

# 氦泄漏检验

## 1 范围

本标准叙述了氦泄漏检测的方法和要求。这些检验方法或技术可用来确定泄漏位置或测量泄漏率。其具体方法叙述于附录 A 和附录 B 中。

## 2 一般要求

### 2.1 泄漏预检

在采用灵敏的检测方法之前,可先作一次简便的预先检验,以检出和排除一些较大的泄漏。这种检验过程决不能把待检验部位的泄漏孔遮蔽或堵塞。

### 2.2 具体要求

泄漏检验一般应在水压检验或液压气动检验之前进行。对于由本标准采用的泄漏检验方法或技术,规定应考虑相应的下述各项:

- a) 人员的资格/证书;
- b) 技术/泄漏标准;
- c) 检验范围;
- d) 允许的检验灵敏度或泄漏率;
- e) 报告要求;
- f) 资料保存。

### 2.3 准备工作要求

2.3.1 清洁状态 被检验的表面应无油、油脂、油漆以及其它可能遮蔽泄漏的污物。当采用液体来清洁部件或是在泄漏检验前进行水压检验或液压气动检验时,部件应在泄漏检验前进行干燥。

2.3.2 堵孔 在检验前应用塞子、盖板、密封脂、胶合剂或其它能在检验后易于全部除去的合适材料把所有的孔加以密封。

### 2.4 检验要求

2.4.1 温度 所有部件在检验期间,金属的最低或最高温度不应超过所采用氦气检验方法或技术所允许的温度。

2.4.2 压力/真空(压力极限)所需作压力泄漏检验的部件,不能在超过设计压力 25% 的压力情况下做检验(除非另有规定)。

### 2.5 检验设备

#### 2.5.1 压力表

##### a) 压力表的量程

在泄漏检验中使用刻度指示式或记录式压力表时,它的刻度范围约为预期最大压力的两倍。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。附录中

所列其它类型压力表的量程要求,应按照该附录的规定。

b)压力表的定位 当部件需进行压力/真空泄漏检验时,刻度指示式压力表应与部件相连接,或从远端与部件相连,使操作者能在部件连续增压、抽空、检验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/抽空。对规定需用一个或多个压力表的大型容器或系统,推荐采用一种记录式压力表,以代替两个或多个指示式压力表中的某一个。

C)当附录要求使用其它类型压力表时,它们可以替换刻度指示或记录式压力表而单独使用,亦可联合使用。

### 3 校准要求

#### 3.1 压力/真空表

a)所使用的刻度指示和记录式压力表应参照已校准的标准压力表或一个水银柱进行校准。在使用中,除另有规定之外,每年至少重新校准一次。所有使用的压力表,其测得的结果应能符合制造厂所列的精度,并且在任何时候由于某种原因认为它们可能有差错时,应重新校准。

b)当附录要求采用刻度指示式或记录式以外的压力表时,它们应按照该附录或有关规定的要求进行校准。

#### 3.2 泄漏标准漏孔

3.2.1 渗透型泄漏标准漏孔 该标准是经过熔制并已核准的玻璃或石英的渗透型标准漏孔,它具有  $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  的氦气泄漏率。

3.2.2 毛细管型泄漏标准漏孔 该标准是经过一管子用氦气校准的毛细管型标准漏孔,它具有  $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  或更小的漏率。

### 4 评定

#### 4.1 验收标准

除另有规定外,所用方法或技术的验收标准见本标准的附录。

### 5 文件编制

需要编写工艺规程时,该规程至少应包括下列内容:

- a)检验范围;
- b)用于检测泄漏或测量泄漏率的设备型号;
- c)表面清洁状况和所用设备的型号;
- d)所采用检验方法或技术;
- e)规定的温度、压力、气体和浓度百分数。

### 6 报告

#### 6.1 检验报告

检验报告至少应包括所用方法或技术的下述内容:

- a)检验日期;
- b)操作者的证书等级和姓名;
- c)检验工艺编号或修订号;
- d)检验的方法或技术;
- e)检验结果;
- f)部件标记;
- g)检验仪器、标准漏孔和材料标记;
- h)检验条件、检验压力和气体浓度;

- i) 压力表——制造厂、型号、量程和编号；
- j) 所用方法或技术装备的草图。

## 6.2 资料保存

检验记录和报告应按有关的要求保存。

# 附录 A

(标准的附录)

## 嗅吸深头检验技术

### A1 适用范围

该技术叙述了使用氦质谱仪检测加压部件微量示踪氦气的方法,高灵敏度的检漏仪有能力检测出容器或分隔成二个不同压力区域的隔板上的微小开口处从较低压力侧漏出的氦气流或者测定混合气体中的氦气。嗅吸探头技术用于泄漏探测或泄漏定位,这是一种半定量技术,不能作定量用。

### A2 一般要求

#### A2.1 检验设备

A2.1.1 仪器 应采用能感知和测量微量氦气的氦质谱检漏仪,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泄漏电流毫安表;
- b) 泄漏音响报警装置 能发出可闻信号的扬声器或耳机;
- c) 指示灯 能发出可见光的指示灯。

#### A2.1.2 辅助设备

- a) 变压器 当供电线路有电压波动时,应在仪器上接一个稳压变压器;
- b) 嗅吸探头 所有需检查的部位应用嗅吸探头扫查,探头用弹性管或软管与检漏仪相连接。为了缩短响应时间和净化时间弹性管或软管应短于 4.5m。若检验装置采用特殊设计,使用较长的软管能获得短的响应和净化时间除外;
- c) 泄漏标准漏孔 泄漏标准漏孔可以用 3.2.1 和 3.2.2 的渗透型或毛细管型标准漏孔中的任何一种,使用泄漏标准漏孔的类型应由仪器或统灵敏度的要求而确定。

### A3 标定要求

#### A3.1 仪器校准

A3.1.1 预热 在用已经校准的泄漏标准漏孔进行校准之前,仪器应先通电预热,预热的最少时间按照仪器制造厂的规定。

A3.1.2 校准 仪器使用仪器制造厂使用的 3.2.1 所述的渗透型标准漏孔进行校准。

#### A3.1.3 灵敏度认可

仪器灵敏度每刻度至少为  $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  (每刻度是指真实泄漏的最小可读信号在仪表上选定的单位。选定作为每刻度的仪表单位,对于仪器和系统二者的校准是一样的),当仪器在任何一次校准的灵敏度低于每刻度  $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ,则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准,直到达到这个灵敏度。

### A3.2 系统标定

#### A3.2.1 泄漏标准大小

在 A2.1.2c)中所述的标准孔用于 A3.2.2 中时,对氦浓度 100%的毛细管型泄漏标准漏孔其最大泄漏率 Q 按下式计算;

$$Q = 1 \times 10^{-4} \times \frac{\text{实际百分数检验浓度}}{100}$$

实际百分数检验浓度是指检验的氦浓度,见 A4.1.2。

**A3.2.2 标定** 在将 A2.1.2b)的嗅吸探头连接到检漏仪上后。进行检验前的系统标定时,应将嗅吸探头嘴在 A3.2.1 毛细管泄漏标准的漏孔上扫过。扫过时,探头嘴与毛细管泄漏标准漏孔保持在 3.2mm 以内,对检验系统的扫查速率不应超过能探测到从毛细管泄漏标准漏孔的泄漏 Q,泄漏标准漏孔的氦示踪气体浓度应是 100%。当标定泄漏标准漏孔的氦气源为模拟实际检验浓度时,则扫查速率应不超过能探测到  $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  实际允许的泄漏。

**A3.2.3 响应时间** 系统标定时在仪器上观察到指示信号从出现到稳定所经过的时间叫做响应时间。通常希望这个时间尽可能短,以减少探出泄漏定位所需的时间。

#### A3.2.4 净化时间

仪器所测出的输出信号降低到示踪气体停止向检验系统施加时所指示信号值的 37%所经过的时间,通常希望这个净化时间尽可能短。

**A3.2.5 标定频度和认可** 除另有规定外,系统灵敏度应在检验前和检验完工后及检验过程中测定,每次不超过 2h(含 2h)。在任何一次标定核查中,如果仪表偏转,音响报警或指示灯表明系统不能检出 A3.2.2 所述的泄漏坝,则仪器应重新标定,并且从上一次合格的标定核查起,以后所有检验的部位均重新作检验。

## A4 检验

### A4.1 检验规程

**A4.1.1 检验场地** 需检验的部件如有可能,应防止通风,或者处于不会因通风使检验要求的灵敏度降低的场地。

**A4.1.2 示踪气体浓度** 除另有规定外,示踪气体浓度在检验压力下约为 10%体积浓度。

#### A4.1.3 保压时间

检查之前,检验压力最少保持 30min,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以短于上面的规定。

a)一个特殊的临时装置,如抽吸罩用在开口部件上去检验短部件。

b)用氦气首次增压之前,部件已部分抽空。

**A4.1.4 扫查距离** 在 A4.1.3 要求的保压时间以后,应将嗅吸探头嘴扫过检查表面,扫查期间探头嘴与检查表面之间的距离保持在 3.2mm 以内。如果系统标定中采用更短的距离,则检验扫查期间的扫查距离不能超过系统标定中采用的距离。

**A4.1.5 扫查速率** 最大的扫查速率应按 A3.2.2 的规定。

**A4.1.6 扫查方向** 检查扫查从被检查系统的最低点上开始,而后渐进向上扫查。

**A4.1.7 泄漏检测** 按 A2.1.1a)、b)或 c)中的任何一种泄漏指示和测定。

### A4.2 应用

下面是可以应用的二个例子(也可以用于其它类型的应用)。

**A4.2.1 管子检验** 检验由管子构成的热交换器时,为了探测管子壁的泄漏,嗅吸探头嘴应插入每一管端内,并保持在经过验证而确定的一段时间。检查扫查从管板管列的最低点开始,渐次向上扫查。

**A4.2.2 管子—管板焊缝检验** 管子—管板焊缝检查,可以采用密封包的方法。密封包可为漏斗式,小

端连到探头嘴端上,大端置于管子—管板的焊接接口上。如果采用密封包,标定的响应时间应这样确定:将密封包置于毛细管型已校准泄漏标准的漏孔上,记下需要的时间,以此作为指示的响应时间。

## A5 评定

### A5.1 检验评定

- a)除另有规定外,若检测的泄漏率不超过  $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  人的允许的漏率,则该被检验的区域可验收;
- b)当探测到不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将部件减压,并对泄漏处按有关规定的要求返修。完成返修以后,应对返修区域或有效范围按本附录的要求重新检验。

## 附 录 B

(标准的附录)

### 示踪深头和护罩检验技术

## B1 适用范围

该技术叙述了使用氦质谱仪检测抽空部件内的微量示踪氦气的方法。

a)当使用示踪探头检测时,氦气从抽空密封容器或分隔成二个压力不同区域的分隔板上微小开口处的较低压力侧泄漏出来,高灵敏度的检漏仪能探测到该氦气流,并能定出其位置。这是一种半定量技术,不能作定量用。

b)当使用护罩检验时,氦气从抽空密封容器或分隔成二个压力不同区域的分隔板上被护罩罩住的微小开口处的较低压力侧泄漏出来,高灵敏度的检漏仪能探测到该氦气,并能测量总的氦气流量。这是一种定量技术。

## B2 一般要求

### B2.1 检验设备

B2.1.1 仪器 应采用能感知和测量微量氦气的氦质谱检漏仪,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泄漏电流毫安表;
- b)泄漏音响报警装置 能发出可闻信号的扬声器或耳机;
- c)指示灯 能发出可见光的指示灯。

### B2.1.2 辅助设备

- a)变压器 当供电线路有电压波动时,应在仪器上接一个稳压变压器;
- b)辅助泵系统 当检测系统的尺寸需要使用辅助泵真空系统时,系统的绝对压力和泵速应能达到检验灵敏度和响应时间的要求;
- c)多通接头 管道系统是将仪表、辅助泵、已校正泄漏标准漏孔与检验部件适当连接的管子及阀门系统;
- d)示踪探头 将管子一端连到100%氦气源上,另一端使用一个细小开口的调节阀,用来导向细小的氮气流;

e)护罩 任何适当的罩子或容器,如带有进气管的塑料袋;

f)真空计 真空计的量程应能测量被抽真空系统进行检验时的绝对压力。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。

B2.1.3 泄漏标准漏孔 可以是3.2.1和3.2.2所述的渗透型或毛细管型标准漏孔中的任何一种,使用泄漏标准漏孔的类型应由仪器或检验灵敏度的要求或有关的规定确定。

### B3 标定要求

#### B3.1 仪器校准

B3.1.1 预热 用已校准的泄漏标准漏孔进行校准之前,仪器应先通电预热,预热的最少时间按照仪器制造厂的规定。

#### B3.1.2 校准

使用仪器制造厂使用的

3.2.1 所述的渗透型标准漏孔校准仪器。

#### B3.1.3 灵敏度认可

仪器灵敏度至少每刻度为  $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  (每刻度是指真实泄漏的最小可读信号在仪表上选定的单位。选定作为每刻度的仪表单位,对于仪器和系统二者的校准是一样的)。当仪器在任何一次校准的灵敏度每刻度低于  $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ,则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准,直至达到这个灵敏度。

#### B3.2 系统标定

B3.2.1 示踪探头技术将 3.2.2 所述并已经校准的毛细管型的泄漏标准漏孔接到部件上,并尽可能远离检漏仪与部件连接处,在系统标定期间已经校准的泄漏标准漏孔应保持打开。

a) 标定 将部件抽空至一定压力以允许氦质谱仪与系统相连接后能正常工作。为了标定检验系统,将示踪探头嘴扫过 B2.1.3 内所述毛细管型标准漏孔。探头嘴与毛细管泄漏标准漏孔之间的距离保持在 6.4mm 之内。对于从 100% 氦气的示踪探头中流出的已知流率,这个扫查速率不应超过能够探测到通过校准的泄漏标准漏孔进入系统的氦气泄漏(Q)为  $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  时的扫查速率。如果从示踪探头来的流率减小,则必须重新进行系统标定来确定一个新的扫查速率。

b) 正常扫查 在部件被抽空至一定压力,以允许氦质谱仪与系统相连接后能正常工作,扫查速率由示踪探头扫过毛细管泄漏标准漏孔确定。这个扫查速率不能超过能够探测在上面 a) 中所规定的泄漏率的扫查速率。

c) 响应时间 在系统标定时,在仪器上观察到指示讯号从出现到稳定所经过的时间叫做响应时间。通常希望这个时间尽可能短,以减少探出泄漏定位所需的时间。

d) 净化时间 仪器所测出的输出信号降低到示踪气体停止问检验系统施加时所指示值的 37% 所经过的时间,通常希望这个净化时间尽可能短。

e) 标定额度和灵敏度 除另有规定外,系统灵敏度应在检验前和检验完工后及检验过程中测定,每次不超过 2h(含 2h)。在任何一次标定核查中如仪表偏转,音响、报警或指示灯表明系统不能探测  $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  人的泄漏。则系统灵敏度应重新标定,并且从上次合格的标定核查起,以后所有检验的部位应重新检验。

B3.2.2 护罩技术将 3.2.1 内所述的具有 100% 氦气已经校准的泄漏(CL)<sup>①</sup>标准漏孔连接到部件上,并尽可能远离检漏仪与部件的连接处。标定检测系统时,已校准的泄漏标准漏孔保持打开,直至测定的响应时间为止。

a) 抽空 将部件抽空至一定压力,以允许氦质谱仪与系统连接后能正常工作。已经校准的泄漏标准漏孔对系统打开,并保持打开直到仪器信号达到稳定和响应时间得到确定。

b) 响应时间 已经校准的泄漏标准漏孔向部件打开,输出讯号增大达到稳定的时间,两个读数之间经过的时间即是响应时间,记下稳定的仪器读数刻度数  $M_1$ 。

c) 本底读数<sup>②</sup>本底读出刻度数  $M_2$  是在测定响应时间后确定的。已经校准泄漏标准漏孔对系统关闭,仪

① CL 是已经校准的泄漏率  $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

② 检测系统本底噪声,是检验前已校准的标准漏孔时,系统关闭时的仪器读数。

器读数稳定时记下仪器的读数。

d) 初始标定 每刻度初始灵敏度  $S_1$  如下计算:

$$S_1 = \frac{CL}{M_1 - M_2} \quad \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \quad \dots\dots\dots (B1)$$

当泄漏检测装置内有任何变化时(即经过辅助泵氦气流分配变化时),或已经校准的泄漏标准漏孔有变化时,应重新标定。在完成初始系统灵敏度标定后,已经校准的泄漏标准漏孔从系统上隔离。

e) 最终标定 系统检验完成后,部件仍然处于护罩内,已经校准的泄漏标准漏孔关闭时,确定仪器输出读数  $M_3$  后,再次打开已经校准的泄漏标准漏孔,氦气进入系统,仪器输出增大至  $M_4$ ,每刻度最终系统灵敏度  $S_2$  按如下公式计算:

$$S_2 = \frac{CL}{M_4 - M_3} \quad \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \quad \dots\dots\dots (B2)$$

当最终灵敏度  $S_2$  减小到初始灵敏度  $S_1$  的 35% 以下时,仪器进行清洗或修理、重新标定和部件或系统重新检验。

f) 部件泄漏率的测定 测量的部件泄漏率  $Q_1$  按下式确定:

$$Q_1 = S_2 (M_3 - M_2) \quad \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$$

g) 实际泄漏率 实际泄漏率  $Q_2$  的计算(对所使用的示踪气体的浓度校正)

$$Q_2 = \frac{Q_1 \times 100}{\% \text{He}} \quad \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \quad \dots\dots\dots (B3)$$

## B4 检验

### B4.1 示踪探头技术

#### B4.1.1 扫查速率

最大的扫查速率按 B3.2.1a) 规定。

B4.1.2 扫查方向 检验扫查从被检验系统的最上部分开始,渐次向下扫查。

B4.1.3 扫查距离 示踪探头嘴应在检验表面上通过,扫查期间探头嘴与检验表面之间的距离保持在 6.4mm 以内。如果在系统标定期间使用了较短的距离,那末检验扫查期间不能超过该距离。

B4.1.4 泄漏探测 泄漏指示和探测按 B2.1.1 规定。

### B4.2 护罩技术

B4.2.1 护罩 对于单壁部件和局部件所用的护罩(套袋)可以用塑料类的材料制成。

#### B4.2.2 护罩充示踪气体

根据 B3.2.2d) 完成初步标定后,在部件进行抽空后部件外表面与护罩之间的空间充入氦气。

B4.2.3 估计或测定护罩内示踪气体浓度 应测定或估计护罩内示踪气体的浓度。

## B5 评定

### B5.1 检验评定

B5.1.1 示踪探头技术 除另有规定外当探测的泄漏率不超过  $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  人的允许漏率,则检验的区域可以验收。

B5.1.2 护罩技术 除另有规定外,当实际漏率  $Q_2$  等于或小于氦气的  $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  人则所检验的部件可以验收。

a) 当实际漏率超过允许值时,所有的焊缝或其它可疑的区域使用示踪探头技术重新检验。所有泄漏要作标记和暂时性密封。准许完成示踪探头重复检验。暂时性密封型式在完成检验后应易于完全拆除。

b) 然后部件排气并按有关规定的要求对泄漏处返修,返修完成后,返修的部位或有效范围应按本附录的规定重新检验。