



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114941586 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 26

(21) 申请号 202210613042.7

F04D 25/04 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.31

F04D 29/08 (2006.01)

(71) 申请人 西安航天动力研究所

F04D 29/44 (2006.01)

地址 710100 陕西省西安市航天基地飞天路289号

F04D 29/58 (2006.01)

(72) 发明人 王晓锋 袁伟为 毛凯 李春乐  
芦鑫 张亚太 安康

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

专利代理师 王少文

(51) Int. Cl.

F02K 9/46 (2006.01)

F02K 9/95 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

F01D 15/08 (2006.01)

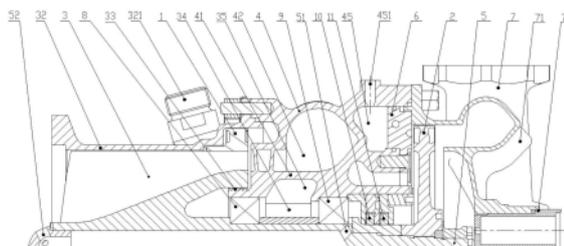
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

双介质驱动的预增压泵及低温液体火箭发动机的起动方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于火箭发动机用的预增压泵,具体涉及一种双介质驱动的预增压泵及低温液体火箭发动机的起动方法。解决了现有发动机起动能量需求偏大,起动气瓶质量偏高的技术问题。本发明预增压泵包括转轴、喷嘴环,以及设置在转轴上依次连接的预增压泵轮、液涡轮、液氧出口管、气体出口管和气涡轮;液氧出口管包括轴承座、蜗壳管道、设置在蜗壳管道左端的导流叶栅和导流孔,以及设置在蜗壳管道右端的集气环腔;喷嘴环设置在集气环腔右侧;轴承座与转轴之间设置有左轴承和右轴承;预增压泵轮设置在转轴的左端,预增压泵轮的外壳与液氧出口管固连,其出口对应导流叶栅;液涡轮固定在预增压泵轮的右端,液涡轮的出口对应导流孔。



1. 一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:

包括转轴(5)、喷嘴环(6),以及设置在转轴(5)上依次连接的预增压泵轮(3)、液涡轮(1)、液氧出口管(4)、气体出口管(7)和气涡轮(2);

所述液氧出口管(4)和气体出口管(7)均为蜗壳式结构;

所述液氧出口管(4)包括轴承座(41),设置在轴承座(41)外侧的蜗壳管道(42),设置在蜗壳管道(42)左端的导流叶栅(43)和导流孔(44),以及设置在蜗壳管道(42)右端的集气环腔(45);

所述喷嘴环(6)设置在集气环腔(45)右侧,且与集气环腔形成空腔;

所述气体出口管(7)设置在喷嘴环(6)右侧,且与液氧出口管(4)固定连接;

所述轴承座(41)与转轴(5)之间设置有左轴承(8)和右轴承(9);

所述预增压泵轮(3)设置在转轴(5)的左端,预增压泵轮(3)的外壳(32)与液氧出口管(4)固连,其出口对应导流叶栅(43);所述预增压泵轮(3)的外壳(32)上设置液涡轮入口(321);

所述液涡轮(1)固定在预增压泵轮(3)的右端,液涡轮(1)的出口对应导流孔(44);导流叶栅(43)和导流孔(44)均设置在蜗壳管道(42)左侧壁;

所述集气环腔(45)设置有气体入口(451);喷嘴环(6)设置有连通集气环腔(45)和气涡轮(2)的多个气体喷嘴(61)。

2. 根据权利要求1所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:所述集气环腔(45)内设置有气体隔板(452),所述气体隔板(452)设置在气体入口(451)的一侧。

3. 根据权利要求2所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:所述导流孔(44)宽度 $b$ 比导流叶栅(43)满流宽度多3~5个叶栅栅距;

所述气体隔板(452)厚度为3~5mm;

所述气体隔板(452)位于集气环腔(45)的气体入口(451)与喷嘴环(6)下游最后一个喷嘴(61)入口之间。

4. 根据权利要求1或2或3所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:所述导流孔(44)的中径面与液涡轮(1)叶栅出口中径面同轴;所述导流孔(44)与液氧出口管(4)左端面之间夹角 $\beta = \alpha - (1^\circ \sim 3^\circ)$ ,其中 $\alpha$ 为液涡轮(1)的流体出口角度。

5. 根据权利要求4所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:所述转轴(5)为空心转轴;所述预增压泵轮(3)与轴承座(41)左端面之间设置有迷宫密封(33);所述左轴承(8)与右轴承(9)之间设置有冷却轴承通道(34);空心转轴位于右轴承(8)右端处设置有冷却液入口(51);空心转轴左端设置有与预增压泵轮(3)入口相通的冷却液出口(52);

所述气涡轮(2)与右轴承(9)之间设置左浮动环(10)和右浮动环(11),左浮动环(10)和右浮动环(11)的压力关系为: $P_2 < P_1$ 。

6. 根据权利要求5所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于:所述液氧出口管(4)为3D打印一体成型;

所述液氧出口管(4)与气体出口管(7)通过螺栓连接。

7. 根据权利要求6所述的一种双介质驱动的预增压泵,其特征在于,所述轴承座(41)为空心筒状结构,在左轴承(8)、右轴承(9)安装位置中间设置6~10个加强肋片(35),加强肋片(35)厚度为2~4mm;所述气体出口管(7)设置8~12个加强肋(71),加强肋(71)厚度为2~

5mm;

所述集气环腔(45)内的高压气体压力为6~10MPa;所述预增压泵轮(3)流入的高速液体流速为16~20m/s。

8. 基于权利要求1至7任一所述双介质驱动的预增压泵的低温液体火箭发动机的起动方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 向集气环腔(45)通入高压气体,驱动气涡轮(2)带动预增压泵起旋增压,增压后的推进剂经氧主泵进入燃气发生器燃烧,产生高温高压燃气驱动主涡轮泵做功,发动机逐步进入稳定工况;

2) 稳定工况条件下,高压液氧通过液喷嘴加速,驱动液涡轮(1)后,汇入预增压泵出口,与预增压泵后的液氧掺混,液涡轮(1)通过高压液氧接力驱动预增压泵做功,直至发动机进入稳态工作。

9. 根据权利要求8所述的低温液体火箭发动机的起动方法,其特征在于:

步骤1)中,所述驱动气涡轮(2)带动预增压泵起旋增压后,还包括持续执行直至发动机进入稳态工作的轴承冷却步骤:

将预增压泵出口处的高压液氧引流至轴承座(41)与预增压泵之间的迷宫密封(33),经过迷宫密封(33)节流后,流入两个轴承之间的冷却剂通道(34),相继冷却左轴承(8)和右轴承(9),然后从空心转轴上位于右轴承(9)右端的冷却液入口(51)进入空心转轴,从空心转轴左端的冷却液出口(52)返回至预增压泵轮(3)入口。

10. 根据权利要求9所述的低温液体火箭发动机的起动方法,其特征在于,

步骤1)中,气涡轮(2)工作时保证左浮动环(10)和右浮动环(11)的压力关系为: $P_2 < P_1$ 。

## 双介质驱动的预增压泵及低温液体火箭发动机的起动方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于火箭发动机用的预增压泵,具体涉及一种双介质驱动的预增压泵及低温液体火箭发动机的起动方法。

### 背景技术

[0002] 低温液体火箭发动机普遍采用推进剂输送预压技术。通过预增压泵对推进剂的预先增压,保证主泵在较低的贮箱压力下不发生汽蚀。采用高压气体驱动预增压泵起旋是上面级火箭发动机起动的有效方式之一。高压气体驱动预增压泵起旋增压,增压后的推进剂经氧主泵进入燃气发生器燃烧,产生高温高压燃气驱动主涡轮泵做功,发动机逐步进入稳定工况。稳定工况预增压泵切换为由氧主泵后的高压液氧驱动,直至发动机关机。

[0003] 目前,小推力液体火箭发动机主要是通过外界能量驱动主涡轮泵起动,由于主涡轮泵功率大,需要的外界能量大。发动机采用高压气体驱动小功率预增压泵起动,所需气体的压力和流量小,可减轻贮气瓶结构质量,提高运转火箭发动机的有效载荷。

[0004] 预增压泵通常包含涡轮、预增压泵轮、喷嘴、出口管等主要零组件结构。出口管是预增压泵的关键部件之一,是用于收集预增压泵轮后的高速流体,并进一步减速增压,提高预增压泵效率。对于蜗壳型预增压泵出口管,通常会在增压泵轮和出口管之间设置导流叶栅结构,整流预增压泵轮出口的高速流体,匹配增压泵轮出口和蜗壳型出口管进口的流动特性,进一步提高预增压泵效率。传统的预增压泵出口管和导流叶栅均采用铸造成型,生产制造周期长,导流叶栅通过螺钉连接等机械方式固定在出口管结构上,结构质量相对较重,结构相对复杂影响,预增压泵工作可靠性。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是解决现有上面级发动机一般通过驱动主涡轮泵起动,导致需求的起动能量偏大,起动气瓶质量偏高的技术问题,而提供一种双介质驱动的预增压泵及低温液体火箭发动机的起动方法。

[0006] 本发明提供一种双介质驱动的预增压泵结构,该结构包含作用于发动机起动阶段的气涡轮和作用于发动机稳定阶段的液涡轮,两个涡轮驱动同一个预增压泵轮。通过协调预增压泵气涡轮流路、液涡轮流路、泵增压路、冷却轴承流路等各个流动系统之间工作匹配性,来满足发动机系统工作要求。

[0007] 本发明的技术解决方案是:

[0008] 一种双介质驱动的预增压泵,其特殊之处在于:

[0009] 包括转轴、喷嘴环,以及设置在转轴上依次连接的预增压泵轮、液涡轮、液氧出口管、气体出口管和气涡轮;

[0010] 所述液氧出口管和气体出口管均为蜗壳式结构;

[0011] 所述液氧出口管包括轴承座,设置在轴承座外侧的蜗壳管道,设置在蜗壳管道左端的导流叶栅和导流孔,以及设置在蜗壳管道右端的集气环腔;

- [0012] 所述喷嘴环设置在集气环腔右侧,且与集气环腔形成空腔;
- [0013] 所述气体出口管设置在喷嘴环右侧,且与液氧出口管固定连接;
- [0014] 所述轴承座与转轴之间设置有左轴承和右轴承;
- [0015] 所述预增压泵轮设置在转轴的左端,预增压泵轮的外壳与液氧出口管固连,其出口对应导流叶栅;所述预增压泵轮的外壳上设置液涡轮入口;
- [0016] 所述液涡轮固定在预增压泵轮的右端,液涡轮的出口对应导流孔;导流叶栅和导流孔均设置在蜗壳管道左侧壁;
- [0017] 所述集气环腔设置有气体入口;喷嘴环设置有连通集气环腔和气涡轮的多个气体喷嘴。
- [0018] 进一步地,所述集气环腔内设置有气体隔板,所述气体隔板设置在气体入口的一侧。
- [0019] 进一步地,所述导流孔宽度 $b$ 比导流叶栅满流宽度多3~5个叶栅栅距;
- [0020] 所述气体隔板厚度为3~5mm;
- [0021] 所述气体隔板位于集气环腔的气体入口与喷嘴环下游最后一个喷嘴入口之间。
- [0022] 进一步地,所述导流孔的中径面与液涡轮叶栅出口中径面同轴;所述导流孔与液氧出口管左端面之间夹角 $\beta = \alpha - (1^\circ \sim 3^\circ)$ ,其中 $\alpha$ 为液涡轮出口流体角度。
- [0023] 进一步地,所述转轴为空心转轴;所述预增压泵轮与轴承座左端面之间设置有迷宫密封;所述左轴承与右轴承之间设置有冷却轴承通道;空心转轴位于右轴承右端处设置有冷却液入口;空心转轴左端设置有与预增压泵轮入口相通的冷却液出口;
- [0024] 所述气涡轮与右轴承之间设置左浮动环和右浮动环,左浮动环和右浮动环的压力关系为: $P_2 < P_1$ 。
- [0025] 进一步地,所述液氧出口管为3D打印一体成型;
- [0026] 所述液氧出口管与气体出口管通过螺栓连接。
- [0027] 进一步地,所述轴承座为空心筒状结构,在左轴承、右轴承安装位置中间设置6~10个加强肋片,加强肋片厚度为2~4mm;所述气体出口管设置8~12个加强肋,加强肋厚度为2~5mm;
- [0028] 所述集气环腔内的高压气体压力为6~10MPa;所述预增压泵轮流入的高速液体流速为16~20m/s。
- [0029] 基于上述双介质驱动的预增压泵的低温液体火箭发动机的起动方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:
- [0030] 1) 向集气环腔通入高压气体,驱动气涡轮带动预增压泵起旋增压,增压后的推进剂经氧主泵进入燃气发生器燃烧,产生高温高压燃气驱动主涡轮泵做功,发动机逐步进入稳定工况;
- [0031] 2) 稳定工况条件下,高压液氧通过液喷嘴加速,驱动液涡轮后,汇入预增压泵出口,与预增压泵后的液氧掺混,液涡轮(1)通过高压液氧接力驱动预增压泵做功,直至发动机进入稳态工作。
- [0032] 进一步地,步骤1)中,所述驱动气涡轮(2)带动预增压泵起旋增压后,还包括持续执行直至发动机进入稳态工作的轴承冷却步骤:
- [0033] 将预增压泵出口处的高压液氧引流至轴承座与预增压泵之间的迷宫密封,经过迷

宫密封节流后,流入两个轴承之间的冷却剂通道,相继冷却左轴承和右轴承,然后从空心转轴上位于右轴承右端的冷却液入口进入空心转轴,从空心转轴左端的冷却液出口返回至预增压泵轮入口。

[0034] 进一步地,步骤1)中,气涡轮工作时保证左浮动环和右浮动环的压力关系为: $P_2 < P_1$ 。

[0035] 本发明的有益效果:

[0036] (1) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,通过高压气体驱动气涡轮路、高压液体驱动液涡轮路、预增压泵增压路、轴承冷却流路等各个流路的工作匹配性较好、平衡度高,本发明具有设计方法独特、可靠性强、稳定性高的优点。

[0037] (2) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,喷嘴环通过螺钉连接在出口管上,避免了传统焊接连接方式造成喷嘴结构尺寸变形,增加了喷嘴环的可置换性,也提高了预增压泵结构可维护性,也避免了传统焊接连接方式结构空间受限使焊缝内部质量难以检测等技术问题。

[0038] (3) 本发明的低温液体火箭发动机的起动方法,通过气体驱动预增压泵起旋增压,让发动机能够可靠的起动,有效减小了起动气体的能量,从而减轻起动气瓶质量,提高运载火箭发动机的有效载荷。

[0039] (4) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,在集气环腔内设置一个气体隔板,设置气体隔板可使进入集气环腔的高速气体更早进入部分进气喷嘴环驱动气涡轮做功,消除气体在集气环腔内的环流效应,提高气体做功效率,从而可以减小所需驱动气源的压力和流量,减轻气瓶的结构质量。

[0040] (5) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,其导流叶栅镶嵌在出口管流道入口侧,与出口管一体成型。常规设计导流叶栅一般通过螺钉拧紧等机械连接固定在蜗壳结构上,将导流叶栅与蜗壳结构集成化设计,一方面可减小整体轴向长度,结构更紧凑,所需结构空间更小,另一方面去除了常规设计导流叶栅的机械连接方法,结构可靠性更高。另外,导流叶栅与蜗壳结构一体化,可提高蜗壳结构内侧轴承座结构刚度,转动系统运转更加平稳,减小预增压泵结构振动。

[0041] (6) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,在液氧出口管结构设置液涡轮出口的导流孔,导流孔入口边安装角度 $\beta$ 与液涡轮出口流体角度相适应;导流孔宽度 $b$ 比单喷嘴驱动液涡轮叶栅满流宽度多3~5个叶栅栅距。针对小功率预增压泵,液涡轮后一般不设置导流结构。通过在蜗壳结构设置导流孔,可将液涡轮后的高速液体平稳导入至蜗壳流道,减小流动损失,提高预增压泵效率。

[0042] (7) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,其液氧出口管的集气环腔为壁面形貌变化的环形空腔,是蜗壳壁面与喷嘴环结构自然形成的环腔,集气环腔与蜗壳结构一体化集成设计,减小预增压泵轴向长度,结构更紧凑,所需结构空间更小。

[0043] (8) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵,其液氧出口管采用集成化设计,兼顾液涡轮出口流动特性和气涡轮入口流动特性,结构紧凑,缩短预增压泵轴向尺寸,减轻预增压泵重量,简化预增压泵工作系统,提高工作可靠性。

[0044] (9) 本发明提供的双介质驱动的预增压泵中的液氧出口管,采用3D打印集成设计,相比于铸造成型技术,缩短了研制周期。

## 附图说明

[0045] 图1是本发明双介质驱动预增压泵实施例的结构示意图；

[0046] 图2是本发明双介质驱动预增压泵实施例中液氧出口管的结构示意图；

[0047] 图3是图2的A-A剖视图；

[0048] 图4是本发明双介质驱动预增压泵实施例中液氧出口管与喷嘴环爆炸示意图(虚线箭头代表气体环流方向)；

[0049] 图5是本发明双介质驱动预增压泵实施例的各流路示意图(实线箭头代表液氧流动方向,虚线箭头代表气体流动方向)。

[0050] 附图标记:1-液涡轮,2-气涡轮,3-预增压泵轮,32-外壳,321-液涡轮入口,33-迷宫密封,34-冷却剂通道,35-加强肋片,4-液氧出口管,41-轴承座,42-蜗壳管道,43-导流叶栅,44-导流孔,45-集气环腔,451-气体入口,452-气体隔板;5-转轴,51-冷却液入口,52-冷却液出口,6-喷嘴环,61-气体喷嘴;7-气体出口管,71-加强肋,72-转速传感器;8-左轴承,9-右轴承,10-左浮动环,11-右浮动环。

## 具体实施方式

[0051] 以下结合附图和实施例对本发明进行详细说明。

[0052] 如图1至图4所示,本发明一种双介质驱动的预增压泵,包括转轴5、喷嘴环6,以及设置在转轴5上依次连接的预增压泵轮3、液涡轮1、液氧出口管4、气体出口管7和气涡轮2。预增压泵为悬臂式结构,转轴5采用两轴承支撑。液涡轮1与预增压泵轮3焊接成一体,气涡轮2分置在右侧。

[0053] 液氧出口管4包括轴承座41、设置在轴承座41外侧的蜗壳管道42、设置在蜗壳管道42左端的导流叶栅43和导流孔44以及设置在蜗壳管道42右端的集气环腔45。轴承座41与转轴5之间设置有左轴承8和右轴承9。

[0054] 如图2和图3所示,在液氧出口管壁面开导流孔44,导流液涡轮1出口流体与蜗壳内从导流叶栅43进入后的流体掺混。导流孔44的中径面与液涡轮1叶栅出口中径面同轴,导流孔44与液氧出口管4左端面之间夹角为 $\beta = \alpha - (1^\circ \sim 3^\circ)$ ,其中 $\alpha$ 为液涡轮出口流体角度,导流孔44与液氧出口管4左端面之间夹角 $\beta$ 比液涡轮1出口流体角度 $\alpha$ 小 $1^\circ \sim 3^\circ$ 。导流孔44宽度 $b$ 比导流叶栅43满流宽度多3~5个叶栅栅距,导流孔44出口安装角度设置为轴向出口。

[0055] 集气环腔45设置有气体入口451;喷嘴环6设置有连通集气环腔45和气涡轮2的多个气体喷嘴61。集气环腔45与喷嘴环6形成封闭的腔体结构,用于收集气体入口451进入的高压气体,缩短了预增压泵的轴向长度,减轻了结构重量。气涡轮2为局部进气结构,集气环腔45内设置有气体隔板452,气体隔板452位于集气环腔45的气体入口451与喷嘴环6下游最后一个喷嘴入口之间,气体隔板452将切向进入集气环腔45的高速气体更早进入喷嘴环6驱动气涡轮做功,消除气体在集气环腔45内的环流效应,提高了气涡轮2整体效率。气体隔板452厚度为3~5mm。轴承座41为空心筒状结构,左轴承8和右轴承9安装位置中间设置6~10个加强肋片35,加强肋片35厚度2~4mm。集气环腔45内的高压气体压力为6~10MPa;从预增压泵轮3流入的高速液体流速为16~20m/s。

[0056] 如图4所示,喷嘴环6设置在集气环腔45右侧,通过螺钉连接在液氧出口管4的集气环腔45右侧上,避免了传统焊接连接方式造成喷嘴结构尺寸变形,也增加了喷嘴环6可置换

性和预增压泵结构的可维护性。

[0057] 气涡轮2盘根部设置定位环结构,避免了轴向尺度较小的气涡轮2与转轴5花键连接径向定位精度不高的问题。

[0058] 液氧出口管4为3D打印一体成型。通过集成化设计导流叶栅43与蜗壳结构、液涡轮出口与蜗壳结构、气涡轮进口与蜗壳结构,提高了预增压泵整体结构的紧凑性。液氧出口管4是一种变截面大小绕中间回转的蜗壳式结构,液氧出口管4内放置两个轴承(左轴承8和右轴承9),用于支撑整个转动系统。

[0059] 导流叶栅43镶嵌在蜗壳内部与液氧出口管4一体成型,导流叶栅43叶片数应防止与预增压泵轮3叶片数耦合,从而引起动静干涉的非定常流动产生的激振。采用3D打印制造工艺一体成型,提高了轴承支撑刚度。将导流叶栅43与蜗壳、预增压泵轮3进行联合设计,减小导流叶栅43内部的分离损失,提高预增压泵出口管整体效率。

[0060] 预增压泵轮3的叶轮设置在转轴5的左端,其外壳32与液氧出口管4固连,预增压泵轮3的出口对应导流叶栅43;预增压泵轮3的外壳32上设置液涡轮321入口;液涡轮1固定在预增压泵轮3叶轮的右端,其出口对应导流孔44;导流叶栅43和导流孔44均设置在蜗壳管道42左侧壁。液涡轮1为单喷嘴局部进气结构,为了适应液涡轮1出口流动,在液氧出口管4壁面开导流孔44,导流液涡轮出口流体与蜗壳内流体掺混。导流孔44入口安装角度 $\beta$ 与液涡轮1出口流体角度相适应。由于导流孔44轴向长度较小,因此将导流孔44出口安装角度设置为轴向出口。

[0061] 转轴5为空心转轴;预增压泵轮3的叶轮与轴承座41左端面之间设置有迷宫密封33;左轴承8与右轴承9之间设置有冷却剂通道34;空心转轴位于右轴承8右端处设置有冷却液入口51;空心转轴左端设置有与预增压泵轮3入口相通的冷却液出口52;气涡轮2与右轴承9之间设置左浮动环10和右浮动环11,左浮动环10和右浮动环11的压力关系为: $P_2 < P_1$ 。

[0062] 气体出口管7也为蜗壳式结构。蜗壳式气体出口管7内的气体流动应足够通畅,气涡轮2工作时保证压力 $P_2 < P_1$ ,防止驱动气体反窜至预增压泵腔内引起预增压泵汽蚀,同时压力 $P_2$ 也应尽可能小,从而提高气涡轮2工作压比,保证气涡轮2工作能力。冷却轴承后压力 $P_1$ 不宜太大,防止冷却轴承路的液体泄漏至气涡轮流路的流量太大,造成损失。

[0063] 在预增压泵右端测量泵转速,转速传感器72装配在气体出口管7上。气体出口管7上设置有加强肋71,提高涡轮排气管结构刚度,从而减小结构振动,提高转速测量精度。

[0064] 如图5所示,预增压泵的流动结构包含高压气体驱动的气涡轮路、高压液体驱动的液涡轮路、预增压泵增压路以及轴承冷却流路。

[0065] 气涡轮流路:高压气体进入集气环腔45后,通过喷嘴环6加速,驱动气涡轮2做功,然后经涡轮排气管排至外界。气涡轮2驱动转子做功时,液涡轮1为自旋搅拌耗电状态。

[0066] 液涡轮流路:高压液氧通过液喷嘴加速,驱动液涡轮1后,汇入预增压泵轮3出口,与预增压泵轮3后的液氧掺混。液涡轮1驱动转子做功时,气涡轮2为自旋状态,此时的气涡轮2为自旋状态,搅拌功耗较小可以忽略。

[0067] 预增压泵增压路:通过气涡轮2/液涡轮1驱动,预增压泵轮3起旋增压,将预增压泵轮3进口的低压液氧,增压至预增压泵轮3出口,与液涡轮1后的液氧掺混完,流至氧主泵。

[0068] 冷却轴承流路:引流预增压泵轮3后的高压液氧,经过迷宫密封33节流后,经过冷却剂通道34,相继冷却左轴承8和右轴承9两个轴承,然后从转轴5的冷却液入口流入转轴5

内,经过转轴5中空结构,再从冷却液出口52回流至预增压泵的入口。轴承冷却流路和气涡轮流路之间设置两道浮动环密封结构(左浮动环10和右浮动环11),防止冷却轴承路的液氧泄漏至外界的流量太大,造成损失。

[0069] 协调设置迷宫密封和两道浮动环密封节流能力,保证轴承冷却流路的流量满足轴承冷却要求。同时,也要防止驱动气涡轮的气体反窜至预增压泵腔,引起预增压泵汽蚀。

[0070] 同时,本发明还提供了一种基于上述双介质驱动的预增压泵的低温液体火箭发动机的起动方法,包括以下步骤:

[0071] 1) 向集气环腔45通入高压气体,驱动气涡轮2带动预增压泵起旋增压,增压后的推进剂经氧主泵进入燃气发生器燃烧,产生高温高压燃气驱动主涡轮泵做功,发动机逐步进入稳定工况;气涡轮2工作时保证压力 $P_2 < P_1$ 。

[0072] 高压气体进入集气环腔45后,通过喷嘴环6加速,驱动气涡轮2做功,然后经气体出口管7排至外界。气涡轮2驱动预增压泵做功时,液涡轮1为自旋搅拌耗电状态,设计气涡轮2输出功率时,需要考虑液涡轮1的搅拌耗电。

[0073] 2) 稳定工况条件下,高压液氧通过液喷嘴加速,驱动液涡轮1后,汇入预增压泵出口,与预增压泵后的液氧掺混,液涡轮1通过高压液氧接力驱动预增压泵做功,直至发动机进入稳态工作。

[0074] 液涡轮1驱动预增压泵轮做功时,气涡轮2为自旋状态,设计液涡轮1输出功率时,气涡轮2自旋搅拌功耗较小,可以忽略。

[0075] 此外,为了满足轴承冷却的要求,步骤1)中,驱动气涡轮2带动预增压泵起旋增压后,还包括持续执行直至发动机进入稳态工作的轴承冷却步骤:

[0076] 将预增压泵出口处的高压液氧引流至轴承座与预增压泵之间的迷宫密封,经过迷宫密封33节流后,流入两个轴承之间的冷却剂通道34,相继冷却两个轴承(左轴承8和右轴承9),然后从空心转轴上位于右轴承右端的冷却液入口51进入至空心转轴,再从空心转轴左端的冷却液出口52返回至预增压泵轮3入口。

[0077] 本发明预增压泵是一种轴流泵,包含气涡轮和液涡轮两个涡轮。发动机起动阶段采用气涡轮驱动预增压泵,发动机稳定阶段采用液涡轮驱动预增压泵。本发明一种双介质驱动的预增压泵,适用于采用预增压泵起动方式的液体火箭发动机,其通过协调气涡轮驱动路、液涡轮驱动路、泵增压路和冷却轴承路等各个流路之间的工作匹配性,在满足发动机系统要求的同时,提高了预增压泵工作可靠性和结构维护性。本发明公开的一种双介质驱动的预增压泵,可在类似的采用预增压泵起动方式的液体火箭发动机中推广应用。

[0078] 尽管对本实例的上述描述和附图代表了本发明的优选方案,但是本领域技术人员可以根据不同的设计要求和设计参数在不偏离权利要求所界定的范围的情况下进行改进,因此,本发明是广泛的。

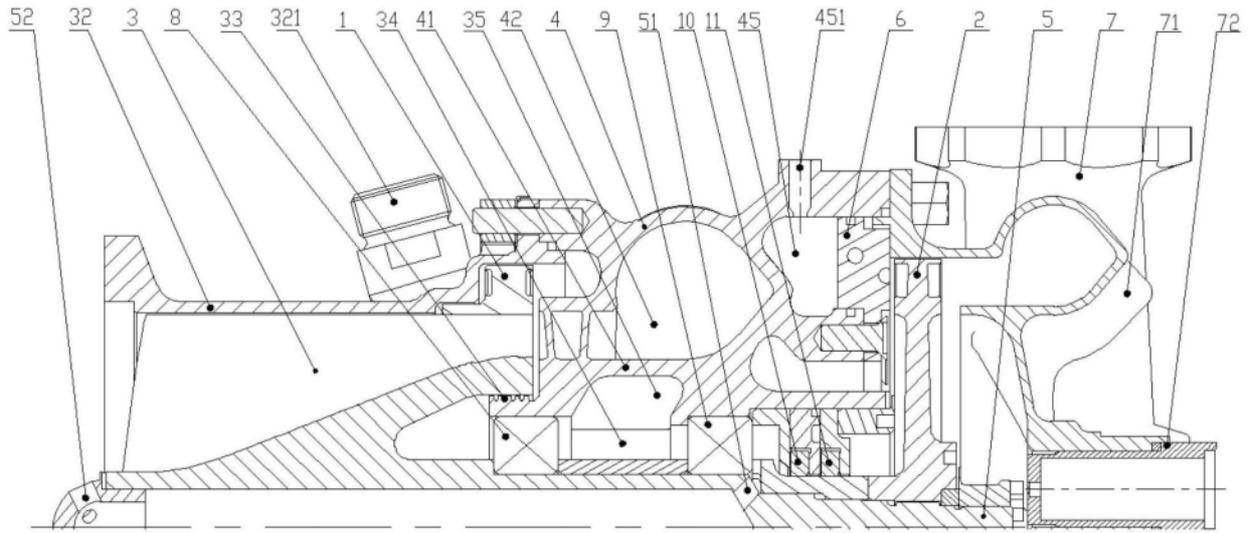


图1

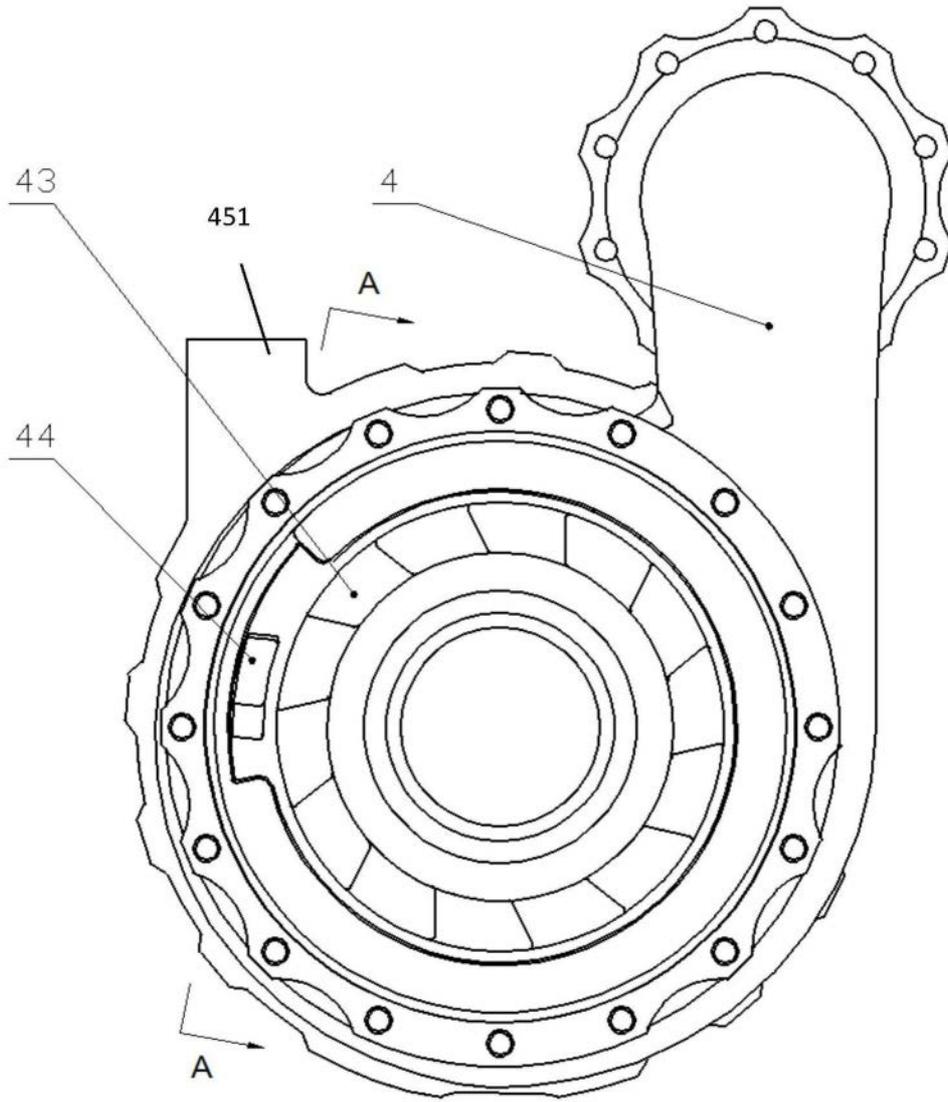


图2

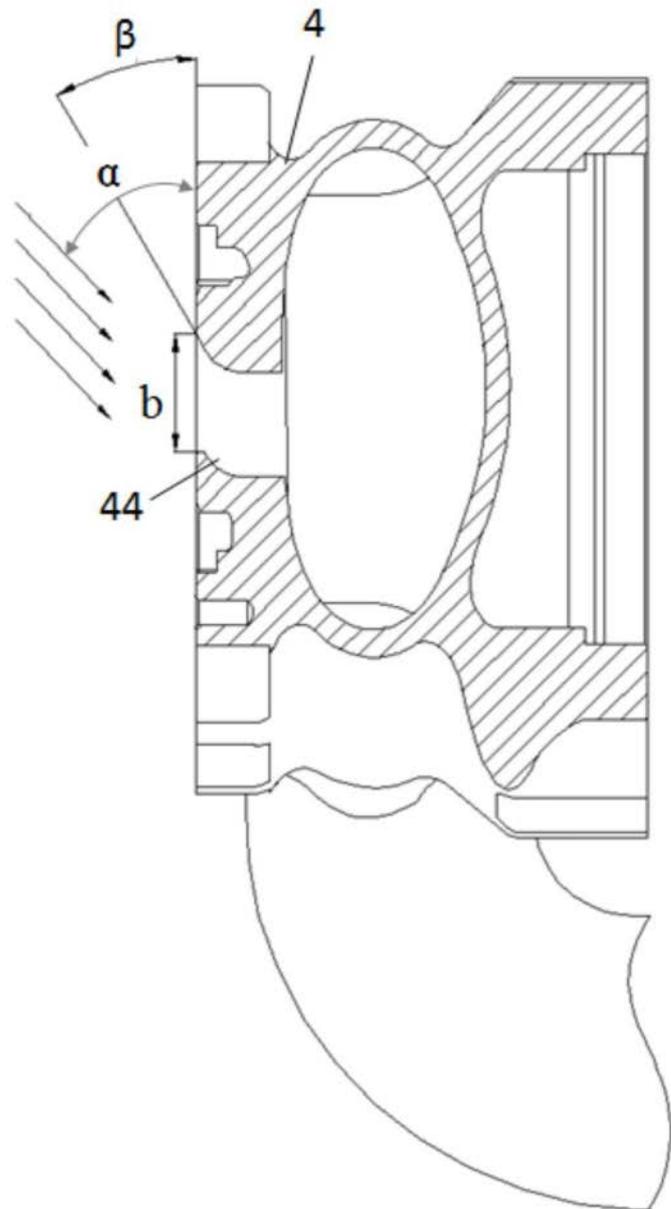


图3

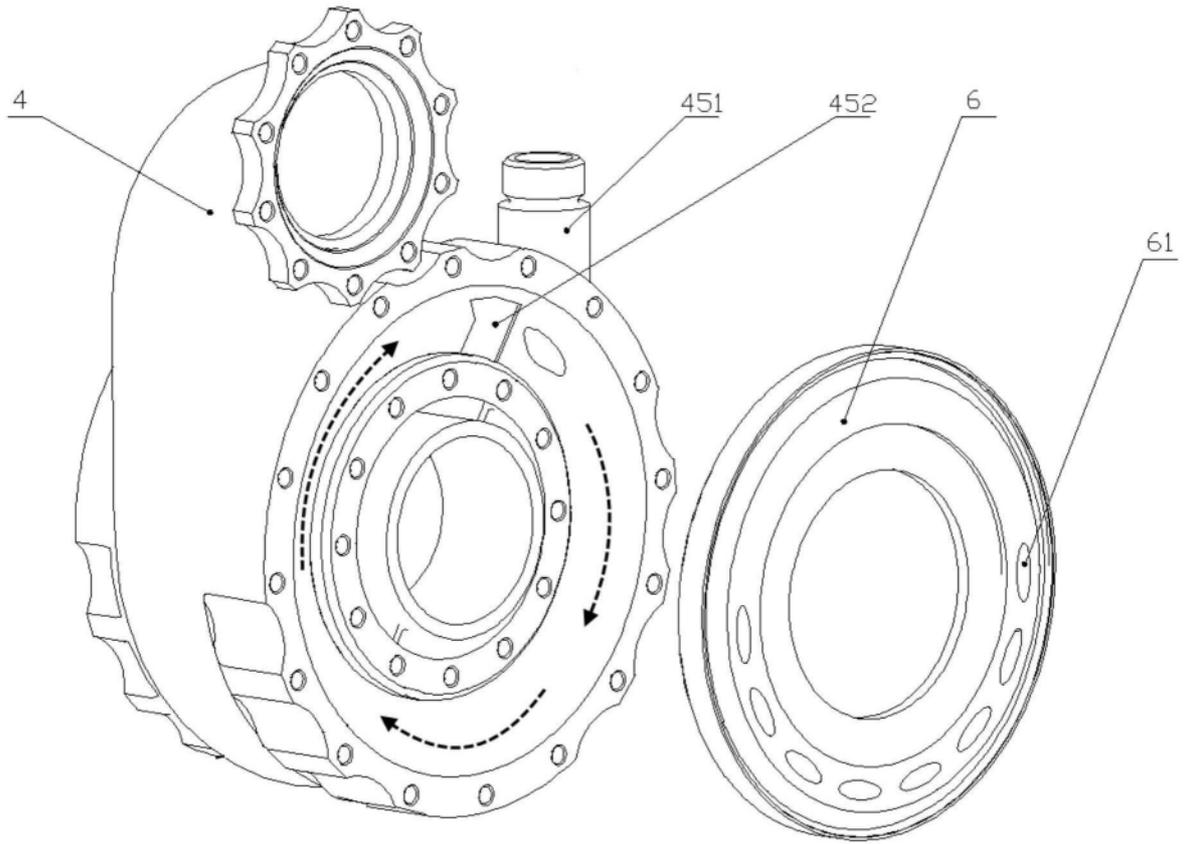


图4

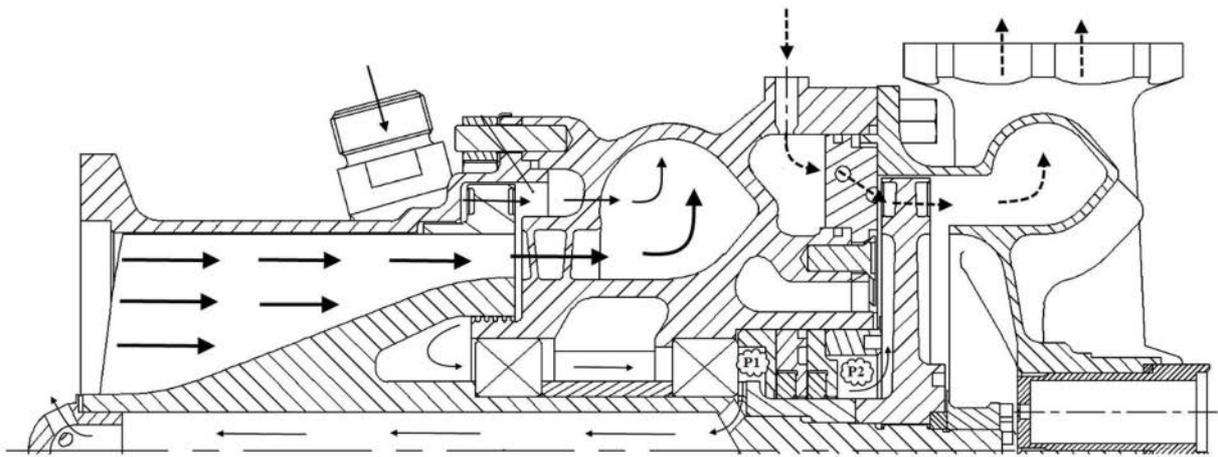


图5