

研究报告

2018 年第 55 期

2018.6.26

执笔：邱牧远

muyuan.qiu@icbc.com.cn

汇率预测的量化方法：以美元指数为例

要点

- 本报告对目前汇率决定理论和估计模型进行总结和梳理，并以美元指数为对象，构建月度指标集和估计模型，定量研究未来一段时间美元指数变动趋势。
- 预测结果显示，随着美联储加息及欧元区、日本近期经济增长节奏放缓，短期美元指数将呈现升值态势；但从中长期看，开放环境下美国经济结构存在固有矛盾，并没有改变指数中长期走弱趋势。
- 为了提高汇率预测准确性，未来一方面应加强对各国经济基本面分析，把握汇率变动的中长期趋势；另一方面应注重对市场预期研判，避免市场情绪对汇率预测带来的偏误。

重要声明：本报告中的原始数据来源于官方统计机构和市场研究机构已公开的资料，但不保证所载信息的准确性和完整性。本报告不代表研究人员所在机构的观点和意见，不构成对阅读者的任何投资建议。本报告（含标识和宣传语）的版权为中国工商银行城市金融研究所所有，仅供内部参阅，未经作者书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、上网、引用或向其他人分发。

汇率预测的量化方法：以美元指数为例

一、引言

当前，汇率波动给金融机构带来的影响正日益突出。特别是上世纪70年代以来，随着“布雷顿森林体系”崩溃，世界各国普遍实行浮动汇率制，国际外汇市场上汇率波动日益加深。随着我国对外开放加深，金融机构在深度参与国际金融市场的同时也面临着更大汇率风险。特别是2008年金融危机以来，国际外汇市场面临着更为频繁、剧烈的波动，使得从定量角度掌握汇率决定的基本要素、把握汇率变化规律以及对汇率走势做出预测具有更为重要的意义。

以量化方法进行预测，是将收集、汇总和整理数据和信息，从中发掘规律并对数据走势进行判断的一整套流程。一般包括模型构建、数据处理、估计方法、验证与改进等四个步骤。模型构建和数据处理主要对应信息源，其核心是通过理论和经验筛选具有预测能力的指标体系；估计方法是确定不同指标先后顺序规律、并对相关参数准确估计的关键，对应着信息提取效率；验证与改进是对模型预测能力的检验。

由于影响因素的复杂性，运用上述方法进行汇率预测时面临着诸多困难。本报告对汇率决定理论和估计模型进行总结和梳理，并以美元指数为对象，构建月度指标集和估计模型，定量研究未来一段时间美元指数的变动趋势。预测结果显示，随着美联储加息及欧元区、日本近期经济增长节奏放缓，短期美元指数将呈现升值态势；但从中长期看，开放环境下美国经济结构存在固有矛盾，并没有改变指数中长期长期走弱趋势。为了提高汇率预测的准确性，未来一方面应加强对各国经济基本面的分析，把握汇率趋势性变化；另一方面应注重对市场预期的研判，避免市场情绪给汇率预测带来的影响。

二、汇率预测的理论依据

（一）购买力平价理论（PPP）

购买力平价理论认为，汇率变动取决于两国价格水平的变动。绝对购买力平价认为两种货币间汇率取决于两国价格的绝对水平。如果以 S 代表一单位外币表示本币价格， P 和 P^* 代表价格国内和国外价格水平，则绝对购买力平价认为汇率取决于式（1）：

$$S = \frac{P}{P^*} \quad (1)$$

而相对购买力平价则认为汇率变动率取决于两国价格水平的相对变化率，有更高通货膨胀率的货币倾向于贬值。以 \dot{S} 、 \dot{P} 和 \dot{P}^* 分别代表汇率及国内外价格水平变动率，则相对购买力平价认为：

$$\dot{S} = \dot{P} - \dot{P}^* \quad (2)$$

图1和2中，分别计算了绝对购买力平价和相对购买力平价与欧元兑美元的汇率走势。总体来看，购买力平价与汇率呈现强相关关系，但在某些时期解释力有所不足。例如，绝对购买力平价并未能解释2013年7月-2015年1月间欧元兑美元迅速贬值走势，相对购买力平价则与2003-2006年间汇率走势背道而驰。从指标间相关性看，相对购买力平价的短期预测能力较好，走势领先汇率1-2月，而绝对购买力平价则对汇率长期趋势提示作用更佳。



图1 欧元兑美元：绝对购买力平价

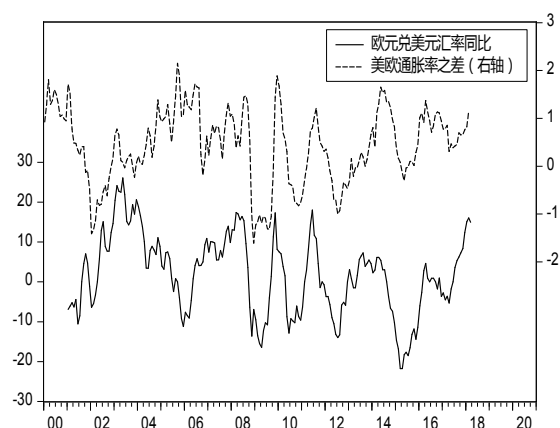


图2 欧元兑美元：相对购买力平价

式（1）和（2）只是购买力平价模型的基本形式，还可以引入其他变量加以拓展。

第一，劳动生产率差异会导致两国非贸易品对贸易品相对价格差异，以总体价格指数为基础计算出的 PPP 汇率往往低估了有更高劳动生产率国家的汇率，这一现象在经济学中称为“巴拉萨—萨缪尔森”效应。作为修正，可以用两国贸易条件¹之比代替消费者价格指数等总体价格指标。图3中，画出了欧元区对美国贸易条件变动与欧元兑美元汇率变动的情况。可以发现贸易条件与汇率具有较强相关性。2000-2018年5月期间，二者相关系数达到0.74。

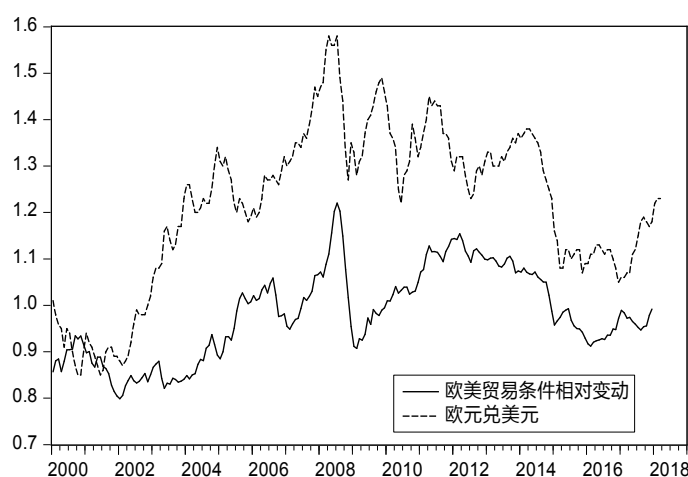


图3 贸易条件与汇率变动

其次，购买力平价认为货币供应量、国民收入与汇率有着紧密联系。根据货币数量论，一国货币需求 M 取决于实际国民收入水平 Y 与价格水平 P ，即：

$M = kPY$ ²。如果购买力平价成立，则绝对购买力平价意味着：

$$S = \frac{M / M^*}{(k / k^*)(Y / Y^*)}$$

即本国相对外国货币供应增加、收入水平下降时，本国货币将贬值；相对购买力平价意味着： $\dot{s} = \dot{M} - \dot{M}^* - (\dot{Y} - \dot{Y}^*)$ ，即两国货币供应量与国民收入增速差别

¹ 进口产品与出口产品的价格之比。

² 其中， k 为正常数。

会影响到两国利率的变化率。货币供应量增速快、国民收入增长慢的国家汇率倾向于贬值，反之亦然。

以欧元区同美国 M2 同比增速与工业生产指数代表货币与收入的相对变动，图4和5中分别画出了二者同欧元兑美元汇率的变动情况。可以看出，欧美 M2 同比增速之差在2017年前对欧元-美元汇率呈明显反向关系，但2017年以来对汇率走势的提示作用逐渐变弱。而工业生产指数对汇率走势提示作用则更强。

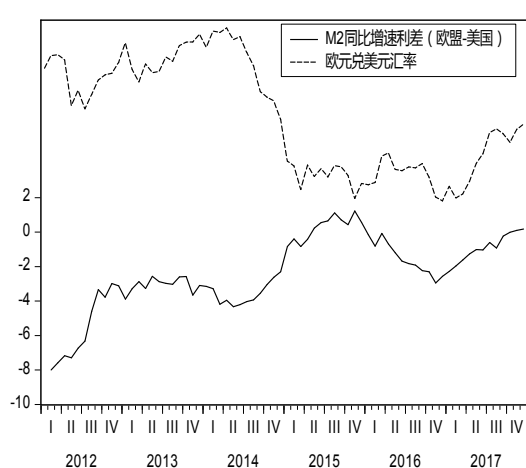


图4 货币供应增速之差（滞后一期）

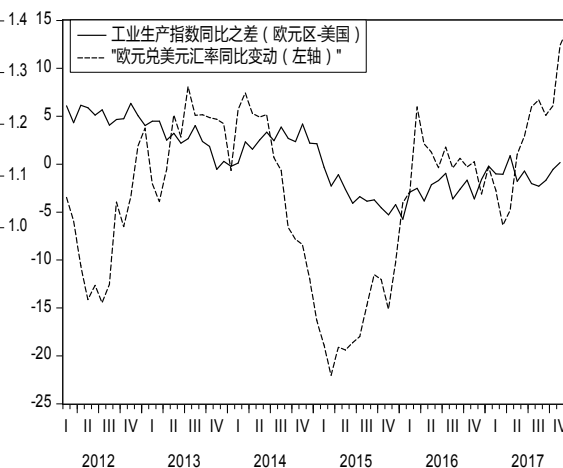


图5 工业增加值同比之差

（二）利率平价理论

利率平价理论从资本市场出发，通过两国利率之差解释汇率变化。利率平价理论又可以细分为抛补利率平价（Covered Interest Parity）与非抛补（Uncovered）利率平价。抛补利率平价假设套利者以利率 i 借入本国货币后，试图以即期汇率 S 兑换成外国货币赚取利息 i^* ，同时以价格 F 卖出汇率远期合约。这意味着利率较高货币即期汇率上浮，远期汇率下浮，出现远期贴水；利率较低货币的即期汇率下浮，远期汇率上浮，出现远期升水。

$$i - i^* = \frac{F - S}{S} \quad (3)$$

非抛补套利则认为，有更低利率的货币有升值预期，有更高利率的货币有

贬值预期。将式（3）中远期汇率 F 替换成汇率预期 S^e ，则有式（4）：

$$\dot{S}^e = i - i^* \quad (4)$$

图6和7分别比较了欧元区与美国政策利差和国债利差与欧元兑美元汇率的变动情况，可以看出二者对汇率变动均有一定提示作用。但在2008年全球经济危机过程中，由于美联储与欧央行相继采取了零利率或负利率措施（图7中阴影部分），这一时期政策利率利差对汇率变动的提示作用有所减弱。

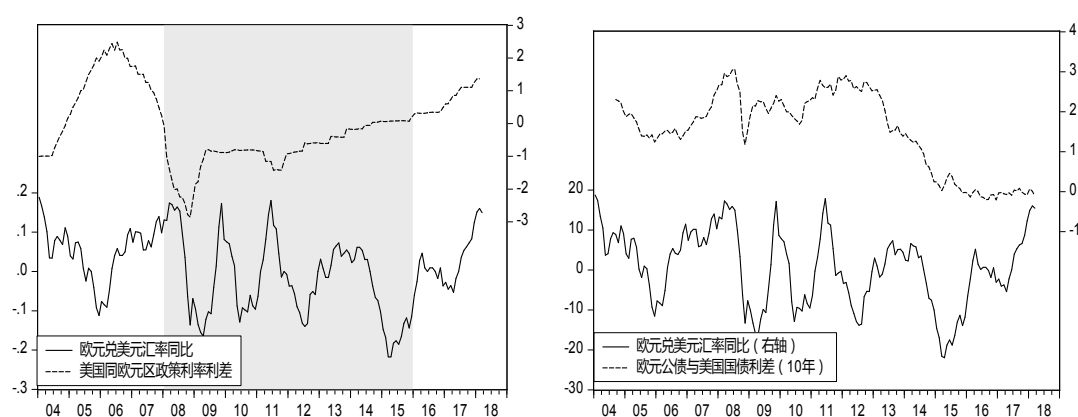


图6 政策利率利差与欧元兑美元汇率 图7 国债收益率利差与欧元兑美元汇率

（三）国际收支理论

国际收支理论认为，纸币流通条件下汇率主要取决于一国国际收支状况。当一国国际收支出现逆差，该国外汇需求将大于供给，此时外汇汇率上升，本币贬值；而如果国际收支出现顺差，外汇供给将大于需求，该国货币汇率将上升，外汇汇率将下降。进一步，外汇供给和需求取决于三个因素：相对收入水平、相对价格水平和利率差。如果国内收入增长快于外国收入增长，则进口增长会快于出口增长，贸易收支恶化将导致本币贬值；如果本国价格水平增长快于外国，则本国商品竞争力将下降、出口萎缩，由此导致贸易收支恶化和本币贬值；如果利率升高，本国金融资产会变得比外国金融资产更加有吸引力，资本流入会导致贸易收支改善和本币升值。

（四）其他因素

从实践角度，汇率预测过程中还需考虑以下几方面因素。

一是预期因素。宏观经济信息往往为月度或季度频率，发布时间存在一定滞后。在官方数据发布前，市场往往会对各类经济指标形成预期，并导致汇率提前变化。例如，受上半年经济景气的影响，市场普遍看好2017年下半年欧洲经济复苏前景，并形成了欧央行加息预期。这带动欧元兑美元持续升值，对美元指数形成了下跌压力。

二是交易成本。资金在国际间流动会受到外汇管制和外汇市场不发达等因素的阻碍。目前，只有在少数国际金融中心才存在完善的期汇市场，资金流动所受限制也少。如果各种交易过高，国际资本流动将会受到抑制，并在达到理论预测的均衡利率之前停止。

三是货币当局干预和地缘政治风险。一方面，汇率直接影响国际货币的竞争力和各国经济表现，自然也成为各国政府关注的重点。为了维持币值稳定或防止国内价格水平过快变动，货币当局和政府可通过参与外汇市场买卖等多种方式干预汇率走势；另一方面，国内及地缘政治风险对短期汇率影响不容小觑。近些年来，英国脱欧、叙利亚战争等重大地缘政治事件均对国际汇率市场造成了重大冲击。

三、预测模型

长期来看，汇率决定理论能够帮助我们寻找具有预测意义的指标体系并判断汇率变动方向，但从定量角度揭示汇率变动的具体水平，则需要根据数据构建预测模型。根据预测指标数量，预测模型大致可以分为单变量预测模型与多变量预测模型两类。

（一）单变量时间序列模型

1. 均值预测——自回归移动平均模型（ARIMA）

设被估计变量为 x_t ，ARIMA（p，d，q）模型认为 x_t 是由自回归和移动平均

混合决定的时间序列过程（式5）。其中， e_t 是服从均值为0、方差为 σ^2 的白噪声序列， $\phi_1 \dots \phi_p$ 与 $\theta_1 \dots \theta_q$ 分别是自回归及移动平均项目的回归系数。

$$x_t = \mu + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (5)$$

用ARIMA模型进行汇率预测主要包含三个步骤。一是设定阶数。如果 x_t 是非平稳的，则回归之前应先对 x_t 进行d阶差分，并在之后通过偏自相关函数及Q统计量确定滞后项p和q的值；二是参数估计。通常采用极大似然法得到 $\phi_1 \dots \phi_p$ 与 $\theta_1 \dots \theta_q$ 的估计；三是预测外推。得到模型参数估计结果后，可以对式（5）向前递归h期，得到预测值 \hat{x}_{t+h} 。

2. 波动率预测——自回归条件异方差模型（ARCH）

汇率波动特征往往在一段时间内表现出波动群集（Volatility Clustering）现象：即市场出现大起大落时，汇率随后走势也跌宕起伏，而如果市场风平浪静，汇率其后的变动往往也“海波不扬”。这种波动聚集的方式表明汇率的波动率中存在相关性。

ARIMA模型的不足之处在于假设白噪声序列方差 σ^2 是一个不随时间变化的常数，导致无法刻画上述现象，也无法对波动率走势做出准确判断。而条件异方差自回归模型（ARCH）则克服了这一弊病，如果假设 y_t 是外生解释变量， I_t 为t时刻的信息集。 $\mu(\cdot)$ 和 $h(\cdot)$ 为定义在信息集 I_{t-1} 和 y_t 上的函数， z_t 是标准化残差序列，则ARCH模型可以表示成：

$$\begin{aligned} x_t &= \mu_t + e_t \\ \mu_t &= \mu(I_{t-1}, y_t) \\ e_t &= \sqrt{h_t} z_t \\ h_t &= h(I_{t-1}, y_t) \end{aligned} \quad (6)$$

根据对函数 $\mu(\cdot)$ 、 $h(\cdot)$ 及标准化残差分布假设的不同，ARCH模型可以扩展成

GARCH（广义 ARCH）模型、GARCH-M 模型、IGARCH 模型、TGARCH（门限 GARCH）模型、E-GARCH(Exponential GARCH) 等。在估计方法上，ARCH 模型与 ARIMA 模型基本流程一致，只是需要对函数 $h(\cdot)$ 具体形式进行设定。在得到模型参数估计结果后，依然可以通过对式（6）递归得到被预测变量的预测值。

（二）多变量模型构建

用单变量时间序列模型进行预测的好处在于简洁，但由于其仅用到汇率自身历史走势所包含的信息，预测能力有限。从前文理论分析看，汇率往往是多方面因素共同作用的结果。为了更多地利用不同变量提供的信息，需要引入多变量模型进行分析。

多变量模型在建模时便考虑到了多维度数据之间的动态关系，主要包含了向量自回归模型（VAR）为基础的一系列衍生模型。基本向量自回归模型（VAR）采用多方程联立形式，通过将所有变量当期值对滞后值进行回归，得到量化的系统动态关系。在近年来发展中，基于主成分分析（PCA）方法的要素增强型向量自回归（FAVAR）模型解决了大数据模型估计场景下出现的“维度诅咒”（Curse of Dimension）问题，已成为实际应用中的主流方法。另外，向量误差修正模型（VECM）和时变参数向量自回归模型（TVP-VAR Model）正在越来越多被运用到多维指标体系的估计中，在一定程度上刻画了体制转换与数据之间的协整问题，提高了预测的灵活性和精度，在未来具有更为广阔的应用前景。

四、对未来美元走势的判断及启示

从以上分析来看，美元指数是美元兑“一篮子”货币汇率按照几何加权平均方式计算得到的综合指数。以美国洲际交易所（ICE）公布 DXY 美元指数为例，其货币篮子由欧元、日元、英镑、加拿大元、瑞典克朗与瑞士法郎共同组成³。其中，欧元权重最大，日元次之，二者在美元指数中权重占比达到71.2%，是主

³计算公式为 $I_t = I_{t-1} \times \prod_{j=1}^N (e_{j,t} / e_{j,t-1})^{w_j}$ 。其中 I_t 代表 t 时期美元指数， $N(t)$ 代表指数“货币篮子”中的货币数量， $e_{j,t}$ 为 t 时期第 j 种货币兑美元的汇率， $w_{j,t}$ 为 t 时期 j 国货币在指数中的权重。

导美元指数变动的最主要因素。

作为衡量美元汇率总体强弱的最重要指标，美元指数走势是全球外汇市场的风向标。为了从定量角度对其走势加以分析，本报告依据前文理论选取美国、欧元区、日本三国在2010年至2018年4月间经济数据同比值构建指标体系⁴。经季节调整后，分别利用 ARIMA 模型、GARCH 模型、FAVAR 模型等三个模型预测未来半年美元指数的走势及波动情况。

第一，三个模型均提示，二季度内美元指数将继续走强。从驱动因素看，美国经济在2018年初呈现超预期增长态势，而近期欧元区和日本经济的相对弱势构成了美元指数止跌反弹的最根本因素。随着特朗普减税计划逐步落地，预计二季度这一趋势将得以延续。在此背景下，美联储加息预期不断提高，会对近期美元指数的走强起到支撑作用。

第二，2018年三季度后，美元指数上涨势头将有所回调和放缓。在模型验证和改进阶段，本报告以2010年1月至2017年12月样本作为训练集、2018年1-4月样本作为测试集，通过计算均方误差（Mean Square Error）检定模型的预测能力。结果显示，FAVAR 模型均方误差要小于 ARIMA 模型及 GARCH 模型，显示出更强的准确性。其原因可能在于 FAVAR 模型不仅考虑了美元指数自身走势的历史数据，而且利用了各国经济基本面提供的信息作为判断依据。因此，报告中以三个模型均方误差倒数为权重，对三个量化模型估计结果进行加权平均（图8）。结果显示6-7月美元指数可能继续小幅上涨至94点附近，但在2018年下半年有所回调。其主要原因在于，本轮美国经济景气受减税政策的短期影响较大，但从中长期来看，美国政府债务过高、储蓄率过低及对外贸易逆差问题依旧未能得到根本解决。这使我们认为本轮美元指数的阶段性上涨应是全球经济复苏“见顶”表现出的短期特征，美元中长期走弱趋势没有发生根本变化。

第三，近期美元指数波动率可能减弱。近2月以来，受美元持续上涨影响，市场对美元升值已经形成较为一致的预期，这导致美元指数月均波动率有所降

⁴主要考虑三国通货膨胀、失业率、政策利率、国债收益率、进出口价格指数、货币供应量、经济增长速度、景气指数等 30 个经济指标构建预测指标集。

低。从 GARCH 模型对美元指数波动率的预测结果看（图9），未来数月美元指数的波动率可能继续减弱。

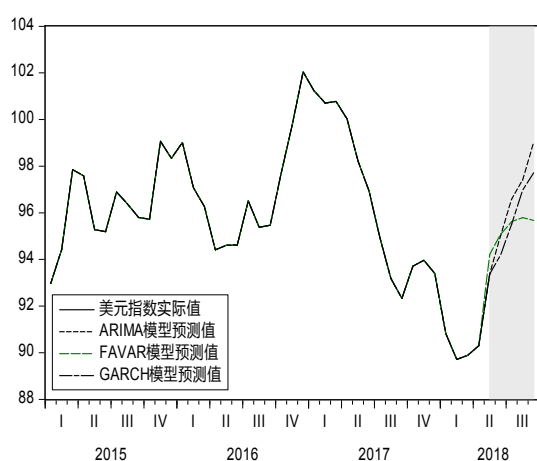


图8 三类模型估测美元指数走势

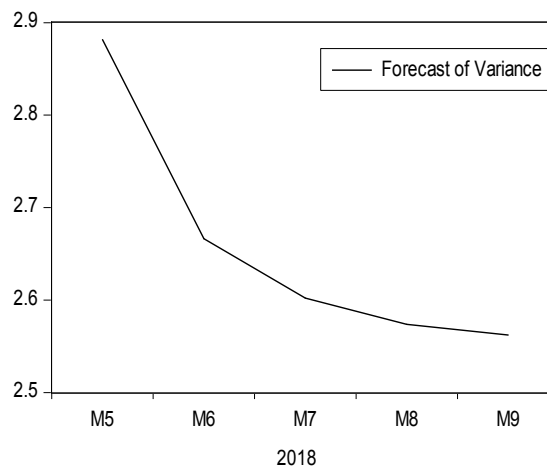


图9 GARCH 模型估测美元指数波动率

五、主要结论及建议

本报告对汇率决定理论和估计模型进行总结和梳理，并以美元指数为对象，构建月度指标集和估计模型，定量研究未来一段时间美元指数的变动趋势。量化模型预测结果显示，6-7月美元指数可能继续小幅上涨至94点附近。背后主要原因在于近期美国经济景气增长及欧元区、日本经济的相对走弱。但受到美国经济中长期结构性矛盾限制，美元指数在2018年下半年可能出现回调。

为了提高汇率预测准确性，未来可从以下两点对汇率预测模型进行改进。一方面，需要依据理论不断丰富汇率预测的指标体系，特别是应加强对各国经济基本面分析，把握汇率变动的中长期趋势；另一方面，应注重对市场预期的研判。由于日度高频数据存在大量“扰动”，利用月度或季度数据对汇率走势进行建模预测的准确性更好。但在同时，应密切监控重大地缘政治风险及突发事件对短期市场情绪带来的影响，将基于量化模型的预测结果同非结构化数据提供的信息进行综合判断，不断改进汇率预测的方法学。