

油气储运长输管道中的节能降耗技术研究与应用

宋德琳（山东港通工程管理咨询有限公司，山东 烟台 264000）

摘要：油气储运长输管道在能源输送中占据重要地位，其输送能耗问题对经济效益和环境影响至关重要。本文深入分析油气长输管道的能耗现状及主要影响因素，并探讨节能降耗的关键技术，包括油气改性技术、管道优化设计、输送工艺改进、运行设备节能改造以及绿色能源利用等方面。通过优化输送方式、引入智能控制、升级设备及应用可再生能源等措施，可有效降低油气输送过程中的能耗，提高管道运行效率，促进油气行业的可持续发展。

关键词：油气储运；长输管道；节能降耗；优化技术；可再生能源

中图分类号：TE832 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167 (2025) 019-0105-03

Research and application of energy-saving and consumption-reducing technologies in long-distance oil and gas storage and transportation pipelines

Song Delin (Shandong Gangtong Engineering Management Consulting Co., Ltd., Yantai Shandong 264000, China)

Abstract: Long-distance oil and gas storage and transportation pipelines occupy an important position in energy transmission, and the energy consumption of oil and gas transmission is very important to economic benefits and environmental impact. This paper deeply analyzes the current situation and main influencing factors of energy consumption of long-distance oil and gas pipelines, and discusses the key technologies of energy conservation and consumption reduction, including oil and gas modification technology, pipeline optimization design, transportation process improvement, energy-saving transformation of operating equipment, and green energy utilization. By optimizing the transportation mode, introducing intelligent control, upgrading equipment and applying renewable energy, the energy consumption in the process of oil and gas transportation can be effectively reduced, the operation efficiency of pipelines can be improved, and the sustainable development of the oil and gas industry can be promoted.

Keywords: oil and gas storage and transportation; long-distance pipelines; energy saving and consumption reduction; optimization technology; renewable energy

1 油气储运长输管道的能耗现状与影响因素

1.1 管道输送能耗的基本现状

油气长输管道是我国能源供应体系中的重要基础设施，在工业化发展过程中，管道输送规模不断扩大，但随之而来的能耗问题也愈发突出。尽管我国已采取多项节能措施，但油气长输管道的能耗仍较高，主要体现在设备老化、加热设备低效、输油泵节流损耗严重等方面。

我国的油气长输管道网络已经形成了一定规模，并在国家能源供应体系中占据核心地位。截至 2020 年末，我国原油长输管道的总长已达到 3.3 万 km，日输送原油量超过 3000 万 t。由于油气的输送需要维持较高的压力和适宜的流动性，因此能源消耗主要来源于电力、柴油和天然气等传统能源，其中电力消耗占比最高，达到 60% 左右。综合测算，每吨油气输送的能耗约为 84kg 标准煤。

这一数据表明，尽管油气管道运输相比铁路、公路运输更具能效优势，但其自身的能耗问题仍然不容忽视。在国家“双碳”目标的推动下，节能减排已成为行业关注的重点，各大油气企业纷纷采取措施降低

输送能耗。然而，由于管道长度长、输送压力高、加热需求大，以及设备运行效率低等问题，油气长输管道的综合能效提升仍面临较大挑战。尤其是对于高粘度、高凝固点的原油，在输送过程中需要加热至一定温度，以降低流动阻力，这进一步增加了能源消耗。此外，管道的压力损失和流体摩擦也会导致额外的能量损耗，使得整个输送系统的能源利用效率难以达到理想水平。

1.2 影响油气长输管道能耗的主要因素

影响油气长输管道能耗的因素多种多样，主要包括设备老化、信息化程度不足、加热设备效率低下以及输油泵节流损耗严重等方面。

首先，设备老化与信息化程度不足是当前影响管道输送能耗的重要因素之一。部分长输管道建设时间较早，由于长期运行，输送设备逐渐老化，运行效率下降。同时，部分地区的油气管道自动化水平较低，无法实现精确的能耗计量和智能调控，导致输送过程中能源浪费严重。例如，一些加热炉的流量信息无法实时传输至调控中心，使得加热温度难以精确控制，造成能源过度消耗。

其次，加热设备的效率低下也是影响能耗的关键因素。由于我国部分原油含蜡较高，输送过程中需要加热以降低黏度，然而部分加热设备仍采用传统的燃烧方式，热能利用率较低，导致大量能源浪费。此外，加热设备的运维方式不合理，燃烧过程中的过剩空气系数较高，进一步降低了能源利用效率。

最后，输油泵的节流损耗严重影响了整个输送系统的能效。输油泵是油气输送过程中的核心设备，其流量控制方式决定了系统的能耗水平。然而，在实际运行过程中，部分输油泵存在节流过大的问题，出口阀开度过小，导致大量能量损耗。节流损耗不仅影响输送效率，还会增加管道系统的运行成本，缩短设备使用寿命。因此，如何优化输送设备的运行模式，提高管道输送的整体能效，成为行业亟待解决的问题。

1.3 能耗问题对行业的影响

油气长输管道的高能耗问题不仅对企业的经济效益产生不利影响，还对环境和社会可持续发展带来一定挑战。

首先，从经济角度来看，长输管道的高能耗直接增加了企业的运营成本，使得输送费用居高不下。特别是在能源价格波动较大的背景下，能源消耗的增加会进一步加剧企业的经营压力，影响油气行业的整体竞争力。

其次，从环境保护的角度来看，油气管道输送过程中消耗大量电力、天然气和柴油，导致温室气体排放量增加，加剧了大气污染和全球变暖问题。随着国家碳达峰、碳中和目标的推进，油气企业必须加快节能降耗的步伐，优化输送工艺，减少碳排放，以符合绿色低碳发展的要求。

此外，高能耗还会影响油气输送的稳定性和安全性，过度能量损耗可能导致管道系统运行效率下降，增加设备故障率，从而影响油气供应的稳定性。因此，针对油气长输管道的能耗问题，行业内需要采取综合性的措施，从技术创新、设备升级、管理优化等多个层面入手，提高能源利用效率，降低输送成本，实现油气输送系统的高效运行。

2 油气储运长输管道的节能降耗关键技术

油气改性与流动性优化技术。针对油气长输管道能耗高的问题，行业内已开发并应用了多种节能降耗技术，包括油气改性技术、输送工艺优化、管道结构优化、运行设备节能改造以及绿色能源应用等。这些技术不仅可以有效降低油气输送过程中的能耗，还能够提升管道运行效率，延长设备使用寿命，进一步推动油气行业的绿色低碳发展。

原油的物理特性对其输送能耗有着重要影响，尤

其是高粘度、含蜡原油，其流动性较差，容易在管道内形成蜡沉积，增加流动阻力，从而导致输送效率下降，能耗大幅增加。因此，优化油气的流动性是降低能耗的关键技术之一。

目前，行业内采用了多种油气改性技术来改善原油流动性，其中包括热交换技术、降凝剂技术和减阻剂技术。热交换技术的核心在于通过换热器对原油进行加热，使其在进入管道前后保持稳定的温度，减少热能损耗，提高输送效率。此外，热力越站技术也是一种重要的节能措施，通过在输送过程中设置热力站点，使得原油温度保持在合适的范围内，从而减少加热需求，降低能耗。

降凝剂技术是针对高含蜡原油研发的一种节能技术，其原理是通过添加降凝剂改变蜡晶的结构，使其不易附着在管壁上，从而提高原油的流动性，减少加热需求，降低输送阻力。而减阻剂技术则主要用于降低管道内的流体摩擦阻力，改善原油的流动性，从而减少能耗，提高输送能力。这些技术的应用，使得原油在长输过程中能够保持更好的流动性，从而有效降低能源消耗，提高输送效率。

3 运行设备优化与绿色节能技术应用

3.1 输油泵和加热炉节能改造

输油泵和加热炉是油气长输管道运行过程中最主要的能耗设备。输油泵的作用是维持原油或成品油的输送流速，而加热炉的作用是为高凝固点原油提供热能，使其保持适宜的流动性。然而，由于部分输油泵的设计流量与实际输送需求不匹配，导致大量节流损耗，而传统加热炉的燃烧效率较低，也造成了较大的能源浪费。

因此，对这两类设备进行节能改造，是降低油气长输管道能耗的关键措施。输油泵的变频调节技术是一种有效的节能手段，通过安装变频器，输油泵的转速可以根据输送需求自动调整，实现按需供能，避免不必要的节流损耗。这种调节方式能够使输送能耗与输送流量成正比，从而降低系统能耗。此外，结合智能控制系统，输油泵的运行状态可以实时监测，并根据输送需求调整转速，确保系统始终处于最优运行状态。相比传统的固定转速输油泵，变频调节可以显著提高输送效率，减少设备的机械损耗，同时降低维护成本。

加热炉的优化同样是提升能效的重要环节。由于原油的流动性受到温度的影响，在寒冷季节或高粘度原油输送过程中，加热设备的作用尤为关键。然而，传统加热炉的燃烧方式较为落后，燃烧效率较低，部分设备因设计缺陷或维护不足，导致大量热能损失。

因此，采用全自动加热控制系统可以有效提高加热炉的燃烧效率，使燃料消耗与实际需求匹配，减少热量浪费。此外，真空相变换热技术的应用能够进一步优化热能利用效率，利用相变过程中吸收和释放的热量，提高热传递效率，从而降低整体加热能耗。同时，定期清理烟火管道，优化传热结构，也能够减少因积碳或热交换不均导致的能源浪费。这些措施相结合，不仅可以降低加热炉的能耗，还能够延长设备的使用寿命，提高整体输送系统的经济性。

3.2 绿色能源应用

随着全球碳排放管控的加强，油气行业也在不断探索绿色能源在输送系统中的应用，以减少对传统化石燃料的依赖，提高系统运行的环保性和经济性。利用可再生能源替代部分传统能源，不仅能够降低能源消耗，还能够有效减少碳排放，提高油气管道的可持续发展能力。太阳能加热技术是目前应用较为广泛的绿色能源利用方式之一，特别适用于日照资源丰富的地区。在油气长输管道系统中，太阳能集热器可以替代部分传统加热炉，减少化石燃料的消耗。太阳能集热系统可以通过吸收太阳辐射，将热能存储并用于加热原油，从而降低对燃油或天然气加热的依赖。结合自动控制系统，可以在阳光充足时优先使用太阳能进行加热，而在光照不足时再使用辅助加热设备，提高能源利用效率。

地热能的利用也是一种重要的绿色能源应用方式。在适宜的地理条件下，地热能可以为油气输送系统提供稳定的热能支持，从而减少对传统化石燃料的依赖。在一些高寒地区，地热能可以用于管道伴热，防止原油在输送过程中发生凝固，提高输送效率。此外，地热能还可以用于加热泵站中的工作环境，降低供暖能耗，实现综合节能降耗。相比传统的加热方式，地热能的使用不仅能够减少化石燃料的消耗，还能够降低维护成本，提高整体输送系统的经济效益。

风能与光伏发电技术也在油气输送行业中得到应用，特别是在偏远地区的输油站和泵站，风能或光伏发电系统可以为输送设备提供独立的电力支持，降低对传统电网供电的依赖。通过建立微电网系统，风能和光伏发电可以与传统电力供应相结合，实现多能互补，确保输送系统的稳定运行。在一些长输管道沿线区域，风能资源丰富，结合储能技术，可以在非高峰时段储存多余电力，并在用电需求较高时释放，实现能源的高效利用。此外，光伏发电系统可以通过在管道沿线或泵站屋顶安装太阳能电池板，为站点的照明、控制系统和辅助设备提供电力支持，进一步降低能耗。这些绿色能源的应用，有助于减少油气长输管道的碳

足迹，提高能源利用的清洁度，为行业的可持续发展提供有力支撑。

3.3 智能管理与能效优化

智能化管理是提高油气长输管道能效的重要手段，通过先进的监测和控制技术，能够实时优化管道运行参数，减少不必要的能源消耗，提高输送效率。智能调控系统的引入，使得油气输送过程更加精准和高效。基于人工智能和自动化控制技术的智能调控系统，可以实时监测管道内的流量、压力和温度，并根据实际输送需求动态调整运行参数，避免能源浪费。此外，智能调控系统可以整合多种能源管理策略，使输送过程更加稳定，降低因输送不均导致的额外能耗。

大数据分析技术在油气输送管理中也发挥着重要作用。通过收集和分析输送过程中的各项数据，可以预测未来的输送需求，提前优化设备运行状态，减少不必要的能源损耗。例如，利用大数据分析历史输送量的变化趋势，可以优化输油泵的启停时间，减少不必要的设备运转，从而降低整体能耗。此外，大数据分析还能帮助识别管道系统中的高能耗区域，并针对性地提出优化方案，提高整体输送系统的能效。

远程运维技术的应用，使得油气管道的维护更加高效和精准。通过物联网技术，输送系统的各个环节可以实现远程监测和控制，减少人工干预，提高设备的运行效率。例如，远程监测系统可以实时检测管道的运行状态，并在发生异常时立即发送警报，防止因设备故障导致的能耗增加。此外，远程运维技术还可以提高设备维护的及时性和精准度，避免因设备老化或故障导致的能源浪费。这些智能管理技术的应用，将进一步推动油气长输管道的节能降耗，提高整体运营效率。

4 结论

油气储运长输管道的节能降耗是一个涉及多方面技术的系统工程，涵盖输送工艺优化、设备改造、信息化智能管理及可再生能源应用等多个领域。通过综合运用油气改性技术、输送方式优化、设备升级改造和绿色能源替代，能够显著降低油气输送过程中的能耗，提高行业的整体运行效率。在未来，随着智能化、信息化和绿色能源技术的发展，油气输送行业的节能降耗水平将进一步提升，助力我国能源产业的可持续发展。

参考文献：

- [1] 张志. 天然气长输管道的节能降耗 [J]. 化学工程与装备 2022,(11):125-127.
- [2] 陈雪峰. 天然气长输管道定量风险评价方法及其应用研究 [D]. 北京: 北京科技大学, 2020.