

区块链在场外衍生品市场中的应用价值

东海证券股份有限公司 王一军 丁竞渊 应晓明

一、引言

场外衍生品包括场外期权、远期、互换和结构化产品等，通常为交易双方直接协商确定的非标准化合约，收益结构复杂多样，可以满足投资者个性化、定制化、精细化的投融资和风险管理需求。场外衍生品市场在全球金融市场中占有重要地位。同时，场外衍生品市场也是多层次资本市场体系的重要组成部分。一方面，场外衍生品可用于其挂钩标的，如权益、商品和其他金融资产的套期保值、风险对冲，发挥了风险管理、价格发现和流动性传导的功能；另一方面，场外衍生品在其合约存续期内，又往往需要交易场内相关品种进行对冲，从而起到了衔接资本市场各层级的作用。

衍生品交易通常为合约交易，包括交易前

(Pre-Trade) 处理和交易后 (Post-Trade) 处理两个阶段¹。场外衍生品合约通常是非标准化的，这使其难以实现类似场内市场的交易所集中交易模式，因此在交易前处理阶段通常采用双边授信的询价交易模式，在交易后处理阶段则主要以双边清算方式完成履约，部分标准化程度较高的合约可采取中央对手方 (Central Counterparty, CCP) 清算。由于场外衍生品市场缺乏交易所这样具有公信力的中心化 / 中介化机构，无法确保市场参与者具有相同的信用水平，从而导致了场外市场的核心风险：交易对手方信用风险 (Counterparty Credit Risk, CCR)。在当前条件下，场外衍生品市场存在着 CCR 计量与风险管理困难，面临询价交易效率低下、交易透明度低、穿透监管难度大等诸多制约因素，

¹ 交易前 (Pre-Trade) 处理指交易双方通过集中竞价、做市商或询价 / 报价方式达成交易的阶段；交易后 (Post-Trade) 处理指达成交易后交易双方履行合约条款、执行清算、结算和交收的阶段。

而信用违约可能引发系统性风险。解决上述问题的传统思路是合约标准化、交易集中化、结算场内化。这仍然是一种建立中心化信任机制的思路，对交易的标准化程度、市场参与者的信用水平，交易担保均有较高要求。但这实质上与场外衍生品市场的特征相悖，模糊了场外与场内市场的界限，甚至威胁场外衍生品市场存在的意义。

区块链技术是计算机科学领域多项重要技术成果的融合创新，被认为是新一代互联网基础设施之一，我国也将其列为“超前布局的战略前沿技术”。区块链技术的根本目标就是要解决“如何在一个去中心化的不可信环境下建立信任机制”这一几乎是悖论的问题。其关键措施包括：利用哈希算法、非对称加密和分布式账本实现了可信数据管理，满足数据存证所要求的数据可校验、可追溯和不可篡改；利用共识机制解决了去中心化环境下的交易一致性问题；智能合约技术则赋予了区块链执行复杂交易逻辑的能力。从技术角度，区块链系统的一致性是由各节点在可信数据基础上相互校验实现的；而从社会角度，依托区块链构造的信任机制依赖于各成员在存证的基础上的相互监督和协作，形成自组织和自我管理的协作生态，而不再依赖具有公信力的中心化/中介化平台。此外，区块链还实现了数据资产的确权：将数据所有权还给产生数据的用户，用户可以通过分享数据、资源和能力获得回报和收益。

场外衍生品市场天然具有去中心化/去中介化特征，是区块链的典型应用场景。通过设计适于场

外衍生品市场的区块链形态和共识机制，可以有效地界定市场各参与者角色的权利与义务，改善市场组织结构，形成市场运行机制保障下的协作生态。其次，区块链技术的数据存证功能实现了交易数据的可信管理，可为CCR计量与管理，提高市场透明度，加强监管与防范系统性风险提供有力的保障。再者，区块链智能合约拥有强大的表达能力、灵活定制能力和自动执行能力，可以用作场外衍生品合约的技术载体，称为“智能衍生品合约”，为交易双方从询价交易到结算支付的完整交易流程提供去中介化²管理。

当前区块链技术在场外衍生品市场的巨大前景已受到许多国际金融机构、监管机构、咨询机构和金融科技企业的关注。ISDA³对智能衍生品合约的概念、与现行标准的兼容性、复杂性、构建方案等问题进行了研究，提出了ISDA通用领域模型（ISDA COMMON DOMAIN MODEL, ISDA CDM）作为智能衍生品合约的实用开发框架。巴克莱银行（Barclays）于2016年公布了一个基于分布式账本的原型交易测试，将金融协议中的条款与义务提炼为智能合约中的计算机程序，用以评估将智能合约应用于权益互换、期权、互换期权等交易中的可行性。Barclays还联合Nasdaq和UBS共同投资了美国区块链创业公司R3CEV，研发一种基于区块链技术并100%以法币作为背书的电子现金货币：通用结算币（Utility Settlement Coin, USC），可用于场外衍生品市场的银行间结算。美国金融科技公司Numerix研究了使用区块链的OTC交易流程带来的效率提升，并比

² 区块链基于密码学原理，使任何达成一致的双方，无需第三方中介参与，即可完成交易。

³ 国际掉期与衍生品协会（International Swaps And Derivatives Association, ISDA）。

较了不同市场参与者对区块链进行技术投资的动力，提出必须依靠监管机构和行业领导者起到推动技术发展的作用。

在中国证券业协会 2019 年重点课题《区块链在场外衍生品市场组织中的应用研究》中，我们提出了一种基于区块链的场外衍生品交易平台技术框架（B-OTC 框架）。在本文中，我们依托课题研究成果，以 B-OTC 框架为例，从市场组织机制、信用风险管理与监管的角度，分析区块链技术在场外衍生品市场的应用价值，并对其中的关键问题提出解决思路。

二、市场组织机制

将区块链技术应用于场外衍生品市场是通过构建基于区块链的交易基础设施实现的，其中关键措施包括对区块链网络的形态、共识机制、交易前/后处理流程的设计，智能衍生品合约的实现，以及交易对手信用评级模型、系统风险监测模型等衍生应用。基于区块链的交易基础设施可有效改善场外衍生品市场的组织机制，构建共识协作的市场新生态，提高交易效率与透明性，并有利于形成规范、专业的第三方担保体系。

（一）共识协作的市场新生态

区块链系统设计首先需要根据应用场景的特征确定区块链形态、节点构成和共识机制，这决定了区块链成员的权利义务关系，与监管环境的适应性，

以及系统的安全性与性能。当前我国场外衍生品交易通常是在交易商⁴与作为其客户的交易对手方⁵之间展开，或两个交易商互为交易对手方，主要采用双边清算模式，部分采用中央对手方（CCP）清算。当前我国场外衍生品市场的交易格局见图 1。除此以外，场外衍生品市场的参与方还包括：交收银行，负责交易和结算的支付环节；监管机构，负责市场监管和交易报告库（TR）维护；第三方担保机构，为部分交易提供第三方担保授信。

区块链系统的形态包括无需身份认证的公有链，以及需要身份认证的联盟链和私有链。其中联盟链由不同组织构成，适用于跨组织协作场景；私有链位于组织内部，通常用于内部流程的数据存证。场外衍生品市场由不同角色的市场参与者构成，各机构均需相关资质认证，因此适合采用联盟链形态。

在区块链节点选择方面，应考虑节点所属机构是否有直接产生或访问交易数据，执行交易验证的需求；是否具有足够的公信力和利益动机来维护市场的公正与秩序；是否具备足够的风险管理能力；是否具有足够的技术能力参与联盟链节点维护。在场外衍生品市场中，交易商、CCP 机构、监管机构、第三方担保机构均具备上述条件，为区块链网络提供节点；交易对手仅以用户身份通过访问区块链 DApp⁶参与交易；交收银行不直接参与交易，无需为区块链提供节点，仅向区块链系统提供支付接口。

由于不依赖于信任中心，区块链系统必须采用

⁴ 符合《场外证券业务备案管理办法》、《证券公司场外期权业务管理办法》相关规定被认定为交易商的证券公司和期货风险管理子公司。交易商还进一步分为一级交易商与二级交易商，二级交易商开展场内对冲必须通过一级交易商完成。

⁵ 符合《证券期货投资者适当性管理办法》，以法人参与或以金融产品参与场外衍生品交易的专业机构投资者。

⁶ 去中心化应用（Decentralized Application, DApp），指运行在分布式计算机系统上的计算机程序。本文中的 DApp 专指运行于区块链系统上的去中心化应用。

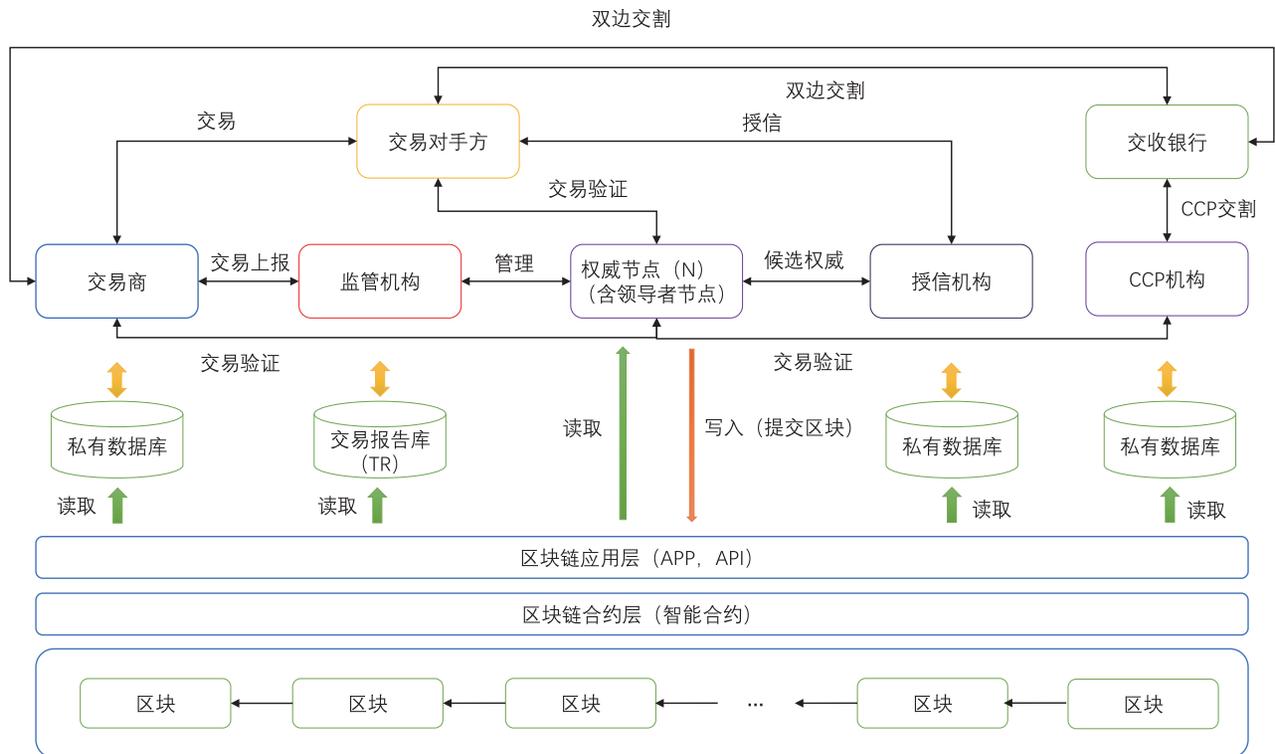


图 2: B-OTC 框架的 PoA 共识机制结构模型

护市场秩序的经济或声誉动机，因此具备成为候选权威节点的条件。

正式权威节点的选举和管理由特定的智能合约程序实现，其功能包括：根据规则指定候选机构名单或否决特定候选机构，定期执行权威节点重选；监测权威节点运行，驱逐发生良性 / 拜占庭错误⁸的节点或其所属机构发生信用事件的节点，并执行补选等。监管机构不直接参与交易，不作为候选权威节点。但监管机构拥有市场最高公信力，将负责权威节点选择与管理的智能合约程序应部署于监管机构所属节点，可从机制上保证监管机构有条件履行

监管职责和维护市场秩序。

B-OTC 框架中，不同市场参与者角色的权利、义务、功能和相互关系，通过区块链技术机制得到确认与保证。PoA 共识机制的权威节点选择方法体现了由市场信用风险承担者参与市场运行管理的思想。权威节点监督验证所有交易，其他节点监督权威节点，监管机构执行管理程序，各方相互制约实现“自组织 (Self-Organization)”⁹管理，从而形成共识协作的全新市场生态。

(二) 交易效率与透明性

场外衍生品交易在交易前处理阶段主要采用询

⁸ 拜占庭错误指节点发生恶意攻击或错误。

⁹ 自组织指一个系统中的成员在内在机制的驱动下，无需外部监督，自行实现系统目标。

价交易模式：交易对手就某一合约向交易商询价，交易商执行定价模型后给出报价，经交易对手方确认后成交；在交易后处理阶段主要采用双边清算，交易双方直接根据合约条款处理到期结算、平仓和终止事件等事务。在当前技术条件下，场外衍生品交易效率和透明性较低，在交易前处理阶段会影响定价准确性和引入市场风险，在交易后处理阶段则造成 CCR 计量与风险管理的及时性和准确性，增加了引发信用风险乃至系统性风险的概率。

提高交易效率和透明性的传统思路是提高合约的标准化程度，以便实现交易信息的集中登记和满足集中清算的要求。但这类措施与场外衍生品市场的特征不相适应，市场接受程度低，效果有限。其根本原因在于，中心化交易平台的解决方案是通过

改变场外市场交易与清算模式，以牺牲灵活性为代价来提升效率。

而依托区块链技术构建的 B-OTC 框架，可在保留场外衍生品市场典型交易和清算模式的同时，利用技术手段显著提升交易效率和市场透明性。在交易前处理阶段，如图 3 所示，交易对手方可通过区块链网络的 P2P 广播机制，向全网或指定的部分交易商发起询价；收到询价请求的交易商以异步的方式向其报价，也可以选择报价；交易对手方对收到的报价进行比较，选择成交对手或放弃成交。整个处理过程与传统询价交易类似，但区块链网络构成了一个覆盖全市场的交易平台，人工干预环节减少，流程的并行化执行程度提高，信息不对称得以消除，从而获得了类似于场内市场的平台化优势。

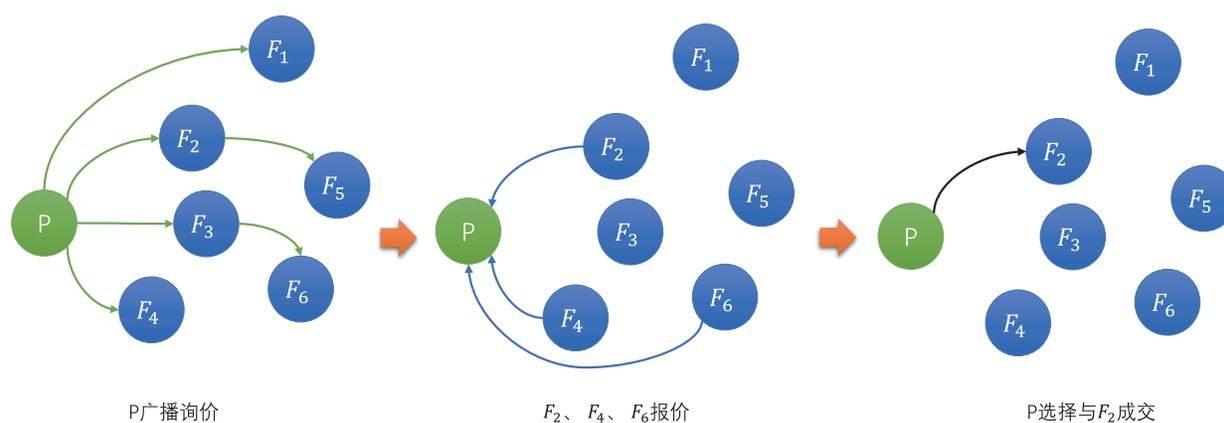


图 3：区块链网络上的询价交易

衍生品合约的交易后处理则主要通过智能衍生品合约实现。智能合约是部署在区块链上的程序代码（简称“链码”），可以实现合约条款在不受合约某一方或第三方控制的条件下自动执行，保障合约执行的中立与公正，避免偏差与分歧。智能

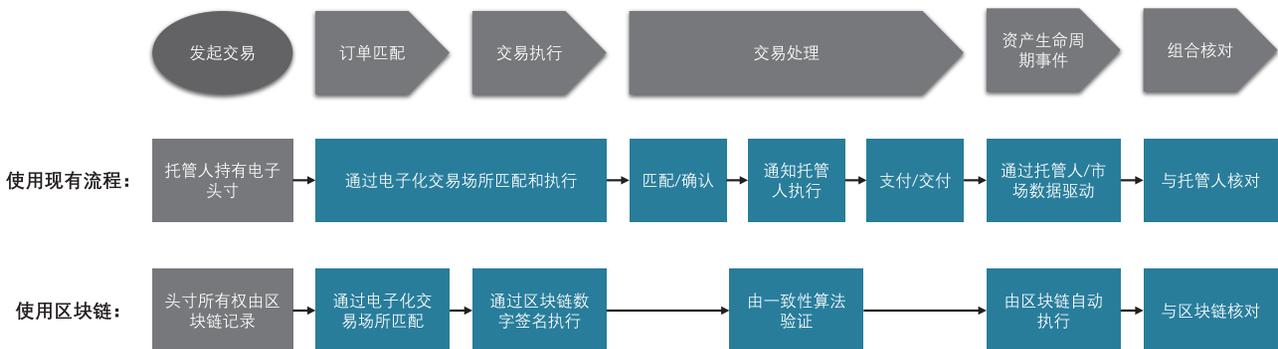
衍生品合约指利用智能合约代码对衍生品合约进行描述，成为可按合约条件自动触发执行的计算机化交易协议。美国财政部金融研究办公室（Office of Financial Research, OFR）的相关研究表明，区块链智能合约具有描述衍生品合约的足够表达能力和

可验证性，从理论上保障了智能衍生品合约的可实现性和法律有效性。ISDA 则提出以 ISDA 主协议为蓝本的 ISDA 通用领域模型和 ISDA 智能衍生品合约实用开发框架。

在衍生品合约成交后，挂钩标的价格变动、平仓请求、信用事件、合约到期等事件均可根据条件触发自动执行合约条款。智能衍生品合约的执行和结果验证由当前权威节点自动完成，合约任何一方均无法控制或改变其执行，从技术上保障了双方履

约。Numerix 比较了现有流程与使用区块链的 OTC 交易流程，见图 4，认为智能合约在分布式账本上的自动执行能力可以大幅提升交易后处理的效率。

还需要指出的是，智能衍生品合约具有灵活的定制性和快速部署能力。这意味着智能衍生品合约在提高效率的同时，并不要求提高合约的标准化程度，相反可以实现根据投资者需求个性化定制合约，与传统的中心化交易平台存在本质差异。



资料来源：Numerix

图 4：现有流程与使用区块链的 OTC 交易流程对比

（三）第三方担保体系

由于 2008 年金融危机造成的严重影响，2009 年 G20 匹兹堡峰会上提出了关于加强场外衍生品监管的多项措施，其中包括建立非集中清算衍生品的保证金制度的内容。然而，在监管规则增加对担保品的要求以后，国际场外衍生品市场均陷入了担保品不足的窘境。当前，最易被接受的担保品仍然是现金，这制约了现金流不足的交易对手方参与交易的能力。然而实物资产作为场外衍生品交易的担保品往往难以被交易商所接受，这是因为交易商作为

金融机构，缺乏对特定实物资产的估值、管理和处置能力，在信息不对称的环境下还要面临重复质押的风险。

引入规范的第三方担保体系有助于解决场外衍生品市场担保品不足的问题。第三方担保授信指，由第三方担保机构为交易对手提供信用担保，在交易对手发生信用事件时，第三方担保机构承担连带清偿责任。场外衍生品交易通常是基于双边授信的，当交易对手无法获得交易商足够授信，且无法提供足够的保证金时，可通过向第三方担保机构质押 /

抵押实物资产，获得授信额度参与场外衍生品交易。第三方担保机构可以是特定领域的专业机构，具备对特定类型实物资产估值和管理能力，并在实际发生违约时可以有效处置质押 / 抵押资产获得补偿。

然而，要真正实现第三方担保体系，必须解决市场内外信息不对称，跨组织跨领域数据交换，交易行为验证等问题。必须结合线上与线下治理方式，建立有效的技术机制，实现监管穿透，避免虚假担保或重复质押。区块链系统具有数据存证、拜占庭

容错¹⁰和防止“双花”¹¹的能力，是构造这一机制的天然选择。

在 B-OTC 框架中，第三方担保下的场外衍生品交易流程如图 5 所示。其中，质押资产，以及发生违约事件后处置质押资产均在区块链系统之外进行；而提供授信，验证授信和发生违约事件后承担连带清偿则是区块链系统内部操作。可见，第三方担保机构作为具有公信力的区块链节点，起到了市场内外数据交换，消除信息不对称的重要作用。

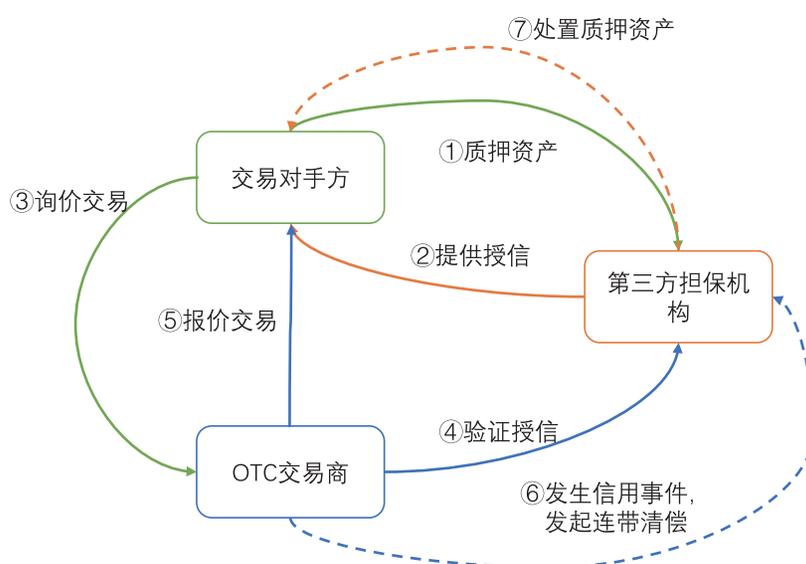


图 5: B-OTC 框架下第三方担保授信流程

第三方担保所涉及的资质、信用评级、交易行为、授信记录等数据，均在分布式账本上实现存证；智能合约可以高效地处理第三方担保授信所涉及的跨组织复杂业务流程，并保证一致性，最大程度降低发生争议的可能；PoA 共识机制的设计也促使第

三方担保机构维护自身利益与确保市场公正的目标保持一致。

三、信用风险管理与监管

场外衍生品市场的核心风险是交易对手方信用

¹⁰ 拜占庭容错指允许出现不超过 1/3 的恶意或故障节点，仍能保证系统的一致性。

¹¹ “双花”指交易系统出现重复购买 / 支付问题。

风险（CCR）。利用区块链可有效改善场外衍生品市场的数据治理，进而建立基于交易行为的信用评级体系，改善 CCR 风险管理，实现对系统性风险的实时监测和预警。

（一）基于交易行为的信用评价体系

场外衍生品市场中，交易对手的信用水平是影响交易决策、合约定价、第三方担保的重要因素，也是 CCR 计量的重要参数。受限于数据的准确性、完备性和及时性，在当前场外衍生品市场组织模式下，难以实现对交易对手信用水平的有效计量。

在 B-OTC 框架中，交易对手的交易行为数据被完整地记录在区块链分布式账本中，包括交易次数、合约要素、头寸规模、持仓期限、担保品比例、授信额度等。基于此，我们提出一种综合考虑外部评级系统和历史交易行为数据的信用评价方法。交易对手 P_i 的最新信用评级定义见公式 1：

$$Rt_{i,j} = \begin{cases} Rt_{out_{i,j}} & j = 0 \\ \alpha \cdot Rt_{out_{i,j}} + \beta \cdot Rt_{td_{i,j}} & j > 0 \end{cases} \quad \text{公式 1}$$

其中 $Rt_{out_{i,j}}$ 为外部评级系统的最新评级， $Rt_{td_{i,j}}$ 为 B-OTC 框架内部评级， α 和 β 为两者的权重， $\alpha + \beta = 1$ 。 j 为当前 P_i 已了结的交易次数，若 P_i 尚无历史交易（ $j=0$ ），则直接使用外部评级。

内部评级 $Rt_{td_{i,j}}$ 基于交易行为数据构建，其评级模型 RT 是交易对手 P_i 已了结交易序列 td_lst_i 的函数：

$$Rt_{td_{i,j}} = RT(td_lst_i), \quad td_lst_i = [Trade_{i,0} \dots Trade_{i,j}] \quad \text{公式 2}$$

$Trade_{i,j}$ 代表交易对手 P_i 的第 j 笔已了结或已终

止的交易，B-OTC 框架可以提供有关该笔交易的元组数据：

$$Trade_{i,j} = (Rt_{i,j-1}, Sz_{i,j}, Len_{i,j}, Coll_{i,j}, Margin_{i,j}, Guar_{i,j}, Def_{i,j}, RR_{i,j}) \quad \text{公式 3}$$

其中 $Rt_{i,j-1}$ 为 P_i 上一次评级； $Sz_{i,j}$ 为交易规模； $Len_{i,j}$ 为合约执行时间； $Coll_{i,j}$ 为抵押品价值； $Guar_{i,j}$ 为第三方担保额度； $Margin_{i,j}$ 为是否采用盯市保证金； $Def_{i,j}$ 为是否发生违约； $RR_{i,j}$ 为发生违约（ $Def_{i,j} = 1$ ）时的追偿率。

该信用评价方法的基础在于区块链的数据治理优势，信用评级所依赖的交易行为数据精确且不可篡改，减少了人为主观因素并提高了敏感性。投资者通过自身良好的交易行为获得更好的信用评级，可在未来交易中获得更优的报价或授信条件，也体现了区块链实现数据资产确权为客户带来收益的效果。

（二）交易对手信用风险管理

交易对手信用风险管理的关键在于 CCR 计量和保障合约的执行。在这两方面，区块链技术都能带来明显的改善作用。CCR 计量主要通过对其可能造成的期望损失（Expected Loss, EL）来估计。EL 估计要考虑考虑违约概率（Probability of Default, PD），违约暴露（Exposure at Default, EAD），以及违约损失（Loss Given Default, LGD）三方面的因素，见公式 4。其中 PD 是在一个特定交易中，交易对手方发生违约的概率；EAD 是预计发生违约时估计偏离交易的价值；LGD 则是交易对手发生违约时，可能损失占风险暴露的百分比。

$$EL = PD \cdot EAD \cdot LGD \quad \text{公式 4}$$

当前已有多种 CCR 计量模型，包括巴塞尔 II 框架下的现期暴露法（Current Exposure Method, CEM）、标准化方法（Standardized Method, SM）和内部模型法（Internal Model Method, IMM），以及巴塞尔 III 中的交易对手信用风险暴露计量的标准法（Standardized Approach for Measuring Counterparty Credit Risk Exposures, SA-CCR）等。各模型的差异主要集中在对 EAD 的估计方法上。

以 SA-CCR 为例，EAD 计算公式如下：

$$EAD_{SA-CCR} = \alpha \cdot (RC + PFE) \quad \text{公式 5}$$

其中 α 为常数， RC 为重置成本，是衍生品逐日盯市（MTM）价值，反映了当前风险暴露。 PFE （Potential Future Exposure）则是对头寸为例潜在暴露的估计，覆盖了合约风险暴露的波动率。SA-CCR 的 RC 计算见公式 6：

$$RC = \begin{cases} \max(V, 0) & \text{无抵押} \\ \max(V - C, 0) & \text{有抵押, 无保证金} \\ \max(V - C, TH + MTA - NICA, 0) & \text{有抵押, 有保证金} \end{cases} \quad \text{公式 6}$$

其中， V 为组合的盯市价值； C 为抵押品价值； TH （Threshold）为阈值，超过 TH 则必须提交抵押品； MTA 为最低转移数量（Minimum Transfer Amount），即交易对手转移抵押品的最小数量； $TH + MTA$ 表示超过这个水平才会发生追加可变保证金。 $NICA$ 为独立抵押净值（Net Independent Collateral Amount），即交易对手提供的可用于抵

消违约风险暴露的担保品净值。 $TH + MTA - NICA$ 代表了触发追加可变保证金之前的最大风险暴露。

SA-CCR 中的 PFE 定义见公式 7：

$$PFE = multiplier \cdot Add_on_{aggregate} \quad \text{公式 7}$$

其中， $multiplier$ 是代表认可超额抵押的乘数，以便减少合约对最低资本金的要求。聚合附加暴露 $Add_on_{aggregate}$ 为合约中不同资产类别附加项的函数。SA-CCR 将衍生品交易分为利率、外汇、信用、股权和商品五大类资产，各类资产可分别形成抵消组合，其附加暴露可部分或全部抵消。

而 PD 和 LG D 的估计则更加复杂。 PD 是对特定一段时间内交易对手发生违约事件的期望值，可以考虑用实际的违约频率（Default Frequency, DF ），即违约债务人与总债务人数之比来代替：

$$DF = \frac{Defaulted\ obligors}{Total\ number\ of\ obligors} \quad \text{公式 8}$$

但实际计算 PD 需要考虑样本的统计口径，这涉及到交易对手的风险特征、历史信用数据、外部信用评级、资产价格变动、以及经济环境等多方面因素。

违约损失（ LG D）是对 EAD 中可能发生损失部分的估计，即违约事件中预期无法被追偿部分的百分比：

$$LG D = 1 - RR \quad \text{公式 9}$$

其中 RR 为追偿率（Recovery Rate），是资产

被偿付的比率。而这又是一个难以估计的期望值，以至于在巴塞尔协议的 LGD 估计的基础方法中，仅能根据索赔优先级给出固定 LGD 比率；而在高级方法中，则更多地依赖于内部模型和特殊数据。

可见 CCR 计量的困难来自于其模型所依赖数据的复杂性，以及难以及时完整地追踪这些数据。数据复杂性还决定了模型的选择，导致市场 CCR 计量标准不统一。区块链实现了数据存证，当前交易的合约价值、抵押品与保证金情况、资产类别、头寸未来风险暴露等细节，以及交易对手的信用和历史交易数据，均实时且不可篡改地记录于分布式账本，并可根据模型的需要进行回溯。由于改善了数据质量和及时性，消除了信息不对称，使我们可以实现 CCR 计量标准的统一，并提升 CCR 计量的敏感性。

此外，在 B-OTC 框架中交易后处理过程是通过智能衍生品合约来实现。智能衍生品合约本身是严格的可执行程序，避免了自然语言合约文本可能出现的歧义。而任何涉及合约条款的事件均可自动触发智能衍生品合约的执行，且执行过程不受交易任何一方的干扰。这从根本上降低了交易任何一方的违约风险。

（三）系统风险监测

场外衍生品市场的系统性风险主要来自于 CCR 的“传染效应”：一家机构的违约可能导致其对手方资产的减记，进而引起其违约或破产。当前的对此的监管措施主要是提高大型金融机构的相关性系数，将信用估值调整（Credit Valuation Adjustment, CVA）纳入监管，强化错向风险计量，延长保证金期限等。但这类方法都没有考虑机构间因交易产生的复杂依赖关系。从市场整体看，这样

的依赖关系是网状的，意味着某些特定机构的违约事件可能会引起连锁反应，传导蔓延形成系统性风险，从而导致基于相关系数的风险监测失效。

目前已出现了一系列基于复杂网络模型的系统风险监测方法，这类方法通过研究 CCR “传染效应”的形成机制，提出了系统风险监测的新框架。然而，受限于数据在完整性、准确性、及时性上的不足，尚未发现这类基于网络模型的方法的实践案例。区块链技术有望促进这类新方法的实用化。在 B-OTC 框架中，依靠分布式账本中完备的交易数据，可以实现对全市场各机构 CCR 的实时计量，并获得各机构间交易关系全景图。这有助于实现对系统风险的实时监测和预警。

假设存在图 6 左侧所示的风险暴露关系：有向图中各节点 $i \in V$ 代表参与交易的机构；有向边 E_{ij} 代表机构 i 对机构 j 有一个风险暴露（如 i 向 j 购买了一个场外期权）。假设监测到机构 A 的 CCR 超出警戒值，就立即启动 CCR 传染模型的推导。

从图中可以看出，机构 A 对 C 存在一个违约暴露 EAD_{AC} ，估计违约损失比例 LGD_{AC} 。如果机构 A 发生违约，此时违约概率 $PD_{AC} = 1$ ，期望损失 EL_{AC} 成为实际损失 L_{AC} ，见公式 10：

$$L_{AC} = EAD_{AC} \times LGD_{AC} \quad \text{公式 10}$$

在 A 违约的情况下，若 C 的资本金 C_C 已不足以承担机构 B 和 C 对其的风险暴露，见公式 11，导致 C 也发生违约。

$$C_C - L_{AC} < EAD_{CB} + EAD_{CF} \quad \text{公式 11}$$

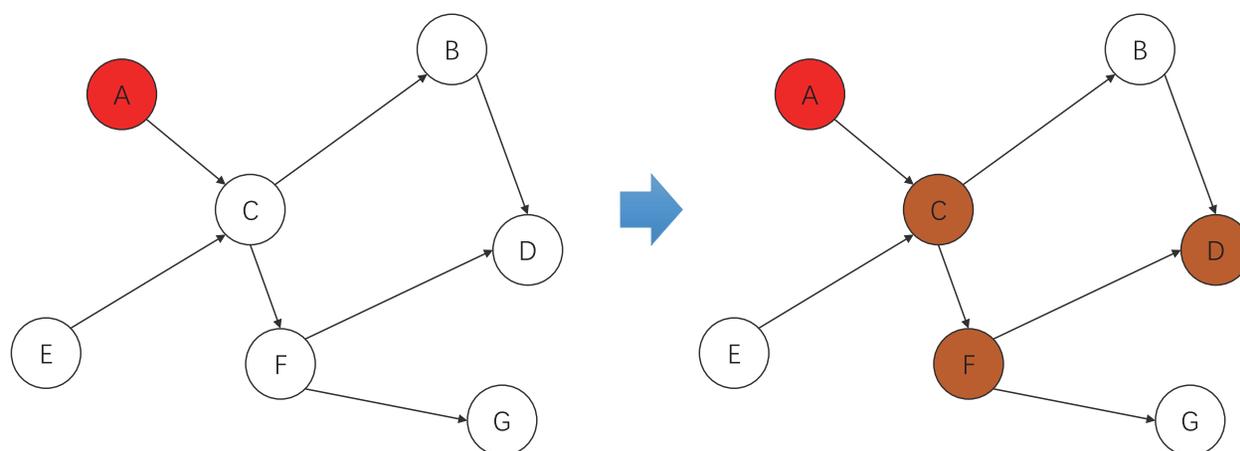


图 6：系统风险监测示例

将机构 C 也纳入连带违约机构的集合，并继续推导因 C 导致连带违约的机构。反复迭代这一过程，最终可以推导出机构 A 违约可能传染扩散的范围。如图 6 右侧，机构 C、F、D 均被连带产生违约。

在基于区块链的交易基础设施中，可将单个机构 CCR 监测与系统风险监测模型相结合，对单个机构 CCR 设定警戒值，及时预测 CCR 传导与扩散的范围，在系统风险实际出现前即可采取措施进行阻断。

四、结论与建议

区块链是构建去中心化信任机制的有效工具，而信任是实现交易的基础，因而与生俱来带有经济学意义。区块链的分布式账本实现了可信数据管理，消除信息不对称；共识机制解决了分布式系统的一致性问题；智能合约确保了复杂交易行为的可靠执行。在场外衍生品市场这样缺乏中心化可信权威的场景下，区块链可以显著改善其数据治理，规范交易行为，实现市场参与者权利与义务的匹配。

与传统的标准化、中心化解决方案相比，区块链技术有望在保持场外衍生品市场灵活性特征的同时，获得类似场内市场规范管理的效果。从本质上来讲，区块链将场外衍生品市场的“标准化”层次从“规则”层提升到了“机制”层，使市场参与者依靠相互监督和协作，实现基于“共识”的自组织市场生态。基于区块链的交易基础设施还可以有效提升交易效率与透明性，促进形成规范的第三方担保体系，进一步完善场外衍生品市场生态。

在信用风险管理与监管方面，有许多具有理论优势，却在传统技术条件下难以实施的模型、方法，如基于交易行为的信用评价体系、CCR 计量模型、基于网络模型的系统风险监测方法等。区块链的数据治理优势有利于这些模型、方法的实践，实现对 CCR 和系统性风险的实时精确监测与预警。智能衍生品合约也保障了合约条款的严格执行，违约风险有望大幅降低。

构建基于区块链的场外衍生品交易基础设施，并不需要对当前市场运行规则和监管政策有实质性

突破，也不存在未解决的关键性技术障碍，具有良好的可行性。但交易基础设施涉及整个市场的运营管理模式的转变，因此建议在证监会、中证协的统一规划、领导下进行，并在相关制度设计方面进行配套，实现线下治理与线上治理融合。

最后，鉴于银行间、大宗商品现货、区域性股

权交易等市场与场外衍生品市场具有相似性，建议在场外衍生品市场试行成功后，向其推广区块链技术应用经验，丰富完善我国多层次资本市场体系。

（责任编辑：李泽海）