

# 基于区块链的血液供应链管理研究

蒋亮,熊尚华

(金华市中心医院信息中心,浙江 金华 321099)

**摘要:**随着区块链技术的兴起,全国统一的《无偿献血证》进入信息化管理,这对血液领域相关数据流转的全国通用性和高效性也提出了更高的要求。本研究通过对血液供应链管理难点和区块链技术对策进行分析,设计基于区块链的血液供应链管理系统应用架构,旨在解决血液流转过程中相关数据管理的信息孤岛、流程追溯困难、用血减免繁琐、监管效率低下的难点问题。

**关键词:**血液供应链;区块链;血液信息系统;用血减免

**中图分类号:**R197

**文献标识码:**B

**DOI:**10.3969/j.issn.1006-1959.2023.12.011

**文章编号:**1006-1959(2023)12-0061-04

## Research on Blood Supply Chain Management Based on Blockchain

JIANG Liang,XIONG Shang-hua

(Information Center of Jinhua Central Hospital,Jinhua 321099,Zhejiang,China)

**Abstract:**With the rise of blockchain technology, the national unified "Voluntary Blood Donation Certificate" has entered the information management, which puts forward higher requirements for the national universality and efficiency of data transfer in the blood field. This study analyzes the difficulties of blood supply chain management and the technical countermeasures of blockchain, and designs the application architecture of blood supply chain management system based on blockchain, aiming to solve the difficult problems of information island, process traceability, cumbersome blood reduction and low supervision efficiency in the process of blood circulation.

**Key words:**Blood supply chain;Blockchain;Blood information system;Blood consumption reduction

血液制品由于其来源唯一、保质期短、保存成本高等特性决定了其供需的信息不对称,导致过期报废率高<sup>[1]</sup>。与此同时,献血者和用血者对于此类医疗数据的隐私控制有较高的要求<sup>[2]</sup>。当前我国血液供应链管理是一个强中心化的管理体系,虽然医疗机构、中心血库对于血液制品有完整的记录,但仅局限于机构内部流转状态的追踪,对于献血者、受血者、监管机构来说,完整路径却是不可见的<sup>[3,4]</sup>。如何在保证数据的权威性、公正性、不可篡改性的同时,实现城市间各监管部门、血站、医疗机构之间的血液信息的实时同步与共享是当前面临的核心问题<sup>[5-7]</sup>。区块链是深度融合 P2P 网络、加密算法、共识机制、智能合约、分布式存储等多种技术的新型应用模式,具有去中心化、不可篡改、不可伪造、多方共识的特性<sup>[8,9]</sup>,为血液供应链的管理提供了一个可行的解决方案,然而无偿献血的数据流转需综合考虑个人隐私保护与医疗数据保密的要求,相关数据存在分级和分权限的需求<sup>[10-12]</sup>。基于此,本文融合区块链技术

与血液供应链管理的应用契合点,设计基于区块链的血液供应链管理系统应用架构,为解决血液供需矛盾提供新的技术路径。

### 1 血液供应链管理难点与区块链技术对策分析

1.1 公众信任危机问题 “血荒”问题是一个典型的因为信任缺失而导致中心坍塌的问题<sup>[13]</sup>。对于献血者来说,非常关心自己捐献血液的去向。然而近年来医疗机构用血不良事件频发,也导致了公民对于血液流向和管理提出了各种质疑和揣测。利用区块链去中心化的特点,可以构建以政府相关部门为主导,多中心业务协同的血液供应链管理新模式。

1.2 全流程追溯问题 血液供应链管理涉及跨区域多业务部门,全流程追溯一直是管理的难点。利用区块链分布式记账和不可篡改的特点<sup>[14]</sup>,血液及流转信息被统一打包成区块并进行加密,同时盖上时间戳,所有区块按时间戳顺序连接成一个总账本。记账信息一经获得认证便被广播给所有节点,只有获得授权的参与方拥有解密的密钥,可以对链上相应的信息进行解密和查看,一旦发生不良事件,也能够快速追溯问题环节,为权责判定提供依据<sup>[15]</sup>。

1.3 献血安全和临床用血安全问题 献血者变换献血地点,献血间隔无法查询。区块链系统实现数据动态共享,对于按间隔期坚持献血的献血者,献血机构都能实时掌握献血者的安全间隔期,而且患有不同

基金项目:2022年度金华市公益性技术应用研究项目(编号:2022-4-127)

作者简介:蒋亮(1989.11-),男,浙江金华人,本科,工程师,主要从事区块链技术研究

疾病不能献血的献血者,也会被提前在数据中预测,血液不予采集。对于医院来说,可以对血液流动路径进行实时监测并与临床治疗情况联系起来,有助于医疗人员更快更准确地识别需要改进的环节,进一步提高医疗服务的效率、质量和临床用血安全<sup>[16,17]</sup>。

**1.4 用血减免流程繁琐问题** 全国统一电子无偿献血证上线后,献血证全国通认已经实现<sup>[18]</sup>。献血证作为无偿献血唯一标识,只需在区块链上进行公证,关联受血者在医院申请结算时可不需要提供各种证明材料。用血减免可通过智能合约的方式来实现,根据国家献血法对于无偿献血者及其家属血费直免规则和医院财务血费直免结算规则,形成统一的减免标准和合同约定。当受血者的献血用量满足合同约定的条件时,合约自动执行,实现申请结算与用血减免之间的无缝衔接,极大简化用血减免流程。

**1.5 监管机构监管效能问题** 信息孤岛的存在导致监管机构对于血液供应链管理的全过程信息不可见,极大降低了监管效率。而运用区块链透明性和实时交易验证,监管机构可以高效获取整个血液供应链信息,彻底解决长期以来信息不对称。当出现输血不良安全事件,有助于快速调查取证,极大提高监管机构监管效能和处置不良事件的能力。通过分析来看,利用区块链技术可消除整个血液供应链

信息不对称性,构建“来源可靠、公平可及、全程质控、使用合理”的血液安全保障体系,进而使整个血液服务系统处于动态均衡的良性循环状态,建立起献血者、中心血库、医疗机构、受血者、监管机构之间相互支持、相互监督的和谐关系,进一步缓解“血荒”问题。

## 2 基于区块链的血液供应链管理

**2.1 血液供应区块链系统架构** 血液供应区块链系统包括支撑系统、业务系统、应用系统 3 部分,见图 1。血液供应区块链支撑系统:数据层用于实现血液数据、血液流转数据和状态机数据存储;基础技术层主要用于提供底层区块链技术支持;网络层由参与区块链共识的所有网络节点组成,网络节点应具备存储能力、支持连接网络、可视化操作终端等。血液供应区块链业务系统:智能合约层、安全层和业务层,用以实现身份认证、用户授权、合约存证、合约执行、隐私保护等。血液供应区块链应用系统:跨区域信息互联互通、一站式用血减免、采血安全预警、临床安全用血预警、大数据智能监管等。

**2.2 区块链在血液供应管理中的应用** 根据应用场景的不同,区块链系统类型主要分为公有链,联盟链和私有链<sup>[19]</sup>。本区块链网络是由中心血库,医疗机构,监管机构等组成的联盟链,其中监管机构作为公信力的监督节点,见图 2。

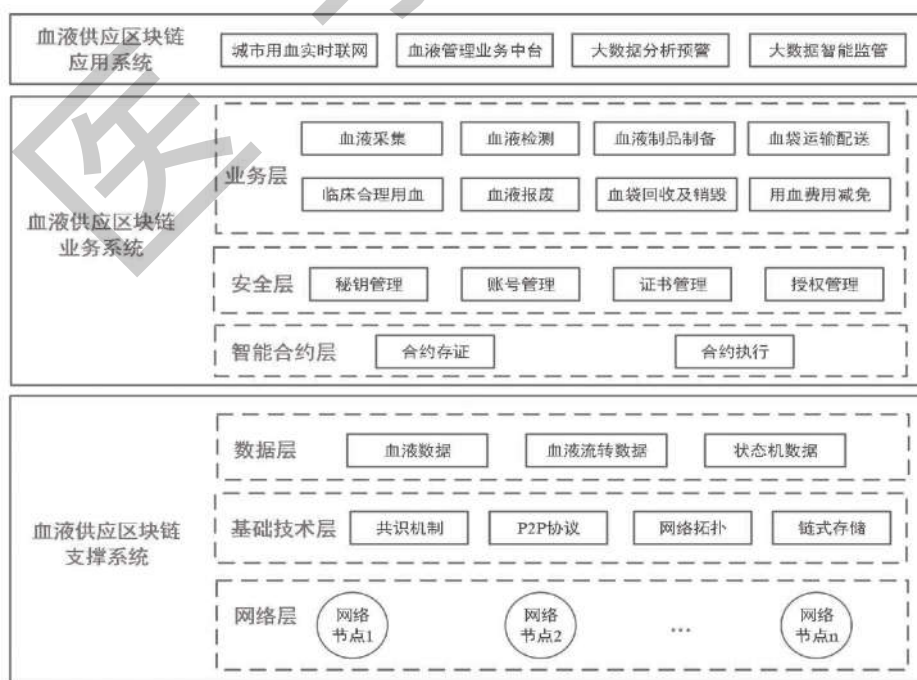


图 1 血液供应区块链系统架构

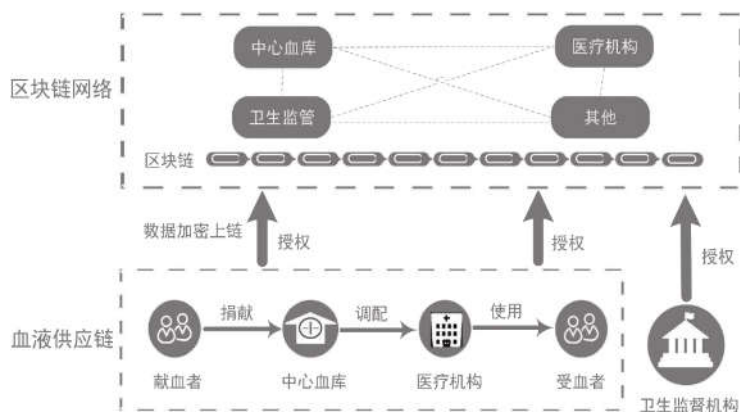


图 2 血液供应区块链网络

2.2.1 分布式数字身份认证 血液流转信息中包含献血者、受血者的隐私信息。因此,建立区块链参与节点准入机制至关重要,可在区块链上引入可信的第 3 方节点,对地址、账户、合约等进行身份认证。通过非对称加密和 CA 认证体系,建立区块链网络的分布式数字身份认证(图 3),以降低身份验证成本,提高所有参与节点的信息安全,也可实现海量的数字

证书颁发和身份验证,适用于医疗物联网(IoT)和个人电子健康档案、电子病历、检验报告等数据的隐私保护和网络安全传输<sup>[20]</sup>。采用分布式数字身份认证是实现血液供应链信息动态共享的前提,只有个人隐私和血液流转信息安全得到充分保障,才能打破数据源单一、信息孤岛的问题。

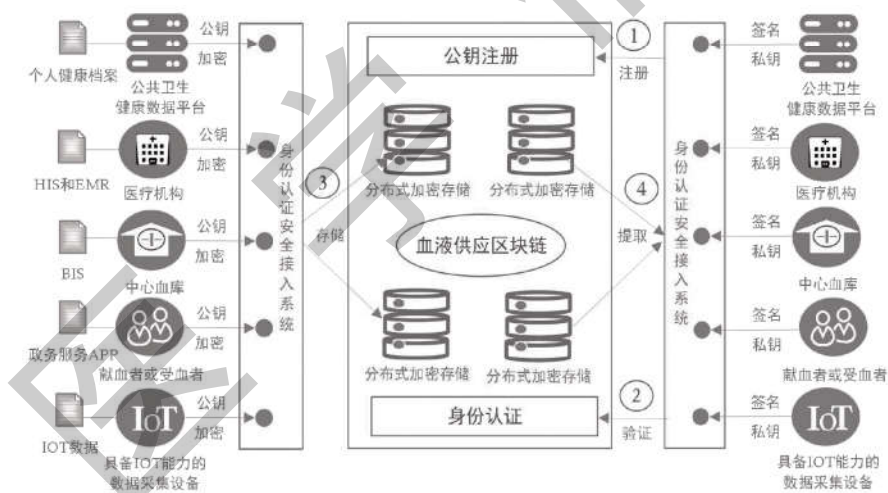


图 3 分布式数字身份认证

2.2.2 系统权限管理 以区块链为底层技术,中心血库、医疗机构、监管机构可研发多种血液管理相关的应用程序,涉及用户角色繁多、权责认定复杂。因此,通过系统用户对联盟链参与节点进行有效地访问控制,拒绝非联盟节点对链上的数据进行任何访问和操作。权限的分配依赖于血液供应链管理的实际需求,按照参与节点的层级关系,形成自上而下的权限树。

2.2.3 信息加密上链 以城市用血实时联网平台作

为数据交换节点,将医院信息系统,中心血库血液管理系统等业务系统进行连接,实现各业务系统数据自动交换。每一单位血液从采集开始,通过 RFID 不断地被扫描,信息自动读取并实时上传至城市用血实时联网平台,经统一身份验证后加密上链储存。物联网技术的应用也保证了上链数据的真实性和稳定性。

2.2.4 跨区域互联 全国各省基本建立了省级血液管理平台,但跨省之间的业务协同依然存在瓶颈,很大

程度限制了信息流转的效率和范围。因此,利用跨链技术实现全国性的互联互通是血液供应区块链发展的方向。

2.2.5 血液管理业务中台 依托血液供应区块链平台提供的底层服务,打通采供血机构、医疗机构之间的联网信息屏障,构建献血者实名库和用血减免数据库,支撑集用血减免申请、审核、结算、入账、查询于一体的血液管理业务中台。

### 3 系统应用

本系统通过在以太坊虚拟机上模拟发布一个基于用血减免的智能合约,同时分析了区块链系统运行的正确性、稳定性和效率。该合约根据约定的患者献血和减免标准:约定1:献血者捐献全血每100 ml报销血费110元;约定2:稀有血型全血每100 ml报销血费220元;约定3:捐献机采血小板每1个治疗量报销血费1400元(稀有血型也是报销1400元);约定4:捐献机采血小板时捐献的血浆每100 ml报销血费40元;约定5:捐献造血干细胞一次报销血费1400元;约定6:捐献单采粒细胞每1个治疗量报销血费2500元。表1为一个由2000个结点构成的P2P网络中执行该智能合约的实验结果。在1周时间内,共签署了3294个智能合约,其中顺利履约的有3264个,失效的合约有30个,成功率99.09%。合约失效的原因主要是合约发布方的Gas耗尽。

表1 智能合约执行情况

日期	合约签署数	合约执行数	合约失效数
2022.5.1	870	864	6
2022.5.2	990	986	4
2022.5.3	762	750	12
2022.5.4	107	104	3
2022.5.5	383	383	0
2022.5.6	112	108	4
2022.5.7	70	69	1
合计	3294	3264	30

### 4 总结

本研究分析了血液供应链管理的难点及区块链技术对策,并提供了血液供应区块链系统架构设计思路,探讨了区块链技术在血液供应链管理中信息孤岛、流程追溯困难、用血减免繁琐、监管效率低下等难点问题的应用可行性。基于区块链技术的血液供应链管理不仅增加血液供应网络的安全性和可视性,而且能提升公众献血用血安全,实现跨区域多部

门业务协同,也为政策制定、信息公开及权责追溯提供真实可信的依据,在增加流程透明度及政府公信力的同时提升监管效能。

### 参考文献:

- [1]赵康利.供应不可靠环境下考虑库龄差异的血液供应链优化研究[D].成都:电子科技大学,2018.
- [2]曾晓燕,翁剑峰,陈丽钦.无偿献血人性化服务的探讨[J].中国卫生标准管理,2015,6(25):197-199.
- [3]龙炜焱,刘伯通,吴汉迪,等.广西无偿献血者临床用血费用直接减免信息管理系统的建设[J].广西医学,2020,42(24):3257-3259.
- [4]裘君娜,罗建根,金立明,等.浙江省献血者用血费用减免信息系统设计与实现[J].中国输血杂志,2020,33(7):718-721.
- [5]李岳峰,胡建平,虞兵兵,等.我国卫生健康信息标准建设成效与思考[J].中国卫生信息管理杂志,2021,18(3):324-329.
- [6]胡伟,孔长虹.我国血液信息化建设:现状与展望[J].临床输血与检验,2021,23(6):711-714.
- [7]林昌周.广州市用血直免平台的设计与实现[J].信息系统工程,2021(2):125-126.
- [8]黄锐,陈维政,胡冬梅,等.基于区块链技术的我国传染病监测预警系统的优化研究[J].管理学报,2020,17(12):1848-1856.
- [9]黄哲,徐阳,徐凤翔.区块链技术背景下药品供应链评价模型的构建[J].沈阳药科大学学报,2021,38(2):211-216.
- [10]杨俊鸿,许茜,黄霞,等.英美两国献血者安全监测体系比较与启示[J].临床输血与检验,2021,23(5):671-676.
- [11]陈杰,陈君,黄国永,等.温州市无偿献血者对血液安全知识认知情况调查分析[J].临床血液学杂志,2017,30(10):806-807.
- [12]李聚林.献血管理与临床输血安全[J].微创医学,2018,13(5):571-575.
- [13]屈璐.破解血荒关键是加强无偿献血全民教育[J].中国卫生质量管理,2017,24(5):115-116.
- [14]曹兆磊.一种适用于联盟链的共识机制[J].网络空间安全,2019,10(1):96-101.
- [15]吴梦,朱琳玲,刘海彬,等.基于PoA共识机制的无偿献血区块链系统原型设计[J].中国数字医学,2021,16(6):22-27,37.
- [16]黄雯,刘威,曹敏,等.血液标本全程闭环智能路径质量和安全实时控制[J].中国输血杂志,2017,30(1):9-11.
- [17]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.
- [18]裘君娜,孔长虹,徐焱彪,等.全国电子无偿献血证建设与应用[J].医学信息学杂志,2022,43(5):76-78,83.
- [19]胡漠,马捷.异构区块链网络视域下智慧养老多元信息协同模式研究[J].图书情报工作,2020,64(7):110-118.
- [20]陈增.基于物联网与区块链的医疗数据信息系统研究[D].重庆:重庆大学,2021.

收稿日期:2022-08-01;修回日期:2022-09-13

编辑/成森