

进口原油接卸—仓储—管输—水运一体化运作 与供应链韧性提升研究

田一夫 (中石化石油销售 (商储) 公司, 北京 100020)

摘要: 在国际原油市场波动和外部不确定性增加的背景下, 传统分段式接卸、仓储与运输模式在协同效率和风险应对上存在不足。本文围绕进口原油接卸—仓储—管输—水运一体化运作体系, 分析其运行机理以及对供应链韧性的提升作用。研究表明, 通过强化接卸与仓储协同、优化管输与水运衔接、推进资源整合与信息共享, 可有效增强供应链抗冲击能力和恢复能力, 保障原油充足稳定供应。

关键词: 进口原油; 一体化运作; 管输水运; 供应链韧性

中图分类号: F416.22

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 006-0022-03

Integrated operation of imported crude oil unloading - storage - pipeline transportation - water transportation and research on enhancing supply chain resilience

Tian Yifu (Sinopec Petroleum Sales (Commercial Storage) Company, Beijing 100020, China)

Abstract: Against the backdrop of increased volatility and external uncertainty in the international crude oil market, traditional segmented unloading, warehousing, and transportation models have shortcomings in terms of collaborative efficiency and risk response. This article focuses on the integrated operation system of imported crude oil unloading storage pipeline transportation water transportation, and analyzes its operating mechanism and its role in improving supply chain resilience. Research has shown that by strengthening the coordination between unloading and warehousing, optimizing the connection between pipeline transportation and water transportation, promoting resource integration and information sharing, the supply chain's ability to withstand shocks and recover can be effectively enhanced, ensuring sufficient and stable supply of crude oil.

Keywords: Imported crude oil; Integrated operation; Pipeline and water transportation; Supply chain resilience

进口原油维系国家能源安全, 其供应链特性为链条长、环节繁, 运作容易受国际市场起伏波及地缘政治纷争致使运输状况改变等缘由, 传统运营模式主要采用接卸、仓储、管输和水运的分段管控方式, 该模式在协同效能上有所欠缺, 而且在风险应对能力上同样存在一定的短板。推动搭建码头、仓储、管输、水运系统一体化运行模式, 该模式增进系统协同性和稳固性, 继而强化进口原油供应链韧性, 确保原油平稳供给。

1 进口原油接卸—仓储—管输—水运一体化运作体系构建

1.1 一体化运作的核心要素与内在逻辑

进口原油的接卸、仓储、管输及水运的一体化运作, 关键在于对基础设施、业务流程和信息资源进行系统整合, 其内在逻辑从达成分段最佳转变, 继而达成系统最佳。码头装卸设施等基础方面要功能适配, 适配后能去除能力失配, 从而去除结构性阻滞; 运作层面以统筹调控为核心, 达成接卸节奏、库存水准、运输效能的动态协作, 防止单个环节超负荷运转致使

系统失调; 管理维度缩减运行调适链路, 提升对需求与风险的回应速率, 确保运行效能并增进供应稳固性和抗冲击能力。

1.2 接卸—仓储协同运作的流程设计

装卸—仓储协同运作流程规划的关键制约因素为储罐的有效容积和周转效能, 基于此预先安排原油到港装卸, 而后动态调控。专业实操把船舶抵港等纳入调度模型, 达成接卸和库存精确契合, 防止罐区超量以及港口能力虚耗, 凭借罐来区分油品种类管理以及批次式入库控制, 减少混罐倒罐频次, 从而提升库存结构的灵活性。构建以库存安全临界值为触发依据的调度协同机制, 能够提高罐容周转效率和接卸连贯性, 继而增进前端运行稳固性与风险缓冲效能。

1.3 管输—水运联运的衔接机制优化

管输—水运联运衔接机制的优化需聚焦关键点, 关键在于运输能力的互补以及运行灵活性的提升, 以此来化解不同运输方式在协同方面的难题, 此类协同难题存在于计划制定、能力转换和应急反应过程中。搭建统一的联运调度中枢, 把管道输量计划等纳入决

策架构,达成管输与水运的动态分流转换;能力调配需预留水路机动运输力量作为备用途径,明确启用条件与切换程序能够提高效能,进而缩减管道检修等突发状况的响应时长;规范化装船节奏与管道输运时段能够减少作业衔接的等候与间歇期,从而减小运输的波动,增强中后端物流系统在复杂工况下的适应能力。

2 进口原油供应链韧性的影响因素与作用机理

2.1 供应链韧性的内涵与特征界定

供应链韧性是指供应链在面对内部波动或外部冲击时,维持核心功能并快速恢复正常运作的能力,其核心不仅是资源冗余,更体现为结构设计、流程协同和决策响应的综合效能。在进口原油供应链中,韧性表现为三方面:抗冲击能力,即在港口限靠、管道检修或水运延迟等事件发生时,系统能够通过库存调配和运输调整缓冲冲击;恢复能力,即在供应中断后通过快速调度、跨环节资源重配恢复稳定供给;适应能力,即通过长期优化库存布局、运输计划和运行模式,使供应链在未来面对市场波动或风险事件时具备持续运行能力。

2.2 一体化运作对供应链韧性的影响路径

经由资源协同和动态调度,一体化运作明显改善供应链的抗冲击能力,拿进口原油供应链来说,港口接卸,储罐容量,管道输送能力和水运运力都是关键限制因素,假定单日到港船舶总载油量为24万 m^3 ,港口卸船能力为14万 $\text{m}^3/\text{日}$,罐区可用容量为20万 m^3 ,管道输送能力为15万 $\text{m}^3/\text{日}$,水运班轮单日运输能力为10万 m^3 ,如果采用传统的分段经营模式,一旦到港量处于高峰期,卸船排队量可能高达10万 m^3 ,罐区常常出现空缺状况,而且管道和水运无法立即调整,整个系统极易产生堵塞现象。一体化调度把罐区容量,管道输量以及水运运力归入统一改良模型当中,这样就能在卸船量超出港口单日处理能力的时候,把管道输送量扩充到13万 $\text{m}^3/\text{日}$,预先启动备用班轮8万 m^3 ,从而达成接卸—仓储—运输各环节之间的负荷协调一致,相关数据显示,该系统的整体日处理能力从以往的14万 m^3 优化到现在的24万 m^3 ,卸船滞留量从之前的10万 m^3 缩减到1万 m^3 ,这在很大程度上加强了供应链应对突然高涨需求时的抗冲击水平及其缓冲余地。

一体化运作经由信息整合及智能决策来改善供应链的恢复能力和适应能力,就拿管道临时检修来说,管输能力短时间内缩减到10万 $\text{m}^3/\text{日}$,如果没有备用方案,那么每天就会出现5万 m^3 的供应短缺,持续两天就会合计产生10万 m^3 的短缺量,依靠一体化调度,可以预先把水运运力加强到9万 $\text{m}^3/\text{日}$,并且

调整罐区的存货出库顺序,使得每日可以腾出的存量维持在8万 m^3 左右,这样剩下的短缺量就缩减到2万 m^3 ,从而达成供应的连续性并加以弥补。进一步借助历史数据分析,可以改良罐区布局以及船期安排,可以把罐区按照不同的油品划分成高流动性区和缓冲区,这样就能把平均出库时间缩减到2天,而且把库存周转率从每年6次加强到9次,依靠数字化模拟,动态调度以及资源重新调配这样的改良流程,供应链就能在应对各种风险状况的时候立即复原,还能提升系统针对未来波动的适应水平,进而全方位增强进口原油供应链的韧性。

2.3 外部风险因素对供应链韧性的冲击机制

进口原油供应体系以来国际市场与跨区域输送,其抗逆性受外部风险震荡作用显著,并且此种倚仗致使抗逆性易遭外部风险震荡,主要风险因素包括地缘政治冲突、国际航运市场波动、极端气象条件及港口及管道设备突发故障。国际原油价格在短期内的起伏幅度达到10美元/桶之际,有些供货商或许会调整装船进度,这将会导致交付延迟,从而到港数量不稳定;风暴与冰况干扰航道会降低水运运输能力,港口开展检修和限制停靠举措会削减卸船效能,从而对水运通道的整体运输功效产生影响,这些要素叠加会引发原油供给缺口,短时期内供给缺口积聚到5至8万 m^3 。风险冲击蔓延至供应链,令供应链震荡加剧,提升供应中断与生产受限的几率。

外在风险对供应链韧性的影响呈现动态特质,不光取决于冲击的强度,还和供应链内部构造等紧密相连,管道维护让输送能力降低至10万 $\text{m}^3/\text{日}$,库存以及水运备用能力匮乏可能累积至10万 m^3 以上,从而造成恢复时长延后超两天;集成化运营模式具备长处,能够减小供应缺额,并且在一日之内恢复常规供应。外部风险冲击呈现瞬时能力削减,甚至借助时间积聚和环节关联放大系统振荡,而供应链的结构韧性性和动态调度能力是缓解冲击、保障稳定供给的关键。

3 基于一体化运作的进口原油供应链韧性提升策略

3.1 一体化运作模式下的资源整合策略

进口原油供应链一体化运营模式的资源整合体现于基础设施的协同谋划与能力匹配,从而这种资源整合推动基础设施在规划和能力方面更优适配供应链,以此确保进口原油供应链高效运转。码头装卸、储油罐体和管线输运能力常存在不平衡,单一环节优化不易达成整体效率最大化,为此,要从多环节协作增进整体功效,港口靠泊计划、罐区可利用容积和管道输送量能够借助统一调配和能力评估模型归入同一优

化系统,从而实现整体的优化调度。某沿海油库码头每日卸船容量达 14 万 m^3 , 储罐可利用容积为 20 万 m^3 , 管道每日输送容量为 15 万 m^3 , 由此构建联动调度体制, 把 24 万 m^3 每日到港的船舶运载量动态调配至管道输送以及水运备用班轮, 进而达成卸船滞留量从 10 万 m^3 降至 1 万 m^3 , 并且提升罐区周转速率。这类资源整合措施提升既有设施利用效能, 更进一步为应对突发需求高峰和运输中断提供缓冲余地。

资源统筹应囊括信息、运力、库存的跨环节互通, 以此增进供应链的灵活性, 继而强化供应链的抗逆性, 搭建集成化数字平台, 实现港口、仓储、管道和水运的实时数据共享, 包含油罐容量、船舶航期、管道压强、水运可用班次。数据支撑下开展动态调配和预估模型计算, 管道检修输送量降到 10 万 $\text{m}^3/\text{日}$ 的时候, 系统会预先启用 8 万 $\text{m}^3/\text{日}$ 备用船只, 再度规划罐区出库次序, 从而把日供应短缺量管控在 2 万 m^3 之内。长时间运转数据积累可用于完善库存布局, 从而完善船期规划以及运输策略, 让资源整合在日常调度里起到作用, 并增强供应链对突发风险的应对能力, 实现一体化运作下的系统性韧性提升。

3.2 供应链风险预警与快速响应机制建设

增强进口原油供应链的抗冲击能力, 关键之处在于风险识别。在初期就识别风险, 能够为快速干预提供依据, 确保供应链的抗冲击能力。针对不同环节的运行特性构建分级预警系统, 在港口接卸阶段要实时监测船舶抵港时间、卸油速度和等候船舶数目, 当日均等候量超过 5 万 m^3 时便自动触发预警; 仓储阶段监测罐区液位等状况, 倘若某罐区可利用容量低于安全储备标准, 系统自动调节入库规划并开启临时转存方案; 管输和水运阶段能够凭借压力传感器、流量计以及船舶跟踪数据察觉输送能力降低风险, 进而预先开启备用管道流量调配方案, 还能够发觉航运延误风险, 从而预先开启船舶增班规划。预警设定定量标准和临界值, 不但涵盖事件潜藏风险, 还可促成干预举措防止风险扩散。

快速应对机制要构建跨环节调控协同流程, 该流程可达成资源急速再配置, 进而实现应急调控, 管线输送量降到 10 万 $\text{m}^3/\text{日}$, 并且水运备用班轮可使用运力达 8 万 $\text{m}^3/\text{日}$ 时, 系统自行调度, 系统把部分库存转到高流动性存储罐区, 这样做可以腾出 3 万 m^3 , 调整装卸顺序, 再度分配船舶靠泊规划, 达成当日供应缺额降至 2 万 m^3 以内, 继而在 24h 内恢复整体运力均衡。分析历史波动数据与反常事件可构建风险事件优先级和应对模板, 使突发状况有操作途径和职责划分, 从而提升供应链短长期应变适配能力, 保障原油

供给连贯平稳。

3.3 一体化运作与韧性提升的协同保障措施

实现一体化运作与供应链韧性的协同提升, 需要在制度、技术与组织三个层面形成有机支撑。在制度方面, 应将整体运行稳定性、卸船效率、库存周转率和运输连续性纳入绩效考核指标, 确保各环节以系统最优为目标; 在技术方面, 通过建立统一的数字化调度与监控平台, 实现港口、罐区、管输和水运数据的实时采集、智能分析和跨环节调度优化, 支持突发事件快速决策与资源重配; 在组织方面, 应明确跨环节协同流程和责任分工, 定期开展多场景演练, 如管道检修、水运延迟和库存异常等情景演练, 检验预案有效性和响应速度。

结合制度约束、智能化调度和组织演练, 形成闭环反馈, 使一体化运作能够持续优化资源配置、缩短响应时间、提升风险应对能力, 从而系统性增强进口原油供应链的稳定性和韧性。

4 结束语

进口原油供应链的稳定运行, 是保证能源安全的重要基础。研究表明, “接卸—仓储—管输—水运”一体化运作不仅能够提升资源利用效率, 更通过增强系统协同与弹性显著提升供应链韧性。在复杂多变的外部环境下, 持续推进一体化运作模式、完善风险应对机制, 是提升进口原油供应安全与运行质量的必由之路。

参考文献:

- [1] 杨晨. 中石化进口原油运输和港口接卸能力提升技术分析 [J]. 中国化工贸易, 2025(15):31-33.
- [2] 陈甲斌, 冯丹丹, 余良晖, 等. 中国主要矿产品港口接卸和疏港能力分析 [J]. 化工矿物与加工, 2021, 50(09):46-53.
- [3] 史皓, 温书坤, 张峰, 等. 探索单点系泊智慧化海关监管模式助力原油进口供应链安全稳定 [J]. 信息技术时代, 2024(24):140-142.
- [4] 李晶. 基于全生命周期理论的油气田工程物资管理技术设计研究 [J]. 石油天然气学报, 2020, 42(03):78-84.
- [5] 李晓丹. 智能制造背景下基于数字孪生技术的仓储与配送管理课程教学改革研究 [J]. 中国管理信息化, 2024(03):210-213.
- [6] 王宇奇, 刘金玲. 适度弹性视阈下我国原油供应链系统结构优化模型 [J]. 系统工程, 2018, 36(11):127-139.

作者简介:

田一夫 (1992.05—), 男, 汉族, 辽宁葫芦岛人, 本科, 工程师, 高级主管, 研究方向: 储运。