

基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制模型研究

郭 惠 (中国石化青岛石油化工有限责任公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 本文聚焦基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制问题, 通过分析贸易韧性的抗冲击性、恢复适应性及长期可持续性特征, 结合石化行业供应链特点, 从采购、生产、分销三端展开研究。采购端构建战略储备与多元化缓冲机制, 明确储备层级与采购渠道策略; 生产端实施动态安全库存与联产品协同, 建立需求预测体系与柔性调度模式; 分销端布局区域分拨中心与应急调拨网络, 优化空间布局与调拨机制。

关键词: 贸易韧性; 石化行业; 供应链; 库存控制

中图分类号: F426.72 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 034-0016-03

Research on Inventory Control Model of Petrochemical Industry Supply Chain Based on Trade Resilience

Guo Hui (Sinopec Qingdao Petrochemical Co., Ltd. Qingdao Shandong 266000, China)

Abstract: This article focuses on inventory control issues in the petrochemical industry supply chain based on trade resilience. By analyzing the impact resistance, recovery adaptability, and long-term sustainability characteristics of trade resilience, combined with the characteristics of the petrochemical industry supply chain, research is conducted from the three ends of procurement, production, and distribution. Establish strategic reserves and diversified buffer mechanisms on the procurement side, clarify reserve levels and procurement channel strategies; Implement dynamic safety stock and collaborative products on the production side, establish a demand forecasting system and flexible scheduling mode; Layout regional distribution centers and emergency allocation networks on the distribution end, optimize spatial layout and allocation mechanisms.

Keywords: trade resilience; Petrochemical industry; Supply chain; inventory control

当前全球贸易环境不确定性加剧, 石化行业供应链因依赖连续原材料供应、库存成本高企等特性, 面临供应中断与需求波动双重风险^[1]。现有库存控制研究多侧重单一环节优化, 缺乏对贸易韧性的系统性考量。基于此, 本文以提升石化供应链抗风险能力为目标, 针对贸易冲击下的库存管理痛点, 提出“采购-生产-分销”全链条库存控制改进思路, 通过构建分层级、多元化的库存机制, 实现供应链稳定运行与成本优化的双重平衡, 为行业实践提供理论支撑。

1 贸易韧性概述

贸易韧性是指贸易体系在面对内外部冲击时, 能够保持稳定运行、快速调整并恢复增长的能力, 它体现了贸易系统在动态变化环境中的适应性和抗风险能力, 也是衡量经济体参与全球价值链安全性和可持续性的重要指标。具体来说, 抗冲击性是指在突发事件中, 贸易体系能够通过多元渠道、库存管理或政策缓冲减少损失, 而恢复与适应能力是指冲击后是否能够快速调整结构并恢复增长; 长期可持续性则强调通过技术创新、制度优化和绿色转型提升贸易竞争力。

2 基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制的重要性

2.1 维持生产

基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制, 可保障供应链稳定运行、降低成本并提升客户服务水平^[2]。

具体而言, 石化行业供应链高度依赖原材料供应的连续性, 而贸易环境的不确定性可能导致供应链中断, 因此通过科学的库存控制, 企业可建立起战略储备机制, 确保在贸易摩擦或供应中断时维持生产。

2.2 管控费用

库存成本是石化企业运营成本的重要组成部分, 包括仓储费用、资金占用损失等, 过低的库存会导致缺货并引发生产中断或客户流失, 所以通过精细化的库存控制, 企业可以平衡供需关系、降低库存成本, 结合需求预测和补货策略优化采购频率和批量, 减少库存积压和资金占用; 同时通过供应商管理库存模式将库存管理责任部分转移至供应商, 实现按需补货以进一步降低库存水平。

2.3 客户服务水平的提升

在全球化贸易中, 客户对交付速度和准确率的要求越来越高, 库存控制直接影响企业的客户服务水平, 通过合理的库存布局和动态调配, 企业可以快速响应客户需求、缩短交付周期并提升客户满意度。

3 基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制模型建构

3.1 采购端: 建立战略储备 + 多元化库存缓冲机制, 抵御源头供应风险

在采购端构建战略储备 + 多元化库存缓冲机制,

要求明确战略储备的量化标准和动态调整规则,相关单位需基于石化行业供应链的贸易韧性要求,结合历史供应中断频率、关键原料的不可替代性以及全球市场波动周期设定差异化的储备阈值^[3]。

3.1.1 物理布局

企业应基于供应链协同平台整合上游供应商产能数据、物流运输时效以及地缘政治风险预警信息^[4],构建供应风险评估模型,将催化剂等战略原料的储备周期划分为基础安全期、风险缓冲期和极端应急期多个层级,分别对应正常供应、局部中断和全面封锁场景,并设定各层级的库存下降与补货触发点。

同时,战略储备的物理布局还需遵循集中储备与分散仓储相结合的原则,在主要供应地周边设立一级储备库以降低运输风险,在消费地域中转枢纽布局二级储备库以提升响应速度,再通过数字化仓储体系实现对多级库存的实时联动与动态调配,确保任何单一节点中断时其他储备库能够快速补位、维持供应链连续性^[5]。例如,某年加工200万t的中小炼化企业,聚焦汽油、柴油及丙烯生产,依赖催化裂化催化剂、高温高压工艺阀门等物资,围绕采购端“战略储备+多元化缓冲”、生产端“动态安全库存+联产品协同”构建体系,落地具体可执行。物理布局上,依托供应链协同平台整合供应商产能、物流时效及地缘预警,将催化剂储备分基础安全期(1个月)、风险缓冲期(额外1个月)、极端应急期(再1个月),对应不同供应场景,各层级设补货触发点(如缓冲期库存降50%启动备用采购)。同时设东部一级库(储2个月催化剂、50%阀门)、中部二级库(储1个月催化剂、剩余阀门及全部垫片),数字化系统联动,单节点中断时4h内补位。

3.1.2 多元化采购渠道

多元化采购渠道是抵御源头供应风险的核心支撑,相关单位需要从供应商选择、合同条款设计以及供应链弹性等三个方面系统推进。

①供应商选择:在供应商选择环节,企业需建立起核心供应商加备用供应商加应急供应商的分级体系,其中核心供应商负责长期稳定供应,需通过资质审核、产能验证以及合作历史评估确定;备用供应商需覆盖不同区域或技术路线,以分散地缘政治或技术替代风险;应急供应商则聚焦于快速响应能力,企业可优先选择具备柔性生产能力和物流冗余的中小型企业。例如,催化剂核心商为2家年产5000t以上、准时率98%的企业(供80%),备用商含北部产能商(补30%)与新型工艺商,应急商为2家72h响应的中小企业;阀门核心商15天供货,备用商分区域覆盖,

应急商48h供常用规格。合同含弹性条款,如催化剂价与炼制指数挂钩(波动5%调价≤3%),采购量浮动±15%,紧急订单周期缩30%。供应链协同平台实时同步库存、生产及物流数据,联合预测模型月生成采购计划,每半年演练应急预案,曾实现3.5h备用商响应。

②合同条款设计:在合同条款设计方面,需引进弹性条款如价格联动机制、最小采购量浮动区间以及紧急订单优先权等,同时通过长期框架协议锁定基础供应量、短期订单灵活调整的组合模式平衡成本与供应链稳定性。

③供应链协同:在供应链协同层面,需建立起跨企业信息共享平台,实时同步供应商库存、生产进度以及物流状态,通过联合需求预测模型优化采购计划,避免因信息不对称导致库存积压或短缺。此外还需制定联合应急预案,明确供应中断时各方的责任分工与资源调配规则,提升整体响应效率。

3.2 生产端实施动态安全库存与联产品协同,保障生产连续性

在基于贸易韧性的石化行业供应链库存控制模式下,相关单位需要从生产端实施动态安全库存与联产品协同模式以保障生产的连续性,这一举措的核心在于构建基于需求波动与供应风险的库存量化模型,需通过历史数据挖掘与实时风险评估确定安全库存的动态阈值。

3.2.1 建立起多维度的需求预测体系

企业要建立起多维度的需求预测体系,整合下游销售订单、市场价格信号以及宏观经济指标,利用时间序列分析或机器学习算法生成多时段、分产品的需求预测值,并结合供应链终端历史数据量化供应风险系数。在此基础上,安全库存阈值要设定为基础安全量加风险缓冲量,其中前者覆盖正常需求波动,后者则需根据供应风险等级动态调整,低风险场景下按基础量的20%分配,高风险场景提升至50%。为确保阈值的实时性,还需通过供应链数字孪生系统集成生产计划、库存状态以及供应商交货数据,每日更新安全库存计算参数,当实际库存低于动态阈值时,系统自动触发补货指令并同步调整生产排程,以避免因缺料导致停机风险。

例如,为保障生产连续性,在生产端构建了动态安全库存与联产品协同体系,其核心是围绕石化设备配件、加氢催化剂、控制阀门等关键采购物资,搭建基于需求波动与供应风险的库存量化模型。该企业整合下游润滑油调配厂的月度订单数据、基础油市场价格波动信号以及化工行业PMI指数,运用时间序列

ARIMA 算法生成未来三个月分规格的基础油需求预测值，并结合近一年来阀门供应商交货延迟天数、催化剂运输损耗率等历史数据，量化得出各类物资的供应风险系数。

3.2.2 联产品协同

①协同控制：联产品协同是保障生产连续性的关键举措，企业要围绕资源优化配置与生产柔性展开：期间企业可基于石化装置的工艺特性建立联产品产出模型，明确主产品与副产品的产量比例关系以及质量波动范围，再通过线性规划算法优化原料投入结构，使联产品组合在满足市场需求的同时最大化资源利用率。该模型可自动调整原料配比或操作参数，将部分产能转向高需求副产品生产。

②制定柔性生产调度：企业需制定柔性生产调度模式，允许生产装置在联产品间快速切换，这一过程强调通过模块化工艺设计缩短切换时间，为此企业可利用先进的过程控制系统实时监测产品质量，当检测到主产品库存接近安全库存下限时立即启动切换程序。同时通过数字孪生技术模拟切换过程对设备负荷的影响，确保切换操作在安全范围内完成。

3.3 分销端：布局区域分拨中心+应急调拨库存网络，应对末端需求波动

3.3.1 空间布局

①区域分析：企业要通过采集历史销售数据、区域经济指标以及交通基础设施信息，利用空间分析工具如 GIS 技术构建需求密度地图，以此识别出高需求区域与潜在风险区域。

②中心设置：在此基础上，采用混合整数线性规划模型，以最小化运输成本、最大化需求覆盖以及平衡库存风险为目标确定分拨中心的选址方案。其中核心分拨中心布局于需求集中且物流枢纽发达的区域，承担跨区域调拨与大规模储备功能；二级分拨中心覆盖周边 300–500 公里半径内的次级需求市场，负责快速响应区域性需求波动；三级分拨中心则贴近终端客户提供最后一公里的配送支持。

③库存分配规则：同时，须制定分拨中心的库存分配规则，核心分拨中心保持较高安全库存，二级分拨中心库存覆盖 7–15 天需求，三级分拨中心库存覆盖 3–7 天需求，形成集中储备加区域缓冲加末端灵活的层级化存储结构，确保任何单一节点中断时相邻层级分拨中心可快速补位、维持供应链连续性。

3.3.2 应急调拨机制

应急调拨机制是应对末端需求突增或局部供应中断的关键手段，相关单位需明确触发条件、规划调拨路径并协调跨部门资源。

①需求波动预警系统：企业要建立起需求波动预警系统，通过实时采集终端销售数据、市场价格信号以及客户订单变更信息，利用统计过程控制方法设立需求波动阈值，当某区域需求增速超过历史均值两个标准差或客户紧急订单占比超过 10% 时，系统自动触发应急调拨指令。

②动态路径规划算法：需开发动态路径规划算法，整合分拨中心库存状态、运输工具可用性以及实时交通数据，通过多目标优化模型生成最优调拨路线，优先调用同区域二级分拨中心库存，若库存不足则启动跨区域调拨，选择运输时间最短且风险最低的路径。

③建立起跨部门协调机制：还需建立起跨部门协调机制，当应急调拨指令触发后，分销部门立即通知生产部门调整排产计划，采购部门同步启动原料补货程序，物流部门调配运输资源，并通过数字化平台实现信息共享、对调拨进度进行实时展示，确保各环节无缝衔接，将应急响应时间从传统模式的 48h 压缩至 12h 以内。

4 结语

总体来说，本文构建的基于贸易韧性的石化供应链库存控制模型，突破传统单一环节库存管理局限，形成全链条协同的韧性提升路径。研究表明，分层级战略储备可有效抵御源头供应风险，动态协同机制能保障生产连续性，区域分拨网络可快速响应末端波动。这一模型不仅为石化企业提供了可操作的库存管理方案，更揭示了贸易韧性与供应链效率的共生关系。未来可进一步结合数字孪生技术深化库存动态优化，推动模型在多品类石化产品中的适配应用。

参考文献：

- [1] 刘少林. 智能技术应用对石油石化行业供应链的影响分析 [J]. 当代石油石化, 2024, 32(11):14-21
- [2] 杨盛平. 补链、稳链、强链，筑牢石化行业发展坚实基础维护“内外需双循环下的化工供应链安全”的几点思考 [J]. 上海化工, 2021, 46(06):7-8.
- [3] 庞广廉. 全球危机下，疫情对石化行业供应链影响几何？ [J]. 中国石油和化工, 2020, (05):4-9.
- [4] 刘刚. 金融科技服务吉林省石化行业供应链转型发展研究 [J]. 现代营销 (下旬刊), 2019, (33):124-125.
- [5] 邱天, 高鹏, 曹斌. 石油石化企业供应链库存预测模型的开发与应用 [J]. 石油化工技术与经济, 2025, 41(01):11-14.

作者简介：

郭惠 (1976-)，女，汉族，山东省青岛市人，大学本科，会计师，研究方向：物资管理。