

情报科学

Information Science

ISSN 1007-7634, CN 22-1264/G2

《情报科学》网络首发论文

题目：区块链技术标准知识发现研究
作者：王芳，魏佳雯
网络首发日期：2025-10-11
引用格式：王芳，魏佳雯. 区块链技术标准知识发现研究[J/OL]. 情报科学.
<https://link.cnki.net/urlid/22.1264.G2.20251010.1730.004>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

区块链技术标准知识发现研究¹

王芳^{1, 2}, 魏佳雯^{1, 2}

1. 南开大学 商学院信息资源管理系, 天津, 300071

2. 南开大学 网络社会治理研究中心, 天津, 300071

摘要 【目的/意义】标准作为技术知识的核心载体, 对技术发展具有基础性规范作用。深入挖掘标准文本, 有助于系统理解现有区块链标准的关注重点, 构建区块链核心知识体系, 促进区块链标准进一步发展完善。【方法/过程】采用 Python、ITGInsight 和 CiteSpace 工具, 对 2017-2024 年间发布的区块链技术标准的外部特征、术语、关键词与主题内容进行分析。【结果/结论】揭示了区块链标准核心术语和主题的分布, 从“技术架构—安全隐私—应用服务—治理机制”四个关键维度提炼出区块链技术的核心知识体系, 并提出区块链标准的后评估机制。【创新/局限】基于技术标准文本, 运用多种工具、从多个层面揭示区块链技术的知识结构。由于数据获取限制未将企业内部标准纳入分析范围, 未来可进一步拓展标准类型以增强分析效果。

关键词 知识发现; 区块链; 技术标准; 文本挖掘; 主题分析; LDA; 术语; 关键词

Knowledge Discovery from Blockchain Technology Standards

Wang Fang^{1,2*}, Wei Jiawen^{1,2}

1. Department of Information Resources Management at Business School,
Nankai University

2. The Center for Network Society Governance, Nankai University

Abstract: [Purpose/significance] As a core technological knowledge carrier, standards play a fundamental and regulatory role in technology development. In-depth mining of the standard texts can help to systematically understand the focal points of existing standards, build a knowledge system of blockchain technology, and further improve the standard system. [Method/process] Employs Python, ITGInsight, and CiteSpace techniques to analyze external features, terms, keywords and themes of of blockchain standards issued from 2017 to 2024. [Result/conclusion] Analyzes the distribution of the terms and themes of the standards, constructs a knowledge framework of blockchain technology with four critical dimensions "technical architecture, security and privacy, application service, and governance mechanism", and then puts forward a post evaluation mechanism for standards. [Innovation/limitation] Adopts more than one technical tool to analyze the knowledge structure of blockchain technology from different levels based on standard

¹ 本文系国家自然科学基金重大项目“基于数据共享与知识复用的数字政府智能化治理研究（20ZDA039）研究成果之一。

作者简介: 王芳（1970—），女，宁夏中宁人，博士，教授，博士生导师，主要从事知识发现、情感挖掘、政府信息资源管理、政策信息分析与网络社会治理研究，通讯作者：E-mail: wangfangnk@nankai.edu.cn; 魏佳雯（2002—），女，河南许昌人，硕士研究生，主要从事政府数据治理研究。

texts. Limited by data accessibility, the internal standards of companies were not involved. Future study can involve standard types.

Keywords: knowledge discovery; blockchain; technology standards; text mining; theme analysis; LDA; term; keywords

0 引言

区块链作为一种分布式账本技术^[1]，以其独特的去中心化、不可篡改伪造、高度透明等特性，广泛应用于物联网、金融、产业与物流供应链等多个领域^[2]，被认为是继蒸汽机、电力、互联网、移动/社交网络之后计算范式的第五次颠覆式创新^[3]。与此同时，区块链在发展过程中也存在着一些问题，如在用户认知层面，各种虚拟代币的出现误导了大众对于区块链的理解^[4]；另外在以区块链技术为代表的新兴技术领域，仍然存在着合规性欠缺、模式不成熟等问题^[5]。标准化是推动技术普及、提升互操作性和降低技术壁垒的关键路径^[6]，统一、规范的标准支持对于区块链技术的成熟发展以及广泛应用发挥着基础性、纲领性作用^[7]。

为规范区块链技术的发展和應用，ITU-T（国际电信联盟电信标准分局）、ISO（国际标准化组织）等纷纷组建区块链标准研制工作组。2016年至2023年，ITU-T共发布区块链标准45项，ISO/TC307（区块链和分布式记账技术委员会）共发布11项，我国参与3项^[8]。与此同时，我国政府及行业协会也相继制定了区块链技术的相关产业政策和技术标准，旨在促进其规范和健康發展。2019年10月，习近平总书记指出，“要加强区块链标准化研究，提升国际话语权和规则制定权”^[9]。2021年6月，由工业和信息化部、中央网络安全和信息化委员会办公室联合发布的《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》指出：“坚持标准引领，推动区块链标准化组织建设，建立区块链标准体系，加快重点和急需标准制定，深入开展标准宣贯推广，推动标准落地实施”^[10]。2024年1月，由工业和信息化部、中央网络安全和信息化委员会办公室和国家标准委三部门联合发布的《区块链和分布式记账技术标准体系建设指南》指出：“加强对产业服务标准、通用服务标准、行业应用标准的研制，加快满足产业发展需要，助力区块链技术和产业高质量发展”^[11]。

可以看出，标准体系的建设既是推动区块链蓬勃发展的必然产物，也是国家发展的战略需求。为进一步促进区块链技术的发展和應用，本文拟运用文本计量与主题内容分析方法，对我国现有的区块链标准进行系统的量化分析与深度解读，提炼区块链标准中的关键技术要素、应用领域热点及标准导向，揭示我国区块链标准的发展现状、趋势与存在的问题，为区块链技术的标准化发展提供科学依据。

1 文献综述

1.1 区块链研究

区块链的概念最早由中本聪（Satoshi Nakamoto）于2008年提出^[12]，指一种可追溯、不

可篡改、安全可信、透明的去中心化记账技术，通过分布式存储、点对点传输、共识机制、加密等技术，能够对不断增长的数据块链进行数据验证、计算、交易、共享、存储等操作^[13-14]。Melanie Swan^[15]将区块链技术的发展分为三个阶段：虚拟数字货币比特币应用的 1.0 阶段；通过引入以太坊，运行智能合约代码将技术应用扩展到商业领域的 2.0 阶段；在数字货币基础上从金融领域延展至农业、制造业、物流、交通、医疗以及政务服务、司法、公共安全等多个实体经济和民生服务领域的 3.0 阶段^[16]。近年来，随着数据要素市场化进程加快，数据确权、数据安全共享、隐私保护等逐渐成为区块链应用的新方向^[17]。胡剑等运用区块链提升应急情报的可信度与响应效率^[18]；朱鹏等则基于区块链的技术特性建立了社交网络隐私数据保护方案^[19]。

然而，尽管区块链具备广泛的应用场景，但仍面临着扩展性与效率提升瓶颈^[20]、隐私保护机制与透明性需求固有冲突^[21]、链上链下数据协同治理机制缺失^[22-23]、区块链合规风险与法律适应性不足^[24]以及技术发展碎片化与互操作性障碍^[25]等关键挑战。标准化作为应对挑战的重要途径，对于推动区块链技术发展、实现应用落地以及加速产业普及具有重要价值^[26]。同时，标准可以提升不同区块链技术的互操作性，有助于降低技术生态系统碎片化的风险^[27]，因而得到市场、行业和政府各方参与者的普遍认可^[28]。

1.2 区块链标准研究

目前关于区块链标准的研究大致可以分为应用场景研究、标准工作研究和标准内容研究三个方面。

在应用场景方面，赵长江等提出了基于区块链技术的物联网数据存证标准框架和标准化建议^[29]。黄天翔等对区块链技术在食品冷链物流追溯体系中的应用提出标准化建议^[30]。石竹玉等认为标准缺失导致区块链技术在能源电力行业的应用和推广缺乏有效的规范与指导^[31]。Aristidou 等论证了区块链标准对于政府实现治理现代化、增强公众信任感、促进经济发展的关键作用^[28]。

在标准工作研究方面，江宇涵发现团体标准在我国区块链标准体系中发挥着中流砥柱作用，认为区块链标准建设存在顶层标准缺失、关键底层标准不足以及地区发展不平衡等问题^[7]。张潇丹等针对我国区块链标准工作中存在的普适、落地与推广困难及参与制定人员水平不足等问题，提出应分阶段分层次进行标准制定，首先应侧重安全标准的研制^[32]。李建春等分析了云南省区块链标准化工作，提出应加强区块链标准组织的合作交流、打造标准示范项目、完善人才培养^[33]。

在标准内容研究方面，Lima 等将区块链标准分为通用框架、使用技能、特定平台以及垂直行业四类，并采用国际标准化组织中系统和软件工程中的架构描述方法制定区块链标准框架^[34]。XiaodanTang 分析了 ISO、ITU-T、IEEE-SA 以及国家级区块链标准，发现标准的主题领域包括基础、安全、隐私与身份、应用、数据、测试和评估六大类，认为目前区块链标准存在重复、一致性欠缺、不同主题领域发展不平衡等问题，提出未来应加强新兴子领域

标准的制定^[35]。

综上所述可以发现，相关研究聚焦区块链标准的应用场景及统计分析，发现了一些问题并提出了对策建议，但对区块链标准文本内容的深层次挖掘分析不够，导致对区块链技术标准理解的系统性和深度不足。本研究拟对我国出台的区块链标准内容进行文本分析，以系统揭示区块链标准的内容布局与发展趋势。

2 区块链标准文本数据来源与研究方法

2.1 数据来源

从全国标准信息公共服务平台、中国标准信息网查找区块链相关标准文件。考虑到“区块链”作为通用术语下涵盖多个技术子领域与应用方向，因此，本文在以“区块链”为核心检索词的基础上，综合选取与其高度相关的术语，包括“分布式账本”“智能合约”“去中心化身份”“加密算法”等，分别对国家标准、地区标准、行业标准以及团体标准进行检索。截至 2024 年 11 月 1 日，共检索到 301 篇有效文本，时间跨度为 2017 年至 2024 年。其中国家标准 8 篇，地区标准 46 篇，行业标准 25 篇，团体标准 222 篇。此外，选取 ISO、IEEE、ITU-T 等权威国际标准化组织制定的区块链标准共 183 篇进行关键词提取，与我国标准进行比较分析。

2.2 研究方法

采用文献计量方法和 LDA 主题分析方法对区块链标准内容进行分析，主要采用 Python、ITGInsight、Citespace 等作为分析工具。在宏观层面，对区块链标准的发文时间、发文机构、起草单位以及标准类型进行分析；在微观层面，对区块链标准的术语和关键词进行共现聚类与统计分析，并进行可视化展示，分析框架如图 1 所示。

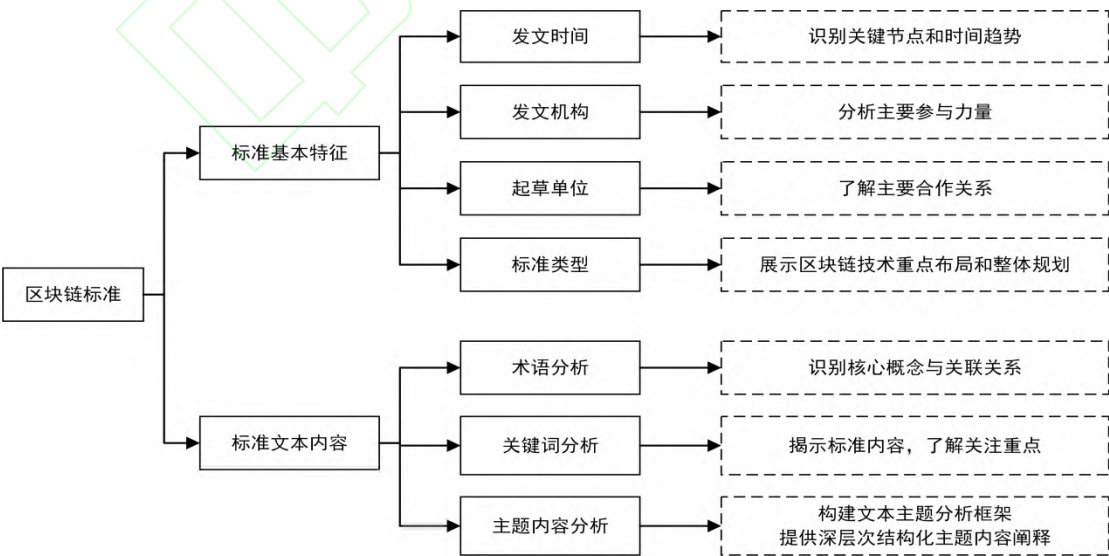


图 1 区块链标准文本分析框架

Figure 1 Analytical Framework for Blockchain Standard Texts

3 区块链标准文本基本特征分析

3.1 标准发文时间

对每年的区块链标准文本发布数量进行统计分析，并绘制折线图，如图 2 所示。可以看出，我国区块链标准的制定起步于 2017 年，2017 至 2019 年为初步探索期，标准数量增幅较小；2019 至 2021 年增幅较快，可视为区块链标准的稳步增长期；2021 至 2023 年为快速增长期，发文数量呈现快速增长趋势。由于检索时间为 2024 年 11 月 1 日，尚未包括 2024 全年数据，但与 2023 年相比，2024 年区块链标准数量的下降还是相当明显的。

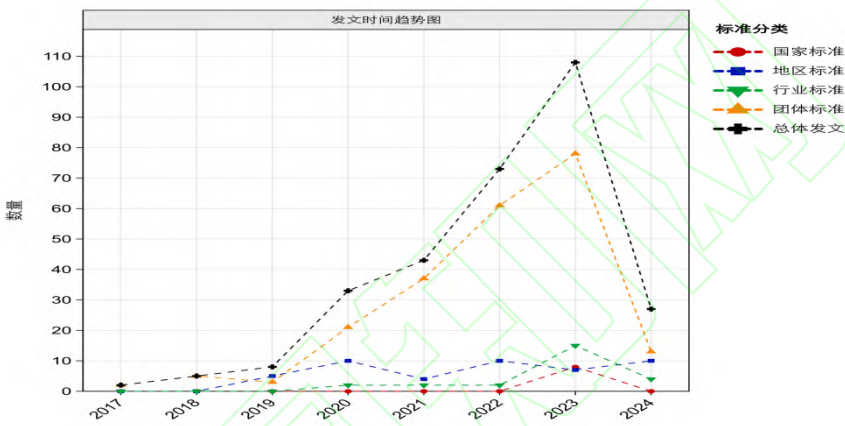


图 2. 区块链标准发文时间趋势

Figure 2. Temporal Trend of Blockchain Standard Publications

3.2 标准类型分析

区块链标准的类型可分为国家标准、地方标准和行业标准三类，数量分布如图 3 所示。国家标准总体数量不多，主要有基础标准、安全标准、方法标准以及产品标准。其中，基础标准数量最多，侧重于对区块链的术语、参考架构等基本概念与通用要求进行说明，为其他标准的制订提供依据。

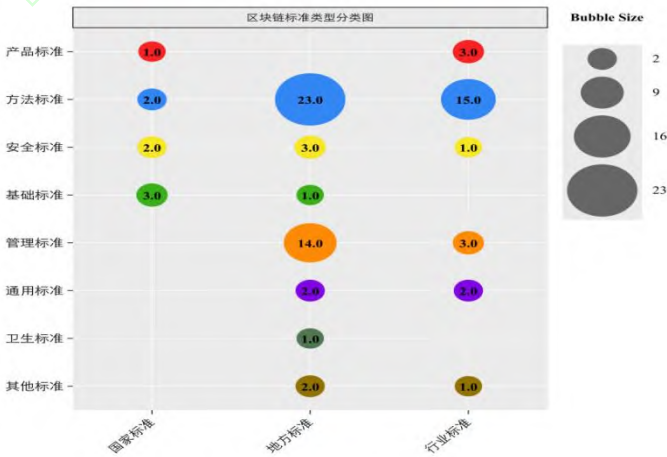


图 3. 区块链标准类型数量分布
Figure 3. Distribution Diagram of the Quantity of Blockchain Standard Types

地方标准类型多样，更注重区块链实际操作的规范性与管理的有效性。其中，方法标准数量最多，其次为管理标准，此外还有安全标准、通用标准、基础标准等。方法标准通常涉及区块链技术的具体操作、实施流程以及技术环节，而管理标准则更关注如何有效地组织、协调统一区块链项目的运行^[36]。

行业标准主要涉及产品、方法、管理、通用、安全五种类型，其中方法类标准位列第一。近年来，区块链技术逐渐应用到金融、物联网、政务、供应链等多个领域。方法标准为企业和开发者正确应用与实施区块链技术提供了明确的指导和规范。

3.3 标准起草机构分析

3.3.1 发文机构分析

区块链标准发布机构皆为独立发文，如图 4 所示。在国家层面，多集中在国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会、工业和信息化部，主要原因是工业和信息化部具有拟订实施行业规划、产业政策与标准的职责^[37]，其余部门如中国人民银行、国家密码管理局、交通运输部、新闻出版署、中国民用航空局等分别根据其所在行业的实际需求制定标准。在地区层面，发文机构主要为各省市的市场监督管理局，其中湖南省发布 8 项地区标准，数量位居第一，其次为贵州省与陕西省。团体标准发文机构则涉及多个行业协会或学会。

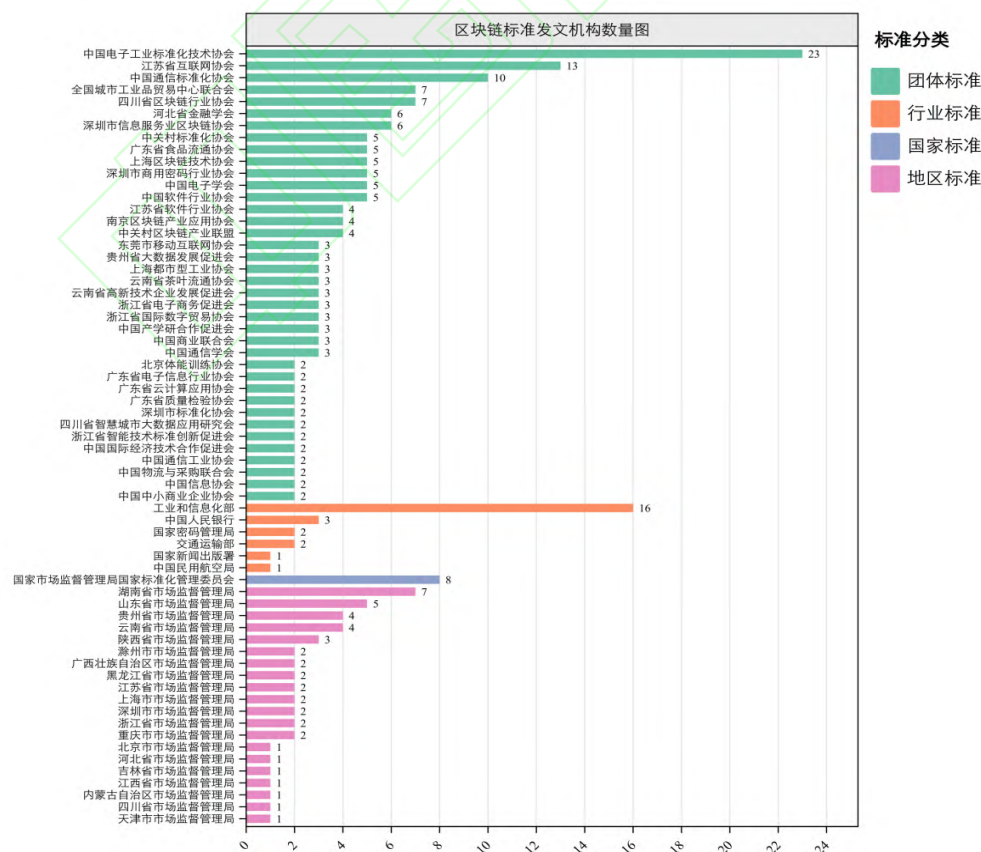


图 4. 区块链标准发文机构数量图

Figure 4. The Number of Blockchain Standards Publishing Organizations

3.3.2 起草机构合作网络分析

虽然区块链标准基本由发布机构独立发文，但却常常由多个机构合作起草，反映出标准研究中的外包关系。为清晰展示起草机构间的合作关系，采用 ITGInsight 分析工具，对位列前 30 的国家标准、地区标准、行业 and 团体标准分别进行起草单位合作网络分析。

(1) 总体合作网络分析

表 1 列出了标准起草数量位列前 10 的机构。起草机构合作网络共有 30 个节点，325 条连线数量，密度为 0.7471，如图 5 所示。其中，中国信息通信研究院和中国电子技术标准化研究院是连接多方的桥梁和核心节点，占据主导地位；作为科技企业代表，杭州趣链、华为、蚂蚁科技集团在合作网络中影响力显著，是标准起草的主要力量；学术机构如北京航空航天大学、浙江大学等共同参与标准起草。多方参与的标准起草模式反映出区块链技术在多个领域的应用需求，有利于推动区块链技术的应用落地。

表 1 总体起草机构数量与点度中心度

Table 1 Number and Degree Centrality of the Drafting Units of the Overall Standards

序号	起草单位	数量	点度中心度
1	杭州趣链科技有限公司	34	0.862
2	中国信息通信研究院	33	0.862
3	中国电子技术标准化研究院	32	0.931
4	华为技术有限公司	23	0.931
5	蚂蚁科技集团股份有限公司	20	0.793
6	北京航空航天大学	20	0.724
7	浙江大学	18	0.862
8	深圳前海微众银行股份有限公司	18	0.724
9	北京邮电大学	17	0.690
10	湖南天河国云科技有限公司	16	0.897



图 5. 区块链总体标准起草单位合作网络

Figure 5. Cooperative Network of the Drafting Units of the Overall Standards

(2) 国家标准起草机构合作网络分析

表 2 列出了国家标准起草数量位列前 10 的机构。其中，中国电子技术标准化研究所参与起草了所有国家标准，数量最多。合作网络如图 6 所示，共有 30 个节点，427 条连线数量，密度为 0.9816，研究院、大型科技公司与高等学府是合作网络的核心节点。各机构的点度中心度均在 1 值左右，意味着图示所列机构与其他节点（起草机构）具有全连接关系，呈现出强连接、高互通特点，形成了一个高度互联的国家标准起草核心圈。

表 2 国家标准起草机构数量与点度中心度
Table 2 Number and Degree Centrality of the
Drafting Units of National Standards

序号	起草机构	数量	点度中心度
1	中国电子技术标准化研究院	8	1.000
2	深圳市腾讯计算机系统有限公司	5	1.000
3	国网区块链科技（北京）有限公司	5	1.000
4	复旦大学	5	1.000
5	浙江大学	5	0.966
6	华为技术有限公司	5	1.000
7	敏于行（北京）科技有限公司	4	1.000
8	联通数字科技有限公司	4	1.000
9	达闼机器人股份有限公司	4	1.000
10	蚂蚁科技集团股份有限公司	4	1.000



图 6. 区块链国家标准起草机构合作网络
Figure 6. Cooperative Network of the Drafting
Units of National Standards

（3）地区标准起草机构合作网络分析

表 3 列出了区块链地区标准起草数量位列前 10 的机构。湖南省所属的公司或者研究机构数量最多，其次为云南省。如图 7 所示，合作网络共有 30 个节点，65 条连线数量，密度为 0.1494。点度中心度均在 0.1-0.3 之间，关联性较低，多为省市内合作，跨省合作较少。

表 3 地区标准起草机构数量与点度中心度
Table 3 Number and Degree Centrality of the
Drafting Units of Regional Standards

序号	起草机构	数量	点度中心度
1	湖南链信安科技有限公司	6	0.138
2	湖南天河国云科技有限公司	6	0.138
3	湖南省东方区块链安全技术检测中心	6	0.138
4	湖南省人民政府发展研究中心	6	0.138
5	湖南天河云链科技有限公司	6	0.138
6	云南财经大学	4	0.310
7	云南省科学技术院	4	0.310
8	昆明经济技术开发区管理委员会	4	0.310
9	云南电子商务发展中心	4	0.310
10	厦门安妮股份有限公司	3	0.172



图 7. 区块链地区标准起草机构合作网络
Figure 7. Cooperative Network Diagram of the
Drafting Units of Blockchain Regional
Standards

（4）行业标准起草机构合作网络分析

表 4 列出了行业标准起草数量位列前 10 的机构。如图 8 所示，行业标准起草机构合作网络共有 30 个节点，88 条连线数量，密度为 0.2023。中国信息通信研究院、暨南大学、华为技术有限公司的起草数量与中心度均处于较高位次，展现了较高的合作活跃度。

表 4 行业标准起草机构数量与点度中心度

Table 4 Number and Degree Centrality of the Drafting Units of Industry Standards

序号	起草机构	数量	点度中心度
1	中国信息通信研究院	10	0.724
2	暨南大学	6	0.238
3	华为技术有限公司	5	0.414
4	中国联合网络通信集团有限公司	4	0.276
5	北京邮电大学	4	0.241
6	中国科学院计算机网络信息中心	4	0.103
7	杭州趣链科技有限公司	3	0.241
8	中国移动通信集团有限公司	3	0.345
9	中国信息通信科技集团有限公司	3	0.103
10	中国互联网络信息中心（Cnnic）	3	0.069



图 8. 区块链行业标准起草机构合作网络图
Figure 8. Cooperative Network Diagram of the Drafting Units of Blockchain Industry Standards

（5）团体标准起草机构合作网络分析

表 5 列出了团体标准起草数量位列前 10 的机构，主要由科技公司、研究院和部分高校组成。如图 9 所示，区块链团体标准起草机构合作网络共有 30 个节点，137 条连线数量，密度为 0.3149。杭州趣链科技有限公司凭借最高的频数和点度中心度成为网络核心，其次为中国电子技术标准化研究院和中国信息通信研究院。学术机构通过不同的合作途径参与标准制定，体现了产学研多方合作的特点。

表 5 团体标准起草机构数量与点度中心度
Table 5 Number and Degree Centrality of the Drafting Units of Group Standards

序号	起草机构	数量	点度中心度
1	杭州趣链科技有限公司	27	0.621
2	中国电子技术标准化研究院	21	0.517
3	中国信息通信研究院	21	0.483
4	北京航空航天大学	17	0.345
5	蚂蚁科技集团股份有限公司	16	0.414
6	深圳前海微众银行股份有限公司	14	0.517
7	南京理工大学	13	0.069
8	浙江大学	13	0.379
9	北京邮电大学	12	0.241

10	北京理工大学	11	0.345
----	--------	----	-------



图 9. 区块链团体标准起草机构合作网络图

Figure 9. Cooperative Network Diagram of the Drafting Units of Blockchain Group Standards

4 区块链标准文本内容分析

4.1 术语分析

4.1.1 术语共现分析

共现是指被研究对象的特征描述信息共同出现的现象，共现分析用于揭示信息内容之间的关联以及信息特征所隐含的知识^[38]。C. Aristidou 认为区块链术语的清晰度尤其是创新性与颠覆性不应该被低估，区块链标准中相关术语具有基础和根本价值^[28]。本研究采用 Citespace6.1.R6 进行区块链标准术语共现图谱构建，以了解标准所关注的重点技术方向。在共现分析中，频次和中介中心性是衡量术语重要程度的关键指标。频次和中介中心性越高，越能反映词语的重要程度^[39]。

表 6 展示了排名前 20 的区块链标准术语频次与中介中心度。可以发现，智能合约、共识机制、分布式账本、交易、共识、数字签名、对等网络、加密等术语具有核心地位；各层级标准中术语间的连接度较高，共现关系较强并且有多个节点起着连接各子群节点的桥梁作用，如共识机制（0.28）、交易（0.15）、数字签名（0.13）、分布式账本（0.1）等术语。

表 6 区块链总体标准术语频次与中心度（前 20）
Table 6 Frequency and Centrality of Terms in Blockchain Standards (Top 20)

序号	术语	频次	序号	术语	中心度
1	区块链	119	1	共识机制	0.28
2	智能合约	83	2	交易	0.15
3	共识机制	28	3	数字签名	0.13
4	节点	27	4	分布式账本	0.1
5	对等网络	25	5	区块	0.1
6	联盟链	25	6	对等网络	0.09
7	分布式账本	24	7	加密	0.09
8	数字签名	22	8	共识	0.07
9	区块	21	9	区块链平台	0.07
10	交易	20	10	交易记录	0.07
11	加密	18	11	联盟链	0.06
12	共识算法	18	12	用户	0.06
13	时间戳	17	13	共识节点	0.05
14	共识	15	14	钱包	0.05
15	私有链	13	15	保密性	0.05
16	公有链	9	16	共识算法	0.04
17	共识协议	9	17	私有链	0.04
18	数据	8	18	区块链存证	0.04
19	区块链平台	7	19	节点	0.03
20	哈希算法	7	20	时间戳	0.03

4.1.2 术语聚类分析

采用 Citespace 关键词 LLR 聚类统计功能进行术语聚类分析。当聚类模块值（Q 值）大于 0.3 时意味着聚类结构显著，聚类平均轮廓值（S 值）大于 0.5 时，聚类是合理的；当 S 大于 0.7 时聚类结果是令人信服的^[40]。本文聚类模块 Q 为 0.6066，S 为 0.8498，聚类结构显著且效果令人信服。结果表明，区块链标准术语共计 8 类，分别为#0 对等网络、#1 共识节点、#2 分布式身份标识、#3 联盟链、#4 功能组件、#5 数据资产、#6 区块链平台、#7 数据申请方。类内主要高频术语如表 7 所示，其中轮廓值越接近于 1，说明类的独立性越强。

表 7 区块链标准高频术语聚类统计

Table 7 Clustering Statistics of High-frequency Terms in Blockchain Standards					
聚类	节点数	轮廓值	形成年份	标签词	类内主要高频术语
0	41	0.815	2019	对等网络	区块链、智能合约、共识机制、节点、对等网络、数字签名、共识算法、通信协议
1	35	0.834	2020	共识节点	区块、交易、共识协议、共识节点、用户、区块头
2	30	0.85	2022	分布式身份标识	数字身份、参与方、互操作性、
3	23	0.861	2021	联盟链	联盟链、分布式账本、共识、上链、区块链信息服务、业务链
4	23	0.787	2021	功能组件	功能组件、摘要算法、加密算法、角色、电子数据、合规性
5	16	0.927	2020	数据资产	加密、数据资产、数据交易、数据、区块链账户
6	14	0.872	2021	区块链平台	区块链平台、区块链服务、区块链应用、事物、能力、应用
7	14	0.969	2019	数据申请方	数据申请方、区块链存证、关联数据、数据获取

根据术语聚类结果，将区块链标准术语归纳为以下三个层面：

技术架构与底层基础层：包括#0 对等网络、#1 共识节点、#4 功能组件。对等网络作为区块链网络层的关键部分，支撑着区块数据传输与价值转移^[41]。共识节点通过验证交易并生成区块头确保数据一致性，包含区块、交易、共识协议等术语。功能组件是区块链技术架构各层内的基础技术模块，通过标准化定义规范其具体实现方式。

数据与身份层：涵盖 #2 分布式身份标识、#5 数据资产、#7 数据申请方。分布式身份标识基于区块链技术构建，用来对用户身份实现自主管理^[42]。数据资产体现区块链标准对数据资产管理与保护的重视，涉及数据的创建、记录、传输等多环节。数据申请方侧重于数据的获取与关注，涉及数据隐私、权限管理和访问控制等内容。

应用与平台层：涵盖#3 联盟链、#6 区块链平台。联盟链反映了标准对联盟链在不同业务或组织间应用的关注。区块链平台是部署区块链应用的基础设施，可以划分为数据层、网络层、共识层、智能合约层以及应用层 5 个层次^[43]，为开发者或者使用者提供丰富的功能与服务。反映了标准中对区块链平台的特性、架构和应用场景等的关注。

综上所述，区块链标准对相关术语的规定，不仅涉及了区块链的基础架构、关键技术、数据管理，同时也涉及区块链技术运用的实际场景，且标准对于术语的规定正在不断拓展与延伸，展现了区块链标准术语的丰富性与独特性。

4.2 关键词分析

标准中所列出的术语主要是为了对标准中所指称的关键对象、技术名称或操作流程进行清晰界定和解释。除术语之外，标准文本包含大量没有作为术语加以解释的重要专业词汇，本文将其称为关键词。对这些关键词进行提取分析，可以揭示标准关注的重点内容。关键词提取是指从文本语料库中提取出若干和文本相关的词语，用以揭示文本内容^[44]。TF-IDF 是一种用于信息检索与文本挖掘的关键词抽取技术，能够反映词语在文章中的重要程度^[45]。

为了更好地揭示我国区块链标准的主要内容，对国内外区块链标准的高频关键词进行比较。首先，采用 Python 工具对所收集的 301 篇区块链标准文本进行 TF-IDF 关键词抽取，选择每篇文章中排名前 8 的关键词，并对关键词进行词频分析。然后，选取 ISO、IEEE、ITU-T 等权威国际标准化组织制定的区块链标准，共 183 篇，采用 TF-IDF 方法对标准文本前 8 个关键词进行提取，并对关键词频率进行统计。最后，将二者结果进行比较，如表 8 所示。

表 8 我国区块链标准关键词词频统计（前 40）

Table 8 Word Frequency Statistics of Keywords in China's Blockchain Standards (Top 40)

词频 序号	我国区块链标 准高频关键词	词频	词频 序号	国外区块链标 准高频关键词	词频
1	智能合约	91	1	智能合约	19
2	对象	40	2	物联网	12
3	合约	28	3	用例	11
4	测试	24	4	互操作	9
5	存证	23	5	分布式账本技术	8
6	跨链	22	6	安全要求	6
7	溯源	22	7	人工智能	6
8	注册	21	8	区块链系统	6
9	密钥	20	9	技术要求	6
10	查询	20	10	技术框架	6
11	审计	19	11	共识机制	6
12	共识机制	19	12	身份管理	6
13	交易	18	13	法线参考	6
14	节点	18	14	公钥	5
15	区块链	16	15	数字资产	5
16	数据	15	16	数据管理	5
17	产品	15	17	数据处理	5
18	指标	15	18	数据安全	5
19	对等网络	15	19	应用层	5
20	数字签名	13	20	区块链技术	5
21	判定	13	21	身份验证	5
22	测评	13	22	参考架构	5
23	电子	13	23	数据存储	4

24	域名	12	24	智慧城市与社区	4
25	共识算法	12	25	区块链网络	4
26	时间戳	12	26	风险	4
27	加密	11	27	治理	4
28	漏洞	11	28	密钥	4
29	账本	11	29	技术融合	4
30	防护	11	30	服务层	3
31	数字资产	10	31	能源	3
32	区块	10	32	加密货币	3
33	上链	9	33	数据交换	3
34	密码	9	34	供应链	3
35	平台	9	35	数据共享	3
36	共识	9	36	数字金融服务	3
37	政务	6	37	管理机构	3
38	用户	6	38	区块链框架	3
39	追溯	6	39	新兴技术	3
40	服务	5	40	功能要求	3

(1) 我国区块链标准关键词分析

从整体上看，我国区块链标准涵盖的内容较为广泛且技术导向性强，着重强调对基础概念、核心技术与系统架构的规范，同时高度重视安全、可信机制与实际应用。涉及的关键词大体可划分为三个方面：技术概念与系统结构、应用场景和安全性能。

在技术概念与系统结构方面，**智能合约**词频最高，是区块链标准文本中核心的规范对象，需要对其功能、接口、安全性和执行环境等进行规定。**对象**是区块链的基础概念，涉及区块链系统中的各种数据对象或参与主体，对象的定义、操作规范及安全机制可以为开发者提供明确指引。**共识机制、共识算法**等显示出标准对区块链底层运行机制的重视，涉及 PoW、PoS 等多种算法的描述、适用场景界定以及性能指标要求。**节点、对等网络、区块、账本**等关键词涉及区块链系统的基本架构与运行逻辑，是构建底层网络规范的关键机制。

在应用场景方面，跨链、存证、溯源等关键词表明我国标准在应用层重视区块链的互操作、可信存证与可追溯能力；平台、电子、数字资产、产品、政务、用户、服务等关键词体现出区块链标准正向多元应用扩展，注重对平台级应用的接口、电子证据、政务信息系统与性能指标进行规范。

在安全性能方面，测试、注册、密钥、查询、审计、漏洞、防护、加密等关键词反映出标准体系对于系统测试、身份认证、数据加密与访问、安全性验证与运维保障的系统性规定，以确保区块链系统安全可信与性能优化。

(2) 区块链国际标准关键词分析

国外区块链标准化工作的关注点主要集中在以下几个层面：

技术架构层面：智能合约、分布式账本技术、共识机制、区块链网络、技术要求等关键词体现了对底层技术架构的标准化需求，尤其是去中心化、不可篡改等核心特性的技术实现

要求。此外，技术框架、参考架构等关键词，表明国际标准重视技术体系的模块化设计（如分层架构、网络层/服务层/应用层分离）。

安全与身份管理层面：安全要求、身份管理与验证、数据安全、密钥、风险等关键词高频出现，表明对隐私、数据安全和身份信任体系的高度重视。

数据管理层面：从数据处理到数据存储、数据交换、数据共享，标准体系覆盖数据从生成到流转的全链路，确保数据在链上流转有序、准确可用。

应用场景层面：智慧城市与社区、能源、供应链、数字金融等场景高频出现，表明标准关注区块链在垂直行业的渗透与应用，此外用例一词成为最高频场景类关键词，表明标准文本注重挖掘区块链在各领域的实际应用案例，为不同行业提供应用参考。

新兴技术融合层面：物联网、人工智能、技术融合、新兴技术等关键词表明，国外区块链标准不仅关注区块链本身的技术发展，还积极探索与其他技术如人工智能的协同融合发展。

（3）国内外区块链关键词比较分析

比较来看，国内外区块链标准在技术架构与安全管理两大核心维度上重合度较高，反映了对区块链底层核心技术与可信安全机制的共同关注。但二者也存在不同之处：首先，在技术层面，我国标准内容更为具体，涉及区块链技术的底层架构、核心模块和基础概念，为开发者提供详细技术指引。其次，在应用场景聚焦与新技术融合方面，我国更强调面向政务与数字资产的应用落地，结合国内实际需求进行针对性规范；国际标准的应用场景较为多元，涉及到智慧城市与社区、能源等垂直行业，强调用例的收集和分析，为各行业提供参考性和指导性的应用范例。第三，国际标准中物联网、人工智能、技术融合、新兴技术等关键词的出现，表明其积极探索区块链与新兴技术的协同融合发展。最后，国际标准中出现了风险、治理等关键词，表明其更加重视对技术应用风险的防范与治理。

4.3 主题分析

关键词分析主要聚焦于对文本表面词汇的识别，对文本挖掘分析的程度较浅，主题分析更侧重于对文档主题内容进行抽取、分析与迭代，为文本内容提供更深层次、结构化的主题内容解释。因此，继续采用 LDA 方法对标准文本主题进行深层次揭示。LDA 主题模型将文档集中的每篇文档主题以概率分布形式给出，并根据分布概率进行主题聚类^[46]，能够对海量异构文本数据进行知识挖掘，在探测新兴领域的潜在主题分布方面具备明显优势^[47]。

4.3.1 模型训练

选取 2017-2024 年间 301 篇我国区块链标准文本作为分析对象。结合困惑度和一致性两个指标对主题数目进行确定，当主题数目为 7 时，主题困惑度相对较低，主题一致性得分最高。然后使用 Gensim 库中的 LDAModel 类运行 LDA 模型。

为提升主题命名的科学性与可解释性，制定命名依据。首先，提取各主题下 TF-IDF 值

前 30%的关键词作为核心候选词。统计各主题包含区块链专业术语的数量，优先保留“智能合约”“共识机制”等专业术语词汇。然后，提取每个主题下排名前 30 的高频特征词。最终将关键词、术语和主题词概率分布进行综合评估考量，确保所选词汇能够全面、准确反映主题核心内容。采用人工校验与案例匹配相结合的方法验证主题命名的合理性。一方面，邀请领域专家对高频特征词及主题标识类别进行逐一审查，确保命名准确无误，避免模糊表述。另一方面，选取相关标准作为实际案例，将主题分析结果与案例关键要素对比分析，检验命名的实际适用性和解释力。如在主题 5“区块链溯源应用标准化”中，选取《基于区块链技术食品追溯系统的功能性测试标准》《工业产品 区块链溯源应用技术要求》《基于区块链的新能源汽车产品追溯平台规范》等具体标准案例，检验主题命名在实际标准文本中的适用性和解释力。主题命名结果如表 9 所示。

表 9 我国区块链标准文本主题分布
Table 9 Theme Distribution of Blockchain Standard Texts

编号	主题标识类别	主题下高频率特征词
topic1	技术、平台与系统建设	区块链、技术、平台、测试、系统、建设、互操作、区块链系统、数据、设计
topic2	区通用服务	追溯、区块链、数据、服务、上链、确权、信息、食品、技术、规范、产品、共享
topic3	行业应用	测评、区块链、服务、技术、交易、管理系统、医疗、政务、健康、智能合约
topic4	隐私安全服务	保护、隐私、信用、区块链服务、区块链系统、证书、电信业务、授权、上链、服务
topic5	溯源应用	文化、溯源、工业产品、追溯平台、土地、溯源应用、数据、食品、操作、参与方
topic6	数据资源管理	注册、数据访问、密码、域名、协议、能力、登记、设备、数据资源、划分
topic7	区块链治理	追踪、查看、公有、形式化、审计、匿名、合规、验证、体系、存证、链上

4.3.2 主题结果分析

主题一：区块链技术、平台与系统建设标准化。区块链技术、平台与系统建设是区块链的底层架构和基础要素，对区块链服务模式与应用发展起到核心支撑作用^[48]。高频词“系统”“设计”“测试”等表明，标准文本重点关注区块链系统与平台的架构设计、技术要求与规范、性能测试方法等内容，以提高区块链系统的性能、可靠性和可扩展性，推动区块链技术在各领域的广泛应用。

主题二：区块链通用服务标准化。根据区块链和分布式记账技术标准体系建设指南，区块链通用服务标准包括区块链追溯与存证、分布式身份、数据共享与交互等，可以为区块链在各应用层中的服务过程和方法提供指导建议。根据 Topic2 可以看出，区块链标准对食品、产品、数据信息等领域的追溯存证服务与确权服务的应用与重视。如通过区块链食品追溯类标准保障食品从生产源头到销售终端的质量安全与信息透明；在知识产权保护领域，区块链

的存证服务能够为原创作品提供可靠的确权证据，有效打击侵权行为。

主题三：区块链行业应用标准化。规范和指导区块链应用在各行业的设计、开发、部署、评估、交付和维护。本文研究表明，我国区块链标准建设重点集中在政务、金融、医疗与服务健康领域，关键方向包括技术价值与行业需求的结合、区块链应用的流程与要求、特定行业的区块链应用模型以及区块链用例的实践经验。如，政务区块链应用标准规定区块链基础平台架构设计按网络安全等级保护三级（或以上）要求建设，以提升政务数据流转和互信。

主题四：区块链隐私安全服务标准化。既能提升区块链技术的安全防护能力，抵御各类网络攻击与数据泄露风险，也能确保数据的安全使用与管理^[49]。结果表明，我国区块链标准建设对于数据上链过程的隐私保护、用户信息的加密存储与传输、网络层面以及交易层面的隐私保护给予高度重视。以医疗领域为例，通过区块链隐私安全服务类标准来确保患者的病历数据仅在授权范围内使用，防止患者隐私信息泄露。

主题五：区块链溯源应用标准化。溯源是指对数据、产品等资源的全生命周期进行控制管理，以确保各资源记录追踪的透明化^[50]。由于区块链采用了密码学技术、共识算法以及P2P网络传输等前沿技术^[51]，能够对数据、产品等资源的生命周期记录实现全过程追溯，防止信息造假。根据分析结果，我国标准重视区块链技术在数据、文化艺术产品、食品、土地交易记录等领域中的溯源应用，以保障产品信息数据的真实可靠与安全共享。

主题六：区块链数据资源管理标准化。数据在其生命周期过程中面临泄露、篡改、丢失等风险^[52]。我国区块链标准重视数据访问控制、数据存储安全、数据互操作性、数据共享机制以及数据的安全性、隐私性和合规性。例如，在跨境数据流动场景下，区块链标准对跨境数据授权、访问请求、控制策略执行、传输与加密、数据流动管理等多方面进行了规定。

主题七：区块链治理标准化。区块链治理不仅涉及运用区块链技术对各行业进行治理，也包括对区块链技术本身的治理。在行业治理方面，工信部将区块链定位为提升社会治理水平的有效技术手段^[53]。近年来区块链技术已成为创新金融、供应链管理、政府、数字版权、司法等多领域的治理模式，为现代社会治理带来了革命性变革^[54]。以政府数据治理为例，北京市联合华为公司推出了目录区块链，解决了政府各部门间“死数据、重数据、错数据”等问题，创新了在数据共享过程中组织与技术的互动关系，最终实现了北京市16个区和69个市级部门的数据共享^[55]。

区块链技术本身的治理是对区块链技术的自我迭代、更新与监管^[56]，采用链下治理、链上治理和混合治理等方法对区块链中共识协议、资源以及规则进行治理，最终促进区块链技术的可持续发展。其中，**链下治理**将关键决策过程置于区块链网络之外，通过多组织社区讨论、开发者会议或代币持有者投票等方式达成共识进行决策，由于存在中心化倾向、透明度挑战以及执行风险，因此要求在组织管理层面制定相应准则，规范参与各方的权利和义务，明确治理结构和决策机制。**链上治理**^[57]要求社区参与者在链上对问题进行决策和投票，通过区块链的链上机制，如共识算法、智能合约等实现治理目标^[56]。作为区块链核心技术之一，

不同的共识算法在性能与安全性方面存在差异，因此需要制定标准规范以促进区块链网络安全、高效平稳运行。此外，作为区块链链上治理工具，智能合约的安全性、可执行性以及互操作性也需要通过标准进行保障，如制订智能合约的开发规范、安全技术与维护管理要求等。**混合治理**则是将链下治理和链上治理相结合，在链下进行提案论证，引入法律文本与行业规范达成共识；在链上实现关键投票与自动执行^[58]。在混合治理模式下，协议规则与现实规则相辅相成，既兼顾合规与效率，又可保留透明可追溯的去中心化特性。

5 区块链标准的后评估机制

基于前文对区块链标准文本的多维分析结果，设计区块链标准评估维度，从术语、主题、内容三个维度进行考量，评估区块链标准的质量和 application 价值，也为后续区块链标准的制定、修订、实施及体系优化提供参考，助力区块链技术标准体系的发展完善。如表 10 所示。

术语评估聚焦术语的准确性和一致性，以保障标准的理解与实施不受阻碍，可以促进不同标准之间的协同与兼容。

主题评估旨在衡量标准对区块链技术及应用领域的覆盖与深入程度，确保标准能够紧跟技术发展趋势，满足实际应用需求。

内容评估针对基础标准、安全标准等七类标准，评估其能否精准匹配区块链技术在不同层面的实际应用需求。

表 10 区块链标准评估框架
Table 10 An Evaluation Framework for Blockchain Standards

评估维度	评估标准	评估要求
术语	术语准确性	标准中所使用的术语是否准确反映相关概念、技术的含义，避免歧义和误解
	术语一致性	不同标准之间以及同一标准不同部分的术语使用保持一致，保证标准的连贯性和统一性
主题	主题广度	评估标准是否涵盖了区块链技术平台与系统建设、通用服务、行业应用、隐私安全、溯源应用、数据资源管理、区块链治理等多个主题
	主题深度	衡量标准对每个主题的探讨是否深入，如在“区块链隐私安全服务标准化”主题下，是否详细规定了隐私保护具体技术措施、管理要求等。
内容	基础标准	评估标准是否对区块链的术语、参考架构等基本概念进行明确说明，为其他标准的制订提供可靠依据
	安全标准	考量标准对区块链安全方面的规定是否全面，包括数据安全、网络安全、共识安全、隐私安全等
	方法标准	考量涉及区块链技术的具体操作、实施流程以及技术环节，其方法能否为应用与实施区块链技术提供明确指导和规范
	管理标准	评估区块链标准是否涉及组织、协调统一区块链项目的运行
	产品标准	评估是否符合区块链技术特点和市场需求，能否促进产品质量提升
	通用标准	评估是否适用于区块链技术的多行业应用，是否能够提供通用的技术指导 and 规范，如通用接口、通信协议等
	其他标准	评估除上述类型外的其他标准是否具有针对性和有效性，是否能够满足特定场景下的区块链应用需求

6 结论与讨论

区块链技术标准的完善既是对国家战略需求的响应,也是区块链产业健康、可持续发展的支撑与保障。本研究对 2017 至 2024 年间我国 301 份区块链标准进行文本计量与主题分析,并与国外 183 份标准进行了关键词比较,以揭示标准的发展进程、关注重点与发展方向。整体来看,标准化工作在提升区块链的互操作性、确保数据安全及推动跨行业融合方面起到核心支撑作用,为区块链技术的发展与应用提供了重要保障。本文主要研究结论如下:

在发文数量方面,我国区块链标准的发文数量逐年增加,经历了初步探索期(2017-2019)、稳定增长期(2019-2021)和快速增长期(2021-2023)三个阶段。

在标准类型方面,我国区块链标准涉及 8 种标准类型,其中管理标准与方法标准比重较高,注重区块链实际操作的规范性与管理的有效性。

在发文机构与起草单位方面,我国区块链标准的发文机构基本是独立发文,但起草单位的合作者较多,不仅包括国家级的研究机构,也包括大学以及专注于区块链技术的科技企业,其中中国信息通信研究院、中国电子技术标准化研究院、杭州趣链、华为、蚂蚁科技集团、北京航空航天大学、浙江大学等发挥了重要作用。

在标准内容方面,术语以及关键词分析发现区块链标准的关注重点主要包含 4 个层面:基础架构、技术与平台、安全与隐私、应用服务。LDA 主题分析进一步发现,我国区块链标准的主题主要包括:技术、平台与系统建设,通用服务,行业应用,隐私安全服务,溯源应用,数据资源管理,区块链治理七个方面。

在上述研究基础上,从术语、主题和内容三个方面提出了一个区块链标准的评估框架,以指导后续的区块链标准制定工作。

本文的不足之处在于:首先,在数据样本选择上,本研究只从公开渠道收集了 301 篇标准文本,对一些未公开的企业标准收集不全。后续需要扩大区块链标准的样本量,使研究结论更为全面客观。其次,采用 TF-IDF 算法对关键词进行抽取,但由于标准文本间结构和内容的相似性导致抽取出的关键词相似程度较高,后续可以改进算法优化抽取结果。

参考文献:

- [1] 郭上铜,王瑞锦,张凤荔.区块链技术原理与应用综述[J].计算机科学,2021,48(2):271-281.
- [2] 代闯闯,栾海晶,杨雪莹,等.区块链技术研究综述[J].计算机科学,2021,48(S2):500-508.
- [3] MCKINSEY COMPANY.Blockchain in insurance—opportunity or threat?[EB/OL].(2016-07)[2024-11-13].<http://www.mckinsey.com/industries/financial-service>.
- [4] CONTE DE LEON D, HANEY MA, SHELDON FT. Blockchain: properties and misconceptions[J]. Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship,2017,11(3):286-300.
- [5] 刘坤阳,张勇.区块链技术标准化发展现状及策略选择[J].标准科学,2022(2):23-29.
- [6] 祝鑫梅,余晓,卢宏宇.中国标准化政策演进研究:基于文本量化分析[J].科研管理,2019,40(7):12-21.

- [7] 江宇涵. 我国区块链技术标准化问题研究——问题与对策[J]. 标准科学,2022(11):28-37.
- [8] 中国信息通信研究院.区块链白皮书（2023）[EB/OL]. (2023-12-07)[2024-11-13]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202312/P020240326619863350128.pdf>.
- [9] 成岚. 习近平在中央政治局第十八次集体学习时 强调把区块链作为核心技术自主创新重要突破口加快推动区块链技术和产业创新发展 [EB/OL]. (2019-10-25)[2024-11-13].http://www.xinhuanet.com/2019-10/25/c_1125153665.htm.
- [10] 工业和信息化部, 中央网络安全和信息化委员会办公室. 关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见[EB/OL]. (2021-06-07)[2024-10-13].https://www.miit.gov.cn/jgsj/xxjsfzs/wjfb/art/2021/art_aac4af17ec1f4d9fadd5051015e3f42d.html.
- [11] 工业和信息化部, 中央网络安全和信息化委员会办公室, 国家标准委. 区块链和分布式记账技术标准体系建设指南[EB/OL]. (2024-1-12)[2024-10-13].https://www.miit.gov.cn/jgsj/kjs/wjfb/art/2024/art_b3ab010238a54377941f1dd9582ae501.html.
- [12] NAKAMOTO S. BITCOIN: A peer-to-peer electronic cash system[EB/OL].(2025-06-12)[2025-06-25].<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf?uid=b6ae4aad-3518-4176-87a5-50c19080e94f-1742966247>.
- [13] 蔡晓晴,邓尧,张亮,等.区块链原理及其核心技术[J].计算机学报,2021,44(1):84-131.
- [14] 韩璇,袁勇,王飞跃.区块链安全问题:研究现状与展望[J].自动化学报,2019,45(1):206-225.
- [15] SWAN M. Blockchain: blueprint for a new economy[M]. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2015.
- [16] 中国信息通信研究院. 区块链白皮书[R/OL]. (2023-12)[2024-10-20]. <http://www.caict.ac.cn/english/research/whitepapers/202312/P020231212292399965314.pdf>.
- [17] 郑荣,张薇,高志豪.基于区块链技术的政府数据开放共享平台构建与运行机制研究[J].情报科学,2022,40(5):137-143.
- [18] 胡剑,朱鹏,戚湧.基于区块链的重大公共卫生事件下应急情报体系构建[J].情报理论与实践,2022,45(5):156-164.
- [19] 朱鹏,胡剑,吕宋皓,等.基于区块链的社交网络隐私数据保护方法研究[J].情报科学,2021,39(3):94-100.
- [20] 潘晨,刘志强,刘振,等.区块链可扩展性研究:问题与方法[J].计算机研究与发展,2018,55(10):2099-2110.
- [21] 刘海鸥,周颖玉,周鑫,等.区块链隐私威胁及保护机制研究综述[J].计算机集成制造系统,2023,29(7):2292-2312.
- [22] 胡剑,戚湧.基于区块链跨链机制的政务数据安全治理体系研究[J].现代情报,2023,43(9):85-97,164.
- [23] 孟小峰,刘立新.区块链与数据治理[J].中国科学基金,2020,34(1):12-17.
- [24] 罗玲玲,孙天睿.区块链金融应用场景、存在问题及合规发展[J].企业经济,2020,39(1):42-47.
- [25] LI W, LIU Z, CHEN J, et al. Towards Blockchain Interoperability: A Comprehensive Survey on Cross-Chain Solutions[J]. Blockchain: Research and Applications, 2025,DOI: 10.1016/j.bcr.2025.100286.
- [26] 周平,唐晓丹.区块链标准化现状及发展趋势研究[J].信息技术与标准化,2017(3):18-21.
- [27] RAND EUROPE. The Potential Role of Standards in Supporting the Growth of Distributed Ledger Technologies/Blockchain[R/OL]. (2017-10-18)[2024-11-13]. <https://www.rand.org/randeuropa/research/projects/2017/blockchain-standards.html>.
- [28] ARISTIDOU C, MARCOU E. Blockchain standards and government applications[J]. Journal of ICT Standardization, 2019, 7(3): 287-312.
- [29] 赵长江,刘小平,黄永洪.基于区块链技术的物联网数据存证标准化研究[J].信息技术与标准化,2021(9):15-20.
- [30] 黄天翔,陈明明,杨林溢,等.基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系标准化调查研究[J].中国标准化,2022(S1):203-210.
- [31] 石竹玉,王栋,李达,等.能源电力区块链典型应用场景下的标准化研究[J].全球能源互联网,2023,6(2):196-206.
- [32] 张潇丹,韩梦薇,杜静漪,等.中国区块链 标准化现状研究与未来展望[J].科技纵览,2023(10):52-55.

- [33] 李建春,朱荣,杨立昊,等.云南省区块链标准化建设现状及思考[J].中国标准化,2023(7):105-108,120.
- [34] LIMA C. Developing open and interoperable dlt/blockchain standards [standards][J]. Computer, 2018, 51(11): 106-111.
- [35] TANG X. Towards an aligned blockchain standard system: challenges and trends[C]// Blockchain and Trustworthy Systems: Third International Conference, BlockSys 2021, Guangzhou, 2021: 574-584.
- [36] 王学文.工程导论[M].北京:电子工业出版社,2012.
- [37] 张海滨.工业和信息化部成立对信息化的影响[J].中国信息界,2008(11):55.
- [38] 吴晓秋,吕娜.基于关键词共现频率的热点分析方法研究[J].情报理论与实践,2012,35(8):115-119.
- [39] 刘晓波.我国图书馆学研究热点及趋势:基于关键词共现和词频统计的可视化研究[J].图书情报工作,2012,56(7):62-67.
- [40] 陈悦,陈超美,刘则渊,等.Citespace知识图谱的方法论功能[J].科学研究,2015,33(2):242-253.
- [41] 倪雪莉,马卓,王群.区块链P2P网络及安全研究[J].计算机工程与应用,2024,60(5):17-29.
- [42] 崔久强,吕尧,王虎.基于区块链的数字身份发展现状[J].网络空间安全,2020,11(6):25-29.
- [43] 张亮,刘百祥,张如意,等.区块链技术综述[J].计算机工程,2019,45(5):1-12.
- [44] 夏天.词向量聚类加权TextRank的关键词抽取[J].数据分析与知识发现,2017,1(2):28-34.
- [45] 黄春梅,王松磊.基于词袋模型和TF-IDF的短文本分类研究[J].软件工程,2020,23(3):1-3.
- [46] BLEI D M, NG A Y, JORDAN M I. Latent dirichlet allocation[J]. Journal of machine Learning research, 2003, 3(Jan): 993-1022.
- [47] SUGIMOTO C R, LI D, RUSSELL T G, et al. The shifting sands of disciplinary development: Analyzing North American Library and Information Science dissertations using latent Dirichlet allocation[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2011, 62(1): 185-204.
- [48] 曾诗钦,霍如,黄韬,等.区块链技术研究综述:原理、进展与应用[J].通信学报,2020,41(1):134-151.
- [49] 祝烈煌,高峰,沈蒙,等.区块链隐私保护研究综述[J].计算机研究与发展,2017,54(10):2170-2186.
- [50] 宋胜红,周琴,胡露,等.基于区块链的溯源问题研究[J].江苏通信,2022,38(3):54-56.
- [51] 蔡晓晴,邓尧,张亮,等.区块链原理及其核心技术[J].计算机学报,2021,44(1):84-131.
- [52] 刘明达,陈左宁,拾以娟,等.区块链在数据安全领域的研究进展[J].计算机学报,2021,44(1):1-27.
- [53] 中国区块链技术和产业发展论坛.中国区块链技术与应用发展白皮书(2016)[EB/OL]. (2016-10-18)[2024-11-13]. https://luomeiqin.github.io/assets/pdf/Blockchain_Whitepaper_cn.pdf.
- [54] 赵金旭,孟天广.技术赋能:区块链如何重塑治理结构与模式[J].当代世界与社会主义,2019(3):187-194.
- [55] 闫冬冬,李晓方.区块链何以链得起“数据孤岛”?——基于“技术-组织”视角的“目录链”政务数据共享实践分析[J].电子政务,2023(12):117-128.
- [56] 张超.区块链的治理机制和方法研究[J].信息安全研究,2020,6(11):972-981.
- [57] 赵金旭,孟天广.技术赋能:区块链如何重塑治理结构与模式[J].当代世界与社会主义,2019(3):187-194.
- [58] CAO S, MILLER T, FOTH M, et al. Integrating on-chain and off-chain governance for supply chain transparency and integrity [DB/OL]. (2021-11-11)[2024-11-25]. <https://arxiv.org/abs/2111.08455>.