



《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》

**编制说明**  
(征求意见稿)

《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》

编制组

二〇二一年十二月

# 目 录

1 标准编制必要性、总体思路及指导原则.....	1
2 任务来源和工作流程.....	2
3 现状调研.....	3
4 标准主要技术内容说明.....	6
5 确定运行控制的依据.....	8
6 维护保养.....	17
7 安全管理.....	18
8 故障（非正常工况）处理要求.....	18
9 记录与报告.....	18
10 对实施本标准的建议.....	18
11 历次征求意见汇总.....	19



ACEF

## 1 标准编制必要性、目的、总体思路及指导原则

### 1.1 必要性

挥发性有机物（VOCs）主要来源于石化、有机化工、表面涂装、包装印刷等行业，部分 VOCs 具有致癌、致畸、致突变作用，可直接对人体健康造成危害。VOCs 排放是大气臭氧浓度上升、区域性光化学烟雾及雾霾形成的重要因素，是我国以细颗粒物和臭氧为主的区域性复合型大气污染特征形成的重要成因。

VOCs 治理法律法规、标准、政策体系不断完善，生态环境部也不断提出相关指示和要求。为全面加强 VOCs 污染防治工作，“十三五”时期，我国相继出台了《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》、《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》等文件，建立了涉 VOCs 排放标准达到 21 项的“行业+综合”的 VOCs 排放标准体系，出台并全面实施了多项涉及涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等有机溶剂产品 VOCs 含量限值标准。在“十四五”大气污染防治工作中要求“以细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧协同防控为主线，以挥发性有机物和氮氧化物治理为重点，不断改善空气质量，切实增强人民群众的蓝天幸福感。”近年来，我国对 VOCs 的重视程度正不断提高。

生态环境部 2020 年开展夏季臭氧污染防治强化监督帮扶工作，经调研发现，VOCs 污染防治普遍存在源头控制力度不足、无组织排放问题突出、治理设施综合去除效率低、非正常工况排放未有效控制、运行管理粗放、监测监控不到位等问题。VOCs 治理的相关管理已成为当前我国大气污染防治工作的突出短板，迫切需要出台标准对其进行管理和指导。

编制组对企业进行调研发现，在 VOC 治理设备实际运行维护与安全管理过程中，会产生系列问题，包括：技术封闭无统一标准，不同公司相同处理工艺设备采用不同的标准，无法互换，造成用户使用不便；用户设备运维水平低下，无法做到对环保设备的及时有效维护，导致设备故障率高，厂家或运维公司现场运维成本较高；处理工艺及设备频繁升级，导致环保设备重复投资造成浪费以及环保设备制造水平及成本价格相差较大，技术水平高低不等，产品质量参差不齐等。整体上，目前 VOCs 治理设施运行管理上缺乏统一的标准，影响 VOCs 污染物的行业处理水平，对环境监管造成了困难。为了更好的防止和减少设施运行中出现的安全隐患，制定《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》有利于落实国家及地方一系列相关政策法规，对加强重点行业挥发性有机物排放管控，促进生产工艺和污染防治技术进步，引导产业转型升级，增强挥发性有机物治理设施运行管理水平，实现可持续发展都具有重要意义。

### 1.2 目的与总体思路

本规程编制的目的是为了推进涉及挥发性有机物排放行业工艺和污染治理技术的进步，提高行业处理挥发性有机物水平，确保设施安全，防范行业安全事故发生。总体思路是基于科学的指标、准确的说明和严格的规范，通过现有的相关操作规范和行业标准，以科学规范的方法提升 VOCs 治理水平，规范技术操作，减少安全事故。

### 1.3 指导原则

**全过程原则：**采用系统化的方式，从气体收集到最后气体排放整个过程提出规范性要求。

**问题导向性原则：**以规范有机物治理设施运维为目标，查找设施在运行、维护中可能发生的问题，以及涉及安全的问题，提出规范化要求。

可操作性原则：综合考虑设备运维方人力、物力和财力等条件，结合现阶段技术水平，提出切实有效可实现的规程内容。

前瞻性原则：在充分调研和参考国内外以及地方相关管理标准的基础上，结合我国VOCs治理设施现状的具体要求，提出科学的行业管理要求，同时，团体标准需要考虑到未来全国推广使用的可能性，需要有一定的全局性和前瞻性。

## 2 任务来源和工作流程

### 2.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》和《中华人民共和国安全生产法》等法律法规，落实可持续发展战略，保护生态环境，改善环境空气质量，保障人体健康，防治挥发性有机物污染，促进涉及挥发性有机物排放行业工艺和污染治理技术的进步、设备运维技术的完善，更好的防止和减少设施运行中的事故及安全隐患，在上海大学、上海环境科学研究院等相关部门挥发性有机物治理已有工作基础上，由中华环保联合会牵头提出了编制《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》。

### 2.2 工作流程

本规程编制的主要工作流程如图 1。

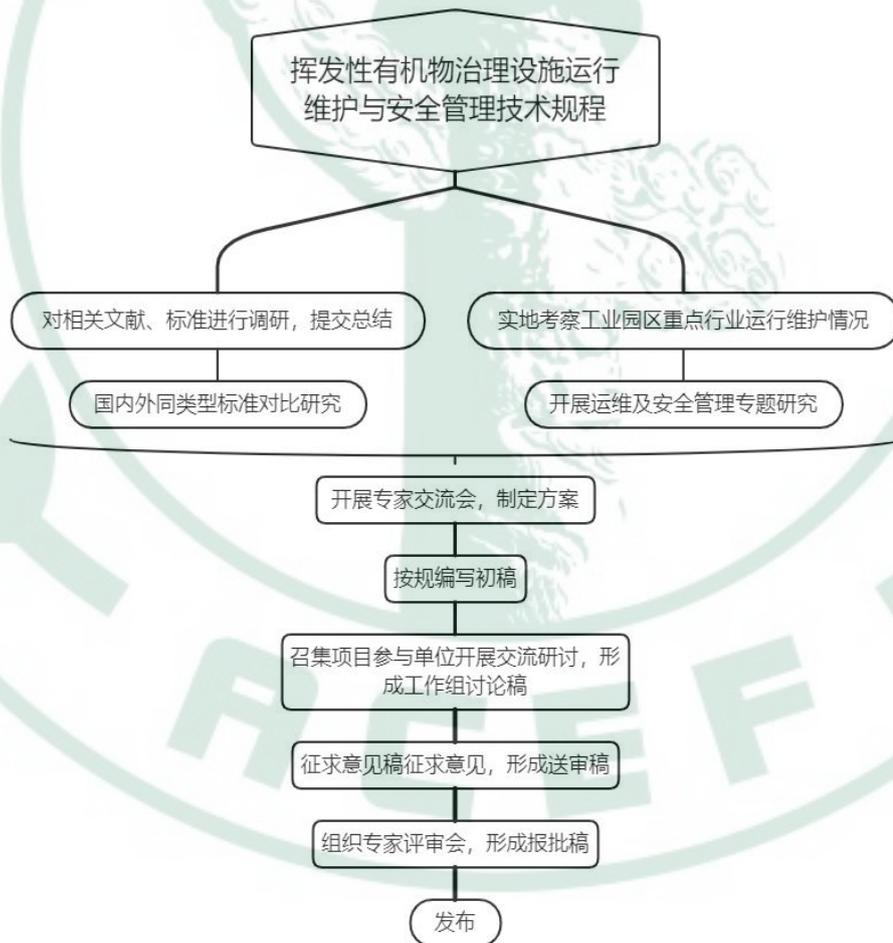


图 1

图 1 编制标准的工作流程

具体工作内容和时间安排如表 1 所示。

表 1 工作内容和进度安排

计划时间	工作内容
2021年3月18日 -6月15日	对国内外《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》相关文献、标准进行调研，提交调研总结
2021年6月16日 -7月15日	找出我国挥发性有机物治理设施运行维护及安全管理目前的短板及卡脖子问题，各企业协助提供现有运维设备规程，提交调研总结
2021年7月16日 -10月31日	对工业园区重点行业挥发性有机物治理设施运行维护情况进行实地考察(包括运行时间、运行操作、维护频率等)，同时对安全管理办法进行解读，提交考察和解读报告
2021年11月1日 -11月15日	聚焦行业企业当前挥发性有机物治理设施运行维护及安全管理办法,开展运维及安全管理专题研究
2021年11月16日 -12月15日	开展专家交流会,对挥发性有机物治理设施运行维护及安全管理制定详细的方案,编写《挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》初稿,召集项目参与单位开展讨论交流,修改完善标准相关技术内容,形成工作组讨论稿
2021年12月16日 -12月31日	邀请同行业相关专家开展交流研讨,对工作组讨论稿进行修改完善,形成征求意见稿
2022年 1月1日-1月31日	对征求意见稿进行广泛征求意见,并收集汇总形成征求意见汇总表,根据征求意见稿进一步修改完善标准文本,形成送审稿
2022年 2月1日-2月20日	组织专家评审会,对送审稿进行专家评审,并根据专家意见修改,形成报批稿
2022年2月21日 -3月17日	标准报批稿提交中华环保联合会标准委员会审查,并进入报批、发布程序

### 3 现状调研

#### 3.1 设施运行管理现存主要问题

根据生态环境管理部门开展的一系列 VOCs 污染防治帮扶及专项监督检查等工作,结合编制组去企业现场调研掌握的信息,当前企业 VOCs 治理设施存在四大方面的问题。总结如下:

企业主体责任落实不到位。相关企业主体责任认识不到位, VOCs 治理意识和管理措施不足。VOCs 排放涉及到的门类很多,涉及到的中小企业更多,但多数中小企业对 VOCs 的认识存在明显不足,尽管安装了 VOCs 治理设施,但对治理设施的运行情况和治理效果等不甚了解,往往只能起到事倍功半的效果。

治理设施难以正常运行问题凸显。VOCs 治理设施设计安装普遍不规范,废气收集率较低;缺乏有效监控手段,设备运行率低;低效工艺设施普遍存在,处理效率低等“三率”低的问题成为明显短板。有的企业 VOCs 治理设施还停留在“有没有”“上没上”的层次上,

普遍存在管理制度不健全、操作规程未建立、人员技术能力不足、运行管理差等问题。不少企业甚至不清楚活性炭、光氧管需要更换，甚至出现活性炭吸附设施中未安装活性炭的问题。

监测监管基础极为薄弱。一方面企业 VOCs 排放底数不清，另一方面尚未建立准确实用的 VOCs 企业污染源清单。第三方检测市场混乱，政府缺乏应有的监管。大部分企业 VOCs 排放监测交由第三方开展，但由于第三方检测市场鱼龙混杂，监测门槛很低，管理部门对此没有监管和处罚措施，弄虚作假等现象突出。

科技支撑力量略显不足。目前除了上海市在 2019 年印发《挥发性有机物治理设施运行管理技术规范（试行）》（沪环气〔2019〕192 号），国家及地方均未出台相关的技术文件。缺乏可行性的 VOCs 治理设施运行管控技术指南，使 VOCs 治理缺乏权威性指导。VOCs 治理设施管理机制不健全，也令管理部门及企业在实际操作中无所适从。

针对上述问题，本标准从挥发性有机物治理设施运行维护与挥发性有机物治理设施安全管理两个方面进行相应规范的制定，旨在解决如下实际作业中会面对到的具体困难：

- （1）用户设备运维水平低下，无法做到对环保设备的及时有效维护，导致设备故障率高，厂家或运维公司现场运维成本较高；
- （2）环保设备制造水平及成本价格相差较大，技术水平高低不等，产品质量参差不齐；
- （3）运维设备范围界定存在不确定性；
- （4）运维设备缺少实现评审；
- （5）运维设备缺乏专业管理；
- （6）设施运行过程中出现安全隐患，偶有安全事故发生。

### 3.2 国内管理技术案例

本标准的编制过程中，调查了国内多家相关企业公司的挥发性有机物的运维管理制度，这些管理制度往往贴合其自身的实际需求，本标准的制定主要关注了诸多管理技术案例中的优秀部分，吸收其共性且合理部分，进行综合分析、学习与参考。

#### 3.2.1 北京中航机电的工作程序

工作程序中，职责分配明确。领导机构为公司安全环保委员会，技术处为环保设备的职能主管部门，生产处负责决定各部门环保设备的运行、维护、操作管理，安环处负责定期（每月例检）和不定期的对环保设备运行效果进行监督。

具体的工作程序中，审核、准备、运行、监测、检修、维护等步骤均有相应的规范要求，且各部门分工明确，相互配合，对本标准的编著提供了参考和帮助。如：

（1）由安环处牵头，生产处、技术处定期和不定期的对收尘器设备运行情况进行巡回检查，发现问题及时下发整改通知，属机电设备的问题由技术处提出整改方案，属设备使用的问题由生产处负责现场指导整改，一般问题由各使用环节自行整改。

（2）技术处和使用车间负责对收尘设备的维修和日常维护管理。现场操作人员要严格执行环保设备的操作维护管理规程，做好设备的运行记录，包括运行时间、使用效果、必要的运行参数、检查维修记录、配件更换记录、废弃材料（破袋、废料、已损坏且不能修复的电磁阀等）移交处理记录，并由部门机械责工向技术处上报，及时掌握环保设备的运行使用情况。

（3）各车间必须及时治理设备的跑冒滴漏现象，加强重点污染源的治理，杜绝无组织排放，对无法自行处理的及时上报技术处采取措施。

#### 3.2.2 某外企工艺安全操作规程（山东青岛西子环保研究院制定）

工艺安全操作规程中，对工艺控制指标、主要生产工艺、设备安全控制、在线监测有较

为详细的规范要求。与相关的生产实际相结合，为该外企的工艺操作提供了依据，也为本标准的编制提供了参考和帮助。如：

- (1) “可燃气体在线检测和报警”相关内容；
- (2) “催化剂装填注意事项”相关内容；
- (3) “异常现象处理”相关内容；
- (4) “紧急情况处理”相关内容。

### 3.2.3 上海金叶包装材料有限公司的操作规程

该公司对不同的处理工艺分别制定了不同的操作规程，主要为蓄热燃烧装置（RTO）工艺和转筒浓缩+催化燃烧再生工艺。操作规程中对各岗位的职责进行分配，对具体的工艺流程中的操作规范实行较严格的规定，主要涉及开关机流程、燃烧器启动、设备运行、突发问题处理等，对本标准的编制提供了参考和帮助。如：

- (1) “RTO 操作规程”相关内容；
- (2) “RTO 运行启动与待机”相关内容；
- (3) “检查维护与保养”相关内容；
- (4) “阀门运行”相关内容。

### 3.2.4 江苏省南通市应急管理局的 8 项 RTO 炉安全要点

南通市应急管理局发函：关于转发《蓄热式焚烧炉（RTO 炉）安全要点》（通应急函[2020]13 号），内容为国务院督导组反馈的 8 项 RTO 炉安全要点，要求相关企业贯彻落实。8 项 RTO 炉安全要点涉及 RTO 炉的设计、控制指标、安全系统等，对本标准的编制提供了参考和帮助。

蓄热燃烧装置（RTO 炉）安全要点：

(1) RTO 炉安全设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投使用。在用 RTO 炉应补充进行安全风险评估论证：对于废气成分复杂的，应进行 HAZOP 分析并采取相应的安全措施。

(2) RTO 炉可通过设置缓冲罐、调整风量等预处理设施，严格控制 RTO 炉入口有机物浓度和流速，保证相对平稳、安全运行。

(3) RTO 炉应采取有效措施，防止管道及 RTO 炉下室体中的冷凝和沉积产生。

(4) RTO 炉应通过强制通风措施，满足最低通风量要求，避免可燃物积聚、回火等。

(5) RTO 炉应设置 PLC 或 DCS 控制系统（视情况可设置安全仪表系统），对风机、阀门、燃烧器、炉膛和废气管道等设备设施的关键参数进行实时监控和联锁。关键设备安全仪表系统应不低于 SIL2 标准设计。

(6) RTO 炉现场电气仪表设备应严格按照防班专爆等级设计，管道或炉膛内应设置泄爆片；RTO 炉应设置短路保护和接地保护功能，废气管线选材要注意防静电。

(7) RTO 炉应设置断电断气后进气阀、排气阀紧急关闭，防止烟囱效应引起蓄热层下部温度上升。

(8) RTO 炉应设置 UPS 备用电源和压缩空气储气罐。对于浓度较高且含有低燃点物质的应急排空管道，严禁与高温排空管道共用烟囱排放。

## 3.3 国内现有标准

目前我国对于挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理尚无标准执行，仅上海市颁布了《挥发性有机物治理设施运行管理技术规范（试行）》，部分企业对于挥发性有机物从源头减排到过程控制再到末端治理，包括治理设施的运行维护以及安全管理技术都有完整的制度体系。因此对于挥发性有机物研究行业人员而言，在我国制定实施本标准有重大意义。《挥

发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程》团体标准是现行标准的综合，是大量标准意志的上升和融合，具有更明显的先进性、适用性、有效性，能够有效补充了现行国家标准、行业标准和地方标准中的缺漏。

上海市的《挥发性有机物治理设施运行管理技术规范（试行）》规定了挥发性有机物治理设施的运行控制、故障（不正常运行）处理、记录与报告等技术要求。

其中运行控制要求的主要内容为：（1）运行程序；（2）控制指标；（3）巡视检查；（4）维护保养。

故障（不正常运行）处理的主要内容可概括为：（1）故障小时的判断；（2）停机程序；（3）故障报警与故障标识；（4）故障后应尽快检修。

记录与报告要求的主要内容可概括为：（1）记录保存要求及环境管理台账要求；（2）故障等信息报告。

## 4 标准主要技术内容说明

### 4.1 适用范围

本文件规定了挥发性有机物治理设施的运行控制、维护保养、安全管理、故障（非正常情况）处理、记录与报告等要求。

文件中的安全只针对治理设施本身运行维护的安全管理，挥发性有机物治理设施系统招投标、设计、施工、竣工验收及治理设施性能现场检查等过程。

### 4.2 结构框架

本标准的正文由十部分组成。包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、一般要求、运行控制、维护保养、安全管理、故障（非正常情况）处理要求、记录与报告以及附录。其中运行控制程序包括准备工作、开关机、正常运行、巡视检查和应急措施五个主要内容。

### 4.3 术语和定义

该章规定了适用于本标准的相关术语和定义。部分重要的术语和定义引用自相关标准和规范。部分术语定义结合实际工作经验总结，其定义适用于本标准。

#### （1）挥发性有机物 **volatile organic compounds (VOCs)**

指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。

在表征VOCs总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以TVOC表示）、非甲烷总烃（以NMHC表示）作为污染物控制项目。

[来源：《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019），定义 3.1]

#### （2）挥发性有机物治理设施 **VOCs emission control facilities**

指对污染源产生的有机污染物进行收集、净化、去除的设备或设施。

[来源：《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018），定义 3.2，有修改]

#### （3）标准操作流程 **standard operating procedure (SOP)**

指将某一事件的标准操作步骤和要求以统一的格式描述出来，用于指导和规范日常工作。

[来源：《标准操作流程（SOP）编写指南》，定义2.1]

#### (4) 生产设施 **production facilities**

指在排污单位中与产排污有关的，直接参加生产过程或直接为生产服务的设备或设施。

[来源：《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018），定义 3.1]

#### (5) 自动监控设施 **automatic monitoring facilities**

指在污染源现场安装的用于监控、监测污染排放的仪器、流量（速）计、污染治理设施运行记录仪和数据采集传输仪器、仪表，是污染物产生、排放以及防治设施的组成部分。

[来源：《污染源自动监控设施现场监督检查技术指南》（环办〔2012〕57号），定义 2.1，有修改]

#### (6) 挥发性有机物治理设施管理者 **responsibility subject of VOCs emission control facilities operation**

指承担挥发性有机物治理设施运行管理工作的责任主体。如挥发性有机物治理设施由排污单位委托第三方服务企业负责运行维护管理的，第三方服务企业为挥发性有机物治理设施管理者；由排污单位自行管理的，排污单位为挥发性有机物治理设施管理者。

[来源：《挥发性有机物治理设施运行管理技术规范（试行）》（沪环气〔2019〕192号），定义 3.4]

#### (7) 非正常情况 **abnormal situation**

指开停炉（机）、设备检修、工艺设备运转异常等生产设施非正常工况或污染治理设施非正常工况。

[来源：《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018），定义3.5]

#### (8) 爆炸下限 **lower explosion limited (LEL)**

指可燃气体或蒸气与空气混合后能发生爆炸的最低浓度。

[来源：《工业有机废气蓄热催化燃烧装置》（JB/T 13733），定义3.9]

#### (9) 蓄热燃烧装置 **regenerative thermal oxidizer (RTO)**

指将工业有机废气进行燃烧净化处理，并利用蓄热体对待处理废气进行换热升温、对净化后排气进行 换热降温的装置。蓄热燃烧装置通常由换向阀、蓄热室、燃烧室和控制系统等组成。

[来源：《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 1093-2020），定义3.3]

#### (10) 蓄热体 **heat regenerator**

指在蓄热燃烧装置运行过程中实现热量储存与交换的功能材料。

[来源：《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 1093—2020），定义3.4]

#### (11) 催化燃烧装置 **catalytic oxidizer (CO)**

指利用固体催化剂将废气中的污染物通过氧化作用转化为二氧化碳和水等化合物、净化废气中污染物的设备及其附属设施。催化燃烧装置通常由催化反应室、热交换室和加热室构成。

[来源：《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027），定义3.7]

## (12) 可编程序控制器系统 programmable controller system (PLC)

指用户根据所要完成的自动化系统要求而建立的由可编程序控制器及其相关外围设备组成的配置。其组成是一些由连接永久设施的电缆或插入部件，以及由连接便携式或可搬运外围设备的电缆或其他连接方式互联的单元。

[来源：《可编程序控制器 第一部分：通用信息》（GB/T 15969.1-2007），3.6]

## (13) 集散控制系统 distributed control system (DCS)

指一种纵向分层的网络结构，自上到下依次为过程监控层、现场控制层和现场设备层。各层之间由通信网络连接，层内各装置之间由本级的通信网络进行通信联系。

[来源：《工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统(DCS) 第1部分：防护要求》（GB/T 33009.1-2006），4.1]

### 4.4 一般要求

该章节提出了 VOCs 治理设施运行维护与安全管理技术规程的一般要求，具体包括以下内容：

#### (1) VOCs 治理设施运行控制的一般要求

主要从两方面提出要求：1.挥发性有机物治理设施应保证控制系统的安全稳定；2.挥发性有机物治理设施运行管理应遵循已有的标准及条例以及相关的操作规范。

#### (2) VOCs 治理设施的维护保养的一般要求

主要确定负责挥发性有机物治理设施的维护保养工作的人员，注意工作记录和报告。

#### (3) VOCs 治理设施的安全管理的一般要求

主要从两方面提出要求：1.VOCs 治理设施应设置安全设备；2.VOCs 治理设施的安全设备应达到相关标准要求，不能使用未达标产品。

#### (4) VOCs 治理设施的故障（非正常情况）处理的一般要求

主要给出面对故障（非正常情况）时应采取的主要措施及重要的注意事项。

#### (5) VOCs 治理设施的记录与报告的一般要求

VOCs 治理设施的记录与报告应总体上遵循相关规定中的相应条例。

### 5 确定运行控制的依据

本部分对应标准中的第 5 节运行控制。

主体内容依据 VOCs 治理设施的控制系统的不同模块分别制定规程。每一模块一般可分为三部分：

(1) 基本要求：主要为该模块应遵循的基本的已有的规范、条例、法律等；

(2) 运行关键参数：主要为该模块在实际操作过程中应注意或控制的一系列参数指标，以防出现操作失误；

(3) 具体规定：主要为该模块在运行过程中应如何规范化操作，以及一些操作的注意事项。

## 5.1 标准中主要模块的确定

标准对主要构成部分的相关工艺、实际操作等进行分析和整理,根据其原理、流程、参数等内容,确定标准的关键参数和注意事项,综合整理出 VOCs 治理设施的运行控制规范。

一般 VOCs 治理设施系统运行包含三个不同阶段:运转前的准备,试运转以及运转。根据这三个阶段设计到运行维护的程序,本标准中挥发性有机物运行维护主要涉及包含了如下程序:准备工作、开关机、正常运行、巡视检查和应急措施。

其中正常运行是整个运行控制过程中的最核心程序,标准中主要技术内容整体依托于废气治理的控制系统,主要包括气体收集(风机动力、管道阀门)、预处理、主体设备和辅助系统和后处理,其中预处理模块和后处理模块视实际情况设置。

运行控制系统及部分主要模块包括内容如图 2 所示:

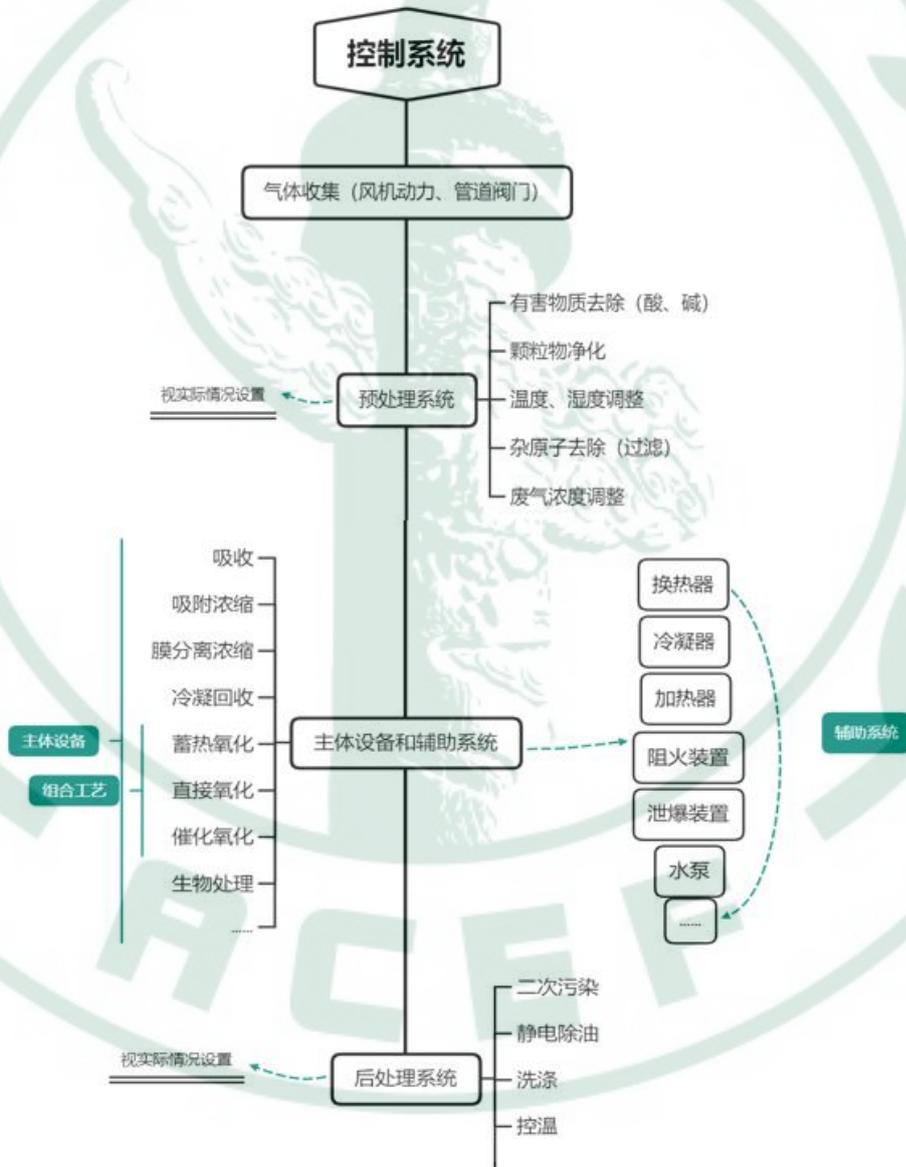


图 2 运行控制系统示意图

## 5.2 气体收集系统（风机动力、管道阀门）

本模块对应标准中运行控制的 5.4.2 节。

收集装置的设置原则，既要满足正常生产时的 VOCs 收集，又不能妨碍非直接生产过程的加料、出料、维修等辅助操作。

废气收集的重点是确定控制点及控制风速。相关定义包括：（1）控制点：指有害物放散直到耗尽最初能量，放散速度降低到环境中无规则气流速度大小时的位置。（2）控制风速：将控制点处有害的 VOCs 物质吸入罩内所需的最小风速。（3）罩口风速：罩口处有效断面上的平均风速。（4）断面风速：开口断面上的平均风速。

风机动力、管道阀门主要涉及排风装置、风机、管道、阀门等，主要从以下几个方面确定控制指标和规范：

- （1）排风设施的相关要求及指标（主要为控制指标）；
- （2）风机的使用及检修注意事项，包括电流、油位、散热、连接情况等；
- （3）阀门的泄露状况，开关情况，连接状况等。

根据上述原则和废气收集的重点，确定本标准的气体收集部分的基本要求和运行关键参数。气体收集过程的相关规定由以下优化收集效果的目标而制定。

### 5.2.1 使用前调试

VOCs 净化系统安装完毕，在投入使用前，需对 VOCs 收集系统进行调试以确保各点位达到设计排风量。调试的时候，需对调整后的阀门进行刻度标识。日常使用中，应定期进行系统调试，建议调试周期为一年一次。每个收集罩的罩口风速、开口断面风速通过检测，不偏离控制风速要求，并具有均匀性。

### 5.2.2 提高控制风速

提高断面风速、罩口风速或系统排风量，可以提高 VOCs 的收集效率，断面风速、罩口风速可取上限，但不宜超过上限值。风速增加太多，会造成更多物料随着排风损失，增加环境负荷；排风量增加直接增大了排风系统的规模，也对末端治理设备提出了更大处理能力的要求，不能在有效收集的同时做到经济性。

### 5.2.3 防止气流干扰

收集装置的设置应避免气流干扰，易产生干扰气流的因素有风扇、外窗、外门、频繁开启的内门等。上述因素产生的干扰气流其流速往往远大于控制点风速，易将 VOCs 吹离收集装置的控制范围。

## 5.3 预处理系统

本模块对应标准中运行维护规程的5.4.3节。

VOCs 治理工艺，大多数需要进行预处理流程，除湿除尘除漆雾是常见的预处理要求。比如，进入转轮+RTO工艺装置的废气，对粉尘的入口浓度都要有要求，这里就涉及除尘，经常会用到一些空气过滤器等。

本标准对预处理的运行关键参数及相关规定的确定主要从以下几个方面：

- (1) 进入后续处理装置的可燃气体浓度的要求；
- (2) 过滤器压差的要求，应及时清理或更换过滤器；
- (3) 进入后续处理装置的废气中的有机物浓度不应太高；
- (4) 进入后续处理装置的废气中不宜出现酸、碱等类气体。

#### 5.4 主体设备与辅助系统

本模块对应标准中运行维护规程的5.4.4节。主要从吸收/喷淋装置、吸附装置、燃烧装置、冷凝装置和生物处理装置几个部分确定相应规范内容。

##### 5.4.1 吸收/喷淋装置

吸收装置一些运行关键参数的确定：

- (1) 选择低挥发性或者不挥发、具有高吸收能力（较大吸收量与较快吸收速度）、低毒性、低生物降解性或者不可生物降解和成本低、设备腐蚀性小的吸收剂，使得净化装置对有机污染物的净化效率不小于95 %。
- (2) 填料塔空塔气速控制在0.5~1.2m/s，筛板塔为1~3.5 m/s，湍球塔为1.5~6 m/s，鼓泡塔为0.2~3.5 m/s，喷淋塔为0.5~2 m/s。

本部分主要从以下几个方面确定关键参数和规范：

- (1) 不同副产物的处理要求，包括催化燃烧、处理含氮有机物、处理含硫有机物等处理要求，
- (2) 废气停留时间；
- (3) 酸性和碱性废气的处理要求
- (4) 吸收液的要求，包括浓度、pH、温度、压力、密封、泄漏等。

##### 5.4.2 吸附装置

气体吸附利用多孔性固体吸附剂处理气体混合物，使其中所含的一种或数种气体组分吸附于固体表面上，达到气体分离目的。吸附技术选择性高、分离效果好、净化效率高、设备简单、操作方便。

吸附装置的关键参数和相应规范要求确定主要涉及：(1) 吸附剂的选择；(2) 吸附剂再生；(3) 吸附工艺的选择。

在吸附床层达到饱和时，就必须对吸附床进行再生，也称为吸附质的解吸。“吸附剂再生过程是吸附过程的逆过程，因此，再生首先须破坏吸附平衡，使吸附过程向着解吸的方向进行，然后将解吸出来的气体移走。吸附剂再生常用的方法如表 2 所示。用来进行再生的物质称为再生剂。水蒸气是常用的再生剂，特别适合于吸附有机溶剂类污染物吸附剂的再生。

表 2 吸附剂再生方法

吸附剂再生方法	特点
热再生	使热气流(蒸气、热空气或惰性气体)与床层接触直接加热床层，吸附质可解吸释放，吸附剂恢复吸附性能。不同吸附剂允许的加热温度不同。

降压再生	再生时压力低于吸附操作时的压力，或对床层抽真空，使吸附质解吸出来，再生温度可与吸附温度相同。
通气吹扫再生	向再生设备中通入基本上无吸附性的吹扫气，降低吸附质在气相中的分一压，使其解吸出来。操作温度愈高，通气温度愈低，效果愈好。
置换脱附再生	采用可吸附的吹扫气，置换床层中已被吸附的物质，吹扫气的吸附性愈强，床层解吸效果愈好，比较适用于对温度敏感的物质。为使吸附剂再生，还需对再吸附物进行解吸。
化学再生	向床层通入某种物质使吸附质发生化学反应，生成不易被吸附的物质而解吸下来。

#### 5.4.2.1 变温吸附（TSA）工艺

变温吸附（TSA）工艺主要通过提高温度使被吸附物质从吸附剂解吸出来，吸附剂自己则同时被再生，然后再降温到吸附温度，进入下一个吸附循环。

TSA 工艺再生彻底、回收率高、产品损失小，通常用于较强吸附质（摩尔体积大于 60ml/mol）的吸附及再生，但存在周期长、投资较大能耗高，吸附剂使用寿命不长等缺点，工艺主要构成情况如表 3 所示。

表 3 TSA 工艺主要构成情况汇总

吸附剂	吸附器	再生方法
颗粒炭	间歇式接触：	直接蒸汽法
活性炭纤维	固定床	热气体（空气、氮气）
球型炭	连续接触：	（电热脱附）
疏水沸石	移动床	（微波脱附）
树脂吸附剂	流化床	
	转筒或转轮	

#### 5.4.2.2 变压吸附（PSA）工艺

变压吸附（PSA）工艺主要通过温度不变，在加压的情况下吸附，用减压（抽真空）或常压解吸。

PSA 工艺的循环周期短、吸附剂利用率高、产品纯度高、吸附剂用量相对较少，不需要外加换热设备，主要用于较弱吸附质（摩尔体积小于 60 ml/mol）的吸附及再生。缺点是回收率较深冷法低些。

#### 5.4.2.3 变温吸附（TSA）与变压吸附（PSA）混合工艺

对于大多数的溶剂净化和回收过程，TSA 工艺较 PSA 工艺的应用较多。目前正在发展 TSA 和 PSA 混合工艺。

#### 5.4.3 燃烧装置

本部分在制定标准时主要涉及到常用的四种工艺：（1）直燃式废气燃烧装置；（2）催化燃烧装置；（3）蓄热热力燃烧装置；（4）蓄热催化燃烧装置。根据不同工艺的基本原理、适用范围、工艺流程和技术特性等确定相应的关键参数和规范。本部分主要依据基本的治理工艺原理，对于组合工艺规范可部分参考本部分基本工艺的要求。

关键参数和规范的主要内容基本可分为以下几个方面：

- (1) 燃烧温度的要求；
- (2) 废气中有机物浓度的要求；
- (3) 反应时间的要求；
- (4) 催化剂的相关要求。

#### 5.4.3.1 直燃式废气燃烧装置 (TO)

直燃式废气焚烧炉其基本原理：在高温下将有机废气氧化生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，从而净化废气，并回收分解时所释出的热量，以达到环保节能的双重目的，是一种用于处理中高浓度挥发性有机废气的节能型环保装置。其主要适用范围为：

- (1) 有机物低浓度(同时满足低于 25 %LFL)、大风量；
- (2) 废气中含有多种有机成分、或有机成分经常发生变化；
- (3) 含有容易使催化剂中毒或活性衰退成分的废气。
- (4) 石油化工；油漆生产及喷漆；印刷(包括印铁、印纸、印塑料)；涂料染料；医药制药等。

拥有如下技术特性：

- (1) 直燃式废气焚烧炉根据有机废气的成分、浓度以及不同的物化特性，设计不同的炉型和燃烧方式。在高温下将废气中有机成分破坏，消除恶臭。
- (2) 安全有效的防爆设计，确保废气燃烧时的稳定性及安全性。
- (3) 设计合理的余热利用系统，使废气燃烧处理综合费用降低。
- (4) 可靠的电气控制设计，自动温控燃烧，保证了废气燃烧的彻底性和不浪费燃料的效果。

#### 5.4.3.2 催化燃烧装置 (CO)

CO 工艺是利用催化剂的作用降低了有机物的活化能，使有机物的氧化温度降低至相对低的温度（例如  $300\text{ }^\circ\text{C}$ ）发生完全氧化分解，生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。

主要工艺流程：脱附后的小风量、高浓度有机废气先进入换热器进行换热，实现对余热的回收，换热器后通过加热器（采用多组电加热管进行加热）对废气进一步升温，升温后的有机废气达到废气在催化剂作用下的起燃温度。废气进入催化燃烧床，在催化剂的作用下，高温裂解成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，有机成分得到净化，同时有机废气裂解释放出热量使气体温度进一步升高，净化后的尾气经过两级换热器实现余热的回收利用。

工业上常见的气固相催化反应器分固定床和流化床两大类，而以固定床应用最为广泛。固定床反应器的优点在于催化剂不易磨损，可长期使用；其流动模型简单，容易控制；反应气体与催化剂接触紧密。缺点主要是床层温度分布不均匀。

固定床反应器主要分为以下几类：

- (1) 绝热式固定床反应器

外形一般呈圆筒形，内有栅板，承装催化剂。气体由上部进入，均匀通过催化剂床层并

进行反应。整个反应器与外界无热量交换。这种反应器的优点是结构简单，气体分布均匀，反应空间利用率高，造价便宜，适合于反应热效应较小、反应过程对温度变化不敏感、副反应较少的反应过程。

### (2) 多段绝热式反应器

多段绝热式反应器是为弥补绝热固定床反应器的不足而提出的一类反应器。它把催化剂分成数层，在各段进行热交换，以保证每段床层的温度变化不大，并具有较高的反应速率。通常多段绝热式反应器分为反应器间设换热器、段间设换热构件、冷激式几种形式，适用于中等热效应的反应。

### (3) 列管式反应器

在反应器管内装填催化剂，管间通入热载体，传热效果较好，适用于反应热特别大的情况。

催化反应对反应器的要求：床温分布均匀；床层压力减小；操作方便；安全可靠；结构简单，设备制造费及运行费用低。

影响催化净化气态污染物效率的因素很多，但主要有反应温度、床层气速、操作压力和废气的初始组成。

#### (1) 温度

催化反应是在催化剂的参与下进行的，反应的快慢与催化剂的活性有关。催化剂活性又与反应温度密切相关，因而对于伴有热效应的催化反应，温度的调节和控制对净化设备的生产能力、净化效果均有很大影响。

#### (2) 空速

由空速的定义可知，在一定范围内，空速增加可以提高单位体积催化剂床层的气体处理能力，而反应率降低不大。因此，催化反应一般在保证要求的反应允许床层压降的条件下，采用较大空速。在选择空速时还应保证，对上流式固定床操作，不能使床层冲起。

#### (3) 操作压力

加压一般能加速催化反应，减少设备体积，但因催化净化处理的是工厂排放的废气，故回收价值不大，一般将废气的排放压力（多为常压）作为操作压力。

#### (4) 废气的初始成分

废气的初始成分直接影响反应速率，不同的催化净化系统，理想的初始成分也不相同。废气中的少量的催化剂毒物会影响催化剂的活性，因此，一般要求对废气进行预处理，以除去这些少量毒物。

### 5.4.3.3 蓄热燃烧装置（RTO）

RTO 工艺的基本原理（流程）：把有机废气加热到 760 摄氏度以上，使废气中的 VOCs 在氧化分解成二氧化碳和水。氧化产生的高温气体流经的蓄热体，使蓄热体升温而“蓄热”，此“蓄热”用于预热后续进入的有机废气，从而节省废气升温的燃料消耗。蓄热体应分成两个（含两个）以上的区或室，每个蓄热室依次经历蓄热-放热-清扫等程序，周而复始，连续工作。

### RTO 工艺主要技术性能:

- (1) 影响净化效率的因素: 燃烧温度, 停留时间, 燃烧室流场湍流及均匀性, 阀门的密封性;
- (2) 影响能耗的因素: 蓄热换热效率(进出口温度差), 保温;
- (3) 安全性注意点: 入口气体浓度波动, 检测稀释, 阻火, 防火, 泄爆; 炉膛温度过热;
- (4) 稳定性注意点: 杂原子气体造成的腐蚀, 来气湿度高造成的 RTO 底部结露腐蚀; 盐沉积的堵塞; 部分低燃点物质, 高沸点的蓄热层燃烧;
- (5) 二次污染物: 酸性产物, 二噁英类, 氮氧化物。

### RTO 工艺主要注意事项

- (1) 废气风量波动大;
- (2) 排放的有机废气浓度波动大;
- (3) 许多排放点的废气为间歇性排放;
- (4) 生产节奏为 24h 不间断运行;
- (5) 有机废气的组份较多, 含氮、硫、氯等元素的有机物;
- (6) 预处理采用洗涤后气体含湿量高造成后续的带液, 结露腐蚀。

#### 5.4.3.4 蓄热催化燃烧装置 (RCO)

利用 VOCs 催化剂的作用, 催化氧化有机废气中的 VOCs, 同时利用蓄热体的蓄热能力对 VOCs 氧化反应产生的热量和加热设备产生的热量进行循环利用的工业有机废气净化装置。主要由换向阀门、蓄热床、催化床 (一个催化床连接一个蓄热床, 二者数量一致)、加热设备 (电加热器或燃烧器)、壳体、控制系统、安全装置及其附属设备等组成。

主要工艺流程: 首先通过除尘阻火系统, 然后进入换热器, 送到加热室, 使气体达到燃烧反应温度, 再通过催化床的作用, 使废气分成二氧化碳和水, 进入换热器与低温气体进行热交换, 使进入的气体温度升高达到反应温度。如达不到反应温度, 加热系统通过自控系统实现补偿加热。利用催化剂做中间体, 使气体在较低的温度下, 变成无害的水和二氧化碳气体。

#### 其设计及制作要求:

- (1) RCO 外观应平整光洁、涂层均匀, 无锈蚀、无锐边或毛刺, 无明显擦痕、漏喷现象, 螺栓孔应均匀、无变形或缺口;
- (2) 气密性: 焊缝和管道连接处等均应严密, 焊接质量应符合规定;
- (3) RCO 应进行整体内隔热, 绝热内衬设计应符合规定;
- (4) 工业有机废气中 VOCs 浓度较高, 且有多余热量需要导出时, 应增加热旁通装置;
- (5) RCO 的运行温度应根据废气成分及催化剂种类而设定;

(6) 催化床的设计空速宜为  $10000\text{ h}^{-1}$ - $40000\text{ h}^{-1}$ ，应考虑废气成分与催化剂种类等因素而设定；

(7) 催化床升温速率应在  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ - $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  之间。

#### 5.4.4 冷凝装置

冷凝法两种基本方法：接触冷凝（直接冷却）和表面冷凝（间接冷却）。本标准的制定过程中主要分析这两种基本方法的基本原理和装置的基本参数等，确定相应的关键参数和规范。

##### (1) 接触冷凝

接触冷凝是冷却介质与废气直接接触进行热交换，优点是冷却效果好，设备简单，但要求废气中的组分不会与冷却介质发生化学反应，也不能互溶，否则难以分离回收。为防止二次污染，冷凝液要进一步处理。接触冷凝可在喷射器、喷淋塔或气液接触塔里进行，接触塔可以是填料塔、筛板塔等。

##### (2) 表面冷凝

表面冷凝时，用一间壁把废气与冷却介质分开，使其不互相接触，通过间壁将废气中的热量移除，使其冷却。因而冷凝下来的液体很纯，可以直接回收利用。该法设备复杂，冷却介质用量大。要求被冷却污染物中不含有微颗粒物或黏性物，以免在器壁上沉积而影响换热。常用冷凝装置有：列管冷凝器、翅管空冷冷凝器、淋洒式蛇管冷凝器以及螺旋板冷凝器。

冷凝装置的主要设置要求：

(1) 预冷器运行温度在混合气各组分的凝固点以上，进入装置的混合气温度降到  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，可将大部分水除去，机械制冷可使大部分 VOCs 冷凝为液体而回收；若需要更低的冷温度，可以再连接液氮制冷，从而提高 VOCs 回收率。

(2) 运行过程中，应密切注意冷凝温度。降低冷凝温度，可以提高压缩机制冷量，降低功率消耗，提高制冷系数。但冷凝温度过低会影响到制冷剂的循环量，使制冷量下降。

(3) R402a 与 R402b 作为短期制冷剂能够发挥很好的效果，而 R404a 与 R407a 可以作为长期使用制冷剂。

(4) 一般对于油气回收集成工艺来说，冷凝段温度可控制在  $-40\sim-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ （为了使回收装置的排放浓度控制在很低水平）或  $-20\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ （为了使回收装置的投资成本及能耗控制在低水平）。

#### 5.4.4 生物处理装置

生物处理装置一些关键参数的确定：

(1) 生物滤池的高度一般为  $0.5\sim 1.5\text{ m}$ ，滤池太高会增加气流的流动阻力，太低会增加沟流现象影响处理效果。

(2) 为防止气体中颗粒物造成过滤器堵塞，废气进入生物过滤器之前必须除尘；废气应被水蒸气饱和（相对湿度  $>95\%$ ），以免生物物过滤材料干燥、开裂。

(3) 生物法净化有机废气时，VOCs 浓度一般情况下应小于  $1000\text{ mg}/\text{m}^3$ ，不应高于  $3000\sim 5000\text{ mg}/\text{m}^3$ ，大风量下小于  $200\text{ mg}/\text{m}^3$ ，且不应含有对微生物毒性较大的物质。

(4) 生物法净化低浓度有机废气时，废气温度应控制在  $5\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。废气与滤层的接触时

间需 30~100 s。

(5) 填料层中的温度应该保持在微生物所能适应生长的温度。一般嗜温型微生物的最适生长温度为 25~43℃。

(6) 微生物比较适宜的生长湿度为 40%~60%，为增加废气湿度，既可在生物滤池上方安装喷水器，也可在进气中喷水。

(7) 大多数细菌、藻类和原生动物对 pH 的适应范围为 4~10。

## 5.5 后处理系统

本模块对应标准中运行维护规程的5.4.5节。本部分主要涉及控温、洗涤、二次污染处理等。主要为了防止二次污染的产生

主要有两方面内容：

(1) 对于氮氧化物的处理要求，对于含硫有机物产生二氧化硫的处理要求。

(2) 对于停留时间、气流流速的要求。

## 5.6 巡视检查

本部分对应标准中的第 5.5 节。本部分主要针对运行控制中的巡视检查模块制定要求。本部分可参考沪环气（2019）192 号第 5.3 节内容。规范要求主要从如下五个方面确定：

- (1) VOCs 治理设施巡视检查的整体工作要求；
- (2) VOCs 治理设施巡视检查工作开展的责任人员与实施推进；
- (3) VOCs 治理设施巡视检查的主要内容；
- (4) VOCs 治理设施巡视检查可采用的方法；
- (5) VOCs 治理设施巡视检查频次。

## 5.7 应急措施

本部分对应标准中的第 5.6 节。本部分主要针对应急措施中的应急措施模块制定要求。规范要求主要分为三个方面：

- (1) 应急措施的分级防控可依据的标准规范；
- (2) 紧急事故可参考的流程与方式；
- (3) 事故事后的善后清理要求。

## 6 维护保养

本部分对应标准中的第 6 节维护保养规程的确定。主要分为四部分内容：(1) 维护保养工作的相关要求；(2) 维护保养工作的主要内容；(3) 维护保养结束，重新开启设备的主要步骤；(4) 部分异常情况检查或处理建议（制定附录 C）。对于一些涉及到自动监控设施的企业制定了部分维护保养的要求。

本部分的重点内容为维护保养工作的主要内容及维护后的重启工作。维护保养工作的主要内容主要关注失效材料、易耗件、黏附物、传感器状况及压力状况等。维护后的重启工作规范要求的主要制定原则为：确保各设备自身已恢复正常、无安全隐患以及各设备间的重新

组装连接处无异常，保证工作区的清洁整齐。

## 7 安全管理

本部分对应标准中的第 7 节安全管理规程的确定。本部分确定的依据部分涉及上文第 5 节的控制系统中各模块的内容，也部分来源于过去发生的诸如焚烧炉爆炸等安全事故的经验教训。

本部分主要依据常见的安全问题来确定注意事项，主要分为 5 个方面：

- 1) 管道系统安全；
- 2) 设备主体安全；
- 3) 燃烧系统安全（焚烧炉爆炸事故预防）；
- 4) 电气仪表安全；
- 5) 其他。

每一方面主要着力于安全隐患的预防，一般从完善设施装置、规范人员操作、设施定期检修、出现安全隐患后及时处理等层面制定要求，以期减少预防相关安全事故的发生。

## 8 故障（非正常情况）处理要求

本部分对应标准的第 8 节。主要内容为故障小时的确定、故障出现时的操作建议以及部分常见运维问题及处理建议（制定附录 D）。本部分主要涉及到企业在实际作业过程中遇见的常见问题，针对前期考察过程中反馈的一些实际情况，在附录 D 中给出了部分参考建议。

## 9 记录与报告

本部分主要分为记录与报告两方面。根据生态环境部的要求，本标准在制定台账记录要求时，以控制系统的重要单元分类，综合考量了 VOCs 治理设施的相关要求及重要行业的台账记录要求。

记录的主要内容制定为附录 F，可分为以下两个部分：

### (1) 主体设备与辅助系统

分别从吸附装置、燃烧装置和冷凝装置三部分确定记录要求，内容主要有：治理装置要求，吸附剂、过滤材料等要求，运行工艺控制参数要求，维修情况要求，副产物要求等。

### (2) 后处理装置

分别从吸收/喷淋、静电除油两部分确定记录要求，内容主要有：设备要求，吸收液、药剂等要求，运行工艺控制参数要求，维修情况要求，副产物要求等。

## 10 对实施本标准的建议

本技术规范为现阶段指导性技术规范。建议标准发布实施后，根据标准实施情况适时对本标准进行修订，同步加强相关科学研究。

## 11 历次征求意见汇总

在本标准制定过程中,编制组介绍了挥发性有机物治理设施运行维护与安全管理技术规程编制的意义、技术路线和编制进展,与会专家提出了如下意见,编制组已将下列意见全部采纳,详见表4。

表4 立项专家论证会意见汇总及处理表

序号	意见	处理情况
1	建议增添部分 VOCs 治理设施的控制指标。	采纳,已增添相关控制指标,增添了吸附床类别。
2	建议规范性引用文件补全(安全部分)	采纳,已补全。
3	建议去除一般性要求中累赘内容	采纳,已去除一般性要求中的多余条例。
4	准备工作部分内容与 VOCs 关系不大,不普适所有 VOCs 处理工艺。	采纳,已去除无关内容,并进行了整合。
5	控制指标不全(预处理,滤网、机械石过滤,RTO 等缺失)	采纳,已经进行了分类整合补全工作。
6	建议在线监测描述太细,建议简化	采纳,已简化并与进行了逻辑顺序上的调整。
7	建议应急响应描述简化	采纳,已简化。
8	建议部分“问题与建议”作为附件,描述粗细不一	采纳,已简化并部分移至附件。
9	建议部分运行控制要求的要求具有可操作性	采纳,已调整细化或删除。
10	建议记录与报告部分的具体要求放入附录中	采纳,已调整
11	建议标准前后几部分内容顺序相互对应	采纳,已调整顺序