



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104870902 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201380065296. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 12. 13

F23R 3/36(2006. 01)

(30) 优先权数据

F02C 3/22(2006. 01)

2012-272585 2012. 12. 13 JP

F02C 3/24(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

F02C 7/22(2006. 01)

2015. 06. 12

F02C 7/228(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

F23R 3/28(2006. 01)

PCT/JP2013/083497 2013. 12. 13

F23R 3/34(2006. 01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/092185 JA 2014. 06. 19

(71) 申请人 川崎重工业株式会社

地址 日本兵库县

(72) 发明人 绪方正裕 小田刚生 木下康裕

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司

公司 11002

代理人 谢顺星 张晶

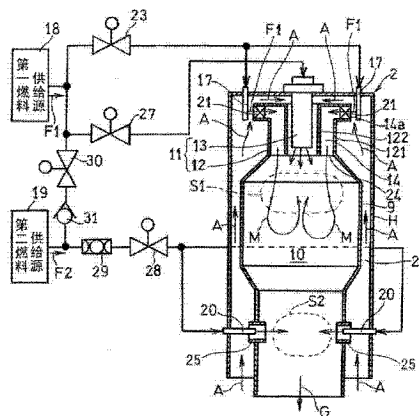
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

适合多种燃料的燃气轮机燃烧器

(57) 摘要

本发明提供一种适合多种燃料的燃气轮机燃烧器,其在维持通过预混合燃烧得到良好的低排放性能的同时,能够充分利用具有不在适合生成预混合气的预混合特性范围的特性的各种燃料。本发明的适合多种燃料的燃气轮机燃烧器具备主燃烧器(12)和补燃喷燃器(20),所述主喷燃器(12)向燃烧室(10)内的第一燃烧区域(S1)供应含有预混合用的第一燃料的预混合气(M),使其预混合燃烧;所述补燃喷燃器(20)向比燃烧室(10)内的第一燃烧区域(S1)更下游的第二燃烧区域(S2)供应与所述第一燃料组成不同的补燃用的第二燃料,使其扩散燃烧,第一燃料具有适合生成预混合气(M)的预混合特性范围,所述第二燃料具有不在所述预混合特性范围的特性。



1. 一种燃气轮机燃烧器,具备主喷燃器和补燃喷燃器;

所述主喷燃器向燃烧室内的第一燃烧区域供应含有预混合用的第一燃料的预混合气,使其预混合燃烧;

所述补燃喷燃器向比所述燃烧室内的所述第一燃烧区域更下游的第二燃烧区域供应与所述第一燃料组成不同的补燃用的第二燃料,使其扩散燃烧;

所述第一燃料具有适合生成预混合气的预混合特性范围,所述第二燃料具有不在所述预混合特性范围的特性。

2. 根据权利要求1所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,还具备向所述第一燃烧区域喷射所述第一燃料并使其扩散燃烧的引燃喷燃器。

3. 根据权利要求1或2所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,还具备向所述第二燃烧区域供应所述第一燃料并使其燃烧的追加的补燃用喷燃器。

4. 根据权利要求1~3中任意一项所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,所述第二燃料为氢气。

5. 根据权利要求1~3中任意一项所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,所述第一燃料为天然气,所述第二燃料为氢气或含有氢气的气体。

6. 根据权利要求4或5所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,

具备形成所述燃烧室的燃烧筒及设置在所述燃烧筒上并从所述燃烧筒的外部向内部的燃烧室导入空气的导入管;

所述补燃喷燃器插入所述导入管的中空部。

7. 根据权利要求1~6中任意一项所述的燃气轮机燃烧器,其特征在于,使所述补燃用的第二燃料在所述第二燃烧区域进行稀薄燃烧。

适合多种燃料的燃气轮机燃烧器

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2012 年 12 月 13 日申请的日本专利申请 2012-272585 的优先权,将其全部内容以参照的方式引入作为本申请的一部分。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种在确保低排放性能的同时能够有效利用含有氢气燃料这样的未利用燃料的适合多种燃料的燃气轮机燃烧器。

背景技术

[0004] 在燃气涡轮发动机的燃烧器中,作为得到包括低 NO_x 化的低排放性能的技术,已知除了有在燃烧器中喷射水或蒸汽的湿式燃烧器,还有将燃料和压缩空气混合生成的预混合气体喷射至燃烧室内使其稀薄预混合燃烧的作为干式的 DLE(Dry Low Emissions;干式低排放)燃烧器。作为该 DLE 燃烧器的燃料,可以使用具有适合生成预混合气的特性范围的天然气、灯油、轻油等燃料,由于像氢气这样的气体不在上述特性范围内,因此难以使用。基本上,氢气的燃烧速度快,若将氢气与 DLE 燃烧器的燃料大量混合,则有可能发生在较长的预混合通道中火焰逆行而导致加热或损伤的被称为反焰的现象,发生异常燃烧。

[0005] 另外,近年来,谋求将从化工设备等产生的氢气或者从煤矿排出的通风甲烷(VAM: Ventilation Air Methane;煤矿通风甲烷)这样的低浓度甲烷的燃料气体作为燃气轮机燃烧器的燃料而有效利用。对此,在稀薄预混合型的燃气轮机燃烧器中,提出了一种使用特殊的喷嘴将含有氢气燃料混入天然气的多孔同轴喷流燃烧器(参照专利文献 1)。此外,已知一种从补燃喷燃器向燃气轮机燃烧器供应氢气的燃烧器(参照专利文献 2)。专利文献 2 所记载的燃烧器中,主喷燃器并不是预混合燃烧方式,而是扩散燃烧方式,利用氢气还原因扩散燃烧而大量生成的 NO_x 。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1:日本专利公开 2011-144972 号公报

[0009] 专利文献 2:日本专利公开 2011-075174 号公报

发明内容

[0010] (一) 要解决的技术问题

[0011] 但是,专利文献 1 的多孔同轴喷流燃烧器不但结构复杂,而且为了维持良好的低排放性能,控制变得复杂,例如需要根据氢气浓度的比例来改变对多个燃料喷嘴的燃料分配等。另一方面,在如专利文献 2 的燃烧器那样从补燃喷燃器导入氢气时,由于主喷燃器为预混合燃烧方式的情况下 NO_x 少,故通过氢气得到的 NO_x 的还原作用受到限制。因此,在专利文献 2 中,并没有设想使用预混合燃烧方式的主喷燃器的情况。因此,专利文献 2 并没有给出并用预混合燃烧方式与从补燃喷燃器导入氢气的方式的启示。

[0012] 本发明的目的在于提供一种适合多种燃料的燃气轮机燃烧器,其能够在维持通过预混合燃烧得到良好的低排放性能的同时,充分利用具有不在适合生成预混合气的预混合特性范围的特性的各种燃料。

[0013] (二) 技术方案

[0014] 为了实现上述目的,本发明的适合多种燃料的燃气轮机燃烧器具备主喷燃器和补燃喷燃器,所述主喷燃器向燃烧室内的第一燃烧区域供应含有预混合用的第一燃料的预混合气,使其预混合燃烧;所述补燃喷燃器向比所述燃烧室内的所述第一燃烧区域更下游的第二燃烧区域供应与所述第一燃料组成不同的补燃用的第二燃料,使其扩散燃烧,所述第一燃料具有适合生成预混合气的预混合特性范围,所述第二燃料具有不在所述预混合特性范围的特性。

[0015] 在该燃气轮机燃烧器中,由于向将预混合气供给第一燃烧区域并使其预混合燃烧的主喷燃器供应具有适合生成预混合气的预混合特性范围的第一燃料,故不会发生反焰、异常燃烧或失火等,因此能够维持良好的低排放性能。另一方面,在对应发动机负荷的增大而将运转范围向高输出侧扩展的情况下,虽然从补燃喷燃器向第二燃烧区域供应第二燃料,但由于补燃喷燃器为扩散燃烧式,因此即使供应具有不在适合生成预混合气的预混合特性范围的特性的第二燃料,也不会发生反焰、异常燃烧或失火等。因此,作为第二燃料,能够充分使用石油化工设备、精炼厂、制铁设备等产生的副产氢气或如 VAM 这样的低浓度燃料气体等目前没有被有效利用的各种燃料。

[0016] 这里所称的“适合生成预混合气的预混合特性范围”,包含不会在预混合通道内发生反焰的燃烧速度的范围,以及在少量时不会发生无法燃烧且在大量时不会过热的发热量的范围这两个范围。此外,“组成不同”是指主要成分或元素含有率不同。

[0017] 在本发明中,进一步地,优选具备向所述第一燃烧区域喷射所述第一燃料并使其扩散燃烧的引燃喷燃器。由于与空燃比大的预混合燃烧相比,扩散燃烧火焰稳定,因此不但用于燃气轮机运转开始时或低负荷时,而且通过在高负荷时也少量燃烧,能够防止失火,稳定地维持预混合燃烧。

[0018] 在本发明中,进一步地,优选具备向所述第二燃烧区域也供应所述第一燃料并使其燃烧的追加的补燃用喷燃器。由此,例如,在使用由化工设备产生的副产氢气作为第二燃料的情况下,当因化工设备的运转停止等导致第二燃料不足时,能够从追加的补燃用喷燃器向第二燃烧区域供应第一燃料,来维持所需的高输出运转。

[0019] 在本发明中,可以使用氢气作为所述第二燃料。由此,能够将由化工设备等产生的氢气有效用作燃烧器的燃料。

[0020] 在本发明中,可以使用天然气作为所述第一燃料,可以使用氢气或含有氢气的气体作为所述第二燃料。由此,能够使用具有适于生成预混合气的预混合特性范围的天然气在第一燃烧区域进行良好的预混合燃烧,同时,从补燃用喷燃器向第二燃烧区域喷射具有不在所需的预混合特性范围的特性的氢气并使其扩散燃烧,能够将大量的氢气有效用作燃烧器的燃料。

[0021] 在本发明中,也可以为如下结构:具备形成所述燃烧室的燃烧筒及设置在所述燃烧筒上并从所述燃烧筒的外部向内部的燃烧室导入空气的导入管,所述补燃喷燃器插入所述导入管的中空部。通过导入空气,氢气的浓度降低,燃烧温度降低,其结果能够抑制 NOx

的产生量。

[0022] 在本发明中,可以使所述补燃用的第二燃料在所述第二燃烧区域进行稀薄燃烧。由此,能够进一步减少 NOx 的产生量。这里,“稀薄燃烧”是指在当量比为 0.5 以下的稀薄度下燃烧。另外,稀薄燃烧中的当量比在大于 0 小于等于 0.5 的范围内根据负荷进行调整。

[0023] 权利要求书及 / 或说明书及 / 或说明书附图所公开的至少两种结构的任意组合也包含在本发明中。特别是权利要求书的各项权利要求的两项以上的任意组合也包含在本发明中。

附图说明

[0024] 通过参照附图对以下优选的实施方式进行说明,可更加清楚地理解本发明。但是,实施方式及附图仅用于图示及说明,不应用于确定本发明的范围。本发明的范围由附上的权利要求书确定。在附图中,多张附图中的相同附图标记表示相同或与其相当的部分。

[0025] 图 1 是表示适用本发明的燃气轮机燃烧器的燃气涡轮发动机的概略结构图。

[0026] 图 2 是综合表示本发明的第一实施方式的燃气轮机燃烧器及其燃料供给系统的概略纵向剖视图。

[0027] 图 3 是表示同上燃气涡轮发动机的负荷变化和与其对应的第二燃料的燃料使用量之间关系的特性图。

[0028] 图 4 是综合表示本发明的第二实施方式的燃气轮机燃烧器及其燃料供给系统的概略纵向剖视图。

具体实施方式

[0029] 下面,参照附图对本发明优选的实施方式进行说明。在本发明的实施方式中,适用燃气轮机燃烧器的燃气涡轮发动机 GT 如图 1 所示的单缸型,但也可以为多缸型。该燃气涡轮发动机 GT 具有离心压缩机 1、燃烧器 2 及涡轮 3,其中,所述离心压缩机 1 压缩从空气流入口 1a 吸入的空气 A;所述燃烧器 2 向被压缩的空气 A 供应燃料并使其燃烧;所述涡轮 3 由来自燃烧器 2 的燃烧气体来驱动。燃烧器 2 相对于发动机旋转轴心 C 在大致径向上突出配置。由燃烧器 2 产生的燃烧气体被导向涡轮 3 来使涡轮 3 旋转,驱动通过旋转轴 4 与该涡轮 3 连接的离心压缩机 1 以及例如为发电机的负荷 7。通过涡轮 3 的排气 EG 由排气管 8 向外部排出。

[0030] 如图 2 所示,该燃烧器 2 是逆流缸型,即从离心压缩机 1(图 1) 导入空气通道 22 内的压缩空气 A 与燃烧气体 G 在燃烧器 2 内呈相互反向流动,圆筒状的壳体 H 内,收纳有大致圆筒状的燃烧筒 9。在壳体 H 与燃烧筒 9 之间形成空气通道 22,该空气通道 22 将来自离心压缩机 1 的空气 A 进行导入,在燃烧筒 9 的内部形成燃烧室 10。在燃烧筒 9 的顶部安装有喷燃器单元(喷嘴单元)11。

[0031] 所述喷燃器单元 11 使用天然气、在天然气中混合 5% 左右的氢气而成的气体等燃料或者如灯油、轻油这样的液体燃料作为第一燃料 F1。该喷燃器单元 11 具备主喷燃器 12 及引燃喷燃器 13,其中,所述主喷燃器 12 向燃烧室 10 内的第一燃烧区域 S1 喷射预混合气体 M 并使其预混合燃烧,所述预混合气体 M 含有由第一燃料供给源 18 供应的预混合用的第一燃料 F1,所述引燃喷燃器 13 向第一燃烧区域 S1 直接喷射所述第一燃料 F1 并使其扩散燃

烧。

[0032] 进而,在燃烧筒 9 内设置扩散喷射式的补燃喷燃器 20,所述补燃喷燃器 20 将由第二燃料供给源 19 供应的补燃用的第二燃料 F2 直接向比燃烧室 10 内的第一燃烧区域 S1 更下游的第二燃烧区域 S2 喷射并使其扩散燃烧。补燃喷燃器 20 在燃烧筒 9 的周向上以等间隔设置多个,例如 2 ~ 12 个。作为第二燃料 F2,除了天然气,还使用氢气、LPG(液化石油气体)、VAM、在天然气中混合有大量氢气的气体等与天然气的组成不同,也就是主要成分或元素含有率不同的燃料。相对于天然气,氢气及 LPG 的主要成分不同,虽然 VAM 的主要成分甲烷是相同的,但含有大量 CO₂等,碳和氢的含有率不同。

[0033] 在燃烧筒 9 上设置有从其外部的空气通道 22 向燃烧室 10 导入空气 A 的多个圆筒状的导入管 25,补燃喷燃器 20 插入各导入管 25 的内侧即中空部。空气 A 沿补燃喷燃器 20 与导入管 25 的内周面之间的间隙从燃烧筒 9 的外部朝向内部的燃烧室 10 流入。

[0034] 所述主喷燃器 12 配置为围绕引燃喷燃器 13 的外周。该主喷燃器 12 具有截面呈 L 字状的环状外壁 121 及内壁 122,并在外壁 121 与内壁 122 之间形成预混合通道 14。预混合通道 14 的上游端沿径向朝外开口,在该开口的环状空气获取口 14a 的径向外方,沿主喷燃器 12 的周向以等间隔配置多个主燃料喷嘴 17。在主燃料喷嘴 17 上的与空气获取口 14a 相对的部分上,形成朝向空气获取口 14a 喷射第一燃料 F1 的多个燃料喷射孔(未图示),在空气获取口 14a 上配置对流入空气赋予回旋以促进其与第一燃料 F1 预混合的旋流器 21。扩散燃烧型的引燃喷燃器 13 配置于外壁 121 的内侧空间。

[0035] 由第一燃料供给源 18 供应的第一燃料 F1 在通过第一燃料控制阀 23 调整流量后,从主燃料喷嘴 17 朝向预混合通道 14 的空气获取口 14a 喷射。该被喷射的第一燃料 F1 与从空气通道 22 流入空气获取口 14a 内的压缩空气 A 一起被旋流器 21 赋予回旋的同时导入预混合通道 14,在该预混合通道 14 内流动的同时进行预混合,并作为预混合气 M 从环状的预混合气喷出口 24 向燃烧室 10 内喷出。

[0036] 在燃气涡轮发动机 GT 启动时,关闭第一燃料控制阀 23,仅打开第二燃料控制阀 27,使第一燃料供给源 18 的第一燃料 F1 通过第二燃料控制阀 27 从引燃喷燃器 13 向燃烧室 10 内喷射,通过火花塞(未图示)的点火而扩散燃烧。在通常运转时,继续从引燃喷燃器 13 供应第一燃料 F1,同时将其火焰作为火种,使由主喷燃器 12 向燃烧室 10 内喷射的预混合气 M 预混合燃烧,在燃烧室 10 的上游部形成第一燃烧区域 S1。控制主喷燃器 12 及引燃喷燃器 13 的空燃比(空气流量/燃料流量)达到各自优选的规定值。

[0037] 该第一燃烧区域 S1 通过使第一燃料 F1 稀薄预混合燃烧,使 NO_x、CO 等减少,实现低排放。因此,作为第一燃料,使用具有适于生成预混合气 M 的预混合特性范围的燃料。作为该预混合特性范围,包含不会在较长的预混合通道 14 内发生反焰的燃烧速度的范围,以及在少量时不会发生无法燃烧且在大量时不会过热的发热量的范围这两个范围。根据实验结果,燃烧速度 M_{cp} 的范围大约为 32 ~ 39cm/s,发热量的范围大约为 29 ~ 42MJ/m³N。

[0038] 在燃烧室 10 内的比第一燃烧区域 S1 更下游侧,通过使由第二燃料供给源 19 供应并由补燃喷燃器 20 喷射的第二燃料 F2 并扩散燃烧,形成第二燃烧区域 S2。由于第二燃料 F2 由扩散燃烧式的补燃喷燃器 20 直接喷射并扩散燃烧,因此即使流量变化,也不会发生向预混合通道 14 内的反焰等,因此作为第二燃料 F2,即使使用不在第一燃料 F1 所具有的预混合特性范围的特性的燃料也不会产生问题。此外,作为第二燃料 F2,也可以使用成分变化的

燃料或低品质的燃料。

[0039] 第二燃烧区域 S2 是为了根据燃气涡轮发动机 GT 的运转负荷的变化而使运转范围向高输出侧扩大而形成的,如图 3 所示,当燃气涡轮发动机 GT 的运转负荷增大超过一定值时,调整图 2 的第三燃料控制阀 28,使其仅打开与运转负荷变化相对应的开度,从第二燃料供给源 19 通过混合器 29 及第三燃料控制阀 28 向补燃喷燃器 20 供应所需量的第二燃料 F2。如图 3 可知,由于伴随发动机 GT 的运转负荷增大,第二燃料 F2 的使用量也增大,因此在高负荷时能够大量使用该阶段未充分利用的氢气等作为燃烧器 2 的燃料。在该情况下,无论第二燃烧区域 S2 的第二燃料 F2 的供应量多少,第一燃烧区域 S1 的火焰保持性能通过主喷燃器 12 及引燃喷燃器 13 来确保。

[0040] 在该燃烧器 2 中,在第二燃料 F2 不足的情况下,打开第四燃料控制阀 30,将第一燃料供给源 18 的第一燃料 F1 通过逆止阀 31 向第二燃料供给源 19 侧供应,并利用混合器 29 混合该第一燃料 F1 和来自第二燃料供给源 19 的第二燃料 F2,向补燃喷燃器 20 供应。通过逆止阀 31,防止第二燃料 F2 向第一燃料 F1 侧流入。

[0041] 这里,空气通道 22 内的空气 A 通过导入管 25 流入燃烧室 10 内,由此来自补燃喷燃器 20 的氢气的浓度降低,成为稀薄燃烧状态,燃烧温度降低,其结果,能够抑制 NO_x 的产生量。另外,由于空气稀释氢气,因此还原作用弱,但由于进行预混合燃烧的第一燃烧区域 S1 处的 NO_x 产生量少,因此并不期待由氢气的还原作用得到低 NO_x 化的效果。另外,即使不使用导入管 25,例如通过在燃烧筒 9 的补燃喷燃器 20 的附近形成一个以上将空气通道 22 内的压缩空气 A 导入燃烧室 10 内的空气导入孔,也能够实现稀薄燃烧。

[0042] 图 4 表示本发明的第二实施方式。在同一图中,对与图 2 相同或相当的结构标注相同的标记,并省略重复说明。该第二实施方式的燃气轮机燃烧器 2A 与图 2 的燃气轮机燃烧器不同之处在于,在第一实施方式的燃烧筒 9 的通常的补燃喷燃器 20 的附近处设置追加的补燃喷燃器 33。在该补燃喷燃器 33 处,从朝向主喷燃器 12 的燃料供给系统分路,并且连接设置有第五燃料控制阀 34 的燃料供给系统。并且,根据需要打开第五燃料控制阀 34,使主喷燃器 12 的燃料供给系统的第一燃料 F1 从追加的补燃喷燃器 33 向第二燃烧区域 S2 喷射。

[0043] 此外,追加的补燃喷燃器 33 设置为与通常的补燃喷燃器 20 数量相同,并以周向位置与通常的补燃喷燃器 20 成为交替配置的方式等间隔设置。例如,在追加的补燃喷燃器 33 及通常的补燃喷燃器 20 均设置四个的情况下,相对于在同一圆上以 90 度间隔设置的四个通常的补燃喷燃器 20,在其上游侧或下游侧错开 45° 相位并在同一圆上以 90 度间隔配置四个追加的补燃喷燃器 33。由此,在使用追加的补燃喷燃器 33 及通常的补燃喷燃器 20 两者的情况下,使第二燃烧区域 S2 中的第一燃料 F1 和第二燃料 F2 的浓度均匀化,能够得到良好的燃烧状态。

[0044] 在该第二实施方式的燃气轮机燃烧器 2A 中,不但能够得到在第一实施方式中说明的同样的效果,而且在由于化工设备运转停止等而使作为第二燃料 F2 的氢气不能使用的情况发生的情况下,打开第五燃料控制阀 34,通过将主喷燃器 12 的燃料供给系分流的第一燃料 F1 经由补燃喷燃器 33 向燃烧室 10 内喷射,能够稳定地维持第二燃烧区域 S2。在第二燃料 F2 不足的情况下,使通常的补燃喷燃器 20 和追加的补燃喷燃器 33 两者工作,向燃烧室 10 内供应第一燃料 F1 和第二燃料 F2。

[0045] 在使用天然气作为第一燃料的情况下,通常的补燃喷燃器 20 设置为与体积小天然气相对应的小的喷燃器直径。这里,由于氢气的单位热量的体积比天然气大,因此若将通常的补燃喷燃器 20 用于氢气的喷射,则无法喷射必需的量。与此相对,在该第二实施方式中,由于设置了氢气用的追加的补燃喷燃器 33,因此通过将该补燃喷燃器 33 设置为与氢气的体积相对应的大的喷燃器直径,在喷射作为第二燃料 F2 的氢气的情况下,能够喷射必需的量。

[0046] 根据发明人等的分析,在将预混合燃烧方式的主喷燃器 12 与补燃喷燃器 20 组合的燃气轮机燃烧器 2A 中,不会对主喷燃器 12 的低排放性能造成不利影响的第二燃料 F2 的比例以热量换算为总体的 30%左右。在该情况下,在该第二实施方式的燃气轮机燃烧器 2A 中,若由通常的补燃喷燃器 20 喷射的第二燃料 F2 为 100%氢气,氢气的热量为作为第一燃料 F1 的天然气的 1/4,则换算成体积流量分配,第一燃料 F1(天然气)相对第二燃料 F2(氢气)的体积比为 7:12。即,第一燃料 F1 为 36.84% (7/19),第二燃料 F2 为 63.15% (12/19)。

[0047] 在如以往那样在第一燃料 F1 的天然气中混合第二燃料 F2 的氢气并用于预混合燃烧的情况下,若考虑避免反焰或异常燃烧,与第二燃料 F2 的混合比例的上限以体积比为 5%左右相比较,在本发明中,第二燃料 F2 的氢气占燃料总体的 60%多也能处理好。因此,能够大量有效利用以往未能充分利用的氢气作为燃气轮机燃烧器 2A 的第二燃料。

[0048] 如上所述,参照附图对本发明的优选实施方式进行了说明,但本领域技术人员参看本发明说明书,将容易想到在显而易见的范围内的各种改变及修改。因此,这样的改变及修改被解释为包含在由权利要求书所确定的发明的范围内。

[0049] 附图标记说明

[0050] 10—燃烧室

[0051] 12—主喷燃器

[0052] 13—引燃喷燃器 20—补燃喷燃器

[0053] 25—导入管

[0054] 33—追加的补燃喷燃器

[0055] S1—第一燃烧区域

[0056] S2—第二燃烧区域

[0057] M—预混合气

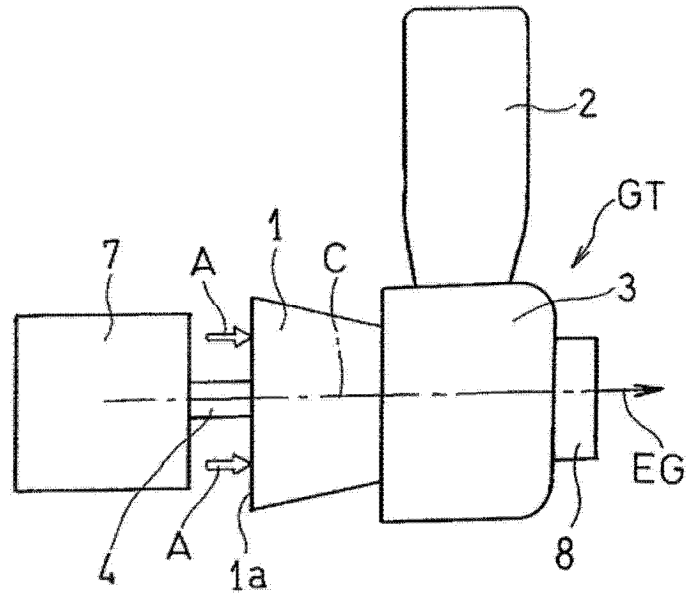


图 1

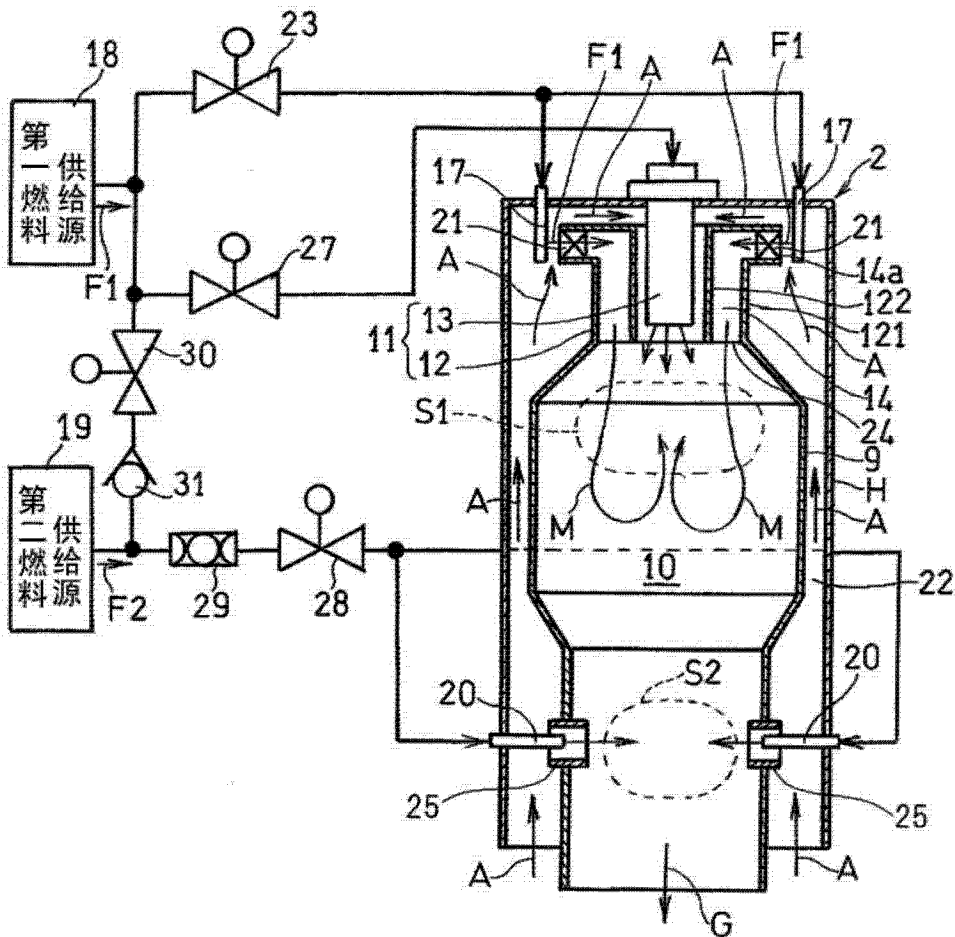


图 2

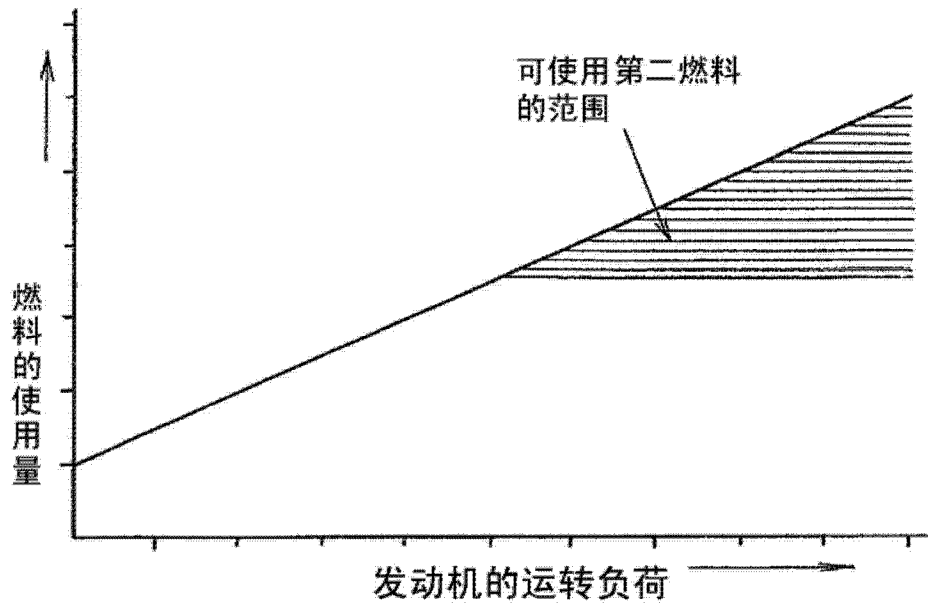


图 3

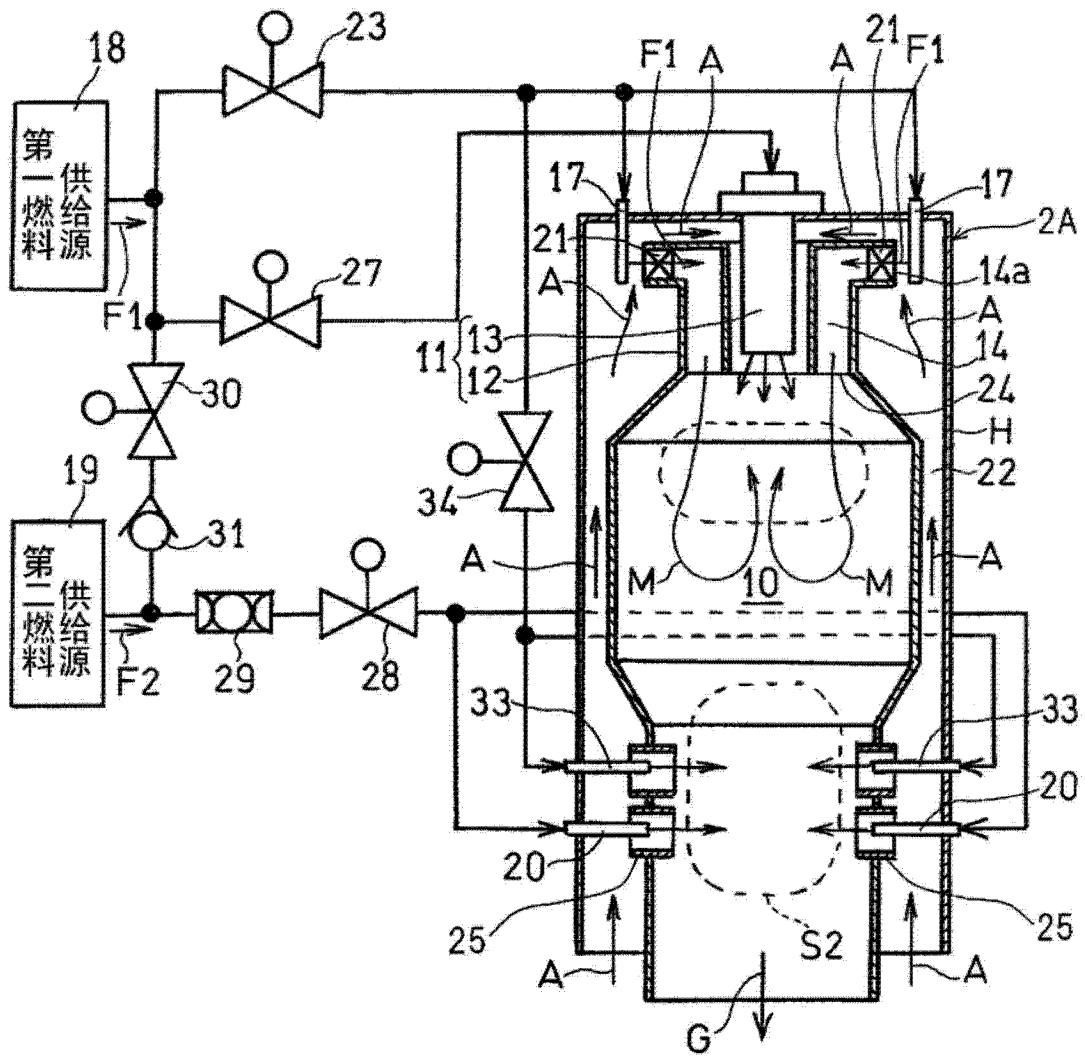


图 4