

区块链技术原理与财政应用前景

曾雪云^{1,2}(教授)

【摘要】 区块链作为以共识机制为基础的分布式账本技术,具有不可篡改、去中心化、非对称性加密等特性,对优化和完善财政管理具有深远影响。但是,我国财政管理在引入区块链等新技术方面的进展还比较缓慢。为此,从技术原理角度对区块链进行分析阐述,并基于区块链提出优化财政管理制度的方案。该方案的主要内容包括:利用可追溯特性追踪财政资金的使用情况;利用智能合约优化财政征管机制;利用共识机制完善财政预算编制及绩效评价;利用分布式账本建立财政收支的信息可公开机制等。

【关键词】 区块链; 财政管理; 分布式账本技术; 共识机制; 智能合约

【中图分类号】 F812.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-0994(2019)07-0160-6

一、引言

中本聪(Satoshi Nakamoto)在2008年发表其奠基性论文即《比特币:一种点对点的电子现金系统》中提出区块链的概念,引起了各国政府的高度重视,预期未来将对财政管理产生重大影响。国家财政作为维持国家主体存在和实现社会管理职能的制度工具,在本质上是各级政府组织凭借其政治权力参与国民收入分配的一项全局性管理活动。虽然我国已形成了规范有序的财政管理体系,但在预算管理、税收征管、支出管理等方面还有较大改善的可能。

作为去中心化的交易和数据管理技术,区块链技术可以在没有任何第三方参与交易的情况下确保安全性、匿名性、数据的完整性和账簿的不可篡改性,这为完善财政管理活动提供了理想的技术途径。但是,现有区块链相关文献大多侧重于物联网以及金融应用研究^[1],缺乏研究区块链财政应用的文献。去中心化技术本质上是一种以共识机制为基础的分布式账本技术,理应可用于国家财政收支这个大账本中,从而提高财政支出和税收征管提供的便利性和有效性并节约成本。因此,本文拟从理论层面讨论区块链在国家财政管理方面的应用前景,以期为后续研究提供初步框架。

二、区块链的技术原理

2016年10月我国工信部信息中心发布《中国区块链技术与应用发展白皮书(2016)》^[2],将区块链的基础技术规则解释为:利用分布式节点共识算法来生成和更新数据、利用密码学的方式来保证数据传输和访问的安全、利用由自动化脚本代码组成的智能合约来编程和操作数据的一种全新的分布式基础架构与计算范式。其应用基础在国内外文献中已有所讨论,但主要是概念层面的性能分析,下面将对性能中的技术原理进行分析。

(一)分布式账本

分布式账本技术(Distributed Ledger Technology,简称DLT)作为去中心化自治交易的底层技术,使得对某一节点或机构的信任转化为对计算机协议的信任,这加快了去信任化(Trust-free)对等网络的发展^[3]。欧洲央行于2016年7月发布的《Distributed Ledger Technologies in Securities Post-trading》^[4]中给出了对分布式账本技术的描述:允许客户在共享数据库或账本中储存和访问与给定的一组财产及其持有者有关的信息,而不依赖信任化的中心验证系统。由于分布式账本技术不需要引入第三方机构来实现交易过程,因此从技术层面上消除了传统中介

机构存在的必要性。

区块链是分布式账本技术的一个子集,其工作机制符合分布式账本技术的共性,而分布式账本的数据结构会形成区块链的构架基础。因此,区块链是一种单链数据结构。在区块链上,除去创世区块(Genesis block),其他每一区块都包含块头和块身。区块头含有对前一区块的哈希值(Hash Function, 又称散列函数,是一种从任何一种数据中创建“指纹”的方法)作为身份证明(Identification),从而实现对前一区块的链接。区块中的交易记录以默克尔树(Merkle Tree, 储存哈希值)的结构进行排列^[5],而前后区块则按照时间顺序进行排列,否则前一区块的哈希值就是未知的,这一技术设置在很大程度上解决了重复支付的问题^[6],并能通过对连续区块的ID追踪实现对区块链上的交易按时间回溯的功能。

与传统的交易类账本记录相比,分布式交易类账本具有匿名性、透明性、不可篡改性等特性,使其在广泛领域具有应用价值。而在交易者身份被匿名的同时,分布式账本也实现了交易过程以及交易资金去向的透明性和可追溯性。这是因为区块链的(公有链)总账是公开的,每一笔交易的时间和金额信息都在所有节点中有记录,区块链中的任意节点都可以平等而任意地访问总账。这一特征表现出了区块链技术在资金流向追溯方面的创新性,因此其在财政公开等众多领域具有应用潜力。此外,区块的构成决定了分布式账本中交易记录的不可篡改性。区块的ID均是由该区块中的交易经过两次哈希算法而形成的哈希值,也就是说任何一个交易的变化都将影响哈希值从而导致本区块ID的变动,发生改变的区块ID则无法得到区块链的公认,从而在技术层面消除了篡改和删除交易数据的可能^[7]。

(二)共识机制

共识机制(Consensus Mechanism)是指一种特设的全网节点协商一致的契约运行机制,可以使得区块链中的节点对于应该追加哪些块以及允许哪些节点追加他们所建议追加的块协商一致。目前,区块链可支持多种共识机制,包括PoW(Proof of Work)共识机制、PoS(Proof of Stake)共识机制、DPoS(Delegated Proof of Stake)共识机制等。

共识机制的创建解决了追加区块的记账权限问题。例如,PoW通过计算SHA256数学问题来确定追加区块的权限,PoS中以持币时间代替了PoW中的

工作量,DPoS则是在PoS的基础上选出代表节点进行授权问题的决策。同时,共识机制还保证了整个区块链的安全性与真实性。例如:PoW通过节点强大的计算能力提高了攻击成本;PoS和DPoS则通过持币时间长度降低了攻击的可能性,保证了区块链内部的正常运作。因此,共识机制的存在使得每一个新区块都变得真实可靠^[8]。

(三)非对称性加密算法

相对于只有单一密钥的对称加密技术,区块链的非对称性加密技术中含有一组密钥,即公钥与私钥。公钥是可公开获取的,而私钥为交易者私有,一组密钥可以对彼此解密,在对明文的加密和解密过程中共同发挥作用,从而保证非对称性加密算法在密码学上的安全性。非对称加密算法最基本的应用为信息加密,其工作原理可大体解释为用特定信息接收者的公钥将信息加密为密文,将其发送至信息接收者后,对方使用私钥对密文进行解密。非对称性加密算法在区块链场景中的应用还包括数字签名和登录认证^[9]。数字签名是指用户用自己的私钥对信息加密,信息接收者在收到密文后用发送者的公钥进行解密,从而确定信息发送者的身份,完成签名的目的。登录认证与数字签名类似,由服务器用户的公钥对登录信息解密并进行认证。这些技术在财政应用中都必不可少。

与对称加密算法相比,非对称加密算法表现出了两个优势:其一,每个用户都有一组成对的密钥,且公钥是可普遍获得的,因此发送者和接收者不必在进行信息传递之前对密钥进行事先约定和统一标识,这简化了信息传递步骤。其二,公钥和私钥虽然是成对存在的,但不能通过公钥推出私钥,信息内容仅能由密钥的私钥持有者获得,相对于对称加密算法一方密钥泄露就会导致信息被破解的特点,非对称加密技术的信息安全性能得到更好的保证。此外,非对称加密算法还能够实现数字签名。这些特性共同扩充了加密技术的功能和应用范围。

(四)智能合约

智能合约(Smart Contract)是指一种以信息化方式传播、验证或执行合约的计算机协议^[10]。智能合约由区块链内的多个节点共同参与制定,同时明确了双方的权利和义务,合约代码中包含会触发合约自动执行的条件。当合约上传到区块链网络上时,首先需要由验证节点加以验证,验证完成并安装到区块链系统之后,合约就会被发现和启动。在区块链

系统运行的过程中,智能合约与自动运行的计算机程序相似,满足条件后即可自动执行。

智能合约最早由Nick Szabo于1995年提出,但传统的智能合约概念被提出后在很长一段时间内都无法实现。与区块链分布式账本技术的结合,使得区块链原有的功能变得更为丰富,也使得智能合约在交易与管理领域变得具有可行性。一方面,智能合约使得针对区块链的攻击变得更加困难,进一步增加了攻击成本;另一方面,智能合约拓宽了区块链的应用领域,可以将管理制度、计算方法等人类为管理而创设的各种规则体系设定为计算机信息系统的执行条件,让计算机程序去自动运行、计算、传输、预警、监控、分析、交易等,以智能合约为契约基础,使得区块链拥有了更好的财政应用前景。

三、区块链在财政管理方面的应用前景

2017年10月,十九大报告强调要建立全面规范透明、标准科学、约束有力的财政预算制度,全面实施绩效管理。基于此,通过制度创新、管理创新和技术创新来切实提高财政管理水平,建立健全财政预算制度、优化财政支出结构以及全面审计监督财政收支情况都将助力于财政管理体制的改革。而区块链技术的去中心化交易和数据管理的系统解决方案,可以在没有第三方中介的情况下确保安全性、匿名性和数据的完整性以及交易的可追溯性、不可篡改性、数据透明性和智能合约机制,为实现管理职能优化提供了契机。

(一)利用可追溯特性追踪财政资金的使用情况

区块链是由一系列按时间顺序线性连接的数据区块形成的不可逆数据结构,其使用时间戳技术为数据区块添加了时间维度,是一项重要的数据防伪技术和管理创新。同时,每个区块都使用哈希算法加密,并在生成后永久记录,而不能被系统中的少数节点篡改和删除。Wang、Kogan^[11]提出利用GPS(全球定位系统)和RFID(射频识别)等跟踪技术,可以将真实世界的资产映射到区块链网络上,并且由彩币(Colored Coin)或代币(Token)进行标识,因而采用区块链技术使得交易数据以及实体资产的真实去向具有可追溯性,这就真正保证了交易的真实可靠性。目前,已经有学者开始研究区块链技术可追溯交易信息的特性在不同领域的应用。例如:Li、Wang^[12]将区块链引入农产品的可追溯系统中;Lu、Xu^[13]基于区块链技术设计了Originchain,以建立一个涵盖

与公司有长期关系的政府认证实验室、大型供应商和零售商等值得信赖的可追溯交易平台;Islam等^[14]提出了使用区块链技术和物理不可克隆函数(PUF)建立集成电路(IC)可追溯系统的新方法。

在财政资金支出领域采用区块链技术,交易数据及实体资产的双重可追溯特性使得其能够对财政资金的来源及使用情况进行追根溯源。每当一笔财政收支发生时,不同资金账户的存量就会产生变化并反映在区块链内所有的节点中,形成一笔交易记录。每笔交易记录严格按照时间序列排布并且加盖时间戳,因此对交易进行适时记录、追根溯源、跟踪到户都是可能的。并且这不仅仅是在数据层面和权益层面的动态跟踪,而且同时结合IoT(物联网)技术、GPS定位技术和RFID识别技术,还可以实现对实体资产、自然资产、生命资产、生态环境的动态管理和实时分析,这将有助于建立一个功能强大的全国性或者区域性财政支出与资产管理网。因此在财政支出分配中,区块链技术对资金去向的可追踪性将具有多方面的重大现实意义。

以财政扶贫为例,中央政府在转移支付的过程中,资金所经过的任何环节都有可能出现截留挪用等违规行为。同时,扶贫目标地区由于地处偏远山区或者经济欠发达的落后地区,缺乏监管工具和法律意识淡薄等,导致终端环节的贪腐、侵占、挪用现象日渐深重,从而难以对其进行有效遏制、审查,进而难以对责任人进行惩处。这其中既有管理体制缺陷的原因,更有管理工具匮乏的原因。将来借助区块链技术的可溯源特性时,在扶贫财政资金从中央下拨之初就进行数字标识,被标记的财政资金在区块链系统中很容易追踪去向,究竟是用于农户支出,还是用于地方政府的公共支出,或是用于私人消费、非法活动,政府监管部门和财政审计部门均能够清楚地观测到每一笔财政资金的流向及其使用效果,这样才能进行有效的管理。

(二)利用智能合约优化财政征管机制

智能合约是一组具有自主验证、自主执行以及防止篡改功能的计算机程序。在程序设计时,将合约执行的规则编码写入区块链中,当写入的规则被触发时,利用自动化脚本代码,能够直接由计算机读取并执行合约。因此就管理而言,智能合约是基于特定条款和条件的价值流,可以编码反映网络中的现实合同协议,这取代了受信任的第三方管理,在自动代码的执行下进行交易,并且通常无需中介费用^[15]。

所以,在财政征管中引入智能合约,将来可以显著降低政府的管理成本,从而减轻政府的冗员和机构庞杂问题。

在有效性和可靠性方面,智能合约是可追踪和不可逆转的,因此还可以极大地提高财政征管的效率、准确性,减少执行风险,并且可以实时更新监管数据。以上优势已经使智能合约在众多领域显现出其可用性,包括但不限于供应链管理、医疗保健、数字版权、金融与保险等领域^[16]。例如,在保险行业,现行的保险索赔制度需要很长的处理时间和复杂的审批流程,在处理过程中不同的利益相关者之间会产生利益纠纷。而利用智能合约设计点对点的保险、按次付费的保险^[17],可以在保险事故发生时直接触发索赔程序和上传事件过程,从而避免纠纷、预防欺诈,并且可以精准化风险评估。

在优化财政征管方面,智能合约也具有广阔的应用前景。

首先,在财政收入的征管方面,智能合约可用于建立税费自动扣缴管理机制,从而从源头上遏制偷逃税等违法行为。例如,欧文斯等^[18]提出利用智能合约和分拆支付实现工薪税的自动扣缴;张之乐^[19]提出通过智能合约机制自动判定纳税义务、自动产生增值税电子发票和全过程自动监管。社会各界对于不同行业、不同企业的差异化征税需求不断提高,这在现存制度下不易实现,但将智能合约用于应缴纳税款的征收管理,可以将不同行业与企业的适用纳税规则直接写入区块链数据链条,当交易满足纳税规则时就自动扣缴应缴税款。这个过程能够实现电子发票生成、纳税收入确认、税额计算、税费抵扣、税收征缴的全过程自动化。

其次,在财政支出的管理方面,智能合约可支持政府主管部门使用区块链技术设定每笔财政资金的具体使用情境,通过计算机程序设定,要求仅在交易符合预先设定的条件时才自动执行财政支付交易。

最后,在政府拨款方面,智能合约的嵌入可以使现行的事前拨款制度转向事中实时支取制度和实时报销机制。以政府补助为例,只有在智能合约验证了业务的真实性和合法性后,财政资金才会通过数字货币交易拨付到受捐单位账户并实时达成交易。这一方面可以使得政府的财政资金精准投放和财政资金支出管理更为有效,进而优化财政支出结构;另一方面,可以将大量行政事务交付给智能合约,进而提高政府工作效率和公众信服力。

(三)利用共识机制完善财政预算编制以及绩效评价

区块链技术的共识机制是指在没有中心组织的情况下,全网节点如何对某个交易的有效性协商一致。该特性使得交易数据被所有节点确认之后,分布式账本就无法被修改或者删除,从而确保了区块链中数据的真实性、完整性以及不可篡改性。共识机制的特性使得其能够应用于身份认证系统、改进业务流程、能源交易等众多领域。例如,物联网平台下的数据安全性问题会降低其使用绩效,因此杨惠杰等^[20]提出将传感器、路由器以及可信中心建成一个身份认证系统框架,先由传感器对数据进行简单加密和传输,然后把数据作为交易块发送给路由器,路由器使用验证机制对数据进行验证并将该数据发送给可信中心,最后由可信中心根据共识机制记入区块链账本。该过程保证了数据的实时传输和有效性,可以实现多重的操作和灵活的查询。这实际上就是在有业务关系的相关企业或者企业与个体之间构建一个联盟链(Consortium Blockchain)。联盟链是利用共识机制形成超级账本(Hyperledger)的区块链技术,是仅有交易记录而无交易的区块链账本技术,可用于优化预算管理和绩效评价等财政管理职能。

当前的财政预算是由财政部门参考上年预算的执行情况再结合当年的实际需求进行测算和编制的。但是,目前在预算资金使用上存在信息碎片化问题,影响了财政资金的绩效,为此需要加快财政管理信息系统的建设,避免信息“碎片化”和“信息孤岛”,并为年度预算编制、中期财政规划管理、财政运行管理提供良好的硬件和软件支撑,夯实财政管理基础。针对这一情况,可以将联盟链技术引入财政预算与绩效评级中,利用共识机制使得上年确认的财政资金的具体流向及使用效率等信息都适时生成,从而得到真实、完整、具体、可分层的各级各类财政支出信息的超级账本,实现灵活的数据查询、表单生成、分析利用,以有助于在次年编制财政预算时能够以上年度的可靠信息为基础,再结合次年的经济预期和宏观政策等其他指标,以更为科学合理的方式编制出相比此前更为可靠和细致的财政预算,并最终建立更有效的预算管理体系。

同理,绩效评价作为对财政预算等支出情况的实际执行效果的考量和评估机制,也需要区块链技术的支持。虽然目前已经建立了比较健全的绩效评价体系,但依然不够便利、有效,成本也不够节约,仍

然依靠主观性评价以及由专家团队组成的难以再次验证和公开的线下数据量化评价。将来可以引入区块链共识机制,在利用超级账本的数据完备性执行更为细致、周详的资金评价的同时,使区块链技术与物联网和其他类别的智能合约相结合,引入前瞻性数据和行业分析指标等,制定出更为完备的政策评价、项目评价和效果评价体系,建立全方位绩效评价机制和事中评价引导机制,以实现财政资金的优化配置和全社会效率的提升。

(四)利用分布式账本技术建立财政收支的信息可公开机制

区块链可以形成不需要任何第三方组织参与的去中心化的分布式账本。在区块链分布式账本上,每个连续的块都包含前一区块的身份标识代码哈希值和当前区块的哈希值。其中,前一区块的哈希值用于确保对交易源的认证,因此不再需要中央中介作为代理,就能实现对每笔交易的信息共享并可供所有节点使用。这个技术原理使得区块链账本具有比第三方参与的中心化交易账本更加公开和透明的特性。此前,账本都由第三方中介或者集团总部等中心化节点控制,而不太可能披露给公民、职员和外部投资者,这导致了比较严重的信息不对称和代理问题。

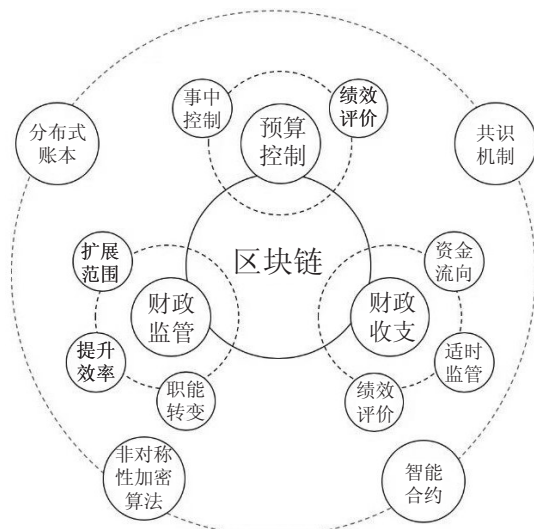
但在区块链的分布式账本中,这一传统的管理困境几乎是不存在的。例如,Hjálmarsson等^[21]提出,在选举制度中引入基于区块链技术设计的电子投票系统,其去中心化的特性可以防止人工计票场景下第三方篡改投票的舞弊事件,同时还可以向每位选民提供选票计数的全过程信息,以确保选民的投票得到正确的计算。同理,公共服务的重点之一是,要将公共财政状况及时公布于众,通过公众监管增强公共财政的使用效率。将区块链技术应用用于财政收支管理中,其分布式账本的特性可以使公民获悉财政收支中每笔资金的来源及去向,从而实现政府财政收支信息的透明化。利用区块链技术的贡献值(Proof of Contribution)共识机制,赋予公民访问、浏览、分享财政收支信息的权利,可以比较便利地搭建政府信息共享平台,公民也可以通过分布式账本了解所缴纳税费的流向,进而监督政府的工作,如此可以提高政府的信誉。

财政收支信息的公开也是保障公众知情权的需要。首先,保障公众知情权有利于督促政府职员采取廉洁自律行为,缓解政府与公民之间的矛盾;同时,

也有益于增强公民对政府的信任,从而进一步促进公民自愿履行纳税义务。然后,建立信息公开机制可以规范政府公权力的行使。2007年4月国务院公布《政府信息公开条例》(国务院令492号),显然是要将公共财政的运行放在公共监督之下。这有利于防止滋生贪腐现象,促进政府机关依法行政,规范公权力的实施与执行,在区块链技术的支持下应该有望实现以上目标。最后,提升财政透明度可以帮助政府转变行政职能,促进我国政府职能从以行政管理为主导转向以社会管理为主导。

四、总结与讨论

区块链技术在改善现有财政收支管理方面具有深远意义,为管理优化和效率提升提供了解决方法。本文从理论角度解释了区块链信息技术创新的运行原理以及在财政管理方面的应用前景,并为财政管理变革提出了新的构想。该构想不论是从财政收支角度,还是从财政监管角度,或是从预算控制角度来说,区块链都将发挥很大的作用,具体如下图所示。



财政管理变革新构想

分布式账本技术也存在局限性。这主要体现在低效率和51%攻击上。根据交易规模,公有链每秒可完成3~7次交易,并大约需10分钟完成一个最大容量为1MB的区块的挖矿工作。这一效率在交易规模大、支付金额高的场景中很容易表现出“高延迟、低吞吐”的计算劣势。在将来的财政应用中也会同样存在容量和效率问题。51%攻击问题威胁着账本的安全性。区块链中存在“软分叉”(Soft Fork)机制,即当两个新区块同时指向前一个区块时,形成更长的链

的一方将被整个区块链采纳。如果广播了不真实节点的一方占据50%以上算力(又称哈希率),这一虚假节点将被真实的一方采纳。而区块链的匿名交易使得对违法行为的追踪变得比以往更为困难,也会制约区块链技术的可用性。

综合以上分析,未来研究一方面可以从增加区块链系统运行效率的角度切入;另一方面,可以改进账簿生成技术,使其适应财政管理的应用场景,通过许可链等新进展产生新的分布式财政账本工作机制。

主要参考文献:

- [1] Subramanian H.. Decentralized Blockchain-based Electronic Marketplace [J]. Communications of the ACM,2018(1):78~84.
- [2] 工业和信息化部信息中心. 中国区块链技术与应用白皮书(2016)[Z]. 2016-10-21.
- [3] Deters R.. How to Detect and Contain Suspicious Transactions in Distributed Ledgers [A]. Smart Block 2018 [C]. Germany: Springer, 2018: 149~158.
- [4] Pinna A., Ruttenberg W.. Distributed Ledger Technologies in Securities Post-Trading Revolution or Evolution? [J]. Social Science Electronic Publishing,2016(3):9~10.
- [5] Matteo B. F., Podnar Ž. I.. Distributed Ledger Technology: Blockchain Compared to Directed Acyclic Graph[A]. ICDCS 2018[C]. U. S.:IEEE, 2018:1569~1570.
- [6] 何蒲,于戈,张岩峰等. 区块链技术与应用前瞻综述[J]. 计算机科学,2017(4):1~7.
- [7] 朱岩,甘国华,邓迪等. 区块链关键技术中的安全性研究[J]. 信息安全究,2016(12):1090~1097.
- [8] Guo H., Zheng H., Xu K., et al.. An Improved Consensus Mechanism for Blockchain [A]. Smart-Block 2018[C]. Germany:Springer,2018:129~138.
- [9] 袁勇,王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报,2016(4):481~494.
- [10] Christidis K., Devetsikiotis M.. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things [J]. IEEE Access,2018(4):2292~2303.
- [11] Wang Y., Kogan A.. Designing Confidentiality-Preserving Blockchain-based Transaction Processing Systems [J]. International Journal of Accounting Information Systems,2018(30):1~18.
- [12] Li J., Wang X.. Research on the Application of Blockchain in the Traceability System of Agricultural Products[A]. IMCEC 2018[C]. U. S.:IEEE, 2018:2637~2640.
- [13] Lu Q., Xu X.. Adaptable Blockchain-based Systems:A Case Study for Product Traceability[J]. IEEE Software,2018(6):21~27.
- [14] Islam M. N., Patil V. C., Kundu S.. On IC Traceability Via Blockchain[A]. VLSI-DAT 2018 [C]. U.S.:Research Gate,2018:1~4.
- [15] Macrinici D., Cartofeanu C., Gao S.. Smart Contract Applications Within Blockchain Technology:A Systematic Mapping Study [J]. Telematics and Informatics,2018(8):2337~2354.
- [16] Mohanta B. K., Panda S. S., Jena D.. An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology[A]. ICCCNT 2018[C]. U. S.: N/A,2018:1~4.
- [17] Gatteschi V., et al.. Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?[J]. Future Internet,2018(2):20.
- [18] 杰弗里·欧文斯,何振华,王思凡等. 区块链技术的前瞻及在税收领域的应用前景分析[J]. 国际税收,2017(9):36~40.
- [19] 张之乐. 以区块链技术促进纳税遵从的设想[J]. 税务研究,2017(12):108~111.
- [20] 杨惠杰等. 区块链技术在物联网中的身份认证研究[J]. 中兴通讯术,2018(12):1~9.
- [21] Hjálmarsson F. P., Hreiðarsson G. K., Hamdaqa M., et al.. Blockchain-based E-voting System[A]. CLOUD 2018[C]. U. S.:IEEE,2018:983~986.

作者单位:1.北京邮电大学经济管理学院,北京100876; 2.北京邮电大学公司金融与创新研究发展中心,北京100876