

医用高值耗材 RFID 智能柜产品演进路线

董秀青¹, 黄雪梅²

1. 广州理工学院 人工智能学院, 广东 广州 510540

2. 清华大学 机械工程学院, 北京 100084

DOI: 10.61369/TACS.2025090042

摘 要 : 目前市场上高值耗材 RFID 智能柜产品质量参差不齐, 产品迭代盲目, 不能满足医院高值耗材管理降本增效的刚性需求。站在智能柜厂商视角, 通过现场调研法、对标分析法、文献分析法三种方法, 结合用户痛点需求、新技术推动, 创造性的提出智能柜演进模型。按照演进路线中的四个阶段从功能、性能、产品形态维度详细阐述。为智能柜厂商产品演进方向提供“灯塔”参考。

关 键 词 : 医用高值耗材; RFID 智能柜; 演进路线; 新一代信息技术

Evolution Route of RFID Smart Cabinet Product for Medical High-Value Consumables

Dong Xiuqing¹, Huang Xuemei²

1.School of Artificial Intelligence, Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

2.School of Mechanical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084

Abstract : The quality of high-value consumable RFID smart cabinet products currently on the market is uneven, and product iteration is blind, which cannot meet the rigid needs of hospitals for cost reduction and efficiency improvement in high-value consumable management. From the perspective of smart cabinet manufacturers, through three methods: on-site survey, benchmarking analysis, and literature analysis, combined with user pain point needs and new technology promotion, a smart cabinet evolution model was creatively proposed. According to the four stages in the evolution route, it is elaborated from the dimensions of function, performance and product form. It provides a "lighthouse" reference for the product evolution direction of smart cabinet manufacturers.

Keywords : medical high-value consumables; RFID smart cabinet; evolution route; new generation information technology

引言

目前, 医用高值耗材由医院中心库到科室的二级库房智能化设备覆盖率较低, 很多医院仍依赖传统人工管理出入库^[1], 存在人工盘点效率低、数据记录不完整、耗材使用不合规等问题^[2], 引入信息化技术赋能医院管理升级尤为重要。借助先进的 RFID 技术, 智能柜为高值耗材精细化管理提供创新思路和抓手^[3]。

目前, 市场上智能化替换潮才刚开始^[4], 厂商对产品定位把握不准确, 产品迭代盲目^[5]。注意表现在三个方面^[6]: 一是产品线单一, 细分产品领域差异化产品不丰富^[7]; 二是产品性能尚需完善, 识别率有待提高; 三是增值服务待挖掘, 具备 AI/ 区块链 / 数字孪生 +RFID 融合技术能力的新一代智能柜在理论层面^[8]。

一、产品演进模型

通过现场调研法、竞品对标分析法、文献分析法三种方法^[9], 结合用户痛点需求、新技术推动, 创造性的提出智能柜演进模型(下图1)。该模型揭示了产品演进的本质: 围绕痛点需求推动, 通过技术推动与厂商推动双轮驱动, 助力产品四阶段跃迁。

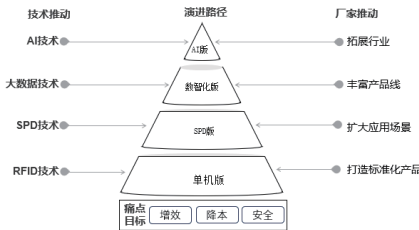


图1 RFID 智能柜产品演进模型图

二、产品演进路线图

RFID智能柜经历了从单机化到AI智能化的四代升级历程（如图2），逐步实现了耗材管理效率、精准度的全面提升^[10]。下面从功能、性能、产品形态维度进行具体分析^[11]。

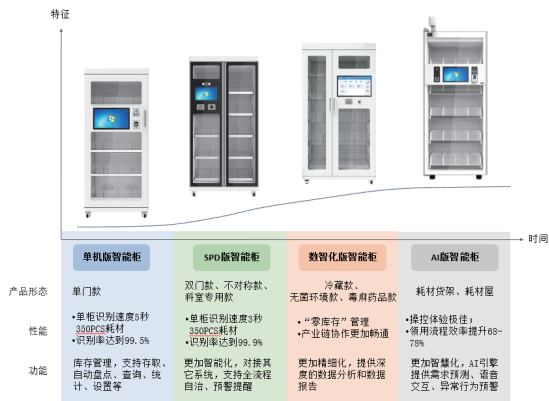


图2 智能柜产品演进路线图

（一）第一代单机版智能柜

功能方面，支持智能存取、自动盘点、查询追溯、统计分析等库存管理功能，本地化数据存储。解决科室二级库耗材存取环节“效率低”的问题，奠定自动化基础，但存在“信息孤岛”，需人工导出报表、人工补货。

性能方面，达到单柜识别速度5秒/350件耗材（下图3）。整体识别率为99.5%，液体材质、金属材质是待突破的技术问题。

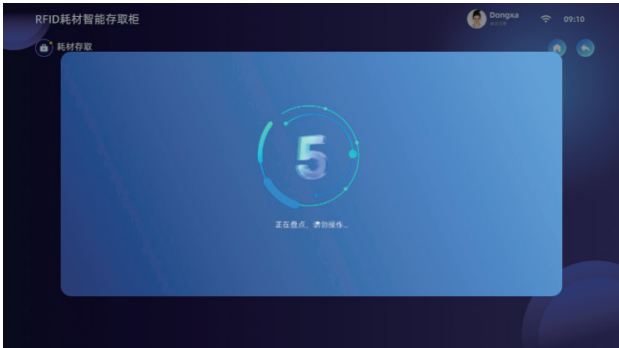


图3 RFID智能柜自动读取数据倒计时界面

产品形态方面，为了快速投入市场进行验证，仅支持单门款，适用于手术室、介入室等通用场景。尚不能满足检验科、牙科等耗材类型的特殊场景。

（二）第二代为SPD版智能柜

功能方面，产品更加智能化。通过Web API接口，实时对接SPD系统，系统间对接数据如下表1所示，真正实现全流程管理。高值耗材无论是院外还是院内流通，都能无盲区、全流程自治。支持自动补货提醒、过期提醒，耗材使用更安全^[12]。

表1 各系统间接口目录

序	接口名称	接口方法	调用方	被调用方
1	科室信息同步	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
2	人员信息同步	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
3	制标数据同步	Post	SPD系统	RFID智能柜系统

4	入库单信息同步	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
5	耗材消耗信息同步	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
6	获取库存信息	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
7	获取盘点信息	Post	SPD系统	RFID智能柜系统
8	同步耗材柜数据	Get	SPD系统	RFID智能柜系统

性能方面，识别速度达3秒/350件耗材，耗材识别率达99.9%，抗金属标签借助氧体涡流抑制、EBG同相增强等技术链，解决金属表面对射频信号的涡流屏蔽与失谐干扰问题。抗液体标签借助低损耗基板PTFE、多孔天线等技术链，解决液体对射频信号的吸收、反射干扰问题。

产品形态方面，推出双门款、不对称款，科室专用款包括检验科款、牙科款、口腔款、眼科款、内窥镜款，适用于医院的不同科室场景。

（三）第三代为数智化版智能柜

功能方面，通过大数据技术驱动管理升级。数据采集利用多源数据融合技术，形成更加完整的数据源，共涉及设备数据、业务数据、环境数据、行为数据四大类14项数据源（下表2）。解决了流通环节“效率低、成本高”问题，但预测性分析尚需完善算法模型^[13]。

表2 多源数据融合

数据大类	数据类型	数据结构
设备数据	1. RFID标签数据	结构化（EPC/TID）
	2. 视频监控数据	非结构化视频流
	3. 重量传感器数据	结构化数值
	4. 门磁开关数据	布尔事件
	5. 震动传感器数据	时序加速度值
业务数据	6. HIS计费数据	半结构化（HL7报文）
	7. SPD订单数据	结构化（JSON/XML）
	8. UDI追溯数据	结构化（GS1标准）
	9. 电子病历数据	非结构化文本
	10. 手术排版数据	结构化数据
环境数据	11. 空气洁净度数据	结构化数值
	12. 温湿度数据	时序数值
行为数据	13. 人员操作数据	事件日志
	14. 病人消耗数据	结构化

性能方面，基于上述大数据分析技术的深度应用，系统可实时采集耗材使用频次、手术室消耗规律等动态数据，结合机器学习算法构建需求预测模型，医疗耗材管理真正实现从“经验备货”到“精准零库存”的范式变革。

产品形态方面，RFID智能柜能定制特殊需求场景款，常见的有冷藏款、无菌环境款、毒麻药品款等。其中，冷藏款具备制冷技术，内置强制风冷系统实现温度均匀分布，配备高精度传感器，实时监测温湿度。无菌环境款内置消毒模块，自动周期性杀

菌，支持无接触语音控制耗材出入库。毒麻药品款通过指纹验证 + 任务单匹配模式双认证，每支药品取用记录加密上链。

（四）第四代为 AI 版智能柜

功能方面，随着 AI 技术的发展，利用神经网络进行需求预测，推动智能柜向自主决策跃迁，让耗材管理更快捷、更智能^[14]。神经网络需求预测模型通过建立高值耗材需求预测专题数据库，构建需求预测指标体系，选择需求预测模型（如图4），动态调整库存参数阈值，实现高值耗材需求预测。具体过程描述如下：

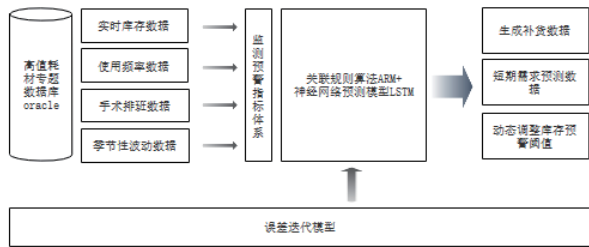


图4 近7天AI需求预测模型

智能柜的超高频 RFID 读写器扫描实时库存数据，并整合历史消耗数据（科室使用频率数据、手术排班数据等），汇聚形成高值耗材需求预测专题数据库。通过关联规则挖掘算法 ARM 挖掘出高值耗材历史消耗数据中隐藏的耗材件组合关系，再通过神经网络

网络 LSTM 模型进行预测，有较高的预测结果。误差迭代模型定期更新神经网络模块参数，学习实际需求与预测误差，优化预测精度。

性能方面，通过多模态交互技术重构人机协作范式，实现操控体验与流程效率的颠覆性升级。语音交互模块借助医疗专用 ASR 引擎实现秒级操控响应，视频监控模块借助 AI 异常识别引擎实现异常行为报警。

产品形态方面，采用“RFID 智能柜 + 耗材货架 + 耗材屋”三级形式，全方位解决耗材管理痛点问题。耗材货架为了解决 RFID 智能柜在存储空间受限等问题，它结合重力传感器进行耗材识别，适用于科室二级库。耗材屋为了解决耗材分散管理损耗高等问题，它结合门禁技术、接近感应传感技术识别，适用于全院级调度中心。

三、未来展望

未来，RFID 智能柜将深度融合数字孪生^[15]、区块链等新一代信息技术，技术叠加效应不仅提升产品性能，也为医疗机构带来实惠的管理效益和成本节约。

参考文献

[1] 孙琳，郭敬鹏，刘获. 基于物联网的医用耗材管理平台的构建与应用 [J]. 中国数字医学, 2024(06):73-79.

[2] 赵晓项，陈军. 公立医院高值耗材管理存在的问题及改进措施分析 [J]. 中国医疗器械信息, 2024, 30(13): 148-150.

[3] 丁小勇，崔素娟，魏海利等. 终端智能柜在 ICU 医用高值耗材管理中的应用及效果评价 [J]. 护理管理杂志, 2024, 24 (04): 340-345.

[4] 艾瑞咨询. 2023 年 RFID 高值医疗耗材柜市场调查报告行业规模及主要厂商占有率和排名 [R]. 2023.

[5] Sun HaiYan, He CuiQin, Xing Kai. Cause analysis and countermeasure research on the status of high-value medical consumables in hospitals[J]. Asian journal of surgery, 2023, 46(7): 2732-2732.

[6] Cheng Jifang, Wen Chunjie, Jiang Shengbo. Construction and Application of SPD Automated Management Module for Interventional High-Value Consumables Based on RFID Sensors[J]. Journal of Sensors, 2023, 2023(5): 1-7.

[7] 博研咨询. 2025 年中国 RFID 智能柜市场占有率及行业竞争格局分析报告 [R]. 2025.

[8] 华经情报网. 2025 年中国 RFID 行业发展现状、竞争格局及趋势预测 [R]. 2025.

[9] Sun HaiYan, Luan RongLan. Current situation, methods, and countermeasures of the quality management of high-value medical consumables in hospitals[J]. Asian journal of surgery, 2023, 46(6): 05-08.

[10] 物流技术与应用. 威高升级 5 代历程 [EB/OL]. (2024). <https://www.163.com/dy/article/GQC07VUV0530UFIR.html>.

[11] SUZHOU DEPIN MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD. INTELLIGENT HIGH-VALUE CONSUMABLE MANAGEMENT SYSTEM: CNCN2022/104113[P]. 2023.

[12] 陈廷寅，冯嵩. 基于临床数据中心的医用重点高值耗材监测预警应用研究 [J]. 中国数字医学, 2023, 5(3): 59-63.

[13] 孙琳，郭敬鹏. 基于 UHF RFID 的医用高值耗材智能柜硬件设计与实现 [J]. 中国医疗设备, 2024, 39(3): 45-50.

[14] 斯科信息. 医疗耗材管理革命：某三甲医院 RFID 智能柜实现零损耗，年省采购费 1200 万 [EB/OL]. (2025). <https://zhuanlan.zhihu.com/p/1904103116615456057>.

[15] E Nyamwange, S Vezzu, A Ali, R Phadnis, R Yaksh, H Vuppala, P Dande, B Jacobson, E Dahl. AUTOMATED TELLER MACHINE DIGITAL TWIN WITH AN ANTI NFC/RFID SKIMMING THREAT DEVICE THROUGH MIST COMPUTATION: US18227102; US202300018227102; US202318227102A; US202318227102[P]. 2025.