

# 四色问题与跨境贸易区块链去中心化设计研究

王翔

(全国海关信息中心 北京 100005)

(海关国际贸易信息标准化应用创新实验室 北京 100005)

**摘要** 区块链技术的去中心化特征为解决商业生态中“缺乏信任”这一核心问题提出新思路,通过“四色猜想”,归纳出“4+1”跨境贸易区块链应用基本模式和扩展模式,并且采用平行进口实际场景对上述内容进行验证。结果表明,该模式不仅能够构建安全可信的跨境区块链数字机制,满足平行进口这一新型贸易业态要求,而且可以有效促进贸易便利,可以为区块链技术应用、跨境贸易机制设计提供一定参考。

**关键词** 四色猜想 区块链 跨境贸易

中图分类号 TP3 N954.12

文献标志码 A

DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2024.11.020

## THE FOUR-COLOR-MAP CONJECTURE AND BLOCKCHAIN DECENTRALIZATION DESIGN IN CROSS-BORDER TRADE

Wang Xiang

(The National Information Center, General Administration of Customs, Beijing 100005, China)

(Laboratory of International Trade IT Standards, General Administration of Customs, Beijing 100005, China)

**Abstract** The decentralized feature of blockchain technology provides innovative solutions to solve the core problem of lack of trust in business ecology. With the reference of "The Four-Color-Map Conjecture", this paper summarized the basic "4 + 1" cross-border trade blockchain application mode, as well as its extension mode, which provided a feasible and effective solution in the "Parallel-Imported Cars under Bonded Warehousing" scenario. The results demonstrates that the two models can not only build a safe and credible cross-border blockchain digital mechanism to meet the requirements of this new trade format, but also promote trade facilitation. This paper can be a valuable reference for related research of blockchain technology application and the establishment of cross-border trade mechanism.

**Keywords** The four-color-map conjecture Blockchain Cross border trade

## 0 引言

1852年,伦敦大学学生 Francis Guthrie 根据自己的观测首次提出了四色猜想(The Four-Color-Map Conjecture)<sup>[1-2]</sup>。提出至今近170年里,虽然1976年经两位美国数学家通过计算机对该猜想进行了机器比对,被部分学者称之为“定理”,但因为缺乏严格的理论推导证明,所以在另外一部分学者眼中它依然是一个“猜想”<sup>[3-6]</sup>。由于对理论推导的孜孜追求,近半个多世纪以来,围绕该猜想的研究试探不断被发表,但又

陆续被发现存在证明缺陷。因此,为了避免混淆,从应用角度出发,本文统一用“四色问题”代替“四色猜想”或“四色定理”。随着研究成果的不断丰富,面对四色问题简洁的论述场景,部分学者甚至认为它只是未考虑图厚度情况下,仅考虑染色数问题的一个特例,它可以在更大的维度下探讨其理论意义<sup>[1]</sup>。本文聚焦四色问题的理论初衷,探讨它在跨境贸易领域的应用场景。

近年来,为了解决“缺乏信任”这一难题,区块链技术在跨境贸易中获得较多应用。以区块链为代表的去中心化系统将信息保存在网络,而不是某个或某些中心节点,确保网络整体数据可见,避免所有交易只能

依赖于中心节点完成,防止不同类型的节点之间信息不对称<sup>[7]</sup>。但是,目前对区块链算法的研究更多聚焦在技术平台,包括:共识算法、块生成和验证、防篡改、安全与隐私、防止信息泄露等,应用层分析也更多聚焦架构设计<sup>[8]</sup>,关于应用模式的算法研究相对较少,如果对于去中心化系统没有“准入”门槛,各参与方的行为没有预先设定的限制条件,随着“未知”节点的不断加入,使得整个去中心化系统的信息熵增加<sup>[9]</sup>,其运行环境也不再可信,因此去中心化系统需要建立配套的治理措施,尤其在商业场景中,由于各参与方利益诉求、信任水平的差异,治理就显得更为必要<sup>[10]</sup>。相对中心化系统,去中心化使得系统治理相对复杂,在分析具体内容之前,应首先明确系统分工,确保系统能够从逻辑上反映现实商业活动,而其中一个最基础的问题是最少的参与方数量如何确定,本文拟通过四色问题进行探讨。

## 1 模型分析

### 1.1 单一利益诉求情况下的最少参与方

商业条件下,利益(Benefit)被众多法律意义上相互独立的实体获得,这些利益可以是资本、劳动力、技术、土地等或者是相关组合。对于去中心化自治系统,进行干系方设计是系统实现的一个必要环节。与地图着色问题类比,可以将跨境贸易的利益整体视为一幅图,并且参考四色问题的相关假设和约束,分析最少的参与方,实现地图着色“不重复”也“不遗漏”。

为了简化分析,首先假设各参与方之间是相互独立、平等参与的实体,不存在利益上的从属关系,同时符合如下2个假设条件。

**假设1** 所有的利益有明确所有权属,无论何种类型的利益,仅属于某一参与方,同时不属于其他任何一方。为了简化分析,假设在参与商业交换、收入、分配(甚至再分配)的过程中,利益为具有可加性的离散个体,实际参与的干系方共有 $N$ 个,每个参与方 $i$ 都有特定的利益 $b_i(b_i \neq \emptyset)$ ,因此总利益 $B$ 可以表示为式(1),并且满足式(2)的条件。这样每个参与方才可以类比为不同的颜色,独立参与着色。

$$B = \sum_{i \in [1, N]} b_i \quad (1)$$

$$(b_i \cap b_j) = \emptyset \mid \forall i, j \in [1, N], i \neq j \quad (2)$$

**假设2** 参与方之间通过合作可以创造更大的利益。现实中,这也是促成良性商业活动的前提。不仅每个参与方 $i$ 的利益 $b'_i$ 会增加,总利益 $B'$ 也会增加。假设参与方 $N$ 不变,可以表示为式(3)、式(4)和式(5)。

$$b'_i \supseteq b_i \mid \forall i \in [1, N] \quad (3)$$

$$B' = \sum_{i \in [1, N]} b'_i \quad (4)$$

$$B' \supseteq B \quad (5)$$

**假设3** 需要各参与方利益存在一定互斥性,这也是防止参与方合作甚至共谋,继续保护相互独立的约束条件。如式(6)所示,不存在“利益上完全一致”的两个个体。式(6)是对式(2)一个更宽松的表述,而从商业实务角度,也是一个独立的治理要求。

$$\forall_{i, j \in [1, N], i \neq j} (b_i \Delta b_j) \neq \emptyset \quad (6)$$

在此3个假设的限制下,可以使用四色问题的结论。因此在商业环境下构建去中心化自治系统,最少需要参与方为4个( $N_{\min} = 4$ )。同时,也可以用反证法,证明当 $1 < N < 4$ 时,虽然可以构建商业系统,但这样的系统不具备可持续性,因为:

1) 当 $N = 2$ ,是点对点直接的商业合作,虽然可以视为特例情况下的去中心化系统,但并不是通常意义上的去中心化。

2) 当 $N = 3$ ,如果在单次博弈的情况下,对于任意两方的优势策略是通过合作瓜分第三方利益,出现两方“共谋”侵害第三方利益,但由于第三方利益受到损害,对于第三方的优势策略是退出,因此这种合作关系不具备可持续性。

### 1.2 多利益诉求条件下的最少参与方

进一步可以将四色问题的扩大化至多利益诉求的场景。当不同参与方在利益追求上存在一定差异,那么四色问题的结论是否依然可用?例如,公共部门可能更多关注于“公共利益”,而私营部门更多关注于自身的“资本收益”。事实上,Appel和Haken(1977a, 1977b)的猜想针对的也是一幅平面图<sup>[3-4]</sup>。在此情况下,每一种利益(或者利益的混合体)可视为一个独立的四色问题,在 $M$ 种利益诉求条件下,涉及到 $M$ 个平面(地图)的着色问题,每个图的最少参与方也是4个,即 $N_{m, \min} = 4(m \in [1, M])$ 。因此,多利益诉求情况下,如式(7)所示,其中: $B_i$ 表示第 $i$ 种利益的总量, $B$ 表示所有利益的总量。

$$\begin{Bmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & \cdots & b_{1,N} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & \cdots & b_{2,N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{M,1} & b_{M,2} & \cdots & b_{M,N} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_M \end{Bmatrix} = B \quad (7)$$

商业环境中,不同利益诉求的主体之间会通过合作,发挥各自比较优势,实现各方利益的双赢、甚至多赢,但排除其他商业因素以外,建立商业合作的前提是参与方关于需要达成的利益,无论是一个还是多个,达

成“共识”, 每种共识可以视为不同种类利益的组合。假设  $N$  个干系方、 $M$  种利益诉求总共形成了  $K$  种共识, 则每个参与方  $i$  在特定共识  $k$  下的利益  $b'_{i,k}$  可以表示为式(8), 且满足式(9)和式(10)的条件。

$$b'_{i,k} = f(\mathbf{B}) \quad (8)$$

$$\bigcup_{i \in [1, K]} (b'_{i,k}) = B'_i \subseteq B_i \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{c} B'_1 \\ B'_2 \\ \vdots \\ B'_M \end{array} \right\} = \mathbf{B}' \subseteq \mathbf{B} \quad (10)$$

有了共识相当于在新的利益组合下构建了一幅新的平面图, 假设保持既有利益种类和总量不变, 因此在符合式(2)、式(3)、式(6)的情况下, 每个共识中最小参与方数量  $N_{k, \min}$  依然是  $4 (k \in [1, K])$ 。

### 1.3 干系方利益存在层级关系

对于平面图, 尽管在符合式(2)、式(3)、式(6)的情况下, 最小参与方数量为  $4 (N_{\min} = 4)$ , 但在商业环境中, 参与方之间可能存在行政管辖、股权控制等类型的层级关系, 为此进一步放宽式(2)要求, 假设存在参与方  $i'$  和参与方  $j'$  满足式(11), 因此  $b_{i'}$  是  $b_{j'}$  的真子集, 即参与方  $i'$  在利益关系上从属于参与方  $j'$ , 为了纳入假设 1 - 假设 3 的分析框架下, 定义参与方  $j'$  对参与方  $i'$  的利益差集为式(12)的  $b_{j'}$ ,  $b_{i'}$  可以视为一个新的独立参与方, 作为一个包括  $i'$  和  $j'$  在内与其他参与方不同的颜色参与着色。这样, 尽管存在利益上的层级关系, 但  $i'$  和  $j'$  以外的其他参与方、 $i'$  及  $j'$  仅使用差集  $b_{j'}$  的部分重新构成一个参与着色的颜色集合, 依然可以满足式(2)、式(3)、式(6)的条件, 确保去中心化自治系统的最少参与方依然为 4 个 ( $N'_{\min} = 4$ )。

$$\exists i', j', (b_{i'} \subset b_{j'}) \quad (11)$$

$$b_{j'} = b_{j'} - b_{i'} \quad (12)$$

采用类似的方式, 如果多个参与方存在嵌套的层级关系时, 即  $L$  个参与方 ( $2 < L \leq N$ ) 的利益满足式(13)时, 可以依次设其差集为式(14)的形式, 设嵌套层级关系中的最小利益方为  $b_{l_0}$ , 这样  $b_{l_0}$ 、 $L-1$  个差集  $\{b_{l'}\}$  以及其他不存在层级关系的参与方依然可以共同构成满足式(2)、式(3)、式(6)的商业合作关系, 因此仍然可以确保去中心化自治系统的最少参与方为 4 个 ( $N''_{\min} = 4$ )。

$$l \in [2, L] \quad b_{l-1} \subset b_l \quad (13)$$

$$l' \in [1, L-1] \quad b_{l'} = b_l - b_{l-1} \quad (14)$$

进一步, 如果存在多组多个参与方嵌套层级关系时, 仍然可以采取类似式(13)、式(14)的处理, 将具有层级关系的参与方通过差集层层剥离, 然后视同为满

足 3 个假设式(2)、式(3)、式(6)的合作关系, 同样可以确保最少参与方为 4 个的结论。

进一步, 考虑到现实商业社会中可能存在多个 (或两个) 参与方共同合作, 构建一个二级参与方  $S$ , 如图 1 所示, 为了能够同时满足式(1)和式(2)的要求,  $S$  应符合图 1 中的利益分布, 即当且仅当它是由多个 (或两个) 参与方构成, 而不用考虑构成比例, 其中左侧 (I 部分) 和右侧 (II 部分) 分别是由两个和三个参与方共同构建的二级参与方  $S$ , 进一步还可能更多参与方共同构建。在此情况下, 可以将  $A$ 、 $B$ 、 $C$  仅保留自身对  $S$  的差集部分, 并将差集部分视同为与  $S$  共同参与的一个新独立参与方, 在此情况下依然满足式(2)、式(3)、式(6)的条件, 同样可以确保最少参与方为 4 个的结论。

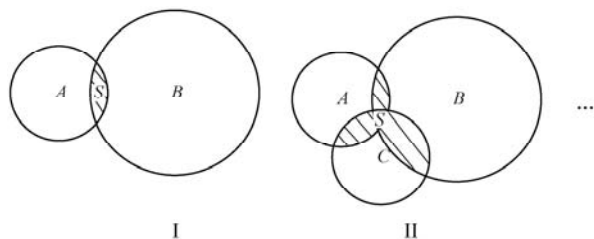


图 1 多个参与方共同构建利益二级参与方

## 2 需求分析和区块链设计

作为全球产业链运行的关键, 跨境贸易受到成本、效率、合规的三重压力, 数字化水平普遍较高。近年来, 世界主要经济体陆续提出数字贸易倡议, 在不同行政主体、数据主权、法律体系之间, 区块链的去中心化、多方合作特征利于国际合作, 通过将跨境生态扁平化, 可以更好地平衡效率、平等、安全隐私三者关系, 因此选取该领域进行实证, 并为跨境数字身份、数字证照、数字市场、数字商品、数字服务和数字伙伴关系建设提供参考<sup>[11-13]</sup>。

### 2.1 “4+1”基本模式设计

随着数据逐步从资源、资产变为基础的生产要素, 所拥有的数据数量、质量、融合程度和治理能力直接影响到使用者的话语权。受到数据所有权、使用权制约, 通常各参与方在共享数据中非常谨慎, 甚至同一参与机构的不同部门之间也存在机制性、流程性的数据共享壁垒, 数据上链意愿较低。为了激励各方通过参与数据共享, 提升整个跨境贸易供应链效率, 近年来围绕区块链的贸易创新在不同国家 (地区) 和产业中不断涌现。如何结合跨境贸易需要将“模型分析”关于四色问题的分析结果进行应用, 构建对于区块链去中心化设计具有实用意义的参考框架, 就需要对应用模式

展开讨论。

贸易实物中,根据隶属于联合国欧经委(UN/ECE)的联合国贸易便利化与电子商务中心(UN/CEFACT)推荐的参考模型,跨境贸易活动主要分为购买、运输和支付三类(Buy-Ship-Pay Reference Model)<sup>[14]</sup>,加上必要的监管要求,如图2所示为四个业务域(Business Domain),去中心化设计才更具商业现实性,在确保各参与方具有一定议价或者交流能力的基础上,又具有明确的合作倾向<sup>[15]</sup>,分别是:

1) 贸易。代表更广泛的购买(Buy)主体。包括但不限于贸易企业、跨境电商企业、供货企业,以及相关业务的平台型企业、代理报关企业等,核心业务是完成交易。

2) 物流。更普遍意义上的运输(Ship)主体。包括但不限于国际承运(陆海空铁等)、国内运输(不涉及跨境运输的各种运输服务企业)、国内外仓储(包括保税仓、第三方仓储等)、港口服务(堆场、码头、场站等一系列港口服务企业),以及相关业务的平台型企业,是跨境贸易物流周转的必要主体<sup>[16]</sup>。

3) 金融。覆盖更广的支付(Pay)主体。由于跨境贸易资金链复杂,资金需求巨大、结算方式多样,因此该领域主体类型多样,金融服务和产品丰富,支撑各类跨境贸易活动的达成。例如:信用证、电汇等结算方式;进出口信贷、出口退税金融、关税保函等基于税务的贸易融资产品;运输险、资产险等多种形式的保险产品;其他。

4) 监管。泛指各类与跨境贸易相关的监管部门和联合工作机制,包含口岸工作部际联席机构、各金融监管协调部际联席机构、各物流工作部际联席机构、第三方检验认证机构等。

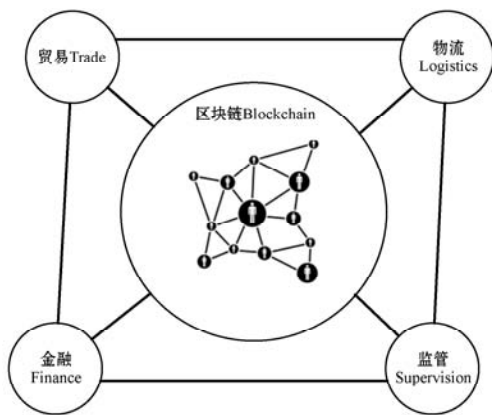


图2 跨境贸易利益的四色布局

图2中的四个业务域满足“模型分析”部分的3个假设条件:

1) 在参与跨境贸易活动中,各方经营(或监管)职责边界清晰。

2) 缺少任何一方无法完成有效的跨境贸易,任意一方均有与另外三方合作的意向。

3) 各方利益存在一定的互斥性。例如:相同服务条件下,贸易方希望物流、金融方降低费用,而物流方、金融方希望贸易方购买更高附加值的服务产品。

而区块链则承载四方达成共识的部分,也就是实际跨境贸易中四方需要交互合作的内容,共同构成“4+1”跨境贸易区块链应用模式。其中:“4”为四个业务域;“1”为区块链技术支撑部分,用于自动化完成4方达成共识的内容。该模式为基本模式,主要针对B2C、B2B2C、B2G等交易方式中,商业和监管(B和G)两方的设计。

## 2.2 扩展的“(4+N)+1”模式

在“4+1”基本模式的基础上,为了充分发挥区块链技术在跨境贸易中追溯、防抵赖、防篡改等功能特性,延伸合作产业链,如图3所示,可以采用“(4+N)+1”扩展模式,其中“N”表示跨境贸易外延部分。例如:将各类最终消费者归纳为一个业务域;将各类生产最终产品和中间产品的一方归纳入生产业务域;甚至为了服务非遗、文创、科研等工作,增加文化、科研等更外延的业务域。

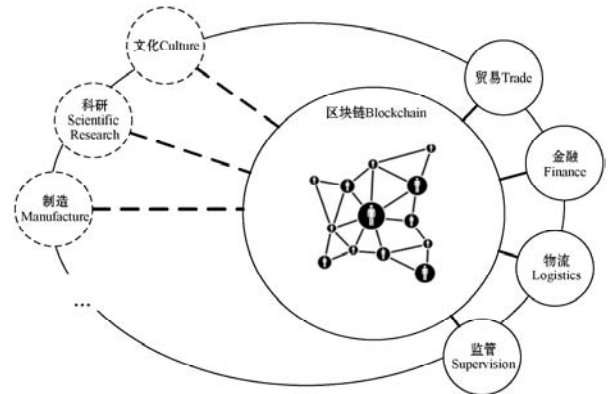


图3 跨境贸易利益的四色布局(扩展)

通过“4+1”基本模式和扩展模式,可以将去中心化的区块链应用模式应用于更广泛的新型贸易形态中,例如:

1) 近年来,随着跨境电商的快速发展,以自然人为主体的跨境活动更加活跃,以C2C交易方式为例,此时销售方个人和购买方个人作为一种新型主体,分别加入贸易业务域,但依然适用“4+1”基本模式。

2) 为了满足更加个性化、小批量的产品需求,制造商消费者定制直售(Manufacturer to Customer, M2C)交易方式逐步发展。制造企业其实同时兼具制造和贸易,甚至物流等更多角色,但为了满足个性化订单在制造环节的工艺、质量保障等要求,可以扩充“制造”业务域,加入相关角色,延伸区块链覆盖范围。

3) 对于种业贸易, 不仅涉及流通领域, 还涉及科研、农业、消费、知识产权等众多领域, 涉及范围更大, 如果开展链上溯源, 通常覆盖的交易周期更长<sup>[17]</sup>, 在区块链设计中可以按照“模型分析”部分的 3 个假设要求, 扩展科研、农业等更多的业务域, 以实现链上数据溯源要求。

### 3 应用实例

#### 3.1 业务场景

以 UN/CEFACT 的 Buy-Ship-Pay 参考模型为基础, 跨境贸易在贸易、物流、金融领域涉及的活动和参与方如图 4 所示<sup>[14]</sup>。

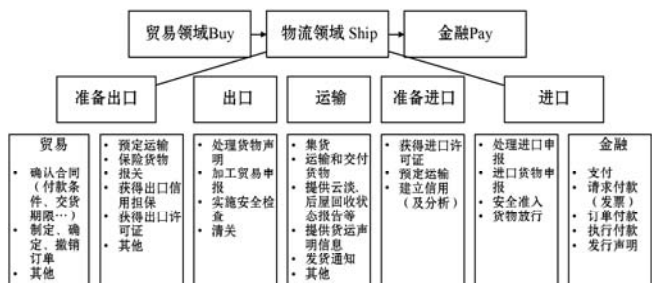


图 4 联合国贸易便利化与电子商务中心跨境参考模型

为验证“4 + 1”模式, 选取保税仓方式汽车平行进口(简称“平行进口”)这一新型业态验证模式的可行性和有效性。

平行进口在基本贸易属性的基础上, 也具有较强的金融属性, 亟须在传统贸易流程中, 通过科技创新获得与业态相适应的便利化措施, 涉及的 LPCO (License、Permit、Certificate and Others) 较多, 贸易实务面临较多挑战:

1) 从事平行进口业务的企业需要实现对平行进口车辆的追溯能力, 期望通过交易过程中的信用积累, 提升企业自身数据资产的价值, 持续改进自身信用水平, 最终获取更优惠的金融服务产品和更多的监管便利。

2) 金融机构面对复杂的跨境贸易环境, 判断业务数据的真实、准确需要较高的成本。为提高便利性, 需要对接汽车平行进口企业的数据链, 采集真实的全链条数据, 降低融资业务风险和金融服务门槛, 提高金融服务对象, 尤其是中小规模企业的贸易活力, 但这需要更深嵌入平行进口企业的经营活动。

3) 监管部门需要易于采信的全貌数据链。考虑到平行进口涉及金额较大、商品特殊, 实施区块链项目需要海外供应商、国内仓、贸易企业相关业务合同单证及物流、费用数据上链, 将以往通过申报“自证”的信用模式转向去中心化的“他证”模式, 通过整合银行

(金融业务域)、运输公司(物流业务域)、贸易企业(或生产企业)、上下游产业链间的单证, 验证商业交易数据的真实性, 并据此用好用足政策红利, 逐步融合形成监管新模式。

#### 3.2 上链数据梳理

为确定各方上链信息, 需要首先对平行进口汽车所需的数据项进行梳理。如表 1 所示, 按照“4 + 1”基本模式, 根据一般流程列举了涉及的主要单证、数据项、提供方和使用方。

表 1 平行进口所需主要数据(示例)

单证	数据项	提供方	使用方
合同发票	货物基本信息; 产地、用途、规格; 交易方、国家; 数量、价格; 其他	贸易物流	监管物流 金融
委托合同 业务票据 业务单证	所委托货物、服务的基本信息; 货物产地、用途、规格、数量; 价格; 体积、重量; 地区; 贸易方式; 服务费用; 其他	贸易	(使用委托信息的第三方)
运单 装箱单	货物基本信息; 规格、数量; 体积、重量; 运输轨迹; 其他	物流	监管金融
委托合同、 出入库单 单证	货物基本信息; 规格、数量; 体积、重量; 存放轨迹; 物流监控; 其他	物流	监管物流
报关单 通关证明 LPCO 等	货物基本信息; 产地、用途、规格; 交易方、国家; 数量、价格; 通关状态、关税信息和状态; 其他	监管贸易	监管物流 金融贸易
装箱单 提单等	货物基本信息; 数量; 体积、重量; 运输轨迹; 运输方式; 其他	物流	物流贸易 监管
保单 赔付单等	货物基本信息; 数量、价格; 保险价值审核机构; 理赔金额; 其他	金融	金融监管
信用证 付款凭证 等	货物基本信息; 交易基本信息; 交易金额; 结算方式; 结算比例; 其他	贸易金融	金融物流 监管贸易
融资合同 信用证 付汇承兑 凭证等	金融机构对于企业的信用评估、对交易的信用评估; 信贷、融资额度; 资金使用率; 偿债能力; 其他	金融	金融贸易
税单等	货物基本信息; 估值、税金; 其他	监管	监管贸易

表 1 中涉及的数据项和单证种类繁多, 互信及验证成本较高。实务中, 根据贸易创新参与主体和东道国法律法规要求不同, 以及售后服务、退货等专门流程需要, 还将需要更多的内容, 因此引入新技术, 开展相

关活动的去中心化机制设计就显得更为必要。

使用区块链技术后,为了降低交易成本和监管成本,以精简冗余数据项为标志,梳理后上链的主要单证和数据项如表 2 所示。

表 2 平行进口上链数据(示例)

业务域	主要单证	主要数据项需求
贸易	合同、发票等	货物名称、规格;其他
物流	运单、装箱单、委托合同(运输)、发票(运输)、入库单、出库单等	货物名称、数量;规格、体积;其他
金融	(采用其他业务域单证)	(采用其他业务域数据项)
监管	报关单、加工贸易手册、估价、检验检疫单证、必要的 LPCO	货物名称、规格;产地;用途;重量、数量;价格;其他

### 3.3 技术应用及使用效果

以“4+1”基本模式为基础,实际部署中在贸易(贸易商、海外供应商等)、物流(国内仓储企业、相关物流机构)、金融(国内银行、保险机构等)、监管(海关、车辆检验管理部等)部署区块链分布式记账节点,重点围绕以平行进口海运为主要运输方式的“4+1”基本模式便利化合作。

通过区块链去中心化合作机制,4 个业务域相关各方可以将原始单证中超过 1 100 个数据项精简为 150 多项(<http://blockchain.people.com.cn/n1/2019/0418/c417685-31037265.html>),经过数据确权和交易实名制之后,进而优化至不足 100 个数据项,并可据此完成全跨境流程的平行进口业务。对于监管部门,审核环节实现超过 40 条双方甚至三方数据交叉校验规则,有效提高数据可靠性,并且初步实现如下成果<sup>[18-19]</sup>:

1) 降低口岸监管成本。进口环节一半以上的 LPCO 可以通过链上数据项直接匹配,精简监管所需单证和数据项,提高监管活动的自动化、智能化水平。

2) 优化证件办理程序。第三方检验及认证环节加入后,可以形成基于区块链的检验及认证结果验证能力,配合必要的双多边合作协议,还能够实现检验及认证结果互认,同时降低交易成本和监管成本。

3) 创新税费征管模式。链上业务覆盖了监管部门、第三方检验认证公司、国内的贸易公司、银行、仓储、物流等角色,一定程度上支撑财关库银之间联网数据核验需要。

4) 促进第三方采信制度。为进出口环节推广第三方检验检测结果采信制度提供了可靠地链上数据存证和技术获取通道。

5) 降低进出口合规成本。依照相关法律制度要求,通过数据标准化和多方共识,经过去中心化分工协作及确权,形成防抵赖、可追溯的交易链条,明确各方权责,降低监管、金融合规成本。

6) 金融机构产品创新。在满足金融风控、监管合规的基本前提下,通过链上多方可信数据交叉验证,可以探索为中小企业提供成本更低的金融产品。

### 3.4 典型案例应用效果参考

平行进口是典型的 B2B 跨境场景,在本轮国际产业链重塑过程中,如表 3 所示,B2C、B2B2C、C2C 方式的跨境案例也较多,通过区块链机制设计,市场这只“看得见的手”与政府(监管方)这只“看不见的手”配合,共同营造透明、合规、高效、公平的市场环境,在实务中能够对相关国家(地区)、国际组织、跨国企业的场景有效覆盖,满足建设意图<sup>[20-25]</sup>。

表 3 部分典型场景中参与角色的“四色分析”

案例	方式	是否是 4+1 扩展模式	贸易	物流	金融	监管	扩展领域
DHL 电商	B2C B2B2C	Y	电商平台、买家	物流提供商、物流消费方	财政、银行	海关、税务	公众
国际麻醉药管制委员会麻醉药品管理	C2C B2C B2B	Y	营销方	物流	代币使用方	监管国际组织、监管部门	制造
迪拜海关电商及经认证的经营者监管	B2B B2C	N	认证的经营者	快递	银行	海关	—
新加坡媒体信息开发局、澳大利亚边境服务局原产地合作	G2G G2B	N	进口商、出口商、贸易商	物流企业	银行、保险	海关、工商协会	—
韩国海关电商监管	B2B	N	报关代理、电商平台、购买代理、卖家、买家	快递承运方、交付代理	银行	海关	—
IBM TRAD ELENS 平台	B2B	N	外贸企业	船公司、货运、第三方物流企业、海运承运人、码头、场站、多式联运方、铁路	金融服务	海关	—

### 3.5 去中心化设计原则总结

为了进一步提升上链单证及数据项的有效性,提升其信用效力,通过实证总结如下应用原则:

1) 场景化分权。区块链所有交易记录不仅满足备份功能,更要确保区块链存证数据的效力。应在各应用场景中,在满足“模型分析”部分 3 个假设的前提下,设计具有利益互斥性的角色关系,在机制设计上,能够在某一角色存证信息偏离事实时,及时发现、固定并消除对链上其他角色的利益侵害,维护共识效力。只有根据不同场景设计具有差异性的分权机制,才能够根据场景交易特征,设计更有效的交叉验证机制<sup>[26-27]</sup>。

2) 通证化平等。支持通过信用积累,构建上链各方诚实守信的正向激励机制,应考虑引入通证设计。同时,至少满足两个条件:支持通用信用评估体系,形成一个对各方都明确的通证分发机制方案,各方在完成信用积累以后,可以实现信用穿透,获得数字信用资产;开放的链上权利分配,以通证为介质,平衡链上利益与权利。

3) 实名去中心化。在满足链上自动交易功能性要求的同时,具有对主体、客体及交易关系的明确可识别性<sup>[28]</sup>,结合跨境贸易特点,应确保:所有上链主体可以定位到责任单位或责任人,以实现可追溯性;所有业务交互活动以及责任授权,由各个主体通过各自持有的私钥公开完成,确保整个去中心化体系的决策透明化;通过所持有通证的比例,确定投票决策,无须技术支持,就能实现对特定权利地址进行公开转移。同时,为更好保护实名化条件下的隐私,可以设计并应用配套的非对称密码措施。

## 4 结 语

跨境贸易的复杂性为区块链技术通过分权和信用手段降低交易成本提供了较好的应用场景,但为了确保去中心化系统的可持续性,应参考四色问题,将存在利益互斥但又需要合作的最少 4 方共同上链,以共识为基础,在保障跨境贸易安全、可信的前提下,通过“4+1”基本模式的“他证”方式,由贸易、物流、金融、监管四方共建共享便利化措施,共同实现贸易创新。在区块链以跨境贸易为支点,不断外延的过程中,可以扩充更多的业务域,采用“(4+N)+1”扩展模式,实现更加全面的数字化协同。

2017 年至 2021 年,“4+1”基本模式和扩展模式

逐步从天津口岸向威海、南京、厦门等口岸扩展,推动口岸监管部门与物流、港口、银行、高技术等机构基于去中心化的区块链技术实现数字化合作,协同促进跨境贸易便利,而且可以覆盖世界海关组织发布的部分全球典型场景。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 张祥波. 研究四色问题的意义及理论构想[J]. 数学理论与应用,2012,32(3):24-28.
- [ 2 ] Purves D, Lotto B, Polger T. Color vision and the four-color-map problem [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2000,12(2):233-237.
- [ 3 ] Guthrie F. Note on the colouring of maps[J]. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh,2014,10:727-728.
- [ 4 ] Appel K, Haken W. Every planar map is four colorable. Part I: Discharging [J]. Illinois Journal of Mathematics, 1977,21(3):429-490.
- [ 5 ] Appel K, Haken W. The solution of the four-color-map problem[J]. Scientific American,1977,237(4):108-121.
- [ 6 ] Appel K, Haken W, Koch J. Every planar map is four colorable. Part II: Reducibility[J]. Illinois Journal of Mathematics,1977,21(3):491-567.
- [ 7 ] Kremenova I, Gajdos M. Decentralized networks: The future internet[J]. Mobile Networks and Applications,2019,24:2016-2023.
- [ 8 ] Uddin M, Stranieri A, Gondal I, et al. A patient agent to manage blockchains for remote patient monitoring[J]. Studies in Health Technology and Informatics,2018,254:105-115.
- [ 9 ] Shannon C. A mathematical theory of communication[J]. The Bell System Technical Journal,1948,27(4):379-423.
- [ 10 ] Rikken O, Janssen M, Kwee Z, et al. Governance challenges of blockchain and decentralized autonomous organizations [J]. Information Polity,2019,24(4):397-417.
- [ 11 ] European Commission. Une boussole numérique pour 2030: l'Europe balise la décennie numérique[M]. Publications Office of the European Union,2021.
- [ 12 ] Coffin D, Streatfeild J. Global digital trade 1: Market opportunities and key foreign trade restrictions[R]. USITC,2017.
- [ 13 ] Horowitz J. U. S. international trade commission's digital trade roundtable: Discussion summary [EB/OL]. (2015-05-05) [2021-04-19]. [https://www.usitc.gov/publications/332/journals/vol\\_iv\\_article4\\_digital\\_trade\\_summary.pdf](https://www.usitc.gov/publications/332/journals/vol_iv_article4_digital_trade_summary.pdf).
- [ 14 ] Ece Cefact. BUY-SHIP-PAY reference data model BSP-RDM [EB/OL]. (2019-09-09) [2021-04-19]. [https://unece.org/fileadmin/DAM/cefact/brs/BuyShipPay\\_BRS\\_v1.0.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/cefact/brs/BuyShipPay_BRS_v1.0.pdf).

- [15] Abramowicz M. The very brief history of decentralized blockchain governance [J]. *Vanderbilt Journal of Entertainment and Technology Law*, 2020, 22(2): 273.
- [16] Sullivan M, Kern J. The digital transformation of logistics: Demystifying impacts of the fourth industrial revolution [M]. Wiley-IEEE Press, 2021.
- [17] Yanisky-Ravid S, Kim E. Patenting blockchain: Mitigating the patent infringement war [J]. *Albany Law Review*, 2020, 83(2): 603 – 630.
- [18] 王翔. 基于区块链技术服务贸易畅通探讨 [J]. *中国口岸科学技术*, 2020(3): 4 – 12.
- [19] GACC. Dalian port sees over 10,000 parallel-imported cars under bonded warehousing [EB/OL]. (2019-02-02) [2021-04-19]. <http://english.customs.gov.cn/Statics/bee8458f-bec8-41d4-aaaf-e8323f4c0b62.html>.
- [20] Sashi P. Enabling ecommerce trade in a digital world—Adapting to the new realities of cross-border ecommerce based on trust and collaboration [R]. DHL, 2021.
- [21] ITO F. Ensuring safety and security through cooperation and the use of data and technologies-INCB's role in promoting public-private partnership for safer E-Commerce [R]. INCB, 2021.
- [22] Chen J. AEO and E-Commerce [R]. Dubai Customs, 2021.
- [23] Choi Y. Customs control in E-commerce with new technologies [R]. KCS, 2021.
- [24] Kouwenhoven N. Why blockchain platforms are relevant [R]. IBM, 2021.
- [25] Yong L, Wong C. Trade-Adapting to present and future challenges [R]. IMDA CBSA, 2021.
- [26] Fulmer N. Exploring the legal issues of blockchain applications [J]. *Akron Law Review*, 2019, 52(1): 161 – 192.
- [27] Liu Q, Zou X. Research on trust mechanism of cooperation innovation with big data processing based on blockchain [J]. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2019, 2019: 26.
- [28] Azizam S, Saany S, El-Ebiary B. Blockchain as a secure and decentralized communication tool for future sustainable development [C] // 6th International Conference on Recent Trends in Computer Science and Electronics, 2021.
- [14] Mnih V, Heess N, Graves A, et al. Recurrent models of visual attention [C] // The 28th Neural Information Processing System (NIPS 2014), 2014: 2204 – 2212.
- [15] Vaswani A, Shazeer N, Parmar N, et al. Attention is all you need [C] // The 31st Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), 2017: 5998 – 6008.
- [16] 邱锡鹏. 神经网络与深度学习 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2020: 194 – 200.
- [17] He K, Zhang X, Ren S, et al. Deep residual learning for image recognition [C] // The 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2016), 2016: 770 – 778.
- [18] Glorot X, Bordes A, Bengio Y. Deep sparse rectifier neural networks [C] // The 14th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS 2011), 2011: 315 – 323.
- [19] Wang H, Xu J, Yan R, et al. Intelligent bearing fault diagnosis using multi-head attention-based CNN [J]. *Procedia Manufacturing*, 2020, 49: 112 – 118.

~~~~~

(上接第 144 页)

~~~~~

(上接第 116 页)

- [10] Tzourio-Mazoyer N, Landeau B, Papathanassiou D, et al. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain [J]. *Neuroimage*, 2002, 15(1): 273 – 289.
- [11] Anderson A, Douglas P K, Kerr W T, et al. Non-negative matrix factorization of multimodal MRI, fMRI and phenotypic data reveals differential changes in default mode subnetworks in ADHD [J]. *Neuroimage*, 2014, 102: 207 – 219.
- [12] Cichocki A, Zdunek R, Phan A H, et al. Multi-way array (tensor) factorizations and decompositions [M] // Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-Way Data Analysis and Blind Source Separation. John Wiley and Sons, 2009: 337 – 432.
- [13] Psorakis I, Roberts S, Ebden M, et al. Overlapping community detection using Bayesian non-negative matrix factorization [J]. *Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics*, 2011, 83(6): 66114.
- [14] Prasad V, Brogan E, Mulvaney C. How effective are drug treatments for children with ADHD at improving on-task behaviour and academic achievement in the school classroom? A systematic review and meta-analysis [J]. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 2013, 22(4): 203 – 216.
- [15] Li W J, Zhou T, Zou L, et al. Identification of attention deficit/hyperactivity disorder in children using multiple ERP features [J]. *Current Bioinformatics*, 2018, 13(5): 28 – 36.
- [16] Xia M, Wang J, He Y. BrainNet viewer: A network visualization tool for human brain connectomics [J]. *PLoS One*, 2013(8): e68910.