

相位指标在短线择时中的应用

短线择时策略研究之四

报告摘要:

- **相位指标是反转择时指标**

技术指标择时大体可以分为两类——趋势择时和反转择时。本篇报告所介绍的相位指标是一类抓指数拐点的反转择时模型。

- **抓住了相位就抓住了指数波动特征**

相位刻画波动所处的位置，是一种波动是否在波峰、波谷或它们之间某点的标度。相位是描述信号波形变化的度量，通常以角度作为单位，也称作相角。对于周期函数，可以通过相角的形式描述相位。对于非周期函数中的窄带随机过程，我们同样可以采用类似的方法计算波动的相位，这也是本篇报告所要介绍的主要内容。一旦计算出波动的相位，就相当于抓住了波动的特征

- **非周期波动的相位计算方法**

金融时间序列可以看做长期趋势、短期波动与噪声三者的叠加。我们首先通过 MA 均线过滤掉噪声，再通过二阶高通滤波器过滤掉长期趋势。在得到短期波动时间序列后，通过希尔伯特变换，可以计算相量在同相正交空间中的位置，同事也可以估计非周期波动的瞬时周期。得到瞬时周期后，就可以通过离散傅里叶变换计算波动的相位。但是由于数据处理上的问题，这一估计出的相位存在相位偏差。我们通过滚动样本的方法，估计最优相位延迟，进而构造了用于择时的相位指标。

- **相位指标运用于择时与交易，效果良好**

我们将相位指标运用于市场择时（日线），择时标的为上证指数和沪深300指数，回测时间为2006年至2013年，我们获得了良好的风险收益情况。整体择时周期平均约为8、9个交易日、择时的正确率都超过60%，整体累积收益率曲线稳定向上。基于择时模型的有效性，我们又将这一择时模型运用于沪深300ETF多空双向交易当中，华泰柏瑞300和嘉实300的年化收益率分别为15.5%和29.8%，最大回撤约为-8.0%，风险收益状况良好。

- **模型加入择时信号站点**

我们将该短线择时模型每个交易日的实时信号置于在广发金工择时信号站点 <http://www.gfquant.com> 上，供机构投资者在第一时间参考。

图 1、相位指标运用于上证指数择时



图 2、相位指标运用于沪深 300 择时



分析师: 安宁宁 S0260512020003



0755-23948352



ann@gf.com.cn

相关研究:

低延迟趋势线与交易性择时 2013-07-26

希尔伯特变换下的短线择时策略 2013-06-17

基于股指期货在 A 股非交易时间表现的短线择时研究 2012-10-17

联系人: 张超



020-87555888-8646



zhangchao@gf.com.cn

目录索引

一、寻找指数波动的瞬时相位	4
二、相位指标的原理及构造	5
(一) 预备知识	5
(二) 相位指标的构造原理	8
(三) 建模过程	10
三、相位指标在指数择时中的应用	15
四、相位指标在沪深 300 ETF 交易中的应用	18
五、总结	19

图表索引

图 1: 周期函数的复平面表示	4
图 2: 离散时间序列同相正交空间构造过程示意	6
图 3: 沪深 300 指数时间序列在同相正交空间中的演化	6
图 4: 上证指数与其二阶高通滤波结果	8
图 5: 相位指标示意图	10
图 6: 上证指数消噪结果	11
图 7: 在同相正交空间中计算瞬时周期	12
图 8: 平滑前后瞬时周期序列 (上证指数)	13
图 9: 最优相位延迟估计方法示意图	14
图 10: 相位指标示意图	14
图 11: 相位指标在上证指数择时中的应用	15
图 12: 相位指标在沪深 300 指数择时中的应用	16
图 13: 最佳相位延迟 ϕ 时间序列及分布图	17
图 14: 固定最佳相位延迟的择时效果	18
图 15: 相位指标运用于沪深 300ETF 交易累积收益率	18
表 1: 相位指标上证指数择时统计数据	15
表 2: 相位指标沪深 300 指数择时统计数据	16
表 3: 相位指标运用于沪深 300ETF 交易统计数据	19

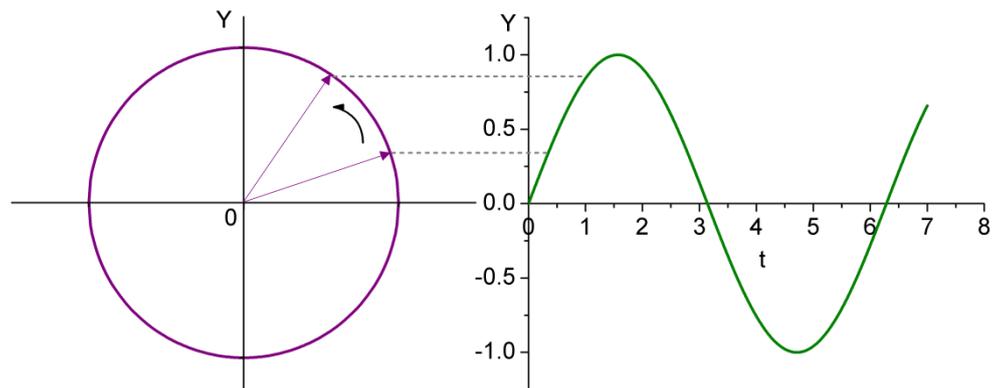
一、寻找指数波动的瞬时相位

技术指标择时大体可以分为两类——趋势择时和反转择时。趋势择时的优势在于逻辑清晰，劣势在于趋势跟踪往往具有延迟；反转择时优势在于可以避免延迟、提前预判，劣势在于拐点不容易抓住，并有可能带来回撤较大等一系列问题。本篇报告设计的择时模型是一类反转择时模型。

在广发证券金融工程系列研究报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》中，我们提出了寻找非周期市场波动的准周期。在此基础上，本篇报告将通过定量计算金融市场数据信号的相位变化，预测市场指数的涨跌。

对于周期信号，相位是很重要的一个变量。例如图 1 所示的连续函数 $y = \sin \omega t$ （右图），其中 ωt 称为相位。在复数域（左图）， $y = \sin \omega t$ 可以表示为绕复平面转动的形式，转动的轨迹称为相量。对于周期函数，相量是常数，因此其转动的轨迹为圆。在相量逆时针转动过程中，相位可以用所转过的角度（相角）来表示。例如，当 $y = \sin \omega t$ 波动一个周期（ 2π ）时，相角在复平面转过 2π 。

图1：周期函数的复平面表示



资料来源：广发证券发展研究中心

在上述正弦函数中，相位与信号的涨跌具有密切关系。当 $y = \sin \omega t$ 的相位处于 $[0, \pi/2]$ 以及 $[3\pi/2, 2\pi]$ 时，相量转到复平面的一、四象限，正弦信号处于上升过程；当 $y = \sin \omega t$ 的相位处于 $[\pi/2, \pi]$ 以及 $[\pi, 3\pi/2]$ 时，相量转到复平面的二、三象限，正弦信号处于下降过程。

对于非周期连续函数，只要是窄带随机过程（例如平稳时间序列），都可以表示成为 $y = A(t)\sin[\omega t + \varphi(t)]$ 的形式。不同的是，这里的振幅会随时间变化，相位也不再是时间的线性函数。但是我们只要能够在每个时刻得到其瞬时相位 $\omega t + \varphi(t)$ 的具体值，也可以由此预测信号的涨跌，这一思想的雏形已体现在我们之前的报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》中。在本篇报告中，我们将定量计算金融市场非周期信号的瞬时相位，并依此构建一套择时技术指标，我们命名其为相位指标。

二、相位指标的原理及构造

这一部分我们将介绍相位指标的详细原理及构建过程。再此之前，我们先介绍一些简单的信号处理预备知识。如果具有一定的信号处理基础，或者阅读过我们之前两篇短线择时报告的投资者可以略过第（一）部分。

（一）预备知识

1、希尔伯特变换与同相正交空间

利用信号处理理论，对股票价格或股票指数等信号可以进行正交分解，即分解为同相分量（Inphase Component）和正交分量（Quadrature Component）。这两组分量之间存在正交性，因而可以构成类似于复平面的一个二维空间，这个空间的生成由希尔伯特变换完成。得到这样的一个同相正交（IQ）空间后，我们可以在其中对非周期函数进行相量分析。

希尔伯特变换（Hilbert Transform）是积分变换中的一种，在工程中常用于窄带数字信号处理。它可以对信号提供 $\pi/2$ 的相位变化，并且不影响频谱分量的幅度，因而希尔伯特变换在信号处理领域得到了广泛的应用。

对于一个时域上的连续函数 $x(t)$ ，其希尔伯特变换 $H[x(t)]$ 定义为 $x(t)$ 与 $h(t) = 1/\pi t$ 的卷积

$$\hat{x}(t) = x(t) * h(t) = \frac{1}{\pi t} * x(t) \quad (1)$$

写成积分的形式，即

$$\hat{x}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \frac{1}{t-\tau} d\tau \quad (2)$$

可以看出，与一般的积分变换不同，希尔伯特变换是从时域到时域的一种变换，即变换后的函数仍然是时域函数。

希尔伯特变换具有两个重要性质（推导过程请见报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》），第一个性质是变换后的信号相对于原信号产生 $\pi/2$ 的相位变化。对于正频率而言，即 $\hat{x}(t)$ 相对于 $x(t)$ 产生 $\pi/2$ 的相位延迟。这点可以从（3）式看出

$$F\{\hat{x}(t)\} = -i \operatorname{sgn}(\omega) F\{x(t)\} \quad (3)$$

其中 $F\{\}$ 表示傅里叶变换。

希尔伯特变换的第二个重要性质是正交性，如（4）式所示

$$\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\hat{x}(t)dt = 0 \quad (4)$$

基于上述两条性质，我们可以分别采用 $x(t)$ 作为实轴、 $\hat{x}(t)$ 作为虚轴，构造正交的复平面。

由于（2）式的积分限为无穷，在实际应用中，我们需要对其进行离散化和截断。

在报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》中，我们推导了希尔伯特变换的离散形式，为

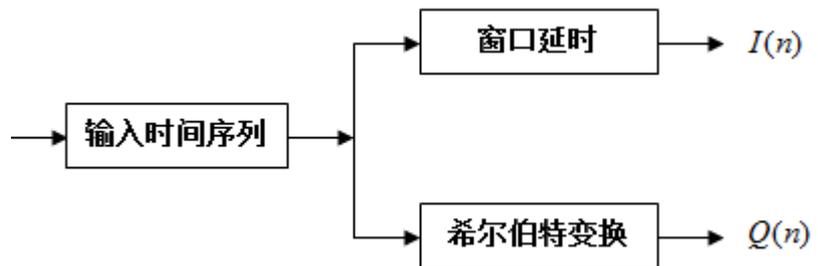
$$y(n) = \sum_{r=1}^{2M+1} u'(rT)x(n-M-1+r) \quad (5)$$

其中

$$u'(nT) = \frac{1 - (-1)^{n-M-1}}{\pi(n-M-1)} \quad (6)$$

从(5)式的求和可以看出，希尔伯特变换需要用到未来M个时刻的数据点，换句话说，希尔伯特变换存在M个点的数据延迟。为了保证同相分量与正交分量的一致性，需要对原数据推迟M个时刻，形成同相分量 $I(n) \equiv x(n-M)$ 。整个同相正交空间的构造原理如图2所示。

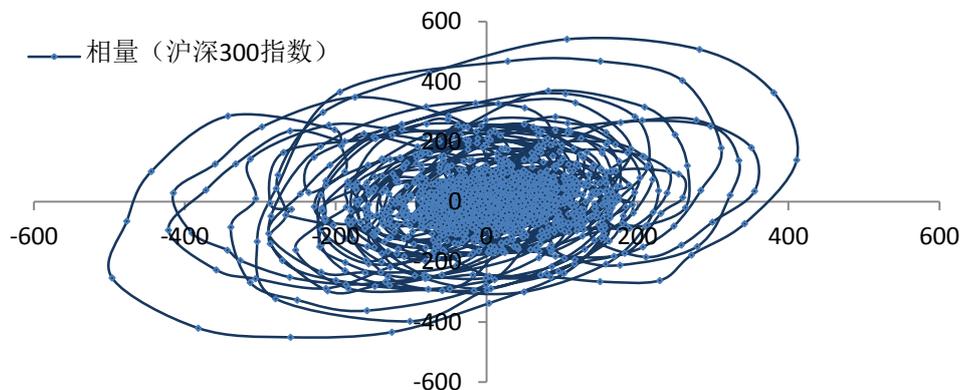
图2：离散时间序列同相正交空间构造过程示意



资料来源：广发证券发展研究中心

由此，我们在得到每一个最新数据的情况下，都可以计算该时刻的同相分量 $I(n)$ 与正交分量 $Q(n)$ ，也就相当于得到了同相正交空间中相量的位置。例如，我们画出历史上沪深300指数每个交易日相量在同相正交空间中的运行情况，如图3所示。

图3：沪深300指数时间序列在同相正交空间中的演化



数据来源：广发证券发展研究中心，wind资讯

如果仅仅按照图 3 中的相量位置计算每个交易日指数波动的相位，是一种静态的做法。在本篇报告中，我们将考虑指数波动的动态周期，并依此建立更为灵活的相位指标。

2、二阶高通滤波器

进行希尔伯特变换的时域函数必须是窄带随机过程，这是希尔伯特变换的数学理论所要求的。窄带随机过程是指其频带宽度远小于中心频率的随机过程。对于金融市场的平稳时间序列，波动频率带宽大多较窄，往往都可以看作窄带随机过程。

对于股票市场指数来说，由于长期趋势的存在，很难当做窄带随机过程进行处理。而由于短线择时系列报告的目的在于抓住市场的短期波动，因此我们可以先将股票指数中的长期趋势去掉。

去掉时间序列长期趋势的方法有很多，例如 DFA、滑动去趋势、局部差分等。在报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》中，我们采用了局部差分的方法对原始数据进行去趋势处理。在本篇报告中，我们将按照报告《短线择时策略研究之三：低延迟趋势线与交易性择时》中的思路，通过二阶高通滤波的方法，去掉指数时间序列的主要趋势，保留短期波动部分。

由于在时域中识别指数或价格的波动模式非常困难，因此在识别波动模式时，通常在信号变化缓慢的频域中进行。对应于趋势线的构造，实际上是将指数或价格信号的高频部分过滤掉，保留低频部分，再将低频部分变换回时域；同理，对应于震荡线，则是去掉低频部分，保留高频部分。我们这里所需要的短期波动时间序列，其实正是在原始时间序列的基础上去掉了低频分量，所得到的高频信号。本篇报告我们将通过二阶高通滤波器进行时间序列的去趋势处理。

在研究高通滤波器之前，我们先要介绍一些简单的信号处理知识。

Z 变换是信号处理中一种常用的时频变换方法，其本质是离散信号的拉普拉斯变换。Z 变换定义为

$$F(z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k)z^{-k} \quad (7)$$

其中 z 定义于复频域， $f(k)$ 是离散时间序列。

有了 Z 变换，就可以定义传输函数。传输函数又称为系统函数，定义为输出信号 Z 变换与输入信号 Z 变换的比值，可以看作输出、输入的强度比。在处理金融问题时，可以将原始指数或价格时间序列看作输入信号，所构造的趋势线或震荡线看作输出信号。

在报告《短线择时策略研究之三：低延迟趋势线与交易性择时》中，我们根据一阶线性滤波器（也称为 EMA 均线）

$$EMA(T) = \alpha * price(T) + (1 - \alpha) * EMA(T - 1) \quad (8)$$

通过一些数学技巧，推导出了二阶高通滤波器的传输函数

$$H_4(z) = H_3(z) * H_3(z) = \frac{(1 - \alpha / 2)^2 * (1 - 2z^{-1} + z^{-2})}{1 - 2(1 - \alpha)z^{-1} + (1 - \alpha)^2 z^{-2}} \quad (9)$$

结合 Z 变换的时位移性质

$$f(k-m) \leftrightarrow z^{-m}F(z) \quad (10)$$

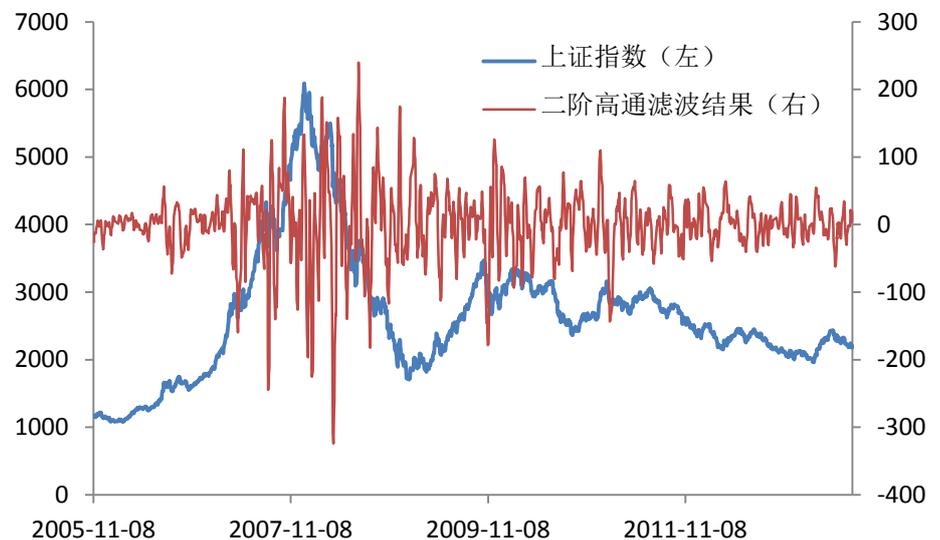
我们可以计算得到去趋势后的短期波动时间序列为

$$SF(T) = (1-\alpha/2)^2 [price(T) - 2price(T-1) + price(T-2)] + 2(1-\alpha)SF(T-1) - (1-\alpha)^2 SF(T-2) \quad (11)$$

这里 $SF(1) = price(1)$, $SF(2) = price(2)$ 。

由(11)式的二阶高通滤波器, 我们可以对股票价格或者股指进行去趋势处理。如图4所示, 我们将蓝色的上证指数(左边坐标)进行去趋势后, 得到短期波动时间序列(右边坐标)。我们的短线择时系列报告, 就是希望能够抓住这种短期波动的机会。

图4: 上证指数与其二阶高通滤波结果



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

(二) 相位指标的构造原理

在报告《短线择时策略研究之二: 希尔伯特变换下的短线择时策略》中, 我们通过希尔伯特变换这一数学工具, 研究了相量的准周期运动, 并借助离散希尔伯特变换的数据延迟特征, 构造了一套择时策略。但是在该模型中, 我们仅仅通过单个相量位置判断市场波动所处的阶段, 没有考虑到与其邻近的几个相量位置对它的影响。本篇报告中, 我们将定量计算相量运动一个完整周期内的相位情况, 从而更灵活地构造择时指标。

在一组时间序列的波动中, 我们如果能够知道波动的相位, 就可以知道波动所处的运动阶段。例如图1所示的例子当中, 当 $y = \sin \omega t$ 的相位处于 $[0, \pi/2]$ 以及 $[3\pi/2, 2\pi]$ 时, 正弦信号处于上升过程; 当 $y = \sin \omega t$ 的相位处于 $[\pi/2, \pi]$ 以及 $[\pi, 3\pi/2]$ 时, 正弦信号处于下降过程。但是这里的信号是周期函数, 相位 $\theta_0 = \omega t$ 是

时间的线性函数。对于金融市场中的价格或指数等非周期函数，相量的数学形式在时域变为 $y = A(t) \sin[\omega t + \varphi(t)]$ ，相位 $\theta(t) \equiv \omega t + \varphi(t)$ 成为一个不规则的随机过程，更麻烦的是信号的振幅 $A(t)$ 也随时间变化。我们发现如果能够将相位 $\theta(t)$ 从整个时间序列中剥离出来，相当于知道了波动在一个准周期中所处的位置。单独计算 $\sin \theta(t)$ ，将有助于波动模式的识别，这也是我们本篇报告要完成的主要工作之一。

对于非周期函数，我们可以估计其“瞬时周期” $T(t)$ 。首先我们定义相量的瞬时角速度为

$$\omega = \frac{\theta_{t_2} - \theta_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (12)$$

其中 t_1 和 t_2 是相邻的两个时刻（对应时间序列的两个连续数据点，例如对于两组连续的日数据， $t_2 - t_1 = 1$ ）。有了瞬时角速度，根据周期的定义，即相量在同相正交空间转过一圈的时间，即可得到

$$T(t) = \frac{2\pi}{\omega} \quad (13)$$

例如对于图 3 中的每一个相量，我们都可以估计出来一个对应的瞬时周期。

一旦找到了波动的周期，就可以在该周期中判断波动的相位，比起根据相量位置直接计算相位，在周期中估计相位的方法更加灵活、可靠。

这里我们假设瞬时周期是缓变的（这点在设计量化模型时将通过平滑瞬时周期的方法来完成）。若 $T(t)$ 是缓变的，则在得到最新一期数据信号后，可以在其之前一个周期内（包含该数据点），进行离散傅里叶变换，从而计算最新数据点在该周期中所处的相位。

傅里叶变换的目的是观察时域信号 $x(n)$ 在频域中的变化情况，其离散形式为

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-i \frac{2\pi}{N} kn} \quad (14)$$

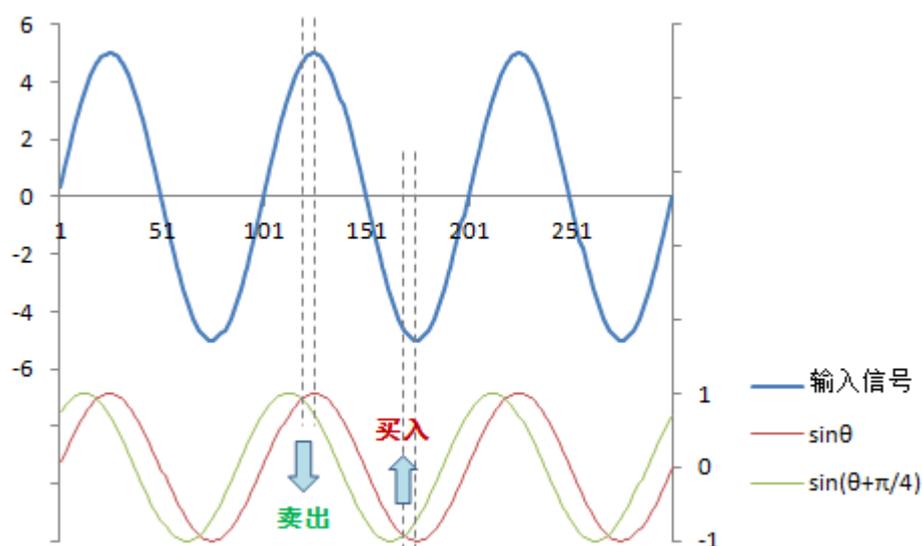
其中 N 是一个周期内的取样样本数， i 是虚数单位， $k = N \frac{\omega}{2\pi}$ 称为波数。由于我们将取样数据看作一个准周期函数，因此可以令 $k = 1$ ，即取基频分量就可以表征该周期内信号的绝大多数信息。此时根据 (14) 式的虚部 $I\{X(k)\}$ 和实部 $R\{X(k)\}$ ，就可以计算出相量在当前周期内所处的相位

$$\theta = \arctan \frac{I\{X(k)\}}{R\{X(k)\}} = \arctan \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin \frac{2\pi n}{N}}{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \frac{2\pi n}{N}} \quad (15)$$

相对于直接采用相量位置进行相位估计，(15) 式的算法考虑到了波动周期变化的情况，在取到每个新的数据点后都会重新计算瞬时周期和波动在该周期中所处的相位。

在计算得到 (15) 式的相位 θ 后，相当于将 $y = A(t) \sin[\omega t + \varphi(t)]$ 中的 $\sin \theta = \sin[\omega t + \varphi(t)]$ 剥离了出来。由于 $\sin \theta$ 与信号 y 是同步的（即具有相同的趋势），不具有预测性，因此可以令相位提前一些，比如 $\pi/4$ ，构造另外一个函数 $\sin(\theta + \pi/4)$ 。由于 $\sin(\theta + \pi/4)$ 领先 $\sin \theta$ 有 $\pi/4$ 个相位，因此在 $\sin \theta$ 出现拐点之前 $\pi/4$ 时， $\sin(\theta + \pi/4)$ 会提前出现拐点，并与 $\sin \theta$ 相交在提前信号拐点 $\pi/16$ 个相位的地方。在这个交点位置，就可以形成买入或者卖出信号。这里我们举输入信号为正弦函数的一个例子，如图 5 所示。

图5：相位指标示意图



数据来源：广发证券发展研究中心

这里的红线 $\sin \theta$ 和绿线 $\sin(\theta + \pi/4)$ 两条曲线就构成了相位指标。可以看出，红线表征了输入信号（蓝线）的相位特征，与输入信号是同步的。绿线比红线提前了 $\pi/4$ 个相位，两者的交点总是可以提前 $\pi/16$ 个相位预测到下一个拐点。因此，相位指标这套技术分析方法是一类预测拐点的反转型择时指标。对应于非周期函数，这套方法仍然适用，本篇报告就将该指标运用于寻找股票指数的拐点。

（三）建模过程

接下来，我们主要研究如何把上述相位指标运用于 A 股市场。整个 A 股市场的择时建模过程共分七步。

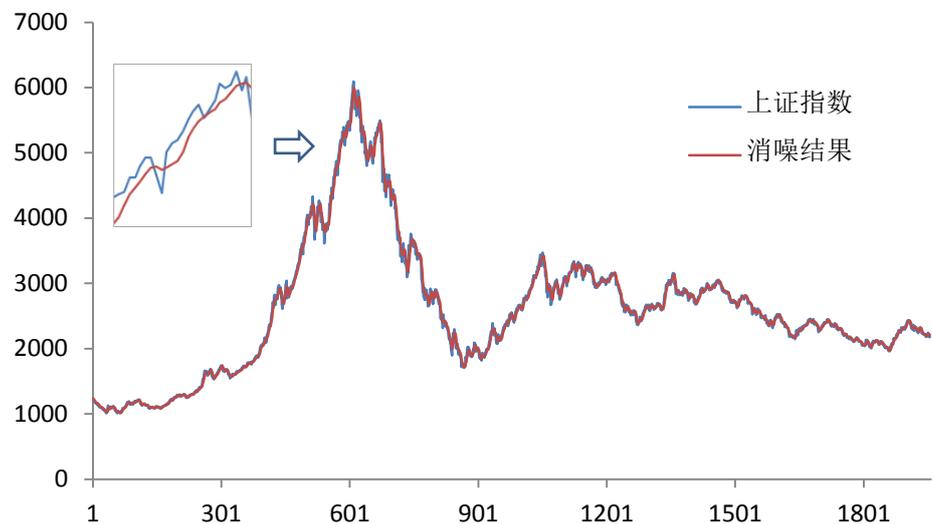
1、初始数据消噪

作为择时模型，我们采用股指的日收盘价时间序列进行建模。金融时间序列可以看作长期趋势、短期波动和噪声三者的叠加。拿到初始数据后，我们首先要把噪声处理掉。

在对时间序列消噪处理的方法上，大致存在两类思路。一类是直接分析时间序列数据随时间变化的结构特征，即时域分析法，如卡尔曼滤波、HP 滤波等；另一类则是用功率谱的概念将时间序列看成不同频率谐波的叠加，从而在频域里研究时间序列的结构特征，如傅里叶变换、维纳滤波、小波变换，以及我们在报告《短线择时策略研究之三：低延迟趋势线与交易性择时》提出的 LLT 趋势线等。

我们这里简单起见，使用 MA 移动平均线对初始数据进行平滑，得到相对光滑的一组指数时间序列，如图 6 所示。

图6: 上证指数消噪结果



数据来源：广发证券发展研究中心，wind资讯

2、去除长期趋势

上面分析过，金融时间序列=长期趋势+短期波动+噪声。在已经去掉长期趋势的基础之上，我们需要进一步去掉主要趋势，保留研究所需的短期波动时间序列。

如前所述，去掉长期趋势的原因在于，进行希尔伯特变换的数学对象需要是一个窄带随机过程。带有长期趋势的时间序列频带宽度太大，无法满足希尔伯特变换的数学要求。这也是希尔伯特变换为什么只能做短线择时的本质原因。

去除长期趋势的方法也有很多，例如在 DNA 机理基础之上提出的 DFA 方法、通过离差统计计算得到的滑动去趋势方法，以及我们在报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》中使用到的简单局部差分方法。在本篇报告中，我们将通过信号处理中的二阶高通滤波器（11）式，计算得到去除趋势后的短期波动时间序列。

我们得到的短期波动时间序列如图 4 所示。

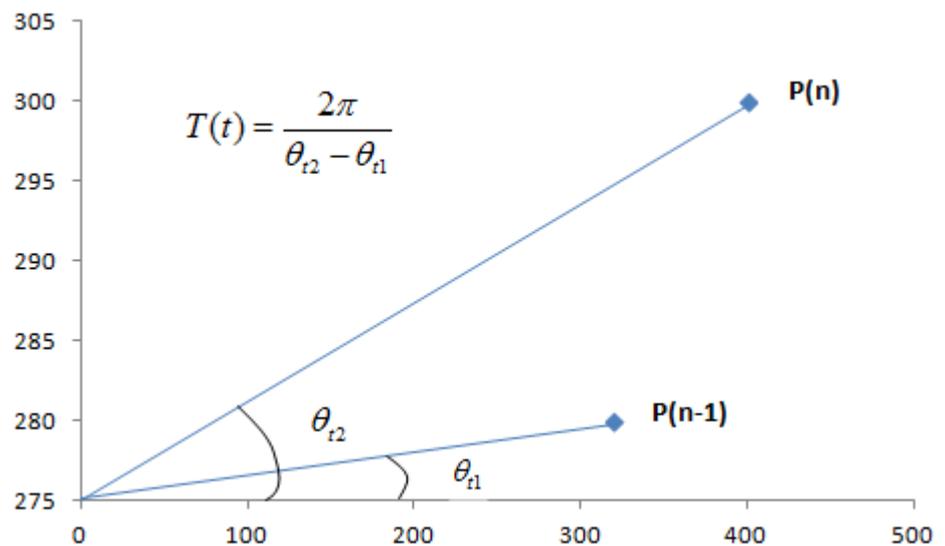
3、希尔伯特变换构建同相正交空间

得到短期波动时间序列之后就可以通过（5）式进行希尔伯特变换，得到正交分量 $Q(n)$ 。结合图 2 中的方法对数据进行延迟，构造 $I(n)$ 。得到这两组时间序列之后，就相当于构造出了二维的同相正交空间，并且知道了每个时刻相量在该空间中所处的位置，得到类似于图 3 所示的相量运动轨迹。

4、计算并处理每个时刻的瞬时周期

在每个交易日得到当天的收盘价后，就可以根据上面的方法计算当天相量在同相正交空间中所处的位置。假设最新一期的相量为 $P(n)$ ，上一个交易日的相量为 $P(n-1)$ ，我们可以根据（12）式和（13）式，利用 $P(n)$ 和 $P(n-1)$ 相角的变化计算瞬时周期 $T(n)$ ，如图 7 所示。

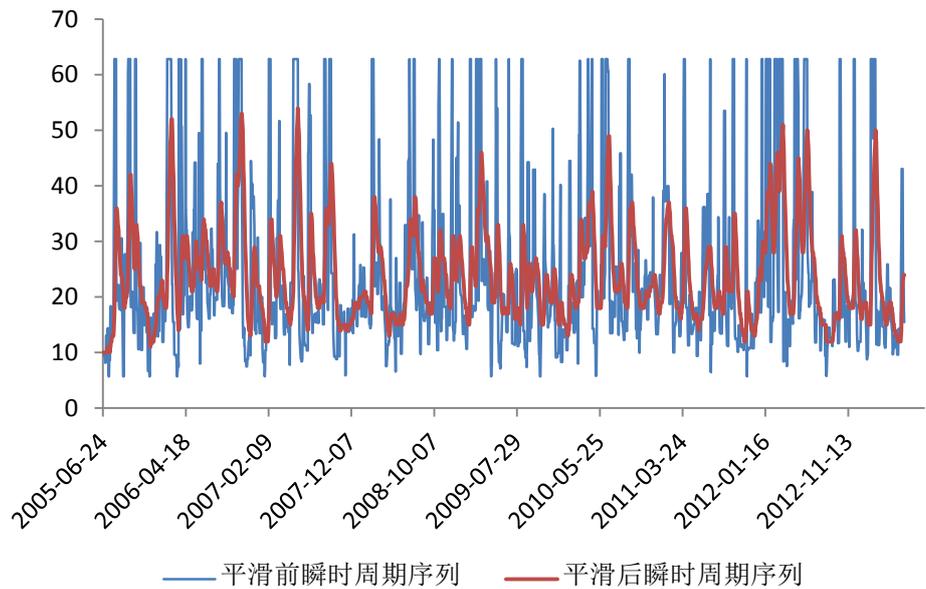
图7：在同相正交空间中计算瞬时周期



数据来源：广发证券发展研究中心

经过计算，我们发现瞬时周期波动较为剧烈（如图 8 蓝线），这与我们之前假设信号是缓变的有些矛盾。同时，这样剧烈的波动也不利于建立稳定模型，因此我们对该时间序列进行了 EMA 平滑，得到图 8 红线所示的结果。

图8: 平滑前后瞬时周期序列 (上证指数)



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

5、傅里叶变换计算动态相角

通过 (14) 式对最新收盘价之前一个瞬时周期内的数据 (含最新收盘价) 进行离散傅里叶变换, 得到瞬时周期内的实部和虚部。再利用 (15) 式即可计算得到当前波动在瞬时周期中的动态相角 θ 。

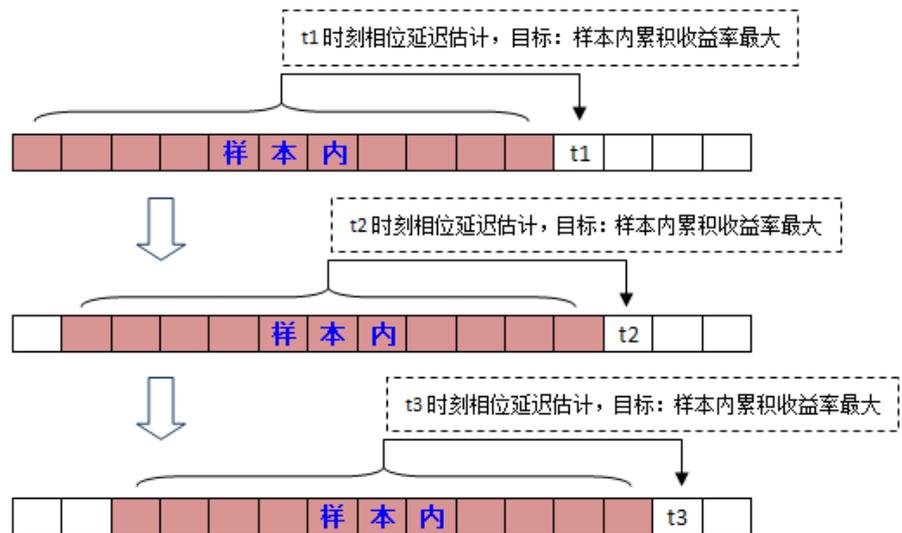
6、样本内估计最优相位延迟

按照第 (二) 部分中的原理分析, 本应按照 $\sin \theta$ 和 $\sin(\theta + \pi/4)$ 两条曲线就可以构造相位指标。但是由于之前在处理数据的时候, 在第 1、2、4 步骤中都产生了数据延迟, 因此实际计算信号也会有相位延迟。

相位到底延迟了多少? 这与前边几个步骤的计算参数有关。但由于我们计算的是非周期信号的相位, 这个相位延迟可能并不是一个常数。因此我们需要采用样本内数据, 通过不断移动数据窗口对信号最佳的相位延迟进行估计。

我们进行相位延迟估计的方法是, 通过在移动样本内数据窗口, 以样本内累积收益率为目标函数, 搜索最优目标函数, 使得累积收益率最大, 如图 9 所示。

图9: 最优相位延迟估计方法示意图

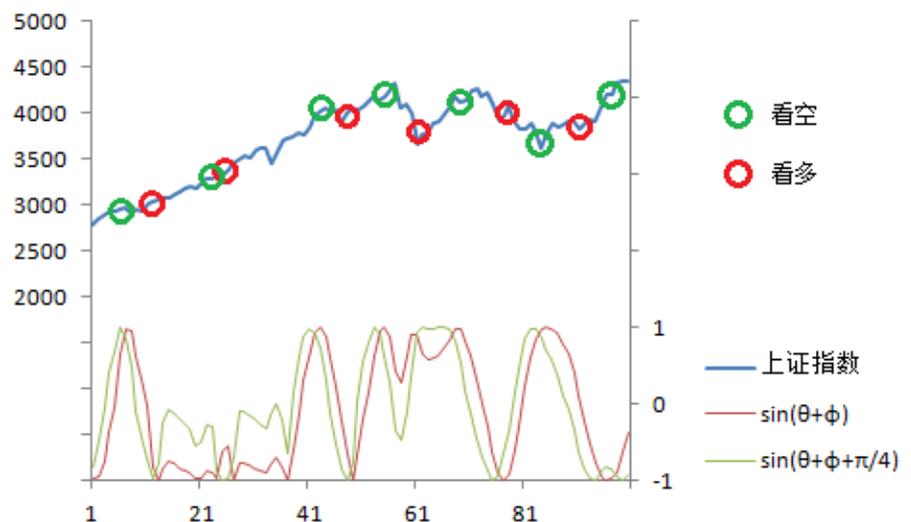


数据来源: 广发证券发展研究中心

7、根据相位指标确定多空信号

根据图 9, 我们可以每个交易日估计当日的最佳相位延迟 ϕ , 并叠加在步骤 5 计算出的动态相角 θ 中, 形成适用于模型的相位指标 $\sin(\theta + \phi)$ 和 $\sin(\theta + \phi + \pi/4)$ 。结合我们之前在第(二)部分中的分析, 当 $\sin(\theta + \phi + \pi/4)$ 向下穿过 $\sin(\theta + \phi)$ 时, 看空; 当 $\sin(\theta + \phi + \pi/4)$ 向上穿过 $\sin(\theta + \phi)$ 时, 看多。示意图如图 10 所示。

图10: 相位指标示意图



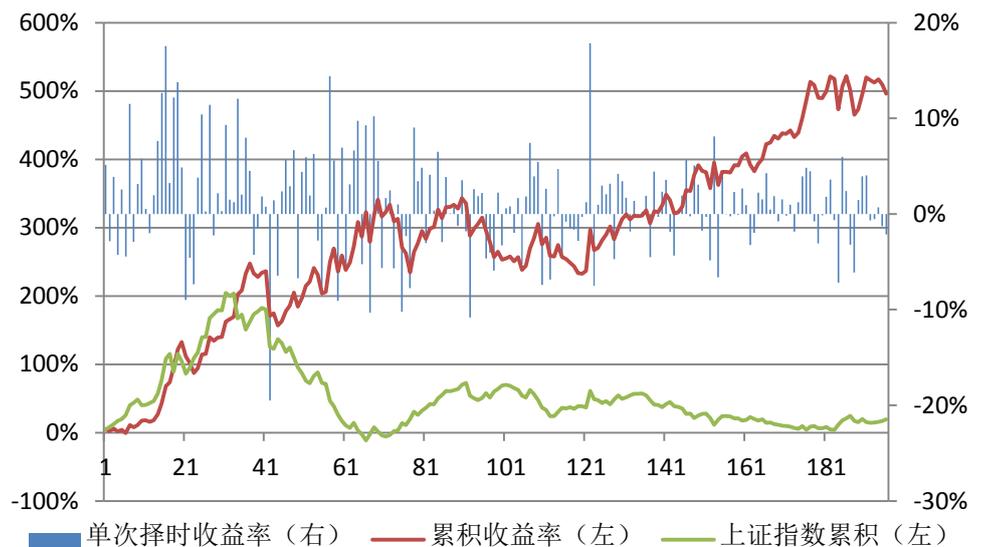
数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

三、相位指标在指数择时中的应用

在希尔伯特变换构造同相正交空间的基础之上，我们通过动态刻画波动相位的变化，设计了由 $\sin(\theta + \phi)$ 和 $\sin(\theta + \phi + \pi/4)$ 两条曲线构成的相位指标。通过它们的交叉点，我们可以从统计意义上预测时间序列上涨或者下跌过程中的拐点。接下来，我们就把这套技术指标运用于 A 股市场指数择时。

首先，以上证指数 (000001.SH) 作为预测标的，将上证指数收盘价的日数据作为信号，计算起止时间为 2006 年 11 月 16 日至 2013 年 6 月 21 日。通过上述建模思路，我们实证统计了相位指标在上证指数上的择时效果，通过多、空双向交易的方式，收益情况如图 11 和表 1 所示。由于这里侧重于择时预测而不是交易，因此我们没有加入交易成本，具有交易成本的情况我们将在后文交易部分进行分析。

图 11: 相位指标在上证指数择时中的应用



数据来源：广发证券发展研究中心，wind资讯

表 1: 相位指标上证指数择时统计数据

统计样本量	1601
预测次数	196
平均预测周期	8.17 个交易日
累积收益率	496.08%
年化收益率	30.68%
平均收益率	1.05%
收益率标准差	5.30%
判断正确率	60.71%

正确次数	119
错误次数	77

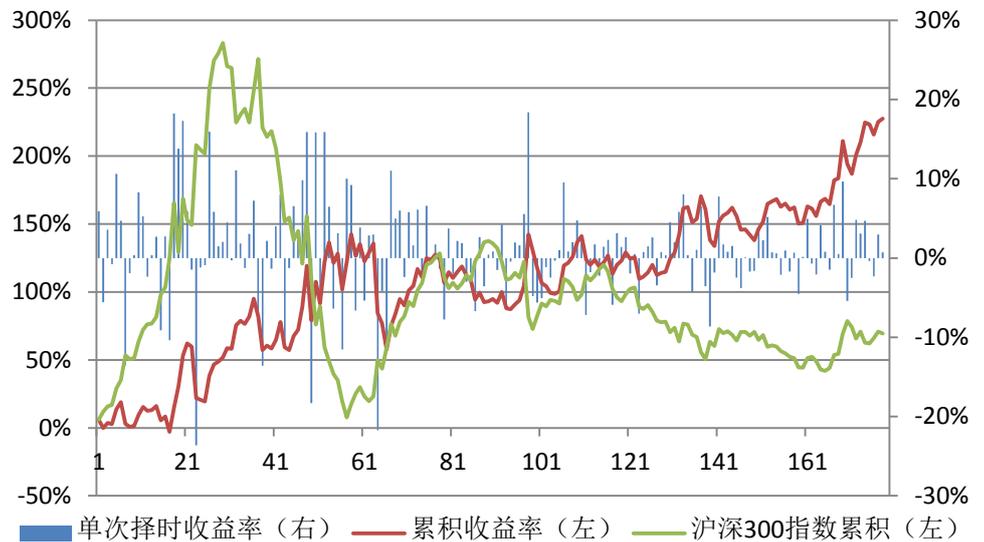
数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

从预测正确率和累积收益率曲线来看模型是有效的。判断正确率超过 60%，结合平均预测周期来看，与之前的几篇短线择时系列报告一样，这类短线择时模型更侧重于交易。

为了保证择时模型的有效性，除上证指数之外，我们还在沪深 300 指数（000300.SH）上对模型进行了检验。为了进行有效比较，我们选择的起止日期仍为 2006 年 11 月 16 日至 2013 年 6 月 21 日。

以沪深 300 指数作为预测标的的实证结果如图 12 和表 2 所示。

图12：相位指标在沪深300指数择时中的应用



数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

表 2：相位指标沪深 300 指数择时统计数据

统计样本	1601
预测次数	178
平均预测周期	8.99 个交易日
累积收益率	227.52%
年化收益率	19.46%
平均收益率	0.88%
收益率标准差	6.46%
判断正确率	60.11%
正确次数	107
错误次数	71

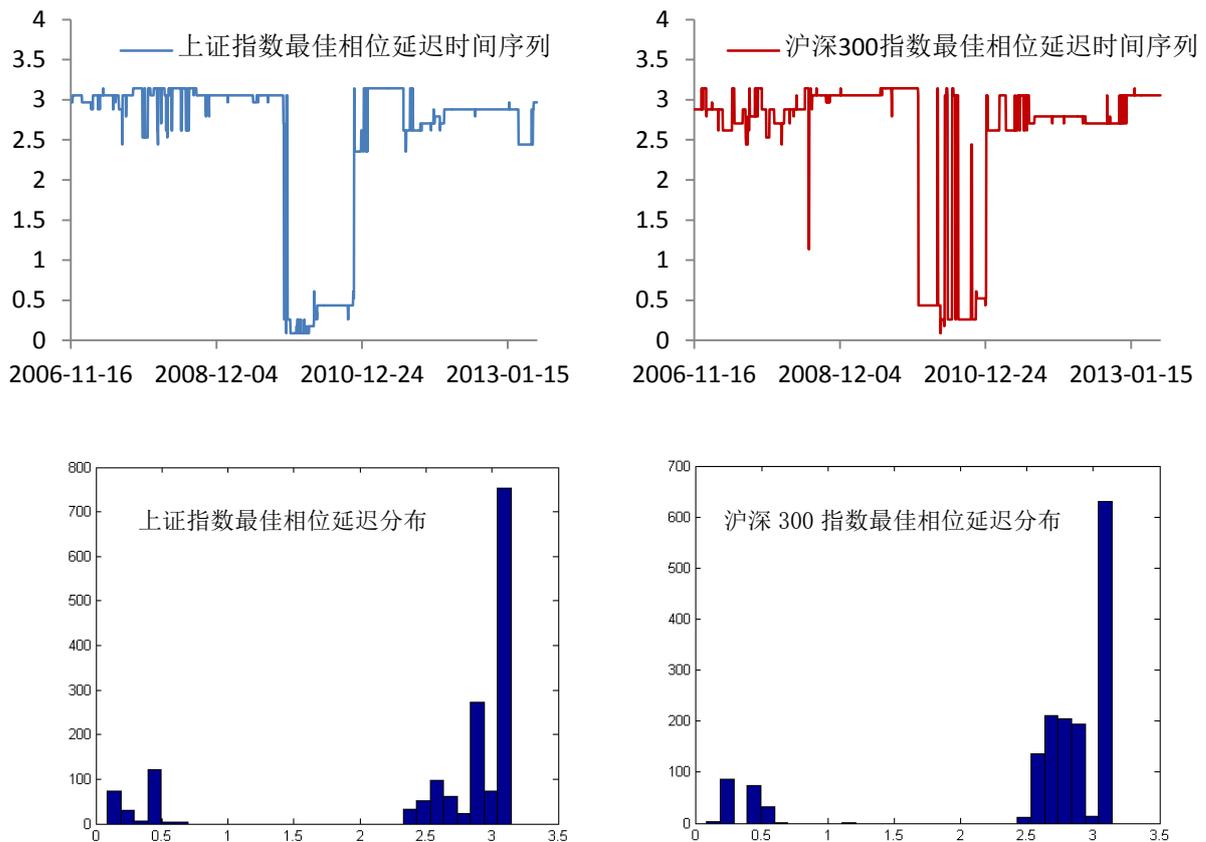
数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

从上述图表中的数据可以看出，相位指标应用于沪深 300 指数择时的效果不如

其对于上证指数的预测，年化收益率从 30.68% 下降至 19.46%，不过判断正确率依然超过 60%，模型继续有效。

由于上述择时策略采用了样本外推的方法，因此我们有必要观察一下参数拟合的情况。我们在上述模型回测中，通过样本内拟合、并在样本外使用的参数只有一个，即建模第 6 步中的最佳相位延迟 ϕ 。我们观察了上述指数择时中，每个交易日拟合并外推使用的参数 ϕ ，如图 13 所示。

图13: 最佳相位延迟 ϕ 时间序列及分布图



数据来源：广发证券发展研究中心，wind资讯

可以看到，由于其他参数完全相同，所以无论是在上证指数还是在沪深 300 指数上，最佳相位延迟多数分布在 π 附近。因此，我们认为该参数相对较为稳定，在后面的交易策略构建中，不再使用样本外推的方法进行计算，而将最佳相位延迟 ϕ 这一参数固定成为 π 。

同时，我们按照固定最佳相位延迟等于 π 的情况，重新测算了上述择时策略，得到图 14 所示的结果。可以看出，与动态调整最佳相位延迟的结果相差不大。

图14: 固定最佳相位延迟的择时效果



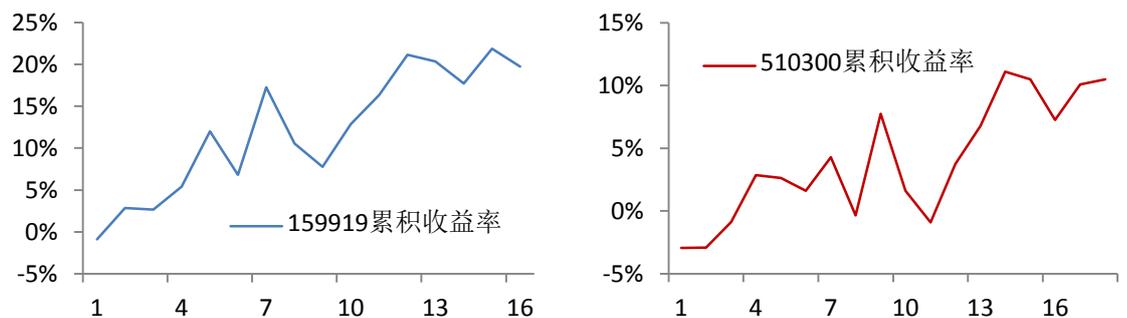
数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

四、相位指标在沪深 300 ETF 交易中的应用

相位指标作为基于信号处理理论开发的一套技术指标, 可以运用于期货、股票、ETF 等金融产品的交易。基于上述择时策略的有效性, 我们这里简单以沪深 300ETF 为例, 计算多空双向交易的情况。

我们注意到表 1 和表 2 中, 指数择时的单笔平均收益率分别达到 1.05% 和 0.88%, 在短线交易中, 基本可以覆盖 ETF 的双向交易成本 (含融券卖空成本)。因此, 我们按日线收盘价计算了相位指标运用于沪深 300ETF (华泰柏瑞 510300 和嘉实 159919) 交易的情况, 其中取 0.2% 的 ETF 双边交易成本; 如果开仓方向为空, 在持仓阶段计入年化 8.6% 的融券卖空成本; 计算时间窗口取 2012 年 10 月 11 日至 2013 年 6 月 21 日, 共 166 个交易日 (300ETF 于 2012 年 5 月上市, 5 月至 10 月的数据做前期处理, 如消噪、希尔伯特变换、离散傅里叶变换等, 故从 10 月开始计算)。不加杠杆, 测算结果如图 15 和表 3 所示。

图15: 相位指标运用于沪深300ETF交易累积收益率



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

表 3: 相位指标运用于沪深 300ETF 交易统计数据

	ETF510300	ETF159919
回测周期	166 个交易日	166 个交易日
交易次数	18	16
平均持仓周期	9.22 个交易日	10.38 个交易日
累积收益率	10.48%	19.74%
年化收益率	15.50%	29.75%
平均收益率	0.61%	0.71%
收益率标准差	3.56%	1.21%
盈利比率 (正确率)	55.56%	50.00%
最大回撤率	-8.03%	-8.09%
盈利次数	10	8
亏损次数	8	8
平均盈利率	3.13%	4.75%
平均亏损率	-2.53%	-2.32%
平均盈亏比 (绝对值)	1.24	2.05
单次最大盈利	8.11%	9.77%
单次最大亏损	-5.70%	-5.72%
最大连续盈利次数	3	3
最大连续亏损次数	3	3

数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

可以看出, 两者都可以取得一定的正收益, 年化收益率分别达到 15.50% 和 29.75%。不过两者的最大回撤都较大, 在不到一年的时间里, 最大回撤都在 -8% 左右。在实际投资时, 可以通过加入一定的止损机制控制回撤风险。在判断正确率方面, 由于加入了交易成本, 因此两者的盈利比率分别为 55.56% 和 50.00%, 较之前择时模型有所下降, 但两者的盈亏比情况良好, 分别为 1.24 和 2.05, 对收益都产生了一定的贡献。

另外值得一提的是, 我们这里以沪深 300ETF 为例计算了基于相位指标择时的交易策略, 所有参数和之前沪深 300 指数择时及上证指数择时完全相同。但如果希望将这一指标运用于其他交易品种, 可能在建立相位指标时的相关参数会发生变化。

五、总结

本篇报告在前期报告《短线择时策略研究之二: 希尔伯特变换下的短线择时策略》的基础之上, 进一步计算了时间序列短期波动的相位。通过计算相量在同相正交空间中的瞬时周期, 并回溯历史数据进行离散傅里叶变换, 可以动态刻画波动的相位特征。由于知道了相位就知道了波动的大体方向, 因此可以通过将该相位提前 $\pi/4$, 构造相位指标, 并预测时间序列拐点。我们将这一指标运用于市场指数择时, 取得了较好的实证效果, 对于若干个交易日的短线择时预测正确率都超过了 60%。最后我们将这一指标运用于沪深 300ETF 择时交易, 分别取得了年化 15.50% 和 29.75%

的良好收益情况。

我们将该短线择时模型每个交易日的实时信号置于在广发金工择时信号站点 <http://www.gfquant.com> 上，供机构投资者在第一时间参考。

风险提示

本篇报告通过历史数据进行建模与回测，得到良好的择时预测效果。但由于市场具有不确定性，择时模型仅在统计意义下有望获得良好投资效果，敬请广大投资者注意模型单次失效的风险。

广发金融工程研究小组

- 罗 军: 首席分析师, 华南理工大学理学硕士, 2010 年进入广发证券发展研究中心。
- 俞文冰: 首席分析师, CFA, 上海财经大学统计学硕士, 2012 年进入广发证券发展研究中心。
- 叶 涛: 资深分析师, CFA, 上海交通大学管理科学与工程硕士, 2012 年进入广发证券发展研究中心。
- 安宁宁: 资深分析师, 暨南大学数量经济学硕士, 2011 年进入广发证券发展研究中心。
- 胡海涛: 分析师, 华南理工大学理学硕士, 2010 年进入广发证券发展研究中心。
- 夏潇阳: 分析师, 上海交通大学金融工程硕士, 2012 年进入广发证券发展研究中心。
- 蓝昭钦: 分析师, 中山大学理学硕士, 2010 年进入广发证券发展研究中心。
- 史庆盛: 分析师, 华南理工大学金融工程硕士, 2011 年进入广发证券发展研究中心。
- 汪 鑫: 研究助理, 中国科学技术大学金融工程硕士, 2012 年进入广发证券发展研究中心。
- 张 超: 研究助理, 中山大学理学硕士, 2012 年进入广发证券发展研究中心。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入: 预期未来 12 个月内, 股价表现强于大盘 10%以上。
- 持有: 预期未来 12 个月内, 股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出: 预期未来 12 个月内, 股价表现弱于大盘 10%以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入: 预期未来 12 个月内, 股价表现强于大盘 15%以上。
- 谨慎增持: 预期未来 12 个月内, 股价表现强于大盘 5%-15%。
- 持有: 预期未来 12 个月内, 股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出: 预期未来 12 个月内, 股价表现弱于大盘 5%以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市
地址	广州市天河北路 183 号 大都会广场 5 楼	深圳市福田区金田路 4018 号安联大厦 15 楼 A 座 03-04	北京市西城区月坛北街 2 号 月坛大厦 18 层	上海市浦东新区富城路 99 号 震旦大厦 18 楼
邮政编码	510075	518026	100045	200120
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn			
服务热线	020-87555888-8612			

免责声明

广发证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本报告只发送给广发证券重点客户, 不对外公开发布。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券股份有限公司认为可靠, 但广发证券不对其准确性或完整性做出任何保证。报告内容仅供参考, 报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任, 除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法, 并不代表广发证券或其附属机构的立场。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断, 可随时更改且不予通告。

本报告旨在发送给广发证券的特定客户及其它专业人士。未经广发证券事先书面许可, 任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用, 否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。