

## 结合改进 HHT 模型和分类算法的交易策略

## 深度研究

## ——技术择时系列研究

希尔伯特变换是一种广泛用于信号处理领域的算法，将其应用在价格上可以得到有价值的频率和周期信息。本篇报告基于 VMD 改进原始的 HT 模型，并结合机器学习算法在指数上构建择时和轮动策略，取得了较佳的效果。

- 希尔伯特变换是一种广泛应用于信号处理领域的线性变换，将其应用在价格信号上，能够得到价格的瞬时相位和瞬时幅度。基于瞬时相位，可以得到价格当前所处的周期位置和趋势，进而可以构建预测模型。基于希尔伯特变换的 HT 择时模型在沪深 300 上的年化收益 9.71%，跑赢沪深 300 指数，回撤相对较低，但是整体效果仍待提升。
  - 由于希尔伯特变换要求输入信号是窄带稳态信号，而价格是非稳态、非线性的时间序列，因此单纯基于希尔伯特变换对价格信号进行处理可能存在一些问题。Norden E. Huang 博士提出了希尔伯特-黄变换 (HHT)，本质上 HHT 就是在希尔伯特变换前对信号进行经验模态分解 (EMD)，将信号分解为一组本征模态函数，每组 IMF 都代表着信号中不同尺度的振荡模式。随后，通过对这些 IMFs 进行希尔伯特变换，可以获得信号的瞬时频率和瞬时幅值，从而得到信号的希尔伯特谱。从回测结果来看，基于 HHT 模型的效果要略优于 HT 模型，年化收益达 10% 以上，盈亏比有所提升。
  - 此前我们假设瞬时相位和价格周期之间存在着静态的映射关系，然而金融市场具有复杂性和多变性，尤其 A 股市场中博弈氛围较为浓厚。因此，基于分类算法构建瞬时相位和价格涨跌之间的动态映射。结合机器学习算法进行动态跟踪后，策略效果显著提升，年化收益达到 15%，最大回撤降至 34%。
  - HHT 模型中的 EMD 也存在不足，如端点效应、模式混淆和计算复杂度较高等。针对 EMD 的局限性，一种改进方法——变分模态分解 (VMD) 被提出。VMD 是一种自适应、完全非递归的模态变分和信号处理的方法，克服了 EMD 的端点效应和模态分量混叠问题。另外，VMD 可以降低复杂度高和非线性强的时间序列非平稳性，分解获得多个不同频率尺度且相对平稳的子序列。基于 VMD 的改进 HHT 模型，并结合二分类算法构建的 MHHTML 择时策略年化收益近 18%，赔率也有所提高。
  - 考察 MHHTML 模型在其他指数上的效果：策略在中证 1000 上年化收益近 16%，中证 500 上年化收益超 19%，在国证成长上的年化收益超 19%，回撤 25% 左右，在国证价值上的年化收益达 16%，回撤约 30%。
  - 考察 MHHTML 周频策略的效果：周频策略在沪深 300 上的年化收益超过 17%，年均只有 3 次信号调整，适合中低频调仓。在中证 500 和中证 1000 上的表现也较为优异，年化收益均超 17%。国证成长和国证价值上的年化收益也在 16% 以上，且换手相对较低。
  - 调整分类算法的输入和输出，基于 MHHTML 模型可以构建指数轮动策略。大小盘轮动策略年化收益均约 15%，相对基准超额净值较为稳健，年均换手 20 次左右。成长价值风格轮动日频策略年化收益约 14%，周频策略约 12%，超额收益稳定，且年均换手较低。
  - MHHTML 在个股和多资产指数上构建选股或择时策略也能取得较好效果。
- 风险提示：政策和市场环境可能发生变化，模型可能失效。

任瞳 S1090519080004  
rentong@cmschina.com.cn  
罗星辰 S1090522070001  
luoxingchen@cmschina.com.cn

## 正文目录

一、 基于 HHT 模型识别价格周期.....	5
1、 价格周期和希尔伯特变换 (HT) .....	5
2、 经验模态分解 (EMD) 及改进算法 (VMD) .....	7
3、 希尔伯特-黄变换 (HHT) .....	9
二、 基于 HHT 模型和分类算法的指数择时策略.....	10
1、 基于 HT 模型的指数择时策略 .....	10
2、 基于 HHT 模型的指数择时策略.....	11
3、 基于 HHT 模型和分类算法的指数择时策略 .....	12
4、 MHHTML 模型在其他指数上的表现 .....	13
5、 基于 MHHTML 模型的周频择时策略 .....	15
6、 MHHTML 模型在其他资产上的择时效果 .....	17
三、 基于 MHHTML 模型的指数轮动策略.....	21
四、 基于 MHHTML 模型的选股策略 .....	23
五、 总结与思考 .....	26

## 图表目录

图 1 如何识别价格周期? .....	5
图 2 价格周期.....	6
图 3 Hilbert 变换 .....	6
图 4 相位所处象限代表的不同含义.....	7
图 5 基于 EMD 对沪深 300 收盘价分解得到的 IMF.....	8
图 6 希尔伯特-黄变换 (HHT) 流程图 .....	9
图 7 基于 HT 模型的指数择时策略: 沪深 300.....	10
图 8 基于 HHT 模型的指数择时策略: 沪深 300.....	11
图 9 相位和未来涨跌的映射关系.....	12
图 10 基于 HHTML 模型的指数择时策略: 沪深 300.....	12
图 11 基于 MHHTML 模型的指数择时策略: 沪深 300.....	13
图 12 MHHTML 择时策略: 中证 1000 .....	14

图 13 MHHTML 择时策略：中证 500 .....	14
图 14 MHHTGML 择时策略：国证成长 .....	14
图 15 MHHTGML 择时策略：国证价值 .....	14
图 16 基于 MHHTML 模型的指数择时策略（周频）：沪深 300 .....	15
图 17 MHHTML 择时策略（周频）：中证 1000 .....	16
图 18 MHHTML 择时策略（周频）：中证 500 .....	16
图 19 MHHTML 择时策略（周频）：国证成长 .....	16
图 20 MHHTML 择时策略（周频）：国证价值 .....	16
图 21 MHHTML 轮动策略（日频）：恒生指数 .....	17
图 22 MHHTML 轮动策略（周频）：恒生指数 .....	17
图 23 MHHTML 轮动策略（日频）：COMEX 黄金 .....	18
图 24 MHHTML 轮动策略（周频）：COMEX 黄金 .....	18
图 25 MHHTML 轮动策略（日频）：中债-新综合净价指数（CBA00102.CS） .....	18
图 26 MHHTML 轮动策略（周频）：中债-新综合净价指数（CBA00102.CS） .....	18
图 27 MHHTML 轮动策略（日频）：10 年期国债期货 .....	19
图 28 MHHTML 轮动策略（周频）：10 年期国债期货 .....	19
图 29 MHHTML 轮动策略（日频）：HKEX 美元兑人民币期货 .....	20
图 30 MHHTML 轮动策略（周频）：HKEX 美元兑人民币期货 .....	20
图 31 MHHTML 轮动策略（日频）：沪深 300 vs 中证 1000 .....	21
图 32 MHHTML 轮动策略（周频）：沪深 300 vs 中证 1000 .....	21
图 33 MHHTML 轮动策略（日频）：国证成长 vs 国证价值 .....	22
图 34 MHHTML 轮动策略（周频）：国证成长 vs 国证价值 .....	22
图 35 MHHTML 选股策略：上证 50（多头） .....	23
图 36 MHHTML 选股策略：上证 50（多空） .....	23
图 37 MHHTML 选股策略：创业板指（多头） .....	24
图 38 MHHTML 选股策略：创业板指（多空） .....	24
图 39 MHHTML 选股策略：中证红利（多头） .....	24
图 40 MHHTML 选股策略：中证红利（多空） .....	24
表 1：基于 HT 模型的指数择时策略业绩统计：沪深 300 .....	11
表 2：基于 HHT 模型的指数择时策略业绩统计：沪深 300 .....	11
表 3：基于 HHTML 模型的指数择时策略业绩统计：沪深 300 .....	13

表 4: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 沪深 300 .....	13
表 5: MHHTML 择时策略业绩统计: 中证 1000&中证 500 .....	14
表 6: MHHTML 择时策略业绩统计: 国证成长&国证价值.....	15
表 7: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略 (周频) 业绩统计: 沪深 300.....	15
表 8: MHHTML 择时策略 (周频) 业绩统计: 中证 1000&中证 500.....	16
表 9: MHHTML 择时策略 (周频) 业绩统计: 国证成长&国证价值 .....	17
表 10: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 恒生指数 .....	17
表 11: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: COMEX 黄金 .....	18
表 12: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 中债-新综合净价指数 (CBA00102.CS) 19	
表 13: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 10 年期国债期货 .....	19
表 14: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: HKEX 美元兑人民币期货20	
表 15: 基于 MHHTML 模型的指数轮动策略: 沪深 300 vs 中证 1000 .....	21
表 16: 基于 MHHTML 模型的指数轮动策略: 国证成长 vs 国证价值.....	22
表 17: 基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计: 上证 50.....	23
表 18: 基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计: 创业板指 .....	24
表 19: 基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计: 中证红利 .....	24

谱分析（Spectral Analysis）是一种信号处理技术，主要用于研究信号的频率成分。谱分析可以揭示信号中不同频率成分的强度或功率分布情况，主要用于电信号处理、声音工程、振动分析、图像处理等领域。

股票市场价格作为一种包含不同周期频率成分的信号，我们也可以通过谱分析的方法将其分解，并分析不同频率成分所隐含的信息。接下来，我们将基于一种谱分析方法——希尔伯特变换，来对股票市场价格进行处理，并尝试解析有价值的信息，构建交易策略。

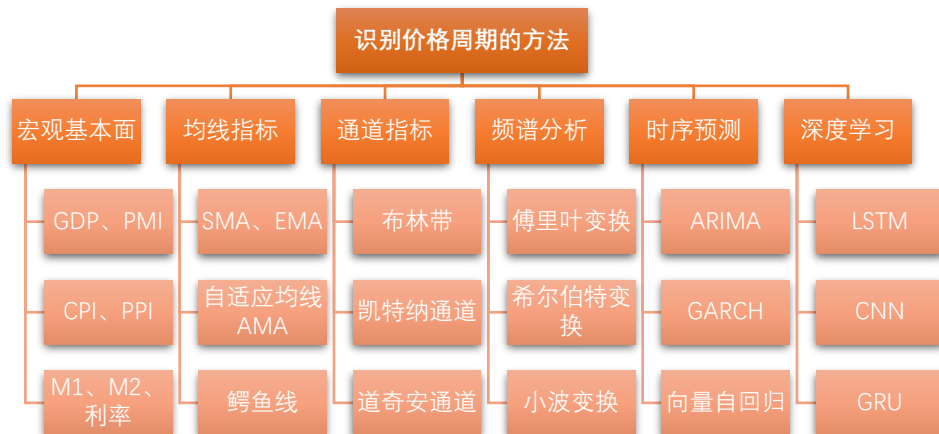
## 一、基于 HHT 模型识别价格周期

### 1、价格周期和希尔伯特变换（HT）

在金融市场中，价格波动通常表现出一定的周期性，即资产价格随时间变化表现出的重复性模式。这些模式可以是短期的日内周期，也可以是中期的日间周期或长期的趋势周期。价格周期的存在表明市场并非完全随机，而是存在一定的规律性和可预测性。价格周期反映了市场参与者的集体行为以及市场内外部因素的影响，理解价格周期对于识别市场趋势、预测价格变动以及制定有效的交易策略非常重要。

那么，如何识别价格周期和趋势呢？典型方法有宏观基本面分析、技术分析、频谱分析、时序预测模型和深度学习等。在这些方法中，由于频谱分析可以分解出价格运动的幅度、频率和相位，对于周期识别无疑是较为适用的。下面，将基于频谱分析中的希尔伯特变换方法，理解和识别价格运动的周期。

图 1 如何识别价格周期？



资料来源：招商证券

希尔伯特变换（Hilbert Transform, HT）是一种线性变换，其作用是将在一个实值信号转换为一个复数信号，广泛应用于信号处理领域。对于给定的时间序列  $x(t)$ ，希尔伯特变换产生的复数信号可以表示为

$$z(t) = x(t) + j\hat{x}(t),$$

其中， $j$  是虚数单位， $\hat{x}(t)$  是  $x(t)$  的希尔伯特变换结果。希尔伯特变换的数学表达式可以通过积分形式给出：

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

其中， $\mathcal{P}$ 表示柯西主值，这是因为积分在 $t = \tau$ 处是奇异的，需要采用主值的方式来处理。

解析信号 $z(t)$ 可以分解为幅度和相位的形式：

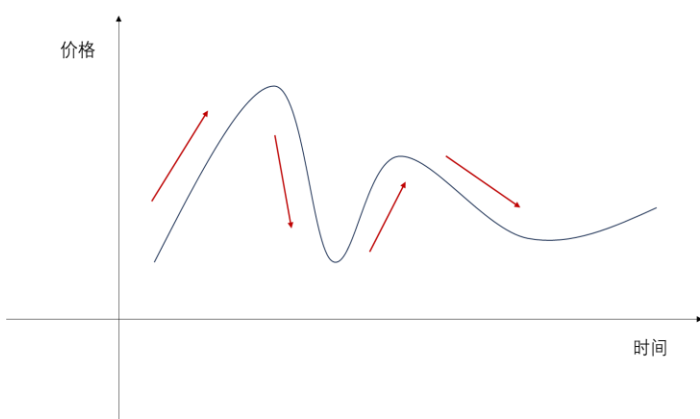
$$z(t) = A(t)e^{j\theta(t)},$$

其中， $A(t)$ 是信号的瞬时幅度，而 $\theta(t)$ 是瞬时相位，其分别可以通过如下方式计算：

$$A(t) = |z(t)| = \sqrt{x(t)^2 + \hat{x}(t)^2},$$

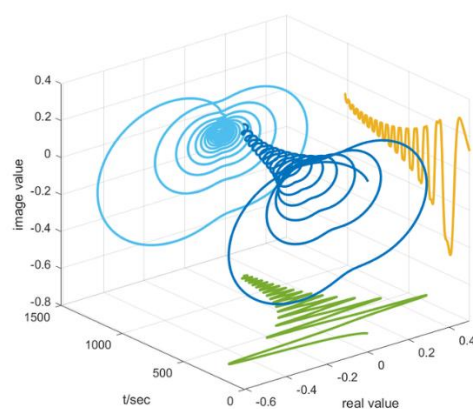
$$\theta(t) = \arg(z(t)) = \arctan\left(\frac{\hat{x}(t)}{x(t)}\right).$$

图 2 价格周期



资料来源：招商证券

图 3 Hilbert 变换

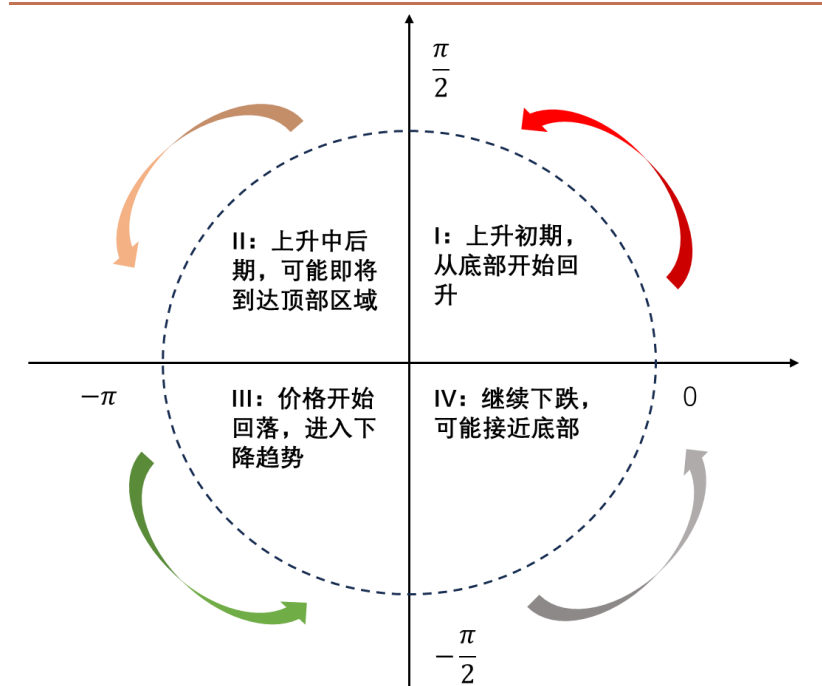


资料来源：招商证券

基于希尔伯特变换得到的瞬时相位，可以识别价格周期和当前所处的趋势。相位 $\theta(t)$ 取值范围为 $[-\pi, \pi]$ ，当 $\theta(t) \in [0, \frac{\pi}{2}]$ 即信号位于复平面的第一象限时，价格可能处于上升早期或刚刚从底部开始回升；当 $\theta(t) \in [\frac{\pi}{2}, \pi]$ 即信号位于复平面的第二象限时，表明价格上升趋势持续，但可能即将到达顶部区域；当 $\theta(t) \in [-\pi, -\frac{\pi}{2}]$ 即信号位于复平面的第三象限时，表明价格开始从高位回落，进入下降趋势；当 $\theta(t) \in [-\frac{\pi}{2}, 0]$ 即信号位于复平面的第四象限时，表明价格持续下跌，但可能接近底部。



图 4 相位所处象限代表的不同含义



资料来源：招商证券

## 2、经验模态分解（EMD）及改进算法（VMD）

然而，直接在资产价格上应用希尔伯特变换存在问题：由于希尔伯特变换需要原始信号是窄带稳态信号，而价格本身是非稳态、非线性的时间序列，并且包括多种频率成分，直接对价格数据应用希尔伯特变换可能得到错误结果。正确的做法是：首先对价格信号进行预处理和分解，得到单一频率的稳态信号，然后再应用希尔伯特变换进行分析处理。

经验模态分解（Empirical Mode Decomposition, EMD）是一种信号处理技术，可以将复杂时间序列分解成多个具有单一频率成分的本征模函数（Intrinsic Mode Functions, IMF）和一个剩余趋势项（Residual Trend）。每个 IMF 都是一个本征模，具有单一的瞬时频率，这使得 EMD 非常适合分析非线性和非平稳信号，进而能够让后续的希尔伯特变换分析更加精确。

EMD 的分解过程包括以下步骤：

- ✓ 识别局部极值：找出原始信号中的所有局部极大值和极小值。
- ✓ 插值形成包络线：在所有局部极大值之间进行插值形成一个上包络线；在所有局部极小值之间进行插值形成一个下包络线。
- ✓ 计算中间包络线：计算上包络线和下包络线的平均值，形成中间包络线。
- ✓ 筛选过程：从原始信号中减去中间包络线，得到第一个近似的 IMF。
- ✓ 停止准则：重复步骤 1-4，直到得到的近似 IMF 满足停止准则。通常的停止准则是 IMF 中相邻极大值和极小值之间的平均值趋近于 0，且 IMF 中相邻极大值和极小值之间的标准差小于某个阈值。
- ✓ 重复提取：从剩余信号中重复上述步骤，直到剩余信号成为一个单调函数或满足停止准则。
- ✓ 最终分解：最终得到一系列 IMF 和一个剩余趋势项（Residual Trend），

后者通常是一个单调函数或一个非常缓慢变化的趋势。

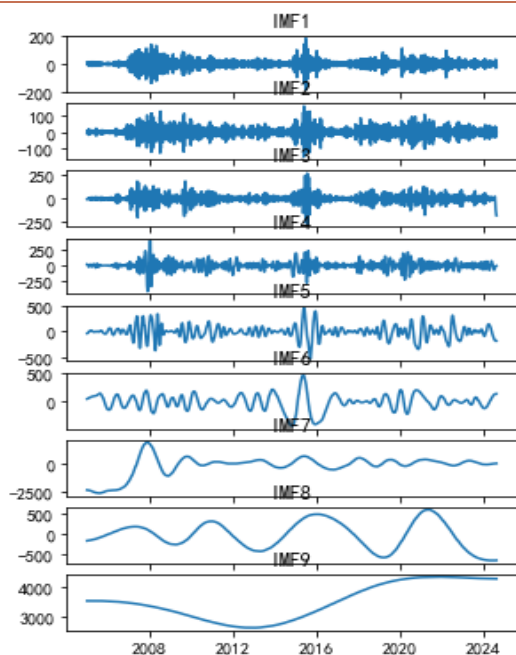
假设原始信号为 $x(t)$ ，第 $i$ 个 IMF 为 $IMF_i(t)$ ，剩余趋势项为 $r(t)$ 。EMD 的目标是将 $x(t)$ 分解为：

$$x(t) = \sum_{i=1}^N IMF_i(t) + r(t),$$

其中， $N$ 是分解得到的 IMF 的数量。

以沪深 300 指数价格为例，基于 EMD 可以将价格分解为 9 个 IMF，分别为从高频到低频的 IMF 信号，分别可以对应价格的短、中、长维度的周期。

图 5 基于 EMD 对沪深 300 收盘价分解得到的 IMF



资料来源：Wind，招商证券

EMD 具有多项优点：

- 1) 自适应性：EMD 不需要预先设定基函数，而是根据信号自身特性自适应地分解。
- 2) 非线性和非平稳信号处理：EMD 特别适合处理非线性和非平稳信号。
- 3) 多尺度分析：EMD 可将信号分解成不同尺度的 IMF，便于多尺度分析。

但同时，EMD 也存在一些局限：

- 1) 端点效应：在信号的起始和结束部分可能存在边界效应。
- 2) 模式混淆：当信号中存在相近频率的成分时，可能会发生模式混淆。
- 3) 计算复杂度：EMD 的计算量较大，特别是对于较长的时间序列。

针对 EMD 的局限性，Dragomiretskiy 和 Zosso 在 2014 年提出了一种改进方法——变分模态分解（Variational Mode Decomposition, VMD），VMD 是一种自适应、完全非递归的模态变分和信号处理的方法，其自适应性表现在根据实际情况确定所给序列的模态分解个数，随后的搜索和求解过程中可以自适应地匹配每种模态的最佳中心频率和有限带宽，并且可以实现 IMF 的有效分离、信号的频域划分，进而得到给定信号的有效分量，最终获得变分问题的最优解，进而能



够避免 EMD 中的一些问题，如端点效应和模态混叠。

VMD 的整体框架是变分问题，假设每个模态是具有不同中心频率的有限带宽，目标是使每个模态的估计带宽之和最小，因此该算法可分为变分问题的构造和求解。

VMD 的优点：

- 1) 克服了 EMD 方法存在端点效应和模态分量混叠的问题（通过控制带宽来避免混叠现象），同时具有更坚实的数学理论基础。
- 2) 可以降低复杂度高和非线性强的时间序列非平稳性，分解获得包含多个不同频率尺度且相对平稳的子序列，适用于非平稳性的序列。

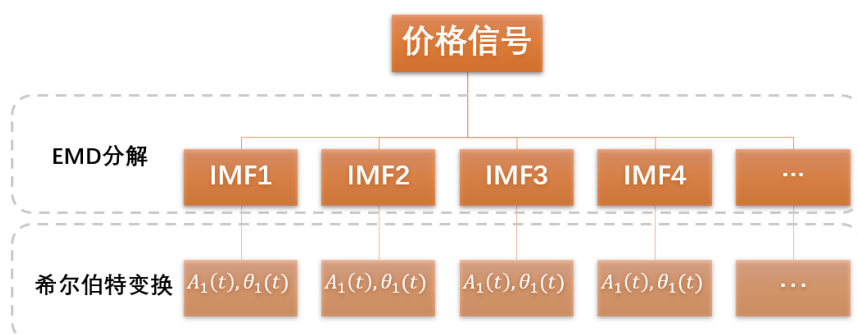
VMD 的缺点：

- 1) 最大的局限性是边界效应和突发的信号。这与基于 L2 平滑阶段的使用密切相关，该阶段过度惩罚了域边界和内部的跳跃。
- 2) 要求预先定义模态数 K，与聚类 and 分段算法具有相同的缺点。

### 3、希尔伯特-黄变换（HHT）

传统的频谱分析方法如傅里叶变换和小波变换等假设信号是线性的并且是平稳的，但现实世界中的许多信号并不满足这些假设。例如，在地震学、气象学以及金融市场上，信号往往是非线性的且随时间发生变化，这就使得传统频谱分析方法无法准确地捕捉到这些信号的动态特性。为了克服这些问题，美国国家大气研究中心（NCAR）的 Norden E. Huang 博士和他的团队提出了希尔伯特-黄变换（Hilbert-Huang Transform, HHT），并发表在《Proceedings of the Royal Society of London A》杂志上。这种方法结合了经验模态分解（EMD）和希尔伯特谱分析（HSA），旨在解决非线性、非平稳信号的分析问题。HHT 能够将信号分解为一组本征模态函数（IMFs），每组 IMF 都代表着信号中不同尺度的振荡模式。随后，通过对这些 IMFs 进行希尔伯特变换，可以获得信号的瞬时频率和瞬时幅值，从而得到信号的希尔伯特谱。

图 6 希尔伯特-黄变换（HHT）流程图



资料来源：招商证券

将价格数据经 HHT 变换后得到相位 $\theta(t)$ ，可以基于二分类算法如 Logistic 回归、朴素贝叶斯、决策树、KNN、SVM、XGBoost 等机器学习方法构建相位和涨跌幅的映射关系，进而依据当前相位对未来涨跌幅进行预测。

## 二、基于 HHT 模型和分类算法的指数择时策略

首先，直接基于预处理后的价格数据进行希尔伯特变换（HT），再根据得到的相位结果作出择时判断。根据前文所述，当相位 $\theta(t) \in [0, \frac{\pi}{2}]$ 即信号位于复平面的第一象限时，价格可能处于上升早期或刚刚从底部开始回升；当 $\theta(t) \in [\frac{\pi}{2}, \pi]$ 即信号位于复平面的第二象限时，表明价格上升趋势持续，但可能即将到达顶部区域。总之，当 $\theta(t) > 0$ 时，我们认为当前指数处于上升趋势。

其次，在 HT 的基础上，引入 EMD 即基于 HHT 构建择时策略：将指数收盘价通过 EMD 分解为不同频率的 $IMF_i$ 序列，提取次高频的 $IMF_2$ 或 $IMF_3$ 序列（最高频的 $IMF_1$ 代表噪声）。接着，将提取的 $IMF_3$ 经过希尔伯特变换得到相位 $\theta(t)$ 序列。最后，通过相位 $\theta(t)$ 来判断指数当前所处的周期进而作出择时判断。

然而，不同时间指数的周期模式可能有所区别，因此不同时间的相位对应指数所处的周期位置也可能并不完全一致。如何动态刻画和精确描述上涨趋势所对应的相位呢？接下来，通过机器学习算法（逻辑回归、支持向量机、朴素贝叶斯），基于相位和未来涨跌幅的历史数据来拟合两者关系，再根据当前相位 $\theta(t)$ 对未来指数趋势做出预测。

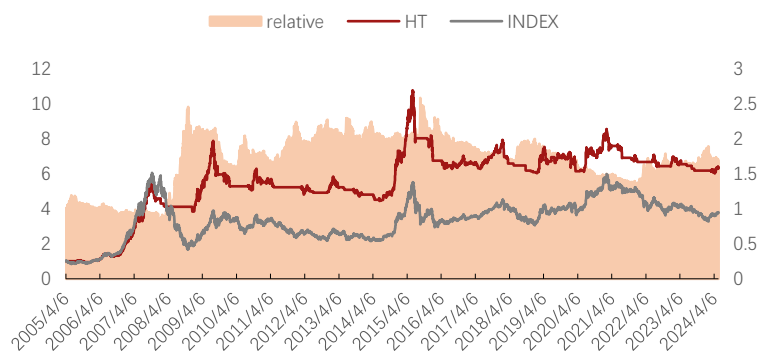
为了对比不同算法下的择时策略表现，下面我们将分别采用 HT（希尔伯特变换）、HHT（HT+EMD）、HHTML（HHT+MachineLearning）、MHHTML（Modified HHT+MachineLearning）构建择时策略，考察策略回测效果。

### 1、基于 HT 模型的指数择时策略

以沪深 300 为例，将沪深 300 收盘价通过希尔伯特变换分解为幅度和相位，根据前面的分析，当相位处于 $[0, \pi]$ 的范围时，价格处于上涨趋势，此时择时信号应为看多。但是要注意，对一个实值信号进行希尔伯特变换时，得到的虚部实际上是原信号经过了 $\pi/2$  相位延迟的结果。在根据相位判断指数所处周期位置时，需要考虑相位延迟的因素。因此，实际上，当相位处于 $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 的范围时，价格处于上涨趋势，此时择时信号应为看多。由于信号为日频，故我们将成交价格设为次日收盘价。另外，由于价格是非稳态序列，希尔伯特变换适用于窄带平稳信号，因此需要对价格数据进行预处理，即平滑（去噪）和差分（去趋势）。

从回测结果来看，HT 模型年化收益 9.71%，跑赢沪深 300 指数，回撤相对较低，但是整体效果仍待提升。

图 7 基于 HT 模型的指数择时策略：沪深 300



资料来源：Wind，招商证券

表 1: 基于 HT 模型的指数择时策略业绩统计: 沪深 300

业绩指标	HT	INDEX
年化收益率	9.71%	6.52%
最大回撤	43.94%	72.30%
年化波动率	29.17%	34.48%
卡玛比率	0.2210	0.0902
夏普比率	0.3330	0.1891
胜率	53.18%	--
上涨胜率	54.56%	--
下跌胜率	51.65%	--
盈亏比/赔率	0.8929	0.9353
年均换手次数	10.02	--

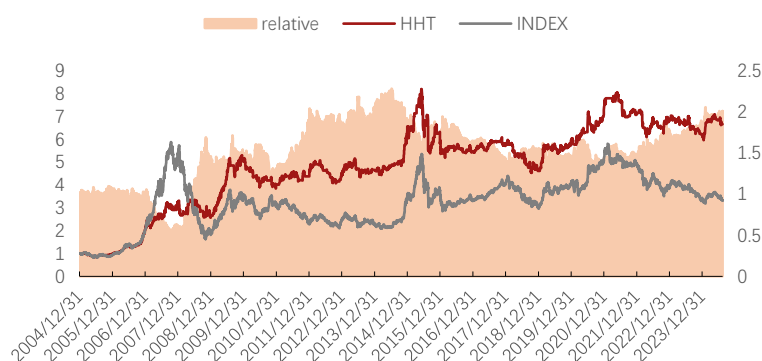
资料来源: Wind, 招商证券

## 2、基于 HHT 模型的指数择时策略

由于希尔伯特变换要求输入的数据必须是平稳的, 上节的做法是平滑+差分, 但是更标准的做法应当是通过 EMD 将价格序列分解为稳态单一频率的 IMFs, 再取合适的 IMF 进行希尔伯特变换。接下来, 我们直接将指数价格序列输入到 EMD 中, 分解得到 IMFs, 取代表中高频的 IMF3 作为输入进行希尔伯特变换。

从结果来看, 基于 HHT 模型的效果要略优于 HT 模型, 年化收益达到 10% 以上, 盈亏比有所提升, 但是整体效果仍待改进。

图 8 基于 HHT 模型的指数择时策略: 沪深 300



资料来源: Wind, 招商证券

表 2: 基于 HHT 模型的指数择时策略业绩统计: 沪深 300

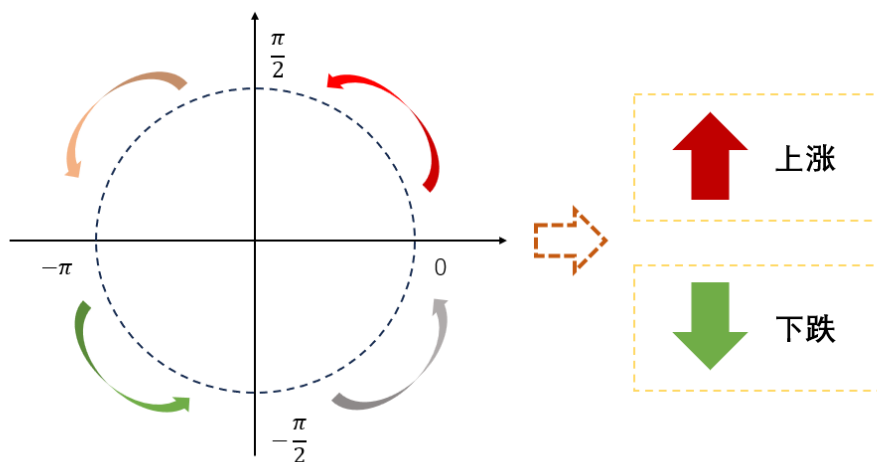
业绩指标	HHT	INDEX
年化收益率	10.13%	6.29%
最大回撤	44.81%	72.30%
年化波动率	29.56%	34.36%
卡玛比率	0.2261	0.0869
夏普比率	0.3427	0.1829
胜率	51.16%	--
上涨胜率	54.55%	--
下跌胜率	47.45%	--
盈亏比/赔率	0.9451	0.9385
年均换手次数	38.51	--

资料来源: Wind, 招商证券

### 3、基于 HHT 模型和分类算法的指数择时策略

实际上，由于金融市场的复杂性和可变性特征，价格的相位和所处周期趋势的映射关系可能并不固定，即相位和周期趋势的关系是动态变化的。因此，我们需要引入能够刻画两者关系的模型，来动态跟踪不同市场环境下相位和周期的映射关系。这里，我们应用机器学习算法（Machine Learning）来解决该二分类问题：将过去  $M$  日<sup>1</sup>的相位信号作为  $X$ ，未来 1 日涨跌幅作为  $Y$ ，输入二分类器训练，再将当日相位输入训练好的模型得到预测结果，分类器每隔 5 日重新训练。

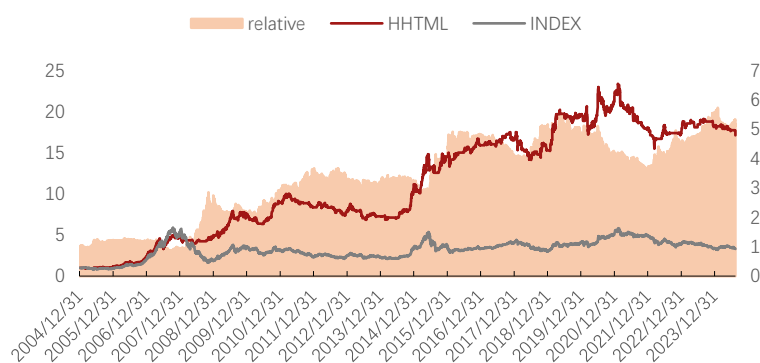
图 9 相位和未来涨跌的映射关系



资料来源：招商证券

经过机器学习算法定期训练后，策略效果显著提升，年化收益达到 15%，最大回撤降低至 34%。

图 10 基于 HHTML 模型的指数择时策略：沪深 300



资料来源：Wind，招商证券

<sup>1</sup> 参数  $M$  通过样本内寻优（最大夏普比率）确定，样本内和样本外时间节点：2020 年 12 月 31 日。

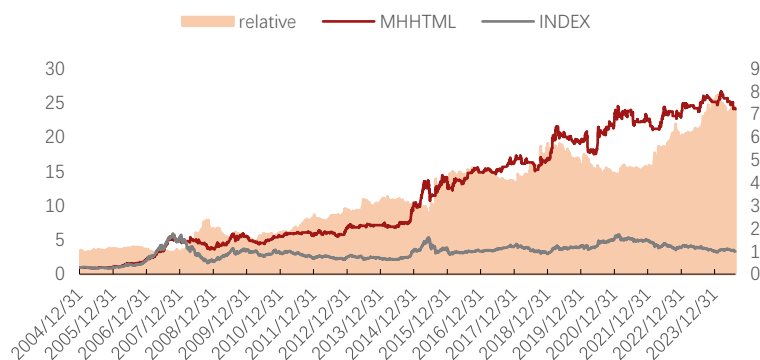
表 3: 基于 HHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 沪深 300

业绩指标	HHTML	INDEX
年化收益率	15.56%	6.29%
最大回撤	33.70%	72.30%
年化波动率	29.23%	34.36%
卡玛比率	0.4616	0.0869
夏普比率	0.5322	0.1829
胜率	53.03%	--
上涨胜率	56.03%	--
下跌胜率	49.74%	--
盈亏比/赔率	0.9372	0.9385
年均换手次数	27.81	--

资料来源: Wind, 招商证券

最后, 尝试基于 VMD 的改进 HHT 模型, 结合二分类算法构建择时策略 (Modified Hilbert-Huang Transformation with Machine Learning, MHHTML)。效果大幅提升, 年化收益提升至近 18%, 赔率也有所提高。

图 11 基于 MHHTML 模型的指数择时策略: 沪深 300



资料来源: Wind, 招商证券

表 4: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 沪深 300

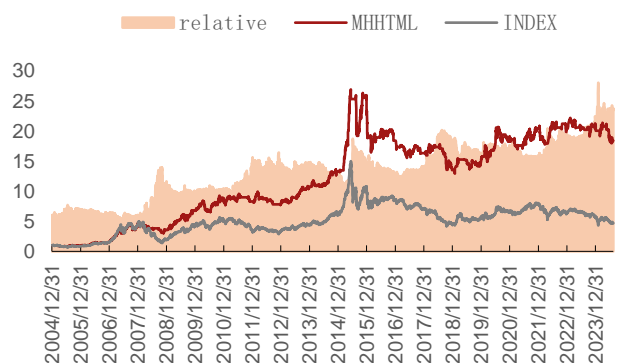
业绩指标	MHHTML	INDEX
年化收益率	17.58%	6.29%
最大回撤	34.01%	72.30%
年化波动率	29.09%	34.36%
卡玛比率	0.5170	0.0869
夏普比率	0.6044	0.1829
胜率	52.26%	--
上涨胜率	51.62%	--
下跌胜率	52.95%	--
盈亏比/赔率	0.9659	0.9385
年均换手次数	25.87	--

资料来源: Wind, 招商证券

## 4、MHHTML 模型在其他指数上的表现

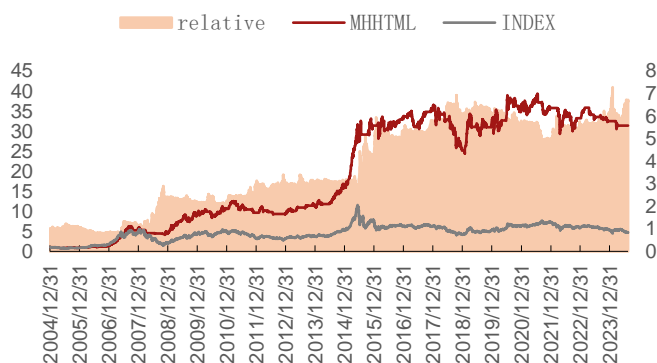
下面, 我们考察 MHHTML 模型在其他主要指数上的回测效果。首先来看在不同市值宽基指数上的效果: 策略在中证 1000 上年化收益近 16%, 在中证 500 上年化收益超 19%。

图 12 MHHTML 择时策略：中证 1000



资料来源：Wind，招商证券

图 13 MHHTML 择时策略：中证 500



资料来源：Wind，招商证券

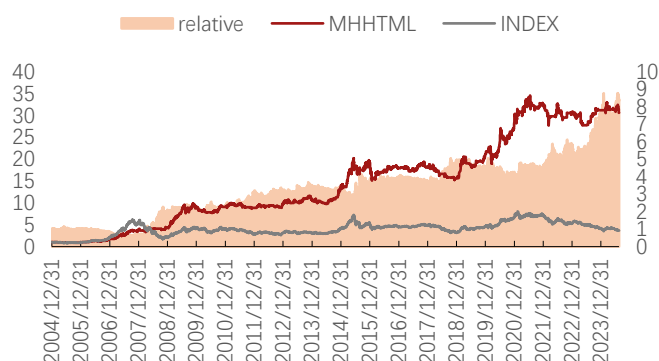
表 5: MHHTML 择时策略业绩统计：中证 1000&中证 500

业绩指标	MHHTGML	中证 1000	MHHTGML	中证 500
年化收益率	15.99%	8.14%	19.18%	8.16%
最大回撤	52.11%	72.51%	36.53%	72.42%
年化波动率	31.87%	38.05%	31.56%	37.09%
卡玛比率	0.3069	0.1123	0.5251	0.1127
夏普比率	0.5016	0.2140	0.6079	0.2201
胜率	54.29%	--	54.42%	--
上涨胜率	62.24%	--	64.08%	--
下跌胜率	44.29%	--	42.68%	--
盈亏比/赔率	0.8154	0.8296	0.8562	0.8600
年均换手次数	15.38	--	7.23	--

资料来源：Wind，招商证券

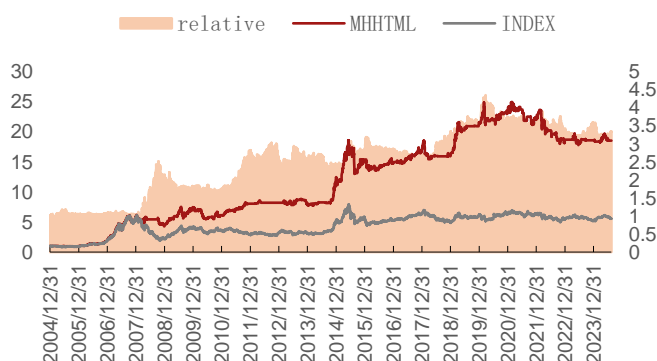
策略在国证成长上的年化收益超 19%，回撤 25%左右，在国证价值上的年化收益达 16%，回撤约 30%。

图 14 MHHTGML 择时策略：国证成长



资料来源：Wind，招商证券

图 15 MHHTGML 择时策略：国证价值



资料来源：Wind，招商证券



表 6: MHHTML 择时策略业绩统计: 国证成长&amp;国证价值

业绩指标	MHHTML	国证成长	MHHTML	国证价值
年化收益率	19.04%	6.80%	16.03%	9.12%
最大回撤	25.19%	72.01%	31.44%	68.77%
年化波动率	29.82%	35.37%	30.13%	34.31%
卡玛比率	0.7560	0.0944	0.5101	0.1326
夏普比率	0.6385	0.1921	0.5321	0.2658
胜率	53.89%	--	53.53%	--
上涨胜率	57.63%	--	57.50%	--
下跌胜率	49.73%	--	49.11%	--
盈亏比/赔率	0.9315	0.9290	0.9220	0.9431
年均换手次数	27.10	--	17.01	--

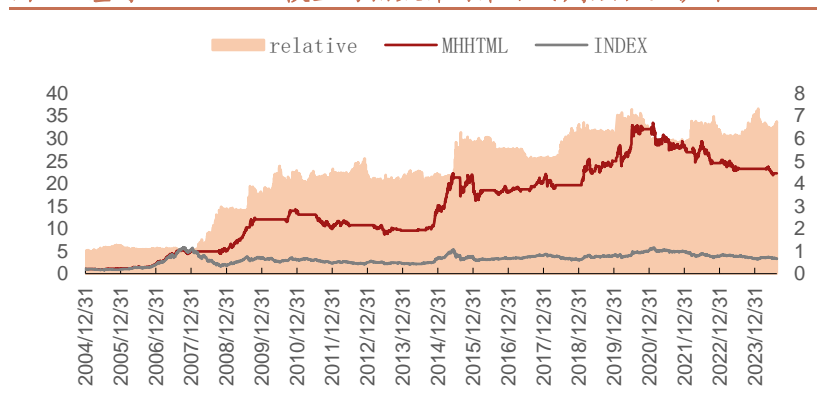
资料来源: Wind, 招商证券

## 5、基于 MHHTML 模型的周频择时策略

考虑到日频信号的交易频率过快, 交易次数过多带来的交易损耗会对策略实际效果产生影响。因此, 接下来考虑 MHHTML 模型在周维度上的效果。策略设定基本与此前保持一致, 唯一不同点是在训练相位和未来涨跌关系的模型时, 我们将未来 1 日涨跌替换为未来 5 日涨跌。

周频策略在沪深 300 上的年化收益超过 17%, 上涨胜率相对较高, 一年平均只有 3 次信号调整, 相对日频信号大幅降低, 适合中低频仓位调整。

图 16 基于 MHHTML 模型的指数择时策略 (周频): 沪深 300



资料来源: Wind, 招商证券

表 7: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略 (周频) 业绩统计: 沪深 300

业绩指标	MHHTML	INDEX
年化收益率	17.13%	6.29%
最大回撤	38.54%	72.30%
年化波动率	29.79%	34.36%
卡玛比率	0.4444	0.0869
夏普比率	0.5749	0.1829
胜率	53.18%	--
上涨胜率	60.88%	--
下跌胜率	44.72%	--
盈亏比/赔率	0.9570	0.9385
年均换手次数	2.75	--

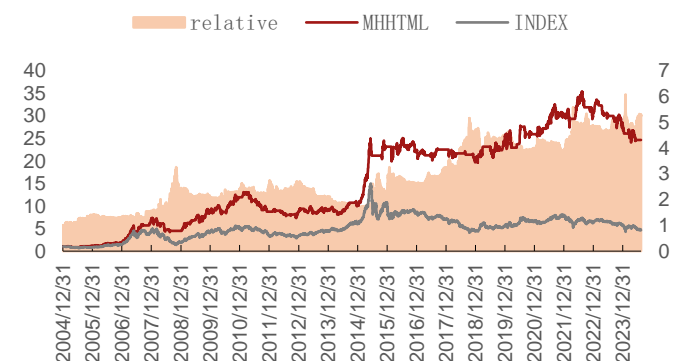
资料来源: Wind, 招商证券

周频策略在中证 500 和中证 1000 上的表现也较为优异, 年化收益均超 17%。

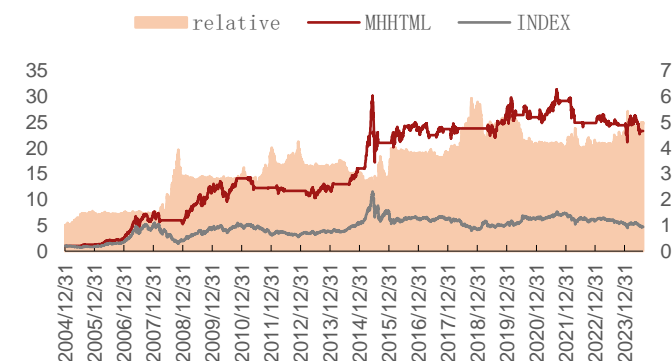
国证成长和国证价值上的年化收益也在 16% 以上，且换手相对较低。

图 17 MHHTML 择时策略（周频）：中证 1000

图 18 MHHTML 择时策略（周频）：中证 500



资料来源：Wind，招商证券



资料来源：Wind，招商证券

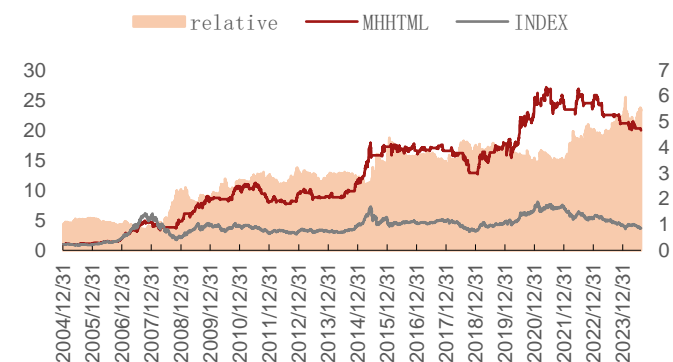
表 8：MHHTML 择时策略（周频）业绩统计：中证 1000&中证 500

业绩指标	MHHTML	中证 1000	MHHTML	中证 500
年化收益率	17.73%	8.14%	17.40%	8.16%
最大回撤	44.14%	72.51%	42.82%	72.42%
年化波动率	31.95%	38.05%	31.74%	37.09%
卡玛比率	0.4017	0.1123	0.4064	0.1127
夏普比率	0.5550	0.2140	0.5482	0.2201
胜率	54.44%	--	54.44%	--
上涨胜率	64.46%	--	61.25%	--
下跌胜率	41.83%	--	46.17%	--
盈亏比/赔率	0.8298	0.8296	0.8375	0.8600
年均换手次数	6.93	--	2.34	--

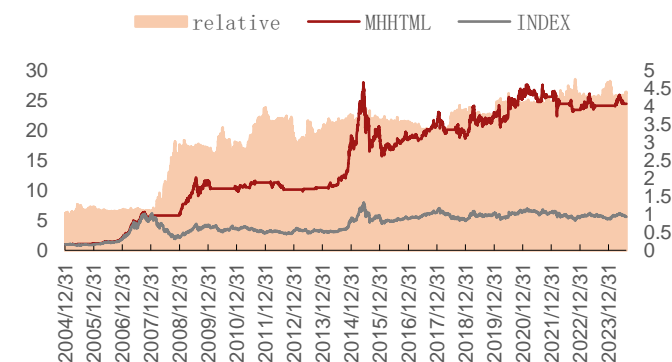
资料来源：Wind，招商证券

图 19 MHHTML 择时策略（周频）：国证成长

图 20 MHHTML 择时策略（周频）：国证价值



资料来源：Wind，招商证券



资料来源：Wind，招商证券

表 9: MHHTML 择时策略（周频）业绩统计：国证成长&amp;国证价值

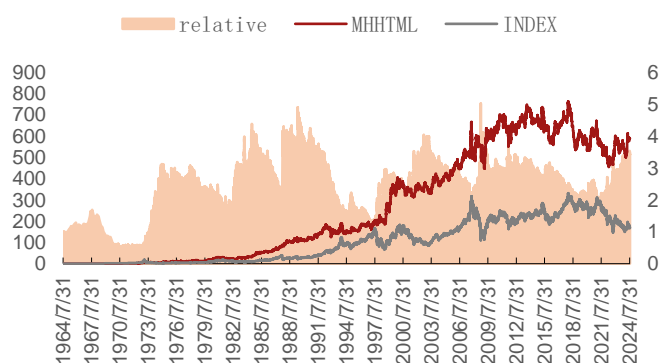
业绩指标	MHHTML	国证成长	MHHTML	国证价值
年化收益率	16.46%	6.80%	17.65%	9.12%
最大回撤	32.37%	72.01%	43.87%	68.77%
年化波动率	29.58%	35.37%	30.08%	34.31%
卡玛比率	0.5086	0.0944	0.4024	0.1326
夏普比率	0.5565	0.1921	0.5869	0.2658
胜率	52.05%	--	53.32%	--
上涨胜率	53.76%	--	63.43%	--
下跌胜率	50.13%	--	42.06%	--
盈亏比/赔率	0.9624	0.9290	0.9564	0.9431
年均换手次数	8.76	--	3.16	--

资料来源：Wind，招商证券

## 6、MHHTML 模型在其他资产上的择时效果

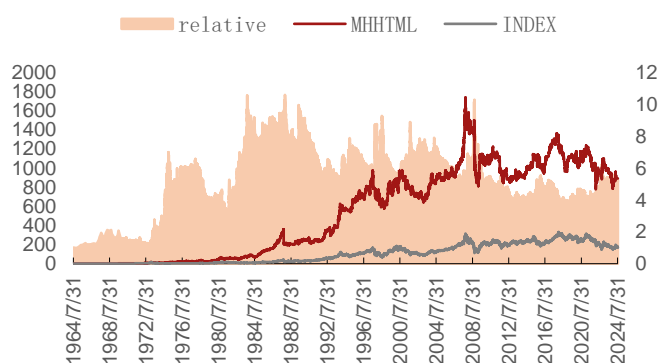
最后，考察 MHHTML 模型在除 A 股的其他资产（港股、美股、商品、利率债等）上的表现：

图 21 MHHTML 轮动策略（日频）：恒生指数



资料来源：Wind，招商证券

图 22 MHHTML 轮动策略（周频）：恒生指数



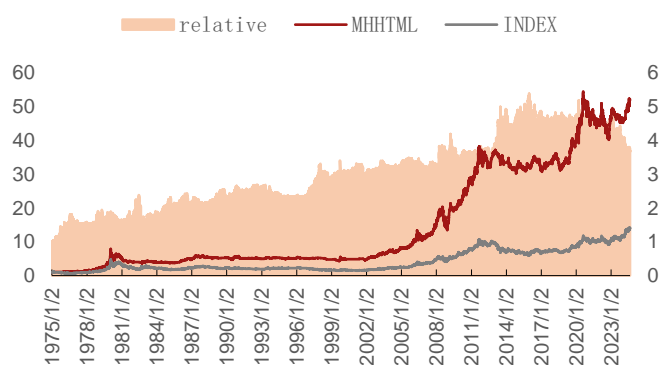
资料来源：Wind，招商证券

表 10: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计：恒生指数

业绩指标	日频策略	周频策略	INDEX
年化收益率	11.20%	11.97%	8.94%
最大回撤	46.72%	55.34%	91.54%
年化波动率	22.63%	24.46%	31.75%
卡玛比率	0.2396	0.2162	0.0976
夏普比率	0.4947	0.4894	0.2815
胜率	51.50%	51.49%	--
上涨胜率	54.78%	57.32%	--
下跌胜率	48.11%	45.35%	--
盈亏比/赔率	1.0470	1.0336	1.0048
年均换手次数	22.97	10.72	--

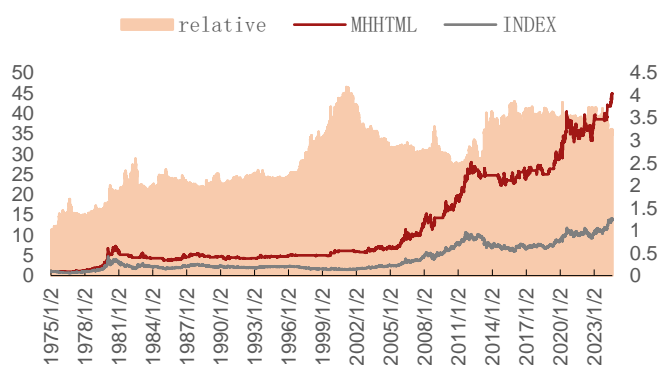
资料来源：Wind，招商证券

图 23 MHHTML 轮动策略（日频）：COMEX 黄金



资料来源：Wind，招商证券

图 24 MHHTML 轮动策略（周频）：COMEX 黄金



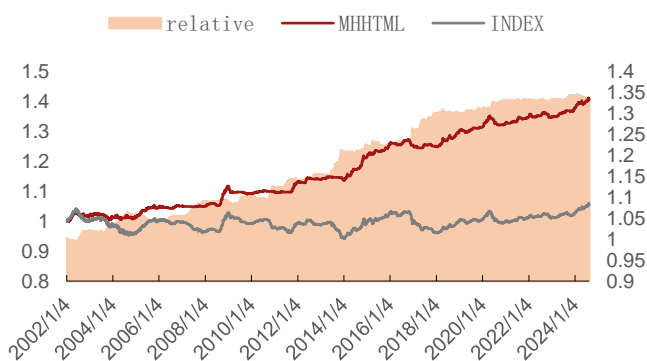
资料来源：Wind，招商证券

表 11：基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计：COMEX 黄金

业绩指标	日频策略	周频策略	INDEX
年化收益率	8.28%	7.96%	5.45%
最大回撤	53.92%	48.52%	69.66%
年化波动率	20.79%	20.00%	23.83%
卡玛比率	0.1535	0.1641	0.0783
夏普比率	0.3981	0.3981	0.2289
胜率	50.92%	51.30%	--
上涨胜率	61.29%	56.43%	--
下跌胜率	41.66%	47.53%	--
盈亏比/赔率	1.0010	0.9983	1.0074
年均换手次数	51.40	3.83	--

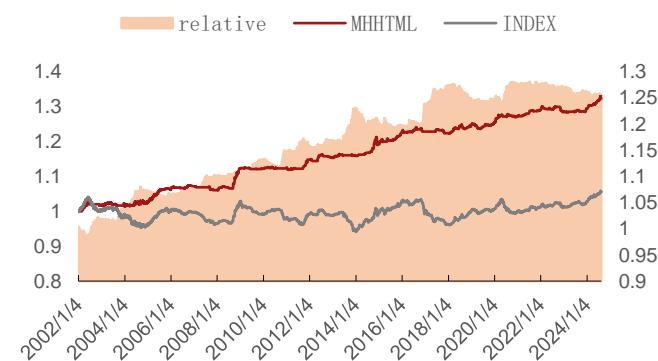
资料来源：Wind，招商证券

图 25 MHHTML 轮动策略（日频）：中债-新综合净价指数（CBA00102.CS）



资料来源：Wind，招商证券

图 26 MHHTML 轮动策略（周频）：中债-新综合净价指数（CBA00102.CS）



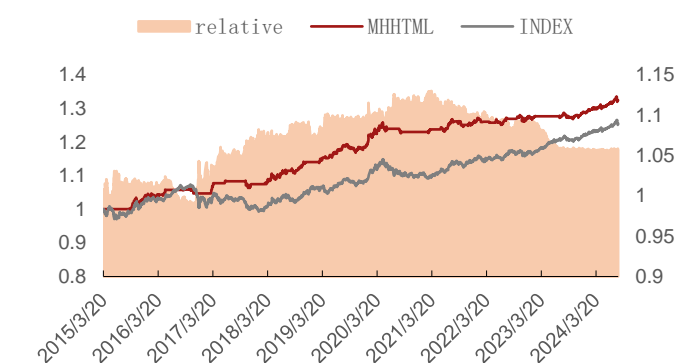
资料来源：Wind，招商证券

表 12: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 中债-新综合净价指数 (CBA00102.CS)

业绩指标	日频策略	周频策略	INDEX
年化收益率	1.52%	1.24%	0.24%
最大回撤	3.00%	1.85%	9.56%
年化波动率	21.13%	21.13%	21.16%
卡玛比率	0.5080	0.6707	0.0251
夏普比率	0.0720	0.0587	0.0113
胜率	52.34%	49.05%	--
上涨胜率	67.02%	49.70%	--
下跌胜率	47.72%	59.01%	--
盈亏比/赔率	0.4659	0.4152	0.5977
年均换手次数	20.51	13.88	--

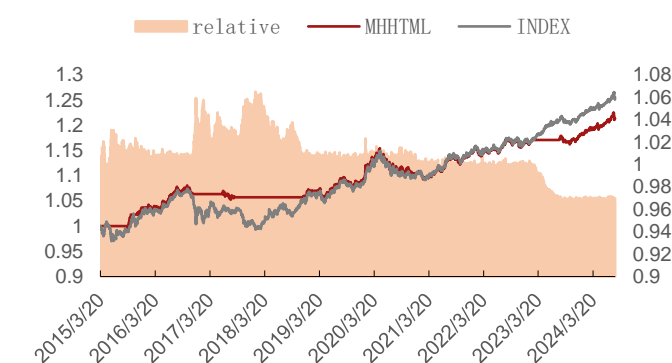
资料来源: Wind, 招商证券

图 27 MHHTML 轮动策略 (日频): 10 年期国债期货



资料来源: Wind, 招商证券

图 28 MHHTML 轮动策略 (周频): 10 年期国债期货



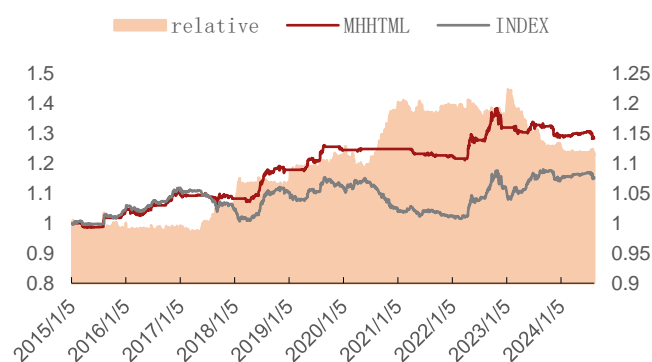
资料来源: Wind, 招商证券

表 13: 基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计: 10 年期国债期货

业绩指标	日频策略	周频策略	INDEX
年化收益率	3.02%	2.07%	2.45%
最大回撤	2.55%	5.34%	7.57%
年化波动率	33.27%	33.27%	33.39%
卡玛比率	1.1876	0.3881	0.3230
夏普比率	0.0909	0.0623	0.0733
胜率	53.28%	52.31%	--
上涨胜率	56.82%	66.83%	--
下跌胜率	50.14%	36.69%	--
盈亏比/赔率	0.4701	0.5077	0.6420
年均换手次数	5.95	2.13	--

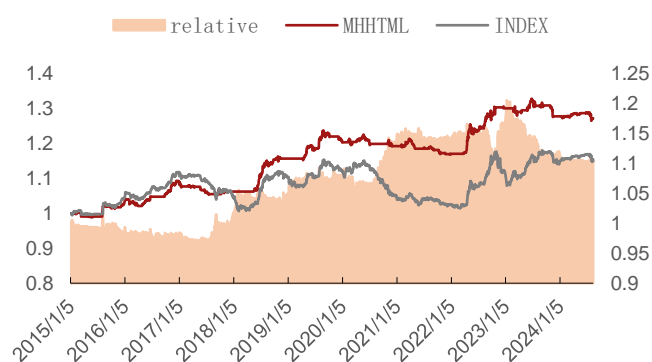
资料来源: Wind, 招商证券

图 29 MHHTML 轮动策略（日频）：HKEX 美元兑人民币期货



资料来源：Wind，招商证券

图 30 MHHTML 轮动策略（周频）：HKEX 美元兑人民币期货



资料来源：Wind，招商证券

表 14：基于 MHHTML 模型的指数择时策略业绩统计：HKEX 美元兑人民币期货

业绩指标	日频策略	周频策略	INDEX
年化收益率	2.63%	2.53%	1.46%
最大回撤	7.41%	5.57%	12.09%
年化波动率	32.98%	32.96%	33.07%
卡玛比率	0.3552	0.4551	0.1206
夏普比率	0.0798	0.0768	0.0441
胜率	51.90%	51.64%	--
上涨胜率	58.16%	55.06%	--
下跌胜率	46.01%	48.95%	--
盈亏比/赔率	0.5290	0.5036	0.6284
年均换手次数	7.49	6.87	--

资料来源：Wind，招商证券



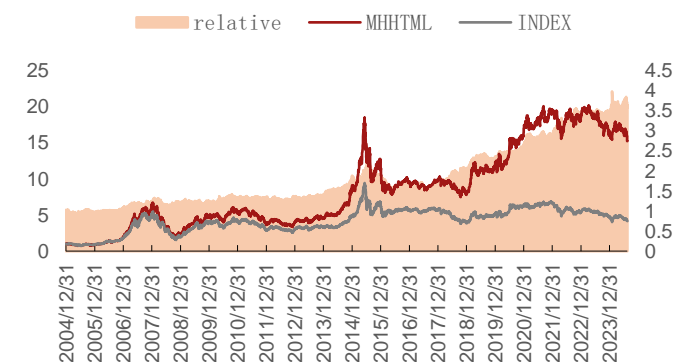
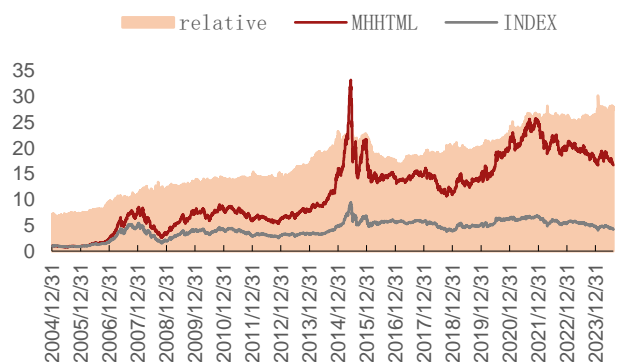
### 三、基于 MHHTML 模型的指数轮动策略

上一章我们根据 VMD 算法、希尔伯特变换和二分类机器学习算法构建了单一指数上的择时策略。下面，在此基础上，尝试构建在不同风格指数上的轮动策略。策略设定与之前基本保持一致，唯一不同点在于：此前训练分类器时采用二分类模型，分类结果无非标的指数“涨”或者“跌”，而对于多个指数之间的比较，可以采用相对涨跌来刻画，例如构建大小盘指数轮动策略，那么可以将相对涨跌定义为  $\text{sign}(\text{沪深 300 涨跌幅} - \text{中证 1000 涨跌幅})$ ，进而转化为二分类问题。

大小盘轮动日频策略年化收益约 15%，周频策略年化收益近 15%，相对等权基准(沪深 300 和中证 1000 日收益均值计算得到的累计净值)超额相对稳健，一年平均换手 20 次左右。

图 31 MHHTML 轮动策略（日频）：沪深 300 vs 中证 1000

图 32 MHHTML 轮动策略（周频）：沪深 300 vs 中证 1000



资料来源：Wind，招商证券

资料来源：Wind，招商证券

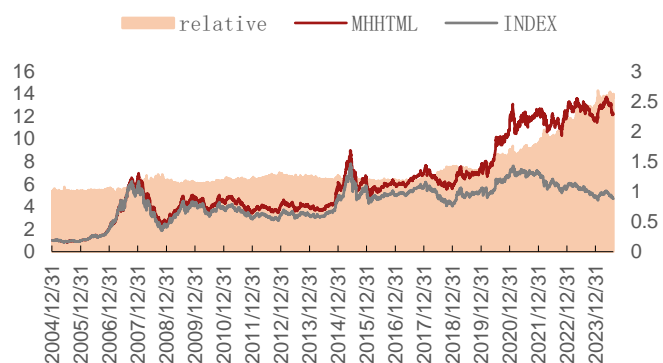
表 15：基于 MHHTML 模型的指数轮动策略：沪深 300 vs 中证 1000

业绩指标	日频策略	周频策略	基准
年化收益率	15.42%	14.88%	7.55%
最大回撤	69.61%	73.66%	71.85%
年化波动率	36.57%	36.55%	35.22%
卡玛比率	0.2215	0.2020	0.1050
夏普比率	0.4216	0.4070	0.2143
盈亏比/赔率	0.8908	0.8928	0.8938
年均换手次数	6.52	19.86	--

资料来源：Wind，招商证券

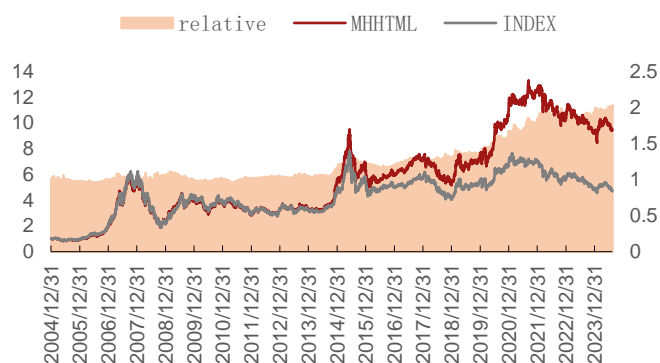
成长价值风格轮动日频策略年化收益约 14%，周频策略约 12%，超额收益稳定，且每年平均换手较低，分别约 10 次和 4 次。

图 33 MHHTML 轮动策略（日频）：国证成长 vs 国证价值



资料来源：Wind，招商证券

图 34 MHHTML 轮动策略（周频）：国证成长 vs 国证价值



资料来源：Wind，招商证券

表 16：基于 MHHTML 模型的指数轮动策略：国证成长 vs 国证价值

业绩指标	日频策略	周频策略	基准
年化收益率	13.62%	12.15%	8.18%
最大回撤	68.28%	69.57%	70.23%
年化波动率	34.94%	35.01%	34.38%
卡玛比率	0.1995	0.1746	0.1165
夏普比率	0.3899	0.3470	0.2380
盈亏比/赔率	0.9497	0.9383	0.9412
年均换手次数	9.98	3.57	--

资料来源：Wind，招商证券

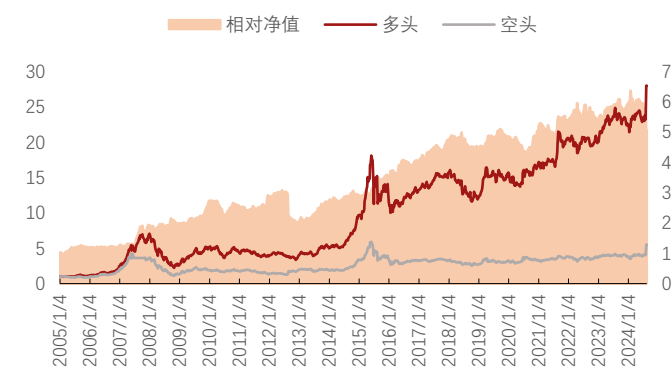
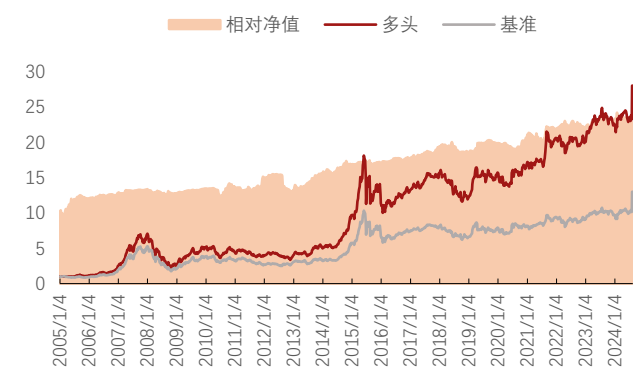
## 四、基于 MHHTML 模型的选股策略

前面我们基于 MHHTML 模型分别构建了单指数择时策略、双指数轮动策略，本章我们尝试构建选股策略，交易信号频率为周频。模型的基本设定和步骤与第二章中单指数择时策略类似，只不过这里我们将指数收盘价替换为个股的收盘价，交易时间同样设定为第二个交易日的收盘。基于二分类模型，每期选取个股择时信号为看多的股票进入多头组合，选取个股上择时信号为看空的股票进入空头组合。由于模型的运算复杂度较高，因此本章我们以上证 50、创业板指、中证红利成分股为例，考察成分股内的选股效果。

从 MHHTML 模型在上证 50 成分股中的选股表现来看，多头策略年化收益近 19%，相对基准（成分股平均）超额收益近 5%，相对空头组合超额超 9%，且换手率相对较低。

图 35 MHHTML 选股策略：上证 50（多头）

图 36 MHHTML 选股策略：上证 50（多空）



资料来源：Wind，招商证券

资料来源：Wind，招商证券

表 17：基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计：上证 50

业绩指标	多头	空头	基准
年化收益率	18.51%	9.12%	13.96%
最大回撤	68.43%	74.67%	67.00%
年化波动率	28.91%	30.18%	15.74%
卡玛比率	0.2705	0.1221	0.2084
夏普比率	0.6403	0.3021	0.8871
胜率	53.83%	--	--
盈亏比/赔率	1.03	1.10	1.12
周均换手率	9%	--	--

资料来源：Wind，招商证券

从 MHHTML 模型在创业板指成分股中的选股表现来看，多头策略年化收益近 15%，相对基准（成分股平均）超额收益近 5%，相对空头组合超额超 9%，且换手率相对较低。

图 37 MHHTML 选股策略：创业板指（多头）



资料来源：Wind，招商证券

图 38 MHHTML 选股策略：创业板指（多空）



资料来源：Wind，招商证券

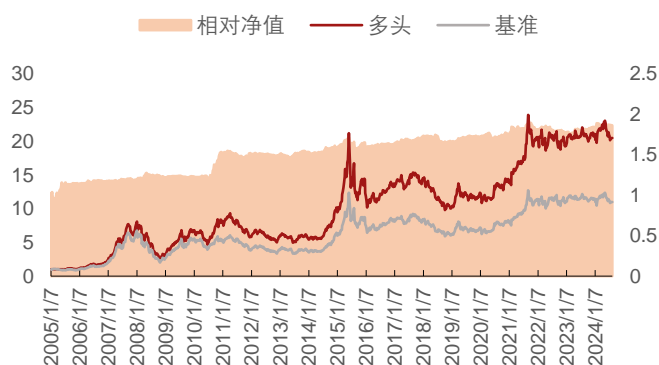
表 18：基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计：创业板指

业绩指标	多头	空头	基准
年化收益率	14.83%	5.51%	10.29%
最大回撤	68.91%	66.83%	63.03%
年化波动率	36.96%	37.64%	11.85%
卡玛比率	0.2152	0.0824	0.1632
夏普比率	0.4013	0.1463	0.8681
胜率	53.99%	--	--
盈亏比/赔率	1.05	0.99	1.17
周均换手率	11%	--	--

资料来源：Wind，招商证券

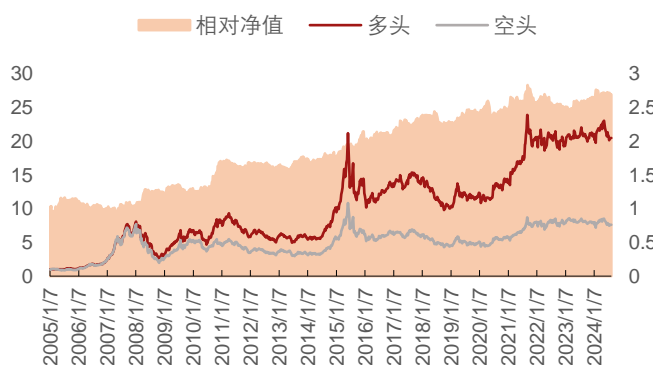
从 MHHTML 模型在中证红利成分股中的选股表现来看，多头策略年化收益超 16%，相对基准（成分股平均）超额收益近 4%，相对空头组合超额近 6%，且换手率相对较低。

图 39 MHHTML 选股策略：中证红利（多头）



资料来源：Wind，招商证券

图 40 MHHTML 选股策略：中证红利（多空）



资料来源：Wind，招商证券

表 19：基于 MHHTML 模型的选股策略业绩统计：中证红利

业绩指标	多头	空头	基准
年化收益率	16.63%	10.89%	13.00%
最大回撤	69.55%	74.51%	70.35%
年化波动率	30.02%	30.80%	10.95%
卡玛比率	0.2392	0.1462	0.1848
夏普比率	0.5540	0.3538	1.1872
胜率	51.58%	--	--

业绩指标	多头	空头	基准
盈亏比/赔率	1.06	1.00	1.16
周均换手率	10%	--	--

资料来源：Wind，招商证券

## 五、总结与思考

本篇报告基于改进的希尔伯特-黄变换（VMD+希尔伯特变换），将指数价格转换为周期相位信号，再结合机器学习算法，构建择时策略。MHHTML 策略在宽基、风格、多资产指数上都表现出不错的效果。

接着，对二分类器的输入和输出进行适当变换，构建大小盘和风格轮动策略，也能取得较好的效果。

最后，尝试在个股（上证 50 成分股）上应用 MHHTML 模型构建选股策略，也取得了理想的效果。如果有其他感兴趣的股票池，欢迎随时与我们联系。



## 分析师承诺

负责本研究报告的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

## 评级说明

报告中所涉及的投资评级采用相对评级体系，基于报告发布日后 6-12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期当地市场基准指数的市场表现预期。其中，A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 指数为基准。具体标准如下：

### 股票评级

强烈推荐：预期公司股价涨幅超越基准指数 20%以上

增持：预期公司股价涨幅超越基准指数 5-20%之间

中性：预期公司股价变动幅度相对基准指数介于±5%之间

减持：预期公司股价表现弱于基准指数 5%以上

### 行业评级

推荐：行业基本面向好，预期行业指数超越基准指数

中性：行业基本面稳定，预期行业指数跟随基准指数

回避：行业基本面转弱，预期行业指数弱于基准指数

## 重要声明

本报告由招商证券股份有限公司（以下简称“本公司”）编制。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告基于合法取得的信息，但本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价，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。除法律或规则规定必须承担的责任外，本公司及其雇员不对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。

本报告版权归本公司所有。本公司保留所有权利。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、引用或转载，否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。