



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103674448 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310552406. 6

(22) 申请日 2013. 11. 08

(71) 申请人 北京卫星环境工程研究所

地址 100094 北京市海淀区友谊路 104 号

(72) 发明人 武越 许忠旭 裴一飞 杜春林

郭子寅 马永来 孙娟

(51) Int. Cl.

G01M 3/28(2006. 01)

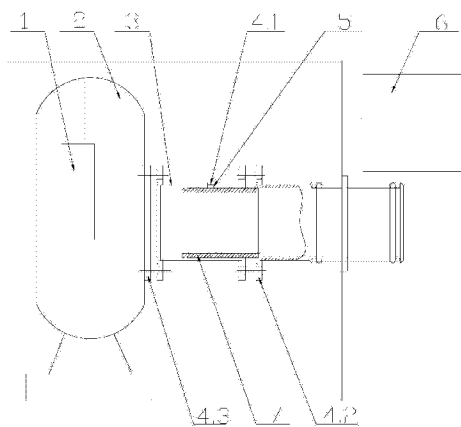
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

压力控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置及检测方法,包括漏率检测工装、高精度真空测量装置、航天器密封舱、压力模拟控制系统管道、氦质谱检漏系统,氦质谱检漏系统包括辅助抽气泵、氦质谱检漏仪、真空标准漏孔、管道、阀门等,高精度真空测量装置包括真空计、电连接器、通讯线缆、真空规、辅助容器,其中,所述漏率检测工装通过法兰分别与航天器密封舱、压力模拟控制系统管道和氦质谱检漏系统连接,所述高精度真空测量装置中的辅助容器安装在航天器密封舱内。



1. 一种真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置,包括漏率检测工装、高精度真空测量装置、航天器密封舱、压力模拟控制系统管道、氦质谱检漏系统,其中,所述漏率检测工装通过法兰分别与航天器密封舱、压力模拟控制系统管道和氦质谱检漏系统连接,所述高精度真空测量装置包括真空计、电连接器、通讯线缆、真空规、辅助容器,所述真空规位于辅助容器内,通过通讯线缆、电连接器与真空计连接,所述辅助容器设置在航天器密封舱内,其内部始终保持 1 个大气压和常温的状态。

2. 权利要求 1 所述的漏率检测装置,其中,所述压力模拟控制系统管道与漏率检测工装连接处有两道密封,连接形式为固定式真空法兰。

3. 权利要求 2 所述的漏率检测装置,其中,所述两道密封,第一道密封位于管道外侧,密封槽形式为梯形,第二道密封位于固定式真空法兰上,密封槽形式为矩形,主密封面粗糙度优于 $R_a1.6$,次密封面粗糙度优于 $R_a3.2$ 。

4. 权利要求 1-3 任一项所述的漏率检测装置,其中,所述漏率检测工装,与航天器密封舱连接处为固定式真空法兰,与压力模拟控制系统管道连接处为活套式真空法兰,检漏口位于工装圆柱形管道两道密封之间的任意位置,圆柱管道内壁粗糙度优于 $R_a1.6$ 。

5. 权利要求 1-3 任一项所述的漏率检测装置,其中,所述氦质谱检漏系统,包括辅助抽气泵、氦质谱检漏仪、真空标准漏孔、检漏管道、阀门、氦气瓶,氦气罩,所述检漏管道与氦质谱检漏仪连接,且通过阀门与辅助抽气泵连接,且在进行系统灵敏度测定时通过法兰与真空标准漏孔连接,且在进行连接处漏率检测时通过法兰与检漏口连接,所述氦气罩与氦气瓶连接,整体包裹压力模拟控制系统管道与漏率检测工装连接处法兰。

6. 一种利用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置进行漏率检测的方法,包括以下步骤:

步骤一:系统灵敏度测定;

步骤二:连接处第二道密封漏率检测;

步骤三:连接处第一道密封漏率检测;

步骤四:数据处理。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其中,

步骤一包括以下步骤:

第一步,搭建漏率检测系统,将漏率为 Q_0 的真空标准漏孔接在检漏管道与漏率检测工装的接口处;

第二步,启动检漏仪、辅助泵,当真空标准漏孔阀门打开时,读出输出稳定后的指示值 I ;关闭真空标准漏孔阀门,读出输出稳定后的指示值 I_0 ,即为本底值;

第三步,测试本底噪声 I_n ;

第四步,系统灵敏度满足要求后,将标准漏孔拆下,将检漏管道与漏率检测工装连接;

所述步骤二包括以下步骤:

第一步,利用辅助泵,从检漏仪获取检漏系统本底值 I_0' ;

第二步,将连接处第二道密封法兰采用氦罩包裹,排除氦罩内空气,将氦气充入氦罩内至 0.1MPa ;待系统稳定后,记下检漏仪输出指示值 I' ;

所述步骤三包括以下步骤:

第一步,利用辅助泵将两道密封之间的压力抽至并维持 10Pa 以下;

第二步,待系统稳定后,记下一段时间 t 内,位于容积为 V 的密封舱中高精度真空测量装置真空计示数的变化值 ΔP ;

第三步,漏率检测完成后将检漏口用盲板封堵;

所述步骤四包括以下步骤:

第一步,根据测得的数据,按下面的公式计算系统灵敏度 Q_{min} ;

$$Q_{min} \leq I_n Q_0 / (I - I_0)$$

第二步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第二道密封的整体漏率,若测试过程中检漏仪输出指示无变化,则漏率即为系统灵敏度;

$$Q_2 = (I' - I_0') Q_0 / (I - I_0)$$

第三步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第一道密封的整体漏率,若测试过程中真空计的示数无变化,则说明漏率已经满足要求。

$$Q_1 = \Delta P V / t$$

压力控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天器的部组件的无损检测技术领域,具体涉及一种真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置及检测方法。

背景技术

[0002] 由于重力所引起的自然对流的影响,在地面常重力条件下对航天器进行的地面上流动换热试验和航天器空间的实际情况存在着一定偏差。为了较准确地模拟航天器真空热试验在空间的微重力条件下的流动换热,通常采用降压法来抑制地面试验时自然对流的热影响,舱内压力越低,自然对流的影响就越小,当舱内压力降低到一定程度时,自然对流的影响可以忽略,通过理论分析,满足 $Cr/Re^2 \leq 0.1$ 的要求,舱内流动即可视为“纯”强迫流动,采取在舱内维持 25.3 ~ 27.9KPa 低气压,利用降压法有效地消除自然对流对试验结果的影响。

[0003] 压力模拟控制系统是航天器在地面进行真空热试验时模拟密封舱在空间微重力下气体换热方式的地面试验系统,该系统主要由高精度真空测量装置、压力模拟控制系统管道、气体采集及充气容器、真空获得子系统、复压子系统、气体成分分析子系统等组成(参见《航天器密封舱真空热试验用压控系统设计与实现》,《航天器环境工程》2010 年 12 月,第 27 卷第 6 期,708 ~ 710 页,陈涛等)。

[0004] 进行真空热试验时,压力模拟控制系统位于空间环境模拟器的外部,航天器密封舱位于空间环境模拟器的内部,压力模拟控制系统管道是将两者连接为一个整体的关键设备,其漏率对于试验过程中压力的控制精度甚至试验能否顺利进行起到决定性作用。试验准备阶段分别完成了航天器密封舱与压力模拟控制系统管道单独的漏率检测工作,试验开始前,将压力模拟控制系统管道与航天器密封舱连接,连接处的漏率检测由于航天器密封舱既无法承受外压又因为舱内仪器设备不能承受正压,因此,无法使用密封舱抽真空或充压的方式对连接处进行漏率检测,目前只能依靠安装人员和技术人员的实际经验来判断漏率是否满足试验要求,留下了一定的隐患,一旦连接处的漏率无法满足要求,航天器真空热试验将无法继续进行,不但增加了试验的成本,而且对航天器产品的研制进度造成了影响,因此对连接处进行漏率检测十分必要。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术中存在的上述不足,提供了一种压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置及检测方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置,包括漏率检测工装、高精度真空测量装置、航天器密封舱、压力模拟控制系统管道、氦质谱检漏系统,其中,所述漏率检测工装通过法兰分别与航天器密封舱、压力模拟控制系统管道和氦质谱检漏系统连接,所述高精度真空测量装置包括辅助容器、真空规、通讯线缆、真空计、

电连接器,所述真空规位于辅助容器内,通过通讯线缆、电连接器与真空计连接,所述辅助容器设置在航天器密封舱内,其内部始终保持 1 个大气压和常温的状态。

[0008] 其中,所述压力模拟控制系统管道与漏率检测工装连接处有两道密封,连接形式为固定式真空法兰。

[0009] 进一步地,所述两道密封,第一道密封位于管道外侧,密封槽形式为梯形,第二道密封位于固定式真空法兰上,密封槽形式为矩形,主密封面粗糙度优于 $R_a1.6$,次密封面粗糙度优于 $R_a3.2$ 。

[0010] 其中,所述漏率检测工装,与航天器密封舱连接处为固定式真空法兰,与压力模拟控制系统管道连接处为活套式真空法兰,检漏口位于工装圆柱形管道两道密封之间的任意位置,圆柱管道内壁粗糙度优于 $R_a1.6$ 。

[0011] 进一步地,所述氦质谱检漏系统,包括辅助抽气泵、氦质谱检漏仪、真空标准漏孔、检漏管道、阀门、氦气瓶,氦气罩,所述检漏管道与氦质谱检漏仪连接,且通过阀门与辅助抽气泵连接,且在进行系统灵敏度测定时通过法兰与真空标准漏孔连接,且在进行连接处漏率检测时通过法兰与检漏口连接,所述氦气罩与氦气瓶连接,整体包裹压力模拟控制系统管道与漏率检测工装连接处法兰。

[0012] 一种利用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置的检测方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤一:系统灵敏度测定;

[0014] 步骤二:连接处第二道密封漏率检测;

[0015] 步骤三:连接处第一道密封漏率检测;

[0016] 步骤四:数据处理。

[0017] 所述步骤一包括以下步骤:

[0018] 第一步,搭建漏率检测系统,将漏率为 Q_0 的真空标准漏孔接在检漏管道与漏率检测工装的接口处;

[0019] 第二步,启动检漏仪、辅助泵,当真空标准漏孔阀门打开时,读出输出稳定后的指示值 I ;关闭真空标准漏孔阀门,读出输出稳定后的指示值 I_0 ,即为本底值;

[0020] 第三步,测试本底噪声 I_n ;

[0021] 第四步,系统灵敏度满足要求后,将标准漏孔拆下,将检漏管道与漏率检测工装连接。

[0022] 所述步骤二包括以下步骤:

[0023] 第一步,利用辅助泵,从检漏仪获取检漏系统本底值 I_0' ;

[0024] 第二步,将连接处第二道密封法兰采用氦罩包裹,排除氦罩内空气,将氦气充入氦罩内至 0.1MPa ;待系统稳定后,记下检漏仪输出指示值 I' 。

[0025] 所述步骤三包括以下步骤:

[0026] 第一步,利用辅助泵将两道密封之间的压力抽至并维持 10Pa 以下;

[0027] 第二步,待系统稳定后,记下一段时间 t 内,位于容积为 V 的密封舱中高精度真空测量装置真空计示数的变化值 ΔP ;

[0028] 第三步,漏率检测完成后将检漏口用盲板封堵。

[0029] 所述步骤四包括以下步骤:

[0030] 第一步,根据测得的数据,按下面的公式计算系统灵敏度 $Q_{\min}$;

$$[0031] \quad Q_{\min} \leq I_n Q_0 / (I - I_0)$$

[0032] 第二步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第二道密封的整体漏率,若测试过程中检漏仪输出指示无变化,则漏率即为系统灵敏度;

$$[0033] \quad Q_2 = (I' - I_0') Q_0 / (I - I_0)$$

[0034] 第三步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第一道密封的整体漏率,若测试过程中真空计的示数无变化,则说明漏率已经满足要求。

$$[0035] \quad Q_1 = \Delta PV / t$$

[0036] 本发明提供的压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置及检测方法,有效地解决了连接处可靠性确认的问题。在不对航天器密封舱抽真空以及充压的前提下,获得了连接处的整体漏率,改变了只能依靠安装人员和技术人员的实际经验来判断漏率是否满足试验要求的现状,避免了因连接处漏率不满足要求而导致试验中断的隐患。保证连接处的可靠性,既节省了真空热试验的成本,又有效地保证了航天器产品的研制进度。

附图说明

[0037] 图 1 是本发明压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测装置示意图;

[0038] 图 2 是本发明压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测高精度真空测量装置示意图;

[0039] 图 3 是本发明压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处漏率检测氦质谱检漏系统示意图;

[0040] 图中 1 为辅助容器,2 为航天器密封舱,3 为漏率检测工装,4.1 为检漏法兰,4.2 为对接法兰,4.3 为转接法兰,4.4 为标定法兰,5 为检漏口,6 为氦质谱检漏系统,7 为压力模拟控制系统管道,8 为真空计,9.1 为穿容器电连接器,9.2 为穿舱电连接器,9.3 为穿辅助容器电连接器,10 为通讯线缆,11 为真空规,12 为真空标准漏孔,13 为氦气罩,14 为检漏管道,15 为氦质谱检漏仪,16 为阀门,17 为辅助抽气泵,18 为氦气瓶。

具体实施方式

[0041] 下面对本发明的具体实施方式作详细说明:本发明的具体实施方式在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0042] 如图 1 所示,本发明的真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置包括高精度真空测量装置(图 2 所示)、航天器密封舱 2、漏率检测工装 3、氦质谱检漏系统 6、压力模拟控制系统管道 7,其中,漏率检测工装 3 分别通过检漏法兰 4.1、对接法兰 4.2、转接法兰 4.3 与氦质谱检漏系统 6、压力模拟控制系统管道 7、航天器密封舱 2 连接,检漏口 5 位于工装圆柱形管道两道密封之间的任意位置。

[0043] 在本实施方式中,可以采用如图 2 所示的高精度真空测量装置,该高精度真空测量装置包括辅助容器 1、真空计 8、通讯线缆 10、真空规 11,其中,真空规 11 位于辅助容器 1 内,经由通讯线缆 10、穿辅助容器电连接器 9.3、穿舱电连接器 9.2、穿容器电连接器 9.1 与真空计 8 连接,辅助容器 1 设置在航天器密封舱 2 内。

[0044] 图 3 显示了本发明的漏率检测装置中使用的氦质谱检漏系统,氦质谱检漏系统 6 包括真空标准漏孔 12、氦气罩 13、检漏管道 14、氦质谱检漏仪 15、阀门 16、辅助抽气泵 17、氦气瓶 18。检测系统灵敏度时,检漏管道 14 与氦质谱检漏仪 15 连接,且通过阀门 16 与辅助抽气泵 17 连接,且通过标定法兰 4.4 与真空标准漏孔 12 连接;检测连接处第二道密封漏率时,检漏管道 14 与氦质谱检漏仪 15 连接,且通过阀门 16 与辅助抽气泵 17 连接,且通过检漏法兰 4.1 与检漏口 5 连接,氦气罩 13 与氦气瓶 18 连接,整体包裹压力模拟控制系统管道 7 与漏率检测工装 3 连接处法兰。

[0045] 使用上述本发明的真空热试验用压力模拟控制系统与航天器密封舱连接处的漏率检测装置进行漏率检测的方法如下:

[0046] 步骤一:系统灵敏度测定;

[0047] 第一步,搭建漏率检测系统,将漏率为 Q_0 的真空标准漏孔接在检漏管道与漏率检测工装的接口处;

[0048] 第二步,启动检漏仪、辅助泵,当真空标准漏孔阀门打开时,读出输出稳定后的指示值 I ;关闭真空标准漏孔阀门,读出输出稳定后的指示值 I_0 ,即为本底值;

[0049] 第三步,测试本底噪声 I_n ;

[0050] 第四步,系统灵敏度满足要求后,将标准漏孔拆下,将检漏管道与漏率检测工装连接。

[0051] 步骤二:连接处第二道密封漏率检测;

[0052] 第一步,利用辅助泵,从检漏仪获取检漏系统本底值 I_0' ;

[0053] 第二步,将连接处第二道密封法兰采用氦罩包裹,排除氦罩内空气,将氦气充入氦罩内至 0.1MPa;待系统稳定后,记下检漏仪输出指示值 I' 。

[0054] 步骤三:连接处第一道密封漏率检测;

[0055] 第一步,利用辅助泵将两道密封之间的压力抽至并维持 10Pa 以下;

[0056] 第二步,待系统稳定后,记下一段时间 t 内,位于容积为 V 的密封舱中高精度真空测量装置真空计示数的变化值 ΔP ;

[0057] 第三步,漏率检测完成后将检漏口用盲板封堵。

[0058] 步骤四:数据处理;

[0059] 第一步,根据测得的数据,按下面的公式计算系统灵敏度 $Q_{\min}$;

[0060] $Q_{\min} \leq I_n Q_0 / (I - I_0)$

[0061] 第二步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第二道密封的整体漏率,若测试过程中检漏仪输出指示无变化,则漏率即为系统灵敏度;

[0062] $Q_2 = (I' - I_0') Q_0 / (I - I_0)$

[0063] 第三步,根据测得的数据,按下面的公式计算连接处第一道密封的整体漏率,若测试过程中真空计的示数无变化,则说明漏率已经满足要求。

[0064] $Q_1 = \Delta P V / t$

[0065] 尽管上文对本专利的具体实施方式给予了详细描述和说明,但是应该指明的是,我们可以依据本发明专利的构想对上述实施方式进行各种等效改变和修改,其所产生的功能作用仍未超出说明书及附图所涵盖的精神时,均应在本专利的保护范围之内。

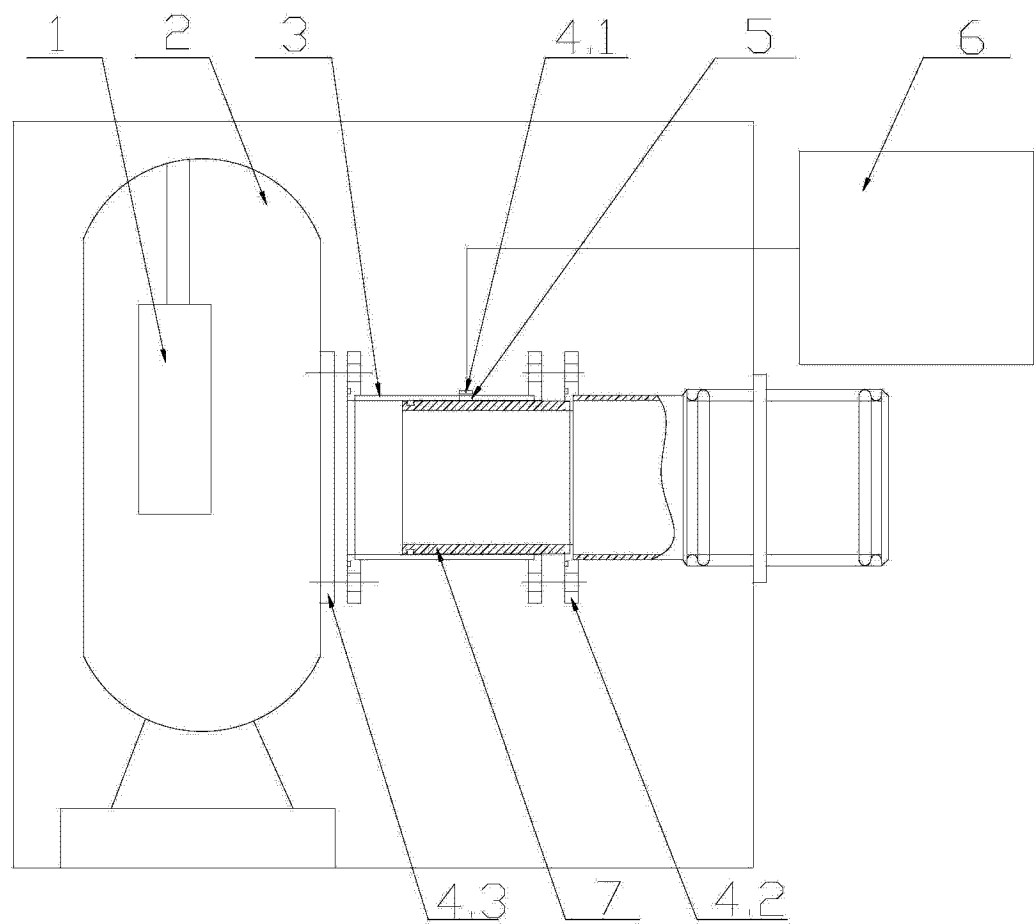


图 1

