

中华人民共和国行业标准

NB/T 47013.8—2012 (JB/T 4730.8)

承压设备无损检测 第 8 部分：泄漏检测

Nondestructive testing of pressure equipments —
Part 8: Leak Testing



2012-01-04 发布

2012-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
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 检测	3
6 结果评价	3
7 记录和报告	3
附录 A (规范性附录) 气泡泄漏检测——直接加压技术	5
附录 B (规范性附录) 气泡泄漏检测——真空罩技术	7
附录 C (规范性附录) 卤素二极管泄漏检测技术	9
附录 D (规范性附录) 氦质谱仪泄漏检测——吸枪技术	13
附录 E (规范性附录) 氦质谱仪泄漏检测——示踪探头技术	16
附录 F (规范性附录) 氦质谱仪泄漏检测——护罩技术	19
附录 G (规范性附录) 氨泄漏检测技术	23
附录 H (规范性附录) 管道声波泄漏检测技术	26
附录 I (规范性附录) 压力变化泄漏检测技术	29
附录 J (规范性附录) 热导泄漏检测技术	32
附录 K (规范性附录) 超声泄漏检测技术	36

前 言

本部分为 NB/T 47013《承压设备无损检测》的第 8 部分：泄漏检测。

本部分主要参照 ASME《锅炉压力容器规范》(2001)第 V 卷第十章的有关要求，并结合国内的实际情况制定，其中附录 G“氨泄漏检测技术”参考 ASTM E1066-95R06 制定，附录 H“管道声波泄漏检测技术”参考中国特种设备检测研究院承担的国家“十一五”科研课题“埋地燃气管道泄漏点定位检测技术研究及设备研制”研究成果制定。

本部分的附录 A~附录 K 为规范性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、南京市锅炉压力容器检验研究院、合肥通用机械研究院、上海材料研究所、中国石化工程建设公司、航天晨光股份公司、中石化南化公司化工机械厂、南京宝色股份公司、河北省锅炉压力容器监督检验院、江西省锅炉压力容器检验检测研究院。

本部分起草人：沈功田、景为科、林树青、业成、陶元宏、金宇飞、徐锋、王笑梅、陈国柱、刘鸿彦、周勤明、刘灿荣、马建宇、肖忠群、胡斌、秦先勇、崔强。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 负责解释。

承压设备无损检测

第8部分:泄漏检测

1 范围

NB/T 47013 的本部分规定了承压设备的泄漏检测方法。

本部分适用于在制和在用承压设备的泄漏检测,可以用来确定泄漏部位和测量泄漏率。

本部分规定的各种检测方法与技术要求分别在各附录中规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 11533	标准对数视力表
GB/T 12604.7	无损检测术语 泄漏检测
JB/T 4730.1	承压设备无损检测 第1部分:通用要求
NB/T 47013.7	承压设备无损检测 第7部分:目视检测

3 术语和定义

GB/T 12604.7 界定的术语和定义适用于本部分。

4 一般要求

4.1 概述

泄漏检测的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 的有关规定外,还应符合 4.2~4.4 的规定。

4.2 检测人员

泄漏检测人员未经矫正或经矫正的近(距)视力和远(距)视力应不低于 5.0(小数记录值为 1.0),测试方法应符合 GB 11533 的规定。检测人员应每 12 个月检查一次视力,以保证正常的或正确的近距离分辨能力。

4.3 工艺规程

4.3.1 应按 JB/T 4730.1 的要求制定泄漏检测工艺规程,工艺规程应至少包括如下内容:

- a) 适用范围;
- b) 引用法规、标准;
- c) 检测人员资格;
- d) 检测设备和器材;
- e) 检测条件(温度、气体或浓度等);
- f) 检测压力和保压时间;
- g) 检测表面准备;
- h) 检测时机;

- i) 检测工艺和检测技术;
- j) 检测结果的评定;
- k) 检测记录表格和保存;
- l) 检测报告格式和要求;
- m) 编制、审核和批准人员;
- n) 编制日期。

4.3.2 工艺规程应经验证,当各附录中规定的重要因素或其他对检测灵敏度有严重影响的因素发生变化时,工艺规程应重新验证。

4.4 设备和器材

4.4.1 压力表/真空表

4.4.1.1 量程

当泄漏检测采用刻度指示式和记录式压力表时,其量程应在检测压力的1.5倍~4倍的范围内,宜为预期最大检测压力的2倍左右。这些量程范围的规定不适用于真空表。本部分附录中所列其他类型压力表的量程范围要求,应按照相应附录的规定执行。

4.4.1.2 精度

除另有规定外,泄漏检测用压力表的精度不得低于1.6级。

4.4.1.3 位置

当被检件进行压力或真空泄漏检测时,刻度指示式压力表应与被检件直接连接,或从远距离处与被检件连接,使检测人员在全过程中易于观察到这些压力表/真空表。对于规定需要用一个或多个压力表/真空表的大型容器或被检系统,推荐采用可记录式压力表/真空表,以替代两个或多个指示式压力表/真空表中的一个。

4.4.1.4 应用

当规范性附录要求用其他类型压力表/真空表时,它们可以取代刻度指示式或记录式压力表/真空表,或者与刻度指示式或记录式压力表/真空表联合使用。

4.4.1.5 校准

使用的指示式和记录式压力表/真空表最长每12个月应校准1次。

使用的压力表/真空表,其测得的结果应能符合所标明的精度,当认为检测结果有误时,应重新校准压力表。

当参照本部分相关章节或规范性附录要求采用刻度指示式或记录式以外的压力表/真空表时,应按相关要求校准。

4.4.2 温度测量装置

当参照本部分相关章节或规范性附录要求温度测量时,测量装置应按相关要求校准。

4.4.3 标准漏孔

- a) 渗透型标准漏孔——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^{-7} ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3$)/s ~ 1×10^{-11} ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3$)/s 的氦气泄漏率;
- b) 毛细管型标准漏孔——是经过校准的透过管子的毛细管型漏孔,它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。

5 检测

5.1 检测准备

5.1.1 表面准备

被检件表面应当无油液、油脂、油漆以及其他可能妨碍检测的污物。如果采用液体来清洁工件或是在泄漏检测前进行耐压试验,则被检件在检测前应充分干燥。

5.1.2 密封

检测前,应使用塞子、盖板、密封蜡、粘合剂或其他能在检测后易于完全去除的合适材料把所有的孔加以密封,密封材料在检测时不应影响示踪气体的浓度。

5.1.3 检测温度

被检件在检测时的最低温度,应符合各附录或其他相关要求对被检件进行耐压等试验的规定。检测时的最低或最高温度不应超过所采用泄漏检测方法或技术要求所允许的温度。

5.1.4 压力/真空(压力极限)

除本部分附录或相关要求另有规定外,需进行压力泄漏检测的工件,最大检测压力不应超过设计压力的 1.15 倍。

5.2 预泄漏检测

在采用高灵敏度的检测方法之前,可进行预泄漏检测,以检出和消除较大的泄漏,检测过程中不得封堵或遮蔽被检件上可能存在的泄漏。

5.3 检测时机

除非另有规定,泄漏检测宜在耐压试验之前进行。若验收方认为必要,可在耐压试验之后再进行一次泄漏检测。未经设计计算确认不应抽真空。

5.4 检测

具体要求见本部分相应的附录。

6 结果评价

除另有规定外,应采用每种检测方法或技术所规定的验收标准。

7 记录和报告

7.1 记录

应按检测工艺规程的要求记录检测数据或信息,并按相关法规、标准和(或)合同要求保存所有记录。

7.2 报告

检测报告应至少包括如下内容:

- a) 委托单位;
- b) 检测日期;
- c) 工艺规程编号和版本;
- d) 被检件的名称、编号、规格、材质等;
- e) 采用的方法或技术;
- f) 检测方法或技术方案的示意图(必要时);
- g) 检测仪器、标准泄漏孔和材料识别号;

- h) 压力表 / 真空表的型号、量程、精度和编号;
- i) 温度测量设备及其编号;
- j) 检测工况、示踪气体和气体浓度;
- k) 检测压力和保压时间;
- l) 检测数据;
- m) 检测结果;
- n) 检测人员、报告编写人和审核人签字及资格证书编号;
- o) 检测日期。

附录 A

(规范性附录)

气泡泄漏检测——直接加压技术

A.1 概述

气泡泄漏检测——直接加压技术,是通过将被检件内部直接用气体加压,在被检件外部直接施加检测溶液或将被检件直接浸入溶液的方法,使泄漏气体通过液体时形成气泡,从而确定被检件是否泄漏及漏孔的位置。

A.2 范围

本检测方法属于检测灵敏度要求不高的粗检漏方法,一般只确定被检件是否泄漏而不定量,某些情况下也可以定量。

A.3 一般要求

A.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 A.3.2 ~ A.3.5 的规定。

A.3.2 工艺规程

A.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 起泡溶液(牌号或型号);
- b) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- c) 表面状态;
- d) 照明条件;
- e) 人员技能要求(必要时)。

A.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 加压气体;
- b) 加压设备;
- c) 压力表;
- d) 保压时间;
- e) 检测压力;
- f) 后清洗方式;
- g) 验收标准;
- h) 人员资格。

A.3.3 气体

除另有规定外,检测气体通常是空气,但也可采用惰性气体。当采用惰性气体时应考虑大气中

缺氧情况下的安全问题。

A.3.4 起泡溶液:

- a) 起泡溶液应在被检部位形成一层不破的薄膜,而且所形成的气泡不会因空气的干燥作用或由于较低的表面张力而迅速破裂;
- b) 日常用的肥皂或洗涤剂不宜用来代替气泡检测溶液;
- c) 起泡溶液应适应检测的温度要求。

A.3.5 浸泡池:

- a) 浸泡池应采用水或其他适当的溶液;
- b) 浸泡液应能适应检测的温度要求。

A.4 检测

A.4.1 保压时间

在检测前,检测压力应至少先保持 15min。

A.4.2 表面温度

工件被检测部位的表面温度在检测过程中应不低于 5℃,也不高于 50℃。必要时,允许局部加热或冷却。当实际检测中难以达到上述温度范围要求时,如果能验证其他温度范围的检测效果,也可采用其他的温度。

A.4.3 施加溶液

采用浇洒、喷射或涂刷的方法将起泡溶液施加在工件待检测区域的表面。应尽量减少溶液由于施加不当所产生气泡的数量,以免掩盖由泄漏所引起的气泡。

A.4.4 浸泡

待检测的区域应置于浸泡液的表面之下,并应处于易于观察的位置。

A.4.5 照明和器材

进行检测时,照明和目视辅助设备应符合 NB/T 47013.7 的要求。

A.4.6 泄漏显示

被检件表面上有连续或重复的气泡出现,表示被检测区域中有穿透性泄漏孔存在。

A.4.7 检测后的清洗

检测完成后,应按相关要求对表面进行清洗。

A.5 结果评价

A.5.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,若未观察到被检测的区域有连续和重复的气泡形成,则可验收。

A.5.2 返修和重新检测

当观察到有泄漏时,应标出泄漏的位置,然后将被检件泄压,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附录 B

(规范性附录)

气泡泄漏检测——真空罩技术

B.1 概述

气泡泄漏检测——真空罩技术,是适用于检测不能直接加压的承压部件泄漏的技术。其方法是在承压件壳体局部区域施加起泡溶液,然后通过真空罩使这一局部区域两侧形成一定的压力差,如有泄漏发生,则会在压力低的一侧产生气泡,从而可以确定泄漏产生的部位。

B.2 范围

本检测方法属于检测灵敏度要求不高的粗检漏方法,一般只确定被检件是否泄漏而不进行定量分析。

B.3 一般要求

B.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 B.3.2~B.3.5 的规定。

B.3.2 工艺规程

B.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 起泡溶液(牌号或型号);
- b) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- c) 表面状态;
- d) 照明条件;
- e) 人员技能要求(必要时)。

B.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 真空源;
- b) 真空罩(尺寸和形状);
- c) 真空保持时间;
- d) 真空检测压力;
- e) 压力表;
- f) 后清洗方式;
- g) 验收标准;
- h) 人员资格。

B.3.3 起泡溶液

- a) 起泡溶液应在被检测的部位形成一层不破的薄膜,而且所形成的气泡不会因空气的干燥作

用或低的表面张力而迅速破裂。应尽量减少溶液由于施加不当所产生气泡的数量,以免掩盖由泄漏所引起的气泡;

- b) 日常用的肥皂或洗涤剂不宜用来代替气泡检测溶液;
- c) 起泡溶液应能适应检测条件的温度。

B.3.4 真空罩

真空罩应具有适当的尺寸。在其敞开底部的对面应有一个观察窗,敞开底部的边缘应装有适当的垫圈,使真空罩能与被检件表面密封。还应配置适当的连接头、阀门、照明以及测量用的真空表。真空表的量程应为 0kPa~100kPa 或与其相当的压力单位如 0 mmHg~750mmHg。

B.3.5 真空源

真空罩中所要求的真空可用任何适当的方法获得(例如空气排出器、真空泵或电动机带动的抽气装置等)。真空表至少应能指示低于大气压 15kPa 的局部真空度或者有关标准要求的局部真空度。

B.4 检测

B.4.1 表面温度

工件需检测部分的表面温度在检测过程中应不低于 5℃,也不高于 50℃,必要时允许局部加热或冷却。当实际检测中难以达到上述温度范围要求时,如果能验证其他温度范围的检测效果,也可采用其他的温度。

B.4.2 施加起泡溶液

在放置真空罩前,采用浇洒、喷射或涂刷的方法将起泡溶液施加在被检件待检测区域的表面。

B.4.3 真空罩的放置

真空罩应放置在工件待检表面涂有起泡溶液的部位上,然后将罩内抽空至所要求的局部真空度。

B.4.4 压力(真空)保持

检测中所要求的局部真空度(压力差)应至少保持 10s。

B.4.5 真空罩检测区域的重叠

每两相邻检测区域,真空罩的放置应至少有 50mm 的重叠区域。

B.4.6 照明和器材

进行检测时,照明和目视辅助设备应符合 NB/T 47013.7 的要求。

B.4.7 泄漏显示

被检件表面上有连续或重复的气泡出现,表示被检测区域中有穿透性泄漏孔存在。

B.4.8 检测后的清洗

检测完成后,应按相关要求进行表面清洗。

B.5 结果评价

B.5.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,若未观察到被检测的区域有连续和重复的气泡形成,则可验收。

B.5.2 返修和重新检测

当观察到有泄漏时,应标出泄漏的位置,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附 录 C
(规范性附录)
卤素二极管泄漏检测技术

C.1 概述

卤素二极管泄漏检测技术,是采用卤素二极管探测技术进行泄漏检测的方法,先进的电子卤素检漏仪具有较高的灵敏度,能探测到一个密封体或分隔两个不同压力腔的隔板上极小漏孔泄漏的卤素气流。

C.2 范围

本检测方法是用于检测和确定泄漏位置的一种半定量方法,不能作为定量分析方法。

C.3 检测原理

C.3.1 碱离子二极管(加热阳极)卤素检漏仪

碱离子二极管检漏仪的原理是其探头采用加热的铂电极(阳极)和一个离子收集器(阴极板),进入的卤素蒸汽被阳极电离后,离子被吸附到阴极上,同时在一个仪表上显示出与离子产生速率成正比的电流。

C.3.2 电子俘获卤素检漏仪

电子俘获卤素检漏仪的原理是其探头采用某些分子化合物对低能自由电子具有一定亲和力的现象,这些低能自由电子由一个具有弱放射性氚源的元件使气流电离而产生,以无电子俘获能力的氮气或氩气可用作背景气体,当气流含有卤素时,就发生电子俘获现象,卤素离子浓度就会在仪表上显示出来。

C.4 一般要求

C.4.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 C.4.2 和 C.4.3 的规定。

C.4.2 工艺规程

C.4.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检漏仪型号;
- b) 表面状况;
- c) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- d) 人员技能要求(必要时)。

C.4.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 扫查速率;

- b) 加压气体;
- c) 扫查方向;
- d) 信号发生装置;
- e) 标准漏孔型号;
- f) 示踪气体;
- g) 示踪气体浓度;
- h) 保压时间;
- i) 扫查距离;
- j) 压力表;
- k) 系统灵敏度;
- l) 后清洗方式;
- m) 验收标准;
- n) 人员资格。

C.4.3 设备和器材

C.4.3.1 示踪气体:

- a) 对于碱离子二极管检测,可由表 C.1 中选择任一种示踪气体,只要达到卤素泄漏检测仪所需要的检测灵敏度;
- b) 对于电子俘获检测,推荐使用的示踪气体为六氟化硫 (SF_6)。

表 C.1 示踪气体

商品名称	化学名称	化学符号
冷冻剂 -11	三氯一氟甲烷	CCl_3F
冷冻剂 -12	二氯二氟甲烷	CCl_2F_2
冷冻剂 -21	二氯一氟甲烷	CHCl_2F
冷冻剂 -22	一氯二氟甲烷	CHClF_2
冷冻剂 -114	二氯四氟乙烷	$\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$
冷冻剂 -134 _a	四氟乙烷	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$
二氯甲烷	二氯甲烷	CH_2Cl_2
六氟化硫	六氟化硫	SF_6

C.4.3.2 仪器

应采用 C.3.1 或 C.3.2 中介绍的电子卤素检漏仪,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。

C.4.3.3 毛细管标准漏孔

按照 4.4.3 要求的毛细管型标准漏孔,示踪气体可选择符合 C.4.3.1 要求的 100%示踪气体。

C.5 校准

C.5.1 预热

在使用标准漏孔进行校准前,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.5.2 系统校准

C.5.2.1 标准漏孔大小

用于系统校准的,含有 100% 浓度示踪气体的毛细管型标准漏孔,其最大泄漏率 Q 按式 (C.1) 计算:

$$Q = Q_s \cdot C \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

Q ——毛细管型标准漏孔的漏率, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

Q_s ——所要求的被检系统灵敏度,应为 $1 \times 10^{-5} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

C ——除另有规定外,指用于检测的示踪气体浓度 (以 % 表示)。

C.5.2.2 扫查速率

在校准仪器时,应将探头在标准漏孔上进行扫查。扫查时,探头与标准漏孔的距离应保持在 3mm 以内。扫查速率应不超过能检出标准漏孔漏率为 Q 时的速率。

C.5.2.3 响应时间

在系统校准时,响应时间为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。

C.5.2.4 校准频率和灵敏度

除另有规定外,检测系统的灵敏度在检测前和检测后,以及中间间隔不超过 4h,均应进行一次测定。在任何一次测定中,如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出 C.5.2.2 要求的泄漏,则检测系统应重新校准,并且从上一次合格的校准以后所有检测的部位均应重新进行检测。

C.6 检测

C.6.1 检测场所

检测部位不能有干扰检测或导致结果错误的污染物。需检测的工件,如有可能,应防止通风,或者处于不会因通风而使所要求的灵敏度降低的场所。

C.6.2 示踪气体浓度

除另有规定外,示踪气体的体积浓度在检测压力下应至少为 10%。

C.6.3 保压时间

在检测前,检测压力应至少先保持 30min,如果在下述情况下示踪气体会立刻扩散,则最小的保压时间也可短于上述规定:

- a) 对于采用特殊的临时装置 (如: 抽气罩) 以测试短接的开口工件;
- b) 在用卤素气体进行首次加压以前,已经部分抽空的工件。

C.6.4 扫查距离

在 C.6.3 要求的保压时间结束后,探头应扫过整个检测表面,扫查时探头与检测表面的距离应保持在 3mm 以内。如果系统校准时采用更小的距离,则检测扫描时的距离不应超过该距离。

C.6.5 扫查速率

最大的扫查速率应按 C.5.2.2 的要求来确定。

C.6.6 扫查方向

扫查应从被检件的最上部开始,然后逐步向下进行。

C.6.7 泄漏显示

泄漏的显示或检出按照 C.4.3.2 所述的方式实现。

C.6.8 应用

C.6.8.1 和 C.6.8.2 为两种可以参照的实例(也可用于其他类型的应用)。

C.6.8.1 管子检测

当检测由管子构成的热交换器中管壁的泄漏时,探头应插入每一管端,并保持经过验证而确定的一段时间。检测扫查应从管板管列的最上部分开始,然后渐次往下扫查。

C.6.8.2 管子-管板接头检测

管子-管板接头检测可采用胶囊的方法。胶囊可为漏斗式,小端与探头相连,大端置于管子-管板接头之上。如果采用胶囊,探测时间是指将胶囊置于毛细管型标准漏孔上时仪器响应所需的时间。

C.7 结果评价

C.7.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,若检出的漏率不超过 $1 \times 10^{-5} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3)/\text{s}$ 的允许漏率,则该被检测的区域应可验收。

C.7.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附录 D

(规范性附录)

氦质谱仪泄漏检测——吸枪技术

D.1 概述

氦质谱仪泄漏检测——吸枪技术,是使用氦质谱仪检测承压部件泄漏的微量示踪氦气的方法,氦质谱泄漏检测技术有很高的灵敏度,能探测到一个密封体或分隔两个不同压力腔的隔板上极小漏孔泄漏的氦气流,或者检测出存在于任何混合气体中的氦气。

D.2 范围

本检测方法是一种半定量的方法,用以检测泄漏并确定其位置,不能作为定量分析方法。

D.3 一般要求

D.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 D.3.2 和 D.3.3 的规定。

D.3.2 工艺流程

D.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检漏仪型号;
- b) 探测器型号;
- c) 表面状况;
- d) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- e) 人员技能要求(必要时)。

D.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 示踪气体及浓度;
- c) 压力表;
- d) 试验压力;
- e) 保压时间;
- f) 系统灵敏度;
- g) 扫查距离、速度及方向;
- h) 验收标准;
- i) 人员资格。

D.3.3 设备和器材

D.3.3.1 仪器

检测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。

D.3.3.2 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——所有需检查的部位应用吸枪扫查，吸枪用波纹管或软管与仪器相连接。为了缩短仪器响应和净化时间，波纹管或软管的长度应小于 4.5m，除非检测装置采用特殊设计使用较长的波纹管或软管可缩短响应和净化时间。

D.3.3.3 标准漏孔

标准漏孔可选择符合 4.4.3 a) 和 b) 要求的渗透或毛细管型标准漏孔。采用标准漏孔的类型应根据仪器或系统灵敏度要求而确定，或者按照相关的规定执行。

D.4 校准

D.4.1 仪器校准

D.4.1.1 预热

在使用标准漏孔进行校准前，仪器应先通电预热，预热的最短时间应符合仪器制造商的规定。

D.4.1.2 校准

仪器应按照仪器制造商的操作和维修手册，用 4.4.4 a) 所述的渗透型标准漏孔进行校准，使设备处于最佳或最合适的灵敏度下，仪器对氦的最小灵敏度为 $1 \times 10^{-10} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

D.4.2 系统校准

D.4.2.1 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 按式 (D.1) 计算：

$$Q = Q_s \cdot C \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

Q ——毛细管型标准漏孔的漏率， $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ ；

Q_s ——所要求的被检系统灵敏度， $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ ；

C ——指用于检测的氦浓度（以%表示）。

D.4.2.2 扫查速率

在校准仪器时，应将吸枪嘴在标准漏孔上进行扫查。扫查时，吸枪嘴与标准漏孔的距离应保持在 3mm 以内。扫查速率应不超过能检出标准漏孔漏率为 Q 时的速率。

D.4.2.3 响应时间

在系统校准时，响应时间为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。

D.4.2.4 校准频度和灵敏度

除另有规定外，检测系统的灵敏度在检测前和检测后，以及中间间隔不超过 4h，均应进行一次测定。在任何一次测定中，如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出 D.4.2.2 要求的泄漏，则检测系统应重新校准，并且从上一次合格的校准以后所有检测的部位均应重新检测。

D.5 检测

D.5.1 检测场所

需检测的工件,如有可能,应防止通风,或者处于不会因通风而使所要求的灵敏度降低的场所。

D.5.2 示踪气体浓度

除另有规定外,氦示踪气体的体积浓度在检测压力下应至少为 10%。

D.5.3 保压时间

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

- a) 对于采用特殊的临时装置(如:抽气罩)以测试短接的开口工件;
- b) 在用氦气进行首次加压以前,已经部分抽空的工件。

D.5.4 扫查距离

在 D.5.3 要求的保压时间结束后,吸枪嘴应扫过整个检测表面,扫查时吸枪嘴与检测表面的距离应保持在 3mm 以内。如果系统校准时采用更小的距离,则检测扫描时的距离不应超过该距离。

D.5.5 扫查速率

最大的扫查速率应按 D.4.2.2 确定。

D.5.6 扫查方向

检测扫查应从被检件的最下部开始,然后渐次向上。

D.5.7 泄漏显示

泄漏的显示或检出按照 D.3.3.1 所述的方式实现。

D.5.8 应用

D.5.8.1 和 D.5.8.2 为两种可以参照的实例(也可用于其他类型的应用)。

D.5.8.1 管子检测

当检测由管子构成的热交换器中管壁的泄漏时,探头应插入每一管端,并保持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,然后渐次往上扫查。

D.5.8.2 管子-管板接头检测

管子-管板接头检测可采用胶囊的方法。胶囊可为漏斗式,小端与吸枪嘴相连,大端置于管子-管板接头之上。如果采用胶囊,响应时间是指将胶囊置于毛细管型标准漏孔上时仪器响应所需的时间。

D.6 结果评价

D.6.1 泄漏

除规范、标准和(或)合同另有规定外,若检出的漏率不超过 $1 \times 10^{-6} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 的允许漏率,则该被检测的区域应可验收。

D.6.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按规范、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附录 E
(规范性附录)

氦质谱仪泄漏检测——示踪探头技术

E.1 概述

氦质谱仪泄漏检测——示踪探头技术,是使用氦质谱仪检测抽空工件中的微量示踪氦气泄漏的方法,氦质谱泄漏检测技术有很高的灵敏度,能探测到一个密封体或分隔两个不同压力腔的隔板上极小漏孔泄漏的氦气流。

E.2 范围

本检测方法是一种半定量的方法,用以检测泄漏并确定其位置,不能作为定量分析方法。

E.3 一般要求

E.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 E.3.2 和 E.3.3 的规定。

E.3.2 工艺规程

E.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检漏仪型号;
- b) 示踪探头型号;
- c) 表面状况;
- d) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- e) 人员技能要求(必要时)。

E.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 示踪气体及浓度;
- c) 真空源;
- d) 真空表;
- e) 试验压力;
- f) 保压时间;
- g) 系统灵敏度;
- h) 扫查距离、速度及方式;
- i) 后清洗方式;
- j) 人员资格。

E.3.3 设备和器材

E.3.3.1 仪器

应采用能探测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。

E.3.3.2 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表、辅助泵、标准漏孔和被检件的管子和阀门;
- d) 示踪探头——与 100% 氦气源连接, 在另一端使用一个细小开口的阀门;
- 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。

E.3.3.3 标准漏孔

标准漏孔可选择符合 4.4.3 a) 和 b) 要求的渗透或毛细管型标准漏孔。除另有规定外, 最大氦泄漏率为 $1 \times 10^{-6} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

E.4 校准

E.4.1 仪器校准

E.4.1.1 预热

在使用标准漏孔进行校准前, 仪器应先通电预热, 预热的最少时间应按照仪器制造商的规定。

E.4.1.2 校准

仪器应按照仪器制造厂的操作和维修手册, 用 4.4.3 a) 所述的渗透型标准漏孔进行校准, 使仪器处于最佳或最合适的灵敏度下, 仪器对氦的最小灵敏度为 $1 \times 10^{-10} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

E.4.2 系统校准

E.4.2.1 标准漏孔大小

将 E.3.3.3 所述的经校准的标准漏孔与工件相连, 并尽可能远离检漏仪与工件的连接处。在校准检测系统时, 经校准的标准漏孔应保持打开。

E.4.2.2 扫查速率

抽真空后的工件到达足够的真空度时, 将氦质谱仪连接到系统。通过示踪探头扫过标准漏孔对该系统进行校准, 探头应离泄漏标准孔 6mm 以内。对于 100% 氦示踪探头的已知流速, 扫查速率不应超过能检出标准漏孔泄漏的速率。

E.4.2.3 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。

E.4.2.4 校准频度和灵敏度

除另有规定外, 检测系统的灵敏度在检测前和检测后, 以及中间间隔不超过 4h, 均应进行一次校准。在任何一次校准中, 如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出 E.4.2.2 要求的泄漏,

则检测系统应重新校准,并且从上一次合格的校准以后所有检测的部位均应重新检测。

E.5 检测

E.5.1 扫查速率

最大的扫查速率应按 E.4.2.2 确定。

E.5.2 扫查方向

检测扫查应从被检件的最上部分开始,渐次向下扫查。

E.5.3 扫查距离

示踪探头应在被检表面上扫过,扫查时探头与被检表面的距离应保持在 6mm 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。

E.5.4 泄漏显示

泄漏的显示和检出应按 E.3.3.1。

E.5.5 流率

最小流率应按 E.4.2.2 设置。

E.6 结果评价

E.6.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,若检出的漏率不超过 $1 \times 10^{-6} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 的允许漏率,则该被检测的区域应可验收。

E.6.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附录 F

(规范性附录)

氦质谱仪泄漏检测——护罩技术

F.1 概述

氦质谱仪泄漏检测——护罩技术,是使用氦质谱仪检测并测量抽空承压部件中的微量氦气泄漏的方法,氦质谱泄漏检测仪有很高的灵敏度,能探测到一个密封体或分隔两个不同压力腔的隔板上极小漏孔泄漏的氦气流。

F.2 范围

本检测方法是一种定量的测量方法,用以确定泄漏位置并测量泄漏量。

F.3 一般要求

F.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 F.3.2~F.3.4 的规定。

F.3.2 工艺规程

F.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检测设备型号;
- b) 表面状况;
- c) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- d) 人员技能要求(必要时)。

F.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 示踪气体及浓度;
- c) 真空源;
- d) 真空表;
- e) 试验压力;
- f) 保压时间;
- g) 系统灵敏度;
- h) 扫查距离、速度及方式;
- i) 验收标准;
- j) 人员资格。

F.3.3 设备和器材

F.3.3.1 仪器

应采用能探测和测量微量氮气的氮质谱仪,并通过检测仪器上的或附接于仪器上的仪表来指示泄漏。

F.3.3.2 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表、辅助泵、标准漏孔和被检件的管子和阀门;
- d) 护罩——任何适当的罩或容器,如一个塑料袋,带有一个可连接多个接管的进气管;
- 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。

F.3.3.3 标准漏孔

标准漏孔可选择符合 4.4.3 a) 和 b) 要求的渗透或毛细管型标准漏孔。除另有规定外,最大氮泄漏率为 $1 \times 10^{-7} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

F.3.4 特殊要求

F.3.4.1 渗透

当采用具有较长响应时间的系统(例如,低流率的氮质谱仪)进行检测时,氮气穿过非金属密封元件渗透会导致错误的检测结果。对于这种情况,如果这些密封装置不需要进行泄漏检测,则应将它们放在护罩外。

F.3.4.2 重复检测或类似检测

对于重复检测或已知以往类似检测的测试时间,按照 F.4.2.4 的初始校准可以省略。

F.4 校准

F.4.1 仪器校准

F.4.1.1 预热

在使用标准漏孔进行校准前,仪器应先通电预热,预热的最少时间应按照仪器制造商的规定。

F.4.1.2 校准

仪器应按照仪器制造商的操作和维修手册,用 4.4.3 a) 所述的渗透型标准漏孔进行校准,使设备处于最佳或最合适的灵敏度下,仪器对氮的最小灵敏度为 $1 \times 10^{-10} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

F.4.2 系统校准

F.4.2.1 标准漏孔大小

将 4.4.3 a) 所述的具有 100%氮气的经校准的标准漏孔与工件相连,并尽可能远离检漏仪与工件的连接处。

F.4.2.2 响应时间

将工件抽空至足以允许氮质谱仪与系统相连接的绝对压力,将标准漏孔与系统相连通。

标准漏孔应保持开启,直至仪器信号稳定。

经过校准的标准漏孔向工件开启的时间,以及输出信号的增大至稳定的时间应予以记录,两个读数之间所经历的时间差即为响应时间,仪器稳定的读数记为 M_1 。

F.4.2.3 背景读数

背景读数 M_2 是在测定响应时间后确定的。将标准漏孔与检测系统关闭, 当仪器读数稳定时, 记录仪器的读数即为 M_2 。

F.4.2.4 初始校准

初始系统灵敏度 S_1 应按式 (F.1) 计算:

$$S_1 = \frac{Q}{M_1 - M_2} \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

S_1 ——初始系统灵敏度, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

Q ——标准漏孔漏率, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

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。在完成系统初始灵敏度校准后, 标准漏孔应与系统断开。

F.4.2.5 最终校准

当系统检测完成以后, 并且工件仍然处于护罩之中, 标准漏孔关闭的情况下, 测定仪器输出的读数 M_3 。然后再次将经校准的标准漏孔向被检系统开启, 仪器输出增大至读数 M_4 。

最终系统灵敏度 S_2 按式 (F.2) 计算:

$$S_2 = \frac{Q}{M_4 - M_3} \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

S_2 ——最终系统灵敏度, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

Q ——标准漏孔漏率, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

如果最终系统灵敏度 S_2 减小为初始系统灵敏度 S_1 的 35% 以下, 仪器应清洗或修理、重新校准然后重新进行检测。

F.5 检测

F.5.1 护罩

对于单壁工件或零件, 护罩 (套袋) 容器可采用塑料等材料制成。

F.5.2 护罩中充以示踪气体

在按 F.4.2.4 完成初始校准之后, 工件外表面与护罩之间, 在工件被抽空以后应充以氦气。

F.5.3 估计或确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。

F.5.4 检测持续时间

护罩充填氦气, 在经过由 F.4.2.2 确定的响应时间以后, 应记录仪器的输出读数 M_3 , 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。

F.5.5 系统测得的泄漏率

按照 F.4.2.5 对工件进行最终校准后, 系统泄漏率应按如下步骤确定:

- a) 对于输出信号不发生变化的场合 (即 $M_2=M_3$), 系统泄漏率应记录为“低于系统的可探测范围”和检测合格;
- b) 对于输出信号 M_3 发生改变的场合 (但输出信号尚在可检范围), 泄漏率 Q_s 应按式 (F.3)

计算:

$$Q_s = \frac{S_2(M_3 - M_2)}{C} \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

S_2 ——最终系统灵敏度, (Pa·m³)/s;

Q_s ——实测漏率, (Pa·m³)/s;

C ——检测时被检系统内的实际氦浓度(以%表示)。

c) 对于输出信号 M_3 超过系统可检测范围的情况, 系统泄漏率应记录为“大于系统可检测范围”和检测不合格。

F.6 结果评价

F.6.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外, 若检出的氦的漏率 Q_s 不超过 1×10^{-7} (Pa·m³)/s, 则该被检测的区域应可验收。

当漏率超过允许值时, 所有焊缝和其他可疑区域应采用示踪探头技术重新检测。所有泄漏处应做好临时性标记以便对局部进行重新检测的。临时标记应是一个能被查看且在检测完后可完全去除的标记。

F.6.2 返修和重新检测

有漏孔和泄漏的工件, 按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位, 应按本附录的要求重新检测。

附 录 G
(规范性附录)
氨泄漏检测技术

G.1 概述

氨泄漏检测技术,是利用氨的渗透性来检测充氨工件泄漏的方法,具有较高的灵敏度,能探测出从一些微小开口较高压力一侧,向低压一侧渗透的氨气,并确定泄漏的位置。

G.2 范围

G.2.1 本检测方法是一种半定量的检测方法,用以检测泄漏并确定其位置。

G.2.2 充入 100%氨气法

此法常用于被检承压设备工件的充氨空间不大、所充氨气的压力较低、并能将其抽真空,真空度约为 93.7kPa 的情况下的泄漏检测。

G.2.3 充入 10%~30% (体积) 氨气法

此法常用于被检承压设备工件的充氨空间较大,且不易达到 93.7kPa 的真空或达到真空要求成本较高的情况下的泄漏检测。

G.2.4 充入 1% (体积) 氨气法

此法常用于被检件的充氨空间很大的情况。

G.3 一般要求

G.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 G.3.2~G.3.4 的规定。

G.3.2 工艺规程

G.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检测设备型号;
- b) 氨气浓度;
- c) 表面状况;
- d) 表面温度 (检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- e) 人员技能要求 (必要时)。

G.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 检测压力;
- c) 压力表;
- d) 温度表;

- e) 保压时间;
- f) 验收准则;
- g) 人员资格。

G.3.3 设备和器材

G.3.3.1 仪器

G.3.3.1.1 压力表

按 4.4.1 执行。

G.3.3.1.2 显色剂

显色剂可采用酚酞试剂 (也可用石蕊试剂)。酚酞试剂的配方为 1% 酚酞、99% 酒精和水。

G.3.3.2 辅助设备

G.3.3.2.1 预处理设备

- a) 手套;
- b) 真空泵或热风枪 (如果有必要使容器变干燥);
- c) 喷枪 (如果不使用喷雾清洗);
- d) 氨敏感检测仪 (用来检测污染面积)。

G.3.3.2.2 安全装置

- a) 安全面具 (能覆盖嘴和鼻子);
- b) 氨监测仪;
- c) 防毒面具。

G.3.4 标准漏孔

按 4.4.3 a) 要求的渗透型标准漏孔。

G.4 检测

G.4.1 检测场所

需检测的工件,如有可能,应避免通风,或者处于不会因通风而使所要求灵敏度降低的场所。

G.4.2 充入 100% 氨气法

G.4.2.1 示踪气体浓度

氨示踪气体的浓度在检测压力下,应为 100% 体积浓度。

G.4.2.2 检测压力

充入氨气,使压力达到 2kPa~3kPa 为止 (为了提高检测效果,充氨压力可以提高到 3kPa 以上,但此时应考虑被检件的失稳)。

G.4.2.3 保压时间

检测之前,检测压力应至少保持 12h。

G.4.3 充入 10%~30% (体积) 氨气法

G.4.3.1 示踪气体浓度

氨示踪气体的浓度在检测压力下,应为 10%~30% 体积浓度。且充气空间中氧含量小于或等于 0.5%,以免形成氨气和空气的爆炸混合物 (其爆炸极限为 15%~18% 体积)。

G.4.3.2 检测压力、示踪气体浓度与保压时间对应关系见表 G.1。

表 G.1 检测压力、示踪气体浓度与保压时间对应关系

检测压力, MPa	0.15	0.3	0.6	1.0
示踪气体浓度, %	30	20	15	10
保压时间, h	15	12	6	4

G.4.4 充入 1%氨气法

G.4.4.1 示踪气体浓度

氨示踪气体的浓度在检测压力下, 应为 1% 体积浓度。

G.4.4.2 检测压力

充入氨气, 使压力达到设计压力。

G.4.4.3 保压时间

检测之前, 检测压力应至少保持 10min。

G.4.5 泄漏显示

涂敷有显示剂的显示纸颜色发生变化时, 就表示被检测区域中有泄漏点。

G.5 结果评价

G.5.1 泄漏

除相关法规、标准和 (或) 合同另有规定外, 若未观察到被检区域涂敷有显色剂的试纸颜色发生变化, 则该被检测的区域应可验收。

G.5.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时, 应对泄漏的位置作出标记, 然后将被检件降压, 按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位, 应按本附录的要求重新检测。

附录 H
(规范性附录)
管道声波泄漏检测技术

H.1 概述

管道声波泄漏检测技术,是用接触声发射传感器探测和确定压力管道中气体或液体泄漏部位的方法。压力管道中气体或液体的泄漏可产生连续的机械波,声发射传感器将机械波转换为电信号,通过专门的仪器可以得到泄漏信号的波形,将相邻两个传感器的信号通过采用相关分析,可以确定泄漏的位置。

H.2 范围

H.2.1 本检测方法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。

H.2.2 本检测方法用于输送气体或液体的管道泄漏的检测或监测。

H.3 一般要求

H.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 H.3.2 和 H.3.3 的规定。

H.3.2 工艺规程

H.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检测设备型号;
- b) 接触声发射传感器型号;
- c) 表面状况;
- d) 表面温度(检测期间管道的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- e) 人员技能要求(必要时)。

H.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 管道材质和规格;
- b) 泄漏信号模拟装置;
- c) 检测压力;
- d) 保压时间;
- e) 压力表;
- f) 声波传播速度;
- g) 系统灵敏度;
- h) 探测距离;
- i) 验收标准;

j) 人员资格。

H.3.3 设备和器材

H.3.3.1 传感器

声发射传感器为压电元件,并按照相关标准进行安装确保合适的信号耦合。传感器频带范围在5kHz~60kHz的范围内,可采用宽带或谐振传感器。传感器的频带选择应尽可能考虑降低背景噪声的影响。

H.3.3.2 前置放大器

如有必要,传感器后可设置前置放大器,前置放大器应有足够的增益,能使信号处理装置探测到加压管道的微弱泄漏信号。前置放大器的频带应与传感器的响应频率一致,并能抑制其他的干扰噪音信号。

H.3.3.3 主放大器

主放大器应有足够的增益,能使信号处理装置探测到加压管道的微弱泄漏信号。主放大器的频带应与传感器的响应频率一致,并能抑制其他的干扰噪音信号。

H.3.3.4 信号处理器

信号处理器用来采集泄漏声发射信号波形,测量信号的RMS电平值、能量、平均信号电平值以及其他参数。

H.3.3.5 信号存储器

信号存储器用来存储采集到的泄漏声发射信号波形和波形参数。

H.3.3.6 信号处理分析软件

信号处理分析软件用来回放泄漏信号波形和参数,分析测量泄漏信号的大小和计算泄漏源的位置。

H.3.3.7 泄漏信号模拟装置

泄漏信号模拟装置应能评价检测系统的效果。泄漏信号模拟装置包括随机信号发生装置、小型喷水装置或小型喷气装置。当需要进行泄漏点定位时,泄漏模拟装置能进行足够的不同模拟漏点的定位以验证定位算法的可操作性和正确性。

H.4 校准

H.4.1 定期校准

每次进行现场检测前、检测周期为较长时间或检测环境条件改变时对系统进行校准。每次校准前应准备书面的操作程序。

H.4.2 系统灵敏度校准

每次检测前,应对每个传感器和系统不同通道的灵敏度进行校准。

H.4.3 相关性校准

相关性校准是采用各种传感器或各种泄漏信号模拟装置(如小型喷水装置或小型喷气装置)进行模拟检测,并测量接收传感器的输出。对于给定的喷射点,两传感器输出的比值应随时间的推移不应发生变化。比值的任何变换就表明传感器存在性能偏差。利用这种方法,一个检测系统的所有传感器都能用一个或几个参考信号进行对比,并做出适当的调整。

H.4.4 定位校准

应采用泄漏信号模拟装置对两传感器进行定位校准,达到一一对应的结果。

H.5 检测

H.5.1 衰减测量

在检测前,应采用泄漏信号模拟装置测量信号的衰减特征,以确定传感器的有效探测距离。

H.5.2 保压时间

在整个检测过程中,管道内压力应至少保持 5min。

H.5.3 声速测定

利用泄漏信号模拟装置对管道泄漏信号声速进行现场测定。

H.5.4 泄漏指示

当检测仪检测到的信号的 RMS 电平值、能量、平均信号电平值以及其他参数超过报警限值或者采用波形模式识别发现有泄漏特征信号时,表明有泄漏孔存在。

H.5.5 泄漏定位

当确认管道存在漏孔时,利用泄漏源定位算法对漏孔进行定位。

H.6 结果评价

H.6.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,当检测仪检测到信号的 RMS 电平值、能量、平均信号电平值以及其他参数没有超过报警限值或者采用波形模式识别没有发现有泄漏特征信号时,则该检测区域为合格。

H.6.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

H.7 报告

检测报告除满足 7.2 的要求外,还应包括:

- a) 传感器型号和布置位置;
- b) 传感器耦合方法;
- c) 灵敏度测量记录;
- d) 衰减测量记录;
- e) 相关性校准记录;
- f) 定位校准记录;
- g) 检测距离;
- h) 测定的声速;
- i) 背景噪声的测量分析。

附 录 I
(规范性附录)
压力变化泄漏检测技术

1.1 概述

压力变化泄漏检测技术,是测定密封承压设备部件或系统在特定的压力或真空条件下的泄漏率的方法。

1.2 范围

1.2.1 本检测方法是一种定量的检测方法。

1.2.2 本检测方法可采用压力控制、绝对压力、压力保持、压力丧失、压力衰减、压力升高和真空保持等方法,这些方法可规定在单位时间内的压力、体积百分比或质量的最大允许变化量。

1.3 一般要求

1.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 1.3.2 和 1.3.3 的规定。

1.3.2 工艺规程

1.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 压力表或真空表型号;
- b) 使用的温度测量装置型号;
- c) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- d) 表面状态;
- e) 人员技能要求(必要时)。

1.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 检测压力;
- b) 保压时间;
- c) 使用的抽真空系统;
- d) 检测持续时间;
- e) 记录时间间隔;
- f) 验收标准;
- g) 人员资格。

1.3.3 设备

1.3.3.1 压力表:

- a) 压力表量程——刻度指示式和记录式压力表应符合 4.4.1.1 的要求,流体压力表或石英鲍登

(Bourdon) 管压力表可以在整个量程范围内使用;

b) 压力表位置——压力表的位置应按 4.4.1.2 的要求;

c) 压力表类型——压力变化检测中可采用常规或绝对压力表, 当需要高精度时, 可采用石英鲍登管压力表或流体压力表。所采用的压力表应具有与验收标准相适应的精度、分辨力和重复性。

1.3.3.2 温度测量仪

当采用干球或露点温度测量仪时, 应具有与泄漏验收标准相适应的精度、重复性和分辨力。

1.4 校准

1.4.1 压力表

所有的刻度指示式、记录式和石英鲍登管压力表均应按 4.4.1.4 校准。

1.4.2 温度测量仪

干球和露点温度测量仪应按有关要求校准。

1.5 检测

1.5.1 加压

被检件在高于大气压的情况下检测时, 应按 5.1.4 加压。

1.5.2 抽真空

被检件需在真空情况下检测时, 应至少抽空至大气以下 13.8kPa 或按相关的要求。

1.5.3 检测持续时间

保持检测压力 (或真空) 的持续时间应按相关的规定。如果未有规定, 则应在参照相关规定所要求的精度或可靠的限度以内, 满足确定工件或系统的泄漏率测试的要求。对于很小的工件或系统, 几分钟的检测持续时间即可满足要求; 但对于大的工件或系统, 气体的温度和压力需要平衡, 因此需要几个小时的检测持续时间。

1.5.4 小的加压系统

对于很小的加压系统 (如密封垫的空隙), 仅能通过测量其系统 (金属) 的温度来评价温度平衡。在加压完成以后、开始检测以前, 应至少有 15min 的持续时间。

1.5.5 大的加压系统

对于大的加压系统的温度平衡, 其内部气体温度应在加压完成后测量, 在开始检测前应测定其内部气体的温度已经达到平衡和稳定。

1.5.6 检测开始

检测开始时应记录最初的温度和压力 (或真空) 读数, 然后每隔一定的时间 (不超过 6min) 进行记录, 直到规定的检测时间结束。

1.5.7 主要影响因素

当要求对大气压的变化进行补偿时, 应采用绝对压力表或常规压力表和气压表来测量压力。

当相关法规、标准要求或水蒸气压力的变化明显影响检测结果时, 应测量内部的露点温度或相对湿度。

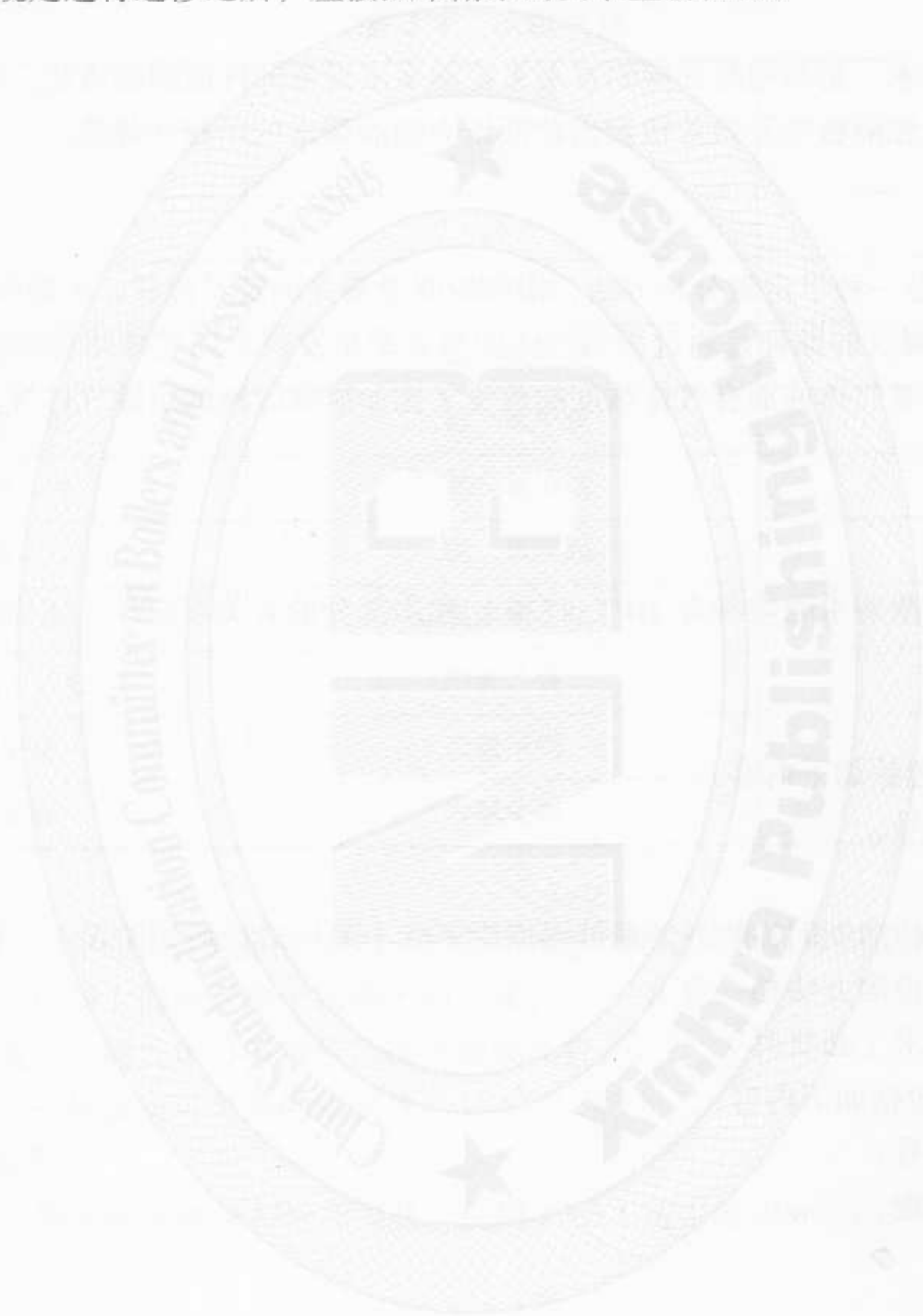
1.6 结果评价

1.6.1 验收准则

若压力变化或漏率小于或等于相关法规、标准规定的要求，则检测可以验收。

1.6.2 返修与重新检测

若压力变化或泄漏率不符合相关法规、标准的规定，则检测的结果是不可验收的。可以用本部分规范性附录上所述的其他方法确定泄漏的位置，在确定了过大压力变化或泄漏率的原因，并按照相关法规、标准规定进行返修之后，应按照本附录的要求重新检测。



附 录 J
(规范性附录)
热导泄漏检测技术

J.1 概述

热导泄漏检测技术,是利用热导探测技术来检测承压设备部件泄漏的方法。本技术能从密封体或分隔两个不同压力腔隔板的开口处检测出较低压力侧泄漏出的示踪气体流。

J.2 范围

J.2.1 本检测方法是一种半定量分析方法,用来检测泄漏并确定其位置,不能作为定量分析方法。

J.2.2 热导泄漏检测仪的原理是通过探测气体的热导率来发现示踪气体浓度的变化,因为气体或混合气体的热导率随着气体或混合气体浓度的改变(比如泄漏区域的示踪气体导入)而改变。

J.3 一般要求

J.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 J.3.2 和 J.3.3 的规定。

J.3.2 工艺规程

J.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检测设备型号;
- b) 表面状况;
- c) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- d) 人员技能要求(必要时)。

J.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 示踪气体浓度;
- c) 检测压力;
- d) 保压时间;
- e) 扫查速率;
- f) 扫查方向;
- g) 信号发生装置;
- h) 压力表;
- i) 系统灵敏度;
- j) 后清洗方式;
- k) 验收标准;

1) 人员资格。

J.3.3 设备和器材

J.3.3.1 示踪气体

理论上,热导率与空气不同的任意气体都能用作示踪气体。示踪气体可达到的灵敏度取决于气体热导率的相互差异程度[比如背景空气(用于仪器调整的气体)和泄漏区域的抽样气体(含有示踪气体)]。表 J.1 列出了一些常用的典型示踪气体,所用的示踪气体应根据泄漏检测要求的灵敏度来选择。

表 J.1 示踪气体

商品名称	化学名称	化学符号
—	氦	He
—	氩	Ar
—	二氧化碳	CO ₂
冷冻剂-11	三氯一氟甲烷	CCl ₃ F
冷冻剂-12	二氯二氟甲烷	CCl ₂ F ₂
冷冻剂-21	二氯一氟甲烷	CHCl ₂ F
冷冻剂-22	一氯二氟甲烷	CHClF ₂
冷冻剂-114	二氯四氟乙烷	C ₂ Cl ₂ F ₄
冷冻剂-134 _a	四氟乙烷	C ₂ H ₂ F ₄
二氯甲烷	二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂
六氟化硫	六氟化硫	SF ₆

J.3.3.2 仪器

应采用 J.2 中介绍的电子泄漏检测仪,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。

J.3.3.3 标准漏孔

按照 4.4.3 b) 要求的毛细管型标准漏孔,使用 J.3.3.1 选出的 100%示踪气体。

J.4 校准

J.4.1 预热

在使用标准漏孔进行校准前,仪器应先通电预热,预热的最少时间应按照仪器制造商的规定。

J.4.2 系统校准

J.4.2.1 标准漏孔大小

用于系统校准的,含有 100%浓度示踪气体的毛细管型标准漏孔,其最大泄漏率 Q 按式 (J.1) 计算:

$$Q = Q_s \cdot C \quad \dots\dots\dots (J.1)$$

式中:

Q ——毛细管型标准漏孔的漏率, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

Q_s ——所要求的被检系统灵敏度, $(\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$;

C ——除另有规定, 指用于检测的示踪气体浓度 (以%表示)。

J.4.2.2 扫查速率

在校准仪器时, 应将探头在标准漏孔上进行扫查。扫查时, 探头与标准漏孔的距离应保持在 13mm 以内。扫查速率应不超过能检出标准漏孔漏率为 Q 时的速率。

J.4.2.3 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。

J.4.2.4 校准频度和灵敏度

除另有规定外, 检测系统的灵敏度在检测前和检测后, 以及中间间隔不超过 4h, 均应进行一次校准。在任何一次校准中, 如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出 J.4.2.1 要求的泄漏, 则检测系统应重新校准, 并且从上一次合格的校准以后所有检测的部位均应重新检测。

J.5 检测

J.5.1 检测场所

检测部位不能有干扰检测或导致结果错误的污染物。需检测的工件, 如有可能, 应防止通风, 或者处于不会因通风而使所要求的灵敏度降低的场所。

J.5.2 示踪气体浓度

除另有规定外, 示踪气体的体积浓度在检测压力下应至少为 10%。

J.5.3 保压时间

在检测前, 检测压力应至少先保持 30min, 如果在下述情况下示踪气体会立刻扩散, 则最小的保压时间也可短于上述规定:

- a) 对于采用特殊的临时装置 (如: 抽气罩) 以测试短接的开口工件;
- b) 在用示踪气体进行首次加压以前, 已经部分抽空的工件。

J.5.4 扫查距离

在 J.5.3 要求的保压时间以后, 探头应扫过整个检测表面, 扫查时探头与检测表面的距离应保持在 13mm 以内。如果系统校准时采用更小的距离, 则检测扫描时的距离不应超过该距离。

J.5.5 扫查速率

最大的扫查速率应按 J.4.2.2 确定的速率。

J.5.6 扫查方向

对于比空气轻的示踪气体, 检测扫查应从被检件的最下部开始, 然后渐次向上; 对于比空气重的示踪气体, 检测扫查应从被检件的最上部开始, 然后渐次向下。

J.5.7 泄漏显示

泄漏的显示或检出按照 J.3.3.2 所述的方式实现。

J.5.8 应用

J.5.8.1 和 J.5.8.2 为两种可以参考的实例 (也可用于其他类型的应用)。

J.5.8.1 管子检测

当检测由管子构成的热交换器中管壁的泄漏时,探头应插入每一管端,并保持经过验证而确定的一段时间。

J.5.8.2 管子-管板接头检测

管子-管板接头检测可采用胶囊的方法。胶囊可为漏斗式,小端与探头相连,大端置于管子-管板接头之上。如果采用胶囊,响应时间是指将胶囊置于毛细管型标准漏孔上时仪器响应所需的时间。

J.6 结果评价

J.6.1 泄漏

除相关法规、标准和(或)合同另有规定外,若检出的泄漏不超过由 J.4.2.1 确定的最大漏率 Q ,则该被检测的区域应可验收。

J.6.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按相关法规、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

附 录 K
(规范性附录)
超声泄漏检测技术

K.1 概述

本技术描述采用超声波技术探测泄漏的方法。从密封体或分割两个不同压力腔隔板上的小孔处流出的气体可产生超声波信号,通过探测这些超声波信号的能量可以确定泄漏的部位和测量泄漏的大小。

K.2 范围

K.2.1 本检测方法是用作粗略探测和确定泄漏位置的一种方法,不能作为定量分析方法。

K.2.2 由于本检测方法的灵敏度较低[最大灵敏度为 $1 \times 10^{-3} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$],不适用于具有致命或危险性物质的承压设备的验收检测。

K.3 一般要求

K.3.1 概述

本检测方法的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 和本部分的有关规定外,还应符合 K.3.2 和 K.3.3 的规定。

K.3.2 工艺规程

K.3.2.1 重要因素包括如下内容:

- a) 检测设备型号;
- b) 表面状况;
- c) 表面温度(检测期间被检件的最低温度应不低于耐压试验的相关规定,检测时的最高或最低温度应与检测方法相一致);
- d) 加压气体;
- e) 人员技能要求(必要时)。

K.3.2.2 一般因素包括如下内容:

- a) 标准漏孔型号;
- b) 检测压力;
- c) 保压时间;
- d) 扫查速率;
- e) 扫查方向;
- f) 信号发生装置;
- g) 压力表;
- h) 系统灵敏度;
- i) 验收标准;

j) 人员资格。

K.3.3 设备器材

K.3.3.1 仪器

电子超声泄漏检测仪应能检测 20kHz ~ 100kHz 频率范围的超声波能量,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。

K.3.3.2 标准漏孔

标准漏孔可选择符合 4.4.3 b) 要求的毛细管型标准漏孔。

K.4 校准

K.4.1 预热

在校准前,仪器应先通电预热,预热的最少时间应按照仪器制造商的规定。

K.4.2 系统校准

K.4.2.1 标准漏孔大小

除另有规定外,K.3.3.2 中标准漏孔的最大漏率应为 $1 \times 10^{-2} (\text{Pa} \cdot \text{m}^3) / \text{s}$ 。

K.4.2.2 扫查速率

标准漏孔应连接到一个可调节压力的气源,并设定压力以供测试使用。用检测仪(探头)可允许的最大扫查间距直接对准标准漏孔,当检测仪(探头)扫过标准漏孔时,应注意仪表的偏转和音响信号的变化,扫查速率应不超过能检出标准漏孔漏率为 Q 时的速率。

K.4.2.3 校准频度和灵敏度

除另有规定外,检测系统的灵敏度在检测前和检测后,以及中间间隔不超过 4h,均应进行一次校准。在任何一次校准中,如果仪表偏转或音响报警表明系统不能检出 K.4.2.1 要求的泄漏,则检测系统应重新校准,并且从上一次合格的校准以后所有检测的部位均应重新检测。

K.5 检测

K.5.1 检测场所

需检测的工件,如有可能,被检件应远离其他可能产生淹没泄漏信号的环境噪声或系统噪声的设备或结构,或与其隔离。

K.5.2 保压时间

检测之前,检测压力应至少保持 15min。

K.5.3 扫查距离

按照 K.5.2 规定的时间保压后,检测仪(探头)扫过整个被检表面。扫查距离应不超过满足 K.4.2.2 中确定的最大扫查速率的距离。

K.5.4 扫查速率

最大的扫描速率应按 K.4.2.2 确定。

K.5.5 泄漏显示

泄漏的显示或检出按照 K.3.3.1 所述的方式实现。

K.6 结果评价

K.6.1 泄漏

除相关规范、标准和(或)合同另有规定外,若检出的漏率不超过 $1 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的允许漏率,则该被检测的区域应可验收。

K.6.2 返修和重新检测

当检测出不能验收的泄漏时,应对泄漏的位置作出标记,然后将被检件降压,按规范、标准或其他要求对泄漏处进行返修。所有经返修的部位,应按本附录的要求重新检测。

中华人民共和国行业标准

NB/T 47013.8—2012 (JB/T 4730.8)

承压设备无损检测

第 8 部分：泄漏检测

*

新华出版社出版发行

(北京石景山区京原路 8 号 邮编：100043)

新华书店经销

北京玥实印刷有限公司印刷

版权专有 不得翻印



NB/T 47013.8—2012

开本 880×1230 1/16 印张 3.25 字数 30 千字
2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

*

书号：155011·061 定价：45.00 元