

# 从希尔伯特变换到波浪理论择时

## 交易性择时策略研究之五

### 报告摘要:

#### ● 策略思想

波浪理论是否是一种有效的分析手段？我们并不想对此做出太多的评价。但是我们认为在波浪理论中，将市场上涨形态或者下跌形态划分成多个主升浪或者主跌浪的思路是非常好的。通过主升浪或者主跌浪可以判断市场处于上涨趋势还是下跌趋势。对艾略特波浪理论熟悉的投资者都知道，主升浪和主跌浪的识别往往是定性或者半定量的，很难通过严格的数学模型对它们进行界定。不同的投资者根据波浪理论常常会对同一段市场波动给出不同的分析结论，这种结论的多样性和易变性是波浪理论的一大缺点。本篇报告正是希望在此基础上，通过有效的数学模型定量刻画主升浪与主跌浪，从而进行趋势择时，对市场涨跌方向做出判断。

#### ● 择时模型

通过二阶线性滤波器，我们将金融时间序列分解为长期趋势与短期波动两部分。根据滤波器参数调节，可以在短期波动序列中混入少量长期趋势成分，从而形成具有一定趋势性的主升浪与主跌浪。这种主升浪与主跌浪具有较好的准周期性，符合窄带随机过程条件，可以进行希尔伯特变换，因此被称为希尔伯特浪（H浪）。通过希尔伯特变换的H浪可以进入同相正交空间进行分析，并根据其在空间中的演化估算波动的瞬时周期。若H浪当前的位置高于一个瞬时周期前的位置，则是主升浪，看多市场；若H浪当前的位置低于一个瞬时周期前的位置，则是主跌浪，看空市场。

#### ● 实证结论

我们首先将H浪模型应用于A股市场宽基指数（沪深300指数、上证指数、深证成指）择时，确认其有效性；接着将模型应用于申万一级行业，在23个行业指数上模型均跑赢基准（行业指数本身）；又将模型应用于趋势性较强的几支商品期货指数，均取得良好择时效果。值得提出的是，H浪模型属于交易性择时模型，即具有低胜率和高盈亏比特征。最后，我们将H浪择时模型分别应用于商品期货多品种低频组合交易和沪深300股指期货高频交易，都获得了较好的风险收益情况。

#### ● 模型加入择时信号站点

我们将该短线择时模型每天收盘后的实时信号置于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、H 浪模型上证指数择时收益

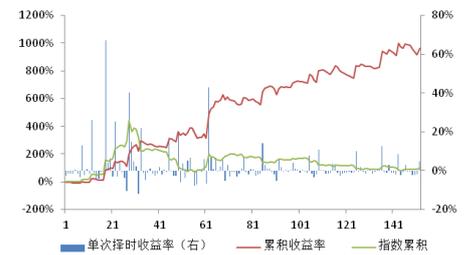


图 2、商品多品种组合累积（样本外）

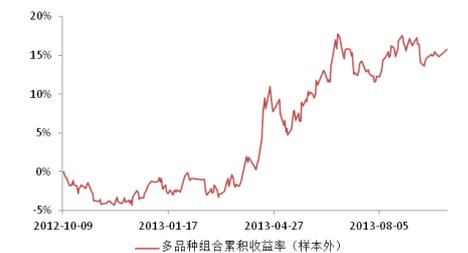
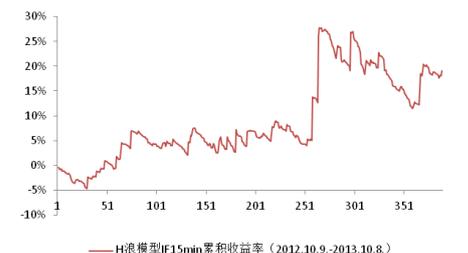


图 3、股指期货高频累积（样本外）



分析师： 安宁宁 S0260512020003



0755-23948352



ann@gf.com.cn

#### 相关研究:

相位指标在短线择时中的应用	2013-09-02
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、策略出发点.....	4
二、希尔伯特变换概述.....	4
三、波浪理论概述.....	6
四、希尔伯特浪（H浪）模型.....	7
（一）择时策略描述.....	7
（二）建模步骤.....	8
五、H浪模型在指数择时中的应用.....	11
（一）宽基指数.....	11
（二）行业指数.....	18
（三）商品期货指数.....	20
六、基于H浪择时模型的交易策略.....	21
（一）低频商品期货.....	21
（二）高频股指期货.....	25
七、总结.....	27

## 图表索引

图 1: 上证指数与沪深 300 指数的长期趋势与短期波动.....	5
图 2: 波浪理论的五升三降过程.....	6
图 3: 主升浪与主跌浪的判别方法.....	8
图 4: H 浪 (沪深 300 指数) 在同相正交空间中的演化.....	10
图 5: H 浪单周期波动变化时间序列 (沪深 300 指数).....	11
图 6: H 浪单周期波动变化时间序列 (上证指数).....	12
图 7: 不同 d 参数下上证指数择时累积收益率.....	12
图 8: H 浪模型上证指数择时收益情况.....	13
图 9: H 浪模型上证指数择时分年度统计.....	14
图 10: 不同 d 参数下沪深 300 指数择时累积收益率.....	15
图 11: H 浪模型沪深 300 指数择时收益情况.....	15
图 12: H 浪模型沪深 300 指数择时分年度统计.....	16
图 13: H 浪模型深证成指择时收益情况.....	17
图 14: H 浪模型深证成指择时分年度统计.....	18
图 15: H 浪模型在申万一级行业指数中的择时效果.....	19
图 16: H 浪模型在商品期货指数中的择时效果.....	21
图 17: H 浪模型在商品期货多品种策略中的收益表现.....	22
图 18: 各期货品种净值表现 (优化参数结果, 样本内).....	23
图 19: 多品种组合累积收益率 (优化参数, 样本内结果).....	24
图 20: 多品种组合累积收益率 (优化参数, 样本外结果).....	24
图 21: H 浪模型 IF15min 累积收益率 (样本内).....	26
图 22: H 浪模型 IF15min 累积收益率 (样本外).....	26
表 1: 不同 d 参数下上证指数择时累积收益率.....	12
表 2: H 浪模型上证指数择时统计数据.....	13
表 3: H 浪模型上证指数择时分年度统计.....	14
表 4: 不同 d 参数下沪深 300 指数择时累积收益率.....	14
表 5: H 浪模型沪深 300 指数择时统计数据.....	15
表 6: H 浪模型沪深 300 指数择时分年度统计.....	16
表 7: H 浪模型深证成指择时统计数据.....	17
表 8: H 浪模型深证成指择时分年度统计.....	17
表 9: H 浪模型申万一级行业指数择时统计数据.....	20
表 10: H 浪模型商品期货指数择时统计数据.....	21
表 11: 商品期货交易成本.....	22
表 12: H 浪模型商品期货多品种交易统计数据.....	22
表 13: H 浪模型商品期货多品种交易统计数据 (优化参数, 样本外结果).....	25
表 14: H 浪模型 IF15min 交易统计数据 (样本外结果).....	26

## 一、策略出发点

艾略特波浪理论作为技术分析的一大流派，被大批技术派的交易者所推崇。波浪理论有着严格和略显复杂的数浪标准，并不是每一位投资者都可以领略到其深刻的思想与内涵。波浪理论是否是一种有效的分析手段？我们并不想对此做出太多的评价。但是我们认为在波浪理论中，将市场上涨形态或者下跌形态划分成多个主升浪或者主跌浪的思路是非常好的。通过主升浪或者主跌浪可以判断市场处于上涨趋势还是下跌趋势。

主升浪的定义为：如果一个波浪的上升幅度高于前一个波浪，那么该波浪就被称为主升浪。主跌浪的定义类似。对艾略特波浪理论熟悉的投资者都知道，主升浪和主跌浪的识别往往是定性或者半定量的，很难通过严格的数学模型对它们进行界定。本篇报告正是希望在此基础上，通过有效的数学模型定量刻画主升浪与主跌浪，从而进行趋势择时，对市场涨跌方向做出判断。我们采用的数学工具是希尔伯特变换，因而定量刻画的波浪称为希尔伯特浪（Hilbert Wave，简称H浪）。

## 二、希尔伯特变换概述

希尔伯特变换(Hilbert Transform)是今年量化择时策略中提到较多的一个概念，我们在《希尔伯特变换下的短线择时策略》和《相位指标在短线择时中的应用》两篇报告中都有用到这一数学工具。

希尔伯特变换与常见的时频积分变换（如傅里叶变换、拉普拉斯变换、小波变换等）不同之处在于，它是一种从时域到时域的积分变换，即一个时间的函数经过变换得到的结果，仍然是一个时间的函数。

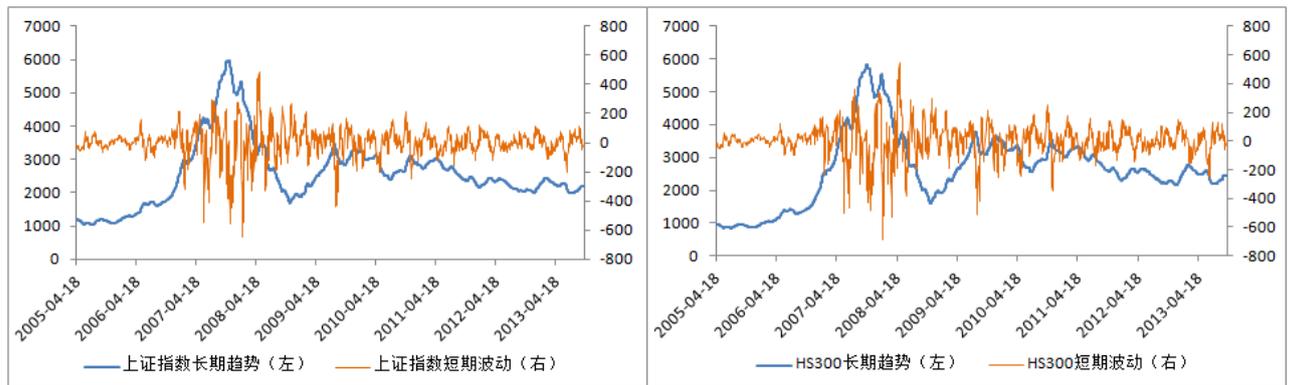
希尔伯特变换的定义如下：

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

其中  $x(\tau)$  是变换前的函数， $\hat{x}(t)$  是变换后的函数。这里要求  $x(\tau)$  是连续的窄带随机过程。所谓窄带随机过程，是指随机过程波动的频带较窄。频带可以看作  $x(\tau)$  经过傅里叶变换后在频域分布的宽度，即  $F(\omega) = \int_T x(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau$  的分布宽度。例如，对于周期函数，由于波动的频率为常数，其傅立叶变换往往由  $\delta$  函数（又名冲击函数或脉冲函数）构成，其在频谱上的表现为一个垂直于频率轴的直线，可以认为频带宽度趋近于零。另外，对于准周期函数，由于频率分布较为集中，频带宽度也较窄，可以视为窄带函数。

那么，信号的频带宽度到底窄到什么范围才可以算得上是窄带随机过程？在学术上并没有定量标准。我们采用的方法是，将金融时间序列分解成为长期趋势和短期波动两个部分（之前的策略中还包括了噪音部分，但后来我们发现这部分的影响并不大）。其中长期趋势几乎不具有周期性，因此其频带很宽；而短期波动具有较好的周期波动特征，频带相对较窄，如图1所示，因而可以当作窄带随机过程处理。

图1：上证指数与沪深300指数的长期趋势与短期波动



资料来源：广发证券发展研究中心，wind资讯

对于上面橙色线所代表的短期波动时间序列而言，直观上来看，可以将其作为窄带随机过程，进行希尔伯特变换。我们这里并没有具体测算上述短期波动时间序列的频带，因为在划分窄带与宽带的界限时也没有严格的标准。

对于离散时间序列  $x(n)$ ，需要将连续函数的希尔伯特变换(1)式改写成为离散形式。离散希尔伯特变换  $y(n)$  的表达式如下（具体推导过程可参见报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》）

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

其中当  $r = M + 1$  时， $u'(r) = 0$ ，其他情况  $u'(r)$  满足

$$u'(r) = \frac{1 - (-1)^{r-M-1}}{\pi(r-M-1)} \quad (3)$$

对比(1)式和(2)式可以看出，离散希尔伯特变换对于之前负无穷到正无穷的积分进行了截断，求和从  $x(n-M)$  累加至  $x(n+M)$ ，得到  $x(n)$  的离散希尔伯特变换结果  $y(n)$ 。也就是说，计算  $y(n)$  需要用到未来  $M$  组数据的信息，这也表明希尔伯特变换存在一定的窗口延迟。

再来看一下希尔伯特变换的意义。希尔伯特变换作为时域到时域的积分变换，主要目的是为信号提供  $\pi/2$  的相位差。对于正频信号（例如一般的时间序列），变换后的信号  $y(n)$  相比原信号  $x(n)$  在相位上落后  $\pi/2$ 。由此特性，我们可以构造同相正交空间，并在复平面中分析窄带随机过程的涨跌特征（详细方法参考报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》）。简单来说，例如当需要处理的信号是日收盘价时间序列，我们可以根据每个交易日的收盘价，计算当天该价格在二维同相正交空间中的位置。在本篇报告中，我们将根据同相正交空间中价格的循环运动，估计价格波动的瞬时周期，并观察价格波动在一个周期内的变化，从而判断价格处于主升浪状态还是主跌浪状态。

### 三、波浪理论概述

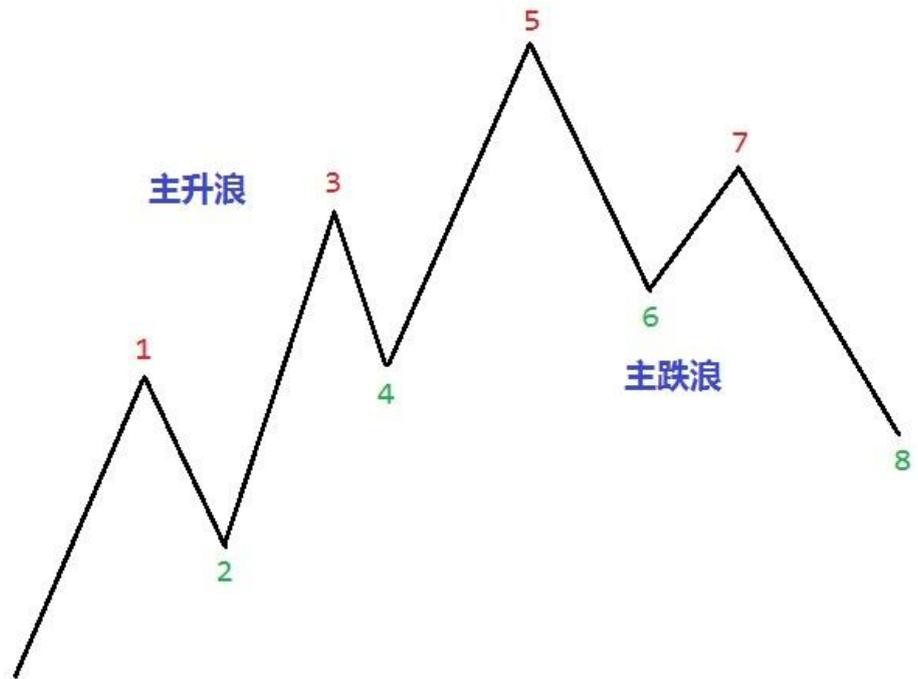
波浪理论是技术分析中一套完整的分析理论，是技术派常用的一种趋势判断方法。最早提出波浪理论的是华尔街证券分析师艾略特（R.N.Elliott），他曾指出，道氏理论告诉人们何谓大海，而波浪理论指导人们如何在大海上冲浪。

艾略特于 1871 年出生于美国密苏里州（Missour）堪萨斯市（Kansas City）。年轻时艾略特并非从事金融行业，而是在墨西哥铁路公司开始了他的职业生涯。5 年之后，艾略特开始从事会计职业，并在接下来的 20 多年中，于美洲地区的多家铁路公司任职。

艾略特中年时期得了一场重病，迫使他不得不在 56 岁时提前退休。退休后，他的兴趣转移到了美国股票市场。通过对道琼斯工业指数平均（Dow Jones Industrial Average，简称 DJIA）的长期观察，他认为股票市场存在确定性的规律。他把一整套的分析方法总结出来，形成了波浪理论的基础，其中的核心思想是“人类的群体行为是可以预测的”。

艾略特的波浪理论认为，无论是在怎样的市场环境，或者是在怎样的时间尺度下，市场总是在若干个波段的循环中反复。艾略特通过整理历史数据，将这些波段分为八个震荡过程，其中前五个波段是上涨形态，后三个波段是下跌形态。

图2：波浪理论的五升三降过程



资料来源：广发证券发展研究中心

如图 2 所示，艾略特将市场的一个完整周期划分为五升三降，其中 1-5 过程为主升浪，一浪高过一浪，并且 4 的位置不应该低于 1 的位置；6-8 过程为主跌浪，一浪低过一浪。这个完整的周期划分是波浪理论的基础与核心。

在整个波浪循环过程中，可以将较小的浪合并成为一个大浪；同样，对于较大

的浪，也可以划分切细。换言之，波浪理论适用于不同时间尺度。

艾略特对于波浪的数法有着自己独到的见解，但其他大多数投资者对于其理论的理解都会多多少少有一些不同。但总体来说，其理论包括三部分：形态、比率及时间，其重要性以排列先后为序。形态是指主升浪和主跌浪的形态，是波浪理论的最基本元素；比率指每一次涨幅或跌幅与上一次涨幅或跌幅之间的比值，是判断波动处于第几浪的依据之一；时间则是指波浪运行的时间跨度。

传说艾略特曾在美股见底之前的半个小时准确预言，未来几十年将会出现大牛市。他的预言与当时弥漫着熊市气息的市场截然相反。然而，大部分人当时都不敢想象，道琼斯工业指数平均会在之后几十年超越它在 1929 年所创下的最高点。

艾略特晚年期间，与华尔街的金融编辑柯林斯（C.J.Collins）经过一段时间的往来，靠波浪理论说服了柯林斯，出版了《The Wave Principle》一书，并在《Financial World》期刊上连续发表了 12 篇文章，从头到尾完整地介绍了波浪理论。1946 年，75 岁的艾略特发表了生命中的最后一本著作《Nature's Law - The Secret Of The Universe》，将波浪理论推广到金融市场以外，阐述了从自然界到人类社会的发展规律，颇具哲学韵味。

在此之后，历经几十年的斗转星移与世事变迁，波浪理论被世人广为皆知，并且经过大量改进和修正，流传至今。

## 四、希尔伯特浪（H 浪）模型

绝大多数阅读本篇报告的投资者应该都会对波浪理论有着或多或少的了解。但是如果拿一段 K 线用波浪理论进行分析，不同的投资者往往会有不同的理解，也会给出不同的判断。这种结论的多样性和易变性是波浪理论的一大缺点，而这一缺点的核心在于波浪理论缺乏严格的定量描述。

如何通过严格定量的方法对波浪理论进行描述，也是本篇报告要完成的工作之一。不过我们并不对波浪理论进行完整描述，我们希望借助波浪理论中的主升浪和主跌浪思想，构造一类量化趋势择时策略。至于数浪，并不是我们关心的问题。

### （一）择时策略描述

波浪理论认为，在整个波浪循环过程中，可以将较小的浪合并成为一个大浪对待；同样，对于较大的浪，也可以划分切细。换言之，波浪理论适用于不同的时间尺度。

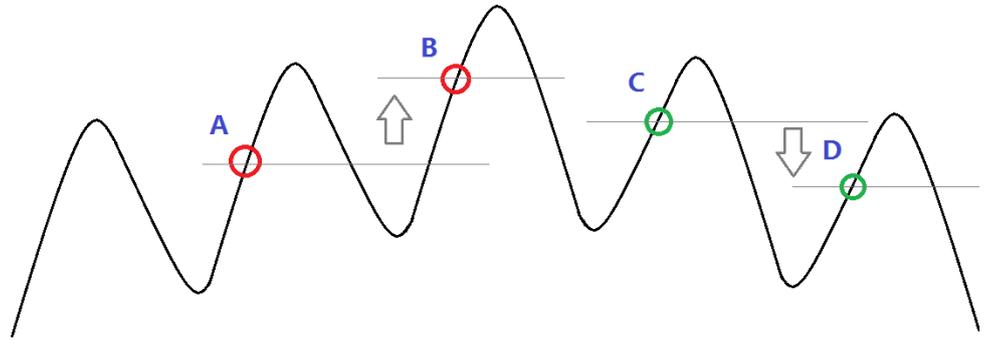
我们通过线性滤波器，可以将金融时间序列分解成为长期趋势和短期波动两个子序列（详细方法参见报告《短线择时策略研究之三：低延迟趋势线与交易性择时》）。对于短期波动子序列，我们可以通过判断它处于主升浪或是主跌浪的位置，去判断短期市场处于上涨趋势还是下跌趋势。

在这个过程中，如果去趋势处理做得太干净，会无法体现出短期波动处于主升还是主跌状态；但如果不做去趋势处理，又无法保证序列是窄带随机过程，从而影响希尔伯特变换和后续数学处理。因此，对于长期趋势和短期波动的划分界限，是

本篇报告所介绍择时模型的关键。这一点由线性滤波器的参数所决定，将在后文阐述。

通过线性滤波器，我们可以从时间序列中分解出短期波动时间序列，示意图如图 3 所示。

图3：主升浪与主跌浪的判别方法



资料来源：广发证券发展研究中心

在图 3 所示的一段短期波动当中，通过调节线性滤波参数，保留了一部分长期趋势，从而形成了短期波动的主升浪与主跌浪。

如何判断波动处于主升浪还是主跌浪？从图 3 中可以看出，由于波动是窄带随机过程，其具有较好的周期性。判断当前波动状态，只需要取一个准周期前的价格和当前价格进行比较。例如 B 点和 A 点，由于 B 的高度大于 A 的高度，所以我们可以判断 B 处于主升浪过程中；同样对于 D 点和 C 点，由于 D 点的高度低于 C 点的高度，所以判断 D 点处于主跌浪过程中。这里的准周期计算可以通过希尔伯特变换完成，将在后文具体介绍。

可能有人会质疑，波动如果处于趋势的顶部或者底部，该方法会不会出现误判。例如在图 3 的最高点处，计算得到市场处于主升浪位置，看多市场，显然是出现了误判。我们不排除这种可能，但是在后面的实证研究中我们发现，A 股市场的趋势性非常强，在一次趋势中往往包含了许多个周期的短期波动，因此在趋势的最后一个波动周期造成误判，对整体择时效果并不会太大影响。

在 H 浪模型中，我们会计算波浪的在一个周期内的波动变化  $\Delta_i$ ，根据其正负号作为判断市场处于主升浪或是主跌浪的依据。如果市场处于主升浪，看多后市；如果市场处于主跌浪，看空后市。

## （二）建模步骤

### 1、时间序列分解

我们将收盘价时间序列通过线性滤波器分解为长期趋势子序列与短期波动子序列。

线性滤波器是信号处理过程中常用的一种工具。通过在频域对信号进行划分，

滤波器可以过滤掉高频或者低频成分。对于收盘价时间序列，高频成分正是短期波动子序列，而低频成分则是长期趋势子序列。

在技术分析的均线系统中，指数平均线 EMA (Exponential Moving Average) 是一类一阶线性低通滤波器。通过  $EMA(T) = \alpha * price(T) + (1-\alpha) * EMA(T-1)$  过滤，可以将高频成分过滤掉，保留低频的趋势线，其中参数  $\alpha$  可以起到高、低频成分划分的作用。

但是 EMA 等一阶滤波器存在延迟高、平滑性差的问题，在信号处理上可以采用更为灵活的高阶滤波器进行替代。

如果希望滤波效果更好，尽量保留需要的信号，抑制没用的信号，则需要选择合适阶数的滤波器。上述一阶滤波的效果相对较差，通带和阻带间的过渡带太长；阶数越高，滤波器系统函数在截止频率附近衰减的越快，但同时通带会变得不平，也就是靠近截止频率的信号会有些放大。因此，折中来看，可以选择二阶高通滤波器，以保留有用的高频信号。二阶滤波器可以通过串联两个一阶滤波器实现，即信号通过一个一阶滤波器之后，输出信号再进入另一个滤波器，如此一来，经过两次一阶滤波，就可以完成二阶滤波过程。

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》和《短线择时策略研究之四：相位指标在短线择时中的应用》中，推导了二阶低通滤波器 LPF(T) 和二阶高通滤波器 HPF(T) 的计算方法，分别为

$$LPF(T) = (\alpha - \alpha^2 / 4) * price(T) + (\alpha^2 / 2) * price(T-1) - (\alpha - 3\alpha^2 / 4) * price(T-2) + 2(1-\alpha) * LPF(T-1) - (1-\alpha)^2 * LPF(T-2) \quad (4)$$

和

$$HPF(T) = (1-\alpha/2)^2 [price(T) - 2price(T-1) + price(T-2)] + 2(1-\alpha)HPF(T-1) - (1-\alpha)^2 HPF(T-2) \quad (5)$$

其中，划分高、低频界限的参数  $\alpha$  非常重要。合理地控制这个参数，可以去掉大部分长期趋势，保证波动是窄带随机过程；又可以保留少量长期趋势，使得主升浪或者主跌浪的趋势得以体现。参数  $\alpha$  与移动平均线 MA 的计算天数  $d$  之间的等价关系为

$$\alpha = \frac{2}{d+1} \quad (6)$$

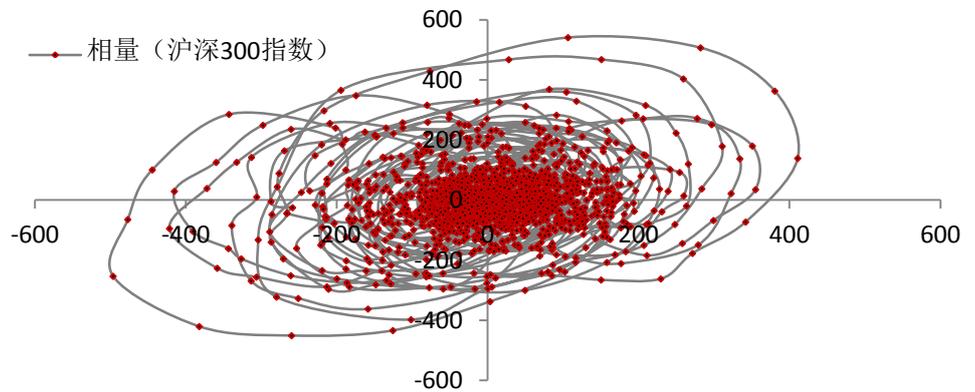
通过 (4) 式和 (5) 式，可以分解得到图 1 中的长期趋势子序列和短期波动子序列。我们这里主要取短期波动子序列进行进一步研究，这一子序列我们称之为希尔伯特浪，简称 H 浪。

## 2、希尔伯特变换计算瞬时周期

得到 H 浪  $x(n)$  后，由于其满足窄带随机过程，因此我们可以按照 (2) 式对其进行希尔伯特变换得到  $y(n)$ 。由于从数学上可以严格证明  $\int_{-\infty}^{\infty} x(t)y(t)dt = 0$ ，其中  $x(t)$ 、 $y(t)$  是  $x(n)$  与  $y(n)$  的连续形式，即离散形式下的时间序列  $x(n)$  与  $y(n)$  正交（详细证明过程请参见报告《短线择时策略研究之二：希尔伯特变换下的短线择时策略》），因此  $x(n)$  与  $y(n)$  可以分别作为正交空间的两个分量，构成类似复平面的同相正交空间 (IQ Space)，如图 4 所示，其中  $x(n)$  作为实轴表示同相分量， $y(n)$  作

为虚轴表示正交分量。

图4: H浪(沪深300指数)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

如此一来,便可以在每个交易日收盘拿到最新价格数据后,分别计算同相分量  $x(n)$  和正交分量  $y(n)$ ,得到图 4 中的一个相量点。把每个交易日的相量连接起来,就可以得到 H 浪在同相正交空间中的运动轨迹。

对于图 4 中的相量,我们可以估计每个交易日运动的瞬时周期  $T_0(n)$

$$T_0(n) = \frac{2\pi}{\omega} \quad (7)$$

这里我们定义瞬时角速度  $\omega$  为相邻两个相量相角的差值  $\omega = \theta_{i2} - \theta_{i1}$ 。

经过计算,我们发现瞬时周期波动较为剧烈,因此我们对  $T_0(n)$  时间序列进行了 EMA 平滑,得到修正后的瞬时周期  $T_1(n)$ 。

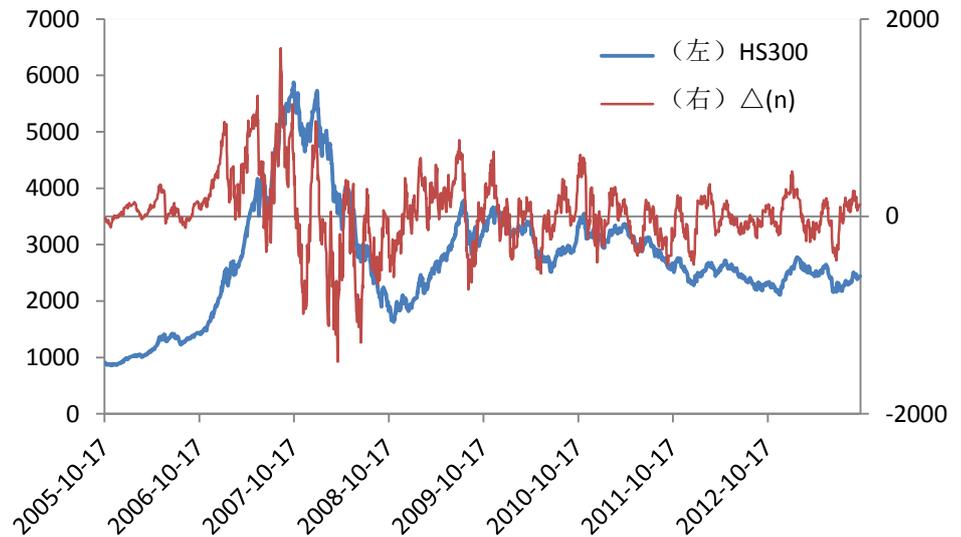
### 3、计算 H 浪单周期波动变化

至此,我们已经可以计算当天 H 浪的单周期波动变化

$$\Delta(n) = price(T) - price[T - T_1(n)] \quad (8)$$

计算结果如图 5 红线所示。可以看出,当市场处于牛市上涨过程时, H 浪往往表现出  $\Delta(n) > 0$ ,即处于主升浪;当市场处于熊市下跌过程时, H 浪往往表现出  $\Delta(n) < 0$ ,即处于主跌浪。并且,趋势持续的时间越久,这种效应越明显。

图5: H浪单周期波动变化时间序列 (沪深300指数)



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

## 五、H浪模型在指数择时中的应用

作为择时策略, 我们测算了H浪模型在指数择时中的效果。根据上述规则, 每个交易日收盘后可以计算市场的单周期波动变化 $\Delta(n)$ 。按照如下规则

$$\begin{cases} \Delta(n) \geq 0 & \text{看多} \\ \Delta(n) < 0 & \text{看空} \end{cases} \quad (9)$$

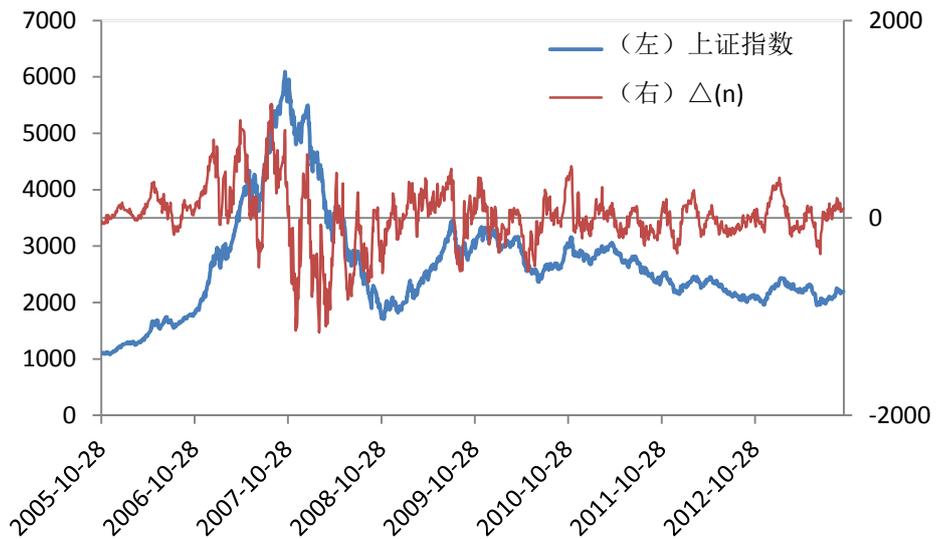
判断市场方向, 给出择时信号。在上述分析中, 我们指出该模型最为敏感的参数是去趋势过程中, 二阶高通滤波器的 $\alpha$ 参数(6)式。因此在下面的回测过程中, 我们将统计不同 $\alpha$ 参数下的择时情况, 观察择时效果的稳定性。

### (一) 宽基指数

#### 1、上证指数

首先, 我们实证分析了H浪模型应用于上证指数择时的效果。按照上证指数收盘价及单周期波动变化 $\Delta(n)$ 所提供的择时信号, 如图6所示, 进行多空双向交易(这里暂不考虑交易成本)。回测起止时间为2005年10月10日至2013年10月8日, 共8年时间。

图6: H浪单周期波动变化时间序列 (上证指数)



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

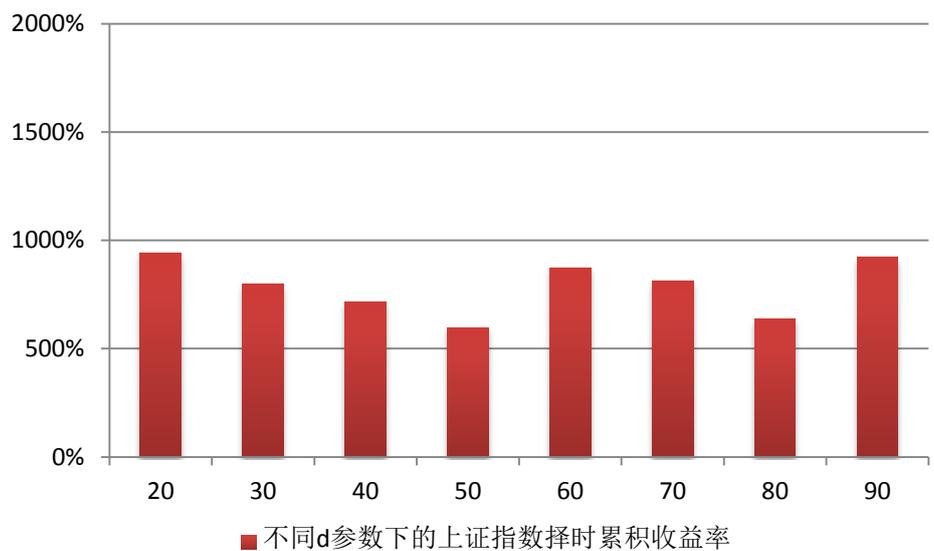
通过 (6) 式, 我们改变不同的  $d$  参数 (即  $\alpha$  参数), 计算了该段回测时间的择时累积收益率 (多空双向), 结果如表 1 和图 7 所示。

表 1: 不同  $d$  参数下上证指数择时累积收益率

d 参数	20	30	40	50	60	70	80	90
累积收益率	964%	799%	715%	596%	871%	813%	637%	922%

数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

图7: 不同 $d$ 参数下上证指数择时累积收益率

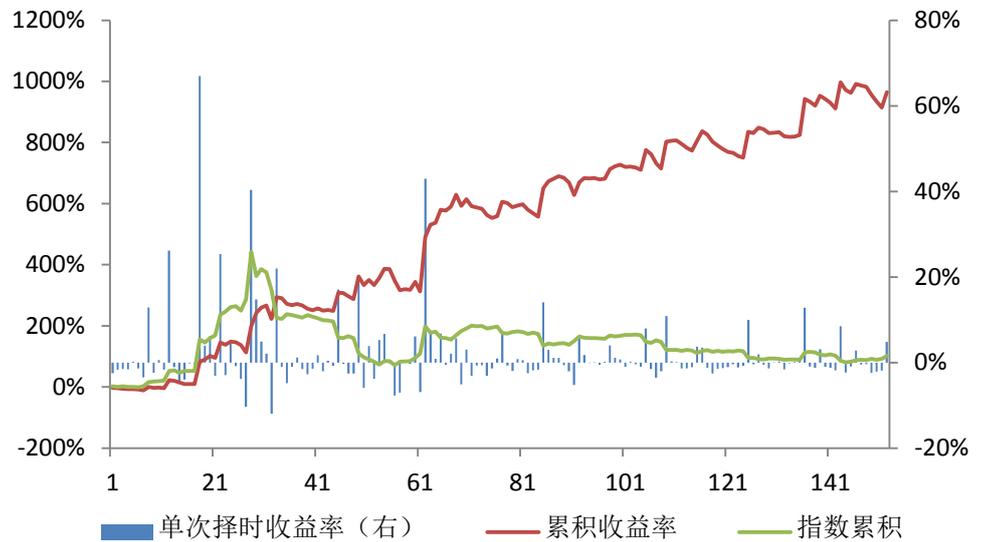


数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

可以看出，不同  $d$  参数下的 H 浪择时策略都能获得显著的绝对收益，说明 H 浪模型从内在逻辑上来看是没有问题的。

这里我们拿最优参数  $d=20$  的回测数据进行分析，如图 8 和表 2 所示。

图8: H浪模型上证指数择时收益情况



数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

表 2: H浪模型上证指数择时统计数据

预测次数	152
平均预测周期	13 个交易日
累积收益率	964.11%
年化收益率	34.27%
平均收益率	1.90%
收益率标准差	9.04%
年化信息比率	0.91
判断正确率	42.11%
平均盈利率	7.42%
平均亏损率	-2.12%
盈亏比	3.50
正确次数	64
错误次数	88
单次最大盈利	66.99%
单次最大亏损	-11.98%
最大回撤率	-15.13%

数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

从上述数据可以看出，H 浪择时模型属于交易性择时模型，即判断正确率不很高，但具有较高的盈亏比。这是由于出现错误的趋势跟随情况后，模型能够快速纠

错止损。

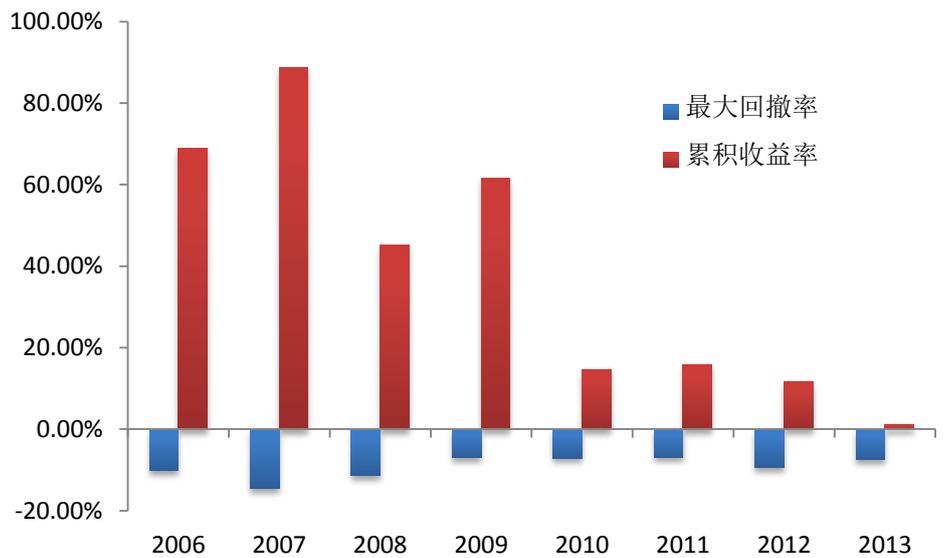
累积收益率与最大回撤的分年度统计如表 3 和图 9 所示。

表 3: H 浪模型上证指数择时分年度统计

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
累积收益率	68.82%	88.69%	45.11%	61.53%	14.48%	15.72%	11.59%	1.18%
最大回撤率	-10.16%	-14.43%	-11.41%	-6.90%	-7.11%	-6.89%	-9.33%	-7.48%

数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

图 9: H 浪模型上证指数择时分年度统计



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

可以看出, 主要收益来自于趋势较强的 2006 年至 2009 年, 2010 年起至今的择时表现都比较一般, 这也是趋势择时策略在震荡行情下的局限。

## 2、沪深 300 指数

我们接着实证检验了 H 浪模型应用于沪深 300 指数择时的效果。我们按照沪深 300 指数收盘价及择时信号 (图 5), 进行多空双向交易。回测起止时间仍然是 2005 年 10 月 10 日至 2013 年 10 月 8 日。这里没有从 2005 年 4 月 8 日沪深 300 指数上市开始回测, 是因为之前的一些数据需要进行前期处理, 如去趋势、希尔伯特变换、计算瞬时周期等。

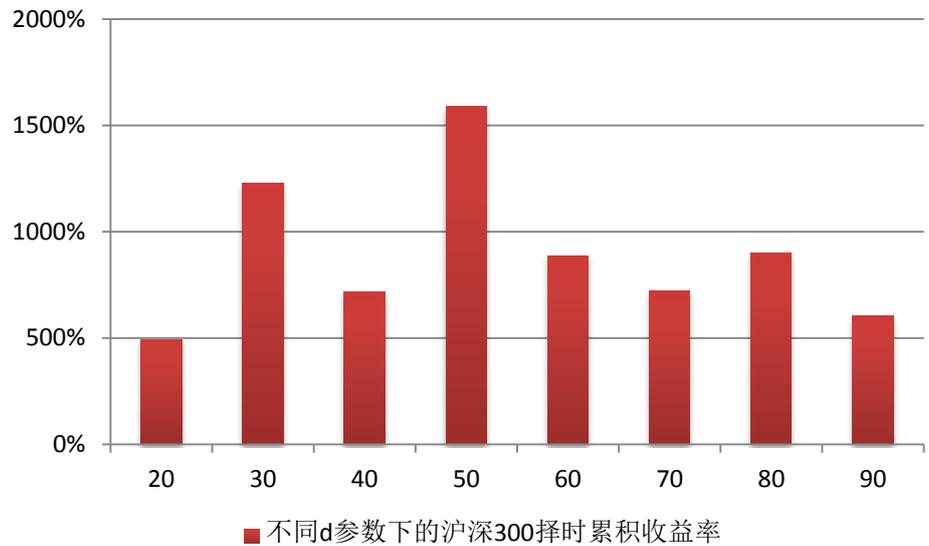
不同  $d$  参数计算的累积收益率, 如表 4 和图 10 所示。

表 4: 不同  $d$  参数下沪深 300 指数择时累积收益率

$d$ 参数	20	30	40	50	60	70	80	90
累积收益率	493%	1227%	718%	1588%	887%	720%	898%	605%

数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

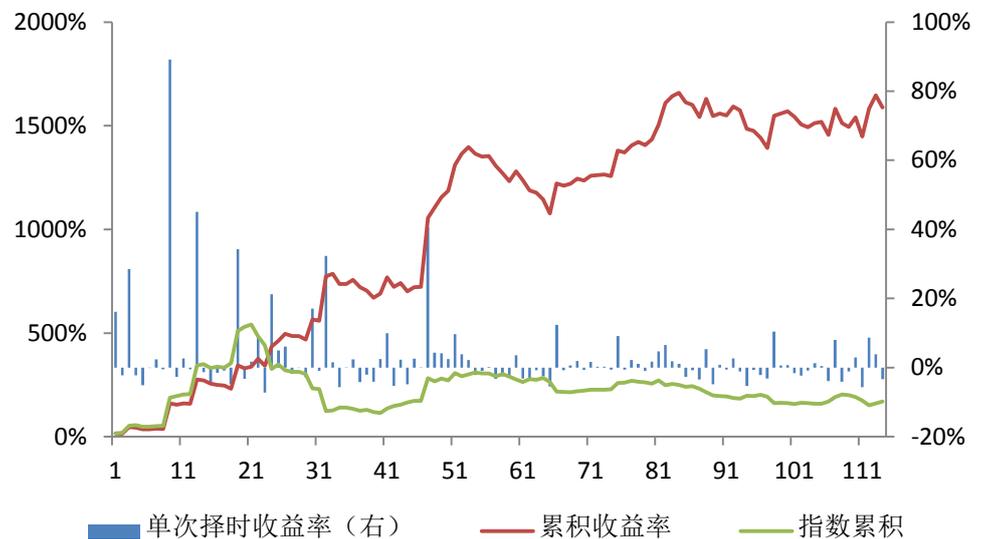
图10: 不同d参数下沪深300指数择时累积收益率



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

这里我们拿最优参数  $d=50$  的回测数据进行分析, 如图 11 和表 5 所示。

图11: H浪模型沪深300指数择时收益情况



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

表 5: H浪模型沪深 300 指数择时统计数据

预测次数	114
平均预测周期	17 个交易日
累积收益率	1587.87%
年化收益率	42.21%

平均收益率	3.05%
收益率标准差	11.99%
年化信息比率	0.96
判断正确率	50.00%
平均盈利率	8.67%
平均亏损率	-2.57%
盈亏比	3.37
正确次数	187
错误次数	128
单次最大盈利	89.19%
单次最大亏损	-7.25%
最大回撤率	-21.40%

数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

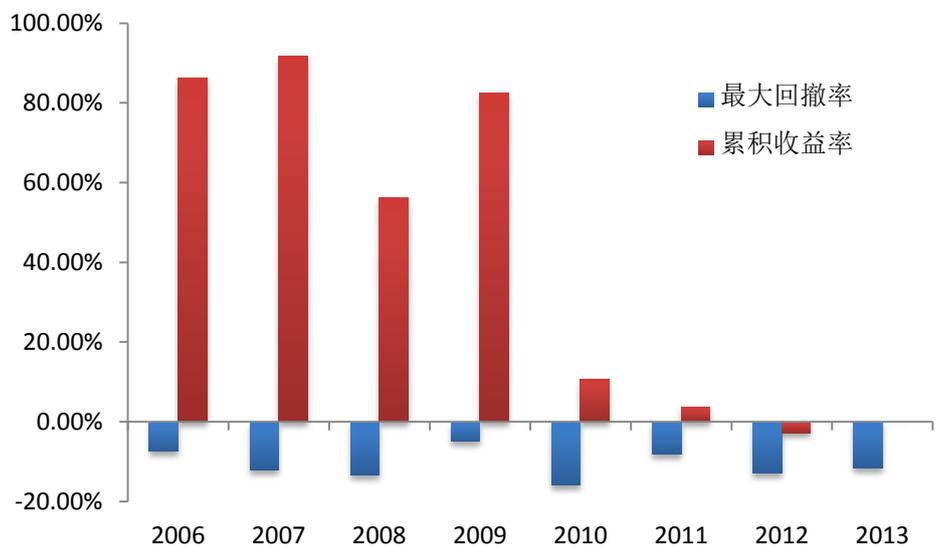
累积收益率与最大回撤的分年度统计如表 6 和图 12 所示。

表 6: H 浪模型沪深 300 指数择时分年度统计

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
累积收益率	86.15%	91.65%	56.20%	82.56%	10.76%	3.75%	-2.75%	-0.03%
最大回撤率	-7.27%	-12.07%	-13.42%	-4.82%	-15.93%	-8.08%	-12.90%	-11.61%

数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

图 12: H 浪模型沪深 300 指数择时分年度统计

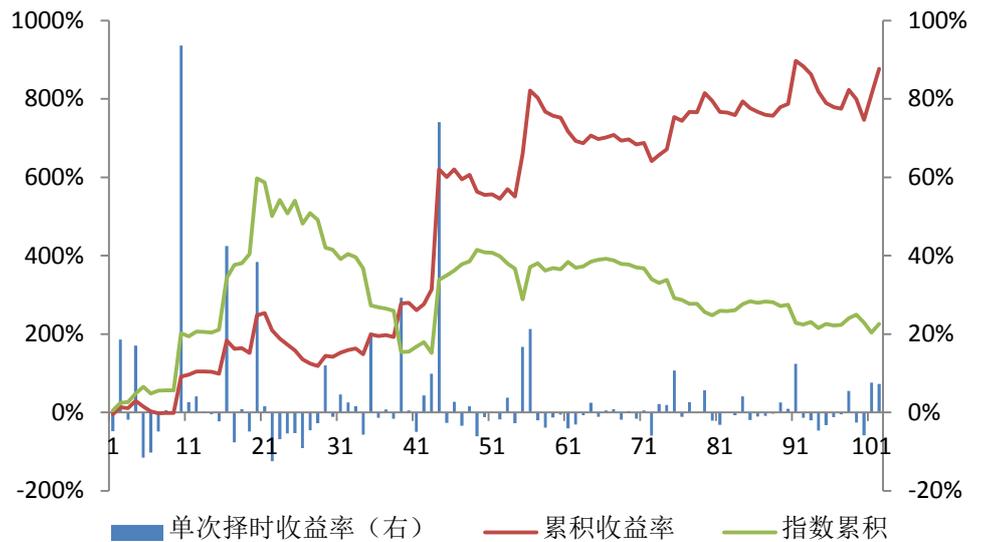


数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

### 3、深证成指

H 浪模型在深成指上的回测时间仍然是 2005 年 10 月 10 日至 2013 年 10 月 8 日。经过测算，最优参数  $d=90$ 。回测风险收益情况如图 13 和表 7 所示。

图13: H浪模型深证成指择时收益情况



数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

表 7: H 浪模型深证成指择时统计数据

预测次数	102
平均预测周期	19 个交易日
累积收益率	876.77%
年化收益率	32.84%
平均收益率	3.02%
收益率标准差	14.46%
年化信息比率	0.74
判断正确率	45.10%
平均盈利率	10.74%
平均亏损率	-3.32%
盈亏比	3.23
正确次数	46
错误次数	56
单次最大盈利	93.58%
单次最大亏损	-12.44%
最大回撤率	-38.21%

数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

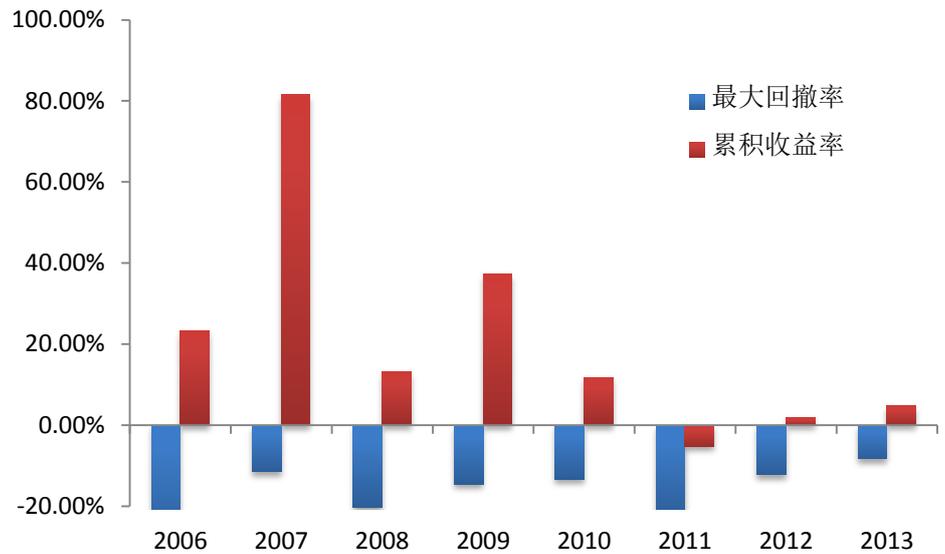
分年度统计情况如表 8 和图 14 所示。

表 8: H 浪模型深证成指择时分年度统计

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
累积收益率	23.33%	81.49%	13.11%	37.28%	11.77%	-5.16%	1.76%	4.77%
最大回撤率	-30.51%	-11.40%	-20.40%	-14.51%	-13.34%	-23.44%	-12.25%	-8.23%

数据来源：广发证券发展研究中心，wind 资讯

图14: H浪模型深证成指择时分年度统计



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

## (二) 行业指数

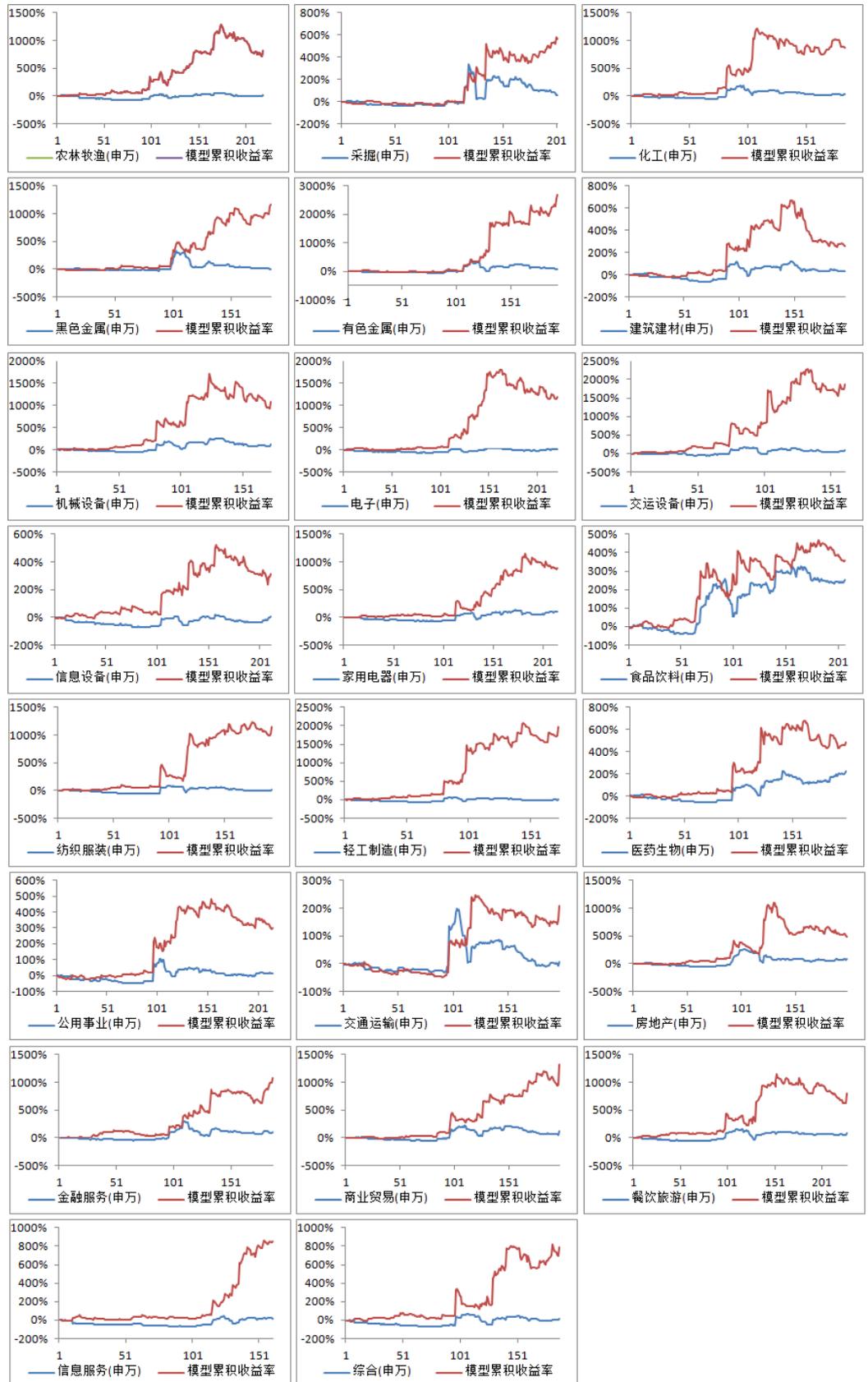
由于H浪模型所需要用到的数据仅仅是指数价格,因此除了对大盘指数进行择时之外,我们还可以运用这一模型对行业指数进行择时,从而进行量化行业配置。

对于A股市场,行业分类有很多不同的标准。这里我们按照申万一级行业指数,对全A股市场的股票进行行业分类,并对行业指数进行择时预测。

申万一级行业指数是按照自由流通市值加权计算的派氏指数,采用A股全市场样本计算。申万一级行业分类标准参考了中国证监会分类、MSCI等权威机构的行业分类标准,并结合我国证券市场实际情况调整制定,通过行业划分尽可能地实现行业内市场特征的相似和行业间市场特征的差异,其中包括了23个一级行业,分别是农林牧渔、采掘、化工、黑色金属、有色金属、建筑建材、机械设备、电子、交运设备、信息设备、家用电器、食品饮料、纺织服装、轻工制造、医药生物、公用事业、交通运输、房地产、金融服务、商业贸易、餐饮旅游、信息服务和综合。

我们分别对这23个行业指数进行择时,并通过多、空双向交易的方式(未考虑交易成本)观察风险收益情况,如图15和表9所示。回测时间为2000年7月7日至2013年10月8日,共3214个交易日。这里为了防止参数过度优化, $d$ 参数全部取 $d=90$ 。

图15: H浪模型在申万一级行业指数中的择时效果



数据来源: 广发证券发展研究中心, wind资讯

表 9: H 浪模型申万一级行业指数择时统计数据

指数名称	指数累积收益率	H 浪累积收益率	超额收益率	年化超额收益率	是否战胜基准
农林牧渔(申万)	6.99%	814.89%	807.90%	17.91%	✓
采掘(申万)	54.09%	563.06%	508.97%	14.44%	✓
化工(申万)	25.17%	874.28%	849.11%	18.30%	✓
黑色金属(申万)	-3.45%	1170.90%	1174.35%	20.93%	✓
有色金属(申万)	73.26%	2680.75%	2607.49%	27.93%	✓
建筑建材(申万)	32.56%	256.59%	224.03%	9.18%	✓
机械设备(申万)	110.80%	1090.17%	979.37%	19.44%	✓
电子(申万)	8.16%	1181.89%	1173.73%	20.93%	✓
交运设备(申万)	78.67%	1880.88%	1802.21%	24.60%	✓
信息设备(申万)	3.28%	311.67%	308.39%	11.08%	✓
家用电器(申万)	104.68%	883.43%	778.75%	17.62%	✓
食品饮料(申万)	250.97%	360.02%	109.05%	5.66%	✓
纺织服装(申万)	4.70%	1144.63%	1139.93%	20.68%	✓
轻工制造(申万)	5.15%	1962.81%	1957.66%	25.34%	✓
医药生物(申万)	219.37%	486.22%	266.85%	10.19%	✓
公用事业(申万)	15.23%	302.39%	287.16%	10.64%	✓
交通运输(申万)	7.63%	209.33%	201.70%	8.60%	✓
房地产(申万)	76.13%	477.00%	400.87%	12.78%	✓
金融服务(申万)	96.00%	1076.00%	980.00%	19.45%	✓
商业贸易(申万)	112.53%	1327.81%	1215.28%	21.22%	✓
餐饮旅游(申万)	90.29%	791.69%	701.40%	16.81%	✓
信息服务(申万)	63.01%	950.77%	887.76%	18.65%	✓
综合(申万)	11.32%	784.37%	773.05%	17.56%	✓
均值	62.89%	938.33%	875.44%	16.95%	-
标准差	67.40%	605.93%	615.49%	5.77%	-

数据来源: 广发证券发展研究中心, wind 资讯

从上述结果可以看出, 采用 H 浪模型进行申万一级行业指数择时, 并进行多、空双向交易, 在 23 个行业上均可以战胜指数基准(即一直持有指数多头头寸)本身。整体来看, 模型 13 年时间里, 累计收益率在统计上平均超越申万一级行业指数 875.44%, 年化 16.95%。

### (三) 商品期货指数

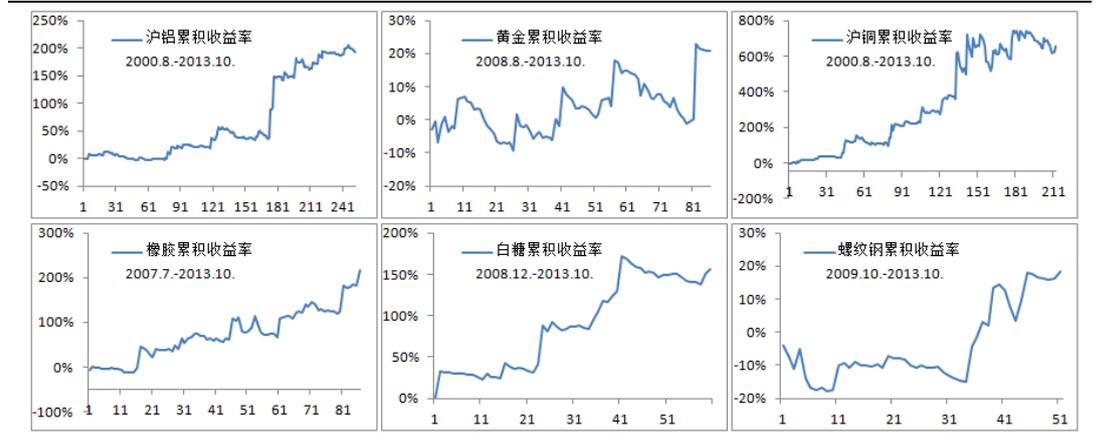
由于沪深 300 股指期货与沪深 300 指数相关性较强, 因此在期货方面, 我们主要回测商品期货指数。

既然是从市场数据出发而构建的择时模型, 就应该对任何金融市场数据都存在一定有效性。在上面的实证中, 可以看出, 趋势性越强的标的, 在 H 浪模型下的表现越好。因此我们挑选了几只趋势性较强、弹性较大的商品期货主力合约, 回测 H

浪择时模型的有效性。同样为了避免过度的参数优化， $d$  参数全部取  $d=90$ 。

我们在商品期货上的回测标的包括沪铝、黄金、沪铜、橡胶、白糖、螺纹钢 6 大主力合约。回测时间由于合约上市时间不同，起始时间不统一，结束时间全部为 2013 年 10 月 8 日。这里暂不加入杠杆机制和交易成本（交易成本将会在之后的交易策略实证中加入），多、空双向交易的回测结果如图 16 及表 10 所示。

图 16: H 浪模型在商品期货指数中的择时效果



数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

表 10: H 浪模型商品期货指数择时统计数据

指数名称	累积收益率	年化收益率	最大回撤率
沪铝主力	192.39%	8.42%	-15.00%
黄金主力	20.95%	3.70%	-16.07%
沪铜主力	657.76%	16.49%	-25.11%
橡胶主力	216.71%	20.17%	-21.55%
白糖主力	156.59%	21.32%	-12.64%
螺纹钢主力	18.23%	4.28%	-17.68%

数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

可以看出，在没有过度参数优化的情况下，各期货指数均可获得良好的收益情况，但也存在回撤较大的问题。这一问题我们将在后面交易策略的构建当中，通过多品种交易的方法在最大程度上避免。

## 六、基于 H 浪择时模型的交易策略

基于上述 H 浪模型的有效性，我们将构建一系列低频与高频交易策略。

### （一）低频商品期货

从上述商品期货择时的实证分析过程中可以看到，采用单一商品期货进行择时

交易，存在回撤风险较大、收益回报不稳定的问题。

根据我们对海外 CTA 策略的了解，在国外表现良好的商品期货策略中，有一部分是依靠择时判断中、长期持有商品期货，但同时持有多个品种，分散单一品种的系统性风险。

我们根据该思路，在 H 浪量化趋势择时的基础上，按照参数  $d=90$  回测上述商品期货标的组合，形成多品种低频交易策略。由于上述六支商品标的中螺纹钢上市最晚，因此我们从其上市开始（2009 年 3 月）进行策略建模，并于 2009 年 10 月 20 日起模拟多品种组合交易，直至 2013 年 10 月 8 日，大约 4 年时间。

交易成本方面，由于不同期货公司和不同品种的交易费率不同，我们按照一般期货公司的交易手续费率，如表 11 所示，将上述六类标的的交易费率折算成相对合约价值的比率，得到交易成本分布，约为双边 2%% 至双边 6%%。

表 11: 商品期货交易成本

合约名称	沪铝	黄金	沪铜	橡胶	白糖	螺纹钢
单边交易费率	10 元/手	50 元/手	3%%	8 元/手	6 元/手	2%%

数据来源：广发证券发展研究中心，中证期货

考虑到存在一定冲击成本，我们在交易模拟中，将六类商品期货的回测交易成本均设置为双边 6%%。

资金分配方面，我们采用等权模式，即各取资金的 1/6 作为初始合约保证金。在不计杠杆的情况下，我们得到图 17 和表 12 的回测结果。

图 17: H 浪模型在商品期货多品种策略中的收益表现



数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

表 12: H 浪模型商品期货多品种交易统计数据

交易标的	沪铝、黄金、沪铜、橡胶、白糖、螺纹钢主力合约
交易费率	双边 6%%
回测时间	2009-10-20 至 2013-10-8

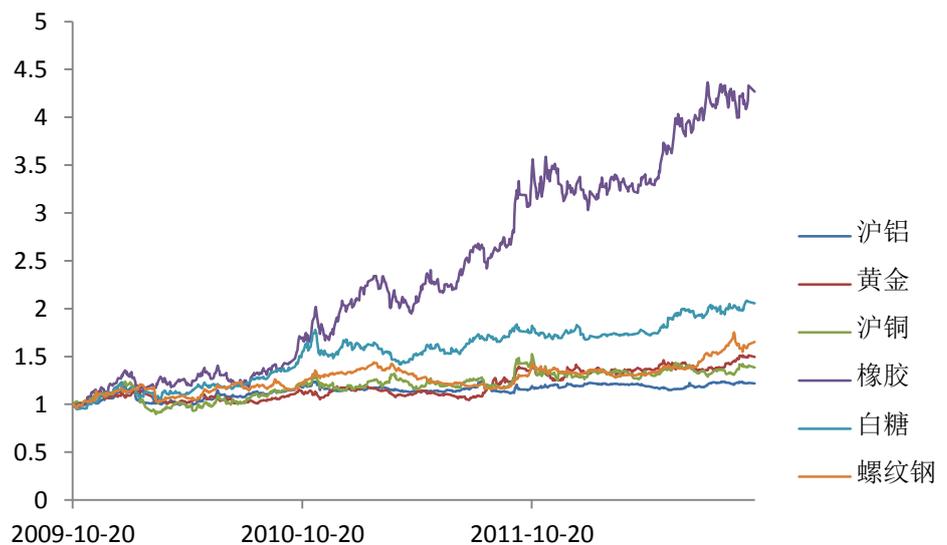
累积收益率	45.98%
年化收益率	9.92%
平均收益率	0.04%
收益率标准差	0.86%
年化信息比率	0.78
盈利比率	52.24%
平均盈利率	0.63%
平均亏损率	-0.60%
盈亏比	1.05
盈利天数	501
亏损天数	459
单日最大盈利	3.72%
单日最大亏损	-3.40%
最大回撤率	-15.36%

数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

从上述结果看出，策略可以取得显著收益，收益曲线相对单品种也更为稳定，但回撤仍然较大，从风险收益比的角度来看仍然不是一个好的策略。考虑到这一多品种组合并未经过参数优化，于是我们决定对不同的商品期货进行  $d$  参数搜索和优化，并将上述回测时段分为样本内、外进行策略重构。

我们取 2009 年 10 月 20 日至 2012 年 10 月 8 日作为样本内数据，搜索各品种的最优  $d$  参数，搜索范围为 [20,90]，目标为样本内累积收益率最大。依次得到样本内各品种的净值曲线如图 18 所示

图18: 各期货品种净值表现 (优化参数结果, 样本内)



数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

可以看出在样本内表现最好的是橡胶，表现最差的是沪铝。同时也说明沪铝的弹性可能并不能很好地适应 H 浪择时模型，因此在样本外我们将剔除沪铝，保留其

他五个品种及其样本内得到的最优  $d$  参数。这五组商品的样本内组合累积收益曲线如图 19 所示，这里仍然取双边 6% 的交易成本。

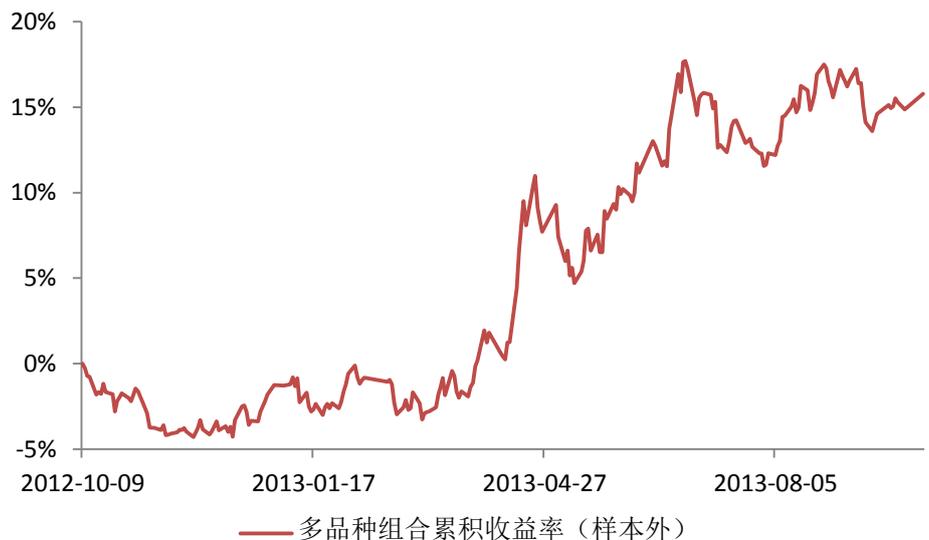
图19: 多品种组合累积收益率 (优化参数, 样本内结果)



数据来源: 广发证券发展研究中心, 天软科技

按照样本内的优化参数, 我们进行样本外模拟, 模拟时间为 2012 年 10 月 9 日至 2013 年 10 月 8 日完整一年, 交易费率仍采用双边 6%, 按照五类商品期货等权组合, 得到图 20 所示的样本外累计收益曲线。

图20: 多品种组合累积收益率 (优化参数, 样本外结果)



数据来源: 广发证券发展研究中心, 天软科技

可以看到，样本外表现在上半年并不好，但是在良好的回撤控制下，下半年累积收益率迅速抬升。总体回撤较之前未进行参数优化的样本内结果更小一些。具体交易统计数据如表 13 所示，从表中可以看出，无论是最大回撤，还是信息比率及盈利比率，参数优化后的结果都要好很多。但是由于样本外数据仅有 1 年，因此该组合策略的效果还有待进一步跟踪与观察。

**表 13: H 浪模型商品期货多品种交易统计数据 (优化参数, 样本外结果)**

交易标的	黄金、沪铜、橡胶、白糖、螺纹钢主力合约
交易费率	双边 6%%
回测时间	2012-10-9 至 2013-10-8
累积收益率	15.78%
年化收益率	15.78%
平均收益率	0.06%
收益率标准差	0.75%
年化信息比率	1.33
盈利比率	55.27%
平均盈利率	0.57%
平均亏损率	-0.56%
盈亏比	1.02
盈利天数	131
亏损天数	106
单日最大盈利	3.10%
单日最大亏损	-2.33%
最大回撤率	-5.65%

数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

## (二) 高频股指期货

除了应用于商品期货低频多品种混合交易之外，H 浪择时模型也可以应用于股指期货高频交易。这里没有应用于股指期货低频交易的原因有两个，第一个原因是股指期货品种单一，无法构建投资组合回避长线持有一个方向头寸所带来的回撤风险；第二个原因是根据之前对 A 股市场宽基指数的回测结果，近一两年来由于震荡行情持续，趋势择时的优势也并不明显。

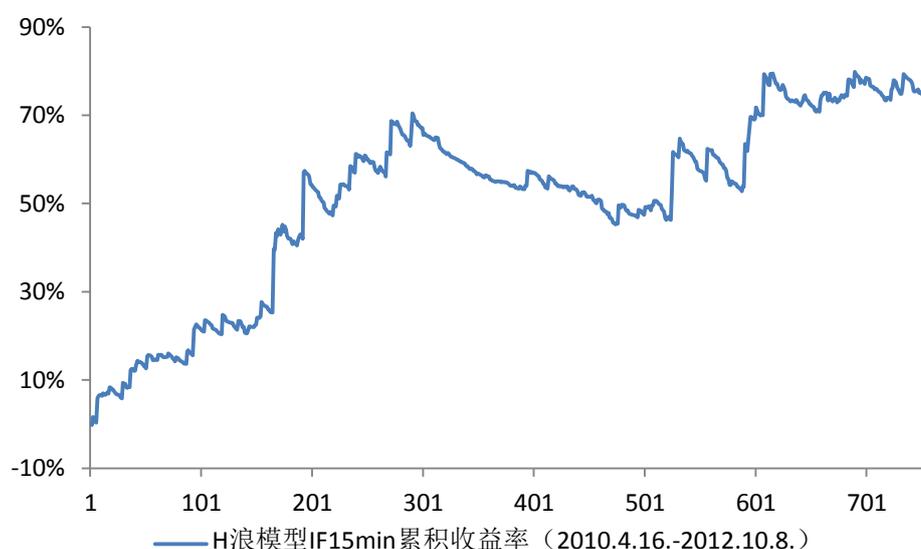
我们采用股指期货主力合约 15 分钟频率收盘价作为数据源，按照 H 浪模型的单周期波动变化  $\Delta(n)$  确定开仓方向。由于是追逐趋势的一类策略，并且数据频率不算太高，因此我们设置低止损点——在 15 分钟线的基础上，出现亏损（不计交易成本）即按照实时价格进行平仓止损。一旦触发止损，在择时方向未发生变化的接下来一段时间，保持空仓，直至出现反向开仓信号。

我们采用 2010 年 4 月 16 日股指期货上市以来至 2012 年 10 月 8 日的数据作为样本内数据数据，搜索得到最优参数  $d$ ，并应用于样本外模拟，即 2012 年 10 月 9 日至 2013 年 10 月 8 日，共完整一年。

按照 2%% 双边交易成本，不计杠杆，我们回测得到最优参数下的样本内累积收

益曲线，如图 21 所示。

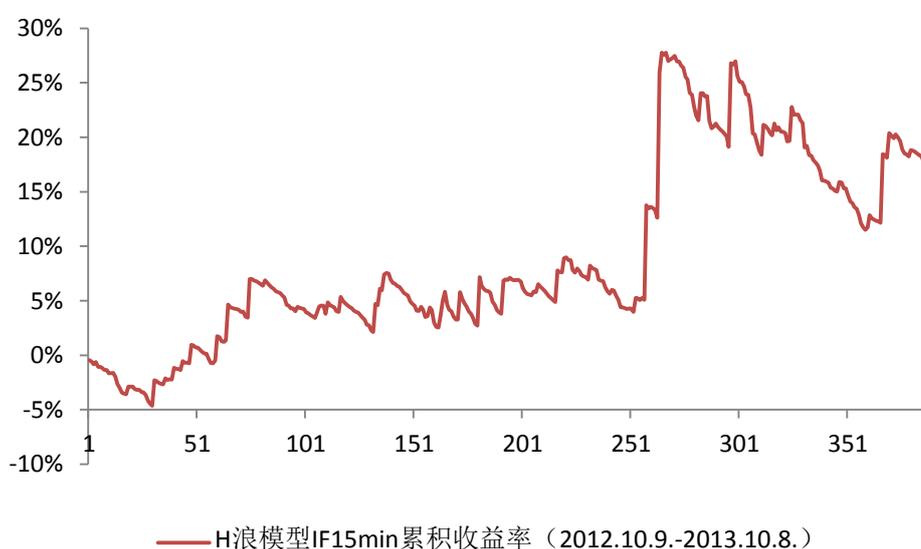
图21: H浪模型IF15min累积收益率(样本内)



数据来源: 广发证券发展研究中心, 天软科技

将这一最优参数运用于样本外, 得到如图 22 和表 14 所示的结果。

图22: H浪模型IF15min累积收益率(样本外)



数据来源: 广发证券发展研究中心, 天软科技

表 14: H浪模型 IF15min 交易统计数据(样本外结果)

交易标的	股指期货主力合约
交易费率	双边 2%
回测时间	2012-10-9 至 2013-10-8

累积收益率	19.15%
交易次数	390
平均收益率	0.05%
收益率标准差	1.08%
年化信息比率	0.93
盈利比率	20.82%
平均盈利率	1.22
平均亏损率	-0.26%
盈亏比	4.69
盈利次数	81
亏损次数	308
单次最大盈利	11.83%
单次最大亏损	-1.95%
最大回撤率	-12.72%

数据来源：广发证券发展研究中心，天软科技

样本外累积收益曲线回撤较大是该策略的主要问题。究其原因，主要是因为 2013 年 2 月至 6 月，以及 9 月至 10 月市场的横盘时间较长，该段时间趋势策略表现普遍不佳。同样，H 浪模型运用于股指期货高频交易，如上述实证结果，风险收益情况也不太理想。另一方面，隔夜持仓也会导致回撤风险增加。

## 七、总结

作为短线择时系列研究之五，本篇报告通过希尔伯特变换定量刻画了波浪理论中的主升浪与主跌浪，并据此构造了一类量化趋势择时模型。通过对 A 股市场宽基指数、行业指数以及国内商品期货指数的测算，我们实证分析了 H 浪择时模型的有效性，并将其运用于商品期货低频交易与股指期货高频交易，取得了良好的风险收益情况。我们将这一择时模型放在广发金工择时信号站点 <http://www.gfquant.com>，每个交易日收盘后进行择时信号程序化自动更新，供投资者在第一时间进行参考。

## 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。