

## 不同条件下的组合优化模型结果分析

## ——多因子模型研究系列之十四

分析师：郝惊

SAC NO: S1150517100003

2020 年 9 月 14 日

## 证券分析师

郝惊

022-23861600

hao\_liang@bhqz.com

## 核心观点：

## ● 目的

多因子模型体系包括  $\alpha$  模型、风险模型、成本控制模型、组合优化模型。组合优化模型是最终将前三个模型整合为一体，得到最优结果。本期报告的主要目的是对组合优化模型进行详细的探讨，对不同的限制条件影响组合表现的规律性进行一定程度的揭示。

●  $\lambda$  系数

$\lambda$  系数对组合表现的影响因个股权重偏离限制的不同而不同。当个股权重偏离幅度限制较严格的情况下， $\lambda$  系数对组合表现影响几乎可以忽略，而当个股权重偏离幅度限制较宽松时， $\lambda$  系数对组合表现的影响较大。

## ● 非成份股权重

非成份股权重比例的提高，在沪深 300 上能较明显的提高组合表现，而在中证 500 上的结果有待进一步验证，可能原因是行业过于分散，不同行业的因子有效性有所区别。

## ● 行业风险暴露

适当的行业风险暴露能提高组合表现，且个股权重偏离度限制越宽松，效果越明显。

## ● 换手率限制

换手率限制能较好的控制组合的换手率。

## ● 市值因子暴露

市值因子的适当暴露可以提高组合表现，但因经济学含义较模糊，故其效果不如适当的提高非成份股权重和行业暴露程度。

## ● 跟踪误差控制

跟踪误差控制条件的实际结果较差，可能因股票的协方差矩阵预测值与实际值差距较大有关，故实践中控制跟踪误差的较好方式还是控制个股权重的偏离程度。

## ● 最大股票数量限制

限制最大股票数量对组合的影响相对较小，此外，过低的股票组合数量要求可能导致优化问题无解。

## ● 进一步研究

1、不同行业配置不同的  $\alpha$  因子。2、仅在多因子选股效果较好的行业进行非成份股选股。3、指定特定行业的行业风险暴露，如食品饮料、医药生物。

## ● 风险提示

模型过度优化风险，模型失效风险。

## 相关研究

《行业多因子轮动测试》

《有色金属子行业轮动模型》

《ROE 选股模型》

## 目 录

1. 前言.....	4
2. 模型回顾.....	4
2.1 Alpha 模型 .....	4
2.2 风险模型 .....	5
2.3 成本控制模型 .....	6
3. 组合优化模型框架.....	6
4. 个股权重限制.....	7
5. lamda 参数的影响 .....	8
6. 成份股权重限制.....	10
7. 行业风险敞口的限制.....	11
8. 换手率限制.....	12
9. 市值因子暴露限制.....	13
10. 跟踪误差控制.....	14
11. 股票数量控制.....	15
12. 总结.....	16
13. 进一步研究.....	17
14. 风险提示.....	17

## 图 目 录

图 1 多因子模型体系 .....	4
-------------------	---

## 表 目 录

表 1: Alpha 模型 .....	4
表 2: 针对银行的 alpha 模型 .....	5
表 3: 风险因子 .....	5
表 4: 不同个股限制条件在沪深 300 上的区别 .....	7
表 5: 不同个股限制条件在中证 500 上的区别 .....	8
表 6: 不同 lamda 指标在沪深 300 上的表现 (个股权重 tight 规则) .....	8
表 7: 不同 lamda 指标在沪深 300 上的表现 (个股权重 loose 规则) .....	9
表 8: 不同 lamda 指标在中证 500 上的表现 (个股权重 loose 规则) .....	9
表 9: 不同 lamda 指标在中证 500 上的表现 (个股权重 tight 规则) .....	9
表 10: 不同成份股权重条件在沪深 300 上的区别 (个股权重 tight 规则) .....	10
表 11: 不同成份股权重条件在沪深 300 上的区别 (个股权重 loose 规则) .....	10
表 12: 不同成份股权重条件在中证 500 上的区别 (个股权重 tight 规则) .....	10
表 13: 不同成份股权重条件在中证 500 上的区别 (个股权重 loose 规则) .....	11
表 14: 不同行业风险敞口在沪深 300 上的区别 (个股权重 loose 规则) .....	11
表 15: 不同行业风险敞口在沪深 300 上的区别 (个股权重 tight 规则) .....	12
表 16: 不同行业风险敞口在中证 500 上的区别 (个股权重 loose 规则) .....	12
表 17: 不同行业风险敞口在中证 500 上的区别 (个股权重 tight 规则) .....	12
表 18: 换手率条件在沪深 300 上的应用 (个股权重 loose 规则) .....	13
表 19: 换手率条件在中证 500 上的应用 (个股权重 loose 规则) .....	13
表 20: 市值因子暴露在沪深 300 上的应用 (个股权重 tight 规则) .....	13
表 21: 市值因子暴露在中证 500 上的应用 (个股权重 tight 规则) .....	14
表 22: 跟踪误差条件在沪深 300 上的应用 .....	14
表 23: 跟踪误差条件在中证 500 上的应用 .....	15
表 24: 股票数量控制在沪深 300 上的应用 .....	16
表 25: 股票数量控制在中证 500 上的应用 .....	16

## 1. 前言

本期报告的主要目的是对多因子体系中的组合优化模型进行详细的探讨，分析不同参数条件下的结果，从而根据不同策略目的来选择合适的参数条件。虽然不同的机构可能因为所使用的 alpha 因子、风险因子，或行业的因子配置有所区别导致组合表现存在一定区别，但是不同限制条件对回测结果影响的规律性应该是相同的。对这种规律性的揭示也是本报告的首要目的。

## 2. 模型回顾

多因子模型体系包括 alpha 模型、风险模型、成本控制模型、组合优化模型。Alpha 模型负责选择出能带来超额收益的股票，风险控制模型负责计算组合在给定的风险因子上的暴露，成本控制模型负责交易成本的限制。组合优化模型则是最终将上述模型整合为一体，得到最优结果。

图 1 多因子模型体系



资料来源：渤海证券研究所

在进行组合优化模型的分析前，有必要将我们的前面三个模型如何构建进行简要回顾，以确保对测试中的基本模型有一个了解。

### 2.1 Alpha 模型

表 1: Alpha 模型

一级因子	二级因子
Mom	M_reverse_20, M_reverse_60, M_reverse_180
Quality	Roa_q, Roe_q
Growth	Profit_g_q, Sales_g_q, Roe_g_q, Sue

Liquidity	Stom_barra, Stoa_barra, Stoa_barra
Value	Ep, Bp
West	West_netprofit_yoy, Est_instum
Governance	Mgmt_ben_top3m

资料来源：渤海证券研究所

表 2: 针对银行的 alpha 模型

Growth	Profit_g_q, Sales_g_q, Sue
Value	Ep, Bp

资料来源：渤海证券研究所

其中 M\_reverse\_20, M\_reverse\_60, M\_reverse\_180 为不同周期的经过单日成交金额加权处理的动量反转因子。West\_netprofit\_yoy, Est\_instum 为 Wind 数据库中的一致预期因子，分别为未来一年的净利润同比增速和机构覆盖数量。Mgmt\_ben\_top3m 因子为经过根号下处理的排名前三的高管薪酬和因子。其他因子为常用的 Barra 因子或成长、盈利等因子。

所有二级因子等权合成一级因子。Growth 因子对 Quality 因子做成文化处理，Volatility 因子对 Liquidity 因子和 Mom 因子做正文化处理。一级因子根据其历史 ICIR 符号方向确定方向，然后所有一级大类因子等权合成，作为个股的得分。针对银行股票进行单独建模，仅使用 Growth 和 Value 来确定股票得分。

我们对银行进行单独的收益打分建模，对银行仅使用成长类和估值类因子进行打分。

## 2.2 风险模型

表 3: 风险因子

Size	Lncap_barra, Midcap_barra
Volatility	Std_1m, Std_3m, Std_6m, Std_12m

资料来源：渤海证券研究所

选择 Size 因子和 Volatility 因子为风险因子，使用过去 12 期的个股在风险因子上的暴露数据进行压缩矩阵模型计算，得到个股在风险因子上的协方差矩阵，再计算个股对所有大类因子回归得到的残差的协方差矩阵。两个协方差矩阵的和即为个股的风险协方差矩阵，即为马科维茨均值方差模型中的风险部分。

## 2.3 成本控制模型

理论上，买入的冲击成本小于卖出的冲击成本，且不同股票的冲击成本与该股票的日均成交量有关系。但为了简化计算，我们仅使用固定系数的权重变动绝对值来代替成本控制模型，并设定  $c$  为 0.3%。

成本控制模型为：  $-c \cdot \text{abs}(w_t - w_{t-1})$

## 3. 组合优化模型框架

目前主流的组合优化框架仍为均值-方差的组合优化框架，结合常用的限制条件，整体的组合优化框架如下：

Maximize

$$x^T r - \lambda x^T E x - c |w_t - w_{t-1}| \quad \text{目标函数}$$

Subject to

- (1)  $w_{\min} \leq x \leq w_{\max}$  个股权重限制
- (2)  $|x_t - x_{t-1}| \leq \delta$  换手率限制
- (3)  $\text{dum}_{in\_bench} x \geq w_{\min\_in\_bench}$  成份股权重限制
- (4)  $w_{indus} + e \geq \text{dum}_{indus} x \geq w_{indus} - e$  行业权重限制
- (5)  $f_{expose\_min} \leq E x \leq f_{expose\_max}$  风险因子暴露限制
- (6)  $(x - w_{bench})^T \Sigma (x - w_{bench}) \leq \sigma^2$  跟踪误差限制
- (7)  $1^T (x > 0) \leq n_{\max}$  股票数量约束

其中  $x$  为待求解的个股权重变量， $r$  为个股的  $\alpha$  模型得分值， $\lambda$  为风险系数， $E$  为个股的协方差矩阵， $c$  为成本系数， $w_{\min}$ 、 $w_{\max}$  为个股权重的最小值、最大值的序列变量， $\delta$  为换手率限制条件参数。 $\text{dum}_{in\_bench}$  为是否为成份股的虚拟变量， $w_{\min\_in\_bench}$  为成份股权重最小值。 $\text{dum}_{indus}$  为个股的行业虚拟变量， $w_{indus}$  为成份股的行业权重序列变量， $e$  为行业暴露条件，当  $e$  为 0 时，则行业条件退化为行业中性。 $E$  为股票在风险因子上的暴露， $f_{expose\_min}$ 、 $f_{expose\_max}$  为在风险因子上的暴露限制，当  $f_{expose\_min}$  与  $f_{expose\_max}$  相等时，则退化为风险因子中性。 $\Sigma$  为股票的协方差矩阵。 $w_{indus}$  为成份股的个

股权重序列变量， $n_{\max}$  为股票数量最大值。

当含有条件（6）跟踪误差限制时，在目标函数里可去掉二次项。当行业权重条件中的  $e$  不为 0 时，还需添加所有股票权重和为 1 的条件。

在进行单个的限制条件测试时，我们都是基于相同的基本限制条件的基础上进行相应的修改，基本限制条件为：

1、 $\lambda$  系数为 10，2、不设置换手率限制，3、全部在成份股中进行选择，4、行业中性，5、市值因子中性，6、不设置跟踪误差限制，7、以沪深 300 为基准时，最大股票数量为 150，以中证 500 为基准时，最大股票数量为 300。若测试相应的限制条件，则在基本规则基础上修改相应的限制条件。

回测过程中其他的成本条件设置为印花税为 0.1%，佣金为 0.02%，买入冲击成本为 0.15%，卖出冲击成本为 0.3%。回测时间段为 2011 年 2 月至 2020 年 7 月 31 日。我们主要使用的优化器为 `cvxpy` 工具包下的 ECOS 优化器。

## 4. 个股权重偏离度限制

我们首先测试个股权重偏离度限制条件的不同影响，因为我们认为该条件本质上限制了模型的潜在不同应用方向。我们测试了两种风格的个股权重限制，一种是比较紧的限制，个股权重相对基准成份股权重的偏离度波动范围为成份股权重上下波动 1%，一种是相对宽松的限制条件，个股权重最大可以达到成份股内对应一级行业的权重。

在测试该条件时，我们假设其他的限制条件基本限制条件组合，即行业中性、市值中性、完全在成份股中选择、 $\lambda$  变量为 10，不设置其他的限制条件。分别对沪深 300 和中证 500 的测试结果如下：

表 4：不同个股限制条件在沪深 300 上的区别

指标	上下浮动 1%	最大可达行业权重
累计收益	1.39	2.42
相对基准月度胜率	63.72%	62.83%
年度收益	9.69%	13.94%
年化超额收益	5.51%	9.93%
跟踪误差	4.13%	8.98%
换手率	327.15%	546.88%

资料来源：渤海证券研究所



表 5: 不同个股限制条件在中证 500 上的区别

指标	上下浮动 1%	最大可达行业权重
累计收益	1.73	2.55
相对基准月度胜率	61.06%	60.18%
年度收益	11.24%	14.39%
年化超额收益	9.64%	13.87%
跟踪误差	8.52%	14.19%
换手率	454.93%	589.83%

资料来源：渤海证券研究所

从测试结果可以看到，对于两个不同风格的限制条件来说，从年化超额收益及跟踪误差两个指标来看，在沪深 300 上和中证 500 上涨有相似的表现，即个股权重限制越紧，组合的跟踪误差越低，年化超额收益越低，个股权重限制较少，则跟踪误差较大，年化超额越大。

此外，由于中证 500 的行业相对分散，沪深 300 的权重股占比更大，所以沪深 300 的跟踪误差较小，而中证 500 的年化超额收益更大。

当组合更在乎跟踪误差的情况下，可使用相对较紧的个股权重偏离度限制条件；当组合更在乎年化超额收益，如构建使用股指期货对冲的中性策略，可使用相对宽松的个股权重偏离度限制条件。

在后续的测试中，我们测试了在不同的个股权重限制条件下的其他条件测试结果，故为描述方便，把个股权重上下浮动 1% 的规则简称为个股权重 tight 规则，个股权重最大可达到行业权重的规则简称为个股权重 loose 规则。

## 5. lamda 参数的影响

lamda 系数为均值方差模型中方差项前的系数，该值越大，表明越风险厌恶，组合优化的结果会减少组合的风险暴露。

表 6: 不同 lamda 指标在沪深 300 上的表现（个股权重 loose 规则）

lamda	0	20	40	60	80	100
累计收益	2.51	2.33	2.36	2.18	2.09	2.04
相对基准月度胜率	61.95%	62.83%	61.06%	61.95%	58.41%	59.29%
年度收益	14.26%	13.62%	13.70%	13.07%	12.70%	12.51%
年化超额收益	10.16%	9.67%	9.79%	9.31%	9.15%	8.96%
跟踪误差	9.06%	9.14%	9.55%	10.04%	10.50%	10.51%
换手率	547.55%	550.17%	555.62%	565.70%	564.29%	566.40%



资料来源：渤海证券研究所

表 7：不同 lamda 指标在沪深 300 上的表现（个股权重 tight 规则）

lamda	0	20	40	60	80	100
累计收益	1.40	1.38	1.37	1.36	1.42	1.39
相对基准月度胜率	63.72%	64.60%	64.60%	64.60%	65.49%	64.60%
年度收益	9.75%	9.62%	9.59%	9.52%	9.83%	9.67%
年化超额收益	5.58%	5.44%	5.43%	5.37%	5.68%	5.48%
跟踪误差	4.19%	4.11%	4.10%	4.09%	4.12%	4.11%
换手率	325.71%	326.81%	323.15%	321.74%	327.15%	322.41%

资料来源：渤海证券研究所

表 8：不同 lamda 指标在中证 500 上的表现（个股权重 loose 规则）

lamda	0	20	40	60	80	100
累计收益	2.64	2.61	2.52	2.46	2.58	2.67
相对基准月度胜率	58.41%	61.95%	61.95%	61.06%	61.95%	60.18%
年度收益	14.67%	14.60%	14.27%	14.07%	14.49%	14.80%
年化超额收益	14.44%	14.02%	13.58%	13.25%	13.49%	13.80%
跟踪误差	15.03%	14.09%	13.90%	13.52%	13.28%	13.28%
换手率	592.02%	588.10%	587.57%	586.38%	587.04%	587.38%

资料来源：渤海证券研究所

表 9：不同 lamda 指标在中证 500 上的表现（个股权重 tight 规则）

lamda	0	20	40	60	80	100
累计收益	1.58	1.57	1.57	1.53	1.51	1.51
相对基准月度胜率	61.95%	61.06%	61.06%	61.06%	62.83%	64.60%
年度收益	10.64%	10.61%	10.53%	10.51%	10.40%	10.39%
年化超额收益	9.82%	9.67%	9.21%	9.07%	8.99%	8.91%
跟踪误差	9.34%	9.33%	9.31%	9.29%	9.26%	9.22%
换手率	457.46%	455.24%	456.39%	457.11%	459.27%	461.99%

资料来源：渤海证券研究所

可以看到，当个股权重偏离度限制较紧时，不同的 lamda 系数对结果的较小，影响几乎可以忽略，当 lamda 分别为 0 或 100 时，沪深 300 的年化收益从 5.58% 下降到 5.48%，变动仅 0.1%，跟踪误差从 4.19% 下降到 4.11%，变动仅 0.07%。在中证 500 上的结果也是类似。

而当个股权重偏离度限制较宽泛时，lamda 对结果的影响更大，且年化收益及跟踪误差基本呈现单调的变动，lamda 越大，年化收益越小，跟踪误差越小。此外，当 lamda 系数有效时，因该系数的结果有明显的单调特征，故合适的 lamda 系数的设定，要么就选择跟踪误差可容忍情况下的较小值，要么就是一个相对较

小的值。

## 6. 成份股权重限制

前面的测试中成份股权重的比例为 100%，我们观察发现，在实际运作过程中，指数增强基金中成份股比例一般在 80%以上，百分百成份股内选择的指数增强基金较少。故我们测试了成份股权重在 80%、85%、90%、95%情况下，组合的表现情况，验证选择成份股外的股票权重比例提升能多大程度上影响业绩表现。

表 10: 不同成份股权重条件在沪深 300 上的区别（个股权重 tight 规则）

min-in-banch-rate	80.00%	85.00%	90.00%	95.00%
累计收益	2.08	1.75	1.35	1.27
相对基准月度胜率	65.49%	61.06%	56.64%	61.95%
年度收益	12.68%	11.32%	9.47%	9.07%
年化超额收益	8.84%	7.29%	5.46%	5.22%
跟踪误差	6.74%	5.91%	4.75%	5.03%
换手率	486.79%	471.82%	454.31%	432.47%

资料来源：渤海证券研究所

表 11: 不同成份股权重条件在沪深 300 上的区别（个股权重 loose 规则）

min-in-banch-rate	80.00%	85.00%	90.00%	95.00%
累计收益	2.31	1.90	2.04	1.28
相对基准月度胜率	62.83%	57.52%	58.41%	55.75%
年度收益	13.55%	11.98%	12.52%	9.15%
年化超额收益	9.99%	8.17%	8.62%	5.11%
跟踪误差	12.22%	10.77%	10.25%	8.15%
换手率	698.39%	692.93%	666.86%	665.90%

资料来源：渤海证券研究所

表 12: 不同成份股权重条件在中证 500 上的区别（个股权重 tight 规则）

min-in-banch-rate	80.00%	85.00%	90.00%	95.00%
累计收益	149.29%	116.01%	146.79%	161.03%
相对基准月度胜率	60.18%	54.87%	59.29%	67.26%
年度收益	10.17%	8.51%	10.06%	10.71%
年化超额收益	8.72%	7.44%	8.94%	9.48%
跟踪误差	9.18%	10.44%	10.34%	9.34%
换手率	502.28%	490.47%	460.63%	428.98%

资料来源：渤海证券研究所

表 13: 不同成份股权重条件在中证 500 上的区别 (个股权重 loose 规则)

min_in_banch_rate	80.00%	85.00%	90.00%	95.00%
累计收益	2.01	2.44	2.23	2.40
相对基准月度胜率	54.87%	56.64%	57.52%	53.98%
年度收益	12.38%	14.00%	13.23%	13.86%
年化超额收益	12.95%	14.34%	13.74%	14.96%
跟踪误差	17.59%	17.82%	17.59%	19.80%
换手率	628.39%	612.58%	613.28%	585.49%

资料来源: 渤海证券研究所

从测试结果来看, 以沪深 300 为基准条件下, 在基本规则条件下, 随着非成份股权重比率的增加, 年化超额收益和跟踪误差均程序不同程度的增加, 在个股权重为 tight 规则下, 随着非成份股权重比例从 5% 提升到 20%, 年化超额收益从 5.22% 提升至 8.84%, 跟踪误差 5.03% 提升至 6.74%, 年化超额收益的提升远大于跟踪误差的提升; 而在个股权重为 loose 条件下, 年化超额收益的提升与跟踪误差的提升幅度相差不多。

在以中证 500 为基准条件下, 在基本规则条件下, 随着非成份股权重比率的增加, 与沪深 300 为基准的不同, 年化超额收益反而出现了一定程度的非线性的下降。可能的原因是中证 500 的行业过于分散, 而在全 A 中进行个股收益打分时, 可能有部分行业的 alpha 因子选择仍有待商榷。该问题解决方法为: 可选择多因子选股效果较好的行业进行非成份股的选择, 如消费类行业, 对应多因子选股效果一般的行业, 如军工、传统的周期类行业, 就仅在成份股中进行配置。

## 7. 行业风险敞口的限制

虽然在多因子模型中, 测试时普遍追求行业中性, 但通过我们的观察和友商的研究, 非行业中性才是市场中的常态。通过我们的测算也发现, 适当的行业暴露是获得超额收益较好的方式。无论是沪深 300 还是中证 500 上, 无论个股权重是 loose 规则还是 tight 规则, 观察基准规则加不同的行业暴露敞口, 其年化超额收益的提升明显大于跟踪误差的提升。可见适当的行业风险敞口的暴露是获得超额收益明显来源。

表 14: 不同行业风险敞口在沪深 300 上的区别 (个股权重 loose 规则)

industry_max_expose	3.00%	6.00%	9.00%
累计收益	1.73	1.91	2.27
相对基准月度胜率	53.98%	57.52%	60.18%
年度收益	11.24%	11.99%	13.39%

年化超额收益	7.40%	8.18%	9.38%
跟踪误差	9.63%	10.17%	10.45%
换手率	570.29%	560.23%	543.07%

资料来源：渤海证券研究所

表 15: 不同行业风险敞口在沪深 300 上的区别（个股权重 tight 规则）

industry-max-expose	3.00%	6.00%	9.00%
累计收益	1.46	1.61	1.59
相对基准月度胜率	61.95%	65.49%	65.49%
年度收益	10.04%	10.71%	10.62%
年化超额收益	6.06%	6.81%	6.73%
跟踪误差	5.97%	6.08%	6.14%
换手率	336.62%	337.14%	331.53%

资料来源：渤海证券研究所

表 16: 不同行业风险敞口在中证 500 上的区别（个股权重 loose 规则）

industry-max-expose	3.00%	6.00%	9.00%
累计收益	2.90	3.15	3.25
相对基准月度胜率	62.83%	64.60%	62.83%
年度收益	15.54%	16.31%	16.59%
年化超额收益	15.08%	16.10%	16.40%
跟踪误差	14.56%	15.46%	15.47%
换手率	584.42%	592.32%	602.15%

资料来源：渤海证券研究所

表 17: 不同行业风险敞口在中证 500 上的区别（个股权重 tight 规则）

industry-max-expose	3.00%	6.00%	9.00%
累计收益	1.74	1.84	1.81
相对基准月度胜率	61.95%	62.83%	62.83%
年度收益	11.29%	11.71%	11.56%
年化超额收益	10.36%	10.50%	10.33%
跟踪误差	11.03%	10.36%	10.33%
换手率	424.92%	419.00%	419.57%

资料来源：渤海证券研究所

## 8. 换手率限制

换手率限制能较明显的控制组合的换手率。在沪深 300 上，在个股权重为 loose 规则条件下，基准规则加月换手率小于 30%，可将组合的总换手率从 5.5 倍降低到不到 2 倍，年化超额收益损失约 1.5%。中证 500 上，在个股权重为 loose 规则条件下，基准规则加月换手率小于 35%，可将组合的总换手率从接近 6 倍降低

到不到 2 倍多，年化超额收益损失约 1%。

表 18: 换手率条件在沪深 300 上的应用（个股权重 loose 规则）

turnover	月换手小于 30%	无要求
累计收益	1.90	2.42
相对基准月度胜率	60.18%	62.83%
夏普比率	26.61%	13.94%
年化超额收益	8.30%	9.93%
跟踪误差	10.41%	8.98%
换手率	192.61%	546.88%

资料来源：渤海证券研究所

表 19: 换手率条件在中证 500 上的应用（个股权重 loose 规则）

turnover	月换手小于 35%	无要求
累计收益	2.34	2.55
相对基准月度胜率	63.72%	60.18%
年度收益	13.63%	14.39%
年化超额收益	12.96%	13.87%
跟踪误差	13.06%	14.19%
换手率	213.91%	589.83%

资料来源：渤海证券研究所

## 9. 市值因子暴露限制

随着市值因子的失效，市值因子不再被当成是 alpha 因子，一般的组合优化模型中都进行市值中性化的处理。若允许暴露一定程度的市值因子，无论是在沪深 300 上还是中证 500，从测试结果来看，年化超额收益、跟踪误差、换手率都会有一定的扩大，此外在沪深 300 上，跟踪误差扩大的比例要大于年化收益扩大的比率，故通过市值因子暴露条件的放宽来获得超额收益的效果较差。

此外，还有一个问题是行业风险敞口暴露和调整成份股权重的参数从逻辑上更容易理解，相对直观，如成份股权重大于 80% 和大于 90% 的区别是很容易理解的，而把市值因子的暴露限制在 -1 和 1 之间，与限制在 -0.5 和 0.5 之间的区别，可解释性相对较差。

表 20: 市值因子暴露在沪深 300 上的应用（个股权重 tight 规则）

size	-1 ≤ 因子暴露 ≤ 1	市值中性
累计收益	1.41	1.39
相对基准月度胜率	61.95%	63.72%
年度收益	9.79%	9.69%

年化超额收益	5.63%	5.51%
跟踪误差	4.93%	4.13%
换手率	340.91%	327.15%

资料来源：渤海证券研究所

表 21：市值因子暴露在中证 500 上的应用（个股权重 tight 规则）

size	-1 ≤ 因子暴露 ≤ 1	市值中性
累计收益	1.83	1.73
相对基准月度胜率	62.83%	61.06%
年度收益	11.67%	11.24%
年化超额收益	10.26%	9.64%
跟踪误差	9.07%	8.52%
换手率	455.09%	454.93%

资料来源：渤海证券研究所

故对市值因子可以进行中性化处理，也可较小的暴露市值因子的风险，只不过这种暴露是为了通过行业风险暴露和非成份股暴露，而在计算过程中为了优化问题有可行解的目的，而不同通过市值因子获得组合表现的提升。

## 10. 跟踪误差控制

在有跟踪误差控制条件的情况下，需要对目标函数进行修改，新的目标函数为如下：

$$\text{Maximize: } x^T r - c |w_t - w_{t-1}| \quad \text{目标函数}$$

此外，在进行计算时，使用剔除了 size 因子后的所有大类因子的协方差矩阵进行计算。根据第四节中的测试结果，因基本规则下的跟踪误差不同，我们对不同组合设置了不同的跟踪误差条件进行测试。

表 22：跟踪误差条件在沪深 300 上的应用

个股权重规则	个股权重 tight 规则	个股权重 loose 规则
te	te<3%	te<6%
累计收益	1.43	2.55
相对基准月度胜率	63.72%	61.95%
年度收益	9.86%	14.38%
年化超额收益	5.69%	10.25%
跟踪误差	4.23%	8.97%
换手率	326.81%	547.46%

资料来源：渤海证券研究所



表 23: 跟踪误差条件在中证 500 上的应用

个股权重规则	个股权重 tight 规则	个股权重 loose 规则
te	te<6%	te<8%
累计收益	2.55	2.64
相对基准月度胜率	61.95%	58.41%
年度收益	14.38%	14.68%
年化超额收益	10.25%	14.44%
跟踪误差	8.97%	15.03%
换手率	547.46%	592.02%

资料来源：渤海证券研究所

从测试效果来看，虽然从函数的限制条件上限制了跟踪误差，但从测试结果来看，实际的跟踪误差并不能得到很好的控制。我们分析其主要原因是预测的协方差矩阵与实际的协方差矩阵存在较大差距，导致虽然在预测的协方差矩阵上控制了所有大类因子的暴露，但因为影响股价未来表现的因素较多，导致实际的股票协方差矩阵与预测的股票协方差矩阵有较大的差距，最终实际的跟踪误差并没有减小。

从测试结果来看，跟踪误差的控制还是应该更直接的使用个股权重偏离程度来进行控制，该限制条件是最直接也是效果最明显的。

## 11. 股票数量控制

在测试时，我们对权重小于 0.1% 的股票进行了直接权重为 0 的替换。当大于 0.1% 的股票数量超过  $n_{\max}$  的限制条件时，需要进行股票数量控制的优化。该优化为在第一次优化结果的基础上进行的第二次优化，二次优化的目的是在第一次选择的股票池的基础上进一步缩小股票池数量。为了进行股票数量的控制，我们需要引入一个仅为 0 或 1 的虚拟变量  $y$ ，并在 constraints 中添加如下两个限制条件：

$$(1) \quad x - y \leq 0$$

$$(2) \quad \text{sum}(y) \leq n_{\max}$$

因  $y$  仅为 0 或 1， $x$  为大于等于 0 的一个权重值，故条件 1 保证了当某种股票的  $y$  为 0 时，对应该股票的  $x$  也为 0，条件 2 保证了为 1 的  $y$  的数量小于限制条件。因 cvxpy 工具包允许同时对两个变量进行优化，故我们也还是使用 cvxpy 工具包进行优化运算。



表 24: 股票数量控制在沪深 300 上的应用

个股权重规则	个股权重 tight 规则		个股权重 loose 规则	
n-max	n-max<150	n-max<100	n-max<150	n-max<100
累计收益	1.39	1.37	2.42	2.38
相对基准月度胜率	63.72%	63.72%	62.83%	62.83%
年度收益	9.69%	9.59%	13.94%	13.82%
年化超额收益	5.51%	5.45%	9.93%	9.89%
跟踪误差	4.13%	4.12%	8.98%	9.08%
换手率	327.15%	331.09%	546.88%	530.88%

资料来源：渤海证券研究所

表 25: 股票数量控制在中证 500 上的应用

个股权重规则	个股权重 tight 规则		个股权重 loose 规则	
n-max	n-max<200	n-max<175	n-max<200	n-max<175
累计收益	1.73	1.71	2.55	2.53
相对基准月度胜率	61.06%	61.02%	60.18%	60.06%
年度收益	11.24%	11.01%	14.39%	14.19%
年化超额收益	9.64%	9.61%	13.87%	13.65%
跟踪误差	8.52%	8.73%	14.19%	14.43%
换手率	454.93%	437.63%	589.83%	578.73%

资料来源：渤海证券研究所

从测试结果来看，通过限制最大股票数量，对组合改进的效果意义不大，对年化超额收益及跟踪误差的影响波动相对较小。逻辑上，影响组合表现的还是大权重股票的表现，而权重较小的股票对组合影响相对较小。此外，过低的组合股票数量限制条件还可能导致最优化问题无解。

## 12. 总结

不同限制风格的个股权重偏离度，对组合表现有着显著的影响。当组合更在乎跟踪误差的情况下，可使用相对较紧的个股权重偏离度限制条件；当组合更在乎年化超额收益，如构建使用股指期货对冲的中性策略，可使用相对较宽松的个股权重偏离度限制条件。

lamda 系数对组合表现的影响因个股权重限制的不同而不同。当个股权重限制较严格的情况下，lamda 系数对组合表现影响几乎可以忽略，而当个股权重限制较宽松时，lamda 系数对组合表现的影响较大。

非成份股权重比例的提高，在沪深 300 上能较明显的提高组合表现，而在中证

500 上则因为行业过于分散，部分行业使用多因子选股效果一般，故还有待进一步研究，仅选择多因子选股效果明显的行业进行非成份股选择。

适当的行业风险暴露能提高组合表现，且个股权重限制越宽松，效果越明显。

换手率限制能较好的控制组合的换手率。

市值因子的适当暴露可以提高组合表现，但因经济学含义较模糊，故其效果不如适当的提高非成份股权重和行业暴露程度。故对市值因子可以进行中性化处理，也可较小的暴露市值因子的风险，只不过这种暴露是为了通过行业风险暴露和非成份股暴露，而在计算过程中为了优化问题有可行解的目的，而不同通过市值因子获得组合表现的提升。

跟踪误差控制条件的实际结果较差，可能因股票的协方差矩阵预测值与实际值差距较大有关，实践中控制跟踪误差的较好方式还是控制个股权重的偏离程度。

合理的限制最大股票数量对组合的影响相对较小，此外，过低的股票组合数量要求可能导致优化问题无解。

## 13. 进一步研究

一、不同行业配置不同的  $\alpha$  因子，从而提升组合的选股能力。

二、非成份股选择上，可选择多因子选股效果较好的行业进行非成份股的选择，如消费类行业，对应多因子选股效果一般的行业，如军工、传统的周期类行业，就仅在成份股中进行配置。

三、在行业风险暴露上，还是需要针对不同的行业进行相应的处理，特别是当不同的行业使用不同的  $\alpha$  因子时。如保证银行和非银金融的行业中性，但对其他的行业根据股票的得分进行相应的风险暴露；或者仅通过行业择时，选择能大概率跑赢指数的行业如食品饮料、医药，进行适当的超配，而对其他的行业权重进行相应的减配。

## 14. 风险提示

模型过度优化风险，模型失效风险。

**投资评级说明**

项目名称	投资评级	评级说明
公司评级标准	买入	未来 6 个月内相对沪深 300 指数涨幅超过 20%
	增持	未来 6 个月内相对沪深 300 指数涨幅介于 10%~20%之间
	中性	未来 6 个月内相对沪深 300 指数涨幅介于-10%~10%之间
	减持	未来 6 个月内相对沪深 300 指数跌幅超过 10%
行业评级标准	看好	未来 12 个月内相对于沪深 300 指数涨幅超过 10%
	中性	未来 12 个月内相对于沪深 300 指数涨幅介于-10%-10%之间
	看淡	未来 12 个月内相对于沪深 300 指数跌幅超过 10%

**免责声明：**本报告中的信息均来源于已公开的资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，不保证该信息未经任何更新，也不保证本公司做出的任何建议不会发生任何变更。在任何情况下，报告中的信息或所表达的意见并不构成所述证券买卖的出价或询价。在任何情况下，我公司不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的担保，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失书面或口头承诺均为无效。我公司及其关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。我公司的关联机构或个人可能在本报告公开发表之前已经使用或了解其中的信息。本报告的版权归渤海证券股份有限公司所有，未获得渤海证券股份有限公司事先书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“渤海证券股份有限公司”，也不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。

## 渤海证券股份有限公司研究所

## 所长&amp;金融行业研究

张继袖

+86 22 2845 1845

## 副所长&amp;产品研发部经理

崔健

+86 22 2845 1618

## 计算机行业研究小组

徐中华

+86 10 6810 4898

张源

+86 22 2383 9067

## 汽车行业研究小组

郑连声

+86 22 2845 1904

陈兰芳

+86 22 2383 9069

## 机械行业研究

郑连声

+86 22 2845 1904

宁前羽

+86 22 2383 9174

## 非银金融行业研究

张继袖

+86 22 2845 1845

王磊

+86 22 2845 1802

## 医药行业研究小组

甘英健

+86 22 2383 9063

陈晨

+86 22 2383 9062

张山峰

+86 22 2383 9136

## 通信行业研究

徐勇

+86 10 6810 4602

## 传媒行业研究

姚磊

+86 22 2383 9065

## 餐饮旅游行业研究

杨旭

+86 22 2845 1879

## 食品饮料行业研究

刘瑀

+86 22 2386 1670

## 宏观、战略研究&amp;部门经理

周喜

+86 22 2845 1972

## 固定收益研究

朱林宁

+86 22 2387 3123

马丽娜

+86 22 2386 9129

张婧怡

+86 22 2383 9130

李济安

+86 22 2383 9175

## 金融工程研究

宋旻

+86 22 2845 1131

陈菊

+86 22 2383 9135

郭琳珊

+86 22 2383 9127

韩乾

+86 22 2383 9192

## 金融工程研究

祝涛

+86 22 2845 1653

郝惊

+86 22 2386 1600

## 策略研究

宋亦威

+86 22 2386 1608

严佩佩

+86 22 2383 9070

## 博士后工作站

张佳佳 资产配置

+86 22 2383 9072

张一帆 公用事业、信用评级

+86 22 2383 9073

## 博士后工作站

苏菲 绿色债券

+86 22 2383 9026

刘精山 货币政策与债券市场

+86 22 2386 1439

## 综合管理

齐艳莉 (部门经理)

+86 22 2845 1625

李思琦

+86 22 2383 9132

## 机构销售•投资顾问

朱艳君

+86 22 2845 1995

王文君

+86 10 6810 4637

## 合规管理&amp;部门经理

任宪功

+86 10 6810 4615

## 风控专员

张敬华

+86 10 6810 4651

## 渤海证券研究所

天津

天津市南开区水上公园东路宁汇大厦 A 座写字楼

邮政编码: 300381

电话: (022) 28451888

传真: (022) 28451615

北京

北京市西城区西直门外大街甲 143 号 凯旋大厦 A 座 2 层

邮政编码: 100086

电话: (010) 68104192

传真: (010) 68104192

渤海证券研究所网址: [www.ewww.com.cn](http://www.ewww.com.cn)