上海市地方标准《化工装置开停工及检维修过程挥发性有机物污染防治技术规范》（征求意见稿）编制说明

一、任务来源

当前，我国大气污染防治形势依然严峻，细颗粒物（$PM_{2.5}$）污染尚未得到根本解决，臭氧（O_3）污染问题日益凸显，两者已成为影响空气质量持续改善的关键要素。挥发性有机物（VOCs）作为 $PM_{2.5}$ 和 O_3 生成的关键前体物，其深度治理已成为大气污染防治工作的重中之重。

石化化工行业作为我国 VOCs 排放的重点行业之一，具有排放量大、组分复杂、治理难度高等特点。其 VOCs 排放源项主要包括设备动静密封点泄漏、有机液体储存与调和挥发损失、装卸挥发损失、废水集输储存及处理处置过程逸散、燃烧烟气排放、工艺有组织及无组织排放、采样过程排放、火炬排放、非正常工况（含开停工及检维修）排放、冷却塔和循环冷却水系统释放以及事故排放等。其中，化工装置日常生产运行过程中的 VOCs 排放已受到相对严格的管控，但装置开停工以及检维修等非正常工况下，由于涉及设备打开、物料倒空、吹扫置换、清洗拆卸等多个环节，往往伴随大量 VOCs 无组织排放或通过火炬集中排放，短期内会形成排放高峰，对区域臭氧污染和恶臭扰民问题影响显著。上海市环

境科学研究院移动通量实验室的测试表明，某石化企业开停工及检维修期间 VOCs 排放水平可达正常工况的 13 倍，显著高于正常工况，是石化化工行业 VOCs 深度减排的关键环节，也是引发周边敏感目标异味投诉的高发场景。

上海是国家重要的石化产业基地，建有上海化学工业区、金山第二工业区等大型化工产业集聚区，石油炼制、石油化工、合成树脂行业的化工装置数量众多、规模大、布局集中；同时，本市分布有规模较大的石油化工产品储运基地，VOCs 物料储罐数量众多，分布于石油炼制、石油化工、合成树脂、储油库、仓储物流等行业。在此产业格局下，化工装置开停工、检维修以及大型 VOCs 储罐清洗作业频次较高、瞬时排放强度大，相关 VOCs 管控需求迫切。

为加强本市石化化工企业开停工和检维修期间 VOCs 排放管控，上海市生态环境局先后开展了一系列工作。2014 年上海市在国内率先发布《化工装置开停工和检维修挥发性有机物排放控制技术规程（试行）》（沪环保防〔2014〕327 号，以下简称《试行规程》），明确了总体要求、装置停工/开工阶段的环保要求及监测要求，为规范企业开停工和检维修过程 VOCs 排放管控发挥了重要的先导作用，十余年来积累了较为丰富的实施经验和案例数据。2024 年，上海市生态环境局印发《关于加强石化化工企业开停工及检维修挥发性有机物排放管控的通知》（沪环大气〔2024〕48 号），对相

关管控要求作出了进一步部署，明确了管控方案备案、回顾评估、火炬使用管理等行政管理要求，为本标准的制定奠定了行政基础。

然而，随着大气污染防治工作的深入推进和精细化管理要求的不断提高，《试行规程》在适用范围、管控深度、量化指标等方面已难以满足当前需求；国家层面尚无针对化工装置开停工及检维修过程的专项技术标准，《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）、《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572）等标准虽涉及相关内容，但均为原则性要求，对设备打开前检测限值、储罐清洗作业、置换吹扫操作等关键技术参数未作明确规定。在此背景下，亟需在总结《试行规程》实施经验和国内外先进做法的基础上进行系统升级，研究制定上海市《化工装置开停工及检维修过程挥发性有机物污染防治技术规范》，构建覆盖化工装置开工、停工、检维修以及大型 VOCs 储罐清洗全过程的精细化管控技术体系，为本市石化化工行业 VOCs 深度减排和空气质量持续改善提供有力技术支撑。

二、编制目的和意义

针对前述化工装置开停工和检维修过程 VOCs 管控薄弱、量化要求缺失、行政部署需要技术化落地等现实需求，本市

开展《化工装置开停工及检维修过程挥发性有机物污染防治技术规范》的研究制定工作。本标准的编制目的和意义主要体现在以下几个方面。

（一）填补化工装置非正常工况 VOCs 管控专项技术依据的不足，完善本市 VOCs 精细化管控标准体系

本标准针对化工装置计划性开工、停工、检维修以及单罐容积 500 m^3 以上（含）VOCs 物料储罐清洗等非正常工况作业，专门规定总体要求、源头预防与控制、过程控制、废气收集与治理、火炬运行管控、环境监测与排放量核算、台账记录与报送等全过程技术要求，弥补现行国家及地方标准在该领域专项技术规定上的不足，与本市《大气污染物综合排放标准》（DB 31/933）、《工业企业设备与管线组件挥发性有机物泄漏排放标准》（DB31/1640）、《设备泄漏挥发性有机物排放控制技术规范》（DB31/T 310007）等现行标准形成互补衔接，进一步健全本市石化化工行业 VOCs 全过程精细化管控标准体系。

（二）推动管控要求从原则性约束向量化考核转变，提升标准的可执行性和监管刚性

针对现行规范在关键技术参数上的“留白”问题，本标准在大量调研、案例分析和实测数据的基础上，对设备打开前 VOCs 检测限值（200 μmol/mol）、储罐气体置换体积（不低于气相空间体积的 3 倍）、厂界 VOCs 无组织排放浓度限

值等关键环节设置了具体的量化控制指标，并配套规定了相应的检测方法、判定要求和记录要求，推动 VOCs 管控从“定性约束”向“定量考核”转变，增强标准的可执行性和监管刚性。

（三）落实沪环大气〔2024〕48 号文部署，构建全过程闭环管理机制

2024 年发布的《关于加强石化化工企业开停工和检维修挥发性有机物排放管控的通知》（沪环大气〔2024〕48 号）从行政管理层面对管控方案备案、回顾评估、火炬使用管理等提出了要求。本标准在贯彻落实 48 号文部署的基础上，将相关行政管理要求技术化、规范化。通过附录明确管控方案和管控回顾说明的编写大纲，将“事前有方案、事中有管控、事后有回顾”的全过程闭环管理具体化、可操作化；建立计划性重点作业判定机制，对涉及 VOCs 物料量较大、设备打开较多、储罐清洗、火炬使用、敏感目标周边等情形的作业实施差别化加强管控；并提出与空气质量预报联动的错峰作业要求，将污染管控与本市空气质量改善目标有机衔接。

（四）服务于本市 O_3 与 $PM_{2.5}$ 协同治理和行业绿色高质量发展，为企业规范作业和管理部门监督指导提供技术依据

化工装置开停工和检维修过程的 VOCs 瞬时高强度排放是夏秋季 O_3 污染和园区周边异味投诉的关键贡献环节。本标准的实施将引导企业采用密闭操作、物料回收、低 VOCs 含

量产品、机械化清洗、移动式 VOCs 处理设施等先进技术，从源头削减 VOCs 产生量，从过程降低逸散水平，从末端保障达标排放，为本市持续推进 O_3 与 $PM_{2.5}$ 协同治理、改善园区周边大气环境质量提供有力支撑。本标准既是企业开展相关作业 VOCs 污染防治的技术指南，也为生态环境主管部门开展监督指导、现场检查和管控成效评估提供清晰的判定依据，推动本市石化化工行业向更高水平、更高质量绿色发展。

三、编制过程

自 2024 年 7 月标准立项以来，在上海市生态环境局的指导下，上海市环境科学研究院牵头联合华东理工大学、同济大学成立了标准编制组，积极推进标准的研究制定工作。编制团队成员长期从事工业源 VOCs 污染控制研究，在化工行业 VOCs 综合治理、监测核算及标准制定等领域积累了较为丰富的经验，为本标准的编制奠定了扎实的技术基础。

编制过程中，编制小组广泛查阅美国、欧盟、加拿大、泰国等国家和地区在化工装置非正常工况 VOCs 管控方面的法律法规、技术规范和最佳可行技术文件，深入梳理上海市《试行规程》实施十余年来的经验积累；同时多次开展现场调研、专家咨询和意见征询，广泛听取本市相关行业代表性企业、研究机构、第三方服务机构及行业专家的意见，对标准的适用范围、技术框架、关键指标等核心内容反复研究论证，逐步形成《化工装置开停工和检维修过程挥发性有机物

污染防治技术规范》（征求意见稿）。主要工作分为以下三个阶段：

（一）前期研究及调研

——资料研究：系统收集和梳理了国内外关于化工装置开停工及检维修环节 VOCs 管控的法律法规、政策文件及技术文献，深入分析了美国 EPA 相关法规、欧盟最佳可行技术参考文件中关于装置大修及开停车环节的 VOCs 减排技术要求，为标准的制定提供了理论支撑。

——案例采集：收集了典型企业现行的开停工方案、检维修操作规程、VOCs 治理设施运行记录及检修期间环境监测报告。重点对装置退料、吹扫、清洗、置换等关键环节的现有操作方式、废气收集治理措施及实际排放情况进行了摸底，梳理了当前存在的管理薄弱环节及部分企业的良好实践经验。

（二）标准框架设计及技术论证

——框架设计：依据化工装置全生命周期管理理念，结合调研实际情况，构建了“源头预防与控制—过程控制—废气收集与治理—火炬运行管控—环境监测与排放量核算—台账记录与报送”的标准主体框架。在过程减排部分，按照“停工前准备—停工过程—检维修过程—开工过程”的时序逻辑进行章节编排，实现对计划性停工检修全流程的闭环管理。

——技术论证：对调研获取的典型企业开停工及检维修数据进行了深入分析，评估了不同吹扫介质、清洗方式及末端治理技术的 VOCs 减排效果，结合实测数据和行业实际，科学论证并确定了标准中的关键技术参数。

（三）标准文本编制及意见征询

在前期研究和技术论证基础上，编制组起草形成了标准文本和编制说明的征求意见稿，并向本市相关行业代表性企业、研究机构及行业专家征询意见，根据反馈意见持续修改标准文本。

四、编制原则

（一）充分衔接现行标准规范

严格遵循《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》等法律法规，贯彻落实国家及上海市关于大气污染防治特别是 VOCs 治理的相关政策部署。在技术内容上，本标准与《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）等现行国家标准及《大气污染物综合排放标准》（DB 31/933）、《恶臭（异味）污染物排放标准》（DB31/1025）、《工业企业设备与管线组件挥发性有机物泄漏排放标准》（DB31/1640）等上海市地方标准保持衔接。本标准在术语定义、总体要求、监测方法等方面与上述标准保持协调一致，确保标准体系的

系统性和完整性，针对化工装置开停工检维修过程的非正常工况进行细化和补充，不降低国家及本市现行标准的总体控制水平。

（二）注重全过程闭环和分级分类管理

按照“总体要求—源头预防与控制—过程控制—废气收集与治理—火炬运行管控—环境监测与排放量核算—台账记录与报送”的逻辑构建技术框架，过程控制部分按“停工—设备打开及检维修—储罐清洗—开工”时序展开，覆盖化工装置计划性开停工、检维修和大型 VOCs 储罐清洗作业的全流程，并通过管控方案编制、措施落实、监测核查、台账记录和回顾评估等环节，形成“事前有方案、事中有管控、事后有回顾”的闭环管理体系。同时，根据涉及 VOCs 物料数量及挥发性、设备打开数量及方式、储罐清洗、火炬使用、敏感目标周边等情形对计划性作业实施分级管理，对识别为重点作业的加强管控。此外，将开停工和检维修作业与本市空气质量预报、重污染天气预警联动，提出错峰作业要求，实现污染管控与区域环境质量改善目标的有机衔接。

（三）突出关键环节量化管控和实操工具支撑

针对化工装置开停工和检维修过程 VOCs 排放具有时间短、强度大、瞬时波动明显、组分复杂的特征，在充分调研和案例分析的基础上，对关键环节的技术指标提出量化控制要求。重点包括设备打开前 VOCs 浓度检测限值与检测时长

要求、储罐气体置换体积要求、不同类型火炬的火炬气最低净热值要求、火炬气流量计精度要求、厂界 VOCs 无组织排放浓度限值等。同时，通过附录形式给出 VOCs 管控方案与回顾说明编写大纲、计划性重点作业判定参考方法、设备打开前 VOCs 检测记录表、火炬气净热值预估方法等实操工具，为企业规范实施和管理部门监督指导提供清晰、可操作的技术指引。

（四）兼顾先进性与可操作性

立足上海市石化化工行业发展现状、装置工艺特点和企业管理实际，充分借鉴美国、欧盟、加拿大、泰国等国家和地区在化工装置非正常工况 VOCs 管控方面的先进经验，同时结合本市企业的工艺水平、治理基础和管理能力，合理设置管控要求和量化指标。技术路径上既体现了精细化管理的导向，又允许企业根据实际情况采用固定式废气治理设施、移动式 VOCs 处理设施、火炬系统等多种治理方式组合，鼓励采用密闭操作、机械化清洗、低 VOCs 含量产品、光学气体成像（OGI）检测、移动浓度监测和移动通量监测等先进技术，做到管控要求严而不苛、量化指标先进而务实，兼顾环境效益、技术可行性与经济合理性。

五、标准的主要技术内容

（一）标准适用范围

本标准规定了化工装置开工、停工、检维修以及储罐清洗过程中挥发性有机物（VOCs）污染防治的总体要求以及源头预防与控制、过程控制、废气收集与治理、火炬运行管控、环境监测、排放量核算、台账记录与报送等具体要求。适用于上海市行政区域内石油炼制、石油化工、合成树脂行业生产装置的计划性停工检修及开工过程，以及上述行业和仓储物流行业中单罐容积 500 m^3 以上（含）VOCs 物料储罐的清洗作业。故障停车、应急抢修、临时检维修等非计划性作业，在满足安全生产和应急处置要求的前提下，可参照本文件开展 VOCs 污染防治、台账记录和回顾评估。

适用范围的设定主要基于以下几方面考虑：

（1）关于适用行业的选择：本标准选择石油炼制、石油化工、合成树脂三个行业作为适用对象，主要基于其生产装置的连续性运行特点。上述三个行业生产装置投产后通常保持长周期连续运行，每隔数年集中进行一次计划性大修，开停工过程相对独立且可预见，企业能够提前制定管控方案并配置相应治理及监测资源，符合本标准“计划性停工检修”的界定。医药、农药、涂料等其他化工行业多为间歇式批次生产，装置启停频繁且分散，工艺特征和管控方式均与连续性化工装置存在显著差异，暂未纳入本标准适用范围。据调研，上海石油炼制、石油化工、合成树脂行业共涉及企业 88 家，其中石油炼制 2 家，石油化工 63 家，合成树脂 23 家，

VOCs 排放量占全市工业源排放量的约五分之一。相关企业在金山区和上海化学工业区呈高度集聚分布，是本市工业 VOCs 排放的重点行业，也是开停工和检维修过程 VOCs 管控的核心对象。本市石化企业分布情况详见图 1。

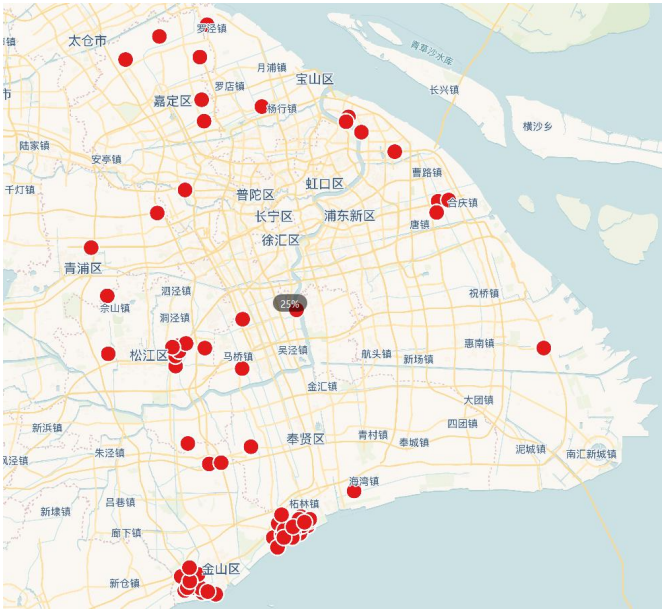

图 1 上海市石化企业分布图

（2）关于储罐清洗作业的纳入：将储罐清洗作业纳入适用范围是本标准相对于现行国家及地方标准的重要补充。储罐清洗过程中的退料、气相空间置换、罐顶打开以及罐内清洗作业均会造成 VOCs 集中释放，排放强度显著高于储罐正常储存工况，且常伴随明显异味。现行国家标准主要针对储罐正常储存工况下的呼吸损失和静密封点泄漏控制，对清洗作业阶段的污染防治缺乏专门规定，有必要通过本标准予以明确。据调研，上海市现有 500 m^3 以上涉 VOCs 物料储罐共计 1272 个，分布于石油炼制、石油化工、合成树脂、储油库、仓储物流等行业共计 59 家企业中。储油库和仓储物

流企业虽不涉及化工生产装置，但 500 m^3 以上储罐数量仅次于石油化工企业，占全市总数的三分之一以上，故本标准将储罐清洗作业的适用行业范围扩展至储油库及仓储物流，实现对全市大型 VOCs 物料储罐清洗作业的统一管理。

（二）术语和定义

本标准定义了化工装置、挥发性有机物、VOCs 物料、开工、停工、检维修、计划性作业、重点作业、非计划性作业、储罐清洗作业、设备打开、密闭、废气收集系统、移动式 VOCs 处理设施、火炬、火炬系统、净热值等 17 个术语。为保持与现行标准体系的协调一致，部分术语直接引用或参考现行标准的规定，其中“挥发性有机物”“VOCs 物料”引用上海市《大气污染物综合排放标准》（DB 31/933—2025）的术语规定；“密闭”引用国家标准《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822—2019）的规定；“火炬系统”参考国家标准《石油化工企业设计防火标准》（GB 50160—2008）的规定，并根据本标准的实际管控需求做了适当修改。

本标准新增的定义主要围绕管控对象、作业阶段、关键操作和设施设备四个方面进行界定。

管控对象方面，“化工装置”强调“以化学反应、分离、精制、聚合、合成等工艺过程生产、加工或处理化学品、石油化工产品及其中间体”的工艺特点，与本标准适用范围所选择的石油炼制、石油化工、合成树脂行业相呼应。“储罐

清洗作业”涵盖从退料、置换到清洗及相关处置的全过程，明确清洗作业各环节均属于本标准管控范围。

作业阶段方面，“开工”与“停工”按时序对应界定，分别列明各阶段的典型工艺操作（开工含设备检查、气密试验、置换、进料、升温升压、建立循环、产品合格；停工含降负荷、停止进料、退料、泄压、倒空、置换、吹扫、蒸煮、清洗、隔离），明确开停工全过程均需落实 VOCs 管控要求。检维修界定为“为检查、维护、修理、更换、清洗或改造化工装置及其设备设施而开展的作业活动”，与开停工概念相互区分又相互衔接。“计划性作业”与“非计划性作业”是本标准实施分级分类管理的基础概念。“计划性作业”强调可预见、可提前安排，是本标准管控的核心对象；“非计划性作业”涵盖因设备故障、工艺异常、安全风险或其他突发情形临时实施的停车、检维修或应急处置作业，按参照执行原则纳入本标准管理范围，兼顾安全生产和环境管理的双重需求。重点作业是本标准管控分级机制的关键概念，指涉及 VOCs 物料量较大、设备打开数量较多、储罐清洗、恶臭物质释放风险较高、需集中排入火炬系统处理，或者可能对周边环境敏感目标产生明显影响的计划性作业。

关键操作方面，“设备打开”是开停工和检维修过程中 VOCs 集中逸散的关键环节，指的是因内部检查、清洗、检修等需要，将密闭设备或管道系统的人孔、法兰或其他封闭

部位拆卸敞开，使设备内部与大气环境连通，以便人员进入受限空间或实施持续性敞开作业的操作。

设施设备方面，“废气收集系统”界定为开停工、检维修和储罐清洗过程中产生的VOCs废气收集与输送设施组合。“移动式VOCs处理设施”是近年来企业在非正常工况下普遍采用的临时性废气治理方式，本标准首次将其作为术语纳入定义，为相关技术要求和管理要求的设置提供依据。“火炬”明确其安全设施的属性，强调火炬不应作为日常VOCs治理设施使用；“火炬系统”则涵盖排放管道、分液设备、阻火设备、火炬燃烧器、点火系统、火炬筒及其他配套部件。“净热值”界定为气体燃料在标准状态下完全燃烧、产物中水以气态存在时单位体积释放的热量（即低位发热量）。

（三）源头预防与控制

化工装置开停工和检维修过程VOCs排放的源头预防与控制，本质上是通过工艺设计、设备选型和低VOCs含量产品使用等手段，从根本上减少VOCs的产生量、降低泄漏风险并提升废气收集能力。本标准从工艺设计与系统配置、设备与连接部件选用、低VOCs含量产品使用三个方面提出源头预防与控制要求。

工艺设计与系统配置方面，对于新改扩建化工装置，要求在工艺流程设计和装置布置阶段就统筹考虑开停工、检维修以及储罐清洗过程的VOCs污染防治需求，合理设置物料

回收、密闭置换、密闭吹扫、密闭清洗以及废气收集与治理设施，并预留与固定式废气治理设施、火炬系统或移动式VOCs处理设施连接的接口。从设计阶段就解决VOCs收集与治理接口问题，可有效避免装置投运后再行改造带来的技术难度和经济成本。对于现有化工装置，要求具备开停工、检维修和储罐清洗过程VOCs废气有效收集、回收或治理的基本条件；尚不具备条件的，可采取临时收集处理措施，并结合最近一次装置检修或技术改造完善永久性设施，给予企业合理的过渡和改造时间，避免VOCs废气因缺乏收集治理路径而直接排放。此外，针对涉及VOCs物料的排凝点、采样点、放空口等易产生VOCs无组织逸散的部位，规定其宜具备密闭收集或接入废气治理设施的条件，液态排放部位采用密闭容器收集。这是对装置内VOCs无组织排放重点环节的针对性管控，与后续过程控制相关章节形成系统支撑。

设备与连接部件选用方面，开停工和检维修期间涉及大量临时管线连接、物料倒空、密闭转移和吹扫作业，设备使用频繁、工况切换多，相关密封部位的泄漏风险较装置正常运行期间更高。本标准规定，涉及VOCs物料输送的泵、压缩机、阀门等设备宜优先采用低泄漏或无泄漏型式，并以列举方式给出屏蔽泵、磁力泵、隔膜泵、双端面机械密封泵、屏蔽压缩机、磁力压缩机、隔膜压缩机、屏蔽阀、隔膜阀、波纹管阀等典型低泄漏或无泄漏设备型式，供企业在新建、

改建或更换设备时参考选用。低泄漏或无泄漏设备的采用，既能从源头减少非正常工况下的泄漏排放，也能与正常生产期间的 LDAR 管理形成互补衔接。对于开停工和检维修过程中广泛使用的临时收集管线、软管、接头、密封件、收集容器以及移动式 VOCs 处理设施的连接部件，规定其应与所接触物料的温度、压力、腐蚀性、溶胀性和可燃性相适应，并保持密闭状态，避免因连接部件不匹配或密封失效造成 VOCs 泄漏，同时兼顾安全生产要求。

低 VOCs 含量产品使用方面，检维修过程中的设备和管线清洗、涂装防腐等作业需使用大量清洗剂、涂料和胶粘剂，是 VOCs 产生的重要环节。本标准从工艺替代和产品选用两个层面提出源头减量要求：工艺替代方面，规定检维修过程中应优先采用水基清洗工艺，通过高压水射流、循环喷淋、超声波清洗等物理清洗方式提高清洗效率、减少有机溶剂消耗；产品选用方面，规定确需使用有机溶剂清洗的，应优先采用符合《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》（GB 38508）要求的低 VOCs 含量清洗剂，检维修过程中使用的涂料宜选用符合《低挥发性有机化合物涂料产品技术要求》（GB/T 38597）要求的低 VOCs 含量涂料，胶粘剂宜选用符合《胶粘剂挥发性有机化合物限量》（GB 33372）要求的低 VOCs 含量胶粘剂。上述国家产品标准对低 VOCs 含量产品均有明确的含量限值和检测方法，便于企业选用和管理部门核查。

（四）过程减排

过程控制是本标准技术内容的核心，对应文本第 6 章至第 9 章。结合化工装置开停工和检维修作业的典型时序，过程控制部分按“停工—设备打开及检维修—储罐清洗—开工”的逻辑展开，并贯穿“源头减少物料残余—密闭收集传输—末端有效治理”的减排链条，对每一阶段的关键环节提出具体要求。

1. 停工过程

停工过程是化工装置由正常生产状态向非生产状态过渡的阶段，涉及降负荷、停止进料、退料、泄压、倒空、置换、吹扫、蒸煮、清洗、隔离等多个环节，是 VOCs 物料逐步退出系统、设备打开前残余浓度逐步降低的关键阶段。从减排逻辑出发，停工阶段处理得越充分，后续设备打开和检维修阶段的 VOCs 集中逸散风险就越低。本标准在停工过程章节按“停工前准备—退料与倒空—置换与吹扫—蒸煮与清洗”的工艺时序，分别提出具体要求。

停工前准备方面，要求企业明确各阶段退料去向、吹扫置换方案和废气处理路径，提前确认接收设施容量、废气收集治理及监测设施可用性，并将利用生产设施协同处理废气的工况切换路径预先规划好。退料与倒空方面，确立“应退尽退、优先回收、密闭转移”的总体原则，并对易挥发或易产生异味的物料明确了降温、控制退料速度、分批退料、气

相平衡等专项措施；对采用氮气、蒸汽等介质压送退料的，要求压送废气通过密闭管道收集进入回收、治理或火炬系统，禁止直接排放，避免压送过程成为 VOCs 无组织排放的隐蔽通道。置换与吹扫方面，重点对置换介质选择和吹扫废气处理作出规范——重质油系统要求采用蜡油、柴油等相对轻质油品作为置换介质（不应轻于柴油），既考虑到工艺可行性，又避免使用过轻介质带来二次挥发问题；轻质油管线宜采用水顶方式将物料推至装置内回收装置，避免直接蒸汽吹扫至罐区；蒸汽吹扫废气进入后续设施前宜经冷凝冷却和气液分离，既保护下游设施稳定运行，也实现物料二次回收。蒸煮与清洗方面，要求采用密闭方式，对涉及硫化物、氨、胺类、醛酮类等恶臭物质的设备和系统，规定打开或清洗前根据物料特性采取针对性预处理措施，减少恶臭和 VOCs 同步释放。

2. 设备打开及检维修过程

设备打开是开停工和检维修全过程中 VOCs 集中逸散最显著的环节，也是本标准量化管控指标最集中的部分。本标准在该章节确立了“检测合格方可打开、分步逐点降低强度、残液与废气同步控制”的总体管控思路，并就关键环节给出明确量化要求。

关于设备打开前 VOCs 检测限值（200 μmol/mol）的设定，该限值延续上海市 2014 年《化工装置开停工和检维修挥发性有机物排放控制技术规程（试行）》（沪环保防〔2014〕

327 号）确立的浓度阈值，是本市石化化工企业实施十余年的成熟管控指标，相关企业已具备充分的执行基础和操作经验。与国内外同类标准对比，该限值与浙江省、宁波市、江苏省南京市等长三角及周边地区相关技术规范保持一致，体现了区域协同。

关于检测时长（每次≥3 min、每 30 s 记录读数取平均值）和静置时间（前处理结束后静置≥15 min）的设定，同样延续 2014 年《试行规程》的规定，并与浙江、宁波等地相关技术规范保持一致。该口径既兼顾了 FID/PID 等便携式 VOCs 检测仪器的响应稳定性要求（短时间瞬时读数易受仪器漂移和现场气流扰动影响），通过“先静置、后多点连续读数取平均”方式提高检测结果的代表性和稳定性，避免企业以单次瞬时读数规避管控的可能。同时，本标准在表 1 中并列给出光学气体成像（OGI）作为可选检测方式，并要求覆盖设备打开及测试全过程，单点位影像记录时长不少于 3 min，为采用先进检测技术的企业提供等效路径，具体检测方式和要求见表 1。

表 1　设备打开前的 VOCs 检测方式及要求

序号	检测方式	操作要求	合格指标	记录要求
1	FID 或 PID 检测仪	检测前应在前处理结束并静置不少于 15 min，每次检测不少于 3 min，每隔 30 s 记录一个读数，取平均值。	VOCs 浓度 < 200 μmol/mol	以视频或照片方式记录

2	光学气体成像仪（OGI）	应覆盖设备打开及测试的全过程，每个检测点位影像记录时长不少于 3 min。	无明显 VOCs 逸散	全过程记录红外影像

关于检测点位的设置，要求至少覆盖设备顶部打开处、底部导凝口及低点积液部位、拟拆卸管线的低点/盲端/阀门两侧、储罐清洗罐顶通气口等典型残留 VOCs 物料的部位。检测点位的设置充分考虑了设备结构特征和 VOCs 残留物理分布规律。设备底部和顶部均需打开的，应在内部浓度合格后优先打开底部或低点进行残余液体确认收集，再实施顶部打开，以减少残余液体随顶部开口大量挥发。

关于检维修清洗作业场地控制（围堰外 1 m、距地面 1.5 m 处 VOCs 浓度≤100 μmol/mol）的设定，检维修过程中的设备和管线清洗常在拆卸后的临时区域进行，是装置整体停产期间 VOCs 无组织排放的重点环节之一。本标准规定清洗区域应采取地面防渗、围挡或围堰、废液收集和废气控制措施，围堰区域宜设置顶棚并对清洗废气收集处理；考虑到部分大型设备清洗因吊装作业等限制无法设置顶棚的实际情况，参考国家标准《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822—2019）中关于敞开液面 VOCs 无组织排放控制的思路，明确无顶棚时围堰边界外 1 m、距地面 1.5 m 处 VOCs 浓度不应超过 100 μmol/mol，并配合“优化作业时间、缩短敞开时间、控制清洗面积、加强现场 VOCs 检测和异味巡查”等补偿性管控要求，实现该重点环节的可考核管控。

关于泄漏点修复，本标准要求企业结合 LDAR 检测记录、日常巡检、延迟修复和异常泄漏记录制定泄漏点修复计划，明确泄漏点修复和复测按《工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复技术指南》（HJ 1230）、上海市《工业企业设备与管线组件挥发性有机物泄漏排放标准》（DB31/1640）、《设备泄漏挥发性有机物排放控制技术规范》（DB31/T 310007）等相关标准执行。这一安排既避免与 LDAR 标准体系重复制定，又把检维修这一“集中修复窗口期”的价值最大化——明确要求对延迟修复点位和重复泄漏点位在检修期间予以维修、更换或升级改造，并在装置重新投运后对修复点开展复测验证。

涂装及防腐作业要求涉 VOCs 材料密闭存放、按需取用、用后及时封闭，露天作业避开高温强日照等不利气象条件，臭氧污染预警期间按总体要求中的错峰作业条款执行，实现与本市重污染天气应对联动。

3. 储罐清洗过程

储罐清洗作业是本标准相对于现行国家标准的重要补充。储罐清洗过程中残余物料退料、气相空间置换、罐顶打开及罐内清洗作业均会造成 VOCs 集中释放，排放强度明显高于储罐正常储存工况。本标准在该章节确立了“机械化、密闭化、自动化清洗优先；气体置换充分；开罐前必检”的管控思路。

关于储罐气体置换总体积不低于储罐气相空间体积3倍的设定，该置换倍数主要参考我国台湾地区《挥发性有机物空气污染管制及排放标准》中关于储罐清洗开罐前置换体积的规定；同时，本市2018年发布的《存储过程挥发性有机物排放控制技术规范（试行）》对储罐清洗的废气收集和削减率亦提出过相关要求，本标准在此基础上对置换体积作出进一步细化，使储罐清洗作业的气相置换有明确的工艺判定依据。在置换体积计算口径上，本标准明确固定顶罐可按储罐设计容积或实际气相空间体积计算，浮顶罐可按清洗前浮盘固定位置下方空间体积计算，避免实施中因计算口径不一造成执行偏差。

清洗作业控制方面，规定优先采用高压水射流、旋转喷头、密闭循环冲洗、机器人清洗等机械化方式，对必须采用人工清洗的，要求采取通风废气收集、局部密闭、移动式VOCs处理设施处理等控制措施；对重质油、含硫物料、含氮有机物、胺类、醛酮类等易产生恶臭的储罐，要求清洗前根据物料特性采取蒸汽蒸煮、水洗、碱洗、氧化、吸收、除臭等预处理。开罐及作业结束管理方面，明确储罐开罐前须按7.2要求开展设备打开前VOCs检测，将储罐清洗与设备打开两类作业的VOCs检测管控口径统一；同时规定清洗结束后对治理设施运行情况、废水及污泥处置情况、检测结果、异常情况进行完整记录，并要求储罐重新投用前确认附件、

密封设施、呼吸阀、液位计等恢复正常状态，避免投用后发生泄漏或异常排放。

4. 开工过程

开工过程是化工装置由非生产状态恢复到正常生产状态的阶段，是开停工和检维修全过程闭环管理的最后一环。如果开工阶段管控不到位，前序停工和检维修阶段的减排成果可能被开工初期的集中排放抵消。本标准在该章节确立了“治理设施先启、密闭性逐项确认、不合格物料密闭处置、异常情况及时处置”的管控思路。

关于 VOCs 废气治理设施先于装置投料启动的要求，本条款延续并细化了国家排放标准（GB 31570、GB 31571、GB 31572）以及 GB 37822 中关于 VOCs 废气治理设施应与产生废气的生产装置同步运行的总体要求，明确治理设施应在装置投料、升温、升压或产生 VOCs 废气前启动，并保持稳定运行直至作业结束、残留气态污染物处理完毕。需使用火炬系统的，要求开工前确认火炬系统及其运行监控设施处于可用状态。这是为了避免开工初期出现“装置已运行、治理设施未到位”的管控空窗。

密闭性检查与泄漏控制方面，要求装置进料前对检维修期间打开、拆卸、维修或更换的设备、管线、阀门、法兰、盲板、排凝口、采样口、放空口等部位逐项确认恢复密闭状态，对易泄漏部位、延迟修复点位、重复泄漏点位和新更换

的设备与管线组件加强巡检，并对开工初期废气治理设施入口浓度、风量或组分波动较大的情形作出运行调节要求，防止处理效率下降或出口浓度超标。

不合格产品及异常物料控制方面，规定开工初期产生的不合格产品、中间物料、置换物料和其他含 VOCs 物料优先回收至生产系统、中间储罐或具备 VOCs 废气收集处理条件的设施，临时储存的须采用密闭储罐或密闭容器，废气收集治理，避免不合格产品成为开工阶段的隐蔽 VOCs 排放源。开工异常情况处置方面，对跑料、冒料、泄漏、治理设施故障、火炬燃烧异常等异常情况要求企业及时采取暂停进料、降低负荷、切换废气去向、启用备用或移动式 VOCs 处理设施、加强现场检测等措施，最大限度减少异常工况下的 VOCs 集中排放。

（五）废气废气收集与治理

本标准在该章节确立了“固定为主、移动为辅、火炬应急，梯次配置”的治理路径，并明确计划性开停工和检维修作业期间的末端排放管控要求与正常工况保持一致。

1. 关于计划性开停工检维修作业期间末端排放

针对计划性开停工和检维修作业期间的末端排放，国际上已普遍取消相应的 VOCs 排放豁免。美国环保署（EPA）2021 年备忘录撤回 2020 年关于非正常工况豁免的相关规定，明确排放限值在计划性维护和检修作业期间“连续适用”；

欧盟修订后的工业排放指令（IED 2.0）强调许可证条件在任何可预见的运行阶段均需满足，并将开停工等可预见的非正常运行工况纳入监测与合规评估范围；加拿大、泰国等亦对计划性大修期间提出明确的排放控制和监测要求。本标准借鉴上述国际管理经验，明确开停工、检维修及储罐清洗过程中产生的 VOCs 废气经治理后的排放浓度应符合《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572）、《大气污染物综合排放标准》（DB 31/933）等国家和本市相关污染物排放标准要求，涉及恶臭物质的还应符合《恶臭（异味）污染物排放标准》（DB31/1025）的相关规定。

2. 关于“固定为主、移动为辅、火炬应急”的治理路径

固定式废气治理设施是企业日常生产中已投运的 VOCs 污染防治基础设施，处理工艺成熟、运行稳定、可纳入常态化监管。本标准明确开停工和检维修期间产生的 VOCs 废气宜优先接入企业现有固定式废气治理设施处理，并要求该类设施在 VOCs 废气产生前启动运行，在相关作业结束、残留气态污染物处理完毕后方可停运。

考虑到开停工和检维修期间废气产生强度、组分和时序与正常工况存在较大差异，部分现有固定式废气治理设施可能出现处理能力不足或工况适配性下降等情况，本标准要求

企业根据期间的废气排放特点提前评估现有治理设施的处理能力，必要时配置移动式 VOCs 处理设施或采取其他补充措施。

火炬系统在本标准定位为安全设施和应急处理路径，不应作为日常 VOCs 治理设施使用。本标准在总体要求中确立了“源头减量—密闭操作—回收利用—收集治理—达标排放”的废气控制优先顺序，对于必须经火炬处理的废气，专列“火炬运行管控要求”提出具体技术要求。

3. 关于移动式 VOCs 处理设施的规范化纳入

近年来，移动式 VOCs 处理设施在企业开停工和检维修期间的应用日益普遍，对临时性、间歇性、分散性的 VOCs 废气治理具有独特优势，已成为现有固定式废气治理设施的重要补充手段。然而，移动式 VOCs 处理设施的市场服务水平参差不齐，部分设施在工况适配性、防爆等级、采样监测条件等方面存在短板。本标准将移动式 VOCs 处理设施作为术语正式纳入定义，并在本章节对其接入和运行提出明确要求：接入前应确认处理能力、适用工况、防爆等级和安全防护措施满足作业要求；处理可燃性 VOCs 废气的，应根据废气爆炸下限、含氧量等条件采取相应安全控制措施；并要求设施设置便于监测的采样口，排放浓度执行与固定式设施相同的国家和本市相关污染物排放标准。

4. 关于废气收集系统的密闭与切换管理

废气收集系统是连接废气产生源与治理设施的关键纽带，其完整性和密闭性直接影响治理效果。本标准要求 VOCs 废气收集系统保持密闭、完整、有效，采用临时管线、软管或柔性连接收集的，应确保连接部位密闭可靠，并与废气温度、压力、腐蚀性、可燃性和流量条件相适应。废气收集系统需切换废气去向的，应按管控方案或操作规程执行，避免切换过程中废气直接排放；发现收集系统泄漏、堵塞、积液或其他异常的，应及时停止或调整相关作业。

（六）火炬运行管控

本标准在该章节确立了“非必要不火炬，用则可控可计量”的总体管控思路，从火炬接入控制、燃烧稳定性管控和监测记录三个层面对火炬系统在开停工和检维修过程中的使用提出要求。

1. 关于火炬定位和源头减量

火炬是处理可燃气体的安全设施，主要功能是在装置异常排放、紧急放空等情形下提供兜底处理路径，不应作为日常 VOCs 治理设施使用。本标准在火炬章节提出“应优先采取源头减量和物料回收措施，最大限度减少进入火炬系统的废气量”，与总体要求的废气控制优先顺序、关于物料“应退尽退、优先回收”的规定以及关于固定式废气治理设施优先使用的要求形成一致的价值导向。

针对确需经火炬处理的情形，本标准要求企业在 VOCs

管控方案中提前明确各作业阶段排入火炬系统的废气来源、预计气量、持续时间、净热值变化和燃料气补充措施，将火炬使用从“临时决策”转化为“事前规划”。多套装置或多个作业点同时向火炬系统排放废气的，要求统筹安排作业时序，避免短时间集中排放造成超负荷运行。含液、含尘、含卤代烃、含硫、含氮或强腐蚀性废气进入火炬系统前，要求采取气液分离、冷凝冷却或预处理等措施，并对火炬系统适用性进行评估。

2. 关于火炬燃烧稳定性和热值管控

火炬的有效燃烧是实现 VOCs 真实削减的前提，而燃烧稳定性的关键约束指标是火炬气净热值。现行国家及地方标准对火炬的管控多停留在定性表述层面，缺少可量化、可执行的判定依据。本标准在该章节对进入火炬筒体的混合气体净热值提出具体限值要求，并按助燃方式（蒸汽/空气助燃型、无助燃型/压力助燃型）实施差异化管控，体现了对不同火炬技术特征的适配性。

考虑到开停工和检维修不同阶段火炬气组分差异较大（如氮气置换阶段以惰性气体为主、蒸汽吹扫阶段含液较高），实际净热值可能阶段性低于上述限值，本标准要求火炬系统设置燃料气补充管线，并按是否具备在线热值监测条件分类规定补充方式：具备在线监测的，根据实测数据自动控制补充，采用手动补充的应专人负责；未安装在线监测的，

应在管控方案中提前预估各阶段火炬气热值变化趋势，识别低热值时段，制定补充方案并按方案执行。同时，针对本市部分企业尚未安装在线热值监测设备的实际情况，标准在附录 E 中给出火炬气净热值预估方法，便于企业在缺少在线监测条件下开展事前预估和事中调整。

长明灯方面，要求火炬系统应处于连续可用状态，长明灯保持常燃，并使用独立稳定的燃料气供应，不应使用工艺废气作为长明灯燃料，确保火炬系统在装置异常排放发生时具备即时点火能力。

3. 关于监测与运行记录

为提升火炬运行的可计量性和可追溯性，本标准要求火炬系统安装流量计监测火炬气总管气体流量、燃料气补充流量和长明灯燃料气流量，对流量计精度按火炬气流速实施分档要求，兼顾低流量（长明灯、待机）和高流量（集中放空、应急排放）两种典型工况的计量需求。设有水封槽的，要求在水封槽入口管线处安装压力监测装置。

运行记录方面，要求企业完整记录火炬启用时间、停用时间、废气来源、火炬气流量、燃料气补充量、长明灯运行状态、火炬气净热值或预估结果、助燃介质使用情况、异常燃烧情况及处置措施，并在管控回顾说明中专门说明火炬实际运行情况与管控方案的偏差。火炬系统出现长明灯熄灭、点火失败、低热值、燃烧不稳定等异常情况的，要求企业及

时采取暂停相关作业、补充燃料气、切换废气去向或启用备用处理设施等措施。

（七）环境监测与排放量核算

本标准在该章节确立了“基础监测全覆盖、重点作业加密管控、鼓励先进监测技术、引入排放量核算”的总体思路，从环境监测和排放量核算两个层面构建非正常工况下的VOCs管控成效评估机制。

1. 关于厂界VOCs无组织排放监测

厂界VOCs监测是非正常工况下评估企业污染管控成效、识别异常排放的关键手段。本标准要求开停工、检维修及储罐清洗作业期间，企业在厂区边界开展非甲烷总烃（NMHC）监测，监测点位按HJ/T 55设置、监测方法按HJ 604执行，并对计划性重点作业明确每日不少于1次的监测频次，排放强度较大、异味风险较高或出现厂界高值的情形加密监测。

厂界NMHC限值方面，规定监控点任意1 h平均浓度不超过4 mg/m^3，具体限值见表2。该限值与《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572）等国家行业污染物排放标准中规定的厂界VOCs无组织排放监控点限值保持一致，体现了对计划性开停工和检维修作业期间厂界VOCs无组织排放执行与正常工况相同管控水平的导向。同时，针对涉及恶臭物质释放风险或周边存

在环境敏感目标的情形，规定企业宜在厂界下风向或敏感点周边开展臭气浓度监测，与本市《恶臭（异味）污染物排放标准》（DB31/1025）相关要求衔接。

表 2　厂界 VOCs 无组织排放监控限值

控制类别	排放项目	监控点限值	限值含义
区域环境	NMHC	4 mg/m^3	监控点处 1 h 平均浓度值

2. 关于先进监测技术的鼓励性引入

近年来，移动浓度监测和移动通量监测等先进监测技术在 VOCs 无组织排放源识别、排放强度评估方面具有显著优势，已在本市部分企业和园区开展应用。本标准引入这两项技术作为传统厂界定点监测的有益补充，要求“具备条件的企业宜采用移动浓度监测、移动通量监测或其他快速监测技术开展 VOCs 排放筛查和高值识别”，并对发现的 VOCs 高值区域要求对应作业环节的 VOCs 控制措施进行复核。

为保障移动监测的规范实施，本标准明确移动浓度监测应符合本市《挥发性有机物走航监测技术规范》（DB31/T 310002）的要求，采用移动通量监测的应记录监测方法、监测路径、气象条件、模型参数、数据处理方法和结果不确定性说明。

3. 关于 VOCs 排放量核算

排放量核算是事后评估非正常工况 VOCs 管控成效的核心抓手。开停工和检维修期间产生的 VOCs 排放因涉及多个

阶段、多种废气去向，传统按设施核算的方法难以反映作业全过程的实际减排成效。本标准要求计划性重点作业结束后，企业宜对开工、停工、检维修及储罐清洗过程 VOCs 排放量及减排效果进行核算，核算结果纳入管控回顾说明。

核算范围方面，明确应覆盖有组织排放、无组织排放、火炬系统处理排放、治理设施削减量、物料回收量和异常排放量等内容,实现对作业全过程 VOCs 物料流向的完整核算。核算方法方面，规定可采用实测数据法、物料衡算法、治理设施运行参数核算法、火炬气流量与组分核算法、通量监测法或排放系数法，并要求具备实测数据的优先采用实测数据核算。多元化的核算方法学既兼顾不同企业在数据基础、监测能力上的差异，也鼓励企业向以实测数据为主的核算方式迈进，逐步建立非正常工况 VOCs 排放的本地化基础数据。

监测因子选择方面，本标准明确表征 VOCs 总体排放情况时采用非甲烷总烃作为监测因子，与本市现行 VOCs 管控标准体系保持一致；涉及特征污染物或异味扰民风险的，宜同步开展特征污染物或臭气浓度监测，避免单一 NMHC 指标遗漏关键风险因子。

（八）台账记录与报送

本标准在该章节确立了“全过程留痕、异常情况可追溯、备案制度落地”的总体思路，对企业台账记录、异常情况记录和管控文件报送提出要求。

1. 关于台账记录的总体要求

化工装置开停工和检维修过程涉及多个作业阶段、多种污染防治措施和多项监测检测活动，相关信息体量大、时间跨度长，规范的台账记录是支撑事后追溯、监督检查和减排成效评估的基础。本标准要求企业建立开停工和检维修过程VOCs管控台账，如实记录各阶段污染防治措施的执行情况，并明确台账保存期限不少于5年。该保存期限与本市《环境保护条例》以及《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》（HJ 944）等相关规定保持一致，便于企业按统一口径开展台账管理，避免标准之间的台账保存要求出现矛盾。

2. 关于异常情况记录

开停工和检维修过程中常见的异常情况包括治理设施故障、火炬燃烧异常、跑料冒料、厂界VOCs高值、明显异味、群众投诉等情形。这类异常情况虽通常持续时间较短，但对作业期间的VOCs排放总量和环境影响存在显著影响，规范的异常情况记录对事后原因分析、整改改进和责任界定具有重要意义。

本标准要求企业对开停工、检维修及储罐清洗过程中发生的异常情况及时记录并纳入管控台账，记录内容应包括异常发生时间和持续时间、异常发生部位或涉及设施名称、异

常现象和涉及废气来源或物料、原因分析、VOCs 控制措施和废气去向、监测检测结果、整改措施等。

3. 关于管控方案和回顾说明的备案报送

管控方案和回顾说明的备案是沪环大气〔2024〕48 号文行政部署的核心要求之一。本标准对计划性大修或储罐清洗作业明确报送时限——作业正式启动前 30 日内报送管控方案，结束后 60 日内报送管控回顾说明。通过将沪环大气〔2024〕48 号文中的行政要求技术化、规范化，使本市开停工和检维修 VOCs 管控形成“事前有方案、事中有管控、事后有回顾、长期有台账”的完整闭环。

（九）附录

本标准设置 5 个资料性附录。

附录 A“化工装置开停工和检维修 VOCs 管控方案编写大纲”，明确企业事前方案应包含的主要内容，包括企业概况、装置和物料信息、作业流程及排放节点识别、各阶段 VOCs 控制措施、设备打开检测方案、废气收集与治理设施配置、火炬运行管控、环境监测计划、排放量预估等八个方面，与总体要求中关于重点作业管控方案编制要求相对应。

附录 B“化工装置开停工和检维修 VOCs 管控方案回顾说明编写大纲”，明确企业事后回顾说明应包含的主要内容，包括基本信息、管控方案执行情况、废气收集与治理设施运行情况、火炬运行实际情况、环境监测与检测结果、VOCs

排放量核算、存在问题及改进措施、附件材料等八个方面，与台账记录与报送要求相对应。

附录C“计划性重点作业判定参考方法”，给出12项重点作业判定情形和判定记录格式，便于企业自行判定和管理部门核查重点作业范围，与“重点作业”术语定义和总体要求中重点作业加强管控要求相对应。

附录D“设备打开前VOCs检测记录表”，给出便携式VOCs检测仪器适用性说明（FID、PID、OGI三类常用仪器的适用组分和适用场景）以及设备打开前VOCs检测记录的标准化表格，便于企业按统一格式记录设备打开前检测过程，与设备打开前VOCs检测要求相对应。

附录E“火炬气净热值预估方法”，针对部分企业尚未安装在线热值监测设备的实际情况，给出火炬气组分预估、常见可燃组分标准净热值参考值、补充燃料气典型净热值和混合气体净热值的计算方法，便于企业在事前预估和事中调整火炬气热值时使用，与火炬运行管控要求相对应。

六、与国内外同类标准技术内容的对比情况

（一）和国内标准的对比

1、国家标准

《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572）等国家标准主要针对石油

炼制、石油化工、合成树脂等行业在正常生产工况下的有组织和无组织排放限值提出要求，对设备与管线组件泄漏、储罐、装载、废水集输等源项有较详细规定，但对“计划性停工检修”“储罐清洗”等非正常工况多以原则性条款为主。《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）在“工艺过程 VOCs 无组织排放控制要求”章节中指出，载有 VOCs 物料的设备及其管道在开停工（车）、检维修和清洗时，应在退料阶段将残存物料退净，并用密闭容器盛装，退料过程废气应排至 VOCs 废气收集处理系统，清洗及吹扫过程排气应排至 VOCs 废气收集处理系统；但未对吹扫温度、置换倍数、设备打开前浓度限值、储罐清洗废气收集效率等关键技术参数作出量化规定。

本标准在适用范围上明确聚焦于“化工装置计划性停工检修”以及“单罐容积 500 m^3 以上 VOCs 物料储罐的清洗作业”，针对非正常工况下的源头控制、火炬运行和末端管理提出系统化技术要求，对国家标准在开停工、检维修和储罐清洗环节的原则性条款进行了细化和补充，与国家标准形成衔接与互补。本标准与相关国家标准在主要技术内容上的对比见表 3。

表 3 本标准与相关国家标准技术内容对比表

项目	国家标准	本标准
适用对象与工况	侧重正常生产工况。对开停工、检维修、	专门针对“计划性停工检修”及“500m^3 以上储罐清洗”等非正常工况。

项目	国家标准	本标准
	清洗等非正常工况以原则性条款为主。	
源头控制	对储罐选型、装载方式、密闭输送、LDAR等有规定。对开停工检维修过程中的工艺设计和设备选型缺少专门规定。	在第5章“源头预防与控制”中，要求设计阶段充分考虑非正常工况VOCs控制需求，预留处理设施接口；明确吹扫、输送设备应优先采用低泄漏型式；要求清洗剂、涂料等采用低VOCs含量产品。
过程控制	对退料、吹扫、置换、清洗等工序的操作流程、关键参数和监测要求基本未做细化规定。	新增并细化了过程控制的具体要求，按“停工前准备—停工过程（退料、置换及吹扫、蒸煮及清洗、储罐清洗、设备打开）—检维修过程—开工过程”的工序系统梳理了过程控制要求，并提出了吹扫温度（≤70℃）、储罐气体置换倍数（≥3倍）、设备打开浓度限值（<200 μmol/mol）、储罐清洗废气收集效率（≥95%）及处理削减率（≥90%）等量化指标。
火炬运行与末端治理	行业标准对火炬的有组织排放有基本要求，但未对长明灯火焰状态监测、火炬气流量计精度、火炬气热值等做出专门规定。	在第11章“火炬运行管控”中，参考国外炼油MACT等规范，对长明灯火焰状态连续监测、火炬气流量计量及精度、不同类型火炬的最低热值（蒸汽/空气助燃型≥12 MJ/Nm³，无助燃及压力助燃型≥8 MJ/Nm³）等做出了具体要求；在第10章“废气收集与治理”中明确了现有废气治理设施与移动式VOCs处理设施的运行和排放要求，技术指标严于或等同于国家标准相关限值要求。

总体而言，本标准在符合国家强制性标准总体要求的前提下，针对开停工检维修这一“非正常工况”薄弱环节进行了系统、细化的技术补充，控制力度与国家标准相关条款基本一致，在部分具体细节操作上有所收严。

2、上海相关标准规范

上海于2014年发布的《化工装置开停工和检维修挥发性有机物排放控制技术规程》是国内较早专门针对化工企业装置开停工及检维修阶段VOCs排放控制的技术文件，明确了总体要求、装置停工/开工阶段的环保要求及监测要求等内容，为本标准的编制提供了重要参考基础。与该规程相比，本标准主要在以下方面进行了提升和完善（详见表4）。

表4 本标准与上海市2014年规程主要技术内容对比表

项目	2014年试行规程	本标准
适用范围	适用范围局限于总容积达到500m³的石化与化工装置。	适用于石油炼制、石油化工、合成树脂三大行业，并将储油库、仓储物流行业500m³以上储罐清洗纳入监管范围。适用对象范围更全面。
技术内容	主要包括对新建装置的环保要求、开停工阶段的环保要求及过程监测要求。	补充了源头控制与废气处理相关要求章节，细化了过程减排各环节。新增了火炬运行、移动式设施、环境监测和台账记录的系统性要求。技术内容更全面，形成了“源头-过程-末端-监测-台账”的完整链条。
量化指标	提出了监测VOCs浓度等原则性要求。	增加了大量可考核的量化指标：如吹扫温度、置换倍数、设备打开浓度、储罐清洗收集与削减率、火炬热值与流量计精度等。从“定性要求”转向“定量考核”，增强了标准的执行力和监管刚性。
标准衔接	发布较早，参考标准多为2009修订版。	主动衔接了DB31/933、DB31/1025、DB31/T 310007等最新地方标准。保持与上海市现行标准体系的协调统一。

《上海市存储过程挥发性有机物排放控制技术规范（试行）》自2018年起开始实施，重点对储罐、装载、泄漏、敞开液面等过程的VOCs无组织排放控制做出要求，其中第6.4条要求实际蒸气压2.8kPa以上的储罐清洗作业参考2014

版开停工规程管理，且物料排空后储罐气体收集效率不低于95%、排放削减率不低于90%才可开罐清洗。本标准在继承上述指标的基础上，补充了推荐清洗工艺、气体置换体积要求、重质油储罐蒸汽蒸煮时间等细化要求，并明确了清洗废水及污泥的处置要求，使对储罐清洗的管控更加系统、完整。

3、其他地方性标准规范

除上海市外，其他省市如浙江、江苏以及台湾在石化化工装置开停工和检维修VOCs管控方面也开展了积极探索，出台了相关的技术指南、团体标准或地方标准。本文件也充分借鉴了各地先进的管控实践，在管控要求的系统性、量化指标的严格性等方面均具有明显优势。本标准与其他省市相关标准的具体对比见表5。

表 5 与其他地方标准差异对比表

项目	浙江省	浙江省宁波市	江苏省南京市	台湾省	本标准
标准名称	石化装置开停工（车）和检（维）修挥发性有机物污染防治技术指南（试行）	化工企业计划性开停工检维修VOCs污染防治技术指南	石化化工装置开停工（车）和检维修挥发性有机物污染防治技术规范（征求意见稿）	挥发性有机物空气污染管制及排放标准	化工装置开停工及检维修过程挥发性有机物污染防治技术规范
发布时间	2021.11	2024.04	2025.06（征求意见）	2023.12（修订）	/
标准性质	技术指南文件	团体标准	地方推荐性标准	法规	地方推荐性标准
管控范围	关注停工准备、停工退料（清洗、吹扫）、检维修、开工等步骤。此外对污染预防和治理技术作了规定。	同浙江省技术指南。	关注停工准备、停工阶段（退料吹扫、放空清洗）、检维修阶段、开工阶段。此外明确了监测要求。	主要涵盖岁修计划与通报、岁修过程（清洗、密闭、监测）、储槽清洗过程、设备开启规定、记录申报。	规定了总体要求、源头预防与控制、过程控制（停工、设备打开及检维修、储罐清洗、开工）、废气收集与治理、火炬运行管控、环境监测与排放量核算、台账记录与报送等具体要求。
环境	环境大气 TVOCs	环境大气	装置无组织排放限值满足	未作具体规定	有组织排放源执行国家

项目	浙江省	浙江省宁波市	江苏省南京市	台湾省	本标准
浓度控制要求	不超过 10ppm，特定污染物不高于 GBZ 2.1 限值要求	TVOCs 不超过 10ppm（测爆仪检测值≤0.1%LEL 浓度），特定污染物不高于 GBZ 2.1 限值要求	GB 37822 及行业标准要求，厂界和周边敏感点满足行业标准及地标要求且从严执行，特定污染物不高于 GBZ 2.1 限值要求		行业标准中的特别排放限值，厂界 NMHC 任意 1 h 平均浓度不超过 4mg/m^3
设备打开标准	VOCs 浓度＜200ppm，温度＜40℃才可联通空气。	VOCs 浓度＜200ppm，温度＜40℃才可联通空气。	VOCs 浓度＜200ppm 或 0.2%LEL，温度＜40℃才可联通空气。重点区域宜按 120ppm 管控。	开启时设备开口总碳氢化合物浓度应<2000ppm。	设备内 VOCs 浓度低于 200μmol/mol，或光学气体成像确认无明显 VOCs 逸散
储罐清洗要求	未对储罐清洗单独规定	蒸汽压 2.8kPa 以上挥发性有机液体储罐，物料排空后有效收集储罐气体，收集效率≥95%，削减率≥90%	未对储罐清洗单独规定	储罐清洗开罐前需满足总置换气体体积≥储槽容积 3 倍，罐内 TVOCs＜50%LEL 或 10000ppm 收集气体处理削减率≥90%	储罐清洗气体置换总体积不低于储罐气相空间体积的 3 倍；优先采用机械化、密闭化、自动化清洗方式；开罐前按设备打开前 VOCs 检测要求开展检测。
火炬运行	原则性规定了停工准备阶段检查	与浙江省指南基本一致。额外	原则性规定了停工准备阶段检查火炬系统，确保火炬系	要求至少提前 2 日通报使用计划，需设置	在火炬可用性要求外，对火炬气流量计与火炬

项目	浙江省	浙江省宁波市	江苏省南京市	台湾省	本标准
管理	火炬系统，确保火炬系统完好、畅通。放空过程及时调整火炬消烟蒸汽，避免冒黑烟。	规定了气体可燃成分浓度＜0.2%LEL，吹扫气可排空。	统完好、畅通。放空过程及时调整火炬消烟蒸汽，避免冒黑烟。 启用高架火炬时，应提前 24h 或在应急启用后 24h 内对外公布使用情况。 气体可燃成分浓度＜200ppm 或 0.2%LEL，吹扫气可排空。	温度感应器、流量计、废气成分及浓度监测设施，并定期申报季度数据	气热值作出了量化要求，同时要求监测长明灯状态并保留长明灯、气体流量记录。
监测要求	规定了采样点位置、采样频率与分析方法。 **采样位置：**装置四周及中心 **采样频率：**每天至少一次 **分析方法：**便携式有机气体测定仪（包括 FID、红外或 GC-MS 等）	与浙江省指南一致。	规定了监测方式、控制标准、监测方法与频次。监测方式增加了网格化监测、环境检测车和人工嗅觉监测结合便携检测仪的内容。控制标准分为装置内、装置区域、厂界三类，均需要达到相关行业标准要求。监测方法中鼓励额外开展走行与连续监测。装置打开前进行自行监测，区域与厂界监测不少于 2 次/天。	未对岁修期间的监测作单独要求。但要求检测过程需要保留影像记录。	规定了监测要求和排放控制要求。具体要求了打开前监测的位置与操作，要求厂界每日至少一次监测或走航。排放控制需要符合行业及地方标准并从严执行。
记录与报	原则性要求对监测记录做好台账	原则性要求落实检维修计划	在方案要求外，开停工（车）及检修期间需要公式检修基	岁修前一个月提报计划书；岁修完成后	明确了台账应包括的内容，要求企业按照附件

项目	浙江省	浙江省宁波市	江苏省南京市	台湾省	本标准
告	保存与报告备案。	报告制度	本情况接受社会监督。附件提供了管控方案与信息表格式。	一个月内提报报告书。相关报告保留五年以上。	格式编制管控方案与回顾报告。计划性大修/储罐清洗正式启动前 30 日报方案，结束后 60 日内报回顾报告。
其他	/	/	/	依空气品质预报不得执行开盖作业。	具体列举了清洗等工序的工艺改进可采用的方式。提出了 OGI 影像记录要求。

（二）和国外标准的对比

国际上，美国、欧盟、加拿大和泰国已普遍取消化工装置开停工期间的排放豁免，转向全过程精细管控与连续监测。美国通过《炼油厂有害空气污染物国家排放标准》（40 CFR 63 Subpart CC）等联邦法规及加州南海岸空气质量管理区（SCAQMD）Rule 1149 等州级细则，强制要求炼厂和化工厂实施围栏线苯监测，并细化储罐脱气等作业的浓度限值及事前事后报告程序；欧盟通过修订后的工业排放指令（IED 2.0）建立了“非正常运行条件”（OTNOC）监测制度，强制在开停工阶段对 TVOC 进行连续监测并评估二噁英等污染物排放；加拿大在联邦及省级层面推广基于美国环保署（EPA）方法的 LDAR 和围栏线监测，严格限制火炬燃烧及硫化氢排放；泰国则通过 2022 年《控制修复过程中挥发性有机物排放》公告，要求大修作业事前 30 天报备、厂界至少 4 点连续监测及事后 60 日报告制度。总体而言，各国管控均呈现出“排放标准连续适用、重点环节量化控制、厂界/围栏线实时监控、严格记录备案”的共同趋势，以确保开停工阶段 VOCs 排放得到有效控制。本标准与国外相关标准的具体对比见表 6。

表 6 与其他国家标准差异对比表

项目	美国	欧盟	加拿大	泰国	本标准
适用范围	石油炼制、石化制造等行业	炼油、石化、废弃物焚烧等75,000套大型工业装置	石油炼制、重油加工与一体化石化设施	石化、天然气分离等特定工厂“大修”	1）石油炼制、石油化工、合成树脂行业的计划性停工检修；2）上述行业及储油库、仓储物流行业中单罐容积≥500 m³的 VOCs 物料储罐清洗
是否允许豁免	否。EPA 2021 年备忘录撤回2020备忘录，明确不得豁免、排放限值须“连续适用”	否。IED 强调许可条件在任何时段都应满足；非正常工况亦须纳入监测与合规评估	联邦法规无豁免；强调“持续合规”	未设置豁免；大修期间须执行控制与监测	计划性开停工和检维修作业期间未设置豁免；故障停车、应急抢修、临时检维修等非计划性作业按“参照执行”原则纳入
置换/吹扫	明确企业有最小化排放的责任	通过最佳可行技术文件（BAT）强调预防性维护、物料回收和大修期间的废气处理	Directive 060 对大于 4 小时计划停工，要求削减入厂气量 75%；H_2S>10%的溶液气不得点燃	要求大修前将残留气/液导入 VOC 控制系统，确保内部 VOCs<爆炸下限10%或 10,000 ppmv；切断与生产系统的连接	退料“应退尽退、优先回收”，控制罐压与温度，压送废气密闭收集；液相置换/轻质油管线水顶/气相置换优先回收或送脱硫/火炬；低点积液密闭收集；罐清洗气体置换体积≥3 倍设计容积。
储罐清洗	清洗/脱气后 1 小时内罐内 VOCs 浓度	优先密闭清洗、蒸煮废气冷凝与不凝气回	无	以“大修”整体管控为主，要求残留	鼓励高压水射流、旋转喷头、真空抽吸、密闭循环、机器人等机

项目	美国	欧盟	加拿大	泰国	本标准
	≤5000 ppmv（以甲烷计）；开口处持续时需≤5000 ppmv；液体连续排入密闭容器；真空车排放≤500 ppmv；设备必须保持密封	收		气/液导入 VOC 控制系统	械化方式；残余气体优先送 VOCs 治理设施或移动设施
火炬运行	要求火炬气充分燃烧、安装流量、热值监测设备，监控与报告流量、热值等运行数据	火炬/焚烧设施在 OTNOC 阶段仍保持污染控制	对非常规火炬开展速率/体积评估与报告，如实记录日期、体积、速率及修复措施，保存至少 12 个月。24 小时内临时排放总量不超过 2000 立方米。	未系统规定火炬技术要求	确需火炬时应连续可用、控制排放速度、补充燃料气保证热值；连续监测长明灯火焰；安装流量计并满足精度要求。
监测要求	炼厂必须沿厂界采用被动扩散管监测苯（Method 325A/B），并定期采样分析，超限后	要求对开停工、泄漏、故障等实施监测与合规评估；废弃物焚烧与大型燃烧装置要求在开停工阶段监测	要求 LDAR 采用 Method 21，并可采用 Method 325A/325B 开展	大修期间厂界至少设 4 个监测点，按 EPA TO-15/TO-17 等方法采样，记录气象数据，并在 60	设备打开阶段，厂界每日至少 1 次 NMHC 监测或每日走航（按 DB31/T 310002）；有组织排放执行 GB 31570/71/72 特别排放限值；厂界无组织 NMHC 限值：

项目	美国	欧盟	加拿大	泰国	本标准
	需开展原因分析并整改	TVOC（PID/FID）以及二噁英等	围栏线监测	日内提交监测与排放评估报告	1 小时平均 4 mg/m³。
记录与报告	要求制定最小化排放计划，24-48 小时内记录所有非正常工况事件，定期报告（如半年一次）。部分地区要求提前 2 小时－2 天通知、操作后 3 日内报告，记录保存 2－5 年	要求许可证定期更新，OTNOC 事件纳入报告；要求建立 OTNOC 风险与监测计划	大修须提前 24–72 小时通知监管机构；居民 500 米范围内提前 24 小时告知。报告非常规火炬/焚烧事件及年度统计	提前 30 天通知并提交减排计划，结束后 60 日内提交详细报告(含监测、排放评估），文件保存≥2 年	建立开停工和检维修 VOCs 管控台账，保存≥5 年；作业前 30 日报送管控方案，结束后 60 日内报送回顾说明至所在地生态环境主管部门备案。

本标准借鉴了国外管理理念，明确计划性开停工和检维修期间末端排放限值与正常工况保持一致，实施全流程精细化闭环管理，并进一步加深技术要求的本地化适用程度。具体而言，本标准延续了设备打开前 VOCs 浓度低于 200 μmol/mol 的限值，严于美国 SCAQMD 规定的 5000 ppmv 脱气浓度和我国台湾地区规定的 2000 ppm 开启浓度等以安全为首要目标的国外限值；火炬运行要求参考美国炼油 MACT 等规范的管控思路，提出具体的火炬气净热值限值和流量计精度要求。同时，本标准从工艺设计、设备选型、低 VOCs 含量产品使用、退料置换、设备打开、储罐清洗等环节均提出具体管控要求，与美国、欧盟对计划性非正常工况实施过程控制的导向一致，强调全流程精细化管理。此外，本标准结合本地企业实际情况，建立计划性重点作业判定机制，提出与空气质量预报联动的错峰作业要求，将故障停车、应急抢修等非计划性作业纳入参照执行，进一步实现区域污染精细化协同管控。

七、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准符合《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》《上海市环境保护条例》等法律法规的相关规定，是对法律条款中关于挥发性有机物污染防治、大气环境质量改善及企业主体责任要求的具体细化和技术支撑。

本标准在国家现行标准基础上做了具体细化规定。在总体控制要求上，与《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571）、《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572）及《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）等国家标准协调一致。上述国家标准重点针对正常工况下的排放限值和通用管理要求，而对开停工及检维修等非正常工况的规定较为原则。本标准在此基础上，针对“计划性停工检修及储罐清洗”这一特定环节，制定了涵盖源头控制、过程减排到末端治理的全流程技术规范，细化了吹扫置换、设备打开、储罐清洗等关键环节的操作指标和管控要求。

本标准与上海市地方标准相协调。本标准引用了《大气污染物综合排放标准》（DB 31/933）中的术语定义，恶臭污染物控制兼顾《恶臭（异味）污染物排放标准》（DB31/1025）的要求。本标准作为上海市 VOCs 污染防治标准体系的重要组成部分，是对现有标准体系的有益补充和完善。

八、环境效益和技术经济可行性

（一）环境效益

本标准通过规范退料、吹扫、置换、清洗及设备打开等环节的操作，可有效推进 VOCs 无组织排放的收集和处理，大幅减少瞬时高浓度排放对区域空气质量的冲击，有助于缓解上海市夏季臭氧污染态势，提升空气质量优良率。加强对

恶臭物质和有毒有害物质的收集处理，可有效减少异味扰民现象，改善化工园区及周边居住区的环境，提升公众满意度。推动企业采用密闭清洗、低泄漏设备等先进技术，促进化工行业从源头减少污染物产生，提升整体清洁生产水平。

（二）技术可行性

本标准提出的技术要求基于国内外先进的最佳可行技术。目前，密闭吹扫技术、移动式 VOCs 处理设施、光学气体成像检测、机械化储罐清洗等技术在国内均有成熟应用，上海市部分企业具备相应的设计、制造和运维能力。标准中设定的关键参数（如设备打开浓度限值、置换倍数等）参考了行业实践经验和实测数据，技术路线清晰，企业在现有设施基础上通过改造和管理提升即可达到要求。

（三）经济可行性

标准实施虽然要求企业在移动式治理设施租赁、检维修服务、监测设备配置及人员培训等方面增加一定的投入，但通过加强过程密闭与物料回收可为企业带来直接的经济效益。同时，规范的开停工和检维修管理能大幅降低环境违法风险和安全事故风险，避免因违法排放导致的罚款和停产损失。综合评估，本标准符合上海市重点化工企业的经济承受能力，技术经济总体可行。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制过程中，编制组多次组织召开专家研讨会

和企业座谈会，针对标准适用范围、关键技术指标等内容进行了充分讨论，未存在原则性重大分歧意见。

十、实施标准的措施建议

为确保本标准发布后顺利实施，建议采取以下措施：

（1）开展宣贯培训

标准发布后，由市区生态环境部门组织召开标准宣贯会，面向重点化工企业、储运企业及第三方环保服务机构，详细解读标准条款和技术要求，帮助企业准确理解和执行标准。

（2）强化技术帮扶

鼓励行业协会和科研院所为企业提供技术咨询服务，指导企业优化开停工方案和检维修计划，协助企业配套移动式VOCs治理设施，提升达标能力。

（3）严格环境监管

生态环境执法部门应将本规范文件执行情况纳入参考范围，在企业计划性大修期间，加强对退料、吹扫、设备打开等环节的现场巡查，强化执法监测，对违法行为依法查处。

（4）试点示范引领

选取上海化学工业区等大型园区内的龙头企业作为试点，打造开停工及检维修VOCs管控的示范案例，总结经验并在全市范围内推广。

十一、其他应当说明的事项

无。