

基于DAO的数字CAA：科技社团数字化转型新范式

张楠^{1,2}, 梁小龙³, 管桑田⁴, 李娟娟³, 秦蕊^{3,5}, 王寿文⁴, 王坛^{1,2}, 齐红威⁶, 吕琳媛⁷, 魏庆来^{1,2},
王兆魁⁸, 王成红^{1,9}, 郑南宁^{1,10}, 王飞跃^{1,2}

1. 中国自动化学会, 北京 100049;
2. 中国科学院自动化研究所, 北京 100190;
3. 中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统全国重点实验室, 北京 100190;
4. 澳门科技大学创新工程学院, 澳门 999078;
5. 天津大学复杂管理系统实验室, 天津 300072;
6. 数据堂(北京)科技股份有限公司, 北京 100192;
7. 中国科学技术大学网络空间安全学院, 安徽 合肥 230026;
8. 清华大学航天航空学院, 北京 100084;
9. 国家自然科学基金委员会信息科学部, 北京 100085;
10. 西安交通大学人工智能与机器人研究所, 陕西 西安 710049)

摘要: 中国自动化学会 (Chinese Association of Automation, CAA) 是我国自动化领域最重要的学术团体之一。面对日益复杂的科研环境和繁重的科研任务, CAA 需要不断调整传统的组织和运营模式以应对新的挑战。为此, 基于智能合约、分布式自主组织与运营 (decentralized autonomous organization and operation, DAO) 以及以大模型为代表的人工智能技术, 提出了“数字CAA”的概念, 构建了总体架构并详细探讨了关键支撑技术, 描述了数字CAA的运行逻辑与应用场景, 并以分支机构管理为典型案例, 阐明其在优化管理和运行效率方面的辅助作用。同时, 分析了数字CAA在实际应用中可能面临的主要挑战, 在提升CAA可持续发展能力的同时, 为其他科技组织的转型与变革提供参考和借鉴。

关键词: 中国自动化学会; 分布式自主组织与运营; 科技社团; 智能合约

中图分类号: TP39

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-6652.202503

The DAO-based digital CAA: a novel digital transformation paradigm for scientific and technological associations

ZHANG Nan^{1,2}, LIANG Xiaolong³, GUAN Sangtian⁴, LI Juanjuan³, QIN Rui^{3,5}, WANG Shouwen⁴, WANG Tan^{1,2},
QI Hongwei⁶, LYU Linyuan⁷, WEI Qinglai^{1,2}, WANG Zhaokui⁸, WANG Chenghong^{1,9},
ZHENG Nanning^{1,10}, WANG Fei-Yue^{1,2}

1. Chinese Association of Automation, Beijing 100049, China
2. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
3. State Key Laboratory of Multimodal Artificial Intelligence Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
4. Faculty of Innovation Engineering, Macau University of Science and Technology, Macao 999078, China
5. Laboratory of Computation and Analytics of Complex Management Systems, Tianjin University, Tianjin 300072, China

收稿日期: 2024-12-03; **修回日期:** 2025-02-06

通信作者: 王飞跃, feiyue.wang@ia.ac.cn

基金项目: 中国科协十大代表2024年调研课题; 国家自然科学基金项目 (No.62103411); 澳门特别行政区科学技术发展基金项目 (No.0093/2023/RIA2); 天津大学复杂管理系统实验室开放课题

Foundation Items: The Top Ten Representative Research Topics of the Chinese Association for Science and Technology in 2024, The National Natural Science Foundation of China (No.62103411), The Science and Technology Development Fund of Macau SAR (No.0093/2023/RIA2), Laboratory of Computation and Analytics of Complex Management Systems (Tianjin University)

6. Datatang Technology Co., Beijing 100192, China
7. School of Cyber Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China
8. School of Aerospace Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China
9. Department of Information Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China
10. Institute of Artificial Intelligence and Robotics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

Abstract: The Chinese Association of Automation (CAA) is one of the most prominent scientific and technological association in the field of automation in China. Confronted with an increasingly complex scientific research environment and arduous research tasks, the CAA needs to constantly adjust its traditional organizational and operational models to meet new challenges. Based on smart contracts, decentralized autonomous organization and operation (DAO), and artificial intelligence technology represented by large models, the concept of “digital CAA” was proposed. The general architecture and key supporting technologies of digital CAA were presented. Its operational logic was described, its typical application scenarios were analyzed. Besides, the branch management was presented as a typical example to illustrate the auxiliary role digital CAA plays in helping CAA optimize their management and operation. Finally, the main challenges faced by digital CAA were analyzed. It aims to enhance the sustainability of CAA and serve as a reference model for similar transformations in other scientific and technological institutions.

Key words: Chinese Association of Automation, decentralized autonomous organization and operation, scientific and technological association, smart contract

0 引言

科技社团是我国科技建设中的人才、知识、技术、信息等资源的重要“枢纽”，其作为独立的“第三部门”为政府创新提供资源配置助力，在推动科技体制改革和创新体系建设中承担了重要的科技服务职能。中国自动化学会（Chinese Association of Automation, CAA）作为我国最早成立的国家一级学术群众团体之一，在推动我国科技创新、服务科研人才队伍建设、强化产业转型升级等方面发挥了重要的作用。自1961年成立以来，CAA不断深化其内部治理结构和机制改革，保障会员管理的规范化，同时提供精准化服务，确保其始终站在学科发展的前沿，充分响应国家的重大需求。通过积极搭建涵盖多个层级、涉及众多领域的丰富多样的学术交流平台，CAA充分发挥自身优势，切实有效地强化了学术界内部以及与外部不同领域之间的交流与合作，促进了不同学科、不同研究方向之间的思想碰撞与融合，为推动学术进步和科技创新创造了良好的平台和条件。目前，CAA形成了拥有8万余名个人会员、300余家团体会员、64个专业技术委员会、10个工作委员会、53家科普教育基地、23个学会服务站的学会网络^[1]。但是，CAA正面临外部环境不确定性和内部管理决策效率不够高的双重挑战。

从外部环境来看，以大数据、人工智能、区块

链等为代表的新兴技术迅猛发展，以及由此催生的开放科学、分布式自主科学（decentralized science, DeSci）和人工智能驱动的科学研究的科研范式变革，对科技社团提出了全新的要求^[2-3]。首先，新技术的出现极大丰富了科研工具库，加速了研究的进程^[4-6]。它们可以帮助科学家生成假设、设计实验、收集和解释大型数据集，凭借传统方法无可比拟的优势不断突破固有的科学思维。然而，更高效的科研能力和更多样的科研可能性也为科研团队的管理带来了更多不确定性、多样性和复杂性，使得科技社团在组织、协调等方面面临更多困难。其次，随着科研成果转化的加速、科研环境的复杂化以及科研资源整合趋势的加强，科研议题变得愈发复杂，进而产生了信息孤岛、分配不公和资源垄断等诸多问题。科研组织亟须跨地域、跨学科与跨文化的管理能力^[7]。最后，以arXiv等为代表的新型出版形式拓宽了科研人员的交流途径，加速了学术信息的传播^[8]，弥补了传统科技文献出版的不足。然而，这同时也降低了传统学会对科研人员的吸引力。另外，随着国际形势变化，科研工作环境变得越发复杂，国家对科技创新的重视程度也在不断提升，CAA等科技社团被赋予了更多的期望和使命，所肩负的科研任务的数量和复杂性呈指数上升。

从内部管理的角度看，科技社团在活动审核、分支机构评估和贡献评价等环节依然高度依赖人工专家的主观评判。这种模式受限于个人的有限理

性、潜在偏见以及时间精力等因素,在灵活性、效率性以及公平性方面已经无法满足快速变化的科研环境需求^[9]。此外,现有的科技社团通常采用中心化与层级化的管理方式,决策执行和信息反馈的环节较多,缺乏有效的记录和存证机制,难以实现全流程追溯,并且由于信息传递的层层过滤和解读,对决策的执行和结果也难以形成有效的监管。在这种结构下,规章制度、管理流程以及执行过程和结果都存在响应速度不快、可追溯性不足以及理解不一致等问题。

分布式自主组织与运营(decentralized autonomous organization and operation, DAO)作为一种构建在区块链之上,利用编码在智能合约中的治理规则自动维护组织日常运行的新型管理技术^[10-12],具有可信、可靠、可用、效益高的特点,有望解决CAA所面临的内外部挑战^[13]。当前,DAO在金融、科研、社交、企业管理等诸多领域进行了广泛应用^[14-16],如在DeSci领域,DAO作为分布式研究合作社区的组织形式,在科研知识网络构建、知识产权认证与追溯、跨地域学术合作交流与资源共享等方面均产生了积极作用。将DAO应用于CAA,可以将其从较传统的层级化结构转变为更扁平而自

主的高效结构,提升科技社团成员的参与度与贡献度,极大增强组织的透明性和公平性,并降低运营成本与风险。

为此,本研究聚焦于整合前沿的区块链技术、创新的DAO模式以及先进的人工智能技术,构建数字CAA,旨在赋能传统科技社团,助力其在数字化浪潮中实现跨越式发展与转型升级。本文的主要贡献为:提出了基于DAO的数字CAA建设理念,详细探讨了数字CAA的基本架构与运行逻辑,并以CAA管理中的分支机构管理为例探讨了数字CAA如何支撑CAA。

1 CAA及传统学会的发展现状

CAA于1957年开始筹备,并于1961年正式成立。自成立以来,CAA一直致力于推动我国自动化技术的发展和科研人才的培养^[17-18]。作为国内最早的科技团体之一,CAA采用层级式组织架构,其总体架构如图1所示,采用“分支机构-秘书长-理事长-党委-常务理事/理事工作会议”的5级例会制度,按照“集体领导、民主决策”的原则,形成位阶有序的议事规则。

CAA采用全国自动化会员代表大会统筹下的

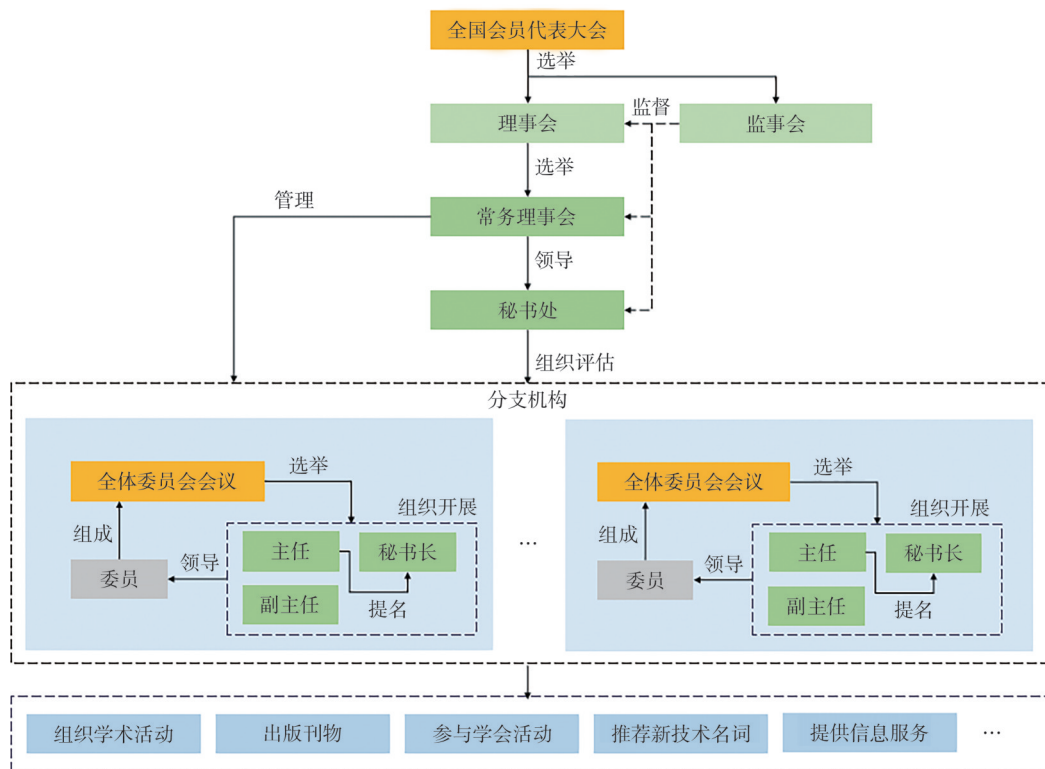


图1 CAA总体架构

各级分支机构共同治理模式。全国自动化会员代表大会主要对学会会费标准调整、学会章程变更、重要成员调整等重大议程进行决议，选举理事会与监事会成员。大会闭会期间，由监事会与理事会分别作为会员代表大会的监督机构与执行机构，对会员代表大会负责。在监事会成员的列席与监督下，由理事会对重大事项进行决议，并聘任学会的重要成员，选举常务理事会、理事长与副理事长。理事会闭会期间，由常务理事会负责确定设立、变更与终止学会的各个分支机构，并领导秘书处开展学会的日常工作。分支机构是CAA开展学术和科技活动的主体，包括专业委员会与工作委员会。在分支机构的组织结构上，设置主任、秘书长、副主任领导组织日常工作，3个职位均由全体委员会会议选举产生。主任和秘书长各设一位，秘书长由主任提名，全体委员选举。副主任人数为委员数的十分之一，由委员推荐和选举产生。在分支机构的运行上，各分支机构在自动化学会的统一管理下，以会员缴纳的会费、学术活动收入、捐赠和其他合法收入为经费来源，以组织学术活动、出版刊物、日常运营等为主要业务。在分支机构的管理上，各个分支机构不设独立法人，而是在常务理事会的批准下，分别由各自选举出的主任、副主任与秘书长共同管理，并由自动化学会依据分支机构的学术活动与工作开展状况，对分支机构的运行与管理情况进行评估。

国内其他社团的组织结构在细节上与CAA略有出入，但整体上类似。这种结构可以有效发展组织自身，提升国际影响力。根据《2022年全球科技社团发展指数报告》显示，我国有34个达到世界一流水平的学会，其中五星级以上的学会7个，CAA是其中之一^[19]。2023年，我国相关学会共组织参与国际会议近400个，与200余个国际民间科技组织保持紧密联系。

然而随着时代的发展，这种组织结构愈发难以适应快速变化的外部环境及内部管理需求。为此，本研究将基于区块链、智能合约及人工智能等技术构建数字CAA，以期助力其快速适应科研环境的变化^[20]。

2 总体设计

本文将设计与构建基于DAO的数字CAA，期望实现更加高效、协同且公平的学会组织与运营模

式。本节将重点介绍数字CAA的总体架构及其关键支撑技术。

2.1 总体架构

数字CAA采用基于DAO的扁平组织结构，其下每个分支机构的权利与义务均写入智能合约，同时根据预设规则自动筛选每个分支机构的管理委员会成员，以对分支机构与会员进行管理并行使法人代表的权利。数字CAA的总体架构如图2所示。

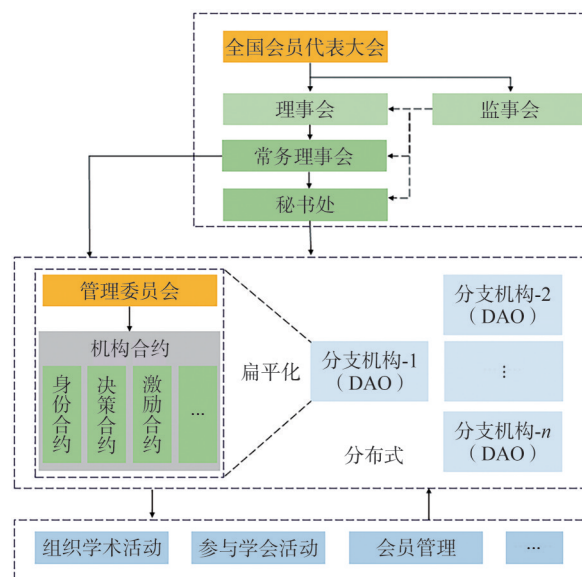


图2 数字CAA的总体架构

在数字CAA的分支机构中，管理委员会是分支机构通过基于合约的公平筛选而选出的特定人群，其主要职责包括对组织重要决策进行监督审核、沟通传达上级组织指示以及作为组织的法人代表作出重要决策。管理委员会除了拥有组织日常工作的治理权外，还拥有对组织决策的一票否决权。数字CAA中的分支机构采用分布式自主方式运转，这种组织方式虽然可以赋予组织个体更高的决策权，但在面对需要特定代表参与的活动或针对可能存在的违法责任等情况时，缺乏实际代理人。管理委员会的设立则弥补了这一缺陷，数字CAA通过赋予管理委员会一票否决权，允许其直接阻止组织中可能出现的违法、违纪或是偏离组织宗旨的行为，并通过赋予其组织法人身份的方式弥补实际代理人的欠缺。数字CAA利用智能合约编码管理委员会的具体行权规则，极大降低了个体权力垄断风险。在传统组织中，由于合作环境的不确定性和非理性以及信息获取的局限性，需要第三方管理者的介入以

降低合作的违约风险。然而,第三方管理者自身也存在代理人风险,因此需要一套对齐组织全局利益与成员个人利益的制衡机制。鉴于此,基于智能合约组织规则的透明化与执行的自动化特性设计数字CAA,使得两方甚至多方合作的达成仅需与合约交互,而无须先验信任,从而使组织成员在非层级化管理下有效合作。所以,在管理委员会之外,机构合约是维护组织正常运作的核心要素,其由身份合约、决策合约、激励合约等子合约共同构成,它们的主要作用是将组织运作中的主要流程与规则编码为在区块链上自动执行的代码。机构合约是在分布式自主环境下维持组织正常运作的重要基础。

在数字CAA中,每个成员的责任、义务以及权利都由机构合约精细划分,通过身份合约、决策合约和激励合约进行有效验证,并对预期行为予以激励。需要注意的是,数字CAA的成员不仅是自然人,还包含基于先进人工智能技术构建的机器人、数字人等,他们相互协作、相辅相成。具体而言,身份合约明确了组织成员的身份认证机制,包括成员加入、退出、晋升等,并与组织治理中的投票权、收益权等权益挂钩,以保证组织协同决策的一致性与公平性;决策合约将组织的关键决策流程(如提案、投票等)上链,明确决策规则,并设置包括管理委员会一票否决在内等特殊规则,平衡分布式民主与集约化监督之间的矛盾;激励合约将组织成员的权利和义务量化,并通过设计贡献与回报间的映射规则,使得组织激励机制条款透明化、执行自动化。

2.2 关键技术

数字CAA的有效运行离不开多种前沿技术的支持,主要包括区块链与智能合约、大模型与数字人等。

2.2.1 区块链与智能合约

区块链技术是数字CAA的基础设施,为数字CAA提供了一个分布式、极难篡改的数据存储和传输网络^[21-22]。基于区块链的分布式账本技术,数字CAA的关键数据和规则可以得到公开透明和安全可信的记录,有效降低了造假、篡改的风险。同时,区块链网络的开放性也为数字CAA的跨地域协作提供了便利。

智能合约是在区块链基础上运行的自动化脚本,可以将组织规则转化为自动执行的代码逻辑^[23]。数字CAA利用智能合约技术将组织架构、

治理机制、激励规则等关键要素进行程序化,从而最小化人为干预,提高组织运行的公平性和效率。如身份合约可以对成员的加入、晋升等进行自动认证和授权;决策合约可以规范提案、投票等流程;激励合约可以根据量化的贡献自动发放奖励等。

2.2.2 大模型与数字人

大模型是人工智能领域的前沿技术,可以从海量数据中自动学习、提取知识,并包含知识进行分析、预测、决策等智能应用^[24-26]。基于大模型的人工智能系统,如ChatGPT、PaLM、DeepSeek等,具有语言理解与生成能力,能够生成高质量的文本、对话、代码等内容。同时,Stable Diffusion、Midjourney等多模态生成模型能够生成语义相关的图像、语音、视频等多媒体内容。这为数字CAA的智能化运营提供了丰富的技术手段,在CAA治理、学术活动宣传等方面,具有重要作用。

数字人是一种基于大模型等基础智能技术构建的,兼具理性与计算感性的智能机器或程序,可用于托管复杂的技术规范、协调执行任务的机器人,实现与生物人之间的平行互动、闭环反馈^[24,27]。数字CAA要真正发挥作用,需要深入挖掘组织管理和成员需求中的典型场景,并有针对性地设计端到端的解决方案。如针对学术会议这一场景,从征稿、审稿、注册、会议召开到会后总结的全流程都可以嵌入数字人与真正智能的智能合约,实现智能化、自主化的管理。数字人技术可以协助托管技术规范,降低使用门槛,提供设计这一过程所需要的人工数据和数据驱动的洞察,从而引导其提供高质量的服务。

3 运行逻辑

数字CAA采用了扁平化与模块化的组织结构。在这种结构中,成员间地位平等,可根据其持有的身份凭证完成治理流程中的对应工作。数字CAA的治理主要通过提案推进,整体包含链上决策,链下执行以及链上、链下反馈3个阶段,并利用数字签名、电子印章等技术构建连接链上决策和链下执行两个阶段的决策文件。数字CAA的运行逻辑如图3所示。

3.1 链上决策

链上决策是对提案内容进行正式审批和决策,其流程包含预提案、正式提案、审批和投票、决策

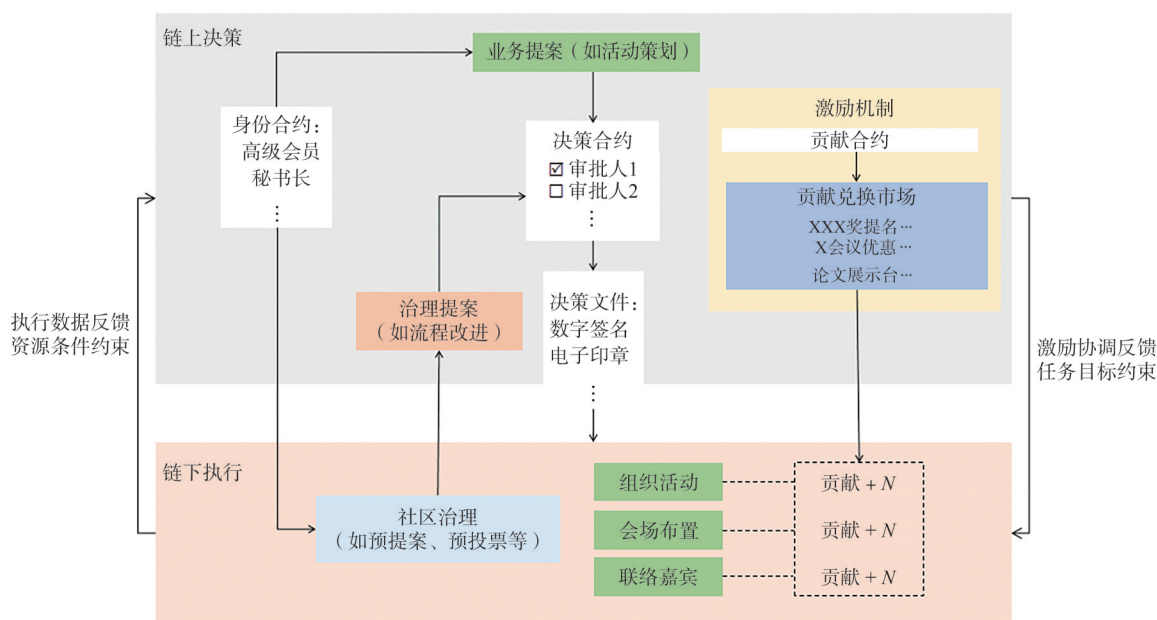


图3 数字CAA的运行逻辑

4个阶段。

预提案发生在链下社区或者实际CAA中，是链上决策流程的准备工作，其主要目的是广泛、全面地收集社区成员针对提案的民意反馈。任何成员都可以发起预提案启动治理。提案发起后，将依据共识机制进行一定时间的公示，以便成员针对提案开展充分讨论，并广泛收集组织成员的意见和建议。提案在经过成员讨论及相应修改后，将由持有特定身份凭证的成员授权其转入正式提案阶段，启动链上治理流程。

正式提案发生在提案的提交阶段。这一阶段的主要作用是对提案进行分类与合规性审查，确保提案内容符合CAA的组织章程和相关法律法规。不同的提案需要由持有不同身份凭证的成员发起，如秘书长可以发起组织发展战略、资金分配和人事任免等方面的提案，而常规会员可以发起活动策划、流程改进等方面的提案。

通过审核的提案将进入审批和投票阶段，不同提案的类型将采用不同的决策流程。对于需要由特定身份成员审批决策的提案，将由对应人员依照编码在智能合约中的流程逐层审批。对于需要由所有成员共同决策的提案，将由全体组织成员进行投票决策，投票权重将根据身份合约中规定的规则进行分配。对于重大决策，还需要经过管理委员会的审核，管理委员会成员可以行使一票否决权。

投票通过的提案将形成决策文件，包含对决策

任务的详细描述，并附带相应的数字签名或电子印章。如果是链上相关的事宜，其将被制作为智能合约，经审核和验证后，进入执行阶段；如果是链下相关事宜，则需要由专门人员推进链下执行。

3.2 链下执行

链下执行阶段的主体是经济和信誉激励下的社区工作人员，其正常推进既依赖组织的流程，又依赖激励机制。数字CAA利用规则和合约建立起标准的执行规范和协作机制，并在激励合约中构建经济和信誉双轨的激励形式，形成组织成员“贡献得到回报，违约受到惩罚”的正向循环。

经济激励是在明确的财务审批下对社区工作人员进行的劳动报酬、奖金或其他形式的物质奖励。信誉激励是对工作人员的口碑、声誉、影响力等无形价值的认可和提升。激励合约根据成员在提案执行过程中的投入，如工作量、创新性、协作度等，奖励其对应的贡献积分。贡献积分除用于记录成员贡献外，还可进一步用于兑换组织提供的服务，如参会优惠、奖项提名、论文展示等。在提案执行完毕后，进入激励结算阶段。这一阶段根据激励合约中约定的规则，结合组织成员的真实贡献分配激励。同时，执行过程中的相关行为和结果数据都会以交易的形式上传至链上，接受组织成员的监督。

3.3 链上、链下反馈

数字CAA通过链上、链下反馈，构建生成与执行决策的循环交互机制。链上决策为链下执行指

引方向,确保各项行动有章可循;而链下执行数据将实际执行的过程和结果信息及时反馈至链上,为链上决策提供数据依据。这种反馈机制构建了数字CAA的迭代循环。一方面,链上决策是所有参与者共识影响下的最终结果,反映社区成员的整体诉求,并通过决策文件来更新组织治理机制或实施具体工作;另一方面,链下执行在链上决策的指导下和激励机制的保证下,充分发挥成员的主观能动性。

4 应用场景

数字CAA的应用场景十分广泛,能够在多个层面、多个方位全面辅助实际CAA以及类似科技社团的组织、运行与管理。

4.1 学术会议的组织与管理

学术会议是CAA进行科技服务的重要渠道。传统的学术会议组织流程复杂,涉及征稿、审稿、注册、场地安排、现场服务等诸多环节,需要投入大量的人力、物力。

数字CAA可以通过智能合约的自动执行特质,全方位组织、动员流程所涉及的人员与物品,提供自动、高效、可靠的服务。

数字CAA在征稿阶段,基于区块链和智能合约构建投稿系统,以保证稿件的来源可靠;在审稿阶段,通过声誉及民主治理算法选择审稿人,并通过混合价值激励,从而保证评审的公正性;在注册阶段,基于智能合约的资格认证,辅助会务系统处理缴费和参会申请,从而简化流程;在会议召开和现场服务阶段,通过激励机制对会务团队进行管理,借此提高服务品质,从而在整体上提升会议组织和管理的效率。

4.2 科研项目的申请与资助

科研资助是以CAA为代表的科技社团的重要职能之一,但传统的资助模式往往效率低下,且难以避免地存在针对地域、文化乃至人种的偏见。数字CAA可以用于构建分布式的科研资助,以保证科研资助的公开、公平、公正和多样。

在项目评审阶段,数字CAA可以通过基于区块链的隐私计算方法,设计透明化、匿名化的同行评审流程,同时允许第三方匿名提交评审意见,以提升项目的评审质量。评审专家将会根据其所收集的评审意见,结合历史项目结果获得报酬与声誉奖励。在项目资助阶段,利用二次方融资等众筹式资金匹配算法,可以进一步提升科研资金分配的公平

性,并最大化社会效益。

4.3 技术标准的制定与发布

技术标准是科技创新的基础设施,但标准的制定和推广往往涉及对多方主体利益的协调。数字CAA可以利用DAO的自主治理协议,通过链上协作为工具有效组织参与主体共同撰写并修订标准文本,同时基于声誉机制动态调整贡献度权重;在标准立项阶段,可以由基于DAO的投票机制确定最终立项是否通过;标准实施推广阶段,可通过经济与信誉混合的价值激励机制,促进标准的广泛采纳并鼓励衍生技术的持续开发,不断优化迭代形成技术标准的闭环反馈。

5 示范用例

数字CAA是应用于科技社团管理的新型技术与管理模式,能够在安全可信的前提下高效自动地运行,并为实际CAA提供可信支撑。CAA的分支机构作为CAA的活动主体,其主要职责包括职位选举、学术活动、科普出版及其他支撑活动。数字CAA将这4类活动构建为一系列智能合约,并封装成链上运行的去中心化应用程序(decentralized application, DApp),其运行逻辑如图4所示。本节将以分支机构的日常管理为案例,展示数字CAA的管理与运行流程。

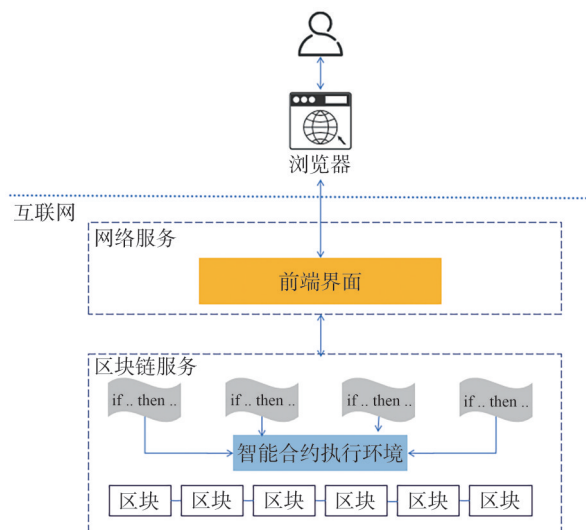


图4 DApp的运行逻辑

5.1 流程构建

数字CAA中分支机构实际上由多个互相关联的DApp所支撑,每个DApp由现行的CAA规章制度

度进行代码化来形成。然而，由于自然语言表述具有较强的二义性与模糊性，直接将其转化为智能合约将面临诸多挑战，并且由于智能合约的规则性与静态性，其在运行过程中缺乏对意外情况或合约覆盖范围之外等复杂情况的应对能力。因此，数字CAA的规章难以简单、直接地映射为DApp代码。

在构建数字CAA的运行流程时，需采取循序渐进的策略。首先，以经过确认的最简规则为基础，构建数字CAA初始运行的最小化机制，涵盖规则的添加、修改和删除等必要操作；其次，在最小化机制的基础上，逐步完善其他规则，拓展数字CAA的覆盖范围，并在必要时引入人工流程；最后，在上述机制的基础上，引入基于基础智能的操作辅助机制，降低合约的使用门槛，帮助会员可靠、高效地查阅与使用数字CAA合约，最终实现甚至超越现有规章体系的功能。

5.2 身份管理

身份管理是分支机构日常运作中明确每个成员的权限与职责的重要机制，但传统的身份管理依赖中心化系统，缺乏灵活性，难以适应日益动态和多变的科研环境。数字CAA的身份管理主要通过身份合约来实现，具有去中心化、安全化和智能化等特点。从功能或流程的角度来看，数字CAA的身份管理主要涉及成员的加入、离开、身份验证和权限管理等多个方面。当新成员加入时，需要首先在DApp中提交签名身份信息，系统初步验证后按照规章约定，由相关的管理人员审核并签名确认。审核通过后，将身份信息写入区块链中，并自动分配成员的ID及相关权限。成员离开时，同样会启动相应的流程，并按照规章的约定发起决议。决议通过后，成员的信息将不再与组织相关联，并将此操作写入区块链。在此过程中，成员的所有身份信息变动都将通过相关管理人员签名，并永久记录在区块链上。

数字CAA的身份管理系统还将附带成员的声誉管理机制，可实现高效、可信的任务分配与执行范式。其根据成员的过往经历，基于任务的相似度、任务执行的后续评价以及任务的时间间隔等因素，为不同成员动态分配随时间递减的决策权重，以确保决议过程的公平性与高效性。声誉管理机制将配合管理委员会的一票否决机制，进一步提升群体决策的可靠性。

此外，数字CAA的身份管理系统还对该成员

在组织日常活动中能够参与决策的内容以及决策的影响力进行了编码。不同身份所对应的权利体现在决策合约中。如在人事任命的流程中，分支机构全体委员可以进行无记名投票选举产生负责人。需要特别指出的是，管理委员会成员在分支机构中承担着特殊职责，不仅要在重要场合代表组织参加活动，实际上还行使着相应的代理职责。因此，管理委员会成员被赋予一票否决权是作为其特殊代理身份的相应补充。

5.3 决策机制

决策机制涉及分支机构的战略制定、资源配置、任务执行、自我革新等日常运作的多个方面，但传统的决策机制依赖层级化的审批流程，难以反映分支机构的真实需求与成员共识，从而影响后续执行。数字CAA将决策流程构建为链上共同决策和链下执行的模式进行。链上决策依赖提案和投票流程，这些流程遵循数字CAA的规章制度，最终形成一个链上可查询的决策文档，用于指导链下的具体活动。决策文档形成后，成员则必须在完成具体任务后将执行结果记录在链上。链上的激励合约将根据这些记录为成员发放相应的激励。

数字CAA的决策活动一般从提案开始。如一个关于科普活动的提案可能会详细说明活动的主题、时间、地点、预算和人员安排等内容。该提案经过数字CAA的决策流程审核，包括相关责任人的审核、投票和签名，形成最终的决策文档。决策文档生成后，具体任务将分配给执行人员。在科普活动中，这可能包括现场布置、签到等任务。任务的分配可以通过自愿认领或管理员指派的方式进行，分配结果将被记录在链上，形成一份可追溯的任务清单。成员完成任务后，需要将执行结果提交到链上，包括任务完成情况、过程记录和成果文件等。这些信息将接受其他成员的审核和评价，并作为激励发放的依据。

数字CAA除了提供常规的劳动报酬外，还可设立贡献积分系统。这些贡献积分虽然不能兑换成法定货币，但可以用来兑换数字CAA内部的资源及服务，如会议折扣、学术资源、奖励证书等。

6 主要挑战

数字CAA作为一种依托区块链技术的新型组织形式，尽管为实际CAA及类似科技社团提供了重要支持，但同时也面临着实施、治理、法律等多

方面的挑战。

6.1 基础设施挑战

数字CAA的构建依赖于区块链、智能合约和物联网等底层技术,不仅需要满足信息与财产安全、隐私保护等要求,还需应对不同规模的社区活动需求。这对区块链基础设施的灵活性和效率性提出了更高要求。然而,当前主流区块链平台的性能和可扩展性仍存在明显限制。如现有公有链每秒交易吞吐量较低,难以支持大规模、多功能的DAO应用;而联盟链尽管性能较高,却因分布式程度不足、交易成本高昂和扩展性有限等问题受到限制。

此外,智能合约的智能化水平仍待提升。由于链上执行的计算资源有限,复杂的人工智能算法难以直接在区块链上运行,而数字CAA的流程构建又高度依赖人工智能技术的支持。尽管已有研究探索将智能算法引入区块链,并利用零知识证明技术结合链下计算与链上验证,但技术的成熟度和功能可用性尚未满足实际需求。因此,构建高效的基础设施是数字CAA面临的首要挑战。

6.2 治理挑战

数字CAA的核心优势在于其具有公平和自主的治理机制,通过将组织协作的运行规则智能化,可以显著提升组织运行效率,同时缓解传统层级管理模式下的代理问题。然而,算法治理的精确性与人类治理的不确定性之间存在天然矛盾,使治理机制的设计与验证过程既复杂又敏感。如果治理机制设计不当,可能导致运行低效、权力集中甚至组织分裂等不良后果。因此,如何设计合理、高效的治理机制是数字CAA需要应对的重要挑战。

6.3 法律挑战

数字CAA的发展还受到法律框架的制约。在实践中,DAO介于松散社群与正式组织之间,其法律地位尚未明确,权利与义务的界定存在模糊性。要将DAO作为法律主体开展活动,需探索新的法人制度,清晰界定成员与组织之间的法律关系,同时需要在法理层面验证智能合约能否与法律合同等价,确保其在现实中具有法律效力。此外,DAO的运作涉及税收、知识产权、隐私保护等多项法律议题,如明确DAO及其成员的法律主体义务,确权并规范使用DAO内部产生的知识产权,以及防范DAO代币用于非法活动等问题。因此,在现有法律框架内合规设计与运行DAO和智能合约,成为数字CAA面临的又一重要挑战。

7 结束语

DAO作为一种构建在区块链之上,依靠智能合约自主运作的新型组织与管理技术,与科技社团具有天然的契合性。同时,DAO在多个领域的实践成果表明,其具备解决科技社团面临的多重挑战的潜力。鉴于此,本文以CAA为例分析了科技社团面临的内外部挑战,并据此提出基于DAO的数字CAA建设方法。首先,本文提出了数字CAA的总体架构,分析了关键支撑技术,介绍了运行逻辑与应用场景;然后,以学会分支机构管理为例,给出了数字CAA的示范用例,以说明其如何构建流程、管理身份与产生决策;最后,本文进一步探讨了数字CAA实际应用所面临的挑战。

未来,笔者将在本文提出的数字CAA架构与逻辑之上继续推动关键基础与应用技术的创新与突破。一方面,通用人工智能技术的进一步发展促使人格克隆的数字分身与数字人出现和应用,而通过知名专家与新锐学者对数字分身使用的授权,将极大提高学术活动的质量与多样性,进而提高学会的对外影响力;另一方面,随着区块链与人工智能结合推动的区块链智能技术在数据传输、处理和分析上的智能性提升^[28],数字CAA在运营与治理上将无缝结合链上的可信智能数据与链下的可靠物理设备,通过平行智能支撑的“决策剧场”等决策辅助技术不断提高科技社团的发展潜力,使科技社团得以引领规模更大、创新程度更高的学术与科技的发展。

致谢:2020年,在澳门科学技术发展基金项目“数据与知识混合平行驱动的智能区块链理论、技术与应用验证”的支持下,笔者对全球1885个基于区块链的DAO组织进行了深入分析,发现DAO的权益分散特性与科技社团运行及科学研究协作的机制高度契合,由此开启了基于DAO的科技社团数字化创新研究序幕。此后,该想法得到了中国自动化学会以及学会下属的区块链专业委员会、联邦数据与联邦智能专业委员会、计算社会与社会智能专业委员会、平行控制与管理专业委员会、系统复杂性专业委员会等的大力支持。相关研究在中国自动化学会专委会组织的多个公开会议以及内部讨论中得到进一步完善,形成了本文的核心观点与主要内容,后经所有作者共同修改后成文。在此,对所有支持和参与讨论的组织与个人,表达深切的感谢。

参考文献：

- [1] 叩颖. 中国自动化学会：打造一流学会助力科技创新[J]. 学会, 2023(8): 24-27.
KOU Y. Chinese Association of Automation: building a first-class society to help scientific and technological innovation[J]. Society, 2023(8): 24-27.
- [2] JUMPER J, EVANS R, PRITZEL A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold[J]. Nature, 2021, 596(7873): 583-589.
- [3] THIRUNAVUKARASU A J, TING D S J, ELANGO VAN K, et al. Large language models in medicine[J]. Nature Medicine, 2023, 29(8): 1930-1940.
- [4] 王飞跃, 王雨桐. 数字科学家与平行科学: AI4S 和 S4AI 的本源与目标[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(1): 27-33.
WANG F Y, WANG Y T. Digital scientists and parallel sciences: the origin and goal of AI for science and science for AI[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(1): 27-33.
- [5] LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G. Deep learning[J]. Nature, 2015, 521(7553): 436-444.
- [6] VASWANI A, SHAZEER N, PARMAR N, et al. Attention is all you need[C]//Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems. New York: ACM, 2017: 6000-6010.
- [7] 王飞跃, 缪青海. 人工智能驱动的科学新范式：从 AI4S 到智能科学[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(4): 536-540.
WANG F Y, MIAO Q H. Novel paradigm for AI-driven scientific research: from AI4S to intelligent science[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(4): 536-540.
- [8] GINSBURG P. ArXiv at 20[J]. Nature, 2011, 476(7359): 145-147.
- [9] 高华. 我国科技社团发展中存在问题、成因及对策研究[D]. 济南：山东大学, 2007.
GAO H. Research on phenomenon, cause and solution in development of Chinese scientific and technical community[D]. Jinan: Shandong University, 2007.
- [10] HASSAN S, DE FILIPPI P. Decentralized autonomous organization[J]. Internet Policy Review, 2021, 10(2): 1-10.
- [11] QIN R, DING W W, LI J J, et al. Web3-based decentralized autonomous organizations and operations: architectures, models, and mechanisms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2023, 53(4): 2073-2082.
- [12] 丁文文, 王帅, 李娟娟, 等. 去中心化自治组织：发展现状、分析框架与未来趋势[J]. 智能科学与技术学报, 2019, 1(2): 202-213.
DING W W, WANG S, LI J J, et al. Decentralized autonomous organizations: the state of the art, analysis framework and future trends[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2019, 1(2): 202-213.
- [13] LIANG X L, LI J J, QIN R, et al. TAO-based data governance in intelligent transportation systems[C]//Proceedings of the 2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). Piscataway: IEEE Press, 2023: 5306-5311.
- [14] LI J J, YUAN Y, WANG F Y. A novel GSP auction mechanism for ranking Bitcoin transactions in blockchain mining[J]. Decision Support Systems, 2019, 124: 113094.
- [15] 王飞跃, 缪青海, 张军平, 等. 探讨 AI for Science 的影响与意义：现状与展望[J]. 智能科学与技术学报, 2023, 5(1): 1-6.
WANG F Y, MIAO Q H, ZHANG J P, et al. The DAOs to AI for science by DeSci: the state of the art and perspective[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2023, 5(1): 1-6.
- [16] CAO L B. Decentralized AI: edge intelligence and smart blockchain, metaverse, Web3, and DeSci[J]. IEEE Intelligent Systems, 2022, 37(3): 6-19.
- [17] 宋振东, 董贵成. 钱学森组建学术组织进行科学技术创新与普及[J]. 学会, 2013(7): 52-64.
SONG Z D, DONG G C. Qian Xuesen organized academic organizations to innovate and popularize science and technology[J]. Society, 2013(7): 52-64.
- [18] 汤炜. 中国自动化学会学术会议[J]. 科学通报, 1962, 7(3): 44-45.
TANG W. Academic conference of Chinese Association of Automation[J]. Chinese Science Bulletin, 1962, 7(3): 44-45.
- [19] 俞慧友. 中国社团“星级”发展潜力巨大[N]. 科技日报, 2022-06-27(2).
YU H Y. Chinese associations have tremendous potential for “star-level” development[N]. Science and Technology Daily, 2022-06-27(2).
- [20] 孟凡蓉, 马天喜, 袁梦, 等. 世界一流科技社团发展现状国际比较——基于实践动态的视角[J]. 科技导报, 2021, 39(10): 80-89.
MENG F R, MA T X, YUAN M, et al. International comparison on the development status of world class S & T societies: based on the dynamic perspective of practice[J]. Science & Technology Review, 2021, 39(10): 80-89.
- [21] ZHENG Z, XIE S, DAI H N, et al. Blockchain challenges and opportunities: a survey[J]. International Journal of Web and Grid Services, 2018, 14(4): 352-375.
- [22] IANSITI M, LAKHANI K R. The truth about blockchain[J]. Harvard Business Review, 2017, 95(1): 118-127.
- [23] SKLAROFF J. Smart contracts and the cost of inflexibility[J]. University of Pennsylvania Law Review, 2017, 166(1): 263-303.
- [24] PARK J S, O'BRIEN J, CAI C J, et al. Generative agents: interactive simulacra of human behavior[C]//Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. New York: ACM, 2023: 1-22.
- [25] 余跃, 刘欣, 蒋芳清, 等. 支持鹏程系列开源大模型应用生态演化的可持续学习能力探索[J]. 智能科学与技术学报, 2022, 4(1): 97-108.
YU Y, LIU X, JIANG F Q, et al. Exploration of the continual learning ability that supports the application ecological evolution of the large-scale pretraining Peng Cheng series open source models[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2022, 4(1): 97-108.
- [26] WANG F Y. Parallel intelligence in metaverses: welcome to Hanoi! [J]. IEEE Intelligent Systems, 2022, 37(1): 16-20.
- [27] XI Z H, CHEN W X, GUO X, et al. The rise and potential of large language model based agents: a survey[EB]. arXiv preprint, 2023, arXiv: 2309.07864.
- [28] LI J J, QIN R, GUAN S T, et al. Blockchain intelligence: intelligent blockchains for Web 3.0 and beyond[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2024, 54(11): 6633-6642.

[作者简介]



张楠 (1981-), 女, 博士, 中国自动化学会秘书长, 主要研究方向为社会计算和智能系统。



梁小龙 (1987-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统国家重点实验室助理研究员, 主要研究方向为智能区块链、智能交通与DAO。



吕琳媛 (1984-), 女, 博士, 中国科学技术大学网络空间安全学院教授, 中国自动化学会计算社会与社会智能专业委员会主任, 主要研究方向为统计物理、复杂网络和网络信息挖掘。



管桑田 (1997-), 男, 澳门科技大学创新工程学院博士生, 主要研究方向为区块链、加密经济。



魏庆来 (1979-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所研究员、博士生导师, 中国自动化学会平行控制与管理专业委员会主任, 主要研究方向为智能系统、平行控制、知识自动化、平行智能等。



李娟娟 (1986-), 女, 博士, 中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统国家重点实验室副研究员, 主要研究方向为区块链、DAO与决策智能。



王兆魁 (1978-), 男, 博士, 清华大学航天航空学院教授、博士生导师, 中国自动化学会系统复杂性专业委员会主任, 主要研究方向为航天动力学与控制、微小卫星系统设计及航空航天智能控制。



秦蕊 (1983-), 女, 博士, 中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统国家重点实验室副研究员, 天津大学复杂管理系统实验室特聘研究员, 中国自动化学会区块链专委会主任, 主要研究方向为区块链、DAO与平行管理。



王成红 (1955-), 男, 博士, 中国自动化学会副理事长, 曾任国家自然科学基金委员会信息科学三处处长, 主要研究方向为控制理论、系统可靠性理论。



王寿文 (1986-), 男, 澳门科技大学创新工程学院博士生, 主要研究方向为复杂系统与平行智能、区块链智能、智能合约及基于DAO的管理与治理。



郑南宁 (1952-), 男, 博士, 中国工程院院士, 西安交通大学人工智能与机器人研究所所长、教授, 中国自动化学会理事长, 主要研究方向为计算机视觉与模式识别、认知计算、人工智能系统及其先进计算架构。



王坛 (1982-), 女, 博士, 中国自动化学会副秘书长, 主要研究方向为社会计算和智能系统。



王飞跃 (1961-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任, 中国自动化学会监事长, 主要研究方向为平行系统的方法与应用、社会计算、平行智能、知识自动化。



齐红威 (1975-), 男, 博士, 数据堂(北京)科技股份有限公司创始人兼CEO、正高级工程师, 中国自动化学会联邦数据与联邦智能专业委员会主任, 主要研究方向为人工智能数据采集、处理以及联邦数据。