

基于机器人流程自动化（RPA）的医疗数据流程优化研究——以华为RPA在医疗场景的实践为例

董春喜，张倩，陈科江

额济纳旗人民医院，内蒙古额济纳旗

摘要：医疗数据流程在效率、质量及人力成本方面面临的严峻挑战，已成为制约医疗信息化发展与智慧医院建设的关键瓶颈。为应对这一挑战，本研究系统探讨了机器人流程自动化（RPA）技术的应用价值与实施路径。通过剖析医疗数据在采集、整理、存储、分析及共享环节的核心痛点，并融合Petri网建模与流程挖掘方法，设计了一套基于华为RPA的系统性优化方案，并于某大型医院成功部署。该方案覆盖数据统计、财务管理、病案管理等多个核心场景，显著提升了数据流程的自动化水平与处理效率。实证结果表明：华为RPA使核心数据流程的处理效率提升65.8%，人工错误率由4.7%降至0.15%，数据流转时间缩短85.9%，人力投入节省86.7%。这不仅将医护人员从事务性工作中解放出来，使其更专注于临床诊疗与决策支持，也充分证明了华为RPA在提升数据处理准确性、优化人力资源配置方面具有卓越效能。本研究为医疗机构在不大规模改造现有系统的前提下，快速推进业务流程自动化与精细化管理，提供了一条高可行性、易推广的数字化转型路径。

关键词：机器人流程自动化（RPA）；流程挖掘；医疗数据流程；流程优化；智慧医疗；华为RPA

Research on the Optimization of Medical Data Processes Based on Robotic Process Automation—A Case Study of Huawei RPA in Healthcare Scenarios

Chunxi Dong, Qian Zhang, Kejiang Chen

Ejina Banner People's Hospital, Ejina Banner, Inner Mongolia

Abstract: The severe challenges in efficiency, quality, and labor cost within medical data processes have become a critical bottleneck hindering the development of medical informatization and the construction of smart hospitals. To address these issues, this study systematically investigates the application value and implementation path of Robotic Process Automation (RPA) technology. By analyzing the core pain points in the collection, organization, storage, analysis, and sharing of medical data, and integrating Petri net modeling with process mining methods, a systematic optimization solution based on Huawei RPA was designed and successfully deployed in a large tertiary hospital. This solution covers multiple key scenarios, including data statistics, financial management, and medical record management, significantly enhancing the automation level and processing efficiency of data processes. Empirical results demonstrate that Huawei RPA increased the processing efficiency of core data processes by 65.8%, reduced

the manual error rate from 4.7% to 0.15%, shortened data circulation time by 85.9%, and saved 86.7% in human resource input. Consequently, it not only liberated medical staff from transactional tasks, allowing them to focus more on clinical diagnosis and decision support, but also confirmed the outstanding effectiveness of Huawei RPA in improving data processing accuracy and optimizing human resource allocation. This research provides a highly practical and scalable pathway for medical institutions to rapidly advance business process automation and refined management towards digital transformation, without the need for large-scale legacy system overhaul.

Keywords: Robotic Process Automation (RPA); Process Mining; Medical Data Processes; Process Optimization; Smart Healthcare; Huawei RPA

1 引言

随着大数据、人工智能等信息技术在医疗领域的深度融合，医疗行业持续产生并累积海量数据，涵盖电子病历、医学影像、检验结果和基因组学信息等多类形态。这些数据是临床决策、科研分析和医院管理的基础。然而，受数据复杂性、系统异构性及安全隐私规范制约，当前医疗数据在采集、整合、清洗与分析等环节仍面临显著挑战。在数据规模方面，我国大型三级医院每日产生的数据总量已普遍达到TB级别。《中国卫生健康统计年鉴》的宏观统计与FineBI2023年行业分析报告均印证了这一量级趋势。后者进一步细化指出，在剔除了大量影像原始文件与系统备份数据后，聚焦于可直接用于临床业务与分析的核心数据增量（如新生成的结构化病历、检验报告等），单个大型三级医院的日新增规模仍超过100GB，折算全年累计即超过36TB。然而，与数据量的快速增长形成鲜明对比的是，其实际利用率却处于较低水平。官方统计与行业分析均表明，三级医院中能将数据有效转化为临床或管理价值的比例不足30%[1, 2]。因此，尽管数据规模持续扩大，但由于系统割裂和人工处理等因素，数据的整体利用率仍然偏低。具体而言，当前医疗数据处理面临以下主要痛点：①数据采集与录入依赖人工，效率低且错误率高（如护士日均花费2-3小时于文书工作，挤占了其投入直接临床护理的时间，且手工录入中的疏漏也可能带来潜在的安全

风险）；②数据整合与交换存在“信息孤岛”，系统异构导致共享差，阻碍协同医疗[3,4]；③数据处理与分析中重复性任务（如格式标准化、缺失值处理）耗费医务人员时间，分散科研精力。

机器人流程自动化（RPA）技术通过模拟人类操作自动执行规则性任务，在金融、制造等领域成效显著[5-7]。其非侵入式部署、快速回报和对系统影响小的优势，使其适用于医疗场景。以华为RPA为代表的平台，凭借稳定性和场景适配性，成为领先解决方案。近年来，RPA在医院统计、财务、病案管理等场景中已有初步应用[8-10]，揭示了其技术可行性。然而，现有研究多集中于单一场景的点状应用，缺乏对医疗数据全流程的系统性建模方法、集成架构设计以及严谨的量化效能评估。

为此，本文基于对医疗数据全流程的剖析，结合流程挖掘与Petri网建模方法[11-15]，以华为RPA为载体，设计了一套系统性优化方案。该方案在某大型医院的真实环境中得以部署与验证。本研究旨在为医疗机构提供一条经过实证的数字化转型路径，并弥补现有研究在系统性与量化评估方面的不足。

2 医疗数据流程现状与RPA适用性分析

2.1 医疗数据流程核心环节与痛点分析

医疗数据流程贯穿于患者诊疗、医院运营和医学研究的全过程。其生命周期始于数据采集与

生成，源数据广泛产生于医院信息系统（HIS）、实验室信息系统（LIS）、影像归档和通信系统（PACS）、电子病历（EMR）及物联网设备等，形态涵盖结构化数据（如生命体征、检验数值）、半结构化数据（如XML/JSON报告）以及非结构化数据（如自由文本病历、医学影像）。随后进入数据整理与录入环节，此阶段需对原始数据进行清洗、转换与标准化，并录入目标系统，目前该环节高度依赖人工操作，成为错误与延迟的高发区。在此基础上，数据存储与管理负责数据的归档、备份、安全控制与权限管理，核心在于保障数据的完整性、可用性与保密性。进而，在数据处理与分析环节，数据不仅用于常规统计与报表生成，更支撑着临床决策支持与科研数据挖掘等复杂应用。最终，通过数据共享与应用，实现在院内各科室、不同医疗机构乃至科研机构之间的高效流转与价值利用，从而完整支撑起医疗业务的闭环。

通过对多家医疗机构的实地调研，我们识别出当前医疗数据流程存在的四方面突出问题。首先，效率瓶颈与人力资源浪费现象普遍，大量医务人员的工作时间被数据录入、报表制作等低附加值任务占据。例如，某院临床研究中心的数据管理员需耗费近50%的工作时间在繁琐的数据核对与格式调整上。该案例清晰地揭示了人工操作模式下的效率瓶颈与人力资源浪费，其具体痛点可归纳为表1所示。其次，人工操作导致数据质量与一致性难以保障，在患者信息录入、费用结算等关键环节，即便很低的错误率在巨大的业务量

下也会累积成显著的临床与财务风险[16]。再次，手工处理模式造成严重的流程延迟，数据从产生到可用往往存在较长滞后。例如，医院管理所需的运营日报通常需次日才能生成，严重影响了管理层的实时决策能力与医疗服务响应速度[3]。最后，系统间集成与自动化互通存在壁垒，实现跨系统数据融合往往依赖定制化开发，导致成本高昂且实施周期漫长[4]。

2.2 RPA在医疗数据流程中的优化潜力与适用场景

RPA技术通过模拟人类操作自动执行规则性、重复性的软件任务，其特性与上述医疗数据流程的痛点高度契合，展现出显著的优化潜力。

RPA具备高效性与高准确性，可实现7×24小时不间断运行，处理速度远超人工，并能严格遵循预设规则，从而大幅降低人为错误率。其非侵入式集成特性，使其无需改造现有系统底层结构，仅通过用户界面层面操作即可实现功能，显著降低了在复杂异构的医疗IT环境中的实施难度与风险[17]。在评估业务流程自动化潜力时，需要系统分析流程的标准化程度、规则明确性和重复性特征[18]。此外，RPA能够将医务人员从重复性、事务性工作中解放出来，释放人力资源，使其转向更具价值的临床诊疗与数据分析等任务，在医院财务决策等核心业务流程中展现出良好的应用价值，有助于提升员工满意度与工作效能[19, 20]。同时，所有操作均可记录与追溯，有利于满足医疗行业对数据安全与操作合规性的严格要求。

表1. 医疗数据全生命周期核心环节与痛点分析

生命周期环节	核心活动与数据流	主要痛点与挑战
① 数据采集与生成	产生于HIS、LIS、PACS、EMR、物联网设备等源头。	效率瓶颈：高度依赖人工录入与核对，耗时耗力，效率低下。
② 数据整理与录入	对原始数据进行清洗、转换、标准化，并录入目标系统。	质量风险：人工操作不可避免引入错误，数据质量与一致性难保障。
③ 数据存储与管理	数据进行归档、备份、安全控制与权限管理。	存储风险：备份不及时、权限管控模糊，影响数据完整性与安全性。
④ 数据处理与分析	用于常规统计、报表生成、临床决策支持与科研挖掘。	流程延迟：手工处理模式导致数据从产生到可用存在严重滞后。
⑤ 数据共享与应用	在院内、跨机构及科研领域实现数据流转与价值利用。	信息孤岛：系统异构与标准不一阻碍数据互通，形成信息壁垒，限制数据价值释放。

基于以上优势，RPA尤其适用于医疗数据流程中具有明确规则、高重复性、跨多系统且易出错的场景，例如：病案首页数据质控与上报、科研数据跨系统抽取与预处理、医疗设备运行数据采集与绩效报表生成、以及检验报告结果的自动抓取与提醒等。这些场景构成了本研究方案设计的核心应用目标。

3 基于华为RPA的优化方案设计与关键技术

3.1 方案总体架构与设计原则

本方案的总体设计思路是：以医疗数据全生命周期管理为主线，以华为RPA数字机器人为核心执行单元，针对核心痛点场景，设计一系列自动化机器人流程。方案遵循“顶层设计、分步实施、人机协同”的原则，确保数字机器人与现有信息系统和医护人员工作流程无缝融合。

系统架构上，华为RPA平台主要包括控制中心、设计器和机器人三部分。设计器用于可视化开发和配置自动化流程；机器人负责执行流程；控制中心则进行任务调度、监控与管理。机器人通过模拟人工操作，与HIS、LIS、PACS、EMR等各类医疗信息系统进行交互，实现数据的自动抓取、录入、校验、转换与上报。系统整体架构如下图所示：

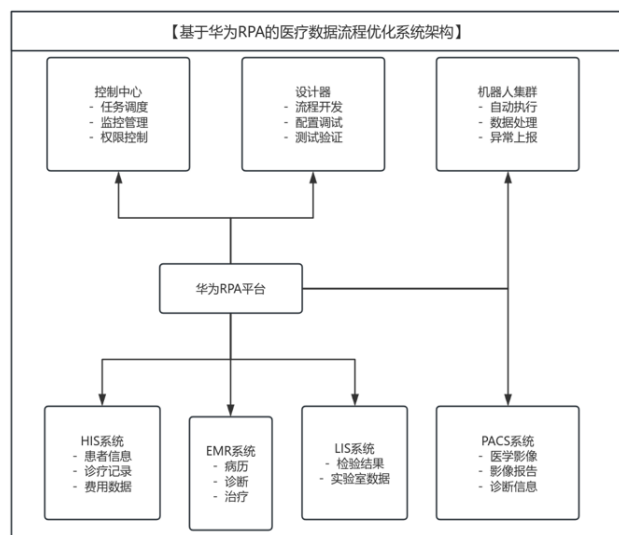


图1. 基于华为RPA的医疗数据流程优化系统架构

3.2 典型业务场景的自动化流程设计

1、病案首页数据质控与自动上报流程

机器人于每日固定时间从EMR系统中批量提取已归档病历的首页数据，严格遵循国家发布的病案首页质控规则进行自动化校验。问题病历自动生成报告通知人工复核，合格数据则经格式标准化后自动上传至区域卫生信息平台，显著提升上报准确性与时效性。

2、科研数据自动抽取与预处理流程

研究人员通过简化界面提交数据提取请求。机器人自动登录HIS、EMR、LIS等多个异构数据源，执行跨系统数据抽取，并后续进行数据去标识化、格式标准化及缺失值插补等预处理，最终生成高质量、可直接用于统计分析的数据集。

3、医疗设备运行数据采集与绩效报表生成流程

机器人自动登录设备管理系统，采集设备运行状态、检查人次等数据，并与HIS系统中的工作量及收费数据关联计算，自动生成涵盖使用率、收益率等维度的绩效报表，定期发送至管理部门，为资源配置与成本效益分析提供实时数据支持。

3.3 关键技术与实现路径

在方案的实现过程中，我们针对医疗数据环境的特殊性，重点攻克并实施了四项关键技术：

1、复杂环境下的元素稳定定位技术

综合运用OCR（光学字符识别）辅助识别与多重定位策略，提升机器人在动态医疗软件界面中操作的准确性与鲁棒性。

2、异构数据源的解析与融合技术

在自动化流程中内置强大的数据解析与转换逻辑，实现对不同系统、结构各异的数据进行标准化清洗与智能关联。

3、增强流程韧性的异常处理机制

为提升RPA流程在复杂医疗IT环境中的持续运行能力，本方案设计多层异常处理机制。具体包括：在遭遇系统无响应或界面延迟时，机器人自动执行重试逻辑，失败后暂停并通知管理员；同时，流程内置数据校验与分支判断，对格式错误、信息

缺失等业务异常进行识别与分流。这些措施共同保障了自动化流程的高稳定性与鲁棒性。

4、遵循医疗规范的安全控制方案

为严格遵循医疗数据安全与隐私保护规范，本方案为机器人分配专属账号并贯彻最小权限原则，有效限制其数据访问范围。同时对传输及临时存储的敏感数据进行加密处理，并对关键操作进行审计留痕，以全方位保障患者隐私与数据安全。

4 实施过程与效果评估

4.1 实验部署与实施路径

本研究选择某大型医院作为试点。部署的华为RPA平台包括1台控制中心服务器、3台设计器终端和10台虚拟机器人。实施过程分为四个阶段：需求调研与流程遴选、流程设计与开发、用户接受度测试与培训、正式上线与持续优化。首批上线了病案首页数据质控与自动上报、科研数据自动抽取与预处理等自动化流程。

4.2 评估方法与指标体系

为科学评估华为RPA在真实医疗环境中的应用效果，本研究采用对比测试法作为核心评估方法。具体而言，在保持业务量基本一致的条件下，

分别于RPA系统上线前后各设置一个月的观察期，对关键绩效指标进行系统性比对。所确立的评估指标体系全面涵盖效率、质量、资源与用户体验四个维度：处理效率通过测量完成特定数据流程任务所需的时间来量化；数据质量以任务执行结果中的错误率为核心衡量标准，反向评估自动化流程的准确性；人力投入通过统计完成同等任务所需的人工工时，客观反映人力资源的节约情况；用户体验则通过对相关医务人员进行问卷调查，收集其对于流程自动化后工作负担、数据及时性等方面的主观感受与反馈。该多维度指标体系旨在综合评判RPA方案的实际应用价值与综合效益。

4.3 实验结果分析

对试点流程运行数据的定量分析表明，基于华为RPA的优化方案成效显著，其核心优势如图2所示。

以病案首页上报流程为例，关键指标对比如下表2。

对试点流程运行数据的定量与定性分析表明，基于华为RPA的优化方案成效显著，其影响主要体现在处理效率、数据质量、人力资源配置及业务响应四个核心维度。

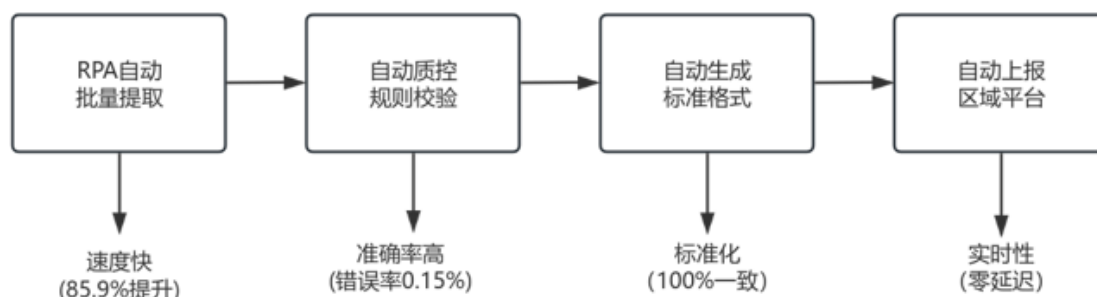


图2. RPA自动化数据处理流程优势示意图

表2. RPA应用前后关键指标对比（以病案首页上报流程为例）

评估指标	实施前（人工）	实施后（RPA）	提升幅度
单份病案首页处理时间(分钟)	8.5 ± 2.1	1.2 ± 0.3	降低 85.9%
日均处理能力(份)	~70	~500	提升 614%
数据质控错误率(%)	4.7	0.15	降低 96.8%
月度人力投入(人/月)	15	2(主要用于异常处理)	节省 86.7%
区域平台上报延迟(天)	1.5 ± 0.5	0（当日完成）	消除延迟

在处理效率方面，数字机器人展现出巨大优势。以病案首页上报流程为例，单份处理时间由人工所需的 (8.5 ± 2.1) 分钟大幅缩短至 (1.2 ± 0.3) 分钟，效率提升达85.9%。此项改进带动日均处理能力从约70份跃升至近500份。此外，在检验报告异常提醒等对时效性要求极高的场景中，机器人的引入使得平均响应时间从人工巡查的4-6小时（主要源于人工轮询的固有延迟）急剧缩短至20分钟以内（通过机器人高频自动扫描与即时通知实现），实现了从“小时级”到“分钟级”的质变。综合计算，首批上线的流程实现了整体数据处理效率65.8%的提升，充分验证了RPA在加速医疗数据流转方面的巨大潜力。

在数据质量与准确性方面，机器人严格遵循预设规则的特点确保了极高的操作一致性，从根本上遏制了人为疏漏。在病案首页上报流程中，数据质控错误率从人工操作下的4.7%显著降至0.15%，降幅高达96.8%。在检验结果抓取与转译等精密任务中，机器人执行的准确率接近100%，不仅大幅提升了数据可靠性，还有效降低了因数据错误引发的临床与管理风险。

在人力资源配置方面，自动化带来了结构性优化。病案首页上报的月度人力投入从15人/日锐减至仅需2人/日，节省了86.7%的人力，而这部分被释放的人力资源得以转向处理机器人识别的异常情况及从事更具价值的临床分析与决策支持工作。据初步估算，首批实施的两个自动化流程每年累计可为医院节约超过600个人/日的工作量，实现了从“人力密集型”操作向“知识密集型”工作的价值转型。

在业务响应与用户体验层面，方案带来了质的飞跃。数据流转的实时性显著增强，区域卫生信息平台的上报延迟被完全消除，实现了“当日数据、当日上报”；运营管理报表也能在T+1日清晨自动生成，极大提升了管理决策的时效性。通过对相关医务人员的问卷调查反馈进行定性分析，超过90%的受访者对RPA的应用效果表示满意或非常满意。用户普遍认为，该方案有效减轻了其事务性工作负担，并显著提升了数据服务的及时性与可靠性，为人机协同的良性循环奠定了坚实基础。

5 研究贡献、挑战与未来展望

5.1 研究创新与核心贡献

本研究的主要创新与贡献在于：首先，从医疗数据全生命周期管理的系统性视角出发，设计了一套综合优化方案，超越了零散的自动化尝试。其次，方案设计深度契合医疗业务专业规范（如ICD编码、危急值标准），确保了实用性与可靠性。第三，通过严谨的对比实验，提供了量化的效能证据（效率提升65.8%，错误率降至0.15%，人力节省86.7%），为行业实践提供了可复制的基准。在技术层面，通过集成OCR、强化异常处理与安全控制，有效提升了RPA在复杂医疗IT环境中的适应能力。

5.2 实践挑战与应对策略

在方案的实施与推广过程中，我们主要面临业务流程、技术环境和组织管理三个层面的挑战，并采取了相应的策略予以应对。首先，部分原有业务流程标准化程度不足，若直接自动化易固化原有缺陷。对此，团队秉持“先优化，后自动化”的原则，在部署RPA前对目标流程进行再造与标准化，从根本上提升了自动化的价值基础。其次，医疗机构复杂的IT环境与异构系统，特别是部分老旧系统界面不稳定，为机器人的稳定运行带来挑战。通过综合利用华为RPA平台提供的多种界面元素定位技术，并辅以OCR进行辅助识别，有效增强了机器人在动态前端环境中的操作鲁棒性。最后，组织内部的变革管理同样关键，部分员工对新技术存在疑虑。我们通过加强沟通、组织针对性培训，并强调RPA“替代任务而非替代人”的核心价值，同时邀请一线员工参与流程设计与优化，有效化解了潜在阻力，保障了人机协同模式的顺利落地。

5.3 研究局限与未来方向

尽管本研究验证了华为RPA在特定医疗数据流程中的有效性，但仍存在一定的局限性，这为未来研究指明了方向。当前应用的自动化场景在数量与类型上尚有拓展空间，且系统长期运行的稳定性与经济性需通过更长时间的实践进行观察。基于此，

未来的研究工作将围绕场景拓展、技术融合与生态构建三个方向展开。在场景拓展上, 可将RPA技术延伸至药品供应链管理、高值耗材溯源、临床试验患者自动招募等更广泛的医疗运营领域。在技术融合上, 应积极探索将自然语言处理等AI能力与RPA结合, 以自动解析非结构化病历文本, 并利用机器学习优化机器人在复杂场景下的决策逻辑, 从而提升智能水平。在生态构建层面, 长远目标是构建医院内部的“数字员工”体系, 通过规模化部署与管理RPA机器人, 形成覆盖全院的自动化能力, 并总结实践经验, 推动形成医疗行业RPA实施的标准规范与评估体系, 促进该技术的规模化、规范化应用。

6 研究结论

本研究证实, 基于华为RPA的数字机器人优化方案是可行且高效的。它能够显著提升医疗数据处理的效率与质量, 有效降低人力成本和操作风险, 并优化医务人员的生产力分配。以华为RPA为代表的数字机器人作为一种敏捷、实用的技术工具, 为医疗机构在不大规模改造现有系统的情况下, 快速实现业务流程自动化、推动精细化管理与数字化转型提供了一条高效的路径。未来, 通过与AI、流程挖掘等技术的深度融合, RPA将进一步提升医疗数据流程的智能化水平, 为医疗行业创造更大价值。

参考文献

- [1]王珊,朱雨菲,李强,等.某市35家医院住院病案首页填写质量分析及对策[J].中国病案,2023,24(2):17-21.
- [2]刘泽青,张金娥.某院住院病案首页填写质量分析[J].中国病案,2021,22(10):10-11,84.
- [3]钟琳.HRP在医院高值耗材管理中的应用研究[J].中国产经,2022(4):102-104.
- [4]梁秀林,侯红英.医院HRP与HIS系统的收入数据接口问题及对策分析[J].中国卫生经济,2018,37(12):102-104.
- [5]慕广峰.流程自动化机器人(RPA)技术的应用研究[J].中国管理信息化,2021,24(4):112-113.
- [6]秦海波,曹莉,叶宜修,等.RPA流程自动化技术分析[J].自动化技术与应用,2022(5):1-3.
- [7]PLATTFAUT R, BORGHOFF V. Robotic process automation:a literature-based research agenda[J]. Journal of Information Systems,2022,36(2):173-191.
- [8]龙思哲,吴震天,刘洋.RPA机器人辅助医院数据统计工作的应用探讨[J].当代医学,2021,27(27):189-191.
- [9]赖伏虎,张铮,徐庆十,等.”统计机器人”在医院统计领域的应用[J].中国医院统计,2020,27(5):476-480.
- [10]王继伟,杨毕辉,庄培锋,等.机器人流程自动化技术在临床数据归档中的应用[J].中国数字医学,2023,18(6):85-88.
- [11]LIU C, DUAN H, ZENG QT, et al. Towards comprehensive support for privacy preservation cross-organization business process mining[J]. IEEE Transactions on Services Computing,2019,12(4):639-653.
- [12]刘聪,程龙.流程挖掘:技术与应用概述[J].中国科技产业,2021(7):50-51.
- [13]VAN DER AALST W M P. Process mining and RPA:how to pick your automation battles? [M]. Berlin,Germany:De Gruyter,2021.
- [14]REISIG W. Petri nets: an introduction[M]. Berlin,Germany:Springer,2012.
- [15]刘聪,李会玲,曾庆田,等.跨组织业务流程模型挖掘与质量评估[J].计算机学报,2023,46(3):643-656.
- [16]陈慧,袁保,吴国英.基于绩效考核的住院病案首页缺陷问题分析与改进方法[J].中医药管理杂志,2023,31(2):78-80.
- [17]HOFMANN P, SAMP C, URBACH N. Robotic process automation[J]. Electronic Markets,2020,30(1):99-106.
- [18]AGATON B, SWEDBERG G. Evaluating and developing methods to assess business process suitability for robotic process automation: a design research approach[J]. Business & Information Systems Engineering,2018,56(12):324-334.
- [19]徐荣.机器人流程自动化技术在医院信息化整合中的探索与实践[J].医疗装备,2023,36(6):53-56.
- [20]汪迦声,廖思婕.论财务机器人在医院财务决策流程中的应用路径[J].财经界,2023(24):129-131.

