

专题报告

上行趋势犹可期，商品配置正当时

2023 年 03 月 22 日

商品在大类资产配置中的应用研究

相关报告

20221215 招期宏观策略年报：沉舟侧畔，静待良辰-赵嘉瑜

20230215 招期策略专题报告：兼具标尺性和投资性，中证商品指数应用可期-赵嘉瑜

研究员：赵嘉瑜

(+86) 13686866941
zhaojiayu@cmschina.com.cn
F3065666
Z0016776

随着债券波动性的持续上升和机构化进程的逐步深化，资产配置在投资端的重要性不断提升。而商品在资产配置中的作用会愈发显著：一是未来若干年内供应链重组带来长期通膨和全球信贷扩张周期重启引发总需求提速，商品有望维持高位并上行；二是作为产业净空头客户对手方的金融多头方具有长期的展期收益，这类似与股债的“生息”概念；三是商品类资产具有与股债低相关的特征，是优良的大类资产配置工具。而我们前期的研究表明，近期发布的中证商品指数兼具标尺性和可投资性，本文选择将其作为商品类资产开展大类资产配置的研究，探索如何提高组合的业绩表现。首先，我们对股债商的收益风险特征进行了时间维度分析并以此选择更合适的大类资产配置模型。其次，我们对股债商固定比例配置方案进行了回测研究，结果表明：1) 中证商品指数可以有效提高组合的收益风险比，2) 综合指数相比贵金属指数更加有效。然后，我们对风险平价模型进行了回测研究和优化尝试，得到以下结论：1) 使用 20 个交易日 EWMA 加权并剔除非对角元素的协方差作可以有效提高模型的回测表现；2) 股债商的风险平价组合能够获得远优于单资产的表现并获得了始终大于零的滚动年度收益。

□ 第一部分，我们对股债商的收益风险特征进行了分析。

股债商具有低相关性，是天然的大类资产配置工具。对三类资产收益、波动和相关系数的自相关分析表明，月频维度上波动率具有短期自相关，而收益和相关系数均不具有。

□ 第二部分，我们对股债商固定比例配置方案进行了回测研究。

回测的结果表明：1) 中证商品指数可以有效提高组合的收益风险比，2) 综合指数相比贵金属指数更加有效。

□ 第三部分，我们对风险平价模型进行了回测研究和优化尝试。

第一步，我们从桥水全天候策略和传统等权配置角度去理解风险平价模型。第二步，我们参考文献将模型转换为凸优化问题，大大提高了求解的稳定性和效率，也为后续的优化尝试提供了基础。第三步，我们从时窗长度、协方差的加权方式和非对角元素保留三个方向对模型进行了优化尝试，结果表明，使用 20 个交易日的 EWMA 加权并剔除非对角元素的历史协方差作为预期协方差的估计可以有效提高组合表现。第四步，股债商的风险平价组合获得了远优于单资产的表现并获得了始终大于零的滚动年度收益。

□ 风险提示：资产价格全面下跌，资产间相关性提高，资产间波动率的自相关性减弱

正文目录

一、	股债商的收益风险特征：低相关资产，波动率短期自相关	6
(一)	横截面分析：与股债均有较低相关性	6
(二)	纵截面分析：波动率具有短期自相关性	7
二、	固定比例配置：商品指数可以有效提高组合收益风险比	10
(一)	不同配置比例的对比：股债商组合表现优于单资产	11
(二)	不同商品指数的对比：中证商品指数相对于贵金属指数更有配置价值	12
三、	风险平价模型：对组合的收益风险比提升明显	13
(一)	经济学含义：资产维度的风险贡献等分	14
(二)	模型求解的凸优化转换：提高了稳定性和计算效率	15
(三)	模型回测的优化尝试：20 个交易日的 EWMA 协方差并剔除非对角元素是相对最优超参数	16
(四)	交易成本的影响分析：风险平价的相对优势随交易成本的降低而提高	21
(五)	股债商的回测结果：组合的回撤控制更优且任意日期的年度收益均大于零	22

图表目录

图 1：大类资产代表性指数的历史走势	7
图 2：大类资产代表指数的相关系数	7
图 3：各类资产的年化收益率	8
图 4：各类资产的年化波动率	8
图 5：各类资产间的相关系数	8
图 6：各类资产年化收益率的自相关系数	9
图 7：各类资产年化波动率的自相关系数	9
图 8：各类资产间相关系数的自相关系数	10
图 9：不同股债商配置比例的年化收益率（纵向为股票占比，横向为债券占比，下同）	11
图 10：不同股债商配置比例的年化波动率	11
图 11：不同股债商配置比例的回撤	11
图 12：不同股债商配置比例的夏普比率	12
图 13：不同股债商配置比例的卡玛比率	12
图 14：不同占比组合的净值曲线	12
图 15：不同股债商（贵金属）配置比例的夏普比率（纵向为股票占比，横向为债券占比，下同）	13
图 16：不同股债商（贵金属）配置比例的卡玛比率	13
图 17：桥水基金对经济状态的划分结果及其适配资产	14
图 18：不同配置占比股商组合的收益风险指标	17
图 19：半衰期 $\tau=10$ 时的权重	18
图 20：半衰期 $\tau=30$ 时的权重	18
图 22：风险平价最优超参时的权重变化	21
图 23：风险平价最优超参时的净值曲线	21
图 24：不同配置占比股商组合（交易成本 0.01%）的收益风险指标	22
图 25：不同配置占比股商组合（交易成本 0.1%）的收益风险指标	22
图 26：股债商风险平价最优超参时的权重变化	23
图 27：股债商风险平价最优超参时的权重变化	24
图 28：股债商风险平价组合和中债综合债滚动年度收益分布图	24
表 1：大类资产代表指数的收益风险指标	7
表 2：风险平价模型的优化结果	19
表 3：不同时间窗口长度的收益风险比平均值和平均排序	20
表 4：不同计算加权方式的收益风险比平均值和平均排序	20
表 5：是否保留非对角元素的收益风险比平均值和平均排序	20

表 6：风险平价取最优超参不同交易成本的收益风险指标	22
表 7：股债商风险平价模型的优化结果	22
表 8：股债商风险平价的年度收益风险指标	24

长期以来，由于国内债券市场的超低波动和财富管理市场中固收类资产的高占比，大类资产配置的重要性没有得到充分的体现。未来，随着中国经济进入新常态，地方政府债务管理的规范化和刚兑信仰的逐步打破，债券市场的信用利差和价格波动料将持续增大。而理财产品净值化管理的加速落地，资金端申购赎回的正反馈也会进一步放大债券市场的价格波动（2022 年 12 月的信用债踩踏就是近期的典型案例）。这将直接决定债券资产在大类资产配置中的占比下降。此外，随着投资机构化进程的持续推进和个人投资者净值理念的逐步深化，整个资金端的风险偏好有所增加，财富管理市场中股票和商品等高波动资产的占比有望持续提升。基于以上判断，我们认为大类资产配置在投资端将发挥越来越重要的作用。

反观商品，由于国内市场起步较晚以及投资者教育不充分，商品在大类资产配置中始终处于可有可无的状态。然而，我们的前期研究表明了未来几年商品市场的上行预期和长期以来的股债低相关度，在未来若干年的大类资产配置中，商品类资产将会发挥重要作用。

首先，从政治经济学角度看，我们认为商品市场在未来若干年内存在长期上行的预期，也就有着很高的配置价值。我们的判断主要基于以下四点考虑：1）从地缘角度，由于大国博弈和国家安全所引发的供应链重组，使得全球通货膨胀成为长期性问题；2）从供给角度，技术的革新和资本开支的提升需要持续数年的高价格刺激，总供给无法在短期释放；3）从需求角度，由于新一轮信贷周期的开启和新兴国家的高增长，总需求有望提速；4）从定价角度，由于产业链转移后期资本输入国自身劳动资本的增厚和其他结算货币份额的持续提升，美元有望开启下行趋势。（具体论证过程参见《20221215 招期宏观策略年报：沉舟侧畔，静待良辰-赵嘉瑜》）。

其次，由于投资逻辑的不同和参与者结构的差异，商品市场天然具有和股债低相关甚至负相关的特征。基于前期对中证商品指数的研究，我们发现，商品市场在历史上具有很低的股债相关系数，并且具有一定的通胀表征性，是非常优良的资产配置工具。（参见《20230215 招期策略专题报告：兼具标尺性和投资性，中证商品指数应用可期-赵嘉瑜》）

此外，前人的研究已经表明，高通胀带来的名义利率抬升和商业模式破坏往往会造成股债双杀，传统上股债的负相关关系也就被打破。因此在当下这个大通胀时代，组合中加入商品资产的必要性也就进一步显现。以海外经典的股债六四组合为例，2011 年-2021 年处于相对低通胀的时期，该组合获得了名义 11.1% 的年化收益，即使剔除通胀也有着 9.1% 的年化收益；而在 2000-2009 相对高通胀的时期，该组合仅获得了 2.3% 的名义年化收益，剔除通胀甚至为 -0.3% 的年化收益（资料来源：Goldman Sachs Asset Management、Bloomberg）。商品情况表现远远好于股债的情况亦发生在 70 年代大通胀时期。鉴于此，我们尤其需要关注市场从数年的低通胀到未来数年的高通胀转变时商品端的配置价值。

而在投资商品市场时，投资者存在两种不同的投资方案：一种是追求获取 CTA 策略的 alpha 收益，另一种是追求获取商品整体的 beta 收益。由于存在便利的多空机制，两种方案的决策逻辑和风险暴露也是完全不一样的。前者是认为商品市场的有效性不够高，他们更愿意基于对策略的认知而将风险收益暴露到策略 alpha 上，后者是认为商品市场在一定时间内存在方向性机会，他们更愿意基于对宏观的认知而将风险收益暴露

到市场 β 上。此外，选择前者的投资者还有一个出发点是认为商品无法生息而不存在一个显性的市场 β 。对于该问题，我们认为并不应该成为投资于商品市场 β 的阻碍。主要基于以下两个原因：一个是股票市场的现状，目前国内股票的分红率依然很低，投资者仍然是主要靠资产增值盈利；另一个是商品市场的逻辑，产业端大多作为空头方转移价格波动的风险，金融端作为多头方承接风险时理应获取这一部分风险报酬，从结果的角度体现为展期收益。

出于对商品市场 β 的积极判断，我们选择中证商品指数作为商品类资产，并在大类资产配中进行应用研究。在此后的研究中，除了绝对收益的 α 策略外，我们还将研究逻辑清晰有效的 smart β 策略和类似指数增强的 $\alpha+\beta$ 策略。

本文主要研究了中证商品指数在大类资产配中的应用，主要分为三个部分：第一部分，我们分析了股债商的收益风险特征并以此选择恰当的资产配置模型；第二部分，我们回测了固定比例配置方案并验证了中证商品指数可以有效提高组合收益风险比；第三部分，我们研究了风险平价模型的应用并尝试在不同方向进行超参优化。

一、股债商的收益风险特征：低相关资产，波动率短期自相关

（一）横截面分析：与股债均有较低相关性

在前期的研究中我们发现，中证商品指数兼具标尺性和可投资性，是很好的商品类资产配置工具。同时，与股债较低的相关和优于股票的收益风险比进一步凸显了中证商品指数的配置价值。除了综合性的中证商品指数之外，子板块指数中具有最低相关性的贵金属板块指数也有很高配置价值。

我们相信，在大类资产配置中加入中证商品指数会使得整个组合的非系统风险得到了进一步分散从而大大提高了整体的风险收益比。在本文中，我们分别使用沪深 300 全收益指数、中证综合债全价指数作为股债的代表性指数，同时采用中证商品指数、模拟贵金属板块指数（模拟方法参考《20230215 招期策略专题报告：兼具标尺性和投资性，中证商品指数应用可期-赵嘉瑜》）作为商品类资产的代表性指数。统计分析的时间段是从 2013 年 7 月 11 日到 2022 年 12 月 31 日。从相关性角度看，中证商品指数具有股债低相关，尤其是贵金属指数（不超过 0.06）；从净值表现角度看，中证商品指数具有相比于股票更好的收益风险比。

图 1：大类资产代表性指数的历史走势



资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 2：大类资产代表指数的相关系数

	中证商品指数	中证商品指数_模拟贵金属	沪深300_全收益	中证综合债_全价
中证商品指数	1.0000	0.3727	0.1819	-0.0790
中证商品指数_模拟贵金属	0.3727	1.0000	0.0396	0.0561
沪深300_全收益	0.1819	0.0396	1.0000	-0.0732
中证综合债_全价	-0.0790	0.0561	-0.0732	1.0000

资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

表 1：大类资产代表指数的收益风险指标

指标	中证商品指数	模拟贵金属板块指数	沪深 300	中证综合债
年化收益	7.25%	1.70%	5.29%	4.49%
年化波动	12.88%	14.09%	22.45%	1.09%
最大回撤	38.76%	29.49%	46.06%	3.19%
夏普比率	0.565	0.111	0.242	4.136
卡玛比率	0.187	0.058	0.115	1.406

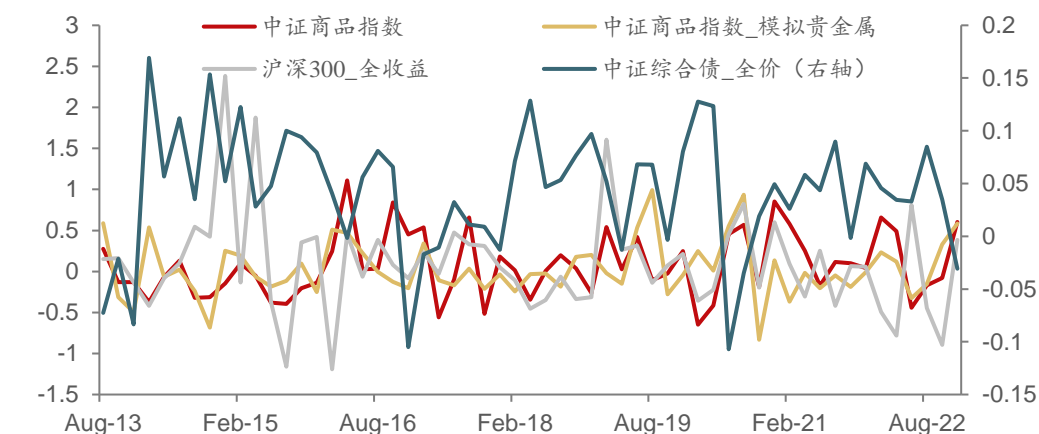
资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

（二）纵截面分析：波动率具有短期自相关性

在各种资产配置量化模型中，预期收益率和预期协方差矩阵的估计是核心问题，估计的准确度直接影响了模型配置的效果。而在实际操作的过程中，我们往往从历史统计量出发对收益率和协方差矩阵进行估计。这也就引发了另外一个核心问题，历史是否能够代表未来，也就是这些统计量（收益率，波动率，相关系数）在时间维度是否具有自相关性。为了探究这一问题，我们计算了不同时间区间的各类资产年化收益率和年化波动率以及各类资产之间的相关系数，并对这些统计量的时间序列进行了分析。统计分析的时间段是从 2013 年 7 月 12 日到 2022 年 12 月 31 日。考虑到后文回测中的再平衡频率和结果稳定所需的数据点个数，我们将每个窗口的长度定为 2 个自然月。

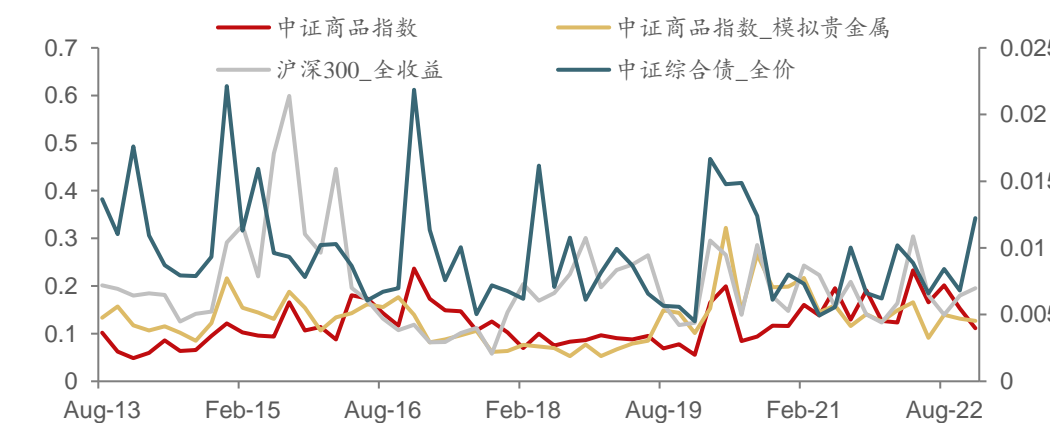
从各类资产收益率和波动率以及各类资产间相关系数的时间序列图中，我们发现如下规律：年化收益率（除债券指数外）和相关系数不具有明显的自相关性，即曲线的走势更加陡峭和随机；年化波动率具有一定的自相关性，即曲线的走势更加平缓 and 路径依赖。

图 3: 各类资产的年化收益率



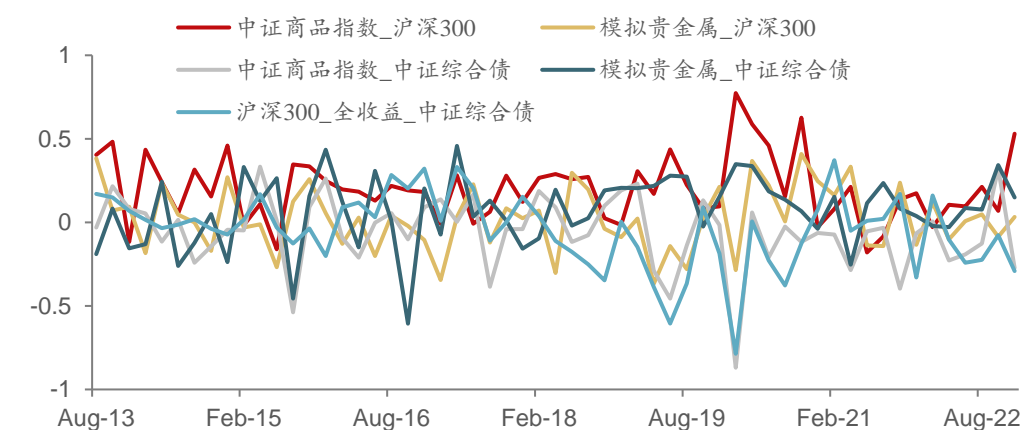
资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 4: 各类资产的年化波动率



资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 5: 各类资产间的相关系数



资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

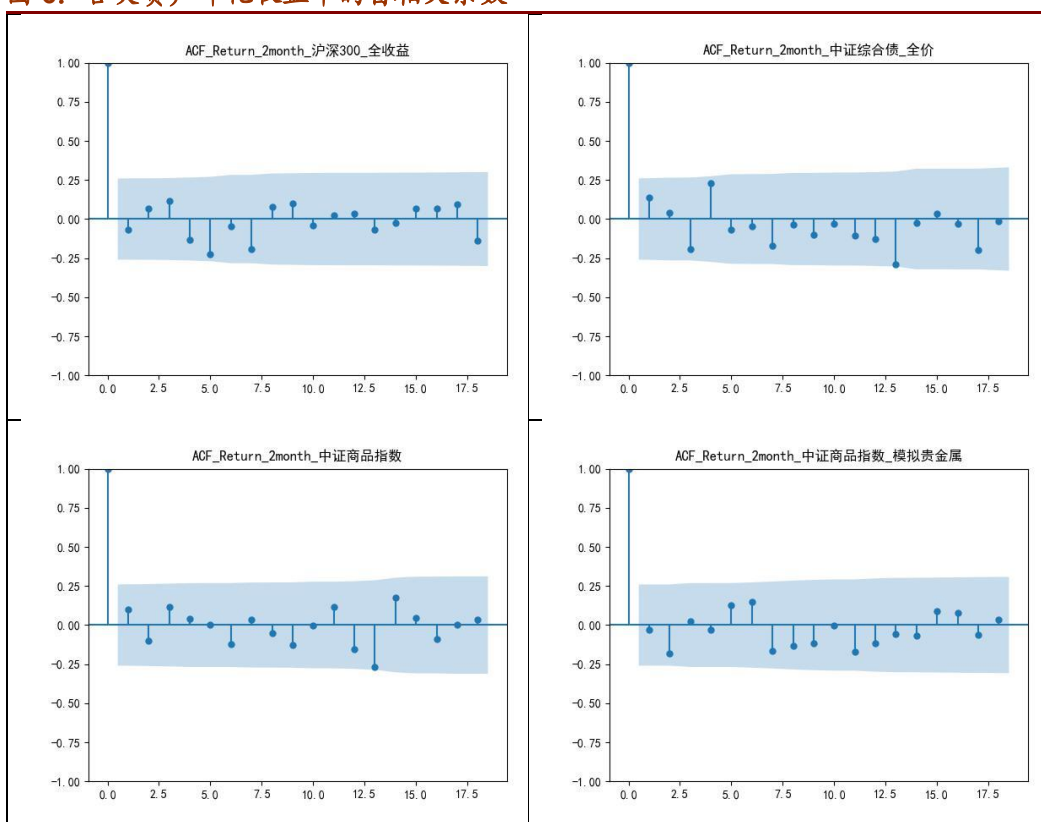
为了更加定量的研究这三类关键统计量的自相关性, 我们计算了这些时间序列的自相关系数。自相关系数的公式为:

$$\rho_k = \frac{Cov(X_{t-k}, X_t)}{\gamma_0} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})(x_{t-k} - \bar{x})}{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$$

其中， ρ_k 为延迟 k 期的自相关系数， N 是序列的长度， \bar{x} 是整个序列的平均值。

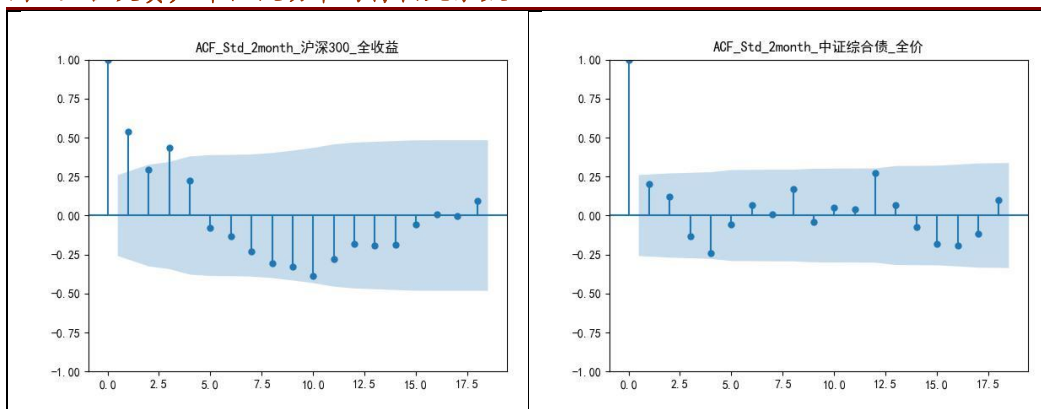
从公式中我们可以知道，自相关系数表示一个时间序列当期数值和滞后 k 期数值的相关性，也就表征了 K 期前的数值对当前值的预测能力。图中的蓝色柱子表示不同滞后期的自相关系数，蓝色区域表示 95%置信区间区域（即落在蓝色区域内的柱子代表不具有显著相关性）。从该定量结果我们发现月频维度上，收益率和相关系数不具有明显的自相关性，而波动率具有 1-3 期的自相关性。简单地说，在月频维度上，历史收益率和相关系数对未来的预测能力较弱，而历史波动率对未来存在一定的预测能力。由此我们可以知道，仅对预期协方差敏感的风险平价模型，相对于同时对预期收益和预期协方差敏感的均值方差模型、BL 模型等，理应有更小的输出误差和更好的业绩表现。

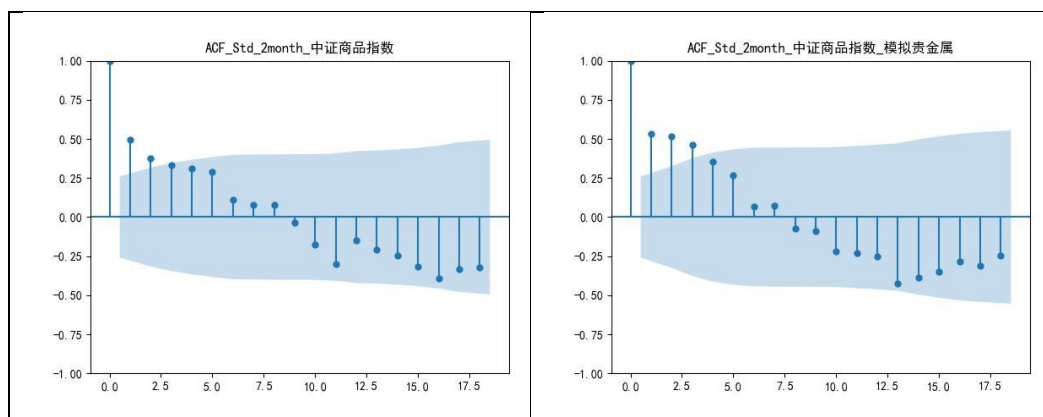
图 6：各类资产年化收益率的自相关系数



资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

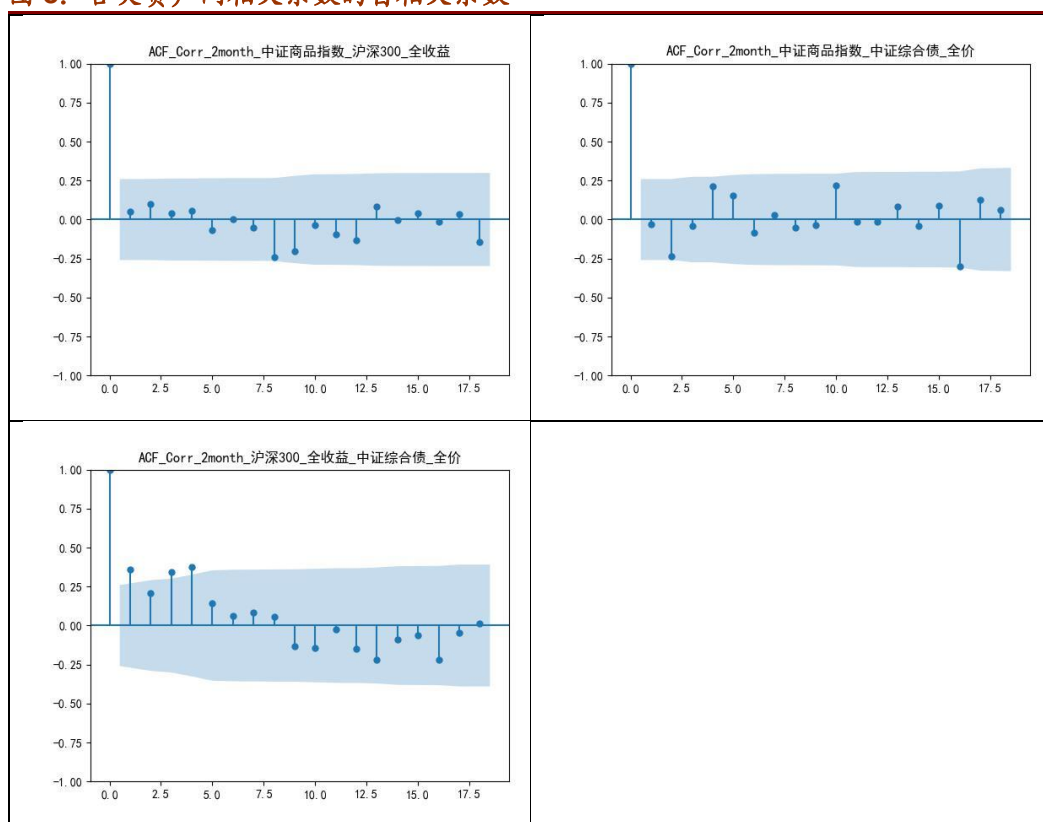
图 7：各类资产年化波动率的自相关系数





资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 8：各类资产间相关系数的自相关系数



资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

二、固定比例配置：商品指数可以有效提高组合收益风险比

为了验证商品指数的配置价值，我们首先采用固定比例的方式进行了回测。回测的交易逻辑的设计如下：1) 每个自然月的第一个交易日进行再平衡；2) 再平衡在一个交易日以收盘价完成；3) 交易手续费单边（买入）收取 1%；4) 回测时间从 2014 年 1 月 1 日到 2022 年 12 月 31 日。

从回测结果中我们得到以下两个结论：1) 传统的股债配置中加入中证商品指数可以有效的降低组合波动和回撤从而提高收益风险比；2) 相比于贵金属指数，中证商品指数

对组合的收益风险比提升更加显著。

（一）不同配置比例的对比：股债商组合表现优于单资产

为了验证不同配置比例对组合表现的影响，我们回测不同配置比例的组合净值。其中，债券的比例从 60%到 100%；股票的比例从 0%到 40%；商品的比例从 0%到 40%；步长均为 5%；股债商占比和为 100%。从回测结果看，由于债券具有远高于股票和商品的夏普比率和卡玛比率，债券的占比对组合的收益风险比有着非常明显的影响。而在同样债券占比中，股商混合的组合都有着高于纯股票或纯商品组合的收益风险比，且股商的最优配比为 1:1 到 1:3。虽然从事前看我们无法保证我们设定的固定比例是最优比例，但是对于任意固定债券占比的组合，股商 1:1 组合的表现都优于纯股票组合，前者的夏普比率和卡玛比率比后者高 50%-60%。

图 9：不同股债商配置比例的年化收益率（纵向为股票占比，横向为债券占比，下同）

	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	6.310%	6.173%	6.031%	5.883%	5.731%	5.573%	5.410%	5.241%	5.065%
5	6.474%	6.332%	6.184%	6.031%	5.873%	5.708%	5.538%	5.359%	
10	6.616%	6.468%	6.315%	6.155%	5.990%	5.818%	5.638%		
15	6.737%	6.583%	6.424%	6.258%	6.085%	5.904%			
20	6.838%	6.678%	6.512%	6.339%	6.158%				
25	6.918%	6.752%	6.579%	6.398%					
30	6.979%	6.806%	6.625%						
35	7.019%	6.839%							
40	7.040%								

资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 10：不同股债商配置比例的年化波动率

	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	5.232%	4.585%	3.943%	3.309%	2.688%	2.092%	1.553%	1.150%	1.055%
5	4.895%	4.265%	3.648%	3.049%	2.483%	1.979%	1.596%	1.435%	
10	4.836%	4.267%	3.729%	3.239%	2.821%	2.511%	2.353%		
15	5.065%	4.590%	4.167%	3.813%	3.549%	3.398%			
20	5.548%	5.175%	4.865%	4.630%	4.483%				
25	6.227%	5.947%	5.731%	5.586%					
30	7.045%	6.842%	6.700%						
35	7.961%	7.820%							
40	8.945%								

资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 11：不同股债商配置比例的回撤

	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	9.053%	7.566%	6.460%	5.445%	4.814%	4.186%	3.569%	3.004%	3.051%
5	7.437%	6.330%	5.373%	4.742%	4.122%	3.572%	3.080%	2.867%	
10	7.374%	6.691%	6.004%	5.334%	4.667%	3.996%	3.322%		
15	9.077%	8.429%	7.778%	7.123%	6.465%	5.817%			
20	10.824%	10.185%	9.543%	8.905%	8.284%				
25	12.691%	11.929%	11.323%	10.715%					
30	14.558%	13.705%	13.108%						
35	16.410%	15.550%							
40	18.246%								

资料来源：中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 12: 不同股债商配置比例的夏普比率

	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	1.215	1.356	1.540	1.789	2.144	2.677	3.500	4.577	4.817
5	1.334	1.496	1.708	1.992	2.380	2.901	3.487	3.751	
10	1.380	1.528	1.706	1.914	2.138	2.332	2.410		
15	1.342	1.447	1.554	1.654	1.727	1.750			
20	1.244	1.302	1.350	1.380	1.384				
25	1.122	1.146	1.158	1.155					
30	1.001	1.005	0.998						
35	0.891	0.884							
40	0.796								

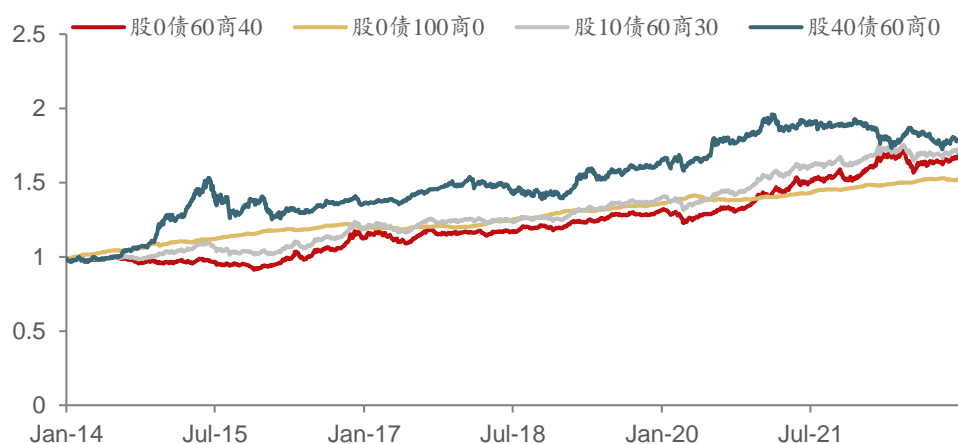
资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 13: 不同股债商配置比例的卡玛比率

	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	0.697	0.816	0.934	1.080	1.190	1.331	1.516	1.745	1.660
5	0.871	1.000	1.151	1.272	1.425	1.598	1.798	1.870	
10	0.897	0.967	1.052	1.154	1.284	1.456	1.697		
15	0.742	0.781	0.826	0.878	0.941	1.015			
20	0.632	0.656	0.682	0.712	0.743				
25	0.545	0.566	0.581	0.597					
30	0.479	0.497	0.505						
35	0.428	0.440							
40	0.386								

资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 14: 不同占比组合的净值曲线



资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

(二) 不同商品指数的对比: 中证商品指数相对于贵金属指数更有配置价值

国内的组合管理中, 投资者更加倾向于使用黄金等贵金属指数作为商品端资产, 一方面是因为贵金属是抗通胀的优良工具, 另一方面是因为贵金属的流动性更好。随着中证商品指数的推出, 未来基于该指数的配置工具也将逐渐丰富。随着而来的问题就是, 中证商品指数和贵金属指数哪个更适合在组合中作为商品端资产? 基于前文的数据结果我们知道, 从相关系数角度看, 由于有着更低的股债相关度 (不到 0.1), 贵金属指数可能更合适; 而从自身的收益风险比角度看, 由于有着更好的收益风险比, 综合指数可能更合适。为了验证这一问题, 我们将组合中的商品类资产替换为贵金属指数

(与其他机构发布的贵金属指数均有着很高的一致性)进行固定比例的组合回测。

从回测的结果来看, 夏普比率上来说(图 12 和图 15), 使用中证商品指数的组合都要大于使用贵金属指数的组合; 从卡玛比率来说(图 13 和图 16), 除了在个别配置组合上, 使用中证商品指数的组合也更有优势。简单地说, 中证商品指数相比于贵金属指数在提高组合风险收益比上更有优势, 也就更有配置价值。

图 15: 不同股债商(贵金属)配置比例的夏普比率(纵向为股票占比, 横向为债券占比, 下同)

	60	65	70	75	80	85	90	95	1
0	0.731	0.857	1.021	1.243	1.558	2.034	2.792	3.953	4.1
5	0.894	1.056	1.270	1.562	1.974	2.557	3.284	3.751	
10	1.027	1.200	1.414	1.675	1.973	2.254	2.410		
15	1.091	1.235	1.392	1.547	1.676	1.750			
20	1.079	1.177	1.268	1.340	1.384				
25	1.019	1.078	1.125	1.155					
30	0.942	0.975	0.998						
35	0.865	0.884							
40	0.796								

资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

图 16: 不同股债商(贵金属)配置比例的卡玛比率

	60	65	70	75	80	85	90	95	1
0	0.447	0.525	0.628	0.773	0.994	1.350	1.471	1.599	1.6
5	0.580	0.697	0.864	1.119	1.462	1.622	1.779	1.870	
10	0.698	0.834	1.025	1.301	1.456	1.573	1.697		
15	0.738	0.810	0.871	0.917	0.965	1.015			
20	0.633	0.660	0.687	0.715	0.743				
25	0.541	0.559	0.578	0.597					
30	0.476	0.492	0.505						
35	0.424	0.440							
40	0.386								

资料来源: 中证商品指数公司、Wind、招商期货

三、风险平价模型: 对组合的收益风险比提升明显

在大类资产配置领域, 追求最理想的配置比例是一个永恒的课题。其中, 最简单也是最早应用的策略就是固定比例(常见的二八配置等)。1952 年, Markowitz 提出的均值方差模型首次将数理统计应用在投资组合研究中, 并基于此发展出了基于有效前沿和效用函数的资产配置模型。为了解决均值方差模型存在的参数敏感和估计误差放大的问题, Fisher Black 和 Robert Litterman 在 1992 年提出了 Black-Litterman 模型以将投资者的观点融入到模型计算当中。但是, 这两个模型当中都存在一个难以解决的问题, 那就是模型对输入的资产预期收益过于敏感。而从前文的分析中我们已经发现, 对于适配资产配置的月频维度, 资产的预期收益是较难从历史数据中进行估计; 同时, 基于其他宏微观指标进行估计也比较难实现。这也就导致模型输出的配置比例偏差较大, 组合的实际表现也不是很理想。

20 世纪九十年代, 桥水基金提出了全天候策略来进行组合管理优化, 这也就是风险平价的雏形。2005 年, 磐石基金的钱恩平提出了“风险平价”的概念, 以各类资产在组

合中的风险贡献相等为优化目标，从而实现了风险平价模型的数学表达。风险平价模型对于预期收益的估计敏感性较低，尤其是以组合方差为风险测度时仅需输入预期协方差，结果有较高的稳定性和鲁棒性。伴随着桥水基金良好的净值表现，具有稳定性和鲁棒性优势的风险平价模型也逐渐成为资产配置领域的主流模型。

（一）经济学含义：资产维度的风险贡献等分

对于风险平价的经济学含义，我们可以从两个角度来理解：一个是桥水基金的全天候策略，一个是资产等权配置策略。

1. 从全天候策略角度理解

桥水设计全天候策略的初衷是构建一个投资组合，使其在各种经济环境中都能够有稳健的表现。为了实现该目标，理论上投资者首先要做的是不断地预估未来的经济状态（重点是风险因素），从而据此调整资产配置以持有最适合未来经济状态的资产。然而预估未来的经济状态是一件非常困难的事情。对此，桥水基金采取了一种变通的做法，他们不对未来的经济运行状态做任何预判，而将组合资产等权重暴露到任何可能的经济状态上。桥水基金认为经济状态主要通过两个因素影响资产的收益表现——经济增长和通货膨胀，以预期为分水岭，经济状态就被分为了四种风险状态。对应地，组合资产被等分为四份，每一份能够在某一种经济状态中有好的表现，以此来保证整个组合能够稳健地穿越任何经济风险状态。

也就是说，桥水基金的全天候策略其实是一种风险因素等分的思路，与常规风险平价中资产风险等分的思路是有一定差别的。但是如果将股票、债券、商品分别视为经济增长、利率和通胀水平的风险表征，两种思路就存在着一定的互通性。因此，从桥水基金的角度来看，在资产维度做风险平价应该选择相对独立且能够较纯粹表征某种风险因素的资产。

图 17：桥水基金对经济状态的划分结果及其适配资产

	经济增长	通货膨胀
超预期	25% 权益 商品 信用债券 新兴市场债券	25% 通胀挂钩债券 商品 新兴市场债券
不及预期	25% 普通债券 通胀挂钩债券	25% 权益 普通债券

资料来源：Our Thoughts about Risk Parity and All Weather、招商期货

2.从等权配置策略角度理解

在资产配置领域，等权配置可能是投资者对风险平价的原始表达。理论上，资产配置的事前权重代表着投资者对未来经济状态的观点。为了解决观点准确度不高的问题，投资者就想到了等权重这种方式来表达他们不持有任何观点而对风险平分的配置理念。然而随着投资实践地进行，投资者发现，不同资产具有不同的风险水平，净值的等权重并不代表风险的等权重。因此，国内流行的股债二八配置就是就可以理解为对风险等权配置的一种近似方案。

慢慢地，可配置的资产越来越多样，资产间相关性所带来的组合风险也成为了投资者做资产配置时不得不面对的问题。在这种情况下，同时考虑了资产自身风险水平和资产间相关性的风险平价模型也就成为了资产等权重分配的一种更合理解决方案。

（二）模型求解的凸优化转换：提高了稳定性和计算效率

作为风险预算的一种特例，风险平价的基本逻辑就是寻找一个最优的权重分配，以保证参与配置的资产对于整个组合的风险有着相等的风险贡献。该问题的原始数学表达为：

$$\begin{cases} RC_i(x) = b_i R(x) \\ b_i > 0 \\ x_i > 0 \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n x_i = 1 \end{cases}$$

其中， x_i 是第*i*种资产的权重。 $R(x)$ 是组合的风险测度（波动率 Volatility、在险价值 VAR、期望损失 ES 等）， $RC_i(x)$ 是第*i*种资产的风险贡献， b_i 是第*i*种资产的设定风险贡献比例（风险平价时， $b_i = 1/n$ ）。

根据齐次函数的欧拉定理，对于满足齐次性的风险测度（波动率 Volatility、在险价值 VAR、期望损失 ES 等），如果资产的风险贡献定义为如下形式：

$$RC_i(x) = x_i \frac{\partial R(x)}{\partial x_i}$$

则组合的风险测度可以拆分为资产风险贡献的和，即满足欧拉分解关系（也称作欧拉分配原则）：

$$R(x) = \sum_{i=1}^n x_i \frac{\partial R(x)}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^n RC_i(x)$$

由此，风险预算（平价）的基本逻辑可以表达为一个最优化问题：

$$\min_x f(x, b) = \sum_{i=1}^n \left(x_i \frac{\partial R(x)}{\partial x_i} - b_i R(x) \right)^2$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ 0 \leq x_i \leq 1 \end{cases}$$

基本逻辑转换为最优化问题，也就代表该问题在数学上可解的。但是上式所表示的最优化问题存在一个根本的难点：目标函数是一个非凸函数。也就是说，我们无法从数学上证明该目标函数在通用的可行空间中仅有一个全局最优点，它可能存在局部最优点。求解该问题理论上应使用全局优化算法（网格搜索、模拟退化、邻域算法等），而维度灾难会导致该类算法的计算效率低下而实际很难应用。如果我们强行使用局部优化算法（梯度下降、牛顿迭代、循环坐标下降等）求解该问题，初值依赖会导致计算结果不稳定而很难实现。

对于该非凸优化的问题，一些学者所提出的等价优化形式是一种很好的解决方案（（Maillard et al. (2010)、Bruder and Roncalli (2012)、Roncalli (2013)））：

$$y = \operatorname{argmin} R(y)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^n b_i \ln y_i \geq c \\ y \geq 0 \end{cases}$$

其中 $R(y)$ 表示风险测度方式， c 为满足 $c < \sum_{i=1}^n b_i \ln b_i$ 的任意常数，求得 y 之后可以得到第 i 种资产权重为 $x_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i}$ 。

在本文研究中我们使用组合波动率作为风险测度，即 $R(x) = \sqrt{x^T \Sigma x}$ 。之前学者的研究表明（Roncalli (2013)），波动率 $R(x)$ 函数是一个凸函数，因此该优化问题也就转换为了一个凸优化问题。一旦转换为凸优化问题，各种局部优化算法也就保证了该问题求解的计算高效和结果稳定。

（三）模型回测的优化尝试：20 个交易日的 EWMA 协方差并剔除非对角元素是相对最优超参数

为了验证风险平价模型的实际效果，我们使用风险平价模型对资产配置进行了回测。由于债券具有远超出股票和债券的收益风险比，组合的收益风险比受债券占比的影响很大。为了将风险平价的结果与固定比例的结果进行对比，我们在这一部分的回测中仅使用股票和商品两大类资产。另外，由于中证商品指数能够很好的反映商品市场的整体走势，并且相比于贵金属指数对组合有着更好的收益风险比提升，我们在这一部分回测使用的中证商品指数作为商品资产。在这一部分，回测的交易逻辑参考固定比例配置部分的设置，仅在再平衡权重设置不同，固定比例的权重由事前约定确定，风险平价的权重基于每次再平衡前模型计算结果。

对于风险平价模型，模型的结果主要基于预期协方差。而我们是基于历史数据对预期协方差进行估计，为了获得更加准确的估计方式，我们对三个方向进行了优化尝试，包括时间窗口长度、计算加权方式和非对角元素保留。

1. 股商固定比例

我们将股票的比例从 0% 提高到 100%，步长为 5%，股商占比的和为 100%，对于每一种不同的股商占比进行回测得到组合净值曲线并计算组合的年化收益、年化波动、最大回撤、夏普比率、卡玛比率五个收益风险指标。由此，我们得到了不同股商占比情况下的收益风险指标的分布情况。从单个指标的角度看，五个指标并不是同时取得最优值；从收益风险比的角度看，股票占比 20%-30% 时组合表现最好；从指标相关性角度看，收益和风险指标并不相关，风险类指标相关性稍高，收益风险比指标受风险指标的影响较大。

图 18：不同配置占比股商组合的收益风险指标

股票权重	年化收益	年化波动	最大回撤	夏普比率	卡玛比率
0	7.52%	13.12%	35.71%	0.5807	0.2106
5	7.74%	12.72%	32.09%	0.6171	0.2413
10	7.95%	12.42%	28.32%	0.6485	0.2805
15	8.13%	12.23%	24.70%	0.6736	0.3290
20	8.29%	12.16%	22.34%	0.6912	0.3709
25	8.43%	12.20%	23.40%	0.7007	0.3602
30	8.55%	12.36%	24.71%	0.7019	0.3462
35	8.66%	12.64%	26.28%	0.6954	0.3296
40	8.75%	13.01%	27.88%	0.6821	0.3137
45	8.82%	13.49%	29.48%	0.6635	0.2991
50	8.87%	14.06%	31.06%	0.6407	0.2855
55	8.90%	14.70%	32.63%	0.6152	0.2728
60	8.92%	15.41%	34.19%	0.5879	0.2608
65	8.91%	16.18%	35.73%	0.5599	0.2494
70	8.89%	17.01%	37.25%	0.5317	0.2386
75	8.85%	17.88%	38.76%	0.5037	0.2283
80	8.79%	18.79%	40.26%	0.4763	0.2184
85	8.71%	19.74%	41.74%	0.4496	0.2087
90	8.62%	20.72%	43.21%	0.4238	0.1994
95	8.50%	21.73%	44.66%	0.3988	0.1902
100	8.35%	22.76%	46.10%	0.3745	0.1811
最优值	8.92%	12.16%	22.34%	0.7019	0.3709
最差值	7.52%	22.76%	46.10%	0.3745	0.1811

资料来源：Wind、招商期货

2. 风险平价模型的优化方向

对于风险平价模型，我们选择组合波动率作为风险测度。之所以选择波动率，主要是出于以下两点考虑：一个是指标的常规性，波动率是评价组合风险的常有指标；二是输入变量的易得性，计算组合波动率仅需资产的预期协方差，而在险价值和期望损失还需要资产的预期收益，而第一部分的分析告诉我们预期收益的估计误差要大于预期协方差。在我们用历史日收益率去估计资产的预期协方差时，我们尝试在时间窗口长度、计算加权方式和非对角元素剔除三个方向进行优化，并以两个收益风险比指标作为有效优化的判断指标。

需要注意的是，由于是在三个方向上同时进行网格搜索，我们需要避免落入过拟合的局部最优。因此，我们的超参数设置尽量放大步长，同时最后判断是否为有效优化时需要依据对其他方向的敏感性（即其他两个方向取任何值时，该方向的优化都提升了组合表现）。

1) 时间窗口长度

估计协方差需要使用历史数据，而从第一部分的分析可以知道，资产的未来方差与历史方差有着短期相关性，所以我们选择滑动时窗作为我们筛选历史数据的方式。而对于时窗的长度，我们选择月、季、半年作为三个不同超参数，即时窗的长度分别为 20、60 和 120 个交易日。

2) 计算加权方式

常规的，我们计算历史收益率的样本协方差并以此作为对预期协方差的估计。其计算公式为：

$$\sigma_{i,j,t} = \text{cov}(r_i, r_j)_t = \frac{1}{n-1} \sum_{s=t-n+1}^t (r_{i,s} - \bar{r}_i)(r_{j,s} - \bar{r}_j)$$

其中， $\text{cov}(r_i, r_j)_t$ 表示第 i, j 种资产在时刻 t 的协方差， $r_{i,s}$ 表示第 i 种资产在时刻 s 的收益率， \bar{r}_i 表示第 i 种资产的平均收益率， $r_{j,s}$ 表示第 j 种资产在时刻 s 的收益率， \bar{r}_j 表示第 j 种资产的平均收益率。

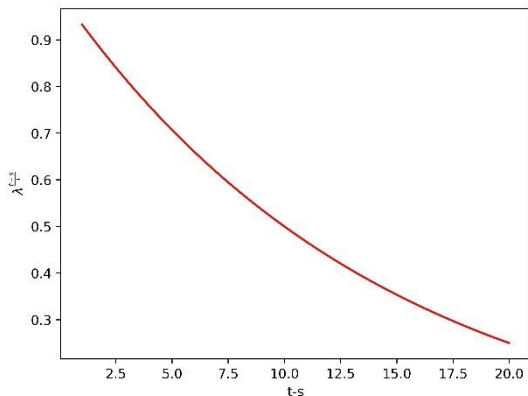
从上式可以看出，时窗内每一天的数据对于最后的协方差结果是等权贡献的，而我们相信越新的数据包含了越多未来的信息，我们希望能够在计算公式中给予越新的数据越大的权重。参考 Barra 多因子模型在估计预期协方差中的处理方式，我们采用 EWMA 加权的方式计算样本协方差。其计算公式如下：

$$\sigma_{i,j,t}^{\text{ewma}} = \frac{\sum_{s=t-n+1}^t \lambda^{t-s} (r_{i,s} - \bar{r}_i)(r_{j,s} - \bar{r}_j)}{\sum_{s=t-n+1}^t \lambda^{t-s}}$$

$$\lambda = 0.5^{\frac{1}{\tau}}$$

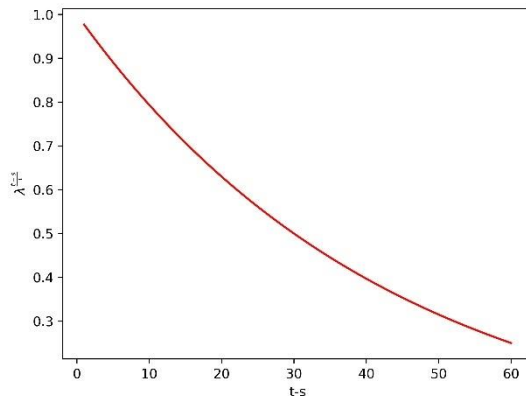
其中， τ 为半衰期，之所以称作半衰期是因为间隔期数等于 τ 时，权重恰好等于最新一期权重的一半。为了避免过多的超参数搜索带来过拟合的风险，我们将半衰期定为整个时窗长度的一半。

图 19：半衰期 $\tau=10$ 时的权重



资料来源：招商期货

图 20：半衰期 $\tau=30$ 时的权重



资料来源：招商期货

Barra 多因子模型在估计预期协方差时，除了对协方差进行 EWMA 加权外，还进行了 Newey-West 调整以降低时间维度的自相关对协方差估计的影响。对于此问题，我们在

评估之后决定暂时不对协方差进行 NW 调整，主要是出于以下两个考虑，一个是降低优化的复杂度，NW 调整的加入会引入新的超参数也就带来了更高的过拟合风险；另一个是保持和评估指标的对应性，评估指标中在计算组合波动率时也未考虑自相关的影响。

综上所述，我们以常规协方差和 EWMA 协方差作为预期协方差的计算方式，并对二者的回测结果进行对比。

3) 非对角元素保留

基于历史数据计算出样本协方差之后，对于是否应该保留非对角元素存在两种不一致的意见。一种是保留非对角元素，因为非对角元素表征了资产间的相关性，保留非对角元素可以保证模型计算的结果考虑了资产相关性对组合风险的贡献。另一种是剔除非对角元素，基于两个原因：1) 资产相关系数不具有时间自相关而无法基于历史数据做出有效估计；2) 资产相关系数表征的是资产收益围绕各自均值的波动一致性而非组合对冲所需要的资产收益正负取值的波动一致性。

两种意见都存在一定的合理性，因此我们在计算好预期协方差的估计值之后，以保留非对角元素和剔除非对角元素两种方式输入模型回测，并对二者的结果进行对比。

需要注意的是，剔除非对角元素之后，协方差矩阵将退化为方差矩阵（对角阵），模型的结果也就可以直接求解而无需求解最优化问题，求解的难度和耗时大大降低。

3. 风险平价模型的优化结果

对上述的三个优化方向，我们进行了网格搜索式的模型回测，并基于净值曲线计算了五个收益风险指标。从整体结果来看，收益风险比对于不同超参数的敏感性较低，也就是说风险平价模型对于这三个方向的超参数有一定的鲁棒性。

表 2：风险平价模型的优化结果

时窗长度	计算加权方式	是否保留非对角元素	年化收益	年化波动	最大回测	夏普比率	卡玛比率
20	Equal	是	8.63%	11.79%	22.68%	0.7424	0.3805
20	Equal	否	8.65%	11.79%	22.68%	0.7436	0.3812
20	EWMA	是	8.83%	11.79%	22.26%	0.7591	0.3966
20	EWMA	否	8.82%	11.79%	22.26%	0.7584	0.3963
60	Equal	是	7.83%	11.93%	23.40%	0.6666	0.3347
60	Equal	否	7.84%	11.93%	23.40%	0.6672	0.3351
60	EWMA	是	8.14%	11.87%	23.18%	0.6952	0.3511
60	EWMA	否	8.16%	11.87%	23.18%	0.6973	0.3522
120	Equal	是	8.00%	11.93%	23.13%	0.6802	0.3458
120	Equal	否	8.00%	11.93%	23.13%	0.6803	0.3458
120	EWMA	是	8.10%	11.89%	23.03%	0.6914	0.3518
120	EWMA	否	8.06%	11.90%	23.03%	0.6879	0.3500

资料来源：Wind、招商期货

为了判断三个方向优化的最优超参数，我们基于两个风险收益比指标进行评估，统计了任何某个方向取某个超参数时收益风险比的平均值和平均排序值。计算公式如下：

$$MV_k = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j Value_{i,j,k}$$

$$MVR_k = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j ValueRank_{i,j,k}$$

其中， i, j, k 分别表示三个方向的超参数取值， MV_k 表示收益风险比的平均值， MVR_k 表示收益风险比的平均排名。 $Value_{i,j,k}$ 表示前两个方向超参数取值分别为 i, j 时，第三个方向取值 k 的某个收益风险比的数值， $ValueRank_{i,j,k}$ 表示前两个方向超参数取值分别为 i, j 时，第三个方向取值 k 的某个收益风险比在该方向所有取值上的排序值（由大到小）。

表 3：不同时间窗口长度的收益风险比平均值和平均排序

时间窗口长度	夏普比率平均值	卡玛比率平均值	夏普比率平均排名	卡玛比率平均排名
20	0.7509	0.3886	1.00	1.00
60	0.6816	0.3433	2.50	2.75
120	0.6850	0.3484	2.50	2.25

资料来源：Wind、招商期货

表 4：不同计算加权方式的收益风险比平均值和平均排序

计算加权方式	夏普比率平均值	卡玛比率平均值	夏普比率平均排名	卡玛比率平均排名
Equal	0.6967	0.3539	2.00	2.00
EWMA	0.7149	0.3663	1.00	1.00

资料来源：Wind、招商期货

表 5：是否保留非对角元素的收益风险比平均值和平均排序

是否保留非对角元素	夏普比率平均值	卡玛比率平均值	夏普比率平均排名	卡玛比率平均排名
否	0.7058	0.3601	1.33	1.50
是	0.7058	0.3601	1.67	1.50

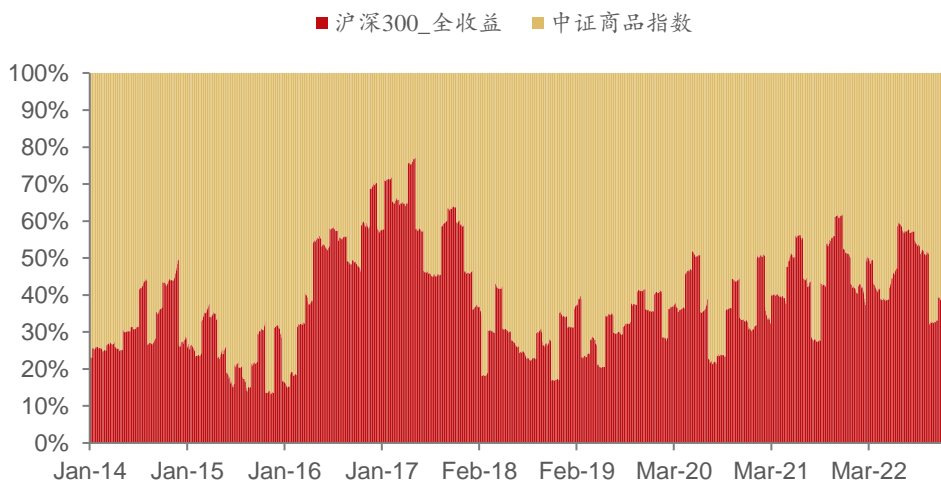
资料来源：Wind、招商期货

从结果上来看，对时间窗口长度来说，取 20 是最优超参取值；对计算加权方式来说，EWMA 是更优的方式；对非对角元素保留来说，在保留非对角元素对结果没有明显的情况下，我们认为输入更加简单计算更加快捷的剔除非对角元素是更优的选择。

最终，我们在三个方向上优化测试选择的最优超参数为，20 个交易日的窗口，计算 EWMA 加权协方差并剔除非对角元素，对应的夏普比率和卡玛比率分别为 0.7584 和 0.3963。两个收益风险比指标均超过了固定比例情况下的各自最大值 0.7019 和 0.3709。

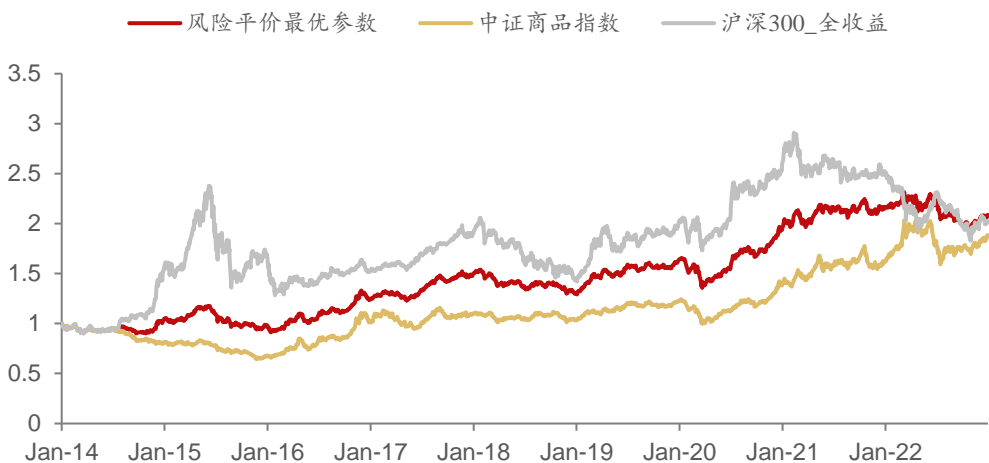
需要注意的是，固定比例方案并不能够在两个收益风险比指标同时取得最大值；并且从事前的角度看，固定比例对超参数（设定比例）的敏感性要大于风险平价模型，所以风险平价模型相比固定比例的优势比这里数值上看起来的优势更加明显。

图 21: 风险平价最优超参时的权重变化



资料来源: Wind、招商期货

图 22: 风险平价最优超参时的净值曲线



资料来源: Wind、招商期货

结合风险平价权重取值和股票商品的历史走势可以看出，2015 年和 2018 年方式股灾时，风险平价模型在股票指数到达顶点前已经对股票进行了减仓，因为此时的股票波动率已经比较高了，这也就是风险平价相比固定比例的优势所在。

（四）交易成本的影响分析：风险平价的相对优势随交易成本的降低而提高

相比于固定比例，风险平价模型的换手率更高，交易成本对净值的不利影响也就更大。我们在前一部分回测中设置了 1% 的交易成本，这是一个相对保守的设置。为了研究不同交易成本下，风险平价模型和固定比例的表现对比，我们测试了交易成本取 0.01% 和 0.1% 时的回测表现。可以看出，交易成本较低时，风险平价相比于固定比例的优势越明显。

图 23: 不同配置占比股商组合 (交易成本 0.01%) 的收益风险指标

股票权重	年化收益	年化波动	最大回撤	夏普比率	卡玛比率
0	7.56%	13.11%	35.67%	0.5841	0.2120
5	7.81%	12.71%	32.00%	0.6223	0.2440
10	8.03%	12.41%	28.19%	0.6556	0.2850
15	8.24%	12.23%	24.50%	0.6827	0.3362
20	8.42%	12.15%	22.25%	0.7021	0.3782
25	8.58%	12.20%	23.30%	0.7130	0.3681
30	8.72%	12.36%	24.60%	0.7152	0.3543
35	8.83%	12.63%	26.16%	0.7093	0.3377
40	8.93%	13.01%	27.73%	0.6963	0.3220
45	9.00%	13.49%	29.33%	0.6775	0.3070
50	9.06%	14.05%	30.91%	0.6543	0.2930
55	9.09%	14.70%	32.49%	0.6280	0.2798
60	9.10%	15.41%	34.05%	0.5999	0.2672
65	9.09%	16.18%	35.60%	0.5708	0.2553
70	9.05%	17.01%	37.13%	0.5414	0.2438
75	9.00%	17.88%	38.66%	0.5122	0.2328
80	8.92%	18.79%	40.17%	0.4835	0.2222
85	8.83%	19.74%	41.66%	0.4556	0.2119
90	8.71%	20.72%	43.14%	0.4285	0.2019
95	8.57%	21.72%	44.61%	0.4024	0.1921
100	8.41%	22.76%	46.06%	0.3772	0.1826
最优值	9.10%	12.15%	22.25%	0.7152	0.3782
最差值	7.56%	22.76%	46.06%	0.3772	0.1826

资料来源: Wind、招商期货

图 24: 不同配置占比股商组合 (交易成本 0.1%) 的收益风险指标

股票权重	年化收益	年化波动	最大回撤	夏普比率	卡玛比率
0	7.56%	13.11%	35.67%	0.5838	0.2119
5	7.80%	12.71%	32.01%	0.6218	0.2437
10	8.02%	12.41%	28.20%	0.6550	0.2846
15	8.23%	12.23%	24.51%	0.6819	0.3355
20	8.41%	12.15%	22.26%	0.7011	0.3776
25	8.56%	12.20%	23.31%	0.7119	0.3674
30	8.70%	12.36%	24.61%	0.7140	0.3536
35	8.82%	12.63%	26.17%	0.7081	0.3370
40	8.91%	13.01%	27.75%	0.6950	0.3212
45	8.99%	13.49%	29.34%	0.6762	0.3063
50	9.04%	14.05%	30.93%	0.6530	0.2923
55	9.07%	14.70%	32.50%	0.6269	0.2791
60	9.08%	15.41%	34.06%	0.5988	0.2666
65	9.07%	16.18%	35.61%	0.5698	0.2547
70	9.04%	17.01%	37.14%	0.5405	0.2433
75	8.99%	17.88%	38.67%	0.5114	0.2324
80	8.91%	18.79%	40.18%	0.4828	0.2218
85	8.82%	19.74%	41.67%	0.4550	0.2116
90	8.70%	20.72%	43.15%	0.4281	0.2016
95	8.56%	21.72%	44.61%	0.4021	0.1919
100	8.40%	22.76%	46.06%	0.3770	0.1825
最优值	9.08%	12.15%	22.26%	0.7140	0.3776
最差值	7.56%	22.76%	46.06%	0.3770	0.1825

资料来源: Wind、招商期货

表 6: 风险平价取最优超参不同交易成本的收益风险指标

交易成本	年化收益	年化波动	最大回撤	夏普比率	卡玛比率	固定比例 夏普比率 最大值	固定比例 卡玛比率 最大值
0.01%	9.88%	11.79%	21.72%	0.8487	0.4551	0.7152	0.3782
0.10%	9.79%	11.79%	21.77%	0.8404	0.4496	0.7140	0.3776
1.00%	8.82%	11.79%	22.26%	0.7584	0.3963	0.7019	0.3709

资料来源: Wind、招商期货

(五) 股债商的回测结果: 组合的回撤控制更优且任意日期的年度收益均大于零

前文测试中, 为了将风险平价的结果与固定比例的结果进行合理的比较, 我们仅使用了股票和商品两大类资产。而在实际操作中, 我们在大类资产配置中一定会纳入债权类资产, 因此我们在这一部分将测试风险平价在股票、债券和商品表现。回测的基本交易逻辑和前文相同, 也依然在时间窗口长度、计算加权方式和非对角元素剔除三个方向进行超参测试。从三个超参测试的网格搜索结果可以看出, 20 个交易日的时间窗口, 计算 EWMA 协方差并剔除非对角元素依然是最优的超参数, 说明这三个方向上的超参数是具有一定的鲁棒性, 这也让我们对回测结果更有信心。

表 7: 股债商风险平价模型的优化结果

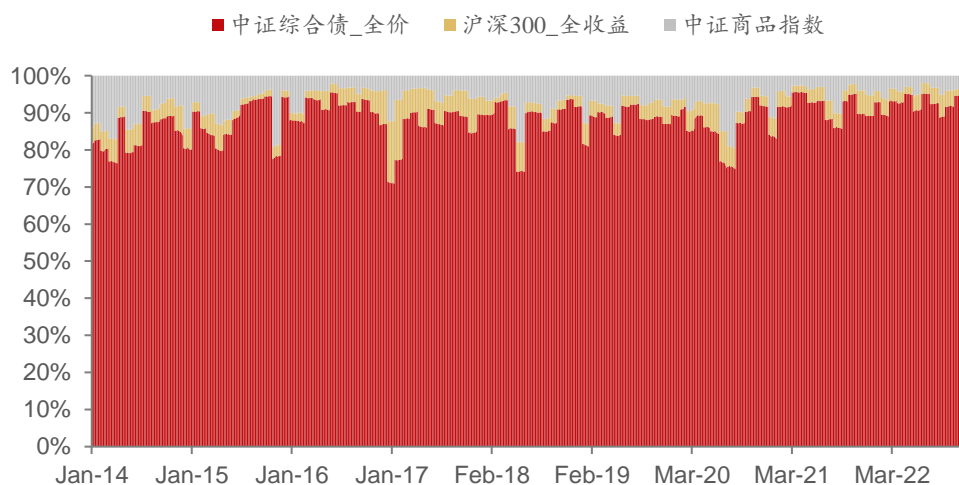
时窗长度	计算加 权方式	是否保留非 对角元素	年化收益	年化波动	最大回撤	夏普比率	卡玛比率
------	------------	---------------	------	------	------	------	------

20	Equal	是	5.25%	1.52%	2.80%	3.479	1.876
20	Equal	否	5.38%	1.59%	2.80%	3.401	1.919
20	EWMA	是	5.25%	1.51%	2.80%	3.512	1.874
20	EWMA	否	5.40%	1.58%	2.81%	3.432	1.919
60	Equal	是	5.03%	1.58%	3.17%	3.210	1.587
60	Equal	否	5.14%	1.67%	3.14%	3.105	1.635
60	EWMA	是	5.17%	1.55%	2.99%	3.357	1.730
60	EWMA	否	5.29%	1.65%	3.01%	3.243	1.759
120	Equal	是	5.27%	1.54%	3.21%	3.442	1.644
120	Equal	否	5.37%	1.65%	3.20%	3.271	1.676
120	EWMA	是	5.26%	1.54%	3.15%	3.451	1.669
120	EWMA	否	5.36%	1.65%	3.15%	3.284	1.701

资料来源：Wind、招商期货

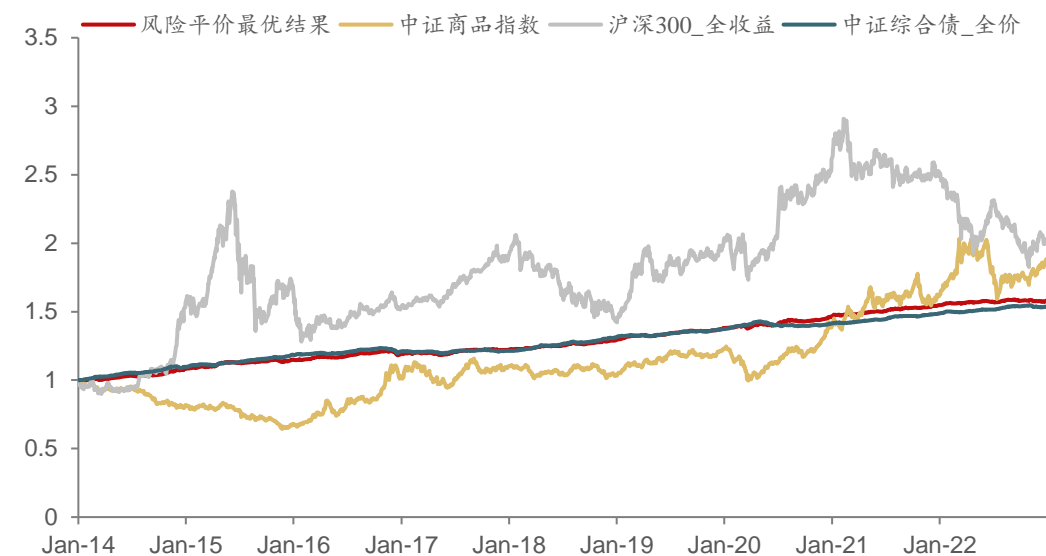
我们对最优超参数的风险平价模型组合进一步分析，并与单资产的表现进行对比。历史权重方面，债券的低波动导致整个回测区间其依然占据着绝对大头——90%左右，股票和商品的权重波动比较大且商品的权重相对较大。业绩表现方面，相比于股票和商品，组合的收益风险比有着明显的优势，即使相比于债券，组合在回撤控制上也更有优势。

图 25：股债商风险平价最优超参时的权重变化



资料来源：Wind、招商期货

图 26: 股债商风险平价最优超参时的权重变化



资料来源: Wind、招商期货

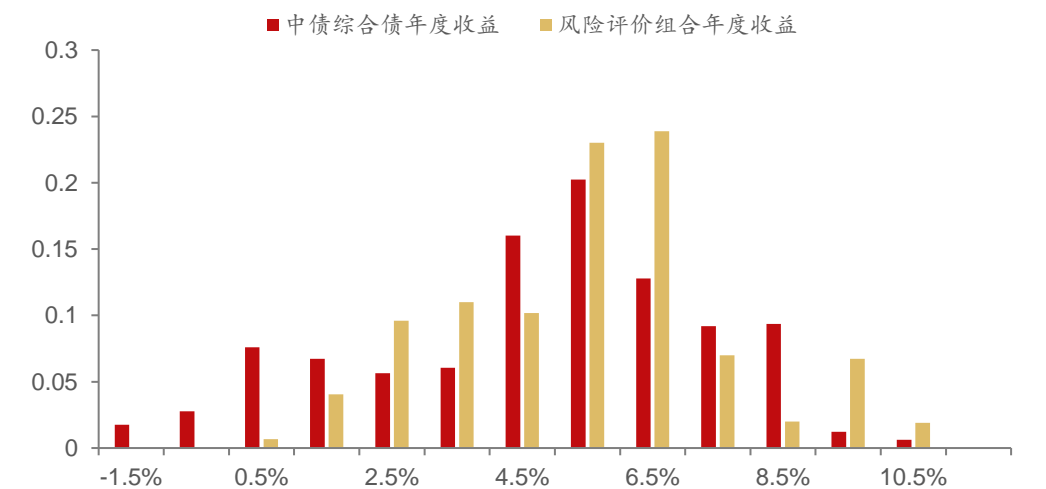
表 8: 股债商风险平价的年度收益风险指标

指标	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合计	中证商品 指数	沪深 300	中证综合 债
年化收益	8.84%	6.08%	3.86%	2.58%	5.66%	6.92%	6.42%	5.70%	2.08%	5.40%	7.56%	8.41%	5.07%
年化波动	1.90%	1.94%	1.62%	1.47%	1.34%	1.15%	1.97%	1.26%	1.31%	1.58%	13.11%	22.76%	1.05%
最大回撤	0.79%	1.58%	2.81%	1.79%	1.02%	0.63%	1.54%	0.45%	1.17%	2.81%	35.67%	46.06%	3.05%
夏普比率	4.825	3.136	2.389	1.760	4.227	6.031	3.262	4.544	1.586	3.432	0.584	0.377	4.821
卡玛比率	11.209	3.841	1.371	1.445	5.528	10.959	4.175	12.788	1.772	1.919	0.212	0.183	1.663

资料来源: Wind、招商期货

从滚动年度收益来看, 组合相对债券有着明显右偏优势。此外, 组合的滚动年度收益最小值(0.24%)大于零; 也就是说回测期间任意日期开始持有组合 1 年都可以获得正收益, 收益体验也非常有优势。

图 27: 股债商风险平价组合和中债综合债滚动年度收益分布图



资料来源: Wind、招商期货

需要注意的是, 当前的风险平价组合的波动和回撤都是比较小的, 所以收益也相对不高。

如果当前的风险水平距离我们的承受能力还有一定的空间，我们可以采用组合波动控制或调整风险预算比例的方式来定制我们的组合策略。

参考文献:

- [1]. Roncalli, T. (2013). Introduction to risk parity and budgeting. CRC Press.
- [2]. Maillard, S., Roncalli, T., & Teïletche, J. (2010). The properties of equally weighted risk contribution portfolios. The Journal of Portfolio Management, 36(4), 60-70.
- [3]. Bruder, B., & Roncalli, T. (2012). Managing risk exposures using the risk budgeting approach. Available at SSRN 2009778.

研究员简介

赵嘉瑜：招商期货研究所大宗商品策略组主管。具有期货从业资格（证书编号：F3065666）和投资咨询从业资格（证书编号：Z0016776），美国纽约大学国际政治与国际经济硕士，上海交大经济学与法语双学士，曾在曼氏金融工作，善于宏观、微观结合分析。多次在《中美聚焦》、《中国能源报》、《澎湃新闻》、《上海证券报》、《期货日报》等媒体发文，担任哈工大（深圳）期货训练营讲师。

重要声明

本报告由招商期货有限公司（以下简称“本公司”）编制，本公司具有中国证监会许可的期货投资咨询业务资格（证监许可【2011】1291号）。《证券期货投资者适当性管理办法》于2017年7月1日起正式实施，本报告发布的观点和信息仅供经招商期货有限公司评估风险承受能力为C3及C3以上类别的投资者参考。若您的风险承受能力不满足上述条件，请取消订阅、接收或使用本研报中的任何信息。请您审慎考察金融产品或服务的风险及特征，根据自身的风险承受能力自行作出投资决定并自主承担投资风险。

本报告基于合法取得的信息，但招商期货对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述品种买卖的出价或对他人的投资建议，招商期货不会因接收人收到此报告而视他们为其客户。投资者据此作出的任何投资决策与本公司、本公司员工无关。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可取代自己的判断。除法律或规则规定必须承担的责任外，招商期货及其员工不对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。

本报告版权归招商期货所有，未经招商期货事先书面许可，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、引用或转载。