



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106500992 B

(45)授权公告日 2018.10.09

(21)申请号 201610839571.3

G01M 3/20(2006.01)

(22)申请日 2016.09.21

G01M 3/26(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106500992 A

(56)对比文件

CN 101392769 A,2009.03.25,

CN 202057491 U,2011.11.30,

CN 103277354 A,2013.09.04,

CN 103499427 A,2014.01.08,

CN 103670801 A,2014.03.26,

DE 10002452 A1,2001.07.26,

赵守军等.液氧煤油载人运载火箭二级伺服机构系统方案.《载人航天》.2012,1-7页.

(43)申请公布日 2017.03.15

(73)专利权人 北京精密机电控制设备研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72)发明人 陈克勤 张文海 张朋 刘洪

姜庆义 晋华峰

审查员 丁业娇

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 庞静

(51)Int.Cl.

G01M 15/00(2006.01)

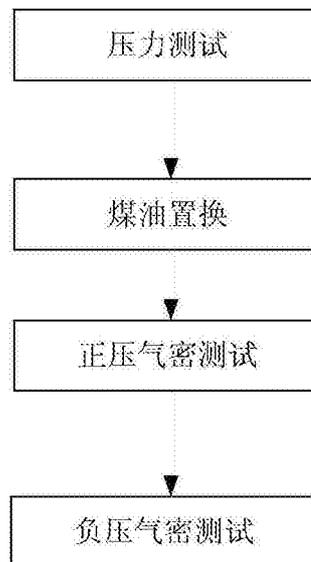
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,属于伺服机构技术领域。首先,采用航空液压油替换煤油,对伺服机构液动机进行动力测试;然后,对伺服机构液动机进行煤油置换;最后,分别采用正压检测气密性检测和负压检测气密性检测。采用地面液压能源代替发动机煤油源,对液动机进行地面动力测试,原理简单,可靠性高,同时试验过程对操作者更加安全;分别进行正压和负压两种方式对引流连接回路的气密检查,充分考核液动机对外密封正负压密封能力,为伺服机构在全火箭系统中的可靠工作提供保证。



1. 一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在于包括如下步骤:

(1)、采用航空液压油替换煤油,对伺服机构液动机进行压力测试,即:将航空液压油接入伺服机构液动机,航空液压油压力与火箭系统中提供的高压煤油压力相同,调节航空液压油的流速使之稳定,测试预设的一段时间,统计伺服机构液动机的转速 r 是否满足:(基准转速-预设偏差) $\leq r \leq$ (基准转速+预设偏差)的条件,如果满足,则伺服机构液动机动力测试合格,否则,伺服机构液动机动力测试不合格;

(2)、对伺服机构液动机进行煤油置换,即:清洗伺服机构液动机内的航空液压油,直到伺服机构液动机流出的煤油的纯度大于95%;

(3)、正压检测气密性检测,即:往伺服机构液动机内的气密测试回路中充入氮气,加压至预设的压力值,并保持一段时间,之后,测试氮气泄漏率,若不超过设定的要求值,则正压气密检查合格,否则,正压气密检查不合格;

(4)、负压检测气密性检测,即:对伺服机构液动机内的气密测试回路抽真空,检查伺服机构液动机内的气密测试回路真空度是否能达到预设的门限值,能达到,则负压检测气密性检测合格,否则,负压检测气密性检测不合格。

2. 根据权利要求1所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在于所述步骤(1)的具体步骤为:

(1.1)、依次连接地面液压站(1)、调速阀(3)至伺服机构液动机(5)进油口,再依次连接伺服机构液动机(5)出油口、油滤(4)至地面液压站(1),所述地面液压站内部储存航空液压油;

(1.2)、调节地面液压站(1)输出的航空液压油压力与火箭系统中提供的高压煤油压力相同,通过调速阀(3)调节航空液压油流速,使伺服机构液动机(5)转速恒定在[基准转速-预设偏差,基准转速+预设偏差]之内;

(1.3)、持续测试预设的一段时间,并记录伺服机构液动机(5)的转速;

(1.4)、分析伺服机构液动机(5)的转速稳定情况,当所有转速值全部满足(基准转速-预设偏差) $\leq r \leq$ (基准转速+预设偏差)条件时,认为伺服机构液动机(5)压力测试合格,否则,认为伺服机构液动机(5)压力测试不合格。

3. 根据权利要求2所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在于所述步骤(1.2)所述预设偏差为基准转速的5%之内。

4. 根据权利要求2所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在于所述步骤(1.3)中所述的预设的一段时间为5min以上。

5. 根据权利要求1所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在于所述步骤(2)的具体步骤为:

(2.1)、依次连接置换泵站(9)、煤油桶(8)、油滤(11)至伺服机构液动机(5)进油口,连接伺服机构液动机(5)出油口至废油桶(10);

(2.2)、控制置换泵站(9),使之从煤油桶(8)中吸取煤油,煤油经过油滤(11)送到伺服机构液动机(5),给煤油施加能够使伺服机构液动机(5)旋转运动的压力,驱动伺服机构液动机(5)旋转,流过伺服机构液动机(5)的煤油从伺服机构液动机(5)的出油口排出至废油桶(10);

(2.3)、检测伺服机构液动机(5)的出油口流出的煤油的纯度,直到煤油的纯度大于

95%。

6. 根据权利要求1所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在於所述步骤(3)的具体步骤为:

(3.1)、依次连接氮气瓶(12)、截止阀(13)、第一压力表(14)、减压阀(15)、第二压力表(16)、伺服机构液动机(5)进油口,伺服机构液动机(5)出油口连接密封堵头(18);

(3.2)、打开控制氮气对液动机加压的开关截止阀(13),调节减压阀(15),观察压力表(16),将气密测试回路充压至0.5MPa并保持一段时间;

(3.3)、采用氦质谱检漏仪(19)的探头,在接口工装(17)处、密封堵头(18)处、以及液动机(5)组件的零件接合面处,对氮气泄漏率进行检查,氦质谱检漏仪(19)的探头距离被检测部位的距离小于3mm,且检测行进速度缓慢均匀,若氮气泄漏率不超过设定的要求值,则正压气密检查合格,否则,正压气密检查不合格。

7. 根据权利要求6所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在於所述步骤(3.2)中的一段时间设定为2min以上。

8. 根据权利要求6所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在於所述步骤(3.3)中要求值为 $5 \times 10^{-12} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下。

9. 根据权利要求1所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在於所述步骤(4)的具体实现为:

(4.1)、连接加注台(20)至伺服机构液动机(5)进油口,伺服机构液动机(5)出油口安装密封堵头(18);

(4.2)、通过加注台(20)对伺服机构液动机(5)内的气密测试回路抽真空,若真空度能抽到预设的门限值,则负压气密检查合格,否则,负压气密检查不合格。

10. 根据权利要求9所述的一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,其特征在於所述步骤(4.2)所述的预设门限值为2000Pa以下。

一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,属于伺服机构技术领域。

背景技术

[0002] 伺服机构是火箭推力矢量控制的执行机构,是一体化设计的典型代表,其集成了液压管路、液压元件、动力能源、测控插头等于一体。其中动力能源包括液动机、轴向柱塞泵等,伺服机构在火箭上工作时,氟塑料软管与发动机引流接口连接通过引流液体火箭发动机的高压煤油,带动液动机高速转动,动力通过转子传递给轴向柱塞泵,给伺服机构作动筒提供高压油,引流煤油做完功后经低压软管返回发动机系统。

[0003] 作为伺服机构的一级能源,引流发动机高压煤油使液动机恒速可靠工作是伺服机构可靠工作的前提条件,引流发动机液动机的上述工作模式在地面需要进行充分的测试,以保证伺服机构在火箭上的可靠工作。因此,伺服机构在火箭上的工作模式的地面模拟是考核伺服机构的重要环节,引流发动机煤油伺服机构引流回路最基本的指标要求就是不能漏油,也不能漏气,需要进行压力测试和气密性测试,保证整个引流回路具有良好的气密性。现阶段以液动机为动力的伺服机构国内外非常少,因此缺少相应的测试手段的参考。另外,煤油介质的安全性较低,另外,煤油介质对能源台的设计、制造要求较高等因素,一旦测试过程中出现危险源极易发生爆炸等安全事故。因此,考虑安全性等因素,需要设计一种既全面又安全、的地面试验方法。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:提供一种安全、可靠、全面的引流发动机煤油伺服机构地面试验方法。

[0005] 本发明解决其技术问题采用的方案为:一种引流发动机煤油伺服机构地面试验方法,该方法包括如下步骤:

[0006] (1)、采用航空液压油替换煤油,对伺服机构液动机进行动力测试,即:将航空液压油接入伺服机构液动机,航空液压油压力与火箭系统中提供的高压煤油压力相同,调节航空液压油的流速使之稳定,测试预设的一段时间,统计伺服机构液动机的转速 r 是否满足:(基准转速-预设偏差) $\leq r \leq$ (基准转速+预设偏差)的条件,如果满足,则伺服机构液动机动力测试合格,否则,伺服机构液动机动力测试不合格;

[0007] (2)、对伺服机构液动机进行煤油置换,即:清洗伺服机构液动机内的液压油,直到伺服机构液动机流出的煤油的纯度大于95%;

[0008] (3)、正压检测气密性检测,即:往伺服机构气密测试回路中充入氮气,加压至预设的压力值,并保持一段时间,之后,测试氮气泄漏率,若不超过设定的要求值,则正压气密检查合格,否则,正压气密检查不合格;

[0009] (4)、负压检测气密性检测,即:对伺服机构液动机内的气密测试回路抽真空,检查

伺服机构液动机内的气密测试回路真空度是否能达到预设的门限值,能达到,则负压检测气密性检测合格,否则,负压检测气密性检测不合格。

[0010] 所述步骤(1)的具体步骤为:

[0011] (1.1)、依次连接地面液压站、调速阀至伺服机构液动机进油口,再依次连接伺服机构液动机出油口、油滤至地面液压站,所述地面液压站内部储存航空液压油;

[0012] (1.2)、调节地面液压站输出的液压油压力与航空液压油压力与火箭系统中提供的高压煤油压力相同,通过调速阀调节液压油流速,使伺服机构液动机(5)转速恒定在[基准转速-预设偏差,基准转速+预设偏差]之内;

[0013] (1.3)、持续测试预设的一段时间,并记录伺服机构液动机的转速;

[0014] (1.4)、分析伺服机构液动机的转速稳定情况,当所有转速值全部满足(基准转速-预设偏差) $\leq r \leq$ (基准转速+预设偏差)条件时,认为伺服机构液动机(5)压力测试合格,否则,认为伺服机构液动机压力测试不合格。

[0015] 所述步骤(1.2)所述预设偏差为基准转速的5%之内。

[0016] 所述步骤(1.3)中所述的预设的一段时间为5min以上。

[0017] 所述步骤(2)的具体步骤为:

[0018] (2.1)、依次连接置换泵站、煤油桶、油滤至伺服机构液动机进油口,连接伺服机构液动机出油口至废油桶;

[0019] (2.2)、控制置换泵站,使之从煤油桶中吸取煤油,煤油经过油滤送到伺服机构液动机,给煤油施加能够使伺服机构液动机旋转运动的压力,驱动伺服机构液动机旋转,流过伺服机构液动机的煤油从伺服机构液动机的出油口排出至废油桶;

[0020] (2.3)、检测伺服机构液动机的出油口流出的煤油的纯度,直到煤油的纯度大于95%。

[0021] 所述步骤(3)的具体步骤为:

[0022] (3.1)、依次连接氮气瓶、截止阀、第一压力表、减压阀、第二压力表、伺服机构液动机进油口,伺服机构液动机出油口连接密封堵头;

[0023] (3.2)、打开控制氮气对液动机加压的开关截止阀,调节减压阀,观察压力表,将气密测试回路充压至0.5MPa并保持一段时间;

[0024] (3.3)、采用氦质谱检漏仪的探头,在接口工装处、密封堵头处、以及液动机组件的零件接合面处,对氮气泄漏率进行检查,氦质谱检漏仪的探头距离被检测部位的距离小于3mm,且检测行进速度缓慢均匀,若氮气泄漏率不超过设定的要求值,则正压气密检查合格,否则,正压气密检查不合格。

[0025] 所述步骤(3.2)中的一段时间设定为2min以上。

[0026] 所述步骤(3.3)中要求值为 $5 \times 10^{-12} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下。

[0027] 所述步骤(4)的具体实现为:

[0028] (4.1)、连接加注台至伺服机构液动机进油口,伺服机构液动机出油口安装密封堵头;

[0029] (4.2)、通过加注台对伺服机构液动机内的气密测试回路抽真空,若真空度能抽到预设的门限值,则负压气密检查合格,否则,负压气密检查不合格。

[0030] 所述步骤(4.2)所述的预设门限值为2000Pa以下。

[0031] 本发明与现有技术相比的有益效果是：

[0032] (1)、本发明采用地面液压能源代替发动机煤油源，使得伺服机构在地面进行液动机动力测试时，更加安全、可靠，进行引流回路气密检测时，测试覆盖面更加全面，原理简单，可靠性高，同时该试验过程对操作者更加安全；

[0033] (2)、本发明液压泵站采用液压油作为介质，比采用煤油作为介质的液压泵在系统结构上更为简单，造价更低廉；

[0034] (3)、本发明分别采用0.5MPa氮气正压和加注台抽真空负压两种方式实现对引流连接回路的气密检查，充分考核液动机对外密封正负压密封能力，使得检测的范围覆盖更全面，检测结果更可靠，为伺服机构在全火箭系统中的可靠工作提供保证。

附图说明

[0035] 图1为本发明引流发动机煤油伺服机构地面试验方法流程图；

[0036] 图2为本发明引流发动机煤油伺服机构液动机动力测试原理图；

[0037] 图3为本发明引流发动机煤油伺服机构液动机煤油置换原理图；

[0038] 图4为本发明引流发动机煤油伺服机构正压气密测试原理图；

[0039] 图5为本发明引流发动机煤油伺服机构负压气密测试原理图。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0041] 液动机是为伺服机构提供动力的一级能源，是伺服机构动力组件的一部分，伺服机构在火箭上工作时，引流火箭发动机的高压煤油至液动机的进油口，高压煤油驱动液动机恒速旋转，进而驱动轴向柱塞泵为伺服机构提供高压液压油，完成伺服机构的位置伺服控制。

[0042] 如图1所示，引流发动机煤油伺服机构地面试验方法包括压力测试、煤油置换、正压气密测试和负压气密测试四个步骤。

[0043] 1. 压力测试

[0044] 引流发动机煤油伺服机构液动机压力测试的目的是充分考核液动机对外密封件的气密性能，为全火箭抽真空加注过程中提供保证。

[0045] 引流发动机煤油伺服机构液动机压力测试的具体步骤为：

[0046] (1.1)、按照图2所示连接压力测试各设备：地面液压站1通过软管2连接调速阀3，调速阀3连接至伺服机构液动机5进油口，伺服机构液动机5出油口连接油滤4，油滤4再通过另外一根软管连接至地面液压站1，所述地面液压站内部储存航空液压油，最好是10号航空液压油；

[0047] (1.2)、调节地面液压站1输出的液压油压力与航空液压油压力与火箭系统中提供的高压煤油压力相同，通过调速阀3调节液压油流速，使伺服机构液动机(5)转速恒定在[基准转速-预设偏差, 基准转速+预设偏差]之内；所述预设偏差至少为基准转速的5%之内。一般基准转速为6000r/min，高压液压油的压力为24MPa。

[0048] 伺服机构的动力组件包括液动机和轴上柱塞泵，伺服机构在火箭上工作过程中，通过引流火箭发动机输出的高压煤油，带动液动机转动，液动机通过转子轴连接轴向柱塞

泵,并带动其转动,进而为伺服机构7提供动力液压油。

[0049] (1.3)、持续测试预设的一段时间,如5min,并记录伺服机构液动机5的转速;

[0050] (1.4)、分析伺服机构液动机5的转速的速度稳定情况,当所有转速值全部满足(基准转速-预设偏差) $\leq r \leq$ (基准转速+预设偏差)条件时,认为伺服机构液动机5压力测试合格,否则,认为伺服机构液动机5压力测试不合格。

[0051] 煤油的燃点低,属易燃易爆介质,地面测试危险性较大,同时,煤油介质的粘度低,因此,煤油泵站的密封设计、煤油泵的设计都较为复杂,且成本较高。考虑到以上因素,在地面对伺服机构的这种工作模式进行模拟时,提出采用粘度较煤油高,且燃点高的航空液压油作为工作介质。

[0052] 2.煤油置换

[0053] 当完成液动机的动力测试后,在伺服机构安装于火箭前,再用通过煤油泵站对液动机进行煤油置换,使得液动机内的液压油工作介质被完全清洗,避免引流火箭发动机煤油工作后,煤油返回发动时对其造成影响。煤油置换的具体步骤为:

[0054] (2.1)、如图3所示,依次连接置换泵站9、煤油桶8、油滤4至伺服机构液动机5进油口,连接伺服机构液动机5出油口至废油桶10;

[0055] (2.2)、控制置换泵站9,使之从煤油桶8中吸取煤油,煤油经过油滤11送到伺服机构液动机5,给煤油施加能够使伺服机构液动机5旋转运动的压力,一般选取为4~5MPa即可,驱动伺服机构液动机5旋转,伺服机构7处于自由状态,流过伺服机构液动机5的煤油从伺服机构液动机5的出油口排出至废油桶10;

[0056] (2.3)、检测伺服机构液动机5的出油口流出的煤油的纯度,直到煤油的纯度大于95%。

[0057] 为进一步确保液动机在火箭发动机燃油闭环系统中的高密封性,在完成液动机的动力测试和煤油置换后,将对液动机进行气密性检查,为使得气密测试的覆盖全面性,将分别对其进行正压测试和负压测试,保证整个引流回路具有良好的气密性,不应存在泄露等故障。

[0058] 3.正压气密测试

[0059] 正压气密测试的目的是:考核液动机对外密封结构承受正压的能力,其具体步骤为:

[0060] (3.1)、如图4所示,依次连接氮气瓶12、截止阀13、第一压力表14、减压阀15、第二压力表16、伺服机构液动机5进油口,伺服机构液动机5出油口连接密封堵头18;

[0061] (3.2)、打开控制氮气对液动机加压的开关截止阀13,调节减压阀15,观察压力表16,将气密测试回路充压至0.5MPa并保持一段时间;

[0062] (3.3)、采用氦质谱检漏仪19的探头,在接口工装17处、密封堵头18处、以及液动机5组件的零件接合面处,对氮气泄漏率进行检查,氦质谱检漏仪19的探头距离被检测部位的距离小于3mm,且检测行进速度缓慢均匀,若漏率不超过设定的要求值,一般选取 5×10^{-12} Pa.m³/s以下,则正压气密检查合格,否则,正压气密检查不合格。

[0063] 4.负压气密测试

[0064] 负压气密测试的目的是:考核液动机对外密封结构承受负压的能力,其具体步骤为:

[0065] (4.1)、如图5所示,连接加注台20至伺服机构液动机5进油口,伺服机构液动机5出油口安装密封堵头18;

[0066] (4.2)、通过加注台20对伺服机构液动机5内的气密测试回路抽真空,若真空度能抽到预设的门限值,根据设计要求,一般该门限值取2000Pa及其以下值,则负压气密检查合格,否则,负压气密检查不合格。

[0067] 进行正压和负压气密检查,即通过液动机内部充正压气体考核液动机对外密封件承受正压的能力,液动机内部抽真空考核液动机对外密封件承受正压的能力,充分考核了液动机对外密封件的密封性能,为全火箭抽真空加注过程中提供保证。

[0068] 由上可知,引流发动机煤油伺服机构地面试验总共仅需要:一台液压站、三个软管、一台调速阀、两个油滤、一个煤油桶、一台置换泵站、一个废油桶、一瓶氮气、一台截止阀、两个压力表、一台减压阀、一个接口工装、一个密封堵头、一台氦质谱检漏仪、一台加注台。这些设备均为常规设备,可以通过液压元器件厂商购买且可以重复利用。而且测试系统结构简单,造价低廉。

[0069] 因此,本发明提出的引流发动机煤油伺服机构试验方法,安全可靠、试验充分、节约成本,为伺服机构在火箭上的可靠工作提供保证。

[0070] 本发明未公开的部分为本领域公知常识。

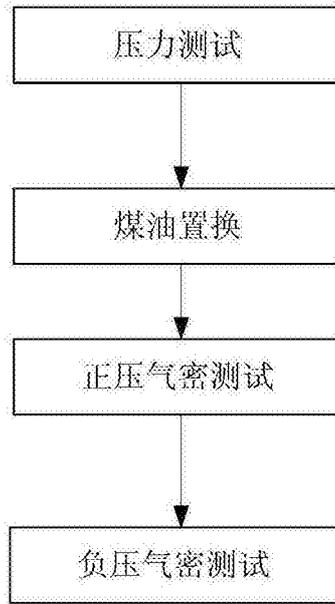


图1

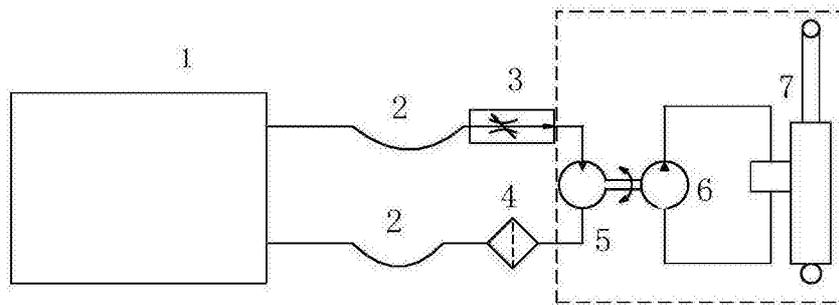


图2

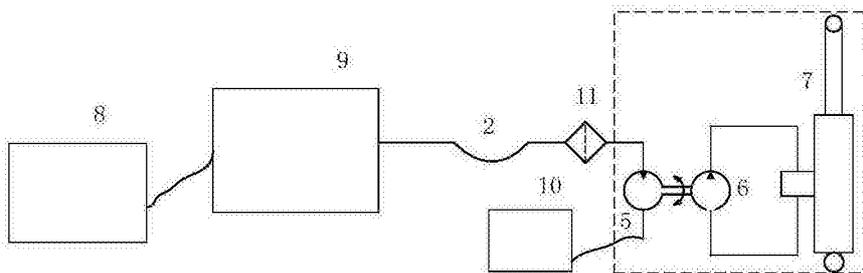


图3

