

附件 3

石化企业泄漏检测与修复工作指南 (征求意见稿)

环境保护部

2015.5

目录

| | |
|--------------------------|----|
| 1 范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 项目建立..... | 4 |
| 4.1 资料收集..... | 4 |
| 4.2 装置适合性分析..... | 4 |
| 4.3 设备适合性分析..... | 4 |
| 4.4 物料状态辨识..... | 4 |
| 4.5 物料状态边界划分..... | 4 |
| 4.6 受控密封点分类..... | 4 |
| 4.7 受控密封点计数..... | 5 |
| 4.8 群组标识..... | 5 |
| 4.9 现场信息采集..... | 6 |
| 4.10 密封点标识..... | 6 |
| 5 常规检测..... | 6 |
| 5.1 检测仪器要求..... | 6 |
| 5.2 器材准备..... | 7 |
| 5.3 响应因子修正..... | 7 |
| 5.4 仪器准备..... | 8 |
| 5.5 检测步骤..... | 9 |
| 6 非常规检查..... | 13 |
| 6.1 光学检查..... | 13 |
| 6.2 超声检查..... | 13 |
| 6.3 皂液检查..... | 13 |
| 6.4 目视检查..... | 13 |
| 7 泄漏确认与标识..... | 14 |
| 7.1 泄漏确认..... | 14 |
| 7.2 泄漏标识..... | 14 |
| 8 检测频次..... | 14 |
| 8.1 连续生产装置检测频次要求..... | 14 |
| 8.2 间歇式生产装置检测频次要求..... | 14 |
| 9 数据处理..... | 15 |
| 9.1 常规检测数据处理..... | 15 |
| 9.2 非常规检查结果处理..... | 15 |
| 9.3 未检测、检查受控密封点数据处理..... | 15 |
| 10 泄漏修复..... | 16 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 10.1 泄漏修复时限..... | 16 |
| 10.2 延迟修复条件..... | 16 |
| 10.3 常见泄漏点维修..... | 16 |
| 10.4 多次泄漏密封点治理..... | 16 |
| 11 项目质量保证与控制..... | 17 |
| 11.1 LDAR 质量管理体系..... | 17 |
| 11.2 LDAR 项目建立的质量保证与控制..... | 17 |
| 11.3 常规检测的质量保证与控制..... | 17 |
| 11.4 修复质量控制..... | 17 |

1 范围

本规范规定了泄漏检测与修复的项目建立、现场检测、泄漏维修和质量保证与控制等技术要求。

本规范适用于石油炼制工业、石油化学工业开展设备泄漏检测与修复工作。其它涉及设备VOCs泄漏排放工业也可参照执行。

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，仅所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 石油炼制工业污染物排放标准（拟发布告稿）

GB/T 8170 数据修约规则与极限数值的表示和判定

HJ 733 泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则

3 术语和定义

3.1

石油炼制工业 petroleum refining industry

以原油、重油等为原料，生产汽油馏分、柴油馏分、燃料油、润滑油、石油蜡、石油沥青和石油化工原料等的工业。

3.2

石油化学工业 petroleum chemistry industry

以石油馏分、天然气等为原料，生产有机化学品（参见附录A）、合成树脂、合成纤维、合成橡胶等的工业。

3.3

挥发性有机物 volatile organic compound

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。

3.4

气体 gas

在工艺条件下，呈气态的含VOCs物料。

3.5

轻液体 light liquid

在工艺条件下呈液态，且蒸气压大于0.3 kPa（20℃时）的VOCs组分质量分数之和不小于20%的物料。

3.6

重液体 heavy liquid

除气体和轻液体以外的含VOCs物料。

3.7

受控装置 affected facility

指含有一种或多种含VOCs物料的装置

3.8

受控设备 affected equipment

指含VOCs物料流经或接触的设备或管线。

3.9

受控密封点 affected seal

指受控设备的密封，包括动密封和静密封。简称密封点。

3.10

受控密封点群组 affected seals group

以设备或设备某一部分为中心的多个受控密封点集成，简称“群组”。如以调节阀为中心构成调节阀群组。

3.11

泄漏检测与修复 leak detection and repair

泄漏检测与修复是指对工业生产全过程物料泄漏进行控制的系统工程。该技术采用固定或移动检测仪器，定量或定性检测生产装置中阀门等易产生VOCs泄漏的密封点，并修复超过一定浓度的泄漏点，从而控制物料泄漏损失，减少对环境造成的污染。简称LDAR。

3.12

泄漏定义浓度 leak definition concentration

密封点泄漏浓度的净检测值不得超过的浓度限值（以甲烷计）。一旦超过该限值，则视为泄漏，企业应采取修复措施。简称LDC。

3.13

常规检测 current work practice

采用FID或PID工作原理的仪器对密封点泄漏的定量检测。

3.14

非常规检查 alternative work practice

采用常规检测以外方式对密封点泄漏的辨识。如光学、超声、皂液和目视等方法，可作为常规检测的辅助手段。

3.15

泄漏密封点 leak seal

净检测值超过泄漏定义浓度的密封点。简称泄漏点。

3.16

泄漏预警浓度 pre warning concentration for leakage

泄漏定义浓度的25%。

3. 17

泄漏预警密封点 leak pre warning seal

净检测值超过预警浓度的密封点。简称预警点。

3. 18

净检测值 net screening value

扣除环境本底值的检测值，单位通常为 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ （ppmv）。

3. 19

环境本底值 environment background value

按照5. 5. 2测得的检测值，单位通常为 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

3. 20

延迟修复 delayed repair

延迟修复是指符合10. 2条件的泄漏点在修复时限内修复不可行。修复不得晚于装置下次停工检修结束。

3. 21

不可达密封点 inaccessible seals

由于物理或化学因素导致无法定量检测的密封点。物理因素主要包括空间因素（密封点所有部位超出操作人员触及范围2米以上）导致仪器无法检测、保温或保冷等物理隔离、高温或辐射等；化学因素主要是密封点存在可能导致检测人员暴露于危险的有毒有害介质（如 H_2S 等）。

3. 22

校准气体 calibration gas

指校准时用于将仪器读数调节至已知浓度的化合物。校准气体通常是接近相关泄漏定义浓度的参考化合物标准气体。

3. 23

参考化合物标准气体 reference compound standard gas

指平衡气体为高纯空气、相对扩展不确定度不大于2%（ $k=2$ ）的有证气体标准物质。

3. 24

零气 zero gas

VOCs含量低于 $10\mu\text{mol}/\text{mol}$ （以甲烷计）纯净空气。

3. 25

响应时间 Response Time

指仪器测定VOCs浓度时，从仪器接触被测气体至达到稳定指示值的90%的时间。

3. 26

恢复时间 recovery time

指仪器测定VOCs读数稳定后，将探头瞬间切至零气，仪器读数降至稳定读数的10%所需的时间。

3.27

响应因子 response Factor

指已知VOCs化合物的浓度值，与等浓度参考化合物校准的仪器检测值的比值。

4 项目建立

4.1 资料收集

需要收集的资料主要包括但不限于工艺流程图（PFD）、管道仪表图（PID）、物料平衡表、操作规程、装置平面布置图等内容。工艺变更资料不全，应补充完整。

4.2 装置适合性分析

分析装置涉及的原料、中间产品、最终产品和各类助剂的组分和含量，识别其中的VOCs组分并核算各物料的VOCs含量。依据VOCs质量百分比，将装置分为受控装置和非受控装置。受控装置应按照本规范实施泄漏检测与修复，非受控装置可以豁免。

4.3 设备适合性分析

逐一分析设备或管线的VOCs含量，把VOCs含量高于2.0%的设备或管线纳入受控设备。符合以下条件的设备或管线可以豁免：

- 正常工作处于负压状态（绝对压力低于 96.3kPa）；
- 仅在开停工期间含 VOCs（不超过 15 日）；
- 屏蔽泵、磁力泵；
- 泄放口接入装置管网的泄压设备（安全阀）。

4.4 物料状态辨识

根据工艺参数对受控设备内的物料进行分类，并在PID图上进行标注。气体、轻液体、重液体应分别标注，气体和液体两相混合，按气体标注。通过物料平衡表或操作手册核算设备、管线内TOC、VOCs和甲烷含量（质量百分比）。

4.5 物料状态边界划分

不同状态的物料由阀门或其它设备隔离，边界阀门或其它设备密封点按如下原则划分：

- 气体和轻液体或重液体交界，按接触气体计；
- 轻液体与重液体交界，按接触轻液体计；
- 含 VOCs 物料与其他介质（如氢气、氮气、蒸汽、水等）交界，按含 VOCs 物料计。

4.6 受控密封点分类

受控密封点可分为以下类型：

- 泵（轴封），简写 P；
- 压缩机（轴封），简写 CP；
- 搅拌器（轴封），简写 A；
- 阀门，V；
- 泄压设备（安全阀），简写 R；
- 采样连接系统，S；
- 开口管线，简写 OEL；

- 法兰，简写 F；
- 连接件，简写 C。

4.7 受控密封点计数

4.7.1 泵、压缩机和搅拌器

泵、压缩机和搅拌器轴封的密封点“泵”、“压缩机”和“搅拌器”数量取决于这三种动设备的轴封数量，设备的机壳密封、冲洗管路等附件按照实际的密封方式计数（多数为“法兰”、“连接件”两种密封方式）。

4.7.2 阀门

阀门阀杆填料密封和阀体大盖密封计数一个“阀门”，上下游法兰单独计数“法兰”。

4.7.3 泄压设备（安全阀）

泄压设备（安全阀）分两种情况，泄放口接入装置管网（如瓦斯管网），则按4.3豁免。但安全阀阀体上放空丝堵“连接件”、阀体连接“法兰”需要单独计数。如果泄放口敞开对大气，则按“R”计数，同时取消阀座到泄放口之间的阀体连接“法兰”计数。

4.7.4 采样连接系统

采样连接系统可分为密闭采样和开口采样两种。1) 密闭采样。采样瓶长期与采样口连接，按“连接件”计数。采样口除采样操作外不与采样瓶连接，按系统开口数量以“开口管线”计数；2) 开口采样。采样口没有丝堵系统按“采样连接系统”和“开口管线”分别计数。采样口带有丝堵的系统，按“采样连接系统”和“连接件”计数。

4.7.5 开口管线

开口管线包括机泵进出管线排凝，调节阀组排凝，采样连接系统，压力容器放空等，开口管线的末端安装盲板或丝堵，则按“法兰”或“连接件”计数。不再按“开口管线”计数。

4.7.6 法兰、连接件

管线法兰、过滤器、止回阀、换热器封头、塔器人孔、机泵壳体等按“法兰”计。如果一对法兰之间插入一盲板，盲板两侧均为受控设备（管线），按两个“法兰”计数。如果只有一侧为受控设备（管线），另一侧为非受控设备，则按一个“法兰”计数；所有螺纹连接按连接件“连接件”计数，如空冷器丝堵，压力表接头、仪表箱内连接件、加热炉燃料气连接软管接头等，活结接头按一个“连接件”计数，弯头螺纹管件按两个“连接件”计数，三通螺纹连接按三个“连接件”计数，依此类推。

4.8 群组标识

按照空间位置和工艺流程可将受控设备划分为多个群组。如将分液罐划分为罐顶安全阀群组、压力表群组、放空及人孔群组、液位计群组等，除空冷器外，每一群组包含的受控密封点应控制在1~30个范围内，且在同一操作平台可以实施检测。赋予每个群组唯一性编码，通常可采用装置名称拼音简称或采用企业设备管理系统中的装置代码加四位数字。例如常减压蒸馏的某一群组可表示为：ZL-0227。可通过现场挂牌、拍照或PID标识等方式实现群组准确定位。

4.9 现场信息采集

4.9.1 群组信息采集

现场群组采集的信息包括但不限于：

- 装置名称
- 群组编码
- 区域或单元，如分馏、炉区等
- 平台；地面按为1计；
- PID图号；
- 设备位号/管线号；
- 位置描述；如P301南5米；
- 工艺描述；E301入口管线；
- 密封点分类统计；如5V/8F/3C，表示群组内有5个阀门、8个法兰和3个连接件。

4.9.2 密封点信息采集

密封点现场采集信息包括但不限于：

- 扩展号（按照4.10的要求，定义编辑）
- 密封点类型（泵、压缩机、搅拌器、阀门、泄压装置、采样连接系统、开口管线、法兰、连接件等）；
- 公称直径（mm）；
- 可达性辨识（记录不可达的理由，可配合照片说明）；
- 工艺条件（温度、压力）。

4.10 密封点标识

密封点标识通过其唯一性编码实现。其编码由所在的群组编码加密封点扩展号构成，如ZL-0227-11。其中扩展号编辑顺序：工艺流程一般按照从上游到下游，从入口到出口，先主管线后支线、副线；先主设备后附件的规律编排。空间排序一般从上到下，从南到北，从东到西。基本同一水平面的密封点可选择一较为宽敞位置密封点为起点，顺时针编码1，2，3…。

4.10.1 密封点检测台账

根据现场采集的数据建立密封点检测台账（如Excel格式），至少包括以下内容：作业部（厂）、装置、区域或单元、平台、PID图号、设备位号/管线号、位置/工艺描述、密封群组编码、扩展号、密封点类型、公称直径（mm）、物料主要组分、物料状态、可达性、不可达理由、操作温度、操作压力、未检测原因、净检测值、检测日期、检测人、复测值、复测时间等。

5 常规检测

5.1 检测仪器要求

5.1.1 检测仪器配置

开展LDAR的企业或第三方机构，应配备VOCs定量检测仪器。石油炼制工业配置以FID为工作原理的检测仪器，石油化学工业除应配备以FID为工作原理的检测仪器外，可根据5.2的要求，配备PID或其它工作原理的检测仪器。

5.1.2 仪器基本性能

仪器应符合但不限于以下技术要求：

- 仪器量程及分辨率应符合 HJ 733 中 3.1.2 的规定；
- 采样流量应符合 HJ 733 中 3.1.3 的规定；
- 采样探头应符合 HJ 733 中 3.1.4 的规定
- 仪器在（1~10000） $\mu\text{mol/mol}$ 范围内的示值误差不超过 $\pm 25\%$ ；
- 仪器响应时间不超过 10s；
- 仪器恢复时间不超过 30s；
- 具有自动读取最大值功能；
- 具有超限报警功能，且报警阈值可以自由设定；
- 仪器连续运行时间不短于 8 小时；
- 仪器应通过防爆认证，防爆等级符合使用场所的要求。

5.2 器材准备

5.2.1 检测用气体

需要准备的气体包括但不限于以下种类：

- 校准气体，有效期内的有证气体标准物质 CH_4/Air ，浓度在泄漏定义浓度附近，相对扩展不确定度 $\leq 2\%$ ， $k=2$ ；
- 零气；
- 燃料气（高纯氢气），供气压力不低于 10MPa。

5.2.2 辅助材料

检测用辅助材料包括但不限于：

- 根据气体种类和浓度，配备充足的低吸附、密封性好的气袋；
- 与仪器采样探头适配的聚四氟乙烯管；
- 防爆工具包括斜口钳、尖嘴钳、10"扳手和仪器自配工具；
- 流量计，测量范围（0-5.0）L/min；
- 防爆对讲机；
- 可测风速和风向的气象仪
- 防爆相机；
- 个体防护器材
- 用于记录或标识的工具

5.3 响应因子修正

5.3.1 响应因子获取

石油炼制工业生产装置可不考虑响应因子对检测值的影响。石油化学工业生产装置应根据物料平衡表（图）确定响应因子。

根据装置物料平衡表等资料，确定各受控设备的物料组分及含量。1) 物料为单一组分，则可查阅检测仪器说明书或通过 HJ 733 中 3.2.1 规定的方法，测试获得响应因子；2) 物料为多组分，采用方法 1) 获得各组分的响应因子，最后按（1）计算该物料的响应因子。

$$RF_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{RF_i} \right)} \dots\dots\dots (1)$$

RF_m - 物料合成响应因子;

RF_i - 组分i的响应因子 (注意: 应采用各组分相同浓度的响应因子);

x_i - 组分i占物料中TOC的摩尔百分数;

n - 物料组分数。

5.3.2 响应因子的应用

仪器的响应因子通常与VOCs浓度相关, 可通过查阅说明书或实验确定2~3个点浓度的响应因子 (例如500 $\mu\text{mol/mol}$, 10000 $\mu\text{mol/mol}$)。采用最大响应因子并按以下条件进行应用:

- 各组分的最大响应因子均小于等于 3, 检测值无需修正;
- 有一种或多种组分的最大响应因子大于 3, 则需要按照公式(1)计算检测仪器对物料的合成响应因子。

- 1) $RF_m \leq 3$, 检测值无需修正;
- 2) $3 < RF_m \leq 10$, 则需 (2) 式修正检测数据;
- 3) $RF_m > 10$, 选择物料中 $RF_m > 10$ 的气体或响应特性相近的气体作为校准气体, 按 5.3.1 得出响应因子, 或选择其它仪器, 直到物料响应因子 $RF_m < 10$, 按照 1)、2) 应用。

$$SV_m = SV \times RF_m \dots\dots\dots (2)$$

SV_m - 经过响应因子修正后的检测值 ($\mu\text{mol/mol}$)。

5.4 仪器准备

5.4.1 仪器开机预热

仪器预热期间应保持FID点燃, 管路、探杆连接完好。预热时间按说明书要求, 说明书无明确要求的, 仪器预热时间不少于30min。仪器预热后, 将仪器设置为自动读取最大值, 报警阈值设置不高于泄漏预警浓度。

5.4.2 流量检查

按照说明书给出的方法, 检查仪器采样管路。1) 气密性检查: 应按说明书要求进行或采用手指堵住采样探头, 泵应发出明显的憋泵异常声音, 甚至熄火; 2) 通畅性检查: 通入的校准气体, 测试仪器响应时间, 响应时间应符合说明书给出的技术参数和5.1.2的要求, 取小者。响应时间不符合本要求, 应测试仪器流量, 检查疏通管路, 直至流量、响应时间符合本要求。

5.4.3 仪器零点与示值检查

预热完成后，反复通入零气和最低泄漏定义浓度附近浓度的校准气体3次（每次通气时间为仪器响应时间的2倍以上），零点读数平均值不应超过±10μmol/mol；示值误差按（3）计算，不应超过±25%。否则，应按照说明书给出的步骤实施零点和示值校准，符合5.1.2要求方可投用。

$$\Delta A = \frac{\overline{A}_i - A_s}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

ΔA ——仪器示值误差，%；

A_s ——校准气体浓度，μmol/mol；

\overline{A}_i ——与校准气体浓度对应的平均仪器示值，μmol/mol；

5.5 检测步骤

5.5.1 检测环境条件

现场检测应在仪器使用说明书规定的能正常工作环境条件下实施。超出使用环境条件，应获得仪器制造商对使用条件的书面认可。雨雪或大风天气（地面风速超过10m/s）应禁止作业。

5.5.2 环境本底值检测

每套装置或单元至少每天进行一次环境本底值测试。每次测试至少取5点，测试点位如图1所示，测试点距受控密封点最近不小于25厘米，将5个测试值取平均值作为当日装置环境本底值。

在检测过程中发现受控密封点或群组附近的仪器读数与装置环境本底值无明显变化（仪器读数低于3倍装置环境本底值），以装置环境本底值作为该受控密封点或群组的环境本底值。

在检测过程中发现受控密封点或群组附近的仪器读数与装置环境本底值有明显变化，应按照HJ 733中4.2.3.1测试该受控密封点或群组的环境本底值。

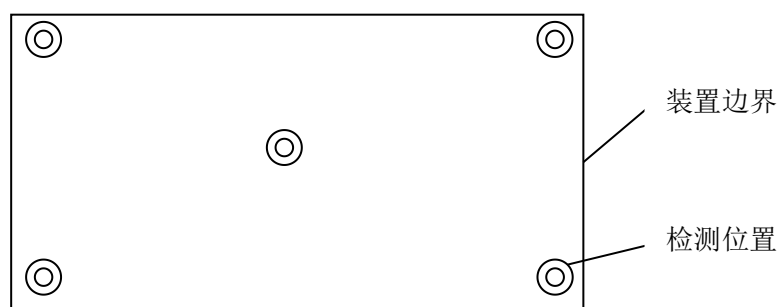


图1 环境本底值检测位置示意图

5.5.3 检测与读数

将仪器采样探头在密封点表面移动，采样探头与密封点边线保持垂直，采样探头移动速度不超过10cm/s。如果发现指示值上升或仪器报警，放慢采样探头移动速度直至测得最大读数，并将采样探头保持在出现最大读数的位置，在该位置的检测时间不少于2倍仪器响应时间。

5.5.4 延迟修复泄漏点及预警点检测

延迟修复的泄漏点及预警点在LDAR周期检测过程中,仪器采样探头移动速度不得超过3cm/s,并记录相应净检测值。

5.5.5 检测位置

静密封检测,在确保人员安全和仪器不吸入油污、液体的前提下,采样探头尽可能靠近被测密封点表面;动密封(泵轴等)检测,采样探头距轴封不超过1厘米。对于采取保温措施的密封点,可通过保温材料接缝或密封点暴露在保温材料之外的部位进行检测。

5.5.5.1 阀门

闸阀如图2所示,通常应检测的部位:

- 阀杆与填料压盖之间密封;
- 填料压盖或压板与阀盖之间密封;
- 阀盖与阀体之间的密封。

其它阀门检测位置如图3所示。

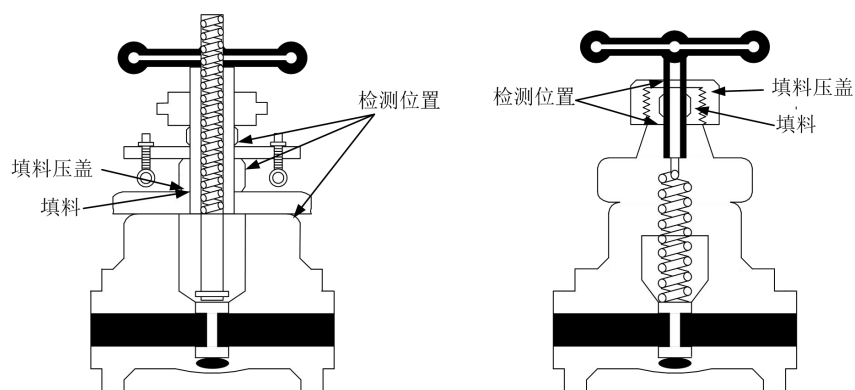


图2 闸阀检测位置

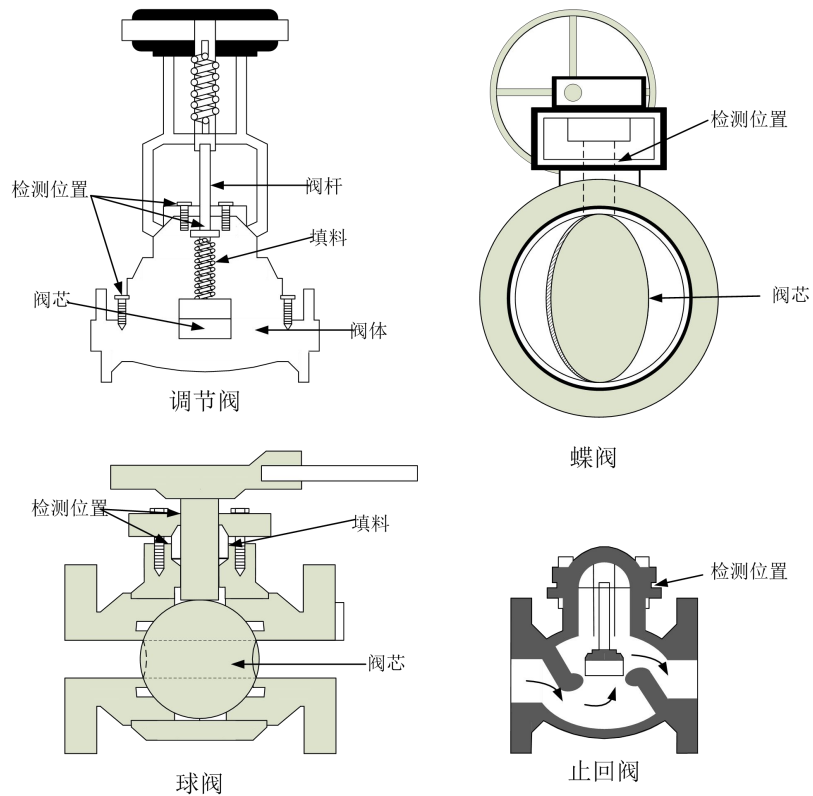


图3 调节阀、球阀、蝶阀和止回阀检测位置

5.5.5.2 泵、压缩机、搅拌器

按照动密封的检测要求对泵、压缩机或搅拌器的轴封实施检测。其中泵的位置如图4所示。如果由于其构造、外壳或周围设备设施阻碍而无法完整地轴封进行检测，则应对所有可以采样的轴封部位进行检测。另外，还应检测泵、压缩机或搅拌器其它受控密封点（如机壳密封等）。

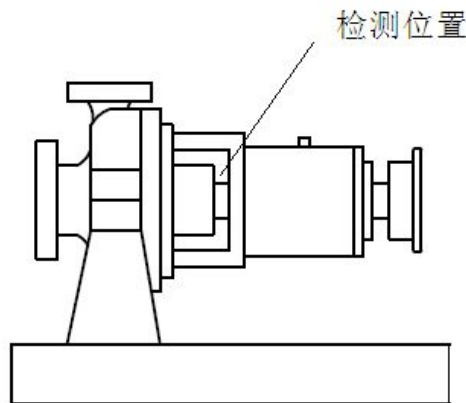


图4 离心泵轴封检测位置

5.5.5.3 泄压设备（安全阀）

直接泄放到大气的泄压设备（安全阀），在泄放管开口的中央位置进行检测。泄放口高度超过检测人员触及范围2米或以上的泄压设备（安全阀），可选择泄放管线的排凝口检测，图5为弹簧安全阀的检测点位。

对于泄放口接入装置（如瓦斯管网）的泄压设备（安全阀），无法按图中位置检测判断阀座泄漏的，可以免于检测。

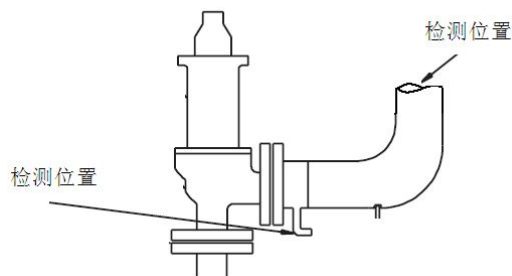


图5 安全阀检测位置

5.5.5.4 法兰和连接件

法兰连接：采样探头应尽可能插入两法兰之间的缝隙进行检测。如果采样探头直径超过缝隙宽度，则应将采样探头紧贴两法兰之间的缝隙，并与两法兰侧面垂直；连接件（螺纹接头）：采样探头与密封边线垂直，并于管线呈 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，紧贴密封边线。对于活接头，接头两侧都应检测。

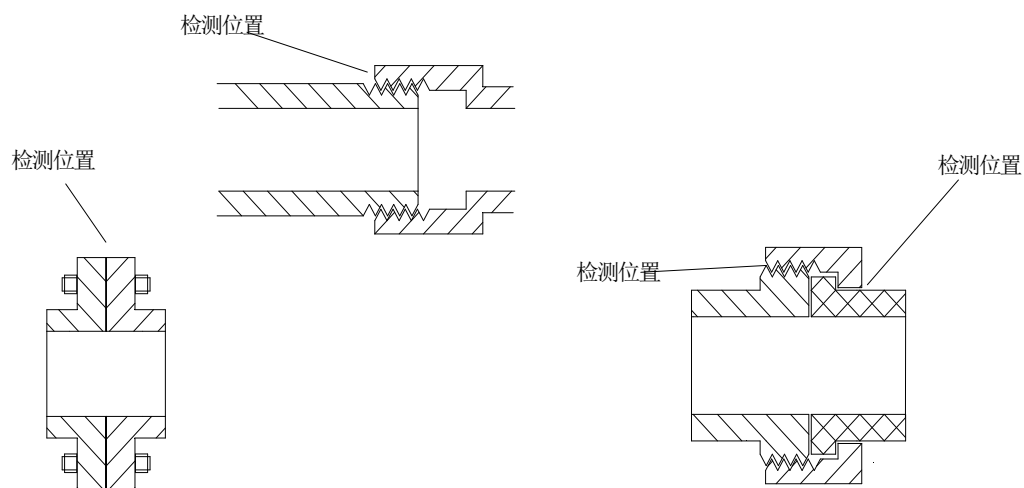


图6 法兰和连接件

5.5.5.5 开口管线

开口管线检测时，探杆应与开口面垂直。依据管线的公称直径分为三种情况（见图7）。

- 公称直径 \leq DN25，检测开口中心位置；
- $DN25 <$ 公称直径 \leq DN150，检测开口中心，并检测开口边缘，取最大值；
- 公称直径 $>$ DN150，除检测中心和边缘外，还应在径向每7cm~8cm检测一圈，取最大值。

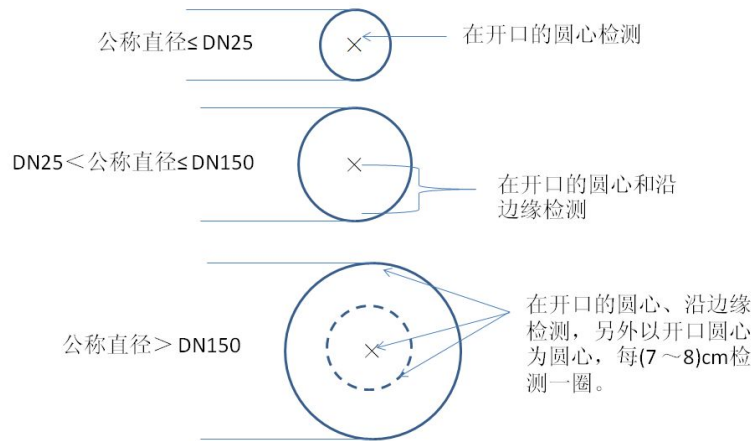


图 7 开口管线检测

5.6 常规检测使用条件

物料状态为气态或轻液体的受控密封点或群组，应采用常规检测方式进行检测。

6 非常规检查

6.1 光学检查

通过选择不同波段的光学仪器（红外热成像仪、傅里叶红外成像光谱仪），分析受控设备、群组或密封点涉及的VOCs组分和含量，可以探测部分物质见附录A。根据相应工艺温度设置仪器。发现泄漏后，做相应记录。可用常规检测方法确认。

6.2 超声检查

将超声仪器调节到30kHz至50kHz或根据其他条件确认的频率范围进行检查，在各个密封点之间来回移动，信号强度明显上升的部位即为疑似泄漏部位，可用常规检测方法确认。

6.3 皂液检查

皂液检测只适用于以下情况：受控密封点为静密封点且设备表面温度在皂液凝固点和沸点之间。向密封点喷洒皂液后，皂膜膨胀，表明存在泄漏，可用常规检测方法确认。

6.4 目视检查

检测人员观察轻液体和重液体密封点，发现有液体滴落，应借助计时器记录液滴滴落频次。

6.5 非常规检查适用条件

非常规检查可作为常规检测的辅助检查方式。物料为重液体的受控密封点或群组可选取目视检查作为检测方式，按照9.2.1记录等效检测值。

7 泄漏确认与标识

7.1 泄漏确认

出现以下任一情况，可认定为泄漏：

- 按照 5.5 规定的方法，测定密封点表面的净检测值大于等于 500 $\mu\text{mol/mol}$ （以甲烷计）；
- 发现密封点表面的皂膜逐渐扩大；
- 使用红外热成像仪、傅里叶红外成像光谱仪发现密封点有明显泄漏影像；
- 根据仪器说明，超声探测仪探测到密封点发出达到泄漏辨识阈值的超声信号，或者探测到高于背景 5dB 以上的信号；
- 密封点有滴液。

7.2 泄漏标识

检测或检查过程中发现泄漏点或预警点，应至少记录净检测值或非常检查方法及等效检测值，检查结果描述（如液滴速度2滴/min），检测或检查时间。对于结构复杂，或难以准确定位的泄漏点，可采取在泄漏处标记、利用防爆相机拍照或其它方式记录。

8 检测频次

8.1 连续生产装置检测频次要求

泵、压缩机、气体/蒸气泄压设备（直排大气）、采样连接系统、开口管线、阀门每3个月检测一次（相邻两次检测间隔不小于1个月）。

法兰、连接件每6个月检测一次（相邻两次不小于2个月）。

不符合不可达点条件的含VOCs初次运转设备，开工稳定后30日内应进行首次检测的类型包括但不限于：

- 泵；
- 压缩机；
- 气体/蒸气泄压设备；
- 采样连接系统；
- 开口管线；
- 调节阀。

8.2 间歇式生产装置检测频次要求

对于1年生产时间不足365天的间歇式生产装置，相邻两次运行的间歇期间设备不含VOCs物料，则可按表1调整检测频次：

表 1 间歇式生产装置检测频次

| 设备接触含 VOCs 物料时间 t (天) | 连续生产装置检测频次 | |
|--------------------------|-------------|-------------|
| | 每 3 个月 1 次 | 每 6 个月 1 次 |
| $t \leq 15^a$ | —— | —— |
| $16 < t \leq 90$ | 每 12 个月 1 次 | 每 12 个月 1 次 |
| $90 < t \leq 180$ | 每 6 个月 1 次 | 每 12 个月 1 次 |
| $180 < t \leq 270$ | 每 4 个月 1 次 | 每 6 个月 1 次 |
| $270 < t \leq 365$ | 每 3 个月 1 次 | 每 6 个月 1 次 |

^a 4.3 条规定豁免

9 数据处理

9.1 常规检测数据处理

9.1.1 检测范围内数据处理

每一密封点的净检测值单位采用 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ，记录到个位数字。

9.1.2 仪器检测范围外数据处理

计算的净检测值为负值，则取零。净检测值超出仪器检测范围，可通过稀释等方法测定，或按以下方法进行数据处理：

——如果仪器最高测量浓度 $\geq 50000\mu\text{mol}/\text{mol}$ ，则按超过 $100000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 记录；

——由于高浓度致使仪器熄火，按超过 $100000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 记录。

9.2 非常规检查结果处理

对于皂液、光学、超声检查如泄漏，可用常规检测测定，或按超过 $100000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 记录

9.2.1 目视检查

各类密封点发现滴漏，可按照表2记录泄漏，或按超过 $100000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 记录。

表 2 目视液滴等效检测值

| 记录 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| 密封点 分类 | 泄漏液滴 (滴/分) ^a | | | | | | | |
| | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 |
| 阀门 | 5940 | 15037 | 38067 | 65540 | —— ^b | —— | —— | —— |
| 泵/压缩机/搅拌器 | 262 | 816 | 2545 | 4947 | 7930 | 11435 | 35638 | 69294 |
| 连接件 | 11703 | 30040 | 77109 | —— | —— | —— | —— | —— |
| 法兰 | 3695 | 9887 | 26456 | 47051 | 70792 | 97184 | —— | —— |
| 开口管线 | 10564 | 28267 | 75637 | —— | —— | —— | —— | —— |
| 其它 ^c | 2967 | 9640 | 31321 | 62401 | —— | —— | —— | —— |

^a根据美国石油学会给出油品平均有关系： $1\text{ml}=16$ 滴，物料密度按 $0.8\text{g}/\text{ml}$ 计算；

^b检测值超过 $100000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 计算。

^c其它指除阀门、泵/压缩机/搅拌器、连接件、法兰、开口管线以外的密封点，如泄压设备（安全阀）、鹤管、密封盒等。

9.3 未检测、检查受控密封点数据处理

9.3.1 不可达点数据处理

装置新开工或停车检修后，首次常规检测法兰或连接件50%以上，并且至少包含1个净检测值大于等于 $10000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 泄漏点，方可将泄漏比例应用到统一装置的同类不可达点，且按比例计算的大于等于 $10000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 的不可达点个数向上取整。不符合上述情况的法兰、连接件或其它不可达点应按表3进行等效数据处理。

9.3.2 首次运行密封点未按时检测的数据处理

含VOCs初次运转的泵、压缩机、气体/蒸气泄压设备、采样连接系统、开口管线、阀门，且不符合不可达点条件，在开工稳定后30日内未对其进行首次检测，则按表3或2000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 记录，取大值。

表 3 首次运行密封点未按时检测的等效数据

| 密封点类别 | 物料状态 | 石油炼制工业 | 石油化学工业 |
|--------|------|-----------------|--------|
| 阀门 | 气体 | —— ^e | 15365 |
| | 轻液体 | 85064 | 3245 |
| | 重液体 | 483 | 89 |
| 泵/搅拌器 | 轻液体 | —— ^e | 4626 |
| | 重液体 | 19777 | 1676 |
| 压缩机 | 气体 | —— ^e | 89220 |
| 泄压设备 | 气体 | —— ^e | 34415 |
| 连接件/法兰 | 所有状态 | 1026 | 1378 |
| 开口管线 | 所有状态 | 19444 | 234 |
| 取样连接系统 | 所有状态 | —— ^e | 3282 |

^e检测值超过 100000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 计算

10 泄漏修复

10.1 泄漏修复时限

泄漏点应及时维修。首次维修不得迟于自发现泄漏之日起5日内，除非符合10.2条件，修复不得迟于自发现泄漏之日起15日内。企业应根据本规范要求制定内部维修管理方法和流程。

10.2 延迟修复条件

泄漏之日起15日内仍未完全修复的密封点，且符合以下条件之一才能纳入延迟修复范围：（1）装置停车条件下才能修复；（2）立即维修存在安全风险；（3）泄漏密封点立即维修产生VOCs排放量大于延迟修复的排放量。

10.3 常见泄漏点维修

泄漏点维修应在保证安全的条件下方可实施。维修工具和相关设备须符合危险场所作业要求。常见泄漏点维修方法见附录。

10.4 多次泄漏密封点治理

密封点泄漏修复后12个月内再次泄漏，企业应剖析反复泄漏原因，制订如更换或提升密封等级甚至整台设备、调整工艺条件或操作程序等改进方案，并最迟不晚于在下次停车检修结束前完成。

11 项目质量保证与控制

11.1 LDAR 质量管理体系

LDAR质量管理可纳入企业现有质量管理或HSE管理体系,尚未建立质量管理或HSE管理体系的企业,可单独建立LDAR质量体系。

11.2 LDAR 项目建立的质量保证与控制

可通过对以下内容的合规性审核与修正,实现LDAR项目建立的质量保证与控制:物料状态辨识、现场信息采集、物料状态边界划分、受控密封点计数、群组标识、密封点检测台账建立。

企业不可达密封点总数不可超过全部密封点的3%,超过3%的应填写附录C不可达密封点备忘录,以备检查。

11.3 常规检测的质量保证与控制

11.3.1 常规检测测量值溯源

常规检测仪器应经过具备相关资质的机构计量检定合格后,方可作为LDAR检测仪器投用。检定证书应在有效期内。校准气体应为有证气体标准物质,且在有效期内。组分、浓度、不确定度均符合5.2.1的要求。

11.3.2 漂移修正

每天检测工作结束后,应检查仪器示值漂移。通入零气和检测前检查仪器示值所用的同一校准气体,待仪器稳定后(稳定时间至少为2倍响应时间),记录仪器示值。按(4)式计算仪器漂移。

$$D_r = \frac{\overline{A_{ie}} - \overline{A_i}}{\overline{A_i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

D_r ——仪器漂移, %;

$\overline{A_{ie}}$ ——每天检测结束后,对校准气体平均示值, $\mu\text{mol/mol}$;

$\overline{A_i}$ ——每天开始检测前,对同一校准气体的平均示值, $\mu\text{mol/mol}$;

漂移 D_r 超过 $\pm 25\%$, 则应重新校正仪器并按以下方法进行数据修正:

—— $D_r > 25\%$, 重新检测当日净检测值高于 LDC 的受控密封点;

—— $D_r < -25\%$, 重新检测当日净检测值高于 $\text{LDC} \times (100\% + D_r)$ 的受控密封点。

11.4 修复质量控制

泄漏密封点维修后,应在24小时内完成验证检测(复测)。验证检测前应按5.4的要求准备仪器,检测过程中仪器探杆移动速度执行5.5.5的要求,重点检测泄漏部位,同时应检测维修作业可能影响的密封点。根据检测结果,更新泄漏牌内容。验证结束,应及时将净检测值录入密封点检测台账。

附 录 A
(资料性附录)
光学检查

光学检查通常采用基于红外热像技术的气体泄漏探测专用设备（检查热像仪）。通过泄漏气体与背景温差和气体对特定红外光谱的吸收探测VOCs气体的泄漏，各类气体的吸收光谱不同，相应的有不同波段的热像仪即中波和长波热像仪。表A. 1给出了两种波段热像仪的检测物质目录。

表 A. 1 气体检测专用红外热像仪探测部分物质表

| 中波 | | 长波 | |
|----|---------|------|------|
| 甲烷 | 甲基异丁基甲酮 | 乙酰氯 | 丁烯酮 |
| 乙烷 | 苯 | 乙烯 | 丙烯醛 |
| 丙烷 | 乙苯 | 醋酸 | 丙烯 |
| 丁烷 | 二甲苯 | 烯丙基溴 | 四氢呋喃 |
| 戊烷 | 甲苯 | 烯丙基氯 | 三氯乙烯 |
| 乙烯 | 1-戊烯 | 烯丙基氟 | 氟化铀酰 |
| 丙烯 | 异戊二烯 | 溴甲烷 | 氯乙烯 |
| | | 二氧化氯 | 丙烯腈 |
| | | 甲乙酮 | 乙烯醚 |

附 录 B
(资料性附录)
常见泄漏点维修方法

B.1 泵轴封泄漏维修

泵轴封常见泄漏与处理方式见表B.1

表 B.1 泵轴常见泄漏维修方法

| 故障现象 | 故障原因 | 处理方法 |
|----------------|---------------------------|------------------------------|
| 进料或静压时泄漏 | 密封端面损坏 | 修理或更换动静环 |
| | 密封圈损坏 | 更换损坏的密封圈 |
| | 动静环端面有异物 | 清理密封腔体，去除异物；检查密封面是否损伤，若损伤则更换 |
| | 动、静环“V”形圈方向装反 | 按正确方向重新装配 |
| | 动、静环密封面未完全贴合 | 重新安装 |
| | 弹簧力不均 | 更换弹簧 |
| | 密封端面与轴的垂直度不符合要求 | 调整 |
| 运转时经常性泄漏 | 端面比压过大引起的密封端面变形 | 减小压缩量 |
| | 摩擦热引起动、静环变形 | 保证封液充足，密封辅助系统畅通 |
| | 摩擦副磨损 | 修理或更换动、静环 |
| | 弹簧比压过小或封液压力不足 | 增加端面比压 |
| | 密封圈老化、溶胀 | 更换密封圈 |
| | 有方向性要求的弹簧其旋向不对 | 更换弹簧 |
| | 动、静环与轴或轴套间结垢或结晶，影响补偿密封面磨损 | 清理 |
| | 安装密封圈处的轴或轴套配合面有划伤 | 清理或更换划伤设备 |
| 运转时周期性泄漏 | 转子组件轴向窜动量过大 | 调整，使轴向窜量符合要求，重新找正 |
| | 联轴节找正不好，造成周期性振动 | 检查清洗叶轮 |
| | 转子不平衡 | 叶轮及转子进行静、动平衡 |
| 运转时突发性泄漏 | 弹簧断裂 | 更换弹簧 |
| | 防转销脱落 | 重新装配 |
| | 封液不足，密封件损坏 | 检查封液系统，更换密封件 |
| | 因结晶导致密封面损坏 | 更换密封件，调整工艺 |
| 停用一段时间再开动时发生泄漏 | 端面比压过大，石墨环损坏 | 减小比压，更换石墨环 |
| | 弹簧锈蚀 | 更换弹簧 |
| | 弹簧卡死 | 清洗或更换弹簧 |
| | 介质在摩擦副附近凝固或结晶 | 检修 |

B.2 阀门泄漏维修

阀门阀杆与填料压盖或压板之间泄漏的修复,通常可以通过适当扭紧压盖或压板螺栓上的螺母消除泄漏。采用压盖直接压紧填料的阀门,需要注意两侧螺母应平衡扭紧。在上紧螺母的同时,应监测泄漏点,直到净检测值低于泄漏定义浓度。对于通过扭紧螺母无法消除泄漏的阀门,则需要退出阀门上下游物料,打开阀门填料压盖或压板(取出压套),检查并更换阀门填料或阀杆。

B.3 法兰、连接件泄漏维修

法兰泄漏维修,首先应对称逐步扭紧螺栓螺母,同时检测泄漏点,直到净检测值低于泄漏定义浓度。通过扭紧螺栓螺母,无法消除泄漏,则需要退出法兰上下游物料,更换垫片。连接件泄漏维修,首先应适当扭紧螺帽。通过扭紧螺母,无法消除泄漏,则需要退出连接件上下游物料,在确保螺纹无损的前提下,重新缠绕密封生料带或涂抹密封胶,将螺母上紧。在扭转螺母过程中,软管不应联动而使螺母受到反向扭矩。

B.4 开口管线泄漏维修

开口管线泄漏,首先应检查末端阀门是否关紧。在阀门关紧情况下,泄漏依然存在,则可以通过加装一道阀门或根据阀门、管线的末端实际状况安装盲板或丝堵。

B.5 泄压设备(安全阀)泄漏维修

泄压设备(安全阀)泄漏维修,应切换到备用泄压设备(安全阀),检查整定压力、实际工况压力是否符合相关设计规范要求。拆下有问题的泄压设备,应由具有相关资质的机构检查、维修并重新设定整定压力。

附 录 C
(规范性附录)
不可达密封点备忘表

| 序号 | 装置名称 | 总密封点数 | 总不可达密封点数 | 空间因素 | 物理隔离 | 高温或辐射 | 化学因素 | 工艺备注说明 |
|----|------|-------|----------|------|------|-------|------|--------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |