

专题报告-基本面量化

基于非线性系统稳定性构建择时模型



报告日期：2022 年 12 月 7 日

章顺 资深分析师(基本面量化)
从业资格号：F0301166
投资咨询号：Z0011689
Tel: 8621-63325888-3902
Email: shun.zhang@orientfutures.com

★摘要：

在工程学科中，尤其是控制理论中，非线性系统的稳定性一直是重点关注的问题之一。我们在最近一年的专题报告中经常提及复杂系统相关的理论，该理论的研究对象就是非线性系统。金融市场作为典型的复杂系统，非线性系统的稳定性理论能否借鉴呢？李雅普诺夫稳定性理论被广泛应用于系统稳定性分析。我们基于最大李亚普诺夫指数构建多元资产的择时模型，其中这里提到的最大李亚普诺夫指数是 Michael T. Rosenstein 等人提出来的新方法。在实证部分，我们的设定和结论如下：

- 第一，多元资产的测试样本包括股指、国债、商品和外汇；
- 第二，滚动计算各资产的最大李亚普诺夫指数(144 个交易日)，通过求和计算被预测资产的稳定性指标，滚动计算稳定性指标的斜率(89 个交易日)以及资产行情时间序列的均线组合(12、18、24 和 30 个交易日)，综合稳定性指标的斜率变化以及资产行情序列均线构建被预测资产的择时模型，择时点既是上期离场点，也是当期进场点；
- 第三，测试结果中，沪深 300 指数的测试胜率明显高于其他资产，中国十年期国债的测试胜率不及 50%。需要注意的是，CRB 现货商品指数的测试样本超过 30 年，美元指数的测试样本更是超过 45 年，在如此长期的测试中，模型测试胜率均能达到 60%左右。测试结果表明基于非线性系统稳定性构建的择时模型，在胜率和累计盈亏上看，具备实际操作的可行性。

我们在最近的报告中均借鉴了复杂系统相关的理论，工程学科中的方法论在金融市场也有用武之地，实证测试的结果符合预期。复杂系统理论在金融市场中的应用越来越受到机构投资者的关注，我们将在未来的研究中继续探讨复杂系统理论如何应用于金融市场。

重要事项：本报告版权归上海东证期货有限公司所有。未获得东证期货书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。本报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成交易建议，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。
有关分析师承诺，见本报告最后部分。并请阅读报告最后一页的免责声明。

目录

1、 导语：非线性系统的稳定性.....	4
2、 李雅普诺夫稳定性	4
2.1、 李雅普诺夫指数的算法及问题	4
2.2、 李雅普诺夫指数的新算法	5
3、 从系统稳定性的视角测试市场的变盘点.....	8
3.1、 实证方案.....	8
3.2、 实证数据.....	8
3.3、 基于李雅普诺夫指数的多元资产择时模型测试.....	9
3.3.1、 股指择时测试.....	10
3.3.2、 利率择时测试.....	12
3.3.3、 商品指数择时测试.....	14
3.3.4、 外汇择时测试.....	16
4、 结论及展望.....	18
5、 参考文献.....	18

图表目录

图表 1: 计算最大李雅普诺夫指数的流程	7
图表 2: 多元资产样本数据说明	9
图表 3: 沪深 300 择时模型的构建方案	10
图表 4: 股指择时测试结果 (本金一万元, 无杠杆指数交易)	11
图表 5: 基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 1	11
图表 6: 基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 2	11
图表 7: 基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 3	11
图表 8: 基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 4	11
图表 9: 基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 1	12
图表 10: 基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 2	12
图表 11: 基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 3	12
图表 12: 基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 4	12
图表 13: 中国十年期国债择时模型的构建方案	13
图表 14: 中国十年期国债择时测试结果 (根据利差计算损益, 无杠杆交易)	13
图表 15: 中国十年期国债择时测试结果 1	13
图表 16: 中国十年期国债择时测试结果 2	13
图表 17: 中国十年期国债择时测试结果 3	14
图表 18: 中国十年期国债择时测试结果 4	14
图表 19: CRB 现货商品指数择时模型的构建方案	14
图表 20: CRB 现货商品指数择时测试结果 (本金一千美元, 无杠杆, 指数交易)	15
图表 21: CRB 现货商品指数择时测试结果 1	15
图表 22: CRB 现货商品指数择时测试结果 2	15
图表 23: CRB 现货商品指数择时测试结果 3	15
图表 24: CRB 现货商品指数择时测试结果 4	15
图表 25: 美元指数择时模型的构建方案	16
图表 26: 美元指数择时测试结果 (本金两百美元, 无杠杆, 指数交易)	16
图表 27: 美元指数择时测试结果 1	16
图表 28: 美元指数择时测试结果 2	16
图表 29: 美元指数择时测试结果 3	17
图表 30: 美元指数择时测试结果 4	17
图表 31: 不同资产测试胜率对比	17

1、导语：非线性系统的稳定性

非线性系统在现实世界中是广泛存在的。虽然现有的经济学模型中非线性的描述并不多见，但金融市场的非线性特征已经被数理科学家论证过，如金融危机，这类情形就能反映市场的非线性特征，在《多元资产之间的因果分析》等专题报告中也有相关的描述。

非线性系统一般都存在多个性质有所差异的平衡点，这是区别于线性系统的主要标志之一。一般而言，系统的非线性越强，混沌特性可能越明显。当一个系统具有混沌特性时，其初始值的微小变化将可能导致输出量的剧烈改变。非线性系统的参数发生变化时，可能导致两种结果：一种是产生许多新的平衡点，另一种是其平衡点的稳定性发生变化。

在金融市场是一个非线性系统的前提下，非线性系统稳定性的概念能否应用于金融市场呢？两者所在的学科不同，但非线性特征是共同点。我们把非线性系统的稳定性变化点类比为金融市场的变盘点，变盘点既要考虑趋势拐点，也要考虑市场波动率的变化。接下来，我们将从非线性系统稳定性的视角去构建择时模型，通过择时模型的测试来深入理解金融波动。

2、李雅普诺夫稳定性

1892 年，俄国数学家、力学家李雅普诺夫 (A.M. Lyapunov) 在他的博士论文《运动稳定性的一般问题》中，提出了著名的李雅普诺夫稳定性理论。该理论作为稳定性判别的一般方法，适用于各类动态系统。李雅普诺夫稳定性理论的核心是提出了判别系统稳定性的两种方法，分别被称为李雅普诺夫第一方法和第二方法。李雅普诺夫第一方法是通过求解系统的动态方程，然后根据解的性质来判断系统的稳定性，其基本思路和分析方法与古典控制理论是一致的。李雅普诺夫第二方法则是一种定性方法，它无需求解复杂的系统微分方程，而是通过构造一个类似于能量函数的标量李雅普诺夫函数，然后再根据李雅普诺夫函数随时间变化的情况来直接判定系统的稳定性。因此，它特别适合于那些难以求解的非线性系统和时变系统。

2.1、李雅普诺夫指数的算法及问题

在过去的十年中，区分确定性混沌和噪声已经成为许多不同领域的重要问题，例如，生理学，经济学。目前，量化混沌的数值算法的可用性明显提升。特别是，现有的方法可以计算关联维数，科尔莫戈罗夫熵和李亚普诺夫特征指数。维数用来估计系统的复杂程度，熵和特征指数用来估计动力系统的混乱程度。在许多应用中，仅仅计算最大的李亚普诺夫指数就足够了。然而，现有的估计方法至少存在以下缺点：小数据集不可靠、计算量大、相对难以实现。

对于动态系统，对初始的敏感性条件由李雅普诺夫指数量化。当吸引子混沌时，平均而言，轨迹以指数速度发散，其特征是最大的李雅普诺夫指数。这个概念也是广义的对于李雅普诺夫指数的谱， λ_i ($i=1, 2, \dots, n$)，通过考虑初始条件的 n 维球体，其中

n 是用于描述系统的方程数。正指数的存在是足以诊断混沌并表示特定方向上的局部不稳定。对于吸引子的存在问题，整体动力系统必须是耗散性的，即全局稳定，并且总收缩速率必须超过总膨胀速率。因此，即使当有几个正李雅普诺夫指数时，整个总和为负。

沃尔夫等人通过提供以下几何解释来解释李雅普诺夫谱。首先，排列 n 个主轴椭圆体的顺序（从最快扩展到最快速收缩）。它遵循相关的李雅普诺夫指数的排序如下：

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$$

其中 λ_1 和 λ_n 分别对应于最快的扩展和收缩主轴。李亚普诺夫谱，由 k 个最大李亚普诺夫指数之和给出。相应指数的总和，等于柯尔莫哥洛夫熵（ K ）或均值信息获取率：

$$K = \sum_{\lambda_i > 0} \lambda_i$$

当描述动力学系统的方程可用时，可以计算整个李亚普诺夫谱。该方法包括对系统的 n 个方程进行数值求解。测量一组相应矢量的增长，随着系统的发展，使用 Gram-Schmidt 程序对矢量进行重排序。这保证了只有一个矢量在最快速扩展的方向上具有分量，即矢量保持适当的相空间方向。然而，在实验环境中，运动方程通常是未知的，这种方法不适用。此外，实验数据通常由单个可观测的时间序列组成，必须采用吸引子重构技术，例如延迟法、奇异值分解。

如上所述，计算整个李亚普诺夫谱，必须测量与前面考虑的椭球体主轴相对应的李雅普诺夫方向上的间距。如果我们假设系统存在一个遍历测度，那么 Oseledec 的定理证明了在计算光滑动力系统的最大李雅普诺夫指数时使用任意相空间方向的合理性。我们可以预期初始条件的随机向量将收敛到最不稳定的流形，因为在这种情况下指数增长方向很快控制了沿其他李雅普诺夫方向的生长（或收缩）。因此，最大李雅普诺夫指数可以使用以下等式定义，其中 $d(t)$ 是时间 t 的平均散度， C 是将初始分离归一化的常数：

$$d(t) = Ce^{\lambda_1 t}$$

2.2、李雅普诺夫指数的新算法

Michael T. Rosenstein 等人提出了一种从实验时间序列中计算最大李亚普诺夫指数的新方法。该方法直接遵循最大李亚普诺夫指数的定义，算法快速、易于实现，并且对嵌入维数、数据集大小、重建延迟和噪声水平等数量的变化具有鲁棒性。

这种新的计算方法适用于数据量小、速度快、易于实现的场合。Michael T. Rosenstein 等人方法的第一步涉及从单个时间序列重建吸引子，使用延迟方法，重构的轨迹 X 可以表示为矩阵，其中每行是相空间矢量。也就是说：

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_M)^T$$

其中, X 是系统在离散时间 i 的状态。对于 N 点的时间序列, $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, 每个 X_i 由下式给出:

$$X_i = (X_i, X_{i+J}, \dots, X_{i+(m-1)J})$$

其中 J 是滞后或重构延迟, m 是嵌入维数。因此, X 是 $M \times m$ 矩阵, 常数 m 、 M 、 J 和 N 被估计为 $M = N - (m-1)J$ 。 J 的一个很好的近似值等于自相关函数下降到其初始值的 $1-1/e$ 时的滞后项。计算这个 J 可以使用快速傅里叶变换 (FFT) 完成。

在重建动力系统后, 该算法定位轨迹上每个点的最近邻居。最近的邻居 x_j , 是通过搜索, 寻找到特定参考点 x_i 的距离最小化的点来, 表示为:

$$d_j(0) = \min_{x_j} \|x_i - x_j\|$$

其中 $d_j(0)$ 是从第 j 个点到其最近邻的初始距离, 并且 $\|\cdot\|$ 表示欧几里得范数, 最近邻的时间间隔大于时间序列的平均周期。

将每对邻居视为不同轨迹的邻近初始条件, 然后将最大的李雅普诺夫指数估计为最近邻居的平均分离率。到目前为止, 计算 λ 的方法与以前跟踪最近邻域指数散度的方法类似。但是, 重要的是要注意一些差异:

(1) Wolf 等人的算法未能利用所有可用数据, 因为它专注于一个“基准”轨迹。当单个最近邻与参考轨迹的分离超过特定极限时, 将跟踪并重复替换该相邻点。还需要额外的计算, 因为该方法通过将邻域替换为保持其相空间方向的邻域来近似 Gram-Schmidt 过程。然而, 在仅计算最大的李雅普诺夫指数时, 没有必要保持相空间方向。

(2) 如果最近的邻居 (暂时) 在其参考点之前, 那么算法可以被视为“预测”方法。在这种情况下, 预测模型是一个简单的延迟线, 预测是最近邻的位置, 预测误差等于最近邻与其参考点之间的距离。然而, 其他预测方法使用更复杂的方案, 例如多项式映射, 自适应滤波器, 神经网络, 需要更多的计算。威尔士方法的计算量也更大, 尽管它与目前的方法相当。威尔士算法对于从差分方程导出的离散系统给出了出色的结果, 但对于从微分方程 (例如, Lorenz, RGSler) 导出的连续系统, 结果较差。

(3) 目前的方法主要基于佐藤等人的工作, 估计 λ 的公式如下:

$$\lambda_1(i) = \frac{1}{i\Delta t} \frac{1}{(M-i)} \sum_{j=1}^{M-i} \ln \frac{d_j(i)}{d_j(0)}$$

其中 Δt 是时间序列的采样周期， $d_j(i)$ 是 i 离散时间步长（即 i 秒）后第 j 对最近邻居之间的距离。Sato 等人给出了等式的替代形式：

$$\lambda_1(i, k) = \frac{1}{k\Delta t} \frac{1}{(M-k)} \sum_{j=1}^{M-k} \ln \frac{d_j(i+k)}{d_j(i)}$$

在上述等式中， k 保持恒定， M 是重建点的数量。我们假设第 j 对最近邻近地发散，其速率由最大的李雅普诺夫指数给出：

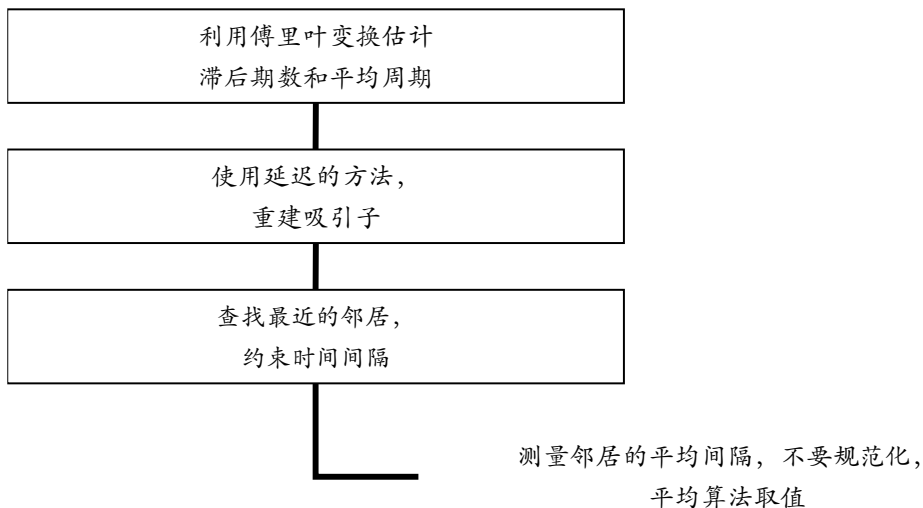
$$d_j(i) \approx C_j e^{\lambda_1(i\Delta t)}$$

$$\ln d_j(i) \approx \ln C_j + \lambda_1(i\Delta t)$$

这样，最大的李雅普诺夫指数就可以准确地计算出来。

用于计算最大李雅普诺夫指数的新算法如下图所示。此方法易于实现且快速，因为它使用指数发散的简单度量，从而避免了近似切线图。从实际的角度来看，该算法也很有吸引力，因为它不需要大型数据集，并且同时产生相关维度。此外，该方法适用于小型数据集。

图表 1：计算最大李雅普诺夫指数的流程



资料来源：东证衍生品研究院

3、从系统稳定性的视角测试市场的变盘点

3.1、实证方案

通过李雅普诺夫系统稳定性理论构建择时的指标，根据择时指标设定进场规则。依据系统稳定性构建的择时指标主要用来判断变盘点，变盘点并不意味着反转，也有可能是波动率的变化，比如震荡与单边（上涨或者下跌）的切换，这个变盘点在《多元资产之间的因果分析》中提及过。

具体的流程可以概括为如下：

- 第一， 提取多元资产的时间序列，包括股指、国债、商品和外汇大类资产；
- 第二， 依据各资产的时间序列计算最大李雅普诺夫指数；
- 第三， 根据最大李雅普诺夫指数以及行情序列设定进场规则，标记变盘点；
- 第四， 根据变盘点测试稳定性指标的择时能力。

3.2、实证数据

在实证方案中提到的股指、国债、商品和外汇大类资产，包括海外标的，具体标的如下表所示。实证的样本数据来自繁微平台，各资产的样本大小差异较大，国内资产样本数据明显小于海外市场，具体资产明细如下表所示。

图表 2: 多元资产样本数据说明

资产类别	资产名称	数据范围
股指	沪深 300 中证 1000 上证指数 Wind 全 A 标普 500 欧洲 50 指数 DAX 指数 富时 100 指数 日经 225 指数	国内股指: 2005 年 8 月-2022 年 10 月 海外股指: 2002 年 1 月-2022 年 10 月
国债	中国 1 年期国债收益率 中国 10 年期国债收益率 美国 10 年期国债收益率 美国 3 个月国债收益率 欧元区 10 年期国债收益率 日本 10 年期国债收益率 中国国债利差 (10y-1y) 美债国债利差 (10y-3m)	2008 年 11 月-2022 年 10 月
商品	Brent 原油结算价(CO1) 期货收盘价(电子盘):LME3 个月铜 NYBOT 2 号棉花期货结算价 NYBOT 11 号糖期货结算价 CRB 现货商品指数	1991 年 7 月-2022 年 10 月
外汇	美元指数 日元/美元汇率 美元/欧元汇率 英国:美元/英镑汇率	1975 年 7 月-2022 年 10 月

资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

3.3、基于李雅普诺夫指数的多元资产择时模型测试

在实证方案中, 首先要计算各资产的最大李雅普诺夫指数, 我们的择时模型融入复杂系统的思想, 通过计算各个资产总的最大李雅普诺夫指数来反映市场内生和外生的影响, 稳定性的变化是系统宏观尺度的状态变化, 单个资产的最大李雅普诺夫指数存在不足。举例说明, 沪深 300 指数的稳定性变化可能需要上证指数、标普 500 等多个资产的最大李雅普诺夫指数整体涌现的情形来反映。

$$\text{稳定性指标} = \sum_{i=1}^n \text{第 } i \text{ 个资产的最大李雅普诺夫指数}$$

Michael T. Rosenstein 等人对洛伦兹等非线性系统的最大李雅普诺夫指数进行了实证分析，考虑了算法在各种长度的时间序列下的性能。当 N 很小 ($N = 100-1000$) 时，算法运行良好。混沌系统的定量分析不仅对数据大小敏感，而且对观察时间单位敏感。我们测试的时间单位为天，计算最大李雅普诺夫指数的时间窗口参考 N 的范围，以斐波那契在此区间的最小值为准，即 144 个交易日。这里用到斐波那契数列，主要借鉴复杂系统的应用案例，斐波那契数列的特征广泛存在于自然界的现象中，目前复杂系统的多数研究对象也是在这个范畴内。

3.3.1、股指择时测试

股指的测试标的为沪深 300 指数，其他国内股指和海外股指是构建择时指标的辅助指标，择时模型的构建方案具体如下表所示。

图表 3：沪深 300 择时模型的构建方案

预测标的	样本数据	择时规则
沪深 300	沪深 300 中证 1000 上证指数 Wind 全 A	滚动计算窗口为 89 个交易日的稳定性指标的斜率，当期斜率与上一期斜率的符号发生变化，标记为稳定性变化点，均线辅助判断趋势方向。
	标普 500 欧洲 50 指数 DAX 指数 富时 100 指数 日经 225 指数	

资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

之所以将滚动窗口设定为 89，是因为斐波那契数列中 144 的前一个数字就是 89，斐波那契数列来自自然系统，金融市场同为复杂系统，这样的设定是契合的。稳定性变化点是变盘点，不一定是拐点，也有可能是一波行情的起点，简单的均线辅助判断方向，具体均线的参数分为 12、18、24、30 个交易日。

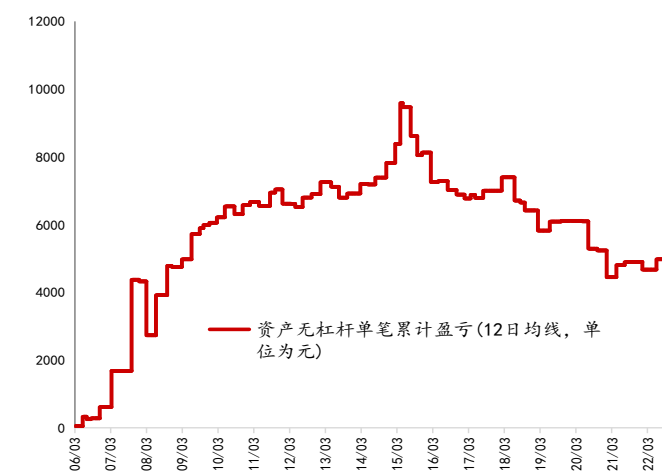
通过稳定性指标斜率的变化确定稳定性变化点和均线辅助判断方向，沪深 300 的测试结果如下表所示。显然，通过国内股票指数构建的择时模型在胜率、净值等方面明显优于依据海外股票指数构建的择时模型，中国股指沪深 300 指数与海外股指的关系可能弱于国内股指，模型测试的结果中胜率最高达到 65%。

图表 4：股指择时测试结果（本金一万元，无杠杆指数交易）

稳定性指标的构成	择时参数	胜率	最大回撤	最大盈利	年均收益率	净值
国内股票指数	12 日均线	57%	-12.5%	18.7%	9.0%	1.50
	18 日均线	65%			11.3%	1.88
	24 日均线	65%			11.3%	1.88
	30 日均线	60%			11.3%	1.87
海外股票指数	12 日均线	53%	-8.7%	14.8%	6.8%	1.37
	18 日均线	58%	-7.3%		8.3%	1.67
	24 日均线	60%	-7.3%		8.5%	1.70
	30 日均线	62%	-7.3%		8.2%	1.65

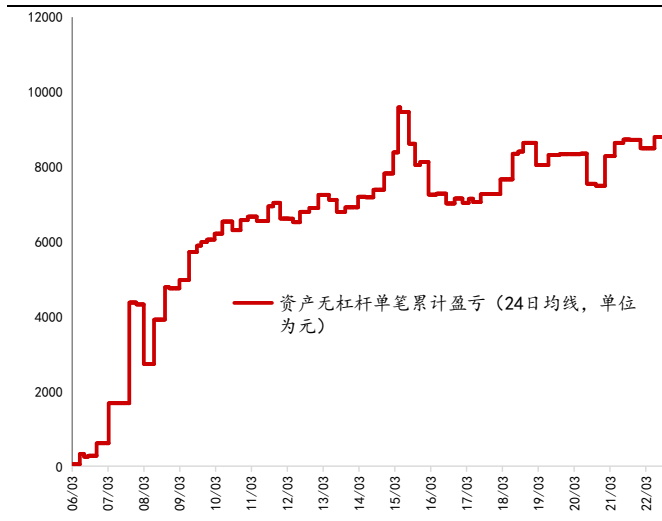
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 5：基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 1



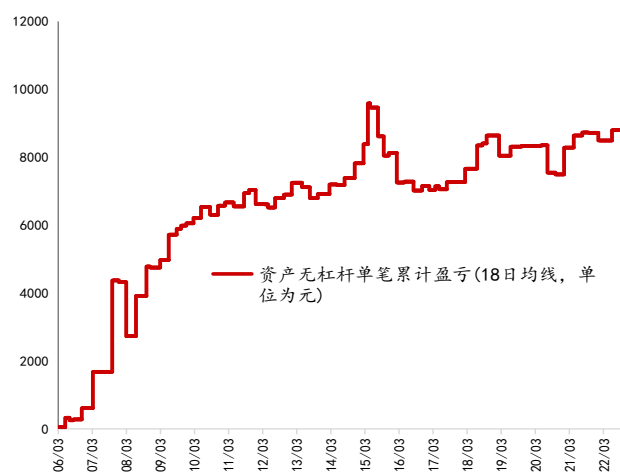
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 7：基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 3



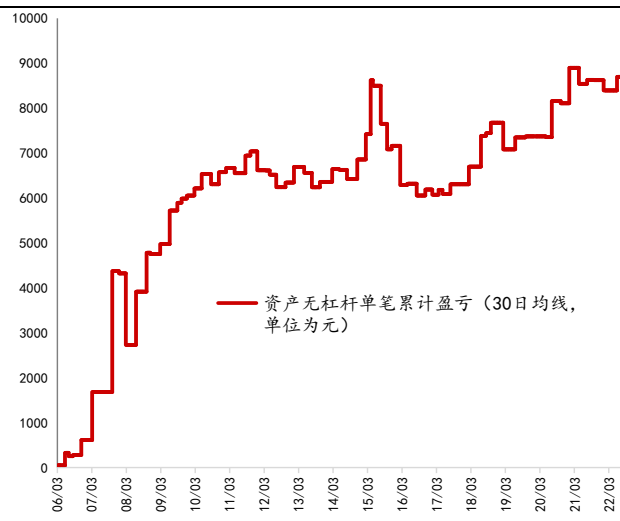
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 6：基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 2



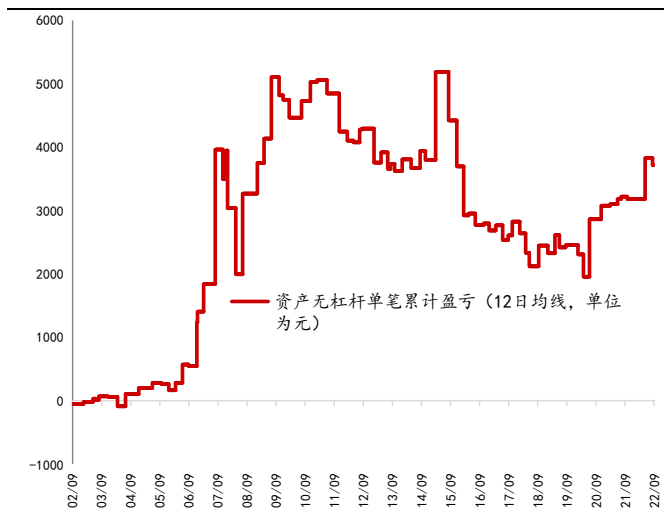
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 8：基于国内股指构建的沪深 300 测试结果 4



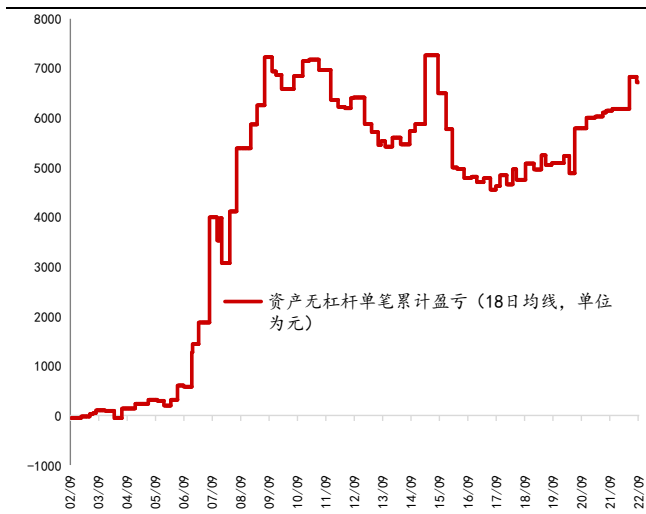
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 9：基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 1



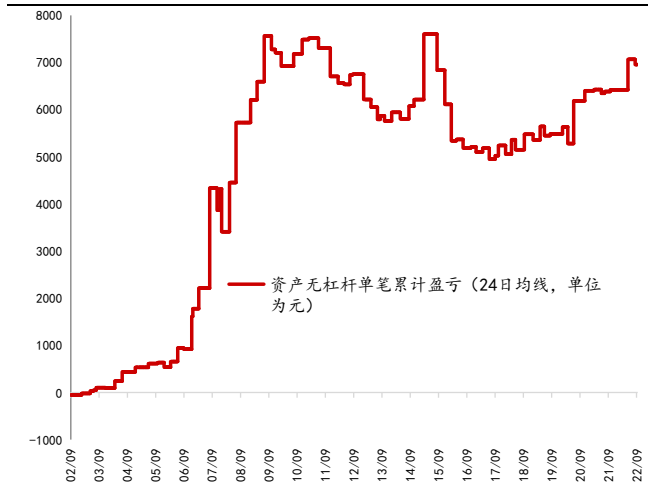
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 10：基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 2



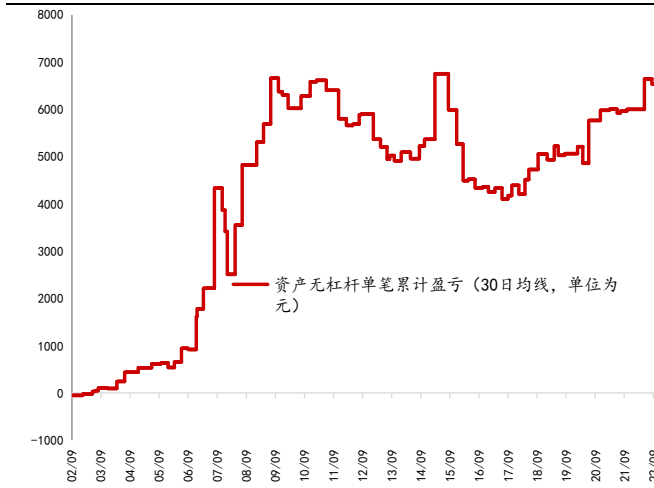
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 11：基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 3



资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 12：基于海外股指构建的沪深 300 测试结果 4



资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

3.3.2、利率择时测试

利率的择时标的为中国十年期国债收益率，结合复杂系统的理念，全球利率的联动特性，构建稳定性指标的样本指标包括美国、欧元区和日本的利率，美债利差和中国国债利差也纳入到样本中。择时规则与股指保持一致，便于在最后进行对比。

图表 13: 中国十年期国债择时模型的构建方案

预测标的	样本数据	择时规则
中国十年期国债收益率	中国 1 年期国债收益率 中国 10 年期国债收益率 美国 10 年期国债收益率 美国 3 个月国债收益率 欧元区 10 年期国债收益率 日本 10 年期国债收益率 中国国债利差 (10y-1y) 美债国债利差 (10y-3m)	滚动计算窗口为 89 个交易日的稳定性指标的斜率, 当期斜率与上一期斜率的符号发生变化, 标记为稳定性变化点, 均线辅助判断趋势方向。

资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

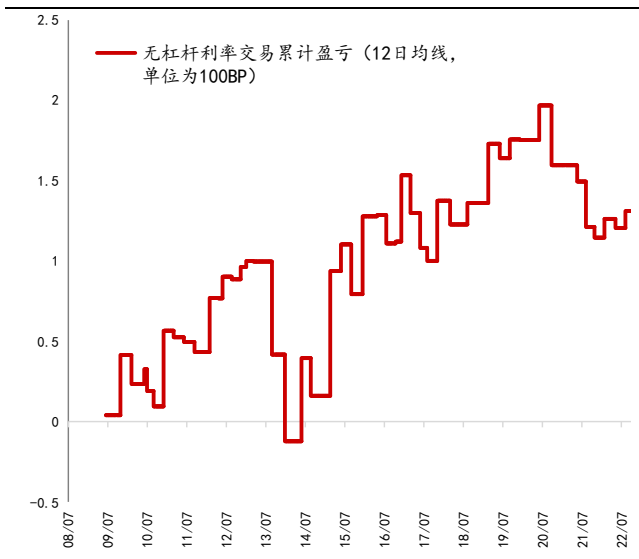
中国十年期国债的测试结果显示, 不同参数的模型均获得了正收益, 但测试的胜率均不及 50%, 累计损益为正主要归结于大于 1 的盈亏比。

图表 14: 中国十年期国债择时测试结果 (根据利差计算损益, 无杠杆交易)

稳定性指标的构成	择时参数	胜率	最大回撤 (BP)	最大盈利 (BP)	年均收益 (BP)	累计盈亏 (BP)
国内外利率、利差	12 日均线	47%	-58	78	10	131
	18 日均线	49%	-58	78	17	237
	24 日均线	45%	-78	54	9	94
	30 日均线	47%	-78	54	11	150

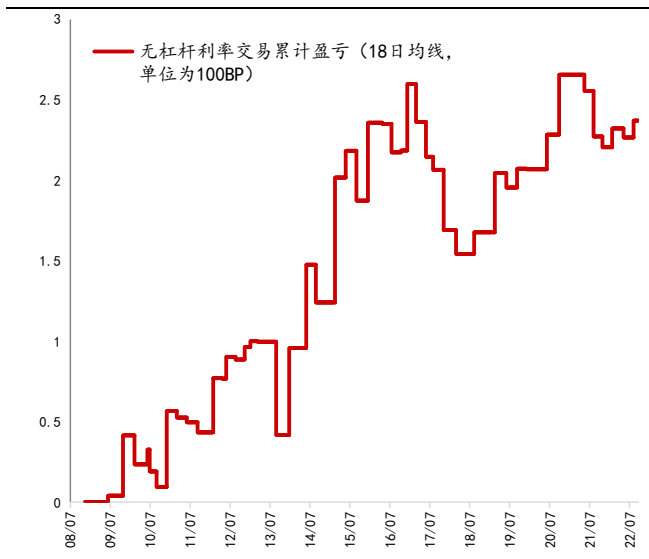
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 15: 中国十年期国债择时测试结果 1



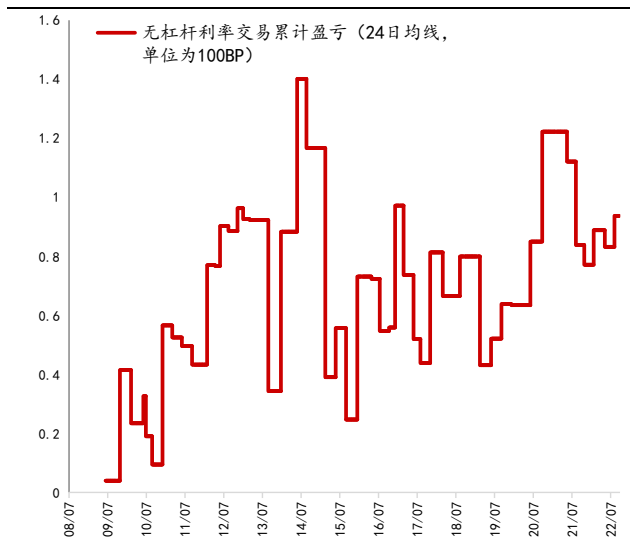
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 16: 中国十年期国债择时测试结果 2



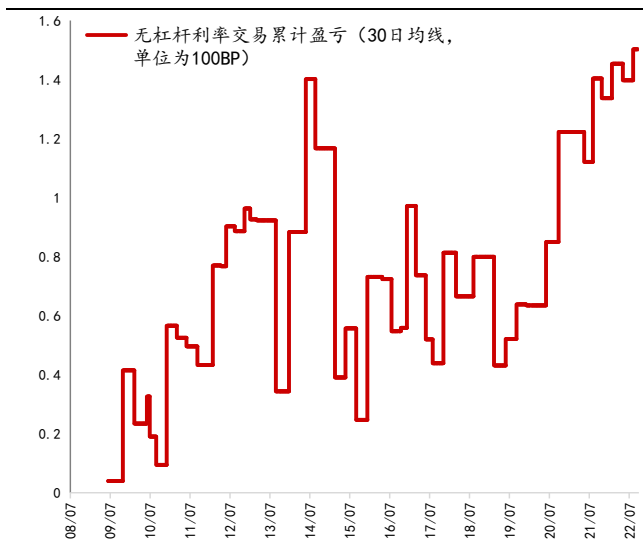
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 17: 中国十年期国债择时测试结果 3



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 18: 中国十年期国债择时测试结果 4



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

3.3.3、商品指数择时测试

商品测试标的为 CRB 现货商品指数,之所以不采用内盘品种,主要是内盘商品指数数据样本较小。另外,选择商品指数,而不考虑单一品种,主要是考虑复杂系统的特性,宏观属性越强的变量,其随机性越低,CRB 指数知名度高,指数的构成覆盖面广。

在选择样本数据的过程中,一方面考虑样本覆盖的行业,另一方面考虑样本数据的长度。另外,数据来自繁微平台,标的和数据长度需要综合考虑,最终选取的样本数据包括国际油价、国际铜价、国际棉价、国际糖价和 CRB 现货商品指数,具体指标明细如下表所示。

图表 19: CRB 现货商品指数择时模型的构建方案

预测标的	样本数据	择时规则
CRB 现货商品指数	Brent 原油结算价(CO1) 期货收盘价(电子盘):LME3 个月铜 NYBOT 2 号棉花期货结算价 NYBOT 11 号糖期货结算价 CRB 现货商品指数	滚动计算窗口为 89 个交易日的稳定性指标的斜率,当期斜率与上一期斜率的符号发生变化,标记为稳定性变化点,均线辅助判断趋势方向。

资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

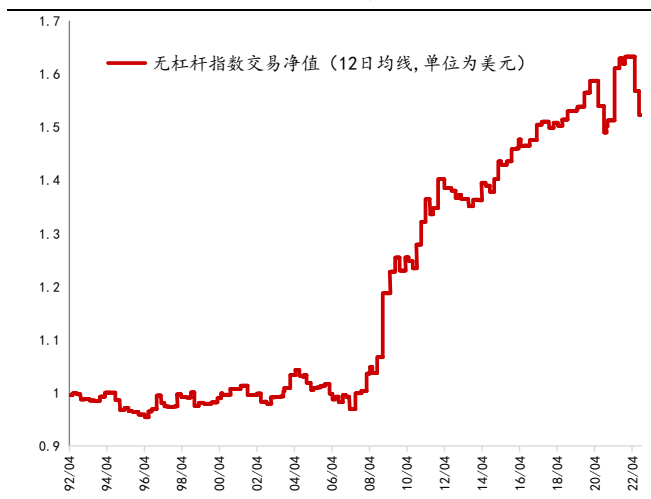
CRB 现货商品指数的择时模型测试结果显示,1992 年至今的测试胜率最高超过 60%,其他参数的模型择时胜率也均超过 55%。

图表 20: CRB 现货商品指数择时测试结果 (本金一千美元, 无杠杆, 指数交易)

稳定性指标的构成	择时参数	胜率	最大回撤	最大盈利	年均收益	净值
外盘商品	12 日均线	58%	-3.9%	9.9%	5.0%	1.52
	18 日均线	61%			5.3%	1.62
	24 日均线	59%			5.4%	1.66
	30 日均线	57%			5.3%	1.63

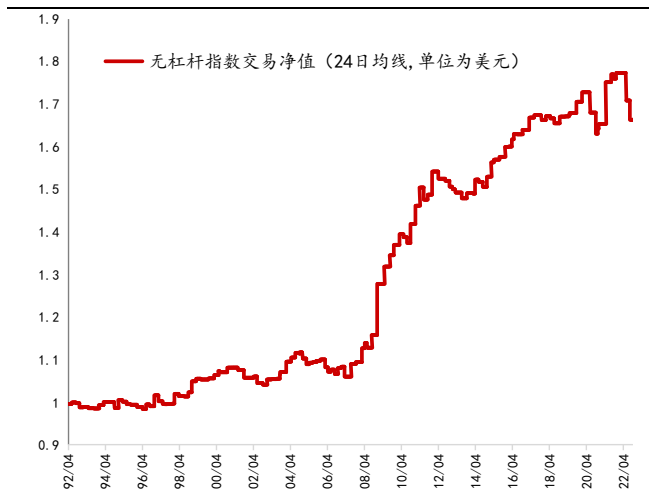
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 21: CRB 现货商品指数择时测试结果 1



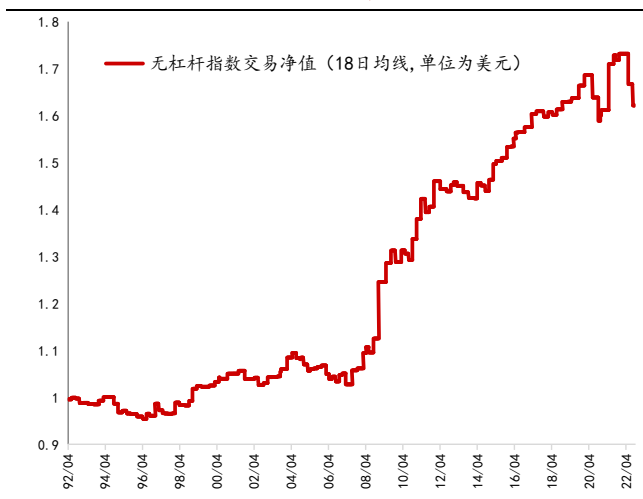
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 23: CRB 现货商品指数择时测试结果 3



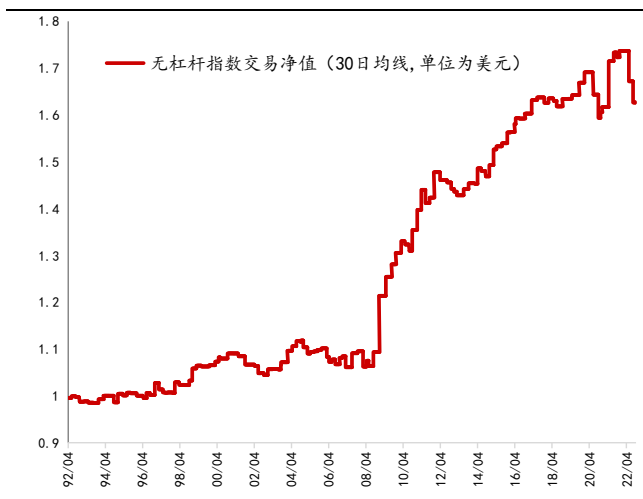
资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 22: CRB 现货商品指数择时测试结果 2



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 24: CRB 现货商品指数择时测试结果 4



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

3.3.4、外汇择时测试

外汇测试标的为美元指数，指数无杠杆交易的择时模型构建方案如下表所示。

图表 25：美元指数择时模型的构建方案

预测标的	样本数据	择时规则
美元指数	美元指数 日元兑美元汇率 美元兑欧元汇率 美元兑英镑汇率	滚动计算窗口为 89 个交易日的稳定性指标的斜率，当期斜率与上一期斜率的符号发生变化，标记为稳定性变化点，均线辅助判断趋势方向。

资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

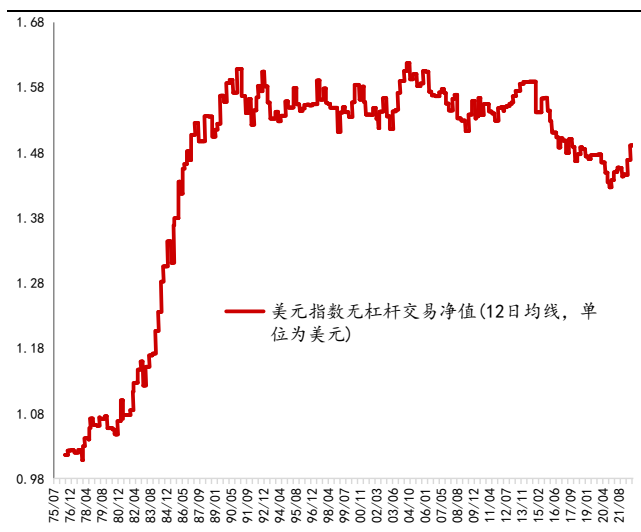
美元指数测试的样本量较大，1975 年至今的模型测试结果显示各类参数情况下胜率均不低于 55%，其中 18 日均线辅助判断趋势的情况下，能够获得 60% 的胜率。

图表 26：美元指数择时测试结果（本金两百美元，无杠杆，指数交易）

稳定性指标的构成	择时参数	胜率	最大回撤	最大盈利	年均收益	净值
美日欧汇率	12 日均线	55%	-3.0%	4.2%	3%	1.49
	18 日均线	60%	-2.7%		4%	1.85
	24 日均线	58%	-2.7%		4%	1.74
	30 日均线	56%	-2.7%		4%	1.66

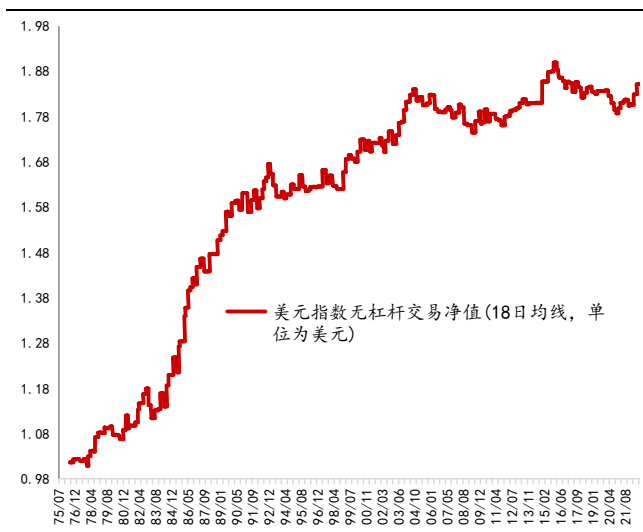
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 27：美元指数择时测试结果 1



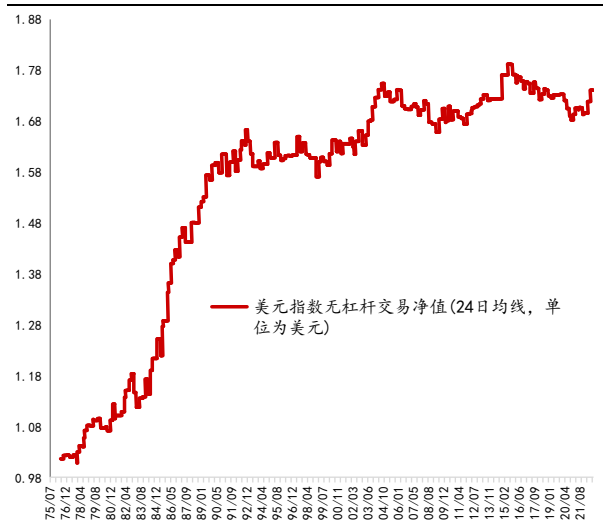
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 28：美元指数择时测试结果 2



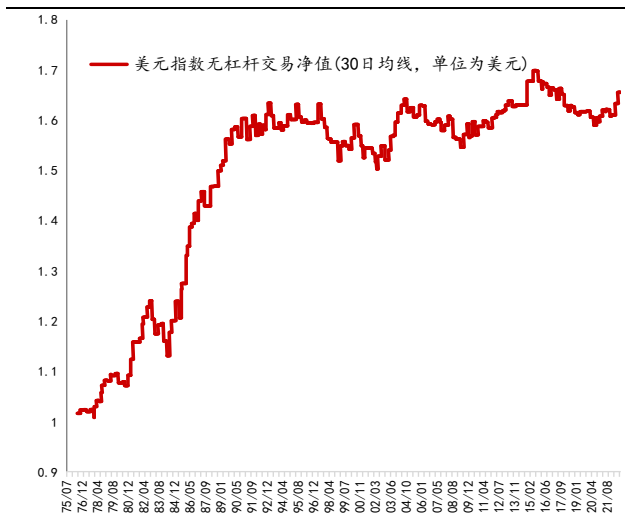
资料来源：Finoview，东证衍生品研究院

图表 29: 美元指数择时测试结果 3



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

图表 30: 美元指数择时测试结果 4



资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

我们在对股指、国债、商品指数和美元指数进行测试时, 均设定为无杠杆组合, 组合内资金占用比例也不同, 各资产的差异较为明显。比如国债盈亏的单位为基点, 美元指数和商品指数均以指数的资本利得计算损益。因此, 对比各资产测试的盈亏结果, 单纯对比胜率, 可能更有参考意义。下表汇总了各资产在不同参数情况下的胜率。显然, 沪深 300 指数的测试胜率明显高于其他资产, 中国十年期国债的测试胜率不及 50%。需要注意的是, CRB 现货商品指数的测试样本超过 30 年, 美元指数的测试样本更是超过 45 年, 在如此长期的测试中, 模型测试胜率均能达到 60% 左右。

综上, 基于非线性系统稳定性构建的择时模型, 在胜率和累计盈亏上看, 具备实际操作的可行性。

图表 31: 不同资产测试胜率对比

测试标的	稳定性指标的构成	12 日均线	18 日均线	24 日均线	30 日均线
沪深 300	国内股票指数	57%	65%	65%	60%
	海外股票指数	53%	58%	60%	62%
中国十年期国债	国内外利率、利差	47%	49%	45%	47%
CRB 现货商品指数	外盘商品	58%	61%	59%	57%
美元指数	美日欧汇率	55%	60%	58%	56%

资料来源: Finoview, 东证衍生品研究院

4、结论及展望

在工程学科中，尤其是控制理论中，非线性系统的稳定性一直是重点关注的问题之一。我们在最近一年的专题报告中经常提及复杂系统相关的理论，该理论的研究对象就是非线性系统。金融市场作为典型的复杂系统，非线性系统的稳定性理论能否借鉴呢？李雅普诺夫稳定性理论被广泛应用于系统稳定性分析。我们基于最大李亚普诺夫指数构建多元资产的择时模型，其中这里提到的最大李亚普诺夫指数是 Michael T. Rosenstein 等人提出来的新方法。在实证部分，我们的设定和结论如下：

第四，多元资产的测试样本包括股指、国债、商品和外汇；

第五，滚动计算各资产的最大李亚普诺夫指数（144 个交易日），通过求和计算被预测资产的稳定性指标，滚动计算稳定性指标的斜率（89 个交易日）以及资产行情时间序列的均线组合（12、18、24 和 30 个交易日），综合稳定性指标的斜率变化以及资产行情序列均线构建被预测资产的择时模型，择时点既是上期离场点，也是当期进场点；

第六，测试结果中，沪深 300 指数的测试胜率明显高于其他资产，中国十年期国债的测试胜率不及 50%。需要注意的是，CRB 现货商品指数的测试样本超过 30 年，美元指数测试样本更是超过 45 年，在如此长期的测试中，模型测试胜率均能达到 60% 左右。测试结果表明基于非线性系统稳定性构建的择时模型，在胜率和累计盈亏上看，具备实际操作的可行性。

我们在最近的报告中均借鉴了复杂系统相关的理论，工程学科中的方法论在金融市场也有用武之地，实证测试的结果符合预期。复杂系统理论在金融市场中的应用越来越受到机构投资者的关注，我们将在未来的研究中继续探讨复杂系统理论如何应用于金融市场。

5、参考文献

- [1] Michael T. Rosenstein, James J. Collins and Carlo J. De Luca. A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets[J]. Physica D 65 (1993) 117-134.
- [2] A. Wolf, J.B. Swift, H.L. Swinney and J.A. Vastano, Determining Lyapunov exponents from a time series, Physica D 16 (1985) 285.
- [3] V.I. Oseledec, A multiplicative ergodic theorem. Lyapunov characteristic numbers for dynamical systems, Trans. Moscow Math. Soc. 19 (1968) 197.
- [4] S. Sato, M. Sano and Y. Sawada, Practical methods of measuring the generalized dimension and the largest Lyapunov exponent in high dimensional chaotic systems, Prog. Theor. Phys. 77 (1987) 1.

期货走势评级体系（以收盘价的变动幅度为判断标准）

走势评级	短期（1-3 个月）	中期（3-6 个月）	长期（6-12 个月）
强烈看涨	上涨 15%以上	上涨 15%以上	上涨 15%以上
看涨	上涨 5-15%	上涨 5-15%	上涨 5-15%
震荡	振幅-5%-+5%	振幅-5%-+5%	振幅-5%-+5%
看跌	下跌 5-15%	下跌 5-15%	下跌 5-15%
强烈看跌	下跌 15%以上	下跌 15%以上	下跌 15%以上

上海东证期货有限公司

上海东证期货有限公司成立于 2008 年，是一家经中国证券监督管理委员会批准的经营期货业务的综合性公司。东证期货是东方证券股份有限公司全资子公司，注册资本金 38 亿元人民币，员工逾 800 人。公司主要从事商品期货经纪、金融期货经纪、期货投资咨询、资产管理、基金销售等业务，拥有上海期货交易所、大连商品交易所、郑州商品交易所、上海国际能源交易中心和广州期货交易所会员资格，是中国金融期货交易所全面结算会员。公司拥有东证润和资本管理有限公司，上海东祺投资管理有限公司和东证期货国际（新加坡）私人有限公司三家全资子公司。

东证期货以上海为总部所在地，在大连、长沙、北京、上海、郑州、太原、常州、广州、青岛、宁波、深圳、杭州、西安、厦门、成都、东营、天津、哈尔滨、重庆、苏州、南通、泉州、汕头、沈阳、无锡、济南等地共设有 36 家分支机构，并在北京、上海、广州、深圳多个经济发达地区拥有 149 个证券 IB 分支网点，未来东证期货将形成立足上海、辐射全国的经营网络。

自成立以来，东证期货秉承稳健经营、创新发展的宗旨，坚持以金融科技助力衍生品发展为主线，通过大数据、云计算、人工智能、区块链等金融科技手段打造研究和技术两大核心竞争力，坚持市场化、国际化、集团化发展方向，朝着建设一流衍生品服务商的目标继续前行。

免责声明

本报告由上海东证期货有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本公司已取得期货投资咨询业务资格，投资咨询业务资格：证监许可【2011】1454号。

本研究报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。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，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买投资标的的邀请或向人作出邀请。

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，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东证衍生品研究院，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

东证衍生品研究院

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 2 号楼 21 楼

联系人：梁爽

电话：8621-63325888-1592

传真：8621-33315862

网址：www.orientfutures.com

Email：research@orientfutures.com