



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112253335 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 202011107564.7

(22) 申请日 2020.10.16

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112253335 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 张泰昌 范学军

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.  
F02K 9/60 (2006.01)  
F02K 9/62 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 110953088 A, 2020.04.03
- CN 103775246 A, 2014.05.07
- CN 103982332 A, 2014.08.13
- US 4047380 A, 1977.09.13
- US 2002069636 A1, 2002.06.13
- US 2004187498 A1, 2004.09.30

审查员 闵满满

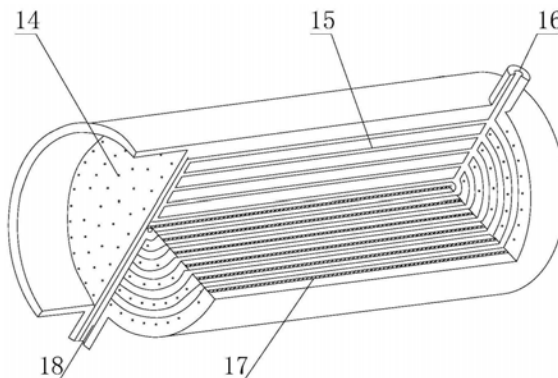
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器

(57) 摘要

本发明公开了一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,主路燃气发生装置依次设置有主路过氧化氢分配腔、主路过氧化氢催化床、主路集气腔、燃气发生器燃烧室、集气腔和出口;所述燃气发生器燃烧室外侧壁设置为冷却通道,冷却通道上设置甲烷入口,内设置有喷注盘,甲烷和水蒸汽微通道换热催化反应床;辅路燃气发生装置依次设置辅路过氧化氢分配腔、辅路过氧化氢催化床、辅路集气腔。本发明提供了一种燃气无积碳而且做功能力非常强的燃气发生器,不仅克服了制约当前碳氢燃料富油气体发生器重复使用的积碳这个瓶颈性问题,还大幅提升了做功能力,具备很好的实用潜力。



1. 一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,包括主路燃气发生装置、辅路燃气发生装置,

所述主路燃气发生装置依次设置有主路过氧化氢分配腔、主路过氧化氢催化床、主路集气腔、燃气发生器燃烧室、集气腔和出口;所述燃气发生器燃烧室外侧壁设置为冷却通道,冷却通道上设置甲烷入口,甲烷流经冷却通道,内设置喷注盘,以及甲烷和水蒸汽催化床;

所述辅路燃气发生装置依次设置辅路过氧化氢分配腔、辅路过氧化氢催化床、辅路集气腔;

所述主路燃气发生装置的主路集气腔和辅路燃气发生装置的辅路集气腔中的高温氧气和水蒸汽与甲烷按照特定配比通过燃烧室中的甲烷和水蒸汽催化床,在催化剂作用下反应生成一氧化碳和氢气,从集气腔和出口中产出,作为驱动涡轮的工质。

2. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述燃气发生器燃烧室的端部设置有喷注盘,喷注盘上设置有同轴喷嘴,同轴喷嘴上设置有不同喷孔,气体甲烷、高温氧气和水蒸汽,分别通过喷注盘上掺混的同轴喷嘴不同喷孔进入燃烧室。

3. 根据权利要求2所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述燃气发生器燃烧室的喷注盘与燃烧室的甲烷和水蒸汽催化床之间设置有一个10-30mm的掺混腔,通过掺混腔控制甲烷、高温氧气和水蒸汽充分掺混但基本未反应。

4. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述甲烷与水蒸汽催化床基底设置为微通道换热反应器,微通道换热反应器包括主路微通道和辅路微通道,换热的一侧是主路微通道,其内为富油状态的甲烷、高温氧气和水蒸汽混合气,换热的另外一侧是辅路微通道,其内为高温氧气和水蒸汽。

5. 根据权利要求4所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述主路微通道内表面涂有将甲烷和水蒸汽催化为一氧化碳和氢气的催化剂,气体通过富油状态一侧的主路微通道后的压降值,远小于辅路微通道中高温氧气和水蒸汽通过换热器的压降值。

6. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述主路燃气发生装置中过氧化氢通过主路过氧化氢分配腔进入主路过氧化氢催化床,通过主路过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽进入主路集气腔。

7. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述辅路燃气发生装置中过氧化氢通过辅路过氧化氢分配腔进入辅路过氧化氢催化床,通过辅路过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽进入辅路集气腔,再通过燃烧室内甲烷和水蒸汽催化床中的换热通道,为催化床持续提供热量。

8. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,所述燃气发生器燃烧室中燃料液体甲烷由甲烷入口进入燃气发生器燃烧室冷却通道,甲烷在冷却通道吸收热量变为气体甲烷。

9. 根据权利要求1所述一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,选择浓度 $\geq 90\%$ 过氧化氢和液体甲烷作为推进剂;所述主路燃气发生装置中主路过氧化氢为高压输入,入口压力设置值大于5MPa。

## 一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器

### 技术领域

[0001] 本发明属于火箭发动机设备技术领域,具体涉及一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,即一种过氧化氢-甲烷富油燃气发生器。

### 背景技术

[0002] 近些年,可重复使用火箭是国内外航天的一个发展热点和趋势,它可以极大减少航天发射的成本。火箭的发动机系统是火箭的核心,燃气发生器循环是火箭发动机主要循环方式之一。

[0003] 燃气发生器分为富油燃气发生器和富氧燃气发生器。富氧燃烧能充分利用燃料,但过量的氧气浓度容易腐蚀燃烧室,限制了燃气发生器温度一般在 1000K左右,即使如此涡轮泵系统的寿命也受到影响,大大缩短;而富油燃烧虽然能在火箭发动机上实现较大的使用寿命和较强可靠性,但始终无法令燃料充分燃烧,在碳氢燃料的富油燃烧中产生高浓度碳烟,在火箭发动机各部件上很容易产生大量“积碳”,很快就沉积在燃气发生器和涡轮泵的涡轮叶片上,引起涡轮效率显著降低,同时影响涡轮的使用寿命,不利于火箭发动机中燃气发生器和涡轮泵的重复使用。目前最热门的已经实现可重复使用的猎鹰九号火箭所使用的是Merlin系列的发动机,该类型发动机采用的就是富油燃气发生器循环,从梅林发动机涡轮尾气黑烟滚滚的工作照片可以看出,SpaceX公司还没有解决富油燃烧积碳问题,这限制了其发动机中燃气发生器和涡轮泵的重复使用。

[0004] 积碳问题是制约富油燃气发生器重复使用的瓶颈性问题。同时,燃气发生器产物是涡轮的做功工质,其做功能力是吸气式火箭类发动机研制中一个核心问题。因此,基于上述这两方面的考虑,如何针对性地提出了一种新型燃气发生器以解决现有技术的缺陷,具有重要的现实意义。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种用于火箭发动机中驱动涡轮的新型燃气发生器,具体涉及一种过氧化氢-甲烷富油燃气发生器。

[0006] 本发明采取的技术方案为:

[0007] 一种用于火箭发动机中驱动涡轮的燃气发生器,其特征在于,包括主路燃气发生装置、辅路燃气发生装置,

[0008] 所述主路燃气发生装置依次设置有主路过氧化氢分配腔、主路过氧化氢催化床、主路集气腔、燃气发生器燃烧室、集气腔和出口;所述燃气发生器燃烧室外侧壁设置为冷却通道,冷却通道上设置甲烷入口,甲烷流经冷却通道,内设置喷注盘,以及甲烷和水蒸汽催化床;

[0009] 所述辅路燃气发生装置依次设置辅路过氧化氢分配腔、辅路过氧化氢催化床、辅路集气腔。

[0010] 进一步的,所述燃气发生器燃烧室的端部设置有喷注盘,喷注盘上设置有同轴喷

嘴,同轴喷嘴上设置有不同喷孔,气体甲烷、高温氧气和水蒸汽,分别通过喷注盘上掺混的同轴喷嘴不同喷孔进入燃烧室。

[0011] 进一步的,所述燃气发生器燃烧室的喷注盘与燃烧室的甲烷和水蒸汽催化床之间设置有一个10-30mm的掺混腔,通过掺混腔控制甲烷、高温氧气和水蒸汽充分掺混但基本未反应。

[0012] 进一步的,所述甲烷与水蒸汽催化床基底设置为微通道换热反应器,微通道换热反应器包括主路微通道和辅路微通道,换热的一侧是主路微通道,其内为富油状态的甲烷、高温氧气和水蒸汽混合气,换热的另外一侧是辅路微通道,其内为高温氧气和水蒸汽。

[0013] 更进一步的,所述主路微通道内表面涂有将甲烷和水蒸汽催化为一氧化碳和氢气的催化剂,气体通过富油状态一侧的主路微通道后压降较小,保证有充足催化反应时间;所述辅路微通道中高温氧气和水蒸汽通过换热器有显著压降,确保换热。

[0014] 进一步的,所述主路燃气发生装置中过氧化氢通过主路过氧化氢分配腔进入主路过氧化氢催化床,通过主路过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽进入主路集气腔。

[0015] 进一步的,所述辅路燃气发生装置中过氧化氢通过辅路过氧化氢分配腔进入辅路过氧化氢催化床,通过辅路过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽进入辅路集气腔,再通过燃烧室内甲烷和水蒸汽催化床中的换热通道,为催化床持续提供热量。

[0016] 进一步的,所述主路燃气发生装置的主路集气腔和辅路燃气发生装置的辅路集气腔中的高温氧气和水蒸汽与甲烷按照特定配比通过燃烧室中的甲烷和水蒸汽催化床,在催化剂作用下反应生成一氧化碳和氢气,从集气腔和出口中产出,作为驱动涡轮的工质。

[0017] 进一步的,为增强甲烷与高温氧气和水蒸汽的掺混效果和甲烷在催化床上反应效果,所述燃气发生器燃烧室中燃料液体甲烷由甲烷入口进入燃气发生器燃烧室冷却通道,更为具体的是,液体甲烷先通过燃气发生器燃烧室的壁面冷却通道,吸收壁面热量,转化为气态甲烷。

[0018] 进一步的,选择浓度 $\geq 90\%$ 过氧化氢和液体甲烷作为推进剂;所述主路燃气发生装置中主路过氧化氢为高压输入,入口压力设置值大于5MPa。

[0019] 进一步的,燃气发生器工作时,首先辅路燃气发生装置中辅路过氧化氢催化分解的高温氧气和水蒸汽预热燃烧室中甲烷和水蒸汽催化床数秒。

[0020] 本发明的有益效果为:

[0021] 本发明提供了一种用于火箭发动机中驱动涡轮的新型燃气发生器。此燃气发生器采用浓度 $\geq 90\%$ 过氧化氢和液体甲烷作为推进剂,绿色环保对环境无污染;过氧化氢先通过银网等过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽,进而与甲烷在富油状态按照特定配比通过燃烧室中的催化床,在催化剂作用下反应生成一氧化碳和氢气,解决了限制当前富油燃气发生器重复使用和稳定性的掐脖子问题,即富油燃烧积碳问题,而且所发明的燃气发生器产物为一氧化碳和氢气,产物平均分子量将达到碳氢燃料富油燃烧条件下所能达到的理论最小,做功能力可以得到极大提升。

[0022] 本发明另设置了一路过氧化氢,辅路燃气发生装置和主路燃气发生装置呈垂直排布设置,辅路燃气发生装置中的高温分解产物通过燃烧室内甲烷和水蒸汽催化床中的换热通道,为催化床持续提供热量。

[0023] 为增强甲烷与高温氧气和水蒸汽的掺混效果和甲烷在催化床上反应效果,液体甲

烷先通过燃气发生器燃烧室的壁面冷却通道,吸收壁面热量,转化为气态甲烷。

[0024] 综上所述,本发明最突出优点为不仅克服了制约当前碳氢燃料富油气体发生器重复使用的积碳这个瓶颈性问题,还大幅提升了做功能力,具备很好的实用潜力。

### 附图说明

[0025] 图1为本发明中燃气发生器的结构示意图;

[0026] 图2为燃气发生器中甲烷与水蒸汽催化床示意图;

[0027] 其中,1、主路过氧化氢分配腔;2、主路过氧化氢催化床;3、主路集气腔;4、喷注盘;5、掺混腔;6、甲烷和水蒸汽催化床;7、冷却通道;8、辅路集气腔;9、辅路过氧化氢催化床;10、辅路过氧化氢分配腔;11、集气腔和出口;12、同轴喷嘴;13、甲烷入口;14、主路气流入口;15、辅路气流通道;16、辅路气流入口;17、主路气流通道;18、辅路气流出口。

### 具体实施方式

[0028] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0029] 实施例1

[0030] 如图1所示,本发明公开了一种用于火箭发动机中驱动涡轮的新型燃气发生器,具体涉及一种过氧化氢-甲烷富油燃气发生器。此燃气发生器采用浓度 $\geq 90\%$ 过氧化氢和液体甲烷作为推进剂,绿色环保对环境无污染;过氧化氢先通过银网等过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽,进而与甲烷在富油状态按照特定配比通过燃烧室中的催化床,在催化剂作用下反应生成一氧化碳和氢气,作为驱动涡轮的工质,解决了富油燃烧积碳问题,而且产物分子量达到碳氢燃料富油燃烧条件下最小,做功能力极大。

[0031] 以下为涡轮泵功率与燃气发生器产物的关系公式:

$$[0032] \quad P = \gamma m \Delta H = \gamma m \int V dp = \frac{R}{M_w} \frac{\eta m T_1 \gamma}{\gamma - 1} \left\{ 1 - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\gamma - 1 / \gamma} \right\}$$

[0033] 其中,P为涡轮泵功率, $\gamma$ 为比热比,R为气体常数, $M_w$ 为燃气发生器产物平均摩尔分子量, $\eta$ 为涡轮效率, $T_1$ 为燃气发生器产物在涡轮泵入口温度, $p_1$ 为燃气发生器产物在涡轮泵入口压力, $p_2$ 为涡轮泵尾气出口压力。从以上公式可以看出,涡轮泵功率与燃气发生器产物平均摩尔分子量成反比,也就是说其它参数固定情况下,分子量越小,燃气发生器产生的高温气体对涡轮泵做功能力越强。

[0034] 甲烷与水蒸汽催化反应为吸热反应,催化床需要维持高温状态,专门又设置了一路过氧化氢(辅路过氧化氢),其通过过氧化氢催化床分解为高温氧气和水蒸汽,然后通过燃烧室内甲烷的催化床中的换热通道,为催化床持续提供热量。

[0035] 为增强甲烷与高温氧气和水蒸汽的掺混效果和甲烷在催化床上反应效果,液体甲烷先通过甲烷入口13进入和燃气发生器燃烧室的壁面冷却通道7,吸收壁面热量,转化为气态甲烷;气体甲烷,高温氧气和水蒸汽,分别通过喷注盘4上掺混高效的同轴喷嘴12不同喷孔进入燃烧室。喷注盘4与燃烧室中催化床之间有一个10-30mm掺混腔5,使甲烷、高温氧气和水蒸汽充分掺混但基本未反应。燃烧室中催化床基底为微通道换热器,换热的一方面是富油状态的甲烷、高温氧气和水蒸汽混合气,另外一方面为高温氧气和水蒸汽。富油状态一

侧的微通道表面涂有将甲烷和水蒸汽催化为一氧化碳和氢气的催化剂,本侧气体通过后压降较小,此设计为保证有充足催化反应时间。高温氧气和水蒸汽通过换热器有显著压降,确保换热。

[0036] 本发明提供了一种燃气无积碳而且做功能力非常强的燃气发生器,不仅克服了制约当前碳氢燃料富油气体发生器重复使用的积碳这个瓶颈性问题,还大幅提升了做功能力,具备很好的实用潜力。

[0037] 实施例2

[0038] 在实施例1的基础上,以下介绍此新型燃气发生器具体实施步骤。

[0039] 燃气发生器工作时,首先辅路浓度 $\geq 90\%$ 过氧化氢经过辅路过氧化氢分配腔 10,均匀分配后进入辅路过氧化氢催化床9,催化分解为高温氧气和水蒸汽,通过辅路集气腔8进入甲烷和水蒸汽催化床6中辅路换热微通道,对甲烷和水蒸汽催化床6进行预热。预热数秒时间后,主路过氧化氢进入主路过氧化氢分配腔1,均匀分配后进入主路过氧化氢催化床2,催化分解为高温氧气和水蒸汽,通过主路集气腔3进入喷注盘4中同轴喷嘴12中氧化剂喷孔,于此同时,燃料液体甲烷由燃气发生器的甲烷入口13进入冷却通道7,此冷却通道7与喷注盘4中同轴喷嘴12中燃料喷孔相通,甲烷在冷却通道7吸收热量变为气体甲烷,除此之外,液体甲烷还可以先经过火箭中其它发热部位,如发动机主推力室的壁面冷却通道,吸收热量。甲烷,水蒸汽和氧气分别经过喷注盘4 中同轴喷嘴12中燃料和氧化剂喷孔,进入掺混腔5,掺混腔5长度10-30mm,使甲烷、高温氧气和水蒸汽充分掺混但基本未反应。混合气然后进入甲烷和水蒸汽催化床6中主路微通道。甲烷和水蒸汽催化床6中微通道通径 $\sim \Phi 0.3\text{mm}$ ,长度为 $\sim 120\text{mm}$ ,数量非常多。主路微通道内表面涂有将甲烷和水蒸汽催化为一氧化碳和氢气的催化剂,本侧气体通过后压降较小,此设计为保证有充足催化反应时间。辅路微通道中高温氧气和水蒸汽通过换热器有显著压降,确保换热。最后甲烷、氧气和水蒸汽富油催化氧化生成一氧化碳和氢气,通过集气腔和出口11汇集并通向涡轮泵。

[0040] 如图2所示,燃气发生器中甲烷和水蒸汽催化床6,甲烷和水蒸汽催化床 6基底为微通道换热器,换热的一侧是富油状态的甲烷、高温氧气和水蒸汽混合气,图中,主路气流沿着主路气流入口14进入主路气流通道17;另外一侧为高温氧气和水蒸汽,辅路气流沿着辅路气流入口16进入辅路气流通道 15,辅路气流通道15内的辅路气流沿着辅路气流出口18流出。图1中甲烷和水蒸汽催化床6部分为示意,可以作为局部放大的效果,实际微通道通径 $\sim \Phi 0.3\text{mm}$ ,长度为 $\sim 120\text{mm}$ ,其结构可以参看图2。

[0041] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

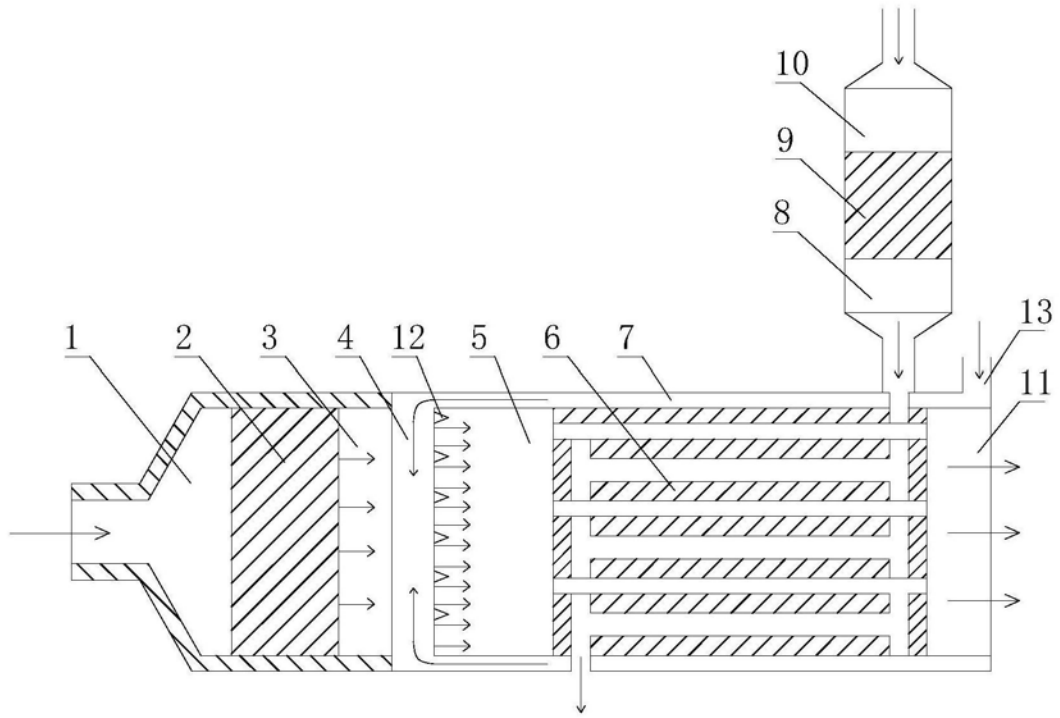


图1

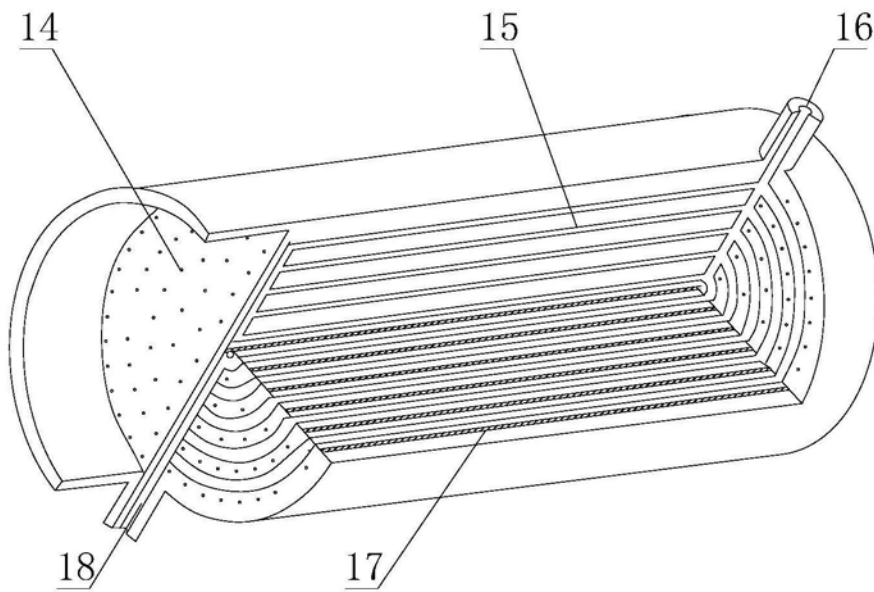


图2