

ICS 19.100

H 26

备案号:

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 3016—2007

航空器渗漏检测

Leak testing in aircraft

2007-02-07 发布

2007-05-01 实施

中国民用航空总局 发布

中华人民共和国民用航空
行业标准
航空器渗漏检测
MH/T 3016—2007

*

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街16号 邮政编码:100081
电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行
北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本:880毫米×1230毫米 1/16 印张:1.5 字数:42千字
2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷
印数:1—500册 定价:30.00元
统一书号:175046·1022/1942

目 次

前言

引言

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	1
5 结构油箱检漏步骤	3
6 检测报告及资料保存	4
附录 A(规范性附录) 气泡检漏法	5
附录 B(规范性附录) 氦质谱检漏法(嗅吸探头法)	9

前 言

本标准的附录 A、附录 B 都是规范性附录。

本标准由中国民航无损检测人员技术资格鉴定委员会提出。

本标准由中国民用航空总局航空安全技术中心归口。

本标准起草单位：南京航空航天大学民航学院、广州飞机维修工程有限公司、中国国际航空公司工程技术分公司成都维修基地、中国民用航空总局航空安全技术中心。

本标准主要起草人：陈果、谢春毅、刘跃明、包明、聂有传、侯佑平、常士基。

引 言

民用航空器管路系统的密封性是航空器维修工作的重要组成部分,管路系统主要包括:燃油、液压、氧气、气源、空调和灭火系统等。这些密封系统渗漏是航空器制造和使用过程中常见的故障,若不能及时排除就会影响航班正常甚至威胁航空器的运行安全。检测航空器渗漏,特别是航空器结构油箱渗漏,工艺过程复杂,影响因素多,技术难度大,成为航空器修理工作的一大难题。因此,需要制定标准,为选取合适的检漏方法并为正确实施检测提供指导。

近年来,氦质谱检漏方法在航空领域的应用逐渐增多。实践证明:在航空器结构油箱制造与维修过程中,采用氦质谱检漏仪进行气密性检测是一种实用的检漏技术,该检漏方法安全、方便,使油箱修补时间大大缩短,降低员工的劳动强度,提高了燃油箱修补质量。

本标准参考 GB/T 15823—1995《氦泄漏检测》、美国材料试验协会标准 ASTM E515—95(2000)《Standard Test Method for Leaks Using Bubble Emission Techniques》、ASTM E499—95(2000)《Standard Test Methods for Leaks Using the Mass Spectrometer Leak Detector in the Detector Probe Mode》编写,同时吸收了民航各单位从事结构油箱渗漏检测的经验,参考了波音飞机、空客飞机维修手册的相关内容。

本标准的制定为渗漏检测人员提供工作依据,有效控制检测质量,提高检漏精度和效率,改善运营可靠性和维修经济性,对保证飞行安全发挥重要作用。

航空器渗漏检测¹⁾

1 范围

本标准规定了对民用航空器进行渗漏检测的步骤、要求和方法。

本标准适用于民用航空器结构油箱的渗漏检测,也可用于密封系统如燃油、液压、氧气、灭火、气源、空调等系统的密封性检测和漏率测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 12604.7—1995 无损检测术语 泄漏检测(EQV ASTM E1316:1991)

MIL-L-25567D 氧气系统渗漏检测

3 术语和定义

GB/T 12604.7—1995 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

渗漏检测 leak testing

检查是否渗漏或对渗漏定位、定量的方法。

3.2

渗漏检测灵敏度 sensitivity of leak test

在规定条件下,仪器、方法或系统能够检测出的最小漏率。

3.3

嗅吸探头 sniffing probe

取样探头(采样探头) sampling probe

用来采集被检件上某一区域逸出的示踪气体和在规定的减压条件下将示踪气体馈送给检漏仪的一种器件。

3.4

涂刷液体检测 liquid application test

将检测液体涂刷在检测区域的低压侧,观察液体中产生的气泡情况以检出渗漏的一种检测方式。

3.5

油箱渗漏路径 fuel tank leak path

油箱内漏点和外漏点之间构成的通路。

4 一般要求

4.1 人员资格

从事渗漏检测的人员应经过专业培训和资格鉴定,并取得相应技术资格认证。

1) 本标准采用“渗漏”。GB/T 15823—1995 和 GB/T 12604.7—1995 标题仍沿用“泄漏”,但若引用其相关条款成为本标准的内容时,将“泄漏”修改为“渗漏”。

4.2 检测技术

检测技术包括重力检漏、气泡检漏(见附录 A)和氦质谱检漏(嗅吸探头法)(见附录 B)等。

4.3 预检

在采用灵敏的检测方法之前,可先用简便的方法进行预先检测,但这种检测不应把待检件的渗漏孔遮蔽或堵塞。

4.4 准备工作

4.4.1 清洁状态

被检测表面应无可能遮蔽渗漏的污物。用液体清洁后,应在渗漏检测之前对被检测表面进行干燥。

4.4.2 密封

在检测前应使用塞子、盖板、密封脂、胶合剂或其他能在检测后易于全部除去的材料把所有的孔加以密封。

4.5 安全

4.5.1 在进行渗漏检测前,应设置安全区域。需要时,放置安全护栏。

4.5.2 油箱检漏时,应在驾驶舱内明显位置挂警示牌,不应进行航空器通电、喷漆及发动机试车等作业。在被检测航空器停放位置 61 m(200 ft)范围内,不应接通其他飞机的雷达等电子辐射设备。

4.5.3 人员进入油箱工作前,应抽空油箱内燃油,放出和吸干余油,实施通风,把油箱内的燃油蒸气浓度降到 10% LEL(爆炸下限)以下,氧气浓度应在 19.5%~23.5% 范围内。

4.5.4 进入油箱工作的人员,应按相应手册的安全规定进行操作,使用防爆的工具和照明设备,穿防静电工作服,并与外界建立可靠的联络。

4.5.5 本标准没有涉及与检测有关的所有安全要求。在检测过程中,使用者有责任根据实际情况制订和遵守其他相关的安全程序和安全防护措施。

4.6 温度和压力

4.6.1 温度

所有被检件在检测期间,金属的最低或最高温度不应超过所采用检测方法或技术所允许的温度。

4.6.2 压力

检测过程中,检测气体的压力应大于或等于规定的压力。但除非另有规定,所施加的压力不应超过被检件设计压力的 25%。

4.7 检测设备

4.7.1 压力表

4.7.1.1 在渗漏检测中使用刻度指示式或记录式压力表时,其刻度范围约为预期最大压力的 2 倍,但其量程不应小于最大压力的 1.5 倍,也不应大于 4 倍。压力表分度应等于或小于规定值的最小单位。

4.7.1.2 当被检件需进行压力或真空渗漏检测时,刻度指示式压力表与被检件相连接,或从远端与被检件相连,使操作者能在被检件连续增压、抽空、检测和降压或排气的全过程中易于观察到这些压力表,以控制加压或抽空。

4.7.1.3 除非另有规定,渗漏检测可以采用记录式或指示式压力表,但应至少采用一个记录式压力表。

4.7.2 其他设备

应根据选用的检测方法和技术要求确定。

4.7.3 设备校准

4.7.3.1 检测设备应按计量器具管理规定进行定期的校准或检定,校准或检定周期最长为 1 年。

4.7.3.2 若需定量检测漏率或对检测灵敏度有要求时,应对所使用的标准漏孔进行校准。

4.7.3.3 怀疑设备工作不正常时,应重新校准或检定。

4.8 检测工艺

检测工艺应至少包括下列内容：

- a) 工艺编号；
- b) 适用机型和范围；
- c) 所采用的检测技术；
- d) 检测参数；
- e) 检测设备型号；
- f) 安全事项；
- g) 参考文献。

5 结构油箱检漏步骤

5.1 结构油箱渗漏特点和查找原则

5.1.1 渗漏特点

结构油箱渗漏有下列特点：

- a) 油箱渗漏原因可能是油箱紧固件密封失效，或者是油箱结构结合面的密封失效，但是应排除结构件失效的可能性；
- b) 内漏点和外漏点一般不会是内、外正对；
- c) 可能几个内漏点对应一个外漏点，也可能一个内漏点对应几个外漏点。

5.1.2 查找漏点的原则

5.1.2.1 渗漏检测可以选择采用重力检漏、气泡检漏、氦质谱检漏等不同技术，其最佳选择是灵敏度、成本和可靠性的优化组合。

5.1.2.2 对结构油箱，应以外漏点为起始点，按最小阻力路径原则沿胶缝查找内漏点。如果胶缝涉及油箱的分隔元件，该元件相邻的两个油箱的胶缝都应列入检查范围。

5.2 查找外漏点

5.2.1 重力检漏

按照航空器维修手册的规定，给结构油箱加满燃油并进行静置观察，从燃油渗漏痕迹查找外漏点。

5.2.2 气泡检漏

5.2.2.1 按 4.4.2 的要求对油箱进行密封。

5.2.2.2 在油箱相应位置安装压力表。

5.2.2.3 向油箱中充入规定压力空气。

5.2.2.4 在油箱外表面可疑渗漏处涂刷检测液体，观察气泡，并在渗漏处做好标记。

5.2.2.5 将油箱外表面的检测液体擦干净。

5.2.2.6 释放油箱压力，断开压力表，拆除所有用于检漏的装置。

5.2.3 氦质谱检漏

必要时，可采用氦质谱检漏技术。

5.3 查找内漏点

5.3.1 气泡检漏

5.3.1.1 分析油箱渗漏路径，确定油箱内表面可疑漏点区域。

5.3.1.2 在油箱内表面可疑漏点处涂刷检测液体。

5.3.1.3 在油箱外的检漏人员参照图 1 所示的反吹气法，在外漏点处吹气，在油箱内的检漏人员观察气泡生成情况，以确定内漏点位置。

5.3.2 氦质谱检漏

5.3.2.1 分析油箱渗漏路径，确定油箱内表面可疑漏点区域。

5.3.2.2 检查人员携带检测设备和探头,进入油箱内表面可疑漏点区域。

5.3.2.3 在外漏点处加一人工增压室,向增压室通入氦气。该增压室应能持续地保持 1.38 kPa (0.2 psi) 的压力,该方法示意图参见图 2。

5.3.2.4 在油箱内人员根据探头指示确定内漏点位置。

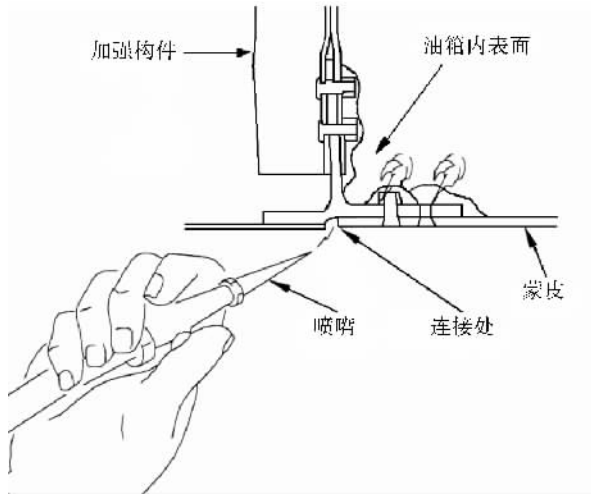


图 1 气泡检漏(反吹气法)查找内漏点示意图

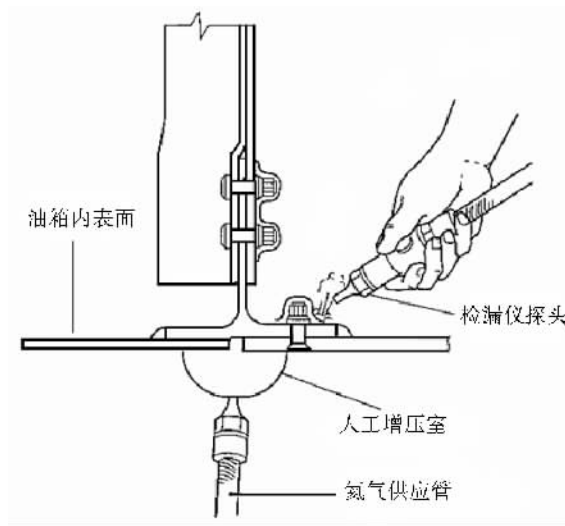


图 2 氦质谱检漏查找内漏点示意图

5.3.3 其他检漏技术

其他检漏技术包括着色液体渗透检漏、卤素检漏等,应按照所选择方法的要求查找内漏点。

5.3.4 标记

找出所有的内漏点,并做好标记。

6 检测报告及资料保存

6.1 检测报告

当检测工艺和技术文件有要求时,应编写并签发检测报告。

6.2 资料保存

检测资料应按有关规定进行保存。

附 录 A

(规范性附录)

气泡检漏法

A.1 概述

本附录修改采用 ASTM E515—95(2000)《气泡法检漏的试验方法标准(Standard Test Method for Leaks Using Bubble Emission Techniques)》，规定了用气泡法进行渗漏检测和渗漏定位的方法和步骤。其基本原理是在被检件两侧建立一个气体压差，观察处于低压侧液体介质中产生的气泡。该方法的灵敏度与压差、产生压差的气体和用于检测的液体等有关，只要对检测区域保持压差，这种方法就可持续使用。

气泡检漏法包括浸渍起泡技术和涂刷液体技术，灵敏度通常为 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-10} \text{ mol/s}$)。

A.2 一般要求

A.2.1 被检件表面清洁

被检件表面应彻底清洁，如有油污、铁锈、锻焊渣等，则表面可能产生气泡，给出错误的渗漏指示。

A.2.2 检测液体

检测液体应符合下列要求：

- a) 检测液体应为不会对被检件产生损害的中性液体；
- b) 检测液体应洁净；
- c) 检测液体涂敷时不易产生泡沫；
- d) 如果被检件中含有不锈钢、镍或铬合金制成的零件，检测液体中硫磺和卤素含量均应小于 10×10^{-6} ；
- e) 如果被检件含有聚乙烯或塑料结构制成的零件，检测液体不应对被检件造成环境应力裂纹；
- f) 用于氧气系统的检测液体应满足 MIL-L-25567D 的要求。

A.2.3 避免检测液体沸腾

当使用真空方法时，应避免低压端上的过度真空使检测液体沸腾。

A.2.4 压力

在使用涂刷液体法时，应缓慢增加压力。

A.3 浸渍起泡技术

A.3.1 应用条件

浸渍起泡技术一般用于检测密封性容器的渗漏。若被检件的物理尺寸允许它沉浸在充满液体的容器中，则可以看到被检件的所有渗漏点，且可以依据气泡大小估计漏率大小。但该方法不适合检测系统的总漏率。

A.3.2 产生压差的方法

A.3.2.1 直接增压法

直接对被检件充入高压气体从内部增压，或者将被检件放入高压气体室从外部加压。

A.3.2.2 热槽法

在大气压下，首先将示踪气体封入被检件中，然后将被检件浸入到装有预先加热好的高沸点显示液的热槽中，被检件中的示踪气体受热后压力上升，使其内外产生压差。

A.3.2.3 真空室法

将被检件沉浸在检测液体中,然后把盛装检测液体和被检件的容器置于真空室中。在不使检测液体沸腾的前提下,降低真空室内压力到某一程度,使被检件内外产生压差。

A.3.3 使用的检测液体

下列检测液体如果符合要求并对检测部件没有损害作用,则可以使用:

- a) 水与润湿剂:水应与至少 1/3 体积的润湿剂一起混合使用,以减少表面张力,促使气泡产生;
- b) 无水甲醇:不适合热槽法或者真空法;
- c) 无水乙醇;
- d) 矿物油:真空法最适合使用矿物油作为检测液体,但被检件需要进行除油处理。

A.3.4 检测技术及其步骤

A.3.4.1 直接增压法

A.3.4.1.1 将被检件或者被检件中需检测的区域放在选用的检测液体里,至少观察 2 min。在观察时间内,如果一个单点产生一串气泡,或者从一个单点慢慢产生逐渐长大并释放两个或多个气泡,则认为该处存在渗漏。

A.3.4.1.2 将被检件放置在高压的压力室中,压力室中的压力主要取决于被检件的承受能力,然后将被检件从压力室中移出,在 2 min 之内将其置于选用的检测液体中,至少观察 2 min,根据一个单点产生的一串气泡来确定渗漏位置。

A.3.4.2 热槽法

A.3.4.2.1 将被检件置于高温检测液体中,检测液体应能稳定地保持高温状态,温度高低取决于被检件所能容忍的温度。

A.3.4.2.2 如果在观察时间内,观察到从一个单点产生一串气泡,或者从一个单点慢慢产生逐渐长大并释放两个或多个气泡,则认为该处存在渗漏。

A.3.4.2.3 观察时间取决于被检件的内部体积和密封被检件的材料。

A.3.4.2.4 应有足够的保压时间使被检件内部压力达到预定的压力值。

A.3.4.3 真空室法

A.3.4.3.1 将被检件放在盛满检测液体的容器里,然后将这个容器放在有观测口的真空室里。

A.3.4.3.2 减少真空室里的压力,通过观察从一个单点产生一串气泡,或者从一个单点慢慢产生逐渐长大并释放两个或多个气泡,以确定渗漏位置。

A.3.4.3.3 真空度根据检测液体而定,在不使检测液体沸腾的情况下,真空度应尽可能大。

A.3.4.3.4 该方法也可用于检测未密封的部件的某个渗漏部位(参见图 A.1)。

A.4 涂刷液体技术

A.4.1 应用条件

A.4.1.1 该技术适用于可以在被检测区域两侧产生压差的任何被检件,常用于检测管道系统、压力容器或者不易浸入的系统的渗漏检测。

A.4.1.2 根据气泡类型(尺寸、形成速率),可以估计漏率大小,但不适合测量漏率。

A.4.1.3 若被检件不能加压或者只能接触到它的一侧,则可以采用真空盒技术检测。

A.4.2 涂刷检测液体

A.4.2.1 在涂刷检测液体之前应建立好压差,以防止阻塞小漏孔。

A.4.2.2 在涂刷检测液体时,液体本身不应产生泡沫或气泡。

A.4.2.3 将检测液体涂刷在检测区域的低压侧,然后观察液体中产生的气泡。

A.4.2.4 若检测区域是部件连接处,则应在连接处全部涂上检测液体。

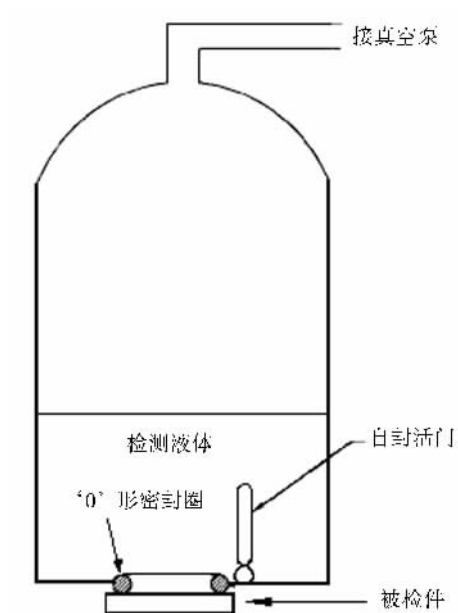


图 A.1 真空室技术检漏示意图

A.4.3 检测液体的类型

宜使用专用的检测液体。选用的检测液体应只对渗漏产生气泡,对于其他情况不应产生并释放气泡。如果使用肥皂水或稀释的家用洗涤剂作为检测液体,则会使灵敏度降低。

A.4.4 真空盒技术

将真空盒放置在涂满检测液体的被检区域上方,然后将真空盒保持在 20.68 kPa (3 psi) 的真空度(或相应方法要求的真空度),并至少保持 15 s(见图 A.2)。

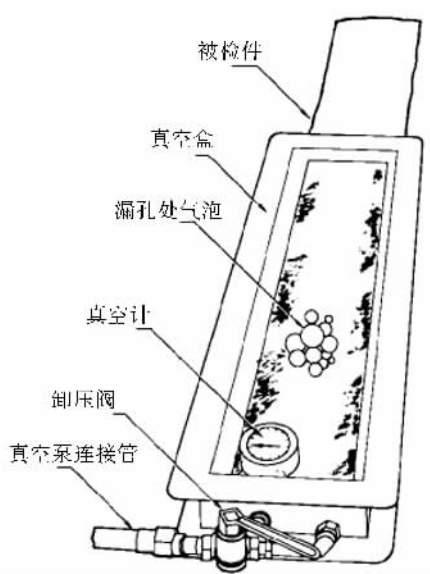


图 A.2 真空盒技术

A.5 精度与偏差

A.5.1 精度

气泡法只适用于确定被检件是否存在渗漏,一般不用于测量漏率。

对于漏率大于或等于 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-9} \text{ mol/s}$) 的漏孔,其精度允差不应超过 $\pm 5\%$ 。对于更小漏率的漏孔,其精度取决于检测人员的操作技术。

A.5.2 重复性

在确定被检件是否存在渗漏时,对漏率为 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-9} \text{ mol/s}$) 的渗漏,由同一检测人员做重复检测时,检出结果变化不应超过 $\pm 5\%$ 。

A.5.3 再现性

在确定被检件是否存在渗漏时,对漏率为 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-9} \text{ mol/s}$) 及以上的渗漏,由其他检测人员做重复检测时,检出结果变化不应超过 $\pm 10\%$ 。

附 录 B
(规范性附录)
氦质谱检漏法(嗅吸探头法)

B.1 概述

本附录修改采用 ASTM E499—95(2000)《氦质谱仪检漏(嗅吸探头法)的试验标准(Standard Test Methods for Leaks Using the Mass Spectrometer Leak Detector in the Detector Probe Mode)》,规定了使用氦气或其他示踪气体检测漏率大于或等于 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/s}$) 的漏孔的方法和步骤,包括直接探测法和累积测试法两种方法。

B.1.1 直接探测法

B.1.1.1 直接探测法原理参见图 B.1,即在被检区域建立压差,通过探头在低压侧探测以确定漏点。一般常用于检测能填充示踪气体的大型系统和复杂管道系统。

B.1.1.2 该方法可应用于任何尺寸的被检件,可以用于查找被检件漏孔,但一般不用于测定漏率,只能近似估计漏率值。

B.1.1.3 检测结果包括本底信号和被探头检测到的从漏孔泄漏出的示踪气体信号,所以在检测区域应保证有足够的通风,以避免增加示踪气体本底信号。在实际检测时,还应考虑 B.4 中规定的影响因素。

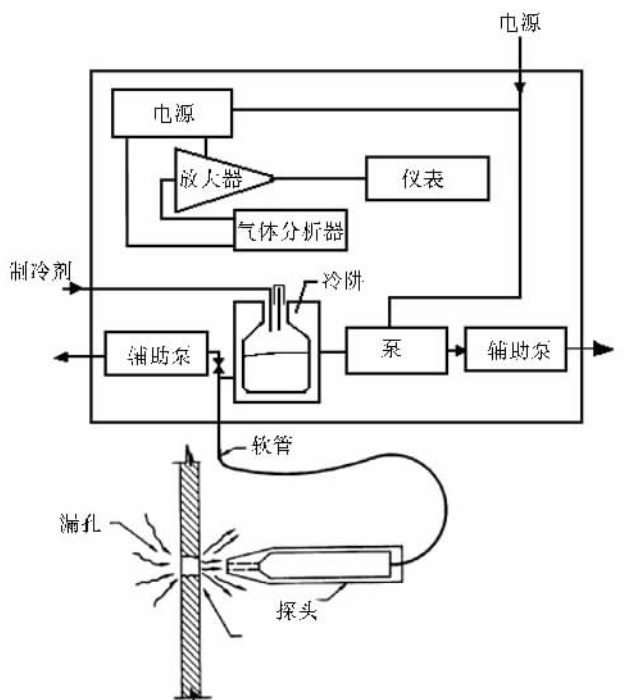


图 B.1 直接探测法示意图

B.1.2 累积测试法

B.1.2.1 累积测试法原理参见图 B.2。图 B.2 a)方法用于体积较小(数立方米)被检件的渗漏检测,图 B.2 b)方法用于大型被检件部分区域的渗漏检测。

B.1.2.2 在固定时间内,充入被检件内的示踪气体在压差作用下,通过漏孔向容室内渗漏,经过规定的时间后,容室内示踪气体浓度增加,并通过风扇搅匀,检测仪器则可以检测到示踪气体的增加量。

B.1.2.3 测试灵敏度主要取决于：

- 容室与被检件之间的容积大小；
- 被检件本身释放出的示踪气体数量。

B.1.2.4 检测出渗漏所需的时间随漏孔的漏率减小而增加，随容室和被检件之间的容积减小而减少。理论上用这种方法能检测到漏率无限小的渗漏，但是有限的检测时间和其他影响因素限制了这种检测方法的灵敏度，一般只能达到 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/s}$)。

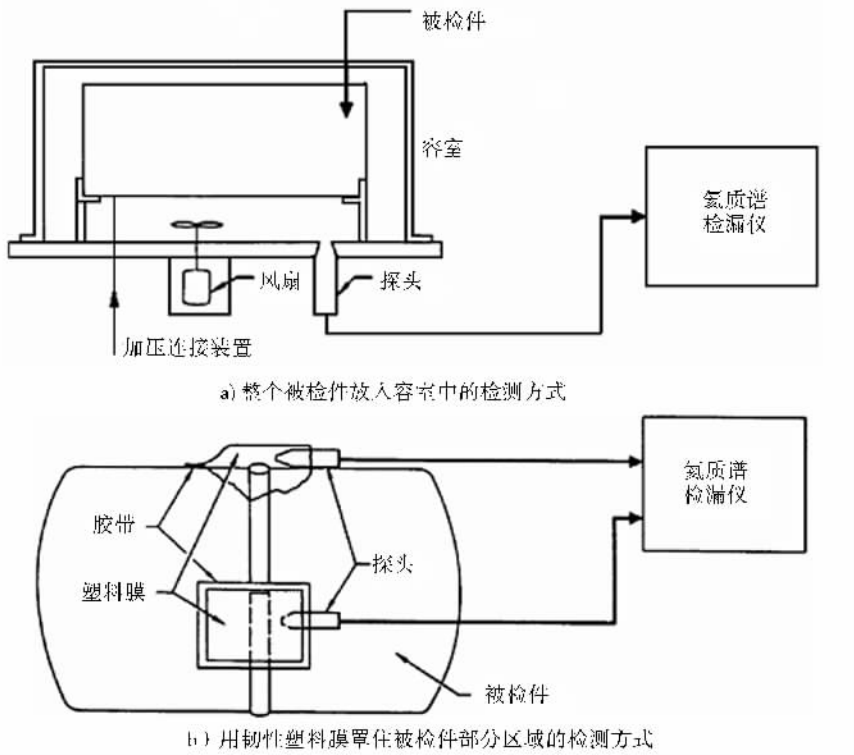


图 B.2 累积测试法示意图

B.2 一般要求

B.2.1 氦质谱检漏仪

氦质谱检漏仪应配备嗅吸探头、气体分析器和数字式或指针式仪表，并满足下列要求：

- a) 量程(线性)：能检测到漏率为 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-11} \text{ mol/s}$) 或更大的漏点，宜具有 3 倍和 10 倍的比例调节；
- b) 反应时间： $t \leq 3 \text{ s}$ ；
- c) 零点漂移和灵敏度：在最大灵敏度范围内，探头零点漂移和灵敏度的最大波动每分钟不超过满刻度的 $\pm 5\%$ ，在其他灵敏度范围内每分钟不超过 $\pm 2\%$ ；

注：波动原因可能是环境的干扰而不是设备因素。

- d) 能消除大气中氦气的影响，最好能自动调零。

B.2.2 氦渗漏标准漏孔

按照本附录规定检测渗漏的标准漏孔，应满足下列要求：

- a) 向大气中渗漏的标准漏孔，其漏率应标定为 $1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-8} \text{ mol/s} \sim 4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/s}$)；
- b) 标准漏孔漏率宜大小可调；

- c) 精度不低于满刻度的±25%；
- d) 温度系数由制造商给出；
- e) 向真空中渗漏的标准漏孔,除非仪器制造商另有说明,漏率应标定在 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-11} \text{ mol/s} \sim 4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/s}$) 之间。

B.2.3 其他设备

B.2.3.1 其他设备包括弹性软管、压力计、减压活门等。

B.2.3.2 弹性软管用于传送检测气体,为了缩短响应时间和清除时间,弹性软管应短于 4.5 m;若采用特殊设计,能获得短的响应时间和清除时间,也可使用较长的软管。

B.2.3.3 若另有要求,则需要泵和液态冷阱。

B.2.4 校准

B.2.4.1 检测仪器在渗漏检测前应进行校准。

B.2.4.2 仪器的灵敏度需要在工作中进行不断的调整,以便对特定的漏孔能给出一个易于观察但不超过量程的读数。

B.2.4.3 若检测时间较长,则在测试前后应利用标准漏孔对仪器进行校准。

B.2.4.4 若对很多的被检件做快速重复的测试时,则应有足够多的标准漏孔以保证获得满意的灵敏度。

B.3 具体要求

B.3.1 测试规范

测试规范除包括检测工艺规程外,还应包括:

- a) 需要测出被检件高压侧的压力值,若低压侧的压力与大气压不同,则也需要测出其压力值;
- b) 若需要,则应说明检测气体的成分;
- c) 最大允许漏率 [$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}(\text{mol/s})$];
- d) 指出漏率是指被检件的单个漏孔漏率还是整体的总漏率;
- e) 若规定检测出每个漏孔,则在焊接处、连接处以及其他可疑处都需要检测。

B.3.2 填充示踪气体

为了精确地测出漏率,设备内各部分的示踪气体的浓度应一致,为获得浓度均匀分布的示踪气体,应分别按照下列情况处理:

- a) 若设备的有效直径或长度变化不是很大(例如箱体),可简单地充入示踪气体;
- b) 若检测长而狭窄的系统,首先应将设备抽空至 100 Pa,然后再充入示踪气体;
- c) 若使用非 100% 的纯示踪气体,则在充气之前应混合均匀;
- d) 可利用较长的保压时间,获得浓度均匀的示踪气体。

B.3.3 安全系数

应根据设备的最大允许漏率和检测时所允许的最大漏率,确定合理的安全系数。经验表明,安全系数一般至少为 10。

示例:被检件的最大允许漏率为 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-11} \text{ mol/s}$),则在检测时,仪器可测出的漏率要求等于或低于 $1 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-12} \text{ mol/s}$)。

B.3.4 压力

应在达到规定工作压力时进行检测。实际检测过程中,应采取预防措施,防止被检件在检测过程中压力下降。

B.3.5 氦气处理

如果需要继续进行检测试验,那么检测气体不应逸散在这个区域,而应在通风的室外释放或回收

利用。

B.3.6 氦气损害作用

氦气对大部分的材料没有损害作用,然而氦气会渗入某些特殊材料,特别当氦气被玻璃或其他材料密封时,氦气将会渗入这种材料,对这些材料产生一定的损害作用。

B.4 影响因素

B.4.1 大气中氦气

大气中约有 5×10^{-6} 的氦气,这些氦气会不断地被吸到探头中,所以在用氦质谱检漏仪之前应校零,检测成功与否取决于是否能够正确分辨大气中的氦气和从漏孔渗漏出的氦气。大气中的氦气是非常稳定的,而渗漏出的氦气是逐渐增加的。如果在检测区域由于氦气渗漏而使大气中的氦气含量上升,会使检漏工作变得很困难。

B.4.2 放气影响

很多非金属材料(如橡胶、塑料)所吸附的氦气,在检测时可能会释放出来,如果放气速率和数量接近漏孔漏率的大小,则将降低检测的可靠性,所以应减少这种材料的使用及其在氦气中暴露的时间,以便得到满意的检测结果。

B.4.3 被检件表面污物

被检件表面应清洁、干燥,以免阻塞嗅吸探头孔,应经常借助标准漏孔进行校准,以确认探头孔没有被阻塞。

B.5 漏率换算

若使用不同示踪气体,在不同操作压力下,并给出了漏孔的几何参数,但仍不能得到精确的漏率换算关系式。如果按照 B.3.3 规定,采用安全系数大于或等于 10,则可假定为粘滞流,使用下列公式:

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_1 P_2^2 - P_1^2}{N_2 P_4^2 - P_3^2}$$

式中: Q_2 ——检测漏率,单位为帕立方米每秒($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)[摩尔每秒(mol/s)];

Q_1 ——操作漏率,单位为帕立方米每秒($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)[摩尔每秒(mol/s)];

N_1 ——操作气体粘滞系数²⁾;

N_2 ——检测气体粘滞系数²⁾;

P_2 ——检测气体高压端的绝对压力³⁾;

P_1 ——检测气体低压端的绝对压力³⁾;

P_4 ——操作气体高压端的绝对压力³⁾;

P_3 ——操作气体低压端的绝对压力³⁾。

注:经验表明,在相同的压力下,漏率小于 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-10} \text{ mol/s}$) 时,漏点处液体不会显示出来(如:水),因为液体很快蒸发掉,对于蒸发较慢的液体(如润滑油),这个漏率值更小,为 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-11} \text{ mol/s}$)。

B.6 检测步骤

B.6.1 直接探测法(参见图 B.1)

B.6.1.1 准备下列设备和文件:

- 2) 不同气体的粘滞系数产生的影响较小,有时可以忽略。
- 3) 从公式中可以看出,若压力增加,则漏率增加得更快。因此为增加灵敏度,检测时可将压力提高到设备的最高安全压力。若保持氦气数量不变,通过增加其他气体(如空气)的压力,同样可获得较高的灵敏度。

- a) 测试规范；
- b) 氦质谱检漏仪(Helium Leak Detector),并配备嗅吸探头；
- c) 向大气中渗漏的氦渗漏标准孔(Helium Leak Standard)；
- d) 向真空中渗漏的氦渗漏标准孔(Helium Leak Standard)；
- e) 压力等于或大于规定压力的测试气体；
- f) 压力计、减压活门、用来传导测试气体的弹性软管,若另有需要,还有真空泵；
- g) 液态氮(若需要)。

B.6.1.2 应根据最大漏率设定漏率标准。

示例:最大漏率为 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$;检测气体为含 1% 氦气的氦气空气混合气,则设定漏率为: $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \times 1\% = 1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

B.6.1.3 启动仪器并预热。若需要,则向冷阱中充入液氮,根据制造商的说明书调节仪器,使用 B.2.2 e) 中规定的向真空系统中渗漏的标准漏孔。

B.6.1.4 将仪器嗅吸探头放置在标准漏孔的位置,并与探头采样口连接。打开探头阀门,如果阀门是可调的,则将仪器调到最大漏率,同时保证在此漏率下,探头工作正常。

B.6.1.5 为消除大气中氦气的影响,应对仪器重新校零。

B.6.1.6 将标准漏孔水平放置,保持探头与标准孔在一条直线上,探头尖端与标准孔之间的距离为 $1.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ($0.06 \text{ in} \pm 0.02 \text{ in}$),并观察读数。

B.6.1.7 从标准漏孔处移开探头,由于受空气中的氦气波动及其他不稳定因素的影响,仪器测量值将产生波动,此时记下最小、最大读数。

B.6.1.8 如果 B.6.1.7 中的波动范围大于 B.6.1.6 中读数的 30%,应采取措施降低空气中氦气含量,或消除其他不稳定因素。否则,在该灵敏度下的检测将无效。

B.6.1.9 将被检件抽空(若需要)并向被检件中充入一定压力的示踪气体。

B.6.1.10 在可疑的漏点区域探测。探头应保持与设备表面不超过 1 mm (0.04 in) 的距离,并且移动速度不超过 20 mm/s (0.8 in/s)。如果找到漏点且读数超出可接受范围,则应在进行最终的检测之前修补好这些漏点。

B.6.1.11 在需检测的区域按次序探测,根据仪表显示识别漏点,并标记漏点位置。

B.6.1.12 若需要,在检测完成之后,将设备抽空或清除检测气体。

B.6.1.13 编写检测报告或按要求记录检测结果。

B.6.2 累积测试法(参见图 B.2)

B.6.2.1 除按 B.6.1.1 规定准备的设备和文件外,还应准备能密封全部被检件的容器室或能密封部分被检件的设备(如图 B.2 所示)。

B.6.2.2 按 B.6.1.1~B.6.1.8 进行检测。

B.6.2.3 设置灵敏度,为使积累时间减少到最小值,宜采用仪器的最大稳定灵敏度。

B.6.2.4 将被检件(未加压)和 B.2.2 a) 中的标准漏孔放入容室内,并安置好仪器嗅吸探头。

B.6.2.5 标准漏孔向容器室内渗漏示踪气体,此时记下仪器指示值的增长率。

B.6.2.6 移去标准漏孔,向被检件充入示踪气体并加压,重新记下仪器指示值的增长率,如果此增长率超过 B.6.2.5 中的增长率,则被检件漏率超过允许值,应视为不合格,需要修补。

B.6.2.7 将被检件从密闭容室中移出,并清除累积的氦气。

B.6.2.8 需要时,抽空被检件或清除被检件内的检测气体。

B.6.2.9 编写检测报告或按要求记录检测结果。

B.7 精度与偏差

B.7.1 精度

B.7.1.1 直接探测法

无相关要求。

B.7.1.2 累积测试法

同一检测人员使用同一仪器作重复检测时,结果变化应在 $\pm 25\%$ 之内,若使用另一仪器做重复试验,结果变化应在 $\pm 50\%$ 之内。

B.7.2 偏差

B.7.2.1 直接探测法

无相关要求。

B.7.2.2 累积测试法

漏率在 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($4.5 \times 10^{-11} \text{ mol/s} \sim 4.5 \times 10^{-8} \text{ mol/s}$)之间,漏率偏差一般为 $\pm 25\%$ 。
