

# 油田集输系统联合站 VOCs 气体溢散治理实践

范东远 (中国石油化工集团有限公司胜利油田分公司胜利采油厂, 山东 东营 257000)

**摘要:** 在油田集输系统生产运行过程中, 原油及采出水储罐的密封性缺陷、机械呼吸阀等关键附件性能失效是导致 VOCs 溢散的核心诱因。胜利采油厂油气集输管理中心严格落实安全环保质量部门要求, 针对储罐、工艺池等 VOCs 排放源, 系统实施机械呼吸阀更新、液压安全阀加装、阻火器配置、罐顶密闭封堵及工艺池封闭改造等综合治理措施, 全面解决了储罐不密闭、附件失效等突出问题, 实现了 VOCs 溢散源头管控, 有效遏制了环境污染风险, 同时取得了显著的经济、社会和安全效益。

**关键词:** VOCs; 储罐; 密闭; 治理; 油田集输

**中图分类号:** X701

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5167 (2025) 036-0118-03

## Practice on Control of VOCs Diffusion in the Combined Station of Oilfield Gathering and Transportation Systems

Fan Dongyuan (Shengli Oil Production Plant, Shengli Oilfield Branch, China Petrochemical Corporation, Dongying Shandong 257000, China)

**Abstract:** In the production and operation of oilfield gathering and transportation systems, sealing defects in crude oil and produced water storage tanks, as well as the performance failures of key accessories such as mechanical breather valves, are the core causes of VOCs diffusion. The Oil and Gas Gathering and Transportation Management Center of Shengli Oil Production Plant strictly implemented the requirements of the safety, environmental protection, and quality departments. Targeting VOCs emission sources such as storage tanks and process tanks, systematic comprehensive control measures were implemented, including the renewal of mechanical breather valves, installation of hydraulic safety valves, configuration of flame arresters, sealing of tank tops, and enclosed modification of process tanks. These measures comprehensively addressed prominent issues such as unsealed storage tanks and accessory failures, achieving source control of VOCs diffusion, effectively curbing environmental pollution risks, and yielding significant economic, social, and safety benefits.

**Keywords:** VOCs; storage tank; sealing; control; oilfield gathering and transportation

### 1 实施背景

#### 1.1 VOCs 的环境与健康危害

挥发性有机物 (VOCs) 是指常温下饱和蒸气压大于 70Pa、常压下沸点在 260℃ 以下的有机化合物, 常见类型包括苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯、三氯乙烯、三氯甲烷、二异氰酸酯 (TDI) 等。这类物质具有强挥发性和化学活性, 在大气中易与氮氧化物发生光化学反应, 是形成臭氧 (O<sub>3</sub>) 和二次气溶胶的关键前体物, 对区域性大气臭氧污染、PM<sub>2.5</sub> 污染的加剧起着决定性作用。在城市环境中, VOCs 参与灰霾和光化学烟雾的形成, 导致空气质量下降、能见度降低, 严重影响生态系统平衡。

从健康风险来看, 大多数 VOCs 具有刺激性气味, 部分物质还具有显著的毒性、致畸性和致癌性。其中, 苯已被国际癌症研究机构列为一类致癌物, 长期接触会导致造血系统损伤, 诱发白血病等严重疾病; 甲苯、二甲苯会对人体中枢神经系统造成抑制, 引发头晕、恶心、乏力等症状; 甲醛则具有强刺激性, 会损伤呼吸道黏膜, 增加哮喘、过敏等疾病的发病风险。对于油田作业区及周边居民而言, 长期暴露在 VOCs 超标

的环境中, 身心健康将受到持续威胁, 因此 VOCs 治理已成为油田企业安全环保工作的重中之重。

#### 1.2 油田 VOCs 的排放来源与行业治理要求

VOCs 的排放来源广泛, 主要集中在煤化工、石油化工、燃料涂料制造、溶剂使用等工业领域。在油田生产环节, VOCs 排放呈现点多面广的特点, 主要来源于采油油井套管气挥发、单井原油储罐油蒸汽泄漏、集输站库储罐逸散、采出液缓存池及工艺池废气自然挥发等场景。其中, 联合站作为油田集输系统的核心枢纽, 承担着原油储存、采出水处理、油气分离等关键任务, 其储罐、工艺池等设施的 VOCs 溢散量占油田总排放量的 60% 以上, 成为治理工作的重点和难点。

近年来, 国家对大气污染防治的要求日益严格, 《中华人民共和国大气污染防治法》《挥发性有机物污染防治行动计划》等法律法规相继出台, 明确要求石油化工企业加强 VOCs 排放管控, 实现达标排放。胜利油田分公司积极响应国家环保政策, 召开臭氧污染防治工作推进会, 印发专项会议纪要, 对各采油厂 VOCs 治理工作提出具体要求: 限期完成储罐密闭改

造、关键环保附件更新、无组织排放管控等任务，确保 VOCs 排放浓度符合《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570-2015）和地方环保部门相关规定。在此背景下，胜利采油厂油气集输管理中心启动联合站 VOCs 气体溢散系统治理项目，以解决储罐不密闭、附件失效等突出问题，推动绿色油田建设。

## 2 治理现状与问题分析

胜利采油厂油气集输管理中心下辖 10 座站库，包括 7 座联合站、1 座采出水处理站、1 座资料化验站和 1 座废液站，全部位于垦利区胜坨镇，承担着胜利采油厂采出水处理、外输及油田注水等核心任务，服务范围覆盖多个油区的生产运行。经现场排查和监测，VOCs 排放主要集中在联合站的原油储罐、采出水储罐、工艺池、地下罐等设施，其中储罐类设施的溢散量占比达 85% 以上，是主要排放源。

### 2.1 原油储罐 VOCs 超标排放原因

管理中心共有原油储罐 37 座，目前在用 17 座，经检测分析，其 VOCs 超标排放主要源于以下 8 个方面：

①压力释放导致排放：当储罐内液面上升或油品挥发使气相空间压力达到机械呼吸阀 900Pa 的开启压力时，压力阀自动开启排出气体；若呼吸阀故障，压力持续升至 1950Pa（液压安全阀保护压力），液压安全阀开启排气，导致 VOCs 溢散。②呼吸阀密封失效：机械呼吸阀压力阀盘因磨损、腐蚀或异物卡阻导致密封不严，在非泄压状态下出现持续性泄漏。③液压安全阀密封问题：液压安全阀封液量不足、封液变质或阀体腐蚀，导致密封性能下降，出现 VOCs 渗漏。④泡沫发生器损坏：罐顶泡沫发生器的密封玻璃隔板破损、垫片老化，造成罐内气体直接泄漏。⑤罐顶腐蚀穿孔：拱顶金属储罐长期暴露在户外，受风雨侵蚀和油气腐蚀影响，罐顶出现穿孔缺陷，导致 VOCs 无组织排放。⑥罐顶附件密封失效：量油孔、透光孔、仪表检测孔的盲板垫片老化、变形，密封性能丧失，形成泄漏点。⑦操作不规范排放：检尺量油时临时打开量油孔盖后未及时关闭，或操作过程中孔盖密封不严，导致罐内油蒸汽逸散。⑧抽气设备故障：大罐抽气压缩机停机或运行异常，无法及时抽排罐内气相空间的 VOCs 气体，导致压力升高引发溢散。

### 2.2 采出水储罐 VOCs 超标排放原因

管理中心现有采出水除油罐 22 座、缓冲罐 18 座、反洗罐 14 座、事故罐 10 座，其 VOCs 超标排放主要原因包括：①密闭设施缺失：部分采出水储罐、地下罐未安装机械呼吸阀、液压安全阀及阻火器，罐顶存在多余通气孔，长期敞口运行，导致 VOCs 无组织挥发。②附件配置不达标：部分储罐的机械呼吸阀、液压安

全阀孔径偏小，无法满足罐内压力调节需求，压力积累到一定程度后出现气体溢散。③液位控制不稳定：采出水缓冲罐、除油罐、事故罐的液位波动较大，液面忽高忽低导致罐内气相空间压力急剧变化，超出附件调节能力，引发 VOCs 排放。

### 2.3 工艺池 VOCs 超标排放原因

各联合站现有采出水工艺池 7 座、卸油池 1 座，由于工艺池、卸油池未采取加盖密封措施，池内采出液中的挥发性有机物直接暴露在空气中自然挥发，成为 VOCs 无组织排放的重要来源。尤其是在高温天气或搅动作业时，VOCs 挥发速率显著提升，导致周边环境空气质量超标。

## 3 主要做法

针对上述 VOCs 排放问题，胜利采油厂油气集输管理中心坚持“源头管控、标本兼治”的原则，结合站库实际情况制定专项治理方案，分领域、分步骤实施综合治理措施，全面提升 VOCs 管控能力。

### 3.1 原油储罐 VOCs 治理措施

①优化运行操作：合理控制储油罐液面高度，确保进出油量平稳，避免液面急剧变化导致压力波动；优化分离器运行参数，提高油、气、水分离效果，减少罐内油品挥发量。②强化附件日常巡检：建立机械呼吸阀、液压安全阀、泡沫发生器等附件的月度巡检制度，重点检查呼吸阀密封性能、安全阀封液量、泡沫发生器玻璃隔板及垫片完好性，发现泄漏、破损等问题及时处理。③规范设备维护保养：每月对机械呼吸阀进行启闭试验，确保压力阀在 900Pa 时正常开启、回座密封良好；定期检查液压安全阀外壳有无腐蚀穿孔，放水阀关闭是否严密，及时补充或更换封液；每年对金属储罐进行腐蚀检测，采用超声波探伤等技术排查罐顶穿孔隐患，对发现的腐蚀点及时修补。④加强罐顶附件密封管理：每月检查罐顶透光孔、量油孔、仪表检测孔的密封垫片，对老化、变形的垫片及时更换；规范检尺量油操作流程，要求操作人员严格执行“开盖-操作-关闭”的闭环管理，避免孔盖长时间敞开。⑤优化抽气设备运行：根据储油罐内部压力变化，合理设定大罐抽气压缩机的开机压力（600Pa）和停机压力（150Pa），确保压缩机及时抽排罐内 VOCs 气体；严格执行压缩机维修保养制度，定期更换润滑油、检查运行状态，避免设备故障停机（如图 1 所示）。⑥实施附件更新改造：2024 年 8 月，对 7 座联合站 21 台检验不合格的机械呼吸阀全部进行更新，选用密封性能好、抗压强度高的新型产品；对 8 座储油罐罐顶透光孔盲板的孔洞进行粘补封堵，消除泄漏点，实现储罐密闭运行。



图1 大罐阻火器示意图

### 3.2 采出水储罐 VOCs 治理措施

①完善密闭设施配置：对未安装机械呼吸阀、液压安全阀及阻火器的采出水储罐、地下罐，全部加装符合规范的环保附件；对罐顶多余通气孔进行切割封堵，确保储罐密闭性，杜绝无组织排放。②优化附件配置参数：对附件孔径偏小的采出水储罐、事故罐及地下卸油罐，重新开孔并加装大孔径阻火器、机械呼吸阀和液压安全阀，确保满足罐内压力调节需求。③提升液位控制精度：优化采出水储罐液位控制系统，采用自动液位监测仪实时监控液面高度，通过调节进出水流量实现液位平稳运行，减少压力波动引发的 VOCs 排放。④开展隐患集中治理：2024 年 8 月至 9 月，对 14 座不密闭采出水储罐、3 座地下罐实施 VOCs 隐患专项治理，完成机械呼吸阀、液压安全阀、阻火器的安装调试；对功能失效、无法修复的 1 座地下罐进行拆除，彻底消除排放隐患。

### 3.3 工艺池 VOCs 治理措施

针对 7 座采出水工艺池和 1 座卸油池未加盖密封的问题，管理中心通过工艺调整实现全封闭生产：对具备清空条件的工艺池，先抽排池内液体后进行密封加盖；对无法停用的工艺池，采用钢结构框架+密封篷布的方式进行全覆盖，同时预留检修口并加装密封门，确保日常维护时的密闭性；建立工艺池密封设施巡检制度，定期检查覆盖物完好性，及时修补破损部位，避免 VOCs 无组织挥发。

## 4 实施效果

### 4.1 经济效益显著提升

通过对 VOCs 溢散系统的综合治理，有效遏制了储罐、工艺池等设施的气体泄漏，实现了 VOCs 的回收利用。经统计，治理后每天可减少罐顶呼出气损失 1089m<sup>3</sup>，每年可回收天然气 39.75 万 m<sup>3</sup>。根据胜利油田分公司《关于油田部分天然气销售价格调整的通知》（胜油公司造价工单【2024】3号），天然气销售价格为每立方米 2.1 元，每年可实现直接经济效益 83.5 万元。同时，由于 VOCs 排放达标，避免了因环保超标导致的生产停工、罚款等间接经济损失，进一步提升了企业经济效益。

### 4.2 社会效益持续凸显

VOCs 治理项目的实施，有效减少了大气污染物排放，改善了油田作业区及周边区域的空气质量。经地方环保部门监测，治理后联合站周边 VOCs 浓度平均下降 75% 以上，苯、甲苯等特征污染物浓度均符合国家排放标准，彻底解决了以往 VOCs 溢散导致的异味问题，为周边居民创造了良好的生活环境。此外，项目的成功实施为油田行业 VOCs 治理提供了可复制、可推广的经验，对推动石油化工行业绿色低碳发展、助力“双碳”目标实现具有重要意义，彰显了企业的社会责任与担当。

### 4.3 安全效益全面保障

治理后，联合站 VOCs 排放完全满足环保法规要求，在中央环保督查、地方政府常态化检查及专项执法行动中，各项检测结果均达到合格标准，未出现行政处罚、限期整改等问题，有效规避了环保合规风险。同时，储罐密闭性提升和 VOCs 回收利用，降低了罐区可燃气体浓度，减少了火灾、爆炸等安全事故的发生风险，为油田生产安全提供了有力保障。此外，整洁、环保的生产环境也提升了员工工作满意度，增强了企业凝聚力和向心力。

## 5 结语

胜利采油厂油气集输管理中心通过对联合站 VOCs 气体溢散系统的综合治理，从源头解决了储罐不密闭、附件失效、工艺池敞口等突出问题，实现了 VOCs 排放的精准管控。项目的成功实施，不仅取得了显著的经济、社会和安全效益，也为油田企业 VOCs 治理提供了实践范例。未来，管理中心将持续加强 VOCs 治理设施的运行维护，建立长效管控机制，不断优化治理方案，推动环保技术创新，为建设绿色、低碳、安全、高效的现代化油田奠定坚实基础。

### 参考文献：

- [1] 生态环境部. 重点行业挥发性有机物综合治理方案 [Z]. 环大气 [2019] 53 号, 2019.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. GB 31570-2015 石油炼制工业污染物排放标准 [S]. 北京：中国环境科学出版社, 2015.
- [3] 中华人民共和国生态环境部. GB 31570-2015 石油炼制工业污染物排放标准 (第 1 号修改单) [S]. 北京：中国环境科学出版社, 2024.
- [4] 广东省生态环境厅. 炼油与石化业 VOCs 治理指引 [Z]. 广州：广东省生态环境厅, 2020.
- [5] 中国石油化工集团有限公司. 石油化工企业 VOCs 治理技术规范 [Q/SH 0991-2022] [S]. 北京：中国石化出版社, 2022.