

供应链协同视角下的医学检验机构采购与库存管理优化研究

柳跃祥

华润（广东）医学检验有限公司，广东 广州 510700

DOI:10.61369/SE.2025100010

摘要：本研究基于供应链协同视角，针对医学检验机构采购与库存管理中存在的高库存与缺货并存、信息孤岛等痛点，提出融合区块链、物联网及神经网络预测技术的优化方案。通过构建数据驱动、流程闭环的管理模式，结合 H 上海智检的实践案例，验证了该方案在提升库存周转率、降低呆滞库存、实现全程质量追溯方面的显著成效，为医学检验机构实现精细化管理和降本增效提供了可行路径。

关键词：供应链协同；医学检验机构；采购与库存管理；区块链技术；神经网络预测

Research on The Optimization of Procurement and Inventory Management in Medical Testing Institutions from The Perspective of Supply Chain Collaboration

Liu Yuexiang

China Resources (Guangdong) Medical Testing Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510700

Abstract : Based on the perspective of supply chain collaboration, this research addresses the pain points in the procurement and inventory management of medical testing institutions, such as the coexistence of high inventory levels and stockouts, and information silos. An optimized solution integrating blockchain, Internet of Things (IoT), and neural network forecasting technologies is proposed. By establishing a data-driven, closed-loop process management model and combining it with the practical case of H Shanghai Intelligent Inspection, the solution's significant effectiveness in improving inventory turnover rate, reducing obsolete inventory, and achieving full-process quality traceability is verified. This provides a feasible pathway for medical testing institutions to achieve refined management, reduce costs, and enhance efficiency.

Keywords : supply chain collaboration; medical testing institutions; procurement and inventory management; blockchain technology; neural network forecasting

引言

医学检验作为医疗服务的关键支撑，其采购与库存管理效能直接影响机构运营质量与可持续发展，检验试剂及耗材具有品类繁杂、效期短、冷链要求高等特点，管理复杂度显著。当前多数机构仍面临“高库存与常缺货”并存的困境：采购端因缺乏数据支撑导致预测不准，库存端因管理粗放造成大量损耗，更深层问题在于内外部信息孤岛导致供应链协同不足^[1]。基于供应链协同视角，本研究通过引入区块链、物联网及智能预测等技术，构建数据驱动、流程闭环的新型管理模式，对实现成本精准控制、库存效率提升和质量全程追溯具有重要现实意义，是医学检验走向集约化、精细化发展的必然路径。

一、理论基础与技术框架

要系统性地优化医学检验机构的采购与库存管理，必须建立在坚实的理论根基与可行的技术路径之上。这不仅是对传统管理

模式的修补，更是一场以系统性思维为指导、以现代信息技术为引擎的深刻变革。支撑这一变革的核心，在于深入理解供应链协同的内在逻辑，并精准把握当前一系列数智化技术的赋能作用。

作者简介：柳跃祥（1985.06-），广东广州人，会计师，研究方向：医疗组织“大运营”体系的构建与优化、数据驱动与智能化在医疗管理决策中的应用、国有企业（特别是医疗机构）的党建与公司治理融合、医疗供应链全链条风险管理与韧性构建。

(一) 供应链协同理论及其在检验场景的内涵

供应链协同的根本目标，是打破供应链各节点之间的组织壁垒，通过关键机制的建立，实现系统整体效益的最大化。在医学检验这一具体场景中，该理论展现出三个层面的实践内涵：

1. 信息共享构成了协同管理的“神经中枢”。它要求机构内部的检验科室、采购部门与仓库管理单元，以及外部的试剂供应商和物流服务商之间，实现试剂消耗、库存水位、在途物流和需求预测等关键数据的实时、透明传递。此举能有效消除因信息延迟和扭曲带来的“牛鞭效应”，使整个供应链能够对临床终端的真实需求做出灵敏且精准的响应^[2]。

2. 流程整合是协同得以落地的“骨骼经脉”。它将原本割裂的采购计划制定、订单执行跟踪、库存控制策略和财务结算对账等环节，重新梳理并串联成一个无缝衔接的闭环管理流程。例如，实现消耗数据驱动采购订单的自动生成、到货验收信息向库存系统和财务系统的自动反馈，从而在提升运营效率的同时，显著降低人为干预带来的差错风险。

3. 战略协作是维系协同生态的“土壤环境”。这意味着医学检验机构应与核心供应商建立超越短期交易关系的长期战略伙伴关系。双方在联合需求预测、协同库存规划、产品创新迭代乃至市场风险共担等方面进行深度绑定，共同增强整条供应链的抗风险能力与持续竞争力^[3]。

为清晰展现上述机制在机构内、外部如何相互作用，可构建如下框架图：

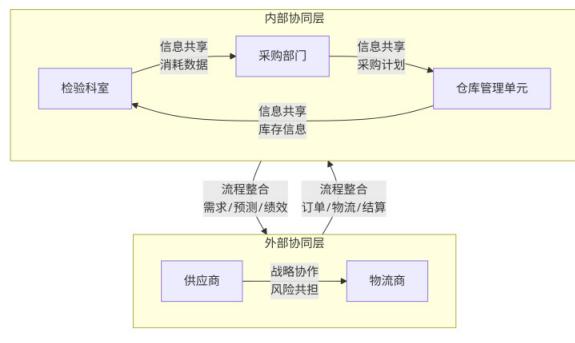


图1：供应链协同理论框架

(二) 数智化赋能的技术框架

先进的管理理念离不开强大技术工具的支撑。当前，日益成熟的“互联网+智慧”技术集群，为破解医学检验供应链的管理痛点提供了切实可行的解决方案。

在构建可信追溯体系方面，区块链技术发挥着“信任基石”的作用。其分布式、不可篡改和可追溯的技术特性，与医疗器械及试剂对全程质量监管的刚性需求高度契合。基于区块链构建的UDI追溯平台，能够为每一盒试剂建立贯穿生产、流通、仓储、临床使用全生命周期的可信数字档案^[4]。这不仅为质量安全提供了坚实保障，更能通过智能合约自动化执行验收、付款与效期预警等规则，极大提升跨组织协同的效率与可靠性。

在实现实时监控与精细管理方面，物联网技术构成了感知物理世界的“神经末梢”。通过在仓库、冷链运输环节部署温湿度、

位置等智能传感器，可以实现对环境条件的全天候监测与智能调控，彻底杜绝因存储环境失控导致的质量隐患。同时，结合RFID或二维码技术，能够实现试剂资产的快速盘点与精准定位，使仓库管理变得透明且高效。

在提升决策精准度方面，神经网络预测模型扮演着“智慧大脑”的角色。检验试剂的需求往往同时包含线性趋势、季节性波动和复杂非线性特征，传统预测方法难以胜任。融合了SARIMA模型与BP神经网络的组合预测模型，能同时捕捉时间序列中的规律性与随机性变化，从而输出更为科学的需求预测结果。这为制定精准的采购计划和设置动态的安全库存水平提供了数据驱动型的决策依据，从源头上优化库存结构，降低资金占用。

二、医学检验机构管理现状与核心问题

要找到有效的优化路径，必须首先对医学检验机构当前采购与库存管理的现实状况进行客观审视。深入剖析其运作模式与内在逻辑，是揭示问题根源、提出针对性解决方案的前提。当前，许多机构在快速发展的同时，其内部供应链管理体系并未能同步实现精细化与协同化，从而在多个关键环节暴露出亟待解决的系统性痛点^[5]。

(一) 采购环节的计划性与精准性不足

在采购的源头上，计划制定的科学性严重不足。许多机构仍高度依赖各检验科室的手工申领或库管人员的经验估算，缺乏与每日检验项目工作量、设备实际运行时长以及试剂消耗速率等关键数据的系统性联动分析。这种脱离实际业务流的预测方式，导致采购计划先天就存在巨大偏差。其直接后果是，为应对临床可能出现的突发需求或防止关键试剂断供，采购部门往往倾向于采取过于保守的备货策略，大量采购常用或高值试剂，造成资金被不合理占用。与此同时，对于不常用或新型试剂，又常常因预测不准而出现临时性短缺，不得不启动成本高昂的紧急采购流程，形成“高库存与常缺货”并存的矛盾局面。

(二) 库存管理的精细化与可视化程度低

库存管理环节的粗放模式，进一步加剧了资源浪费与潜在风险。医学检验试剂，尤其是那些需要低温保存的生化及免疫试剂，对效期管理有着极为严苛的要求。然而，现实中很多机构的仓库管理仍停留在手工记账或基础电子表格的阶段，缺乏对近效期试剂进行自动预警与优先消耗的机制，导致试剂过期报废的现象时有发生，带来直接的经济损失^[6]。

更为突出的问题在于“二级库”管理的缺失或形同虚设。试剂从机构中心仓库领出后，在检验科内部的存储、领用与消耗情况往往成为管理盲区，导致“底数不清、流向不明”。这种状态使得管理层无法掌握真实的库存水平和消耗规律，总库存量居高不下，但具体到某个检验项目时，又可能因二级库的试剂被遗忘或管理混乱而面临“结构性缺货”。库存结构的不合理，具体表现为高价值与低价值试剂、常用与罕用试剂的比例失衡，大量资金被沉淀在周转缓慢的呆滞库存上。以下图表直观地展示了这种结构性失衡的典型构成：

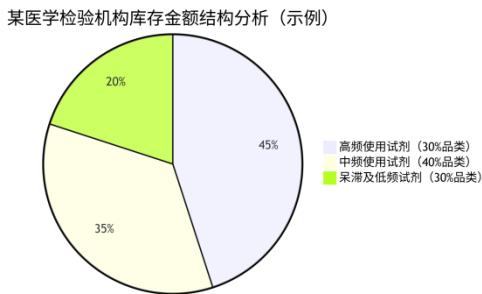


图2: 结构性失衡的典型构成图

(三) 协同机制与质量追溯体系存在短板

在协同与追溯层面，问题则更为深刻。“信息孤岛”现象普遍存在，内部如检验科、采购部、财务部及仓库之间，外部与供应商、物流商之间，信息系统的数据标准不一、接口不畅，关键业务数据无法实现实时、准确的交互与共享。这使得整个供应链呈现出典型的“链式”而非“网状”结构，响应迟缓，缺乏柔性。

质量追溯能力的薄弱是另一个核心短板。尽管 UDI 体系已在逐步推广，但在实际落地中，许多机构仍未能实现从试剂入库、院内流转、科室领用到最终上机消耗的全流程、单支级别的精准追溯。数据链在多个环节出现断层，导致一旦出现质量问题或需要召回，追溯成本极高且效率低下。同时，与供应商的关系大多仍停留在简单的交易层面，缺乏基于数据共享的深度协同，如联合进行需求预测、库存规划与风险共担，这使得整个供应链在面对外部市场波动或突发公共卫生事件时，表现出显著的脆弱性^[7]。

综上所述，当前医学检验机构在采购、库存及协同追溯方面面临的困境，是一个相互关联、彼此影响的系统性问题。它清晰地表明，零敲碎打的改进已难以奏效，必须从供应链协同的全局视角出发，进行系统性的重构与优化。

三、数智赋能的协同优化策略模型

面对当前管理中的系统性痛点，零散的改进措施已难以奏效，必须构建一个以数据为驱动、以技术为引擎、以流程重构为核心的协同优化策略模型。该模型应深度融合区块链、物联网与人工智能等前沿技术，旨在从根本上提升医学检验机构采购与库存管理的敏捷性、精准性与可靠性。

(一) 策略总体框架与核心逻辑

优化的总体思路是打破传统线性、割裂的供应链运作模式，构建一个端到端、网状互联的协同生态系统。该策略模型以区块链技术作为可信数据基石，确保全流程数据的真实性与可追溯性；以物联网技术作为实时感知网络，实现对物理库存状态的精细化监控；以神经网络预测模型作为智能决策中枢，驱动采购与库存策略的动态优化。三者通过统一的协同平台进行整合，最终形成“数据驱动决策、决策指挥执行、执行反馈数据”的闭环管

理。该模型的成功运转，将有效解决信息孤岛、预测不准、追溯困难等核心痛点，实现从“被动响应”到“主动管理”的根本转变。

(二) 区块链驱动的全流程质量追溯体系

质量追溯不仅是监管的合规要求，更是实现库存精细化管理的关键。基于区块链技术构建 UDI 全程追溯体系，能够为每一件医疗器械和试剂赋予不可篡改的“数字身份证”。具体实施路径如下：

首先，在试剂入库时，通过 UDI 扫码设备自动采集生产厂家、产品批号、有效期等关键信息，并即刻上传至区块链分布式账本，形成其在院内生命周期的起点。随后，在院内流转的每一个环节——从中心库房到检验科二级库，再到上机使用——都通过扫码更新其状态与位置，形成完整、可信的数据链条。

此举的价值在于双重提升：在质量安全层面，一旦出现产品质量问题或需要召回，可在一分钟内精准定位受影响的产品批次及所在位置，将风险控制在最小范围。在库存管理层面，实现了真正意义上的“单支管理”，系统可以精准掌握每一支试剂的在库状态和效期分布，为后续的效期预警与智能补货提供最细粒度的数据支撑。更进一步，基于区块链的智能合约可以自动执行业务规则，例如，当试剂验收合格且数据上链后，系统可自动触发付款流程；当试剂效期临近设定阈值时，系统能自动向采购与使用科室发出预警，并建议优先使用，从而大幅降低人为管理成本与差错率。

(三) 神经网络赋能的智能预测与补货决策

精准的需求预测是优化库存结构的源头。针对检验试剂需求兼具趋势性、季节性与随机性的复杂特征，采用单一的预测模型往往效果有限。因此，我们提出构建一个 SARIMA-BP 神经网络组合预测模型，其运作机制是一个系统的数据加工与决策过程，如下图所示：

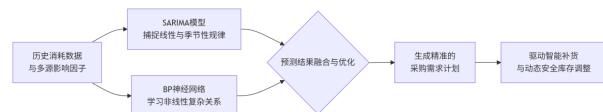


图3: SARIMA-BP 神经网络组合预测模型

该模型充分挖掘历史数据价值，其输出结果是制定采购计划和库存策略的科学依据。系统可基于预测结果，自动生成采购建议订单，并综合考虑供应商交货周期、采购批量经济性等因素进行微调。同时，动态安全库存模型将取代固定的安全库存设置，系统能够根据需求预测的波动性、供应周期的可靠性等变量，自动计算并定期调整不同试剂的最佳安全库存水平，从而在保障供应连续性的前提下，最大限度地减少资金占用。

(四) 物联网支持的实时监控与 SPD 协同运营

对于检验试剂，尤其是对温度敏感的冷链产品，其库存管理的核心是环境监控与物流效率。物联网技术的应用体现在：

在仓储与运输环节部署温湿度、开关门传感器，进行24小时不间断监控。数据实时传输至管理平台，一旦环境参数超出预设阈值，系统将立即通过短信、应用推送等方式向责任人告警，并可联动制冷设备自动调节，形成“感知-告警-处置”的闭环，确保产品质量万无一失。

在院内物流层面，推广SPD模式是实现库存精益化管理的最佳实践。SPD作为专业的供应链运营服务，通过建立院内智能预处理中心，对试剂进行统一验收、赋码、存储和分拣。结合UDI条码与物联网技术，实现试剂收、发、存的自动化操作和精确管理。SPD系统与机构内部的HIS、LIS系统深度集成，能够根据各检验科的日消耗量，自动生成拣货与配送任务，实现从“科室申领”到“主动配送”的模式变革。此举不仅能大幅减轻临床科室的库存管理负担，使其更专注于检验业务，更能通过专业的运营实现全院库存的统一调度与共享，显著降低总库存水平，实现“零库存”或“最小化库存”的管理目标^[8]。

通过以上三大核心策略的协同作用，医学检验机构能够构建一个透明、精准、高效且具有韧性的现代化供应链管理体系，为机构的成本控制和高质量发展提供坚实保障。

四、H上海智检“区块链+SPD”模式的实践剖析

理论模型的有效性需要通过实践来检验。H上海智检在探索采购与库存管理优化的过程中，形成了独具特色的“区块链+SPD”管理模式。这个案例为我们提供了观察数字化技术在检验机构供应链管理中实际应用的宝贵窗口，展现了技术创新如何与传统业务流程实现深度融合。

（一）案例背景与发展历程

作为服务长三角地区的重要医学检验机构，H上海智检每天需要处理大量检验样本，管理的试剂品种超过万种。面对试剂有效期短、储存条件要求高、临床需求变化快等特点，传统的管理模式越来越难以满足高效运营的需求。为此，机构从2018年开始着手推进供应链管理的数字化转型，将“区块链”技术与“SPD”运营模式相结合，逐步构建起新型的供应链管理体系。

（二）具体做法与创新点

该机构的实践创新主要体现在三个方面的有机结合：

第一，运用区块链技术建立全程可追溯体系。机构为所有试剂配备唯一的身份标识码，并利用区块链技术记录试剂从供应商到机构仓库，再到各检验科室，最后到上机使用的完整流通过程。每次扫码操作都会生成不可更改的记录，形成了完整的数据链条。这种方式不仅解决了产品溯源的质量管控难题，更重要的是建立了与供应商之间的互信机制。基于这项技术，到货确认、发票核对等流程实现了自动化处理，显著提高了跨部门协作效率。

第二，基于数据分析实现精准采购。机构将其检验信息系统

中的历史数据与人工智能算法相结合，开发了需求预测模型。这个模型能够综合考虑季节性变化、新检验项目开展、地区疾病谱变化等因素，对未来一段时期的试剂使用量做出较为准确的预估。预测结果直接转化为采购计划，并传递至SPD系统，为库存设置和配送安排提供数据支持，改变了以往主要依靠经验做决策的做法。

第三，通过SPD模式实现精细化运营。在冷链管理环节，通过在仓库和运输设备上安装温湿度监测设备，实现了对环境条件的实时监控。一旦出现异常，系统会立即发出警报，并可自动启动温度调节设备，确保试剂储存环境始终符合要求。在内部物流方面，建立了统一的物资管理平台，通过扫码技术实现试剂的快速入库、准确分拣和定时配送。这个平台就像是一个“调度中心”，根据各实验室的实际使用情况，自动安排配送任务，实现了从“被动领取”到“主动配送”的服务模式转变。

（三）实施效果与实际价值

经过一段时间的实践运行，新的管理模式带来了多维度、可衡量的显著改善，其核心价值主要体现在效率、成本、质量与服务四个层面，具体如下表所示：

表：新管理模式下核心价值体现表

维度	具体指标/表现	实现的价值与成效
运营效率	库存周转率提升超过30%	资金占用显著减少，资产利用效率大幅提高。
成本控制	呆滞库存减少50%以上	直接降低了因试剂过期造成的报废损失，优化了采购资金结构。
流程优化	管理流程实现自动化	减少了大量人工操作环节，不仅降低了人力成本，也提升了作业准确性与效率。
质量安全	建立完整质量追溯体系	能够快速定位与应对潜在质量问题，提升了风险管控能力和医疗安全水平。
临床服务	临床科室无需管理试剂	将医护人员从繁琐的物资管理工作中解放出来，使其能更专注于核心的诊断与检验工作，提升了医疗服务质量。

H上海智检的实践表明，将区块链技术的可信追溯能力、数据分析的预测能力和SPD模式的精细化管理能力有机结合，能够有效解决检验机构在采购与库存管理中遇到的实际问题，为同行提供了可借鉴的经验。

五、结论与展望

医学检验机构的采购与库存管理优化，是一项涉及流程、技术和组织协同的系统性工程。本研究通过分析现状问题，引入供应链协同理念，并结合区块链、物联网与智能预测等数字化技术，构建了一套切实可行的优化方案。H上海智检的实践案例证明，这套方案能够有效解决传统管理模式下的信息割裂、库存失衡、追溯困难等痛点，实现库存周转率提升30%以上、呆滞库存降低超50%的显著成效。这充分表明，以数据驱动为核心，打通内外部协同环节，是提升检验机构运营效率、降低综合成本的关

键路径。

展望未来，医学检验机构的供应链管理将呈现更加智能化、可视化的发展趋势。随着人工智能技术的不断成熟，预测模型将更加精准，能够更好地应对突发公共卫生事件带来的需求波动。区块链技术的深入应用，将推动行业建立更完善的质量追溯与信用体系。同时，相关政策与标准的持续完善，将为供应链协同创

新提供更加有利的环境。检验机构需要积极拥抱这些变化，在优化内部管理的基础上，加强与供应商、物流服务商等生态伙伴的深度协作，共同构建更具韧性、更有效率的供应链体系，为医疗质量提升与成本控制提供坚实保障。

参考文献

- [1] 查静茹.第三方医学检验实验室运行机制研究 [D].安徽医科大学,2021.DOI:10.26921/d.cnki.ganyu.2021.000548.
- [2] 方春艳.“互联网+智慧”背景下医药供应链协同进化的研究与实践 [J].物流科技,2025,48(14):169-172.DOI:10.13714/j.cnki.1002-3100.2025.14.043.
- [3] 吴晓丹,马斌,阳鯉鴻,等.基于供应链管理的公立医院医疗物资采购风险管理 [J].中国卫生产业,2025,22(13):222-225.DOI:10.16659/j.cnki.1672-5654.2025.13.222.
- [4] 谢俊.物联网技术在医疗行业信息化中的应用与挑战 [J].信息与电脑,2025,37(12):54-56.
- [5] 朱可可.医疗行业国际物流发展研究 [J].物流科技,2025,48(12):11-13+25.DOI:10.13714/j.cnki.1002-3100.2025.12.003.
- [6] 付悦.基于区块链的医疗器械溯源管理研究与实现 [D].曲阜师范大学,2025.DOI:10.27267/d.cnki.gqfsu.2025.001747.
- [7] 许凯迪,姜雪松,杨立发.基于神经网络模型的医疗器械库存管理优化 [J].中国新技术新产品,2024,(08):139-141.DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2024.08.043.
- [8] 代艳丽.医疗器械供应链库存管理优化 [D].对外经济贸易大学,2020.DOI:10.27015/d.cnki.gdwju.2020.000439.