下载日志已记录，仅供内部参考

证券研究报告/策略研究 2026 年 09 月 28 日

“均值-方差”框架下 ETF 多头组合的协方差降噪

大类资产策略研究（四）

研报摘要

- **报告以金融街证券大类资产策略研究（一）的目标波动率模型为基准，考察“均值-方差”框架下的风险预测与组合优化问题。**原模型通过单资产仓位上限和大类比例约束，取得了较稳健的历史表现；但放宽这些约束后，按固定基准目标权重测得的实现/预测波动比约为 1.28，表明实际风险高于模型预测。报告参考 Pedersen et al.（2021）提出的增强型组合优化（Enhanced Portfolio Optimization，简称 EPO）算法，探索如何在保留多头约束的同时改善风险估计。
- **标准 EPO 能够抑制低估风险所引起的极端配置，但其统一收缩方式未必完全适合 ETF 多头组合。**该方法将相关矩阵向单位矩阵收缩，一方面提高低特征值方向的风险估计，另一方面降低高特征值方向的风险估计。在多头、无杠杆条件下，做空限制已排除一部分极端配置，前一种调整的边际作用可能减弱；如果高特征值反映权益、债券和商品共同承受的真实风险，后一种调整还可能使优化器低估该方向的风险。**针对这一问题，报告提出单向上调 EPO 方案：仅提高低于 1 的特征值，保留其他主成分方向的原始风险估计。**
- 单向上调 EPO 在 16 资产组合的完整回测中，同时改善了历史业绩与风险预测。2014 年 12 月至 2026 年 8 月，该组合的年化收益率为 7.61%，标准夏普为 1.014，最大回撤为-9.82%；同期基准模型分别为 7.00%、0.897 和-11.18%。在固定基准目标权重下，基准、单向上调 EPO 和标准 EPO 风险矩阵对应的实现/预测波动比分别为 1.30、1.21 和 1.38，说明单向调整更有助于缓解这一模型中的风险低估。单向调整的改善方向在不同风险上限、权益资产扩容和参数测试中总体得到支持，但业绩并非在所有阶段一致占优。
- **报告基于单向上调 EPO 算法，构建 20 个底层资产的目标波动率配置组合。**组合在 2014 年 12 月至 2026 年 8 月的年化收益率为 7.47%，年化波动率为 5.54%，最大回撤为-10.69%。采用单向上调 EPO 算法做协方差调整，为“均值-方差”框架下的多资产策略做资产扩容和风险管理提供了有效工具。
- **风险提示：**关注历史回测与参数选择风险，历史收益、回撤和胜率均不代表未来表现；关注风险估算与市场状态变化风险；关注持仓集中与收益信号失效风险，历史收益信号在持仓期反转时，既有配置可能同时面临收益下降和风险上升；关注指数映射与交易执行风险，回测未计入交易佣金、市场冲击等交易成本，也未考虑 ETF 产品运营相关的产品费率、跟踪误差等。

证券分析师

张一

S0670524030001

zhangyi@jrjzq.com.cn

柯岩

S0670526060002

keyan@jrjzq.com.cn

相关研究

《20241210-恒泰证券-大类资产策略研究（一）：“固收+”策略中风险分散模型的应用探索》

《20260316-金融街证券-全天候策略研究：基于境内 ETF 的多资产配置实战》

《20260403-金融街证券-穿越周期 VS 趋势跟随？国际冲突下的多资产策略对比跟踪》

下载日志已记录，仅供内部参考

目录

一、基础模型：目标波动率模型简明稳健，风险端有待提升 4
（一）目标波动率模型基础设定与业绩跟踪 4
（二）“均值-方差”框架下的常见协方差降噪方法 5
（三）测试基准：打开大类资产仓位约束后的目标波动率模型 6
二、优化方案：在多头仓位约束下，对风险估算进行降噪 7
（一）标准 EPO 算法：减少“均值-方差”模型对低特征值主成分的风险低估 7
（二）基于 ETF 构建多资产策略时， 标准 EPO 算法的边际作用可能受限 8
（三）EPO 算法调整：从统一收缩到尾部值单向上调 9
三、实证检验：调整后 EPO 算法能较好实现降噪目标 10
（一）以目标波动率模型为基准，调整后 EPO 算法改善组合收益回撤结构 10
（二）模型稳健性测试：风险约束调整与资产扩容 11
（三）参数测试：不同收缩比例下的模型优化结果对比 12
四、模型迭代：算法优化、资产扩容后的多资产配置方案 12
（一）加入单向上调 EPO 算法的目标波动率模型构建 12
（二）小结与展望 15
五、风险提示 15

下载日志已记录，仅供内部参考

图表目录

图 1：目标波动率模型样本外净值跟踪 5
图 2：三种协方差降噪方法路径对比：在不同环节抑制优化结果中的极端权重 6
图 3：采用 EPO 算法调整后的目标波动率组合净值走势对比 10
图 4：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型净值表现 13
图 5：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型历史持仓结构 14
图 6：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型月度收益贡献 14

表 1：目标波动率模型基础设定 4
表 2：目标波动率模型业绩回测与样本外跟踪 4
表 3："均值-方差"框架下的常见协方差降噪方法对比 6
表 4：目标波动率基准模型设定与边际调整（调整内容以红色标注） 7
表 5：目标波动率基准模型业绩回测与原模型对比 7
表 6：模拟资产组合调整风险收缩算法后的特征测算 9
表 7：采用 EPO 算法调整后的目标波动率组合业绩分析与对比 10
表 8：不同波动率约束下的 EPO 算法修正结果对比 11
表 9：扩充权益底层资产后的 EPO 算法修正结果对比 12
表 10：不同收缩比例下的模型优化结果对比 12
表 11：目标波动率模型迭代设定与边际调整（调整内容以红色标注） 13
表 12：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型业绩表现（截至 2026 年 8 月 31 日） 13

下载日志已记录，仅供内部参考

一、基础模型：目标波动率模型简明稳健，风险端有待提升

（一）目标波动率模型基础设定与业绩跟踪

在 2024 年 12 月外发的首篇大类资产配置策略报告中，我们采用目标波动率模型构建了风险分散的“固收+”策略。模型核心设置并不复杂：在控制组合年化波动率不超过 10%、且限制各类资产仓位上限的前提下，寻找一组令多资产组合夏普比率更优的权重。该框架结构清晰简洁、核心设定的可解释性强；策略以有 ETF 覆盖的指数为底层资产，交易难度较低，具有一定资金容量。

表 1：目标波动率模型基础设定

底层资产选择	优化目标	仓位约束	核心参数
商品：黄金 9999、豆粕价格指数、上期有色金属指数、易盛能化 **固收：**5 年国债、10 年国债、沪 30 年国债 **股票：**沪深 300、上证 50、中证 500、中证 1000、创业板指、红利低波 100、180 价值、500 质量、消费龙头、科技龙头	组合年化夏普比率最大化	**总仓位约束：**组合无做空、无杠杆，允许持有 10%以内现金 **单类资产内仓位约束：**商品头寸小于等于 10%；权益头寸大于等于 10%小于等于 30% **波动率：**组合年化波动率小于等于 10%	**调仓频率：**月度 **建模窗口：**近 12 月 **交易成本：**不计入回测 **无风险收益率：**年化 2%

资料来源：《20241210-大类资产策略研究（一）》，金融街证券研究所

从业绩结果看（如表 2），目标波动率模型在样本外业绩稳健，风险约束依然有效。原报告回测显示[1]，10%目标波动率模型在 20141201-20241130 的 10 年区间内年化收益约 7.38%、年化波动约 5.35%。我们将模型回测结果外推至 2026 年 8 月，模型样本外（2024 年 12 月起）年化收益率约 10.97%、年化波动率约 6.03%。

从 2026 年 4 月外发策略报告对不同结构多资产策略的横向业绩比较来看，目标波动率模型在“均值-方差”框架下表现出较强的收益弹性；但与同类模型相比，受风险事件冲击发生的回撤也较明显[2]。如图 1 所示，伴随 2026 年 2-3 月全球大类资产波动显著加剧，模型净值出现超过 6%幅度的回撤。

上述观察为后续研究点明方向，即：**模型本身有效性得到佐证，但在风险测算和调整方面仍存在改善空间。**因此，本文从目标波动率模型出发，讨论“均值-方差”结构下模型风险端的优化思路。

表 2：目标波动率模型业绩回测与样本外跟踪

统计口径	起点	终点	累计收益率	年化收益率	年化波动率	最大回撤
样本内	20141201	20241130	99.99%	7.38%	5.35%	-13.43%
样本外	20241201	20260831	19.18%	10.97%	6.03%	-6.15%

资料来源：iFinD，《20241210-大类资产策略研究（一）》，金融街证券研究所

[1] 数据摘录自外发报告《20241210-大类资产策略研究（一）：“固收+”策略中风险分散模型的应用探索》图表 8。
[2] 详细对比与论述请见外发报告《20260403-大类资产策略研究（三）：穿越周期 VS 趋势跟随？国际冲突下的多资产策略对比跟踪》。

下载日志已记录，仅供内部参考

图 1：目标波动率模型样本外净值跟踪



资料来源：iFinD，金融街证券研究所

（二） “均值-方差”框架下的常见协方差降噪方法

多资产模型通过调整持仓权重来分散组合风险，其关键要素是对各资产收益协方差矩阵的估算，也即“如何理解这些资产的风险特征和它们之间的关系”。如果两类资产在历史上看起来相关性很低或为负，模型就可能认为它们可以互相分散风险；但如果这种低相关只是样本噪声，组合就会在真实市场中承担比事前判断更高的风险。这个问题在模型约束放宽、资产数量增加以后会更加明显。

为应对风险估计噪声，业界在构建多资产组合时通常会采用以下三类方法：

1） **直接仓位限制：**当前国内以 ETF 为载体的大类资产配置策略从可交易性出发，通常存在不可做空假设，这种多头约束虽然看似限制了最优解，但也在一定程度上抑制了协方差估计误差造成的极端权重[3]。在前述基础模型中，我们进一步通过仓位上限、下限和大类比例约束来限制模型自由度。

2） **分层和聚类约束：**先用聚类或分层方法识别相似资产，再在组内和组间控制分散度。这一方法既可通过定量算法实现，也可通过定性判断完成资产分组；如“全天候”策略框架就是先基于宏观状态构建适配的资产组合、再调整各组合的风险预算来实现穿越周期的稳健表现。

3） **计量算法：**回到模型本身，学界业界也会对协方差矩阵本身做统计调整，让优化器在更稳健的风险图谱上求解。如 Pedersen et al.（2021）[4]提出的增强型组合优化（Enhanced Portfolio Optimization，后文简称 EPO）算法，也是我们后文将要复现和做可落地改进的方案。

上述三种降噪方法并非互斥，但生效机制、侧重点和适用场景各有不同。

[3] 观点引自学术论文：Jagannathan & Ma（2003），Risk Reduction in Large Portfolios: Why Imposing the Wrong Constraints Helps. *Journal of Finance.*
[4] 模型与观点引自学术论文：Pedersen, L. H., Babu, A., & Levine, A. (2021). Enhanced Portfolio Optimization. *Financial Analysts Journal.*

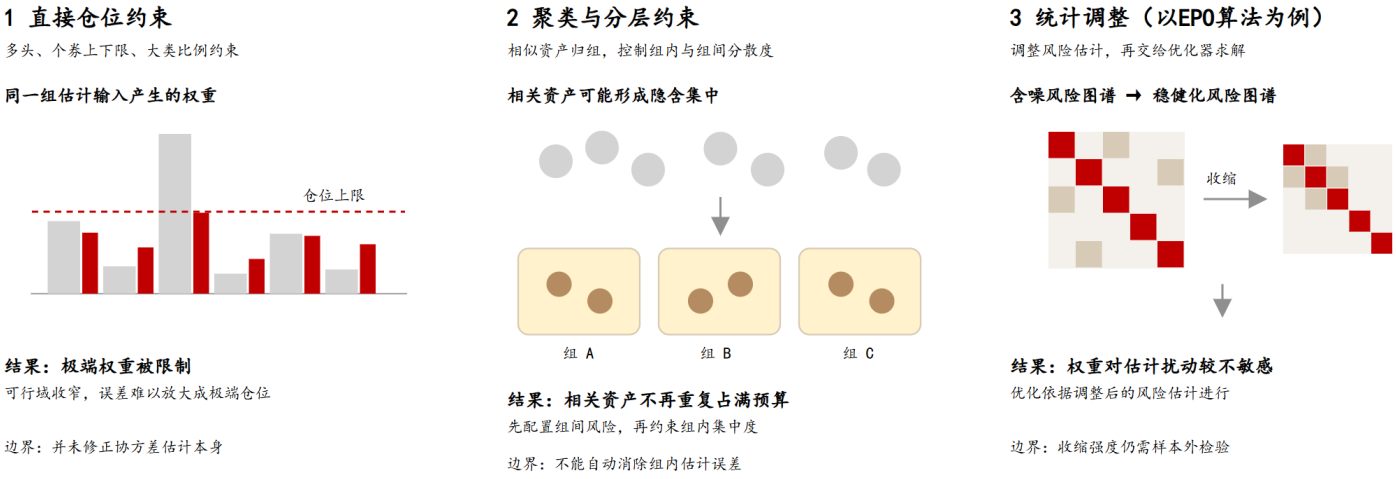
下载日志已记录，仅供内部参考

表 3：“均值-方差”框架下的常见协方差降噪方法对比

路径	核心做法	优势	主要约束
直接仓位约束	对单资产或大类资产设置上限/下限	可解释性强，适合明确投资边界	容易依赖主观边界，资产池扩展后约束维护成本上升
聚类与分层约束	通过定量或定性方法，先识别相近资产，再在组内或组间分散	能减少重复暴露，适合高维资产池	对聚类稳定性和距离定义较敏感
统计调整	在风险矩阵中修正噪声方向，再交给优化器求解	保留优化框架，能直接处理估计误差	需要避免机械压低共同风险方向

资料来源：金融街证券研究所整理

图 2：三种协方差降噪方法路径对比：在不同环节抑制优化结果中的极端权重



资料来源：金融街证券研究所整理，集合形状与权重为模拟数据，不代表真实统计结果

（三）测试基准：打开大类资产仓位约束后的目标波动率模型

报告第二至四章聚焦于 EPO 算法分析、调整和对目标波动率模型的优化。

与直观约束方案相比，EPO 算法的出发点是，传统均值方差优化容易过度相信历史样本中的细微相关性差异，从而将权重集中到某些“看起来便宜”的风险方向上。EPO 通过调整相关矩阵，降低这类噪声对优化结果的影响，使组合不再过度依赖不稳定的历史相关关系。

为了更清楚地考察模型结构本身，本报告采用更纯粹的同期基准：

1）优化端不再考虑资金效率和风险等级等产品设计要素，不引入基准无风险收益率，也不再使用原报告中针对权益、商品、固收等大类资产的人工仓位约束；

2）保留多头、非杠杆、总仓位不超过 100%和目标波动率上限。

这样做的目的不是替代正式投资约束，而是剥离掉部分外生边界，更直接地观察均值方差结构和风险矩阵对组合结果的影响。

下载日志已记录，仅供内部参考

表 4：目标波动率基准模型设定与边际调整（调整内容以红色标注）

底层资产选择	优化目标	仓位约束	核心参数
商品：黄金 9999、豆粕价格指数、上期有色金属指数 **固收：**5 年国债、10 年国债、沪 30 年国债 **股票：**沪深 300、上证 50、中证 500、中证 1000、创业板指、红利低波 100、180 价值、500 质量、消费龙头、科技龙头	组合年化夏普比率最大化	**总仓位约束：**组合无做空、无杠杆，允许持有 **0-100%**现金 **单类资产内仓位约束：无** **波动率：**组合年化波动率小于等于 10%	**调仓频率：**月度 **建模窗口：**近 12 月 **交易成本：**不计入回测 **无风险收益率：0**

资料来源：金融街证券研究所整理

表 5：目标波动率基准模型业绩回测与原模型对比

模型	起点	终点	累计收益率	年化收益率	年化波动率	最大回撤
原模型	20141201	20241130	99.99%	7.38%	5.35%	-13.43%
调整后	20141201	20241130	**84.13%**	**6.53%**	**5.67%**	**-11.18%**

资料来源：iFinD，《20241210-大类资产策略研究（一）》，金融街证券研究所

从样本内回测结果看，剔除外生仓位约束后的基准模型依然维持正收益和可控波动。同时对比建模过程中基于历史样本预测的组合方差和实现方差可得，基础模型的实现/预测波动比率约 1.28，表明实际波动水平约为事前预测的 1.28 倍，说明调整后基准组合在优化求解过程中对风险存在整体低估[5]。

二、优化方案：在多头仓位约束下，对风险估算进行降噪

（一）标准 EPO 算法：减少“均值-方差”模型对低特征值主成分的风险低估

“均值-方差”框架通过优化算法，将预期收益信号转为占优组合的持仓权重向量。在此过程中，优化目标函数通常被写成效用函数或组合的夏普比率，资产的期望收益决定配置方向，而协方差矩阵的逆矩阵决定该方向上的配置敞口。**如果组合对某方向上的样本方差低估，优化算法可能会加大在该方向上的配置头寸。**

我们将一组资产的协方差矩阵写成$\Sigma = DRD$。资产总数为N，则$D = diag(\sigma_1, \dots, \sigma_N)$，表示各资产波动率构成的对角矩阵，$R$为这组资产的相关性矩阵。对于$N \times N$的实对称矩阵$R$，可将其拆解为：

$$R = P\Lambda P^T,\ \Lambda = diag(\lambda_1, \dots, \lambda_N) \qquad (1)$$

P的列向量代表不同的主成分方向，λ_j为第j个方向的估计方差。

设x为底层资产权重，给定s为资产的期望超额收益（相对无风险收益率），风险厌恶系数为γ，以效用函数为优化目标的解析解可写作：

[5] 计算说明：各期预测与实现方差按有效收益观测数减一加权汇总；实现/预测波动比在计算时比较两项汇总方差对应的波动率。

下载日志已记录，仅供内部参考

$$\max_x \left\{ s^T x - \frac{\gamma}{2} x^T \Sigma x \right\},\ x^* = \frac{1}{\gamma}\Sigma^{-1} s \quad (2)$$

结合公式 1、公式 2 可知，以$b = P^T D^{-1} s$为收益信号在各主成分上的投影。在无约束且协方差矩阵可逆时，求解出的组合权重在第j个方向上的暴露可写为：

$$q_j = \frac{b_j}{\gamma \lambda_j} \quad (3)$$

如公式 3 所示，λ_j越小，组合权重对j方向上的收益信号越敏感。**即“均值-方差”框架下，组合优化算法对低特征值更加敏感，样本估算中的微小偏差都可能放大为极端仓位配置。**

针对上述问题，Pedersen et al.（2021）提出 EPO 算法，先将相关矩阵向单位矩阵收缩，再做优化求解。该算法需要设定收缩强度$\omega \in [0,1]$，将资产相关矩阵R调整为：

$$R_{EPO} = (1-\omega)R + \omega I \quad (4)$$

基于此求解组合权重，得到新的权重向量在第j个方向上的暴露可写为：

$$q_j^{EPO} = \frac{b_j}{\gamma[(1-\omega)\lambda_j + \omega]} \quad (5)$$

这意味着，所有主成分的特征值将向相关矩阵的平均特征值 1 靠拢，在保持样本相关矩阵所有主成分方向的同时，限制了优化算法对低特征值主成分的高敏感性。

（二）基于 ETF 构建多资产策略时， 标准 EPO 算法的边际作用可能受限

在以 ETF 为载体的多资产组合构建中，EPO 算法对风险的修正效果可能会面临来自两重实际情况的影响。

首先，多头约束可能削弱 EPO 调整低特征值（λ_j小于 1 时）的边际效用。结合公式 3 中各项含义来看，相关矩阵通过主成分分析拆解出的尾部特征，通常刻画了资产间的相对收益方向，需要组合通过做空部分资产形成暴露。ETF-FOF 策略通常采用多头、无杠杆配置，总风险资产仓位也受到限制；这些条件已经排除一部分极端多空解。因此，即使 EPO 明显改变风险矩阵，其调整也未必能以同等幅度传导至最终组合。低特征值方向并不等同于资产间负相关，多头组合也并非完全没有该方向的暴露。

其次，EPO 算法对高特征值（λ_j大于 1 时）的调整可能使组合加码具有共同风险暴露的资产。当资产池中权益 ETF 较多、债券和商品 ETF 较少时，多个权益标的可能重复承载同一类市场风险；不同大类资产之间也可能共同受到风险偏好、利率趋势和流动性环境影响。标准 EPO 将高于 1 的特征值向 1 收缩，若被下调的方向反映真实且持续的共同风险，优化算法对该方向的估计风险便会降低，进而可能增加相关资产的配置，放大风险敞口。

针对上述第二点，在 ETF-FOF 策略实践中，可对标准 EPO 算法中的统一收缩方式做修正：不再简单压低全部相关性，而是只对低特征值方向进行上调。通俗地说，就是不轻易改动市场中最主要的共同风险方向，只对那些可能被历史样本低估的小风险方向进行“补强”。这样既保留了 EPO 控制噪声的思想，也避免把重要公共风险误认为噪声。

下载日志已记录，仅供内部参考

（三）EPO 算法调整：从统一收缩到尾部值单向上调

我们对标准 EPO 算法的统一收缩作单向调整：仅上调原始特征值低于 1 的主成分风险；特征值不低于 1 的方向保持原估计不变，即：

$$\tilde{\lambda}_j = \begin{cases} (1-\omega)\lambda_j + \omega, & \lambda_j < 1 \\ \lambda_j, & \lambda_j \geq 1 \end{cases}, \quad q_j{}^{adj} = \frac{b_j}{\gamma\tilde{\lambda}_j} \quad (6)$$

我们以一组算例说明调整结果。假设当前存在一组底层资产[A, B, C]，其中 A 与 B、B 与 C 的相关系数为 0.5，A 与 C 的相关系数为-0.2，则原始相关矩阵如下所示：

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & -0.2 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \\ -0.2 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

经主成分拆解后，该矩阵的三个特征值约为 1.61、1.20 和 0.19，均为正数。其中第三主成分对 A、B、C 的载荷分别为[0.53, -0.66, 0.53]，可理解为“A、C 同向，B 反向”，对应特征值 0.19，是样本中估计风险最低的方向。

给定$\omega = 0.5$，标准 EPO 将每组相关系数减半，即相关矩阵被调整为：

$$R_{EPO} = \begin{pmatrix} 1 & 0.25 & -0.1 \\ 0.25 & 1 & 0.25 \\ -0.1 & 0.25 & 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

在对尾部值单向上调的算法测试中，我们仅对第三主成分对应的特征值进行调整。在此过程中，相关尺度上的调整矩阵为：

$$\widetilde{R_{EPO}} = \begin{pmatrix} 1.1160 & 0.3575 & -0.0840 \\ 0.3575 & 1.1750 & 0.3575 \\ -0.0840 & 0.3575 & 1.1160 \end{pmatrix} \quad (9)$$

在两种算法下，对第三主成分特征值的估算变化如下表所示，标准 EPO 和单向上调的 EPO 算法都会将估算结果由原值约 0.1859 放大至约 0.5929。同时，给定[A, B, C]等权组合、原始相关矩阵如等式 7 所示，与基于原始矩阵的估算结果（约 0.5111）相比，标准 EPO 算法会下调组合的收益方差估算（约 0.4222）；而单向上调的 EPO 算法会相对上调组合的方差估算（约 0.5188）。结合第一章（三）节实证结果中，基于目标波动率模型的多头组合实现/预测波动比约 1.28、整体低估实际风险，单向上调 EPO 算法更贴合策略研发需求。

表 6：模拟资产组合调整风险收缩算法后的特征测算

相关矩阵调整方式	第三主成分特征	等权组合方差测算
原始矩阵	0.1859	0.5111
标准 EPO 算法	0.5929	0.4222
单向上调 EPO 算法	0.5929	0.5188

资料来源：模拟数据，金融街证券研究所测算

下载日志已记录，仅供内部参考

三、实证检验：调整后 EPO 算法能较好实现降噪目标

（一）以目标波动率模型为基准，调整后 EPO 算法改善组合收益回撤结构

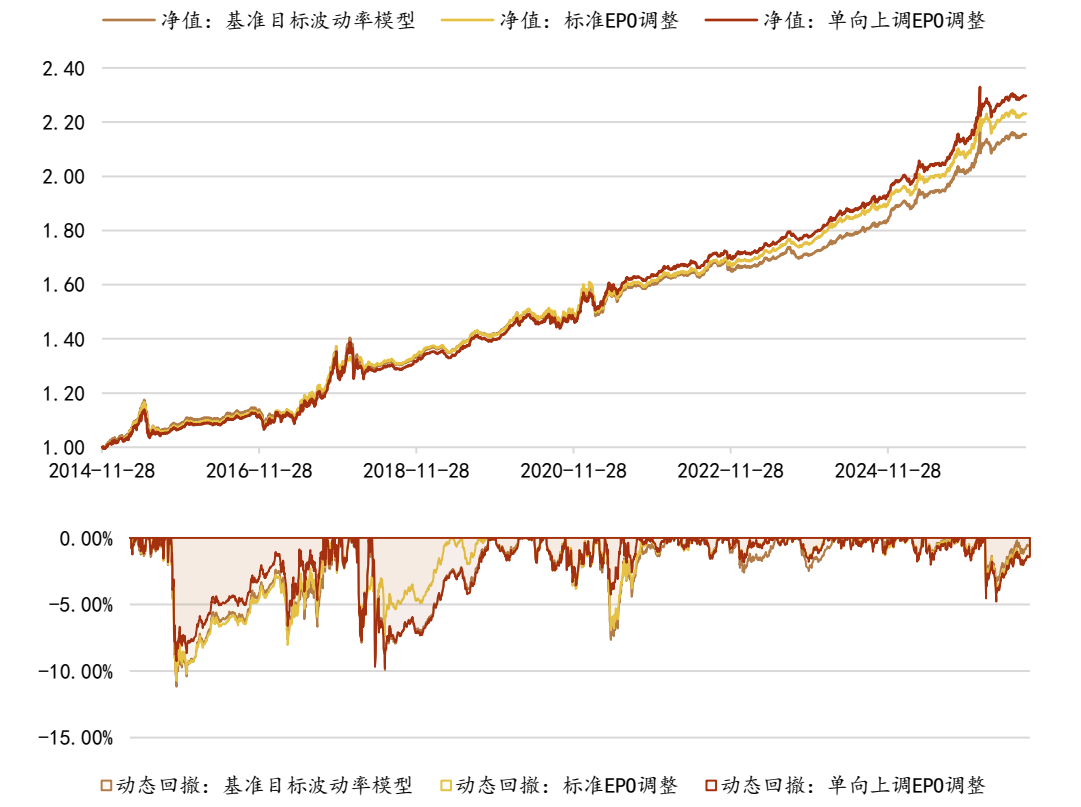
我们沿用第一章（三）节提出的测试基准，目标波动率模型基础设定如表 4 所示。在基础模型的最长样本空间内（201412 至 202608），我们构建经标准 EPO、单向上调 EPO 算法调整后的目标波动率组合，收缩比例取 0.5。结合表 2 统计，原模型样本外（202412-202608）区间内表现出较好弹性，我们对该区间内三组模型的回测结果做单独统计。

表 7：采用 EPO 算法调整后的目标波动率组合业绩分析与对比

回测区间	算法	累计收益率	年化收益率	年化波动率	标准夏普	最大回撤	实现/预测波动比
最长样本空间（201412-202608）	基准目标波动率模型	115.48%	7.00%	5.49%	0.897	-11.18%	1.30
	标准 EPO 调整	123.10%	7.33%	5.19%	1.004	-10.75%	1.38
	单向上调 EPO 调整	**129.77%**	**7.61%**	**5.41%**	**1.014**	**-9.82%**	**1.21**
基准模型样本外（202412-202608）	基准目标波动率模型	17.03%	9.77%	4.32%	1.718	-3.81%	1.60
	标准 EPO 调整	17.32%	9.94%	4.96%	1.531	-4.65%	1.57
	单向上调 EPO 调整	**18.82%**	**10.76%**	**5.14%**	**1.625**	**-4.78%**	**1.43**

资料来源：iFinD，金融街证券研究所，夏普比率取 2%年化无风险收益率计算，EPO 收缩比例取 0.5

图 3：采用 EPO 算法调整后的目标波动率组合净值走势对比



资料来源：iFinD，金融街证券研究所

下载日志已记录，仅供内部参考

从组合业绩来看，在 2014 年 12 月至 2026 年 8 月期间，经单向上调 EPO 调整后的组合业绩较原模型和标准 EPO 算法模型得到改善。完整回测区间内，单向上调 EPO 调整组合的年化收益率约 7.61%、标准夏普约 1.014、最大回撤约-9.82%，优于同期 10%目标波动率模型的 7.00%、0.897 和-11.18%。回测结果与前述 EPO 算法的修正目标相一致。

从风险调整来看，单向上调 EPO 算法较好缓解了原模型对风险预测的整体低估。在回测期间，模型的实现/预测波动比率由原模型的 1.30 倍下降至约 1.21 倍；同期标准 EPO 算法模型的比值约 1.38，反而高于基准，体现出在现有的目标波动率模型假设下，单向上调 EPO 算法能更好实现风险估算的降噪和修正。

2024 年 12 月以来，单向上调 EPO 算法模型年化收益率由基准的 9.77%提高至 10.76%，延续向上弹性；年化波动率和回撤幅度均有所放大，但年化波动率并未超出约束目标。从实现/预测波动比率来看，单向上调 EPO 算法仍对风险预测低估做出了修正。

（二）模型稳健性测试：风险约束调整与资产扩容

为更好测试单向上调 EPO 算法对目标波动率模型的优化结果，我们调整目标波动率模型的风险约束条件和底层资产，再分别叠加算法、进行回测和对比。

在风险约束测试中，给定不同的波动率上限约束，单向上调 EPO 算法在完整回测期内相较原模型均取得了更低的实现/预测波动比率和更小的回撤幅度。说明算法能在各个等级风险条件下，一定程度缓解原模型对风险的低估、规避极端风险暴露。

表 8：不同波动率约束下的 EPO 算法修正结果对比

目标波动率上限	算法	累计收益率	年化收益率	年化波动率	夏普比率	最大回撤	实现/预测波动比
3%	基准目标波动率模型	82.87%	5.47%	2.94%	1.146	-5.03%	1.20
	单向上调 EPO 调整	**82.37%**	**5.44%**	**3.06%**	**1.092**	**-4.74%**	1.13
5%	基准目标波动率模型	97.90%	6.20%	3.96%	1.034	-8.25%	1.27
	单向上调 EPO 调整	**106.33%**	**6.59%**	**3.99%**	**1.120**	**-7.70%**	1.19
7%	基准目标波动率模型	99.24%	6.27%	4.48%	0.933	-10.45%	1.32
	单向上调 EPO 调整	**115.06%**	**6.99%**	**4.62%**	**1.052**	**-9.25%**	1.23
10%	基准目标波动率模型	115.48%	7.00%	5.49%	0.897	-11.18%	1.30
	单向上调 EPO 调整	**129.77%**	**7.61%**	**5.41%**	**1.014**	**-9.82%**	1.21
无上限	基准目标波动率模型	113.88%	6.93%	5.74%	0.848	-11.19%	1.30
	单向上调 EPO 调整	**120.64%**	**7.23%**	**5.63%**	**0.913**	**-10.51%**	1.20

资料来源：iFinD，金融街证券研究所，夏普比率取 2%年化无风险收益率计算，EPO 收缩比例取 0.5

在现有的研究与实践中，大类资产策略在配置层通常选取少数宽基指数进入模型，以取得稳健的“均值-方差”估算结果和样本外表现，这本身也是一种对风险估算的降噪调整。为更好验证单向上调 EPO 算法的稳健性，我们将目标波动率模型的权益资产池替换为 30 个

下载日志已记录，仅供内部参考

申万一级行业指数（不含综合），取 10%波动率约束和无目标波动率上限两组基准组合，对比算法调整前后的业绩表现。**回测结果显示，扩充某个类别的底层资产后，单向上调 EPO 算法对“均值-方差”模型的风险估算依然能够提供优化。**

表 9：扩充权益底层资产后的 EPO 算法修正结果对比

目标波动率上限	算法	累计收益率	年化收益率	年化波动率	夏普比率	最大回撤	实现/预测波动比
10%	基准目标波动率模型	91.15%	5.88%	5.68%	0.682	-12.29%	1.31
	标准 EPO 调整	96.88%	6.16%	6.06%	0.686	-14.11%	1.43
	单向上调 EPO 调整	**105.07%**	**6.54%**	**5.76%**	**0.781**	**-11.32%**	**1.22**
无上限	基准目标波动率模型	95.97%	6.11%	6.10%	0.676	-12.17%	1.31
	标准 EPO 调整	102.16%	6.40%	6.45%	0.685	-14.10%	1.40
	单向上调 EPO 调整	**102.51%**	**6.42%**	**6.06%**	**0.728**	**-11.36%**	**1.22**

资料来源：iFinD，金融街证券研究所，夏普比率取 2%年化无风险收益率计算，EPO 收缩比例取 0.5

（三）参数测试：不同收缩比例下的模型优化结果对比

在 EPO 算法中，收缩比例（即前文所述ω）是外生参数，为避免回测结果依赖收缩比例的单一取值，我们分别取ω为 0.25、0.5、0.75 和 1，进行平行测试。结果显示，**收缩比例将影响单向上调 EPO 算法的调整力度和组合业绩，但相对基准模型的优化方向较为稳健。**

表 10：不同收缩比例下的模型优化结果对比

算法	收缩比例	累计收益率	年化收益率	年化波动率	夏普比率	最大回撤	实现/预测波动比
原始模型	-	115.48%	7.00%	5.49%	0.897	-11.18%	1.30
单向上调 EPO 调整	25%	140.49%	8.04%	4.95%	1.185	-9.66%	1.25
	50%	129.77%	7.61%	5.41%	1.014	-9.82%	1.21
	75%	129.11%	7.58%	5.37%	1.016	-10.00%	1.17
	100%	123.65%	7.36%	5.05%	1.035	-8.88%	1.13

资料来源：iFinD，金融街证券研究所，夏普比率取 2%年化无风险收益率计算，基准模型设定同表 4

四、模型迭代：算法优化、资产扩容后的多资产配置方案

（一）加入单向上调 EPO 算法的目标波动率模型构建

基于前文检验，我们将单向上调 EPO 算法用于目标波动率模型，并将底层资产扩充至 20 项，包括 4 项商品指数、3 项国债指数、11 项 A 股指数和 2 项港股指数。模型以近 12 个月的日收益估计风险，收益信号采用约 6 个月的半衰期加权，每月调仓一次。组合保持多头、非杠杆，允许持有现金；以原始样本协方差约束事前预测波动率不超过 10%，以调整后的风险矩阵参与优化求解。单向上调强度取 0.5：仅提高相关矩阵中特征值低于 1 的方向所对应的风险估计，保留其余方向。

下载日志已记录，仅供内部参考

模型完整设定如表 11 所示，**资产扩容增加了可配置标的，也使模型更需要识别同类资产间的重复风险暴露。**

表 11：目标波动率模型迭代设定与边际调整（调整内容以红色标注）

底层资产选择	优化目标	仓位约束	核心参数
商品：黄金 9999、豆粕价格指数、上期有色金属指数、**易盛能化** **固收：**5 年国债、10 年国债、沪 30 年国债 **股票：**沪深 300、上证 50、中证 500、中证 1000、创业板指、红利低波 100、180 价值、500 质量、消费龙头、科技龙头、**科创 50** **港股：**恒生指数、恒生科技	组合年化夏普比率最大化	**总仓位约束：**组合无做空、无杠杆，允许持有 **0-100%**现金 **单类资产内仓位约束：无** **波动率：**组合年化波动率小于等于 10%	**调仓频率：**月度 **建模窗口：**近 12 月 **交易成本：**不计入回测 **无风险收益率：0** **风险估算调整：**调整强度 0.5 的单向上调 EPO 算法

资料来源：金融街证券研究所整理

策略回测结果如下，2014 年 12 月至 2026 年 8 月期间，迭代后模型的年化收益率约 7.47%，较基准模型上升；最大回撤约-10.69%，较基准模型收窄。**2026 年以来模型累计收益率约 6.46%，最大回撤幅度约-4.78%，夏普比率约 1.206。波动率仍位于上限约束以内。**

表 12：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型业绩表现（截至 2026 年 8 月 31 日）

回测区间	收益起点	累计收益率	年化收益率	年化波动率	夏普比率	最大回撤
最长样本空间	20141201	126.26%	7.47%	5.54%	0.966	-10.69%
近 5 年	20210901	39.35%	7.15%	3.68%	1.353	-4.78%
近 3 年	20230901	27.28%	8.73%	4.28%	1.511	-4.78%
2026 年以来	20260101	6.46%	10.37%	6.71%	1.206	-4.78%

资料来源：iFinD，金融街证券研究所，夏普比率取 2%年化无风险收益率计算，EPO 收缩比例取 0.5

图 4：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型净值表现



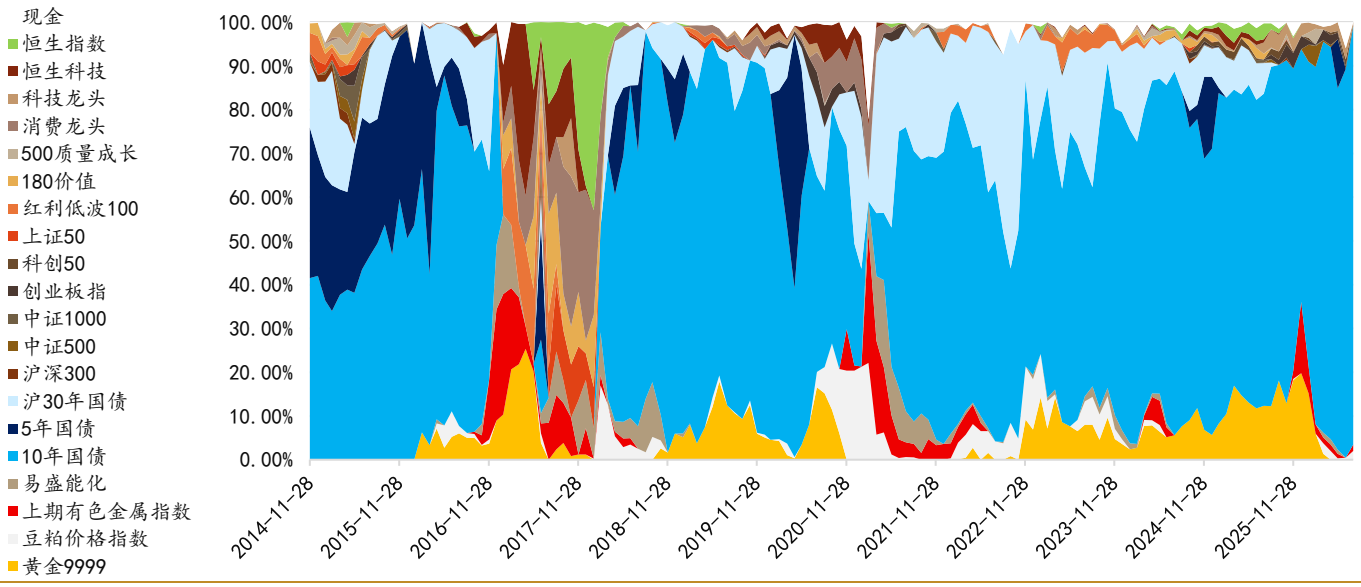
资料来源：iFinD，金融街证券研究所

下载日志已记录，仅供内部参考

就持仓结构来看（如图 5），在 141 个调仓期中，迭代模型的目标权重平均约 74.9%配置于固收、12.2%配置于商品、8.0%配置于 A 股、3.6%配置于港股，其余为现金。对比系列报告（一）中含有仓位约束的模型仓位结构，**迭代后的目标波动率模型在资产类别间的权重配置上更为灵活，也依然保持了在资产类别间和资产内部的双重轮动。**

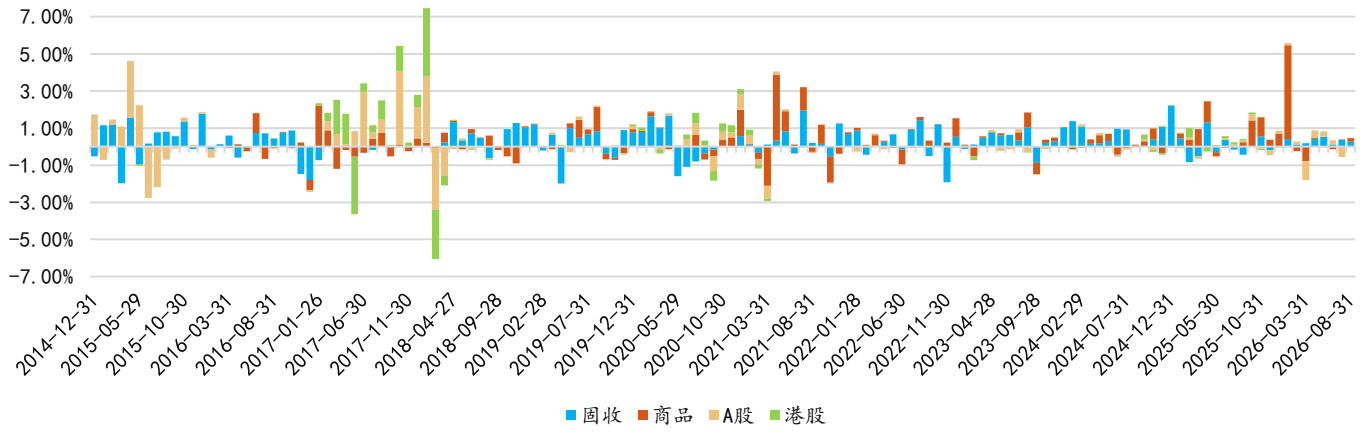
与之相应，如图 6 所示，迭代后组合的收益来源保持分散，月度胜率约 70.2%。年度胜率约 90.9%，仅 2016 年未实现正收益。

图 5：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型历史持仓结构



资料来源：iFinD，金融街证券研究所

图 6：基于单向上调 EPO 算法迭代的目标波动率模型月度收益贡献



资料来源：iFinD，金融街证券研究所

综上所述，迭代策略在 10%目标波动率约束下的回测中，取得了符合中低波动目标、较为稳健的历史表现。

下载日志已记录，仅供内部参考

（二）小结与展望

报告修正后的单向上调 EPO 算法，为“均值-方差”框架下的协方差估计环节提供了一种可行的降噪处理方案，也为后续模型研发打开了空间。在现有框架上，风险分散模型可逐步扩充资产类别内部的可交易资产，将宏观判断和资产景气研判纳入收益信号或情景设定，并把风险矩阵调整、风险预算、压力测试和事后偏差监测衔接为一套风险管理流程。

实际操作中，在抑制估计误差引起的极端配置方面，EPO 调整与仓位上限、大类比例等显式约束具有一定替代性。前者改变优化器使用的风险估计，后者直接限定持仓范围。模型应结合产品投资范围、风险预算、流动性及持仓要求选择适用方法；两者并用时，还需检验 EPO 是否具有边际作用。

更需强调的是，EPO 算法是对风险端估算结果进行降噪，不能自行提供有效的收益预测。因此，模型迭代仍应重视底层资产筛选、预期收益判断和经济情景分析，并持续检验新增资产的收益来源、风险相关性与交易可行性。

五、风险提示

（一）历史回测及参数选择风险。本文结果基于历史指数数据和既定资产池。资产选择、调整强度与检验区间可能受到历史表现影响；2024 年 12 月以来的后段结果，不能直接视为本轮全部模型设定的独立前瞻验证。历史收益、回撤和胜率均不代表未来表现。

（二）风险估算与市场状态变化风险。模型使用滚动历史样本估计波动率和相关性。在相关关系突变、流动性收缩或极端行情中，实际风险可能超过事前预测；月度调仓及 10%的预测波动率上限也无法阻止调仓间的净值回撤。对低特征值方向单向上调是一项模型假设，不能保证每个时期的协方差估计更准确。

（三）持仓集中与收益信号失效风险。模型未设置大类资产内部的强制分散比例，部分时期可能集中配置于单一债券指数或共同风险方向。历史收益信号反转时，既有配置可能同时面临收益下降和风险上升；资产数量增加也不必然带来有效分散。

（四）指数映射与交易执行风险。回测未计入交易费用、市场冲击和税费。实际 ETF 可能与所用指数存在跟踪误差、折溢价、流动性及可投资范围差异；商品和港股相关标的还可能受到交易时段、汇率及产品结构等因素影响。因此，指数回测收益不能直接等同于可实现的产品收益。

下载日志已记录，仅供内部参考

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师声明

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此声明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与，未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

法律主体声明

本报告隶属于金融街证券股份有限公司。本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的投资标的，还可能为或争取为这些标的提供投资银行服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。客户可登录 www.jrjzq.com.cn 信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及其他有关的信息披露

评级说明

公司评级	买入--自报告日后 6 个月内，预期股价相对同期基准指数收益 20%以上 增持--自报告日后 6 个月内，预期股价相对同期基准指数收益 10%~20% 持有--自报告日后 6 个月内，预期股价相对同期基准指数收益-10%~10% 卖出--自报告日后 6 个月内，预期股价相对同期基准指数收益-10%以下
行业评级	强于大市--自报告日后的 6 个月内，预期行业指数相对同期基准指数涨幅 5%以上 中性--自报告日后的 6 个月内，预期行业指数相对同期基准指数涨幅-5%-5% 弱于大市--自报告日后的 6 个月内，预期行业指数相对同期基准指数涨幅-5%以下
相关证券市场代表性指数说明	本报告采用的基准指数--沪深 300 指数（简称基准）

免责声明

金融街证券股份有限公司具有证券投资咨询资格，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据；在不同时期，本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告；本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表本公司或其他附属机构的立场；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本公司及作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式将研报内容和相关信息对外公布、转发、转载、传播、复制、编辑、修改、引用等。如有上述违法行为，本公司保留追究相关方法律责任的权利。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。