

# 油气储运中油气回收技术分析

曹长青 孙荣民 (山东法恩泰科技工程有限公司, 山东 青岛 276034)

**摘要:** 油气作为社会生产的重要资源, 且是不可再生资源, 为实现资源利用的最大化, 需利用油气回收技术对储运过程中挥发的油气进行捕集、分离与回收。油气回收技术实现了油气储运环节的资源化、安全化以及环保化, 常见技术手段如吸收法、吸附法、冷凝法以及膜分离法等, 不同技术方法的特点不同, 可结合油气损耗的具体情况灵活选择。本文从油气储运环节的损耗原因出发, 对油气回收技术方法和实施要点进行了简要分析。

**关键词:** 油气储运; 油气回收; 吸附法

**中图分类号:** TE89      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0084-03

## Analysis of Oil and Gas Recovery Technology in Oil and Gas Storage and Transportation

Cao Changqing, Sun Rongmin (Shandong Fantai Technology & Engineering Co., Ltd., Qingdao Shandong 276034, China)

**Abstract:** As an important resource in social production and an exhaustible resource, it is necessary to use oil and gas recovery technology to capture, separate and the volatile oil and gas in the process of storage and transportation in order to maximize the use of resources. Oil and gas recovery technology has realized the resource, safety and environmental protection of oil and gas storage and transportation link. Common technical means include absorption method, adsorption method, condensation method and membrane separation method. The characteristics of different technical methods are different, different technical methods can be flexibly selected according to the specific situation of oil and gas loss. This paper starts with the reasons of oil and gas loss in the link of oil and storage and transportation, and makes a brief analysis of the technical methods and implementation points of oil and gas recovery.

**Keywords:** oil and gas storage and transportation; oil and gas recovery; adsorption method

油气储运环节不可避免会产生损耗, 且集中于卸油、油品存储与收发油三个阶段。油气挥发不仅会造成资源浪费, 还会对大气环境造成污染, 甚至隐藏着较大的火灾风险, 因此必须通过技术手段进行有效回收。我国作为油气资源消耗大国, 为进一步提升油气资源利用率, 降低油气对环境产生的危害, 有必要在现有基础上对油气回收技术做更深入的研究, 解决以往油气储运阶段损耗频发、回收不当的问题, 以技术为支撑, 有效规避环境污染和安全风险。

### 1 油气回收的需求

#### 1.1 减少资源浪费

油气资源作为不可再生资源, 在社会生产生活中发挥着难以替代的作用, 为保证油气资源得以充分利用, 需根据其易挥发的特点, 采取针对性技术手段进行回收处理。尤其是在油气储运环节, 不可避免会出现挥发, 通过可靠的油气回收技术, 能够有效缓解这一问题, 进一步降低资源浪费。回收的油品可直接回掺至成品油系统, 实现资源循环利用, 该部分油品产生的经济收益可覆盖部分设备与运行成本, 经济性优势突出<sup>[1]</sup>。当前可选择的油气回收技术较多, 且在实践中日趋成熟, 能够以较低成本实现较高效率的油气回收, 在保证经济性的同时, 兼顾环保性与安全性需

求, 降低油气挥发带来的不利影响。

#### 1.2 避免环境污染

油气储运过程中存在蒸发现象, 挥发出的气体具有一定毒性, 若不加以处理直接排放到空气中, 将会对周边大气环境造成严重污染, 同时存在一定火灾风险。我国对于油气资源的开采利用一直秉持绿色发展原则, 除实现油气资源高效利用外, 还需降低储运过程中可能带来的污染问题。例如, 通过回收苯、甲苯、二甲苯等物质, 可预防光化学烟雾和臭氧的形成, 同时降低对土壤、水体的间接污染, 符合环保要求<sup>[2]</sup>。

#### 1.3 确保人员安全

油气储运过程中, 挥发是常见现象, 蒸发的油气中含有大量丁烷与二甲苯, 会对工作人员产生一定危害。尤其是油气蒸发过程中会与空气发生化学反应, 一旦被人体吸入, 将会危及人体健康。虽然短时间内人体不会出现明显不适, 但长期处于此类工作环境中, 体内积累的有毒物质会导致头晕、恶心等症状, 降低身体素质和抵抗力。从人员安全角度来讲, 油气回收技术的研究与应用十分必要, 如常见的吸附技术、油吸收技术、冷凝技术、膜分离技术等, 均可有效回收储运环节蒸发的油气, 避免其进入空气, 同时兼顾经济性、安全性与环保性需求。此外, 油气具有易燃易爆

爆特性，回收系统通过密闭收集，结合负压/微正压控制，将油气浓度始终控制在爆炸极限之外，排除因明火、雷击、静电等因素引发的火灾爆炸隐患<sup>[3]</sup>。

## 2 油气储运损耗原因

### 2.1 收发环节

石油液体密度较小，液体引力对其影响较弱，因此成品油在储运环节易产生蒸发，转化为蒸汽分子直接逸出扩散，造成油气资源损耗。油气储运环节需进行卸油、发油操作，此时油罐内部油面会伴随升降变化，气体空间也会相应改变，导致油气混合物排出，直接进入外部空气中，造成油罐动态损耗。收发环节的油气损耗并非固定不变，损耗量会因收发速度、油品性质等因素存在差异，通常油品密度越小、收发速度越快，产生的损耗越多，这是油气回收技术研究需重点关注的问题。

### 2.2 运输环节

油气资源运输过程中，尤其是长距离运输，发生震荡、颠簸的概率较高，油气损耗的可能性也随之增大。此外，部分运输人员操作意识薄弱，缺乏安全作业认知，装载量超出最大允许值，罐内液体表面高于安全高度，在车辆、船体运输过程中，会进一步增加蒸发损耗的概率，甚至可能因装载量过大导致油气外溢浪费。同时，油气资源在灌装、卸货等环节若操作不规范，还会出现抛洒、滴漏等损耗问题<sup>[4]</sup>。因此，必须加强人员培训，强调操作规范性，落实绩效考核制度，尽量排除人员因素造成的油气损耗。

### 2.3 储存环节

在储存环节，也存在诸多因素会造成油气损耗，如存储罐密封不严密、大气温度变化明显等，罐内油气会沿着砂眼、焊缝等缝隙逸出，造成自然通风损耗。油气蒸发损耗带来的影响，不仅是资源浪费和油品质量下降，还存在较高安全风险。由于油气密度较大，易聚集在低洼、通风不良的区域，一旦聚集浓度达到一定标准，受到外界干扰就可能发生火灾爆炸事故，因此必须及时应用技术手段进行可靠回收。

## 3 油气回收技术

### 3.1 油吸收技术

油气混合物中不同成分在吸收剂中的溶解度存在差异，油吸收法正是利用这一特性实现油气与空气的有效分离。该技术流程较为简单，将油气通入吸收塔内，采用柴油、贫油或复合溶剂等作为吸收剂，使两者逆向接触，其中的烃类会被选择性溶解；富油进入解吸塔，经减压/加热后脱附油气，贫油冷却后继续循环使用；解吸处理后的油气经冷凝回收利用，净化后的气体达到排放标准后排放<sup>[5]</sup>。

油吸收技术可根据具体条件分为多种形式，如按温度可分为常压常温吸收法与常压低温吸收法，其中常压常温吸收法无需特殊条件，仅在常压常温下即可完成烃类的吸收与解吸，是最常见的油气回收技术之一。为保证油气回收效率，可根据油气种类选择合适的吸收剂，常用的有柴油、汽油、煤油以及有机溶剂等，也可组合使用，确保最终的分离率与回收率。通常情况下，高浓度、大流量的油气更适合选择适应性强的吸收剂，此时蒸发油气回收效率更高，回收率可达90%~95%。

油吸收技术对工艺设备和处理条件的依赖性较低，前期投资及运行成本较少，操作过程简单，应用优势显著。但该技术的最终回收率依赖于吸收剂选型的合理性，且存在溶剂挥发/泄漏污染环境的风险，处理后的油气浓度难以完全满足国家排放标准，因此需结合实际情况判断其适用性。

### 3.2 吸附分离技术

吸附分离技术是常用的油气回收技术之一，其原理是利用固体吸附剂，基于油气/空气混合气中不同组分的吸附性差异，实现油气与空气的有效分离。具体而言，采用活性炭、沸石分子筛等多孔材料作为固体吸附剂，借助其高比表面积和选择性吸附特性，有效捕获油气中的烃类分子，而空气可直接穿透。待吸附剂饱和后，通过真空脱附/热再生的方式释放高浓度油气，最终冷凝为液态回收利用，且吸附剂可循环使用<sup>[6]</sup>。

对于低浓度油气，应用吸附分离技术可达到较高回收效率，处理后尾气浓度 $< 10\text{g}/\text{m}^3$ ，同时处理设备结构紧凑、占地面积小，前期投资无需过高。典型的油气回收系统由两个连续的操作单元组成，一个是吸附剂的油气吸附单元，另一个是基于真空分离系统的减压脱附再生单元。

吸附剂的选择直接关系到最终处理效率，其中活性炭对油气中烃类分子亲和力强，且成本较低，通常被选为吸附分离技术的吸附剂。但需注意的是，活性炭吸附过程会伴随放热反应，处理过程中需严格控制温度；同时，活性炭吸附后必须及时进行解吸处理，避免污染物长期残留，否则会缩短活性炭使用寿命。此外，若待处理油气中含有固体颗粒，必须提前进行预处理，防止吸附剂堵塞失效。

### 3.3 膜分离技术

膜分离技术是一种较为新型的分离方法，应用于油气回收时，主要利用特殊高分子聚合膜对烃类的优先透过性，在恒定压力条件下，油气分子优先通过高分子聚合膜，实现油气与空气的分离，从而对油气资

源进行清洁回收。目前较为成熟的高分子膜有硅橡胶、聚酰亚胺等，待处理的油气分子优先透过高分子膜形成富集气流，空气则被截留；富集油气再经冷凝/吸附处理实现深度回收，净化后的气体达标后直接排放<sup>[7]</sup>。

膜分离技术分离效率高，对中低浓度油气适应性好，同时能耗低、无二次污染，且可根据需求灵活扩容，实用性较强。应用该技术进行油气回收时，核心影响因素是高分子膜的分离性能，而膜的分离效率直接关系到整个回收系统的投资及运行成本，因此高性能膜的开发是当前高浓度、大流量油气回收研究的重点。

但仅依靠膜分离过程无法完全实现低浓度排放，且整个分离回收流程对大型内部油气循环依赖性较高，能耗较大。此外，处理系统需配备高防爆性能的压缩机，避免因设备自身性能问题带来安全隐患。

### 3.4 冷凝分离技术

挥发油气中不同组分的物理特性存在差异，利用这一特点，通过降低油气温度，可将高沸点组分冷凝为液态析出，实现油气回收，这便是冷凝分离技术。为达到高效回收和国家排放标准，冷凝分离技术通常设计为预冷、中冷与深冷三级制冷工艺，处理时直接将油气温度降至各组分露点以下，使高、中、低沸点烃类依次液化。其中，4℃左右的预冷环节用于去除水分与高沸点组分；-30℃~-40℃的中冷环节用于回收汽油组分；-70℃~-80℃的深冷环节用于回收轻烃，最终回收率可达95%以上。经分离处理后的液态油可直接回用，不凝气则需进一步处理后排放<sup>[8]</sup>。

冷凝分离技术优势突出，自动化水平高，对高浓度烃蒸汽回收利用适应性强，回收油品纯度高，可直接回用。同时，该技术可在常压条件下进行油气回收，受气液比影响小，稳定性强；整个回收过程无需使用任何化学药剂，不会产生二次污染。但由于需要进行多级冷凝，需设置多台压缩机，导致能耗较大、运行成本偏高。

### 4 油气回收技术优化

目前，油气回收技术日趋成熟，针对油气储运过程的油气回收已取得较好成果，但在技术层面仍有进一步优化的空间。尤其是国内材料学研究已取得重大进展，应用清洁度与环保性更强的吸附剂材料与高分子材料，势必能进一步提升油气回收效率，确保达到国内绿色排放标准。同时，选择高效的油气回收设备，配套应用膜分离、吸附以及压缩等技术，可实现漏油、溢油以及挥发性有机物质的高效回收，减轻对环境的污染。

此外，需强调装卸车环节规范化操作的重要性，装车应尽量选择低温环境，不仅可减少油气蒸发量，

还能使油吸收技术、冷凝分离技术等低温环境下达到更高回收效率。同时，可将吸附油气回收技术应用与运输车辆的储油设施表层，利用吸附剂减少油气在容器内的挥发量，在油罐密封与边缘吸附的双重保障下，将油气损耗控制在最低水平。

油气回收技术对设备的依赖性较强，为保证整个回收系统稳定运行，实践中科学选址至关重要，必须确保设备能够有效散热，并合理选用变频调速器或具备节能特性的电机，在实现高效回收的同时降低能耗。除此之外，装置排放条件的优劣也会影响油气回收效果，需提前开展选型优化工作，科学识别潜藏风险，并及时采取针对性措施解决，保障回收系统稳定达标运行，达到最理想的油气回收状态。

### 5 结束语

综上所述，油气储运过程中受多种因素影响，不可避免会出现油气损耗，造成油气资源的浪费，以及还伴随着对大气环境的污染。为有效解决这一问题，减少浪费与污染的同时，消除油气蒸发带来的安全风险，必须要加强对油气回收技术的研究与应用，根据油气蒸发损耗的具体原因和应用环境，选择合适的回收技术。随着技术水平的不断提升，油气回收技术逐渐成熟，可实现较高的回收效率。但同时也需正视现有技术不足，结合实际需求开展进一步研究，力争达到更高回收效率，最终实现经济性、安全性与环保性的统一。

#### 参考文献：

- [1] 邱豪. 油气回收技术在油气储运中的高效应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(10): 152-154.
- [2] 张芸聪. 油气储运中油气回收技术的应用分析[J]. 中国设备工程, 2025(07): 216-218.
- [3] 王轩滨. 油气储运中油气回收技术的发展与应用初探[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(24): 163-165.
- [4] 于博. 油气储运系统中的油气回收技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(24): 187-189.
- [5] 崇钊. 油气储运中油气回收技术的应用分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(20): 176-178.
- [6] 滕欣, 李阳, 刘晨曦, 等. 油气储运系统中的油气回收技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(11): 157-159.
- [7] 梅舟营. 油气储运中油气回收技术的应用[J]. 化工设计通讯, 2024, 50(03): 34-36+59.
- [8] 刘晴, 赵得强, 李京, 等. 油气储运中油气回收技术的发展与应用探讨[J]. 化工安全与环境, 2023, 36(11): 56-58.