



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111828202 A

(43) 申请公布日 2020.10.27

(21) 申请号 202010699608.3

(22) 申请日 2020.07.20

(71) 申请人 航天科工火箭技术有限公司

地址 431400 湖北省武汉市新洲区阳逻经济开发区红岗村阳逻开发区管委会五楼504室

(72) 发明人 杜江 罗庶 张召磊 向志坚  
朱丹 杨跃 孙晓伟 查雄权  
姚少君

(74) 专利代理机构 北京众达德权知识产权代理有限公司 11570

代理人 邓静

(51) Int.Cl.

F02K 9/96 (2006.01)

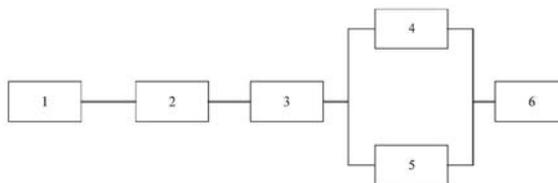
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种液体火箭发动机的试车台系统

(57) 摘要

本发明公开了一种液体火箭发动机的试车台系统,包括:液氮增压气化组件,连接氮气存储组件;氮气配气组件包括燃烧剂增压配气板和氧化剂增压配气板;燃烧剂增压配气板连接在氮气存储组件与燃烧剂供应组件之间;燃烧剂供应组件包括增压气路、放压气路、燃烧剂贮箱和燃烧剂输送管路;增压气路连接在燃烧剂贮箱与燃烧剂增压配气板之间;放压气路连接燃烧剂贮箱;燃烧剂输送管路用于连接燃烧剂贮箱和液体火箭发动机;增压气路包括N路并联的增压支路,每一路增压支路上串联有控制阀和孔板,孔板用于调节氮气的流量;放压气路包括M路并联的放压支路;上述试车台系统能够稳定控制推进剂的供应流量。



1. 一种液体火箭发动机的试车台系统,其特征在于,所述试车台系统包括:液氮增压气化组件、氮气存储组件、氮气配气组件、燃烧剂供应组件和氧化剂供应组件;

所述液氮增压气化组件连接所述氮气存储组件;所述液氮增压气化组件用于将液氮增压并气化,所述氮气存储组件用于储存氮气;

所述氮气配气组件包括燃烧剂增压配气板和氧化剂增压配气板;所述燃烧剂增压配气板连接在所述氮气存储组件与所述燃烧剂供应组件之间;所述氧化剂增压配气板连接在所述氮气存储组件与所述氧化剂供应组件之间;

所述燃烧剂供应组件包括增压气路、放压气路、燃烧剂贮箱和燃烧剂输送管路;所述增压气路连接在所述燃烧剂贮箱与所述燃烧剂增压配气板之间,用于向所述燃烧剂贮箱中充入氮气;所述放压气路连接所述燃烧剂贮箱,用于释放所述燃烧剂贮箱中的氮气;所述燃烧剂输送管路用于连接所述燃烧剂贮箱和液体火箭发动机;其中,所述增压气路包括N路并联的增压支路,每一路所述增压支路上串联有控制阀和孔板,所述孔板位于所述控制阀与所述燃烧剂贮箱之间,用于调节所述氮气的流量, $N \geq 2$ 且为正整数;所述放压气路包括M路并联的放压支路,每一路所述放压支路上设有放散阀, $M \geq 2$ 且为正整数。

2. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,第一增压支路上的孔板的控制流量范围占总氮气流量的70%~80%;第二增压支路上的孔板的控制流量范围占总氮气流量的20%~35%;第三增压支路至第N增压支路为备用支路,对应的孔板的控制流量范围占总氮气流量的10%~15%。

3. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,所述燃烧剂为液体甲烷,所述氧化剂为液态氧。

4. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,所述燃烧剂输送管路从所述燃烧剂贮箱至所述液体火箭发动机的方向上依次串联有应急阀、流量计、第一入口阀和第一过滤器;在所述第一过滤器与所述液体火箭发动机之间并联有泵前泄出阀。

5. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,所述液氮增压气化组件包括液氮箱、增压泵和液氮汽化器;所述增压泵通过管路连接在所述液氮箱和所述液氮汽化器之间;在所述增压泵与所述液氮汽化器之间的管路上设有第一单向阀和第二入口阀。

6. 如权利要求5所述的试车台系统,其特征在于,所述增压泵的出口压力小于等于35MPa,出口液氮流量小于等于 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

7. 如权利要求5所述的试车台系统,其特征在于,所述液氮汽化器的液氮汽化处理量小于等于 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

8. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,所述氮气存储组件包括两套以上的氮气罐;其中,燃烧剂增压配气板连接第一氮气罐,氧化剂增压配气板连接第二氮气罐。

9. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,所述氮气配气组件还包括操纵气配气板、高压工艺气配气板、低压工艺气配气板、发动机用气配气板中的至少一种;所述操纵气配气板、所述高压工艺气配气板、所述低压工艺气配气板、所述发动机用气配气板连接至第三氮气罐。

10. 如权利要求1所述的试车台系统,其特征在于,在所述液氮增压气化组件与所述氮气存储组件之间还依次串联有开关阀、第二单向阀和第二过滤器。

## 一种液体火箭发动机的试车台系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及液体火箭发动机技术领域,尤其涉及一种液体火箭发动机的试车台系统。

### 背景技术

[0002] 液体火箭发动机是火箭动力系统的重要组成部分,发动机在研制和交付的过程中需要进行各种冷态试验和点火试车,其中发动机点火试车时考核发动机性能最重要的试验,而试车台是发动机点火试车的装置。在试验时试车台需要给发动机稳定提供一定流量和一定压力的氧化剂(如液氧,  $N_2O_4$ ) 和燃烧剂(如甲烷, 氢气等), 目前常用的方案是使用大量的氮气对氧化剂贮箱和燃烧剂贮箱进行增压, 以向发动机供应氧化剂和燃烧剂。但目前应用于液体火箭的液氮试验系统在控制氧化剂和燃烧剂的供给流量和压力方面并不稳定, 影响发动机地面试验的准确性。

### 发明内容

[0003] 本发明提供了一种液体火箭发动机的试车台系统, 以解决或者部分解决现有的液氮试验系统无法在试车过程中稳定控制通向发动机的推进剂的流量和压力的技术问题。

[0004] 为解决上述技术问题, 本发明提供了一种液体火箭发动机的试车台系统, 试车台系统包括: 液氮增压气化组件、氮气存储组件、氮气配气组件、燃烧剂供应组件和氧化剂供应组件;

[0005] 液氮增压气化组件连接氮气存储组件; 液氮增压气化组件用于将液氮增压并气化, 氮气存储组件用于储存氮气;

[0006] 氮气配气组件包括燃烧剂增压配气板和氧化剂增压配气板; 燃烧剂增压配气板连接在氮气存储组件与燃烧剂供应组件之间; 氧化剂增压配气板连接在氮气存储组件与氧化剂供应组件之间;

[0007] 燃烧剂供应组件包括增压气路、放压气路、燃烧剂贮箱和燃烧剂输送管路; 增压气路连接在燃烧剂贮箱与燃烧剂增压配气板之间, 用于向燃烧剂贮箱中充入氮气; 放压气路连接燃烧剂贮箱, 用于释放燃烧剂贮箱中的氮气; 燃烧剂输送管路用于连接燃烧剂贮箱和液体火箭发动机; 其中, 增压气路包括N路并联的增压支路, 每一路增压支路上串联有控制阀和孔板, 孔板位于控制阀与燃烧剂贮箱之间, 用于调节氮气的流量,  $N \geq 2$  且为正整数; 放压气路包括M路并联的放压支路, 每一路放压支路上设有放散阀,  $M \geq 2$  且为正整数。

[0008] 可选的, 第一增压支路上的孔板的控制流量范围占总氮气流量的70%~80%; 第二增压支路上的孔板的控制流量范围占总氮气流量的20%~35%; 第三增压支路至第N增压支路为备用支路, 对应的孔板的控制流量范围占总氮气流量的10%~15%。

[0009] 可选的, 燃烧剂为液体甲烷, 氧化剂为液态氧。

[0010] 可选的, 燃烧剂输送管路从燃烧剂贮箱至液体火箭发动机的方向上依次串联有应急阀、流量计、第一入口阀和第一过滤器; 在第一过滤器与液体火箭发动机之间并联有泵前

泄出阀。

[0011] 可选的,液氮增压气化组件包括液氮箱、增压泵和液氮汽化器;增压泵通过管路连接在液氮箱和液氮汽化器之间;在增压泵与液氮汽化器之间的管路上设有第一单向阀和第二入口阀。

[0012] 进一步的,增压泵的出口压力小于等于35MPa,出口液氮流量小于等于3.5m<sup>3</sup>/h。

[0013] 进一步的,液氮汽化器的液氮汽化处理量小于等于1500Nm<sup>3</sup>/h。

[0014] 如上述的技术方案,氮气存储组件包括两套以上的氮气罐;其中,燃烧剂增压配气板连接第一氮气罐,氧化剂增压配气板连接第二氮气罐。

[0015] 如上述的技术方案,氮气配气组件还包括操纵气配气板、高压工艺气配气板、低压工艺气配气板、发动机用气配气板中的至少一种;操纵气配气板、高压工艺气配气板、低压工艺气配气板、发动机用气配气板连接至第三氮气罐。

[0016] 如上述的技术方案,在液氮增压气化组件与氮气存储组件之间还依次串联有开关阀、第二单向阀和第二过滤器。

[0017] 通过本发明的一个或者多个技术方案,本发明具有以下有益效果或者优点:

[0018] 本发明提供了一种液体火箭发动机的试车台系统,通过设置多路并联的增压气路,在每一支增压支路上设置控制阀和可调节氮气流量的孔板,以灵活控制进入燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱的氮气流量和氮气压力;通过设置多路并联的放压气路,对燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱中的超压氮气进行灵活的泄压;通过上述手段的结合,实现了在液体发动机试车时更加稳定的控制推进剂的供给流量和供给压力,提高试验精度。

[0019] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

## 附图说明

[0020] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0021] 图1示出了根据本发明一个实施例的液体火箭发动机的试车台系统的示意简图;

[0022] 图2示出了根据本发明一个实施例的试车台系统中的燃烧剂供应组件和氧化剂供应组件的结构示意图;

[0023] 图3示出了根据本发明一个实施例的试车台系统中的液氮增压气化组件、氮气存储组件、氮气配气组件的结果示意图;

[0024] 附图标记说明:

[0025] 1、液氮增压气化组件;11、液氮箱;12、增压泵;13、液氮汽化器;14、第一单向阀;15、第二入口阀;16、开关阀;17、第二单向阀;18、第二过滤器;19、排气阀;

[0026] 2、氮气存储组件;21、第一氮气罐;22、第二氮气罐;23、第三氮气罐;

[0027] 3、氮气配气组件;31、燃烧剂增压配气板;32、氧化剂增压配气板;33、操纵气配气板;34、高压工艺气配气板;35、低压工艺气配气板;36、发动机用气配气板;37、消防配气板;38、回温配气板;39、备用配气板;

[0028] 4、燃烧剂供应组件；41、增压气路；411、控制阀；412、孔板；42、放压气路；421、放散阀；43、燃烧剂贮箱；44、燃烧剂输送管路；441、应急阀；442、流量计；443、第一入口阀；444、第一过滤器；445、泵前泄出阀；

[0029] 5、氧化剂供应组件；51、氧化剂贮箱；

[0030] 6、液体火箭发动机。

### 具体实施方式

[0031] 为了使本申请所属技术领域中的技术人员更清楚地理解本申请，下面结合附图，通过具体实施例对本申请技术方案作详细描述。在整个说明书中，除非另有特别说明，本文使用的术语应理解为如本领域中通常所使用的含义。因此，除非另有定义，本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属领域技术人员的一般理解相同的含义。若存在矛盾，本说明书优先。除非另有特别说明，本发明中用到的各种设备等，均可通过市场购买得到或者可通过现有方法制备得到。

[0032] 为了解决现有的液氮供应系统无法为液体火箭发动机稳定供应推进剂流量的技术问题，在一个可选的实施例中，如图1~图2所示，提供了一种液体火箭发动机的试车台系统，包括：液氮增压气化组件1、氮气存储组件2、氮气配气组件3、燃烧剂供应组件4和氧化剂供应组件5；

[0033] 液氮增压气化组件1连接氮气存储组件2；液氮增压气化组件1用于将液氮增压并气化，氮气存储组件2用于储存氮气；

[0034] 氮气配气组件3包括燃烧剂增压配气板31和氧化剂增压配气板32；燃烧剂增压配气板31连接在氮气存储组件2与燃烧剂供应组件4之间；氧化剂增压配气板32连接在氮气存储组件2与氧化剂供应组件5之间；

[0035] 燃烧剂供应组件4包括增压气路41、放压气路42、燃烧剂贮箱43和燃烧剂输送管路44；增压气路41连接在燃烧剂贮箱43与燃烧剂增压配气板31之间，用于向燃烧剂贮箱43中充入氮气；放压气路42连接燃烧剂贮箱43，用于释放燃烧剂贮箱43中的氮气；燃烧剂输送管路44用于连接燃烧剂贮箱43和液体火箭发动机6；其中，增压气路41包括N路并联的增压支路，每一路增压支路上串联有控制阀411和孔板412，孔板412位于控制阀411与燃烧剂贮箱43之间，用于调节氮气的流量， $N \geq 2$ 且为正整数，优选的N为3~5；放压气路42包括M路并联的放压支路，每一路放压支路上设有放散阀421， $M \geq 2$ 且为正整数，优选的M为2~3。

[0036] 其中，氧化剂供应组件5的结构与燃烧剂供应组件4的结构相同，区别仅在于贮箱为氧化剂贮箱51，用于存储氧化剂。即：氧化剂供应组件5包括增压气路、放压气路、氧化剂贮箱51和氧化剂输送管路；增压气路连接在氧化剂贮箱51与氧化剂增压配气板32之间，用于向氧化剂贮箱51中充入氮气；放压气路连接氧化剂贮箱51，用于释放氧化剂贮箱51中的氮气；氧化剂输送管路用于连接氧化剂贮箱51和液体火箭发动机6；其中，增压气路包括N路并联的增压支路，每一路增压支路上串联有控制阀和孔板；放压气路包括M路并联的放压支路，每一路放压支路上设有放散阀。因此在接下来的内容中，以燃烧剂供应组件4为例进行说明，氧化剂供应组件5不作赘述。

[0037] 本实施例中的试车台可应用于多种使用液氮进行试车的液体火箭发动机6，以液氧甲烷发动机为例，即燃烧剂为液体甲烷，氧化剂为液态氧，分别存储在不同的贮箱中。为

了稳定的控制进入发动机中的燃烧剂和氧化剂的流量,本实施例中的增压气路41采用多路并联的分支管路,每个分支管路上设有控制支路开闭的控制阀411和安装在分支管路中、控制氮气流量的孔板412机构。如图2所示,增压气路41可连接至燃烧剂贮箱43的顶端,增压后的氮气进入燃烧剂贮箱43,使液态燃烧剂从底部的燃烧剂输送管路44进入液体火箭发动机6中。由于氮气压力与燃烧剂贮箱43中的燃烧剂输出流量是随着时间变化呈非线性关系,因此采用并联的分支气路,且在每支增压支路上设置控制阀411和孔板412,可以通过差异化的调节不同分支上的控制阀411的开闭以及孔板412开度,相对于单条通过阀门进行开闭的增压管路,能够更灵活的控制燃烧剂贮箱43中的氮气流量和氮气压力,从而稳定试车过程中通向发动机的燃烧剂的流量和压力;另一方面,放压气路42也连接至燃烧剂贮箱43的顶端,同样采用并联支路设计,通过不同支路放散阀421的组合控制,在燃烧剂贮箱43中的氮气压力过高时,可以更灵活、快速的调节放气流量,更快、更准确的使燃烧剂贮箱43中的氮气压力稳定到目标值,从而也稳定了燃烧剂的供应。可选的,控制阀411可以选用电磁阀,电磁阀、放散阀421和孔板412的开度控制均可由控制系统自动进行调节。

[0038] 综上,通过上述增压气路41和放压气路42的组合设计,能够良好的控制通往燃烧剂贮箱43的氮气流量,并稳定燃烧剂贮箱43中的氮气压力,从而保证进入液体火箭发动机6中的燃烧剂流量和压力的稳定性。

[0039] 研究表明,可选的,第一增压支路上的孔板412的控制流量范围占总氮气流量的70%~80%;第二增压支路上的孔板412的控制流量范围占总氮气流量的20%~35%;第三增压支路至第N增压支路为备用支路,对应的孔板412的控制流量范围占总氮气流量的10%~15%。以三支路为例,第一增压支路为主调节支路,第二增压支路为副调节支路,第三增压支路为备用调节支路。放压气路42可以使用两路放散阀421并联。上述结构即可实现稳定的燃烧剂流量和压力控制。

[0040] 可选的,燃烧剂输送管路44从燃烧剂贮箱43至液体火箭发动机6的方向上依次串联有应急阀441、流量计442、第一入口阀443和第一过滤器444;在第一过滤器444与液体火箭发动机6之间并联有泵前泄出阀445。泵前泄出阀445是在试车前进行管路预冷时开启,预冷完成后关闭。本实施例的燃烧剂输送管路44的通径可以是25mm~200mm。

[0041] 本实施例提供了一种液体火箭发动机的试车台系统,通过设置多路并联的增压气路,在每一支增压支路上设置控制阀和可调节氮气流量的孔板,以灵活控制进入燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱的氮气流量和氮气压力;通过设置多路并联的放压气路,对燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱中的超压氮气进行灵活的泄压;通过上述手段的结合,实现了在液体发动机试车时更加稳定的控制推进剂供给流量和供给压力,提高试验精度。

[0042] 对于燃烧剂供应组件4或氧化剂供应组件5的前序部分,基于前述实施例相同的发明构思,在又一个可选的实施例中,如图3所示,可选的,液氮增压气化组件1包括液氮箱11、增压泵12和液氮汽化器13;增压泵12通过管路连接在液氮箱11和液氮汽化器13之间;在增压泵12与液氮汽化器13之间的管路上设有第一单向阀14和第二入口阀15。

[0043] 液氮增压气化组件1是将液氮增压并使气化,然后将高压氮气存储在氮气存储组件2中。可选的,增压泵12的出口压力小于等于35MPa,出口液氮流量小于等于 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。液氮汽化器13的液氮汽化处理量小于等于 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 。液氮箱11是作为液氮的贮罐使用,其容积为 $5\text{m}^3\sim 20\text{m}^3$ 。在液氮箱11上设有加注口和放气阀,加注口用于添加新液氮,放气阀用于安全

泄压。

[0044] 对于氮气存储组件2,可选的,氮气存储组件2包括两套以上的氮气罐;其中,燃烧剂增压配气板31连接第一氮气罐21,氧化剂增压配气板32连接第二氮气罐22。氮气罐与氮气配气组件3之间设有控制开关阀16和过滤器。其中,氮气罐为高压氮气罐。之所以为燃烧剂增压配气板31和氧化剂增压配气板32分别配置专用的高压氮气罐,是为了避免在试车台开机和试验过程中,燃烧剂和氧化剂通过管路回流在氮气存储组件2中混合产生危险的可能性,保证发动机试车过程中的安全。

[0045] 可选的,为了保证液氮增压气化组件1向氮气存储组件2之间传输氮气的可控性和安全性,可选的,在液氮增压气化组件1与氮气存储组件2之间还依次串联有开关阀16、第二单向阀17和第二过滤器18;在开关阀16与液氮汽化器13之间还设有排气阀19。

[0046] 可选的,试车台系统还可以通过扩展氮气配气组件3,实现其它的多种用途。可选的,氮气配气组件3还包括操纵气配气板33、高压工艺气配气板34、低压工艺气配气板35、发动机用气配气板36中的至少一种;操纵气配气板33、高压工艺气配气板34、低压工艺气配气板35、发动机用气配气板36连接至第三氮气罐23。还可以根据需要增加消防配气板37、回温配气板38和备用配气板39。

[0047] 一种包括了上述所有结构的试车台系统的工作过程为:试车前,启动液氮增压气化组件1,打开第一单向阀14和第二入口阀15,液氮通过低温泵加压后进入液氮汽化器13气化后,然后贮存在高压氮气罐内。通过氮气配气组件3中的各个配气板将氮气分配成不同的支路,可用于给燃烧剂贮箱43、氧化剂贮箱51增压,以及实现控制、吹除、气封、消防用气等。在开始试车试验时,启动第一入口阀443,打开应急阀441,并开启自动增压控制程序,自动增压控制程序根据设定参数自动控制增压气路41中电磁阀的开闭,孔板412流量的调节,以及放压回路中的放散阀421的开闭,以控制进入氧化剂贮箱51或燃烧剂贮箱43中的氮气流量和压力,使氧化剂或燃烧剂进入液体火箭发动机6;在正式试车前先打开泵前泄出阀445进行管路预冷,然后关闭泵前泄出阀445开始试车,在试车过程中通过控制控制阀411、孔板412、放散阀421以保证稳定的推进剂供给。

[0048] 本实施例中提供的试车台系统,能够具备多种试车用途,并避免了试车试验过程中的安全隐患。可以满足推力5t~120t的液体火箭发动机,尤其是液氧甲烷发动机的试车试验需求。

[0049] 通过本发明的一个或者多个实施例,本发明具有以下有益效果或者优点:

[0050] 本发明提供了一种液体火箭发动机的试车台系统,通过设置多路并联的增压气路,在每一支增压支路上设置控制阀和可调节氮气流量的孔板,以灵活控制进入燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱的氮气流量和氮气压力;通过设置多路并联的放压气路,对燃烧剂贮箱或氧化剂贮箱中的超压氮气进行灵活的泄压;通过上述手段的结合,实现了在液体发动机试车时更加稳定的控制推进剂的供给流量和供给压力,提高试验精度。

[0051] 尽管已描述了本申请的优选实施例,但本领域内的普通技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请范围的所有变更和修改。

[0052] 显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围

之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

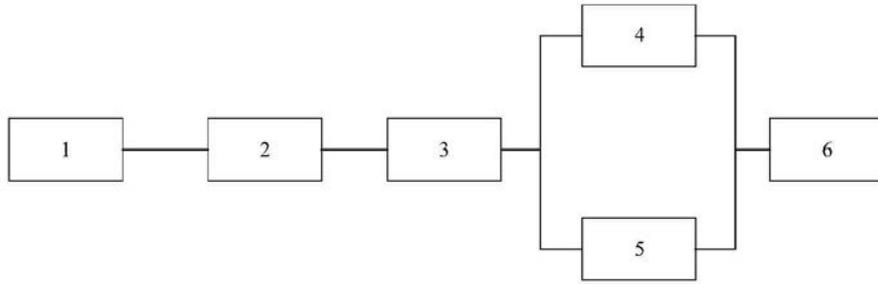


图1

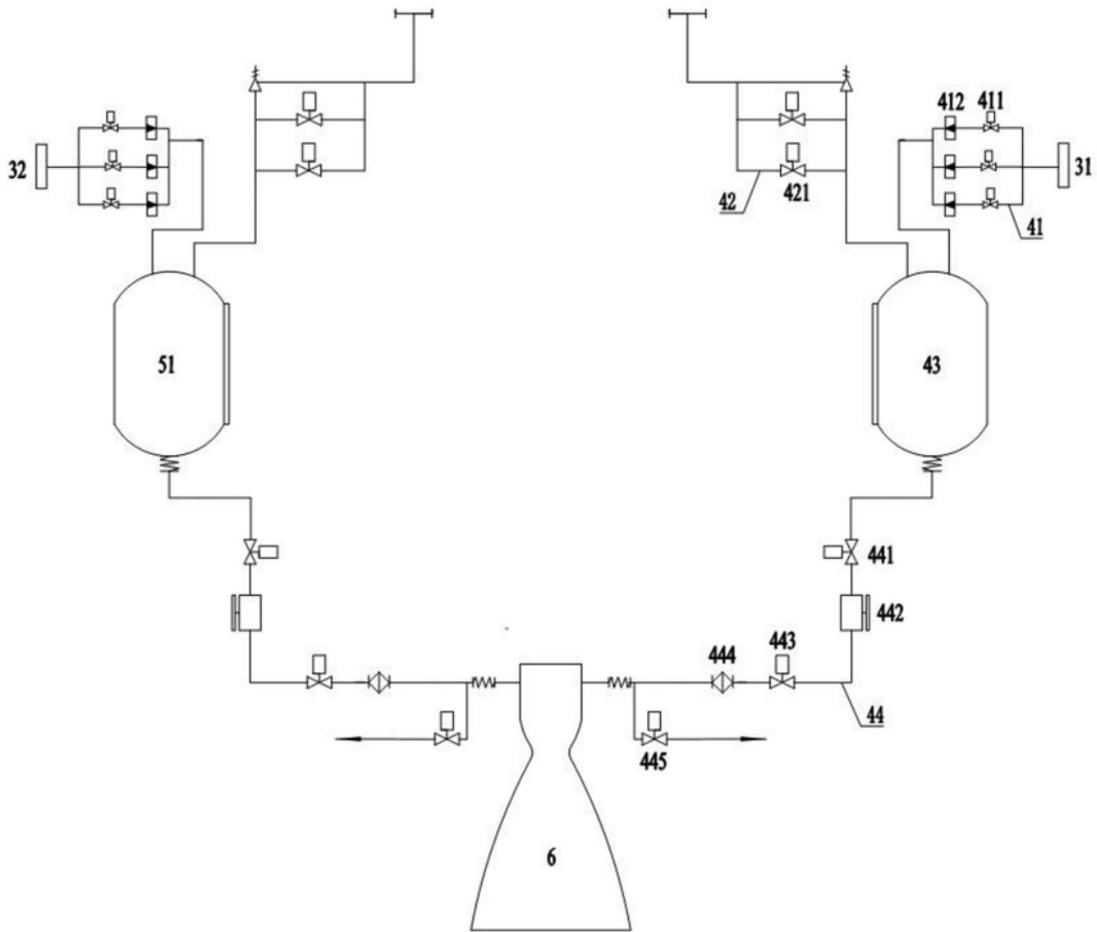


图2

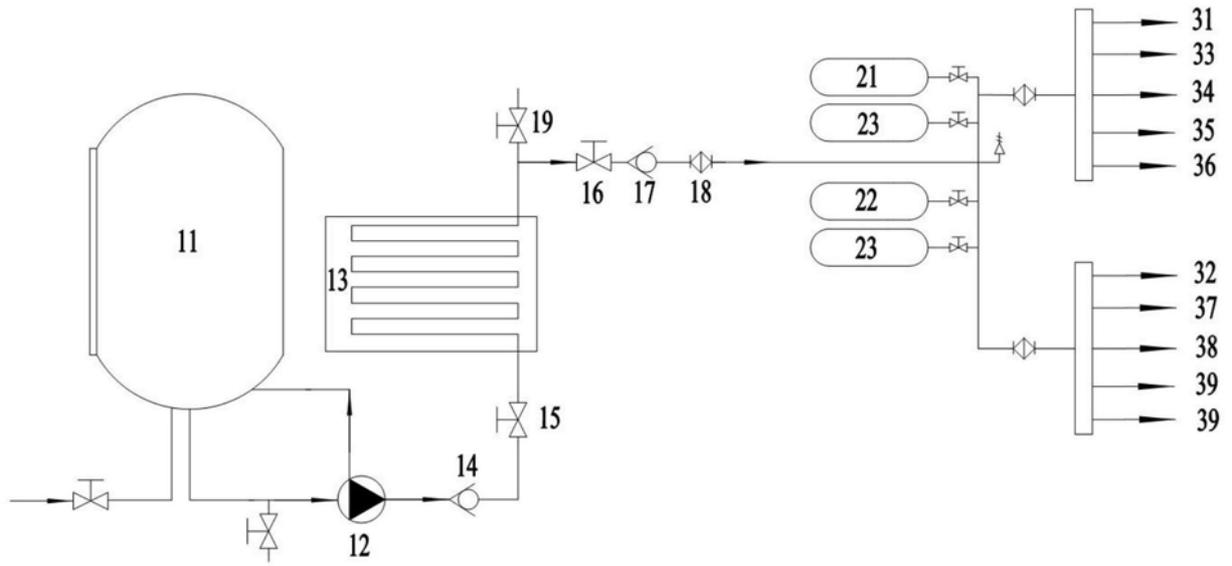


图3