



研究报告

(2018 年 第 20 期 总第 20 期)

2018 年 12 月 20 日

风险分散策略对比及中国市场回测

马腾 柯岩

鑫苑房地产金融科技研究中心

【摘要】 在投资领域，风险与收益是评价策略业绩的核心要素。报告从风险分散角度出发，意在寻找一种可应用于中国市场的低风险投资策略。报告首先对 EW、MV、MDP、ERC 四类公认较为稳健的风险分散策略进行了介绍对比，这些策略不以追求超额收益为目标，而是通过不同方式分散组合风险。在此基础上，报告以 A 股行业指数、国债 ETF、黄金 ETF 和海外指数 ETF 作为底层资产，对四种风险分散策略进行回测。回测结果表明，ERC 模型在

2013年12月至2018年6月期间表现较好，能在0.068的年化波动性水平上能提供约12.1%的年化收益率。是较为理想的投资组合。此外，我们也可以采用目标波动性策略，构建不同风险偏好下的资产组合。当目标波动性为0.05时，组合的实际波动性约为0.067，年化收益率约为12.3%。报告通过回测验证了常见风险分散策略在中国市场中的有效性，并提供了两种风险较低、年化收益水平在12%左右的可行投资方案。

PBCSF



TSINGHUA PBCSF
清华五道口

IFR
金融科技研究院

Research Report

2018-12-10 Edition

Risk Diversification Strategies Comparison and Portfolio Back-testing in China

Ma Teng Ke Yan

XIN Real Estate Fintech Research Center

In the investment world, risk and return are the key points to evaluate the performance of a strategy. From the perspective of risk diversification, this report focused on seeking low-risk strategies to construct portfolios suitable for the Chinese market. Firstly, we introduce the framework of four risk-based strategies, including EW, MV, MDP and ERC, whose targets are risk diversification instead of excess return. Furthermore, we conducted back-testing on these four strategies mentioned based on four



type of underlying assets (A-share industry index, treasury bond ETF, gold ETF, overseas index ETF). According to results, the ERC (Equal Risk Contribution) strategy worked well during 12.2013 to 06.2018, providing a 12.1% annual return with annual volatility of 0.068. Furthermore, we consider a framework to construct different portfolios based on investors' risk appetite by targeting on the level of volatility. The empirical finding shows that the target volatility of 0.05 can lead to a 12.3% annual return with the actual portfolio volatility of 0.067. In summary, this article validated the practicability of common risk-based strategies in Chinese Market and provided two feasible low-risk strategies with about 12% annual returns.



目 录

一、风险分散策略概述	3
1.1 风险分散策略发展背景	3
1.2 常见风险分散策略概述	5
1.2.1 等权重策略	5
1.2.2 最小方差策略	5
1.2.3 MDP 策略	6
1.2.4 ERC 策略	7
1.3 风险分散策略对比	8
二、风险分散策略在大类资产配置中的应用	9
2.1 基础资产	9
2.1.1 股票资产	9
2.1.2 其他资产	12
2.1.3 基础资产对比与分析	14
2.2 策略回测	17
2.2.1 最大夏普比率组合	17
2.2.2 风险分散策略回测	20
2.2.3 风险分散策略权重分析	22
三、目标波动性策略	27
四、小结	29



附录.....	31
A1.ERC 模型计算检验	31
A2.估计窗口检验	32
参考文献.....	34

BC

风险分散策略对比及中国市场回测

马腾 柯岩

(鑫苑房地产金融科技研究中心)

一、风险分散策略概述

1.1 风险分散策略发展背景

马科维茨模型作为现代组合构建的基石，定义了如何构建投资组合的标准：投资者偏好得到超额收益，厌恶收益的波动（即风险）。1964年，夏普基于马科维茨模型建立了更为完善的资本资产定价理论（CAPM）。CAPM模型假设市场完全有效，市场组合（Market Portfolio）位于证券市场线（SML）上，被认为是有效资产组合。基于CAPM理论，在市场完全有效的情况下，按照市值加权是一种合理便捷的资产配置方式。在此后的数十年中，市值加权法（Capitalization Weighting）在投资领域得到了广泛应用。

马科维茨和夏普在研究中都强调了风险的重要性。然而在实践中，CAPM理论的假设条件往往难以充分满足，对资产收益和波动率的估计也难以做到完全准确，故而CAPM理论在资产定价实践中并不一定有效。按照CAPM理论寻找到的最大夏普比率组合（MSR, Max Sharpe Ratio）可能会存在权重过度集中，权重变化较为敏感，组合风险与个别资产的相关性过高，回测业绩不佳等问题。

此外，市值加权法在配置资产时也存在一些问题，如：在上一

期收益较高的资产在本期会占据更高的权重；而表现较差的资产权重则会下降。因此市值加权法会导致投资于上一期表现更好的资产的资金占比高，形成动量偏差（Momentum Bias）等。

因此在实践中，人们开始考虑市值加权以外的其他加权方法，从而诞生了 Smart Beta 这一概念。投资领域对于 Smart Beta 的定义较为宽泛。BlackRock 的研究团队认为¹，Smart Beta 策略最早衍生于因子投资，意在通过透明、规则、有效的方法优化组合配置，实现特定的策略目标。中证公司发布的《中证指数 Smart Beta 研究报告》中提到，Smart Beta 按策略目标可分为价值策略、低波动策略、分散化策略、动量策略等类别。Richard 和 Roncalli（2015）在著作中进而将 Smart Beta 归纳为两类，其一是基于风险的 Smart Beta 策略，在构建组合时采用市值加权以外的加权方式；其二是基于因子的 Smart Beta 策略，希望能捕捉市场溢价以外的，价值、规模、动量等因子的风险溢价。

在本文中，我们将重点介绍四种常见的风险分散策略，这些策略不会从基本上对资产进行筛选、追求超额收益，而是希望通过调整资产在组合中的权重，实现充分分散组合风险的策略目标。因此也被称为基于风险的 Smart Beta 策略（*Quant Research by Lyxor*, 2010）。

¹ 引自 *Smart Beta Guide* (2017)

1.2 常见风险分散策略概述

1.2.1 等权重策略

等权重策略 (Equal Weighting) 是指, 不考虑各个资产的风险收益特征, 在每次调仓时令组合内各资产的市值权重相等, 也就是 1/N 策略。在组合内, 对于任意的资产 i 和资产 j , 应有:

$$w_i = w_j \quad (1.1)$$

其中, w_i 是资产 i 的权重。

EW 策略被广泛应用于量化投资和资产定价研究中, 是一种最直接的风险分散方式。EW 策略避免了资产组合种权重过度集中于某类资产上, 同时也保持了资产组合中各资产的权重的稳定性。然而 EW 组合并不在均值-方差有效前沿上。DeMiguel et al (2009) 研究发现, EW 模型在样本外 (out of sample) 回测中, 表现优于用 14 种方法计算的基于均值-方差有效前沿的最优组合。

1.2.2 最小方差策略

最小方差策略 (Minimum Variance) 策略以资产组合风险最小化为目标。即:

$$\vec{w}^* = \operatorname{argmin}(\vec{w}^T \Sigma \vec{w}) \quad (1.2)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0$$

其中， \vec{w} 为组合的权重向量，在不考虑做空的情况下，各资产的权重 w_i 大于等于零， Σ 为协方差矩阵。通过求解拉格朗日方程，得到权重向量满足：

$$\frac{\partial \sigma(\vec{w})}{\partial w_i} = \frac{\partial \sigma(\vec{w})}{\partial w_j} \quad (1.3)$$

即组合中各资产的边际风险相同，计算所得的权重向量如下所示（其中向量 I 为单位行向量，各元素为1）：

$$\vec{w} = \frac{\Sigma^{-1}I^T}{I\Sigma^{-1}I^T}$$

理论上，MV组合位于均值-方差有效前沿上，是所有资产组合中期望风险最小的点，具有唯一性和便于计算的优点。然而相应的，组合期望收益较低，权重分配较为集中，对估计误差较为敏感。

1.2.3 MDP 策略

MDP策略（Most Diversified Portfolio）是指最大化分散风险组合，由Choueifaty和Coignard（2008）提出，策略目标是最大化投资组合的风险分散程度，从而使组合风险小于个股加权风险。其中，组合的分散程度被定义为：

$$D(\vec{w}) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \sigma_i}{\sqrt{\vec{w}^T \Sigma \vec{w}}}$$

因此策略的目标函数可写作：

$$\vec{w}^* = \operatorname{argmax}(\ln(D(\vec{w}))) \quad (1.6)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0$$

不考虑约束条件，对式（1.6）求解一阶导数可以得到：

$$\frac{1}{\sigma_i} \frac{\partial \sigma(\vec{w})}{\partial w_i} = \frac{1}{\sigma_j} \frac{\partial \sigma(\vec{w})}{\partial w_j} \quad (1.7)$$

1.2.4 ERC 策略

ERC 策略（Equal Risk Contribution），即等风险加权组合，是指令组合内任意资产对投资组合的风险贡献相同的策略。

早在上世纪 90 年代，桥水基金“全天候策略”等金融产品就开始尝试，通过调整组合内的资产权重，平衡各资产在组合风险中的贡献度，从而分散组合风险。这类投资理念也被称为风险平价策略（Risk Parity）。目前比较广为人知的风险平价策略主要是指 ERC 策略。在 ERC 策略中，组合内的各资产可以存在相关性，其策略目标为，令各类资产对投资组合的风险贡献相同。

Maillard et al.（2010）在文中对 ERC 模型进行了较为系统的总结。模型组合中资产 i 的风险贡献定义为：

$$RC_i = w_i \frac{\partial \sigma(\vec{w})}{\partial w_i}$$

组合风险可用组合的收益率波动性 $\sigma(\vec{w})$ 表示：

$$\sigma(\vec{w}) = \sqrt{\vec{w}^T \Sigma \vec{w}} = \frac{\sum_i w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} w_i w_j \sigma_{ij}}{\sigma(\vec{w})} \quad (1.8)$$



$$\frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} = \frac{w_i \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} w_j \sigma_{ij}}{\sigma(\bar{w})} \quad (1.9)$$

因此，有

$$\sigma(\bar{w}) = \sum_{i=1}^n w_i \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} = \sum_{i=1}^n RC_i \quad (1.10)$$

ERC 模型的策略目标可以写作，对于任意的资产 i 和资产 j ，有：

$$\begin{aligned} RC_i &= RC_j \\ w_i \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} &= w_j \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_j} \end{aligned} \quad (1.11)$$

1.3 风险分散策略对比

如前文所述，四种风险分散策略的权重和边际风险分别满足：

$$w_i = w_j \quad (1.1 \text{ EW})$$

$$\frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} = \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_j} \quad (1.3 \text{ MV})$$

$$\frac{1}{\sigma_i} \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} = \frac{1}{\sigma_j} \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_j} \quad (1.7 \text{ MDP})$$

$$w_i \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_i} = w_j \frac{\partial \sigma(\bar{w})}{\partial w_j} \quad (1.11 \text{ ERC})$$

从策略目标来看，EW 模型中各资产的权重相等，MV 模型中各资产的边际风险相等，MDP 模型中各资产的边际风险与其波动率的比值相等，ERC 模型中各资产的边际风险与该资产权重的乘积相等。由此可知：

1) 从模型的波动性来看，ERC 组合的风险通常介于 MV 组合和 EW 组合之间，因此 ERC 策略也常被视作对于组合绝对风险和分散程度的权衡结果。MDP 模型的波动率大于等于 MV 模型；

2) 从资产权重来看，不考虑做空的情况，EW 组合和 ERC 组合中，所有资产的权重都为正；而 MDP 组合和 MV 组合中，可能出现权重为 0 的资产。

3) 当各资产的相关性一致时，ERC 组合与 MDP 组合是一致的，此时组合内各资产的权重与其波动性成反比；

4) 当各个资产的波动性一致时，MV 模型与 MDP 模型是一致的；

5) 当各个资产的夏普比率（Sharpe Ratio）相等时，MDP 组合与有效前沿上夏普比率最高的组合（Max Sharpe Ratio，即 MSR 组合）是一致的，组合落在有效前沿上。当各资产波动性一致且夏普比率相等时，ERC 组合与 MSR 组合一致。

二、风险分散策略在大类资产配置中的应用

2.1 基础资产

2.1.1 股票资产

在配置资产时，我们将行业指数作为底层资产。行业指数或 ETF

作为底层资产被广泛应用于量化策略中，Leclerc et al. (2013) 在文中提到：

1) 行业指数能够天然地将股票划入资产组合，在分散风险的同时，能避免计算权重时的维度灾难 (curse of dimensionality)，以及参数过多造成的协方差估计误差过大 (error maximization)，提高了实现策略的可能；

2) 行业因子具有经济含义，是解释股票期望收益差异的重要因素之一；

3) 在实操层面，通过 ETF 或行业指数基金来配置资产，能够节省调仓成本，具有更高的可行性。

在报告《中国行业 ETF 市场概述与发行构想》中，我们曾提到，国内尚未有完整可用的行业 ETF 系列。已发行的系列 ETF 大都存在一级行业缺失，以及行业分类与国际标准不一致的问题。

因此，在本文中，我们沿用《中国行业 ETF 市场概述与发行构想》中 TOP50 TECH 指数及 ETF 的编制方式，编制了完整的 A 股行业系列指数，即 TOP20 行业指数。具体编制方式如下：

1) 行业分类：采用 GICS 行业标准下的 A 股一级行业分类，将信息技术行业 (Information Technology) 与电信业务行业 (Telecommunications) 合并，共同组成科技行业。因此一级行业共计 10 个；

2) 选股方式：将上市 A 股划分入 1) 中的 10 个行业，在行业

内按照流通市值排序,选取流通市值最大的 20 支股票作为成分股;

3) 加权方式: 按照流通市值加权;

4) 指数计算: 以 2013 年 3 月 5 日为基日, 以 1000 点为基点计算指数;

5) 调整方式: 每半年调整一次成分股, 调整日为每年的 6 月 15 日和 12 月 15 日, 若调整日为非交易日, 则采用上一交易日的数据作为调整依据;

6) 现金分红: 假设现金分红再投资, 因此指数为全收益指数

值得注意的是, 与《中国行业 ETF 市场概述与发行构想》中的 TOP50 TECH 指数不同, 本文中的行业指数选取了行业规模最大的 20 支股票, 这是为了降低调仓成本, 控制组合中的资产数量。从风险分散的角度来看, 招商证券的卢贤义 (2006) 认为, 国内股票组合在规模为 20 支时, 风险能得到较好的分散, 波动较为稳定, 适合长期持有。

表 2.1 TOP20 行业指数回测结果 (2013.03.05-2018.06.15)

	年化收益率	年化波动性	夏普比率 (rf=1.5%)	夏普比率 (rf=3%)	最大回撤率
A Share_Consumer Discretionary	21.1%	0.269	0.729	0.674	41.8%
A Share_Consumer Stable	23.7%	0.261	0.853	0.795	34.0%
A Share_Energy	1.2%	0.262	-0.011	-0.068	48.8%
A Share_Financial	11.1%	0.250	0.383	0.323	38.2%
A Share_Health	16.3%	0.256	0.579	0.520	37.5%
A Share_Industrial	8.9%	0.304	0.243	0.193	56.5%



A Share_Material	4.9%	0.298	0.113	0.063	56.8%
A Share_Real Estate	14.7%	0.308	0.429	0.380	43.3%
A Share_Technology	18.6%	0.315	0.545	0.497	56.9%
A Share_Utilities	8.2%	0.280	0.238	0.185	52.6%

(备注：股票价格、市值数据来源为 CSMAR 数据库

rf 为无风险收益率，参照银行存款利率和 10 年期国债利率分别设为 1.5%和 3%
计算时年交易日数量以 252 天计，下文同)

以 2013 年 3 月 5 日至 2018 年 6 月 15 日为回测期，各行业指数的业绩表现如表 2.1 所示。由表可知，期间年化收益率最高的是主要消费、可选消费科技和房地产行业。而能源行业、原材料行业等指数在过去五年中增长较慢，业绩较差。此外，各行业指数的历史夏普比率并不一致。夏普比率最高的是主要消费行业，当无风险收益率设为 1.5%时，TOP20 指数夏普比率约为 0.85；最低的是能源行业，夏普比率为负值，即期间年化收益率小于 1.5%的银行一年期存款利率。

2.1.2 其他资产

在股票资产之外，我们选择了另外三支在沪深上市的 ETF 作为底层资产。ETF 产品具有开放申购赎回、可在二级市场交易、低门槛、低费用的特点，基金的策略目标为完全追踪、复制目标指数的业绩。因此，ETF 产品在降低配置成本的同时，能较好地反应各类资产的市场业绩，是理想的底层资产类型。我们配置的 ETF 类型包括债券型 ETF、商品型 ETF，以及海外股票型 ETF。在选择具体资产时，我们考虑了基金的发行时间、目标指数类型等要素。

1) 债券型 ETF：国泰上证 5 年期 ETF (511010)

国泰上证 5 年期 ETF 由国泰证券发行，成立于 2013 年 3 月 5 日，跟踪复制上证 5 年期国债指数收益率。截至 2017 年底，我国上市的债券型 ETF 共计 6 支，其中国泰基金管理的上证 10 年期国债 ETF、海富通基金管理的上证周期产业债 ETF 发行期限未满 2 年；博时基金管理的上证期债 30ETF 规模低于 1000 万元人民币。余下的三支债券型 ETF 如图 2.1 所示，国泰上证 5 年期国债 ETF 发行最早，单位净值较为稳定，因此我们选择国泰上证 5 年期国债 ETF 作为债券类资产进入组合。

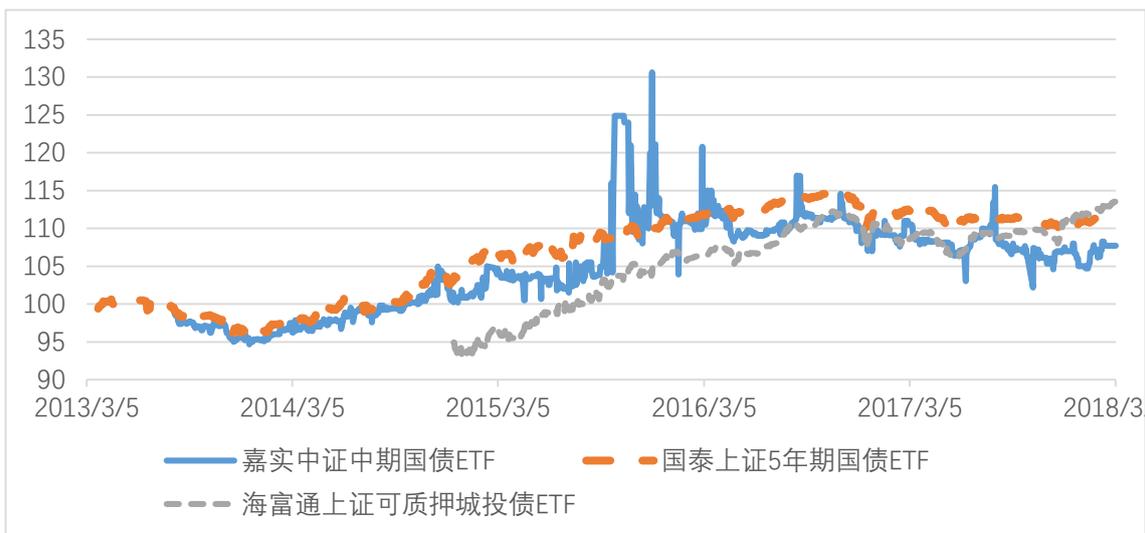


图 2.1 债券型 ETF 单位净值对比

(数据来源: CSMAR 数据库)

2) 商品型 ETF: 华安黄金 ETF (518880)

目前，黄金型 ETF 是我国唯一发行的商品型 ETF 类别，因此同类 ETF 产品的底层资产相近，收益率相关性较高。在这种情况下，我们选择发行最早的黄金型 ETF 产品，华安黄金 ETF 进入资产组合。华安黄金 ETF 发行于 2013 年 7 月 18 日，因此在风险分散策略回测

中，我们将回测期起点定为 2013 年 12 月 16 日，以预留出足够长的估计窗口（estimation window）。

3) 海外股票型 ETF: 纳指 ETF(513100)和恒生 ETF(159920)

最后，我们选择了两支发行时间较早，在沪深上市并跟踪海外股票指数的 ETF。这类资产一方面能反应海外指数业绩；另一方面，基金以人民币计价，在沪深两市交易，无需单独考虑汇率风险。

纳指 ETF 由国泰基金发行，成立于 2013 年 4 月 25 日，产品跟踪复制经汇率调整后的纳斯达克 100 指数。恒生 ETF 由华夏基金发行，成立于 2012 年 8 月 9 日，产品跟踪复制经汇率调整后的恒生指数。

2.1.3 基础资产对比与分析

表 2.2 汇总了前述资产在回测期（2013 年 12 月 16 日至 2018 年 6 月 15 日）内的风险收益情况。如表所示，A 股指数的历史波动性较高，而债券的风险收益均较低。回测期内以夏普比率为业绩指标，表现最好的资产是纳指 ETF 和主要消费指数；表现较差的资产是黄金 ETF 和能源行业指数。

表 2.2 底层资产回测期业绩概览（2013.12.16-2018.06.15）

	年化收 益率	年化波 动性	夏普比率 (rf=1.5%)	夏普比率 (rf=3%)	最大回 撤率
A Share					
_ConsumerDiscretionary	19.5%	0.272	0.661	0.606	41.8%
A Share_ConsumerStaples	32.9%	0.269	1.168	1.112	34.0%
A Share_Energy	4.3%	0.275	0.103	0.049	48.8%
A Share_Financial	15.3%	0.255	0.541	0.482	38.2%



A_Share_Health	17.5%	0.259	0.617	0.559	37.5%
A_Share_Industrial	11.3%	0.315	0.312	0.265	56.5%
A_Share_Material	11.3%	0.308	0.317	0.268	56.8%
A_Share_RealEstate	18.9%	0.311	0.559	0.511	43.3%
A_Share_Technology	15.4%	0.321	0.434	0.387	56.9%
A_Share_Utilities	10.3%	0.292	0.300	0.249	52.6%
5 Year Treasury Bond ETF	3.8%	0.029	0.785	0.271	4.9%
Gold ETF	2.5%	0.123	0.080	-0.042	20.4%
Nasdaq 100 ETF	19.9%	0.164	1.117	1.026	12.8%
HSI ETF	9.8%	0.204	0.407	0.333	34.6%

表 2.3 计算了表 2.2 中各类资产在全部样本期间（内的日收益率相关系数。如表所示，A 股指数间的相关系数普遍较高，在 0.4-0.8 之间；而 A 股资产、债券 ETF、黄金 ETF 和海外指数 ETF 间的相关系数则均低于 0.3。因此，将非股票类 ETF 资产纳入组合有助于更好地分散组合风险，实现策略目标。

表 2.3 资产收益率相关性

	CD	CS	E	F	H	I	M	RE	T	U	Bonds	Gold	Nasdaq	HIS
A Share_ConsumerDiscretionary	1.00	0.80	0.61	0.60	0.80	0.76	0.78	0.76	0.79	0.78	0.00	0.00	0.23	0.05
A Share_ConsumerStaples	0.80	1.00	0.54	0.50	0.74	0.64	0.69	0.63	0.66	0.68	-0.01	0.02	0.21	0.06
A Share_Energy	0.61	0.54	1.00	0.74	0.49	0.69	0.71	0.62	0.52	0.68	-0.02	0.02	0.22	0.07
A Share_Financial	0.60	0.50	0.74	1.00	0.44	0.61	0.56	0.63	0.42	0.59	0.00	0.01	0.17	0.05
A Share_Health	0.80	0.74	0.49	0.44	1.00	0.66	0.69	0.63	0.79	0.70	0.03	0.02	0.23	0.06
A Share_Industrial	0.76	0.64	0.69	0.61	0.66	1.00	0.81	0.73	0.70	0.84	0.01	0.02	0.20	0.09
A Share_Material	0.78	0.69	0.71	0.56	0.69	0.81	1.00	0.76	0.73	0.83	-0.01	0.09	0.26	0.07
A Share_RealEstate	0.76	0.63	0.62	0.63	0.63	0.73	0.76	1.00	0.65	0.74	-0.03	0.02	0.21	0.07
A Share_Technology	0.79	0.66	0.52	0.42	0.79	0.70	0.73	0.65	1.00	0.71	0.01	0.00	0.26	0.08
A Share_Utilities	0.78	0.68	0.68	0.59	0.70	0.84	0.83	0.74	0.71	1.00	-0.01	0.01	0.22	0.09
5 Year Treasury Bond ETF	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.03	0.01	-0.01	-0.03	0.01	-0.01	1.00	0.09	-0.06	-0.05
Gold ETF	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.09	0.02	0.00	0.01	0.09	1.00	-0.10	-0.03
Nasdaq 100 ETF	0.23	0.21	0.22	0.17	0.23	0.20	0.26	0.21	0.26	0.22	-0.06	-0.10	1.00	0.05
HSI ETF	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	-0.05	-0.03	0.05	1.00

(备注：列名称行业指数以首字母标注，全称参照表 2.3 行名称)

2.2 策略回测

如前文所述，我们采用日度数据进行回测。为了预留足够长的估计窗口，我们将建仓日定在 2013 年 12 月 16 日，在 2018 年 6 月 15 日结束回测。在每年的 6 月 15 日和 12 月 15 日调整权重，若当日不是交易日，则在上一个交易日调整权重。模型在回测期内经历 9 次权重调整（含建仓日）。我们将估计窗口定为 40 天，即采用过去 40 天的数据估计各类资产的协方差矩阵和期望收益率。

2.2.1 最大夏普比率组合

首先，我们根据马科维茨理论，以 1.5%（一年期银行存款利率）为无风险收益率，构建最大夏普比率组合（MSR，即 Maximum Sharpe Ratio）。组合权重的计算方式如式（2.1）所示。

$$\vec{w}_{MSR} = \operatorname{argmax} \left(\frac{E(r) - r_f}{\sigma(\vec{w})} \right) \quad (2.1)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0$$

组合在回测期内的表现如图 2.2 所示，我们将组合净值的起点定为 1000，在回测期末净值增长至 1468 左右。期间，组合的年化收益率约为 9.21%，年化波动率约为 0.19，夏普比率约 0.389，最大

回撤率为 41.5%²。在回测期内，MSR 组合的业绩表现出了较高的波动性和较高的回撤率，在 2015 年下半年出现了较为严重的亏损。



图 2.2 MSR 组合回测期业绩趋势图

从资产权重来看，在回测期内，MSR 组合历次调仓时资产权重变化幅度较大，且较容易将资金集中在少数资产上。如图 2.3 所示，在 2015 年 6 月调仓时，MSR 组合分别将 66.7%、20.1%和 13.2%的资金配置在 A 股科技行业指数、纳指 ETF 和 A 股原材料指数上，其他 11 类资产的权重几乎为零。而在 2015 年下半年 A 股大幅下跌，导致重仓 A 股科技指数的 MSR 组合在 2015 年 6 月至 12 月期间回撤率超过 40%。

² 注：最大回撤率的计算方式为，在某一周期内，历史价格最高点跌落到最低点的幅度。即 $\text{drawdown} = \max(\text{Pi} - \text{Pj}) / \text{Pi}$ ，其中 $i > j$

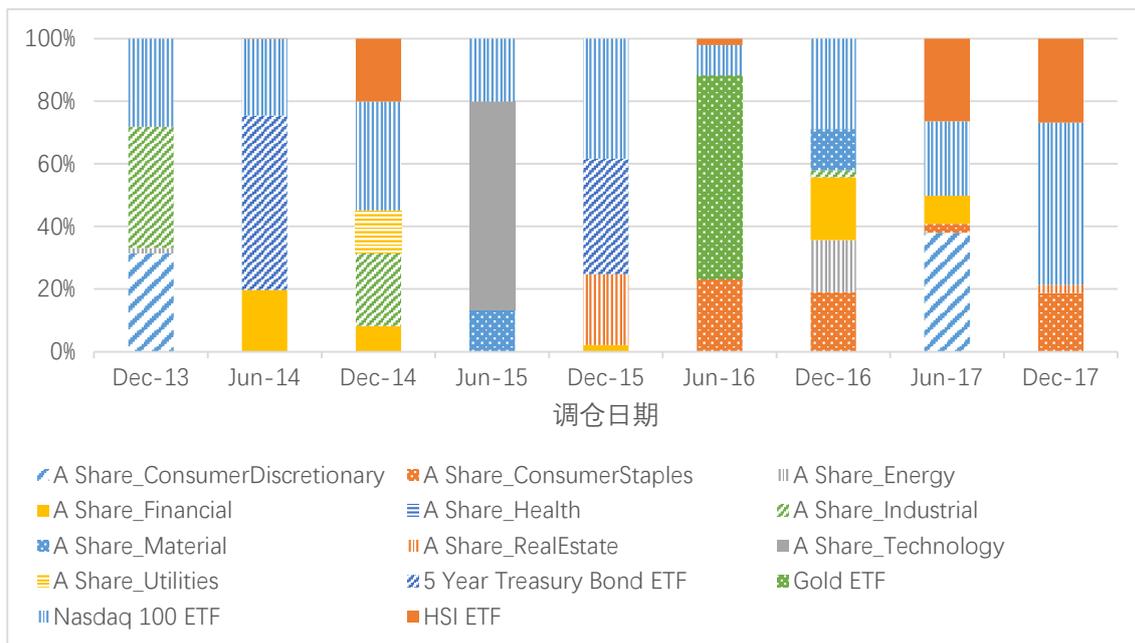


图 2.3 MSR 组合历次调仓权重

我们根据 1.2.4 中定义的风险贡献表达式计算了每期 MSR 组合中各类资产的实际风险贡献率。结果如图 2.4 所示，在各调仓区间内，组合的风险主要来源于一两类资产。如在 2015 年 6 月至 12 月期间，A 股科技行业指数的确是造成组合净值波动的主要原因，其风险贡献率约为 81.3%；而在 2014 年 6 月至 12 月，虽然在期初 50% 以上的资金都被配置于国债 ETF，但组合中风险贡献率最高的资产是 A 股金融行业指数，其风险贡献率达到 67.8% 左右。

上述回测结果印证了 1.1 节中提到的观点。根据马科维茨模型构建的 MSR 组合存在资产权重较为集中、组合权重对收益率的协方差矩阵较为敏感的特征。然而在实践中，我们无法准确预测组合内各资产的协方差矩阵和期望收益水平。因此，MSR 组合的回测结果并不理想的观点。

在接下来，我们将通过 ERC 等风险分散策略的回测，试图构建低风险的组合。

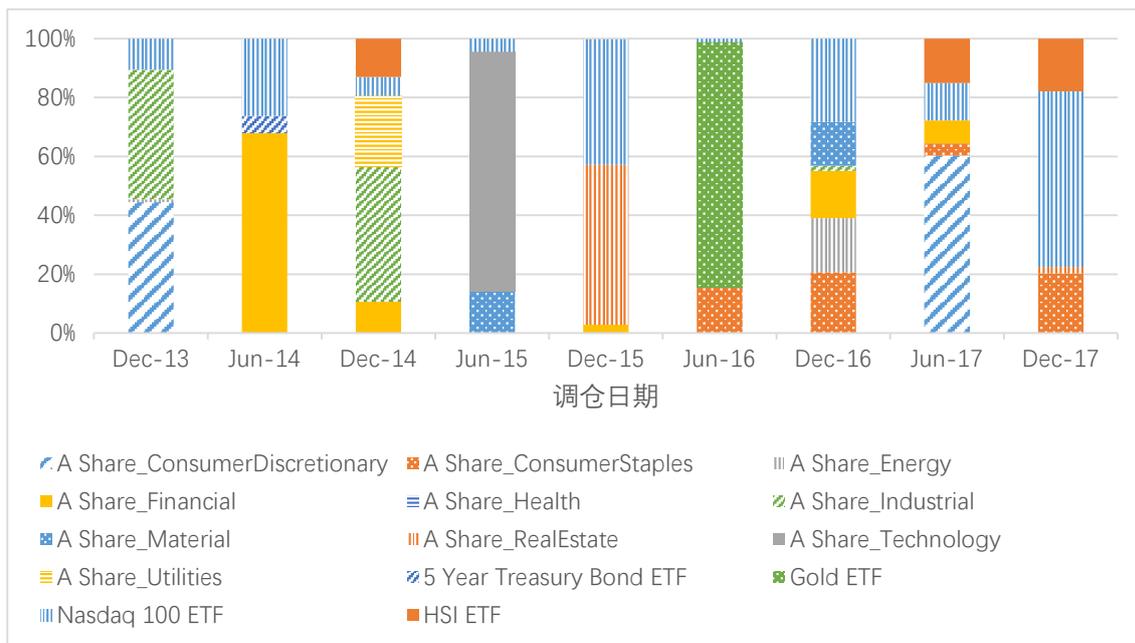


图 2.4 各调仓区间内 MSR 组合中各资产的风险贡献率

2.2.2 风险分散策略回测

我们采用 2.1 节中的底层资产对 1.2 节中的四类风险分散策略进行回测³。结果如表 2.4 所示。在计算夏普比率的时候，我们分别以一年期银行存款利率（1.5%）和 10 年期国债收益率（3%）作为无风险收益率。回测期为 2013 年 12 月 16 日至 2018 年 6 月 15 日。

在四种风险分散策略中，EW 策略的年化波动性最高，回测期内的最大回撤率在 35.16%左右。而与 MSR 和 EW 组合相比，另外

³ ERC 模型优化函数参考 Prof. Markus Leippold 的算法: <http://www.leippold.ch/matlab.html>

三个风险分散策略组合的最大回撤及年化波动性都有显著下降。

其中，MV 策略的波动性和回撤率最低，年化波动性约为 0.034，最大回撤率仅约为 4.37%。然而如前文所述，MV 组合的收益率水平也低于另外三组策略，年化收益率约为 6.7%，低于 10%。当投资者期望的最低收益水平较高时，MV 组合将无法投资者的需求。

ERC 组合的波动型处于 MV 组合和 EW 组合之间，与理论一致。在回测期内，ERC 模型和 MDP 模型都有较好的表现，年化收益率均在 10% 以上，以 1.5% 为无风险收益率计算的夏普比率分别为 1.55 和 1.54。其中 MDP 组合的风险水平更低，年化波动性仅为 0.056 左右；而 ERC 组合的年化收益水平较高，达到 12.1%，同时也保持了较低的波动性。

表 2.4 风险分散策略回测结果对比（2013.12.16-2018.06.15）

	EW	MV	MDP	ERC
年化收益率	15.8%	6.7%	10.2%	12.1%
年化波动性	0.176	0.034	0.056	0.068
夏普比率 (rf=1.5%)	0.81	1.54	1.54	1.55
夏普比率 (rf=3%)	0.73	1.10	1.28	1.33
最大回撤率	35.16%	4.37%	6.39%	8.95%

在图 2.5 中，我们根据计算的四个风险分散策略组合的日度收益率，以 1000 为起点，计算出各组合的日净值，并绘制趋势图。在回测期内，EW、MV、MDP 和 ERC 组合净值分别增长到 1892、1329、1526 和 1644 点左右。如图所示，MV 组合期末净值最低；EW 组合在期末净值最高，但回测期内波动性较大，在 2015 年下半年出现

较大幅度的亏损；ERC 组合和 MDP 组合的趋势相对平稳，在低回撤、低波动的情况下取得了较好的收益。这一结果与前文理论和 DeMiguel et al（2009）的研究结果均较为一致。

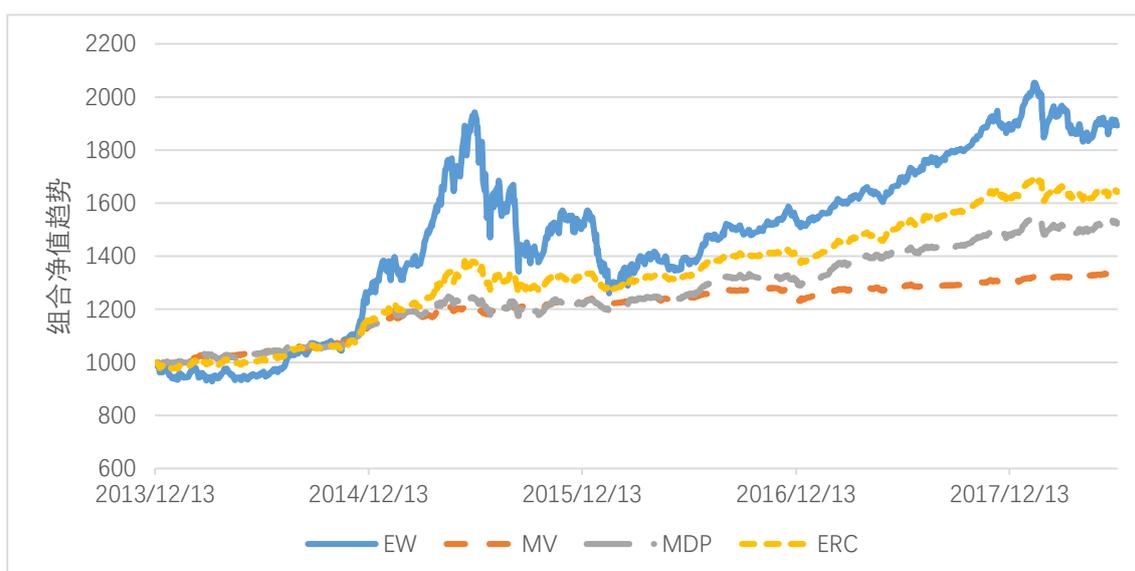


图 2.5 风险分散策略组合回测期业绩趋势图

需要说明的是，在回测过程中，我们暂未考虑资金规模和交易费用，因此也没有对买卖资产产生的价格冲击进行计算。而是以各类资产的日收盘价作为成交价格，计算日收益率。

2.2.3 风险分散策略权重分析

在回测期内，权重向量 \vec{w} 是导致各风险分散策略组合业绩表现不同的直接因素。

如图 2.6 所示，在回测期内，MV 组合在历次调仓时都将 60%以上的资金配置在国债 ETF 上，A 股资产占比不超过 20%，因此组合

的业绩表现出明显的低风险、低收益特征。

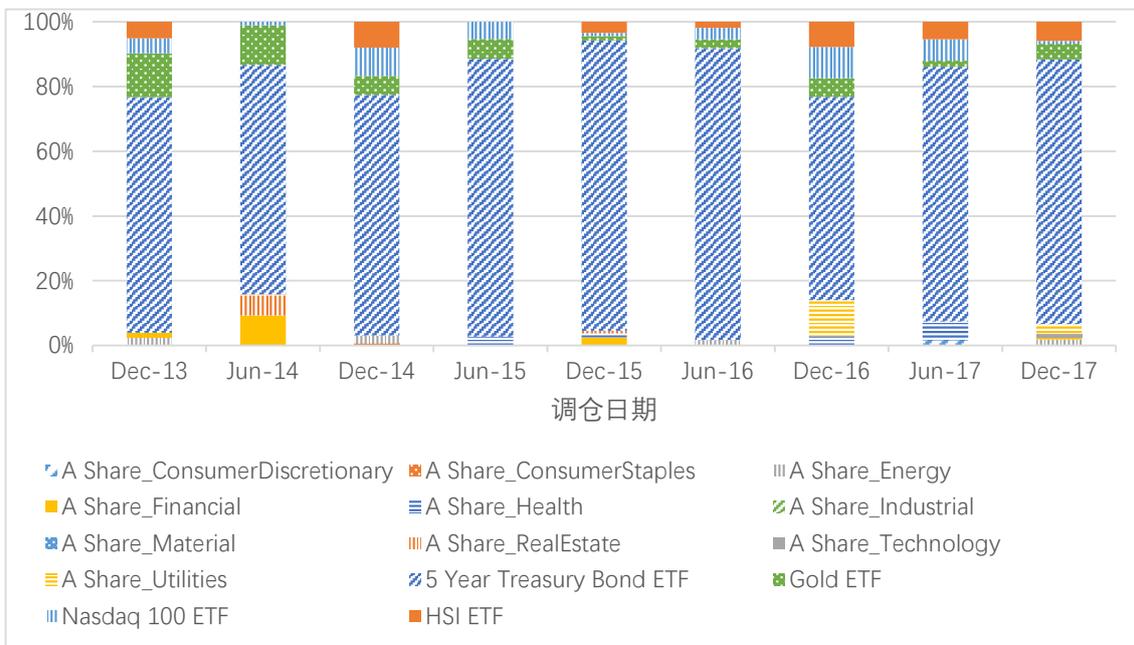


图 2.6 MV 组合历次调仓权重：全部资产

就 MV 组合内的 A 股资产来看，如图 2.7 所示，各行业指数的每期权重变化幅度非常大，且资金往往集中于一两个行业指数上。如在 2015 年 6 月调仓时，资金只被投资于医疗健康行业指数；在 2016 年 6 月调仓时，只投资于能源行业指数。MV 组合内的 A 股资产配置结果近似于一个追求低风险目标的行业轮动策略。

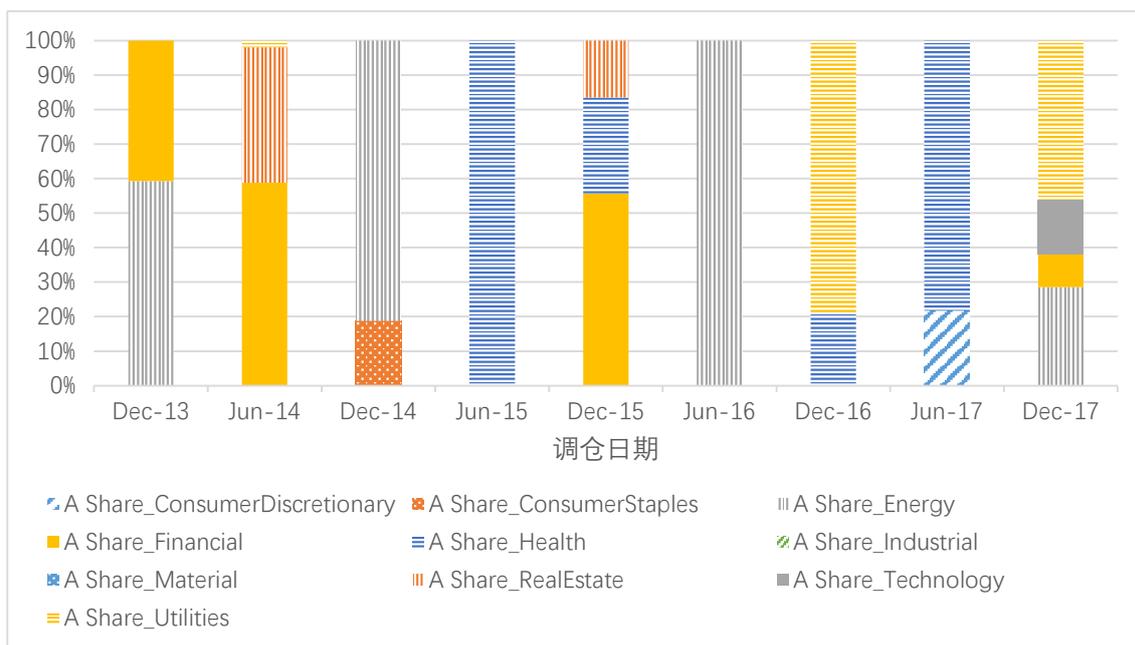


图 2.7 MV 组合历次调仓权重：股票资产

而在 ERC 组合各期权重则如图 2.8 所示。由于组合的策略目标是令各类资产的风险贡献相同，组合在风险较低的国债 ETF 上也赋予了 17-57% 的权重，但远低于 MV 组合。与 MV 组合相比，ERC 组合的权重分布较分散。

值得注意的是，在 2015 年下半年到 2016 上半年的股市动荡阶段，组合将更多资金配置在了黄金、债券和海外指数上，配置在全部 A 股资产上的权重仅为 17.59%。有效减弱了“股灾”对组合收益水平的影响。结合表 2.4 中的回测结果看，ERC 组合是较为理想的低风险组合。

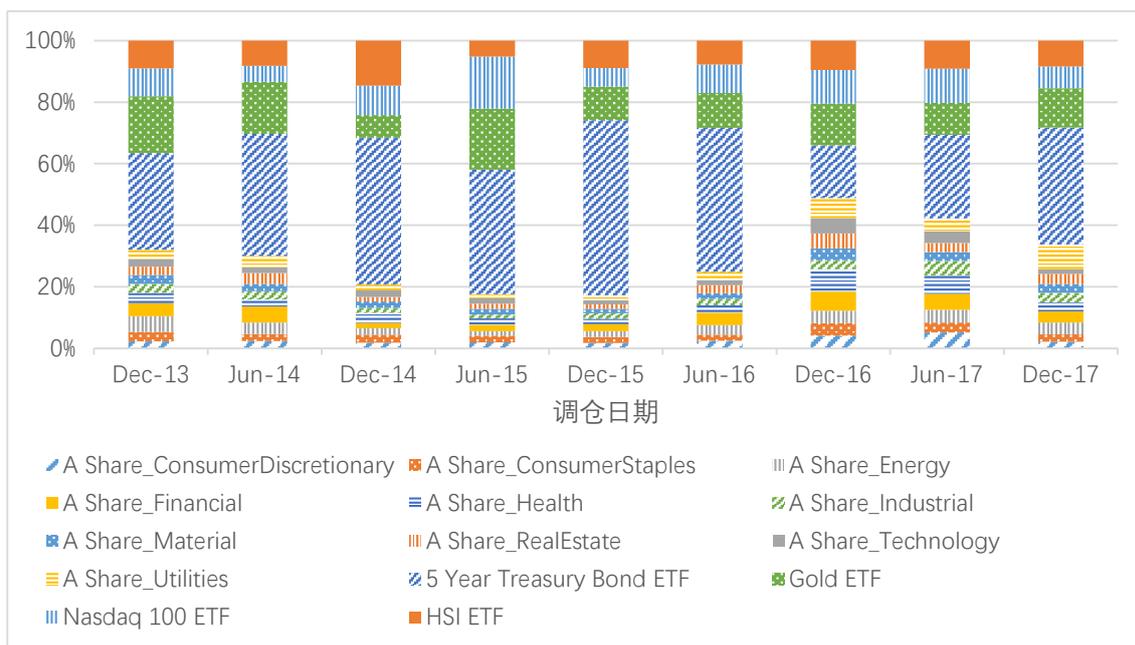


图 2.8 ERC 组合历次调仓权重：全部资产

ERC 模型被越来越多地应用于大类资产配置领域，然而在股票资产配置中，由于股票资产相关性太高，ERC 模型并不能发挥其作用。如图 2.9 所示，由于 A 股资产收益率相关性较高（见表 2.3）ERC 组合中的 A 股资产权重较为均匀，与求解最优权重时的初始值 $1/n$ 相近。在资产波动性变化较为一致的情况下，ERC 模型的风险分散结果并不明显。

这一点在基于个股资产的 ERC 指数中也可以体现。如图 2.10 中两条折线分别是沪深 300 指数与 300ERC 指数的趋势线。其中，300ERC 是以沪深 300 指数成分股为样本空间，以等风险（即前文介绍的 ERC 策略）加权方式编制的指数，与沪深 300 采用相同的调仓方式。如图所示，两个指数的走势几乎重合。

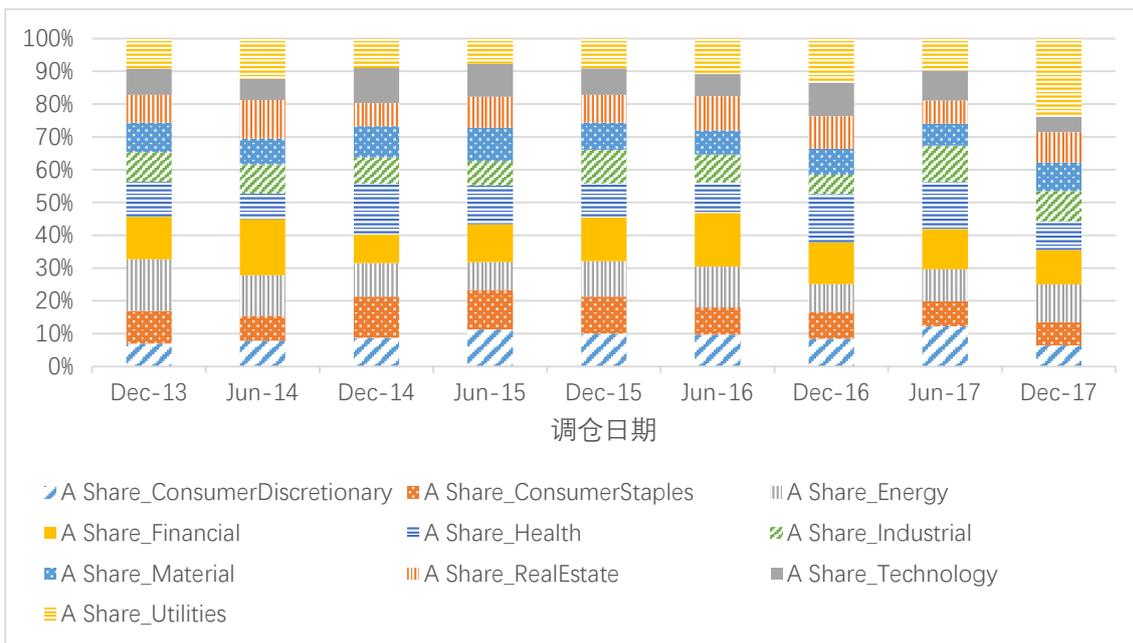


图 2.9 ERC 组合历次调仓权重：股票资产

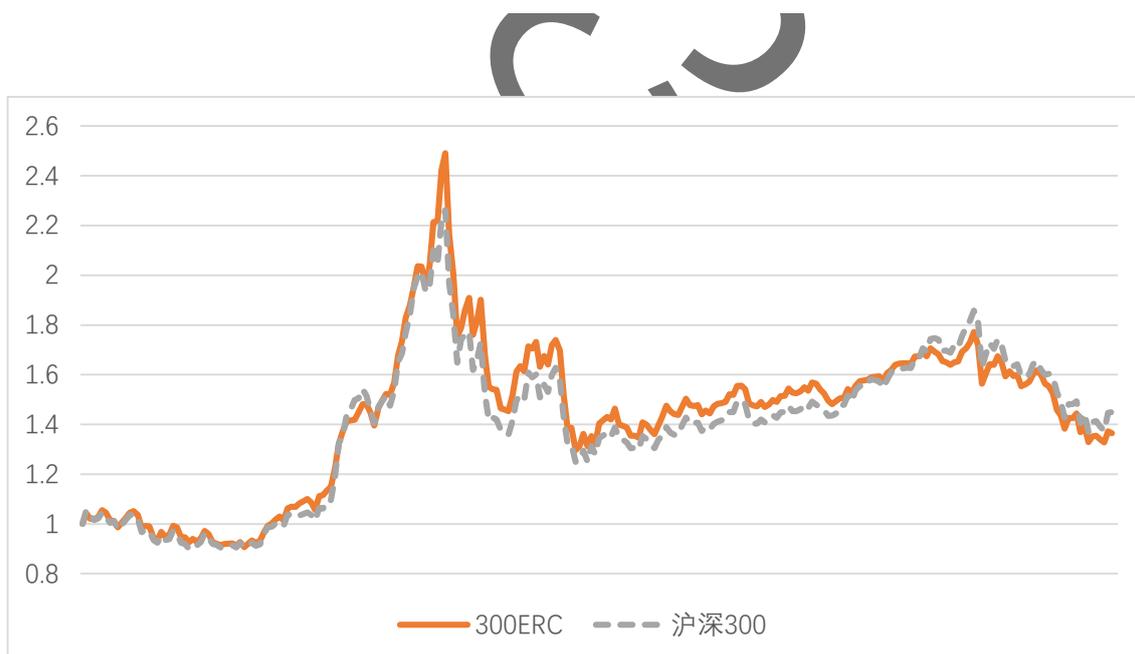


图 2.10 300ERC 指数与沪深 300 指数趋势对比



三、目标波动性策略

除上述四种风险模型以外，我们也可以采用目标波动性模型（Target Volatility）进行资产配置。

与前文相同，我们以 10 个 A 股行业指数和 4 个非股票型 ETF 作为底层资产，将建仓日定在 2013 年 12 月 16 日，在 2018 年 6 月 15 日结束回测；在每年的 6 月 15 日和 12 月 15 日调整权重，若当日不是交易日，则在上一个交易日调整权重。模型在回测期内经历 9 次权重调整（含建仓）。估计窗口为 40 天。

在构建组合时，我们首先设定一个以年化收益率标准差为衡量的组合目标波动性；再以目标波动性为约束，寻找期望收益率最高的组合。

我们分别以 0.05、0.08、0.1、0.12 和 0.15 为目标波动性，得到的组合回测结果如表 3.1 所示。实际回测得到的年化波动性水平普遍略高于预设的目标波动性，但组合 1 到组合 5 的年化波动性和最大回撤率仍保持着递增趋势，而年化收益率水平也随波动性增加而提升，与马科维茨理论相符。同时，各组合以 1.5%、3% 为无风险收益率计算出的夏普比率均在 1 以上，在回测期表现较好。

表 3.1 目标波动性策略回测结果对比（2013.12.16-2018.06.15）

	组合 1 var=0.05	组合 2 var=0.08	组合 3 var=0.1	组合 4 var=0.12	组合 5 var=0.15
年化收益率	12.3%	16.0%	16.6%	19.7%	23.2%
年化波动性	0.067	0.104	0.123	0.143	0.170
夏普比率 (rf=1.5%)	1.62	1.40	1.23	1.27	1.27
夏普比率 (rf=3%)	1.39	1.25	1.11	1.17	1.19

最大回撤率 6.36% 10.62% 13.40% 16.69% 21.44%

直观来看，如图 3.1 所示，在历次调仓中，目标波动性越高的组合国债 ETF 所占的比重越高，因此在下一期的收益表现越平稳。

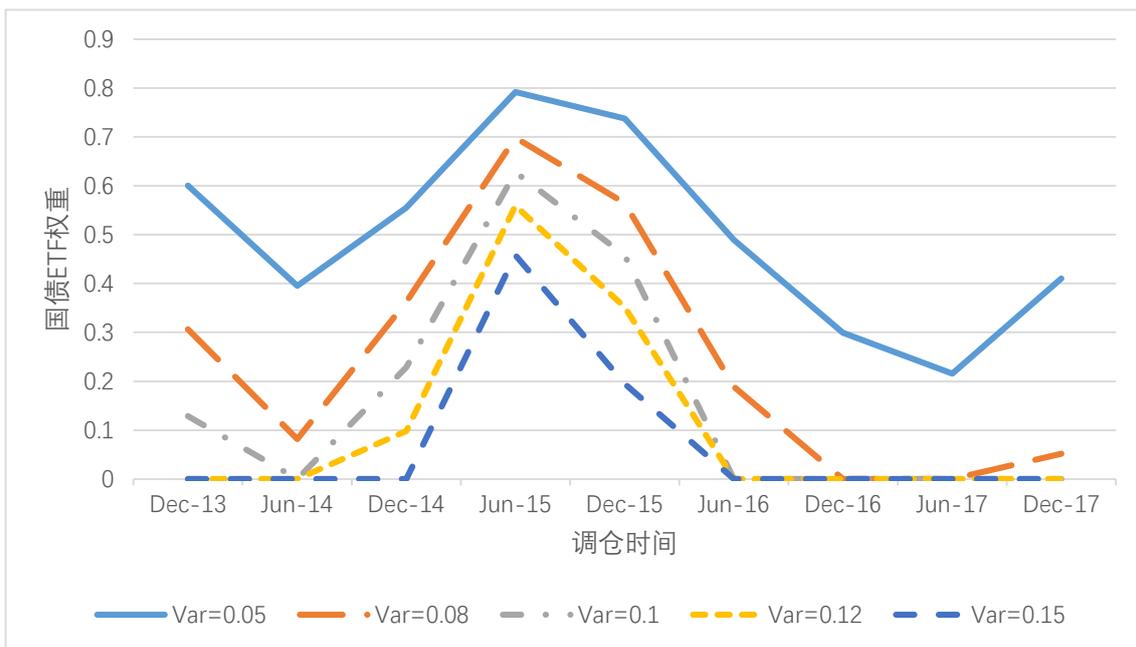


图 3.1 各目标波动性组合历次调仓国债 ETF 权重对比

根据各组合的日度收益率，以 1000 为起点，可计算出每日各组合的净值表现。如图 3.2 所示，在回测期末，即 2018 年 6 月 15 日，目标波动性为 0.05、0.08、0.1、0.12 和 0.15 组合的净值分别达到 1657、1911、1956、2190 和 2484 点。目标波动性低的组合净值趋势表现出更加平稳的特征。

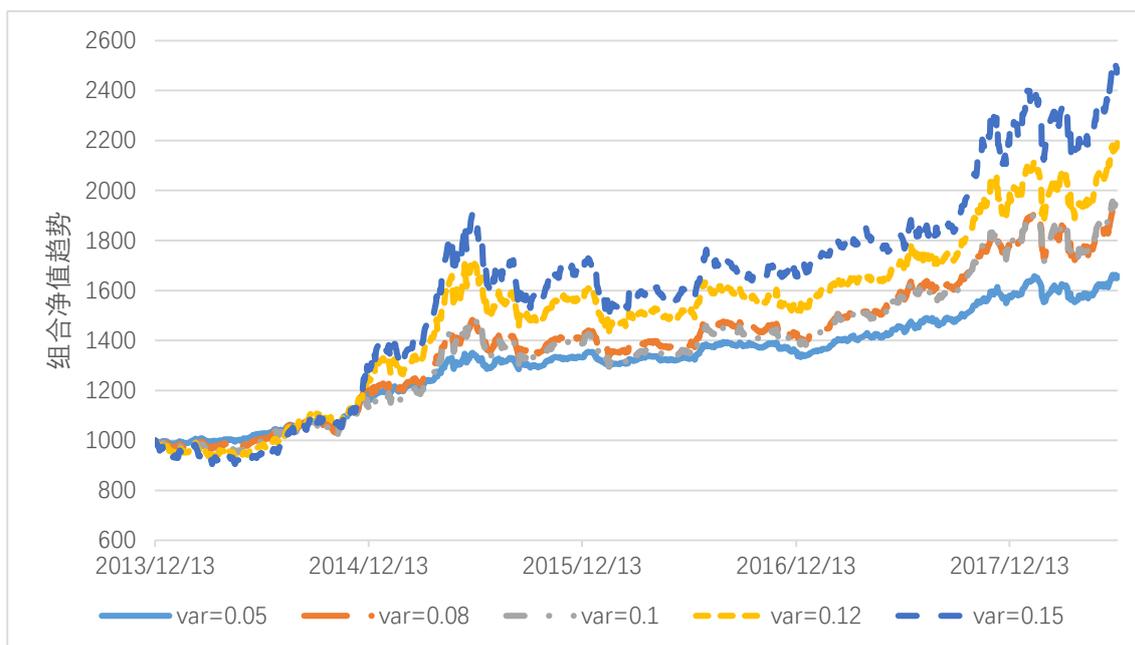


图 2.5 目标波动性组合回测期业绩趋势图

与前文的 ERC 等风险分散策略相比，目标波动性策略具有更高的灵活性，能找到目标风险水平上业绩较好的组合。在实操中，基金管理人或投资顾问可根据投资者的风险偏好提供方案，以较低成本实现个性化服务。

四、小结

文章介绍了四种常见的基于风险的 Smart Beta 策略，对其策略目标、风险收益特征进行了对比分析。其中，EW 模型中各资产的权重完全相等；MV 模型以组合波动性最小化为策略目标；MDP 模型以最大化组合的分散程度为目标；ERC 模型中各资产对组合的风险贡献率相等。理论上，ERC 模型的波动性高于 MV 模型，小于 EW

模型。

我们采用中国行业指数和非股票类上市 ETF，分别构建了 EW、MV、MDP、ERC 四种策略。回测结果表明，在中国市场进行大类资产配置时，ERC 组合具有较好的风险收益特征，夏普比率较高，回撤较低，波动处于 MV 组合和 EW 组合之间，是风格较为稳健的资产组合。以 2013 年 12 月至 2018 年 6 月为回测期，ERC 组合在 0.068 的波动性水平上能提供约 12.1% 的年化收益率。

在给定风险偏好的情况下，我们也可以采用目标波动性模型构建组合。根据回测结果，在 2013 年 12 月至 2018 年 6 月期间，目标波动性为 0.05 的组合实际波动性约为 0.067，年化收益率约为 12.3%，是较为理想的低风险投资组合。

但当资产数量过多，或资产波动较为一致时，ERC 模型分散风险的效果并不明显。因此综合交易成本等因素，行业指数类的股票资产，如行业型 ETF，以及债券、商品、海外指数 ETF 是较好的底层资产构成。

在未来研究中，也可以参照 FTSE 指数编制方案，采用世界各国市场指数作为底层资产，采用前述的风险分散策略进行全球指数配置。

附录

A1.ERC 模型计算检验

报告 1.2 节对各风险分散策略的表达式进行了介绍。其中，ERC 模型应满足 $RC_i = RC_j$ 。为了检验计算结果，我们参照 Leclerc et al. (2013) 的做法，计算各个调仓期的样本内 (in sample) ERC 权重，即采用相同的数据作为协方差估计窗口和回测区间，并采用样本内权重计算了回测区间内各资产的风险贡献 RC_i 。根据计算结果，我们绘制了图 A-1。

如图所示，回测期内各资产的样本内风险贡献率几乎相同，计算结果满足等风险贡献率的策略目标。

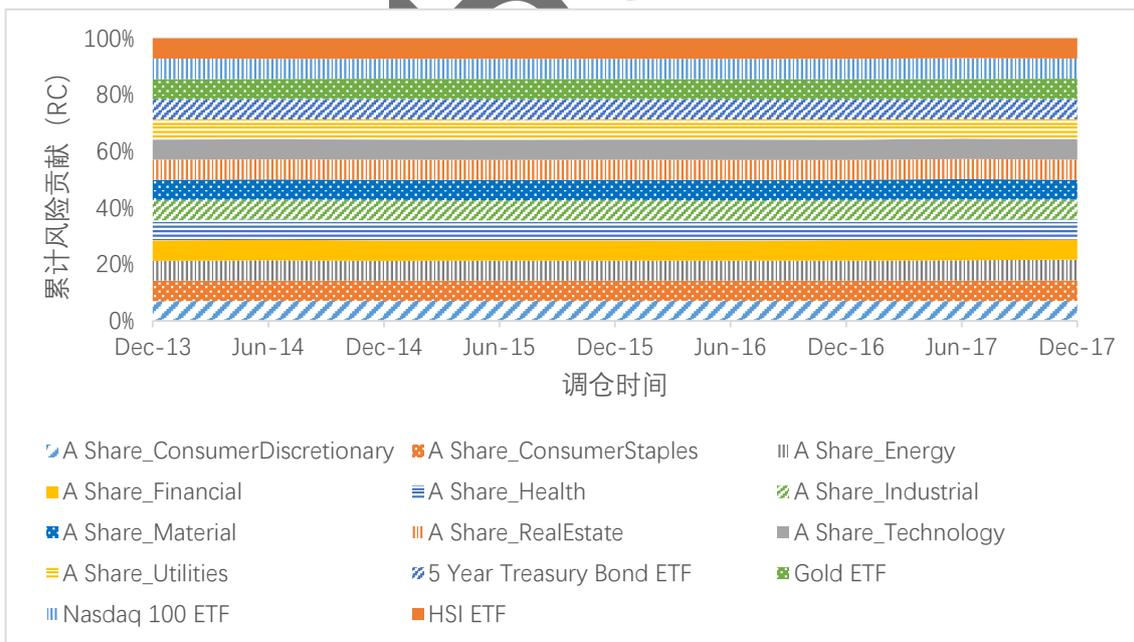


图 A-1 ERC 模型计算检验：资产样本内风险贡献

A2. 估计窗口检验

在正文中，我们将估计窗口定为 40 天。在本节，我们分别将估计窗口设为 20、30、40、50 和 60 天，求解各模型的权重，并对组合进行回测。回测区间、调仓时间与方式同 2.2 节。

如表 A-1 所示，可知：

1) 采用不同估计窗口时，MV 模型对协方差矩阵的估计结果更为敏感，组合的回测结果差异较明显；而 ERC 模型相对稳健；

2) 估计窗口改变时，ERC 模型的波动性仍处于 MV 模型和 EW 模型之间；

3) ERC 模型的年化收益率始终位于 11% 以上，夏普比率 (rf=1.5%) 始终大于 1.4，回测业绩较为理想。

表 A-1 不同估计窗口下的模型回测结果

	MV	MDP	ERC
Estimation window=20			
年化收益率	7.94%	10.28%	11.58%
年化波动性	0.039	0.060	0.069
Estimation window=30			
年化收益率	7.00%	10.60%	12.70%
年化波动性	0.035	0.058	0.071
Estimation window=40			
年化收益率	6.74%	10.17%	12.07%
年化波动性	0.034	0.056	0.068
Estimation window=50			
年化收益率	6.56%	10.03%	11.68%
年化波动性	0.032	0.054	0.068
Estimation window=60			
年化收益率	6.04%	9.53%	11.60%
年化波动性	0.032	0.054	0.069

如图 A-2 所示，采用不同长度的估计窗口，所得到的 ERC 组合业绩走势基本一致；在回测期内是风格稳健、业绩较好的投资组合。

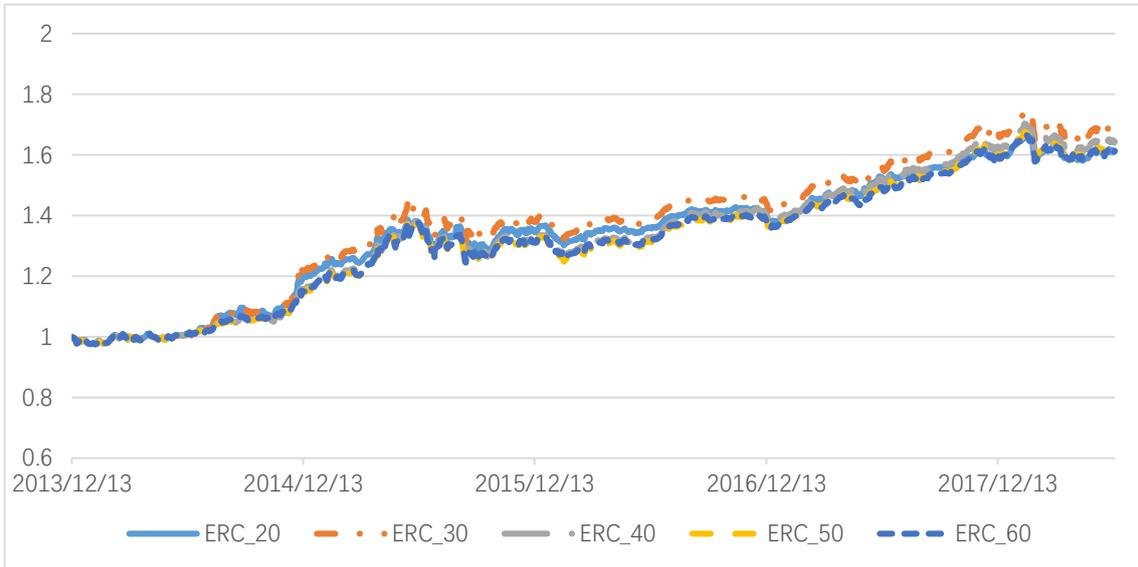


图 A-2 采用估计窗口构建的 ERC 组合业绩回测
(备注：回测起点为 1)

参考文献

- [1] Choueifaty Y, Coignard Y. Toward Maximum Diversification[J]. Journal of Portfolio Management, 2008, 35(1):40-51.
- [2] Demey P, Maillard S, Roncalli T. Risk-Based Indexation[J]. White Book by Lyxor, 2010.
- [3] DeMiguel, Victor, Garlappi, et al. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient is the 1/N Portfolio Strategy?[J]. Review of Financial Studies, 2009, 22(5):1915-1953.
- [4] Leclerc F, L'Her J F, Mouakhar T, et al. Industry-Based Alternative Equity Indices[J]. Financial Analysts Journal, 2013, 69(2):42-56.
- [5] Maillard S, Roncalli T, Teiletche J. On the Properties of Equally-Weighted Risk Contributions Portfolios[J]. Social Science Electronic Publishing, 2008, 36(4):60-70.
- [6] Markowitz H. Portfolio Selection[J]. Journal of Finance, 1952, 7(1):77-91.
- [7] Hitaj A, Zambruno G. Are Smart Beta strategies suitable for Hedge Funds portfolios?[J]. Review of Financial Economics, 2016, 29:37-51.
- [8] Richard J C , Roncalli T . Smart Beta: Managing Diversification of Minimum Variance Portfolios[M]// Risk-Based and Factor Investing. 2015.
- [9] BlackRock. Smart Beta Guide. 2015.
- [10] 中证指数有限公司. Smart Beta 策略报告. 2014.
- [11] 鑫苑房地产金融科技研究中心. 中国行业ETF市场概述与发行构想. 2018.
- [12] 卢贤义. 国内股票组合的适度规模为20只. 新财富, 2006, 10:25-26.

联系人: 高翔

邮箱: gaoxiang@pbcfsf.tsinghua.edu.cn
