

ICS 13.030.40
CCS Z 05

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 6113—2022

化工工艺有机废气处理装置技术规范

Technical specification for equipment of
organic waste gas treatment plant from chemical process

2022-09-30 发布

2023-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

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。

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国废弃化学品处置标准化技术委员会（SAC/TC294）归口。

本文件起草单位：中石化安全工程研究院有限公司、深圳市中润水工业技术发展有限公司、北京华益高科膜工程技术有限公司、中石化广州工程有限公司、厦门市蓝恒环保有限公司、中国石油化工股份有限公司大连石油化工研究院、中国矿业大学（北京）、潍坊门捷化工有限公司、水木清研生态环保（山东）有限公司、江西核工业兴中新材料有限公司、无棣鑫岳化工集团有限公司、山东晟基新材料科技有限公司、金华水知音检测有限公司、中国石油化工股份有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司。

本文件主要起草人：郭亚逢、李凯、朱骁、田中成、冯骞、胡敏、王新、竹涛、刘泉军、彭帅、李瑞莲、孔令泉、杨树盛、高吉超、王帆、沈云辉、廖昌建、张浩、赵大庆、刘洋、安晓英、丁灵。

化工工艺有机废气处理装置技术规范

1 范围

本文件规定了化工工艺有机废气处理装置的一般要求、处理装置技术要求。
本文件适用于化工工艺有机废气处理装置的设计与运行。

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/T 13347 石油气体管道阻火器
GB 18613 电动机能效限定值及能效等级
GB/T 29304 爆炸危险场所防爆安全导则
GB/T 40200—2021 工业有机废气净化装置性能测定方法
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50054 低压配电设计规范
GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
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 50650 石油化工装置防雷设计规范
GB 51283 精细化工企业工程设计防火标准
HJ/T 387 环境保护产品技术要求 工业废气吸收净化装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低温等离子体处理装置 low temperature plasma treatment device

利用低温等离子体技术处理化工工艺中产生的有机废气，达到净化目的的装置。

3.2

排放源 emission source

化工工艺中向环境排放有机废气污染物的有组织排放或无组织排放的点、面源等。

3.3

净化效率 purification efficiency

经处理装置处理后去除的污染物的量与处理之前的量之比，以百分数（%）表示。

[来源：GB/T 40200—2021，3.7，有修改]

4 一般要求

4.1 基本要求

- 4.1.1 化工工艺有机废气（以下简称“废气”）处理装置工程设计前，应对废气的产生类别、来源、产生量、组成与变化规律进行调查、分析和监测。
- 4.1.2 在选择废气处理装置时，应首选回收和综合利用类装置，综合考虑油气回收和热量回收的可行性与经济性。
- 4.1.3 选用的废气处理装置应先进、成熟、可靠、安全、节能、低碳、操作简便、经济适用。
- 4.1.4 在综合考虑污染源间距、废气组成及浓度、废气量、废气输送能耗、装置投资、运行成本等因素的基础上，同类废气宜集中处理。
- 4.1.5 废气处理装置应合理确定设计处理量，废气集中处理时的最大气量应按实际工况分析、叠加确定。
- 4.1.6 设计应考虑废气处理装置异常和事故工况下废气处理措施与排放控制。
- 4.1.7 当废气中含有腐蚀性介质和颗粒物时，废气输送管道、阀门、过滤器等废气过流部件应满足防腐、耐磨损要求。
- 4.1.8 废气处理装置配套的废气处理工程中管道和设备的隔热、保温应满足 GB 50264 的要求。
- 4.1.9 废气处理装置配套的风机、压缩机、泵等配备的电机能效应满足 GB 18613 的要求。
- 4.1.10 废气处理装置作为化工工艺有机废气终端处理装置时，尾气排放应达到国家、行业或地方各项排放限值要求。

4.2 平面布置要求

- 4.2.1 废气处理装置及配套设施的平面布置应满足 GB 50016、GB 50160、GB 51283 等标准的要求，且宜兼顾操作、维修、施工的需要。
- 4.2.2 废气处理装置及配套设施宜靠近废气排放源布置。当多个排放源产生的废气集中处理时，应兼顾辅助工程、配套工程。

4.3 安全设计要求

- 4.3.1 废气处理装置及配套设施的电气设备及仪表的防爆等级应不低于现场防爆区域划分要求。
- 4.3.2 废气处理装置及配套设备的防爆泄压设计应满足 GB 50160、GB/T 29304 的要求。
- 4.3.3 废气处理装置应具备短路保护和接地保护功能，且应满足 GB 50054 的要求。
- 4.3.4 室外废气处理装置及配套设施防雷、防静电措施应满足 GB 50650、GB 50160、GB 51283 的要求。
- 4.3.5 废气如有达到爆炸下限的可能时，处理装置及配套单元与主体生产装置之间应安装阻火器，阻火器性能应满足 GB/T 13347 的要求。
- 4.3.6 对有可能出现超温的情况，应设置超温报警，并应设置能自动启动的降温措施。
- 4.3.7 宜对废气处理装置及配套设施进行危险与可操作性分析（HAZOP 分析）。

4.4 废气收集与输送系统要求

4.4.1 排放源压力较低，不能满足废气处理装置的进气要求时，应设置引风机进行升压。引风机宜设置在靠近排放源端。

4.4.2 废气输送管道上烃含量分析仪或氧含量分析仪应设置在靠近排放源处，联锁切断阀宜设置在靠近处理设施处。

4.4.3 废气收集与输送管道应具有防静电接地措施。

4.5 自动控制要求

4.5.1 自动控制系统应在满足工艺要求的前提下，运行可靠、经济、节能、安全，便于日常维护和管理。

4.5.2 工艺过程自动化控制应根据废气种类、处理规模等因素合理确定，并符合以下要求：

- a) 现场在线监测设施应设置分析间或分析柜，同时设置运行、停机和故障状态显示；
- b) 当采用成套设备但不独立配套控制系统时，成套设备控制系统应并入企业控制系统进行监测、显示和控制；
- c) 当采用成套设备且配套控制系统时，设备配套的控制系统宜预留通信接口，以实现与企业整体控制系统的通信和数据交换。

4.6 消防要求

4.6.1 废气处理装置及配套设施的消防设计应纳入企业的消防系统总体设计。

4.6.2 废气处理装置及配套设施的消防通道、防火间距、安全疏散通道的设计和消防栓的布置应满足 GB 50016、GB 50160、GB 51283 等标准的要求。

4.6.3 废气处理装置及配套设施的移动式灭火器的配置应满足 GB 50140 等标准的要求。

5 处理装置技术要求

5.1 有机溶剂吸收法处理装置

5.1.1 原理

采用低挥发或不挥发的液体有机溶剂作吸收剂，把废气或气溶胶转移至液态吸收剂中。所用有机溶剂吸收剂包括单组分类、混合组分类等。

5.1.2 适用范围

适用于非甲烷总烃浓度（以甲烷计）大于 $30 \times 10^3 \text{ mg/m}^3$ 的有机废气，或者非甲烷总烃浓度（以甲烷计）小于 $30 \times 10^3 \text{ mg/m}^3$ 但含有机硫化物等的有机废气。

5.1.3 装置组成及要求

5.1.3.1 装置收集废气用液环压缩机，排气压力不小于 0.1 MPa。

5.1.3.2 当吸收剂需要进行冷却时，宜采用螺杆式压缩机蒸发制冷系统。装置周边存在可用冷源，如低温盐水、冷媒水等，应优先利用。

5.1.3.3 装置设置吸收剂泵。吸收剂泵应有备用，可与富液泵互为备用。

5.1.3.4 装置吸收塔，控制空塔气速不大于 1.5 m/s、停留时间不小于 3 s、塔内液气比不小于 3 L/m³。

5.1.4 装置设计要求

5.1.4.1 有机溶剂吸收剂宜选择挥发性低、易取得、化学性质稳定、无毒或低毒物质。有机溶剂吸收剂与被去除的有机组分应有较大的溶解性，且富吸收液易再生或可回用。

5.1.4.2 设备的选择和配置应考虑装置长周期可靠运行的要求。

5.1.4.3 有机溶剂吸收法处理装置其他设计应满足 HJ/T 387 的要求。

5.1.5 运行参数控制

5.1.5.1 吸收塔压力：0 MPa~0.5 MPa。

5.1.5.2 吸收剂温度：最低控制温度高于所选吸收剂凝固点，吸收剂吸收温度一般控制在-5℃~15℃。

5.1.6 处理结果及性能要求

5.1.6.1 代表性污染物净化效率：

- a) 非甲烷总烃（如烷烃、烯烃、芳烃等）浓度（以甲烷计）大于 $100 \times 10^3 \text{ mg/m}^3$ 时，设计去除率应不小于 95%；
- b) 有机硫化物（如甲硫醇、甲硫醚、乙硫醇、乙硫醚、二甲二硫、噻吩等）浓度范围为 $10 \text{ mg/m}^3 \sim 3000 \text{ mg/m}^3$ 时，设计去除率应不小于 99%。

5.1.6.2 有机溶剂吸收法处理后尾气，可再与热氧化法、吸附法等联合使用，确保达标排放。

5.1.6.3 压力降要求：整体装置压力降不超过 2 kPa，高压文丘里氏吸收器不受此限制。

5.2 膜分离法处理装置

5.2.1 原理

利用高分子膜对有机气体优先透过性的特点，废气与空气的混合气在一定的压差推动下，使混合气中的有机气体优先透过膜得以富集回收，而空气则被选择性截留。

5.2.2 适用范围

适用于汽油、航空煤油、石脑油、烷烃、苯系物等挥发性有机气体的回收以及大多数有机废气组分的分离与处理（如烃类、苯系物、醇、酯、酮、醚等）。

5.2.3 装置组成及要求

5.2.3.1 收集废气用液环压缩机，排气压力不小于 0.2 MPa。

5.2.3.2 渗透侧使用液环式或旋片式真空泵，真空泵进气压力不大于-0.08 MPa。

5.2.3.3 控制压缩机工作液温度不超过 35℃，膜组件使用温度不超过 50℃。

5.2.4 膜组件要求

膜组件要求如下：

- a) 膜组件入口或压缩机出口应设温度仪表，进出口应设压力仪表；
- b) 膜对正丁烷的透过选择性应不小于对氮气的 20 倍；
- c) 膜组件入口应设置切断阀，膜组件如并联使用则应在膜组件总入口设置切断阀；
- d) 膜组件渗透侧应设置压力变送器；
- e) 膜组件设计压力应不小于 1.0 MPa；
- f) 膜组件设计处理能力应达到使用工况的 100%~110%，并联安装的膜组件应至少设置一个预留备用膜组件安装口；
- g) 单个膜组件处理能力宜不小于 100 Nm³/h；
- h) 膜组件设计正常使用寿命应不低于 8 年。

5.2.5 装置设计要求

5.2.5.1 保障设计：液环式压缩机和液环真空泵应设置出口温度联锁，旋片式真空泵应设置润滑油温联锁、润滑油液位联锁、泵背压联锁、出口温度联锁；膜组件渗透侧应设置压力联锁。

5.2.5.2 液体介质不应进入膜组件。当气体中含有雾状、颗粒状液体或气溶胶等时，应设置气液分离聚结器。

5.2.5.3 当使用液环真空泵时，应设置真空泵工作液降温设备，如空冷器等。

5.2.6 运行参数控制

5.2.6.1 装置使用压力：膜组件进气侧压力不小于 0.2 MPa。

5.2.6.2 压缩机出口温度：应小于 60 ℃。

5.2.6.3 膜组件渗透侧压力：应不高于进气侧压力。

5.2.7 处理结果及性能要求

5.2.7.1 代表性污染物净化效率：

- a) 烷烃（如异丁烷、戊烷、环己烷等），单一膜组件设计非甲烷总烃（以甲烷计）分离去除率应不小于 60%；
- b) 烯烃（如乙烯、丙烯、丁二烯、异戊二烯等），单一膜组件设计非甲烷总烃（以甲烷计）分离去除率应不小于 65%；
- c) 苯系物（如苯、甲苯、二甲苯等），单一膜组件设计非甲烷总烃（以甲烷计）分离去除率应不小于 70%。

5.2.7.2 压力降要求：整体装置压力降不超过 30 kPa。

5.3 低温等离子体处理装置

5.3.1 原理

低温等离子体处理装置利用外加电压使被处理气体分子被激发，产生包括正离子、负离子、电子、自由基和活性基团等组成的集合体。利用以上高能电子、自由基等活性粒子同废气中的污染物作用，使污染物分子在极短的时间内发生分解，并发生后续物理化学反应，以达到降解污染物的目的。

5.3.2 适用范围

适用于中高沸点、低浓度有机废气（如异丁烷、异戊烷、环己烷、甲苯、二甲苯等）的处理。

5.3.3 装置组成及要求

5.3.3.1 气体过滤器（挥发性有机物用或空气用），过滤网孔径 Φ 不大于 0.30 mm。

5.3.3.2 缓冲塔，宜设计为立式，设计工作介质为挥发性有机气体，设计压力不小于 0.3 MPa，设计温度不低于 60 °C。

5.3.3.3 低温等离子体反应器（包括发生器、电源与传输器件），设计压力不小于 0.1 MPa，设计温度不低于 100 °C，反应器顶部应设计泄爆口，泄爆压力不高于 0.04 MPa，并应设置底部排凝口。

其他要求：

- a) 发生器：均匀稳定放电，高压侧应具有良好的电气间隙和爬电距离；
- b) 电源：防爆等级应达到或高于 Ex de IIC T4~T6 Gb，防爆腔体内温升控制在 30 °C 以内；
- c) 传输器件：高频高压电传输线不应暴露于易燃易爆环境，高频高压电传输器件应具有良好的电气间隙和爬电距离。

5.3.3.4 臭氧分解塔：采用负载氧化锰、氧化钴或其他金属催化剂的臭氧分解剂，反应空速宜低于 40 000 h⁻¹。宜设计为立式，设计工作介质为甲烷、乙烷、丙烷、二氧化碳、氮气、二氧化硫、臭氧，设计压力不小于 0.3 MPa，设计温度不低于 140 °C。

注：反应空速为规定的条件下单位时间单位体积催化剂处理的气体量，是物料在催化剂床层停留时间的指标。

5.3.4 装置设计要求

5.3.4.1 保障设计：装置应设置安全联锁系统，且应控制进入装置的废气量低于爆炸下限数值的 25%。

5.3.4.2 电气电路设计：设计输入整流、滤波、功率因数校正电路，实现整流、滤波、功率因数校正；设计防浪涌电路，防止因瞬时电流过大造成烧损；设计降压式变换电路，实现电压调节；设置全桥逆变电路，所用芯片要求最高耐压不低于 1000 V、最大电流不低于 250 A、可在不超过 30 kHz 的条件下长期使用。

5.3.4.3 高压电气绝缘设计：设计高压绝缘聚四氟乙烯套管或其他具有同等绝缘效果的材料，要求套管绝缘不低于 50 kV、接口沿面耐压水平不低于 40 kV。

5.3.4.4 总烃浓度在线监测设计：要求对进入装置的废气中的可燃组分含量分析误差应可控制在 ±5% 内，响应时间应不大于 6 s；仪器置于不低于 50 °C 的室外环境温度下应达到正常状态连续运行不少于 30 d。

5.3.4.5 电源防爆散热设计：防爆箱主腔体设计防护等级应不低于 IP 65。防爆电源的进出线应采用符合防爆结构的电缆进入装置，进线宜采用填料函式引入装置，出线宜采用胶封过线的电缆引出方式。

5.3.5 运行参数控制

5.3.5.1 反应器空塔气速：宜控制不大于 2 m/s。

5.3.5.2 废气进出反应器温升：应不大于 30 °C。

5.3.5.3 反应器注入能量：低温等离子体反应器注入能量应不小于 20 J/L。

5.3.6 处理结果及性能要求

5.3.6.1 代表性污染物净化效率：

- a) 烷烃（如异丁烷、异戊烷、环己烷等），设计非甲烷总烃浓度（以甲烷计）低于 200 mg/m^3 时，设计去除率应不小于 60%；
- b) 烯烃（如乙烯、丙烯、丁二烯、异戊二烯等），设计非甲烷总烃浓度（以甲烷计）低于 2000 mg/m^3 时，设计去除率应不小于 90%；
- c) 苯系物（如苯、甲苯、二甲苯等），设计非甲烷总烃浓度（以甲烷计）低于 100 mg/m^3 时，设计去除率应不小于 90%；
- d) 恶臭（如硫化氢、甲硫醇、苯乙烯等），设计浓度低于 100 mg/m^3 时，设计去除率应不小于 90%。

5.3.6.2 压力降要求：整体装置压力降不超过 20 kPa。

5.3.6.3 能耗要求：低温等离子体放电单元能耗小于 $130 \text{ kW} \cdot \text{h}/10\,000 \text{ Nm}^3$ 。
