ICS 23.040.60
CCS J 15

中华人民共和国国家标准

GB/T 46627—2025

管法兰用垫片高温密封性能试验方法

Standard test methods for sealability of gaskets at elevated temperature for pipe flanges

2025-10-31 发布　　2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国管路附件标准化技术委员会(SAC/TC 237)归口。

本文件起草单位：浙江国泰萧星密封材料股份有限公司、中机生产力促进中心有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、宁波天生密封件有限公司、华东理工大学、江苏省特种设备安全监督检验研究院、广州市东山南方密封件有限公司、温州市华海密封件有限公司、苏州宝骅密封科技股份有限公司、中国石化工程建设有限公司、中国天辰工程有限公司、中石油华东设计院有限公司、中国寰球工程有限公司北京分公司、台州龙江化工机械科技有限公司、苏州热工研究院有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司、宁波艾拓密封技术有限公司、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司、雁栖湖基础制造技术研究院(北京)有限公司。

本文件主要起草人：吴益民、王璐、冯峰、励行根、章兰珠、李科、邱宽横、吴凯珺、马志刚、张勇、章佳红、熊从贵、赵勇、何华、刘洪福、刘建欣、庞东、韩传伟、何松、罗林杭、勾洋洋、楼文超、王小娟。

管法兰用垫片高温密封性能试验方法

1 范围

本文件描述了管法兰用垫片在规定温度下密封性能试验方法，包括测漏空腔增压法(方法 A)、压降法(方法 B)和氦质谱真空测漏法(方法 C)。

本文件适用于试验温度不高于 900 ℃、介质压力不高于 10 MPa 条件下，管法兰用圆形垫片密封性能的测定。垫片类型包括非金属平垫片、缠绕式垫片、聚四氟乙烯包覆垫片、金属包覆垫片、柔性石墨复合增强垫片、金属齿形组合垫片、金属波齿复合垫片，其他类型的垫片参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12385—2025 管法兰用垫片密封性能试验方法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 符号

下列符号适用于本文件。

L_V^N ——试验介质为氮气时标准状态下的体积泄漏率，单位为立方厘米每秒(cm^3/s)(标准状态)。

L_V^H ——试验介质为氦气时标准状态下的体积泄漏率，单位为立方厘米每秒(cm^3/s)(标准状态)。

P_{A1} ——测漏开始时测漏空腔内的绝对压力，单位为帕(Pa)。

P_{A2} ——测漏结束时测漏空腔内的绝对压力，单位为帕(Pa)。

P_{B1} ——测漏开始时密封空腔内的绝对压力，单位为帕(Pa)。

P_{B2} ——测漏结束时密封空腔内的绝对压力，单位为帕(Pa)。

P_{st} ——标准状况下大气压力，单位为帕(Pa)(P_{st}=101 325 Pa)。

ΔP_1 ——测漏开始时差压传感器两侧的压力差，单位为帕(Pa)。

ΔP_2 ——测漏结束时差压传感器两侧的压力差，单位为帕(Pa)。

Q ——氦质谱检漏仪测得的氦气泄漏率，单位为帕立方米每秒($Pa \cdot m^3/s$)。

T_{A1} ——测漏开始时测漏空腔的绝对温度，单位为开尔文(K)。

T_{A2} ——测漏结束时测漏空腔的绝对温度，单位为开尔文(K)。

T_{B1} ——测漏开始时密封空腔的绝对温度，单位为开尔文(K)。

T_{B2} ——测漏结束时密封空腔的绝对温度，单位为开尔文(K)。

T_{st} ——标准状况下大气绝对温度，单位为开尔文(K)(T_{st}=273.16 K)。

t ——测漏时间，单位为秒(s)。

V_B ——标准容器的容积，单位为立方厘米（cm^3）。
V_C ——测漏空腔的容积，单位为立方厘米（cm^3）。
V_S ——密封空腔的容积，单位为立方厘米（cm^3）。

5 试样

5.1 试样准备

试样应在温度（23±5）℃、相对湿度（50±6）%的环境下放置至少 48 h。试样从上述环境中取出，到试验开始不应超过 30 min。

5.2 试样尺寸

除另有规定外，试样的公称尺寸为 DN 80（NPS 3）。

5.3 试样数量

试验垫片应从同一样本中随机选取，试样数量不少于 3 件。

5.4 试样尺寸测量

5.4.1 垫片厚度用分度值不大于 0.02 mm 的量具测量，以等弧三点测量值的算术平均值为测量结果。
5.4.2 垫片直径（内径 D_i 和外径 D_o）用分度值不大于 0.02 mm 的量具测量，以等弧三点测量值的算术平均值为测量结果。

6 测漏空腔增压法（方法 A）

6.1 概述

适用于介质为氮气或氦气，泄漏率 L_V^N 或 L_V^H 在 10^{-5} cm^3/s（标准状态）～10^{-2} cm^3/s（标准状态）范围的垫片高温密封性能试验。

6.2 试验装置

6.2.1 装置组成

试验在专用的垫片高温密封性能试验装置上进行。试验装置由垫片加载系统、试验介质供给系统、加热及温度测控系统、冷却系统、泄漏率测量系统、数据采集系统及模拟法兰等组成。测漏空腔增压法试验装置示意如图 1 所示。

6.2.2 垫片加载系统

垫片加载系统应能提供规定的垫片预紧比压并能控制恒定的加载和卸载速度。试验过程中，应能控制垫片预紧比压的波动不大于规定值的±2%。

6.2.3 试验介质供给系统

试验介质供给系统应能提供规定的试验介质压力。试验介质供给系统的管路接头应具有良好的密封性。

6.2.4 加热及温度测控系统

加热及温度测控系统应能使模拟法兰和试验垫片达到规定的试验温度。试验过程中温度的波动不

应超过±0.2 ℃，上、下两模拟法兰间的温度差不应超过 1 ℃。加热装置应采取保护措施，以免试验过程中对人身造成伤害。

应在上、下模拟法兰接近垫片处各设置至少 1 处测温装置，准确度等级不应低于 B 级，分辨率不应低于 0.1 ℃。

6.2.5 冷却系统

当试验温度较高时，试验装置应配置冷却系统，以避免高温对装置部件的损伤，试验结束后可加速试验压板的冷却，缩短试验时间。

6.2.6 泄漏率测量系统

在垫片外侧、上下法兰面间设置一个密闭的环形测漏空腔，测漏空腔的容积 V_c 应经标定。

微压传感器量程不应大于 5 kPa，准确度不应低于 0.5 级，分辨率不应低于 0.5 Pa。

6.2.7 数据采集系统

数据采集系统应能实时记录并存储试验过程中载荷传感器、压力传感器、微压传感器、温度传感器的示值。

6.2.8 模拟法兰

试验法兰应采用模拟法兰，密封面型式应为平面。试验法兰应具有足够的刚度，以确保在试验温度下能承受加载载荷，且不发生因压板变形而影响垫片表面应力的情况。法兰平面度允差应小于 0.15 mm，法兰密封面硬度应为 40 HRC～50 HRC，密封面表面粗糙度 Ra 应为 3.2 μm～6.3 μm。

6.3 试验条件

6.3.1 试验预紧比压

试验预紧比压由供需双方商定，最大不超过试验装置加载能力。试验过程中垫片预紧比压的波动应在规定值的±2%范围之内。当垫片预紧比压小于或等于 35 MPa 时，加载和卸载速度为0.2 MPa/s；当垫片预紧比压大于 35 MPa 时，加载和卸载速度为 0.5 MPa/s。

6.3.2 试验温度

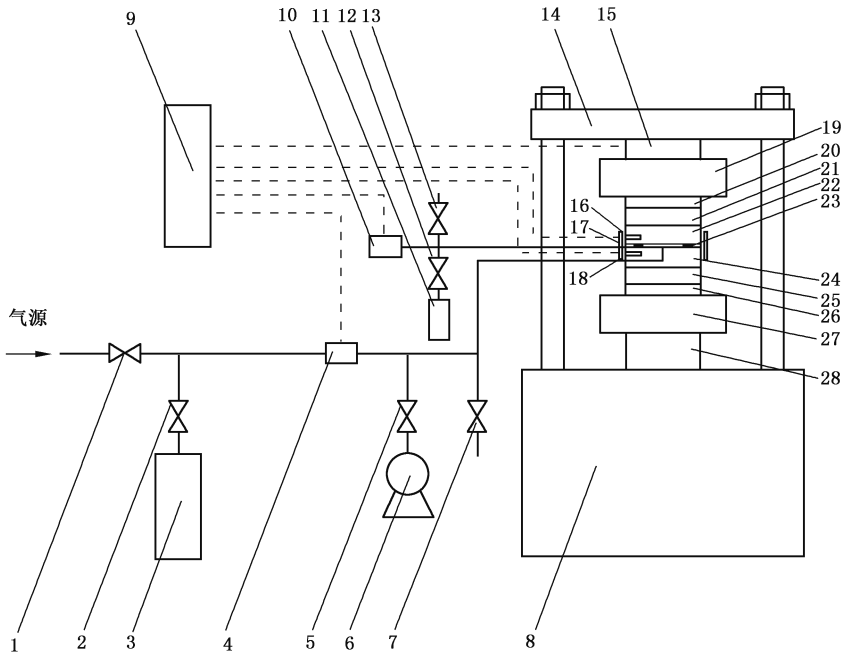
试验温度由供需双方商定。试验过程中试验温度取上、下模拟法兰处测温装置测得的温度的平均值。推荐的升温速度为(2±0.2)℃/min。

6.3.3 试验介质

试验介质为氮气或氦气，纯度不应低于 99.9%，试验介质压力由供需双方商定。

6.3.4 测漏时间

测漏时间应根据被测垫片泄漏率大小确定，且不少于 2 min。为减小测量误差，测漏时间的选取应保证在测漏结束时微压传感器示值不低于 10 Pa。



标引序号说明：

1 ——阀门；
2 ——阀门；
3 ——缓冲罐；
4 ——压力传感器；
5 ——阀门；
6 ——真空泵；
7 ——阀门；
8 ——加载机构；
9 ——数据采集系统；
10——微压传感器；
11——标准容器；
12——阀门；
13——阀门；
14——机架；
15——载荷传感器；
16——上温度传感器；
17——测漏空腔；
18——下温度传感器；
19——上冷却板；
20——上隔热板；
21——上加热板；
22——上模拟法兰；
23——试验垫片；
24——下模拟法兰；
25——下加热板；
26——下隔热板；
27——下冷却板；
28——载荷传动机构。

图 1　测漏空腔增压法(方法 A)试验装置示意

6.4　试验程序

6.4.1　用溶剂(如丙酮)仔细清洗试验法兰密封面，垫片对中安装。

6.4.2　对垫片施加规定的预紧比压，达到规定值(见 6.3.1)后保持 15 min。

6.4.3　按 GB/T 12385—2025 中 4.5.3 的规定对测漏空腔容积进行标定。

6.4.4　按规定的升温速度进行升温，达到规定温度(见 6.3.2)后保持 4 h。

6.4.5　打开真空泵，管路抽真空至表压－0.1 MPa，通入试验介质对管路及密封腔内的气体进行置换，然后关闭真空泵及其管路阀门，并重复 1 次。

6.4.6　向密封腔内通入试验介质，达到规定压力(见 6.3.3)后保压 10 min，观察密封腔内压力的变化。若密封腔内压力下降值超过 0.05 MPa，表明泄漏率过大，停止试验；若压力下降值未超过 0.05 MPa，则

开始下一步。

6.4.7 开始测漏，记录测漏开始时测漏空腔内的压力 P_{A1} 和试验温度 T_{A1}，并开始计时，达到测漏时间后记录测漏结束时测漏空腔内的压力 P_{A2} 和试验温度 T_{A2}。

6.4.8 试验结束后，**放空试验介质**，关闭加热系统，卸载垫片预紧比压，并保持冷却系统运行直至系统温度降至室温。

6.5 试验次数

同一样本试验次数不少于 3 次。

6.6 泄漏率计算和试验结果

6.6.1 标准状态下的气体体积泄漏率应按公式(1)计算：

$$L_V^N(L_V^H)=\frac{T_{st}}{P_{st}}\frac{V_C}{t}\left(\frac{P_{A2}}{T_{A2}}-\frac{P_{A1}}{T_{A1}}\right) \quad \cdots\cdots(1)$$

6.6.2 最终试验结果取所有计算值的算术平均值并修约至两位有效数字。

7 压降法(方法 B)

7.1 概述

适用于介质为氮气或氦气，泄漏率 L_V^N 或 L_V^H 在 $10^{-3}cm^3/s$(标准状态)～$10^{-1}cm^3/s$(标准状态)范围的垫片高温密封性能试验。

7.2 试验装置

7.2.1 装置组成

试验在专用的垫片高温密封性能试验装置上进行。试验装置由垫片加载系统、介质供给系统、加热及温度测控系统、冷却系统、泄漏率测量系统、数据采集系统及模拟法兰等组成。压降法试验装置示意如图 2 所示。

7.2.2 垫片加载系统

垫片加载系统按 6.2.2 的规定。

7.2.3 试验介质供给系统

试验介质供给系统按 6.2.3 的规定。

7.2.4 加热及温度测控系统

加热及温度测控系统按 6.2.4 的规定。

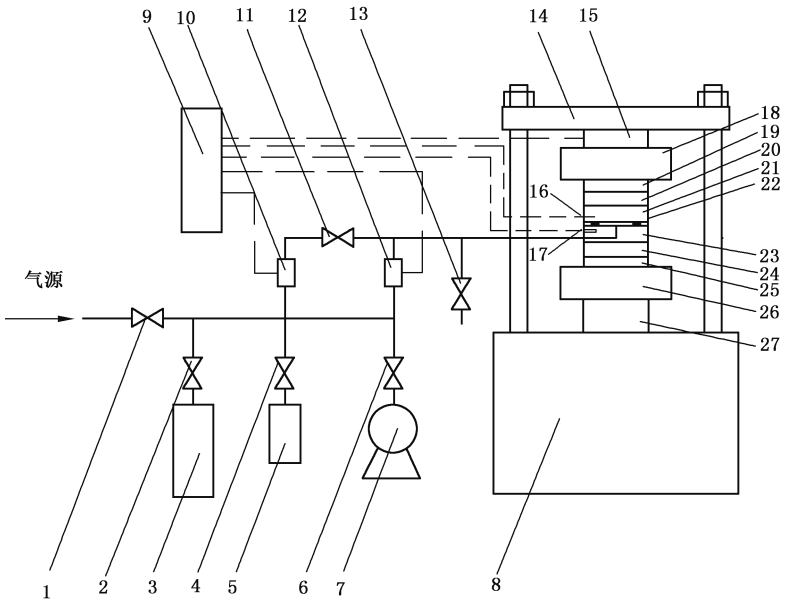
7.2.5 冷却系统

冷却系统按 6.2.5 的规定。

7.2.6 泄漏率测量系统

通过上模拟法兰、下模拟法兰、试验垫片及介质管路组成密封空腔，密封空腔的容积 V_S 应经标定。测量试验介质压力的传感器量程宜为试验介质压力的 1.5 倍～2 倍，准确度等级不应低于 0.5 级。

测量垫片泄漏率的差压传感器量程不应大于 100 kPa，准确度等级不应低于 0.5 级，分辨率不应低于 0.1 kPa。



标引序号说明：

1 ——阀门；
2 ——阀门；
3 ——缓冲罐；
4 ——阀门；
5 ——标准容器；
6 ——阀门；
7 ——真空泵；
8 ——加载机构；
9 ——数据采集系统；
10——压力传感器；
11——阀门；
12——差压传感器；
13——阀门；
14——机架；
15——载荷传感器；
16——上温度传感器；
17——下温度传感器；
18——上冷却板；
19——上隔热板；
20——上加热板；
21——上模拟法兰；
22——试验垫片；
23——下模拟法兰；
24——下加热板；
25——下隔热板；
26——下冷却板；
27——载荷传动机构。

图 2　压降法(方法 B)试验装置示意

7.2.7　数据采集系统

数据采集系统按 6.2.7 的规定。

7.2.8　模拟法兰

模拟法兰按 6.2.8 的规定。

7.3　试验条件

7.3.1　试验载荷

试验载荷按 6.3.1 的规定。

7.3.2 试验温度

试验温度按 6.3.2 的规定。

7.3.3 试验介质

试验介质按 6.3.3 的规定。

7.3.4 测漏时间

测漏时间应根据被测垫片泄漏率大小确定，且不少于 5 min。为减小测量误差，测漏时间的选取应保证在测漏结束时差压传感器示值不低于 2 kPa。

7.4 试验程序

7.4.1 用溶剂(如丙酮)仔细清洗试验法兰密封面，垫片对中安装。

7.4.2 对垫片施加规定的预紧比压，达到规定值(见 6.3.1)后保持 15 min。

7.4.3 按 GB/T 12385—2025 中 5.5.3 的规定对密封腔容积进行标定。

7.4.4 按规定的升温速度进行升温，达到规定温度(见 6.3.2)后保持 4 h。

7.4.5 打开真空泵，管路抽真空至表压 −0.1 MPa，通入试验介质对管路及密封腔内的气体进行置换，然后关闭真空泵及其管路阀门，并重复 1 次。

7.4.6 向密封腔内通入试验介质，达到规定压力(见 6.3.3)后保压 10 min，观察密封腔内压力的变化。若密封腔内压力下降值超过 0.3 MPa，表明泄漏率过大，停止试验；若压力下降值未超过 0.3 MPa，则关闭阀门 11，开始下一步。

7.4.7 开始测漏，记录测漏开始时密封空腔内的压力 P_{B1}、差压传感器两侧压力差 ΔP_1 和试验温度 T_{B1}，并开始计时，达到测漏时间后记录测漏结束时密封空腔内的压力 P_{B2}、差压传感器两侧压力差 ΔP_2 和试验温度 T_{B2}。

7.4.8 试验结束后，放空试验介质，关闭加热系统，卸载垫片预紧比压，并保持冷却系统工作至系统降至室温。

7.5 试验次数

同一样本试验次数不少于 3 次。

7.6 泄漏率计算和试验结果

7.6.1 标准状态下的气体体积泄漏率应按公式(2)计算：

$$L_V^N(L_V^H)=\frac{T_{st}}{P_{st}}\frac{V_S}{t}\left(\frac{P_{B1}-\Delta P_1}{T_{B1}}-\frac{P_{B2}-\Delta P_2}{T_{B2}}\right) \quad \cdots\cdots(2)$$

7.6.2 最终试验结果取所有计算值的算术平均值并修约至两位有效数字。

8 氦质谱真空测漏法(方法 C)

8.1 概述

适用于介质为氦气，泄漏率 Q 在 10^{-9} Pa·m³/s～10^{-4} Pa·m³/s 范围、或 L_V^H 在 10^{-8} cm³/s(标准状态)～10^{-3} cm³/s(标准状态)范围的垫片高温密封性能试验。

8.2 试验装置

8.2.1 装置组成

试验在专用的垫片密封性能试验装置上进行。试验装置由垫片加载系统、介质供给系统、加热及温度测控系统、冷却系统、泄漏率测量系统、数据采集系统及模拟法兰等组成。氦质谱检漏法试验装置示意如图 3 所示。

8.2.2 垫片加载系统

垫片加载系统按 6.2.2 的规定。

8.2.3 介质供给系统

介质供给系统按 6.2.3 的规定。

8.2.4 加热及温度测控系统

加热及温度测控系统按 6.2.4 的规定。

8.2.5 冷却系统

冷却系统按 6.2.5 的规定。

8.2.6 泄漏率测量系统

通过金属波纹管、密封圈和上下冷却板组成集漏腔。集漏腔的泄漏率不大于 10^{-10} Pa·m^3/s,并能承受一定的真空。

氦质谱检漏仪的分辨率不低于 10^{-10} Pa·m^3/s。

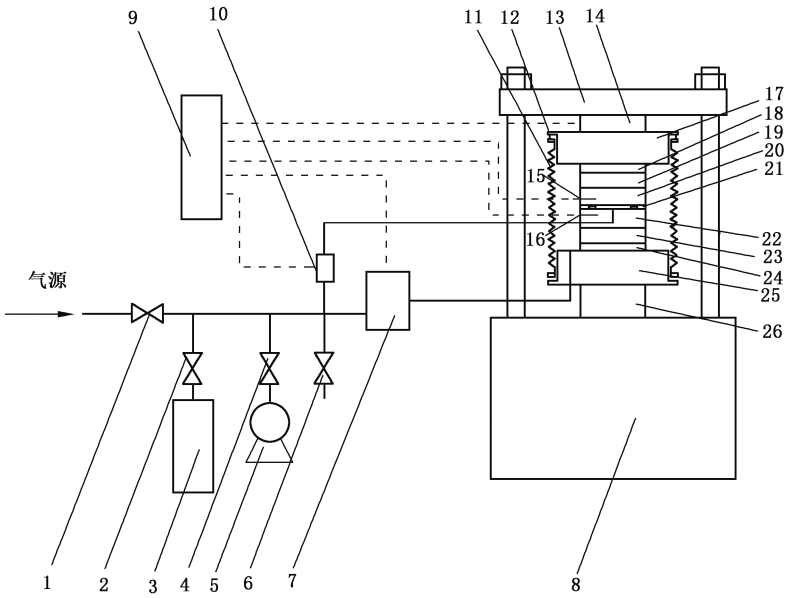
采用氦质谱真空测漏法测量垫片高温下泄漏率时,应采用相应保护措施,以免高温气体对氦质谱检漏仪造成损坏。

8.2.7 数据采集系统

数据采集系统按 6.2.7 的规定。

8.2.8 模拟法兰

模拟法兰按 6.2.8 的规定。



标引序号说明：

1 ——阀门；
2 ——阀门；
3 ——缓冲罐；
4 ——阀门；
5 ——真空泵；
6 ——阀门；
7 ——氦质谱检漏仪；
8 ——加载机构；
9 ——数据采集系统；
10——压力传感器；
11——金属波纹管；
12——密封圈；
13——机架；
14——载荷传感器；
15——上温度传感器；
16——下温度传感器；
17——上冷却板；
18——上隔热板；
19——上加热板；
20——上模拟法兰；
21——试验垫片；
22——下模拟法兰；
23——下加热板；
24——下隔热板；
25——下冷却板；
26——载荷传动机构。

图 3　氦质谱真空测漏法(方法 C)试验装置示意

8.3　试验条件

8.3.1　试验载荷

试验载荷按 6.3.1 的规定。

8.3.2　试验温度

试验温度按 6.3.2 的规定。

8.3.3　试验介质

试验介质为氦气，纯度不应低于 99.9%，试验介质压力由供需双方商定。试验过程中介质压力的波动不应大于规定值的±2%。

8.3.4 测漏时间

测漏过程中，测漏时间应根据被测垫片泄漏率稳定情况确定，最长测漏时间不超过 5 h。

8.4 试验程序

8.4.1 用溶剂（如丙酮）仔细清洗试验法兰密封面，垫片对中安装。

8.4.2 对垫片施加规定的预紧比压，达到规定值（见 6.3.1）后保持 15 min。

8.4.3 按规定的升温速度进行升温，达到规定温度（见 6.3.2）后保持 4 h。

8.4.4 打开真空泵，管路抽真空至表压 −0.1 MPa，通入试验介质对管路及密封腔内的气体进行置换，然后关闭真空泵及其管路阀门，并重复 1 次。

8.4.5 向密封腔内通入试验介质，达到规定压力（见 8.3.3）后保压 10 min，关闭阀门 1。

8.4.6 开启氦质谱检漏仪，待系统自动校准后开始测漏，每隔 10 min 记录氦质谱检漏仪示值，直至泄漏率达到稳定或达到最长测漏时间。

8.4.7 试验结束后，放空试验介质，关闭加热系统，关闭氦质谱检漏仪，卸载垫片预紧比压，并保持冷却系统工作至系统降至室温。

8.5 试验次数

同一样本试验次数不少于 3 次。

8.6 泄漏率稳定准则

8.6.1 每个试样试验时，当最后三次测量泄漏率的标准差与平均值的比值不大于 0.05 时，可认为泄漏率达到稳定，以最后一次测量值 Q 为测量结果。

8.6.2 若泄漏率在 5 h 内未达到稳定，则测量结束。以最后一次测量值 Q 为测量结果，并在试验报告中注明。

8.7 泄漏率计算和试验结果

8.7.1 标准状态下气体体积泄漏率 L_V^H 和氦质谱检漏仪测量值 Q 可以相互换算，L_V^H 约等于 9.9 倍的 Q。

8.7.2 最终试验结果取所有测量值 Q 或计算值 L_V^H 的算术平均值并修约至两位有效数字。

9 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

——本文件编号和采用的试验方法（方法 A、方法 B 或方法 C）；

——试验垫片的名称、材料、尺寸、标记；

——试样编号、数量；

——试验条件（垫片预紧比压、试验介质和压力、试验温度、升温速度、环境温度、试验时间）；

——试验结果（每个试样的泄漏率值及该样品的平均值）；

——试验人员、日期；

——说明。