

# 智能合约的交易成本挑战与合同法因应<sup>\*</sup>

刘胜军<sup>\*\*</sup>

内容摘要:合同具有治理交易的功能,智能合约是对交易的一种治理创新。智能合约的自动履行极大降低了事中交易成本——合同履行成本,却也使智能合约丧失了合同履行的灵活性,使智能合约不适于治理连续性交易。在治理交易的过程中,智能合约将交易成本从事中推向了事前和事后。事前阶段,代码的精确性、当事人的匿名性、语义合同向智能合约转换的不完全性以及避免代码漏洞的努力,这些都推高了智能合约的缔约成本。事后阶段,去中心化的链上争议解决方式规则不明确,导致智能合约的争议解决结果难预期;而选择链下的传统法院诉讼方式,相较于语义合同,智能合约争议解决成本更高。智能合约的去中心化特征意味着标准化条款只能有限缓和缔约成本,预言机(外部数据机)可以一定程度缓和而不能有效解决智能合约的履行刚性,语义合同与智能合约构成的混合合同可以有效降低智能合约的缔约成本和争议解决成本。

关键词:智能合约 语义合同 交易成本 区块链 预言机

DOI:10.13415/j.cnki.fxpl.2026.02.014

随着区块链的日益普及与商业上的应用,人们开始不断发展运用去中心化的区块链技术和密码法来缔结智能合约。智能合约是以计算机程序体现的附条件合同,是指基于预定事件触发、不可篡改、自动执行记载合同当事人承诺(权利义务)的一段计算机程序。不同于语义合同<sup>①</sup>以自然语言来记载合意内容,智能合约使用机器可以阅读识别的代码来记载合意的内容。<sup>②</sup>智能合约自动执行的特性可以为当事人在合同履行阶段节约大量的时间和金钱,随着区块链底层技术的逐步成熟,完全在代码中记录的智能合约的普及率会随着时间的推移而增加。<sup>③</sup>在我国,自2019年中国人民银行发布数字人民币后,数字人民币+智能合约技术正碰撞出更多的应用场景。例如,2019年北京互联网法院将智能合约应用于调解书的执行立案,实现全国首例区块链智能合约技术的“一键立案”。截至2022年10月31日,北京互联网法院完成智能合约案件上链168件,实现“一键立案”141件。2022年5月实施的《最高人民法院关于加强区块链司法应用的意见》中提出,建成互通共享的司法区块链联盟,大幅提升智能合约的基础支持能力,建立调解协议不履行自动触发审判立案、执行立案的智能合约程序。2022年5月深圳福田区教培行业试点数字人民币智能合约,通过数字人民币智能合约治理预付式消费,消费者缴费后,预付资金被“冻结”,按上课次数核销,机构无法履约时可快速退款。2023年3月,中国邮政储蓄银行推出数字人民币智能合约预约消费服务项目,在预付消费服务场景提供防范商户挪用资金、保障用户权益的解决方案。雄安新区在政府采购合同预付款中运用数字人民币智能合约,实现预付款中的数字人民币部分定向支付、受控冻结、解冻、退回、兑出等功能,保障资金支付安全和过程履约有效监管。截止2025年6月,雄安新区已通过该模式支付近1.4亿元数字人民币预付款,带动金融机构发放数币贷超10亿元,服务企业237家。数字人民币+智能合约还创新了保理融资的新模式,金

\* 本文系国家社科基金项目“基于类型化思维的类别股法律适用研究”(项目编号:23BFX074)的阶段性成果。

\*\* 上海师范大学哲学与政法学院教授。

① 语义合同指涉的是人类以自然语言缔结的合同,本文论述中自然语言合同与语义合同在不同情境下混用,指的是同一事物。

② 参见许中缘、郑焯杰:《智能合约的治理逻辑:法律性质、风险类型、化解路径》,载《学术交流》2024年第6期,第69页。

③ Law Commission, Smart Legal Contracts, Advice to Government, 2021, p. vi.

融机构可借助智能合约约定数字人民币融资资金的使用对象与使用规则,实现融资资金专款专用;金融机构还能通过智能合约约定债务人收到特定收入的事件可自动触发其偿债行为,实现自动定向回款。截止 2025 年,盛业保理和工商银行已经使用这种模式为多家客户提供了保理融资的解决方案。<sup>④</sup> 智能合约还在保险合同、供应链管理、政府补贴、零售营销、跨境支付等领域有着成功应用的案例。

合同是当事人之间对交易关系的治理安排,其目的是减少交易成本。一直以来,人们在实践中重视合同调整交易关系的功能,但对合同具有治理交易的功能却较少关注,近来才开始予以认识和强调。<sup>⑤</sup> 智能合约是对交易进行治理的一种创新机制,体现了从人的治理到机器的治理的转变。进步社会的运动一直是合同形态的运动。无论是语义合同还是智能合约,其治理目标都是致力于减少交易成本。根据交易成本理论,通过合同进行的市场交易中,交易成本包括缔约成本、履约成本,还有合同不能完全履行的争议解决成本。<sup>⑥</sup> 智能合约在合同的订立、履行和争议解决方面不同于语义合同,那么智能合约在这三个环节,相较于语义合同的治理成本如何? 智能合约是否适于所有场景的交易? 本文从交易成本视角出发,以智能合约与语义合同比较分析为框架,结合智能合约当下发展现状,就智能合约治理交易的成本挑战进行分析,并从合同法上予以回应。

## 一、智能合约的治理创新与局限

智能合约的自动执行可以消减合同的履行成本,却也导致智能合约的履行丧失灵活性,这导致智能合约对交易的治理成本从事中推向事前缔约和事后争议解决阶段,智能合约自动执行所要求的巨大电力消耗也具有负外部性。

### (一)智能合约的自动执行消减合同的履行成本

智能合约是一个通过分布式、去中心化、共识算法为特征的区块链技术来实现自动执行,不受人干预、无需中心化机构(法院)强制实现的合意。<sup>⑦</sup> 当代码记载的智能合约发布至区块链生效后,任何一方不能变更、撤销和逆转,代码的核心内容为合同的权利和义务以及触发合同自动执行的条件。<sup>⑧</sup> 智能合约的实质是以计算机程序体现的附条件合同,《中华人民共和国电子签名法》(以下简称《电子签名法》)和《中华人民共和国电子商务法》(以下简称《电子商务法》)为智能合约的签署和履行赋予了法律效力。《中华人民共和国民法典》(以下简称《民法典》)总则编第 158 条和 159 条的附条件法律行为和《民法典》合同编第 502 条对附条件合同进行了规定,当智能合约所附的条件被触发后,智能合约代码将会在支持区块链底层协议的所有节点上以分布式方式自动执行。

智能合约的触发条件满足后可以自动执行。智能合约通过机器代替人的履行,可以消减合同的履行成本、合同履行中当事人的机会主义行为及与此相关监督成本,整体上降低某些场景下(特别是一时性交易)合同的履行成本,对交易治理具有划时代意义。区块链的分布式和去中心化,保证所有已被编码的合同条款都会按计划执行,不受人干预,无需援引外部的强制力——法律和法院的权威——去督促和强制合同义务的履行。<sup>⑨</sup> 此外,为了让智能合约自动执行成为可能,交易双方事先需要“担保”。为此,智能合约当事人须事先将虚拟货币——代币和虚拟财产——控制资产的密码锁以数据的形式保存在区块链上,一旦执行条件触发,系统将自动划拨货币与转移财产权属。智能合约作为一种事件驱动程序,执行条件的触发一般借助事先设定的某种条件,或者借助于预言机(Oracle,也被称为智能合约外部数据机)触发,一旦执行条件触发,智能合约自动执行。

<sup>④</sup> 王成付等:“数字人民币+区块链”赋能的供应链金融模式创新与实践路径研究,载《兰州学刊》2026 年第 1 期,第 4 页。

<sup>⑤</sup> 参见王利明:《论合同法组织经济的功能》,载《中外法学》2017 年第 1 期,第 104 页。

<sup>⑥</sup> 参见[美]埃里克·弗鲁博顿、[德]鲁道夫·芮切特:《新制度经济学——一个交易费用分析的范式》,姜建强、罗长远译,格致出版社 2012 年版,第 61-63 页。

<sup>⑦</sup> 参见李佳伦:《区块链信任危机及其法律治理》,载《法学评论》2021 年第 3 期,第 127 页。

<sup>⑧</sup> 参见李晗:《区块链智能合约中个人信息安全的法律保护》,载《华东政法大学学报》2023 年第 4 期,第 51 页。

<sup>⑨</sup> 参见赵刚:《区块链:价值互联网的基石》,电子工业出版社 2016 年版,第 71 页。

智能合约执行交易的成本如此之低,以至于智能合约完全可以在一个以前远远难以谈得上经济的情形下之下订立和实施。<sup>⑩</sup> 例如,UJO 唱片公司通过智能合约来销售数字音乐文件,其中包含了 Imogen Heap 的歌曲 Tiny Human。UJO 唱片公司的网站上只要有人支付 0.60 美元下载歌曲,智能合约随即被触发,收到的款项通过智能合约直接分配给 Imogen 和其他七位协助创作者,前者获得销售价格的 91.25%,后者中的每人获得销售价格的 1.25%。<sup>⑪</sup> 该智能合约交易未像传统的版权交易一样,通过一个中心组织——唱片公司或演出组织来进行,而是通过点对点网络进行,交易直接发生在消费者和歌曲创作者之间。与语义合同不同,通过智能合约即使进行小额交易也极具经济性。即使歌曲创作者应收款项低于 0.01 美元,智能合约也会根据严格的逻辑代码立即进行分配和支付。<sup>⑫</sup>

智能合约的自动执行不会完全消除合同的履行成本。智能合约的执行验证需要交易收费,以此激励确保所有区块链节点(矿工)有参与的经济动力。区块链技术运行需要复杂的激励机制与有效的市场方案,通过交易收费和区块链奖励,以激励维护区块链网络的各方,这样的成本结构支撑区块链网络。智能合约的每个步骤都需要成本,这会影响人们储存在区块链中的程序类型。如果智能合约的自动执行成本过高,人们可能不会使用智能合约,而是使用其他替代方案。

### (二)智能合约的自动执行导致合同履行丧失灵活性

语义合同为合同履行提供了灵活性。语义合同的灵活性可以帮助当事人避免高昂的订约成本和再协商成本。语义合同,通常是其中的继续性合同类型,存在诸如“善意”、“合理”等开放性条款。<sup>⑬</sup> 尽管这样的开放性条款文义模糊不易确定,却为合同履行提供了一种灵活性,因为合同当事人缔约时无法预见到将来的一切可能性,或者虽然当事人缔约时预见到,但考虑到完全规定可能会破坏交易从而予以模糊规定。<sup>⑭</sup> 此外,语义合同在合同条款的协商和起草上,还将“善意”、“合理”这样的开放性条款作为履行标准,帮助合同当事人减少了为精确界定合同所产生的缔约成本。<sup>⑮</sup>

智能合约的自动执行消除了合同履行的灵活性。<sup>⑯</sup> 记载智能合约条款的计算机代码,含义是唯一确定的,在执行上“丁是丁、卯是卯”地加以落实。与语义合同条款相比,智能合约条款不存在任何模糊性和不确定性,没有任何解释的空间,从而不具有语义合同履行上的灵活性。我国《民法典》第 533 条规定了情势变更规则,合同成立后,发生了当事人无法预见的重大变化,继续履行对一方当事人明显不公平的,受不利影响的当事人也无法同对方协商变更,或者协商不成请求法院进行变更或解除合同。对于语义合同而言,可以援引情势变更条款;但对于智能合约而言,(区块)链外的现实世界发生了重大变化,即使符合情势变更条件,一旦缔约,不可变更;一旦开始执行,中途无法停止和解除,履行不具有灵活性,充满刚性。<sup>⑰</sup>

尽管智能合约可以消减合同的履行成本,但是代价巨大,当事人必须牺牲履行上的灵活性,而灵活性对某些交易(如总给付在一段时间不确定的继续性交易)的效率来讲非常重要。<sup>⑱</sup>

### (三)智能合约自动执行的外部成本

智能合约的自动履行存在外部成本。智能合约的底层技术是区块链,区块链的核心——共识算法具有

<sup>⑩</sup> [美]亚当·格林菲尔德:《区块链 人工智能 数字货币:黑科技让生活更美好?》,张文平、苑东明译,电子工业出版社 2018 年版,第 134 页。

<sup>⑪</sup> See Peter Tschmuck, The Music Business in the Blockchain, <https://musicbusinessresearch.wordpress.com/2017/02/28/the-music-business-in-the-blockchain>,最后访问日期:2025 年 12 月 31 日。

<sup>⑫</sup> See Primavera De Filippi & Aaron Wright, Blockchain and the Law: The Rule of Code, Harvard University Press, 2018, pp. 75-76.

<sup>⑬</sup> 开放性条款,是指通过不确定的概念,例如“尽最大努力”、“根据交易习惯”,能够弹性地对合同随着时间发展产生的各种可能性加以规范,而不至于挂一漏万或不能与时俱进。

<sup>⑭</sup> 参见屈茂辉、张红:《继续性合同:基于合同法理与立法技术的多重考量》,载《中国法学》2010 年第 4 期,第 34 页。

<sup>⑮</sup> See Jeremy M. Sklaroff, Smart Contracts and the Cost of Inflexibility, University of Pennsylvania Law Review, Vol. 166, 2017, pp. 300-302.

<sup>⑯</sup> 参见程乐:《双层结构下智能合约条款的建构路径》,载《法学评论》2022 年第 2 期,第 59 页。

<sup>⑰</sup> 同前注<sup>②</sup>,许中缘、郑煌杰文,第 71 页。

<sup>⑱</sup> 同前注<sup>⑮</sup>,Jeremy M. Sklaroff 文, pp. 300-302.

负外部性,智能合约利用大量的分布式节点通过共识算法来生成和更新数据,这将引发巨大的电力消耗。根据统计模型比特币能耗指数(Bitcoin Energy Consumption Index)和以太坊能耗指数(Ethereum Energy Consumption Index),2020年4月17日区块链应用之一的比特币的全世界一年的电力消费约为73.814太瓦时(1太瓦时=1万亿瓦时),已经超过许多国家(例如奥地利、哥伦比亚、捷克)全国一年的电力消耗量,应用规模还不大的以太坊(目前是部署智能合约的主流区块链平台)电力消耗量也达到了7.65太瓦时。而到了2022年12月,比特币的全世界一年的电力消费已经上升到约为204.5太瓦时,<sup>①</sup>以太坊全世界一年的电力消耗量上升到了每年约为79.5太瓦时。<sup>②</sup>对于电力价格昂贵、电力紧缺的国家来讲,这一外部成本将更加显著。随着智能合约的广泛应用,如果这种局面不改变,可能会影响智能合约的普及性和持续性。

#### (四)小结

智能合约的自动执行、不受人干预,履行中途不能变更和撤销,这是对合同履行障碍及其解决制度的超越,可以极大降低某些交易场景下的合同履行成本,可以扩大交易范围,对交易治理有创新意义。但是,智能合约的自动执行也具有局限性。其一,智能合约通过自动执行来降低合同履行成本并非没有局限与代价,结果是智能合约履行丧失了灵活性,无法在履行中途来调整合同内容以适应变化的外部环境,这将导致智能合约对交易的治理成本从事中推向事前缔约和事后争议解决阶段,也将导致在事中治理环节智能合约不适用于治理内在要求履行灵活性的继续性交易。其二,智能合约的底层技术是区块链,而区块链的核心——共识算法有负外部性,大量的分布式节点通过共识算法来生成和更新数据,将引发巨大的电力消耗。其三,区块链的去中心化、可匿名、共识机制等技术特征,还将导致智能合约在交易治理方面存在局限与成本,本文将在下文不同部分分别进行阐述。

## 二、智能合约的缔约成本挑战

从缔约成本来看,智能合约是否具有可行性?适用于什么场景的交易?这取决于某一交易采用智能合约增加的缔约成本和节约的履行成本之间(成本与收益)的权衡。

### (一)智能合约本性是完全合同

智能合约没有解释空间,事后无法填补,更无法中途变更和撤销,智能合约的订立和履行一体化,从这个意义上讲,智能合约的本性是完全合同。对于语义合同来讲,合同的不完全可以通过事后解释、漏洞填补和合同变更来补救。对于智能合约而言,“丁是丁、卯是卯”的代码语言导致智能合约没有任何解释空间。智能合约是一个没有任何解释空间的附条件合同,所有条款都是预先设定的“如果/那么”语句(If/Then Statement),其实质是计算机执行的程序,在触发条件满足时自动执行,代码记载的程序语句无法代表模棱两可的含义。智能合约无法容纳开放性的合同条款,“合理”、“善意”这样的不确定性概念构成的开放性条款,非常具有弹性,然而计算机代码无法描述、无法客观验证,更无法被机器读取和执行。

智能合约对交易的治理是事前治理而非事中治理。智能合约中的义务必须在订立时都是客观、可预测、完全确定的。一旦创设,智能合约无法变更和撤销,无法在履行过程中重新协商进行再缔约,因为它的逻辑已经植入遍布链上多点分布的各个区块中,变更和撤销需要链上的各个区块的多数同意。因此,智能合约对交易的治理是事前而非事中治理,事前治理意味着应缔结完全合同。完全合同中,每个将来的意外情况都被预见到,每项风险都能内化,每项信息可以进行有效沟通,合同没有解释上的余地,只需要根据合同文义进行完全履行即可,更不需要第三方权威机构——法院根据《民法典》进行合同漏洞的补充和合同内容的修正。智能合约对交易采取事前治理的完全合同路径,不可能适合于任何场景的交易,只适合那些合同内容可被完全确定的交易,例如一次性贷款两清的一时性交易。

### (二)智能合约推高缔约成本

智能合约的完全合同本性将推高缔约成本。此外,智能合约当事人的可匿名性、语义合同转换为智能合

<sup>①</sup> See Digiconomist, Bitcoin Energy Consumption Index, <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>, 最后访问日期:2025年9月30日。

<sup>②</sup> See Digiconomist, Ethereum Energy Consumption Index, <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption>, 最后访问日期:2025年9月30日。

约的不完美性以及避免代码漏洞的努力将进一步增加缔约成本。

### 1. 智能合约的完全合同本性推高缔约成本

语义合同可以选择不完全合同路径,因为其可以在事中和事后对交易进行继续治理,这有利于降低缔约成本。如上所述,计算机对智能合约的代码“丁是丁、卯是卯”的自动履行,并且中途不可更改,这要求智能合约必须依赖于事前治理,合同内容必须事前精确和完全界定,这意味着智能合约是完全合同,智能合约相较于语义合同缔约成本更高。因此,从缔约成本来讲,语义合同条款语义的模糊性并不完全是劣势,反而是一个优势。

事前完全界定智能合约内容将极大推高缔约成本。首先,“丁是丁、卯是卯”代码无法应对现实世界中交易的各种可能性。在长期交易中,交易双方的某些权利义务在缔约之际难以确定、某些权利义务随着时间经过还会发生变更,因此在语义合同中双方当事人常常规定开放性、再协商条款来应对。但是,智能合约代码的唯一确定性、智能合约履行的不可变更性,不允许、也无法实现这样的安排,如果智能合约事前全面和精确地应对这些情况,将使这些长期交易的缔约成本极度增加而使交易不可行。其次,满足交易方所有想法的代码成本可能太高。智能合约奉行简约原则,代码越简单越好,这样消耗的以太币和电力相对较少;相反,如果代码过于复杂,消耗的以太币和电力就多。<sup>①</sup>

### 2. 智能合约的匿名性增加缔约成本

关系性合同可以降低合同的缔约成本。关系性合同中,确知彼此身份的双方当事人可以共享交易习惯,不必事先明确界定合同每一个条款,可以通过隐含的合同条款来节约缔约成本。关系可以为交易提供一个灵活和回应性的支持,鼓励当事人避免走上诉讼并保有未来继续交易的可能性,在关系性规范发挥作用的地方,“灵活性”被强化,当事人不必在订立合同之始就将未来发生的事项详细确定,合同的内容可以随着时间的进行而不断地发生变化。<sup>②</sup>

智能合约的匿名性排除了关系性合同的介入。区块链本身具有匿名化的特征,再加上智能合约的刚性履行,意味着智能合约订立无需对当事人身份的信任。因此,智能合约双方当事人可以在不知道对方真实身份的情况下缔约,从交易成本理论来看,尽管这有助于减少交易准备成本(交易对象搜寻成本和信息成本),<sup>③</sup>也有助于避免交易优势一方当事人欺压交易劣势一方当事人。但是,匿名的智能合约将消除语义合同合意之外关系性合同的介入,合意之外的关系治理本来可以降低缔约成本。

### 3. 语义合同向智能合约转化的不完美增加缔约成本

如何达成智能合约?目前一般在缔约协商阶段使用语义合同,一旦达成合意签署后,则将语义合同转换成智能合约进行验证和执行。<sup>④</sup>编码员通过哈希算法将语义合同的自然语言转换为二进制的代码,该代码可以实现自动接收、储存信息、控制资产,并对接收到的信息和资产自行予以回应。<sup>⑤</sup>

自然语言到代码语言的一一对应仍是一大难题。智能合约构建可预见、可客观验证的法律义务模块,但它能在多大程度上准确记录当事人的真实意思,仍存在疑问。<sup>⑥</sup>李德毅院士即提出,“自然语言是人类思维活动的载体,如果自然语言是第一语言,数学语言是第二语言,计算机语言是第三语言,后一个比前一个常常更严格,后一个比前一个常常更狭义,根据哥德尔不完全定理,数学自身难以完全自治。数学的形式化要借助于自然语言,计算机语言的形式化要借助于数学语言。因此,人工智能怎么可以反过来要用数学语言或者计算机语言去形式化人类的自然语言呢?”<sup>⑦</sup>因此,语义合同难以完整无缺地跨界进入代码世界,因此智能合

① 参见王延川:《智能合约的构造与风险防治》,载《法学杂志》2019年第2期,第46页。

② 同前注①,Jeremy M. Sklaroff文,pp.285-286。

③ 参见何士青:《基于法治主义维度的区块链智能合约发展研究》,载《政法论丛》2022年第2期,第46页。

④ Smart Contracts vs. Traditional Contracts: Can We Bridge the Gap? <https://leasepilot.co/blog/smart-contracts-vs-traditional-contracts-can-we-bridge-the-gap>,最后访问日期:2025年3月1日。

⑤ 参见陈逸宁:《区块链技术下智能合约意思表示的认定》,载《海南金融》2018年第5期,第40页。

⑥ 同前注①,Primavera De Filippi & Aaron Wright书,p.84。

⑦ 李德毅院士:《新一代人工智能十问》,中国矿业大学人工智能研究院,<https://ai.cumt.edu.cn/info/1023/1202.htm>,最后访问日期:2025年12月29日。

约的实际履行将时不时与当事人实际上所欲的效果不一致,并可能会引发诉讼。<sup>②</sup>此外,将语义合同转换为智能合约,需要代理人——编码员来完成,将语义合同的自然语言勤勉和忠实地转换为代码记载的智能合约,这一过程中不可避免存在代理成本,这最终将计入智能合约的缔约成本中。<sup>③</sup>

#### 4. 避免智能合约代码漏洞将增加缔约成本

智能合约代码漏洞可能导致的资产损失是智能合约缔约时不得不考虑的一个安全性问题。2016年6月17日的THE DAO案之所以发生,是因为以太坊上运行的私募基金智能合约The DAO在编写过程中存在着漏洞,从而遭到黑客攻击,黑客通过区块链代码运行逻辑的攻击手法将价值5000万美元的比特币转移到其私人账户。<sup>④</sup>在THE DAO案中,智能合约存在漏洞,因为其没有预测到代码错误导致非所欲的链上财富转移。<sup>⑤</sup>智能合约代码公开透明,不像语义合同可以锁在抽屉里,代码漏洞暴露在任何人面前,因此容易被黑客攻击。此外,智能合约履行的刚性,导致有漏洞的智能合约代码一旦被发布,无法修改,自动执行后的财产权益变动不可撤销。因此,智能合约遭受黑客攻击后,在缺乏外部临时干预的情况下,当事人便难以获得权利救济。<sup>⑥</sup>

现实世界里,财物失窃尚能够通过立案侦查追回损失。但是在区块链的世界里,尽管数字货币“钱途”无量,一旦被黑则可能血本无归。许多智能合约存在漏洞,英国学者分析近100万份智能合约后发现,其中有34200份智能合约很容易受到黑客攻击;又对3759份智能合约抽样调查后发现,686份智能合约有89%的概率含有漏洞。<sup>⑦</sup>随着智能合约将应用于越来越复杂的场景,其程序代码的复杂性和技术难度也将随之增加。即使再优秀的团队和完备的代码复核机制,也无法在事前保证不存在任何安全漏洞。<sup>⑧</sup>公开、刚性履行的智能合约为了事前避免这样的代码漏洞,必将推高智能合约的缔约成本。

#### (三) 缔约成本决定智能合约的适用场景

智能合约的实现对象有限,不是所有的人类活动都能够通过编程实现。只有能够通过编程实现的合同内容才能成为智能合约的实现对象,因此智能合约不会完全取代语义合同,现实中很多语义合同的内容很难用代码来表达并用电脑执行,例如那些与当事人行为表现相关而不是简单物质化财产交换的合同。

完全合同本性的智能合约更适用于治理一时性交易。一时性交易的交易持续时间短,一次交付交易即可完成,规范一时性交易的合同权利义务在合同订立时是确定的,时间因素对交易的内容和范围没有影响。<sup>⑨</sup>此外,一时性交易,当事人双方相互作用有限,一般未来不会合作,不会有重复博弈,交易不会受合意以外的关系影响和约束,更容易发生当事人合同履行中的机会主义行为。

智能合约适合何种交易,还须在履行成本与缔约成本之间权衡。只有智能合约节约的履行成本大于所增加的缔约成本,其治理交易才具有经济性和可行性。对于继续性交易,智能合约消减的履行成本将显著小于其所增加的缔约成本。对于一时性交易,智能合约消减的履行成本一般大于其所增加的缔约成本。因此,智能合约不适于治理继续性交易,低不确定性、高履行成本的一时性交易才是智能合约适合的场景。

### 三、智能合约履行灵活性的挑战

对于继续性交易而言,履行上的灵活性是其内在必然要求。智能合约的履行刚性无法满足继续性交易对履行灵活性的要求,继续性交易选择智能合约意味着缔约成本极高。

② 参见赛铮:《保险智能合约的法律构造与风险防控》,载《法商研究》2023年第5期,第80页。

③ 同前注①,[美]亚当·格林菲尔德书,第184页。

④ 中国电子技术标准化研究院:《区块链十问研究汇编》,2016年,第20页。

⑤ 同前注②,王延川文,第48页。

⑥ 参见柯达:《数字人民币智能合约的风险规制》,载《山东大学学报(哲学社会科学版)》2024年第2期,第181页。

⑦ 同前注②,王延川文,第48页。

⑧ 参见周润:《区块链智能合约的法律问题研究》,载《齐齐哈尔大学学报(哲学社会科学版)》2018年第4期,第77页。

⑨ 同前注①,[美]亚当·格林菲尔德书,第186页。

### (一) 履行灵活性是继续性交易中治理的内在要求

在现代交易中,继续性交易已成为一种普遍的交易方式。继续性交易是一种长期交易,<sup>⑤</sup>交易持续一段比较长的时间,交易的内容不是一次给付可以完结,随着时间经过在合同当事人之间产生新的权利义务。因此,对继续性交易的当事人而言,缔约时某些合同义务无法提前预测,事先精确和正式界定这类合同的每个条款会危及交易关系,导致交易推迟,双方迟迟无法在这些事项上达成一致会导致丧失交易机会。由于继续性交易的复杂化,把将来可能发生的事情全部放在合同订立时来进行预测并加以决定是不可能的,交易双方希望将来继续进行合作,因此合意之外的许多要素因而日益凸显。<sup>⑥</sup> 综上,继续性交易无法在缔约时将合同义务完全界定,当事人之间是长期合作关系,而不是“一锤子买卖”,因此要求治理方式应当具有灵活性和开放性。

### (二) 语义合同为继续性交易提供了事中治理的灵活性

继续性交易这种持续性、信赖性、灵活性的长期交易关系,可以有继续性合同和关系性合同这两种治理方式,并且这两种方式可以叠加适用。前者是法律上的概念,后者是社会学意义上的概念,随着时间的推移当事人之间的关系发生变化,两者在这一点上具有相通性。从社会学视角出发,麦克尼尔认为合同不过是将来交换过程中当事人之间的各种关系的治理规划。<sup>⑦</sup>

本文在此探讨的继续性合同,是法律意义上的语义合同的一种合同类型。社会学意义上的关系性合同强调从合意之外的社会关系这一更广阔的视角看待合同,认为合意之外还存在社会关系这一非正式治理机制,且其有助于降低法律层面达成合意的继续性合同的交易成本。随着社会发展和现代企业交易形态的出现,继续性合同不断扩展,几乎等同于关系性合同。<sup>⑧</sup>

#### 1. 继续性合同可以满足继续性交易的履行灵活性要求

语义合同通过继续性合同这一合同类型对继续性交易进行治理。继续性合同也有确定性的要求,但是考虑其应对继续性交易的可行性,放松对其确定性的要求。继续性合同的条款通常具有一定的弹性来应对履行的灵活性,适应更加复杂和精密的交易,这为合同的履行提供了灵活性。毕竟,继续性交易在当事人之间必然存在摩擦冲突,这要求合同可以被弹性解释、可被协商,具有一定的灵活性来维护长期交易关系。

继续性合同提供了一个交易的治理框架。继续性合同可以根据交易中新的情况随时调整来解决问题,以适应意外事件和关系的变化。继续性合同的条款可以通过履行标准而非履行规则来实现履行弹性。法律规范或合同规范可分为两种,一种是“规则”,明确定义要件和效果,无论谁来适用都会得出同样的结论;另一种是“标准”,要件效果模糊,给适用者留下较大的裁量余地。履行标准以开放性概念来体现,例如,“权利的行使和义务的履行要遵守诚实信用”这样的条款就是履行标准,其中的“诚实信用”是体现履行标准的开放性概念。<sup>⑨</sup> 继续性合同也可以植入再协商条款,藉此合同当事人有义务更新合同内容。当合同在一段时间经过后,合同的履行条件或外部环境发生了重大改变,继续性合同还允许情势变更原则的适用。再协商义务和情势变更原则都是继续性交易关系维持的具体体现。因此,治理继续性交易应订立继续性合同,并通过继续性合同中的开放性条款、再协商条款和情势变更原则来应对未来的各种可能性,这有利于当事人处理合同达成之后出现的新情况,有利于双方在不断发展的关系中保持合作的稳定性。<sup>⑩</sup>

#### 2. 继续性合同与关系性合同对继续性交易的事中共治:实现履行的灵活性与低成本

语义合同允许关系治理的介入,从而实现继续性合同与关系性合同对继续性交易共治,而代码记载的智能合约无法实现这一点。尽管继续性合同的内容存在模糊性和不确定性,但是继续性合同的开放性,允许合

<sup>⑤</sup> 长期交易仅有履行时间上的持续性,也并不一定属于继续性交易,还要求为长期交易订立的合同其义务总额在合同订立时不确定。

<sup>⑥</sup> 参见王文军:《关系合同与继续性合同》,载《法学论坛》2013年第4期,第126页。

<sup>⑦</sup> 参见[法]麦克尼尔:《新社会契约论》,雷喜宁、潘琴译,中国政法大学出版社1994年版,第4页。

<sup>⑧</sup> 同前注<sup>⑦</sup>,王文军文,第126页。

<sup>⑨</sup> 参见游文亭:《〈民法典〉对智能合约的法律规制》,载《理论学刊》2023年第12期,第125页。

<sup>⑩</sup> See Karen E. C. Levy, Book - Smart, Not Street - Smart: Blockchain - Based Smart Contracts and The Social Workings of Law, Engaging Science, Technology, and Society, Vol. 3, 2017, p. 8.

意之外的重复博弈、身份、社会作用、习惯等非正式约束机制来介入继续性交易的治理,社会学上称之为关系治理。<sup>④</sup> 根据关系性合同理论,合同植根于社会中,应当从一种更广泛的视角——合同背后的社会关系来看待和理解合同。合意只是关系治理的因素之一,合意之外的其他社会关系因素也对交易当事人关系的治理发挥作用。麦克尼尔将合同放在一个谱系上分析,谱系的一端是个别性合同而另一端是关系性合同,前者持续时间短,交易内容可以在缔约时完全确定,可以是完全合同;后者持续时间长,有开放性条款和自由裁量权从而可以对未来关系进行适应性调整和分担损益,关系通过双方合意的共同合作得以维持。社会学上的关系性合同与法律概念上的继续性合同属于同一位阶,具有可比性,只是视角不同。继续性合同强调给付的连续性以及时间因素的重要性,要求法律适用上的特殊对待;关系性合同则强调当事人所处的社会关系在合同中发挥重要作用,要求对合同关系加以动态的把握,随事态变化而相机提供弹性处理的治理机制。<sup>⑤</sup> 关系性合同适于继续性交易关系,可以减少当事人的机会主义行为,有助于维持交易关系,有利于降低履行成本。

关系治理有助于降低继续性合同的履行成本。在快速多变的交易环境下,关系治理有利于降低对合同条款确定性的要求,有利于合同(合意)的低成本达成和灵活性。<sup>⑥</sup> 正式合同能够约束交易当事人的机会主义行为,但随着时间推移,交易合作者之间会发展起相应的关系。在信息发达的今天,任何合作伙伴“损人利己”的行为信息都有可能传递给其他利益相关者,从而将那些不值得信任的企业逐出市场。因此,合同(合意)治理和关系治理的混合使用共同形塑现实中的交易关系,可能会给当事人带来更高的交易效率。<sup>⑦</sup> 尽管继续性合同无法企及智能合约所可以消减的履行成本,但是不意味着继续性合同没有履行成本的约束机制,继续性合同允许关系治理介入,关系治理中当事人之间的信赖抵消了对机会主义行为的担心,会降低履行成本。社会结构中交易关系的嵌入性还能降低由于谈判和签订合同而带来的缔约成本。

### (三)智能合约不能为继续性交易提供事中治理的灵活性

智能合约不能为继续性交易提供继续性合同那样履行中的灵活性。首先,如上文所述,智能合约要求缔约时当事人的权利义务事先完全、精确界定,但是在继续性交易中,某些合同义务无法提前预测从而需要通过开放性的合同条款来描述,例如“尽最大努力”、“善意”这样的履行标准,该条款在一时间/情境下是一个意思,另一时间/情境下是另一个意思,智能合约二进制的代码对此无法进行描述。其次,智能合约履行过程中无法中途变更和进行再协商,限制了当事人的裁量权,这导致智能合约不能容纳继续性交易所需要的履行上的灵活性。<sup>⑧</sup> 对智能合约所做的修改只能在订立之时就已经作为休眠性替代方案植入智能合约中,因此这样的修改只能在合同最初开始订立时候,当事人就已经明确他们想要以后作出这样的修改。合同的成功很大程度上取决于合同当事人是否继续合作,以适应变化了的合同环境,<sup>⑨</sup>而履行中途不可修改、不可逆的智能合约难以适应变化的合同环境。

智能合约不能为继续性交易提供关系性合同那样履行中的灵活性。智能合约的封闭性排除关系治理的介入,语义合同容纳关系治理的介入,而关系治理可以在合同之外为继续性交易提供履行的灵活性。举例来讲,假设卖方和买方达成一个普通的书面合同,据此发展一个双方都想长期维系的交易关系。卖方交货后,买方发现货物品质低于合同约定,作为对买方的补偿,卖方决定授予买方 60 天的付款延展期,但是这一付款上的灵活性并没有规定在智能合约中,因为双方在订立智能合约时事先不可能想象到这样的一个付款上的变更。语义合同情景下,当事人现在想要修改原始合同,他们可以花费最少的成本来协商和执行这一书面合同上的变更。关系性合同视角下,合意之外的非正式治理机制——关系治理可以发挥约束作用,他们可以仅仅在口头上达成这一修改并履行,这样同样可以享受到书面合同修改得到的利益,继续维持他们之间的交易关系。智能合约不具有这种履行中途修改的灵活性,如果延迟付款 60 天,当事人将不得不另行订立一个新

<sup>②</sup> 同前注<sup>①</sup>,王文军文,第 122 页。

<sup>③</sup> 参见吕巧珍:《关系性合同理论研究》,清华大学 2006 年博士学位论文,第 34 页。

<sup>④</sup> 参见孙良国:《关系契约理论导论》,吉林大学 2006 年博士学位论文,第 70 页。

<sup>⑤</sup> 参见谈毅、慕继丰:《论合同治理和关系治理的互补性与有效性》,载《公共管理学报》2008 年第 3 期,第 61 页。

<sup>⑥</sup> See Niloufer Selvadurai, Mitigating the Legal Challenges Associated with Blockchain Smart Contracts: The Potential of Hybrid on-Chain/off-Chain Contracts, Washington & Lee Law Review, Vol. 80, 2023, p. 1166.

<sup>⑦</sup> 同前注<sup>③</sup>,[法]麦克尼尔书,第 4 页。

的智能合约来包括这样的变化,即使变化仅仅是合同付款期限上也是如此,这就相当于重新订立一个低品质货物买卖合同,付款期限是原来的期限再加上60天。如果当事人想要最小化智能合约的交易成本的话,只能在智能合约一开始订立时就加入这样的重新协商的事项作为休眠性条款,但是双方当事人对此无法提前预知并事先安排。如上所述,对于语义合同,这样的合同变更成本无疑更低,因为其不需要事先或履行中明确起草这样的一个选择权,对于关系性合同更是如此。<sup>④</sup>

综上,尽管智能合约可以消减合同的履行成本,但是不能适应继续性交易对履行灵活性的要求,这是智能合约对继续性交易事中治理的最大成本。因此,至少现阶段来看,智能合约不适于治理继续性交易。

#### 四、智能合约的争议解决成本挑战

无论语义合同还是智能合约都不能阻止当事人提起争端解决的申请,而智能合约争议的解决更困难。<sup>⑤</sup>智能合约履行发生争议后,解决方式有二:一是在链上解决,二是链下解决,后者是指将智能合约争议提交到法院来解决。从目前的观察来看,智能合约一旦出现争议,争议解决结果难预测,并且成本更高。

##### (一)智能合约争议的链上解决方式结果难预测

尽管智能合约可以有效解决履行障碍,在去中心化的区块链上(以下简称链上)不存在履行障碍导致的违约,但这并不意味着智能合约的当事人在区块链之外的现实世界中不存在交易上的争议,智能合约存在漏洞或错误时将损害一方当事人,其将会寻求争议的解决。

智能合约链上争议解决方式是一种“去中心化裁决”。不同于司法本身具有国家公权性和中心化的属性,这里的“去中心化裁决”是基于区块链“去中心化”等特性衍生的链上民主自治式纠纷解决机制,其主要特征在于使争议各方通过选择“独立陪审员或仲裁员”来解决争议。<sup>⑥</sup>

智能合约链上争议解决方式的特征是逆转已履行的交易。如在OpenBazaar交易市场中,交易双方通过裁决者解决争议,买方可以在这一去中心化市场上的交易中引入链上的裁决者,如果发生交易的争议,可以向裁决者提交裁决申请。<sup>⑦</sup>如果裁决者同意和支持请求,则区块链上已发生的交易本身将被逆转,裁决者会审查裁决申请当事人的请求和理由,并决定哪一方当事人违法,最终决定触发争议基金的支付。

去中心化的链上裁决机制结果难以预测。其一,去中心化裁决机制所选择的裁决者团体身份不透明、不承担责任,无外在约束,这可能导致裁决结果难以预测。其二,每个裁决者可以自由裁决案件,无论其倾向于什么样的实质性原则。对于智能合约争议当事人来讲,这意味着无法了解裁决者及其所据以裁判的原则和规则,对裁决结果无法预测。以OpenBazaar的裁决体制为例,这一去中心化的市场允许当事人像在网上购物一样选择裁决者,每个裁决者可以自由裁决案件,无论其倾向于什么样的实质性原则。其三,语义合同可以使用“履行要遵守诚实信用原则”、“合理的场合”这样的开放性条款构成的履行标准,但是智能合约当事人无法使用,因此没有办法通过事先安排来限制裁决者的审查范围。裁决者可能尊重或可能不尊重一个特定条款的意义,可能尊重或可能不尊重一个将商业实践限制在一个特定领域的序言(preamble)。一句话,不使用为传统语义合同和传统法院所创造的工具,智能合约的当事人对每一个争议将不得不从零开始主张,并且不知道,也无法预期裁决者如何分析这样的争议。<sup>⑧</sup>其四,智能合约由代码写成,代码不具有自然语言那样解释上的丰富性,不存在解释的空间,无法在事后通过解释规则来解决智能合约的争议。<sup>⑨</sup>反之,语义合同有稳定的合同解释规则和合同漏洞的填补规则,当事人对法院如何解释语义合同有比较稳定的预期,从而可

<sup>④</sup> 同前注<sup>⑤</sup>,Jeremy M. Sklaroff文, pp. 279,292.

<sup>⑤</sup> See Andrew M. Hinkes, The Limits of Code Deference, The Journal of Corporation Law, Vol. 46, 2021, pp. 869, 896.

<sup>⑥</sup> 参见陈爱飞:《区块链智能合约纠纷解决的可能性边界》,载《比较法研究》2024年第5期,第198页。

<sup>⑦</sup> Open Bazaar是一个结合了eBay和BittTorrent特点的去中心化商品交易市场。这个平台没有一个中心服务器,每个用户要使用Open Bazaar平台购物时,都需要下载一个软件,自身也作为一个服务器节点,为整个网络服务。

<sup>⑧</sup> 同前注<sup>⑤</sup>,Jeremy M. Sklaroff文, pp. 300-302.

<sup>⑨</sup> See Mateja Durovic & Franciszek Lech, The Enforceability of Smart Contracts, The Italian Law Journal, Vol. 5, 2019, p. 501.

以事先筹划,以控制语义合同可能的解释方向和内容。对于智能合约而言,裁决者将不得不从零开始重新构建整个合同,这对于当事人来讲难以忍受。

综上,在去中心化的链上裁决机制中,当事人不知道裁决者是谁,不知道裁决的规则如何,也无法事先限制裁决者对争议的审查范围,因此不知道如何构造其在裁决中的主张来最大化交易成功的可能性、最小化交易的风险,更无先例可以供援引,也不知道先前类似裁决是什么。

## (二)智能合约的链下法院争议解决方式的成本更高

在现阶段,智能合约不能消除当事人将交易争议诉诸法院诉讼的可能性,即使智能合约的当事人接受代码遵从(code deference)。智能合约不可能绝对正确,因此无法杜绝争议。将智能合约提交到法院进行诉讼将破坏这一去中心化项目(decentralized ventures),可能对智能合约的当事人以及第三人的权利和财产带来广泛的不利影响。因此,去中心化项目(例如以太坊平台)往往阻止当事人将智能合约的结果提交到法院进行诉讼,这需要智能合约的当事人遵从和同意接受智能合约的执行结果,我们称之为代码遵从。代码遵从对去中心化项目的有序运作至关重要,但是绝对的代码遵从在现阶段难以实现,其充其量只能提供一个诉讼的替代机制。代码遵从的措施具体包括链上争议解决、放弃和合同承诺不起诉等。除非有重大的法律改革,否则无论是基于代码的路径还是法律的路径,均不能阻止将智能合约的结果提交到法院进行诉讼。<sup>④</sup>

相较于语义合同,智能合约诉诸于法院的争议解决成本更高。其一,不同于语义合同当事人通常请求法院判决对方当事人履行所承诺的合同义务,智能合约的当事人将会寻求撤销合同或宣告合同无效以恢复原状,二者诉讼的形式有根本上的不同。恢复原状实质是将当事人之间智能合约所执行的交易进行逆转,这一争议解决方式的成本无疑更高。<sup>⑤</sup>其二,智能合约争议的审理对法官的职业素养提出了更高的要求,要求法官能够读够读懂代码写就的智能合约,如果法官不懂代码技术的话,则需要求助于相关专家并让他们辅助对智能合约进行解释,这些都形成了额外的争议解决成本,而语义合同争议的解决不存在这样的争议解决成本。即使发展的技术可以将区块链上的数据可视化,但是从语义合同转换为代码,再从代码转为可视化的内容,这中间将会丢失当事人的真实意思信息,从而有损于公平、合理的裁决结果。其三,智能合约的代码唯一确定,不可能具有语义语言那样解释上的丰富性,法院无法利用语义合同的解释规则和漏洞填补规则来解决合同争议,因此法院将不得不从零开始重新构建整个合同,这无论对深刻理解代码还是不理解代码的当事人来讲都是难以忍受的,从这一点来讲,智能合约相较于语义合同在法院寻求争议解决的成本更高。

对于匿名的智能合约来讲,不仅争议解决成本增加,甚至可能根本无法解决争议。匿名的智能合约可能存在代码错误的问题,但是当事人无法阻止智能合约的执行。由于匿名智能合约当事人的身份未知,因此无法采取有效措施来对错误的智能合约进行矫正,即使法院进行缺席判决,也可能无法实际执行判决。<sup>⑥</sup>如果智能合约不是匿名,双方当事人身份已知,那么他们可以诉诸法院或仲裁机构裁决对代码错误的智能合约予以撤销,双方当事人在现实物理世界中返还给付。<sup>⑦</sup>

智能合约的刚性履行还消除了法院诉讼之外的非正式合同争议解决机制,导致合同争议解决成本的增加。语义合同通过法院诉讼解决争议,经济成本和时间成本不菲,因此当事人一般倾向于避免诉讼,若可以通过关系性合同的非正式解决机制解决争议,则尽量不走上诉讼的道路。法院诉讼解决争议不仅成本高,而且也将破坏当事人之间的交易合作关系和未来继续合作的可能性,这种关系(非正式约束机制)也是限制语义合同当事人履行过程中机会主义行为的一个低成本的方式。但是,智能合约一旦订立,智能合约条款与智能合约条款所操纵的信息系统之间创造了一个永久和不可更改的联系,不再受外界环境的影响,一直持续到交易结束,合同争议的非正式解决机制不可能在智能合约场景下发挥作用。<sup>⑧</sup>

<sup>④</sup> 同前注<sup>④</sup>, Andrew M. Hinkes 文, pp. 869-870.

<sup>⑤</sup> See Kevin Werbach & Nicolas Cornell, *Contracts ex Machina*, *Duke Law Review*, Vol. 67, 2017, pp. 313, 376.

<sup>⑥</sup> 同前注<sup>⑤</sup>, 陈爱飞文, 第 201 页。

<sup>⑦</sup> 同前注<sup>⑥</sup>, Primavera De Filippi & Aaron Wright 书, p. 85.

<sup>⑧</sup> 同前注<sup>⑤</sup>, Jeremy M. Sklaroff 文, pp. 300-302.

## 五、智能合约交易成本挑战的缓和之道

对于继续性交易的治理而言,智能合约存在更高的缔约成本和争议解决成本,并且无法为继续性交易提供履行上的灵活性。鉴于智能合约交易成本的挑战,下文从合同法的机制来探讨智能合约交易成本挑战的缓和之道。

### (一) 缔约成本的有限缓和:智能合约的标准化条款

标准化条款有助于缓和智能合约的缔约成本,其法律性质是示范合同条款。开发体现智能合约缔约最优实践的标准化条款,有助于当事人避免重复先前智能合约所犯的 error,有助于利用行业专家的意见来仔细思考并避免潜在的漏洞,这将有助于订立更完整的智能合约并降低缔约成本。智能合约通过开源软件来创建和发展智能合约的标准化条款,其具体原理和方法如下所述:首先,同其他代码一样,智能合约本质也是模块化的,可以分解成相互独立、可被组合的程序功能块。程序员或律师可以创建特别设计的智能合约程序代码库,以实现语义合同中常见的特定功能。<sup>⑨</sup>其次,如果智能合约程序代码库在开源许可证下获得许可,可以由众多程序员或律师来改进和完善。一套智能合约标准化条款出现后,通过重复使用和公众的监督与反馈下,智能合约的标准化条款将逐步完善。当事人可以像组装乐高积木一样创建智能合约,将大量的程序代码库组装在一起,以此来规定、说明各种潜在可能性,创造更复杂、全面、精致的法律协议。<sup>⑩</sup>

智能合约的去中心化属性导致标准化条款不能有效消减缔约成本。其一,提供开源软件的区块链平台为数众多,例如主流开源平台有国外的以太坊、Hyperledger、Corda 和中国的 DAppLedger,这些平台之间不可避免存在竞争,智能合约的使用者面临着许多选择,这会导致智能合约的标准化条款的选择存在冲突。<sup>⑪</sup>其二,即使同一开源软件的区块链平台,关于标准化的最优实践,目前尚不存在一致的同意,关于这些标准化条款应如何发展,还存在着巨大的争议。此外,用于区块链应用的开源协议经常更新,但都是由个人使用者自己来执行更新的版本,这些不同轮次的更新被称为分叉,这将在同一区块链平台内的社区引起强烈的分歧,因为对改变系统中所有合同的规则来讲,分叉代表了一种多数规则的路径。其三,智能合约的标准化条款在合意形成阶段就存在缺陷,去中心化的性质要求新的标准化条款被使用者/当事人自愿采纳,这创造了不确定性,并将导致次优的治理决定。综上,智能合约的底层技术是区块链,区块链的去中心化属性导致开源软件开发的标准化条款先天存在不足,标准化条款可以缓和智能合约的缔约成本,但目前来看尚不能有效消减智能合约的缔约成本。

### (二) 缔约成本与争议解决成本的缓和:混合合同

从法律意义上来讲,语义合同与智能合约的关系呈现一个谱系。谱系的一端是完全的语义合同,合同主要由自然语言表示,只有少部分关于交付的自动执行条款由代码来表示,在这样的安排中,代码不在有法律约束力的合同安排之内,代码仅仅是用来执行自然语言所规定的合同履行义务。谱系的另一端是完全的智能合约,合同完全由代码表示,没有自然语言表示的条款。对于这样的完全智能合约,识别当事人的意图和决定要约与承诺的要素何时得到满足,无疑困难重重;即使完全智能合约可以被创立,也很难决定哪一个条款纳入到了法律意义的合同之中,这意味着缔约成本更高。即使条款可以被创立,对这些条款的事后解释同样不易,因为所解释的不是自然语言,而是合同权利义务的代码表达,这意味着争议解决成本更高。<sup>⑫</sup>

语义合同与智能合约谱系的两端之间是混合合同。在法律话语中,混合合同是指由语义合同与智能合约组成的安排,其协商使用自然语言,混合合同的一些权利义务由自然语言表示,而另一些权利义务则由代码表示,混合合同中自然语言和代码的此消彼长,会导致不同混合合同的自动化程度会有所不同。<sup>⑬</sup>对于履

<sup>⑨</sup> 例如,可以编写智能合约程序代码库来管理某一特定时间段计息或不计息的支付转移。这些程序代码库可以并入到一系列协议中,包括本票、劳动、服务、承包和遣散协议。

<sup>⑩</sup> 同前注<sup>⑫</sup>, Primavera De Filippi & Aaron Wright 书, pp. 81 - 82.

<sup>⑪</sup> 同前注<sup>⑮</sup>, Jeremy M. Sklaroff 文, pp. 263, 299.

<sup>⑫</sup> 同前注<sup>③</sup>, Law Commission 研究报告, p. vi.

<sup>⑬</sup> 同前注<sup>③</sup>, Law Commission 研究报告, p. 22.

行中当事人机会主义行为监督成本非常高的合同内容,或者合同中具有高度确定性并可以为代码所描述的内容,应交由自动执行的智能合约来治理,以此降低履行成本;<sup>④</sup>对于要随着时间推移和未来交易的具体情境显现才可以具体化的合同内容,应交由语义合同来治理,通过语义合同的开放性条款来增加合同履行的灵活性,以此降低缔约成本和争议解决成本。

混合合同有助于降低缔约成本。混合合同在确定合同有效成立方面能提供更大的确定性,合同法的一项基本原则是,要使合同成立和有效,必须证明双方当事人有建立法律关系的合意,并且合意内容不违反法律。基于这一法律原则,区块链的参与方应当展示出形成这样一个法律关系的合意,即将各方的交易内容在区块链上予以履行。一个代码为基础的智能合约辅以一个自然语言的语义合同,就能在后者当中清楚的表示实质性的法律权利和义务,代码部分作为合同的履行条款来发挥功能,这样的安排有助于缓和智能合约缔结的不确定性,减少缔约成本。<sup>⑤</sup>

混合合同有助于降低争议解决成本。混合合同在合同条款的解释上能提供更大的清晰度。在合同条款是以代码的形式通过区块链分布式账簿互动生成的情况下,确定和解释合同条款存在困难,因为通过代码想要表达的意思和代码实际执行的结果经常存在差距。代码写就的智能合约与语义合同连接有助于解释代码表示的条款,因为语义合同是混合合同的一部分,它被用来解释链上代码的范围和执行,这有利于减少争议,减少智能合约的争议解决成本。<sup>⑥</sup>

我国现行法律和司法实践支持语义合同与智能合约所形成的混合合同。语义合同毫无疑问适用《民法典》,《电子商务法》承认智能合约的法律效力,杭州互联网法院 2019 年就已经开始进行智能合约的司法应用。《电子商务法》第 48 条规定,当事人使用自动信息系统订立或者履行合同的行为对使用该系统的当事人具有法律效力。智能合约的系统是一个自动信息系统,如果合同权利义务完全由语义合同规定,只有关于交付履行的条款由代码来表示并在区块链上执行,根据该条的规定,当事人使用智能合约的自动信息系统履行合同的行为对当事人具有法律效力;如果当事人部分权利义务使用语义合同订立,部分权利义务使用智能合约订立,根据该条规定,当事人使用智能合约的自动信息系统订立合同的行为对当事人具有法律效力。在这样的混合合同中,当事人宜将具备高度确定性与履行监督成本高的内容订立为智能合约的内容,将内容具有不确定性以及更需要履行灵活性的内容订立为语义合同的内容,这样可以发挥语义合同和智能合约各自的治理优势。

### (三)履行成本的缓和:混合智能合约

混合智能合约能为智能合约的履行提供一定的灵活性。在计算机科学话语中的混合合同,本文称为混合智能合约,以此区别于上文中法律意义上的混合合同。

混合智能合约是指将区块链内部(链上)运行的智能合约代码与区块链外部(链外)的数据相连接的一种技术安排,链上和链外之间的连接是通过预言机来实现。履行不具有灵活性是现阶段智能合约成为主流的最大障碍。一旦智能合约的条款和相应的执行条件被部署在区块链上,就无法被变更。我国《民法典》第 158 条规定了附条件的民事法律行为,因此合同可以附生效条件或解除条件,条件满足则合同生效履行或解除终止。当事人是否可以在订立智能合约时,针对同一事项预先植入可选择的差异化条款(合同内容)及对应的执行条件(外部环境),经由预言机将链外世界中的合同条件是否满足输入到区块链上,以此触发智能合约的自动执行,这样的方式是否可以缓和智能合约的履行刚性? 以下展开具体分析。

智能合约预言机(Oracle),又称为智能合约外部数据机,是为智能合约提供外部真实世界数据的“第三方信息中介”。通过预言机,分布在区块链上的智能合约可与外部环境的数据源交互,这样的混合可以增强智能合约实时处理连续性交易新情况的能力,将智能合约的触发条件(外部环境)与合同内容(代码)对应起来,从而增加智能合约履行的灵活性。<sup>⑦</sup> 预言机是区块链与外部物理世界进行交互而存在的可信任实体,是

<sup>④</sup> 同前注<sup>⑤</sup>,Jeremy M. Sklaroff 文, pp. 263, 299.

<sup>⑤</sup> 同前注<sup>④</sup>,Niloufer Selvadurai 文, pp. 1163, 1175.

<sup>⑥</sup> 同前注<sup>④</sup>,Niloufer Selvadurai 文, p. 1176.

<sup>⑦</sup> 同前注<sup>④</sup>,Niloufer Selvadurai 文, pp. 1163 - 1173.

一个链外数据的提供平台,作为智能合约的数据输入来源,它能够将链外的数据真实准确地输入到链上,输入的数据直接影响了智能合约地最终的输出(执行)结果——确定和执行义务。因此,预言机应当具有不可篡改、服务稳定、可验证等特点,并具有经济激励机制以保证预言机运行的动力。<sup>③</sup>

经由预言机与链下现实世界连接的智能合约已经在我国的司法实践中使用。如在前文提及的北京互联网法院首次将智能合约应用于调解书执行立案中,原、被告经法院主持调解,订立智能合约形式的调解协议。根据该调解协议,被告应在约定期限之前支付原告赔偿金33000元。法院告知原、被告双方,若被告在调解书约定的履行期内未履行支付义务,将通过区块链智能合约技术进行自动执行。调解书约定的履行期限过后,被告仍有赔偿金20000元未履行,原告点击“未履行完毕”按钮,该案件直接进入北京互联网法院立案庭执行立案中,通过立案庭审核后,立案成功进入执行系统。该案首次通过智能合约实现自动执行,不仅标志着司法区块链智能合约应用的切实落地,更意味着通过预言机实现链上数据与链下司法信息系统的深度结合,有利于打破信息孤岛,降低调解协议(智能合约)的履行成本。<sup>④</sup> 预言机在该场景中的作用是连接链上智能合约与链下现实数据,例如验证被告是否履行调解书中义务需依赖外部数据(如支付记录),不过这样的预言机是中心化的预言机,预言机作为可信中介将这些链下信息传输至区块链,确保智能合约基于真实数据触发执行。

智能合约与外部世界的连接应通过可信共识预言机来实现。预言机分为软件提供数据的预言机、硬件提供数据的预言机以及可信共识预言机。软件提供数据的预言机从第三方网站或服务提供商获取数据。硬件提供数据的预言机通常通过传感器或数据采集器来获取数据,例如接收某一特定地点的外部温度、湿度。上述两种预言机都是中心化的预言机,而非去中心化的预言机,因为信任单一外部数据源与智能合约的去中心化相矛盾,这一问题应通过去中心化的预言机网络(Decentralized Oracle Networks, DON)——可信共识预言机来解决,其原理是让多个独立数据源的预言机来响应相同的查询,最终形成共识来解决这个问题。<sup>⑤</sup>

智能合约可以通过预言机实现所附条件的动态化,从而实现未来智能合约中履行义务的动态化,使履行义务具有一定程度的灵活性。但前提是智能合约需要事先对某一事项不确定的义务(结果)及对应条件(触发事件)以列举方式规定,而不是只规定一个唯一的义务和与此对应的条件。需要说明的是,预言机只能一定程度缓和而不能彻底消除智能合约履行的刚性。智能合约是一个附条件合同,体现于“if-then”程序语句,只能塑造和治理具有明确的义务(结果)和条件(触发事件)的交易关系。<sup>⑥</sup> 对于缔约时可以确定并且可以被代码记载的义务,可以直接将该义务——结果及其所附条件——外部触发事件记入区块链;对于缔约时不确定的义务——结果,如果可以通过有限列举来实现,即将针对某一事项列举不同的义务——结果与对应的动态化条件——外部触发事件记入区块链,通过预言机将某一事项在不同触发条件下差异化的合同义务加以实现。但对于缔约时某一事项不确定的合同义务和条件无法完全列举的,预言机则无能为力。

智能合约当事人在订立合同时,是否能够穷尽列举某一事项在不同触发条件所对应的不同内容的合同义务?这显然是不可能的。智能合约对合同履行义务的动态化,需要在缔约时事先针对某一事项列举不同的结果(义务)及对应的条件(触发事项)来实现,这些条件(触发事项)在未来根据预言机输入的数据被触发。借助于预言机,智能合约的缔约当事人可以在最初确定决策程序的前提条件、选择范围和具体标准等方面预期几个未来场景,并为每种场景的变化定义不同的条件集。<sup>⑦</sup> 但是,对于当事人缔约时事先无法预见的场景,智能合约无法像语义合同那样通过开放性条款事中实现履行义务的动态化。此外,合同履行过程中,如果合同条件和外部环境发生了重大变更,语义合同可以适用《民法典》第553条规定的情势变更原则来变更

<sup>③</sup> Tokenclub 研究院:《预言机技术研究报告:虚拟与现实的纽带,数据真实上链之锚》,2018年12月,第17页。

<sup>④</sup> 参见赵春艳:《全国法院首例采用区块链智能合约技术北京互联网法院实现执行“一键立案”》,载《民主与法制时报》2019年11月3日第6版。

<sup>⑤</sup> 参见范锦锋:《智能合约和预言机初探》,载《信息通信技术与政策》2018年第7期,第38页。

<sup>⑥</sup> 智能合约不需要预言机也能够建立起来,通过预先设定的某种条件自动执行。

<sup>⑦</sup> 参见夏庆峰:《从传统合同到智能合约:由事后法院裁判到事前自动履行的转变》,载《法学家》2020年第2期,第21页。

或解除合同,而智能合约预言机无法实现语义合同中情势变更原则的功能,因为对情势变更的场景或者无法预见,或者无法描述,从而导致当事人不能实现事中变更或解除合同。

综上,通过预言机,将链上运行的代码与链外的数据相结合,只能一定程度上缓和而不能彻底消除智能合约的履行刚性及其治理继续性交易的履行成本。

## 结语

智能合约的自动执行尽管可以降低合同履行环节的交易费用,却存在履行缺乏灵活性的治理局限,驱动智能合约自动执行的共识算法也产生了严重的外部成本。刚性履行将智能合约的交易成本从事中推向了事前治理环节和事后治理环节。在事前治理环节,智能合约的完全合同本性,当事人的可匿名性,语义合同向智能合约转换的不完全性,为防范代码漏洞付出的缔约努力,所有这些元素都推高了缔约成本。在事后治理阶段,相较于语义合同,智能合约链上争议解决机制结果难预测,链下通过法院解决争议的成本更高。最重要的是,智能合约难以治理对履行灵活性具有内在要求的继续性交易,并且还排斥关系性合同介入继续性交易的治理。

现阶段,没有一种合同技术适用于治理所有交易,智能合约难以全面替代语义合同,否则将引发极度的交易成本。鉴于智能合约特有的治理成本,交易当事人应考虑创建混合合同。法律意义上的混合合同,将智能合约与语义合同相混合,一些权利和义务以自然语言表示,另一些权利和义务用代码表示;计算机科学意义上的混合合同,本文称为混合智能合约,将链上运行的代码与链外的数据相结合,链上和链外的连接通过预言机来完成,其可以有限缓和但不能有效消除智能合约的履行刚性。借助这样的混合合同,能充分发挥智能合约的治理优势,并减少智能合约的交易成本。不同合同类型可以携手合作,充分发挥各自的治理优势,共同体现各方缔约的目的,而无须逼迫当事人二选一。

---

**Abstract:** Contracts have the function of governing transactions, and Smart Contract is an innovative governance of transactions. The automated execution of Smart Contract greatly reduces the costs of contract performance, but also makes Smart Contract lose the flexibility of contract performance, rendering Smart Contract unsuitable for governing continuing transactions. Although Smart Contract can reduce the costs of contract performance in the event - stage, it pushes the transactions costs to the pre - event stage and the post - event stage. In the pre - event stage, the accuracy of the Smart Contract code, the anonymity of the parties, the incompleteness of the conversion from Semantic Contract to Smart Contract, and the avoidance of code vulnerabilities all push up the contracting costs. In the post - event stage, the rules of the decentralized on - chain dispute resolution of Smart Contract are uncertain, and the results of dispute resolution are difficult to predict. If dispute resolution of Smart Contract chooses the traditional court litigation off - chain, compared with the Semantic Contract, it will have a higher costs of dispute resolution. How to mitigate the transaction costs of Smart Contract? Decentralized feature of Smart Contract means that standardized terms of Smart Contract can only mitigate contracting costs in a limited way, Oracle can only mitigate the rigidity of Smart Contract performance to a certain extent but cannot effectively solve it, the hybrid contract composed of Semantic Contract and Smart Contract can effectively reduce the contracting costs and dispute resolution costs of Smart Contract.

**Key Words:** Smart Contract; Semantic Contract; Transaction Costs; Blockchain; Oracle

---

(责任编辑:李安安)