

Discussion on oil and gas recovery technology in oil and gas Storage and transportation

Libo Zhao

Liaohe Oilfield (Panjin) Gas Storage Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124100, China

Abstract

According to the survey, China's oil consumption is rising trend every year. In particular, oil as a non-renewable resource, with the increasing decrease of oil availability, how to efficiently use oil resources and optimize the recovery path of oil and gas has become an urgent national issue. In this context, oil and gas recovery technology is becoming more and more important. It can not only degrade harmful substances and control the quality of emissions. It can also effectively recover and use the useful substances in oil and gas to ensure the ecological benefits. Therefore, this paper mainly discusses the recovery technology of condensation separation method, oil absorption method, adsorption method and membrane separation method, and analyzes the key technical points, so as to provide useful reference and suggestions for optimizing the oil and gas recovery path.

Keywords

oil and gas storage and transportation; oil and gas recovery technology; optimization and adjustment; analysis

油气储运中油气回收技术的探讨

赵立波

辽河油田(盘锦)储气库有限公司, 中国·辽宁 盘锦 124100

摘要

据调查,我国石油消耗量每年呈上升趋势。尤其是石油作为不可再生资源,伴随石油可用量日渐减少,如何高效利用石油资源并优化油气回收路径成为国家迫切解决的议题。在此背景下,油气回收技术显得愈发重要,它不仅能够降解有害物质,控制排放质量。还可以有效回收、利用油气中的有用物质,保障生态效益。因此,本文主要从冷凝分离法、油吸收法、吸附法、膜分离法这几方面的回收技术进行探讨,并分析技术要点,为优化油气回收路径提供有益参考与建议。

关键词

油气储运; 油气回收技术; 优化调整; 分析

1 油气储运过程中油气损耗分析

在油气储运过程中,油气受多方面、多阶段技术影响,导致不同程度的损耗,以下对不同阶段的损耗特性进行详细说明:

在收发油阶段,呼吸损耗是此阶段常见问题,其成因是出油、进油过程中油罐因液位变化造成的。具体而言,油品本身具备较强挥发性,使得压力波动、温度波动在罐内气相空间发生油气逸散,尤其是在高温条件下,将进一步增强油罐呼吸作用,从而加剧油气损耗。基于此,高效回收收油过程中释放的气体至关重要,这一步骤涉及油气回收装置的应用,并结合膜分离技术、吸附回收技术与冷凝回收等。其中,利用选择性透过膜对油气进行分离提纯是膜分离回收技术的特征,旨在抑制油气逸散,使油气回收利用效率最大化;

而吸附解析是吸附回收的重要特征,通常采用高吸附能力材料实现解析,如活性炭等;对于冷凝分离技术,则是通过低温环境把挥发性油气冷凝成液态后回收储存、利用。

在卸油阶段,亦存在油气挥发逸散风险。例如,在油品进入储罐或输送设备时,容易受到输送介质、压力变化扰动,从而挥发逸散^[1]。其次,气液置换是一个不可忽视因素,它是卸油过程中油气损耗的重要来源,尤其是槽罐车的气体需要向外界释放,油气逸散浓度越高,越容易造成大量油气损耗。在此背景下,输送方式采用气相平衡较为适宜,即气体回收可在卸油前后进行,促进接收端储罐和罐内气相空间形成闭环回路,防止油气直接暴露在环境中。与此同时,在卸油过程中引入气体回收密闭系统有助于提升油气收集效率,结合吸附解析与压缩冷凝进行回收处理,能够将油气损耗降至最低。

在储油阶段,面临油气反复进出储罐的困扰。基于储罐温度长期波动,如受气象条件、昼夜温差等干扰,使得储罐内油气空间体积变化,造成油气反复进出内部,进而形成

【作者简介】赵立波(1991-),男,中国辽宁盘锦人,本科,工程师,从事石油与天然气、油气储运研究。

呼吸损耗。此外，基于固定顶罐的气封结构较弱，因此面临较高油气逸散率，而想要控制油气挥发，可采用可变容积空间设计，常见结构为浮顶罐设计。最后，针对原有固定顶罐密封性不高的问题，可以安装内浮盘提高密封性能，从根本上抑制油气逸散。与此同时，安装气相平衡系统，能够灵活调节压力，确保储罐内外气体趋于平衡，最大程度减少压力变化带来的呼吸损耗。

2 油气储运过程中油气回收技术的应用与优化

2.1 吸附分离技术

第一，高效处理、合理选择活性炭。于吸附分离技术而言，活性炭的选择与处理是提升吸附性能的关键。吸油性较强、孔径分布合理且比表面积大的活性炭其在吸附烃类气体方面具有显著优势。值得注意的是，想要最大程度发挥吸附剂性能，需要经过高温活化处理，此步骤通常在投入活性炭前进行，旨在将残留的灰分、杂质从活性炭微孔结构中去除，确保吸附能力，使孔隙结构完整化^[2]。其次，进行高温活化时，通过温度、加热速率控制，同时在惰性气体条件下进行，有助于避免炭材料氧化分解。一般高温处理控制在 800–1000° C 为宜。与此同时，通过二氧化碳、水蒸气可以调控活化气氛，使微孔结构更适宜，这对提升特定烃类分子的吸附选择性产生积极作用。此外，引入多层床填充模式可以优化吸附塔结构，确保各种粒径的活性炭层均有气体流经，进一步增加吸附剂和气体的接触面，减少气流穿透摩擦力。最后，均匀性是吸附床填充过程的重中之重，在操作过程中，应防止填充密度过低或过高，避免分布不均匀引起的气体流动偏差。在优化气体压力、流速设置方面，应基于实验数据制定持续吸附压力值，一般 0.1–0.5 m/s 为适宜流速范围，这样不仅能为油气吸附充分提供保障，还可以防止气流通过吸附床时可能引发的短路或偏流问题。

第二，脱附再生工艺。想要延长吸附剂的使用寿命与长期稳定性，恢复活性炭表面的吸附能力是关键，可通过脱附再生工艺去除残留的污染物，确保吸附能力最大化。具体而言，采用真空脱附工艺，即控制吸附床压力在 0.1–0.5 kPa 之间，旨在释放吸附在活性炭微孔中的烃类气体，避免破坏活性炭结构同时提升了脱附效率。其次，采用低温水蒸气冲洗工艺过程中，温度范围控制在 120–150° C 之间，然后通入饱和水蒸气，以达到解析残留烃类物质的目的，与此同时，微孔堵塞物在水蒸气扩散作用下也得到清理，对防止高温造成的活性炭结构塌陷具有重要意义。最后，周期性脱附再生策略适用于运行过程，例如，以吸附饱和度为一个周期，当活性炭到达一定周期后提示脱附处理，这样有助于确保吸附床整体性能稳定，为油气回收系统的回收效率与稳定运行提供保障^[3]。

2.2 油吸收技术

第一，调整配比和优化吸收剂是油吸收技术的关键。

在此过程中，需基于油气组分间不同的特性，结合实验明确其溶解度，并通过分子相互作用参数计算吸收剂的最佳配比。面向烷烃类油气碳数较高情况，吸收剂可选择煤油与柴油混合物，并在不同配比条件下通过实验模拟明确其溶解度，以获得最佳混合比例，为提升高分子量组分的吸收能力奠定基础。具体而言，油气溶解度在不同吸收剂体系存在差异，因此需要采用等温溶解实验对目标区域进行测定，同时通过溶解度参数建立优化模型，选择不同环境条件下最优配比，促进吸附效果最大化。另一方面，想要提升轻质烃类油气的吸收效率，调整有机溶剂或汽油比例至关重要，可以选择极性溶剂或低沸点溶剂通过实验比对，如乙醇、甲苯等，以获得最优配比。在实践过程中，分步混合法得到广泛应用^[4]。在初步吸收阶段，将高亲和性吸收剂注入吸收塔中，通过喷淋系统与流量计调控，能够保障油气与吸收剂充分接触且分布均匀，完成初步吸收。接下来，深度吸收可依靠二级吸收剂吸收余下油气，同时明确油气浓度，可以采用连续取样分析法进行。

第二，通过气液接触方式调整、填料类型优化和塔体结构改进提升吸收塔传质效率。首先，选择微孔陶瓷或金属波纹作为吸收塔内部填料，然后优化填料层的排列方式与层数，可采用 CFD（计算流体动力学）分析填料层结构，确保气液接触面积充分，进一步提升吸收强度。其次，处理高流量油气时，为了延长吸收剂与油气接触时长，可设置旋流板引导塔内的油气形成旋流，且根据实际需要灵活调整旋流强度以提升吸收速率。除此之外，基于不同温度下油气组分挥发性不同，因此吸收过程亦存在差异，在此背景下，实施温度梯度控制至关重要。例如，重质烃被塔底高温区吸收，而轻质烃被塔顶低温区吸收。这一过程通过分区加热系统实现，即将控温加热装置分别布置在不同塔体高度，结合红外测温系统或热成像仪动态监测温度变化，实现吸收剂循环流量、加热功率调整，为油气回收效率奠定基础。

2.3 冷凝分离技术

冷凝分离技术是基于油气挥发过程中不同的组分物理特性，将油气温度控制在合理范畴，使高沸点组分冷凝成液态析出。为了确保油气排放浓度、回收率与国家标准相符，冷凝分离技术被设计为三级。以下进行详细说明：

在一级、二级冷却阶段，配置串联式换热器至关重要，旨在确保不同组分的分步冷凝效果在湿度梯度递减情况下实现最佳。其中，采用低温乙醇溶液循环或通过压缩机驱动氟利昂制冷是一级冷却系统工作原理，只有将油气温度保持在零下 30° C ~ 零下 50° C 之间，才能加快重质烃类冷凝。因此，高效换热管路结构在制冷系统设计中得到广泛应用。例如，新增微通道换热器或换热管，同时搭配低温循环泵确保流动性趋于稳定。其次，在低温环境下，冷凝的黏度普遍较高，对流动性造成负面影响，从而不利于冷凝液顺畅输送至储罐。基于此，配置低温伴热系统必不可少，如在外部管

道采用双层保温夹套或低温加热带。此外，二级冷却环节通常采用深冷膨胀制冷系统或液氮，因为这些冷却介质温度更低，使油气保持在零下 100 °C 以下，为轻质烃类回收效率提供保障。

液氮深冷作为三级冷却环节，想要油气回收率达到 90% 以上，减少冷损是关键，这一步骤可通过高效绝热设计完成，即在换热管路上包覆多层复合保温材料、真空绝热层等，如高密度聚氨酯和气凝胶等。此外，冷却液氮时，降低蒸发损耗是关键，它能够提升回收效率，通常采用闭式循环系统促进液氮循环再利用。即在蒸发气体作用下利用深冷换热器实现冷凝回收。值得注意的是，防止局部出现未完全冷凝或过冷现象，可采用浸没式换热方式或喷淋式，使大面积低温环境下的油气均匀冷凝。在三级冷却阶段，为了确保冷凝压力在合理范围，需要设置低温膨胀阀或自动背压阀，以避免膨胀气体导致的压力波动，为维护油气回收系统长期稳定运行奠定基础。

2.4 膜分离技术

第一，优化膜材料的耐久性与选择性。在膜分离技术中，利用选择性透过膜对油气进行分离提纯是膜分离回收技术的特点，旨在抑制油气逸散，实现油气回收。因此，膜材料应选择高分子材质，因为它具备较高溶解扩散系数。同时引入共混改性技术，能够促进各种类别的高分子材料相互融合，增加膜材料对特定分子的选择透过性。举个例子，利用分子材料提升烃类分子的选择性，然后选择纳米碳管或纳米二氧化硅作为填充物，起到增强高浓度烃类气体耐受能力与膜材料稳定性等作用。其次，多层复合膜设计也是有效提升膜材料分离效率、耐久性的重要手段。例如，选择机械强度较高的材料作为支撑层材料；而具备高分子筛结构的材料作为表层材料，这种多层组合有利于确保膜在长期使用中依

然保持耐久性与稳定性。

第二，从压缩机设计和智能化检测系统安装来提升膜分离系统的稳定性。首先，设计压缩机时，优先选择防静电材料与防爆电机，旨在降低高压环境下由油气混合物带来的风险隐患。然后联合惰性气体封闭系统、阻火器和泄压阀等防范措施，从根本上提升油气储运过程的安全性。其次，实时监测系统的温度、压力和气体成分波动是智能化监测系统的主要内容，通过综合分析这些数据，可以及时发现异常情况并制定应急预案，杜绝膜组破裂、污染造成的泄漏事故，为油气回收打下坚实基础。

3 结语

在油气储运过程中，油气回收技术占据重要地位。通过吸附分离、油吸收、冷凝分离等多种技术手段，实现了油气损耗有效减少，对生态环境治理产生积极影响。例如，吸附分离技术的优化设计、油气吸收技术的配比调整以及冷凝分离技术的多级冷却策略，都是当前油气回收领域的关键方向。为了进一步提升技术的应用效果，应结合不同技术手段的优势，进行多层次、多维度的集成创新，以持续推进油气回收技术的研究与优化调整。

参考文献

- [1] 王冠鹏.油气储运中油气回收技术的应用[J].石油石化物资采购, 2024(14):133-135.
- [2] 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.
- [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(24).
- [4] 高刘彪,张福.油气储运中的油气回收技术及发展分析[J].石油化工建设, 2023, 45(S01):448-450.