

数字货币背景下的货币国际化

——基本事实、模型设定及仿真模拟

张敬思¹ 李峰²

(1. 贵州财经大学 中国西部绿色发展战略研究院, 贵州 贵阳 550025; 2. 广州南方学院 商学院, 广东 广州 510970)

摘要:立足国际货币竞争的数字化特征,建立货币数字化与货币国际化关系的函数,并据此构建国际货币竞争模型,仿真模拟央行数字货币同私人加密数字货币的竞合关系。研究发现:数字货币潜在的网络外部性是决定其国际化收益的主要因素。提升货币数字化水平的能力会构成数字货币国际化的先发优势,但无法长期维持甚至产生负作用。因此,数字货币的职能拓展不可一蹴而就,降低货币数字化风险、审慎利用货币数字化推动货币国际化将成为最优策略。此外,与强势国际货币挂钩的央行数字货币将在与私人加密数字货币的竞争中占据绝对优势,而弱势央行数字货币则面临来自私人加密数字货币的激烈竞争甚至可能被替代。

关键词:数字货币;国际货币竞争;货币国际化;模型设定;仿真模拟

中图分类号:F821 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2023)05-0067-13

一、引言

国际货币体系步入牙买加体系以来,为获得更多经济利益和国际话语权,主要国家争相推动本币国际化。近年来,伴随着数字技术和金融科技的发展,货币国际化的时代特征发生了深刻变革。作为数字技术和金融科技的代表性成果,数字货币成为全球各界关注的焦点。数字货币不仅有利于改善支付效率、降低交易成本、促进经济数字化转型等,而且数字货币跨时空、无边界的特性打破了货币使用的地理边界、货币边界,长期而言会深刻影响货币国际化的核心决定力量,或将成为其重要补充和战略制高点。但数字货币在扩展货币职能的过程中也可能导致金融脱媒、扩大经济冲击并影响金融稳定,进而形成新的风险。

收稿日期:2023-04-24

基金项目:贵州省哲学社会科学规划重点项目“贵州绿色金融助推经济高质量发展的机制与路径研究”(20GZZD61);2021年度贵州财经大学引进人才科研启动项目“时代变局下国际货币竞争格局研究”(XJ21119)

作者简介:张敬思(1981—),男,内蒙古巴林左旗人,贵州财经大学中国西部绿色发展战略研究院特聘副研究员,高级经济师;

李峰(1993—),男,河南信阳人,广州南方学院讲师。

从现实发展情况看,数字货币竞争已广泛存在于私人数字货币之间、私人数字货币与央行数字货币之间以及各国央行数字货币之间,突出表现在对数字居民的激烈争夺。2021年以来,加密货币迎来爆发式增长并被广泛应用于国际交易、个人汇款或商业用途。截至2023年7月,全球加密货币种类已超过2.5万个,是2020年底的3倍。私人数字货币的快速发展和渗透带来了货币主权和货币安全问题,各国中央银行纷纷试水主权数字货币。中国人民银行早在2014年就开始研究数字人民币,目前正稳步推进数字人民币试点工作。数字人民币在零售支付、信贷业务和跨境支付等领域都发挥了重要作用。为提升本国货币国际地位,美、欧、日等世界主流央行对央行数字货币的态度更是由保守逐渐转为审慎或积极。2022年5月,根据国际清算银行(BIS)的统计,覆盖全球94%经济总量的81个国家正在探索发行央行数字货币。超过一半的央行将发行央行数字货币,并有部分央行正在探索包含与私人部门合作以及互操作性的央行数字货币生态系统,央行数字货币的功能逐渐由国内支付延伸到跨境支付。

放眼未来,能否将数字货币的职能扩展到国际投融资和储备货币领域进而推动货币国际化是一个不可回避的问题。值得注意的是,有部分国家并未研发央行数字货币转而采用私人加密数字货币作为法定货币,例如萨尔瓦多、古巴和中非共和国。导致这种货币替代的原因是什么?还有一些国家虽然推出了央行数字货币但实际运行效果欠佳,例如委内瑞拉。这背后的影响因素又是什么?激烈角逐之下,谁将引领数字货币的发展?在数字货币快速发展的变局下回答好这一系列问题,深入分析不同类型数字货币的风险收益特征,对于把握货币演化规律、推广数字人民币和货币国际化具有重要的理论和政策意义。然而,此类主题研究大多属于定性评价,数量研究相对缺乏。鉴于此,本文建立了一个包含数字货币的货币国际化模型,其边际贡献在于:尝试通过货币数字化解释货币国际化,分析数字货币对货币国际化收益和风险的影响,模拟央行数字货币和私人加密数字货币对货币国际化净收益产生的差异化冲击,以为数字人民币在国际上参与数字货币竞争提供政策借鉴。

二、文献回顾

(一)货币国际化的收益及风险

1.货币国际化的收益

货币国际化能够给货币发行国带来多种特权和利益,这是对现代信用货币竞相国际化的最好解释。货币发行国可能获得国际铸币税收益、运用境外储备投资的金融业净收益、提升货币发行国在国际金融体系中的话语权、降低国际资本流动成本以及其他非经济性利益^[1]。而非国际货币发行国必须要承担更多的交易成本和宏观经济调整成本^[2]。国际货币发行国能够扩大金融机构业务范围,获取巨额投资收益和汇兑收益^[3],并为经常项目赤字融资^[4]。

2.货币国际化的风险

货币国际化过程必定伴随着经济金融开放风险^[5]。国际货币发行国的经济也容易受到其他国家经济波动的冲击,甚至产生铸币税逆转风险^[6]。国际货币发行国还要面临特里芬难题、承担更多国际责任、增加宏观调控和维护金融稳定难度等挑战^[7]。作为国际储备货币本身,其长期贬值会导致信誉损失和债务攀升,所以国际货币发行国为经常账户赤字和债务融资不可持续^[8]。

(二)数字货币未来竞争格局

有研究认为,数字货币竞争将经历三个竞争阶段:首先成为一国现有主权货币的补充货币,其次成为一国主权货币替代该国现有主权货币,最后成为未来的国际本位货币。若各国争相推出本国法定数字货币,最终只有一国的法定数字货币能成为主导货币,这取决于该国的网络空间影响力、国际影响力和综合国力是否能获得全世界广泛认可^[9]。

从竞争趋势看,学界一般认为,加密货币活动、加密资产规模及结构脆弱性将对全球金融体系构成重大系统性风险^[10],且私人加密货币通常被用于违法活动并对货币主权和金融稳定形成威胁,而

央行数字货币较加密货币具有更高的可信度和可控性,将成为数字货币演化的必然^[11]。这是因为私人数字货币不符合一致同意规则,而法定数字货币则能够降低交易费用和共识成本^[12],承担交易媒介等真正货币职能^[13]。未来货币竞争将仍以主权货币为主,但私人加密货币将驱使各国积极研发央行数字货币,并在央行数字货币全面应用之前以公私合作方式参与竞争^[14]。

从竞争结果看,数字货币会引发新一轮国际货币竞争,与邻国社会一体化或数字一体化的国家将面临数字货币替代^[15]。同时加密货币的崛起损害了强势法定货币,但可以通过减少与强势货币的竞争使弱势法定货币受益。这导致弱势货币国家更倾向于推出加密货币并有更强的动机发行央行数字货币^[16]。此外,数字货币还有可能演变为超主权数字货币,或者在统一的技术标准及合规框架下形成多元共存竞争的数字货币体系^[17]。

(三)数字货币对货币国际化的影响

1.数字货币能够促进货币国际化

数字货币能够通过技术、成本、产品和经济渠道促进货币国际化。通过技术赋能,数字货币能有效减少单一国际货币的网络外部性,并强化本国货币的网络效应^[17]。央行数字货币有助于主权货币国家降低持续性与过渡性调整成本,从而抗衡特里芬难题^[18]。数字人民币有利于金融资源有效配置和金融产品创新,提高人民币在国际市场上的接受程度^[19]。法定数字货币有利于发挥数字经济优势,提升中国经济发展质量,从而增强国际主体对人民币的信心^[20]。

数字货币对货币国际化产生影响的环节关键在于跨境支付。数字货币具有重塑全球跨境支付体系的潜力,有可能推动国际货币走向多元化变革^[21]。法定数字货币跨境支付体系可以通过联盟链技术使链上节点国家进行协同监管,提升主权货币国际话语权,加速人民币国际化进程^[20]。中国拟建的数字支付网络(UDPN)能够支持数字货币在不同国家的使用,数字人民币可以在维持资本管制的同时增加以人民币计价的全球资本流动,并提供 SWIFT 支付系统的替代方案^[22]。

2.数字货币对货币国际化的作用有限

一些学者表示数字货币的作用被夸大,在国际上推广还存在许多短板。其一,数字货币只是改变了货币形式,没有推出新的实际货币,适用于信用货币的因素同样适用于数字货币^[23]。其二,如果缺乏支付网络,短期内数字货币的国际化比常规货币的国际化更加困难。其三,国际化货币还需要发挥投融资和储备功能,目前央行数字货币并不优于银行货币^[24]。

3.数字货币对货币国际化的影响因条件而异

在中短期内,数字人民币对人民币国际化的影响十分有限。在长期内甚至更长时间内,与中国综合经济、金融、贸易实力相适应的数字人民币会促进人民币国际化,并最终成为决定因素^[25]。数字人民币的国际化程度取决于使用者对中国金融体系和数字人民币安全性的信任程度。中国率先推出数字人民币有助于人民币国际化,但短期内不会对美元构成威胁,长期则取决于美国的反应以及中美两国经济演变^[26]。

括而言之,数字货币是未来货币的主要形态,数字货币竞争不可避免。相对于私人加密货币,央行数字货币更具竞争优势。长期来看,基于支付网络及其生态系统并向货币职能逐步渗透的数字货币会加速货币国际化影响因素的变化,对货币国际化起到催化作用。

三、模型设定

(一)货币国际化与货币数字化

关于两者之间的函数关系,鲜有文献提及。Fourcans 和 Warin(2001)^[27]曾建立了一个关于税率与失业率的函数以及两者总损失的模型,利用总损失最小化讨论欧洲国家之间的税收竞争与合作问题。本文参考其建模思想建立了货币数字化与货币国际化的关系:

$$r = \bar{r} + \alpha(d - d^e) \quad (1)$$

式(1)表示一类数字货币相对于另一类数字货币意外提升数字化水平所导致的国际化水平提升。

即只有当数字化水平高于对方预期水平时,发行主体才能提升货币国际化水平。其中, r 为国际货币替代率,即全部国际交易中使用该数字货币的比率,表示其国际化水平; \bar{r} 为国际货币替代率均衡水平,表示该数字货币获取数字居民的潜在能力或网络外部性; d 为该货币数字化率相对国际总体货币数字化率变动的比率,货币数字化率是数字货币在国际支付结算、投融资和储备货币等货币职能领域的覆盖率,表示其数字化水平。若某数字货币只在支付领域发挥作用,则被认为数字化水平较低,若已经拓展到投融资和储备货币领域,则数字化水平较高; d^e 为另一类数字货币对该类数字货币 d 的预期; α 为货币数字化率相对变动的弹性系数,且满足 $\alpha > 0$ 。 α 越大,说明该类数字货币在推动货币国际化方面的作用也越大。

(二)数字货币对货币国际化及其收益和风险的影响

实施货币国际化可能获得的利益以及面临的风险,是能否以及顺利实施货币国际化的重要考量。

在纳入数字货币后,其货币国际化收益包括:国际支付效率提升、交易成本降低、金融市场更加开放,以及对发行主体进一步获取国际铸币税收益,增加国际投融资收益,甚至获取更多国际金融话语权的杠杆或催化作用。货币国际化风险包括:金融脱媒、金融稳定和央行自主权受到冲击、汇率波动加大、溢出效应被放大、网络安全攻击甚至地缘政治冲突等。若在国际上推广数字货币的宏微观风险过高或不可预测,不仅数字货币自身难以获得数字居民支持,发行主体也可能会减缓其国际应用。加密数字货币交易量自2021年5月达到高峰后出现断崖式下跌,国际范围内央行数字货币总体仍处于论证研发阶段以及应用于跨境支付的央行数字货币生态系统尚不成熟则是最好的印证。王婷婷(2014)^[28]利用Fourcans和Warin(2001)^[27]的分析框架,建立了一个关于货币国际化的福利函数,用于分析货币国际化收益和风险对国际货币竞争的影响。借鉴Fourcans和Warin(2001)以及王婷婷(2014)的思路^{[27][28]},本文假设货币国际化的净收益函数有如下形式:

$$R = r^2 - \beta d^2 \tag{2}$$

式(2)中, β 为货币数字化率相对变动的风险系数,且 $\beta \geq 0$ 。 β 越大,说明提升该数字货币数字化水平的风险越高,反之则越低。将(1)式代入(2)式得:

$$R = [\bar{r} + \alpha(d - d^e)]^2 - \beta d^2 \tag{3}$$

至此,货币国际化的净收益可表示为货币数字化率相对变动的函数, $[\bar{r} + \alpha(d - d^e)]^2$ 表示数字货币对货币国际化的促进作用,也即产生的收益, βd^2 则表示产生的风险或成本。该式表示数字货币发行主体的目标是通过合理控制货币数字化水平,在促进货币国际化的同时优化风险承担水平,最终实现净收益最大化。

(三)竞争策略

以两类数字货币进行分析,双方具有两种发展策略,提升数字化率水平和保持数字化率相对稳定,具体如下:

1.提升数字化率相对水平(D)

该策略下,某数字货币没有超出对手预期提升数字化率相对水平的动机,同时对其他数字货币数字化率相对水平的意外上升不做出反应。

2.保持数字化率相对稳定(H)

该策略下,某数字货币数字化率相对水平的提升将超出其他数字货币预期,作为应对策略,其他数字货币将在下一期以非公开方式提升数字化率相对水平,计划干扰竞争对手预期的行为。

(四)一次竞争

一次竞争条件下,双方具有完全的信息,竞争双方都清楚对方的策略,具体分为三种情形。

1.双方都不提升数字化率水平

此时,双方都不希望扰乱竞争对手预期,也没有超预期提升数字化率相对水平的动机,这意味着 $d = 0$ 且 $d^e = 0$,此时数字货币A的收益函数为:

$$R_A^{D/D} = (\bar{r})^2, R_B^{D/D} = (\bar{r}^*)^2 \quad (4)$$

其中, * 表示数字货币 B 的相关变量。

2. 一方提升数字化率水平, 另一方保持不变

在这种情况下, 竞争一方计划扰乱竞争对手预期。假设数字货币 A 提升数字化率水平, 数字货币 B 保持不变, 则有 $d_A^c = 0$, 但 $d_A > 0$ 。因此, 数字货币 A 的收益函数变为:

$$R_A^{H/D} = [\bar{r} + \alpha d_A]^2 - \beta d_A^2 \quad (5)$$

为使得收益最大化, 可得:

$$d_A = \frac{\alpha \bar{r}}{\beta - \alpha^2} \quad (6)$$

将其代入式(5)得数字货币 A 的最大化收益为:

$$R_A^{H/D} = \frac{\beta \bar{r}^2}{\beta - \alpha^2} \quad (7)$$

对于数字货币 B, 由于保持数字化水平不变, 因此有 $d_B = 0$, 但数字货币 A 预期数字货币 B 也会提升数字化率, 因此 $d_B^c = \frac{\alpha^* \bar{r}^*}{\beta^* - \alpha^{*2}}$, 可得数字货币 B 的收益为:

$$R_B^{H/D} = \frac{\bar{r}^{*2} (\beta^* - 2\alpha^{*2})^2}{(\beta^* - \alpha^{*2})^2} \quad (8)$$

3. 双方都提升数字化率水平

在双方都提升数字化率水平时, 双方均能掌握竞争对手策略, 在收益最大化下可得:

$$d_A = \frac{\alpha (\bar{r} - \alpha d_A^c)}{\beta - \alpha^2}, d_B = \frac{\alpha^* (\bar{r}^* - \alpha^* d_B^c)}{\beta^* - \alpha^{*2}} \quad (9)$$

此时, $d_A^c = d_A$, $d_B^c = d_B$, 因此有:

$$d_A = \frac{\alpha \bar{r}}{\beta}, d_B = \frac{\alpha^* \bar{r}^*}{\beta^*} \quad (10)$$

这一结果表明, 由于竞争双方均清楚对方策略, 双方都会将数字化率相对变动幅度维持在较低水平, 不希望对手察觉到更多信息, 最终国际货币替代率会保持在均衡水平, 而双方的最大化收益变为:

$$R_A^{H/H} = \frac{\bar{r}^2 (\beta - \alpha^2)}{\beta}, R_B^{H/H} = \frac{\bar{r}^{*2} (\beta^* - \alpha^{*2})}{\beta^*} \quad (11)$$

不难发现, 此时双方收益均低于都采取不提升数字化率时的收益。全部结果见表 1, 表 1 显示, 由于假设 $\beta > 2\alpha^2$, 有 $R_A^{H/H} > R_A^{D/H}$, $R_A^{D/D} < R_A^{H/D}$, 即对于数字货币 A, 无论数字货币 B 采取哪种发展策略, 数字货币 A 提升数字化率水平所获得的收益要大于保持数字化率不变。同时, $R_B^{D/D} < R_B^{D/H}$, 即对于数字货币 B, 无论数字货币 A 采取何种发展策略, 数字货币 B 提升数字化率水平所获得的收益均要大于保持数字化率不变。因此, 提升数字化率水平是双方的占优策略, 但 $R_A^{H/H} < R_A^{D/D}$, $R_B^{H/H} < R_B^{D/D}$, 竞争进入“囚徒困境”。虽然双方都保持数字化率不变的收益要大于都提升数字化率, 但受利益驱动, 任何一方都有扩大数字化率的动机, 最终导致各自利益受损。

四、长期均衡分析

数字货币在国际上发挥支付手段、流通手段和储备资产功能还有待数字货币技术的不断进步以及相应法律法规、政策制度的不断完善。数字货币技术趋向阶段性稳定也将形成货币数字化率的相对稳定, 而每次新技术的突破也必然成为提升货币数字化水平的驱动力并形成新的均衡。下文对长期的数字货币竞争进行分析。

表 1

数字货币竞争一次博弈支付矩阵

策略	数字货币 B: 数字化率相对不变	数字货币 B: 提升数字化率
数字货币 A: 数字化率相对不变	$R_A^{D/D} = (\bar{r})^2$ $R_B^{D/D} = (\bar{r}^*)^2$	$R_A^{D/H} = \frac{\bar{r}^2(\beta - 2\alpha^2)^2}{(\beta - \alpha^2)^2}$ $R_B^{D/H} = \frac{\beta^* \bar{r}^{*2}}{\beta^* - \alpha^{*2}}$
数字货币 A: 提升数字化率	$R_A^{H/D} = \frac{\beta \bar{r}^2}{\beta - \alpha^2}$ $R_B^{H/D} = \frac{\bar{r}^{*2}(\beta^* - 2\alpha^{*2})^2}{(\beta^* - \alpha^{*2})^2}$	$R_A^{H/H} = \frac{\bar{r}^2(\beta - \alpha^2)}{\beta}$ $R_B^{H/H} = \frac{\bar{r}^{*2}(\beta^* - \alpha^{*2})}{\beta^*}$

(一) 长期竞争策略

在长期竞争状态下,是否一直是两类数字货币无休止的竞争,而不存在数字化率相对稳定阶段?结果是否定的,具体分析如下:

在一次竞争过程中,相对于保持数字化水平不变,数字货币 A 获得的额外收益为:

$$ER_A^{H/D} = \frac{\beta \bar{r}^2}{\beta - \alpha^2} - \bar{r}^2 = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta - \alpha^2} \quad (12)$$

而数字货币 B 的损失为:

$$LR_B^{H/D} = \bar{r}^{*2} - \frac{\bar{r}^{*2}(\beta^* - 2\alpha^{*2})^2}{(\beta^* - \alpha^{*2})^2} = \frac{\bar{r}^{*2} \alpha^{*2} (2\beta^* - 3\alpha^{*2})}{(\beta^* - \alpha^{*2})^2} \quad (13)$$

1. 数字货币 B 提升数字化率、数字货币 A 维持原策略

在二次竞争过程中,若数字货币 B 提升数字化率,数字货币 A 不改变竞争策略,则数字货币 A 的收益将会比双方都保持数字化水平不变时减少:

$$LR_A^{H/H} = \bar{r}^2 - \frac{\bar{r}^2(\beta - \alpha^2)}{\beta} = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta} \quad (14)$$

2. 数字货币 B 提升数字化率、数字货币 A 保持数字化率不变

若数字货币 B 提升数字化率,数字货币 A 转向保持数字化率不变,则数字货币 B 的收益较双方都保持数字化水平不变时增加:

$$ER_B^{D/H} = \frac{\beta^* \bar{r}^{*2}}{\beta^* - \alpha^{*2}} - \bar{r}^{*2} = \frac{\alpha^{*2} \bar{r}^{*2}}{\beta^* - \alpha^{*2}} \quad (15)$$

数字货币 A 的收益将会比双方都保持数字化水平不变时减少:

$$LR_A^{D/H} = \bar{r}^2 - \frac{\bar{r}^2(\beta - 2\alpha^2)^2}{(\beta - \alpha^2)^2} = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2 (2\beta - 3\alpha^2)}{(\beta - \alpha^2)^2} \quad (16)$$

重复竞争的具体结果详见表 2。

表 2

数字货币竞争重复博弈策略及收益损失

策略	数字货币 B: 数字化率相对不变	数字货币 B: 提升数字化率
数字货币 A: 数字化率相对不变	$ER_A^{D/D} = LR_A^{D/D} = 0$ $ER_B^{D/D} = LR_B^{D/D} = 0$	$LR_A^{D/H} = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2 (2\beta - 3\alpha^2)}{(\beta - \alpha^2)^2}$ $ER_B^{D/H} = \frac{\alpha^{*2} \bar{r}^{*2}}{\beta^* - \alpha^{*2}}$
数字货币 A: 提升数字化率	$ER_A^{H/D} = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta - \alpha^2}$ $LR_B^{H/D} = \frac{\bar{r}^{*2} \alpha^{*2} (2\beta^* - 3\alpha^{*2})}{(\beta^* - \alpha^{*2})^2}$	$LR_A^{H/H} = \frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta}$ $LR_B^{H/H} = \frac{\bar{r}^{*2} \alpha^{*2}}{\beta^*}$

(二)长期均衡

数字货币 A 需评估第二期以后双方都提升数字化率给自身造成的累计损失,该损失是相对于双方都保持数字化率相对稳定时的损失。若总损失大于第一期数字货币 A 提升数字化率、数字货币 B 保持数字化率相对稳定时的额外收益,数字货币 A 不再提升数字化率,即双方重新进入相对稳定期的必要条件是:

$$ER_A^{H,D} \leq LR_A^{H,H} T_A \quad (17)$$

其中, T_A 为从第二期开始至数字货币 A 重新回到数字化率相对稳定的时间跨度,即

$$\frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta - \alpha^2} \leq \frac{\bar{r}^2 \alpha^2}{\beta} T_A \quad (18)$$

整理得:

$$T_A \geq \frac{\beta}{\beta - \alpha^2} \quad (19)$$

仅在此时,数字货币 A 提升数字化率的累计损失将超过第一期提升数字化率时获得的一次性超额收益,数字货币 A 的数字化率将步入相对稳定期。对 T_A 进行分析,可得数字货币数字化率从提升走向相对稳定的时间跨度主要与两个因素有关,分别是 α 和 β 。其中, α 是货币数字化率相对变动的收益弹性系数。 α 值越高,说明货币数字化率的相对变动越能提升货币国际化水平,进而提升货币国际化收益,货币数字化率进入相对稳定所需要的时间越长。 β 是实施货币数字化的风险系数。 β 值越高,说明货币数字化风险较高,这会降低大幅提升货币数字化程度的动机,从而达到数字化率相对稳定。进一步地, α 和 β 也是影响货币数字化率相对变动水平 d 的两个因素。在数字化率提升状态下, α 与 d 成正比。 α 值越高,则均衡 d 值越大,表明提升货币数字化率的空间越大。 β 与 d 成反比。 β 值越高,则均衡 d 值越小,表明提升货币数字化率的风险较高,因此不宜大幅变动货币数字化率相对水平。

五、仿真模拟

为更直观地展示货币数字化对货币国际化净收益的影响,本部分将利用软件 Matlab2021a 进行仿真模拟。

(一)参数设定

根据当前数字货币竞争现状,将数字货币 A 表示为与强势国际货币挂钩的央行数字货币,将数字货币 B 表示为私人加密数字货币,具体以美元和加密数字货币总体为参照将参数设置如下:

1.数字货币 A 参数设定

均衡国际货币替代率 \bar{r} 。根据 2022 年美元在全球外汇储备中的占比,将 \bar{r} 设定为 0.61,数据来源于国际货币基金组织网站。央行数字货币数字化率相对变动的收益弹性系数 α 。本文认为,央行数字货币对货币国际化的推动作用,本质上与信用货币一样,都取决于一国的综合国力。根据 2022 年美国 GDP 占全球的份额,将 α 设定为 0.25,数据来源于 Wind 数据库。央行数字货币数字化率的风险系数 β 。本文利用央行数字货币的内在价值衡量其风险状况。根据近三年美元指数年度平均值的倒数乘以 100,将 β 设定为 1.04,数据来源于 Wind 数据库。该值越大,说明数字化率的风险也越高。

2.数字货币 B 参数设定

均衡国际货币替代率 \bar{r}^* ,当前,私人加密货币还不具备成为储备货币的条件,本文利用 2022 年使用加密货币总人口占全球总人口的比值来衡量其国际化程度,据此将其设定为 0.04,数据来源于联合国网站和 Finbold 网站。加密货币数字化率相对变动的收益弹性系数 α^* ,本文认为,加密数字货币在国际上的应用状况表现为加密货币总交易量与全球外汇交易量之比,根据 2022 年全球外汇交易量数据和加密货币交易量数据,将 α^* 设定为 0.02,数据来源于国际清算银行网站和 Coincarp 网站。加密货币数字化率的风险系数 β^* ,本文利用加密货币恐惧贪婪指数衡量其风险状况,根据加密货币近三年年度恐惧贪婪指数的倒数乘以 100,将 β^* 设定为 2.64,数据来源于财经 M 平方网站。该值越大,

说明数字化率的风险也越高。

(二) 模拟结果

1. 竞争均衡模拟结果

竞争均衡模拟结果详见表 3。

表 3 央行数字货币与加密货币竞争模拟结果

策略	数字货币 B: 数字化率相对不变	数字货币 B: 提升数字化率
数字货币 A: 数字化率相对不变	$r^{D/D} = 37.21\%$, $d^{D/D} = 0$ $r^{D/D^*} = 0.16000\%$, $d^{D/D^*} = 0$	$r^{D/H} = 32.60\%$, $d^{D/H} = 0$ $r^{D/H^*} = 0.16002\%$, $d^{D/H^*} = 0.03031\%$
数字货币 A: 提升数字化率	$r^{H/D} = 39.59\%$, $d^{H/D} = 16\%$ $r^{H/D^*} = 0.15995\%$, $d^{H/D^*} = 0$	$r^{H/H} = 34.98\%$, $d^{H/H} = 14.66\%$ $r^{H/H^*} = 0.15998\%$, $d^{H/H^*} = 0.03030\%$

表 3 显示,在保持数字化率相对不变状态下,数字货币 A 获得 37.21% 的收益,数字货币 B 获得 0.16% 的收益。而在双方都提升数字化率的状态下,双方最终所得最大化收益分别为 34.98% 和 0.16%, 低于双方都保持数字化率相对不变状态。在一方提升数字化率、一方保持数字化率相对不变状态下,提升数字化率的一方将获得更高收益,分别为 39.59% 和 0.16%, 保持数字化率相对不变的一方则遭受损失,收益分别降低至 32.60% 和 0.16%。以上与理论模型结果保持一致。图 1 进一步展示了不同策略下两类数字货币数字化水平与净收益关系。

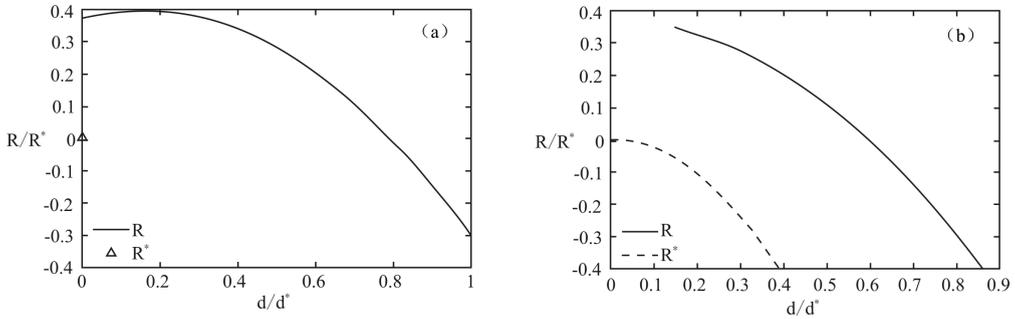


图 1 不同策略下两类数字货币数字化水平与净收益关系图

图 1 中(a)和(b)分别表示一方提升数字化率相对水平、一方保持数字化率相对不变以及双方都提升数字化率相对水平状态下两者数字化水平与国际化净收益之间的动态关系。其中,横轴表示两类货币数字化率相对变动水平,纵轴表示相应国际化净收益。图 1(a)显示,在数字货币 A 提升数字化率相对水平、数字货币 B 保持数字化率相对不变状态下,数字货币 A 将获得超额收益,且数字化率相对变动幅度与净收益呈先升后降关系。这是因为,数字货币 B 保持数字化率相对不变或在技术上不能大幅变动数字化水平时,数字货币 A 能够依靠提升数字化率相对水平获取超额收益,但过度提升货币数字化水平终将因风险承担过高而导致收益降低。而数字货币 B 不具备超预期提升数字化率相对水平的能力,其最大化收益是与均衡货币国际货币替代率有关的固定值,且由于初始国际化水平较低,数字货币 B 的净收益难以与数字货币 A 抗衡。图 1(b)显示,若双方都提升数字化率相对水平,则两类数字货币数字化率变动幅度与净收益呈反方向变化,初始值即为收益最大化均衡值,随着货币数字化率逐步提升,净收益随之下降,且数字货币 B 净收益下降程度要大于数字货币 A 并率先降为负值。这表明提升数字化水平蕴含着巨大风险,数字货币 B 因数字化率相对变动对国际化净收益的弹性更大,因此下降速度也越快。所以,数字货币 B 虽然具备竞争愿望,但仍不能大幅提升数字化相对水平。同时,由于数字货币 B 的竞争,数字货币 A 的总体收益有所下降。

图 1 的模拟结果充分验证了理论模型中货币数字化与货币国际化之间的关系,预测了不同类型数字货币之间的竞争趋势。不难发现,提升货币数字化相对水平的能力会构成货币国际化的先发优势。从最终数字化水平和数字化净收益看,与强势国际货币挂钩的央行数字货币均要高于私人加密

数字货币。

2. 敏感性分析模拟结果

为进一步考察不同类型数字货币对国际货币竞争的影响,本文接下来进行敏感性模拟分析,结果如图 2 和图 3 所示。

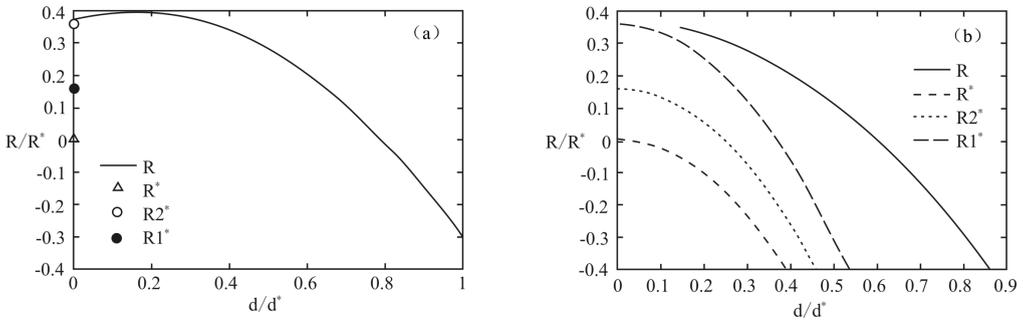


图 2 不同策略下两类货币数字化水平与净收益关系图

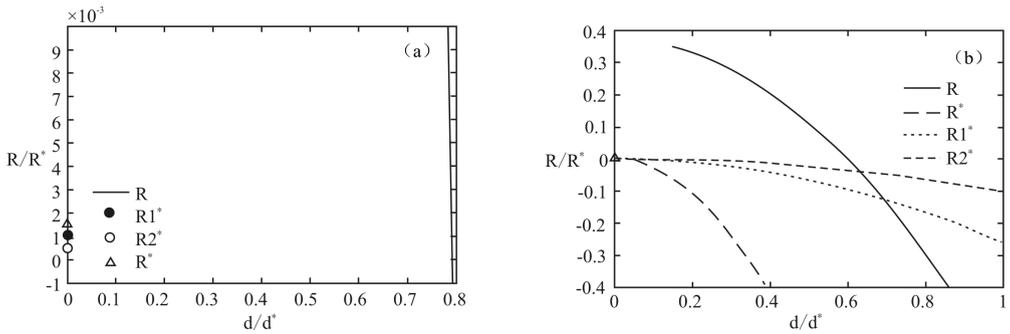


图 3 不同策略下两国货币数字化水平与净收益关系图

图 2 表示数字货币 B 均衡国际替代率 \bar{r}^* 较高时,在数字货币 A 提升数字化率相对水平、数字货币 B 保持数字化率相对不变以及双方都提升数字化率相对水平状态下两者数字化水平与国际化净收益之间的动态关系。其中, R_1^* 和 R_2^* 分别表示 $\bar{r}^* = 0.4$ 和 $\bar{r}^* = 0.6$ 时数字货币 B 国际化的净收益。

图 2(a) 显示,在数字货币 A 提升数字化率相对水平、数字货币 B 保持数字化率相对不变状态下,随着数字货币 B 均衡国际化水平提升,其国际化收益逐渐大幅增长。当 \bar{r}^* 增长至初始值 10 倍后, R_1^* 变为原来的约 100 倍;而当 \bar{r}^* 继续增长 1.5 倍后, R_2^* 变为 R_1^* 的 2 倍以上。可见 \bar{r}^* 对 R^* 具有巨大推动作用,特别是当 \bar{r}^* 接近于 \bar{r} 时,数字货币 B 的国际化净收益也已接近于数字货币 A。当 \bar{r} 提升或降低时也具有相同效应,在此不再赘述。

图 2(b) 显示,如果双方都提升数字化率相对水平,随着 \bar{r}^* 的增长,数字货币 B 的净收益曲线逐步向上移动,国际化净收益大幅上升,且当 \bar{r}^* 与 \bar{r} 相当时,其国际化最大净收益已经超过数字货币 A。同时,数字货币 B 的国际化净收益曲线也越加陡峭,这说明数字货币 B 数字化率变动的风险逐渐增加。此外,数字货币 B 的国际化净收益仍然会随着数字化率的提升最终降为负值,但这种情况不会过早出现,这表明数字货币 B 国际化净收益对数字化率变动幅度的承受力也在增加。

从图 2 的模拟结果可以看出,数字货币的使用惯性会对货币国际化净收益产生巨大影响,初始网络外部性较强的数字货币将在竞争中占据明显优势。据此,与强势国际货币挂钩的央行数字货币也会获得优势地位,私人加密货币则处于劣势。

图 3 表示数字货币 B 系数 α^* 较高、 β^* 较低时,在数字货币 A 提升数字化率相对水平、数字货币 B 保持数字化率相对不变以及双方都提升数字化率相对水平状态下两者数字化水平与国际化净收益之

间的动态关系。其中, R_1^* 表示 $\alpha^* = 0.2, \beta^* = 0.26$ 时数字货币 B 国际化的净收益; R_2^* 表示 $\alpha^* = 0.25, \beta^* = 0.1$ 时数字货币 B 国际化的净收益。

图 3(a) 显示, 在数字货币 A 提升数字化率相对水平、数字货币 B 保持数字化率相对不变状态下, 随着 α^* 增加和 β^* 降低, 其国际化收益逐渐降低。这是因为, 收益弹性系数增加和风险弹性系数降低意味着最理想的数字化水平需要大幅增加, 而不断提升数字化水平的风险会越来越高。当 α^* 变为初始值 10 倍、 β^* 降低为初始值十分之一后, 并没有带来数字货币 B 国际化净收益增加, 反而出现 R_1^* 下降的情况, 但下降幅度远远小于系数变动幅度。当 α^* 继续增加至与 α 水平相当、 β^* 继续降低一半后, R_2^* 较 R_1^* 继续降低。可见, 相比于 \bar{r}^* , R^* 对 α^* 和 β^* 的变动并不十分敏感。该结论同样适用于 α, β 对 R 的影响。

图 3(b) 显示, 如果双方都提升数字化率相对水平, 随着 α^* 增加和 β^* 降低, 数字货币 B 的净收益曲线逐步变得平缓, 表明数字货币 B 数字化率变动的风险逐渐降低, 但其最大化净收益仍然远低于数字货币 A, 同时与最大化净收益对应的最优数字化水平依然低于数字货币 A。此外, 数字货币 B 的国际化净收益仍会随着数字化率的提升降为负值, 因此, 其最大化国际化收益也会随着 α^* 增加和 β^* 降低而降低。

从图 3 的模拟结果可得知, 由于同强势国际货币挂钩的央行数字货币具有非常强的网络外部性, 因此, 即使私人加密数字货币能够在竞争中提升收益并降低风险, 也很难通过提升数字化水平来保障净收益为正, 最终可能不得不退出竞争。

以上结果也可能出现在强势央行数字货币与弱势央行数字货币之间以及私人加密数字货币与弱势央行数字货币之间。这就很好地解释了近两年来私人加密数字货币成交量出现萎缩, 委内瑞拉推出的法定数字货币“石油币”没有获得良好反馈, 以及萨尔瓦多等国家承认比特币为法定货币的原因: 这些加密货币或拉美国家的央行数字货币属于小众货币或弱势货币, 内在价值并不稳定, 流通范围有限, 无法在全球形成较强的网络外部性和较高的数字化水平。

3. 数字化率相对变动幅度影响因素模拟结果

数字化率相对变动幅度影响因素的模拟结果如图 4 所示。

图 4 为存在数字货币数字化率相对变动状态下, 数字货币 A 数字化率相对变动幅度 d 与均衡国际货币替代率 \bar{r} 、数字化率对货币国际化的收益弹性系数 α 以及货币数字化的风险弹性系数 β 的动态关系图。图 4(a) 显示, 其他参数不变, d 与 \bar{r} 成正比, 即数字货币初始国际化水平越高, 则 d 越高。图 4(b) 显示, 其他参数不变, d 与 α 成正比, 即货币数字化率相对变动幅度对货币国际化的收益弹性系数越高, 该数字货币越有利可图, 因此越倾向于提升 d 。图 4(c) 显示, 其他参数不变, d 与 β 成反比且效应逐步递减, 即货币数字化率相对变动幅度对货币国际化的风险弹性系数越高, 该数字货币越无利可图, 因此越倾向于降低 d 。

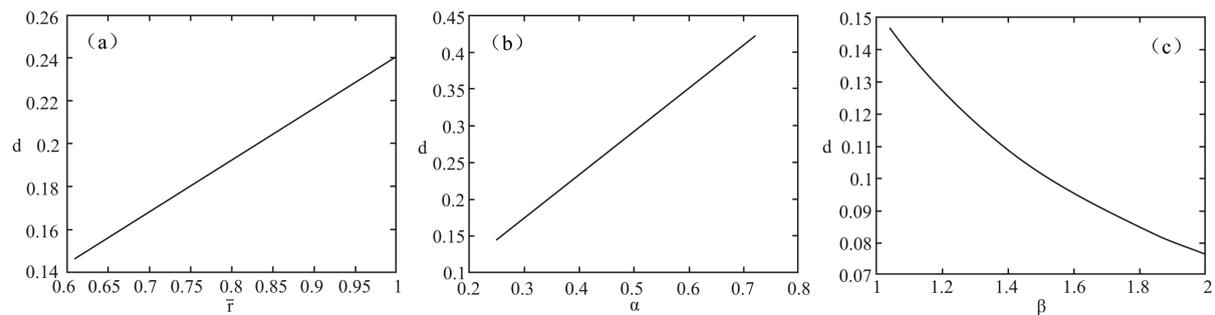


图 4 数字货币 A 数字化率相对变动幅度与主要参数关系图

4. 数字化竞争持续时期 T 模拟结果

数字化竞争持续时期 T 模拟结果如图 5 所示。

图 5(a)表示在两类数字货币长期竞争后,在参数 β 不变的前提下,参数 α 与双方数字化竞争持续时期 T 之间的动态关系。图中显示,两者呈正向关系。当提升货币数字化率对货币国际化作用相对较低时,双方数字化竞争持续时期较短,原因是数字货币 A 在第一期所获得的超额收益很快在第二期被侵蚀。随着提升货币数字化率对货币国际化作用越来越高,双方数字化竞争持续时期开始增加,避免激烈竞争变得越发困难。

图 5(b)表示在参数 α 不变的前提下,参数 β 与双方数字化竞争持续时期 T 之间的动态关系。图中显示,两者呈反向关系。当货币数字化的风险系数相对较低时,双方数字化竞争持续时期较长,这是因为数字货币 A 实施数字化的风险成本较低,更倾向于继续提升数字化水平,而随着货币数字化的风险系数越来越高,数字货币 A 承担的风险成本逐渐增加,此时双方数字化竞争持续时期开始降低,数字货币发展进入相对稳定期。

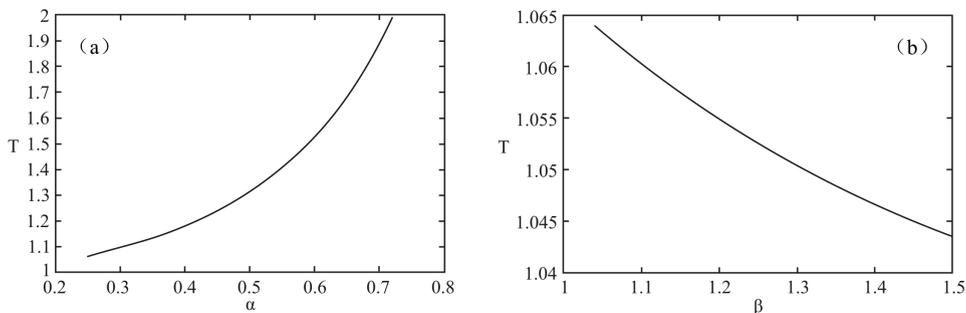


图 5 数字化竞争持续时期与主要参数关系图

六、主要结论及政策启示

(一)主要结论

首先,提升货币数字化水平的能力会构成货币国际化的先发优势,但随着其他数字货币提升技术水平并加入对数字居民的争夺,这一优势将不复存在甚至产生反作用。此时,保持较低的货币数字化率相对变动幅度成为最优选择。中国人民银行是央行数字货币研发和应用的先行者,在短期内具备先发优势。但随着其他主流央行加入竞争,过快推动数字人民币职能升级可能导致净收益降低的反作用。其次,货币潜在国际化水平或网络外部性是决定其国际化收益的主要因素。与强势主权国际货币挂钩的央行数字货币可凭借货币使用惯性获得更多的数字居民和国际化收益,而私人加密货币难以形成网络外部性,因此无法与强势央行数字货币抗衡。与弱势货币挂钩的央行数字货币则有可能获得低于私人加密数字货币的净收益,存在被替代风险。从本质看,造成这种现象的根本原因在于:央行数字货币以国家信用为背书,是数字化的法定主权货币,其国际接受程度和兑付能力取决于主权国家信用。私人数字货币则由加密数据构成,不具备内在价值,属于虚拟货币,其兑付能力取决于发行主体的信用。因此,发行主体的信用水平差异导致了不同数字货币各异的风险收益特征和国际化水平。数字人民币的国际化水平最终将取决于人民币的币值稳定性、可兑换性以及同世界核心资产的关联性。最后,虽然央行数字货币与私人加密数字货币会步入激烈争夺数字居民的“囚徒困境”,但持续扩大数字货币普及水平和应用范围蕴藏着巨大风险,这将促使货币数字化水平步入相对稳定期。这也是目前数字货币还未能能在投融资和储备货币领域高度渗透的原因。因此,数字人民币的职能突破跨境支付并向国际投融资和储备资产领域发展还存在一个过渡期,这与人民币目前的国际化程度及其风险收益特征密切相关。充分识别、防范数字人民币应用于高层次领域的各类风险,评估相应技术和制度承载能力,应是数字人民币逐步迈向国际的核心考量。

(二)政策启示

数字货币将成为国际货币竞争的新的战略制高点,各国都要有足够的战略准备和技术支撑。结

合本文的研究结论,有以下几点值得关注。

首先,长期来看,数字货币是货币国际化竞争的重要领域,央行数字货币与私人加密数字货币的竞争不可避免。短期而言,有限的应用场景和技术障碍使得央行数字货币与货币国际化的关联性不强。但数字货币技术领先意味着对数字居民的黏性更强、风险更低,这构成提升数字化率相对水平的基础并形成先发优势。落后方则会受制于数字货币技术或国际规则,无法吸引足够的数字居民而遭受更多损失。目前,全球范围内使用私人加密数字货币的数字居民数量正快速增长,对央行数字货币形成一定挑战。当前要继续加强数字人民币的研发与设计,不断突破新技术障碍,为今后在新一轮国际货币竞争中抢占先机。

其次,对数字居民的争夺将成为央行数字货币和私人加密数字货币竞争的焦点。通过与主权信用货币实现有效衔接,依靠国家主权信用的强势央行数字货币无疑将在未来国际货币竞争中取得优势,而弱势央行数字货币或将面临私人加密数字货币更加激烈的竞争。目前,全球范围内率先推出央行数字货币的大多为发展中国家,发达国家更加注重对央行数字货币经济影响和风险的评估。未来,强势央行数字货币可凭借网络外部性形成竞争优势,从而进一步推动主权信用货币国际化。而对于数字居民数量缺乏、债务负担沉重、经济发展水平不高的发展中国家来说,其央行数字货币由于缺乏信用支撑,使用惯性不足,被强势央行数字货币或私人加密数字货币替代的可能性将会增加。中国在发展数字居民潜力方面具有基础优势,要继续拓展数字人民币应用场景,培育壮大数字居民群体,充分发挥“乘数作用”。

最后,提升数字货币国际应用水平、扩展数字居民本身存在较高风险。数字货币竞争理论上存在相对稳定期,跨越支付领域向投融资和储备货币领域渗透将是一个长期且复杂的过程。应当看到,短期内,货币国际化与货币数字化仍是两个相对独立的事件,央行数字货币在国际上的应用还存在许多未知风险,私人加密数字货币也因内在价值极不稳定导致其国际交易量出现大幅波动。因此,数字人民币研发应用需在动态变化中充分评估相应风险和冲击,稳步开展数字人民币应用试点建设及推广工作,循序渐进扩大数字人民币应用范围,避免利用数字人民币贸然加速人民币国际化进程。

注释:

①为确保 R 有最大值并简化讨论,此处令 $\beta > 2\alpha^2$ 。

参考文献:

- [1] 陈雨露,王芳,杨明.作为国家竞争战略的货币国际化:美元的经验证据[J].经济研究,2005(2):35—44.
- [2] 刘玮.国内政治与货币国际化——美元、日元和德国马克国际化的微观基础[J].世界经济与政治,2014(9):129—160.
- [3] Opie, W., Riddiough, S.J. Global Currency Hedging with Common Risk Factors[J]. Journal of Financial Economics, 2020, 136(3): 780—805.
- [4] 罗斌,苏文珺,罗暘洋.国际货币发行国与使用国的博弈关系与利益协调因素[J].金融经济研究,2022(2):146—160.
- [5] Al-Azzam, M.D., Mimouni, K. Currency Risk and Microcredit Interest Rates[J]. Emerging Markets Review, 2017(31):80—95.
- [6] 宋芳秀,李庆云.美元国际铸币税为美国带来的收益和风险分析[J].国际经济评论,2006(4):54—56.
- [7] 张宇燕,张静春.货币的性质与人民币的未来选择——兼论亚洲货币合作[J].当代亚太,2008(2):9—43.
- [8] 张定胜,成文利.“嚣张的特权”之理论阐述[J].经济研究,2011(9):133—146.
- [9] 刘津含,陈建.数字货币对国际货币体系的影响研究[J].经济学家,2018(5):17—22.
- [10] Ozili, P. K. CBDC, Fintech and Cryptocurrency for Financial Inclusion and Financial Stability[Z]. MPRA Paper No.115768,2023.
- [11] Hofmann, C. The Changing Concept of Money: A Threat to the Monetary System or an Opportunity for the Financial Sector? [J]. European Business Organization Law Review, 2020, 21(2): 37—68.
- [12] 姚前.共识规则下的货币演化逻辑与法定数字货币的人工智能发行[J].金融研究,2018(9):37—55.
- [13] 马述忠,濮方清,潘钢健.数字贸易的中国话语体系构建——基于标识性概念界定的探索[J].新文科教育研

[14] 王信,骆雄武.数字时代货币竞争的研判及应对[R].国际经济评论,2020(2):25—35.

[15] Brunnermeier, M. K., Niepelt, D. On the Equivalence of Private and Public Money[J]. Journal of Monetary Economics, 2019(106):27—41.

[16] Cong, L. W., Mayer, S. The Coming Battle of Digital Currencies[Z]. New York: The SC Johnson College of Business Applied Economics and Policy Working Paper Series, 2022.

[17] 戚聿东,刘欢欢,肖旭.数字货币与国际货币体系变革及人民币国际化新机遇[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2021(5):105—118.

[18] 沈伟,赵尔雅.国际货币权力论下的数字人民币和人民币国际化——基于可行性和现实性的考察[J].江西财经大学学报,2023(2):126—137.

[19] 季晓南,陈珊.法定数字货币影响人民币国际化的机制与对策探讨[J].理论探讨,2021(1):94—98.

[20] 封思贤,张雨琪.法定数字货币对人民币国际化的促进效应[J].国际贸易,2022(5):81—96.

[21] 刘东民,宋爽.数字货币、跨境支付与国际货币体系变革[J].金融论坛,2020(11):3—10.

[22] Murray, R. How China Seized the Initiative on Blockchain and Digital Currency[EB/OL]. (2021-05-26) [2023-05-17]. <https://www.fpri.org/article/2021/05/how-china-seized-the-initiative-on-blockchain-and-digital-currency/>.

[23] Paulson, H.M. The Future of the Dollar[EB/OL]. (2020-05-19) [2023-05-08]. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2020-05-19/future-dollar>.

[24] 管涛.从货币的功能看数字货币与货币国际化的关系[J].国际经济评论,2023(2):30—42.

[25] 刘凯,郭明旭.央行数字货币的发行动机、设计方案及其对中国的启示[J].国际经济评论,2021(3):137—154.

[26] Aysan, A.F., Kayani, F.N. China's Transition to a Digital Currency does It Threaten Dollarization? [J]. Asia and the Global Economy, 2022, 2(1), 0259994.

[27] Fourcans, A., Warin, T. Tax Harmonization versus Tax Competition in Europe: A Game Theoretical Approach[Z]. University of Quebec, Montreal, Working Paper No. 132, 2001.

[28] 王婷婷.货币国际化进程的博弈分析——两国博弈模型及其对人民币国际化的启示[J].金融研究,2014(5):80—95.

Analysis of Currency Internationalization in the Background of Digital Currency: Basic Facts, Model Settings and Simulations

ZHANG Jingsi¹ LI Feng²

(1. Green Development Strategy Institute of Western China, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China; 2. Business School, Nanfang College Guangzhou, Guangzhou 510970, China)

Abstract: Based on the digital characteristics of international currency competition, this paper creates a function between currency digitization and currency internationalization, then constructs a two-country model of international currency competition and simulates the competition and cooperation between CBDC and cryptocurrency. We find that: the potential level of network externalities of a digital currency is the main factor that determines its internationalization benefits. The ability to improve the level of currency digitization will constitute a first-mover advantage in digital currency internationalization, but it cannot be maintained in the long term or even negative. Therefore, the function expansion of digital currency cannot be achieved overnight, reducing the risk of currency digitization and using currency digitization to promote currency internationalization prudently will be a wise choice. In addition, central bank digital currencies pegged to strong international currencies will have an absolute advantage in the competition with private cryptocurrencies, while weak CBDC will face fierce competition from cryptocurrencies or even be replaced.

Key words: Digital Currency; International Currency Competition; Currency Internationalization; Model Settings; Simulation