

人工智能驱动下的医院试剂精细化管理

唐志明

盐城市第一人民医院, 江苏 盐城 224001

DOI:10.61369/MRP.2026020003

摘 要 : 人工智能驱动下的医院试剂精细化管理, 聚焦于人工智能技术与医院试剂管理的融合点, 搭建理论基础, 探索需求预测、智能补货、动态库存优化、近效期预警及使用行为分析与质量追溯的应用路径, 同时从数据治理、系统集成、人才培养方面制定实施策略。该管理模式有效弥补传统管理在库存、效期、追溯等方面的不足, 为医院试剂管理提供科学支撑, 推动管理效能提升。

关 键 词 : 人工智能; 医院试剂; 精细化管理

Fine-Grained Management of Hospital Reagents Driven by Artificial Intelligence

Tang Zhiming

Yancheng No.1 People's Hospital, Yancheng, Jiangsu 224001

Abstract : The refined management of hospital reagents driven by artificial intelligence (AI) focuses on the integration of AI technology with hospital reagent management, establishing a theoretical foundation and exploring application pathways for demand forecasting, intelligent replenishment, dynamic inventory optimization, near-expiry warnings, usage behavior analysis, and quality traceability. Simultaneously, implementation strategies are formulated in terms of data governance, system integration, and talent development. This management model effectively addresses the shortcomings of traditional management in inventory, expiry dates, and traceability, providing scientific support for hospital reagent management and promoting improvements in management efficiency.

Keywords : artificial intelligence; hospital reagents; refined management

医疗领域对管理精细化的诉求日益提升, 医院试剂作为临床诊断与治疗的关键物资, 其管理质量直接影响医疗服务效率与安全。传统医院试剂管理模式在库存预警滞后、效期监控不及时、使用追溯不完整等方面的问题逐渐凸显, 制约着医院运营发展。人工智能技术凭借其独特优势, 在医疗领域展现出广阔应用潜力, 为医院试剂精细化管理提供全新解决方案, 下文围绕相关理论、应用及策略展开详细探讨。

一、人工智能技术在医院试剂管理中的理论基础

(一) 人工智能技术概述

人工智能技术是以数据为核心驱动, 融合机器学习、深度学习、自然语言处理及计算机视觉等分支的综合性技术体系, 其核心在于通过算法模型对海量数据进行自主学习与特征提取, 形成具备预测、决策及优化能力的智能系统。该技术在医疗领域的应用潜力集中体现在医疗物资全生命周期管理、临床数据挖掘及资源配置优化等场景, 能够突破传统管理中人工处理的效率瓶颈与主观局限, 同时为医疗物资管理提供量化分析与精准决策的技术支撑。机器学习中的回归分析、神经网络模型可实现数据规律的深度挖掘, 计算机视觉技术能够辅助试剂标签识别与信息录入,

进一步拓展了技术在试剂管理实操环节的应用边界^[1]。

(二) 医院试剂管理的现状与问题

传统医院试剂管理模式以人工登记、定期盘点为核心操作方式, 库存预警依赖人工统计试剂消耗数据, 往往导致库存积压或缺货现象交替出现, 且无法及时响应突发临床需求。效期监控多采用周期性人工核查模式, 容易遗漏零散存放的试剂, 进而造成临期试剂浪费或过期试剂误用的风险。使用追溯环节缺乏全程数据记录, 试剂从入库、分发到使用的各环节信息断裂, 一旦出现质量问题难以精准定位责任主体。现有管理设备及系统多仅具备数据存储功能, 缺乏数据整合分析与智能研判能力, 而且无法将试剂管理数据与临床诊疗、科室成本核算等数据形成联动, 限制了管理效能的提升。此外, 试剂管理涉及多个科室, 数据分散在

不同台账中，进一步加剧了管理的复杂性。

（三）人工智能与医院试剂管理的结合点

人工智能技术与医院试剂管理的融合，聚焦于解决传统管理中的数据处理低效、决策主观性强等核心矛盾，其中需求预测环节可借助机器学习算法对历史消耗数据、季节变化规律、疾病流行趋势等多维度数据进行分析，精准预判不同时段、不同科室的试剂需求总量与品类结构。智能补货场景中，人工智能系统能够结合实时库存数据、采购周期及临床紧急程度，动态生成补货清单，并且自动对接供应商系统实现采购流程的智能化启动。动态库存优化依托深度学习模型，实时整合库存周转效率、试剂效期、仓储空间等因素，构建动态调整机制，实现库存结构的最优配置^[2]。另外，人工智能技术还可以借助对试剂流转全链条数据的实时采集与分析，搭建质量追溯体系，为试剂使用安全提供技术保障，与此同时打通试剂管理与临床诊疗数据的壁垒，实现管理数据的价值最大化。

二、人工智能在医院试剂管理中的应用路径

（一）需求预测与智能补货

需求预测环节依托长短期记忆神经网络（LSTM）与随机森林回归算法构建融合预测模型，整合近3-5年试剂历史消耗数据、日均门诊量、住院患者病种分布、手术台次等多维度数据进行模型训练。模型可自动识别季节性疾病爆发、突发公共卫生事件等特殊场景下的试剂消耗波动规律，同时纳入患者年龄结构、区域流行病学数据等变量，精准输出不同科室、不同时段的试剂需求品类及数量区间。智能补货系统与预测模型实时联动，系统内置采购周期参数库，涵盖不同供应商的供货时长、物流周期等信息，结合当前库存周转率自动生成补货阈值。当试剂库存低于阈值时，系统自动匹配最优供应商，生成包含试剂规格、数量、交货时间的采购订单，通过API接口对接供应商管理系统完成下单流程。针对急救试剂等特殊品类，系统设置动态安全库存系数，根据近90天紧急调用频率实时调整补货量，避免缺货风险^[3]。

（二）动态库存优化与近效期预警

动态库存优化以深度学习中的卷积神经网络（CNN）模型为核心，实时采集库存数量、仓储空间占用率、试剂出入库频次等动态数据，同时关联临床科室领用计划、手术安排等信息构建库存优化矩阵。模型可自动计算各类试剂的最优库存区间，对积压超过30天的常规试剂启动调拨机制，将其调配至需求旺盛的科室，降低库存资金占用率。近效期预警机制借助计算机视觉技术与射频识别（RFID）技术实现全流程监控，试剂入库时通过图像识别自动录入效期信息并绑定唯一电子标签，标签实时传输试剂存储位置与效期剩余天数^[4]。系统预设三级预警阈值，效期剩余90天触发一级预警，提醒优先领用；剩余60天触发二级预警，限制入库量；剩余30天触发三级预警，启动退货或销毁流程。预警信息同步推送至科室领用系统与采购部门，形成闭环管理。

（三）使用行为分析与质量追溯

使用行为分析采用K-均值聚类算法与关联规则挖掘技术，对

试剂领用频次、使用时长、浪费率等数据进行深度分析，挖掘异常使用行为。系统可识别超常规领用、领用后长期未使用、耗材损耗率异常偏高等问题，并自动关联对应的科室、医护人员及临床场景，为管理决策提供数据支撑。质量追溯体系基于区块链技术与人工智能结合的模式搭建，试剂从生产厂家、物流运输、医院入库、科室领用至临床使用的全链条数据均实时上链存储，数据不可篡改且全程可追溯。当出现试剂质量问题时，通过智能合约自动调取该批次试剂的流转记录，快速定位问题环节与责任主体，同时触发同批次试剂的紧急召回流程，降低医疗风险^[5]。该体系同时记录试剂使用效果与患者诊疗数据，为试剂质量评估提供临床实证支持。

三、人工智能驱动医院试剂精细化管理的策略

（一）数据治理与安全保障

建立覆盖试剂全生命周期的数据治理体系，需明确数据采集的全维度来源，除试剂基础信息、流转数据、临床使用数据外，还需纳入试剂生产批次信息、物流运输温控数据、存储环境监测数据等，制定统一的数据采集标准时需细化字段格式，例如试剂批号采用“厂家代码+生产年份+批次序号”12位编码规则，临床使用数据需关联患者诊疗ID与试剂使用时间戳，确保数据可溯源。搭建数据清洗与质控平台时，采用K-近邻算法填补缺失数据前，需先通过数据分布分析确定最优邻域参数，通常将邻域数量设为5-10以平衡准确性与计算效率；通过孤立森林算法识别异常数据时，需结合试剂管理业务规则设置异常判定阈值，例如当某类试剂单日消耗量超出近30天均值3倍时，系统自动标记为异常并触发人工复核流程，同时平台需支持每日自动生成数据质控报告，统计数据完整率、准确率、异常率等指标，确保数据质量持续达标^[6]。

构建分级数据安全防护机制，对试剂采购价格、患者诊疗等敏感数据采用非对称加密技术（如RSA-2048算法）存储，同时引入数据脱敏技术，对患者姓名、身份证号等信息采用“部分字符替换+随机掩码”处理，既保留数据可用性又避免隐私泄露。设置多维度访问权限时，需按“岗位-职责-数据类型”三重维度划分权限等级，例如试剂库管员仅可访问库存数据与采购数据，临床医生仅可查询所管患者的试剂使用数据，且所有操作需结合指纹识别或虹膜识别完成身份验证，系统自动记录操作人、操作时间、操作内容等日志，日志数据留存时间不低于5年。建立数据安全应急响应预案时，需明确应急处置流程，包括风险发现、应急启动、数据隔离、漏洞修复、数据恢复等环节，每季度联合医院IT部门、质控部门、信息安全服务商开展一次数据泄露风险演练，模拟外部攻击、内部误操作等场景的应对处理；利用人工智能防火墙实时监测数据传输过程时，需配置基于行为分析的异常检测模型，当发现非授权IP地址访问数据服务器、高频次下载敏感数据等行为时，系统自动阻断访问并向安全管理员发送告警信息，同时留存攻击溯源数据，为后续安全分析提供依据，全方位为人工智能模型的稳定运行提供可靠数据环境^[7]。

（二）系统集成与流程优化

推进人工智能试剂管理系统与医院现有信息系统的无缝对接，需先开展现有系统接口兼容性调研，梳理 HIS、LIS、SCM 系统的接口类型、数据格式、传输协议等参数，再采用 HL7FHIR 国际医疗数据交换标准进行接口改造，优先实现关键数据的互联互通——第一阶段完成 LIS 系统与智能试剂管理系统的对接，实时同步试剂使用量、检测项目关联数据；第二阶段对接 HIS 系统，获取门诊量、住院患者数、手术安排等临床数据，为需求预测模型提供支撑；第三阶段打通与 SCM 系统的数据流，实现供应商信息、采购订单、物流信息的实时交互。对接过程中需设置数据传输校验机制，通过 CRC32 校验算法验证数据完整性，当出现数据传输中断时，系统自动触发断点续传功能，避免数据丢失。

同时还要重构试剂管理业务流程，取消人工录入、纸质审批等冗余环节，将入库验收、库存盘点、领用登记等操作全部纳入智能系统，通过 RFID 扫码完成信息采集与确认。优化供应商协作流程，建立智能评价体系，根据供货及时性、质量合格率、售后服务等指标对供应商进行动态评级，系统自动优先选择优质供应商进行合作，同时简化结算流程，实现采购、入库、付款的全流程自动化，提升管理效率。

（三）人才培养与组织变革

构建多层次复合型人才培养体系，与高校合作开设医疗人工智能相关专业课程，定向培养兼具试剂管理知识与算法应用能力

的专业人才。针对在职人员开展分阶段培训，内容涵盖人工智能基础算法、智能系统操作、数据安全管理等，同时邀请行业专家开展专题讲座，分享前沿技术与实践案例。推动医院组织架构优化，成立专门的人工智能医疗管理部门，统筹协调试剂管理、信息技术、临床科室等多部门资源，打破部门间的信息壁垒。建立与智能化管理相适配的绩效考核机制，将试剂库存周转率、效期管理合格率、智能系统使用率等纳入科室与个人考核指标，引导工作人员主动适应智能化管理模式，同时鼓励医护人员参与智能系统优化建议，形成全员参与的良好氛围。

四、结语

综上所述，人工智能与医院试剂管理的深度融合，是突破传统管理瓶颈的有效途径。试剂管理的精细化转型，不仅依赖技术的合理应用，更离不开完善的数据治理体系、顺畅的系统集成机制以及专业的复合型人才队伍作为支撑。数据、系统、人才三者的协同推进，是智能化管理模式落地见效的关键。随着技术的持续迭代与医院组织的适应性变革，试剂精细化管理还将会不断完善，为医院运营效率提升、医疗服务质量优化注入持久动力，助力医疗领域管理体系的持续升级。

参考文献

- [1] 董昊, 王明刚, 孟洁, 等. 关键试剂的医院精细化管理系统的应用与研究 [J]. 中国医疗设备, 2024, 39(5): 115-120, 154.
- [2] 张祚, 陈锦, 代黔, 等. 医院科研试剂耗材的智能化管理探索 [J]. 中国现代教育装备, 2024(21): 39-41, 48.
- [3] 李波, 胡海艳. 物联网技术在检验试剂智能精细化管理中的应用与展望 [J]. 检验医学与临床, 2023, 20(23): 3425-3428.
- [4] 李龙飞, 徐婷, 张舒, 等. SPD 模式下体外诊断试剂的精细化管理 [J]. 医疗装备, 2023, 36(6): 49-52.
- [5] 郭红, 张涵宇, 王爱英, 等. 基于多模式物流管理的医用耗材全流程信息化精细化管理体系建设与实践 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35(1): 111-114, 123.
- [6] 郁卓群, 陈爽. 医院体外诊断试剂 SPD 供应链管理解决方案实践 [J]. 中国医疗设备, 2022, 37(10): 114-118.
- [7] 谷玮, 慈云飞, 刘同柱, 等. SPD 模式下的检验试剂全流程规范化管理 [J]. 现代医院, 2021, 21(2): 260-263.