



Foreign Exchange Option Pricing

A Practitioner's Guide

外汇期权定价

实际操作指南

伊安·J. 克拉克 (Iain J. Clark) 著

林 谦 译

周光起 林祖安 校

上海财经大学出版社



外汇期权定价

实际操作指南

伊安·J. 克拉克 (Iain J. Clark) 著

林 谦 译

周光起 林祖安 校



图书在版编目(CIP)数据

外汇期权定价:实际操作指南/(美)克拉克(Clark, I. J.)著,林谦译. —上海:上海财经大学出版社,2013. 11

(东航金融·衍生译丛)

书名原文:Foreign exchange option pricing: a practitioner's guide

ISBN 978-7-5642-1554-5/F·1554

I. ①外… II. ①克… ②林… III. ①外汇交易市场-研究
IV. ①F830. 92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 011360 号



WAIHUI QIQUAN DINGJIA

外 汇 期 权 定 价

——实际操作指南

[美] 伊安·J. 克拉克 著
(Iain J. Clark)

[加] 林 谦 译
周光起 林祖安 校

上海财经大学出版社出版发行
(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海华教印务有限公司印刷

上海春秋印刷厂装订

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 19.5 印张(插页:3) 339 千字

印数:0 001—4 000 定价:48.00 元

图字:09-2012-322 号

Foreign Exchange Option Pricing: A Practitioner's Guide

Iain J. Clark

Copyright © 2011 by Iain J. Clark.

All Rights Reserved.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, except as permitted by the UK Copyright, Designs and Patents Act 1988 without the prior permission of the Publisher.

Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with Shanghai University of Finance & Economics Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by SHANGHAI UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS PRESS, Copyright © 2013.

2013 年中文版专有出版权属上海财经大学出版社

版权所有 翻版必究

总 序

20 世纪 70 年代,随着布雷顿森林体系瓦解,美元与黄金挂钩的固定汇率制度遭到颠覆,金融市场出现了前所未有的大动荡。风险的巨大变化,带来了巨大的避险需求。以此为契机,金融衍生品逐渐从幕后走到前台,成为了风险管理的重要工具。金融期货是金融衍生品最重要的组成部分。1972 年,以外汇期货在芝加哥商品交易所的正式交易为标志,金融期货在美国诞生。金融期货的本质,是把金融风险从金融产品中剥离出来,变为可度量、可交易、可转移的工具,被誉为人类风险管理的一次伟大革命。经过 30 年的发展,金融期货市场已经成为整个金融市场中不可或缺的组成部分,在价格发现、保值避险等方面发挥着不可替代的作用。

我国金融期货市场是在金融改革的大潮下诞生的。2006 年 9 月 8 日,经国务院同意、中国证券监督管理委员会批准,中国金融期货交易所上海挂牌成立。历经多年的扎实筹备,我国第一个金融期货产品——沪深 300 股指期货——于 2010 年 4 月 16 日顺利上市。正如王岐山同志在贺词中所说的:股指期货正式启动,标志着我国资本市场改革发展又迈出了一大步,这对于发育和完善我国资本市场体系具有重要而深远的意义。

股指期货到目前已经成功运行了一段时间,实现了平稳起步和安全运行的预期目标,成功嵌入资本市场运行和发展之中。股指期货的推出,对我国股票市场运行带来了一些积极的影响和变化:一是抑制单边市,完善股票市场内在稳定机制。股指期货为市场提供了做空手段和双向交易机制,增加了市场平衡制约

外汇期权定价

力量,有助于降低市场波动幅度。机构投资者运用股指期货,可以替代在现货市场的频繁操作,增强持股信心。同时,股指期货具有一定的远期价格发现功能,可在一定程度上引导现货交易,稳定市场预期,减少股市波动频率。二是提供避险工具,培育市场避险文化。股指期货市场是一个专业化、高效的风险管理市场。股指期货不消除股市风险,但它使得股市风险变得可表征、可分割、可交易、可转移,起到优化市场风险结构、促进股市平稳运行的作用。三是完善金融产品体系,增加市场的广度和深度,改善股市生态。发展股指期货等简单的基础性风险管理工具,不仅能够完善金融产品体系,增加市场创新功能,提高市场运行质量,同时也有助于保障金融资源配置的主动权,实现国家金融安全战略的重要选择。

股指期货的成功上市,打开了我国金融期货市场蓬勃发展的的大门。中国是一个经济大国,一些重要资源、重要基础商品、金融资产的定价权,必须通过稳健发展金融衍生品市场来实现和完成。“十二五”规划提出,要加快经济发展方式转变,实现经济结构调整。这需要我们不断扩大直接融资比例,积极稳妥地发展期货市场,同时也对我国金融期货市场的发展提出了更高的要求,给予了更加广阔的空间。下一步,在坚持国民经济发展需要、市场条件具备、交易所准备充分的品种上市原则的基础上,中国金融期货交易所将进一步加强新产品的研究与开发,在风险可测、可控、可承受的条件下,适时推出国债期货、外汇期货等其他金融期货品种,为资本市场持续健康发展,为加快推进上海国际金融中心建设,作出应有的积极贡献。

金融期货在我国才刚刚起步,还是一个新的事物,各方对它的认识和了解还需要一个过程。因此,加强对金融期货等金融衍生品的功能作用宣传、理论探索和实践策略的分析介绍,深化投资者教育工作,事关市场的功能发挥和长远发展。

东航金戎作为东航集团实施多元化拓展战略的重要金融平台,始终对境内外金融衍生品市场的现状和演变趋势保持着密切关注,在金融衍生品市场风险研究与资产管理实践等领域,努力进行着有益尝试。这套由东航金戎携手上海财经大学出版社共同推出的“东航金融·衍生译丛”,包含了《揭秘外汇市场》、《掉期交易与其他衍生品》、《震荡市场中的期权交易》、《外汇期权定价》、《奇异期权与混合产品》五本著作。它们独辟蹊径,深入浅出地向读者展示了国际金融衍生品市场的奥秘与风景。相信此套丛书一定能够有助于广大投资者更加深入地了解金融衍生品市场,熟悉投资策略,树立正确的市场参与理念和风险防范意识,为中国金融衍生品市场的发展贡献力量。

朱玉辰

原中国金融期货交易所总经理
2013年10月

致 谢

我要感谢在标准银行(Standard Bank)的所有人,尤其是 Peter Clancey 和 Marcelo Labre 在本书写作过程中所表现出的耐心。这是一本行业性书籍,若没有同事们的帮助和鼓励,尤其是近年在标准银行以及前些年在 J. P. 摩根公司(J. P. Morgan)、法国巴黎银行(BNP Paribas)、雷曼兄弟公司(Lehman Brothers)、德雷斯頓克雷沃特投资银行(Kleinwort)和德国商业银行(Commerz bank)的同事,它将不会问世。我也尤其感谢 David Kitson、Jérôme Lebuchoux、Marek Musiela、Nicolas Jscson、Robert Camplee、Dominc O' Kane、Ronan Dowling、Tim Sharp、Ian Robertson、Alex Langnau 和 John Juer。

我对 Messaoud Chibane 表示特别的谢意,作为一位杰出的金融工程师和挚友,在我多年历程上的每一步,他都鼓励着我。

对于第 11 章的部分内容,我受益于曾经工作过的德雷斯頓克雷沃特投资银行的远期建模研究团队成员的卓越工作,他们是 Andrey Gal、Chia Tan、Oliver Taghi 和 Lars Schouw。

我还必须感谢威利(Wiley)出版公司的 Pete Baker、Aime Dibbens、Karen Weller 和 Lori Boulton 在本书的写成和出版项目方面给予的帮助和耐心,感谢威利团队所有其他成员对本书的出版所做的卓越工作。我对本书尚存的任何错误承担全部责任,还应当深谢 Pat Bateson 和 Rachael Wilkie 对于手稿的透彻审读。感谢我的文稿代理人 Isabel White 发现了我针对这一议题撰写一本专著潜力。

还要感谢我伟大的夫人,言辞已无法表述我对她的亏欠。我永远感谢我的双亲 John 和 Joan 的挚爱、支持,宽容我的错误以及培养我在科学和数学方面的兴趣。我很高兴地感到,生活中的实质还没有发生太大的变化!再者,我的整个家族,虽然并非总能如愿地时常与他们相会,但我感谢他们的惦念和鼓励的音讯。他们对我具有很大的意义。

最后,对于我在加拿大的年轻侄女和侄子 Andrew、Bradley、Isabel、Mackenzie 和 William,他们曾经问我,针对成年人的数学书是否包含了“非常难的求和”问题,譬如“ $1\ 000\ 010-1\ 000\ 000\ 012=?$ ”现在,我已经有了仅仅只对你们来说非常困难的求和

外汇期权定价

问题，

$$\begin{array}{r} 101\,598\,490 \\ + \quad 21\,858\,299 \\ \hline ? \end{array}$$

本书是为了你们和所有学习数学技能的学生而写的，包括年轻者和年迈者在内。希望你们在学习和工作中取得卓越的成绩。

本书的主页是：[www. fxoptionpricing. com](http://www.fxoptionpricing.com)^[1]

[1] 根据该网页所刊“勘误表”，我们已对译文作了相应的调整。另，我们对本部分中提及的外国人名均未作音译。——译者注

目 录

总序/1

致谢/1

第 1 章 引言/1

- 1.1 外汇市场概述/1
- 1.2 标价形式/3
- 1.3 关于风险的考虑/6
- 1.4 即期结算规则/7
- 1.5 到期和结算规则/10
- 1.6 截止时间/13

第 2 章 数学预备知识/15

- 2.1 布莱克—斯科尔斯模型/15
- 2.2 风险中性方法/16
- 2.3 布莱克—斯科尔斯方程的推导/16
- 2.4 关于 S_T 的随机微分方程的积分/20
- 2.5 以即期价格对数表示的布莱克—斯科尔斯 PDE 系统/21
- 2.6 费尔曼—凯克和风险中性期望法/21
- 2.7 风险中性方法和漂移项假设/23
- 2.8 欧式期权的估价/26
- 2.9 “一价法则”/30
- 2.10 布莱克—斯科尔斯期限结构模型/32
- 2.11 布里顿—里泽恩伯格分析/33

外汇期权定价

- 2.12 欧式数码型期权/34
- 2.13 对于结算的调整/36
- 2.14 针对延迟结算的调整/37
- 2.15 运用傅立叶方法的定价法/39
- 2.16 “尖峰”系数:超越“厚尾”/43

第3章 德尔塔和市场惯例/46

- 3.1 标价法的惯例/47
- 3.2 关于很多 Delta(德尔塔)的法则/49
- 3.3 关于外汇德尔塔的惯例/53
- 3.4 市场波动率截面/56
- 3.5 平值情形/57
- 3.6 市价勒式组合/60
- 3.7 微笑勒式组合和风险逆转工具/62
- 3.8 市价勒式组合图示/65
- 3.9 微笑内插:德尔塔所含多项式/67
- 3.10 微笑内插:SABR/68
- 3.11 总结性意见/70

第4章 波动率截面/71

- 4.1 波动率的构架:平坦的远期内插法/74
- 4.2 波动率截面的时间内插法/75
- 4.3 波动率截面的时间内插法:节假日和周末/80
- 4.4 波动率截面的时间内插法:交易日内效果/83

第5章 局部波动性和暗含波动率/86

- 5.1 引介/86
- 5.2 福柯—普朗克方程/89
- 5.3 杜皮埃局部波动率的构建/93
- 5.4 暗含波动率及其与局部波动率的关系/96
- 5.5 作为条件预期值的局部波动率/96

- 5.6 外汇市场的局部波动率/98
- 5.7 扩散和关于局部波动率的 PDE/99
- 5.8 CEV 模型/100

第 6 章 随机波动率/105

- 6.1 引介/105
- 6.2 不确定的波动率/105
- 6.3 各种 LSV 模型/107
- 6.4 不相关的随机波动率/119
- 6.5 与即期价格相关的随机波动率/121
- 6.6 福柯—普朗克 PDE 方法/124
- 6.7 费曼—卡茨 PDE 方法/125
- 6.8 局部随机波动率(LSV)模型/129

第 7 章 定价和校准的数值方法/143

- 7.1 寻觅一维根:暗含波动率校准/143
- 7.2 非线性最小平方数的最小化/144
- 7.3 蒙特卡洛模拟法/146
- 7.4 金融学中关于“传导—扩散”的 PDE 系统/163
- 7.5 关于 PDE 系统的数值方法/170
- 7.6 显性有限差分法/170
- 7.7 针对非均匀网格的显性有限差分法/178
- 7.8 隐性有限差分法/181
- 7.9 克兰科—尼科尔森解法/183
- 7.10 多维 PDE 系统的数值解法/184
- 7.11 非均匀筛子形成的实用解法/189
- 7.12 进一步阅读/192

第 8 章 第一代奇异期权:双值型期权和障碍型期权/194

- 8.1 反射原理/196
- 8.2 欧式障碍型期权和双值型期权/198

外汇期权定价

- 8.3 连续跟踪的双值型期权和障碍型期权/201
- 8.4 双向障碍型产品/212
- 8.5 关于局部和随机波动率的敏感性/213
- 8.6 障碍的弯曲/215
- 8.7 价值跟踪/219

第 9 章 第二代奇异期权/222

- 9.1 可选型期权/223
- 9.2 区间累积型期权/224
- 9.3 远期启动型期权/225
- 9.4 回顾型期权/227
- 9.5 亚式期权/230
- 9.6 目标赎回票据/232
- 9.7 波动率互换和方差互换/233

第 10 章 多重货币期权/242

- 10.1 相关性、三角形解析和套利消失/243
- 10.2 交换型期权/247
- 10.3 双币转换型期权/247
- 10.4 “选优”型和“选劣”型期权/251
- 10.5 组合型期权/257
- 10.6 数值方法/260
- 10.7 注意:关于多重货币的各个希腊字母/261
- 10.8 非交易性因素的双币化/261
- 10.9 进一步阅读/262

第 11 章 长期外汇/263

- 11.1 货币互换/264
- 11.2 基差风险/266
- 11.3 远期外汇衡量尺度/268
- 11.4 积欠的 LIBOR/268

- 11.5 典型的长期外汇产品/272
- 11.6 三因素模型/274
- 11.7 三因素模型的利率校准/276
- 11.8 三因素模型的即期外汇校准/278
- 11.9 结论/283

参考文献/284

进一步读物/295

译者的话/298

第 1 章 引 言

从这一领域实际操作者的视角出发,本书论述了针对外汇(FX)的各种期权。以业内专家的贡献和实际数据为素材,本书介绍了在外汇期权交易所广受青睐的许多产品和理论模型,因为这些理论模型在对这些金融产品实施定价时精确地把握了各种风险因素。该领域在文献中尚未得到充分的关注,但在现实的金融市场上却非常重要。因此,本书实为一本服务于数理实际操作者的工作手册,涵盖了从专业角度给各种单纯期权和奇异期权定价所必备的信息。

我们把具备严格数学意义的理论与实际操作相结合。受到年轻金融工程师(quant)们以及(从事外汇和其他类型资产业务)其他同事们碰到的常规问题之激励,本书力图服务于金融工程师、金融产品设计者、交易员、资产管理者(structurers)和其他任何相关职业人士。大致而言,我希望这是一本自己当初涉身行业时就可获得的读本。本书无疑亦有助于关注各种资产类型的数理金融学者、学生和有意涉足这一金融领域的其他人士。

阅读本书所需要的知识水平大致相当于赫尔(Hull,1997)、贝克斯特和瑞尼(Baxter & Rennie,1996)所著两部出色入门读物。本书专门把那些基础知识推广运用到外汇领域,希望有助于涉身(或准备涉身于)金融行业者、想要更多地了解外汇作为一类资产所具属性和所用数值方法的行业工作者,以及最后,但并非最不重要的是——学术界人士可把它用于研究工作和学生参考读物。

1.1 外汇市场概述

可以想象,最简单的外汇交易就是到外汇兑换所(bureau de change),诸如可在任何机场找到的那种,以某国货币的特定纸币或硬币数额换取另一国货币的特定纸币或硬币数额。例如,在 2009 年 9 月 24 日,根据 www.oanda.com 货币转换公式的标价,GBPUSD 比率是,1 英镑可兑换 1.639 35 美元(或反过来说,

外汇期权定价

1 美元可兑换 0.610 0 英镑)。因此,若忽略双方“买价—卖价”(bid-offer)差额和交易费用不计,在英国希思罗(Heathrow)机场,计划去美国迈阿密(Miami)度假者若需购买 100 美元,就需准备支付 61.00 英镑。

这笔交易仅在一两分钟内即可快捷完成。现在假设,或许是为了投资,交易额扩大了 1 000 倍。为了在美国迈阿密州购置一套公寓,那位旅行者想把英镑转换为美元储蓄账户。显然,他不会跑到英国希思罗机场的候机大厅去提取 61 000 英镑,也不会愿意换得缺乏特定标志的 100 000 美元现钞。这种规模的交易可在外汇即期市场完成,但其美元资金无法在一两分钟之内获得(同样,客户的英镑也无法即刻被提取)。这笔资金交易将在即期合约规定的日期进行,通常需为期数日(此为大致说法;请参阅第 1.4 节)。这一时间差的主要成因在于历史。在那一天,美元会显现在客户的美元账户上,而英镑则会从其英镑账户上被转走。此过程被称作“结算”(settlement)。仅仅由单一支付方所承担的风险被称为“外汇结算风险”或“赫斯塔特(Herstatt)风险”(因关于德国赫斯塔特银行在 1974 年 6 月 26 日在美元支付方面的著名违例案例而得名^[1])。

另一种可能是,那位旅行者打算飞往迈阿密,实地考察一下在建的新公寓大楼,他或她知道自己在 6 个月后需支付 100 000 美元。为了能在今日锁定汇率以规避汇率风险,他或她可根据在今日确定的汇率签署一份外汇远期合约,规定在 6 个月后转让资金。这种在未来必须实施结算的日期称作结算日(the delivery date)。

还有一种可能是,若在资产结构上持续持有英镑多头,这位旅行者可买入一项期权以便预防英镑在今后 6 个月期间的贬值;换句话说,他可买入一项购买美元(以及等效地,出售英镑)的期权,也就是一项具备行权价格的针对 GBPUSD 汇率的看跌期权。它将消除所有的下跌风险,所耗费的交易成本只是期权费用(option premium)。鉴于交易将被推迟到未来时期,我们现在不仅有了结算日(仅仅针对远期合约)而且还有到期日(expiry date),即期权持有者必须决定是否实施期权的日期。

至此,我们一共有 4 个重要日期:今日[有时又叫开启日(horizon date)]、即期日、到期日和结算日(参见图 1.1)。

作为操作指南,本章试图描述如何准确地确定这些日期,下一章则描述它们将如何影响外汇期权的价格。威斯塔普(Wystup, 2006)的著作《外汇期权和结

[1] 1974 年,德国赫斯塔特银行的倒闭最终使得银行业监管方面的国际合作从理论开始变为现实,主要标志是《巴塞尔协议》的出台。——译者注



图 1.1 外汇交易的几个重要日期

构化产品》(*FX Options and Structured Products*)第 3.3 节作了很好的引介性论述,但问题是过分地拘泥于细节。

1.2 标价形式

不同于其他类型的资产,对外汇而言并没有某种自然而然形成的基准货币。对于明智的投资者而言,他(她)不会将其大部分财富投入国际商用机器公司(IBM)或雷曼兄弟公司(Lehman Brothers)的权益资产(equity),但却可以完全自然地用美元、欧元和澳元等作为衡量其财富的尺度。因此,在标示外汇的即期或远期汇率方面,不存在必须使用某种特定交易指令(order)的理由。选择何种标价方式完全取决于市场惯例。

就英镑针对美元的汇率而言,它们各具国际标准化组织(ISO)代码英镑(GBP)和美元(USD),^[1]市场标准标价可以是 GBPUSD(1 英镑的美元价格)或者 USDGBP(1 美元的英镑价格)。针对这一特定货币对(currency pair),我们采用前一种方式,即 GBPUSD。

值得注意的是,各主要财经出版物,譬如《金融时报》(*Financial Times*)和《经济学人》(*Economist*)(在其封底内页),都以相同的标价方式报道所有货币的价格;例如,1 美元的 AUD、CAD、EUR、MXN…ZAR 价值。不难理解,这并不是外部外汇市场上标示即期汇率的方式。

标作“ccy1ccy2”^[2]的某一货币对的即期汇率 S_t 表示,在 t 时购买 1 单位 ccy1(外币或基准货币)所需要的 ccy2 额(又称本币、结算货币或基准货币)。即期汇率在今日得到确定,并在即期日实施结算。因此,即期汇率的表示方法是,“ccy2 数额 / 单位 ccy1”。这也是为何像我这般学究气较重的金融工程师不太愿意在各种货币的 ISO 代码之间使用上斜线“/”的原因。它可方便地读作“GBP/USD”或“GPB/每一 USD”,但它并非外汇市场所用标价法。GBPUSD 标

[1] ISO4271 代码出自国际标准化组织(the International Organization of Standardization);可参见 www.iso.org。

[2] 在外汇市场中,实际工作者统一使用诸如 ccy1 和 ccy2 之类的别称。在讨论报价和多重货币时,这很容易导致混乱,故本书尽量避免使用之。