费用感知型被动定投

比特币积累策略的 K 线证据
与零售规模可行性

陶涛

独立研究者
工作论文 v1.0 · 2026 年 10 月 9 日

锁定主结果	设计结论	零售含义
9.5065 bps 优势 价格 -0.8710 bps 手续费 +10.3775 bps	单档优于五档 12.8327 对 9.5065 bps	先聚合小额预算 再提交被动订单

K 线模型证据，不代表已经证实的实盘成交。原始市场数据不随论文发布。

目录

摘要 4

1. 研究动机 4

2. 与现有设计的关系 4

3. 策略与核算 5

- 3.1 投资义务状态 . . . 5
- 3.2 基准与策略数量 . . . 5
- 3.3 估计量与精确分解 . . . 6

4. 数据与实证设计 6

5. 锁定主结果 7

- 5.1 主结果与分解 . . . 7
- 5.2 五档阶梯没有增加价值 . . . 7
- 5.3 有效性与失败边界 . . . 8

6. 计划后探索性分析 8

- 6.1 更宽的固定费率情景 . . . 8
- 6.2 下跌市场样本 . . . 9
- 6.3 财富与“复利” . . . 9
- 6.4 零售与高投入用户预算 . . . 9

7. 证据所指向的实务策略 11

8. 限制 11

9. 结论 11

声明 12

参考文献 12

A. 术语与证据层级 15

B. 状态转移 15

C. 注册的订单生命周期 15

D. 冻结样本 15

E. 注册主结果与分解 16

F. 注册策略比较 16

G. 独立注册年度区间 16

H. 注册操作敏感性 17

I. 探索性固定费率情景 17

J. 探索性下跌市场样本 17

K. 探索性零售用例矩阵 17

K.1 31 天月份中的初始时段金额 17

K.2 任意小数订单分支 18

K.3 示例性 5 美元最小订单，35/75 情景 18

L. 财富恒等式与不受支持的表述 18

M. 可复现性锚点 19

摘要

定投（Dollar-Cost Averaging，DCA）把储蓄决策与短期择时分开，但它并不决定每一笔定期投资应如何执行。立即成交会主动获取流动性并支付 taker 费；被动限价单可能支付更低的 maker 费，也可能在短暂回落时买得更便宜，但它也可能无法成交，使投资者在资产上涨时继续持有现金。本文研究的是在既定 DCA 计划之上增加一个有状态的被动执行层。

锁定的主实验每两分钟生成一笔 10 美元投资义务，将立即 taker 执行与五档被动限价单控制器进行比较。控制器只使用已经完成的 K 线，把未成交现金记入显式 backlog，并通过有上限的 taker 补单完成投资。在 Coinbase BTC-USD 一分钟 K 线上，注册的 15/30 个基点（bps）maker/taker 费率情景产生了 9.5065 bps 的现金加权数量优势；平稳 bootstrap 的单侧 95% 下界为 9.2565 bps。最重要的并非总数，而是精确分解：价格路径贡献为 -0.8710 bps，较低手续费贡献为 +10.3775 bps。固定单档被动参考策略取得 12.8327 bps，优于五档控制器。

计划后探索性分析得到四个进一步结论。第一，更宽的固定费率差会机械性地扩大模型优势：五档策略在 35/75 bps 下为 26.7472 bps，在 50/90 bps 下为 26.7060 bps。第二，更低买价并不是稳定的优势来源：在 15 个机械选取的下跌样本中，只有 2 个具有正的价格贡献；但在所测试费率情景下，15 个样本的费后总优势均为正。第三，在现金投入外生固定、执行节省未再投资的条件下，终值财富 bps 与所获得 BTC 数量 bps 完全相同，不存在额外的指数型“执行复利”。第四，现实中的最小订单限制会显著改变策略设计。在示例性的 5 美元最小订单下，每月投入 2,500 或 10,000 美元的用户更适合按小时聚合资金并提交一个被动订单，而五档拆单往往过于零碎。

以上均为 K 线模型结果，不是已经证实的真实 maker 成交。一分钟最低价无法揭示排队位置、post-only 接受状态、部分成交、延迟或历史产品规则。证据支持的结论应保持狭窄：当 maker/taker 费率差足够大时，“先被动、后限时补单”的简单执行政策可以降低既定 DCA 计划的模型成本；证据不支持短期价格预测 alpha，也不支持五档阶梯优于单档挂单。

关键词： 定投；限价单；maker-taker 费率；交易执行；比特币；零售交易；回测

1. 研究动机

DCA 最适合被理解为一种承诺规则：储蓄者预先选定预算与时间表，之后不要求每次投资都重新预测市场。这样的行为稳健性与订单如何执行是两个不同问题。既有研究既说明了定期投资对用户的吸引力，也指出当收益过程和交易成本进入模型后，DCA 并非在所有条件下都最优（Constantinides，1979；Khouja and Lamb，1999；Kirkby, Mitra, and Nguyen，2020）。

当 DCA 频率提高时，执行成本变得不可忽略。立即下单消除了未成交风险，却要为即时性付费；被动限价单可以降低手续费，也可能抓住短暂回落，但未成交的投资义务会形成现金拖累。如果最终不得不追价补单，其成交价可能比原本立即买入更差。因此，一个可用的被动 DCA 系统不能只有限价价格，还必须具备投资义务账本、显式 backlog、截止时间与强制完成规则。

本文的研究问题是条件性的：

> 在现金投入序列已经确定的前提下，一个有界的被动优先执行策略，能否在不隐藏未投资现金的情况下，扣除模型手续费后比立即 taker 执行获得更多 BTC？

本文不比较 DCA 与一次性投入，也不把该策略解释成交易信号，更不推断交易所的主观意图。交易所的周期买入产品通常强调便利性和确定完成，但其具体路由机制可能不同，本文对此不作推断。本文只把用户的储蓄政策与面向交易所的执行政策分开，并在等现金口径下衡量后者。

2. 与现有设计的关系

限价单积累并非全新概念。US20130117198A1 已讨论用市价或限价执行日历型 DCA；JP2015036969A 描述了分层价格积累；US20190378214A 包含被动组件、漏单状态与补单机制。Coinbase 文档介绍了先被动、必要时转为主动的 TWAP 订单，Hummingbot 也提供多价格 DCA executor。因此，本系统不应被描述为“第一个限价 DCA”。

最接近的学术框架是同时使用限价单与市价单的最优执行。相关文献把价格、手续费、未成交风险、库存和完成约束放在同一框架中（Almgren and Chriss，2001；Cartea and Jaimungal，2015；Cont and Kukanov，2017）。队列反应模型尤其重要，因为价格触及并不等于订单成交（Huang, Lehalle, and Rosenbaum，2015）。Maker/taker 费率是一种市场结构激励，并非脱离逆向选择与排队风险的无风险收益（Foucault, Kadan, and Kandel，2013）。

本文检验的贡献更为有限：把连续的小额 DCA 投资义务表示为有状态执行问题；只使用滞后信息；显式携带未成交现金；强制有界完成；把两个反事实策略映射到相同的现金义务；并将优势精确拆分为价格与手续费两部分。本文还报告一个负面的设计结论：在注册的 K 线假设下，复杂的五档控制器不如固定单档被动策略。

3. 策略与核算

3.1 投资义务状态

在时段 t，新增现金义务为 c_t。若进入该时段的被动 backlog 为 B_t^-，可用现金为：

$$I_t = B_t^- + c_t。$$

注册控制器计划提交的被动现金为：

$$P_t = \min(I_t, c_t + \alpha B_t^-, M c_t)，$$

其中 $\alpha = 0.5$，$M = 5$。主策略把这笔现金平均分配至五个买入限价。限价由前 720 个已完成的两分钟时段的最小收益分布分位数生成，并至少低于参考开盘价 1 bp。当前时段只有在全部决策完成后才进入历史样本。

未成交现金返回 backlog。当 backlog 超过 15 个时段预算时，超出部分被指定为 taker 补单，且最早只能在下一个可执行时段开盘成交。测试区间结束后不再产生新义务，并保留 24 小时结算窗口。结算后仍有未完成现金的运行被判为无效，而不是在不等现金基础上计算优势。

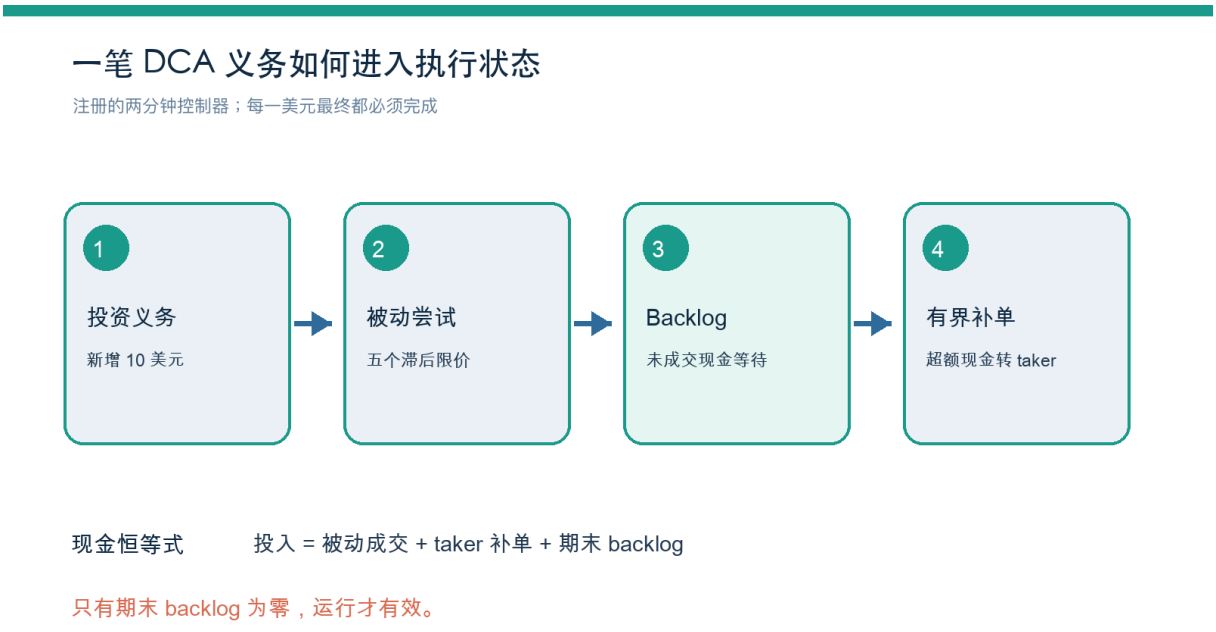


图 1. 注册的 K 线状态机。它定义了投资义务、模拟被动尝试、backlog 与 taker 补单，并不证明真实成交。

3.2 基准与策略数量

对基准价格 A_t（包含注册的 taker 点差/滑点）和 taker 费率 f_T，义务 c_t 获得的 BTC 为：

$$q_t^B = c_t / [A_t (1 + f_T)]。$$

若被动现金 m_tk 在限价 L_tk 成交，maker 费率为 f_M，taker 补单现金 x_t 在 U_t 执行，则策略获得：

q^S = sum(m_tk / [L_tk (1 + f_M)]) + sum(x_t / [U_t (1 + f_T)])。

现金恒等式为：

sum(c_t) = sum(m_tk) + sum(x_t) + B_T。

等终值现金比较要求 B_T = 0。这可防止策略仅因为没有投资而显得更优，但并不能消除延迟持仓的经济成本。

3.3 估计量与精确分解

每笔原始义务均通过 FIFO 归因跟踪。若策略和基准分配给义务 i 的 BTC 数量分别为 q_i^S 和 q_i^B，则该义务的优势为：

e_i = 10,000 (q_i^S / q_i^B - 1)。

注册的主指标是 e_i 的现金加权均值。主实验中的义务金额相等，因此它也等于义务级优势的算术平均。这样可以避免早期低价买入因每美元获得更多 BTC 而在总数量比率中获得过高权重。

在固定费率下，基础资产数量差可以精确分解为以 taker 费率计算的价格路径项，以及对被动现金重新分类费率的手续费项：

Delta q_price = [sum(m/L) + sum(x/U) - sum(c/A)] / (1 + f_T)，

Delta q_fee = sum(m/L) [1/(1 + f_M) - 1/(1 + f_T)]。

第一项衡量等待与补单是否改善了成交价格，第二项衡量同一组模拟被动成交采用 maker 而非 taker 费率所带来的机械数量差。

4. 数据与实证设计

冻结输入包含 5,837,137 条 Coinbase BTC-USD 一分钟 OHLCV 数据，时间从 2015 年 7 月 20 日至 2026 年 10 月 6 日 UTC。审计未发现重复时间戳、乱序行或无效 OHLC 行。协议所设的每分钟 10 美元名义成交额门槛以下共有 13,130 分钟。Coinbase 也说明，无成交时 K 线区间可能缺失，历史 K 线可能不完整。

数据按冻结时间划分：2022 年 4 月 13 日 UTC 之前为开发区间，之后至 2024 年 7 月 9 日为验证区间，随后为测试区间。由于早期探索已经查看过同一历史快照，这些标签只定义锁定回顾性协议中的角色，并不把测试区间变成完全独立的样本外证据。

主测试包含 588,240 笔 10 美元义务，每个反事实合计 5,882,400 美元。这是为了产生大量执行决策而设置的研究时钟，不代表普通家庭预算。后续零售探索分析改用月度预算钱包。

注册主单元如下：

设计项目	注册值
产品	Coinbase BTC-USD 现货
时段与义务	2 分钟；10 美元
预测窗口	720 个已完成时段；严格滞后
被动策略	5 个等现金分位数档位；最小偏移 1 bp
Backlog 控制器	alpha 0.5；被动计划上限为 5 个时段预算
补单	超过 15 个时段上限的部分；下一可执行开盘
K 线触发	延迟 1 分钟激活；穿透 1 bp
模拟成交	50% haircut；每分钟名义成交额的 1% 容量
主费率	被动 15 bps；taker 30 bps；taker 滑点 2 bps
Bootstrap	按日平稳区块；期望长度 7 天；10,000 次

设计项目	注册值
主阈值	单侧 95% 下界高于 1 bp

费率组合是实验输入，并非对某个账户在某一天费率的陈述。实际 Advanced 费率取决于产品、等级、交易量及 maker/taker 状态。主实验的两分钟频率本身会改变滚动交易量，但模型刻意不模拟费率等级迁移。

主分支为 `idealized_candle`。研究没有冻结带日期的历史最小名义金额、价格精度和数量精度规则。五档初始子订单可能只有约 2 美元，因此主测试不能证明每个子订单在历史上都可提交。模拟被动成交要求限价在激活延迟之后被合格 K 线最低价至少穿透 1 bp；请求现金再乘以 50% haircut，并受每分钟名义成交额 1% 的约束。这些规则降低了最宽松的“触价即成交”偏差，但无法重建事件顺序、价位成交量、前方队列、拒单、延迟或真实 maker 分类。

5. 锁定主结果

5.1 主结果与分解

五档策略的现金加权义务优势为 9.5065 bps。Bootstrap 单侧 95% 下界为 9.2565 bps，百分位上界为 9.7626 bps，相对于 1 bp 阈值的中心化 bootstrap 单侧 p 值为 0.00010。588,240 笔义务全部完成，现金守恒误差约为 4.05e-8 美元。

价格路径贡献为 -0.8710 bps，被动手续费贡献为 +10.3775 bps。模拟被动现金占 69.27%，taker 补单占 30.73%。平均未完成 backlog 为 134.31 美元，补单前最大 backlog 为 2,090 美元。因此，模型优势是用真实的等待和补单风险换取的手续费效应，而不是控制器预测到更低价格的证据。

Bootstrap 区间只衡量注册 K 线模型下的历史路径重采样，不包括协议前的规格搜索、成交模型错误、交易所规则不确定性或未来市场状态变化。

5.2 五档阶梯没有增加价值

固定单档被动参考策略取得 12.8327 bps，自适应单档取得 11.0270 bps，而五档策略为 9.5065 bps。五档减固定单档的配对差为 -3.3262 bps，95% 区间为 [-3.4900, -3.1543] bps。固定单档的模拟被动占比也更高（95.60%），平均 backlog 更低（67.92 美元）。

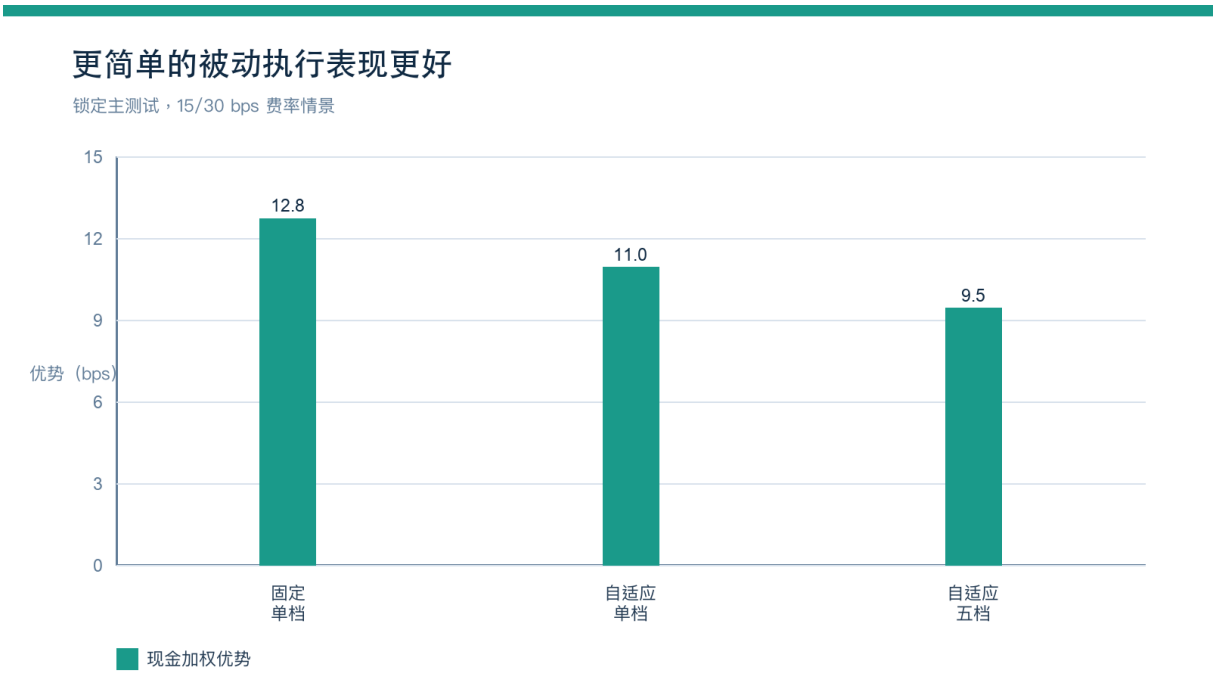


图 2. 锁定的 K 线比较。注册的五档控制器不如两个单档策略。

五个自适应档位能够增加价值的注册假设没有得到支持。复杂性把每笔义务切得更碎，降低了被动完成率并增加 backlog。实务系统应从单个被动订单开始，只有当真实订单规则和队列数据证明多档具有净优势时，才增加档位。

5.3 有效性与失败边界

在 732 次注册动态运行中，687 次有效，45 次在结算窗口后仍有未完成现金。无效运行不在不等现金基础上计算优势。激活延迟的影响特别显著：0 分钟延迟产生 11.7561 bps，注册的 1 分钟延迟产生 9.5065 bps，而 2 分钟延迟在订单的两分钟生命周期内没有被动机会，结果为 -0.0438 bps。该敏感性说明，K 线触价不能被当作稳定的真实收益估计。

6. 计划后探索性分析

本节分析均在注册主研究之后设计，用于回答经济与实现问题，但不构成对原始假设的新增验证性检验。

6.1 更宽的固定费率情景

在保持各策略模拟执行路径不变的情况下，五档策略优势从 15/30 bps 下的 9.5065 bps，提高到 35/75 bps 下的 26.7472 bps，以及 50/90 bps 下的 26.7060 bps。后两个情景的 maker/taker 差均接近 40 bps，因此尽管绝对费率更高，手续费贡献几乎相同。固定单档始终最好：三个情景分别为 12.8327、36.6180 和 36.5611 bps。

策略	15/30 bps	35/75 bps	50/90 bps
固定单档	12.8327	36.6180	36.5611
自适应单档	11.0270	30.7164	30.6693
自适应五档	9.5065	26.7472	26.7060

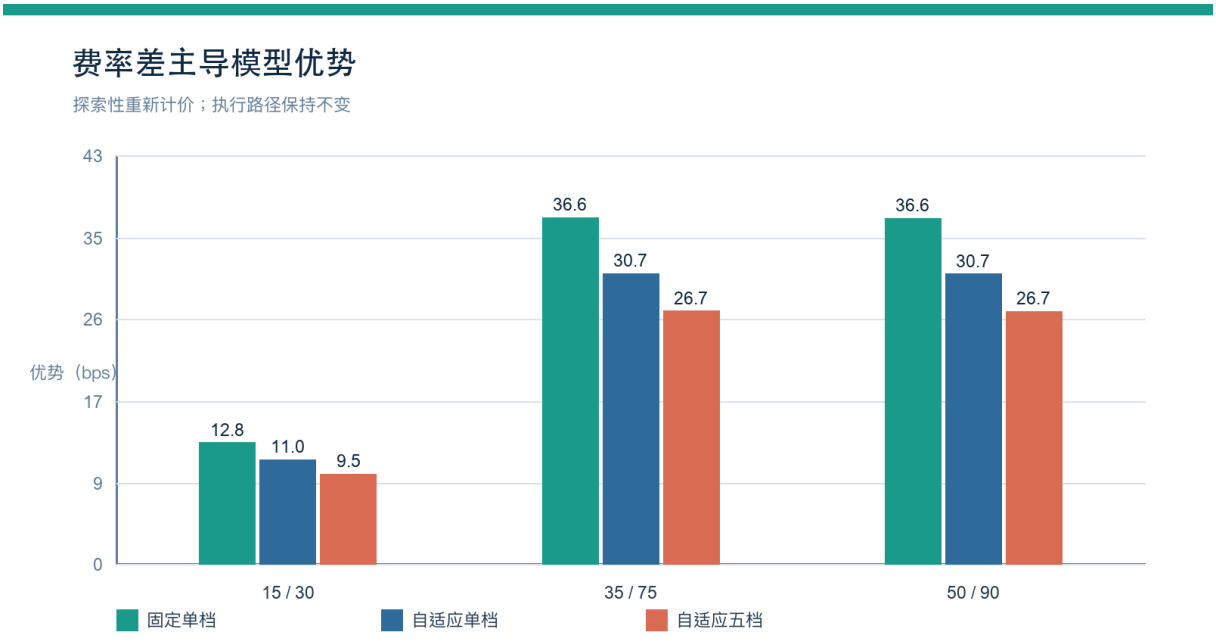


图 3. 探索性的固定费率情景。它们是模型输入，不是某个 Coinbase 账户当前费率的核实结果。

关键变量不只是 maker 费率，而是费率差乘以真正以 maker 方式成交的现金占比，再减去等待带来的价格和完成成本。实盘策略应读取用户当前费率，并在预期节省无法超过保守阈值时停用或降低被动优先路由。

6.2 下跌市场样本

三种机械选样规则共产生 15 个下跌观察：3 个负收益完整年度、5 个连续负收益月份区间和 7 个严重下跌月份。只有 2 个观察的价格贡献为正（2022 年 6 月：+0.9151 bps；2026 年 6 月：+0.4290 bps）。在每个测试费率情景下，15 个观察的费后总优势均为正；在 15/30 bps 下，最小总优势为 5.0444 bps。

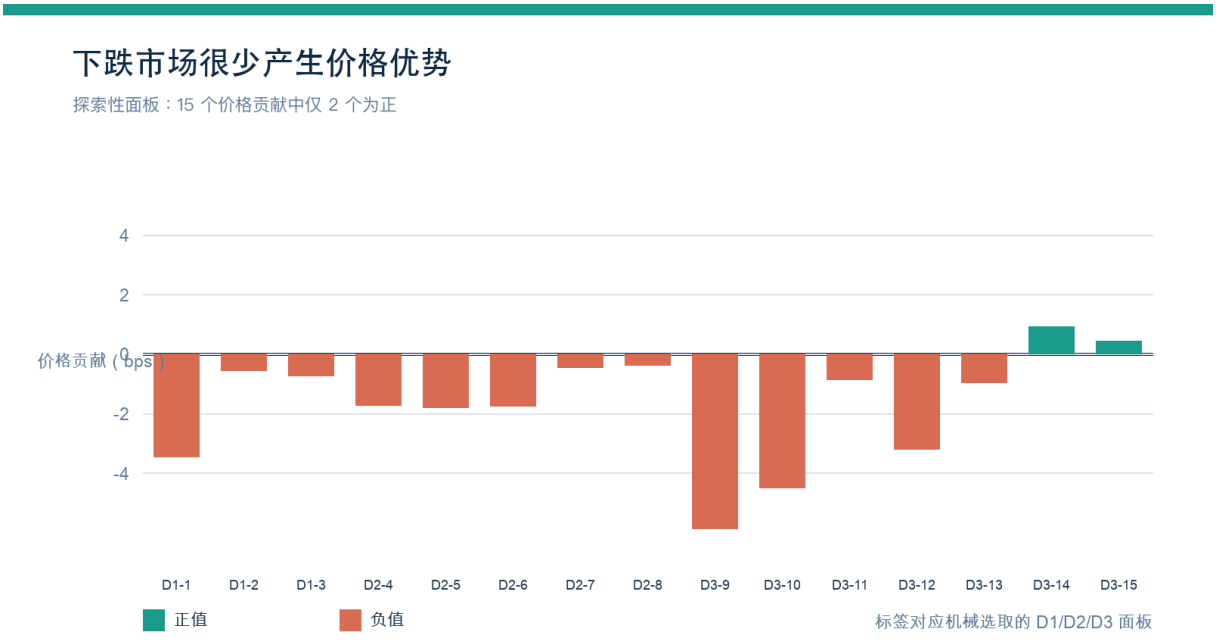


图 4. 机械选取的下跌市场样本中的探索性价格贡献。多数观察虽然处于下跌期，价格贡献仍为负。

这一结果否定了一个直觉上诱人但过于宽泛的故事：市场下跌并不自动意味着被动 DCA 比立即执行买得更便宜。时段内路径、成交概率和之后的补单比月度或年度收益方向更重要。被测试策略更稳定的模型优势来源仍然是费率差。

6.3 财富与“复利”

在现金投入外生、没有卖出、执行节省也没有再投资时，两种组合都按同一个期末价格估值，因此相对终值财富差恰好等于 BTC 数量差。执行优势会保留下来，其美元价值会随投入金额与资产价格变化，但反复报告 bps 并不会额外产生指数增长项。

把各日历年度独立初始化并按数量合并后，探索性优势在 15/30、35/75 和 50/90 bps 三个情景下分别为 4.8228、14.0256 和 14.0036 bps。这些数字不应被理解为收益预测。真正的复利需要不同政策，例如把节省的手续费重新投入，并需要单独的协议、资金核算与风险分析。

6.4 零售与高投入用户预算

尽管每次决策金额很小，主实验的高频计划仍会产生机构级年度交易额。独立的探索性用例模型因此把每月 2,500、10,000 与 100,000 美元预算精确分配到五分钟或一小时时段。该模型使用新的全时段挂单窗口，并非注册的两分钟估计量。

在允许任意小数金额的分支中，bps 与预算规模无关：预算只改变美元影响，不改变相对优势。在 35/75 bps 下，固定单档在五分钟和一小时时段的优势分别为 37.0716 和 26.0523 bps；自适应五档较低，分别为 25.5483 和 12.1106 bps。

订单可行性会打破这种尺度不变性。在 31 天的月份中，每月 2,500 美元仅对应五分钟 0.280 美元或每小时 3.360 美元。五档子订单分别只有 0.056 与 0.672 美元。每月 10,000 美元时，五档子订单也只有 0.224 与 2.688 美元。在示例性的 5 美元最小订单下，这些子订单无法按原设计提交。

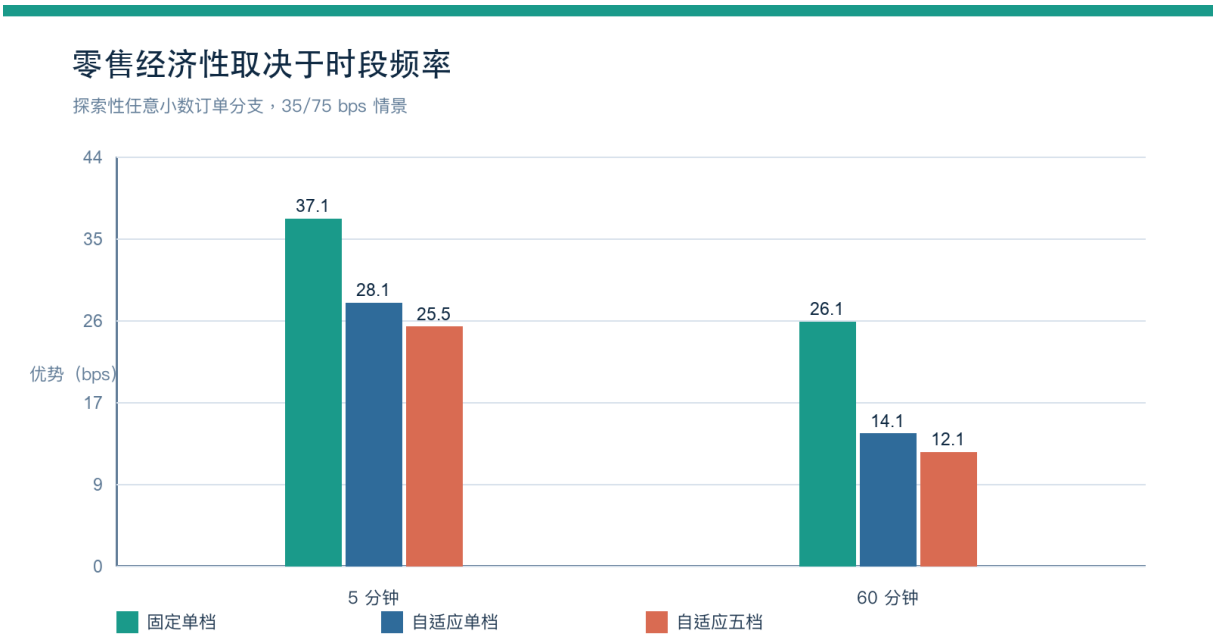


图 5. 35/75 bps 情景下，不同时段与控制器的探索性用例优势。

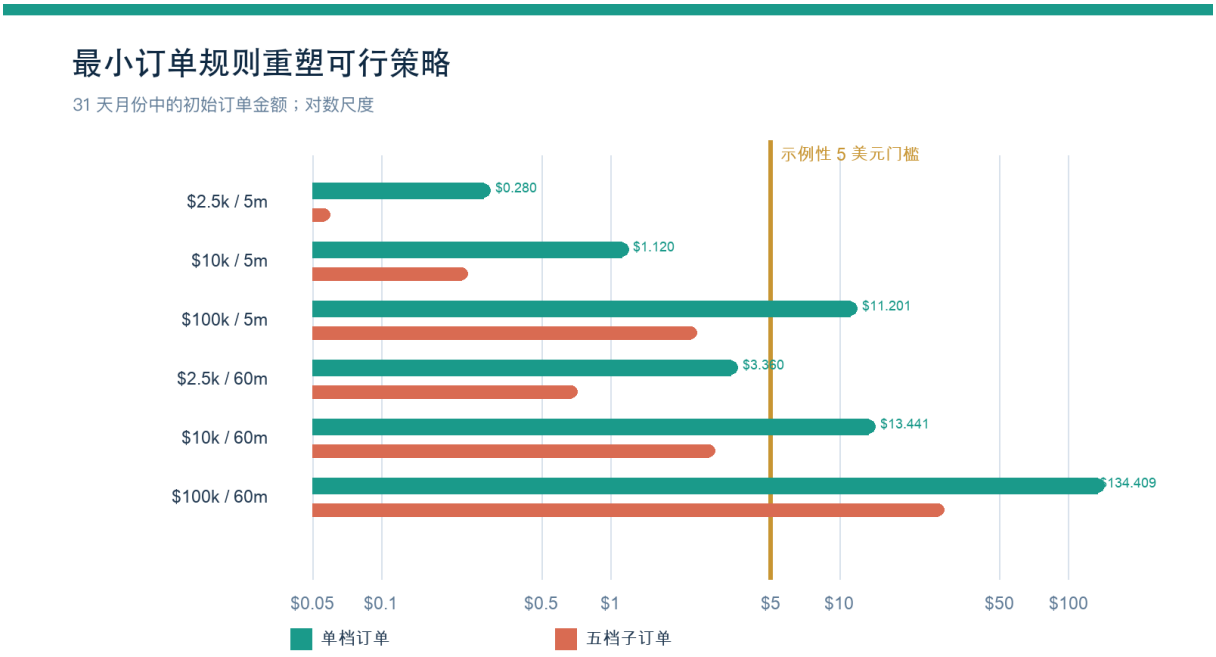


图 6. 月度预算钱包产生的初始订单金额。5 美元线是示例阈值，并非历史规则回放。

在该示例门槛下，每月 2,500 美元配合每小时固定单档仍保留 25.8548 bps 的模型优势；五分钟订单因始终不能满足被动提交条件而只有 -0.3062 bps。每月 10,000 美元时，每小时固定单档为 26.0728 bps；每小时五档的初始子订单仍未达到门槛，结果为 -0.4347 bps。每月 100,000 美元时，两种频率和五档阶梯在金额上都可行，但固定单档仍有更高模型优势。

相应的年度优势金额代理值，即年度投入乘以模型 bps，约为：每月 2,500 美元、每小时固定单档 77.56 美元；每月 10,000 美元、每小时固定单档 312.87 美元；每月 100,000 美元、五分钟固定单档 4,447.60 美元。它是执行成本量级指标，不是投资利润。

7. 证据所指向的实务策略

对零售实现而言，最可辩护的设计比原提案更简单：

1. 把每笔计划投入积累到预算钱包，不强行提交低于最小金额的订单。
2. 钱包满足当前产品规则后，在透明参考价格附近提交一个 post-only 买单。
3. 只允许订单停留有限时间，并记录接受、拒绝、部分成交、手续费分类及与队列相关的事件。
4. 显式记录未成交现金，绝不把它计入已投资表现。
5. 达到年龄或金额上限时，撤单并用可成交订单完成，同时设置最大参与率。
6. 当实时 maker/taker 差、成交概率或等待成本无法超过保守阈值时，停用或缩小被动优先路由。
7. 只有当每个子订单满足当前最小规则，且实盘数据证明复杂性有价值时，才把多档作为可选实验。

最合适的时钟取决于预算。对每月 2,500 至 10,000 美元，示例规则下按小时聚合比五分钟拆单更现实。对每月 100,000 美元，五分钟计划在名义金额上可行，但 API 可靠性、市场冲击、滚动费率等级变化和真实队列结果会更加重要。

8. 限制

第一，K 线最低价不等于成交。模型无法观察 post-only 订单是否在交易发生前已被接受并挂入订单簿、限价处实际成交量、前方排队量、部分成交情况或最终 maker 分类。

第二，OHLC K 线没有买卖盘状态。基准使用注册的点差/滑点，而非重建卖方 VWAP。被动模型用每分钟名义成交额作为粗略容量约束，而非限价处成交量。

第三，费率是固定情景。真实策略的滚动交易量可能改变等级，交易所规则也会变化。研究没有可用于历史回放的带日期最小金额与精度规则，5 美元只是示例阈值。

第四，锁定研究是回顾性的，早期探索使用了同一个历史快照。Bootstrap 描述条件路径不确定性，而不是完整研究流程的不确定性或未来表现。

第五，证据只覆盖一个交易所、一种资产和一个 K 线来源，不能证明对其他资产、交易所、市场结构或司法辖区具有普遍性。

第六，模型未计入税务、入金与出金成本、宕机、速率限制、撤单失败、自成交预防、成交后的逆向选择和市场冲击。对每月 100,000 美元的预算，这些遗漏尤其重要。

9. 结论

DCA 时间表与执行方式是两个不同的设计选择。在注册的 K 线研究中，有界的被动优先控制器在模型费率下比立即 taker 执行获得更多 BTC，但结果主要来自 maker/taker 费率差。价格贡献为负，最初提出的五档自适应阶梯也不如固定单档被动订单。

探索性分析进一步支持这种更窄的解释：更宽费率差会机械增加优势；下跌市场不会可靠地产生更好被动价格；若不再投资，执行 bps 不会额外指数复利；最小订单规则也使原始高频五档设计不适合常见零售预算。因此，证据更支持预算钱包、单个 post-only 订单、显式 backlog 与有界 taker 完成。

下一步实证研究不应继续优化 K 线模型，而应开展前瞻性的模拟交易或小额实盘研究，使用 L2 订单簿和完整订单生命周期日志。在宣称真实经济优势之前，必须测量订单接受、排队位置、部分成交、maker 分类、撤单、补单价格和费率等级迁移。

声明

资金来源。 本研究未获得外部资金支持。

利益冲突。 作者声明不存在竞争性利益冲突。

致谢与 AI 工具使用。 作者使用 OpenAI 的 ChatGPT 和 Codex 协助代码工作、文献整理、草稿撰写和编辑审阅。研究设计由作者主导，实证问题由作者选择，代码与输出由作者审阅，报告结果由作者核实，作者对全文承担最终责任。无其他致谢事项。

数据可得性。 本文不随论文重新分发 Coinbase 原始或衍生 K 线记录。论文只发布聚合结果。希望复现研究的读者必须独立取得合法可用的市场数据，并遵守数据提供方条款。

代码与材料。 公开研究包可以包含分析代码、配置、图表、校验值和聚合结果表，但不包含原始 K 线数据。论文、原创图表和聚合表采用 CC BY 4.0；Maker Limit DCA 发布包中明确包含的研究代码采用 MIT License。第三方来源材料、商标、链接内容和市场数据不在上述授权范围内。

研究状态。 本文为独立工作论文，未经同行评审，也不构成投资建议。所有表现均为历史模型输出，不保证未来执行或收益。

参考文献

Almgren, R., and Chriss, N. (2001). “Optimal Execution of Portfolio Transactions.” Journal of Risk, 3(2), 5-39. doi:10.21314/JOR.2001.041.

Cartea, Á., and Jaimungal, S. (2015). “Optimal Execution with Limit and Market Orders.” Quantitative Finance, 15(8), 1279-1291. doi:10.1080/14697688.2015.1032543.

Constantinides, G. M. (1979). “A Note on the Suboptimality of Dollar-Cost Averaging as an Investment Policy.” Journal of Financial and Quantitative Analysis, 14(2), 443-450. doi:10.2307/2330513.

Cont, R., and Kukanov, A. (2017). “Optimal Order Placement in Limit Order Markets.” Quantitative Finance, 17(1), 21-39. doi:10.1080/14697688.2016.1190030.

Foucault, T., Kadan, O., and Kandel, E. (2013). “Liquidity Cycles and Make/Take Fees in Electronic Markets.” The Journal of Finance, 68(1), 299-341. doi:10.1111/j.1540-6261.2012.01801.x.

Huang, W., Lehalle, C.-A., and Rosenbaum, M. (2015). “Simulating and Analyzing Order Book Data: The Queue-Reactive Model.” Journal of the American Statistical Association, 110(509), 107-122. doi:10.1080/01621459.2014.982278.

Khouja, M., and Lamb, R. P. (1999). “An Optimal Schedule for Dollar Cost Averaging under Different Transaction Costs.” International Transactions in Operational Research, 6(2), 245-261. doi:10.1111/j.1475-3995.1999.tb00154.x.

Kirkby, J. L., Mitra, S., and Nguyen, D. (2020). “An Analysis of Dollar Cost Averaging and Market Timing Investment Strategies.” European Journal of Operational Research, 286(3), 1168-1186. doi:10.1016/j.ejor.2020.04.055.

Coinbase. (2026a). “Recurring Buys.” 访问日期：2026 年 10 月 7 日。 https://help.coinbase.com/en-in/coinbase/trading-and-funding/buying-selling-or-converting-crypto/how-can-i-create-or-cancel-a-recurring-transaction.

Coinbase. (2026b). “Coinbase Advanced Fees.” 访问日期：2026 年 10 月 7 日。 https://help.coinbase.com/en-gb/coinbase/trading-and-funding/advanced-trade/advanced-trade-fees.

Coinbase. (2026c). “Advanced Trade Order Types.” 访问日期：2026 年 10 月 7 日。 https://help.coinbase.com/en-in/coinbase/trading-and-funding/advanced-trade/order-types.

Coinbase Developer Platform. (2026). “Get Product Candles.” 访问日期：2026 年 10 月 7 日。 https://docs.cdp.coinbase.com/api-reference/exchange-api/rest-api/products/get-product-candles.

Hogan, D. M. (2013). “Intellectual Property Method for Dollar Cost Averaging Investment Plan Process for Ongoing Stock Investing.” US20130117198A1. https://patents.google.com/patent/US20130117198A1/en.

Hummingbot Foundation. (2026). “DCAExecutor Source Code.” 访问日期：2026 年 10 月 7 日。https://github.com/hummingbot/hummingbot/blob/master/hummingbot/strategy_v2/executors/dca_executor/dca_executor.py.

Umada, N. (2015). “Saving Method of Financial Product, Purchasing Price Diversified Saving Product Using Limit Order.” JP2015036969A. https://patents.google.com/patent/JP2015036969A/en.

“Computerized Method and System for Accumulation and Distribution of Securities.” (2019). US20190378214A1. https://patents.google.com/patent/US20190378214A1/en.

技术附录

注册证据、探索性扩展与可复现性锚点

A-H 节复现锁定研究，I-L 节为计划后探索性分析。原始 K 线记录明确排除在发布内容之外。

A. 术语与证据层级

1 投资义务： 在计划时段生成的现金金额。

1 模拟被动成交： 满足注册的 K 线穿透、延迟、haircut 和容量规则的现金，不是已经确认的 maker 成交。

1 Backlog： 尚未由模拟被动成交或 taker 补单解决的义务现金。

1 补单： 按上限规则从被动 backlog 转入待执行 taker 的现金。

1 现金加权优势： 义务级 BTC 相对数量差的现金加权均值，以 bps 表示。

1 注册证据： 冻结协议 `MLDCA-EP-1.1`，包括两分钟、10 美元义务的主测试。

1 探索性证据： 在主研究后设计的费率、下跌区间、财富和零售用例扩展。

B. 状态转移

对新增义务 `c_t`、先前 backlog `B_t^-`、补单速度 `alpha` 和最大被动倍数 `M`：

`I_t = B_t^- + c_t`，

`P_t = min(I_t, c_t + alpha B_t^-, M c_t)`。

对档位权重 `w_k`、限价 `L_tk`、接受指示 `a_tk` 和成交比例 `phi_tk`：

`m_tk = a_tk phi_tk P_t w_k`。

被动处理后，`J_t = I_t - sum(m_tk)`。对于 backlog 上限 `H`，注册控制器把 `max(0, J_t - H)` 转入待执行 taker，最早在下一可执行时段成交。如容量不足，待执行现金继续保留。

C. 注册的订单生命周期

每个注册订单只存在于本时段的两根一分钟 K 线中。激活延迟为一分钟时，只有第二根 K 线可以触发。最低价必须穿透限价 1 bp。被触发的档位请求计划现金的 50%，并共享该分钟 `volume × open` 的 1% 容量。触发档位按比例分配容量。时段结束后，未成交被动现金返回 backlog。24 小时结算窗口内不再生成新义务。

D. 冻结样本

项目	冻结值
产品	BTC-USD
一分钟 OHLCV 行数	5,837,137
起始时间	2015-07-20 00:00 UTC
结束时间	2026-10-06 23:59 UTC
重复 / 乱序 / 无效 OHLC 行	0 / 0 / 0
低于 10 美元分钟名义成交额行数	13,130
开发区间截止	2022-04-13 00:00 UTC
测试区间开始	2024-07-10 00:00 UTC
测试义务数	588,240
每个反事实现金	5,882,400 美元

E. 注册主结果与分解

指标	结果
现金加权优势	9.5065 bps
单侧 95% 下界	9.2565 bps
百分位 95% 上界	9.7626 bps
相对 1 bp 的单侧 p 值	0.00010
总数量优势	9.4487 bps
现金加权价格贡献	-0.8710 bps
现金加权被动手续费贡献	+10.3775 bps
模拟被动现金占比	69.27%
Taker 补单占比	30.73%
平均 backlog	134.31 美元
补单前最大 backlog	2,090.00 美元

F. 注册策略比较

策略	优势	被动占比	平均 backlog
固定单档被动	12.8327 bps	95.60%	67.92 美元
自适应单档	11.0270 bps	79.12%	112.25 美元
自适应五档	9.5065 bps	69.27%	134.31 美元

五档减固定单档为 -3.3262 bps，95% 区间为 [-3.4900, -3.1543]。

G. 独立注册年度区间

区间	现金加权优势	状态
2015	4.8555 bps	部分年度
2016	4.1096 bps	完整年度
2017	2.6003 bps	完整年度
2018	5.4409 bps	完整年度
2019	7.3855 bps	完整年度
2020	8.1129 bps	完整年度
2021	9.4031 bps	完整年度
2022	10.3973 bps	完整年度
2023	8.8116 bps	完整年度
2024	9.3948 bps	完整年度
2025	9.5266 bps	完整年度
2026	9.5616 bps	部分年度

各年度独立初始化并结算。它们在时间和经济上相关，不是 12 个独立市场。

H. 注册操作敏感性

相对主设定的变化	优势	被动占比
激活延迟 0 分钟	11.7561 bps	76.72%
激活延迟 1 分钟	9.5065 bps	69.27%
激活延迟 2 分钟	-0.0438 bps	0.00%
参与率 0.1%	9.4916 bps	69.16%
参与率 100%	9.5066 bps	69.27%
完整越界补单	8.1850 bps	60.24%
年龄上限补单	9.4825 bps	69.08%

在 732 次动态运行中，687 次有效，45 次结算后仍有未完成现金。无效行保留为空缺优势。

I. 探索性固定费率情景

策略	组成	15/30	35/75	50/90
固定单档	总优势	12.8327	36.6180	36.5611
自适应单档	总优势	11.0270	30.7164	30.6693
自适应五档	总优势	9.5065	26.7472	26.7060
自适应五档	价格	-0.8710	-0.8710	-0.8710
自适应五档	手续费	10.3775	27.6182	27.5770

重新计价时保持执行路径不变。这些是情景标签，不是当前官方费率陈述。

J. 探索性下跌市场样本

机械选样共产生 15 个观察：

面板	选样规则	正价格贡献
D1	负收益完整年度：2018、2022、2025	0 / 3
D2	五个连续负收益月份区间	0 / 5
D3	七个严重负收益月份	2 / 7
合计	全部观察	2 / 15

正价格贡献为 2022 年 6 月（+0.9151 bps）和 2026 年 6 月（+0.4290 bps）。15 个观察在三个费率情景下的费后总优势均为正。最小总优势分别为：15/30 下 5.0444 bps、35/75 下 20.2436 bps、50/90 下 20.2082 bps。

K. 探索性零售用例矩阵

K.1 31 天月份中的初始时段金额

时段	月度预算	单档订单	五档子订单
5 分钟	2,500 美元	0.280 美元	0.056 美元

时段	月度预算	单档订单	五档子订单
5 分钟	10,000 美元	1.120 美元	0.224 美元
5 分钟	100,000 美元	11.201 美元	2.240 美元
60 分钟	2,500 美元	3.360 美元	0.672 美元
60 分钟	10,000 美元	13.441 美元	2.688 美元
60 分钟	100,000 美元	134.409 美元	26.882 美元

K.2 任意小数订单分支

跨预算的最大优势差仅为 2.198e-10 bps，下表展示一个代表预算。

时段	策略	35/75 优势	50/90 优势	35/75 被动占比
5 分钟	固定单档	37.0716	37.0142	96.34%
5 分钟	自适应单档	28.0981	28.0558	71.00%
5 分钟	自适应五档	25.5483	25.5095	65.05%
60 分钟	固定单档	26.0523	26.0118	68.06%
60 分钟	自适应单档	14.1318	14.1105	35.70%
60 分钟	自适应五档	12.1106	12.0923	30.72%

K.3 示例性 5 美元最小订单，35/75 情景

时段	月度预算	策略	优势	被动占比	年度优势金额代理
5 分钟	2,500 美元	固定单档	-0.3062	0.00%	-0.92 美元
5 分钟	2,500 美元	自适应五档	-0.3062	0.00%	-0.92 美元
5 分钟	10,000 美元	固定单档	-0.1762	0.00%	-2.11 美元
5 分钟	10,000 美元	自适应五档	-0.1762	0.00%	-2.11 美元
5 分钟	100,000 美元	固定单档	37.0633	96.34%	4,447.60 美元
5 分钟	100,000 美元	自适应五档	25.5434	65.04%	3,065.21 美元
60 分钟	2,500 美元	固定单档	25.8548	68.06%	77.56 美元
60 分钟	2,500 美元	自适应五档	-0.4484	0.00%	-1.35 美元
60 分钟	10,000 美元	固定单档	26.0728	68.06%	312.87 美元
60 分钟	10,000 美元	自适应五档	-0.4347	0.00%	-5.22 美元
60 分钟	100,000 美元	固定单档	26.0523	68.06%	3,126.27 美元
60 分钟	100,000 美元	自适应五档	12.1106	30.72%	1,453.27 美元

年度代理值等于年度投入乘以模型 bps，不是投资利润。5 美元为示例阈值，不是带日期的历史 Coinbase 规则。

L. 财富恒等式与不受支持的表述

对共同期末价格 P_T、无卖出且无再投资的情形，期末加密资产财富为 W = q P_T，因此：

W_S / W_B - 1 = q_S / q_B - 1。

该政策下不存在独立于数量优势之外的额外复利项。把日历年度独立重置后合并，三个费率情景的数量优势分别为 4.8228、14.0256 和 14.0036 bps。

证据不支持以下表述：

1. DCA 优于一次性投资。
1. K 线穿透就是真实 maker 成交。
1. 费率情景是 Coinbase 当前官方等级。
1. 模型在实盘或未来能够赚取相同 bps。
1. 五档自适应策略能够预测短期低点。
1. 下跌市场会稳定地产生价格优势。
1. 不再投资时，执行 bps 会指数复利。
1. 小额子订单满足全部历史交易所规则。
1. 结果可推广到 Coinbase BTC-USD 以外。
1. 交易所有意利用周期买入机制损害用户。

M. 可复现性锚点

1. 管理协议 SHA-256：`22cbbdcc33576bff02a77e1516def4d1f475cf88869521143fdc7ce2f13d8cc8`
1. 注册 manifest：`evidence_release_v1/RELEASE_MANIFEST.json`
1. 注册校验值：`evidence_release_v1/RELEASE_SHA256SUMS`
1. 费率/下跌/财富扩展：`MLDCA-EXT-1.0.1_dbd6152d`
1. 零售用例扩展：`MLDCA-RETAIL-1.0_e69f0a29`
1. 原始市场数据明确排除在公开发布之外。