



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105650460 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201610009565. 5

F17C 13/00(2006. 01)

(22) 申请日 2016. 01. 07

F17C 13/04(2006. 01)

(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 田青亚 高彦峰 何焱

徐浩 刘忠明 唐强 王立

于慧洁 张杰 曹岭 张雷杰

刘照智 刘茜 贺建华 吕岩

曹巍

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 范晓毅

(51) Int. Cl.

F17C 5/02(2006. 01)

F17C 7/04(2006. 01)

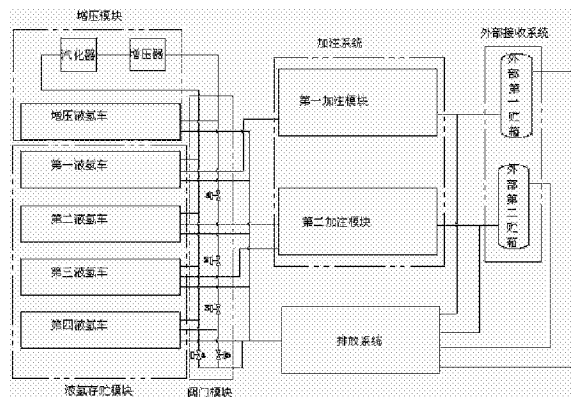
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种液氢加注系统

(57) 摘要

一种液氢加注系统,涉及低温介质加注和传输系统领域;包括增压模块、液氢存贮模块、阀门模块、加注系统、液氢排放系统和外部接收系统;本发明通过采用液氢挤压加注技术、液氢加注关键设备冗余设计、加注流量分配调节技术、管路柔性设计、液氢推进剂品质保障技术等实现了管路最大通径DN150、液氢加注容积430m³、最大加注流量约8000L/min、可为火箭两个贮箱同时加注的目标,确保了地面加注系统的安全可靠,提高了液氢加注系统的可靠性以及低温加注系统的整体能力。



1. 一种液氢加注系统,其特征在于:包括增压模块、液氢存贮模块、阀门模块、加注系统、排放系统和外部接收系统;

增压模块:包括增压器、汽化器和增压液氢车;增压器实现对增压液氢车内的液氢增压,并传输增压后液氢至汽化器,汽化器实现对增压后液氢的汽化,生成氢气并传输至液氢存贮模块和液氢排放系统;

液氢存贮模块:接收增压模块传来的氢气,并通过氢气的挤压将液氢经阀门模块传输至加注系统,将液氢在传输至加注系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统;

阀门模块:控制液氢存贮模块输出液氢至加注系统;

加注系统:接收液氢存贮模块传来的液氢,并将液氢传输至外部接收系统,将液氢在传输至外部接收系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统;

外部接收系统:接收加注系统传来的氢气;

排放系统:接收增压模块传来的氢气;接收液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气;接收加注系统在传输液氢至外部接收系统过程中汽化成的氢气。

2. 根据权利要求1所述的一种液氢加注系统,其特征在于:增压器的增压量为40000-44000Nm³/h;汽化器的汽化量为5000-7000Nm³/h;增压液氢车容量为100-140m³。

3. 根据权利要求1所述的一种液氢加注系统,其特征在于:所述液氢存贮模块包括第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车;阀门模块包括气动截止阀(1)~气动截止阀(5);加注系统包括第一加注模块和第二加注模块;外部接收系统包括外部第一贮箱和外部第二贮箱;正常情况下,气动截止阀(1)关闭,气动截止阀(2)和气动截止阀(3)打开,第一液氢车将液氢经第一加注模块输出至外部第一贮箱;第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车将液氢经第二加注模块输出至外部第二贮箱;增压模块的氢气经气动截止阀(4)传输至排放系统;液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气经气动截止阀(5)传输至排放系统。

4. 根据权利要求3所述的一种液氢加注系统,其特征在于:第一加注模块内液氢流量2000~3000L/min,第二加注模块液氢流量6000~8000L/min。

5. 根据权利要求1所述的一种液氢加注系统,其特征在于:加注系统内的温度不大于21.5K。

6. 根据权利要求3所述的一种液氢加注系统,其特征在于:当第二液氢车出现故障时,关闭气动截止阀(2),液氢存贮模块中的液氢从第三液氢车和第四液氢车输出至加注系统;当第四液氢车出现故障时,关闭气动截止阀(3),液氢存贮模块中的液氢从第二液氢车和第三液氢车输出至加注系统。

7. 根据权利要求3所述的一种液氢加注系统,其特征在于:所述第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车容量为250-350m³。

8. 根据权利要求1所述的一种液氢加注系统,其特征在于:液氢加注系统中的真空管路采用内补偿器和外补偿器结合的结构,其中不带外补偿器的真空管路内管补偿器补偿量为3.65-3.74mm/m,带外补偿器的真空管路内管补偿器的补偿器量为3.98-4.12mm/m。

一种液氢加注系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低温介质加注和传输系统,特别是一种液氢加注系统。

背景技术

[0002] 传统的液氢加注系统是液体运载火箭低温加注系统的重要组成部分,其主要功能是在规定的发射程序中,按时、定量、确保品质地完成火箭一级、二级液氢贮箱的预冷、加注、补加、射前补加,实现液氢及氢气的安全、合理排放,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两辆100m³液氢车为火箭加注,管路通径DN75,加注容积约45m³,最大加注流量1000L/min。该加注系统加注量小、管路通径小且单一,该系统只能为火箭的1个贮箱进行加注,无法满足新一代运载火箭的加注要求。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的上述不足,提供一种液氢加注系统,确保液氢加注设备的安全可靠,同时提高液氢加注系统的可靠性以及地面发射支持系统的整体容错能力。

[0004] 本发明的上述目的是通过如下技术方案予以实现的:

[0005] 一种液氢加注系统,包括增压模块、液氢存贮模块、阀门模块、加注系统、排放系统和外部接收系统;

[0006] 增压模块:包括增压器、汽化器和增压液氢车;增压器实现对增压液氢车内的液氢增压,并传输增压后液氢至汽化器,汽化器实现对增压后液氢的汽化,生成氢气并传输至液氢存贮模块和液氢排放系统;

[0007] 液氢存贮模块:接收增压模块传来的氢气,并通过氢气的挤压将液氢经阀门模块传输至加注系统,将液氢在传输至加注系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统;

[0008] 阀门模块:控制液氢存贮模块输出液氢至加注系统;

[0009] 加注系统:接收液氢存贮模块传来的液氢,并将液氢传输至外部接收系统,将液氢在传输至外部接收系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统;

[0010] 外部接收系统:接收加注系统传来的氢气;

[0011] 排放系统:接收增压模块传来的氢气;接收液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气;接收加注系统在传输液氢至外部接收系统过程中汽化成的氢气。

[0012] 在上述的一种液氢加注系统,增压器的增压量为40000-44000Nm³/h;汽化器的汽化量为5000-7000Nm³/h;增压液氢车容量为100-140m³。

[0013] 在上述的一种液氢加注系统,所述液氢存贮模块包括第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车;阀门模块包括气动截止阀1~气动截止阀5;加注系统包括第一加注模块和第二加注模块;外部接收系统包括外部第一贮箱和外部第二贮箱;正常情况下,气动截止阀1关闭,气动截止阀2和气动截止阀3打开,第一液氢车将液氢经第一加注模块输出至外部第一贮箱;第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车将液氢经第二加注模块输出至外

部第二贮箱；增压模块的氢气经气动截止阀4传输至排放系统；液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气经气动截止阀5传输至排放系统。

[0014] 在上述的一种液氢加注系统，第一加注模块内液氢流量2000~3000L/min，第二加注模块液氢流量6000~8000L/min。

[0015] 在上述的一种液氢加注系统，加注系统内的温度不大于21.5K。

[0016] 在上述的一种液氢加注系统，当第二液氢车出现故障时，关闭气动截止阀2，液氢存贮模块中的液氢从第三液氢车和第四液氢车输出至加注系统；当第四液氢车出现故障时，关闭气动截止阀3，液氢存贮模块中的液氢从第二液氢车和第三液氢车输出至加注系统。

[0017] 在上述的一种液氢加注系统，所述第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车容量为250-350m³。

[0018] 在上述的一种液氢加注系统，液氢加注系统中的真空管路采用内补偿器和外补偿器结合的结构，其中不带外补偿器的真空管路内管补偿器补偿量为3.65-3.74mm/m，带外补偿器的真空管路内管补偿器的补偿器量为3.98-4.12mm/m。

[0019] 本发明与现有技术相比具有如下优点：

[0020] (1)本发明采用了液氢挤压加注技术，100-140m³增压液氢车的液氢通过外置大型增压器进行汽化，利用汽化后的低温氢气对4台250-350m³液氢车进行增压，通过低温氢气增压挤压加注方式实现了液氢加注和补加；

[0021] (2)本发明采用了关键设备冗余设计，液氢加注系统设置的4台250-350m³液氢车互为备份，每台液氢车均可以独立完成预冷、加注、补加等工作。另外，液氢加注主管路及关键阀门均设置了备份，提高了低温推进剂加注系统的冗余性和可靠性，实现了关键加注设备和加注方案的在线备份；

[0022] (3)本发明采用了加注流量分配调节技术设计，第二加注模块大流量加注流量为6000~8000L/min，第一加注模块大流量加注流量2000-3000L/min，加注过程中可根据需要改变液氢车挤压压力和调节阀调节加注流量，从而满足加注要求。

[0023] (4)本发明采用了真空管路采用内补偿器和外补偿器结合的结构，低温管路和阀门通过自带补偿器实现设备的自身补偿，系统管路间隔设置软管和外补偿器连接实现热胀冷缩补偿，其中不带外补偿器的真空管路内管补偿器补偿量为3.65-3.74mm/m，带外补偿器的真空管路内管补偿器的补偿器量为3.98-4.12mm/m，满足系统的热胀冷缩补偿要求，提高了低温加注管路的可靠性。

[0024] (5)液氢推进剂品质保障技术，综合考虑液氢推进剂进箭温度、贮箱液位、贮箱气枕压力、贮箱蒸发速率等因素，通过加注精度分析计算，建立箭上贮箱射前补加过程中推进剂蒸发损失的计算模型，根据计算结果确定补加压力、流量和次数，提高了低温推进剂加注品质，确保加注品质满足总体要求。

附图说明

[0025] 图1为本发明液氢加注系统的工作原理和加注流程。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细的描述：

[0027] 如图1所示为液氢加注系统的工作原理和加注流程，由图可知包括增压模块、液氢存贮模块、阀门模块、加注系统、排放系统和外部接收系统；

[0028] 增压模块：将液氢进行增压和汽化，生成低温氢气，并将低温氢气传输至液氢存贮模块和液氢排放系统；

[0029] 液氢存贮模块：接收增压模块传来的氢气，并通过氢气的挤压将液氢经阀门模块传输至加注系统，将液氢在传输至加注系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统；

[0030] 阀门模块：控制液氢存贮模块输出液氢至加注系统；

[0031] 加注系统：接收液氢存贮模块传来的液氢，并将液氢传输至外部接收系统，将液氢在传输至外部接收系统过程中汽化成的氢气输出至排放系统；

[0032] 外部接收系统：接收加注系统传来的氢气；

[0033] 排放系统：接收增压模块传来的氢气；接收液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气；接收加注系统在传输液氢至外部接收系统过程中汽化成的氢气。

[0034] 所述增压模块包括增压器、汽化器和增压液氢车；增压器实现对增压液氢车内的液氢增压，并传输增压后液氢至汽化器，汽化器实现对增压后液氢的汽化，生成氢气并传输至液氢存贮模块和液氢排放系统。

[0035] 所述增压器的增压量为 $40000-44000\text{Nm}^3/\text{h}$ ；汽化器的汽化量为 $5000-7000\text{Nm}^3/\text{h}$ ；增压液氢车容量为 $100-140\text{m}^3$ 。

[0036] 所述液氢存贮模块包括第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车；阀门模块包括气动截止阀1-气动截止阀5；加注系统包括第一加注模块和第二加注模块；外部接收系统包括外部第一贮箱和外部第二贮箱；正常情况下，气动截止阀1关闭，气动截止阀2和气动截止阀3打开，第一液氢车将液氢经第一加注模块输出至外部第一贮箱；第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车将液氢经第二加注模块输出至外部第二贮箱；增压模块的氢气经气动截止阀4传输至排放系统；液氢存贮模块在传输液氢至加注系统过程中汽化成的氢气经气动截止阀5传输至排放系统。

[0037] 第一加注模块内液氢流量 $2000\sim 3000\text{L}/\text{min}$ ，第二加注模块液氢流量 $6000\sim 8000\text{L}/\text{min}$ 。

[0038] 加注系统内的温度不大于 21.5K ；

[0039] 当第二液氢车出现故障时，关闭气动截止阀2，液氢存贮模块中的液氢从第三液氢车和第四液氢车输出至加注系统；当第四液氢车出现故障时，关闭气动截止阀3，液氢存贮模块中的液氢从第二液氢车和第三液氢车输出至加注系统。

[0040] 所述第一液氢车、第二液氢车、第三液氢车和第四液氢车容量为 $250-350\text{m}^3$ 。

[0041] 液氢加注系统中的真空管路采用内补偿器和外补偿器结合的结构，其中不带外补偿器的真空管路内管补偿器补偿量为 $3.65-3.74\text{mm}/\text{m}$ ，带外补偿器的真空管路内管补偿器的补偿器量为 $3.98-4.12\text{mm}/\text{m}$ 。

[0042] 本发明采用了液氢挤压加注技术， $100-140\text{m}^3$ 增压液氢车的液氢通过外置大型增压器进行汽化，利用汽化后的低温氢气对4台 $250-350\text{m}^3$ 液氢车进行增压，通过低温氢气增压挤压加注方式实现了液氢加注和补加；

[0043] 在加注设备冗余设计方面，液氢加注系统设置4台 $250-350\text{m}^3$ 液氢车（第一液氢车、

第二液氢车、第三液氢车、第四液氢车)和1台100-140m³增压液氢车,4台250-350m³液氢车同时作为液氢运输、贮存、加注容器,增压液氢车作为液氢运输、贮存、增压容器。正常工况下,采用第一液氢车完成第一加注模块所有的加注、泄回工作,采用第二液氢车、第三液氢车、第四液氢车完成第二加注模块所有的加注、泄回工作。液氢加注管路包括第一加注模块和第二加注模块的加注管路,其中第二加注模块主管路由DN150和DN100两条管路并联组成并互为备份,第一加注模块主管路由DN100管路组成,主要为低温真空管路焊接连接、局部法兰连接。一旦主加注管路或阀门发生打不开或关不上等故障时,系统可直接由故障模式切换至备保管路或阀门进行液氢加注。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,尤其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。

[0044] 在加注流量分配调节技术设计方面。通过“调节液氢车气枕压力+管路调节阀开度+大小流量管路转换”的组合方式满足不同工序流量需求。液氢加注和补加采用低温氢气增压挤压加注方式,100-140m³增压液氢车中的液氢通过外置大型增压器进行汽化,利用汽化后的低温氢气对4台250-350m³液氢车进行增压。第二加注模块大流量加注流量为6000~8000L/min,射前补加流量不低于1000L/min,加注管路通径分别是DN150和DN100。大流量加注工况下两路并联同时向贮箱加注,小流量补加工况下通过DN100加注管路。第一加注模块大流量加注流量2500L/min,射前补加流量不低于500L/min,加注管路通径DN100。加注过程中可根据需要改变液氢车挤压压力和调节阀调节加注流量,从而满足加注要求。

[0045] 在管路柔性设计过程中,主要通过单机设备补偿和系统补偿相结合的补偿方式进行柔性设计。低温管路和阀门等单机设备具备冷缩补偿能力,对低温真空硬管首次采用“内补偿+外补偿”的技术,即内管设置内压式补偿器、外管设置带拉杆的外压式补偿器的结构,利用补偿器对低温状态下的管路收缩变形进行补偿。加注管路系统的始端、中端、末端都采用软管连接,部分管路采用内补偿管路和内外补偿管路间隔连接,软管连接兼顾补偿和加注要求。通过以上设计满足了系统的热胀冷缩补偿要求,提高了低温加注管路的可靠性。液氢加注系统中的真空管路采用内补偿器和外补偿器结合的结构,其中不带外补偿器的真空管路内管补偿器补偿量为3.65-3.74mm/m,带外补偿器的真空管路内管补偿器的补偿器量为3.98-4.12mm/m。

[0046] 在确保低温推进剂品质方面,系统设计如下:当第二加注模块液位低于要求液位时进行自动补加;当第一加注模块液位低于要求液位时进行自动补加;同时为了避免射前补加时管路中的热液氢或气体进入火箭贮箱中,控制第二加注模块排放流量不大于500L/min,第一加注模块排放流量不大于300L/min;保证加注系统内的温度不大于21.5K。

[0047] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

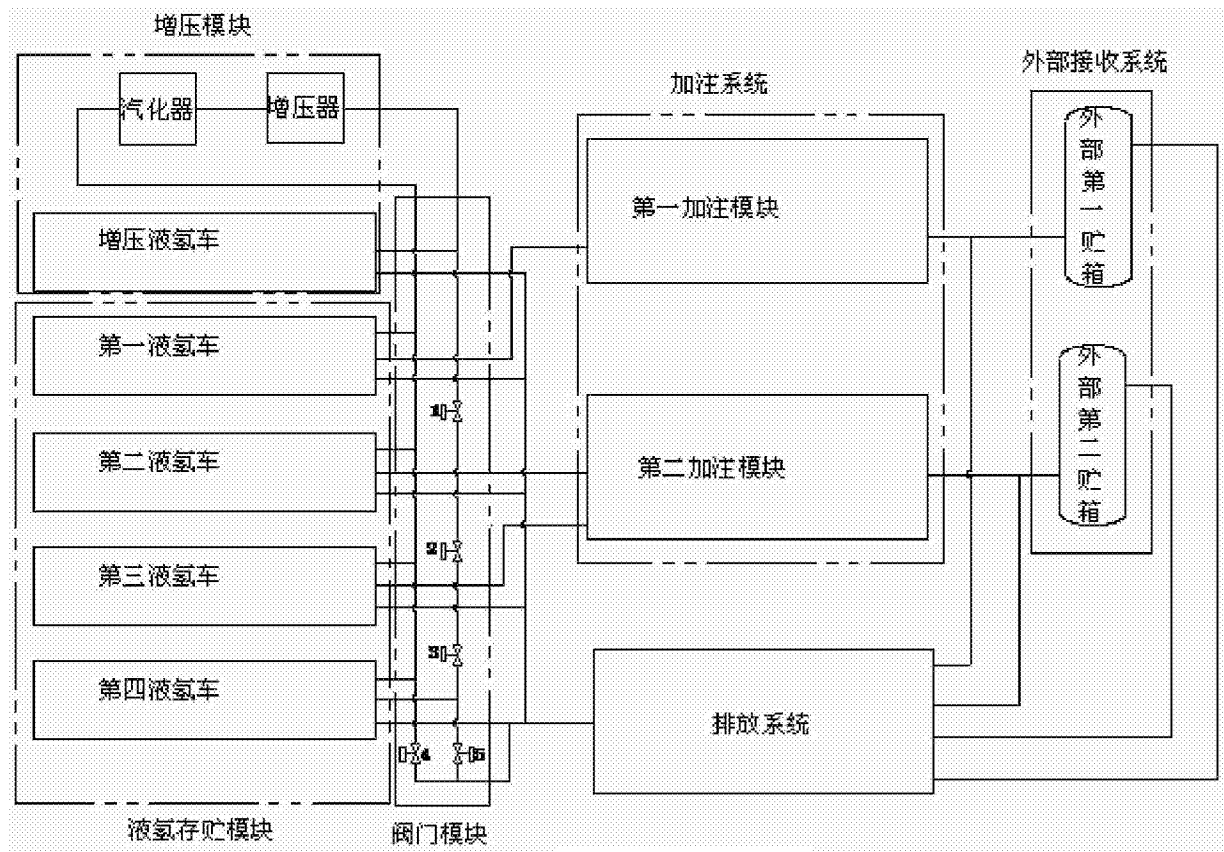


图1