

Study on Optimization Strategy for Crude Oil Storage Inventory Structure Based on the 'Cost-Benefit' Principle

Nan Chen

Sinopec Sales Co., Ltd., Beijing, 100075, China

Abstract

Against the dual backdrop of heightened global energy market volatility and domestic energy structure transformation, crude oil storage inventory management has become a key link affecting corporate economic efficiency and supply chain stability. Traditional inventory management models face challenges such as rising costs, fluctuating returns, and delayed responses, necessitating the development of a dynamic optimization system based on cost-benefit principles. This study focuses on the balance mechanism between the full life-cycle costs of crude oil storage (including construction leasing, equipment operation and maintenance, capital occupation, and losses) and benefits (such as market arbitrage, supply chain coordination, and risk hedging). By analyzing the impact of market structure (short-term low, long-term high Contango and short-term high, long-term low Backwardation) on inventory decisions, it proposes multi-dimensional optimization strategies: in the spatial dimension, optimizing storage node layout by combining geographical location and transportation costs; in the temporal dimension, implementing intertemporal arbitrage and inventory rotation based on price structure differences; in the technological dimension, introducing IoT and intelligent analysis systems for dynamic inventory monitoring and demand forecasting; and in the managerial dimension, establishing supply chain coordination mechanisms and flexible inventory strategies.

Keywords

crude oil storage; inventory structure optimization; cost-benefit analysis; market structure; supply chain coordination; intelligent management

基于“成本 + 收益”原则的原油仓储库存结构调整优化策略研究

陈楠

中石化石油销售有限责任公司, 中国·北京 100075

摘要

在全球能源市场波动加剧与国内能源结构转型的双重背景下, 原油仓储库存管理成为影响企业经济效益与供应链稳定的关键环节。传统库存管理模式面临成本攀升、收益波动、响应滞后等挑战, 亟需构建基于成本效益原则的动态优化体系。本研究聚焦原油仓储全生命周期成本(包括建设租赁、设备运维、资金占用、损耗等)与收益(如市场套利、供应链协同、风险对冲)的平衡机制, 通过分析市场结构(近低远高Contango与近高远低Backwardation)对库存决策的影响, 提出多维度优化策略: 在空间维度, 结合地理区位与运输成本优化仓储节点布局; 在时间维度, 利用价格结构差异实施跨期套利与库存轮动; 在技术维度, 引入物联网与智能分析系统实现库存动态监控与需求预测; 在管理维度, 建立供应链协同机制与弹性库存策略。

关键词

原油仓储; 库存结构优化; 成本收益分析; 市场结构; 供应链协同; 智能管理

1 引言

在全球能源市场波动和国内能源结构转型双重影响下, 原油仓储库存管理面临成本持续攀升、收益因市场价格结构变化而波动且传统静态模式难适应、对市场信号响应滞后致供应链韧性不足等挑战。本研究意在借助“成本 + 收益”

原则搭建动态优化体系, 以平衡仓储成本与市场收益, 提升能源供应链的稳定性与经济效益。

2 市场结构对库存决策的影响

市场价格结构是库存调整的核心驱动因素, 需针对性制定策略:

2.1 Contango 市场下市场结构对库存决策的影响及逻辑

在 Contango 市场结构中, 呈现出近低远高的价格特征, 即近期合约价格低于远期合约价格。这种价格结构对原油仓

【作者简介】陈楠(1986-), 女, 中国北京人, 本科, 从事成本核算, 资产管理研究。

储库存决策产生着独特且关键的影响，其内在逻辑紧密围绕成本与收益的平衡展开。

从成本端来看，远期合约价格溢价为库存管理带来了积极因素。由于远期合约价格高于近期，企业增加库存并持有至远期合约到期时，可通过价差获取额外收益。这一价差在一定程度上能够覆盖仓储过程中产生的各类成本。仓储建设租赁需要投入大量资金用于场地获取与设施建设，设备运维则涉及设备的日常保养、维修以及更新换代，以确保仓储设施的正常运行。资金占用成本也不容忽视，库存的积累意味着大量资金被占用，无法用于其他可能产生收益的投资活动。此外，库存损耗风险同样存在，原油在储存过程中可能因挥发、泄漏等原因造成数量减少，影响最终收益。然而，Contango 市场下的远期合约价格溢价为企业提供了弥补这些成本的机会，鼓励企业增加库存量。

从收益端分析，企业不能仅仅看到价差收益而盲目增加库存。资金占用成本会随着库存规模的扩大而显著增加，大量资金被长期锁定在库存中，可能导致企业资金流动性下降，影响其他业务的发展。库存损耗风险也不容小觑，一旦损耗超出预期，将直接侵蚀原本预期的价差收益。过度囤积还可能面临市场价格反转的风险，若市场价格走势不符合预期，远期合约价格未能如预期般高于近期价格，或者价差缩小，企业将面临收益稀释甚至亏损的局面。因此，企业在 Contango 市场下增加库存时，必须谨慎评估资金占用成本与库存损耗风险，合理控制库存规模，避免因过度囤积而破坏成本与收益的平衡。

2.2 Backwardation 市场下市场结构对库存决策的影响及逻辑

Backwardation 市场结构呈现出近高远低的价格特征，即近期合约价格高于远期合约价格。这种价格结构对原油仓储库存决策有着与 Contango 市场截然不同的影响，其决策逻辑同样聚焦于成本与收益的权衡。

在成本端，远期合约贴水意味着持有远期库存的成本相对较高。由于远期合约价格低于近期，企业若长期持有远期库存，不仅无法获得像 Contango 市场那样的价差收益，反而可能因库存持有时间的延长而增加成本。为了降低库存持有成本，企业需要加快库存周转速度。快速周转可以减少库存在仓储设施中的停留时间，从而降低仓储建设租赁、设备运维等固定成本的分摊，同时也能减少资金占用时间，降低资金占用成本。此外，快速周转还能在一定程度上降低库存损耗风险，因为库存停留时间越短，发生损耗的可能性相对越低。

从收益端考虑，在 Backwardation 市场下，近期合约价格较高，市场对近期原油的需求更为旺盛。企业优先满足近期市场需求，能够利用即期高价实现收益最大化。通过及时将库存推向市场，企业可以按照较高的价格出售原油，获取丰厚的利润。如果企业过于关注远期库存，而忽视了近期市场的需求，可能会导致库存积压，错过即期高价销售的良机，

进而影响整体收益。因此，企业需要将库存管理的重点放在满足短期市场需求上，合理安排生产和销售计划，确保库存能够及时转化为收益。

3 空间与时间维度的优化策略

3.1 空间维度下仓储节点布局优化的内在逻辑与效益

在原油仓储库存管理中，空间维度的仓储节点布局优化是提升整体运营效率和经济效益的关键环节。地理区位选择是布局优化的首要考量因素。运输成本在原油仓储全流程成本中占据重要比例，靠近消费中心或交通枢纽布局仓储节点，能够显著降低物流成本。消费中心通常是原油需求最为集中的区域，将仓储节点设置在此附近，可减少原油从仓储地到消费地的运输距离，降低运输过程中的燃油消耗、车辆损耗等费用。交通枢纽则具备便捷的运输条件，无论是公路、铁路还是水路运输，都能实现高效衔接，提高原油的运输效率，进一步压缩物流成本。

需求密度也是影响仓储节点布局的重要因素。需求密度高的地区意味着对原油的消费量大且稳定，在这些区域布局仓储节点，能够更及时地满足市场需求，减少因运输距离过长而导致的供应延迟，提高客户满意度。同时，高需求密度区域的市场规模较大，有利于仓储企业实现规模经济，降低单位仓储成本。供应源分布同样不可忽视，合理布局仓储节点应考虑与供应源的距离，尽量缩短原材料的运输路径，降低采购成本和供应风险。

多节点协同是空间维度布局优化的另一重要策略。通过构建区域仓储网络，将多个仓储节点有机连接起来，实现资源共享和风险分散。单一仓储节点可能面临各种突发情况，如自然灾害、设备故障等，导致供应链中断，给企业带来巨大损失。而多节点协同的仓储网络能够在某个节点出现问题时，迅速从其他节点调配资源，保障供应链的连续性。不同节点可以根据自身的库存情况和市场需求，进行灵活的货物调配，提高库存的利用率，避免库存积压或短缺现象的发生。这种协同机制还能增强企业对市场波动的应对能力，提升整体收益的稳定性。

3.2 时间维度下跨期套利与库存轮动的运作机制与价值

时间维度上的跨期套利与库存轮动是原油仓储库存管理中实现成本与收益动态平衡的重要手段。价格信号捕捉是跨期套利的核心基础。期货市场价格结构差异为企业提供了套利机会。在 Contango 市场中，远期合约价格高于近期合约价格，企业可以通过远期合约锁定低价原料。这意味着企业在当前以相对较低的价格购买原油，并存储在仓储设施中，待远期合约到期时，以较高的市场价格出售，从而获取价差收益。这种操作不仅能够覆盖仓储过程中的成本，还能为企业带来额外的利润。

而在 Backwardation 市场中，情况则恰恰相反，近期合约价格高于远期合约价格。此时，企业应加速库存周转，尽

快将库存推向市场,以期高价实现收益最大化。快速周转可以减少库存持有时间,降低资金占用成本和库存损耗风险。通过及时捕捉不同市场结构下的价格信号,企业能够灵活调整库存策略,充分利用市场价格波动获取收益。

动态轮动机制是时间维度优化的关键环节。建立基于市场预测的库存轮换模型,企业可以定期对库存价值与市场机会进行评估。市场预测能够为企业未来市场价格走势、需求变化等信息,帮助企业提前制定库存轮换计划。根据市场预测结果,企业可以决定何时增加或减少库存,以及如何调整不同期限合约的库存比例。

4 技术与管理维度的优化策略

4.1 技术维度下智能化库存管理的实施路径与价值

在原油仓储库存管理领域,技术维度中的智能化库存管理是提升管理效率、降低成本并增强市场适应性的关键途径。物联网监控作为智能化库存管理的重要支撑,通过在仓储设施中部署各类传感器以及构建实时数据系统,实现了对库存多方面信息的动态精准监测。

库存水平的实时监测能够使管理人员随时掌握原油的存储数量,避免出现库存积压或短缺的情况。当库存接近安全下限或上限时,系统可以及时发出预警,提醒管理人员采取相应的措施,如及时补货或调整销售策略,从而保障生产的连续性和市场的稳定供应。质量变化监测同样至关重要,原油在储存过程中可能会因温度、湿度等因素的影响而发生质量变化,如挥发、氧化等。物联网传感器可以实时监测原油的各项质量指标,一旦发现质量异常,能够迅速定位问题并采取相应措施,如调整储存条件或进行质量处理,降低因质量损耗带来的成本损失。设备状态监测则有助于及时发现设备的故障隐患,通过实时收集设备的运行数据,如温度、压力、振动等,利用数据分析技术判断设备的健康状况。在设备出现故障前进行预警和维护,可以减少设备停机时间,降低维修成本,提高仓储设施的整体运行效率。

需求预测分析是智能化库存管理的另一核心要素。利用大数据与AI算法对市场需求波动进行预测,能够为企业提供科学合理的库存决策依据。大数据技术可以收集和整合来自多个渠道的信息,包括历史销售数据、市场行情、宏观经济指标等,通过对这些海量数据的分析和挖掘,发现市场需求的规律和趋势。AI算法则可以对这些数据进行深度学习和建模,预测未来一段时间内的市场需求变化。基于需求预测结果,企业可以优化库存补货频率与规模。如果预测到市场需求将增加,企业可以提前增加库存补货量,避免因缺货而错失销售机会;如果预测到市场需求将下降,企业可以适当减少库存补货量,降低资金占用成本。通过精准的需求预测分析,企业能够实现库存与市场需求的精准匹配,提高库存周转率,减少库存积压和资金浪费,从而提升企业的经济效益。

4.2 管理维度下供应链协同与弹性策略的意义与作用

管理维度中的供应链协同与弹性策略对于原油仓储库存管理而言,是保障供应链稳定运行、应对市场不确定性的重要保障。协同机制强调与上下游企业共享库存数据与市场信息,这种信息共享能够打破企业之间的信息壁垒,实现需求响应的敏捷化。

在传统的供应链模式下,由于信息传递的不及时和不准确,容易出现牛鞭效应,即需求信息在从下游向上游传递的过程中被逐级放大,导致上游企业库存积压或供应不足。而通过建立协同机制,上下游企业可以实时共享库存数据和市场信息,上游企业能够及时了解下游企业的实际需求情况,根据需求变化调整生产和供应计划。下游企业也可以根据上游企业的库存情况和供应能力,合理安排采购计划,避免因信息不对称而导致的库存波动。

弹性库存策略则是应对市场突发波动的有效手段。建立安全库存与应急储备体系,能够为供应链的连续性提供保障。安全库存是企业为了应对正常市场波动和需求不确定性而设置的库存量,当市场需求出现短期波动时,安全库存可以满足市场的需求,避免因缺货而影响生产和销售。应急储备体系则是为了应对突发的重大事件,如自然灾害、政治冲突等,这些事件可能导致供应链中断或原材料供应短缺。应急储备体系可以在关键时刻提供必要的物资支持,保障企业的生产不受影响。通过建立弹性库存策略,企业能够增强对市场突发波动的抵御能力,在复杂多变的市场环境中保持供应链的稳定运行。

5 结语

本研究具有重要价值并指明未来方向:理论贡献在于提出基于“成本+收益”原则的原油仓储优化框架,弥补传统静态管理模式在动态市场环境下的适应性短板;实践意义是通过空间-时间-技术-管理的多维度策略,为企业打造兼顾成本效率与收益弹性的库存调整方案,提升能源供应链韧性;未来需结合实时市场数据与AI技术深化动态优化模型的精度与响应速度,同时探索绿色仓储技术(如低碳设备)对长期成本收益的影响。结语表明,本研究经系统性分析市场结构、空间布局、时间策略、技术赋能与管理协同,为原油仓储企业构建动态成本收益优化路径,为能源行业库存管理提供可复制的理论与实践参考。

参考文献

- [1] 李永明,冷茹雪,刘欢,等.大型原油储罐安全风险智能评估模型与预警方法研究[J].山东化工,2025,54(16):161-164.
- [2] 梁海明,胡圣忠,许锋,等.原油储罐运行状态下罐底外壁的腐蚀控制[J].广州化工,2024,52(23):162-164+183.
- [3] 吕昕.浅谈原油仓储罐区安全生产一体化管理平台的建设和应用[J].山东化工,2024,53(12):228-230.
- [4] 杨光.大型原油储罐失效可能性分析与火灾风险评估研究[D].中国石油大学(北京),2024.