基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统构建研究*

贾明华　季梵
（北京大学图书馆，北京 100871）

摘要：文献受赠是图书馆馆藏建设的重要补充渠道，但捐赠来源确权模糊、流转记录易被篡改、文献去向难以追踪的问题长期存在，致使各主体间的信任基础薄弱，而效率导向的管理平台难以解决以上问题。本研究基于分布式信任理论，针对文献受赠来源、接收与流转三个环节中所有权真实性核验缺失、入藏鉴定记录存证效力不足、处置协议执行缺乏监督等风险，提出一种基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统。系统采用六层架构：数据层建立文献数字身份并链上锚定；网络层由多角色节点构成联盟链；共识层采用实用拜占庭容错机制；合约层部署三类智能合约，实现合规审查前移；应用层提供流转图谱等交互界面；安全与运维层以链上哈希与链下加密存储保障隐私安全。本研究通过场景化流程推演模拟系统运行逻辑，验证系统能保障流转记录的真实、完整与不可篡改，实现来源可查、去向可追、责任可究，能够为构建图书馆可信受赠服务体系提供理论依据与实践参考。

关键词：区块链；图书馆；文献受赠；可信追溯；智能合约
中图分类号：G258.61　DOI：10.3772/j.issn.1673−2286.2026.06.005
引文格式：贾明华，季梵. 基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统构建研究[J]. 数字图书馆论坛，2026，22（6）：49−58.

文献受赠是图书馆馆藏建设的重要来源，对补充特色文献、丰富学术资源具有不可替代的作用。近年来，国内图书馆纷纷建立受赠管理制度、搭建信息化平台，使文献受赠工作逐步走向规范化。然而，现有研究与实践大多聚焦于受赠流程的效率优化，对文献受赠流转过程中的信息可信度保障缺乏足够关注，使得图书馆文献受赠业务容易引发法律纠纷。李明德等诉南通市图书馆一案[1]凸显出受赠文献入藏环节记录缺失潜藏的治理风险。该问题的根源在于捐赠者、受赠者、流转接收方等多主体之间信息不对称，缺乏各方均可信赖的存证机制。

图书馆的文献受赠工作在捐献主体与馆藏功能两个维度上具有特殊性。从捐献主体角度看，捐赠者多为校友，因其捐赠行为承载了情感认同与学术传承，他们对文献后续处置的关注度较高，侧重自身的捐赠权益，要求流转记录具备真实可验与权责可追溯的特性。从馆藏功能角度看，受赠文献中的高价值文献是图书馆特藏资源的重要组成部分，图书馆需要确保流转链条完整与数据不可篡改。在图书馆现行的文献受赠流程中，由于受赠记录多由馆内中心化系统或负责受赠业务的馆员单方维护，流转记录的可信度仍需提升，亟须建立面向多主体的可信存证机制。区块链的分布式存储、数据不可篡改与可追溯等特性[2]，能为解决上述问题提供基础性技术支撑。因此，本研究提出基于区块链构建

收稿日期：2026−05−28
*本研究得到北京大学图书馆创新案例“从‘被动接收’到‘主动赋能’：受赠工作改革创新实践”（编号：6309900289/066）资助。

图书馆文献受赠可信追溯系统（以下简称“系统”）的设想，并探讨该系统在图书馆文献受赠管理过程中的应用。

1 相关研究

1.1 图书馆受赠管理研究

图书馆受赠管理的对象主要有资金、文献与物资三类。现有图书馆受赠管理研究集中于管理模式、系统建设两个方面。

在管理模式方面，现有研究主要围绕受赠政策制度建设与国外经验借鉴展开，为图书馆受赠业务规范化运行提供制度层面参考。赵庆香[3]系统梳理了我国社会捐赠公共图书馆获税收优惠政策，并借鉴美国相关政策提出改进建议，包括出台专门的规范性文件、减少捐赠获税收优惠的限制、成立全国性公共图书馆事业基金会。吴敏[4]、刘斐等[5]分别以美国加州大学图书馆与欧洲高校图书馆为对象，从工作模式、政策流程与回馈方式等方面提炼国际经验，为我国图书馆受赠工作的规范化运行提供了制度参照。上述研究为图书馆受赠管理提供了制度规范与流程框架参考，构成了可信追溯系统得以运行的管理前提。

在系统建设方面，现有研究主要针对业务流程与用户体验对受赠系统进行升级改造，重在提高捐赠业务办理效率，提升捐赠者使用体验。贾明华等[6]基于用户需求视角构建文献受赠管理平台，通过简化流程、及时反馈与强化文献管理，为受赠服务提供了实践参照；文佩丹等[7]从情感互动视角设计并构建了捐赠系统，设计个人主页、捐赠动态推送等功能以提升捐赠黏性。上述研究均以优化系统业务体验为目标，所开发系统实现了受赠业务线上办理，但底层均采用中心化信息管理模式，记录存储于单一机构数据库，权限持有者理论上可单方面修改或删除数据；此外，捐赠人虽可查看系统显示的流转状态，却无法独立验证受赠文献流转记录的真实性、完整性。这一共性局限表明，效率导向的系统设计尚不足以回应受赠流转中的可信度需求。

1.2 可信追溯体系研究

可信追溯体系研究集中于资源确权、流通信任、质量管控与多主体共享四个方面。

资源确权是可信追溯的逻辑起点。部分学者基于区块链技术构建的图书馆数字资源管理系统涵盖数字资源确权的环节或功能。魏大威等[8]提出利用区块链技术把数字资源封装成虚拟数字资产，并基于数字资产生命周期打造智慧图书馆数字资源全流程管理体系。其中数字资源要成为数字资产，最重要的步骤是对资源进行标识和确权，以形成不可篡改、不可伪造的共享账本，因此该体系的第一个环节就是注册确权。张琳[9]鉴于区块链去中心化、分布式部署、不可篡改、非对称加密与共识机制等技术特征及其联盟链形态，高度适配图书馆数字资源管理的需求，设计基于区块链的数字资源管理系统，认为该系统能应用于图书馆数字资源的确权和著作权保护。但上述研究均以一般性馆藏数字资源为对象，未考虑文献受赠的特殊场景。部分学者针对资源确权中的具体技术架构进行研究，Migliorini等[10]提出分层区块链架构，将藏品注册与所有权转移等高保障事件锚定主链，高频操作记录则通过可验证摘要关联上链，在安全性与系统性能之间取得了平衡。Jadallah[11]以手稿、善本与艺术品为对象构建区块链保护模型，验证了元数据上链对馆藏来源真实性与安全保存的保障能力。部分学者从著作权管理角度出发，探讨区块链技术在数字资源确权中的应用策略与风险。吉宇宽[12]运用区块链技术构建数字著作权生态系统，将智能合约引入数字著作权交易与确权，以增强图书馆著作权交易的安全性和保障图书馆损害赔偿的公正性。崔晓[13]分析非同质化通证（Non-Fungible Token，NFT）技术在图书馆应用中的著作权风险，其中包括应用于数字资源确权的著作权风险。以上研究均表明区块链能应用于图书馆数字馆藏资源确权，但聚焦的仍是著作权归属而非物权流转问题。

流通信任是可信追溯的核心环节。黄百川[14]针对图书流通管理中的信任不足问题，设计了基于区块链的流通平台，整合信用构建与实时监控功能，构建了高可靠性的多元协同管理生态；陈颖仪[15]以佛山市图书馆“易本书”平台为例，探讨了区块链赋能家藏图书共享平台的体系架构与核心功能，为激活社会图书资源提供了实践参照。上述研究证明了区块链技术在图书物理载体流通信任保障中的可行性，但应用场景为个体间图书共享，未涉及图书馆作为受赠方的文献接收与流转环节。

质量管控为可信追溯提供数据真实性保障。在档案数据治理领域，石进等[16]提出利用区块链保存电子

文件数字摘要，以保证电子文件生命周期全过程的真实性。这种通过数字摘要锁定数据、全程固化的存证逻辑，可用于受赠文献流转记录的真实性校验。金波等[17]借助区块链的可追溯与不可篡改特性，提出了档案数据质量保障的管控策略。该策略为受赠文献流转数据的质量保障提供体系化参照。在工业制造领域，邵鑫喆等[18]面向制造追溯场景，设计了基于区块链的可信制造追溯系统，通过智能合约与链上链下协同存储机制保障追溯数据的高效与可信。该研究提出链上存证、链下扩容的分层存储架构为本研究解决海量馆藏流转数据可信存证与高效存储的矛盾提供技术思路。

多主体共享为可信追溯网络的节点扩展提供架构参照。在政务数据开放领域，周颖玉等[19]构建了开放政府数据“链上链下–双存储”共享模型，其分层存储、多主体协同确权共享的架构设计，可满足本研究多主体参与、数据分级存证的系统建设需求。在医疗信息协同领域，郑荣等[2]基于联盟链构建了多源个人健康信息协同共享网络，实现跨主体数据可信交互，其联盟链去中心化组网、多节点协同共治的网络架构为本研究多主体可信追溯网络的节点扩展提供了架构参照。

1.3　研究述评

在文献受赠管理层面，现有研究以效率优化为核心取向，且已建成的受赠管理系统多采用中心化信息管理模式，尚未将流转记录的可信度保障纳入系统设计目标。在可信追溯体系层面，资源确权研究以数字资源为对象，未建立适用于文献受赠的所有权声明验证与链上锁定机制；流通信任研究虽验证了区块链在图书流通中的可行性，但尚未延伸至图书馆受赠文献的接收与流转场景；质量管控研究提供了记录真实性保障的方法论参照，但未针对受赠流转中鉴定报告多方存证、流向追踪与原协议自动校验等环节提出专门方案；多主体共享研究侧重资源互通，尚未兼顾文献受赠场景下多方参与主体的权责存证与可信协同需求。上述问题使受赠全链条难以形成端到端的可信记录闭环，本研究将可信保障目标嵌入受赠业务流程，弥补了图书馆文献受赠场景下专项可信追溯方案的空白。因此，有必要引入分布式信任理论与区块链技术，针对来源确权、接收存证与流转追溯三个关键环节，构建适用于图书馆文献受赠场景的可信追溯系统。

2　研究框架

本研究将可信保障目标嵌入受赠业务流程，具体划分为四个研究阶段：系统目标、需求分析、系统构建和系统推演。研究框架如图1所示。

首先，根据信息可信度理论界定图书馆文献受赠可信追溯系统的四个建设目标；其次，梳理并识别文献受赠来源、接收与流转三个场景的风险，提炼可信追溯系统的需求；再次，基于分布式信任理论，设计涵盖数据层、网络层、共识层、合约层、应用层、安全与运维层的六层系统架构；最后，在三种场景下进行确权系统、存证系统和追溯系统的系统推演。

3　系统目标

信息可信度是用户感知信息真实、可靠、值得采信的程度[20]。文献受赠信息是指受赠文献从所有权声明到最终处置的全过程中所产生的流转记录集合。文献受赠可信追溯是对文献受赠信息的生成、变更与流转全过程进行追溯的活动，使每一环节记录均可回溯至其来源主体与发生时间。本研究将图书馆文献受赠可信追溯系统界定为基于区块链技术对受赠文献全生命周期流转记录进行可信存证与追溯的系统，由资源确权、流通信任、质量管控与多主体共享四要素构成。系

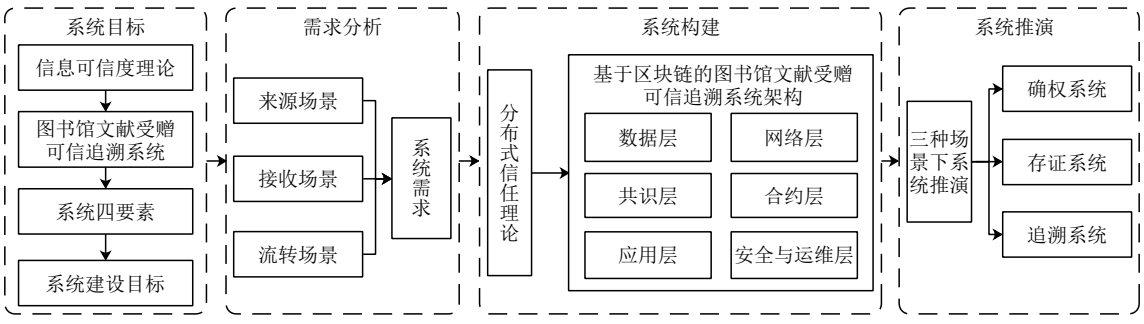

图1　研究框架

统的建设目标是权责可追溯、链条完整无缺、记录真实可验、数据不可篡改，分别与以上四要素相对应。权责可追溯指每一环节的操作主体与时间可精准识别；链条完整无缺指从来源声明到最终处置的流转过程无断点；记录真实可验指流转记录可被任何参与方独立验证真实性；数据不可篡改指任何单一主体无法修改或删除已存证记录。

4 基于场景风险的系统需求分析

文献受赠流转可划分为来源、接收与流转三个主要场景，各场景因参与主体不同、信息记录方式差异而面临不同的风险。本节在系统识别各场景风险的基础上，进一步提炼可信追溯系统的功能与非功能层面的系统需求。

4.1 来源场景

捐赠行为的合法性以捐赠者对文献拥有合法所有权为前提，但在缺乏系统化验证机制的情况下，该场景主要存在三类风险。一是权属证明风险，图书馆难以核实捐赠者声明的真实性，尤其对于古籍、手稿等流转路径复杂的文献，其所有权链条极易出现断裂或权属争议，一旦后续出现第三方就文献提出权利主张，图书馆将面临举证困境，陷入被动。二是意向变更风险，部分捐赠者在初步表达捐赠意向后，存在撤回捐赠意向或调整捐赠范围的情形，若双方沟通过程缺乏系统化存证，极易引发捐赠双方的纠纷。三是溯源考证风险，部分捐赠者可能无法提供捐赠文献完整的来源信息，致使文献的学术价值与历史价值难以考证。

基于上述风险，来源场景对应的功能层面系统需求包括：实现捐赠者、负责受赠业务的馆员、图书馆管理者多角色差异化授权；支持捐赠意向在线登记与权属确权；对捐赠者提交的所有权声明自动生成意向记录并锁定该记录；开放鉴定评估信息录入接口，将所有权声明、受赠文献入藏鉴定记录、来源信息等上链存证固化，为后续权属核验与价值考证提供可信凭证；支持按文献标识码、捐赠者、时间范围开展查询核验。来源场景对应的非功能层面系统需求包括：要求来源相关上链记录具备不可篡改特性，规避单方篡改风险；捐赠者个人敏感信息仅以哈希摘要或加密密文形式存储于链上，兼顾数据可信与隐私保护。

4.2 接收场景

接收是图书馆介入程度最高的环节，该场景主要存在两类风险。一是业务记录失真风险，受赠文献到馆后，馆员需对其物理状况进行鉴定，若因疏忽或有意为之导致受赠信息记录失真，将为后续出库、流转及数字化利用埋下隐患。二是中心化存储的篡改风险，对于古籍、特藏等高价值捐赠文献而言，其鉴定评估报告的存储方式多为单机存储或中心化存储，权限持有者理论上可修改或替换报告，难以追溯文献的真实物理状况。高价值捐赠文献在进入图书馆前通常历经长期民间存藏，其物理状况远不及馆藏古籍稳定，若未准确记录，会进一步加剧流转中的不确定性。此外，文献的价值评估结果直接决定其入藏优先级与后续处置方式，一旦记录被篡改，价值被低估的珍贵文献可能被错误流转，价值被高估的普通文献则可能挤占稀缺存储资源。

基于上述风险，接收场景对应的功能层面系统需求包括：实现负责受赠业务的馆员、图书馆管理者等角色的操作权限隔离；支持文献物理状态、鉴定评估报告、价值评估结果等接收环节核心信息录入并上链；在文献入藏、所有权完成转移等关键节点以事件驱动方式自动生成链上存证记录；支持依据文献标识码、时间范围开展记录查询核验；留存接收环节完整业务证据。接收场景对应的非功能层面系统需求包括：保障接收环节全部上链记录不可篡改，杜绝单方修改或替换鉴定记录的行为；获得授权的用户可独立核验记录真伪，实现对业务人员操作行为的可追溯，规避因记录篡改造成的文献处置偏差。

4.3 流转场景

流转是捐赠链条中信息最不透明、追溯难度最大的环节，该场景主要存在两类风险。一是协议执行监督缺失与追溯链条断裂风险。捐赠协议通常约定图书馆对不予入藏文献的处置权限，但协议执行缺乏透明化监督，文献是因不符合入藏标准而被流转，还是因管理疏漏而流失，对捐赠者而言往往是一个“黑箱”。部分图书馆虽对流转管理有所规定，但这些规定多为原则性表述，缺乏系统化的流向记录与追踪机制。当文献被流转至其他机构，接收方的后续处置行为便脱离原图书馆的记录体系，追溯链条随即中断。二是流转元数据权限冲突风险。原捐赠者和原受赠图书馆相关的元数

据可能面临数据权属与管理权限的问题，流转接收方是否有权修改这些元数据、修改后又如何与原记录保持关联，需要技术层面的保障。

基于上述风险，流转场景对应的功能层面系统需求包括：完成各主体的权限划分，实现流转处置协议上链存证；对文献移交、签收确认、后续处置变更等关键业务节点以事件驱动生成链上记录，实现流转全流程持续追踪；明确流转后元数据的修改权限边界，保障新旧记录之间的关联映射；支持按文献标识码、时间范围开展跨主体的全链条追溯查询。流转场景对应的非功能层面系统需求包括：流转相关处置记录实现链上不可篡改，任意单一主体无法随意删除或篡改流转信息；授权用户可独立完成流转记录真伪核验，保障捐赠者能够查阅文献后续处置流向，实现协议执行过程的可监督。

5　基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统构建

5.1　总体架构

基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统架构如图2所示，自下而上依次为数据层、网络层、共识层、合约层、应用层，同时安全与运维层纵向贯穿各层。该架构以文献受赠的来源、接收与流转三个场景流转过程为纵向业务主线，以区块链分层体系架构为横向支撑，各层协同实现受赠文献的流转记录真实可信与完整追溯。

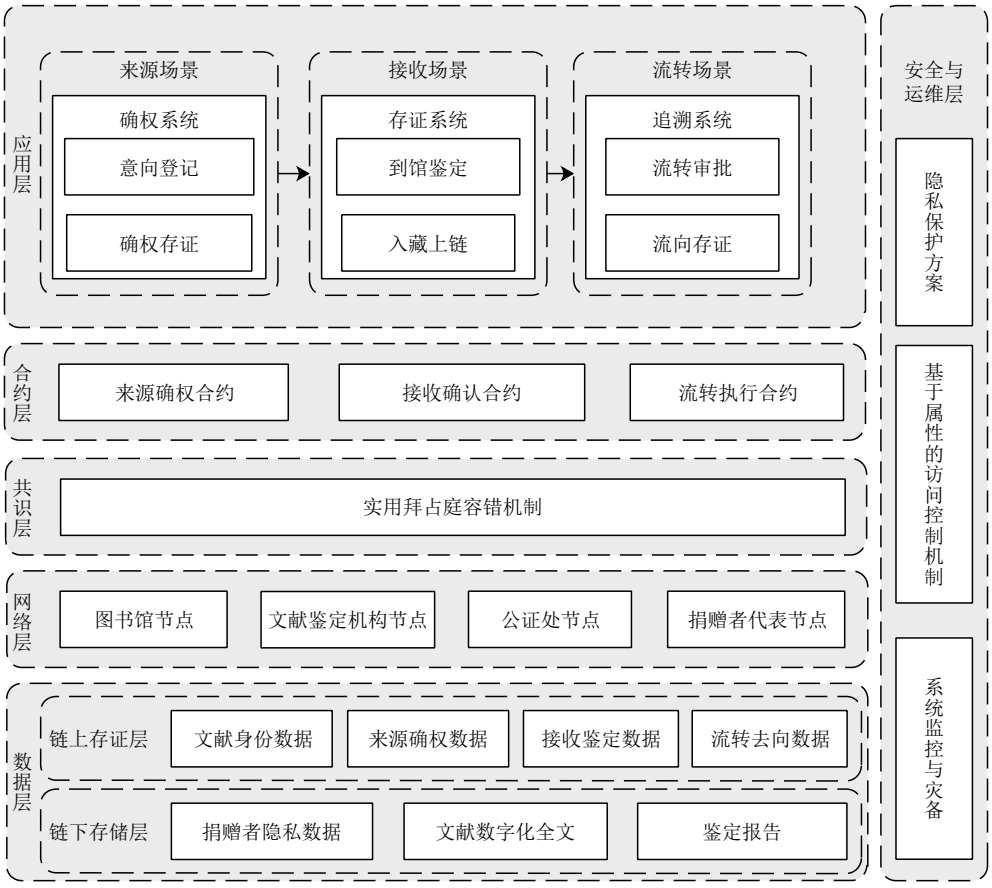

图2　基于区块链的图书馆文献受赠可信追溯系统架构

5.2　数据层：文献数字身份构建

系统先为受赠文献分配全局唯一的文献标识码，同时提取文献核心元数据进行哈希运算，生成唯一哈希值，作为该文献在链上的数字指纹。其中元数据涵盖题名、著者、出版信息、版本特征、物理形态描述、来源说明等内容。文献标识码与哈希值共同构成文献身份数据，锚定于链上存证层，以此建立该文献全流程追溯的起点。

数据层由链上存证层和链下存储层共同构成。链

上存证层随文献流转过程逐次追加记录，来源场景锚定所有权声明等来源确权数据，接收场景锚定受赠文献入藏鉴定记录和文献鉴定机构出具的鉴定报告等，流转场景锚定审批链签名与合规校验结果，三类场景记录通过指向前一记录的哈希指针串联为逻辑连续的链。链下存储层保存捐赠者隐私数据、文献数字化全文与鉴定报告等大容量原始文件，其哈希值与存储位置指针锚定于链上，供独立验证环节时调用。链上的每条数据均可独立验证，负责受赠业务的馆员作为验证者只需对链下原始数据执行相同的哈希运算，并与链上存证的哈希值比对，即可判定记录是否遭到篡改。区块链保障的是流转记录在生成后的不可篡改性，而非直接保障链下实物与链上记录之间的物理一致性。

5.3 网络层：联盟链节点设计

网络层采用多角色联盟链架构，根据职能将参与节点划分为图书馆、文献鉴定机构、公证处和捐赠者代表四种类型。图书馆作为核心节点，负责受赠文献的日常管理。文献鉴定机构负责对馆员和古籍保护专家出具的入藏鉴定记录进行复核校验与链上签认，出具鉴定报告。公证处作为公证节点，对特殊受赠文献的所有权声明进行链上公证存证。校友会或基金会可作为捐赠者代表，在获得捐赠者授权后，负责监督捐赠品流转状态。联盟链准入采用身份认证与权限分级双重机制，新节点加入须经核心节点审批，并依据机构属性分配操作权限，在保留去中心化信任特性的同时兼顾图书馆对文献受赠的可控管理。

5.4 共识层：实用拜占庭容错机制

共识层采用实用拜占庭容错机制（Practical Byzantine Fault Tolerance，PBFT）作为联盟链共识算法。PBFT由Castro等[21]提出，是适配联盟链场景的经典拜占庭容错共识算法。区别于公有链概率性共识机制，PBFT具备交易即时确认、无需挖矿、低延迟、可容错恶意节点的优势，能够在有限节点规模的分布式系统中高效保障数据一致性与交易终局性。本研究的联盟链节点由图书馆、文献鉴定机构、公证处与捐赠者代表四方构成，各方利益诉求不完全对等，形成相互制衡关系。在不超过三分之一节点发生作恶或故障的条件下，PBFT能同时保障系统的安全性与活性，交易一旦确认不可回滚，适配联盟链节点数量有限、需要即时终局确认的文献受赠流转存证场景。各节点依托PBFT维持数据一致性，任何单一主体无法单独修改或删除已上链的记录，持有相应权限的用户可独立验证记录真伪。

5.5 合约层：三种智能合约

合约层是可信追溯系统的核心。智能合约是部署于区块链上的自动执行代码，一经部署不可更改，其执行不依赖任何单一主体。本研究针对受赠流转中来源、接收、流转三个业务场景设计三种智能合约（见表1）。

表1 三种智能合约

	来源确权合约	接收确认合约	流转执行合约
触发条件	捐赠者通过系统提交捐赠意向与所有权声明	文献到馆且若需鉴定，馆员已完成鉴定	图书馆发起流转申请，拟将文献流转至另一机构
执行流程	验证捐赠者身份凭证→系统接收所有权声明→生成声明数字摘要并锁定→添加时间戳→特殊文献自动触发公证处节点进行链上公证存证→哈希值写入区块链→返回确权凭证	接收馆员和古籍保护专家出具的入藏鉴定记录与图书馆的入藏申请→文献鉴定机构出具鉴定报告→验证数字签名→触发验证节点联合签名→签名达到预设阈值→生成入藏事件并上链	校验审批流程各环节签名→比对流转申请与原协议授权条款→校验接收方签收确认→全部条件满足后生成流转事件并上链
链上存证数据	捐赠者身份哈希、所有权声明摘要、时间戳、公证处节点签名、确权凭证哈希	文献标识码、鉴定报告哈希、多方签名凭证、入藏时间戳、物理状况标注	原协议索引号、审批链签名、合规校验结果、接收方标识与签收签名、新流转事件哈希指针
链下存储数据	捐赠者身份信息、所有权原始凭证	鉴定报告全文、文献数字化文件	流转协议全文、接收方确认函、审批流程原始记录

来源确权合约负责将捐赠者的所有权声明转化为不可篡改的链上证据。捐赠者提交捐赠意向后，合约即对所有权声明内容进行数字摘要锁定并加盖时间戳，通过SHA-256哈希运算生成数字摘要，构造确权记录实现所有权声明与特定时刻、特定主体绑定。对于特殊文献（古籍、手稿等），合约会自动引入公证处节点

进行链上公证存证，将确权记录写入区块链，返回确权凭证。确权凭证返回捐赠者后，任何一方均无法事后否认或单方面修改声明内容。接收确认合约在捐赠文献通过物理审核、完成入藏登记时触发。合约要求馆员和古籍保护专家完成入藏鉴定记录后图书馆提交入藏申请，文献鉴定机构对入藏鉴定记录进行审定并出具鉴定报告。系统对全部材料进行哈希处理并验证各方数字签名。对于特殊文献，系统将自动提升核验阈值。这一设计将制度要求转化为技术约束，负责受赠业务的馆员无法单独进行录入操作，鉴定报告的真实性由多方共同担保。合约通过读取文献的类别标识动态调整多方签名阈值，同时校验签名集合的数量与角色构成，满足全部条件后方可生成入藏事件并触发流转图谱更新。

流转执行合约内嵌协议校验机制，在合约部署时即将原捐赠协议中对处置权限的限定条款转化为结构化参数。当图书馆发起文献流转申请时，合约自动将接收方属性、流转原因等申请信息与文献授权范围进行比对。若申请超出授权范畴（如原协议规定不得将文献流转至商业机构，而接收方恰为商业机构），合约将在签名校验阶段自动拦截操作，终止流程并在链上记录拦截原因。该设计将捐赠协议的执行监督从依赖人工的事后审查转变为由代码强制的事前阻断，使协议条款不再依赖管理方的自觉遵守，而是由系统机制保障落实。合约读取原捐赠协议的结构化参数，针对流转申请中的接收方属性执行合规比对。校验通过后，合约生成流转事件，以哈希指针关联原入藏记录，同步更新流转图谱并向捐赠者推送去向通知。

5.6　应用层：多角色交互

应用层依据文献受赠的来源、接收与流转三个业务场景划分功能模块，分别对应确权系统、存证系统和追溯系统，面向不同角色提供相应的功能及操作界面。其中，来源场景依托确权系统运行，捐赠者通过系统提交捐赠意向与所有权声明后，系统自动生成意向记录并触发来源确权合约，将确权凭证返回捐赠者邮箱，完成所有权声明的链上锚定。接收场景依托存证系统运行，捐赠意向生成后系统自动创建待办事项，负责受赠业务的馆员录入入藏鉴定记录与提交入藏申请后，由文献鉴定机构对入藏鉴定记录进行复核，核对两份入藏鉴定记录中古籍品相、破损情况和处置意见等方面的内容，确认实物后出具鉴定报告，完成鉴定后系统触发接收确认合约，验证数字签名并触发多方签名流程，当达到约定阈值，系统自动生成入藏事件并锚定上链。流转场景依托追溯系统运行，负责受赠业务的馆员提交流转申请，系统触发流转执行合约，自动校验审批流程中的签名以及比对流转申请与原协议授权条款，引导接收方完成签收确认，全部校验通过后生成流转事件并上链，同时向捐赠者端同步推送去向通知与处置依据。对于每一个受赠文献，系统以流转图谱的形式呈现从来源确权、接收存证到流转与最终接收的完整轨迹。

5.7　安全与运维层：三重保护

安全与运维层由隐私保护方案、基于属性的访问控制机制、系统监控与灾备三个模块构成。隐私保护采用链上哈希与链下加密双层方案，个人敏感信息经加密后存入链下数据库，链上仅存哈希值用于存证核验，大容量非结构化数据通过分布式存储保存本体，数据哈希值与存储位置指针一并锚定链上。访问控制采用基于属性的授权机制，不同角色仅能访问权限范围内的记录，虽链上哈希对联盟节点物理可见，但链下密文仅授权方持有解密密钥方可访问。系统监控与备灾模块负责节点状态监控与网络异常侦测，定期执行链上数据与链下存储的异地灾备，保障特殊条件下的持续可用性。

6　图书馆文献受赠可信追溯系统推演

本研究预设了三个典型场景，模拟系统运行逻辑，用以验证图书馆文献受赠可信追溯系统的响应流程。

6.1　来源场景的确权系统

场景设定校友A通过网络渠道向某高校图书馆E表示拟捐赠一套祖传古籍（共十二册），声称对该套古籍拥有合法继承权。该套古籍为清刻本，具有一定版本价值，A同时提供了该古籍的基本信息，但无书面所有权证明。

意向阶段确权系统响应流程如图3所示。首先，系统触发来源确权合约，合约调用内置的校友认证接口对A的校友身份进行核验，核验通过后系统自动生成捐赠者身份验证通过事件。其次，A在系统界面中填写捐赠意向表，在意向表中声明古籍来源为祖父收藏并经

遗嘱继承取得，系统对A提交的所有权声明进行哈希运算生成数字指纹，同时将声明内容、时间戳与哈希值打包上链至来源确权合约；合约执行后向A返回由系统私钥签名的确权凭证，同时向区块链广播所有权声明已锚定事件。再次，由于该古籍属于特殊文献类别，来源确权合约的预设阈值条件被触发，系统自动向联盟链中的公证处节点发送验证请求，若捐赠者持有所有权证明，公证处可对权属凭证一并核验上链，形成更为完整的证据链。本案例中A无权属证明，公证处仅审核A提交的权属声明材料后，在链上签署公证验证通过记录。最后，上述所有事件的哈希值通过Merkle树结构打包写入新区块，经共识机制确认后不可逆转地锚定在联盟链上。至此，校友A声称对该批古籍拥有合法所有权这一事实，在时间维度上，记录的产生时间与被记录事件的发生时间一致，不可事后伪造；在主体维度上，A不能事后否认本人通过系统填写过捐赠意向表。

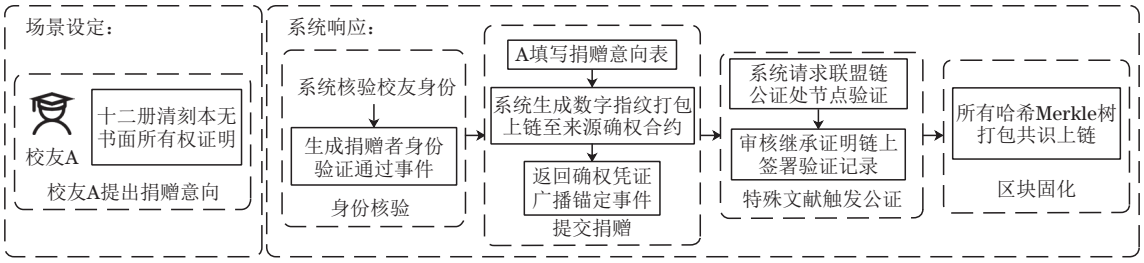

图3　确权系统响应流程

若A事后主张从未通过系统提交过该捐赠意向表，系统可通过链上的时间戳记录和数字签名证明A在特定时间确实提交了声明。若第三方主张该古籍并非由A合法继承，系统可通过链上的公证验证记录追溯当时的验证结果与依据，为纠纷化解提供不可否认的证据链。

6.2　接收场景的存证系统

场景设定上述古籍运抵E馆后，馆员B和古籍保护专家C共同对古籍进行物理鉴定，发现第三册存在虫蛀痕迹、第五册书衣酸化程度较高。B和C分别出具入藏鉴定记录，建议对这两册进行抢救性修复后入藏。

入库阶段存证系统响应流程如图4所示。首先，B和C分别在系统内提交入藏鉴定记录。文献鉴定机构对入藏鉴定记录进行复核，核对两份入藏鉴定记录中古籍品相、破损情况和处置意见等方面的内容，并确认实物后出具鉴定报告。系统对全部材料进行哈希处理并验证各方数字签名。其次，接收确认合约的预设阈值为至少一名内部馆员和一名外部专家的联合签名，本案例中B和C的角色均满足条件。合约自动生成鉴定完成事件，将入藏鉴定记录的哈希值写入区块链。再次，合约识别到第三册和第五册的鉴定结论包含“虫蛀”“酸化”等关键词，系统自动将两册古籍的当前状态标记为“待修复”，并在流转图谱中以醒目的警告色予以标注。这一标注将随两册古籍修复完成而自动更新。最后，古籍修复完成后，B将修复报告提交至系统，C审核确认修复质量达标。接收确认合约再次触发，验证所有前置步骤均已上链存证，最终生成入藏确认事件并写入区块链。该事件包含十二册古籍的完整流转状态快照，十二册古籍进入E馆后经过了鉴定、修复、入藏环节，系统对每一环节均记录了时间戳、执行人和操作内容。

若有人试图修改入藏记录中的物理状况描述，如将

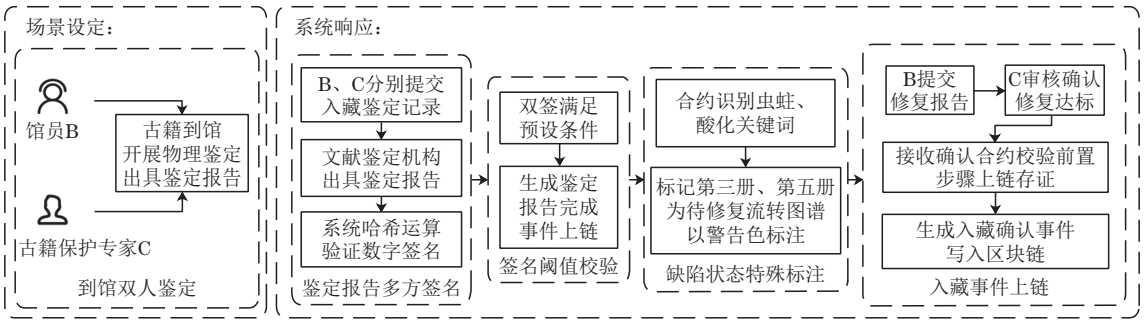

图4　存证系统响应流程

“虫蛀”改为“完整”，即使获得中心数据库的访问权限并修改了数据，任一方若将链下数据库中的数据执行相同的哈希运算生成的哈希值与链上锚定的哈希值进行比对，即可发现篡改事实。

6.3　流转场景的追溯系统

场景设定该古籍入库3年后，E馆因馆藏调整，决定将该古籍中的第九册（非主要版本，且已有其他馆藏可替代）转赠给另一高校图书馆D。原捐赠人A在捐赠协议条款中曾约定捐赠古籍不得用于商业性出售，但许可学术性流转。

流出阶段追溯系统响应流程如图5所示。首先，负责这项业务的馆员F在系统内发起流转申请，填写流转原因“馆藏调整，D馆急需”，流转执行合约被触发。其次，进行协议内嵌校验和审批流校验：合约读取原捐赠协议的关键条款参数（接收方属性不得为商业机构），确认D馆的机构类型为高校图书馆后，通过协议内校验；合约检测流转申请完成了全部预设审批签名，则通过审批流校验，系统允许受赠文献流转。再次，D馆收到文献后，其馆员在系统内完成签收确认。流转执行合约验证D馆的数字签名有效后，生成流转完成事件并上E馆所属联盟链。该事件包含转出时间、接收方标识、流转原因和协议依据的哈希值，并与原入藏记录永不断链。最后，在系统管理端，第九册古籍的流转图谱在原有节点“来源→接收鉴定→修复→入藏”的基础上新增“流转至D馆”节点，并用不同颜色的连线标注流转方向。D馆后续对第九册古籍的任何操作记录均由联盟链可信节点审核后统一追加在E馆所属的联盟链上，从而构建完整的全生命周期追溯链。

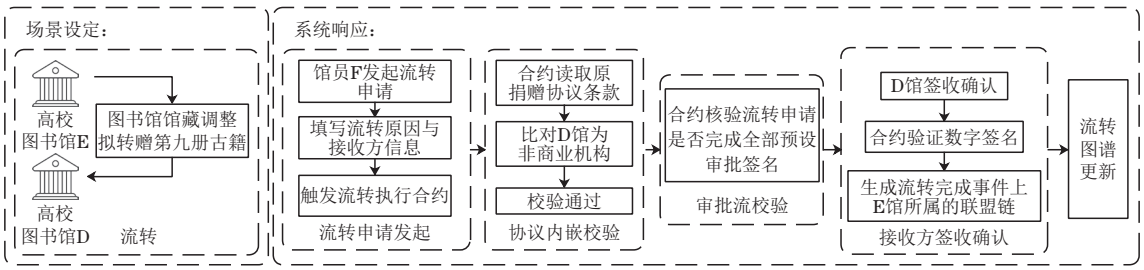

图5　追溯系统响应流程

若A事后质疑其捐赠品为何出现在高校图书馆D，系统可生成第九册古籍的完整流转报告，证明流转行为符合原捐赠协议条款，经过了完整的审批流程，所有证据链均在链上存证。

7　总结与展望

本研究针对图书馆受赠管理中捐赠来源确权模糊、流转记录易被篡改、文献去向难以追踪等问题，提出基于区块链的可信追溯系统模式。该系统可有效保障流转记录的真实性、完整性与不可否认，实现来源可查、去向可追、责任可究，为高效管理和可信流转的双轮驱动服务生态提供了理论基础与实践参考。

本研究存在以下局限。其一，系统尚未经实际部署检验，共识机制的性能评估缺乏大规模事务负载下的实证数据，跨机构流转追溯的制度协调难度讨论尚不充分。其二，对于实物被替换但链上记录未同步更新的情况，该问题需要通过物联网传感器、RFID标签、视觉识别等物理层验证技术解决。未来研究将探索跨校联盟链的建设路径，并将人工智能视觉识别技术嵌入鉴定评估环节，进一步提升系统的智能化水平与可信保障能力。

参考文献

[1]　李芙蓉，汪洋. 李明德等诉南通市图书馆案的案例分析[J]. 图书馆工作与研究，2010（6）：12–14.

[2]　郑荣，雷亚欣，张默涵，等. 基于联盟区块链的多源个人健康信息协同共享模式研究[J]. 图书情报工作，2023，67（20）：79–92.

[3]　赵庆香. 捐赠公共图书馆获税收优惠政策研究[J]. 图书情报工作，2021，65（6）：63–71.

[4]　吴敏. 美国加州大学图书馆捐赠服务工作分析及启示[J]. 图书馆工作与研究，2021（12）：57–62，85.

[5]　刘斐，李菁楠，姚兰. 欧洲高校图书馆捐赠调研及启示[J]. 大学图书馆学报，2021，39（2）：99–106.

[6]　贾明华，季梵，张元俊，等. 用户需求视域下文献受赠管理平台

研究与实践：以北京大学图书馆为例[J]. 图书馆杂志，2025，44（9）：64–72.

[7] 文佩丹，廖维. 情感互动视角下图书馆捐赠系统的研究与实践[J]. 图书馆杂志，2021，40（12）：28–33.

[8] 魏大威，李志尧，刘晶晶，等. 基于区块链技术的智慧图书馆数字资源管理研究[J]. 中国图书馆学报，2022，48（2）：4–12.

[9] 张琳. 基于区块链的图书馆数字资源管理系统构建与应用[J]. 数字图书馆论坛，2022（9）：36–41.

[10] MIGLIORINI S，GAMBINI M，BELUSSI A. A blockchain-based platform for ensuring provenance and traceability of donations for cultural heritage[J]. Blockchain：Research and Applications，2025，6（3）：100278.

[11] JADALLAH N. Integrating blockchain technology to safeguard and authenticate cultural heritage in the National Library[J]. Journal of Posthumanism，2025，5（7）：937–950.

[12] 吉宇宽. 区块链技术构建数字著作权生态系统对图书馆的实践价值[J]. 图书情报工作，2020，64（19）：24–30.

[13] 崔晓. 区块链技术驱动下图书馆NFT应用的版权风险与治理路径[J]. 图书馆工作与研究，2025（8）：23–31，64.

[14] 黄百川. 基于区块链技术的家藏图书流通平台研究[J]. 图书馆论坛，2021，41（4）：10–14.

[15] 陈颖仪. 区块链技术下家藏图书共享平台构建与应用研究：以“易本书”平台为例[J]. 图书馆学研究，2023（5）：32–37，10.

[16] 石进，薛四新，赵小柯. 基于区块链技术的电子文件真实性保障系统模型研究[J]. 图书情报知识，2019（6）：111–119.

[17] 金波，孙尧，杨鹏. 基于区块链技术的档案数据质量保障研究[J]. 图书馆杂志，2023，42（10）：25–33.

[18] 邵鑫喆，库涛，贾岩峰，等. 基于区块链的可信制造追溯系统研究[J]. 信息安全研究，2025，11（11）：46–56.

[19] 周颖玉，王海英，柯平，等. 基于区块链的开放政府数据“链上链下—双存储”共享模型研究[J]. 情报杂志，2023，42（9）：188–195.

[20] MCKNIGHT H D，KACMAR J C. Factors and effects of information credibility[C]//Proceedings of the Ninth International Conference on Electronic Commerce. Minneapolis：ACM，2007：423–432.

[21] CASTRO M，LISKOV B. Practical byzantine fault tolerance[C]// Proceedings of the 3rd USENIX Symp on Operating Systems Design and Implementation. Berkeley：USENIX Association，1999：173–186.

作者简介

贾明华，男，硕士，馆员，研究方向：智慧图书馆、图书馆信息技术与应用，E-mail：jiamh@lib.pku.edu.cn。
季梵，女，博士，副研究馆员，研究方向：图书馆管理与营销。

Research on Construction of Blockchain-Based Trustworthy Traceability System for Library Donated Literature

JIA MingHua JI Fan
(Peking University Library, Beijing 100871, P. R. China)

Abstract: Literature donation constitutes an important supplementary channel for library collection development. However, long-standing challenges such as ambiguous ownership confirmation of donation sources, tamper-vulnerable circulation records, and difficulties in tracing document destinations have undermined the trust foundation among multiple stakeholders, which cannot be resolved by efficiency-oriented management platforms. Based on distributed trust theory, this study proposes a blockchain-based trustworthy traceability system to address risks existing in three phases of literature donation, namely source, reception and circulation, including inadequate verification of ownership authenticity, insufficient evidential effect of accession appraisal records, and lack of supervision over the implementation of disposal agreements. The system adopts a six-layer architecture. At the data layer, digital identities of donated documents are created and anchored on-chain. At the network layer, a consortium blockchain is composed of multi-role nodes. At the consensus layer, the Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) mechanism is implemented. At the contract layer, three types of smart contracts are deployed to realize forward-moving compliance review. At the application layer, interactive interfaces including circulation graphs are provided. At the security and operation layer, on-chain hash values combined with off-chain encrypted storage are employed to ensure privacy security. Through scenario-based process deduction to simulate the system’s operational logic, this study shows that the system can guarantee the authenticity, integrity and immutability of circulation records. It achieves traceable sources, trackable destinations and accountable liabilities, and provides theoretical basis and practical reference for constructing a trustworthy donation service system for libraries.

Keywords: Blockchain; Library; Literature Donation; Trustworthy Traceability; Smart Contract