



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105114187 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201510503243. 1

F02G 9/40(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 08. 17

F02G 3/20(2006. 01)

(71) 申请人 沈阳航空航天大学

F02G 7/143(2006. 01)

地址 110136 辽宁省沈阳市道义经济开发区
道义南大街 37 号

F23R 3/28(2006. 01)

(72) 发明人 刘爱虢 陈保东 曾文 王成军
马洪安

(74) 专利代理机构 沈阳火炬专利事务所(普通
合伙) 21228

代理人 李福义

(51) Int. Cl.

F02G 7/236(2006. 01)

F02G 7/224(2006. 01)

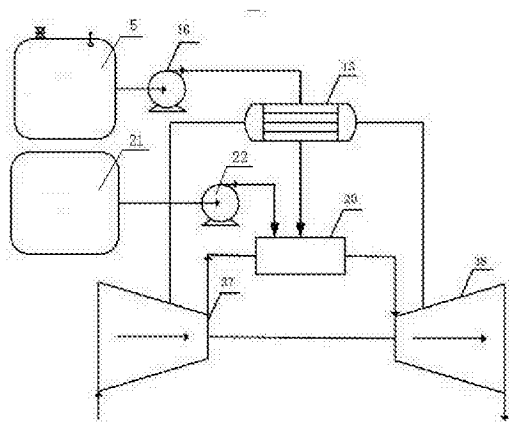
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

LNG/航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式

(57) 摘要

一种通用飞机双燃料发动机燃烧系统,其特征在于:包括 LNG 汽化及预混天然气供给装置、电控共轨柴油供给装置、电控系统、电子节气门和喷油嘴;其控制方法,包括电控系统通过控制带压力调节装置的柴油泵调节供给发动机柴油的压力,电控系统通过控制天然气喷射模块、电子节气门来调节供给发动机预混天然气的过量空气系数、混合气的量;本发明的优点在自增压单元的作用下保证 LNG 储罐内的压力,使 LNG 可以在储罐内压力的作用下通过管道流出 LNG 储罐,并进入 LNG 汽化器实现 LNG 由液态转化为气体燃料以供发动机的使用,实现了不需要点火系统及火花塞就可点燃高燃点的 LNG 燃料,同时可以提高 LNG 燃料的燃烧速度,实现发动机在不同工况下可采用不同的双燃料匹配方式,优化了双燃料发动机的整体性能。



1. 一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室,其特征在於所述供应系统包括 LNG 储罐、低温泵、气化装置、油箱、油泵;所述燃烧室包括机匣、火焰筒和火焰筒头部;所述 LNG 储罐通过低温泵与气化装置相连,气化装置通过管道与燃烧室相连;所述油箱与油泵相连,油泵通过管道与燃烧室相连;所述燃烧室为环形结构,火焰筒上沿周向均匀布置多个火焰筒头部;所述火焰筒头部包括预燃级和主燃级;所述预燃级位于火焰筒头部的中心位置,主燃级位于火焰筒头部预燃级的外围;所述预燃级包括航空煤油油管、预燃级燃油喷嘴、空气旋流器、文氏管,所述航空煤油油管与预燃级燃油喷嘴相连,空气旋流器有两级且均环绕在预燃级燃油喷嘴外侧,文氏管一端位于两级空气旋流器之间,另一端伸入到火焰筒内部;所述主燃级包括气体燃料管、储油槽、多点喷射孔、主燃级旋流器,所述气体燃料管与储油槽相连,储油槽外环面上有多点喷射孔,主燃级旋流器沿周向布置于储油槽外并与储油槽外环面间留有一定间隙。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室,其特征在於所述低温泵和气化装置之间设置有 PID 控制器和压力传感器;所述气化装置和燃烧室之间设置有电控节流阀、机械调节阀、止回阀和缓冲罐和流量控制器;所述电控节流阀一端与气化装置相连,另一端与机械调节阀相连;所述机械调压阀一端与电控节流阀相连,另一端与止回阀相连;所述止回阀一端与机械调节阀相连,另一端与缓冲罐相连;所述缓冲罐一端与止回阀相连,另一端与流量控制器相连;所述控制器一端分别与缓冲罐和电控节流阀相连,另一端分别与油泵和燃烧室相连。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室,其特征在於所述 LNG 储罐和气化装置上都安装有爆破片。

4. 根据权利要求 1 所述的一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室,其特征在於所述 LNG 储罐为双层绝热结构,储罐的内壁和外壁为金属材料,两层壁之间为真空结构。

5. 一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式,其特征在於航空煤油储存在油箱内,航空煤油经油泵增压后由输油管进入燃油总管,其中燃油流量通过流量控制器对燃油泵转速的调节来实现;低温燃料 LNG 以液态形式储存在 LNG 储罐中,液态 LNG 由 LNG 储罐下面出口处流出,LNG 在低温泵内增压后再由管道连接至气化装置实现 LNG 由液态转化为气态;气态燃料的流量由电控节流阀控制,经电控节流阀的气体燃料流入机械调压阀,再经缓冲罐缓冲后气体燃料在流量控制器的控制下进入气体燃料总管,经气体燃料总管分配后的气体燃料经气体燃料喷嘴进入燃烧室进行燃烧;在所述燃烧室中燃料采用分级供油的方式,并根据燃烧室的工作状态分别进入主燃级和预燃级;燃烧过程在火焰筒的燃烧区内完成;燃烧区包括预燃烧区和主燃烧区,预燃烧区即预燃级所在的位置,主燃烧区即主燃级所在的位置;预燃级和主燃级的燃料分别在预燃烧区和主燃烧区内完成燃烧,并在燃烧区内形成两个同轴的环形旋转射流;燃油总管与航空煤油油管相通,航空煤油通过航空煤油油管供应给预燃级喷嘴,预燃级的工作是通过内侧的同旋向(或不同旋向)的双级旋流器和直射式预燃级喷嘴的匹配来实现;气体燃油总管与气体燃料管相通,主燃级以气化后的 LNG 为燃料,燃料经主燃级气体燃料管和储油槽从多个周向均布的多点喷射孔喷射出,经多点喷射孔直接喷射进入由主燃级旋流器进口进来的空气中,燃料和空气经均匀掺混后进入火焰筒头部,形成均匀的预混油气混合物在主燃区中燃烧。

LNG/航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式

技术领域

[0001] 本发明属于航空发动机燃油系统领域,特别涉及一种 LNG/航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式。

背景技术

[0002] 在航空发动机的发展过程中曾使用过不同的燃料,最早的航空燃料是柴油,后来是航空汽油、航空煤油。这些燃料是通过石油加工获得,具有污染重的特点。航空煤油在燃烧过程中产生的 CO₂基本排放在大气的平流层中,产生了很强的温室效应,因此航空业面临着严峻的 CO₂减排挑战。同时,由于飞机飞行高度接近平流层,航空发动机的 NO_x 排放对臭氧层的破坏远高于其他设备。因此,低污染燃烧技术已经成为现代高性能航空发动机的重要标志之一。

[0003] 随着世界航空业的不断发展,对航空煤油的需求与日俱增。而全球石油储量的减少,石油价格的波动,使得航空能源安全性、经济性问题愈显突出。

[0004] 液化天然气(LNG)是将天然气经脱硫、脱水、脱重烃和脱酸性气体等一系列技术加工处理,并采用深冷技术,将天然气冷却到 -162℃,在常压下为液态的一种天然气。在净化处理、深冷生产过程中,非烃类成分及一些非甲烷烃类成分被去掉,成为纯度很高的烷烃(96%以上是甲烷)。液态密度为 0.42 ~ 0.46 t/m³(3[#]航空煤油密度为 0.78 t/m³),液态热值为 50MJ/kg(航空煤油约为 42.5MJ/kg)。LNG 无色、无味、无毒且无腐蚀性,其体积重量仅为同体积水的 45%左右。与航空煤油相比,LNG 具有密度低、成本低、燃料纯净、燃烧稳定性强、燃料热值高(LNG 中氢碳比为 4,Jet A 航空煤油氢碳比为 1.8,LNG 比 Jet A 航空煤油热值高 16%)的特点,同时 LNG 燃烧后产生的污染物要比航空煤油低。发展 LNG 发动机技术,使 LNG 成为航空煤油的替代燃料将是解决航空煤油枯竭和环境问题的有效途径,对于民用航空和国防科技都有着至关重要的作用。

[0005] 为实现 LNG 在航空发动机上的应用,美国通用电气公司针对航空发动机使用航空煤油 /LNG 双燃料系统时需要燃料供应系统、LNG 的温度控制及 LNG 与航空煤油之间的协调控制进行了研究。其采用了在同一个航空发动机中交替使用两种燃料的燃烧室,不同的燃料通过各自的燃料供应系统和燃油喷嘴进入燃烧室发生反应。这种燃油供应方式需要一个复杂的燃油控制系统,在燃烧室内实现两种燃料的交替燃烧,这将为燃烧室的设计和工作带来困难,也会增加燃烧室的重量和复杂性。同时其未涉及 LNG 与航空煤油在燃烧室内如何进行有效的燃烧。前苏联的图波列夫航空公司曾在图 -155 客货两用机上将 LNG 作为航空发动机替代燃料,在飞机上的 3 台发动机中有 1 台发动机使用 LNG 作为燃料,其他 2 台发动机仍采用航空煤油作为燃料。所设计的燃烧室使用一种燃料,未涉及两种燃料在同一台发动机上同时使用的技术。同时文献中未详细报道 LNG 发动机的燃料供应系统及发动机是如何工作的。为实现 LNG 在航空发动机上的应用,针对 LNG 自身的特点,考虑航空发动机的工作特性和飞机的结构特点,设计一种可同时应用航空煤油、LNG 为燃料的航空发动机,

并提出其工作方式是目前急需解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是：为实现 LNG 在航空发动机上的应用，同时克服 LNG 气化系统需要额外的能量及提高发动机整机效率，提出了通过将高压涡轮叶片冷却用压气机引气与 LNG 气化加热装置结合，在实现降低涡轮冷却用空气温度改善飞机动力系统性能的同时实现了 LNG 冷能的有效利用，同时可以将液态 LNG 气化，为发动机提供燃料；为克服航空发动机交替应用两种燃料时的燃油供应、控制系统和燃烧系统的复杂性，提供了一种可应用 LNG 和航空煤油双燃料的中心分级低排放燃烧室，该技术方案能够在保证航空发动机稳定工作的同时，可以采用 LNG 和航空煤油双燃料同时工作。

[0007] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是：

一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室，如图 6 所示，所述供应系统包括 LNG 储罐、低温泵、气化装置、油箱、油泵；如图 3 所示，所述燃烧室包括机匣、火焰筒和火焰筒头部；所述 LNG 储罐通过低温泵与气化装置相连，气化装置通过管道与燃烧室相连；所述油箱与油泵相连，油泵通过管道与燃烧室相连；所述燃烧室为环形结构，火焰筒上沿周向均匀布置多个火焰筒头部；如图 4 所示，所述火焰筒头部包括预燃级和主燃级；所述预燃级位于火焰筒头部的中心位置，主燃级位于火焰筒头部预燃级的外围；所述预燃级包括航空煤油油管、预燃级燃油喷嘴、空气旋流器、文氏管，所述航空煤油油管与预燃级燃油喷嘴相连，空气旋流器有两级且均环绕在预燃级燃油喷嘴外侧，文氏管一端位于两级空气旋流器之间，另一端伸入到火焰筒内部；所述主燃级包括气体燃料管、储油槽、多点喷射孔、主燃级旋流器，所述气体燃料管与储油槽相连，储油槽外环面上有多点喷射孔，主燃级旋流器沿周向布置于储油槽外并与储油槽外环面间留有一定间隙。

[0008] 如图 2 所示，所述低温泵和气化装置之间设置有 PID 控制器和压力传感器；所述气化装置和燃烧室之间设置有电控节流阀、机械调节阀、止回阀和缓冲罐和流量控制器；所述电控节流阀一端与气化装置相连，另一端与机械调节阀相连；所述机械调压阀一端与电控节流阀相连，另一端与止回阀相连；所述止回阀一端与机械调节阀相连，另一端与缓冲罐相连；所述缓冲罐一端与止回阀相连，另一端与流量控制器相连；所述控制器一端分别与缓冲罐和电控节流阀相连，另一端分别与油泵和燃烧室相连。

[0009] 所述 LNG 储罐和气化装置上都安装有爆破片。

[0010] 所述 LNG 储罐为双层绝热结构，储罐的内壁和外壁为金属材料，两层壁之间为真空结构。

[0011] 一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式，航空煤油储存在油箱内，航空煤油经油泵增压后由输油管进入燃油总管，其中燃油流量通过流量控制器对燃油泵转速的调节来实现；

低温燃料 LNG 以液态形式储存在 LNG 储罐中，液态 LNG 由 LNG 储罐下面出口处流出，LNG 在低温泵内增压后再由管道连接至气化装置实现 LNG 由液态转化为气态；气态燃料的流量由电控节流阀控制，经电控节流阀的气体燃料流入机械调压阀，再经缓冲罐缓冲后气体燃料在流量控制器的控制下进入气体燃料总管，经气体燃料总管分配后的气体燃料经气体燃料喷嘴进入燃烧室进行燃烧。

[0012] 在所述燃烧室中燃料采用分级供油的方式,并根据燃烧室的工作状态分别进入主燃级和预燃级;燃烧过程在火焰筒的燃烧区内完成;燃烧区包括预燃烧区和主燃烧区,预燃烧区即预燃级所在的位置,主燃烧区即主燃级所在的位置;预燃级和主燃级的燃料分别在预燃烧区和主燃烧区内完成燃烧,并在燃烧区内形成两个同轴的环形旋转射流;燃油总管与航空煤油油管相通,航空煤油通过航空煤油油管供应给预燃级喷嘴,预燃级的工作是通过内侧的同旋向(或不同旋向)的双级旋流器和直射式预燃级喷嘴的匹配来实现;气体燃油总管与气体燃料管相通,主燃级以气化后的 LNG 为燃料,燃料经主燃级气体燃料管和储油槽从多个周向均布的多点喷射孔喷射出,经多点喷射孔直接喷射进入由主燃级旋流器进口进来的空气中,燃料和空气经均匀掺混后进入火焰筒头部,形成均匀的预混油气混合物在主燃区中燃烧。

[0013] 一种可应用航空煤油和 LNG 为燃料,工作时可以使用一种燃料也可以两种燃料同时使用的航空发动机。如图 1 所示,飞机上有 2 个燃料储存装置(油箱和 LNG 储罐)可为发动机提供燃料,油箱位于机翼内储存航空煤油,LNG 储罐位于机身上储存低温 LNG 燃料。燃油系统可分别为发动机提供航空煤油和 LNG 燃料,通过燃油控制系统根据航空发动机的工作状态,可分别或同时向航空发动机供应航空煤油、LNG 燃料。

[0014] 航空煤油储存在油箱内,通过供油系统为发动机提供燃料。LNG 燃料储存在低温 LNG 储罐中,通过 LNG 气化装置气化和增压装置增压后为航空发动机提供燃料。低温 LNG 储罐为双层绝热结构,储罐的内壁和外壁为金属材料,两层壁之间为真空结构。

[0015] 如图 6 所示,航空发动机应用 LNG 燃料时,温度为 -165°C 左右、压力为常压的低温 LNG 储存在 LNG 储罐内,在 LNG 储罐下面出口处由管道连接至 LNG 低温泵,LNG 在低温泵内增压后再由管道连接至气化装置实现 LNG 由液态转化为气态,在气化装置前的 LNG 输送管道采用双层中间抽真空的绝热管道以保证 LNG 为液态。如图 5 所示,气化装置的热源采用为高压涡轮冷却用的高压压气机引气。气体燃料在电控节流阀、机械调压阀的控制下满足所需的压力、流量后进入缓冲罐,再由流量控制器的控制下进入气体燃料总管,经气体燃料总管的分配后,气态燃料由气体燃料喷嘴进入燃烧室进行燃烧。

[0016] 航空发动机燃烧室采用燃油分级的中心分级燃烧方案,航空煤油和气化后的 LNG 通过燃烧室头部的预燃级和主燃级分别或同时进入燃烧室进行燃烧。通过气化装置转化为气态的 LNG 通过主燃级喷嘴进入燃烧室,采用预混燃烧降低由于燃烧所引起的污染物排放。航空煤油通过预燃级的燃油喷嘴进入预燃区,采用扩散燃烧保证整个燃烧室的燃烧稳定性。

[0017] 燃烧过程在火焰筒的燃烧区内完成;预燃级和主燃级在燃烧区内形成两个同轴的环形旋转射流,预燃级和主燃级的燃料分别在位于燃烧区内部的预燃烧区和外部的燃烧区内完成;预燃烧区的功用是改善起动和低功率工况下的燃油雾化质量,获得满足点火、起动、贫油燃烧稳定性和燃烧效率等设计要求所需的流场;主燃烧区的功用是形成均匀分布的预混混气,供起飞、爬升和巡航用。

[0018] 本发明与现有技术相比的优点如下:

1) 本发明采用了在航空发动机上使用航空煤油和 LNG 的双燃料燃烧室,其中发动机的燃烧室采用燃料分级的结构,航空煤油和经过气化后的 LNG 燃料分别通过各自的燃料供应系统进入燃烧室的预燃级和主燃级;

2) 本发明采用了将液态 LNG 增压后再气化的方式,与气体增压设备相比液态 LNG 增压可减少增压设备的耗功,同时高效利用了液态燃料相变时产生的压力势能。通过气化装置与低温泵的协调配合减少了对设备数量的需求,降低了燃料系统的总质量和系统的复杂性;

3) 本发明采用了将 LNG 气化过程所需的热能与涡轮叶片冷却所需的冷能相结合的方法,通过换热器实现涡轮冷却气体与低温 LNG 的换热,即减少了所需的设备又实现了发动机内能量的高效利用,提高了发动机的性能;

4) 本发明的燃烧室采用燃料分级燃烧概念,实现两种燃料的同时应用,采用气体燃料的主燃级在实现燃油成本降低的同时也降低了污染物排放,主燃级采用航空煤油可确保航空发动机燃烧室的稳定性。

附图说明

[0019] 图 1 是带有 2 种燃料系统的飞机示意图;

图 2 是双燃料航空发动机燃料储存和输运系统示意图;

图 3 是双燃料燃烧室结构示意图;

图 4 是双燃料燃烧室头部结构示意图;

图 5 是 LNG 气化装置示意图;

图 6 是双燃料航空发动机燃料供应系统示意图;

图中标号:

1 :机翼, 2 :机身, 3 :发动机, 4 :油箱, 5 :LNG 储罐, 6 :机尾, 7 :安全阀, 8 :爆破片, 9 :止回阀, 10 :缓冲罐, 11 :机械调压阀, 12 :电控节流阀, 13 :气化装置, 14 :压力传感器, 15 :PID 控制器, 16 :低温泵, 17 :流量控制器, 18 :燃油总管, 19 :气体燃料总管, 20 :燃烧室, 21 :油箱, 22 :油泵, 23 :火焰筒头部, 24 :预燃级, 25 :主燃级, 26 :预燃区, 27 :主燃区, 28 :火焰筒, 29 :机匣, 30 :文氏管, 31 :气体燃料管, 32 :航空煤油油管, 33 :热端入口, 34 :热端出口, 35 :冷端入口, 36 :冷端出口, 37 :压气机, 38 :涡轮, 39 :预燃级喷嘴, 40 :空气旋流器, 41 :储油槽, 42 :多点喷射孔, 43 :主燃级旋流器。

具体实施方式:

一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室,所述供应系统包括 LNG 储罐、低温泵、气化装置、油箱、油泵;所述燃烧室包括机匣、火焰筒和火焰筒头部;所述 LNG 储罐通过低温泵与气化装置相连,气化装置通过管道与燃烧室相连;所述油箱与油泵相连,油泵通过管道与燃烧室相连;所述燃烧室为环形结构,火焰筒上沿周向均匀布置多个火焰筒头部;所述火焰筒头部包括预燃级和主燃级;所述预燃级位于火焰筒头部的中心位置,主燃级位于火焰筒头部预燃级的外围;所述预燃级包括航空煤油油管、预燃级燃油喷嘴、空气旋流器、文氏管,所述航空煤油油管与预燃级燃油喷嘴相连,空气旋流器有两级且均环绕在预燃级燃油喷嘴外侧,文氏管一端位于两级空气旋流器之间,另一端伸入到火焰筒内部;所述主燃级包括气体燃料管、储油槽、多点喷射孔、主燃级旋流器,所述气体燃料管与储油槽相连,储油槽外环面上有多点喷射孔,主燃级旋流器沿周向布置于储油槽外并与储油槽外环面间留有一定间隙。

[0020] 所述低温泵和气化装置之间设置有 PID 控制器和压力传感器;所述气化装置和燃

烧室之间设置有电控节流阀、机械调节阀、止回阀和缓冲罐和流量控制器；所述电控节流阀一端与气化装置相连，另一端与机械调节阀相连；所述机械调压阀一端与电控节流阀相连，另一端与止回阀相连；所述止回阀一端与机械调节阀相连，另一端与缓冲罐相连；所述缓冲罐一端与止回阀相连，另一端与流量控制器相连；所述控制器一端分别与缓冲罐和电控节流阀相连，另一端分别与油泵和燃烧室相连。

[0021] 所述 LNG 储罐和气化装置上都安装有爆破片。

[0022] 所述 LNG 储罐为双层绝热结构，储罐的内壁和外壁为金属材料，两层壁之间为真空结构。

[0023] 一种 LNG/ 航空煤油航空发动机燃油供应系统及燃烧室工作方式，航空煤油储存在油箱内，航空煤油经油泵增压后由输油管进入燃油总管，其中燃油流量通过流量控制器对燃油泵转速的调节来实现；低温燃料 LNG 以液态形式储存在 LNG 储罐中，液态 LNG 由 LNG 储罐下面出口处流出，LNG 在低温泵内增压后再由管道连接至气化装置实现 LNG 由液态转化为气态；气态燃料的流量由电控节流阀控制，经电控节流阀的气体燃料流入机械调压阀，再经缓冲罐缓冲后气体燃料在流量控制器的控制下进入气体燃料总管，经气体燃料总管分配后的气体燃料经气体燃料喷嘴进入燃烧室进行燃烧。

[0024] 在所述燃烧室中燃料采用分级供油的方式，并根据燃烧室的工作状态分别进入主燃级和预燃级；燃烧过程在火焰筒的燃烧区内完成；燃烧区包括预燃烧区和主燃烧区，预燃烧区即预燃级所在的位置，主燃烧区即主燃级所在的位置；预燃级和主燃级的燃料分别在预燃烧区和主燃烧区内完成燃烧，并在燃烧区内形成两个同轴的环形旋转射流；燃油总管与航空煤油油管相通，航空煤油通过航空煤油油管供应给预燃级喷嘴，预燃级的工作是通过内侧的同旋向（或不同旋向）的双级旋流器和直射式预燃级喷嘴的匹配来实现；气体燃油总管与气体燃料管相通，主燃级以气化后的 LNG 为燃料，燃料经主燃级气体燃料管和储油槽从多个周向均布的多点喷射孔喷射出，经多点喷射孔直接喷射进入由主燃级旋流器进口进来的空气中，燃料和空气经均匀掺混后进入火焰筒头部，形成均匀的预混油气混合物在主燃区中燃烧。

[0025] 本发明的工作原理是：

航空发动机的燃油供应系统需要向燃烧室供应 2 种燃料 - 航空煤油和气化后的 LNG。2 种燃料的供应方式和燃油流量由燃油控制系统根据航空发动机的工作状态进行控制，实现 2 种燃料的同时供应或 2 种燃料的单独供应。

[0026] 航空煤油储存在油箱内，航空煤油经油泵增压后由输油管进入燃油总管，其中燃油流量通过流量控制器对燃油泵转速的调节来实现。

[0027] 低温燃料 LNG 以液态形式储存在 LNG 储罐中，液态 LNG 由 LNG 储罐下面出口处流出，LNG 在低温泵内增压后再由管道连接至气化装置实现 LNG 由液态转化为气态。气态燃料的流量由电控节流阀控制，经电控节流阀的气体燃料流入机械调压阀实现对所需压力的控制，再经缓冲罐对气态燃料的压力、流量进行缓冲后气体燃料在流量控制器的控制下进入气体燃料总管，经气体燃料总管分配后的气体燃料经气体燃料喷嘴进入燃烧室进行燃烧。

[0028] 其中，气化装置的热端通过管道与高压压气机中间级抽气端连接，中间级抽气在气化装置内冷却后经管道与高压涡轮连接，中间级抽气作为高压涡轮冷却气体进入高压涡轮对高压涡轮叶片进行冷却，后进入主流气体在涡轮内完成做功。

[0029] 其中,流出气化装置的气体燃料的压力通过气化装置的压力与低温泵之间的协调配合来实现,当气化装置内的压力达到设定的阈值后通过压力传感器将信号传递给PID控制器,再由PID控制器对低温泵的转速进行调节,进而实现对LNG流量的控制,最终实现对流出气化装置的气体燃料压力的控制。

[0030] 其中,流出气化装置的气体燃料的流量通过流量控制器和电控节流阀之间的配合来实现。根据发动机的工作状态对燃料流量的需求,流量控制器将流量信号反馈给电控节流阀,实现发动机对燃料需求量的控制。

[0031] 其中,在流量控制器和电控节流阀之间有机械调压阀、止回阀和缓冲罐等设备,机械调压阀一端与电控节流阀相连,另一端与止回阀相连可对燃烧室所需压力进行精确调节;止回阀一端与机械调节阀相连,另一端与缓冲罐相连,可防止气体燃料的逆流及回火现象的发生;缓冲罐一端与止回阀相连,另一端与流量控制器相连,一方面可实现对气体燃料的流量和压力进行调节缓冲作用,另外气化装置和LNG储罐内的气体燃料压力过高时也可通过安全阀及与之相连的管道引导气体燃料流入缓冲罐。

[0032] 其中,在LNG储罐和气化装置上都安装有爆破片,当压力超过安全值时气体燃料通过爆破片泄压保证LNG储罐和气化装置的安全。

[0033] 燃烧室采用环形结构,由机匣、火焰筒、和火焰筒头部等组成,在火焰筒上沿周向均匀布置多个火焰筒头部,在火焰筒上开起各种作用的空气孔;进入燃烧室内燃油总管和气体燃料总管内的燃料由燃烧室头部的燃油喷嘴进入燃烧室,在燃烧室头部和火焰筒空气孔进气的配合下完成燃料在燃烧室内的反应;

其中,火焰筒头部包括预燃级和主燃级,每一级都包括燃油喷嘴和空气旋流器,为实现LNG与航空煤油双燃料燃烧,火焰筒头部燃油喷嘴采用燃油分级的方式,包括主燃级和预燃级。燃料采用分级供油的方式根据燃烧室的工作状态分别进入主燃级和预燃级;

其中,燃烧过程在火焰筒的燃烧区内完成;预燃级和主燃级在燃烧区内形成两个同轴的环形旋转射流,预燃级位于火焰筒头部的中心位置,主燃级位于火焰筒头部预燃级的外围,预燃级和主燃级的燃料分别在位于燃烧区内部的预燃烧区和外部的预燃烧区内完成;预燃烧区的功用是改善起动和低功率工况下的燃油雾化质量,获得满足点火、起动、贫油燃烧稳定性和燃烧效率等设计要求所需的流场;主燃烧区的功用是形成均匀分布的预混混气,供起飞、爬升和巡航用;

所述的火焰筒头部的预燃级,包括航空煤油油管、预燃级燃油喷嘴、空气旋流器、文氏管,其中航空煤油油管与预燃级燃油喷嘴相连,空气旋流器有两级均环绕在预燃级燃油喷嘴外侧,文氏管一端位于两级旋流器之间,另一端伸入到火焰筒内部;航空煤油通过航空煤油油管供应给燃油喷嘴,预燃级的工作工程通过内侧的同旋向(或不同旋向)的双级旋流器和直射式燃油喷嘴的匹配来实现;

所述的火焰筒头部的主燃级包括气体燃料管、储油槽、多点喷射孔、主燃级旋流器,其中气体燃料管与储油槽相连,储油槽外环面上有多点喷射孔,主燃级旋流器沿周向布置于储油槽外并与储油槽外环面间留有一定间隙;主燃级以气化后的LNG为燃料,其所述主燃级燃料经主燃级气体燃料管、储油槽、多个周向均布的多点喷射孔喷射出,经多点喷射孔直接喷射进入由主燃级旋流器进口进来的空气中,燃料和空气经均匀掺混后进入火焰筒头部,形成均匀的预混油气混合物在主燃区中燃烧,形成贫预混的主燃区。

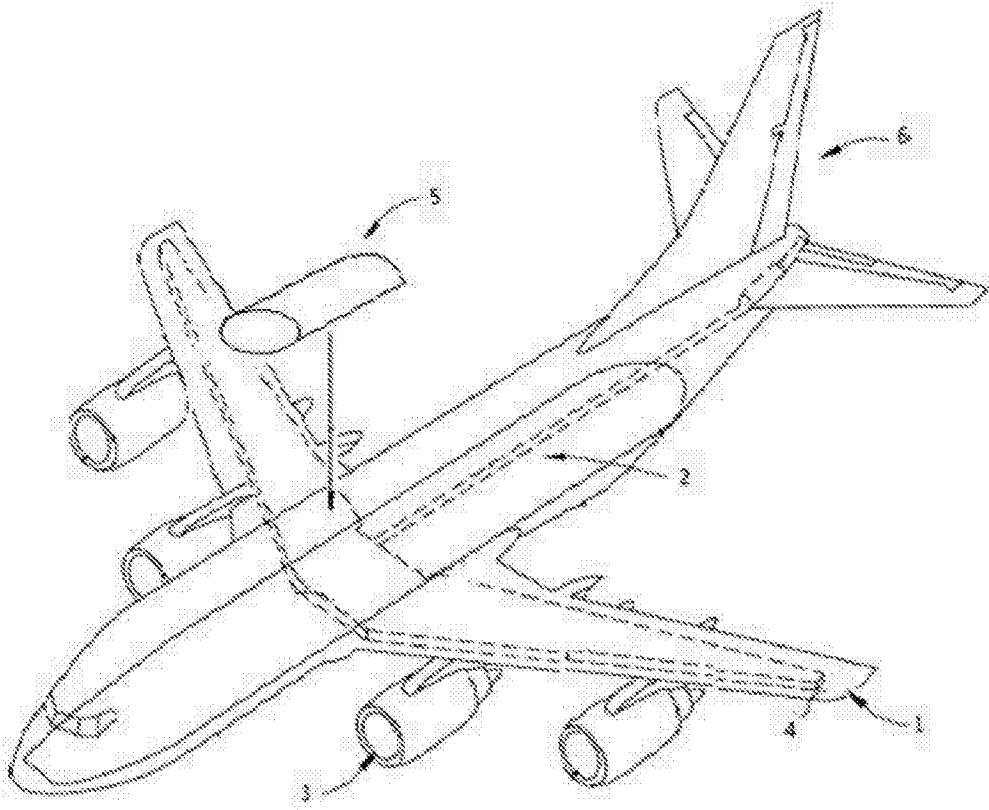


图 1

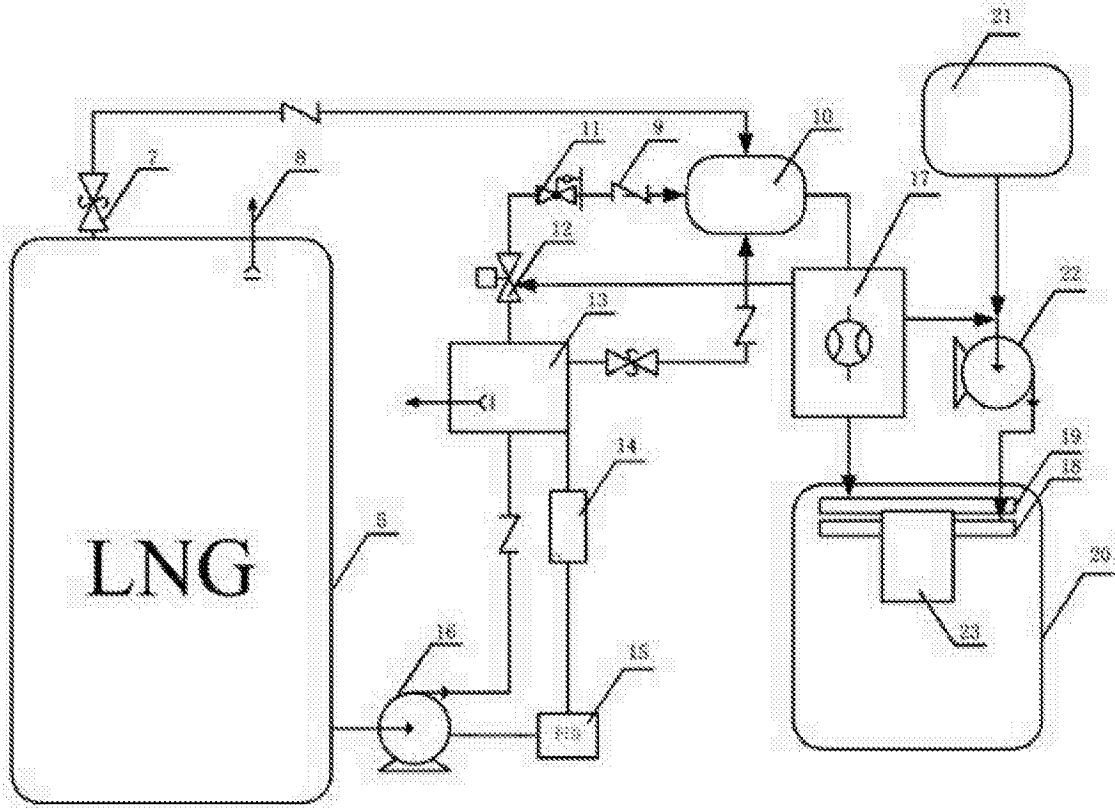


图 2

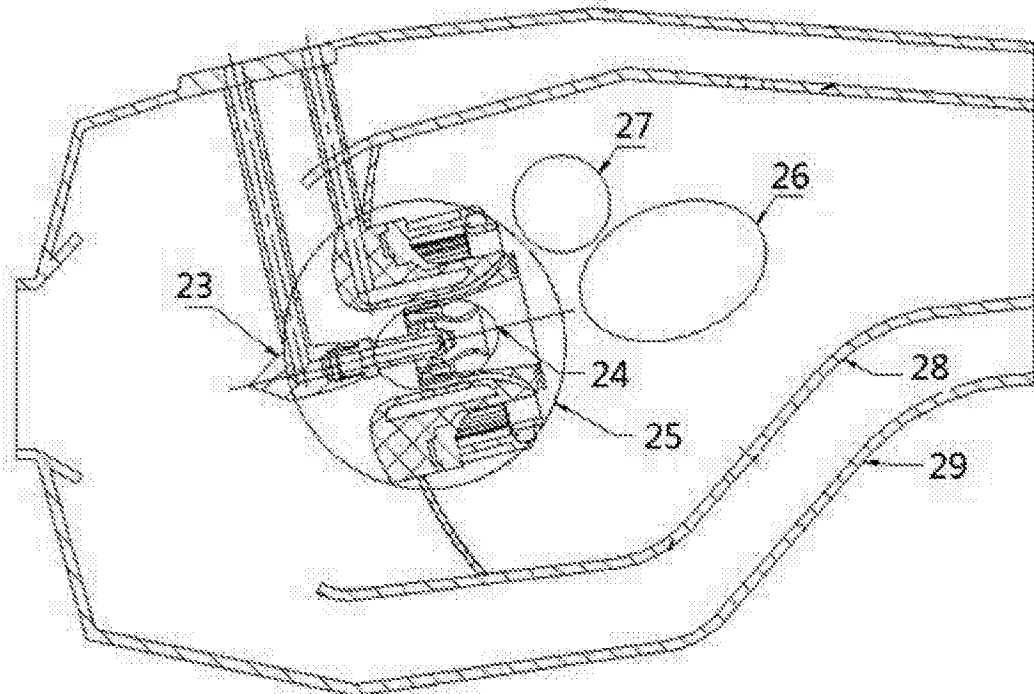


图 3

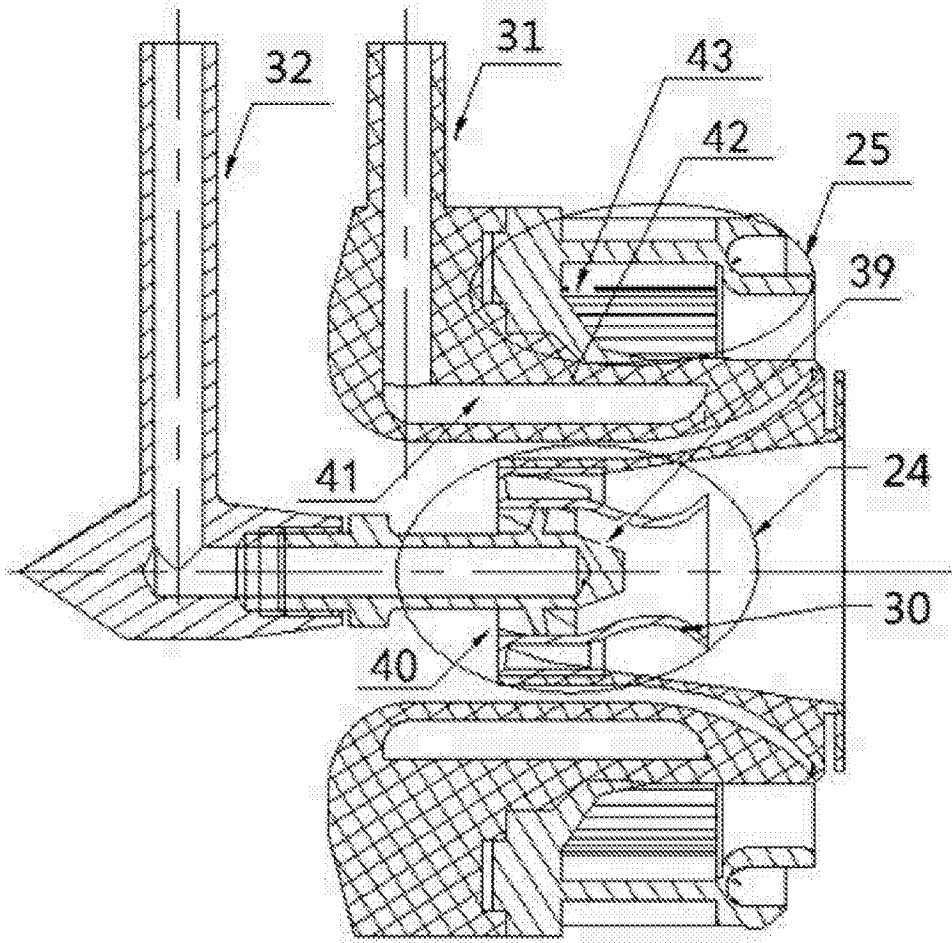


图 4

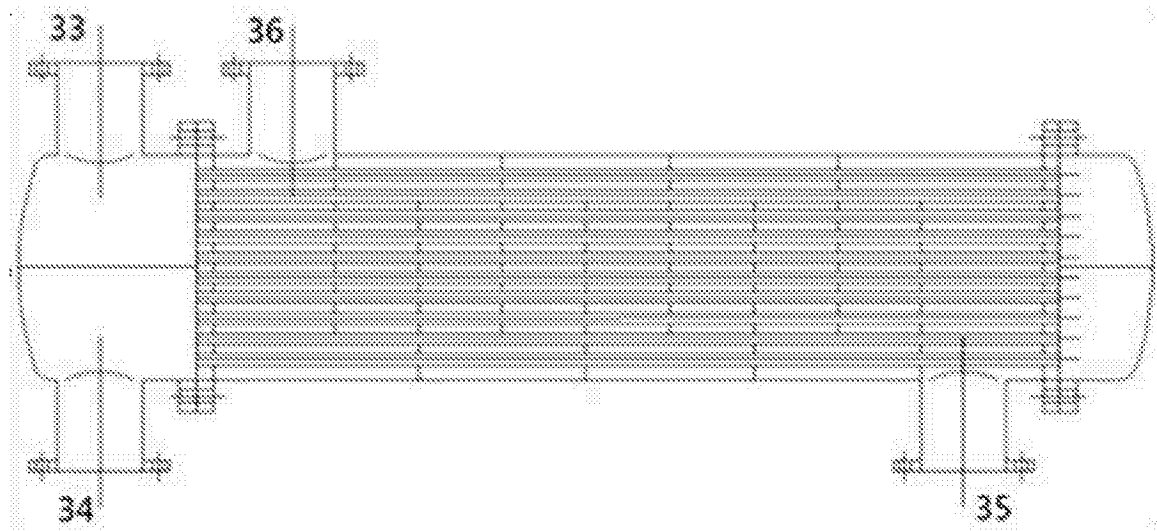


图 5

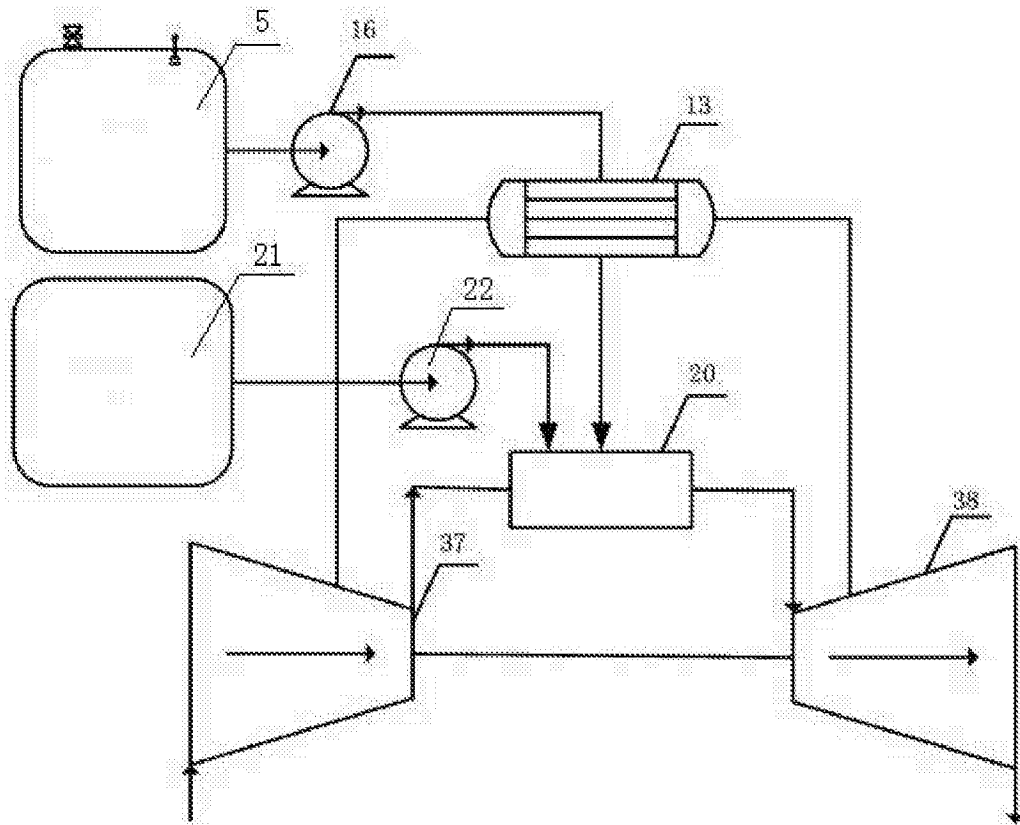


图 6