



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101738294 A

(43) 申请公布日 2010.06.16

(21) 申请号 200810180606.2

(22) 申请日 2008.11.17

(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 洪晓鹏 冯琪 闫荣鑫 师立侠
黄锡宁 王静涛 杨定魁

(51) Int. Cl.
G01M 3/20(2006.01)

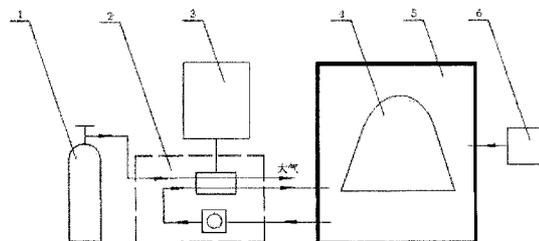
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

大气累积检漏系统及其检漏方法

(57) 摘要

本发明所提供的大气累积检漏系统,包括收集器、检漏仪、大气基准气体气源、示漏气体采样系统和漏率标定系统。本发明提供了一种大气累积检漏的检漏方法。本发明所提供的检漏系统和检测方法适用于航空航天工业、船舶、汽车、核工业等大型工件的总漏率检测,同时对于其它行业有密封要求的较小型的工件也同样适用。本发明所提供的检测方法属于非接触性的无损检测范畴,不会对被检件造成任何损伤,完全符合国家关于无损检测的相关标准。



1. 一种大气累积检漏系统,包括收集器、检漏仪、大气基准气体气源、示漏气体采样系统和漏率标定系统,其中,示漏气体采样系统与检漏仪的检漏口通过真空密封连接件进行密封连接;同时示漏气体采样系统还通过压力管道分别与大气基准气体气源、检漏环境大气及收集器相连,除一端与检漏环境大气相连外,其余相连端均为密封连接,相互之间的连接分为两个互相独立的部分,且两部分之间相互密封,通过交替切换的方式,分别与检漏仪相连通;

所述两个相互独立部分的具体连接关系为:大气基准气体气源输出的一定流量的大气基准气体通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道排放至检漏环境的大气中;收集器中的气体通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道重新进入收集器;漏率标定系统通过压力管道与收集器进行密封连接。

2. 如权利要求 1 所述的检漏系统,其特征在于,所述收集器为能够容纳被检件且具有一定密封性的容器或包覆物,其中容器的内壁材质为不锈钢,包覆物可以采用塑料薄膜。

3. 如权利要求 2 所述的检漏系统,其特征在于,所述收集器的示漏气体不具有吸附性,或根据被检件漏率要求,示漏气体的吸附可忽略不计或吸附性可知。

4. 如权利要求 1 所述的检漏系统,其特征在于,所述收集器内部为大气环境,不需要抽真空;且对于体积较大的收集器,其内部应具有气体搅拌和循环装置。

5. 如权利要求 1 所述的检漏系统,其特征在于,所述检漏仪对应于采用的示漏气体类型。

6. 如权利要求 1 所述的检漏系统,其特征在于,所述示漏气体为氦气时,检漏仪为氦质谱检漏仪。

7. 如权利要求 1-6 任一项所述的检漏系统,其特征在于,所述大气基准气体气源为示漏气体和高纯氮气的混合气体,其中示漏气体的浓度与检漏环境大气中的示漏气体浓度相同或接近。

8. 如权利要求 7 所述的检漏系统,其特征在于,所述高纯氮气的纯度为 99.999%。

9. 如权利要求 1-6 任一项所述的检漏系统,其特征在于,所述示漏气体为惰性气体和/或卤素化合物气体。

10. 如权利要求 9 所述的检漏系统,其特征在于,所述惰性气体为氦气、氩气、氙气;所述卤素化合物气体为四氟化碳或氟利昂。

11. 如权利要求 1-6 任一项所述的检漏系统,其特征在于,所述示漏气体采样系统为可以交替对大气基准气体和被检件泄漏至收集器中的示漏气体进行多次采样和循环的系统。

12. 如权利要求 1-6 任一项所述的检漏系统,其特征在于,所述漏率标定系统为可以向收集器内注入一定压力、体积和纯度的示漏气体的系统。

13. 一种大气累积检漏的检漏方法,包括以下步骤:

1) 示漏气体的充装:根据被检件的检漏技术要求,通过相应的示漏气体充装设备对被检件充入一定压力和纯度的示漏气体;

2) 总漏率初值检测:将充装完示漏气体的被检件置于收集器内,并对收集器进行密封,同时对其内部气体进行搅拌以确保均匀性,最后通过检漏仪和示漏气体采样系统进行总漏率初值检测;

3) 总漏率终值检测 :被检件在收集器内静置一段时间 (根据被检件的具体漏率指标确定静置时间), 并对其内部气体进行搅拌后 ; 再次通过检漏仪和示漏气体采样系统进行总漏率终值检测 ;

4) 漏率标定 : 通过漏率标定系统向收集器中充入一定压力、体积和纯度的示漏气体量, 并对其内部气体进行搅拌后, 同样通过检漏仪和示漏气体采样系统进行示漏气体的样值检测, 最后通过初值、终值和样值的比对标定, 从而得出被检件的实际总漏率值 ;

5) 示漏气体的排放或回收 : 将总漏率检测完毕后的被检件移出收集器, 通过相应示漏气体排放或回收设备对被检件进行示漏气体的排放或回收。

14. 如权利要求 13 所述的检漏方法, 其中, 充装示漏气体前要确保充装设备及管道自身的漏率至少应小于被检件漏率指标的 1% 或者更小, 以便最大程度的降低检漏环境中示漏气体的浓度, 提高总漏率检测的灵敏度。

15. 如权利要求 13 所述的检漏方法, 其中, 漏率标定步骤 4) 中所述的一定压力, 其压力测量设备的精度不得低于 0.1% FS, 且必须经过国家二级以上检定机构检定合格后使用 ; 漏率标定步骤 4) 中所述的一定纯度应与被检件内充装的示漏气体纯度相同。

16. 如权利要求 13 所述的检漏方法, 其中, 所述一定体积是指一个能够承受一定正压和负压, 漏率不得大于 $1 \times 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的刚性腔体, 且腔体的容积必须经过国家二级以上计量单位标定后使用。

17. 如权利要求 16 所述的检漏方法, 其中, 所述刚性腔体的材质为不锈钢。

18. 如权利要求 16 所述的检漏方法, 其中, 总漏率初值检测前, 可以先通过其它检漏方法尽量先排除明显大于总漏率指标的大漏点。

大气累积检漏系统及其检漏方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种总漏率检测系统,特别是涉及一种采用大气累积检漏技术进行的大部件及复杂密封系统总漏率的检测系统以及检漏方法。

背景技术

[0002] 目前使用的总漏率检测方法主要有两种,即:压力变化检漏方法和真空检漏方法。

[0003] 压力变化检漏方法又可分为压升法和压降法,是以检测被检件内气体的压力变化情况来实现总漏率检测的一种方法,是一种原理相对通俗易懂,设备组成及操作、使用相对简单,各项成本相对较低的一种总漏率检测方法。但这种方法的检漏灵敏度与被检件的容积、检漏时间以及压力检测设备的灵敏度有关,而且为了确保检漏精度,除了要对温度变化进行修正外,还要对环境气压的变化进行修正。如果被检件或检测装置中存在吸附气体的材料和装置时,还将会对检漏结果带来较大的误差,因此,这种方法的灵敏度一般较低,误差也较大,只适用于漏率指标要求较低的被检件的总漏率检测。

[0004] 真空检漏方法是指将被检件充入一定压力的示漏气体后,放入真空容器中,通过与真空容器相连的检漏设备检测被检件泄漏至真空容器中的示漏气体的量,再通过与真空校准漏孔比对,从而实现对被检件总漏率检测的一种方法。这种检漏方法检漏灵敏度高,但对设备的要求也很高,尤其是对体积较大的被检件(如航空航天、船舶及核工业等产品),首先要求有一个能容纳被检件且能承受一定负压的容器,同时还要具备一套庞大的真空机组来进行真空的获得、测量和维持。因此这种检漏方法的设备复杂且制造、运行和维护成本高;同时,检漏周期长,使用、操作复杂,人力成本较高。对于大多数民用企业来说,高成本、低效率的检漏方法显然是不适用的。

[0005] 目前,对于绝大多数民用企业来说,采用的都是操作简单、成本较低,但灵敏度、精度也较低的压力变化检漏方法,产品的总漏率指标一直处于一个比较低的水平,与国际同行业标准相比还具有很大的差距,很大程度上影响了我国相关产品在国际市场上的竞争力。

[0006] 基于以上内容,目前迫切需要一种灵敏度较高,成本较低,操作、使用简单,且检测效率较高的总漏率检测方法,以使相关产品的总漏率检测标准和水平得到进一步的提高。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种灵敏度较高,成本较低,操作、使用简单,且检测效率较高的总漏率检测系统。

[0008] 本发明的另一目的是提供一种利用上述的检测系统进行系统总漏率的检测方法。

[0009] 本发明所提供的大气累积检漏系统,包括收集器、检漏仪、大气基准气体气源、示漏气体采样系统和漏率标定系统,示漏气体采样系统与检漏仪的检漏口通过真空密封连接件进行密封连接;同时示漏气体采样系统还通过压力管道分别与大气基准气体气源、检漏环境大气及收集器相连,除一端与检漏环境大气相连外,其余相连端均为密封连接,相互之

间的连接分为两个互相独立的部分,且两部分之间相互密封,通过交替切换的方式,分别与检漏仪相连通,这两个相互独立部分的具体连接关系为:大气基准气体气源输出的一定流量的大气基准气体通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道排放至检漏环境的大气中;收集器中的气体(被检件泄漏出来的示漏气体与大气的混合气体)通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道重新进入收集器。漏率标定系统通过压力管道与收集器进行密封连接。

[0010] 上述系统中,所述收集器为密封容器或包覆物,对上述示漏气体不具有吸附性,或根据被检件漏率要求,示漏气体的吸附可忽略不计,或吸附性可知。其密封容器内部材质最优选择为不锈钢,对于部分漏率要求较低的被检件也可以选择塑料薄膜包覆物。

[0011] 进一步地,所述收集器内为大气环境,不需要抽真空;且对于体积较大的收集器,其内部应具有气体搅拌和循环装置例如风机、风扇。

[0012] 上述系统中,检漏仪对应于采用的示漏气体类型,例如示漏气体为氦气时,检漏仪为氦质谱检漏仪。

[0013] 上述系统中,所述大气基准气体气源为示漏气体和高纯氦气(纯度为 99.999%)的混合气体,其中示漏气体的浓度与检漏环境大气中的示漏气体浓度相同或接近。

[0014] 进一步地,所述示漏气体为惰性气体和/或卤素化合物气体,常用的有:氦气、氩气、氖气、四氟化碳、氟利昂等,最优选择为纯度为 99.999%的高纯氦气。

[0015] 上述系统中,所述示漏气体采样系统为可以交替对大气基准气体和被检件泄漏至收集器中的示漏气体进行多次采样和循环的系统。

[0016] 上述系统中,所述漏率标定系统为可以向收集器内注入一定压力、体积和纯度的示漏气体的系统。

[0017] 本发明所提供的大气累积检漏的检漏方法,包括以下步骤:

[0018] 1) 示漏气体的充装:根据被检件的检漏技术要求,通过相应的示漏气体充装设备对被检件充入一定压力和纯度的示漏气体;

[0019] 2) 总漏率初值检测:将充装完示漏气体的被检件置于收集器内,并对收集器进行密封,同时对其内部气体进行搅拌以确保均匀性,最后通过检漏仪和示漏气体采样系统进行总漏率初值检测;

[0020] 3) 总漏率终值检测:被检件在收集器内静置一段时间(根据被检件的具体漏率指标确定静置时间),并对其内部气体进行搅拌后;再次通过检漏仪和示漏气体采样系统进行总漏率终值检测;

[0021] 4) 漏率标定:通过漏率标定系统向收集器中充入一定压力、体积和纯度的示漏气体量,并对其内部气体进行搅拌后,同样通过检漏仪和示漏气体采样系统进行示漏气体的样值检测,最后通过初值、终值和样值的比对标定,从而得出被检件的实际总漏率值;

[0022] 5) 示漏气体的排放或回收:将总漏率检测完毕后的被检件移出收集器,通过相应示漏气体排放或回收设备对被检件进行示漏气体的排放或回收。

[0023] 其中,所述示漏气体为惰性气体和卤素化合物气体,常用的有:氦气、氩气、氖气、四氟化碳、氟利昂等,最优选择为纯度为 99.999%的高纯氦气。另外,充装示漏气体前首先要确保充装设备及管道自身的漏率至少应小于被检件漏率指标的 1%或者更小,以便最大

程度的降低检漏环境中示漏气体的浓度,提高总漏率检测的灵敏度。

[0024] 其中,漏率标定4)中所述的一定压力,其压力测量设备的精度不得低于0.1% FS,且必须经过国家二级以上检定机构检定合格后使用;所述的一定纯度应与被检件内充装的示漏气体纯度相同;同时,一定体积,我们称之为“标准容积”是指一个能够承受一定正压和负压,自身密封性良好(漏率不得大于 $1 \times 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)的刚性腔体(一般选择不锈钢),且腔体的容积必须经过国家二级以上计量单位标定后使用。对于同一个收集器、同一台检漏仪及采样系统而言,相同的被检件,尤其是批生产中同一批次的被检件的漏率定标只进行一次即可。

[0025] 其中,总漏率初值检测前,可以先通过其它检漏方法尽量先排除明显大于总漏率指标的大漏点,更进一步的提高之后总漏率检测的效率。

[0026] 本发明所提供的检漏系统和检测方法适用于航空航天工业、船舶、汽车、核工业等大型工件的总漏率检测,同时对于其它行业有密封要求的较小型的工件也同样适用。本发明所提供的检测方法和工艺流程属于非接触性的无损检测范畴,不会对被检件造成任何损伤,完全符合国家关于无损检测的相关标准。本发明技术方案的特点包括:

[0027] 1. 大气累积检漏技术在国内相关检漏行业中为首创,尤其是其中所采用的大气基准气体,采样系统及漏率标定系统的设计在国际上也均属首创。

[0028] 2. 大气累积检漏技术需要的设备简单,制造和运行成本低,检测周期短,易于维护和保养,且检测灵敏度完全满足目前航天器以及绝大部分民用产品的总漏率检测要求,具有很强的实用性;目前,在航天器总漏率检测中,已经完全完全替代了以往的真空检漏方法。

[0029] 3. 大气累积检漏技术更多的依赖于氦质谱检漏技术,但并不完全局限于此,目前基于四极质谱技术的大气累积检漏技术也在逐渐成熟和发展,示漏气体的种类将不再局限于氦气和部分卤素化合物气体了,更多的诸如:氟气、氟气等气体也在逐渐投入使用。大气累积检漏技术将会获得更加广阔的发展空间。

附图说明

[0030] 图1为本发明的大气累积检漏系统的示意图;

[0031] 其中,1、大气基准气体气源;2、示漏气体采样系统;3、检漏仪;4、被检件;5、收集器;6、漏率标定系统。

具体实施方式

[0032] 以下介绍的是作为本发明所述内容的具体实施方式,下面通过具体实施方式对本发明的所述内容作进一步的阐明。当然,描述下列具体实施方式只为示例本发明的不同方面的内容,而不应理解为限制本发明范围。

[0033] 图1为本发明的大气累积检漏系统的示意图。本发明的大气累积检漏系统包括收集器、检漏仪、大气基准气体气源、示漏气体采样系统和漏率标定系统。示漏气体采样系统与检漏仪的检漏口通过真空密封连接件进行密封连接;同时示漏气体采样系统还通过压力管道分别与大气基准气体气源、检漏环境大气及收集器相连(由图1中箭头所示,包括2个输入口和2个输出口),除一端与检漏环境大气相连外,其余相连端均为密封连接,相互

之间的连接分为两个互相独立的部分,且两部分之间相互密封,通过交替切换的方式,分别与检漏仪相连通,这两个相互独立部分的具体连接关系为:大气基准气体气源输出的一定流量的大气基准气体通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道排放至检漏环境的大气中;收集器中的气体(被检件泄漏出来的示漏气体与大气的混合气体)通过压力管道进入示漏气体采样系统,其中一部分被检漏仪吸入,另一部分则通过压力管道重新进入收集器。漏率标定系统通过压力管道与收集器进行密封连接。

[0034] 本发明的原理如下:充装一定压力、纯度的示漏气体的被检件由于自身的泄漏,经过一段时间 t 的静置后,收集器内的示漏气体浓度必然会产生一个增量,则这个增量便可以通过示漏气体采样系统进入检漏仪,并形成漏率信号值 U_1 ;这时,再通过漏率标定系统向收集器内注入一定压力、体积和纯度的示漏气体量,这个一定压力、体积和纯度的示漏气体量被称为“标准气体量”,同时,这个“标准气体量”必然会使收集器内的示漏气体浓度再次产生一个增量,并在检漏仪上再次形成一个漏率信号值 U_2 ;由于这个“标准气体量”是已知的且经过精确标定的,因此通过简单的比例关系,我们就可以很容易的得出 U_1 所对应的示漏气体的增量,取国际标准单位,则量纲为 $[\text{Pa} \cdot \text{m}^3]$,再除以被检件静置的时间 t ,取国际单位 s ,即可得出被检件的实际总漏率,国际单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

[0035] 具体来说,进行复杂航天器密封系统总漏率检测时,首先要明确航天器密封系统的各项检漏要求,包括检漏状态、检漏接口、检漏压力、检漏介质(示漏气体)、漏率指标等等,并依此制定相应的工艺流程或详细工艺规程。检漏工作开始前,对所有需使用的仪器、仪表进行检定,尤其是漏率检测和标定系统的相关仪器、仪表;并对所有需使用的设备及工装进行检查和确认,由于涉及到气体的充装,因此对充装设备和管道的耐压强度尤其要引起重视;同时,也要确保充装设备和管道的密封性满足检漏要求。

[0036] 检漏工作正式开始时,首先要对航天器密封系统进行示漏气体(一般选择 99.999% 的高纯氦气)的充装,充装时一般需要控制速度,以进一步确保安全。同时,充装过程中,要注意监测航天器周围的氦气浓度,发现异常情况应及时停止,确定大泄漏点的位置并进行修补后再继续充装。

[0037] 航天器密封系统充装氦气完成后,封闭密封系统的进气口,并断开氦气充装管道及设备,之后将航天器置入收集器中(此间要注意航天器及人身安全),并对收集器进行密封,确保航天器泄漏的氦气不会泄漏到收集器外。这时,需开启收集器内的搅拌风机进行收集器内气体搅拌,直至均匀;同时利用大气基准气体进行氦质谱检漏仪的调试和校准,使检漏仪处于最佳工作状态。

[0038] 以上工作完成之后,即开始进行总漏率初值的检测,此时首先启动采样循环系统,然后交替进行收集器和大气基准气体的采样、检测和循环,采样次数不少于 3 次,并取其平均值计算后作为总漏率初值。

[0039] 航天器在收集器内静置一段时间(航天器密封系统的漏率指标较高,静置时间一般不少于 18 小时)后,首先重复以上进行的收集器内气体搅拌,检漏仪调试、校准过程;然后开始进行总漏率终值的检测,检测过程同以上的初值检测过程。

[0040] 总漏率终值检测完毕后,应立即进行漏率标定,即示漏气体取样、放样和样值检测。首先进行示漏气体的取样,即先对标准容积进行抽空,之后充入一定压力的高纯氦气,

充气时应缓慢,避免由于充气过快造成标准容积温度变化,从而对标准容积的容积产生影响;充气完成后应静置 5 ~ 10 分钟后再读取标准容积内的压力值,以便更进一步的减少温度对标准容积的影响。取样完成后,立即进行示漏气体的放样,之后立即关闭相应放样阀门,避免标准容积内的氦气进一步扩散至收集器内。最后再次开启收集器内的搅拌风机进行收集器内气体搅拌,直至均匀,并参照以上初值或终值的检测过程进行示漏气体样值的检测。

[0041] 根据以上所得的检测数据及各项参数,通过比对、计算和数据处理,即可获得航天器密封系统的总漏率数值。

[0042] 总漏率检测完成后,进行示漏气体的排放或回收。排放或回收过程中,应控制速度,以免被检件温度过低而结露、结霜、结冰甚至冻裂,造成产品和人身的伤害。

[0043] 本发明所涉及的被检件在收集器内的静置时间,根据被检件的漏率指标不同,以及被检件体积和收集器容积的不同,可以选择不同的静置时间。一般来说,被检件漏率指标越高,静置时间越长;被检件体积与收集器容积相差越大,静置时间越长。

[0044] 本发明所涉及的总漏率检测灵敏度不低于 $1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$,通过缩小被检件与体积收集器容积之间的差距,以及适当增加静置时间的方法,可以进一步提高检测灵敏度。

[0045] 由以上说明可知,本发明所提供检漏方法可以适用于绝大部分有密封要求的产品总漏率检测。本发明具有工艺流程简单,检测效率较高,操作管理方便,运行维护成本低,检漏灵敏度较高等一系列优点。

[0046] 尽管上文对本发明的具体实施方式进行了详细的描述和说明,但应该指明的是,我们可以对上述实施方式进行各种改变和修改,但这些都脱离本发明的精神和所附的权利要求所记载的范围。

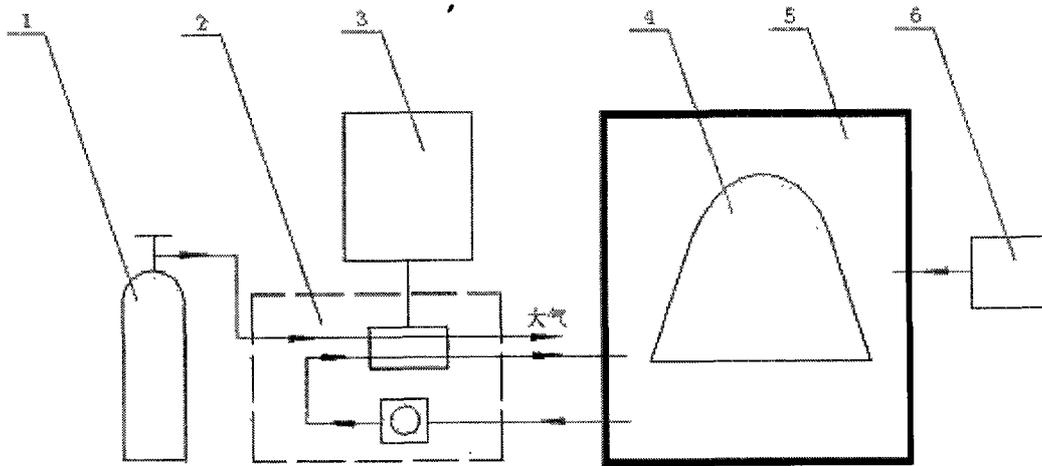


图 1