

• 专家述评 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.23.001

物联网技术在检验试剂智能精细化管理中的应用与展望*

李波, 胡海艳[△]

重庆大学附属三峡医院检验科, 重庆 404000

摘要: 检验试剂是检验科成本的最大支出部分, 其有效管理与检验质量息息相关。随着医学的发展, 检验医学在临床诊疗中发挥的作用越来越大, 检验检测数量与日俱增, 检测中使用的检验试剂品种和数量也越来越多。传统试剂管理模式的效率和质量均难以满足当前检验试剂的管理需求。物联网、大数据分析等技术的高速发展, 给检验试剂的精细化管理带来了巨大的机遇。物联网技术与大数据的融合应用能对检验试剂管理全流程起到优化作用, 可极大地提升检验试剂的管理水平。物联网技术在检验试剂智能精细化管理方面具有广阔的应用前景。

关键词: 物联网技术; 无线射频识别; 检验试剂; 智能管理; 精细化管理

中图法分类号: R-33

文献标志码: A

文章编号: 1672-9455(2023)23-3425-04

Application and Prospect of The Internet of things Technology in Intelligent and Refined Management of Laboratory Reagents*

LI Bo, HU Haiyan[△]

Department of Clinical Laboratory, Three Gorges Hospital Affiliated to Chongqing University, Chongqing 404000, China

Abstract: Laboratory reagents are the largest part of the cost of clinical laboratory, and their effective management is closely related to the quality of laboratory. With the development of medicine, laboratory medicine plays an increasingly important role in clinical diagnosis and treatment, and the number of laboratory tests is increasing day by day. The variety and quantity of laboratory reagents used in testing are also increasing. The traditional reagent management model can no longer meet the current management requirements of laboratory reagents. The rapid development of technologies such as the internet of things and big data analysis has brought enormous opportunities to the refined management of laboratory reagents. The integration of internet of things technology and big data can optimize the entire process management of laboratory reagents, greatly improving the management level of laboratory reagents. The internet of things technology has broad application prospects in the intelligent and refined management of laboratory reagents.

Key words: internet of things; radio frequency identification; laboratory reagent; intelligent management; refined management



李波

检验试剂作为临床检验的物质基础, 科学、规范地管理与使用直接影响检验报告的及时性与准确性。然而, 检验试剂品类繁多、使用频率快、储存要求高等特性增加了其流通、存储及使用中的规范管理难度, 同时, 试剂相关法律法规的健全也对检验试剂

的规范化管理提出了更高的要求^[1]。传统试剂管理多采用粗放的试剂管理模式, 存在试剂进出记录操作频繁、劳动量大、多数医院未配置专职库管员等问题, 导致管理要求依从性差、效率低下, 试剂管理不善将产生资金沉淀、试剂过期浪费及断货导致检查无法正常开展, 以及成本核算困难、试剂损耗较高等问题。目前的试剂管理模式已无法满足当前检验试剂的使用管理要求, 借助先进的智能技术提高检验试剂的管理水平, 实现检验试剂的精细化管理, 已成为各大医

* 基金项目: 重庆大学附属三峡医院院级转化医学类项目(2022YJKYXM-023)。

专家简介: 李波, 男, 副主任技师, 重庆大学附属三峡医院检验科副主任。主要从事妇幼疾病的实验室诊断技术、实验室信息技术方面研究。主持、参与省市级科研多项, 以第一作者或通信作者发表论文近 20 篇, 获重庆市万州区政府科技进步二等奖 2 项。重庆市医学会检验分会委员、重庆医师协会检验医师分会委员、重庆中西医结合协会检验专委会常委、重庆健康促进与健康教育学会检验分会副主委、重庆卫生健康信息学会数智检验专委会常委、中国妇幼保健协会临床诊断与实验医学分会委员。 [△] 通信作者, E-mail: 893033283@qq.com。

院或机构关注和探索的重点内容。物联网技术运用于医院的管理,对诊断试剂及高、低值医疗耗材的全流程管理均能起到优化作用^[2],可以极大地提高医用耗材的管理水平,提高耗材的入库、出库、移动、盘点等操作的自动化程度。并可实现全流程的管控,达到自动补货、降低库存、减少资金占用等功能,实现医院库房管理自动化的目的^[3]。通过数据实时采集,实现医院随时监控各类耗材使用情况,从而实现科室实时耗材成本核算^[4]。同时,物联网技术在医院物资管理,如高、低值耗材,体外诊断试剂,固定资产和医用设备的管理上均可以被运用,以其高效的网络传输效率实现集成管理,打造医院的综合物资管理平台^[5-6]。国内机构已有将物联网技术应用于检验试剂精细化管理的报道^[7]。本文就当前基于物联网技术的检验试剂智能精细化管理的研究进展作一综述。

1 物联网技术简介

物联网是指通过信息传感设备,按约定的协议将任何物体与网络相连接,物体通过信息传播媒介进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监管等功能的技术。射频技术(RF)作为构建“物联网”的关键技术,具有快速、数据记忆容量大、数据内容可经密码保护等诸多特点,非常适合应用于管理系统。无线射频识别(RFID)是指利用包含数据和无线发射器的智能标签和阅读器来自动识别的技术。RFID 技术具有不需要直接扫描标签,即通过信号感应实现远程、高通量的目标识别,同时可避免因条码纸冷凝受潮、污损等所致的无法读取的情况,大大提高识别的效率和可靠性,所以 RFID 技术应用广泛,在智能门禁系统、图书馆书目智能管理、数字化供应链、物流管理系统、超市智能购物等均有应用^[8-10]。RFID 技术应用于医疗卫生行业能够整体提高医疗卫生行业水平,实现对药品及医疗器械的自动化管理^[11]。RFID 技术的使用可满足各大医院检验试剂的精细化规范管理要求。医院管理人员可借助其强大的报表查询功能,及时、准确地掌握所需信息,该技术还可以通过整合院内物资系统、高值耗材追溯系统、医院信息收费系统打破医院各信息系统的孤岛现状,形成医院医用试剂管理的信息化平台,建立信息系统的联动机制。

2 基于物联网技术的检验试剂智能精细化管理

2.1 供应商及采购、验收方面 现阶段,检验试剂物资管理基本上仍限于人工模式。首先,在该模式下管理人员不能及时掌握供应商资质,需人工翻阅纸质或电子档案的方式获取供应商资质过期的信息,被动依赖供应商自觉提供检验试剂相关证件的更新信息。其次,限于人工模式的供应商管理也不便于管理人员及时对供应商送货速度,货品质量及退、换货次数进行综合统计评价。在采购方面,使用人工管理采购,

采购前需花费大量时间手工盘点试剂库存,根据库存盘点情况和消耗速度及采购到货周期的长短来制订采购计划,试剂采购过程复杂、耗时长、工作量大且容易出现盘点差错。在验收方面,新试剂到货时通过纸质文档、线下人工登记试剂入库信息,如数量、批号、有效期等,不但无法快速将货物信息与原始订单进行关联,且无法管控试剂生产、转运等过程中的温度、湿度等储藏状态^[12]。物联网技术系统的应用能够实现对供应商资质证照和产品注册证有效期等给出智能化提醒,减少风险隐患,在采购过程中能够实现采购智能化并能对采购过程实时监控^[13]。浙江大学医学院附属儿童医院程夏倩等^[14]通过使用信息技术试剂管理系统实现了对供应商及生产厂家的资质证件及产品医疗器械注册证等的管理,由纸的收集、审核、管理到全部无纸化操作;系统自动发送采购订单并能实时了解订单的最新状态;通过扫描送货单条形码完成所有试剂入库操作,实时反映在线库存,并通过设定各试剂最低库存临界值实现低库存试剂的及时申购。厦门大学化学国家级实验教学示范中心翁玉华等^[15]率先应用 RFID 技术和人脸识别技术开发出一套能对试剂从购入、日常使用到空瓶处理全过程进行“细化”“动态”跟踪记录的管理系统,其记录的详细数据可作为后期追溯的依据,也可通过对数据的统计分析来指导试剂订购。王丹^[16]建立了基于 RFID 技术的医疗耗材库存模型,并运用数值算例验证了在一定的协调下,RFID 技术的运用可改善库存不符的问题,优化最优订货量。

2.2 库存、出入库方面 当前模式下,库存依赖人工清点,很难及时发现库存的不足容易导致断货、压货等风险。存货地点不统一,人工清点还容易出现遗漏问题。传统的出入库流程基本靠手工作业的操作方式,存在的问题也比较多,如出库时手工登记,品类多,出库频繁,人工作业容易遗漏,还会导致试剂消耗不清、无法有效地管控试剂去向等问题^[17],且人工统计和记录容易导致记录缺失,纸质化文档难以满足监管要求。采用 RFID 技术,RFID 电子标签能记录耗材的名称、规格型号、生产及供应商、使用状态、效期和序列号等全部信息,并能承载其在医院内流通中的各种物流信息。库房管理员通过手持设备感应 RFID 标签即能瞬间批量识别试剂信息,高效率执行入库操作^[18]。宗文锦等^[19]提出了一种基于 RFID 技术的化学试剂管理系统,已上线运行,其超高频 RFID 读写模块可实现试剂取用记录跟踪,解决了实验室试剂存放混乱、危险试剂管控手段缺乏等问题,实现了化学试剂的精准管控。王方等^[20]运用 RFID 技术实现了对体外诊断试剂采购、入出库、物流、使用及数据统计分析等进行实时监控与记录。沈红江^[21]利用物联网技术和信息化手段编制了实验室化学试剂管控系统,对不同

安全等级的试剂执行三级管理策略,有效实现对试剂的登记、领用、归还、盘点等环节的无纸化管控。

2.3 成本与效益方面 看病贵是社会普遍关注的问题之一,降低诊疗费用让利群众,是我国医疗体制改革的目的之一。诊疗过程中检验试剂和医疗耗材的使用构成了诊疗费用的一大部分,降低检验试剂及医疗耗材成本能有效降低诊疗费用。因此,耗材分离、检验试剂及医疗耗材集中采购已成为我国当前医改领域的重要内容^[22]。在现行医疗服务收费标准中,检验试剂成本包含在项目价格内,且占总成本的比重最大。通过对检验项目进行成本核算和数据分析,医院可充分掌握不同检验项目的实际成本效益情况,再进一步通过比较项目的成本和效益来评估项目价值,帮助医院管理者了解项目收益能力,识别优势项目,在满足临床需求的前提下做出正确的经济决策^[23]。现行管理模式下,试剂使用登记零散不精确,无法把试剂的用量与试剂对应的项目结合统计,从而无法掌握具体每个项目的损耗及效益,难以使消耗与收费精确对应。一个项目对应多种试剂,运用信息化管理,能实现统计试剂用量时精确计算每个测试所需的各个试剂用量^[24]。由于每个测试所需试剂包括主试剂及多种辅助试剂,构成较为复杂,增加了成本核算难度,现阶段对于这一模块的研究报道较少,还需深入探索。

基于 RFID 技术的电子标签可以对产品原材料及成品进行识别,同时使用最先进的成本核算方式,对企业产品生产中的经济成本进行有效控制,并能帮助判断出产品经济成本在未来的走向,解决好成本核算与控制问题。王方等^[20]运用 RFID 技术对体外诊断试剂精细化管理,将试剂与检验项目测试数据对接计算试剂使用效率,达到成本控制的目的。王丹^[16]从医院角度出发,讨论了 RFID 的标签用于成本分配问题,建立了考虑 RFID 成本分配的医疗耗材库存模型,分析了库存总成本影响下的 RFID 标签成本分担比例与库存不准确比例的平衡问题。

2.4 试剂冷链管理方面 冷链是根据物品特性,为保持其品质而采用的从生产到消费的过程中始终处于低温状态的物流网络。冷链物流以冷冻工艺为基础、制冷技术为手段,使冷链物品从生产、流通、销售到消费者的各个环节中始终处于规定的环境下,以保证冷链物品质量,减少冷链物品损耗的物流活动。近年来,随着医疗器械法律法规的不断完善,如 2016 第 154 号公告《医疗器械冷链(运输、贮存)管理指南》的发布,对冷链管理明确了更加合理、规范的指导意见,加大了医院对检验试剂冷链的监管力度。由于检验试剂贮存条件的特殊性,试剂验收后存储在各科室仓库,因此,对二级仓库温度、湿度的监控及报警是检验试剂冷链管理的重点之一^[25]。然而,较多医院二级仓

库未使用专用冷库存放体外诊断试剂,使用的试剂存储冰箱无 24 h 温度记录,且无超限报警,采用温度计及人工记录方式对试剂环境温度监控均无法实时、有效地监测试剂所处环境温度是否在允许范围内。传统的温度、湿度管理方式无法满足冷链快速、实时、动态监测需求。物联网技术在试剂冷链管理方面的应用国内鲜有报道,但通过物联网 RFID 技术实现对医院温度、湿度有特殊要求的空间和物品进行全程实时智能管理已有应用^[26]。上海市胸科医院周阳等^[27]建立院内冷链实时监控系統,该系统通过 RFID 无线标签的温度来实现对检验试剂的实时温度数据监控。中山大学附属肿瘤医院龚国丽等^[28]将物联网 RFID 技术应用于医院冷链温度监控管理系统,可智能化有效监控温湿度管理数据,提供完整温度曲线,支持实时及历史数据显示、查询、异常数据标注,能对异常情况发出声光报警及远程短信预警提示。

2.5 物联网技术在全流程互通互联避免数据孤岛问题、大屏监控、高通量识别、整合应用、建立数据模型等方面应用 目前物联网技术在检验试剂的全方位、全流程智能精细化管理方面的应用研究暂未见报道,现有研究较多集中于供应商、采购、出入库及冷链管理的一个或几个模块,但其在医疗健康管理方面应用广泛^[29-31]。赵巍等^[32]通过优化基于物联网的医用耗材管理系统,实现了对医用耗材的采购、存储、申领及与财务系统互通互联的监管。夏科等^[33]通过运用物联网技术,建立起基于 RFID 的信息化管理系统,实现从物资管理部门到供应商、临床科室和患者的医疗器械采购到使用全流程的可追踪、可溯源的全生命周期信息化、数字化、可视化管理。张洪武等^[34]通过对 RFID 识别原理及技术特点等问题的阐述,剖析了 RFID 技术在人员身份识别、药品试剂管理、医疗设备管理、传染病与疫情管理、血液管理和医疗废物管理等医疗管理方面的具体应用,设计了基于 RFID 的医疗管理系统方案。国家卫生健康委医院管理研究所孙辉等^[35]将物联网技术应用于手术室管理,实现了物资、医疗废物、镇痛泵、病理标本等几个方面的全程追溯管理。周军华等^[36]建立了医疗设备状态评估数据库,通过该数据模型实现了设备维护绩效评估、设备不良事件的追溯性报告获取效率的有效提升。

3 小结与展望

检验试剂管理是实验室质量控制的根本,其管理质量将直接影响检验各项工作有序进行。科学地进行试剂信息化管理不但可以优化流程、提高效率,而且能间接降低检验成本。物联网作为一种互联网衍生技术,在诸多行业的应用已证实其优势,对于体外诊断试剂的研发、生产与质量管理、使用、流通都有着重要的价值和作用。物联网技术应用于检验试剂的智能精细化管理能够不同程度地解决现有模式存在

的多种问题,且随着技术的发展将会不断发展、更加完善,理论技术也将会被逐渐转化为实践技术运用于检验试剂的管理。在未来,物联网技术能够助力实现对检验试剂管理的科学化、系统化和无限化,能不受时间、空间的制约,数字化客观、真实记录试剂流通数据信息,并通过区域智能化管理中心进行数据分析,汇总生成相关报表,实现数据资源的区域化整合、共享、协调、优化,助力检验试剂区域化集中采购精细化,促进医院管理水平和整体实力的提高,提升医院的核心竞争力。

参考文献

- [1] 罗嘉俊,麦秀坚,刘浩,等. 临床实验室试剂智能化管理的开发及应用[J]. 临床检验杂志, 2020, 38(4): 306-309.
- [2] 戴姗姗,尹科,顾阳,等. 国内物联网下医疗耗材全生命周期信息化管理的探索[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(1): 94-97.
- [3] 祖军. 基于 RFID 的高值医用耗材智能管理系统[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(11): 119-120.
- [4] 杨学来,高海鹏,安峥,等. 基于 RFID 技术的低值医用耗材物联网管理探讨[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(12): 168-170.
- [5] 黄国兴,杨志鹏,陈良红,等. 基于物联网的医用耗材智能屋管理系统[J]. 运筹与管理, 2022, 31(12): 214-219.
- [6] 严晓璐. 基于 RFID 物联网技术的医院电气设备数字化档案管理研究[J]. 档案管理, 2022(2): 84-85.
- [7] 康栓紧,钱堃,马旭东. 基于射频识别加密技术的医疗试剂管理系统设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(1): 51-53.
- [8] 苏世雄,马新华,杨楠,等. 基于物联网的实验室智能门禁系统研究与设计[J]. 自动化与仪表, 2022, 37(2): 105-108.
- [9] 张晶. 基于物联网架构的图书馆书目智能管理系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(3): 109-112.
- [10] BARGE P, BIGLIA A, CONMBAL L, et al. Radio frequency identification for meat supply-chain digitalisation [J]. Sensors(Basel), 2020, 20(17): 4957.
- [11] 李庆印,石丽,陈硕,等. 医院药品和耗材物联网智能管理实践[J]. 中华医院管理杂志, 2020, 36(9): 769-772.
- [12] 赵琼. 利用信息系统加强体外诊断试剂的验收管理[J]. 医疗装备, 2021, 34(19): 77-78.
- [13] 赵楠,俞磊. 基于物联网技术的医用耗材二级库系统管理[J]. 现代信息科技, 2020, 4(13): 170-174.
- [14] 程夏倩,华婷,施骏,等. 儿童医院体外诊断试剂的规范化及信息化管理及应用[J]. 中国药业, 2021, 30(13): 5-8.
- [15] 翁玉华,潘蕊,许振玲,等. 射频识别技术结合人脸识别技术用于试剂“细化”“动态”管理[J]. 大学化学, 2021, 36(4): 139-143.
- [16] 王丹. 基于 RFID 技术的医疗耗材库存模型研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [17] 葛文俊,高小坤. 医院体外诊断试剂冷链管理的规范性评价与对策研究[J]. 中国医学装备, 2019, 16(12): 132-135.
- [18] 山其君,周力. 基于射频识别技术的高值耗材全流程精细化管理系统[J]. 中国医学装备, 2017, 14(10): 114-116.
- [19] 宗文锦,朱启兵,李明泽,等. 基于 RFID 技术的多功能试剂管理系统设计[J]. 传感器与微系统, 2021, 40(5): 94-97.
- [20] 王方,李清华,徐慧娟. 运用 RFID 技术对体外诊断试剂二级库精细化管理的探索[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(11): 153-155.
- [21] 沈红江. 实验室用化学试剂管控系统的开发及应用[J]. 计量与测试技术, 2020, 47(4): 45-47.
- [22] 胡宏伟,王爽. 关于我国体外诊断试剂集采的几点思考[J]. 中国医疗保险, 2022, 20(6): 48-53.
- [23] 李琳,周伟,李爱东. 成本核算与分析在公立医院体外诊断试剂管理中的应用[J]. 中国医药导报, 2020, 17(31): 170-173.
- [24] 陈永新,李永辉,黄鑫鑫,等. 试剂管理信息化在检验科试剂管理中的应用[J]. 医学检验与临床, 2018, 29(12): 69-70.
- [25] 石红,俞玲,徐海青. 体外诊断试剂的冷链管理[J]. 医疗装备, 2020, 33(3): 65-68.
- [26] 万振,邱丹,刘元喆,等. 国内医疗物联网技术发展及应用现状[J]. 医疗卫生装备, 2020, 41(11): 82-86.
- [27] 周阳,朱燕刚,刘建军,等. 公立医院体外诊断试剂配送存储管理[J]. 解放军医院管理杂志, 2020, 27(5): 447-450.
- [28] 龚国丽,曾建,干峰. 医院冷链设施温度监控管理系统的研究与应用[J]. 中国医学装备, 2016, 13(5): 9-11.
- [29] ROFETTO L, GHERARDELLI M, LADANZA E. Radio frequency identification (RFID) in health care: where are we? A scoping review[J]. Health Technol (Berl), 2022, 12(5): 879-891.
- [30] ZHANG M, LIU Z, SHEN C, et al. A Review of radio frequency identification sensing systems for structural health monitoring[J]. Materials (Basel), 2022, 15(21): 7851.
- [31] NORGAN A P, SIMON K E, FEEHAN B A, et al. Radio-Frequency identification specimen tracking to improve quality in anatomic pathology[J]. Arch Pathol Lab Med, 2020, 144(2): 189-195.
- [32] 赵巍,彭虎,王良明. 基于物联网的医用耗材管理系统的优化设计[J]. 中国医学装备, 2018, 15(12): 139-143.
- [33] 夏科,陈星,张赐. 物联网技术下的医用耗材信息化管理研究[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(15): 185-187.
- [34] 张洪武,郑小林,侯文生,等. 射频识别技术在医疗管理中的应用[J]. 中华医院管理杂志, 2008, 24(3): 204-207.
- [35] 孙辉,赵颖波,梁铭会. 物联网技术在手术室管理中的应用[J]. 中国数字医学, 2016, 14(1): 52-54.
- [36] 周军华,杨春霞,谢子萍,等. 基于物联网的医疗设备全生命周期管理系统设计[J]. 中国医学装备, 2021, 18(5): 133-135.