



子午线猛犸 (Mathema) 衍生品估值定价库

外汇期权定价引擎白皮书

本白皮书探讨了外汇期权定价的复杂性，强调其准确性依赖于多种因素的综合考量，包括模型选择、节假日影响、利率环境、汇率波动、隐含波动率及市场规则等。这些因素共同构成了市场供需关系的复合表现，影响着期权的定价和风险管理。

文中将从定价引擎的功能和测试案例两个维度详细阐述该引擎的核心功能及其支持的多种定价模型，包括经典的 Black-Scholes 模型、局部波动率模型以及蒙特卡洛模拟等。通过多种测试场景，验证定价引擎结果的准确性、稳定性和普适性，力求为外汇期权交易提供科学、合理的定价依据。

此外，考虑到市场交易员的实际操作习惯，部分测试场景的结果将与市场主流工具（如彭博、路透和 Murex）进行横向对比，以进一步印证定价引擎的准确性和可靠性。通过这些对比分析，我们期望为用户提供一个全面、精准的外汇期权定价解决方案，进而提升其在实际交易中的决策能力和风险管理水平。

计算引擎功能

挂钩标的

USD/CNY、USD/CNH、EUR/USD、EUR/CNY、JPY/CNY等

节假日和日期计算

- 支持定义币种、货币对节假日
- 支持起息日的计算
- 支持期权到期日和交割日的计算

外汇远期曲线构造

- 支持通过外汇掉期点来构建远期曲线
- 支持多种差值模型，如：Linear、CubicSpline、LogLinear等
- 支持内插模型、和外插模型
- 支持市场Bid/Ask双边价格来构建外汇远期曲线
- 根据使用场景不同，一个货币对可以支持构建多个远期曲线
- 支持交叉货币套算，如：EURCNY，通过EURUSD和USDCNY远期曲线套算

外汇波动率曲面构造

- 支持通过Delta (10DPut、25DPut、ATM、25DCall、10DCall) /Tenors数据商波动率报价来构造波动率曲面
- 支持通过Delta (ATM、RR、BF) /Tenors银行间市场波动率报价来构造波动率曲面
- SmileCurve支持多种构造模型，如：Cubicspline、SVI、Vanna-Voga、SABR等
- 支持指定隐含计算对象（利率1、利率2、或远期价格）
- 支持Premium是否调整、ATM DNS/FWD等参数设置
- 支持指定原始Delta类型（Forward Delta、Spot Delta）
- 支持交叉货币套算，如：EURCNY，通过EURUSD和USDCNY波动率曲面套算
- 支持对指定关键日期或节假日的权重调节
- 支持手工修改波动率、以及自行导入波动率
- 支持一个货币对设置多个波动率曲面，如：日间定价波动率曲面、日终用于估值的波动率曲面
- 支持市场Bid/Ask双边价格来构建外汇波动率曲面

支持的期权类型

- 欧式期权、美式期权、亚式期权（平均价格和平均执行价格）、触碰期权和数字期权
- 银行间组合期权：风险逆转期权组合、跨式期权组合、异价跨式期权组合、蝶式期权组合、看涨价差期权、看跌价差期权、海鸥期权
- 待客组合期权：参与远期、比例远期、区间远期、蝶式远期、封顶远期、保底远期、封顶保底远期、封顶海鸥型远期、保底海鸥型远期、鹰式远期
- 复杂结构品种，如：TARF、Range-Accrual等

收益率曲线构造

- 支持FR007、SHIBOR3M、SOFR等曲线构造
- 支持多种资产作为标的资产，包括：隔夜利息、短期存款、利率互换、以及期货、FRA、债券等，并通过bootstrip来构造收益率曲线
- 支持多种差值模型，如：Linear、CubicSpline、LogLinear等
- 支持通过收益率曲线获取Discount、以及ZeroRate
- 支持市场Bid/Ask双边价格来构建收益率曲线
- 根据使用场景不同，一个币种可以支持构建多个收益率曲线

外汇期权定价

- 定价模型支持：BlackSchole、PDE、LocalVol、Binomial、Monte-Carlo
- 支持客户方向和银行方向的定价，如：客户买时应该使用有利于银行方向的价格来定价，包括：市场汇率、利率、和波动率
- 支持估值场景，也就是计算Premium (NPV)、以及Greeks值，包括：Delta、Gamma、Vega、Theta、Rho、Vanna、Volga等
- 支持定价场景，如：设定Premium来计算行权价，支持的所有组合类型的定价场景，如：通过设定Premium来计算strikes
- 对于奇异期权，支持使用LV、SLV、VV模型进行定价和估值的能力
- 支持通过LV、SLV等本地波动率模型（Dupire、Heston）、以及蒙卡等模型对复杂结构品种进行定价，支持payoff脚本定制品种结构

挂钩外汇的复杂结构衍生品的支持

- 通过市场报价（包括：波动率、或期权费）通过LV、SLV本地波动率模型（Dupire、Heston）进行校准，并支持校准过程的显示和校准结果的统计
- 支持通过蒙卡等模型对复杂结构品种进行定价，支持payoff脚本定制品种结构
- 可以定制常见的业务品种包括但不限于：区间累计、二元看涨、二元看跌、三层结构、双层、价差、鲨鱼鳍、看涨自动赎回等产品
- 支持定价场景，如：设定Premium来计算行权价，支持的所有组合类型的定价场景，如：通过设定Premium来计算高收益率、或低收益率
- 支持校准过程和计算过程的审计功能

测试案例

测试总结

从影响期权定价的几个关键因素入手，对比了市场基准，结果如下：

场景	基准	结果
节假日计算共27个案例	外汇指引	全部一致
收益率曲线 (SHIBOR3M、SOFR)	彭博、路透和MUREX	零息利率平均偏差 小于0.0073% 折现平均偏差 小于0.00025
外汇波动率曲面	彭博、路透	波动率解析平均偏差 小于0.005%
欧式期权定价，共36个案例	彭博、路透	Premium平均偏差在 小于0.35 bp 关键Greeks指标平均偏差 小于1%
待客组合期权 (区间远期、比例远期和封顶远期)，共 个案例	路透	行权价格平差 小于10 bp

节假日计算场景

第一部分 (TC01) : 节假日计算场景

前言

节假日计算，涉及到日期调整、起息日和期权相关日期计算的准确性，会直接影响利率曲线、远期曲线、波动率、以及期权定价的准确性

依据外汇交易中心的外汇指引，从5个场景案例，逐一做了测试，确保节假日计算的准确性

测试场景

设置货币对和货币节假日，并进行日期调整、起息日、期权到期日和交割日的计算

测试案例

测试案例，依据外汇交易中心发布的《产品指引 (外汇市场) V1.4.pdf》，的日期规则

测试结果

案例	结果
案例一：规则 1：营业日准则	全部通过
案例二：规则 2：起息日规则	全部通过
案例三：规则 9：期权费支付日规则	全部通过
案例四：规则 10：期权交割日规则	全部通过
案例五：规则 11：期权到期日 (行权日) 规则	全部通过

利率曲线计算场景

第二部分 (TC02) : 利率曲线计算场景

前言

利率曲线在折现、利率互换、和外汇期权等计算方面有很重要的作用，通常采用市场比较活跃的利率品种，通过剥息法方式来构建，这里采用OIS、Depo、IRS等利率资产来构造SOFR、SHIBOR3M利率曲线，并分别和彭博、Murex、路透系统做了对比

测试场景

构建利率曲线，并对比通过利率曲线生成的零息利率 (ZeroRate)、折现因子 (Discount)、以及远期价格 (Forward Rate)

测试案例

构建SORF、SHIBOR3M、并分别和彭博、路透、以及Murex对比

测试结果

案例	结果
案例一：构建SOFR曲线，并以彭博作为基准作对比	零息利率和折现因子 无偏差
案例二：构建SOFR曲线，并以MUREX系统作对比	零息利率 平均偏差0.0025% 折现 平均偏差0.00003
案例三：构建SHIBOR曲线，并以路透系统做对比	零息利率 平均偏差0.0073% 折现 平均偏差0.00025

波动率曲面计算场景

第三部分 (TC03) : 外汇波动率曲面测试场景

前言

银行间市场通过报波动率来提供外汇期权流动性报价，对于USDCNY常见的报价来源包括：外汇交易中心 (10D RR, 10D BF, 25D RR, 25D BF, ATM)、交易中介报价 (通过即时通讯工具)

另外，主要数据提供商 (彭博、路透) 分别集成了交易所和中介的波动率报价，并通过自己的模型重新发布了波动率，这个也是外汇期权市场上比较重要的报价参考。

考虑到测试场景需要做对比，上述波动率只有数据商 (路透、彭博) 提供了波动率报价、以及波动率解析结果 (maturity和strike对应的volatility)，所以这里测试场景，分别从彭博、以及路透获取原始波动率、以及波动率解析结果，来作为测试基准。

测试场景

获取原始的波动率、通过波动率计算模型解析波动率 (maturity和strike对应的volatility)，并和基准 (彭博、路透) 做对比

测试案例

案例一：通过delta、maturity date获取strike price

案例二：通过strike、maturity date获取volaitility

测试结果

案例	结果
彭博波动率	
案例一：通过delta、maturity date获取strike price	平均偏差： 0.00173 (行权价)
案例二：通过strike、maturity date获取volaitility	平均偏差： 0.0034% (波动率)
路透波动率	
案例一：通过delta、maturity date获取strike price	平均偏差： 0.00128 (行权价)
案例二：通过strike、maturity date获取volaitility	平均偏差： 0.0048% (波动率)

外汇欧式期权定价场景

第四部分 (TC04) : 外汇欧式期权定价案例 (Price & Greeks)

前言

外汇欧式期权是外汇期权的基础产品，这里分别对比路透和彭博系统，采用同样的市场数据的条件下，对比计算结果，包括Premium、以及Greeks值

测试场景

以USDCNY作为货币对，分别测试了ON、3M、6M、1Y四个期限，以及每个期限下多个strike、call、put类型期权，并分别对比路透和彭博系统对比结果

测试案例

个期限下、多个strike、call、put组合，分别对比路透和彭博系统

测试结果

案例	结果
案例一：对比路透，USDCNY ON 下4个定价场景	Premium 平均偏差0.005bp； 主要Greeks值平均偏差在 1.5%以下
案例二：对比路透，USDCNY 3M 下5个定价场景	Premium 平均偏差0.05bp； 主要Greeks值平均偏差在 15%以下
案例三：对比路透，USDCNY 6M 下5个定价场景	Premium 平均偏差0.08bp； 主要Greeks值平均偏差在 1.5%以下
案例四：对比路透，USDCNY 1Y 下4个定价场景	Premium 平均偏差0.2bp； 主要Greeks值平均偏差在 0.8%以下
案例五：对比彭博，USDCNY ON 下4个定价场景	Premium 平均偏差0.05bp； 主要Greeks值平均偏差在 0.1%以下
案例二：对比彭博，USDCNY 3M 下5个定价场景	Premium 平均偏差0.05bp； 主要Greeks值平均偏差在 0.05%以下
案例三：对比彭博，USDCNY 6M 下5个定价场景	Premium 平均偏差0.12bp； 主要Greeks值平均偏差在 0.02%以下
案例四：对比彭博，USDCNY 1Y 下4个定价场景	Premium 平均偏差0.35bp； 主要Greeks值平均偏差在 0.03%以下

外汇欧式期权定价场景

第五部分 (TC05) : 待客组合期权定价案例

前言

待客欧式期权是有多个欧式期权构成的期权合约，这类合约的定价特点是：1) 多个期权构造，通常由于每个期权的strike不一致，所以波动率也不一样；2) 通常合约期权费为0，需要锁定某些leg的strike来计算另外leg的strike；3) 由于不同leg的buy/sell, call/put不一致，所以在定价时会考虑市场价格（包括汇率、利率和波动率）的bid/ask方向

测试场景

以USDCNY作为货币对，分别测试了ON、3M、6M、1Y四个期限，以及每个期限下多个strike、call、put类型期权，并分别对比路透和彭博系统对比结果从路透终端获取原始的市场数据，包括：即期汇率、远期汇率、利率、以及波动率，通过MCP构建对应的远期点曲线、利率曲线和波动率曲面后，应用于最终组合期权的定价。

组合期权定价选取：欧式期权、比例远期、封顶远期、区间远期、封顶海鸥型远期5个国内常见品种，并设定不同的利润后，在不同的期限来计算最终的行权价，最终结果和路透期权定价工具（FXOC）做对比

测试案例

一共5个案例，102个贴近于最终应用的案例场景

这些场景均是从原始市场数据开始，中间涉及到利率曲线处理、波动率曲面构造等、并最终通过上吗过程的到的利率汇率参与到最终的定价计算过程，所以误差来源于上述中间过程的计算、以及最终的期权定价

测试结果

案例	结果
案例一：对比路透，欧式期权USDCNY 买入看涨、卖出看跌、买入看跌、卖出看涨四个方向1W 2W 1M 3M 6M 1Y 6个期限不同执行价72个批量定价场景	Premium 平均偏差2个bp
案例二：对比路透，比例远期USDCNY结汇和购汇方向1M 3M 6M 1Y4个期限下固定期权费反算执行价的8个批量定价场景	Strike 平均偏差3个bp
案例三：对比路透，封顶远期USDCNY结汇和购汇方向3M 6M 1Y下固定期权费反算封顶价格的6个批量定价场景	封顶价格 平均偏差4个bp
案例四：对比路透，区间远期USDCNY结汇和购汇方向（宽区间和窄区间）1M 3M 6M 1Y下固定期权费和Call执行价反算Put执行价的12个批量定价场景	Put Strike 平均偏差4个bp
案例五：对比路透，封顶海鸥型远期USDCNY购汇方向下，1M 3M 6M 1Y下固定期权费和low mid执行价的差值反算low mid high执行价的4个批量定价场景	low mid high执行价 平均偏差10个bp

以上测试场景，基于mcp_v1.2.14806版本测试，详细的测试数据，可以向销售索取，或者点击下载

https://help.mathema.com.cn/docs/excel/mcp_tc_fxoption20240918.zip



BALANCE SHEET

ASSETS		9,744,000.00
Current Assets	1,020,000.00	
Non-Current Assets	8,724,000.00	
LIABILITY		3,720,000.00
Current Liability	1,000,000.00	
Non-Current Liability	2,720,000.00	
EQUITY		6,024,000.00
Current EQUITY	3,000,000.00	
Non-Current EQUITY	3,024,000.00	



INCOME STATEMENT

REVENUES		6,559,692.00
Net Sales	1,420,000.00	
Investment	5,139,692.00	
EXPENSES		4,550,452.00
Research-Development	1,327,886.00	
Operating expenses	2,879,500.00	
Marketing	500,799.00	
NET INCOME	59,677,692.00	



CASHFLOW STATEMENT

OPERATIONS		6,559,692.00
Net Sales	1,420,000.00	
Investment	5,139,692.00	
EXPENSES		4,550,452.00
Research-Development	1,327,886.00	
Operating expenses	2,879,500.00	
Marketing	500,799.00	
NET INCOME	59,677,692.00	



EQUITY STATEMENT

REVENUES		6,559,692.00
Net Sales	1,420,000.00	
Investment	5,139,692.00	
EXPENSES		4,550,452.00
Research-Development	1,327,886.00	
Operating expenses	2,879,500.00	
Marketing	500,799.00	
NET INCOME	59,677,692.00	



猛犸 (Mathema) 衍生品估值定价库特点



资产和功能完整

- 利率类产品
- 固定收益债券
- 贵金属和大宗商品
- 外汇衍生品
- 权益类
- 收益率曲线
- 波动率曲线
- 支持FRTB指标计算
- C++/Python API
- Excel 支持



封闭解定价+蒙特卡洛定价

平衡计算效率、计算准确性和灵活性



自主研发，具体模型定制能力和客制化能力

模型定价能力输出

提供模型定价细节，以验证结果准确性



GPU加速蒙特卡洛模拟

比单线程提高1000-2000倍，以雪球结构为例：

- 1000万次模拟
- 定价：0.007121秒
- 推导敲入价格：0.165650秒