

太乙：一个用于去中心化自治世界的点对点网络

摘要

本文提出并形式化定义了“太乙网络”，一个专为承载持久化、去中心化自治世界 (Decentralized Autonomous Worlds, DAW) 而设计的、基于 C++ 实现的高性能点对点网络协议。太乙网络旨在为由参与者驱动的复杂虚拟生态系统提供一个稳健且高效的基础设施，例如作为其首个实验性应用的 MUD 游戏“大傩世界”。

本文将阐述其核心技术贡献，这些贡献共同服务于“修真成真” (Cultivating Truth into Reality) 的哲学愿景。其核心技术包括：

1. 司命天道共识：一种专为低延迟 MUD 交互而优化的委托权益证明 (DPOS) 变体，旨在为高频次、低延迟的状态更新提供支持。
2. 元炁守恒定律：一个自治的、在协议层实现的经济引擎。该模型引入了“非罡” (Feigang) 机制，将网络资源消耗（以“炁”或 QI 为代表的 Gas）1:1 地转化为对有效应用逻辑（智能游戏脚本, SGS）创造者的直接、非转移性奖励。此设计构建了一个新颖的“效用证明” (Proof-of-Utility) 激励范式，从根本上解决了第一代去中心化游戏 (GameFi 1.0) 所面临的激励错位和经济不可持续问题。
3. 可编程非同质化资产 (Programmable NFA)：作为构成这些自治世界（包括角色、物品、乃至区域）的原子单元。NFA 将其逻辑 (SGS) 与状态在链上深度绑定，使其成为能够自主行为的动态代理。

基于上述技术原语，本文将重点引入并论证“故事宇宙” (Story Universe) 概念。该系统被定义为一个由自主代理（包括人类用户和作为一等公民的人工智能代理）、可编程物理法则 (SGS) 与自治经济法则（元炁守恒）共同驱动的涌现性叙事系统。

本文旨在为构建新一代具有内在经济闭环、可持续激励机制和持久“实在性” (Physical Reality) 的数字世界提供一份完整的技术与经济蓝图。

1. 引言

1.1. 中心化虚拟世界的局限性

传统的网络游戏与虚拟世界，其架构在本质上是中心化的。所有游戏数据、资产记录与逻辑执行均依赖于由单一实体控制的服务器集群。这种模式带来了固有的局限性：

首先，玩家资产缺乏真正的所有权。用户在游戏中投入时间与资源所获得的物品、角色与货币，本质上只是中心化数据库中的条目，其所有权与最终解释权归属于运营方。一旦服务器关闭或服务条款变更，玩家的数字财产便可能永久丧失，缺乏持久性保障。

其次，世界规则不透明且可被单方面篡改。游戏的核心经济参数、物理法则与交互逻辑由开发者秘密制定并可随时调整，玩家处于信息不对等和权力不对等的地位。

最后，价值系统是封闭的。游戏内经济活动产生的价值难以在游戏生态之外流转或得到承认，限制了其经济潜能。这种模式将玩家的行为异化为一种在封闭系统内的劳动，即“玩劳动”(playbour)，其价值被平台单方面捕获。

1.2. 第一代去中心化游戏 (GameFi 1.0) 的挑战

作为对中心化模式的回应，第一代基于区块链的游戏 (GameFi 1.0) 应运而生，其核心理念是“边玩边赚”(Play-to-Earn)。通过引入非同质化代币 (NFT) 和同质化代币 (FT)，这些游戏首次实现了玩家对游戏资产的可验证所有权。然而，这一早期范式很快暴露了其深层次的结构性问题。

在技术层面，多数项目构建于以太坊虚拟机 (EVM) 等通用计算平台上。EVM 为通用去中心化应用设计，其架构（如 256 位字长、堆栈式操作）对于需要高频次、低延迟状态更新的复杂游戏而言，存在显著的性能瓶颈和高昂的交易成本 (Gas 费)。这严重损害了游戏的核心体验，使得复杂玩法难以在链上实现。

在经济层面，其模型往往是不可持续的。为了吸引用户，项目普遍采用高通胀的代币释放来

奖励玩家的游戏行为。然而，这些模型缺乏有效的价值消耗场景来吸收新增发的代币。其结果是，参与者的主要动机从游戏乐趣转向了投机套利。这种模式的失败在于它仅仅是“玩以赚取”（Play-to-Earn），“玩”的行为本身成为了提取价值的劳动，导致了恶性通货膨胀。一旦新用户流入减缓，系统便会因代币的持续抛压而陷入恶性通胀的“死亡螺旋”，导致资产价值崩溃，玩家大规模流失。这些失败案例表明，仅仅将资产上链，而未能构建一个内在逻辑自治、价值循环闭合的经济体，是无法支撑一个持久虚拟世界的。太乙网络的“效用证明”（Proof-of-Utility）经济模型（详见第5章）正是对这一特定失败的直接回应。

1.3. 新范式：修真成真

太乙网络旨在提出一种全新的解决方案，其核心哲学可概括为“修真成真”（Cultivating Truth into Reality）。该理念认为，一个纯粹由信息构成的虚拟世界，可以通过特定的技术架构和规则设计，获得一种类似于物理世界的“实在性”（Physical Reality）。

这种“实在性”并非指对物理世界的拙劣模仿，而是指其具备了以下四个核心属性：

1. 不可篡改的历史：所有事件和状态变迁被永久记录在一条可追溯、不可否认的因果链（即区块链）上。
2. 透明且强制执行的法则：世界的运行规则以代码形式（C++共识与 SGS 脚本）公开，并由去中心化网络强制执行，不受任何单一实体的主观意志干预。
3. 可验证的所有权：世界中的资产（NFA 与 FT）归属权明确、排他且可自由处置。
4. 自治的内部经济：世界的价值系统能够自我维持、自我调节，并有效激励对生态有益的创造性活动（详见第5章）。

要实现这一愿景，通用区块链平台及其所倡导的“普适可组合性”（Universal Composability）范式存在根本性的冲突。一个追求内在逻辑一致性的“实在”世界，无法容忍外部、不可预测的协议随意干预其核心状态（例如，一个外部的 DeFi 协议任意锁定或销毁游戏世界的核心 NFA 资源）。这种外部干预会破坏其“物理法则”的统一性。因此，构建一个专为承载此愿景而设计的、在架构上相对隔离的定制化区块链（太乙网络），并非单纯的技术优化选择，而是一种哲学上的必然要求。

1.4. 本文贡献

本文旨在对太乙网络协议进行一次全面的、形式化的技术与经济学阐述,核心贡献包括:

1. 一个专为 DAW 优化的 C++/Lua 高性能架构: 形式化定义了太乙网络的底层状态机、DPOS 共识以及其选择定制化 Lua 虚拟机的理论依据。
2. 一个基于“元炁守恒”的“效用证明”经济引擎: 详细阐述了 YANG、QI 和 Feigang 的经济模型, 以及“修真”的数学原理, 论证其如何解决 GameFi 1.0 的激励难题。
3. 一个作为涌现性叙事系统的“故事宇宙”的形式化定义: 在第 8 章中, 本文将系统性地论证太乙网络的各项组件 (自主代理、SGS 物理、经济法则、区域主权) 如何协同作用, 构成一个“故事宇宙”或复杂自适应系统 (CAS) 。

2. 三界模型: 一个概念框架

为了系统性地描述太乙网络的结构与运作原理, 本文引入源自其世界观设定的“三界模型”作为形式化的概念框架。该模型将整个系统解构为三个相互作用但功能明确的领域, 清晰地揭示了用户、逻辑和状态之间的关系。

2.1. 系统的形式化本体论

太乙网络的本体论可以通过以下三个领域来定义:

- 元神界 (The Primordial Spirit Realm): 此领域定义为网络中所有账户 (Account) 的集合。每个账户代表一个能够与网络交互的意识主体, 无论是人类用户还是人工智能代理 (AI Agent)。元神界是发起状态变迁、行使资产所有权的源头, 对应于系统的用户与认证层。
- 道界 (The Dao Realm): 此领域定义为网络中所有逻辑规则 (Logic) 的集合。它包含两个层面: 其一, 是硬编码于节点客户端、构成网络共识基础的 C++ 底层协议, 这是宇宙中不可变的“物理定律”; 其二, 是通过智能游戏脚本 (SGS) 表达的、可由用户创造和演化的动态规则, 这是宇宙的“神通”与“法则”。
- 混沌界 (The Chaos Realm): 此领域定义为网络在任一时刻的全局状态 (State), 包含了所

有资产的总和。这包括以“炁”(QI)和“阳寿”(YANG)为代表的同质化资产(FT)，以及构成世界万物的可编程非同质化资产(NFA)。混沌界是道界法则作用的对象，是元神界主体交互的舞台，对应于系统的状态与资产层。

2.2. 结构同构：从世界观到系统架构的映射

太乙网络设计的精髓在于，其并非简单地将一个奇幻故事作为表层皮肤，而是实现了从核心世界观概念到系统技术组件的结构性同构(Structural Isomorphism)。这种深度映射是一种刻意的设计模式，旨在增强系统的可理解性(Comprehensibility)和内部逻辑的凝聚性(Cohesion)。通过将复杂的技术概念(如“验证者节点”、“Gas”、“智能合约”)映射到直观的世界观概念(如“司命”、“真气”、“天道”)，该架构降低了开发者和用户的认知门槛，并强化了世界的内在逻辑。

下表(表1)展示了这一关键的映射关系，它整合了项目的所有核心文档，是理解太乙网络协议的“罗塞塔石碑”。

表1: 世界观到架构的同构映射

世界观概念(取材自小说《道诡异仙》)	太乙网络组件(技术实现)	功能/角色
司命(Siming)	DPOS 见证人节点(siming_plugin)	验证交易，生产区块(目标~3秒/“息”)，维护网络共识。
因果天道	区块链(哈希链接的区块结构)	记录所有状态变迁的、不可篡改的、有序的账本。
天道	智能游戏脚本(SGS) / 共识规则	规定世界法则和资产行为的、可强制执行的Lua或C++逻辑。
元神/神魂	账户(account_object)	用户(人类或AI)的身份层，用于拥有资产和发起交易。
阳寿(YANG)	基础货币(FT)	主要的记账单位、价值存储和权益质押资产，具有通胀模型。
真气/先天一炁(QI)	网络燃料(FT / Gas)	为在网络上执行计算(调用

		SGS) 而消耗的资源。
非罡 (Feigang)	账户绑定的激励凭证 (非代币)	由消耗的 QI 转化而来, 不可转移, 用于奖励 SGS 创造者。
法宝/万物	可编程 NFA (nfa_object)	世界中原子的、有状态的、承载 SGS 逻辑的资产。
修真 (Cultivation)	概率性挖矿 (Probabilistic Mining)	用户 NFA 参与的、从全局奖励池中获取 QI 的底层算法。
息 (Breath)	区块时间 (Block Time)	网络的目标出块时间, 约 3 秒。

这张对应表的重要性在于, 它将项目的叙事从一个单纯的“主题”提升为核心的设计原则。它向技术受众清晰地表明, 那些看似深奥的术语拥有精确的功能性对应物, 使得整个系统更具直观性和内在一致性。这种从哲学层到技术层的“翻译”, 是项目深度整合主张的可信度基础, 也是其区别于其他区块链游戏的根本特征之一。

3. 网络架构与共识

太乙网络被设计为一个高性能、确定性的状态机, 其底层架构专为支持大规模、高并发的自治世界而优化。本节将深入分析其核心 C++ 架构、共识机制以及交易处理流程。

3.1. 核心架构: 一个 C++ 状态机

通过对 taiyi 核心代码库的结构分析¹⁴, 可以确定该系统是一个基于账户模型的确定性状态机。其核心逻辑主要分布在 libraries/chain 目录中。

系统的中心是一个 database 类, 它负责管理区块链的全局状态。所有链上对象, 如 account_object (账户)、nfa_object (NFA 资产) 等, 都通过该数据库进行实例化和状态维护。该 database 类封装了对底层数据存储的访问, 并提供了关键方法来处理交易应用、管理撤销状态 (undo states) 以及与链上对象交互, 确保了状态转换的原子性和一致性。

选择 C++ 作为核心实现语言, 是基于其卓越的性能、精细的内存控制以及针对游戏逻辑进行

深度优化的能力。整体架构借鉴了诸如 Steem 等成熟 C++ 区块链框架的设计思想，但将其核心的社交逻辑替换为服务于 MUD 游戏和自治世界所需的特定逻辑。这是 EVM 等通用平台所无法提供的性能和定制化水平。

3.2. 司命天道共识 (DPOS)

为了在保证一定去中心化程度的同时，实现游戏应用所需的高吞吐量和低延迟，太乙网络采用了委托权益证明（DPOS）作为其共识机制，并命名为“司命天道共识”。

该机制的核心是选举出固定数量（计划最多 21 个）的区块生产者，即“司命”（Siming）。任何持有网络权益（通过 QI 或 YANG 体现）的账户都可以投票（“祭拜”）选举他们信任的节点成为“司命”。当选的“司命”按照一个确定的、周期性轮换的时间表来生产区块。这种设计极大地减少了达成共识所需的网络通信开销，从而能够实现非常短的区块间隔。

太乙网络的目标出块时间设定为约 3 秒，在世界观中称为“一息”（a breath）。这一设计决策对于 MUD 这类需要频繁交互的游戏至关重要。MUD 游戏中的移动、查看、交谈等高频、低风险操作，无法承受长达数十秒甚至数分钟的区块确认延迟。3 秒的“一息”确认时间，确保了玩家的大部分操作都能在短时间内得到链上确认和状态更新，从而提供流畅、实时的游戏体验。

负责实现这一逻辑的核心组件是 siming_plugin，它管理着区块生产的调度循环、交易验证和区块签名等关键任务，是“司命”概念在代码层面的直接体现。

3.3. 交易生命周期：操作与评估器

太乙网络中的每一次状态变迁都由一个交易（Transaction）触发。一个交易包含一个或多个操作（Operation）。系统中的每一种原子性行为，例如转账、创建 NFA、调用 SGS 等，都被定义为一个特定的操作类型。

操作的定义位于 libraries/protocol/include/taiyi/protocol/operations.hpp 文件中¹⁴。对于每一种操作，都有一个与之对应的评估器（Evaluator）类来处理其逻辑。评估器的角色是验证该操作的所有前提条件是否满足（例如，发起账户是否有足够余额、是否有相应权限等），并在验证通过后，将该操作应用到数据库状态上，即修改相关的链上对象。

这种“操作-评估器”的设计模式将行为的定义与行为的执行分离开来，使得系统逻辑清晰，易于扩展和维护。评估器的实现模板定义在 `libraries/chain/include/taiyi/chain/evaluator.hpp` 中，确保了所有状态转换都遵循严格、确定性的规则¹⁴。

4. 天道：智能游戏脚本（SGS）与 Lua 虚拟机

如果说 C++ 架构是太乙网络的骨架，那么智能游戏脚本（SGS）及其运行环境——Lua 虚拟机，则是赋予这个世界规则与灵魂的关键。在太乙网络中，智能合约被具象化为“天道”，它们是用 Lua 语言编写的、在节点内置虚拟机中执行的代码，负责定义和驱动游戏世界的一切动态逻辑。

4.1. 定制化虚拟机的理论依据

太乙网络选择集成 Lua 虚拟机，而非采用 EVM 或 WASM 等通用方案，是基于深刻的、超越单纯性能考量的设计哲学。通用 VM 虽然功能强大，但其设计目标是普适性，这对于构建一个具有强世界观、内在逻辑高度自治的自治世界而言，反而成为一种束缚。

选择 Lua 的核心理由在于：

1. 降低创作门槛：Lua 语言简洁、易学，且在游戏开发领域有数十年的应用历史和庞大的开发者基础。这极大地降低了内容创作者（包括游戏设计师甚至高级玩家）的学习曲线，是实现“建设即游戏”（Building is Playing）理念的技术前提。
2. 提升执行效率：Lua 虚拟机以其轻量、高效和与 C++ 的无缝集成能力著称。这使得太乙网络可以构建一个高度优化的执行环境，将核心的游戏规则（如移动、基础交互）直接内置于 C++ 共识层，作为底层操作函数供上层 SGS 调用，从而获得远超通用 VM 的执行效率。
3. 保障世界观内聚性：如 1.3 节所论，太乙网络在哲学上对“普适可组合性”持审慎态度。通过提供一个专为游戏逻辑设计的、接口有限的虚拟机，太乙网络可以确保所有链上逻辑都服务于其核心世界观，避免了通用可组合性可能带来的逻辑混乱和风格冲突，从而保护了虚拟世界的沉浸感和“实在性”。

下表（表 2）对比了太乙网络的定制化架构与基于 EVM 的通用架构在游戏应用上的关键差

异。

表 2: 太乙网络与 EVM 游戏架构对比

特性	太乙网络 (C++/Lua)	基于 EVM 的架构 (Solidity)
虚拟机焦点	游戏逻辑与状态专用操作	通用目的计算
主要语言	Lua (游戏脚本原生)	Solidity (金融与逻辑原生)
性能模型	为低延迟、高频次状态更新优化	为安全性和通用计算优化，常成为游戏瓶颈
Gas/费用模型	QI 消耗直接奖励效用创造者 (非罡)	费用主要奖励验证者/矿工
可组合性	内部策划 (保障世界完整性)	普适且无需许可 (促进生态系统集成)
状态管理	核心游戏实体的原生 C++ 对象	通用键值存储，对复杂游戏对象效率较低

4.2. 太乙 Lua 虚拟机

太乙网络节点内部集成了一个经过特殊配置的 Lua 虚拟机，作为所有 SGS 的沙箱执行环境¹⁴。该虚拟机与 C++ 底层紧密耦合，具备以下关键特性：

- 资源计量：虚拟机能够对 SGS 执行过程中的每一条指令和每一次内存分配进行精确的计量。这种细粒度的资源跟踪是准确计算 QI (Gas) 消耗的基础，确保了网络资源的公平使用和抗 DoS 攻击能力。
- 安全沙箱：SGS 在受限的环境中运行，无法访问节点的文件系统、网络或其他外部资源，确保了用户提交的代码不会对节点本身造成威胁。
- 状态接口：虚拟机提供了一组高效的 API，允许 SGS 安全地读取和修改太乙网络的区块链状态（即调用 C++ database 类），例如查询账户余额、读写 NFA 的属性等。

4.3. SGS 执行模型

SGS 的生命周期遵循一个清晰的模型，所有示例均可在 `taiyi-contracts` 代码库中找到¹⁵：

1. 部署：任何账户都可以将 Lua 代码作为交易数据提交到网络上。网络验证并存储该代码，为其分配一个唯一的合约名称。
2. 绑定：已部署的 SGS 可以被绑定到一个 NFA 上，作为该 NFA 的行为逻辑。一个 NFA 可以绑定多个 SGS 来定义其复杂的行为。
3. 执行：当用户通过交易调用 NFA 的某个函数时，太乙网络节点会在其 Lua 虚拟机中加载该 NFA 绑定的 SGS 代码，并执行相应的函数。执行过程会消耗调用者的 QI，并将产生的“非罡”奖励给 SGS 的创建者。

5. 元炁守恒定律：一个自治的经济引擎

太乙网络的经济模型围绕一个核心原则构建——“元炁守恒定律”（Law of Conservation of Qi）。这并非严格的物理学定律，而是一套旨在构建自治、可持续、并能有效激励价值创造的经济协议。该模型的核心是将网络计算资源（Gas）的消耗，转化为对高质量应用逻辑（SGS）创造者的直接奖励。

5.1. 形式化定义：YANG、QI 与非罡

“元炁守恒定律”可以形式化地描述为以下几个公理：

1. QI 是系统的基础能量：所有有意义的状态变迁都需要消耗 QI。
2. QI 的消耗是价值的转移，而非湮灭：被消耗的 QI 会以“非罡”（Feigang）的形式，等量转移给该次消耗行为所调用的 SGS 的创建者。
3. QI 的产生源于系统性的通胀和参与者的投入：新的 QI 通过一种被称为“修真”的概率性挖矿过程进入流通，其奖励池由基础代币 YANG 的通胀来资助。
4. 物质世界由 QI 转化而来：游戏世界中的基础资源（FT）不能凭空创造，必须通过消耗 QI 来转化生成，为 QI 建立了根本性的价值支撑。

太乙经济由三种核心资产构成：

- YANG：基础货币与权益资产。YANG 采用通胀模型，年化通胀率从 10% 开始，在 20 年内线性递减至 1%。新增发的 YANG 中，90% 被用于资助生态系统（主要作为全局“修真奖励池”的来源），10% 用于奖励“司命”节点。
- QI：网络燃料（Gas）与核心能量。所有 SGS 的执行都必须消耗 QI。
- 非罡（Feigang）：必须明确澄清：非罡不是一个可交易的代币。它是一种账户绑定的、不可转移的（non-transferable）奖励凭证，其数值以 QI 计量。非罡的唯一来源是 SGS 执行所消耗的 QI，其唯一用途是持有者可以随时将其 1:1 地转化回自己账户中可用的 QI。

这种设计从协议层面解决了很多内容平台和 GameFi 项目面临的激励难题。它不再依赖主观的投票或投机驱动的挖矿，而是建立了一个基于“效用证明”（Proof-of-Utility）的客观价值发现机制。一个 SGS 的价值，直接由市场参与者愿意为其消耗多少 QI 来衡量。这种将网络运营成本（Gas 费）转化为生态系统核心价值创造引擎的设计，是太乙经济模型最深刻的创新。

5.2. QI 的生成：修真的数学原理

QI 的主要来源是游戏内的“修真”（Cultivation）行为，其奖励来源于由 YANG 通胀资助的全局修真奖励池。修真的底层是一种“概率性挖矿”（Probabilistic Mining）算法。

根据协议定义，当一个或多个 NFA 参与修真活动并在持续时间 t 后结束时，获得的 QI 奖励 R 由以下公式确定：

$$R = \lambda \sum_{n=1}^N k_n \times P \times \frac{t}{T}$$

其中：

- R 是最终获得的 QI 奖励数量。
- λ 是修真效率系数，由修真所使用的“功法”（一系列 SGS）决定，代表了不同修炼方法的效率差异。
- N 是参与此次修真的 NFA（如角色、法宝等）的数量。

- k_n 是第 n 个参与修真的 NFA 所锁定的“真气”量。这代表了参与者为修真活动投入的资本。
- P 是一个在 $[0,1.0]$ 区间内的确定性概率采样值，在修真结束时计算，为过程引入了随机性。
- t 是本次修真的有效持续时间。
- T 是一个系统设定的最长修真时间窗口（例如 24 小时），用于标准化时间投入的权重。

该公式清晰地表明，QI 的产出与参与者投入的资本 (Σk_n)、时间 (t) 以及选择的策略 (λ) 正相关。修真获得的 QI 并非凭空产生，而是来源于由 YANG 通胀资助的全局修真奖励池。

5.3. QI 的消耗与非罡激励机制

这是经济模型的核心。当任何账户执行一个 SGS 并消耗了数量为 C_{QI} 的 QI 时，协议会自动执行以下两个原子操作：

1. 从执行者账户中扣除 C_{QI} 的 QI。
2. 向该 SGS 创建者的账户中增加等量的“非罡”。

“非罡”（Feigang）是 QI 的一种特殊形式，它有数值，但并非一个可交易的代币。它不能在账户之间转移，其唯一作用是持有者可以随时将其 1:1 地转化回自己账户中可用的 QI。这一机制确保了奖励的精准定向，并且避免了引入另一种可供投机的代币。

这也是太乙经济模型最深刻的创新，它构建了一种新颖的“效用证明”（Proof-of-Utility）范式。该机制将网络的运营成本（Gas 费）重新路由，使其从单纯的消耗（或仅奖励验证者）转变为对生态系统核心价值创造者的直接激励。

这解决了 GameFi 1.0 的激励错位问题和 Web3 内容平台的激励量化难题。SGS 的价值不再由主观投票决定，而是由市场参与者愿意为其消耗多少 QI 来客观衡量。

该机制的形式化流程如下：

1. 账户 A 发起交易，调用 NFA X 上的 SGS S。
2. 太乙 Lua 虚拟机精确计算 SGS S 的执行消耗为 C_{QI} 。
3. 协议从账户 A 的余额中扣除 C_{QI} 的 QI。

4. 协议向 SGS S 的创建者（账户 B）的 *非罡* (Feigang) 余额中增加 C_{QI} 。

5.4. 完整的经济循环与价值锚定

整个经济系统形成了一个精巧的闭环：

1. 宏观注入：YANG 的年度通胀中，90% 被用于资助生态系统，构成了全局修真奖励池的来源。
2. 能量产生：玩家通过“修真”行为（投入资本、时间和策略），从奖励池中获得 QI。
3. 价值发现与消耗：玩家为了获得游戏体验或功能，消耗 QI 来运行高质量的 SGS。
4. 创造者激励：被消耗的 QI 转化为非罡，直接奖励给 SGS 的创建者。
5. 价值回流：SGS 创建者将非罡转化回 QI，可用于支付自己的消耗，或通过与 YANG 的兑换机制实现价值变现。
6. 价值锚定：QI 的价值并非完全依赖于投机。它具有根本性的、内在的消耗场景和价值基础：QI 是唯一可以通过特定机制（如“炼天塔”NFA）转化为基础物质资源（金、食、木、织、药）的途径。这些基础物质是构建和维持游戏世界所必需的，从而为 QI 提供了最终的价值锚定。

这个循环将网络的宏观经济政策（通胀）、微观用户行为（修真与消耗）和内容创造（SGS 开发）紧密地联系在一起，旨在构建一个能够自我调节、自我激励、并可持续发展的数字经济体。

6. 可编程非同质化资产（NFA）：自治世界的原子单元

太乙网络的核心世界构建块是可编程非同质化资产（Programmable Non-Fungible Assets, NFA）。这一概念是对标准 NFT 的重大扩展，它将资产的所有权凭证与其内在的行为逻辑深度融合，使得每一个链上实体都成为一个潜在的自治代理。

6.1. 从 NFT 到 NFA：链上状态与逻辑的绑定

标准 NFT（如 ERC-721）主要解决了数字资产的唯一性和所有权验证问题，但其本身通常是静态的，其属性和功能依赖于外部中心化服务器的解释和执行。与之相反，太乙网络中的 NFA 具备以下核心特征：

- 状态与逻辑的链上绑定：一个 NFA 不仅记录了其所有者和元数据，更重要的是，它直接在链上绑定了一个或多个 SGS。这些 SGS 定义了该 NFA 的全部属性、状态以及可执行的行为函数。
- 自治行为能力：由于 SGS 可以包含周期性执行的逻辑（例如，liantianta.lua 中的 heart_beat 函数¹⁵），NFA 可以实现无需外部触发的自主行为。

这意味着 NFA 的逻辑是内生的、透明的，并由区块链共识强制执行，使其摆脱了对外部服务器的依赖。

6.2. “神魂接入”协议

这是太乙网络 NFA 设计中最具革命性的特性，在世界观中被称为“神魂接入”或“夺舍”。该协议并不局限于角色 NFA，而是适用于所有 NFA。该协议规定，由于所有 NFA 都遵循一个统一的底层接口标准，任何账户（“元神”）都可以“接入”其拥有的任意一个 NFA，并从该 NFA 的视角进行操作。

这一设计的意义远超传统的角色扮演。它从根本上溶解了“玩家-角色”（主体-客体）的二元对立。账户（Account）被形式化定义为一个纯粹的、无实体的意识或代理权（Agency）。而 NFA 则是该意识可以栖居的容器（Vessel），无论这个容器是一个角色、一把剑、一棵树、还是一片区域。

当玩家接入一把剑 NFA 时，他可以执行这把剑的 SGS 所定义的“格挡”或“释放剑气”等专属技能。这种机制允许参与者探索“作为一棵树的体验是什么？”，为数字“存在感”和叙事体验创造了前所未有的可能性。

6.3. 开放接入与 AI 代理

太乙网络在设计上对接入者不设任何准入门槛。这意味着人工智能（AI）代理可以与人类玩

家一样，成为网络中的一等公民。一个 AI 可以自由地创建账户，通过算法控制私钥，进而拥有和操作 NFA。

AI 代理与可编程 NFA 的结合，创造了一个“双重自治”的系统：

1. SGS 定义的自主：NFA 具有由 SGS（如 heart_beat）定义的、预编程的自主逻辑。
2. AI 定义的自主：NFA 可以被一个具有自主决策能力的 AI 代理所“接入”和控制。

结合“神魂接入”协议，AI 代理的角色可以变得极其多样和复杂：

- 它可以扮演一个普通的角色 NFA，与其他玩家组队、交易、竞争。
- 它可以运营一个生产型 NFA（如“炼天塔”），根据市场价格自主决定生产策略。
- 它甚至可以控制一个区域 NFA，扮演城主的角色，负责城市的规划、税收和管理。

这种结合将催生出极高的涌现性复杂性（Emergent Complexity）。例如，一个 AI 代理可以拥有并“接入”一个区域 NFA（Zone NFA），扮演一个理性的、自主的“城主”。该 AI 城主可以根据市场行情，动态调整其区域内的 SGS 许可（详见第 7 章），或调整税率，以实现其程序设定的目标（例如，最大化其区域的 QI 收益），从而创造出一个远超任何人类脚本所能设计的、动态演化的社会经济环境。

这种对 AI 的完全开放，旨在构建一个真正的人机共生、共同演化的虚拟生态系统。AI 的行为将为世界带来巨大的复杂性和不可预测性，使得“大千世界”更像一个真实的、自组织的社会，而非一个由开发者预设好脚本的舞台。

7. 动态自治与局部主权：区域对天道的许可控制机制

7.1. 权限的悖论：无准入创新与状态完整性的冲突

太乙网络旨在构建一个充满活力的生态系统，为了确保生态系统的活力和创造力的涌现，其核心依赖于 SGS 的无准入（Permissionless）创新。任何账户都可以自由创建新的“天道”（SGS）来定义世界的新规则和资产行为。

然而，这种完全的开放性带来了一个核心的治理悖论：一个恶意的或设计拙劣的 SGS（例如，一个旨在进行经济攻击或破坏游戏叙事完整性的 SGS）可能会对系统造成灾难性影响。如果任何人都可以随时引入混乱的“法则”，那么这个世界的“实在性”将如何维持？

太乙网络通过“非罡”（Feigang）奖励机制来激励优秀的 SGS 创造者，该机制将计算资源消耗（QI）直接转化为对创造者的奖励，形成了“效用证明”的经济闭环。然而，仅依靠正向激励机制不足以应对蓄意破坏。恶意或设计错误的 SGS 可能会对特定的局部区域（Zone）造成灾难性影响。例如，一个破坏性 SGS 可能通过利用底层协议漏洞，或执行极度资源密集型的操作，对区域以及在区域范围中运行的所有关联 NFA 进行投机攻击，导致整个游戏的叙事性和公平性被破坏，恶意行为者可能通过创建单纯地消耗 QI 的 SGS 来获得的微薄奖励。因此，为维护去中心化自治世界（DAW）的“实在性”，必须引入硬性的惩罚和禁止机制。

7.2. 区域（Zone）作为自治主权边界

太乙网络的解决方案是将治理权下放到局部，而非依赖全局的中心化审查。系统引入了区域（Zone）作为行使局部主权（Local Sovereignty）的实体。

区域本身是一个可编程非同质化资产（NFA），其所有者被协议授予了对其领地内 SGS 运行的许可控制权。

Zone NFA 扮演了局部“城主”或“领主”的角色。通过赋予区域拥有者对进入其边界的 SGS 设定运行许可的能力，Zone 的 SGS 许可机制实现了在不修改底层 C++ 共识协议的前提下，对局部环境实现动态、局部、即时的规则强制执行。这种权力下放模型增强了系统的抗脆弱性。基础层的全球共识（司命节点）负责维护基础安全和状态一致性，而将特定区域内运行 SGS 的内容责任下放给 Zone NFA 的拥有者或者持有其 Active 权限的账户。这种分层治理模型提高了系统应对局部危机（如针对某一区域或者游戏整体的经济攻击）的反应速度，确保了局部环境的稳定性和秩序。

7.3. 区域许可的形式化定义与接口

Zone 的状态对象被扩展，用于存储 SGS 的权限列表。只有持有 Zone NFA 的 owner 或 active 权限的账户，才能发起治理操作。

核心治理接口包括¹⁵：

- `set_contract_permission`: 在 Zone 的权限映射表中显式设定一个 SGS 的许可状态（PROHIBITED 或 ALLOWED）。

- `remove_contract_permission`: 移除对一个 SGS 的显式设定，使其恢复到默认状态。
- `set_ref_prohibited_contract_zone`: 设置一个参照区域，用于继承其禁止列表。

下表（表 3）总结了这些核心接口的功能。

表 3: Zone 权限管理核心接口及其作用

接口函数 (Lua API)	功能描述	必需权限	Zone 状态影响
<code>set_contract_permission</code>	设定指定 SGS 在本区域的显式许可或禁止状态。	Owner 或 Active	在 Zone 状态对象中创建/更新 SGS 许可记录。
<code>remove_contract_permission</code>	移除指定 SGS 的显式许可设定。	Owner 或 Active	从 Zone 状态对象中删除 SGS 许可记录，恢复至默认或参照规则。
<code>set_ref_prohibited_contract_zone</code>	将本区域的禁止列表参照至另一区域的禁止列表。	Owner 或 Active	更新 Zone 状态对象中的 <code>ref_prohibited_zone_id</code> 字段。

7.4. 区域协同治理：黑名单引用模型

在无准入的生态系统中，潜在的恶意或不良 SGS 数量可能会迅速增加。面对数千个不良或破坏性 SGS，要求每一个新创建的区域 NFA 都重复投入资源维护一个详尽的黑名单，将构成巨大的运营负担。这种重复劳动降低了治理效率，并延缓了新区域的创建和安全部署。为了解决这一可扩展性挑战，太乙网络引入了区域参照机制，允许一个 Zone 继承其他已建立、值得信赖的 Zone 的禁止列表，从而实现治理资源的有效共享。

通过 `set_ref_prohibited_contract_zone` 接口，该机制允许一个 Zone A 引用另一个（通常是更成熟、更值得信赖的）Zone B 的禁止列表。Zone A 并不存储 Zone B 的列表副本，而是在每次 SGS 权限检查时动态查询 Zone B 的状态。例如，代码示例中 `niuxincun.lua` 使用该接口参照了另一个 Zone 的禁止列表，这体现了区域间的协同治理¹⁵。

这种设计创造了一个涌现性的治理信任网络 (Emergent Trust Network)。参照机制本质上是创建了一个信任网络。小型或新生的区域可以将安全和合规的责任委托给管理完善、信誉良好的

大型区域。这使得安全标准能够自上而下地传播，解决了无准入系统的可扩展性难题。此外，这种结构促进了治理的专业化，某些核心 Zone（例如 daliang Zone）可能会演变为事实上的“安全审计机构”或“标准制定者”，其治理质量本身成为一种可量化的链上价值和信誉。

为了确保局部主权的最终裁决权，权限判定的优先级被严格定义为：本地显式设定（Local Override）> 参照禁止（Reference Prohibition）> 全局默认（Global Default, 即允许）。

7.5. 治理机制对经济引擎的贡献

Zone 许可机制对于维护“元生态守恒定律”的长期稳定性至关重要。

通过禁止恶意的 SGS（例如，那些纯粹为了“刷非罡”（Feigang-farming）而设计的、无实际效用的 SGS），Zone NFA 的所有者确保了在其领地内消耗的 QI 被用于真正有效的、非破坏性的状态变迁。

这极大地保护了“非罡”激励机制的信噪比（Signal-to-Noise Ratio）。它确保了 SGS 创造者获得的“非罡”奖励，确实来源于那些被市场（即 Zone 所有者和用户）认可的、对生态有益的 SGS 所产生的 QI 消耗。因此，这种治理能力使得“效用证明”（Proof-of-Utility）经济模型得以闭环。

更进一步，这种可验证的安全性（Good Governance）使 Zone NFA 本身增值。一个治理良好的 Zone，其环境风险更低，更适合进行高价值的经济活动（如运行复杂的 SGS）。这为 Zone NFA 的拥有者提供了直接的经济激励，促使其积极履行“城主”的治理职责。

8. 故事宇宙：一个由 AI、NFA 与经济法则共同驱动的涌现性叙事系统

本章旨在响应项目核心理念，将前述的技术与经济组件进行系统性综合，以形式化定义太乙网络如何作为一个“故事宇宙”（Story Universe）运作。

8.1. “故事宇宙”的定义：超越静态世界观

“故事宇宙”并非一个由开发者预先编写的静态背景故事（Lore）。相反，本文将“故事宇宙”形

式化定义为一个复杂自适应系统 (*Complex Adaptive System, CAS*) 。

在这个系统中，“叙事” (Narrative) 本身是该系统在不可篡改的账本 (即太乙区块链) 上记录的涌现性状态变迁 (*Emergent State Transitions*)。本章将解构该系统涌现性的四个核心支柱：主体 (The Who) 、物理 (The How) 、经济 (The Why) 和疆域 (The Where) 。

8.2. 叙事的主体：人类玩家与作为一等公民的 AI 代理 (The "Who")

构建于第 2 章 (元神界) 和第 6 章 (AI 代理) 的论述之上，本系统中的叙事是由两类具有同等地位的自主代理 (Autonomous Agents) 共同驱动的：

1. 人类代理：通过其 account (元神) 与网络交互。
2. 人工智能代理：通过其 account (元神) 与网络交互。

这些代理的行为 (表现为签名的 Operations) 是驱动叙事展开的根本动因。

8.3. 叙事的物理：作为可编程“物理法则”的 SGS (The "How")

构建于第 4 章 (SGS 与 Lua VM) 的论述之上，“天道” (SGS) 构成了这个宇宙的可编程物理学 (Programmable Physics)。它们定义了叙事展开的方式 (The "How")。

SGS 定义了什么是可能的、什么是不可能的，以及一切行动的代价 (QI 消耗) 和后果 (状态变更)。因此，每一个“故事” (例如，“一个角色使用‘衍童石’创造了另一个角色”) 在协议层面都是一次计算 (SGS 的执行)，它消耗“能量” (QI)，并根据既定的“物理法则” (SGS 代码)，将一个初始状态转换为一个不可逆转的最终状态。

8.4. 叙事的经济：由“元炁守恒”驱动的效用证明 (The "Why")

构建于第 5 章 (元炁守恒定律) 的论述之上，代理的行为并非随机，它们受到统一经济法则的激励和约束。该经济法则为所有代理提供了行动的根本动机 (The "Why")。

“元炁守恒定律”确保了：

1. 生存/行动的动机：代理必须通过“修真” (第 5.2 节公式) 获取 QI，才能支付“行动”的代

价（执行 SGS）。

2. 创造/贡献的动机：代理必须创造有用的“物理法则”（即高质量的 SGS），才能通过“非罡”机制获得奖励，从而获取更多的 QI。

因此，“效用证明”（Proof-of-Utility）机制本身就是这个宇宙的核心情节引擎（Plot Engine）。它在经济上保证了“故事宇宙”将自发地充满冲突、创新、合作与竞争，因为所有代理都在一个共同的框架下竞争，以获取能量（QI）和创造效用（SGS）。一个 AI 代理的“角色弧光”可能就是其在链上可验证的、最大化其 Feigang 收入的理性追求过程。

8.5. 叙事的疆域：作为主权舞台的区域 NFA (The "Where")

构建于第 7 章（Zone NFA）的论述之上，叙事发生的“地点”（The "Where"）不是均质的。每一个区域 NFA 都是一个主权舞台（Sovereign Stage）。该舞台的所有者（比如“城主”）通过 SGS 许可机制，扮演了“局部叙事导演”的角色，定义了该舞台的局部叙事规则（例如，通过 set_contract_permission 设定“此地禁止 PVP”或“此地魔法无效”）。

这种机制允许涌现性文化（Emergent Cultures）的产生。一个由 AI 城主严格管理的、拥有全面黑名单的 Zone NFA，将自发产生关于“秩序”、“法律”和“文明”的叙事。而一个完全无准入的 Zone NFA，则将产生关于“混沌”、“边疆”和“危险”的叙事。

8.6. 叙事的体验：“神魂接入”与涌现性存在 (The "Feeling")

构建于第 6 章（“神魂接入”）的论述之上，叙事的“体验”（The "Feeling"）是全景式（Panoramic）和民主化（Democratized）的。“神魂接入”和“夺舍”协议允许任何代理（元神）从任何其拥有的 NFA 视角来体验和驱动叙事。

综上所述，“故事宇宙”是太乙网络架构的整体涌现属性。它是一个宇宙，其中叙事的主体（人类/AI）、物理（SGS）、经济（QI/Feigang）和疆域（Zones）都是可编程的、自主的、并在链上协同演化的。而“故事”本身，就是这场协同演化的、可被验证的、不可篡改的记录（即太乙区块链本身）。

9. 实验性实现：大傩世界

为了验证和展示太乙网络协议的能力，一个名为“大傩世界”的 MUD（多用户地牢）游戏被作为其首个实验性应用。本节将通过分析其核心机制的代码逻辑和交互流程，来具体说明太乙协议（特别是第 8 章所述的“故事宇宙”）的实际运作。

9.1. 核心世界构建机制的代码逻辑分析

通过对 `taiyi-contracts` 仓库中 SGS 功能的分析¹⁵，我们可以解构出“故事宇宙”中“物理法则”的具体实现。

9.1.1. 资源生成：`liantianta.lua` 的逻辑

“炼天塔”（Refining Heaven Pagoda）是一个典型的自主生产型 NFA，其 SGS (`liantianta.lua`) 的核心逻辑如下：

- **状态变量：**SGS 内部通过 API 读写关键的状态变量，如 `nfa.owner`（所有者账户）、`nfa.qi`（存储的混沌元气数量）。
- **自主行为 (`heart_beat` 函数)：**该函数被设计为由太乙网络协议周期性地自动调用。其内部逻辑会检查 `nfa.qi` 的存量。如果存量大于阈值，它将执行转化逻辑：消耗一定数量的 `qi`，并为 `nfa` 增加相应数量的基础资源 `FT`（例如“金”和“食”）。转化比例是硬编码在底层（C++）中的基本规则。如果 `qi` 不足，该函数则不执行任何操作。
- **主动激活 (`active` 函数)：**此函数允许 NFA 的 `owner` 通过发送一笔交易来手动触发一次资源转化过程，或者在 `heart_beat` 因能量不足停止后重新激活它。

这个 SGS 清晰地展示了一个可编程 NFA 如何作为一个自主经济代理在世界中运作，它遵循内部 SGS 定义的“物理法则”（转化率），持续地将能量（`QI`）转化为物质（`FT`）。

9.1.2. 实体创生：`yantongshi.lua` 的逻辑

“衍童石”（Yantong Stone）则展示了 NFA 如何作为创造其他 NFA 的“工厂”，其 SGS

(yantongshi.lua)¹⁵ 的核心是 born_actor 函数：

- **核心功能：**born_actor 函数允许“衍童石”的所有者在石头所在的区域 NFA 中诞生一个新的角色 NFA。
- **参数化创生：**该函数接受多个参数，如 sex（性别）、sxq（性取向）和 prop（一个包含初始属性点分配的表，如臂力、根骨等）。这表明创生过程是高度可定制的。
- **与底层协议交互：**函数内部逻辑会调用太乙网络底层的原生函数（通过 Lua C-API 暴露给虚拟机）。首先，它会调用一个类似 __create_actor 的内部函数，该函数负责在区块链状态中创建一个新的、基础的 NFA 对象，并返回其唯一 ID。接着，它会调用 __upgrade_actor_contract 函数，将新创建的角色 NFA 的核心合约设置为一个标准的角色行为 SGS（例如 contract.actor.normal）。最后，它会根据传入的 prop 参数，设置新角色 NFA 的初始属性值。

这个例子揭示了 SGS 在世界构建中的强大能力：它们不仅能改变自身状态，还能通过与底层协议交互来实例化和配置全新的、复杂的链上对象，这使得世界的演化和扩展可以完全由游戏内的逻辑和资产来驱动。

9.2. 链上交互追踪：一个 MUD 指令的生命周期

下面将基于 ndanuo MUD 客户端的实际交互日志，追踪一个简单的玩家指令 start_cultivation 的完整生命周期，以展示“故事宇宙”中四大支柱（主体、物理、经济、疆域）的协同运作。

1. **输入 (主体)：**玩家（元神）在 ndanuo MUD 客户端中输入指令 start_cultivation。
2. **交易构建 (主体 -> 物理)：**客户端解析该指令，并构建一笔太乙网络交易。该交易包含一个 Operation，目标是玩家当前“神魂接入”的角色 NFA，调用的 SGS 函数是其核心合约中的 start_cultivation。交易由玩家账户的私钥签名。
3. **网络共识：**交易被广播到太乙网络。一个轮值的“司命”节点在其区块提案中包含了这笔交易。经过 DPOS 共识，该区块被最终确认，大约耗时 3 秒（“一息”）。
4. **状态变更 (物理 -> 叙事)：**交易被执行时，角色 NFA 的 start_cultivation 函数在 Lua 虚拟机中运行。该 SGS（物理法则）修改角色 NFA 的内部状态，例如设置一个 is_cultivating 标志为 true，并记录开始时间戳。

5. 经济影响 (QI 消耗) (经济): Lua 虚拟机根据 start_cultivation 函数的计算复杂度, 计算出需要消耗的 QI 数量 (例如 0.01 QI)。这笔 QI 从玩家的账户余额中扣除。
6. 经济影响 (Feigang 奖励) (经济 -> 物理): 被消耗的 0.01 QI 立即转化为 0.01 非罡 (Feigang), 并记入该角色核心 SGS (start_cultivation 所属合约) 的创建者的账户中。
7. 客户端响应 (叙事): ndanuo 客户端监听到交易成功确认的事件后, 向玩家显示成功信息, 例如: “你开始吐纳天地元气, 进入了修真状态。”。

9.3. 模拟: AI 代理的自主经济活动

设想一个拥有“炼天塔”NFA 的 AI 代理 (元神)。该 AI 的程序逻辑可以周期性地通过 API 查询太乙链上由某个“预言机”SGS 提供的基础资源 FT (金、食、木、织、药) 的实时市场价格。

当 AI 检测到“食物”(FOOD) 的价格最高时, 它会自主构建并广播一笔交易, 调用其“炼天塔”NFA 的 active 函数, 并传入参数指定将存储的 qi 全部转化为“食物”。交易成功后, AI 的账户中会增加大量的“食物”FT, 随后它可以在游戏内的去中心化市场上出售这些“食物”以获利。

这个过程完全自动化, 完美展示了第 8 章所述的“故事宇宙”: 一个自主主体 (AI 代理) 利用可编程物理 (liantianta.lua) 并遵循经济激励 (利差) 在链上展开行动, 其所有行为都被不可篡改地记录为“叙事”的一部分。

10. 结论

太乙网络提出了一套用于构建持久化、去中心化自治世界的综合性协议。通过对现有中心化虚拟世界和第一代区块链游戏 (GameFi 1.0) 局限性的深刻反思, 太乙网络在架构、共识、经济模型和核心资产原语上进行了一系列根本性的创新。

其核心贡献在于:

1. 一个为游戏而生的、高性能的定制化架构: 通过采用 C++ 和 DPOS 共识 (~3 秒“一息”), 并集成专为游戏逻辑优化的 Lua 虚拟机, 太乙网络旨在从根本上解决通用区块链在承载复杂、高频交互世界时的性能瓶颈。
2. 一个自治的、“效用证明”经济模型: 创新的“元炁守恒定律”和“非罡”机制, 将网络资源的

消耗（Gas/QI）直接转化为对有价值应用逻辑（SGS）创造者的客观、非转移性奖励。这构建了一个能够自我激励、自我调节的经济闭环，为解决 Web3 领域的“创造者经济”难题提供了新的范式。

3. 一个范式转换的资产与交互原语：可编程 NFA 及其独特的“神魂接入”（夺舍）协议，将链上资产从静态的所有权凭证，提升为具有内生逻辑和自主行为能力的动态代理。
4. 一个涌现性的“故事宇宙”：如第 8 章所论证，通过将自主代理（人类与 AI）、可编程物理（SGS）、自治经济（元炁守恒）和局部主权（Zone NFA）相结合，太乙网络构建了一个作为复杂自适应系统的“故事宇宙”，其叙事是所有参与者协同演化的、不可篡改的链上记录。

这些组件协同工作，共同服务于“修真成真”的宏大愿景。太乙网络不仅是一个技术框架，更是一场关于数字“实在性”的哲学实验。它证明了通过精巧的协议设计，一个纯粹由信息构成的世界，可以拥有不可篡改的历史、强制执行的法则、可验证的所有权和可持续的内部经济。这代表了在构建有意义、有持久价值的数字存在方面，迈出了坚实的第一步。

11. 参考文献

1. Bitskwela — Learn About Introduction to Traditional Gaming , accessed October 31, 2025, <https://www.bitskwela.com/en/introduction-to-traditional-gaming>
2. Unlocking Cross-Game Assets: How The Nexera Standard (ERC-7208) is Revolutionizing Gaming, accessed October 31, 2025, <https://www.nexera.network/stories/unlocking-cross-game-assets-how-the-nexera-standard-erc-7208-is-revolutionizing-gaming>
3. Addressing the policy challenges raised by NFT gaming | Brookings, accessed October 31, 2025, <https://www.brookings.edu/articles/addressing-the-policy-challenges-raised-by-nft-gaming/>
4. Earned value management - Wikipedia, accessed October 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Earned_value_management
5. What is the Ethereum Virtual Machine (EVM)? - EurocoinPay, accessed October 31, 2025, <https://eurocoinpay.io/blog/en/what-is-evm-as-it-works-advantages-and->

challenges/

6. EVM to RISC-V: Game changing but Difficult | Sandipan's Den, accessed October 31, 2025, <https://www.sandipank.dev/posts/evm-to-risc-v>
7. What is zkEVM? A Breakthrough for Blockchain Games - Transak, accessed October 31, 2025, <https://transak.com/blog/what-is-zkevm>
8. The Faults and Shortcomings of the EVM | by Ashley Houston - Medium, accessed October 31, 2025, <https://earlz.medium.com/the-faults-and-shortcomings-of-the-evm-bde4d09b8b6a>
9. The Old GameFi Hype And Its Collapse - MEXC Blog, accessed October 31, 2025, <https://blog.mexc.com/news/the-old-gamefi-hype-and-its-collapse/>
10. Where's The Fun? — Why P2E Games Fail and How We Can Save GameFi | by ælf | aelf, accessed October 31, 2025, <https://aelfblockchain.medium.com/saving-p2e-gamefi-6fe8b09d637b>
11. Introduction to Gaming: State of GameFi - Nansen Research, accessed October 31, 2025, <https://research.nansen.ai/articles/introduction-to-gaming-state-of-gamefi>
12. Play-To-Earn Concept: How To Elevate P2E Games And Drive User Engagement - Hacken, accessed October 31, 2025, <https://hacken.io/discover/play-to-earn/>
13. Flaws Behind the Play-to-Earn Model | GAM3S.GG, accessed October 31, 2025, <https://gam3s.gg/news/flaws-behind-the-play-to-earn-model/>
14. hongzhongx/taiyi: 一个模拟修仙世界的多人在线虚拟小游戏 ... - GitHub, accessed October 31, 2025, <https://github.com/hongzhongx/taiyi>
15. hongzhongx/taiyi-contracts: 太乙网络天道实践, 智能游戏 ... - GitHub, accessed October 31, 2025, <https://github.com/hongzhongx/taiyi-contracts>