

摩擦层层而下： 从冻结规格到整数合约的时序动量全链路可复现审计*

Vincent W.[†]

2026 年 6 月—工作论文 v0.1 (P1 译稿)

摘要

个人投资者能否在不放弃股指持仓的前提下，系统性地改善纯指数持有？本文以一条全链路可复现的时序动量 (TSMOM) 审计作答，将实现摩擦逐层量化：策略层（日度 ETF 数据，2003-08–2026-05）、工具层（CME 期货）、合约粒度层（代表性 \$500,000 账户下的整数合约）。全部参数在估计之前即按文献先验冻结；防前视由单元测试强制保证；本文每一个数字均由构建系统从研究仓库的输出文件程序化注入。成本后，ETF 多空策略袖 (sleeve，即叠加子组合，下同) 的超额 Sharpe 为 0.57 (Newey–West $t = 2.86$ ，循环块自助法 95% 置信区间 [0.19, 0.96])，与 SPY 的月度相关性为 -0.04，并在 6/6 个危机窗口跑赢指数 (GFC 窗口：16.1%，同期 SPY 为 -46.0%)。期货实现紧密复制其 ETF 对应物（严格四对相关系数 0.90–0.97）；在全额 SPY 持仓之上做收益叠加 (return stacking) 时，风险调整后表现在所考察网格内随叠加倍数单调改善。执行层的现实更为严苛：最终配置的整数合约跟踪误差为每年 327 bp，其中仅 110 bp 来自取整与佣金，355 bp 来自微型合约相对母合约的工具基差。我们完整披露全部未达标的验收条件、一处经发现-修正-重跑处理的 100× 合约价值口径缺陷，以及我们自身数据采集管线中的一次成本控制事故——并以此论证：在系统化投资中，审计链本身就是产品。

1 引言

个人投资者“跑赢指数”的尝试，大多倒在三道门槛之一：策略本身过拟合；策略真实，但所选工具经由成本将优势消耗殆尽；或者策略与工具都还可以，账户规模却小到无法用整数合约持有规定的仓位。文献对第一道门槛研究充分，对第二道偶有涉及，对第三道几乎从不讨论。本文在同一个策略、同一条审计链上，依次检验这三道门槛。

*本文仅用于研究与教学目的，不构成投资建议。全部结果为历史数据上的样本内研究，历史表现不预示未来收益。文中账户规模均为代表性规模，非真实资金或持仓披露。构建号 c5a11d0；本文每一个数字均由构建脚本自仓库输出文件程序化注入。本文为英文主版之中文译版，数字与图表与英文版同源。

[†]方法学说明：研究执行采用 AI 辅助 workflow (规格冻结 → 代理实现 → 人工裁决)，详见第 10 节。

我们的研究问题刻意收窄：个人投资者能否在不放弃标普 500 持仓的前提下，系统性地改善买入持有？候选答案是管理期货行业最古老的一个：以已实现波动率缩放仓位的时序动量叠加层，架设在指数持仓之上。问题不在于 TSMOM 在回测中是否“有效”——这一问题已有充分研究 (Moskowitz et al., 2012; Hurst et al., 2017)——而在于纸面上的优势，在从规格文本落实为可成交订单的过程中还能剩下多少。

1.1 本文的贡献

一条可复现链，而非一个业绩主张。信号定义、回看期 (3/6/12 个月)、波动率窗口 (60 个交易日)、单资产波动率目标 (10%)、杠杆上限 (1.50)、成本假设 (单边 10 bp; ETF 空头年化 50 bp 融券费) 与唯一的样本切分 (2015-01-01)，全部在任何估计开始之前冻结于书面规格，且规格明令禁止在本数据集上重新优化。防前视不是一句声明，而是一项单元测试：人为将全部未来收益加倍后，当期信号必须逐位不变。本文正文 (包括本引言) 的每一个数字都由构建系统从仓库输出文件注入；任何未定义的宏都会使 L^AT_EX 构建失败。

逐层量化的摩擦。我们在三个层面上度量同一策略。策略层 (日度 ETF 总回报数据, 2003-08 至 2026-05, 共 274 个月): 多空策略袖成本后的超额 Sharpe 为 0.57, 与 SPY 的月度相关性为 -0.04。工具层: CME 期货复制与其 ETF 对应物在严格可比的四对上相关性达 0.90–0.97——更换载体的代价很小, 且可以测量。执行层: 在代表性 \$500,000 账户上将规定权重取整为整数合约, 相对冻结模型产生每年 327 bp 的跟踪误差, 其中仅 110 bp 来自取整与佣金; 更大的 355 bp 来自微型合约相对母合约的工具基差。决定散户实现成败的, 是跟踪误差, 而非阿尔法的衰减。

把过程结果当作研究结果来报告。项目全程我们犯了三类常规论文不会记载的错误: 国债期货合约价值恰为 100× 的口径缺陷 (因其使债券腿看似永远无法交易而暴露); 两次被数据证伪的预注册预测; 以及我们自身数据采集管线的一次成本控制失灵 (累计支出短暂超出其授权上限, 上限事后经修订)。每一项都连同发现路径、修正过程与重跑前后的差异记录在案 (第 10 节)。我们认为这些属于结果集: 研究管线暴露错误的的能力, 与其 Sharpe 比率一样, 是一种可以实证检验的性质。

1.2 开篇言明的局限

全部结果为样本内研究。按文献先验冻结参数排除了一种过拟合渠道, 但并不构成样本外验证。策略在 2015 年之后的走弱被完整呈现 (多空变体的 Sharpe 在冻结的 2015-01-01 切分两侧由 0.73 降至 0.40); 多项预注册验收条件未达标, 并如实报告; 本文不构成投资建议。

2 相关文献

时序动量。Moskowitz et al. (2012) 在 58 个期货市场上记录了资产自身过去 12 个月超额收益的持续可预测性, 并采用波动率缩放的仓位; 其 12 个月符号信号与波动率目标设定, 正是本

文冻结规格的直接蓝本。Hurst et al. (2017) 将证据延伸至跨资产的百年尺度，确立了本文叠加设计所依赖的危机凸性。Babu et al. (2020) 进一步拓宽了资产范围。本文的贡献不在于为该现象提供新证据，而在于对它在个人投资者规模上做一次完整、可测试的实现审计。

实现与容量。Baltas and Kosowski (2020) 考察波动率估计方法与交易规则如何影响 TSMOM 的实际可得表现，并在机构规模上讨论容量问题。我们的工作处在规模谱系的另一端：约束不是市场冲击，而是整数合约的粒度——据我们所知，这一约束尚未在已发表文献中被量化为跟踪误差的分解。

2015 年后的趋势走弱。业界与学界对趋势跟踪近十年表现偏弱的讨论 (如 Zakamulin and Giner, 2020)，构成本文分段披露的背景。走弱属于结构性变化、策略拥挤还是随机波动，本文不作判断；切分日期冻结于规格，两段结果如实全列。

证据分层。沿用上引百年证据的思路，本文将自身结果显式分为三层：五十年月度概念验证 (第 5 节；近似较粗，逐项声明)、二十年全规格日度实现 (第 6-8 节)、以及百年尺度的文献证据 (本节，仅作引用——本文不重绘任何第三方数据)。

3 数据

3.1 ETF 层：三层数据架构

ETF 回测使用八只美国上市 ETF，覆盖股票 (SPY、EFA、EEM)、国债 (IEF、TLT)、黄金 (GLD)、综合商品 (DBC) 与美元指数 (UUP)。日度总回报价格来自规格书冻结的三层架构：主数据源 (复权收盘价)、官方利率源 (FRED DGS3M0，配有规格预设的降级链)、独立校验源 (Databento 美股合并日线)；校验源用于交叉核对未复权日收益并修复坏点。资产仅在上市并完成完整信号预热后才进入策略；任何形式的回填均被禁止。正式回测自第三个资产可用之时 (2003-08) 开始，至 2026-05 结束 (共 274 个月；末尾不完整的月份按规则剔除)。

交叉校验与全部质量检查的结果记录于仓库的数据质检表：八只 ETF 在重叠窗口内与校验源的日收益相关性均约为 1.0，没有需要修复的坏点；两个被标记的极端收益日 (2008 年 10 月的两次剧烈反弹) 均为真实历史事件，并非数据错误。一处如实声明的局限：校验数据集的历史始于 2024 年年中，交叉校验因此只覆盖近段；更早区间的数据完整性依赖主源自身的检查 (上市区间内零缺失日；非正价格直接报错)。

3.2 期货层：实测而非假设的可得性

期货实现使用 Globex MDP3 日度数据集中的八个 CME 品种 (ES、NQ、ZN、ZB、GC、CL、6E、6J)。本文中的每一个可得性日期都由供应商 metadata 接口 实际测得，而非凭印象假设：数据集对八个根代码均始于 2010-06-06；微型合约的上市时间更晚且参差不齐 (MES/MNQ 为 2019 年；MCL 为 2021 年；微型黄金与外汇自 2010 年起)；微型日元合约于 2024-03 下架，其后继合约实测存在 22 个月的挂牌中断。这些工具生命周期事件是第 8 节执行分析的输入而非脚

注：其中一例直接终结了一整条替代方案。

数据采集在硬性预算纪律下进行（请求前估价、累计上限、parquet 缓存）。该纪律本身曾因一次跨进程记账缺口而失灵，作为过程结果记录于第 10 节。

4 方法论：冻结且可测试的规格

4.1 信号与仓位（冻结）

资产 i 在月末 t 、复权价 $P_{i,t}$ 下，信号为回看期 $L \in \{3/6/12\}$ 个月的符号动量等权平均：

$$S_{i,t} = \frac{1}{3} \sum_L \text{sign}(P_{i,t}/P_{i,t-L} - 1), \quad S_{i,t} \in [-1, 1]. \quad (1)$$

仓位按已实现波动率 ($\hat{\sigma}_{i,t}$: 60 个交易日日收益标准差, 年化) 反比缩放至单资产目标 $\sigma^* = 10\%$, 杠杆上限 $1.50\times$ ：

$$w_{i,t} = S_{i,t} \cdot \min(\sigma^*/\hat{\sigma}_{i,t}, 1.50). \quad (2)$$

两个变体始终并列报告：多空变体 (V-LS) 与只多变体 (V-LF, long/flat, 信号非正时转持现金)。全部参数为文献先验 (Moskowitz et al., 2012), 在估计前冻结于规格文档；第 6 节的稳健性网格用于展示敏感性，而非选择参数。

4.2 作为单元测试的防前视

月末 t 计算的信号仅在 $t+1$ 月赚取收益；滞后在代码中实现为一个独立的 `shift` 步骤。规格不仅规定该性质，还规定其测试：将截止日之后的全部收益加倍，断言截止日之前的信号、波动率与仓位逐位不变。仓库测试套件对 ETF 管线、期货管线与连续合约构建（滚动日拼接等式在真实数据上逐合约断言，不止于合成数据）全部强制执行。无风险利率腿同口径滞后。

4.3 成本

ETF 成本：换手 $\sum_i |\Delta w_i|$ 单边 10bp, 外加空头名义年化 50bp 融券（仅 V-LS）；三档成本敏感性全列。期货成本为结构性而非从价：调仓换手每边一个 tick, 每次滚动一个完整往返（两个 tick），tick 大小与乘数一律取自交易所 definition 记录（绝不硬编码），整数合约分析中再加每合约固定佣金。

4.4 连续期货构建

逐合约日度序列以收益拼接缝合：连续收益每天取当日持有合约自身收益，滚动执行于二者较早者——(a) 次周期合约成交量连续第二日超过持有合约之日，或 (b) 到期前第五个交易日。合约身份采用规范键（根代码 + 到期年月），因为交易所证券 ID 会被回收、远月符号会被改名——两种失效模式我们都实际踩中并测试覆盖。各品种滚动规则发生率见附录 B。

4.5 统计协议

全部 Sharpe 为超额收益口径。显著性采用 Newey–West t 统计量（滞后 6）与循环块自助法（circular block bootstrap）95% 置信区间（块长 6 个月，10000 次抽样，固定种子）。本文全部产物连续两次完整重建逐字节一致；构建提交号印于标题页。

5 结果 0：五十年概念验证

在全规格实现之前，我们先呈现本项目最初的概念验证，并已将其移植入同一受审计仓库（实验 G18）。它刻意粗糙：三个月度代理资产——基于 Shiller 数据的标普 500 总回报序列、由收益率经久期近似构造的十年期国债回报、伦敦金——单一 12 个月符号信号、36 个月波动率窗口、10% 单资产波动目标、不加杠杆（上限 1.0）、10 bp 换手成本。移植对原型的复现是精确的：在同一缓存输入上，九项门槛指标全部偏离 0.00%（预注册的停机阈值为 10%）。¹

在 603 个月（1976–2026）中，三资产 TSMOM 组合年化收益 6.3%、波动 5.8%（未扣无风险利率口径下 Sharpe 1.09；按声明调整后约 0.8），最大回撤 -15.9%，与股票代理的月度相关性 0.21（同口径下买入持有代理的 Sharpe 为 0.98）。2000 年前后切分呈现熟悉的走弱（1.22 → 0.96），但两段均为正。图 1 给出半世纪路径。

证据分层。本节是三个显式分层证据中的第一层：(1) 五十年概念验证（粗糙、近似已声明）；(2) 第 6–8 节的二十年全规格日度实现（冻结参数、受测防前视、实测成本）；(3) 百年尺度文献（Hurst et al., 2017；仅引文，不重绘第三方数据）。本文结论立足于第 (2) 层；第 (1)(3) 层确立该现象并非近期样本的人为产物。

6 结果 A：ETF 实现

6.1 主结果：两变体并列，零挑选

表 1 在全样本与冻结的 2015-01-01 切分两侧并列报告两个策略变体与两个基准。这里没有任何挑选：规格要求每个变体、每个时段以及（下文）每个网格格点都必须见诸纸面。

对后续叠加设计而言有三个要点。其一，多空策略袖与股票不相关（全样本月度 -0.04）；只多策略袖保留温和的股票多头倾向（0.26）——两个变体提供的分散化来源不同。其二，两变体在全样本均过常规显著性：V-LS 的 Sharpe 为 0.57（Newey–West $t = 2.86$ ；循环块自助法 95% 置信区间 [0.19, 0.96]），V-LF 为 0.85（ $t = 4.45$ ；[0.49, 1.24]）²。其三，十年切分的结果并不讨喜，

¹完整的近似声明：(i) 债券总回报采用修正久期近似 $TR \approx y/12 - D \Delta y$ ，略去凸性；(ii) 股息序列近端缺口以最后可得股息率前向填充；(iii) 未扣无风险利率——本节 Sharpe 相对本文其余部分的超额收益口径高估约 0.2–0.3；(iv) 月度粒度；(v) 指数不可直接投资。正因这些近似，本节被标注为概念验证，并与全规格结果严格分层。

²此处采用标准 Moskowitz–Ooi–Pedersen 口径：月末 t 信号对应的仓位在该收盘价成交，赚取月 $t+1$ 的收盘到收盘收益。执行时点对月度边界入场跳空敏感——若改用更保守的后延一个交易日成交（首个交易日收盘到月末收盘），全样本超额 Sharpe 降至 0.32（V-LS）与 0.58（V-LF）。这是已披露的口径选择，非前视：仓位只用截至

Fifty-year proof of concept (declared approximations; no risk-free deduction)

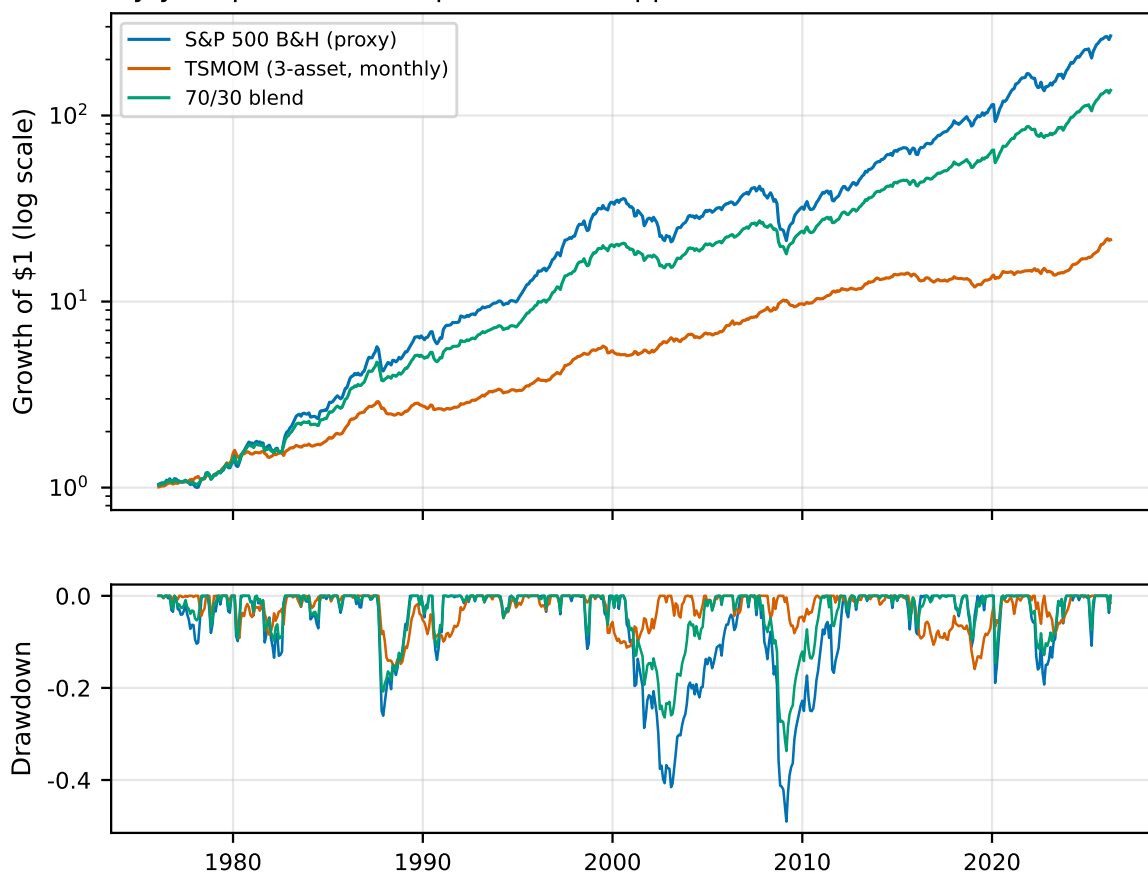


图 1: 五十年概念验证 (G18): 股票代理、三资产 TSMOM 组合与 70/30 混合的 1 美元增长 (对数刻度) 与回撤。近似声明适用; 未扣无风险利率。

但照样完整呈现: 2015-01-01 之后 V-LS 由 0.73 降至 0.40, V-LF 由 0.96 降至 0.73——与 2015 年后趋势跟踪的讨论一致, 也是第 9 节前瞻预期框架的核心。

6.2 危机窗口: 经济价值所在

策略的经济价值恰好集中在指数持有者最需要的地方。在六个预先指定的危机窗口中 (表 2、图 3), V-LS 在 6/6、V-LF 在 6/6 个窗口跑赢 SPY: GFC 窗口中多空策略袖收益 16.1%, 对 SPY 的 -46.0%。这是教科书式的危机凸性——在本文中是在成本后、受测滞后纪律下、冻结规格内赚到的。

close t 的信息 (tests/test_no_lookahead.py 覆盖)。

表 1: ETF 实现：全样本与冻结切分。全部 Sharpe 为超额收益口径；含成本。

series	period	n_months	ann_return	ann_vol	sharpe_excess	max_drawdown	corr_spy
SPY	full	274	11.3	14.6	0.69	-50.8	1.00
SPY	pre	137	8.7	14.0	0.57	-50.8	1.00
SPY	post	137	14.0	15.1	0.81	-23.9	1.00
60/40 SPY-IEF	full	274	8.5	8.9	0.76	-29.5	0.96
60/40 SPY-IEF	pre	137	7.9	8.1	0.80	-29.5	0.95
60/40 SPY-IEF	post	137	9.0	9.7	0.73	-20.5	0.96
V-LS	full	274	4.2	4.3	0.57	-6.6	-0.04
V-LS	pre	137	4.7	4.5	0.73	-6.6	0.02
V-LS	post	137	3.7	4.2	0.40	-5.2	-0.10
V-LF	full	274	4.7	3.5	0.85	-4.7	0.26
V-LF	pre	137	5.1	3.9	0.96	-4.7	0.22
V-LF	post	137	4.4	3.2	0.73	-3.3	0.31

表 2: 危机窗口累计收益（窗口冻结于规格；月末口径）。

window	start	end	SPY	V-LS	V-LF
全球金融危机 2007-10~2009-03	2007-10	2009-03	-46.0	16.1	10.4
欧债 2011-08~2011-10	2011-08	2011-10	-2.5	0.6	2.1
2015-08 单月	2015-08	2015-08	-6.1	-0.5	-0.9
2018-Q4	2018-10	2018-12	-13.5	-1.2	-1.5
疫情 2020-01~2020-03	2020-01	2020-03	-19.4	1.9	-1.0
加息熊市 2022 全年	2022-01	2022-12	-18.2	8.4	3.4

6.3 稳健性：全网格，不挑拣结果

冻结协议在单回看期、波动窗口与杠杆上限上做全交叉，共 108 格，全部展示于图 4 并列于附录 C。100% 的格点净 Sharpe 为正；最差格点仍有 0.36。不存在悬崖：主结果不依赖于冻结参数恰好走运。

6.4 混合、成本与滚动行为

将策略袖以固定权重混入 SPY 组合，沿去风险路径改善风险调整后表现：70/30 SPY/V-LS 混合的 Sharpe 为 0.76，对 SPY 的 0.69；最大回撤 -36.0%，对 -50.8%。成本敏感性线性且可承受——在加倍至 20 bp 单边的假设下，多空策略袖仍净得 0.48。36 个月滚动 Sharpe 与相关性（图 5）完整展示策略袖的低迷年份，而非将其抹平。

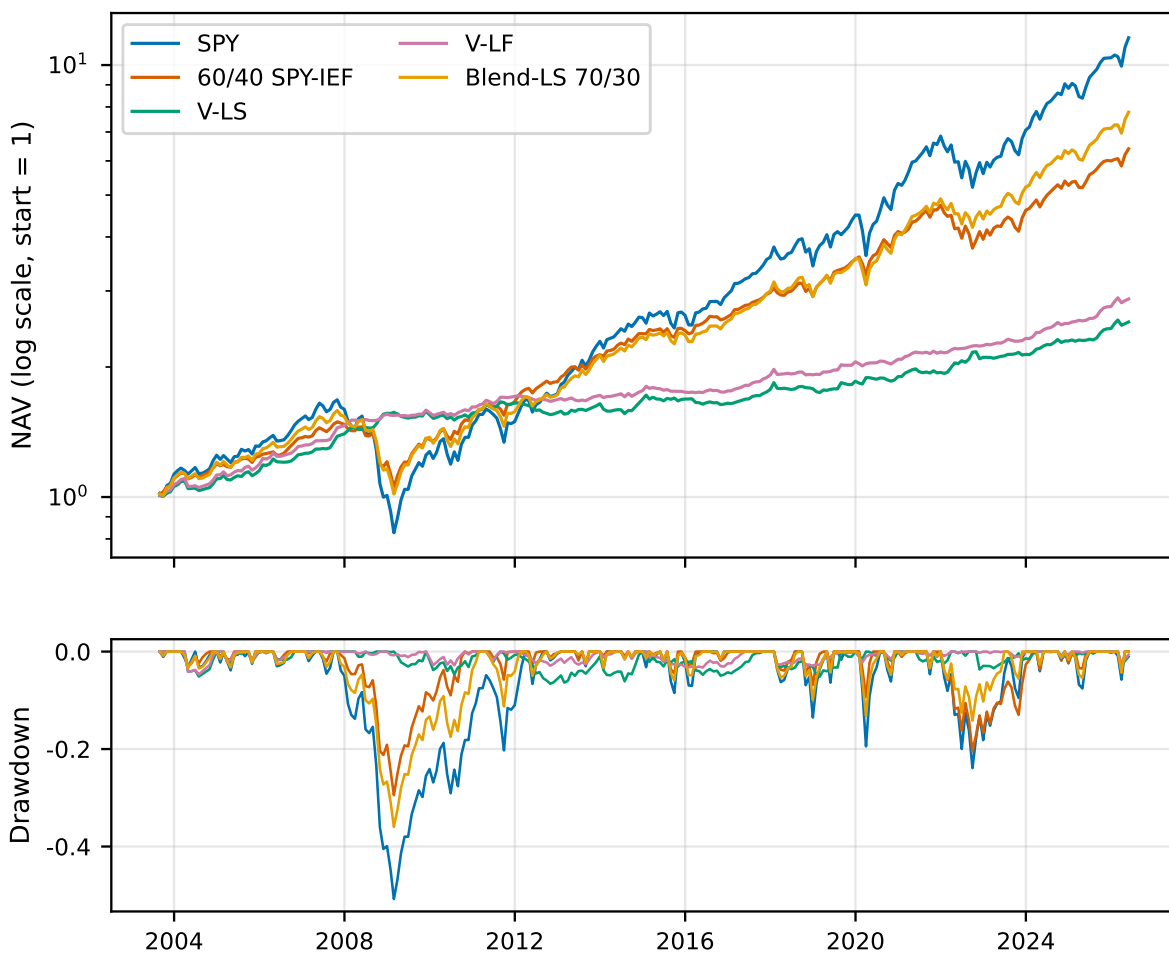


图 2: 对数净值 (起点 = 1; 对数刻度已注明) 与回撤: 基准、两变体与 70/30 混合。

7 结果 B: 期货与实现差距

7.1 同一策略, 不同工具载体

期货实现逐字复用冻结的信号、缩放仓位与滞后代码; 变化仅在工具层 (自建连续合约、tick 口径成本、全抵押记账)。表 3 直接报告载体效应: 在严格可比的四对上 (ES/SPY、ZN/IEF、ZB/TLT、GC/GLD), 逐资产策略收益在重叠期相关 0.90–0.97, Sharpe 差异在百分位内。袖级相关性为 0.81——偏低只因两个宇宙构造上不同 (NQ/CL/6E/6J 没有一一对应的 ETF)。对执行设计而言结论唯一重要: 更换载体的代价很小, 策略本身可平移。

7.2 Return stacking: 保住指数, 再加策略袖

期货占用保证金而非本金, 策略袖因此可以架在全额 SPY 持仓之上。在 SPY 上叠加 k 倍袖超额收益的行为与设计一致 (图 7): 对 SPY 的相关性随 k 单调下降 (多空策略袖从 $k=0$ 的

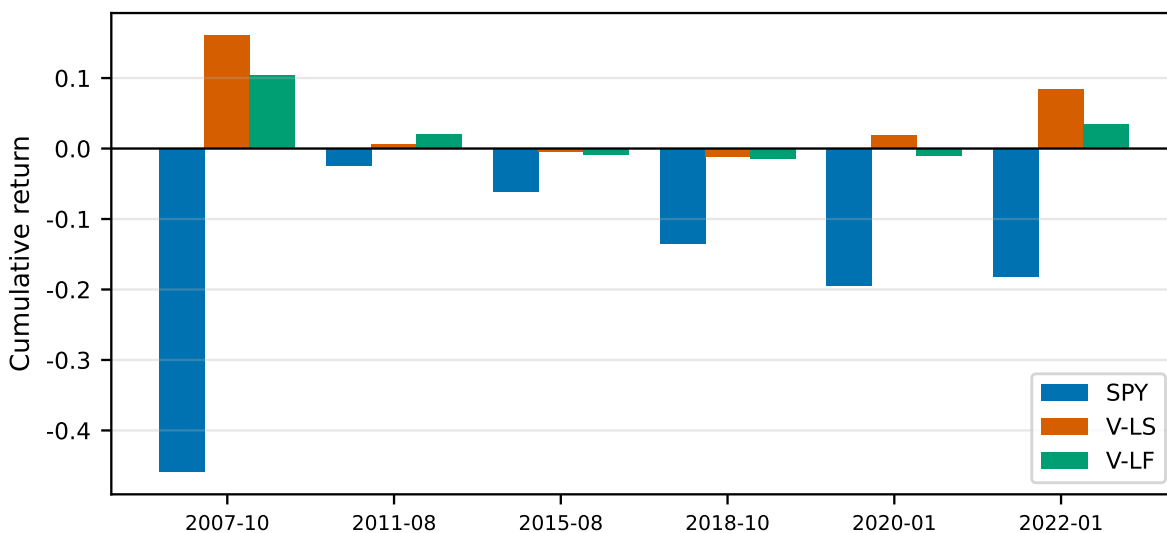


图 3: 危机窗口: SPY 对两个 TSMOM 变体。

1.00 降至 $k=2.5$ 的 0.79), 风险调整后表现上升 (Sharpe 0.90 \rightarrow $k=1$ 的 1.06)。一项预注册验收条件在此未达标并于第 9 节讨论: 在期货时代样本内, 没有任何 k 能把最大回撤收窄所要求的十个百分点——因为该样本缺少 GFC 级股灾, 而 2020 年的暴跌对月度趋势信号而言过快。

7.3 长历史拼接与决策几何

将 ETF 策略袖 (2011 年前) 与期货策略袖 (2011 年后) 拼接为合成长历史——明确不是可交易序列——将 GFC 重新纳入叠加样本: $k=1.5$ 时叠加组合的 GFC 窗口回撤为 -41.2%, 对 SPY 的 -50.8% (图 8)。图 9 的二维网格 (底仓配置 \times 叠加倍数) 随后定位了进入执行分析的配置: 80% SPY / 20% 现金底仓加 $1.5\times$ 多空叠加, 在 2003-2026 合成样本上年化 14.7%、Sharpe 0.96、最大回撤 -31.8%, 对照纯 SPY 的 11.3% 与 -50.8%。底仓去风险叠加加码, 是网格中唯一同时抬高收益、压低波动、收窄回撤的方向。

8 结果 C: 执行现实

两个跟踪误差参照系, 开宗明义。 本节始终区分 TE_{exec} ——对同工具分数合约回放的跟踪误差 (隔离取整与佣金)——与 TE_{model} ——对冻结母合约模型的跟踪误差 (外加微型对母合约的工具基差; 月度影子运行对照的正是它)。下文每个 TE 数字都携带其参照系。

8.1 整数合约与最小可行规模

把规定权重换算为整数合约, 是纸面策略接受真实账户检验的地方。\$100K 账户上, 离散化后的角点配置对其分数模型的 $TE_{exec} = 413$ bp/年; \$200K 改善至 228 bp (同参照系; 图 10)。

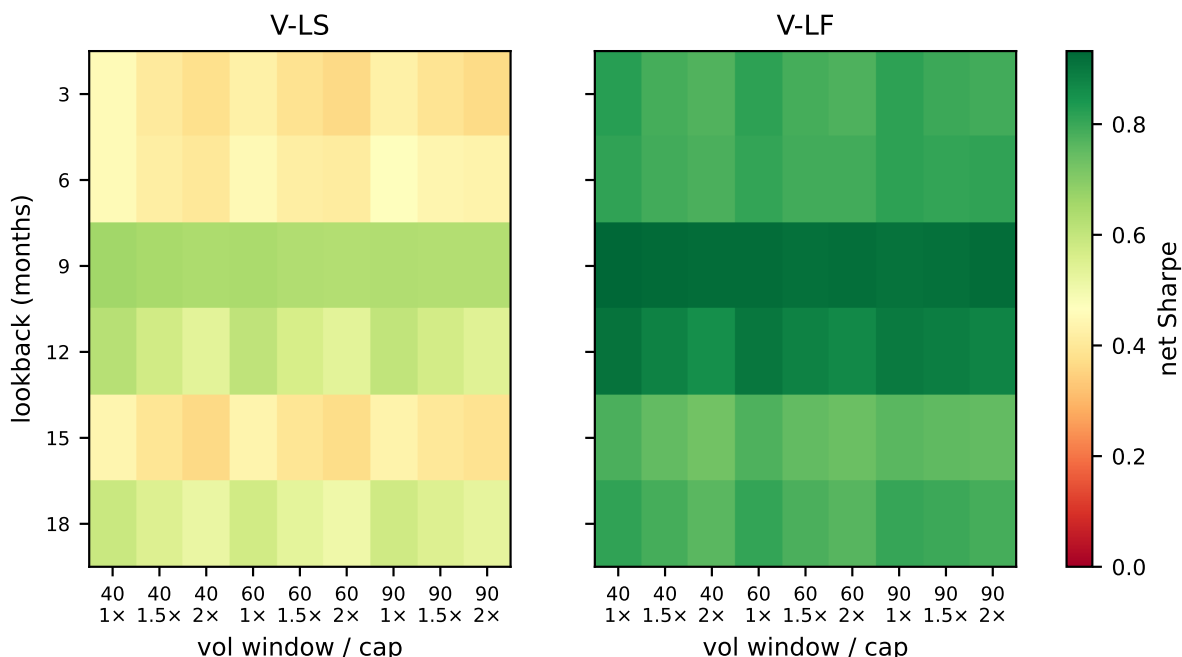


图 4: 全稳健性网格的净 Sharpe (每个格点都已显示)。

曲线的结构性下限不由账户规模决定，而由缺少微型合约的腿决定——这一事实我们最初测错了：国债期货上 100× 的合约价值口径缺陷（第 10 节）令债券腿看似永远不可交易。修正后，债券腿自约 \$500K 起可执行。

8.2 工具会退市：预注册门槛下的替代

执行设计必须经得起工具生命事件。流动性体检判定 30 年期微型收益率期货已名存实亡（测量时最后数据滞后 26 个交易日；21 日成交量中位数 1 手）；微型日元期货在项目中途下架；其后继合约实测有 22 个月挂牌中断（图 11）。替代候选在预注册相关性门槛下评估——MJY 对日元腿映射后月度相关 0.951（门槛 0.95），十年期微型收益率久期映射达 0.983（门槛 0.90），而 30 年期映射 0.824 的日度相关性在其流动性枯竭之前就已将其标为最弱一环。评估从不等于采纳：终版映射使用原生全尺寸国债期货。

8.3 阈值可立法，资本须人裁

一条预先承诺的规则（债券腿取整为零占比 < 40%）在 \$1M 档选出原生全尺寸宇宙（ZN 0.0%，ZB 17.5%），在 \$500K 档则未达标（ZB 43.9%）；账户规模本身随后被从阈值中解耦，由人决定——这一过程教训被我们刻意记录（第 10 节）。在最终确定的代表性 \$500,000 规模上：逐腿尺寸规则下六个可换微型的腿全部留微型（目标对合约价值比至多 1.22，对照 2× 换全尺寸线）；日元腿规则给出统计平局（TE 相差一个基点，两候选均在 5% 日成交量冲击约束之内）；

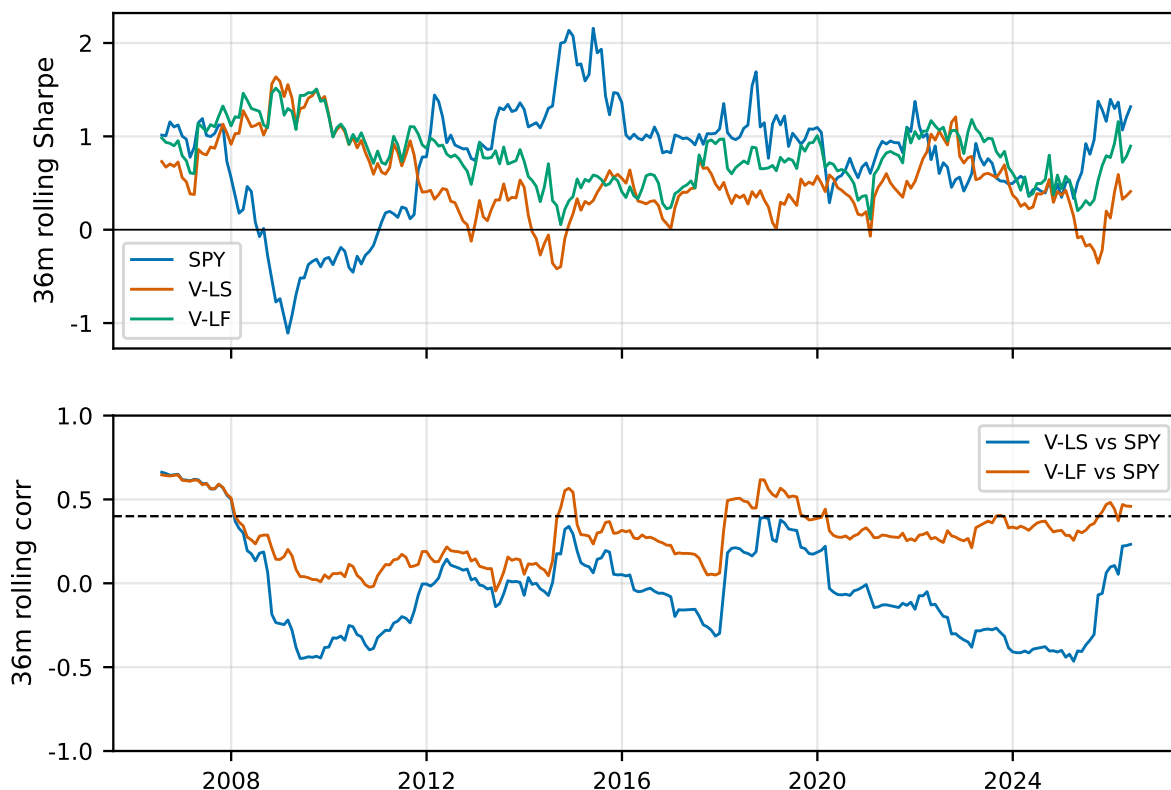


图 5: 36 个月滚动 Sharpe 与对 SPY 滚动相关性。

MJY 冲击均值 2.0%，全尺寸为 0）——由人工以流动性深度裁决为全尺寸合约，规则结果与覆写双双记录在案（第 10 节）。把 ZB 腿久期等效并入 ZN 执行的方案则被其自身预注册规则否决：并入使跟踪误差升至 377 bp，而接受部分跟踪损失仅 327 bp，尽管合并后零取整占比 8.8% 达标（对冲比 $h = 1.72$ ）。

8.4 跟踪误差分解与验收通道

最终配置的 TE_{model} 为 327 bp/年，分解见图 12：仅 110 bp 是 TE_{exec} （取整与佣金）；占主导的 355 bp 是工具基差——微型合约与其全尺寸母合约在滚动时点与交易场所微观结构上的差异（两成分相互关联，不能按平方和叠加）。影子运行验收通道锚定为 [261, 653] bp，即基线的 $[0.8, 2.0] \times$ ：落入该带的纸面交易与“模型加已知基差”相容，而非衰减的证据。

9 局限与诚实披露

发表规格逐条列举了必须在本文出现的披露条款。此处以小节而非散落的限定语集中呈现。

表 3: 实现差距: ETF 对期货, 重叠期。

level	variant	pair	strict	n_months	corr	sharpe_ETF	sharpe_fut
asset	LS	ES/SPY	True	179	0.95	0.50	0.44
asset	LS	ZN/IEF	True	179	0.90	0.07	0.14
asset	LS	ZB/TLT	True	179	0.94	0.12	0.12
asset	LS	GC/GLD	True	179	0.94	0.24	0.20
asset	LS	CL/DBC	False	179	0.71	0.30	0.23
asset	LS	6E/UUP	False	179	0.73	-0.17	0.01
asset	LS	6J/UUP	False	179	0.38	-0.17	0.44
sleeve	LS	TSMOM-ETF/TSMOM-FUT	False	179	0.81	0.39	0.63
asset	LF	ES/SPY	True	179	0.97	0.68	0.62
asset	LF	ZN/IEF	True	179	0.95	0.16	0.21
asset	LF	ZB/TLT	True	179	0.94	0.21	0.24
asset	LF	GC/GLD	True	179	0.94	0.40	0.37
asset	LF	CL/DBC	False	179	0.70	0.19	0.12
asset	LF	6E/UUP	False	179	-0.12	0.12	-0.42
asset	LF	6J/UUP	False	179	-0.03	0.12	-0.28
sleeve	LF	TSMOM-ETF/TSMOM-FUT	False	179	0.80	0.72	0.67

表 4: G16: 原生对全微型宇宙, 两档账户规模。TE 列为 TE_{exec} (各宇宙对照自身分数回放)。

universe	nav	te_ann	cagr	sharpe_excess	max_drawdown	total_commission_usd
A_native	500000.000000	108	11.6	0.62	-13.4	1258.500000
A_native	1000000.000000	46	11.6	0.61	-14.6	2484.750000
B_micro	500000.000000	47	12.4	0.68	-14.5	2120.500000
B_micro	1000000.000000	24	12.3	0.67	-14.2	4224.500000

9.1 全部结果为样本内

本文每个统计量都在对样本有完整知识的历史数据上计算。先于估计冻结文献先验参数排除了一条过拟合路径——参数无法适配本数据——但这不是样本外验证, 本文也不作任何样本外表现的断言。

9.2 一项预注册验收条件未达标

v1.5 验收协议要求存在某个叠加倍数使最大回撤较纯 SPY 收窄至少十个百分点。没有任何倍数做到: 最佳配置仅收窄约六个百分点。在拼接长历史上得到确认的结构性的解读是: 架在全额指数仓位上的月度再平衡趋势叠加层, 对深度股灾的缓冲在 $k \leq 1.5$ 下约为 6–10 个百分点; 更大的缓解需要给底仓去风险, 而非继续加叠加。

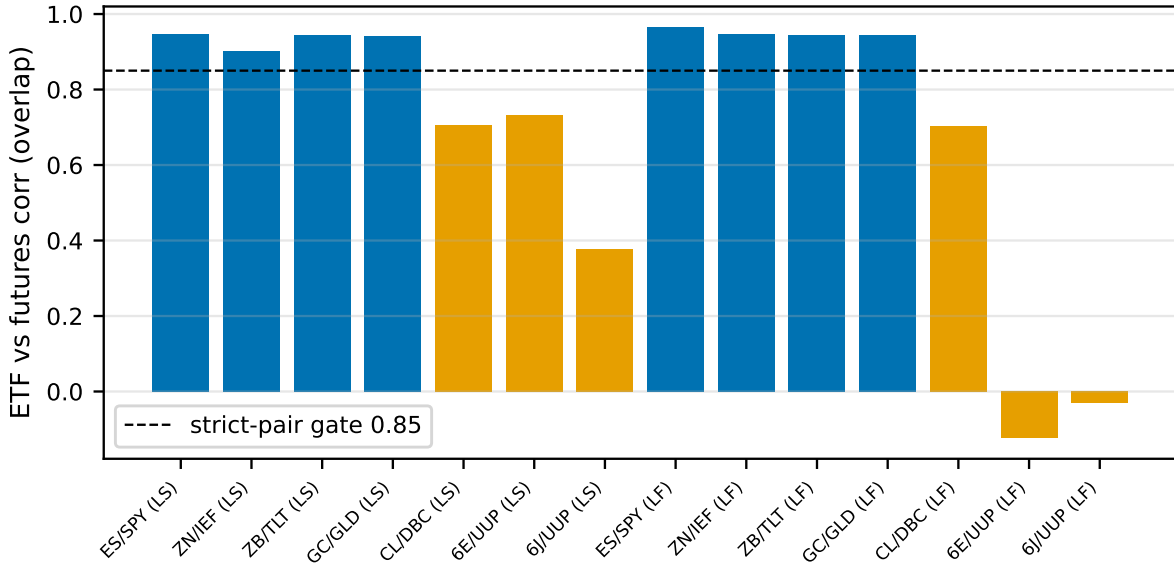


图 6: 逐对策略收益相关性; 严格四对对照 0.85 验收线。

表 5: G17 逐腿尺寸 (2× 全尺寸规则下)。

leg	median_target_usd	full_cv_median_usd	ratio	selection
ES	68781.000000	240638.000000	0.286	micro
NQ	48979.000000	340075.000000	0.144	micro
GC	54799.000000	205720.000000	0.266	micro
CL	15526.000000	75880.000000	0.205	micro
6E	113967.000000	136225.000000	0.837	micro
6J	104982.000000	86119.000000	1.219	full (human adjudication)

9.3 拼接序列不可交易

2003–2026 长历史拼接了两种不同实现 (先 ETF 策略袖、后期货策略袖; 重叠期袖级相关 ≈ 0.81)。它是用于危机语境的研究视图, 不是任何人本可持有的收益流。

9.4 2015 年后的走弱, 全量呈现

V-LS: $0.73 \rightarrow 0.40$; V-LF: $0.96 \rightarrow 0.73$ (冻结的 2015-01-01 切分)。五十年层在 2000 年前后呈现同向变化 ($1.22 \rightarrow 0.96$, 未扣无风险利率口径)。属于拥挤、机制变化还是偶然, 本文不作判断; 切分按冻结状态原样呈报。

Return stacking path (futures overlap sample 2011-2026, in-sample)

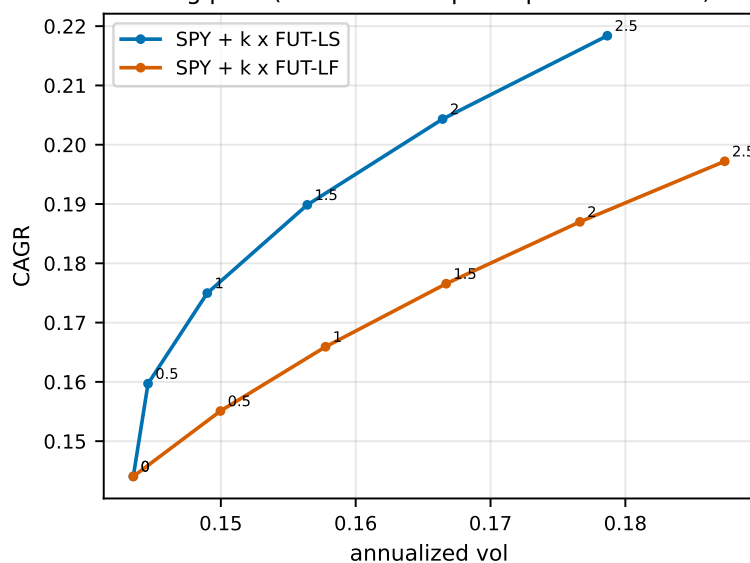


图 7: (波动, CAGR) 空间中的叠加路径; k 已标注。期货重叠样本 (2011-2026), 样本内矩。

9.5 前瞻预期应锚在 0.8 一带, 而非 0.96

合成长历史上的角点全样本 Sharpe (0.96) 是含 GFC 的样本内数字。诚实的前瞻锚结合后段时代与执行拖累: 角点配置 Sharpe 约 0.8 一带, 外加对模型约 327 bp/年量级的跟踪误差。

9.6 散户规模上离散化误差是一阶项

\$100K 下, 执行口径跟踪误差 413 bp/年约为叠加部分波动预算 ($k=1.5$ 下 6.6%) 的 63%——小规模下的执行噪声与所部署的风险同一量级。\$500K 以下, 债券腿在全尺寸合约中实质不可交易。

9.7 收益率期货弯路由我们自己的缺陷驱动

微型收益率期货替代研究, 是为解决一个被 $100\times$ 合约价值缺陷夸大的债券腿执行问题而做; 30 年期微型合约随后的流动性枯竭使这条弯路本身失去意义。我们仍然报告它: 因为评估门槛按设计运转了, 也因为该插曲说明一次测量错误足以令研究方向偏转。

9.8 不构成投资建议

本文为研究与教学文档。账户规模为代表性规模; 不披露券商信息、真实资金、持仓或下单时点。历史表现不预示未来收益。

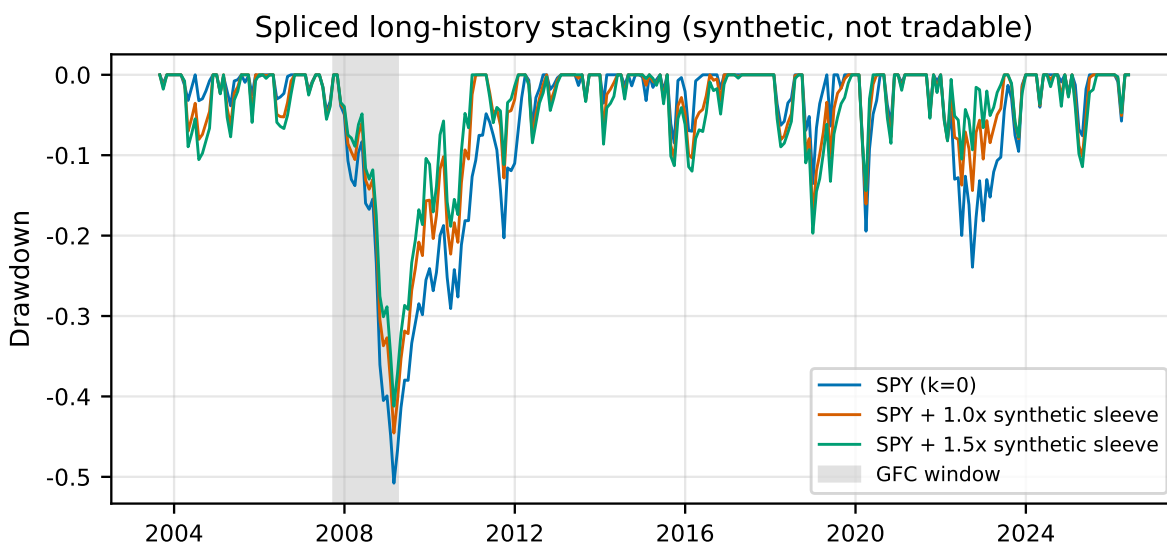


图 8: 合成长历史上穿越 GFC 的回撤 (合成序列, 不可交易)。

10 勘误与过程注记

三项过程结果以与业绩结果同等的规格呈报, 因为管线的错误行为是一种可实证的性质。

10.1 100× 合约价值勘误

发现。规模对比显示国债腿在 \$500K–\$1M 下所有月份取整为零——给定已知合约价值, 这在算术上不合情理。**诊断。**交易所 definition 字段 `unit_of_measure_qty` 对国债期货编码的是面值 (按面值百分比报价), 而非每点价值; 合约价值被放大 100× (ZN 表观价值 \approx \$10.9M, 真实 \approx \$110K)。**修正。**合约价值与 tick 成本现按 $\text{price} \times \text{qty} \times s$ 推导, 当计量单位为面值货币时 $s = 0.01$ ——完全由 definition 记录驱动, 零硬编码。**影响重述。**表 6 将修正前数值 (历史事实, 修正后代码不可再生) 与实时读取的修正后数值并列; \$200K 跟踪误差由 353 变为 228 bp; “平台被债券腿钉死”的解读随之撤回, 改为“债券腿自约 \$500K 起可执行”。

10.2 两次被证伪的预测

(i) 我们预测把 30 年期腿久期等效并入 10 年期腿执行会降低跟踪误差; 实际 升高了 50 bp——常数对冲比的基差成本超过其消除的取整损失。(ii) 我们预测微型收益率替代将是债券腿的解; 修正后的合约价值加上一次工具退市, 共同证伪了前提。两个预测都在数据到来之前写下, 其失败因此可报告而非不可见。

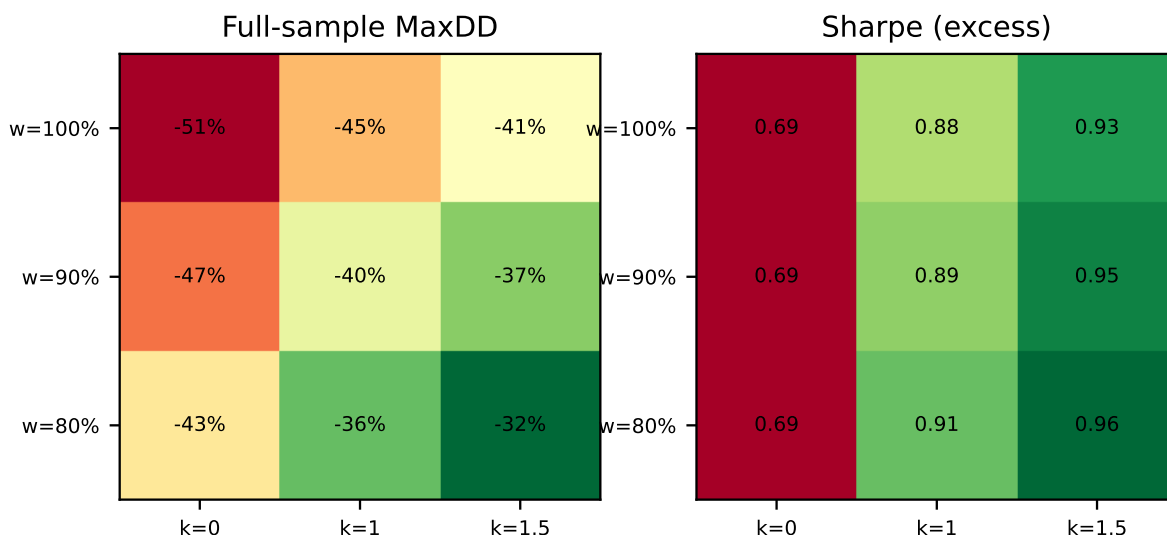


图 9: 决策几何: 底仓配置 × 叠加倍数。

10.3 我们自身管线的一次成本控制事故

两个叠加缺陷——缓存键包含实时数据集末日、各进程预算基线互不可见——导致数据累计支出短暂超出当时授权的上限；经披露后，上限随之上修。修复是结构性的：所有预算校验在初始化时读取的持久化只追加支出台账、增量式尾部补齐、收窄的刷新语义。单进程内的估价先行纪律全程有效；薄弱环节在跨进程记账。金额本身无关紧要，可报告的是失效模式——多进程代理管线中各自正确的局部守卫，未必构成正确的全局约束。我们收录此事，因为成本纪律是可复现性的一部分，也因为这恰是选择性报告会略去的那类结果。

10.4 workflow: 算术可立法，资本不可

项目以“规格冻结、代理实现、人工裁决”的工作流运行。预注册阈值在执行问题上表现出色（滚动规则、替代门槛、尺寸规则）——它们阻止了临场合理化。它也有过一次失误，形式是越权：一条为执行可行性而写的阈值短暂地把账户规模本身捆了进来，人类决策者不得不把资本配置从规则中解耦出来。另一个更小的实例：日元腿的工具规则以一个基点的平局收场——统计噪声——由人工以流动性深度裁决，规则结果与覆写同时记录于决策网格。我们最终落定的分工——机器持有冻结的算术，人保有资本配置与修改规格的权力——在我们看来是本文可迁移的方法论结果。

11 结论

一个按文献参数冻结、端到端受审计的波动率缩放时序动量叠加层，在我们度量的每一层上都于样本内改善了指数持有者的风险调整后头寸：作为 ETF 策略袖（Sharpe 0.57、对 SPY 相

TE_{exec} vs account size (vs same-instrument fractional; corrected CV)

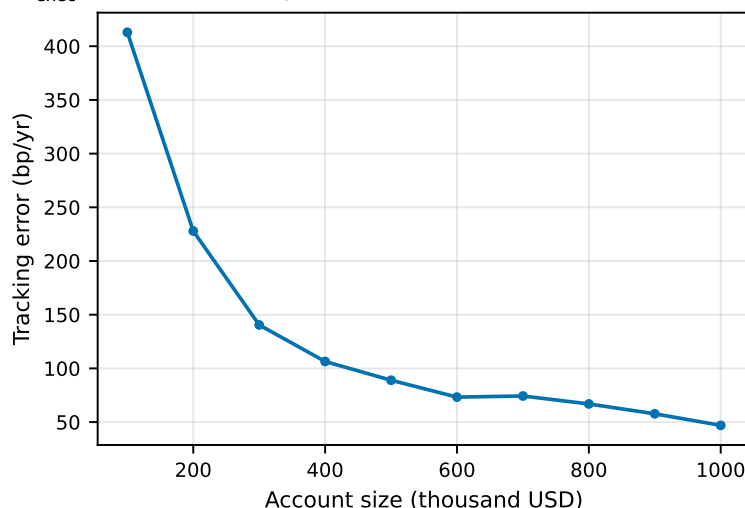


图 10: 跟踪误差对账户规模 (TE_{exec} , 修正后合约价值)。

关性 -0.04、在 6/6 个危机窗口胜出)、作为期货复制 (严格四对相关性 0.90–0.97)、作为代表性 \$500,000 账户上的整数合约执行 (跟踪误差 327 bp/年, 由工具基差而非取整主导)。从纸面到订单的每一步都付出了真实的代价; 本文的增量正在于度量每一级台阶, 而不是只断言顶层数字。

本文背后的仓库以一条命令从原始输出重建每个数字、每张表与每幅图, 对任何未注入的数字报错, 且连续两次构建逐字节一致。我们一路犯下的错误连同发现路径与修正全部在第 10 节。我们推荐这种范式: 在系统化投资中, 审计链本身就是产品。

参考文献

Abhilash Babu, Ari Levine, Yao Hua Ooi, Lasse Heje Pedersen, and Erik Stamelos. Trends everywhere. *Journal of Investment Management*, 18(1):52–68, 2020.

Nick Baltas and Robert Kosowski. Demystifying time-series momentum strategies: Volatility estimators, trading rules and pairwise correlations. In *Market Momentum: Theory and Practice*, chapter 3. Wiley, 2020. doi: 10.1002/9781119599364.ch3. Earlier working paper: SSRN 2140091.

Brian Hurst, Yao Hua Ooi, and Lasse Heje Pedersen. A century of evidence on trend-following investing. *Journal of Portfolio Management*, 44(1):15–29, 2017. doi: 10.3905/jpm.2017.44.1.015.

Tobias J. Moskowitz, Yao Hua Ooi, and Lasse Heje Pedersen. Time series momentum. *Journal of Financial Economics*, 104(2):228–250, 2012. doi: 10.1016/j.jfineco.2011.11.003.

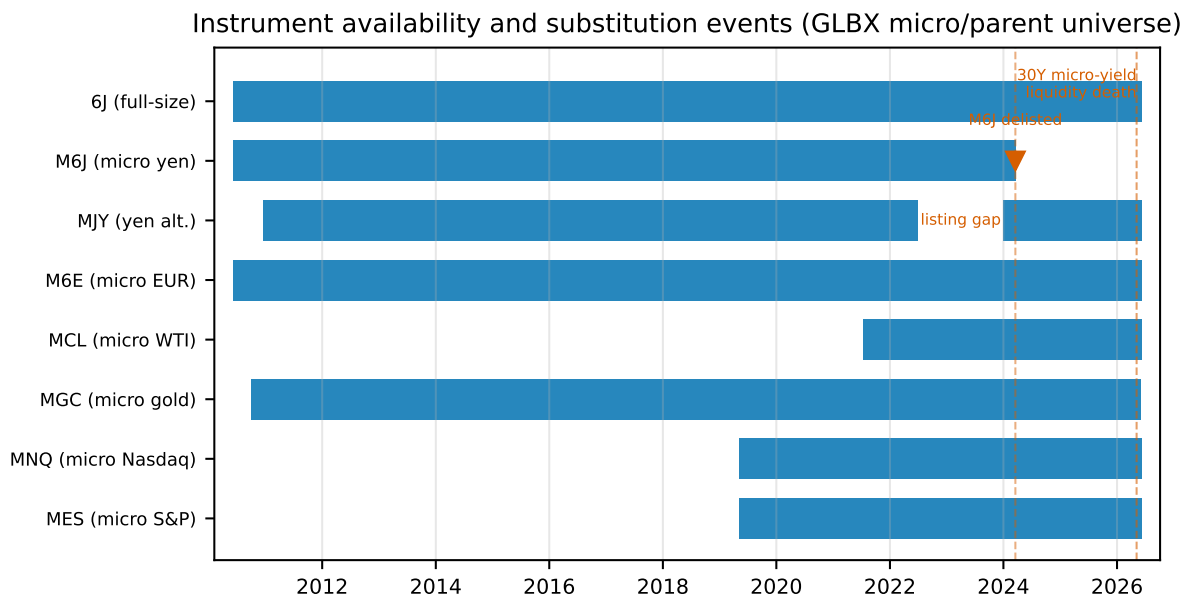


图 11: 期货宇宙中的工具可得性与替代事件: 微型合约挂牌日期 (Databento definition 探测)、项目中途 M6J 微型日元下架、MJY 挂牌中断, 以及 30 年期微型收益率的流动性枯竭。全部日期由数据管线注入 (离散化探测、流动性体检快照与 provenance 台账)。

Valeriy Zakamulin and Javier Giner. Trend following with momentum versus moving averages: A tale of differences. *Quantitative Finance*, 20(6):985–1007, 2020. doi: 10.1080/14697688.2020.1716057.

A 假设登记册

规范未定义的每一处细节, 均以最简单合理的实现解决并在决策时逐条记录。下列登记册 (47 条, 涵盖 A–G 类, v1.5 期货模块为 G1–G19) 由 ASSUMPTIONS.md 经 build.py 自动转换包含, 与论文同源、随构建确定性重生成; 正文已在每个结果相关处陈述关键决策, 此处为其完整逐条日志。

原则 (任务 Prompt 第 2 条): SDS 已定义的照抄不改; 未定义的取**最简单合理**实现并在此逐条记录。每条标注状态: 已实现 / 计划中。随里程碑推进更新。

A. 收益与仓位口径

- **A1 (已实现) 现金与融资统一口径:** 两变体的月度策略收益统一为 $r_{\text{strat}} = w \cdot (r_{\text{asset}} - r_f) + r_f$ 。代数上严格等价于 SDS §3.3 对 V-LF 的“现金部分按无风险利率计息” ($w \cdot r + (1-w) \cdot r_f$), 同时对杠杆 ($w > 1$ 时按 r_f 融资) 与空头对称处理。SDS 仅规定了 V-LF 的

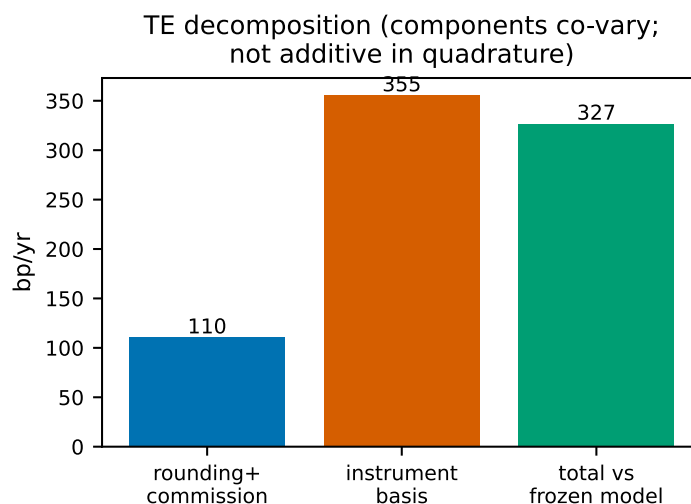


图 12: 最终配置的跟踪误差分解。

现金计息，未规定杠杆融资与空头现金口径，此为最简一致选择。超额收益即 $w \cdot (r_{\text{asset}} - r_f)$ ，与”所有 Sharpe 一律为超额收益 Sharpe” (§2) 直接衔接。

- **A2 (已实现) 月度资产收益**: 复权 (总回报) 月末收盘价的简单收益，分红视为再投资。§3.4 已明确月末收盘-到-月末收盘口径等价于整月持有，故全系统按月频记账；日度数据仅用于波动率估计与月末取价。
- **A3 (已实现) $\text{sign}(0)=0$** : $P_t/P_{\{t-L\}}-1$ 恰为 0 时信号取 0 (numpy 默认, SDS 允许 $\{-1,0,+1\}$)。
- **A4 (已实现) 资产可用性判定**: 月末 t 上, 12 个月回看价、60 个日收益 ($\text{min_periods}=60$) 任一缺失 \rightarrow 该资产当期不可用 (不进入信号与合成)。”上市日 + 信号预热期”由此自然实现。
- **A5 (已实现) 月末定义**: 各资产自身当月最后一个有效交易日的收盘价。

B. 成本

- **B1 (已实现) 换手定义**: $\text{turnover}_t = \sum_i |w_{\{i,t\}} - w_{\{i,t-1\}}|$, 目标权重对比; 首月建仓全额计入 (w 从 0 起); 忽略月内权重漂移 (月频记账下的最简口径)。
- **B2 (已实现) 成本计提层级**: 交易成本与融券成本在**单资产收益流**层面计提 (§3.5 位于策略层、§4.1 称”策略收益流等权平均”), 组合 = 净流等权平均。可用资产数 N 变化引起的 sleeve 再平衡不另计成本; SPY 混合组合与 60/40 基准的再平衡不计成本 (SDS 未规定)。
- **B3 (已实现) 成本敏感性**仅变动线性交易成本档位 (5/10/20bp), 融券成本固定 50bp (SDS §3.5 未将其列入敏感性)。

表 6: 勘误记录: 修正前数值为带提交号引用的人工固化历史事实; 修正后数值由构建系统从现行输出实时读取。

metric	scope	value_before	unit	commit_fix
te_full_universe	G12 NAV=100K	424	bp	11a2ae7
te_full_universe	G12 NAV=200K	353	bp	11a2ae7
te_reduced_universe	G12 NAV=200K 剔除集	250	bp	11a2ae7
te_sweep_plateau	G12 NAV 500K-1M 平台	298-310	bp	11a2ae7
bond_zero_share_zn	G16 A_native@500K	100.0	%	11a2ae7
bond_zero_share_zb	G16 A_native@500K	100.0	%	11a2ae7
bond_zero_share_zn	G16 A_native@1M	100.0	%	11a2ae7
bond_zero_share_zb	G16 A_native@1M	100.0	%	11a2ae7
te_a_native	G16 A@500K	251	bp	11a2ae7
te_a_native	G16 A@1M	247	bp	11a2ae7
zn_contract_value_apparent	G12-G16 期间表观值	1.09e7	USD	11a2ae7

- **B4 (已实现) 融券成本折算**: $50\text{bp}/12 \times \sum_i \max(-w_{\{i,t\}}, 0)$, 按持仓月计提。

C. 无风险利率

- **C1 (已实现) DGS3MO \rightarrow 月利率**: $\text{rf}_m = (1 + y/100)^{(1/12)} - 1$, y 为月末观测值; 应用时**滞后一期** (月 $t+1$ 的现金收益用月 t 月末已知的利率), 与仓位同口径防前视。
- **C2 (已实现) 缺失日处理**: DGS3MO 节假日缺失用前值填充 (仅月末取值, 影响极小)。 \sim IRX 降级时同口径换算。

D. 数据校验 (Databento)

- **D1 (已实现) 数据集选择**: US equities 日度合并数据集 EQUUS.SUMMARY (schema ohlcv-1d)。实测可用区间 **2024-07-01 起** (M1 运行时经 metadata API 确认), 交叉校验仅覆盖该重叠段 (约 2 年/486 个交易日); 更早区间**无法用 Databento 校验**, 其完整性依赖 yfinance 自身质检 (缺失日、极端收益、零负价)。这是数据现实而非实现缺陷, 已在 data_quality_report.csv 中逐 ticker 标注重叠区间。不改用 DBEQ.BASIC (历史更长但为场所子集口径, 收盘价与合并口径存在系统性微差, 易产生伪 flag)。
- **D2 (已实现) 比对口径**: 未复权日收益 (yfinance 原始 Close vs Databento close), 避免复权因子差异造成伪差异; 分红除息日/拆分日两侧的差异点**只记录、不修复** (未复权口径下无法区分数据错误与公司行为时点差), 其余坏点以 Databento 为准修复并记录。
- **D3 (已实现) ” 抽样比对” 实现为全重叠区间比对**: 日度数据量小, 全量比对最简且最严格, 不引入抽样随机性。

- **D4 (已实现) 预算核算**: 每次请求前 `metadata.get_cost` 估价并打印, 进程内累计; 累计将超 5 USD 时停止并询问用户。已缓存区间不再请求 (缓存命中 = 零成本)。

E. 验证与统计

- **E1 (已实现) 稳健性网格 = 全交叉**: 单回看期 {3,6,9,12,15,18} × 波动窗 {40,60,90} × 杠杆帽 {1.0,1.5,2.0} = 54 组 × 2 变体 = 108 行, 全部输出。每组按自身预热期决定资产进入时点与起点 (18 月回看起点自然略晚), 与 §2”上市日 + 信号预热期”规则一致。
- **E2 (已实现) NW t 检验**: 手工实现 Bartlett 核 (lag=6) 的 Newey-West 标准误 (statsmodels 不在 §7 依赖清单内, 不引入额外依赖)。
- **E3 (已实现) 块自助法**: 环形移动块 (circular moving block) bootstrap, 块长 6 个月、10000 次、`numpy.random.default_rng(42)`; Sharpe 95% CI 取百分位法。
- **E4 (已实现) 危机窗口口径**: 累计收益 = 含端点月在内的月度收益连乘 (如 GFC = 2007-10 至 2009-03 共 18 个月)。窗口起点早于某序列起点时如实留空并标注。
- **E5 (已实现) 归因方法**: 收益贡献 = 各资产月度贡献 $(1/N_t) \cdot r_{net}_{\{i,t\}}$ 的时间序列均值; 风险贡献 = $cov(\text{贡献}_i, r_{\text{组合}}) / var(r_{\text{组合}})$ (加性分解, 和为 1)。
- **E6 (已实现) 有效前沿与波动目标版组合**: 用全样本月度协方差 (样本内, 图上注明, 仅作图示); 波动目标版先解 60/40 风险贡献权重, 再整体缩放至年化波动 10%。

F. 报告与工程

- **F1 (已实现) 变体无挑选呈现**: tearsheet 的 70-30 混合曲线与有效前沿同时画 V-LS、V-LF 两条; 混合网格 CSV 输出两个变体全部权重组合。
- **F2 (已实现) 确定性口径**: 数值产物 (CSV) 两次重跑字节级一致; PNG 通过固定 `SOURCE_DATE_EPOCH` (`config.output.source_date_epoch`) 去除时间戳元数据后同样逐位一致。
- **F3 (已实现) SDS 产出物清单之外的必要新增文件** (§7 已隐含或工程必需): `requirements.txt`、`.env.example`、`.gitignore`、`data/` 缓存目录、`src/__init__.py`、根目录空 `conftest.py` (pytest 导入路径)、`pyarrow` (parquet 引擎, §7 缓存要求隐含)。
- **F4 (已实现) git 仓库**: `git init` (§7 的 `.gitignore` 与”pytest 全绿为合并前提”隐含)。
- **F5 (已实现) matplotlib 后端**: 无显示环境, 固定 Agg 后端; 图内文字一律 ASCII (Agg 默认字体无 CJK 字形), 中文叙述在 tearsheet HTML 层。

补充（实现期间新增）

- **A6（已实现）末月不完整剔除**：最后一个日度观测的下一交易日仍在同一日历月（本次运行：数据至 2026-06-10）→ 该月视为未走完，从全部月度序列中剔除（样本截至 2026-05-31）。避免用半个月收益冒充整月（§9.4 异常不静默原则的推广）。实现于 portfolio.trim_incomplete_last_month, tests/test_metrics.py 覆盖两个分支。

G. v1.5 期货模块

- **G1（已实现）配置隔离**：v1.5 参数独立于 config_v15.yaml（经 base_config 注入母本冻结参数），v1.2 的 config.yaml / run_backtest.py / output/ 根产物零改动（启动 Prompt #1）。
- **G2（已实现）F0 勘察方法**：起点用免费 metadata get_cost 二分探测（谓词：区间费用 >0），零数据费用；不假设任何历史范围（v1.2 EQUUS 教训）。实测 8 品种起点均为 2010-06-06。
- **G3（已实现）预算决策**：parent 全量 ohlcv-1d 实测 \$10.58（CL \$7.48）超原 5 USD 预算，与增补书 §2 parent symbology 要求冲突；F0 门控时用户决策**预算上调至 15 USD、字面执行 parent 拉取**（2026-06-10）。估价先行、累计超限即停的卫兵纪律不变。
- **G4（已实现）definition 半年快照**：每年 1 月/7 月首个交易日各 1 个单日快照（全 8 品种批量同请求，33 日 / 69,425 行），覆盖各合约挂牌窗口（周期合约挂牌提前量 ≥9 个月 > 6 个月间距）；缺口自检按规范键比对，发现缺失定向补拉单日 definition（首批 2010-06 到期的 7 份前月合约即由此闭环）。不取全区间逐日 definition（\$5.36，信息冗余）。
- **G5（已实现，F1 期间修订）合约身份 = 规范键 root-YYYY-MM**：实测发现两个陷阱使初版”身份键 = instrument_id”方案错误——(i) CME 会**回收 security ID**，16 年跨度内同一 instrument_id 先后指向不同工具（曾导致 ESM2-2012 的 definition 被覆盖、调度跳约持有 ESU2，伪装成 10 个”数据缺口”）；(ii) 远月合约符号会**改名**（2 位年码 → 1 位年码，如 CLZ29 → CLZ9），同一合约先后两个符号。修订：ohlcv 侧按”符号年位 + 行日期所在十年（已过年份进位）”解析规范键；definition 侧直接取 expiration 字段年月构键（权威，无需解析）；两侧独立推导后对接，合约表过滤 = instrument_class == 'F' ^ 严格 outright 符号 ^ 周期月。修订后 8 品种连续序列零缺口、滚动节奏与各品种微观结构一致（tests/test_futures_roll.py::test_canonical_key_year_resolution 覆盖年位解析全分支）。
- **G6（已实现）日界与口径**：GLBX ohlcv-1d 为 UTC 日界 bar，连续序列日期取 UTC 日；与 ETF 的纽约收盘存在数小时口径差，sleeve 级对比（implementation_gap）时如实注明。
- **G7（已实现）滚动量能比较**：同日同键多行（改名重叠日）成交量取 max（避免双计），收

盘价取 last；比较窗口为 (当前段起点, 规则 (b) 日], 跨段不携带连续计数。

- **G8 (已实现) 期货波动率窗口按品种自身日历**: 各品种休市日不同, 若在 8 列并集日历上做 60 行滚动窗, 他所休市日的 NaN 会击穿窗口 (实测曾致 GC/CL 月末波动率缺失、被误判不可用)。”过去 60 个交易日”按规格语义取**该品种自身交易日**: 逐列在自身日历上调用 v1.2 冻结函数 (realized_vol_own_calendar, 参数零改动)。
- **G9 (已实现) tick 比率口径**: 调仓成本的 tick_size/价格取上月末持有合约口径并滞后一期应用 (与仓位同步防前视); 滚动成本用滚动日当日比率 (成本实现日口径, 非信号输入)。期货无融券成本项。
- **G10 (已实现) 拼接补充实验 (用户 2026-06-10 追加, 非冻结规格变更)**: 合成长历史 V-LS 袖 = ETF 段 (v1.2 V-LS 组合月收益 - rf, 2003-08 ~ 2011-06) \oplus 期货段 (FUT-LS 袖超额, 自期货首个有效月 2011-07-31 起); 在**超额收益空间**拼接, 无水平跳变问题。叠加 = SPY 总回报 + $k \times$ 合成超额 ($k \in \{1.0, 1.5\}$, 现金利息不重复计, 与增补书 §5 同口径)。”GFC 窗口回撤” = 全样本回撤曲线在 2007-10~2009-03 窗口内的最小值 (峰值含窗口前高点)。局限: 拼接点前后为不同工具/不同宇宙的实现 (重叠期袖级相关性 0.81), 合成序列仅用于长历史视角的补充参考, 非交易可得单一序列。
- **G11 (已实现) 底仓 \times 叠加二维网格 (用户 2026-06-10 收尾追加, 纯后处理)**: 组合月收益 = $w \times$ SPY 总回报 + $(1-w) \times$ rf + $k \times$ G10 合成 LS 袖超额, $w \in \{100\%, 90\%, 80\%\}$, $k \in \{0, 1.0, 1.5\}$, 共 9 格; k 为对全 NAV 的名义倍数、与底仓 w 无关; 现金利息仅在 $(1-w)$ 腿计一次; 固定权重月度再平衡 \Leftrightarrow 月收益加权 (与既有网格同口径)。GFC 窗口回撤定义同 G10。继承 G10 全部局限 (合成序列跨工具拼接, 非可交易单一序列)。
- **G12 (已实现) 实盘离散化测算 (用户 2026-06-10 上线前追加, 纯执行层)**: G11 角点 ($w=80\%$ SPY + 20% 现金 + $k=1.5 \times$ LS 袖) 期货腿按月翻译为整数合约。(i) 合约宇宙 = 当时最小可交易合约: 微型可得性以 Databento definition/metadata 实测——MES/MNQ 2019-05、MGC 2010-10、MCL 2021-07、M6E 2010-06、M6J 2010-06 至 **2024-03 下架后自动切回全尺寸 6J**; ZN/ZB 无微型, 按要求沿用全尺寸 (未做收益率期货等异质替代)。(ii) 取整 = 四舍五入远离零; 理论权重取自 F2 冻结输出, 离散化仅在执行层。(iii) 成本 = 既有 tick 滑点 (调仓 1 tick/边、滚动 2 tick \times |n|) + 固定佣金 (微型 \$1.0、全尺寸 \$2.5 往返; 调仓按单边 = 往返/2, 滚动按 1 次往返; 工具切换月平旧开新两腿均计)。(iv) TE = std(离散 - 连续月收益) \times $\sqrt{12}$, 连续对照 = 同引擎分数合约版 (含滑点不含佣金) \rightarrow TE 含取整误差 + 佣金拖累; drag 符号受”亚整数目标进位偏置”影响 (小账户上行期超配、零取整期欠配), 已在报告说明。(v) SPY/现金底仓按可分数化处理。(vi) 月内滚动以连续收益近似 (与 F1 同口径); 保证金未建模 (§8)。增量数据费 \$1.13 (累计 \$11.54/\$15, 估价先行)。
- **G13 (已实现) 替代工具评估 (用户签字授权的设计变更评估; 评估 \neq 采纳)**: (i) 前瞻 TE:

G12 回放的 2021-07 后子时段（延续口径）+ 同起点重启 nominal NAV 的 fresh-start 口径，两者并报（延续口径的 NAV 已随复利增长，fresh-start 才是新开账户的真实 TE）。(ii) MJY (USD/JPY 反向报价) 替代 6J: 方向取”使月相关为正”的符号（实测 orient=+1 因差分口径已含反向），月 corr 0.9509 \geq 0.95 压线通过；实测 **挂牌中断 2022-07~2024-01 (22 个月)**，中断期经差分口径天然 NaN 自动排除于标定与回放；仅 M6J 下架 (2024-03) 后启用。(iii) 10Y/30Y Micro Yield 替代 ZN/ZB: definition 实测起点 2021-08-16；映射 = 经验 $\hat{\beta}$ (OLS 过原点，样本内校准，仅做合约换算) \times 方向符号，相关性门槛为尺度无关硬验证——10Y \rightarrow ZN 月 0.983/日 0.905, 30Y \rightarrow ZB 月 0.929 (过线) /日 0.824 (偏弱，已标注)；CV* \$15.6k/\$7.3k (vs 全尺寸 \$11 万+)。(iv) 每合约 P&L = 乘数 \times 差分空间拼接价差 (monthly_price_delta, 与 F1 收益拼接同口径的差分版)；替代腿佣金按微型档 (comm_class 覆盖)。(v) 异质性声明：收益率期货的基差/滚动行为与债券期货不同， $\hat{\beta}$ 为样本内常数，实盘漂移风险须在采纳决策中单独评估。增量数据费 ~\$0.06 (累计 \$11.60/\$15)。

- **G14 (已实现) 影子运行 (Launch Spec v1.0 §4.2 操作层)**：月末目标合约表生成器 run_shadow.py。(i) 信号月末 asof = 最后完整月 (A6)，其仓位支配次月 (§3.4)；映射腿 $\hat{\beta}$ 一律点时校准 (仅用 \leq asof 数据，无前视)。(ii) **MJY 改直接名义换算** (方向由点时相关符号确定)：实测无报价口径断裂，CV 由 \$15.5k \rightarrow \$7.9k 纯因日元贬值，常数 $\hat{\beta}$ 对 FX 孪生品在价格水平漂移下结构性失真 (G13 评估版的 MJY 腿因此在后期系统性低配 ~35%，评估结论不受实质影响但已在此记录)；10Y/30Y 为真异质工具，保留 $\hat{\beta}$ 映射。(iii) **陈旧度守卫**：工具最后数据日落后 asof 超过 5 个交易日 \rightarrow 该腿按 §3”工具事件”预先承诺挂起 (n=0) 并引用 §2 回退链——首期影子运行即触发：30Y Micro Yield 实测 2026-03 起每合约仅 1-6 个数据日、累计成交 1-10 手，最后可用日 2026-05-07 (落后 20 个交易日)，ZB 腿挂起，映射表 30 日内更新事项归用户。(iv) n_contracts 为真实合约数 (正 = 做多该工具)，方向换算含于映射；SPY 底仓整股向下取整；表格为纸面记录，不构成下单。
- **G15 (已实现) 流动性体检 (月度基线)**：指标 = 最后数据日滞后 (>5bd=FAIL，与影子挂起阈值一致)、近 63 日持有合约覆盖率 (<80%=WATCH)、近 21 日持有合约量中位 (<100 手 =WATCH)。覆盖在用微型 +MJY+10Y/30Y+ 全尺寸 ZN/ZB。首期结果：30Y FAIL (滞后 25bd、量中位 1 手)、其余 OK (MJY 量中位 264 手，薄但过线)。
- **G16 (已实现) 原生 vs 全微型双宇宙对比 + CV 口径修正 + 决策执行**：(i) **发现并修正 CV 口径缺陷**：definition 的 unit_of_measure_qty 对国债类是面值 (ZN/ZB=100,000, uom='USD', 价格为面值百分比)，CV 与 tick\$ 须 \times 0.01；此前按每点价值直读导致 ZN CV 被高估 100 倍 \rightarrow G12 中 300K+ 档债券腿被误判永远取整为零。修正为 definition 驱动 (uom=='USD' \rightarrow scale 0.01)，G12 产物已重生成 (200K TE 353 \rightarrow 228bp；”TE 平台由 ZN/ZB 钉死”修正为”500K 起债券腿可执行”)。对 100/200K 的旧结论无实质影响 (真实 CV \$109k+ 在该档位同样取整为零)。(ii) A/B 同窗 fresh-start (2021-09 起)：

A@1M TE 46bp (债券零取整 ZN 0%/ZB 17.5%)、A@500K TE 108bp (ZB 43.9% 超 40% 阈值)、B@500K/1M TE 47/24bp。(iii) **决策按预先立法执行**: A@1M 唯一达标 → NAV=1,000,000, 债券腿换全尺寸 ZN/ZB, 废除收益率期货映射与 30Y 观察条款 (spec v1.1 修订块); 体检前提满足 (ZN/ZB 全尺寸 OK)。影子票按新 NAV 与 native 映射重生成。

- **G17 (已实现) 最终选型 (NAV=500K 用户裁决; 执行层处理, 策略冻结不动)**: (i) NAV: 1M 字段作废——G16 的 40% 阈值立法针对执行可行性, 误捆绑了资本配置; 500K 为用户资本配置裁决 (不属自动执行范围)。(ii) 逐腿尺寸规则 (目标名义中位数 $\geq 2 \times$ 全尺寸 CV → 全尺寸): 六个可换腿全部留微型 (ratio ≤ 0.36)。(iii) 6J 专项: MJY 冲击均值 2.0%、全尺寸 6J 0.0%, 均 $\leq 5\%$ 约束; TE 326 vs 327bp → 按“较优 TE”规则选 MJY, **但 $\Delta TE=1bp$ 在统计噪声内, 流动性优先精神可读作全尺寸 6J——已向用户标注, 换腿为一行 config 改动**。(iv) ZB 预承诺裁决 = 方案甲: 乙 (h=1.72, OLS 过原点、月度、窗口内样本内校准) TE 376bp 反劣于甲 326bp 50bp (久期折算基差损耗大于 ZB 取整损失), ZN 合并零取整 8.8% 虽达标但 TE 条件未满足。(v) 验收通道重锚 [261,652]bp = 326bp \times [0.8,2.0]; 口径 = 纸面 vs 冻结理论模型, 分解: 纯取整 + 佣金 108bp + 微型 vs 母合约工具基差 ~355bp (部分对冲)。旧 240-300bp 通道废除 (CV bug 时代产物且未含基差成分)。(vi) 影子票按 500K 重生成。
- **G19 (已实现) 成本控制事故与结构修正 (2026-06-11/12)**: 两个叠加缺陷导致实际支出 ~\$19.26 超授权 \$15 (超 ~\$4.26; 其中 ~\$7.66 为重复购买已拥有区间): (i) ohlcv 尾块缓存键含实时数据集末日——日期翻天即全品种尾块失效、自 2022 起整段重买; (ii) 各进程卫兵基线为写死常数 (10.41/11.54), 跨进程互不可见累计, 多个进程各自“未超限”地分摊了超支。06-11 当日各阶段流水线静默重买 17 个尾块 (\$4.33), 06-12 export 再买 6 个 (\$3.33) 后单进程累计触顶急停才暴露。**修正**: (1) data/futures/spend_ledger.csv 持久化台账 (逐笔估价先记账), LedgerGuard 初始化即读台账全量累计, 所有 v1.5 调用点切换, 废除常数基线 (v1.2 DatabentoGuard 零改动, 子类化); (2) 尾块改增量补齐 (只买 [缓存末端, 数据集末端]), 固定块文件名键永不漂移; (3) 尾部滞后 ≤ 7 个交易日默认零请求复用缓存, -refresh 才补齐; refresh 不再触发任何整段重拉。事故金额按同区间免费重估固化入台账与 provenance; 论文 §10 过程注记将如实收录本事故 (成本控制层面的第二起勘误)。预算超限状态待用户裁决后方可恢复计费操作 (“超限停止并询问”纪律本身正常工作于单进程内, 本次失效面为跨进程)。
- **G18 (已实现) 五十年概念验证移植 (P0 裁决, 论文支持实验)**: 原型 tsmom_backtest.py → src/longhist.py + config_g18.yaml + run_longhist.py。(i) 数据 = 三个公开 GitHub 月度数据集 (datasets org: s-and-p-500 / gold-prices / bond-yields-us-10y), 列名指纹与原型解析逐字吻合 (实测核对); 字节级缓存 data/longhist/, 重跑零网络。(ii) 数学与原型逐字等价; 基线 = 原型原文 exec (仅补丁 DATA/savefig 两行路径常数) 读同一缓存 → 偏离

“门槛隔离”重构保真度”（与原始环境数据漂移无关，该差异不可观测）。实测 9/9 指标偏离 0.00%。(iii) corr 指标用绝对差门槛 0.02（近零相对偏离失义），其余相对 10%。(iv) 近似清单照原型声明：债券 TR 久期近似、近端股息率 fill 补齐、未扣无风险利率（Sharpe 高估约 0.2-0.3）、月度粒度、指数不可直接投资——论文 §5 正文 + 脚注双处宣告，与全规格实证三层分层。(v) 样本 1976-02~2026-04（603 月）；防前视/近似公式/成本合成均有手算单元测试。数据源许可（PDDL 类）P4 网站包阶段逐条核对。

- **G17 增补 (P1 评审 R1, 2026-06-12) 6J 人工裁决覆写**：规则按“TE 较优”给 MJY (326 vs 327bp, $\Delta TE=1bp$ 在统计噪声内，两版冲击均 $\leq 5\%$ 约束)；用户以流动性深度（全尺寸冲击 0.0% vs MJY 2.0%、MJY 挂牌史风险）裁决为**全尺寸 6J**。规则结果与覆写以 sixj_override 双记录入 g17_grid.csv (§10.4 例证)；终版宇宙随之 ZB 甲/乙与 TE 分解在 6J_full 宇宙重算（甲 327bp/乙 377bp, 仍甲；分解 110/355/327bp），**验收通道重锚 [261, 653]bp**；config 映射、spec v1.1-final-r1、影子票同步。

B 滚动统计

表 7: 连续合约构建统计。

root	n_contracts	n_rolls	rolls_volume	rolls_expiry	series_start	series_end	n_days	n_gap_issues
ES	68	65	43	22	2010-06-07	2026-06-07	4964	0
NQ	71	65	39	26	2010-06-07	2026-06-07	4964	0
ZN	67	66	65	1	2010-06-07	2026-06-07	4968	0
ZB	67	66	65	1	2010-06-07	2026-06-07	4968	0
GC	112	98	97	1	2010-06-07	2026-06-07	4965	0
CL	245	193	192	1	2010-06-07	2026-06-07	4967	0
6E	71	65	0	65	2010-06-07	2026-06-05	4963	0
6J	70	65	0	65	2010-06-07	2026-06-05	4963	0

C 完整稳健性网格

variant	lookback_m	vol_window_d	leverage_cap	start	n_months	sharpe_net	ann_return	max_drawdown
LS	3	40	1.00	2002-11-30	283	0.45	3.9	-13.1
LS	3	40	1.50	2002-11-30	283	0.40	3.8	-14.8
LS	3	40	2.00	2002-11-30	283	0.38	3.7	-15.6
LS	3	60	1.00	2002-11-30	283	0.42	3.8	-13.4
LS	3	60	1.50	2002-11-30	283	0.38	3.7	-14.7

Continued on next page

variant	lookback_m	vol_window_d	leverage_cap	start	n_months	sharpe_net	ann_return	max_drawdown
LS	3	60	2.00	2002-11-30	283	0.36	3.6	-15.3
LS	3	90	1.00	2003-01-31	281	0.42	3.8	-12.9
LS	3	90	1.50	2003-01-31	281	0.39	3.7	-13.7
LS	3	90	2.00	2003-01-31	281	0.37	3.7	-14.0
LS	6	40	1.00	2003-02-28	280	0.45	3.8	-10.1
LS	6	40	1.50	2003-02-28	280	0.42	3.8	-10.2
LS	6	40	2.00	2003-02-28	280	0.40	3.7	-10.8
LS	6	60	1.00	2003-02-28	280	0.45	3.8	-9.7
LS	6	60	1.50	2003-02-28	280	0.42	3.7	-9.9
LS	6	60	2.00	2003-02-28	280	0.41	3.7	-10.3
LS	6	90	1.00	2003-02-28	280	0.46	3.8	-9.4
LS	6	90	1.50	2003-02-28	280	0.44	3.8	-9.3
LS	6	90	2.00	2003-02-28	280	0.43	3.9	-9.6
LS	9	40	1.00	2003-05-31	277	0.66	4.7	-6.9
LS	9	40	1.50	2003-05-31	277	0.65	4.9	-7.9
LS	9	40	2.00	2003-05-31	277	0.64	4.9	-8.3
LS	9	60	1.00	2003-05-31	277	0.64	4.6	-6.9
LS	9	60	1.50	2003-05-31	277	0.63	4.8	-7.8
LS	9	60	2.00	2003-05-31	277	0.63	4.8	-8.2
LS	9	90	1.00	2003-05-31	277	0.63	4.6	-6.6
LS	9	90	1.50	2003-05-31	277	0.63	4.7	-7.3
LS	9	90	2.00	2003-05-31	277	0.63	4.8	-7.6
LS	12	40	1.00	2003-08-31	274	0.62	4.6	-8.8
LS	12	40	1.50	2003-08-31	274	0.57	4.6	-9.6
LS	12	40	2.00	2003-08-31	274	0.53	4.4	-10.1
LS	12	60	1.00	2003-08-31	274	0.60	4.5	-8.0
LS	12	60	1.50	2003-08-31	274	0.56	4.4	-9.2
LS	12	60	2.00	2003-08-31	274	0.53	4.3	-9.6
LS	12	90	1.00	2003-08-31	274	0.60	4.4	-8.2
LS	12	90	1.50	2003-08-31	274	0.57	4.5	-9.7
LS	12	90	2.00	2003-08-31	274	0.54	4.4	-10.0
LS	15	40	1.00	2003-11-30	271	0.44	3.7	-12.1
LS	15	40	1.50	2003-11-30	271	0.39	3.6	-12.4
LS	15	40	2.00	2003-11-30	271	0.36	3.5	-12.5
LS	15	60	1.00	2003-11-30	271	0.43	3.6	-11.5
LS	15	60	1.50	2003-11-30	271	0.39	3.5	-11.8
LS	15	60	2.00	2003-11-30	271	0.37	3.5	-11.8
LS	15	90	1.00	2003-11-30	271	0.43	3.6	-10.9
LS	15	90	1.50	2003-11-30	271	0.40	3.6	-11.1
LS	15	90	2.00	2003-11-30	271	0.38	3.5	-11.1
LS	18	40	1.00	2004-02-29	268	0.59	4.3	-9.9
LS	18	40	1.50	2004-02-29	268	0.55	4.3	-11.6
LS	18	40	2.00	2004-02-29	268	0.51	4.2	-12.3
LS	18	60	1.00	2004-02-29	268	0.57	4.2	-10.1
LS	18	60	1.50	2004-02-29	268	0.53	4.2	-11.3
LS	18	60	2.00	2004-02-29	268	0.50	4.1	-11.9
LS	18	90	1.00	2004-02-29	268	0.58	4.2	-9.3
LS	18	90	1.50	2004-02-29	268	0.55	4.3	-11.3

Continued on next page

variant	lookback_m	vol_window_d	leverage_cap	start	n_months	sharpe_net	ann_return	max_drawdown
LS	18	90	2.00	2004-02-29	268	0.53	4.2	-11.9
LF	3	40	1.00	2002-11-30	283	0.82	4.9	-6.3
LF	3	40	1.50	2002-11-30	283	0.79	4.9	-6.6
LF	3	40	2.00	2002-11-30	283	0.77	4.9	-6.7
LF	3	60	1.00	2002-11-30	283	0.81	4.8	-6.3
LF	3	60	1.50	2002-11-30	283	0.78	4.8	-6.5
LF	3	60	2.00	2002-11-30	283	0.77	4.9	-6.6
LF	3	90	1.00	2003-01-31	281	0.82	4.8	-6.1
LF	3	90	1.50	2003-01-31	281	0.79	4.8	-6.3
LF	3	90	2.00	2003-01-31	281	0.79	4.8	-6.3
LF	6	40	1.00	2003-02-28	280	0.81	4.8	-3.9
LF	6	40	1.50	2003-02-28	280	0.79	4.9	-4.3
LF	6	40	2.00	2003-02-28	280	0.78	4.9	-4.6
LF	6	60	1.00	2003-02-28	280	0.81	4.8	-3.9
LF	6	60	1.50	2003-02-28	280	0.79	4.9	-4.4
LF	6	60	2.00	2003-02-28	280	0.79	4.9	-4.4
LF	6	90	1.00	2003-02-28	280	0.81	4.8	-3.9
LF	6	90	1.50	2003-02-28	280	0.81	4.9	-4.3
LF	6	90	2.00	2003-02-28	280	0.81	5.0	-4.3
LF	9	40	1.00	2003-05-31	277	0.93	5.3	-3.8
LF	9	40	1.50	2003-05-31	277	0.92	5.5	-4.4
LF	9	40	2.00	2003-05-31	277	0.92	5.5	-4.6
LF	9	60	1.00	2003-05-31	277	0.92	5.2	-3.9
LF	9	60	1.50	2003-05-31	277	0.91	5.4	-4.4
LF	9	60	2.00	2003-05-31	277	0.92	5.5	-4.5
LF	9	90	1.00	2003-05-31	277	0.91	5.1	-3.9
LF	9	90	1.50	2003-05-31	277	0.91	5.3	-4.3
LF	9	90	2.00	2003-05-31	277	0.92	5.4	-4.3
LF	12	40	1.00	2003-08-31	274	0.91	5.2	-5.0
LF	12	40	1.50	2003-08-31	274	0.88	5.3	-5.9
LF	12	40	2.00	2003-08-31	274	0.85	5.3	-6.0
LF	12	60	1.00	2003-08-31	274	0.90	5.1	-4.9
LF	12	60	1.50	2003-08-31	274	0.88	5.2	-5.6
LF	12	60	2.00	2003-08-31	274	0.86	5.2	-5.7
LF	12	90	1.00	2003-08-31	274	0.89	5.1	-5.0
LF	12	90	1.50	2003-08-31	274	0.89	5.2	-5.8
LF	12	90	2.00	2003-08-31	274	0.88	5.2	-5.8
LF	15	40	1.00	2003-11-30	271	0.78	4.7	-5.6
LF	15	40	1.50	2003-11-30	271	0.75	4.7	-6.5
LF	15	40	2.00	2003-11-30	271	0.73	4.7	-6.6
LF	15	60	1.00	2003-11-30	271	0.77	4.6	-5.4
LF	15	60	1.50	2003-11-30	271	0.75	4.7	-6.3
LF	15	60	2.00	2003-11-30	271	0.74	4.7	-6.4
LF	15	90	1.00	2003-11-30	271	0.76	4.6	-5.6
LF	15	90	1.50	2003-11-30	271	0.75	4.7	-6.4
LF	15	90	2.00	2003-11-30	271	0.75	4.7	-6.5
LF	18	40	1.00	2004-02-29	268	0.81	4.8	-6.5
LF	18	40	1.50	2004-02-29	268	0.78	4.9	-7.8

Continued on next page

variant	lookback_m	vol_window_d	leverage_cap	start	n_months	sharpe_net	ann_return	max_drawdown
LF	18	40	2.00	2004-02-29	268	0.76	4.8	-7.9
LF	18	60	1.00	2004-02-29	268	0.80	4.7	-6.4
LF	18	60	1.50	2004-02-29	268	0.78	4.8	-7.6
LF	18	60	2.00	2004-02-29	268	0.76	4.8	-7.7
LF	18	90	1.00	2004-02-29	268	0.80	4.7	-6.6
LF	18	90	1.50	2004-02-29	268	0.79	4.8	-7.6
LF	18	90	2.00	2004-02-29	268	0.79	4.9	-7.7

D 影子票样例

这是一个历史样例月（2024年6月持仓期，信号截至2024年5月末），按终版工具映射生成，仅用于展示纸面记录格式。与披露口径一致：这不是当前或意向仓位；运营月度票据不予公开。

leg	instrument	contract	close_used	multiplier	cv_usd	n_contracts	status
ES	MES	MES-2024-06	5299.500000	5.000000	26498.000000	3	OK
NQ	MNQ	MNQ-2024-06	18571.750000	2.000000	37144.000000	2	OK
GC	MGC	MGC-2024-06	2325.500000	10.000000	23255.000000	3	OK
CL	MCL	MCL-2024-07	77.160000	100.000000	7716.000000	7	OK
6E	M6E	M6E-2024-06	1.085600	12500.000000	13570.000000	-3	OK
6J	6J	6J-2024-06	0.006371	12500000.000000	79631.000000	-1	OK
ZN	ZN	ZN-2024-09	108.890625	100000.000000	108891.000000	-1	OK
ZB	ZB	ZB-2024-09	116.281250	100000.000000	116281.000000	-1	OK