

# 金融工程

证券研究报告

2017 年 09 月 21 日

## 基于动态风险控制的投资优化模型

今年以来,不少量化策略的表现较之 2016 年逊色不少,原因在于这类策略大多给予了过去表现好的因子以较大的偏重,在今年市值、反转等历史表现出色的因子集体表现不佳的情况下,倚重于因子动量的策略就会遭受回撤。对组合进行风险控制能够有效地解决这一问题。在经典的组合优化模型之上,本报告提出了一种系统的动态风险控制方法。

### 直观的风险控制

经典的组合优化模型中的风险厌恶系数实际上承担着调节风险收益数量级差异以及反应风险偏好两个作用,而要选择同时满足两方面条件要求的风险厌恶系数,是很棘手的。因此,为了回避风险厌恶系数选取的问题,本报告将风险项从目标函数中去掉,而将其作为约束条件,并给定一定的风险上限,从而直观地控制组合的预期风险。

### 风格约束与行业约束

风险与收益是同源,约束条件越多越苛刻,在控制组合风险的同时,也可能会降低组合的收益。由此,为了权衡因子带来的收益与风险,需要谨慎地选择约束条件,而不是一刀切地对所有因子进行约束。本报告提出应当根据因子收益的波动率动态地选择需要施加约束的风格因子。

### 跟踪误差的控制

跟踪误差呈现明显的聚集现象,会出现一段时间内持续的偏高或偏低。因而,可根据组合的实际跟踪误差,动态地调整优化模型约束条件中的预期跟踪误差上限。在组合实际跟踪误差超过一定阈值时,降低优化模型中的预期跟踪误差上限;而在实际跟踪误差在阈值之内时,仍然使用原始的预期跟踪误差上限。

### 动态风控模型下的组合优化策略

回测结果表明,与行业中性、市值中性、固定预期跟踪误差的静态组合相比,动态调整风格、行业约束以及跟踪误差阈值的组合取得更高、更稳健的收益,并且组合的跟踪误差以及最大回撤都显著降低。动态风险控制方法使得组合的年化超额收益从 13.70%提高至 18.03%,而相对最大回撤从 6.16%降至 2.95%,跟踪误差从 4.86%降至 4.38%。今年以来(截至 2017 年 8 月),动态组合取得 6.00%的超额收益,而同时期静态组合超额仅为 0.94%。

风险提示:市场环境变动风险,有效因子变动风险,优化模型失效风险。

### 作者

吴先兴 分析师  
SAC 执业证书编号: S1110516120001  
wuxianxing@tfzq.com  
18616029821

张欣慰 分析师  
SAC 执业证书编号: S1110517010003  
zhangxinwei@tfzq.com

韩谨阳 联系人  
hanjinyang@tfzq.com

### 相关报告

- 1 《金融工程:基于半衰主成分风险平价模型的全球资产配置策略研究》 2017-09-18
- 2 《金融工程:基于风格因子视角的 FOF 投资策略研究》 2017-09-18
- 3 《金融工程:剩余价值模型下的估值因子在 A 股中的实证》 2017-09-08
- 4 《金融工程:基于活跃国债及金融、企业债-国债期货套期保值实证》 2017-09-03
- 5 《金融工程:专题报告-MHKQ 因子择时模型在 A 股中的应用》 2017-08-15
- 6 《金融工程:专题报告-利用组合优化构建投资组合》 2017-08-14
- 7 《金融工程:专题报告-买卖压力失衡——利用高频数据拓展盘口数据》 2017-08-01
- 8 《金融工程:专题报告-半衰 IC 加权在多因子选股中的应用》 2017-07-22
- 9 《金融工程:专题报告-私募 EB 正股的投资机会》 2017-07-11
- 10 《金融工程:FOF 专题研究(一):银华中小盘精选偏股混合型基金》 2017-07-06
- 11 《金融工程:专题报告-国债期货组合趋势策略:以损定量,顺势加仓》 2017-06-19
- 12 《金融工程:专题报告-量化选股模型:戴维斯双击!》 2017-06-18
- 13 《金融工程:专题报告-国债期货展期价差交易》 2017-05-25
- 14 《金融工程:专题报告-基于高管增持事件的投资策略》 2017-05-14
- 15 《金融工程:定期报告-2017 年 6 月沪深重点指数样本股调整预测》 2017-05-06
- 16 《金融工程:专题报告-预知业绩能有多少超额收益?》 2017-04-16

## 内容目录

1. 经典的组合优化模型.....	3
2. 预期收益及预期风险的估计 .....	4
3. 关于风险厌恶系数 .....	5
4. 风格因子的选取 .....	7
5. 风格约束与行业约束.....	8
6. 跟踪误差的控制 .....	10
7. 动态风控模型下的组合优化策略.....	11
8. 总结 .....	12
风险提示 .....	13

## 图表目录

图 1: 组合预期收益与预期风险.....	6
图 2: 组合预期收益与预期风险的比值 .....	6
图 3: 7 因子模型与 Barra 风格因子收益预测模型拟合优度比较.....	7
图 4: 市值因子月度因子收益 .....	8
图 5: 风格因子收益波动率比较.....	9
图 6: 行业因子波动率比较 .....	9
图 7: 组合实际跟踪误差与跟踪误差阈值 .....	10
图 8: 静态组合净值与相对强弱 (2010 年 1 月-2017 年 8 月) .....	11
图 9: 动态组合净值与相对强弱 (2010 年 1 月-2017 年 8 月) .....	11
表 1: 风格因子列表 .....	7
表 2: 静态组合与动态组合分年度收益与风险比较 (2010 年 1 月-2017 年 8 月) .....	12

今年以来，不少量化策略的表现较 2016 年逊色不少，原因在于这类策略大多给予了过去表现好的因子以较大的偏重，在今年市值、反转等历史表现出色的因子集体表现不佳的情况下，倚重于因子动量的策略就会遭受回撤。解决这类问题的一个方法是进行因子择时，即在使用因子前对因子的有效性及作用方向进行判断，我们的前期报告《反转因子的选择性交易策略》《MHKQ 因子择时模型在 A 股中的应用》均是从这个角度出发尝试解决这个问题。解决这一问题的另一个方法便是对组合进行风险控制，举个例子，假定有一个量化策略在今年将市值、反转这两个今年表现不理想的因子纳入了 Alpha 模型进行股票筛选，如果有一个风控模型能够有效识别出这两个因子在今年有可能带来较大的风险，同时在这两个因子上进行暴露的控制，那么因子选择错误带来的回撤也能够得到有效的降低。

Alpha 预测模型和风控模型是组合优化模型的两个重要构成部分，本文试图从风控角度出发，在组合优化模型中引入动态的风险因子控制方法。实证结果表明，该方法较之静态的风控模型无论从收益和回撤角度均有提升。

## 1. 经典的组合优化模型

投资组合优化问题可以表述为以下形式：

$$\begin{aligned}
 \max \quad & r^T w - \frac{1}{2} \lambda w^T \Sigma w - c^T |w - w_0| \\
 \text{s.t.} \quad & s_l \leq X(w - w_b) \leq s_h \\
 & h_l \leq H(w - w_b) \leq h_h \\
 & 0 \leq w \leq l \\
 & 1^T w = 1
 \end{aligned}$$

其中， $w$  为待求解的组合权重向量；

该优化问题的目标函数为最大化组合经风险、成本调整后的收益，具体包括三个部分：收益项、风险项以及成本项。

- (1)  $r^T w$  项为组合预期收益， $r$  为股票预期收益率向量；
- (2)  $w^T \Sigma w$  项为组合风险， $\Sigma$  为股票收益率协方差矩阵； $\lambda$  为风险厌恶系数，决定风险与收益的权衡；
- (3)  $c^T |w - w_0|$  为调仓成本， $w_0$  为调仓前的持仓权重；

约束条件包括对组合风格因子暴露、行业分布以及个股权重的约束。

- (1) 第一个约束条件限制了组合相对于基准指数的风格暴露， $X$  为股票对风格因子的因子暴露矩阵， $s_l$ 、 $s_h$  分别为风格因子相对暴露的下限以及上限， $w_b$  为基准指数的权重向量；
- (2) 第二个约束条件限制了组合相对于基准指数的行业偏离， $H$  为股票的行业暴露矩阵，当股票  $j$  属于行业  $i$  时， $H_{ij}$  为 1，否则为 0； $h_l$ 、 $h_h$  为组合行业偏离的下限以及上限；
- (3) 第三个约束条件限制了卖空，并且限制了个股权重上限  $l$ ；
- (4) 第四个约束条件要求权重和为 1。

在实际投资中，使用以上标准的优化模型构建投资组合，会遇到很多问题。例如，

- (1) 在目标函数中，如何选取适当的风险厌恶系数以权衡组合收益与风险？
- (2) 如何对风格和行业因子进行约束？在每一期是否都应该约束同样的风格因子或者行业因子？
- (3) 如何更好地控制组合的风险？

在细致地探讨和分析以上问题之前，先简单回顾一下组合收益以及组合风险的估计。

## 2. 预期收益及预期风险的估计

多因子模型是应用较为广泛的收益模型。多因子模型认为存在一个相对精简的因子集合，这些因子驱动了资产收益率，而不能由这些因子解释的收益被认为是资产的特质收益率，并假定特质收益率与这些因子不相关。即

$$r = Xf + \mu$$

其中， $r$  为股票收益率向量， $X$  为  $n$  只股票在  $k$  个因子上的因子暴露矩阵 ( $n \times k$ )， $f$  为  $k$  个因子的因子收益向量， $\mu$  为股票特质收益率向量。

本报告参考 Barra USE4 (The Barra US Equity Model) 及 CNE5 (The Barra China Equity Model) 估计因子收益率。股票收益率可以表示为市场收益率、行业收益率、风格因子收益率以及特质收益率的线性组合：

$$r_n = f_m + \sum_i X_i^I f_i^I + \sum_i X_i^S f_i^S + u_n$$

其中  $r_n$  为股票收益率， $f_m$  为市场收益， $f_i^I$  为行业  $i$  的因子收益， $f_i^S$  为风格  $i$  的因子收益， $X_i^I$ 、 $X_i^S$  分别为股票  $n$  对行业  $i$ 、风格  $i$  的因子暴露， $u_n$  为特质收益率。

由于股票收益率存在异方差性，因此以根号市值作为权重，使用加权最小二乘法 (Weighted Least Squares, WLS) 估计以上模型。使用这种加权方法是由于很多研究发现个股的特质风险与股票规模成反比。

此外，由于行业因子暴露使用哑变量表示全部行业，加入截距项  $f_m$  使得模型中存在共线性。可通过增加以下约束条件使得该模型具有唯一解

$$\sum_i w_i f_i^I = 0$$

即市值加权的行业因子平均收益为 0，其中  $w_i$  为行业  $i$  的市值权重。

在该约束条件下，截距项  $f_m$  的含义就更加明确了， $f_m$  实际上代表了全市场市值加权收益率；而行业因子的回归系数代表了行业的超额收益，风格因子的回归系数代表了在控制行业因素的影响后，风格因子的超额收益。

从优化模型的输入变量来，在每一期，除了因子暴露外，还需要估计股票的预期收益率以及股票收益率协方差。

### (1) 估计股票收益率

股票的预期收益可以根据因子暴露以及预期因子收益计算，即

$$E(r_n) = XE(f)$$

其中， $E(f)$  为预期因子收益。通常使用因子收益的历史平均值作为对预期因子收益的估计。而为了尽快地反映近期因子收益的变动，本报告使用半衰加权的方式估计预期因子收益。

### (2) 估计股票收益率协方差

关于组合风险的估计，当股票特质收益率与公共因子不相关时，预期风险可以分解为公共因子解释的风险以及特质风险，其中公共因子风险使用日度因子收益的协方差矩阵以及因子暴露估计，特质风险使用个股特质收益率的波动率估计，即

$$\Sigma = XFX^T + \Delta$$

其中， $F$  为  $k$  个因子（风格因子与行业因子）的因子收益协方差矩阵， $X$  为  $n$  只股票在  $k$  个因子上的因子暴露矩阵 ( $n \times k$ )， $\Delta$  为股票的特质波动率矩阵 ( $n \times n$ )。

因子收益协方差以及特质风险都使用半衰加权计算，给予近期的因子波动更高的权重，下

面具体介绍其估计方法。

因子收益加权协方差可以直接根据因子收益序列计算得到，即

$$\sigma_{i,j}^2 = \sum_t w_t (f_{i,t} - \bar{f}_i)(f_{j,t} - \bar{f}_j)$$

其中， $\sigma_{i,j}$  为因子  $i$  和因子  $j$  的半衰加权协方差， $w_t$  为半衰权重， $\bar{f}_i$  为因子  $i$  半衰加权的因子收益均值。

然而，考虑到因子收益之间的相关系数比因子波动更加稳定，本报告参考 Barra USE4、CNE5 的方法，先分别估计因子收益的相关系数以及各因子的波动性，然后再据此计算因子协方差矩阵。具体地，因子收益协方差可由因子收益波动率及因子收益相关系数计算得到，即

$$\sigma_{i,j}^2 = \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j$$

其中， $\sigma_i, \sigma_j$  分别为因子  $i, j$  的因子收益标准差， $\rho_{i,j}$  为因子  $i, j$  的因子收益相关系数。

这种估计方法的有点在于，可以对因子收益相关系数以及因子波动使用不同的半衰期进行加权计算。由于因子相关系数较为稳定，可以选择较长的半衰期；而因子波动变化较大，可以选择较短的半衰期，从而更加迅速地反应因子风险的变化。当因子相关系数与因子波动的半衰期相同时，通过这样的方法得到的因子收益协方差矩阵与直接使用因子收益计算的加权协方差矩阵是一样的。

特质风险为特质收益率的方差，即

$$\sigma_{u,i}^2 = \sum_t w_t (f_{u,i,t} - \bar{f}_{u,i})^2$$

其中， $\sigma_{u,i}^2$  为股票  $i$  特质收益率的方差， $w_t$  为半衰权重， $f_{u,i,t}$  为股票  $i$  在  $t$  期的特质收益率， $\bar{f}_{u,i}$  为股票  $i$  特质收益率的半衰加权均值。根据时间序列估计的特质波动率在样本外不一定具有持续性，尤其是当特质波动率特别高或者特别低时，特质风险存在均值回复的可能性，因此需要对特质风险的估计值进行调整。本报告使用贝叶斯收缩 (Bayesian Shrinkage) 的方法对特质风险进行调整，具体可参见 Barra USE4、CNE5。

至此，我们回顾了组合预期收益以及风险的估计，下面就前文提及的组合优化实际应用中存在的若干问题进行具体的分析。

### 3. 关于风险厌恶系数

在标准的组合优化问题中，风险厌恶系数用以权衡组合的风险与收益。然而，如何选取合适的风险厌恶系数，是一个棘手的问题。

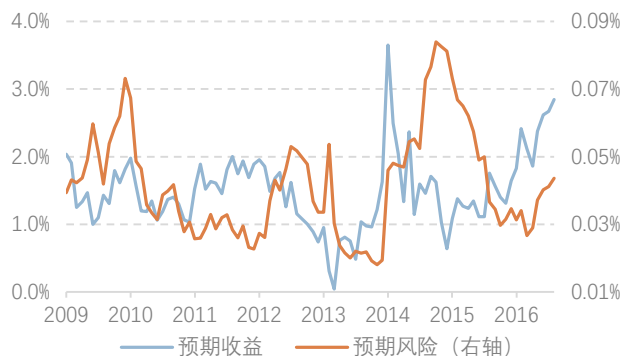
首先，大多数的研究机构并没有购买专业的优化器，因此兼顾到组合优化的运算效率，通常会将优化模型中的待优化目标函数设定为二次函数形式，这样通过一般软件中自带的二次规划优化包都能快速地求解出优化结果。而这样的做法也变相的引入了一个问题，二次规划目标函数中的风险项是预期收益率的方差，是收益率的平方项，这就导致了组合的风险与收益在量纲上并不统一。量纲不统一带来的一个最大问题就是风险项和收益项在取值上有数量级上的差别，因此，在优化问题的目标函数中，实质上影响优化结果的几乎就是收益项，风险项的影响微乎其微，这就与控制组合风险的初衷相违背。

图 1 展示了一个组合在每一次调仓时的预期收益与预期风险。由于组合预期收益使用月度的因子收益估计，而组合风险使用日度的因子收益估计，为了使得两个两者在时间频率上相一致，在比较组合的预期收益与预期风险时，给预期风险乘以系数 20，作为对组合月度风险的估计。可以看出，组合的预期收益平均为 1.49%，预期风险平均为 0.04%，从时间序列上来看，两者之间存在数量级上的差异。

为了更加直观地比较两者的数量级差异，图 2 展示了每一期预期收益与预期风险的比值。可以看到，预期收益与预期风险的比值大部分位于 20 至 60 之间，其平均值为 40.38。

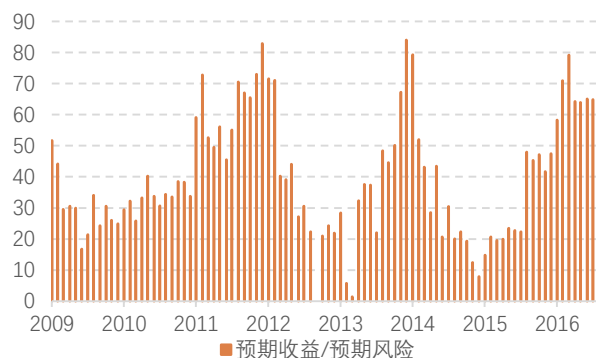


图 1：组合预期收益与预期风险



资料来源：Wind，天风证券研究所

图 2：组合预期收益与预期风险的比值



资料来源：Wind，天风证券研究所

由此可以看出，在每一期进行优化时，目标函数中的预期收益显著大于预期风险，当风险厌恶系数不够大时，风险项对优化结果的影响就微乎其微，预期收益项主导了组合优化的结果。因而，在目标函数中，应当确定合适的风险厌恶系数使得风险项能够真正地发挥作用。然而，从图 2 可以看出，预期收益风险比很不稳定，较小的时候在 10 以下，而较大时候会在 70 以上。这就给风险厌恶系数的选取带了很多的困难。

其次，投资者对于组合的风险要求往往是以波动率或者跟踪误差的形式，如 10% 以下的波动或者相对于跟踪基准不超过 5% 的跟踪误差。当然，可以根据投资者的风险承受能力以及风险偏好选择合适的风险厌恶系数，进而构造满足相应的投资组合。但是当投资者具有明确的风险要求时，仅通过调整风险厌恶系数较难直观地获得满足风控要求的组合。

从以上分析可以看出，优化模型中的风险厌恶系数  $\lambda$  实际上承担着调节风险收益数量级差异以及反应风险偏好两个作用，而要选择同时满足两方面条件要求的风险厌恶系数，是很棘手的。

因此，为了回避风险厌恶系数选取的问题，本报告将风险项从目标函数中去掉，而将其作为约束条件，并给定一定的风险上限，从而直观地控制组合的预期风险。此外，由于量化基金、指数增强基金通常使用组合的跟踪误差而不是组合的波动率来衡量风险，因而对于有跟踪基准的基金而言，组合的风险控制也可以设定为跟踪误差的形式。

组合的跟踪误差可以表示为

$$(w - w_b)^T \Sigma (w - w_b)$$

其中， $\Sigma$  为股票收益率协方差矩阵， $w$  为组合权重向量， $w_b$  为基准指数的权重向量。

将目标函数中的风险项转变为对组合预期跟踪误差的约束，原优化模型便转化为以下形式：

$$\begin{aligned}
 & \max \quad r^T w \\
 & \text{s.t.} \quad s_l \leq X(w - w_b) \leq s_h \\
 & \quad \quad h_l \leq H(w - w_b) \leq h_h \\
 & \quad \quad (w - w_b)^T \Sigma (w - w_b) \leq \frac{TE^2}{250} \\
 & \quad \quad 0 \leq w \leq l \\
 & \quad \quad 1^T w = 1
 \end{aligned}$$

其中， $TE$  为组合的预期年化跟踪误差的上限。

如此一来，原本的二次规划问题转化成为了一个二阶锥规划 (Second-order Cone Program, SOCP) 问题，这两个优化模型在常用的软件中均有现成的优化包可以使用。

对于以上组合优化问题的约束条件，有如下一些常见的设置方式：

- (1) 被动指数基金的跟踪误差一般在 4% 以下，指数增强基金的跟踪误差在 8% 以下。本报告在回测中将组合的目标跟踪误差设定在 5% 以内；
- (2) 对于风格因子的暴露，常见的是市值中性约束，即控制组合在市值因子上的暴露相对于基准指数没有过大的偏离；
- (3) 对于行业因子的暴露，一般会要求组合行业中性，即要求组合在每个行业上的权重配置与基准指数保持一致；
- (4) 对于个股权重的要求，通常除了限制个股权重上下限外，还应该考虑每次调仓时持仓股票的可交易性，即当持仓股票不可卖出时，可要求该股票权重保持不变。

## 4. 风格因子的选取

我们在前期报告中构建了 Barra 罗列的 10 大类风格因子，我们发现这 10 类风格因子对收益的解释度并不高，平均的  $R^2$  只有 10% 左右。本文中我们简化风格因子的构建，从规模、技术反转、流动性、波动性、估值、成长、质量等 7 个维度选取了 7 个典型的风格因子，如下表 1 所示。

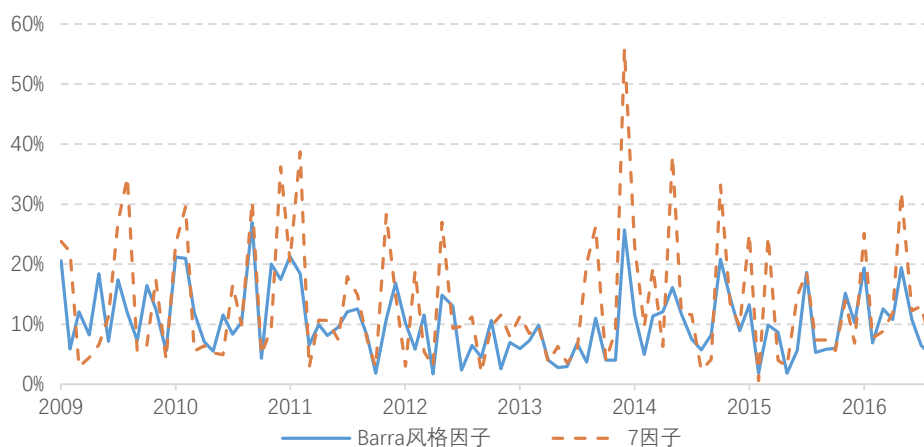
表 1：风格因子列表

类型	因子名称	因子含义	行业和市值中性化
规模	市值对数	总市值对数	否
技术反转	反转	过去 20 个交易日涨跌幅	是
流动性	换手率	过去 20 个交易日日均换手率	是
波动	特异度	Fama 三因子回归后 $1 - R^2$	是
估值	BP	Book to price	是
成长	净利润增速	单季度净利润同比增速	是
质量	ROETTM	滚动 ROE	是

资料来源：天风证券研究所

与 Barra 风险模型中的 10 类风格因子相比，这 7 个因子对于股票横截面收益差异的解释度更高。图 3 为股票月度收益率分别对 7 因子模型和 Barra 风格因子回归模型的调整  $R^2$ 。可以看到本报告使用的风格因子的调整  $R^2$  在约 60% 时期高于 Barra 风格因子。本报告使用的风格因子的调整  $R^2$  平均为 13.47%，Barra 风格因子的调整  $R^2$  平均为 10.34%。鉴于此，本文使用以上 7 个风格因子进行收益预测。

图 3：7 因子模型与 Barra 风格因子收益预测模型拟合优度比较



资料来源：Wind，天风证券研究所

此外，对于行业因子，为了充分区分股票的行业特征，本报告在中信一级行业分类的基础上，采用中信二级行业分类进一步划分银行和非银金融行业，具体地，将银行业分为国有

银行和股份制与城商行，将非银行金融分为证券、保险和信托及其他，共计 32 个行业。在进行组合优化时，本报告使用风格因子以及行业估计组合的协方差矩阵，使用风格因子估计组合的预期收益。因子收益的计算使用横截面回归的方法，具体估计方法可参见前期报告《利用组合优化构建投资组合》。

## 5. 风格约束与行业约束

对于风格及行业约束条件，通常的做法是，在每一期的优化模型中使用相同的约束条件，如保持组合具有行业中性、市值中性等。那么这种惯常的做法是否合理呢？

风险与收益是同源的，控制风格因子暴露的同时，实际上也控制了超额收益的来源。而严格的风格、行业暴露约束，会缩小优化模型的可行域，使得模型的最优解更加偏离全局最优解。因而，约束条件越多、越苛刻，在控制组合风险的同时，也可能会降低组合的收益。由此，为了权衡因子带来的收益与风险，需要谨慎地选择约束条件，而不是一刀切地对所有因子进行约束。

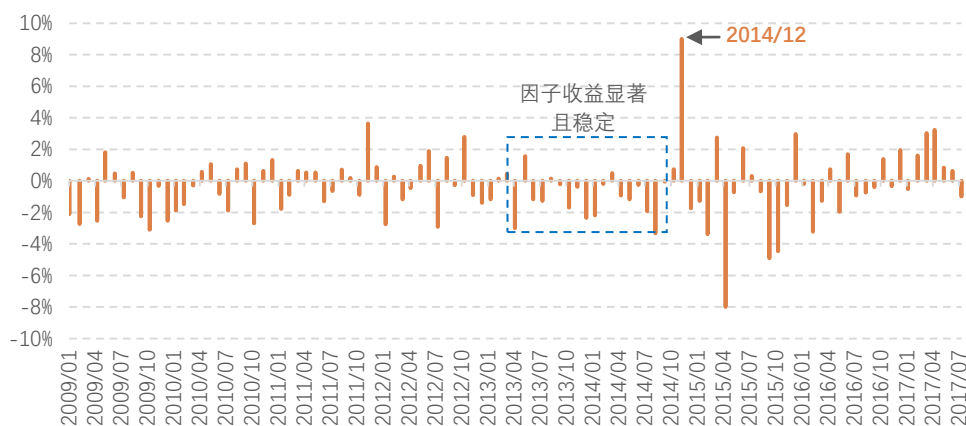
对风格因子的约束，主要是希望通过控制组合在某个或某些风格上的暴露从而控制组合的风险。然而，一直保持组合的市值中性是否有必要呢？

由于退市制度的不完善、壳资源稀缺等原因，在过去 10 年中，A 股市场市值因子的表现一直非常强势。如图 4，从规模因子的月度因子收益来看，在 2014 年 12 月之前，规模因子收益大部分都为负向，并且在长期来看较为稳定。而 2014 年 12 月，大市值股票的暴涨让市值因子出现了历史罕见的巨大的正向收益，几乎侵蚀了 2014 年前 11 个月市值因子积累的收益，造成了巨大的回撤，也正是因为如此，2014 年以后，市值中性的约束处理快速成为量化研究中的必备品。

然而，从投资的角度来说，这本质上也是一种事后的风险控制，在风险发生之后才去改变风险控制措施。而从策略回测的角度来看，保持组合的规模中性实际上是存在前视偏误（look-ahead bias）的。事实上，在 2014 年 12 月之前，市值因子长期来看是贡献超额收益最高的因子，尤其是在 2013 年期间，市值因子单调性明显且稳定，因此，在这样的市场环境下，控制规模因子并没有充分的理由。此外，这种方法只考虑了市值因子波动带来的风险，而忽略了其他因子对组合风险的影响。比如，如果未来市场发生流动性危机，那么流动性因子就可能成为影响组合收益的最主要因素。

对于风格因子的控制，我们认为控制组合在所有风格因子上的暴露中性，或者是仅仅根据过去的市场环境来控制市值中性的做法都有其不足的一面，一个动态的去寻找当下可能带来组合波动的方法或许是恰当的。

图 4：市值因子月度因子收益



资料来源：Wind，天风证券研究所

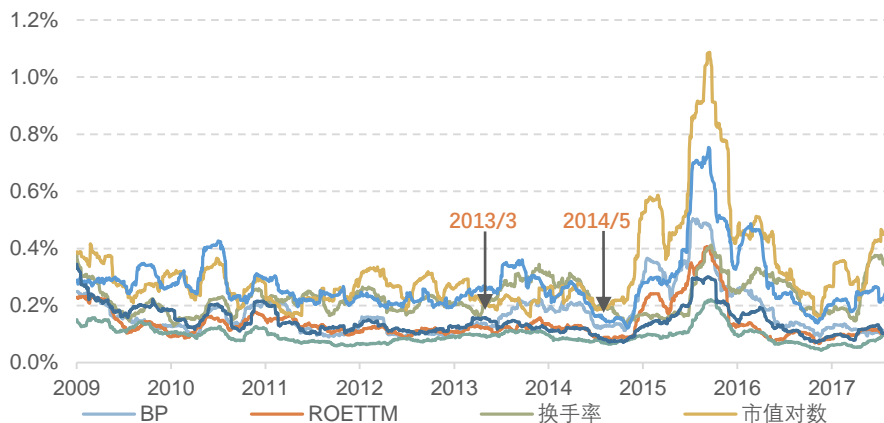
因此，从投资策略的角度来看，亟需解决的并不是控制哪一个或者哪几个因子，而是形成一个完备、自适应的机制，以期根据市场的变化，动态地控制组合的风格因子以及行业暴露。针对这一问题，本报告提出了一种动态筛选约束条件的方法。



如前所述，控制组合行业暴露以及风格暴露的目的，主要是降低组合相对于基准指数的跟踪误差。因此，在考虑控制哪些因子时，应该特别关注那些会带来较大风险的因子。金融中的风险即不确定性，因子的风险可以通过一段时间内因子收益的波动率来衡量。

图 5 为风格因子收益率滚动 3 个月的标准差。首先，可以看到风格因子的波动率具有一定的聚集性，并不是急剧变化的。其次，在大部分时候，市值因子的波动率都是最高，但是在部分区间，市值因子的波动率相对较低，如 2013 年 5 月至 2014 年 5 月期间，市值因子的波动率低于反转因子、换手率因子。结合图 4 可以看到，在这段时间中规模因子的因子收益是负向的并且较为稳定。因此，在这种情况下，固定地控制市值因子不仅会降低组合的收益，还会忽略在这段时间内真正带来风险的反转因子和换手率因子。

图 5：风格因子收益波动率比较



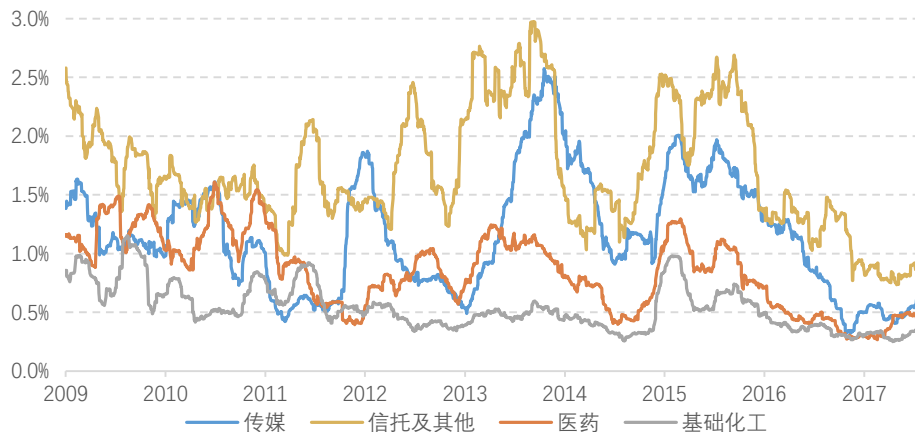
资料来源：Wind，天风证券研究所

因此，不同于市值中性这种风格因子的约束方式，本报告提出根据风格因子前期的波动率，选择性地控制波动较大的因子。具体方法如下：

- (1) 在调仓日  $T$  月末，计算调仓前 3 个月的各因子日度因子收益的波动率，并将风格因子按照波动率由高到低的顺序排序，即  $S_1, S_2, \dots, S_N$ ，其中  $S_i$  为波动性排序为  $i$  的风格因子。
- (2) 选择波动率最高的  $n_s$  个风格因子作为需约束的风格因子集合，即  $\{S_i | 1 \leq i \leq n_s\}$ 。

同样地，图 6 比较了行业因子收益滚动 3 个月的标准差。由于行业较多，为了方便展示，本图以部分行业为例说明行业约束条件筛选的思想。从图 6 可以看出，部分行业因子收益波动性一直较低，如基础化工行业；部分行业因子收益波动性一直较高，如信托及其他行业；也有行业因子收益波动性变化较大，如传媒行业。

图 6：行业因子波动率比较



资料来源：Wind，天风证券研究所

如前文所述，横截面回归得到的行业因子收益实际上是行业相对于市场收益的超额收益。当某个行业收益波动较大时，不控制该行业就可能会带来组合较大的波动；而当某个行业收益波动较小时，就可以相对放松对该行业暴露的约束。

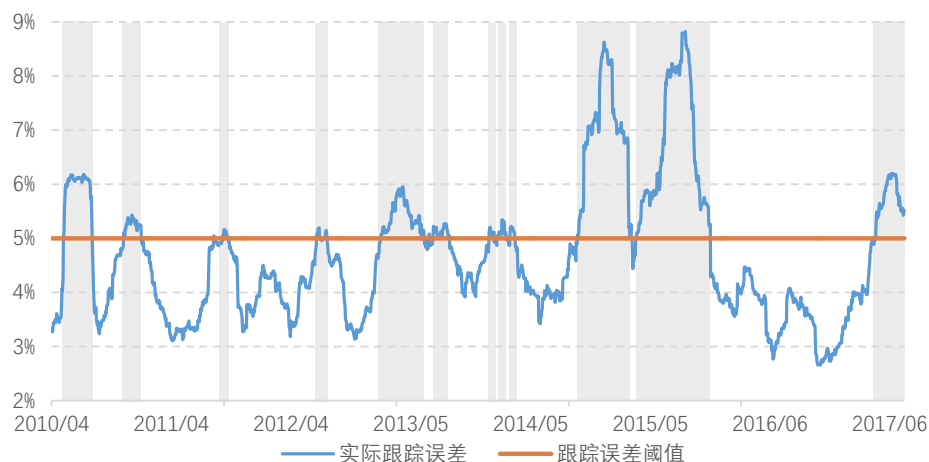
因此，与选择风格因子约束条件类似，对于行业因子，可根据前期行业因子收益的波动率，选择性地控制波动较大的行业。但是，与风格因子不同的是，不同的行业在基准指数中的权重占比差别很大，直接控制行业数量可能会出现（例如控制了 10 个波动率最大的行业，但这 10 个行业的权重之和才 20%，出现覆盖度不够的情况），因此我们要求约束的行业权重总和超过一定阈值，如 50%，75% 等。下面以 50% 权重下限为例说明每一期行业约束条件的选取方法。

- (1) 在调仓日  $T$  月末，计算调仓前 3 个月的各行业日度因子收益的波动率。
- (2) 将行业按照波动率从高到低排列，即  $I_1, I_2, \dots, I_N$ ，其中  $I_i$  为波动性排序为  $i$  的行业。
- (3) 按照波动性排序对基准指数的行业权重累计求和，即  $\sum_i w_i$ ，其中  $w_i$  为波动性排序为  $i$  的行业在基准指数中的权重。
- (4) 确定排序  $j$  使得行业权重累计和第一次超过 50%，即  $\sum_{i=1}^{j-1} w_i < 50\%$ ，且  $\sum_{i=1}^j w_i \geq 50\%$ ，则行业约束对象为  $\{I_i | 1 \leq i \leq j\}$ 。

## 6. 跟踪误差的控制

如前文所述，在改进的组合优化模型中，通过跟踪误差约束条件控制组合的风险。然而，组合的实际跟踪误差可能超过要求的跟踪误差阈值。图 7 展示了目标跟踪误差上限为 5% 的组合实际的跟踪误差，虽然约束了组合的预期跟踪误差在 5% 以内，组合实际的跟踪误差在很多时候还是会超过 5%，这种现象出现的主要原因在于风险模型对跟踪误差的估计不可能一直保证准确，尤其是市场波动较大的时期。

图 7：组合实际跟踪误差与跟踪误差阈值



资料来源：Wind，天风证券研究所

那么如何更好地控制样本外的跟踪误差呢？

金融市场普遍存在波动聚集效应 (Volatility Clustering)，跟踪误差也呈现明显的聚集现象，会在一段时间内持续的偏高或偏低，如图 7 所示。

Barra USE4、CNE5 使用波动状态调整 (Volatility Regime Adjustment) 的方法修正对波动率的估计，即根据历史真实波动率与预期波动率的比值，调整当期的预期波动率。也就是说，当风险模型持续低估波动率时，调高预期波动率；而当风险模型持续高估波动率时，调低预期波动率。

借鉴这一思路，可以考虑在组合实际跟踪误差超过一定阈值时，调低下一期优化模型中的

跟踪误差上限；而在实际跟踪误差在阈值之内时，仍然使用初始设定的跟踪误差上限。设组合的预期跟踪误差上限为 $TE$ ，较低预期跟踪误差上限为 $TE_l$ ，则每一期可通过以下过程调整组合优化约束条件中的跟踪误差上限：

- (1) 在调仓日 $T$ 月末，在进行组合优化之前，计算调仓前3个月内组合实际的跟踪误差 $TE_r$ 。
- (2) 如果 $TE_r > TE$ ，则该期组合优化约束条件中跟踪误差上限设定为 $TE_l$ ，否则为 $TE$ 。

这一方法实际上与波动状态调整方法很相似。当组合实际跟踪误差较大时，说明风险模型低估了跟踪误差，因此应当加强对跟踪误差的约束，也就是调低预期跟踪误差的上限。

## 7. 动态风控模型下的组合优化策略

本节比较了静态风险约束（即行业中性、市值中性、固定预期跟踪误差5%）下的组合优化策略和动态风险约束下的组合优化策略的收益风险情况。

这里动态风险约束指：

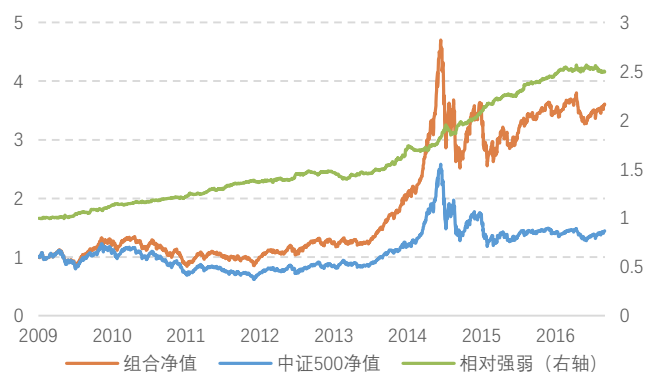
- (1) 动态风格约束：每期动态地约束过去3个月因子收益波动最大的风格因子相对于基准的暴露；
- (2) 动态行业约束：约束过去3个月行业超额收益波动最大且行业权重覆盖不低于50%的那些行业与基准指数中相应行业的权重占比一致；
- (3) 动态控制跟踪误差：每个月末滚动计算过去3个月组合实际的跟踪误差，如果实际跟踪误差超过5%，则在下一期设定预期跟踪误差不超过3%，否则将预期跟踪误差上限设定为5%。

以中证500指数增强策略为例，对两种组合优化模型进行回测检验。回测框架如下：

- (1) 回测区间：2010年1月-2017年8月；
- (2) 调仓时点：每月最后一个交易日；
- (3) 样本空间：每月末满足以下条件的所有A股：
  1. 上市时间6个月以上；
  2. 非ST股及ST摘帽后3个月以上；
  3. 调仓当天收盘非涨跌停且非停牌。
- (4) 交易成本：双边0.3%。

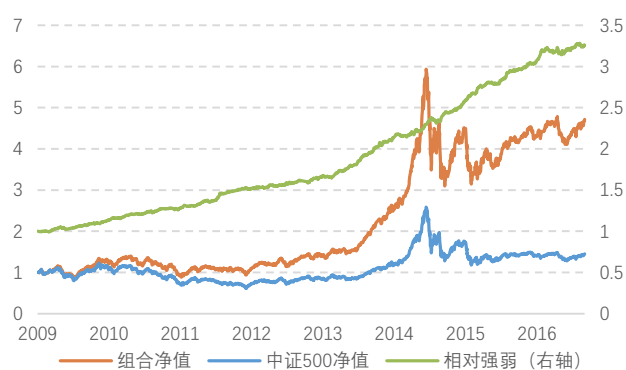
图8、图9分别为静态组合与动态组合的净值与相对强弱。

图8：静态组合净值与相对强弱（2010年1月-2017年8月）



资料来源：Wind，天风证券研究所

图9：动态组合净值与相对强弱（2010年1月-2017年8月）



资料来源：Wind，天风证券研究所

表 2 较了静态组合与动态组合各年度的收益与风险情况。

表 2：静态组合与动态组合分年度收益与风险比较（2010 年 1 月-2017 年 8 月）

年份	中证 500 收益	静态组合						动态组合					
		绝对收益	超额收益	相对最大回撤	收益回撤比	信息比	跟踪误差	绝对收益	超额收益	相对最大回撤	收益回撤比	信息比	跟踪误差
2010	10.46%	25.13%	14.67%	-2.58%	5.69	2.42	5.15%	25.46%	14.99%	-2.51%	5.98	2.97	4.36%
2011	-33.83%	-28.92%	4.91%	-1.53%	3.21	2.01	3.59%	-25.55%	8.28%	-2.03%	4.09	3.06	3.96%
2012	0.28%	12.62%	12.34%	-1.87%	6.59	2.83	4.14%	19.02%	18.74%	-1.87%	10.05	4.04	4.31%
2013	16.89%	24.94%	8.05%	-3.05%	2.64	1.33	5.01%	28.21%	11.32%	-2.28%	4.97	1.99	4.73%
2014	39.01%	63.50%	24.50%	-5.14%	4.77	2.98	5.53%	79.58%	40.58%	-1.91%	21.23	5.73	4.58%
2015	43.12%	73.91%	30.79%	-6.05%	5.09	3.14	6.22%	72.49%	29.37%	-2.95%	9.96	3.96	4.84%
2016	-17.78%	-2.66%	15.11%	-1.18%	12.76	4.55	3.71%	-2.31%	15.47%	-1.05%	14.77	4.84	3.58%
2017.8	3.30%	4.24%	0.94%	-3.22%	0.29	0.24	4.96%	9.30%	6.00%	-2.77%	2.17	1.85	4.63%
全回测期	5.09%	18.79%	13.70%	-6.16%	2.22	2.46	4.86%	23.12%	18.03%	-2.95%	6.11	3.58	4.38%

资料来源：Wind，天风证券研究所

从两个组合的净值曲线来看，静态的行业中性、市值中性、固定跟踪误差组合在 2014 年 1、2 月份、2015 年 7 月均出现过超过 5% 的最大回撤；而动态组合在全样本期的最大回撤仅为 2.95%，动态地风控模式更灵活地捕捉到了风险。

前文中我们提到，2013 年年初至 2014 年 3 季度，市值因子表现十分出色，超额收益高且稳定，因此在 2013 年和 2014 年大部分月份控制市值因子的暴露都会大幅降低组合的收益。对比静态、动态两个组合在 2013 年、2014 年的表现，可以看到动态组合在 2013 年、2014 年分别超额基准指数 11.32%、40.58%，而固定控制市值因子的静态组合在 2013 年、2014 年的超额收益分别为 8.05%、24.50%。由此可见，通过动态调整风格因子约束条件能够有效地改善这段区间的组合收益。此外，2014 年 12 月市值因子表现急转直下，因此在这一期如果不控制市值因子的暴露，组合会出现巨大的回撤。按照我们动态风格控制的方法，市值因子在 2014 年 4 季度都是波动最大的因子，都会被作为风险因子加以控制，因此动态组合在 2014 年底、2015 年初连续战胜了中证 500 指数。

比较两个组合的历史表现，动态组合和静态组合的年化超额收益分别为 13.70% 和 18.03%，从最大回撤与跟踪误差来看，动态组合的相对最大回撤为 2.95%，跟踪误差为 4.38%，静态组合的相对最大回撤为 6.16%，跟踪误差 4.86%。由此可见，动态风控模式下的组合优化策略在收益和风险端较之静态模型有全面的提升。

截至 2017 年 8 月，动态组合相对于中证 500 指数的超额收益为 6.00%，而静态组合的超额收益仅为 0.94%。在今天的特殊市场环境下，动态模型仍然战胜了静态模型，取得了较为稳定的超额收益。

## 8. 总结

今年以来，不少量化策略的表现较之 2016 年逊色不少，原因在于这类策略大多给予了过去表现好的因子以较大的偏重，在今年市值、反转等历史表现出色的因子集体表现不佳的情况下，倚重于因子动量的策略就会遭受回撤。对组合进行风险控制能够有效地解决这一问题。在经典的组合优化模型之上，本报告提出了一种系统的动态风险控制方法。

本文首先从标准的组合优化模型出发，探讨了通过风险厌恶系数控制组合风险在实际应用中存在的困难，并提出将原目标函数中的风险项剔除，改为约束条件中的跟踪误差项，以避免风险厌恶系数的选择问题。

其次，本报告分析了常见的行业中性、市值中性约束条件可能带来的问题，提出应当根据因子收益的波动率动态地选择需要施加约束的风格及行业因子。此外，针对组合的跟踪误差持续偏离阈值的现象，本报告指出可根据组合的实际跟踪误差，动态地调整优化模型约

束条件中的预期跟踪误差上限。

回测结果表明，与行业中性、市值中性、固定预期跟踪误差的静态组合相比，动态调整风格、行业约束以及跟踪误差阈值的组合取得更高、更稳健的收益，并且组合的跟踪误差以及最大回撤都显著降低。动态风险控制方法使得组合的年化超额收益从 13.70%提高至 18.03%，而相对最大回撤从 6.16%降至 2.95%，跟踪误差从 4.86%降至 4.38%。今年以来（截至 2017 年 8 月），动态组合取得 6.00%的超额收益，而同时期静态组合超额仅为 0.94%。

本报告提出了一种动态控制组合风险的框架，在后期的研究中，我们将进一步对组合优化中收益模型、风险模型的选取与估计展开更加细致的研究，敬请持续关注。

## 风险提示

市场环境变动风险，有效因子变动风险，优化模型失效风险。



## 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

## 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

## 特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

## 天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号 邮编：100031 邮箱：research@tfzq.com	湖北武汉市武昌区中南路 99 号保利广场 A 座 37 楼 邮编：430071 电话：(8627)-87618889 传真：(8627)-87618863 邮箱：research@tfzq.com	上海市浦东新区兰花路 333 号 333 世纪大厦 20 楼 邮编：201204 电话：(8621)-68815388 传真：(8621)-68812910 邮箱：research@tfzq.com	深圳市福田区益田路 4068 号卓越时代广场 36 楼 邮编：518017 电话：(86755)-82566970 传真：(86755)-23913441 邮箱：research@tfzq.com