

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

石油炼制企业废气与挥发性有机物（VOCs） 排放控制及回收技术规范

Technical specification for emission control and recovery of waste gas
and volatile organic compounds (VOCs) in petroleum refining enterprises

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 一般要求 3

5 石油炼制企业废气性质 4

6 废气和 VOCs 排放控制治理 7

7 环境管理措施 10

8 废气及 VOCs 污染防治可行技术 10

9 施工与验收 11

10 运行与维护 12

表 1 石油炼制企业废气及 VOCs 主要来源一览表 4

表 2 VOCs 污染防治可行技术 10

前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：中石油华东设计院有限公司

本文件主要起草人：周浩、刘文磊、肖静等

石油炼制企业废气与挥发性有机物（VOCs）排放控制及回收技术规范

1 范围

本文件规定了石油炼制企业废气与挥发性有机物（VOCs）排放控制及回收技术的一般要求、石油炼制企业废气性质、污染治理、环境管理措施、废气及 VOCs 污染防治可行技术。

本文件可作为石油炼制工业企业或生产设施建设项目的环境影响评价、污染物排放标准制修订、排污许可管理和污染防治技术选择的参考。

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 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 13347 石油气体管道阻火器
GB 14554 恶臭污染物排放标准
GB 15562.1 环境保护图形标志—排放口（源）
GB 20950 储油库大气污染物排放标准
GB 20951 汽油运输大气污染物排放标准
GB 31570 石油炼制工业污染物排放标准
GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50160 石油化工企业设计防火标准
GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
GB/T 50726 工业设备及管道防腐蚀工程技术标准
GB 50727 工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范
GB 50759 油品装载系统油气回收设施设计规范
GB 51284 烟气脱硫工艺设计标准
GB/T 8017 石油产品蒸气压的测定雷德法
HJ 1013 固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 1093 蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 1094 石油炼制工业废气治理工程技术规范
HJ 1405 排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范
HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2027 催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ/T 387 环境保护产品技术要求工业废气吸收净化装置
HJ/T 389 环境保护产品技术要求工业有机废气催化净化装置
HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
HJ 462 工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范
HJ 562 火电厂烟气脱硝工程技术规范选择性催化还原法
HJ 732 固定污染源废气挥发性有机物的采样气袋法
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 75 固定污染源烟气 (SO₂、NO_x、颗粒物) 排放连续监测技术规范
HJ 76 固定污染源烟气 (SO₂、NO_x、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 853 排污许可证申请与核发技术规范石化工业
HJ 880 排污单位自行监测技术指南石油炼制工业
HJ 944 排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范总则 (试行)
SH/T 3007 石油化工储运系统罐区设计规范
SH 3009 石油化工可燃性气体排放系统设计规范
SH/T 3015 石油化工给水排水系统设计规范
SH/T 3024 石油化工环境保护设计规范
SH/T 3146 石油化工噪声控制设计规范
DB 37/2801.6 挥发性有机物排放标准第 6 部分: 有机化工行业
国务院令 第 253 号 建设项目环境保护管理条例
国环规环评 (2017) 4 号 建设项目竣工环境保护验收暂行办法

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 volatile organic compounds (VOCs)

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。

3.2

挥发性有机液体 volatile organic liquid

任何能向大气释放挥发性有机物的符合以下任一条件的有机液体: (1) 20℃时, 挥发性有机液体的真实蒸气压大于 0.3kPa; (2) 20℃时, 混合物中, 真实蒸气压大于 0.3kPa 的纯有机化合物的总浓度等于或者高于 20% (质量分数)。

3.3

非甲烷总烃类 non-methane hydrocarb

采用规定的监测方法, 检测器有明显响应的除甲烷外的碳氢化合物的总称 (以碳计)。本标准使用“非甲烷总烃 (NMHC)”作为排气筒和厂界挥发性有机物排放的综合控制指标。

3.4

石油炼制企业 petroleum refining enterprise

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。

3.5

泄漏检测与修复 leak detection and repair (LDAR)

通过常规或非常规检测手段, 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, 对企业生产全过程中涉及 VOCs 物料 (VOCs 质量分数占比大于等于 10% 的物料) 泄漏进行控制的系统工程。

3.6

泄漏检测值 leakage detection value

采用规定的监测方法, 检测仪器探测到的设备 (泵、压缩机等) 或管线组件 (阀门、法兰等) 泄漏点的 VOCs 浓度扣除环境本底值后的净值 (以碳计)。

3.7

真实蒸气压 true vapor pressure

有机液体工作（储存）温度下的饱和蒸气压（绝对压力），或者有机混合物液体气化率为零时的蒸气压，又称泡点蒸气压，可根据 GB/T8017 等相应测定方法换算得到。

注：在常温下工作（储存）的有机液体，其工作（储存）温度按常年的月平均气温最大值计算。

3.8

无组织排放 fugitive emission

指大气污染物不经过排气筒的无规则排放。包括工艺无组织排放，装置及管线组件泄漏，挥发性有机液体存储与调和挥发，原料、产品装卸过程逸散，废水收集处理过程排放，冷却塔/循环水冷却系统释放，采样过程排放，非正常工况排放等。

3.9

有组织排放 Organized emission

指大气污染物经过排气筒有规则的排放。

3.10

非正常工况 malfunction/upsets

生产设施生产工艺参数不是有计划地超过装置设计弹性变化的工况。

3.11

密闭 closed/close

污染物质不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

3.12

密闭空间 closed space

利用完整的围护结构将污染物质、作业场所等与周围空间阻隔所形成的封闭区域或封闭式建筑物。该封闭区域或封闭式建筑物除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

3.13

挥发性有机液体装载作业排气 volatile organic liquid loading exhaust gas

指在汽油、石脑油、柴油等油品或有机液体装车或装船过程中，随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。

3.14

挥发性有机液体储罐排气 volatile organic liquid tank exhaust gas

指原油、汽油、石脑油、喷气燃料、煤油、柴油、芳烃、溶剂油等挥发性有机液体储罐，由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的 VOCs 气体。

3.15

氧化脱硫醇尾气 oxidation sweetening process tail gas

指液态烃或汽油馏分用空气催化氧化脱硫醇过程中产生的尾气，液态烃氧化脱硫醇尾气中的主要污染物是二甲基二硫醚等有机硫化物，汽油氧化脱硫醇尾气中的主要污染物有二甲基二硫醚等有机硫化物和汽油油气。

3.16

酸性水罐排气 sour water tank exhaust gas

指从酸性水罐顶排放的气体。酸性水罐储存酸性水并进行油水分离，从罐顶排放的气体中含有硫化氢、氨、有机硫化物、油气、水蒸气和空气等。

4 一般要求

4.1 石油炼制企业应积极采用清洁生产技术，加强源头控制，减少污染物排放。

- 4.2 石油炼制工业废气治理工程建设，应遵守国家 GB 31570 等标准的最新要求，如地方有地方标准的应执行其地方标准。
- 4.3 废气治理工程总体设计应符合国务院令第 253 号等的相关规定。
- 4.4 石油炼制企业新建或改扩建废气治理工程的净化气应满足 GB 31570、GB 14554 等现行国家和地方污染物排放标准及排污许可要求。
- 4.5 废气治理工程在运行过程中产生的噪声、废气、废水、废渣及其他污染物，应得到有效治理与管控，符合废水、废气符合 GB 31570 的规定，噪声符合 GB 12348 和 SH/T 3146 的规定，废渣处理应符合国家危险废物处理处置及一般固体废物处理处置的相关要求。噪声、废气、废水、废渣及其他污染物有地方环保法规和标准要求应满足地方环保法规及标准的。
- 4.6 废气治理装置废气总进口须按 HJ 1405 要求设置人工监测采样口；废气治理装置净化气排放口须按有关规定设置在线监测仪表或人工监测采样口。
- 4.7 废气治理工程由主体工程和辅助工程组成。
- 4.8 根据废气主要污染物特征，主体工程包括：烟气除尘脱硫脱硝工程，含挥发性有机物和恶臭气体吸收、吸附、膜分离、冷凝、生物脱臭、催化氧化、蓄热氧化、焚烧等废气处理工程，以及必要的废气收集及引气、预处理工程。
- 4.9 废气收集及引气工程：包括挥发性有机液体储罐排气收集及引气、污水处理场废气收集及引气、以及挥发性有机液体装载作业排气收集及引气等；
- 4.10 废气预处理工程：包括氧化沥青尾气预处理、污水处理场高浓度废气预处理、高温排放废气（污油储罐、高温蜡油储罐排气等）预处理等。
- 4.11 辅助工程包括检测与过程控制、电气仪表、给排水和消防等单元。

5 石油炼制企业废气性质

石油炼制企业废气及 VOCs 主要来源于工艺有组织排放，火炬排放，工艺无组织排放，装置及管线组件泄漏，挥发性有机液体存储与调和挥发，原料、产品装卸过程逸散，废水收集处理过程逸散，冷却塔/循环水冷却系统释放，采样过程排放，非正常工况排放等环节。

表 1 石油炼制企业废气及 VOCs 主要来源一览表

| 废气种类 | 排放源项 | 废气和 VOCs 名称 | 产生环节 | 废气主要组分 |
|------|---------|-------------|----------------------------------|--|
| 废气 | 工艺有组织排放 | 催化裂化烟气 | 催化裂化过程中催化剂烧焦再生产生的烟气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , 颗粒物 |
| | | 工艺加热炉烟气 | 工艺加热炉燃烧燃油或燃气所产生的烟气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , 颗粒物 |
| | | 硫磺回收尾气 | 石油炼制企业副产硫化氢气体经硫磺回收装置回收单质硫后排放的尾气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ S, SO ₂ , S, COS, CS ₂ |
| | | 氧化沥青尾气 | 渣油与空气在氧化沥青装置中发生反应生成氧化沥青过程中排放的尾气。 | N ₂ , O ₂ , CO ₂ , CO, H ₂ O, H ₂ S, SO ₂ , NO _x , BaP, 沥青烟, 油气 |
| | | 重整装置催化剂再生烟气 | 在油品重整装置催化剂再生过程中产生的烟气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , HCl, MNHC |

| 废气种类 | 排放源项 | 废气和 VOCs 名称 | 产生环节 | 废气主要组分 |
|------|---------------|--------------|--|--|
| | | 液态烃氧化脱硫醇尾气 | 液态烃或汽油馏分用空气催化氧化脱硫醇过程中产生的尾气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | 汽油氧化脱硫醇尾气 | | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | 火炬排放 | 火炬烟气 | 火炬燃烧排放的烟气。 | N ₂ , O ₂ , CO ₂ , CO, SO ₂ , NO _x , H ₂ S, NH ₃ , NMHC, 碳黑, 黑度 |
| VOCs | 工艺无组织排放 | 延迟焦化装置无组织废气 | 焦炭塔顶塔口/焦炭塔底塔口（溜焦槽）排气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | | 焦炭塔顶冷焦放空废气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | | 冷切焦水罐排气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | | 污油罐排气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | | 隔油池排气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | | 焦池（沉淀池）排气 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, 有机硫化物, 油气 |
| | | 常减压蒸馏最终无组织废气 | 常减压蒸馏等工艺装置的塔顶、罐顶、泵等涉 VOCs 介质的各类临时放空口。 | N ₂ , H ₂ O, VOCs |
| | | 酸性水汽提装置无组织废气 | 酸性水拱顶罐排气 | N ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , 有机硫化物, 油气 |
| | 装置及管线组件泄漏 | 设备和管阀件泄漏排气 | 挥发性有机物流经的泵、压缩机、阀门、开口阀或开口管线、法兰及其他连接件、泄压设备、取样连接系统、其他密封设备。 | VOCs |
| VOCs | 冷却塔/循环水冷却系统释放 | 冷却塔/循环水凉水塔排气 | 对于开式循环水凉水塔及冷却塔与涉 VOCs 介质换热的冷却水, 在换热设备内部存在泄漏的情况下, 会将 VOCs 介质带出, 在冷却过程中将涉 VOCs 物料随水蒸气排放至大气中。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, VOCs |
| | 废水收集处理过程逸散 | 污水集输系统排气 | 从污水集水井、输送管道、输送明渠等收集和输送系统排放的废气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, H ₂ S, NH ₃ , 油气, 苯系物, 有机硫化物 |
| | | 污水处理场高浓度废气 | 从污水处理场总进口集水井、均质池（罐）、隔油池（斜板、平流）、气浮池（溶气浮选、涡凹气浮）、污油池（罐）、浮渣池（罐）散发的废气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, H ₂ S, NH ₃ , 油气, 苯系物, 有机硫化物 |

| 废气种类 | 排放源项 | 废气和VOCs名称 | 产生环节 | 废气主要组分 |
|------|----------------|-------------------|--|--|
| | | 污水处理场低浓度废气 | 从污水处理场曝气池、A/O池、氧化沟、膜生物反应器（MBR）、厌（缺）氧池、污泥池等废水生物处理设施散发出的废气。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, H ₂ S, CO ₂ , NH ₃ , 有机硫化物, 苯系物, 污泥飞沫 |
| | 原料、产品装卸过程逸散 | 汽油、石脑油装载作业排气 | 汽油、石脑油等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 油气 |
| | | 柴油装载作业排气 | 柴油等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | |
| | | 喷气燃料、煤油装载作业排气 | 喷气燃料、煤油等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | |
| | | 溶剂油装载作业排气 | 溶剂油等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | |
| | | 苯装载作业排气 | 苯等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 苯 |
| | | 甲苯装载作业排气 | 甲苯等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 甲苯 |
| | | 二甲苯装载作业排气 | 二甲苯等油品或有机液体装车或装船过程中, 随着车载油罐或船舱内液面的上升而排出的挥发性有机物气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 二甲苯 |
| | 挥发性有机液体存储与调和挥发 | 酸性水固定顶罐排气 | 指从酸性水罐顶排放的气体。在常减压、催化裂化、焦化、柴油加氢、加氢裂化等石油炼制过程中产生含硫、含氮、含油污水, 通称酸性水。酸性水罐储存酸性水并进行油水分离, 从罐顶排放的气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , 有机硫化物, 油气, 水蒸气 |
| | | 污油固定顶罐排气 | 由污油罐大、小呼吸, 以及接收蒸气吹扫物料而从罐顶排放的气体, 排放气中含硫化氢、有机硫化物、油气、水蒸气和空气等。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, H ₂ S, 有机硫化物, 油气, 水蒸气 |
| | | 粗柴油固定顶罐排气 | 粗柴油等中间油品的储罐排放的气体, 其特点是排放气中除VOCs外, 还含有较高浓度的硫化氢和有机硫化物。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, H ₂ S, 苯系物, 有机硫化物, 油气 |
| VOCs | 挥发性有机液体存储与调和挥发 | 成品油固定顶罐排气 | 成品油固定顶罐由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的VOCs气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 油气 |
| | | 成品油汽油、石脑油内浮顶罐排气 | 成品油汽油、石脑油内浮顶罐由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的VOCs气体。 | |
| | | 苯、甲苯、二甲苯等芳烃内浮顶罐排气 | 苯、甲苯、二甲苯等芳烃内浮顶罐由于大、小呼吸以及物料 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 苯系物, |

| 废气种类 | 排放源项 | 废气和 VOCs 名称 | 产生环节 | 废气主要组分 |
|------|---------|----------------|---|---|
| | | 二甲苯等芳烃内浮顶罐排气 | 在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的 VOCs 气体。 | 油气 |
| | | 成品喷气燃料内浮顶罐排气 | 成品喷气燃料内浮顶罐由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的 VOCs 气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 有机硫化物, 油气 |
| | | 成品柴油内浮顶罐排气 | 成品柴油内浮顶罐由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的 VOCs 气体。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 油气 |
| | | 成品溶剂油固定顶罐排气 | 成品溶剂油固定顶罐由于大、小呼吸以及物料在输送过程中压力变化释放的气体、高温物料进入储罐导致蒸发等而产生的 VOCs 气体。 | |
| | | 碱渣固定顶罐排气 | 碱渣固定顶罐等储罐排放的气体, 其特点是排放气中除 VOCs 外, 还含有较高浓度的硫化氢和有机硫化物。 | N ₂ , O ₂ , H ₂ O, 有机硫化物, 油气 |
| | | 高温沥青固定顶罐排气 | 高温沥青固定顶罐等储罐排放的气体, 其特点是排放气中除 VOCs 外, 还含有较高浓度的硫化氢和有机硫化物。 | |
| | | 高温蜡油固定顶罐排气 | 高温蜡油等储罐排放的气体, 其特点是排放气中除 VOCs 外, 还含有较高浓度的硫化氢和有机硫化物。 | |
| | 采样过程排放 | 采样散逸气 | 采样过程涉及 VOCs 物料, 采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程 | 油气 |
| | 非正常工况排放 | 检维修、设备调试、生产异常等 | 炼油装置在停工检维修过程、设备调试过程及生产异常情况下, 由于物料排放和设备清洗、吹扫作业而排放的恶臭和 VOCs 气体。 | 停工检修过程可能排放高浓度恶臭污染物、油气和水蒸气 |
| | 其他 | 储罐检修涂装 | 检维修过程中采用非水性涂料, 挥发到大气中的 VOCs | VOCs |
| | | 危废暂存 | 进为废暂存间暂存的危险废物逸散到大气中的 VOCs、恶臭气体等 | 空气、非甲烷总烃、苯、甲苯、二甲苯、硫化氢、氨、臭气、颗粒物 |

6 废气和 VOCs 排放控制治理

6.1 工艺废气污染治理

6.1.1 在催化裂化产品质量需要以及 CO 完全燃烧再生等适宜工况下, 可使用原料油预加氢、硫转移助剂、低 NO_x 烧焦、降 NO_x 助剂等工艺减少烟气中二氧化硫、氮氧化物排放。

6.1.2 催化裂化烟气宜采用三级或四级高效旋风除尘器使烟气中颗粒物浓度小于 200mg/m³, 减少镍及其化合物排放。

6.1.3 工艺加热炉应采用清洁燃料和低氮燃烧控制烟气中的二氧化硫、氮氧化物和颗粒物排放; 清洁燃

料宜选脱硫燃料气或天然气；低氮燃烧可采用空气分级燃烧、燃料分级燃烧和烟气再循环法。

6.1.4 火炬排放系统应有气柜和压缩机，非正常工况排放的可燃气体尽可能用气柜收集起来，增压后送入全厂燃料管网回收。

6.1.5 火炬气分液罐凝液、气柜凝液和液态烃球罐切水等含易挥发性有机液体的油水混合物宜回收闪蒸油气后再进常压污油罐或污水处理系统；或在压力下油水分离，分离出的油相可进油品分馏塔、加氢精制等装置处理回收。

6.1.6 应采用冷焦水密闭循环、焦炭塔吹扫气密闭回收等技术，控制焦化装置 VOCs 排放。

6.1.7 酸性气：

- a) 在对酸性水罐等排放的含较高浓度油气和硫化物废气处理时,宜安装罐顶氮气保护系统；
- b) 酸性水罐、污油罐、粗汽油罐、粗柴油罐、高温蜡油罐、高温沥青罐等储罐排放的含硫 VOCs 恶臭气体可采用低温柴油吸收—氢氧化钠(或有机胺)溶液脱硫工艺处理；
- c) 酸性水罐、污油罐、高温蜡油罐以及成品汽油、石脑油等罐区排放气经过吸收、吸附等方法回收处理后非甲烷总烃一般可小于 $1000\text{mg}/\text{m}^3\sim 25000\text{mg}/\text{m}^3$ ，为达到更严排放标准，可再进催化氧化装置、蓄热氧化装置、加热炉、焚烧炉、锅炉等进一步深度处理。

6.1.8 氧化脱硫醇尾气：

- a) 汽油、液态烃氧化脱硫醇尾气可进焚烧炉处理,或采用低温柴油吸收氢氧化钠溶液脱硫工艺处理；
- b) 氧化脱硫醇尾气经低温柴油吸收—氢氧化钠溶液脱硫处理后不能达标，可再进催化氧化装置、蓄热氧化装置、加热炉、焚烧炉、锅炉等进一步深度处理。

6.1.9 重整装置再生烟气中的氯化氢及挥发性有机物超标排放时,可采用碱性吸附剂或碱液洗涤去除氯化氢,处理后的废气再可采用催化氧化处理或送加热炉焚烧处理。

6.2 VOCs 废气污染治理

6.2.1 VOCs 治理技术分类

VOCs 的治理可以采用冷凝、吸收、吸附、膜分离、生物、燃烧技术，或者是上述技术的组合。

6.2.2 VOCs 治理方案

6.2.2.1 VOCs 治理方案的选择，应综合考虑各方面因素，重视 VOCs 废气资源属性和能源属性，加强回收和综合利用，选择技术成熟、可靠节能、经济适用、符合实际、风险可控，能稳定运行且达到排放标准的最佳方案。应充分考虑 VOCs 废气治理装置异常和故障时 VOCs 废气排放控制和处理。

6.2.2.2 高浓度 VOCs 废气 ($>30000\text{mg}/\text{m}^3$)，宜采用吸收、冷凝、吸附、膜分离等组合技术回收处理，不能达标时再辅以其他技术实现达标排放。

6.2.2.3 中高浓度 VOCs 废气 ($3000\text{mg}/\text{m}^3\sim 30000\text{mg}/\text{m}^3$)，有回收价值时宜采用吸收技术回收处理，无回收价值时宜采用燃烧技术。

6.2.2.4 中低浓度 VOCs 废气 ($<3000\text{mg}/\text{m}^3$)，宜采用生物技术（非甲烷总烃： $10\sim 300\text{mg}/\text{m}^3$ ）、燃烧技术（催化燃烧、蓄热燃烧、直接焚烧等）、吸附浓缩—燃烧技术等。

6.2.3 VOCs 治理技术

6.2.3.1 冷凝技术（回收类技术）

该技术适合处理高浓度 VOCs 废气，特别是组分单一且回收价值高的 VOCs 废气，可处理含有大量水蒸气的高温 VOCs 废气。当 VOCs 含量较高时，该技术可作为燃烧或吸附处理的预处理工段，能降低后续净化装置的操作负荷。优点是可以回收有价值的 VOCs。缺点是对 VOCs 废气的处理程度受到冷凝温度限制，对低沸点或低浓度 VOCs 废气处理效果不佳，能耗和处理成本高。

该技术适用于汽油和石脑油装载作业排气油气回收，汽油、石脑油、喷气燃料、柴油、溶剂油、原油浮顶罐排气的处理。

6.2.3.2 吸收技术（回收类技术）

该技术适合处理高压、低温、高浓度 VOCs 废气。一般采用沸点较高、蒸气压较低的低挥发性液体（如柴油、煤油等）为吸收剂，将 VOCs 从气相转移到液相中。低温柴油吸收温度宜高于所用柴油凝固点 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，一般吸收温度为 $-5^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。含酸废气可使用碱性液体吸收作为预处理。优点是占地空间小、吸收液可反复使用，适用废气量范围广，投资成本低。缺点是吸收液的净化效率下降较快。

该技术适用于汽油和石脑油装载作业排气及挥发性有机液体储罐排气的处理。

6.2.3.3 吸附技术（回收类技术）

该技术一般采用活性炭、碳纤维等为吸附剂。采用活性炭作为吸附剂时，脱附气体的温度宜控制在 120°C 以下，含有酮类等易燃气体时，不得采用热空气再生。采用颗粒活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 800mg/g ；采用蜂窝活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 650mg/g 。采用碳纤维作为吸附剂时，其比表面积不宜低于 $1100\text{m}^2/\text{g}$ 。吸附和脱附的相关技术参数应满足 HJ2026 和 HJ/T386 要求。优点是对于浓度和风量变化适应性强，在 VOCs 处理上应用广泛。缺点是无再生系统时吸附剂更换频繁；沸点较高的 VOCs 需要热再生，热再生费用较高；易聚物料不宜采用该技术；不易对活性炭碘值进行实时监控，部分情况下活性炭吸附有自燃风险。

该技术适用于煤油、柴油、芳烃、石脑油、溶剂油、原油装载作业排气，以及污水处理厂（站）低浓度 VOCs 废气的处理。

6.2.3.4 膜分离技术（回收类技术）

该技术利用膜表面超薄功能层（通常为硅橡胶）材质，在膜两侧压力差、浓度差的驱动下，利用不同气体分子透过膜的速度差异，实现 VOCs 的富集，并实现气相主体的净化。适合高浓度油气回收与成分复杂 VOCs 废气的处理。优点是过程连续、无放热、安全性好、不产生二次污染，适用性广，单位体积处理能力较强。缺点是用于低浓度 VOCs 废气的深度处理时成本较高。

该技术适用于轻质油品、苯、甲苯、二甲苯装车过程以及汽油储罐排气的处理。

6.2.3.5 生物技术（销毁类技术）

该技术适合处理浓度低且组分简单的 VOCs 废气。主要包括生物洗涤法、生物过滤法和生物滴滤法。生物脱臭装置应有营养液供应系统，塔内气速 $0.1\text{m/s} \sim 0.3\text{m/s}$ ，填料层空速 $200\text{h}^{-1} \sim 600\text{h}^{-1}$ ，塔内温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。优点是设备简单，运行成本低，对臭味气体处理效果明显。缺点是降解速度慢，净化效率较低，对芳香烃和苯系物去除效率低，对非水溶性物质净化效果差，占地面积大，生物菌培养条件严格，不易控制。

该技术适用于污水处理厂（站）低浓度 VOCs 废气的处理。

6.2.3.6 燃烧技术（销毁类技术）

a) 直接燃烧（TO）

- 1) 优点是结构简单、投资小，气体净化效率高。缺点是处理低浓度 VOCs 废气时运行成本高、能耗高，可能产生 HCl、SO_x、NO_x 等污染物。
- 2) 该技术适用于氧化沥青尾气，汽油、液态烃氧化脱硫醇尾气的处理。

b) 蓄热式直接燃烧（RTO）

- 1) 优点是系统弹性化，操作风量上下限范围大，热回收率能达到 90% 以上，VOCs 去除效率能达到 95% 以上，连续运行稳定，操作运维简单，使用寿命较长。缺点是投资成本高，装置体积大，运行成本较高，易反应、易聚合的有机物以及含卤素的 VOCs 废气不宜采用该技术。技术参数应满足 HJ1093 要求。
- 2) 该技术适用于经预处理后的挥发性有机液体储罐排气、装载作业排气、污水处理厂（站）高浓度 VOCs 废气的处理。

c) 催化燃烧（CO）

- 1) 优点是反应温度低、能耗低、不产生热力型 NO_x，处理净化效率能达到 95% 以上，操作方便。

缺点是当废气中含有硫化物、卤化物、有机硅、有机磷等物质时，可能致催化剂中毒。技术参数应满足 HJ2027 要求。

2) 该技术适用于经预处理后的挥发性有机液体储罐排气、装载作业排气的处理。

d) 蓄热式催化燃烧 (RCO)

1) 优点是安全性高，运行成本较 RTO 低，热回收率能达到 90%以上，VOCs 去除效率能达到 95%以上。缺点是当废气中含有硫化物、卤化物、有机硅、有机磷等物质时，可能致催化剂中毒，不宜处理温度高于 450℃的 VOCs 废气。技术参数应满足 HJ2027 要求。

2) 该技术适用于经预处理后的挥发性有机液体储罐排气、装载作业排气的处理。

e) 锅炉/焚烧炉直接燃烧

1) 该技术是将产生的 VOCs 废气直接引入到现有供电锅炉、供热锅炉或其他非废气处理专用的焚烧炉。优点是充分利用现有设备，不额外增加占地面积和设备投资。缺点是需要采取周密的安全控制措施，需通过预处理稳定 VOCs 废气流量和浓度，还应考虑锅炉/工艺炉非正常工况时 VOCs 废气的去向。

2) 该技术适用于挥发性有机液体储罐排气、装载作业排气等环节 VOCs 废气的处理。

6.2.4 其他

6.2.4.1 不得仅采用水或水溶液洗涤吸收方式处理含非水溶性组分的 VOCs 废气。

6.2.4.2 高浓度 VOCs 废气不宜直接与大风量、低浓度 VOCs 废气混合，VOCs 废气不宜与含颗粒物等其他污染物的废气混合。

6.2.4.3 企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物。

7 环境管理措施

7.1 企业应按照 HJ944 的要求建立台账，记录含 VOCs 原辅材料的名称、采购量、VOCs 含量、使用量、回收量、废弃量、去向，VOCs 废气收集系统的保养维护事项与主要操作参数，污染治理设施的工艺流程、运行参数、投运时间、启停时间，耗材更换时间和更换量，生产、VOCs 治理设备与管线组件目视观察和 LDAR 工作（包括密封点基本信息、检测仪器基本信息、现场检测记录表、泄漏修复记录表等），自行监测等情况。台账保存期限不少于 5 年。

7.2 企业应按照 GB/T16157、HJ/T397、GB15562.1 等要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

7.3 企业应按照 HJ853 和 HJ880 要求开展自行监测。

7.4 企业应加强可燃性气体的回收，火炬燃烧装置一般只用于工艺装置开停车、火灾事故、公用工程事故及其他事故等紧急状态下的应急处置，不应作为日常大气污染处理设施。应设置视频监控装置对火炬系统长明灯进行监控，禁止熄灭长明灯。氮气占比过高的不燃性废气等不宜排入火炬气系统。火炬及相关管网、水封、储气柜、长明灯等设计应符合 SH3009 要求。

7.5 企业应对污染治理设施进行定期维护保养及维修，保证其正常运行。污染物排放应符合 DB37/2801.6、GB14554、GB31570、GB37822 等要求。

8 废气及 VOCs 污染防治可行技术

废气及 VOCs 污染防治可行技术见表 2。

表 2 VOCs 污染防治可行技术

| 可行技术 | 排放源项 | 预防技术 ¹ | 治理技术 ¹ | NMHC排放水平 ² /(mg/m ³) | 技术适用条件 | 典型技术路线 |
|------|----------------|--------------------------------------|-------------------|---|--|-------------------------------------|
| 1 | 工艺有组织排放 | - | 燃烧技术 | ≤20 | 适用于连续重整烟气、氧化脱硫醇尾气、氧化沥青尾气等处理 | TO |
| 2 | 挥发性有机液体存储与调和挥发 | 合理选择罐型及密封方式 | 吸收+燃烧技术 | ≤20 | 适用于成品油、石脑油罐等排放的高浓度VOCs废气处理。进入燃烧炉的废气中有机物浓度应小于其爆炸极限下限(LEL)的25% | 低温柴油/汽油吸收+RTO |
| 3 | 挥发性有机液体存储与调和挥发 | 合理选择罐型及密封方式 | 吸收+碱洗+燃烧技术 | ≤20 | 适用于酸性水罐、污油罐、高温蜡油及沥青罐等排放的高浓度VOCs废气处理。进入燃烧炉的废气中有机物浓度应小于其LEL的25% | ①低温柴油/汽油吸收+碱洗+RTO; ②低温柴油/汽油吸收+碱洗+CO |
| 4 | 原料、产品装卸过程逸散 | 采用全密闭装卸方式 | 冷凝+吸附+燃烧技术 | ≤20 | 适用于汽油、柴油装车油气回收废气处理, 进入燃烧炉的废气中有机物浓度应小于其LEL的25% | ①三级冷凝+活性炭吸附+工艺炉焚烧; ②三级冷凝+RTO |
| 5 | | | 冷凝+燃烧技术 | ≤20 | | |
| 6 | 废水收集处理过程逸散 | 用于输送、储存、处理含VOCs的废水设施应密闭, 密闭空间保持微负压状态 | 碱洗+燃烧技术 | ≤20 | 适用于污水处理厂(站)总进口集水井、均质池(罐)、隔油池(斜板、平流)、气浮池、污油池(罐)、浮渣池(罐)散发的高浓度废气的处理, 进入燃烧炉的废气中有机物浓度应小于其LEL的25% | 碱洗+RTO; |
| 7 | | | 碱洗+生物法+吸附技术 | ≤100 | 适用于污水处理厂(站)曝气池、A/O池、氧化沟、膜生物反应器(MBR)、厌(缺)氧池、污泥池等废水生物处理设施散发的低浓度废气的处理。采用燃烧法时, 进入燃烧炉的废气中有机物浓度应小于其LEL的25% | ①碱洗+生物除臭+活性炭吸附; ②碱洗+活性炭吸附+工艺炉焚烧 |
| 8 | | | 碱洗+吸附+燃烧技术 | ≤20 | | |

注1: 除本表所列技术外, 其他能规模应用、稳定达到国家和地方VOCs排放标准要求的技术也为可行技术。
 注2: 按照本可行技术, NMHC可达到的排放水平。企业污染物排放按照国家、地方相关标准规定执行。

9 施工与验收

9.1 施工

9.1.1 施工单位应遵守国家有关部门颁布的消防、劳动安全及卫生等国家强制性标准及相关的施工技术规范, 并应具有国家相应的工程施工资质。

9.1.2 施工应按照国家 and 行业规定的施工程序及管理文件的要求进行。施工时应按设计文件进行建设, 工程中存在变更的, 应在取得本工程的设计变更文件后再进行施工。

9.1.3 采用防腐材质的设备、管道及管件的施工和验收应符合 GB50726、GB50727 的规定。

9.2 工程验收

9.2.1 工程验收应符合国环环环评（2017）4号等相关规定。

9.2.2 治理工程中选用的国外引进的设备、材料、器件应符合我国现行国家或行业标准的有关要求，并具有供货商提供的技术规范、合同规定及商检文件。

9.2.3 工程安装、施工完成后应首先对相关仪器仪表进行校验,然后根据工艺流程进行分项调试和整体调试。通过整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后启动试运行。

10 运行与维护

10.1 一般规定

10.1.1 治理装置应与产生废气的生产装置同步运行。由事故或设备维修等原因造成治理装置停止运行时，应向当地环境保护行政主管部门报备。治理装置的运行、维护及安全管理除应符合本规范外，还应符合国家相关标准的规定。

10.1.2 治理装置运行应在满足设计工况的条件下进行,并根据工艺要求,定期对设备、电气、自控仪表及建(构)筑物进行检查维护,确保治理装置的可靠运行。

10.2 人员与运行管理

10.2.1 治理装置应纳入生产管理中,并配备专业管理人员和技术人员。

10.2.2 在治理装置启用前,企业应对管理和运行人员进行培训,使管理和运行人员掌握治理装置及附属设施的具体操作和应急情况下的处理措施。培训内容包括但不限于基本工艺原理及流程；启动条件及启动前的检查；正常运行情况下设备的控制、报警和指示系统的状态和检查；设备运行故障的发现、检查和排除；事故和紧急状态下人工操作和事故排除方法；设备日常和定期维护及设备运行和维护记录等。

10.2.3 企业应建立治理装置运行状况、设施维护等记录制度,记录内容包括但不限于:治理装置的启动、停止时间；吸收剂、吸附剂、过滤材料、催化剂、还原剂等的质量分析数据、采购量、使用量及更换时间等；治理装置运行工艺控制参数，包括进出口污染物浓度、温度、床层压力降等；主要设备维修情况，运行事故及处理、整改情况；定期检验、评价及评估情况，污水排放、副产物处置情况。

10.2.4 运行人员应按企业规定做好巡视制度和交接班制度。

10.3 维护

10.3.1 应根据治理装置技术负责方提供的系统、设备等资料制定详细的维护保养规定，制定治理装置设备的维护计划。

10.3.2 维护人员应根据维护保养规定定期检查、维修或更换必要的部件并做好维护保养记录。

10.4 事故应急措施

10.4.1 企业应有生产装置异常和事故时的废气治理装置和措施。充分利用火炬及其管网等设施控制事故产生的气体污染物排放。

10.4.2 利用污油罐废气治理装置处理事故污油产生的恶臭和 VOCs 气体。利用污水处理场废气治理装置处理事故污水产生的气体污染物。

10.4.3 企业应重点确定恶臭和 VOCs 泄漏排放应急监测项目和监测方法，在事故发生时能够快速监测。并建立环境应急监测机制,制定应急监测方案,配备满足要求的人员、设备和防护用品等。