



PHAROS
RESEARCH

Google、Visa 参战！ x402 协议如何重塑 AI Agent 的支付格局



目录

- 摘要..... 1
- 01 / 引言：AI Agent 时代的支付协议——x402 的爆发式增长..... 2
- 02 / x402 协议：为机器结算而生的微支付标准..... 3
 - 2.1 概念界定：x402 协议的核心内涵..... 3
 - 2.2 协议的核心优势：完美适配 AI Agent 交易..... 4
 - 2.3 协议溯源：HTTP 402 标准的激活..... 4
- 03 / 协议的叙事逻辑：重塑互联网的价值交换层..... 7
 - 3.1 核心痛点：传统互联网价值交换层的缺失..... 7
 - 3.2 解决方案：x402 带来的机器经济基础设施..... 7
 - 3.3 爆发契机：供需交汇与行业推手..... 8
- 04 / 底层架构解析：Web2 与 Web3 的通用翻译器..... 9
 - 4.1 协议的定性：标准化的交互规范..... 9
 - 4.2 核心参与者：引入“协调者”的三方架构..... 10
 - 4.3 协议的运作机制：从请求到结算的价值流转..... 10
 - 4.4 关于架构的三点特殊说明..... 13
- 05 / 无感支付（Gasless）的实现机制：链下授权 + 链上代付..... 15
 - 5.1 链下签名授权：无感交互的技术基石..... 15
 - 5.2 协调者机制：审计节点与代付通道的双重职能..... 16
 - 5.3 扩展性逻辑：多链适配与资产兼容策略..... 19
- 06 / 生态全景：从叙事泡沫走向基础设施的现实进展..... 20
 - 6.1 协议进展的研判：由炒作向建设迈进..... 20
 - 6.2 巨头入局：x402 如何与 AI 巨头构建 AI Agent 协同生态..... 22
 - 6.3 生态版图：多链协同下的智能体经济全景..... 26
 - 6.4 生态背后的隐忧与挑战..... 32
- 07 / 结语：从技术实验走向机器经济的通用语言..... 34



摘要

随着人工智能从辅助工具向智能体（AI Agent）演进，传统互联网支付体系难以满足机器间高频、微额且无需人工干预的自动化交易需求。本报告深入剖析了由 Coinbase 与 Cloudflare 联合推动的 x402 协议，探讨其如何通过激活闲置的 HTTP 402 状态码，构建连接 Web2 信息网络与 Web3 价值网络的标准化支付标准。本文得出以下主要观点：

- **底层逻辑：** x402 协议并非单一的区块链项目，而是一套互联网原生的交互规范。其核心在于构建了“服务端报价、客户端签名、协调者（Facilitator）代付”的三方架构。通过将 HTTP 402 响应转化为结构化报价单，并结合“链下授权 + 链上结算”机制，x402 成功实现了机器间毫秒级的无感支付（Gasless），有效解决了 AI Agent 在 API 调用与数据获取中的微支付痛点。
- **生态位：** 报告判断，当前 x402 已从早期的资产炒作阶段（Hype）开始向基础设施建设期（Infra）过渡。在 AI Agent 协议栈中，x402 与负责连接的 MCP/A2A 协议、负责身份信任的 ERC-8004 标准以及 Google 推出的合规层 AP2 协议形成了深度协同。相比于 AP2 侧重的人类授权与合规，x402 确立了作为后端机器对机器（M2M）底层结算通道的独特定位。
- **市场进展：** 目前生态已形成涵盖 Agents（如 SANTA）、Facilitators（如 PayAI、Coinbase）、L1 基础设施（如 Kite AI）的多层版图。虽然早期受 Meme 情绪驱动明显，但资金与技术重心正向“审计验证+代理支付”的基础设施赛道转移，链上交易量与应用场景正逐步验证其作为通用标准的潜力。
- **风险提示与挑战：** 尽管 x402 展现了重塑互联网价值交换层的潜力，但大规模商用仍面临三重阻碍。
 - 底层标准风险： HTTP 402 状态码尚未被 IETF 等国际标准组织统一语义，存在兼容性隐患。
 - 商业模式博弈： 点对点的支付方式挑战了科技巨头既有的流量分发与抽佣模式，未来存在被巨头阻断的风险。
 - 成本倒挂难题： 在微支付场景下，链上 Gas 费往往高于业务营收，当前依赖项目方补贴的模式难以长期维持，亟需探索可持续的经济模型。

综上所述，x402 协议是 AI Agent 商业化落地的关键基础设施尝试。它通过技术标准化降低了机器协作的摩擦成本。未来能否成为机器经济的通用语言，取决于其在多链成本优化、标准兼容性以及与 Web2 巨头博弈中的实际表现。

关键词： x402 协议；AI Agent；HTTP 402；机器经济；微支付

01 / 引言：AI Agent 时代的支付协议—— x402 的爆发式增长

今年 10 月，一个代号为“x402 协议”的概念席卷了整个互联网与 Web3 社区。这个由 Coinbase 和 Cloudflare 联合推出的底层支付规范，不仅在 2025 年 5 月问世后迅速获得了 Google、Visa 等科技和金融巨头的青睐，更在 10 月底引发了资产市场的百倍 meme 狂潮，成为一时最炙手可热的叙事。

x402 被业界誉为 AI Agent 支付困境的救星，被视为继稳定币之后，Web3 世界最有潜力大规模落地应用场景的产品。但这项协议的底层逻辑究竟是什么？它能完美适配 AI Agent 的原因何在？以及其背后蕴藏的商业应用潜力、面临的风险与未来方向如何？本文将对此进行深度剖析，揭示这项新一代互联网支付基础设施的真实商业价值。

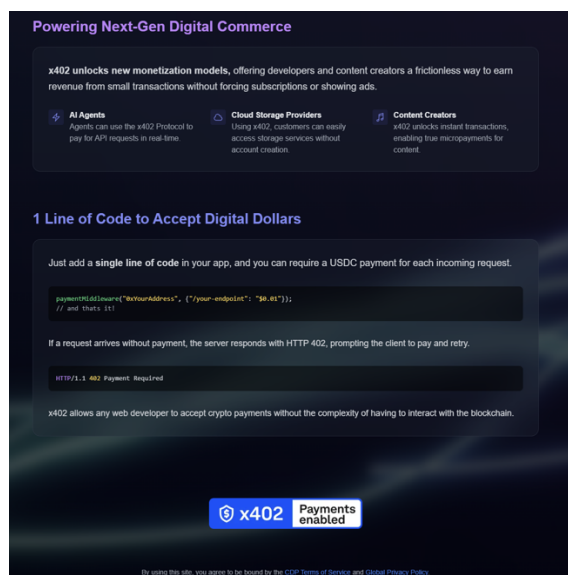
02 / x402 协议：为机器结算而生的微支付标准

2.1 概念界定：x402 协议的核心内涵

x402 协议本质上是一项在现有互联网标准（HTTP 状态码）之上，实现自动化、链上结算的开源支付协议，尤其适用于微支付和按次付费。

- **规范定义：** x402 协议是由 Coinbase 于 2025 年 5 月正式提出的开源标准，其核心在于激活并规范化长期闲置的 HTTP 402 (Payment Required) 状态码。该协议旨在构建一种互联网原生的可编程支付层，通过嵌入式的“按次付费”机制，专门解决 AI Agent 互操作及机器对机器（M2M）API 调用场景下，传统支付手段难以适配高频、小额结算的结构性问题。
- **通俗理解：** x402 就是一项基于稳定币的自动化、免摩擦、小额微支付标准。正因其完美适配 AI Agent 对高频、无摩擦支付的需求，而被纳入 AI Agent Commerce 的宏大叙事之中，并因此爆火。

图 1：x402 官网介绍



资料来源：x402 官网

协议的价值迅速获得了底层基础设施企业的认可。在 2025 年 9 月，Coinbase 与 Cloudflare 联合宣布成立 x402 Foundation，标志着该协议的治理、兼容性与生态扩展正式迈向开放标准化。此举迅速吸引了包括云服务商、支付机构和大型科技公司（如 Google、Visa）的参与，它们开始将 x402 整合进自身的 Agent 支付或机器结算体系中。这使得 x402 正在从一个实验性工具，快速发展成为跨行业的、Web 原生的支付基础设施。

2.2 协议的核心优势：完美适配 AI Agent 交易

x402 能够吸引传统巨头加盟，正是因为它在协议设计上完美契合了 AI Agent 自动化交易的需求。它的核心特点可以概括为以下五个维度：

图 2：x402 协议特点梳理图

图 2：x402 协议特点梳理图			
分析维度	核心特性	实现路径	意义
技术架构	Web 原生与底层性	协议直接利用 HTTP 状态码，运行在互联网的底层标准之上，是一个 Web 原生协议，而非“链上协议”	不需要额外的协议栈或复杂的中间件，易被现有互联网架构部署
协议治理	开放与去中心化倾向	协议代码开源发布，由 x402 Foundation 采取多方推动的基金会治理模式	避免协议被单一厂商控制
支付模式	按需按次的微支付	协议支持对资源单位（如 API 调用次数、数据读取量）进行精细化收费，实现按需、按次计费的“微支付”	适用于 AI Agent 频繁、自动化调用 API、访问数据
交易摩擦	零门槛与自动化	协议追求无摩擦交易，无需额外注册或人工授权，不收取额外手续费	在单次 HTTP 请求中完成交易，保证了机器结算的效率和低成本性
可拓展性	跨链并兼容传统金融	协议不依赖任何公链或币种，同时能够接入 Visa、Google 等传统支付交易架构	在协议层面实现链上完全适配，也为传统金融支付提供适配路径
资料来源：Pharos Research			

资料来源：Pharos Research

简而言之：x402 协议凭借其 Web 原生的简洁性、微支付的高效性以及开放共治的兼容性，成功弥补了 Web3 去中心化结算能力与传统 Web2 基础设施之间的断层。它为 AI Agent 时代的商业化落地，确立了一个高效、可信赖的通用支付标准。

2.3 协议溯源：HTTP 402 标准的激活

x402 之所以具备上述五大核心的优势，根本原因在于它只是复用了互联网底层的 HTTP 标准，而不是一个新建的链上协议。

互联网的数据交互依赖于 HTTP（超文本传输协议）协议在客户端（Client）与服务器（Server）之间传递信息，并定义了一系列标准响应状态码来标识请求结果，例如广为人知的“404 Not Found”（页面丢失）或“200 OK”（请求成功）。

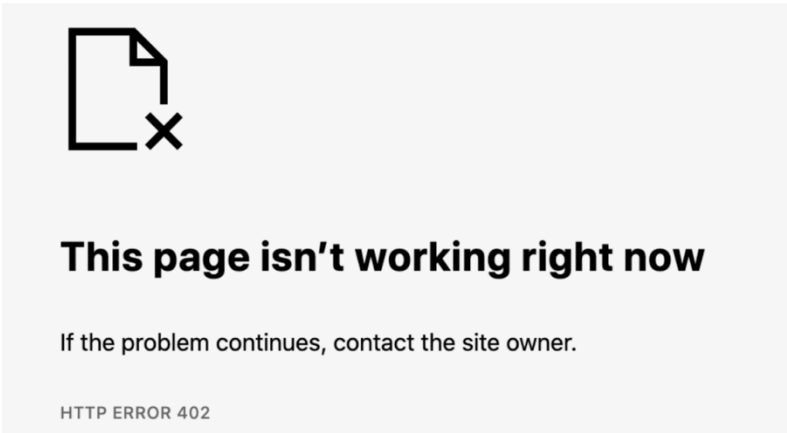
图 3：HTTP 状态码整理汇总表

状态码分类	状态码	英文含义	中文含义	状态码分类	状态码	英文含义	中文含义
1XX 信息响应	100	Continue	继续	4XX 客户端错误	400	Bad Request	错误请求
	101	Switching Protocols	切换协议		401	Unauthorized	未授权
	102	Processing	处理中		402	Payment Required	需要付款
	103	Early Hints	早期提示		403	Forbidden	禁止访问
2XX 成功	200	OK	成功		404	Not Found	未找到
	201	Created	已创建		405	Method Not Allowed	方法不允许
	.....				406	Not Acceptable	不可接受
	208	Already Reported	已报告		407	Proxy Authentication Required	需要代理认证
	226	IM Used	已使用 IM		408	Request Timeout	请求超时
3XX 重定向	300	Multiple Choices	多种选择		409	Conflict	冲突
	301	Moved Permanently	永久移动		410	Gone	已失效
	.....				411	Length Required	需要内容长度
	308	Permanent Redirect	永久重定向		.....	
5XX 服务器错误	500	Internal Server Error	内部服务器错误		428	Precondition Required	需要前提条件
	.....				429	Too Many Requests	请求过多
	510	Not Extended	未扩展		431	Request Header Fields Too Large	请求头字段过大
	511	Network Authentication Required	需要网络认证		451	Unavailable For Legal Reasons	因法律原因不可用

数据来源：Pharos Research

在庞大的状态码体系中，存在一个特殊的代码—— 402（Payment Required，需要付费）。该状态码隶属于 4xx 系列（客户端错误），其核心含义是因为未付费而拦截访问。然而，由于长期缺乏配套的互联网原生支付手段，HTTP 402 在很长一段时间内仅停留在定义层面，未能被赋予实际应用场景而激活，长期处于闲置状态。

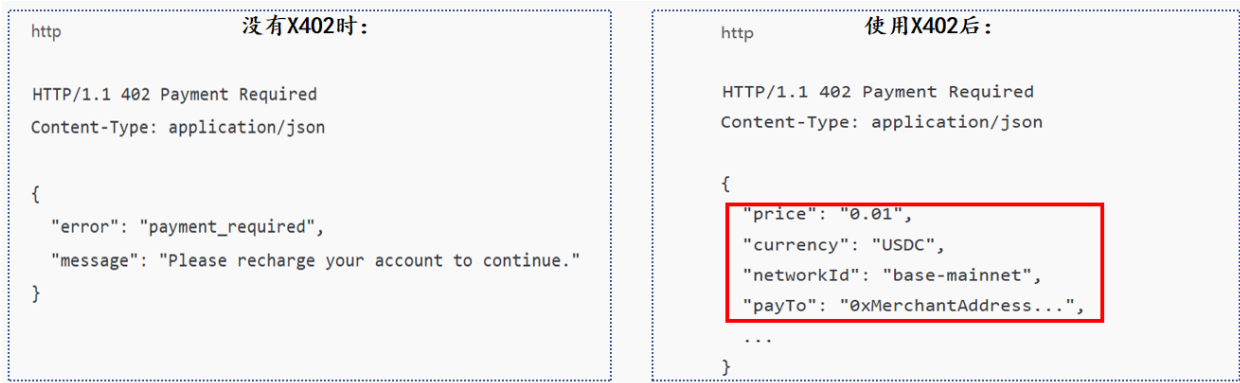
图 4：传统网络环境下 HTTP 402 (Payment Required) 错误页面展示图



资料来源：通用 Web 浏览器标准接口展示

x402 协议的核心创新，在于将服务器“拒绝请求”这一被动行为，转变为标准化的“报价交互”。在 x402 框架下，当服务器返回 402 状态码时，不再仅仅是单纯的访问拦截，而是会在响应头中同步封装具体的支付参数，涵盖金额、代币类型、目标区块链网络及收款地址等关键数据。这种机制赋予了客户端接收交易信息的能力，使其能够完成签字授权，并借助后续过程接入区块链交易结算体系（具体工作流程将在后续章节中详细分析）。从这个意义上来看，之前断裂的访问请求在 x402 协议的帮助下，被转化为连续的交易流程。

图 5：x402 协议启用前后 HTTP 402 响应机制对比图



资料来源：Pharos Research

图 5 清晰展示了 x402 协议启用前后，客户端接收到的 HTTP 状态码的响应差异，从中可以清晰看到，x402 协议赋予了 HTTP402 状态码交互性：

- 传统模式下，HTTP 402 返回的内容是非结构化且无效的，仅起到单纯的“报错阻断”的作用，符合 4xx 系列状态码“客户端错误”的原始定义。
- 内嵌了 x402 协议后，服务器的拒绝响应附带了一张“报价单”：它在返回 402 代码的同时，精准传递了完成交易所需的所有支付信息。这使得客户端能够据此识别需求，并在链上完成支付并自动发起二次请求。从这个意义上讲，x402 构建了一套“结构化报价系统”，成为了 Web2 HTTP 传输协议与 Web3 支付之间的中介通道。

03 / 协议的叙事逻辑：重塑互联网的价值交换层

3.1 核心痛点：传统互联网价值交换层的缺失

回顾万维网（WWW）的发展历程，HTTP 协议在信息传输效率上取得了巨大成功，但在价值交换层面始终存在结构性缺位。早在 1990 年代设计之初，HTTP 协议就未能内置原生的“支付”功能，这导致过去三十年互联网商业模式不得不依赖于平台化的迂回路径。这种模式确立了平台对流量入口与内容出口的双重控制，在平台、用户与创作者的三方博弈中，逐渐暴露出一系列难以调和的系统性弊端。

- 盈利模式层面：由于缺乏原生的小额支付手段，广告驱动成为了互联网默认的生存法则。据 GroupM 统计数据预测，2025 年全球互联网广告市场规模将超过 1 万亿美元^[1]。Google、Meta、X (Twitter) 等巨头垄断了绝大部分收益，迫使互联网陷入“注意力经济”的恶性循环。为了追求点击率，低质、博眼球的内容泛滥，不仅割裂了用户体验，更造成了信息环境的逆向淘汰。
- 收入分配层面：平台中心化现象极为严重。在现有体系下，创作者沦为平台的数字劳工，绝大部分剩余价值被平台截留，创作者缺乏直接的变现渠道，只能被动依赖平台的算法推荐与二次分配，难以获得即时且公平的正反馈。
- 支付方式层面：用户被迫接受高门槛的订阅制，无法按照实际需求进行“按次”付费，且必须支付高昂的平台手续费，直接阻断了长尾内容的价值实现。
- 信息安全层面：用户的隐私泄露与数据滥用现象严重。为了支撑庞大的广告机器，平台对用户进行全方位的追踪与数据收集，导致用户隐私被系统性侵蚀，甚至出现数据倒卖的恶劣现象。

上述弊病虽长期存在，但因平台垄断而难以撼动。然而，AI Agent（智能体）时代的到来宣告了旧模式的彻底失效。Agent 的运行逻辑是高频调用、自动化执行与无摩擦访问，这与传统平台经济理念完全相背。可以说，当下互联网平台经济中机器经济价值交换层的缺失，已成为 AI Agent 商业化落地的最大阻碍。

3.2 解决方案：x402 带来的机器经济基础设施

x402 协议的出现，本质上是为互联网补上了缺失的机器支付接口。它通过三个层面的改进，解决了上述阻碍。

第一，确立微支付标准，满足按次付费需求。x402 允许 API 调用、数据访问或 GPU 算力以“次”或“秒”为单位精确计价。例如，研究人员可以用 0.25 美元获取单篇文献，而无需支付昂贵的年费；AI 模型可以为每次图像识别支付 0.005 美元。这种颗粒度的支付能力是传统订阅制无法企及的。

第二，提供即时结算，适配机器高频交互。相较于传统金融结算往往需要数天时间，x402 依托链上网络实现了毫秒级的交易确认，能够满足机器间高频调用的速度需求。

第三，去除中介环节，实现点对点价值流转。协议直接连接服务方与支付方，省去了平台中介的手续费，让收益能够直达创作者，真正实现了无摩擦支付。

图 6：x402 与主流支付渠道性能数据对比图

支付渠道	典型费用	结算时间	拒付风险	吞吐量 (TPS)
信用卡	\$0.30 + 2.9%	数天 (批量结算)	有 (长达 120 天)	理论值 ~6.5万
PayPal	~3% + 溢价	即时授权(结算需数天)	有	未知
ACH 转账	浮动	1-3 天	有	有限
以太坊 L1	\$1-5 Gas费	1-2 分钟 (确认)	无	15-20
x402 (Base链上)	<\$0.0001	200毫秒	无	数千

资料来源：Coinbase 官网

3.3 爆发契机：供需交汇与行业推手

HTTP 402 标准虽然已存在 26 年，但直到今天才通过 x402 迎来落地契机，这是供给、需求与行业推动力三重要素共同作用的结果。

需求侧的紧迫性来自两方面：一是 AI Agent 对跨平台、高频调用 API 及数据服务的刚需，传统支付体系无法支撑这种“机器到机器”的自动化交易；二是 AI 产业自身的生存压力，模型训练面临高昂的算力成本与语料库版权补偿难题，急需一种能让 AI Agent 自身产生现金流的商业模式来覆盖成本。

供给侧的成熟度则得益于 Web3 基础设施的完善。高性能公链（如 Base、Solana, Pharos）与高流通性稳定币（USDC）的普及，让链上支付具备了秒级确认和极低成本的特性，使得互联网微支付在技术和经济上首次具备了可行性。

关键的推动力在于行业巨头的入局。Coinbase 开源了协议规范，Google 与 Visa 提供了背书支持，Cloudflare 等基础设施巨头联合发起 x402 基金会。这种致力于将 x402 确立为新型“开放互联网标准”的合力，极大降低了集成门槛，加速了生态系统的形成。

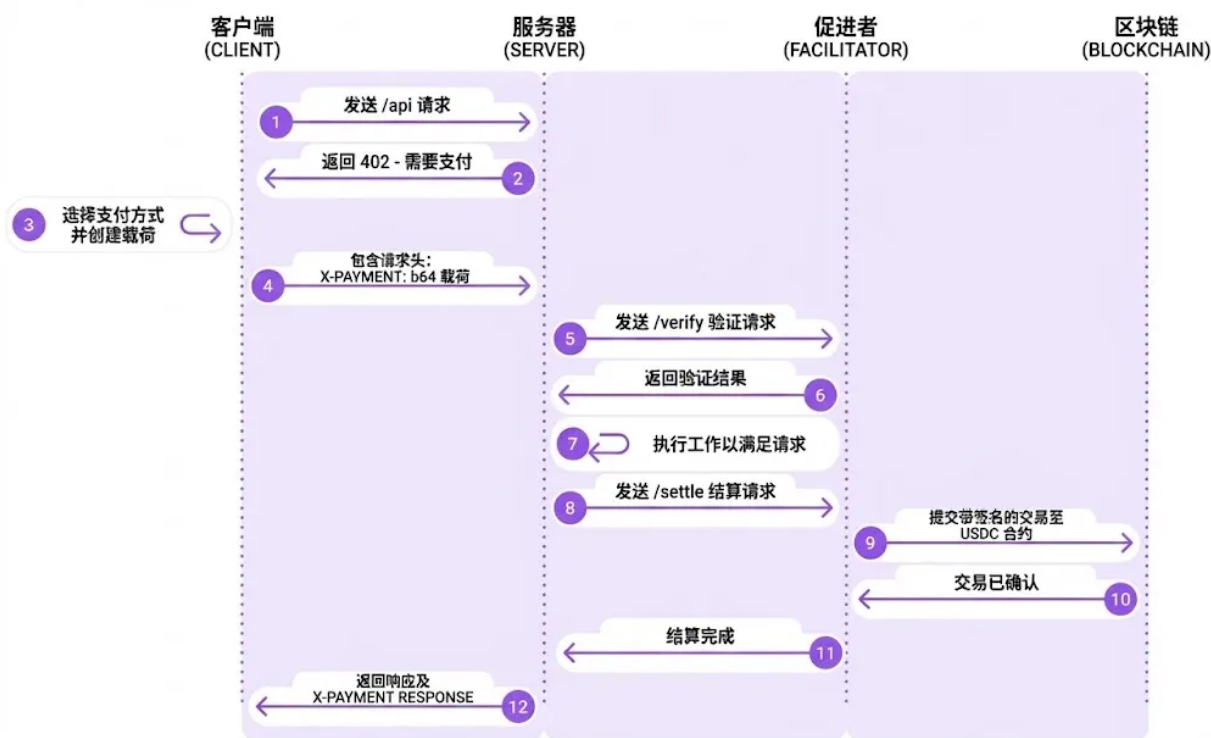
正是由于技术供给与 AI 需求的交汇，配合巨头的合力推动，x402 从一个沉睡的标准变成了现实的解决方案，从理论构想开始向基础设施跨越。

04 / 底层架构解析：Web2 与 Web3 的通用翻译器

4.1 协议的定性：标准化的交互规范

在剖析 x402 的具体运作之前，首先必须明确其技术定性。x402 并非某一个具体的应用程序、组件，而是一套协议（Protocol），即一份定义了各方如何协作的规则说明书，或者说是一套标准化流程。它并不直接接管资金流转——那是底层区块链网络的功能——而是专注于标准化“信息交流”的过程。

图 7：x402 的工作流程示意图（标准版，含 Facilitator）



资料来源：Coinbase 官网 [2]

正如图 7 所示，x402 作为一套标准化流程，旨在标准化客户端、服务器以及协调者（Facilitator）三者之间的协作模式。其核心任务在于解决信息交互中的三个基础问题：

- 信息由谁向谁传输？
- 传输何种内容？

- 采用何种格式传输？

通过对这三个维度的标准化定义，x402 成功地将 Web2 的超文本传输协议（HTTP）与 Web3 的价值结算网络（链上交易）连接起来，建立了一套通用的机器协作语言。

4.2 核心参与者：引入“协调者”的三方架构

依据 Coinbase 的架构定义，x402 的生态系统由三大主体构成：在常见的客户端（Client）和服务端（Server）之间加入了协调者（Facilitator）的角色，图 7 出自 Coinbase 公布的 x402 官方介绍指南，详细介绍了三者的协调工作流程。

- Client（客户端）：链下发起请求的主体，包括用户终端、或自主运行的 AI Agent。
- Server（服务端）：持有 API、数据或算力的资源内容供应方。
- Facilitator（协调者）：这是 x402 架构中最为特殊的角色，它承担着“验证”与“执行”的双重职能，不仅负责验证客户端提供的签名凭证的有效性，同时将链下的支付指令转化为链上的结算交易。

需要特别指出的一点是：Facilitator 是一个逻辑上的功能角色，而非强制独立的第三方实体。在实际部署中，如果服务端具备相应的链上交互与验证能力，完全可以自行承担这一职能，从而在系统内部实现闭环，无需引入外部进程；但在实际应用中考虑到部署成本和运维开支，服务方通常会选择引入外部的第三方 Facilitator。^[3]

4.3 协议的运作机制：从请求到结算的价值流转

x402 充当了 Web2 传输协议与 Web3 价值结算层的通用翻译器，专注于标准化信息流（而非区块链结算）。根据 Cloudflare 官方的解析，其标准 workflow 可概括为以下六个关键步骤^[4]：

图 8：x402 主要工作流程梳理图

所属阶段	对应图7的步骤	信息传递方向	主要内容
客户端发起资源请求	1	Client → Server	客户端向受 x402 保护的资源发起请求（如 GET /api），此时尚未涉及支付信息
服务端返回支付要求	2	Server → Client	服务端收到请求后，返回 402 Payment Required 响应，并在响应中提供支付所需的信息，包括金额、币种、收款地址等支付细节
客户端生成支付授权（签名）	3	Client 本地	x402 客户端在本地生成支付凭证（内含支付信息），再根据不同区块链标准（如 EIP-3009、SPL Token-2022）对此支付凭证签名授权
客户端提交支付凭证	4	Client → Server	客户端重新发起请求，并在请求头里带上 X-PAYMENT 字段，用于携带上一步的支付凭证
支付验证与链上结算	2025/5/11	Server ↔ Facilitator ↔ Blockchain	Facilitator 接收到 X-PAYMENT 字段，对其中的支付凭证进行检验；确认有效后，Facilitator在对应的区块链网络上发起交易结算，完成链上支付
支付确认与资源返回	12	Server → Client	支付完成后：（1）服务端验证支付成功并确认无误，在响应中附带 X-PAYMENT-RESPONSE 字段表示已确认（2）服务端返回实际资源内容给客户端

资料来源：Cloudflare 官方博客 ^[4]

基于以上过程，x402 的完整工作流程可以被拆解为“结构化报价”、“签字授权”与“验证结算”三个核心阶段（即在图 8 中的二、三、五三个环节），分别对应：服务端、客户端、协调者三位主要参与者。这三个阶段紧密衔接，共同完成了一次无需人工干预的自动化微支付。（具体三个阶段如图 9 所示）

图 9：x402 核心工作步骤示意图



资料来源：Pharos Research

4.3.1 第一阶段：服务端结构化报价

这一阶段最能体现 x402 名字的由来，实质上是对交易条件的“结构化报价”。在服务端识别到客户端的请求后，会返回 HTTP 402 Payment Required 状态码。在该响应的响应头或响应体中，服务端会明确给出本次访问所需的支付参数，包括但不限于：

- 支付金额
- 支付币种
- 收款地址或收款账户标识
- 支付过期时间
- 链网络等

服务端通过返回 HTTP 402 状态码，同步返回了交易信息，通过 HTTP 状态码正式激活了 x402 协议流程。

4.3.2 第二阶段：客户端签名授权

这一步的本质是客户端对交易信息确认，并完成自动化的签名授权。在收到 HTTP402 响应后，客户端并不直接发起链上转账，而是根据服务端提供的交易信息，在本地生成支付凭证，并进行加密签名以授权。

该过程依赖于特定的资产标准：在 EVM（以太坊虚拟机）体系中，客户端基于 EIP-3009 标准生成授权；而在 Solana 体系中，则依据 SPL / Token-2022 标准。

完成签名授权后，客户端再次发起请求，将包含支付凭证的签名封装在 X-PAYMENT 请求头中。这种“离线签名”机制使得客户端无需直接同区块链交互，仅需提供授权即可。

4.3.3 第三阶段：协调者的验证与结算

当客户端对 X-PAYMENT 请求发送至服务端后，协调者（Facilitator）介入处理。它首先对支付凭证进行严格校验：

- 检查签名的合法性、以及授权是否过期
- 验证金额、币种、收款地址与预期要求是否一致

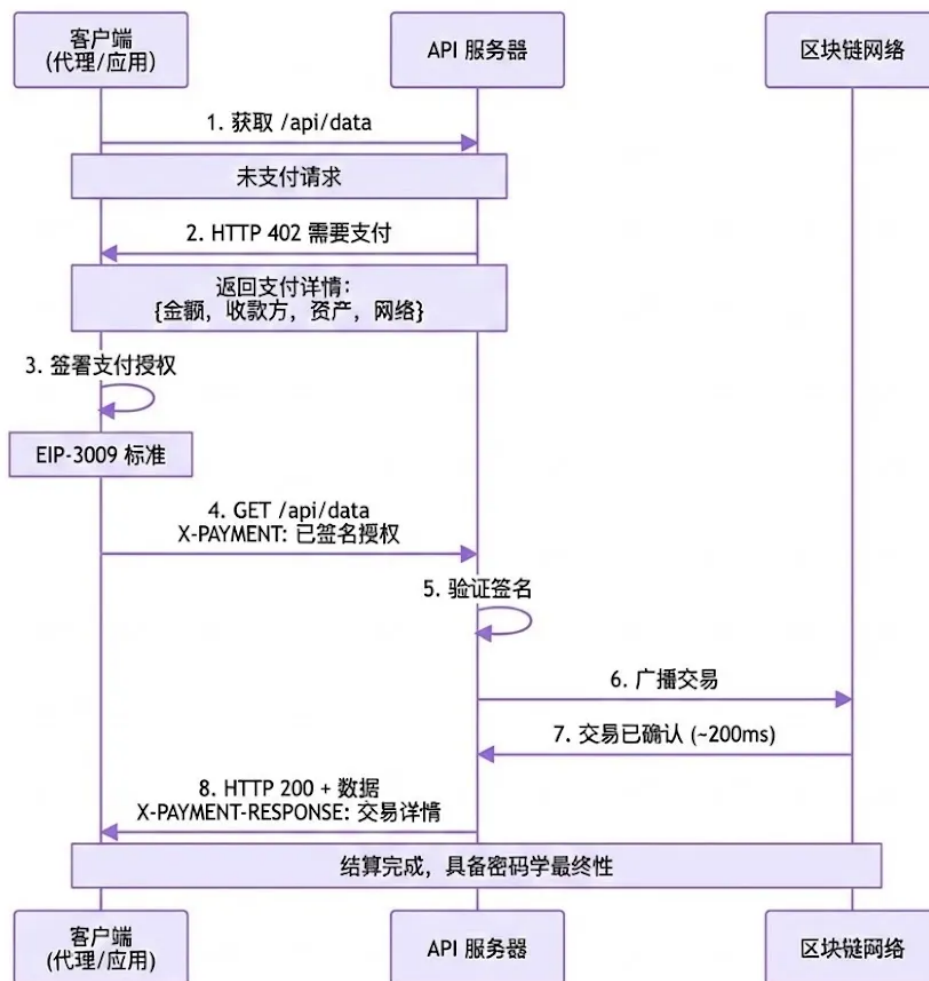
当校验无误后，Facilitator 将在对应的区块链网络上发起实际的结算交易，完成资金划转。当链上确认交易成功后，Facilitator 把支付结果汇报给服务端，服务端确认无误后就向客户端交付实际的资源内容。

4.4 关于架构的三点特殊说明

在 x402 流程下，客户端、服务端和协调者三者通力配合，将 Web2 的互联网资源与 Web3 的链上支付结合，从而完成一次自动化地微支付。对此有三点需要特别说明：

第一，在 x402 架构的实际落地过程时，**Facilitator（协调者）并不是强制需要独立为一个外部组件**。它的核心职能——验证签名与上链结算——可以根据服务端的开发能力灵活部署。普通开发者通常选择接入第三方服务以降低门槛，而技术成熟的服务端可采用“自托管”模式，直接在本地集成校验代码并与区块链交互（如图 10 所示）。这使得 x402 既能满足轻量级接入，也能适应高定制化的企业级需求。

图 10：x402 协议工作流程示意图（不含 Facilitator）



资料来源：金色财经

第二，x402 架构下的结算网络具有灵活性，并非强制接入区块链系统。x402 本质上是一套技术中立的凭证规范，而非单纯的区块链应用。虽然当前主流实现依赖链上交易，但这并不意味着排斥传统金融。只要某种结算体系（如银行账户或信用卡网关）能够生成可供机器验证的电子回执，理论上都能通过适配器封装进 x402 的标准流程中。目前行业内已经开始探索，把信用卡、银行账户等传统支付方式包装在 x402 流程中。

第三，协议本身具有免费的属性，但实际应用时基础设施侧仍会进行收费。x402 作为一套标准化的流程规范，其本身不收取任何费用，类似于 HTTP 协议的公共属性。但这不代表 AI Agent 的访问可以实现绝对的“零成本”。由于协议的运行依赖于底层的价值传输网络，因此成本压力转移到了基础设施层：

- 一方面，若使用第三方的 Facilitator 服务，可能涉及服务费或抽成；
- 另一方面，区块链网络本身的交易确认需要消耗 Gas 费。

因此，x402 带来的优势在于流程上的“无摩擦”与自动化，而非经济上的“零开销”，其最终的运行成本将高度依赖于所选公链的性能与 Facilitator 的定价策略。

05 / 无感支付 (Gasless) 的实现机制：链下授权 + 链上代付

从用户或 AI Agent 的实际操作视角来看，x402 协议带来的核心变革是“无感支付”（Gasless）体验。使用者仅需持有 USDC 等业务资产即可完成链上支付，既无需储备 ETH、SOL 等原生 Gas 代币，也无需感知复杂的矿工费机制。这一过程中的摩擦成本，或由第三方代付，或已隐性包含在报价之中。

x402 之所以能实现这种高度顺滑的交互，其底层逻辑在于“链下签名授权+链上协调者代付”的结合。这也意味着，该协议的多链扩展能力，本质上取决于链下资产标准与链上协调服务之间的适配程度。

5.1 链下签名授权：无感交互的技术基石

x402 实现 Gasless 体验的关键，在于从根本上改变了交易的发起方式。传统的链上交互要求用户持有原生 Gas 代币并主动广播交易，而在 x402 模式下，客户端仅负责“签名授权”，实际的链上执行权则移交给了 Facilitator。这种“链下授权 + 链上代付”的模式，主要基于 EVM 生态的 EIP-3009 标准以及 Solana 生态的 SPL/Token-2022 标准构建。

在 EVM 体系中，x402 采用了 EIP-3009 标准，定义了一种通过签名授权转账的规范。它允许用户通过符合 EIP-712 规范的加密签名，将资产转移的执行权和 Gas 支付责任委托给第三方。值得注意的是，这与以太坊 Pectra 升级中备受关注的 EIP-7702 有本质区别：EIP-7702 侧重于链层面的账户抽象，赋予 EOA 账户智能合约能力；而 x402 选择的 EIP-3009 则是代币合约层面的接口规范。这意味着 x402 选择了一条更轻量、更易复用的路径——只要链上的稳定币合约（如 USDC、EURC）实现了 EIP-3009，无需等待底层链升级，Facilitator 即可在任意兼容链上提供代付服务。Cronos、SKALE 等项目方已经在官方文档中进行说明。

在 Solana 体系中，虽然缺乏直接对标 EIP-3009 的标准，x402 的机制思路依然一致。协议直接构建在 SPL / Token-2022 Token Program 之上，客户端对包含金额、有效期等信息的 Payload 进行签名，后续由支持 Solana 的 Facilitator（如 PayAI）接收并在链上构造包含 Transfer 指令的交易，并以自身账户作为 Fee Payer 支付 SOL 手续费。

图 11: 账户抽象（ERC-4337）与x402对比图

	账户抽象（ERC-4337）	x402
核心目标	把“钱包”升级成智能账户	把“支付”变成 HTTP 原生能力
主要层级	链上执行层的交易	Web 层的协议
涉及的区块链	原生为以太坊+各类EVM链	协议本身与链无关
对钱包的要求	强依赖钱包实现ERC-4337接口，普通EOA不适用	协议本身对钱包无特殊要求
架构复杂度	架构复杂，链上链下角角色众多（EntryPoint、Bundler、Paymaster等）	协议本身简单（只通过Facilitator实现）
资料来源：Pharos Research		

与采用 EIP-7702 标准的账户抽象（Account Abstraction,简称 AA）不同，x402 更多聚焦于 Web 层协议的优化。由于其本身不涉及钱包与区块链架构的变更，因此在适配性与架构复杂度方面具备显著优势，有望解决此前账户抽象方案被业界所诟病的诸多痛点。

综合以上分析，签名授权机制在 EVM 侧的 EIP-3009 + Solana 侧的 SPL / Token-2022，共同为 x402 提供了“签名授权 → Facilitator 代付执行”的基础路径。对客户端来说，无论底层是 EVM 还是 Solana，x402 最终都在客户端侧统一了交互范式：仅需一次签名，配合一个 HTTP 请求，即可完成支付。

5.2 协调者机制：审计节点与代付通道的双重职能

在 x402 网络架构中，Facilitator（协调者）是连接 Web2 HTTP 请求与 Web3 链上结算的关键枢纽。它并非单纯的信息转发器，而是承担着“审计验证”与“代理支付”的双重职能。尽管服务端可选择自建该组件，但在降低开发运维成本的考量下，调用外部 Facilitator 已成为主流方案。

5.2.1 前置准备：基于 HTTP 402 的请求与协商

整个流程始于客户端与服务端的交互协商。当客户端（无论是用户还是 AI Agent）向受保护资源发起请求时，服务端会返回 HTTP 402 Payment Required 响应。

这一响应体实际上是一份明确的“报价单”，详细列出了所需的金额、资产类型及有效时间。客户端在收到报价后，并不直接发起链上操作，而是对包含金额、Nonce（随机数）、有效期等关键信息的支付指令进行离线签名。

随后，客户端将这一签名封装进 X-PAYMENT 请求头，再次向服务端发起请求。这一过程完成了支付意愿的数字化授权，为后续 Facilitator 的介入做好了准备。

5.2.2 Facilitator 的角色一：审计验证节点

服务端收到带有签名的请求后，引入 Facilitator 介入，首先履行其作为“审计验证节点”的职能。Facilitator 通过调用 /verify 接口充当审计员角色。在这一阶段，Facilitator 并不直接操作区块链，而是专注于对客户端提交的数据进行密码学层面的严格校验。其审计重点包括：签名的有效性验证、支付金额与报价的匹配度、Nonce 的唯一性（防止重放攻击）以及授权的时效性。通过这一层链下审计，Facilitator 能够精准过滤掉无效或恶意的请求，确保只有合法、真实且唯一的交易指令才能进入后续支付管道。这不仅极大节省了链上资源，更在 Web2 的业务逻辑与 Web3 的资产安全之间建立了一道必要的防火墙。

5.2.3 Facilitator 的角色二：代理支付通道

一旦通过上述审计，Facilitator 即刻切换至“代理支付”角色，负责与区块链进行实质性的交互。Facilitator 调用 /settle 接口，将用户已签名的指令包装成标准的链上交易，并通过 transferWithAuthorization 等标准接口将其广播至区块链网络。

这一环节是实现“无感支付”的关键所在：该笔交易产生的所有 Gas 费用通常由 Facilitator 垫付。这意味着用户无需持有 ETH、SOL 等原生代币，也不必关心复杂的 Gas 机制。Facilitator 利用自身的资金储备完成了资产转移操作，实际上充当了用户的“链上代理支付人”，从而为前端用户或 AI Agent 提供了完全无摩擦的支付体验。

5.2.4 凭证交付与交易闭环

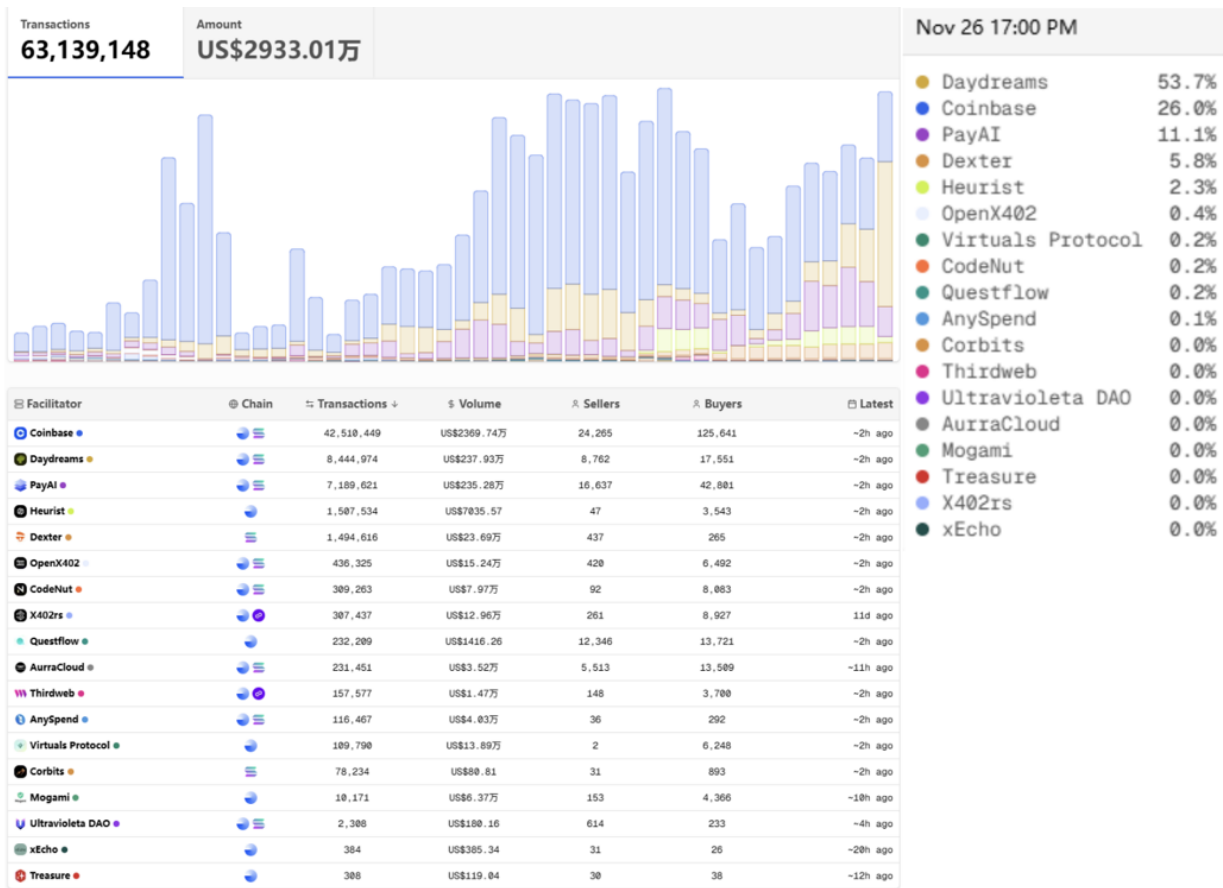
当链上交易被确认后，Facilitator 会生成唯一的交易哈希（txHash）。这串哈希值被作为不可篡改的“凭证”，放入 X-PAYMENT-RESPONSE 响应头中返回给服务端。服务端据此确认款项已成功到账，随即解锁并向客户端交付资源。

至此，从请求、报价、审计、代付到最终交付，形成了一个严密的“支付 ↔ 交付”强绑定闭环。

5.2.5 市场格局：巨头主导与多元化发展

从生态发展的视角来看，Facilitator 市场已形成多极化共存的格局。根据 x402scan 的链上统计数据（2025 年 10 月 27 日-11 月 27 日），过去一个月内 x402 网络总处理交易额达 2933 万美元，交易笔数突破 6313 万笔。

图 12：主流 Facilitator 服务商的市场份额分布



资料来源：x402scan，数据区间：2025 年 10 月 27 日-11 月 27 日

通过图 11 的分析可知，Facilitator 的市场当下呈现出明显的头部效应与细分化发展趋势：

- **Coinbase CDP Facilitator** 占据了绝对的主导地位，月交易额达 2369 万美元（约占 80%）。其核心优势在于 Base 链上 USDC 的免手续费结算能力，以及对 KYT/OFAC 合规审查的完善支持，使其成为合规商业场景的首选，目前业务已拓展至 Solana 链。
- **PayAI Facilitator** 则深耕 Solana 生态，月交易额约 235 万美元（占比约 8%）。凭借“Solana-first”的策略及多链覆盖能力，PayAI 在中小型开发者及 AI Agent 市场中建立了稳固的阵地。
- **Daydreams Facilitator** 代表了原生的 Agent 经济体新势力。作为一个生成式 AI 代理的应用框架，Daydreams 是专注于创造高自主性、多模态 AI 代理的软件工具包，为 AI Agent 提供的是智能逻辑和生成能力。尽管月总成交额（约 237.93 万美元）与 PayAI 持平，但在 11 月 26 日单日，Daydreams 的日交易额占比一度超过 50%，短期内甚至反超了 Coinbase，系特殊项目使用量过高所驱动，后续逐渐恢复平稳。

这种多元化的生态结构，在去中心化与商业合规之间维持了动态平衡。大型机构可选择合规性强的 Coinbase，而原生 Web3 开发者则倾向于 PayAI 或 Daydreams。不同 Facilitator 在合规审查、费用补贴及开发者体验上的差异化竞争，正在加速 Agent 经济基础设施的成熟。

5.3 扩展性逻辑：多链适配与资产兼容策略

得益于“链下授权”的底层设计思路，x402 具备天然的多链兼容性。其支付能力的边界并不受限于特定的区块链网络本身，而是取决于“资产标准”的普适性。这意味着，x402 的扩展逻辑不再是针对每一条链进行单独开发，而是基于资产合约的通用性进行适配。

在主流生态的适配上，标准化的代币合约已铺平了道路。在 EVM 生态中，任何在合约层实现了 EIP-3009 标准的代币（典型如 USDC、EURC、AUSD 等），理论上均可直接通过 x402 协议用于无感支付，其落地的唯一前置条件仅是该网络上存在支持对应链的 Facilitator 服务。同理，在 Solana 生态中，x402 直接支持所有标准 SPL 与 Token-2022 代币（如 USDC-SPL），无需进行额外的协议层配置即可实现无缝接入。

针对非原生兼容网络，生态中已涌现出“封装适配”的扩展方案。以 BNB Chain 为例，由于其缺乏原生支持 EIP-3009 的稳定币，生态开发者 Pieverse 推出了类似 x402b 的扩展协议。该方案通过发行封装稳定币 pieUSD，以 1:1 的比例锚定 USDT，并在合约层面补齐了 EIP-3009 风格的签名授权接口。这种“封装适配”的路径证明了 x402 协议具备极强的可塑性——即便底层设施暂缺，也能通过合约层的改造完成接入。

基于上述架构，用户和 AI Agent 理论上只需持有少数几种主流稳定币（如 USDC 或 pieUSD），即可在多条链上通过统一的 x402 支付流程完成结算。

综上所述，剖析 x402 的关键架构设计，可以发现两点事实：

- 第一，无论是前端呈现的“无感支付体验”，还是后端具备的“跨链兼容能力”，最终都源于“链下签名+链上代付”的模式。
- 这一模式的实现，关键取决于两项架构：统一的资产签名标准 + 通畅的 Facilitator 代付通道。

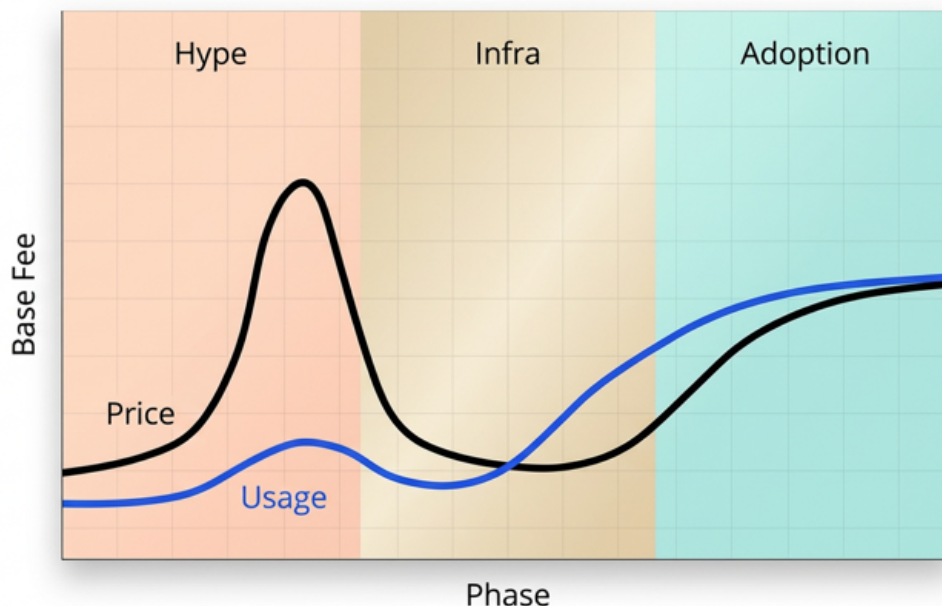
资产标准赋予了“授权的通用性”，而 Facilitator 解决了“执行的自动化”问题。这两个要素构成了 x402 协议运行的基础，只要满足这两个条件，任何区块链网络（甚至是其他结算网络）都能被转化为 AI Agent 可用的自动化支付设施。

06 / 生态全景：从叙事泡沫走向基础设施的现实进展

6.1 协议进展的研判：由炒作向建设迈进

根据 Gartner 技术成熟度曲线 (Gartner Hype Cycle) , ^[5]一项叙事都要经历 Hype(炒作) - Infra(建设) - Adoption(应用) 这三个过程。

图 13：Gartner 技术成熟度曲线示意图



资料来源：Pharos Research

- **炒作期 (Hype)**：市场由情绪与宏大叙事主导，资金集中涌向相关代币与 Meme 项目，导致资产估值在短期内与基本面脱钩。这一阶段通常持续数周至数月，随后伴随热度退潮进入价值回调；
- **基础设施期 (Infra)**：投机泡沫褪去，资金与人才转向实质性建设。开发者致力于完善底层协议、工具链与生态配套。此阶段伴随着残酷的优胜劣汰，缺乏工程落地能力的项目将逐渐消亡；
- **应用期 (Adoption)**：少数头部协议成功跨越鸿沟，验证产品市场契合度 (PMF)，从投机标的转变为产生实际现金流的业务组件。

图 14：x402 的诞生与应用时间线整理图

时间	事件	意义与影响
1999年	HTTP/1.1 规范收录 402 状态码 (HTTP402)	HTTP 402 (Payment Required)状态码被预留，但无标准化应用
2025年5月6日	Coinbase 发布 x402 协议	x402 协议诞生，同时 HTTP 402 状态码的理念首次迎来规模化应用
2025年9月16日	Google 发布 AP2 (Agent Payments Protocol)，x402 成为其加密支付选项之一	x402 第一次获得 Web2 巨头接纳，成为连接 Web2 与 Web3 支付的桥梁
2025年9月23日	互联网巨头Cloudflare宣布纳入 x402 生态，并与 Coinbase 共建 402 基金会	x402 的应用场景与基础设施极大扩展。基金会的成立标志着其进入专业化、长期化运营
2025年10月14日	Visa宣布与Coinbase合作，将 x402 整合至其 TAP (Trusted Agent Protocol) 协议	x402 获传统金融巨头认可，开始向主流支付领域渗透
2025年9-10月	单周交易接近50万笔，月环比增长超 10,000%，单日交易峰值达 23.9 万笔	x402 大规模推广，通过市场验证
2025年10月25日	PING meme 币因关联 x402 概念爆火，市值突破 \$60M	x402 概念“出圈”，引发加密市场乃至圈外的巨量关注
2025年10月25日	Kite AI 宣布在其AI支付公链中深度集成 x402	x402 从“协议插件”进一步升级为部分 AI 公链的默认支付轨道
2025年10月27日	PayAI 作为第三方 Facilitator 异军突起，市值一度反超 PING，并处理约 14% 的 x402 成交额	生态重心从纯 Meme 逐步转向“审计 + 代付”的基础设施建设赛道
2025年11月初	行业技术文开始把 x402 与 MCP、A2A、AP2、ACP等权威 AI Agent 底层协议并列讨论	x402 不再被单独视为“某个支付协议”，而是被归类为 Agentic Internet 技术栈的关键一层
2025年11月中旬	Google AP2 文档上线“AP2 and x402”专题文档，阐述 AP2 如何与 x402 协同	x402 与巨头的集成度加深，进一步巩固x402 作为现行 AI Agent 协议核心组件的地位
.....		
资料来源：互联网公开信息，Pharos Research 整理		

结合图 14 的时间轴与当前市场数据，可以判断：目前 x402 正处于由“炒作期”向“基础设施期”的关键过渡阶段。

- 叙事发酵与泡沫化：** x402 最早在 25 年 5 月被 Coinbase 推出仅作为 技术尝试出现，但在 a16z crypto 发布《State of Crypto 2025》报告后，其叙事被迅速拔高，与 "Agentic Commerce"（智能体商业）的万亿级潜在市场深度绑定。这种宏大叙事在 10 月份达到顶峰，以 PING 为代表的 Meme 代币暴涨，成功在加密社交媒体引发了现象级的讨论热度。

- **价值回归与赛道切换：**近期，随着早期投机情绪的冷却和相关代币价格的回落，市场正在经历健康的“去泡沫化”过程。更重要的是，资金与注意力已经出现实质性转移：
 - **从 Meme 到 Infra：**10 月 27 日，第三方服务商 PayAI 的市值反超 Meme 币 PING，且处理了全网约 14% 的成交额。这一数据反转标志着生态重心已从纯粹的投机炒作，转向了以“审计 + 代付”为代表的基础设施建设赛道。
 - **技术栈的标准化：**行业讨论不再局限于币价，而是聚焦于技术标准的融合。x402 正逐渐被视为与 ERC-8004、MCP (Model Context Protocol) 、A2A 及 AP2 等并列的核心组件。

综上所述，虽然市场热度短期内有所降温，但这恰恰是协议走向成熟的标志。x402 正在剥离金融炒作属性，回归技术本位。其未来的生态落地，将取决于其在多智能体协作网络中作为“价值传输标准”的实际采用率，值得持续跟踪观察。

6.2 巨头入局：x402 如何与 AI 巨头构建 AI Agent 协同生态

从协议栈的视角审视，AI 代理 (AI Agent) 经济正在演化出一套清晰的三层架构：连接层负责数据链路与能力调用，信任层确立身份主权与声誉体系，交易层完成价值的最终结算。

在此架构中，MCP、A2A、x402、AP2、ACP 以及 ERC-8004 分别占据了关键的生态位，真正的竞争不在于谁取代谁，而是谁能成为互相兼容、可组合的基础设施。在这一格局中，x402 有机会与巨头协议形成分工明确的组合，成为 AI agent 经济中默认的底层支付标准。

6.2.1 连接层 (Connectivity Layer)：MCP 与 A2A 的角色分工

在智能体能够进行经济活动之前，它们首要解决的是数据获取与协作问题。目前，Anthropic 主导的 MCP (Model Context Protocol) 和 Google 主导的 A2A (Agent-to-Agent) 是该领域的两大核心支柱，它们分别代表了“向内”和“向外”两种不同的连接逻辑。

MCP 协议专注于解决数据的深度 (Depth) 问题。它通过标准化的客户端-主机-服务端架构，充当了 AI 的通用接口，使其能够直接读取本地数据库、代码库或私有文件。如果没有 MCP，AI 就像一个只有推理能力却无法查阅资料的分析师。与之相对，A2A 协议则专注于扩展能力的广度 (Breadth)。Google 将其设计为智能体之间的社交网络，通过标准化的“代理名片”让智能体发现彼此，并将复杂的长流程任务委派给其他更专业的智能体执行。

图 15：连接层主流协议对比图（MCP vs A2A）

协议名称	MCP	A2A
全称	Model Context Protocol	Agent-to-Agent
主导方	Anthropic	Google
核心功能	向内（Southbound）：连接工具与数据	横向（East-West）：智能体之间的协作与委派
类比	给模型接上统一接口，读取本地与专有数据	给每个代理发“名片”，实现代理之间的互相雇佣
架构	客户端 - 主机 - 服务端（基于 JSON-RPC 2.0）	点对点交互（基于 HTTP）
适用场景	深度推理、长上下文、复杂工具调用	大规模编排、多代理协作、跨系统协同
资料来源：Pharos Research 整理		

这两者在实际应用中并非互斥，而是高度互补：

- MCP 更适合把“一个智能体”和其所需的数据、工具连接得更深；
- A2A 更关注“多个智能体”之间如何可靠协作和任务分发。

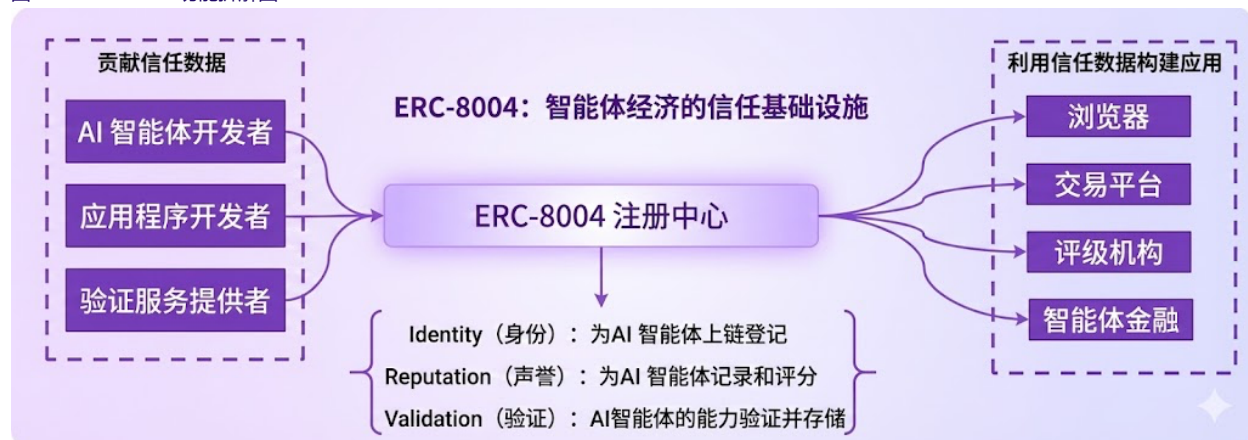
两者并不构成替代关系，而是分别解决纵向接入与横向协作的问题。据此二者在未来有望呈现混合态势：利用 MCP 深入挖掘垂直领域的的数据价值，同时通过 A2A 扩展横向的协作网络。

x402 在这一层的角色，更多是作为“价值载体被嵌入：它可以作为 MCP 服务器提供的一个标准工具，也可以通过 A2A 作为一个可调用的结算端点。Cloudflare 已在其 Agents SDK 和 MCP 服务器中加入对 x402 的支持，说明在实际工程落地中，连接层与支付层正在被同时标准化：前者负责把数据和能力接进来，后者让这些能力可以被“有偿使用”。

6.2.2 信任层（The Trust Layer）：ERC-8004 构筑身份基石

解决了数据连接后，智能体经济若要迈向商业化，必须跨越“信任”这道鸿沟。在开放网络中，如何区分高效的 AI 服务商与恶意的脚本机器人至关重要。ERC-8004 协议应运而生，该协议由以太坊基金会 dAI 团队、Consensys 联合 Google、Coinbase 等机构推出，旨在构建一个去中心化的商业注册系统，为每一个 AI 智能体赋予可验证的身份、履历与能力证明。

图 16: ERC-8004 功能拆解图



资料来源: Bitget Wallet

ERC-8004 体系通过三个核心注册表构建了完整的信任闭环，为后续的 x402 交易提供安全前置：

- 首先是**身份注册表 (Identity Registry)**：智能体的“数字护照”。利用 ERC-721 协议为智能体生成唯一的链上身份。这不仅赋予了智能体跨平台携带身份的能力，还通过标准化的“代理卡片”公开记录其基础元数据，使其具备了无需许可的被发现能力。
- 其次是**声誉注册表 (Reputation Registry)**：去中心化的“信用评分”。这是 ERC-8004 与 x402 结合最紧密的环节。该机制构建了一个防篡改的评价系统，其核心创新在于评价即交易证明——所有反馈必须与 x402 的链上支付记录挂钩。这确保了仅有真实的交易参与者才能进行评价，有效遏制了刷单与欺诈行为，确立了透明的声誉市场。
- 最后是**验证注册表 (Validation Registry)**：高价值交易的“问责机制”。针对高风险交易提供终极保障。智能体可以调用 TEE 预言机或 ZK-ML（零知识机器学习）证明，将其推理过程的正确性固化在链上。这种机制为智能体引入了类似专业服务领域的问责制。

通过 ERC-8004 确立身份与信誉，配合 x402 完成价值流转与行为证明，两者共同奠定了一个无需许可 (Permissionless)、透明且高效的智能体服务市场。在此坚实地基之上，智能体浏览器 (Explorers)、去中心化市场 (Marketplaces) 以及智能体金融 (AgentFi) 等上层应用才具备爆发的可能。

6.2.3 交易层 (Transaction Layer)：x402、AP2 与 ACP 的分工与协同

当数据获取与身份验证完成后，即进入最终的价值交换环节。目前，x402、AP2 和 ACP 代表了交易层的三种核心标准，它们不仅体现了不同的技术路线，也反映了三种不同的设计思路：互联网原生与去中心化 (x402)、授权和合规优先 (AP2)、对现有电商体验的升级 (ACP)。

图 17：交易层主流协议对比图（x402 vs AP2 vs ACP）

项目	x402	AP2	ACP
全称	HTTP 402 Protocol	Agent Payments Protocol	Agentic Commerce Protocol
属性	互联网原生 + 去中心化	授权与合规导向	贴近现有电商结账体验
推动者	Coinbase + Cloudflare	Google	OpenAI + Stripe
主要功能	利用 HTTP 402，将支付视为网页与 API 的原生能力	解决“代理人风险”，强化授权、风控和审计闭环	在现有信用卡体系上，优化 AI 驱动的结账与订阅流程
支付方式	稳定币	法定货币 / 信用卡	代币化卡片凭证（Tokenized Cards）
结算方式	链上结算，无国界限制	依托 Visa / Amex 等传统支付网络	依托 Stripe / Worldpay 等收单网络
核心优势	高频微支付、费用极低、可编程性强	安全、可追责、满足合规要求	对既有商户友好，可无缝接入现有电商体系
资料来源：Pharos Research 整理			

在上述竞争格局中，x402 展现出了不可替代的生态位优势：

- Google 的 AP2 和 OpenAI 支持的 ACP 更侧重于前端零售（B2C）场景。它们利用传统的信用卡和银行网络，重点解决人类消费者关心的合规、授权与资金安全问题。然而，这种依附于传统金融体系的架构存在天然短板：高昂的手续费和繁琐的验证流程使其无法处理高频、微额的机器间交易。
- 这正是 x402 的核心机会所在。作为基于 HTTP 402 标准和稳定币构建的协议，x402 专为后端自动化（B2B/M2M）设计。在数以亿计的 API 调用、数据流订阅和算力租赁场景中，机器需要以毫秒级的速度支付 0.01 美元甚至更少的费用。x402 的低摩擦与无国界特性使其成为该领域的最优解。

更关键的是，x402 具备极强的底层兼容性。它可以被视为一种基础的“结算管道”，嵌套在 AP2 或 ACP 的执行逻辑中。即：AP2 负责上层的治理（授权谁买、买什么），x402 负责底层的执行（资金流转）——这也是 Google 近期加码 x402 协议并不断推进集成的内在原因。

这种“AP2 治理 + x402 结算”的组合，极有可能成为未来智能体经济的主流形态。x402 并非 AP2 和 ACP 的替代品，而是填补了它们无法触达的高频、微额、机器对机器交易空间。

未来典型的多代理业务流可能呈现如下协同图景：

- 上游连接：MCP 连接企业内部知识库，A2A 协调多个代理组成任务小组。

- 资源采购（M2M）：当需调用外部 API 或算力时，在通过 ERC-8004 验证对方身份后，代理通过 x402 进行稳定币微支付，实现自动化的资源即时交割。
- 授权管理：涉及敏感资金或企业预算时，引入 AP2 协议记录“代理人授权”与审计日志。
- 终端结算（B2C）：最终面向人类用户收费时，通过 ACP 接入信用卡网络，提供无感支付体验。

综上所述，x402 承担的是机器经济中的基础结算底座，与负责“授权合规”的 AP2 和负责“终端体验”的 ACP 共同构成了 AI 时代分层明确、互为支撑的支付技术栈。

6.3 生态版图：多链协同下的智能体经济全景

目前已有 200+ 生态项目基于 x402 孵化，在 Base、Solana 与 BNB Chain 等生态中，已经形成了涵盖智能体（Agents）、服务商（Facilitators）、分析工具（Analytics）、标准与基础设施（Protocols）以及衍生资产（如 Meme）在内的多层生态版图。

图 18：x402 生态图景概览



数据来源：X 帖子 @henloitsjoyce

6.3.1 Agents: AI 智能体的商业化载体

在 x402 架构中，AI 智能体是驱动网络运转的执行载体，它们不仅是需求方，更是直接的交易发起方，贯穿了从数据访问到链上支付的全链路。

Base 生态中，SANTA 和 AurraCloud 是典型代表：

- SANTA 由 Questflow 与 Virtuals 团队合作开发，其中团队 Questflow 已于 2025 年 7 月完成由 cyber•Fund 领投的 650 万美元种子轮融资。它是一个自主 Agent 集群（多个 AI Agent 共同执行工作），也是跨链的 Facilitator。S.A.N.T.A. 这个名字代表 Swarmous Networked Task Agents（自主网络任务代理群），强调其作为一个协调的 AI 智能体网络，能够自主执行复杂的 Web3 任务。一方面，它基于 Questflow 的 QDP（开发者平台）和 MAOP（多代理编排协议）构建，能够实现复杂的任务自动化；另一方面，它作为 Virtuals Protocol 的打新项目，在“虚拟角色+智能体”赛道备受关注。同时 SANTA 主打真实的跨链能力，可以将 x402 扩展到多个生态系统，包括 Base、EVM 兼容链以及 Solana 等非 EVM 网络等。
- AurraCloud 是由 Aurra 团队开发的去中心化的云计算平台，通过智能合约将提供计算资源的节点网络与用户连接，并原生集成 x402 以实现自动按需付费。它更偏向于 AI Agent 基础设施的构建：（1）对于开发者：它通过兼容 MCP 服务器、x402 支付、OpenAI 的 API、钱包、监控等，完成一键式验证服务与托管；（2）对于小白用户：实现几分钟部署一个 Agent，用来做客服、行情查询、群管理、链上数据查询等。其代币 AURA 已由 Virtuals Protocol 发行，市值最高时突破 900 万美元，目前回落。

在 Solana 生态，Daydreams 是其中典型代表。该项目起源深度绑定链游，由全链游戏基础设施平台 Cartridge 与链上 MMO《Eternum》创始人 Loaf 共同打造，为链上交互与游戏开发提供开放式智能体框架。目前项目已转向全面的 AI Agent 的应用框架提供（本质是：软件包），指导开发者如何构建具有“思维链（CoT）”和“白日梦（Daydream）”机制的代理。

与上面提到的 Aurra 有所区别：

- AurraCloud 更偏“算力、托管、支付基础设施”，属于 Infra 的平台建设层面；
- Daydreams 更偏“智能体逻辑与认知框架”，属于应用层面。

值得指出的是，Daydreams 的 Facilitator 服务极其亮眼，自项目推出以来长期占据 x402 Facilitator 榜单上的前三名，具体数据如 5.2.5 的图 11 所示。通过引入 x402 协议框架，使用 Daydreams 开发的 AI Agent 可以直接绑定稳定币结算，从而为“AI 驱动的链上交互”提供原生收费与激励机制。

在 BNB Chain 生态，AEON 是面向 AI 场景的加密支付与结算基础框架，其核心是通过基于 x402 标准的 AI Agent，实现链上自动发起支付和资金路由，主打自动化支付场景 + 降低加密在现实世界使用门槛。

- AEON 为智能体提供连接生态内数百万服务提供者的能力：既能实现资金自动结算与支付路径选择，又能提供透明可追溯的账务记录；
- 同时它基于 x402 支付标准，在 BNB 上原生部署了 x402 Facilitator 和 SDK，让各种 AI Agent 能够以稳定币发起、验证并结算链上与链下的自动化支付，同时把这套能力扩展到数千万现实世界商户。

AEON 作为 BNB Chain 生态中最早一批完全兼容 x402 标准的 AI Agent 结算协议，对建立下一代去中心化 AI 支付基础设施具有较强的观察意义。

综合来看，在 x402 生态中“执行层”的主体的 AI Agent 里：部分专注智能体编排与集群协作（如 SANTA），部分提供简化部署的基础设施和应用（如 AurraCloud、Daydreams），再叠加以 AEON 这类智能体原生支付协议，为“AI 自主访问资源并完成价值交换”提供可落地的应用样本。

6.3.2 Facilitator：支付与结算的基础设施

Facilitator 负责处理签名验证、交易广播和 Gas 抽象，是 x402 支付流程中从“交易意图”到“链上结算”的关键承接层。不少面向 AI Agent 的项目会同时运营自己的 x402 Facilitator，例如 Daydreams。当前 Facilitator 的生态详见前文 5.2.5 部分，此处只就关键项目做简要解析。

Coinbase 依托 Coinbase Developer Platform 的 x402 Facilitator 与 EIP-3009 授权，已在 Base 上实现零费率、亚秒级结算，为大部分早期 x402 流量提供了基础保障，也是目前 Facilitator 市场中占比最高的服务提供商。

在多链扩展方面，PayAI Network 是当前最具代表性的第三方 Facilitator 之一，也是 Solana 上最早将 x402 落地到实际业务的项目之一。它致力于为 AI Agent 构建新一代支付基础设施，采用 x402 实现代理之间的即时结算与低成本微支付，重点面向“Agent-to-Agent (A2A)”支付模式，使智能体能够自主协作、完成交易并购买服务，无需人工参与。PayAI 的愿景是打造一个 7×24 小时在线的 AI 市场，让智能体具备自主创造价值与消费的能力。

从功能上看，PayAI 不仅是一个多链 x402 Facilitator（Solana 为主，兼容 Base 等 EVM 网络），还提供多种开发者工具，例如模拟真实商家的 x402 Echo Merchant、面向自由职业智能体的开源网络、以及允许项目方使用自有代币收款的“代币网关”等。这些能力使其在“AI 支付基础设施 + 智能体市场”两个维度同时积累网络效应，是 x402 在 Solana 生态的重要扩散渠道。

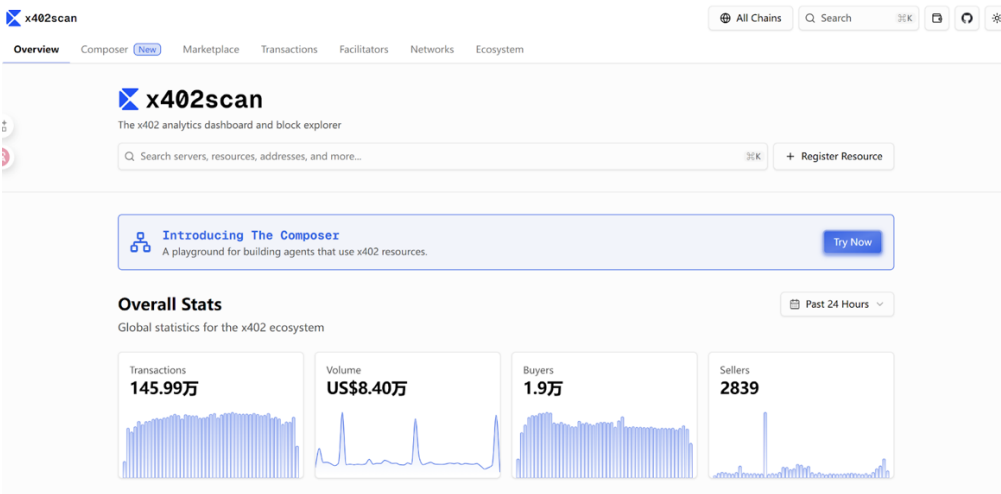
随着更多第三方 Facilitator 加入，这一层的竞争将主要体现在多链支持、费率结构、开发者体验以及与 AP2、ERC-8004 等上层协议的兼容深度上。

6.3.3 Analytics：生态健康度的可视化窗口

尽管本轮周期中纯粹的“分析类”新资产较少，但这依然是生态不可或缺的一环。以 AurraCloud、Corbits、Thirdweb 内置分析模块以及 x402scan 等工具为代表，生态已经具备从交易量、资源分布到 Facilitator 表现、智能体活跃度的全链路观测能力。

其中重点介绍 x402scan。x402scan 由 Merit Systems 开发，作为开源浏览器与研究工具，为开发者和研究者提供了围绕 x402 支付的专门数据视图，包括各链上 Facilitator 的使用情况、热门 Agents 的使用数据、资源 API 的调用频率、买卖双方的分布等，并基于 CoinbaseDev SQL API 聚合多源数据。（如下图 18 所示）

图 19: x402scan 官网介绍图



资料来源: x402scan • x402 Ecosystem Explorer

6.3.4 Protocols: 定义未来的基础设施标准

在应用层之下，是决定生态上限的基础协议层，它们负责将支付与存储、计算、身份及时间资产深度绑定，对此挑选重点项目进行介绍。

Kite AI 是该领域的重量级选手，作为 Avalanche 生态中的 Layer1 基础设施，其主打为 AI Agent 提供原生身份、支付与治理能力。

- 项目在设计上把 Coinbase 的 x402 标准直接“写进链里”，成为少数从协议层就集成 x402 支付原语的公链，使智能体可以在链上自主授权、发送与对账稳定币支付，而不是靠中间件 Facilitator 补丁式支持。
- 项目的核心机制是 “Agent Passport”——为每个智能体分配链上身份、会话密钥与支出限额，并通过可编程约束和审计轨迹，保证代理在拥有自主支付权的同时仍处于可控的风险边界内。
- 融资方面，Kite 已完成累计约 3,300 万美元融资，其中 2025 年 9 月的 1,800 万美元 A 轮由 PayPal Ventures 与 General Catalyst 共同领投，三星 Next、Avalanche Foundation、Animoca Brands、Coinbase Ventures 等多家机构跟投，使其在 “x402 + L1 支付基础设施” 赛道上处于资金与资源都非常充足的位置。

Pieverse 起步于“TimeFi（时间金融）”叙事：通过 Time Bid、Time Task、Time Draw 等机制，把专家咨询、任务协作等“时间片”铸造成可交易资产，并配套 AI 日历与生产力工具，把用户时间映射为链上价值。

- 团队推出了基于 BNB Chain 的支付与合规基础设施栈：通过发行支持 EIP-3009 的 USDT 包装稳定币 pieUSD，解决了 BNB 链原生稳定币无法直接跑 x402 的问题。
- 在此之上项目定义了 x402b 协议——在保持 x402 支付能力的同时，为每笔交易附加结构化意图元数据与时间戳收据，将凭证存储到如 BNB Greenfield 等去中心化存储中，实现“支付即证明”的审计与税务友好特性。
- 作为 Binance MVB 第九期孵化项目，Pieverse 已在测试网阶段上线 pieUSD 并支持法币入金路径以降低 Web3 门槛，2025 年 10 月又宣布完成 700 万美元战略融资，由 Animoca Brands 与 UOB Ventures 领投，用于继续强化其“x402b + 合规票据”的支付基础设施与多链的收据标准化能力。

TermiX 是 Binance 主推的项目，主要部署在 BNB Chain，官方定位为“未来金融的 AI 引擎”，支持自然语言拆解、DeFi 等复杂操作，目前该项目还没有发行原生代币，更偏 infra 型项目。

- TermiX 面向开发者提供 AI-Native dApp 构建框架 + AI-Web3 操作系统，核心产品是一套开箱即用的 React 组件库和 SDK，让开发者在几分钟内给 Web3 应用加上 AI 对话、合约调用和自动化工作流程能力，并通过 MCP 集成调度链上 100+ 协议。
- 在支付侧，TermiX 已经集成 Coinbase x402 协议与 Google AP2（Agent Payments Protocol）：一边通过 x402 让 Agent 能对接付费 API、自动收取费用，另一边利用 AP2 管理用户授权与风险边界，组合出“智能体钱包 + 智能收费”的一体化能力。

Thirdweb 本身是一个老牌的多链 Web3 开发平台，提供钱包、合约交互、Bridge、Token 发行等一整套 SDK 和托管服务，在 x402 叙事里，它扮演的是“通用支付与 Agent 开发工具商”角色。

- 2025 年起，thirdweb 推出完整的 x402 client/server 栈与 Facilitator 服务，支持开发者在上百条 EVM 链上用任意支持 ERC-2612 或 ERC-3009 的代币做 HTTP 原生按次付费，并提供 wrapFetchWithPayment 等封装，让前端只需一行代码就能给 API 加 402 付费保护。
- 更关键的是它的 Nexus MCP Server + x402 Agents：为每个接入的 AI Agent 提供钱包、语义搜索和 fetchWithPayment 工具，使 Agent 能自动发现可付费 API、完成支付并重试请求，相当于给整个 x402 生态提供了一个“通用 Agent 网关”。

Thirdweb 不直接定义新的链级标准，但通过 SDK、MCP 和 Facilitator，把 x402、AP2 等支付标准包装成可插拔开发组件，让“智能体互联网”的支付标准真正落地到前端和服务端代码里。

整体上看，这一基础标准层通过 Kite AI、Pieverse、Thirdweb 等项目，把 x402 与身份、记忆、时间资产、通用支付和开发框架等要素连接起来，使其不再只是一个独立的支付协议，而是嵌入到“智能体互联网”的底层结构之中。

6.3.5 资产与叙事：技术之外的市场共识

在技术架构之上，资产与叙事层通过价格与话题度，为 x402 生态提供了传播和资金动能。Meme 代币既可以独立发行，也可以借助 Virtuals Protocol 等平台发射，在“AI × 支付 × Meme”交汇处形成了一批代表性资产。

(1) 有业务支撑的 x402 资产

相较纯 Meme，Virtuals 系代币整体更贴近有产品、有收入想象的方向：

- **SANTA**：Virtuals 平台上的多智能体项目，兼具多链 x402 Facilitator 能力，用于自动执行链上任务与结算。
- **AURA**：对应 AurraCloud 平台，为 AI Agent 提供算力托管、MCP 服务和 x402 支付能力，是典型的“基础设施 + 代币”组合。
- **GLORIA**：面向交易员和 Agent 的实时新闻的数据服务，支持通过 x402 按次付费调用终端与 API。

这类资产的核心特点是：代币背后有相对清晰的 AI 产品与 x402 使用场景，叙事不只是代币本身。

(2) 纯叙事驱动的 x402 Meme

也有一批更偏概念叙事的代币，主要作用是放大 x402 话题，典型如：

- **PING (Base)**：被视为首个基于 x402 协议铸造的 Meme 代币，通过“互联网原生支付”的故事，快速聚拢早期社区，成为 x402 热度的情绪风向标。
- **PENG! x402 (BSC)**：打着“BSC 上第一个 x402 Meme”的旗号，将 x402 概念从 Base 扩散到 BNB Chain，更偏叙事实验而非产品导向。

这类项目更多承担的是帮助协议出圈的角色，本身产品厚度有限，但在早期传播阶段非常关键。

(3) 基于 x402 的新型发行方式

x402 不只是“用来付钱”，还直接改变了资产怎么被发出来：PING 的铸造模式是“x402 原生发币”的首个示范。通过 x402 支付约 1 美元 USDC，即可直接铸造约 5,000 枚 PING，全流程不需要交易所、账户或额外前端，只需完成一笔 x402 支付，HTTP 请求就变成链上可验证的铸币交易，后续衍生的 Launchpad 有：

- **402rush.fun** (<https://x.com/402rush>)：面向项目方的简易 Launchpad，在服务端配置好 x402 支付入口后，用户认购时收到 HTTP 402 响应，完成 x402 签名支付即自动触发代币分发，整个打新过程本质上就是一次标准化 API 调用。
- **Unibase Launchpad** (https://x.com/Unibase_AI)：在 Unibase 的 Launchpad 模块中，认购、质押等资金流都通过 x402 接口和统一 SDK 处理，同时结合记忆与身份模块，为 AI Agent 项目提供“记忆 + 身份 + 融资”的一体化环境。

- x420 平台(<https://x.com/x420yo>): 任何人都能一键发行自己的 x420 代币, 平台自动分配子域名和 x402 API 接口, 并在 DEX (如 Clanker) 自动创建交易对。代币既是支付媒介, 也是访问某个 API 的“通行证”, 把发行、流动性与实际调用场景绑在一起。

总体来看, Meme 叙事在 x402 早期起到了“点燃话题 + 吸引流动性”的作用, 而 Meme 板块既是 x402 生态的情绪放大器, 也是判断叙事发展阶段的重要指标。

6.4 生态背后的隐忧与挑战

在乐观的市场情绪与宏大的叙事之外, 必须清醒地认识到, x402 协议从概念验证走向大规模商用, 仍面临着来自底层标准、巨头博弈以及经济模型可持续性的三重严峻考验。这些挑战并非单纯的技术难点, 而是触及了协议发展逻辑的根本。

首先, 是底层 HTTP 协议标准化的问题。HTTP 402 状态码在主流 Web 标准中仍没有统一的语义和用法约定。主流 Web 标准尚未真正接纳其为通用规范, 当前 x402 的实现并非原生支持, 而是大量依赖 X-PAYMENT 等自定义 HTTP 头来模拟标准。这种建立自定义 Headers 的路径显得颇为脆弱, 如果未来国际互联网标准化组织 (IETF) 对 402 代码的定义与当前加密圈的用法发生冲突, x402 的生态可能面临底层的兼容性问题。

图 20: HTTP 402 状态码被开发者文档库指出存在兼容性问题



资料来源: MDN Web Docs

其次，是与互联网巨头之间微妙的商业博弈。虽然 Google 等巨头开始在 AI 框架中尝试集成 x402，但这并不意味着它们会彻底拥抱这一标准。x402 倡导的“点对点支付”和“绕过平台中介”，在本质上挑战了传统互联网巨头依靠流量垄断和支付抽佣的盈利模式。巨头目前的入局，更多是一种技术占位与试点。如果后续 x402 的规模开始实质性侵蚀传统平台经济的利润，这些掌握着操作系统入口的巨头是否会改变其态度？这仍是巨大的不确定因素。

最后，也是最为棘手的问题，在于 Facilitator 角色的“成本倒挂”困境。在 x402 的理想模型中，Facilitator 负责处理签名广播和 Gas 代付，是连接链下意图与链上结算的关键枢纽。然而，目前的繁荣很大程度上建立在项目方为了抢占市场而自掏腰包补贴 Gas 的“输血”模式上。以目前主流链上费用区间、典型 Agent API 定价做一个很粗略的估算：

- 收入：按照目前市场水平，普通业务百万次调用的收入可能仅为 100 美元左右；
- 成本：以 Solana 链为例，当前单次转账链上成本至少要算到 0.0001 美元的数量级（按照不拥堵时定价模式）；此时相应的百万次 API 调用，链上的交互成本保守来看也要到数百美元——如果考虑拥堵因素，可能成本会以千美元为数量级。

这意味着，Gas 费的支出甚至远超业务本身的营收——目前的繁荣很大程度上依赖于项目方为了抢占市场份额而进行的“烧钱”补贴，大家都在自费提供服务以换取流量。而这种依靠补贴维持的模式显然无法长久。如果后续资本退潮，Facilitator 提供商将面临巨大的运营压力：如果向用户转嫁成本，微支付的低费率优势将荡然无存；如果不转嫁，自身将陷入越做越亏的死循环。目前市场尚未找到一个能完美平衡高频小额支付与链上 Gas 成本的可持续路径，这或许是 x402 从 Demo 走向大规模商用面临的最大困境。

总结而言，x402 的技术循环已经跑通，但商业逻辑仍待验证。它能否跨越标准化的门槛、平衡巨头的利益、并解决微支付中的成本倒挂问题，将是决定其能否从技术实验迈向行业基石的关键。

07 / 结语：从技术实验走向机器经济的通用语言

x402 协议的出现，不仅是加密技术的一次局部迭代，更是对互联网底层架构长达三十年缺失的一项完善。它成功借用了闲置已久的 HTTP 402 状态码，将其转化为一套标准化的支付指令，从而打通 Web2 信息网络与 Web3 价值网络之间的阻隔。

尤其是对于正在爆发的 AI Agent 产业而言，x402 带来的基础设施变革至关重要。传统的金融支付体系难以承载机器间毫秒级、极小额的高频交易，而 x402 通过“链下授权、链上结算”的机制，为智能体提供了一种无需人工干预、低摩擦的生存方式。这使得数据、算力和模型服务终于可以像网页一样被自由访问并精确计价，机器经济的规模化运转也拥有了坚实的物理基础。

当前的 x402 生态正在经历从情绪炒作回归价值建设的关键转折。随着 Coinbase、Google、Visa 等行业巨头的实质性入局，以及 PayAI、Daydreams 等原生基础设施的崛起，该协议已经不再是一个单纯的投机符号，而是逐渐嵌入到 AI 技术栈的深处。它正与负责数据连接的 MCP 协议、负责身份认证的 ERC-8004 标准以及负责合规授权的 AP2 协议等深度融合，共同构建起一套分工明确的智能体协作体系。在这个体系中，x402 专注于解决最底层的资金结算问题，让智能体从一个个孤立的软件工具，进化为拥有自主交易能力、能够自我造血的经济实体。

展望未来，x402 要想真正成为互联网的通用标准，仍需跨越商业逻辑与技术规范的双重门槛。一方面，生态必须解决微支付收益与链上结算成本之间的倒挂难题，探索出不依赖补贴的可持续商业模式；另一方面，它还需要在现有的互联网标准体系中争取正式地位，并在巨头的流量版图与去中心化的开放愿景之间找到平衡点。

尽管挑战重重，但 x402 所指引的方向已然清晰：未来的互联网将不再仅属于人类，具备自主支付能力的数十亿 AI 智能体会成为活跃的经济参与者与价值创造者。这不仅将重塑我们对在线支付的认知，更将开启一个机器与人类共同创造、共同分配价值的全新经济时代。

参考来源

- [1] <https://finance.sina.com.cn/roll/2024-12-12/doc-inczeeav3225458.shtml>
- [2] <https://www.coinbase.com/zh-cn/developer-platform/discover/launches/x402>
- [3] <https://github.com/coinbase/x402> (x402 的 GitHub 协议规范)
- [4] <https://blog.cloudflare.com/zh-cn/x402/>
- [5] <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

核心贡献

作者: Lacie Zhang (X@Laaaaacieee)、Owen Chen (X@xizhe_chan)

审校: Colin Su、Grace Gui、NingNing

设计: Alita Li

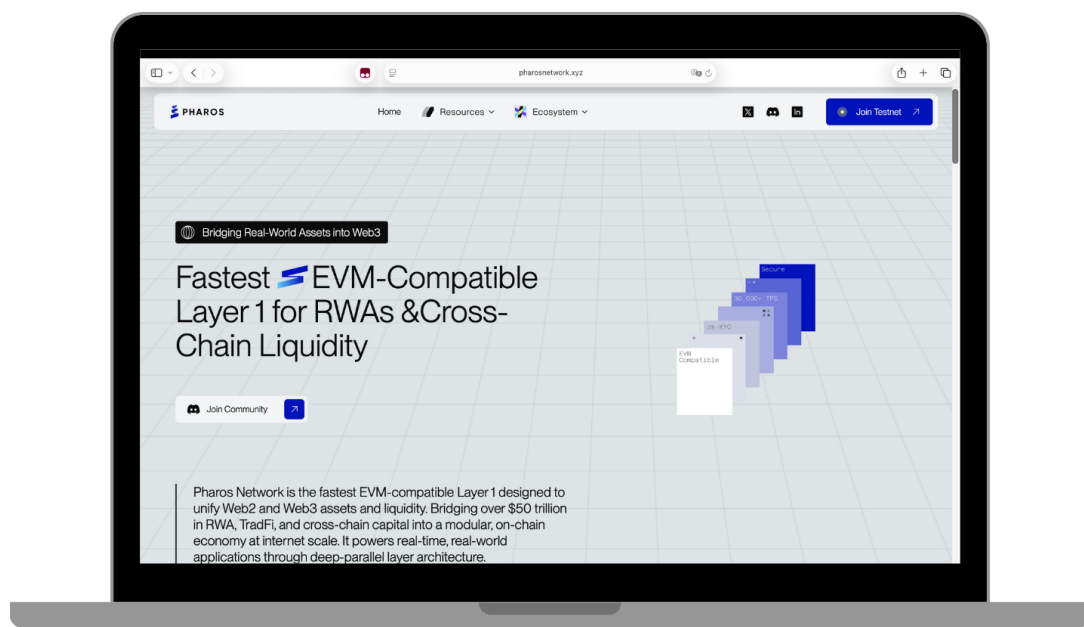
免责声明

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](#)



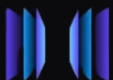
微信搜一搜

Q Pharos Research



PHAROS
RESEARCH



From RWA to On-Chain Finance. 

Mapping  Real-World Value.

