

量化资产配置系列（二）：风险预算与风险平价模型的情景比较分析

国投安信期货研究院

王锴 期货投资咨询号 Z0016176

张婧婕 期货从业资格号 F03116832

在《量化资产配置系列（一）：传统美林时钟周期模型的改进与应用》中我们基于经典美林时钟对增长、信用、通胀与货币因子进行改进，其主要机制是根据宏观因子的历史状态与边际变化对未来经济周期进行预测并寻找不同阶段的占优资产，以期在不同宏观环境下达到最优表现。由于近年来宏观环境的不确定性和地缘博弈的加剧，在一定区间内识别和预测单一资产即便在更长的时间中具有高准确率，但显然也需要大量的数据和信息支撑来平抑短期的波动。从战略配置角度，过滤这样的短期噪声实现长期的收益特征是控制投资组合风险的必要考量因素。

战略配置通过风险分散化手段降低组合对外部环境的依存度，使其在不同环境中均有稳定的表现。在此基础上，我们将美林时钟择时策略作为一类独立的底层资产，与传统的低波资产包括长短久期利率债、信用债、黄金等来构建风险平价与风险预算的投资组合，将战略配置模型与时钟配置体系结合。我们尝试采用多种方法估计资产风险，探究基于不同风险测度方法下构建的风险平价与预算组合的表现优劣。最后，我们把策略底层资产替换为公募ETF产品，将策略资产落地到可投标地进行测试分析。

实证检验发现，在样本期间内除2020年外其余年度内风险预算相对于风险平价组合均获得一定超额，在2021与2022年期间超额较为显著。以最大化收益表现为目标构建的风险预算组合虽然波动也更为明显，但测试期间内组合年化收益率为8.56%，夏普比率为2.01，以Kappa3比率为目标的组合具有较好的收益风险平衡能力，策略平均夏普比率为3.62，样本期间内平均最大回撤为1.08%。

1. 风险平价模型

1.1 风险平价的基本原理

由马科维茨提出的均值-方差模型（Mean-Variance Optimization Model, MVO）创立了现代组合资产理论，在该模型中通过均值来反应资产收益，方差来刻画波动风险，通过寻找两者间的平衡求得最优配置权重，在承担单位风险下实现最大化收益。在此之后资产配置理论也在不断地发展与优化，其中风险平价的配置理念也是当前运用较广的主流配置方法，该方法首次由 Qian（2005）提出，以风险配置为核心进行资产管理，由于组合波动率主要源于单一资产的波动率以及资产间的相关性，在此基础上我们可以通过分配权重的方法限制每类资产对组合的波动贡献，进而将整体波动率控制在一定范围内。通过将组合的整体风险平均分配到各类底层资产上，可以降低外部环境变化对组合带来的影响，使其在不同经济周期下都能够获得较为稳定的收益表现。

风险平价模型的具体计算方法为：假设组合共有 n 个底层资产，定义总风险为 $\sigma(x)$ ，第 i 个资产对投资组合的边际风险贡献与总贡献分别为 $MRC_i, TRC_i, w = [w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n]$

为底层资产的配置权重向量， $X_{t \times n} = \begin{bmatrix} r_{1,1} - \bar{r}_1 & r_{1,2} - \bar{r}_2 & \cdots & r_{1,n} - \bar{r}_n \\ r_{2,1} - \bar{r}_1 & r_{2,2} - \bar{r}_2 & \cdots & r_{2,n} - \bar{r}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{t,1} - \bar{r}_1 & r_{t,2} - \bar{r}_2 & \cdots & r_{t,n} - \bar{r}_n \end{bmatrix}$ 为经过去均值化的

收益率矩阵， Σ 为资产收益率的方差协方差矩阵，模型核心理念在于式（5），通过求解权重 w 使每类资产的风险贡献趋于一致。

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} X^T X \quad (1)$$

$$\sigma_p = \sqrt{w^T \Sigma w} \quad (2)$$

$$MRC_i = \frac{\partial \sigma_p}{\partial w_i} = \frac{(\Sigma w)_i}{\sigma_p} \quad (3)$$

$$TRC_i = w_i MRC_i \quad (4)$$

风险平价模型目标与约束为：

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (TRC_i - TRC_j)^2 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} s. t. \quad & w^T \mathbf{1} = 1 \\ & 0 \leq w_i \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

与此同时，如何有效刻画组合与资产的波动风险也是模型在运用层面的关键点，文章基于以往研究选取四类方法进行测试，具体为传统协方差波动估计、考虑时间衰减影响的 EWMA 波动、下行波动、综合 EWMA 下行波动，其中后三类方法均为传统方法的衍生。

1) 传统方法中我们直接基于标的资产的收益协方差矩阵来估计每类资产的历史波动情况，具体计算过程与文章中（式（1）-（6））一致。

2) EWMA 方法在传统 1) 的基础上引入了时间权重变量，通过设定半衰系数赋予距离当前越近的数据更高的权重，放大近期波动对于组合波动的贡献程度。具体测算方法为：给定 $X_{t \times n}$ 为经过去均值化的收益率矩阵， $\Sigma = \frac{1}{n-1} X^T X$ 为原始协方差矩阵， $\Sigma_{ewma} = X^T \Lambda X$ 为经过 EWMA 调整后的协方差矩阵。假设样本内共有 t 期历史数据，时间作用的权重变量 $\Lambda = \text{diag}(\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^t)$ ， $\lambda^i = \frac{\beta^i}{\sum_{s=1}^t \beta^s}$ ， $\beta = 0.5^{\frac{1}{\tau}}$ ， τ 为权重半衰期长度，表明时间序列内间隔为 τ 的两个数据中距离较远的数据权重为距离近的一半，放大了近期数据在模型中的重要程度。

3) 下行波动率方法采用资产的下半偏差衡量风险水平，原因是投资过程中市场对于组合下行波动的厌恶程度要远高于上行波动，因此这类估计方法更能反映出现实投资中的下行风险。其与原始方法不同之处是计算时忽略收益率序列中高于期望收益的部分计算协方差矩阵。下半偏差的具体计算公式为 $\sigma_{downsid} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T rd_i^2}{T}}$ ， $rd_i = \min(mrc, r_i - mrc)$ ，其中 r_i 为第 i 期收益率值， mrc 可接受的最小收益， rd 为调整后的收益率，本文在计算过程将 mrc 设定为 0，对应协方差矩阵为 $\Sigma = \frac{1}{n-1} X_d^T X_d$ ，其中 $X_d = (rd)_t \times n$ 为调整后的收益率矩阵。

4) EWMA 下行波动，即将 EWMA 与下行波动相结合，该方法同时考虑了资产波动的时效性与方向性。

1.2 数据说明

在系列一中文文章选取了中证全债、中证 800、南华商品与中融指数作为时钟模型的投资标的,考虑到底层资产的可投资性我们将投资标的从指数替换为对应类型资产的公募 ETF 产品。指数型 ETF 作为被动型基金产品的代表通过锚定某类资产指数并对其进行复制与跟踪。近年以来在权益市场偏弱的环境下,主动管理型基金产品发行规模缩减显著,而同期间被动型基金产品规模实现了扩张。文章推测主要原因可能有,部分主动管理型基金在趋势行情中更易获得超额,而近期市场风格的频繁切换容易对产品收益造成磨损,致使其较难持续可观且稳定的回报,此外,主动管理型产品的平均管理费率高于被动型产品,相应投资者会对其要求更高的回报,当两类产品的收益表现没有显著差异的情况下投资者也会更倾向购买费率低的被动型产品。公募 ETF 基金具有费率低,交易灵活,透明度较高等的优点,除了市场指数外,近年来各类金融机构也陆续推出了围绕行业,风格等主题特征发行的 ETF 基金,这也进一步推动了 ETF 基金市场的多样化发展,不断丰富与满足不同投资者的相关需求。

具体地,文章将 10 年期国债、中证 800ETF 与货币 ETF 基金分别作为债券、权益与现金大类的投资标的,商品方面由于当前市场中基于商品期货市场的公募 ETF 种类较为有限,仅有贵金属、有色金属,农产品与能源化工板块的部分品种,为避免采用单一指数有较大偏差文章基于当前已有商品 ETF 品种以最小化误差为目标滚动模拟计算权重,参考南华商品指数的编制规则在每年 6 月进行权重调整,经测试四类 ETF 占比分别为:黄金(19%)、有色金属(44%)、豆油豆粕(9%)、能源化工(28%),加权合成的 ETF 指数在样本期间的平均跟踪误差为 0.62%,相较于单一 ETF 来说更贴近南华商品指数收益走势。

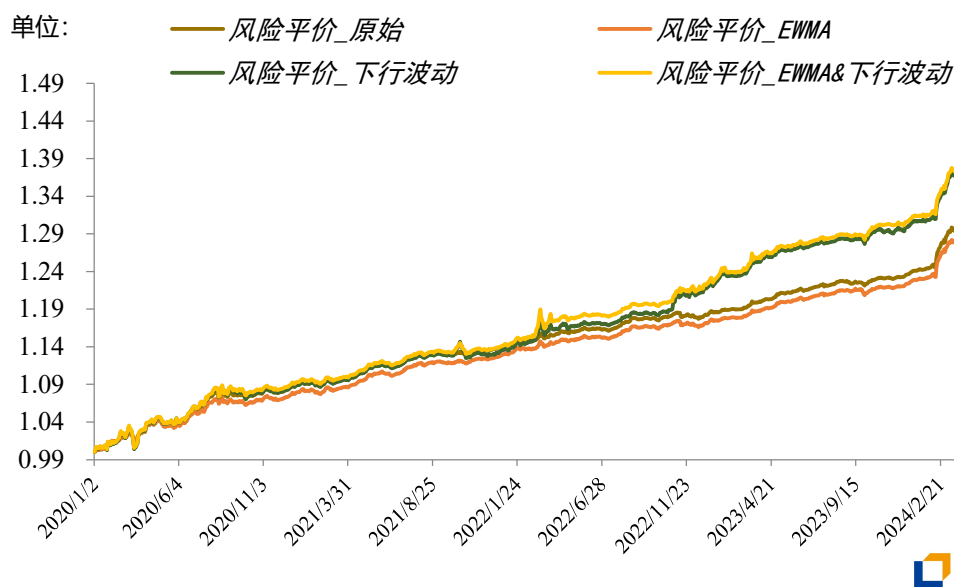
本文回测的时间区间为 2020 年 1 月至 2024 年 5 月,数据频率为日度。在接下来的测试过程中,文章将基于公募 ETF 搭建的美林时钟择时策略作为一类底层资产,与传统意义范围的低波资产(包括率:长短久期利债 ETF,信用债 ETF,黄金 ETF)构建风险平价与风险预算

组合。一方面，我们认为在组合中加入时钟择时模型可以进一步扩大组合的底层资产种类，增加投资广度；同时相比于直接在模型中加入所有资产来说可以减少风险测度过程中协方差矩阵待估参数的个数，在样本有限的情况下保证较低的估计误差。

1.3 基于风险平价模型的配置策略

文章根据第一部分中介绍的方法思路构建风险平价模型，组合在每月底进行权重的调整分配。从样本测试结果来看基于 EWMA 方法进行协方差估计的组合净值走势稳定性较优，期间年化波动率为 1.76%，综合 EWMA 与下行波动估计测度下的组合具有最佳收益表现，年化收益率为 8.34%。总的来看 EWMA 组合具有最优夏普比，该估计方法放大了近期波动的权重，在一定上对于短期风险识别更为敏感，此外，由于下行波动率测度中忽略了组合的上升波动率，相应会低估组合中风险资产的波动贡献，使组合的收益与风险呈现同步提升。

图表 1 风险平价组合净值



图表 2 风险平价组合收益风险表现

业绩表现\组合	原始	EWMA	下行波动	EWMA&下行波动
年化收益率	6.77%	6.25%	8.24%	8.34%
年化波动率	1.93%	1.76%	2.89%	2.86%
年化下行波动率	1.07%	0.98%	1.74%	1.72%
期间最大回撤	-1.14%	-1.19%	-2.89%	-2.89%
夏普比率	3.51	3.54	2.85	2.92
卡玛比率	5.92	5.24	2.85	2.89
SORTINO	6.36	6.37	4.77	4.88

资料来源：Wind，通联数据，国投安信期货

此外，我们以 EWMA 方法为例统计了风险平价组合在不同时钟投资周期下的表现与持仓情况，从收益率角度来看复苏期间内组合平均收益表现最优，胜率方面衰退周期下组合胜率最高，回撤部分由于底层资产特点在复苏与过热周期下策略月度平均回撤幅度大于衰退与滞涨周期。持仓方面，组合中债券类的持仓权重在 86%左右，其中利率债与信用债持仓占比没有明显差异，衰退周期下高久期利率债配置比率有所提升，由于在衰退转向复苏的过程中资金也会逐步从低风险资产流向风险资产，因此在该周期下利率与信用债的配置比率都出现了明显下滑。贵金属方面黄金在滞涨周期的配置权重显著高于其余周期，体现其避险属性。

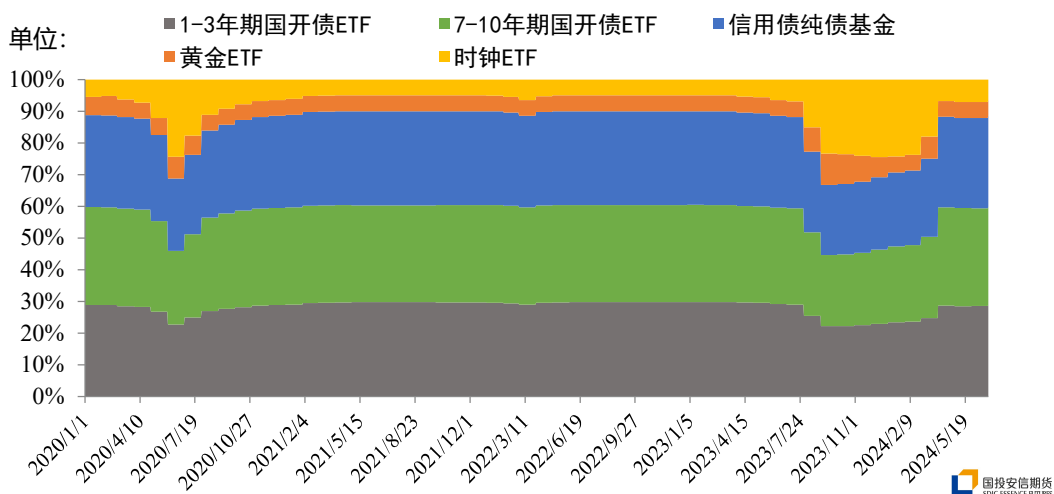
图表 3 时钟周期下风险平价组合表现统计（以 EWMA 组合为例）

	平均收益率	最大回撤	胜率
衰退	0.51%	-0.23%	92.31%
复苏	0.89%	-0.29%	66.67%
过热	0.35%	-0.40%	82.35%
滞涨	0.37%	-0.25%	75.00%

资料来源：Wind，国投安信期货

注：以上结果均为统计数据均为月度平均结果

图表 4 风险平价组合资产仓位时序图（以 EWMA 组合为例）



资料来源：Wind, 国投安信期货

图表 5 时钟周期下风险平价组合资产平均仓位（以 EWMA 组合为例）

平均持仓	1-3 年期 国开债 ETF	7-10 年期 国开债 ETF	信用债 纯债基金	黄金 ETF	时钟 ETF
衰退	28.98%	30.10%	28.92%	5.41%	6.60%
复苏	26.43%	27.46%	26.48%	5.35%	14.28%
过热	28.41%	29.92%	28.51%	5.20%	7.95%
滞涨	28.02%	28.85%	27.93%	6.00%	9.20%

资料来源：Wind, 国投安信期货

图表 6 时钟周期下底层资产平均收益

平均收益率	1-3 年期 国开债 ETF	7-10 年期 国开债 ETF	信用债 纯债基金	黄金 ETF	时钟 ETF
衰退	0.35%	0.76%	0.48%	1.32%	0.87%
复苏	0.33%	0.40%	0.46%	0.15%	1.54%
过热	0.16%	0.00%	0.12%	0.31%	1.82%
滞涨	0.30%	0.40%	0.32%	1.11%	0.61%

资料来源：Wind, 国投安信期货

2. 风险预算模型

2.1 风险预算的基本原理

由于风险平价模型中需要每类资产对组合保持相同波动贡献，传统高风险资产在该方法

下的配置比例会趋于低估,风险预算模型对该限制进行了放宽, Maillard 等人(2010)、Roncalli, T. (2013)文中详细介绍了风险预算组合的数学表达与构建思路。模型通过设定预算权重的方式将每类资产的风险进行重新分配, 灵活调整组合的风险偏好与属性, 张太原等人(2008)将该方法运用到了国内资本市场的研究分析中, 将风险预算理念与实际资产管理和投资决策相结合。

计算过程中我们记 n 个底层资产的风险预算比率 α 为 $[\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n]$, 模型目标与约束为:

$$\min \sum_{i=1}^n (TRC_i - \alpha * \sigma)^2 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} s. t. \quad & w^T 1 = 1 \\ & 0 \leq w_i \leq 1 \end{aligned} \quad (8)$$

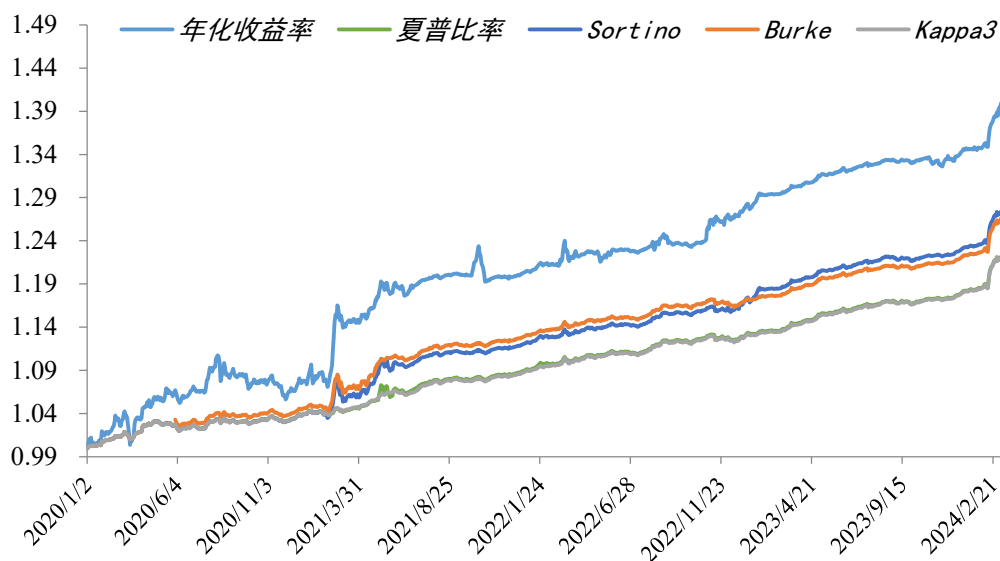
式(7)中的预算权重 α 可根据不同投资者的风险承受与偏好程度来设定。特别地, 若将预算平均分类在组合中的各类资产下即可得到平价模型, 因此预算模型也可以看作风险平价的泛化推广。

2.2 基于风险预算模型的配置策略

该部分文章对多种风险预算组合进行研究分析, 预算权重 α 的设定上文章尝试了基于最大化组合年化收益率, 最优 Sharpe、Sortino、Burke 与 Kappa3, 采用历史期间内最优目标对应的资产权重作为预算进行测试, 以年化收益率为例, 我们以每月为步长, 滚动计算历史 1 年期间最大化组合收益的资产权重作为模型预算。

图表 7 风险预算组合净值

单位:



资料来源: Wind, 国投安信期货

图表 8 风险预算组合收益风险表现

业绩表现\组合	年化收益率	Sharpe	Sortino	Burke	Kappa3
年化收益率	8.56%	5.11%	6.13%	5.98%	5.09%
年化波动率	4.26%	1.60%	2.01%	1.84%	1.40%
年化下行波动率	2.72%	0.92%	1.17%	1.02%	0.79%
期间最大回撤	-4.62%	-1.32%	-2.09%	-2.04%	-1.08%
夏普比率	2.01	3.19	3.05	3.26	3.62
卡玛比率	1.85	3.85	2.93	2.93	4.72
SORTINO	3.18	5.55	5.27	5.85	6.45

资料来源: Wind, 通联数据, 国投安信期货

以最大化收益表现为目标构建的风险预算组合在收益表现上显著优于其余策略,同时波动也更为明显,相对其余组合风格更偏激进,测试期间内组合年化收益率为 8.56%, 夏普比率为 2.01, 以 Kappa3 比率为目标的组合具有较好的收益风险平衡能力,策略平均夏普比率为 3.62, 样本期间内平均最大回撤 1.08 %。

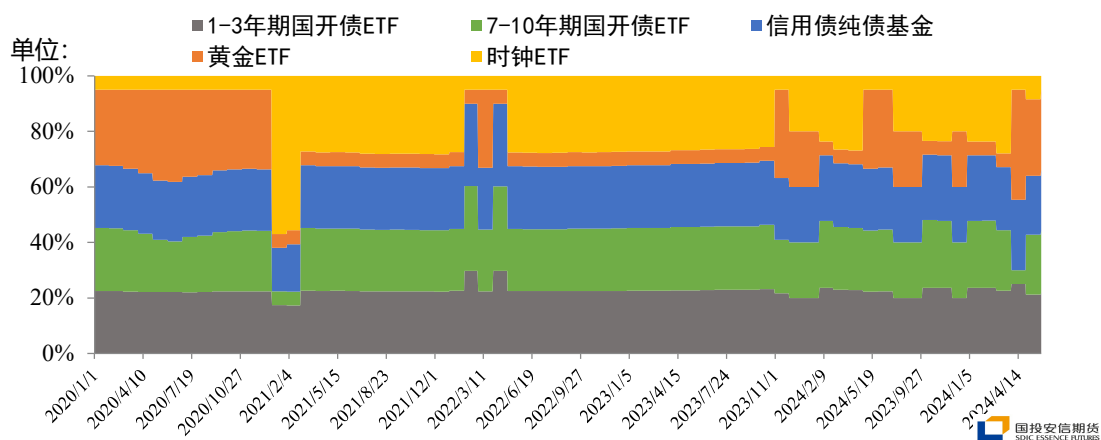
图表 9 时钟周期下风险预算组合表现统计（以最大化年化收益率组合为例）

	平均收益率	最大回撤	胜率
衰退	0.44%	-0.88%	76.92%
复苏	0.92%	-0.72%	66.67%
过热	0.87%	-1.01%	70.59%
滞涨	0.49%	-0.42%	75.00%

资料来源：Wind，国投安信期货

注：以上结果均为统计数据均为月度平均结果

图表 10 风险预算组合资产仓位时序图（以最大化年化收益率组合为例）



资料来源：Wind，国投安信期货

图表 11 时钟周期下风险预算组合资产平均仓位（以最大化年化收益率组合为例）

	1-3 年期国 开债 ETF	7-10 年期国 开债 ETF	信用债纯债 基金	黄金 ETF	时钟 ETF
衰退	22.96%	22.81%	23.02%	11.78%	19.43%
复苏	21.98%	21.31%	21.86%	16.92%	17.93%
过热	22.26%	20.25%	22.05%	15.22%	20.23%
滞涨	22.66%	22.59%	22.65%	5.00%	27.10%

资料来源：Wind，国投安信期货

从各周期下组合平均持仓与风险收益表现来看，时钟策略在过热与滞涨周期下平均权重大于衰退与复苏周期，其中在 2020 年末组合收益有较为明显的提升，主要原因为该阶段时钟 ETF 策略将底层资产从债券调整到了商品 ETF 上，同时预算组合在时钟 ETF 上也保持着较高的配置权重，平均仓位为 32%。总的来看，收益主导下时钟 ETF 的平均配置权重显著高

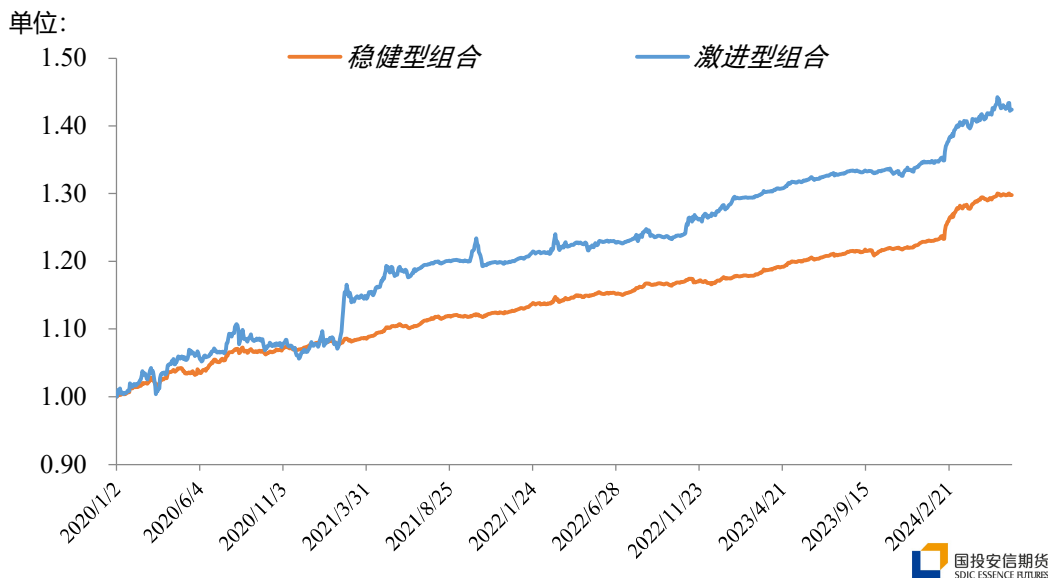
于其余组合，体现出该方法对风险资产有更多的暴露。

2.3 策略对比

经过上述测试文章发现风险平价与风险预算组合均有其比较优势，其中风险平价在收益风险平衡方面表现较优，而灵活度更高的风险预算潜在收益空间更大。因此我们挑选出基于 EWMA 方法的风险平价组合作为稳健型代表，最大化收益的风险预算组合作为激进型组合代表进行对比分析。

年度层面来看，在样本期间内除 2020 年外其余年度内风险预算相对于平价组合均能获得一定超额，在 2021 与 2022 年期间超额较为显著。总的来看我们发现在风险资产占优的区间内，预算模型的收益优势可以得到较为充分的发挥，近两年期间权益与商品市场表现偏弱，单边趋势性行情较少导致组合底层风险资产的收益空间有所压缩，相比来看在这类市场环境下风险平价策略得力于其良好的稳定性更具配置优势。

图表 12 策略净值对比



资料来源：Wind，国投安信期货

图表 13 组合收益风险表现

	稳健型组合	激进型组合
年化收益率	6.25%	8.56%
年化波动率	1.76%	4.26%
年化下行波动率	0.98%	2.72%
期间最大回撤	-1.19%	-4.62%
夏普比率	3.54	2.01
卡玛比率	5.24	1.85
SORTINO	6.37	3.18

资料来源：Wind，国投安信期货

图表 14 组合年度收益表现

年度收益率	稳健型组合	激进型组合
2020 年	7.95%	7.36%
2021 年	4.68%	11.88%
2022 年	3.85%	6.30%
2023 年	4.55%	4.92%
2024 年	5.61%	5.68%

资料来源：Wind，国投安信期货

参考文献

- [1]. Maillard, S., Roncalli, T., and Teïletche, J. (2010). The properties of equally weighted risk contribution portfolios. The Journal of Portfolio Management.
- [2]. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. Journal of Finance.
- [3]. Qian, E. (2005). Risk parity portfolios: Efficient portfolios through true diversification. Panagora Asset Management.
- [4]. Roncalli, T. (2013). Introduction to risk parity and budgeting. CRC Press.
- [5]. 张太原,杨筱燕,李俊峰.多因素模型下的风险预算分析及其在我国的应用[J].经济研究, 2008(12):11.

免责声明：本研究报告由国投安信期货有限公司撰写,研究报告中所提供的信息仅供参考。报告根据国际和行业通行的准则,以合法渠道获得这些信息,尽可能保证可靠、准确和完整,但并不保证报告所述信息的准确性和完整性。本报告不能作为投资研究决策的依据,不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证,无论是否已经明示或者暗示。国投安信期货有限公司将随时补充、更正和修订有关信息,但不保证及时发布。对于本报告所提供信息所导致的任何直接的或者间接的投资盈亏后果不承担任何责任。本报告版权仅为国投安信期货有限公司所有,未经书面许可,任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用发布,需注明出处为国投安信期货有限公司,且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。国投安信期货有限公司对于本免责声明条款具有修改权和最终解释权。

