

油气储运中油气回收技术的应用分析

朱 祥（中国石油工程建设有限公司华北分公司，河北 任丘 062550）

摘 要：油气回收技术，具有减少资源浪费、降低环境污染、提高能源效率的作用。本文通过分析油气回收技术的重要性，探讨吸附法、冷凝法和膜分离技术等主要回收方法的原理、优势及应用，并分析了各种技术的适用场景和经济效益。此外，文章还论证了油气回收技术面临的挑战与未来发展趋势，旨在理解其促使环境可持续发展的贡献，以及如何通过技术进步和政策支持推动该领域的发展。

关键词：油气回收技术；油气储运；吸附法；冷凝法

油气行业在全球能源供应中占据核心地位，但其运营过程中容易产生资源损失和环境影响。而有效应用油气回收技术，可以避免油气储运过程中的经济损失，改善环境质量、减轻温室气体和挥发性有机化合物的排放压力。本文将从油气回收技术的重要性出发，探讨其在环保法规和市场驱动下的发展动向，评估不同技术的实际应用效果，并展望其未来的发展机遇与挑战。

1 油气回收在油气储运中的重要性及其对环境的影响

1.1 油气储运过程中的损耗问题

油气储运损耗，通常指的是蒸发损失、泄漏损失和其他形式的损失，伴随经济上的直接损失，如资源的浪费，企业运营成本的增加，以及环境上的负面影响。其中，蒸发损失，发生在油气的存储和转运过程；泄漏损失，多因设备或操作不当造成。从环境角度看，未经回收的油气，会增加大气中挥发性有机化合物（VOCs）的浓度，加剧温室气体的排放，威胁生态系统和人类健康。因此，实施有效的损失控制措施，采用现代技术和管理策略，以减少损失具有紧迫性，是实现经济和环境双重可持续发展的关键。

1.2 油气回收对减少资源浪费的贡献

在全球的多个国家和地区均存在油气资源的浪费现象，不仅影响了资源的有效利用，也威胁着经济的可持续发展。而应用有效的油气回收技术，可以减少资源的浪费，提高资源利用效率。这是因为，油气回收技术能够回收在储运过程中产生的蒸发气体，减少资源损失，同时回收后的油气可以再次利用，转化为其他有价值的产品或能源。回收过程，不仅带来经济效益，还可以减少原油开采量，继而降低环境压力。此外，虽然油气回收技术初期投资和运营成本较高，但远长期看，油气回收技术最终将实现成本与收益的

平衡，并有可能带来额外的经济回报。

1.3 油气回收对改善环境质量的积极作用

油气行业所排放的气体，会导致空气污染和温室效应。而应用油气回收技术，可以有效减少排放上述气体，从而改善空气质量和整体生态环境。具体，油气回收技术通过捕捉和回收储运过程中的挥发性气体，降低了有害气体的排放量，减缓了气候变化且保护了生态系统的健康指数。此外，根据环保效益的定量评估结果，我们可以确认使用油气回收技术的企业在减少环境污染方面取得了显著成效，提高了环境质量改善的指标，为实现环境可持续发展目标做出了贡献。

1.4 油气回收的环保法规与政策支持

国际与国内环保法规对油气回收技术的应用提供了政策支持和法律框架，推动了油气回收技术的广泛应用。最早的国际环保法规，如《京都议定书》和《巴黎协定》鼓励减少温室气体排放，而近几年国内政策通过制定标准和提供财政补贴，进一步促进了油气回收技术的研发和应用，不仅减少了环境污染，也推动了能源行业的技术进步。

2 现有油气回收技术方法及其实际应用

2.1 油气回收技术概览与分类

油气回收技术基于不同的物理或化学原理，涉及吸附法、冷凝法、膜分离技术等，是指在油气储运和处理过程中，采用各种方法回收挥发性油气的技术，有助于减少环境污染并提高资源利用效率。其中，吸附法，主要利用固体吸附剂捕获气体分子，可用来处理低浓度油气；冷凝法，可以降低气体的温度使其液化，回收高浓度油气；膜分离技术，通过特定的膜材料，分离和纯化气体。以上技术各有优势和适用场景，选择时需考虑油气的特性、处理量和经济效益。例如，大规模石油炼制厂，倾向于使用冷凝法和膜分离技术；油库和加油站，应选择成本相对较低的吸附法。

2.2 吸附法在油气回收中的应用细节

吸附法，利用活性炭或分子筛的表面特性，吸附油气中的轻质分子，有效回收挥发性有机化合物，吸附过程通常包括吸附、饱和、再生等步骤。应用该技术时，应根据目标气体的性质和工艺条件，选择合适的吸附剂。在实际应用中，吸附法能够适应不同的操作条件，具有设备简单、操作灵活的优点。然而，这种方法也存在一些缺点，如吸附剂的选择和再生过程复杂、成本相对较高。例如，在回收石油炼制厂和化工厂的挥发性有机化合物时，吸附法具有良好的性能表现，有效降低了有害气体排放，提高了资源利用率。

2.3 冷凝法在油气回收中的运用细节

冷凝法，常见于石油化工、天然气处理等行业，具有设备结构简单，操作稳定可靠，适用于大规模工业应用的优点，通过降低油气的温度，使其从气态转变为液态，从而实现油气的有效回收，通常用于处理高浓度的油气混合物。然而，该方法也存在一定的缺点，如对低浓度油气的回收效率较低，且在能耗和设备维护方面的成本较高。当前常用的冷凝设备类型，包括管壳式冷凝器和板式冷凝器等。在实施过程中，冷凝器的设计和操作条件，影响回收效率，即需要综合考虑温度、压力和冷却介质，通过技术创新和操作优化，以发挥冷凝法在油气回收技术中的作用。

2.4 膜分离技术在油气回收中的实施细节

膜分离技术的核心在于膜材料的选择，通常包括聚合物膜、陶瓷膜和金属膜等，各种膜材料根据其透气性能、化学稳定性和机械强度的不同，被用于不同的应用场景，是一种利用半透膜的选择性透过性质分离和回收油气成分的方法，具有操作简便、灵活性高、能耗相对较低、环境适应性好，可在多变工业条件下稳定运行的特点。膜分离的工艺流程设计，关键在于膜的配置、模块化组装及操作参数的优化，通过调节压力、温度和流速，可以实现最大化的分离效率和经济效益。然而，膜分离技术也面临膜的污染和老化等问题，这些问题可能降低分离效率并增加运行成本。在实际应用中，膜分离技术已成功应用于天然气净化、挥发性有机化合物回收等多个领域，有助于满足更高效、更经济的工业需求。

2.5 不同油气回收方法的综合比较与选择策略

在选择油气回收方法时，需要综合考虑各种技术的性能特点、经济性及适用性。其中，吸附法适合处理低浓度气体，具有较高的灵活性和适应性，但需要

频繁更换和再生吸附剂，一定程度上增加了操作复杂性和成本。冷凝法适合回收高浓度油气，操作简单且设备稳定，但能耗较高，且在处理低浓度气体时效率不高。膜分离技术能效较高，适合回收各种浓度的油气，但膜的维护和替换成本较高。在选择油气回收方法时，应综合考虑实际的油气组成、处理量、经济预算以及环境影响。例如，冷凝法，可用于处理规模较大且油气浓度较高的石油炼制和天然气处理厂；吸附法，可用于处理城市加油站等小规模且油气浓度较低的场合；膜分离技术，可用于处理需要高纯度回收的工业气体。

3 油气回收技术的创新路径与未来展望

3.1 油气回收技术的发展现状与面临的挑战

油气回收技术，在石油化工、天然气处理和炼油等行业得到了广泛应用，是能源与环保领域的关键技术。但现有油气回收技术在应用过程中，仍面临许多限制和挑战。首先，技术操作要求复杂且成本高，应用受经济效益的制约，限制了其在小规模或成本敏感型企业的广泛采用。其次，低回收效率、对低浓度油气的处理不足等问题没有得到彻底解决。再次，在处理某些特定化学物质时，油气回收技术效率和选择性存在局限。最后，环境规制的变化，技术更新换代的速度需要与环保标准的严格化同步，对油气回收技术的发展提出了新要求。面对上述挑战，油气回收技术的发展需聚焦于提高技术的普适性和经济性，同时解决现有技术在环境适应性和效率上的不足。例如，可通过研发新材料、改进设备设计和优化工艺流程等措施，提升油气回收技术的整体性能和应用广度。

3.2 新型油气回收技术的研发动向与前景展望

技术的进步和环境保护要求的提升，使改进传统的吸附、冷凝和膜分离方法，以及开发全新的化学和物理回收技术，成为研究和工业界的热点。例如，应用纳米技术，可改变传统吸附剂的性能；超临界流体的技术，在处理复杂或难以分离的油气组分时，具有良好的性能表现。利用微生物吸附和转化油气，也在初步研究中显示了可能的应用前景。从市场潜力和应用前景来看，在严格的环保法规和政策推动下，油气行业将倾向于采用高效和环保的回收技术。例如，欧洲和北美的市场对政府对温室气体排放和挥发性有机化合物（VOC）排放的严格控制，增加了对先进油气回收技术的需求，此外，随着石油资源的逐渐枯竭和能源转型的推进，新型油气回收技术的研发具有战略

意义。例如,通过提高油气资源的利用效率,可以延长石油资源的使用寿命,降低对外部能源的依赖,从而提高国家的能源安全。在技术突破方面,未来研究可能会集中在提高回收率、降低能耗和成本,以及提升设备的操作灵活性和稳定性上。

3.3 智能化与自动化在油气回收中的应用趋势与影响

油气回收行业,重视引入智能化与自动化技术,旨在提高油气回收过程的效率、安全性和经济性,同时减少人力需求和操作错误。其中,智能化技术,主要指实时数据监控、云计算和人工智能,可优化油气回收过程的控制策略,提高预测精度和决策质量;自动化技术,是指高度集成的控制系统和机器人操作,可用来实现油气回收过程的无人化管理。具体,智能化技术可以实时监控油气回收设备的状态,通过分析设备数据,预测维护需求和故障风险,从而降低意外停机的概率和维护成本。例如,在大型炼油厂,通过安装传感器和采用高级数据分析工具,可以监控油气的流动和质量,实现回收过程的最优化。此外,人工智能算法能够分析历史操作数据,自动调整工艺参数,以适应原料或环境变化,提高油气回收的适应性和灵活性。而自动化技术在油气回收中的应用,主要表现为自动控制的阀门和泵系统,这两个系统能够精确控制油气的流动和处理过程,减少能耗和物料损失。

3.4 政策与市场驱动下的油气回收技术创新方向

在油气回收技术的发展中,政策法规和市场需求起着决定性的作用。政府的环保政策、能源效率标准,以及对可持续发展的承诺,推动技术的创新和应用,为油气回收技术的研发和商业化提供动力和方向。政策的推动表现在多个层面,如制定严格的排放标准、提供财政补贴、税收优惠以及研发资助,旨在降低企业采用新技术的经济负担,鼓励技术创新。例如,很多国家为促进环境友好技术的应用,提供了资金支持。而随着全球对环境保护意识的提高和能源需求的持续增长,市场对高效、低成本、环境友好的油气回收技术的需求日益增加,推动了技术供应商开发出更加高效的回收解决方案,以满足工业用户的具体需求。同时,随着竞争的加剧,企业需要通过技术创新,提升其市场竞争力,加速了新技术的研发和应用。此外,与全球能源结构的转型和绿色经济政策相结合,创新油气回收技术,被视为实现能源安全和环境可持续的关键,为油气回收技术的创新和全球推广提供了新的机遇。

3.5 未来油气回收行业的挑战、机遇与应对策略

未来,油气回收行业在技术创新与环境适应性方

面面临重大挑战,同时也存在显著的市场发展机遇。技术上,该行业需致力于提升回收效率、削减成本,并强化系统的稳定性与耐用性。且鉴于环境规制的逐步严格化和全球对抗气候变化的紧迫需求,油气回收技术必须实现高效性,并满足更严苛的环保标准。从市场机遇视角看,全球能源结构的转型及低碳经济的推进,为油气回收技术的发展提供了广阔空间。其中,亚洲和非洲等新兴市场的快速崛起,预计将增加油气回收技术需求。此外,企业和政府对环保意识的日益增强,也助推了油气回收技术的商业化与规模化应用。为应对挑战并把握机遇,油气回收行业需实施多元化战略。其中,技术创新居核心地位,涉及新材料研发、设备设计优化及工艺流程改进等方面;与政策制定者保持密切协作很重要,可保证技术进步符合国家环保与能源政策,并获取政策及财政支持。此外,应加强国际合作,分享最佳实践,推动全球范围内的技术应用与普及。

4 结语

随着技术的不断进步和环境保护要求的提高,油气回收技术面临新的挑战 and 机会。为解决现有技术在环境适应性和效率上的不足,该领域的研究将关注提高技术的普适性和经济性。未来,结合智能化与自动化技术,油气回收技术将得到进一步的创新和应用。最终,通过全球的合作和政策支持,实现更高效、更经济、更环保的目标。

参考文献:

- [1] 惠苗苗. 油气储运过程中常见问题与应对措施分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(03): 33-35.
- [2] 李宪威. 油品储运过程中油气蒸发损耗分析 [J]. 化学工程与装备, 2022, (07): 50-52.
- [3] 张林成. 油气储运管道建设中的问题及对策探讨 [J]. 中华建设, 2022, (09): 21-22.
- [4] 季节. 油气回收技术研究及在某成品油库改造中的应用 [J]. 广州化工, 2023, 51(12): 35-37+41.
- [5] 纪宁. 油气加工装置放空气回收技术应用研究 [J]. 油气田地面工程, 2023, 42(07): 72-76+82.
- [6] 刘晴, 赵得强, 李京, 刘亮, 郭峰. 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.
- [7] 焦唯. 轻质油储罐油气回收设施设计 [J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(12): 29-31.
- [8] 潘太星, 吴秋华, 戚作秋, 李蓉华. 冷凝+吸附油气回收技术应用与安全性探究 [J]. 品牌与标准化, 2024 (02): 162-165.