b)
燃料流量（kg/s）
LNG
副产气体
A
B
C
D
全部燃料流量
210a
210b
210c
210d
210e
210f
燃气轮机负载（%）

图 4

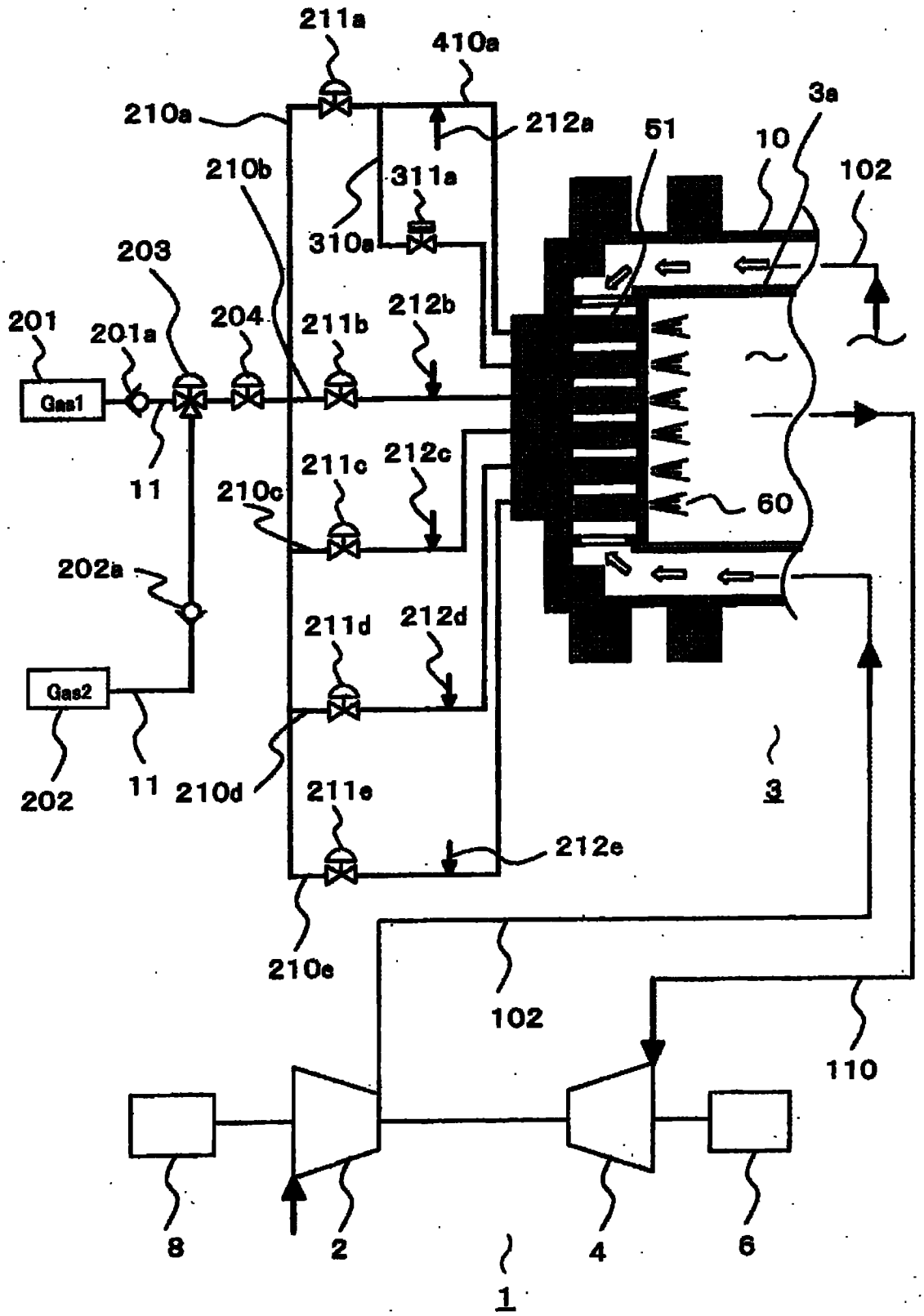

211a
410a
210a
212a
51
10
3a
102
210b
311a
310a
203
201
201a
204
211b
212b
Gas1
11
211c
212c
210c
60
202a
211d
212d
Gas2
202
11
210d
211e
3
212e
210e
102
110
8
2
4
6
1

图 5

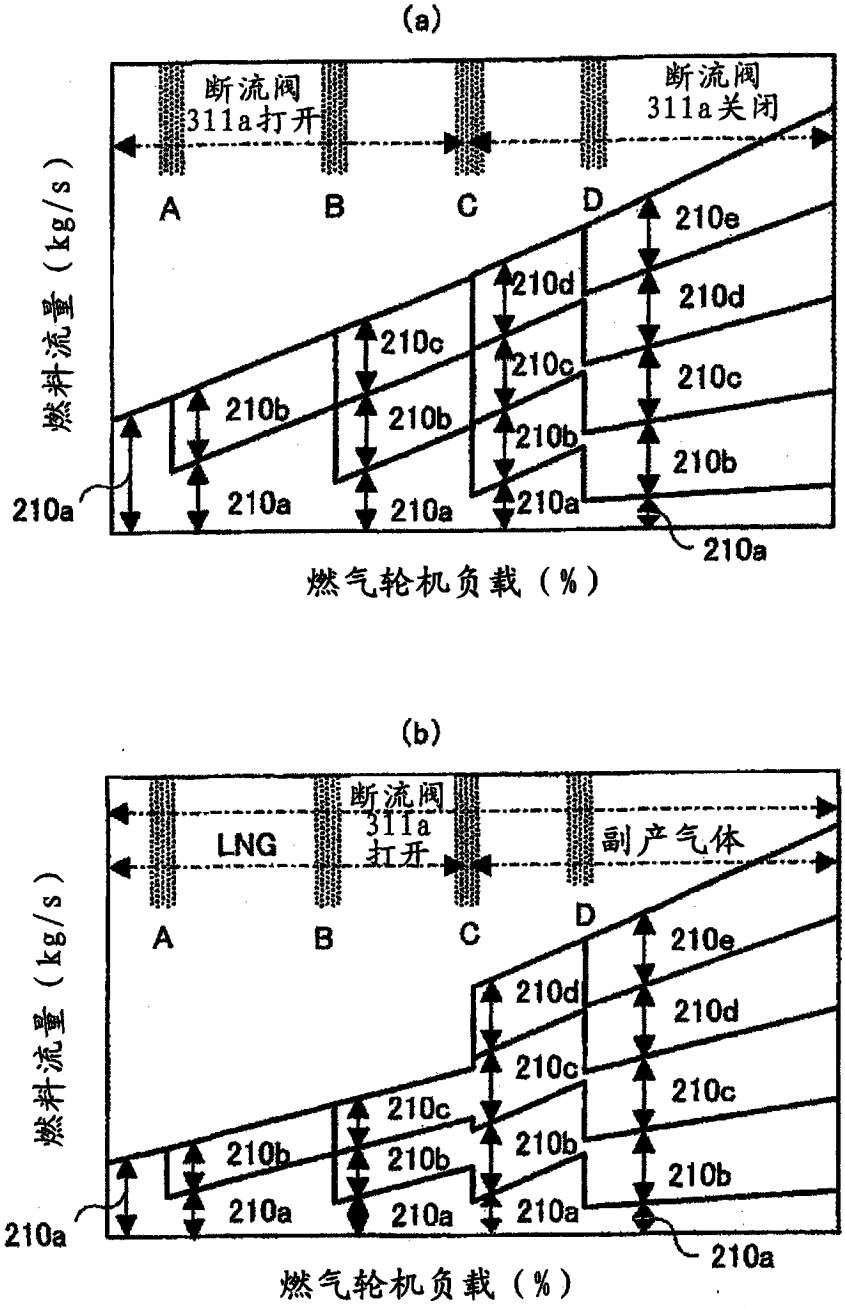

(a)
断流阀
311a打开
断流阀
311a关闭
A
B
C
D
燃料流量（kg/s）
210a
210b
210c
210d
210e
燃气轮机负载（%）
(b)
LNG
断流阀
311a
打开
副产气体
A
B
C
D
燃料流量（kg/s）
210a
210b
210c
210d
210e
燃气轮机负载（%）

图 6