

基于器械包改进的消毒器械物流系统智能优化研究

胡玲¹, 韦洋¹, 涂小峰¹, 曾繁丽², 王晓婷³

(1.重庆市中医院, 重庆 400021; 2.重庆市人民医院, 重庆 401147;

3.重庆品胜科技有限公司, 重庆 401123)

摘要: **目的** 利用物联网技术改进器械包并优化消毒器械物流系统, 开发出污染风险低、回收率与追溯率高的消毒器械智能化物流系统。**方式** 通过文献分析法确定器械污染独立影响因子, 运用射频识别技术(RFID)改进器械包, 利用智能设备优化原物流系统; 根据动态规划与贝叶斯风险原理构建消毒器械污染风险函数, 在有限预算下测算出风险最低的建设方案, 对比分析优化前后器械回收率与污染率, 检验优化效果。**结果** 算例结果得到, 相较于原系统, 优化后的智能物流系统器械回收率提高了79.82%, 污染追溯率提高了81.18%, 器械污染风险率降低了86.33%。**结论** 结合器械污染风险函数运算结果表明, 在一定预算条件下, 该模型能测算出污染风险最小的系统优化方案, 帮助管理者做出决策。说明合理运用物联网技术提高消毒器械物流系统数字化水平, 不仅能提高器械数据采集率, 还能有效提高器械回收率与污染追溯率, 降低器械污染风险。

关键词: 消毒器械物流系统; 器械包; 智能化; 器械污染风险函数; 污染因子追溯

中图分类号: TB489; R955 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)05-0230-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.05.029

Intelligent Optimization of Logistics System for Disinfection Equipment Based on Equipment Set Improvement

HU Ling¹, WEI Yang¹, TU Xiao-feng¹, ZENG Fan-li², WANG Xiao-ting³

(1. Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Chongqing 400021, China; 2. Chongqing People's Hospital, Chongqing 401147, China; 3. Chongqing Pin Sheng Technology Co., Ltd., Chongqing 401123, China)

ABSTRACT: The work aims to make use of IoT technology to improve equipment set and optimize the logistics system of disinfection equipment, in order to develop an intelligent logistics system of disinfection equipment with low pollution risk, high recovery and traceability rate. The independent influence factors of equipment pollution were determined by literature analysis. The equipment set was improved by radio frequency identification technology (RFID). The original logistics system was optimized through intelligent equipment. According to dynamic programming and Bayesian risk principle, the pollution risk function of disinfection equipment was constructed, then the lowest risk construction scheme under limited budget was calculated. The recovery rate and contamination rate of optimization before & after optimization were comparative analyzed. The optimization effect was verified. The calculation results showed that compared with the original system, the intelligent logistics system's equipment recovery rate was increased by 79.82%, the pollution traceability rate was increased by 81.18%, and the equipment pollution risk rate was reduced by 86.33%. Combined with the

收稿日期: 2022-04-25

基金项目: 重庆市2021年科卫联合医学科研项目(2021MSXM232)

作者简介: 胡玲(1980—), 女, 学士, 副主任护师, 主要研究方向为护理管理、消毒器械管理、卫生学等。

通信作者: 王晓婷(1992—), 女, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为智慧物流、智能仓储、工业工程等。

calculation results of instrument pollution risk function, it is concluded that under a certain budget condition, the model can calculate out an optimization scheme with the minimum pollution risk, and help managers to make decisions. It indicates that reasonable use of IoT technology to realize digital upgrade of disinfection equipment logistics system can not only improve data collection rate effectively but also improve the recovery rate and pollution traceability rate of equipment, and thus reduce the risk of equipment pollution.

KEY WORDS: logistics system for disinfection equipment; equipment set; intelligent; instrument contamination risk function; contamination factor traceability

随着医疗技术的迅猛发展,医院的业务量不断增加,传统的医疗器械物流系统管理方式弊端也逐渐凸显,人工作业的不稳定性也易导致器械发生各类交叉污染,而消毒器械物流系统的污染防控质量直接影响着医疗与护理安全^[1],器械污染防控的提高,能有效减少患者发生感染的概率^[2]。

随着物联网技术的飞速发展,已有不少学者开始探究智能包装技术在各领域中的创新应用^[3],有研究发现智能包装技术目前主要应用于食品、药品、生活用品等领域,例如:食品生鲜^[4-5]、药物样本^[6]、运动器械^[7]、艺术藏品^[8]、烟酒副食^[9]等,这类物品都有应用数字标识、传感器等设备改进产品包装,通过信息化手段以包装为媒介实现对物资的智能化管理,提高物资管理与应用效率。信息型智能包装普遍运用射频识别技术(RFID)或二维码技术,能自动记录或反馈被包装产品信息,且具有柔性、环保与低成本等显著优点^[10]。目前,已有不少大型港口将 RFID 技术应用于港口集装箱管理,将数字标签与集装箱箱体集成起来,通过信息管理平台实现对集装箱与船用物流的自动化管理,提高对港口人员、集装箱、船舶进出港的管理效率^[11-12]。此外还有学者^[13]提出将 RFID 技术、北斗导航技术等应用于部队后勤物资管理,将物联网技术与军需物资包装结合起来,这不仅有助于改善部队后勤工作效率,还能为决策者提供及时、准确的后勤资源与保障状态信息,进而提高部队数字化建设水平。目前,以集成 RFID 技术为主要手段的智能包装技术已然成为各个行业的改进应用热点,且具有巨大的市场潜能^[14]。

赵录琳等^[15]早在 2017 年就建议引入信息管理系统,利用智能设备搭建数字化追溯体系实现对消毒器械的闭环管理,从而提高工作效率与污染防控质量。在国家政策的号召下,智慧医疗体系建设进程不断加快,高宝丽等^[16]利用物联网数据采集设备与 RFID 技术,构建了一套医疗器械消毒质量追溯原型系统,经运行验证该系统确实具有较强的鲁棒性和协同性,说明在消毒器械领域实现信息化管理建设是具有可行性的。有医院优化了手术器械包配置后,有效缩短了器械清点和整理时间,尤其是术后的清洗时长^[17]。器械包作为消毒器械的载体与保护层,能很好地将器械与外界隔离,从而降低器械污染概率。标识作为包装

的一部分,承载着消毒器械信息,因此改进包装技术,降低污染风险,提高系统工作效率,是消毒器械物流系统优化进程中的必然趋势。如何利用 RFID 标识技术改进消毒器械包,利用物联网技术优化消毒器械物流系统,将是医院器械污染防控能力优化的关键要素^[18]。

综上所述,我国对消毒器械物流系统的数字化建设研究仍处于初期,若采用物联网技术优化消毒器械物流系统,需要充分考虑 RFID 标识与器械包集成后,器械包在流转搬运过程中的交接环境与处理方法等^[19-20],故文中旨在构建以降低器械污染风险,提高器械回收率与工作效率为目标的消毒器械污染风险防控模型。在预算成本有限的情况下,利用 RFID 标识技术优化器械包装,为物流系统的关键场所配置智能设备,再根据器械数据采集率测算出消毒器械智慧物流系统的最优改进方案,最后运用统计分析法^[21]对比优化前后的器械污染率、追溯率以及回收率,验证优化效果。

1 器械污染风险防控模型

1.1 消毒器械物流系统优化设计

1.1.1 原消毒器械物流系统

根据医院现场调研,在原消毒器械物流系统中,新购入器械经过预处理后将送至消毒供应中心,人工交接后进行消毒处理,消毒处理过程与结果,均以手写方式记录;装配打包环节,工作人员多凭经验识别器械进行分组操作,当认知不足时需花费一定时间翻阅装配指南;打包后贴上手写签单,分发至各科室,交接也为人工清点,再以手帐记录;术前绑定病患、术后清点、更新器械签单以及器械预处理都是人工操作。因此,在原消毒器械物流系统下易出现器械漏点、复点等情况,且器械回收率偏低,数量庞大时手账记录易出现错误;查询指南时间过长也易导致器械在空气暴露时间过长从而被污染;同时账册存放不规范,存在丢失、字迹污染等问题,器械信息记录不全;根据手账记录追溯器械污染原因工作量大,数据不全时易导致追溯偏差。

原消毒器械物流系统如图 1 所示。

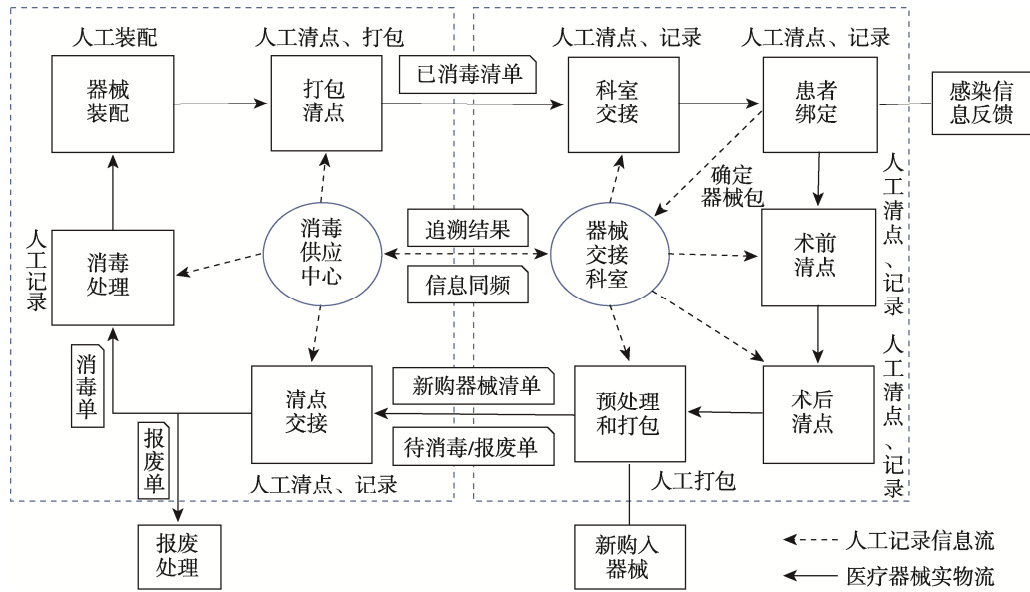


图1 原消毒器械物流系统
Fig.1 Original logistics system of disinfection equipment

1.1.2 智能化物流系统设计

为提高器械数据采集率、规范操作流程、降低交叉污染风险,结合调研资料采用RFID优化器械包搭配智能设备优化消毒器械物流系统。考虑到器械包多为白色纺纱方巾,质感柔和、外形不固定,因消毒器械所处物流环境需配置防水耐腐蚀耐高温的RFID标识,因此采用外置悬挂式RFID标识,将RFID标识与每组器械对应,并配置唯一的器械包,若器械包破损需更换,可取下标识与新的器械包组配,并继续使用原来的RFID标签,既节约成本也无须二次录入数据。

在购入新器械时根据规定分组打包,数据录入

RFID标识后配备至对应的器械包。接着为器械物流的关键交接场所配置天线、读写器或手持PDA等智能设备,用于标识数据自动采集与识别,数据将通过智能中间件传输至后台服务器进行存储,软件解析后可通过系统客户端实时监管消毒器械。

根据图1可知消毒器械物流系统的预处理、消毒室交接与报废处理、消毒后清点、科室交接、术前清点等环节需要大量器械,以上场所配备智能设备可大幅度提高工作效率,而术后清点环节因手术环境和器械清点要求,仍保留为人工清点方式。

消毒器械智能化物流系统如图2所示。

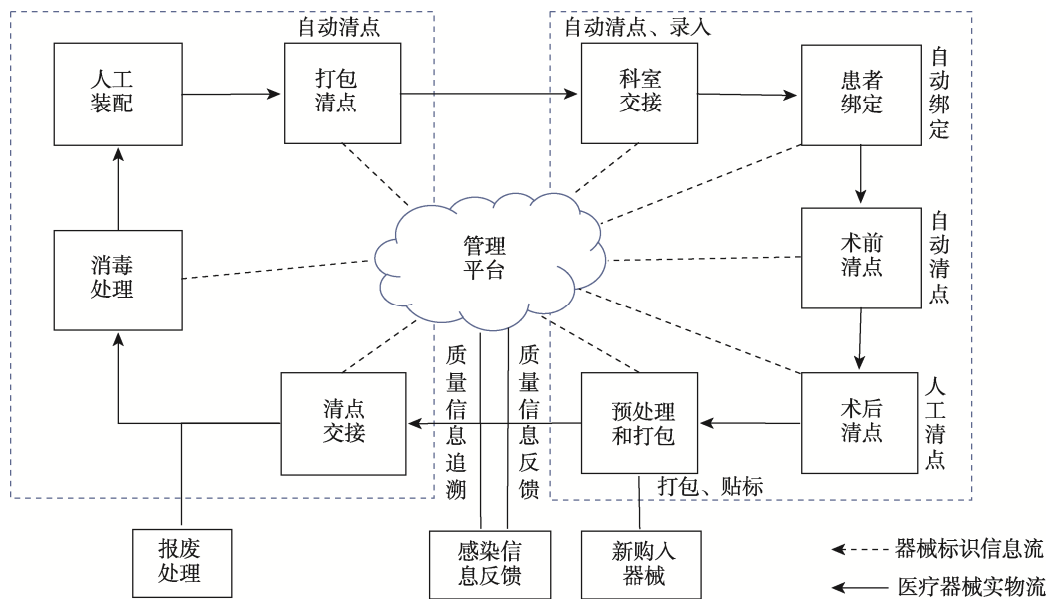


图2 消毒器械智能化物流系统
Fig.2 Intelligent logistics system for disinfection equipment

对比原消毒器械物流系统 (图 1), 改进后的消毒器械智能化物流系统 (图 2) 的优点如下:

- 1) 采用了 RFID 器械包, 为消毒器械赋予唯一“数字身份”, 建立起消毒器械智能化管理的“数据基石”。
- 2) 为物流系统各关键场所 (环节) 配置物联网感知设备, 从而实现标识数据的自动采集, 可大幅提高工作效率, 也能避免人工作业造成的数据误差。
- 3) 利用物联网技术与智能中间件构建信息流转渠道, 再通过标识解析软件与云计算实现对标识数据的解析与加工, 减少人工作业, 提高标签利用率, 降低综合成本。
- 4) 为系统搭载客户端平台, 配置实时跟踪、流程审批、交接盘点、违规警报等功能, 工作人员可以通过大数据管理平台实时态势感知器械流转状态, 实现远程管理。

1.2 污染风险防控模型假设

在消毒器械物流系统中, 被优化的器械包越多, 布置标识数据采集设备的场所越多, 数据采集率就越高。根据图 2 简化消毒器械智能化物流系统, 简化后如图 3 所示。

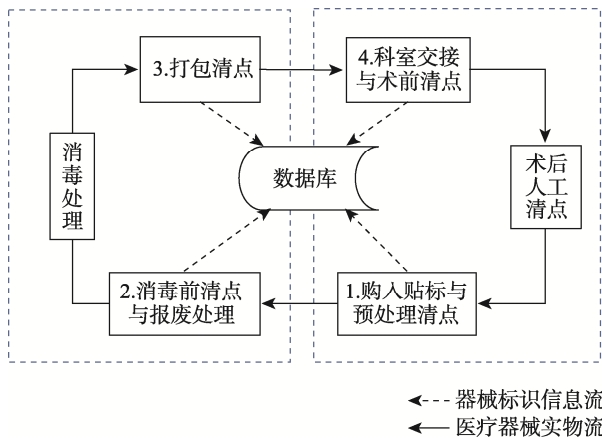


图 3 简化后的消毒器械智能化物流系统
Fig.3 Simplified diagram of intelligent logistics system for disinfection equipment

因各医院具体实施环境、功能需求及预算成本不同, 智能设备布点处可参考图 3 中布点场所进行拆分或合并, 配备 RFID 标签的消毒器械数量也可根据实际进行调整。现实情况下大多数医院升级消毒系统时预算成本是有限的, 完全的数字化建设很难一步到位, 选择性布点优化是常态, 因此, 为贴合实际假设预算成本为 C , 且预算成本 C 无法让消毒器械物流系统实现 100% 的智能化升级。经调研, 设医院器械分为 N 类, 需配置智能设备场所共 M 处。为贴合实际情况, 管理者决策设为 $\delta(n, m)$, 即为 n ($0 < n \leq N$) 类器械的器械包配置 RFID 标签, 在 m ($0 < m \leq M$) 处场所配置智能设备。受成本 C 限制, 当 $n=N$ 时,

$m \neq M$; 当 $m=M$ 时, $n \neq N$, 即 $0 < nm < NM$ 。另根据先验概率定义, 结合以往数字化升级经验及相关历史数据分析得出决策 $\delta(n, m)$ 下的消毒器械物流系统数据采集率设为 β ($0 < \beta < 1$)。为将优化后的消毒器械物流系统污染风险降到最低, 文中主要研究消毒器械污染因子对物流系统造成的损失, 并针对该物流过程进行建模。

设消毒器械物流系统污染损失函数为 L , 预算成本 C 一定时, 其对应的一系列决策集为 $\{\delta(n, m)\}$, 根据贝叶斯风险函数理论, 在先验概率 g 下, 采取决策 $\delta^*(n, m)$ 优化原系统, 若使得器械污染风险函数 R 满足式 (1), 则称 $\delta^*(n, m)$ 为满足预算成本 C 的决策集 $\{\delta(n, m)\}$ 的最优决策, 此时污染风险最小, 管理者也将采取决策 $\delta^*(n, m)$ 对应的建设方案来优化原消毒器械物流系统。

$$R(L, \delta^*) \leq R_{\min}(L, \delta) \tag{1}$$

1.3 构建器械污染风险函数

1.3.1 参数标准化

根据相关文献^[22-24], 确定造成器械污染的 4 大独立影响因素分别为: 操作流程不规范、预处理不规范、人员认知不足和二次污染, 而物流系统优化效果需根据统计样本对优化效果进行验证, 因此设第 i 类影响因素造成的污染率为 x_i ($i=1,2,3,4$)。其中 $i=1$ 时表示操作流程不规范影响因素, $i=2$ 时表示预处理不规范影响因素, $i=3$ 时表示人员认知不足影响因素, $i=4$ 时表示二次污染影响因素。因存在数据缺失, 设被污染器械中不可追溯器械占比为 θ , 并假设 4 大独立影响因素在不可追溯污染器械中的占比服从样本分布。

目前大多数消毒器械污染风险计算模型中^[22-24]采用污染因子参数较少, 且多为静态评估方式, 计算结果与实际偏差较大。故此根据动态规划原理^[25], 搭建以 4 大独立影响因素为参数, 且包含了不可追溯器械以及系统误差的消毒器械物流系统污染损失函数 L :

$$L(x_i) = \left\{ \sum_{i=1}^4 (a_i x_i) + \sum_{i=1}^4 \left[a_i \left(x_i / \sum_{i=1}^4 x_i \right) \theta \right] + b \varepsilon \right\} \begin{cases} 0 < x_i < 1 \\ 0 < a_i < 1 \quad i=1, \dots, 4 \\ 0 < \varepsilon < 0.02 \end{cases} \tag{2}$$

式中: $L(x_i)$ 为影响因素 x_i 的污染损失函数; a_i ($i=1, \dots, 4$) 为第 i 类影响因素权重; b 为误差因子权重; ε 为误差因子造成的污染率期望值。

根据凸集理论, 消毒器械物流系统数据采集率 g ($0 < g < 1$) 取值在一定范围内, g 的数值越高器械污染造成的损失就越低, 因此, 在决策 $\delta(n, m)$ 下, 消毒器械物流系统污染损失函数见式 (3)。

$$L(x_i, \delta) = \frac{1}{\delta(n, m)} \left[\sum_{i=1}^l (a_i x_i) + \sum_{i=1}^l \left(\frac{a_i x_i}{\sum_{i=1}^l x_i} \theta \right) + b \varepsilon \right] \quad (3)$$

根据式(2)可得消毒器械物流系统贝叶斯风险函数 R ：

$$R = (L(x_i, \delta), \delta(n, m)) \quad (4)$$

1.3.2 模型求解

为提高函数模型计算结果准确度,采用泊松分布计算误差,设误差因子造成的污染器械例数期望值等于 k , 其污染率期望值为 $\varepsilon(k)$ ：

$$\begin{cases} \varepsilon(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} & \lambda > 0, k = 0, 1, 2, \dots \\ \lambda = lp & 20 \leq l, p \leq 0.5 \end{cases} \quad (5)$$

式中： λ 为在单位时间内单个样本中误差因子造成的污染器械例数； l 为样本量； p 为对应样本中误差因子造成的污染率； e 为自然常数。

将式(3)、(5)联立得：

$$L(x_i, \delta) = \frac{1}{g} \left\{ \sum_{i=1}^l \left[a_i x_i \left(1 + \frac{\theta}{\sum_{i=1}^l x_i} \right) \right] + b \left(\frac{\lambda^k}{k!} e^{-lp} \right) \right\} \quad (6)$$

联立式(4)、(6)化简得到消毒器械污染风险函数：

$$\begin{aligned} R &= (L(x_i, \delta), \delta) = \int_{x_i}^{i=4} L(x_i, \delta) \prod x_i dx_i = \\ &= \int_{x_i, \delta}^{i=4} \left[L(x_i) \prod_{i=1}^l f(g|x_i) dx_i \right] \prod_{n, m}^{(N, M)} g dg = \\ &= \sum_{i=1}^l \frac{a_i^2}{g^3} \left[\sum_{i=1}^l x_i + \theta + b \left(\frac{\lambda^k}{k!} e^{-lp} \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

2 应用分析

2.1 背景材料

根据某医院实际情况,消毒医疗器械可分为3大类,标识数据智能采集设备可布置于5处(预处理、报废与消毒前清点、消毒后清点、科室交接、手术前清点),即 $N=3$ 、 $M=5$,根据该医院预算成本为 C ,分析后发现无法实现100%数字化建设,因此选择性布点升级,此时可供选择的建设方案共有2种： $n=2$ 、 $m=5$ 表示标识2类器械包,5处均布置智能设备,对应决策为 $\delta(2,5)$ ； $n=3$ 、 $m=3$ 表示标识3类器械包,3处场地布置智能设备,对应决策为 $\delta(3,3)$ 。

数字化解决方案专家根据已有实际案例与大数据库数据,实地调研医院原消毒器械物流系统中各环节人工操作数据采集率,运用统计分析法测算出当决

策为 $\delta(2,5)$ 时, $g=0.87$ ；当决策为 $\delta(3,3)$ 时, $g=0.82$ 。

经医院消毒供应中心专家分析论证,误差因子期望值 $k=4$ 。采用德尔菲法编制调查问卷,让医院消毒供应中心5位专家对4大独立影响因子与误差因子进行匿名打分,经过4轮的整理、归纳、统计、再反馈、再打分,最终得出各影响因子造成的器械污染损失影响权重,见表1。

表1 影响因子权重

Tab.1 Weight of influence factor

| 影响因子 | 操作流程不规范 | 预处理不规范 | 人员认知不足 | 二次污染 | 误差因子 | 合计 |
|------|---------|--------|--------|-------|-------|----|
| 权重 | 0.267 | 0.286 | 0.218 | 0.226 | 0.003 | 1 |

随机抽取原有消毒器械物流系统下3301例消毒器械包为样本1,器械回收率为97.82%,共有913例被污染,总污染率为27.66%。

经追溯分析:操作流程不规范占13.78%,预处理不规范占2.61%,人员认知不足占8.18%,二次污染占2.12%,不可追溯器械占0.85%,误差因子占0.12%。

样本1追溯分析结果见表2。

表2 样本1追溯分析结果

Tab.2 Retrospective analysis results of sample 1

| 影响因素 | 不合格数量 | 不合格率/% |
|---------|-------|--------|
| 操作流程不规范 | 455 | 13.78 |
| 预处理不规范 | 83 | 2.51 |
| 人员认知不足 | 270 | 8.18 |
| 二次污染 | 70 | 2.12 |
| 不可追溯 | 31 | 0.94 |
| 误差因子 | 4 | 0.12 |
| 合计 | 913 | 27.66 |

2.2 计算过程与结果

将表1、表2数据代入式(5)、(7)得：

$$\varepsilon(k=4) = 19.5\%$$

$$R(\delta(2,5)) = \frac{0.997^2}{0.87^3} (27.54\% + 0.003 \times 0.195) = 0.417$$

$$R(\delta(3,3)) = \frac{0.997^2}{0.82^3} (27.54\% + 0.003 \times 0.195) = 0.498$$

$$R(\delta(2,5)) < R(\delta(3,3))$$

满足决策条件式(1),故选取方案 $\delta(2,5)$,即给2类消毒器械包配置RFID标识,给5处场所均布置智能设备。未配置RFID标识的器械依旧采用人工清点的方式,数据通过客户端录入数据库。实施物流系统优化建设后,随机抽取3177例器械包作为样本2,

器械回收率提升至 99.56%, 共有 120 例被污染, 总污染率降低至 3.78%。

经追溯分析: 操作流程不规范占 0.35%, 预处理不规范占 1.48%, 人员认知不足占 0.72%, 二次污染占 0.94%, 不可追溯器械占 0.16%, 误差因子占 0.13%。

样本 2 追溯分析结果见表 3。

表 3 样本 2 追溯分析结果
Tab.3 Retrospective analysis results of sample 2

| 影响因素 | 不合格数量 | 不合格率/% |
|---------|-------|--------|
| 操作流程不规范 | 11 | 0.35 |
| 预处理不规范 | 46 | 1.45 |
| 人员认知不足 | 23 | 0.72 |
| 二次污染 | 30 | 0.94 |
| 不可追溯 | 6 | 0.19 |
| 误差因子 | 4 | 0.13 |
| 合计 | 120 | 3.78 |

根据统计结果与损失函数计算结果可知, 该系统优化后 4 大独立影响因子造成的器械污染明显减少, 器械回收率与追溯率也有了明显增加。

通过计算可知, 器械污染率降低了 86.33%, 器械追溯率提高了 79.79%, 器械回收率提升了 79.82%。原有消毒器械物流系统经智能化设备优化后效果显著。

2.3 结果分析

该算例结果表明, 在建设成本有限的情况下, 面对多个决策方案时, 根据先验器械数据采集率, 运用贝叶斯污染风险函数就可测算出各决策下的污染风险值, 比较分析后确定器械污染风险最小的方案。这也说明器械数据采集率越高, 器械回收率与污染追溯率越高, 污染风险越低。

由此可知, 在消毒器械物流系统改进升级的过程中, 若能充分运用物联网技术对物流设施设备进行改造, 不仅能大幅提高消毒器械物流系统数字化程度, 有效提升医院消毒系统整体工作效率与质量, 还能从源头上降低病患感染风险, 改善医患关系。

3 结语

研究主要针对医院目前的消毒器械物流系统优化进行分析, 旨在合理的预算成本内采用最优的建设方案。在消毒器械包外采用悬式 RFID 标签, 不仅能避免标识与器械直接接触, 降低污染风险, 还能通过物流节点场所布置的物联网智能设备自动获取标识数据, 实现对消毒器械信息的全生命周期管理。就研究前景而言, 消毒器械物流系统的数字化升级, 将不断朝器械供应链前后端发展, 从供应商到医院、病患

以及报废处理, 都由统一的“数字身份”在后台服务器中记录器械全生命周期的信息。未来, 也将开发出更优质、安全的智能器械包装, 以及消毒器械管理系统。从发展前景来看, 随着中国数字化建设的不断加速, 智能包装技术与智慧物流技术的发展也将搭上“数字快车”, 相信随着技术水平的提升, 生产成本的降低, 将会有更多的领域被这一技术惠及, 提高物资基础数据采集率, 实现真正的智能化作业与数字化管理, 从根本上解放人力, 提高社会生产效率。

参考文献:

- [1] 高玉华, 陈严伟. 医院消毒供应中心实施标准化管理的实践与探讨[J]. 中国卫生质量管理, 2021, 28(1): 15-17.
GAO Yu-hua, CHEN Yan-wei. The Practice and Discussion on Standardization Management of Hospital Disinfection Supply Center[J]. Chinese Health Quality Management, 2021, 28(1): 15-17.
- [2] 经飞飞, 诸莉敏, 林雪娟, 等. 外来器械追溯信息化模块的构建与应用[J]. 护士进修杂志, 2021, 36(16): 1508-1511.
JING Fei-fei, ZHU Li-min, LIN Xue-juan, et al. Construction and Application of Information Module for Traceability of Foreign Instruments[J]. Journal of Nurses Training, 2021, 36(16): 1508-1511.
- [3] 黎映川, 蓝雯琳, 付玉龙, 等. 包装创新设计中的智能技术专利数据可视化分析[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 57-63.
LI Ying-chuan, LAN Wen-lin, FU Yu-long, et al. Visualization Analysis of Intelligent Technology of Patent Data in Innovative Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(2): 57-63.
- [4] 周云令, 魏娜, 郝晓秀, 等. 智能包装技术在食品供应链中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(7): 336-344.
ZHOU Yun-ling, WEI Na, HAO Xiao-xiu, et al. Progress in Application of Intelligent Packaging Technologies in Food Supply Chain[J]. Food Science, 2021, 42(7): 336-344.
- [5] 马也骋. 基于 RFID 技术的生鲜品电商包装系统设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 100-103.
MA Ye-cheng. Design on System for Fresh Products' E-Commerce Packaging by RFID[J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 100-103.
- [6] 刘飞, 吕新广. 药品及其包装对超高频 RFID 标签性能的影响[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2017, 29(4): 563-568.

- LIU Fei, LYU Xin-guang. Effects of Drug and Its Packaging on the Performance of UHF RFID Tag[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2017, 29(4): 563-568.
- [7] 雷蕾, 盛国. 基于 RFID 技术的运动器械包装生产线检验系统设计[J]. 包装工程, 2017, 38(13): 146-149.
LEI Lei, SHENG Guo. Examination System Design of Sports Equipment Package Production Line Based on RFID[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(13): 146-149.
- [8] 吴鹏飞, 邹波, 赵太飞. 基于 RFID 的艺术品数字包装防伪系统设计[J]. 包装工程, 2017, 38(3): 165-169.
WU Peng-fei, ZOU Bo, ZHAO Tai-fei. Design of Digital Artwork Anti-Counterfeit Packaging System Based on RFID[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(3): 165-169.
- [9] 赵文婧, 杨蓉, 厉丹, 等. 卷烟包装用 UHF RFID 抗金属标签天线的设计[J]. 现代电子技术, 2016, 39(23): 72-77.
ZHAO Wen-jing, YANG Rong, LI Dan, et al. Design of UHF RFID Anti-Metal Tag Antenna for Cigarette Package[J]. Modern Electronics Technique, 2016, 39(23): 72-77.
- [10] 柯胜海, 庞传远. 材料智能型包装的分类及设计应用[J]. 包装工程, 2018, 39(21): 6-10.
KE Sheng-hai, PANG Chuan-yuan. Classification and Design Application for Intelligent Packaging Design of Materials[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(21): 6-10.
- [11] 钱建波. 射频识别技术在集装箱船舶进出港管理系统的应用[J]. 舰船科学技术, 2017, 39(22): 150-152.
QIAN Jian-bo. Application of Radio Frequency Identification Technology in Container Ship Entry and Exit Management System[J]. Ship Science and Technology, 2017, 39(22): 150-152.
- [12] 张莉萍. RFID 技术在船用物流管理系统中的应用[J]. 舰船科学技术, 2016, 38(8): 178-180.
ZHANG Li-ping. The Application of RFID Technology in the Marine Logistics Management System[J]. Ship Science and Technology, 2016, 38(8): 178-180.
- [13] 雷超, 巫正中. 车载监控系统及其在军事运输的应用[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(11): 152-155.
LEI Chao, WU Zheng-zhong. Vehicle Monitoring System and Its Application in Military Transportation[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2018, 39(11): 152-155.
- [14] 赵冬菁, 仲晨, 朱丽, 等. 智能包装的发展现状、发展趋势及应用前景[J]. 包装工程, 2020, 41(13): 72-81.
ZHAO Dong-jing, ZHONG Chen, ZHU Li, et al. Development Status, Tendency and Application Prospect of Intelligent Packaging[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(13): 72-81.
- [15] 赵录琳, 杨蒙, 朱爱群, 等. PDCA 循环法对新标准下医院复用医疗器械消毒灭菌效果的研究[J]. 中国医学装备, 2019, 16(3): 124-128.
ZHAO Lu-lin, YANG Meng, ZHU Ai-qun, et al. Study on the Effect of PDCA Circulation Mode in Disinfection and Sterilization of Reusable Medical Apparatus and Instrument of Hospital under New Standard[J]. China Medical Equipment, 2019, 16(3): 124-128.
- [16] 高宝丽, 葛冉, 张东晨, 等. 基于 RFID 技术的复用医疗器械消毒质量安全追溯系统设计与实现[J]. 中国医疗器械杂志, 2021, 45(2): 167-171.
GAO Bao-li, GE Ran, ZHANG Dong-chen, et al. Design and Implementation of Quality and Safety Traceability System for Reusable Medical Devices Disinfection Based on RFID Technology[J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation, 2021, 45(2): 167-171.
- [17] 刘莉, 郭莉, 句建梅, 等. 北京某肿瘤医院优化开放手术器械包配置的实践与效果分析[J]. 中国护理管理, 2022, 22(1): 5-8.
LIU Li, GUO Li, GOU Jian-mei, et al. Practice and the Effect of Optimizing the Allocation of Surgical Instrument Kits for Open Surgery in a Cancer Hospital in Beijing[J]. Chinese Nursing Management, 2022, 22(1): 5-8.
- [18] 王璐瑶, 董军, 刘非, 等. 消毒供应中心无菌物品信息化闭环管理探讨[J]. 中国卫生质量管理, 2017, 24(3): 16-17.
WANG Lu-yao, DONG Jun, LIU Fei, et al. Closed-Loop Management of Sterilized Items in Central Sterile Supply Department[J]. Chinese Health Quality Management, 2017, 24(3): 16-17.
- [19] 龚韩湘, 林珮仪, 江慧琳, 等. 应用 Delphi-AHP 法构建紧急医学救援能力评价指标体系[J]. 中国卫生质量管理, 2019, 26(5): 136-139.
GONG Han-xiang, LIN Pei-yi, JIANG Hui-lin, et al. Application of Delphi Method and Analytic Hierarchy Process to Establish Emergency Medical Rescue Ability Evaluation Index System[J]. Chinese Health Quality Management, 2019, 26(5): 136-139.
- [20] 万萱, 万依依, 朱晓明. 形态与功能融合的医疗器械创新设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 138-142.
WAN Xuan, WAN Yi-yi, ZHU Xiao-ming. Medical Devices Innovative Design of Form and Function Integration[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 138-142.

- [21] 李丽娟, 夏洪芬, 刘长菊. 2018 年四川省某医院手术室动、静态条件下空气质量及物体表面与外科手污染状况[J]. 职业与健康, 2019, 35(18): 2554-2558.
LI Li-juan, XIA Hong-fen, LIU Chang-ju. Air and Object Table and Surgical Hand Pollution in the Operating Room under Dynamic and Static Conditions of a Hospital in Sichuan Province in 2018[J]. Occupation and Health, 2019, 35(18): 2554-2558.
- [22] 张雪萍, 黄幼珍, 苏丽彬. 医院消毒供应室外来手术器械清洗质量的影响因素分析及其管理对策[J]. 护理实践与研究, 2020, 17(22): 15-17.
ZHANG Xue-ping, HUANG You-zhen, SU Li-bin. Analysis of the Influencing Factors that Affected the Cleaning Quality of Foreign Surgical Instruments from the Hospital Disinfection Supply Room and the Relevant Management Countermeasures[J]. Nursing Practice and Research, 2020, 17(22): 15-17.
- [23] 章金芬, 姜益华, 杨晓芳. 复用医疗器械医院感染因素与管理措施研究[J]. 中医药管理杂志, 2020, 28(13): 47-48.
ZHANG Jin-fen, JIANG Yi-hua, YANG Xiao-fang. Study on Nosocomial Infection Factors and Management Measures of Reusable Medical Devices[J]. China Industrial Economics, 2020, 28(13): 47-48.
- [24] 张洋. 复用手术器械清洁质量的影响因素分析及应对措施[J]. 护理实践与研究, 2019, 16(22): 144-146.
ZHANG Yang. Analysis of Factors Affecting Cleaning Quality of Reusing Surgical Instruments and Corresponding Countermeasures[J]. Nursing Practice and Research, 2019, 16(22): 144-146.
- [25] 张于贤, 王晓婷, 黄鑫. 基于 RL-MIS 的废旧包装逆向回收过程的 DP 模型[J]. 包装工程, 2017, 38(5): 234-238.
ZHANG Yu-xian, WANG Xiao-ting, HUANG Xin. DP Model of Old Packaging Recycling Process Based on RL-MIS[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(5): 234-238.

责任编辑: 曾钰婵