

油气田地面集输工艺技术探析

王川洪 刘 辉 赵 雷 龙俨丽 吴 娇

(中石油西南油气田分公司重庆气矿工艺研究所, 重庆 400021)

摘要: 油气田地面集输工艺技术是石油和天然气开采过程中不可或缺的关键环节。其核心任务是将从地下开采出的油气资源, 通过地面设施进行收集、处理和输送, 最终交付给下游用户或储存设施。随着全球能源需求的持续增长以及油气资源的日益复杂化, 地面集输工艺技术的重要性愈发凸显。高效、安全、环保的集输工艺不仅能够提升油气资源的利用率, 还能降低生产成本, 减少环境污染, 为油气行业的可持续发展提供重要支撑。

关键词: 油气田; 地面集输; 工艺技术

0 引言

数字化、智能化技术的引入, 使集输系统的监控和管理更加精准和高效。同时, 节能减排技术的应用, 也显著降低了集输过程中的能源消耗和碳排放; 新型材料和设备的研发, 进一步提升了集输系统的安全性和可靠性。这些技术进步不仅推动了油气田地面集输工艺的现代化, 也为应对复杂地质条件和恶劣环境提供了新的解决方案。面对全球能源转型和环境保护的双重压力, 如何在保证高效集输的同时, 最大限度的减少对环境的影响, 如何通过技术创新降低运营成本并提高资源利用率, 成为行业待解决的问题。因此, 深入研究油气田地面集输工艺技术的现状、发展趋势及其应用实践, 具有重要的理论意义和现实价值。

1 集输系统的组成及功能

1.1 油气分离器

油气分离器的核心作用是将油气混合物高效地分离为原油和天然气, 为后续的处理和输送环节奠定基础。油气分离器可分为多种类型, 其中重力式和离心式分离器较为常见。重力式分离器主要借助重力作用实现油气分离。当油气混合物进入分离器后, 由于油、气密度的差异, 油会在重力作用下逐渐下沉, 而气则会上浮。以某大型陆地油田为例, 该油田采用的重力式分离器, 在内部设置了多个挡板和集液槽, 通过增加油气混合物在分离器内的停留时间, 使油滴能够充分沉降到分离器底部, 从而实现高效分离。这种分离器结构简单, 成本较低, 适用于处理量大、油气密度差较大的工况。离心式分离器则是利用高速旋转产生的离心力进行油气分离。油气混合物在分离器内高速旋转时, 油滴会在离心力的作用下被甩向分离器的外壁, 然后沿壁面流下, 实现与气体的分离。在海上油气平台, 空间有限且对设备的分

离效率要求较高, 离心式分离器就发挥了重要作用。它能够在较小的体积内实现高效的油气分离, 满足海上平台紧凑布局的需求^[1]。

1.2 计量装置

计量装置在油气田地面集输系统中能够对油气流量、温度、压力等关键参数进行精确测量, 为生产管理提供不可或缺的数据支持。通过这些准确的数据, 生产管理人员能够实时掌握油气田的生产动态, 进而进行科学合理的决策, 以实现油气田的高效生产和优化管理。例如, 根据油气流量数据, 能够合理安排油气的输送和储存计划, 避免出现油气积压或供应不足的情况; 通过监测温度和压力参数, 可以及时发现设备运行中的异常情况, 提前采取措施进行维护, 确保集输系统的安全稳定运行。在油气田的实际生产中, 常用的计量装置类型丰富多样, 包括流量计、温度计等。不同类型的计量装置具有各自独特的工作原理和适用场景。例如, 涡轮流量计通过检测流体推动涡轮旋转的速度来测量流量, 具有测量精度高、响应速度快的优点, 适用于测量清洁、低粘度的流体流量; 而差压式流量计则是利用流体流经节流装置时产生的压力差来计算流量, 可用于测量各种类型的流体流量, 应用范围广泛。同时为了确保计量装置能够准确、可靠地工作, 需要关注其测量精度、稳定性和可靠性等性能指标, 以保证运行期间的整体情况^[2]。

1.3 管道与阀门

管道与阀门在油气田地面集输系统中承担着连接各个设备和装置的重要任务, 共同构建起一个完整的集输系统, 实现油气的高效输送和合理分配。在整个集输过程中, 管道就如同人体的血管, 将油气从井口源源不断地输送到各个处理站和储存设施; 而阀门则

类似于血管中的瓣膜，通过控制管道内油气的流动方向、流量和压力，确保集输系统的安全稳定运行。根据用途和材质的不同，管道可分为多种类型。输油管主要用于输送原油，其材质通常采用高强度的碳钢，以承受原油的压力和腐蚀。在一些原油含硫量较高的油气田，会选用耐腐蚀的合金钢或在碳钢管内壁涂覆防腐涂层，以延长管道的使用寿命。输气管则专门用于输送天然气，由于天然气具有易燃、易爆的特性，对管道的密封性和耐压性要求极高。常用的输气管材质有钢管和聚乙烯管，钢管适用于长距离、高压输送，而聚乙烯管则常用于城市燃气输送等低压场合。水管在集输系统中主要用于输送生产用水和污水，其材质根据水质和使用环境的不同，可选用铸铁管、钢管或塑料管。阀门的类型同样丰富多样，常见的有截止阀、球阀、闸阀等。截止阀通过阀瓣的升降来控制管道的通断，具有密封性好、调节精度高的特点，常用于需要精确控制流量的场合。球阀则利用球体的旋转来实现阀门的开启和关闭，操作简便、开关速度快，适用于需要快速切断或接通管道的工况。闸阀的阀板与管道轴线垂直，通过闸板的升降来控制流体的流动，具有流通阻力小、开启力小的优点，常用于大口径管道的截断和接通。

2 集输工艺流程

2.1 原油集输流程

原油集输流程是一个从井口开始，历经多个环节，最终将原油输送至处理厂或储油罐的复杂过程。在这一过程中，原油的集输涉及多个关键环节，这些环节相互配合，确保原油能够高效、安全地输送到指定地点。在井口，油井产出的通常是原油、水和天然气的混合物。这些混合物通过单井管线输送至计量站。计量站的主要功能是对每口油井的产出量进行精确计量，这对于掌握油井的生产动态、评估油井的产量和效益至关重要^[3]。例如，在某大型油田的计量站，采用先进的多相流量计，能够同时准确测量原油、水和天然气的流量，为生产管理提供了可靠的数据支持。从计量站出来后，油气混合物会进入接转站。接转站的主要作用是将来自多个计量站的油气混合物进行初步处理和汇集，并通过增压设备将其输送至集中处理站。在接转站，通常会进行气液初步分离，将部分天然气分离出来，以降低后续输送过程中的压力损失和能耗。拿沙漠油田来说，由于油井分布较为分散，接转站通过合理设置增压泵和分离设备，就能实现克服

长距离输送带来的压力问题，确保了油气混合物能够顺利输送至集中处理站。另外，集中处理站是原油集输流程的核心环节，在这里会对原油进行深度处理，以满足储存和运输的要求。其中脱水是其中的关键环节，通过采用化学破乳、电脱水等技术，将原油中的水分降低到规定标准以下。例如在一些高含水油田，采用先进的三相分离技术和高效破乳剂，能够将原油含水率降至极低水平，在很大程度上提高了原油的质量。经过集中处理站处理后的合格原油，一部分会被输送至储油罐进行储存，以备后续外输。而另一部分则会直接通过输油管道，输送至炼油厂或其他用户在后续进行使用。

2.2 天然气集输流程

天然气集输流程始于井口，气井产出的天然气通常含有液滴、固体杂质以及硫化氢、二氧化碳、水等多种杂质。为了满足后续处理和输送的要求，需要对这些杂质进行去除和净化。天然气进入井口装置后，会经过初步的气液分离，将其中的大部分液滴分离出来。这一步骤通常采用重力分离器或旋风分离器等设备，利用气体和液体密度的差异，使液滴在重力或离心力的作用下与气体分离。例如在某海上的气田，井口采用的旋风分离器能够高效地分离出天然气中的液滴，减少了后续管道输送中的积液风险。经过初步分离后的天然气会进入集气站。在集气站，天然气会进行进一步的分离和计量。除了进一步去除残留的液滴外，还会对天然气的流量、压力、温度等参数进行精确测量。这对于掌握气田的生产情况、合理分配天然气资源以及保障输送安全至关重要。比方说通过安装高精度的气体流量计和压力传感器，能够实时监测天然气的流量和压力变化，为生产调度提供准确的数据依据。从集气站出来的天然气会通过集气管道输送至天然气处理厂。在输送过程中，为了防止天然气中的水分和其他杂质在管道中形成水合物，堵塞管道，通常会采取一系列的预防措施。例如，对天然气进行脱水处理，降低其含水量；在管道中注入抑制剂，抑制水合物的形成。此外，还会对管道进行保温和伴热，确保天然气在适宜的温度下输送。

2.3 油气混输流程

油气混输工艺流程是将油井产出的原油和天然气在同一管道中进行输送的工艺方式。在井口，油井产出的油气混合物可通过单井管线输送至集输管网。在油气混输过程中，由于油气混合物的流动特性较为复

杂,需要考虑气液两相的压力变化、流速分布等因素。为了确保油气能够在管道中稳定、高效的输送,通常会采用一些特殊的技术和设备。例如使用专门设计的油气混输泵,这种泵能够适应油气混合物的特殊流动状态,提供足够的压力,推动油气在管道中流动。同时,在管道的设计和选型上,也需要充分考虑油气混输的特点,选择合适的管径、管材和管道走向,以减少流动阻力和压力损失^[4]。

3 关于油气田地面集输工艺技术的创新展望

3.1 高效的污水处理工艺

超滤技术作为一种压力驱动的膜分离技术,其滤膜孔径通常在0.001–0.1 μm之间,能够有效去除污水中的悬浮物、胶体、大分子有机物以及细菌等杂质。超滤膜对乳化油具有良好的截留效果,能够将乳化油从污水中分离出来,解决了传统处理方法难以处理乳化油的难题。超滤过程无相变,能耗较低,且操作简单,易于实现自动化控制,降低了人工操作成本。反渗透技术则是利用半透膜的特性,在压力作用下,使水通过半透膜而溶质被截留,从而实现水与溶质的分离。在处理高含盐的含油污水时,反渗透技术能够有效去除水中的各种盐分、重金属离子以及其他微小的污染物。将超滤和反渗透技术相结合,形成的双膜法处理工艺在含油污水处理中展现出了更卓越的性能。超滤作为反渗透的预处理工艺,能够有效去除污水中的大分子物质和悬浮物,降低反渗透膜的污染风险,延长反渗透膜的使用寿命。反渗透则对超滤产水进行进一步的深度处理,确保最终出水水质达到高标准。

3.2 优化集输流程降低能耗

通过简化流程,能够减少不必要的中间环节,降低能量损耗。在传统的原油集输流程中,可能存在多次油气分离和转输的环节,这些环节不仅增加了设备的运行能耗,还可能导致油气的损失。对此合理布局集输系统同样至关重要。在规划集输管网和站场时,要充分考虑地形地貌、油井分布以及油气输送方向等因素,能够使油气在输送过程中充分利用重力和地形高差,减少泵的提升次数,从而降低能耗。在某山地油田中有关团队根据地形特点,设计了一种利用地形高差的自流集输管网。通过合理规划管道走向,让原油能够在重力作用下从高处的油井流向低处的处理站,减少了对泵的依赖。这一布局优化不仅降低了泵的能耗,还减少了管道的磨损和维护成本^[5]。同时,在站场布局上,将处理站设置在油井相对集中的区域,

缩短了集输管道的长度,进一步降低了输送过程中的能量损失。

3.3 节能减排技术的应用

在油气田地面集输过程中,节能减排技术的应用愈发广泛,余热回收技术便是其中的重要一项。通过安装高效的余热回收装置,能够将原油加热、油气分离等环节产生的余热进行有效回收利用。同时高效保温技术也在集输管道和设备中得到了大力推广。采用新型的保温材料,如纳米气凝胶保温材料、聚氨酯泡沫保温材料等,能够显著降低管道和设备的散热损失。纳米气凝胶保温材料具有极低的导热系数,其保温性能是传统保温材料的数倍。在实际项目应用期间,采用纳米气凝胶保温材料对管道进行保温处理后,管道的散热损失可以在原有的基础上降低30%–40%。这不仅减少了能源的浪费,还保证了原油在输送过程中的温度稳定性,降低了因温度降低导致的原油粘度增加和输送压力增大的问题。

4 结语

综上所述,油气田地面集输工艺技术作为石油和天然气开采过程中至关重要的环节。随着全球油气需求的持续增长以及对环境保护要求的不断提升,集输工艺技术的创新与发展成为了行业的重要课题。通过对先进技术如数字化集输系统、智能化管网监控、节能减排技术的应用,油气田的集输效率得到了显著提升。在未来发展中,油气田地面集输工艺技术将继续朝着智能化和绿色化的方向迈进,这也将进一步提升集输工艺的精准性和可靠性,降低运营成本,提高生产效率。同时,随着“双碳”目标的提出,绿色集输工艺技术的研究与推广将更加迫切,并推动油气行业向低碳、可持续的方向转型。

参考文献:

- [1] 刘向薇,杜明俊,张朝阳,等.油气田地面集输管线选材[J].腐蚀与防护,2024,45(05):87-91+104.
- [2] 胡荣.油气田地面建设工程设备安装及集输管道施工技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(03):196-198.
- [3] 刘天元.油气田地面集输管网的优化设计探讨[J].全面腐蚀控制,2022,36(07):70-71.
- [4] 张振兴.油气田地面集输系统拓扑布局优化研究进展[J].山东化工,2022,51(02):64-66+70.
- [5] 查源,廖晨博,李峰.气田地面集输工艺技术优化[J].化工设计通讯,2020,46(05):39+44.