

炼化企业挥发性有机物 泄漏检测与修复现场操作方法

唐丹 李煜婷 陈忱

(中国石油安全环保技术研究院)

摘 要 企业按照《石化企业泄漏检测与修复工作指南》要求开展装置泄漏检测与修复(LDAR),针对工作中存在的实施 LDAR 时间短,经验不足,现场工作存在的问题等情况,文章结合现场工作实践,提出 LDAR 实施过程分六项展开,即图纸分析、现场排查、信息录入平台、现场检测、检测数据上传平台、修复与复测,工作难点在于图纸分析和现场排查,其质量决定了后续的工作量、LDAR 减排量的核算和项目的费用支出;认为 LDAR 实施时密封点标识的有效性有待进一步加强,但数字化图件的应用和检测数据自动保存与上传可能成为发展趋势。

关键词 炼化企业;挥发性有机物;泄漏检测;修复;密封点

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2017.03.014

文章编号:1005-3158(2017)03-0045-04

0 引 言

近几年来,我国多地出现了严重的大气污染和雾霾天气,空气污染警报也频频拉响。虽然随着“十二五”期间国家实施系列大气污染控制措施,大部分城市的环境空气质量有所改善,但由于城市车辆保有量大,人口、楼宇等密集分布,环境空气质量提升有限,可吸入颗粒物污染情况仍较为严重^[1-2]。挥发性有机物(Volatile Organic Compounds, VOCs)经过复杂的光化学反应形成的二次有机气溶胶是可吸入颗粒的重要组成部分,对 VOCs 排放的控制将大大改善大气环境质量。本文通过梳理炼化企业开展 VOCs 泄漏检测与修复的流程,总结工作中的难点及经验,以期对未来工作进行指导。

1 工作范围

2015年11月,国家环保部印发了《石化企业泄漏检测与修复工作指南》(以下简称《指南》)^[3]。该《指南》成为石化企业开展 VOCs 泄漏检测与修复工作的指导性文件。各石化企业现场装置设备的泄漏检测与修复工作均严格按照《指南》规定的内容进行。泄漏检测与修复(Leak Detection And Repair, LDAR)是指通过固定或移动式检测仪器,定量检测或检查生产装置中阀门等易产生 VOCs 泄漏的密封点,并在一定时期内采取有效措施修复泄漏点,从而

控制物料泄漏损失,减少对环境造成的污染。

根据《指南》定义,为界定泄漏检测与修复范围,在开展现场工作前,须先明确 VOCs 这一概念。《指南》中定义的 VOCs 为“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。”该定义较为笼统,使用时需结合环保部另一文件《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行)》(以下简称《指南(试行)》)。在这一文件中 VOCs 明确定义为:在标准状态下饱和蒸气压较高(标准状态下大于 13.33Pa),沸点较低,分子量小,常温状态下易挥发的有机化合物。《指南(试行)》适用的 VOCs 包括烷烃、烯烃、芳香烃、炔烃的 C₂~C₁₂ 非甲烷碳氢化合物(Nonmethane Hydrocarbons, NMHCs),醛、酮、醇、醚、酯、酚等 C₁~C₁₀ 含氧有机物(Oxygenated Volatile Organic Compounds, OVOCs),卤代烃,含氮有机化合物,含硫有机化合物等几类 152 种化合物^[4]。

明确 VOCs 的概念后,便可明确《指南》中的“涉 VOCs 物料(VOCs 质量分数大于或等于 10% 的物料,主要包括有机气体、挥发性有机液体和重液体)”。含涉 VOCs 物料的设备被称为受控设备,泄漏检测与修复仅针对受控设备进行,任何时间不含涉 VOCs 物料的设备不纳入泄漏检测与修复范围。符合以下条件的受控设备可以向环保主管部门申请予以豁免:正

常工作处于负压状态(绝对压力低于 96.3 kPa);仅在开停工、故障、应急响应或临时投用期间接触涉 VOCs 物料的设备,且一年接触时间不超过 15 d。

VOCs 在装置中流经的位置决定 LDAR 的工作范围,而装置上的阀门等易产生 VOCs 泄漏的密封点是工作范围的主要影响因素。与受控设备或管线连接的密封点被定义为受控密封点。《指南》中将受控密封点进行了分类,分为泵(轴封)(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)及其他(Q)等十类。受控密封点的数量与空间分布是决定 LDAR 的工作量及数据准确性的关键。

2 工作流程

明确 LDAR 的范围后,可根据《指南》中规定的石化企业首次开展 LDAR 的工作流程逐项开展工作。《指南》中规定的工作流程主要包括项目建立、现场检测和泄漏维修三个步骤,每个步骤均有详细的流程图。归纳起来即为找寻受控密封点、检测受控密封点、维修泄漏点。根据炼化企业的实际情况,LDAR 工作主要分为六项逐一开展:①图纸分析;②现场排查;③信息录入平台;④现场检测;⑤检测数据上传平台;⑥修复与复测。

2.1 图纸分析

图纸分析是 LDAR 项目建立时的首要工作。通过收集炼化企业装置的相关资料(包括但不限于工艺流程图(PFD)、管道仪表图(P&ID)、物料平衡表、操作规程、装置平面布置图、设备台账等),分析装置涉及的原料、中间产品、最终产品及各类助剂的组分和含量,建立企业的受控装置清单。通过对装置中的设备或管线进行适合性分析,建立详细的设备或管线的受控清单。不受控的设备或管线不纳入 LDAR 范围。根据混合物各组分质量分数及真实蒸气压等工艺参数将受控设备或管线内的物料进行分类(分为有机气体、挥发性有机液体或轻液、重液三类)。分类的原因是 GB 31570—2015《石油炼制工业污染物排放标准》或 GB 31571—2015《石油化学工业污染物排放标准》规定了不同类别的 VOCs 有不同的泄漏确认条件:采用氢火焰离子化检测仪,有机气体和挥发性有机液体流经的设备与管线组件检测值大于 2 000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 即为泄漏,其他挥发性有机物流经的设备与管线组件检测值大于 500 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 即为泄漏^[5-6]。在实际操作时,企业多在纸质版的管道仪表

图(P&ID)或工艺流程图(PFD)上用不同颜色标明各类物料涉及的设备或管线,通常用红色标注气体或蒸汽,用绿色标注轻液,用橙色标注重液,用蓝色标注非受控设备或管线。根据图件上受控设备或管线的密封点预估受控密封点类别及个数,并对受控密封点进行唯一性编码。为利于环保主管部门统一管理,编码必须由 17 位数字或字母组成。

2.2 现场排查

现场排查是对图纸分析和统计结果的修正与补充。装置的图件资料常常是在装置设计或安装初期形成,根据装置的运行情况,后期可能进行了部分调整或更改,这些调整或更改通常不会补充到图件上,只能由现场排查发现。通过排查将现场的设备或管线在图件上进行定位或增补,并根据图纸分析时标注的物料分类,在现场的设备或管线上挂上相应颜色的彩带(彩带为 PVC 材质,可防止短期内褪色),见图 1。在受控密封点处挂上不锈钢牌,不锈钢牌上需刻有该受控密封点的唯一性编码,以便快速准确地找到该点,见图 2。



图 1 挂上绿色彩带表征管线内物料为轻液



图 2 某密封点集中的管线处挂有 3 个群组的密封点不锈钢牌

某些企业是一个群组挂一个刻有二维码的不锈钢牌,通过扫描二维码定位该群组所有的受控密封点,一般一个群组包含的密封点数量不超过 30 个。由于炼化企业一套装置的受控密封点数量少则上万,多则几十万,群组挂牌可有效减少挂牌数量,降低费用。

2.3 信息录入平台

信息录入平台主要是指将全部受控密封点的信

息整理归纳,建立一个密封点检测台账,并将这个台账传输到企业的管理平台上。密封点台账必须包含密封点的唯一性标识(编码)、定位、排放量计算和质量保证或控制内容等,在此基础上台账还可以包含物料组分及含量、工艺条件、密封材质等信息。各企业密封点台账信息种类需至少满足《指南》要求。此外,可根据企业所在地的地方要求,适量增加信息种类。如某企业管理平台要求密封点台账至少含21项信息,而其下属地方各单位的台账所含信息较多,通常为40~60项密封点信息。

2.4 现场检测

现场检测是LDAR工作中的关键步骤,检测结果直接影响VOCs排放量的核算。规范的检测操作才能有准确的检测结果。首先,检测仪器必须为符合技术要求的氢火焰离子化检测仪,每天检测前均要进行校准,当天检测工作结束后,还应检查仪器示值漂移。只有仪器经过校准,且漂移在规定范围内,当天的数据才有效。其次,密封点检测方法要规范,《指南》中对各类密封点的检测方法有详细的图解,包括检测位置及停留时间等。在实际检测时,常常遇到这样一类密封点,它们受物理因素(空间因素、埋地、设备阻挡或空间过于狭窄等)和安全因素(存在低氧或富氧环境、存在有毒有害介质、存在或出现爆炸环境、存在超过可豁免的电离辐射等)限制,只能采用非常规方法进行检测,这类密封点被称为不可达点。目前对不可达点多采用红外热成像仪进行检测。但由于《指南》规定不可达点在新建装置(包括改建、扩建)密封点统计时总量不能超过同类密封点的3%;且采用红外热成像仪对不可达点进行检测,其结果仅为定性判断是否存在疑似泄漏点,不会有具体泄漏数值,将影响排放量的核算。为满足《指南》中对不可达点的总量控制,也为更精确地计算VOCs排放量,现场常常将不可达点转变为可达点进行常规检测。具体方法是利用软管和支撑杆将检测探头靠近不可达点检测,或通过红外热成像仪发现疑似泄漏点后,再用常规检测方法定量检测。

2.5 检测数据上传平台

检测数据上传平台主要是指将密封点的检测结果上传到管理平台上,完善密封点台账信息。上传时,为避免人为手动插入或篡改数据,有的企业通过蓝牙将检测仪器与平台相连,检测结果直接导入平台。

2.6 修复与复测

修复与复测是LDAR的最后一步,指对发现的泄漏点及时维修与复测。根据不同物料分类及泄漏

的判定依据,对检测结果进行分析,一旦超过泄漏值即判定为泄漏点。现场在泄漏点处挂上临时性标识,以便后期维修时准确找到该点。对现场检测时发现的泄漏点,应尽快下达维修工单,并安排维修和复测。首次维修时间不得迟于自发现泄漏起5d内。除非符合延迟修复条件,否则所有首次维修未修复的泄漏点,应自发现泄漏起15d内进行实质性维修并修复泄漏。泄漏修复后5d内完成复测,对在停工检修期修复的泄漏点,应在装置开工稳定后15d内复测。

首轮泄漏检测与修复完成后,各企业应按照GB 31570—2015《石油炼制工业污染物排放标准》或GB 31571—2015《石油化学工业污染物排放标准》的要求制定检测计划,开展日常检测。

3 工作难点

通过LDAR工作范围的界定及工作流程的梳理,基本理清了LDAR项目的工作内容及方法。纵观全局,LDAR工作的难点不在泄漏检测与修复,而是项目建立。尤其是项目建立时的图纸分析和现场排查,需要项目参与者对装置设备和管线非常熟悉,并十分了解内部的物料状态。项目建立的结果是密封点台账,若项目建立时密封点台账不全,在后期实施检测时,需要增补受控密封点,同时还要将这些受控密封点的相关信息全部完善,工作量巨大;而若将非受控设备也纳入LDAR范围,密封点台账中含有非受控密封点,将会增加许多额外的工作量。目前,企业实施LDAR项目的费用主要依据受控密封点数量确定,一般按15~40元/点进行结算,若密封点台账建立有误,评估的密封点比实际检测的密封点数量多或少,都将影响项目费用支出。此外,密封点数量有误必将影响LDAR减排量的核算,环保主管部门可能不会认同企业提交的LDAR减排量,或对企业进行惩罚。

4 结论

《指南》作为石化企业实施LDAR的指导性文件,有很多细节性的规定,足以支撑LDAR项目的实施。通过现场的工作发现,由于各企业对LDAR的重视程度和环保管理水平不同,使LDAR项目呈现出各自特点。总体上密封点标识的有效性还有待进一步加强,某些LDAR项目中的亮点可能成为未来的发展趋势。

①密封点标识。通常利用现场照片和挂牌,再结合后台密封点台账上的工艺描述等可以将密封点准确定位。但炼化企业现场装置设备和管线外形上大同小异;挂牌面积小,近距离观察才能发现,且在检修

期可能会大量丢失;有的泄漏点标识材料未考虑耐高温和防生锈;装置分区规则不统一,造成密封点编码路线不清楚等,这些对密封点标识有效性不利的因素将对未来开展检测带来很多问题。

②数字化图件的应用。有的炼化企业建立了智能 P&ID 系统,利用数字化 P&ID 图,通过内置规则自动识别及标注密封点,同时建立密封点与 P&ID 图的一一对应关系。智能 P&ID 系统的引入,具有自动生成密封点台账、密封点与 P&ID 群组对应、台账后期复用、密封点信息自动更新等优势 and 亮点,避免了图纸分析中 P&ID 物流用颜色进行区分标注时易标错、漏标、标注非结构化、分类查询难;信息录入时密封点信息量极大,容易录错、漏、重复,没有统一的质量校核工具,查错难等难题。

③检测数据保存与上传。实施 LDAR 现场检测的某些企业将检测全过程用手操器完成,手操器直接与检测仪器连接,用程序控制各类密封点的检测时间,检测数据保存与上传至管控平台全部自动完成,不存在人为误差,消除了检测数据被伪造和篡改的隐患。

参考文献

[1] 李兴春.石油化工行业挥发性有机物控制进展研究[J].

环境保护,2016,44(13):38-42.
[2] 张钢锋.泄漏检测与修复(LDAR)技术在国内外的应用现状及发展趋势[J].环境工程学报,2016,10(9):4621-4627.
[3] 中华人民共和国环境保护部办公厅.关于印发《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》及《石化企业泄漏检测与修复工作指南》的通知:环办[2015]104号[EB/OL].(2015-11-18)[2017-01-06].http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201511/t20151124_317577.htm.
[4] 中华人民共和国环境保护部.关于发布《大气细颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行)》等4项技术指南的公告:公告2014年第55号[EB/OL].(2014-08-20)[2017-01-06].http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288364.htm.
[5] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.石油炼制工业污染物排放标准:GB 31570—2015[S].北京:中国环境科学出版社,2015.
[6] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.石油化学工业污染物排放标准:GB 31571—2015[S].北京:中国环境科学出版社,2015.

(收稿日期 2017-02-09)

(编辑 郎延红)

(上接第 35 页)

③钻井中后期,使用 KCl 聚合物、聚磺钻井液及油基钻井液产生的废水,经简单化学处理后用作井队清洁用水,经深度处理后可用于配制钻井液;废水经现有工艺处理后不能满足配制压裂液需求,需进一步深入研究。

参考文献

[1] 郭昊,袁玲.页岩气钻井关键技术及难点研究[J].石油化工应用,2013,6(6):12-15.
[2] 杨长军,田庆华,张悦.页岩气开采水环境压力与污染防治技术探讨[J].四川环境,2015,34(4):146-151.
[3] 唐代绪,赵金海,王华,等.美国 Barnett 页岩气开发中应用的钻井工程技术分析与启示[J].中外能源,2011,16(4):47-52.
[4] 余雷,高青春,吴兴国,等.四川盆地页岩气开发钻井技术难点与对策分析[J].钻采工艺,2014,37(2):1-5.
[5] 梁玉平,王建波.涪陵区块 12-4X 页岩气水平井钻井关键技术[J].石油机械,2014,42(8):57-61.

[6] 郭凯,秦大伟,张洪亮,等.页岩气钻井和储层改造技术综述内[J].蒙古石油化工,2012(4):93-94.
[7] 张红岩,吕荣湖,郭绍辉.混凝-臭氧氧化法处理三磺泥浆体系钻井废水[J].过程工程学报,2007,7(4):718-722.
[8] 张擎翰,蒋文举.钻井废水处理技术研究进展[J].四川化工,2011,14(1):45-48.
[9] 刘宇程,吴冕,陈明燕.钻井废泥浆固化处理技术研究进展及展望[J].环境科学与技术,2010,33(6E):534-537.
[10] 蔡利山.合理选择处理方式减少废钻井液外排[J].西部探矿工程,2000,62(1):73-74.
[11] 罗荣川.脱水法在川西废钻井液处理中的应用[J].油气田环境保护,2015,25(3):12-15.
[12] 张军,汪建军,袁海,等.川西油气田钻井污水及废泥浆固化处理技术[J].天然气工业,2005,25(11):94-98.

(收稿日期 2017-03-21)

(编辑 王薇)