

双碳目标下的油气储运产业转型策略探讨

余荣凯（中国石化扬子石油化工有限公司，江苏 南京 210044）

摘要：为了推动“双碳”背景下油气储运产业绿色转型，采用路径分析与案例评估方法，研究节能减排、产业链延伸与绿色改造策略。以四川天然气管网项目为例，评估其碳排下降与能效提升成效。分析认为，多措并举可显著优化碳强度与运营效率，具有推广价值。

关键词：双碳目标；油气储运；节能减排；绿色转型

中图分类号：TE8 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)026-0025-03

Discussion on the transformation strategy of oil and gas storage and transportation industry under the dual carbon target

Yu Rongkai(Sinopec Yangtze Petrochemical Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 210044, China)

Abstract: In order to promote the green transformation of the oil and gas storage and transportation industry under the background of “dual carbon”, path analysis and case evaluation methods are adopted to study energy-saving and emission reduction, industry chain extension, and green transformation strategies. Taking the Sichuan natural gas pipeline network project as an example, evaluate its effectiveness in reducing carbon emissions and improving energy efficiency. Analysis suggests that implementing multiple measures can significantly optimize carbon intensity and operational efficiency, and has promotional value.

Keywords: dual carbon target; Oil and gas storage and transportation; conserve energy ,reduce emissions; green transformation

在“双碳”战略持续推进背景下，油气储运产业作为能源系统的重要组成部分，其高碳特性与转型压力日益凸显。面对能源结构调整、碳约束趋严及绿色技术革新等多重挑战，构建低碳高效的油气储运体系已成为行业发展的关键命题。本文在探讨油气储运产业在碳达峰与碳中和目标下的转型路径，围绕节能减排措施、产业链延伸、绿色改造策略与商业模式创新进行系统研究，并结合典型工程案例开展成效评估，以期为构建绿色、安全、可持续的油气流通体系提供理论参考与实践支撑。

1 油气储运产业转型的必要性

在“双碳”战略全面推进的背景下，油气储运产业作为传统高能耗、高排放行业，面临深度转型的现实需求与历史机遇。一方面，该产业碳排放量占能源行业总排放的比重较大，储运过程中的能源损耗、甲烷逸散及燃料燃烧等环节造成了显著的环境负担；另一方面，随着国家碳达峰与碳中和目标的明确实施，绿色低碳已成为产业政策与市场准入的重要导向。若不加快转型，将难以适应未来能源结构的调整与政策监管的趋严。此外，全球能源格局正加速向清洁化、多元化演进，国际竞争中对绿色技术、碳足迹管理能力的要求不断提高。

油气储运企业必须以节能降碳为核心驱动，推动技术升级与模式创新，实现由传统资源驱动向绿色高效运营的系统性跃迁，以保障其在能源转型周期中的

战略安全与可持续发展。

2 油气储运产业现状分析

我国油气储运产业在保障国家能源供应中发挥着重要作用，但整体仍处于高能耗、高排放、低数字化水平的发展阶段。油气开采后通过长距离管道输送或液化运输进入中下游环节，其过程存在能源利用效率不高、输送系统泄漏控制能力不足、碳排放监测手段滞后等问题。2023年全国油气储运系统单位产品平均能耗为0.32t标准煤/千吨公里，远高于国际先进水平。储运设备老化、自动化控制系统普及率不足，导致能效管理难以精准实施。在储罐、泵站、压缩机等关键节点，甲烷泄漏问题仍是行业碳排放的突出来源。尽管部分大型企业已开始部署数字化调度系统和能耗分析平台，但整体产业绿色转型进展缓慢。若不加快对储运系统进行节能技术改造与绿色管理体系构建，将制约“双碳”目标下油气行业的可持续发展进程。

3 双碳目标下的油气储运产业转型路径

3.1 节能减排措施

在双碳目标驱动下，油气储运环节实施系统性节能减排措施已成为行业发展的关键任务。一是，推进输送系统的设备能效提升，对现有离心泵、压缩机等高耗能设备进行高效型替换，通过变频控制技术降低无效能耗。二是，加强能源回收与余热利用，如在天然气液化站与压缩站布设余热换热装置，将设备运行过程中产生的废热用于厂区供暖或工艺再利用，提

高能源使用效率。三是，推广管道智能巡检系统与 SCADA 能源监控平台，实现对压力波动、气体泄漏的精准识别与能耗实时预警，提升运行过程中的动态节能能力。四是，逐步引入清洁能源替代方案，例如在储运设施中使用分布式光伏或绿电采购以降低电力碳强度。在管理层面，构建碳排放因子库与能源消耗数据库，凭借制定节能绩效评估指标体系，引导企业形成可量化、可追溯的节能改进机制，为构建绿色高效的油气储运体系提供数据支撑与技术保障。

3.2 产业链延伸与转型

在“双碳”背景下，油气储运产业需跳出传统物流链条定位，向产业链上下游延伸与多元化能源服务转型。加快与氢能、二氧化碳捕集与封存（CCUS）等低碳技术领域的融合，依托现有管网设施实现“油气氢”复合输送功能，提升基础设施的资源利用效率与资产收益率。推进产业链由资源导向型向服务导向型升级，发展能源综合物流、碳资产管理与能效外包等新业态，延展企业盈利模式。在信息层面，建设覆盖全生命周期的能源流与碳排流数据平台，为下游用户提供碳足迹追溯与能耗优化服务，提升客户粘性与增值服务能力。推动油气企业向储能调峰、天然气发电及新能源融合运营等方向拓展，实现与风光储等可再生能源的耦合应用，构建多能协同、低碳高效的综合能源系统，增强产业链在绿色能源格局中的竞争地位。

3.3 商业模式创新

在“双碳”战略引领下，油气储运产业需跳脱传统资源物流角色，构建以碳效率与能源增值为核心的复合型商业模式。推进“碳+能源”双核业务模式是实现转型的关键路径，企业构建覆盖全流程的碳排放定量核算体系，依托物联网、边缘计算与能耗实时采集系统，动态获取各节点碳排数据，并基于碳因子模型完成准确量化与归集。在此基础上，搭建碳资产运营平台，将碳配额交易、碳信用评估与碳中和服务纳入主营业务范围，构建以碳价值驱动的新型盈利闭环。构建平台化能源服务体系，将油气的运输、储存、计量、能效监测、碳排咨询等功能模块化整合，形成面向下游客户的一体化能源解决方案，提升附加值与客户粘性，实现从传统运输商向综合能源服务商的战略转型。在技术支撑方面，结合大数据与区块链技术，开发碳足迹可视化管理平台与能源交付透明化系统，实现全过程可追溯、信息可信、路径可审计，增强企业绿色运营的品牌影响力与社会责任感。深化“储运+金融”融合路径，围绕碳排成本、节能绩效等构建绿色金融产品体系，如碳挂钩储运合同、节能保值型融资协议及绿色债券等工具，推动资源资产与金融资本的协同

增值，释放绿色发展潜能，提升企业市场竞争优势。

4 产业链各环节绿色化改造策略

4.1 上游开采与输送环节减碳改造

开采环节优先推广电驱动钻采设备替代传统燃油机组，减少源头排放，并配套部署智能控制系统，实现能源按需供给与精细化运行。在油气脱水、分离等工艺流程中引入余热回收与能效提升装置，可有效降低单位产量能耗。输送环节则需优化管道运行参数与压缩站布局，凭借引入高效变频电驱压缩机与动态压力调节系统，提升输送效率、降低能源浪费。同时，加强甲烷逸散监测与封堵技术应用，结合光学遥感、激光泄漏检测及管道风险预警平台，系统性控制非二氧化碳温室气体排放。为提升管理效能，建立基于 GIS 与 SCADA 系统的上游减碳监管平台，实现碳排数据动态采集与分析，推动开采与输送全过程绿色升级。

4.2 中游储运系统优化与节能改造

中游储运系统作为油气流通的关键环节，其节能与减碳潜力巨大。储罐方面，应采用浮顶密封、惰性气体覆盖与蒸气回收系统，减少挥发性有机物排放，引入低温保冷与智能温控技术，提升储能效率。在泵站与压缩站运行中，推广高效电机与变频调速技术可显著降低能耗，部分企业凭借设备智能调度已实现能效提升 12% 以上。管道输送方面，应用数字孪生系统与压力优化控制算法，依据实时流量与地形变化进行动态调节，避免过压输送与能量浪费。同时，加强能源计量系统建设，完善能耗采集、统计与分析机制，辅助能效评估与运维优化。在管理层面，构建储运全过程的碳排放监控平台，结合 GIS 定位、边缘计算与区块链数据溯源，实现碳排源头可识别、过程可追踪、责任可量化，全面提升中游系统的绿色运行能力与运营效率。

4.3 下游终端配送与资源调度优化

下游终端配送环节直接关系到油气产品的最终能效表现与碳排总量控制，应聚焦绿色运输体系建设与资源调度智能化升级。推进油气运输车队电动化或 LNG 动力替代，逐步淘汰高排放车辆，配合区域碳排管控机制实施低碳配送准入制度。引入基于 GIS 与 AI 算法的智能调度平台，整合订单、库存、路线与气象数据，实时优化配送路径与装载效率，提升单车运效与碳排利用率。在城市配送场景中，推广集中配送、定时分发与多点协同配送模式，有效降低空驶率和能源浪费。加快终端加气站与充电基础设施建设布局，实现配送车辆能源补给便利化与分布式能源网络协同。在管理方面，建立完整的配送全过程碳排放可视化平台，集成车载 OBD 能耗采集模块、路径轨迹数

据与碳足迹计算模型，系统评估各运输环节碳效表现，为油气企业构建绿色供应链体系提供数据支持与优化决策基础，全面提升下游环节的碳排控制水平与运营可持续性。

5 案例分析与成效评估

某大型能源企业在四川某天然气输送管网项目中，全面实施“双碳”导向下的储运系统绿色改造。项目总长约380km，日输气能力达2000万m³。在节能方面，项目对原有四台燃气压缩机组全部更换为电驱压缩机，单台设备能效提升约18%，年节电量超3200万kWh；利用余压发电技术，每年可回收电量约900万kWh，减排二氧化碳约1.2万t。在管道输送过程中，部署SCADA系统与动态压控算法，提升调度效率，降低运行压力波动，系统平均能耗降低12.7%。为减少甲烷逸散，管道沿线布设高精度激光检测设备，配合地面无人机巡检系统，泄漏响应时间由原先的平均72h缩短至12h。项目整体碳排强度较改造前下降21%，节能降碳效果显著。建设数字化运营平台，实现全流程碳排数据采集、分析与可视化，为企业碳资产管理与绿色融资提供了支撑，成为油气储运领域绿色转型的典型示范工程。

为全面评估该天然气管网绿色改造项目的节能减排成效，整理形成“表1 成效评估对比”，涵盖设备能效、碳排放、能耗水平及智能化指标等核心维度，具体如下所示。

从表1中可以可见，电驱压缩机替代后，单台能效由2180 kWh/万m³下降至1788 kWh/万m³，能效提升18%；年压缩系统总能耗下降至146.2百万千瓦时，减少32.2百万千瓦时，节电率达18.1%。依托余压回收装置，新增回收电量9.0百万千瓦时，年均减排CO₂约1.37万t，碳排强度同比下降21%。单位输

送能耗由243.5 kWh/km降至212.5 kWh/km，节能水平提升12.7%。同时，激光与无人机监测系统使泄漏响应时间由72h缩短至12h，提升管道运行安全性与碳排控制能力。智能监控覆盖率提升至92%，增强了数据驱动的精细化运营能力。整体表明该项目在节能与碳减排方面取得显著实效。

6 结语

油气储运产业在“双碳”目标引导下须实现节能降碳、产业延伸与绿色转型协同推进，系统性改造路径已初显成效。期望，未来进一步深化数字化与低碳技术融合，构建全流程碳排监测与管理体系，推动油气储运体系向绿色、安全与高效协同演进，为能源结构优化与国家碳中和战略提供稳定支撑。

参考文献：

- [1] 黄嘉杰.油气储运长输管道防腐技术的应用研究[J].中国设备工程,2025,(11):107-109.
- [2] 黄嘉杰.油气储运设备的管理策略与维护关键探析[J].模具制造,2025,25(06):231-233.
- [3] 刘朝阳,关中原,等.基于前沿报告与检索数据库的油气储运科研热点分析[J].油气储运,2024,43(11):1201-1211.
- [4] 唐大麟.新时期油气储运行业发展与挑战——访中国工程院院士、油气储运专家黄维和[J].中国石油企业,2023,(03):22-27+127.
- [5] 代红礼.油气储运工业物联网产业安全分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(20):52-54.
- [6] 戴豫陇,潘进虎,戴翔.浅析油气储运工程中安全环保精细化管理[J].化工管理,2020,(17):83-84.

作者简介：

余荣凯（1998-），男，汉族，安徽滁州人，本科，中级经济师，研究方向：双碳背景下炼化企业转型与发展。

表1 成效评估对比

指标项目	改造前	改造后	变化幅度
单台压缩机能效 (kWh/万m ³)	2180	1788	-18
年压缩系统总能耗 (百万kWh)	178.4	146.2	-18.1
年余压回收电量 (百万kWh)	0	9.0	9.0
CO ₂ 年排放量 (万吨)	6.5	5.13	-21
平均单位输送能耗 (kWh/km)	243.5	212.5	-12.7
泄漏响应时间 (h)	72	12	-83.3
智能监控覆盖率 (%)	35	92	57