

工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复 技术规范

地方标准信息服务平台

2022 - 12 - 22 发布

2023 - 03 - 21 实施

河南省市场监督管理局 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 LDAR 工作流程	3
5 技术要求	3
6 质量保证与控制	9
7 记录与报告	9
8 LDAR 运行情况检查	9
附录 A（规范性） LDAR 项目实施过程	11
附录 B（资料性） LDAR 信息表	14
附录 C（资料性） 排放量核算	16
附录 D（资料性） LDAR 统计表	18
附录 E（资料性） XX 企业 XXXX 年（XX 装置）LDAR 报告编制要点	21
附录 F（资料性） LDAR 运行情况检查内容及评分标准	23

地方标准信息服务平台

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。

本文件由河南省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：河南省生态环境监测中心、河南省信阳生态环境监测中心。

本文件主要起草人：陈纯、彭华、张海震、张丹、郭丽、刘丹、梁晶、赵新娜、刘洋、吴立业、张兰真、裴雪慧。

地方标准信息服务平台

工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复 技术规范

1 范围

本文件规定了工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复的项目建立、现场检测、泄漏修复、排放量核算、质量保证与控制、报告编制以及泄漏检测与修复运行情况检查等技术要求。

本文件适用于工业企业涉挥发性有机物设备与管线组件、废气收集系统输送管道组件的泄漏检测与修复工作。

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 30871 化学品生产单位特殊作业安全规范
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- GB 39800.1 个体防护装备配备规范 第1部分：总则
- HJ 733 泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则
- HJ 1230 工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

挥发性有机物 (VOCs)

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

3.2

泄漏

当设备密封失效致使内部物料逸散至大气中，造成VOCs排放的现象。

3.3

泄漏点

符合排放标准规定泄漏认定条件的密封点。

3.4

泄漏检测与修复 (LDAR)

通过常规或非例行检测手段，检测或检查密封点，并在一定期限内采取有效措施修复泄漏点，对工业生产全过程物料泄漏进行控制的系统工程。

3.5

VOCs 物料

VOCs质量分数占比大于等于10%的物料。

3.6

挥发性有机气体

在工艺条件下，呈气态的VOCs物料，简称气体。

3.7

挥发性有机液体

行业污染物排放标准对挥发性有机液体已作定义的，按行业污染物排放标准执行。未发布行业污染物排放标准的，执行GB 37822规定的挥发性有机液体定义，简称轻液。

3.8

挥发性有机重液

除轻液以外，在工艺条件下呈液态的VOCs物料，简称重液。

3.9

不可达密封点

由于空间距离、隔离等物理因素或安全因素，难以或无法实施常规检测的密封点。

3.10

受控设备与管线组件

载有VOCs物料的设备与管线组件。

3.11

受控密封点

受控设备与管线组件可能泄漏VOCs物料的动密封或静密封点，简称密封点。

3.12

受控密封点群组

根据建档需求划分的多个受控密封点的集合，简称群组。

3.13

泄漏认定浓度（LDC）

在密封点规定的检测位置测得的，表明有VOCs泄漏存在，需采取措施进行控制的浓度限值（基于经参考化合物校准仪器的示值）。

3.14

首次尝试维修

发现泄漏后，在规定时限内，首次采取有效方法消除泄漏的维修作业（如压紧阀门填料压盖、调整法兰螺栓等不需要更换密封部件的方法）。

3.15

实质性维修

首次尝试维修未消除泄漏时，在规定时限内，通过采用但不限于更换垫片、加盲板、更换填料、更换设备与管线组件等方式的进一步维修作业。

3.16

延迟修复

泄漏点不能在限定的时间内完成修复，需要延长维修时间的一种状态。

3.17

泄漏检测值

采用规定的监测方法、检测仪器检测到设备与管线组件泄漏点的VOCs浓度扣除环境本底值后的净值，以碳的摩尔分数表示，单位通常为 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

3.18

严重泄漏点

泄漏检测值达到或超过 $10000 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 的泄漏点。

4 LDAR 工作流程

首次开展LDAR工作包括项目建立（资料收集、适合性分析、密封点识别、密封点档案建立等）、现场检测和泄漏修复等步骤。若企业因开停工、检维修以及改扩建等原因发生密封点变更的，需重新建立密封点档案后开展现场检测和泄漏修复工作。LDAR具体工作流程按照附录A执行。

人员现场作业应符合企业相关作业制度或规定，穿戴符合GB/T 39800.1及相关要求的个体防护装备，涉及特殊作业的应按照GB 30871及企业制度要求执行特殊作业管理程序。泄漏维修前应对人员、设备及工作过程等进行安全条件评估，符合安全条件时方可开展工作。

5 技术要求

5.1 资料收集

5.1.1 基本要求

应收集企业信息、工艺信息、装置信息、密封点信息等资料。

5.1.2 企业信息

应包括企业名称、地址、组织机构代码/社会信用代码、联系人、联系电话、所属行业等。

5.1.3 工艺信息

应包括主要产品、物料信息、工艺流程、产排污环节、平面布置图等。

5.1.4 装置信息

应包括装置名称、类别、生产能力、装置布局、工艺流程图（PFD）、管道仪表图（P&ID）、物料平衡表、工艺操作规程、设备台账等。

5.1.5 密封点信息

应包括受控装置（含VOCs物料的装置）、反应单元/工段、P&ID图号、组件编码、扩展号、密封点位置描述、密封点类型、密封点尺寸、介质状态（气体/蒸气、轻液、重液）、是否不可达密封点、不可达原因等。

5.2 适合性分析

5.2.1 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VOCs的组分和含量，建立受控装置清单。

5.2.2 设备与管线组件适合性分析

分析各受控装置内设备与管线组件的物料，核算设备与管线组件内VOCs质量分数，辨识受控设备与管线组件。对于组分含量随时间变化的，宜取最近一个生产周期内质量分数的平均值。受控设备与管线组件豁免原则按HJ 1230中规定执行。

5.3 物料状态辨识及边界划分

基于PFD、P&ID辨识物料状态，根据工艺参数将受控设备与管线组件内的VOCs物料按气体、轻液、重液进行分类。VOCs物料在工艺条件下为液态，现有数据不足以进一步辨识其状态的宜按轻液计。

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

- a) VOCs 物料与其他介质（如氢气、氮气、蒸汽、水等）交界，按 VOCs 物料计；
- b) 气体与轻液或重液交界，按气体计；
- c) 轻液与重液交界，按轻液计。

5.4 密封点识别

5.4.1 密封点

工业企业各种设备和管线组件内，所有采用密封措施阻止涉VOCs物料从相邻结合面间或开口处向外泄漏的点位，均识别为密封点。

5.4.2 密封点分类

密封点主要分为：泵（P）、压缩机（轴封）（Y）、搅拌器（轴封）（A）、阀门（V）；泄压设备（安全阀）（R）；取样连接系统（S）；开口阀或开口管线（O）；法兰（F）；连接件（螺纹连接）（C）；其他（Q）等类型。

5.4.3 不可达密封点辨识

不可达密封点辨识条件和不可达密封点控制指标按HJ 1230执行。

5.5 密封点档案

5.5.1 档案信息

密封点档案信息包含密封点唯一性编码、类型、位置、物料状态、是否可达等基本信息和涉及VOCs组分含量、工艺条件等辅助信息，其中基本信息为必需项。密封点档案信息具体内容见附录B。

5.5.2 建档方式

5.5.2.1 基本要求

建档方式包括挂牌建档、拍照建档、P&ID图建档、条形码/二维码建档等。在建档过程中，可根据实际情况，选择某一种或多种组合方式。

5.5.2.2 挂牌建档

在设备元件固定位置悬挂物理标识牌，标识牌刻有该密封点在企业唯一的编码，编码按一定规则及顺序排列，为后续检测与修复环节服务。

5.5.2.3 拍照建档

对设备组件进行现场拍照，并对照片内的受控密封点进行编号及标注。

5.5.2.4 P&ID 图建档

在收集 P&ID 图、装置平面布置图、设备台账等装置资料的基础上，经物料分析后确认受控设备元件范围，并在 P&ID 图纸上对设备组件密封点进行编号标记。

5.5.2.5 条形码/二维码建档

以条形码/二维码作为密封点编码、类型、物料等信息的载体，并将条形码/二维码固定于设备元件。

5.5.3 编码及计数

按照空间位置和工艺流程可将受控设备与管线组件划分为多个群组，每一群组包含的密封点不宜超过30个，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，宜采取“装置代码”+“位置代码”的组合方式，而密封点标识通过其唯一性编码实现，格式可为“群组编码-密封点扩展号”。编码规则及编码后密封点计数按HJ 1230的要求执行。

5.6 现场检测

5.6.1 基本要求

现场可采用常规检测手段（氢火焰离子检测法、红外热成像检测法）和非常规检测手段开展检测。

5.6.2 氢火焰离子化法检测

5.6.2.1 检测仪器

配备氢火焰离子化检测仪，如行业排放标准另有规定，按行业标准执行。用于LDAR检测的氢火焰离子化检测仪应符合HJ 733的相关规定，同时还应满足以下性能要求：

- 仪器（标准配置，不加延长采样管线）响应时间不超过 10 s；
- 检测仪器或辅助工具应具有自动读取最大值功能；
- 具有响应因子数据清单。

现场检测所用气体、辅助器材等具体要求应符合HJ 1230相关规定。

5.6.2.2 响应因子获取

检测前应确定待测 VOCs 物料的响应因子。当 VOCs 物料为单一组分时，可使用仪器推荐的响应因子，或依据 HJ 733 规定的方法确定其响应因子。当 VOCs 物料为多组分时，确定各单一组分的响应因子后，按公式（1）计算该物料的合成响应因子：

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

式中：

- RF_m —— 物料合成响应因子；
 x_i —— 组分*i*的摩尔百分数；
 RF_i —— 组分*i*的响应因子；

n —— 物料中VOCs的组分数。

5.6.2.3 响应因子应用

按以下规则应用响应因子：

- a) $RF_m \leq 10$ ，按以下情况进行应用：
 - 1) $RF_m \leq 3$ ，泄漏检测值无需修正；
 - 2) $3 < RF_m \leq 10$ ，则根据公式（2）修正泄漏检测值；

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

式中：

SV_m —— 经过响应因子修正后的泄漏检测值，单位为微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ）；

SV —— 密封点泄漏检测值，单位为微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ）。

- b) $RF_m > 10$ ，选择物料中 $RF_m > 10$ 组分或响应特性相近组分的气体标准物质为校准气体，按 5.6.2.2 条得出响应因子，直到物料响应因子 $RF_m \leq 10$ ，按照 5.6.2.3 条中方法 a) 应用。
- c) 不在仪器制造商提供的响应因子清单中，且无法获取到相应气体标准物质的 VOCs 物料，在合成因子计算时不参与计算。

5.6.2.4 仪器准备

检测前仪器应进行开机预热和气密性检查，预热完成后进行仪器零点和示值检查，开机预热、气密性检查、仪器零点和示值检查的相关要求按 HJ 1230 执行。

5.6.2.5 检测与读数

检测与读数按 HJ 733 相关要求执行。环境本底值检测、检测位置等现场检测具体要求按 HJ 1230 相关规定执行。

同一密封点包含两个及两个以上检测部位的，按最大泄漏检测值记录。检测结果记录表见附录 B。

检测过程中氢火焰离子化检测仪异常熄火，应及时查找原因并处理。因仪器故障导致的异常熄火，处理后应进行零点与示值检查。由于氮气、VOCs 浓度较高等原因导致的异常熄火，宜用采样泵、气袋、采样管等器材进行现场采样，采集的样品宜在 1 h 内用零气稀释并检测。

5.6.2.6 数据记录与处理

测定结束后，按照以下规则进行检测结果记录及数据处理：

- a) 按照要求记录仪器检测值和环境本底值。其中仪器检测值超出仪器量程（FS），记为“>FS”；非仪器故障而是由于检测熄火时，可记为“FO”；
- b) 计算的泄漏检测值小于 $1 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ，泄漏检测值取零；仪器检测结果为“>FS”时，可通过稀释等方法测定，或按泄漏检测值大于或等于 $100000 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 处理；仪器检测结果为“FO”时，按泄漏检测值大于或等于 $100000 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 处理。

5.6.3 红外热成像法检测

对企业监督检查、企业日常巡检或 LDAR 周期检测过程中，根据受控设备中的 VOCs 物料组分和含量，可采用红外热成像法对不可达密封点、经常泄漏的密封点进行检测。当发现有明显来自密封点的烟羽、气团时，则该密封点可认定为泄漏点。现场使用红外热成像仪时应注意：

- a) 开机后应对仪器进行自动校准，校准时间不少于 10 min，待仪器制冷完成后方可开展检测；

- b) 拍摄高温或者低温物体后应立即对仪器进行再次的自动校准；
- c) 现场开机使用 60 min 左右进行一次自动校准；
- d) 风速达到六级或者雨雪等天气应停止检测；
- e) 拍摄密封点泄漏时拍摄距离宜小于 10 m；
- f) 拍摄任何泄漏影像时应侧风拍摄，不宜逆风或者顺风拍摄；
- g) 拍摄时应避免画面内出现高低温度差距较大的物体。

采用红外热成像法确认的泄漏点，应保留点位及周边的光学和红外图片、视频资料。

5.6.4 非常规检测

非常规检测方法包括：超声检查、皂液检查、目视检查，以及其他任何对VOCs有响应的仪器（包括催化燃烧式可燃气体检测仪和光离子化检测仪等）。对采用此类检测发现的疑似泄漏点应采用氢火焰离子化检测方法进一步确认是否为泄漏点。

5.6.5 检测频次

5.6.5.1 基本要求

密封点最低检测频次应符合企业所属行业标准规定的检测频次，所属行业未发布标准，执行表 1 的检测频次。

表 1 检测频次

序号	设备	检测频率	
		至少每6个月	至少每12个月
1	泵	1次	-
2	压缩机	1次	-
3	搅拌器	1次	-
4	阀门	1次	-
5	开口阀或开口管线	1次	-
6	气体/蒸气泄压设备	1次	-
7	取样连接系统	1次	-
8	法兰及其他连接件	-	1次
9	其他密封设备	-	1次

5.6.5.2 其他要求

除规定的检测频次外，企业还应执行以下要求：

- a) 企业宜参照本文件 5.6 条的要求，定期对正常工况下的有机废气备用排空管线、应急排放口等，及处于阀盘关闭状态时的储罐罐顶呼吸阀实施现场检测，发现问题及时查找原因，防止异常排放；
- b) 对于挥发性有机物流经初次开工开始运转的设备和管线的密封点，应在开工后 30 d 内对其进行第一次检测；
- c) 直接排放的泄压设备泄压后，应在泄压之日起 5 个工作日之内，对泄压设备进行泄漏检测；
- d) 轻液流经的设备和管线组件每周应进行目视观察，检查其密封处是否出现滴液迹象；

- e) 当环境气象条件超出仪器使用温度范围时，可向当地生态环境部门申请变更相邻两轮次检测时间间隔，全年检测频次不变，企业应按照申请答复意见开展检测；
- f) 对于间歇式生产装置或设备与管线组件，停产期间不含 VOCs 物料，则可豁免检测。

5.7 泄漏认定与标识

已发布行业标准的按行业标准规定的泄漏条件认定；未发布行业标准的，除密封点存在渗液、滴液等可见的泄漏现象或用红外热成像仪检测到密封点有明显的烟羽、气团时直接认定为泄漏外，其他按表 2 的规定进行泄漏认定。发现泄漏点应及时悬挂泄漏标识牌或作出相应标识；对于结构复杂或尺寸较大的设备与管线组件，可采取在密封点上作标记、利用防爆相机拍照或其他方式记录泄漏具体部位。

表 2 泄漏认定浓度值

单位： $\mu\text{mol}/\text{mol}$

设备和管线组件	泄漏认定浓度
有机气体/蒸气和轻液流经的密封点	2000
重液流经的密封点/加油站油气泄漏浓度	500

5.8 泄漏修复

5.8.1 泄漏修复要求

泄漏点应在发现泄漏之日起 5 d 内进行首次尝试维修。若为严重泄漏点，企业应在 48 h 内进行首次尝试维修。当出现事故性排放时，企业应立即采取措施尝试修复。

首次尝试维修后仍然泄漏，除符合 5.8.2 条规定外的，应在发现泄漏之日起 15 d 内进行实质性维修并完成修复。

5.8.2 延迟修复要求

5.8.2.1 符合以下条件之一的泄漏点可延迟修复：

- a) 需在装置停车（工）条件下才能修复，在 15 d 内进行维修技术上不可行；
- b) 立即修复存在重大爆炸、燃烧等安全风险；
- c) 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，泄漏密封点处属于内泄漏的形式（如截止阀的内泄漏），修复组件采购时间超过修复时限要求等其他特殊情况。

5.8.2.2 符合延迟修复条件的密封点应依据 5.6.5 条规定的检测频次进行定期检测，并应在下次停工检修结束前完成修复。

5.8.3 复测要求

泄漏点首次尝试维修或实质性维修后，应在 5 d 内完成复测。停工检修期间维修的延迟修复泄漏点，应在装置开工稳定后 15 d 内复测。泄漏点修复后，泄漏标识牌应记录已维修并保持在原位置，直到复测表明该泄漏点修复后方可取下；在装置或单元修复期间，应采取措施防止泄漏标识遗失，延迟修复的泄漏标识牌应一直保留至修复为止。完成维修的泄漏点按照 5.6 的要求进行复测。

5.9 排放量核算

企业在完成泄漏检测与修复后应开展泄漏排放量核算。当密封点排放速率可直接测定时，根据其排放速率计算密封点的排放量；当无法获得密封点排放速率时，按照相关方程法和平均排放系数法进行排放量核算，见附录 C。

6 质量保证与控制

从LDAR质量管理体系、项目建立、现场检测三个方面来进行质量保证与控制，具体按HJ 1230中要求执行。

7 记录与报告

7.1 记录管理

企业应制定LDAR记录管理制度，内容包括但不限于：归档、分类、保管、借阅和处置等。密封点信息台账应长期保存，并根据装置的变更情况定期更新，直至装置报废拆除。其他记录保存不少于6 a。

项目需要记录内容包括但不限于：

- a) 项目建立记录。有 LDAR 范围标注的管道仪表图、现场信息采集、密封点台账、其他建立台账需要的信息；
- b) 检测记录。检测仪器台账、校准气体台账、仪器准备记录、常规检测记录、环境本底值检测记录、非常规检测或检查记录、零点与示值检查记录、漂移核查记录、校准报告等；
- c) 维修记录。维修任务单、维修记录、延迟修复清单（若有）等；
- d) 企业内部管理制度和内审记录，包括但不限于：内审人员、内审时间、资料审核记录；
- e) 企业应对以上 LDAR 记录内容进行电子化管理且数据保存不少于 6 a。

7.2 电子化管理要求

企业应建立LDAR管理系统平台，对项目建立、泄漏检测、泄漏维修所收集的数据进行电子化管理。企业LDAR管理系统应具有以下功能：

- a) 现场管理：检测任务分配、组件信息下载上传、校准管理、暂时移除管理、检测路径管理等；
- b) 信息查看：密封点基础信息、校准信息、检测信息、泄漏信息、维修信息等；
- c) 自动生成相关报告：日报、季度报告、年度报告，排放量计算报告等；
- d) 工具栏管理：检测周期设置等。

7.3 首轮报告

企业应按照国家或地方政府要求在首轮LDAR结束后编制报告。首轮报告内容应包括但不限于企业基本信息、装置基本信息、密封点信息（包括密封点数、不可达密封点数等）、现场检测信息（包括检测密封点数、泄漏点数等）以及修复信息（包括首次尝试维修、实质性维修和延迟修复等）。LDAR首轮汇总表见附录D中表D.1，LDAR首轮统计表见附录D中表D.2。

7.4 后续报告

企业完成首轮LDAR后，应依据国家或地方政府颁布的标准和规范制定检测计划，编制后续报告。每年至少提交一次LDAR报告。报告内容应包括但不限于企业基本信息和各装置LDAR统计信息（包括密封点数、检测密封点次、泄漏点次、本年度平均泄漏率、累计修复泄漏点、累计延迟修复泄漏点数等）。年度LDAR统计表见附录D中表D.3，年度LDAR报告编制要点见附录E。

8 LADR 运行情况检查

8.1 检查内容

检查内容主要包括企业日常管理及检测、泄漏维修与复测和现场抽查三部分，具体内容见附录 F。

8.2 现场抽查方法和规则

现场抽查以密封点为最小单位进行随机抽取，规则如下：

- a) 根据涉 VOCs 受控装置清单，结合所属行业 VOCs 排放特征，在企业涉气体或轻液物料的受控装置中确定抽取 1%-2%的密封点的样本量，且密封点样本量不少于 10 个，一般不多于 100 个。根据实际情况，可适当增加密封点的抽取数量；
- b) 统计企业密封点台账中阀门、法兰、泵密封等各密封类型所占比例；
- c) 根据企业密封点台账中阀门、法兰、泵密封等各密封类型所占比例与拟抽取密封点样本量乘积（向上取整数），确定阀门、法兰、泵密封等各密封类型的抽样数量，进行随机抽样。

示例：某企业密封点台账中密封点总数 15000 个，统计该企业密封点台账中阀门占比 25%，法兰占比 43%，连接件占比 28%，取样连接系统占 3%，泵密封占比 1%。确定抽查密封点数量为 100 个，则阀门应抽取数量为 100×25%=25 个，法兰应抽取数量为 100×43%=43 个，连接件应抽取数量为 100×28%=28 个，取样连接系统应抽取数量为 100×3%=3 个，泵密封系统应抽取数量为 100×1%=1 个，实际抽取密封点数量为 25+43+28+3+1=100 个。

8.3 评分

根据附录E检查项目打分后，依据检查项目权重及各检查要素权重，按公式（3）计算企业总分数。

$$S = 10 \times \sum_{j=1}^3 (F_j \times \sum_{k=1}^n f_k \times s_k) \dots\dots\dots (3)$$

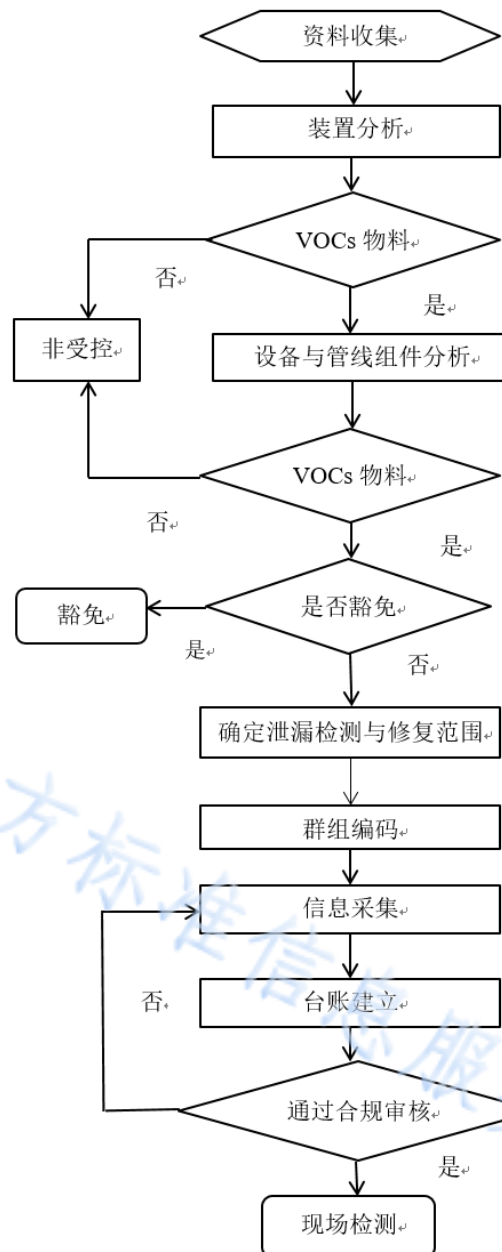
式中：

- S —— 企业总分数；
- F —— 每项检查项目权重；
- j —— 第j个检查项目；
- f —— 每项检查要素权重；
- s —— 每项检查要素得分；
- k —— 第k个检查要素；
- n —— 每项检查项目包含的检查要素数量；
- 10 —— 折算百分制分数的系数。

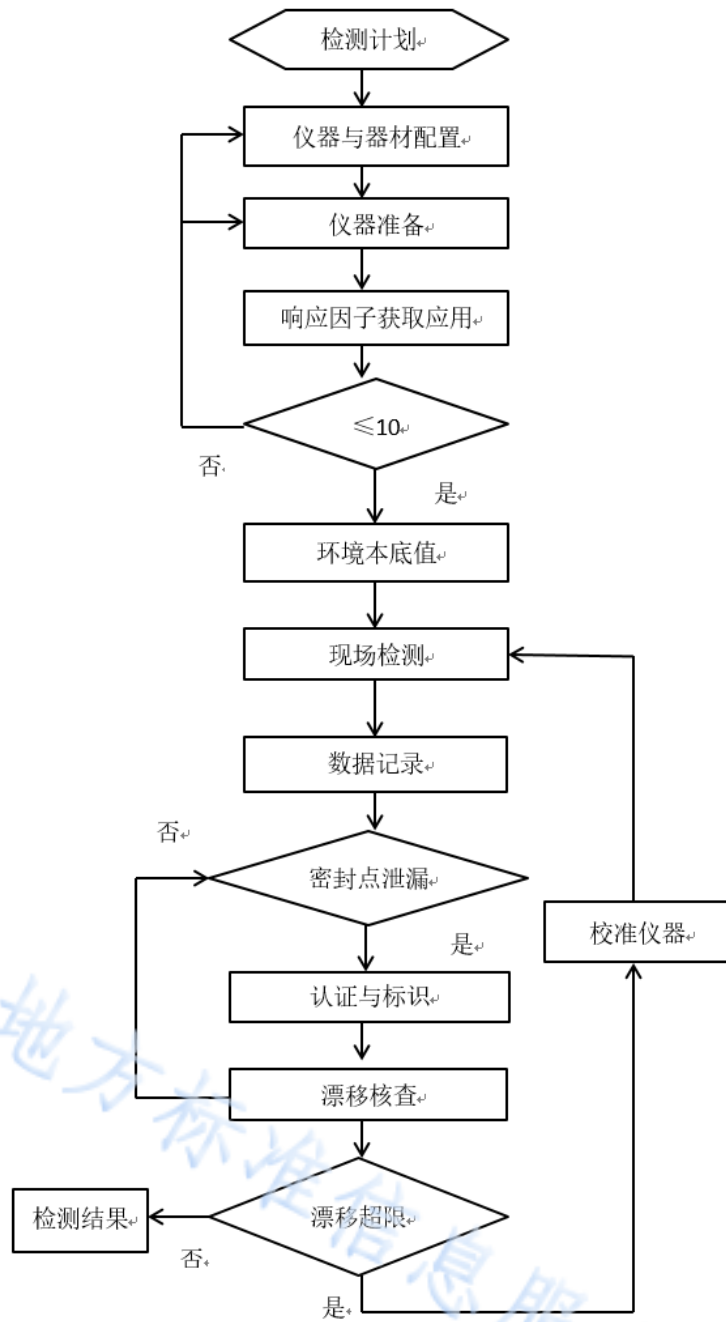
附录 A
(规范性)
LDAR 项目实施过程

A.1 工作流程图

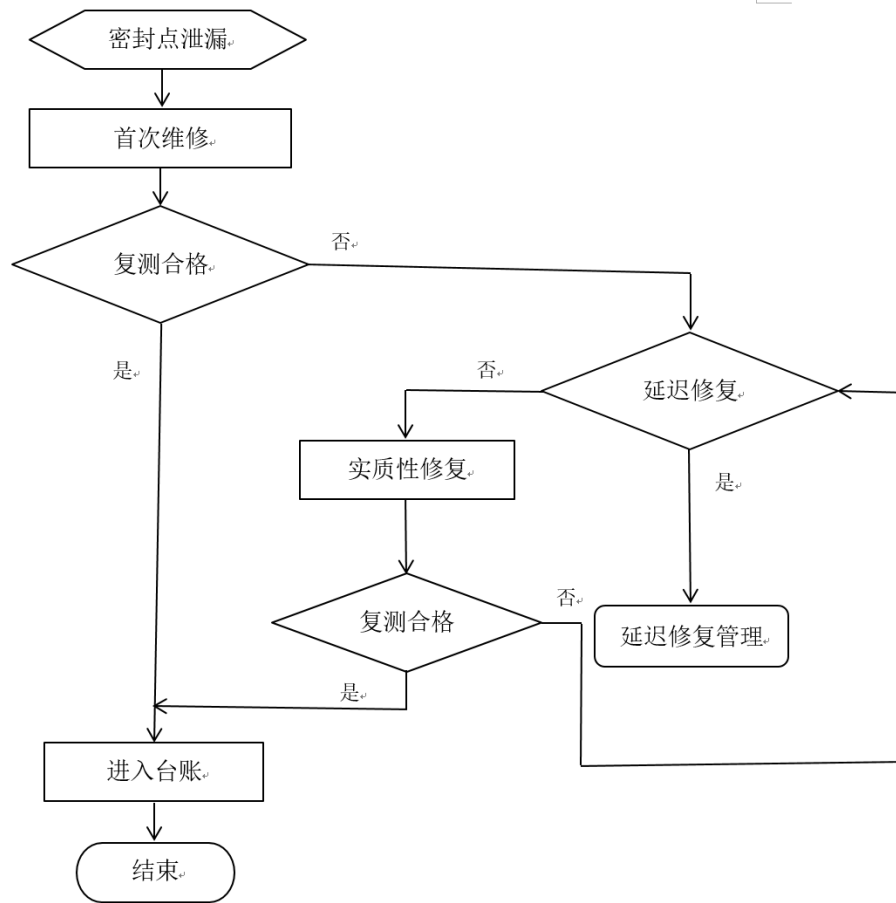
项目建立工作流程、现场检测工作流程及泄漏修复工作流程分别见图A.1、图A.2和图A.3。



图A.1 项目建立工作流程图



图A.2 现场检测工作流程图



图A.3 泄漏修复工作流程

地方标准信息服务平台

附录 B
(资料性)
LDAR 信息表

密封点检测基本信息见表B.1。

表 B.1 密封点检测基本信息

序号	装置单元名称	密封点群组编码	密封点扩展号	密封点类型	物料名称	物料状态	是否保温或保冷	是否不可达点	不可达原因	定位设备	定位设备方位	公称直径 (mm)	距离 (m)	工艺描述	检测时间 (精确至秒)	检测设备型号	检测设备编号	是否豁免检测	豁免检测原因	响应因子	仪器检测值 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	环境本底值浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	泄漏检测值 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	首次修复时间	修复完成时间	复测时间	复测浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	是否延迟修复	延迟修复原因		
<p>注1：不可达原因应满足5.4.3中关于不可达密封点的认定规定。</p> <p>注2：豁免检测密封点应满足5.2.2要求。</p> <p>注3：延迟修复原因应满足5.8.2中关于延迟修复的认定规定。</p>																															

密封点检测辅助信息见表B. 2。

表 B. 2 密封点检测辅助信息

工艺温度 (℃)	工艺压力 (Mpa)	运行时间	甲烷质量分数	VOCs质量分数	设备型号	生产厂家	物料名称	VOCs组分1	VOCs组分1摩 尔分数	……	VOCs组分n	VOCs组分n摩 尔分数	备注

注：企业开展LDAR项目时，应建立电子化的LDAR综合管理系统进行本企业LDAR的运行和管理。

地方标准信息服务平台

附录 C
(资料性)
排放量核算

C.1 相关方程法

已开展现场监测的，可参考实际监测浓度采用相关方程法进行排放量核算。当密封点的泄漏检测值小于1 μmol/mol时，用默认零值排放速率作为该密封点排放速率；当泄漏检测值大于50000 μmol/mol，用限定排放速率作为该密封点排放速率。泄漏检测值在两者之间，采用相关方程计算该密封点的排放速率，详见表C.1。若未记录低于泄漏认定浓度限值的密封点的泄漏检测值，可将泄漏认定浓度作为泄漏检测值代入计算。排放量核算时应优先选择相关方程法。如其他行业计算标准方法另有规定，按其行业标准执行。

表 C.1 密封点排放速率

密封点类型	默认零值排放速率 (kg/h/排放源)	限定排放速率 (kg/h/排放源)	相关方程 (kg/h/排放源)
气体阀门	6.6×10^{-7}	0.11	$1.87 \times 10^{-6} \times SV^{0.873}$
液体阀门	4.9×10^{-7}	0.15	$6.41 \times 10^{-6} \times SV^{0.797}$
泵	7.5×10^{-6}	0.62	$1.90 \times 10^{-5} \times SV^{0.824}$
压缩机	7.5×10^{-6}	0.62	$1.90 \times 10^{-5} \times SV^{0.824}$
搅拌器	7.5×10^{-6}	0.62	$1.90 \times 10^{-5} \times SV^{0.824}$
泄压设备	7.5×10^{-6}	0.62	$1.90 \times 10^{-5} \times SV^{0.824}$
法兰	6.1×10^{-7}	0.22	$3.05 \times 10^{-6} \times SV^{0.885}$
连接件	6.1×10^{-7}	0.22	$3.05 \times 10^{-6} \times SV^{0.885}$
开口阀或开口管线	2.0×10^{-6}	0.079	$2.20 \times 10^{-6} \times SV^{0.704}$
取样连接系统	2.0×10^{-6}	0.079	$2.20 \times 10^{-6} \times SV^{0.704}$
其它	4.0×10^{-6}	0.11	$1.36 \times 10^{-5} \times SV^{0.589}$

注1：对于表中涉及的kg/h/排放源=每个排放源每小时的VOCs排放量（千克）。
注2：SV是检测设备测得的测量值（SV，μmol/mol）。

C.2 平均排放系数法

未进行检测的密封点或不可达密封点，应采用表C.2的密封点排放系数，按公式（C.1）计算排放速率：

$$e_{VOCs} = \sum_{i=1}^n (F_{A,i} \times WF_{VOCs,i} \times N_i) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

e_{VOCs} —— 密封点的VOCs排放速率，单位为千克每小时（kg/h）；

$F_{A,i}$ —— 密封点*i*排放系数，见表C.2；

WF_{VOCs} —— 流经密封点*i*的物料中VOCs的平均质量分数；

N_i —— 密封点的个数。

表 C.2 密封点排放系数

设备类型	介质	排放系数 (kg/h/排放源)
阀	气体	0.00597
	轻液	0.00403
	重液	0.00023
泵	轻液	0.0199
	重液	0.00862
压缩机	气体	0.228
泄压设备	气体	0.104
法兰	所有	0.00183
连接件	所有	0.00183
开口阀或开口管线	所有	0.0017
取样连接系统	所有	0.0150
<p>注1：对于表中涉及的kg/h/排放源=每个排放源每小时的VOCs排放量（千克）。</p> <p>注2：对于开放式的采样点，采用平均排放系数法计算排放量。如果采样过程中排出的置换残液或气未经处理直接排入环境，按照“取样连接系统”和“开口阀或开口管线”排放系数分别计算并加和；如果企业有收集处理设施收集管线冲洗的残液或气体，并且运行效果良好，可按“开口阀或开口管线”排放系数进行计算。</p>		

地方标准信息平台

附 录 D
(资料性)
LDAR 统计表样式

企业LDAR首轮汇总信息样式见表D.1。

表 D.1 XX 企业 LDAR 首轮汇总表

基本信息	企业名称			
	LDAR 主管部门			
	联系人		电话	
	邮箱			
完成时间	年 月 日			
项目建立	序号	装置名称	受控密封点数	不可达密封点数
	1			
	2			
	3			
	...			
	合计			
现场检测	起始日期		完成日期	
	检测密封点数		泄漏点数	
	严重泄漏点数			
修复	5 d 内首次尝试维修修复密封点数		15 d 内实质性维修修复密封点数	
	至今修复密封点数			
	延迟修复			
	延迟修复泄漏点数	延迟修复严重泄漏点数	全厂下次停车检修日期	

企业按装置 LDAR 首轮统计表样式见表 D.2。

D.2 XX 企业按装置 LDAR 首轮统计表

填表时间： 年 月 日

装置名称		装置编码		年加工/生产能力					
装置初次开工日期		装置上次停车检修日期				装置下次停车检修日期			
密封点类型	项目建立		现场检测			泄漏修复			
	受控密封点	不可达密封点数	检测点数	泄漏点数	严重泄漏点数	5 d 内首次尝试维修修复密封点数	15 d 内实质性维修修复泄漏点数	至今修复泄漏点数	延迟修复泄漏点数
泵									
压缩机									
搅拌器									
阀门									
泄压设备									
取样连接系统									
开口阀或开口管线									
法兰									
连接件									
其他									

企业年度 LDAR 统计表样式见表 D.3。

表 D.3 XX 企业 XXXX 年度 LDAR 统计表

基本信息	企业名称								
	LDAR 主管部门								
	联系人								
	电话								
	邮箱								
年度	20XX-XX~20XX-XX								
检测统计							修复统计		
装置名称	受控密封点数 ^a	检测密封点次 ^b	泄漏点次 ^c	严重泄漏点次 ^d	多次严重泄漏点数量 ^e	本年度平均泄漏率	本年度平均严重泄漏率	累计修复泄漏点数量	累计延迟修复泄漏点数
常减压									
催化裂化									
……									
合计									
^a 截止 XX 月 XX 日的受控密封点数。 ^b 为某装置一年各次检测密封点总和。 ^c 为某装置一年各次检测发现泄漏点总和，未修复或归为延迟修复的泄漏点，应重复计算。 ^d 为某装置一年各次检测发现严重泄漏点总和，未修复或归为延迟修复的严重泄漏点，应重复计算。 ^e 指泄漏点修复后，在本年度再次复发为严重泄漏点。									

附录 E

(资料性)

XX 企业 XXXX 年 (XX 装置) LDAR 报告编写提纲

E.1 企业基本情况

- E.1.1 企业名称、地址、性质、产品等基本情况。
- E.1.2 原辅料消耗量、原料材料特性、主要产品生产能力、产量、销售情况等。
- E.1.3 生产装置及工艺介绍 (含各装置工艺流程及排污节点)。
- E.1.4 开展LDAR基本情况 (含开展LDAR时间、主管部门、装置套数、开展方式等)。

E.2 项目建立

E.2.1 项目组筹建

- a) 项目简介;
- b) 组建公司 LDAR 工作组;
- c) 制定 LDAR 实施计划。

E.2.2 项目建立

- a) 资料、装置、物料状态、确定受控密封点;
- b) 密封点编码, 填写信息表;
- c) 建立密封点档案, 以图片或挂牌等建档方式建立电子化的密封点档案数据库。

E.3 现场检测

- E.3.1 仪器基本信息 (含仪器名称、型号、主要技术特点)、现场检查及校正情况、检测人员等。
- E.3.2 现场作业安全检查情况 (含作业环境、安全防护等)。
- E.3.3 现场检测记录情况 (含检测日期、检测时间、物料状态、环境本底值、泄漏检测值、密封点编码等)。
- E.3.4 现场检测情况录入VOCs软件管理系统。

E.4 LDAR 情况

- E.4.1 统计检测数据, 确认泄漏密封点。
- E.4.2 泄漏点的修复情况 (包含首次尝试维修、首次尝试维修后泄漏点复测、延迟修复、原因、延迟修复后泄漏点复测、主要维修措施等)。

E.5 结论与分析

E.5.1 密封点情况

- a) 建档密封点与检测密封点情况;
- b) 检测密封点与泄漏密封点情况;

- c) 泄漏密封点情况；
- d) 装置泄漏量的分析（据检测结果依据排放量核算方法进行核算得出装置泄漏量）；
- e) 修复前后泄漏量变化（据修复前后泄漏检测值依据排放量核算方法进行核算得出修复前后泄漏量变化，计算出企业泄漏检测修复后的减排量）。

E.5.2 开展LDAR 环境效益分析。

E.6 后续 LDAR

E.6.1 本轮LDAR数据上传管理平台情况。

E.6.2 下轮LDAR工作计划及建议。

附企业工艺信息、装置信息、密封点信息、LDAR 汇总表等。

地方标准信息服务平台

附录 F

(资料性)

LDAR 运行情况检查内容及评分

对企业LDAR运行情况进行检查，检查内容及评分见表F.1。

表 F.1 LDAR 运行情况检查内容及评分

检查项目及权重	序号	检查要素及权重	具体内容及要求	评分	得分
日常管理及检测 (30%)	1	LDAR 管理规定和制度 (20%)	制定了 LDAR 管理规定或相关制度，且比较完善，包括但不限于 LDAR 实施程序文件、项目建立作业指导书、现场检测作业指导书、泄漏维修作业指导书，以及相关表单或记录文件等。（企业委托第三方服务机构实施 LDAR 工作的，应由第三方服务机构向企业提供这些文件以备检查）。	8~10	
			制定了 LDAR 管理规定或相关制度，但不完善。	5~7	
			相关程序文件、作业指导书、表单及记录文件不齐全。	2~4	
			未制定 LDAR 管理规定或相关制度。	0~1	
	2	LDAR 数据电子化管理 (25%)	企业对 LDAR 数据实行电子化管理，或建立了 LDAR 数据管理平台，或使用地方生态环境主管部门统一建立的平台，或委托第三方服务机构管理 LDAR 数据；LDAR 数据管理系统应具有的功能见本文件 7.2。	8~10	
			企业对 LDAR 数据实行电子化管理，使用的 LDAR 数据管理平台仅具备基本功能，界面设计不简洁友好，界面操作与统计查询不方便；验证排放量核算结果误差在 1%~2%范围。	5~7	
			企业对 LDAR 数据实行电子化管理，使用的 LDAR 数据管理平台功能模块设计不完善，不能实现 LDAR 业务全流程和全部相关数据的管理；验证排放量核算结果误差在 2%~3%范围。	2~4	
			企业未对 LDAR 数据实行电子化管理；或使用的 LDAR 数据管理平台配置的法规标准依据不适用；平台内嵌设备动静密封泄漏 VOCs 排放量核算公式验证排放量核算结果误差超过 3%。	0~1	
	3	检测器材配备 (15%)	配备的氢火焰离子化检测仪且数量满足检测工作量需求；仪器性能满足 HJ 733 要求；标准气体种类和浓度配备正确；气袋、风速计等辅助材料配备齐全。（若企业委托第三方服务机构实施 LDAR 工作的，应由第三方服务机构向企业提供检测器材清单及相关证书，以备检查）。	8~10	

表F.1 LDAR运行情况检查内容及评分（续）

检查项目及权重	序号	检查要素及权重	具体内容及要求	评分	得分
			检测仪器原理、性能符合要求，但数量不满足氢火焰离子化检测仪工作量需求；配备标准气体，但浓度范围不满足标准要求。	5~7	
			检测仪器原理、性能符合HJ 733要求，但检测仪器无检定/校准证书，或证书过期。	2~4	
			检测仪器原理不符合；仪器性能不满足要求；标准气体无标准物质证书或过期。	0~1	
	4	检测频次 (20%)	符合国家、行业或地方标准的检测频次要求。	8~10	
			由于环境气象条件等原因导致检测仪器不能正常使用，虽然向当地生态环境部门申请变更，但未按照申请答复意见开展检测。	5~7	
			由于环境气象条件等原因导致检测仪器不能正常使用，但未向当地生态环境部门申请变更检测的。	2~4	
			不符合国家、行业或地方标准规定的检测频次。	0~1	
	5	泄漏认定与标识 (20%)	泄漏认定符合国家、行业或地方标准的泄漏认定条件；泄漏点悬挂了泄漏标识，且泄漏标识信息填写完整。	8~10	
			泄漏点悬挂了泄漏标识，但泄漏标识信息填写不完整，或有遗失。	5~7	
			泄漏点悬挂了泄漏标识，但有遗失。	2~4	
泄漏认定不符合国家、行业或地方标准泄漏认定条件；未悬挂泄漏标识。			0~1		
泄漏维修与复测（35%）	6	泄漏维修时限 (40%)	首次尝试维修、实质性维修时限要求符合国家、行业或地方标准规定；企业制定了内部维修管理方法和流程。	8~10	
			维修时限要求符合国家、行业、地方标准规定，但企业未制定内部维修管理方法和流程。	5~7	
			少数部分泄漏点未按照维修时限要求进行维修。	2~4	
			首次尝试维修、实质性维修时限要求不符合国家、行业或地方标准及规定；大多数泄漏点未按照维修时限要求进行维修。	0~1	

表F.1 LDAR运行情况检查内容及评分（续）

检查项目及权重	序号	检查要素及权重	具体内容及要求	评分	得分
	7	延迟修复条件 (30%)	延迟修复管理符合国家、行业或地方标准规定的延迟修复条件，并建立延迟修复记录清单；按规定的检测频次定期检测延迟修复泄漏点；制定了停工检修结束前完成延迟修复泄漏点的维修计划。	8~10	
			建立了延迟修复记录清单，但少数延迟修复泄漏点的延迟修复管理不符合延迟修复的条件。	5~7	
			未建立延迟修复清单；未制定停工检修结束前完成延迟修复泄漏点的维修计划。	2~4	
			多数延迟修复泄漏点的延迟修复管理不符合国家、行业或地方标准的延迟修复条件；未定期检测延迟修复泄漏点。	0~1	
	8	修复效果评估（复测） (30%)	维修后5日内完成复测；停工检修期间维修的延迟修复泄漏点，在装置开工稳定运行后15日内完成复测；复测合格摘除泄漏标识牌。	8~10	
			维修后5日内完成复测；停工检修期间维修的延迟修复泄漏点，在装置开工稳定运行后15日内完成复测；复测合格的未摘除泄漏标识牌。	5~7	
			部分泄漏点未在维修后5日内完成复测；部分延迟修复泄漏点未在装置开工稳定运行后15日内完成复测；	2~4	
			较多泄漏点未在维修后5日内完成复测；停工检修期间维修的延迟修复泄漏点，未在装置开工稳定运行后15日内完成复测；未开展复测。	0~1	
现场抽查 (35%)	9	密封点现场一致性抽查 (35%)	抽查范围内的密封点台账信息与企业现场情况一致，基本信息（必需项）填写完整，辅助信息（可选项）有填写，受控密封点建档错误率小于等于5%。	8~10	
			抽查范围内的密封点台账信息与企业现场情况基本一致，基本信息（必需项）填写基本完整，受控密封点建档错误率大于5%，小于等于10%。	5~7	
			抽查范围内的密封点台账信息与企业现场情况存在部分不一致，基本信息（必需项）填写不完整，受控密封点建档错误率大于10%，小于等于15%。	2~4	

表F.1 LDAR运行情况检查内容及评分（续）

检查项目及权重	序号	检查要素及权重	具体内容及要求	评分	得分
			抽查范围内的密封点台账信息与企业现场不一致情况严重，包括：群组编码与现场标识不一致；密封点所在装置、区域、平台层数错误；设备或管线名称、编号错误；群组或密封点位置/工艺信息描述错误；密封点类型及计数错误或有遗漏、增多；物料不是涉 VOCs 物料；物料状态错误；不可达密封点辨识错误等，受控密封点建档错误率大于 15%，小于等于 20%。	0~1	
	10	密封点检测数据有效性抽查 (35%)	抽查范围内的密封点企业最近一轮检测数据具有可溯源性且检测时间逻辑性合理；分别统计现场抽检密封点的泄漏检测值与企业最近一轮泄漏检测值在不同区间 ($SV < 500 \mu\text{mol/mol}$ 、 $500 \mu\text{mol/mol} \leq SV < 2000 \mu\text{mol/mol}$ 、 $2000 \mu\text{mol/mol} \leq SV < 10000 \mu\text{mol/mol}$ 、 $SV \geq 10000 \mu\text{mol/mol}$) 分布占比情况，两者的分布占比差值不超过 $\pm 5\%$ ；或与企业负责检测的人员同时开展检测比对的相对误差不超过 $\pm 5\%$ 。	8~10	
			抽查范围内的密封点企业最近一轮检测数据具有可溯源性且检测时间逻辑性合理；现场抽检密封点的泄漏检测值区间分布占比与企业最近一轮泄漏检测值在不同区间分布占比差值大于 $\pm 5\%$ ，小于等于 $\pm 10\%$ ；或与企业负责检测的人员同时开展检测比对的相对误差大于 $\pm 5\%$ ，小于等于 $\pm 10\%$ 。	5~7	
			抽查范围内的密封点企业最近一轮检测数据具有可溯源性且检测时间逻辑性合理；现场抽检密封点的泄漏检测值区间分布占比与企业最近一轮泄漏检测值在不同区间分布占比差值大于 $\pm 10\%$ ，小于等于 $\pm 20\%$ ；或与企业负责检测的人员同时开展检测比对的相对误差大于 $\pm 10\%$ ，小于等于 $\pm 20\%$ 。	2~4	
			抽查范围内的密封点企业最近一轮检测数据具有可溯源性且检测时间逻辑性合理；检测时间逻辑性不合理；现场抽检密封点的泄漏检测值区间分布占比与企业最近一轮泄漏检测值的区间分布占比差值大于 $\pm 20\%$ ；或与企业负责检测的人员同时开展检测比对的相对误差大于 $\pm 20\%$ 。	0~1	
	11	密封点泄漏水平抽查 (30%)	按 8.2 抽查方法和规则现场抽检密封点，现场抽检的密封点泄漏率不超过 0.5%；或与企业同一套装置最近一轮检测泄漏率比值不超过 1 倍。	8~10	
			现场抽检的密封点泄漏率大于 0.5%，小于等于 1.5%；或与企业同一套装置最近一轮检测泄漏率比值在 1~2 倍之间。	5~7	

表F.1 LDAR运行情况检查内容及评分（续）

检查项目及权重	序号	检查要素及权重	具体内容及要求	评分	得分
			现场抽检的密封点泄漏率大于 1.5%，小于等于 3.0%；或与企业同一套装置最近一轮检测泄漏率比值在 2~3 倍之间。	2~4	
			现场抽检的密封点泄漏率大于 3.0%；或与企业同一套装置最近一轮检测泄漏率比值大于 3 倍。	0~1	
否决项	12	企业实施LDAR过程中存在诚信问题	企业提供虚假材料或伪造数据，有证据充分表明企业存在诚信问题（企业委托第三方服务机构实施 LDAR 工作的，应对第三方服务机构提供的材料、相关记录及报告真实性负责）。现场审核企业检测数据，单套装置泄漏检测值相同或均为 0 ppm 的密封点超过 70%。		
	13	受控密封点建档错误率过高	按规定抽查方法和规则抽查受控密封点建档错误率，计算的错误率大于 20%。		
企业综合得分					
<p>注：受控密封点建档错误率（%）=（遗漏密封点数量+增加密封点数量+密封点信息错误数量）/所抽查受控密封点台账中密封点总数量×100。</p>					