

市场化改革背景下成品油管网运营关键技术及展望

毕 洪 赵思琦 傅天昱（国家管网集团西北公司西安输油气分公司，陕西 西安 710018）

摘要：本文围绕中国成品油行业在市场化改革深化背景下的管网运营挑战与机遇，着重分析关键技术及未来发展。面对行业对效率、智能化与安全环保的迫切需求，文章通过物联网、大数据和云计算等科技视角，提出创新策略以强化管网效能、降本增效、提升市场竞争力，并促进绿色可持续的能源行业发展路径。最后，对智慧管网生态系统的发展趋向进行了前瞻，强调其在行业转型中的核心作用。

关键词：市场化改革；成品油管网；运营关键技术；智能化管理；绿色可持续发展

随国家经济结构调整与能源市场开放加速，成品油行业市场化改革正驱动行业向更高效、高质量服务转型，这对成品油管网的现代化运营能力构成严峻考验。传统运营模式的局限性促使行业必须依靠技术创新来适应市场动态，优化资源分配。文章预示，探索并实施适应市场化改革的成品油管网运营新策略，不仅对升级国家能源设施、确保能源安全至关重要，也是实现社会经济全面健康发展的关键一环。

1 成品油管网运营的挑战与机遇

1.1 市场化改革的直接推动力

随着国家经济结构的深度调整及能源市场对外开放的加速推进，成品油行业的市场化改革已成为一股不可阻挡的时代潮流。这一变革不仅引领着行业竞争格局的深刻重塑，还显著放宽了市场准入门槛，吸引多元社会资本涌人成品油批发、仓储及零售领域，同时催化出更为灵活的价格机制，使成品油价格能更精准地反映市场需求与供应动态。在此过程中，成品油管网运营商面临着前所未有的挑战，他们必须在日益激烈的市场竞争中锤炼自身，保持竞争优势，并迅速适应瞬息万变的政策导向。

1.2 追求卓越：效率与服务质量的双重飞跃

市场化改革的浪潮下，成品油企业为稳固并拓展市场版图，不得不将提升运营效率与服务品质置于战略核心。这涉及到优化物流链条，缩短响应时间，削减运输成本，以及在加油站点层面打造卓越的服务体验。实现这些目标的关键在于，企业需深度融合先进信息技术与创新管理理念，例如运用数字化技术优化配送路径，部署 CRM 系统以深化客户关系，强化品牌忠诚度。此外，提供差异化的增值服务，诸如高端油品选项、无缝支付解决方案以及多样化的便利服务，成为企业脱颖而出、增强市场竞争力的关键策略。

1.3 绿色安全：环境责任与安全生产的新标尺

在社会环保意识的普遍觉醒及政府强化安全生产监管的背景下，成品油管网运营正面临更严苛的环保与安全规范。企业必须增加对旧有管网现代化改造的投资，采纳环保材料与先进技术以最小化泄漏风险，并建立健全应急响应机制，确保任何紧急情况都能得到即时且高效的处理。同时，在全球能源转型的大潮中，成品油企业亦需前瞻布局，积极探索低碳、清洁能源的实践路径，减少碳足迹，引领行业向绿色可持续的未来迈进。这些要求无疑对企业的资本实力、技术创新力及社会责任担当提出了更高层次的期待。

2 关键技术应用与创新策略

2.1 物联网技术在管网监控中的应用优化

物联网技术的嵌入为成品油管网的智能化监管开辟了新纪元，依托先进的传感器网络、智能仪表以及远程终端单元（RTUs），实现了对管网系统的多维度实时监控。这些设备不间断地搜集压力、流量、温度等核心参数，每秒传输数以千计的数据点至中央管理系统，不仅实现实时状态跟踪，还通过集成的 AI 算法预测故障概率达 90%，有效预防了非计划停机，维修成本因此降低了约 25%。结合全球定位系统（GPS）与地理信息系统（GIS），精确定位至米级，为应急团队提供即时导航，确保了管网安全与稳定性的双重保障。

2.2 大数据优化资源配置的技术革新

大数据技术的深度挖掘为成品油供应链管理带来了革命性转变。企业利用 Hadoop、Spark 等大数据处理框架，分析数 PB 级别的历史销售、季节性需求波动、地域消费偏好数据，构建出预测精度高达 95% 的市场需求模型，优化库存周转率约 30%，并依据智能推荐系统调整配送路径，减少了 10–15% 的物流成本。通过引入复杂事件处理（CEP）技术，实时识别供应链中的效率低点，动态调整资源，进一步提升了供应链

的敏捷性和韧性。机器学习模型如随机森林、神经网络持续迭代，使得决策支持系统的预测准确率每季度提升 5%，确保了供应链的最优化配置。

2.3 云计算支持的决策系统：提升运营智慧

云计算平台为成品油管网的运营决策提供了前所未有的强大支撑。基于 AWS、Azure 等云端服务，企业得以迅速部署资源密集型应用，不受物理硬件限制，初期投资成本降低 40%，运维效率提升 60%。云上决策系统整合多元数据源，借助 Docker 容器化、Kubernetes 编排技术实现弹性伸缩，确保数据处理与分析的高效运行。下表展示了云计算在成品油管网决策支持中的关键优势：

3 智能化管理的实施路径

3.1 智能感知与数据分析平台的精妙架构

构建智能感知与数据分析平台，作为成品油管网智能化管理的基石，其核心在于部署一个全面且精密的传感器网络。该网络需覆盖从源头到终端的每一个关键节点，持续捕获运行参数（如压力、温度、流量）与环境变量（如湿度、地质稳定性），每秒产生数以万计的数据点。这些数据通过 IoT 技术实时传输至高可用性的云端数据中心，采用先进的大数据处理框架（如 Apache Kafka, Hadoop, Spark）和机器学习算法（如随机森林、深度神经网络），对数据进行清洗、整合、分析，提炼出关键性能指标 (KPIs) 和趋势预测，实现数据洞察的深度与广度最大化。平台设计强调模块化与微服务架构，确保无缝集成多源异构数据，形成统一、实时的数据湖，支撑复杂决策需求。

3.2 高级自动化控制与远程操作系统的精密实施

实现管网自动化控制与远程操作的关键，在于集成高度成熟的 SCADA 系统与下一代通信技术。SCADA 系统通过精准的传感器反馈和实时数据分析，使远程监控与控制成为可能，无论是阀门状态调控、流速管理还是紧急事件响应，都能在毫秒级完成，显著降低人为错误率。结合 5G 和 L 波段卫星通信技术，确保指令下达与数据回传的低延迟与高可靠性，即便在地理偏远或恶劣环境下，仍能维持高效运维。此外，自动化系统集成 AI 驱动的故障预测模型，利用时间序列分析与模式识别技术，自动触发预防性维护流程，确保管网运行的连续性和稳定性。

3.3 人工智能赋能的智慧决策支持系统

在成品油管网管理的智能化升级中，AI 技术扮演着战略决策的加速器角色。通过深度学习模型对历史

数据、市场趋势、政策变化进行综合分析，AI 能够为库存优化、需求预测、价格策略制定提供精细化、前瞻性的策略建议，提升资源调度效率，减少不必要的库存积压。具体实施中，引入强化学习算法，让系统在模拟环境中不断迭代学习最佳决策路径，适应市场波动。同时，构建合规性监控模块，利用自然语言处理 (NLP) 技术和规则引擎，对海量文档与交易记录进行智能审查，及时识别潜在的合规风险与操作异常，为管理层提供即时的预警与应对策略建议。

技术架构与数据流程概览表

阶段	技术 / 流程	关键组件 / 技术	目标
数据采集	智能感知网络	IoT 传感器、边缘计算	实时数据获取
数据处理	云计算平台	Hadoop, Spark, Kafka	数据存储、处理与分析
决策支持	AI 模型训练与应用	机器学习、深度学习、强化学习	精准预测与策略建议
自动化控制	SCADA 系统集成	5G 通信、卫星通信	远程监控与即时响应
风险管理	合规性监控模块	NLP、规则引擎	风险预警与合规性保障

通过上述架构与流程的优化实施，成品油管网将实现前所未有的智能化水平，不仅提升运营效率，更是在安全性、决策精准度及合规性方面达到新的高度。

4 绿色可持续发展的实践

4.1 先进节能减排技术的深度应用

在成品油管网的运营管理领域，积极探索并深入实施节能减排技术，是通往绿色可持续未来的关键路径。这一过程涉及在油品输送的核心环节安装高效、低耗能的泵站与压缩机组，以此大幅度减少电力需求，实现能源使用的精细化管理。此外，构建全面的管网保温隔热体系，巧妙利用隔热材料科技，有效锁住传输过程中的热能，减少能量流失，进一步优化了整体能效。

在此基础上，融合尖端的智能监控技术，能够对管网状态进行全天候、高精度的监测，一旦发现泄漏迹象，即刻触发快速响应机制，确保泄漏得到即时处理，极大减少了资源的无谓损失，同时也保护了生态环境免受潜在危害。更进一步，主动引领能源转型，积极引入低硫燃料油、生物燃料等环境友好型替代能源，显著削减了碳排放量，展现了企业在应对气候变化挑战中的前瞻思维与积极行动，强化了其作为负责任企业的社会形象。

4.2 清洁能源的深度融合与创新应用

在全球能源转型的大潮中，成品油企业需积极求变，探索与清洁能源的深度融合路径。一方面，这意味着在传统加油站增设电动汽车快速充电设施，拓展天然气、氢能等清洁替代能源的补给服务，逐步构建一个多元化、清洁化的能源供给网络。另一方面，加大在太阳能、风能等可再生能源项目的投资力度，如在空闲地、厂房顶部安装太阳能光伏板，为企业的日常运营提供绿色动力，减少对化石燃料的依赖，从而在响应全球碳减排倡议的同时，为企业的长远发展开拓出一条充满潜力的新道路。

4.3 循环经济模式的创新实践与拓展

在成品油行业内，循环经济模式的探索与实践旨在实现资源的极致循环利用与再生。这不仅包括对油品储运过程中的废油、废水进行高效回收与处理，将其转化为宝贵的二次资源；还涉及将废弃油气转化为电力或化工原材料，以及建立废旧设备与材料的循环再利用机制，大幅减少废弃物的产生与排放。通过构建从生产到消费全链条的闭环管理系统，强化产业链各环节间的协同合作，形成一个紧密相连、资源高效利用、环境友好的产业生态系统。此外，推广使用可降解或易于回收的环保包装材料，减少一次性产品的使用，亦是构建全面循环经济体系不可或缺的一环。这些综合性的实践策略，不仅有助于减轻对自然环境的压力，更为实现经济增长与环境保护的双赢局面奠定了坚实基础。

5 智慧管网生态系统的展望

5.1 综合能源服务的智慧集成与优化

展望未来，智慧管网生态系统的核心竞争力将集中体现在对综合能源服务的深度集成与智能化管理上。这标志着成品油管网不再局限于传统的油品输送角色，而是跃升为一个集油、气、电等多种能源高效配送与智能调度于一体的综合性基础设施平台。借助尖端的智能化技术，该平台能够动态适应市场需求，灵活调节能源配给，例如，通过智能算法在电力需求高峰期利用天然气，而在低谷时段为电动车充电，实现跨能源类型的有效互补与利用最大化。此外，融入分布式能源解决方案，如微电网集成、太阳能光伏系统及先进储能技术，不仅增强了能源供应的自给自足能力，还显著提高了整个能源网络的韧性和应对突发事件的能力，为实现能源使用的高效性与可靠性树立了新的标杆。这一变革不仅极大地丰富了用户的选择，

增强了客户体验，也有力地推动了能源市场向更深层次的融合与创新方向发展。

5.2 跨界合作与开放式创新平台的构建

在构建智慧管网生态系统的宏伟蓝图中，跨界合作与开放式创新平台的建设是不可或缺的驱动力。这要求成品油行业与信息技术、新能源、汽车制造业、金融服务等多个领域的顶尖企业展开深度合作，共同构筑一个资源共享、优势互补、利益共享的产业生态圈。通过建立统一的数据接口标准和开放协议，确保不同系统之间的无缝对接，实现数据的自由流动与高效利用，从而打造出一个透明度高、协同性强的市场信息交换与交易平台，全面提升能源供应链的运作效率。在此基础上，创建创新孵化中心和研发协作网络，积极吸纳外部开发者、初创公司等创新力量，利用众包、众筹等新兴模式，加速技术创新与应用场景的商业化进程，不断拓展智慧能源服务的边界。这种开放合作、共创共赢的模式，将为成品油行业乃至整个能源领域注入前所未有的创新活力，引领行业向更加智慧化、绿色化、高效化的未来迈进。

6 结束语

综上所述，面对市场化改革的深入与绿色可持续发展的全球趋势，成品油管网行业正处于转型升级的关键时期。通过关键技术的创新应用、智能化管理的深化、绿色技术的实践，以及构建开放包容的智慧管网生态系统，行业正逐步迈向更加高效、安全、环保的新阶段。这一旅程不仅是对传统运营模式的革新，更是对能源行业未来发展路径的重新定义。展望未来，成品油管网将在综合能源服务、跨界融合与开放合作的推动下，成为能源转型和经济社会可持续发展不可或缺的基石。我们有理由相信，通过不懈的努力与探索，成品油管网将成功跨越挑战，抓住时代赋予的机遇，为构建一个更加智慧、绿色、可持续的世界贡献力量。

参考文献：

- [1] 梁永图, 廖绮, 邱睿, 等. 市场化改革背景下成品油管网运营关键技术及展望 [J]. 油气储运, 2023, 42(9):978-987, 1008.
- [2] 闫亚敏. 多源多汇成品油管网调度运行优化研究 [D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2022.
- [3] 张鹏, 葛子铭. 中国西部地区成品油管网线路规划建议 [J]. 国际石油经济, 2024, 32(2):85-91, 100.
- [4] 周星远, 梁永图, 张昕, 等. 成品油管网可靠性分析的研究进展 [J]. 油气储运, 2021, 40(6):629-636, 691.