ICS 19.100
CCS J 04

T/CS

团 体 标 准

T/CS 419—2026

特气柜气密性氦质谱检漏试验方法

Special gas cabinet airtightness helium mass spectrometry leak test method

2026－06－26 发布 2026－06－26 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 3
2　规范性引用文件 3
3　术语和定义 3
4　分类与选择 3
5　一般要求 4
6　试验程序 6
7　文件编制 7
8　试验记录与报告 7
附录 A（规范性）　吸枪技术 9
附录 B（规范性）　示踪探头技术 12
附录 C（规范性）　护罩技术 14
附录 D（规范性）　报告模板 17
参考文献 19

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。

本文件由上海韩科科技股份有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：上海韩科科技股份有限公司、双安电力科技有限公司、广胜科技无锡有限公司。

本文件主要起草人：贾厚成、沈家辉、傅超、聂纪广。

特气柜气密性氦质谱检漏试验方法

1 范围

本文件规定了特气柜气密性氦质谱检漏试验的方法分类与选择、一般要求、试验程序、文件编制、试验记录与报告。

本文件适用于半导体、光伏、面板、生物医药等领域使用的特气柜整机、管路系统、阀门、仪表及精密部件的氦质谱检漏试验。

本文件不适用于在高温（＞200℃）、高压（＞10 MPa）、强腐蚀、易燃易爆及剧毒介质极端工况下特气柜的检漏试验。

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 3864 工业氦

GB/T 4844 纯氦、高纯氦和超纯氦

GB/T 5616 无损检测 应用导则

GB/T 9445 无损检测人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.7 无损检测 术语 泄漏检测

GB/T 13979 质谱检漏仪

3 术语和定义

GB/T 12604.7界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氦质谱检漏 helium mass spectrometer leak detection

一种利用氦气作为示踪气体，通过质谱仪检测氦气以定位和量化泄漏的无损检测技术。

3.2

标准漏孔 standard leakage hole

具有恒定、已知泄漏率的校准器具，用于检漏仪标定与泄漏率校准。

3.3

有效最小可检漏率 effective minimum detectable leak rate

在实际检测系统与环境条件下，检漏系统能够可靠检出的最小泄漏率。

3.4

背压法 back pressure method

将被检件置于高压氦气中浸渍，使氦气渗入漏孔，再抽真空检测释放氦气的定量检漏方法。

4 分类与选择

4.1 分类

根据特气柜检漏时的压力状态与氦气引入方式，氦质谱检漏试验分为以下三种基本方法，见表1。对于特气柜的整机及管路系统，应依据检测部位、灵敏度要求及安全规范，从下列方法中选取适用的一种或组合使用。

表 1　分类与选择

序号	技术名称	方法简介	不适合场合	灵敏度/（Pa·m³/s）	应用特点	对应附录
1	吸枪	使用示踪气体或含一定比例示踪气体的混合气体对被检件加压，然后用吸枪扫查	不能承压的部件	10^{-7}	定性，定位	附录A
2	示踪探头	被检件抽真空，与氦质谱检漏仪相连，然后在需检测的区域喷氦气	不能承受真空的部件	—	定性，定位	附录B
3	护罩	被检件抽真空，与氦质谱检漏仪相连，然后将被检件置于充有氦气的护罩内	不能承受真空的部件	10^{-7}	定量	附录C

4.2　选择

特气柜的气密性测试应遵循“先单体，后系统”、“先真空法，后正压法”的原则，具体如下：
——单体部件：对于关键仪表、阀体铸件，宜按吸枪法进行入厂复验；
——管路系统：应优先采用真空法（示踪探头法或护罩法）进行最高灵敏度的检测；
——阀门内漏：采用真空压力法（示踪探头法或护罩法）；
——最终验证：在系统无法维持真空或需模拟工作压力状态时，应使用吸枪法进行补充扫描；
——大漏预排查：先进行压力衰减法或气泡法预检漏，排除大漏后再氦检。

注：在选择检测方法时，应优先采用真空类方法（如示踪探头法或护罩法），仅在无法建立真空或需模拟工作压力时采用正压法（吸枪法）。

5　一般要求

5.1　预泄漏检测

在采用更高灵敏度的检测方法之前，应进行预泄漏检测，以检出和排除一些大的泄漏。检测过程中不应封堵被检件上可能存在的泄漏。

5.2　具体要求

采用本文件的泄漏检测方法或技术，应考虑下列各项：
——检测人员资格和证书（见 GB/T 9445）；
——技术标准；
——检测范围；
——可接受的检测灵敏度或泄漏率；
——报告要求；
——记录保存。

5.3　测试条件

5.3.1　环境要求

无特殊要求时，环境要求如下：
——检漏工作场地温度为 16℃～30℃，相对湿度不大于 80%，无凝露；
——检漏工作场地应清洁、通风、无粉尘；
——检漏工作场地附近应无强磁场干扰，无较大的振动、无腐蚀性气体；
——环境通风良好，配备排风系统、气体检测报警器、应急防护用品。

5.3.2　氦气

测试使用的氦气应根据特气柜类型选用对应纯度等级：普通特气柜测试用氦气需满足 GB/T 4844 合格品要求；半导体制造用超高纯特气柜，不应使用低纯度氦气，应选用高纯度氦气。

5.3.3 氮气

测试使用的氮气应满足GB/T 3864规定的技术指标要求。

5.4 仪器与设备

5.4.1 检漏仪和检漏系统

5.4.1.1 质谱检漏仪应满足 GB/T 13979 规定的技术要求。
5.4.1.2 检漏仪的最小可检漏率，应满足被检件漏率测试要求。
5.4.1.3 检漏系统的有效最小可检漏率应不大于被检件允许漏率的 1/10。
5.4.1.4 检漏仪应每半年至少校准一次，并在每次检测任务前进行系统校准。若检测过程中环境条件发生重大变化或仪器出现异常，应重新校准。

5.4.2 压力表或真空表

5.4.2.1 量程：在泄漏检测中使用刻度指示式或记录式压力表时，它的量程范围宜是预期最大压力的 2 倍。但其量程不得小于最大压力的 1.5 倍，也不大于 4 倍。这些量程的限度不限于刻度指示式或记录式真空表。附录 A～附录 C 中所列其他类型压力表的量程要求，应按相应附录的规定。
5.4.2.2 检定：在使用前，所用的指示式和记录式压力表或真空表应检定合格。在使用中，每年至少应检定一次。若在使用中发现异常，应重新进行检定。

5.4.3 温度测量装置

当附录A～附录C要求温度测量时，温度测量装置应检定合格。

5.4.4 校准泄漏标准漏孔

5.4.4.1 应选用真空标准漏孔，其标定值应与被检件允许漏率接近；
5.4.4.2 在校准或检定有效期内使用；
5.4.4.3 渗透型标准漏孔：渗透型标准漏孔应是经过熔制并已校准的玻璃或石英的渗透型漏孔，它具有 1×10^{-11}Pa·m^3/s～1×10^{-7}Pa·m^3/s 的氦气泄漏率，并应检定合格。
5.4.4.4 通道型标准漏孔：通道型标准漏孔应是使示踪气体透过一个管子用氦气校准的通道型漏孔，它应具有与所要求的检测灵敏度和示踪气体的实际百分比浓度的乘积相等或更小的泄漏率，并应检定合格。

5.4.5 真空计

5.4.5.1 真空计的量程应能满足被检件的压力测量范围。
5.4.5.2 真空计应在检定或校准有效期内使用。

5.4.6 氦罩

氦罩应选用对氦渗透系数小的材料制作。

5.4.7 累积阀

5.4.7.1 能快速开启和关闭；
5.4.7.2 关闭后的内漏率不应大于 1×10^{-1} Pa·m^3/s。

5.4.8 测试阀

对静态升压法中使用的测试阀的要求如下：
——能快速关闭；
——能耐高温烘烤,降低阀门的出气速率；
——关闭后的内漏率不应大于 1×10^{-1}Pa·m^3/s。

5.5 位置

5.5.1 指示式仪表的使用

5.5.1.1 进行压力或真空泄漏检测时，指示式压力表应与被检件直接相连，或从远端与被检件相连接，使检测人员在检测的全过程中易于观察到这些压力表或真空表。

5.5.2 记录式压力表或真空表的选用

5.5.2.1 对规定需用一个或多个压力表或真空表的大型容器或被检系统，推荐采用一种记录式压力表或真空表，以替代两个或多个指示式压力表或真空表中的某一个。

5.6 应用

当附录A～附录C要求使用其他类型压力表或真空表时，它们可以替代相应数量的指示式或记录式压力表而单独使用，亦可联合使用。

5.7 安全要求

安全要求应符合下列规定：

——氦气、氮气使用符合气瓶安全规程，防止窒息、高压风险；
——有毒或易燃特气柜检漏前必须氮气充分置换，氧含量、可燃气体达标；
——抽真空、充压过程专人监控，防止超压、负压损坏设备；
——检测场地通风良好，配备气体检测与应急装置；
——禁止在带电、带压状态下拆卸接头与密封件；
——氦气、氮气气瓶应固定放置，远离热源和电气设备；
——检漏过程中应监测工作区域氧气浓度，当氧气浓度低于 19.5%时，应立即停止作业，通风并排查泄漏源。若使用大量氦气，应配备氧气浓度监测仪。

6 试验程序

6.1 试验前准备

6.1.1 被检特气柜要求

——特气柜安装完成，内部管路、阀门、仪表等部件装配齐全。
——试验前完成外观检查，无明显损伤、变形、密封件缺失。
——试验前完成压力衰减试验，初步排除明显泄漏。

6.1.2 表面准备

被检部位表面应无油、油脂、油漆以及其他可能妨碍检测的污物。当采用液体来清洁部件或是在泄漏检测前进行水压试验或液压气动试验时，则被检件在检测前应充分干燥。

6.1.3 密封

检测前，应使用塞子、盖板、密封脂、胶合剂或其他能在泄漏检测后易于全部去除的合适材料把所有的孔加以密封，密封用的材料不应含示踪气体。

6.1.4 检测温度

被检件在检测时的最低温度，应按各附录的要求，或符合相关产品设计文件和采购技术条件中对被检件作液压、液压气动或气压等试验时的规定。检测时的最低或最高温度，不应超过所采用的泄漏检测方法或技术所允许的温度。

6.1.5 压力或真空(压力极限)

除非相关设计文件和采购技术条件另有规定，需做压力泄漏检测的部件，不能在超过设计压力25%的压力情况下做检测。

6.1.6 检测时机

宜在液压或液压气动检测之前进行泄漏检测。若验收方认为必要，可在液压或液压气动检测之后再进行一次泄漏检测。压力容器未经设计计算确认不应抽真空。

6.1.7 试验步骤

试验步骤应根据所选检漏方法，分别按照附录A（吸枪法）、附录B（示踪探头法）或附录C（护罩法）的规定执行。

6.2 漏点判定与复检

6.2.1 漏点判定

当检漏仪示值信号超过预设报警阈值（通常为允许漏率对应的信号）时，应判定为疑似漏点；

6.2.2 复检

对疑似漏点，应通过移开或关闭氦气源，等待本底恢复，再次施加氦气的方式进行重复验证，以排除干扰。确认的漏点应进行标记和记录。泄漏率可通过比较标准漏孔的响应信号进行定量或半定量估算。

6.3 结束工作

检漏完成后，应按以下步骤操作：
——检漏结束后，应对所有密封件、接头、阀门进行外观检查，确认无损伤或松动。
——回收或排空被检特气柜内的氦气（如使用氦气回收装置）；
——关闭氦气源，停止检漏仪检测；
——将被检特气柜恢复至常压，断开与检漏系统的连接；
——记录检漏结束时间、最终结果、发现的漏点位置与数量。

7 文件编制

需要编写检测工艺规程时，该规程至少应包括下列内容（见GB/T 5616）：
——检测范围；
——检测工艺规程应包括检测灵敏度、允许漏率、检测方法、设备型号、人员资格、环境条件、验收标准；
——用于检测泄漏或测量泄漏率的设备型号；
——表面清洁状况和所用设备的型号；
——所采用的检测方法或技术；
——规定的温度、压力、气体和浓度百分数。

8 试验记录与报告

8.1 试验记录

测试记录一般应包括如下内容:
——测试日期和测试时间；
——被检件的名称、图号、序号；
——测试方法及有效最小可检漏率、复测的有效最小可检漏率；
——氦质谱检漏仪：产品名称、型号规格、产品编号等信息；
——标准漏孔:名称、型号、编号、标值及有效期等信息；
——其他重要测试设备与仪器的信息；
——测试环境条件(大气压力、环境温度和湿度)；
——测试用示漏气体的纯度及浓度；
——测试过程中各测试参数的测量值；
——测试人员。

8.2 试验报告

检测报告至少应包括所用方法或技术的下述内容：
——检测日期；

——操作者的证书等级和姓名；
——检测工艺规程编号或修订号；
——检测的方法或技术；
——检测结果；
——部件标记；
——检测仪器、标准漏孔和材料标记；
——检测条件、检测压力和气体浓度；
——压力表或真空表，包括制造商、型号、量程和编号；
——所用方法或技术装备的草图。

8.3 资料保存

资料保存至少应包括下述内容：
——检测记录、报告、校准证书保存应不少于 3 年；
——采用电子和纸质双存档，防篡改、可检索；
——保存环境符合档案管理要求。

附 录 A
（规范性）
吸枪技术

A.1 概述

本技术叙述用氦质谱仪检测加压部件的微量示踪氦气，检漏仪有高的灵敏度，能探测出一个密闭体或分隔两个压力不同区域的隔板上的一个小开口处，从较低压力一侧漏出的氦气流，或者测出存在于混合气体中的氦气。吸枪技术是一种半定量的方法，用以探测泄漏并确定其位置，不能作定量用。

A.2 一般要求

A.2.1 书面检测工艺规程要求

应符合以下要求:

a) 检漏仪型号；
b) 探测器型号；
c) 表面温度；
d) 表面状态；
e) 标准漏孔型号；
f) 示踪气体及浓度；
g) 压力表；
h) 试验压力；
i) 保压时间；
j) 系统灵敏度；
k) 扫查距离、速度及方式；
l) 验收准则；
m) 后清洗方式；
n) 人员资格。

A.2.2 设备和器材

A.2.2.1 仪器

应采用能传感和测量微量氦气的氦质谱仪，并采用下述一种或几种信号装置来指示泄漏：

a) 仪表仪器上的或附接于仪器上的仪表；
b) 音响装置能发出可听信号的扬声器或耳机；
c) 指示灯—能发出可见光的指示灯。

A.2.2.2 辅助设备

当需要时，可以使用以下辅助设备：

a) 稳压器—当供电线路有电压波动时，应在仪器上接一个稳压器；
b) 吸枪—所有需检查的部位都应以吸枪扫查，吸枪用一段波纹管与仪器相连接，为了缩短响应时间和净化时间，除非检测装置是特殊设计能用较长的软管获得短的响应时间和净化时间，否则软管的长度应约为 4570 mm。

A.2.2.3 校准泄漏标准漏孔

校准泄漏标准漏孔可以是按本标准4.3.3的渗透型或通道型标准漏孔。采用标准漏孔的类型应根据仪器或设备灵敏度要求而定，或者按有关设计规范。

A.3 校准

A.3.1 仪器校准

A.3.1.1 预热

在用已经检定的标准漏孔进行校准之前，仪器应先通电预热，预热的最少时间应按照仪器制造厂的规定。

A.3.1.2 校准

仪器应按照仪器制造厂的操作和维修手册，用渗透型标准漏孔进行校准，使设备处于最佳或最合适灵敏度下，设备对氦的最小灵敏度为$1\times10^{-10}Pa\cdot m^3/s$。

A.3.2 系统校准

A.3.2.1 泄漏标准漏孔大小

用于系统校准的，含有100%氦浓度的毛细管型标准漏孔，其最大泄漏率Q应按下式计算：

$$Q = Q_S \times C \quad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

Q——毛细管型标准漏孔的漏率，单位为帕立方米每秒(Pa·m^3/s)；

Q_s——所要求的被检系统灵敏度，单位为帕立方米每秒(Pa·m^3/s)；

C——检测时被检系统内的实际氦浓度，以体积百分比表示（%）。

A.3.2.2 扫查速率

在将检漏仪吸枪与仪器连接后，进行检测前的系统校准时，应将吸枪嘴在校准漏孔上扫查。扫查时，吸枪嘴与标准漏孔应保持在3 mm以内，对被检系统的扫查速率不应超过能检出标准漏孔泄漏的速率。

A.3.2.3 响应时间

在系统校准时，应观察出现一个指示信号以及使仪器输出达到稳定所需要的时间，通常希望这个时间尽可能短，以减少确定泄漏位置所需的时间。

A.3.2.4 校准频度和灵敏度

除非设计规范另有规定，检测系统的灵敏度应在检测前和检测后，以及中间每间隔不超过2 h均做一次测定。在任何一次校准中，如果仪器偏转，音响报警或指示灯表明系统不能检出A.3.2.2所述的泄漏，则仪器应重新校准，并且从上一次合格的校准核查以后所有的检测部位均应重新检测。

A.4 检测

A.4.1 检测场所

需检测的部件，如有可能，应避免通风，或者处于不会因通风而使检测所要求的灵敏度降低的场所。

A.4.2 示踪气体浓度

除非设计规范另有规定，氦示踪气体的浓度在检测压力下，应至少为10%体积浓度。

A.4.3 保压时间

检测之前，检测压力应至少先保持30 min。如果在下述情况下氦气会立刻扩散，则最小的允许保压时间也可短于上述规定：

a) 对于开口的部件，采用特殊的临时性装置(如:抽气罩)试验短的部分；

b) 在用氦气进行首次加压以前，已经部分抽空的部件。

A.4.4 扫查距离

在A.4.3要求的保压时间以后，吸枪嘴应在被检表面上方通过。扫查时吸枪嘴与被检表面的距离应保持在3 mm以内。如果系统校准时采用较此更小的距离，则检测扫查时的距离不应超过该距离。

A.4.5 扫查速率

最大扫查速率应按A.3.2.2确定。

A.4.6 扫查方向

检测时，扫查应从被检部件的最下部开始，然后渐次向上。

A.4.7 泄漏检出

泄漏的显示或检出应按A.2.2.1所述的方式实现。

A.5 应用实例

A.5.1 传热管检测

当检测热交换器传热管管壁的泄漏时，吸枪应插入每一管端，并保持在经过验证而确定的一段时间，检测扫查应从管板管列的最低部分开始，然后渐次向上扫查。

A.5.2 传热管-管板接头检测

传热管-管板接头检测可采用胶囊包的方法，胶囊包可为漏斗式，小端与吸枪嘴相连，大端置于传热管-管板的接头之上。如果采用胶囊包，探测时间应这样确定：将胶囊包置于毛细管型标准漏孔的针孔上部，并记录出现仪器响应所需的时间。

附 录 B
（规范性）
示踪探头技术

B.1 概述

本技术叙述使用氦质谱仪检测抽空部件中的微量示踪氦气。当使用示踪探头检测时，检漏仪要有高的灵敏度，能探测出从一些微小开口的较高压力一侧，流经抽空的密封体或分隔两个压力不同区域隔板的氦气流，并确定泄漏的位置，这是一种半定量的技术，不能作定量用。

B.2 一般要求

B.2.1 书面检测工艺规程要求

应符合以下要求:

a) 检漏仪型号；
b) 示踪探头型号；
c) 表面温度；
d) 表面状态；
e) 泄漏标准漏孔型号；
f) 示踪气体及浓度；
g) 真空源；
h) 真空表；
i) 试验压力；
j) 保压时间；
k) 系统灵敏度；
l) 扫查距离、速度及方式；
m) 验收准则；
n) 人员资格。

B.2.2 设备和器材

B.2.2.1 仪器

应采用能传感和测量微量示踪氦气的氦质谱仪，并采用下述一种或几种信号装置来指示泄漏:

a) 仪表——仪器上的或附接于仪器上的仪表；
b) 音响装置——能发出可听信号的扬声器或耳机；
c) 指示灯——能发出可见光的指示灯。

B.2.2.2 辅助设备

当需要时，可以使用以下辅助设备：

a) 稳压器——当供电线路有电压波动时，应在仪器上接一个稳压器；
b) 辅助泵系统——当检测设备需要使用辅助真空泵系统时，系统的绝对压力和泵速应能使检测灵敏度和响应时间达到要求；
c) 多向接头——能正确连接仪器真空计、辅助泵、标准漏孔和被检部件的管子和阀门；
d) 示踪探头——与100%氦气源连接，在另一端使用一个有细小开口的阀门，用以调节氦气流；
e) 真空表——真空表的量程应能测量被抽空系统进行检测时的绝对压力，用于大系统的真空表的位置应尽可能远离泵系统的进气口。

B.2.2.3 校准泄漏标准漏孔

校准泄漏标准漏孔可以是渗透型或通道型标准漏孔，按仪器或灵敏度要求或按设计规范规定选用泄漏标准漏孔的类型。

B.3 校准

B.3.1 仪器校准

B.3.1.1 预热

用已经检定的标准漏孔进行校准之前，仪器应先通电预热，预热的最少时间应按照仪器制造厂的规定

B.3.1.2 校准

仪器应按照仪器制造厂的操作和维修手册用本文件所述的渗透型标准漏孔建立仪器的最佳或足够的灵敏度。仪器灵敏度至少为$1\times10^{-10}Pa\cdot m^3/s$。

B.3.2 系统校准

B.3.2.1 泄漏标准漏孔大小

B.2.2.3所述的经检定的通道型泄漏标准漏孔与部件相连接，并尽可能远离检漏仪与部件的连接处。在校准检测系统时，经检定的泄漏标准漏孔应打开。

B.3.2.2 扫查速率

抽空后的部件达到足够的真空度时，将氦质谱仪连接到系统。通过示踪探头嘴横过泄漏标准漏孔对该系统进行校准，探头嘴应离泄漏标准漏孔6 mm以内。对于100%氦示踪探头的已知流速，对检测系统的扫查速率不应超过能检出标准漏孔泄漏的速率。

B.3.2.3 响应时间

在系统校准时，应观察出现一个指示信号以及使仪器输出达到稳定所需要的时间，通常希望这个时间尽可能短，以减少确定泄漏位置所需的时间。

B.3.2.4 校准频度和灵敏度

除非设计规范另有规定，检测系统的灵敏度应在检测前和检测后，以及中间每间隔不超过2 h均做一次测定。在任何一次校准中，如果仪器偏转，音响报警或指示灯表明系统不能检出B.3.2.2所述的泄漏，则仪器应重新校准，并且从上一次合格的校准以后所有的检测部位均应重新检测。

B.4 检测

B.4.1 扫查速率

最大的扫查速率应按B.3.2.2确定

B.4.2 扫查方向

检测扫查应从被检部件的最上部分开始，渐次向下扫查。

B.4.3 扫查距离

示踪探头应在被检表面上扫过，扫查时探头嘴与被检表面的距离应保持在6 mm以内。如果在校准系统时采用较短的距离，则检测扫查时应不超过该距离。

B.4.4 泄漏检出

泄漏的显示或检出应按B.2.2.1所述。

B.4.5 流率

最小流率应按B.3.2.2设置。

附 录 C
（规范性）
护罩技术

C.1 概述

本技术叙述使用氦质谱仪检测抽空部件内的微量氦气。

当使用护罩法时，检漏仪应具有高灵敏度，能检出并测量从一些微小开口的较高压力一侧，流经抽空的密封体或分隔两个压力不同区域隔板的氦气流。这是一种定量的测量方法。

C.2 一般要求

C.2.1 书面检测工艺规程要求

应符合以下要求：

a) 检漏仪型号；
b) 表面温度；
c) 表面状态；
d) 泄漏标准漏孔型号；
e) 示踪气体及浓度；
f) 真空源；
g) 真空表；
h) 试验压力；
i) 保压时间；
j) 系统灵敏度；
k) 扫查距离、速度及方式；
l) 验收准则；
m) 人员资格。

C.2.2 设备和器材

C.2.2.1 仪器

应采用能传感和测量微量示踪氦气的氦质谱仪，应通过检测仪器上的或附接于仪器上的仪表来指示泄漏。

C.2.2.2 辅助设备

当需要时，可使用以下辅助设备：

a) 稳压器——当供电线路有电压波动时，应在仪器上接一个稳压器；
b) 辅助泵系统——当检测设备需要使用辅助真空泵系统时，系统的绝对压力和泵速应能使检测 b) 灵敏度和响应时间达到要求；
c) 多向接头——能正确连接仪器真空计、辅助泵、标准漏孔和被检部件的管线和阀门；
d) 护罩——任何适当的罩或容器，诸如一个塑料袋，带有一个用作多个接管的进气管；
e) 真空计——真空计的量程应能测量被抽空系统进行检测时的绝对压力，用于大系统的真空计的位置应尽可能远离泵系统的进气口。

C.2.2.3 校准泄漏标准漏孔

应采用本文件4.3.3所述的渗透型标准漏孔，除非有关设计规范另有规定，它的最大氦泄漏率为$1\times10^{-7}Pa\cdot m^3/s$。

C.3 校准

C.3.1 仪器校准

C.3.1.1 预热

用已经检定的标准漏孔进行校准之前，仪器应先通电预热，预热的最少时间应按照仪器制造厂的规定。

C.3.1.2 校准

按仪器制造厂的操作和维修手册，采用本标准4.3.3a)所述的渗透型标准漏孔，来确认仪器是否处在最佳状态或有足够的灵敏度。仪器对氦的灵敏度至少为1×10^{-10}Pa·m³/s。

C.3.2 系统校准

C.3.2.1 泄漏标准漏孔大小

将4.3.3所述的具有100%氦气的经校准的泄漏标准漏孔与部件相连接，并尽可能远离检漏仪与部件的连接处。

C.3.2.2 响应时间

将部件抽空至足以允许氦质谱仪与系统相连接的绝对压力，已检定的泄漏标准漏孔应向系统打开。泄漏标准漏孔应保持开启，直至仪器信号变得稳定。经检定的泄漏标准漏孔向部件开启的时间，以及输出信号的增大到稳定的时间应予以记录，两个读数之间所经历的时间即为响应时间，记录稳定的仪器读数M_1。

C.3.2.3 背景读数

背景读数M_2是在测定响应时间后确定的。校准泄漏标准漏孔将检测系统关闭，当仪器读数达到稳定时，记录仪器的读数M_2。

C.3.2.4 初始校准

初始的系统灵敏度S_1应按公式(C.1)计算：

$$S_1 = Q/(M_1 - M_2) \quad \text{(C.1)}$$

式中：

S_1——初始被检系统灵敏度，单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)；

Q——校准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)；

M_1——校准漏孔向被检系统开启后的读数；

M_2——背景读数。

当泄漏检测装置的布置改变(即采用辅助泵而旁路至辅助泵的氦气流分配有所变化时)或经校准的泄漏有变动，就应重新进行校准。在完成初始的系统灵敏度校准后，经检定的泄漏标准漏孔应与系统隔离。

C.3.2.5 最终校准

当系统检测完成以后，并且部件仍然处于护罩之中，在经检定的泄漏标准漏孔关闭的情况下，测定仪器输出读数M_3。然后应再次将经检定的泄漏标准漏孔向被检系统开启，仪器输出增大至M_4。按公式(C.2)计算最终的系统灵敏度S_2：

$$S_2 = Q/(M_4 - M_3) \quad \text{(C.2)}$$

式中：

S_2——最终被检系统灵敏度，单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)；

Q——校准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)；

M_3——检测完成后的背景读数；

M_4——检测完成后，校准漏孔再次向被检系统开启后的读数。

如果最终灵敏度S_2减小到初始灵敏度S_1的35%以下，仪器应进行清洗或修理、重新校准，然后部件重新检测。

C.4 检测

C.4.1 护罩

对于单壁部件或零件，护罩(套袋)容器可用如塑料等材料制成。

C.4.2 护罩中充以示踪气体

在按C.3.2.4完成初始校准以后，部件外表面与护罩之间的空间，在部件被抽空以后应充以氦气。

C.4.3 估计或测定护罩内示踪气体浓度

测定或估计出充在护罩中的示踪气体浓度。

C.4.4 检测持续时间

护罩充入氦气，在经过由C.3.2.2确定的响应时间以后，记录仪器输出读数M_5,或者如果输出信号不稳定，检测持续时间要保持到输出信号稳定。

C.4.5 系统测得泄漏率

按照C.3.2.5对部件最后校准以后，系统泄漏率按下述确定:

a) 对于输出信号不发生改变的场合(即 $M_2=M_5$)，系统泄漏率应记录为“低于系统可探测范围下限”和检测合格；

b) 对于输出信号(M_5)发生改变的场合(且输出信号尚在可检范围内),泄漏率 Q 应按公式(C.3)确定；

$$Q_S = S_2 \times (M_5 - M_2)/C \quad \text{(C.3)}$$

式中：

Q_s——最终被检系统灵敏度，单位为帕立方米每秒(Pa·m^3/s)；

S_2——校准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒(Pa·m^3/s)；

M_2——检测完成后的背景读数；

M_5——检测时的读数；

C——检测时被检系统内的实际氦浓度，%。

c) 对于输出信号(M_5)超过系统可探测范围上限，系统泄漏率应记录为“大于系统可探测范围”和检测不合格。

附 录 D
（规范性）
报告模板

报告编号：_____检测日期：_____年_____月_____日检测地点：_____

基本信息

委托单位：_____

生产单位：_____

设备名称：_____

型号规格：_____

设备编号：_____

检测人员

操作者：_____ 资格证号：_____

审核者：_____ 资格证号：_____

检测设备

氦质谱检漏仪型号：_____ 编号：_____

标准漏孔编号：_____泄漏率：_____

真空计或压力表型号：_____精度：_____

真空泵型号：_____

检测条件

环境温度：_____℃ 相对湿度：_____%

检测方法：☐真空法 ☐正压法 ☐真空压力法 ☐背压法

检测压力或真空度：_____

氦气浓度：_____

检测结果

序号	检测部位	检测方法	泄漏率（Pa·m³/s）	判定	备注

综合评定

☐ 合格 ☐ 不合格（不合格部位：_____）

签字

检测人：_____审核人：_____批准人：_____

单位盖章：_____日期：_____年____月_____日

参 考 文 献

[1] GB/T 15823—2009 无损检测 氦泄漏检测方法
[2] GB/T 18193—2000 真空技术 质谱检漏仪校准
[3] GB/T 18443.3—2010 真空绝热深冷设备性能试验方法 第3部分：漏率测量