

从国债到房地产： RWA 公链实践的技术 适配与落地瓶颈



目录

摘要

01 / RWA 链上化的权衡框架

- 1.1 资产确权与信任
- 1.2 技术性能与稳定性
- 1.3 流动性与生态融合

02 / 公链实践的适配性拆解

- 2.1 标准化资产的公链实践
- 2.2 非标资产的公链改造
- 2.3 公链共性技术支撑与竞争格局

03 / RWA 落地的多重障碍

- 3.1 法律与监管的结构性瓶颈
- 3.2 财务与制度成本瓶颈
- 3.3 技术与安全脆弱性挑战
- 3.4 系统性与市场接受度风险

04 / RWA 公链实践的信任破局

- 4.1 嵌入式合规
- 4.2 多层体系与跨链互联
- 4.3 流动性飞轮

05 / “双轨信任”的金融未来



摘要

现实世界资产（RWA, Real World Assets）正在推动全球金融体系经历结构性重构，其核心在于通过区块链技术将现实经济中的证券、房地产等传统资产数字化，使传统资产能够在全球范围内进行透明、即时、可审计的链上交易，实现流动性重构与资本效率提升。尽管 RWA 在宏观逻辑上具有“链上化金融基石”的潜力，但其落地过程正面临三重挑战：技术底层的可信边界、制度层面的合规悖论与市场层面的流动性困境。

本文围绕“从国债到房地产”的典型资产案例，系统探讨 RWA 公链实践的技术适配与落地瓶颈，强调智能合约、跨链互操作、数据可信性与混合链架构的重要性，提出技术与生态双重创新路径，为全球 RWA 代币化提供系统性分析与战略参考。

01 / RWA 链上化的权衡框架

在传统金融体系中，资产的确权、交易和结算通常依赖纸质契约和中心化中介网络，这种传统的交易方式效率相对低下且成本高昂，也限制了资产跨境流动的能力。随着区块链技术的发展，尤其是以智能合约和去中心化账本为核心的公链基础设施的成熟，RWA 代币化正在为全球金融市场提供全新的操作范式，资产可以在链上实现透明、可追溯的交易，其现金流、权利关系和交易历史均可以通过代码和去中心化机制进行记录和执行，从而大幅降低信息不对称和操作风险。

在 RWA 的落地实践中，公链承担着连接现实资产与链上交易的关键角色。通过智能合约，资产的所有权结构、收益分配规则和合规约束可以在链上被编码被执行，使传统金融中的中介角色被编程信任所替代。这种机制不仅增强了交易透明度，也为跨境资产流通提供了技术基础。例如，通过跨链协议，底层资产登记在联盟链或许可链中，而流通层在高流动性的公链上完成交易，从而在合规性和流动性之间形成平衡。

在这一过程中，现实世界资产的链上化不是单纯的技术迁移，而是涉及技术能力、监管要求和市场实践的多维度权衡。公链作为底层基础设施，需要在去中心化理想与强监管现实之间寻求平衡，同时满足资产确权、数据可信、交易效率及流动性等多重需求。对于不同类型的资产，如国债与房地产，其权衡框架存在明显差异，这决定了公链的技术选择、架构设计和生态适配路径等多重考量。

1.1 资产确权与信任

链上化的首要问题是如何确保资产确权与交易可信。RWA 代币通常不直接代表底层资产的物权，而是通过特殊目的载体 SPV (Special Purpose Vehicle) 形成对资产的债权或股权。公链需要具备映射链下法律结构的能力，使链上代币能够准确对应 SPV 的权益份额，同时应通过法律与合规安排，为投资者提供破产隔离与追索权保障。在标准化资产如国债中，这一映射较为直接，SPV 持有底层国债，通过智能合约发行代币，链上交易直接对应现金流和收益分配。然而，在非标资产如房地产中，链上代币与底层物权之间存在复杂的法律断层线，此类非标资产上链要求公链平台提供更加灵活的规则编码技术，同时辅以跨法域的法律互认机制，以保证资产流动性与可追索权的实现。

在数据可信层面，链上公链通常依赖去中心化预言机（如 Chainlink）提供资产净值（NAV）、储备金证明及跨链互操作性服务。标准化资产的现金流可通过现有数据源直接验证，而非标资产的动态估值则需要 AI 与物联网（IoT）的融合。IoT 传感器实时采集资产运营数据，如租金流、设备状态、能耗数据，AI 模型整合市场信息和运营数据，实现动态估值与风险定价，为链上代币提供可信的价值锚定。这种“数字孪生”方式既是技术手段，也是法律合规的重要支撑，为非标资产的可交易性提供底层支撑。

1.2 技术性能与稳定性

公链承担高流动性交易和跨境流转，在合规性与市场深度之间找到平衡。技术性能与稳定性是保障机构级资产安全、效率与可追索性的关键，传统金融机构对公链的要求远超普通加密项目，不同类型的资产与监管环境对架构的要求也有差异显著。机构级保守派（如欧盟）倾向采用许可型联盟链，牺牲部分去中心化与流动性以换取合规适配性。这类链能够提供明确的访问控制、审计记录和数据存储合规性，适合存放对法律约束高度敏感的资产。而市场驱动派（如美国、香港）为了满足低延迟的高频交易和 T+0 清算目标，则更倾向以太坊、Solana 等公链，通过混合架构平衡合规与性能。例如招银国际在 Solana 上部署美元货币市场基金，看重其理论 TPS 上限 65,000、区块时间 0.39 秒的性能优势。

1.3 流动性与生态融合

RWA 本身流动性有限，需要接入 DeFi 生态，实现资产再循环。流动性深度与生态融合能力决定 RWA 代币的交易便利性、可组合性及资金再循环能力，是资产增值的核心。

- **生态成熟度与流动性深度：**RWA 需具备接入全球流动性的能力，以太坊虽在交易吞吐量和确认时间上存在效率不足的问题，但凭借安全，去信任程度高与庞大生态成为多数 TradFi 机构首选；同时需依托成熟 DeFi 生态拓展场景，例如，AAVE Horizon 已支持典型的国债 RWA 代币^[1] ^[2]，用户可以通过借贷操作将代币化资产转化为可生息金融模块。这种生态融合不仅增强资产流动性，也为稳定币提供了抵押基础，从而形成“发币即购债”的闭环。
- **稳定币的基石作用：**稳定币是 RWA 计价、结算与流动性支撑的核心，其合规性直接影响生态信任。美国《GENIUS 法案》要求美元稳定币由美元存款、美国国债 1:1 全额储备，形成“发币即购债”闭环，将稳定币信用与美元主权信用深度捆绑；香港《稳定币条例》（2025 年 8 月生效）作为全球首个法币稳定币综合监管框架，为 RWA 生态提供清晰合规预期^[3]。
- **跨链互操作性：**RWA 需在“许可链确权 + 公链流通”的混合架构下实现全球流转，公链需通过 Chainlink CCIP 等跨链协议搭建可信通道，例如国泰君安与蚂蚁数科的“两链一桥”架构，通过跨链桥连接联盟链合规资产与以太坊全球流动性，但跨链桥的社会信任依赖风险仍难以根除。这类风险主要来源于桥接方、验证节点及链下管理机构的信任基础，一旦桥接方行为不透明或发生操作失误，可能导致资产冻结、延迟清算或交易数据失真。社会信任依赖风险不仅增加了投资者对跨链资产安全性的顾虑，也影响了资产定价的准确性和流动性。具体而言，交易双方必须额外依赖中介或第三方服务对资产状态进行确认，这种信任成本使得交易流程复杂化、链上透明度降低，同时可能形成流动性分割，不同链间的资产无法自由、高效流转，限制了 RWA 全球化流通的潜力。

02 / 公链实践的适配性拆解

2.1 标准化资产的公链实践

国债作为标准化、高流动性的金融资产，因其稳定收益、透明现金流和广泛认可的市场机制，成为 RWA 链上化的首选对象。公链在国债代币化中主要承担三类功能：合规嵌入、交易效率支撑和数据可信验证。

2.1.1 资产属性与合规适配

国债代币化（尤其是美国国债代币化）是 RWA 赛道中发展最成熟、规模最大的领域。国债之所以能率先在 RWA 市场实现规模化突围，根源在于其标准化、低风险的资产属性，完美契合公链对“数据可验证性”“结构可复制性”的底层要求，成为机构资本进入 RWA^[4] 领域的安全入口。

作为全球低风险资产标杆，国债的收益率、到期日、违约概率及回款路径均可精准量化审计，满足机构投资者对风控与合规的严苛要求；其提供的稳定无风险收益率，恰好匹配机构与高净值投资者对“票息替代”型资产的配置需求，成为 RWA 演进中的现金流底座。截至 2025 年第三季度，代币化美国国债总规模已达 70 亿至 80 亿美元，占据链上 RWA 市场的绝对主导地位，印证市场对安全性与流动性优势的广泛认可。

在代币化路径上，国债已形成高度标准化的操作流程，易于在公链上复制扩展：通常由特殊目的载体（SPV）或基金持有底层短期国债（T-Bills）/MMF，并委托受监管托管人保管资产；平台通过智能合约在公链发行可赎回代币份额；分红与资产净值（NAV）全程在链上记账更新，实现发行、托管、流转的全流程透明化，大幅降低技术与合规的重复建设成本。

2.1.2 技术适配与性能优化

国债代币化对链上交易效率和结算要求极高。公链需满足高 TPS、低延迟，并能与传统金融市场清算周期（T+1）衔接，并且需要满足数据可信层面的承诺。

标准化资产在 RWA 公链实践中的技术适配，主要依赖于合规的代币标准（ERC-1400/3643）、智能合约的 KYC/AML 白名单嵌入，以及预言机来桥接链下数据。Chainlink 预言机提供分红与资产净值 NAV、储备金证明及跨链互操作性服务，确保代币价值与底层国债资产同步。这一机制确保链上数据的透明度，也为机构投资者提供可审计的交易桥梁。并且，为了满足严格的合规要求，许多 RWA 项目采用许可白名单合约，确保只有经过链下机构（如持牌金融机构）KYC/AML 审查的合格投资者地址才能持有代币或参与交易。

性能优化则可以通过战略性地选择高性能公链（如 Solana）或者 Layer 2 扩展解决方案来缓解 Layer1 公链的性能瓶颈，最终目标是实现即时、安全的原子化结算。Layer 2 解决方案（如 Polygon、Arbitrum、Optimism）通过将交易处理转移到链下，显著提升了交易处理速度并降低了 Gas 费用，同时保持了以太坊主网的安全性。但是在性能提升的同时，通常需要

在性能和去中心化程度之间进行权衡，寻求高效率（如 Solana）往往意味着在去中心化和安全性上做出一定妥协。对于机构而言，在性能和合规之间找到平衡点，是 RWA^[5] 项目成功的关键。

2.2 非标资产的公链改造

房地产（Real Estate）作为典型的非标资产，其代币化是 RWA（现实世界资产）链上实践中潜力与挑战并存的核心领域。其难题在于，如何通过公链技术手段破解链下房地产在法律确权复杂性与估值透明度不足的固有瓶颈。这一技术改造并非简单的“资产上链”操作，而是涉及所有权结构调整、数据可信性验证、智能合约自动化管理的多维度系统工程，需实现技术创新与法律框架的深度协同。

2.2.1 所有权分割与流动性释放

房地产代币化通过分割，将不动产权益拆分为可交易代币，实现资产碎片化。这一碎片化改造使不动产权益拆分为标准化可交易代币，理论上大幅降低投资门槛，让全球零售投资者得以参与以往仅限大型机构涉足的商业地产、私募股权等资产配置，迪拜已出现商业地产所有权分割代币化的试点项目，验证了路径可行性。

然而，公链上的所有权分割本质上依赖链下法律架构的支撑。当前多数机构级项目并非直接实现底层不动产的物权代币化，而是通过在迪拜国际金融中心（DIFC）等“法律飞地”设立特殊目的载体（SPV），将代币锚定为对 SPV 的债权或股权。这要求公链技术必须适配复杂的法律权益映射，例如通过 ERC-3643 或 ERC-1400 等证券型代币标准，内置合规管控功能，确保链上代币与链下 SPV 权益的一一对应，满足监管对资产权属清晰性的要求。

2.2.2 数据可信性与 AI+IoT 的融合

房地产作为非标资产，缺乏统一标准化估值体系，且价值受运营状态、市场环境等多维度动态影响，公链技术需通过引入外部可信数据，支撑链上代币价值的真实性与透明性，这一目标依赖人工智能（AI）与物联网（IoT）的深度融合。

在数据真实性验证层面，IoT 技术是核心支撑。通过部署智能传感器实时采集资产运营数据（如租金到账记录、商业地产客流量、设备运转状态、能耗数据等），并将这些数据通过加密协议上链，确保资产收益的透明可追溯。例如蚂蚁数科在新能源领域应用的“区块链 + IoT”AntChain Inside 架构，已实现新能源设备运转数据的实时上链，解决链上数据与物理资产状态的一致性問題——这一模式可延伸至商业地产，通过实时监控现金流与运营状况，缓解投资者对资产实际价值的信息不对称担忧。

在动态估值与风险定价层面，AI 技术成为关键补充。针对非标资产估值缺乏统一标准的痛点，AI 模型可整合 IoT 采集的运营数据与外部市场数据（如区域地价指数、租金波动趋势、宏观

经济指标)，实现自动化估值与风险定价，为链上代币提供动态公允的价值锚点。这要求公链平台具备强大的计算与数据处理能力，能够兼容多源异构数据的整合与分析，为资产流动性提供估值基础。JLL 报告指出，在商业地产估值中已广泛使用自动估值模型 (AVM)，结合 AI 技术处理包括净运营收入、租赁情况、市场变化在内的多维数据，从而显著提升估值效率与透明度^[10]。C3.ai 的 “Commercial Property Appraisal”^[11] 系统整合结构化与非结构化数据，支撑多种估值方法（收入法、比较法、成本法）以增强估值精准度。虽然目前主要应用于传统地产领域，但将 AI 模型引入 RWA 代币化的估值与风险定价环节，并非纯理念，而已有可操作路径。不过也需警惕，当前实践主要聚焦于有形不动产或已建资产，将该能力迁移至链上 RWA（尤其涉及底层资产跨境、法域差异、通证化结构）仍处于初期阶段，技术、数据、合规三者同步推进尤为关键。

2.2.3 可编程信任的自动化与合规内置

智能合约是公链赋予房地产代币化“可编程信任”的核心技术，承担资产自动化管理与合规逻辑内置的双重职能，是连接技术架构与监管要求的关键纽带。

在收益管理与资金监管方面，智能合约可将租金收益分配、资产分红等规则固化为代码，实现收益的自动计算与分发，大幅减少传统中介参与带来的摩擦成本与延迟；在房地产预售、预付租金等信任敏感场景，智能合约可设置资金监管账户，通过“专款专用”“按约支付”的代码逻辑，确保资金使用符合约定，在缺乏传统信任中介的情况下提供履约保障。

在合规管控层面，智能合约需内置 KYC/AML 白名单机制与受限转让条款。例如基于证券型代币标准的合约，可通过权限控制功能，仅允许通过资质审核的合规投资者持有或交易代币，同时自动拦截违规转让行为，满足监管对投资者适当性管理的要求，为传统金融机构参与房地产代币化提供合规基础。

2.3 公链共性技术支撑与竞争格局

从市场竞争格局看，公链在 RWA 落地中呈现三类特征^[6]：

- **高去中心化公链（如以太坊）**：生态成熟、流动性强，但性能受限。
- **高性能公链（如 Solana、Sei）**：适合高频交易和结算，但去中心化程度较低。
- **许可/联盟链（如蚂蚁链、Euroclear DLT）**：合规友好、法律可控，但流动性有限。

此外，聚焦 RWA 与稳定市场场景的 Pharos Network 作为新兴差异化选项，既具备高性能支撑，又适配合规需求，进一步丰富了技术选型范围。不同资产和投资者对链的选择存在差异，形成以混合架构为主流实践路径：

资产类型	项目名称	底层链	核心技术（关键亮点）
国债	贝莱德 BUIDL 基金	以太坊（主链）	ERC-20 代币化、SPV 风险隔离
国债	Ondo Finance OUSG	以太坊（主链）	ERC-3643 合规代币、动态预言
房地产	香港铜锣湾写字楼	以太坊 + Polygon	ERC-3525（SFT）、数字孪生
房地产	迪拜公寓代币化	Solana（Token-2022）	ZK-KYC、实时租金分配合约
新能源	协鑫能科光伏电站	蚂蚁链（混合架构）	AI 发电量预测、动态收益分配
新能源	朗新集团充电桩	蚂蚁链	货银对付（DvP）、数据上链
农业 / 数据	马陆葡萄 RWA	HashKey Chain	农业数据 NFT 化、SwiftLink 协议
资料来源：BUIDL 基金官网，Ondo Finance 官方文档，朗新科技官方公告及项目白皮书			

03 / RWA 落地的多重障碍

尽管现实世界资产（RWA）代币化在国债、房地产等领域已形成初步实践，但距离规模化商业落地仍存在显著障碍。这些瓶颈不仅源自技术与性能限制，更深层次地反映出法律体系、监管逻辑与去中心化金融机制之间的结构性错位。

3.1 法律与监管的结构性瓶颈

法律与监管的适配性是 RWA 规模化落地的首要障碍，核心矛盾在于链上代币转移记录与链下法律权益的断层难以弥合，导致资产确权与流通面临根本性的司法不确定性。

多数 RWA 代币（如代币化国债、私人信贷）并非直接代表底层资产的物权，而是对特殊目的载体（SPV）的债权或股权权益^[7]。这一结构带来的实质性法律难题在于，当托管银行破产或发行人违约时，代币持有者能否在司法实践中“穿透 SPV”并对底层资产行使追索权。这一问题在美英等普通法司法辖区缺乏明确判例，司法结果存在高度不确定性。法律意见书仅能在现有框架内解释权利关系，无法创设法律未明确赋予的物权效力，进一步加剧了权益保障的脆弱性。

RWA 的全球流通性与底层资产的地域性、主权监管之间的冲突日益凸显，形成多重法律断层线。在迪拜等双法域地区，底层不动产遵循大陆法物权规则，而代币代表的合同权益却可能在普通法金融中心（如 DIFC）设立，这种法律体系的差异可能导致所有权追索时不同法域法院做出矛盾裁决，引发“司法内战”风险。在美国，监管机构对代币性质的界定存在持续博弈，SEC 坚持“实质重于形式”原则，通过豪威测试（Howey Test）将多数收益型 RWA 代币认定为证券，强制其遵循严格的《证券法》注册流程，为项目方带来极高合规成本与不确定性。合规团队需在持续信息披露透明度与 ICT 信息安全保密性之间寻求艰难平衡，进一步增加了监管适配的摩擦成本。

对于涉及中国内地资产的 RWA 项目，数据主权与跨境传输限制构成不可回避的合规瓶颈^[8]。中国《数据安全法》明确“重要数据原则上不得出境”，迫使项目采用审慎的数据本地化与跨境流动策略；企业需通过国家网信办的跨境安全评估，审批周期长达 45 至 60 个工作日，成为影响项目进度的关键因素。这种限制可能导致全球投资者无法获取原始完整的底层资产数据，削弱资产透明度，最终影响定价与流动性。

地区 / 法域	主要监管矛盾	核心风险点	典型表现
美国（普通法）	SEC 以“实质重于形式”界定代币性质，多数收益型 RWA 被认定为证券	触发《证券法》注册义务，合规成本极高；信息披露要求与 ICT 安全冲突	依据 Howey Test 的证券认定；项目方面临高昂法律咨询与注册流程
英国等普通法辖区	SPV 穿透缺乏明确判例，代币代表 SPV 债权/股权而非底层物权	托管行破产或发行人违约时，持币人无法确定能否获得底层资产追索权	法院对代币权益不具备稳定物权认定；法律意见书无法弥补权利空缺
迪拜（双法域：大陆法 + DIFC 普通法）	底层资产与代币法律体系不一致（陆法不动产 vs DIFC 普通法合同权益）	不同法域法院可能得出矛盾裁决，引发“司法内战”	不动产登记受陆法约束，而代币合同纠纷可能落入 DIFC 处理
中国内地（大陆法）	数据主权与跨境传输限制严格，底层资产数据难以出境	项目需通过网信办跨境安全评估（45-60 工作日），影响发行进度；透明度不足影响定价	《数据安全法》限制原始资产数据出境；需要本地化数据架构
全球层面（跨地区问题）	链上代币记录与链下法律权利断层难以弥合	确权不清晰、跨境流通受限、多法域冲突	全球投资者难获取一致法律保护；司法与监管碎片化
资料来源：迪拜 VARA 与 DFSA 监管文件，《RWA 跟踪系列：多路径下 RWA 政策研究框架》 ^[12] ，《RWA 跨境评估与法律衔接》 ^[13] 研究报告等			

3.2 财务与制度成本瓶颈

高昂的初期投入、漫长的落地周期及严格的资本管制，将 RWA 创新限制在少数大型机构范围内，形成显著的行业准入壁垒。

机构级合规成本构成 RWA 项目的核心门槛，使其在当前阶段更像是为行业巨头定制的“奢侈品”。RWA 完整落地流程通常长达 18 至 24 个月，长周期叠加监管政策的动态变化，将大量中小创新项目拒之门外。例如德国加密牌照的平均审批时间达 18 个月，期间政策调整可能导致前期投入作废，加剧了项目的不确定性风险。

跨境资金回流的复杂性是 RWA 闭环的关键脆弱点。境外资金需通过 QFLP（合格境外有限合伙人）、ODI（境外直接投资）等官方通道回流内地实体账户，流程复杂且政策不确定性高；单笔分红超 500 万美元时需在外汇局系统备案，任何试图通过表面贸易结算掩盖虚拟资产投资的行为，均可能在穿透式审查中失效，制约了资金流转的灵活性。

3.3 技术与安全脆弱性挑战

RWA 对技术适配性要求严苛，但连接链下与链上的核心技术组件往往是体系中最薄弱的环节，且性能提升常以牺牲去中心化为代价，形成技术安全与效率的内在张力。

跨链桥作为连接许可链 / 联盟链确权层与公链流通层的关键枢纽，被公认为生态最薄弱且具争议的环节。其安全性多依赖少数参与者的“信任假设”，而非密码学去信任化保证，导致跨链桥成为黑客攻击的重灾区；多数混合架构中，跨链桥、预言机或底层 Layer2 仍存在中心化控制点。例如高性能 Layer2 常以牺牲去中心化为代价，使用户在享受高吞吐量的同时，需将部分信任交还运营方，背离了区块链技术的核心信任逻辑。

底层公链的外部性风险构成重大技术与地缘政治敞口。将关键金融基础设施依托于以太坊等境外公链，意味着主权方无法对其施加直接影响，一旦外部网络遭遇监管限制、协议升级或社区治理变动，可能单方面改变 RWA 交易规则或切断流通通道，这种风险无法通过项目自身技术优化完全规避。

技术与法律的内在张力进一步加剧了系统脆弱性。智能合约“代码即法律”的特性在现实司法体系中面临摩擦，当代码因漏洞与白皮书法律意图冲突时，法院通常优先维护有形法律意涵，而非有瑕疵的代码执行；RWA 体系高度依赖预言机传输链下资产信息，若预言机去中心化不足或存在数据源单一故障点，攻击者可通过操纵数据瓦解资产价值基础，形成系统性安全隐患。

3.4 系统性与市场接受度风险

流动性错配是 RWA 最关键的系统性风险，其本质是链上交易即时性与底层资产现金流长期性的时间错位。链上可实现实时交易，但底层资产（如 180 天应收账款、长期债券、不动产）的现金流回收周期漫长。一旦市场出现恐慌，大规模即时赎回需求可能远超项目现金储备，触发清算机制并引发代币价格暴跌。例如某应收账款 RWA 项目曾因资产期限与赎回承诺不匹配，在市场恐慌下单日赎回申请激增 3 亿美元，最终启动清算，凸显了这一风险的现实危害。

非标资产的估值挑战制约着 RWA 的标准化进程。房地产、知识产权、艺术品等非标资产缺乏统一估值体系，其价值受市场环境、资产状态等多重因素影响，需传统审计与 AI、物联网（IoT）等技术深度融合，构建动态可信的数字镜像，才能缓解估值公允性难题，但当前技术融合程度仍不足以完全消除估值争议。

市场接受度的“身份危机”进一步阻碍 RWA 普及。对传统金融机构（TradFi）而言，RWA 需具备绝对监管确定性与安全性；对加密原生投资者而言，由持牌机构主导、许可链上严格 KYC 的 RWA 产品，被视为对去中心化精神的背离。这种身份认同撕裂可能导致定价权漂移。若 RWA 主要流动性来源于海外加密市场，其价格将受该市场投机情绪与宏观流动性冲击影响，干扰本土资产估值体系的独立性与稳定性。

04 / RWA 公链实践的信任破局

RWA（现实世界资产）链上化的核心挑战，在于如何在传统金融对稳定与可控的需求与公链去中心化的技术逻辑之间，找到一条可持续的平衡路径。换言之，RWA 的破局之路，实质上是一场制度信任与算法信任的融合破局。它不是单一维度的技术攻坚，而是一个涵盖监管适配、架构创新与资产策略的系统性方案。这种方案既要确保法律意义上的权属清晰与监管可及，又要最大化利用公链带来的流动性与效率优势。

RWA 的本质是“现实资产的数字映射”，其价值根基仍然存在于链下的法律权益与监管框架中。因此，任何 RWA 项目若无法有效衔接监管体系与链上机制，其链上代币即便具备完美的技术实现，也只是“失根的符号”。

因此，RWA 公链化的第一道破局口，在于如何在去中心化系统中嵌入合规性，构建起可验证、可追溯、可监管的链上信任桥梁。

4.1 嵌入式合规

传统金融的信任来自监管机构、托管银行和法律合同，而 RWA 的目标在于将这种信任“代码化”。在实践中，主流 RWA 项目普遍采用白名单机制，即在智能合约层面设定身份准入条件，只有通过链下 KYC/AML（了解客户/反洗钱）审查的合格投资者，才能被授予代币持有与交易的链上权限。例如，Securitize 发行的证券型代币基于 ERC-1400 标准开发，该标准允许在合约层面嵌入转让限制，确保代币仅能在符合监管要求的钱包地址间流转。这种机制实现了传统金融“合格投资人制度”在链上的自动化迁移。

同时，法律桥梁的建立是确保 RWA 合规性的关键。通常，项目方会通过特殊目的载体（SPV）或信托架构，将底层资产（如债券、房地产或基金份额）的所有权或收益权映射至链上代币。代币持有人拥有 SPV 的经济权益，而非底层资产的直接物权。这种结构有效地分离了资产的法律风险与链上交易风险，使得代币化资产既能符合法律要求，又具备链上流动性。

合规的创新并非意味着严格的收紧，而是监管模式自身的智能化演化。“监管沙盒”机制成为全球金融监管机构推动 RWA 落地的核心策略。新加坡金融管理局（MAS）的“Project Guardian”以及香港金管局的“Ensemble”计划，均在受控环境下允许机构发行和测试代币化金融工具。这种机制让创新者在不触犯既有法律的前提下探索新模式，同时为监管机构提供了实时观测与干预的接口。

与之相伴的是“功能监管”理念的崛起。监管者逐渐从“以形式论风险”转向“以功能论风险”，即不再仅以代币形态为标准，而是关注其经济功能是否构成证券、基金或衍生品。美国证券交易委员会（SEC）在豪威测试（Howey Test）中提出的“实质重于形式”原则，正体现了这一思路。这种转变使得 RWA 可以在既有法律框架中找到适配空间，避免因形式差异而陷入监管真空。

4.2 多层体系与跨链互联

RWA 的第二个破局方向来自技术架构层面的演化。现实资产代币化不仅要满足高吞吐、低延迟的性能需求，更要应对跨法域、跨系统的复杂流通问题。因此，公链需要从单一账本向多层、跨链的结构性体系转型。

Layer2 的发展为这一转型提供了技术基础。对于国债、票据、基金等需要高频结算和定期收益分配的资产，Layer2 方案可以承担大量高频任务，而 Layer1 则负责最终确权与审计。以 StarkNet 为例，其基于零知识证明的 Rollup 架构既能保持高性能，又能在 Layer1 上实现结果可验证性。这意味着 RWA 资产在不同层级间可分工运行，收益计算、交易撮合在 Layer2 完成，而监管审计、资产登记在 Layer1 进行，既保证安全性，也提升了流动效率。

跨链互操作是 RWA 全球化流通的另一关键条件。不同公链在虚拟机、共识机制与数据格式上存在差异，导致资产在链间流动困难。Chainlink 的 CCIP、Cosmos 的 IBC、以及 LayerZero 等协议的出现，为资产在多链间自由转移提供了底层通信能力。例如，一支美国国债的代币可以在以太坊上登记、在 Avalanche 上结算、在 Solana 上参与流动性池。所有状态通过跨链协议保持一致。这种“多链互认”的架构，使得链上金融真正具备了全球分布式结算的可能性。

目前，主流项目逐步采用高性能公链或 Layer 2 扩展方案，以实现交易层面的高效运行。Polygon、Arbitrum 等 L2 方案通过将大部分交易计算迁移至链下批处理，再将结果上链，从而显著提升吞吐量并降低 Gas 成本。例如，Arbitrum 上部分 RWA 协议已实现接近传统证券交易系统的处理效率，而交易结算仍保持在以太坊主链的安全框架之内。

在高性能链方面，Solana 因其超高 TPS（每秒约 6.5 万笔交易）与极低费用，成为部分机构 RWA 项目的首选平台。招银国际与香港地区的部分基金管理机构已在 Solana 上部署货币市场基金（MMF），实现了链上基金产品的高频结算。

然而，性能与去中心化之间仍存在根本性权衡。高性能链往往依赖较少验证节点，意味着安全性与抗审查性有所折损，这需要通过制度化审计与技术混合架构加以平衡。

对于监管要求严格、资产权属敏感的市场（尤其是中国大陆），RWA 的现实路径更倾向于“混合链”模式。将资产确权与合规管理置于联盟链之上，再通过跨链桥接入公链生态。这种“双链架构”既能确保本地监管的可控性，又能释放全球资本流动性。

以蚂蚁数科与国泰君安国际的探索为例，其采用“两链一桥”架构。资产的确权、登记与合规流程在蚂蚁链完成，而与国际投资者的交互与流动性获取则通过桥接以太坊生态实现。这套模式兼顾了数据主权、监管访问权与全球流动性三大目标，是机构级 RWA 的现实折中方案。

在欧洲，类似理念体现在 Euroclear DLT 与 SG-Forge 等许可型分布式账本系统中。这些系统由受监管金融机构运营，交易数据可被监管实时访问，同时通过跨链接口与开放公链衔接，从而形成“监管可见—流动可达”的双层信任体系。

4.3 流动性飞轮

技术与监管只是 RWA 的支撑体系，真正决定市场规模与可持续性的，是资产与流动性的选择策略。RWA 要想形成稳定生态，必须从最具标准化、最易估值、最受监管认可的资产类别入手，逐步构建机构级的流动性飞轮。

4.3.1 标准化、低风险资产作为生态起点

RWA 的初期发展优先立足于标准化程度高、风险可控、估值清晰的资产类别。这类资产的现金流结构透明、信用等级高、监管认可度强，能够在早期阶段建立市场信任与估值共识。

当前的主流实践主要集中于国债、货币市场基金（MMF）以及优质信贷资产。国债类 RWA 代币，如贝莱德（BlackRock）的 BUIDL 基金和 Ondo Finance 的 OUSG 产品，依托于美国国债收益，既为 DeFi 生态提供了“无风险收益率基准”，也成为稳定币储备和 DAO 金库的核心底层资产。这类资产的链上化不仅带来了透明的收益分配与可编程的金融合约结构，也推动了链上固定收益市场的制度化建设。

与此同时，私人信贷（Private Credit）逐渐成为 RWA 生态中的高收益增长极。

Centrifuge、Maple 等协议通过链上撮合机制，将中小企业贷款与机构投资者直接匹配，实现收益率区间在 8%–18% 之间的资产代币化流转。这类模式有效拓宽了资本供给渠道，让原本缺乏流动性的中小企业融资市场被重新纳入链上金融体系中。更为重要的是，链上信贷协议通过智能合约实现实时审计、风险计量和收益自动化分配，从根本上提高了透明度与资金利用效率，为“链上信用市场”的形成奠定了基础。

这种自下而上的资产演进路径，使 RWA 从“低风险锚定”逐步过渡到“高收益创新”，在流动性与收益性之间建立了多层次市场结构。

4.3.2 机构主导与资本飞轮

RWA 生态的规模化增长，离不开传统金融机构的深度参与。贝莱德、富兰克林·邓普顿（Franklin Templeton）、摩根大通（J. P. Morgan）等全球头部机构的入场，标志着 RWA 已从加密世界的边缘实验，正式转化为金融体系的基础设施创新。机构的参与不仅带来了信用背书与品牌信任，更推动了合规、托管、清算和估值等基础设施标准的统一与升级。

随着机构资金的注入，RWA 代币逐渐成为 DeFi 协议的重要底层抵押资产，参与借贷、衍生品定价与稳定币发行。这种结构形成了一个具有自我强化特征的资本效率循环：

代币化资产 → 抵押借贷 → 资金复用 → 流动性增强 → 吸引更多机构资产

在这过程中，链上资产逐步从单纯的被动持仓工具，演化为金融网络的“可组合模块（Composable Asset）”，既能充当收益生成器，又能在不同协议之间流转复用，形成系统性的资金乘数效应。

这种机制不仅提升了资产的使用效率，更重塑了金融市场的风险定价与收益结构。

机构资本的持续进入，使得 RWA 生态形成了由制度信任（合规监管、托管安全）与算法信任（智能合约、可验证透明度）双轮驱动的闭环体系。

05 / “双轨信任”的金融未来

从国债到房地产，RWA 的链上化进程正成为全球金融数字化转型的核心引擎。在可以预见的未来，RWA 的演进将从“资产上链”的表层行动，转向“价值重构”的深层变革。。链上化的过程，使得资产从静态的所有权凭证转化为动态的价值单元，它不仅具备确权功能，还能通过智能合约实现收益分配、抵押再融资乃至跨境流通。这种能力，使 RWA 成为金融生产关系再造的核心载体。

未来的金融市场不再是“链上”与“链下”的二元对立，而是一种多层嵌套、动态协作的混合结构。资产在许可链上生成与确权，在公链上分发与流通，在跨链桥上实现价值传递的原子级结算。跨境资本流动将不再以地缘金融权力为唯一约束，而可能在更广泛的、技术中立的规则体系中实现互信。这种重构并不仅仅局限于金融层面，它还将深刻影响实体经济的运行方式。中小企业、绿色能源项目、创意产业、科研创新等传统上难以进入资本市场的领域，都有机会通过代币化实现融资和风险分散。未来的资本市场将不再是少数大型金融机构的专属竞技场，而是一个开放的、网络化的、算法驱动的金融生态。价值创造的逻辑也将随之转变，资本不再被动追逐收益，而是主动参与生产性活动的价值捕获。

长远来看，RWA 的发展终将推动金融从“价值转移”走向“价值生成”。资产不再只是存量财富的符号，而成为生产性要素网络的一部分。金融活动也不再只是资本的流动，而是价值创造过程的延伸。国债的安全收益、房地产的稳定租金、数据的衍生价值、碳资产的可交易性，都将在同一逻辑下被重新定价与组织。

当国债、房地产等都能以同一种数字语法进行表达与交换，金融的意义将不再只是资金流动，而是一种社会生产关系的再造。这正是 RWA 最深远的意义所在，不是一项技术变革，而是一种文明层面的制度创新。

参考来源

- [1]Aave. (2025). Horizon Market Documentation. Aave Docs.
<https://aave.com/docs/developers/horizon>
- [2]Compound. (2024). Proposal: Real World Asset (RWA) Markets on Compound.
<https://www.comp.xyz/t/proposal-real-world-asset-rwa-asset-markets-on-compound/4419>
- [3]Pharos Research. (2025). 新资产革命：RWA 全景调研与投资机会分析.
- [4]Binance Research. (2023). When we talk about RWA assets on-chain, what are we really talking about? Binance Square.
<https://www.binance.com/en/square/post/24746283784361>
- [5]Boston Consulting Group. (n.d.). On-Chain Asset Tokenization. <https://web-assets.bcg.com/1e/a2/5b5f2b7e42dfad2cb3113a291222/on-chain-asset-tokenization.pdf>
- [6]Oberheiden, N. (2023). An Introduction to Real World Assets (RWA). Oberheiden P.C. <https://federal-lawyer.com/real-world-assets-rwa/>
- [7]Treasury Borrowing Advisory Committee. (2025). Digital Money. U.S. Department of the Treasury. <https://home.treasury.gov/system/files/276/Digital-Money-TBAC-Report-2025.pdf>
- [8]CertiK. (2025). 2025 Skynet RWA Security Report. CertiK.
<https://www.certik.com/resources/reports/2025-skynet-rwa-security-report>
- [9]Chainlink. (2023). Real-World Assets (RWAs) Explained. Chainlink Education.
<https://chain.link/education/rwas>
- [10]JLL. (n.d.). AI + Human Valuation: A Powerful Team of Real Data and Insights. JLL Insights. <https://www.jll.com/en/trends-and-insights/investor/ai-human-valuation-a-powerful-team-of-real-data-and-insights>
- [11]C3.ai. (n.d.). Commercial Property Appraisal. C3 AI Products.
<https://c3.ai/products/c3-ai-property-appraisal-old/commercial/>

[12] 中国银河证券. (2025). RWA 跟踪系列：多路径下 RWA 政策研究框架 [R]. Retrieved from <http://www.shurl.cc/3c4ce315ac7898856b45878d7051ea0f>

[13]RWA 跨境评估与法律衔接：技术驱动下的合规路径探索 [R]. Retrieved from <http://www.shurl.cc/fd294482a27e6561905d51086abb620c>

核心贡献

作者：Huijie Tang (X @web3sensen)

审校：Colin Su、Grace Gui、NingNing、Owen Chen

设计：Alita Li

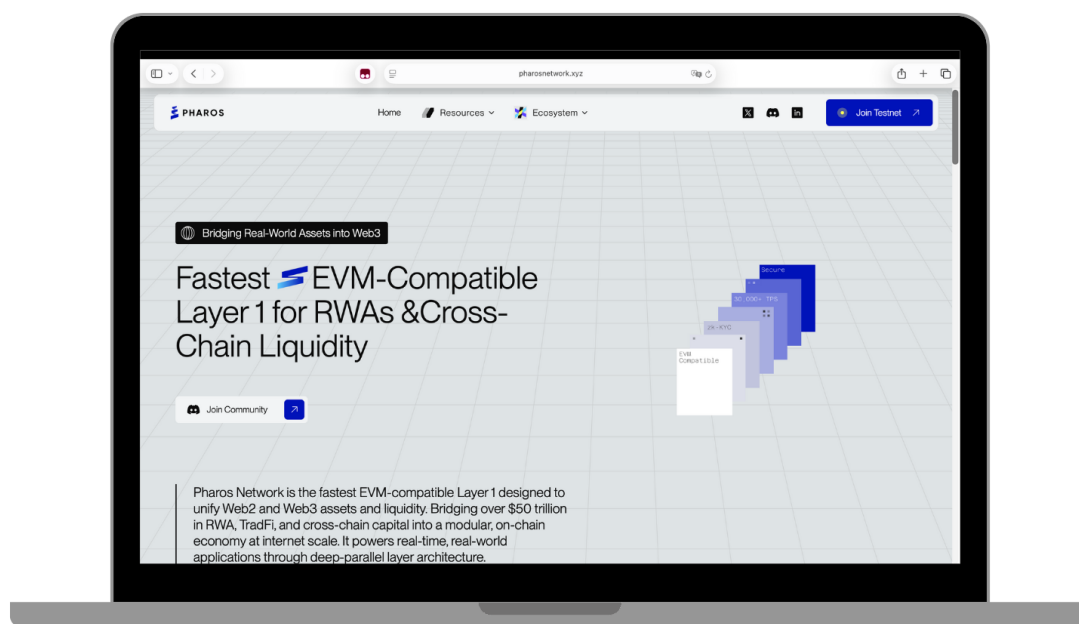
免责声明

本材料由 Pharos Research 编制，旨在提供一般性信息，不构成且不应被视为投资、法律、会计或税务建议，也不构成对任何证券、加密资产或策略的要约、邀请或推荐。所载信息与观点可能来源于自有或第三方渠道，力求可靠但不保证准确、完整或及时，任何据此作出的决策与风险由读者自行承担；历史表现不代表未来结果。内容可能包含前瞻性陈述（包括预测与情景），存在不确定性且不保证实现；加密资产波动性高，可能发生全部损失，并受流动性、技术、智能合约、对手方及合规等风险影响。法律许可范围内，本研究院及/或关联方或研究人员可能持有相关资产头寸或与相关主体存在业务关系，或影响观点客观性。本文并非面向受限制司法辖区之人士，阅读、关注或订阅不构成客户关系。除非书面许可，任何机构或个人不得转载、复制、修改或分发本文，引用须客观完整并注明来源“Pharos Research”。

联系我们

Pharos Network 是面向真实世界资产（RWA）与稳定币的下一代公链，专注于资产通证化与链上流通。我们连接传统机构与 Web3 生态，丰富链上资产类型，拓展收益来源，满足更广泛投资者的配置需求，同时以定制化方案帮助传统企业在链上释放可持续价值。团队兼具深厚的专业能力与一流技术实力，构建安全、高效、可扩展的基础设施，为机构提供将资产上链的全方位去中心化生态。我们欢迎与具备长期视角的战略伙伴共建开放、合规与可持续的 RWA 生态。如果希望与我们开展行业交流，请联系：chris@pharoslabs.xyz

Pharos 官网: <https://www.pharosnetwork.xyz/>



微信公众号: Pharos Research



微信搜一搜

Pharos Research



From RWA to On-Chain Finance. 

Mapping  Real-World Value.

