

基于区块链的文物数字资源版权保护框架设计

胡君仪¹, 赵庆聪^{2,3}

(1. 北京信息科技大学 计算机学院, 北京 100192; 2. 北京信息科技大学 管理科学与工程学院, 北京 100192;
3. 绿色发展大数据决策北京市重点实验室, 北京 100192)

摘要: 针对文物数字化资源版权保护难题, 构建基于区块链的版权管理框架, 解决传统中心化管理模式下版权所有者模糊、授权流程繁琐、侵权追溯困难等问题。采用联盟链架构, 设计版权存证、授权管理、侵权追溯模块实现全流程管理。通过哈希算法实现文物数字化资源的唯一标识与存证, 智能合约自动化执行授权流程, 数字指纹与链上数据协同完成侵权行为精准定位与证据固化。该框架有效保障了文物数字化资源版权的合法使用与传播, 为文化遗产数字化保护提供可信技术方案。

关键词: 区块链; 版权保护; 框架设计; 文物数字化资源

中图分类号: TP309.2; G264

文献标识码: A

DOI: 10.19358/j.issn.2097-1788.2025.09.005

引用格式: 胡君仪, 赵庆聪. 基于区块链的文物数字资源版权保护框架设计 [J]. 网络安全与数据治理, 2025, 44(9): 29-34.

Blockchain-based framework design for copyright protection of digital cultural heritage resources

Hu Junyi¹, Zhao Qingcong^{2,3}

(1. School of Computer Science, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100192, China;
2. School of Management Science and Engineering, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100192, China;
3. Beijing Key Laboratory of Green Development Big Data Decision Making, Beijing 100192, China)

Abstract: This study addresses the challenge of copyright protection for digital cultural heritage resources and constructs a copyright management framework based on blockchain. The research aims to resolve issues such as ambiguous ownership attribution, inefficient authorization procedures, and difficulties in tracing infringements under traditional centralized models. Utilizing a consortium blockchain architecture, the framework incorporates three core modules—copyright attestation, authorization management, and infringement tracing—to achieve comprehensive lifecycle management. A hash algorithm is employed to generate unique identifiers and certify digital resources, while smart contracts automate authorization processes. Additionally, digital fingerprints combined with on-chain data facilitate precise infringement identification and evidence preservation. The framework demonstrates enhanced capabilities in safeguarding legitimate rights and promoting standardized dissemination of digital cultural heritage resources, offering a trustworthy technical approach for the preservation and intellectual property management of cultural heritage in the digital era.

Key words: blockchain; copyright protection; framework design; digital cultural heritage resources

0 引言

在当前科技快速发展和文化传承需求日益增长的背景下, 数字化技术为文物保护、研究、展示和传播提供了前所未有的机遇。文物作为历史的见证和文化的载体, 其数字化不仅能够扩大文物的宣传与利用, 更能够突破时空限制, 使文物价值得以在更广阔的范围内传播与分

享。在文物数字化资源的利用过程中, 出现了非法复制以获取利润等现象, 如故宫建筑全景图著作权纠纷, 严重损害了版权所有者与被授权者的权益。这体现出当前文物数字化资源开放共享中面临的困境: 文物数字化资源没有统一的管理体系, 资源的所有权保护与规范使用没有得到保障, 且难以互通和共享。博物馆等持有文物

及数字化资源的机构如何合理利用文物数字化资源,平衡好版权保护与扩大文物宣传、利用的关系,促进文物数字化资源的可持续发展,成为文物数字化资源在传播使用中亟待解决的问题。

文物数字化资源版权保护需求主要体现在确保版权归属的明确性、实现版权授权的透明高效以及有效应对侵权行为等方面。而区块链技术去中心化、不可篡改、可追溯等特性与文物数字化资源版权保护需求高度契合^[1]——其去中心化特性可提升文物数字化资源版权管理系统稳定性与可靠性;不可篡改特性可确保版权信息真实权威;可追溯性完整记录资源从创建到流转的全过程,便于溯源维权。构建基于区块链技术的文物数字化资源版权保护框架,可借助链上存证与溯源机制推动数字资源全生命周期管理,在促进文物数字化资源合理利用的同时,为构建数字时代文化遗产知识产权长效保护机制提供技术支撑。

1 研究现状

当前博物馆等文化机构拥有多种文物数字化资源,包括高保真文物数字化图像资源、三维重建数字资源、文物视听作品等,并将其应用于展览、文物保护研究、公众教育与文创开发等领域。在此过程中产生了一些争议,即文博机构是否可以主张其文物数字复制品的版权,并进行文创开发销售或其他用途的授权使用。而相关法律法规对其权益界定不清,导致司法方面的矛盾^[2]。敦煌研究院基于实证分析,在《中华人民共和国著作权法》框架下分类探讨,认定文物数字化资源按照法律规定享有著作权保护,依照创作主体的不同,相关权益可分别归属给法人机构、职务创作者、自然人创作者等权利主体^[3]。在授权方面,国家文物局发布《博物馆馆藏资源著作权、商标权和品牌授权操作指引》^[4],首次从理论层面系统性界定博物馆资源授权体系,介绍直接授权与委托授权两种基本授权模式,剖析独占许可、排他许可与普通许可三种授权方式的特征以及适用优势和局限性,并界定博物馆在馆藏资源授权过程中所享有的权利以及应履行的义务,但其性质属于非强制性规定,执行效力不够。

文物数字化资源产生后,一般情况下是借助集中式的数据库进行存储,然而遭受攻击时,容易因缺乏有效的备份措施造成数据丢失。资源开放利用的程度参差不齐,如丝绸之路数字博物馆,这是一个在云上构建的虚拟博物馆,集合国际丝绸之路沿线及相关博物馆的数字藏品资源等内容,但是仅提供观看浏览服务,未满足对资源的授权利用需求。在版权保护上,博物馆等机构多

通过版权声明、授权管理等方式管理文物数字化资源,但实施过程中出现人工授权效率低、未经授权使用途径追溯复杂等问题,如故宫博物院数字影像资源提供授权,包含提交申请材料、合同审批等流程,但耗时较长(约15个工作日)。部分机构开始构建适合共享的文物数字化资源版权保护方案,如“数字敦煌·开放素材库”作为全球首个基于区块链技术的数字文化遗产开放共享平台^[5],综合采用“数字水印+区块链”的版权保护技术,通过采集用户信息、建立智能合约信息、数字水印嵌入、区块链存证、版权追溯这一技术程序,可以在数字化的流转中起到确权 and 有效保护权益的作用^[3];苏州文化元宇宙实验室,首期工作聚焦丝绸纹样垂直领域,针对丝绸纹样数据展开解构、标识、赋码以及入库等一系列操作,并且借助区块链技术服务体系搭建起知识产权授权、确权以及交易平台,实现纹样数字化资产的版权保护和可交易性^[6]。以上文物数字化资源利用与版权保护方案只是初步探索,资源来源单一,难以满足机构间资源互通利用需求,各机构分别设立资源平台也增加了维护消耗,且缺少与侵权监测、司法维权的全链条打通,缺乏文物数字化资源版权保护的整体生态建设。如何将文物数字化资源的版权保护进一步从“被动防御”转向“主动保护”,仍需深入研究、设计文物数字化资源版权保护框架。

2 区块链技术在文物数字化资源版权保护中的应用需求

区块链技术凭借其去中心化、可追溯、不可篡改等特性,为文物数字化资源的版权保护提供了创新性解决方案^[7]。区块链能够有效解决文物数字化资源的确权难题,通过将文物数字化图像、文物三维模型等资源的元数据(包括创作时间、作者信息等)生成唯一哈希值并上链存储,可为每个数字资源建立不可篡改的凭证;当使用者通过区块链平台申请数字资源的授权使用时,智能合约可自动执行协议签署及下载权限开放等流程;带时间戳的链式存储结构能够保证追溯文物数字化资源确权、授权的整个过程。

此外,区块链存证已获得法律层面的认可支撑。根据《最高人民法院关于互联网法院审理案件若干问题的规定》,区块链存证在法律中具有证据效力^[8]。当受到侵权损害时,权利人可依法提交有效的区块链存证相关数据,以此认定版权归属。杭州、北京、广州三大互联网法院也上线了天平链^[9]、网通链等司法联盟链平台,构建可信存证机制,降低了当事人维权成本,提高了司法机关对电子证据的审查采信效率。

区块链技术在文物数字化资源版权保护中的现状问题及应用需求见表1。

表 1 现状问题与应用需求

现状问题	应用需求
权属确权难：文物数字化资源版权归属复杂（博物馆、数字化团队、文物原属地等），权属关系易引发争议	通过时间戳、哈希算法将文物数字化资源上链存证，形成唯一数字凭证
授权效率低：传统版权授权依赖纸质合同或中心化平台，流程繁琐且管理复杂	智能合约技术提供了自动化解决方案，当使用者通过区块链平台申请文物数字化资源时，合约可自动执行版权验证、协议签署及访问下载权限开放等流程
版权溯源难：在传播、二次创作中易被篡改或盗用，难以追踪原始来源和授权路径	记录版权从确权、授权到转让的完整流程，链上数据不可篡改；借助数字指纹技术确定违规复制分发者
侵权监测难：难以快速识别侵权使用行为，维权成本高	通过区块链存证固定侵权证据（如侵权时间、传播路径），提升司法采信度；结合图像比对技术，自动监测网络侵权内容与链上资源匹配
数据存储风险：文物数字化资源进行集中存储有被篡改或丢失的风险，难以保障数据完整性	结合“链上存证+链下分布式存储（IPFS）”实现低成本、高安全的数据存储
共享效率低：机构间或个人共享文物数字化资源时，因流程繁琐（如多级审批、跨系统对接困难）、数据格式不统一或信任缺失，导致共享周期长、成本高，易出现信息孤岛现象	通过区块链定义统一的元数据格式；各机构可相互查看开放访问权限的文物数字化资源，经权限授权进行更多访问或下载行为

区块链主要分为公有链、联盟链和私有链三种类型。其中，公有链是完全开放的区块链系统，任何个体都可以参与其数据读写、交易验证及共识过程；私有链由特定组织独立管理，其写入权限由中心机构控制，参与节点受限且数据不对外公开；联盟链作为中间形态，采用多中心架构，其共识过程由预选的多个节点共同参与，数据在联盟成员间有限共享，兼具部分去中心化特性与可控性^[10]。联盟链具有许可性、共识机制、中心化管理、去中心化程度可调、信任建立、数据隐私保护、高效及可扩展的特点^[11]。在文物数字化资源版权保护中，主要有版权所有方、被授权方和第三方代理机构等组织作为主体，链上主体在获取相关权限后可以查询、新增数据，成员间进行有限的信息共享，同时有去中心化特性和可控性等需求。因此，在文物数字化资源版权保护中选取联盟链的技术体系来实现区块链的运用。

3 框架设计

3.1 设计原则

3.1.1 满足版权保护核心需求

框架围绕文物数字化资源版权保护的关键需求设计，首先要满足版权存证的准确与高效，设计简洁严谨的登记流程，将资源信息上链并存储。在授权方面，支持多种授权模式与授权方法，满足不同场景下文物数字化资源的使用需求。构建侵权监测与追溯体系，通过与数字指纹^[12]、图像识别等技术融合，实时监测资源使用情况，借助区块链定位侵权源头并收集证据，为版权所有方维权提供支持。

3.1.2 构建多方协作体系

区块链上的主体包括监管方、版权所有方、被授权方和第三方代理机构。其中，监管方为政府部门或行业主管机构，主要负责区块链的正常运行维护、共识机制和智能合约的制定以及链上主体行为的监督等；版权所有方是持有文物数字化资源版权的博物馆等文化机构，有责任合理授权、利用文物数字化资源；被授权方即申请资源授权并进一步利用的个人或单位，其获取授权的资源的用途有学术、商用等，依据用途的不同，授权过程也有区分；第三方代理机构即替代版权所有方进行文物数字化资源授权工作的机构，版权所有方可选用委托授权模式，委托第三方进行授权。

3.1.3 构建弹性扩展架构

文物数字化资源版权保护环境处于动态变化之中，框架需要拥有良好的适应性以及扩展性。在技术方面，能够兼容不断更新的区块链、数字版权保护等相关技术，提升性能与安全性。业务方面，可以依据不同博物馆等文化机构的文物类型、管理模式以及未来有可能拓展的版权业务，进行灵活调整扩展。框架预留与司法维权平台等外部系统的接口，便于数据交互与协同工作。

3.2 总体框架

针对博物馆等文物数字化资源丰富的机构对持有资源的版权保护需求，解决版权归属明确难、授权流程繁琐、侵权检测与维权难等问题，结合区块链的去中心化、不可篡改和可追溯的特点，设计文物数字化资源版权保护框架。该框架分为版权存证模块、版权授权模块以及版权追溯模块，有效地保证了文物数字化资源从上链到管理的全流程。版权管理框架如图 1 所示。

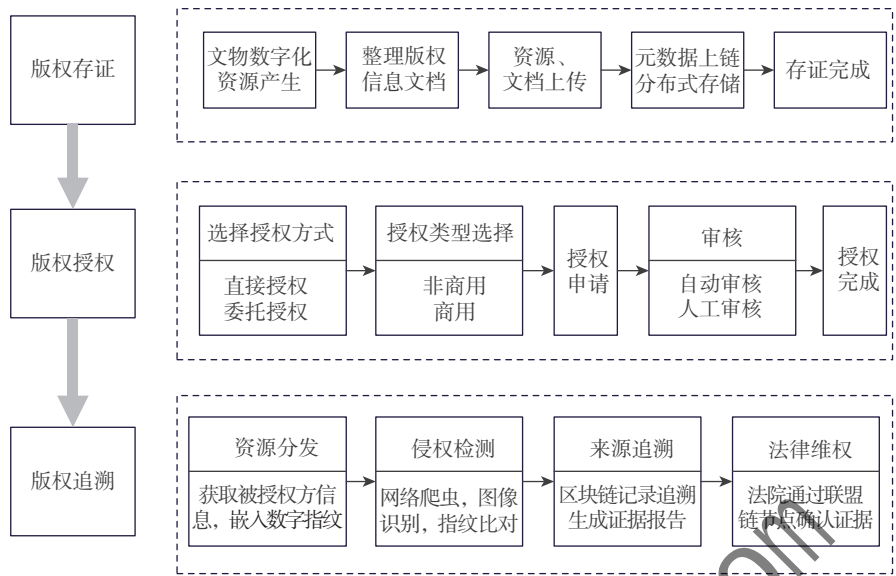


图1 文物数字化资源版权保护总体框架

版权存证模块作为基础，利用区块链不可篡改、可追溯等特性，为文物数字化资源的版权归属提供可靠依据，确保从资源产生伊始就明确其版权归属，记录创建时间、创作者等关键信息。

版权授权模块要依据商用、非商用的不同使用场景制定规范、灵活且高效的授权流程，在保证便捷与安全的基础上，设计自动审批机制和人工审核流程，明确各个环节的责任主体、审核标准、管理方法，设计相应智能合约和触发条件，将每一次授权申请、审核、协议生成及变更等操作都按时间顺序完整记录下来，形成一条清晰可查的授权链，保证授权过程的透明性。

版权追溯模块则要构建起一套全方位的分发、监测、追溯体系，针对获得版权授权的用户进行嵌入数字指纹的资源分发，通过与网络爬虫、图像识别等技术相结合的方式识别潜在侵权文物数字化资源，并进行指纹提取比对，一旦发现疑似侵权行为，可迅速定位违规分发源头、收集证据，为后续维权提供有力支撑。

3.3 版权存证模块

针对目前文物数字化资源数据存储过程中由于明文存储、集中式存储和中心化管理而存在的数据访问控制细致性、数据存储安全性、数据管理可信度不足等问题，研究基于区块链的文物数字化资源版权存证方法，实现数据的安全可信存储与版权存证。

版权存证模块包括应用交互层、中间层和基础设施层三层架构，如图2所示。应用交互层是该架构顶层，包含一系列网页接口和应用程序，面向不同角色提供业务场景化应用。用户可以进行提交确权请求，上传图片等文物数字化资源以及创作时间、版权归属等相关信息，

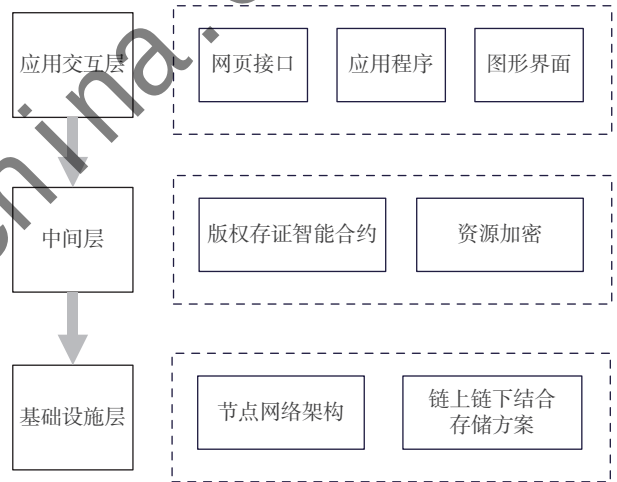


图2 版权存证架构

查看已存证资源，管理版权所有的资源等相关操作。

中间层，包括版权存证相关智能合约和加密。其中加密是将资源数据进行加密，保障只有符合访问条件的人员才能解密数据，控制访问、下载、修改权限。

基础设施层部分构建节点网络架构，并实施混合存储方案，包括链上存储核心元数据（资源哈希、版权归属等），链下通过星际文件系统分布式存储原始资源文件，提高区块链运行效率。将数据加密、分布式存储，并链上存储核心元数据后实现在区块链中确权。

版权存证模块将上传数据进行格式化处理后，形成与区块链交互的统一格式，然后对资源原件及相关版权文档生成哈希值，调用智能合约将数据在区块链账本中进行存证，包括校验哈希值唯一性等，通过联盟链共识机制将存证数据打包至区块，同时向监管共识节点发送存

证通知,更新其监管台账。

3.4 版权授权模块

依据授权模式的不同,版权授权模块划分为直接授权和委托授权两个部分。其中,直接授权是版权所有方与被授权方直接对接授权,委托授权则是版权所有方委托第三方代理机构面向被授权方进行授权,版权所有方可综合评估自身文物数字化资源、管理运营水平等实际情况,适当选择直接授权或委托授权方式。

若采取委托授权方式,版权所有方首先应选择合适的第三方机构。版权所有方通过系统提交委托授权申请,选择需要委托管理的文物数字化资源,补充相关条件;第三方机构在系统中注册后,可查看版权所有方的委托授权申请,如果某第三方机构有意达成合作,双方可以在商讨后确定委托具体内容,并通过智能合约生成委托授权记录,记录委托授权的详细信息,如授权类型、授权内容、授权日期、到期日期等。版权所有方或第三方机构可以通过系统查询委托授权状态和历史记录,在整个委托过程中,相关信息均存储在区块链上。

在版权所有方或第三方代理机构进行版权授权过程中,依据授权类型划分商用和非商用授权流程,基本流程大致如下:

(1) 用户注册:选择用户角色类型如普通用户、企业用户,并填写必要的个人信息。信息验证合法后存储在区块链上。

(2) 授权申请:用户选择需要使用的文物数字化资源,提交商用或非商用授权申请,如果是商用,需提供商用用途的详细说明,如项目名称、使用范围、预期用途等。系统记录申请信息,并通知版权所有方或第三方机构。

(3) 审批:非商用授权申请由系统自动审批,验证用户身份及信用度;商用授权申请,版权所有方或第三方机构需要人工确认申请是否可行,双方也可进一步协商。如果确认授权,系统通过智能合约自动生成授权记录并存储在区块链上,包括资源编号、授权用户、授权类型、到期日期等,给予用户下载权限。

(4) 资源下载与使用:用户可以通过系统查询授权状态和历史记录,并进行资源下载。用户在授权范围内使用文物数字化资源,如果用户违反授权协议,版权所有方或第三方机构可以通过智能合约撤销授权。

3.5 版权追溯模块

对于已经获得版权授权的用户,系统会先给文物数字化资源嵌入独特的数字指纹,之后再行分发操作,数字指纹有唯一性以及不可复制的特性,这样就能保证在后续的传播以及使用过程中,可以做到精准识别。

在授权后,版权追溯模块借助网络爬虫技术,持续从互联网各角落采集文物图像相关数据。网络爬虫按照预设的规则,在各类网站、社交媒体平台、电商平台等进行数据抓取,通过与区块链上已登记文物图像特征进行比对,精准识别潜在侵权的文物数字化资源,并对其指纹提取。

一旦确定疑似侵权行为,可借助区块链的分布式账本特性进一步追溯。由于区块链完整记录了每一次资源分发的路径与操作信息,包括时间戳、分发方、接收方等详细数据,能够清晰呈现从版权所有方到被授权方的流转过程。通过对账本数据的逆向追溯与分析,可以迅速定位违规分发源头,明确侵权行为的起始环节与传播路径。同时,系统自动收集侵权图像使用场景截图等侵权相关证据,提供存证、授权的全流程记录,通过区块链自证机制或第三方电子数据司法鉴定机构保证证据真实性,以业务与技术的双重证明形成完整且不可篡改的证据链,为后续维权提供坚实支撑。面对天平链等区块链司法平台,可借助跨链技术实现证据的提交与验证。

监管方作为区块链版权管理中的重要主体,在版权追溯模块中有重要的监督协调作用。通过在区块链上设立专门的监管节点,能够实时监控版权追溯的全过程。当发现疑似的侵权行为时,监管节点可及时介入,要求相关方提供进一步的解释与说明。在证据收集阶段,监管方可对证据的合法性与完整性进行审核,确保在后续的维权行动中证据能够得到法律认可。此外,监管方还能依据区块链上记录的版权追溯数据,制定更完善的版权管理政策与法规,促进文物数字化资源版权保护行业的健康发展。

4 结论

本文构建了一个包含存证、授权、追溯三个方面的区块链技术框架,实现了文物数字化资源版权管理范式的创新。该框架借助去中心化存证搭建可信数字凭证体系,依靠智能合约重新构建自动化授权流程,基于数字指纹与链式溯源打造立体化维权网络,引入监管节点提升规范性,形成了一个全链路闭环版权保护体系,即事前确权固本、事中流转有可控性、事后追责可追溯,为解决文物数字化进程里的权益分配困境提供了解决方案。

未来的研究可在两个方向上持续深入开展探索:其一,推动与人工智能、数字孪生等技术的深度融合,研发智能侵权预警系统以及动态授权定价模型;其二,拓展框架在元宇宙空间文物重建等新兴场景中的应用适配性,构建跨媒介版权管理标准。借助技术融合与场景创新的双向驱动,提高文物数字资产的管理效能以及市场

价值,为文化遗产的数字化保护与创造性转化提供持续的技术支持。

参考文献

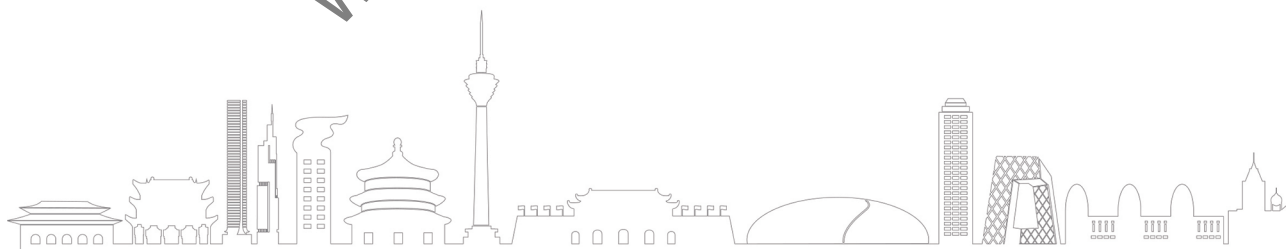
- [1] 柳恒. 做好文物影像信息采集筑牢文物“活化”利用之基——河南博物院文物数字化的实践与思考 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2024 (3): 96-99.
- [2] 魏鹏举, 魏西笑. 文化遗产数字化实践的版权挑战与应对 [J]. 山东大学学报 (哲学社会科学版), 2022 (2): 38-47.
- [3] 杨雪梅, 陈港泉, 何红军, 等. 敦煌研究院文物数字资源版权问题探析 [J]. 中国博物馆, 2024 (1): 93-102, 131.
- [4] 国家文物局. 国家文物局公布《博物馆馆藏资源著作权、商标权和品牌授权操作指引》[EB/OL]. [2025-04-22]. http://www.ncha.gov.cn/art/2019/5/8/art_722_154933.html.
- [5] 李超. “数字敦煌·开放素材库”上线 [N]. 兰州日报, 2022-12-09 (005).
- [6] 苏州日报. 苏州文化元宇宙实验室揭牌 [EB/OL]. [2025-04-22]. <https://www.suzhou.gov.cn/szsrnzf/szyw/202312/4e70bc2e14cc442ab3b8529a3b5afeea.shtml>.
- [7] 张玮玮, 周少敏. 数智赋能推进全媒体传播体系构建研究 [J]. 出版广角, 2024 (2): 61-65.
- [8] 最高人民法院. 最高人民法院关于互联网法院审理案件若干问题的规定 [EB/OL]. (2018-09-07) [2025-04-22]. <http://gongbao.court.gov.cn/Details/7e594961f195254a863d6ce90be5ed.html>.
- [9] 北京互联网法院. 北京互联网法院天平链 [EB/OL]. [2025-04-22]. <https://tpl.bjinternetcourt.gov.cn/tpl/>.
- [10] 中国区块链技术和产业发展论坛. 中国区块链技术和应用发展白皮书 (2016) [R]. 北京: 工业和信息化部, 2016.
- [11] 金梦, 蒋文保. 基于区块链的物流信息监管模型 [J]. 物流科技, 2025, 48 (3): 31-34, 43.
- [12] 范金萍, 顾玉杰, 缪莹. 版权保护中的组合安全码及相关问题 [J]. 中国科学: 数学, 2023, 53 (2): 123-150.

(收稿日期: 2025-05-21)

作者简介:

胡君仪 (2000-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 文物数字化、版权保护。

赵庆聪 (1978-), 通信作者, 女, 博士, 副教授, 主要研究方向: 信息安全管理、数据分析。E-mail: zqcong@163.com。



版权声明

凡《网络安全与数据治理》录用的文章，如作者没有关于汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权等版权的特殊声明，即视作该文章署名作者同意将该文章的汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权授予本刊，本刊有权授权本刊合作数据库、合作媒体等合作伙伴使用。同时，本刊支付的稿酬已包含上述使用的费用，特此声明。

《网络安全与数据治理》编辑部

www.pcachina.com