



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105971768 A

(43)申请公布日 2016.09.28

(21)申请号 201610402329.X

(22)申请日 2016.06.10

(71)申请人 中国人民解放军国防科学技术大学  
地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路  
109号

(72)发明人 胡小平 王正凯 于萌

(74)专利代理机构 国防科技大学专利服务中心  
43202

代理人 徐志宏

(51) Int. Cl.

F02K 9/50(2006.01)

F02K 9/64(2006.01)

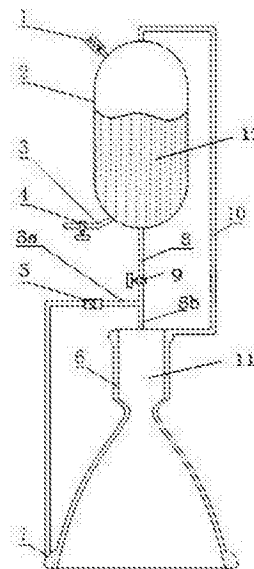
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于再生冷却的自增压供应系统

(57)摘要

本发明属于航天器系统技术领域,主要应用于采用高饱和蒸汽压推进剂的液体推进系统或固-液混合推进系统。为了解决自增压供应系统工作过程中贮箱内推进剂温度降低、压力下降严重的问题,本发明提供了一种基于再生冷却的自增压方案,由安全阀、贮箱、加注管路、加注阀、单向阀、冷却通道、集液腔、主供应管路、冷却剂管路、燃烧剂管路、主阀、增压管路等组成。推进剂在冷却燃烧室室壁的同时获得热量,换热气化之后的推进剂返回贮箱给推进剂增压。本发明可在贮箱内液体推进剂排空之前保持贮箱压强基本稳定,从而保证推力基本稳定。



1. 一种基于再生冷却的自增压供应系统,其特征是:它包括有安全阀(1)、贮箱(2)、加注管路(3)、加注阀(4)、单向阀(5)、冷却通道(6)、集液腔(7)、主供应管路(8)、冷却剂管路(8a)、燃烧剂管路(8b)、主阀(9)、增压管路(10)、燃烧室(11)、推进剂(12);

所述安全阀(1)设置在贮箱(2)的气垫端,加注管路(3)与贮箱(2)连通,加注阀(4)安装在加注管路(3)上;主供应管路(8)与贮箱(2)连通;主供应管路(8)上设置主阀(9);在主阀(9)下游,主供应管路(8)分为冷却剂管路(8a)和燃烧剂管路(8b)两条支路,其中冷却剂管路(8a)与集液腔(7)连通,所述冷却剂管路(8a)上还设置了单向阀(5a);燃烧剂管路(8b)直接与燃烧室(11)连通;所述冷却通道(6)为槽肋结构,冷却通道(6)设置在燃烧室(11)内外壁之间,冷却通道(6)的入口端与集液腔(7)连接,出口端与增压管路(10)的入口端连接;增压管路(10)连通冷却通道(6)与贮箱(2),其出口端位于贮箱(2)的气垫端。

2. 根据权利要求1所述的基于再生冷却的自增压供应系统,其特征是:所述推进剂(12)采用常温下饱和蒸汽压高于1MPa的液体推进剂。

3. 根据权利要求1所述的基于再生冷却的自增压供应系统,其特征是:所述冷却通道(6)由内壁和外壁构成,内壁朝向外壁的一侧铣有矩形槽道和肋片;内壁采用热导率较高的铜合金材料,外壁采用不锈钢或高温合金;内外壁之间采用焊接方式密封。

4. 根据权利要求1所述的基于再生冷却的自增压供应系统,其特征是:所述冷却通道(6)可以布置在固-液混合火箭发动机的前燃室、后燃室、装药段或喷管中的一段或多段;可以串联布置或并联布置。

5. 根据权利要求1所述的基于再生冷却的自增压供应系统,其特征是:所述冷却通道(6)可以布置在液体推进剂火箭发动机的燃烧室中的一段或多段;可以串联布置或并联布置。

## 一种基于再生冷却的自增压供应系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于航天推进系统技术领域,特别涉及一种基于再生冷却的自增压供应系统。

### 背景技术

[0002] 目前使用的化学火箭推进系统有:液体推进系统、固体推进系统、气体推进系统和固-液混合推进系统。在上述各类推进系统中,液体推进系统、固-液推进系统和气体推进系统都需要推进剂增压输送装置,这类增压装置又分为泵压式和挤压式两大类。泵压式系统的主要优点是推进剂贮箱不必承受高压,可采用较轻质量的贮箱,但由于采用涡轮泵增加了系统复杂性和成本,通常只用于大推力、长寿命的大型运载火箭。对于飞行器辅助推进系统和上面级姿轨控系统推进剂质量较小的系统,通常采用挤压式推进剂供应系统。挤压式供应系统结构简单、可靠,又分为恒压式和落压式两种方案,前者依靠高压气瓶通过减压阀恒定输出,为贮箱增压,但增压气体和高压气瓶以及减压阀等部件大大增加了系统的质量;后者依靠贮箱气垫的压力工作,对贮箱承压的要求较高,且其压力将逐渐降低,推力输出不恒定。

[0003] 自增压是一种落压式方案,它利用密封容器内饱和液体的能量将液体从容器中挤出。其实现方式如下:推进剂从贮箱流出时,贮箱内的压力将降低,当压力低于推进剂的饱和蒸气压时,贮箱内剩下的液体推进剂将会部分气化,产生的蒸气维持贮箱内的压力基本恒定。这种增压方式不需要另外设置高压气瓶和减压阀,既有气瓶-贮箱型挤压式供应系统结构简单的优点,又兼具泵压式供应系统贮箱质量小、燃烧室压力高的优良性能。大量试验验证了这种增压方式的可行性,但同时也表明,在自增压供应系统工作过程中,由于气垫做功和液体气化,贮箱内推进剂的温度将降低,压力下降严重,使得供应系统不能够以恒定质量流量供应推进剂。为解决这个问题,较简单的方法是对推进剂贮箱进行热补偿。通常采用的电加热方式结构简单、加热功率可调节,但缺点是需要消耗弹箭/卫星上宝贵的电能资源。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是:在传统自增压供应系统工作过程中压力下降严重,不能维持贮箱压力恒定的情况下,提出一种推进剂自增压供应系统。该系统采用类似再生冷却的方法,在燃烧室室壁布置冷却通道,让推进剂作为冷却剂流经冷却通道进行换热,在冷却燃烧室壁的同时,推进剂获得了热量从而被气化,被气化的推进剂被送回贮箱,给贮箱增压,达到使贮箱压力基本稳定的目的。

[0005] 本发明“一种基于再生冷却的自增压供应系统”是按下述方案实现的:

[0006] 该系统包括安全阀1、贮箱2、加注管路3、加注阀4、单向阀5、冷却通道6、集液腔7、主供应管路8、冷却剂管路8a、燃烧剂管路8b、主阀9、增压管路10、燃烧室11、推进剂12。

[0007] 安全阀1设置在贮箱2上,位于贮箱气垫端。加注管路3与贮箱2连通,加注时,液态

推进剂12经加注阀4由加注管路3进入贮箱。主供应管路8与贮箱2连通,主供应管路8上设置主阀9。在主阀9下游,主供应管路8分为冷却剂管路8a和燃烧剂管路8b两条支路,其中冷却剂管路8a与集液腔7连通,该支路上还设置了单向阀5,燃烧剂管路8b直接与燃烧室11连通。槽肋式冷却通道6设置在燃烧室11的内壁之间,冷却通道6的入口端与集液腔7连接,出口端与增压管路10的入口端连接。增压管路10连通冷却通道6与贮箱2,其出口端位于贮箱气垫端。所述气垫端指的是贮箱上部有气体的一端。

[0008] 作为冷却剂的推进剂12必须是液体,且要求其具有较高的饱和蒸汽压(常温下高于1MPa,例如, $N_2O$ 在287.15K时的饱和蒸汽压为4.58MPa,在298.15K时的饱和蒸汽压约为5.38MPa),加热条件下不易分解,与冷却通道室壁材料具有较好的相容性。

[0009] 冷却通道6的工作原理与通常的再生冷却方式相同,由内部的槽肋式结构(内壁)和外部支承结构(外壁)构成,内壁采用热导率较高的铜合金材料,通过机械加工铣出矩形槽道和肋片供冷却剂流动;外壁采用不锈钢或高温合金以承受燃烧室11内的高温和高压。内外结构之间采用焊接方式密封。

[0010] 在开始工作之前,打开加注阀4,将液体推进剂由加注管路3加注到贮箱2内。加注完成后,关闭加注阀4,贮箱2内留有一定体积的气垫,达到平衡后,气垫压强为推进剂的饱和蒸汽压。

[0011] 发动机开始工作时,开启主阀9,贮箱2内的液体推进剂在气垫压力作用下从主供应管路8流出,贮箱2内的压力将降低,根据相平衡关系,贮箱内一部分液体将气化,以弥补液体推进剂排出所空出的气相体积。随着工作的继续,气垫体积增大,贮箱2中的压力和温度都将降低。

[0012] 由贮箱2流出的液体推进剂12,流经主阀9后,一部分经燃烧剂管路8b直接进入燃烧室11,进行燃烧反应产生高温燃气,从而产生推力。另一小部分经冷却剂管路8a,流经单向阀5,进入集液腔7内,由集液腔7分配到燃烧室11外布置的槽肋式冷却通道6内。作为冷却剂的该部分液体推进剂在冷却通道6内吸收燃气经过燃烧室11内壁传递的热量,温度升高并气化,同时冷却了燃烧室室壁。气化后的推进剂由冷却通道6流出后经增压管路10回到贮箱2内,实现对贮箱2的压力补偿和热补偿,从而维持贮箱2的压强在工作过程中基本恒定,直到贮箱2内的液体推进剂全部排空,系统停止工作。

[0013] 其中安全阀1在贮箱2的压强高于安全阈值时打开,排出部分气体以确保贮箱压强不致过高;贮箱2的压强低于安全阈值时,安全阀1保持关闭。

[0014] 其中单向阀5防止推进剂逆向流动,确保冷却通道6内的气体由增压管路10进入贮箱2。

[0015] 所述冷却通道6,可以布置在固-液混合火箭发动机的前燃室、装药段、后燃室或喷管中的一段或几段,可以串联布置或并联布置,根据冷却和增压的需求具体确定其布置方式。所述冷却通道6亦可用于液体推进剂火箭发动机的自增压,可以布置在液体推进剂火箭发动机的燃烧室中的一段或多段;可以串联布置或并联布置。

[0016] 本发明基于再生冷却的自增压供应系统主要应用于液体推进系统或固-液混合推进系统,其优点在于:

[0017] (1)基于再生冷却的自增压供应系统不需要增压气瓶和涡轮泵就能对推进剂产生较高的增压压力,在保证一定增压性能的同时减小了供应系统的质量和复杂性;

[0018] (2)基于再生冷却的自增压供应系统不需要增压气瓶、减压阀和涡轮泵等造价昂贵的部件,降低了供应系统的成本;

[0019] (3)基于再生冷却的自增压供应系统在增压的同时能实现对燃烧室壁面的冷却,适用于液体推进系统;对于固-液混合推进系统,在冷却段不需要设置高硅氧等昂贵的隔热内衬,可节约成本,确保安全。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1本发明中自增压系统的示意图;

[0022] 图2本发明实施例中槽肋式冷却通道的三维立体图;

[0023] 图3本发明实施例中贮箱压强随工作时间变化的曲线图。

[0024] 图例说明:

[0025] 1-安全阀;2-贮箱;3-加注管路;4-加注阀;5-单向阀;6-冷却通道;7-集液腔;8-主供应管路;8a-冷却剂管路;8b-燃烧剂管路;9-主阀;10-增压管路;11-燃烧室;12-液体推进剂;61-燃烧室内壁面,62-燃烧室外壁面,63-槽肋结构。

## 具体实施方式

[0026] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0027] 本发明“一种基于再生冷却的自增压供应系统”包括:安全阀1、贮箱2、加注管路3、加注阀4、单向阀5、冷却通道6、集液腔7、主供应管路8、冷却剂管路8a、燃烧剂管路8b、主阀9、增压管路10、燃烧室11、推进剂12。

[0028] 在本实施例中,采用氧化亚氮 $N_2O$ 作为液体推进剂。

[0029] 在开始工作之前,打开加注阀4,将液体推进剂由加注管路3加注到贮箱2内。加注完成后,关闭加注阀4,贮箱2内留有一定体积的气垫,达到平衡后,气垫压强为推进剂的饱和蒸汽压。环境温度为287K时,贮箱内的压力约为4.58MPa。

[0030] 发动机开始工作时,打开主阀9,贮箱2内的液体推进剂在气垫压力作用下从主供应管路8流出,同时贮箱2内的一部分液体将气化,气垫体积增大,压力和温度都有所降低。

[0031] 由贮箱2流出的液体推进剂12,流经主阀9后,一部分经燃烧剂管路8b进入燃烧室11,进行燃烧反应产生高温燃气,从而产生推力。另一部分经冷却剂管路8a,流经单向阀5,进入集液腔7内,由集液腔7分配到燃烧室11外布置的槽肋式冷却通道6内。其中槽肋式冷却通道6的结构如图2所示,内壁面采用铝铜材料,外壁面采用30CrMnSi材料。

[0032] 如图3所示,横轴表示时间,纵轴表示贮箱压力,实线表示当有4.1%的再生冷却出口流量用作自增压气体时,贮箱内压力随时间变化的曲线;虚线表示无再生冷却系统时,贮

箱内压力随时间变化的曲线。可以看到,本发明中的贮箱内的压力在0~约3500秒时段,基本保持稳定。其原理是:液体推进剂在冷却通道6内吸收燃气传递的热量,温度升高并气化,同时冷却燃烧室室壁。气化后的推进剂由冷却通道6流出后,经增压管路10回到贮箱2内,实现对贮箱2的压力补偿和热补偿,从而维持贮箱2内的压强在工作过程中恒定,一直保持在4.5MPa左右,直到贮箱2内的液体推进剂排空,系统停止工作。而无再生冷却系统时,贮箱内压力急剧下降,基本无稳定段。

[0033] 如果工作过程中,贮箱2的压强高于安全阈值,安全阀1将打开,排出部分气体以确保贮箱压强不致过高;贮箱2的压强低于安全值时,安全阀1保持关闭。其中单向阀5防止推进剂逆向流动,确保冷却通道6内的气体由增压管路10进入贮箱2

[0034] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

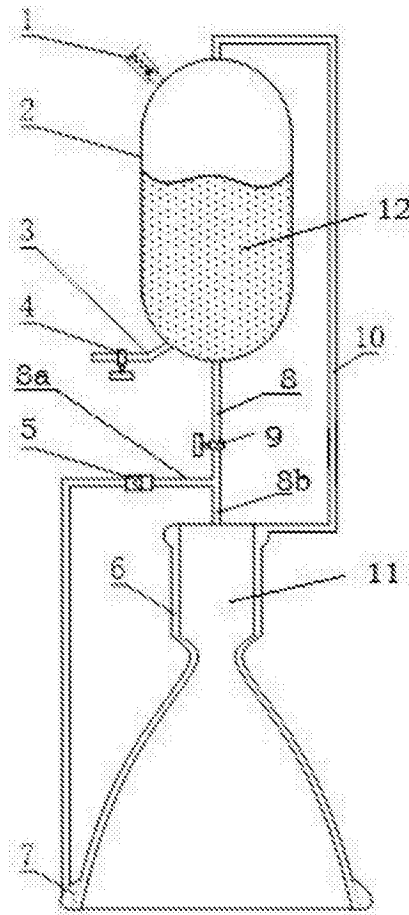


图1

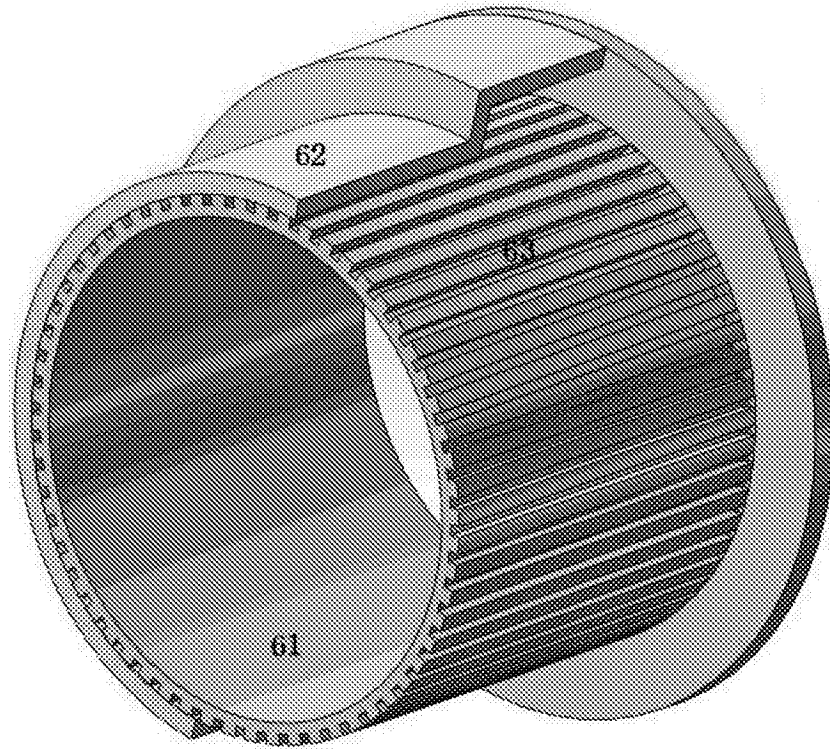


图2

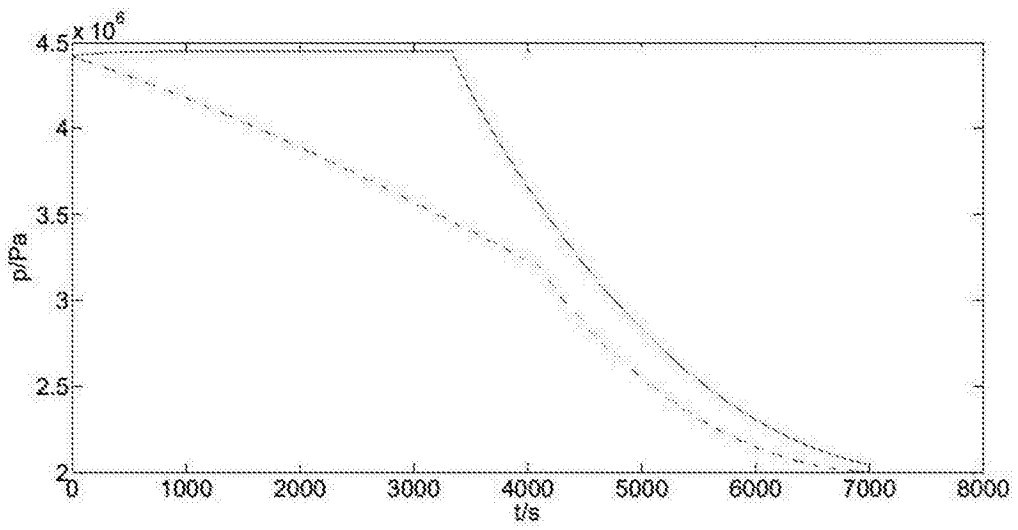


图3