

大类资产配置“全解析”专题研究之一： 风险平价性质深入探究

报告摘要：

本文在第一章中，首先简要地回顾了现代投资组合理论，展示了各个理论在不同历史阶段的发展进程。接着总结了市场上和学术界主流的资产配置方法，搭建了研究框架。明确了风险平价在理论框架中的位置。

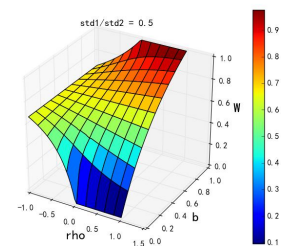
本文的第二章，介绍了评价风险度量指标的重要性质、四种业界常用风险度量、三种风险分配原理。重点介绍了应用最广的欧拉分配原理。从欧拉分配原理得出风险贡献的概念，并且总结归纳了四种风险度量的风险贡献数学表达式。同时，量化证明了不用方差作为风险平价模型中的风险度量的原因。最后，本章介绍了两种求解风险平价问题的算法，即二次规划法和牛顿法。通过对几组特殊情况的分析，探究模型性质。

本文第三章比较了风险平价、均值方差模型和 40/60 权重策略的优缺点。尤其是通过量化推导分析了 40/60 策略风险分散有限性的原因。

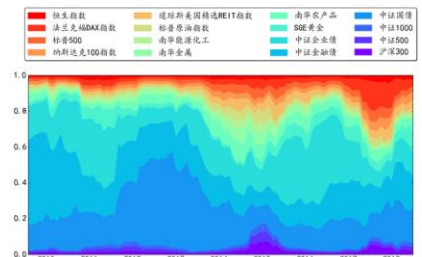
本文第四章进行了风险平价策略回测。第一组回测中，我们在权益，债券，商品和货币四类资产中选取了可以代表全市场的指数，进行回测。结果显示由于货币基金的低波动率，其占据了组合的绝大部分头寸，组合收益表现也与货币基金相似。在第二组回测中，我们剔除了货币基金。结果显示债券以其低波动率取代了货币基金在组合中的位置，但是组合的表现不如单个债券资产的表现好。在第三组回测中，我们通过变化计算协方差矩阵所用的回看周期，探究其对回测结果的影响。结果显示，回看周期对回测表现有显著影响。在第四组回测中，我们丰富细化资产类别，并且加入海外资产种类。结果显示，组合的表现是很稳健的。在第五组回测中，我们比较了风险平价策略和等权策略，发现两种策略特点明显，风险平价虽然在绝对收益上不如等权策略，但是无论是风险调整后的收益，还是风险控制方面都要强于等权策略。

综合来看，风险平价模型可能无法达到很多投资者的绝对预期收益，这主要是由该模型的性质决定的。但是，风险平价在风险调整后收益和风控上表现很好，尤其是当组合的资产种类多样化的时候。因此风险平价模型能够应对不同经济周期，实现“全天候”投资收益。

RP 资产权重变化



16 资产移动权重变化



相关报告

《大类资产配置(1): 短期长期风险度量和超额收益的边际效益递减》

2016-12-17

《大类资产配置(2): 应用极值理论和 Copula 实现动态资产配置》

2017-02-02

《大类资产配置(3): 超越“风险”平价》

2017-02-27

证券分析师：肖承志

执业证书编号：S0550518090001
021 2036 1264 xiaocz@nesc.cn

研究助理：孙凯歌

执业证书编号：S0550117100006

研究助理：徐忠亚

执业证书编号：S0550118080015

联系人：于润泽

执业证书编号：S0550118090018
021 2036 3215 yurz@nesc.cn

目 录

1. 现代投资理论	5
1.1. 历史发展	5
1.2. 资产配置方法框架	5
2. 风险预算	7
2.1. 风险度量	7
2.1.1. 一致性与凸性	8
2.1.2. 风险度量	8
2.2. 欧拉分配原理	9
2.3. 风险平价求解	11
2.3.1. 二次规划法	11
2.3.2. 牛顿法	11
2.4. 风险平价性质	12
2.4.1. 资产数量为 2, 资产 1 的风险贡献比率为 b	12
2.4.2. 资产数量为 n , 应用等权风险贡献	15
2.4.3. 性质总结	16
3. 配置方法比较	16
3.1. 风险平价 vs 均值方差	16
3.2. 风险平价 vs 40/60 策略	16
4. 指数回测	17
4.1. 回测第一组: 4 资产	17
4.2. 回测第二组: 3 资产	19
4.3. 回测第三组: 回看周期	20
4.4. 回测第四组: 16 资产	21
4.5. 回测第五组: 对比等权重策略	25
5. 展望	26
6. 总结	26

图 目 录

图 1: 资产配置方法分类.....	6
图 2: 风险的定义.....	7
图 3: 风险分配原理分类.....	9
图 4: 波动率比例为 0.5, RP 资产权重变化.....	13
图 5: 波动率比例为 0.95, RP 资产权重变化.....	13
图 6: 波动率比例为 2.1, RP 资产权重变化.....	13
图 7: 回测第一组移动权重变化.....	18
图 8: 回测第一组资金净值曲线.....	18
图 9: 回测第一组加权月收益率贡献变化.....	18
图 10: 回测第二组移动权重变化.....	19
图 11: 回测第二组资金净值曲线.....	19
图 12: 回测第二组加权月收益率贡献变化.....	20
图 13: 回测第三组资金净值曲线.....	21
图 14: 回测第四组各资产有效前沿.....	22
图 15: 回测第四组移动权重变化.....	23
图 16: 回测第四组加权月收益率贡献变化.....	23
图 17: 回测第四组资金净值曲线.....	24
图 18: 回测第五组资金净值曲线.....	25

表 目 录

表 1: 现代投资理论发展进程.....	5
表 2: 回测第一组指数选择	17
表 3: 回测第一组回测表现统计	18
表 4: 回测第二组指数选择	19
表 5: 回测第二组回测表现统计	20
表 6: 回测第三组回测表现统计	21
表 7: 回测第四组指数选择	22
表 8: 回测第四组回测表现统计	24
表 9: 回测第五组回测表现统计	25

1. 现代投资理论

1.1. 历史发展

在第一章中，我们先简要的回顾一下有关资产配置理论的历史。通过对历史发展的梳理，我们能更深刻地理解不同理论所处的时代背景，相互关系、优缺点以及改进方式。这对于我们搭建大类资产配置的方法框架有着很大的帮助。

表 1: 现代投资理论发展进程

时间	简介
1952 年	Markowitz 在他的论文中首次提出了有效投资组合的量化标准。投资者可以用预期收益率来刻画收益，用方差来刻画风险。有效投资组合是那些在既定风险下，预期收益率最大的投资组合，或者是那些在既定收益率下，风险最小的投资组合。而这些有效组合共同组成了有效前沿。
1956 年	Markowitz 通过引入含有风险厌恶系数的二次效用函数，将原来的非线性优化问题转化为二次最优化问题。
1958 年	Tobin 将无风险资产引入到投资组合理论中，有效前沿变成一条直线。投资者们会投资唯一的市场风险组合，并且只需要通过调整市场风险组合和无风险资产的权重达到预期的收益和风险要求。这也是著名的“两资金分离定律”。
1964 年	Sharpe 等人完善了资产定价模型 CAPM，展示了资产溢价和资产的市场风险 Beta 之间的线性关系。
1992 年	高盛的 Black 和 Litterman 为了解决均值方差模型在实际应用中的各种问题，比如说预期收益估计困难、对于输入参数敏感等问题，应用贝叶斯定理，提出了 BL 模型。并且将投资经理的主观看法加入到资产分配的策略中。
1996 年	达里奥的桥水对冲基金建立第一个以“风险平价”为理念的基金，即“全天候”基金，并且取得了不俗的表现。
2005 年	Edward Qian 首次在他的论文中提出“风险平价”这个词汇。并且丰富发展相关理论和框架。
2008 年	金融危机下“风险平价”对冲基金都取得了不俗的表现。该策略收到大量业界从业人员的追捧与研究。

数据来源：东北证券

1.2. 资产配置方法框架

资产配置方法随着现代投资组合理论的完善而越加丰富，其分类方法也多种多样。本文主要将资产配置方法分为三个类别，即权重预算（weight budgeting），风险预算（risk budgeting）和收益预算（performance budgeting）。虽然最终都是对资产配置权重的计算，但是每一个类别代表者考虑问题的出发点不同，或者说要解决问题的核心矛盾不同。配置方法的具体分类可见下图。

图 1：资产配置方法分类



数据来源：东北证券

权重预算在投资组合管理的历史初期应用比较多。像我们所熟悉的等权分配（Equal Weight）和 40/60 分配策略（即将 40% 的资金量分配到债券类资产，将 60% 的资金量分配给股票类资产）都属于权重预算方法。这类资产分配方法的优点在于简单好用，在一定程度上达到了投资经理们分散风险的目的。缺点在于这类分配方法比较主观，而且风险分散的效果有限，因为整个组合的风险主要来自于风险高的资产，譬如说股票。所以当股票行情不好的时候，债券类资产也无法很好地对冲股票的风险，我们会在介绍了“风险贡献”这个概念之后做出量化解释。

收益预算则是对投资组合的收益率或者风险调整后的收益率，如夏普比率等，做出一个收益贡献的分配或者追求整个组合的收益率最大化。比如说一个投资经理的目标收益率是 20%，并且他希望组合里的两个资产能够提供等权的收益贡献，即每个资产提供 10% 的收益率，则他会通过对每个资产以加减杠杆的方式去实现目标收益贡献。人们熟知的均值方差模型也属于这个大类，因为均值方差模型的本质其实就是最大化夏普比率。还有凯利（Kelly）法则，即投资组合最大化预期对数收益率，也在这个分类中。

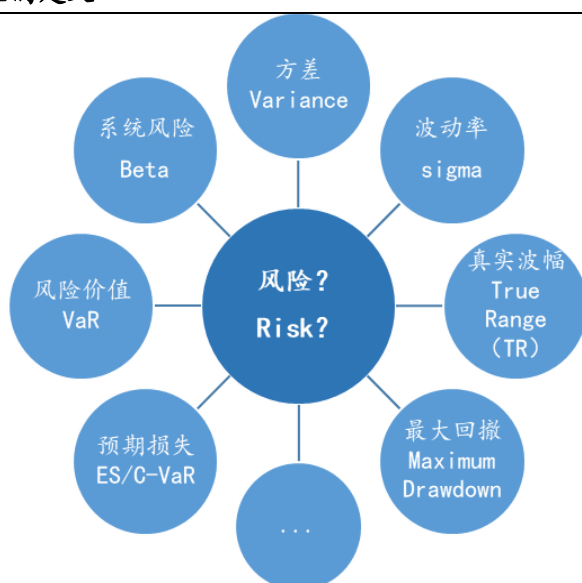
风险管控中，最为著名的就是风险平价，最早是由 Edward Qian 于 2005 年提出的概念并且系统地介绍了其方法理论。其实早在 1996 年，桥水公司就发布了第一支应用了风险平价原则的投资产品，即人们熟知的“全天候”基金。此后随着桥水公司等大型基金公司对于风险平价理论在市场上的成功应用，风险平价被众多业界投资者所追捧。这也是本文要重点研究的资产配置方法。有人把波动率倒数也归类到风险平价方法中，并且称其为“朴素风险平价”。但是其本质并没有用到平价的思想，只是简单地通过资产的波动率调仓而言，并且没有利用到资产之间的相关性。因此在我们的分类框架中，把波动率倒数仅视为风险预算方法之一，与风险平价策略并列。

2. 风险预算

2.1. 风险度量

既然要研究风险平价模型。首先我们要定义什么是“风险”以及如何量化风险，即风险的度量问题。人们对于风险的定义不尽相同。有些人认为只有发生损失的时候才是风险，在发生盈利的时候称作机会。在维基百科中，风险的定义是发生价值盈利或者损失的潜在可能性。这个文字性的定义还是比较客观中立的。那么如何量化风险呢？

图 2: 风险的定义



数据来源：东北证券

在研究领域中，Markowitz（1952）将风险量化为方差，并且提出了著名的均值方差模型，从而奠定了现代投资组合理论的基础。在资产定价模型 CAPM 中，Beta 用来描述证券的系统性风险或市场风险，在数学上的定义即协方差和方差的比值。

在投资交易领域中，一些交易员将最高价与最低价的差值，或者其衍生的组合形式作为风险指标，并且通过这些指标的变化调整资产的仓位。最著名的例子应该是海龟交易法则中对于真实波幅（True Range）的定义及其应用了。不少基金投资经理很看重最大回撤，并且将它作为风险指标之一，原因在于他们要面临基金赎回的压力。

在金融监管和资本配置领域中，有学者提出了风险价值（Value-at-Risk）的概念，并且在全球的金融监管法律合规中得到广泛应用。为了弥补 VaR 无法提供平均最大损失这个缺陷，学者们又提出了预期损失（Expected Shortfall）这个概念，也有叫做 C-VaR（Conditional-VaR）的，并且可能会在不久的将来取代 VaR 在金融监管中的位置。无论是 VaR 还是 ES 目的都是在刻画金融资产尾部风险特征，即金融资产的肥尾效应。

2.1.1. 一致性与凸性

那么，在资产组合理论中，如何评价一个风险量化指标是“好”的风险度量呢？

Artzner (1999) 提出一个风险度量需要满足“一致性”(Coherency)。它的定义是如果它满足以下几个性质，则称这个风险度量满足一致性：

(1) 次可加性

$$R(x_1 + x_2) \leq R(x_1) + R(x_2)$$

即一个投资组合的风险度量要小于组合中各资产单独的风险度量之和。这个性质可以解释投资组合风险分散的效果。

(2) 同质性

$$\text{if } \lambda \geq 0, \quad R(\lambda x) = \lambda R(x)$$

即如果对一个投资组合增加或者减小杠杆，则它的风险度量会等程度地增加或者减小。

(3) 单调性

$$\text{if } x_1 > x_2, \quad \text{then } R(x_1) \geq R(x_2)$$

即如果一个资产的收益率高于另一个资产，那么它的风险度量也要高于另一个资产。

(4) 转换不变性

$$\text{if } m \in R, \quad \text{then } R(x + m) = R(x) - m$$

即如果一个投资组合中增加现金头寸 m ，那么它的风险度量会减少 m 。

Schied (2002) 提出，在以上四条性质中，第一条的次可加性和第二条的同质性可以被一个相对弱化的性质取代，即凸性。

(5) 凸性

$$R(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \leq \lambda R(x_1) + (1 - \lambda)R(x_2)$$

凸性结合了次可加性和同质性，体现了投资组合中风险分散的性质。

更重要的是一致性和凸性保证了我们在求解凸性优化问题时能够得到唯一的满足风险目标贡献的资产权重，即优化问题有唯一解。这也是我们在此讨论风险度量性质的重要意义所在。

2.1.2. 风险度量

在风险平价理论中，学者们先后提出了以下几种风险度量的指标

(1) 波动率

$$R(x) = \sigma(x)$$

(2) 标准化波动率

$$R(x) = -\mu(x) + c \cdot \sigma(x)$$

即将波动率乘以一个大于 0 的因子 c ，再减去投资组合的预期收益率。值得注意的是这个过程是将波动率做了一个标准化处理，而不是对资产的收益率做标准化处

理。此外，一般投资经理都会追求正的预期收益率，这样会很大程度上减小风险度量值。因此在实务操作中，人们往往省略预期收益率这一项。

(3) 风险价值 (Value-at-Risk)

$$R(x) = VaR_{\alpha}(x) = \inf\{\ell : \Pr\{L(x) \leq \ell\} \geq \alpha\}$$

即损益分布在置信水平 α 下的分位数。

(4) 期望损失 (Expected Shortfall)

$$R(x) = ES_{\alpha}(x) = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 VaR_u(x) du = E[L(x) \geq VaR_{\alpha}(x)]$$

即在置信水平大于或等于 α 的 VaR 的均值。

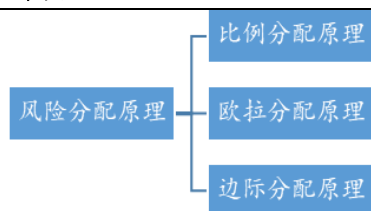
在以上四个风险度量值中，标准化波动率和 ES 满足之前描述过的一致性和凸性。根据 Roncalli (2014)，VaR 在一般情况下不满足次可加性，只有在资产收益率服从正态分布时，才满足一致性和凸性。波动率不满足转换不变性，但是由于转换不变性的概念是银行系统为了计算资本金要求时提出的，所以业界一般认为波动率也具有的一致性和凸性。

选择对这四种风险度量进行描述，主要是因为：1. 这四种风险度量满足欧拉定理，从而提供了应用风险平价理论的可能性。有读者会发现我们并没有提及方差作为风险度量指标，原因就是因为它并不满足欧拉定理，所以无法在风险平价的理论框架下应用。2. 它们基本满足一致性和凸性，从而保证后面求解风险平价优化问题时具有唯一解。

2.2. 欧拉分配原理

Litterman (1996) 提出了“风险分配”和“风险贡献”的概念。不同学者们不断地提出对于风险贡献的理解、定义以及分配原则。这些分配原理主要应用在保险行业，用来计算各个业务线应该承担的风险资本金，即成本，从而影响每个业务线的表现评估，并且对拓展新的业务和收缩不佳的业务具有指导意义。虽然这些原理主要应用在保险行业，但是对投资组合管理中资产分配也有启发作用。

图 3: 风险分配原理分类



数据来源：东北证券

比例分配原理指的是由于资产组合的风险分散效果，每一个业务线的风险资本金都会得到相同比例的减少。比如说一个业务需要 30 万资本金，另一个业务需要 20 万资本金，但是由于风险分散，整个集团只需要 40 万的资本金。那么第一个业务只需要承担 24 万风险成本计算，另一个业务只需要承担 16 万的风险成本计算。

边际分配原理中，边际风险贡献指的是增加一个新的业务线所带来了资本金的增加，则这个边际风险贡献值就是该业务线所应该承担的风险成本。它和欧拉分配原理的区别在于，欧拉原理研究的是风险度量对于权重的敏感性，而边际分配研究的是风险对于整个业务的敏感性。

在这些分配原理中，欧拉分配原理是接受度最高、应用面最广的分配原理。并且 Kalkbrenner (2005) 说明了欧拉分配原理是在众多风险分配方法中唯一一个能够满足风险分散原理的方法。Tasche (2008) 提出了风险贡献的两个性质：

- (1) 全部分配性，即所有单个资产的风险贡献之和等于整个投资组合的风险度量。

$$\sum_{i=1}^n R(x_i | x) = R(x)$$

- (2) 强化性，即如果一个组合中的资产的风险调整后表现 (RAPM – Risk Adjusted Performance Measure) 强于投资组合的表现，那么再增加一定比例该资产所形成的新投资组合的表现也要强于原先组合的表现。

$$RAPM(x_i | x) > RAPM(x) \Rightarrow RAPM(x + hx_i) > RAPM(x)$$

并且 Tasche (2008) 证明了根据以上两条性质，风险贡献值可以被唯一确定为

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

欧拉分配原理可以定义为

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

该分配原理是整个风险平价模型的核心理论基础。值得注意的是并不是所有的风险度量方式都能满足欧拉分配原理，即便它们满足一致性和凸性。如果我们定义风险度量指标为投资组合的方差，则该风险度量不满足欧拉分配原理。这是我们之前并没有将方差作为风险度量指标的原因。通过如下的证明，可以看出单个资产贡献之和等于组合风险度量的两倍。

$$R(x) = \text{var}(x) = x^T \Sigma x$$

$$\sum_{i=1}^n RC_i = \sum_{i=1}^n x_i (2 \Sigma x)_i = 2 x^T \Sigma x = 2 \text{var}(x) = 2 R(x) > R(x)$$

针对上文所描述的四种风险度量方式，它们各自的风险贡献的定义如下

- (1) 波动率

$$RC_i = x_i \cdot \frac{(\Sigma x)_i}{\sqrt{x^T \Sigma x}} = \frac{x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} x_i x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}{\sigma(x)}$$

- (2) 标准化波动率

$$RC_i = x_i (-\mu_i + c \cdot \frac{(\Sigma x)_i}{\sqrt{x^T \Sigma x}})$$

(3) 风险价值 (VaR)

$$RC_i = E[L_i | L(x) = VaR_\alpha(L)]$$

(4) 期望损失 (ES)

$$RC_i = E[L_i | L(x) \geq VaR_\alpha(L)]$$

在本文的研究中，出于以下几点考虑，我们将波动率作为风险度量指标。一方面，像前文所解释的，预期收益率代表着投资经理的主观预测，往往投资经理会选择预期收益率为正的资产去构建投资组合，这会大大减少对风险的度量，所以实务操作过程中，人们会忽略均值项。另一方面，主流计算 VaR 和 ES 的方法是参数估计法，也就是用参数模型去拟合出资产的损益分布，然后再确定 VaR 和 ES。但是在这个过程中，往往会对分布做出大量假设，而且对于不同类别资产的定价模型要求也比较高。如果达不到这些前提假设，用蒙特卡洛模拟跑出的结果也不会理想。综合以上考虑，本文仅用波动率作为风险度量。

2.3. 风险平价求解

2.3.1. 二次规划法

在求解风险平价下资产权重的过程中，往往无法推导出解析解，因此在业界人们会用数值算法求解优化问题。Roncalli 等 (2010) 提出可以将求解过程转为以下二次规划问题，可以附带线性限制条件。并且证明了解的唯一性，具体可以参考其论文。

$$x^* = \arg \min f(x)$$

$$u.c. 1^T x = 1 \text{ and } 0 \leq x \leq 1$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i (\Sigma x)_i - x_j (\Sigma x)_j)^2$$

可以看出 $f(x)$ 是各个资产风险贡献差值平方和。最优的权重将使得该误差平方和最小。在限制条件中，本文暂且研究只能做多且不带杠杆的情形。

2.3.2. 牛顿法

二次规划问题求解速度慢，并且由于二次规划问题中的目标函数不是严格意义上凸函数，所以求解的过程比较依赖初始点的选择。求出的结果很可能只是算出来的局部最优解。Chaves 等 (2012) 提出了两种新的算法，一种是牛顿法，另一种是幂法。前者相比后者而言，能保证收敛，并且计算时间也更加高效，因此作者更加推荐牛顿法。这里我们也只介绍第一种方法。

利用泰勒展开公式，我们可以得到线性估计如下

$$F(y) \approx F(c) + J(c)(y - c), \text{ 其中 } J(c) \text{ 是雅可比矩阵}$$

令 $F(y) = 0$ 可以得到解

$$y = c - [J(c)]^{-1} F(c)$$

通过上式的迭代，我们可以得到下式。

$$y^{n+1} = y^n - [J(y^n)]^{-1} F(y^n)$$

在我们的问题中，风险平价关系可以表示为

$$x_i \frac{\partial \sigma(x)}{\partial x_i} = x_j \frac{\partial \sigma(x)}{\partial x_j} = \lambda \Rightarrow \Sigma x = \lambda \frac{1}{x}, \text{ 其中 } \lambda \text{ 是 } (0, 1) \text{ 间的常数}$$

加上限制条件后，可以表示为

$$F(y) = F(x, \lambda) = \begin{bmatrix} \Sigma x - \lambda \frac{1}{x} \\ \sum_{i=1}^n x_i - 1 \end{bmatrix} = 0$$

同时雅可比矩阵可以表示为

$$J(y) = J(x, \lambda) = \begin{bmatrix} \Sigma + \lambda \cdot \text{diag}(\frac{1}{x^2}) & -\frac{1}{x} \\ t^T & 0 \end{bmatrix}, \text{ 其中 } t \text{ 是元素为 } 1, \text{ 长度是 } N \text{ 的数组}$$

迭代求解过程如下

(1) 设置初始值 $y^0 = \begin{bmatrix} x^0 \\ \lambda^0 \end{bmatrix}$ ，其中 x^0 是权重初始值。

(2) 根据上面的公式，依次计算 $F(y^n), J(y^n), y^{n+1}$

(3) 如果 y^{n+1} 和 y^n 的差值的模小于设定的容忍度，则停止迭代，否则重复

第二步

牛顿法省去了复杂的优化求解过程，直接通过线性代数进行估计，该方法简单、高效、准确。随着资产种类的增加，这种优势体现得格外明显。我们在做 4 种资产的风险平价回测时，两种方法并没有太显著的差异，或者说二次规划算法用的时间我们还是可以接受的。当我们在做 16 种资产的风险平价回测时，牛顿法在很短的时间内就可以给我们准确的权重解。

但是，牛顿法也有它的缺点，譬如整个过程中无法添加不等式限制条件，比如说不能做空，不能加杠杆等限制。如果得出异常解，只能通过重新设置初始值，重新求解的方式进行弥补。

2.4. 风险平价性质

通过上文的分析，我们选择了波动率作为风险度量，并且根据欧拉定理确定了风险贡献的计算公式。在这个部分，我们会通过讨论以下几个特例，从而深入理解风险平价模型的性质。

2.4.1. 资产数量为 2，资产 1 的风险贡献比率为 b

Roncalli 向我们展示了权重的最优解为

$$x_1 = \frac{(b - \frac{1}{2})\rho\sigma_1\sigma_2 - b\sigma_2^2 + \sigma_1\sigma_2\sqrt{(b - \frac{1}{2})^2\rho^2 + b(1-b)}}{(1-b)\sigma_1^2 - b\sigma_2^2 + 2(b - \frac{1}{2})\rho\sigma_1\sigma_2}$$

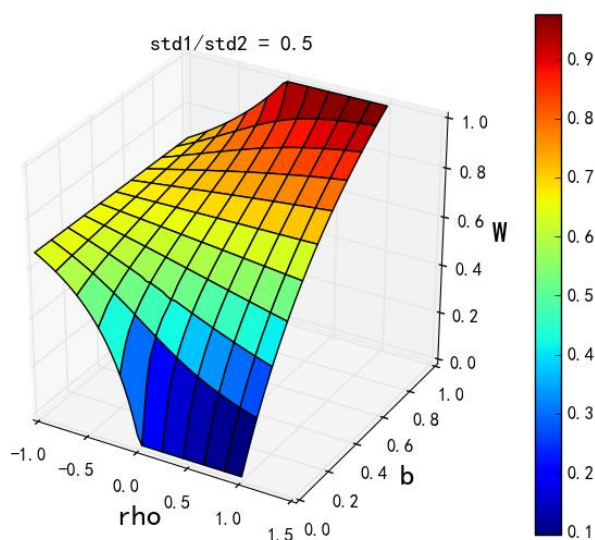
$$\text{其中 } b_i = \frac{RC_i}{RC}, \text{ 有 } \sum_{i=1}^n b_i = 1$$

可以看出，这个权重解的表达式已经足够复杂。输入的参数分别有风险贡献比率 b ，

相关系数 ρ ，波动率 σ_1, σ_2 或者说波动率之间的比例 $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ 。下面我们会通过控制变

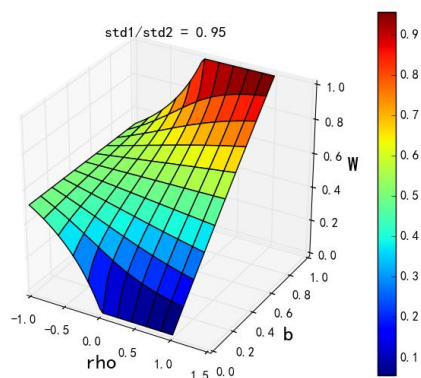
量来观察这些参数对权重的影响。

图 4: 波动率比例为 0.5, RP 资产权重变化



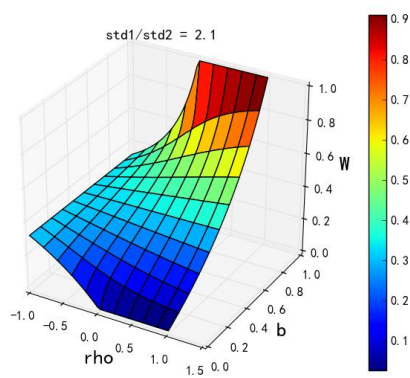
数据来源：东北证券

图 5: 波动率比例为 0.95, RP 资产权重变化



数据来源：东北证券

图 6: 波动率比例为 2.1, RP 资产权重变化



数据来源：东北证券

我们假设资产 2 的波动率是 0.1，资产 1 的波动率分别是资产 2 的 0.5 倍，0.95 倍，2.1 倍，相关系数从 -1 变化到 1，资产 1 的风险贡献权重从 0 变化到 1。我们可以观察到风险平价框架下资产 1 的资产权重的变化过程，如上图所示，并且可以得到以下结论：

(1) 与风险贡献 b 的关系

权重与风险贡献值呈现正相关性，即风险贡献值越高，则权重越高

(2) 与波动率比例 $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ 的关系

权重与波动比例负相关，即资产自身波动率相对于其他资产越高，则其资产权重越低

(3) 与相关系数的关系

- a. 当风险贡献 $b < \frac{1}{2}$ 时，权重与相关系数负相关
- b. 当风险贡献 $b = \frac{1}{2}$ 时，权重与相关系数无关
- c. 当风险贡献 $b > \frac{1}{2}$ 时，权重与相关系数正相关

我们可以理解为，当一个资产的目标风险贡献很高，并且与另一个资产的相关性也很高的时候，该资产会逐步取代另一个资产。

(4) 权重对输入参数不敏感

整个权重变化的曲面是比较平滑的。尤其是在中心区域，即现实资产最常见的情况下，曲面更加平滑，变化的幅度更小，这可以说明风险平价模型对于输入的参数不是很敏感。因为我们很难在现实资产中找到相关信息为 1 或者 -1 这种情况，所以这个性质在现实应用中具有重要意义。并且，这也是风险平价模型相比均值方差模型最重要的一个优势了。

(5) 几种特殊情况

- a. 当 $b=0.5$ 时，权重是一条直线，与相关性无关，随着波动率比率上升而下降。此时权重表达式如下

$$x_1 = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}$$

- b. 当 $b=0$ 时，权重可以表达为下式。可以看出当 ρ 大于等于 0 的时候，权重是 0，但是当 ρ 小于 0 的时候，资产 1 的权重有两个解，一个是 0 解，另一个是非 0 解。显然非 0 解不是我们设置 b 为 0 时想要得到的答案。这也是为什么我们在求解风险平价问题时，会限制 b 要严格大于 0 的原因。如果想要设置其风险贡献为 0，可以直接将资产从资产池中剔除，然后再进行求解。

$$x_1 = \frac{|\rho| - \rho}{2(\frac{\sigma_1}{\sigma_2} - \rho)}$$

c. 当 $b=1$ 时, 且 ρ 大于等于 0 时, 我们能够得到唯一解 1。但是当 ρ 小于 0 时, 我们也会面临双解的问题, 所以 b 的限制条件要严格小于 1。

d. $\rho=0$ 时, 权重表达式如下。则权重与 b 正相关, 与波动率比率负相关。

$$x_1 = \frac{1}{\frac{\sigma_1}{\sigma_2} \sqrt{\frac{1}{b} - 1} + 1}$$

e. $\rho=1$ 时, 权重表达式如下, 则权重与 b 无关。

$$x_1 = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}$$

2.4.2. 资产数量为 n , 应用等权风险贡献

该特例应该是实际操作中应用面最广的情况了。其风险贡献表达式为

$$RC_i = \frac{x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} x_i x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}{\sigma(x)}$$

但是由于公式的复杂性, 我们已经无法在求解优化的过程中得到解析表达式了。因此我们对以下几种特殊假设进行进一步分析。我们之所以可以做出这些特殊假设是基于风险平价模型对于参数的不敏感优势。

(1) 当资产间的相关性都相同的时候, 即相关性矩阵保持不变, 则权重表达为

$$x_i = \frac{\sigma_i^{-1}}{\sum_{j=1}^n \sigma_j^{-1}}$$

此时, 权重与相关性无关, 与自身的波动率负相关。

(2) 当资产的波动率都相同的时候, 我们需要引入 RC 与 Beta 之间的关系表达式。

Beta 值的概念是从 CAPM 理论中提出的, 它描述了一个资产对于系统性风险或者说是市场风险的敏感度。Beta 值越大说明该资产对市场越敏感。它的数学定义为

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(R_i, R(x))}{\text{var}(x)} = \frac{(\Sigma x)_i}{\sigma^2(x)}$$

如上文所示, 当风险度量定义为波动率时, 风险贡献定义为

$$RC_i = x_i \cdot \frac{(\Sigma x)_i}{\sqrt{x^T \Sigma x}}$$

所以 β 与风险贡献之间的关系可以刻画为

$$RC_i = x_i \sigma(x) \beta_i$$

在风险平价下

$$\frac{RC_i}{b_i} = \frac{RC_j}{b_j} \Rightarrow b_j x_i \beta_i = b_i x_j \beta_j$$

最终可以推导出权重表达式

$$x_i = \frac{b_i \beta_i^{-1}}{\sum_{j=1}^n b_j \beta_j^{-1}}$$

如果等权风险平价，即 $b_i = \frac{1}{n}$ ，则 $x_i \beta_i = x_j \beta_j$ ，最终可以推出表达式

$$x_i = \frac{1}{n \beta_i}$$

2.4.3. 性质总结

通过上述分析，我们可以发现最终的资产权重在很多情况下都与资产之间的相关性无关，而是与资产自身的波动率呈现反比关系。这个性质对后面的实证分析提供了理论基础与解释。

3. 配置方法比较

在深入了解了风险平价模型的定义和各种性质之后，我们再来看看它和其他资产配置方法的优缺点，就显得相对轻松了。以下是不同方法之间的优缺点比较。

3.1. 风险平价 vs 均值方差

风险平价相比于均值方差模型有以下几个优点。第一，该模型不借助于求解效用方程最大值。免去了对效用方程中风险厌恶系数的估计。第二，该模型不依赖于投资组合的预期收益率。预期收益率是很难被准确估计的，往往需要结合宏观经济变量和资产的金融变量，而且还存在模型误差。第三，均值方差模型对于输入参数极为敏感。即便输入参数被相对准确地估计出来，但是在整个过程中，一点点的模型所带来的误差，也会使得结果千差万别。而风险平价模型则相对稳定。

但是无论是风险平价模型，还是均值方差模型都需要对协方差进行估计。使用历史数据去估计协方差相对简单，但是它有一个很重要的前提假设就是所以资产都是同时被定价的。如果我们投资海外资产，显然这个假设就无法成立。Hayashi 和 Yoshida (2005) 提出了对这个问题的修正方案。历史协方差矩阵的另一个假设是资产的方差是不变的，关于这个问题可以应用 GARCH 模型对其进行修正。但是这都增加了模型的复杂度，暂且不列入到本文的研究范围内。

3.2. 风险平价 vs 40/60 策略

我们现在来看一下 40/60 权重预算策略的风险贡献情况，假设股票的波动率是债券的三倍。根据之前得到的风险贡献值的公式，我们有以下推导

$$x_s = 0.6 \text{ and } x_b = 0.4 \text{ and } \sigma_s = 3\sigma_b$$

$$\frac{RC_s}{RC_b} = \frac{x_s^2 \sigma_s^2 + x_s x_b \rho \sigma_s \sigma_b}{x_b^2 \sigma_b^2 + x_s x_b \rho \sigma_s \sigma_b} = \frac{36 + 18\rho}{4 + 18\rho}$$

如果 $\rho = 1$ ，股票的风险贡献是债券的 2.5 倍。

如果 $\rho = 0$ ，股票的风险贡献是债券的 9 倍。

如果 $\rho = -1$ ，债券的风险贡献是负值，说明股票带给组合超额风险。

通过以上分析，我们可以很明显地看出，在 40/60 的权重策略中，虽然股票的资产权重是债券的 1.5 倍，但是它所带来的风险远远高于这个比例，或者说股票主导了整个组合的风险。整个组合基本上就等同于投资股票，所以该配置策略并没有起到足够的风险分散的效果。

4. 指数回测

我们通常用指数的走势来刻画大类资产的变化情况。在第一组回测中，我们在权益、债券、商品和货币四类资产类别中选取了可以代表全市场的指数，进行回测。在第二组回测中，我们剔除了货币基金，因为我们发现它占的头寸最多，但是收益贡献却很有限，进而试图研究货币基金对于整个投资组合的作用。在第三组回测中，我们通过变化计算协方差矩阵所用的回看期，探究其对策略回测结果的影响。在第四组回测中，我们尽可能地丰富资产类别，并且加入了海外资产种类，最大化投资组合风险分散的效用。在第五组回测中，我们比较了风险平价策略和等权策略。

4.1. 回测第一组：4 资产

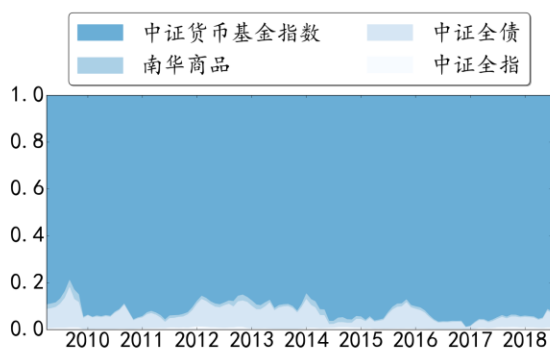
在第一组回测中，我们覆盖了国内市场上四种资产类别，分别是权益、债券、商品、货币基金。每一种类别，我们选取的指数基本上都能代表整个市场的表现。由于国内房地产金融产品投资标的选择有限，目前只有一只公募基金可以投资 REITs，鹏华前海万科 REITs (184801.OF)，而且国内也没有一个比较权威的 REITs 指数可供跟踪，因此我们暂且不把房地产作为研究类别之一。回测的时间是从 2009 年 5 月到 2018 年 7 月。计算协方差矩阵时选取的回看周期是一年。比如说，计算 2008 年 5 月至 2009 年 4 月的协方差矩阵，将此作为风险平价的输入参数，得到风险平价后的权重，然后以此权重配比 2009 年 5 月份的资产，下个月再进行相似的调仓操作，并且以此滚动循环。

表 2: 回测第一组指数选择

资产属性	指数	指数代码
权益	中证全指	000985.CSI
债券	中证全债	H11001.CSI
商品	南华商品指数	NH0100.NHF
货币	中证货币基金指数	H11025.CSI

数据来源：东北证券，Wind

图 7: 回测第一组移动权重变化



数据来源：东北证券，Wind

图 8: 回测第一组资金净值曲线



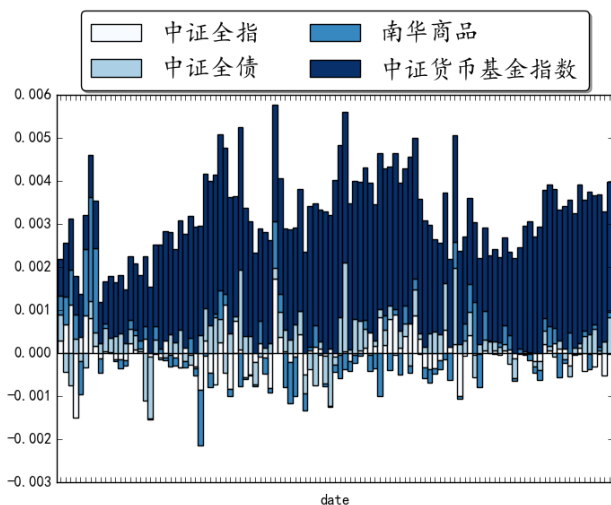
数据来源：东北证券，Wind

表 3: 回测第一组回测表现统计

开始日期	5/31/2009				
结束日期	7/31/2018				
资产名称	RP	中证全指	中证全债	南华商品指数	中证货币基金指数
总回报率	36.68%	42.96%	43.49%	25.47%	35.93%
年化回报率	3.47%	3.97%	4.02%	2.50%	3.40%
年回报率均值	3.35%	3.15%	4.25%	1.68%	3.38%
年波动率	0.93%	23.42%	3.94%	21.68%	0.89%
Yearly Sharpe	3.61	0.13	1.08	0.08	3.78
Yearly Sortino	inf	0.31	11.77	0.21	inf
Calmar Ratio	inf	0.09	1.06	0.05	inf
最大回撤	0.00%	-42.44%	-3.77%	-49.66%	0.00%
平均回撤	-	-31.95%	-1.37%	-16.22%	-

数据来源：东北证券，Wind

图 9: 回测第一组加权月收益率贡献变化



数据来源：东北证券，Wind

从以上图表可以看出

- (1) 在资产权重中，货币基金权重高达 80%-90%，这主要是由于货币基金超级低的波动率导致的。回顾前文我们在讨论模型性质的时候，权重是和波动率成反比的，尤其是在其他资产波动率都较高的情况下。所以在风险平价框架下，组合基本上“复制”了货币基金资产。
- (2) 从表现上来看，RP 的年化回报率次于股票和债券。股票在这回测的 10 年间大起大伏，导致了年化回报率也并没有比组合高太多。相反，以夏普比例为代表的风险调整后收益以及最大回撤，RP 和货币基金一样都表现很好。这充分体现出了 RP 风险控制的特点。
- (3) 从月收益率贡献来看，主要还是货币基金贡献最多，但是在某些时间点，虽然其他资产资产权重很低，但是有着不错的收益贡献。

4.2. 回测第二组：3 资产

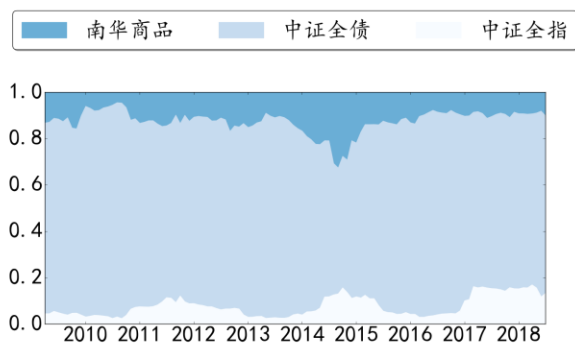
从第一组回测中，我们可以看出 RP 组合基本复制了货币基金的表现。因此在第二组回测中，我们将货币基金从组合中剔除，观察 RP 组合的表现。

表 4: 回测第二组指数选择

资产属性	指数	指数代码
权益	中证全指	000985.CSI
债券	中证全债	H11001.CSI
商品	南华商品指数	NH0100.NHF

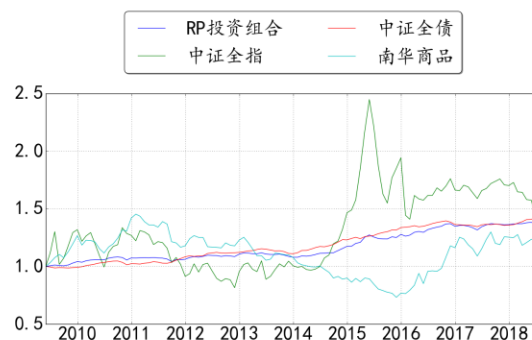
数据来源：东北证券，Wind

图 10: 回测第二组移动权重变化



数据来源：东北证券，Wind

图 11: 回测第二组资金净值曲线



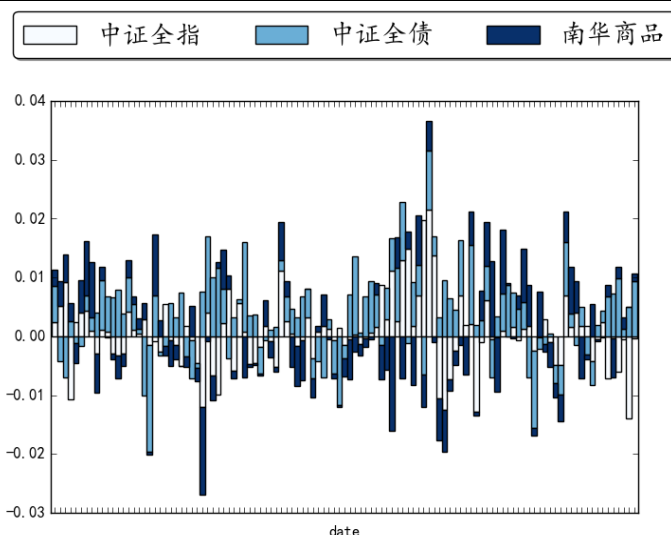
数据来源：东北证券，Wind

表 5: 回测第二组回测表现统计

开始日期	5/31/2009				
结束日期	7/31/2018				
资产名称	RP1	RP2	中证全指	中证全债	南华商品指数
总回报率	36.68%	38.45%	42.96%	43.49%	25.47%
年化回报率	3.47%	3.61%	3.97%	4.02%	2.50%
年回报率均值	3.35%	3.27%	3.15%	4.25%	1.68%
年波动率	0.93%	3.96%	23.42%	3.94%	21.68%
Yearly Sharpe	3.61	0.83	0.13	1.08	0.08
Yearly Sortino	inf	3.92	0.31	11.77	0.21
Calmar Ratio	inf	0.90	0.09	1.06	0.05
最大回撤	0.00%	-3.99%	-42.44%	-3.77%	-49.66%
平均回撤	-	-1.54%	-31.95%	-1.37%	-16.22%

数据来源：东北证券，Wind

图 12: 回测第二组加权月收益率贡献变化



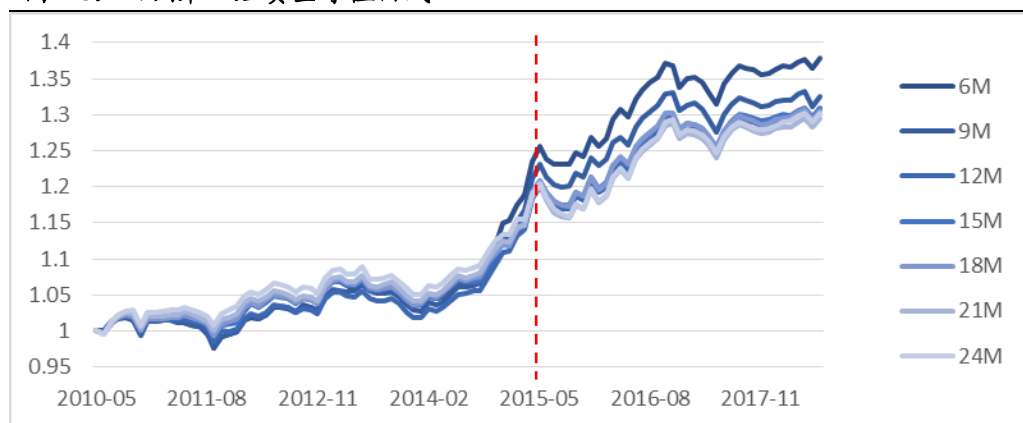
数据来源：东北证券，Wind

从以上图表可以看出，债券以其低波动率的性质取代了第一组货币基金的位置。第二组的回测表现在收益和风险上都要高于第一组。值得注意的是，债券自身的收益率高于组合，而且风险小于组合。所以在这段回测时期内与其用风险平价构建的组合，不如直接投资债券。

4.3. 回测第三组：回看周期

以上两组在计算协方差矩阵的时候使用的过去 12 个月的数据。这个回看周期会影响单个资产的方差的计算和资产间相关系数的计算。理论上讲，资产的波动率是具有自相关性的。离调仓时间越近的数据，对当前的权重变化指导意义越大。但是用更长的时间去刻画资产的波动率和资产间的相关性，则更加稳定。在接下来的分析中，我们使用与第二组相同的 3 种大类资产，并且将回看周期从 6 个月逐步调整到 24 个月，从而探究回看周期对于风险平价策略的影响。

图 13: 回测第三组资金净值曲线



数据来源: 东北证券, Wind

表 6: 回测第三组回测表现统计

开始日期	5/1/2010						
结束日期	7/1/2018						
回看周期	6M	9M	12M	15M	18M	21M	24M
总回报率	37.81%	32.55%	30.71%	30.95%	30.67%	29.53%	30.22%
年化回报率	4.00%	3.51%	3.33%	3.35%	3.33%	3.22%	3.28%
年回报率均值	3.97%	3.51%	3.31%	3.27%	3.25%	3.08%	3.07%
年波动率	4.69%	4.65%	4.23%	3.95%	3.86%	3.45%	3.38%
Yearly Sharpe	0.85	0.75	0.78	0.83	0.84	0.89	0.91
Yearly Sortino	6.74	4.77	3.76	4.35	4.26	4.33	4.10
Calmar Ratio	0.87	0.84	0.83	0.93	0.88	0.82	0.86
最大回撤	-4.59%	-4.17%	-3.99%	-3.63%	-3.76%	-3.92%	-3.83%
平均回撤	-1.84%	-1.72%	-1.70%	-1.54%	-1.62%	-1.69%	-1.81%

数据来源: 东北证券, Wind

从以上图表中, 我们可以看出回看周期的选取对策略是有影响的。当回看周期大于等于 12 个月时, 回测表现相对比较稳定。当回看周期小于等于 9 个月时, 回测表现产生明显差异, 尤其是在 2015 年之后, 回看周期越短, 产生的超额收益越多。我们认为这主要是 2015 年后股票和商品都经历了巨幅波动所引起的。回看周期约短, 越能抓住资产的近期表现, 从而更好的进行风险分配。反观 2015 年之前, 各资产波动不明显, 反而是回看周期越长, 回测表现越好。

4.4. 回测第四组: 16 资产

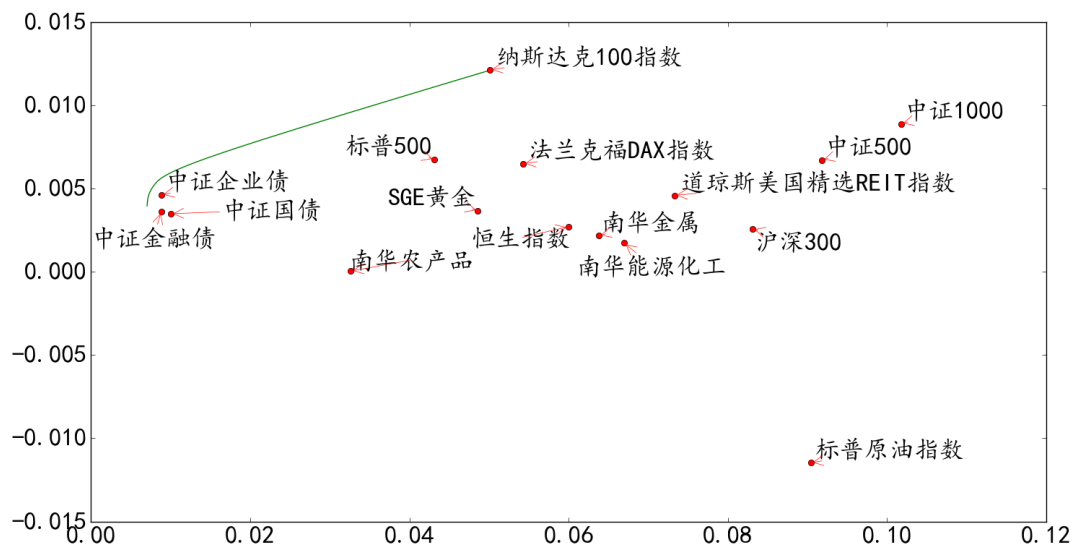
通过第一组和第二组回测的比较, 我们发现资产的选择会给策略收益带来一定程度的影响。我们希望细化和丰富资产的种类, 从而探究不同资产的特性带给组合的收益情况。出于分散性的考虑, 我们依然没有加入货币基金。对于债券而言, 我们按照发行主体分为了三类。对于海外资产, 由于投资途径有限, 往往会通过投资 QDII 基金间接投资海外标的。所以出于实际投资操作考量, 我们选取了在几个典型的 QDII 基金所追踪的海外指数。因此在第四组回测中, 我们选取了以下 16 种指数, 代表不同类别的资产。为了满足协方差矩阵正定和可逆的性质, 我们选取 16 个月作为计算协方差矩阵时候的回看周期。

表 7: 回测第四组指数选择

资产属性	指数	指数代码
权益	沪深 300	000300.SH
权益	中证 500	000905.SH
权益	中证 1000	000852.SH
债券	中证国债	H11006.CSI
债券	中证金融债	H11007.CSI
债券	中证企业债	H11008.CSI
商品	SGE 黄金	AU9999.SGE
商品	南华农产品	NH0300.NHF
商品	南华金属	NH0400.NHF
商品	南华能源化工	NH0500.NHF
海外权益	恒生指数	HSI.HI
海外权益	纳斯达克 100 指数	NDX.GI
海外权益	标准普尔 500 指数	SPX.GI
海外权益	法兰克福 DAX 指数	GDAXI.GI
海外商品	标普原油指数	SPGSCPL.SPI
海外房地产	道琼斯美国精选 REIT 指数	DWRTF.GI

数据来源: 东北证券, Wind

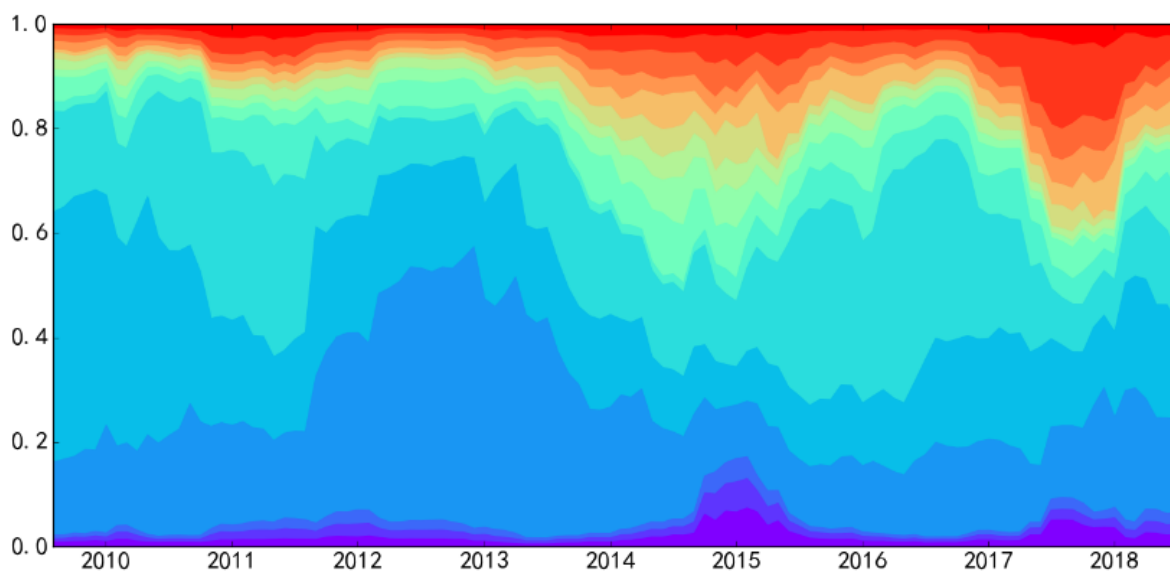
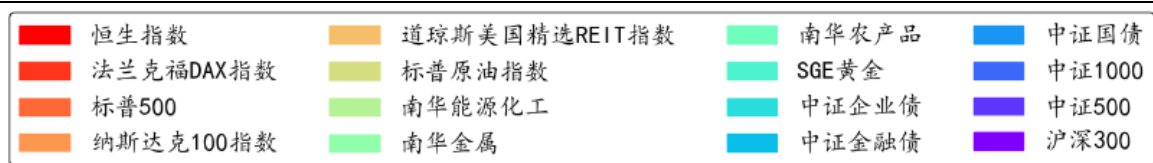
图 14: 回测第四组各资产有效前沿



数据来源: 东北证券, Wind

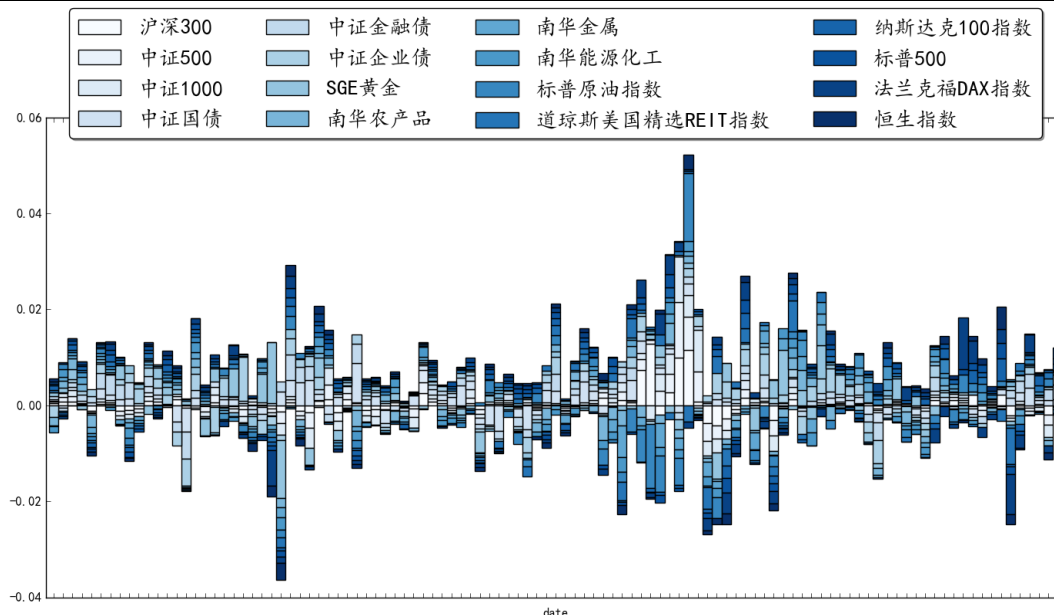
上图是不同资产从 2008 年 5 月至 2018 年 7 月间的平均月收益率和波动率。绿色的线段是最优投资组合组成的有效前沿。几个中证债券指数表现相对集中, 属于低风险资产。右下角的标普原油指数是一个高风险, 低回报的资产, 这主要由于原油价格在 14-15 年期间的急剧下跌所致, 并且在此后的涨幅也有限。纳斯达克 100 指数是众多资产中风险回报表现很好的一种。

图 15: 回测第四组移动权重变化



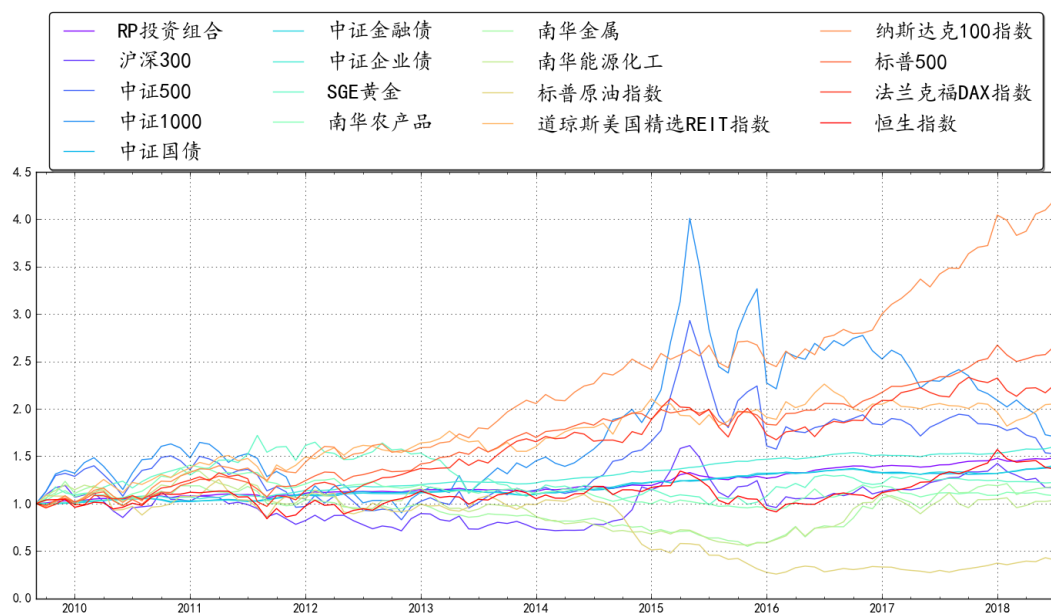
数据来源：东北证券，Wind

图 16: 回测第四组加权月收益率贡献变化



数据来源：东北证券，Wind

图 17: 回测第四组资金净值曲线



数据来源: 东北证券, Wind

表 8: 回测第四组回测表现统计

开始日期	9/30/2009								
结束日期	7/31/2018								
资产名称	总回报率	年化回报率	年回报率均值	年波动率	Yearly Sharpe	Yearly Sortino	Calmar Ratio	最大回撤	平均回撤
RP4	48.23%	4.55%	4.18%	2.88%	1.45	24.47	0.81	-5.60%	-1.46%
沪深 300	17.07%	1.80%	1.93%	23.26%	0.08	0.22	0.04	-40.56%	-40.36%
中证 500	52.58%	4.90%	4.51%	25.82%	0.17	0.36	0.10	-47.94%	-29.56%
中证 1000	70.52%	6.22%	7.42%	35.38%	0.21	0.59	0.11	-57.45%	-23.92%
中证国债	38.36%	3.74%	3.73%	4.52%	0.83	3.53	0.78	-4.82%	-1.53%
中证金融债	40.22%	3.90%	3.88%	4.52%	0.86	6.30	0.89	-4.38%	-1.56%
中证企业债	60.04%	5.46%	5.30%	3.20%	1.65	inf	1.68	-3.25%	-1.25%
SGE 黄金	22.27%	2.30%	2.15%	15.14%	0.14	0.22	0.05	-42.58%	-12.54%
南华农产品	8.23%	0.90%	0.11%	12.42%	0.01	0.02	0.03	-33.60%	-13.97%
南华金属	18.15%	1.90%	1.98%	25.89%	0.08	0.24	0.03	-55.60%	-55.60%
南华能源化工	3.53%	0.39%	1.66%	30.23%	0.05	0.15	0.01	-58.12%	-36.20%
标普原油指数	-59.48%	-9.72%	-7.46%	22.20%	-0.34	-0.39	-0.12	-79.57%	-37.22%
道琼斯美国精选 REIT 指数	105.17%	8.47%	7.87%	10.91%	0.72	10.11	0.43	-19.58%	-8.83%
纳斯达克 100 指数	320.71%	17.65%	16.73%	10.93%	1.53	inf	1.35	-13.07%	-4.28%
标准普尔 500 指数	166.42%	11.72%	11.19%	9.48%	1.18	46.24	0.69	-17.03%	-4.35%
法兰克福 DAX 指数	125.64%	9.64%	9.63%	13.40%	0.72	1.98	0.36	-26.78%	-6.73%
恒生指数	36.40%	3.57%	4.13%	16.49%	0.25	0.62	0.11	-32.07%	-12.10%
RP2	38.45%	3.61%	3.27%	3.96%	0.83	3.92	0.90	-3.99%	-1.54%

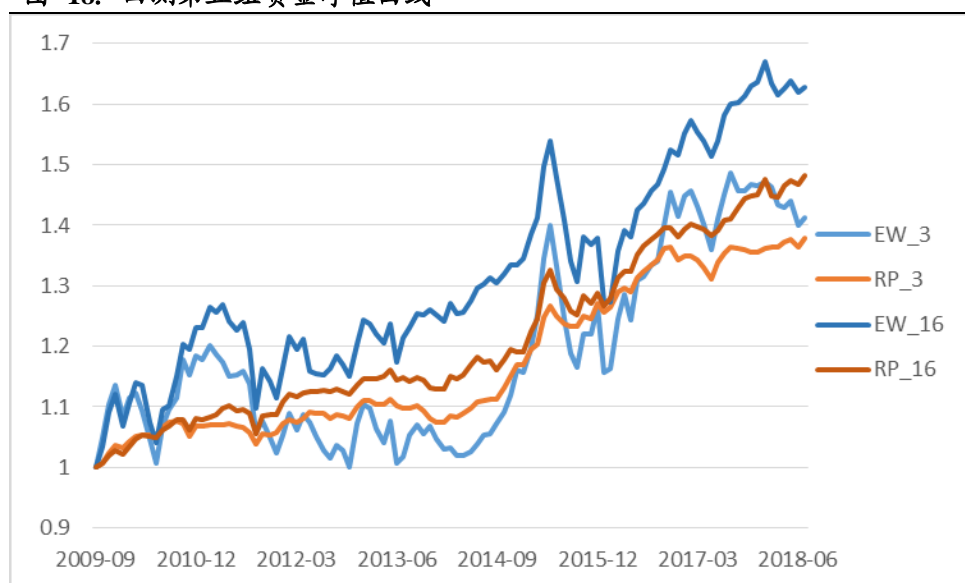
数据来源: 东北证券, Wind

从以上图表分析可以看出，相比于第二组回测结果，细化资产种类无疑增加了组合的整体表现。像中证 1000、中证企业债和众多海外资产都对绝对收益有所贡献。风险调整后收益方面，组合的夏普比率又 1.45，在众多资产表现中名列前茅，仅次于纳斯达克 100 和中证企业债。组合的最大回撤只有 5.6%，仅略高于债券资产，可以说风控方面做的也很好。总体来说，组合内资产的种类越多，差异化越明显，越能体现出风险平价的优势。

4.5. 回测第五组：对比等权重策略

此处，我们想比较一下 RP 策略和传统的等权配置策略。RP_16 表示风险平价策略，并且组合包含 16 种资产。EW_3 表示等权策略，并且组合包含 3 种资产。

图 18: 回测第五组资金净值曲线



数据来源：东北证券，Wind

表 9: 回测第五组回测表现统计

开始日期	9/1/2009			
结束日期	7/1/2018			
组合名称	EW_3	RP_3	EW_16	RP_16
总回报率	41.21%	37.79%	62.76%	48.23%
年化回报率	3.98%	3.69%	5.67%	4.56%
年回报率均值	2.75%	3.27%	4.41%	4.18%
年波动率	8.14%	3.96%	6.23%	2.88%
Yearly Sharpe	0.34	0.83	0.71	1.45
Yearly Sortino	0.61	3.92	1.40	24.47
Calmar Ratio	0.23	0.93	0.33	0.81
最大回撤	-17.31%	-3.99%	-17.34%	-5.60%
平均回撤	-7.90%	-1.61%	-4.55%	-1.46%

数据来源：东北证券，Wind

从以上图表可以看出两种策略各自的特点都很明显。等权权重由于没有在风险上进行等权配置，所以它的曲线走势受高风险资产波动影响很大，比如说股票类资产。

等权策略在绝对收益和波动率上都要高于风险平价。对于风险调整后的收益，风险平价则要高于等权策略很多。并且最大回撤和平均回撤要低于等权策略不少。这都充分体现出了风险平价模型控制风险的能力，以及“全天候”投资的特性。

5. 展望

本文由于篇幅和文章结构的限制，有些问题并没有深入展开讨论。在此做出归纳。在我们以后的系列文章中会逐个进行研究和讨论，敬请期待。

- (1) 协方差矩阵是风险平价模型最重要的输入参数之一，但是如何估计一个稳健的协方差矩阵在业界一直处在讨论之中。本文应用的是样本协方差矩阵估计方法。其他估计方法还有单指数估计，指数权重移动平均估计，收缩方法，因子法等。每种方法都有其特殊假设、优缺点和适合处理问题的范畴。哪一种估计方法适合大类资产配置是值得讨论的。
- (2) 本文回测部分主要应用的是等权风险平价，也就是每个资产的风险贡献值相同。这也是“风险平价”的狭义定义了。这种策略的好处是客观，没有主观因素的干扰。但是基本上无法获得超额收益，也无法体现出投资经理的超额价值。但是如何加入主观预期，风险贡献应该如何分配和管控，用什么算法求解最优权重等问题都是值得研究的。
- (3) 本文回测用的都是大类资产的指数，但是将理论应用到实际投资中，会牵扯到更多的问题，譬如标的的选择，交易的成本等等。是否可以将风险平价理论作为构建 FOF 的理论基础呢？我们会在此系列后面的研报中探讨。
- (4) 本文的研究对象是风险平价模型。我们在第一章中梳理了众多资产配置方法。我们在后面的文章中会一一讨论，并且更加详尽地对比每种方法的优缺点和适用性。

6. 总结

本文在第一章中，首先简要地回顾了现代投资组合理论，展示了各个理论在不同历史阶段的发展进程，以及相互关系。接着总结了市场上和学术界主流的资产配置方法，搭建了研究框架。将资产配置方法分为三个类别，即权重预算、风险预算和收益预算。明确了风险平价在理论框架中的位置。

本文的第二章，先介绍了评价风险度量指标的重要性质，即一致性和凸性。接着介绍了满足一致性和凸性的四种业界常用风险度量，即波动率，标准化波动率，风险价值（VaR）和期望损失（ES）。然后，简单地介绍了三种风险分配原理，即比例分配原理，欧拉分配原理和边际分配原理。重点介绍了应用最广的欧拉分配原理，因为该原理是风险平价理论中最核心的配置准则。从欧拉分配原理得出风险贡献（Risk Contribution）的概念，并且总结归纳了四种风险度量的风险贡献数学表达式。同时，量化证明了为什么不用方差作为风险平价模型中的风险度量。出于对资产预期收益率和不同类别资产估值难度的考量，本文用波动率作为风险度量指标，并将其应用在风险平价模型中。最后，本章介绍了两种求解风险平价问题的算法，即二次规划法和牛顿法，并且探究模型性质。通过对几组特殊情况的研究，总结了权重与三个主要输入参数的关系，即风险贡献值，资产相关系数和资产波动率。

本文第三章在深入了解了风险平价模型的定义和各种性质之后，简单比较了风险平价、均值方差模型和 40/60 权重策略的优缺点。尤其是通过量化推导分析了 40/60 策略风险分散有限性的原因。

本文第四章进行了风险平价策略回测。第一组回测中，我们在权益，债券，商品和货币四类资产中选取了可以代表全市场的指数，进行回测。结果显示由于货币基金的低波动率，其占据了组合的绝大部分头寸，组合收益表现也与货币基金相似。在第二组回测中，我们剔除了货币基金，查看组合的表现。结果显示债券以其低波动率取代了货币基金在组合中的位置，但是组合的表现不如单个债券资产的表现好。在第三组回测中，我们通过变化计算协方差矩阵所用的回看周期，探究其对策略回测结果的影响。结果显示，回看周期对回测表现有显著影响。在第四组回测中，我们尽可能地丰富细化资产类别，并且加入了海外资产种类，最大化投资组合风险分散的效用。结果显示，组合的表现是很稳健的。在第五组回测中，我们比较了风险平价策略和等权策略，发现两种策略特点明显，风险平价虽然在绝对收益上不如等权策略，但是无论是风险调整后的收益，还是风险控制方面都要强于等权策略。

综合来看，风险平价模型可能无法达到很多投资者的绝对预期收益，这主要是由该模型的性质决定的。但是，风险平价在风险调整后收益和风控上表现很好，尤其是当组合的资产种类多样化的时候。因此风险平价模型能够应对不同经济周期，实现“全天候”投资收益。

分析师简介:

肖承志: 金融工程分析师, 同济大学数学与应用数学学士, 同济大学应用数学硕士, 2016年加入东北证券研究所。

于润泽: 金融工程研究助理, 纽约大学金融工程硕士。先后在法国兴业银行、美国国际集团 AIG, 从事市场风险和投资组合风险管理等相关工作。2018年加入东北证券研究所。

重要声明

本报告由东北证券股份有限公司(以下称“本公司”)制作并仅向本公司客户发布, 本公司不会因任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。

本报告中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。报告中的内容和意见仅反映本公司于发布本报告当日的判断, 不保证所包含的内容和意见不发生变化。

本报告仅供参考, 并不构成对所述证券买卖的出价或征价。在任何情况下, 本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的证券买卖建议。本公司及其雇员不承诺投资者一定获利, 不与投资者分享投资收益, 在任何情况下, 我公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本公司或其关联机构可能会持有本报告中所涉及的公司所发行的证券头寸并进行交易, 并在法律许可的情况下不进行披露; 可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务、财务顾问等相关服务。

本报告版权归本公司所有。未经本公司书面许可, 任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的, 须在本公司允许的范围内使用, 并注明本报告的发布人和发布日期, 提示使用本报告的风险。

本报告及相关服务属于中风险(R3)等级金融产品及服务, 包括但不限于A股股票、B股股票、股票型或混合型公募基金、AA级别信用债或ABS、创新层挂牌公司股票、股票期权备兑开仓业务、股票期权保护性认沽开仓业务、银行非保本型理财产品及相关服务。

若本公司客户(以下称“该客户”)向第三方发送本报告, 则由该客户独自为此发送行为负责。提醒通过此途径获得本报告的投资者注意, 本公司不对通过此种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格, 并在中国证券业协会注册登记为证券分析师。本报告遵循合规、客观、专业、审慎的制作原则, 所采用数据、资料的来源合法合规, 文字阐述反映了作者的真实观点, 报告结论未受任何第三方的授意或影响, 特此声明。

投资评级说明

股票 投资 评级 说明	买入	未来 6 个月内, 股价涨幅超越市场基准 15% 以上。
	增持	未来 6 个月内, 股价涨幅超越市场基准 5% 至 15% 之间。
	中性	未来 6 个月内, 股价涨幅介于市场基准-5% 至 5% 之间。
	减持	在未来 6 个月内, 股价涨幅落后市场基准 5% 至 15% 之间。
	卖出	未来 6 个月内, 股价涨幅落后市场基准 15% 以上。
行业 投资 评级 说明	优于大势	未来 6 个月内, 行业指数的收益超越市场平均收益。
	同步大势	未来 6 个月内, 行业指数的收益与市场平均收益持平。
	落后大势	未来 6 个月内, 行业指数的收益落后于市场平均收益。

东北证券股份有限公司

 网址: <http://www.nesc.cn> 电话: 400-600-0686

地址	邮编
中国吉林省长春市生态大街 6666 号	130119
中国北京市西城区锦什坊街 28 号恒奥中心 D 座	100033
中国上海市浦东新区杨高南路 729 号	200127
中国深圳市南山区大冲商务中心 1 栋 2 号楼 24D	518000

机构销售联系方式

姓名	办公电话	手机	邮箱
华东地区机构销售			
袁颖 (总监)	021-20361100	13621693507	y uanying@nesc.cn
王博	021-20361111	13761500624	wangbo@nesc.cn
李寅	021-20361229	15221688595	liy in@nesc.cn
杨涛	021-20361106	18601722659	y angtao@nesc.cn
阮敏	021-20361121	13564972909	ruanmin@nesc.cn
李喆莹	021-20361101	13641900351	liz y@nesc.cn
齐健	021-20361258	18221628116	qijian@nesc.cn
陈希豪	021-20361267	13956071185	chen_xh@nesc.cn
华北地区机构销售			
李航 (总监)	010-58034553	18515018255	lihang@nesc.cn
殷璐璐	010-58034557	18501954588	y inlulu@nesc.cn
温中朝	010-58034555	13701194494	wenzc@nesc.cn
曾彦戈	010-58034563	18501944669	zengy g@nesc.cn
颜玮	010-58034565	18601018177	y anwei@nesc.cn
华南地区机构销售			
邱晓星 (总监)	0755-33975865	18664579712	qiuxx@nesc.cn
刘璇	0755-33975865	18938029743	liu_xuan@nesc.cn
刘曼	0755-33975865	15989508876	liuman@nesc.cn
林钰乔	0755-33975865	13662669201	linyq@nesc.cn
周逸群	0755-33975865	18682251183	zhouyq@nesc.cn