

## 相关研究

《大类资产配置及模型研究（三）——中国版全天候策略》2017.06.06

《大类资产配置及模型研究（二）——资产长期收益率的预测与战略资产配置》2017.06.02

《分析师主要要素变动共振事件》2017.06.01

分析师:冯佳睿

Tel:(021)23219732

Email:fengjr@htsec.com

证书:S0850512080006

分析师:沈泽承

Tel:(021)23212067

Email:szc9633@htsec.com

证书:S0850516050001

## 2017 年中期金融工程策略——

## 多因子组合的因子风险管理

## 投资要点:

- **最大化预期收益组合。**以最大化组合预期收益率为目标构建投资组合，在组合构建中未涉及业绩基准的选择以及其他风险管理措施，具有显著的“高风险、高收益”特征。分析发现，最大化预期收益组合在市值、流动性、反转、波动率等因子上与中证 500 指数存在明显的偏离；组合的主动管理风险也主要集中在市值类因子上。风格的偏离与风险的集中使得组合获得相对基准显著的超额收益，但是当风格发生切换时也会遭受大幅回撤。
- **约束组合跟踪误差。**组合相对业绩基准的主动管理风险可以由跟踪误差衡量。约束跟踪误差是将组合主动管理风险作为一个整体进行管理。多因子组合中的主动管理风险主要由因子贡献，约束跟踪误差能够间接控制组合的风格偏离，分散因子风险。但是，受到模型搭建、参数估计以及样本选择的局限，约束跟踪误差组合的实际跟踪误差可能会高于目标跟踪误差。
- **控制组合风格偏离。**相比约束组合跟踪误差，控制组合风格偏离直接控制了多因子组合主动管理风险的源头，能够更好地控制组合风险。但是，这种风险控制手段忽略了因子之间的风险分散能力。相比约束组合跟踪误差，会牺牲部分单位风险收益。
- **匹配组合风险分布。**由于因子与股票收益之间的关系可能是非线性的，仅控制组合风格偏离未必能够有效控制因子风险。更加严格地，我们可以匹配组合与基准的因子分布。“行业中性”、“市值中性”都是常见匹配组合风险分布的案例。与约束组合跟踪误差以及控制组合风格偏离相比，匹配组合风险分布是最为严格的因子风险管理手段。
- **风险提示：风险模型失效（风险因子遗漏、股票个体风险过大）；优化模型失效（优化问题无解或未解得最优解。）**
- **备注：全文回测的样本期间为 2010 年 12 月 31 日至 2017 年 5 月 31 日。**

## 目 录

1. 最大化预期收益组合.....	5
1.1 最大化预期收益组合的优化问题.....	5
1.2 最大化预期收益组合的风格偏离.....	6
1.3 最大化预期收益组合的风险贡献.....	6
2. 约束组合跟踪误差.....	7
2.1 约束组合跟踪误差的优化问题.....	7
2.2 约束跟踪误差组合的回测结果.....	8
2.3 约束跟踪误差组合的风格偏离与风险贡献.....	8
3. 控制组合风格偏离.....	9
3.1 控制组合风格偏离的优化问题.....	9
3.2 控制风格偏离组合的回测结果.....	10
3.3 控制风格偏离组合的风格偏离与风险贡献.....	10
3.4 约束跟踪误差与控制风格偏离组合的区别.....	11
4. 匹配风险因子分布.....	11
4.1 放松线性模型假设.....	11
4.2 匹配风险因子分布的优化问题.....	12
4.3 市值中性组合的回测结果.....	13
5. 总结.....	13
5.1 组合权重优化问题.....	13
5.2 几种风险管理方法的比较.....	14

## 图目录

图 1	最大化预期收益组合相对中证 500 指数净值 (2011-2017.5) .....	5
图 2	最大化预期收益组合风险暴露 (2011-2017.5) .....	6
图 3	中证 500 指数风险暴露 (2011-2017.5) .....	6
图 4	最大化预期收益组合相对中证 500 指数因子风险贡献 (2011-2017.5) .....	7
图 5	约束跟踪误差组合 (3%) 相对净值 (2011-2017.5) .....	8
图 6	约束跟踪误差组合 (5%) 相对净值 (2011-2017.5) .....	8
图 7	约束跟踪误差组合 (3%) 相对基准风格偏离 .....	9
图 8	约束跟踪误差组合 (5%) 相对基准风格偏离 .....	9
图 9	约束跟踪误差组合 (3%) 风险贡献.....	9
图 10	约束跟踪误差组合 (5%) 风险贡献.....	9
图 11	控制风格偏离组合 ( $x=0.5$ ) 相对净值 (2011-2017.5) .....	10
图 12	控制风格偏离组合 ( $x=1$ ) 相对净值 (2011-2017.5) .....	10
图 13	控制风格偏离组合 ( $x=0.5$ ) 相对基准风格偏离 .....	10
图 14	控制风格偏离组合 ( $x=1$ ) 相对基准风格偏离 .....	10
图 15	控制风格偏离组合 ( $x=0.5$ ) 跟踪误差风险贡献 .....	11
图 16	控制风格偏离组合 ( $x=1$ ) 跟踪误差风险贡献 .....	11
图 17	中证 500 指数成分股市值分布 (2011-2013 均值) .....	12
图 18	中证 500 指数成分股市值分布 (2014-2017 均值) .....	12
图 19	市值中性组合 ( $D=10$ ) 相对净值 (2011-2017.5) .....	13
图 20	控制风格偏离对比组合相对净值 (2011-2017.5) .....	13

## 表目录

表 1	最大化预期收益组合与约束跟踪误差组合风险收益指标对比 .....	8
表 2	约束跟踪误差组合与控制风格偏离组合的风险收益指标对比 .....	11
表 3	市值中性组合与对比组合的风险收益指标对比 .....	13

风险收益同源。在过去的多因子系列中，我们的研究重心主要集中在因子挖掘，收益预测等“收益”相关的领域，相对忽视了对风险管理的研究。本篇报告中，我们将从组合优化的角度，介绍几种常见的多因子组合风险管理方法，分析它们可能产生的影响。

## 1. 最大化预期收益组合

### 1.1 最大化预期收益组合的优化问题

介绍多因子组合风险管理方法之前，作为对比，首先构建一种无特殊风险约束的多因子组合——最大化预期收益组合。

线性模型假设下，股票预期收益率等于因子暴露乘以因子预期收益，组合的预期收益则等于股票预期收益率的市值加权：

$$E(r_{t+1}) = w' \mu = w' F_t \cdot E(f_{t+1})$$

最大化预期收益组合的目标函数为组合预期收益率。这里，为了简化计算，以因子的历史收益均值作为下一期因子收益的预期：

$$\max_w w' \mu$$

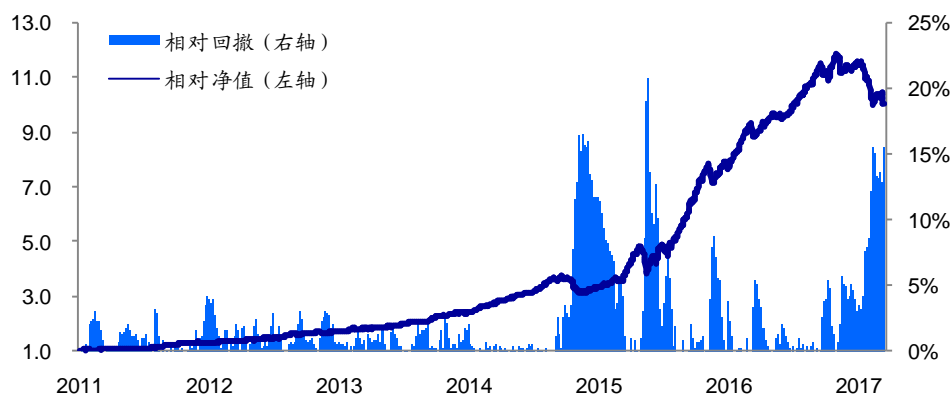
组合构建中常见的约束条件包括：组合约束（个股权重之和等于 1）；做空限制（个股权重大于等于零）；权重上限（例如，个股权重不超过 1%）等：

$$s.t. w'e = 1, 0 \leq w \leq 1\%$$

使用总市值、非线性市值、估值（PB）、日均换手率、累计收益率（月）、特质波动率（月）、流动性（月）等因子，在上述约束条件下最大化组合预期收益，构建月度换仓的投资组合。全文回测的样本期间为 2010 年 12 月 31 日至 2017 年 5 月 31 日。

图 1 为组合在样本期间相对中证 500 指数的累计净值与回撤。样本期间，组合年化超额收益为 44.7%，年化跟踪误差为 11.2%，最大回撤为 20.8%。对应的信息比率为 3.98，收益回撤比 2.14。最大化预期收益组合的构建过程中未使用任何业绩基准的信息，除了个股权重上限外，也没有其他的风险管理措施。组合在具有较高收益的同时，也承担了较大的波动与回撤。

图1 最大化预期收益组合相对中证 500 指数净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

## 1.2 最大化预期收益组合的风格偏离

跟踪误差、最大回撤是衡量组合风险的重要指标。此外，在拥有持仓信息的情况下，也可以通过组合相对基准的风格偏离，因子的风险贡献度等指标描述组合的风险特征。

股票在各因子上都有已知的风险暴露 $F_t$ （因子值）。若组合个股权重为 $w$ ，那么组合的风险暴露即个股权重与个股风险暴露的乘积：

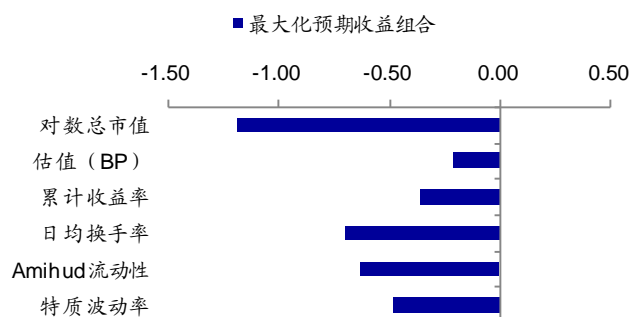
$$F_{p,t} = w' F_t$$

图2与图3分别计算了样本期间最大化预期收益组合与中证500指数在规模（对数总市值）、估值（对数净市率）、累计收益率（月）、日均换手率（月）、Amihud流动性以及特质波动率等常见因子上风险暴露的均值。

最大化预期收益组合与中证500指数之间存在显著的风格偏离：最大化预期收益组合集中于小市值、低涨幅、低换手、低流动性以及低波动的股票。与之相反，中证500指数的市值以及流动性均高于全市场平均水平，而在技术类风格上并无显著暴露。

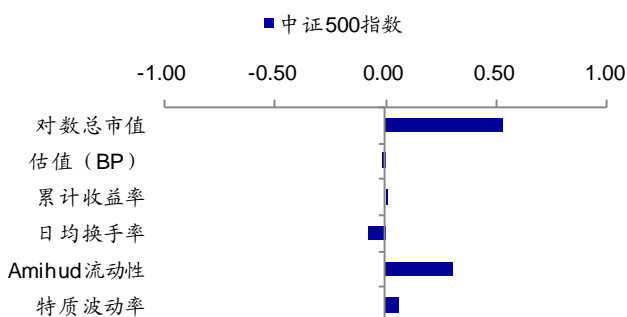
风格的差异使得主动管理的最大化预期收益组合获得了相对业绩基准显著的超额收益，但也成为组合风险的主要来源。在2014年底，2015年年中，2017年4、5月，市场风格出现明显切换，策略也遭受了大幅的回撤。

图2 最大化预期收益组合风险暴露（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图3 中证500指数风险暴露（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

## 1.3 最大化预期收益组合的风险贡献

组合与基准的风险暴露差异衡量了组合的风格偏离，风险贡献度则衡量了不同因子风险偏离所带来的风险，在整个主动管理风险中的占比。

对于多因子组合，主动管理风险可以分解为因子风险（factor risk）与个体风险（specific risk）：

$$\sigma_A^2 = (w'_A F)' \Sigma (w'_A F) + w'_A S w_A$$

其中， $w_A$ 为组合与基准在个股权重上的偏离： $w_A = w - w_B$ 。 $F$ 为组合相对基准的因子暴露， $\Sigma$ 为因子收益的协方差矩阵， $S$ 为股票个体方差的对角阵。

在组合充分分散或者股票个体风险有限的假设下，组合的主动管理风险约等于组合的因子风险：

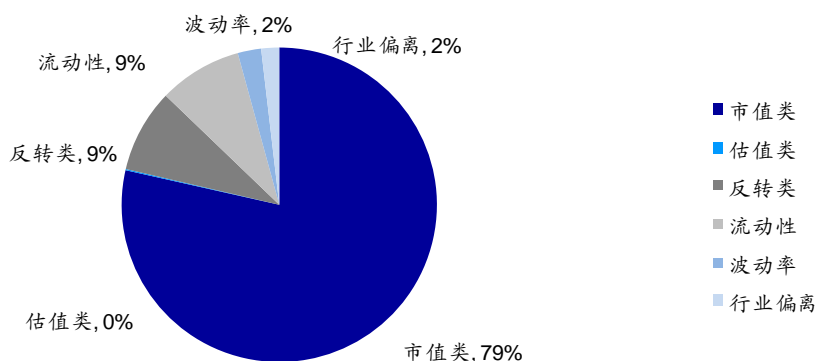
$$\sigma_A^2 \approx (w'_A F)' \Sigma (w'_A F)$$

因子的风险贡献度则可以近似表示为：

$$RC = \frac{F}{\sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial F} \approx \frac{F \otimes (\Sigma F)}{F' \Sigma F}$$

组合中的因子偏离幅度越大，因子收益的波动越大，因子的风险贡献度越高。图 4 计算了样本期间，最大化预期收益组合相对中证 500 指数的因子平均风险贡献。高偏离、高波动的市值与非线性市值因子贡献了合计 79% 的主动管理风险；反转类（累计收益率与换手率）与流动性因子分别贡献了 9% 的主动管理风险；而波动率以及行业偏离的风险贡献度则分别为 2%。

图4 最大化预期收益组合相对中证 500 指数因子风险贡献（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

最大化预期收益组合以最大化组合收益为目的，在组合构建中未引入业绩基准，也未添加相应的组合风险管理措施，具有“高风险、高收益”的特征。

若以中证 500 指数为基准，最大化预期收益组合在市值以及技术类因子都有较大的偏离。从风险贡献度角度看，组合的主动管理风险主要集中在市值类因子之上。

## 2. 约束组合跟踪误差

### 2.1 约束组合跟踪误差的优化问题

组合相对业绩基准的主动管理风险可以用跟踪误差衡量。为了降低组合风险，可以添加约束条件，约束组合相对基准的跟踪误差。

假设组合的主动管理风险约等于组合的因子风险，组合的目标跟踪误差为  $\sigma_0$ ，那么对应的约束条件则可以表示为：

$$(w - w_B)'(F' \Sigma F)(w - w_B) \leq \sigma_0^2$$

除了限定跟踪误差上限，也可以将目标函数从最大化预期收益，变更为预期收益与跟踪误差之间权衡的效用函数：

$$\max_w w' \mu - \frac{1}{2} \lambda (w - w_B)'(F' \Sigma F)(w - w_B)$$

随着组合的预期收益率上升，或者预期跟踪误差下降，投资者的效用函数都会上升。两者之间的替代关系由风险厌恶系数  $\lambda$  决定。



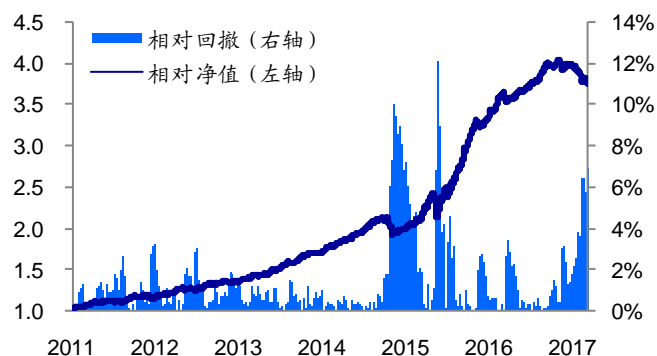
## 2.2 约束跟踪误差组合的回测结果

根据上一节的优化问题，将组合的目标年化跟踪误差分别设定为 3%与 5%，构建约束跟踪误差组合。

图 5 为目标跟踪误差上限为 3%组合相对中证 500 指数的净值与回撤。组合的年化超额收益为 23.4%，年化跟踪误差为 6.7%，最大回撤为 12.2%。对应的信息比率为 3.51，收益回撤比 1.92。

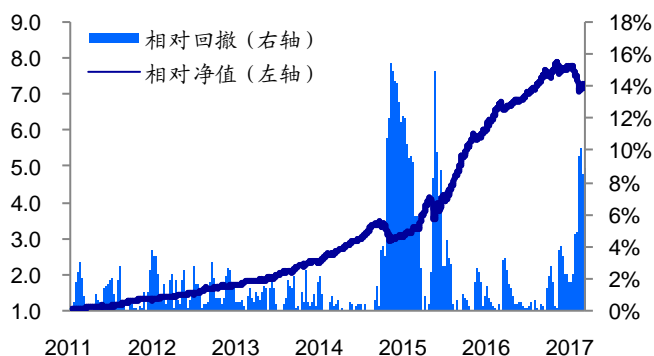
图 6 为目标跟踪误差上限为 5%组合相对中证 500 指数的净值与回撤。组合的年化超额收益为 36.7%，年化跟踪误差为 8.8%，最大回撤为 15.5%。对应的信息比率为 4.19，收益回撤比 2.37。

图5 约束跟踪误差组合（3%）相对净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图6 约束跟踪误差组合（5%）相对净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

表 1 为最大化预期收益组合与约束跟踪误差组合（3%与 5%）的风险收益指标对比。在约束跟踪误差后，组合的年化超额收益、年化跟踪误差以及最大回撤均有所下降。但是，信息比率以及收益回撤比未必能够提升。此外，组合的实际年化跟踪误差均高于目标跟踪误差。也就是说，约束条件中的预期跟踪方差低估了组合的实际波动。

表 1 最大化预期收益组合与约束跟踪误差组合风险收益指标对比

组合	年化超额收益	年化跟踪误差	最大回撤	信息比率	收益回撤比
最大化预期收益	44.7%	11.2%	20.8%	3.98	2.14
约束跟踪误差（3%）	23.4%	6.7%	12.2%	3.51	1.92
约束跟踪误差（5%）	36.7%	8.8%	15.5%	4.19	2.37

资料来源：Wind，海通证券研究所

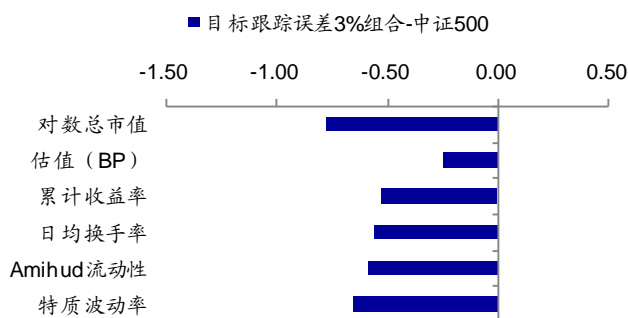
造成这种现象可能的原因在于：1）风险因子遗漏：风险模型遗漏了解释组合波动的因子，低估了组合风险。2）忽略个体风险：组合的实际风险由因子风险与个体风险加总决定。约束条件的设置中近似忽略了股票的个体风险，这也会导致实际跟踪误差的低估。3）参数估计的误差：由因子收益的历史收缩协方差矩阵估计，估计误差也可能造成实际跟踪误差与目标值的偏离。

## 2.3 约束跟踪误差组合的风格偏离与风险贡献

图 7 与图 8 为约束跟踪误差（3%与 5%）组合，相对业绩基准中证 500 指数的平均风格偏离。随着跟踪误差约束更加严格，组合相对基准的风格偏离也逐渐缩小。以对数总市值因子为例，目标跟踪误差为 3%的组合，其相对基准的偏离为-0.78，而目标跟踪误差为 5%组合的偏离幅度为-1.42，最大化预期收益组合的偏离幅度则为-1.71。

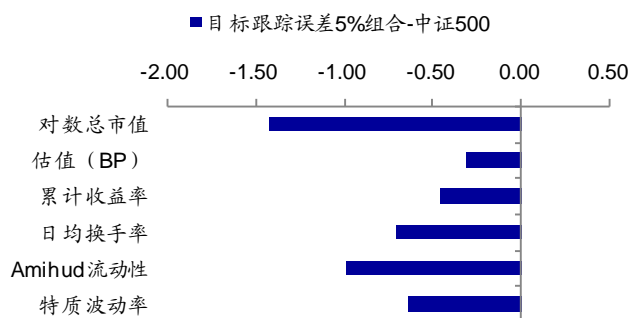


图7 约束跟踪误差组合（3%）相对基准风格偏离



资料来源: Wind, 海通证券研究所

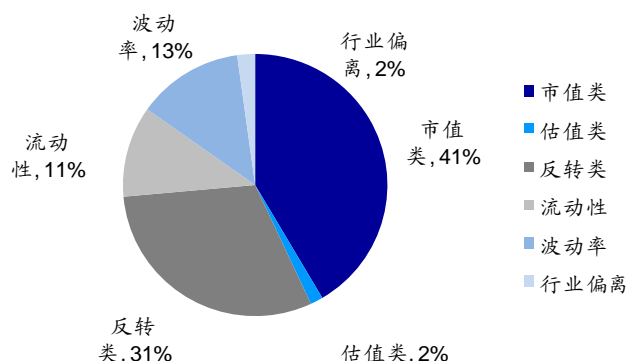
图8 约束跟踪误差组合（5%）相对基准风格偏离



资料来源: Wind, 海通证券研究所

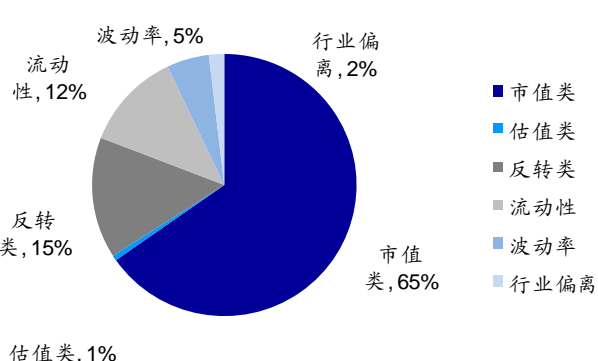
图9与图10为约束跟踪误差（3%与5%）组合跟踪误差中各因子的风险贡献度。约束跟踪误差后，组合因子风险贡献相比最大化预期收益组合更加分散。市值类因子的风险贡献度由79%下降至41%与65%；反转类，流动性以及波动率等因子的风险贡献则随之上升。

图9 约束跟踪误差组合（3%）风险贡献



资料来源: Wind, 海通证券研究所

图10 约束跟踪误差组合（5%）风险贡献



资料来源: Wind, 海通证券研究所

组合相对业绩基准的主动管理风险可以由跟踪误差衡量。约束跟踪误差是将组合主动管理风险作为一个整体进行管理。如果，组合的主动管理风险主要由因子贡献，那么约束跟踪误差也能够间接控制组合的风格偏离与分散因子风险。而完善的风险模型以及稳健的参数估计，有助于控制实际跟踪误差与目标跟踪误差的差异。

### 3. 控制组合风格偏离

#### 3.1 控制组合风格偏离的优化问题

对多因子组合而言，风格偏离是主动管理风险的主要来源。约束跟踪误差将组合主动管理风险当作一个整体进行管理，达到间接约束组合风格偏离的目的。同样地，也可以直接对组合风格偏离进行控制。

组合的风格偏离等于组合相对基准的个股权重偏离乘以个股的风险暴露：

$$F_A = w'_A F$$

通过设置 $F_A$ 的上下界，达到约束组合风格偏离的目的：

$$l \leq F_A \leq u$$

### 3.2 控制风格偏离组合的回测结果

本节中，我们将前文中的组合跟踪误差约束替换为风格偏离的约束：

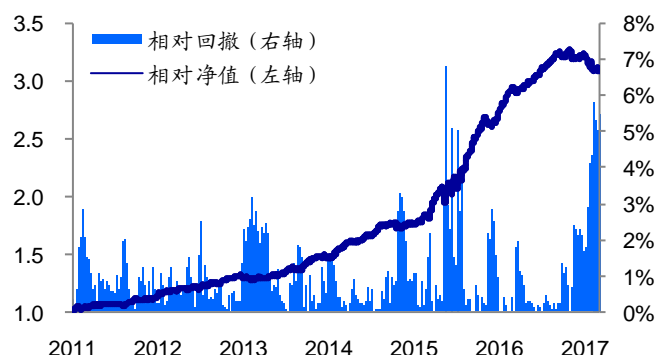
$$|w_A'F| \leq x$$

分别令  $x=0.5$  与  $1$ ，构建控制风格偏离组合。组合相对中证 500 指数的累计净值与回撤如图 11 与图 12 所示。

若将组合的风格偏离控制在 0.5 以内，优化后的组合年化超额收益为 19.6%，年化跟踪误差为 6.2%，最大回撤为 6.8%。对应的信息比率为 3.18，收益回撤比 2.86。

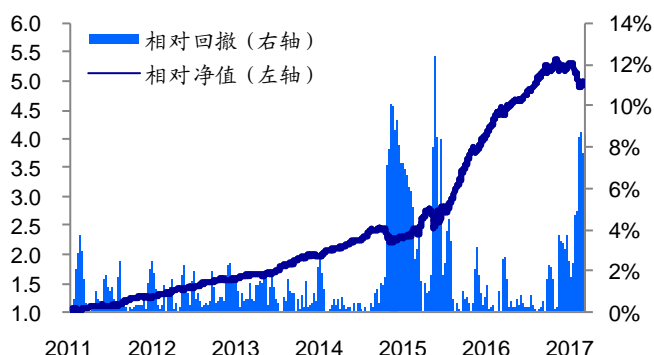
若将组合的风格偏离控制在 1 以内，优化后的组合年化超额收益为 28.8%，年化跟踪误差为 7.9%，最大回撤为 12.4%。对应的信息比率为 3.66，收益回撤比 2.32。

图11 控制风格偏离组合（ $x=0.5$ ）相对净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图12 控制风格偏离组合（ $x=1$ ）相对净值（2011-2017.5）

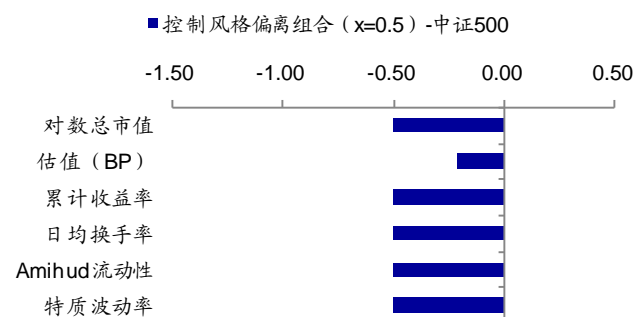


资料来源：Wind，海通证券研究所

### 3.3 控制风格偏离组合的风格偏离与风险贡献

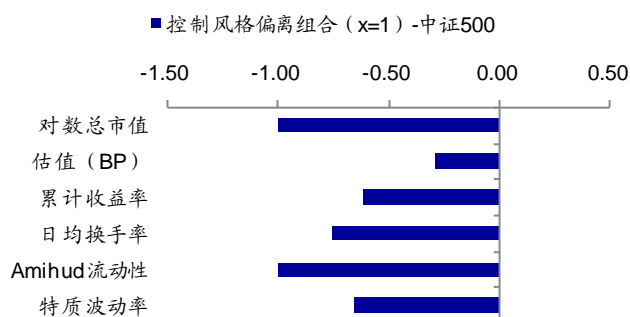
图 13 与图 14 为控制风格偏离组合（ $x=0.5$  与  $1$ ）组合，相对业绩基准中证 500 指数的平均风格偏离。当  $x=0.5$  时，除估值外，其他风险因子的偏离幅度处于临界值；当  $x=1$  时，规模与流动性因子的偏离幅度处于临界值。处于临界值表明，约束条件在优化过程中起到了作用。因此，对于严格的  $x=0.5$  约束，约束条件大部分因子都起到了控制；对于相对宽松的  $x=1$  约束，约束条件对规模以及流动性因子进行了约束。

图13 控制风格偏离组合（ $x=0.5$ ）相对基准风格偏离



资料来源：Wind，海通证券研究所

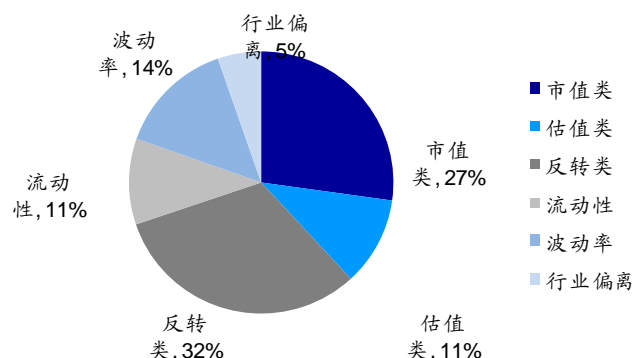
图14 控制风格偏离组合（ $x=1$ ）相对基准风格偏离



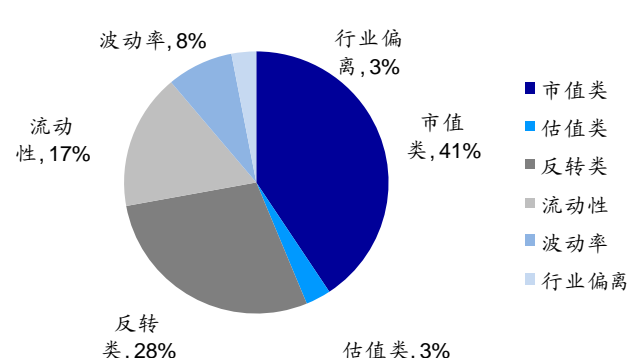
资料来源：Wind，海通证券研究所

图 15 与图 16 为控制风格偏离组合（ $x=0.5$  与  $1$ ）组合各因子的风险贡献度。在更加严格的风险偏离控制下，组合主动管理风险的构成也更加分散。当  $x=0.5$  时，组合的

主动管理风险主要集中于反转类因子（32%）；当  $x=1$  时，组合的主动管理风险主要集中于市值类因子（41%）。

图15 控制风格偏离组合（ $x=0.5$ ）跟踪误差风险贡献


资料来源：Wind，海通证券研究所

图16 控制风格偏离组合（ $x=1$ ）跟踪误差风险贡献


资料来源：Wind，海通证券研究所

### 3.4 约束跟踪误差与控制风格偏离组合的区别

表 2 为约束跟踪误差组合与控制风格偏离组合（ $x=0.5$  与  $x=1$ ）的风险收益指标对比。约束跟踪误差组合具有更优的信息比，而在控制回撤方面，控制风格偏离组合则有更好的表现（如果不考虑 2015 年中股票异常波动时的回撤，则具有更优的收益回撤比）。

表 2 约束跟踪误差组合与控制风格偏离组合的风险收益指标对比

组合	年化超额收益	年化跟踪误差	最大回撤	信息比率	收益回撤比
约束跟踪误差（3%）	23.4%	6.7%	12.2%	3.51	1.92
约束跟踪误差（5%）	36.7%	8.8%	15.5%	4.19	2.37
控制风格偏离（ $x=0.5$ ）	19.6%	6.2%	6.6%	3.18	2.86
控制风格偏离（ $x=1$ ）	28.8%	7.8%	12.4%	3.66	2.32

资料来源：Wind，海通证券研究所

造成这种现象的原因在于：

**约束组合跟踪误差把组合的主动管理风险看作一个整体。**除了约束参数设置直观的优势外，还利用了因子收益之间的相关性，进行风险分散，以求获得有效前沿上最优的单位风险收益。由于只关注整体风险，约束组合跟踪误差可能会造成因子风险过于集中的情形。当市场出现极端行情时，因子的风险可能会大幅上升，相关性的上升也可能导致风险分散的失效，从而造成极端行情下较高的回撤。

**控制组合风格偏离，是从微观层面逐个控制主动管理风险的源头。**相比约束整体风险，无疑更加严格。因此，在极端行情下抵御风险能力也更强。但是，由于忽略了因子之间的风险分散功能，在市场正常运行的情况下，有效前沿受到了扭曲，组合不能提供最大化单位风险所获得的收益。此外，控制组合风格偏离的参数设置也不如约束跟踪误差直观。

## 4. 匹配风险因子分布

### 4.1 放松线性模型假设

无论是约束组合跟踪误差还是控制组合风格偏离，都基于线性的因子模型。如果股票收益与因子之间的关系是非线性的，简单地控制风格偏离未必能够有效控制因子风险。

假设组合 A 由两只股票 S1, S2 等权构成, 组合 B 由股票 S3 构成。股票收益仅与因子  $F$  有关, 且线性相关:  $r = f \cdot F$ 。S1 与 S2 因子  $F$  的暴露分别 -1 与 1; S3 的因子  $F$  的暴露为 0。根据线性假设, 组合的预期波动率为:  $Var(r) = Var(f) \cdot F^2$ 。由于组合 A 与组合 B 在因子  $F$  上的暴露均为零, 因此两者具有相同的预期波动率。

假如股票收益因子  $F$  之间的关系是非线性的:  $r = f \cdot F + g \cdot F^2$ 。S1 与 S2 在因子  $F^2$  的暴露均为 1 与 1; S3 的因子  $F^2$  的暴露为 0。组合 A 在因子  $F^2$  的暴露为 1, 对应的预期波动率为  $Var(g)$ , 而组合 B 在因子  $F^2$  的暴露依然为零, 对应的预期波动率也为零。

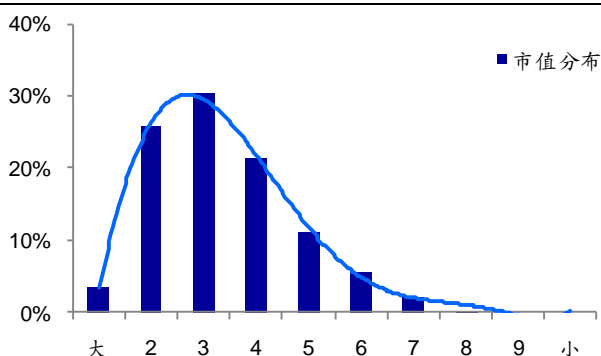
综上所述, 如果股票收益与因子之间的关系是非线性的, 即使相同风格偏离的组合, 所对应的风险也是不同的。而在实际情形中, 线性因子模型只是一种近似假设。例如, 研究发现, 市值因子的二次项就对于股票收益有着显著的解释能力。如果想要控制组合在市值因子上的风险, 就需要同时控制市值与非线性市值的偏离。

## 4.2 匹配风险因子分布的优化问题

在线性模型假设下, 具有相同因子暴露的组合也具有相同的风险, 因此只要控制组合因子的暴露就能控制对应的因子风险。而在非线性假设下, 即使不知道股票收益与因子之间的具体关系, 只要组合的因子分布与基准的因子分布相匹配, 也能够有效控制因子风险。

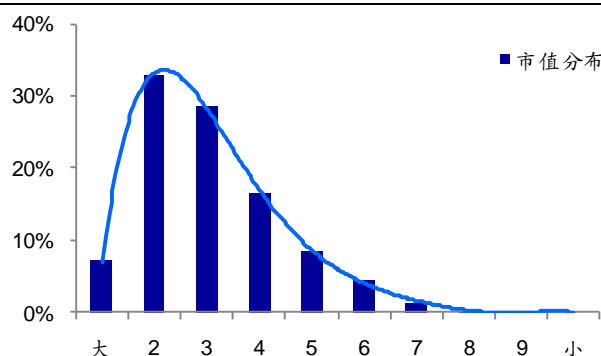
中证 500 指数虽然全称为中证小盘 500 指数, 但是随着 A 股上市公司的增加, 其主要成分股的市值也不断增加。按总市值将全市场股票均匀分为 10 组, 计算中证 500 指数在各市值分组的权重, 以近似指数成分股的市值分布。如图 17 与图 18 所示, 2011 年至 2013 年, 中证 500 指数在市值前 20% 股票中的平均权重为 29%, 而在 14 年之后, 平均权重接近 40%。

图17 中证 500 指数成分股市值分布 (2011-2013 均值)



资料来源: Wind, 海通证券研究所

图18 中证 500 指数成分股市值分布 (2014-2017 均值)



资料来源: Wind, 海通证券研究所

为了更好地控制组合的市值因子风险, 尽可能匹配选股组合与业绩基准的市值分布, 也就是所谓的“市值中性”。假设基准在市值分组  $D$  的权重为  $w_D$ , 那么组合在该分组的权重应也为  $w_D$ :

$$w'_A \mathbb{I}_{\{i \in D\}} = 0$$

类似地, 对于“行业中性”, 可以将行业 0-1 虚拟变量作为组合中的风险因子。若基准对应的行业权重为  $w_I$ , 那么组合在该行业的因子暴露也应为  $w_I$ 。行业中性对应的约束条件为:

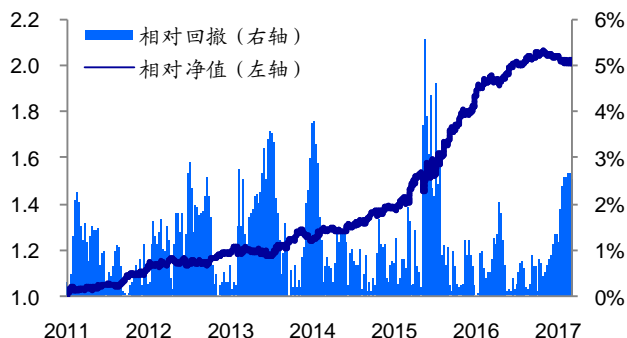
$$w'_A \mathbb{I}_{\{i \in I\}} = 0$$

### 4.3 市值中性组合的回测结果

按总市值将全市场股票均匀分为 D=10 组，计算中证 500 指数在各分组的权重，并约束组合在各市值分组上的权重与基准一致。同时控制其他因子的风格偏离不超过 0.5。如图 19 所示，优化后的组合年化超额收益为 11.7%，年化跟踪误差为 5.5%，最大回撤为 5.5%。对应的信息比率为 2.13，收益回撤比 2.12。市值中性处理后，组合的跟踪误差与回撤进一步下降，不过相比控制风格偏离组合（x=0.5），组合在市值与非线性市值偏离也降低了。

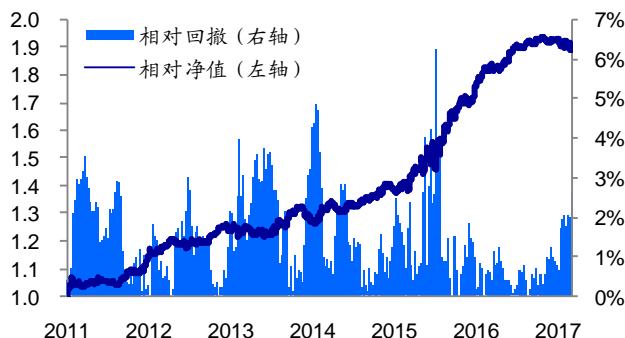
为了验证组合主动管理风险下降的真实来源，我们构建了市值与非线性市值暴露与“市值中性”组合相同，但不匹配市值分布的控制风格偏离对比组合，如图 20 所示。

图19 市值中性组合（D=10）相对净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图20 控制风格偏离对比组合相对净值（2011-2017.5）



资料来源：Wind，海通证券研究所

对比组合的年化超额收益为 10.6%，年化跟踪误差为 6.1%，最大回撤为 6.3%。对应的信息比率为 1.75，收益回撤比 1.69。各项风险指标均高于市值中性组合。对比发现，即使因子暴露相同，匹配分布的组合具有更低的跟踪误差与回撤。

表 3 市值中性组合与对比组合的风险收益指标对比

组合	年化超额收益	年化跟踪误差	最大回撤	信息比率	收益回撤比
市值中性组合（D=10）	11.7%	5.5%	5.5%	2.13	2.12
对比组合（相同市值暴露）	10.6%	6.1%	6.3%	1.75	1.69

资料来源：Wind，海通证券研究所

## 5. 总结

### 5.1 组合权重优化问题

组合权重优化问题由两个部分组成：目标函数、约束条件。

在组合构建中，常见的优化函数包括：

- 最大化预期收益率： $\max_w w' \mu$
- 最小化组合方差： $\min_w w' V w$
- 最大化效用函数： $\max_w w' \mu - \frac{1}{2} \lambda w' V w$
- 最大化信息比率： $\max_w w' \mu / \sqrt{w' V w}$



常见的约束条件包括:

- 组合约束:  $w'e = 1$
- 个股权重限制:  $d \leq w \leq u$
- 预期收益率下限:  $w'\mu \geq \mu_0$
- 预期波动率上限:  $w'Vw \leq \sigma_0^2$
- 风格偏离限制:  $l \leq w'F \leq u$
- 因子中性处理:  $w'_A \mathbb{I}_{\{i \in D\}} = 0$
- 风险贡献度限制:  $w \otimes (Vw) \leq c \cdot w'Vw$ ;  $F \otimes (\Sigma F) \leq u \cdot F' \Sigma F$ 。

对于上述问题,除了最大化信息比率以及风险贡献度限制之外,都能够在凸优化的框架下得到最优解。

## 5.2 几种风险管理方法的比较

最大化预期收益组合:

最大化预期收益组合以最大化组合收益为目标,在组合构建中未引入除组合约束与个股权重上下限之外的风险管理措施,组合体现了高风险、高收益特征。组合的风格会偏向高收益的因子,因子的风险贡献也相对集中。

约束组合跟踪误差:

跟踪误差衡量了组合整体的主动管理风险。约束跟踪将组合的主动管理风险看作一个整体,进行统一管理。约束跟踪误差能够间接降低组合的风格偏离,并通过因子间的相关性分散风险,最大化单位风险的预期回报。但是,在特殊行情下,因子之间的风险分散功能可能会失效,从而导致组合风险加大。

控制组合风格偏离:

相比约束组合跟踪误差,控制组合风格偏离直指因子组合的风险来源。相比约束组合整体跟踪误差,无疑是一种更加严格的风险管理手段。但是,直接控制组合的风格偏离忽视了因子之间的风险分散作用,因此也降低了单位风险收益。

匹配风险因子分布:

和约束组合跟踪误差以及控制组合风格偏离相比,匹配风险因子分布是最为严格的风险管理手段。它要求组合的因子分布与基准保持一致,以控制股票收益与因子之间的非线性关系所引起的波动。“行业中性”、“市值中性”都是匹配风险因子分布的常见案例。

可以说,上述四种类型的组合,从“无因子风险管理”、“因子风险整体管理”、“管理因子偏离的均值”、到“管理因子偏离的分布”,在因子风险管理方面愈发严格。而在降低了收益模型中因子的暴露后,组合的超额收益也会随之降低。此外,通过风险管理,投资者可以将组合的预期超额收益的波动控制在目标范围,至于超额收益的方向,更多地还是依赖收益模型的搭建。换言之,希望通过风险管理,将负超额收益变为正向是非常困难的。

风险提示: 风险模型失效(风险因子遗漏、股票个体风险过大); 优化模型失效(优化问题无解或未解得最优解)。

## 信息披露

### 分析师声明

冯佳睿 金融工程研究团队  
沈泽承 金融工程研究团队

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 法律声明

本报告仅供海通证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，海通证券及其所属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投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经海通证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容，务必联络海通证券研究所并获得许可，并需注明出处为海通证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，海通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。



## 海通证券股份有限公司研究所

路 颖 所长  
(021)23219403 luying@htsec.com

高道德 副所长  
(021)63411586 gaodd@htsec.com

姜 超 副所长  
(021)23212042 jc9001@htsec.com

江孔亮 副所长  
(021)23219422 kljiang@htsec.com

邓 勇 所长助理  
(021)23219404 dengyong@htsec.com

荀玉根 所长助理  
(021)23219658 xyg6052@htsec.com

钟 奇 所长助理  
(021)23219962 zq8487@htsec.com

### 宏观经济研究团队

姜 超(021)23212042 jc9001@htsec.com  
顾潇啸(021)23219394 gxx8737@htsec.com  
于 博(021)23219820 yb9744@htsec.com  
联系人  
梁中华(021)23154142 lzh10403@htsec.com  
李金柳(021)23219885 ljl11087@htsec.com

### 金融工程研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com  
冯佳睿(021)23219732 fengjr@htsec.com  
郑雅斌(021)23219395 zhengyb@htsec.com  
余浩淼(021)23219883 yhm9591@htsec.com  
袁林青(021)23212230 ylq9619@htsec.com  
罗 蕾(021)23219984 ll9773@htsec.com  
沈泽承(021)23212067 szc9633@htsec.com  
联系人  
颜 伟(021)23219914 yw10384@htsec.com  
周一洋(021)23219774 zyy10866@htsec.com  
姚 石(021)23219443 ys10481@htsec.com  
吕丽颖(021)23219745 lly10892@htsec.com  
史霄安 sx11398@htsec.com

### 金融产品研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com  
倪韵婷(021)23219419 niyt@htsec.com  
陈 瑶(021)23219645 chenyaoyao@htsec.com  
唐洋运(021)23219004 tangyy@htsec.com  
宋家骥(021)23212231 sjj9710@htsec.com  
薛 涵 xh11528@htsec.com  
联系人  
谈 鑫(021)23219686 tx10771@htsec.com  
皮 灵(021)23154168 pl10382@htsec.com  
王 毅(021)23219819 wy10876@htsec.com  
徐燕红(021)23219326 xyh10763@htsec.com  
蔡思圆(021)23219433 csy11033@htsec.com  
庄梓恺 zzk11560@htsec.com

### 固定收益研究团队

姜 超(021)23212042 jc9001@htsec.com  
周 霞(021)23219807 zx6701@htsec.com  
朱征星(021)23219981 zzx9770@htsec.com  
张卿云(021)23219445 zqy9731@htsec.com  
联系人  
姜珮珊(021)23154121 jps10296@htsec.com  
杜 佳 (021) 23154149 dj11195@htsec.com

### 策略研究团队

荀玉根(021)23219658 xyg6052@htsec.com  
钟 青(010)56760096 zq10540@htsec.com  
高 上(021)23154132 gs10373@htsec.com  
联系人  
申 浩(021)23154117 sh10156@htsec.com  
郑英亮(021)23154147 zyl10427@htsec.com  
李 影 ly11082@htsec.com  
姚 佩(021)23154184 yp11059@htsec.com  
唐一杰 021-23219406 tyj11545@htsec.com

### 中小市值团队

钮宇鸣(021)23219420 ymniu@htsec.com  
张 宇(021)23219583 zy9957@htsec.com  
刘 宇(021)23219608 liuy4986@htsec.com  
孔维娜(021)23219223 kongwn@htsec.com  
联系人  
王鸣阳(021)23219356 wmy10773@htsec.com  
程碧升(021)23154171 cbs10969@htsec.com  
潘莹练(021)23154122 pyl10297@htsec.com  
相 姜(021)23219945 xj11211@htsec.com

### 政策研究团队

李明亮(021)23219434 lml@htsec.com  
陈久红(021)23219393 chenjiuhong@htsec.com  
吴一萍(021)23219387 wuyiping@htsec.com  
朱 蕾(021)23219946 zl8316@htsec.com  
周洪荣(021)23219953 zhr8381@htsec.com  
王 旭(021)23219396 wx5937@htsec.com

### 石油化工业

邓 勇(021)23219404 dengyong@htsec.com  
联系人  
朱军军(021)23154143 zjj10419@htsec.com  
毛建平(021)23154134 mjp10376@htsec.com  
殷奇伟(021)23154139 yqw10381@htsec.com

### 医药行业

余文心(0755)82780398 ywx9461@htsec.com  
郑 琴(021)23219808 zq6670@htsec.com  
孙 建(021)23154170 sj10968@htsec.com  
联系人  
师成平(010)50949927 scp10207@htsec.com  
贺文斌(010)68067998 hwb10850@htsec.com  
刘 浩 01056760098 lh11328@htsec.com

### 汽车行业

邓 学(0755)23963569 dx9618@htsec.com  
联系人  
谢亚彤(021)23154145 xyt10421@htsec.com  
王 猛(021)23154017 wm10860@htsec.com  
杜 威 0755-82900463 dw11213@htsec.com

### 公用事业

张一弛(021)23219402 zyc9637@htsec.com  
联系人  
赵树理(021)23219748 zsl10869@htsec.com  
张 磊(021)23212001 zl10996@htsec.com

### 批发和零售贸易行业

汪立亭(021)23219399 wanglt@htsec.com  
王 晴(021)23154116 wq10458@htsec.com  
李宏科 (021) 23154125 lhk11523@htsec.com  
联系人  
史 岳 (021) 23154135 sy11542@htsec.com

### 互联网及传媒

钟 奇(021)23219962 zq8487@htsec.com  
郝艳辉(010)58067906 hyh11052@htsec.com  
许樱之 xyz11630@htsec.com  
联系人  
孙小雯(021)23154120 sxw10268@htsec.com  
强超廷(021)23154129 qct10912@htsec.com  
毛云聪(010)58067907 myc11153@htsec.com  
唐 宇 ty11049@htsec.com  
刘 欣(010)58067933 lx11011@htsec.com

### 有色金属行业

施 毅(021)23219480 sy8486@htsec.com  
联系人  
李姝醒(021)23219401 lsx11330@htsec.com  
杨 娜(021)23154135 yn10377@htsec.com

### 房地产行业

涂力磊(021)23219747 tll5535@htsec.com  
谢 盐(021)23219436 xiey@htsec.com  
贾亚童(021)23219421 jiayt@htsec.com  
联系人  
金 晶 jj10777@htsec.com  
杨 凡(021)23219812 yf11127@htsec.com

**电子行业**

陈 平(021)23219646 cp9808@htsec.com  
 联系人  
 谢 磊(021)23212214 xl10881@htsec.com  
 张天闻 ztw11086@htsec.com  
 尹 苓(021)23154119 yl11569@htsec.com

**煤炭行业**

吴 杰(021)23154113 wj10521@htsec.com  
 李 淼(010)58067998 lm10779@htsec.com  
 联系人  
 戴元灿(021)23154146 dyc10422@htsec.com

**电力设备及新能源行业**

杨 帅(010)58067929 ys8979@htsec.com  
 房 青(021)23219692 fangq@htsec.com  
 徐柏乔(021)32319171 x bq6583@htsec.com  
 联系人  
 曾 彪(021)23154148 zb10242@htsec.com  
 张向伟(021)23154141 z xw10402@htsec.com

**基础化工行业**

刘 威(0755)82764281 lw10053@htsec.com  
 刘 强(021)23219733 lq10643@htsec.com  
 联系人  
 刘海荣(021)23154130 lhr10342@htsec.com

**计算机行业**

郑宏达(021)23219392 zhd10834@htsec.com  
 谢春生(021)23154123 xcs10317@htsec.com  
 联系人  
 黄竞晶(021)23154131 hjj10361@htsec.com  
 杨 林(021)23154174 yl11036@htsec.com  
 鲁 立 ll11383@htsec.com  
 洪 琳 hl11570@htsec.com

**通信行业**

朱劲松(010)50949926 zjs10213@htsec.com  
 联系人  
 庄 宇(010)50949926 zy11202@htsec.com  
 余伟民(010)50949926 ywm11574@htsec.com

**非银行金融行业**

孙 婷(010)50949926 st9998@htsec.com  
 何 婷(021)23219634 ht10515@htsec.com  
 联系人  
 夏昌盛(010)56760090 xcs10800@htsec.com  
 李芳洲(021)23154127 lfz11585@htsec.com

**交通运输行业**

虞 楠(021)23219382 yun@htsec.com  
 张 楠(021)23219442 zy9937@htsec.com  
 联系人  
 童 宇(021)23154181 ty10949@htsec.com

**纺织服装行业**

于旭辉(021)23219411 yxh10802@htsec.com  
 唐 岑(021)23212208 tl9709@htsec.com  
 梁 希(021)23219407 lx11040@htsec.com  
 联系人  
 马 榕 23219431 mr11128@htsec.com

**建筑建材行业**

邱友锋(021)23219415 qyf9878@htsec.com  
 钱佳佳(021)23212081 qjj10044@htsec.com  
 冯晨阳(021)23212081 fcy10886@htsec.com  
 联系人  
 周 俊 0755-23963686 zj11521@htsec.com

**机械行业**

余炜超(021)23219816 swc11480@htsec.com  
 耿 耘(021)23219814 gy10234@htsec.com  
 沈伟杰(021)23219963 swj11496@htsec.com  
 联系人  
 杨 震(021)23154124 yz10334@htsec.com

**钢铁行业**

刘彦奇(021)23219391 liuyq@htsec.com  
 联系人  
 刘 璇(021)23219197 lx11212@htsec.com

**建筑工程行业**

杜市伟 dsw11227@htsec.com  
 联系人  
 毕春晖(021)23154114 bch10483@htsec.com

**农林牧渔行业**

丁 频(021)23219405 dingpin@htsec.com  
 陈雪丽(021)23219164 cxl9730@htsec.com  
 陈 阳(010)50949923 cy10867@htsec.com  
 联系人  
 关 慧(021)23219448 gh10375@htsec.com  
 夏 越(021)23212041 xy11043@htsec.com

**食品饮料行业**

闻宏伟(010)58067941 whw9587@htsec.com  
 孔梦遥(010)58067998 kmy10519@htsec.com  
 成 珊(021)23212207 cs9703@htsec.com

**军工行业**

徐志国(010)50949921 xzg9608@htsec.com  
 刘 磊(010)50949922 ll11322@htsec.com  
 蒋 俊(021)23154170 jj11200@htsec.com  
 联系人  
 张恒晖(010)68067998 zhx10170@htsec.com  
 张宇轩 zyx11631@htsec.com

**银行行业**

林媛媛(0755)23962186 lly9184@htsec.com  
 联系人  
 林瑾璐 lj11126@htsec.com  
 谭敏沂 tmy10908@htsec.com

**社会服务行业**

李铁生(010)58067934 lts10224@htsec.com  
 联系人  
 陈扬扬(021)23219671 cyy10636@htsec.com  
 顾熹闻 gxm11214@htsec.com

**家电行业**

陈子仪(021)23219244 chenzy@htsec.com  
 联系人  
 李 阳 ly11194@htsec.com  
 朱默辰 zmc11316@htsec.com

**造纸轻工行业**

曾 知(021)23219810 zz9612@htsec.com  
 联系人  
 朱 悦(021)23154173 zy11048@htsec.com  
 赵 洋 zy10340@htsec.com

## 研究所销售团队

### 深广地区销售团队

蔡铁清(0755)82775962 ctq5979@htsec.com  
伏财勇(0755)23607963 fcy7498@htsec.com  
辜丽娟(0755)83253022 gulj@htsec.com  
刘晶晶(0755)83255933 liujj4900@htsec.com  
王雅清(0755)83254133 wyq10541@htsec.com  
饶伟(0755)82775282 rw10588@htsec.com  
欧阳梦楚(0755)23617160  
oymc11039@htsec.com  
巩柏含 gbh11537@htsec.com

### 上海地区销售团队

胡雪梅(021)23219385 huxm@htsec.com  
朱健(021)23219592 zhuj@htsec.com  
黄毓(021)23219410 huangyu@htsec.com  
季唯佳(021)23219384 jiwj@htsec.com  
漆冠男(021)23219281 qgn10768@htsec.com  
胡宇欣(021)23154192 hyx10493@htsec.com  
黄诚(021)23219397 hc10482@htsec.com  
蒋炯 jj10873@htsec.com  
毛文英(021)23219373 mwy10474@htsec.com  
马晓男 mxn11376@htsec.com  
杨伟昕(021)23212268 yyx10310@htsec.com  
方烨晨(021)23154220 fyc10312@htsec.com  
慈晓聪 021-23219989 cxc11643@htsec.com

### 北京地区销售团队

殷怡琦(010)58067988 yyq9989@htsec.com  
张明 zm11248@htsec.com  
吴尹 wy11291@htsec.com  
张丽莹(010)58067931 zlx11191@htsec.com  
陈铮茹 czr11538@htsec.com  
陆铂锡 lbx11184@htsec.com  
杨羽莎(010)58067977 yys10962@htsec.com

### 海通证券股份有限公司研究所

地址：上海市黄浦区广东路 689 号海通证券大厦 9 楼  
电话：(021) 23219000  
传真：(021) 23219392  
网址：www.htsec.com