

绿色低碳导向下油气储运系统降本增效技术 经济评价路径研究

张晓乐 (中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司油气集输总厂, 山东 东营 257000)

摘要: 油气储运系统作为我国绿色低碳转型关键环节。在能耗、成本与环保等多个方面, 都会面临多重压力的影响。本文系统梳理了油气储运系统的多种降本增效低碳技术。并以此为基础, 构建了一套针对降本增效技术的经济评价路径。可为系统化、科学化的绿色转型决策, 提供更多的量化分析依据。

关键词: 油气储运系统; 绿色低碳; 降本增效; 经济评价; 节能减排

中图分类号: TE8; F206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 006-0016-03

Research on the Technical and Economic Evaluation Pathway for Cost Reduction, Efficiency Improvement, and Green Low-Carbon Orientation in Oil and Gas Storage and Transportation Systems

Zhang Xiaole (Oil & Gas Gathering and Transportation General Plant, Shengli Oilfield Branch, China Petroleum & Chemical Corporation, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: As a key link in China's green and low-carbon transformation, the oil and gas storage and transportation system is subject to multiple pressures in terms of energy consumption, cost, and environmental protection. This paper systematically reviews various cost-reduction, efficiency-increasing, and low-carbon technologies for the oil and gas storage and transportation system. Based on this, it constructs an economic evaluation path for cost-reduction and efficiency-increasing technologies, which can provide more quantitative analysis basis for systematic and scientific green transformation decisions.

Keywords: Oil and gas storage and transportation system; Green and low-carbon; Cost reduction and efficiency increase; Economic evaluation; Energy conservation and emission reduction

全球绿色低碳转型加速推进。中国的“双碳”目标正在引领着能源行业进行深刻的变革。油气储运系统与能源生产、消费行为紧密相关。其是目前国内减排降耗的关键环节之一。而当前, 系统能耗高、成本压力大、环保要求严。加之现有研究成果, 大多还是集中于单一技术开发, 或是针对某些工艺进行局部优化这种层面。根本上是缺乏系统性技术经济评价路径的。绿色低碳与降本增效协同机制, 尚不清晰。故而亟待构建科学、综合的评价体系。

1 绿色低碳导向的内涵与政策体系

绿色低碳导向的核心, 是要进行节能减排与可持续发展。所以, 这就要求我们必须兼顾生态保护与经济增长的双重目标^[1]。而要完成这两个目标, 则必须做好相应的气候治理与能源安全管理工作。当下, 全球有关绿色低碳导向的政策与行动氛围相对已经比较浓烈。国际社会大量的声音都在主张多项绿色低碳合作事宜。各类行业的绿色低碳倡议也在不断涌现出来。如此说明, 绿色低碳导向整体是符合社会发展目标的。针对绿色低碳导向, 我国早已明确提出了“双碳”战略目标。这从本质上, 就是一项针对绿色低碳发展的

系统性深远变革。当下, 国家的能源与产业政策体系, 已经在逐步完善。各领域转型亦都在国家相关政策的指引下蓬勃发展。而油气储运行业, 身处能源枢纽位置, 其转型进程与效果, 当更受关注与期盼。

2 油气储运系统概述

油气储运系统, 连接着油气资源与消费市场, 是二者之间的关键枢纽。其运作, 会直接关系到国家能源安全与经济命脉。而这一无比巨大的系统, 包含了储存、管道、装卸及配送等多个环节的储运过程。每个环节, 都具有各种非常重要的特定功能。

当下, 该系统在运营管理上, 技术含量非常密集, 不是简单的油气搬运行为可以比拟的。同时, 它的过程是一个非常连续的动作, 如果哪里断开了, 就以为着整个油气储运停止了。

所以, 系统一旦建成, 就必须长期稳定运行下去。因此, 其运营能耗与排放的问题就更加的突出了。而目前来看的话, 部分企业的油气储运系统, 还是会消耗很大的能源总量。尤其是泵站加压、设备驱动、工艺处理等过程, 基本上都要消耗大量的能源, 产生不少的碳排放^[2]。而且, 其中还会有一些甲烷排放的

问题,根本很难控制和减少排放,所以更是备受国际关注。而这些现状的存在,全面的说明了,当前我国的油气储运系统在绿色低碳发展上,还有很大的瓶颈,需要修复和完善。

当前,一些企业的油气储运系统正面临着多方面的严峻挑战。在成本层面,投资与运营维护费用持续高企。能源价格波动,亦给成本控制带来巨大压力。在效率层面,又有部分设施老化,输送损耗偏高^[1]。而系统整体运行的优化潜力,也尚未被充分挖掘。至于环保挑战,则更为直接而刚性。日益严格的碳排放法规,已是明确的约束红线。社会公众对环境保护的期待,也在持续升高。这些成本、效率与环保挑战,相互交织。它们共同构成了系统迈向绿色低碳发展的现实背景。而深刻理解这一系统本身,亦是后续继续探讨技术路径与评价方法的坚实基础。

3 油气储运系统降本增效低碳技术梳理

3.1 节能提效技术

对于油气储运系统来说,怎么降低系统的运营成本,根本上需要考虑的就是如何做到节能能效的重要目标。这件事情的核心,是应该要对系统中现有的一些流程和设备做出深度的优化。比如可以在运行调度这件事上做出相应的优化,想办法减少泵站没有必要的一些能耗。还可以研究一下余热回收技术,想办法从一些废热中进行能量提取转化为可用的再生能源。还有设备优化的方向,也可以尝试看看有没有更高效的新型设备,比如新型压缩机、泵阀等等,直接就从源头上提升能效。还有一些技术是利用一些智能调控系统,采用实时优化的方法,对整个能源消耗过程和碳排放过程进行精准控制,也能起到很好的效果^[4]。

3.2 低碳能源替代与利用技术

油气储运系统的降本增效方向,目前还有人从一些低碳能源的角度去进行研究。比如在油气储运场站开发利用一些现场就可以进行可再生的能源。像是铺设光伏电板安装小型风电设备等等。直接在储运厂站就能实现光伏发电风力发电。还有的储运厂站光热资源比较丰富,就可以生产更多的电力,甚至可以就地制氢,或者合成氨。这样不仅能够实现自身能源的自我满足,还能够生产出更多的新能源产品,为企业增加更多额外收入^[5]。

3.3 甲烷等温室气体排放监测与减排技术

甲烷排放的控制,在整体减排目标里占的权重是非常高的。所以,和它相关的监测技术还有减排控制技术,就特别重要。当前一般情况下的做法,是要借助像激光雷达、无人机巡检这些相对来说更加先进一点的技术手段。对排放点要进行精准的定位,然后还

要做好量化测量的工作。在这个基础之上,才能去有针对性地实施减排。比如说,把老旧的密封件升级更换掉,或者对压缩机的气动系统进行优化。这些,都是控制无组织排放的有效措施。

3.4 数字化与智能化赋能技术

数字化转型的出现,给整个油气储运系统的优化,带来了一个新的技术维度。这里面最基础的,是要用物联网技术,把整个储运过程“上纲上线”。也就是说,要把全系统产生的海量数据,都给实时采集上来。然后,让大数据平台去接手,对这些数据进行整合和分析的工作。再往后,才会用到人工智能算法。它的主要任务是从中挖掘出系统运行的规律,找到哪里还有能耗优化的潜力。举个例子,用人工智能来做预测性维护的话,就能很好地减少非计划停机的问题。还有智能仿真优化这一类的技术,也能给管网的调度找出一个比较好的解决方案。而且,这些技术本身并不直接消耗巨量能源的,它们主要是通过提升管理的“软实力”,来达到节能的目的。

3.5 碳捕集、利用与封存(CCUS)技术在储运环节的集成应用

CCUS技术,可以说是目前一张技术性王牌。对于那些实在没法彻底消除的排放问题,这个技术可以起到一个兜底的作用。比如说储运这个环节,像是在大型压缩机站、天然气处理厂这些排放又大又集中的地方。就可以直接把碳捕集装置给部署上去。直接把碳排放给拦截下来,然后兵分两路。一部分,拉到附近的油田去,直接用来驱油增产,变废为宝。另一部分,就通过管网运到合适的地质构造中,去封存起来。尽管眼下这项技术成本还是比较高昂的。但如果要真正完成深度减排目标,这又确实是一条极为重要的技术路径。

4 绿色低碳导向下油气储运系统降本增效技术经济评价路径构建

4.1 评价的目标、原则与边界界定

要真正优化油气储运系统的资源配置,首先就要构建一套科学的技术经济评价路径。这件事的关键,是要能系统地评估各类低碳技术的应用效果。也就是说,我们不仅要算清楚经济账,还得把能源账和环境账,一并算好。最终的目的,就是要为整个系统实现绿色转型,提供一个扎实、可量化的决策基础。

确立清晰的评价原则,是确保路径科学性的基石。首要原则,是系统性。储运系统需要视为一个有机整体。因此,经济评级需要考量技术应用的连锁反应与协同效应。其次,是协同性原则。评价必须能够清楚分析降本、增效与减排三者间的互动关系。寻求综合

最优解。再者，是动态性原则。评价需要充分考虑各种关键参数的长期波动影响。比如，技术成熟度、能源价格与碳价等。最后，是实用性原则。评价过程与方法，应尽可能贴近工程实际与决策习惯。必须保证结果可用、可信。

而明确的边界界定，则是评价具体实施的操作框架。在空间边界上，通常以一个相对完整的储运子系统为对象。例如，一条长输管道、一座大型储配库区，或一个区域性的配送网络等。而在时间边界上，则一般需覆盖技术的全生命周期。从规划设计、建设安装，到长期运营维护，直至最终退役。技术边界方面，也需全面厘清。到底是评价单一技术，还是一个包含多项技术的组合方案。这些边界的划定，可以为后续的数据收集与模型构建，限定清晰的计算范围。

4.2 多维度综合评价指标体系构建

传统评价，往往过于聚焦于初投资与财务回报。这在绿色低碳导向下，难免有些片面化。因此，需要构建一个多维度、多层次的综合评价指标体系。

第一，是经济成本维度。这当然是评价的天然基础。但它的内涵又需要拓展开来。不能只算一开始的固定资产投资。而是要彻底算清楚长期的成本账。比如运营中的能耗费用、维护检修费用等，各种持续性的支出。同时，也要把技术带来的额外收益算进去。比如因为能效提升，或者生产出更多的副产品，所能带来的那些经济收入。这些都是评价最核心的内容。第二，是能源效率维度。这里的维度，是直接用来衡量一项技术到底省不省能，有没有相应的降本增效优化效果的。具体的指标方面，要包括，像是单位周转量的综合能耗是多少，关键设备比如泵机组的运行效率怎么样，以及整个系统的能量回收率又能达到多少这样的。第三，是碳减排效益维度。这是当前绿色低碳转型下，一个比较容易被忽略的新焦点。它最核心的指标，就是要看温室气体事实减排量。这里面尤其是专指二氧化碳和甲烷的减排量。第四，是系统可靠性维度。这个维度会关系到能源供应安全的底线。任何新技术的应用，都不能显著增加原来系统的运行风险。所以，对于一项降本增效技术的应用，就必须全面深入评估它会对整个系统的稳定性、可靠性产生的相关影响。

4.3 评价模型与方法选择

其一，是全生命周期成本分析（LCCA）方法。这是一个既经典又很重要的方法。它的核心思路，是要把一项技术从“生”到“死”的所有成本，都折算成现在的钱，然后再去进行比较。这种方法，特别适合用来评价那些一开始投钱多、但长期下来节能收益特别明显的技术。比如说，更换高效设备，或者上马一

些大型的余热回收项目，就很适用这个方法来算账。其二，是成本效益分析（CBA）方法。这个方法的核心，是要尝试把所有效益，都想办法“标上价”，转换成货币。然后，再跟总成本放在一起对比，算出净现值或者效益成本比。但是，这里面有些情况比较复杂。比如，怎么给碳减排效益“定价”等。关键就是要找到一个合理的“碳价格”。而这个价格，可以是现在碳市场上的交易价格。也可以是对未来可能要交的碳税的一个预估。又或者就是社会愿意为减排所付出的那个“影子成本”。其三，是多准则决策分析（MCDA）方法。绿色低碳转型中的许多效益，是难以精确货币化的。这时，MCDA方法就可以迎难而上了。它允许决策者不将所有指标转化为货币。根据自己的偏好，对各个维度的表现，进行打分或排序。可以利用层次分析法、模糊综合评价等方法，处理信息不完整等问题。而且，此方法能很好地吸纳专家经验和经理者的决策判断。最后，在实际构建评价路径的时候，往往都不是只用某一种方法得。更常见的做法，是把这几种方法组合起来使用。比如说，可以先用LCCA和CBA做个初步的筛选和量化分析。然后，对筛选出来的几个备选方案，再用MCDA方法做一个综合性的排序。这种组合起来的策略，既能保证评价有客观的、量化的基础，又能把一些主观的价值判断给吸纳进来。这样得出的评价结论，才会更加稳妥、更为全面一些。

5 结语

在绿色低碳发展的大背景之下，油气储运系统转型存在一定的现实挑战。本研究针对油气储运系统的降本增效技术，构建了一套技术经济评价路径。此路径体系有助于企业科学比选技术方案。让企业可以从系统层面，协同推进降本、增效与减排三大目标。为油气储运行业落实“双碳”战略，提供重要的实践参考。未来，技术、政策与市场会持续进行演变。降本增效技术的评价路径，亦需在实践中，不断迭代与完善。从而，持续提升油气储运系统的降本增效质量。

参考文献：

- [1] 赵清民. “双碳”目标下我国油气田绿色低碳发展路径研究 [J]. 中外能源, 2024, 29(10): 1-5.
- [2] 郭洪金. 推动传统油气、新能源、绿色低碳三大产业融合发展 [J]. 中国石化, 2025, (06): 5-7.
- [3] 王伟健. 油气田企业绿色低碳转型的实践与思考 [J]. 石油石化节能与计量, 2025, 15(07): 105-110.
- [4] 袁舒, 杨年发, 生凤柔, 滕瑶, 廖宗湖. 中国油气行业低碳转型成效及展望 [J]. 世界石油工业, 2025, 32(04): 12-22.
- [5] 周宏春. 以新质生产力驱动我国能源绿色低碳高质量发展 [J]. 中国煤炭, 2025, 51(11): 133-141.