



临床用血闭环信息化管理系统构建^{*}

——许海艳 邢艳 张瑞宁 侯梦薇 崔颖

【摘要】 **目的** 构建临床用血闭环信息化管理系统,提升临床用血合理性与安全性。**方法** 搭建临床用血闭环信息化管理系统,规范医师、护士、输血科、输血实验室工作流程,实现全程智慧化管控。对比分析系统上线初期与成熟稳定期的用血指标,评估系统应用成效。**结果** 系统应用稳定后,用血申请单不合格率从0.25%下降至0.11%,输血不合理比例从3.87%降至0.04%,标本采集差错率从0.07%下降至0.03%,血液报废率从0.09‰降为0.02‰,输血病程记录率从90.23%提升至97.89%,输血后疗效评价完成率从71.37%提升至92.24%,输血护理记录单完成率提升至100%,取血核对差错率、交叉配血失误率均降为0。**结论** 临床用血闭环信息化管理系统有效规范了用血流程,提升了用血管理效能。

【关键词】 临床用血管理;闭环管理;信息系统;智慧化;血液质量

中图分类号:R197.323;R331.1

文献标识码:B

Research on the Construction of a Closed-Loop Information Management System for Clinical Blood Utilization/XU Haiyan, XING Yan, ZHANG Ruining, et al. //Chinese Health Quality Management, 2026, 33(3): 15-19

Abstract **Objective** To construct a closed-loop information management system for clinical blood utilization and enhance the rationality and safety of clinical blood use. **Methods** A closed-loop information management system for clinical blood utilization was established to standardize the workflows of doctors, nurses, the blood transfusion department, and the blood transfusion laboratory, enabling intelligent management and control throughout the entire process. Blood utilization indicators were compared and analyzed between the initial implementation phase and the mature, stable phase of the system to evaluate its application effectiveness. **Results** After the system application has stabilized, the non-conformance rate of blood request forms decreased from 0.25% to 0.11%, the proportion of irrational blood transfusions dropped from 3.87% to 0.04%, the error rate in specimen collection decreased from 0.07% to 0.03%, the blood discard rate decreased from 0.09‰ to 0.02‰, the documentation rate of blood transfusion progress notes increased from 90.23% to 97.89%, the completion rate of post-transfusion efficacy evaluations improved from 71.37% to 92.24%, the completion rate of blood transfusion nursing records reached 100%, and both the error rate in blood collection verification and the mismatch rate in crossmatching tests were reduced to 0. **Conclusion** The closed-loop information management system for clinical blood utilization effectively standardized blood use processes and enhanced the efficiency of blood utilization management.

Key words Clinical Blood Utilization Management; Closed-Loop Management; Information System; Intelligencization; Blood Quality

First-author's address The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi, 710061, China

血液制剂是临床救治的稀缺资源,对有限的血液资源进行科学、合理、规范的管理具有重要意义。临床用血管理包括血液资源计划储备、输血相容性检测、血液申请与审核、血液发放、输血后疗效评价与不

良反应监管等医疗过程,是医疗质量管理的重要组成部分。当前,临床用血管理面临诸多挑战,如输血指征缺乏科学监管,导致过度或不必要用血;部分血液制剂未能实现全流程追溯,关键信息缺失;临床用

血管理系统与其他信息系统间数据共享不足,制约了整体医疗决策的科学性;部分用血申请未进行严格审核,增加了用血风险等。为解决上述问题,西安交通大学第一附属医院依据《医疗机构临床输血管理

DOI:10.13912/j.cnki.chqm.2026.33.3.04

* 基金项目:陕西省自然科学基金项目(编号:2024JC-YBMS-727)

西安交通大学第一附属医院 陕西 西安 710061

办法》和电子病历六级的基本要求,结合医院输血业务管理的实际情况,遵循血液信息流转、用血全流程追溯、合理用血监管、院内数据共享原则,采用信息技术和物联网技术,开发了一套基于数字化平台、契合医院用血流程的临床用血闭环信息化管理系统。通过该系统的建设,实现了血液从入库到使用再到废弃物处理的全流程闭环管理;同时实现了与其他临床业务信息系统的无缝对接,为临床决策提供了数据支撑。

1 系统构建

1.1 系统架构

临床用血闭环信息化管理系统紧密围绕临床用血业务展开,融合浏览器/服务器(B/S)与客户端/服务器(C/S)架构模式,既保证了系统的灵活访问性,又兼顾了复杂业务处理的高效性,满足了医院在血液管理上的多样化需求。系统深度整合医院现有的输血管理系统(transfusion management information system, TMS)、医院信息系统(hospital information system, HIS)、电子病历系统(electronic medical record system, EMRS)、实验室信息管理系统(laboratory information management system, LIS)、移动护理 PDA 系统(personal digital assistant, PDA)等,通过 HL7 消息与 Web Service 技术实现与各系统的无缝对接,同步完成系统内部模块的优化改造。同时,系统架构设计中嵌入数据加密、权限分级管控、操作全程留痕等安全防护措施,严格遵循数据安全与隐私保护相关规范,全方位保障患者信息安全。系统框架图如图 1 所示。

1.2 系统流程

系统对标电子病历六级评价标准和三级医院评审细则,对临床用血闭环中涉及到的每一个节点进行梳理,融入临床决策支持系统(clinical decision support system, CDSS)、消息自动提醒、输血知识库、血液信息全程追溯等,集智能化分析与评估、消息互通、数据共享、临床用血监管等于一体,确保血液安全、有效、科学使用。系统流程见图 2。

1.3 系统功能

1.3.1 智慧化医师工作站

(1)输血知识库。输血知识库依托规则引擎和多源临床数据整合实现智慧化评估分析,保障血液合理使用。其智慧化的核心在于将输血相关业务逻辑转化为可执行的“if-else”规则集,将输血指征、禁忌证等关键要素转化为精准判定规则,整合患者血红蛋白、生命体征等多维度数据,自动抓取电子病历、检验报告等结构化信息,为评估分析提供数据支撑。系统支持实时触发与批量触发,输出含结论、规则依据及建议的标准化结果,并定期对输血知识库内容进行扩充与更新,确保时效性与准确性。

(2)输血医嘱申请。当医师开立输血医嘱时,系统根据其职称自动判定输血权限,并按照申请类型获取相应知情同意书模板;同时,自动抓取患者的基本信息以及血常规、凝血、输血相关检测结果,医师可结合患者的临床表现与输血知识

库智能分析结果判定患者需要申请的血液成分、输血量、输血时间,以降低错漏率,提高效率。

(3)用血审批。系统设计了分级审批管理模块,根据申请单类型、申请血液品种、申请血量等自动判断输血审批流程。用量 >800 mL 时需科室负责人审批, >1600 mL 时需科室和医务部负责人共同审批,审批通过后方可提交用血申请。

(4)智能输血疗效反馈。输血治疗结束后,PDA 自动抓取患者输血前后的检查结果并与病历书写系统自动关联,形成输血病历,医师完成记录并评估患者输注疗效即可。医护人员未在规定时间内完成记录时,系统将通过消息推送、手机应用程序等多种方式自动向相关人员发出提醒。

1.3.2 智慧化护士工作站

(1)标本采集。护士站与 HIS、LIS 关联,实时显示待采集医嘱。护士登录 HIS,打印待采集标本条形码,核对无误后粘于管壁;使用移动 PDA 至床旁扫描患者腕带,核验无误后由另一名护士再次确认,方可进行标本采集。采血完成后,LIS 自动通知后勤配送人员运送标本和申请单至输血科。

(2)血液制剂领取。护士打印取血单,携带 PDA 及取血箱至输血科。与输血科人员共同核对患者及所取血袋信息,采用 PDA 扫码完成取血。血液取回病区后,护士通知患者主管医师开立输血医嘱,并与另一名护士共同核对患者及血袋信

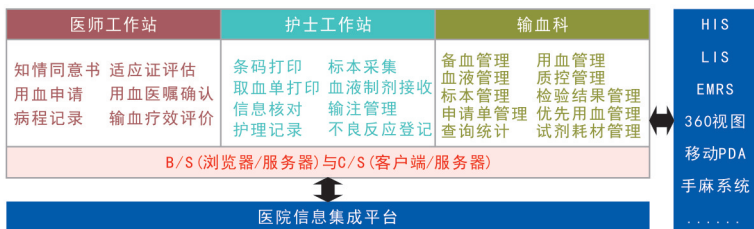


图 1 临床用血闭环信息化管理系统架构图

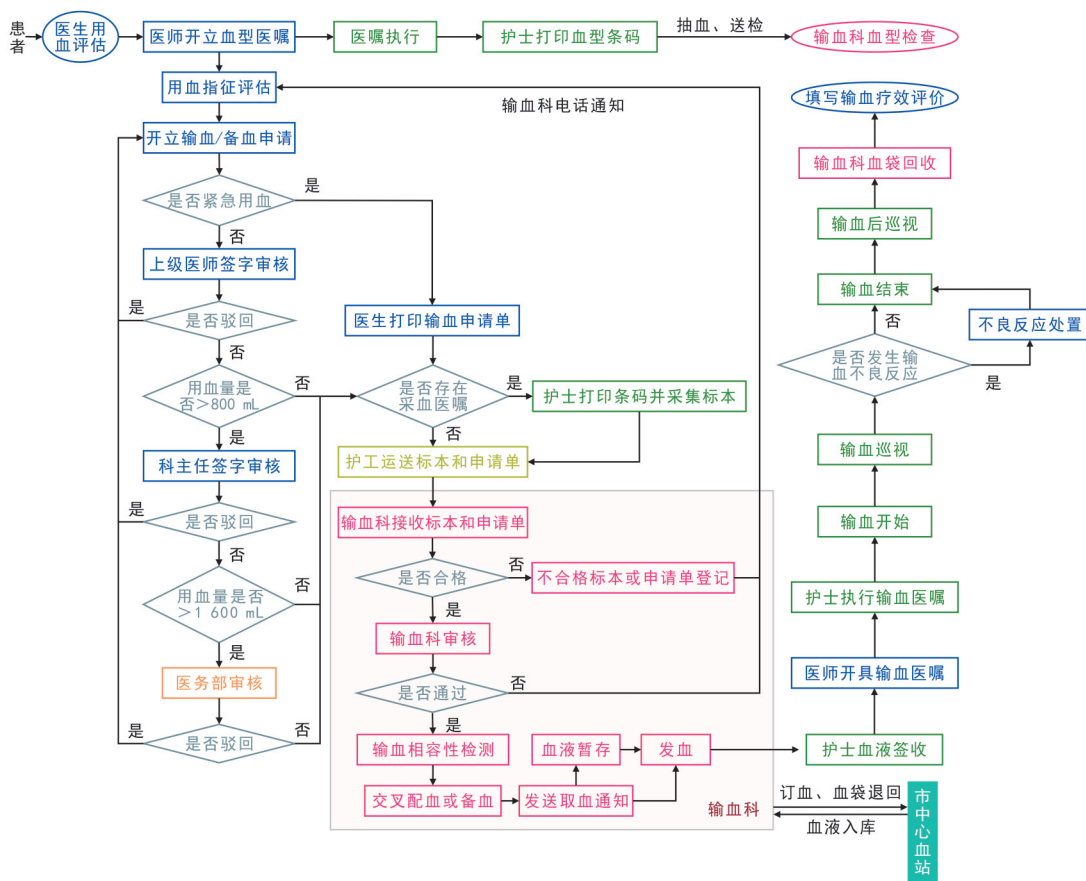


图2 临床用血闭环信息化管理系统流程

息,确认无误后分别在 PDA 上进行血袋签收。

(3) 血液输注。护士扫描患者腕带信息和血袋编号,核对无误后,由另一名护士登录确认。双人核对完成后,PDA 提醒护士输注完成时间及在输血开始 15 min、输血结束、结束 4 h 需进行巡视。血液输注过程中,护士手持 PDA 进行记录并密切关注患者的生命体征及输血反应情况。如发生输血不良反应,立即通知医师处理,同时填报输血不良反应单,连同血袋送至输血科。

(4) 血袋处理。输血结束后,护士将空血袋装入医疗废物袋进行密封,交由临床服务中心人员送至输血科,并登记血袋回收时间。输血科保存 24 h 后进行医疗废物处理。

1.3.3 智慧化血液管理

(1) 血液库存管理。系统与西

安市中心血站系统对接,通过自动接口或手工扫码方式导入血液制剂信息,并自动生成入库单号。系统具备血液库存动态分析功能,一旦检测到血液即将达到失效日期或库存量低于预设存储血量报警线时,系统将自动触发报警提示。

(2) 用血申请。输血科接收到临床输血申请及标本后,立即展开输血相容性检测,并同步审核临床用血申请的合理性。若用血指征不合理,输血科人员会及时驳回并告知原因。配血人员在进行交叉配血扫码时,系统会自动将所扫描血液与患者已配血标本的血型、条码进行核对,信息相符时血液方可发出。

(3) 血液出库。交叉配血完成后,系统自动向临床护士站弹框取血通知。若患者血型报告留有备注(如移植患者需非同型输注)或此时

患者状态不宜输血,系统会自动弹框提醒并要求发血人员进行确认。血液出库时按照规定核对,若发现不合格,在《血液质量检查不合格登记表》登记并予以报废或退回血站处理。

(4) 血袋回收。输血结束后,护士点击血袋处理,将空血袋按医疗废物要求封装并与工勤人员交接。输血科确认汇总废血袋信息数据后上传系统,更新血袋回收状态信息。

(5) 血液追溯。系统具备全程追溯功能,可根据血液制剂的唯一性编码追踪每一袋血液的输注信息。

(6) 自体输血和富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)治疗。自体输血包括储存式、稀释式、回收式 3 种方式^[1],当前该院输血科血液管理方面只涉及储存式自体输血。临床医师向输血科发起会诊申

请,输血科医师评估后,对符合条件者开具“储存式自体输血申请单”,告知患者并签署知情同意书,由输血科护士完成血液采集、打印标签、入库储存。PRP 作为一种自体血液衍生产品,是医学领域的一种新疗法^[2-3]。临床医师向输血科开具采集 PRP 申请,患者签署知情同意书后至输血科,由输血科护士采集 PRP,采集完成后,护士打印标签、入库储存。自体血液和 PRP 入库后,系统可显示患者信息、采集时间、血量等信息,并通过 HIS 提醒临床医师及时使用。

1.3.4 智慧化输血实验室管理

(1)智能冷链监控。系统搭载输血科冷链监控云平台,对所有储血冰箱、试剂冰箱实施信息化监测,实现智能冷链监控数据的可追溯性。若因断电、设备故障等导致的异常报警情况,系统会自动通过短信、App 等方式及时通知负责人员^[4]。

(2)实验室标本管理。血液标本到达输血科扫码接收后,系统显示患者信息、接收人、接收时间等信息。检验后标本于 4℃ 保留 7 d 后,由保洁人员统一按照《医疗卫生机构医疗废物管理办法》相关规定处理。

(3)实验室结果管理。系统支持输血科检验项目的自动收费和相关检验结果上传功能,实验结果经确认保存、审核后自动发布,并同步至 HIS、临床数据中心(clinical data repository, CDR)等信息平台。

2 应用效果

临床用血闭环信息化管理系统于 2020 年 8 月正式上线运行,历经 5 年多的持续优化,目前已达到电子病历六级评判标准,成功构建起全院临床用血全流程智能化监管体

系,为临床安全、合理用血提供了技术支撑。

本研究选取 2020 年 9 月至 2021 年 4 月作为系统上线初期阶段,2025 年 1—8 月作为系统成熟稳定运行阶段,对比两个阶段的临床用血核心指标。表 1 显示,系统应用稳定后,标本采集差错率有所降低,取血核对差错率降为零,输血护理记录单完成率达 100%,有效保障了输血操作的规范性与准确性;同时,通过系统对血液储存、配血、发放等环节的智能化管控,血液报废率有所减少,交叉配血零失误,进一步提升了临床用血安全性。

3 讨论

现有临床用血管理相关研究多聚焦于闭环管理优化。Shi Y 等^[5]设计的闭环电子输血系统,通过连接 HIS 与 PDA 终端,借助唯一输血识别号对应的条形码标签,实现了患者精准识别;洪建等^[6]深度集成院内业务系统,建立了输血路径、合理用血及三级审批体系,保障了输血全流程可追溯;侯梦薇等^[7]建立了多闭环管理模式,规范了临床诊疗、护士操作及输血科管理。上述研究均侧重临床用血管理闭环体系构建,在智能化监测与实时预警提醒方面存在不足。本研究构建的临床用血闭环信息化管理系统的创新点主要体现在 3 方面:一是在实现临床用血全流程闭环管理的基础

上,新增标本采集、保存、处置全流程闭环管控,并在各角色操作节点设置智能提醒与动态监管模块,有效降低了人为差错;二是创新了血液库存“库中库”管理模式,支持多院区间血液资源统一调配,显著提升了血液使用效率;三是支持献血信息直接导入,通过数据可视化功能清晰呈现患者献血量、用量、剩余血量等信息,便于医护人员快速掌握。

从临床实践来看,临床用血闭环信息化管理系统的的应用取得了一定成效,但其在推进过程中也遭遇了诸多挑战,主要表现为两类问题:一是术中 PDA 取血管管理存在缺陷,无法全面实现核对功能;二是临床应用规范性不足,仍存在临床用血疗效评价不及时、输血病历书写不规范等问题。此外,人工智能在输血医学临床应用中具有巨大潜力,但当前人工智能在输血医学实践中的应用仍较为有限。就该系统而言,目前在人工智能技术的融合应用方面存在明显不足,尚未将机器学习等核心技术应用于输血需求预测、风险预警、合理用血评估等关键场景,未能充分发挥人工智能在提升输血决策精准性、优化诊疗流程等方面的技术优势。

综上,尽管临床用血闭环信息化管理系统已初步满足了临床安全用血需求,实现了患者输血管理的标准化、信息化、智能化管理,但仍存在亟待突破的瓶颈。第一,需深

表 1 临床用血闭环信息化管理系统应用稳定前后临床用血关键指标比较

组别	用血申请单不合格率/%	输血不合理比例/%	输血病程记录率/%	输血后疗效评价完成率/%	标本采集差错率/%	取血核对差错率/%	输血护理记录单完成率/%	血液报废率/%	交叉配血失误率/%
系统上线初期阶段	0.25	3.87	90.23	71.37	0.07	0.02	97.18	0.09	0.01
系统稳定运行阶段	0.11	0.04	97.89	92.24	0.03	0.00	100.00	0.02	0.00

化术中血液 PDA 扫码核对功能,构建术中用血全流程闭环,确保术中用血的可追溯性与规范性。第二,需规范管理医护人员,促其及时完成输血疗效评价及输血病例填写。第三,需将血液冷链管理前移,在手术室、重症监护室等重点用血科室部署具备实时温控监测与远程预警功能的智能冰箱,实现血液制剂从储存到输注的全链条温控自动化监管。第四,需提升 AI 驱动的智能决策功能,契合《智慧医疗分级评价方法及标准(2025 版)》中人工智能辅助诊疗功能的高阶要求,引入机器学习算法构建输血风险预测模型,并开发输血疗效智能评价模块,强化输血治疗的精准性与安全性。通过持续的技术迭代与流程优化,临床用血闭环信息化管理系统有望推动医疗信息化向智能化、区域化、个性化升级,强化数据治理能力,为患者提供更为安全、高效、精准的输血服务。

作者贡献:许海艳负责实验设计、文章撰写、数据整理、作图;邢艳、张瑞宁、侯梦薇负责实验设计、数据整理;崔颖负责实验设计、研究指导、论文审阅、经费支持。

利益冲突:所有作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] HAN ZZ, WANG M, YU SH. Effects of stored autotransfusion on electrolytes and postoperative complications in patients undergoing elective orthopedic surgery [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(6): 7200-7206.
- [2] STREIT-CIEČKIEWICZ D, KOŃDYJSKA A, FUTYMA-GĄBKA K, et al. Platelet rich plasma in gynecology—discovering undiscovered—review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(9): 5284.
- [3] YAN J, LIU Q, DAI G, et al. Efficacy of multiple autologous apheresis platelet-rich plasma injections for treating knee osteoarthritis and its influencing factors: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg*, 2025, 20(1): 339.
- [4] 王田田,周泽华,王建霞,等.基于无线射频识别技术的医院血液库存智慧化管理模式探索[J]. *中国卫生质量管理*, 2023, 30(4): 4-6, 10.
- [5] SHI Y, YE CJ, WANG HS, et al. The impact of a closed-loop electronic blood transfusion system on transfusion errors and staff time in a children's hospital [J]. *Transfus Clin Biol*, 2022, 29(3): 250-252.
- [6] 洪建,杜明超,周典,等.闭环合理输血管理系统建设的实践与探索[J]. *中国数字医学*, 2017, 12(8): 82-84.
- [7] 侯梦薇,兰欣,王宝燕,等.多闭环管理模式在保证临床用血安全中的探索与实践[J]. *中国数字医学*, 2022, 17(4): 66-69.
- [8] 胡文静,朱培元,李萌,等.南京市属 68 家医疗机构的输血管理现状调查[J]. *中国输血杂志*, 2018, 31(3): 277-279.
- [9] 陈红.九江地区二级以上医院输血科(血库)督导检查回顾[J]. *实验与检验医学*, 2015, 33(1): 123-125.
- [10] 于强,姜关亮,于视丽,等.潍坊市二级及以上医院输血科(血库)建设情况调查分析[J]. *菏泽医学专科学校学报*, 2020, 32(4): 37-38.
- [11] 张慧,闻才李,孙蝶,等.上海市某区输血质控督察分析与思考[J]. *中国输血杂志*, 2022, 35(5): 575-579.
- [12] 谭金哲,谭斌.输血专业进修生培训与考核模式的改革与思考[J]. *继续医学教育*, 2022, 36(5): 5-8.
- [13] 余泽波,阙文君,詹廷西,等.输血科的功能定位及其实现[J]. *中国输血杂志*, 2020, 33(5): 421-424.
- [14] 李云.福州市地区医疗机构输血科(血库)建设情况分析[J]. *中国卫生标准管理*, 2023, 14(19): 170-173.
- [15] 彭燕华,高婧,钟燕玲.深圳市新建三级医院临床输血质量控制现状分析与思考[J]. *现代医院*, 2023, 23(8): 1211-1215.
- [16] 江素君,吴世泉,徐雪梅,等.2021年衢州地区医疗机构输血安全状况分析[J]. *全科医学临床与教育*, 2022, 20(5): 445-447.
- [17] 吴一平.浙江省医疗机构输血科和血库的发展现状分析[J]. *中国输血杂志*, 2019, 32(9): 921-925.
- [18] 宋俊贞,王凤红,石翠英,等.基于持续改进理念促进二级医疗机构输血科(血库)建设:以河北省为例[J]. *中国卫生质量管理*, 2024, 31(10): 96-100.
- [19] 潘丽.实施等级医院评审对临床输血管理持续改进的促进作用研究[J]. *中国卫生标准管理*, 2023, 14(12): 63-66.
- [20] 杨正,张敏,李鹏,等.血液冷链管理问题分析与应对策略[J]. *中国卫生质量管理*, 2019, 26(1): 121-123.
- [21] 郑拉让,张博宏,张海林,等.临床输血准入及质量评价体系探索[J]. *中国卫生质量管理*, 2017, 24(4): 84-86.
- [22] 怀晴雨,应娇茜,姜达伟,等.临床用血审核制度关键因素分析与对策建议[J]. *中国卫生质量管理*, 2023, 30(2): 8-11.
- [23] LAKADE S, KSHIRSAGAR M, KHAN A, et al. AI-driven blood bank management system: improving blood supply chains with smart technology [J]. *ISJEM*, 2025, 4(5): p1.
- [24] HONG KC, LING TC, KOLANDAISAMY RA, et al. Generative AI-powered synthetic data for enhancing predictive analytics in blood donation supply management: a comparative study of machine learning models [J]. *IJASEIT*, 2025, 15(1): 9-19.

通信作者:

崔颖:西安交通大学第一附属医院输血科主任

E-mail: cuiying@xjtuqh.edu.cn

收稿日期:2025-09-01

修回日期:2025-11-28

本文编辑:吴小红

(上接第5页)

- [25] 李军.重庆市血液中心主治医师
- E-mail: 42014452@qq.com
- 收稿日期:2025-10-27
- 修回日期:2025-12-15
- 本文编辑:吴小红