



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104898714 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201510154490. 5

(22) 申请日 2015. 04. 02

(71) 申请人 北京航天发射技术研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路 1 号
申请人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 黄玲艳 袁学飞 张杰 徐浩
孙贺 张波 于慧洁 高彦峰
曹岭

(74) 专利代理机构 北京双收知识产权代理有限
公司 11241
代理人 解政文

(51) Int. Cl.
G05D 9/12(2006. 01)

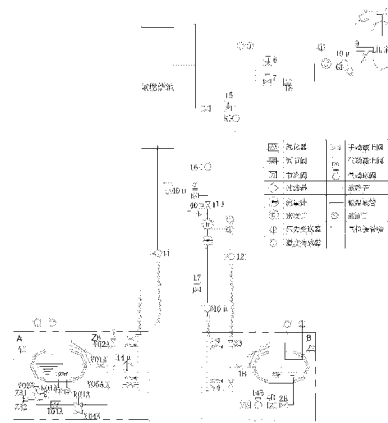
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种高可靠冗余液氢加注系统及方法

(57) 摘要

本发明为了提高火箭燃料加注时的灵活度和自动化程度,提供了一种高可靠冗余液氢加注系统及方法。所述系统包括:A车、B车、液氢箱、氢燃烧池,以及液路,所述液路连接所述A车、B车、液氢箱和氢燃烧池,其中,所述A车和B车互为备份,均具有装载燃料的燃料箱且均可单独完成预冷、加注,以及补加工作,并且A车和B车的工作状态由所述液路切换和控制。本发明采用了两辆车进行液氢加注并互为备份,系统能够适应A+B车、A+A车等两种液氢车组合加注的工况,加注系统和加注方法通过冗余设计均实现了在线备份,降低了不同技术状态带来的潜在风险,提高了液氢加注系统的冗余性和可靠性。



1. 一种高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,包括:A车、B车、液氢箱、氢燃烧池,以及液路,所述液路连接所述A车、B车、液氢箱和氢燃烧池,其中,所述A车和B车互为备份,均具有装载燃料的燃料箱且均可单独完成预冷、加注,以及补加工作,并且A车和B车的工作状态由所述液路切换和控制。

2. 根据权利要求1的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,所述控制器件包括:调节阀、节流阀、过滤器和截止阀。

3. 根据权利要求1的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,所述液路包括控制器件、传感器、汽化器和气检接管嘴。

4. 根据权利要求1的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,所述液路具体包括:A车液路部、B车液路部以及燃料加注液路部。

5. 根据权利要求4的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,所述A车液路部位于所述A车内,且该A车液路部的具体结构为:所述A车液路部包括检测所述A车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述A车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器T1和T2,所述压力变送器的检测端位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀V05A的一端,所述手动截止阀V05A的另一端依次连接手动截止阀R01A、汽化器I01A,进而通过手动截止阀K01A和手动截止阀K03A的并联,最后延伸到所述燃料箱内的底部,所述手动截止阀R01A两端并联手动截止阀V04A,所述A车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管,所述第二液路管延伸出所述燃料箱并通过手动截止阀V01A连接过滤器 14μ 的一端,所述过滤器 14μ 的另一端分别连接第一充气阀和第二充气阀,所述第一充气阀与在所述A车液路部之外的第一低温软管连接于第一低温软管的第一端,所述手动截止阀V05A在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀V02A的一端,且所述手动截止阀V02A的另一端与在所述A车液路部之外的第二低温软管连接于第二低温软管的第一端。

6. 根据权利要求4或5的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在于,所述燃料加注液路部位于所述A车、B车、氢燃烧池以及液氢箱之间,且具体结构为:包括气动截止阀17、过滤器 40μ 、气动球阀11和气动球阀12,所述气动截止阀17的一端与所述第一低温软管的第二端连接,所述过滤器 40μ 的一端与所述第四低温软管的第二端连接;所述气动截止阀17的另一端与所述过滤器 40μ 的另一端连接后,依次通过流量计、密度计、气动截止阀13,以及气动球阀16连接到气动球阀8的一端,其中该密度计的两侧分别连接温度传感器和压力变送器,所述气动截止阀13与密度计之间还连接第二液氢过滤器 40μ 的一端,该第二液氢过滤器 40μ 的另一端连接第一气检接管嘴;所述气动球阀11的一端与第二低温软管的第二端连接,所述气动球阀12的一端与第三低温软管的第二端连接;所述气动球阀11的另一端与所述气动球阀12的另一端连接后,分别连接第一液氢过滤器 40μ 的一端、气动截止阀5的一端和氢燃烧池的第一接口,所述第一液氢过滤器 40μ 的另一端连接第二气检接管嘴,所述气动截止阀5的另一端连接在所述气动截止阀13和气动球阀16之间;所述气动球阀8的另一端分别连接第气动截止阀15的一端、压力变送器、温度传感器、气动截止阀6的一端,以及气动截止阀7的一端,所述气动截止阀15的另一端连接第一节流阀的一端,第一节流阀的另一端分别连接氢燃烧池的第二接口以及液氢箱的第一接口,所述气动截止阀7的另一端连接第二节流阀的一端,所述第二节流阀的另一端与所述气动截止阀6的另一端

连接后再依次连接温度传感器、密度计、液氢过滤器 10 μ 、压力变送器以及液氢箱的第二接口。

7. 根据权利要求 6 的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在於,所述 A 车为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车,所述 B 车为在其燃料箱装载 85 立方米液氢槽车,所述 B 车液路部位于所述 B 车内,且该 B 车液路部的具体结构为:所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器,所述压力变送器的检测端位于所述 B 车的燃料箱内并通过第三液路管延伸出该燃料箱并继续分别连接到手动截止阀 3B 的第一端,所述手动截止阀 3B 的第一端与在所述 A 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端,所述 B 车液路部还包括连接到所述 B 车的燃料箱内的液氢中的第四液路管,所述第四液路管延伸出所燃料箱并通过手动截止阀 1B 的一端,所述手动截止阀 1B 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀,所述第三充气阀与在所述 B 车之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端;所述 B 车的燃料箱内底部延伸出液路管,该液路管依次连接手动截止阀 2B、调节阀 4B、气动球阀 14B、汽化器并最终连接到所述手动截止阀 3B 的第一端。

8. 根据权利要求 6 的高可靠冗余液氢加注系统,其特征在於,所述 A 车和 B 车均为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车,所述 B 车液路部的具体结构为:所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器 T1 和 T2,所述压力变送器的检测端位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀 V05B 的一端,所述手动截止阀 V05B 的另一端依次连接手动截止阀 R01B、汽化器 I01B,进而通过手动截止阀 K01B 和手动截止阀 K03B 的并联,最后延伸到所述燃料箱内的底部,所述手动截止阀 R01B 两端并联手动截止阀 V04B,所述 B 车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管,所述第二液路管延伸出所燃料箱并通过手动截止阀 V01B 连接过滤器 14 μ 的一端,所述过滤器 14 μ 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀,所述第三充气阀与在所述 B 车液路部之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端,所述手动截止阀 V05B 在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀 V02B 的一端,且所述手动截止阀 V02B 的另一端与在所述 B 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端。

9. 一种高可靠冗余液氢加注方法,其特征在於,该方法基于前述权利要求 7 的高可靠冗余液氢加注系统,且该方法包括:

- (1) 打开 85 车手动截止阀 1B、2B,调节阀 4B 和气动球阀 14B;
- (2) 打开液路中的气动截止阀 13、16、7 和气动球阀 8、6,对加注液路进行预冷,预冷前 10min 由 85 车预冷;
- (3) 约 10min 后关闭 85 车手动截止阀 1B、2B,打开 100 车手动截止阀 V01A、V05A 和气动截止阀 K01A 和液路中的气动截止阀 17,由 100 车进行预冷和大流量加注;
- (4) 大流量加注结束后换 85 车进行自动补加,关闭气动截止阀 17,打开 85 车手动截止阀 1B、2B,自动控制 85 车调节阀 4B,使 85 车气枕压力保持在 0.15 ~ 0.17MPa 之间;
- (5) 通过液路气动截止阀 13 的打开/关闭完成火箭液氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过气动截止阀 5 和 15 排放至氢燃烧池。

10. 一种高可靠冗余液氢加注方法,其特征在於,该方法基于前述权利要求 8 的高可靠

冗余液氢加注系统,且该方法包括:

- (1) 打开 100 车 (B 车) 手动截止阀 V01B、V05B 和气动截止阀 K01B;
- (2) 打开液路中的气动截止阀 13、16、7 和气动球阀 8、6,对加注管路进行预冷,预冷前 10min 由 100 车 (B 车) 预冷;
- (3) 约 10min 后关闭 100 车 (B 车) 手动截止阀 V01B、V05B 和气动截止阀 K01B,打开 100 车 (A 车) 手动截止阀 V01A、V05A 和气动截止阀 K01A 和液路中的气动截止阀 17,由 100 车 (A 车) 进行预冷和大流量加注;
- (4) 大流量加注结束后换 100 车 (B 车) 进行自动补加,关闭 100 车气动截止阀 K01A 和 17,打开 100 车 (B 车) 手动截止阀 V01B、V05B、K01B,通过控制气动截止阀 K01B 的打开和关闭以控制液氢车气枕压力,从而控制管路流量;
- (5) 通过液路中的气动截止阀 13 的打开/关闭完成火箭液氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过气动截止阀 5 和 15 排放至氢燃烧池。

一种高可靠冗余液氢加注系统及方法

技术领域

[0001] 一般地,本发明涉及低温介质输送技术领域;更具体地,本发明涉及一种用于某型号运载火箭的高可靠冗余液氢加注系统及方法,该系统和方法也可推广应用于其他低温介质加注系统及民用低温介质输送系统。

背景技术

[0002] 火箭燃料分常规和低温两种,先加注常规燃料,再加注低温燃料,“火箭点火瞬间的最佳温度在 15 摄氏度左右,因为燃料加注后不会马上发射、会产生回温,所以现在要调到不高于 10 摄氏度”。

[0003] 液氢加注系统是地面发射支持系统的重要组成部分,其主要功能是在规定的发射程序中,按照火箭总体要求,按时、按量、按品质对箭上液氢贮箱进行预冷、加注、补加等工作,并在需要时泄回液氢。目前我国某卫星发射中心液氢加注系统采用 1 辆 100 立方米液氢铁路加注运输车(以下简称 A 车或 100 车)和 1 辆 85 立方米液氢槽车(以下简称 B 车或 85 车)搭配使用,液氢加注过程中采用 100 车进行预冷和大流量加注、采用 85 车进行自动补加和射前补加,该加注系统主要存在以下问题:

[0004] (1) 加注系统关键设备(85 车、100 车)存在单点环节,自动补加阶段只能由 85 车完成,且 85 车和 100 车在加注系统中工作时段不同,不能完全进行相互替代因而不具备冗余热备功能,存在一定的故障隐患。

[0005] (2) 系统加注工艺流程单一,目前只有 100 车+100 车工况,无法满足高密度发射要求;

[0006] (3) 系统压力和温度采用人工监测,没有实现闭环控制,不能保证液氢自动补加过程中加注参数的动态稳定特性,无法满足运载火箭对推进剂加注品质的要求。

发明内容

[0007] 为了克服现有技术中的上述缺陷和不足,上述目的是通过如下的技术方案实现的:

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种高可靠冗余液氢加注系统,包括:A 车、B 车、液氢箱、氢燃烧池,以及液路,所述液路连接所述 A 车、B 车、液氢箱和氢燃烧池,其中,所述 A 车和 B 车互为备份,均具有装载燃料的燃料箱且均可单独完成预冷、加注,以及补加工作,并且 A 车和 B 车的工作状态由所述液路切换和控制。

[0009] 进一步地,所述控制器件包括:调节阀、节流阀、过滤器和截止阀。

[0010] 进一步地,所述液路包括控制器件、传感器、汽化器和气检接管嘴。

[0011] 进一步地,所述液路具体包括:A 车液路部、B 车液路部以及燃料加注液路部。

[0012] 进一步地,所述 A 车液路部位于所述 A 车内,且该 A 车液路部的具体结构为:所述 A 车液路部包括检测所述 A 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 A 车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器 T1 和 T2,所述压力变送器的检测端

位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀 V05A 的一端,所述手动截止阀 V05A 的另一端依次连接手动截止阀 R01A、汽化器 I01A,进而通过手动截止阀 K01A 和手动截止阀 K03A 的并联,最后延伸到所述燃料箱内的底部,所述手动截止阀 R01A 两端并联手动截止阀 V04A,所述 A 车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管,所述第二液路管延伸出所述燃料箱并通过手动截止阀 V01A 连接过滤器 14 μ 的一端,所述过滤器 14 μ 的另一端分别连接第一充气阀和第二充气阀,所述第一充气阀与在所述 A 车液路部之外的第一低温软管连接于第一低温软管的第一端,所述手动截止阀 V05A 在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀 V02A 的一端,且所述手动截止阀 V02A 的另一端与在所述 A 车液路部之外的第二低温软管连接于第二低温软管的第一端。

[0013] 进一步地,所述 A 车为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车,所述 B 车为在其燃料箱装载 85 立方米液氢槽车,所述 B 车液路部位于所述 B 车内,且该 B 车液路部的具体结构为:所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器,所述压力变送器的检测端位于所述 B 车的燃料箱内并通过第三液路管延伸出该燃料箱并继续分别连接到手动截止阀 3B 的第一端,所述手动截止阀 3B 的第一端与在所述 A 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端,所述 B 车液路部还包括连接到所述 B 车的燃料箱内的液氢中的第四液路管,所述第四液路管延伸出所述燃料箱并通过手动截止阀 1B 的一端,所述手动截止阀 1B 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀,所述第三充气阀与在所述 B 车之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端;所述 B 车的燃料箱内底部延伸出液路管,该液路管依次连接手动截止阀 2B、调节阀 4B、气动球阀 14B、汽化器并最终连接到所述手动截止阀 3B 的第一端。

[0014] 进一步地,所述 A 车和 B 车均为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车,所述 B 车液路部的具体结构为:所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器 T1 和 T2,所述压力变送器的检测端位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀 V05B 的一端,所述手动截止阀 V05B 的另一端依次连接手动截止阀 R01B、汽化器 I01B,进而通过手动截止阀 K01B 和手动截止阀 K03B 的并联,最后延伸到所述燃料箱内的底部,所述手动截止阀 R01B 两端并联手动截止阀 V04B,所述 B 车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管,所述第二液路管延伸出所述燃料箱并通过手动截止阀 V01B 连接过滤器 14 μ 的一端,所述过滤器 14 μ 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀,所述第三充气阀与在所述 B 车液路部之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端,所述手动截止阀 V05B 在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀 V02B 的一端,且所述手动截止阀 V02B 的另一端与在所述 B 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端。

[0015] 进一步地,所述燃料加注液路部位于所述 A 车、B 车、氢燃烧池以及液氢箱之间,且具体结构为:包括气动截止阀 17、过滤器 40 μ 、气动球阀 11 和气动球阀 12,所述气动截止阀 17 的一端与所述第一低温软管的第二端连接,所述过滤器 40 μ 的一端与所述第四低温软管的第二端连接;所述气动截止阀 17 的另一端与所述过滤器 40 μ 的另一端连接后,依次通过流量计、密度计、气动截止阀 13,以及气动球阀 16 连接到气动球阀 8 的一端,其中该密度计的两侧分别连接温度传感器和压力变送器,所述气动截止阀 13 与密度计之间还连接

第二液氢过滤器 40 μ 的一端,该第二液氢过滤器 40 μ 的另一端连接第一气检接管嘴;所述气动球阀 11 的一端与第二低温软管的第二端连接,所述气动球阀 12 的一端与第三低温软管的第二端连接;所述气动球阀 11 的另一端与所述气动球阀 12 的另一端连接后,分别连接第一液氢过滤器 40 μ 的一端、气动截止阀 5 的一端和氢燃烧池的第一接口,所述第一液氢过滤器 40 μ 的另一端连接第二气检接管嘴,所述气动截止阀 5 的另一端连接在所述气动截止阀 13 和气动球阀 16 之间;所述气动球阀 8 的另一端分别连接第气动截止阀 15 的一端、压力变送器、温度传感器、气动截止阀 6 的一端,以及气动截止阀 7 的一端,所述气动截止阀 15 的另一端连接第一节流阀的一端,第一节流阀的另一端分别连接氢燃烧池的第二接口以及液氢箱的第一接口,所述气动截止阀 7 的另一端连接第二节流阀的一端,所述第二节流阀的另一端与所述气动截止阀 6 的另一端连接后再依次连接温度传感器、密度计、液氢过滤器 10 μ 、压力变送器以及液氢箱的第二接口。

[0016] 根据本发明的另一方面,当所述 A 车为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车、所述 B 车为在其燃料箱装载 85 立方米液氢槽车时,提供了一种高可靠冗余液氢加注方法,包括:

[0017] (1) 打开 85 车手动截止阀 1B、2B,调节阀 4B 和气动球阀 14B;

[0018] (2) 打开液路中的气动截止阀 13、16、7 和气动球阀 8、6,对加注液路进行预冷,预冷前 10min 由 85 车预冷;

[0019] (3) 约 10min 后关闭 85 车手动截止阀 1B、2B,打开 100 车手动截止阀 V01A、V05A 和气动截止阀 K01A 和液路中的气动截止阀 17,由 100 车进行预冷和大流量加注;

[0020] (4) 大流量加注结束后换 85 车进行自动补加,关闭气动截止阀 17,打开 85 车手动截止阀 1B、2B,自动控制 85 车调节阀 4B,使 85 车气枕压力保持在 0.15 ~ 0.17MPa 之间;

[0021] (5) 通过液路气动截止阀 13 的打开/关闭完成火箭液氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过气动截止阀 5 和 15 排放至氢燃烧池。

[0022] 根据本发明的又一方面,当所述 A 车和 B 车均为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车时,提供了一种高可靠冗余液氢加注方法,包括:

[0023] (1) 打开 100 车 (B 车) 手动截止阀 V01B、V05B 和气动截止阀 K01B;

[0024] (2) 打开液路中的气动截止阀 13、16、7 和气动球阀 8、6,对加注管路进行预冷,预冷前 10min 由 100 车 (B 车) 预冷;

[0025] (3) 约 10min 后关闭 100 车 (B 车) 手动截止阀 V01B、V05B 和气动截止阀 K01B,打开 100 车 (A 车) 手动截止阀 V01A、V05A 和气动截止阀 K01A 和液路中的气动截止阀 17,由 100 车 (A 车) 进行预冷和大流量加注;

[0026] (4) 大流量加注结束后换 100 车 (B 车) 进行自动补加,关闭 100 车 (A 车) 气动截止阀 K01A 和 17,打开 100 车手动截止阀 V01B、V05B 和气动截止阀 K01B,通过控制气动截止阀 K01B 的打开和关闭以控制液氢车气枕压力,从而控制管路流量;

[0027] (5) 通过液路中的气动截止阀 13 的打开/关闭完成火箭液氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过气动截止阀 5 和 15 排放至氢燃烧池。

[0028] 本发明的有益效果是:采用了两辆车进行液氢加注并互为备份,系统能够适应 100+85 车、100+100 车等两种液氢车组合加注的工况,加注系统和加注方法通过冗余设计均实现了在线备份,降低了不同技术状态带来的潜在风险,提高了液氢加注系统的冗余性

和可靠性。

[0029] 该低温加注系统经过以发射“嫦娥三号”卫星为代表的 XX-3A 系列火箭共五次加注发射任务考核,均圆满完成加注任务,性能、指标满足总体要求。本项目实施的成果(关键设备冗余设置、增压精度控制等技术)可直接应用于其它在研型号,如 XX-5、XX-6、XX-7 等型号的低温加注系统,进一步缩短了型号研制周期,降低了后续研制任务的技术风险。本项目的实施成果还可应用于武汉万达电影乐园等民用项目以及其他低温介质输送和加注系统(液氧、液氮和 LNG 等),积极促进了低温技术的军民转化,具有较大的军事效益和社会效益。

附图说明

[0030] 图 1 示出了根据本发明的第一实施例的液氢加注系统的工作原理和加注流程;且

[0031] 图 2 示出了根据本发明的第二实施例的为液氢加注系统的工作原理和加注流程。

具体实施方式

[0032] 一种冗余低温加注系统及方法。该低温加注系统主要设备组成见附图 1 和附图 2,其中图 1 代表的本发明的第一实施例中的 B 车为 85 车,而图 2 代表的本发明的第一实施例中的 B 车为 100 车。

[0033] 本发明提供的高可靠冗余液氢加注系统包括:A 车、B 车、液氢箱、氢燃烧池,以及液路,所述液路连接所述 A 车、B 车、液氢箱和氢燃烧池,其中,所述 A 车和 B 车互为备份,均具有装载燃料的燃料箱且均可单独完成预冷、加注,以及补加工作,并且 A 车和 B 车的工作状态由所述液路切换和控制。

[0034] 所述控制器件包括:调节阀、节流阀、过滤器和截止阀。

[0035] 所述液路包括控制器件、传感器、汽化器和气管接管嘴。

[0036] 所述液路具体包括:A 车液路部、B 车液路部以及燃料加注液路部。

[0037] 所述 A 车液路部位于所述 A 车内,且该 A 车液路部的具体结构为:所述 A 车液路部包括检测所述 A 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 A 车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器 T1 和 T2,所述压力变送器的检测端位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀 V05A 的一端,所述手动截止阀 V05A 的另一端依次连接手动截止阀 R01A、汽化器 I01A,进而通过手动截止阀 K01A 和手动截止阀 K03A 的并联,最后延伸到所述燃料箱内的底部,所述手动截止阀 R01A 两端并联手动截止阀 V04A,所述 A 车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管,所述第二液路管延伸出所燃料箱并通过手动截止阀 V01A 连接过滤器 14 μ 的一端,所述过滤器 14 μ 的另一端分别连接第一充气阀和第二充气阀,所述第一充气阀与在所述 A 车液路部之外的第一低温软管连接于第一低温软管的第一端,所述手动截止阀 V05A 在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀 V02A 的一端,且所述手动截止阀 V02A 的另一端与在所述 A 车液路部之外的第二低温软管连接于第二低温软管的第一端。

[0038] 所述燃料加注液路部位于所述 A 车、B 车、氢燃烧池以及液氢箱之间,且具体结构为:包括气动截止阀 17、过滤器 40 μ 、气动球阀 11 和气动球阀 12,所述气动截止阀 17 的一端与所述第一低温软管的第二端连接,所述过滤器 40 μ 的一端与所述第四低温软管的第

二端连接；所述气动截止阀 17 的另一端与所述过滤器 40 μ 的另一端连接后，依次通过流量计、密度计、气动截止阀 13，以及气动球阀 16 连接到气动球阀 8 的一端，其中该密度计的两端分别连接温度传感器和压力变送器，所述气动截止阀 13 与密度计之间还连接第二液氢过滤器 40 μ 的一端，该第二液氢过滤器 40 μ 的另一端连接第一气检接管嘴；所述气动球阀 11 的一端与第二低温软管的第二端连接，所述气动球阀 12 的一端与第三低温软管的第二端连接；所述气动球阀 11 的另一端与所述气动球阀 12 的另一端连接后，分别连接第一液氢过滤器 40 μ 的一端、气动截止阀 5 的一端和氢燃烧池的第一接口，所述第一液氢过滤器 40 μ 的另一端连接第二气检接管嘴，所述气动截止阀 5 的另一端连接在所述气动截止阀 13 和气动球阀 16 之间；所述气动球阀 8 的另一端分别连接第一气动截止阀 15 的一端、压力变送器、温度传感器、气动截止阀 6 的一端，以及气动截止阀 7 的一端，所述气动截止阀 15 的另一端连接第一节流阀的一端，第一节流阀的另一端分别连接氢燃烧池的第二接口以及液氢箱的第一接口，所述气动截止阀 7 的另一端连接第二节流阀的一端，所述第二节流阀的另一端与所述气动截止阀 6 的另一端连接后再依次连接温度传感器、密度计、液氢过滤器 10 μ 、压力变送器以及液氢箱的第二接口。

[0039] 如图 1 所示，在本发明的第一实施例中，所述 A 车为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车，所述 B 车为在其燃料箱装载 85 立方米液氢槽车，所述 B 车液路部位位于所述 B 车内，且该 B 车液路部的具体结构为：所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器，所述压力变送器的检测端位于所述 B 车的燃料箱内并通过第三液路管延伸出该燃料箱并继续分别连接到手动截止阀 3B 的第一端，所述手动截止阀 3B 的第一端与在所述 A 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端，所述 B 车液路部还包括连接到所述 B 车的燃料箱内的液氢中的第四液路管，所述第四液路管延伸出所燃料箱并通过手动截止阀 1B 的一端，所述手动截止阀 1B 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀，所述第三充气阀与在所述 B 车之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端；所述 B 车的燃料箱内底部延伸出液路管，该液路管依次连接手动截止阀 2B、调节阀 4B、气动球阀 14B、汽化器并最终连接到所述手动截止阀 3B 的第一端。

[0040] 如图 2 所示，在本发明的第二实施例中，所述 A 车和 B 车均为在其燃料箱装载 100 立方米液氢的铁路加注运输车，所述 B 车液路部的具体结构为：所述 B 车液路部包括检测所述 B 车的燃料箱中液氢液位的液位计、检测所述 B 车的燃料箱中的压力的压力变送器、与所述燃料箱底部连接的温度传感器 T1 和 T2，所述压力变送器的检测端位于所述燃料箱内并通过第一液路管延伸出所述燃料箱并继续连接到手动截止阀 V05B 的一端，所述手动截止阀 V05B 的另一端依次连接手动截止阀 R01B、汽化器 I01B，进而通过手动截止阀 K01B 和手动截止阀 K03B 的并联，最后延伸到所述燃料箱内的底部，所述手动截止阀 R01B 两端并联手动截止阀 V04B，所述 B 车液路部还包括连接到所述燃料箱内的液氢中的第二液路管，所述第二液路管延伸出所燃料箱并通过手动截止阀 V01B 连接过滤器 14 μ 的一端，所述过滤器 14 μ 的另一端分别连接第三充气阀和第四充气阀，所述第三充气阀与在所述 B 车液路部之外的第四低温软管连接于第四低温软管的第一端，所述手动截止阀 V05B 在其与所述压力变送器连接的一端处还连接手动截止阀 V02B 的一端，且所述手动截止阀 V02B 的另一端与在所述 B 车液路部之外的第三低温软管连接于第三低温软管的第一端。

[0041] 相对于上述第一实施例和第二实施例,本发明的高可靠冗余液氢加注方法分别对应以下两种工况:

[0042] (1)100车+85车工况。打开85车1B、2B、4B和14B阀,打开液路13、16、8、6、7阀,对加注管路进行预冷,预冷前10min由85车预冷,约10min后关闭85车1B、2B阀,打开100车V01A、V05A、K01A和液路17阀,由100车进行预冷和大流量加注。大流量加注结束后换85车进行自动补加,关闭17阀,打开85车1B、2B阀,自动控制85车4B调节阀,使85车气枕压力保持在0.15~0.17MPa之间,通过液路13阀的打开/关闭完成火箭氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过5和15阀排放至氢燃烧池。

[0043] (2)100车+100车工况。打开100车V01B、V05B、K01B阀,打开液路13、16、8、6、7阀,对加注管路进行预冷,预冷前10min由100车(B车)预冷,约10min后关闭100车V01B、V05B、K01B阀,打开100车V01A、V05A、K01A和液路17阀,由100车(A车)进行预冷和大流量加注。大流量加注结束后换100车(B车)进行自动补加,关闭100车K01A和17阀,打开100车V01B、V05B、K01B阀,通过控制K01B的打开和关闭以控制液氢车气枕压力,从而控制管路流量,通过液路13阀的打开/关闭完成火箭氢箱在规定液位值之间的往复补加,自动补加过程中的热氢通过5和15阀排放至氢燃烧池。

[0044] 采用两辆100车方式进行增压加注,每台液氢车均可以单独完成预冷、加注、补加等工作,且两辆100车互为备份,并将100车+100车工况作为备份加注方案,实现了关键加注设备和加注方案的在线备份,一旦主加注方案或主加注设备发生故障,系统可直接由故障模式切换入备份加注方案或备份加注设备。以上技术明显提高了低温推进剂加注系统的冗余性和可靠性,保证液氢加注系统在无人值守阶段(射前补加加注阶段)顺利完成加注任务。

[0045] 在液氢车增压精度控制方面,将100车气动截止阀K01打开/关闭时间与液氢蒸发速率和加注流量结合进行综合控制。设置100车射前补加工序中的气枕压力范围为0.15~0.17MPa,当氢车气枕压力低于0.15MPa时自动打开K01增压,氢车压力达到0.17MPa时自动关闭K01停止增压。通过自动控制K01的开关,使氢车压力趋向设定值,提高了补加过程中压力和流量的稳定性,确保系统在无人值守阶段(射前补加加注阶段)顺利完成加注任务,进而满足运载火箭对推进剂加注流量的要求。

[0046] 在确保低温推进剂品质方面,系统设计如下:当氢箱液位低于要求值时,打开15阀,同时关闭6、7阀,将6、7阀与13阀管路之间的热氢通过5、15阀排放;3s后打开13阀,对13阀与6、7阀之间的管路进行预冷,再过20s关闭15阀,打开7阀,对火箭氢箱进行补加。当加注至氢箱液位要求值时,打开15阀,3s后关闭13阀,再过10s关闭15阀。通过控制6、7、13、15阀的打开/关闭时间以及先后顺序,每次自动补加前对管路中的热氢进行排放,同时对管路进行了预冷,避免温度升高的液氢进入火箭氢箱,保证了液氢顺利加注及液氢温度小于21.5K的总体要求。

[0047] 上面以文字和附图说明的方式阐释了本发明的结构和使用方法,并非详尽无遗或限制于上述所述具体形式,显而易见可根据上面所述进行适当的修改和优化。

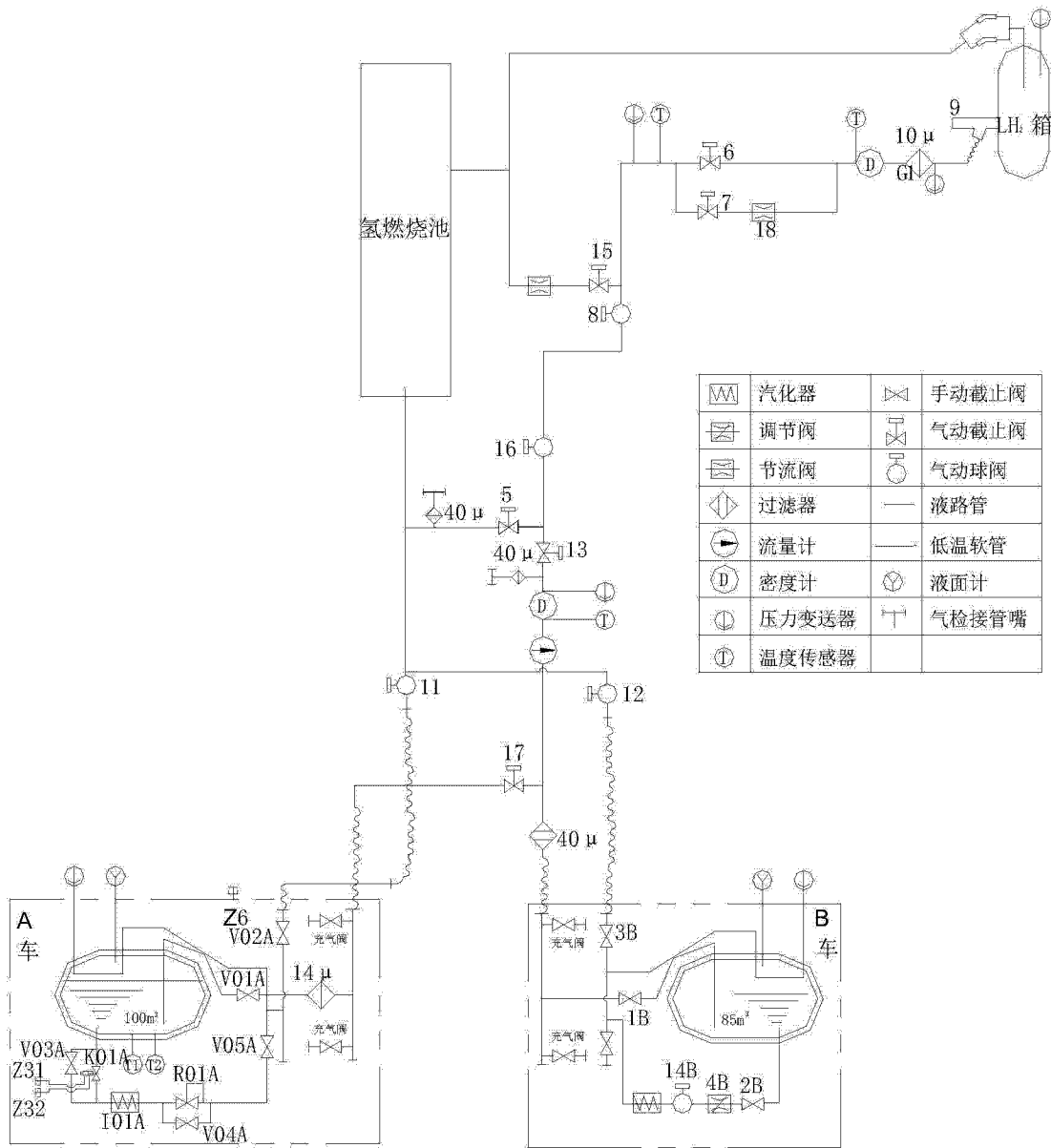


图 1

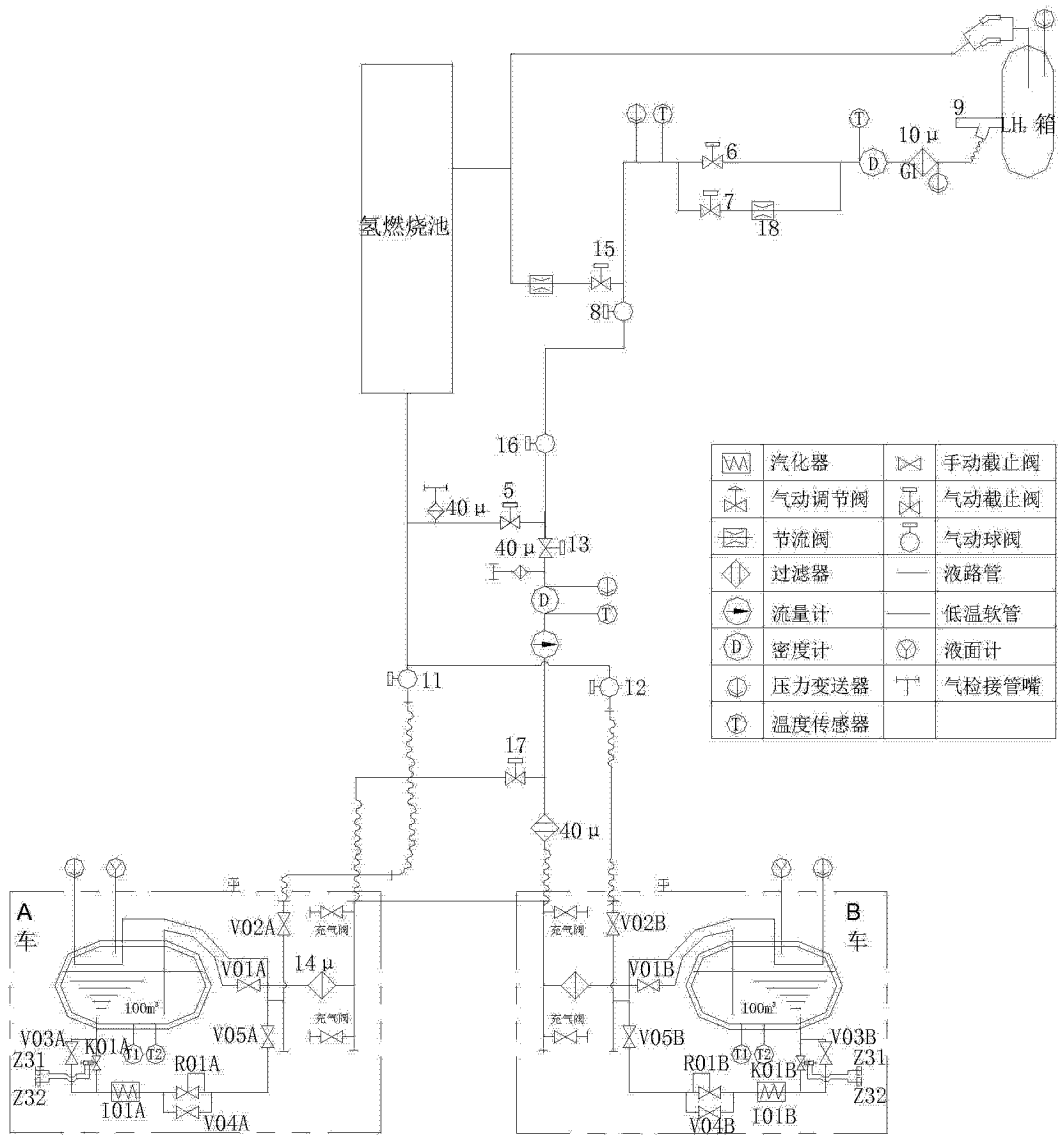


图 2