

油气储运过程中油气回收技术的实践应用

李 军（国家管网集团（福建）应急维修有限责任公司，福建 莆田 351100）

摘要：在油气储运过程中，由于油气的挥发性强，油气储运阶段往往会造成大量的资源浪费和环境污染。油气蒸发不仅会降低油气的利用率，还会对大气环境造成不良影响，甚至危害工作人员的身体健康。基于此，本文针对油气回收技术定义、油气回收技术发展历程展开讨论，提出常压、常温等多项油气吸收技术要点，以期为推动油气行业发展提供参考。

关键词：油气储运；油气回收；回收技术

0 引言

石油、油气是人们日常生活中必不可少的资源类型，随着现代社会速度加快，对于能源的依赖也在逐步增强。在油气储运过程中容易存在多项安全事故造成人员伤亡以及经济损失事故的发生，对社会稳定与和谐建设造成不利影响。目前，在油气储运过程中，对于油气储运管理已经采取了很多先进的油气回收技术，但是依然无法从根本上避免油气泄漏现象发生。基于此，深入分析油气储运中油气回收技术，将其技术应用到实际中切实提高油气回收水平，为我国资源领域建设发展提供支持，也能带动整个社会不断进步。

1 油气储运油气回收技术概述

1.1 油气回收技术的定义

油气回收技术作为一种先进的处理技术，在油气储运过程中完成油气回收，主要目的是在油气排放资源中重新利用或安全处理挥发性有机化合物（VOCs）。挥发性有机化合物主要是碳氢化合物，在存储、运输、销售等过程中极易挥发到大气环境中导致环境污染以及人员伤亡事故。而在油气回收技术使用的过程中利用物理、化学、生物等技术手段，使原有污染性的废气直接转变为具备使用价值的资源，或者能够降低对生态自然环境产生的破坏影响^[1]。

油气回收技术主要是从加油站、储油罐、油轮装卸区、石油炼制厂等环节中回收油气，防止出现资源浪费或者环境污染等问题。比如在加油站中汽油加注到车辆油箱内，加注过程中会有一定量的油气挥发到空气中，而油气回收系统进行挥发油气的吸收利用，通过吸收、吸附、冷凝等相关工艺转变为液态汽油，达到资源再利用的效果。再比如，储油罐、油轮装卸区等油气回收技术也有极为重要的作用，利用紧闭系统或者高效回收设备防止油气资源泄漏到自然环境中。

1.2 油气回收技术的发展历程

在20世纪，油气回收技术主要采用初步控制措施，比如提高设备密封性、改进操作规范等方式避免出现油气泄漏、排放等情况。但受到当时技术条件的限制，油气回收效果无法提升。进入到上世纪70~80年代，人们环保意识逐步增强，活性炭吸附技术广泛使用到实际中，能够有效吸附挥发性的有机化合物，提高油气回收效果。随着科学技术不断发展冷凝技术日益成熟，采用降低气体温度方式使油气成分凝结、回收液态油品，尤其在高浓度油气混合物处理方面有极高的使用价值。进入到上世纪90年代，油气回收技术进一步发展，主要是进行回收系统的热力学和动力学性能的改进从而提高油气回收效率。与此同时，分离技术也在不断应用，比如气体分离膜和选择性膜能够有效的分离和回收不同类型的气体组分。近年来油气回收技术发展速度加快，已经向集成化方向发展，将活性炭、冷凝、膜分离等技术融合形成完善的油气回收技术体系，提高回收效率。除此之外，现代环保技术发展速度加快，特别是在绿色、可持续发展理念应用下，再加上智能化、自动化技术的使用对油气回收技术运行水平的提升存在重要意义。

2 油气储运中的油气回收技术

2.1 油气吸收法回收技术

2.1.1 常压常温吸收

油气储运过程中采用吸收法进行油气回收处理，一般选择使用常压常温吸收技术，具备较高的吸收效率，经济性、环保性价值比较高。该技术应用的过程中主要工作原理是利用油气中各组分在吸收剂中溶解度的差异，在常压和常温（通常指环境温度和压力条件，如20℃至40℃和1个大气压左右）下，通过加入吸收剂的方式完成油气回收处理。常温常压吸收条件下油气混合物先进入吸收塔，从塔顶喷淋而下的吸

收剂进行逆流接触，一般根据不同的油品选择合适的吸收剂类型。该方式使油气与吸收剂之间充分的混合和接触，切实提高吸收效率。一般来说，吸收塔内填充高效填料，从而使得接触面积、停留时间不断增加进一步提高油气吸收效果^[2]。

经过对以往油气回收技术应用情况进行分析，常压常温吸收技术的油气回收效率超过80%，其吸收效率受到吸收剂类型、吸收塔设计形式、操作条件等方面因素的影响。在具体应用的过程中，可供选择的吸收剂为汽油、柴油等，其内部烃类组分具备较高的溶解度，快速捕捉油气内部的烃类成分。除此之外，该技术能耗比较低，不需要额外设置加压或者降温设备。与此同时，常压常温吸收技术还具备处理量大、操作简单、维护成本低等优势，尤其是大型油气存储设施中有较高的使用价值。为确保吸收剂能够持续使用，还要针对吸收剂进行再生处理，利用真空解吸、加热等方式将内部的烃类组分去除提高吸收剂的吸收性能。

2.1.2 常压低温吸收

针对常压低温的油气中油气回收时，在系统内安装有冷却装置直接接入外部冷源，比如制冷机等，将油气温度下降到规定范围内，如0℃~20℃之间，具体温度则根据油气的组分、吸收要求等进行调整。油气冷却完成后进入到吸收塔内，从塔顶喷淋吸收剂进行逆流接触提高接触效率。吸收剂在低温条件下对油气内的烃类组分溶解度比较高，所以能够快速完成油气资源的吸收处理。

通过对研究结论以及以往经验展开分析，常温低压吸收技术应用后油气回收效率超过85%，有些系统可达到90%以上。而该系统在运行的过程中，其运行效率往往受到吸收剂类型、冷却温度、吸收塔结构形式、操作条件等方面的影响，需要根据实际情况进行上述条件的改进调整。比较常见的吸收剂类型是特定的油品、溶剂或者专用吸收剂，结合不同油气组分以及回收要求选择使用^[3]。

2.2 吸附法油气回收技术

油气储运过程中采用合适油气回收技术提高油气回收效率，尤其是吸附法油气回收技术具备较高的运行效率，使用范围比较广泛。该技术使用的过程中使用合适的吸附剂，比如活性炭、硅胶、沸石等进行不同烃类组分的吸附处理，进而达到油气回收的效果。该技术应用的阶段先将油气气体引入到吸附装置内，

和高效吸附剂能够充分接触，再将烃类物质吸附捕获，剩余气体直接排放出去。当吸附剂达到饱和状态后利用加热、减压等方式将其脱附，使原有的烃类组分释放出来进行回收再利用。

根据实际应用效果检测发现，吸附法油气回收技术应用的过程中回收效率一般超过90%，甚至有些系统可以达到95%以上。该技术应用的阶段吸附效率受到吸附剂类型、吸附装置设计形式、操作条件、油气组分等方面影响，所以进行各项条件的优化以提高吸附效果。比如活性炭是比较常见的吸附剂类型，其内部微孔结构比较多且比表面积较大以提高油气资源中烃类物质的吸附能力。与此同时，根据吸附设计的要求选择合适吸附装置的结构形式和操作条件，比如增加吸附层的厚度、提高气流速度、温度等提高回收效率，满足由油气油气回收的要求。

2.3 油气储运冷凝法油气回收技术

2.3.1 冷凝原理及工艺

冷凝法油气回收技术是油气储运环节油气回收中必不可少的技术类型，其主要是通过烃类物质在不同温度下蒸气压差异进行吸附，采用降低温度方式使油气内的烃类蒸气压达到饱和状态，进而冷凝成液态再进行油气资源的回收。该过程中通过设备利用多级连续冷却方式，结合不同的挥发气组分、回收率要求、最终排放的标准等确定有机化合物浓度限值，从而调整冷凝装置的最低温度参数。

该技术在进行油气回收中，主要分为预冷、浅冷、深冷三个环节。预冷阶段将回收装置内的气体温度下降到5℃左右，使气体内部的水汽凝结水去除，从而减少冷却系统运行的能耗。浅冷阶段将气体温度下降到-35℃左右，将油气内70~80%的烃类物质进行液化处理。最后进入到深冷阶段，将油气温度下降到-70℃甚至更低，从而能够实现油气资源的回收，其回收效率超过95%^[4]。

2.3.2 制冷设备的选择

冷凝法回收技术应用的过程中，选择合适制冷设备是提高回收效率的关键性举措。根据该技术应用要求，选择制冷设备时主要是压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器等。制冷设备选择阶段考虑到制冷能力、能耗、运行稳定性、维护成本等多方面因素，提高冷凝法油气回收技术水平。

制冷技术的核心部件为压缩机，主要作用是将低温低压的制冷剂压缩成为高温高压的气体，成为制冷

循环的主要动力设施。冷凝器则将压缩机排出的高温高压气体冷却成为液体，再释放出热量经过冷却介质带走。膨胀阀主要作用是调整蒸发器的制冷剂量，从而使得蒸发器温度、压力在合理的范围内。蒸发器直接吸收被冷却物体的热量，使制冷剂从液态转变为气态从而提高其制冷效果。在实际应用中，常用的冷凝器类型包括列管冷凝器、翅管空冷冷凝器、蛇管冷凝器以及螺旋板冷凝器等。根据冷凝法油气回收技术应用要求选择合适冷凝器设备，考虑到工艺条件、处理量、冷凝效率等方面进行选择确定，进而保证处理效果达到要求。

2.3.3 冷凝法的回收效率

冷凝法油气回收技术运行过程中，其回收效率往往受到多方面因素的干扰影响，比如制冷温度、油气组分、处理量、设备性能等。通常情况下制冷温度逐步降低，回收效率也会有所提升，但制冷温度过低时导致能耗以及成本升高，所以确保回收率达到要求的情况下应合理调整制冷温度。从实际应用效果来看，冷凝法回收效率一般超过90%，比如制冷温度在2℃、-30℃以及-80℃时，都能够保证国家标准规定的95%以上回收率，并且系统能耗几乎控制在最低。如果需要更高的回收率，比如回收率达到99%以上，则要进一步降低制冷温度为-110℃甚至更低，但会导致能耗、成本的升高^[5]。

2.4 油气储运膜分离法油气回收技术

2.4.1 高分子膜的选择

膜分离法是油气回收技术极为重要的类型，需要根据实际情况选择使用合适的高分子膜。在高分子膜选择时考虑到其透过性、稳定性、耐腐蚀性、使用寿命等多方面因素，进而保证其过滤效果达到要求。具体应用的过程中，常用的高分子膜材料包括聚二甲基硅氧烷(PDMS)、聚乙烯醇(PVA)、醋酸纤维素(CA)等。上述各种高分子膜都能够完成挥发性有机化合物的回收处理，并且透过性比较高，使有机化合物与空气能够有效分离。与此同时，这些材料的稳定性、耐腐蚀性较强，即使在恶劣的条件下依然能够保持良好的性能^[6]。

2.4.2 膜分离工艺的流程

根据膜分离法在油气回收技术中的应用要求，其主要通过如下几个步骤完成：第一，将油气混合气体引入到膜分离装置内，并且填充高效的高分子膜进行处理。第二，利用压力差作为驱动装置，将混合气体

内有机化合物优先通过膜，而空气则被截留。第三，有机化合物经过高分子膜后进行收集，送回到储油罐或者进一步采取处理措施^[7]。第四，将系统内剩余的空气直接排出。根据膜分离处理工艺要求，在处理系统建设过程中采用多级膜组件串联的方式，进而提高回收效率。

与此同时，系统投入使用的过程中需定期进行膜组件的清洗和维护确保其分离性能合格，运行更具稳定性。经过对相关数据统计显示，膜分离法油气回收技术回收效率超过80%，有些高效系统甚至达到90%以上。膜分离法处理过程中，其处理效率受到高分子膜类型、膜组件、设计形式、操作条件、油气组分等方面影响^[8]。

3 结语

油气使用过程中油气的挥发容易造成严重的环境污染问题，也会造成资源浪费，甚至引发严重人员伤亡事故。随着我国现代环保意识不断增强，特别是很多法律法规发布实施，油气回收技术取得很快发展，对于油气储运过程中油气回收水平提高有重要意义。但从油气回收技术应用效果来看，不同技术的原理、回收效率方面有所差异，需结合实际情况选择最佳处理技术，提高油气储运水平，给社会提供高品质能源，也能带动现代社会高质量发展。

参考文献：

- [1] 刘昊阳.油气储运中油气回收技术的应用[J].化工设计通讯,2021,47(10):13-14+19.
- [2] 孙镜凯.天然气处理厂轻烃回收工艺技术研究[J].化工管理,2022,(29):155-157.
- [3] 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.
- [4] 吕新波,张长杨,许培俊,等.罐区 VOCs 治理中油气回收技术的应用[J].辽宁化工,2023,52(04):551-553+560.
- [5] 朱梦琦,邓宏波,黄晓宇.油气回收技术的研究进展[J].化工管理,2023,(01):97-99.
- [6] 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.
- [7] 王龙海.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].中国设备工程,2023,(17):239-241.
- [8] 邓超.油气储运系统中油气回收技术的应用[J].山东化工,2022,51(22):160-161+164.