

多因子量化选股系列专题研究

多因子模型构建中的组合优化与风险预算研究

2017年11月17日

投资要点

- ❖ **投资聚焦：**因子模型的投资目的是通过组合投资来实现单个或多个因子收益率的复制。在前期研究中，我们采用逐步回归的方法搭建了单因子的跟踪体系。在本篇报告中，我们着重探讨组合优化在多因子模型构建中的应用。
- ❖ **当前构建组合的两大思想流派：**（1）**基于收益的优化。**核心在于最大化组合收益，因此会给予预期收益较高的因子更高的风险暴露。但是由于股票收益率的分布是一个尾部较厚的分布，这导致不论采用何种预测方法，其预测偏差总体上是不可控的，一旦遭遇黑天鹅事件便很可能给组合带来较大回撤。（2）**基于风险的优化。**优化目标转为了控制组合在各个因子上的风险暴露，因此无需给定预期收益率，仅需给定预期风险和协方差即可。虽然准确预测风险的难度依然较高，但是一般来说股票的风险（即波动率）在一个有限的区间内波动，预测误差总体上可控。也就是说，控制组合在各类风险敞口实际暴露度的难度总体较小。
- ❖ **均值方差优化：**（1）我们采用过去一年的因子收益率的均值和协方差作为未来的估计，这种做法本质上相当于一种动量策略，即过去一年中哪个因子的收益表现越好，未来一期的持仓中该因子的主动风险暴露就越高。（2）从组合层面看，均值方差优化组合的因子平均月度贡献总收益和总风险均显著大于市值加权组合。（3）从归因来看，均值方差优化组合的 PRC 显著集中于技术类因子，而这几个因子正是历史上超额收益较高的部分因子。（4）**均值方差优化组合通过提升风险暴露的集中度来提升收益率，同时也会放大组合的风险。**
- ❖ **因子风险平价角度的组合优化：**（1）因子风险平价是基于风险角度组合优化的一个特例。（2）**风险平价组合可通过分散风险的手段实现降低了组合风险的效果。**（3）对于 A 股市场来说，如果被平价的目标因子中历史收益率较低的财务因子数量较多时，会大幅分散历史收益率较高的技术类因子的权重，从而拉低组合总体的收益。因此**如何挑选需要平价的因子，或者如何合理配置风险权重是需要进一步研究的重点。**
- ❖ **通过二次优化可实现提升组合信息比率的效果。**（1）由于多因子风险模型的解释度有限，因此构建的组合会纳入较多的噪声，导致实际组合与风险收益归因相差较多。我们提出在得到上述任一种优化组合的基础上，再对全样本空间进行一次二次优化。（2）**二次优化组合保证风险暴露和一次优化组合完全一致的前提下，追求组合和业绩基准的偏差达到最小。**（3）从实际效果来看，二次优化可在保证组合年化收益变化不大的基础上，较大幅度降低跟踪误差，从而提升组合的整体信息比率。



中信证券研究部

王兆宇

电话：021-20262110

邮件：wangzhaoyu@citics.com

执业证书编号：S1010514080008

赵文荣

电话：010-60836759

邮件：zhaowenrong@citics.com

执业证书编号：S1010512070002

李祖苑

电话：010-60838026

邮件：lizuyuan@citics.com

执业证书编号：S1010514070002

张依文

电话：021-20262149

邮件：yiwenzhang@citics.com

执业证书编号：S101051708000

相关研究

1. “底牌”启示录：公募基金投资行为与选股.....2017-08-29
2. 主题量化与事件驱动 2017 年下半年投资策略—寻找确定性，等待柳暗花明.....2017-06-13
3. 另类交易策略研究—通道突破股票的市场表现与交易策略.....2017-04-19
4. 量化选股系列专题—基于价值轮动的上证 50 增强策略..... 2016-09-05
5. 另类交易策略主题沙龙—股价通道识别算法与平台突破策略的实证分析.....2016-04-20

目录

投资聚焦	1
从风险角度认识因子配置	1
单因子基本框架展示	1
为什么因子会产生超额收益？	2
从风险的角度配置因子	3
基于多因子模型的因子风险分解指标	4
等权打分的选股效果	4
均值方法方差通过提升组合风险的集中度博取高收益	8
均值方差优化的优化规则	8
均值方差优化组合的历史表现与归因	8
基于风险角度的组合构建	10
风险预算角度优化的含义	10
组合风险预算优化的规则	10
因子风险平价组合在降低风险的同时也会降低收益	11
基于风险暴露的组合二次优化	13

插图目录

图 1：单因子基本架构	2
图 2：海外主流单因子的表现与收益来源解释	3
图 3：基于 MVO 框架的组合构建方法	4
图 4：沪深 300 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）	5
图 5：中证 500 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）	5
图 6：中证 800 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）	5

表格目录

表 1：各因子在不同空间的日均解释度	2
表 2：沪深 300 空间等权打分选股组合的历年业绩	6

表 3: 中证 500 空间等权打分选股组合的历年业绩	6
表 4: 中证 800 空间等权打分选股组合的历年业绩	6
表 5: 沪深 300 空间等权打分选股组合的风险与收益归因	7
表 6: 中证 500 空间等权打分选股组合的风险与收益归因	7
表 7: 中证 800 空间等权打分选股组合的风险与收益归因	7
表 8: 沪深 300 空间均值方差优化组合的历年表现	8
表 9: 中证 500 空间均值方差优化组合的历年表现	9
表 10: 中证 800 空间均值方差优化组合的历年表现	9
表 11: 沪深 300 空间均值方差优化组合的风险与收益归因	9
表 12: 中证 500 空间均值方差优化组合的风险与收益归因	9
表 13: 中证 800 空间均值方差优化组合的风险与收益归因	10
表 14: 沪深 300 空间因子风险平价组合的历年表现	11
表 15: 中证 500 空间因子风险平价组合的历年表现	11
表 16: 中证 800 空间因子风险平价组合的历年表现	12
表 17: 沪深 300 空间因子风险平价组合的风险与收益归因	12
表 18: 中证 500 空间因子风险平价组合的风险与收益归因	12
表 19: 中证 800 空间因子风险平价组合的风险与收益归因	12
表 20: 沪深 300 等权打分选股二次优化组合的风险与收益归因	14
表 21: 沪深 300 均值方差二次优化组合的风险与收益归因	14
表 22: 沪深 300 空间等权打分选股二次优化组合的历年业绩	14
表 23: 中证 500 空间等权打分选股二次优化组合的历年业绩	15
表 24: 沪深 300 均值方差二次优化组合的历年业绩	15
表 25: 中证 500 均值方差二次优化组合的历年业绩	15

投资聚焦

因子模型的投资目的是通过组合投资来实现单个或多个因子收益率的复制。在前期研究中，我们采用逐步回归的方法搭建了单因子的跟踪体系。在本篇报告中，我们着重探讨组合优化在多因子模型构建中的应用。

近年来伴随着风险管理理念的进一步发展，组合优化的角度分化出了基于收益的方法和基于风险的方法两大流派。基于收益的优化核心在于最大化组合收益，因此会给予预期收益较高的因子更高的风险暴露。但是由于股票收益率的分布是一个尾部较厚的分布，这导致不论采用何种预测方法，其预测偏差总体上是不可控的，一旦遭遇黑天鹅事件便很可能给组合带来较大回撤。基于风险的优化方法的目标转为了控制组合在各个因子上的风险暴露，因此无需给定预期收益率，仅需给定预期风险和协方差即可。虽然准确预测风险的难度依然较高，但是一般来说股票的风险（即波动率）在一个有限的区间内波动，预测误差总体上可控。也就是说，控制组合在各类风险敞口实际暴露度的难度总体较小。

本文对沪深 300、中证 500、中证 800 三个样本空间首先采用因子等权打分的方法筛选得到了一个目标股票池，然后分别采用市值加权、均值方差优化、因子风险平价优化三种方法进行加权，分析组合的表现差异。从最终效果来看，均值方差优化组合通过提升风险暴露的集中度来提升收益率，同时也会放大组合的风险；风险平价组合是通过分散风险的手段实现了降低了组合风险的效果，但如果目标因子的历史表现相差较大可能会拉低组合的总体收益。

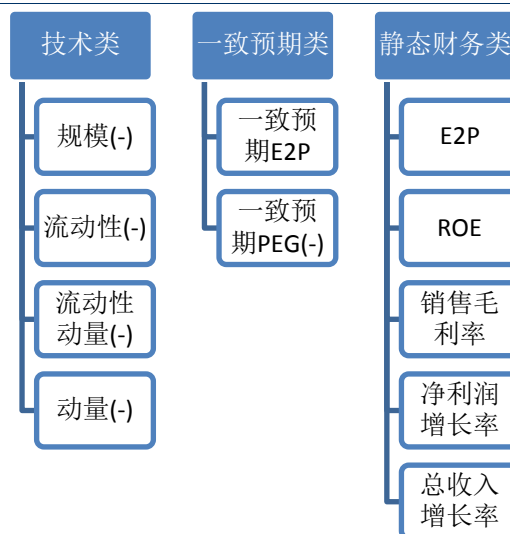
最后，我们在上述优化的基础上，提出了通过二次优化来提升信息比率的方法。二次优化组合保证风险暴露和一次优化组合完全一致的前提下，追求组合和业绩基准的偏差达到最小。从实际效果来看，二次优化可在保证组合年化收益变化不大的基础上，较大幅度降低跟踪误差，从而提升组合的整体信息比率。

从风险角度认识因子配置

单因子基本框架展示

搭建单因子跟踪框架是构建多因子模型的基础。在前期的研究中，我们采用逐步回归的方法搭建了如图 1 所示的单因子架构，即在中性市场、行业中性的前提下，这 11 个因子具有比较好的选股能力。表 1 还展示了在不同样本空间内各个因子在日频率下的日均解释度（ R^2 统计量）。

图 1：单因子基本架构



资料来源：中信证券研究部。注：“-”表示因子值越小正超额收益越高

表 1：各因子在不同空间的日均解释度

	沪深 300 空间	中证 500 空间	中证 800 空间
市场因子	25.36%	25.73%	24.93%
行业因子	20.96%	9.91%	11.46%
规模	0.40%	0.36%	0.47%
流动性	0.40%	0.53%	0.40%
流动性动量	0.31%	0.24%	0.23%
动量	0.56%	0.42%	0.50%
一致预期 E2P	0.17%	0.19%	0.14%
一致预期 PEG	0.18%	0.12%	0.09%
E2P	0.07%	0.11%	0.06%
ROE	0.20%	0.10%	0.11%
销售毛利率	0.13%	0.11%	0.07%
净利润增长率	0.14%	0.11%	0.07%
总收入增长率	0.15%	0.11%	0.08%

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

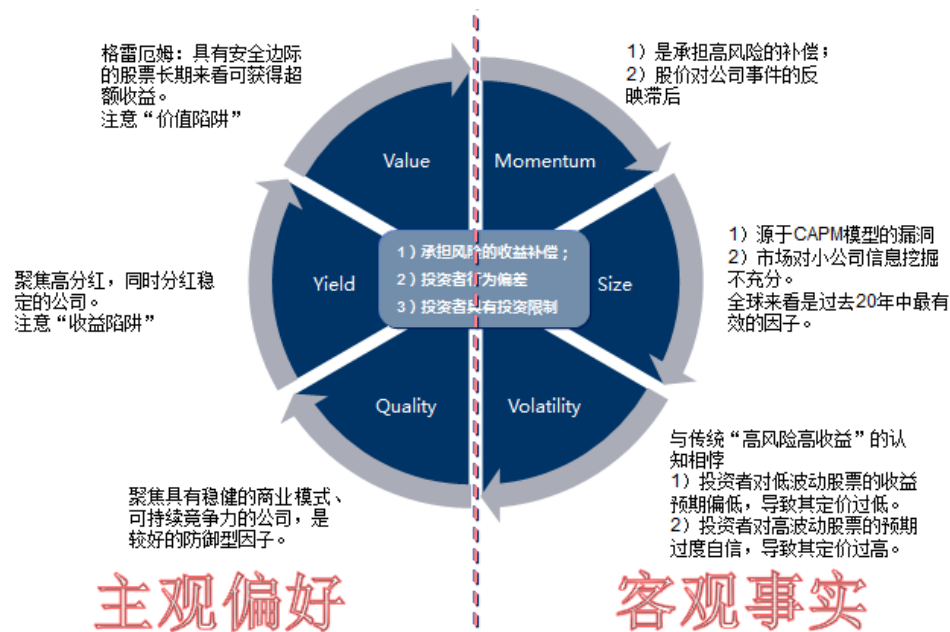
为什么因子会产生超额收益？

因子投资在海外已经有了数十年的历史，其最早产生于学术界对一些市场异象的研究，即有某些特征或者模式的股票可以获得长期的超额收益。同时伴随着组合投资理论、CAPM 模型、APT 模型等现代金融理论的发展，使得投资者可以在较为完备的理论体系、科学的处理方法下获取这些超额收益，而这些异象也就成为了目前我们所说的因子。

目前海外市场较为公认的可以在长期获得超额收益的因子包括价格动量（Momentum）、规模（Size）、波动率（Volatility）、质量（Quality）、分红（Yield）、价值（Value）等几大类，其余的因子大多与这些因子存在一定的相关性。海外对这些因子的收益来源也进行了大量的研究，主要的观点见下图。总结来看超额收益的产生主要由以下三点原因：第一，承担风险的收益补偿；第二，投资者的行为偏差；第三，投资者的投资限制。

一般来说，一个因子短期内产生较高的超额收益通常是由投资者的行为偏差或者投资限制导致的，但一旦投资者的行为偏差或者投资限制被打破，则该因子便产生回撤，直到下一次的偏差或限制再次形成。因此从长期来看，任何一个因子都有其表现好、表现差的时候，在这个因子上暴露头寸便不得不承担风险。即从长期来看，任何一个因子的超额收益都是承担风险的结果。

图 2：海外主流单因子的表现与收益来源解释



资料来源：MSCI、中信证券研究部

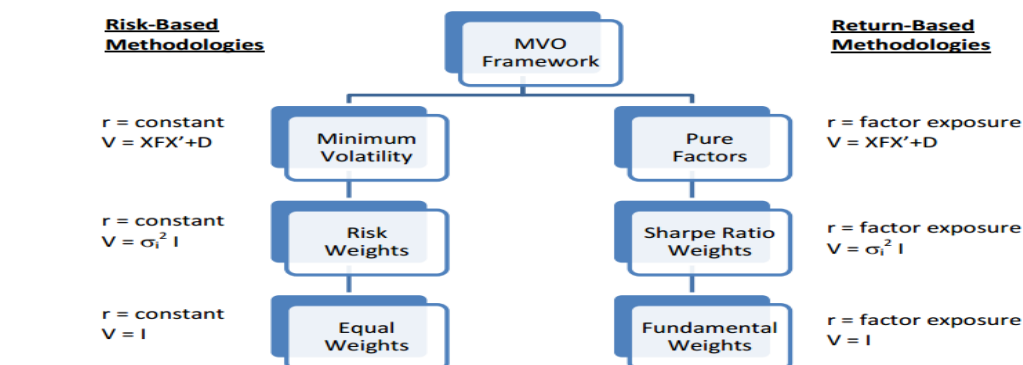
从风险的角度配置因子

既然因子的超额收益是由于承担了风险所带来，那么配置因子的本质即是配置不同种类的风险，通过付出风险（成本）来获得收益（回报）。认可这一观点的同时，也就是认可了不可能找到任何市场环境下均能获得正超额收益的理想 Alpha 因子。现实中这种因子发现的几率很小，而一旦发现的话又很可能蕴含着未知的极大的风险，使用时必须慎之又慎。因此在正常的市场环境中是没有免费的午餐的，因子配置的核心问题就是解决收益和风险匹配问题。

风险和收益匹配的最基本的思想是均值方差优化思想（Mean Variance Optimization，简称 MVO），任何配置目标最终都要归结于 MVO 问题。但是在不同的信息的获取能力下，MVO 问题对应了不同的解，或者说不同的因子权重配置方式。Melas,Kang(2010)¹对这一问题的总结如下图所示。解决因子权重配置问题的要素有三点，分别是因子的预期收益率、因子波动率、因子之间的协方差。如能够预测因子的收益率，则适用的配置方法如表 2 右侧的三种方式；如不能够预测因子收益率，则可使用表 2 左侧的三种方式。

¹请参阅：Melas,Kang(2010).Applications of Systematic Indices in the Investment Process.

图 3：基于 MVO 框架的组合构建方法



资料来源：MSCI

基于多因子模型的因子风险分解指标

在进行策略回测前，我们先定义风险的分析指标。设股票的收益率可分解为如下形式：

$$r_i = x_{i,0} + x_{i,1}f_1 + \dots + x_{i,K}f_K + \epsilon_i \quad (1)$$

其中， r_i 为股票 i 的收益率， $x_{i,j}$ 为股票 i 在因子 j 的风险暴露， f_j 为因子 j 的收益率。定义模型总风险为该多因子模型可被因子解释部分的总风险，即

$$R(x) = \sigma = \sqrt{x' \Sigma x}, \quad x = (x_0, x_1, \dots, x_K)' \quad (2)$$

进一步，我们定义因子 j 的边际风险贡献（Marginal Contribution to Risk，简称 MCR）、风险贡献（Contribution to Risk，简称 CR）、风险占比（Percentage Contribution to Risk，简称 PCR）分别如公式（3）至（5）所示：

$$MCR_j = \frac{\partial \sigma}{\partial x_j} = \frac{(\Sigma x)_j}{\sqrt{x' \Sigma x}} \quad (3)$$

$$CR_j = x_j \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial x_j} = \frac{x_j (\Sigma x)_j}{\sqrt{x' \Sigma x}} \quad (4)$$

$$PCR_j = \frac{CR_j}{R(x)} = \frac{x_j (\Sigma x)_j}{x' \Sigma x} \quad (5)$$

此外，CR 和 PCR 还满足以下关系： $\sum_{j=1}^K CR_j = R(x)$ ， $\sum_{j=1}^K PCR_j = 100\%$ 。

等权打分的选股效果

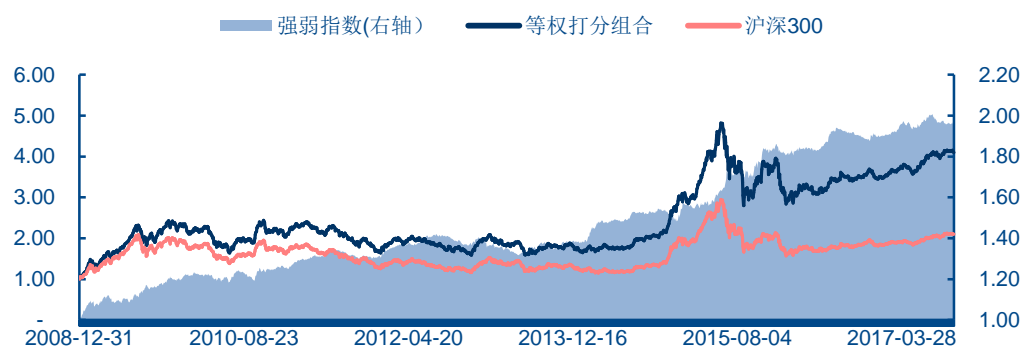
构建多因子组合的常规流程为，首先依据收益模型进行选股，然后对选出的组合基于风险模型进行权重优化，最后在投资周期结束后进行风险和业绩的归因。本文在第一部分展示的多因子框架中虽然综合考虑了各因子的收益表现和解释度，但是并未严格区分收益模型和风险模型，因此本文在选股和优化过程中均采用了同一套因子体系。

本文的选股规则如下：对组进行月度再平衡，每月末调仓。每次调仓时，对样本空间全部股票从上述 11 个因子分别进行排序打分²，然后再等权加总得到每个股票的最终得分。在空间内，每个中信一级行业中选择排名前 20% 的股票入选，同时要求每个行业至少有 2 只股票入选。

²因子的历史收益率为正，则进行降序排序打分，否则进行升序排序打分。

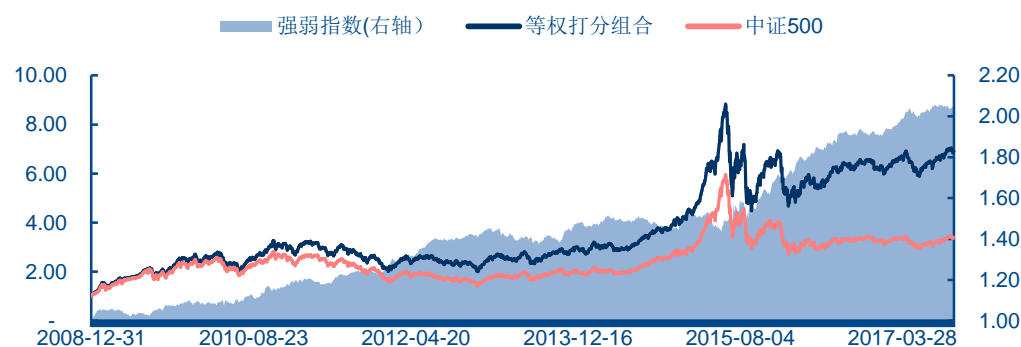
得到每期的选股名单后，可以通过组合优化的方法得到符合管理人风险收益偏好的组合。为了和本文接下来的组合优化效果进行对比，这里我们首先采用自由流通市值加权，同时保证与基准指数中信一级行业中性条件下测算模拟组合的历史净值表现，如图 4 至图 6 所示。

图 4：沪深 300 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）



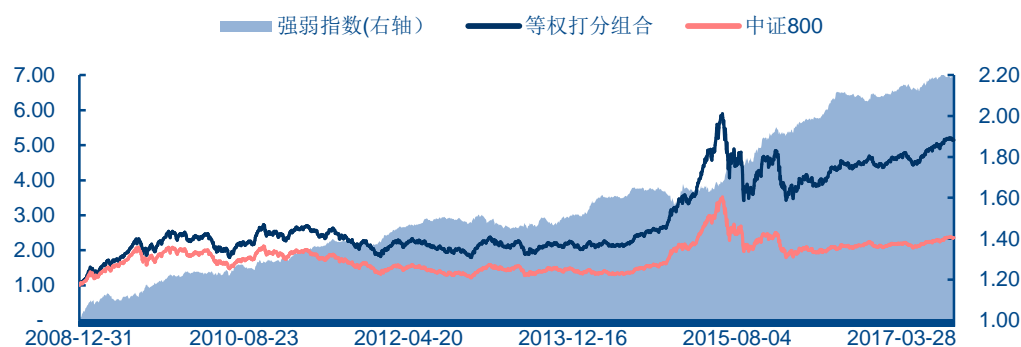
资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 5：中证 500 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）



资料来源：中信证券量化投资分析系统

图 6：中证 800 空间等权打分选股净值（2009-01-01 至 2017-09-30）



资料来源：中信证券数量化投资分析系统

综合来看，沪深 300、中证 500、中证 800 空间采用市值加权的等权打分选股组合在均取得了较好的表现。三个空间在考察期内的 IR 分别为 1.82、1.86、2.36，年化超额收益分别为 8.95%、10.14%、1.68%，相对收益的最大回撤分别为-8.20%、-13.04%和-7.87%。

表 2：沪深 300 空间等权打分选股组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	135.74%	96.71%	39.02%	6.47%	6.03	-3.90%	2009-04-16	2009-07-02
2010	-7.91%	-12.51%	4.60%	4.89%	0.94	-4.21%	2010-08-03	2010-09-30
2011	-21.71%	-25.01%	3.30%	3.12%	1.06	-2.77%	2011-08-03	2011-10-20
2012	14.50%	7.55%	6.95%	3.30%	2.11	-3.67%	2012-07-27	2012-11-22
2013	-8.75%	-7.65%	-1.11%	4.45%	-0.25	-6.45%	2013-01-11	2013-05-29
2014	64.09%	51.66%	12.43%	4.52%	2.75	-5.77%	2014-10-27	2014-12-26
2015	29.89%	5.58%	24.31%	7.63%	3.19	-2.83%	2015-01-20	2015-03-24
2016	-8.15%	-11.28%	3.14%	4.04%	0.78	-3.76%	2016-07-29	2016-11-30
2017 (截至 9 月 29 日)	18.37%	15.48%	2.88%	3.31%	0.87	-2.97%	2017-07-18	2017-09-28
全部	18.08%	9.13%	8.95%	4.91%	1.82	-8.20%	2012-07-27	2013-05-29

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 3：中证 500 空间等权打分选股组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	152.90%	131.27%	21.63%	4.53%	4.77	-5.47%	2009-03-20	2009-08-04
2010	18.47%	10.07%	8.41%	5.25%	1.60	-2.58%	2010-10-18	2010-11-04
2011	-28.30%	-33.83%	5.52%	3.72%	1.49	-2.45%	2011-03-22	2011-05-16
2012	13.55%	0.28%	13.27%	3.73%	3.56	-1.49%	2012-01-19	2012-02-07
2013	20.15%	16.89%	3.27%	4.94%	0.66	-5.82%	2013-01-09	2013-07-24
2014	38.67%	39.01%	-0.33%	3.75%	-0.09	-6.61%	2014-04-08	2014-12-19
2015	64.80%	43.12%	21.68%	10.89%	1.99	-10.80%	2015-01-29	2015-05-29
2016	-8.00%	-17.78%	9.78%	4.17%	2.35	-1.86%	2016-10-24	2016-12-30
2017 (截至 9 月 29 日)	12.56%	4.86%	7.71%	3.40%	2.27	-2.04%	2017-04-26	2017-05-24
全部	25.55%	15.41%	10.14%	5.45%	1.86	-13.04%	2014-04-08	2015-05-29

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 4：中证 800 空间等权打分选股组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	147.29%	103.65%	43.64%	5.74%	7.60	-3.72%	2009-04-16	2009-06-04
2010	-1.47%	-7.32%	5.84%	4.23%	1.38	-2.34%	2010-08-09	2010-09-30
2011	-21.76%	-27.38%	5.62%	3.04%	1.85	-1.99%	2011-07-14	2011-12-05
2012	14.94%	5.81%	9.13%	3.04%	3.01	-2.21%	2012-08-24	2012-11-20
2013	-1.41%	-2.14%	0.73%	4.10%	0.18	-4.78%	2013-01-11	2013-05-29

2014	53.81%	48.28%	5.54%	4.05%	1.37	-7.87%	2014-07-21	2014-12-19
2015	40.54%	14.91%	25.63%	7.47%	3.43	-4.21%	2015-08-03	2015-08-25
2016	-5.69%	-13.27%	7.58%	3.66%	2.07	-2.42%	2016-08-02	2016-11-23
2017 (截至 9 月 29 日)	17.20%	12.31%	4.89%	2.91%	1.68	-1.64%	2017-04-21	2017-06-01
全部	21.26%	10.59%	10.12%	4.53%	2.36	-7.87%	2014-07-21	2014-12-19

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 5 至表 7 展示了月度平均的风险和收益归因的结果。总体来看，虽然该组合未进行其他的风险控制，由于我们采用了相对较多的因子进行加权，三个空间内各因子的 PCR 相差并不悬殊，说明组合在各个因子的风险暴露情况相对较为均衡。

表 5：沪深 300 空间等权打分选股组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.31	1.32%	0.43%	15.37%	3.06
流动性	0.21	0.62%	0.25%	13.72%	2.43
流动性动量	0.20	0.47%	0.20%	10.00%	2.37
价格动量	0.24	1.53%	0.43%	18.93%	3.53
一致预期 E2P	0.43	1.49%	0.31%	14.27%	4.79
一致预期 PEG	0.27	0.55%	0.09%	4.85%	5.91
E2P	0.42	0.14%	0.09%	4.45%	1.54
ROE	0.29	0.01%	0.18%	9.51%	0.07
销售毛利率	0.11	0.12%	0.02%	0.89%	5.44
净利润增长率	0.30	0.24%	0.06%	2.95%	4.19
总收入增长率	0.30	0.01%	0.09%	5.07%	0.15
合计		6.50%	2.16%	100.00%	3.00

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 6：中证 500 空间等权打分选股组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.24	2.10%	0.30%	5.60%	6.98
流动性	0.31	1.80%	0.63%	16.23%	2.87
流动性动量	0.26	0.94%	0.15%	4.76%	6.18
价格动量	0.35	2.35%	0.43%	11.12%	5.47
一致预期 E2P	0.84	2.23%	0.99%	26.20%	2.25
一致预期 PEG	0.37	0.73%	0.18%	4.68%	4.00
E2P	0.81	1.03%	0.52%	13.84%	1.97
ROE	0.54	0.38%	0.30%	8.06%	1.25
销售毛利率	0.33	0.25%	0.07%	1.93%	3.39
净利润增长率	0.45	0.62%	0.13%	3.50%	4.96
总收入增长率	0.40	0.42%	0.13%	4.08%	3.21
合计		12.86%	3.84%	100.00%	3.35

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 7：中证 800 空间等权打分选股组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.37	2.13%	0.33%	9.68%	6.41
流动性	0.28	1.27%	0.40%	16.42%	3.22
流动性动量	0.22	0.80%	0.20%	8.32%	4.00
价格动量	0.28	2.30%	0.53%	18.60%	4.31
一致预期 E2P	0.60	2.52%	0.53%	19.58%	4.77
一致预期 PEG	0.32	0.69%	0.11%	4.62%	6.26
E2P	0.57	0.34%	0.18%	7.15%	1.91
ROE	0.38	0.12%	0.20%	8.15%	0.61
销售毛利率	0.20	0.09%	0.05%	1.59%	1.74
净利润增长率	0.36	0.29%	0.06%	2.45%	4.92

总收入增长率	0.35	0.24%	0.07%	3.44%	3.19
合计		10.80%	2.67%	100.00%	4.05

资料来源：中信证券量化投资分析系统

均值方法方差通过提升组合风险的集中度博取高收益

均值方差优化的优化规则

均值方差优化方法是最为常见的优化目标，其基本形式为：

$$x^* = \arg \max \left(x'f - \frac{1}{2} \lambda \sqrt{x' \Sigma x} \right) \quad (6)$$

上式中， $x = (x_1, x_2, \dots, x_K)'$ 表示待优化组合在 K 个因子上的主动风险暴露； $f = (f_1, f_2, \dots, f_K)'$ 表示 K 个因子的预期收益率； Σ 表示预期的因子收益率序列的协方差矩阵； λ 为风险厌恶度，本文将其设定为 $\lambda = 1$ 。本文在设定优化目标时将收益率的标准差定义为风险，而没有使用方差，主要是考虑到收益项和风险项量纲的一致性，本质上两种方法并没有太大的差异。

本文以前一部分的等权打分组合为基础进行优化。即在每月调仓时得到的选股名单基础上，通过优化方法得到每只股票的权重。本文采用的优化器为 python 的 scipy 库下的 `scipy.optimize.minimize` 函数。

在因子预期收益率 f 和协方差矩阵的估算上，本文统一采用过去一年的历史数据进行估计，将因子收益率序列的均值作为 f 的代替，将过去一年的因子协方差矩阵作为 Σ 的代替。由于预期收益是均值方法优化的核心，因此本文的做法本质上相当于一种动量策略，即过去一年中哪个因子的收益表现越好，未来一期的持仓中该因子的主动风险暴露就越高。

此外，在优化中还需增加两个约束条件。第一，保证目标组合与基准指数在中信一级行业上为中性；第二，优化组合个股的权重不低于上述市值加权组合中个股权重的 $1/3$ 。其中第二项条件是保证优化组合相对指数分散度的一种强制措施，如不添加该条件，则得到的组合每个行业中很可能仅有 1 只股票入选。

均值方差优化组合的历史表现与归因

表 8 至表 10 展示了均值方差优化组合在三个空间内的历年业绩。可见考察期内沪深 300、中证 500、中证 800 三空间的年化超额收益分别为 10.34%、10.76%、10.68%，相对上文的市值加权组合的年化超额收益分别提升了 1.39%、0.62%、0.56%；均值方差优化组合在三空间内的年化跟踪误差分别为 6.08%、7.36%、6.73%，相比市值加权组合分别提升了 1.71%、1.91% 和 2.20%。

表 10 至表 13 展示的是对均值方差优化组合的事后风险与收益归因效果，且展示的数字依然为月度归因的均值。由下表可见，均值方差优化组合的因子平均月度贡献总收益和总风险均显著大于市值加权组合；且均值方差优化组合的 PRC 显著集中于几个技术类因子，而这几个因子正是历史上超额收益较高的部分因子。综上，均值方差优化组合通过提升风险暴露的集中度来提升收益率，同时也会放大组合的风险。

表 8：沪深 300 空间均值方差优化组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	127.92%	96.71%	31.21%	7.97%	3.92	-6.95%	2009-02-25	2009-07-03
2010	-6.70%	-12.51%	5.81%	5.81%	1.00	-4.43%	2010-08-04	2010-10-08
2011	-18.58%	-25.01%	6.43%	4.59%	1.40	-3.69%	2011-07-14	2011-10-21

2012	15.65%	7.55%	8.10%	4.03%	2.01	-4.35%	2012-07-30	2012-11-20
2013	-7.68%	-7.65%	-0.04%	4.72%	-0.01	-6.62%	2013-01-04	2013-05-29
2014	62.74%	51.66%	11.09%	5.43%	2.04	-8.80%	2014-10-27	2014-12-22
2015	42.07%	5.58%	36.49%	9.42%	3.87	-4.46%	2015-09-02	2015-09-15
2016	-8.58%	-11.28%	2.70%	5.77%	0.47	-3.73%	2016-08-02	2016-12-01
2017 (截至 9 月 29 日)	16.33%	15.48%	0.85%	3.93%	0.22	-3.38%	2017-07-18	2017-09-20
全部	19.47%	9.13%	10.34%	6.08%	1.70	-8.80%	2014-10-27	2014-12-22

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 9：中证 500 空间均值方差优化组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	178.89%	131.27%	47.62%	6.47%	7.36	-5.92%	2009-04-24	2009-08-04
2010	14.06%	10.07%	4.00%	7.27%	0.55	-6.28%	2010-01-04	2010-05-07
2011	-33.04%	-33.83%	0.78%	4.94%	0.16	-4.39%	2011-01-25	2011-05-16
2012	9.12%	0.28%	8.84%	5.30%	1.67	-2.96%	2012-06-28	2012-09-28
2013	16.91%	16.89%	0.02%	6.70%	0.00	-10.71%	2013-01-09	2013-10-21
2014	43.76%	39.01%	4.76%	6.03%	0.79	-6.98%	2014-09-19	2014-12-19
2015	69.88%	43.12%	26.77%	13.84%	1.93	-7.71%	2015-03-26	2015-05-13
2016	-1.34%	-17.78%	16.44%	5.93%	2.77	-2.01%	2016-10-24	2016-11-07
2017 (截至 9 月 29 日)	10.43%	4.86%	5.58%	4.62%	1.21	-2.44%	2017-04-13	2017-05-24
全部	26.16%	15.41%	10.76%	7.36%	1.46	-10.84%	2012-12-27	2013-10-21

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 10：中证 800 空间均值方差优化组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	153.66%	103.65%	50.01%	7.73%	6.47	-2.98%	2009-02-25	2009-03-02
2010	2.27%	-7.32%	9.59%	6.01%	1.60	-2.89%	2010-01-21	2010-05-19
2011	-25.27%	-27.38%	2.11%	4.60%	0.46	-3.63%	2011-07-14	2011-12-15
2012	8.93%	5.81%	3.13%	4.91%	0.64	-5.84%	2012-08-20	2012-12-03
2013	-0.65%	-2.14%	1.48%	5.63%	0.26	-7.06%	2013-01-10	2013-05-28
2014	50.04%	48.28%	1.76%	6.21%	0.28	-11.94%	2014-11-05	2014-12-31
2015	47.64%	14.91%	32.72%	11.25%	2.91	-5.44%	2015-08-17	2015-09-15
2016	-7.06%	-13.27%	6.21%	6.62%	0.94	-3.22%	2016-04-14	2016-05-18
2017 (截至 9 月 29 日)	14.89%	12.31%	2.58%	3.83%	0.67	-4.38%	2017-04-11	2017-06-01
全部	20.71%	10.59%	10.68%	6.73%	1.50	-12.26%	2014-11-05	2015-01-05

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 11：沪深 300 空间均值方差优化组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.59	2.46%	1.00%	29.20%	2.45
流动性	0.35	1.04%	0.29%	13.13%	3.64
流动性动量	0.27	0.69%	0.27%	10.38%	2.55
价格动量	0.32	2.04%	0.53%	19.48%	3.87
一致预期 E2P	0.40	1.31%	0.23%	9.98%	5.58
一致预期 PEG	0.26	0.49%	0.05%	2.49%	9.66
E2P	0.36	0.10%	0.05%	2.28%	1.95
ROE	0.26	0.21%	0.10%	5.47%	2.03
销售毛利率	0.10	0.06%	0.01%	0.74%	4.41
净利润增长率	0.32	0.43%	0.08%	3.07%	5.26
总收入增长率	0.29	-0.05%	0.09%	3.79%	-0.58
合计		8.77%	2.71%	100.00%	3.24

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 12：中证 500 空间均值方差优化组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.65	5.02%	0.89%	16.70%	5.63
流动性	0.49	2.99%	0.89%	19.69%	3.35
流动性动量	0.39	1.19%	0.32%	7.38%	3.74
价格动量	0.51	3.46%	0.77%	16.51%	4.47
一致预期 E2P	0.83	2.09%	0.76%	16.39%	2.76
一致预期 PEG	0.34	0.71%	0.15%	3.21%	4.58
E2P	0.79	0.86%	0.39%	8.25%	2.22
ROE	0.48	0.35%	0.21%	4.60%	1.72
销售毛利率	0.33	0.11%	0.07%	1.50%	1.49
净利润增长率	0.42	0.53%	0.11%	2.64%	4.67
总收入增长率	0.43	0.41%	0.14%	3.15%	2.98
合计		17.74%	4.71%	100.00%	3.77

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 13：中证 800 空间均值方差优化组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.87	4.32%	1.34%	32.41%	3.24
流动性	0.52	2.45%	0.44%	13.41%	5.56
流动性动量	0.38	1.41%	0.41%	11.44%	3.47
价格动量	0.44	3.87%	0.86%	22.37%	4.52
一致预期 E2P	0.55	2.21%	0.30%	8.63%	7.27
一致预期 PEG	0.32	0.73%	0.07%	2.09%	10.81
E2P	0.46	0.36%	0.07%	2.16%	5.25
ROE	0.33	0.16%	0.07%	2.39%	2.21
销售毛利率	0.18	0.10%	0.04%	1.41%	2.27
净利润增长率	0.38	0.24%	0.06%	1.52%	3.99
总收入增长率	0.33	0.00%	0.07%	2.17%	0.06
合计		15.85%	3.72%	100.00%	4.26

资料来源：中信证券量化投资分析系统

基于风险角度的组合构建

风险预算角度优化的含义

近年来伴随着风险管理理念的进一步发展，组合优化的角度也从传统的基于收益的方法过渡到了基于风险的方法。如前文所述，尽管所有的优化方法的本质都是均值方差优化框架，但是基于是否给定预期收益率，可以将优化理念分为基于收益与基于风险两大流派。前一部分我们将因子的历史平均收益率作为因子未来预期收益率的做法就属于基于收益的方法。

基于收益方法优化的核心在于最大化组合收益，因此会给予预期收益较高的因子更高的风险暴露。但是由于股票收益率的分布是一个尾部较厚的分布，这导致不论采用何种预测方法，其预测偏差总体上是不可控的，一旦遭遇黑天鹅事件便很可能给组合带来较大回撤。

基于风险优化相对基于收益优化的本质区别在于，优化的目标将最大化组合收益率转为为了控制组合在各个因子上的风险暴露，因此无需给定预期收益率，仅需给定预期风险和协方差即可。虽然准确预测风险的难度依然较高，但是一般来说股票的风险（即波动率）在一个有限的区间内波动，预测误差总体上可控。也就是说，控制组合在各类风险敞口实际暴露度的难度总体较小。

组合风险预算优化的规则

组合风险预算优化的目标函数可表达为以下形式：

$$x^* = \arg \min \sum_{i=1}^K \left(\frac{x_i(\Sigma x)_i}{x' \Sigma x} - b_i \right)^2 \quad (7)$$

上式中， $\frac{x_i(\Sigma x)_i}{x' \Sigma x}$ 项表示因子 i 在总风险中的占比； b_i 表示基金管理人给定的期望因子 i 在总风险中的占比，本文令 $b_1 = b_2 = \dots = b_K = \frac{1}{K}$ ，即在因子层面进行风险平价； Σ 为因子收益率的预期协方差矩阵，这里依然在月度调仓时采用过去一年的因子收益率序列来估算。

在限制条件上，与均值方差优化方法类似，依然增加两个条件：第一，保证优化组合与基准指数在中信一级行业上为中性；第二，优化组合个股的权重不低于上述市值加权组合中个股权重的 1/3。

因子风险平价组合在降低风险的同时也会降低收益

表 14 至表 16 展示了不同空间因子风险平价组合的历年表现。可见沪深 300、中证 500、中证 800 三空间中，考察期内的年化超额收益率分别为 7.72%、6.76%和 7.79%，该数值低于市值加权组合和均值方差优化组合；年化跟踪误差分别为 5.39%、6.35%、5.24%，低于均值方差优化组合，但高于市值加权组合。

表 17 至表 19 是三个空间组合进行月度风险收益归因的平均情况，该数据比组合业绩更能说明问题。可见三个空间中，因子贡献的年化总超额收益和风险均低于市值加权组合与均值方差优化组合；且组合在 11 个因子的 PCR 都非常相近，即总体上实现了因子层面的风险平价的目标。综上，**风险平价组合是通过分散风险的手段实现了降低了组合风险的效果。**

但是我们也看到，因子风险平价在降低风险的同时，组合的总收益也有了较大的下降。这主要是因为我们所使用的 11 个因子中，技术类因子的历史超额收益远高于财务因子，而财务因子的总数量又相对较多。因此在风险上全部进行了平价后，会降低技术类因子的风险暴露，从而拉低了组合的总收益。这告诫我们，**完全实现平价在收益上未必会有很好的效果，而需要基于因子的特点进行进一步调整。如何挑选需要平价的因子，或者说如何合理配置风险权重则是我们后面的研究重点**

表 14：沪深 300 空间因子风险平价组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	138.09%	96.71%	41.38%	6.96%	5.94	-3.45%	2009-04-21	2009-06-04
2010	-12.29%	-12.51%	0.22%	5.22%	0.04	-5.84%	2010-08-04	2010-10-08
2011	-21.94%	-25.01%	3.07%	4.05%	0.76	-3.91%	2011-08-18	2011-10-24
2012	15.44%	7.55%	7.89%	3.73%	2.11	-3.64%	2012-07-27	2012-12-03
2013	-6.40%	-7.65%	1.25%	4.71%	0.26	-5.31%	2013-01-04	2013-05-31
2014	63.38%	51.66%	11.72%	4.71%	2.49	-5.02%	2014-10-24	2014-12-08
2015	25.31%	5.58%	19.73%	8.53%	2.31	-5.36%	2015-01-20	2015-05-06
2016	-7.68%	-11.28%	3.60%	4.21%	0.85	-2.67%	2016-07-29	2016-11-30
2017（截至 9 月 29 日）	13.04%	15.48%	-2.44%	3.76%	-0.65	-4.73%	2017-04-06	2017-09-28
全部	16.85%	9.13%	7.72%	5.39%	1.43	-7.90%	2012-09-05	2013-05-31

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 15：中证 500 空间因子风险平价组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	142.29%	131.27%	11.02%	6.28%	1.75	-18.67%	2009-01-22	2009-08-04
2010	13.73%	10.07%	3.66%	6.51%	0.56	-6.03%	2010-10-18	2010-12-31
2011	-29.11%	-33.83%	4.72%	4.64%	1.02	-3.84%	2011-03-22	2011-05-04
2012	11.64%	0.28%	11.36%	4.55%	2.49	-3.43%	2012-11-15	2012-12-13
2013	23.27%	16.89%	6.38%	6.19%	1.03	-6.44%	2013-08-26	2013-10-11

2014	31.27%	39.01%	-7.74%	5.06%	-1.53	-9.44%	2014-01-02	2014-12-17
2015	59.36%	43.12%	16.25%	11.02%	1.47	-10.54%	2015-01-28	2015-05-22
2016	-11.89%	-17.78%	5.89%	5.16%	1.14	-3.98%	2016-10-24	2016-12-30
2017 (截至 9 月 29 日)	10.96%	4.86%	6.11%	4.56%	1.34	-3.17%	2017-04-24	2017-08-02
全部	22.17%	15.41%	6.76%	6.35%	1.06	-24.10%	2013-06-27	2015-05-26

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 16：中证 800 空间因子风险平价组合的历年表现

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	136.43%	103.65%	32.78%	6.54%	5.01	-3.85%	2009-04-28	2009-08-04
2010	-4.67%	-7.32%	2.65%	4.77%	0.55	-2.94%	2010-07-28	2010-09-30
2011	-19.19%	-27.38%	8.19%	4.41%	1.86	-2.15%	2011-03-15	2011-04-29
2012	15.52%	5.81%	9.72%	3.79%	2.56	-2.94%	2012-10-19	2012-12-03
2013	-1.56%	-2.14%	0.58%	4.76%	0.12	-5.15%	2013-06-27	2013-10-21
2014	47.99%	48.28%	-0.28%	4.52%	-0.06	-11.55%	2014-07-21	2014-12-31
2015	33.02%	14.91%	18.10%	8.45%	2.14	-4.54%	2015-08-03	2015-09-15
2016	-10.55%	-13.27%	2.72%	4.03%	0.68	-5.08%	2016-07-21	2016-11-24
2017 (截至 9 月 29 日)	15.29%	12.31%	2.98%	3.44%	0.87	-3.02%	2017-02-23	2017-06-01
全部	18.38%	10.59%	7.79%	5.24%	1.49	-11.55%	2014-07-21	2014-12-31

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 17：沪深 300 空间因子风险平价组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.32	1.14%	0.35%	14.17%	3.25
流动性	0.20	0.69%	0.24%	12.01%	2.91
流动性动量	0.20	0.52%	0.21%	10.19%	2.52
价格动量	0.20	1.28%	0.31%	13.81%	4.17
一致预期 E2P	0.38	1.35%	0.24%	10.75%	5.58
一致预期 PEG	0.27	0.55%	0.10%	5.11%	5.72
E2P	0.40	0.10%	0.10%	5.40%	0.97
ROE	0.33	0.02%	0.20%	10.59%	0.10
销售毛利率	0.15	0.14%	0.06%	2.83%	2.23
净利润增长率	0.40	0.32%	0.11%	5.88%	2.94
总收入增长率	0.40	-0.14%	0.16%	9.25%	-0.84
合计		5.97%	2.08%	100.00%	2.87

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 18：中证 500 空间因子风险平价组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.34	2.20%	0.41%	10.36%	5.36
流动性	0.27	1.51%	0.49%	13.19%	3.09
流动性动量	0.30	1.12%	0.21%	6.92%	5.35
价格动量	0.30	2.16%	0.37%	10.62%	5.85
一致预期 E2P	0.57	1.42%	0.51%	13.20%	2.76
一致预期 PEG	0.38	0.77%	0.22%	6.05%	3.50
E2P	0.64	0.80%	0.35%	9.50%	2.26
ROE	0.55	0.42%	0.34%	9.19%	1.24
销售毛利率	0.51	0.31%	0.17%	5.11%	1.89
净利润增长率	0.61	0.86%	0.23%	6.70%	3.74
总收入增长率	0.66	0.80%	0.30%	9.16%	2.65
合计		12.37%	3.60%	100.00%	3.43

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 19：中证 800 空间因子风险平价组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.37	1.76%	0.32%	12.44%	5.57
流动性	0.23	0.98%	0.27%	11.62%	3.57
流动性动量	0.23	0.98%	0.20%	9.03%	5.00
价格动量	0.18	1.69%	0.29%	11.49%	5.79
一致预期 E2P	0.44	2.01%	0.30%	11.36%	6.76
一致预期 PEG	0.32	0.66%	0.14%	6.21%	4.78
E2P	0.51	0.32%	0.17%	7.29%	1.94
ROE	0.41	0.09%	0.23%	9.57%	0.40
销售毛利率	0.36	0.24%	0.12%	5.13%	2.04
净利润增长率	0.54	0.54%	0.14%	6.53%	3.97
总收入增长率	0.56	0.29%	0.19%	9.33%	1.53
合计		9.58%	2.36%	100.00%	4.06

资料来源：中信证券量化投资分析系统

基于风险暴露的组合二次优化

我们在前文采用了均值方差优化、因子风险平价优化两种方法分别对三个样本空间进行了测试，并分析了事后的归因效果。但在上述测试中仍存在一个很明显的问题，即组合层面的业绩与归因的业绩相差较大。例如，沪深 300 空间的均值方差优化组合考察期内总的 IR 为 1.70（见表 8），但该组合归因后因子的可解释的总 IR 为 3.24（见表 11）。这其中的差异主要是由于我们上文中所构建的风险模型解释度不高所造成（见表 1）。常规的单一因子解释度其实都较为有限，构建出的组合虽然风险暴露上满足了需求，但是也会纳入其他的噪声，从而影响组合整体表现。虽然也可以通过无限多的增加因子个数提升模型解释度，但我们认为这是对问题本质的回避。我们认为必须接受风险模型解释度有限这一事实，然后再考虑解决的办法。

因子模型的投资目的是通过组合投资来实现单个或多个因子收益率的复制，但是风险模型解释度的有限导致即便我们配置了同样的风险敞口，但并不一定能够获得该敞口对应的因子收益。假如我们希望在规模因子相对基准暴露 0.1 倍标准差的敞口，事实上存在无数多种规模因子暴露是 0.1 的组合，这些组合哪一种才是最优的呢？我们认为，最优的组合应当是在全部风险暴露满足预设值的组合中，相对业绩基准的分散度最高的组合。这便引出了我们的二次优化问题。

前文中，我们对等权打分方法选出的股票组合分别采用市值加权、均值方差优化、因子风险平价优化三种方法构建了组合，我们将其称为一次优化。得到了每一期的一次优化组合后，当期的风险暴露也即为已知，我们再在全空间中寻找和一次优化组合风险暴露完全一致，同时个股权重相对业绩基准的偏差最小的组合，我们将这一步称为二次优化。

二次优化问题的目标函数如下所示：

$$w^* = \arg \min \sum_{i=1}^N (w_i - w_{i,b})^2 \quad (8)$$

上式中， $w = (w_1, w_2, \dots, w_N)'$ 为待优化组合的个股权重， $w_b = (w_{1,b}, w_{2,b}, \dots, w_{N,b})'$ 为基准指数中的个股权重。约束条件为：（1）优化组合与业绩基准保证中信一级行业中性；（2）优化组合在每个因子的暴露风险与一次优化组合的风险暴露完全一致。

我们以沪深 300 空间的二次优化为例说明归因层面的问题。表 20 和表 21 分别展示了沪深 300 等权打分二次优化组合和沪深 300 均值方差二次优化组合的事后风险与收益归因，可见表 20 与表 5，表 21 与表 11 非常接近，说明二次优化组合与一次优化组合在归因层面可取得非常近似的效果。

我们再以沪深 300、中证 500 两空间的等权打分二次优化组合为例说明二次优化在组合层面的问题。如表 22 和表 23 所示，沪深 300 空间二次优化组合的考察期年化收益和跟踪误差分别为 9.67%、4.13%，而原一次优化组合的年化收益和跟踪误差分别为 8.95%、4.91%（见表 2）；中证 500 空间二次优化组合的考察期年化收益与跟踪误差分别为 11.33%、4.69%，对应的一次优化组合年化收益和跟踪误差分别为 10.14%、5.45%（见表 3）。即二次优化组合在保证金年化收益总体变化幅度不大的条件下，实现较大幅度降低跟踪误差的效果，从而提升组合的整体信息比率。表 24 和表 25 所示的沪深 300、中证 500 空间的均值方差二次优化也有同样的效果。

表 20：沪深 300 等权打分选股二次优化组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.31	1.32%	0.43%	15.25%	3.07
流动性	0.21	0.62%	0.25%	13.56%	2.44
流动性动量	0.20	0.47%	0.20%	9.92%	2.38
价格动量	0.24	1.53%	0.43%	18.72%	3.54
一致预期 E2P	0.43	1.49%	0.31%	14.00%	4.83
一致预期 PEG	0.27	0.55%	0.09%	4.75%	5.90
E2P	0.42	0.14%	0.09%	4.44%	1.53
ROE	0.32	0.01%	0.21%	10.61%	0.04
销售毛利率	0.11	0.12%	0.02%	0.89%	5.40
净利润增长率	0.30	0.24%	0.06%	2.83%	4.28
总收入增长率	0.30	0.01%	0.09%	5.03%	0.16
合计		6.49%	2.18%	100.00%	2.98

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 21：沪深 300 均值方差二次优化组合的风险与收益归因

	风险暴露	收益贡献(年化)	RC	PRC	因子 IR
规模	0.59	2.46%	1.00%	29.16%	2.45
流动性	0.35	1.04%	0.29%	13.03%	3.64
流动性动量	0.27	0.69%	0.27%	10.36%	2.55
价格动量	0.32	2.04%	0.53%	19.22%	3.89
一致预期 E2P	0.40	1.31%	0.23%	9.79%	5.63
一致预期 PEG	0.26	0.49%	0.05%	2.47%	9.59
E2P	0.36	0.10%	0.05%	2.29%	1.93
ROE	0.28	0.24%	0.12%	6.13%	2.03
销售毛利率	0.10	0.06%	0.01%	0.75%	4.39
净利润增长率	0.32	0.43%	0.08%	3.02%	5.28
总收入增长率	0.29	-0.05%	0.09%	3.79%	-0.57
合计		8.80%	2.72%	100.00%	3.24

资料来源：中信证券数量化投资分析系统

表 22：沪深 300 空间等权打分选股二次优化组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	139.78%	96.71%	43.07%	5.39%	8.00	-3.69%	2009-04-16	2009-06-04
2010	-7.72%	-12.51%	4.79%	3.96%	1.21	-3.47%	2010-07-29	2010-10-08
2011	-21.09%	-25.01%	3.93%	2.91%	1.35	-2.04%	2011-07-05	2011-11-18
2012	14.62%	7.55%	7.07%	2.73%	2.59	-3.03%	2012-07-27	2012-11-21
2013	-6.55%	-7.65%	1.09%	3.94%	0.28	-3.53%	2013-01-11	2013-05-27
2014	60.74%	51.66%	9.08%	2.96%	3.07	-3.60%	2014-10-24	2014-12-19
2015	27.42%	5.58%	21.84%	6.95%	3.14	-3.90%	2015-01-20	2015-04-24
2016	-4.22%	-11.28%	7.06%	3.05%	2.31	-1.50%	2016-03-21	2016-05-26
2017（截至 9 月 29 日）	18.06%	15.48%	2.58%	2.60%	0.99	-1.91%	2017-07-07	2017-08-25
全部	18.79%	9.13%	9.67%	4.13%	2.34	-3.90%	2015-01-20	2015-04-24

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 23：中证 500 空间等权打分选股二次优化组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	155.82%	131.27%	24.55%	4.11%	5.97	-2.97%	2009-04-09	2009-08-04
2010	17.30%	10.07%	7.24%	4.65%	1.56	-2.81%	2010-01-27	2010-06-10
2011	-30.01%	-33.83%	3.82%	3.19%	1.20	-2.59%	2011-01-25	2011-05-16
2012	10.80%	0.28%	10.52%	3.14%	3.35	-1.25%	2012-03-19	2012-04-16
2013	20.90%	16.89%	4.01%	4.44%	0.90	-6.04%	2013-01-11	2013-07-24
2014	45.71%	39.01%	6.70%	3.59%	1.87	-2.66%	2014-08-01	2014-11-06
2015	71.45%	43.12%	28.33%	8.95%	3.16	-4.98%	2015-08-03	2015-08-25
2016	-6.93%	-17.78%	10.84%	3.69%	2.93	-1.44%	2016-10-24	2016-12-30
2017（截至 9 月 29 日）	14.93%	4.86%	10.07%	2.94%	3.42	-1.69%	2017-04-26	2017-05-24
全部	26.74%	15.41%	11.33%	4.69%	2.42	-6.04%	2013-01-11	2013-07-24

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 24：沪深 300 均值方差二次优化组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	138.02%	96.71%	41.31%	6.67%	6.19	-5.03%	2009-04-17	2009-06-05
2010	-4.99%	-12.51%	7.52%	4.93%	1.53	-2.94%	2010-08-04	2010-10-08
2011	-20.53%	-25.01%	4.48%	3.86%	1.16	-2.49%	2011-07-14	2011-12-05
2012	14.03%	7.55%	6.48%	3.38%	1.92	-3.79%	2012-07-27	2012-11-21
2013	-6.56%	-7.65%	1.08%	4.23%	0.26	-4.54%	2013-01-11	2013-05-29
2014	66.05%	51.66%	14.39%	3.71%	3.88	-3.36%	2014-11-05	2014-12-19
2015	41.25%	5.58%	35.67%	7.25%	4.92	-4.20%	2015-09-02	2015-09-15
2016	-4.89%	-11.28%	6.39%	4.84%	1.32	-2.92%	2016-02-24	2016-02-29
2017（截至 9 月 29 日）	15.47%	15.48%	-0.01%	2.60%	-0.00	-2.11%	2017-04-12	2017-05-12
全部	20.62%	9.13%	11.49%	4.91%	2.34	-5.10%	2012-07-27	2013-05-29

资料来源：中信证券量化投资分析系统

表 25：中证 500 均值方差二次优化组合的历年业绩

年度	年化收益	业绩基准年化收益	年化超额收益	跟踪误差	IR	相对收益最大回撤	最大回撤开始日	最大回撤结束日
2009	169.62%	131.27%	38.35%	5.27%	7.27	-4.71%	2009-04-24	2009-08-03
2010	16.59%	10.07%	6.53%	6.03%	1.08	-4.20%	2010-01-27	2010-05-07
2011	-32.25%	-33.83%	1.58%	4.07%	0.39	-4.21%	2011-01-25	2011-05-16
2012	11.96%	0.28%	11.68%	4.37%	2.67	-1.65%	2012-08-10	2012-09-05
2013	22.13%	16.89%	5.25%	5.98%	0.88	-8.79%	2013-01-11	2013-06-17
2014	44.79%	39.01%	5.78%	4.34%	1.33	-2.34%	2014-01-02	2014-03-04
2015	90.99%	43.12%	47.87%	10.41%	4.60	-6.02%	2015-08-03	2015-08-25
2016	-4.23%	-17.78%	13.55%	4.14%	3.27	-1.37%	2016-05-12	2016-06-01
2017（截至 9 月 29 日）	12.11%	4.86%	7.25%	3.98%	1.82	-2.42%	2017-04-13	2017-05-24
全部	28.84%	15.41%	13.44%	5.80%	2.32	-8.79%	2013-01-11	2013-06-17

资料来源：中信证券量化投资分析系统

分析师声明

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。

评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 20%以上；
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于 5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上；
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 10%以上；
		中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上

其他声明

本研究报告由中信证券股份有限公司或其附属机构制作。中信证券股份有限公司及其全球的附属机构、分支机构及联营机构（仅就本研究报告免责条款而言，不含 CLSA group of companies），统称为“中信证券”。

法律主体声明

中国：本研究报告在中华人民共和国（香港、澳门、台湾除外）由中信证券股份有限公司（受中国证券监督管理委员会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）分发。

新加坡：本研究报告在新加坡由 CLSASingaporePteLtd（公司注册编号：198703750W）分发。作为资本市场经营许可持有人及受豁免的财务顾问，CLSA Singapore Pte Ltd 仅向新加坡《证券及期货法》s.4A（1）定义下的“机构投资者、认可投资者及专业投资者”提供证券服务。根据新加坡《财务顾问法》下《财务顾问（修正）规例（2005）》中关于机构投资者、认可投资者、专业投资者及海外投资者的第 33、34、35 及 36 条的规定，《财务顾问法》第 25、27 及 36 条不适用于 CLSA Singapore Pte Ltd。如对本报告存有疑问，还请联系 CLSA Singapore Pte Ltd（电话：+65 6416 7888）。MCI (P) 033 11 2016。

针对不同司法管辖区的声明

中国：根据中国证券监督管理委员会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

新加坡：监管法规或交易规则要求对研究报告涉及的实际、潜在或预期的利益冲突进行必要的披露。须予披露的利益冲突可依照相关法律法规要求在特定报告中获得，详细内容请查看 <https://www.clsa.com/disclosures.html>。该等披露内容仅涵盖 CLSA group, CLSA Americas 及 CL Securities Taiwan Co., Ltd 的情况，不涉及中信证券及/或其附属机构的情况。如投资者浏览上述网址时遇到任何困难或需要过往日期的披露信息，请联系 compliance_hk@clsa.com。

美国：本研究报告由中信证券编制。本研究报告在美国由中信证券（CITIC Securities International USA, LLC（下称“CSI-USA”）除外）和 CLSA group of companies（CLSA Americas, LLC（下称“CLSA Americas”）除外）仅向符合美国《1934 年证券交易法》下 15a-6 规则定义且分别与 CSI-USA 和 CLSA Americas 进行交易的主要美国机构投资者“分发。对身在美国的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所载任何观点的背书。任何从中信证券与 CLSA group of companies 获得本研究报告的接收者如果希望在美国交易本报告中提及的任何证券应当分别联系 CSI-USA 和 CLSA Americas。

英国：本段“英国”声明受英国法律监管并依据英国法律解释。本研究报告在英国须被归为营销文件，它不按《英国金融行为管理手册》所界定、旨在提升投资研究报告独立性的法律要件而撰写，亦不受任何禁止在投资研究报告发布前进行交易的限制。本研究报告在欧盟由 CLSA（UK）发布，该公司由金融行为管理局授权并接受其管理。本研究报告针对《2000 年金融服务和市场法 2005 年（金融推介）令》第 19 条所界定的在投资方面具有专业经验的人士，且涉及到的任何投资活动仅针对此类人士。若您不具备投资的专业经验，请勿依赖本研究报告的内容。

一般性声明

本研究报告对于收件人而言属高度机密，只有收件人才能使用。本研究报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许该研究报告发送、发布的人员。本研究报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为出售任何证券或金融工具的要约，或者证券或金融工具交易的要约邀请。中信证券并不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具的分析，本报告的收件人须保持自身的独立判断。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但中信证券不保证其准确性或完整性。中信证券并不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他损失承担任何责任。本报告提及的任何证券均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适用所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了中信证券在最初发布该报告日期当日分析师的判断，可以在不发出通知的情况下做出更改，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与中信证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。中信证券并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。中信证券通过信息隔离墙控制中信证券内部一个或多个领域的信息向中信证券其他领域、单位、集团及其他附属机构的流动。负责撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和中信证券高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投资银行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投资银行、销售与交易业务。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构为此发送行为承担全部责任。该机构的客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券以及中信证券的各个高级职员、董事和员工亦不为（前述金融机构之客户）因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。

未经中信证券事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

中信证券 2017 版权所有。保留一切权利。