

基于运动感知 RFID 门禁系统的医院试剂出入库精准管理研究

唐志明

盐城市第一人民医院, 江苏 盐城 224001

DOI:10.61369/MRP.2026010036

摘 要 : 运动感知 RFID 门禁系统借助精准识别移动试剂, 实现医院试剂出入库自动化管理。该系统结合运动检测算法与动态库存更新机制, 提升识别精准度及抗干扰能力, 支持试剂全生命周期可追溯。本文从技术构成、应用流程、管理策略三方面展开, 探讨其在库存预警、防误出库、系统集成等场景的实践价值, 为医院试剂管理提供精准化、智能化解决方案参考。

关 键 词 : 运动感知; RFID 门禁系统; 医院试剂管理

Research on Precise Management of Hospital Reagent Inbound and Outbound Based on Motion Perception RFID Access Control System

Tang Zhiming

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

Abstract : The motion-sensing RFID access control system enables automated management of hospital reagent inventory in and out by accurately identifying moving reagents. Combining motion detection algorithms with dynamic inventory update mechanisms, the system enhances identification accuracy and anti-interference capabilities, supporting full lifecycle traceability of reagents. This paper explores its practical value in scenarios such as inventory warning, prevention of erroneous outbound shipments, and system integration from three aspects: technical composition, application process, and management strategy, providing a precise and intelligent solution reference for hospital reagent management.

Keywords : motion sensing; RFID access control system; hospital reagent management

医院试剂管理是医疗质量控制的关键环节, 传统人工登记易出现漏记、错记等问题, 影响试剂使用安全与成本管控。运动感知 RFID 门禁系统凭借其高精度识别与实时数据更新能力, 能够有效解决传统管理痛点。本文的目的是剖析该系统技术原理, 阐述其在试剂出入库自动化识别、库存动态更新、防误出库控制等方面的应用价值, 并提出系统实施规划、集成策略及持续改进方向, 为医院试剂管理数字化转型提供理论支撑。

一、运动感知 RFID 门禁系统技术剖析

(一) RFID 技术基础原理

RFID 技术依托射频信号的空间耦合实现无接触式数据传输与识别, 其工作机制以电磁感应或电磁反向散射耦合为核心。读写器通过天线持续发射特定频段的射频载波信号, 电子标签进入信号覆盖范围后, 芯片内部电路被激活并将存储的试剂编码、生产批次等核心数据调制到回波信号中, 读写器接收解调后完成数据采集。电子标签按供电方式分为无源、半有源与有源三类, 医院试剂管理场景中多采用无源标签, 凭借试剂流通过程中的移动特性获取能量, 降低维护成本的同时避免电源泄漏风险。

(二) 运动感知 RFID 门禁系统构成与创新

系统硬件由超高频读写器、阵列式天线、抗金属电子标签及数据处理终端组成。超高频读写器选用 860-960MHz 频段, 适配试剂密集存储场景下的多标签并行识别需求; 阵列式天线采用分布式布局, 消除识别盲区, 同时通过功率自适应调节减少信号叠加干扰; 抗金属电子标签经特殊封装处理, 可直接附着于试剂金属包装表面且不影响信号传输^[1]。运动检测算法是系统核心创新, 融合动态信号特征提取与标签轨迹追踪技术, 通过实时分析标签信号的相位变化、传播时延及强度波动, 精准判定试剂的移动状态, 并且能够过滤环境中静止标签的干扰信号, 实现移动试剂的精准锁定与数据采集。

（三）与传统 RFID 技术对比优势

传统 RFID 技术在多标签同时存在的场景下易出现信号碰撞，导致识别漏读或误读，而运动感知 RFID 门禁系统通过优化的防碰撞算法，大幅提升多标签识别的稳定性，同时缩短识别响应时间。在抗干扰能力方面，传统技术易受金属遮挡、电磁辐射及环境温湿度变化影响，该系统通过标签信号增强技术与环境自适应滤波算法，有效降低外部因素对识别效果的干扰，确保在医院复杂环境下的稳定运行^[2]。此外，传统 RFID 技术多局限于静态标签识别，无法区分试剂的静置存储与动态流转状态，运动感知系统则实现了识别功能与运动状态判断的协同，为试剂出入库的自动化判定提供技术支撑。

二、运动感知 RFID 门禁系统在医院试剂管理中的应用

（一）出入库自动化识别流程

试剂入库环节中，装载试剂的周转箱经过门禁通道时，阵列式天线形成的信号覆盖区会即刻捕获试剂表面附着的抗金属电子标签。超高频读写器以 860-960MHz 频段快速完成多标签并行读取，采集试剂编码、生产批次、有效期、规格等核心数据，同时运动检测算法通过分析标签信号的相位变化与传播时延，判定试剂处于入库移动状态。采集的数据经数据处理终端初步校验后，通过加密传输协议同步至医院试剂管理后台，后台系统自动与采购订单信息进行比对，比对一致则生成电子入库单，标注入库时间与存储位置，完成入库流程；若信息存在偏差，系统即时触发异常提示，锁定对应试剂以待人工复核^[3]。试剂出库时，操作人员通过终端提交出库申请，系统预先调取得出库试剂信息并发送至门禁系统。当试剂通过门禁时，读写器再次采集标签数据，与出库申请单进行精准匹配，同时验证试剂存储位置信息的一致性，匹配通过后自动记录出库时间、领用科室等数据，同步更新后台库存，整个过程无需人工录入，实现出入库识别与数据记录的全自动化。

（二）库存动态更新机制

系统依托实时数据采集能力构建动态库存更新体系，每完成一次出入库操作，后台数据库便会同步增减对应试剂的库存数量，确保库存数据与实物数量完全一致。针对库存预警功能，系统内置双重阈值设定模块，库存不足预警通过预设各试剂的安全库存基准值实现，当库存数量低于基准值时，系统自动提取该试剂的供应商信息，生成采购建议清单并推送至采购管理模块，同时向相关负责人发送提醒信息。试剂临期预警则依据电子标签记录的有效期数据，设置多级预警阈值，距离有效期 30 天、15 天、7 天分别触发不同等级的预警提示，预警信息同步显示在管理终端与科室领用界面，避免临期试剂流入使用环节。此外，系统还能通过分析历史领用数据，建立库存消耗趋势模型，为库存优化提供数据支撑，减少积压与短缺现象的同时，降低试剂过期造成的浪费^[4]。

（三）防误出库控制策略

系统构建三重校验机制筑牢防误出库防线，第一重为标签信

息校验，读写器采集的试剂编码必须与出库申请单中的编码完全匹配，且需验证标签信号的完整性，避免因标签损坏导致的信息错误；第二重为实物状态校验，运动感知算法判定试剂移动轨迹符合出库通道走向，同时排除标签脱落、误带其他试剂等异常情况；第三重为领用场景校验，系统关联领用科室的试剂使用需求，若申请出库试剂与科室常规使用品类不符，自动触发二次确认流程^[5]。身份认证环节采用双因子认证模式，操作人员需通过工号密码登录系统，同时完成指纹或人脸识别，认证通过后方可发起出库申请，不同岗位人员设置差异化操作权限，杜绝越权操作。所有出库操作均生成不可篡改的电子记录，包含操作人员、操作时间、试剂明细、校验结果等完整信息，为后续核查提供依据。

（四）保障试剂可追溯性的实现

系统凭借全生命周期数据记录保障试剂可追溯性，试剂从生产环节开始，其生产厂家、生产日期、检验合格证明等信息便录入电子标签，入库时补充存储位置、入库人员等数据，存储期间记录温湿度变化、库存调整等情况，出库后关联领用科室、使用患者、使用时间等信息，形成完整的追溯链条。电子标签赋予每盒试剂唯一的识别编码，该编码作为追溯索引贯穿始终，存储于分布式数据库中，确保数据不丢失、不篡改。当试剂出现质量问题时，管理人员通过输入问题试剂的编码，即可快速调取其全生命周期的所有数据，精准定位问题发生的环节，若为生产问题可及时联系厂家召回同批次试剂，若为存储或使用问题可追溯相关责任人，有效降低医疗风险^[6]。

三、提升医院试剂管理水平的策略

（一）系统实施规划与步骤

前期评估需要全面梳理医院现有试剂管理流程，排查痛点问题，同时对门禁安装区域进行场地勘测，评估信号覆盖范围、电磁环境等适配性指标，并结合医院试剂吞吐量、预算额度制定实施方案。同时，采购要优先选择与医院现有管理需求适配的超高频读写器、阵列式天线及抗金属电子标签，确保设备的抗干扰性与兼容性，同时对供应商明确售后维护条款。软件定制则需要依据医院特殊管理需求，开发个性化功能模块，包括库存预警参数设置、报表生成格式、权限管理体系等。另外人员培训应该分层次开展，针对操作人员重点培训设备使用方法、异常情况处理流程，针对管理人员侧重系统数据解读、管理策略制定。此外，系统测试分为模拟测试与试运行两个阶段，模拟测试通过模拟不同试剂的出入库场景，检验系统识别精度与数据传输稳定性；试运行选取部分科室试点应用，收集使用反馈并优化调整，测试无误后正式上线运行^[7]。

（二）与医院现有系统的集成策略

系统采用 API 接口方式实现与 HIS 系统、LIS 系统的无缝集成，构建统一的数据共享中心。与 HIS 系统集成时，重点打通试剂领用数据与患者诊疗数据的关联通道，试剂出库后自动同步至 HIS 系统的费用核算模块，实现试剂消耗与医疗费用的精准对接，同时从 HIS 系统获取科室领用需求数据，为库存调配提供依据。

与 LIS 系统集成则聚焦检验业务协同，试剂使用信息实时同步至 LIS 系统，确保检验结果与所用试剂的关联性，LIS 系统中的检验数据也反向反馈至试剂管理系统，为试剂质量评估提供参考。集成过程中建立数据标准化规范，统一数据格式与编码规则，消除数据孤岛，实现跨系统数据的实时流转与共享，提升业务处理效率。

（三）人员培训与管理优化

首先要建立常态化机制，除上线前的集中培训外，定期组织专项培训，更新操作人员与管理人员的知识储备，内容涵盖系统功能升级要点、最新试剂管理规范等。同时编制配套资料，操作手册需细化设备日常点检步骤（如每日开机前天线信号强度检测、读写器频段校准方法）、常见故障代码（如 E03 读写器通信故障、E12 标签解码失败）解读；应急处理指南明确标签信号丢失、系统卡顿等突发情况的 15 分钟应急处置流程，包含临时人工记录模板与系统恢复后的数据补录方法，便于人员随时查阅调用^[8]。与此同时，还要建立分级权限管理制度优化管理，依据岗位职能划分操作权限，普通操作人员仅具备试剂出入库操作权限，管理人员拥有数据查看、参数设置权限，系统管理员负责设备维护与数据安全，杜绝权限滥用。绩效考核将系统操作准确率、库存管理精度、问题追溯效率等指标纳入考核体系，考核结果与薪酬挂钩，激发工作人员的责任心与积极性，同时建立奖惩机制，对规范操作、高效管理的人员给予奖励，对操作失误、管理失职的人员进行问责。

（四）成本效益分析与持续改进

成本方面主要涵盖硬件采购费用、软件定制开发费用、人员培训费用及后期维护费用，通过批量采购硬件、选择模块化软件开发模式可有效控制初期投入。效益方面，系统投入使用后大幅减少人工登记工作量，降低人工成本，同时减少漏记、错记及试剂过期浪费现象，降低管理成本，此外精准的库存管理缩短试剂周转周期，提升资金使用效率。持续改进需聚焦技术升级与流程优化，密切关注 RFID 技术发展动态，及时升级读写器识别精度、优化运动检测算法，提升系统性能；定期梳理试剂管理流程，简化冗余环节，依据医院业务拓展需求新增功能模块。同时建立系统运行评估机制，每季度收集科室使用反馈，分析系统运行中的问题与不足，制定针对性的优化方案，推动试剂管理水平持续提升。

四、结语

综上所述，运动感知 RFID 门禁系统借助技术赋能，实现了医院试剂出入库管理的精准化与智能化。其核心价值在于提升管理效率，更在于构建试剂全生命周期可追溯体系，保障医疗安全。实践中需要注重系统与现有医疗信息系统的深度集成，强化人员培训与管理优化，持续推动技术升级与流程优化。该系统的应用为医疗物资管理提供了创新范式，以后的研究中还应该进一步探索其在更多医疗场景中的拓展应用。

参考文献

[1] 黄凤英. 基于 RFID 的室内定位技术综述 [J]. 武夷学院学报, 2023, 42(9): 81-87.
[2] 夏资厚, 刘吉晓, 刘均益, 等. 基于 RFID 的人体姿态识别方法研究 [J]. 传感器与微系统, 2024, 43(1): 36-39, 43.
[3] 宗佳惠. 基于 RFID 的医院药品物资条码库房管理系统 [J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(6): 68-72.
[4] 刘溢雯, 罗冠均, 张传林. RFID 射频识别技术在医院物资盘点中的应用 [J]. 基层医学论坛, 2021, 25(5): 710-711.
[5] 江盼盼. 射频识别技术在医院固定资产智能化管理中的应用 [J]. 中国研究型医院, 2022, 9(6): 37-40.
[6] 李静, 张磊, 东强. RFID 技术的医院医疗设备智能化管理平台设计 [J]. 信息技术, 2021(10): 81-86.
[7] 孙雪松, 顾家荣, 吴明慧, 等. 物联网 +SPD 在医院体外诊断试剂管理中的应用研究 [J]. 中国数字医学, 2024, 19(3): 58-63.
[8] 顾岱波, 甘天智, 袁忠宇, 等. 试剂耗材 RFID 智慧库存管理系统 [J]. 数字技术与应用, 2025, 43(3): 123-125.