

# VOCs排放对石油工程周边区域空气质量的影响

屈天柱

克拉玛依市科华技术服务有限责任公司 新疆 克拉玛依 834003

**摘要:** VOCs排放对石油工程周边区域空气质量产生显著影响。VOCs作为大气污染物之一,其排放会增加大气中氧化剂的生成,促进二次污染物如臭氧的形成,加剧空气污染。同时,VOCs本身具有刺激性气味,影响人们的感官体验。长期暴露于VOCs环境中还可能对人体健康造成潜在威胁。因此加强石油工程周边区域VOCs排放的防控工作至关重要。

**关键词:** VOCs排放;石油工程;空气质量;影响

## 1 石油工程中 VOCs 的排放特征与来源

### 1.1 石油开采过程中的VOCs排放

石油开采过程中,VOCs的排放主要来源于储罐、压缩机、气动阀等设备的泄漏和逸散。这些设备在运行过程中,由于密封不严或操作不当,会导致石油中的挥发性有机化合物(VOCs)释放到大气中。油气田开发建设项目中的开发建设期和油气生产期两个阶段也存在VOCs排放。据研究统计,石油及天然气开采、集输及处理过程中造成的VOCs排放占我国VOCs总排放量的16%以上,其中87.5%的VOCs排放来自于油品的储存、转运。这些排放的VOCs不仅对环境造成污染,还可能对人体健康产生危害。

### 1.2 石油炼制与加工中的VOCs排放

石油炼制与加工过程中,VOCs的排放主要来源于燃烧烟气、工艺尾气、装置设备泄漏的烃类气体等。石油炼制是以原油为基本原料,生产石油燃料、润滑油脂、化工原料等产品的生产过程。在这个过程中,加热炉烟气、锅炉烟气、催化剂再生烟气、焦化放空气、氧化沥青尾气、硫回收尾气等固定排放源会产生大量的VOCs。设备与管线组件的泄漏、挥发性有机液体储罐的呼吸损耗、工艺无组织排放等也是VOCs的重要排放源。这些排放的VOCs不仅包含烷烃、烯烃、环烷烃等烃类物质,还可能包含苯、甲苯、二甲苯等有毒有害物质。

### 1.3 石油储存与运输中的VOCs排放

石油储存与运输过程中,VOCs的排放主要来源于储罐的呼吸损耗、油品装运挥发等。在储存环节,由于环境温度的变化,储罐内的饱和油气会排出或从大气中补充空气,这一过程称为“呼吸损耗”。储罐的密封不严或操作不当也会导致VOCs的泄漏<sup>[1]</sup>。在运输环节,油罐车在装卸油品过程中,由于油品的挥发和泄漏,也会产生大量的VOCs。这些排放的VOCs不仅对环境造成污

染,还可能对运输安全构成威胁。为了减少VOCs的排放,石油储存与运输过程中需要采取一系列有效的管控措施,如采用高效密封的储罐、优化装卸作业流程、加强设备与管线的泄漏检测与修复等。

## 2 石油工程周边区域 VOCs 排放现状分析

### 2.1 石油工程周边区域VOCs排放源清单建立

在石油工程周边区域,VOCs的排放源复杂多样,为了准确掌握其排放状况,首先需要建立详细的排放源清单。对于工业生产源,石油工程本身就是一个重要的排放源,其开采、炼制、加工等环节均会产生大量的VOCs。此外,周边的化工厂、炼油厂、加油站等也是不可忽视的排放源。这些企业通常使用挥发性有机溶剂作为生产原料或辅助材料,其储存、运输、使用过程均可能产生VOCs排放。随着汽车保有量的不断增加,机动车尾气排放已成为城市大气污染的主要来源之一。在石油工程周边区域,由于运输需求量大,货车、油罐车等重型车辆的频繁进出,使得机动车尾气排放成为该区域VOCs排放的重要来源。生活源虽然单个排放强度较小,但由于数量庞大,其总体排放贡献也不容忽视。生活源主要包括建筑装饰、油烟排放、垃圾焚烧、服装干洗等,这些活动在使用过程中均可能产生VOCs排放。

### 2.2 石油工程周边区域VOCs排放时空分布特征

石油工程周边区域VOCs排放的时空分布特征受到多种因素的影响,包括气象条件、地形地貌、排放源分布等。在时间上,VOCs的排放呈现出明显的季节性变化。节假日、特殊天气等也可能对VOCs的排放产生影响。例如,在节假日期间,由于工业生产活动减少,VOCs的排放可能相应降低。在空间上,VOCs的排放则呈现出明显的区域差异。在石油工程周边区域,由于工业生产活动集中,VOCs的排放源也相对集中。这些排放源通常分布在工业园区、化工厂、炼油厂等区域,使得这些区域成

为VOCs污染的高发区。由于风向、风速等气象条件的影响，VOCs在大气中的扩散和传输也呈现出明显的方向性和距离性。

### 2.3 石油工程周边区域VOCs排放趋势分析

随着工业化进程的加速和环境保护意识的提高，石油工程周边区域VOCs排放的趋势也在发生着变化。一方面，随着环保法规的日益严格和环保技术的不断进步，石油工程及其周边区域的企业正在积极采取措施减少VOCs的排放。随着环保意识的提高，企业和公众对VOCs污染的认识也在不断加强，这有助于推动VOCs减排工作的深入开展。另一方面，随着城市化进程的加速和交通运输需求的不断增加，机动车尾气排放等移动源对石油工程周边区域VOCs排放的贡献也在逐渐增加。随着气候变化和环境污染问题的日益严重，VOCs排放对区域环境和人体健康的影响也受到了越来越多的关注<sup>[2]</sup>。

## 3 VOCs排放对石油工程周边区域空气质量的影响机制

### 3.1 VOCs排放对常规空气质量指标的影响

VOCs排放对石油工程周边区域的常规空气质量指标具有显著影响。常规空气质量指标通常包括二氧化硫、氮氧化物、颗粒物以及臭氧等，而VOCs作为大气中的一类重要污染物，其排放会直接或间接地影响这些指标的水平。VOCs在大气中可以与氮氧化物在阳光照射下发生光化学反应，生成二次污染物，如臭氧。臭氧浓度的升高不仅会导致空气质量恶化，还可能对人体健康产生危害。同某些VOCs本身也具有一定的毒性，如苯、甲苯等，它们的直接排放会增加大气中有毒有害物质的含量，进一步影响空气质量。VOCs还可能与其他大气污染物相互作用，促进颗粒物的形成和增长，从而加剧空气污染程度。

### 3.2 VOCs排放对空气质量感官特征的影响

VOCs排放还会显著影响石油工程周边区域空气质量的感官特征。感官特征主要指的是人们通过嗅觉、视觉等感官所感知到的空气质量状况。VOCs具有特殊的刺激性气味，当其在大气中的浓度达到一定水平时，人们会明显感受到异味，甚至可能出现头晕、恶心等不适症状。这种异味不仅影响人们的居住和工作环境，还可能引发公众对空气质量的担忧和恐慌，VOCs排放还可能导致大气能见度降低，出现雾霾等视觉污染现象，进一步影响人们对空气质量的感官评价。

### 3.3 VOCs排放对区域大气氧化性的影响

VOCs排放对石油工程周边区域大气氧化性也具有重要影响。大气氧化性是指大气中氧化剂（如臭氧、过氧

乙酰硝酸酯等）的浓度和活性，它决定了大气中污染物的转化和去除速率。VOCs作为大气中的重要前体物，其排放会增加大气中氧化剂的生成量，从而提高大气的氧化性。大气氧化性的增强会加速其他污染物的转化和去除，但也可能导致二次污染物的生成量增加，如臭氧和细颗粒物等。这些二次污染物不仅会对空气质量造成进一步影响，还可能对人体健康和生态环境产生长期危害。

## 4 石油工程周边区域VOCs排放防控策略

### 4.1 源头控制策略：削减VOCs产生，奠定防控基础

在石油工程周边区域，VOCs排放的源头控制是防控工作的首要环节。首先，应对石油工程及其周边企业的生产工艺进行全面梳理，识别出产生VOCs的关键环节。对于使用挥发性有机溶剂的工艺，应优先考虑替代方案，选用低VOCs含量的原料或产品。其次，应加强对原料储存和运输过程的管理，挥发性有机溶剂在储存和运输过程中易挥发损失，因此应采用密封性良好的储罐和运输容器，减少VOCs的逸散。应优化储存条件，如降低温度、减少光照等，以降低VOCs的挥发速率。应推广使用先进的生产技术和设备，提高生产过程的密闭性和自动化水平<sup>[3]</sup>。密闭生产可以有效减少VOCs的泄漏和逸散，而自动化生产则可以减少人为操作带来的不确定因素，进一步提高生产过程的稳定性和可控性。另外，还应加强对石油工程周边区域新、改、扩建项目的环境管理。在项目审批阶段，应严格把关，确保新建项目采用先进的生产工艺和环保技术，从源头上减少VOCs的产生。对于改建和扩建项目，应鼓励企业采用清洁生产理念，对现有工艺进行技术改造和升级，降低VOCs的排放强度。

### 4.2 过程控制策略：加强过程管理，减少VOCs泄漏

在石油工程周边区域，VOCs排放的过程控制是防控工作的关键环节。过程控制策略的重点在于加强生产过程中的管理，减少VOCs的泄漏和逸散。为实现这一目标，企业应建立健全的生产管理制度，明确VOCs排放的防控要求和责任分工。在生产过程中，应加强对设备、管道和阀门的维护和检查，确保其密封性良好，减少VOCs的泄漏。对于易产生VOCs泄漏的环节，如法兰、接头、泵体等，应采用先进的密封技术和材料，提高其密封性能。应加强对生产过程的监控和管理。通过安装在线监测设备，实时掌握VOCs的排放情况，及时发现并处理异常情况。还应定期对生产现场进行巡查，检查设备、管道和阀门的密封情况，以及生产过程中的操作规范情况，确保VOCs排放得到有效控制。在石油开采、炼制和加工等过程中，应采用先进的工艺和技术，减少

VOCs的产生和泄漏。还应加强对员工的培训和教育。通过定期开展VOCs排放防控知识的培训,提高员工的环保意识和操作技能,确保其生产过程中能够严格遵守操作规程,减少VOCs的泄漏和逸散。

#### 4.3 末端治理策略:实施有效治理,降低VOCs排放

在石油工程周边区域,VOCs排放的末端治理是防控工作的重要手段。末端治理策略的主要目的是对已经产生的VOCs进行有效治理,降低其排放浓度和总量。为实现这一目标,应采用先进的废气治理技术。对于低浓度的VOCs废气,可以采用吸附法、吸收法、冷凝法等物理或化学方法进行治理。例如,使用活性炭、分子筛等吸附材料对VOCs进行吸附回收;使用水、碱液等吸收剂对VOCs进行吸收处理;通过降低温度使VOCs冷凝成液体进行回收<sup>[4]</sup>。对于高浓度的VOCs废气,可以采用燃烧法、催化氧化法等进行治理。例如,通过直接燃烧或催化燃烧将VOCs转化为二氧化碳和水等无害物质。应加强对废气治理设施的管理和维护。确保治理设施正常运行,定期对其进行检查和维修,保证其处理效果。对于老化、损坏或处理效果不佳的治理设施,应及时进行更换或升级,以提高其处理能力和效率,还应鼓励企业采用清洁生产方式,将VOCs的治理与生产过程相结合。通过优化生产工艺、改进设备结构、提高原料利用率等措施,减少VOCs的产生和排放。同时还可以将废气治理设施与生产过程进行集成设计,实现废气的资源化利用和循环利用。

#### 4.4 管理与政策策略:强化监管力度,完善政策体系

在石油工程周边区域VOCs排放的防控工作中,管理与政策策略起着至关重要的作用。这一策略的核心在于强化监管力度,完善政策体系,为VOCs排放的防控提供有力的制度保障。首先,应建立健全的VOCs排放监管体系,环保部门应加强对石油工程及其周边企业的日常监管,定期开展现场检查和监测工作,确保企业严格遵守

相关法律法规和标准规范。对于违法违规排放VOCs的企业,应依法予以处罚,并督促其整改落实。其次,应完善VOCs排放的标准和规范,根据石油工程周边区域的实际情况和环保需求,制定更加严格的VOCs排放标准,明确排放限值和监测要求。还应加强对标准执行情况的监督和评估,确保标准的有效实施。另外,应加大对VOCs排放防控工作的资金投入和政策支持,政府应设立专项资金,用于支持VOCs排放的治理和技术研发工作。还应出台相关优惠政策,鼓励企业采用先进的治理技术和设备,降低VOCs的排放强度。加强公众参与和信息公开工作,通过开展环保宣传教育活动,提高公众对VOCs排放防控工作的认识和参与度。同时还应及时公开VOCs排放的监测数据和治理进展情况,接受社会监督,增强工作的透明度和公信力。

#### 结束语

综上所述,VOCs排放对石油工程周边区域空气质量的影响不容忽视。为改善空气质量、保护人体健康,必须采取有效措施加强VOCs排放的防控。通过源头控制、过程管理和末端治理等综合手段,降低VOCs排放强度,为构建绿色、可持续发展的石油工程发展环境贡献力量。

#### 参考文献

- [1]王明.工业排放对大气质量影响的评估方法[J].环境科学,2020,28(5):123-135.
- [2]韩彩云,赵欣,单艳红,张晓雨,殷堂兵,张春雷,林玉锁.我国大气VOCs的监测技术和污染特征研究进展[J].生态与农村环境学报,2021,34(02):114-123.
- [3]刘寅,向峰,韩新宇,施择,王成辉,黄云,史建武,宁平.昆明中心城区夏秋季大气VOCs的污染特征及来源解析[J].云南大学学报(自然科学版),2022,40(01):104-112.
- [4]陈静,孙涛.基于成本效益分析的工业废气治理技术优化探讨[J].能源环境保护,2025,38(2):102-109.