大数据时代临床输血管理的信息化研究

赵海阔 朱莹[通讯作者] 孙志强
河北省承德县中医院 河北 承德 067400

摘 要 临床输血是医疗救治的关键支撑环节，其管理质量直接关乎患者安全与医疗资源利用效率。当前我国临床输血管理面临供需平衡调控难、安全风险防控薄弱、管理效率低下等问题，传统管理模式已无法适应现代化医疗需求。本文结合大数据技术优势，剖析国内外临床输血信息化实践案例，阐述信息化转型的关键技术（数据采集与整合、存储与管理、分析与挖掘）及实现路径，分析信息化建设中面临的技术、法律法规、人员管理挑战并提出应对策略，最后展望AI融合、物联网应用、区域化管理的发展趋势，为推动临床输血管理向精准化、智能化、合规化转型提供参考。

关键词 临床输血管理；信息化变革；大数据技术；全流程追溯；安全风险防控

Information-Based Management of Clinical Transfusion in the Era of Big Data

Zhao Hai-kuo, Zhu Ying[Corresponding Author], Sun Zhi-qiang
Chengde County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chengde 067400, Hebei Province, China

Abstract Clinical transfusion is a pivotal support link in medical care; the quality of its management directly affects patient safety and the efficiency of medical-resource utilization. At present, clinical-transfusion management in China is confronted with difficulties in balancing supply and demand, weak full-process traceability, and low managerial efficiency. Traditional models can no longer meet modern medical requirements. Leveraging the advantages of big-data technology, this paper analyzes domestic and international informatization practices in transfusion management, elaborates the key technologies (data acquisition & integration, storage & management, analysis & mining) and implementation pathways for digital transformation, discusses the technical, legal, and human-resource challenges encountered during informatization construction, and proposes countermeasures. Finally, it outlines future trends such as AI integration, Internet-of-Things applications, and regionalized management, providing a reference for promoting the transformation of clinical-transfusion management toward precision, intelligence, and compliance.

Key words Clinical Blood Transfusion Management; Informatization Transformation; Big Data Technology; Whole-Process Traceability; Safety Risk Prevention and Control

在医疗救治体系中，临床输血是应对手术治疗、创伤急救、血液病治疗及产科大出血等场景的核心手段，血液制品的合理配置、安全输注与高效管理，不仅是医院医疗质量管理的核心指标，更是衡量公共卫生应急保障能力的重要维度。随着医疗技术迭代与患者需求增长，我国临床输血规模逐年扩大，但传统管理模式下，人工操作为主、信息分散、流程割裂等问题凸显，导致血液资源浪费、输血安全隐患、管理效率低下等问题频发。据统计，输血不良反应引发的医疗纠纷时有发生，急救用血时因申请审批滞后延误治疗的情况也较为常见[1]。在此背景下，《医疗质量管理办法》《河北省医疗机构临床用血管理办法》（冀卫规〔2021〕1号）等法规明确要求实现输血全流程可追溯与记录完整化，信息化凭借数据整合、实时分析、智能决策的优势，成为破解临床输血管理瓶颈、推动行业高质量发展的必然路径。本文围绕临床输血管理的信息化变革展开研究，旨在为实践应用提供理论与技术参考。

1 大数据时代临床输血管理的现状

临床输血作为医疗救治体系中的核心支撑环节，具有不可替代的作用，直接关系到患者生命安全与医疗服务质量。作为稀缺的医疗资源，血液制品的合理配置、安全输注与高效管理，不仅是医院医疗质量管理的重要指标，更是医疗体系应急保障能力与公共卫生服务水平的集中体现。当前我国临床输血管理虽已形成基本规范，但在实际运行中仍面临多重突出问题，信息化转型成为破解发展瓶颈的必然选择。

1.1 核心问题凸显

1.供需平衡调控困难。血液资源供给具有波动性，受献血意愿、季节因素、区域人口结构等影响显著，而临床输血需求

分散在各科室，缺乏精准预测机制，这导致部分血型频繁出现“急救短缺”。

2.安全风险防控薄弱。输血全流程涉及血液运输、储存、交叉配血和床旁输注等多个环节，传统管理模式下信息记录分散、人工核对环节多，易出现血型错误、血液污染、不良反应追溯困难等问题。全球每年约有数万例输血传播疾病事件，我国输血不良反应发生率虽呈下降趋势，但流程漏洞引发的医疗纠纷仍时有发生。

3.管理效率相对低下。个别医院仍存在手工填写申请单、线下传递审批、人工盘点库存等传统操作模式，输血申请审批耗时长达2～4 h，急救用血时易因沟通滞后延误时机。同时，输血科与临床科室、检验科室之间数据割裂，形成“信息孤岛”，导致用血评估缺乏完整数据支撑，重复核对、信息错漏等问题突出[2]。

1.2 信息化转型的迫切性

随着医疗技术的快速发展和医疗需求的持续增长，传统输血管理模式已难以满足现代化医疗服务的要求，输血信息化转型是落实合法合规要求的核心手段。全球约80%的医院已建立临床输血信息系统，效率提升超过30%，这一趋势充分证明信息化能够有效破解供需失衡、安全隐患、效率低下等痛点，是推动临床输血管理向精准化、数字化、智能化转型的关键路径。

2 大数据时代临床输血管理的信息化机遇

2.1 国内外研究进展

1.国外研究与实践。发达国家在临床输血信息化领域起步较早，形成了成熟的技术体系与应用模式。美国血液中心（ABC）构建的全国性输血数据共享平台，整合了全美血站、医院的血液资源信息，通过大数据分析实现区域间血液调配优化，每年节省数百万单位血液。日本东京大学医学部附属医院采用人工智能辅助输血决策系统，结合患者病史、检验结果、手术类型等数据，自动生成个性化输血方案，输血不良反应发生率降低了70%。

2.国内研究与实践。我国临床输血信息化建设已进入快速发展阶段，相关研究集中在系统集成、智能决策、全流程追溯等领域。北京大学第三医院构建的智慧化安全输血服务平台，实现了从输血申请、智能审核、库存管理到床旁输注、不良反应上报的全流程闭环管理。该平台通过整合HIS、LIS、EMR等系统数据，自动校验用血指征，床边核对采用 PDA 扫码技术，输血不良反应追溯时间从2～3 d缩短至1 h内，显著提升了输血安全性与管理效率。此外，国内多家医院采用的输血管理信息系统（BMIS）已实现库存动态预警、用血数据统计分析等功能，血液过期浪费率降至1%以内。

2.2 大数据技术的独特优势

大数据技术以“数据量大（Volume）、处理速度快（Velocity）、数据类型多（Variety）、应用价值高（Value）”为核心特征，为临床输血管理变革提供了技术支撑。其在输血管理中的应用优势体现在3个方面：一是海量数据整合能力，可汇聚患者诊疗数据、血液库存数据、供血者信息、检验数据等多源信息，构建完整的数据链条；二是实时处理与分析能力，能够快速响应临床输血需求，动态更新库存状态，为急救用血提供高效支持；三是深度挖掘价值，通过对历史数据的分析，实现用血需求预测、安全风险预警、资源优化配置等智能化功能，突破传统管理的经验依赖局限[3-4]。

3 大数据时代临床输血管理信息化的关键技术与实现路径

3.1 数据采集与整合

多源数据采集渠道：数据采集需覆盖输血管理全流程，核心渠道包括：医院信息系统（HIS）提供的患者基本信息、诊疗计划、用血申请等数据；实验室信息系统（LIS）提供的血型鉴定、交叉配血、感染性疾病标记物检测等检验数据；电子病历系统（EMR）提供的患者既往用血史、过敏史、疾病诊断等临床数据；血站管理系统提供的血液制剂来源、储存条件、效期等信息；以及献血者管理系统提供的献血者健康状况、献血记录等数据。数据采集方式采用自动化采集与人工录入相结合，关键环节如血袋信息、床边核对等采用条码/RFID技术，确保数据精准性[5]。数据清洗与标准化处理：数据整合的核心是解决数据异构问题，需通过3步实现：一是数据清洗，剔除重复数据、纠正错误信息、补充缺失数据，确保数据质量；二是标准化处理，遵循HL7医疗信息交换标准、ICD-10疾病编码等规范，统一血液制剂名称、血型、不良反应代码等数据格式；三是数据融合，构建输血管理数据中台，实现跨系统数据实时共享，打破“信息孤岛”。

3.2 数据存储与管理

存储技术方案：临床输血数据具有高敏感性、高安全性要求，需采用混合存储架构：核心业务数据（如患者信息、配发血记录）存储于医院私有云的分布式数据库中，保障数据安全性与访问速度；海量历史数据（如历年用血数据、供血者信息）采用分布式存储系统，实现低成本、可扩展的存储管理。同时建立数据备份机制，每日增量备份、每月全量备份，并构建异地灾备系统，防止数据丢失[6]。数据安全与隐私保护：数

据安全是信息化建设的底线，需从3个层面构建防护体系：一是访问控制，采用“角色—权限”分级管理模式，医生、护士、输血科人员、管理员各司其职，避免越权操作；二是数据加密，患者隐私信息、血液数据在存储和传输过程中采用SM4加密技术，防止信息泄露；三是审计追踪，记录所有操作日志，包括申请提交、检测结果修改、数据查询等，日志不可篡改，满足合规追溯要求。全球每年发生数千起数据泄露事件，严格的安全防护措施是保障输血信息化系统稳定运行的关键[7]。

3.3 数据分析与挖掘

核心分析方法与工具：临床输血管理中的数据分析主要采用3类技术：一是机器学习算法，包括回归分析、决策树、神经网络等，用于用血需求预测、不良反应风险评估等；二是数据可视化技术，通过图表展示用血趋势、库存状态、科室用血分布等，为管理决策提供直观支持；三是统计分析方法，用于用血合理性评估、不良反应发生率统计等。常用工具包括Python数据分析库（Pandas、Scikit-learn）、大数据处理平台（Hadoop、Spark）以及专业的医疗数据分析软件[8]。

4 面临的挑战与应对策略

4.1 技术难题与解决方案

1.主要技术挑战。系统兼容性不足，因医院间HIS、LIS、EMR系统不统一导致数据集成困难；传统系统难以应对持续增长的数据处理与实时分析需求；移动终端在床旁核对等场景中存在网络不稳定、设备续航不足等问题。

2.应对解决方案。推动标准化接口建设，遵循HL7等规范开发数据转换模块；构建“云+边”协同计算架构，云端处理核心分析，边缘节点保障实时操作；完善无线网络覆盖，采用高性能PDA并支持离线操作，确保移动终端稳定可用。

4.2 人员与管理挑战及应对策略

1.主要挑战。部分年长医务人员信息化操作不熟练且存在抵触心理；多科室协作流程调整易引发工作冲突；系统需建立持续优化机制以保障长期运行。

2.应对策略。开展分层分类培训，提供配套可视化学习资源；基于信息化特点重构输血全流程，简化冗余环节；组建多学科专项小组，定期收集反馈并开展满意度调查，形成系统持续改进机制。

5 结束语

大数据时代，临床输血管理信息化将向纵深发展，呈现三大趋势：一是与人工智能深度融合，AI将参与输血决策，例如基于实时体征动态调整输血速度、预测不良反应并提前干预，提升精准治疗水平；二是物联网技术全面应用，通过在储血设备、运输车辆部署传感器，实现温度等环境参数的实时监测与自动调节，保障血液全程质量可控；三是推进区域化与集约化管理，构建跨院、跨区域输血数据共享平台，实现血液资源统筹调配，缓解局部供需失衡，增强应急保障能力。

临床输血管理关乎患者安全与医疗质量，当前面临供需不平衡、安全隐患多、效率不高等挑战，传统模式已难以适应现代医疗需求，信息化转型势在必行。大数据技术凭借其强大的数据整合、实时处理与深度分析能力，为输血管理的系统化革新提供了重要支撑。

参考文献

[1]中华医学会临床输血学分会.临床输血质量管理指南[M].北京:人民卫生出版社,2023.

[2]王鸿捷,李志强,张颖.智慧输血信息系统的构建与应用效果分析[J].中华医院管理杂志,2024,40(3):231-235.

[3]刘敏,陈丽,王健.大数据在临床输血库存优化中的应用研究[J].中国输血杂志,2023,36(5):512-515.

[4]张小红,李明,赵丽.医院输血管理信息化建设的实践与思考[J].中国数字医学,2024,19(2):145-147.

[5]陈峰,王丽,刘伟.临床输血全流程追溯系统的设计与实现[J].医疗卫生装备,2023,44(8):68-72.

[6]赵阳,孙明,周雪.大数据时代临床输血安全管理的信息化路径[J].中国医院统计,2024,31(1):78-81.

[7]SMITH J D, JOHNSON L K. Big data analytics for blood transfusion management: A systematic review[J].Transfusion Medicine Reviews,2023,37(2):89-96.

[8]BROWN A M, DAVIS R W. Information technology in transfusion safety: Global trends and challenges[J]. Vox Sanguinis, 2024,119(3):245-253.

（本文编辑 王 冬）

