



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112901353 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 12

(21) 申请号 202110141734.1

审查员 周柯含

(22) 申请日 2021.02.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112901353 A

(43) 申请公布日 2021.06.04

(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 陆阳 孟令瑾 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 胡剑辉

(51) Int. Cl.

F02C 9/32 (2006.01)

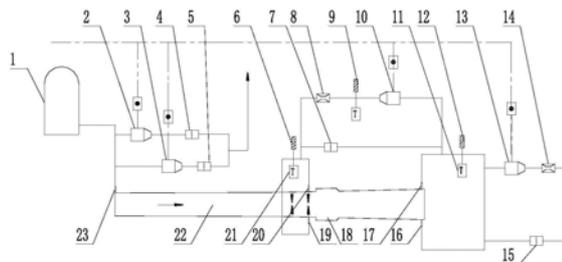
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起
动系统及方法

(57) 摘要

本发明属于发动机设备技术领域,针对现有技术中存在的超燃冲压发动机平稳起动困难的问题,本发明的目的在于提供一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统及方法,包括节流装置I、节流装置II和节流装置III组成的三套节流装置,所述节流装置I设置在进入发动机壁面冷却通道入口前;所述节流装置II设置为在发动机上游壁面与冷却通道相通的小喷孔;所述节流装置III设置在发动机壁面冷却通道出口后。本发明提出在三个位置设置能够匹配碳氢燃料不同物态的节流装置,控制碳氢燃料流量动态分配,并配合一定阀门,实现超燃冲压发动机的顺利而平稳的起动。



1. 一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,采用碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统,该系统包括节流装置I、节流装置II和节流装置III组成的三套节流装置,所述节流装置I设置在进入发动机壁面冷却通道入口前,所述节流装置II设置为在发动机上游壁面与冷却通道相通的小喷孔,所述节流装置III设置在发动机壁面冷却通道出口后;

所述节流装置I包括呈平行排布设置的气动截止阀a和气动截止阀b,气动截止阀a、气动截止阀b分别和节流孔连接,且与排出或收集气路连通;

所述节流装置III包括与燃烧室热油喷孔相连通的孔板c和音速流量计NI、气动截止阀c,以及与排放相通的孔板d和音速流量计NII、气动截止阀d,其特征在于,起动过程具体包括如下步骤:

a、发动机点火前,气动截止阀a和气动截止阀b开启,孔板a、孔板b、孔板c和孔板d,连同位于稳焰器上游的壁面小喷孔进行燃料节流分配,控制初始燃料压力;

b、点火后,在气动加热和燃烧加热作用下,燃料温度压力都升高,开启气动截止阀c,控制燃料压力下降;

c、燃料温度压力都继续升高,依次关闭气动截止阀a和气动截止阀b,时间间隔数秒,关闭气动截止阀a同时开启气动截止阀d;

d、通过设置音速流量计NI和音速流量计NII的大小,控制燃烧室达到热平衡时燃料的温度和压力。

2. 根据权利要求1所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,其特征在于,所述节流孔控制总面积不变的情况下,其数量设置为 ≥ 1 个;当设置为2个时,分别为孔板a和孔板b,气动截止阀a和孔板a连接,气动截止阀b和孔板b连接。

3. 根据权利要求1所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,其特征在于,所述节流装置II中的小喷孔设置在发动机燃烧室内稳焰装置上游50-70mm处,小喷孔的孔径设置为 $\Phi 0.3-0.4\text{mm}$,发动机燃烧室和燃烧油入口相对应的位置处设置有大喷孔和凹腔,燃烧室燃烧油喷孔孔径设置为 $\Phi 1.2-3.0\text{mm}$ 之间。

4. 根据权利要求1所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,其特征在于,所述音速流量计NI和气动截止阀c连接后和孔板c并联;所述气动截止阀d和音速流量计NII连接后与排出或收集气路连通;孔板d与排出或收集气路连通。

5. 根据权利要求1所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,其特征在于,所述音速流量计NI和气动截止阀c之间的气路上设置有热电偶a和压力传感器a;所述发动机的燃烧室内与冷却油出口相对应位置设置有热电偶b和压力传感器b;所述发动机的燃烧室与燃烧油入口相对应位置设置有热电偶c和压力传感器c。

6. 根据权利要求1所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,其特征在于,所述步骤a中初始燃料压力约为2MPa;所述步骤b中气动截止阀c开启前燃料压力升高达到6MPa,气动截止阀c开启后燃料压力降到3MPa左右;所述步骤d中最终燃料喷注压力控制在4-6MPa之间。

一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于发动机设备技术领域,具体涉及一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统及方法。

背景技术

[0002] 主动冷却超燃冲压发动机是一种将燃料先通过发动机燃烧室壁面冷却通道,带走燃烧室壁面部分热量,给燃烧室壁面降温,于此同时,燃料温度和压力都升高,随着吸收热量的增多,燃料物态从液态可以依次变为高温液态、超临界态、裂解态。燃料从冷却通道流出后,喷入燃烧室使燃烧室进行燃烧,燃料吸收的热量随着燃料又进入燃烧室,不仅没有热量损失,而且燃料物态的变化可以提高燃料燃烧性能,因此,主动冷却超燃冲压发动机成为超燃冲压发动机主要形式。

[0003] 近些年,随着主动冷却超燃冲压发动机逐步向实用化方向发展,主动冷却超燃冲压发动机顺利而平稳起动成为必须达到的目标。吸热型碳氢燃料因其具备常温液体、容易存储、便于操作、环境友好等优点,作为冷却发动机壁面的冷却剂,被应用于飞行马赫数8以下的超燃冲压发动机。

[0004] 然而,碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机的起动过程非常复杂,这是因为,10秒左右的起动过程中喷注到燃烧室的吸热型碳氢燃料完成了从常温液态,到高温液态、超临界态,甚至是裂解态的转变,密度发生数量级的变化,如果节流面积不进行逐步增大,冷却通道内压力也会有数量级的增加,超出发动机系统承受能力;节流面积的变化,一般会引起喷注压力的陡降,进而造成喷注穿透深度的突变,局部当量比的大幅变化,跳出稳焰区域,引起熄火。以上这些都使顺利而平稳起动变得非常困难。

[0005] 美国X51A的解决方法是使用乙烯预热燃烧室,将冷却通道内吸热型碳氢燃料先不喷入燃烧室,而是直接排放,等碳氢燃料状态稳定后再喷入燃烧室,避开以上问题,付出的代价是需要携带一套乙烯系统。本专利发明人之前专利(ZL201810159005.7)提出设置多排喷孔,随着燃料压力的增加,逐步开启大喷孔,同时辅以局部补充氧化剂的方法,提高起动过程的火焰稳定性。以上方法都需要携带乙烯或氧化剂等额外物质及配套装置。因此,如何研发一种新型节流装置,实现超燃冲压发动机的顺利而平稳的起动,具有重要的现实意义。

发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,具体为一种采用碳氢燃料作为冷却剂的主动冷却超燃冲压发动机起动的方法,提出在三个位置设置能够匹配碳氢燃料不同物态的节流装置,控制碳氢燃料流量动态分配,并配合一定阀门,实现超燃冲压发动机的顺利而平稳的起动。

[0007] 本发明采取的技术方案为:

[0008] 一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统,包括节流装置I、节流装置II和节流装置III组成的三套节流装置,

- [0009] 所述节流装置I设置在进入发动机壁面冷却通道入口前；
- [0010] 所述节流装置II设置为在发动机上游壁面与冷却通道相通的小喷孔；
- [0011] 所述节流装置III设置在发动机壁面冷却通道出口后。
- [0012] 进一步的,所述节流装置I包括呈平行排布设置的气动截止阀a和气动截止阀b,气动截止阀a、气动截止阀b分别和节流孔连接,且与排出或收集气路连通。
- [0013] 更进一步的,所述节流孔控制总面积不变的情况下,其数量设置为 ≥ 1 个;当设置为2个时,分别为孔板a和孔板b,气动截止阀a和孔板a连接,气动截止阀b和孔板b连接。
- [0014] 进一步的,所述节流装置II中的小喷孔设置在发动机燃烧室内稳焰装置上游50-70mm处,小喷孔的孔径设置为 $\Phi 0.3-0.4\text{mm}$,发动机燃烧室和燃烧油入口相对应的位置处设置有大喷孔和凹腔,燃烧室燃烧油喷孔孔径设置为 $\Phi 1.2-3.0\text{mm}$ 之间。
- [0015] 进一步的,所述节流装置III包括与燃烧室热油喷孔相连通的孔板c和音速流量计NI、气动截止阀c,以及与排放相通的孔板d和音速流量计NII、气动截止阀d。
- [0016] 更进一步的,所述音速流量计NI和气动截止阀c连接后和孔板c并联;所述气动截止阀d和音速流量计NII连接后与排出或收集气路连通;孔板d与排出或收集气路连通。
- [0017] 进一步的,所述音速流量计NI和气动截止阀c之间的气路上设置有热电偶a和压力传感器a;所述发动机的燃烧室内与冷却油出口相对应位置设置有热电偶b和压力传感器b;所述发动机的燃烧室与燃烧油入口相对应位置设置有热电偶c和压力传感器c。
- [0018] 一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,采用所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统,起动过程具体包括如下步骤:
- [0019] a、发动机点火前,气动截止阀a和气动截止阀b开启,孔板a、孔板b、孔板c和孔板d,连同位于稳焰器上游的壁面小喷孔进行燃料节流分配,控制初始燃料压力;
- [0020] b、点火后,在气动加热和燃烧加热作用下,燃料温度压力都升高,开启气动截止阀c,控制燃料压力下降;
- [0021] c、燃料温度压力都继续升高,依次关闭气动截止阀a和气动截止阀b,时间间隔数秒,关闭气动截止阀a同时开启气动截止阀d;
- [0022] d、通过设置音速流量计NI和音速流量计NII的大小,控制燃烧室达到热平衡时燃料的温度和压力。
- [0023] 进一步的,所述步骤(a)中初始燃料压力约为2MPa;所述步骤(b)中气动截止阀c开启前燃料压力升高达到6MPa,气动截止阀c开启后燃料压力降到3MPa左右;所述步骤(d)中最终燃料喷注压力控制在4-6MPa之间。
- [0024] 本发明的有益效果为:
- [0025] 本发明公开了一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动的系统及方法,创新性地提出在三个位置设置能够匹配碳氢燃料不同物态的节流装置,控制碳氢燃料流量动态分配,并配合一定阀门,实现超燃冲压发动机的顺利而平稳的起动。三个节流位置分别为进入发动机壁面冷却通道入口前(冷端),燃烧区上游壁面与冷却通道相通的喷孔,发动机壁面冷却通道出口后(热端)。冷端节流设计,在起动过程中,随着压力增加,先是不断加大分流量,有助于燃烧室和燃料的快速升温,然后关闭冷端节流,增加冷却燃料流量,防止燃烧室壁面温度过高烧蚀燃烧室,发挥自调节作用。节流面积增大设计在热端,可有效降低节流面积增大瞬间燃料压力的降幅。

附图说明

[0026] 图1为主动冷却超燃冲压发动机起动中油路控制示意图；

[0027] 图2为主动冷却超燃冲压发动机的起动过程示意图；

[0028] 其中,1、油箱;2、气动截止阀a;3、气动截止阀b;4、孔板a;5、孔板b;6、压力传感器c;7、孔板c;8、音速流量计NI;9、压力传感器a;10、气动截止阀c;11、热电偶b;12、压力传感器b;13、气动截止阀d;14、音速流量计NII;15、孔板d;16、冷却油出口b;17、冷却油出口a;18、凹腔;19、燃烧油入口b;20、燃烧油入口a;21、热电偶c;22、燃烧室;23、冷却油入口。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0030] 实施例1

[0031] 如图1所示,一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统,包括节流装置I、节流装置II和节流装置III组成的三套节流装置,

[0032] 所述节流装置I设置在进入发动机壁面冷却通道入口前;

[0033] 所述节流装置II设置为在发动机上游壁面与冷却通道相通的小喷孔;

[0034] 所述节流装置III设置在发动机壁面冷却通道出口后。

[0035] 三个节流位置分别为进入发动机壁面冷却通道入口前,燃烧区上游壁面与冷却通道相通的喷孔,发动机壁面冷却通道出口后。这三个节流位置对应碳氢燃料的三种状态,进入发动机壁面冷却通道入口前燃烧始终为常温液态,燃料经气动加热后到达燃烧区上游壁面与冷却通道相通的喷孔时为高温液态,发动机壁面冷却通道出口后的燃料可以达到超临界态和裂解态。

[0036] 上述提出在三个位置设置能够匹配碳氢燃料不同物态的节流装置,控制碳氢燃料流量动态分配,并配合一定阀门,实现超燃冲压发动机的顺利而平稳的起动。

[0037] 本发明的又一实施例,如图1所示,所述节流装置I包括呈平行排布设置的气动截止阀a2和气动截止阀b3,气动截止阀a2、气动截止阀b3分别和节流孔连接,且与排出或收集气路连通。

[0038] 进入发动机壁面冷却通道入口前冷态燃料节流孔可以是两个,如图1(发动机起动中油路控制示意图)中孔板a4和孔板b5,也可以只有一个,数量可以增减,但总面积不变。当设置为2个时,分别为孔板a4和孔板b5,气动截止阀a2和孔板a4连接,气动截止阀b3和孔板b5连接。此处为冷端,气动截止阀通径小,无需耐高温设计。

[0039] 本发明的又一实施例,如图1所示,油箱1通过管路和冷却油入口23连接,冷却油管贯穿压缩机壁面的冷却通道,在燃烧室22的末端设置为冷却油出口a17和冷却油出口b16,所述发动机的燃烧室22内与冷却油出口相对应位置设置有热电偶b11和压力传感器b12,通过热电偶b11检测温度,通过压力传感器b12检测压力。

[0040] 节流装置II中的小喷孔设置在发动机燃烧室22内稳焰装置上游50-70mm处,小喷孔的孔径设置为 $\Phi 0.3-0.4\text{mm}$,发动机燃烧室22和燃烧油入口b19和燃烧油入口a20相对应的位置处设置有大喷孔和凹腔18,燃烧室22热油喷孔按照超临界燃料设计,孔径较大,燃烧室22燃烧油喷孔孔径设置为 $\Phi 1.2-3.0\text{mm}$ 之间。

[0041] 更为具体的是,燃烧室22内的中部和燃烧油入口相对应的位置向两侧外扩设置有

相互对称的凹腔18,该位置处设置有相应的大喷孔,空气来流沿着燃烧室22向前推进的过程中,依次经过小喷孔、大喷孔和凹腔18;所述发动机的燃烧室22与燃烧油入口b19和燃烧油入口a20相对应位置设置有热电偶c21和压力传感器c6,通过热电偶c21检测温度,通过压力传感器c6检测压力。

[0042] 本发明的又一实施例,如图1所示,节流装置III包括与燃烧室22热油喷孔相连接的孔板c7和音速流量计NI8、气动截止阀c10,以及与排放相通的孔板d15和音速流量计NII14、气动截止阀d13。气动截止阀c10和气动截止阀d13均设置为耐高温气动截止阀,通径较大;音速流量计NI8和气动截止阀c10之间的管路上设置有压力传感器a9和热电偶a,通过热电偶a检测温度,通过压力传感器a9检测压力。

[0043] 音速流量计NI8和气动截止阀c10连接后和孔板c7并联,音速流量计NI8和孔板c7相互并联的一端和燃烧室22热油小喷孔、燃烧室22热油大喷孔连接,气动截止阀c10和孔板c7相互并联的一端和冷却油出口a17、冷却油出口b16连接,所述发动机的燃烧室22末端与冷却油出口a17和冷却油出口b16相互对应的位置设置有热电偶b11和压力传感器b12,通过热电偶b11检测温度,通过压力传感器b12检测压力;所述气动截止阀d13和音速流量计NII14连接后与排出或收集气路连通;孔板d15与排出或收集气路连通。

[0044] 本发明的又一实施例,如图1所示,一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动方法,采用所述一种碳氢燃料主动冷却超燃冲压发动机起动系统,其特征在于,起动过程具体包括如下步骤:

[0045] a、发动机点火前,气动截止阀a2和气动截止阀b3开启,孔板a4、孔板b5、孔板c7和孔板d15,连同位于稳焰器上游的壁面小喷孔进行燃料节流分配,控制初始燃料压力,初始燃料压力约为2MPa;

[0046] b、点火后,在气动加热和燃烧加热作用下,燃料温度压力都升高,燃料压力升高达到6MPa,开启气动截止阀c10,控制燃料压力下降,燃料压力降到3MPa左右;

[0047] c、燃料温度压力都继续升高,依次关闭气动截止阀a2和气动截止阀b3,时间间隔数秒,关闭气动截止阀a2同时开启气动截止阀d13;

[0048] d、通过设置音速流量计NI8和音速流量计NII14的大小,控制燃烧室22达到热平衡时燃料的温度和压力,最终燃料喷注压力控制在4-6MPa之间。

[0049] 如图2所示,示意了起动过程燃料压力随时间变化。

[0050] 燃料流量固定的起动过程中,燃料温度和压力不断升高的时候,冷端节流处流量增加,发动机壁面冷却通道出口后流量减少,这有助于燃烧室22和燃料快速热起来,然后关闭冷端节流,冷却燃料流量增加,可防止燃烧室22壁面温度过高烧蚀燃烧室22,冷端节流发挥“蓄水池”的调节作用。

[0051] 在起动过程短时间内,气动加热未达平衡,燃料到达稳焰区上游壁面与冷却通道相通的喷孔处时,为高温液态,虽然密度降低,但喷注压力增大,总体上看,从喷孔喷出的流量变化小,起到值班燃烧火焰的作用。

[0052] 节流面积增大设计在发动机壁面冷却通道出口后(热端),此处燃料为超临界或裂解态,所节流流量与喷注压力成正比,不同于液态节流(流量与喷注压力平方成正比),这样可有效降低节流面积增大瞬间燃料压力的降幅,有助于发动机的顺利而平稳的起动。

[0053] 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。

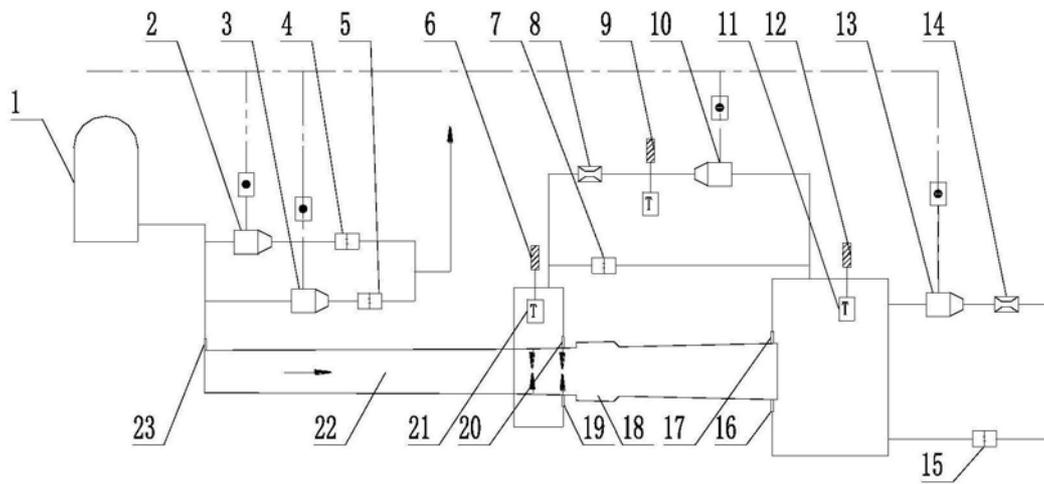


图1

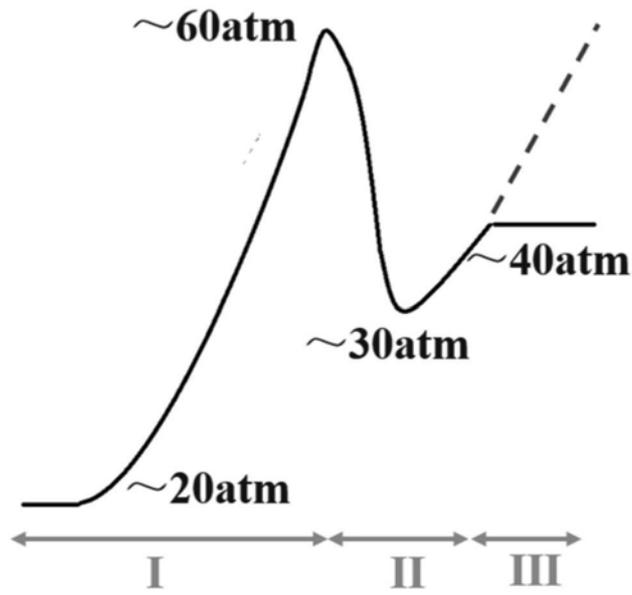


图2