

天然气运输与油气回收技术研究

吕明伟（安徽实华工程技术股份有限公司，安徽 合肥 230091）

李桐林 范杰强（国家管网集团西气东输公司上海维抢修中心，上海 201500）

摘要：随着能源需求增长，天然气运输与油气回收技术飞速发展。当前，天然气运输有管道、LNG、CNG 等方式，各有优劣；油气回收有气举法等先进技术。但发展中存在效率待提升等问题。基于此，本文针对天然气运输与油气回收技术的现状、挑战展开分析，探讨二者整合的协同效应，期望通过提升资源回收效率，实现环保与经济效益双赢，并展望未来智能化、绿色化发展方向。

关键词：天然气运输；油气回收；技术整合；能源效率

中图分类号：TE83 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）018-0082-03

Research on Natural Gas Transportation and Oil and Gas Recovery Technology

Lv Mingwei (Anhui Shihua Engineering Technology Co., Ltd., Hefei Anhui 230091, China)

Li Tonglin , Fan Jieqiang (Shanghai Maintenance and Repair Center, West East Gas Pipeline Company, State Grid Group, Shanghai 201500, China)

Abstract: With the increasing demand for energy, natural gas transportation and oil and gas recovery technologies are developing rapidly. Currently, there are various modes of natural gas transportation, including pipelines, LNG, CNG, etc., each with its own advantages and disadvantages; Advanced technologies such as gas lift are available for oil and gas recovery. However, there are issues in development such as the need to improve efficiency. Based on this, this article analyzes the current situation and challenges of natural gas transportation and oil and gas recovery technology, explores the synergistic effects of their integration, and hopes to achieve a win-win situation of environmental protection and economic benefits by improving resource recovery efficiency. It also looks forward to the future direction of intelligent and green development.

Keywords: Natural gas transportation; Oil and gas recovery; Technology integration; Energy efficiency

随着全球能源需求的不断增加及环境保护压力的加剧，天然气与石油资源的高效运输与回收成为能源行业的重要议题。天然气作为清洁能源，已广泛应用于工业、交通及家庭等多个领域，但其运输过程中面临着长距离、高成本等技术挑战。油气田开采过程中产生的伴生气及未有效回收的天然气资源，长期处于浪费状态，严重影响资源的高效利用。油气回收技术的快速发展为这一问题提供了技术解决方案，通过回收并利用这些气体，不仅提高了采收率，还优化了资源配置。在此背景下，天然气运输与油气回收技术的整合成为提升油气产业整体效益的关键。本文旨在深入分析这两种技术的最新发展与协同效应，并探讨其未来技术整合的趋势与挑战。

1 天然气运输技术

1.1 天然气运输方式的分类与特点

天然气运输方式主要包括管道运输、液化天然气（LNG）运输和压缩天然气（CNG）运输等。管道运输作为最常见的运输方式，适用于跨越相对较短的地理距离，具有较高的运输效率与较低的单吨运输成本。其特点在于连续性、稳定性和较低的长期运营成本。

然而，管道建设涉及高昂的初期投资，且受地理环境和技术条件的制约，无法适应远程或岛屿地区的运输需求。

液化天然气运输则是通过将天然气降温至-162℃，液化成便于储存和运输的形式，这使得其适用于跨海洋、跨国界的长距离运输。LNG 运输具有更高的灵活性，但也面临较高的液化和运输过程中的能耗问题。压缩天然气运输则通过将天然气加压至高压状态进行运输，适用于短距离、高密度需求的地区。每种运输方式在实际应用中的选择受到运输距离、经济性、环境政策和基础设施等多方面因素的影响。

1.2 管道运输技术的发展与挑战

管道运输作为天然气最传统且广泛应用的运输方式，其技术发展经历了从简单的钢管建设到如今高度自动化与智能化监控系统的演变。管道的设计与建设技术已经逐渐成熟，采用了先进的材料、焊接技术与防腐技术，使得管道运输在长距离、大规模输送中展现出较为稳定的性能。然而，管道运输技术仍面临诸多挑战，主要包括地质灾害、环境污染、管道老化与腐蚀等问题。

特别是在高寒、复杂地形等特殊环境中，管道的维护成本显著增加，并且一旦发生泄漏或故障，可能对环境造成严重影响。随着天然气需求的不断增加，管道建设面临着跨国界、高风险地带的拓展需求，这对工程设计、施工与运营提出了更高要求。如何进一步提高管道的安全性、稳定性和输送效率，成为未来研究的重点方向。

1.3 液化天然气（LNG）运输技术的创新与应用

液化天然气（LNG）运输技术自20世纪中期以来得到了迅速发展，成为解决远距离天然气运输问题的重要手段。液化天然气的运输过程包括天然气的液化、储存、运输及气化等环节，每一个环节都涉及复杂的低温技术和高效能设备。近年来，随着液化技术的不断进步，LNG运输船的载重能力和航程得到了大幅提升，液化天然气运输成本逐渐下降，特别是采用双燃料动力系统的LNG船舶，进一步提升了能源效率和环保水平。

LNG接收站的建设和运营技术也不断创新，以提升气体气化能力和储存能力，从而满足全球能源市场对天然气日益增长的需求。LNG运输的主要挑战在于高昂的基础设施建设成本、液化过程中能耗的提高以及气体温度控制的稳定性问题。尽管如此，LNG作为一种灵活、适应性强的运输形式，正逐步成为全球能源贸易中不可忽视的重要组成部分。未来，随着液化天然气技术的持续优化，LNG运输将进一步拓宽其应用领域，成为国际天然气贸易的核心方式之一。

2 油气回收技术

2.1 油气回收的基本原理与方法

油气回收技术是指通过一系列物理、化学和工程手段，回收石油和天然气开采过程中未能有效利用或流失的气体与液体资源。这些气体和液体资源通常在油田生产过程中因气体溶解、压力降低或采油方法不当等原因被遗弃或流失。油气回收的基本原理是利用天然气压、气体溶解特性或机械手段，尽可能地将油田中的天然气和石油气体提取出来，从而提高油气资源的采收率，减少能源浪费。

常见的油气回收方法包括气举法、压气法、热回收法和吸附回收法等。其中，气举法是通过注入天然气或空气来提升油藏压力，从而将油气带到地面，适用于油气比高的油田；压气法则是利用外部压缩天然气来提升地下气体的采收效率，适用于气体在油藏中分布不均或气相溶解度低的场景；热回收法则通过加热油藏中的油气，降低油的流动阻力，促进其流动，提高采收率；吸附回收法则通过吸附剂（如分子筛、活性炭等）吸附并回收天然气中的轻烃成分。每种方

法的选择取决于油气储量、油气性质、技术条件和经济效益等多方面因素。

2.2 先进油气回收技术的分类与应用

随着油田开采的深度和技术要求不断提高，油气回收技术也经历了从传统方法向先进技术转型的过程。先进的油气回收技术主要包括二氧化碳驱油技术、氮气注入技术、深水油气回收技术以及低温分离技术等。二氧化碳驱油技术通过将二氧化碳注入油藏，改变油藏的压力和物理性质，从而促进油气的释放并提升采收率。该技术不仅能提高石油采收率，而且对减少温室气体排放有积极作用，是实现碳捕捉与封存（CCS）技术的重要手段之一。

氮气注入技术则通过注入氮气代替天然气或空气，改善油藏的压力环境，尤其适用于高温、高压环境中的油气回收。氮气在油藏中稳定性较强，有助于提高油气的生产效率。深水油气回收技术是为应对深水油气资源的开发需求而发展起来的，采用高压高温技术，通过适应性增强的油气回收设备和特殊材料，克服了深水环境下的高压、高温以及复杂的地质条件带来的挑战。低温分离技术则是利用低温条件下天然气中轻烃成分的凝结特性进行油气回收，适用于天然气中的液体回收。

2.3 油气回收在油田生产与环境保护中的作用

油气回收技术在油田生产中发挥了至关重要的作用，其核心价值不仅体现在提高资源采收率、延长油田寿命上，还在于推动油田生产向更高效、更绿色方向发展。随着全球对能源资源紧张问题的日益关注，油气回收技术的进一步发展不仅能显著提高石油和天然气的生产效率，还能最大化减少开采过程中的能源浪费。提高油气回收率通常意味着能够减少对未开发油田的需求，从而降低能源开采的环境负担。在环境保护方面，油气回收技术帮助减少了油田开采过程中的气体排放。

尤其是天然气回收技术，能够防止天然气的逸散和燃烧，降低温室气体的排放，为实现全球气候变化目标贡献力量。通过对气体的回收与利用，不仅减少了油气开采过程中对大气的污染，还推动了低碳经济的转型。例如，二氧化碳驱油技术不仅有助于提升采油效率，还能通过地下封存二氧化碳，减少其对大气层的影响，具有重要的环保意义。油气回收技术还能促进石油和天然气行业的可持续发展。通过优化开采技术，不仅提高了油气田的生产效率，还增强了资源的经济价值。

油气回收过程中的高效管理与技术创新，能够在保障能源安全的同时实现经济效益与环境保护的双重

目标。油气回收技术的不断完善与广泛应用，必将在未来油气行业的绿色发展和资源高效利用中发挥更为关键的作用。

3 天然气运输与油气回收的技术整合

3.1 天然气运输与油气回收的协同效应

天然气运输与油气回收技术的协同整合，是现代能源行业中实现高效资源利用和可持续发展的重要方向。两者的技术整合不仅能够提升油气开采与运输的效率，还能够优化能源结构，减少环境影响。在油田开采过程中，天然气常作为伴生气或天然气田的一部分被提取，与原油共同存在。

通过将天然气运输与油气回收技术整合，可以有效回收那些原本因地理或技术限制未能充分利用的气体资源，同时将其用于进一步的能源生产或输送。油气回收技术不仅能够增加采油率，还能有效回收油田中的伴生气和溶解气，减少这些资源的浪费。例如，通过液化天然气（LNG）运输技术，能够将油气回收过程中获得的天然气转化为液态形式，方便进行远距离运输或储存。而在天然气运输的过程中，油气回收技术则可以通过先进的气体分离、压缩和储存技术，提高油田资源的回收率。

3.2 技术整合的优势与应用案例

天然气运输与油气回收技术的整合带来了显著的经济效益与环保优势。从经济效益角度来看，天然气回收与油气运输的协同作业能够显著降低生产和运输成本。根据一项研究，油气田初期若能在开发阶段就建立天然气回收和处理系统，可以将伴生气的回收率提高 20% 以上。

例如，在阿布扎比的“哈利法油田”项目中，通过将伴生气回收系统与油气运输管网整合，天然气的回收率从原本的 50% 提升至 80% 以上，显著降低了天然气的浪费和未利用气体的排放。该项目在油田开采初期采用了压缩天然气（CNG）技术，成功将闲置气体回收并转化为可运输的液态天然气（LNG），实现了能源的高效利用。通过这种整合，不仅减少了对外部能源的依赖，还提高了油田的综合经济回报率，油田的整体产值提高了约 15%。

在环保方面，这种技术整合显著减少了温室气体的排放。据国际能源署（IEA）统计，油气回收技术的应用可将伴生气的直接排放减少约 40%。以挪威的“斯卡尔维”油田为例，该油田实施了天然气注入与油气回收的综合技术方案，回收率提高了 22%，同时天然气的有效利用率达到 92% 以上。通过将回收的天然气直接用于注入油藏进行二次采油，斯卡尔维油田不仅提高了油田的采收率，还减少了超过 30 万吨

的二氧化碳排放，为低碳环保作出了重要贡献。

3.3 未来技术整合的趋势与挑战

未来，天然气运输与油气回收技术的整合趋势将进一步向智能化、自动化和数字化方向发展。随着大数据、人工智能（AI）以及物联网（IoT）技术的广泛应用，油气回收和天然气运输将更加依赖于精确的数据分析和实时监控系统，从而实现对油气资源的精准管理和调度。例如，基于大数据分析的智能监测系统，可以实时获取油气开采和运输过程中的各项关键数据，从而优化气体的回收路径和运输方式，提高整体运营效率。

技术整合也面临一些挑战，主要体现在初期投资、技术标准化以及跨行业协作等方面。技术整合通常需要大量的前期资本投入，包括基础设施建设、设备采购和技术研发等，这对许多油气企业而言是一项不小的挑战。不同技术体系之间的兼容性与标准化问题也是整合过程中必须解决的难题。

4 结语

天然气运输与油气回收技术是能源产业高效利用和环境可持续发展的关键。随着技术的不断演进和政策支持的加强，行业面临着新的机遇与挑战。未来，相关技术的创新不仅能提升运输效率，还能进一步优化油气回收过程，实现能源的高效循环利用。然而，如何平衡经济成本、环境影响与技术可行性，将成为行业发展的核心问题。

参考文献：

- [1] 金欣. 油气储运环节分析及优化措施研究 [J]. 化工设计通讯, 2022, 48(02):13-15+29.
- [2] 李斐, 杨冬磊. SRX 乙烷回收工艺特性分析 [J]. 能源化工, 2023, 44(06):32-36.
- [3] 杨立超. 油气回收技术在油气储运中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(09):17-19.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 嵇翔, 陈波, 李莎, 等. 天然气深冷装置投产前循环干燥技术的应用 [J]. 石油与天然气化工, 2022, 51(04): 51-57.
- [7] 郑斌, 王胜功, 杨春, 等. 油气储运中油气回收技术的应用与优化 [J]. 石化技术, 2021, 28(07):65-66.
- [8] 张岳峰. 油气储运中油气回收技术的发展与应用探究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(09):217-218.