

TAISHAN JINRONG XUEZHE WENCONG


【泰山金融学者文丛】

The Pricing Of Structured Financial Products

STRUCTURED

银行结构化理财产品 定价研究

张雪莹 著

 中国金融出版社

泰山金融学者文丛

TAISHAN JINRONG XUEZHE WENCONG

《山东省对外直接投资实证分析与战略选择》

《权证的定价与避险》

《银行结构化理财产品定价研究》

《政府主导性对我国投资者保护的影响研究》

《我国上市公司股权融资偏好研究——基于控制权成本收益的分析》

《金融资产组合中的投资型寿险需求分析》

《基于ERM理论的财产保险公司风险预警与控制研究》

网上书店: www.chinafph.com



定价: 21.00元

泰山金融学者文丛

银行结构化理财产品 定价研究

张雪莹 著

 中国金融出版社



责任编辑：任 娟

责任校对：李俊英

责任印制：尹小平

图书在版编目 (CIP) 数据

银行结构化理财产品定价研究 (Yinhang Jiegouhua Licai Chanpin Dingjia Yanjiu) / 张雪莹著. —北京: 中国金融出版社, 2010. 9

泰山金融学者文丛

ISBN 978 - 7 - 5049 - 5574 - 6

I. ①银… II. ①张… III. ①银行业务—价格—研究 IV. ①F830. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 132921 号

出版

发行

中国金融出版社

社址 北京市丰台区益泽路 2 号

市场开发部 (010)63272190, 66070804 (传真)

网上书店 <http://www.chinafph.com>

(010)63286832, 63365686 (传真)

读者服务部 (010)66070833, 62568380

邮编 100071

经销 新华书店

印刷 保利达印务有限公司

尺寸 169 毫米 × 239 毫米

印张 12

字数 191 千

版次 2010 年 9 月第 1 版

印次 2010 年 9 月第 1 次印刷

定价 21.00 元

ISBN 978 - 7 - 5049 - 5574 - 6/F. 5134

如出现印装错误本社负责调换 联系电话 (010)63263947



本套丛书获下列基金资助：

山东省政府金融学“泰山学者”专项基金
山东省金融学重点学科建设基金
山东财政学院学位点建设专项基金
山财金融学院学术著作出版基金



“泰山金融学者文丛”专家委员会

刘锡良

西南财经大学中国金融研究中心主任
国务院学位办应用经济学学科评议组成员
山东省“泰山学者”岗位（金融学）特聘教授
经济学博士

陈学彬

复旦大学金融研究院常务副院长 教授 经济学博士

袁一堂

山东财政学院党委书记 教授 经济学博士

刘兴云

山东财政学院院长 教授 管理学博士

王玉华

山东财政学院副校长 教授 经济学博士

慕好东

山东财政学院副校长 教授 管理学博士

黄磊

山东财政学院金融学院院长 教授 经济学博士

宿玉海

山东财政学院金融学院副院长 教授 经济学博士

刘瑞波

山东财政学院金融学院教授 管理学博士



总 序

“泰山金融学者文丛”是山东财政学院金融学院为集中展示一批学术研究成果而编辑出版的系列丛书。该套丛书的作者是一批来自泰山脚下、黄河之滨，有志于金融学科研究的年轻学者。他们的著作代表了山东省政府确立的金融学“泰山学者”特聘教授设岗单位的最新学术研究成果。该套丛书的出版，对于落实我校“学科立校”、“人才强校”的发展战略，繁荣学术研究，加快学术队伍建设，加强同学术界的交流，以及扩大我校的学术影响都有着重要的意义。

始建于1986年、由邓小平同志题写校名的山东财政学院，是在改革开放的春风里，由财政部和山东省人民政府共同创办、实行以地方管理为主的普通高等财经院校。2009年，被教育部确定为新增博士学位立项建设单位。金融学院作为一个重要的二级学院，已走过了23年的光辉历程，现设有金融学、保险学、金融工程、信用管理四个本科专业。此外，还设有一个金融学专业硕士学位点、一个资本运作研究中心和一个金融研究所。2001年，金融学专业正式获得硕士学位授予权。2005年，金融学进一步被确定为山东省重点建设学科。2007年，我校与济南市政府合作建立了金融外包服务培训基地及金融外包服务实验室。2008年，建成了中央与地方共建金融学特色优势学科实验室；同年，金融学专业又被评为山东省省级特色专业。现拥有《证券投资学》、《国际金融学》、《金融学》、《公司金融学》和《保险学》等多门省级和校级精品课程。2009年，被山东省政府确立为省内唯一的金融学“泰山学者”特聘教授设岗单位。

金融学院始终坚持以学科建设为中心，坚持教学改革，大力培养、引进人才，努力提高教学、科研水平和人才培养质量，积极发挥专业、学科优势，努力向社会提供专业服务，并形成了自身的学科优势和特色。现已为社会培养和输送了5 000多名优秀毕业生。其中，每年都有相当数量的毕业生或被国家政府机关和大型金融机构录用，或考取名牌大学研究生继续深造。经过多年的努力和建设，金融学院已成为山东省最大的金融类本科人才培养基地和重要的研究生培养基地。

为使该套丛书反映、代表我校金融学科建设和学术研究的最高水平，我们在书稿的遴选过程中，严格学术标准，规范评审程序，并建立了科学的评审机制，最终确定入选该套丛书的书稿。丛书中的每部著作都凝聚了作者多年来潜心研究的心血和汗水，也展现了我们金融学院学人勇攀学术高峰的精神风采。

“泰山金融学者文丛”的顺利出版，得到了中国金融出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢！在该套丛书的出版过程中，山东财政学院领导及相关部门领导高度重视，金融学院领导精心组织，各位作者积极配合，谨在此表示诚挚的谢意！

“泰山金融学者文丛”由于内容浩繁且涉及诸多金融前沿问题，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

“泰山金融学者文丛”专家委员会
二〇一〇年六月二十六日



内容摘要

结构化产品，又称结构性票据或结构性存款，它是由固定收益证券和衍生合约结合而成的创新理财工具。其主要的实现手段是发行机构利用金融工程技术，针对投资者的不同投资风险偏好，以分解组合债券加期权的方式，将结构性产品的投资报酬与衍生合约标的资产的价格变化联系在一起，由此增加产品收益或将投资者对标的资产价格未来走势的预期产品化。其中，衍生合约的标的资产主要包括外汇、利率、股价（股指）、商品（指数）等。

随着我国境内个人金融资产的快速增加，个人对金融资产构成和服务的需求也呈现出多元化特征，结构化理财产品以其丰富的可设计结构，包括不同的挂钩标的、不同的挂钩方式和方向、不同的支付方式、不同的期限、不同的风险收益结构等，极大地丰富了产品的种类，最大限度地满足了投资者的需求，是开展理财业务的优良工具。但从投资者的角度来讲，结构化理财产品的设计运用了复杂的现代金融工程的组合和分解技术，其结构复杂，产品定价同时涉及固定收益衍生品定价和期权定价两个方面，投资者一般很难真正了解其产品特性、产品架构、收益水平和风险揭示等。这使得投资者的利益无法得到充分和有效的保护。近年来发生的包括中信泰富在内的一些中资机构在欧元 CMS 挂钩产品、澳元外汇期权产品等遭受巨额亏损的事件已经暴露出这一问题的严重性。另外，从发行者的角度看，结构化理财产品市场的参与主体的发展严重不平衡：外资机构牢牢掌握结构化产品的核心技术，负责完成多数复杂产品的设计、风险对冲等关键工作；而中资银行由于缺乏国际市场经验和金融衍生品设计、定价方面的专业人才，对结构化理财产品的定价模型不了解，大多数中资银行直接引进和模仿国外银行的做法，以背对背形式，作为外资机构境内结构化产品发行的分销渠道。由于中资银行相当于处于外币理财产品链的下游，这使得中资银行在竞争中处于非常不利的地位。因此，综合来看，无论是从投资者的角度还是从发行者的角度来看，对银行结构化理财产品的定价的研究都有重要的理论价值和重大的现实意义：对结构化理财产品的设计和定价的研究，

一方面,可以使投资者更加准确地评价结构性金融衍生产品的价格、收益高低,更加理性地进行产品选择;另一方面,可以使发行者更有效地对产品进行定价,更有效地运用结构化理财产品筹集资金,进行资产负债管理,对于丰富我国银行金融产品的开发和应用、丰富银行产品范畴、提供更好的客户服务、拓展新的业务增长点、促进银行业的发展和竞争具有现实意义。

由于结构化理财产品的定价模型往往属于发行银行的核心技术,因此全面、深入的公开文献相对而言比较少,而我国的结构化理财产品市场从2006年下半年才开始发展,学术界对此关注并不多,结合中国国情进行研究则更少了。国内的研究较多地集中在对于结构化理财产品的概念、对其理论的一般介绍和对个别种类产品的定价研究上。本书基于结构化理财产品的基本特征和定价原理,结合国内外研究现状,以管理科学和现代资产定价理论为基础,以金融工程学中的无套利原理、组合分解原理和技术、随机过程与随机模拟、期权定价模型等为基本分析手段,对利率挂钩型、股票挂钩型、汇率挂钩型、商品挂钩型这四大类结构化理财产品的定价模型与方法进行了研究。

本书的主要特色是从理论上系统梳理和总结了银行结构化理财产品的定价理论和方法,同时结合国内结构化理财产品的具体案例,利用Matlab计算机语言,编写各类定价模型的计算程序,具有较强的可操作性和实践意义。

张雪莹

二〇一〇年四月



目 录

第一章 结构化产品综述	1
第一节 结构化产品的特征和功能	1
一、结构化产品的基本概念与分类	1
二、结构化产品的功能	4
第二节 结构化产品市场发展的历史和现状	6
一、结构化产品的发展历程	6
二、次贷危机对结构化产品市场的影响	11
三、结构化产品在我国的发展状况	14
第三节 结构化产品定价的数学及金融学基础	19
一、固定收益证券及其定价原理	19
二、随机过程与资产价格的变化	22
三、期权的基本知识	24
四、风险中性定价原理与金融工程的组合分解技术	32
五、挂钩型结构化产品定价的基本思路	33
第二章 股票挂钩型结构化理财产品及其定价	36
第一节 股票挂钩型结构化理财产品的特征及分类	36
一、股票挂钩型结构化理财产品的概念和特征	36
二、股票挂钩型结构化理财产品的分类	36
第二节 股票挂钩型结构化产品的市场发展状况	46
一、国际市场上股票挂钩型结构化产品的发展状况	46
二、我国股票挂钩型结构化产品的发展动态	48
第三节 股票挂钩型结构化理财产品定价的基本方法	51
一、利用期权定价公式对股票挂钩型产品进行定价	51
二、利用蒙特卡罗模拟方法对挂钩型产品进行定价	53
第四节 股票挂钩型结构化理财产品定价的案例分析	59

一、挂钩单只股票价格的结构化产品的定价	59
二、挂钩多只股票资产的结构化产品的定价	65
第三章 汇率挂钩型结构化理财产品及其定价	68
第一节 汇率挂钩型结构化理财产品的特征和分类	68
一、汇率挂钩型结构化理财产品的含义和特征	68
二、汇率挂钩型结构化理财产品的分类	68
第二节 汇率挂钩型结构化理财产品的发展动态	79
一、国际上汇率挂钩型结构化理财产品的近期动态	79
二、我国汇率挂钩型结构化理财产品的近期发展动态	80
第三节 常见的汇率挂钩型结构化产品的定价方法	82
一、利用期权定价公式对汇率挂钩型产品进行定价	82
二、利用蒙特卡罗模拟方法对汇率挂钩型产品进行定价	93
第四节 汇率挂钩型结构化产品的案例分析	94
一、触发式汇率挂钩型结构化产品的定价案例	94
二、内嵌障碍期权的收益分享型汇率挂钩产品的定价案例	97
三、区间累积型外汇挂钩产品的定价案例	100
四、利用蒙特卡罗模拟方法对汇率挂钩型结构化产品进行定价的案例	104
第四章 商品挂钩型结构化理财产品及其定价	108
第一节 商品挂钩型结构化理财产品的特征和分类	108
一、商品挂钩型结构化理财产品的含义和特征	108
二、商品挂钩型结构化理财产品的分类	109
第二节 商品挂钩型结构化理财产品的发展动态	118
第三节 商品挂钩型结构化产品的定价案例分析	123
一、触发式商品挂钩型结构化产品的定价案例	123
二、内嵌障碍期权的收益分享型商品挂钩产品的定价案例	129
三、区间累积型商品挂钩产品的定价	134
四、蒙特卡罗模拟方法与商品挂钩型结构化产品的定价	137

第五章 利率挂钩型结构化产品及其定价	141
第一节 利率挂钩型结构化产品的基本概念及分类	141
一、利率挂钩型结构化产品的概念	141
二、利率挂钩型结构化产品的主要分类	141
第二节 利率挂钩型结构化产品的发展状况	147
第三节 利率挂钩型结构化产品定价的实证案例	151
一、BDT 模型与反向浮动型产品定价的案例	152
二、LIBOR 市场模型与区间累积型产品定价的案例	161
附录 各章部分案例的 Matlab 计算机程序	169
参考文献	173
后记	176



[General Information]

书名=银行结构化理财产品定价研究

作者=张雪莹著

丛书名=泰山金融学者文丛

页数=177

SS号=12877555

出版日期=2010.09

出版社=中国金融出版社

原书定价=21.00

参考文献格式=张雪莹著.银行结构化理财产品定价研究.北京市：中国金融出版社,2010.09.

内容提要=本书基于结构性理财产品的基本特征和定价原理，结合国内外研究现状，以管理科学和现代资产定价理论为基础，对利率挂钩型、股票挂钩型、汇率挂钩型和商品挂钩型这四大类结构化理财产品的定价模型与方法进行研究。本书的主要特色是从理论上系统梳理和总结了银行结构化理财产品的定价理论和方法，同时结合国内结构化理财产品的具体案例。

第一章 结构化产品综述

第一节 结构化产品的特征和功能

一、结构化产品的基本概念与分类

(一) 结构化产品的基本概念、组成要素与设计参数

1. 结构化产品的基本概念

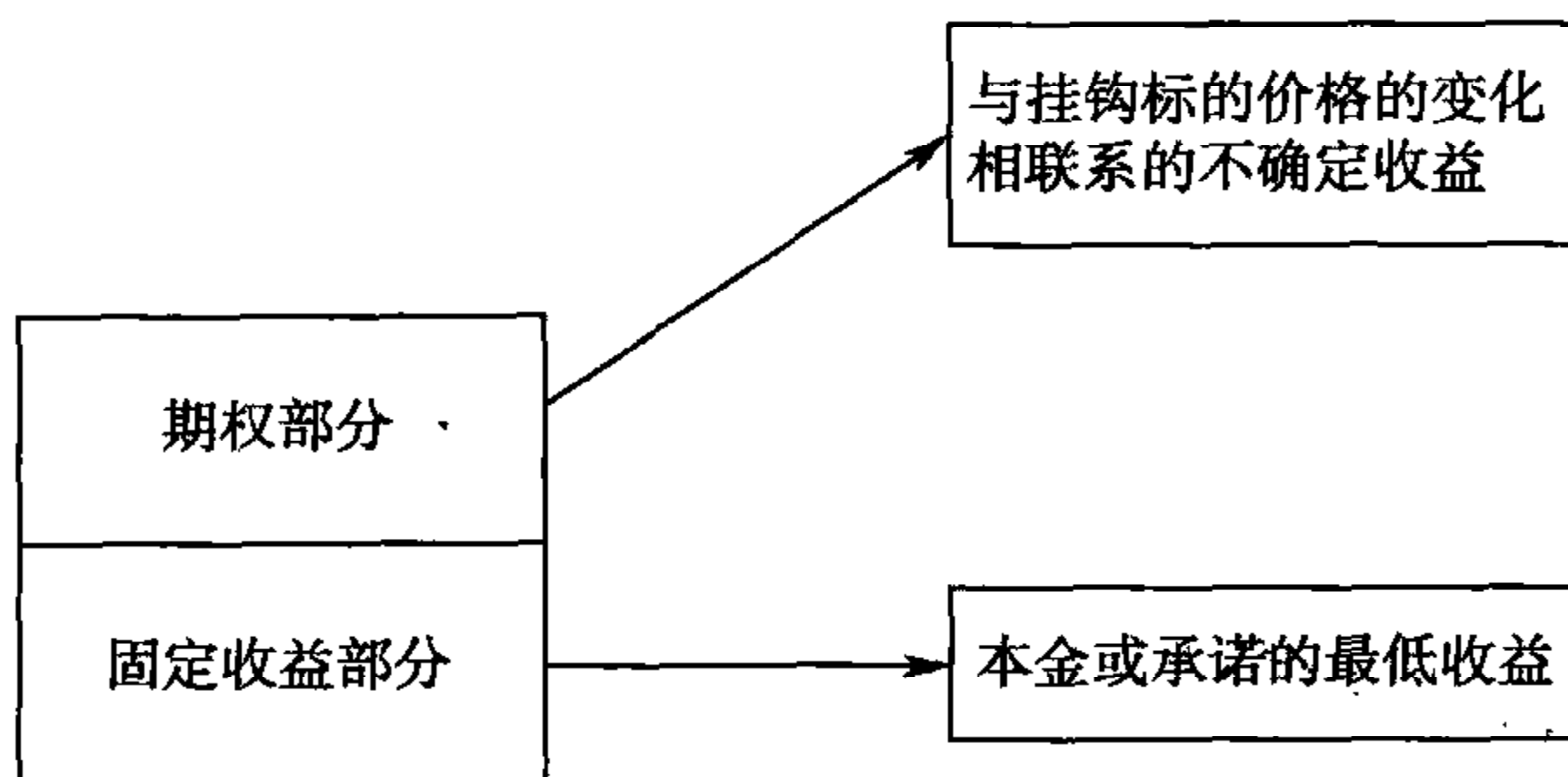
结构化产品 (Structured Product) 通常有两层含义。一是从其融资功能出发, 将其与结构化金融 (Structured Finance) 或融资联系在一起。其定义范围包括在传统金融工具 (如借贷、债券和股票等) 之外的一切能够有效地实现再融资 (Refinance) 和风险转移 (Risk Transfer) 功能的金融安排。其主要的实现手段是寻找能够有稳定现金流的金融资产 (如房地产抵押贷款、汽车信贷、信用卡还款等) 作为支持来发行证券, 以获得直接融资。这一过程一方面满足了发行者的融资需要, 解决了那些发放长期贷款的金融机构可能存在的借短用长的期限错配问题; 另一方面也将风险转移给愿意接受它的投资者。资产支持证券 (ABS)、房地产抵押贷款支持证券 (Mortgage - Backed Security, MBS), 以及在此基础上产生的衍生品, 如担保债务凭证 (Collateralized Debt Obligation, CDO)、信用违约掉期 (CDS) 等都可被划入结构化产品的范畴。

二是从其投资功能出发, 又可称其为结构性票据 (Structured Notes)、结构性存款 (Structured Deposit)、合成证券 (Hybrid Securities)、结构化证券 (Structured Securities) 等。Das (2001) 把此产品定义为由固定收益证券 (Fixed Income Instruments) 和衍生合约 (Derivatives) 结合而成的创新理财工具, 也可简单表述为“债券加期权”。美国证券监督管理委员会 (U. S. Securities and Exchanges Commission, SEC) 制定的规则 434 条 (Rule 434) 将“结构化证券”定义为“现金流支付特征依赖于一种或几种指数、内嵌着远期合约或期权、投资收益及发行者的支

付义务对于标的资产价值高度敏感的一类证券”。其主要的实现手段是发行机构利用金融工程技术，针对投资者的不同投资风险偏好，以分解组合债券加期权的方式，将结构性产品的投资报酬与衍生合约标的资产的价格变化联系在一起，由此增加产品收益或将投资者对标的资产价格未来走势的预期产品化。其中，衍生合约的标的资产主要包括外汇、利率、股价（股指）、商品（指数）、信用等。本书的研究对象主要是以这一层含义定义的结构化产品。

2. 结构化产品的组成要素与设计参数

结构化产品由固定收益和期权两部分组合而成。其中，固定收益部分在产品到期时为投资者提供确定的现金流，例如，为投资者提供全部或部分的本金保障，或者承诺的最低收益；而期权部分则提供与标的资产价格的变化相联系的不确定收益（如图 1-1 所示）。



结构化产品的主要设计参数包括：

（1）保本率（Principal Guaranteed Rate）。保本率即本金保障程度，由固定收益部分决定。保本率 = 到期最低收益现值 / 本金投资额 = 固定收益部分到期现值 / 票据面值。习惯上，保本率一般不超过 100%；超出 100% 的部分，可以理解为最低收益率。

（2）最低收益率。最低收益率即结构化产品的发行方向投资者承诺的最低收益率，也由固定收益部分提供。

（3）挂钩标的。挂钩标的也就是结构化产品内嵌的衍生合约的标的资产，结构化产品的到期收益与该标的相挂钩。一般较为常见的挂钩标的是利率、汇率、股票和大宗商品。通常选取国际金融市场上常见的、规模和影响大的资产或指数作为标的，这样一方面方便了客户对产品的理解和判断，另一方面也方

便了商业银行对风险的评估和处理。

(4) 挂钩/行权方式。它是指结构化产品的到期收益与挂钩标的的价格变化之间的联系方式。例如,结构化产品的到期收益可能只与挂钩标的在产品到期日的价格有关,也可能与挂钩标的在整个产品有效期内的价格表现路径有关。结构化产品的到期收益与标的资产之间可能存在的多种挂钩方式实际上对应着不同种类的期权。随着金融工程和期权产品的不断发展,挂钩行权的方式正在变得越来越复杂。除了常见的欧式期权以外,还包括数值期权、触点期权、亚式期权、障碍期权、彩虹期权等。挂钩方式的复杂大大增加了结构化产品定价的难度。

(5) 参与率 (Participation Rate)。参与率是指相对标的资产的波幅,投资者实际可得到的收益倍数。某些类型的结构化产品会设定参与率指标,以表明投资者分享挂钩标的涨跌收益的比例。参与率一般为 50% ~ 200%。参与率表现的是期权投资程度,参与率水平的高低与产品设计者对挂钩标的的走势的确定度,以及投资者对产品收益的需求强度有关。如果产品设计者对挂钩标的的走势比较有把握,或者投资者对产品收益的需求程度较高,参与率也可以定得高一些,而相应地,由固定收益部分决定的保本率则低一些。

(6) (预期) 最高收益率。对于某些结构化产品而言,挂钩标的价格上涨给投资者带来的最高收益率虽然在理论上是无限的,但在实践中发行人也会通过设置上限等措施,限定最高收益率水平。

(7) 提前赎回和回售等提前终止条款。有些结构化产品合约中设计了提前赎回或回售等提前终止条款。一般的做法是约定某一触发事件,如约定以市场利率或标的资产价格等在约定时间或时期的表现高于或低于某一约定水平为触发事件,若触发事件发生,则可以自动赎回或回售。发行方若给予投资者在某个特定时间选择回售以终止契约的权利,则必然提高发行价;相反,发行方若赋予自己提前赎回产品的权利,则必然要适当降低发行价。

结构化产品的其他设计参数还包括产品期限、发行价等。

(二) 结构化产品的分类

结构化产品有多种分类标准。

1. 按衍生产品的挂钩标的 (不确定收益部分所依赖的标的资产),可分为与股票挂钩的结构化产品 (Equity-Linked Notes)、与汇率挂钩的结构化产品 (Currency-Linked Notes)、与利率挂钩的结构化产品 (Interest-Rate-Linked Notes)、与商品

挂钩的结构化产品（Commodity - Linked Notes）、与信用挂钩的结构化产品（Credit - Linked Notes）等。每一大类产品又可根据其挂钩标的资产的不同，继续细分为许多小类。例如，与股票挂钩的结构化产品又可细分为挂钩单只股票或股票指数、挂钩多只股票或股票指数等。本书后面的几章对此会加以详细的论述。

2. 按客户所承担的风险，可分为保本的结构化产品与不保本的结构化产品。

3. 按照收益率类型，可分为固定收益型结构化产品和浮动收益型结构化产品两种。对固定收益型结构化产品的发行，银行会事先约定一个触发条件，一旦挂钩商品的价格达到触发条件，投资者将获得其事先与发行银行约定好的收益率。这种产品使投资者丧失了获取更高收益的机会，适合那些对市场认识有限、惧怕风险的投资者。浮动收益型结构化产品又可细分为正向浮动型结构化产品、反向浮动型结构化产品、区间累积型结构化产品三种。正向浮动型结构化产品的浮动收益可以使投资者享受到挂钩标的资产价格或指数价格走高时的收益，但相关资产价格的走低会带来潜在的利息损失。在挂钩标的指数价格存在快速上涨的可能性的情况下，正向浮动型结构化产品对投资者比较有利。反向浮动型结构化产品则与正向浮动型结构化产品相反，前者可以避免市场利率下跌带来的损失。区间累积型结构化产品的收益率与每天的挂钩资产价格或指数是否落入事先设定的区间相关，挂钩标的资产价格或指数落在事先设定区间的天数越多，利息越低。该类产品的区间设计得越宽，投资者的风险越小。

二、结构化产品的功能

（一）结构化产品对投资者的意义

1. 丰富理财品种，满足日益多样化的风险收益需要

对投资者而言，结构化产品的发行将为他们提供更加丰富的投资产品和理财工具。结构化产品的风险收益配比情况如图 1-2 所示。

结构化产品通过将固定收益部分和期权部分相结合，使产品收益按多种决定方式和一个或多个挂钩资产相联结，从而创新出更多的具有不同风险收益特征的金融产品，这些产品具有传统的固定收益产品和衍生产品合约所不具备的风险收益配比特征，甚至可以在满足一定风险收益配比约束的条件下，根据投资者的特定风险收益偏好进行量体裁衣式的设计，为投资者设计各种风险梯度的投资组合，满足投资者对各种风险收益的需求，使投资者获得定制化、个性化的合成产品。

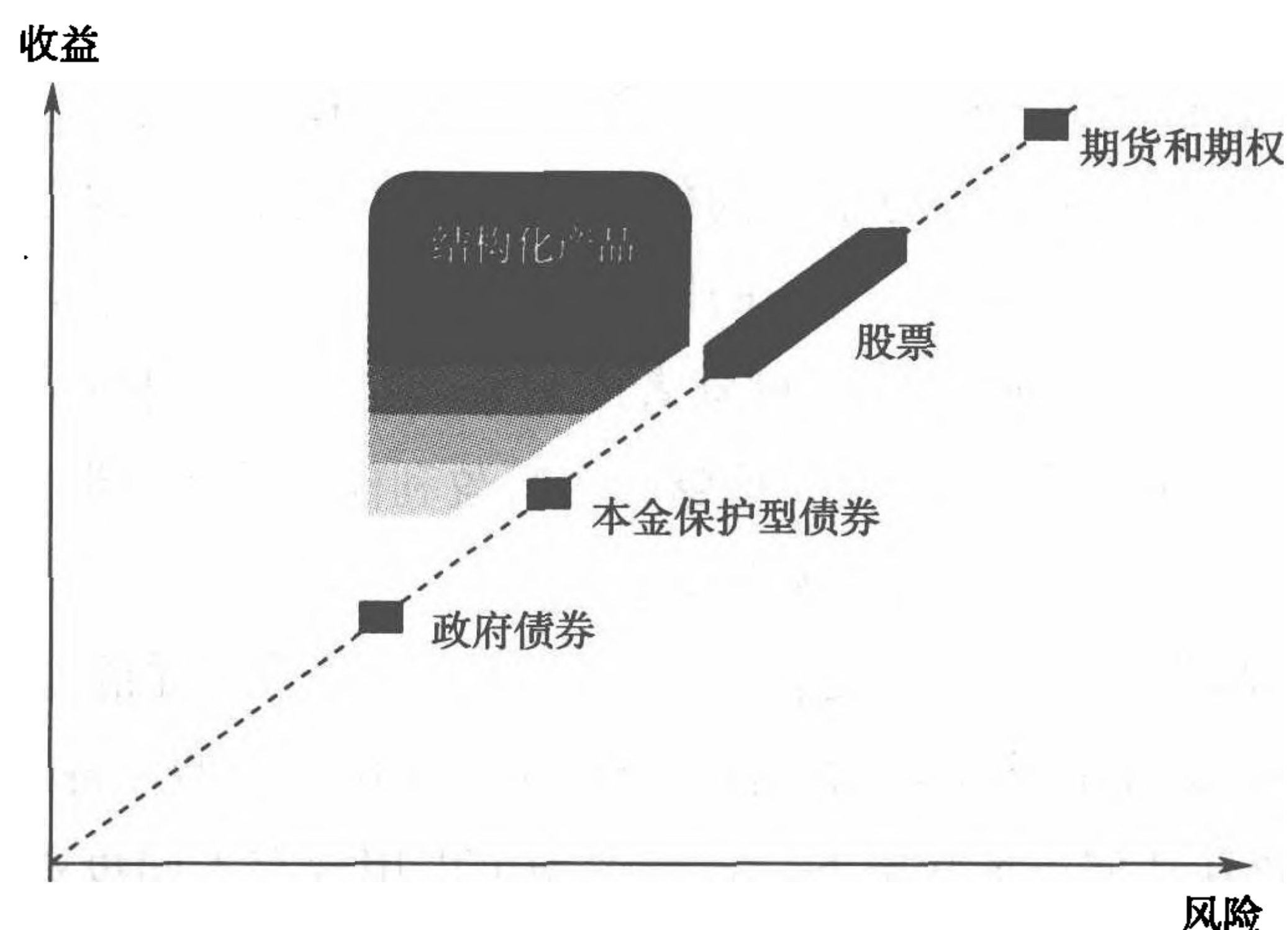


图 1-2 结构化产品的风险收益特征

2. 分享市场成长，扩展投资渠道

结构化产品的收益可以和全球资本市场指数或全球资产池相连，由此可以使投资者在获得基本保护的同时，参与全球资本市场的成长。特别是在国家政治体制和社会体制不协调的情况下，金融市场的分割使投资者不能以低成本进入成长中的资本市场。开发结构化产品可以在不进行大范围、根本性制度调整的情况下，使发展中国家的投资者接触全球资本市场，分享全球市场收益。

另外，某些结构化产品还可以将投资收益与黄金、石油等商品相挂钩，为投资者提供一条直接投资黄金、石油等商品的便捷渠道，从而降低投资成本，提高投资效率。

（二）结构化产品对发行人的意义

1. 吸引资金，占领市场份额

随着个人金融资产的快速增加，个人的金融资产构成和服务需求也呈现出多元化特征。将普通存款业务和期权产品糅合在一起而推出的结构化产品有利于银行吸收资金。投资者不断接受这种产品的过程，实际上也是大量资金重新回到银行系统的过程。银行可以获得大量的可贷资金，从而扩大市场份额和规模。

2. 拓展中间业务，提高盈利水平

随着金融行业竞争的不断升级和利率市场化进程的逐渐加快，存贷利差空间不断缩水，仅靠吸收存款、发放贷款等传统业务已经不能够使银行在竞争激

烈的市场上站稳脚跟了。从现代商业银行的发展来看，中间业务已成为其三大业务之一，而银行理财产品已在中间业务中扮演越来越重要的角色。结构化产品以其丰富的可设计结构，包括不同的挂钩标的、不同的挂钩方式和方向、不同的支付方式、不同的期限、不同的风险收益结构等，极大地丰富了银行理财产品的种类，最大限度地满足了投资者的需求，是开展理财业务的优良工具，有助于银行形成新的利润增长点，能够为银行盈利模式的转变带来契机。

（三）结构化产品对资本市场的意义

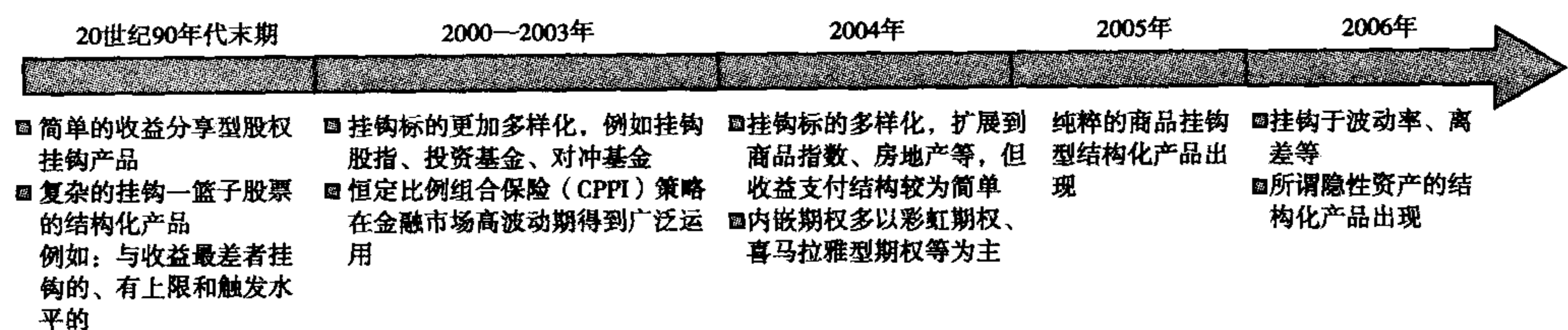
结构化产品作为创新型、复合型金融工具，其灵活多样的设计对于填补资本市场的空缺、增加资本市场的完备度具有重要作用。所谓完备市场（Complete Market），是指在任何市场状况下，投资者均可以用现存不同投资工具的组合来复制任一既存有价证券的风险及报酬的市场。对于可能出现的各种情况，市场均具备足够数目的、独立的金融工具来进行完全的套期保值，从而转移风险。另外，从繁荣市场的角度来看，丰富多彩的结构化产品的推出以及发行商的避险行为，还会使得结构化产品的挂钩标的资产的交易活跃，流动性增强，从而有助于抑制市场投机行为，稳定市场。

第二节 结构化产品市场发展的历史和现状

一、结构化产品的发展历程

结构化产品市场的发展，可以分为传统型结构化产品的发展和现代型结构化产品的发展两个明显的阶段。传统型结构化产品已存在较长的时间，主要包括可转换证券、可交换证券及含有股票认股权证的债务等。以收益挂钩于某些标的资产为主要特征的现代型结构化产品则首先在 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初在美国市场上兴起，初期较著名的产品包括 1986 年 8 月所罗门兄弟公司发行的 S&P 500 指数连动次级债券（SPIN），1987 年 3 月大通银行发行的市场指数连动存单（MICD），1987 年 10 月美林证券发行的指数流动收益选择权债券（LYON），1991 年 1 月奥地利共和国政府发行、高盛证券设计的股价指数成长债券（SIGN）等。20 世纪 90 年代末期之后，在市场利率持续走低、金融衍生产品创新步伐加快的背景下，通过嵌入金融衍生合约而增加产品收益率的结构化

产品进入了快速发展时期，产品结构日益多元化。图 1 - 3 反映的是近年来结构化产品的主要种类的演进情况。



资料来源：转引自 Jean Eric Pacini，“Opportunities for International Structured Products”，BNP，London。

图 1 - 3 结构化产品的发展情况

结构化产品的市场规模增长迅速。Daniel Bergstresser（2009）利用数据流数据库（the Datastream Data）对 1995 年至 2008 年 6 月全球结构化产品的市场状况进行了统计，结果如表 1 - 1 所示。

表 1 - 1 结构化产品市场规模的增长情况 单位：只，10 亿欧元

时间	平均每月的 新发行数量	结构化产品的 在外流通数量	结构化产品 的在外流通金额
1995 年 12 月	532	6 267	70.62
1996 年 12 月	867	11 331	116.42
1997 年 12 月	947	15 893	180.58
1998 年 12 月	431	24 086	386.22
1999 年 12 月	2 587	25 887	524.39
2000 年 12 月	3 517	38 538	577.83
2001 年 12 月	3 953	54 878	643.97
2002 年 12 月	2 725	51 713	677.73
2003 年 12 月	5 552	58 331	727.67
2004 年 12 月	7 854	82 962	1 050.36
2005 年 12 月	12 473	119 522	2 475.58
2006 年 12 月	13 430	201 242	4 491.63
2007 年 12 月	18 659	290 020	3 795.10
2008 年 6 月	11 786	315 718	3 422.51

资料来源：Daniel Bergstresser，“The retail market for structured notes: Issuance patterns and performance”，1995—2008，Harvard Business School，Boston，USA.

由表 1-1 可见, 结构化产品在全球的发行量自 1995 年以来增长迅速, 结构化产品平均每月的发行数量由早期的几百只上升到近两只, 在外流通的结构化产品的总金额由 1995 年底的 700 亿欧元上升到 2006 年底时 4.4 万亿欧元的最高峰, 2007 年下半年开始的金融危机使得其增长速度有所下降。

从结构化产品市场发展的地域看, 以德国和瑞士为代表的欧洲市场以及美国市场的规模最大。依托于欧洲良好的金融数学研究基础, 复杂的金融衍生产品在欧洲的发展情况历来良好, 欧洲是结构化产品的主要市场, 近年来发展极为迅速。例如, 在德国, 2005 年和 2006 年, 结构化产品投资额的年增长率分别为 45% 和 30%。到 2007 年中期, 有超过 100 000 只的不同的结构化产品发行, 市场上流通的结构化产品的总额达到 1 360 亿欧元, 约占家庭风险资产持有比例的 10%。^① 在瑞士, 2007 年年底, 结构化产品的市值总额达到 3 400 亿瑞士法郎, 占有所有金融资产的 7%~8%。仅 2007 年 3 月至 2007 年 11 月, 就有 47 000 多只结构化产品发行。^②

美国结构化产品协会 (Structured Products Association, SPA) 的统计数据显示, 2007 年, 美国新发行的结构化产品的总金额首次突破 1 000 亿美元, 并达到 1 140 亿美元的历史新高, 与 2006 年的发行金额 640 亿美元相比, 成长率高达 78%; 而 2003—2007 年, 结构化产品新发行金额的年均成长率高达 42% (如图 1-4 所示)。

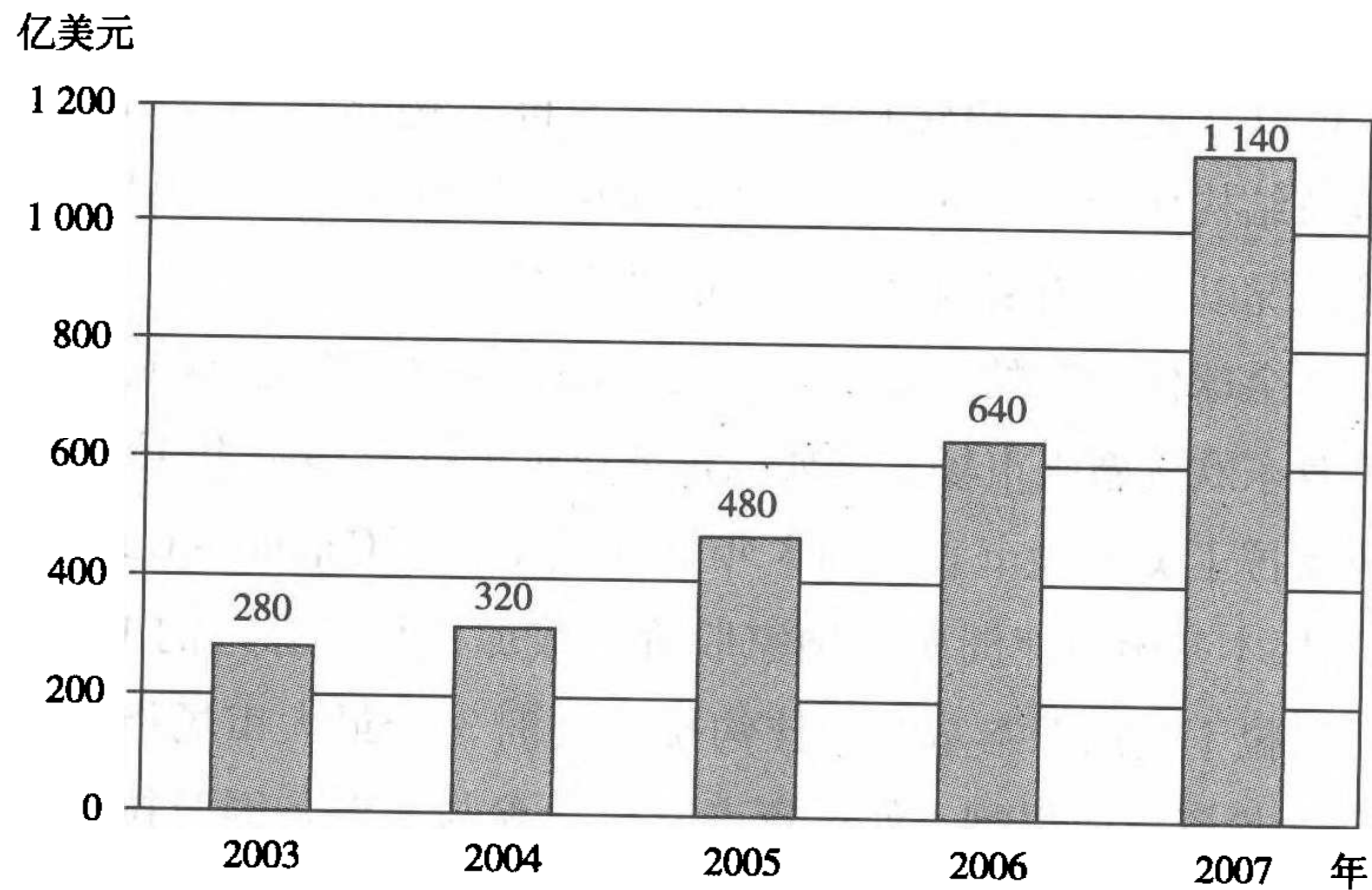
1995—2008 年, 全球各类结构化产品的发行比重如图 1-5 所示。

由于德国的结构化产品市场规模比较大, 因此, 在以股票作为挂钩标的的结构化产品中, 最常见的挂钩标的是德意志银行 (Deutsche Bank)、西门子 (Siemens)、德国企业软件公司 (SAP)、戴姆勒公司 (Daimler) 等德国上市公司的股票, 以它们作为标的资产的结构化产品至少有 10 000 只; 在股指挂钩型结构化产品中, 最常见的挂钩标的是德国的 DAX 指数 (DAX Index)^③; 在汇率挂钩型结构化产品中, 最常见的挂钩汇率是美元兑欧元的汇率及日元兑欧元的汇率; 而商品挂钩型结构化产品则主要以黄金和石油作为挂钩标的。

① Rene Fischer, "Do investors in structured products act rationally?", Derivate Forum - Monthly Report, May, 2007.

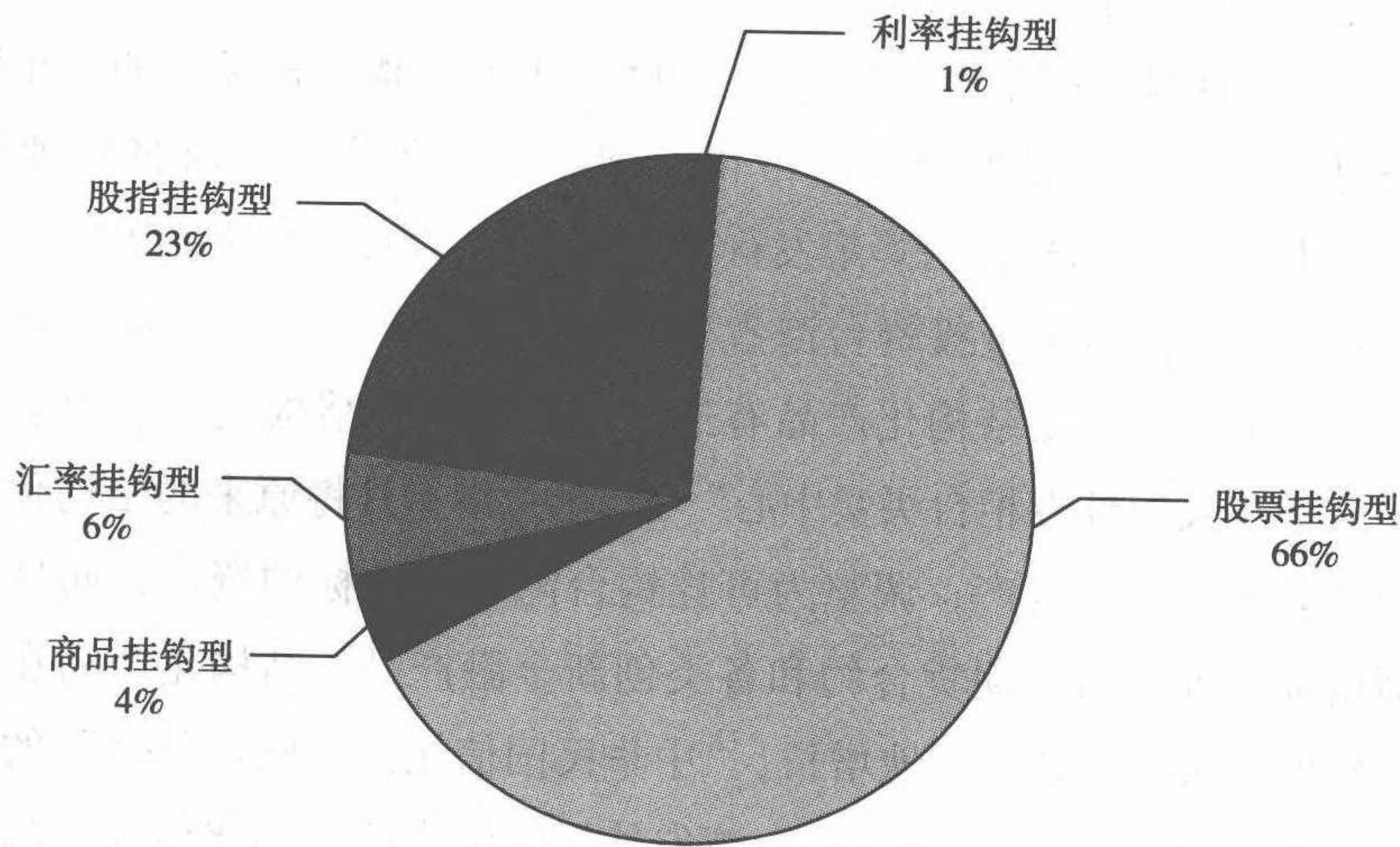
② Thorsten, Hens and Marc Oliver Rieger, "The dark side of the moon: structured products from the customer's perspective", Working Paper, University of Zurich, 2009.

③ 德国的 DAX 指数是德国重要的股票指数, 是由德意志交易所集团推出的一个蓝筹股指数。该指数中包含有 30 家主要的德国公司。DAX 指数是全欧洲与英国伦敦金融时报指数齐名的重要证券指数, 也是世界证券市场中的重要指数之一。



资料来源：US Structured Products Association，转引自李孟轩：《零售金融商品的信息议题：以台湾的海外连动债为例》，台湾中央大学硕士论文，2008。

图 1-4 美国结构化产品新发行金额（2003—2007 年）



资料来源：作者根据哈佛商学院 Daniel Bergstresser 的 “The retail market for structured notes: issuance patterns and performance, 1995—2008” 中的表 4 提供的数据计算整理。

图 1-5 全球各类结构化产品的分布

从发行机构看，1995—2008 年，德意志银行（Deutsche Bank）、德国商业银行（Commerz Bank）、高盛（Goldman Sachs）、法兴（Societe Generale）、花旗

(Citigroup)、汇丰 (HSBC) 等在发行结构化产品的数量上位居前列。

另外, 可以从美国结构化产品协会、零售结构化产品 (Structured Retail Product) 以及结构化产品 (Structured Products) 等网站^①中了解目前全球结构化产品的市场状况以及有关结构化产品的重要议题。

随着金融全球化步伐的加快, 结构化产品的市场范围也从成熟市场拓展至亚洲、拉美及东欧等新兴市场。例如, 香港花旗银行于 1994 年 12 月发行了收益挂钩于亚洲及拉丁美洲股市表现的 3 年期保本基金 (Capital - Guaranteed Fund, CGF)。亚洲保本基金以亚洲 9 个国家股价指数加权平均涨幅的 118% 作为投资绩效报酬, 而拉丁美洲保本基金则挂钩拉丁美洲 3 个最大市场指数加权平均涨幅的 57% 作为投资绩效报酬, 使投资者有机会参与亚洲各国及拉丁美洲各国大盘指数的涨幅。2000 年以来, 持续的低利率和低迷的股市, 使日本、韩国等国家的机构投资者和个人投资者转向结构化产品和其他合成衍生工具。亚洲地区的结构化产品市场规模增长迅速, 截至 2005 年, 亚洲地区的结构化产品市场规模已达到 250 亿美元左右, 设计结构化产品并为其提供套期保值服务已成为投资银行最兴旺的业务之一。

我国台湾地区最早的结构化产品为 1999 年 1 月台湾茂硅发行的 3 年期的股价连动公司债券。为了促进金融自由化及国际化, 台湾证券监督管理部门于 2001 年 7 月同意投资信托公司筹集发行保本型基金, 台湾“中央银行”在 2001 年年底原则上允许保本基金投资台湾省外衍生性金融产品。为了使投资大众有更多元化的投资渠道, 使结构化产品有进一步的发展, 结构化产品的主要交易场所——“中华民国证券柜台买卖中心”于 2004 年 1 月将原来的结构化产品仅可挂钩于台湾省内标的资产, 调整为可挂钩台湾省内外标的资产, 而且挂钩标的部分新增加了各类指数期货合约和各类创新金融产品。结构化产品在台湾市场过去几年的销售亦持续不断地增长。“中华民国信托商业同业公会”的统计结果显示, 台湾在 2007 年销售的挂钩台湾省外标的资产的结构化债券的总金额高达 34 900 多亿新台币, 约合 1 146 亿美元, 此销售金额与美国结构化产品协会于

① Structured Products Association: <http://www.structuredproducts.org/>.

Structured Retail Product: <http://www.structuredretailproducts.com/>.

Structured Products: <http://www.structuredproductsonline.com/>.

2007 年所统计的美国市场金额相比，几乎相同。^①

总的来看，结构化产品市场目前已成为国际资本市场及金融衍生市场上不可或缺的一部分。

二、次贷危机对结构化产品市场的影响

20 世纪 90 年代以来，在美国居民部门储蓄率不断下降、债务负担率不断上升，以及美国不断放松对金融机构的行为和金融产品创新的监管等多重因素的影响下，美国的资产支持证券（ABS），特别是房地产抵押贷款支持证券（Mortgage - Backed Security, MBS），以及在此基础上的衍生产品，如担保债务凭证（CDO）、信用违约掉期（CDS）等的市场规模迅速扩张。一些信用程度较差、收入较低、违约概率较高的所谓次级抵押贷款所蕴涵的风险在一系列复杂的证券化及不断地创造衍生产品之后被掩盖起来。但是，在 2007 年下半年，美国房地产价格泡沫破裂导致相关的抵押物价格急剧缩水，并进一步引发基于抵押贷款的衍生产品（MBS、CDO、CDS）风险敞露，资产价格“恶性循环下跌”。在金融全球化、杠杆交易、信心崩溃等多种因素的推波助澜下，爆发于美国的次贷危机迅速传染到其他金融部门并演变为全球性的金融危机。

次贷危机的爆发给全球经济增长以及金融市场蒙上了一层浓重的阴影，对结构化产品市场的发展也产生了较大的影响。

首先，结构化产品的收益结构过度复杂、信息披露缺乏透明度、定价困难等问题引起了监管层的重视和警惕，许多国家和地区出台了一系列的有关加强结构化产品的信息披露和风险揭示等的规章和文件。

其次，次贷危机的爆发对发行商在结构化产品定价和风险管理方面的能力也提出了更高的要求。Michael Mahlknecht（2008）对全球 356 个主要的金融机构进行的问卷调查显示，在回答“次贷危机之后，结构化产品管理所面临的最大挑战是什么”这一问题时，有 56.0% 的受访者选择了“如何对结构化产品进行正确定价”，有 41.3% 的受访者选择了“如何进行有效的风险管理”。^②

^① 李孟轩：《零售金融商品的信息议题：以台湾的海外连动债为例》，台湾中央大学硕士论文，2008。

^② Michael Mahlknecht, “Global structured products survey: trends and issues in the market”, Journal of Financial Transformation, Vol. 23, 2008.

最后，原先被投资者所忽视的结构化产品发行商的信用风险开始引起重视。一个显著的例子是，2008年9月，有着150年历史的投资银行巨头——雷曼兄弟公司（Lehman Brothers）受次贷危机的影响而破产倒闭。雷曼兄弟公司及其控股公司自身作为发行主体，在全球发行了大量的结构化产品，这些产品被称为雷曼结构化产品（Lehman Structured Product）。据统计，仅2007—2008年，雷曼兄弟公司就发行了总计1300多只结构化产品，筹资金额达到192亿美元左右。^①图1-6和图1-7分别显示了雷曼兄弟公司结构化产品的发行数量和发行金额。

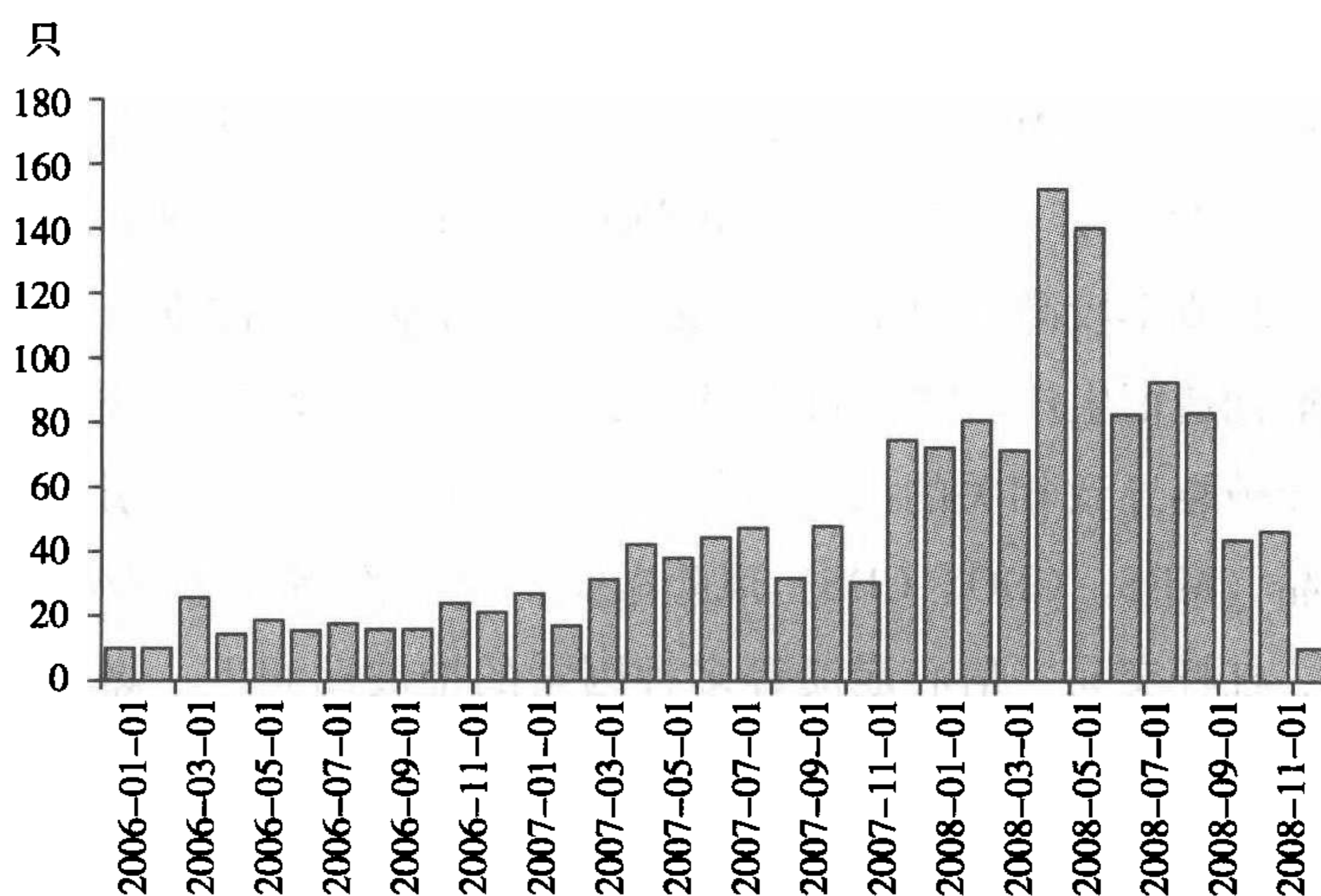


图1-6 雷曼兄弟公司结构化产品的发行数量

即使在2008年9月雷曼兄弟公司破产前夕，仍有面值约80亿美元的雷曼结构化票据尚未到期兑付。在英国市场上，根据FSA的统计数据，大约有1.07亿英镑被投资于23只雷曼结构化票据。^②在中国香港和新加坡，雷曼兄弟公司旗下的太平洋国际金融有限公司（Pacific International Finance Limited）发行了挂钩于8家金融机构（美国银行、花旗、高盛、汇丰、摩根大通、美林、摩根士丹利和渣打）的信用挂钩型结构化产品（被称为雷曼迷你债券，Lehman Minibonds），并通过各大银行销售给广大投资者。据统计，雷曼迷你债券在香港共发

^① “Structured Products in the Aftermath of Lehman Brothers?”, Securities Litigation and Consulting Group, First Draft, p. 16, October, 2009.

^② Sophia Morrell, “UK Treasury questioned over Leman structured products response”, Structured Products, July, 2009.

售 36 期，累计发售金额达 127 亿港元，涉及民众近万人。在新加坡，雷曼迷你债券的发售总规模达到 5.08 亿新加坡元，合 3.39 亿美元左右，其中有 2.5 亿美元左右通过包括新加坡最大的商业银行——星展银行（DBS）在内的 9 个分销商发售给近 8 000 名个人投资者。^① 雷曼兄弟公司发行的这些产品，在发行主体破产清算的情况下，其发行时承诺的产品到期收益无法完全兑现，引起大量的诉讼案件。^② 这一事件提醒投资者，在进行结构化产品投资时，不仅要关注挂钩资产的价格变动对产品投资收益的影响，还要注意结构化产品发行商自身的信用风险。这一信用风险对于结构化产品的投资者而言，即所谓的“交易对手信用风险”（Counterparty Credit Risk）。发行商的这一信用风险本身也需要在其结构化产品的定价过程中得到体现。

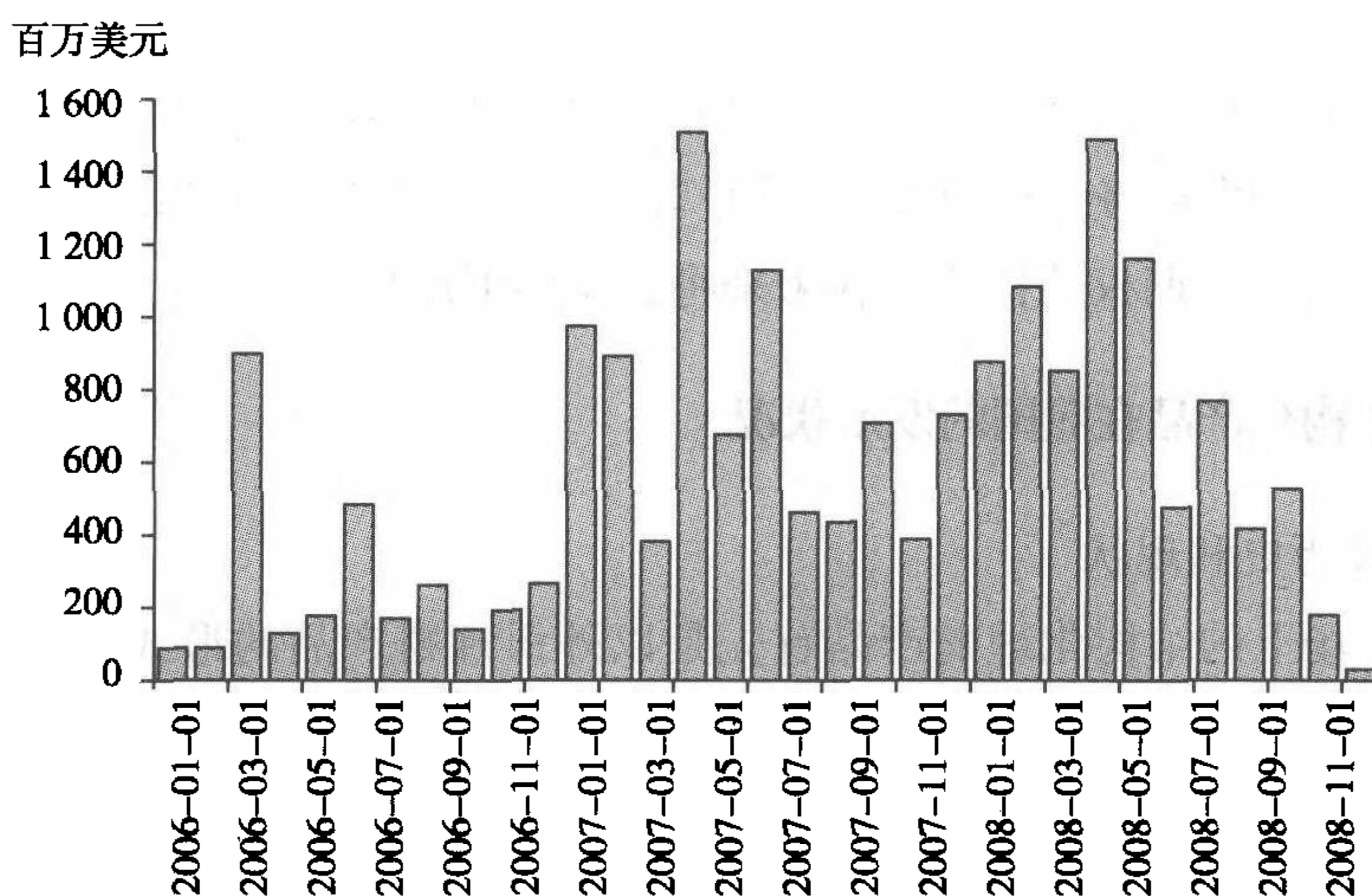


图 1-7 雷曼兄弟公司结构化产品的发行金额

总的来看，尽管次贷危机的发生及由此引发的全球经济和金融的波动在短期内对结构化产品的发展造成了一定的负面影响，但从长远看，结构化产品凭借其所具有的功能和优势，仍将在国际资本市场及金融衍生市场上占据重要地位，而且一些为应对次贷危机而采取的举措和政策可能会在一定程度上刺激结构化产品市场的发展。例如，2008 年 10 月，美国联邦存款保险公司（Federal Depositary Insurance Company，FDIC）宣布，提高对会员银行的每一位存款人所

① http://www.mas.gov.sg/consumer/structured_products/faqs.html.

② <http://www.lehmannotes.com/>.

提供的储蓄存款保险额，将每一存款人普通账户的最高保险额由原来的 10 万美元提高至 25 万美元。这一举措极大地促进了结构化存单（Structured CDs）的销售。2008 年，仅股票挂钩型票据的发行额就达到了 287 亿美元，占据市场的主要份额。其他如利率挂钩型、汇率挂钩型和商品挂钩型票据的发行量也有较大增长。^①

当然，在严格监管、增强产品定价机制的透明度的政策环境下，结构化产品的发展方向可能会有所调整，结构化产品过度创新、过度复杂的现象会有所改变。Michael Mahlkecht（2008）对全球 356 个主要的金融机构进行的问卷调查显示，关于“结构化产品未来的发展趋势如何”这一问题，65% 以上的受访者认为“目前结构化产品的复杂度（收益决定方式）已经达到顶点水平，未来结构化产品的发展趋势，一是会在数量和成交规模上有显著增长；二是结构化产品的挂钩资产将会更加多元化，例如信用挂钩型、天气挂钩型、波动率挂钩型等产品的市场份额将有望增加”，只有 25.7% 的受访者认为“结构化产品的收益决定方式（内嵌期权的特征）在未来将会变得更加复杂”。

三、结构化产品在我国的发展状况

1. 发展历史和现状

我国市场上的结构化理财产品首先是以外币理财产品的形式出现的。汇丰银行、花旗银行等外资银行在 2003 年年初最早在我国推出与利率、汇率、信用、股票、商品等挂钩的外币理财业务。加入世界贸易组织以后，外资金融机构开始大举进入中国市场，个人理财业务成为国际金融机构进入中国的切入点和直接获取盈利的重要途径。外资银行凭借其积累多年的产品创新经验和强大的研发实力，在结构化产品市场中占据了主要地位。随着外资银行人民币业务的开放，外资银行的结构化理财产品也由外币市场扩展到人民币市场。结构化理财产品成为许多外资银行理财产品的主打品种。外资银行在国内市场的扩张对银行产品创新产生了巨大的影响。一方面，市场竞争更加激烈，促进了银行产品创新力度的加大；另一方面，银行产品的易复制性促使国内银行加快产品创新的步伐，寻求金融创新的突破点。2003 年 10 月，中国银行在中资银行中首

^① US Structured Note Update, “FDIC insurance upsize boosts structured CDs”, <http://www.globalmtn-i.com>.

家推出了外汇理财产品——第一期“汇聚宝”系列外汇理财产品。2003年11月17日，建行上海市分行以“汇得盈”命名的个人外汇结构化存款理财产品第1期正式向市场推出。这也是我国商业银行第一次向境内居民提供金融衍生产品服务。由于该产品的起点金额为1 000美元的低门槛认购标准贴近大众，因此，在10天内募集资金1.004亿美元。2004年2月，中国银监会发布《金融机构衍生产品交易业务管理暂行办法》，表明了监管层对衍生产品创新的支持和鼓励。工商银行、交通银行、招商银行、光大银行等商业银行也纷纷推出了“资多星”、“得利宝”、“金葵花”、“阳光”等理财产品。为进一步推动国内个人理财业务的发展、规范市场行为，2005年9月，中国银监会颁布了《商业银行个人理财业务管理暂行办法》和《商业银行个人理财业务风险管理指引》，使得作为商业银行个人理财产品之一的结构化理财产品步入规范发展的轨道。

国内银行的结构化理财产品在发展初期，其结构通常较为简单，多与利率、汇率等基础标的挂钩。进入2006年后，随着全球股票市场、商品市场“大牛市”行情的进一步演化，各家银行相继推出了与股票、指数、商品价格等标的挂钩的理财产品。特别是2007年，股票市场的火爆和投资者预期收益率的提高，使得股票挂钩型产品占整个结构化产品市场的比重一度达到90%左右。2008年，美国次贷危机的影响不断扩大，以致蔓延形成全球性金融危机，实体经济也遭受侵害，全球证券市场大幅下挫，外汇市场剧烈震荡，商品市场同样未能幸免，经济增长放缓或出现衰退。各国为拯救金融体系和刺激经济增长，纷纷出台政策措施。全球结构化理财产品的市场环境发生较大变化。在2008年到期的结构化理财产品出现了较多的“零收益”甚至“负收益”的情况。在国际经济形势难以预测和各种挂钩标的的走势难以判断的条件下，我国中资银行在2008年年末基本上停止了结构化理财产品的发行。2009年上半年，结构化产品的发行仍延续了萎缩趋势，外资银行发行结构化产品的步伐也有所放慢（见表1-2）。到期结构化产品的收益情况也不尽如人意。据不完全统计，截至2009年7月，花旗、汇丰、渣打、东亚等四家外资银行已公布的2008—2009年到期的84只保本型结构化产品中，在未扣除汇率因素之前，只有12只的年化收益率超过（包含）10%，17只的年化收益率为5%~10%；此外，有34只产品的年化收益率为2%~5%，甚至还有11只的年化收益率低于2%（其中的5只为零收益）。

表 1-2

部分外资银行发售的结构化产品的数量变动

单位：只

银行名称	2008 年	2009 年 1 月至 2009 年 7 月底
汇丰银行	71	4
花旗银行	15	13
渣打银行	116	55
东亚银行	27	6
荷兰银行	70	45

资料来源：转引自《收益实现条件复杂，结构性产品的收益全景图》，载《理财观察》，2009（9）。

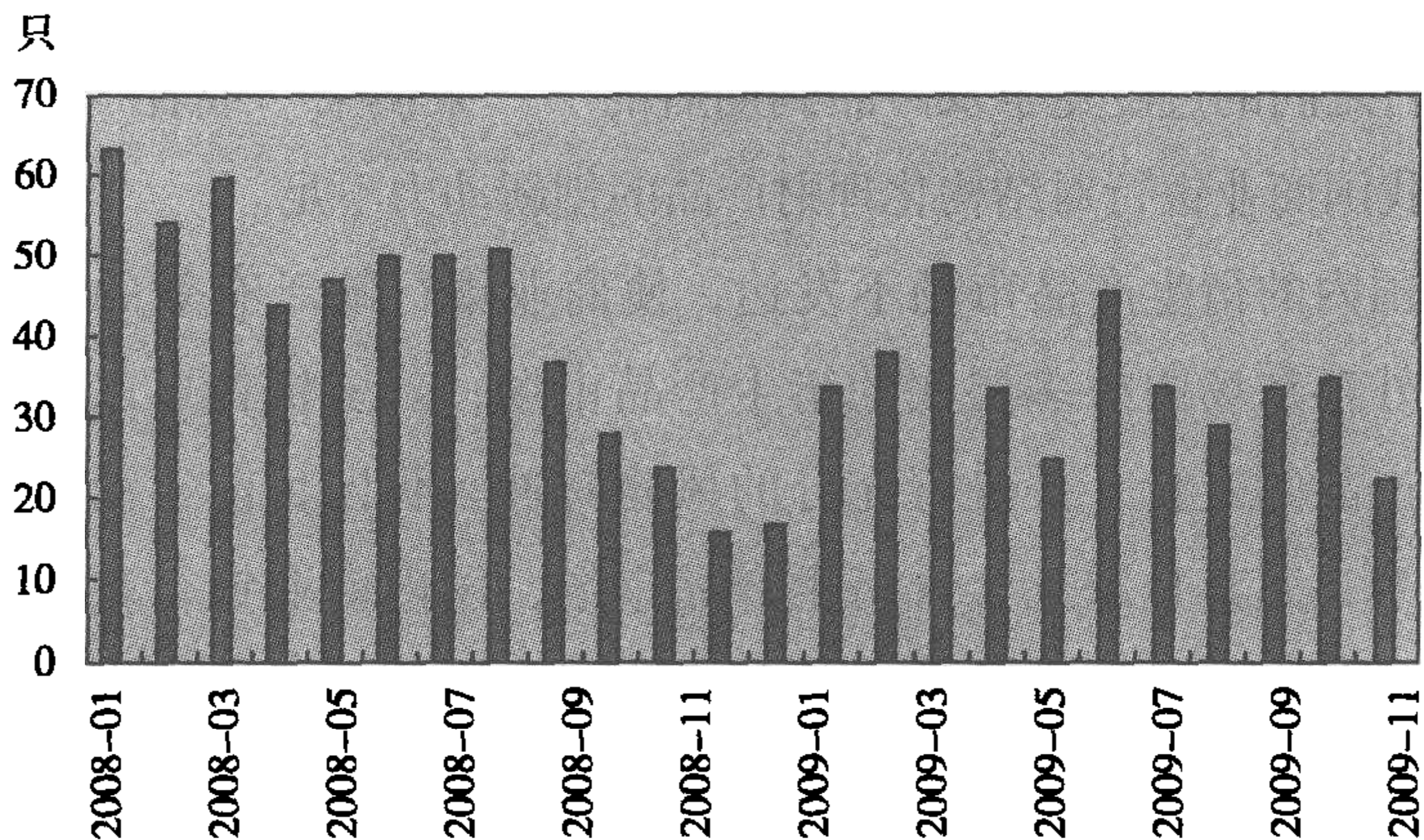
2009 年 7 月 6 日，中国银监会出台《关于进一步规范商业银行个人理财业务投资管理有关问题的通知》，要求国内商业银行的理财资金不得投资于境内二级市场公开交易的股票，并严禁其直接或间接投资于未上市公司股权和上市公司非公开发行或交易的股份。另外，其中的第四条规定，“商业银行应坚持审慎、稳健的原则对理财资金进行投资管理，不得投资于可能造成本金重大损失的高风险金融产品，以及结构过于复杂的金融产品”。其中，“结构过于复杂的金融产品”被市场理解为包括结构化产品。第十六条规定：“理财资金用于投资金融衍生品或结构化产品，商业银行或其委托的境内投资管理人应具备金融机构衍生品交易资格，以及相适应的风险管理能力。”在市场环境糟糕、到期理财产品表现欠佳及监管层要求商业银行注重风险控制等多重因素的作用下，国内的结构化产品市场基本上被外资银行占据。2009 年下半年，各国纷纷出台的经济刺激政策带来了流动性的宽松，以石油、黄金为代表的大宗商品的价格，以及相关的澳元、欧元等兑美元的汇率出现了较为强劲的反弹，以石油、黄金为挂钩标的的商品挂钩型结构化产品和以澳元、欧元汇率为标的的汇率挂钩型结构化产品的发行数量有所恢复。

2008—2009 年结构化产品发行数量的变化情况如图 1-8 所示。

2008—2009 年结构化理财产品挂钩标的的分布情况如图 1-9 所示。

2. 存在的问题与发展前景

随着我国居民储蓄额的不断上升以及居民理财需求的不断增强，从产品数量、参与机构、投资者群体等方面来看，国内银行结构化理财产品的增长速度确实不可小觑，但从整体来看，国内结构化理财产品市场的发展依然没有走出萌芽阶段，在实际运作中还是存在一些问题，主要有以下几个方面。



数据来源：作者根据西南财经大学信托与理财研究所提供的《商业银行理财报告》加以汇总与整理。

图 1-8 2008—2009 年结构化理财产品发行数量的变化

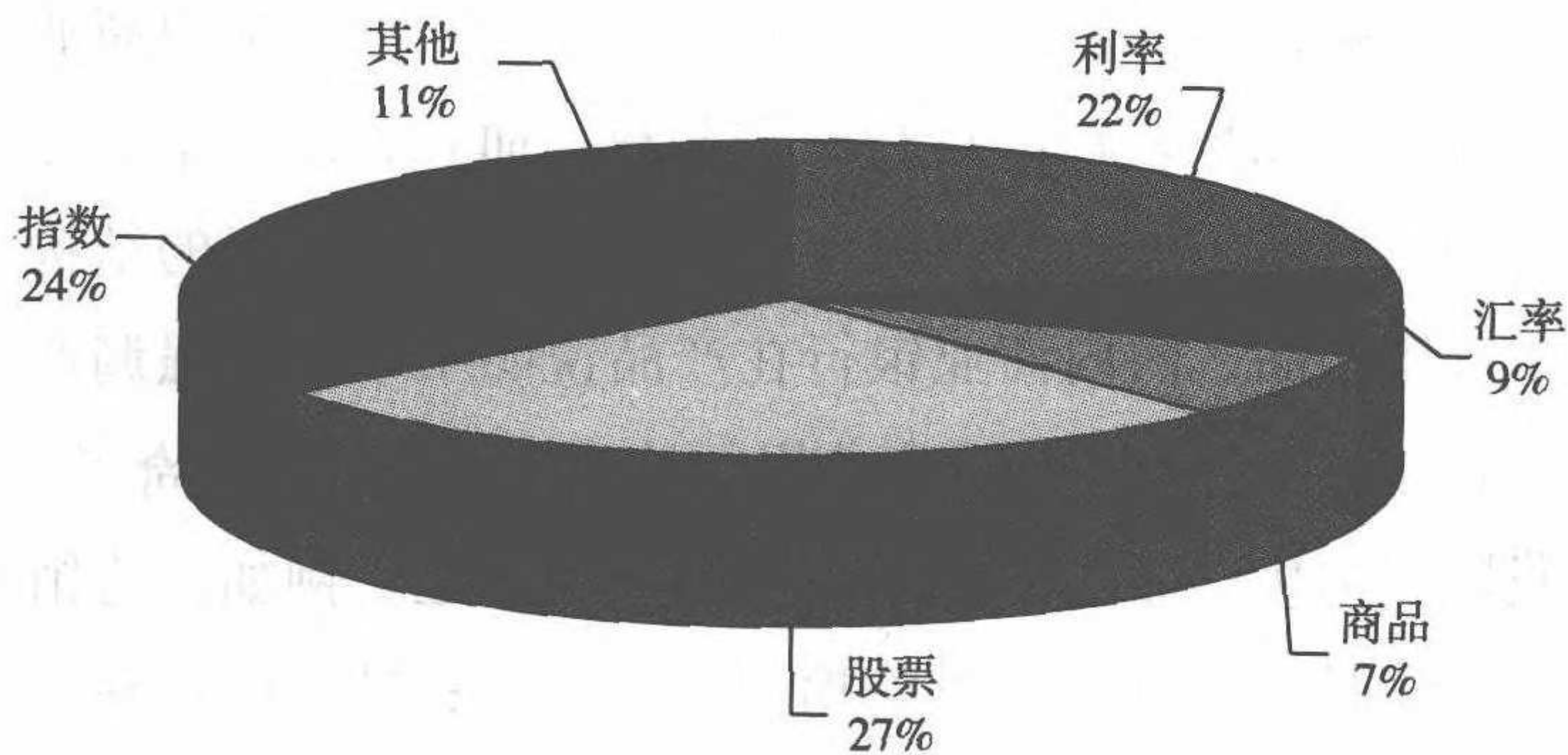


图 1-9 2008—2009 年结构化理财产品挂钩标的的分布情况

首先，结构化产品市场参与主体的发展不平衡。从发行主体上看，在所有的结构化理财产品中，由中资银行发行的产品不足 20%。从整体来看，外资机构牢牢掌握结构化理财产品的核心技术，负责完成多数复杂产品的设计、风险对冲等关键工作；而中资银行由于受制于长期的分业经营、利率管制和资本管制，对结构化金融产品的创新能力不足，缺少自主创新的优质产品，大多数中资银行只是引进和模仿国外银行的做法，以背对背形式，作为外资机构境内结构化产品发行的分销渠道。因此，从严格意义上说，国内商业银行只是国外金融产品的二次分销商而非发行商。这就导致各商业银行在结构化产品的开发上存在严重的“同质化”现象，相互模仿的现象较多，对产品的创新和深层次挖掘不足。这种效仿必

将导致金融业务平台的重复建设。我国商业银行挂钩标的的集中度高，产品雷同，造成商业银行之间的过度竞争及产品到期后的“一荣俱荣”或者“一损俱损”的局面，使得我国商业银行对结构化理财产品的创新动力不足。

其次，国内的衍生产品市场不发达，使商业银行缺乏有效的定价和风险对冲机制。境外存在场内外多层次的衍生产品市场，外资机构可以通过相互参照完成对衍生产品的定价，并进行充分的风险对冲。我国目前还没有形成完整的金融市场体系，尤其是缺乏金融衍生产品市场，国内商业银行难以针对国内基础资产开发产品，并进行有效的定价和风险对冲，这使得国内商业银行目前在自主发行结构化产品方面遇到一定的技术障碍。尽管也有部分国内商业银行联合其他金融机构（如中国光大银行与中金公司、中信银行与中信信托）自主开发了一些结构化理财产品，但绝大多数商业银行都是直接从海外投资银行购买产品，只发挥中间商的作用，向投资者收取手续费，向外资机构收取一定比例的佣金，外资机构则依靠风险对冲技术赚取优厚的利润，国内商业银行在起始环节就失去了对结构化理财产品运行的控制权。而且，由于定价能力缺失和受投资品种的限制，目前，国内商业银行还无法对自己所发行的结构化产品进行避险，而为了推销产品，国内商业银行在产品说明书中又会强调产品的收益情况，因此出现日益增多的客户投诉商业银行的现象也就不足为奇了。

再次，我国结构化产品的销售环节存在一定问题。例如，营销人员对产品的理解不深；营销时对投资者的风险揭示还不充分；销售时存在误导嫌疑，如滥用预期收益率、累计收益率等，使投资者不能深入理解产品的收益结构。而且，投资者尤其是传统的银行客户群体对于结构化理财产品的认识仍然较为粗浅，加之我国银行结构化理财产品在最初发展的几年中所面临的市场环境是比较宽松有利的，这使得投资者对结构化理财产品的期望较高，对市场环境恶化时结构化理财产品的表现没有做好充分的认识上和心理上的准备。

最后，目前在境内销售的结构化产品在币种、挂钩标的等方面还受到较大的限制。例如，交易币种多为外币，本币较少；挂钩标的多为在境外交易的股票、商品及指数等，境内标的较少，与国内居民的生活及投资需求的关系并不密切，投资者对其比较陌生；有些商业银行还存在发行结构化产品的时机和市场时机选取不当、产品设置的风险敞口过大、对资金运作和投资组合的监控不力、资金运用方向和投资组合比例模糊不清等问题。

尽管存在着上述问题和障碍，结构化产品在国内外的发展前景仍十分广阔。其主要原因包括：首先，国内储蓄存款规模庞大，闲置资金对结构化产品的需求使得结构化产品具备很大的市场空间。其次，随着金融市场的开放和市场化程度的提高，结构化产品作为汇率风险、利率风险管理工具的功能将得到重视。汇率风险、利率风险将越来越显著地影响国内投资者，而在国内缺乏充足的汇率、利率避险工具及市场的情况下，与汇率、利率挂钩的结构化产品有望获得大发展。再次，随着居民财富的积累以及资本市场的不断发展，居民理财需求日趋强烈。结构化产品的出现有助于在缺乏投资品种的市场环境中提供新的投资品种，能够使投资者便利地间接进行股票尤其是商品等的投资，并且投资的风险收益结构更完善。最后，发展环境日益成熟。随着我国资本市场的发展，相关配套的法律法规也在不断完善之中。这些法律法规的出台对稳定市场、保护投资者、鼓励创新等具有重要作用。特别是 2005 年以来，监管部门对金融创新极为重视，先后出台了一系列法律法规及配套措施，鼓励和推动产品和交易制度的创新，这为我国证券市场发展结构化产品奠定了坚实的基础。而且，近几年，随着资本市场规模的日趋扩大，市场上出现了一批有相当影响力的个股，这些优质蓝筹股市值大，流动性好，十分适合作为结构化产品的挂钩标的。与此同时，随着证券市场的不断创新，一批有代表性的指数已越来越得到市场的公认，并出现了跟踪此类指数的 ETF 产品，指数及其 ETF 产品也是良好的挂钩标的。可以预见，随着市场的不断深化，可作为挂钩标的的产品的种类将越来越丰富。

总的来看，对银行结构化理财产品的设计和定价进行研究，一方面，可以使投资者更加准确地评价结构化金融衍生产品的价格和收益高低，更加理性地进行产品选择，更加准确地评价产品的投资价值；另一方面，有助于发行者更有效地对产品进行定价，更有效地运用结构化产品筹集资金，进行资产负债管理。对于丰富我国银行金融产品的开发和应用、提供更好的客户服务、拓展新的业务增长点、促进银行业的发展和竞争具有重要的现实意义。

第三节 结构化产品定价的数学及金融学基础

一、固定收益证券及其定价原理

固定收益证券（Fixed - Income Instrument）是一大类重要金融工具的总称，

它通常是指持券人可以在特定的时间内取得固定的收益并预先知道取得收益的数量和时间。固定收益证券能提供固定数额或根据固定公式计算出的现金流。

按照有效期内现金流的特征,可将固定收益证券分为零息债券和付息债券。零息债券又被称为贴现债券,是指在债券有效期内没有票息收益,而只是在到期日(期末)获得一个固定的现金流,通常以低于面值的价格发行,在到期时按照票面金额兑付。零息债券的现金流如图 1-10 所示。



图 1-10 零息债券的现金流

付息债券则是在每一期都能获得一个现金流量,又可被细分为固定利率债券和浮动利率债券。固定利率债券的基本要素主要包括债券面值(债券发行时所设定的票面金额)、债券期限、票面利率(Coupon Rate)、付息日、付息次数(Frequency)等。

对零息债券进行定价时,我们将在到期日 T 支付面值为 1 元的零息债券在期初 t 时的价格记为 B_t^T 而将其在期初 t 至到期日 T 之间的收益率 R_t^T ,称为零息债券利率或即期利率(Spot Interest Rate)。根据贴现原理,则在年度复利(Annual Compounding)的计息方式下,有以下关系式:

$$B_t^T = 1 \cdot (1 + R_t^T)^{-(T-t)} \quad (1-1)$$

在连续复利(Continuous Compounding)的情况下,零息债券的期初价格可表示为

$$B_t^T = 1 \cdot e^{-R_t^T(T-t)} \quad (1-2)$$

我们将在某个时点不同时期的零息债券即期利率的集合称为利率期限结构(Term Structure of Interest Rates, TSIR),通常用利率期限结构曲线(the Term Structure Curve of Interest Rates, TSCIR)来反映。其横轴为时间轴,表示在 t 时点下的不同到期期限 T ,纵轴为不同期限对应的零息债券利率 R_t^T ,如图 1-11 所示。

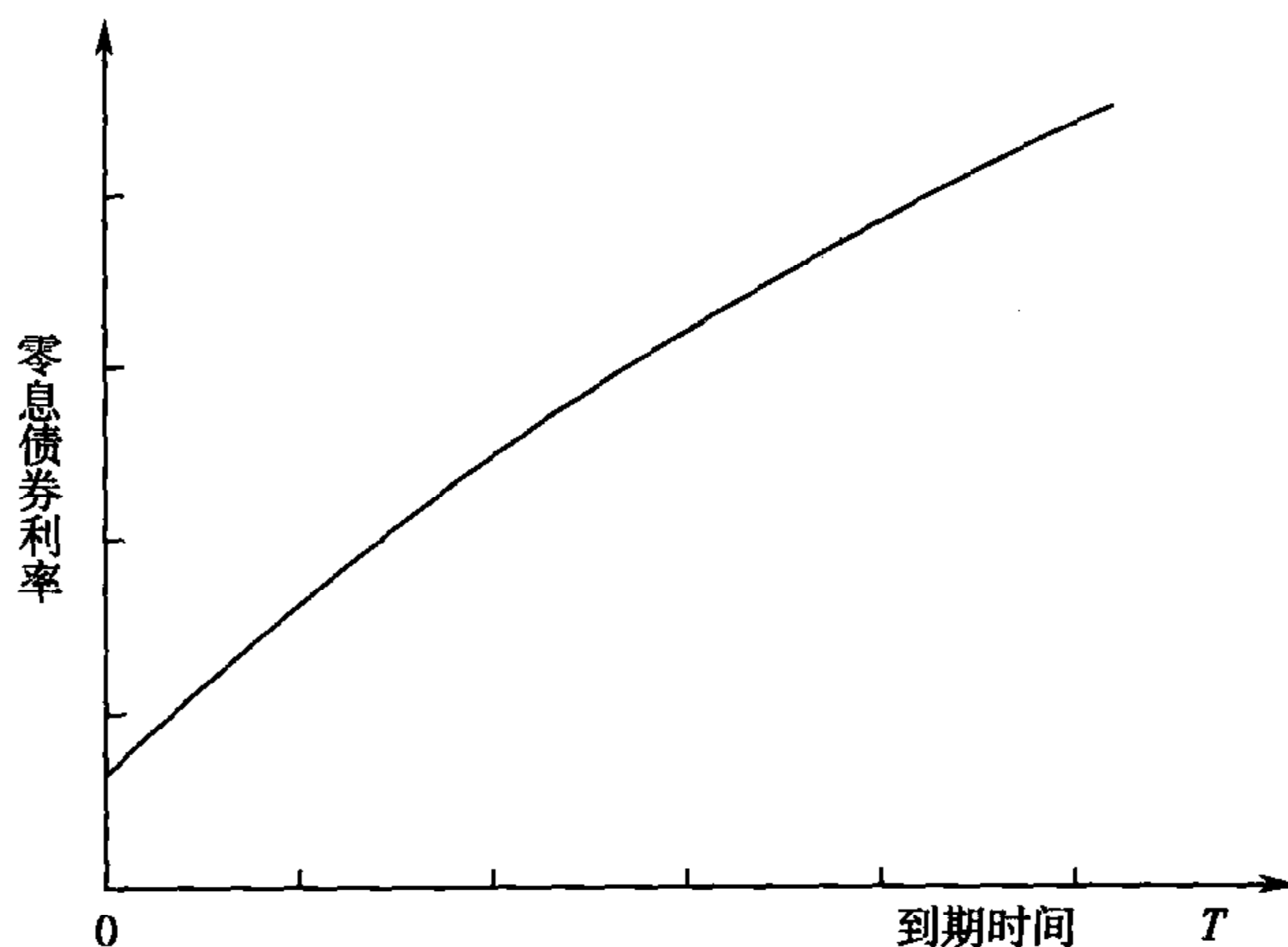


图 1-11 利率期限结构曲线

对于付息债券，有两种定价方法：一种方法是将付息债券看做是一个不同期限零息债券的组合，这样，对于 n 期内的不同时点所发生的现金流，就可以按照零息债券利率期限结构曲线上对应的利率进行折现加总，由此计算得到付息债券在期初（ t 时刻）的理论价格。比如，一个 10 年期债券的剩余年限为 7 年，每一年付息一次，则第一次现金流以 1 年对应的即期利率折现，第二次现金流以 2 年对应的即期利率折现，直到第七次现金流以 7 年对应的即期利率折现，再把各期折现值加总在一起。具体地，假设债券在未来时间 t_1, t_2, \dots, T ，有支付的净现金流 C_1, C_2, \dots, C_T ，各期限对应的即期利率为 R_1, R_2, \dots, R_T ，则债券的期初价格与有效期内的现金流之间的关系应该是

$$P(t, T) = \frac{C_1}{(1 + R_1)^{t_1 - t}} + \frac{C_2}{(1 + R_2)^{t_2 - t}} + \dots + \frac{C_T}{(1 + R_T)^{T - t}} \quad (1-3)$$

其中， P 为到期日为 T 的付息债券在期初（ t 时刻）的理论价格。

另一种方法是采用到期收益率（Yield To Maturity, YTM）进行计算的方法。债券价格可一般地表示为

$$P(t, T) = \frac{C_1}{(1 + y)^{t_1 - t}} + \frac{C_2}{(1 + y)^{t_2 - t}} + \dots + \frac{C_T}{(1 + y)^{T - t}} \quad (1-4)$$

其中， y 为期限为 n 的债券的到期收益率。可见，在这种方法中，对于 n 期内的不同时点所发生的现金流都采用了相同的折现率进行贴现并加总。到期收益率与即期利率之间的区别在于，到期收益率把短期利率、中期利率、长期利率看

成是相等的。

对比这两种方法可以看出,显然,采用到期收益率计算债券价格较为简单,可操作性强,但到期收益率曲线并不能代表市场上不同期限债券的利率结构,它只能反映相应年期内债券的平均收益率水平,因此不能用于对债券的精确定价。利率期限结构曲线则准确反映了不同年期债券的收益率水平,以此为基础计算出来的债券价格较为精确。

二、随机过程与资产价格的变化

(一) 随机过程的含义

在金融现象中,一些主要价格指标,如利率、汇率、股票指数、股票价格等,都表现出一定的随机性(Randomness),而随机过程(Stochastic Process)就是对一连串随机事件的动态变化的定量描述。标准的数学定义如下:

假设 $\Omega = \{\omega\}$ 是随机试验的样本空间, T 是一个参数集(往往是时间),如果对于每一个 $t \in T$, 都有随机变量 $X(\omega, t)$ 与之对应,则称依赖于 t 的一族随机变量 $X(\omega, t)$ 为随机过程。有时候,我们会把一个随机过程简记为 $X(t)$, $t \in [0, T]$ 。直观上理解,不妨假定我们每隔一分钟抛一枚硬币,那么 $\Omega = \{\text{正、反}\}$ 就是随机试验的样本空间,记时间为 t_1, t_2, \dots, t_n , 则随机变量族 $X(\text{正}, t_1), X(\text{反}, t_2), \dots$ 就是一个随机过程。又比如,一个醉汉在路上行走,以概率 p 前进一步,以概率 $1 - p$ 后退一步,以 $X(t)$ 记他 t 时刻在路上的位置,则 $X(t)$ 也是一个随机过程。显然,在任一特定时刻 t^* , 随机过程 $X(t)$ 均退化为一个普通的随机变量 $X(t^*)$ 。从这个角度看,我们可以把随机过程理解为一系列随机变量的总和,因而也就可以将随机变量的某些数值特征,如数学期望和方差等扩展到随机过程。

(二) 一些重要的随机过程及模拟实现

1. 标准布朗运动 (Standard Brownian Motion)

标准布朗运动是历史上最早被认真研究过的随机过程。1827年,英国生物学家布朗(Robert Brown)首先观察和研究了悬浮在液体中的细小花粉微粒受到水分子连续撞击所形成的运动情况,布朗运动也因此而得名。1900年,法国人路易·巴舍利耶(Louis Bachelier)用它来描述股票价格的运动过程。1918年,维纳(Wiener)在数学上严格地定义了标准布朗运动(因此标准布朗运动有时

也被称为维纳过程)，其定义其后成为定量描述各种金融变量的基石。

设 Δt 代表一个较短的时间间隔， Δz 代表变量 z 在一个瞬间间隔 Δt 内的变化。

$$\textcircled{1} \Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

其中， ε 为从标准正态分布（即均值为 0、标准差为 1.0 的正态分布）中抽取的一个随机值。

② 对于任何两个不同的时间间隔 Δt ， Δz 的值总是相互独立

如果 Δz 和 Δt 的关系满足以上两个条件，则称随机变量 z 的运动遵循标准维纳过程或者布朗运动。显然，遵循标准布朗运动的变量 z 在任意长度的时间间隔 T 中的变化量 $\{z(T) - z(0)\}$ 也具有正态分布特征，其均值为 0，方差为 T ，标准差为 \sqrt{T} 。

我们可以按照 $z_{t_i} = z_{t_{i-1}} + \varepsilon_i \cdot \sqrt{t_i - t_{i-1}}$, $i = 1, 2, \dots, n$ ，模拟出标准布朗运动的变量 z 在 t_0, t_1, \dots, t_n 时点的运动轨迹，其中 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 为从标准正态分布函数中抽取的随机数。

2. 普通布朗运动

如果变量 X 满足 $dX = \mu dt + \sigma dz$ （其中， μ 和 σ^2 均为常数， dz 遵循标准布朗运动），则可以认为其服从普通布朗运动或普通维纳过程（Generalized Brownian Motion, or a Generalized Wiener Process）。其中， μ 为漂移率（Drift Rate），表示单位时间内变量 z 均值的变化值； σ^2 为方差率，表示单位时间内变量 z 的方差。

我们可以按照 $X_{t_i} = X_{t_{i-1}} + \mu \cdot (t_i - t_{i-1}) + \varepsilon_i \cdot \sigma \cdot \sqrt{t_i - t_{i-1}}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 模拟出普通布朗运动的变量 X 在 t_0, t_1, \dots, t_n 时点的运动轨迹，其中 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 为从标准正态分布函数中抽取的随机数。 μ 决定了变量变化的趋势， σ 决定了变量围绕趋势波动的幅度。

与普通布朗运动较为接近的是几何布朗运动（Geometric Brownian Motion），其形式为

$$dX = \mu X dt + \sigma X dz \quad (1-5)$$

显然，式（1-5）可变为： $\frac{dX}{X} = \mu dt + \sigma dz$ 。可见，它可看做是随机变量 X 的相对变化（即价格变化率或收益率）而不是绝对变化服从普通布朗运动。

我们可以按照 $X_{t_i} = X_{t_{i-1}} + \mu \cdot X_{t_{i-1}} \cdot (t_i - t_{i-1}) + \sigma \cdot X_{t_{i-1}} \cdot \varepsilon_i \cdot \sqrt{t_i - t_{i-1}}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 模拟出几何布朗运动的变量 X 在 t_0, t_1, \dots, t_n 时点的运动轨迹，其

中 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 为从标准正态分布函数中抽取的随机数。

3. 伊藤过程或者离散过程

普通布朗运动假定漂移率和方差率为常数。如果更进一步，即变量漂移率 μ 和方差率 σ 是变量 X 和时间 t 的函数，即

$$dX = \mu(X, t)dt + \sigma(X, t)dz \quad (1-6)$$

其中， dz 是一个标准布朗运动，则称变量 X 为伊藤过程（Ito Process）或者扩散过程（Diffusion Process）。显然，伊藤过程的漂移率和方差率都随着时间的变化而变化，其形式及模拟实现也就更加复杂了。一些重要的扩散过程如下：

均值回归过程： $dX_t = [\varphi - \kappa X_t]dt + \beta dz_t$ 。

平方根过程： $dX_t = [\varphi - \kappa X_t]dt + \beta \cdot \sqrt{X_t} \cdot dz_t$ 。

其中， φ, β, κ 为常数，且 $\kappa > 0$ 。

三、期权的基本知识

（一）期权的含义和主要分类

期权（Option）是指赋予其购买方在规定期限内按买卖双方约定的价格〔简称协议价格（Striking Price）或执行价格（Exercise Price）〕购买或出售一定数量的某种金融资产〔称为标的资产（Underlying Assets）〕的权利的合约。期权购买方为了获得这个权利，必须支付给期权出售方一定的费用，这部分费用被称为期权费（Premium）或期权价格（Option Price）。对于期权的买者来说，期权合约赋予他的只有权利而没有任何义务，他可以在规定期限以内的任何时间（美式期权）或期满日（欧式期权）行使购买或出售标的资产的权利，也可以不行使这个权利。对期权的出售者来说，他只有履行合约的义务，而没有任何权利。当期权买者按合约规定行使其买进或卖出标的资产的权利时，期权卖者必须依约相应地卖出或买进该标的资产。期权卖者要承担义务，而期权买者要支付给期权卖者一定的费用作为报酬，这部分费用即期权费或期权价格。期权费因期权的种类、期限、标的资产价格的易变程度而不同。

按期权买者的权利划分，期权可分为看涨期权（Call Option）和看跌期权（Put Option）。凡是赋予期权买者购买标的资产的权利的合约就是看涨期权，而赋予期权买者出售标的资产的权利的合约就是看跌期权。按照期权产品的结构设计，期权可分为标准或常规化的期权（Vanilla Options），以及在产品结构上更

为复杂的期权即奇异期权 (Exotic Options)。按期权买者执行期权的时限划分, 期权可分为欧式期权和美式期权。欧式期权的买者只有在期权到期日才能执行期权 (即行使买进或卖出标的资产的权利), 而美式期权允许买者在期权到期前的任何时间执行期权。

按照期权合约的标的资产划分, 期权还可分为利率期权、货币期权 (或称外汇期权)、股价指数期权、股票期权以及金融期货期权等。

我们可以用回报图来描述期权持有者的损益状态。横轴为标的资产的价格; 纵轴为在不考虑期权成本的情况下, 持有者在期权到期时的所得或收益。例如, 对于标准的欧式看涨期权而言, 看涨期权多头是否要执行期权的决策点是期权合约中规定的履约价格 X , 当标的资产到期时的价格 S_T 上涨至履约价格 X 时, 执行看涨期权给投资者带来的回报为 $S_T - X$, 如图 1-12 (a) 所示。由此, 可将欧式看涨期权持有者在期权到期时的回报写做 $\max(0, S_T - X)$ 。标准的欧式看跌期权持有者的回报情况则如图 1-12 (b) 所示, 其到期时的回报可写做 $\max(0, X - S_T)$ 。

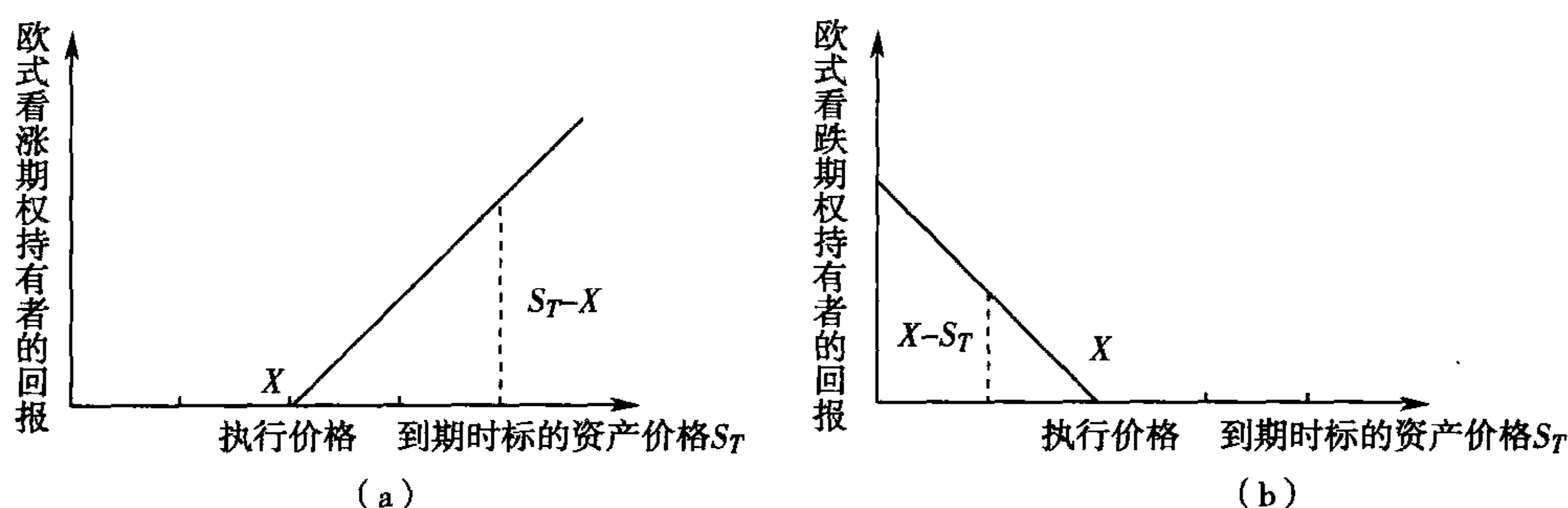


图 1-12 标准欧式期权回报图

(二) Black - Scholes 期权定价模型及其扩展

标准形式的 Black - Scholes 期权定价模型的假设条件如下:

1. 期权的标的资产为风险资产 (Black - Scholes 期权定价模型中的标的资产为股票), 当前时刻的市场价格为 S , S 遵循几何布朗运动, 即

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \quad (1-7)$$

其中, dS 为股票价格的瞬时变化值; dt 为极短瞬间的时间变化值; dz 为均值为零、方差为 dt 的无穷小的随机变化值; μ 为股票价格在单位时间内的期望收益

率（以连续复利表示）； σ 则是股票价格的波动率，即证券收益率在单位时间内的标准差； μ 和 σ 都是已知的。

2. 在期权有效期内，标的资产没有现金收益支付，没有交易费用和税收。该标的资产可以被自由地买卖，即允许卖空，且所有证券都是完全可分的。在期权有效期内，无风险利率 r 为常数，投资者可以按此利率无限制地进行借贷，不存在无风险套利机会。

在上述假设条件的基础上，Black 和 Scholes 得到了如下适用于无收益资产欧式看涨期权的一个微分方程：

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf \quad (1-8)$$

其中， f 为期权价格。通过解这个微分方程，Black 和 Scholes 得到了如下适用于无收益资产欧式看涨期权的定价公式：

$$c = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2) \quad (1-9)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma \sqrt{T-t} \quad (1-10)$$

其中， c 为无收益资产欧式看涨期权的价格； $N(x)$ 为标准正态分布变量的累计概率分布函数（即这个变量小于 x 的概率），执行价格为 X ，当前时刻为 t ，到期时刻为 T 。

根据欧式看涨期权和看跌期权之间的平价关系，可以得到无收益资产欧式看跌期权的定价公式：

$$p = c + Xe^{-r(T-t)} - S = Xe^{-r(T-t)} N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (1-11)$$

通过引入所谓的“持有成本率（Cost-of-Carry Rate）”概念，Haug 汇总了各类扩展形式的 Black-Scholes 期权定价公式^①，使其不仅可以处理标的资产为股票的情况，还可以处理标的资产为商品、货币、期货合约等其他类型资产的

① Espen Gaarder Haug, “The Complete Guide to Option Pricing Formulas”, Second Edition, McGraw-Hill Press.

情况。其形式如下：

欧式看涨期权：

$$C = Se^{(b-r)(T-t)} \cdot N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} \cdot N(d_2) \quad (1-12)$$

欧式看跌期权：

$$P = Xe^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - Se^{(b-r)(T-t)} \cdot N(-d_1) \quad (1-13)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma \sqrt{T-t} \quad (1-14)$$

当 $b=r$ 时，对应着标准的 Black - Scholes 股票期权模型；当 $b=r-q$ 时，对应着标的股票的连续股利率为 q 时的 Black - Scholes 期权模型；当 $b=r-r_f$ 时，为外汇期权定价模型。 r 和 r_f 分别为本国的无风险利率和外国的无风险利率。

在上述公式中，一个最重要的指标是标的资产价格变化率的标准差 σ ，严格来讲，是标的资产对数收益率的标准差。其主要的计算方法是从标的资产价格的历史数据中计算出价格收益率的标准差，即所谓的历史波动率。具体地，假设标的资产价格的历史数据的时间序列为 S_0, S_1, \dots, S_N ，可得到对数收益率序列：

$$r_i = \ln \frac{S_i}{S_{i-1}} (i = 1, 2, \dots, N) \quad (1-15)$$

从而对数收益率的均值为

$$\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i$$

进而对数收益率的标准差为

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2} \quad (1-16)$$

在 Black - Scholes 期权定价公式所用的参数中，有三个参数与时间有关：到期期限、无风险利率和波动率。值得注意的是，这三个参数的时间单位必须相同，或者同为天、周，或者同为年。年是经常被用到的时间单位，因此，我们常常需要将由式 (1-16) 得到的天波动率转化为年波动率。在考虑年波动率时，有一个问题需要加以重视：一年的天数究竟是按照日历天数计算还是按照

交易天数计算？一般认为，证券价格的波动主要来自交易日。因此，在转换成年波动率时，应该按照一年 252 个交易日进行计算。因此，可按 $\sigma_{\text{年}} = \sigma_{\text{日}} \times \sqrt{252}$ 将计算得到的天波动率转化为相应的年波动率。另外，在实际计算时，历史数据天数的选择往往很不容易。从统计的角度来看，时间越长，数据越多，获得的精确度一般越高。但是，资产价格收益率的波动率却又常常随时间而变化，时间段太长反而可能降低波动率的精确度。因此，计算波动率时，要注意选取距离估值日较近的时间，一般的经验法则是将度量波动率的时间设定为期权的到期期限。例如，如果要为 9 个月的期权定价，可使用 9 个月的历史数据等。

（三）奇异期权概述

相对于上述标准的欧式期权或美式期权，比这些常规期权更复杂的衍生证券常常被叫做奇异期权，比如，执行价格不是一个确定的数，而是一段时期的平均资产价格的期权，或是在期权有效期内如果资产价格超过一定界限，期权就作废，等等。大多数的奇异期权都是在场外交易的，它们往往是金融机构根据客户的具体需求开发出来的，其灵活性和多样性是常规期权所不能比拟的。也正因为如此，在结构化产品的设计中，较多地是将奇异期权与固定收益证券相结合。在这一部分中，笔者只是对常用的几种奇异期权的含义和特征进行大致的介绍，在后面的几章中，笔者会结合具体的案例介绍其在结构化产品定价中的应用。

1. 两值期权 (binary options)

两值期权也被称为数字期权，其到期回报是不连续的。两值期权的其中一种是现金或无价值看涨期权 (Cash - or - Nothing Call)。到期时，如果标的资产的价格低于期权执行价格，则该期权没有价值；如果高于期权执行价格，则该期权支付一个固定的数额 Q 。其收益决定形态可表示如下：

$$\text{到期时的收益 } V(S_T, T) = \begin{cases} Q, & \text{如果标的资产到期时其价格 } S_T \text{ 高于期权执行价格 } X \\ 0, & \text{如果标的资产到期时其价格 } S_T \text{ 低于期权执行价格 } X \end{cases}$$

另一种两值期权是资产或无价值看涨期权 (Asset - or - Nothing Call)。如果标的资产的价格在到期日低于期权执行价格，则该期权没有价值；如果高于期权执行价格，则该期权支付一个等于资产价格本身的款额。可见，标准的两值期权的到期收益不依赖于标的资产在期权有效期内的价格变化路径，而只依赖于观察期期末标的资产的价格。

2. 触点期权 (one touch Option or Binary Barrier Option)

与标准的两值期权不同, 触点期权的到期收益与期权有效期内挂钩标的的价格变化路径有关, 其收益支付情况可表达如下:

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} Q, & \text{如果有效期内标的资产的价格 } S \text{ 曾触及障碍水平 } B \\ 0, & \text{如果有效期内标的资产的价格 } S \text{ 未触及障碍水平 } B \end{cases}$$

具体到结构化产品的设计上时, 又存在多种情况。假设挂钩标的期初 (t) 时的价格为 S_0 , 障碍水平为 B 。如果 $S_0 < B$, 上述触点期权合约意味着当挂钩标的在期权有效期内曾经由下向上突破障碍水平 B (称为 Upper Barrier) 时, 则期权合约将会在到期日 T 时, 向投资者支付 Q 单位的收益, 否则不予支付。如果 $S_0 > B$, 上述触点期权意味着挂钩标的在期权有效期内曾经由上向下跌破障碍水平 B (称为 Lower Barrier)。这两种期权合约在期初的理论价值有所不同。

3. 亚式期权

亚式期权是当今金融衍生产品市场上交易最为活跃的奇异期权之一, 其到期损益结果依赖于标的资产在一段特定时间 (整个期权有效期或其中的部分时段) 内的平均价格。亚式期权所使用的平均值主要可以分为两类: 算术平均和几何平均。

算术平均的离散形式可以表示如下: $I = \frac{1}{n}(S_1 + S_2 + \cdots + S_n)$, 而几何平

均则一般可以用 $I = (S_1, S_2, S_3, \cdots, S_n)^{\frac{1}{n}}$ 或者 $\ln I = \frac{1}{n}(\ln S_1 + \ln S_2 + \ln S_3 + \cdots +$

$\ln S_n)$ 来表示。其中, S_1, S_2, \cdots, S_n 分别为 t_1, t_2, \cdots, t_n 时标的资产的价格。

在亚式期权中, 只有几何平均期权能得到精确的解析解。几何平均期权的解析价格公式之所以存在, 是因为 Black - Scholes 期权定价模型假设标的资产价格服从对数正态分布, 而一系列对数正态分布变量的几何平均值仍服从对数正态分布。亚式期权中更常见的情况是对标的资产价格取算术平均, 但是一系列对数正态分布值的算术平均值并不服从对数正态分布。为了解决这个问题, 人们采用了各种方法, 但是仍然无法得到解析的定价公式。对标的算术平均亚式期权更多地是采用数值方法或以标的几何平均亚式期权来近似逼近。

4. 障碍期权 (Barrier Options)

障碍期权是指期权的回报 (Payoff) 取决于标的资产的价格在一段特定时间

内是否达到了某个特定的水平（临界值），这个临界值就叫做障碍水平。通常有许多种不同的障碍期权在场外市场上进行交易，它们一般可以归为两种类型：

（1）触及失效期权（Knock-out Options）：又被称为敲出障碍期权，是指当标的资产的价格达到一个特定的障碍水平时，该期权便失效作废（即被“敲出”）；如果在规定时间内标的资产的价格并未触及障碍水平，则该期权仍然是一个常规期权。

（2）触及生效期权（Knock-in Options）：又被称为敲入障碍期权，它正好与触及失效期权相反，即只有标的资产的价格在规定时间内达到障碍水平时，该期权才得以生效存在（即“敲入”），其回报与相应的常规期权的回报相同；反之，该期权便作废。

在此基础上，我们可以通过考察障碍水平与标的资产的初始价格的相对位置，进一步对障碍期权进行分类。

（1）如果障碍水平高于标的资产的初始价格，则我们把它称做向上期权。

（2）如果障碍水平低于标的资产的初始价格，则我们把它称做向下期权。

将以上分类进行组合，我们可以得到诸如“向下触及失效看涨期权”（Down-and-out Call）、“向下触及生效看跌期权”（Down-and-in Put）、“向上触及失效看涨期权”（Up-and-out Call）以及“向上触及生效看涨期权”（Up-and-in Call）等。主要的分类情况如图1-13所示。

另外，更复杂的情况还包括：

双重障碍（Double Barrier）。期权条款中包含一个障碍上限和一个障碍下限。上限高于现价，而下限则低于现价。在一个双重敲出期权中，任何一个障碍水平被触及，期权都会作废。在一个双重敲入期权中，在规定时间内，价格至少要达到其中一个障碍水平，期权才可有效。我们还可以想象其他的情况：一个障碍水平是敲入，而另一个则是敲出。到期时，这个合约可能是一个敲入或是敲出的期权的回报。

含补偿的障碍期权（Rebate）：有时在障碍期权合约中会规定，如果触及障碍水平，可以部分退款（打折扣）。这常常发生在敲出期权的情况下，这时，这部分退款可以被看做是对失去的回报部分的补偿。这部分退款在障碍被触发时或是到期时才支付。

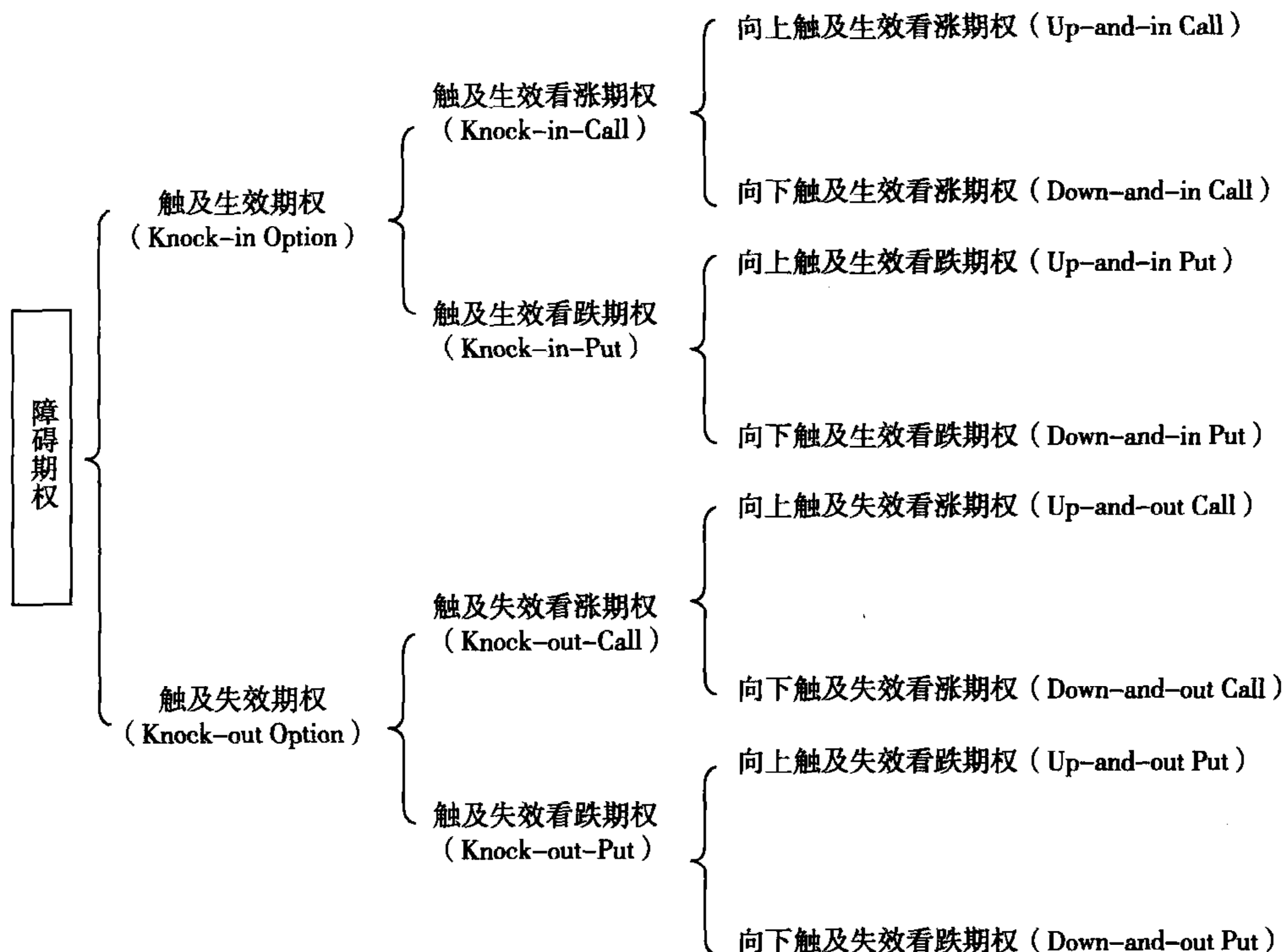


图 1-13 障碍期权的分类

当波动率为常数、标的资产的价格服从对数正态分布时，我们可以使用 Black - Scholes 偏微分方程解出很多种障碍期权的理论价格。关于一些障碍期权理论价格的公式，笔者将在后面几章中结合具体案例进行介绍。

5. 彩虹期权 (Rainbow Options)

彩虹期权是指期权合约中包括两个或两个以上的标的资产，期权的到期收益取决于这多个标的资产的价格表现情况。具体来看，常见的品种包括：

(1) 最小值彩虹期权。其到期收益取决于产品存续期内多个资产中表现最差的资产的收益，例如，最小值看涨期权的到期回报可表示为： $\max[\min(S_1, S_2, \dots, S_n), 0]$ 。

(2) 最大值彩虹期权。最大值彩虹期权的到期收益取决于产品存续期内多个资产中表现最好的资产的收益，例如最大值看涨期权的到期回报可表示为： $\max[\max(S_1, S_2, \dots, S_n), 0]$ 。

(3) 价差期权。价差期权的特点在于其标的资产的价格设定为两种资产在

产品存续期内的价格表现的差异,例如,看涨价差期权的到期回报可以表示为:
 $\max[\max(S_{1,T} - S_{2,T}), 0]$ 。

在实践中,人们使用数值方法和近似方法计算彩虹期权的价值。例如,在假设标的资产遵循相关的几何布朗运动的前提下,可以使用蒙特卡罗模拟方法计算出一个欧式篮子期权的价值。

四、风险中性定价原理与金融工程的组合分解技术

(一) 风险中性定价原理

现代金融学认为,在真实世界里,理性的投资者都是厌恶风险的,他们在承担风险的同时要得到相应的回报。如果一个投资者对风险采取无所谓的态度,那么他就被认为是风险中性的。在一个风险中性的世界里,所有市场参与者都是风险中性的。不论资产风险性的有无或大小,他们都不要求获得相应的补偿,所有资产的预期收益率都是一样的。因此,风险中性的投资者对于任何资产所要求的收益率都是无风险利率,而采用风险中性的假设可以大大简化对于问题的分析,因为在风险中性的世界里,所有证券的预期收益率都可以等于无风险利率,从而在风险中性的条件下,所有现金流量都可以通过无风险利率进行贴现,求得现值。这就是风险中性定价原理。

风险中性定价原理是从 Black - Scholes 期权定价模型中推导出来的,因为在 Black - Scholes 期权定价模型中人们发现,与主观风险偏好有关的变量没有进入到期权定价公式中去,因而对期权价格没有影响。基于这一发现,人们作出了风险中性的假定。值得注意的是,虽然风险中性假定仅仅是一个人为假定,但微观金融学中有一系列重要的定理说明在无套利市场条件下所获得的结论不仅适用于投资者是风险中性的情况,也适用于投资者厌恶风险的真实情况,因而成为衍生产品定价的一个重要原理。总之,风险中性定价原理认为,所有风险资产现在的市场均衡价格都可以按照风险中性概率算出未来收益的预期值,再用无风险利率折现后得到,即

$$X_t = e^{-r(T-t)} \cdot E^Q(X_T) \quad (1-17)$$

其中, X_t 表示投资者在期初 t 投资于某单位资产的价值, X_T 表示在期末 T 该单位资产的价值, r 为无风险利率, $E^Q(X_T)$ 表示随机变量 X_T 在风险中性假定下的数学期望。

（二）金融工程的组合分解技术

金融工程是 20 世纪 80 年代末 90 年代初兴起的一门学科，它将工程的思维和方法引入金融领域，综合地采用各种工程技术方法（主要有数学建模、数值计算、网络图解、仿真模拟等）设计、开发和实施新型的金融产品，创造性地解决各种金融问题。金融工程的一项核心技术是组合分解技术。目前层出不穷的新型金融工具的创造，大多是利用这种组合分解技术，对已有的金融产品进行分解和重新组合。用一组金融工具复制某一金融工具的现金流，那么这一组金融工具就是那个被复制金融工具的分解，而被复制金融工具反过来就是这一组金融工具的组合，从而这一组金融工具的价格就应该等于被复制金融工具的价格。采用组合分解技术，就可以利用基本的金融工具（包括基本的原生工具如股票和债券，也包括基本的衍生工具如远期、期货、期权、互换等）作为零部件来组装出具有特定流动性和风险收益特征的金融产品，如各种类型的期权与其他金融工具组合起来构造的一些复杂的复合金融工具（如本书所研究的各种类型的结构化产品），也可以通过分解，把原来复杂的金融产品分解成若干简单的、基本的、已知其定价公式的金融工具。

金融工程的这种组合分解过程类似于儿童拿着不同的积木或者用不同的摆法创造出神奇的“建筑物”，因此有时又被称为积木分析法。在积木分析法中，一个重要工具是类似于图 1-12 所示的标准欧式期权回报图。不仅可以用它来分析不同金融工具的风险收益特征，还可以用它进一步分析不同金融工具之间的组合关系和分解关系。不同的衍生产品之间可以通过一定的组合和分解，转化为另一种新的衍生产品。利用回报图和积木分析法，将结构化理财产品分解为固定收益证券和内嵌的奇异期权，并分别进行定价，然后再合并得到整个结构化理财产品的价值，这是结构化产品定价及其设计的最基本的思路，这一过程和方法会在后面的几章中被反复地加以运用。

五、挂钩型结构化产品定价的基本思路

由于挂钩型结构化产品包含固定收益部分和期权部分，因此对其进行定价时也可以先对这两个组成部分分别定价，再相加。其主要的定价思路如图 1-14 所示。

其中，固定收益部分的定价相对简单，与债券定价的原理一样，根据发行条款中规定的还本付息的数额和时间，采用现金流贴现的方法，计算预期现金

流入的现值，即固定收益部分的价值。对于较多的理财产品而言，固定收益部分往往为到期偿还的本金，因而固定收益部分期初的价值为

$$B = \frac{F}{(1 + i)^{T-t}}$$

其中： i 为贴现率， F 为到期偿还的本金值， T 和 t 分别为到期日和期初日。由于发行银行发行的理财产品的固定收益部分实际上可看做是发行银行发行的一只债券，因此贴现率 i 要依赖于发行银行本身的信用程度，即 i 可表示为“基准利率（无风险的国债利率）+ 由发行银行的信用等级决定的信用风险溢价”。但由于我国各大商业银行缺乏有关信用风险溢价的统一指标或数据，而且到期不履行还款承诺的实际可能性极低，因此在计算时常选用无风险利率作为贴现率，不考虑信用风险溢价部分。

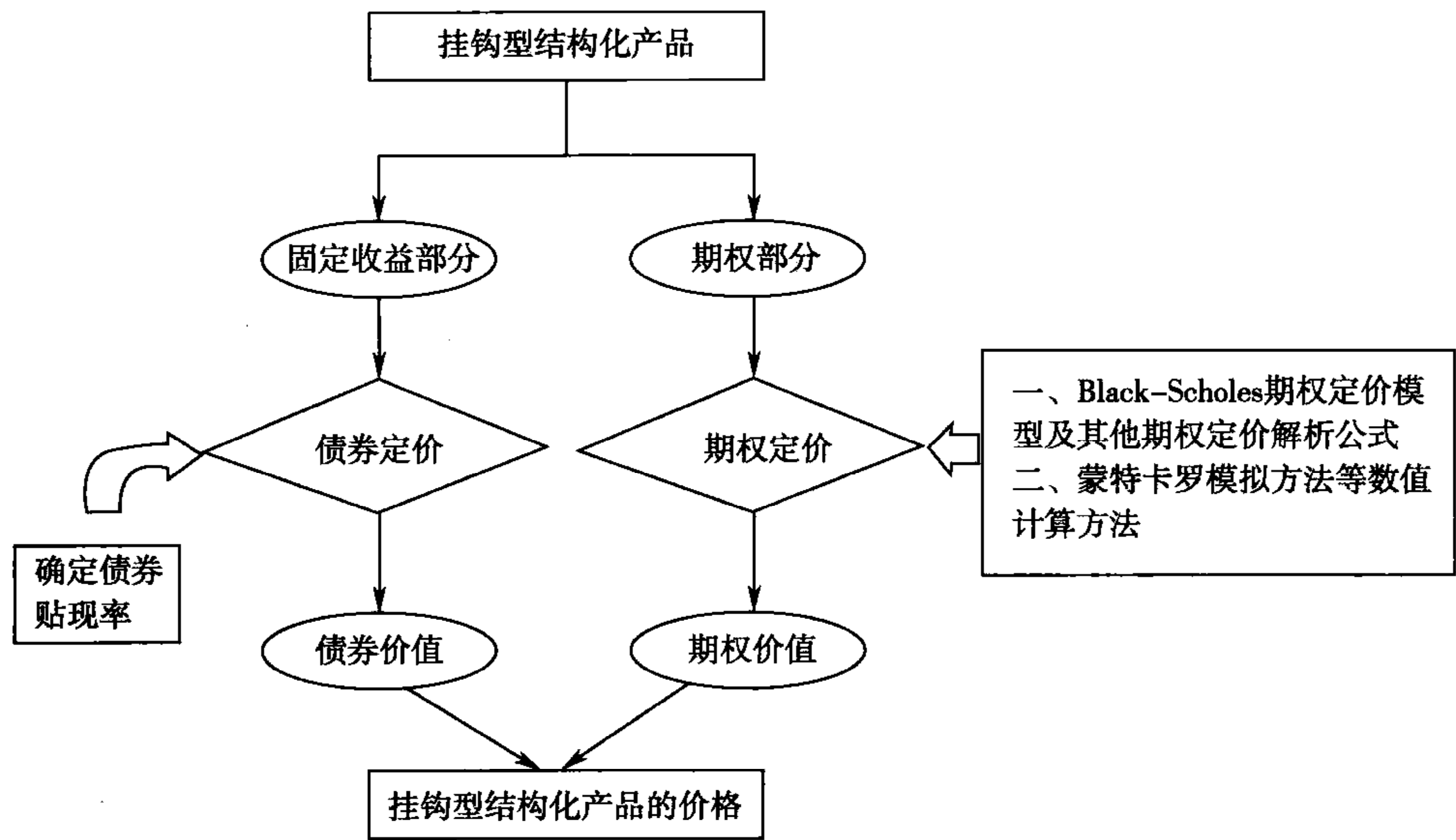


图 1-14 挂钩型结构化产品的定价思路

期权部分的定价是股票挂钩产品定价的关键部分。根据产品条款，采用的方法主要有两种：一是对于有解析解的期权种类（如标准欧式期权、价差期权等）以及一些具有公认的近似解析解的奇异期权（如亚式期权等），可直接利用挂钩标的资产的预期收益率与波动率等数据，代入 Black - Scholes 期权定价公式及对应的近似解析解公式计算得到；二是股票挂钩产品设计中的期权结构越来越复杂，如大量使用多资产选择权，强化挂钩标的之间的路径相依性质以及增

加一些可赎回条款等，使得解析式定价的难度越来越大，此时往往假设挂钩标的资产的价格变化服从对数正态分布，从而可以运用蒙特卡罗模拟方法等数值计算方法进行定价。

由此可得到结构化理财产品在发行时（期初）的理论价值 V ，将其与发行价格（一般是面值 F ）相比较，可计算出银行在此次发行中所获得的利润。如果 $V < F$ ，则可看做是溢价发行，溢价部分为银行的利润，或者可看做是对于银行承担风险的回报。发行的适当溢价显然是可以理解的：创新本身具有一定的价值，在市场上原本不存在的产品组合，其价格往往要高于其理论价值；出于交易成本、专业水准和方便的考虑，投资者也往往愿意支付一定的费用。这些价值加上金融机构本身所具有的进一步降低交易成本和实现规模效益的优势，常常构成了金融机构发行股票挂钩类产品的重要利润来源。另外，理论价值 V 高于实际发行价格（面值）的情况也是常见的，其原因有三：一是产品设计人员对挂钩资产的未来走势判断失误；二是结构化产品的定价过程本身存在一些问题，比如对于贴现率的选择、对于挂钩标的的历史波动率的估计存在偏低或偏高的现象；三是发行银行本身将结构化理财产品视为一种特殊情况下的筹资工具，故意通过较低的定价（实际上也就是增加结构化理财产品的实际收益率）来吸引投资者购买。发行结构化产品本身所造成的损失可通过其他途径加以弥补，只要总体测算下来，结构化产品的折价程度没有超过其底线，对于发行银行而言，仍是有利可图的。

在后面的几章中，笔者将结合具体案例，介绍股票挂钩型、汇率挂钩型、商品挂钩型、利率挂钩型结构化产品的定价过程。

第二章 股票挂钩型结构化理财产品及其定价

第一节 股票挂钩型结构化理财产品的特征及分类

一、股票挂钩型结构化理财产品的概念和特征

股票挂钩型结构化理财产品是一种收益与股票价格或股价指数等标的相挂钩的结构化产品。它由固定收益部分和期权部分组合而成，其中固定收益部分通常以保证本金或利息收入等形式向客户提供确定的收益，而期权部分则提供与挂钩股票或股指价格走势相联系的不确定收益。挂钩标的既可以是单只股票或指数，也可以是一篮子股票或指数，比如某类行业（如农业类、能源类）龙头公司的股票或者某类行业的股票指数。不确定收益部分与挂钩股票资产之间可能存在多种挂钩方式。例如，产品收益可以与单只挂钩股票在产品到期日的价格有关，进而可以用标准的欧式期权来反映；也可以与挂钩股票在产品的整个有效期内的价格表现路径有关，进而内嵌了亚式期权、障碍期权等奇异期权。当以多种股票作为挂钩标的时，理财产品的收益又与多只挂钩股票中表现最差的或最好的股票的收益，或其平均收益水平有关，即所谓的多资产彩虹期权。

股票挂钩型结构化产品合约的主要条款中除了包括挂钩标的和挂钩方式之外，还包括产品到期时可获得的本金保障比率——保本率；产品分享挂钩股票涨跌收益的比例指标——参与率；对理财产品的整体收益限定上下范围的指标——最低收益率和最高收益率；以及其他一些常见的条款，例如发行价格、期限、可赎回条件、行权价格等。股票挂钩型结构化产品的主要好处在于其灵活的设计形式可以满足人们的任何形式的收益和风险要求，从而使得金融衍生品市场更加完善。

二、股票挂钩型结构化理财产品的分类

股票挂钩型结构化理财产品有多种分类方法。

(一) 按照产品保本与否，可以将其分成两大类，即保本型票据 (Principal – Guaranteed Notes, PGN) 和高息票据 (High – Yield Notes, HYN)

保本型票据主要是指理财产品到期时，无论标的资产的价格发生何种变化，投资者都可按产品合约中事先规定的保本率收回全部本金或者部分本金，但利息收入则根据理财产品合约的规定，取决于标的资产价格的变化方向及幅度。以一个典型的看涨型保本型票据为例，在到期时，投资者至少可获得事先约定的某一比例的投资本金，即固定收益部分，但另一部分则随着挂钩标的资产价格的成长幅度而定。由此，保本型票据可视为零息债券与看涨期权多头的组合，其到期回报如图 2 – 1 所示。

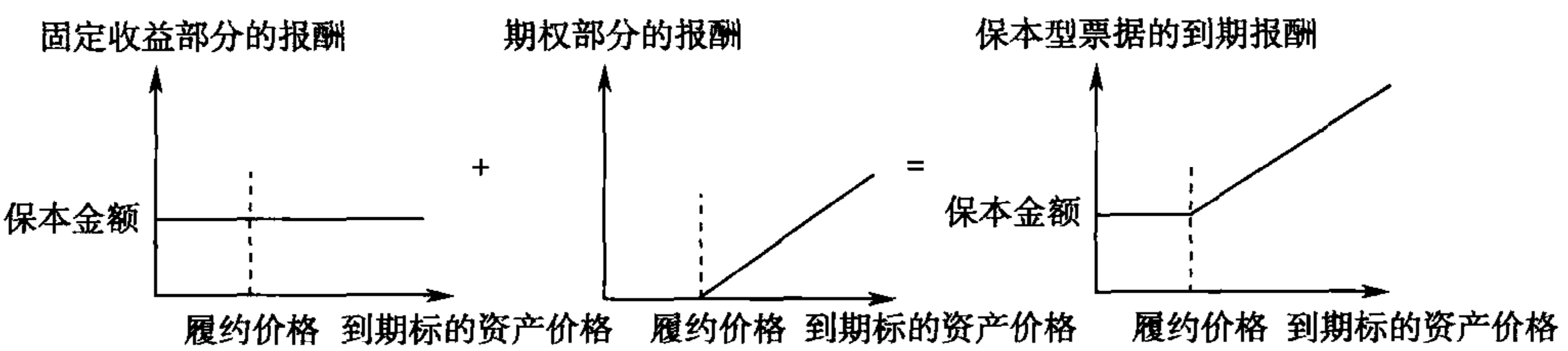


图 2 – 1 保本型票据回报分解

高息票据则不承诺保护投资者的本金，但利息收入取决于挂钩标的资产的表现。若挂钩标的资产的价格按投资者的预期变动，投资者将获取一个较高的利息收益，此收益可数倍于一般货币市场工具所提供的无风险收益。若投资者对后市的预期错误，则会蒙受部分甚至全部本金的损失。例如，一个典型的看多型高息票据，其利息收入可以在保证固定付息率的基础上，随挂钩标的资产报酬率的上升而增加；但当挂钩标的资产的报酬率低于某一最低水平时，则会损失部分相应的本金。由此，可将高息票据的到期收益分成利息收益部分和偿还本金部分。其中，利息收益部分可看做是固定付息部分和看涨期权多头部分的组合，如图 2 – 2 所示；而偿还本金部分则可看做是完全本金部分和看跌期权空头部分的组合，如图 2 – 3 所示。

(二) 根据内嵌期权的特征和种类对股票挂钩型理财产品进行分类

股票挂钩型理财产品的收益与挂钩股票或股指之间的关系，实际上反映了其内嵌期权的不同。国内外市场上常见的几类产品包括：

1. 内嵌数字期权或触点期权的触发型股票挂钩结构化产品

其主要特点是事先确定多档高低不同的收益率水平，投资者取得哪一档水

平的收益取决于挂钩股票或股指在理财产品到期日或者整个投资期内是否突破某一事先设定的障碍水平或障碍区间。根据第一章的介绍，这实际上意味着产品内嵌了数字期权或触点期权。

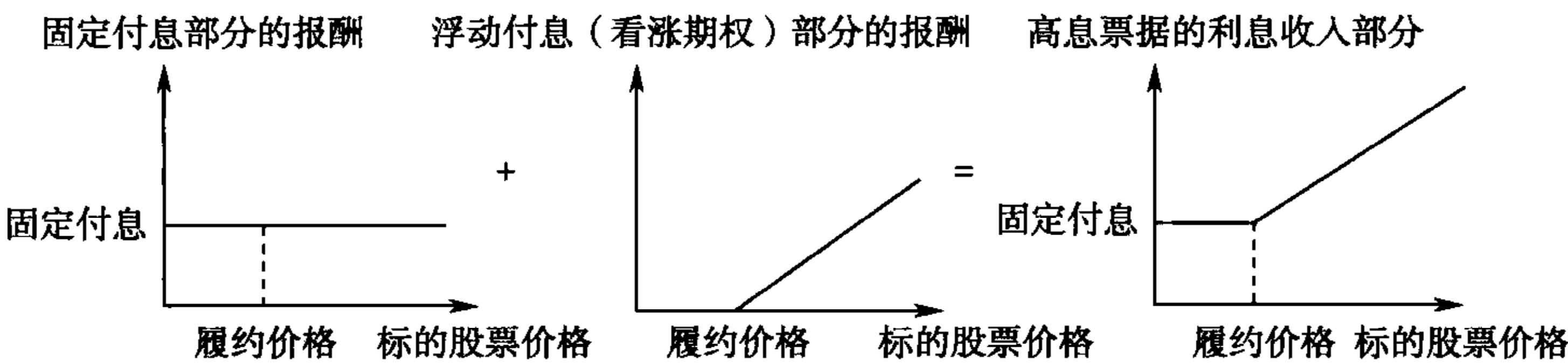


图 2-2 高息票据利息收益部分的回报分解

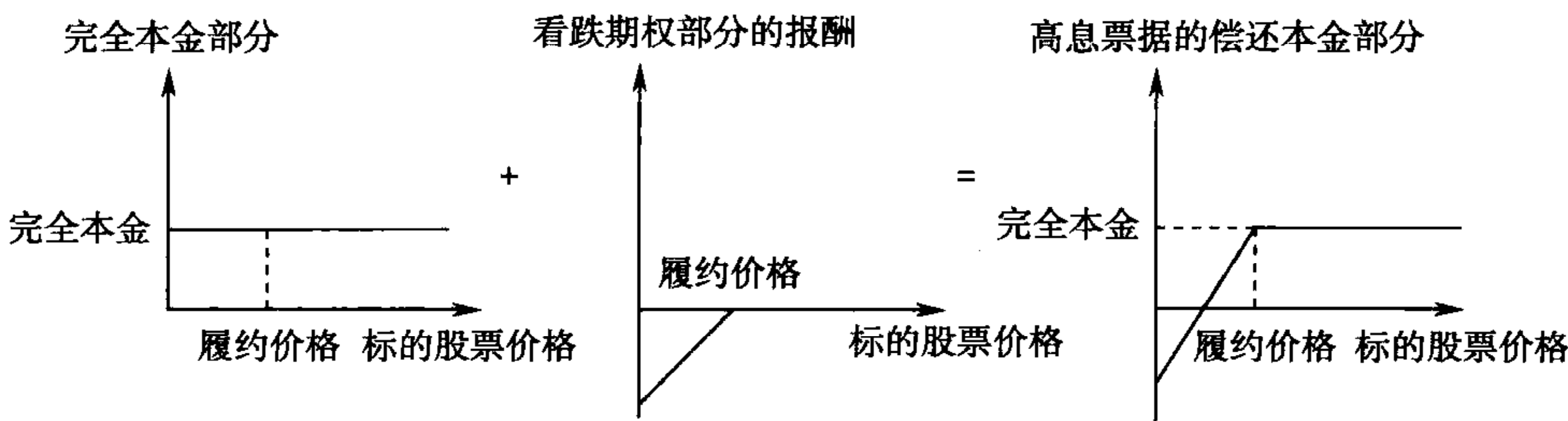


图 2-3 高息票据偿还本金部分的回报分解

〔案例 2.1〕中国银于 2009 年 7 月推出了一款挂钩单一股票（基金）的结构化产品，如表 2-1 所示。

表 2-1 中银进取 09004A—人民币港股盈富基金挂钩产品

产品名称	中银进取 09004A —人民币港股盈富基金挂钩产品
发行银行	中国银行
产品期限	2009 年 7 月 29 日至 2010 年 7 月 29 日，1 年期
挂钩标的	盈富基金（2800. HK）
投资币种	人民币
收益决定条款	①如果挂钩标的的期末价格大于或者等于其期初价格的 115%，并且触发事件发生，则到期时的收益率为 6%；②如果挂钩标的的期末价格大于或者等于其期初价格的 115%，并且触发事件未发生，则到期时的收益率为 2.00%；③如果挂钩标的的期末价格小于其期初价格的 115%，则到期时的收益率为 0.36%。其中，“触发事件”被定义为“挂钩标的在观察期内某一观察日的收市价曾经小于或者等于其期初价格的 95%”

由此,该理财产品到期时的收益函数可表示为

$$\text{到期时的收益 } V(S, T) = \begin{cases} 6.00\%, & \text{如果 } S_T \geq S_0 \times 115\% \text{ 且 } \min(S_0 \sim S_T) \leq S_0 \times 95\% \\ 2.00\%, & \text{如果 } S_T \geq S_0 \times 115\% \text{ 且 } \min(S_0 \sim S_T) > S_0 \times 95\% \\ 0.36\%, & \text{如果 } S_T < S_0 \times 115\% \end{cases}$$

其中, S_0 表示期初价格, S_T 表示期末价格, $\min(S_0 \sim S_T)$ 表示在整个观察期内挂钩标的——盈富基金日收盘价的最小值。可见,这一产品同时内嵌着数字期权(产品收益与挂钩标的到期时的水平是否大于某一设定值有关)和触点期权(产品收益与挂钩标的在产品有效期内是否曾大于某一设定值有关)。

[案例 2.2] 光大银行于 2008 年 6 月推出了一款挂钩恒生指数的结构化产品,其主要条款如表 2-2 所示。

表 2-2 光大银行推出的挂钩恒生指数的产品
——“同升 21 号”理财产品

产品名称	挂钩恒生指数的产品——“同升 21 号”理财产品
发行银行	光大银行
产品期限	2008 年 6 月 23 日至 2009 年 6 月 23 日, 1 年期
挂钩标的	恒生中国企业指数(以下简称 H 股指数)
投资币种	人民币
收益决定条款	(1) 在观测期,若 H 股指数的收盘价始终处于观察区间①(不含边界),则本产品的年收益率为 8.0%;(2) 在观测期,若 H 股指数的收盘价曾突破观察区间①(含边界),但始终处于观察区间②(不含边界),则本产品的年收益率为 4.5%;(3) 在观测期,若 H 股指数的收盘价曾突破观察区间②(含边界),则本产品的年收益率为 1.45%。其中,观测期为 2008 年 6 月 23 日至 2009 年 6 月 21 日。观察区间①:(期初定盘价 \times 80% ~ 期初定盘价 \times 120%)。观察区间②:(期初定盘价 \times 65% ~ 期初定盘价 \times 135%)。投资者与银行均不可提前赎回

该产品的到期收益函数进而可表示为

$$\text{到期时的收益 } V(S, T) = \begin{cases} 8\%, & \text{如果 } S_0 \times 80\% < S < S_0 \times 120\% \\ 4.5\%, & \text{如果 } S_0 \times 65\% < S < S_0 \times 135\% \\ & \text{且 } \min(S_0 \sim S_T) < S_0 \times 80\%, \text{ 或 } \max(S_0 \sim S_T) > S_0 \times 120\% \\ 1.45\%, & \text{如果 } \min(S_0 \sim S_T) < S_0 \times 65\%, \\ & \text{或 } \max(S_0 \sim S_T) > S_0 \times 135\% \end{cases}$$

其中, S_0 为产品收益起计日(2008 年 6 月 23 日) H 股指数的收盘价,称为期初定盘

价； S_T 为观测期末（2009 年 6 月 21 日）H 股指数的收盘价； $\min(S_0 \sim S_T)$ 和 $\max(S_0 \sim S_T)$ 分别表示在整个观察期内挂钩股指日收盘价的最小值和最大值。

按照上述条款，该理财产品的期初观察日为 2008 年 6 月 23 日，由当日收盘指数计算得出的两个观察区间值分别为：观察区间①：(9 789.05 ~ 14 683.57)；观察区间②：(7 953.60 ~ 16 519.02)。在该产品的存续期内，全球经济及资本市场受美国次贷危机的影响发生剧烈动荡。香港特别行政区股票市场作为成熟资本市场的代表之一也遭受重创：2008 年 9 月 16 日，香港 H 股指数受美国投资银行业巨头——雷曼兄弟公司倒闭和美股暴跌拖累而大幅下挫 7.4%，收于 9 236.58 点，一举跌破观察区间①的下轨 9 789.05；2008 年 10 月 8 日，全球恐慌情绪再度蔓延，导致当日 H 股指数的跌幅高达 11.46%，收于 7 452.74 点，击穿观察区间②的下轨 7 953.60。根据产品收益条款，人民币产品的最终年收益率为 1.45%，明显低于同期 4.14% 的人民币 1 年期存款利率，体现出股票挂钩型结构化理财产品所蕴涵的投资风险。

2. 内嵌亚式期权的股票挂钩型结构化理财产品

其主要特征是：理财产品的收益与挂钩股票在整个产品投资期内（或者投资期内的某些观察日）的平均价格度有关。

【案例 2.3】2008 年 1 月，中信银行推出国内首款挂钩 A 股指数的结构化理财产品。该产品的主要条款如表 2-3 所示。

表 2-3 中信理财之沪深 300 指数挂钩型 1 号人民币理财产品

产品名称	中信理财之沪深 300 指数挂钩型 1 号人民币理财产品
发行银行	中信银行
产品期限	2008 年 2 月 4 日至 2009 年 2 月 4 日
挂钩标的	沪深 300 指数
投资币种	人民币
收益决定条款	设置 2008 年 2 月 4 日、2008 年 4 月 4 日、2008 年 6 月 4 日、2008 年 8 月 4 日、2008 年 10 月 4 日、2008 年 12 月 4 日、2009 年 2 月 4 日共 7 个观察日，每两个观察日之间设一个观察期，相应计算出每个观察期（也就是两个月）的实际收益率： $[(P_{i+1}/P_i) - 1] \times 100\%$ ，其中 $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ，而 P_{i+1} 和 P_i 分别为第 i 个观察期的期末指数和期初指数；进而计算出第 i 个观察期的非负收益率： $\max\{\text{第 } i \text{ 个观察期的实际收益率}, 0\}$ ，即实际收益率和 0 之间的较大值；最后计算出产品的到期收益率： $\max(6 \text{ 个观察期的非负收益率的平均值}, 1\%)$ ，即到期收益率等于挂钩标的在 6 个观察期的非负收益率的平均值和 1% 之间的较大者

由上述条款可见,该产品采取了双月平均的收益决定结构。在产品投资收益计算期内,每两个月为一个观察期,共计6个观察期,产品收益取决于挂钩指数在这6个观察期中的平均表现;而且对于每个观察期,若该观察期指数下跌,则只计该期收益为零,即产品计涨不计跌,只参与指数的上涨,不参与指数的下跌。另外,该产品还承诺到期时的年化收益率最低为1%,在此基础上,客户完全规避了市场下跌风险,还不会错过可能有的阶段性行情。该产品到期收益的实际情况如表2-4所示。

表2-4 沪深300指数挂钩型1号人民币理财产品的实际到期收益

观察期	沪深300指数		期间实际收益率 (%)	期间非负收益率 (%)
	期初值	期末值		
第一个观察期	4 950.12	3 845.82	-22.31	0
第二个观察期	3 845.82	3 546.92	-7.77	0
第三个观察期	3 546.92	2 773.15	-21.82	0
第四个观察期	2 773.15	2 128.70	-23.24	0
第五个观察期	2 128.70	1 982.93	-6.85	0
第六个观察期	1 982.93	2 166.41	9.25	9.25
产品到期收益率(%)			1.54	

该产品在市场单边下跌的情况下,保证了产品本金的安全并获得了远高于活期存款利率的收益。但遗憾的是,与该理财产品期初(2008年2月4日)的1年期定期存款利率4.14%相比,该理财产品的收益显然很不理想。

【案例2.4】2008年8月,德意志银行发行了挂钩“台湾股票指数ETF”美元产品。该产品的主要条款如表2-5所示。

表2-5 挂钩“台湾股票指数ETF”美元产品

产品名称	挂钩“台湾股票指数ETF”美元产品
发行银行	德意志银行(中国)有限公司
产品期限	2008年8月11日至2010年2月11日,共18个月
挂钩标的	台湾股票指数ETF
投资币种	美元
收益决定条款	每季度末设定一个观测日,共6个观测日。产品的收益与台湾股票指数在这6个季度的市场表现的平均值挂钩。具体地,就每个季度而言,台湾股票指数ETF于该季度的表现值为该观测日相对于期初值的涨跌幅,若小于零,则以0计。由此计算出6个季度表现水平的算术平均数,即“平均季度封底表现”。客户的到期收益为 \max [投资本金;投资本金+投资本金 \times 参与率 \times 平均季度封底表现],即两者中的较大者。其中,参与率由银行决定

3. 内嵌彩虹期权的多挂钩股票理财产品

这种理财产品的到期收益取决于两个或多个挂钩股票的价格变化。这种理财产品的到期收益可能依赖于挂钩股票中表现最差的股票的表现、表现最好的股票的表现、所有股票的平均表现，或者某些挂钩股票相对于其他股票的表现。

(1) 到期收益与表现最差的股票挂钩的理财产品

这类产品实际上内嵌了最小值彩虹期权，在所有多挂钩股票理财产品中是最常见的种类。

〔案例 2.5〕招商银行在 2009 年 3 月发行了挂钩于银行股票表现的理财产品（其条款见表 2-6）。

表 2-6 招商银行发行的挂钩于银行股票表现的结构化产品的主要条款

产品名称	招商银行“金葵花”焦点联动系列之精选银行股票表现联动理财计划
发行银行	招商银行
产品期限	2009 年 3 月 27 日至 2010 年 9 月 27 日，共 18 个月
挂钩标的	与 4 只股票的表现挂钩，它们分别是中国建设银行 H 股、中国交通银行 H 股、中国工商银行 H 股、中国银行 H 股
投资币种	人民币
收益决定条款	在产品有效期内的任何一个观察日，如果某只挂钩股票的收盘价格低于期初该股票价格的 60%，则定义为该股票发生了触发事件。如果在观察期内，任何一只挂钩股票发生了触发事件，则该理财产品的收益率为零；如果在观察期内，所有挂钩股票均未发生触发事件，则客户持有到期的绝对收益率为 5.7%

可见，这一理财产品的收益率实际上取决于多个挂钩股票中表现最差的那只股票的下跌幅度是否超过 60%，因而可表示如下：

$$\text{到期收益率} = \begin{cases} 5.7\%, & \text{如果 } \min(R_1, R_2, R_3, R_4) > 60\% \\ 0, & \text{如果 } \min(R_1, R_2, R_3, R_4) \leq 60\% \end{cases}$$

其中， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 分别为 4 只挂钩股票的收盘价格在有效期内每一天相对于期初该股票价格的价格变化率。

〔案例 2.6〕光大银行在 2009 年 8 月发行了 1 年期的挂钩于多只股票表现的理财产品（见表 2-7）。

表 2-7 光大银行发行的“同升 22 号”理财产品的主要条款

产品名称	阳光理财“同升 22 号”优先受益权理财产品
发行银行	光大银行
产品期限	最长为 2008 年 9 月 18 日至 2009 年 9 月 18 日，有提前终止条款
挂钩标的	贵州茅台（600519）、中粮屯河（600737）、中兴通讯（000063）、东阿阿胶（000423）这 4 只 A 股
投资币种	人民币
收益决定条款	设置 4 个观察期，每个观察期的期末观察日分别为 2008 年 12 月 18 日、2009 年 3 月 18 日、2009 年 6 月 18 日、2009 年 9 月 18 日。若在观察期的期末观察日符合终止条件，则产品在该观察日自动终止，银行返还 100% 的本金，并按 10% 的年化收益率支付理财收益；若不符合终止条件，则产品继续存续，并进入下一个观察期。若在最后一个观察期仍未符合终止条件，则银行返还 100% 的本金，产品的到期收益率为零。终止条件为：在该观察期的期末观察日，所有挂钩股票的收盘价均不低于产品收益起始日（2008 年 9 月 18 日）各自收盘价的 102%

这一产品实际上可简单表述为：当 4 只挂钩股票中表现最差的股票的上涨幅度大于 2% 时，将触发终止条件，产品自动终止，投资者可获得 10% 的年化收益率。在设计该产品时，设计者考虑到 2008 年以来全球各大主要投资市场的风险类资产都出现了历史罕见的巨幅下跌，2008 年 8 月上证 A 股平均市盈率已经处于历史较低水平，而且结合历史经验，设计者认为全球经济再平衡期间各国防御类板块的表现好于整体市场，而消费作为推动我国经济增长的“三驾马车”之一，受宏观经济的影响较小，在经济周期面临下行风险时，企业利润增长的确定性较高。因此，该产品的设计者精选了 4 只非周期性消费类龙头股票，并融入可提前自动终止机制，瞄准市场波动所带来的结构性机会和阶段性机会，推出了这一挂钩型结构化理财产品。产品发售之后，面对外需急剧放缓和内需疲弱的双重压力，我国政府及时启动了 4 万亿元经济刺激计划。从 A 股市场来看，资本市场作为实体经济的领先指标，自 2008 年 11 月探底后稳步回升，这一理财产品选取的挂钩标的——消费类股票表现良好。在该产品的存续期内，在观察期 1 的期末观察日（2008 年 12 月 18 日）和观察期 2 的期末观察日（2009 年 3 月 18 日），挂钩股票的表现都未符合终止条件，产品继续存续至观察期 3。至观察期 3 的期末观察日（2009 年 6 月 18 日），挂钩股票相对于期初的涨幅都超过 2%，符合终止条件，该产品自动终止，到期年化收益率为 10%，如表 2-8 所示。

表 2-8 光大银行“同升 22 号”理财产品的实际表现

挂钩股票	起始日 收盘	目标价	2008 年 12 月 18 日		2009 年 3 月 18 日		2009 年 6 月 18 日	
			股价	收益率	股价	收益率	股价	收益率
贵州茅台	120.82	123.24	117.98	-2.35%	116.08	-3.92%	137.87	14.11%
中粮屯河	8.20	8.36	10.85	32.32%	12.43	51.59%	11.67	42.32%
中兴通讯	21.42	21.85	20.89	-2.47%	27.30	27.45%	28.60	33.52%
东阿阿胶	13.20	13.46	15.12	14.55%	16.63	25.98%	17.99	36.29%
自动赎回				不满足		不满足		满足
产品年化收益率								10%

其他类似的例子还包括：2009 年 4~5 月，华夏银行发行了“华夏理财——慧盈 19 号” A 股挂钩自动赎回型 1 年期理财产品，该产品的挂钩标的为建设银行、招商银行、中国平安、中国太保等 4 只 A 股，触发条件是 4 只挂钩股票中涨幅最小的股票的涨幅要大于 5%；平安银行在 2009 年 9 月发行了安盈理财 0929——挂钩一篮子股票 4 号人民币理财计划，该产品的挂钩标的为在香港股票交易所上市的招商银行、工商银行、中国银行、中信银行等 4 只股票，触发条件是所有挂钩股票中表现最差的挂钩股票的上涨幅度要等于或高于 5%；等等。

(2) 到期收益与表现最优的股票挂钩的理财产品

这类产品实际上内嵌了最大值彩虹期权。

[案例 2.7] 中信银行在 2008 年 8 月发行的一款股票挂钩型结构化产品，就是选取挂钩股票中表现最优的股票的涨幅表现作为投资者获得投资收益的依据。其条款如表 2-9 所示。

表 2-9 中信银行“智赢三号”结构化产品条款

产品名称	“智赢三号” 优中选优股票联系人民币理财产品
发行银行	中信银行
产品期限	2008 年 8 月 21 日至 2009 年 8 月 21 日，共 1 年
挂钩标的	中国海洋石油（H 股）和中国移动（H 股）
投资币种	人民币
收益决定条款	产品每个月为一个计息期，在每个计息期的最后一天，如果挂钩股票中表现最优的股票的当日收市价格不低于其期初价格的 109%，则该产品将于当日自动赎回，投资者按产品存续期获得 9% 的年化收益率。如果自动赎回事件没有发生，则产品的到期返还金额为：产品本金 + 产品本金 × 最大值 [-5%，到期日最优股票表现]。其中，“到期日最优股票表现”是指在两只挂钩股票中，按（股票期末价格 / 股票期初价格 - 1）计算而得到的最大值

可见，这一产品的到期返还金额最低为产品本金的 95%，即产品本金的最大损失为 5%。

（3）到期收益与所有挂钩股票的平均表现相联系的理财产品

【案例 2.8】工商银行在 2006 年 6 月发行了一款到期收益与所有挂钩股票的平均表现相挂钩的理财产品，其条款如表 2-10 所示。

表 2-10 工商银行“深港联动”外汇理财股票挂钩型结构化产品的主要条款

产品名称	“深港联动”外汇理财股票挂钩型结构化产品
发行银行	工商银行
产品期限	2006 年 7 月 21 日至 2008 年 7 月 21 日，共 24 个月
挂钩标的	中国石油化工（H 股）、中国建设银行（H 股）、中国移动（H 股）
投资币种	港元
收益决定条款	每年为一个收益期，每年支付一次收益。分别设置 2007 年 7 月 23 日和 2008 年 7 月 21 日为两个收益期的股票估值日；每个收益期的年收益率 = 该收益期挂钩股票篮子的平均表现，上限为 8%，下限为 0。该收益期的挂钩股票篮子平均表现 = $1/3 \{ [(股票 1 \text{ 在估值日的收市价} / 股票 1 \text{ 的期初价}) - 1] + [(股票 2 \text{ 在估值日的收市价} / 股票 2 \text{ 的期初价}) - 1] + [(股票 3 \text{ 在估值日的收市价} / 股票 3 \text{ 的期初价}) - 1] \}$ 。其中，股票的期初价为 2006 年 7 月 21 日相应股票在香港交易所的收盘价

【案例 2.9】德意志银行（中国）有限公司在 2009 年 6 月发行了一款结构化理财产品，其条款如表 2-11 所示。

表 2-11 德意志银行“赢势宝”理财产品条款

产品名称	“赢势宝”指数基金篮子挂钩投资计划
发行银行	德意志银行（中国）有限公司
产品期限	18 个月
挂钩标的	在香港证券交易所上市的两只指数型基金：盈富基金（代码：2800HK）和标智沪深 300 中国指数基金（2827HK）
投资币种	人民币
收益决定条款	每个月为一个观察期间。理财产品的到期收益为：投资本金 $\times 95\%$ + 投资本金 \times 最大值 $[0, \text{月度挂钩篮子平均表现} \times \text{参与率} (70\% \text{ 左右})]$

（4）到期收益与多个挂钩股票的收益之差相挂钩的理财产品

【案例 2.10】德意志银行在 2009 年 8 月发售了“赢势宝 4—A 股指数对比日经指数”结构化投资产品，产品挂钩于两只标的股票的收益之差。该产品的条款如表 2-12 所示。

表 2-12 德意志银行“赢势宝 4”结构化产品条款

产品名称	“赢势宝 4—A 股指数对比日经指数” 投资计划
发行银行	德意志银行（中国）有限公司
产品期限	12 个月
挂钩标的	在香港证券交易所上市的新华富时 A50 中国指数基金（彭博代码：2823HK）和在东京证券交易所上市的日经 225 指数（彭博代码：NHK）
投资币种	人民币
收益决定条款	（1）在最终观测日，如果新华富时 A50 中国指数基金的表现优于或等于日经 225 指数的表现，则到期所得 = 投资本金 × 100% + 投资本金 × 参与率（定为 40%） × （新华富时 A50 中国指数基金的最终表现 - 日经 225 指数的最终表现）。（2）在最终观测日，如果新华富时 A50 中国指数基金的表现差于日经 225 指数的表现，则到期所得 = 投资本金 × 90%。每一标的物的价格表现的计算公式为：（最终观测日的收盘价格/期初价格） - 1

第二节 股票挂钩型结构化产品的市场发展状况

一、国际市场上股票挂钩型结构化产品的发展状况

股票挂钩型结构化产品最早在 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初在美国市场上兴起。比较著名的一些产品有：

（1）美国所罗门兄弟公司（Salomon Brothers Inc.）于 1986 年 8 月发行的 1 亿美元 S&P 500 指数连动次级债券（Standard & Poor’s 500 Index Subordinated Note，SPIN）。SPIN 的发行条件为票面年利率为 2%，期限为 4 年（到期日为 1990 年 9 月 1 日），每半年付息一次。在到期日时，SPIN 的持有者有权收取：（1）票面金额 1 000 美元及应计利息 1%；（2）相当于到期时 S&P 500 指数超过发行时的指数（即执行价格）的部分乘以预定乘数（Multiplier）的金额。总的来看，SPIN 是低票面利率的付息债券与标的资产为 S&P 500 指数的看涨期权的组合。

（2）1987 年 10 月，美林证券发行的“指数流动收益选择权债券”（Index Liquid Yield Option Note，LYON）。该产品与纽约证交所综合指数（New York Stock Exchange Composite Index）连动，并以面值的 76.679% 折价发行。到期时，投资者除了可以领回面值外，还可另外取得相当于 68.5% × （到期日指数 -

1.46 × 期初销售日指数) 的金额。

(3) 1992 年花旗银行 (Citibank) 推出的股价指数保险账户 (Stock Index Insured Account)。该款产品的期限为 5 年, 到期还本, 并支付存续期内 S&P 500 指数涨幅的 2 倍 (涨幅以 60 个月月底指数的平均值来衡量)。这款产品实际上内嵌了亚式期权。

另外, 1992 年 7 月, Merrill Lynch 发行了挂钩 S&P 500 指数的“盯住市场指数证券” (Market Index Target – Term Securities, MITTS) 结构化证券。1993 年 7 月, 所罗门兄弟公司发行了挂钩于数字设备公司 (Digital Equipment Corporation) 股票的结构化产品。

Brian J. Henderson 和 Neil D. Pearson (2007) 对 1992—2005 年股票挂钩型结构化产品在美国市场中的发行状况进行了分类统计, 一些结果如表 2-13 所示。

表 2-13 1992—2005 年股票挂钩型结构化产品在美国市场中的发行情况

年份	挂钩于单只股票		挂钩于单一股票指数		挂钩于多只股票或股票指数		总 计	
	数量 (只)	金额 (亿美元)	数量 (只)	金额 (亿美元)	数量 (只)	金额 (亿美元)	数量 (只)	金额 (亿美元)
1992	—	—	2	1.05	—	—	2	1.05
1995	—	—	—	—	1	0.0399	1	0.0399
2000	26	11.26	13	3.69	6	2.35	45	17.30
2001	66	26.30	27	12.55	14	3.70	107	42.55
2002	85	22.79	62	18.65	11	3.08	158	44.53
2003	131	28.38	118	35.66	27	5.85	276	69.89
2004	230	41.46	133	37.12	44	8.93	407	87.51
2005	253	52.18	135	29.34	78	15.44	466	96.96
总计	852	217.54	543	240.07	193	43.19	1 588	500.82

注: 表中数据已作四舍五入处理。

资料来源: Brian J. Hendersony, Seton Hall University; Neil D. Pearson, “Patterns in the Payoffs of Structured Equity Derivatives”, October, 2007.

从表 2-13 中可以看出, 1992—2005 年, 美国市场上共发行了 1 588 只股票挂钩型产品, 总筹资额达到 50 082 039 526 美元。其中, 2004 年和 2005 年发行的数量加起来占一半以上。在股票挂钩型产品的 500 亿美元市场份额中, 有近

43%与单一股票的表现挂钩，有48%与股票指数挂钩，有9%左右与多只股票或股指篮子挂钩。另外，在挂钩股票指数的结构化产品中，最常见的挂钩指数是S&P 500指数、纳斯达克100指数和道琼斯工业平均指数，以三者为挂钩标的的结构化产品占有所有指数挂钩产品的63%左右；而在挂钩个股的结构化产品中，一些高科技类上市公司股票，如英特尔（Intel）、思科系统（Cisco Systems）、德州仪器（Texas Instruments）、摩托罗拉（Motorola）以及圣达特集团（Cendant）等是最常见的5只挂钩标的，占有所有单一股票挂钩产品份额的12%左右。

二、我国股票挂钩型结构化产品的发展动态

2004年2月，中国银监会发布《金融机构衍生产品交易业务管理暂行办法》，表明了监管层对衍生类产品创新的支持和鼓励。但作为结构化产品的一种，股票挂钩类产品的发展需要建立在相关金融市场健全和发达的基础之上，因此，我国早期的股票挂钩类产品主要是由一些外资银行发行的、挂钩于海外股票指数的外汇理财产品。

渣打银行（中国）有限公司在2005年8月首先推出与海外股票指数挂钩的外汇理财产品，以美元为投资货币，最低投资金额为1万美元，投资期限为3年，提供本金以及1%的最低收益保障。该产品挂钩于美国道琼斯工业平均指数，在每一个投资年度内，只要道琼斯工业平均指数在任一时点相对于该年参考水平的波幅达到35%及以上，则预期收益率就为8%；波幅不低于25%且小于35%时，预期收益率为6%；当波幅低于25%时，则提供1%的最低收益保障。在此之后，中国银行于2006年1月推出了“新华富时中国25指数”与“红筹港股高低杠”两款股票挂钩型理财产品，打破了本土银行在此领域的空白。前者为美元外汇理财产品，投资期限仅为9个月，挂钩对象为新华富时中国25指数；后者为港元外汇理财产品，挂钩篮子内股票均为在香港证券交易所上市的大型国有企业，覆盖的行业包括原油、银行、保险及电信等。同月，中信银行开始发售“人民币股票挂钩型结构性产品”，这是市场上第一只与股票表现相联系的人民币理财产品，该产品选择与在香港证券交易所上市的3只能源行业红筹股票即中石化（0386.HK）、中石油（0857.HK）、中海油（0883.HK）挂钩，预期收益率 = $20\% \times (3 \text{ 只股票的平均升幅})$ ，保底收益率为0.72%。此后，我国内地与股票、股指挂钩的结构化产品如雨后春笋般迅速发展。比如，

工商银行上海市分行推出的“‘聚金’之6月期股票挂钩型美元产品”挂钩于4只海外上市的股票，它们分别是麦当劳、苹果、百事可乐和耐克；汇丰银行推出的“挂钩恒生指数的结构性存款”挂钩于恒生指数的涨跌幅。荷兰银行推出了“香港恒生指数连动结构性存款”和“日经225指数连动结构性存款”，东亚银行推出了“新华富时中国25指数挂钩保本产品”。招商银行推出的“金葵花08中国系列之零售精英美元1年期产品”挂钩3只优秀的消费类企业股票，它们分别是蒙牛乳业、百丽鞋业和国美电器。从股票挂钩型产品本身的挂钩标的来看，2005年的热点是挂钩于海外股指和在境外上市的中国概念股；从产品特点来看，基本上都为保本型产品。2006年的趋势是从挂钩于在国外和中国香港上市的国企蓝筹股向挂钩于在国内上市的蓝筹股和精选股票篮子发展。由于2007年中国股市火爆和投资者的收益率预期很高，商业银行推出了大量与股票、股指挂钩的结构化产品，它们大多推出与境外股票市场甚至与我国B股市场挂钩的结构化产品，以提高产品的预期收益率，并开始开发高风险的不保本产品。其直接后果为市场上90%以上的结构化产品的挂钩标的均为股票，剩余的不到10%的结构化产品的挂钩标的为各类指数和商品价格，期限均在1年以上；而与汇率、利率挂钩的产品因收益率较低，期限较短，在竞争中处于下风，在市场内鲜见。

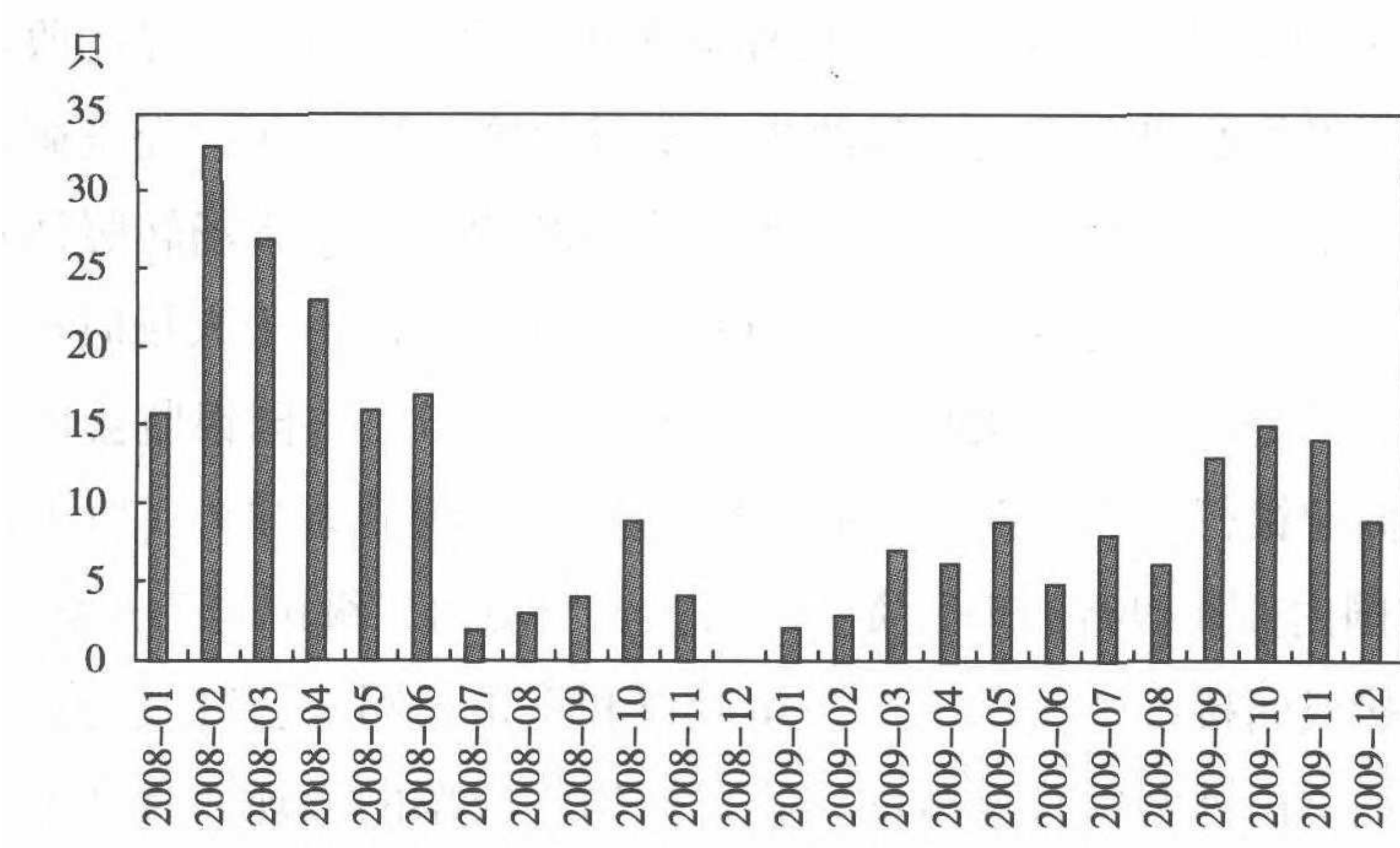
但自2008年以来，国际资本市场环境恶化，股票挂钩型产品的收益大幅下降，各家银行发售股票挂钩型产品的步伐明显放缓。2009年，经济刺激计划助推了基础资产市场的上涨预期，使股票挂钩型结构化产品市场转暖回春。有些银行在年初发售的看涨境内复苏概念的股票类理财产品由于入场时机较好，为投资者博得了一定额度的超额收益。2009年7月6日，中国银监会出台《关于进一步规范商业银行个人理财业务投资管理有关问题的通知》（以下简称《通知》），要求国内商业银行的理财资金不得投资于境内二级市场公开交易的股票，并严禁其直接或间接投资于未上市公司股权和上市公司非公开发行或交易的股份。尽管如此，由外资银行发行的、收益挂钩于股票的表现而且并非直接投资于挂钩股票本身的股票挂钩型理财产品并不在受限范围之内。因此，《通知》出台之后，在中资银行几乎全面暂停发售股票挂钩型理财产品的同时，外资银行却仍积极抢占这一市场。2009年7月新发售的11款股票挂钩型理财产品几乎全部出自恒生、渣打、花旗等外资银行，其挂钩标的包括一些在香港上市的国企蓝筹股以及一些股价指数等。其中，以恒生中国、东亚中国最为活跃。部分外

资银行发行的股票挂钩型产品如表 2 - 14 所示。

表 2 - 14 部分外资银行的股票挂钩型产品汇总

发行银行	产品名称	挂钩股票/股指	所属类别
汇丰银行	“汇聚中华” 挂钩一篮子股票/基金结构化产品	盈富基金、恒生 H 股指数上市基金、i 股新华富时 A50 中国指数基金等	内嵌最小值彩虹期权，与表现最差的股票挂钩
	MSCI 挂钩台湾指数结构性投资产品	MSCI 台湾指数	内嵌数字期权或触点期权的触发型
东亚中国	“溢利宝” 人民币投资产品系列	i 股新华富时 A50 中国指数基金，恒生 H 股指数基金，能源、基建、金融类股票等	内嵌触点期权的触发型，与一篮子股票或股指的平均表现挂钩等
恒生中国	“天天开心” 系列	交通、食品、通讯类股票等	内嵌最小值彩虹期权，与表现最差的股票挂钩
渣打银行	“市场联动” 系列	能源、保险、银行类股票及恒生指数	内嵌最小值彩虹期权，与表现最差的股票挂钩

图 2 - 4 反映了 2008 年 1 月至 2009 年 12 月我国内地各商业银行发行股票挂钩型产品的情况。



数据来源：普益财富：《商业银行理财市场报告》（2008 年 1 月至 2009 年 12 月）。

图 2 - 4 股票挂钩型产品的发行数量

第三节 股票挂钩型结构化理财产品定价的基本方法

由于股票挂钩产品包含固定收益和期权两部分，因此对其进行定价时也可以先对这两个组成部分分别进行定价，再相加。其中，对于固定收益部分，可根据发行条款中规定的还本付息的数额和时间，采用现金流贴现的方法，计算预期现金流入的现值，从而得到固定收益部分的价值。对于期权部分，定价方法是将其分解为多个具有解析函数式的基本期权的组合，从而直接利用相应的期权定价公式进行定价；而对于期权结构较为复杂、无法进行分解的情况，则运用蒙特卡罗模拟方法等数值计算方法进行定价。

一、利用期权定价公式对股票挂钩型产品进行定价

对于一些形式较为简单的股票挂钩型产品，可根据其到期收益的计算条款，分解为若干标准形式期权部位的组合。

〔案例 2.11〕某银行发行了一款挂钩奥地利 ATX 指数（AUSTRIAN TRADED ATX IDX）的结构化产品，投资收益期的期初指数为 S_0 ，参与率 $b = 50\%$ ，保本率 $a = 95\%$ ，到期（ T ）时投资者可获得的收益为： $\max \left[\text{面值} \cdot \left(1 + b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right), \text{面值} \cdot a \right]$ ，其中 S_T 为期末时的 ATX 指数。其到期收益情况如图 2-5 所示。

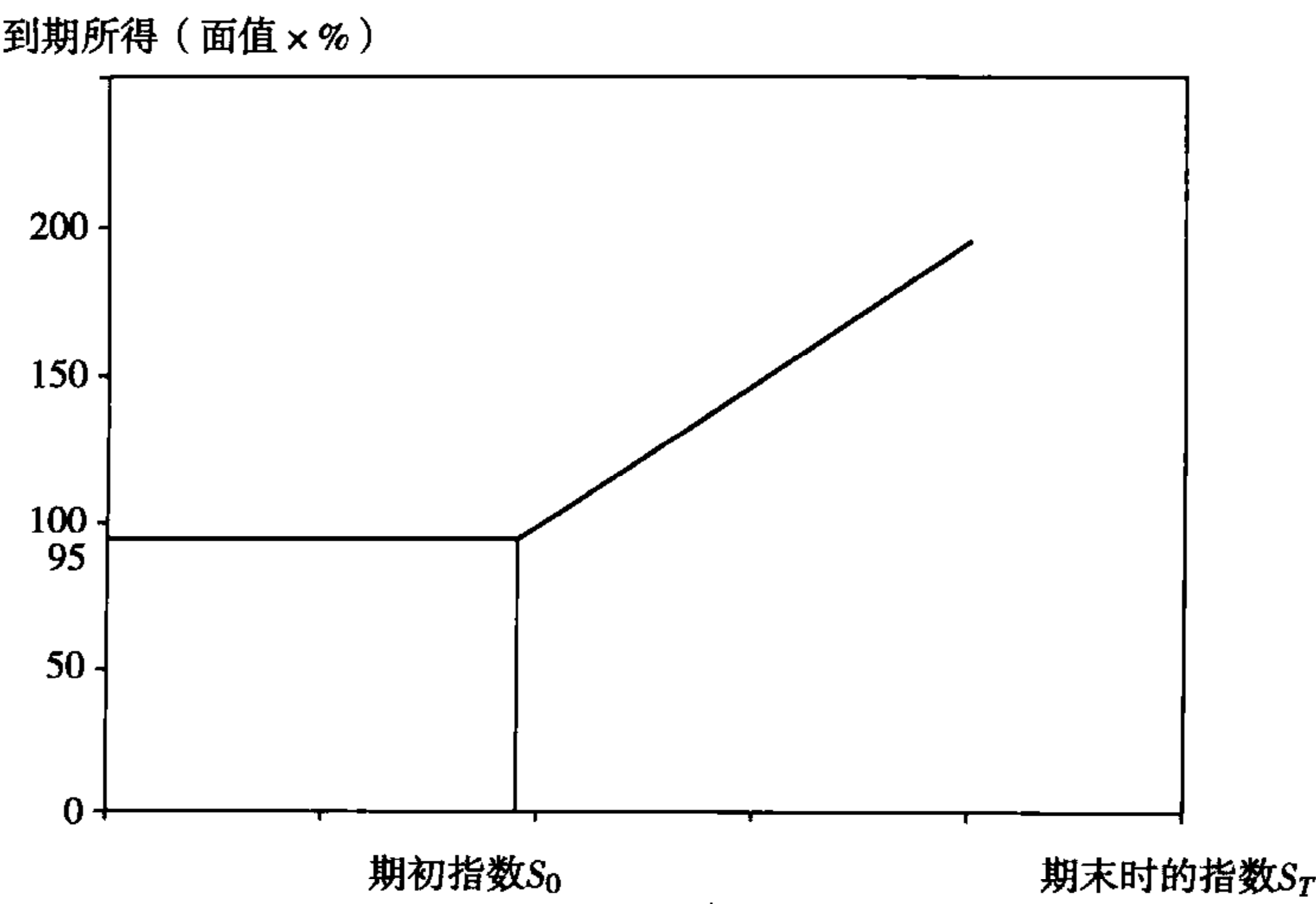


图 2-5 一款挂钩于 ATX 指数的结构化产品的收益

假设本金为 N ，则上述理财产品到期时的所得可表示为

$$\begin{aligned} R &= \max \left[N \cdot a, N \cdot \left(1 + b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right) \right] \\ &= N \cdot a + \max \left[0, N \cdot \left(1 + b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right) - N \cdot a \right] \\ &= N \cdot a + \frac{N \cdot b}{S_0} \cdot \max \left[0, S_T - S_0 \cdot \left(1 - \frac{1 - a}{b} \right) \right] \end{aligned}$$

上述理财计划从而可分解为到期支付收益为 $N \cdot a$ 的固定收益证券以及 $(N \cdot b)/S_0$ 个单位的执行价格为 $S_0 \cdot \left(1 - \frac{1 - a}{b} \right)$ 的欧式看涨期权，由此可直接利用欧式看涨期权的定价公式，得到该理财产品期初的合理定价。

【案例 2.12】某银行发行了一款收益封顶型股票挂钩结构化产品，投资收益期的期初指数和期末指数分别为 S_0 和 S_T ，到期时投资者可获得的收益率为挂钩标的的实际涨幅 $\frac{b \cdot (S_T - S_0)}{S_0}$ ，但最高收益率为 H ，最低收益率为 L 。假设本金为 N ，这意味着在到期日（ T ）时，投资者可获得的收益为

$$R = N \cdot \min \left[H, \max \left(L, b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right) \right]$$

其到期收益情况如图 2-6 所示。

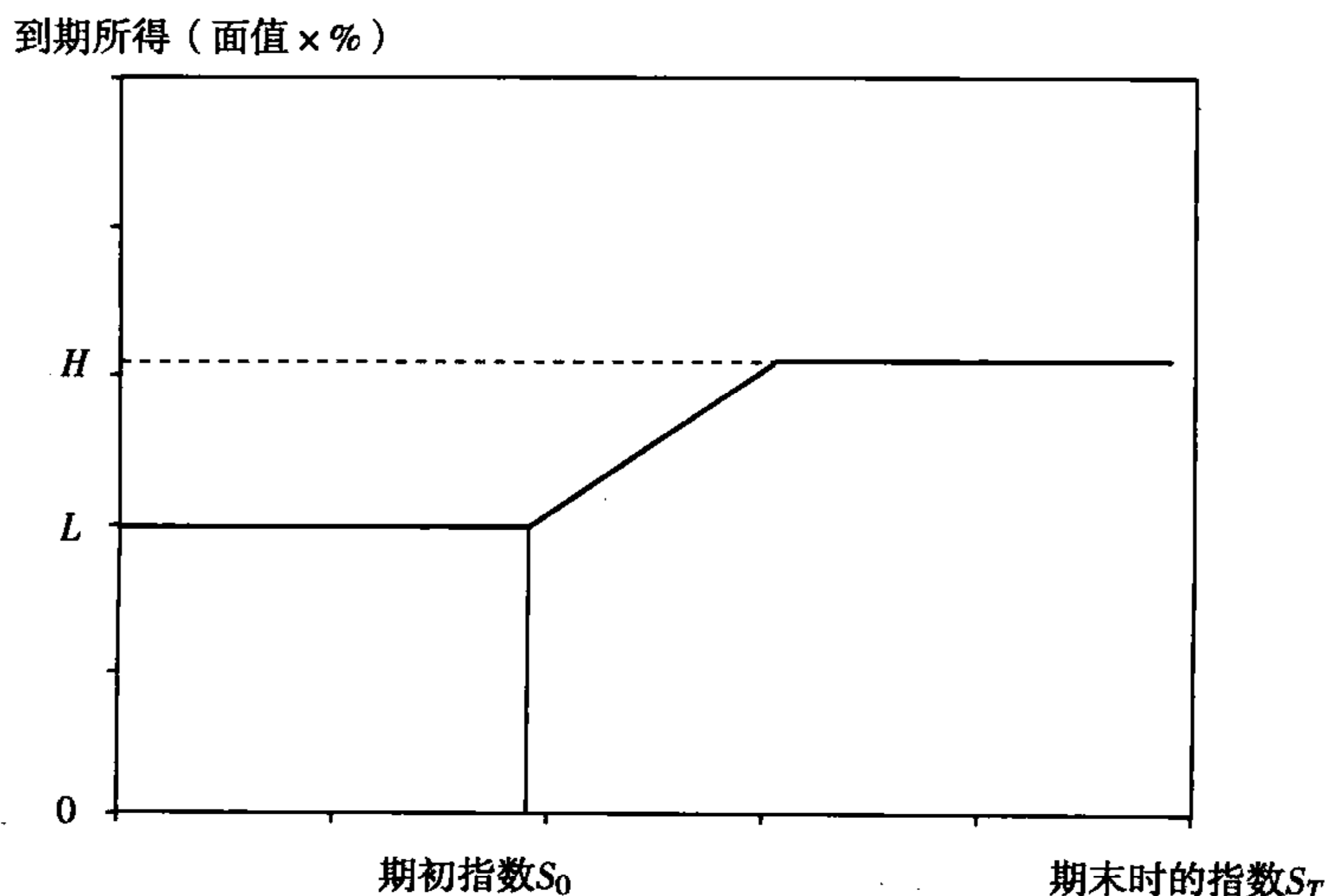


图 2-6 收益封顶型股票挂钩结构化产品的收益

将到期所得进行分解：

$$\begin{aligned}
 R &= N \cdot \min \left[H, \max \left(L, b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right) \right] \\
 &= N \cdot L + N \cdot \min \left[H - L, \max \left(0, b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right) \right] \\
 &= N \cdot L + N \cdot \max \left[0, b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} \right] - N \cdot \max \left[b \cdot \frac{S_T - S_0}{S_0} - (H - L), 0 \right] \\
 &= N \cdot L + N \cdot \frac{b}{S_0} \cdot \max [0, S_T - S_0] - N \cdot \frac{b}{S_0} \cdot \max \left[0, S_T - \left(1 + \frac{H - L}{b} \right) S_0 \right]
 \end{aligned}$$

由此，可将此理财产品分解为到期支付收益为 $N \cdot L$ 的固定收益证券加上 $\frac{(N \cdot b)}{S_0}$ 个单位的执行价格为 S_0 的欧式看涨期权（实际上也就是看涨期权多头），减去 $\frac{(N \cdot b)}{S_0}$ 个单位的执行价格为 $\left(1 + \frac{H - L}{b} \right) \cdot S_0$ 的欧式看涨期权（实际上也可看做是加一个看涨期权空头），由此可直接利用欧式看涨期权的定价公式得到该理财产品期初的合理定价。

二、利用蒙特卡罗模拟方法对挂钩型产品进行定价

若挂钩型产品内嵌的期权本身没有精确的解析解，或者挂钩型产品内嵌了多种期权，产品收益的决定方式较为复杂，无法通过金融工程的方法将其分解为简单期权，那么在这些情况下，可以按照期权的风险中性定价原理，采用蒙特卡罗模拟方法，模拟出风险中性条件下资产价格的变化路径及终值，再按风险中性利率（无风险利率）贴现，得到理财产品的初始价值。

具体地，利用蒙特卡罗模拟方法得到理财产品的初始价值 V 的基本思路是：

假设理财产品的到期收益为 $F_{pay-off}(S_0, S_1, \dots, S_T)$ ，其中， S_i 为 i 时刻标的资产的价格（当产品内嵌的期权为多重标的资产期权时， S_i 为价格向量）； $F_{pay-off}(\cdot)$ 为收益函数。这一收益形式是最一般的式子，它涵括了多重标的资产期权和路径依赖期权。假设无风险利率为常数，则该期权在发行日的价值如式（2-1）所示：

$$V = e^{-r \cdot T} \cdot E(F_{pay-off}(S_0, S_1, \dots, S_T)) \quad (2-1)$$

蒙特卡罗模拟方法就是通过模拟挂钩标的的变化路径 S_0, S_1, \dots, S_T ，通

过式 (2-1) 对期权进行定价。具体步骤如下:

- (1) 模拟价格 (或价格向量——对于多重标的资产而言) 路径 $S_{0,j}, S_{1,j}, \dots, S_{T,j}$;
- (2) 求出该路径下理财产品的到期收益 $F_{pay-off}(S_{0,j}, S_{1,j}, \dots, S_{T,j})$;
- (3) 重复步骤 (1)、步骤 (2) 共 N 次;
- (4) 计算出理财产品到期时的期望收益

$$E(F_{pay-off}) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F_{pay-off}(S_{0,j}, S_{1,j}, \dots, S_{T,j}) \quad (2-2)$$

- (5) 按无风险利率进行贴现。

在上述过程中, 最关键的问题是如何模拟风险中性条件下挂钩标的的变化路径: S_0, S_1, \dots, S_T 。为此, 我们分挂钩单只股票资产价格变动与挂钩多只股票资产价格变动两种情况加以介绍。

(一) 挂钩单只股票资产价格变动的蒙特卡罗模拟

在真实世界中, 证券价格的变化过程可以用漂移率为 μS 、方差率为 $\sigma^2 S^2$ 的几何布朗运动来表示:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (2-3)$$

其中, S 表示证券价格; μ 表示证券在单位时间内以连续复利表示的期望收益率 (又称预期收益率); σ 表示证券收益率单位时间的标准差, 简称证券价格的波动率 (Volatility); $dz = \varepsilon \cdot \sqrt{dt}$, 为标准布朗运动, dt 是 S_{t+1} 和 S_t 的时间间隔, ε 为标准正态分布。

根据伊藤过程, 可以得到 $\ln S$ 的随机变动过程:

$$d\ln S = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot dt + \sigma \cdot dZ \quad (2-4)$$

或者离散形式:

$$S_t = S_0 \cdot \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{dt} \right], t = t_0, t_1, \dots, t_n(T) \quad (2-5)$$

根据资本资产定价原理, μ 的值取决于该证券的系统性风险、无风险利率水平以及市场的风险收益偏好。由于后者涉及主观因素, 因此 μ 的值如何决定本身就较复杂。然而, 按衍生产品的风险中性定价原理, 衍生证券的定价与标的证券的当前市价 (S)、时间 (t)、证券价格的波动率 (σ) 和无风险利率等客观变量有关, 而受制于主观因素的风险收益偏好的标的证券的预期收益率 μ 并

未被包括在衍生证券的价值决定公式中。这意味着在对衍生证券进行定价时，可以假设所有投资者都是风险中性的。在所有投资者都是风险中性的条件下，所有证券的预期收益率都可以等于无风险利率 r ，由此，在风险中性的条件下，将式 (2-4) 中的 μ 替换为 r ，得到风险中性条件下 $\ln S$ 的随机变动过程：

$$d\ln S = \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot dt + \sigma \cdot dZ \quad (2-6)$$

或者离散形式：

$$S_t = S_0 \cdot \exp \left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{dt} \right], t = t_0, t_1, \dots, t_n(T) \quad (2-7)$$

因此，由式 (2-7) 可见，按无风险利率 r 进行模拟时得到的资产路径实际上是风险中性世界里的资产价格变化路径，而不是真实世界里的资产价格变化路径。但在风险中性的条件下，所有现金流量都可以通过无风险利率进行贴现，求得现值。这一假定所获得的结论不仅适用于投资者是风险中性的情况，也适用于投资者厌恶风险的所有情况。

在具体操作中，假设理财产品的有效期为 $0 = t_0$ 至 T ，从而可以将整个时间分成长度相等的小段： $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_n = (T)$ 。例如，理财产品的收益决定条款中是将每个月作为一个观察期，则可将 1 年期理财产品的观察期分成 12 个月，每个月为一个时间段，此时， $t_0 = 1/12$ ， $t_1 = 2/12$ ，以此类推。如果理财产品每两个月为一个观察期，则可考虑分为： $t_0 = 2/12$ ， $t_1 = 4/12$ ，以此类推。然后对应地生成一系列独立的标准正态分布随机数： $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ ，代入相应的计算公式：

$$S_0 = S_0$$

$$S_1 = S_0 \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t_1 + \sigma \cdot \varepsilon_1 \cdot \sqrt{t_1} \right]$$

$$S_2 = S_0 \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t_2 + \sigma \cdot \varepsilon_2 \cdot \sqrt{t_2} \right]$$

...

$$S_n = S_0 \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t_n + \sigma \cdot \varepsilon_n \cdot \sqrt{t_n} \right]$$

或者利用标的股票在 $t-1$ 与 t 之间（间隔为 Δt ）的价格的递推关系：

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t} \right]$$

得到标的资产的价格 S 变化的一条路径。改变随机数序列 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, 得到价格 S 变化的另一条路径, 以此类推。模拟次数的选择取决于模拟需要的精度。一般而言, 模拟 1 万次左右可得到置信度为 95%、标准误差在 0.01 以内的模拟值。但在实际操作中, 借助于先进的计算机技术, 可至少模拟 10 万条以上的股价变化路径, 以提高模拟精度。

(二) 挂钩多只股票资产价格变动的蒙特卡罗模拟

由于多只标的股票之间的价格变化本身存在相关性 (比如都是一个市场上的股票, 或者都属于某个行业等), 因此, 在每对一只股票进行模拟时, 不能重新、独立地抽出一组正态随机数 (因为个别、独立抽出随机数的方法只有在多变量资产价格之间没有关系时才可以使用), 也不能共用一组正态随机数 (这种方法只有在多变量资产价格间完全相关时才可以使用), 而应该采用 Cholesky 分解法产出对应于单只标的股票、具有相关性的随机数。具体地说, 按下式模拟股票 i 的价格变化:

$$S_t^i = S_0^i \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2}(\sigma_i^2)t + \sigma_i \cdot \varepsilon_t^i \cdot \sqrt{t} \right) \right], t = t_0, t_1, \dots, t_n$$

采用的随机数为 $\varepsilon_1^i, \varepsilon_2^i, \dots, \varepsilon_n^i$ 。再模拟另一只股票 j 的价格变化时, 所使用的随机数为: $\varepsilon_1^j, \varepsilon_2^j, \dots, \varepsilon_n^j$, 即

$$S_t^j = S_0^j \cdot \exp \left[\left(r - \frac{1}{2}(\sigma_j^2)t + \sigma_j \cdot \varepsilon_t^j \cdot \sqrt{t} \right) \right], t = t_0, t_1, \dots, t_n$$

股票 i 与股票 j 的价格变化之间存在的相关性, 要求模拟时所使用的随机数序列 $\varepsilon_1^i, \varepsilon_2^i, \dots, \varepsilon_n^i$ 与 $\varepsilon_1^j, \varepsilon_2^j, \dots, \varepsilon_n^j$ 之间要有相关性。相应地, 扩展至有 d 只标的股票, 需要使用 d 组彼此之间有相关性的随机数序列, 如表 2-15 所示。

表 2-15 多只标的股票蒙特卡罗模拟使用的随机数序列

	标的股票 1	标的股票 2	...	标的股票 d
$t = t_1$	ε_1^1	ε_1^2	...	ε_1^d
$t = t_2$	ε_2^1	ε_2^2	...	ε_2^d
...
$t = t_n$	ε_n^1	ε_n^2	...	ε_n^d

具体步骤是: 对应于 $t = t_1$ 时点, 先抽出 d 个彼此独立的随机数 X_1^1 ,

X_1^2, \dots, X_1^d , 按照公式:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1^1 \\ \varepsilon_1^2 \\ \vdots \\ \varepsilon_1^d \end{pmatrix}_{d \times 1} = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{d1} & a_{d2} & \cdots & a_{dd} \end{pmatrix}_{d \times d} \times \begin{pmatrix} X_1^1 \\ X_1^2 \\ \vdots \\ X_1^d \end{pmatrix}_{d \times 1} \quad (2-8)$$

得到对应于 $t=t_1$ 时点, 模拟各只股票所用的随机数 $\varepsilon_1^1, \varepsilon_1^2, \dots, \varepsilon_1^d$ 。

类似地, 对应于 $t=t_2$ 时点, 抽出 d 个彼此独立的随机数 $X_2^1, X_2^2, \dots, X_2^d$, 再按照式 (2-8), 求出对应于 $t=t_2$ 时点, 模拟各个资产所用的随机数 $\varepsilon_2^1, \varepsilon_2^2, \dots, \varepsilon_2^d$ 。以此类推。

在上面的步骤中, 关键就是矩阵:

$$A_{d \times d} = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{d1} & a_{d2} & \cdots & a_{dd} \end{pmatrix} \quad (2-9)$$

如何求得。 $A_{d \times d}$ 矩阵为下三角矩阵 (Lower Triangular Matrix)。它可由 d 个资产价格之间的相关系数矩阵 (Correlation Matrix)

$$\sum_{d \times d} = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1d} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{d1} & \rho_{d2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2-10)$$

经过 Cholesky 分解 (Cholesky Decomposition) 而得。具体地, $\sum_{d \times d}$ 与 $A_{d \times d}$ 之间满足以下关系式:

$$\sum_{d \times d} = (A_{d \times d}) \cdot (A_{d \times d})^T \quad (2-11)$$

由此, 实际上可以由式 (2-11), 通过 d 个资产价格之间的相关系数矩阵解方程, 求出 $A_{d \times d}$ 中的各个系数, 进而再通过式 (2-8), 产生出具有相关性的随机数。

例如, 对于两只挂钩股票的情况, 先由 $\begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} \\ \rho_{21} & 1 \end{pmatrix}$,

解出: $a_{11} = 1$, $a_{21} = \rho_{12}$, $a_{22} = \sqrt{1 - \rho_{12}^2}$ 。其中, ρ_{12} 为两只挂钩股票价格变化率的相关系数。

然后, 对于 $t = t_1$ 时点, 先抽出两个彼此独立的随机数 X_1^1, X_1^2 , 按照公式:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1^1 \\ \varepsilon_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_1^1 \\ X_1^2 \end{pmatrix}$$

求出所用到的随机数 $\varepsilon_1^1, \varepsilon_1^2$, 然后, 再重新抽取两个彼此独立的随机数 X_2^1, X_2^2 , 利用不变的 A 矩阵 $\begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, 求出 $t = t_2$ 的情况下, 模拟所用到的随机数 $\varepsilon_2^1, \varepsilon_2^2$, 以此类推。

对于三只挂钩股票的情况, 则先由

$$\begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 \end{pmatrix}$$

解出各个系数 $a_{11}, a_{21}, a_{22}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$, 然后抽取 3 个彼此独立的随机数 X_1^1, X_1^2, X_1^3 , 按照公式

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1^1 \\ \varepsilon_1^2 \\ \varepsilon_1^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_1^1 \\ X_1^2 \\ X_1^3 \end{pmatrix}$$

求出 $t = t_1$ 的情况下, 模拟所用到的随机数 $\varepsilon_1^1, \varepsilon_1^2, \varepsilon_1^3$ 。再重新抽取 3 个彼此独

立的随机数 X_2^1, X_2^2, X_2^3 , 利用不变的矩阵 $\begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$, 求出 $t = t_2$ 的情况

下, 模拟所用到的随机数 $\varepsilon_2^1, \varepsilon_2^2, \varepsilon_2^3, \dots$, 以此类推。

总之,推广至 d 只挂钩股票的情况,首先需要对挂钩股票价格变化率的相关

关系数矩阵 $\Sigma_{d \times d} = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1d} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{d1} & \rho_{d2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$ 进行 Cholesky 分解,求得下三角矩阵

$$A_{d \times d} = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{d1} & a_{d2} & \cdots & a_{dd} \end{pmatrix}^{\circ}$$

在这一过程中,有一般表达式:

$$a_{ji} = \frac{\rho_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} \cdot a_{jk}}{a_{ii}}$$

$$a_{ii} = \sqrt{1 - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2}$$

其中, $i=1, 2, \cdots, d+1$; $j=i+1, i+2, \cdots, d+1$ 。

或者利用某些计算机程序,如 Matlab 语言中有专门的函数 Cholesky (), 可以直接由相关系数矩阵 Σ 得到经 Cholesky 分解后的下三角矩阵 A 。最后,按式 (2-8), 求出相互之间具有相关性的多个随机数序列,并用于蒙特卡罗模拟。

第四节 股票挂钩型结构化理财产品定价的案例分析

一、挂钩单只股票价格的结构化产品的定价

近些年来,较为常见的挂钩单只股票价格的结构化产品主要是内嵌数字期权或触点期权的挂钩型产品。下面,笔者以 [案例 2.1] 中介绍的“中银进取 09004A—人民币港股盈富基金挂钩产品”为例,说明这类股票挂钩型产品的定价方法。

该产品的投资收益起算日为 2009 年 7 月 29 日,期限为 1 年,挂钩标的资产为盈富基金 (2800. HK),投资者与银行均不可提前赎回。其到期时的收益函数可表示为

$$\text{到期时的收益 } V(S, T) = \begin{cases} 6.00\%, & \text{如果 } S_T \geq S_0 \times 115\% \text{ 且 } \min(S_0 \sim S_T) \leq S_0 \times 95\% \\ 2.00\%, & \text{如果 } S_T \geq S_0 \times 115\% \text{ 且 } \min(S_0 \sim S_T) > S_0 \times 95\% \\ 0.36\%, & \text{如果 } S_T < S_0 \times 115\% \end{cases}$$

其中, S_0 表示期初价格, S_T 表示期末价格, $\min(S_0 \sim S_T)$ 表示在整个观察期内标的资产收盘价的最小值。

除了这一款产品之外, 光大银行发售的挂钩恒生中国企业指数的“同升”系列理财产品、渣打银行发售的挂钩恒生指数上市基金的“聚通天下”理财产品, 以及花旗银行在 2009 年 4 月发售的挂钩新华富时 A50 中国指数基金的 1 年期人民币结构性投资账户等理财产品, 都内嵌了类似于上述中银产品的既有数字期权(收益支付取决于挂钩股票的到期值)又有触点期权(触发条件取决于有效期内挂钩股票的价格变化路径)的收益确定条款。在这种情况下, 难以直接将产品所内嵌的期权加以分解。在无法直接利用解析形式求解的情况下, 可以采用蒙特卡罗模拟方法, 模拟在风险中性的条件下, 盈富基金(2800. HK)自 2009 年 7 月 29 日之后一年内收盘价格的变化路径。具体地, 对于随机过程:

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left[\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma \cdot \varepsilon_t \cdot \sqrt{t}\right]$$

我们采用该产品投资开始日的 1 年期存款利率 2.25% 作为无风险利率 r 。根据盈富基金(2800. HK)在 2009 年 7 月 29 日之前一年内的收盘价计算日收益率, 进而得到日收益率的标准差, 并将其转化为年标准差。经过计算, $\sigma = 0.20$ 。根据中国银行的公告, 挂钩标的(盈富基金)在期初基准日(2009 年 7 月 29 日)的价格为 20.90 元。由标准正态分布抽取随机数, 时间间隔为 1 天, 代入上述公式, 得到标的资产价格变化的一条可能路径。重复上述过程 10 000 次, 得到 10 000 条价格变化路径, 如图 2-7 所示。

进一步假设投资者在期初投入本金 1 万元, 购买 1 个单位的理财产品合约。根据合约中给定的收益决定条款, 对照上述利用蒙特卡罗模拟方法所模拟的挂钩股票价格的变化路径, 计算出在每一条可能路径下, 这份理财产品在到期时给投资者的回报, 并采用无风险利率进行贴现, 得到产品在发行时的期初理论价值。将模拟得到的 10 000 条路径所对应的产品期初价值求平均值, 即得出通过模拟得到的期初产品价值。利用 Matlab 程序实现上述过程, 计算出的该理财产品合约的价值为 0.9890 万元。可见, 在本节的模型模拟下, 该产品属于溢价发行, 每发售 1 万元该理财产品, 银行的利润约为 110 元, 利润率为 1.1%。发

行的适当溢价，一方面是由于创新本身是具有一定价值的，在市场上原本不存在的产品组合的价格往往要高于其理论价值；另一方面，这也是金融机构本身所具有的进一步降低交易成本和实现规模效益的优势的体现。

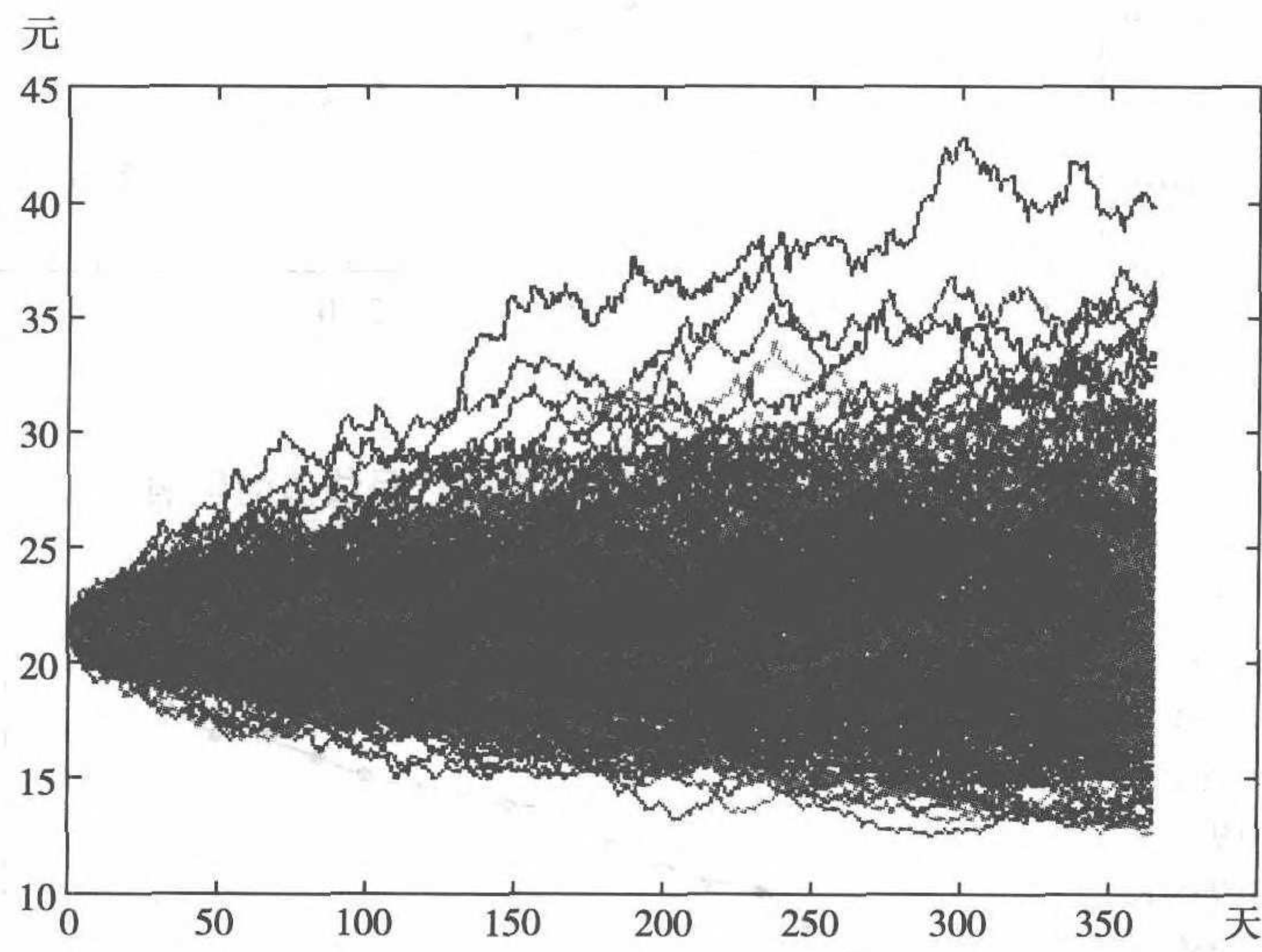


图 2-7 挂钩股票价格变化的模拟路径

在以上分析的基础上，我们可以进一步考察市场参数（如期初标的资产的价格水平 S_0 、无风险利率 r 、标的资产的价格波动率）以及产品设计参数（如触发障碍汇率、收益支付水平）对理财产品估值的影响。我们调整市场参数或者产品设计参数，利用上述蒙特卡罗模拟方法，求出对应的理财产品价值，并且分别表示在二维空间里，得到图 2-8 至图 2-13。

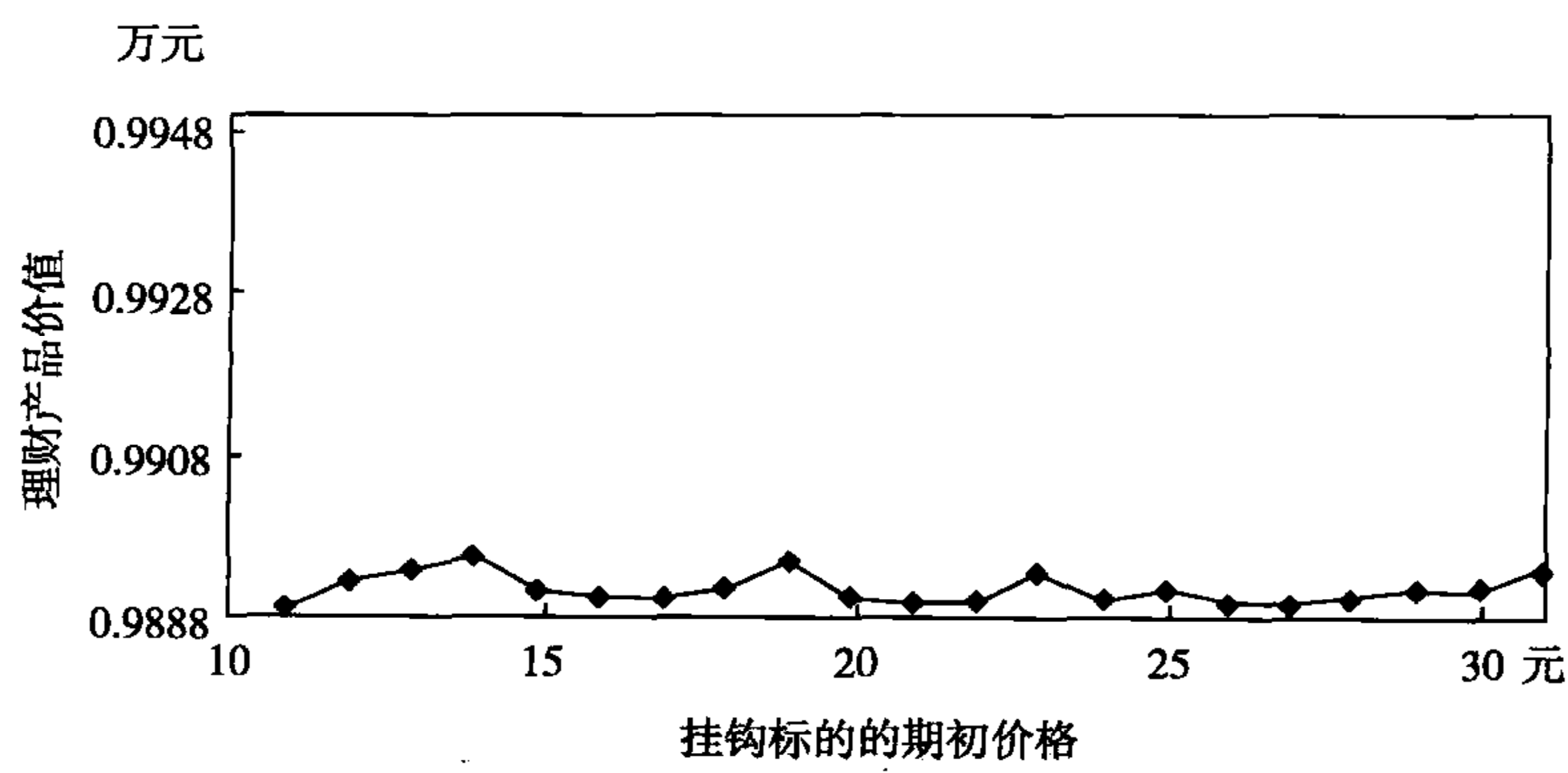


图 2-8 挂钩标的资产价格的不同初始水平 (S_0) 对理财产品估值的影响

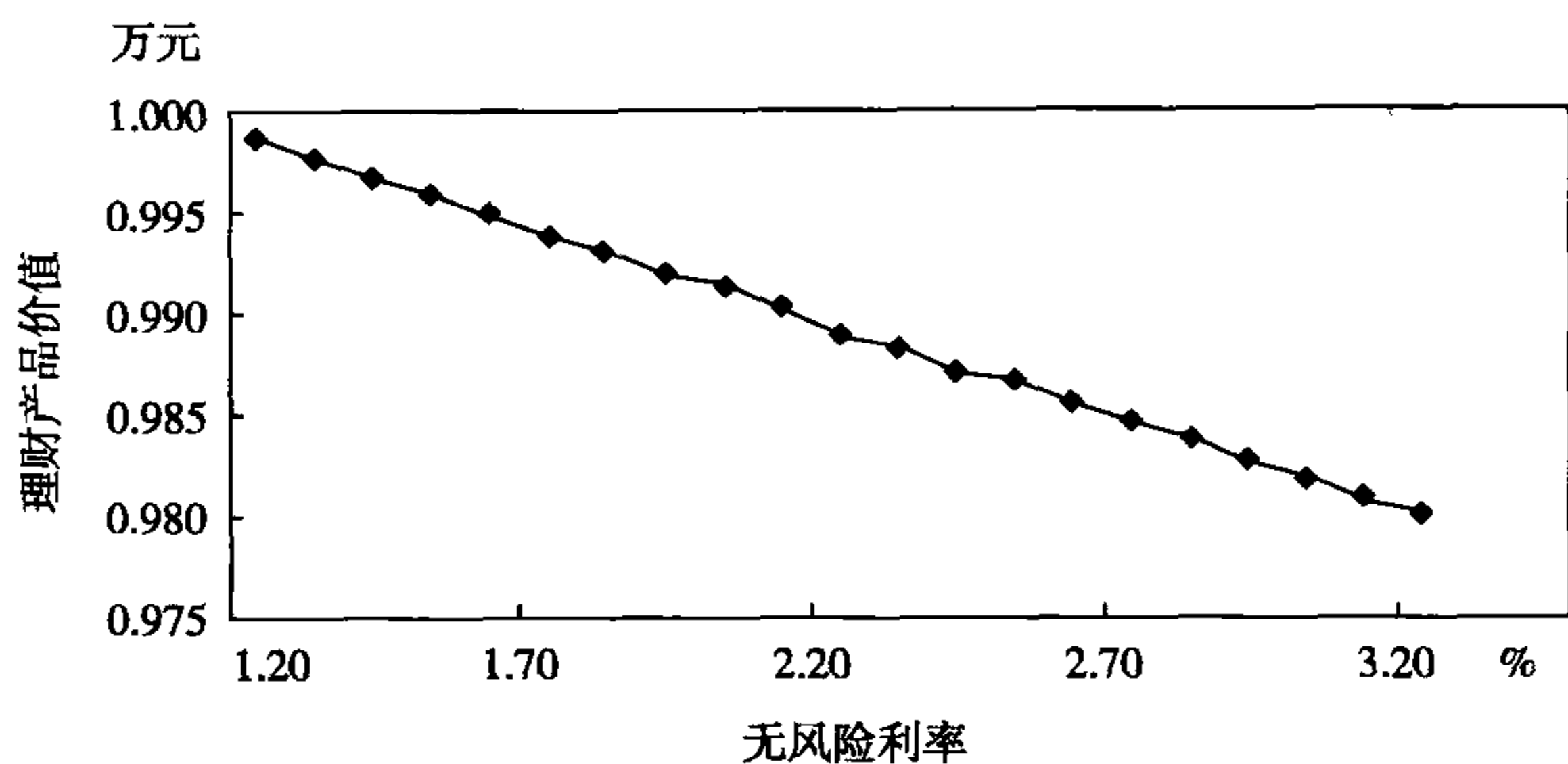
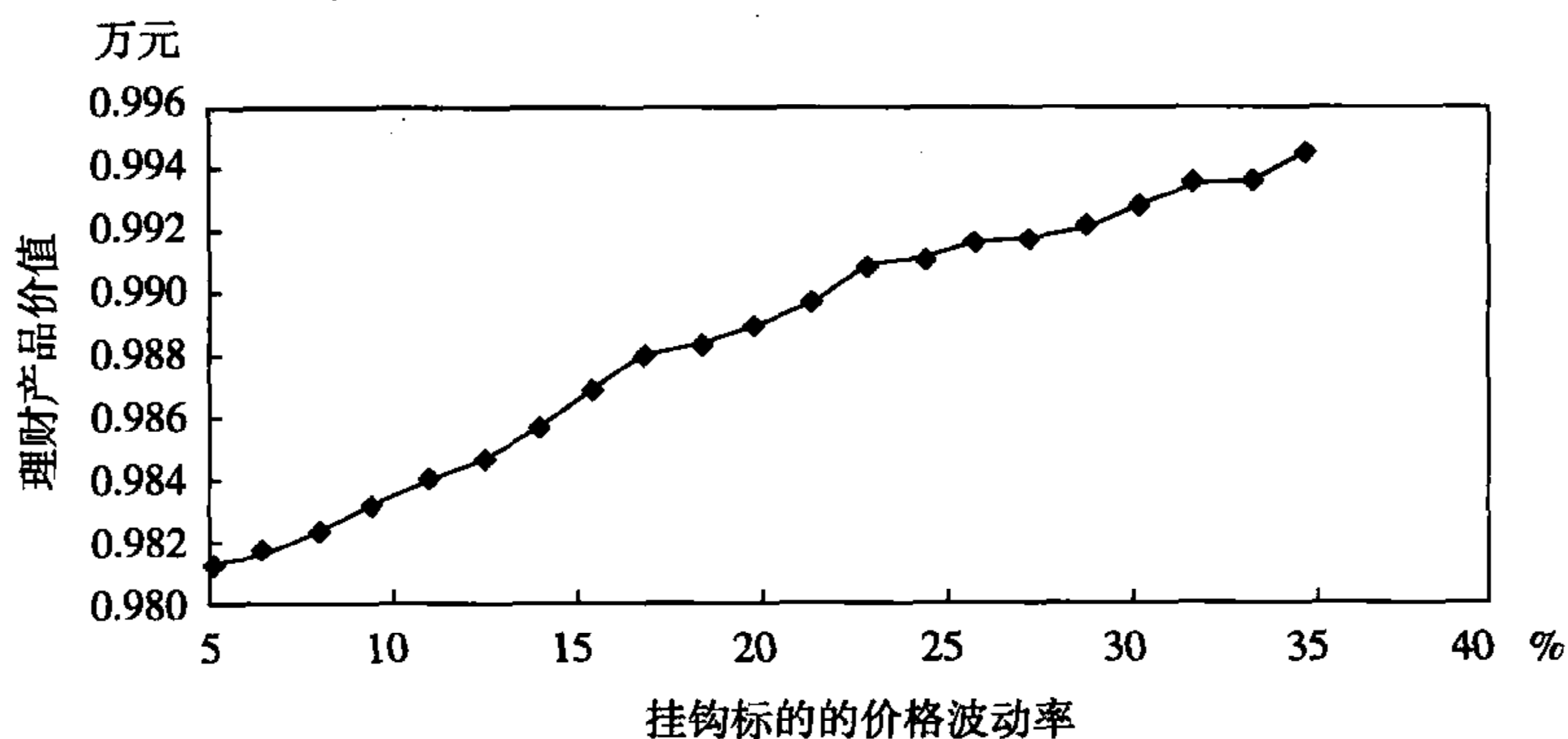
图 2-9 不同无风险利率 r 对理财产品估值的影响

图 2-10 挂钩标的的价格波动率与理财产品估值的关系

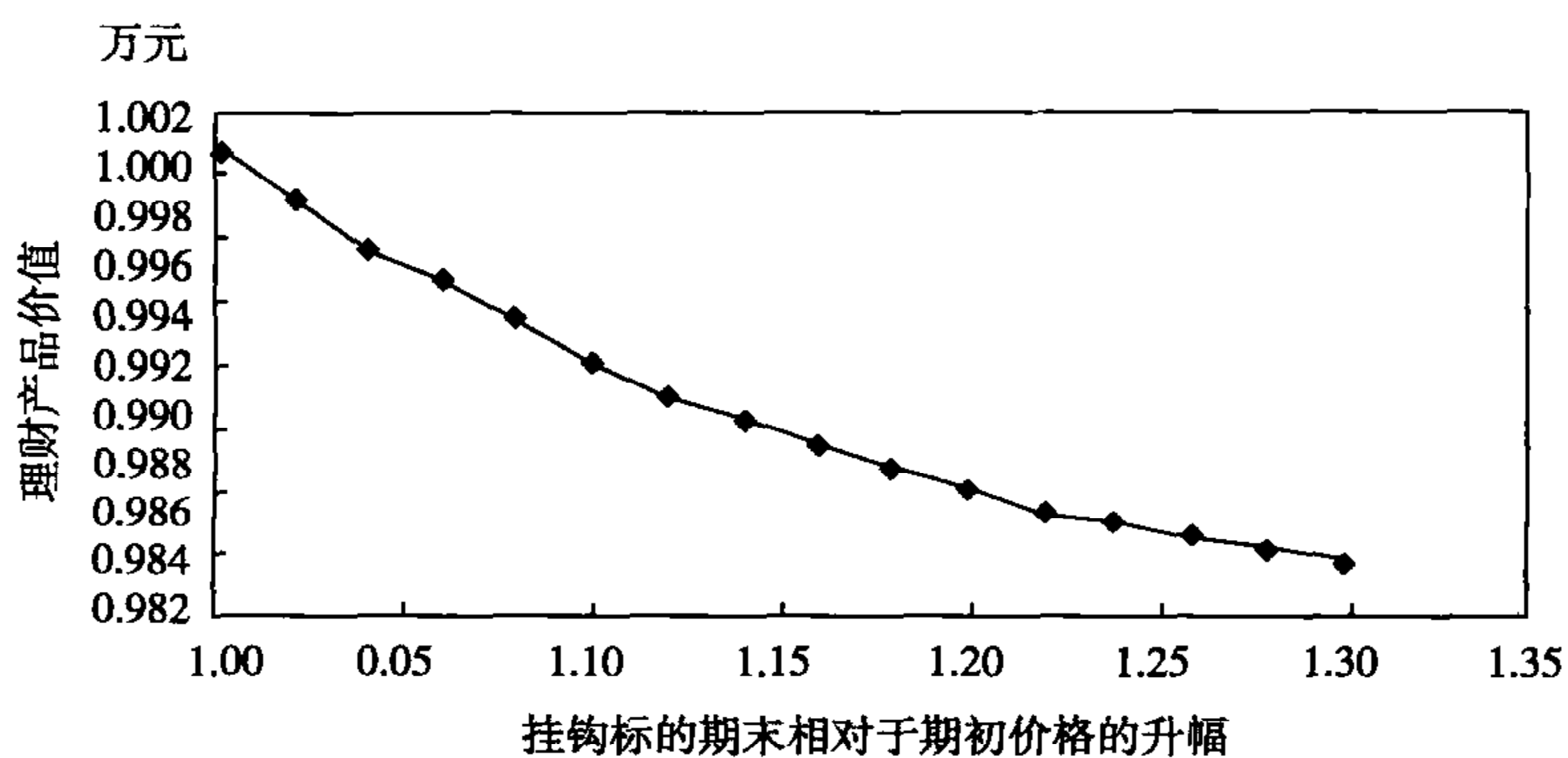


图 2-11 挂钩标的的期末相对于期初价格的设定升幅对理财产品估值的影响

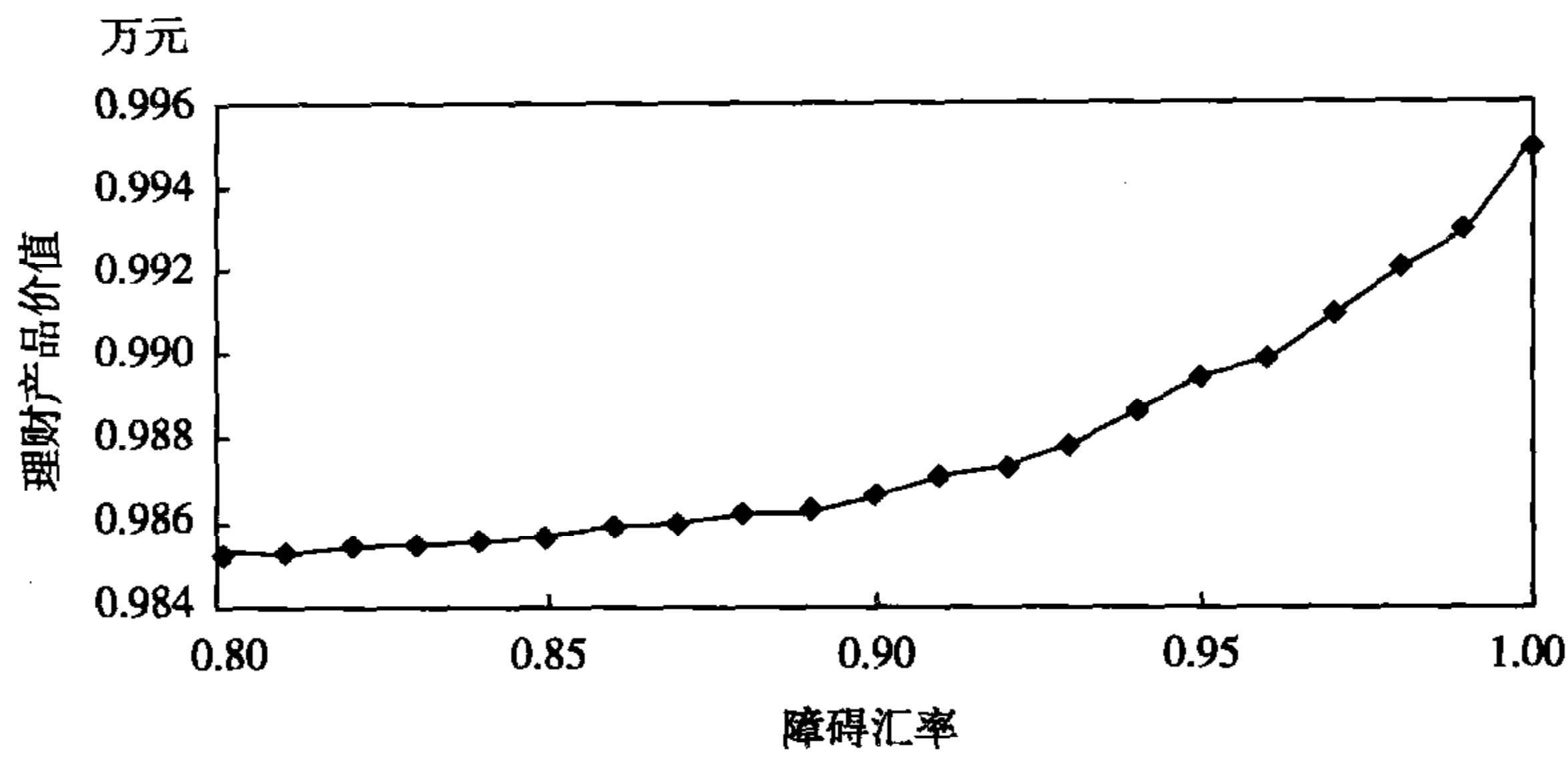


图 2-12 设定的障碍汇率对理财产品估值的影响

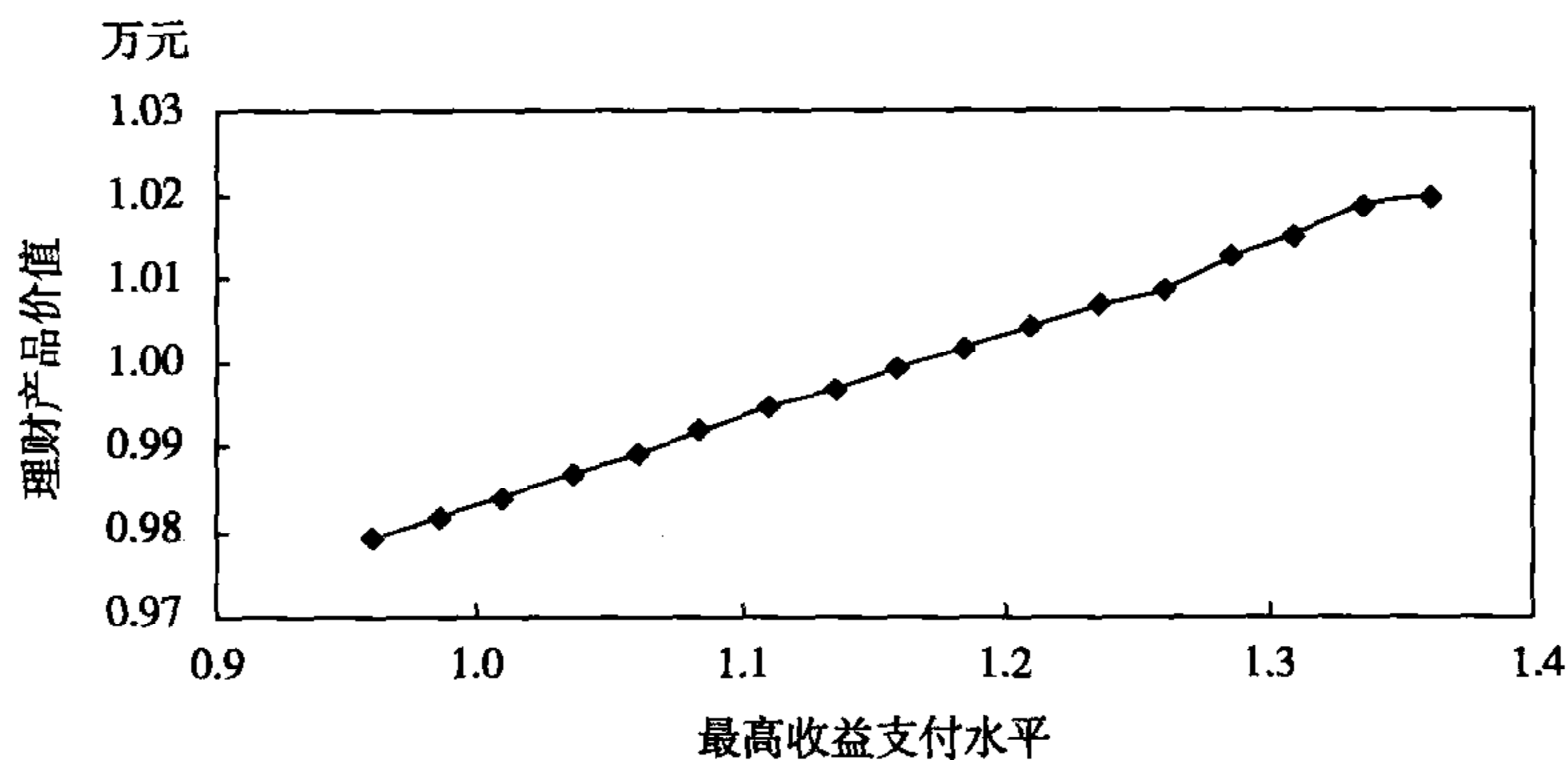


图 2-13 设定的收益支付水平对理财产品估值的影响

图 2-8 反映了理财产品价值同挂钩标的的期初价格的关系。可以很明显地看到，围绕着挂钩标的——盈富基金的期初价格 20.90 元，在一定的变化区间内，每 1 万元理财产品的价值基本上在 0.9888 万元至 0.9895 万元（也就是 10 元左右）的范围内呈窄幅波动。也就是说，相对于挂钩标的的期初价格，理财产品的理论价值基本上是不变的。造成这一结果的主要原因是理财产品合约所规定的收益确定条件是理财产品的价值依赖于挂钩标的的期末价格和中间路径同期初水平之间的相对价格变化率（如期末价格相对于期初价格的 115%，或者期间价格相对于期初价格的 95%），而不是绝对价格水平。

从图 2-9 中可以看到，理财产品的价值随着无风险利率的上升呈明显的下降趋势。例如，当无风险利率为 1.25% 时，面值为 1 万元的理财产品，其合理

价值在 0.9987 万元附近；而当无风险利率上升为 3.25% 时，理财产品的合理价值则下降到 0.9799 万元。市场的无风险利率（实际上也就是平均投资回报水平）的上升，一方面意味着理财产品的回报相对减少，另一方面也意味着贴现率上升。这两方面都可解释上述结果。

从理论上讲，挂钩标的的价格波动率越高，挂钩标的的期末价格越有可能大于或者等于其期初价格的 115%，并且导致触发事件发生，从而按较高一档的收益率水平向投资者支付回报，理财产品的合理价值也就越高（见图 2-10）。而且，值得注意的是，根据发行日（2009 年 7 月 29 日）前一年的历史数据计算出的挂钩股票的波动率为 20%，此时的理财产品价值为 0.9890 万元，而即使波动率取到 35%，理财产品的合理价值为 0.9944 万元，也仍低于面值，银行仍然能获取一定的发行利润，这也说明了这份理财产品合约的设计很好地规避了挂钩标的的价格变动所带来的风险，使得无论挂钩标的的价格在一个较大的范围内如何波动，发行银行都能保赚不赔，这份理财产品合约在大多数情况下对发行银行都是有利的。

以上分析了理财产品所面临的市场环境的变化对理财产品估值的影响。在设计理财产品合约时，有三个要素会影响理财产品的估值：一是挂钩标的的期末价格相对于期初价格的升幅（原合约中规定为 115%），二是触发条件所规定的“挂钩指标在观察期内某一观察日的收市价曾经小于或者等于其期初价格的比例”（原合约规定为 95%），三是由上述两类条件所决定的收益支付情况（如最高收益支付水平为 6%，顺次为 2% 和 0.36%）。分析这些条款，可以看出：事先设定的挂钩标的的期末价格相对于其期初价格的升幅越高，挂钩标的的实际价格越难以达到触发条件所规定的水平，投资者也就越难以获得较高的收益水平，该理财产品的合理价值越低；触发条件所规定的“挂钩标的在观察期内某一观察日的收市价曾经小于或者等于其期初价格的比例”越高，挂钩标的的实际价格越容易达到这一水平，触发条件越容易生效，投资者越容易获得较高的收益水平，该理财产品的合理价值越高；而在其他条件不变的情况下，所设定的最高收益支付水平越高，该理财产品的合理价值越高。图 2-11 至图 2-13 印证了上述推论。

总之，利用蒙特卡罗模拟方法，可以分析出在不同的市场环境与设计条款下理财产品的合理价值水平。从图 2-8 至图 2-13 中我们可以看出，无论

是市场环境因素发生变化还是产品设计因素发生变化,在绝大部分情况下(只有如图 2-13 所示,当调整最高收益支付水平时例外),理财产品的合理价值都小于其发行时的面值,这说明了这份理财产品合约很好地保证了发行银行的利润水平。

二、挂钩多只股票资产的结构化产品的定价

目前,在市场上出现的挂钩多只股票资产的结构化产品中,大部分产品的到期收益均由挂钩股票或股指篮子中表现最差的个体所决定,这类产品实际上内嵌了最小值彩虹期权。下面,笔者以[案例 2.5]中介绍的招商银行“金葵花”焦点联动系列之精选银行股票表现联动理财计划为例,说明这类股票挂钩型产品的定价方法。

该理财产品的投资期限为 2009 年 3 月 27 日至 2010 年 9 月 27 日,共 1.5 年。产品的到期收益与 4 只股票——中国建设银行 H 股(代码:0939. HK)、中国交通银行 H 股(代码:1398. HK)、中国工商银行 H 股(代码:3328. HK)、中国银行 H 股(代码:3988. HK)——的表现挂钩。每只挂钩股票的期初价格定义为 2009 年 3 月 27 日的股票收盘价格。从成立日开始至到期日的每个交易日均为观察日。在观察期内的任何一个观察日,如果有一只挂钩股票的收盘价格低于该股票期初价格的 60%,则表明触发事件发生,理财收益率为零;如果在观察期内,所有挂钩股票均未发生触发事件,则客户持有到期的绝对收益率为 5.7%。假设投资者在期初投入本金 1 万元购买该理财产品合约,则上述条款意味着投资者到期或者只能拿回本金,或者可获得 10 570 元的收益,这取决于 4 只挂钩股票中表现最差的那只股票在产品有效期内是否出现过 40% 的下跌幅度。

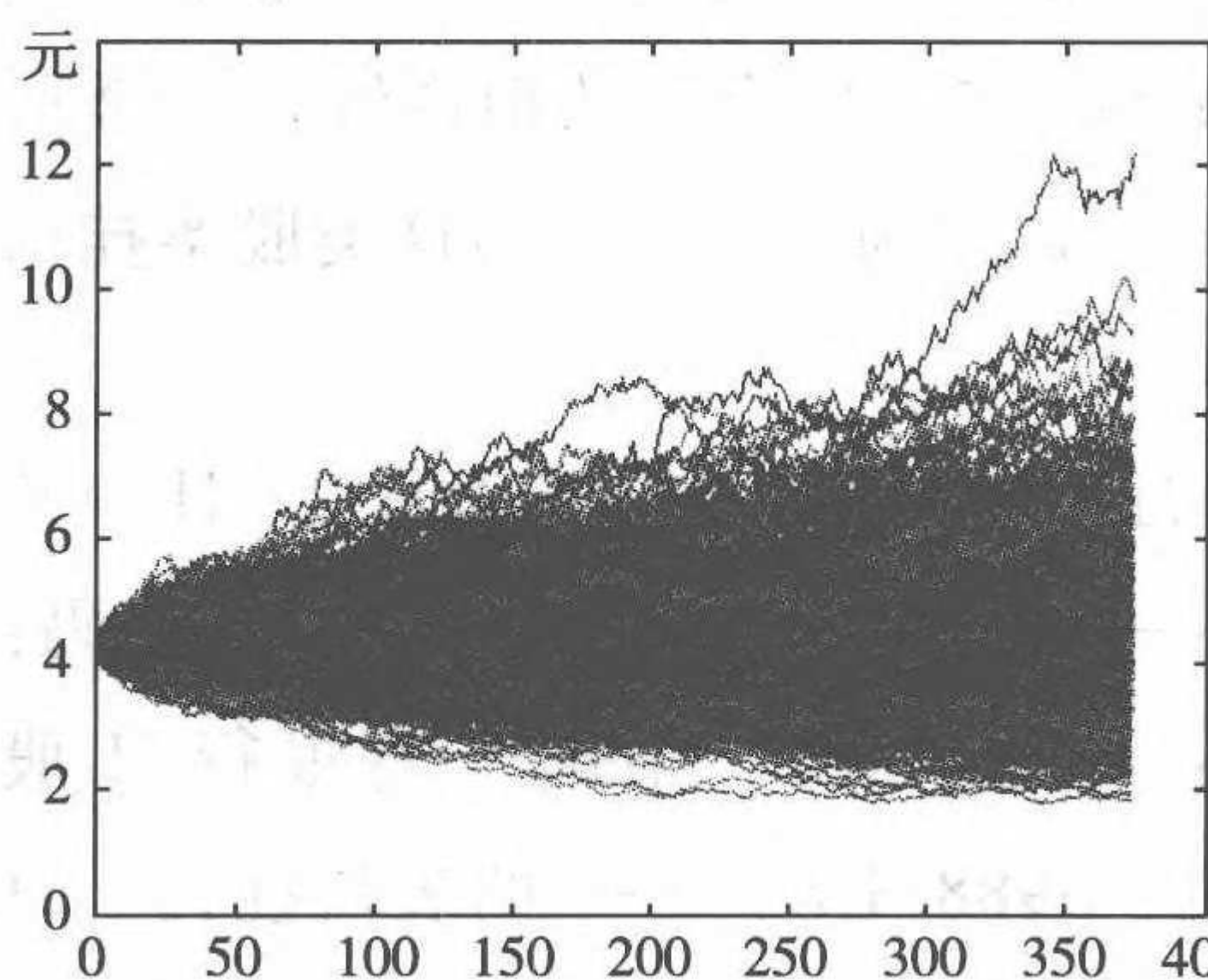
根据公告,4 只挂钩股票在期初基准日的价格分别为 4.25 元、3.93 元、5.3 元和 2.47 元,再根据各只股票在 2009 年 3 月 27 日之前一年内的日收盘价数据,计算出日收益率的标准差,并转化为年标准差(分别为 0.284、0.259、0.276 和 0.254),并求出各只挂钩股票的收益率之间的相关系数矩阵:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1 & 0.92 & 0.90 & 0.87 \\ 0.92 & 1 & 0.90 & 0.87 \\ 0.90 & 0.90 & 1 & 0.88 \\ 0.87 & 0.87 & 0.88 & 1 \end{bmatrix}$$

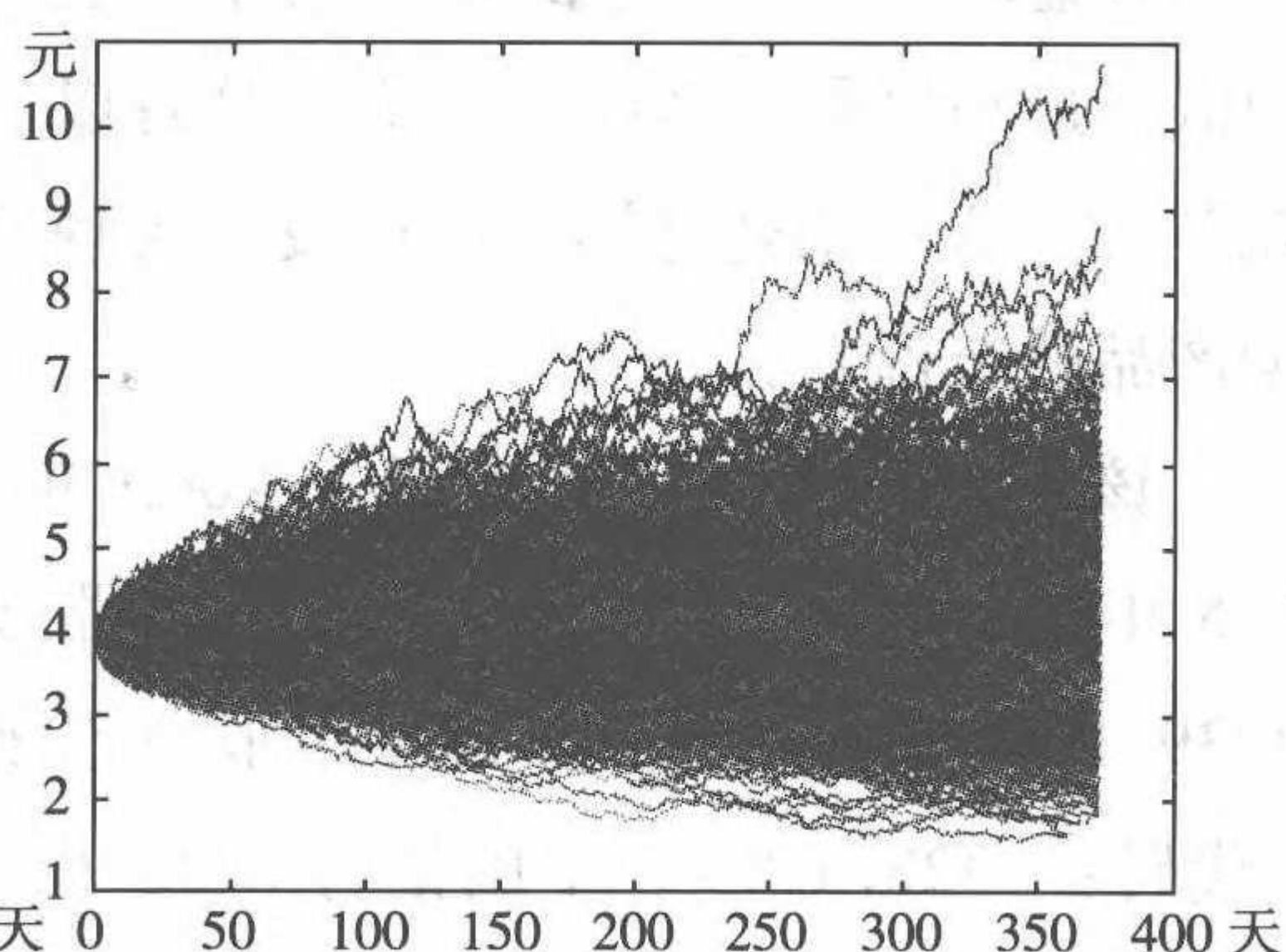
Cholesky 分解得到的下三角矩阵为

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.92 & 0.392 & 0 & 0 \\ 0.90 & 0.184 & 0.395 & 0 \\ 0.87 & 0.178 & 0.163 & 0.43 \end{bmatrix}$$

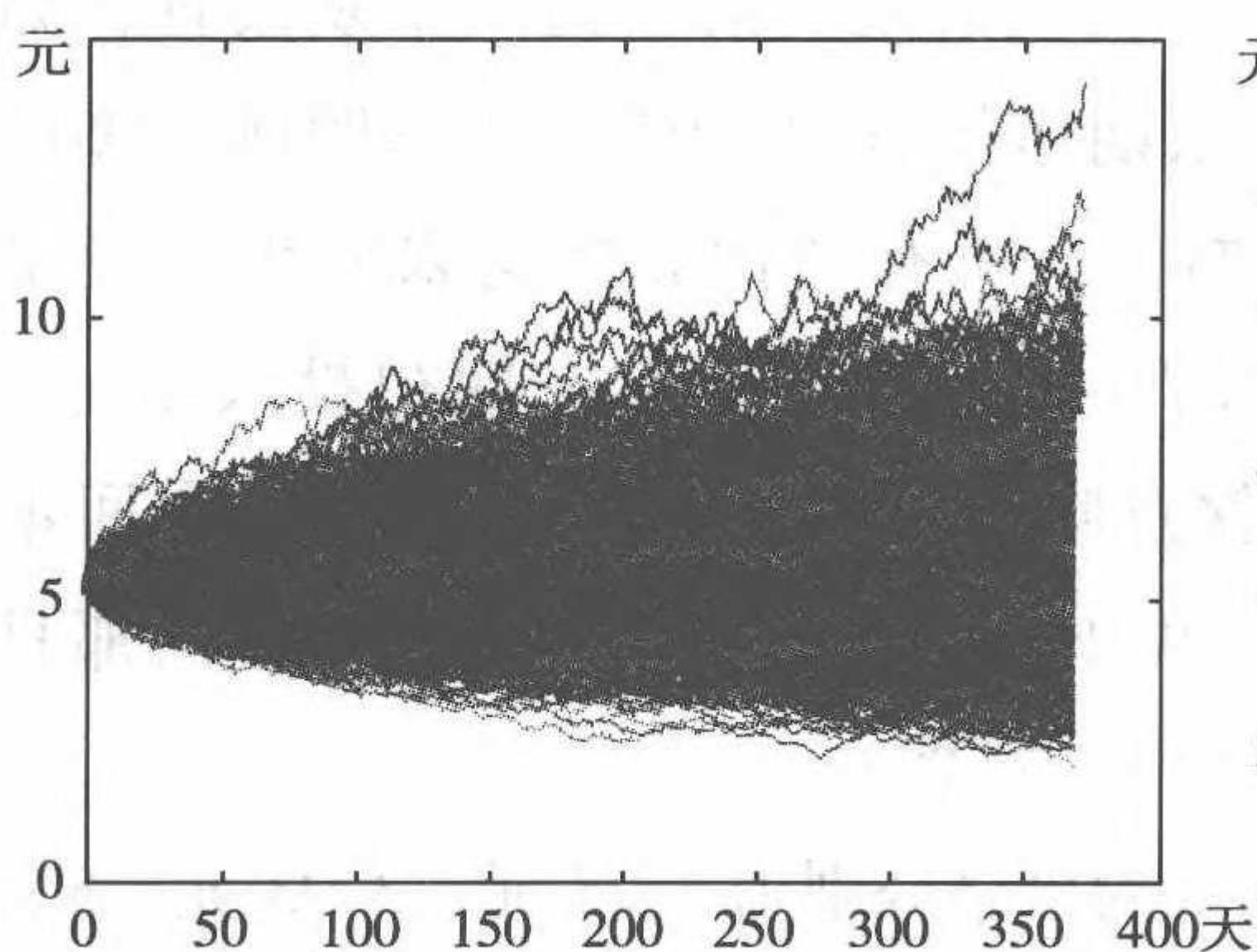
采用期初基准日的 1 年期定期存款利率 2.25% 作为无风险利率 r 。由标准正态分布抽取随机数，按照上述程序，得到 4 只挂钩股票的价格变化路径。



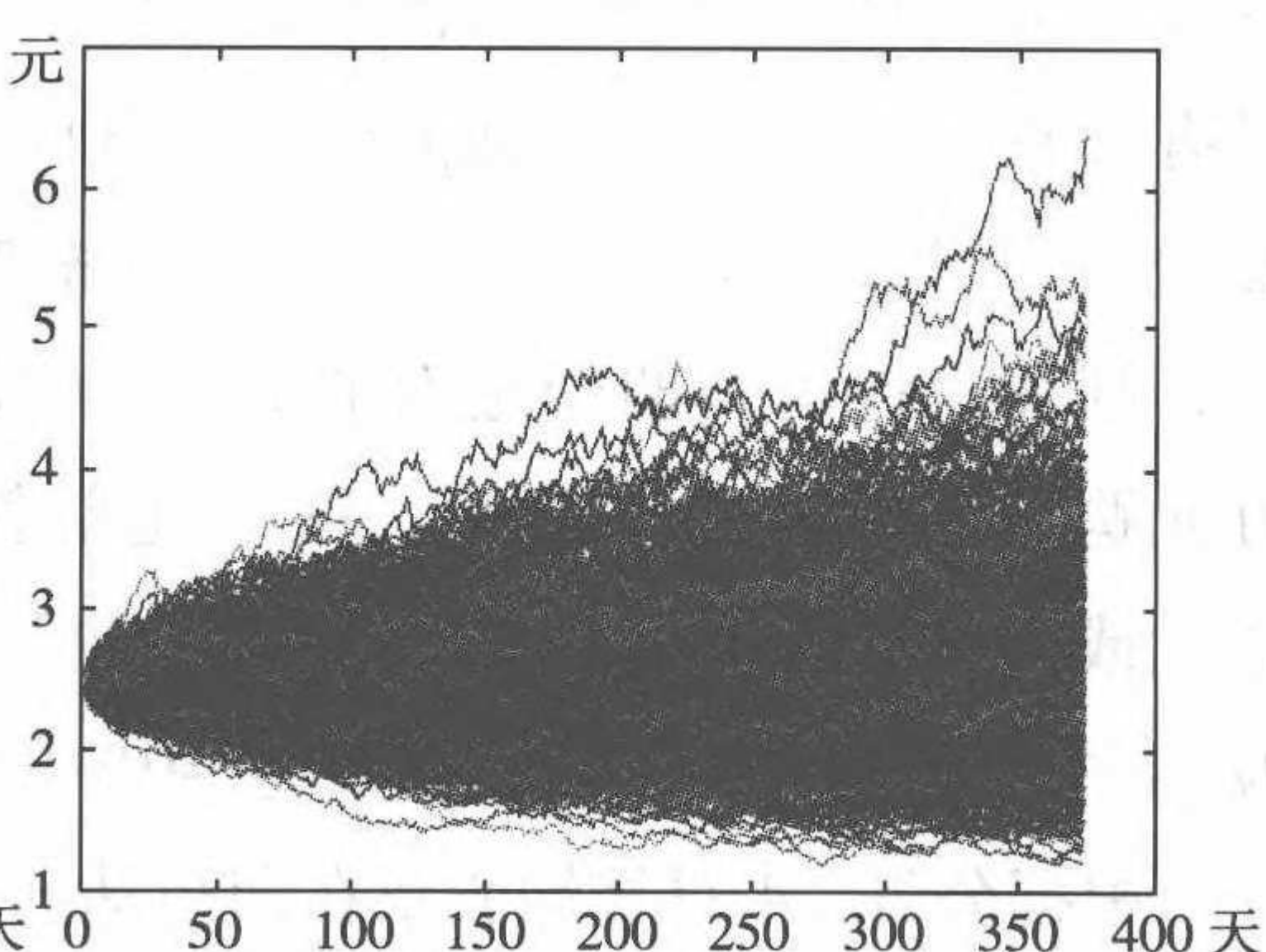
(a) 建行H股的价格变化路径



(b) 交行H股的价格变化路径



(c) 工行H股的价格变化路径



(d) 中行H股的价格变化路径

注：尽管理财期限是 1.5 年，但只有约 375 个交易日，因而只模拟了 375 个交易日的价格化。

图 2-14 各挂钩股票价格变化模拟

进一步假设投资者在期初投入本金 1 万元购买该理财产品合约，根据合约给定的收益决定条款，对照上述蒙特卡罗模拟方法所模拟的标的资产价格的变

化路径，考察、比较在这 4 只挂钩股票的每一种可能的路径下，表现最差的那只股票的下跌幅度是否触及事先设定的最大下跌幅度，以确定这份理财产品在到期时给予投资者的回报，并采用无风险利率进行贴现，得到理财产品的期初理论价值。将模拟得到的 10 000 条路径所对应的产品期初价值求平均值，即得出通过模拟得到的期初产品价值。对于投资者来说，如果这份理财产品合约的价值低于 1 万元，那么购买这份产品是不划算的；而相应地，银行将获得一定的利润。利用 Matlab 语言编写出计算机程序，计算出的该理财产品合约的价值为 0.9146 万元。可见，在本节的模型模拟下，该产品属于溢价发行，每发售 1 万元该理财产品，银行的利润约为 854 元，利润率为 8.54%。

在以上分析的基础上，我们可以进一步考察理财产品合约中一些重要参数（如障碍汇率、收益支付水平）的变化对理财产品估值的影响，进而为银行估算产品的利润水平、确定盈亏平衡点提供帮助。对于本书所研究的理财产品而言，有两个要素会影响到对理财产品的估值：一是触发条件所规定的挂钩股票在观察期内某一观察日的收盘价格低于该股票期初价格的比例，即障碍汇率（原合同约定为 60%）；二是当触发条件未发生时，客户所获得的收益水平（原合同约定为 5.7%）。分析这些条款，可以看出：从理论上讲，一方面，触发条件所规定的障碍汇率越低，挂钩标的的实际价格越难跌及这一水平，触发条件未发生的可能性越大，投资者越容易获得合约所规定的较高收益水平，该理财产品期初的合理价值从而也就越高；相反，障碍汇率越高，意味着该理财产品的期初合理价值越低。另一方面，在其他触发条件不变的情况下，所设定的收益支付水平越高，该理财产品的合理价值就越高。我们调整这两个产品的设计参数，重复上述蒙特卡罗模拟过程，便可得到不同设计参数下理财产品所对应的价值，结果也印证了上述推论。限于篇幅，不再罗列。

总之，以上两个案例分别以最常见的两类股票挂钩型结构化产品为代表，介绍了挂钩单只股票价格和挂钩多只股票资产中表现最差股票的结构化产品的定价方法和过程，其他类型的股票挂钩型结构化产品也可按类似的方法和过程进行定价。

第三章 汇率挂钩型结构化理财产品及其定价

随着经济全球化进程的加快，与外币相关的、产品收益与汇率挂钩的理财产品市场蓬勃发展，受到投资者的青睐。虽然该类产品有颇具吸引力的收益率，但是由于其内嵌了以汇率为标的的期权，因此，往往蕴涵着较高的风险，对其进行审慎的估价非常重要。本章将对此类产品的特征、分类、发展动态及定价方法进行梳理。

第一节 汇率挂钩型结构化理财产品的特征和分类

一、汇率挂钩型结构化理财产品的含义和特征

汇率挂钩型结构化理财产品是一种产品收益与某种货币汇率的变化相挂钩的结构化产品。它可分解成固定收益和期权两部分，其中固定收益部分通常以保证本金或利息收入等形式向投资者提供确定的收益，而期权部分则提供与挂钩标的即汇率走势相联系的不确定收益。挂钩标的可以是单种货币汇率，也可以是一篮子货币汇率。产品的不确定收益部分与标的汇率之间可能存在的多种关系对应着不同种类的期权。投资者选择汇率挂钩型结构化理财产品，实质上是投资者根据自身对某种货币汇率波动趋势的把握，通过期权组合，在承担一定风险的前提下，与银行签订结构性存款协议，以争取获得比定期存款利率更高的收益率。

二、汇率挂钩型结构化理财产品的分类

汇率挂钩型结构化理财产品有多种分类方法。我们按照其到期收益的决定形式和特征，将其分为以下几类。

（一）区间触发型产品

其主要特点是投资收益为事先确定的、高低不等的两个常数，投资者获得哪一档水平的收益取决于所挂钩的货币汇率在理财产品到期日或者整个投资期内的取值情况。这类产品又可细分为双障碍触发型产品和单障碍触发型产品两类。

双障碍触发型产品的特点是将挂钩汇率的预期变化范围设定为一个上下限封闭的区间 $[S_a, S_b]$ ，触发条件从而为挂钩汇率 S 在到期日突破（或者在投资期内曾经突破过）该预定的汇率区间。如果未达到该触发条件，则到期后银行付给投资者事先约定的某一档存款利息 R_h ；反之，投资者只能得到另一档存款利息 R_L ，甚至只能获得投资本金（利息为零）。显然，这一类理财产品的投资者认为，挂钩汇率在产品有效期内将以较高的概率在一个具有上下限的封闭区间内运行，突破这一区间的可能性较低，因而可获得较高一档的收益水平。

【案例 3.1】中国农业银行在 2009 年 12 月 3 日发售了挂钩于欧元兑美元汇率的结构化产品，其主要条款如表 3-1 所示。

表 3-1 “金钥匙·汇利丰”人民币理财产品主要条款

产品名称	“金钥匙·汇利丰”人民币理财产品 B 款
发行银行	中国农业银行
产品期限	14 天
挂钩标的	欧元兑美元汇率
投资币种	人民币
收益决定条款	期初汇率为 1.5090 美元/欧元。预先设定的汇率参考区间为 $[1.4690, 1.5490]$ 。如果在投资期内，美元/欧元汇率始终在该区间内运行，从未突破该区间的上下限，则到期时投资者可获得 1.9% 的年化收益率；否则，到期收益为零

【案例 3.2】渣打银行（中国）在 2008 年 8 月 23 日发售了期限为 5 个月的“聚通天下”之保本汇率挂钩美元产品，其主要条款如表 3-2 所示。

表 3-2 “聚通天下”之保本汇率挂钩美元产品主要条款

产品名称	“聚通天下”之保本汇率挂钩美元产品
发行银行	渣打银行（中国）
产品期限	5 个月
挂钩标的	欧元兑美元汇率
投资币种	美元
收益决定条款	若交易时点至结算时点期间，欧元兑美元汇率始终落在参考期间 $(1.5589 - 0.075, 1.5589 + 0.075)$ 内，则投资者可以得到 8% 的年化收益率。若交易时点至结算时点期间，欧元兑美元汇率始终未能落在参考期间 $(1.5589 - 0.075, 1.5589 + 0.075)$ 内，则投资者得到 2% 的保底年收益率

此类产品的收益情况如图 3-1 所示。

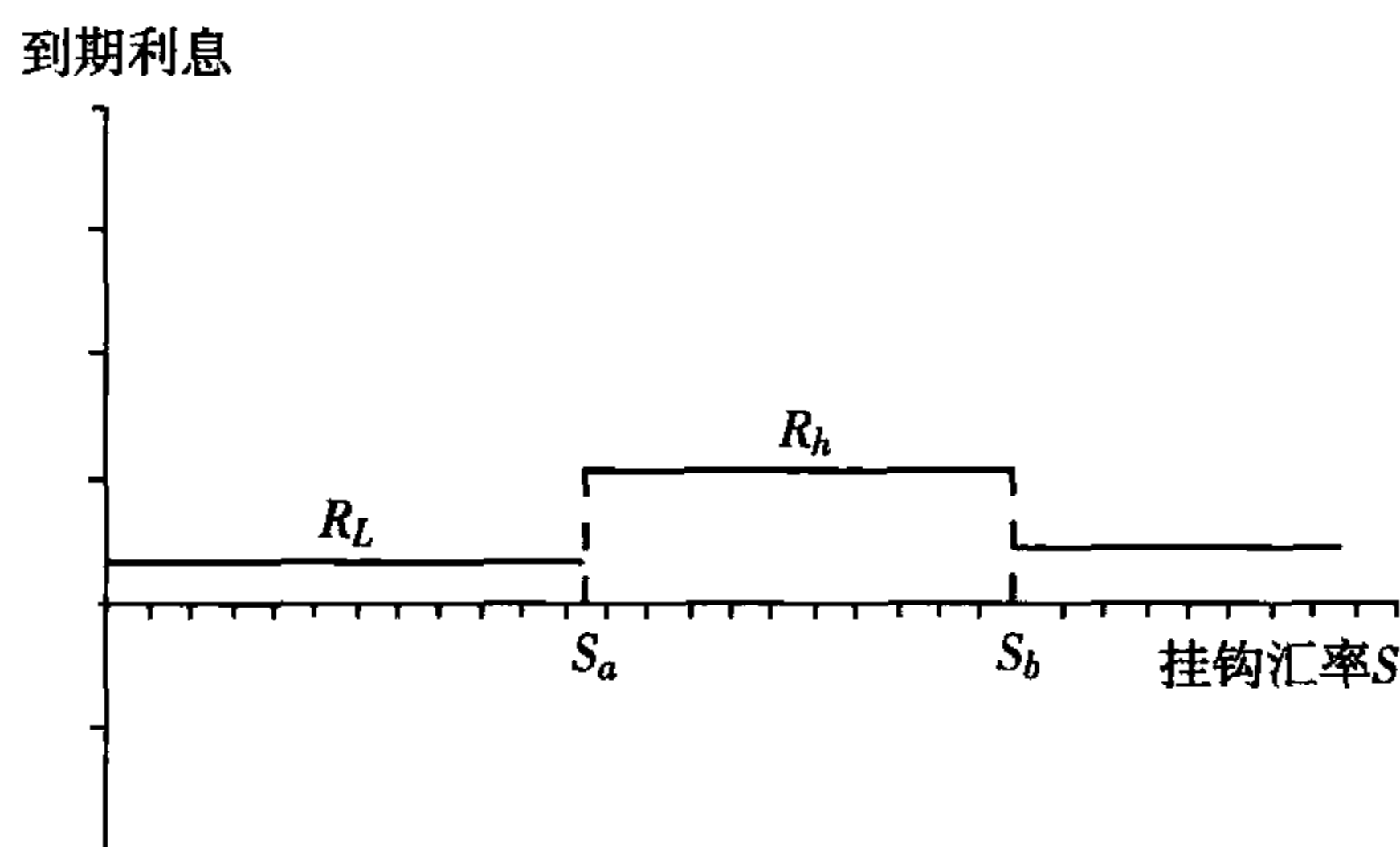


图 3-1 “聚通天下”之保本汇率挂钩美元产品的到期收益

由图 3-1 可见，在这类理财产品中，实际上内嵌着基于挂钩汇率的双触点不触即付期权（Double-Notch-Option）。从投资者的角度看，这一大类理财产品的风险主要在于挂钩汇率并未如投资者预期的那样在某个区间内运行，而是突破了该区间，投资者从而只能获得较低的收益率。例如，[案例 3.1] 所述的农业银行“金钥匙·汇利丰”产品，在其发行结束后，受惠誉调低希腊主权评级引发美元避险买盘的影响，美元兑其他货币的汇率出现了上涨。其中，美元兑欧元汇率在 2009 年 12 月 9 日上午最低已降至 1.4666，突破了参考区间，达到了障碍汇率，投资者到期时所获得的利息为零。

单障碍触发型产品则不再将汇率的预期变化范围设定为上下限封闭的区间，而是事先只设定汇率水平的单一障碍值，理财产品的收益则取决于挂钩汇率在到期日是否突破，或者挂钩汇率在产品的整个有效期内是否曾经突破该障碍值。如果挂钩汇率突破了该障碍值，则投资者获得事先设定的较高的收益水平；反之，则只获得较低的收益水平。

[案例 3.3] 平安银行在 2009 年 6 月成立了“安盈理财 0920—挂钩美元兑港元汇率人民币理财计划”，该产品的条款如表 3-3 所示。

表 3-3 “安盈理财”产品的主要条款

产品名称	安盈理财 0920—挂钩美元兑港元汇率人民币理财计划
发行银行	平安银行
产品期限	6 个月

续表

挂钩标的	美元兑港元汇率
投资币种	人民币
收益决定条款	若在产品到期日，美元兑港元的汇率大于预先设定的障碍汇率（1 美元 = 7.7490 港元），则投资者可获得的年化收益率为 3.0%；否则，年化收益率为零

这款产品的收益取决于到期日那天的挂钩汇率与事先设定的障碍汇率之间的关系，而与理财产品有效期内挂钩汇率的变化路径无关。因此，这类产品内嵌了数字期权。当然，因为港币币值采取了紧盯美元的办法，所以美元兑港元汇率几乎没有波动，这类挂钩美元兑港元汇率的产品，其预期收益率实际上等于到期收益率。

【案例 3.4】中国银行在 2009 年 10 月发售了“汇聚宝 09101 - V—美元汇市争锋产品”。其主要条款如表 3 - 4 所示。

表 3 - 4 “汇聚宝 09101 - V—美元汇市争锋产品”主要条款

产品名称	汇聚宝 09101 - V—美元汇市争锋产品
发行银行	中国银行
产品期限	2009 年 10 月 23 日至 2010 年 1 月 25 日
挂钩标的	美元兑日元汇率
投资币种	美元
收益决定条款	在期初挂钩汇率为 91.42 日元/美元的情况下，障碍汇率设定为 94.42 日元/美元，并规定在理财产品有效期内，如果挂钩汇率曾经高于或者等于障碍汇率，则产品的投资年化收益率为 1.00%；反之，如果在理财产品有效期内，挂钩汇率始终保持在障碍汇率之下，则投资者只能获得 0.15% 的投资年化收益率

可见，该类产品的收益水平取决于在整个有效期内挂钩汇率是否触及某个障碍汇率，因而该类产品实际上内嵌了一触即付期权（One - Touch Option）。

在上述两类产品的基础上，还可创造组合出更为复杂的变形，比如汇率挂钩阶梯式票据（FX Linked Step Up Note）进一步将挂钩汇率的变化范围分成多个区间，从而对应多档障碍汇率和多档收益率水平，但在挂钩汇率突破某一设定水平之后，银行便不再支付利息或者只支付极少的利息。

【案例 3.5】荷兰银行曾发行了一款 1 年期的挂钩于美元/欧元汇率的理财产品。期初挂钩汇率为 1.275 美元/欧元，障碍汇率为 1.37 美元/欧元。到期时的

收益支付条款为：在产品有效期内，若挂钩汇率曾经突破障碍汇率，则到期时投资者只能获得本金，收益率为零；否则，若到期时的汇率在 1.26 美元/欧元之下，则投资者也只能获得本金；若到期时的汇率为 1.26 ~ 1.2799、1.28 ~ 1.2999、1.30 ~ 1.3199 或者 1.32 ~ 1.36999，则投资者获得的年收益率分别为 2.5%、5%、7.5%、10%。此类产品的收益情况如图 3-2 所示。

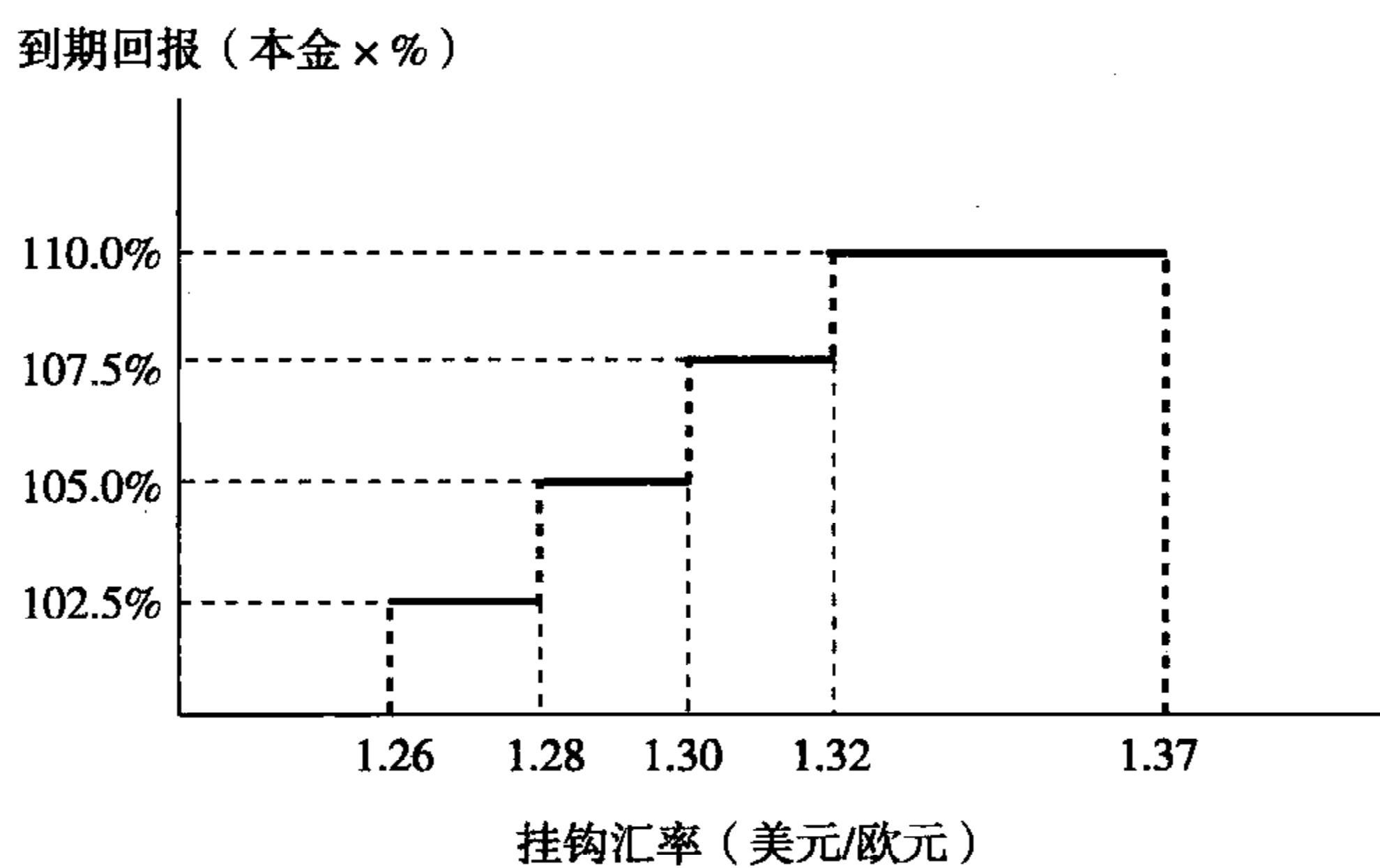


图 3-2 荷兰银行一款汇率挂钩产品的收益

上述产品实际上内嵌了数字期权（到期时的不同汇率对应不同档次的收益率水平）和触点期权（在产品有效期内挂钩汇率是否触及障碍汇率，对应不同的收益率水平）。

（二）区间累积型汇率挂钩型产品（Range Accrual Note）

该类理财产品的到期收益率不再是几档确定的常数，而是取决于挂钩汇率在理财产品有效期内落在设定区间内的天数。具体地，该产品通常事先设定挂钩汇率变动的参考区间 $[S_a, S_b]$ 和最高收益率 R ，在整个投资期内的每一天，只要挂钩汇率落在设定的区间内，则投资者当日可按某一事先确定的利率水平 R 计算投资收益，否则当日无收益。如此每日累计，按年付息。同时，投资者的投资本金将会受到全额保障，而银行可以规定投资者是否拥有提前赎回权。由此，到期时投资者的实际收益可表示为 $R \cdot n/N$ （ n 为产品有效期内挂钩汇率落入参考区间内的实际天数， N 为产品有效期的实际天数）。

【案例 3.6】荷兰银行在 2009 年 6 月 11 日推出了一款“多区间累计”汇率挂钩结构性存款，其主要条款如表 3-5 所示。

表 3-5 “多区间累计” 汇率挂钩产品主要条款

产品名称	“多区间累计” 汇率挂钩结构性存款
发行银行	荷兰银行
产品期限	6 个月
挂钩标的	澳元兑美元即期汇率
投资币种	澳元
收益决定条款	设立了 3 个区间，按照投资期间澳元兑美元汇率落入相应区间的天数来计算最终的到期收益。产品设定 3 个参考区间，它们分别是 [期初汇率 - 0.015, 期初汇率 + 0.015]、[期初汇率 - 0.03, 期初汇率 + 0.03] 和 [期初汇率 - 0.045, 期初汇率 + 0.045]。产品到期收益 = $100\% \times \text{本金} \times [1 + (n_1/N) \times 4.5\% + (n_2/N) \times 3.75\% + (n_3/N) \times 2.75\%]$ ，其中 N 表示投资期所含交易日的总天数， n_1 、 n_2 、 n_3 分别表示挂钩汇率落在第一参考区间、第二参考区间、第三参考区间内的累计天数

与区间触发型产品相比，区间累积型汇率挂钩产品的好处是，如果在产品投资期内的某一天挂钩汇率突破了参考区间也不要紧，只要第二天挂钩汇率仍然回到了参考区间，则投资者在当天就可以获得预期收益率，利息逐日累积，风险相对较小。当然，收益率的提升幅度也就相对较小了。

另外，与发行上一款理财产品的情况类似，发行银行为了保护自身的利益，在标准的区间累积型汇率挂钩产品的基础上附加了触发条款，规定当挂钩汇率突破某一障碍汇率时，整个收益的累积过程停止，只支付给投资者某一固定的利息。这类产品又被称为“含触及失效期权的区间累积型产品”（Range Accrual with Knock Out Notes）。

（三）收益分享型汇率挂钩产品（FX Linked Participation Note）

不难看出，上述两类理财产品的到期收益均存在上限，投资者预期挂钩汇率在某一区间内波动。但当投资者的风险承受能力较强，并且预期挂钩汇率将会有较明显的上涨或下跌的趋势时，投资者便可以通过选择收益分享型汇率挂钩产品，按照理财产品合约中所设定的参与率水平，来分享挂钩汇率的单方向变化所带来的收益。投资者与银行协定一个执行汇率和敲出汇率，按照产品到期时的市场汇率计算投资者的最终收益率（利率）。投资者实际上买入了挂钩汇率的看涨期权或看跌期权。在期权未失效的前提下，按照产品有效期内挂钩汇

率实际涨幅的一定线性比例（由理财产品合约的参与率反映）决定投资者所获得的回报。但是，发行银行通常为避免支付过多的利息而设定某一障碍（敲出汇率），当挂钩汇率升值（贬值）到该水平时，看涨（看跌）期权作废，或只给投资者一份固定收益的补偿。因此，综合来看，这类理财产品合约实际上内嵌了一个触及失效期权。发行银行采用这一设计进行风险控制的做法在汇率挂钩型理财产品设计中十分常见。

[案例 3.7] 荷兰银行（中国）有限公司在 2009 年 10 月发行了“点位看涨系列”汇率挂钩结构性投资澳元理财产品，其主要条款如表 3-6 所示。

表 3-6 “点位看涨系列”汇率挂钩产品的主要条款

产品名称	“点位看涨系列”汇率挂钩结构性投资澳元理财产品
发行银行	荷兰银行（中国）有限公司
产品期限	6 个月
挂钩标的	澳元兑美元汇率
投资币种	澳元
收益决定条款	期初汇率为 0.8650 美元/澳元，汇率上限为 0.9450 美元/澳元。投资者自 2009 年 12 月起，每月有两次提前赎回机会。除发生提前到期事件或客户行使提前赎回权外，如果到期日的挂钩汇率 $X_T < 0.8650$ 美元/澳元，则整个投资期的收益率为零；如果到期日的挂钩汇率 X_T 满足 $0.8650 \leq X_T < 0.9450$ ，则理财产品的年收益率为 $\frac{X_T - 0.8650}{X_T}$ 。但如果在投资期间，美元兑澳元的汇率曾经突破上限 0.9450 美元/澳元，则投资者只能得到 0.5% 的固定年收益率

其收益回报如图 3-3 所示。

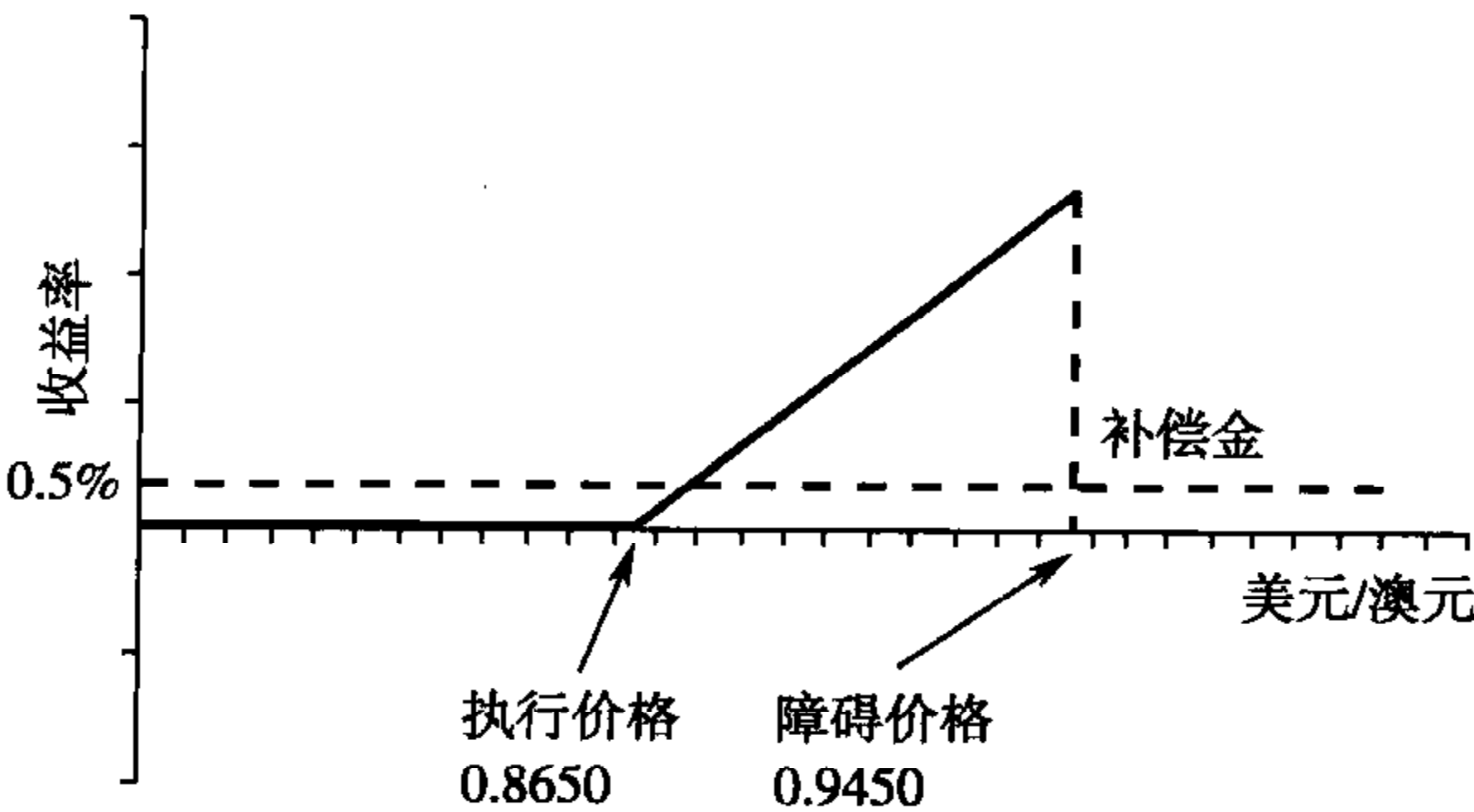


图 3-3 一款“点位看涨系列”汇率挂钩产品的收益

该产品结构简单，看涨澳元。若在投资期内，澳元兑美元的汇率上涨且从未触及上限汇率，则投资者可于期末百分之百地分享澳元上涨所带来的收益。但一旦澳元兑美元的汇率触及上限 0.9450 美元/澳元（意味着澳元兑美元的汇率突破盘整，正式反转向上，上涨幅度可能会较大），发行商出于自保的考虑，就会锁定成本，将收益率锁定为 0.5%，以防止澳元走势越来越强导致其付出的利息不断增加。但发行商在澳元相对于期初汇率发生贬值的时候，则未给投资者提供有限的保护。例如，如果到期日的即期汇率跌至期初的 0.8650 美元/澳元之下，则投资者只能拿回本金，利息率为零。

（四）双重货币转换汇率挂钩型产品（FX Linked Dual Currency Note）

这类理财产品是指投资者在银行存入一笔外汇定期存款（存款货币 A），并选择另一种货币（B）作为挂钩货币，同时在投资期初与银行约定货币 A 和货币 B 进行兑换的协定汇率 K （1 单位货币 B 能兑换的货币 A 的数量），投资者判断在投资期内挂钩货币 B 相对于存款货币 A 将升值，为此向银行卖出一个外汇期权，银行有权在产品到期时决定投资者的本金和收益是以存款货币 A 支付还是以用协定汇率折算而成的挂钩货币 B 来支付。存款到期时，如果汇率变动对银行不利，即投资者对汇率走势的判断正确，到期时的挂钩汇率 $S_T \geq K$ ，挂钩货币 B 在投资期内相对于协定汇率升值，则银行放弃行使期权（不按照较低的协定汇率 K 将投资者的存款本金兑换成挂钩货币 B），投资者的存款本息将仍以其原来的存款货币 A 收回，而且投资者除获得定期存款利息外还可得到一笔期权费，从而能获得高于定期存款利息的收益；如果投资者判断失误，汇率变动对银行有利（产品到期时的挂钩汇率 $S_T < K$ ，挂钩货币 B 在投资期内相对于协定汇率贬值），则银行将在产品到期时行使期权，对于投资者的定期存款本息，按高于市场即期汇率 S_T 的协定汇率 K 折算成挂钩货币 B 支付。交通银行上海市分行在 2005 年 1 月推出的“智汇宝”理财产品就属于此类产品。

【案例 3.8】法兴银行在 2009 年 9 月 28 日推出“双双得利”短期外汇挂钩理财计划。该理财计划选择欧元为挂钩货币，期限为 1 个月，协定汇率为 1.3650 美元/欧元。定期存款的年利率为 2.25%；同时，向银行卖出的期权费收入的年化收益率为 7.75%。如果到期日当天，欧元兑美元的汇率高于或等于协定汇率 1.3650，则投资者将在存款到期日获得以存款货币即美元支付的本金、利息和期权费，其年化总回报率为定期存款的年利率和期权费收入的年化收益

率之和，即 $2.25\% + 7.75\% = 10\%$ 。如果在到期日欧元兑美元的汇率低于协定汇率 1.3650，则银行将按协定汇率将本金、利息和期权费收入折算成挂钩货币即欧元支付给投资者。例如，投资者在银行买入 10 000 美元的该外汇理财计划，以 1 个月（30 天）作为存款期计算，表 3-7 将说明三种情况下的回报。

表 3-7 “双双得利” 外汇挂钩产品模拟回报

	结算情况一	结算情况二	结算情况三
	欧元兑美元的汇率 > 协定汇率（即美元贬值）	欧元兑美元的汇率 = 协定汇率	欧元兑美元的汇率 < 协定汇率（即美元升值）
如果结算日当天 14:00 时的汇率为	1.395	1.365	1.335
结算货币	美元	美元	欧元
到期本金	100 000.00 美元	100 000.00 美元	73 260.07 欧元 (= 100 000/1.3650)
到期期权收益（本金 × 期权费率 × 30/360）	645.83 美元	645.83 美元	473.14 欧元 (= 645.83/1.3650)
到期定存利息	187.50 美元	187.50 美元	137.36 欧元 (= 187.50/1.3650)
本金、期权费和利息总计	100 833.33 美元	100 833.33 美元	73 870.57 欧元
到期时投资者的 收益/亏损（以结 算日的即期汇率折算）	833.33 美元	833.33 美元	-1 382.79 美元

双重货币转换汇率挂钩型产品通常为非保本浮动收益型产品，外汇市场的波动将影响该产品的实际收益，并有可能造成投资本金的汇兑损失。如果卖出选择权后，投资者的挂钩货币相对于存款货币的价值走弱，在到期日银行将行使期权，投资者获得的将是按较高的协定汇率兑换而成的挂钩货币，货币价值将减少。由此可以看出，双重货币转换汇率挂钩型理财产品是一种高风险投资产品。在存款到期日，银行有权决定是支付存款货币还是支付约定的协定汇率折算而成的挂钩货币，而投资者将可能招致汇率损失；当挂钩货币相对存款货币出现较大幅度且持续的下跌时，会对投资者不利，投资者须承担汇率风险，投资者的初始存款数额（以存款币种计价）将无法得到保证。所以，这款理财产品比较适合风险承受力较强或有外汇市场投资经验的投资者。另外，银行还可以针对挂钩货币持续贬值、给投资者带来风险而提供一定程度的保护，其采

取的方法是在双重货币转换条款的基础上附加一个障碍汇率。当挂钩货币持续贬值且达到障碍汇率时，投资者就可以在期满后（或者可提前）以原币种收回本金，而无须担心在以后的时期内市场汇率的下跌。这类理财产品也被称为（FX Linked Dual Currency Tower Note）。

〔案例 3.9〕2005 年，渣打银行推出一只名为“汇利投资创新”的美元理财创新产品。该产品的具体合同条款如下：最低投资额度为 2 万美元，投资期限为 3 个月。基本收益率为 5%；以投资者在投资期初当天的澳元兑美元的汇率为基准，+0.15 为触发汇率，-0.05 为协定汇率。若在 3 个月内，澳元兑美元的汇率始终没有达到障碍汇率，那么在到期日，投资者可取得约定的收益，但本金的取得方面有以下规定：①若澳元兑美元的实际汇率达到或高于协定汇率，投资者可按美元取回本金。②若澳元兑美元的实际汇率低于协定汇率，则按协定汇率将本金兑换成澳元返还给投资者。但是，在 3 个月内的任意一天，如果澳元兑美元的汇率达到或超过了障碍汇率，那么投资者可在当天提前取回所有美元收益，并在 3 个月期满时拿回美元本金。可见，与标准的双重货币转换汇率挂钩型产品相比，该新型产品多了一道“障碍汇率”的管理程序，可以降低投资者在投资中的货币转换风险。

（五）挂钩一篮子货币票据（FX Linked Basket Note）

这类理财产品的投资收益与多种货币汇率挂钩，投资者最终实现的收益水平取决于各个挂钩货币汇率在有效期内的表现情况及其与触发事件的关系。该款产品在构造上实际上嵌入了一个彩虹期权。与第二章介绍的股票挂钩型结构化产品类似，这类产品的到期收益既可以取决于产品存续期内多个挂钩货币中表现最差的资产的收益，即内嵌了最小值彩虹期权；也可以取决于产品存续期内多个挂钩货币中表现最好的资产的收益，即内嵌了最大值彩虹期权；到期收益还可以取决于其挂钩货币在产品存续期内的价格的平均表现。

〔案例 3.10〕深圳平安银行在 2008 年 4 月发售的“安盈理财看跌美元 2 号”人民币理财产品，就是基于看跌美元、看涨一篮子货币的投资理念设计出来的。其主要条款如表 3-8 所示。

表 3-8 “安盈理财看跌美元 2 号”理财产品的主要条款

产品名称	“安盈理财看跌美元 2 号”人民币理财产品
发行银行	深圳平安银行
产品期限	12 个月
挂钩标的	美元兑印度卢比、巴西雷亚尔、印尼盾和土耳其里拉这四种货币
投资币种	人民币
收益决定条款	收益取决于投资期内美元兑这四种货币的汇率变化幅度的算术平均值，即到期日一篮子汇率表现 $P = \{ [\sum (\text{所有货币汇率表现期初价格} / \text{所有货币汇率表现到期价格}) / 4] - 1 \} \times 100\%$ 。如果 $P \geq 5\%$ ，则理财收益率为 P ；若 $0 \leq P < 5\%$ ，则理财收益率为 5% ；若 $P < 0$ ，则理财收益率为 0.72%

可见，对于这款产品而言，如果美元相对于这 4 种货币组成的货币组合贬值，则投资者可获得至少 5% 的年收益率，且上不封顶；但若美元不贬反升，则投资者只能获得 0.72% 的活期利息。结果，在 2009 年 4 月 8 日到期时，恰恰出现了后一种情况，如表 3-9 所示。

表 3-9 安盈 0810 号“看跌美元 2 号”到期收益率测算表

挂钩货币	目前汇率	基准汇率	价格表现 (%)
INR (印度卢比)	50.53	40.02	-20.80
BRL (巴西雷亚尔)	2.2007	1.6874	-23.32
IDR (印尼盾)	11 408	9 214	-19.23
TRY (土耳其里拉)	2.1143	1.2905	-38.96
一篮子货币表现			-25.58
浮动收益率 (%)		人民币	0.72

【案例 3.11】中国银行在 2008 年 2 月发行了一款挂钩多货币的汇聚宝 0802F 美元汇市争锋汇率挂钩产品。其主要条款如表 3-10 所示。

表 3-10 挂钩多货币“汇聚宝”产品的主要条款

产品名称	汇聚宝 0802F 美元汇市争锋汇率挂钩产品
发行银行	中国银行
产品期限	12 个月
挂钩标的	两组货币汇率篮子：一组包括马来西亚林吉特兑美元汇率、印度卢比兑美元汇率和菲律宾比索兑美元汇率；另一组包括欧元兑美元汇率、日元兑美元汇率和澳元兑美元汇率

续表

投资币种	美元
收益决定条款	触发事件为： \max [挂钩标的篮子 1 在半年观察日（2008 年 8 月 27 日）的表现，挂钩标的篮子 2 在半年观察日（2008 年 8 月 27 日）的表现] $\geq 5\%$ 。其中， \max [A, B] 表示取 A 和 B 中的较大值。挂钩标的篮子在观察日的表现为篮子内各个挂钩货币在观察日的汇率值相对于期初汇率值的变化幅度的算术平均值。如果在半年观察日触发事件发生，则产品自动终止，投资者可获得 5% 的固定收益；如果触发事件未发生，则投资者的收益为 \max [挂钩标的篮子 1 在期末观察日的表现，挂钩标的篮子 2 在期末观察日的表现]

可见，这是一款与一篮子汇率挂钩的外汇结构性存款，投资者的本金完全得到保护，投资者最终实现的收益取决于挂钩标的篮子 1 和挂钩标的篮子 2 在半年期观察日的表现情况及其与触发事件的关系。该款产品在构造上嵌入了一个最大值彩虹期权。

第二节 汇率挂钩型结构化理财产品的发展动态

一、国际上汇率挂钩型结构化理财产品的近期动态

2008 年以来，受金融危机的影响，汇率挂钩型结构化产品的市场规模也有所下降，但其下降幅度要小于股票挂钩型结构化产品等其他结构化产品。其主要原因之一是在市场动荡中，货币汇率的波动率相对较低，市场流动性恢复得较快。例如，在英国，金融危机期间，以 10 个月为间隔计算，股票指数（FTSE100）的波动率最高达到 47.21%，而同期英镑汇率的波动率最高只有 25.5%。俄罗斯股票指数的波动率最高达到 38%，而卢布汇率的波动率最高只达到 14.36%。因此，受波动率较高的影响，许多原本通过投资股票挂钩型结构化产品以分享新兴市场的增长的资金转移至汇率挂钩型结构化产品。^①

随着投资者的风险偏好程度有所回升，汇率挂钩型结构化产品的挂钩标的不再限于美元兑日元汇率、美元兑欧元汇率等传统品种，一些挂钩于新兴市场国家，如巴西、俄罗斯、印度、中国，即所谓的“金砖四国”（BRIC）的货币

① Sophia Morrell, “The increasing FX”, Structured Products , March, 2003.

的挂钩一篮子货币票据（Basket - Linked Notes）开始盛行，而且产品到期收益的决定结构也有复杂化的趋势。同时，对收益率的追求和风险偏好的升温，促进了挂钩于拉美国家货币汇率的结构化产品的发行规模的增长。这些国家的货币汇率的波动率相比金融危机爆发时的水平，已经有了较大幅度的下降。例如，在美国雷曼兄弟公司破产时，巴西雷亚尔（Real）汇率 30 天的波动率高达 75%，而在 2010 年 1 月已降至 13.4% 左右。墨西哥比索（Mexican Peso）汇率 30 天的波动率由 2008 年 10 月的 33% 降至 2010 年 1 月的 12.1% 左右。在这种情况下，据 JP Morgan 的统计，全球挂钩于拉美国家货币汇率的结构化产品在 2009 年全年的销售额增长了近一倍，达到 81 亿美元，占汇率挂钩型产品全球发行规模的 38% 左右，而同期挂钩于欧系货币汇率的结构化产品的发行规模则缩小了 60% 左右。^①

另外，随着全球经济的复苏，大宗商品市场出现恢复性上涨，使得以澳元为代表的商品货币较大幅度地升值，挂钩于澳元的挂钩型产品也较大幅度地增加。新兴市场国家的经济增长和货币升值，使得汇率挂钩型结构化产品的市场需求和销售量增加。在美国，2008 年上半年，汇率挂钩型结构化产品的销售量为 43 亿美元，而 2007 年上半年其销售量则仅为 28 亿美元。投资者选择的挂钩货币主要是 BRIC 的货币和澳元。

二、我国汇率挂钩型结构化理财产品的近期发展动态

2000 年 9 月，我国一些商业银行开始为其高端客户提供个性化的外汇理财产品。在外汇结构性存款发展初期，银行只能对等值 300 万美元以上的大额外汇存款提供这种产品。从 2004 年年初开始，小额外汇结构性存款在我国流行起来。由于有高出同期存款数倍的较高收益，因此，在外汇投资渠道狭窄、风险较高、收益较低的情况下，外汇结构性存款深受投资者的青睐，市场上一度出现热销的局面。近年来，市场对人民币升值的预期强烈，导致国内市场上的外汇存款余额有较大的下降压力。在此情况下，发行汇率挂钩型结构化产品成为弥补传统的外汇储蓄存款的不足、吸引投资者、挽留外汇存款的重要手段。

自 2008 年金融危机爆发以来，外汇市场剧烈震荡，非美货币的波动幅度大

^① Gail Mwamba, "Hunt for yield boosts sales of Latin American forex notes", Structured Products, February, 2010.

大超出历史平均水平。在前景不甚明朗的情况下，汇率挂钩型产品的发行数量的波动较大。进入 2009 年以来，全球经济已经有了触底复苏的态势，风险偏好有所抬头，尽管澳大利亚中央银行意外升息、美元汇率持续走贬、石油和黄金的价格屡创新高等因素仍然使汇率的波动性保持高位，但也在一定程度上为汇率挂钩型产品的设计和研发提供了较好的前提条件。一些商业银行特别是外资银行连续推出多款汇率挂钩型产品，以迎合高风险、高收益的投资需求。其中，商品货币——澳元在汇率挂钩型产品市场中占据主要地位，其原因主要有两个方面：一是澳元的高利息本身支撑了其在外币存款产品中数量位居前列的重要位置；二是伴随着大宗商品价格的变化，澳元相对于其他外币的汇率走势也是结构化产品热衷挂钩的基础资产。图 3 - 4 显示的是 2008 年 1 月至 2009 年 12 月，汇率挂钩型产品的发行数量的变化情况。

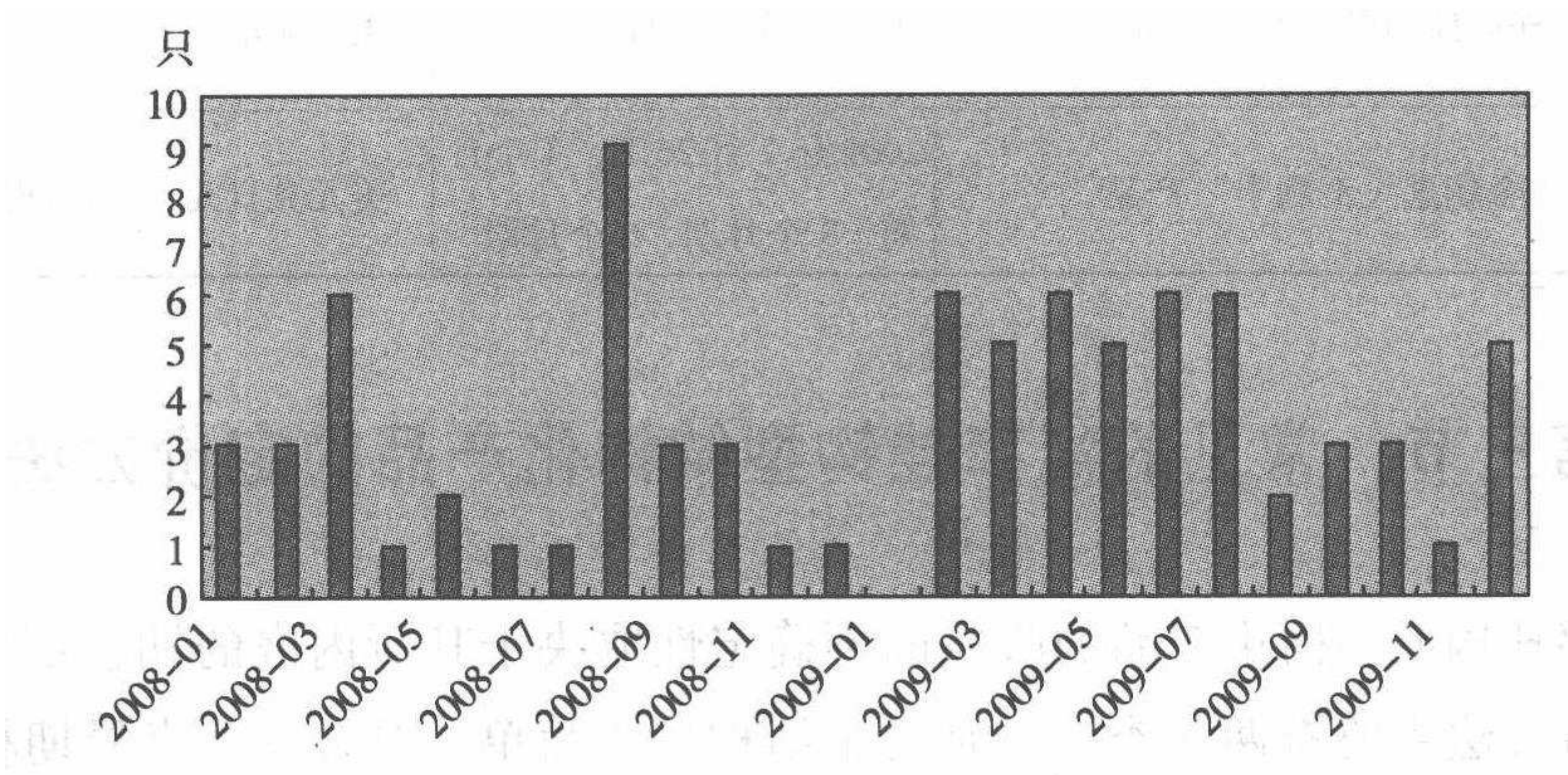


图 3 - 4 2008 年 1 月至 2009 年 12 月汇率挂钩型产品的发行数量

表 3 - 11 显示的是部分银行发行的汇率挂钩型产品的情况。

表 3 - 11 部分银行汇率挂钩产品汇总

发行银行	产品名称	发行时间与期限	挂钩汇率	所属类别
荷兰 银行	“多区间累计” 汇率挂钩 结构性存款（一期、二期、三 期）	2009 年 6 ~ 7 月；6 个月期	澳元兑美元	区间累积型

续表

发行银行	产品名称	发行时间与期限	挂钩汇率	所属类别
荷兰 银行	“双区间触发系列” 汇率挂钩结构性投资（一期、二期、三期）	2009 年 6 ~ 8 月；6 个月期	澳元兑美元	区间触发型
	“点位看涨系列” 汇率挂钩结构性投资第一期	2009 年 11 月；6 个月期	澳元兑美元	收益分享型
法兴 银行	美元兑日元汇率挂钩人民币结构性存款	2009 年 7 月 25 日；3 个月	美元兑日元	区间触发型
	“兴安利得” 系列产品	2009 年 9 月 3 日；3 个月	欧元兑美元	区间触发型
中国 银行	“汇聚宝之汇市争锋” 产品	2009 年 2 月 27 日；3 个月	美元兑日元	区间触发型
恒生 银行	外汇挂钩保本投资产品	2009 年 4 月 8 日；3 个月	美元兑港元	区间触发型
中国 农业银行	“金钥匙·汇利丰” 产品	2009 年 7 月 26 日；1 个月期，3 个月期，6 个月期	美元兑日元	区间触发型

第三节 常见的汇率挂钩型结构化产品的定价方法

汇率挂钩型结构化产品的收益的不确定性取决于其所内嵌的期权部分，因而其定价方法主要有两大类：一是对于结构较为简单、符合一些奇异期权特征的产品，可直接套用已知的期权定价公式，计算出理论价格；二是对于产品结构复杂，例如强化产品收益对挂钩汇率变化路径的依赖、将多种期权加以组合、增加可赎回条款或者采用多标的挂钩汇率等，使得直接应用定价公式进行定价的难度越来越大的产品，往往根据风险中性定价原理，利用蒙特卡罗模拟方法等数值计算方法进行定价。

一、利用期权定价公式对汇率挂钩型产品进行定价

可细分为以下几种情况：

（一）区间触发型汇率挂钩产品的定价

这类产品通常内嵌着数字期权、单触点期权（One - touch Option）或双触点期权。

1. 标的资产为汇率的数字期权的定价

标准数字期权到期时的收益，与挂钩资产在有效期内的变化路径无关，只依赖于挂钩资产的期末价格。因此，挂钩资产为货币汇率的数字期权，其到期收益取决于到期日 T 的挂钩汇率 S_T 与协定汇率 K 之间的关系。如果到期日的某条件得到满足（例如 $S_T \geq K$ ），则投资者将获得一笔固定收益 R ；反之，投资者将没有任何收益。其收益形态如下：

$$\text{到期时的收益 } V(S_T, T) = \begin{cases} R, & \text{如果到期时的挂钩汇率 } S_T \geq \text{协定汇率 } K \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

挂钩汇率的表达方式为本币/外币、收益支付货币为本币时，上述数字期权期初（ $t=0$ ）的理论价格为

$$V = R \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N\left(\frac{\ln(S_0/K) + [(r_d - r_f) - \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (3-1)$$

其中， S_0 为期初的挂钩汇率， K 为协定汇率， r_d 和 r_f 分别为本国的无风险利率和外国的无风险利率， σ 为挂钩汇率的波动率， T 为到期日至期初的时间间隔。

如果收益支付货币为外币，则

$$V^* = S_0 \cdot R \cdot e^{-r_f T} \cdot N\left(\frac{\ln(S_0/K) + [(r_d - r_f) + \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (3-2)$$

对于如下收益支付形式：

$$\text{到期时的收益 } V(S_T, T) = \begin{cases} R, & \text{如果到期时的挂钩汇率 } S_T \leq \text{协定汇率 } K \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

到期收益支付货币为本币和外币这两种情况所对应的期权初始价值分别为

$$V = R \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N\left(-\frac{\ln(S_0/K) + [(r_d - r_f) - \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (3-3)$$

$$V^* = S_0 \cdot R \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N\left(-\frac{\ln(S_0/K) + [(r_d - r_f) + \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (3-4)$$

2. 标的资产为汇率的触点期权的定价

标的资产为汇率的触点期权又可分为单触点期权和双触点期权。

(1) 单触点期权

单触点期权又可细分为一触即付期权与不触即付期权。单触点一触即付期权 (One - Touch Option) 的到期收益与挂钩标的在期权有效期内的变化路径有关, 其收益支付情况可表达如下:

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} R, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 曾触及障碍汇率 } H \\ 0, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 未曾触及障碍汇率 } H \end{cases}$$

这类期权在期初时的理论价格记为 V 。与上述单触点一触即付期权的收益支付情况相对, 单触点不触即付期权 (No - Touch Option) 的收益支付特征如下所示:

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} R, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 未曾触及障碍汇率 } H \\ 0, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 曾触及障碍汇率 } H \end{cases}$$

这类期权在期初时的理论价格 $V' = R - V$ 。

根据期权的有关知识, 从收益支付特征机制上看, 单触点一触即付期权又可称为“触及生效—现金或无价值期权” (Knock - in - Cash - or - Nothing Option), 而单触点不触即付期权则对应于“触及失效—现金或无价值期权” (Knock - out - Cash - or - Nothing Option)。

具体到汇率挂钩型期权合约时, 每种触点期权又存在两种情况。假设标的汇率的表达方式为本币/外币, 收益支付币种为本币, 期初 ($t = 0$) 的挂钩汇率为 S_0 , 障碍汇率为 H 。

对于单触点一触即付期权而言, 如果 $S_0 < H$, 即挂钩汇率在期权有效期内曾经由下向上突破障碍汇率 H (称为 Upper Barrier), 则期权合约将会在到期日 T , 向投资者支付 R 单位的本币, 否则不予支付。如果 $S_0 > H$, 则意味着当挂钩汇率在期权有效期内曾经由上向下跌破障碍汇率 H (称为 Lower Barrier)。这两种情况下期权在期初时的理论价格分别用 $UICN$ 和 $DICN$ 来表示。如果标的汇率的表达方式为本币/外币, 收益支付币种为外币, 则同样视期初汇率 S_0 与障碍汇率 H 的高低不同, 将上述两种情况下期权在期初时的理论价格分别记为 *UICN 和 *DICN 。

对于单触点不触即付期权而言, 当收益支付币种为本币时, 同样可根据期

初汇率 S_0 与障碍汇率 H 的高低不同，分成两种情况：一是当挂钩汇率从未由下向上突破设定的障碍汇率（即 $S_0 < H$ ）时，期权合约到期时将获得 R 单位的固定收益；二是当挂钩汇率从未由上向下突破障碍汇率（即 $S_0 > H$ ）时，期权合约到期时将获得 R 单位的固定收益。在这两种情况下，期权合约在期初时的理论价格分别用 $UOCN$ 和 $DOCN$ 来表示。类似地，如果标的汇率的表达方式为本币/外币，收益支付币种为外币，则同样视期初汇率 S_0 与障碍汇率 H 的高低不同，将上述两种情况下期权合约在期初时的理论价格分别记为 *UOCN 和 *DOCN 。

上述多种情况如表 3-12 所示。

表 3-12 内嵌单触点期权产品的几种情况

	期初汇率 S_0 与障碍水平 H 的相对位置	未触及障碍才支付 R 单位的固定收益	触及障碍才支付 R 单位的固定收益
收益支付货币为本币	$S_0 > H$ （由上向下触及）	$DOCN$	$DICN$
	$S_0 < H$ （由下向上触及）	$UOCN$	$UICN$
收益支付货币为外币	$S_0 > H$ （由上向下触及）	*DOCN	*DICN
	$S_0 < H$ （由下向上触及）	*UOCN	*UICN

相应地，在每一种情况下，触点期权的理论价格的表达式为
当收益支付币种为本币时，

$$DOCN(S_0,0,H,T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(x) - \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \tag{3-5}$$

$$UOCN(S_0,0,H,T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(-x) - \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \tag{3-6}$$

$$DICN(S_0,0,H,T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(-x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \tag{3-7}$$

$$UICN(S_0,0,H,T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \tag{3-8}$$

其中， $x = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$ ， $y = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$ ， $\mu = \frac{r - r_f - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}$ 。

当收益支付币种为外币时，

$$^*DOCN(S_0,0,H,T) = R \cdot e^{-r_f T} \left(N(-x) - \left(\frac{S_0}{H} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \tag{3-9}$$

$$* UOCN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-r_f \cdot T} \left(N(x) - \left(\frac{S_0}{H} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (3-10)$$

$$* DICN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-r_f \cdot T} \left(N(x) + \left(\frac{S_0}{H} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \quad (3-11)$$

$$* UICN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-r_f \cdot T} \left(N(-x) + \left(\frac{S_0}{H} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (3-12)$$

其中, $x = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$, $y = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$, $\mu = \frac{r_f - r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}$, S_0 为

期初 ($t = 0$) 时标的资产的价格, 障碍汇率为 H , 到期日为 T 年, r 为本国无风险利率, r_f 为外国无风险利率, σ 为标的汇率的波动率。

对以上标准情况的扩展是在理财产品的到期收益中引入补偿金 (Rebate)。例如, 对于标准形式的单触点一触即付期权而言, 如果在有效期内挂钩汇率 S_t 曾触及障碍汇率 H , 则到期支付收益为 R ; 但若未触及障碍汇率, 则到期支付收益不再是零, 而是给予一定的补偿 L , 尽管这个补偿要低于触及障碍汇率时支付的收益 R , 即收益支付情况可表达如下:

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} R, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 曾触及障碍汇率 } H \\ L, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S_t \text{ 未曾触及障碍汇率 } H \end{cases}$$

在对这种类型的汇率挂钩型产品进行定价时, 可将其拆解为一个无论挂钩汇率如何变化, 到期都支付的固定收益部分, 以及一个支付收益为 $R - L$ 的标准形式的单触点一触即付期权。分解情况如图 3-5 所示。

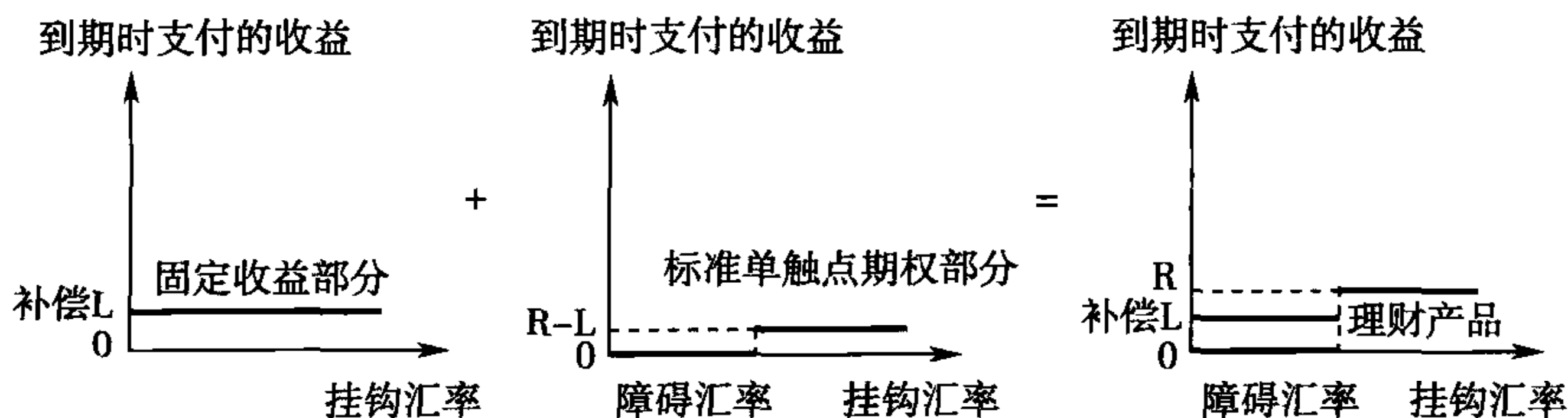


图 3-5 含补偿金的产品分解

由此, 收益支付货币为本币、 $S_0 > H$ (由上向下触及)、有补偿金的单触点一触即付期权的理论价格可表示为

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rebate}} &= L \cdot e^{-r \cdot T} + DICN \\
 &= L \cdot e^{-r \cdot T} + (R - L) \cdot e^{-r \cdot T} \left(N(-x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (3-13)
 \end{aligned}$$

收益支付货币为本币、 $S_0 < H$ （由下向上触及）、有补偿金的单触点一触即付期权的理论价格可表示为

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rebate}} &= L \cdot e^{-r \cdot T} + UICN \\
 &= L \cdot e^{-r \cdot T} + (R - L) \cdot e^{-r \cdot T} \left(N(x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \quad (3-14)
 \end{aligned}$$

对于其他类似情况，也可按上述原理进行处理。

(2) 双触点期权

双触点一触即付期权（Double - One - Touch Option）和双触点不触即付期权（Double - No - touch Option）到期时的收益支付特征分别如下：

$$\begin{aligned}
 \text{到期时的收益 } V(S_t, T) &= \begin{cases} R, \text{如果在有效期内标的资产的价格 } S \text{ 曾触及下限 } L \\ \text{或上限 } H \\ 0, \text{如果在有效期内标的资产的价格 } S \text{ 未曾触及下限} \\ L \text{ 或上限 } H \end{cases} \\
 \text{到期时的收益 } V(S_t, T) &= \begin{cases} R, \text{如果在有效期内标的资产的价格 } S \text{ 未曾触及下限} \\ L \text{ 或上限 } H \\ 0, \text{如果在有效期内标的资产的价格 } S \text{ 曾触及下限 } L \\ \text{或上限 } H \end{cases}
 \end{aligned}$$

这类期权的定价公式较为复杂。对于挂钩汇率的表示形式为本币/外币、收益支付货币为本币的情况，Hui（1996）给出了双触点不触即付期权的解析函数式：

$$\begin{aligned}
 c &= R \cdot \left(\frac{S}{L} \right)^\alpha \cdot \left[\sum_{i=1}^{\infty} \frac{2}{i \cdot \pi} \left(\frac{\beta - \left(\frac{i \cdot \pi}{Z} \right)^2 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\left(\frac{i \cdot \pi}{Z} \right)^2 - \beta} \right] \cdot \sigma^2 \cdot T}}{\left(\frac{i \cdot \pi}{Z} \right)^2 - \beta} \right) \right. \\
 &\quad \left. \cdot \sin \left(\frac{i \cdot \pi}{Z} \cdot \ln(S/L) \right) + \left(1 - \frac{\ln(S/L)}{Z} \right) \right] \quad (3-15)
 \end{aligned}$$

其中， $Z = \ln(H/L)$ ， $\alpha = -\frac{1}{2} \left(\frac{2 \cdot (r - r_f)}{\sigma^2} - 1 \right)$ ， $\beta = -\frac{1}{4} \left(\frac{2 \cdot (r - r_f)}{\sigma^2} - 1 \right)^2 - 2 \cdot \frac{r}{\sigma^2}$ 。

(二) 内嵌障碍期权的收益分享型汇率挂钩产品的定价

1. 内嵌障碍期权在汇率挂钩型产品中的应用简述

如第一章所述, 障碍期权有很多种类。但对于汇率挂钩型产品而言, 较为常见的是内嵌了触及失效型障碍期权 (Knock-out-Barrier-Option), 又可细分为四种情况, 如图 3-6 所示。

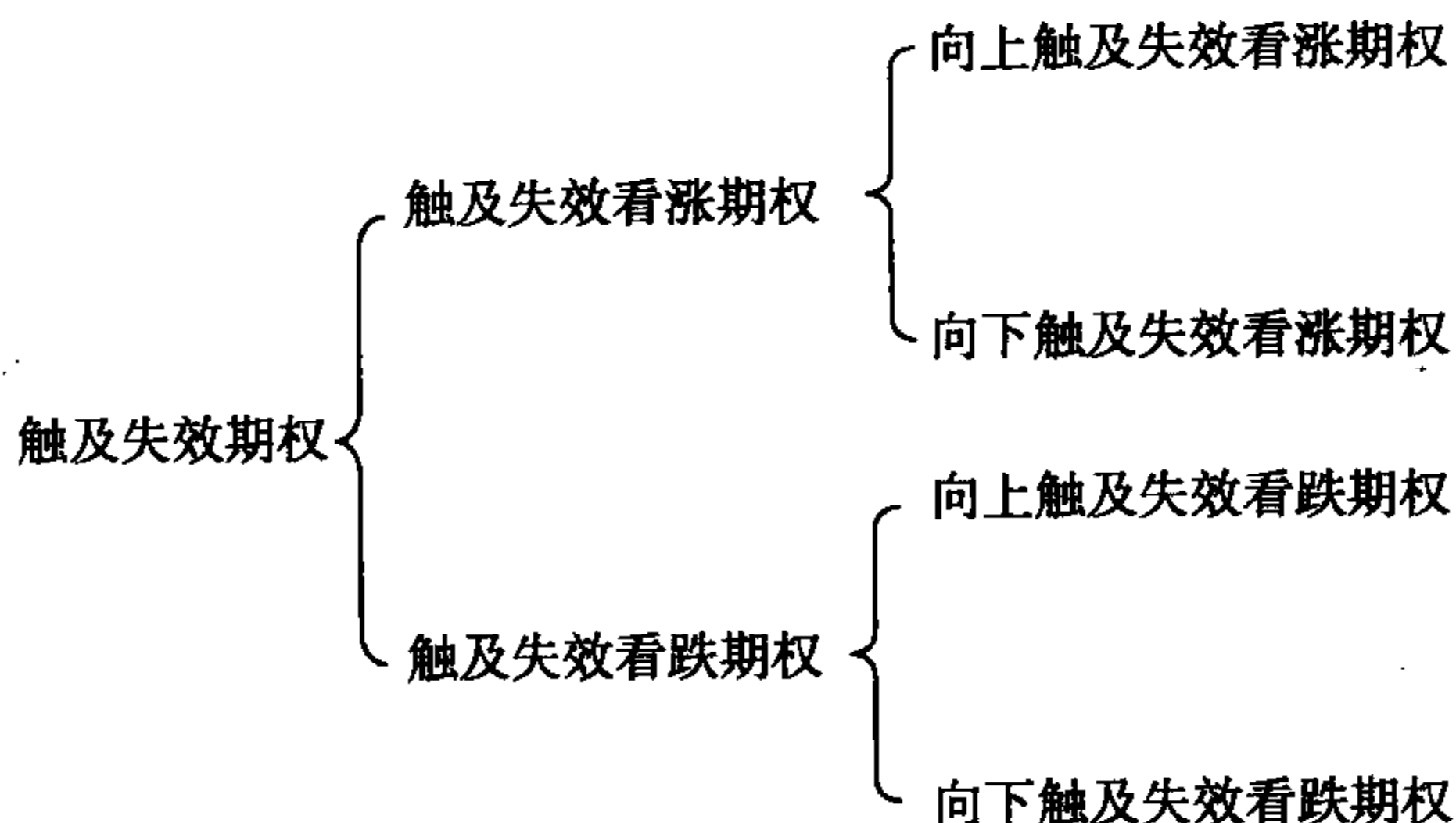


图 3-6 触及失效期权的分类

这类产品的好处是在挂钩汇率未触及障碍汇率之前, 投资者能够分享挂钩汇率单边上升或下跌所带来的收益; 同时, 一旦挂钩汇率触及障碍汇率, 期权失效的设置又能对发行银行提供一定程度的保护。例如, 比较常见的内嵌向上触及失效看涨期权的挂钩型产品, 既能够通过看涨期权让投资者分享到汇率上升的收益以吸引投资者, 又能够在汇率走势越来越强以至于突破某一障碍的情况下使期权作废, 只向投资者支付固定的补偿金甚至无须支付, 从而避免发行银行支付过多的利息, 为发行银行锁定成本, 提供一定程度的保护, 但这对投资者来说, 则意味着获得较低的甚至为零的投资收益。

[案例 3.12] 1994—1996 年的汇率障碍期权危机

汇率障碍期权自 1994 年开始盛行, 当时美元 (USD) 与德国马克 (DEM) 之间的汇率在 1.50 DEM/USD 和 1.70 DEM/USD 之间波动; 而在此之前的几年内, 两种货币之间的汇率水平最低仅在 1992 年 9 月 2 日探底至 1.3870 DEM/USD。因此, 在 1994 年年底之前, 很多汇率挂钩型结构化产品都看跌美元, 但同时设置了最低的障碍价格 1.3800, 即投资者可以分享美元贬值所带来的收益, 但如果美元兑德国马克的汇率跌破 1.3800 DEM/USD, 则内嵌的看跌期权失效, 投资者获得的收益为零。大部分投资者认为这一产品的风险较小。但自 1995 年

开始,美元兑西方国家主要货币的汇率出现快速下跌,美元兑德国马克的汇率在1995年3月29日跌穿1.3800,在4月19日甚至跌至1.3500 DEM/USD 的低位(见图3-7)。这一出乎意料的走势使得许多持有类似产品的投资者遭遇了较大亏损。

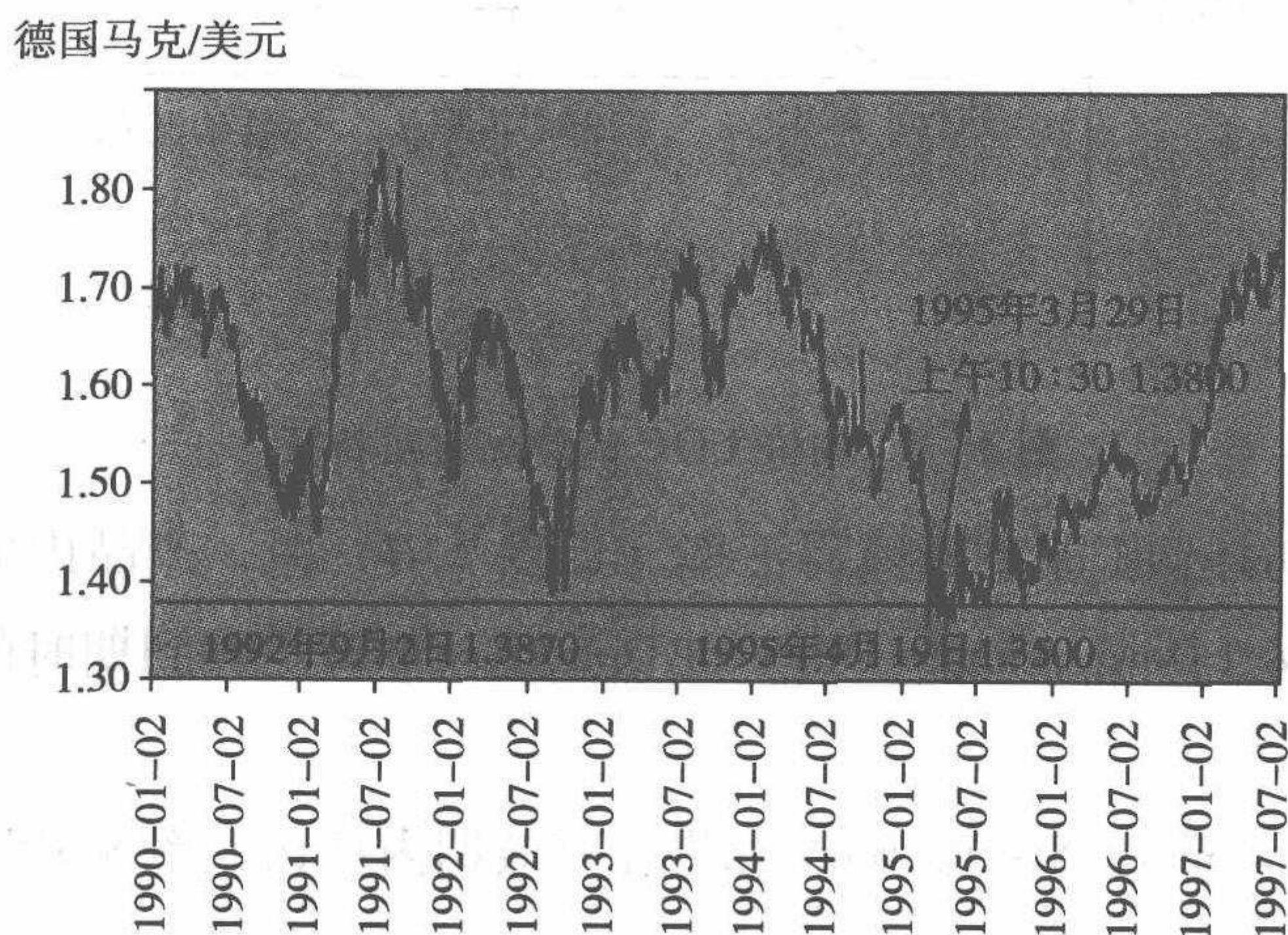


图3-7 德国马克/美元汇率变化

2. 内嵌障碍期权的汇率挂钩型产品的定价公式

图3-5所示的四种障碍期权,其主要的参数包括期初挂钩汇率 S_0 、执行汇率 X 、障碍汇率 H 。在常见的几种情况^①下,产品到期收益的支付特征分别为:

(1) 当期初挂钩汇率及执行汇率均低于障碍汇率(即 $X < H, S_0 < H$)时,产品内嵌向上触及失效欧式看涨期权(Up-and-Out Call Option, UOC),其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(S - X, 0), & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 未曾上升至障碍汇率 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 曾上升至障碍汇率 } H \end{cases}$$

内嵌 UOC 的产品收益特征如图3-8所示。

^① 更一般的情况可见“The Complete Guide to Option Pricing Formulas”,第二版,152页。

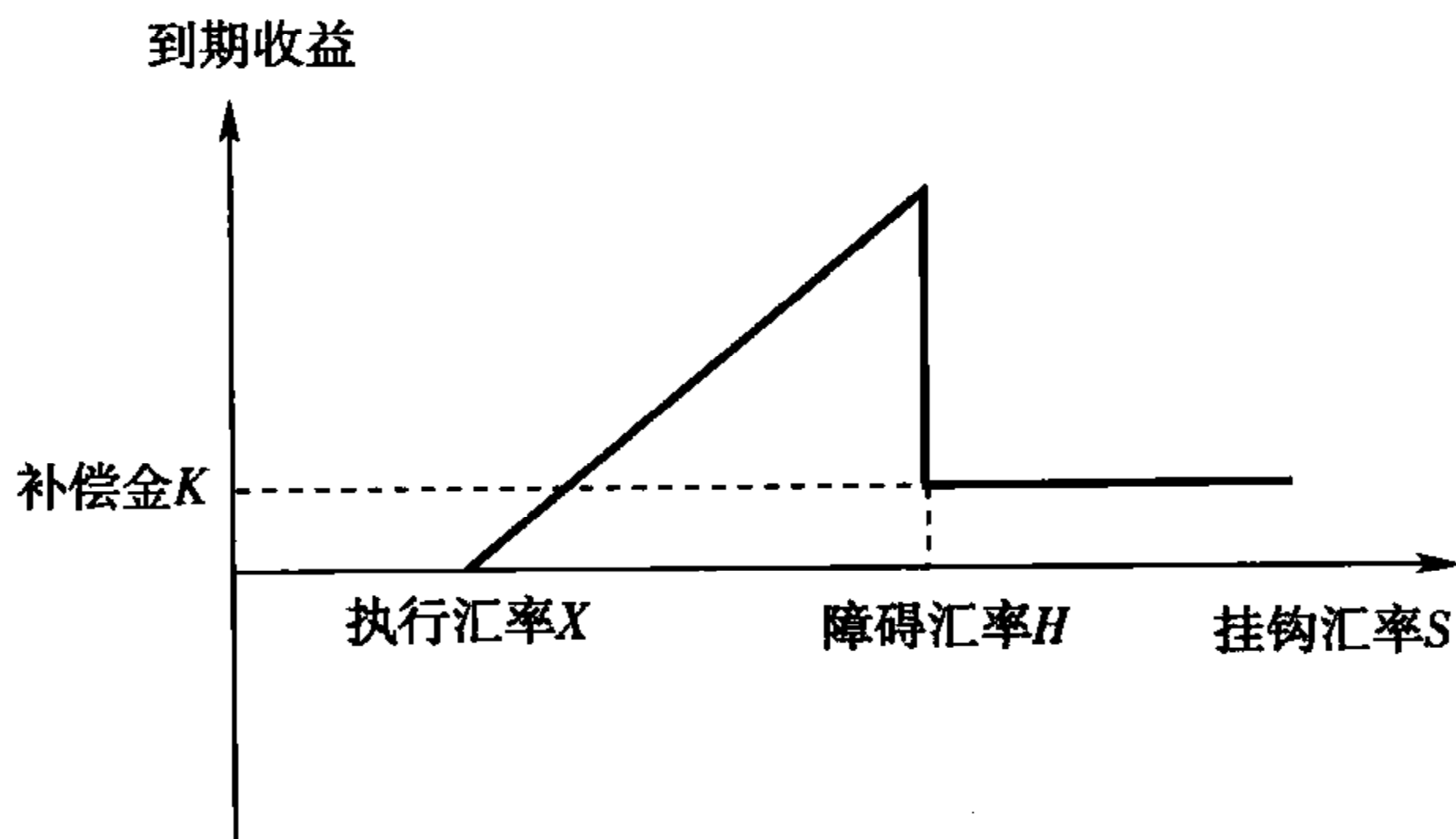


图 3-8 内嵌 UOC 的产品收益特征

(2) 当期初挂钩汇率高于障碍汇率 (即 $S_0 > H$) 时, 产品内嵌向下触及失效欧式看涨期权 (Down-and-Out Call Option, DOC)。其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(S - X, 0), & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 未曾跌至障碍汇率 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 曾跌至障碍汇率 } H \end{cases}$$

较常见的情况是执行汇率低于障碍汇率 (即 $X < H$)，此时的收益支付特征如图 3-9 所示。

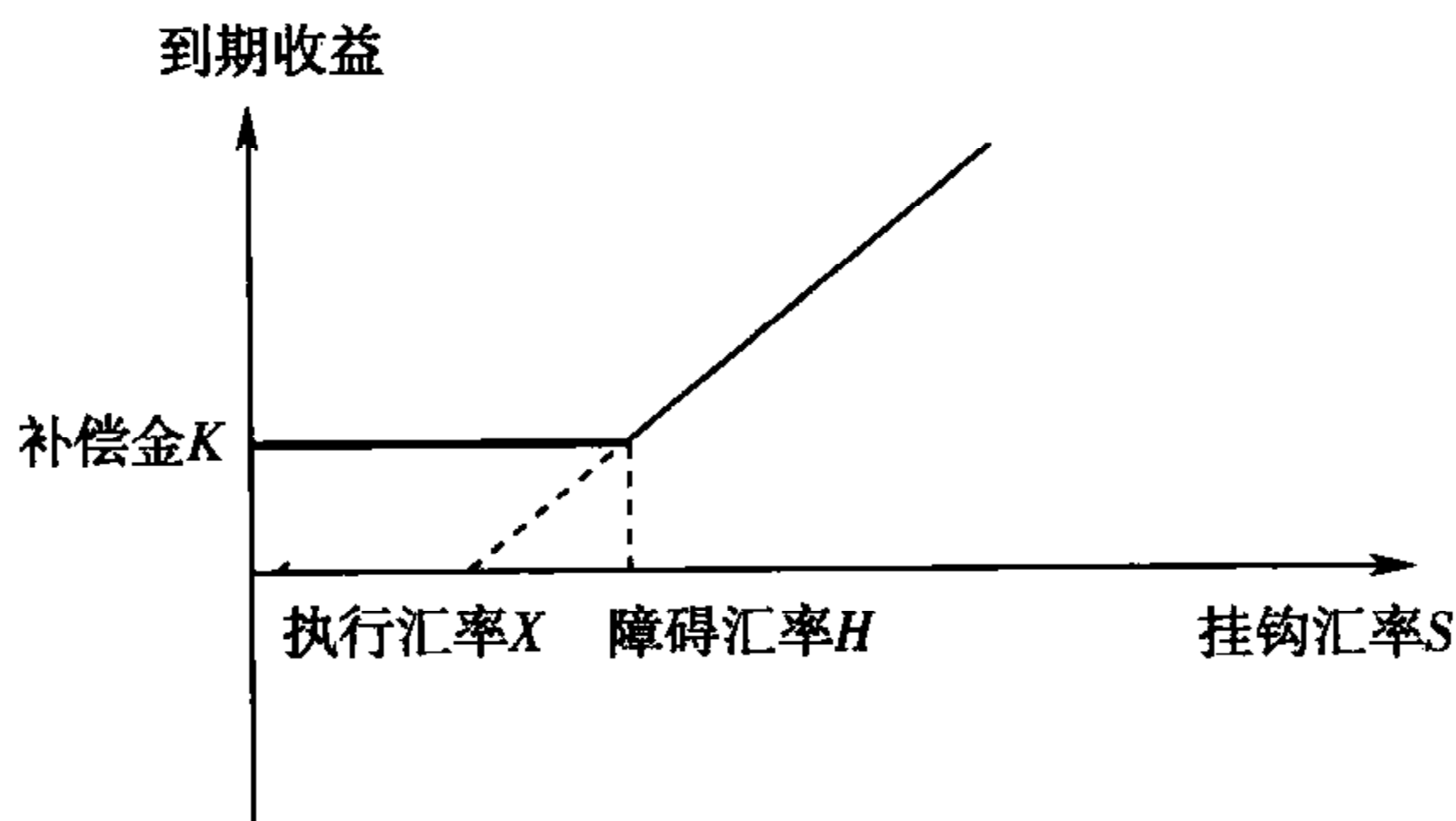


图 3-9 内嵌 DOC 的产品收益特征

(3) 类似地, 当期初挂钩汇率低于障碍汇率 (即 $S_0 < H$) 时, 产品内嵌向上触及失效欧式看跌期权 (Up-and-Out Put Option, UOP), 其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(X - S; 0), & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 未曾上升至障碍} \\ & \text{汇率 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 曾上升至障碍汇率 } H \end{cases}$$

较为常见的情况是执行汇率 $X >$ 障碍汇率 H ，此时的收益支付特征如图 3-10 所示。

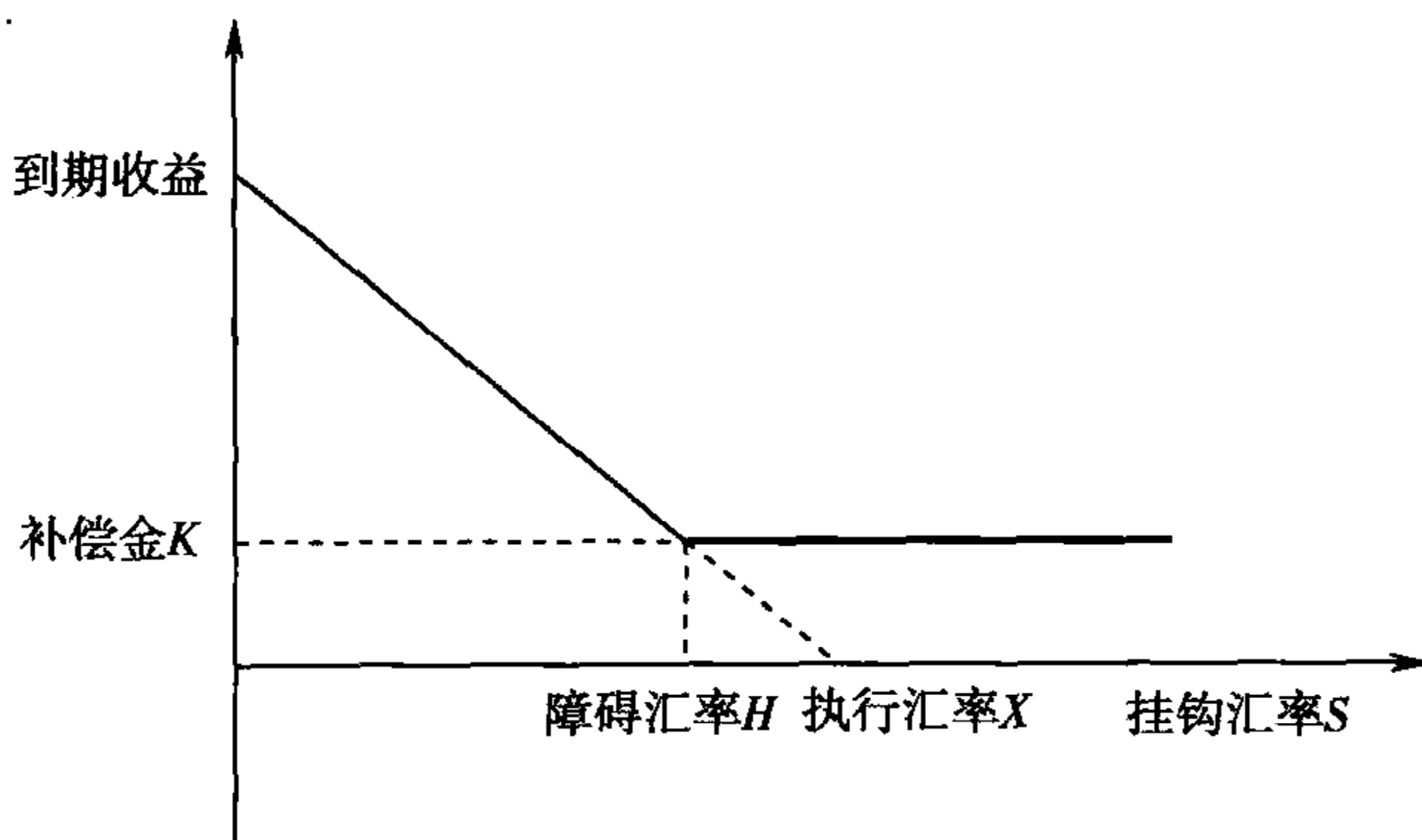


图 3-10 内嵌 UOP 的产品收益特征

(4) 当期初挂钩汇率高于障碍汇率（即 $S_0 > H$ ）时，产品内嵌向下触及失效欧式看涨期权（Down-and-Out Put Option, DOP），其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(X - S; 0), & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 未曾跌至障碍汇} \\ & \text{率 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩汇率 } S \text{ 曾跌至障碍汇率 } H \end{cases}$$

常见的情况是执行汇率 $X >$ 障碍汇率 H ，此时的收益支付特征如图 3-11 所示。

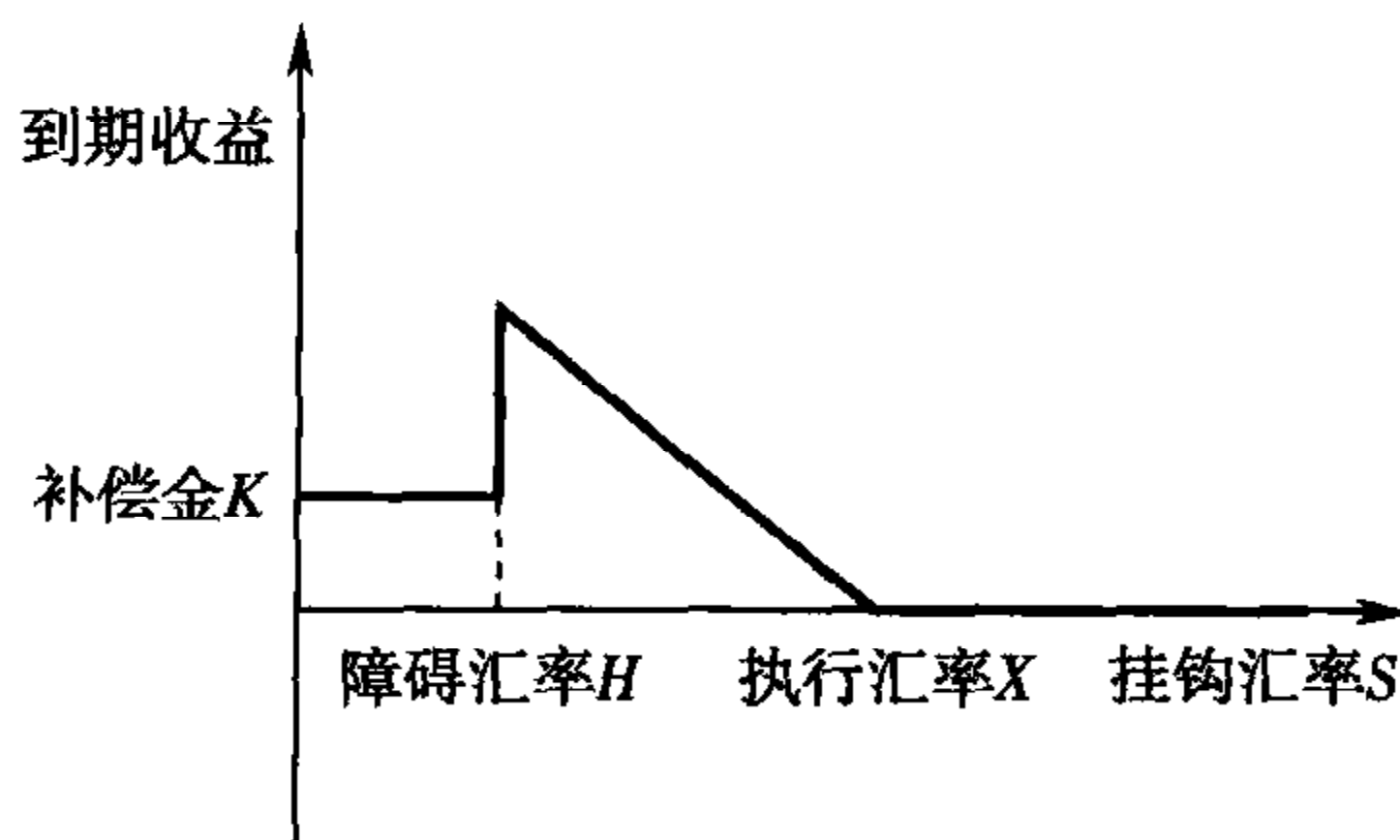


图 3-11 内嵌 DOP 的产品收益特征

对于以本币/外币的形式表现的汇率作为标的资产、收益所得以本币表示的

障碍期权, 以上四种类型的挂钩产品的理论价值可分别用以下公式来表示:

令

$$A = \phi S e^{(b-r)T} N(\phi x_1) - \phi X e^{-rT} N(\phi x_1 - \phi \sigma \sqrt{T})$$

$$B = \phi S e^{(b-r)T} N(\phi x_2) - \phi X e^{-rT} N(\phi x_2 - \phi \sigma \sqrt{T})$$

$$C = \phi S e^{(b-r)T} (H/S)^{2(\mu+1)} N(\eta y_1) - \phi X e^{-rT} (H/S)^{2\mu} N(\eta y_1 - \eta \sigma \sqrt{T})$$

$$D = \phi S e^{(b-r)T} (H/S)^{2(\mu+1)} N(\eta y_2) - \phi X e^{-rT} (H/S)^{2\mu} N(\eta y_2 - \eta \sigma \sqrt{T})$$

$$F = K[(H/S)^{\mu+\lambda} N(\eta z) + (H/S)^{\mu-\lambda} N(\eta z - 2\eta \lambda \sigma \sqrt{T})]$$

$$x_1 = \frac{\ln(S/X)}{\sigma \sqrt{T}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{T} \quad x_2 = \frac{\ln(S/H)}{\sigma \sqrt{T}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{T}$$

$$y_1 = \frac{\ln(H^2/(SX))}{\sigma \sqrt{T}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{T} \quad y_2 = \frac{\ln(H/S)}{\sigma \sqrt{T}} + (1 + \mu) \sigma \sqrt{T}$$

$$z = \frac{\ln(H/S)}{\sigma \sqrt{T}} + \lambda \sigma \sqrt{T} \quad \mu = \frac{b - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2} \quad \lambda = \sqrt{\mu^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}$$

$b = r - r_f$, r 和 r_f 分别为本国的无风险利率和外国的无风险利率

则

$$V_{UOC} = A - B + C - D + F, \text{ 其中, } \eta = -1, \phi = 1$$

$$V_{DOC} = B - D + F, \text{ 其中, } \eta = 1, \phi = 1$$

$$V_{UOP} = B - D + F, \text{ 其中, } \eta = -1, \phi = -1$$

$$V_{DOP} = A - B + C - D + F, \text{ 其中, } \eta = 1, \phi = -1$$

(三) 区间累积型汇率挂钩产品的定价公式的一般表达

此类一般化的产品, 其主要条款包括: 期限为 T 天; 期初汇率为 S_0 ; 本金及付息货币为本币; 标的汇率为本币/外币; 基准年化收益率为 R ; 观察期为 $[S_a, S_b]$ 。收益决定情况为: 最终报酬 = 本金 $\times R \times \frac{n}{365}$ (n 为观察期内每日本币/外币汇率处于观察区间内的实际天数)。

这一类产品的期初价值为

$$\frac{R}{365} \times e^{-r_{\text{本币}} \times (T/365)} \times \sum_{i=1}^T [N(d_{2,a}) - N(d_{2,b})] \quad (3-16)$$

其中, $r_{\text{本币}}$ 和 $r_{\text{外币}}$ 分别为本币的利率和外币的利率, σ 为标的汇率的波动度。

$$d_{2,a} = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_a}\right) + (r_{\text{本币}} - r_{\text{外币}} - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}} \quad (3-17)$$

$$d_{2,b} = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_b}\right) + (r_{\text{本币}} - r_{\text{外币}} - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}} \quad (3-18)$$

$N(\cdot)$ 为正态分布的累积概率分布函数。

本金 $\times \frac{R}{365}$ 实际上为挂钩标的落在观察区间内时，到期计算的单日收益。因此，本金 $\times \frac{R}{365} \times e^{-r \times (T/365)}$ 实际上为在风险中性的条件下，挂钩标的落在观察区间内时计息（单日收益）的现值。 $\sum_{i=1}^T [N(d_{2,a}) - N(d_{2,b})]$ 实际上为风险中性概率下，挂钩标的落在观察区间内的天数。

二、利用蒙特卡罗模拟方法对汇率挂钩型产品进行定价

对于一些结构较为复杂的汇率挂钩型产品，在没有解析定价公式的情况下，通常采用蒙特卡罗模拟方法，模拟出该期权的近似值。具体的步骤如下：

通常假设挂钩汇率 S 的变化遵循以下形式的几何布朗运动，即

$$dS_t = (r_d - r_f) \cdot S_t \cdot dt + \sigma \cdot S_t \cdot dz \quad (3-19)$$

其中， S_t 为以本币/外币，即每单位外币可兑换多少本国货币的形式表示的标的汇率； dS_t 为标的汇率的瞬时变化值； dt 为极短瞬间的时间变化值； dz 为均值为零、方差为 dt 的无穷小的随机变化值，即标准布朗运动； r_d 和 r_f 分别为本国的无风险利率和外国的无风险利率； σ 为标的汇率变化率的波动率，即标准差。

根据伊藤过程，可得到标的汇率 S_t 变化的离散形式：

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left[\left(r_d - r_f - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \cdot t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{t}\right] \quad (3-20)$$

由此，与股票挂钩型产品的蒙特卡罗模拟方法类似，可采取以下步骤：

① 设定挂钩汇率 S_t 的随机过程服从：

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp\left[(r_{\text{本币}} - r_{\text{外币}} - 0.5\sigma^2) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t}\right]$$

其中， S_t 和 S_{t-1} 分别为前期汇率及本期汇率， Δt 为产生模拟汇率变化的时间间隔，

ε 为标准正态分布的随机数, σ 为由历史数据估计得到的挂钩汇率的标准差 (注意: 可以用汇率的日数据求出日波动率 V , 再用 $\sigma_{\text{年}} = \sigma_{\text{日}} \times \sqrt{250}$ 求出年波动率)。

②抽取正态分布随机数 ε , 产生下一期汇率, 如此循环, 产生一条汇率路径。

③依据理财产品到期日的收益率决定公式, 求得期末理财产品的价值。

④将上述步骤②和③重复一定次数, 比如 10 万次, 求出理财产品在末期时的平均价值。

⑤以无风险利率将末期平均值折现, 即得到理财产品的期初价值。

第四节 汇率挂钩型结构化产品的案例分析

一、触发式汇率挂钩型结构化产品的定价案例

近些年来, 较为常见的触发式汇率挂钩型结构化产品内嵌的是单触点一触即付期权。我们以 [案例 3.4] 介绍的中国银行“汇聚宝 09101 - V—美元汇市争锋产品”为例, 对区间触发型汇率挂钩产品的定价进行分析。

该产品的投资期基准日为 2009 年 10 月 22 日, 投资收益起算日为 2009 年 10 月 23 日, 到期日为 2009 年 1 月 25 日, 期限为 3 个月, 基准日的挂钩汇率为 91.42 日元/美元, 触发汇率为 94.92 日元/美元, 收益支付货币为美元。在理财产品有效期内, 如果挂钩汇率曾经高于或者等于触发汇率, 则产品的年化投资收益率为 1.00%; 反之, 如果在理财产品有效期内挂钩汇率始终保持在触发汇率水平之下, 则投资者只能获得 0.15% 的年化投资收益率。根据上述条款, 假设投资者在期初投入本金 1 万美元购买 1 个单位的理财产品合约, 则该理财产品在到期时给投资者的回报情况如下所示:

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} 10\,025, & \text{如果在有效期内美元兑日元汇率曾触及} \\ & 94.92 \text{ 日元/美元} \\ 10\,003.75, & \text{如果在有效期内美元兑日元汇率未曾} \\ & \text{触及 } 94.92 \text{ 日元/美元} \end{cases}$$

对于内嵌着单触点期权的上述产品, 我们可以计算出其在发行期初的理论价值。如果该产品的期初理论价值低于发行价格 1 万美元, 则银行将获得一定的利润。

由于在挂钩汇率未触及障碍汇率时, 该产品仍支付 0.15% 的保本收益, 而

不是零, 因此, 为了直接利用标准形式的单触点期权定价公式, 可将该理财产品分为两部分: 一是固定收益部分, 即不管标的汇率是否触及障碍汇率, 都支付“本金 $\times (1 + 0.15\%/4)$ ”, 即 10 003.75 美元; 二是标准的单触点一触即付期权部分, 其到期时的收益是 21.25 美元, 即

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} 21.25, & \text{如果在有效期内美元兑日元汇率曾触及} \\ & 94.92 \text{ 日元/美元} \\ 0, & \text{如果在有效期内美元兑日元汇率未曾触及} \\ & 94.92 \text{ 日元/美元} \end{cases}$$

该理财产品的收益分解情况如图 3-12 所示。

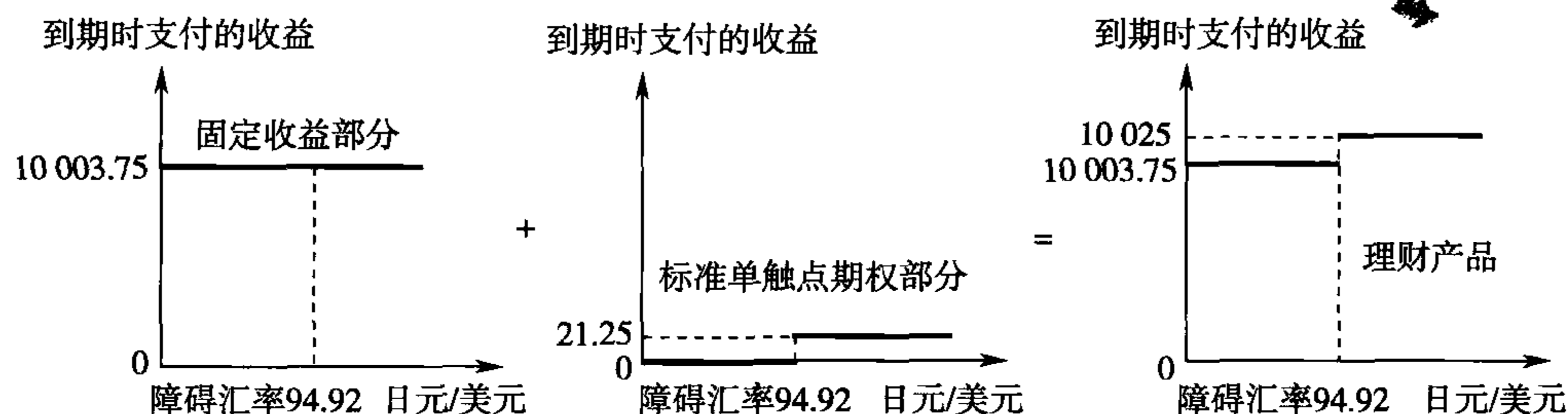


图 3-12 “汇聚宝 09101-V—美元汇市争锋产品” 收益分解

综上所述, 中国银行“汇聚宝 09101-V—美元汇市争锋产品”在期初时的合理价值 PV 为上述固定收益部分与单触点期权部分的期初价值之和, 即

$$PV = 10\,003.75 \cdot e^{-r_{USD} \cdot 0.25} + UICN^* \quad (3-21)$$

由于期初时的挂钩汇率 S_0 为 91.42 日元/美元, 小于障碍汇率 H , 根据前一节所介绍的定价公式^①, 该产品的单触点期权部分的期初价值 $UICN^*$ 可按下式计算:

$$UICN^* = 21.25 \times e^{-r_{USD} \cdot T} \times \left(N(-x) + \left(\frac{S_0}{H} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (3-22)$$

$$\text{其中, } x = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r_{USD} - r_{JPY} - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}。$$

① 挂钩汇率为本币/外币、收益支付币种为外币、由下向上触及生效期权的定价公式。

我们选择 2009 年 10 月 23 日美元和日元的 3 个月 LIBOR 作为各自货币的无风险利率, $r_{JPY} = 0.3256\%$, $r_{USD} = 0.2819\%$ 。根据挂钩汇率(日元/美元汇率)在 2009 年 10 月 23 日之前 3 个月内,即 2009 年 7 月 23 日至 2009 年 10 月 22 日的数
据,计算出汇率的日标准差,并将其转化为年标准差。经过计算, $\sigma = 0.047$ 。

将以上相关数据代入式(3-16)和式(3-17),得到的单触点期权部分的理论价格为 2.39 美元,固定收益部分的期初理论价格为 9 996.7 美元。两者的总和,即理财产品在发行时的理论价值约为 9 999.1 美元,相对于其 10 000 美元的发行面额,该理财产品几乎属于平价发行。该理财产品可能提供的年回报率为两档:一是 1%,二是 0.15%。在假设美元 3 个月 LIBOR 为 0.28% 左右的情况下,发行银行实际上是给投资者提供了 0.15% 的保底年收益率,同时以 2.39 美元的价格卖给投资者一个触发期权,使得投资者有可能获得超出基准利率水平、达到 1% 的年化收益率。

遗憾的是,在投资期内,美元兑日元汇率未突破事先设定的障碍汇率 94.92 日元/美元,如图 3-13 所示,投资者到期只获得了 0.15% 的年化收益率,这一水平低于 0.28% 左右的美
元 3 个月 LIBOR,更低于同期的国内 3 个月美元存款利率^①,投资者实际上损失了资金的时间价值。

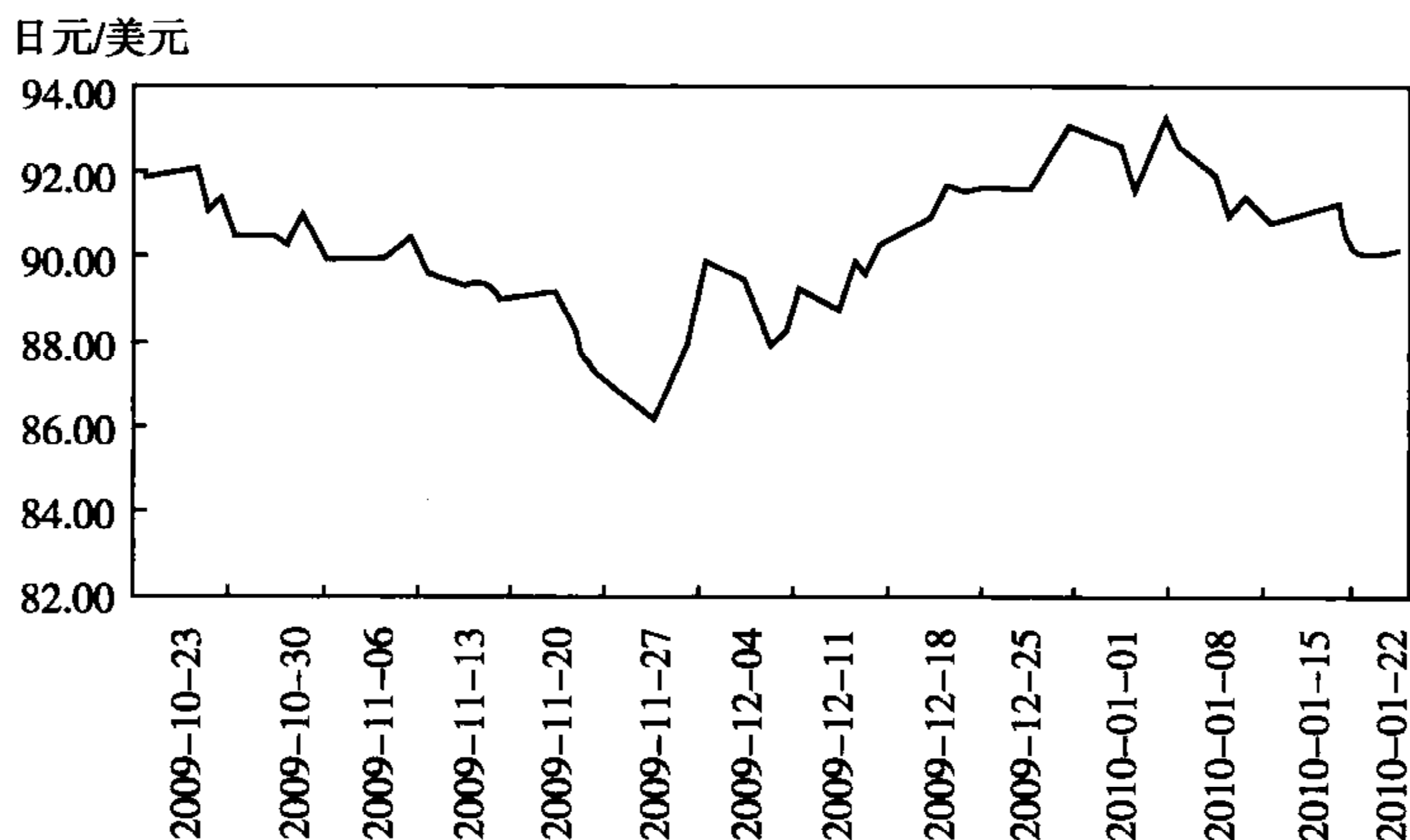


图 3-13 美元兑日元汇率走势

在以上分析的基础上,我们可以进一步考察市场参数(如挂钩汇率的期初值 S_0 、日元和美元的无风险利率、挂钩汇率的波动率)以及产品设计参数(如障碍汇率 H 、收益支付水平)的变化对理财产品的理论价格进而对发行银行的

^① 当时为 0.40% 左右,见中国银行网站。

利润率的影响，从而为发行银行进行盈亏核算和风险控制提供决策辅助。

例如，我们可以考察障碍汇率 H 的高低对理财产品价值的影响。从理论上讲， H 相对于期初汇率 S_0 越高，挂钩汇率在产品有效期内越难以触及障碍汇率，投资者越难以获得较高一档的收益率，理财产品的期初理论价值从而越低。我们在 89.92 日元/美元~99.92 日元/美元的范围内调整障碍汇率 H ，并计算出对应的产品的理论价值，如图 3-14 所示，结果印证了上述推论。

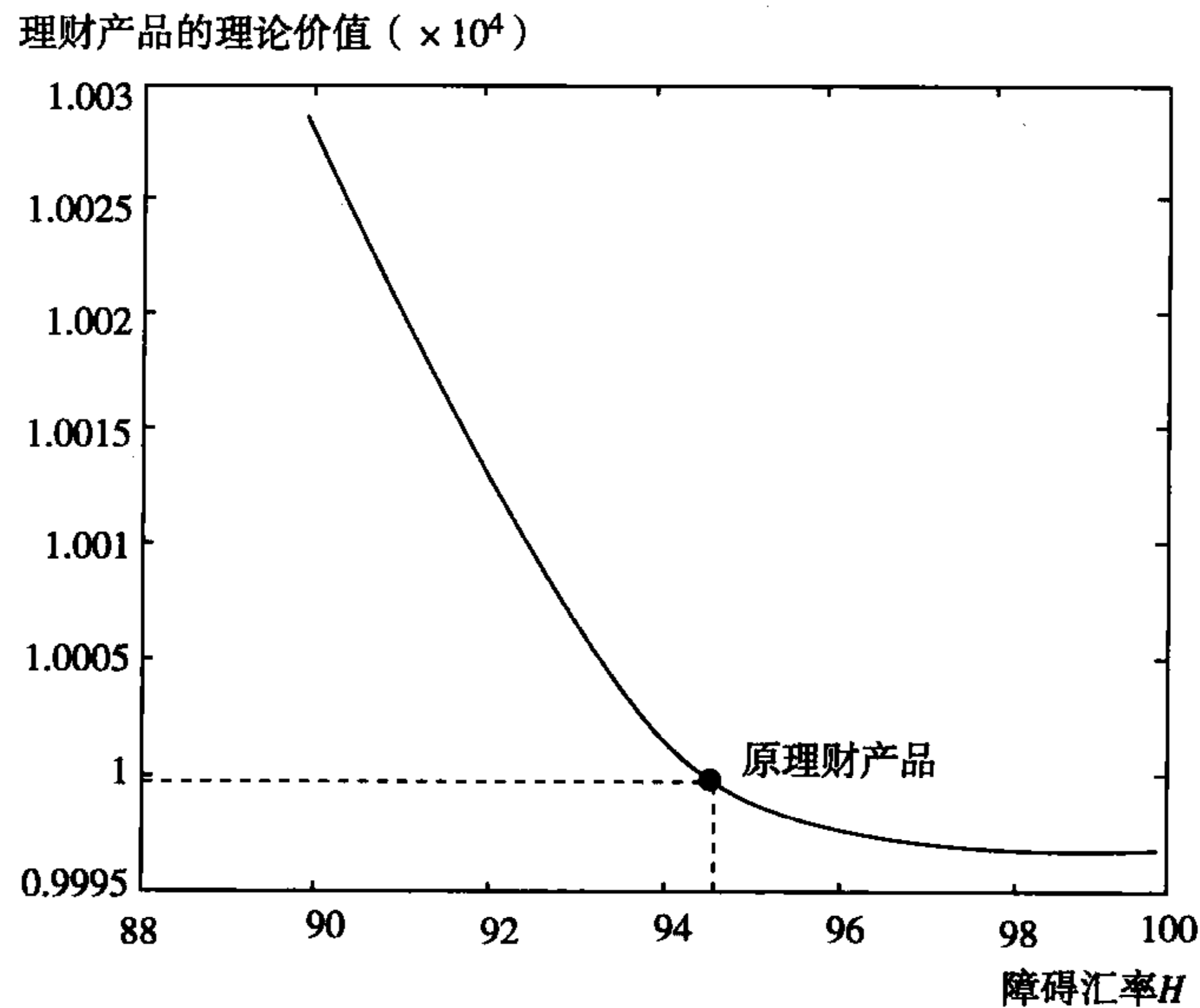


图 3-14 障碍汇率与产品理论价值的关系

二、内嵌障碍期权的收益分享型汇率挂钩产品的定价案例

我们以前面 [案例 3.7] 介绍的由荷兰银行（中国）有限公司发行的“点位看涨系列”汇率挂钩结构性投资澳元理财产品为例，说明内嵌障碍期权的汇率挂钩型产品的定价方法。该理财产品的投资起始日为 2009 年 11 月 5 日，挂钩澳元兑美元汇率，投资币种为澳元，期限为 6 个月，期初汇率 $S_0^* = 0.9054$ 美元/澳元，障碍汇率为 0.9854 美元/澳元。根据产品条款，如果在产品投资期内，挂钩汇率始终小于障碍汇率，则产品到期时投资者的所得为

$$\max \left[\text{本金} \times 100\%, \text{本金} \times 100\% + \text{本金} \times \left(1 - \frac{S_0^*}{S_T^*} \right) \right] \tag{3-23}$$

其中， S_0^* 和 S_T^* 分别为期初基准日和期末观察日的挂钩汇率， $\max(a, b)$ 表示取

a 和 b 中的较大值。

若在产品投资期内, 挂钩汇率曾经大于或等于障碍汇率, 则产品到期时投资者的所得为本金 $\times 100.5\%$ 。该产品实际上看涨澳元, 看跌美元, 并且是一款保本的结构化产品。

为了更直接地利用障碍期权的定价公式, 我们对挂钩标的未触及障碍汇率时产品的到期现金流公式进行变换。

假设本金为 N , 则挂钩汇率未触及障碍汇率时的到期所得为

$$\begin{aligned} & \max \left[\text{本金} \times 100\%, \text{本金} \times 100\% + \text{本金} \times \left(1 - \frac{S_0^*}{S_T^*} \right) \right] \\ &= N \times 100\% + N \times \max \left[0, \left(1 - \frac{S_0^*}{S_T^*} \right) \right] \\ &= N \times 100\% + S_0^* \times N \times \max \left[0, \left(\frac{1}{S_0^*} - \frac{1}{S_T^*} \right) \right] \\ &= N \times 100\% + S_0^* \times N \times \max [0, (S_0 - S_T)] \end{aligned}$$

令 $S_0 = \frac{1}{S_0^*}$, $S_T = \frac{1}{S_T^*}$, 则上式实际上已将挂钩汇率转变为澳元/美元的形式。

此时对应的障碍汇率 $H = (1/0.9854)$ 澳元/美元。执行价格与期初汇率相等, 即 $S_0 = (1/0.9054)$ 澳元/美元。

如果在产品投资期内, 以澳元/美元的形式表示的挂钩汇率始终大于障碍汇率即 $(1/0.9854)$ 澳元/美元, 则产品到期时投资者的所得为 $N \times 100\% + S_0^* \times N \times \max [0, (S_0 - S_T)]$; 如果在产品投资期内, 以澳元/美元的形式表示的挂钩汇率曾经小于或等于障碍汇率, 则产品到期时投资者的所得为 $N \times 100.5\%$, 产品收益的支付币种为澳元。

我们可以进一步地将该产品分解为一只到期支付收益为 $N \times 100\%$ 的固定收益证券以及 S_0^* 个单位的补偿值 $K = N \times 0.5\%$ 的标准“向下触及失效看跌期权”(Down-and-Out Put Barrier Option)^①。该产品的收益分解情况如图 3-15 所示。

由此, 荷兰银行发行的这款“点位看涨系列”汇率挂钩结构性投资澳元理

① 标准的向下触及失效看跌期权的含义是: 当标的资产价格 S 未触及障碍汇率 H 时, 为一个标准的欧式看跌期权, 其到期收益为 $\max(X - S; 0)$, X 为事先设定的执行价格; 但若在有效期内, 标的资产价格 S 触及障碍汇率 H , 则到期收益为一个固定的现金流 K 。

理财产品在期初时的合理价值 PV 为上述固定收益部分与 S_0^* 个标准向下触及失效看跌期权的期初价值之和。假设面值 $N = 10\,000$ 澳元，有

$$PV = 10\,000 \cdot e^{-r_{AUD} \cdot 0.5} + S_0^* \cdot V_{DOP} \quad (3-24)$$

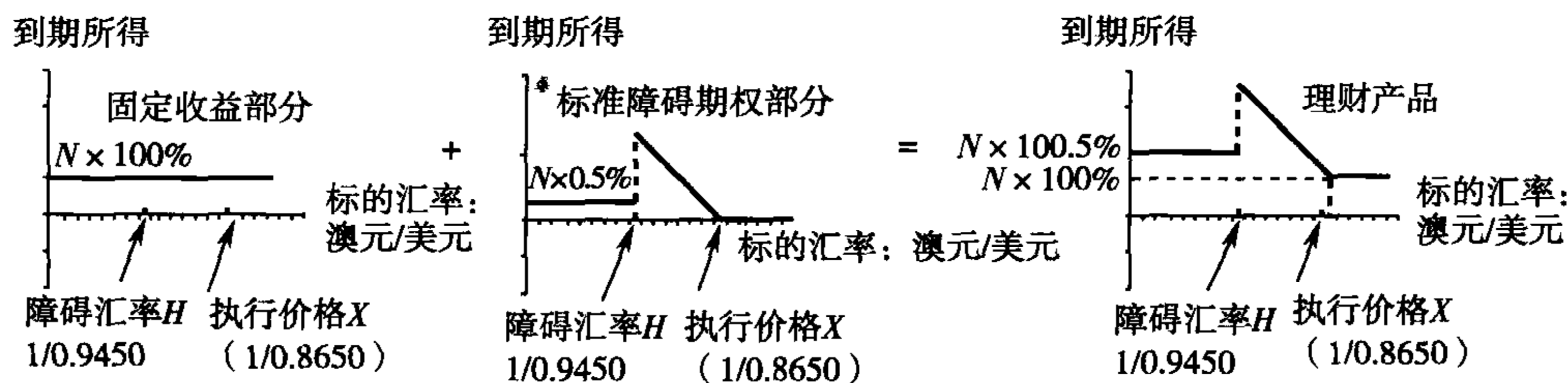


图 3-15 荷兰银行“点位看涨系列”结构化理财产品的收益分解

由于期初时的挂钩标的 S_0 以及执行汇率 X 均为 $(1/0.9054)$ 澳元/美元，大于障碍汇率 H ，因此向下触及失效看跌期权部分的理论价值 V_{DOP} 可按以下公式计算，即

$$V_{DOP} = A - B + C - D + F \quad (3-25)$$

其中， $A = -S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(-x_1) + X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(-x_1 + \sigma \cdot \sqrt{T})$

$$B = -S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(-x_2) + X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(-x_2 + \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$C = -S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot (H/S)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(y_1) + X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(y_1 - \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$D = -S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot (H/S)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(y_2) + X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(y_2 - \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$F = K \cdot [(H/S_0)^{\mu+\lambda} \cdot N(z) + (H/S_0)^{\mu-\lambda} \cdot N(z - 2 \cdot \lambda \sigma \cdot \sqrt{T})]$$

$$x_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, x_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$$

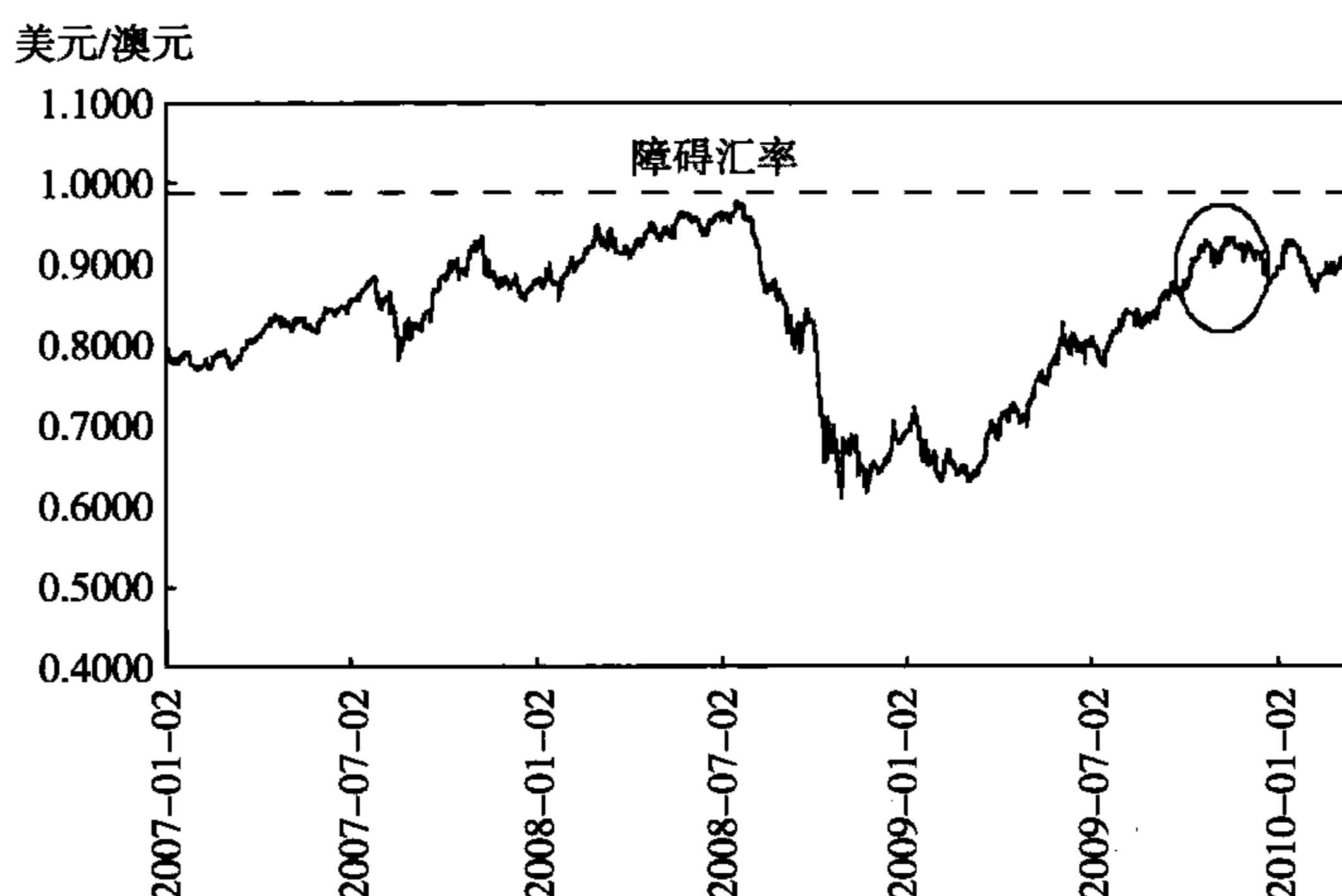
$$y_1 = \frac{\ln\left(\frac{H^2}{S_0 \cdot X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y_2 = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$$

$$z = \frac{\ln\left(\frac{H}{S}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - r_f - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}, \lambda = \sqrt{\mu^2 + \frac{2 \cdot r}{\sigma^2}}$$

r 为澳元（本币）的无风险利率， r_f 为美元（外币）的无风险利率。

我们选择期初基准日即 2009 年 11 月 5 日澳大利亚和美国的 6 个月国债利率作为澳元和美元的无风险利率， $r = r_{AUD} = 3.84\%$ ， $r_f = r_{USD} = 0.16\%$ 。根据挂钩标的（澳元/美元汇率）在期初基准日之前 6 个月内，即 2009 年 5 月 5 日至

2009年11月5日的数据，计算出挂钩标的变化的日标准差，并将其转化为年标准差。经过计算， $\sigma = 0.07109$ 。另外，障碍汇率为 $(1/0.9854)$ 澳元/美元，执行价格 X （期初汇率 S_0 ）为 $(1/0.9054)$ 澳元/美元。假设期初发售面值为10 000澳元的该理财产品，将以上相关数据代入公式，得到障碍期权部分的理论价格 $DOP = 5.36160$ 澳元，固定收益部分的期初理论价格为9 809.8 澳元。两者的总和为9 814.7 澳元。可见，该理财产品属于溢价发行，每发售10 000 澳元的该产品，银行获得的利润约为185 澳元。发行银行获得较高的利润率水平，对投资者而言，则在一定程度上意味着产品定价偏高，产品的投资价值有待于考量。其实，分析这一款理财产品的挂钩汇率——美元/澳元汇率在近3年以来的走势（如图3-16所示）可以看出，其最高值是出现在2008年7月16日的0.9786 美元/澳元，2009年11月，该理财产品发售时的期初汇率0.9054 美元/澳元已经处于历史的高位，在未来6个月的产品有效期内，澳元上升的空间已不是很大，相对于3.84%的澳元基准利率，投资者的预期超额收益不会太高。



数据来源：澳大利亚中央银行网站（<http://www.rba.gov.au/statistics/tables/index.html>）。

图 3-16 美元/澳元汇率走势

三、区间累积型外汇挂钩产品的定价案例

我们以前面〔案例3.6〕介绍的由荷兰银行（中国）有限公司在2009年6月发行的“多区间累计”汇率挂钩结构性存款为例，说明区间累积型外汇挂钩产品的定价。根据前面的介绍，其挂钩标的为银行间电子交易系统（EBS）连续公布的

澳元兑美元即期汇率，期初基准日为2009年7月30日，投资期限为6个月，投资币种为澳元。投资者的到期所得收益为：本金金额 $\times [1 + 4.5\% \times a/T + 3.75\% \times b/T + 2.75\% \times c/T]$ 。其中， a 为投资期内挂钩标的落在第一波动区间 $[S_0 - 0.015, S_0 + 0.015]$ 内的累计天数； b 为投资期内挂钩标的落在第一波动区间之外，但处于第二波动区间 $[S_0 - 0.030, S_0 + 0.030]$ 之内的累计天数； c 为投资期内挂钩标的落在第二波动区间之外，但处于第三波动区间 $[S_0 - 0.045, S_0 + 0.045]$ 内的累计天数； T 为投资期限内定息日的总天数，共133天。其中， $S_0 = 0.8201$ 美元/澳元，为期初基准日的汇率。上述条款如图3-17所示。

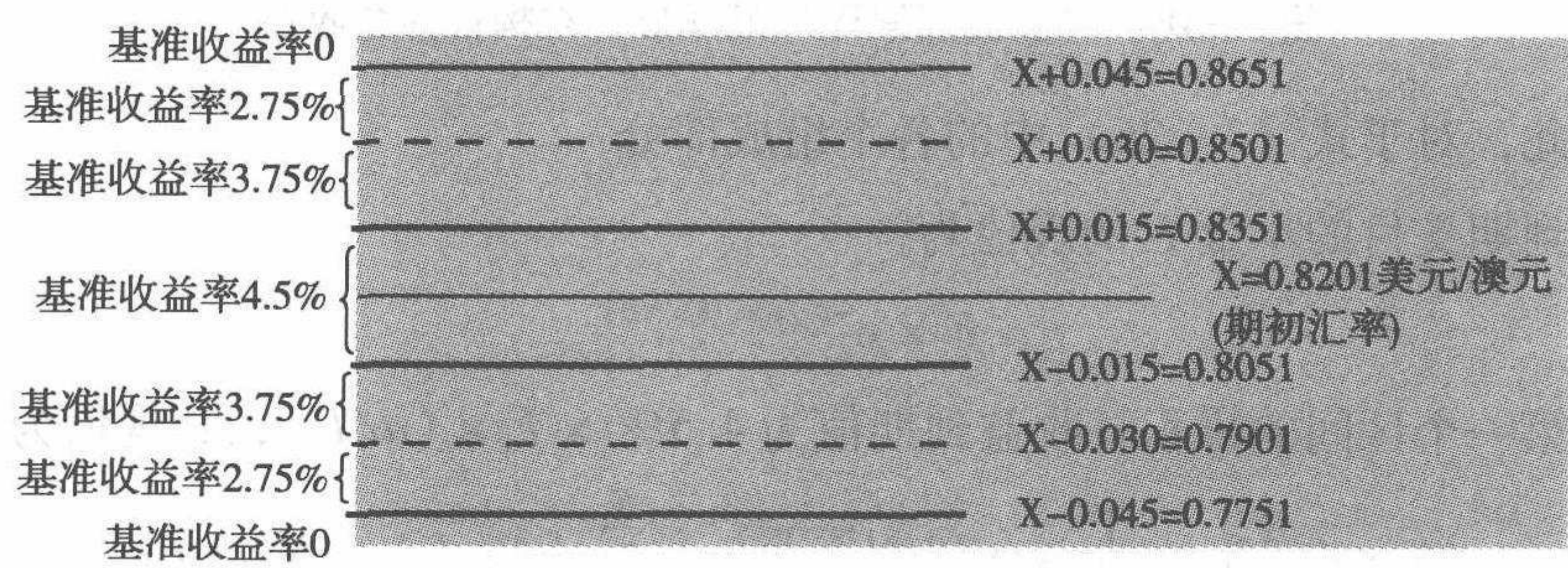


图 3-17 “多区间累计” 汇率挂钩结构性存款收益

区间累积型汇率挂钩产品的标准形式是：挂钩汇率的计价形式为本币/外币，本金及付息货币为本币。为了能直接利用相应的计算公式，我们将本例中以美元/澳元的形式表述的挂钩汇率转换为澳元/美元的形式，这样便可与以澳元作为本金及付息币种相对应。由此，理财产品的收益决定条款中的3个波动区间由原来的 $[0.8051, 0.8351]$ 、 $[0.7901, 0.8501]$ 及 $[0.7751, 0.8651]$ 美元/澳元相应地变为 $[1.1975, 1.2421]$ 、 $[1.1763, 1.2657]$ 及 $[1.1559, 1.2902]$ 澳元/美元。这一款理财产品的收益决定特征进而可表述为图3-18。

理财产品在到期日的期末收益从而可表述为

$$R = F \times \{1 + [4.5\% \times (a/T) + 3.75\% \times (b_1/T) + 3.75\% \times (b_2/T) + 2.75\% \times (c_1/T) + 2.75\% \times (c_2/T)]\} \tag{3-26}$$

其中， a 为美元兑澳元汇率落在 $[1.1975, 1.2421]$ 内的累计天数；
 b_1 为美元兑澳元汇率落在 $[1.2421, 1.2657]$ 内的累计天数；
 b_2 为美元兑澳元汇率落在 $[1.1763, 1.1975]$ 内的累计天数；
 c_1 为美元兑澳元汇率落在 $[1.2657, 1.2902]$ 内的累计天数；
 c_2 为美元兑澳元汇率落在 $[1.1559, 1.1763]$ 内的累计天数。

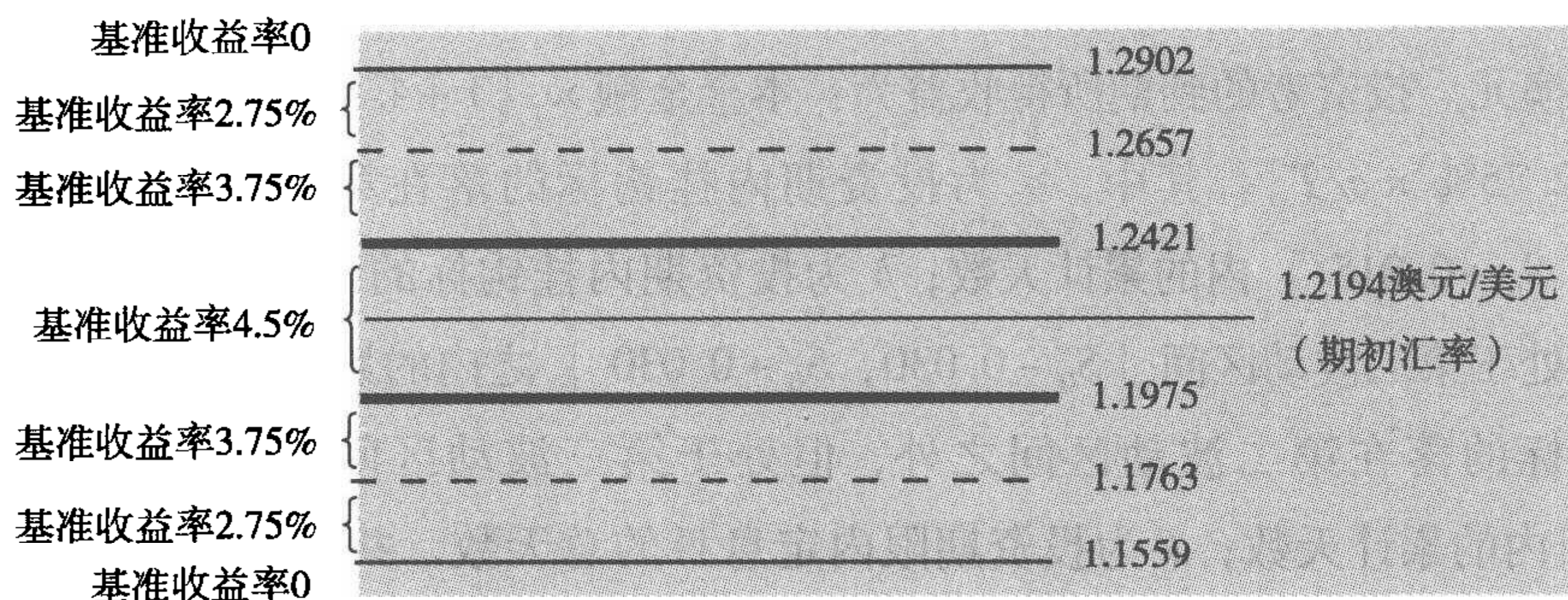


图 3-18 “多区间累计” 汇率挂钩结构性存款收益

由此，对于式 (3-26) 中的各个组成部分：

①到期支付的本金 F 的现值为

$$F \times e^{-r_{AUD} \times (183/365)}$$

②第一个区间的累积日收益到期值为 $4.5\% \times F \times (a/T)$ ，其现值为

$$F \times 4.5\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r_{AUD} \times (183/365)} \times \sum_{i=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

其中

$$d_a = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_a}\right) + (r_{AUD} - r_{USD} - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}};$$

$$d_b = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_b}\right) + (r_{AUD} - r_{USD} - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}}。$$

其中， $S_a = 1.1975$ ， $S_b = 1.2421$ ， F 为面值， r_{AUD} 和 r_{USD} 分别为澳元的无风险利率和美元的无风险利率， σ 为挂钩汇率——澳元/美元汇率的波动率。

③类似地，第二个和第三个区间的累积日收益现值为

$$F \times 3.75\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r \times (183/365)} \times \sum_{i=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

其中， d_a 和 d_b 的表达式同上，只是区间端点分别为 $S_a = 1.2421$ ， $S_b = 1.2657$ ，以及 $S_a = 1.1763$ ， $S_b = 1.1975$ 。

④第四个和第五个区间的累积日收益现值为

$$F \times 2.75\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r \times (183/365)} \times \sum_{i=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

其中, d_a 和 d_b 的表达式同上, 区间端点分别为 $S_a = 1.2657$, $S_b = 1.2902$ 以及 $S_a = 1.1559$, $S_b = 1.1763$ 。

我们选择期初基准日即 2009 年 7 月 30 日澳大利亚和美国的 6 个月国债利率^①作为澳元和美元的无风险利率, $r_{AUD} = 3.25\%$, $r_{USD} = 0.27\%$ 。根据挂钩标的(澳元/美元汇率)在期初基准日之前一年内, 即 2008 年 7 月 30 日至 2009 年 7 月 30 日的数据, 计算出挂钩标的变化的日标准差, 并将其转化为年标准差, 得到 $\sigma = 0.2819$ 。将以上数据及相应的区间端点代入相应的计算公式, 汇总得到的面值为 10 000 澳元的该产品的期初合理价值为 9 992.0 美元左右。银行溢价发行该产品, 将获得一定的利润。

在理财产品有效期内, 受经济复苏和大宗商品价格上涨以及澳大利亚中央银行在 2009 年 10 月、11 月、12 月三次提高基准利率的影响, 澳元走势强劲, 如图 3-19 所示。

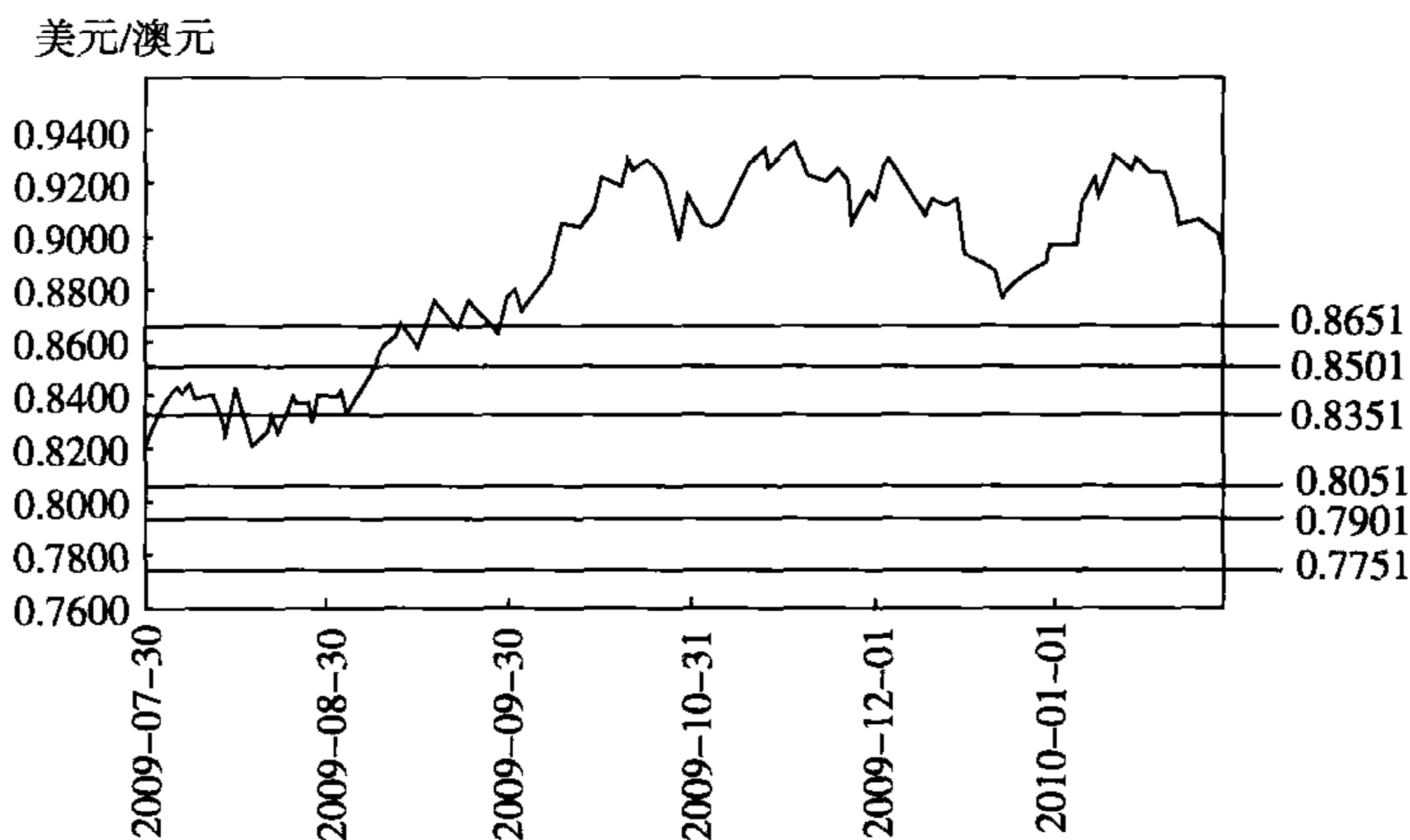


图 3-19 美元/澳元汇率走势

由图 3-19 可见, 在产品投资期内的大部分时间里, 挂钩汇率落在 0.8651 美元/澳元之外, 在这些计息日里, 投资者获得的收益率为零, 如表 3-13 所示。

^① http://www.rba.gov.au/statistics/tables/index.html#interest_rates.

表 3-13

汇率变化与产品收益计算表

汇率区间 (美元/澳元)	落在汇率区间 内的天数(天)	基准收益率 (%)	实际收益率 (%)	10 000 澳元的 到期所得(澳元)
小于 0.7751	0	0	0	
(0.7751, 0.7901)	0	2.75	0	0
(0.7901, 0.8051)	0	3.75	0	0
(0.8051, 0.8351)	12	4.5	0.406	40.60
(0.8351, 0.8501)	14	3.75	0.3947	39.47
(0.8501, 0.8651)	9	2.75	0.1861	18.61
大于 0.8651	98	0	0	0
合计	133			98.68

注：实际收益率 = 基准收益率 × (落在汇率区间内的天数/定息日总天数)。

由此可见，如果按面值 10 000 澳元投资于该理财计划，则到期时的现金流（本金加付息）为 10 098.68 澳元，实际年化收益率为： $2 \times 0.9868\% \approx 1.97\%$ ，远远小于 3.25% 的澳元基准利率。如果以 3.25% 作为贴现率，则该现金流的期初价值仅为： $10\,098.68 \times e^{-0.0325 \times (183/365)} = 9\,935.5$ （澳元），与按期权公式计算出的期初价值 9 992.0 澳元比较接近。

四、利用蒙特卡罗模拟方法对汇率挂钩型结构化产品进行定价的案例

我们以中国农业银行在 2010 年 2 月发售的第二期“金钥匙·汇利丰”人民币理财 D 款产品为例，说明蒙特卡罗模拟方法在汇率挂钩型结构化产品定价中的应用。

该款产品的主要条款如表 3-14 所示。

表 3-14

“金钥匙·汇利丰”理财产品主要条款

产品名称	“金钥匙·汇利丰”人民币理财 D 款产品
发行银行	中国农业银行
产品期限	2010 年 3 月 4 日起，共 4 个月
挂钩标的	银行间电子交易系统（EBS）所取的欧元兑美元汇率，即美元/欧元
投资币种	人民币
收益决定条款	期初汇率为 1.3700 美元/欧元，预先设定的汇率参考区间为 [1.2500, 1.4600]。如果在投资期内美元/欧元汇率始终在该区间内运行，从未突破该区间的上下限，则到期时投资者可获得 3.70% 的年化收益率；否则，到期收益率为 0.15%

由此，假设投资者在期初投资 10 000 元购买该产品，则根据挂钩汇率的变

化情况,到期报酬为 10 123.33 元 ($10\,000 + 10\,000 \times 3.7\% \times 4/12$), 或者为 10 005 元 ($10\,000 + 10\,000 \times 0.15\% \times 4/12$)。该款产品的收益如图 3-20 所示。

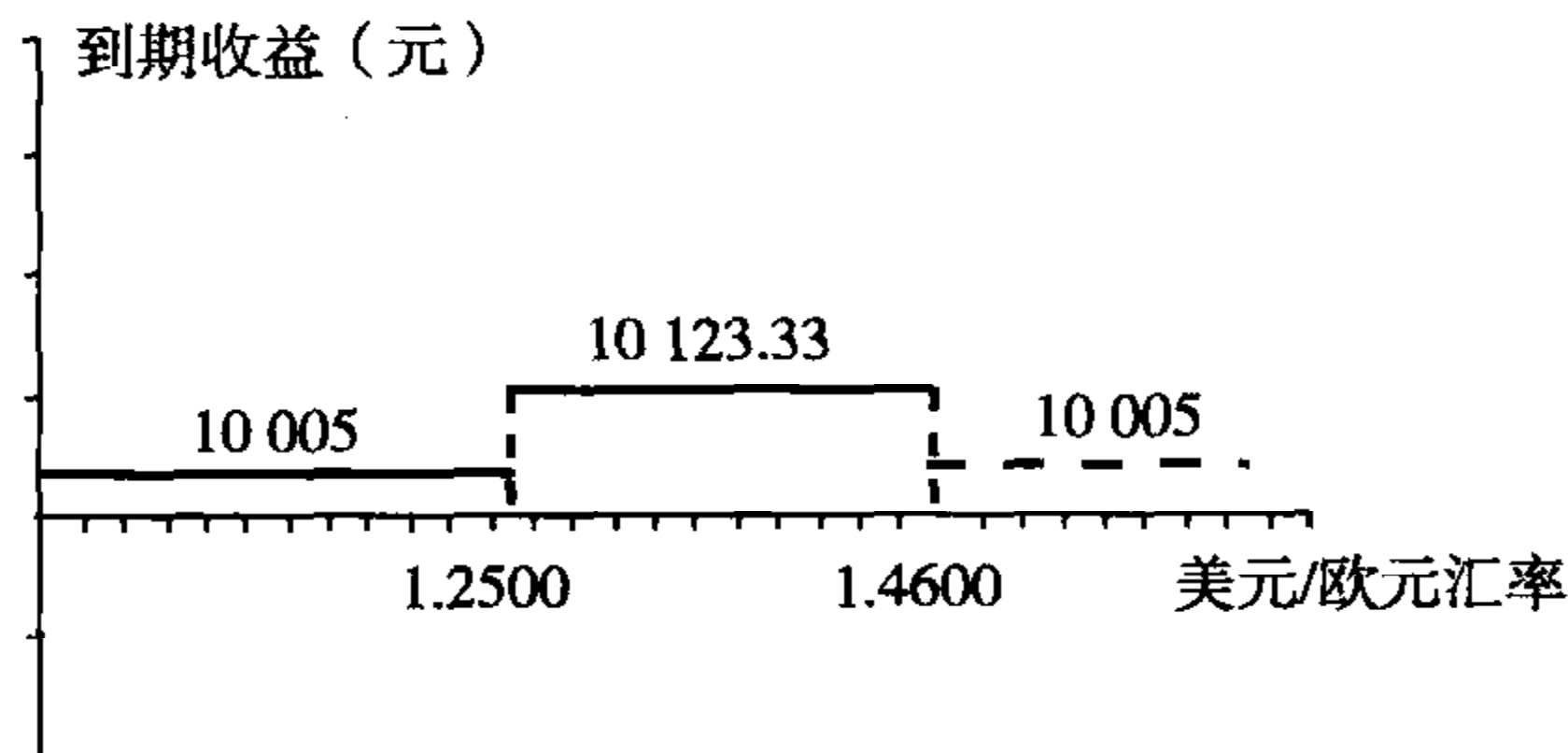


图 3-20 “金钥匙·汇利丰”人民币理财 D 款产品收益

根据前文所述,设定在风险中性概率下,挂钩汇率 S_t 的随机过程服从几何布朗运动:

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp[(r_{\text{美元}} - r_{\text{欧元}} - 0.5\sigma^2) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t}]$$

其中, S_t 和 S_{t-1} 分别为前期汇率及本期汇率, $\Delta t = 1/360$ 。由历史数据(前一年的数据,即 2009 年 3 月 5 日至 2010 年 3 月 4 日的数据)估计得到的挂钩汇率的年化标准差 σ 为 0.052。另外,分别用理财产品期初基准日美国和欧元区 3 个月期国债利率^①作为各自的无风险利率, $r_{\text{美元}} = 0.14\%$, $r_{\text{欧元}} = 0.2952\%$ 。抽取正态分布随机数 ε , 产生下一期汇率,如此循环,产生一条汇率路径。重复上述过程 10 000 次,得到在风险中性的条件下,挂钩汇率的 10 000 条变化路径,如图 3-21 所示。

进一步假设投资者在期初投入本金 10 000 元购买该理财产品合约,根据合约中的收益决定条款,对照上述蒙特卡罗模拟方法所模拟的挂钩汇率的变化路径,计算出对应于风险中性条件下的每一条路径,这份理财产品在到期时能够给投资者的回报,将模拟得到的 10 000 条路径所对应的产品到期回报求平均,并以 3 个月期人民币定期存款利率 1.71% 作为投资币种的无风险利率进行贴现,即得到该理财产品发行期初时的理论价值。利用 Matlab 程序实现上述过程,计算出的该理财产品合约的价值为 10 066 元。可见,在本节的模型模拟下,该产品属于折价发行,产品的理论价值要高于发行价。分析 2005 年至 2010 年 3 月,欧元兑美元汇率的走势(如图 3-22 所示)可以发现,在绝大部分时间里挂钩

^① <http://www.ustreas.gov/offices/domestic-finance/debt-management/interest-rate/yield.shtml> 及 Wind 数据库。

汇率都是在参考区间 $[1.2500, 1.4600]$ 的范围内波动，特别是 2009 年 12 月全球三大评级公司下调希腊主权评级引发的欧洲债务危机，使得在该理财产品有效期内，欧元兑美元汇率突破参考区间的可能性不大，投资者有希望获得较高一档的 3.7% 的年化收益率，而同期人民币 3 个月期存款利率只有 1.71% 左右。从这个意义上讲，该理财产品具有一定的投资价值。

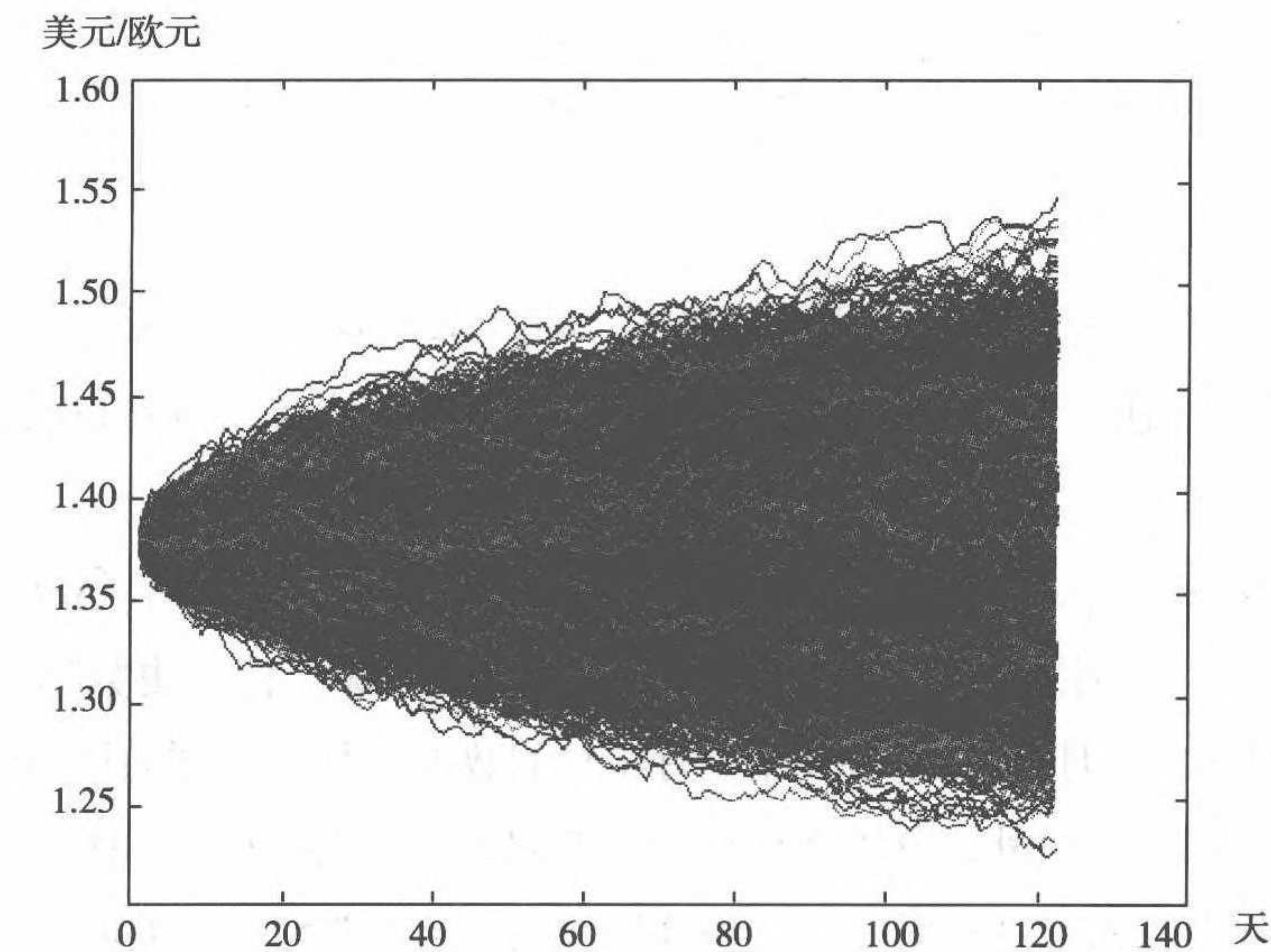


图 3-21 风险中性条件下美元/欧元汇率模拟

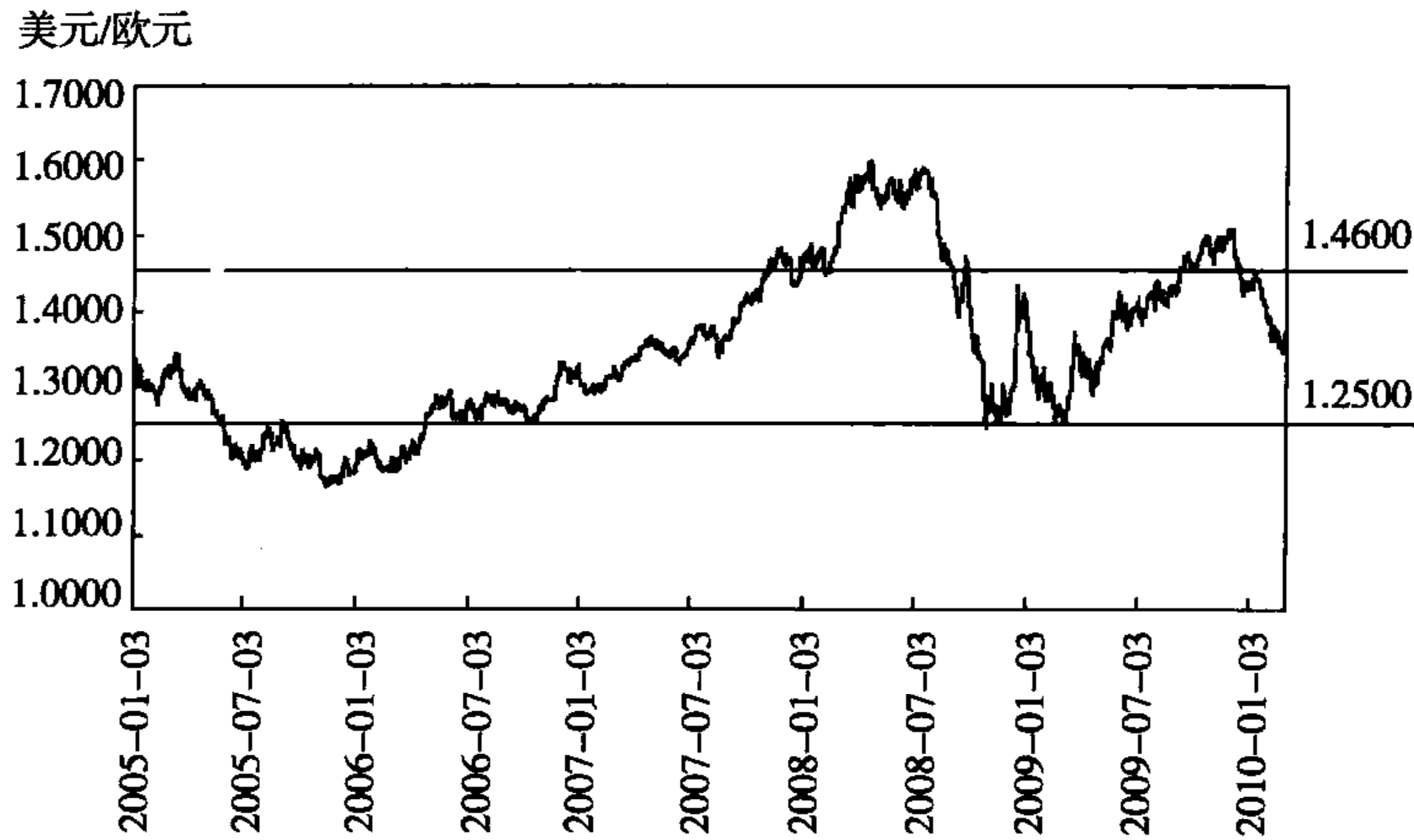


图 3-22 美元/欧元汇率走势

在以上分析的基础上，我们可以进一步考察市场参数（如期初标的资产价

格水平 S_0 、无风险利率 r 、标的资产价格的波动率) 以及产品设计参数 (如障碍汇率、收益支付水平) 对理财产品估值的影响。我们可以通过调整市场参数或者产品设计参数, 利用上述蒙特卡罗模拟方法, 求出对应的理财产品的价值。限于篇幅, 不再介绍。

第四章 商品挂钩型结构化理财产品及其定价

第一节 商品挂钩型结构化理财产品的特征和分类

一、商品挂钩型结构化理财产品的含义和特征

商品挂钩型结构化理财产品是指产品收益直接与某些商品的现货或期货价格或者商品价格指数相挂钩的结构化产品。它可分解成固定收益和期权两部分，其中固定收益部分通常以保证本金或利息收入等形式向客户提供确定的收益，而期权部分则提供与挂钩商品的价格走势相联系的不确定收益。挂钩标的主要集中于贵金属类、能源类、农产品类等。这些商品在国际上大都有相应的市场价格指数或者期货产品。对于那些产品收益与相关行业的股票价格的表现相挂钩的理财产品，例如挂钩于贵金属类、能源类或农业类股票的理财产品，本书则将其归属于股票挂钩型结构化理财产品进行研究。

与利率挂钩型、股票挂钩型、汇率挂钩型结构化产品相比，商品挂钩型结构化理财产品的发行数量、收益和风险程度受宏观经济影响的程度较大。由于商品的价格表现与股票、债券等金融资产在经济周期各阶段中的表现不同步（如图4-1所示），商品现货及以实物商品为标的资产的商品期货合约往往会表现出与货币、股票或债券等传统金融工具相反的风险特征，商品市场通常在通货膨胀率较高的时期有较好表现，具有“抗通胀”的优势。鉴于商品价格与通货膨胀率和通货膨胀增长率之间的正相关关系，商品投资可以对冲投资组合的通货膨胀风险。基于此，商品挂钩型结构化理财产品往往在全球性通货膨胀及商品牛市的背景下成为市场热点。

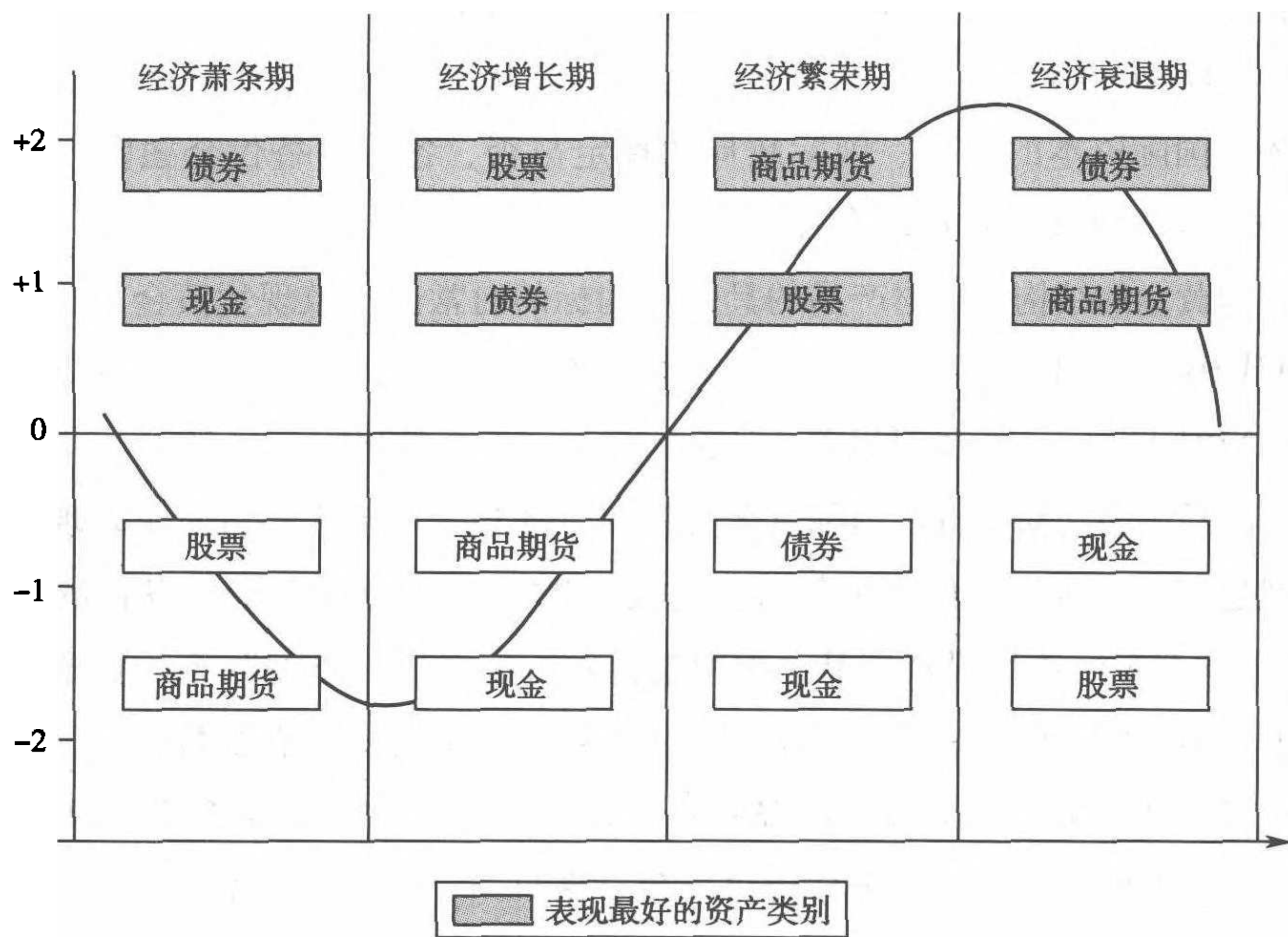


图 4-1 货币、债券、股票和商品期货在经济周期各阶段中的收益比较

二、商品挂钩型结构化理财产品的分类

（一）按挂钩标的商品的种类，分为挂钩黄金等贵金属类的结构化产品、挂钩石油等能源类商品的结构化产品和挂钩农产品的结构化产品等

1. 挂钩黄金等贵金属类的结构化产品

由于黄金供给十分稳定，因此其价格更直接地决定于需求以及货币流通量的变化。当个人投资者面临 CPI 上涨带来的财富缩水、购买力下降等威胁时，从事黄金投资能有效地抵御通货膨胀。在国际形势不稳定的特殊时期，黄金价格的坚挺更加体现了它作为国际投资品的价值。另外，新兴市场经济体的中央银行增持黄金，以实现外汇储备的多元化，减少货币贬值和通货膨胀的影响，这一因素也推动了黄金价格的上涨。

然而，国内的投资者受个人投资黄金的渠道不畅等因素的影响，并不能完全受益于国际金价的上升。与黄金挂钩的结构性存款产品的出现，正满足了投资者希望受益于金价的上升、分享通货膨胀给黄金市场带来的长期收益、在通货膨胀条件下实现资产的增值保值的愿望。当然，与黄金挂钩的结构化产品的

投资者需要承担黄金价格波动的风险、流动性风险、利率风险等。其中，影响黄金价格波动的因素主要包括黄金本身的供求状况、通货膨胀率的高低、利率的走势、国际资本的流向、国际政局的稳定与否、各种可替代金融资产的价格的波动乃至石油价格的升跌等因素。

挂钩黄金的结构化理财产品的具体挂钩标的通常是伦敦现货黄金早盘定盘价（彭博代码：GOLDLNAM Index）或者伦敦现货黄金午盘定盘价（彭博代码：GOLDLNPM Index），单位是以美元计价的每盎司黄金的价格。自2000年以来，伦敦金属交易所金交易一直占国际黄金交易的70%以上，五大银行对伦敦现货金的定价就是整个国际黄金价格的标准。这类理财产品有德意志银行发行的“百利达1”挂钩黄金结构性投资产品、中国银行发行的“中银进取”系列黄金挂钩产品、汇丰银行发行的“汇金富”1年期黄金挂钩产品等；还有少数银行，如荷兰银行发行的“黄金挂钩结构性投资账户”是以银行间电子交易系统（EBS）^① 24小时连续公布的黄金兑美元即期价格（每金衡盎司）作为挂钩标的的。另外，中国农业银行发行的2010年第1期“金钥匙·汇利丰”黄金挂钩理财产品选用了上海黄金交易所9995黄金（成色为99.95%的黄金）价格作为挂钩标的。

另外，还有少数银行发行了挂钩其他金属价格的结构化产品。例如，2009年8月17日，星展银行（中国）推出了首款12个月挂钩白银基金（iShares Silver Trust）的结构性保本投资产品，产品的挂钩标的为目前世界上最大的白银ETF，其价格走势与白银价格走势的相关度为98.9%。德意志银行（中国）有限公司在2009年下半年发行了期限为18个月、挂钩于伦敦金属交易所铜现货价格（彭博代码：LOCADY Commodity）的“百利达2”商品挂钩结构化投资产品。

2. 挂钩石油等能源类商品的结构化产品

该种类型的结构性存款是与商品挂钩的结构性存款中的重要产品，其发展主要是受到能源特别是石油日益受到关注的市场趋势的影响。石油价格的大起大落是国际贸易中最为壮观的景象之一，这也为挂钩石油价格的结构化产品的设计提供了空间。

^① 外汇市场是以银行与银行之间的外汇交易为基础形成的，因此又被称为银行间市场，因为是自发构成的，所以没有全球统一的交易所，是一个场外交易市场。当前，国际上比较常见的银行间电子交易系统主要有路透（Reuters）和EBS。全球即期外汇市场从悉尼时间每周一早上5点开盘，持续交易至纽约时间每周五下午5点收盘。

石油价格的波动态势有短期和长期两种。短期波动具有突发性，在较短的时间内价格迅速跃升至一个高位。这种短期波动大多受政治事件的干扰，如1973年第四次中东战争、1978年年底的伊朗革命等，但此类突发事件的持续时间较短，其影响基本在年度之内。与短期波动相反的是长期波动，这种持续数年的价格波动形态的变化不可能是某一短期扰动因素作用的结果，更可能源自宏观经济层面的作用。石油价格与世界宏观经济密切相关。经济增长是通过对石油的消费量的增长而对石油价格施加影响的。一般来说，当全球经济高速增长时，对石油的需求急剧增加，导致油价高升；当全球经济放缓时，对石油的需求下降，致使油价回落。宏观经济的周期性波动常常伴随着石油价格的起伏。另外，石油具有的价值贮藏功能也会影响油价。由于石油用美元计价，因此，如果美元有贬值预期，那么以美元计价的石油就有升值预期。

挂钩石油价格的结构化理财产品的具体挂钩标的通常是在纽约商品交易所上市交易的美国西得克萨斯中质原油（WTI）^① 期货合约的价格。还有一些银行，如中国银行发行的“中银进取”系列挂钩产品采用了标普高盛原油超额回报指数（S&P GSCI Crude Oil Index Excess Return）^② 作为挂钩标的。

3. 挂钩农产品的结构化产品

以小麦、玉米、大豆等为代表的大宗农产品的价格主要受到供需力量对比的影响。在需求方面，主要的影响因素有人类的食物需求、畜牧业对饲料的需求、以生物能源（比如乙醇行业的玉米用量）为代表的工业需求等；而在供给方面，主要的影响因素有天气变化、土地耕种面积的变化、主要产粮国的农业政策等。

一些挂钩农产品的结构化理财产品采用了不同的具体的挂钩标的。例如，

① 目前，世界三大原油期货分别是纽约商品交易所的轻原油期货（WTI）、伦敦国际石油交易所的布伦特（Brent）原油期货和东京工业品交易所（TOCOM）的中东原油期货，其标的产品分别是美国西得克萨斯的中质原油、北海的布伦特原油和中东地区的原油。这三份合约已经取得了巨大的成功，吸引了大批套期保值者和机构投资者的参与。

② 标普高盛商品指数的前身——高盛指数创立于1991年，高盛公司设计它的目的是为商品市场投资提供一个可靠的、公开可行的业绩基准。2007年2月，标准普尔公司从高盛公司手中购买了该指数，所以该指数被重新命名为标普高盛商品指数（S&P GSCI）。目前，标普高盛商品指数是国际市场上资金跟踪量最大的商品指数。标普高盛商品指数的品种体系中包括能源类商品指数、农产品指数、工业金属类指数等。标普高盛商品指数的指数值体系中包括现货价格指数、超额回报指数、总收益率指数。标普高盛原油超额回报指数是标普高盛商品指数系列中最重要的一种衡量原油价格变化的指标。

中国银行在2010年1月发行的“中银进取10001A”结构化产品选取的挂钩标的是标普高盛农产品超额回报指数（S&P GSCI Agriculture Official Close Index Excess Return），德意志银行在2009年9月发行的德银农产品收益优化指数挂钩结构性投资产品选用的挂钩标的是德银农产品收益优化指数（彭博代码：DBLCY-EAG Index），中国农业银行于2007年11月发行的2年期的“汇利丰·金土地1号”理财产品的挂钩标的为小麦、大豆、玉米的期货价格，荷兰银行于2009年4月发行的“优选农产品篮子”挂钩结构性存款采用了在芝加哥期货交易所（CBOT）上市交易的小麦、玉米和在洲际交易所（ICE）上市交易的原糖这三种期货合约的价格作为挂钩标的。

（二）按产品收益的决定方式和特征分类

与股票挂钩型产品和汇率挂钩型产品类似，商品挂钩型产品的收益与挂钩标的之间的关系也反映出其内嵌的奇异期权。为此，商品挂钩型产品也可分为如下几类。

1. 区间触发型产品

发行方设定一个触发条件，一旦在观察期内（或者观察期末）挂钩标的的价格达到触发条件，产品的最终收益率将为投资者和发行方事先约定的某一收益率，否则为另一收益率水平。这一产品实际上内嵌了数字期权或触点期权。

【案例4.1】中国银行在2009年12月16日发行成立了一款挂钩黄金价格的结构化产品。其主要条款如表4-1所示。

表4-1 “搏·弈 BY09096-V（金上加金）”结构化产品的主要条款

产品名称	“搏·弈 BY09096-V（金上加金）”结构化理财计划
发行银行	中国银行
产品期限	3个月
挂钩标的	伦敦现货黄金价格
投资币种	美元
收益决定条款	如果在观察期内（2009年12月16日至2010年3月12日），挂钩标的曾经等于或者高于观察水平（投资期初以美元计价的每盎司黄金价格+35.00），则产品到期时的年化收益率为2.30%；如果在观察期内，挂钩标的始终保持在观察水平之下，则产品到期时的年化收益率为0.36%

显然，这一产品内嵌了单触点一触即付期权。

〔案例 4.2〕荷兰银行（中国）有限公司在 2009 年 7 月发行了一款挂钩石油价格的结构化产品。其主要条款如表 4-2 所示。

表 4-2 “全球能源系列”石油挂钩结构化产品的主要条款

产品名称	“全球能源系列”石油挂钩结构性投资
发行银行	荷兰银行（中国）有限公司
产品期限	12 个月
挂钩标的	美国西得克萨斯中质原油期货合约价格
投资币种	美元
收益决定条款	若挂钩标的的期末价格 $> 120\% \times$ 期初价格，则投资者的到期所得为 $112.5\% \times$ 本金金额；若挂钩标的的期末价格 $\leq 120\% \times$ 期初价格，则投资者的到期所得为 $90\% \times$ 本金金额

可见，这一产品属于非保本的产品，内嵌了数字期权。

〔案例 4.3〕2009 年 8 月，恒生银行推出了一款内嵌双触点不触即付期权的黄金挂钩结构性投资产品。其主要条款如表 4-3 所示。

表 4-3 恒生银行黄金挂钩结构化产品的主要条款

产品名称	持有到期百分百保本黄金挂钩结构性投资产品
发行银行	恒生银行（中国）有限公司
产品期限	12 个月
挂钩标的	路透社“GOFO”版面公布的每盎司黄金上午定盘价
投资币种	人民币
收益决定条款	以 2009 年 8 月 28 日参考金价的 115% 及 85% 为上下限区间，金价变动共有两种回报情况：若投资期内金价在这一区间内波动，则客户在到期时即可获得 5% 的回报；若金价走势曾触碰区间的上下限或超出该区间，则客户可在到期时取得 0.36% 的回报

2. 区间累积型挂钩产品（Range Accrual Note）

这种产品的投资收益取决于挂钩标的在理财产品有效期内落在设定区间内的天数。如果挂钩标的落入该区间，则投资者在当天获得固定的较高的收益率；否则，投资者将获得一个较低的收益率。如此每日累计，按年计息。由此，到期时投资者的实际收益可表示为 $R \times n/N$ （ n 为产品有效期内挂钩标的处于参考区间内的实际天数， N 为有效期的实际天数）。

〔案例 4.4〕中国银行在 2005 年 6 月发行了一款区间累积型挂钩产品。其主

要条款如表 4 - 4 所示。

表 4 - 4 汇聚宝 0508B 挂钩型产品的主要条款

产品名称	汇聚宝 HJB0508B “金易求金”
发行银行	中国银行
产品期限	6 个月
挂钩标的	伦敦每盎司黄金上午定盘价
投资币种	美元
收益决定条款	产品投资的年收益率为： $4.00\% \times a/N + 1.00\% \times b/N$ 。其中， a 为观察期内每盎司黄金价格处于观察区间内的实际日历天数； b 为观察期内每盎司黄金价格处于观察区间外的实际日历天数； N 为观察期的实际日历天数。每盎司黄金价格的观察区间为 $[420, 445]$

【案例 4.5】花旗银行于 2006 年 6 ~ 12 月连续发行多期“挂钩黄金价格每日累计收益”结构性投资账户。其主要条款如表 4 - 5 所示。

表 4 - 5 花旗银行挂钩黄金价格结构化产品的主要条款

产品名称	“挂钩黄金价格每日累计收益”结构性投资账户
发行银行	花旗银行（中国）有限公司
产品期限	6 个月
挂钩标的	伦敦每盎司黄金上午定盘价
投资币种	美元
收益决定条款	产品预设的价格波动幅度为初始价格的上下各 15%，共计 30% 的波动。产品投资的年收益率为： $5.5\% \times n/360$ 。其中， n 为黄金价格观测值落入预设区间的实际天数，即在观察期内，若当天的黄金价格观测值落入预设区间，那么投资者当天可获得 5.5% 的年收益率；若当天的黄金价格观测值落在预设区间外，那么投资者当天的收益为零

3. 收益分享型挂钩产品

当投资者的风险承受能力较强，并且预期挂钩标的将会有较明显的上涨或下跌的趋势时，便可以通过选择收益分享型挂钩产品，按照理财产品合约中所设定的参与率水平，来分享挂钩标的的单方向变化所带来的收益。发行银行通常设定一个执行价格 X 和一个敲出价格 H 。在挂钩标的未突破敲出价格的前提下，挂钩标的在到期日的值 S_T 按一定的线性比例（由理财产品合约的参与率反映）决定给予投资者的回报；而当挂钩标的达到事先设定的某一障碍汇率（敲

出价格) 时, 只给投资者一份固定收益的补偿。因此, 综合看来, 这类理财产品合约实际上内嵌了一个触及失效期权。发行银行通过这一设计, 可以将其支付给投资者的收益控制在一定范围之内。

【案例 4.6】荷兰银行(中国)有限公司在 2009 年年底发行了“点位看涨系列”黄金挂钩结构性投资理财产品。其主要条款如表 4-6 所示。

表 4-6 荷兰银行黄金挂钩结构化产品的主要条款

产品名称	“点位看涨系列”黄金挂钩结构性投资理财产品
发行银行	荷兰银行(中国)有限公司
产品期限	起始日为 2009 年 12 月 30 日, 共 6 个月
挂钩标的	EBS 黄金现货价格
投资币种	澳元
收益决定条款	期初黄金价格 S_0 为每盎司 1 135 美元, 设定的障碍价格为: 期初价格 $\times 120\%$, 即 1 362 美元/盎司。如果在观察期内, 黄金价格始终小于障碍价格, 并且期末价格 S_T 大于期初价格, 则到期时理财产品返还给投资者的金额为: $97.5\% \times \text{本金金额} + \frac{S_T - S_0}{S_0} \times \text{本金金额}$; 若在观察期内, 黄金价格曾经等于或大于障碍价格, 则到期时理财产品返还给投资者本金金额的 100%; 若在观察期内黄金价格始终小于障碍价格, 并且期末价格小于或等于期初价格 S_0 , 则到期时只返给投资 97.5% 的本金金额

其收益回报如图 4-2 所示。

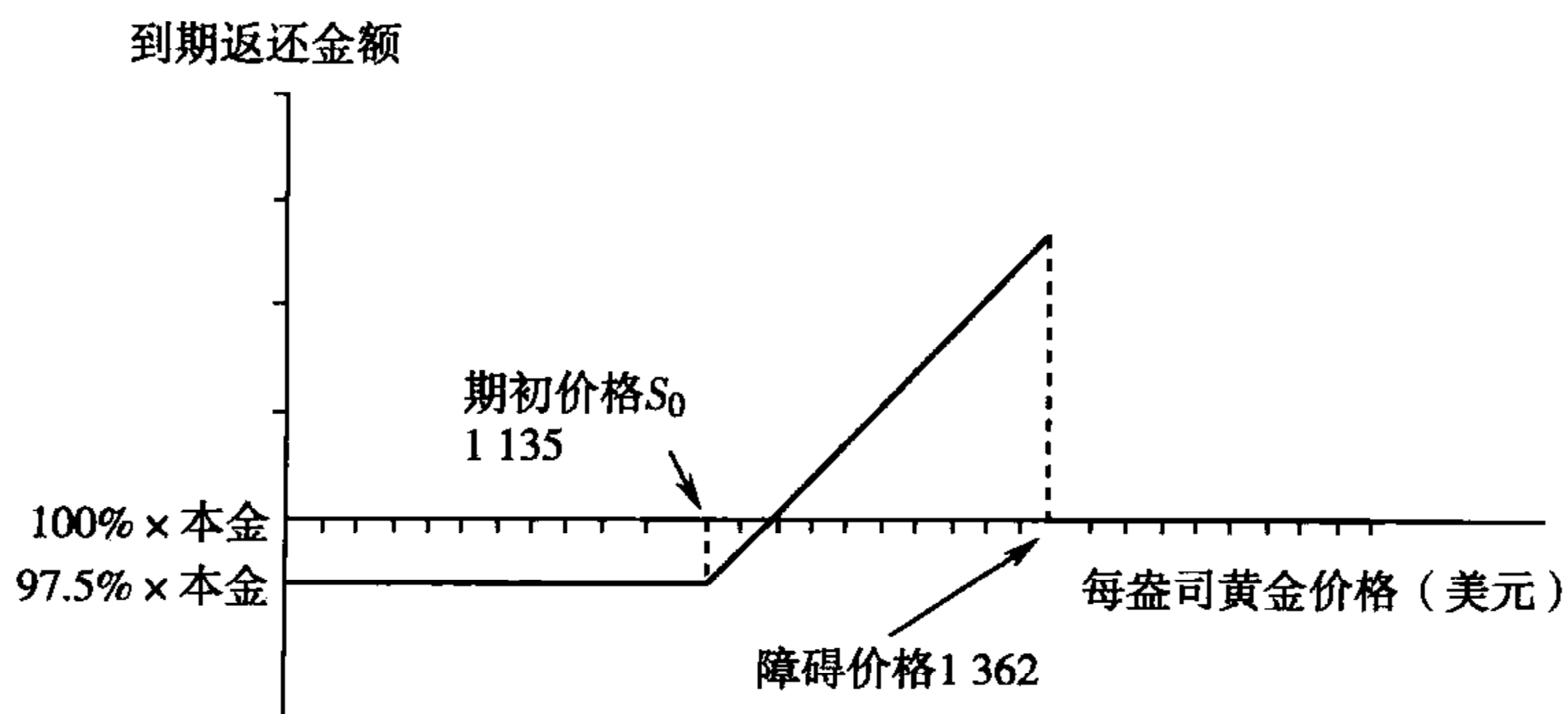


图 4-2 荷兰银行“点位看涨系列”黄金挂钩结构性投资理财产品收益特征

可见, 该产品属于非保本的看涨黄金的结构化产品。如果产品投资期末的黄金价格低于期初价格, 则投资者损失 2.5% 的本金。同时, 如果在投资期内,

黄金价格上涨且从未触及障碍价格，则客户可完全分享黄金上涨所带来的收益；但一旦黄金价格触及障碍价格，发行银行出于保护自身的考虑，将锁定成本，只偿还投资者本金，利息率为零。

〔案例 4.7〕德意志银行在 2009 年 9 月发行了德银农产品收益优化指数挂钩结构性投资产品，主要条款如表 4-7 所示。

表 4-7 德意志银行挂钩农产品指数结构化产品的主要条款

产品名称	德银农产品收益优化指数挂钩结构性投资产品
发行银行	德意志银行（中国）有限公司
产品期限	12 个月
挂钩标的	德银农产品收益优化指数
投资币种	人民币
收益决定条款	挂钩标的的最终表现的计算公式为： $R = (F/I - 1)$ 。其中， I 为挂钩标的的期初价格， F 为挂钩标的在投资期内任一交易日的收市价格。在投资期内的任一交易日，如果挂钩标的的收市价格相对于期初价格的上涨幅度超过 25%，则定义为触发事件发生。产品到期所得有两种情况：一是如果触发事件没有发生，则到期所得 = 投资本金 \times 100% + 投资本金 \times 较大值（-10%，最终表现）；二是如果触发事件发生，则到期所得 = 投资本金 \times 105%

其到期收益情况如图 4-3 所示。

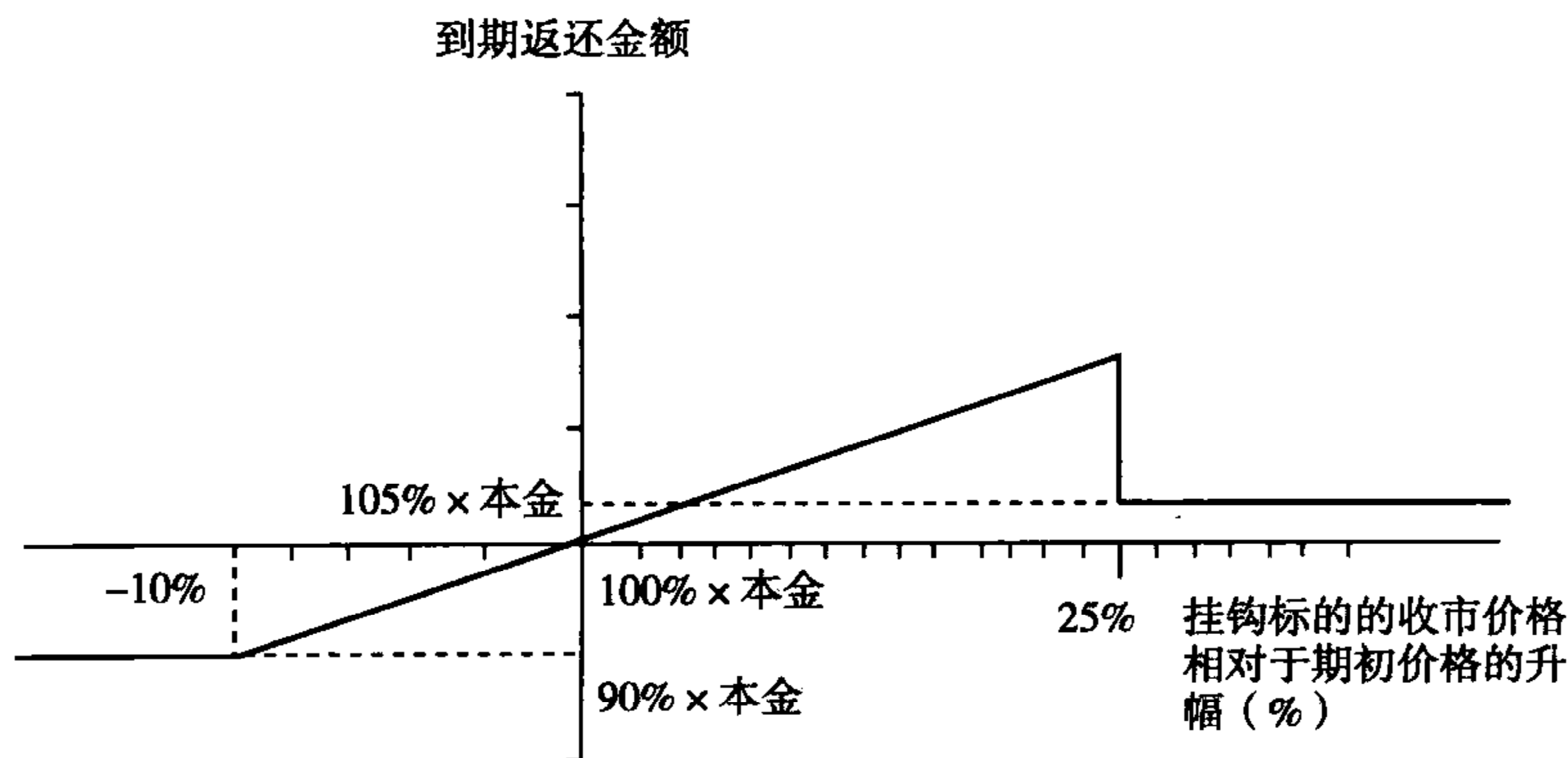


图 4-3 德银农产品收益优化指数挂钩结构性投资产品的收益特征

由图 4-3 可见，该理财产品为非保本产品，若客户持有该产品到期，在

最不利的情况下，客户的投资收益可能为零，且可能只能取回 90% 的投资本金。当挂钩标的的收市价格相对于期初价格的涨幅达到 24.99% 时，客户可获得的最高收益为 24.99%；但一旦触及 25%，则客户的投资收益只能达到 5%。部分保本限制为：该产品的 90% 的投资本金保证以客户持有该产品到期为前提。

4. 挂钩一篮子商品的结构化产品

这类理财产品的投资收益与多种商品价格指数挂钩，投资者最终实现的收益水平取决于各个挂钩商品价格指数在有效期内的表现情况及其与触发事件的关系。该款产品在构造上实际上嵌入了一个彩虹期权，包括：（1）最小值彩虹期权。其到期收益取决于产品存续期内多个挂钩商品中表现最差的资产的收益。（2）最大值彩虹期权。其到期收益取决于产品存续期内多个挂钩商品中表现最好的资产的收益。（3）平均值期权。其到期收益取决于挂钩商品在产品存续期内的价格的平均表现。

【案例 4.8】中国银行在 2009 年 6 月发行了中银进取 09003A—人民币标普高盛原油和铜超额回报指数挂钩产品。其主要条款如表 4-8 所示。

表 4-8 中银进取 09003A 结构化产品的主要条款

产品名称	中银进取 09003A—人民币标普高盛原油和铜超额回报指数挂钩产品
发行银行	中国银行
产品期限	2009 年 6 月 23 日至 2010 年 6 月 23 日
挂钩标的	标普高盛原油超额回报指数和标普高盛铜超额回报指数
投资币种	人民币
收益决定条款	在产品有效期内的任何一个观察日，如果两个挂钩标的的期末价格均大于或等于各自期初价格的 110%，则定义为触发事件发生。如果触发事件发生，则理财产品的收益率为 6.5%；如果触发事件未发生，则理财产品的收益率为 0.36%

可见，这一理财产品的收益率取决于多个挂钩商品价格指数中表现最差的那个指标相对于其期初价格的上涨幅度是否超过 10%。这一理财产品实际上内嵌了最小值彩虹期权。

【案例 4.9】交通银行在 2007 年年底发行了一款挂钩于黄金和石油价格的理

理财产品，其条款如表 4-9 所示。

表 4-9 “得利宝”结构化产品的主要条款

产品名称	“得利宝·丹青 1 号—黄金加油”人民币个人理财产品
发行银行	交通银行
产品期限	2007 年 12 月 29 日至 2010 年 12 月 29 日
挂钩标的	伦敦黄金下午定盘价和美国西得克萨斯轻质原油定盘价
投资币种	人民币
收益决定条款	从投资起始日开始，每个季度为一个观察期。第 N 个观察期的挂钩标的的观察价格为黄金和石油在该观察期的最后 5 个工作日（即季度观察日）的价格的平均值。如果在任何一个提前终止确定日，黄金和石油在该季度的观察价格均高于或者等于各自初始价格的 102%，即发生提前终止事件，则产品将被提前终止，并按相应的各档回报率支付收益。如果没有出现提前终止事件，则若到期时，黄金和石油的最终观察价格均等于或高于各自初始价格的 102%，则到期投资收益率为 36%；若到期时，黄金和石油中任何一个（或两个）的最终观察价格小于各自初始价格的 102%，则到期投资收益率为零

该产品实际上也内嵌了最小值彩虹期权，其到期收益取决于产品存续期内黄金和石油这两个挂钩标的中表现最差的标的的涨幅是否超过 2%。

第二节 商品挂钩型结构化理财产品的发展动态

自 20 世纪 70 年代起，欧美发达国家开始兴起黄金挂钩型结构化产品。1973 年，法国政府在国内发行了年利率为 7%、长达 15 年、总额高达 65 亿法郎的本息与黄金价格挂钩的债券。1997 年，TVX 黄金公司发行的面值为 2.5 亿美元、与黄金挂钩的可转换债券是 20 世纪发行数额最高的黄金挂钩型结构化产品。该债券的投资者在 5 年期满时除了可以获得本金和 5% 的利息之外，还可以获得自发行期至 2002 年 3 月黄金价格上升所带来的额外收益。进入 21 世纪后，花旗集团、渣打银行、加拿大皇家银行、苏格兰皇家银行、雷曼兄弟公司等大型外资银行都发行过大量的与黄金挂钩的结构性存款产品。与黄金挂钩的结构化产品经过数十年的发展，产品形式日趋多样，结构日趋灵活复杂。由美国证券交易委员会披露的报告可知，2006 年，由金融机构发行的与黄金挂钩的结构化产品

的市场规模达 370 万美元，占当年发行的结构化产品的市场规模的 33%。这其中并未包括非金融机构发行的与黄金挂钩的结构化产品，也不包括在场外交易的产品。由于结构化票据基本上在场外市场上进行交易，因此其市场规模远远不止于美国证券交易委员会所披露的规模。

中国银行在 2005 年年初发行了我国国内较早的黄金挂钩产品，其主要条款如表 4-10 所示。

表 4-10 “美元日进斗金”理财计划的主要条款

产品名称	“美元日进斗金”理财计划
发行银行	中国银行
产品期限	2005 年 2 月 3 日至 2005 年 6 月 3 日
挂钩标的	伦敦黄金上午定盘价
投资币种	美元
收益决定条款	如果在投资期限内黄金的价格波动范围均为 410 ~ 435 美元，则到期实际收益率为 1.6%；否则，收益率为 $3.2\% \times \text{ACT}/360$ （ACT 为黄金价格落在 410 ~ 435 美元范围内的实际天数）

兴业银行在 2006 年首先推出与石油价格挂钩的结构性存款，其主要条款如表 4-11 所示。

表 4-11 兴业银行“万汇通”结构性存款的主要条款

产品名称	“万汇通”——“石油天天利”
发行银行	兴业银行
产品期限	12 个月
挂钩标的	纽约商品交易所轻质原油期货的日收盘价
投资币种	美元
收益决定条款	投资收益取决于石油价格落在观察区间的天数。具体计算公式为： $7\% \times n/N$ 。其中， N 为投资期的日历天数， n 为石油价格落在观察区间的日历天数。观察区间为 $[\text{spot} - 5, \text{spot} + 5]$ 。其中，spot 为投资期初基准日的石油价格

招商银行在 2006 年 11 月推出了与雷曼兄弟农产品指数的表现挂钩的保本浮动收益型人民币理财产品。交通银行的“得利宝·丹青”，中国农业银行的“汇

利丰”外汇理财产品系列，中国工商银行的“财汇通”、“行家一万家金喜”等都是挂钩黄金、石油等的结构化产品。

2007 年至 2008 年上半年，受全球流动性过度宽松及新兴市场国家的经济高速增长刺激了需求等因素的影响，国内外大宗商品的价格开始出现较大幅度的攀升（如图 4-4、图 4-5 和图 4-6 所示）。黄金价格在 2008 年中期接近每盎司 1 000 美元；石油价格在 2008 年 7 月达到每桶 147.27 美元的历史高点；全球基础农产品以及生物燃料需求紧张，也导致小麦、玉米、大米等农产品的价格飞速上涨。2007 年，美国市场上玉米、棉花的价格上涨了 30%，大豆价格上涨了 83%，小麦价格的涨幅超过了 100%。在持续通货膨胀的压力下，很多商业银行争相推出各类挂钩石油、农产品、黄金等的理财产品。根据 MTN-I 的统计，在美国，商品挂钩型产品的发行额自 2007 年上半年的 78 亿美元增长至 2008 年上半年的 158 亿美元；而受利率挂钩型产品和股票挂钩型产品的销售额下降的影响，同期结构化产品的销售总额下降近 20%。^① 许多原本直接投资于商品市场的资金转而投资商品挂钩型结构化产品。

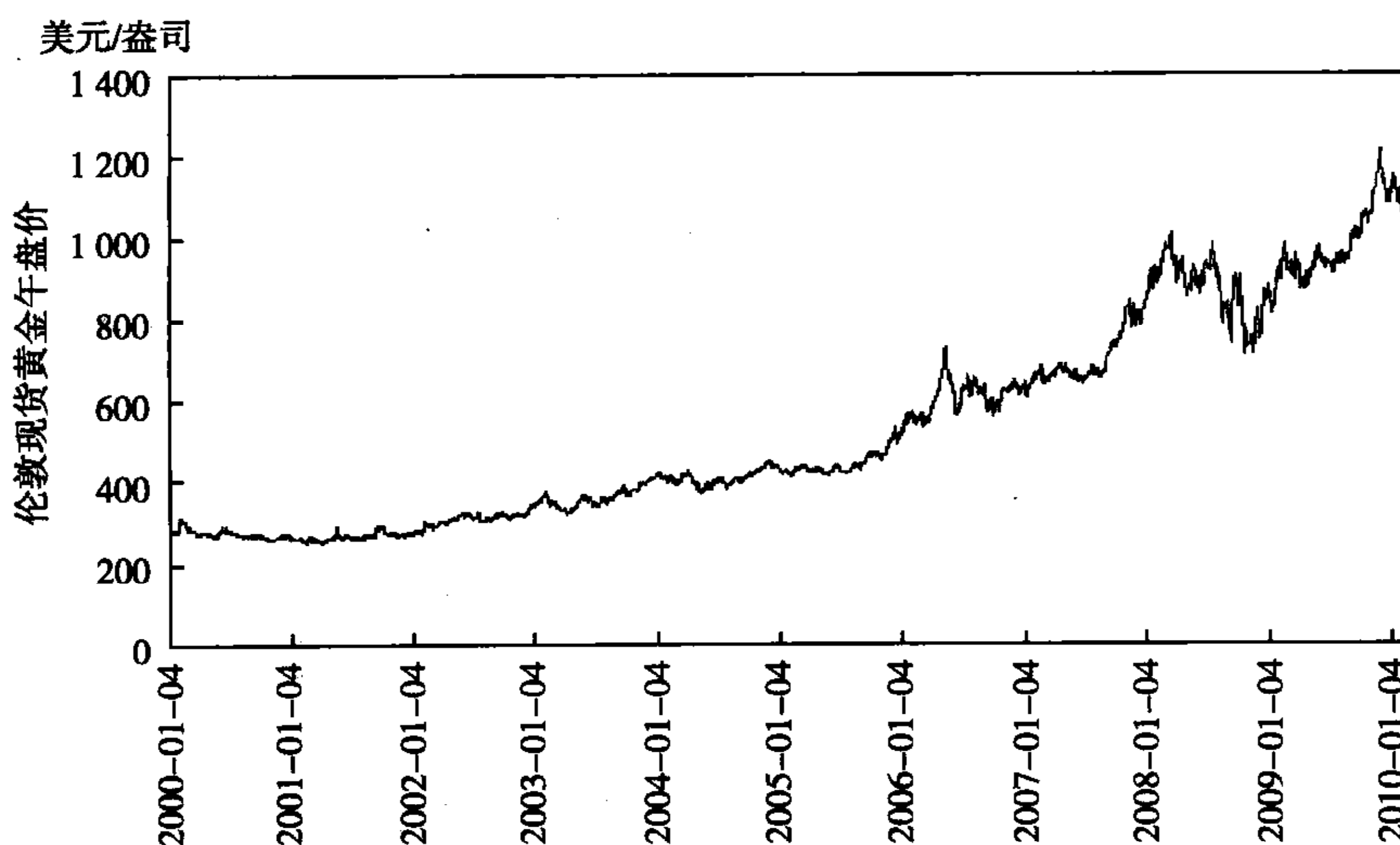


图 4-4 黄金价格近十年的走势

^① Jacob Bunge, “Commodity - Linked Notes Drawing More Investors”, Financial Correspondent - HedgeWorld.com, July, 2008.

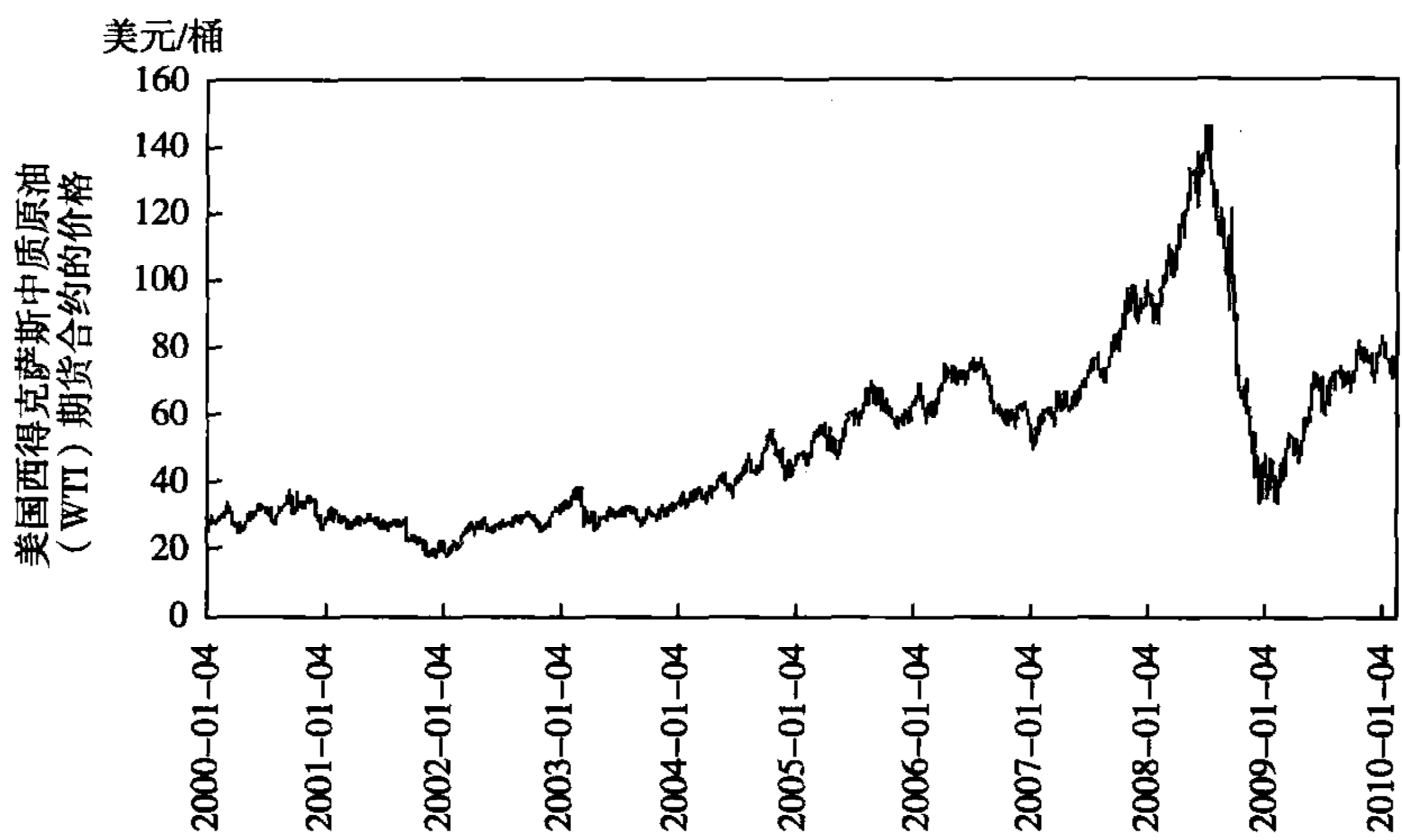


图 4-5 石油价格近十年的走势

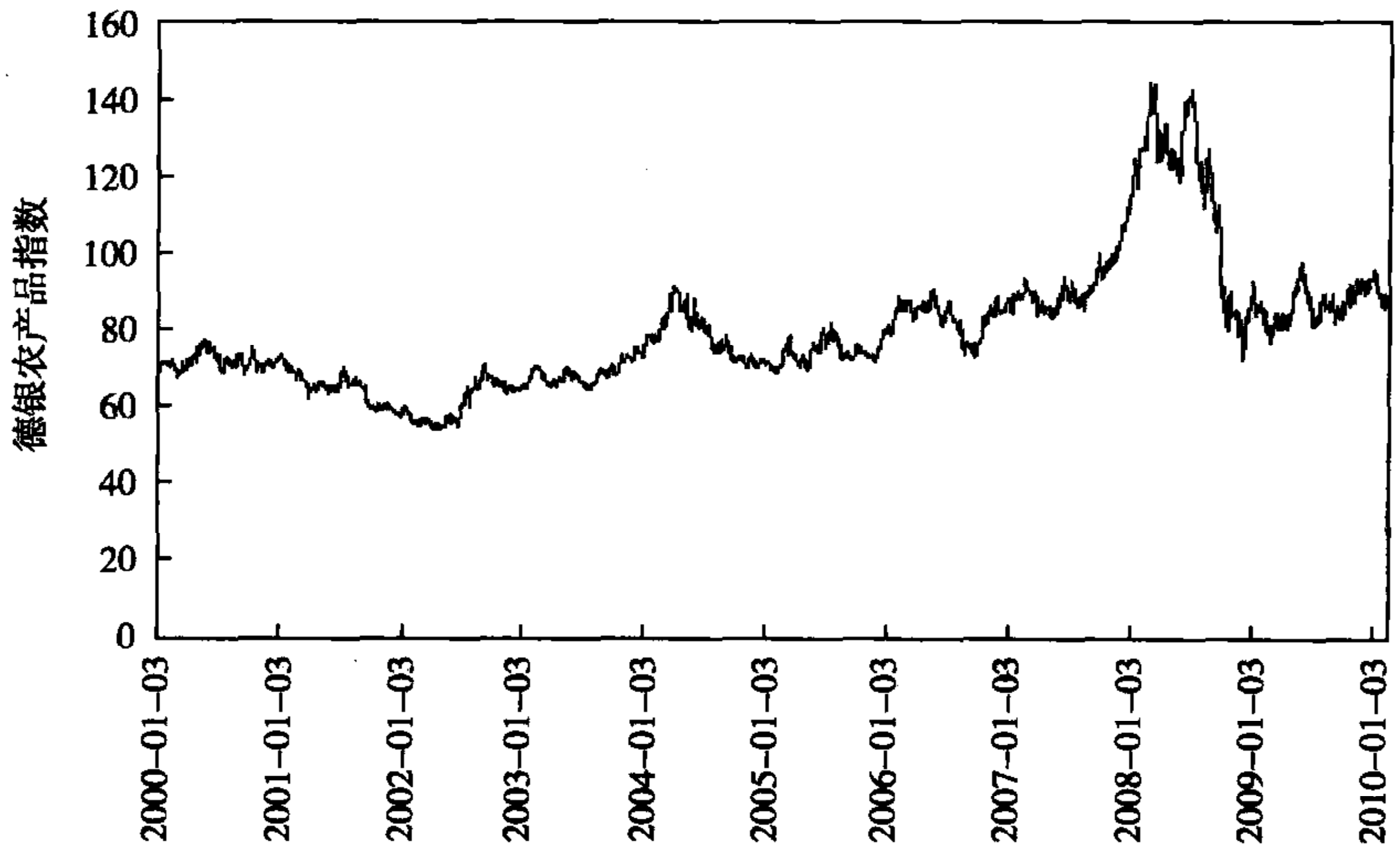


图 4-6 农产品价格指数近十年的走势

全球商品市场的大牛市，让这些银行理财产品获得了较高的收益，受到了投资者的推崇。从国内公布的结构化理财产品的收益情况看，在 2007 年到期的商品挂钩型结构化理财产品几乎都取得了不俗的市场表现。在外资银行中，荷兰银行推出的全球能源系列石油挂钩结构性存款的最终收益率达到 12.69%。在国内的商业银行中，交通银行推出的“得利宝·丹青 1 号—黄金加油”结构化理财产品在扣除管理费用之后，年收益率达到 8.72%；中国银行、交通银行和华夏银行推出的挂钩原油的结构化理财产品也都取得了超过 5% 的年净收益率。

2008 年上半年，国际石油、黄金和一些农产品的价格继续上涨，商品挂钩型结构化产品的收益表现依旧强劲。例如，交通银行推出的“得利宝·浓青一五谷丰登收益优化”系列农产品指数挂钩型美元产品，其上半年的到期年化收益率为 12%；而华夏银行推出的一款挂钩商品指数的理财产品在 2008 年第一季度和第二季度的收益率则分别达到 18.1% 和 14.59%。

但自 2008 年 7 月开始，随着全球经济衰退、对大宗商品的需求锐减、美元走强以及资金大规模撤离，大宗商品价格的阶段性拐点突然出现，国际油价率先出现大幅跳水，黄金、农产品等其他大宗商品的价格纷纷紧随其后，掉头向下。石油价格在 2009 年 2 月 12 日跌至 33.55 美元/桶的谷底，在短短 7 个多月的时间里，跌幅达到 77%。黄金价格及农产品价格出现较大幅度的下跌，使得商品挂钩型结构化理财产品的风险骤然出现。很多到期的相关挂钩型结构化理财产品出现零收益甚至负收益的情况，许多未到期的理财产品则出现严重浮亏损，有的产品甚至被迫提前赎回清算。东亚银行推出的一款挂钩黄金的理财产品的收益率只有 0.5%，是预期收益 8% 的 1/16。中国农业银行发行的一款挂钩于国际农产品，包括小麦、大豆和玉米的期货价格的名为“汇利丰·金土地 1 号”的理财产品，原定投资期限为 2 年，2009 年 11 月 26 日到期，客户不能提前赎回，但由于其挂钩的农产品期货价格自 7 月份以来突然步入下行通道，这款产品的净值随之出现大幅波动。2009 年 7 月 16 日，该产品的净值为 1.13 元，但短短一周之后，该产品的净值猛跌至 1.0732 元，跌幅超过了 5%。为了保证客户的利益，发行银行破例允许投资者在产品到期前提前赎回。

进入 2009 年以来，受世界各国经济复苏预期、美元贬值激发了对黄金和石油的保值性投资需求以及中东局势不稳定等因素的综合影响，黄金价格和石油价格出现强劲反弹。黄金价格在 2009 年年底突破了每盎司 1 200 美元，创历史新高。石油价格也反弹至 80 美元/桶左右，在近一年之内，价格涨幅超过 120%。在这一背景下，挂钩能源、黄金等的结构化理财产品的发行数量出现较大幅度的增加。特别是 2009 年黄金价格的持续上涨，使得多家银行同时发行挂钩黄金价格的结构化理财产品，这表现出不同机构对黄金市场走势的判断趋于一致，黄金作为避险资产受到追捧。

商品挂钩型结构化理财产品的发行数量的动态变化情况如图 4-7 所示。

表 4-12 汇总了 2009 年以来，一些银行发行的具有代表性的商品挂钩型结

构化理财产品。

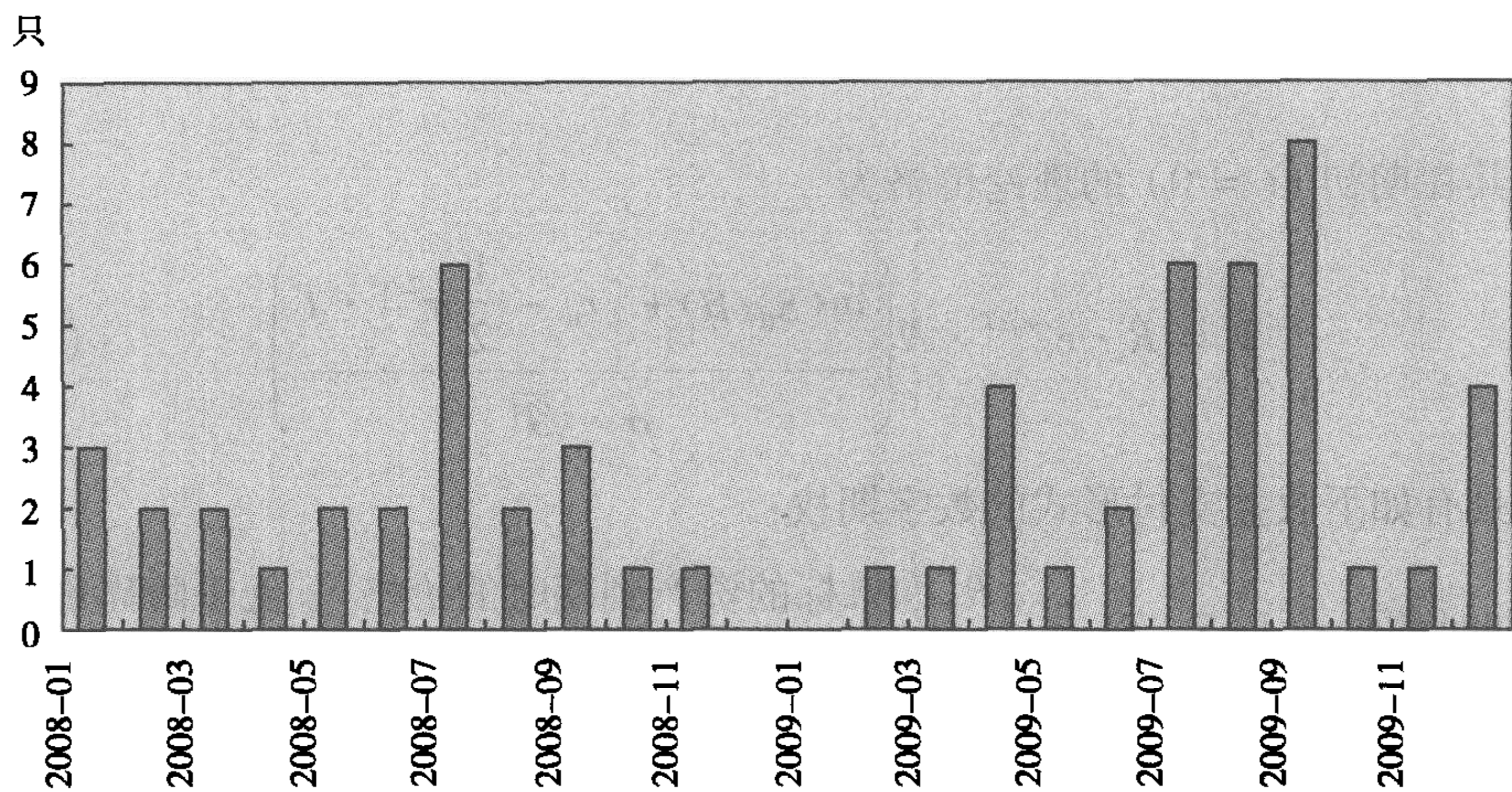


图 4-7 商品挂钩型结构化理财产品的发行数量的变化

表 4-12 商品挂钩型结构化理财产品汇总表

发行银行	产品名称	挂钩标的	产品特征
中国银行	“中银进取”系列	黄金价格、石油价格等	区间触发型
德意志银行	“百利达”挂钩黄金结构性投资产品	黄金、铜、农产品价格指数	区间触发型 收益分享型
荷兰银行	“点位看涨”系列 “多区间累计”系列 “双区间触发”系列 “优选农产品篮子”挂钩结构性存款	黄金、小麦、玉米、糖等期货价格	收益分享型 区间触发型 区间累积型
汇丰银行	“汇金富”结构性投资产品	黄金价格	收益分享型
法兴银行	1 年期黄金挂钩人民币投资产品	黄金价格	收益分享型及区间触发型

第三节 商品挂钩型结构化产品的定价案例分析

一、触发式商品挂钩型结构化产品的定价案例

（一）内嵌数字期权的商品挂钩型结构化产品的定价

可以证明，具有以下标准形式的数字期权：

到期时的收益 $V(S_T, T) = \begin{cases} R, & \text{如果标的资产到期时的价格 } S_T \text{ 高于障碍价格 } K \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

其在期初 ($t = 0$) 的理论价格为

$$V = R \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N\left(\frac{\ln(S_0/H) + [r_d - \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (4-1)$$

具有如下收益支付形式的数字期权:

到期时的收益 $V(S_T, T) = \begin{cases} R, & \text{如果标的资产到期时的价格 } S_T \text{ 低于障碍价格 } K \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

其所对应的期权初始价值为

$$V^* = R \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N\left(-\frac{\ln(S_0/H) + [r_d - \frac{1}{2}\sigma^2] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}\right) \quad (4-2)$$

其中, S_0 为期初的挂钩标的的价格, H 为协定障碍价格, r_d 为无风险利率, σ 为挂钩标的的波动率, T 为到期日至期初的时间间隔。

【案例 4.10】 中国银行发行的中银进取 0902A 理财产品, 其投资收益计算的 (期初) 基准日为 2009 年 6 月 2 日, 期末观察日为 2010 年 6 月 1 日, 挂钩标的为标普高盛能源超额回报指数, 投资货币为人民币, 投资收益的决定方式为: 当挂钩标的的期末价格达到或超过期初基准日价格的 135% (即 $135\% \times$ 期初价格) 时, 到期时的投资收益率为 6.5%; 否则, 收益率为 0.36%。

上述理财产品的到期收益与挂钩标的在有效期内的变化路径无关, 只依赖于挂钩标的在到期日 T 的价格 S_T 与障碍价格 H 之间的关系, 因而内嵌了标准的数字期权。

由于挂钩标的——标普高盛能源超额回报指数在期初基准日 (2009 年 6 月 2 日) 的价格 S_0 为 268.13, 根据中银进取 0902A 理财产品的条款, 障碍价格 H 为 361.98, 假设投资者在期初投入本金 1 万元购买 1 个单位的该理财产品合约, 则该理财产品在到期时给投资者的回报情况为

到期时的收益 $V(S_T, T) = \begin{cases} 10\ 650, & \text{期末的挂钩标的值高于 } 361.98 \\ 10\ 036, & \text{期末的挂钩标的值低于 } 361.98 \end{cases}$

对于内嵌数字期权的上述产品，我们可以计算出其在发行期初的理论价值。如果该产品的期初理论价值低于发行价格即 1 万元，则银行将获得一定的利润。

由于在期末的挂钩标的值低于障碍价格时，该产品仍支付 0.36% 的保本收益，而不是零，为直接利用标准形式的数字期权定价公式，可将该理财产品分为两部分：一是固定收益部分，即不管挂钩标的值是否触及障碍价格，都支付本金 $\times (1 + 0.36\%)$ ，即 10 036 元；二是标准的数字期权部分，其到期时的收益情况为

$$\text{到期时的收益 } V(S_T, T) = \begin{cases} 614, & \text{期末的挂钩标的值高于 } 361.98 \\ 0, & \text{期末的挂钩标的值低于 } 361.98 \end{cases}$$

该理财产品的收益分解情况如图 4-8 所示。

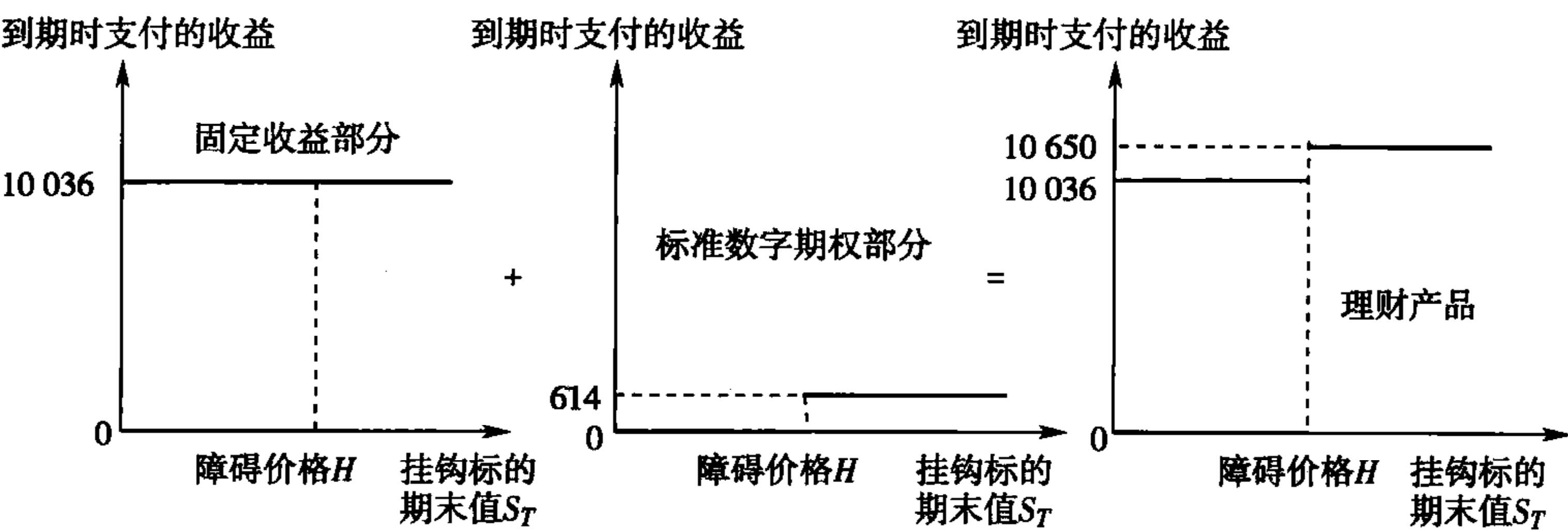


图 4-8 中银进取 0902A 理财产品收益分解

综上所述，中银进取 0902A 理财产品在期初时的合理价值 PV 为上述固定收益部分与数字期权部分的期初价值 $V(S_T, T)$ 之和，即

$$PV = 10\,036 \cdot e^{-r_d \cdot 1} + V(S_T, T) \tag{4-3}$$

我们选择 2009 年 6 月 2 日的人民币 1 年期定期存款利率作为无风险利率， $r_d = 2.25\%$ 。根据挂钩标的在 2009 年 6 月 2 日之前一年内，即 2008 年 6 月 2 日至 2009 年 6 月 2 日的数据，计算出挂钩标的变化率的目标标准差，并将其转化为年标准差。经过计算， $\sigma = 0.2449$ 。将以上相关数据代入到式 (4-1) 和式 (4-3)，得到的标准数字期权部分的理论价格 $V = 537.57$ 元，固定收益部分的期初理论价格为 9 812.7 元。两者的总和约为 10 350 元。这一数据表明，该理财产品的理论价值要高于其发行面值，它有一定的投资价值。从挂钩指数的历史走势（如图 4-9 所示）看，2009 年 6 月发行时的期初点位与障碍价格都处于历

史低位，在1年的产品有效期内，如果全球经济复苏，则挂钩指数突破障碍价格的可能性较大，投资者有望取得6.5%的年化收益率，这一水平远高于2.25%的同期人民币定期存款利率。

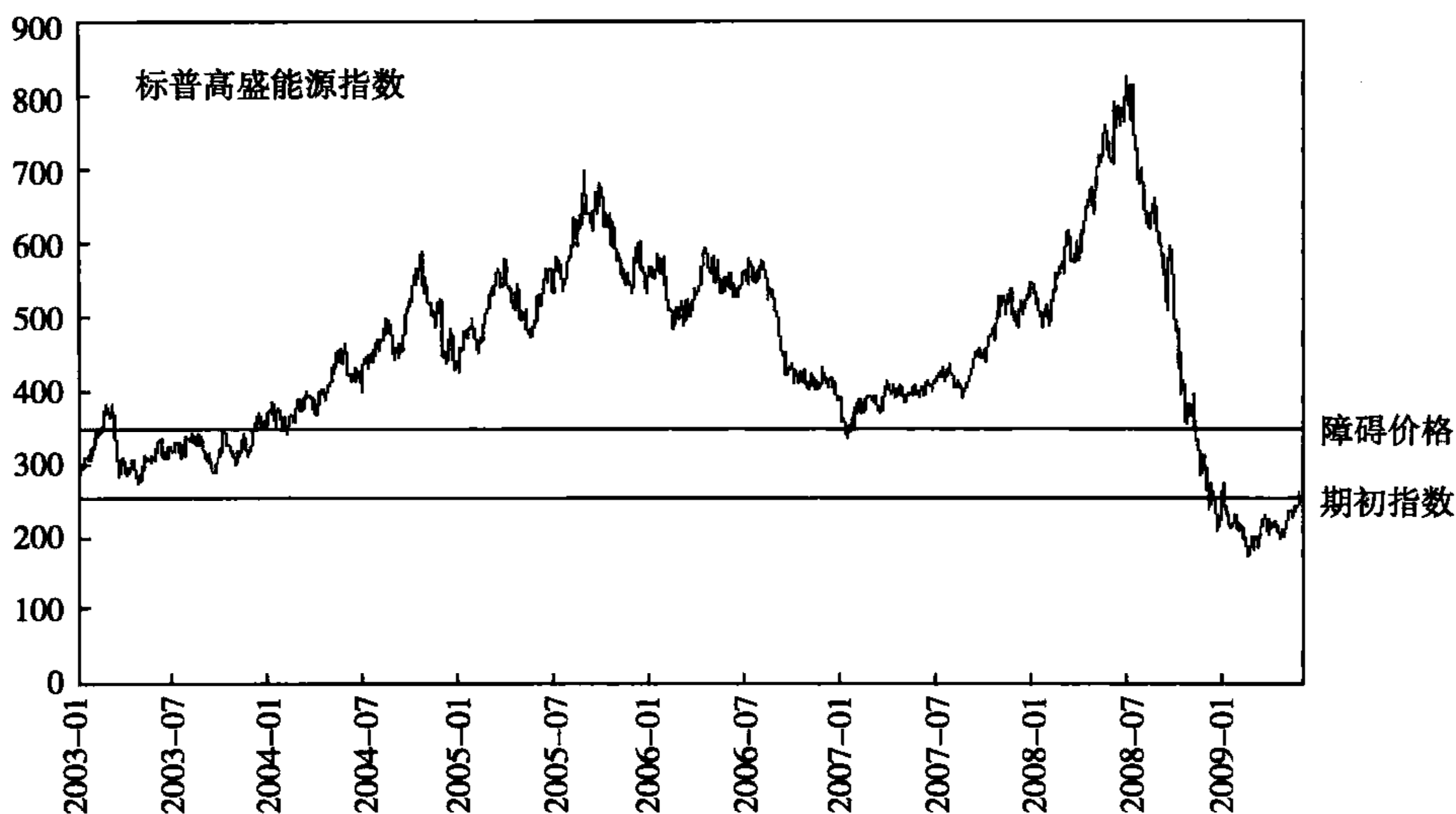


图4-9 标普高盛能源指数走势

(二) 内嵌触点期权的商品挂钩型结构化产品的定价

笔者在前文中介绍过，单触点一触即付期权的到期收益与期权有效期内挂钩标的的变化路径有关，其收益支付情况为

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} R, & \text{如果在有效期内挂钩标的的价格 } S_t \text{ 曾触及障碍} \\ & \text{价格 } H \\ 0, & \text{如果在有效期内挂钩标的的价格 } S_t \text{ 未曾触及障} \\ & \text{碍价格 } H \end{cases}$$

这类期权又可称为触及生效—现金或无价值期权。根据期初价格 S_0 与障碍价格 H 的高低不同，这类期权又可细分为两类：如果 $S_0 < H$ ，则意味着挂钩商品价格在期权有效期内曾经由下向上突破障碍价格 H （称为 Upper Barrier），期权合约将会在到期日 T ，向投资者支付 R 单位的本币，否则不予支付。如果 $S_0 > H$ ，则意味着挂钩商品价格在期权有效期内曾经由上向下跌破障碍价格 H （称为 Lower Barrier）。在这两种情况下期初时的理论价格分别用 $UICN$ 和 $DICN$ 来表示。其价格的具体表达式为

$$DICN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(-x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (4-4)$$

$$UICN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \quad (4-5)$$

$$\text{其中, } x = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}。$$

单触点不触即付期权的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益 } V(S_i, T) = \begin{cases} R, & \text{如果在有效期内挂钩标的的价格 } S_i \text{ 未曾触及障碍价格 } H \\ 0, & \text{如果在有效期内挂钩标的的价格 } S_i \text{ 曾触及障碍价格 } H \end{cases}$$

这类期权又可称为触及失效—现金或无价值期权。同样, 根据期初价格 S_0 与障碍价格 H 的高低不同, 单触点不触即付期权可细分为两种情况: 一是挂钩商品价格从未由下向上突破设定的障碍价格 (即 $S_0 < H$) 时, 期权合约到期时将获得 R 单位的固定收益; 二是挂钩商品价格从未由上向下突破障碍价格 (即 $S_0 > H$) 时, 期权合约到期时将获得 R 单位的固定收益。在这两种情况下, 期权合约在期初的理论价格分别用 $UOCN$ 和 $DOCN$ 来表示。其表达式分别为

$$DOCN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(x) - \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(y) \right) \quad (4-6)$$

$$UOCN(S_0, 0, H, T) = R \cdot e^{-rT} \left(N(-x) - \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \quad (4-7)$$

$$\text{其中, } x = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}。$$

[案例 4.11] 中国银行在 2009 年 12 月发行的“搏·弈 BY09096-V (金上加金)”结构化理财产品, 其投资收益期为 3 个月, 期初基准日为 2009 年 12 月 16 日, 产品合约到期日为 2010 年 3 月 16 日, 投资币种为人民币, 挂钩标的为伦敦现货黄金价格 (彭博社“GOLDS < Comdty >”版面公布的以美元计价的每盎司黄金买入价格)。产品收益的计算方式是: 如果在观察期内, 挂钩标的曾经等于或者高于障碍价格 (投资期初以美元计价的每盎司黄金买入价格 + 35.00), 则产品到期时的年化收益率为 2.30%; 如果在观察期内, 挂钩标的始终保持在

障碍价格之下，则产品到期时的年化收益率为 0.36%。显然，这一产品内嵌了单触点一触即付期权。

在该产品的投资期初基准日，挂钩标的——伦敦现货黄金价格为每盎司 1 123.50 美元，触发（观察）水平为 1 158.5 美元/盎司。由此，假设投资者在期初投入本金 1 万元购买该理财产品合约，则该理财产品在合约到期时给投资者的回报情况为

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} 10\,057.5, & \text{在投资期内黄金价格曾触及 } 1\,158.5 \text{ 美元/盎司} \\ 10\,009, & \text{在投资期内黄金价格未曾触及 } 1\,158.5 \text{ 美元/盎司} \end{cases}$$

根据产品条款，挂钩标的在未触及障碍汇率时，该产品仍支付 0.09%（年利率为 0.36%，持有期为 4 个月，实际收益为 0.09%）的保本收益，而不是零。为直接利用标准形式的单触点期权定价公式，可将该理财产品分为两部分：一是固定收益部分，即不管黄金价格是否触及障碍价格，都支付本金 $\times (1 + 0.09\%)$ ，即 10 009 美元；二是标准的单触点一触即付期权部分，由于挂钩标的期初值低于障碍价格，因此可看做是向上触及生效—现金或无价值期权（Up-and-in cash-or-nothing Option）。其到期时的收益是

$$\text{到期时的收益 } V(S_t, T) = \begin{cases} 48.5, & \text{在投资期内黄金价格曾触及 } 1\,158.5 \text{ 美元/盎司} \\ 0, & \text{在投资期内黄金价格未曾触及 } 1\,158.5 \text{ 美元/盎司} \end{cases}$$

该理财产品的收益分解情况如图 4-10 所示。

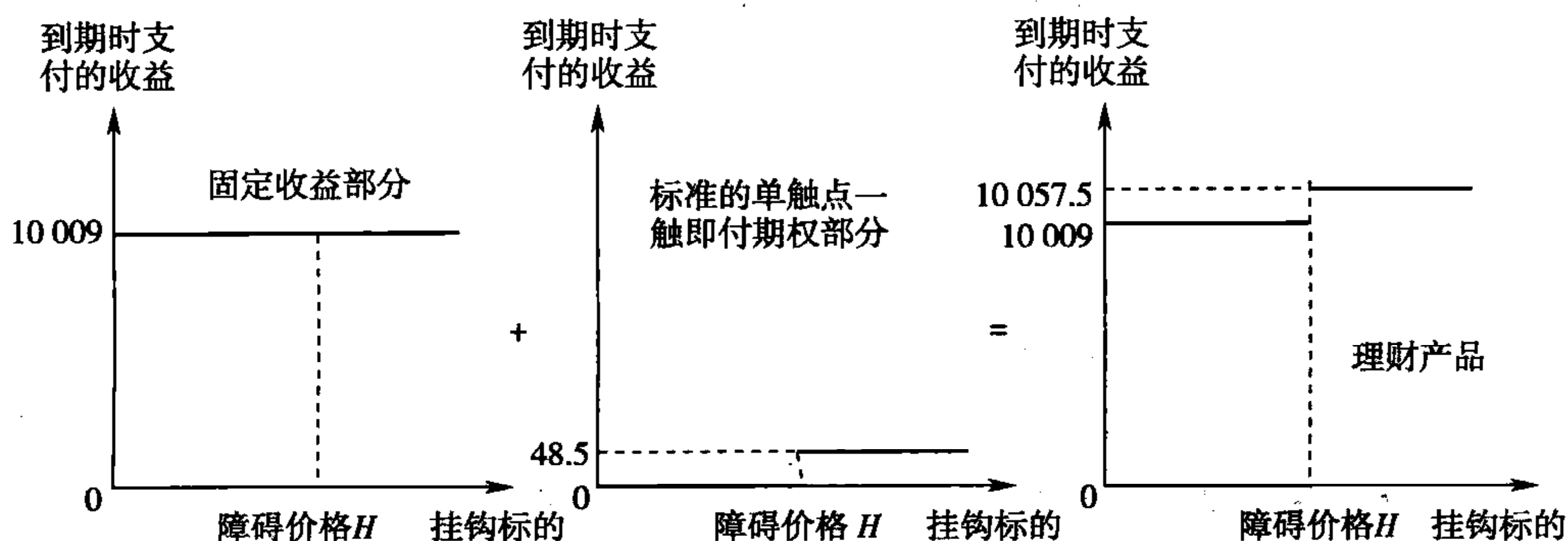


图 4-10 “搏·弈 BY09096-V（金上加金）”结构化理财产品收益分解

综上所述，中国银行“搏·弈 BY09096-V（金上加金）”结构化理财产品在期初时的合理价值 PV 为上述固定收益部分与标准单触点一触即付期权部分的

期初价值之和, 即

$$PV = 10\,009 \cdot e^{-r \cdot 0.25} + UICN \quad (4-8)$$

由于期初时的挂钩标的 S_0 小于障碍价格 H , 因此单触点期权部分的期初价值 $UICN$ 可按以下公式计算, 即

$$UICN(S_0, 0, H, T) = 48.5 \cdot e^{-rT} \left(N(x) + \left(\frac{H}{S_0} \right)^{2\mu} \cdot N(-y) \right) \quad (4-9)$$

$$\text{其中, } x = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}.$$

我们选择期初基准日 2009 年 12 月 16 日的人民币 3 月期存款利率作为无风险利率, $r = 1.71\%$ 。根据挂钩标的 (以美元计价的每盎司黄金的买入价格) 在期初基准日之前一年内, 即 2008 年 12 月 16 日至 2009 年 12 月 16 日的数据, 计算出挂钩标的变化的日标准差, 并将其转化为年标准差。经过计算, $\sigma = 0.0954$ 。另外, 将 $S_0 = 1\,123.5$, $H = 1\,158.5$ 等相关数据代入式 (4-4) 和式 (4-5), 得到的单触点期权部分的理论价格 $UICN = 26.18$ 元, 固定收益部分的期初理论价格为 9 966.3 元。两者的总和约为 9 992.5 元。与 10 000 元的发行面值相比可以看出, 该理财产品属于溢价发行。每发行 10 000 元的该产品, 银行将获得 8 元左右的利润。

二、内嵌障碍期权的收益分享型商品挂钩产品的定价案例

根据前面所述, 当投资者的风险承受能力较强, 并且预期挂钩标的将会有较明显的上涨或下跌的趋势时, 投资者便可以通过选择收益分享型挂钩产品, 按照理财产品合约中所设定的参与率水平, 来分享挂钩标的的单方向变化所带来的收益。但与汇率挂钩型产品相似, 收益分享型商品挂钩产品通常内嵌着触及失效障碍期权。此时, 在挂钩标的未突破某一事先设定的障碍价格的前提下, 根据挂钩标的的价格涨幅, 按一定的线性比例计算给予投资者的回报。但当挂钩标的触及该障碍价格时, 只给投资者一份固定收益的补偿。

与第三章中介绍的方法类似, 几种常见的触及失效障碍期权的到期收益的支付特征包括:

① 挂钩商品的期初价格及执行价格低于障碍价格 (即 $X < H, S_0 < H$) 时, 产

品内嵌向上触及失效欧式看涨期权 (Up - and - Out Call Option, UOC), 其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(S - X, 0), & \text{如果在有效期内挂钩商品的价格 } S \text{ 未曾上升至障碍价格 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩商品的价格 } S \text{ 曾上升至障碍价格 } H \end{cases}$$

内嵌 UOC 的产品的收益支付特征如图 4-11 所示。

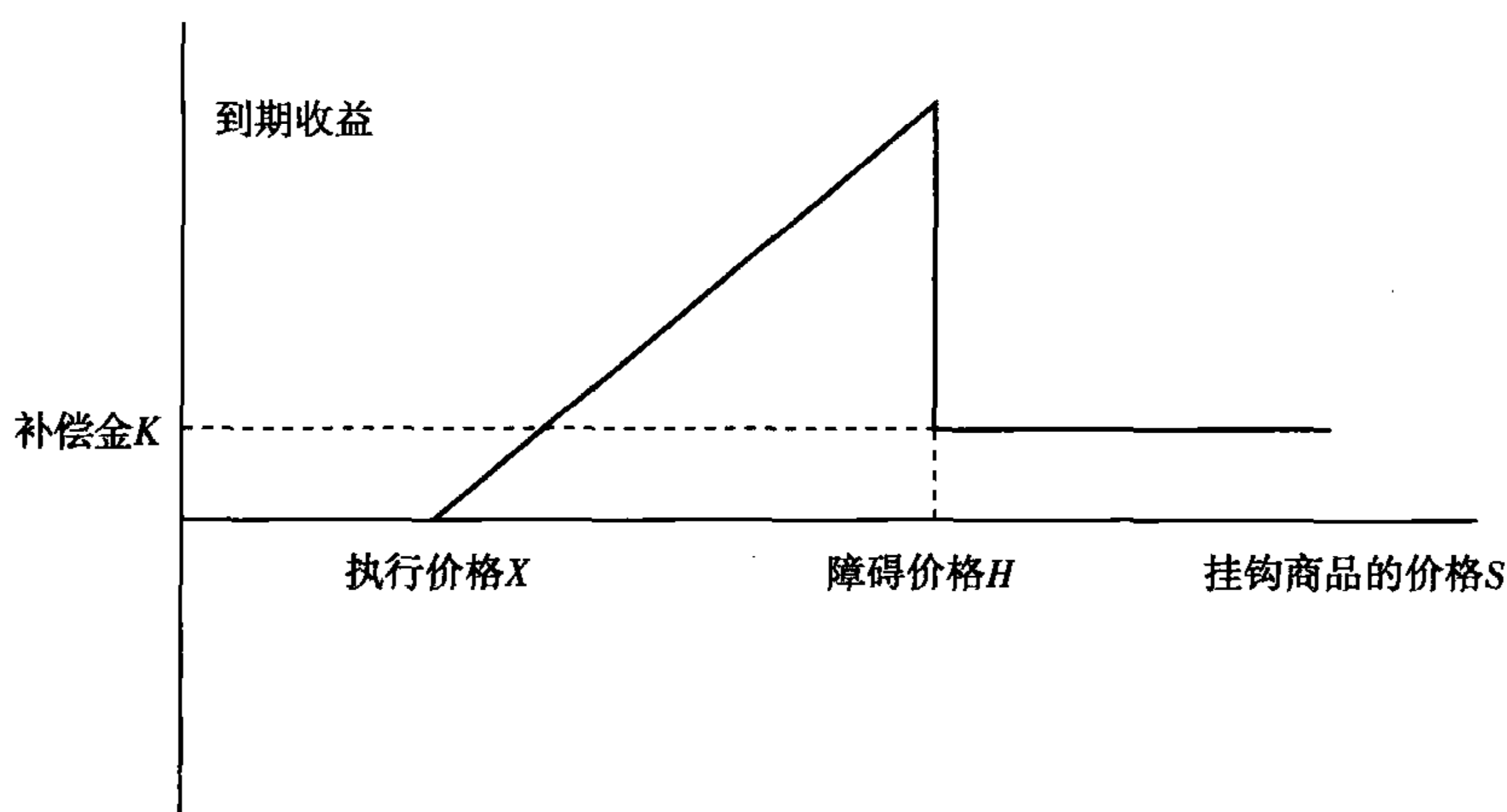


图 4-11 内嵌 UOC 的产品的收益支付特征

②挂钩商品的期初价格及执行价格高于障碍价格 (即 $X > H$, $S_0 > H$) 时, 产品内嵌向下触及失效欧式看跌期权 (Down - and - Out Put Option, DOP)。其到期时的收益支付特征为

$$\text{到期时的收益} = \begin{cases} \max(X - S, 0), & \text{如果在有效期内挂钩商品的价格 } S \text{ 未曾跌至障碍价格 } H \\ \text{补偿金 } K, & \text{如果在有效期内挂钩商品的价格 } S \text{ 曾跌至障碍价格 } H \end{cases}$$

此时的收益支付特征如图 4-12 所示。

对应于上述这两种情况, 定价公式分别为

$$V_{UOC} = A - B + C - D + F, \text{ 其中, } \eta = -1, \phi = 1 \quad (4-10)$$

$$V_{DOP} = A - B + C - D + F, \text{ 其中, } \eta = 1, \phi = -1 \quad (4-11)$$

其中, $A = \phi \cdot S_0 \cdot N(\phi \cdot x_1) - \phi \cdot X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(\phi \cdot x_1 - \phi \cdot \sigma \cdot \sqrt{T})$;

$B = \phi \cdot S_0 \cdot N(\phi \cdot x_2) - \phi \cdot X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(\phi \cdot x_2 - \phi \cdot \sigma \cdot \sqrt{T})$;

$$\begin{aligned}
C &= \phi \cdot S_0 \cdot (H/S_0)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(\eta \cdot y_1) \\
&\quad - \phi \cdot X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(\eta \cdot y_1 - \eta\sigma \cdot \sqrt{T}); \\
D &= \phi \cdot S_0 \cdot (H/S_0)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(\eta \cdot y_2) \\
&\quad - \phi \cdot X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(\eta \cdot y_2 - \eta\sigma \cdot \sqrt{T}); \\
F &= K \cdot [(H/S_0)^{\mu+\lambda} \cdot N(\eta \cdot z) \\
&\quad + (H/S_0)^{\mu-\lambda} \cdot N(\eta \cdot z - 2 \cdot \eta \cdot \lambda\sigma \cdot \sqrt{T})]; \\
x_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, x_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}; \\
y_1 &= \frac{\ln\left(\frac{H^2}{S_0 \cdot X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y_2 = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}; \\
z &= \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}, \lambda = \sqrt{\mu^2 + \frac{2 \cdot r}{\sigma^2}}.
\end{aligned}$$

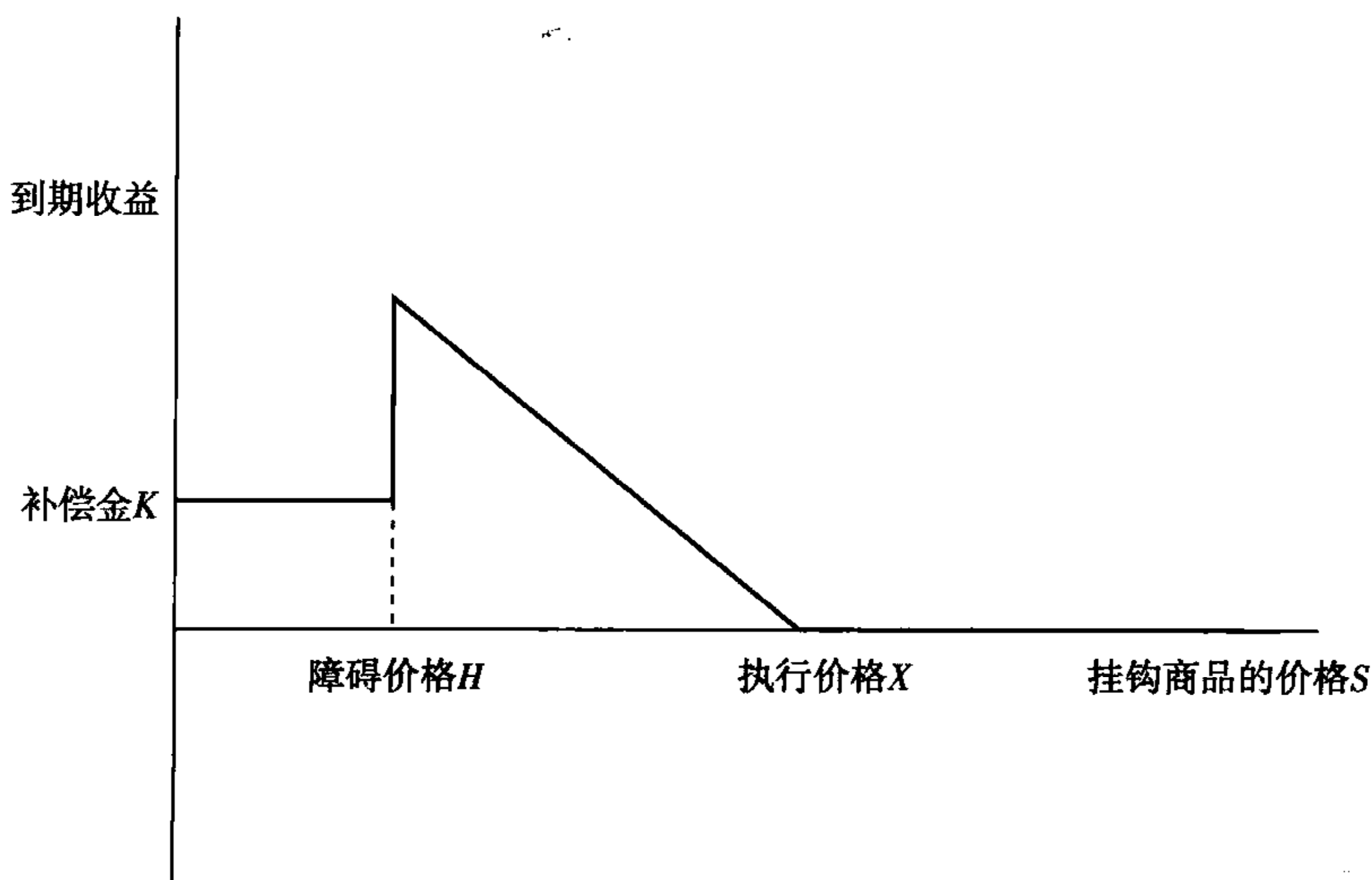


图 4-12 内嵌 DOP 的产品的收益支付特征

〔案例 4.12〕中国银行在 2009 年 9 月发行的“中银进取 0905B”美元黄金挂钩产品，其投资收益期为 12 个月，期初基准日为 2009 年 9 月 1 日，期末观察日为 2010 年 8 月 27 日，投资币种为美元，挂钩标的为伦敦现货黄金价格（彭博

社“GOLDLNPM Index”版面公布的以美元计价的每盎司黄金定盘价), 期初基准日的挂钩价格 S_0 为 955 美元/盎司, 障碍价格为: 期初基准日的黄金价格 $\times 140\%$, H 为 1 337 美元/盎司。产品收益的计算方式是: 如果在观察期内, 挂钩标的曾经高于障碍价格, 则产品到期时的年化收益率为 0.10% ; 如果在观察期内, 挂钩标的未触及障碍价格, 则产品到期时的年化收益率为

$$\max \left[0.1\%, 0.5 \times \left(\frac{S_T}{S_0} - 1 \right) \right]$$

其中, S_0 和 S_T 分别表示期初基准日和期末观察日的挂钩标的的价格; $\max(a, b)$ 表示取括号中 a 和 b 中的较大值, 这表明该产品的保底收益为 0.1% 。

值得注意的是, 标准形式的障碍期权的收益支付为绝对数, 比如 $\max[S - X, 0]$, 而上述产品是以相对收益率来计算的, 为此, 需要假设面值 N 为 10 000 元, 根据收益决定条款, 计算出现金流支付的绝对数。具体地, 若在观察期内, 挂钩标的未触及障碍价格, 则产品到期时的现金流为

$$\begin{aligned} & N + N \times \max \left[0.1\%, 0.5 \times \left(\frac{S_T}{S_0} - 1 \right) \right] \\ &= N + N \times 0.1\% + N \times \max \left[0, 0.5 \times \left(\frac{S_T}{S_0} - 1 \right) - 0.1\% \right] \\ &= N + N \times 0.1\% + N \times \max \left[0, 0.5 \times \left(\frac{S_T}{S_0} \right) - 50.1\% \right] \\ &= N + N \times 0.1\% + N \times \frac{0.5}{S_0} \times \max \left[0, \left(S_T - \frac{S_0}{0.5} \times 50.1\% \right) \right] \\ &\approx N \times 100.1\% + N \times \frac{0.5}{S_0} \times \max \left[0, \left(S_T - S_0 \right) \right] \end{aligned}$$

若挂钩标的触及障碍价格, 则产品到期时的现金流为: $N \times 100.1\%$ 。

根据以上条款, 可将该产品分解为一个到期支付收益为 $N \times 100.1\%$ 的固定收益部分以及 $N \times \frac{0.5}{S_0}$ 个单位的补偿值 K 为零的标准向上触及失效看涨期权, 如图 4-13 所示。

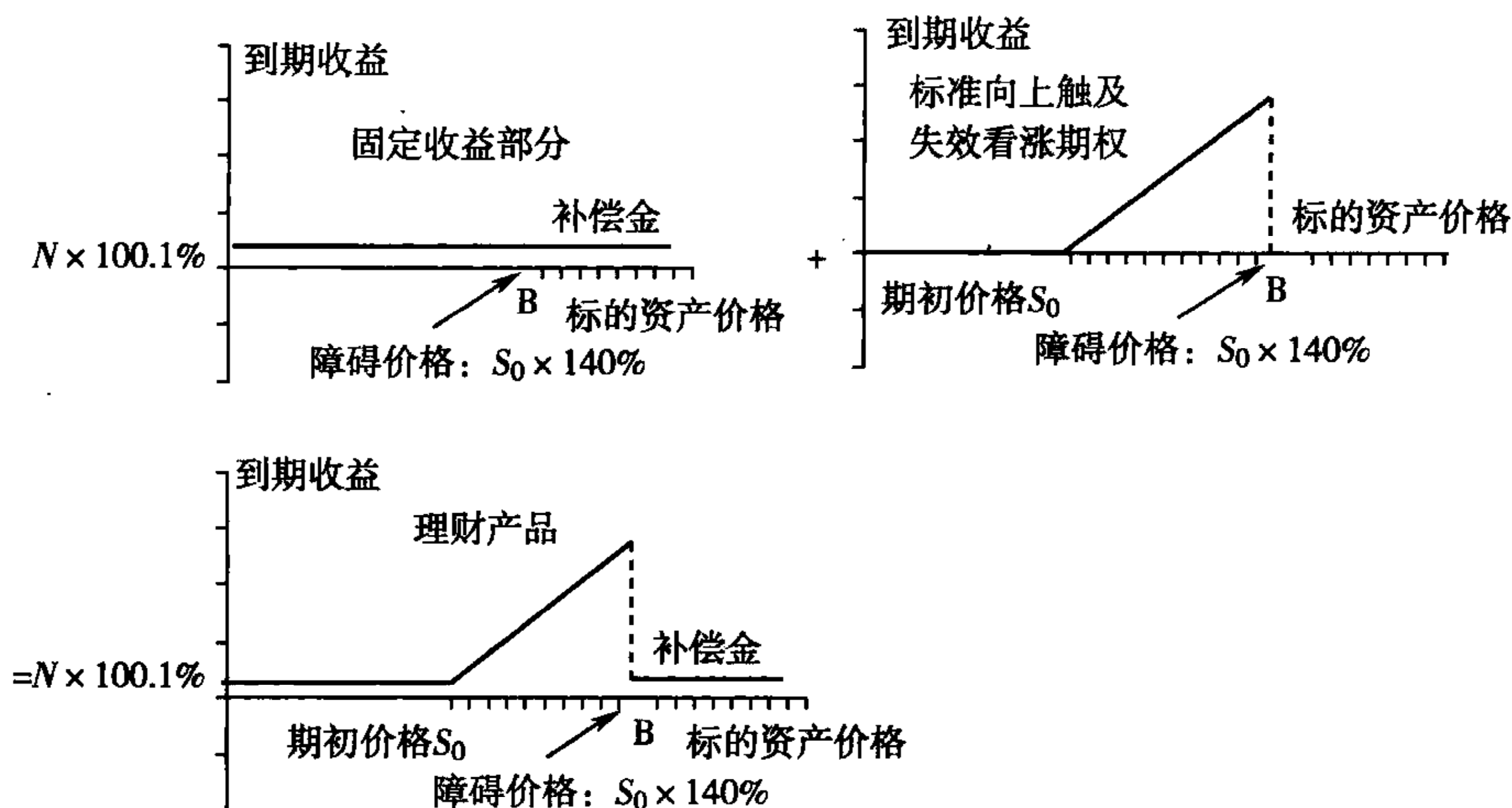


图 4-13 “中银进取 0905B” 美元黄金挂钩产品收益分解

由此, “中银进取 0905B” 美元黄金挂钩产品在期初时的合理价值 PV 为上述固定收益部分与期权部分的期初价值之和, 即

$$PV = N \times 100.1\% \cdot e^{-r \cdot T} + N \times \frac{0.5}{S_0} \times UOC \quad (4-12)$$

其中, 标准向上触及失效看涨期权部分的期初价值 UOC 的计算公式为

$$UOC = A - B + C - D + F \quad (4-13)$$

其中, $A = S_0 \cdot N(x_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(x_1 - \sigma \cdot \sqrt{T})$;

$$B = S_0 \cdot N(x_2) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(x_2 - \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$C = S_0 \cdot (H/S_0)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(-y_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(-y_1 + \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$D = S_0 \cdot (H/S_0)^{2 \cdot (\mu+1)} \cdot N(-y_2) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot (H/S_0)^{2\mu} \cdot N(-y_2 + \sigma \cdot \sqrt{T})$$

$$F = K \cdot [(H/S_0)^{\mu+\lambda} \cdot N(-z) + (H/S_0)^{\mu-\lambda} \cdot N(-z + 2 \cdot \lambda \sigma \cdot \sqrt{T})]$$

$$x_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, x_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{H}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$$

$$y_1 = \frac{\ln\left(\frac{H^2}{S_0 \cdot X}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, y_2 = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (1 + \mu) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$$

$$z = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}, \lambda = \sqrt{\mu^2 + \frac{2 \cdot r}{\sigma^2}}.$$

我们选择期初基准日即 2009 年 9 月 1 日的人民币 1 年期存款利率作为无风险利率, $r = 2.25\%$ 。根据挂钩标的(以美元计价的每盎司黄金的买入价格)在期初基准日之前一年内,即 2008 年 9 月 1 日至 2009 年 9 月 1 日的数据,计算出挂钩标的变化的日标准差,并将其转化为年标准差。经过计算, $\sigma = 0.1339$ 。将 $S_0 = X = 955$, $H = 1\,337$, $T = 1$, $r = 0.001$ 等相关数据代入式(4-12)和式(4-13),得到的障碍期权部分的理论价格为 292.73 元,固定收益部分的期初理论价格为 9 787.3 元,两者的总和约为 10 080 元。可见,该理财产品的发行价低于其理论价值,属于折价发行,有一定的投资价值。

三、区间累积型商品挂钩产品的定价

此类一般化产品的标准形式是:期限(定息日总天数)为 T 天,期初价格为 S_0 ,基准年化收益率为 R ,观察区间为 $[S_a, S_b]$ 。其收益决定情况为

$$\text{最终报酬(到期收益)} = \text{本金} \times R \times \frac{n}{365}$$

其中, n 为观察期内每日挂钩标的的价格处于观察区间内的实际天数。

若挂钩标的落在观察区间内,则按年化收益率 R (日收益率为 $R/365$)计算当日收益;若在观察区间外,则当日收益为零。如此累积。

具有这一特征的商品挂钩型产品的期初价值为

$$\text{本金} \times \frac{R}{365} \times e^{-r \times (T/365)} \times \sum_{i=1}^T [N(d_a) - N(d_b)] \quad (4-14)$$

其中, r 为无风险利率, σ 为挂钩标的的波动率;

$$d_a = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_a}\right) + (r - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}};$$

$$d_b = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_b}\right) + (r - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}};$$

$N(\cdot)$ 为正态分布的累积概率分布函数。

在式 (4-14) 中, 本金 $\times \frac{R}{365}$ 实际上为挂钩标的落在观察区间内时的单日到期收益。因此, 本金 $\cdot \frac{R}{365} \cdot e^{-r \cdot (T/365)}$ 实际上为在风险中性的条件下, 挂钩标的落在观察区间内时到期计息 (单日收益) 的现值。 $\sum_{i=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$ 实际上为风险中性概率下, 挂钩标的落在观察区间内的天数。

[案例 4.13] 荷兰银行 (中国) 有限公司在 2009 年 8 月发行了多区间累计黄金挂钩结构性投资第一期, 其挂钩标的为银行间电子交易系统 (EBS) 连续公布的黄金兑美元的即期价格, 期初基准日为 2009 年 8 月 10 日, 投资期限为 6 个月, 投资币种为澳元。投资者到期获得的收益为: 本金金额 $\times [1 + 4.5\% \times a/T + 2.5\% \times b/T + 1.0\% \times c/T]$ 。其中, a 为投资期内挂钩标的落在第一波动区间 $[S_0 - 35, S_0 + 35]$ 内的累计天数; b 为投资期内挂钩标的落在第一波动区间之外, 但处于第二波动区间 $[S_0 - 70, S_0 + 70]$ 之内的累计天数; c 为投资期内挂钩标的落在第二波动区间之外, 但处于第三波动区间 $[S_0 - 105, S_0 + 105]$ 内的累计天数; T 为投资期限内的定息日总天数, 共 129 天。其中, $S_0 = 945$ 美元/盎司, 为期初基准日的黄金价格。

该款产品的收益情况如图 4-14 所示。

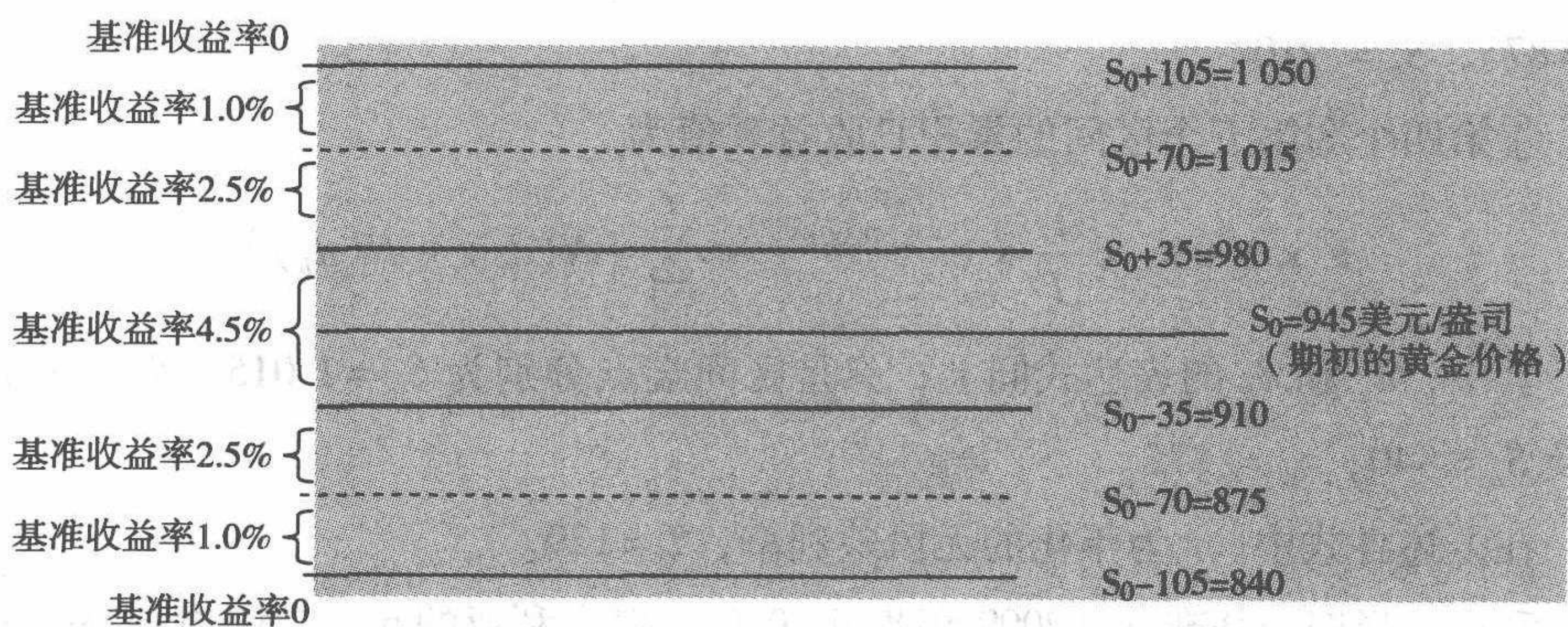


图 4-14 荷兰银行多区间累计黄金挂钩结构性投资产品的收益情况

该理财产品在到期日的期末收益从而可表述为

$$R = F \times \{1 + [4.5\% \times (a/T) + 2.5\% \times (b_1/T) + 2.5\% \times (b_2/T) + 1.0\% \times (c_1/T) + 1.0\% \times (c_2/T)]\} \quad (4-15)$$

其中, a 为黄金价格落在 $[910, 980]$ 内的累计天数;

b_1 为黄金价格落在 $[980, 1\ 015]$ 内的累计天数;

b_2 为黄金价格落在 $[875, 910]$ 内的累计天数;

c_1 为黄金价格落在 $[1\ 015, 1\ 050]$ 内的累计天数;

c_2 为黄金价格落在 $[840, 875]$ 内的累计天数。

由此, 式 (4-15) 中各个组成部分的现值如下:

①到期支付的本金 F 的现值为

$$F \times e^{-r \times (183/365)}$$

②第一个区间的累积日收益到期值为 $4.5\% \times F \times (a/T)$, 其现值为

$$F \times 4.5\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r \times (183/365)} \times \sum_{t=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

$$\text{其中, } d_a = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_a}\right) + (r - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}}, d_b = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_b}\right) + (r - 0.5 \cdot \sigma^2) \cdot (t/365)}{\sigma \cdot \sqrt{t/365}},$$

$S_a = 910$, $S_b = 980$, F 为面值, T 为定息日天数 (129 天)。

③类似地, 第二个和第三个区间的累积日收益现值为

$$F \times 2.5\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r \times (183/365)} \times \sum_{t=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

其中, d_a 和 d_b 的表达式同上, 只是区间端点分别为 $S_a = 980$, $S_b = 1\ 015$ 以及 $S_a = 875$, $S_b = 910$ 。

④第四个和第五个区间的累积日收益现值为

$$F \times 1.0\% \times \frac{1}{T} \times e^{-r \times (183/365)} \times \sum_{t=1}^T [N(d_a) - N(d_b)]$$

其中, d_a 和 d_b 的表达式同上, 只是区间端点分别为 $S_a = 1\ 015$, $S_b = 1\ 050$ 以及 $S_a = 840$, $S_b = 875$ 。

在上述各式中, r 为年化的无风险利率, $T = 129$ 。

我们选择期初基准日 (2009 年 8 月 10 日) 澳大利亚的 6 个月国债利率^①作为澳元的无风险利率, $r_{AUD} = 3.47\%$ 。根据挂钩标的 (黄金价格) 在期初基准日之前一年內, 即 2008 年 8 月 10 日至 2009 年 8 月 10 日的數據, 计算出挂钩标的变化的日标准差, 并将其转化为年标准差, 得到 $\sigma = 0.1374$ 。将以上数据及相应的区间端

① http://www.rba.gov.au/statistics/tables/index.html#interest_rates.

点代入相应的计算公式, 汇总得到的面值为 10 000 澳元的该产品的期初合理价值为 9 986 澳元左右, 银行每发行 10 000 澳元该产品, 获得的利润为 14 澳元。

在理财产品有效期内, 挂钩标的——黄金价格的实际走势如图 4-15 所示。

黄金价格 (美元/盎司)

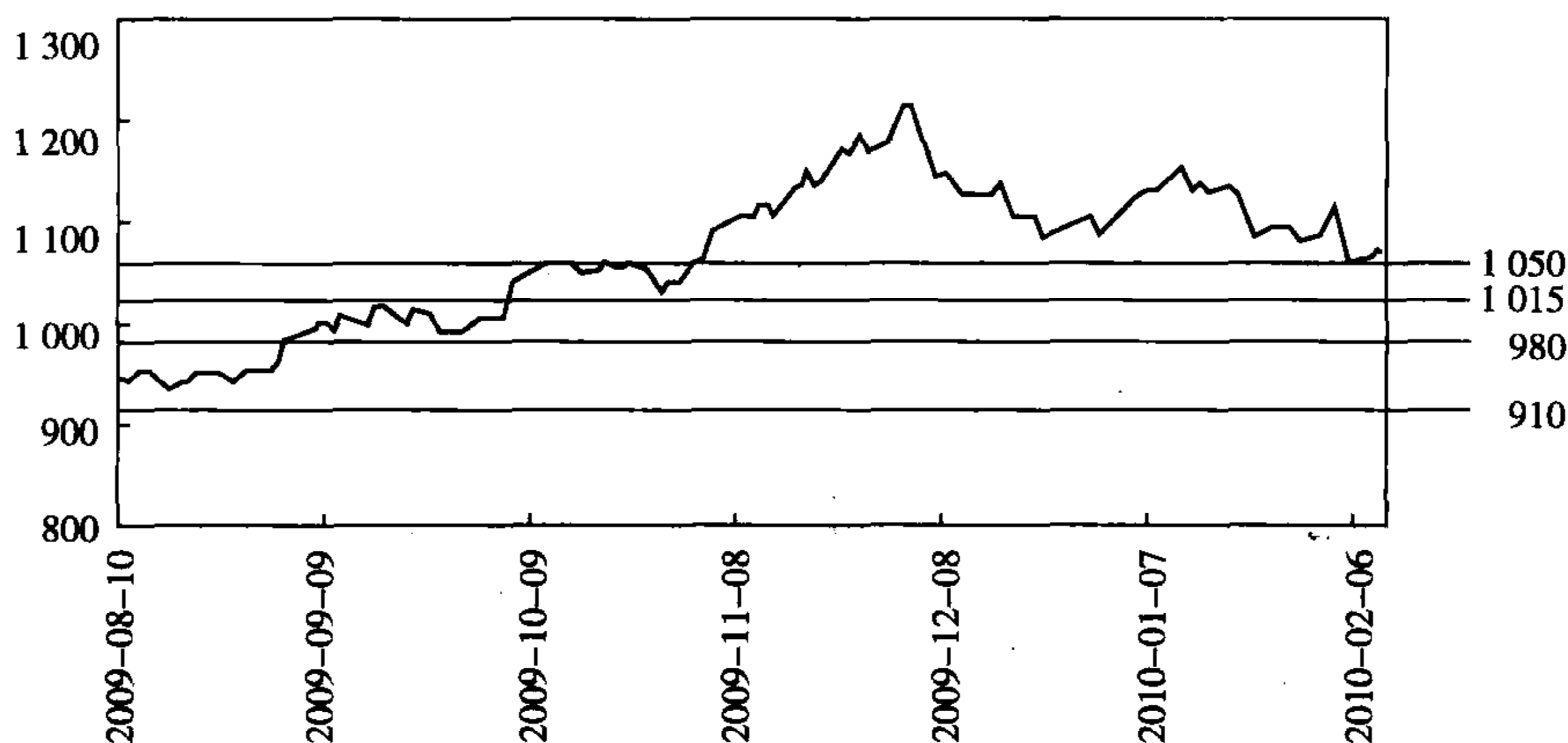


图 4-15 黄金价格走势

根据黄金价格的变化情况计算出的该理财产品的收益情况如表 4-13 所示。

表 4-13 荷兰银行多区间累计黄金挂钩结构性投资产品的收益计算表

黄金价格的观察区间 (美元/盎司)	落在观察区间的 天数 (天)	基准收益率 (%)	实际收益率 (%)	10 000 澳元的到期 所得利息 (澳元)
[910, 980]	17	4.5	0.593	59.3
[980, 1 015]	21	2.5	0.407	40.7
[1 015, 1 050]	11	1.0	0.0853	8.53
其他	80	0	0	0
合计	129			108.53

注: 实际收益率 = 基准收益率 × (落在区间内的天数 / 定息日总天数)。

投资者每投资 10 000 澳元购买该理财计划, 6 个月后到期时获得的本金和利息支付为 10 108.53 澳元, 实际收益率为 1.09%, 年化收益率为 2.16%, 低于澳大利亚的 6 个月国债利率 ($r_{AUD} = 3.47\%$)。对投资者而言, 这也意味着损失了一定程度的资金时间价值。

四、蒙特卡罗模拟方法与商品挂钩型结构化产品的定价

与股票挂钩型产品类似, 对于收益决定条款较为复杂、难以直接套用现有

的期权定价公式的理财产品，可以采用蒙特卡罗模拟方法，模拟出在风险中性的条件下挂钩标的的变化路径，并根据相应的收益决定条款计算出产品终值，再按风险中性利率（无风险利率）贴现，得到理财产品的初值。

具体地，假设在风险中性的条件下，挂钩商品价格指数 S 服从以下随机变动过程：

$$d\ln S = \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot dt + \sigma \cdot dZ \quad (4-16)$$

或者离散形式 $t-1$ 与 t 之间（间隔为 Δt ）的递推关系：

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp\left[\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t}\right] \quad (4-17)$$

其中， r 为理财产品投资币种对应期限的无风险利率， Δt 为挂钩标的价格的动态变动之间的时间间隔， ε 为独立标准正态分布随机数， σ 为根据挂钩标的的历史数据估计得到的年化标准差。由此，抽取一系列独立标准正态分布随机数： $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ ，代入公式，得到挂钩标的一条价格变动路径。根据理财产品合约条款，求出该变化路径对应的理财产品的到期收益。重复以上步骤上万次，求出这上万次路径对应的理财产品到期收益的平均值，根据风险中性定价原理，将该平均值按风险中性利率（无风险利率）贴现，得到该挂钩产品在发行日的合理价值。

[案例 4.14] 德意志银行在 2009 年 9 月发行了“百利达 1”挂钩黄金结构性投资产品，其挂钩标的为伦敦黄金现货上午定盘价（彭博代码：GOLDLNAM Index），投资币种为人民币，投资期限为 12 个月，期初基准日为 2009 年 9 月 7 日。该理财计划的到期所得计算方式为：（1）如果触发事件没有发生，最终表现大于或等于 110%，则到期所得 = 投资本金 \times 104.5%；（2）如果触发事件没有发生，最终表现小于 110%，则到期所得 = 投资本金 \times 100.36%；（3）在其他情况下，到期所得 = 投资本金 \times 100%。触发事件为：在任一交易日（不包括初始观测日，包括最终观测日），如果挂钩标的物当天的指数价格水平低于初始观测日指数价格水平的 80%，或高于初始观测日指数价格水平的 130%，则视为触发事件发生。最终表现的计算方法为：最终观测日收市价格水平/初始观测日收市价格水平。该产品到期百分之百地保本。

由于期初价格按 2009 年 9 月 7 日当天伦敦金收盘价 995 美元计算，分析上述条款可知，只有当伦敦金价在 2010 年 9 月 7 日（产品到期日）当天收于 1 094.5 ~

1 293.5 美元时, 投资该产品才可以获得预期最高收益率 4.5%; 如果在产品到期日当天收于 796 ~ 1 094.5 美元时, 则对应收益仅为 0.36%; 如果出现了到期日金价高于 1 293.5 美元或者低于 796 美元的极端情况, 则产品收益将为零。

根据前文所述, 设定在风险中性概率下, 挂钩指标——伦敦黄金现货上午以美元计价的每盎司黄金定盘价 S_t 的随机过程服从几何布朗运动:

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp[(r_{\text{美元}} - 0.5\sigma^2) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t}]$$

其中, S_t 和 S_{t-1} 分别为前期挂钩标的及本期挂钩标的, $\Delta t = 1/365$ 。^①

由历史数据 (前一年的数据, 即 2009 年 3 月 5 日至 2010 年 3 月 4 日的数据) 估计得到的挂钩汇率的年化标准差 σ 为 0.141。另外, 分别用理财产品期初基准日美国 1 年期国债利率^②作为美元的无风险利率, $r_{\text{美元}}$ 为 0.41%。人民币 1 年期无风险利率 r 为 2.25%, 抽取正态分布随机数 ε , 产生下一期的黄金价格, 如此循环, 产生黄金价格变化的一条路径。重复上述过程 10 000 次, 得到在风险中性的条件下, 黄金价格的 10 000 条变化路径, 如图 4-16 所示。

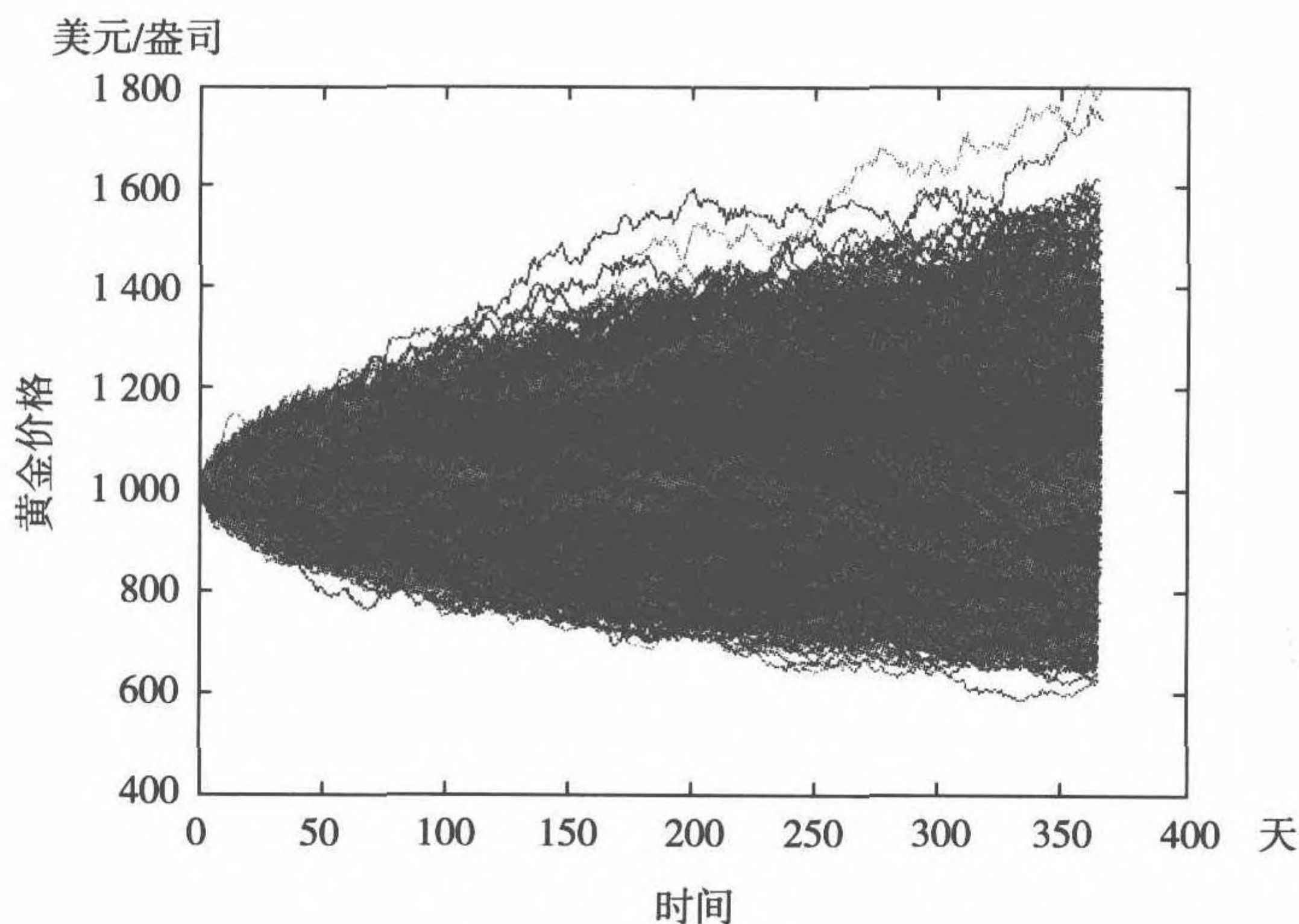


图 4-16 风险中性条件下黄金价格变化模拟

进一步假设投资者在期初投入本金 10 000 元购买该理财产品合约, 根据合

① 由于黄金用美元计价, 因此, 在模拟时, 无风险利率用美元利率计算。见陈松男 (2004)。

② http://www.ustreas.gov/offices/domestic-finance/debt-management/interest-rate/yield_historical_2009.shtml.

约中的收益决定条款，对照上述以蒙特卡罗模拟方法所模拟的挂钩黄金价格的变化路径，计算出对应于风险中性条件下的每一条路径，这份理财产品在到期时能够给投资者的回报，将模拟得到的 10 000 条路径所对应的产品到期回报求平均，并以 1 年期人民币定期存款利率 2.25% 作为投资币种的无风险利率进行贴现，即得到产品在发行期初的理论价值。利用 Matlab 程序实现上述过程，计算出的面值为 10 000 元的该理财产品合约的理论价值为 9 908.7 元。可见，在本节的模型模拟下，该产品属于溢价发行，每发行 10 000 元该理财产品，银行获得 91.3 元的利润。

在以上分析的基础上，我们可以进一步考察市场参数（如期初黄金价格水平 S_0 、黄金价格的波动率）以及产品设计参数（如障碍价格、收益支付水平）对理财产品估值进而对银行盈亏水平的影响。我们可以通过调整市场参数或者产品设计参数，利用上述蒙特卡罗模拟方法，求出对应的理财产品的价值。限于篇幅，不再介绍。

第五章 利率挂钩型结构化产品及其定价

第一节 利率挂钩型结构化产品的基本概念及分类

一、利率挂钩型结构化产品的概念

利率挂钩型结构化产品（Interest Rate Linked Products）是结构化产品的主要种类之一。其到期时向投资者支付的收益与某种标的参考利率相挂钩，从而将投资者对未来利率走势的预期产品化。与其他挂钩型结构化产品一样，利率挂钩型结构化产品也可分解为固定收益和期权两个部分。固定收益部分以保证本金或利息收入等形式向客户提供确定收益，而期权部分则提供与挂钩利率走势相联系的不确定收益。市场上的大部分产品与同业拆借利率，例如，3 个月或 6 个月美元 LIBOR 挂钩，还有少部分产品与欧元 LIBOR 和港元 HIBOR 等挂钩。利率挂钩型结构化产品的主要风险是挂钩利率的走势与投资者的预期相比出现较大的偏差，投资者的到期收益率可能低于同期定期存款利率，收益率甚至为零。

二、利率挂钩型结构化产品的主要分类

按照产品收益受标的参考利率变动影响的方式来划分，常见的利率挂钩型结构化产品主要有以下几种。

（一）区间累积型产品

该类产品通常预先设定某一参考区间和基准年收益率 R ，产品的不确定收益部分与有效期内挂钩利率落在参考区间内的天数有关。如果当天的挂钩利率落入参考区间，则当日可按基准年收益率 R 计息，否则收益率为零。如此每日累计，按年计息。由此，到期时投资者的实际收益可表示为 $R \times n/N$ （ n 为产品有效期内挂钩利率处于参考区间内的实际天数， N 为产品有效期的实际天数）。同时，投资者的投资本金将会受到全额保障，有的产品还规定了保底收益率。

〔案例 5.1〕汇丰银行（中国）有限公司在 2010 年 1 月推出了一款挂钩美元 LIBOR 的结构性投资产品。其主要条款如表 5-1 所示。

表 5-1 汇丰银行 1 年期利率挂钩美元结构性投资产品

产品名称	1 年期利率挂钩美元结构性投资产品
发行银行	汇丰银行（中国）有限公司
产品期限	12 个月
挂钩标的	3 个月美元 LIBOR
投资币种	美元
收益决定条款	挂钩利率参考区间为 $[0, 6\%]$ 。产品到期时投资者获得的收益为：投资本金 $\times [1 + (0.95\% + 0.35\% \times n/N)]$ ，其中 N 表示投资期所含交易日的总天数， n 表示挂钩利率落在参考区间内的累计天数

〔案例 5.2〕法兴银行（中国）有限公司在 2009 年 6 月发行了一款 3 年期挂钩 3 个月美元 LIBOR 的多区间累积理财产品。其主要条款如表 5-2 所示。

表 5-2 法兴银行 3 年期挂钩 3 个月美元 LIBOR 的结构化产品的主要条款

产品名称	3 年期挂钩 3 个月美元 LIBOR 结构性存款
发行银行	法兴银行（中国）有限公司
产品期限	3 年
挂钩标的	3 个月美元 LIBOR
投资币种	美元
收益决定条款	挂钩利率的参考区间为：第一年 $[0, 3\%]$ ，第二年 $[0, 4\%]$ ，第三年 $[0, 5\%]$ 。只要在产品存续期间，每一交易日的美元 3 个月 LIBOR 落入对应的挂钩利率参考区间之内，则客户当日即可获得以 3.4% 的年利率计算的投资收益；反之，该日收益为零。产品到期时，投资者可获得的收益为：本金 + 本金 $\times 3.4\% \times [1 + (n_1/N) + (n_2/N) + (n_3/N)]$ ，其中 N 表示投资期内每一年所含交易日的总天数， n_1 、 n_2 、 n_3 分别表示挂钩利率在各年份相应参考区间内的累计天数

（二）单向浮动型（Reverse Floater）

该类挂钩产品的实际收益与产品有效期内每一天的参考利率走势呈正（反）向变动，即挂钩利率越高（低），该产品的收益率越高。例如，中国银行在 2005 年 3 月发行的“汇聚宝”外汇理财产品——“美元聚宝盆”，投资者第一年获得 6% 的高收益，第二年以后，投资收益的计算公式为： $12\% - 2 \times 6$ 个月美元 LIBOR。可见，对于这一产品，当市场参考利率（美元 LIBOR）下降时，反向

浮动型产品投资者的收入会因而增加。

〔案例 5.3〕荷兰银行（中国）有限公司在 2009 年 3 月发行了一款反向浮动型利率挂钩产品。其主要条款如表 5-3 所示。

表 5-3 荷兰银行反向浮动型利率挂钩产品的主要条款

产品名称	梵高贵宾理财全球宏观利率反向挂钩产品美元第二期
发行银行	荷兰银行（中国）有限公司
产品期限	5 年
挂钩标的	3 个月美元 LIBOR
投资币种	美元
收益决定条款	每 3 个月付息一次，客户的到期总收益 = 100% 本金 + 第一年固定票息之和 + 第二年至第五年浮动票息之和。其中，第一年的固定票息（共 4 期）为： 1. 125% × 本金金额；第二年至第五年的浮动票息（共 16 期）为： $0.25 \times 3 \times [2.95\% - 3 \text{ 个月美元 LIBOR}] \times \text{本金金额}$ 。浮动票息率的上限为 2%（美元），下限为零

（三）固定期限互换利率挂钩型产品

固定期限互换利率（Constant Maturity Swap, CMS）挂钩型产品是近些年来出现的一种利率挂钩型结构化产品。其特征是：产品到期时向投资者支付的收益与一种或几种货币的固定期限互换利率^①挂钩，从而将投资者对未来互换利率走势的预期产品化。其中，基于欧元或美元互换利率的挂钩产品最为盛行，其形式又可细分为以下几种。

1. 直接规定产品到期所获得的利息收入为某一期限的货币互换利率（如 EURCMS10Y，即欧元 10 年期互换利率）的一定比例。显然，当该期限的货币互换利率上涨时，该产品的收益将增加。

2. 挂钩产品各期所获得的利息收入取决于长期和短期互换利率之差，这类产品又称为 CMS 价差型票据（CMS Spread Note）。例如，合约中规定，产品的票息收入为欧元 10 年期互换利率和 2 年期互换利率之差的某个比例。这一产品适合于那些预期长短期利差将增加的投资者。

^① 所谓固定期限互换利率，是由国际互换与衍生金融商品协会（International Swaps and Derivatives Association, ISDA）所定义的利率互换报价。CMS 以纽约时间早上 11:00 的多家参考银行所报出的利率互换（Interest Rate Swap）中间价剔除极端值后的平均报价作为定价基准。CMS 的固定期限最短为 1 年，最长为 30 年，为市场广泛使用的利率参考指标。在实务操作过程中，CMS - n 表示 n 年期限的互换利率。

3. 挂钩产品各期所获得的利息收入取决于长期和短期互换利率之差落在某一事先设定区间内的天数。在整个投资期内的每一天，只要长短期互换利率之差落在设定的区间内，则投资人当日可按某一事先确定的利率水平计算投资收益；反之，则当日无收益。如此每日累计，定期结算付息。这一产品又称为 CMS 价差区间累积型（CMS Spread Range Accrual）产品。例如，2008 年下半年以来，导致国内部分中资银行和企业出现较大损失的 CMS 挂钩产品就规定购买者所获得的利息收入为某一利率水平 R 乘以 n/N ，其中， n 为计息期 N 内欧元 30 年期互换利率高于 2 年期互换利率（即长短期互换利率之差大于零）的天数。

【案例 5.4】瑞士银行于 2008 年 7 月发行了一款 CMS 挂钩产品，主要条款如表 5-4 所示。

表 5-4

瑞士银行结构性债券的收益条款

产品名称	6 年期美元结构性债券 USDSN14101
发行银行	瑞士银行
产品期限	6 年
挂钩标的	30 年期美元互换利率（USD - CMS30Y）和 10 年期美元互换利率（USD - CMS10Y）
投资币种	美元
收益决定条款	第一年固定计息：4.75%。第二年至第六年的计息方式为： $5.25\% \cdot n/m$ 。其中， n 为 30 年期美元互换利率 - 10 年期美元互换利率 ≥ 0 的天数， m 为观察期总天数。到期百分之百地还本付息

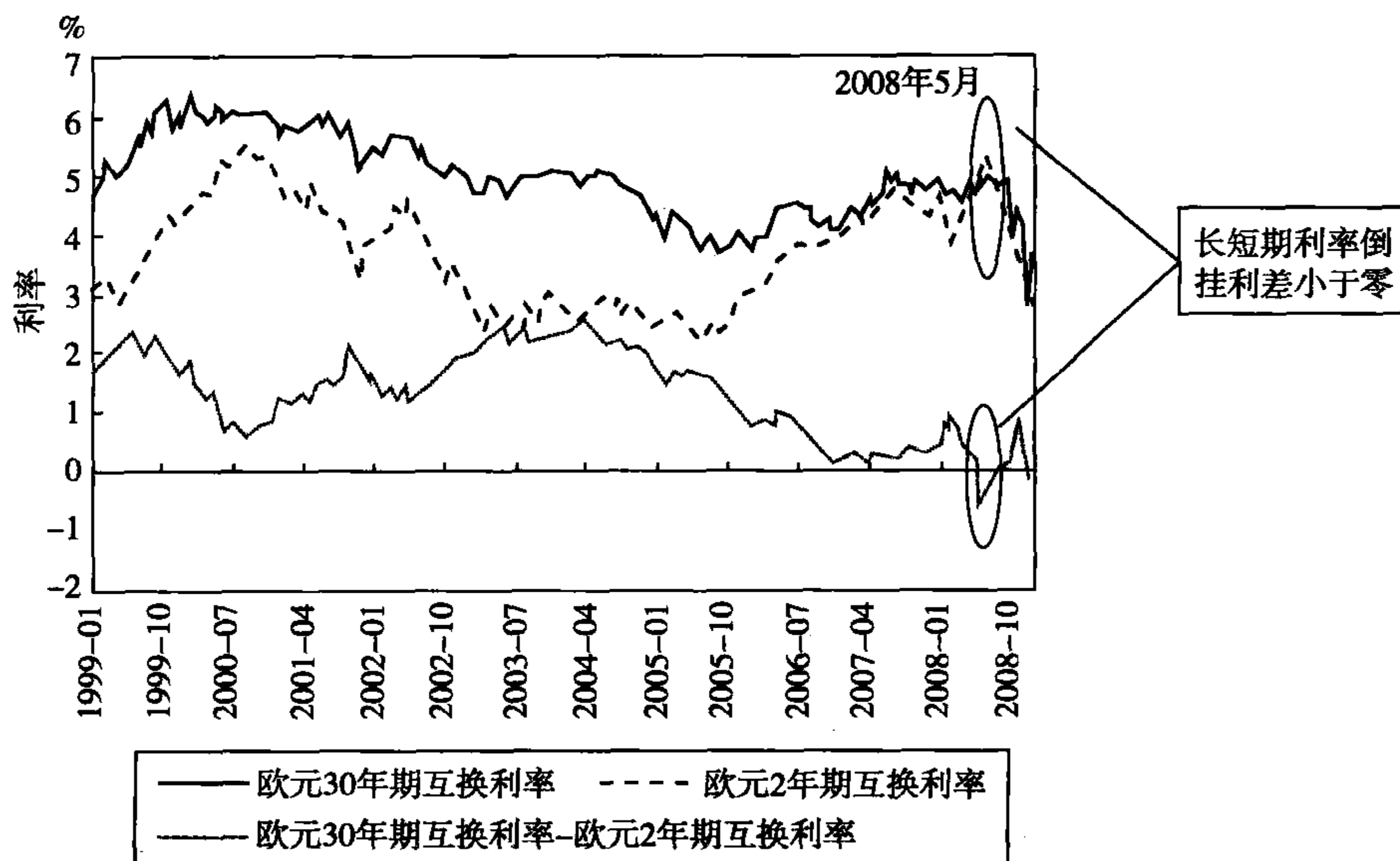
【案例 5.5】利率挂钩型理财产品中的“黑天鹅”——欧元 CMS 挂钩产品

在发现澳大利亚的黑天鹅之前，欧洲人认为天鹅都是白色的，“黑天鹅”曾经是他们言谈与写作中的惯用语，用来指不可能存在的事物，但这个不可动摇的信念随着第一只黑天鹅的出现而崩溃。黑天鹅的存在寓示着人们总是对它视而不见，并习惯于以自己有限的生活经验和理所当然的信念来解释这些意料之外的重大冲击，最终被现实击溃。2008 年下半年，欧元 CMS30Y - 2Y（固定期限 30 年互换利率与 2 年互换利率之差）挂钩产品发生了巨额亏损，它就是这样一只打破了人们的思维惯性的“黑天鹅”。

欧元 CMS 挂钩产品的收益主要受欧元互换利率水平的影响，特别是对于 CMS 价差挂钩型产品而言，其收益取决于长短期互换利差的变化。通常而言，长短期互换利差越大，CMS 价差挂钩型产品的收益越高；反之，如果长短期互换利差缩小，甚至出现长期互换利率低于短期互换利率，即所谓的“利率倒挂”

(Yield Inversion) 现象时, CMS 价差挂钩型产品的收益就会下降。造成长短期互换利差变动的根本原因是长期互换利率与短期互换利率对市场外部经济因素的反应不同。例如, 货币政策调节对短期利率的影响要比其对长期利率的影响大得多。这意味着货币当局的加息行为将诱发短期利率的大幅上行, 而长期利率的上升幅度则相对较小。长期利率更多地受经济增长前景及长期通货膨胀预期的影响。在加息周期末端, 如果经济增长前景趋于暗淡, 长期通胀预期下降, 则长期利率难以维持高位; 此时, 加息引起的短期利率上升和经济增长前景暗淡导致长期利率下降。这两方面共同构成了 CMS 长短期利差缩小甚至出现倒挂的最主要原因。

在正常的经济环境下, 短期利率比长期利率低, 长短期利率出现倒挂的可能性较低, 即使出现了也难以持续。从历史数据来看, 自欧元诞生至 2008 年 5 月底, 欧元 30 年期互换利率与欧元 2 年期互换利率从未发生过长短期利率倒挂的现象。但实际上, 自 2008 年 2 月起, 欧元 30 年期互换利率与欧元 2 年期互换利率的走势一直呈现逐渐收敛的状态, 直至 2008 年 5 月 30 日, 欧元 30 年期互换利率首次出现低于欧元 2 年期互换利率 2 个基点左右的倒挂现象, 并持续多日, 如图 5-1 所示。



数据来源：彭博社。

图 5-1 欧元 CMS 走势

这一情况的出现, 在很大程度上源自于欧洲中央银行于 2005 年 12 月启动的

加息进程。经过8次加息后，到2007年6月6日，将目标利率提高到了4.00%，且维持此水平长达12个月之久。迫于通胀压力，短期利率长期维持高位，恶化了经济增长前景，使得长期利率在低位徘徊。欧洲中央银行在2008年7月3日迫于通胀上升压力而再度加息，这更进一步恶化了欧洲经济增长的前景，使得欧元30年期利率与欧元2年期利率之间的倒挂继续加深。进入10月份之后，随着美国次贷危机不断深化并演变成全球性金融危机和经济衰退，各国中央银行纷纷降低利率以刺激经济，但在短期利率下降的同时，对未来经济增长前景的担忧和进一步降息的预期却使得长期利率仍然保持较低水平，甚至也随之下降；而且，由于欧元长短期CMS在前期出现了长时间倒挂，国际上各大投行及对冲基金手中持有的大量单边头寸被迫进行调整，如反向平盘或止损等，这一行为更进一步加重了长期利率下行的压力，加剧了市场上欧元长短期CMS倒挂的程度，导致了市场上许多欧元CMS挂钩产品的大幅亏损。

（四）触发型利率挂钩产品

这类产品的特点是：产品到期时，投资者取得的收益取决于挂钩利率在产品到期日或者整个投资期内的取值是否触及某一事先设定的利率水平或区间。

【案例5.6】德意志银行（中国）有限公司在2009年9月和10月连续发行了两款触发型产品。其主要条款如表5-5所示。

表5-5 德意志银行利率挂钩结构化产品的主要条款

产品名称	德银利率挂钩结构性投资产品
产品期限	2年
挂钩标的	3个月美元LIBOR
投资币种	美元
收益决定条款	第一年支付2.00%的年化收益。第二年，如果在整个观测期内任一工作日，挂钩利率大于1.00%，则支付2.00%的年化收益；否则，支付3.00%的年化收益

【案例5.7】华侨银行在2008年11月发行了一款触发型利率挂钩产品。主要条款如表5-6所示。

表 5-6 华侨银行“春华秋实”利率挂钩结构性存款的主要条款

产品名称	“春华秋实”利率挂钩结构性存款
产品期限	6 个月
挂钩标的	3 个月美元 LIBOR
投资币种	人民币
收益决定条款	若在最终定价日，美元 3 个月 LIBOR 低于或等于 7%，则投资者可获得 4.1% 的年化收益率；否则，回报为零

第二节 利率挂钩型结构化产品的发展状况

利率挂钩型结构化产品在国外首次出现于 1992—1993 年，当时美国正处在从 1989 年开始的 5 年降息周期中，华尔街设计出了首款利率挂钩型结构化存款产品。产品的推出满足了投资者在低利率时代渴望获得高收益的愿望。其后，发行规模不断扩大，产品种类也日益丰富。利率挂钩型结构化产品在所有挂钩型结构化产品中一直占据领先地位（如表 5-7 所示）。

表 5-7 1995—1999 年结构化产品的发行概况 单位：亿美元，只

	1995 年		1996 年		1997 年		1998 年		1999 年	
	发行 金额	发行 只数	发行 金额	发行 只数	发行 金额	发行 只数	发行 金额	发行 只数	发行 金额	发行 只数
利率挂钩	207.08	584	324.80	1 129	482.05	1 412	318.46	691	374.88	815
股价挂钩	1.65	23	20.16	80	49.78	202	95.86	260	157.65	543
汇率挂钩	64.07	143	126.90	350	147.24	508	205.61	766	86.74	539
商品挂钩	0.65	2	0.77	7	0.45	4	0.75	3	1.05	4

数据来源：Satyajit Das “Structured Products and Hybrid Securities”，Second Edition, John Wiley & Sons Inc., 2001。

CMS 挂钩产品自 2005 年开始出现快速增长。在欧洲中期票据市场上，欧元 CMS 挂钩产品的交易额由 2004 年第一季度的 17 亿欧元增长至 2005 年第一季度的 67.1 亿欧元，在整个欧元结构化产品中，占到了近 30%。2005 年全年，全球市场上仅新发行的 CMS 价差挂钩型产品就达 150 多亿美元^①。到 2006 年，随着

^① “Structured EMTNs Continue to Ride Strong”，Capital Markets Daily, May, 2005.

互换利率曲线的扁平化，CMS 价差挂钩型产品的新发行数量有所减少，但仍在 100 亿美元之上^①，全年 CMS 挂钩产品的交易额达到近 500 亿欧元。^② 由于 2007 年全球经济处于上升周期，股票和商品市场相对繁荣，相应地，股票挂钩型理财产品和商品挂钩型理财产品的市场表现较好；同时，各国要应对可能出现的通货膨胀，市场利率已经处于较高的水平了，上调的空间已经较小了，通过挂钩利率来增加理财产品收益的空间已经不大了，因而利率挂钩型产品的吸引力和市场份额都有所下降。但是，自 2008 年以来，随着美国次贷危机不断深化并演变成全球性金融危机和经济衰退，国际股市、原油和黄金等大宗商品期货价格都不同程度地出现暴跌，结构化理财产品市场也受到巨大冲击，股票挂钩型产品和商品挂钩型产品出现大幅亏损，销售量下降。出于安全性的考虑，投资者转向于投资风险较低的利率挂钩型产品。另外，由于利率走势的预见性较强，相对于震荡剧烈的其他金融市场，发行银行能较为容易地判断利率的走势，因此，一些银行，特别是外资银行，仍持续发行利率挂钩型结构化理财产品。进入 2009 年后，随着股票市场和大宗商品市场的转暖，股票挂钩型产品和商品挂钩型产品的发行数量有所增加，但利率挂钩型理财产品仍占较大比重。

在我国，一些外资银行，如花旗银行、荷兰银行等凭借其丰富的开发管理经验、先进的产品结构设计、功能创新及产品定价等优势，根据投资者的产品需求及风险偏好，较早地开发出利率挂钩型理财产品。中资银行中，工行、农行、中行、建行四大国有商业银行为发起者，它们分别推出了“汇利通”、“汇利丰”、“汇聚宝”、“汇得盈”等利率挂钩型理财产品，其形式主要以区间累积型为主，挂钩利率也仍是以美元 LIBOR 为主。2006 年，工商银行发行挂钩国内基准贷款利率的产品（“稳得利”人民币理财第七期）。2007 年 5 月 16 日，上海银行推出首只与上海银行间同业拆放利率（SHIBOR）挂钩的人民币理财产品。其后，北京银行连续发行多期“本无忧”系列人民币 SHIBOR 挂钩理财产品。表 5-8 汇总了一些早期的利率挂钩型产品。

① Navroz Patel, “Interest Rate Exotics: The Gamma Trap”, Risk, Vol. 19, December, 2006.

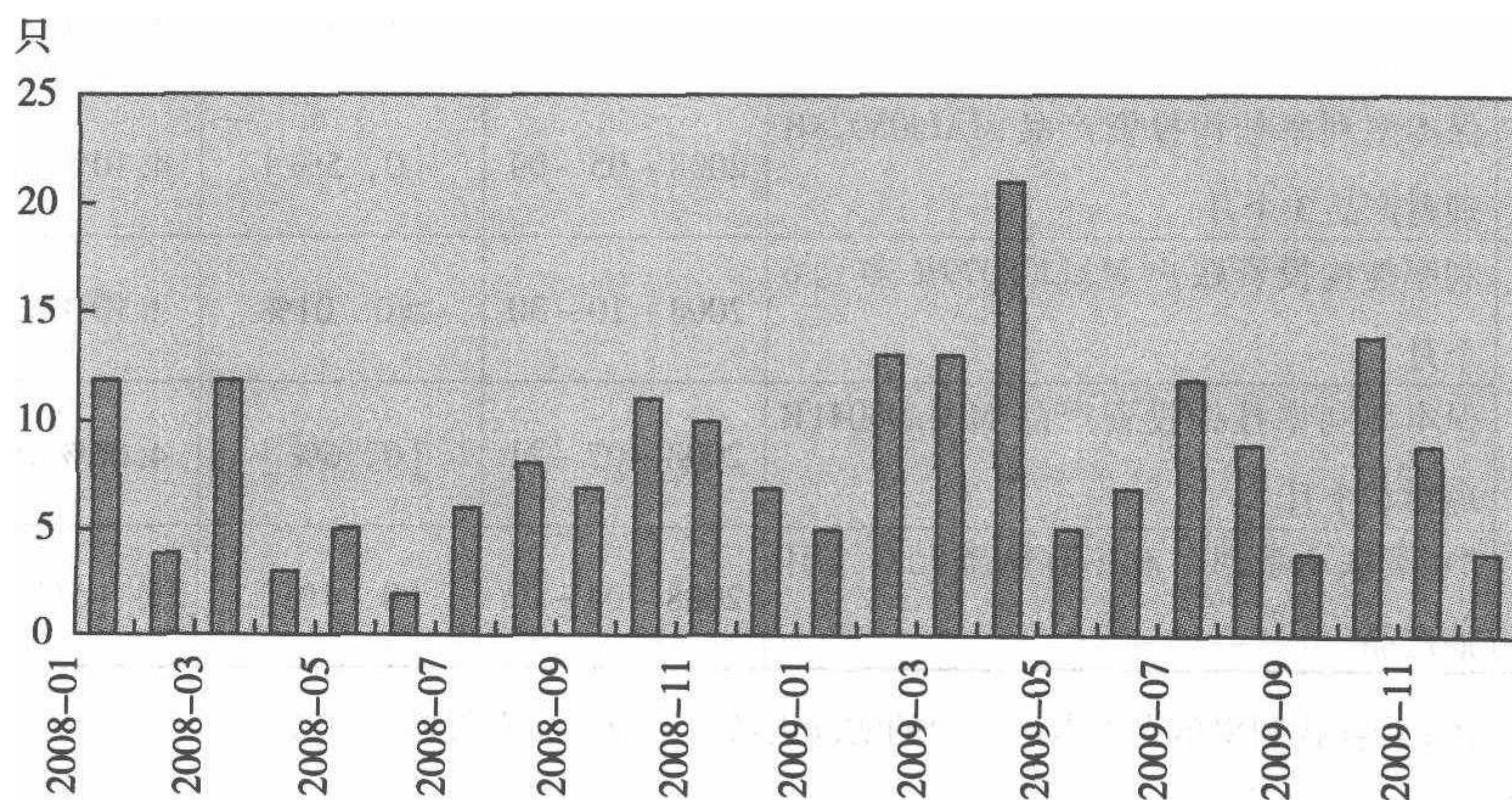
② Alex Chambers, “MTNs storm ahead as new structures find favour”, Euromoney, February, 2006.

表 5-8 国内市场上早期的一些利率挂钩型理财产品

银行名称		产品名称	发行日期	标的利率	产品特点
外 资 银 行	荷兰银行	“梵高贵宾理财”系列	2004 年 6 月	6 个月 LIBOR	收益与 LIBOR 反向浮动
	花旗银行	“市场挂钩账户”系列	2004 年 9 月	6 个月 LIBOR 6 个月 HIBOR	收益与 6 个月 LIBOR 和 6 个月 HIBOR 双挂钩
	汇丰银行	外汇理财“上限正向浮动”系列	2005 年 3 月	6 个月 LIBOR	收益与 LIBOR 正向浮动
	星展银行	利率挂钩美元保本投资产品	2007 年 8 月	3 个月 LIBOR	保本，低风险
中 资 银 行	中国银行	“汇聚宝”——“上浮封顶型”美元理财产品	2004 年 5 月	6 个月 LIBOR	收益与 LIBOR 正向浮动，上浮封顶
	农业银行	“汇利丰”滚雪球型美元理财	2004 年 6 月	3 个月 LIBOR	收益与 LIBOR 反向浮动，保证 11.3% 的收益
	工商银行	区间累积型美元理财	2004 年 6 月	6 个月 LIBOR	利率参考区间逐年放大
	光大银行	“滚雪球”型美元理财产品	2004 年 4 月	6 个月 LIBOR	
	上海银行	“慧财”人民币 SHIBOR 挂钩理财产品	2007 年 5 月	3 个月 SHIBOR	保证本金，保底年收益率为 2.8%

资料来源：第 1 理财网。

2008 年以来，国际金融市场剧烈震荡。为防止金融危机冲击实体经济，各国普遍降息以拉动经济增长。由于商业银行较为容易地预期市场利率的走势，因此利率挂钩型结构化理财产品的发行数量仍保持一定规模（如图 5-2 所示）。



数据来源：根据西南财经大学信托与理财研究所各期《商业银行理财报告》整理。

图 5-2 利率挂钩型结构化理财产品的发行数量

从发行主体上看,利率挂钩型结构化理财产品的发行仍集中在外资银行。例如,据不完全统计,自2007年1月至2009年12月,利率挂钩型结构化理财产品共发行了约320只,仅外资银行中的渣打银行一家发行的“市场联动系列”利率挂钩型保本产品就达196只,约占利率挂钩型结构化理财产品的61.3%;另外,荷兰银行、花旗银行、厦门国际银行等也都持续地发行利率挂钩型结构化理财产品。进入2009年之后,渣打银行和荷兰银行等外资银行发行的利率挂钩型结构化理财产品已经占全部利率挂钩型产品的95%以上了。

从产品的收益支付特征看,为了保障产品收益,商业银行将利率挂钩型结构化理财产品的设计,由最先的具有高风险特征的单向浮动型产品转向保本、低风险的区间累积型产品。目前,我国市场上的利率挂钩型结构化理财产品大多数为区间累积型产品。例如,自2007年至2009年年底,渣打银行所发行的196只保本型利率挂钩产品,全都是挂钩美元3个月LIBOR(3M-LIBOR)的区间累积型产品,而且在设计区间累积型利率挂钩产品时,往往将参考利率的变动区间放宽,以防止市场剧烈震荡给理财产品的收益带来损失。表5-9显示了渣打银行发行的“市场联动系列”利率挂钩型保本产品的主要条款。

表5-9 渣打银行“市场联动系列”利率挂钩型保本产品系列

委托币种	产品名称	发行日期	参考利率区间	计息利率
人民币	利率挂钩投资账户 MALI0901AR 理财产品 3 个月	2009-01-08	[0, 8%]	$2.20\% \times (n/N)$
	利率挂钩投资账户 MALI08081R 理财产品 3 个月	2008-10-31	$\geq 0.01\%$	$4.10\% \times (n/N)$
	保本型利率挂钩投资产品 MALI08028R 理财产品 3 个月	2008-05-09	[0, 5%]	$4.10\% \times (n/N)$
美元	利率挂钩投资账户 MALI08079R 美元 6 个月	2008-10-30	$\geq 0.01\%$	$3.10\% \times (n/N)$
	保本型利率挂钩投资产品 MALI08041R 理财 6 个月	2008-07-21	[0, 6%]	$4.00\% \times (n/N)$
	“市场联动系列”利率挂钩美元 6 个月期产品	2008-04-02	[0, 4%]	$3\% + 5\% \times (n/N)$

注:表中 n 为挂钩利率落在参考区间内的实际天数, N 为产品有效期的总天数。

数据来源:第1理财网。

对照图5-3所示的LIBOR变化我们可以看出,相对于LIBOR的历史走势,表5-9中的这些理财产品所设定的参考区间过宽,挂钩利率突破对应区间的可

能性几乎没有。例如,由图5-3可知,近10年以来,3个月美元LIBOR的最高点都未达到8%。2009年以来,在全球刺激经济发展的大背景下,3个月美元LIBOR一直在1%以下运行。在这种情况下,大量的利率挂钩型产品所设定的参考区间上限为8%。显然,在这类产品发行时就可以明确预期其到期时的收益水平。这表明,商业银行在市场不稳定的环境下,已将理财产品的资金安全和收益结合起来考虑,不再是只强调收益而忽略风险。

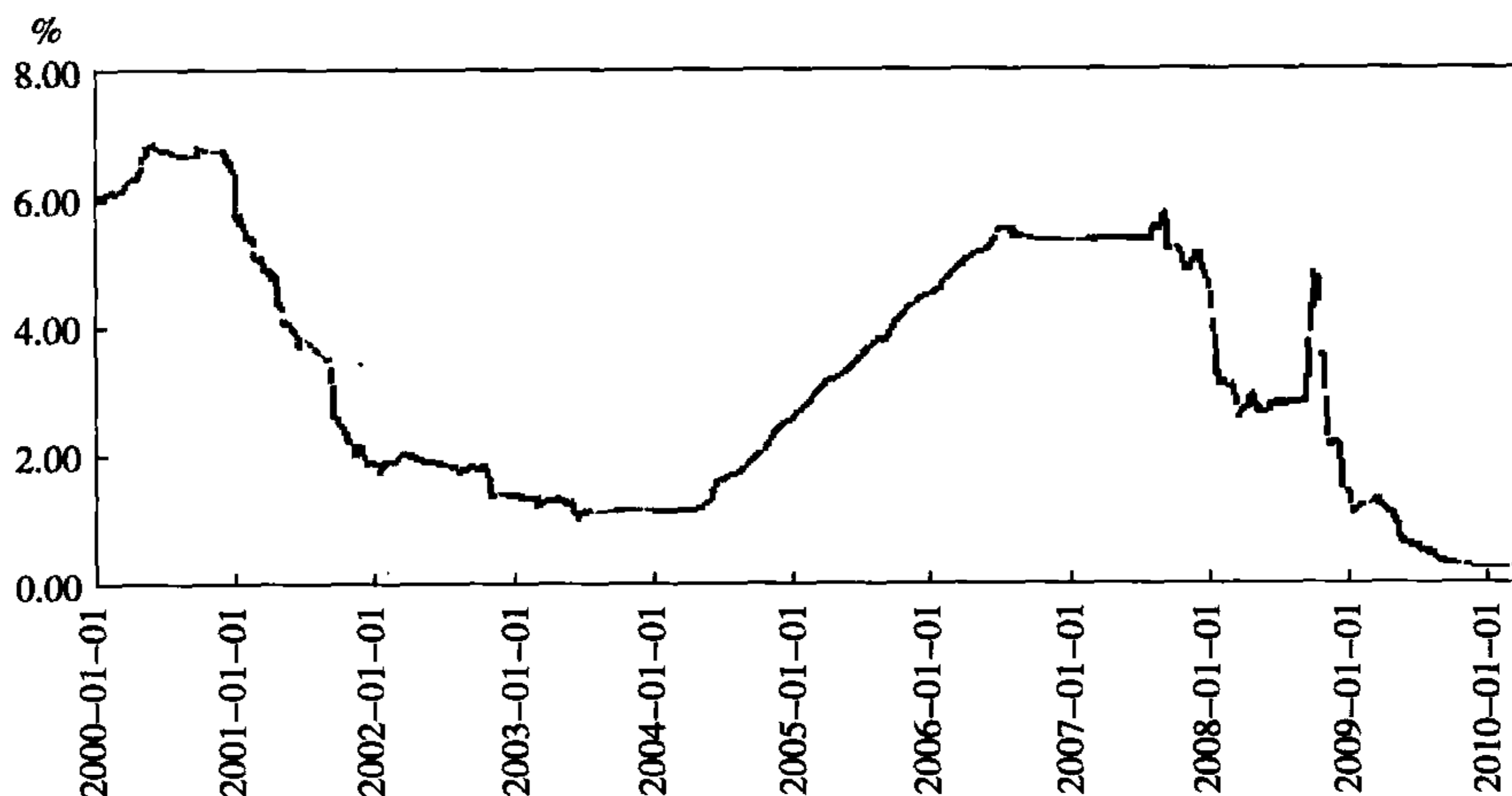


图 5-3 3 个月美元 LIBOR 的历史走势

第三节 利率挂钩型结构化产品定价的实证案例

与前面介绍的股票挂钩型、汇率挂钩型、商品挂钩型等结构化产品的定价过程相比,以利率作为挂钩标的的结构化产品的定价要复杂得多。其原因有三点:一是利率变化的随机过程比股票、汇率、商品变化的随机过程复杂,简单的几何布朗运动难以较好地捕捉利率的随机运动规律;二是特定时刻的利率不是一个单一的数值,而是不同期限对应的多个利率水平,即整条利率期限结构,所以我们用以描述利率随机运动规律的模型必须能捕捉整条利率曲线的特征;三是在整条利率期限结构上,不同到期时刻的利率的波动率都互不相同,而且在利率挂钩型产品中,挂钩利率本身影响产品的到期回报,同时又要充当回报的贴现率,这进一步加大了利率挂钩型产品定价的复杂性。由此,直接得到利率挂钩型产品定价的直接表达式比较困难,而只能根据所设定的利率模型,通

过蒙特卡罗模拟方法计算产品的理论价值。

利率模型主要是研究瞬时即期利率 $r(t)$ 的变化规律。瞬时即期利率 (Instantaneous Spot Rate) 的定义式为

$$r(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} R_t^T = R(t, t) \quad (5-1)$$

其中, R_t^T 为 t 时点、到期日为 T 的零息债券利率 (即期利率)。可见, 瞬时即期利率实际上表示在无穷小的时间 $(t, t + \Delta t)$ 内零息债券的投资收益率。瞬时即期利率有时也被称为短期利率 (Short Rate)。在理论研究和实践中, 通常可以用某些具体的短期债券利率, 如隔夜拆借利率、7 天回购利率或 1 月期国债利率等指标来近似反映。瞬时即期利率的变化规律, 即 $r(t)$ 的函数形式, 在整个固定收益证券的定价中处于核心位置。近些年来出现的大量的固定收益衍生产品, 如利率互换、利率期权、利率挂钩型结构化产品等, 其现金流变化以及价格变化都在较大程度上依赖于市场利率的变化, 因此, 瞬时短期利率 $r(t)$ 的变化规律, 即利率模型是利率挂钩型结构化理财产品定价的理论基础。值得说明的是, 由于内容庞杂, 利率模型现在已成为一门独立的学科, 而本节则重点介绍两类利率模型在利率挂钩型结构化理财产品定价中的应用。

一、BDT 模型与反向浮动型产品定价的案例

(一) BDT 模型简介

BDT 模型由 Black、Derman 和 Toy 三位金融学家在 1990 年提出。它假设风险中性概率下的短期利率服从随机过程:

$$d \ln r_t = \left[\hat{\theta}(t) - \frac{\partial \sigma(t) / \partial t}{\sigma(t)} \ln r(t) \right] dt + \sigma(t) \cdot dZ_t^Q \quad (5-2)$$

可见, BDT 模型包含两个时间函数: $\theta(t)$ 和 $\sigma(t)$ 。其中, $\theta(t)$ 的选择应当使得模型可以拟合实际的即期利率期限结构, 而 $\sigma(t)$ 的选择应当使得模型可以拟合即期利率的实际波动特征。一旦两个时间函数 $\theta(t)$ 和 $\sigma(t)$ 的形式被选定, 未来整个的短期利率变化规律就被确定下来了。BDT 模型常用的一个简化形式是假设利率的波动率为常数, 即

$$d \ln r_t = \hat{\theta}(t) dt + \sigma \cdot dZ_t^Q \quad (5-3)$$

其二叉树图可表示为图 5-4。

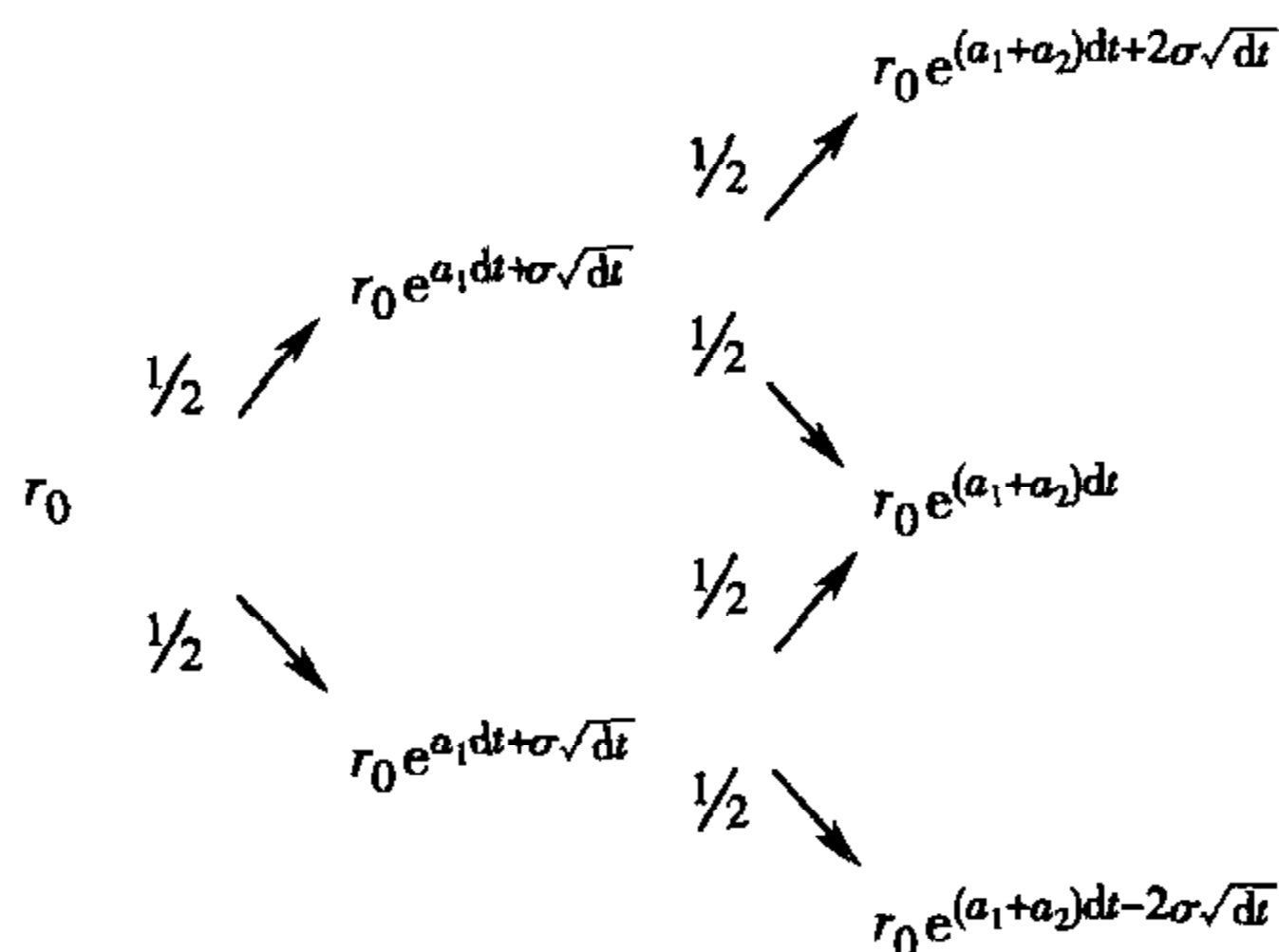


图 5-4 常数波动率 BDT 模型的二叉树表示

由此可推广至整个利率二叉树，在时点 n ，利率的第 i 种可能的取值 $r(n, i)$ 的表达式为

$$r(n, i) = r(0, 0) \times \exp\left[\left(\sum_{j=1}^i a_j \cdot dt\right) + (2i - n) \cdot \sigma \cdot \sqrt{dt}\right] \quad (5-4)$$

进一步地，在考虑短期利率的波动率随时间变化的情况时，理论与实务界通常采取如下形式的简化公式来构造 BDT 模型的二叉树：

$$r(n, i) = u_n \times \exp[\sigma_n \cdot (2i - n) \cdot \sqrt{dt}], i = n, n-1, n-2, \dots, 0 \quad (5-5)$$

前 4 期利率变化进而如图 5-5 所示。

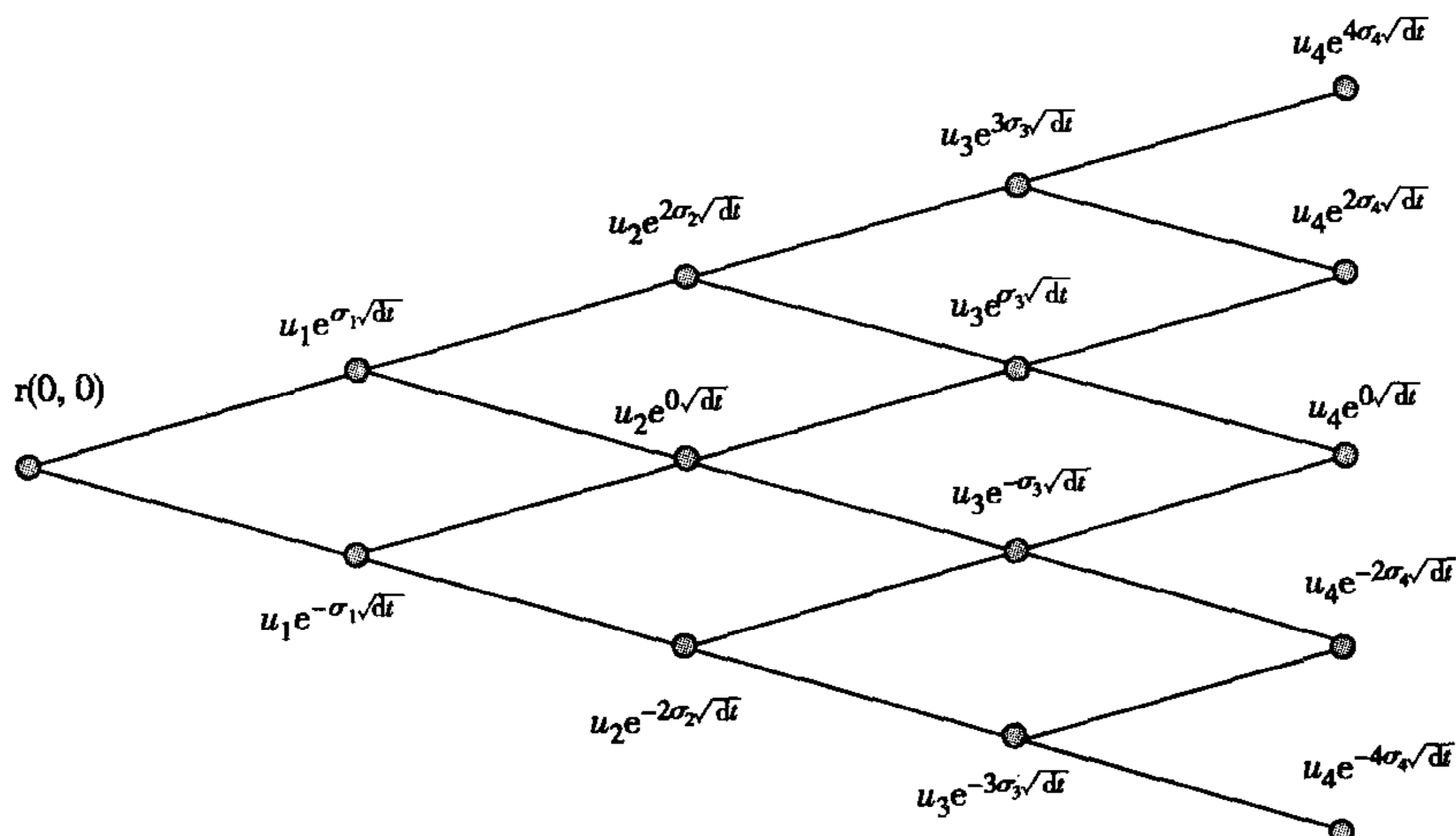


图 5-5 时变波动率 BDT 模型的二叉树表示

在以上各种情况下,可利用二叉树上各节点利率之间的关系,并以满足期初时刻的实际利率期限结构(即 $t=0$ 时,各期限的即期利率 $R_0^1, R_0^2, \dots, R_0^T$)和波动率期限结构(各期限即期利率的波动率 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_T$)^①为约束条件,求解二叉树上的各节点利率值,即短期利率在未来时点的变化规律,并进一步根据理财产品的收益支付条款,确定未来产品到期时的现金流,再加以贴现,得到理财产品的初值。在利用BDT模型模拟未来短期利率的走势时,在期初时刻观察到的实际利率期限结构以及波动率期限结构是主要的输入变量。

(二) 反向浮动型产品的定价案例

1. 产品简介

我们以[案例5.3]介绍的梵高贵宾理财全球宏观利率反向挂钩产品美元第二期为例,研究BDT模型在利率挂钩型产品定价中的应用。该产品由荷兰银行发行,是典型的反向浮动型利率挂钩产品。该产品的设计理念为看跌未来5年的3个月美元LIBOR。若全球各国持续保持低利率环境以刺激增长,且金融市场流动性逐步改善,则产品有望取得稳定的年回报。产品第一年的固定年票息率为4.5%,每季度付息一次,付息额为 $1.125\% \times \text{本金金额}$;第二年至第五年的每季度付息金额为: $0.75 \times [2.95\% - \text{当季度期初的3个月美元LIBOR}] \times \text{本金金额}$,且上限为2%,下限为0。产品的收益起始日为2009年4月22日,到期日为2014年4月22日。

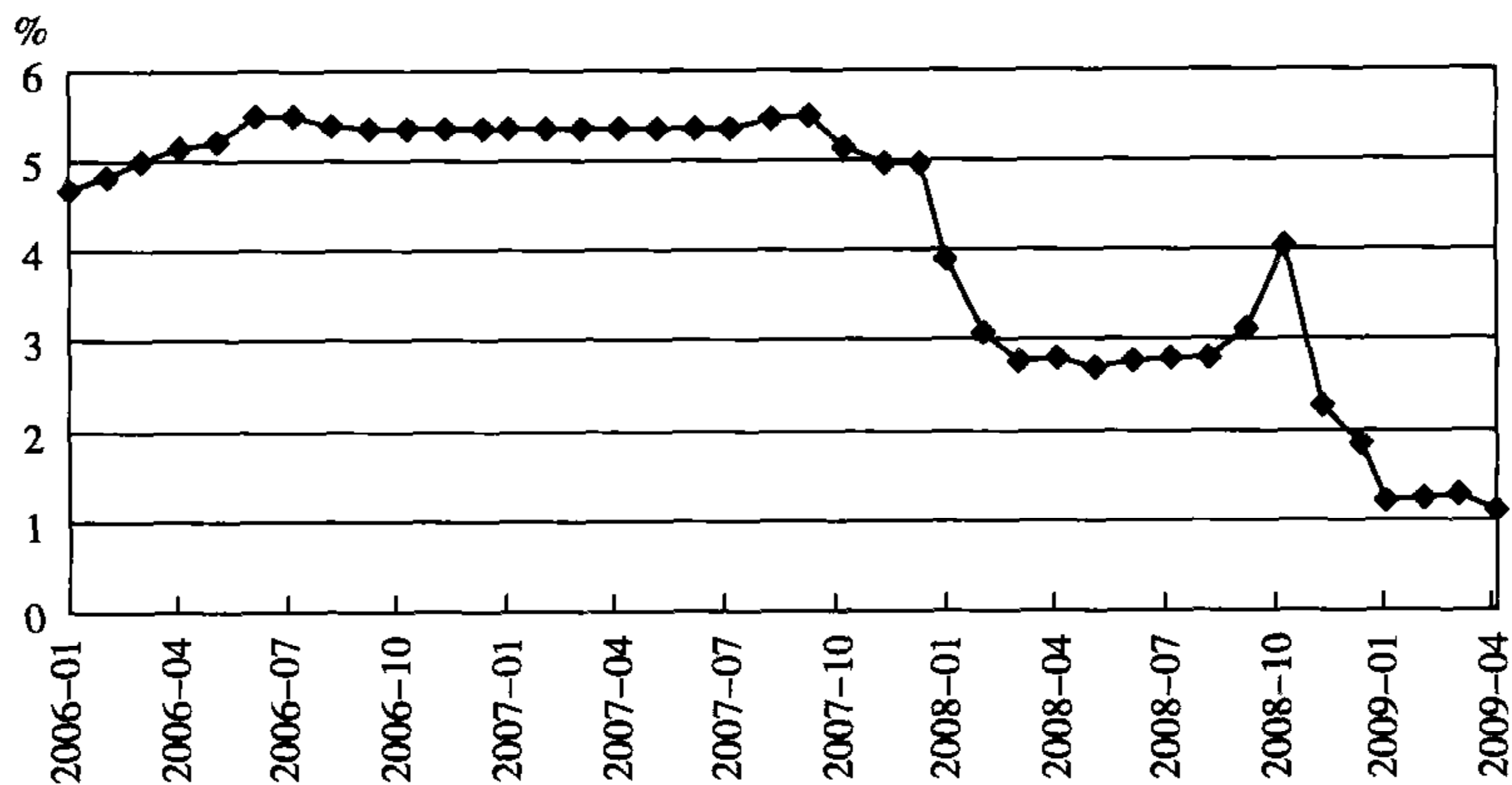
由3个月美元LIBOR的历史走势(见图5-6)可以看出,从2007年8月到起息日前,3个月美元LIBOR总体呈下降趋势,并且从2008年2月至起息日,LIBOR值在绝大部分时间内小于2.95%。在全球金融危机和刺激经济的大背景下,美元利率持续走低的可能性比较大,这有利于增加产品收益,但同时该产品的投资期限为5年,这也加大了产品的投资风险。

2. 定价实现过程

笔者采用BDT模型的二叉树方法对上述产品进行定价。由于该理财产品为5年期产品,且每个季度付息一次,因此最终需要利用BDT模型求出每隔一个季度的利率值,即需要将市场所观察到的期初时刻的美元利率期限结构、利率波动率期限结构作为输入变量,得到短期利率(3个月美元LIBOR)未来变化的二叉树。其中,利率期限结构通常根据美元各期限LIBOR市场报价及互换利

^① 可由历史数据求得,或者根据一些其价格与利率波动率(如利率上限、利率下限)有关的利率衍生品的实际市场价格,利用Black-Scholes期权定价模型反推出来。

率（Interest Swap Rates）市场报价得到的即期收益率来构造，并利用历史数据求得各期限即期利率的波动率，即波动率期限结构，再根据理财产品规定的计息方式，得到每一季度末应付出的利息，并进一步计算出整个投资期的收益水平。具体地，每一步骤如下：



数据来源：Wind 数据库。

图 5-6 3 个月美元 LIBOR 的历史走势

(1) 估计期初的利率期限结构

为求出每隔 3 个月的利率期限结构以将其作为 BDT 模型的输入变量，我们首先找出产品收益起始日（2009 年 4 月 22 日）当天的美元 LIBOR 报价（如表 5-10 和表 5-11 所示）。表 5-10 只给出了 1 年期内各期限 LIBOR 的市场报价，而表 5-11 为 1 年期以上的、浮动端为 3 个月付息一次的美元 LIBOR 的利率互换（Swap）报价。

表 5-10 2009 年 4 月 22 日美元 LIBOR 市场报价

各期限 LIBOR	美元 LIBOR 市场报价 (%)
3 个月美元 LIBOR	1.1018
6 个月美元 LIBOR	1.6362
9 个月美元 LIBOR	1.7812
12 个月美元 LIBOR	1.9150

表 5-11 2009 年 4 月 22 日互换利率市场报价

互换利率市场报价 (%)			
1 年期	1.85	5 年期	2.52
2 年期	1.94	7 年期	2.84
3 年期	2.17	10 年期	3.09
4 年期	2.28	30 年期	3.43

利用美元 LIBOR 市场报价以及各年期的互换利率,通过拔靴法(Bootstraping)求出每隔 3 个月的零息债券收益率是目前实务界最常用来估计利率期限结构的方法。在具体操作时,首先要利用三次样条函数插值(Spline)方法,得到每隔 3 个月的互换利率,如表 5-12 所示。

表 5-12 每隔 3 个月的互换利率

插值后的互换利率(%)					
1 年期	1.85	2.5 年期	2.12	4 年期	2.38
1.25 年期	1.84	2.75 年期	2.17	4.25 年期	2.42
1.5 年期	1.86	3 年期	2.22	4.5 年期	2.47
1.75 年期	1.94	3.25 年期	2.26	4.75 年期	2.51
2 年期	2.00	3.5 年期	2.30	5 年期	2.55
2.25 年期	2.06	3.75 年期	2.33

数据来源:由 Matlab 三次样条函数插值得到。

然后,借助于拔靴法,相当于一年付息 4 次,每次间隔 1/4 年,求出 1.25 年期的零息债券利率 $r_{1.25}$,其现金流如图 5-7 所示。

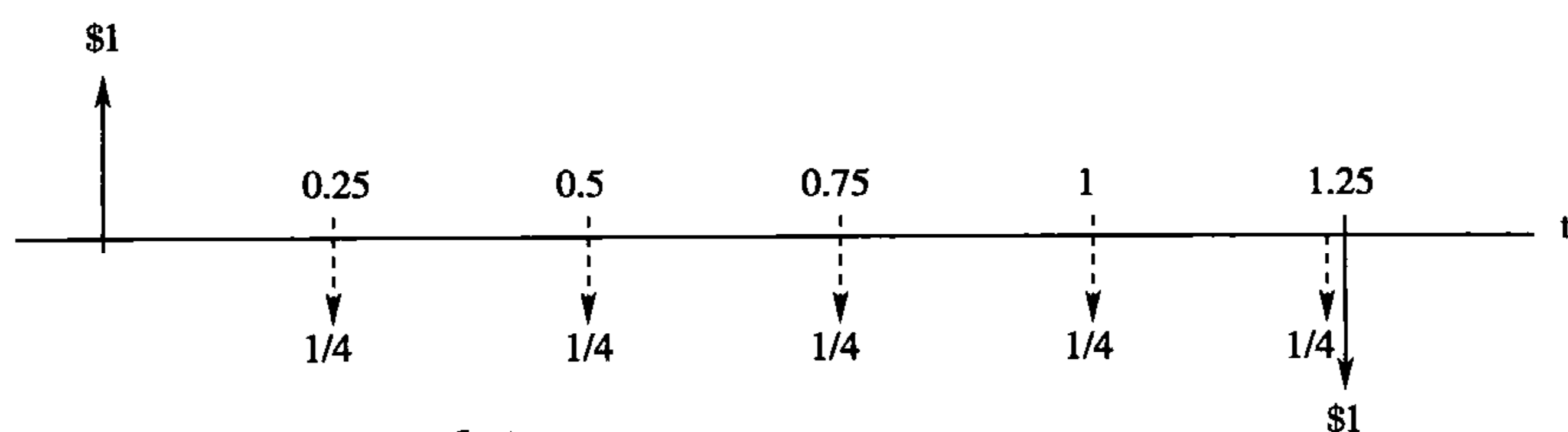


图 5-7 拔靴法示意图

由此,有如下反映现金流贴现关系的等式成立:

$$\begin{aligned} S_{1.25} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.25} \times 0.25} + S_{1.25} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.5} \times 0.5} + S_{1.25} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.75} \times 0.75} \\ + S_{1.25} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_1 \times 1} + S_{1.25} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{1.25} \times 1.25} + 1 \times e^{-r_{1.25} \times 1.25} = 1 \end{aligned}$$

在上式中, $S_{1.25}$ 代表 1.25 年期的互换利率, $r_{0.25}$ 、 $r_{0.5}$ 、 $r_{0.75}$ 、 r_1 分别代表市场上 3 个月、6 个月、9 个月、12 个月的零息利率(即当日各对应期限 LIBOR

的市场报价)，从而可求出 1.25 年期的零息利率 $r_{1.25}$ 。然后，再利用该数值及其他数值，求下一个期限，如 1.5 年期的零息利率，此时贴现公式变为

$$S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.25} \times 0.25} + S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.5} \times 0.5} + S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{0.75} \times 0.75} + S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{1.0} \times 1} + S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{1.25} \times 1.25} + S_{1.5} \times \frac{1}{4} \times e^{-r_{1.5} \times 1.5} + 1 \times e^{-r_{1.5} \times 1.5} = 1$$

以此类推，可以求出 5 年内间隔 3 个月的各期限零息债券利率，即利率期限结构，债券收益率估计值如表 5 - 13 所示。

表 5 - 13

5 年内间隔 3 个月的零息债券收益率估计值

单位：%

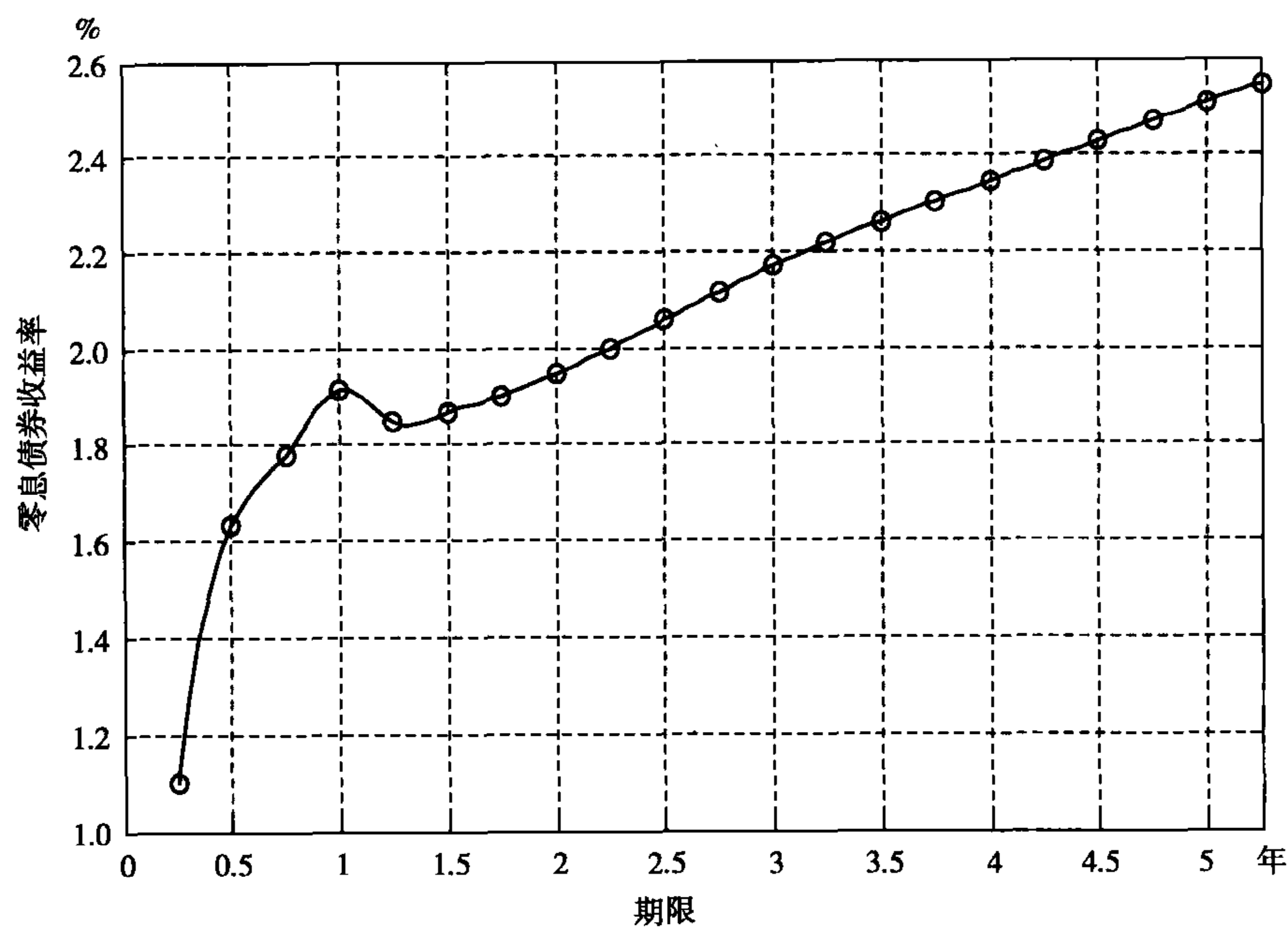
零息债券利率	收益率	零息债券利率	收益率
$r_{0.25}$	1.10	$r_{2.75}$	2.12
$r_{0.5}$	1.64	$r_{3.0}$	2.17
$r_{0.75}$	1.78	$r_{3.25}$	2.22
$r_{1.0}$	1.91	$r_{3.5}$	2.26
$r_{1.25}$	1.85	$r_{3.75}$	2.30
$r_{1.5}$	1.87	$r_{4.0}$	2.34
$r_{1.75}$	1.90	$r_{4.25}$	2.39
$r_{2.0}$	1.95	$r_{4.5}$	2.43
$r_{2.25}$	2.00	$r_{4.75}$	2.47
$r_{2.5}$	2.06	$r_{5.0}$	2.51

数据来源：根据公式计算得到。

由此，在 2009 年 4 月 22 日，各期限美元 LIBOR 的利率期限结构如图 5 - 8 所示。

(2) 根据历史数据估计波动率期限结构，即各期限利率的波动率

选取前期的历史波动率作为期初的利率波动率，根据上述利率期限结构的估计方法，估计出 2009 年 3 月 20 日到 2009 年 4 月 21 日每天的利率期限结构，然后计算每个期限利率的日波动率，并将日波动率年化，得到年波动率，即零息债券收益率的波动率期限结构（见表 5 - 14），从而得到 BDT 模型中的利率波动率期限结构这一输入变量。



资料来源：利用 Matlab 程序绘制。

图 5-8 各期限美元 LIBOR 的利率期限结构

表 5-14 利率年化波动率期限结构

每隔 3 个月的波动率期限结构			
$\sigma_{0.25}$	0.009445	$\sigma_{2.75}$	0.013809
$\sigma_{0.5}$	0.009678	$\sigma_{3.0}$	0.014282
$\sigma_{0.75}$	0.007164	$\sigma_{3.25}$	0.014612
$\sigma_{1.0}$	0.008025	$\sigma_{3.5}$	0.014826
$\sigma_{1.25}$	0.008675	$\sigma_{3.75}$	0.014961
$\sigma_{1.5}$	0.009430	$\sigma_{4.0}$	0.015053
$\sigma_{1.75}$	0.010438	$\sigma_{4.25}$	0.015139
$\sigma_{2.0}$	0.011461	$\sigma_{4.5}$	0.015239
$\sigma_{2.25}$	0.012390	$\sigma_{4.75}$	0.015355
$\sigma_{2.5}$	0.013177	$\sigma_{5.0}$	0.015470

(3) 构造 BDT 模型利率二叉树

将表 5-13 和表 5-14 中的数据作为输入变量，利用 Matlab 计算机语言中的 bdttree 函数命令，来创建一个 BDT 模型利率二叉树，得到图 5-9。

0y	0.25y	0.5y	0.75y	1.0y	1.25y	1.5y	1.75y	2.0y	2.25y	2.5y	2.75y	3.0y	3.25y	3.5y	3.75y	4.0y	4.25y	4.5y	4.75y	5.0y										
																	4.22	4.49	4.75	4.92										
																3.93		4.34	4.60											
															3.70		4.09			4.76										
													3.54		3.81			4.20	4.44											
												3.49		3.58		3.95			4.29	4.60										
											3.47		3.43		3.68		4.06													
									3.47		3.38		3.47		3.82			4.15	4.45											
								3.33		3.35		3.32		3.57		3.92			4.31											
								3.13		3.34		3.26		3.36		3.70		4.01												
								2.85		3.21		3.24		3.21		3.45		3.79		4.16										
								2.55		3.02		3.22		3.16		3.25		3.58		3.87	4.03									
								2.26		2.75		3.10		3.12		3.11		3.34		3.67										
								2.00		2.47		2.91		3.11		3.05		3.15		3.46		3.74	3.90							
								1.54		2.19		2.65		2.99		3.02		3.01		3.24		3.54		3.77						
								2.39		1.95		2.39		2.80		3.00		2.95		3.05		3.35		3.62						
								2.39		1.51		2.12		2.56		2.88		2.91		2.91		3.13		3.43		3.64				
								2.20		2.34		1.90		2.31		2.70		2.89		2.85		2.95		3.24		3.50				
1.1								2.07		1.47		2.06		2.47		2.78		2.81		2.81		3.03		3.31		3.52				
								2.16		2.30		1.85		2.23		2.61		2.79		2.75		2.85		3.14		3.38				
										2.05		1.44		2.00		2.38		2.68		2.71		2.72		2.94		3.20		3.41		
										2.25		1.81		2.16		2.51		2.69		2.66		2.76		3.03		3.27				
										1.41		1.94		2.30		2.58		2.62		2.64		2.72		2.84		3.10		3.30		
										1.76		2.08		2.42		2.60		2.57		2.68		2.76		2.94		3.16		3.19		
												1.88		2.22		2.49		2.53		2.55		2.75		2.99						
												2.01		2.34		2.50		2.49		2.59		2.75		2.99						
														2.14		2.40		2.44		2.47		2.66		2.89		2.98				
														2.25		2.42		2.40		2.51		2.75		2.99						
																2.31		2.36		2.39		2.58		2.80		2.88				
																2.33		2.32		2.43		2.66		2.85		2.79				
																2.28		2.31		2.50		2.70								
																		2.25		2.35		2.57		2.75		2.70				
																				2.23		2.42		2.61		2.66				
																						2.28		2.49				2.61		
																							2.34		2.54		2.57			
																								2.41		2.44		2.49		2.52

图 5-9 BDT 模型下 3 个月 LIBOR 的利率二叉树 (%)

(4) 根据理财产品条款，确定每期实际支付的利息率

根据理财产品条款中的收益说明（第一年每季度的收益为 $4.5 \times 3/12$ ，第二年至第五年每季度的收益为 $0.25 \times 3 \times (2.95 - 3\text{LIBOR})$ ，上限为 2%，下限为 0），再根据前面得到的利率二叉树，可以得到该理财产品的利息率二叉树（见

图 5 - 10)。其中，第一年即利息二叉树的前 4 期，每个节点的利息值都是 1.125%；第二年至第五年，各节点的实际支付的利息率可结合图 5 - 9 所示的利率二叉树和产品收益条款获得。

0y	0.25y	0.5y	0.75y	1.0y	1.25y	1.5y	1.75y	2.0y	2.25y	2.5y	2.75y	3.0y	3.25y	3.5y	3.75y	4.0y	4.25y	4.5y	4.75y	5.0y
																	0	0	0	0
																0		0	0	
															0		0			0
														0		0		0	0	
													0		0		0		0	0
												0		0		0		0		0
											0		0		0		0		0	0
										0		0		0		0		0		0
									0		0		0		0		0		0	0
								0.08		0		0		0		0		0		0
							0.30		0		0		0		0		0		0	0
							0.52		0.15		0		0		0		0		0	
							0.71		0.36		0.03		0		0		0		0	0
						1.13		0.57		0.23		0		0		0		0		0
						1.13		0.75		0.42		0.11		0		0.11		0		0
						1.13		1.13		0.62		0.29		0.05		0.03		0.03		0
						1.13		1.13		0.79		0.48		0.18		0.04		0.08		0.01
0						1.13		1.13		0.67		0.36		0.13		0.10		0.10		0
						1.13		1.13		0.82		0.54		0.26		0.12		0.15		0.07
						1.13		1.13		0.71		0.43		0.20		0.18		0.17		0.01
						1.13		1.13		0.86		0.60		0.33		0.19		0.22		0.14
						1.13		1.13		0.76		0.49		0.28		0.25		0.24		0.08
								0.89		0.65		0.39		0.26		0.28		0.21		0.01
								0.80		0.55		0.35		0.31		0.30		0.15		0
								0.70		0.46		0.33		0.38		0.27		0.08		0
								0.61		0.41		0.38		0.36		0.21		0.04		0
								0.52		0.40		0.41		0.33		0.15		0.01		
								0.48		0.44		0.42		0.28		0.11		0.05		
								0.46		0.47		0.39		0.22		0.08		0.12		
								0.50		0.48		0.34		0.18						
								0.53		0.45		0.28		0.15		0.19				
								0.54		0.40		0.25		0.22						
								0.51		0.35				0.26						
								0.46		0.32		0.28								
								0.41		0.38		0.35		0.32						

图 5 - 10 梵高贵宾理财产品的 BDT 模型利息率二叉树 (%)

BOR Market Model)。

LIBOR 市场模型的核心是直接描述远期 LIBOR 的动态变化,并由此反映出即期 LIBOR 的运行轨迹。具体地,在当前时刻($t = t_0$),第 k 个远期利率可以用 $F(t_0; T_k, T_{k+1})$ 来表示,它反映了在 t_0 时刻, T_k 至 T_{k+1} 期间的远期利率。例如, $F(t_0; t_1, t_2)$ 表示在 t_0 时刻, t_1 至 t_2 期间的远期利率。在 $t = t_0$ 时刻的远期利率结构从而可表示为图 5-11。

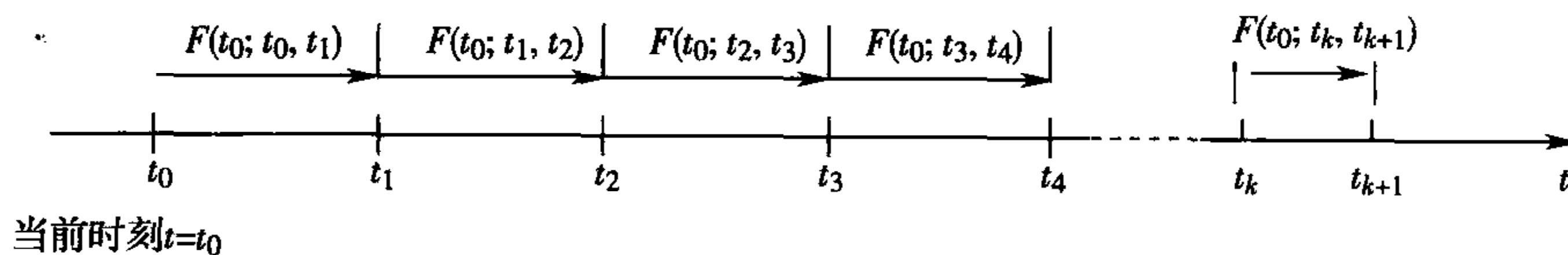


图 5-11 $t = t_0$ 时刻的远期利率结构

显然,在 $t = t_0$ 时刻,3 个月即期 LIBOR 利率可表示为 $F(t_0; t_0, t_1)$ 。此时, t_0 与 t_1 之间的时间间隔为 3 个月。LIBOR 市场模型解决的问题是随着时间的推移,远期利率结构如何变化。例如,当前时刻由 $t = t_0$ 变为 $t = t_1$ 时,远期利率结构相应地变为 $F(t_1; t_1, t_2)$ 、 $F(t_1; t_2, t_3)$ 、 \dots 、 $F(t_1; t_k, t_{k+1})$,如图 5-12 所示。

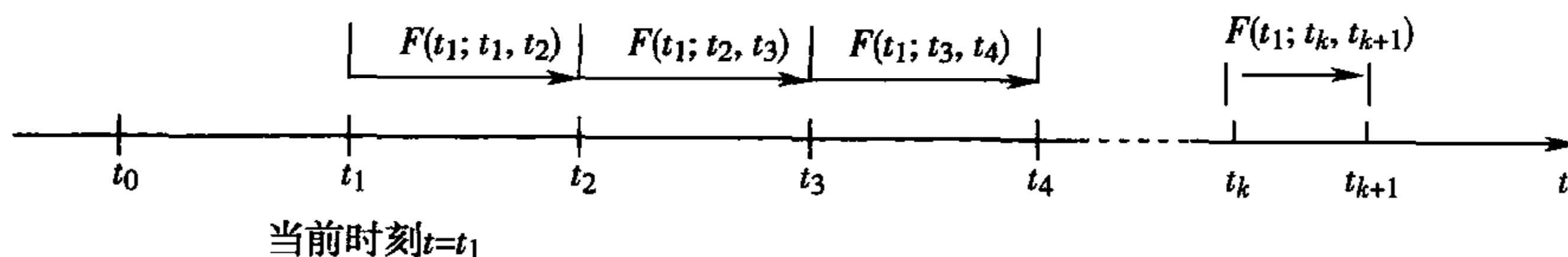


图 5-12 $t = t_1$ 时刻的远期利率结构

以此类推,当前时刻变为 $t = t_2$ 时,远期利率结构为 $F(t_2; t_2, t_3)$ 、 $F(t_2; t_3, t_4)$ 、 \dots 、 $F(t_2; t_k, t_{k+1})$ 。由此得到一系列随时间变化的远期利率结构图(见图 5-13)。

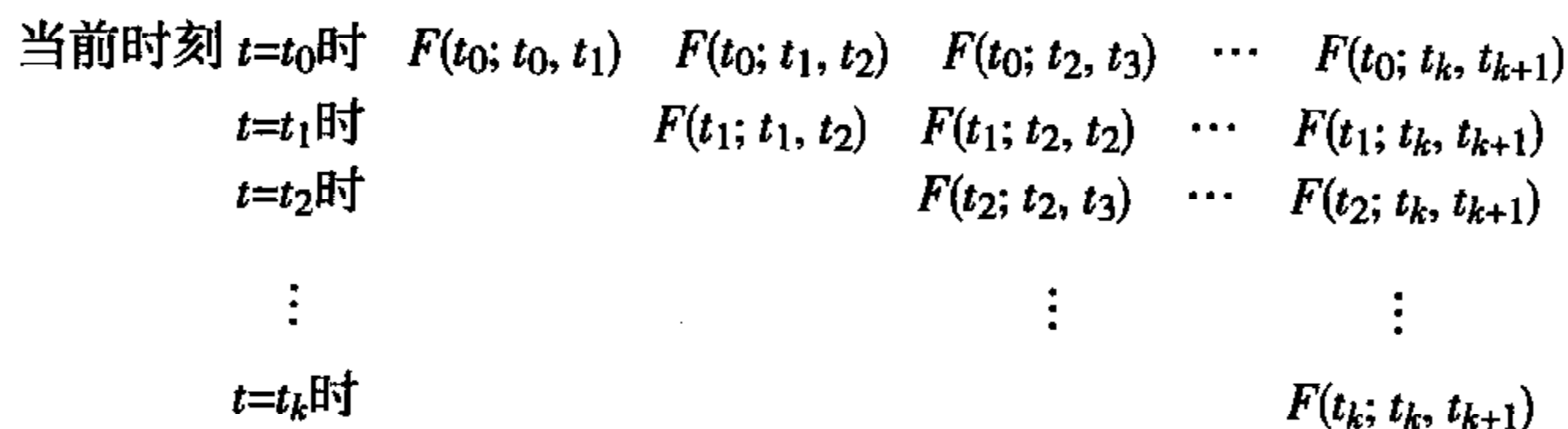


图 5-13 随时间推移的远期利率结构

显然,在图 5-13 中, $F(t_0; t_0, t_1)$ 、 $F(t_1; t_1, t_2)$ 、 $F(t_2; t_2, t_3)$ 、 \dots 、 $F(t_k; t_k, t_{k+1})$ 反映了 t_0 、 t_1 、 \dots 、 t_k 各时点对应的即期 LIBOR 的变化轨迹。

Hull (2005) 给出了反映各时点远期利率结构变化关系的递推公式:

$$F(t_{j+1}; t_k, t_{k+1}) = F(t_j; t_k, t_{k+1}) \cdot \exp \left[\left(\sigma_k(t_j) \cdot \left(\sum_{i=j+1}^k \frac{\delta_i \cdot F(t_j; t_i, t_{i+1}) \cdot \sigma_{i-j}(t_j)}{1 + \delta_i \cdot F(t_j; t_i, t_{i+1})} \right) - \frac{\sigma_k^2(t_j)}{2} \right) \cdot \theta_j + \sigma_k(t_j) \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\theta_j} \right] \quad (5-7)$$

其中, θ_j 为 t_j 至 t_{j+1} 的时间间隔。例如, 在对区间累积型利率挂钩产品进行定价时, 要估测远期利率每天的变化, 因此 $\theta_j = 1/360$ 。 δ_i 为 t_k 至 t_{k+1} 之间, 即远期利率的时间间隔。例如, 当考察 3 个月或 6 个月远期 LIBOR 时, δ_i 相应地为 1/4 或 1/2。 $\sigma_k(t_j)$ 为 $t = t_j$ 时, 远期利率 $F(t_j; t_k, t_{k+1})$ 的波动率。由此, 当 $j=0$ 时, k 依次取 1、2、3…… N , 式 (5-7) 可反映出 $t = t_0$ 时刻的远期利率结构 $F(t_0; t_1, t_2)$ 、 $F(t_0; t_2, t_3)$ 、 $F(t_0; t_3, t_4)$ …… $F(t_0; t_N, t_{N+1})$ 与 $t = t_1$ 时的远期利率结构 $F(t_1; t_1, t_2)$ 、 $F(t_1; t_2, t_3)$ 、 $F(t_1; t_3, t_4)$ …… $F(t_1; t_N, t_{N+1})$ 之间的递推关系。当 $j=1$ 时, k 依次取 2、3…… N , 式 (5-7) 可反映出 $t = t_1$ 时刻的远期利率结构 $F(t_1; t_1, t_2)$ 、 $F(t_1; t_2, t_3)$ 、 $F(t_1; t_3, t_4)$ …… $F(t_1; t_N, t_{N+1})$ 与 $t = t_2$ 时的远期利率结构 $F(t_2; t_2, t_3)$ 、 $F(t_2; t_3, t_4)$ …… $F(t_2; t_N, t_{N+1})$ 之间的递推关系。以此类推。

(二) 挂钩 LIBOR 的区间累积型产品收益估测案例

我们以渣打银行发行的一款区间累积型利率挂钩存款产品为例。该产品的投资期限为 2009 年 3 月 19 日至 2009 年 6 月 19 日, 共 90 天。其投资货币为美元, 收益与美元 3 个月 LIBOR 挂钩, 利率变动的参考区间为 $[0, 8\%]$, 即在投资期内的每一天, 若美元 3 个月 LIBOR 落在 $[0, 8\%]$ 内, 投资者当日可获得投资年化收益率 4.8%, 否则一无所获。由此, 产品的投资年化收益率计算公式为: $4.80\% \times (n/N)$ 。其中, N 为产品持续期内的总天数; n 为产品持续期内, 挂钩利率落在计息区间 $[0, 8\%]$ 内的实际天数。在产品有效期内, 银行与投资者均不可提前终止。

对于这一产品, 我们需要在期初 (即 3 月 19 日, 记为 $t=0$), 估测美元 3 个月 LIBOR 在未来 3 个月内每一天的变化轨迹, 即 $F(1;1,91)$ 、 $F(2;2,92)$ 、 $F(3;3,93)$ 、 $F(4;4,94)$ 、 $F(5;5,95)$ …… $F(29;29,119)$ 、 $F(30;30,120)$ …… $F(89;89,179)$ 、 $F(90;90,180)$ 。其中, 期初 ($t=0$) 时点的第 1 天至第 91 天之间的 3 个月期远期利率 $F(0;1,91)$ 在经过第 1 天之后, 变为 $F(1;1,91)$, 即得到未来第 1 天的 3 个月即期 LIBOR; 而期初时第 2 天至第 92 天之间的 3 个月期远期利率 $F(0;$

2,92) 先在第 1 天后变为 $F(1;2,92)$, 在第 2 天后变为 $F(2;2,92)$, 从而得到未来第 2 天的 3 个月即期 LIBOR。以此类推, 可将期初 ($t = 0$) 时的远期利率数据 $F(0;0,90)$ 、 $F(0;1,91)$ 、 $F(0;2,92)$ 、 $F(0;3,93)$ 、 $F(0;4,94)$ …… $F(0;90,180)$ 作为输入变量 (模拟的起点), 经过多日递推计算, 得到产品有效期 (未来 3 个月) 内每一天的 3 个月即期 LIBOR 的变化轨迹, 即 $F(0;0,90)$ 、 $F(1;1,91)$ 、 $F(2;2,92)$ 、 $F(3;3,93)$ …… $F(90;90,180)$ 。模拟的算法过程如图 5-14 所示。

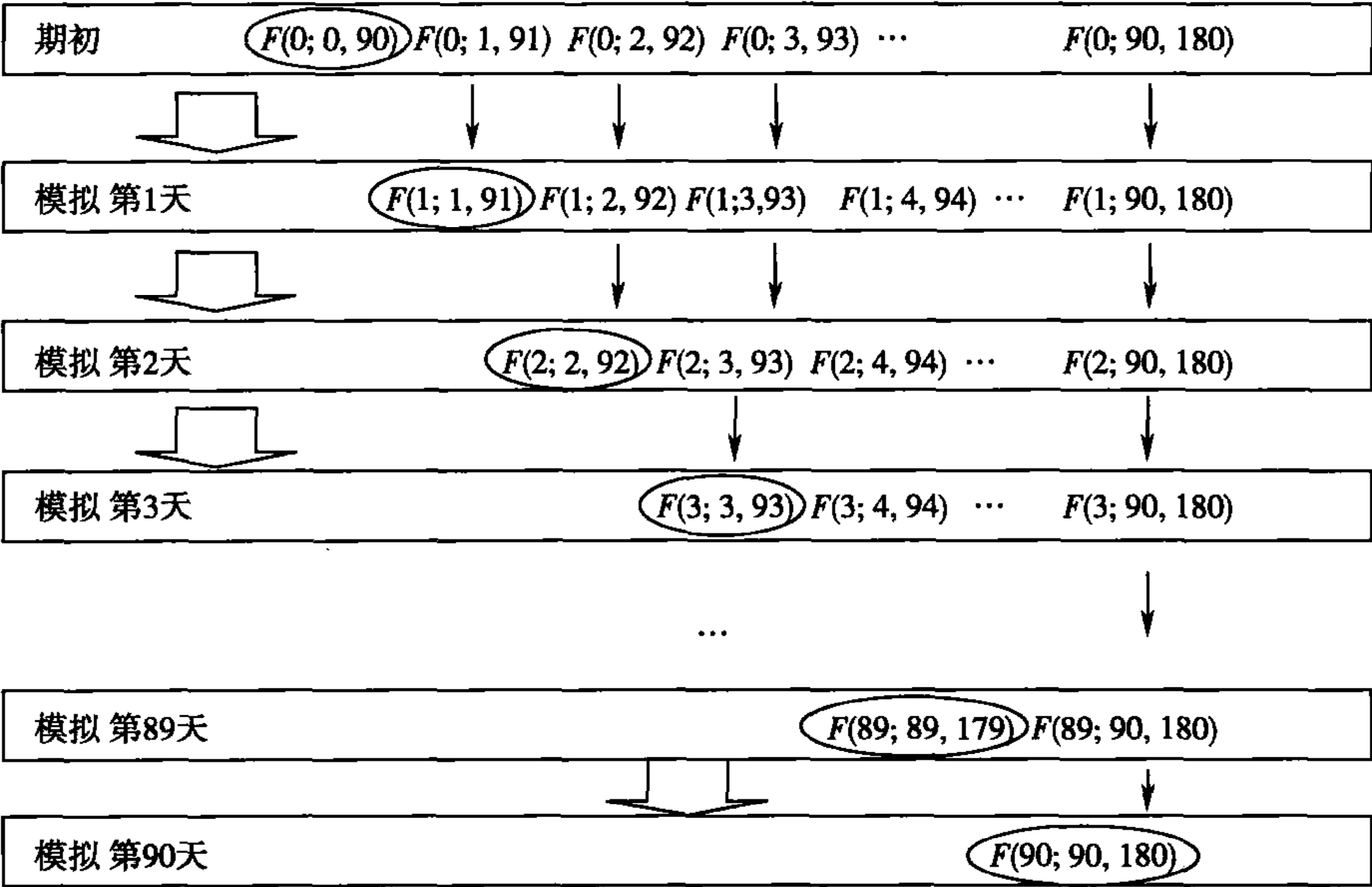


图 5-14 模拟 3 个月 LIBOR 的算法过程

为实现上述过程, 首先要求出期初 ($t = 0$) 的远期利率数据 $F(0;0,90)$ 、 $F(0;1,91)$ 、 $F(0;2,92)$ 、 $F(0;3,93)$ 、 $F(0;4,94)$ …… $F(0;90,180)$ 。为此, 我们利用期初 (3 月 19 日) 的即期利率期限结构数据, 按照即期利率与远期利率的关系公式:

$$F(0;t_1,t_2) = \frac{R_{t_2} \times t_2 - R_{t_1} \times t_1}{t_2 - t_1} \tag{5-8}$$

求出在 0 时刻, t_1 至 t_2 期间的远期利率。其中, R_{t_1} 和 R_{t_2} 分别为期限 t_1 和 t_2 对应的即期利率。例如, 一天后的 3 个月远期利率, 年化后表示为

$$F(0;1,91) = \frac{R_{91} \times \frac{91}{360} - R_1 \times \frac{1}{360}}{\frac{91}{360} - \frac{1}{360}}$$

其中, R_{91} 和 R_1 分别为 91 天和 1 天的即期利率。在求 $F(0;2,92)$ 时, 则需要利用 92 天和 2 天的即期利率 R_{92} 、 R_2 , 根据式 (5-8) 求出。其他时点间的远期利率数据可类似地运用式 (5-8) 求出。计算时所用到的各期限的即期利率数据, 如 R_1 、 R_2 …… R_{180} , 可以直接根据期初时的即期 LIBOR 的市场报价 (包括隔夜 LIBOR、1 周 LIBOR、2 周 LIBOR、1 个月 LIBOR、2 个月 LIBOR、3 个月 LIBOR、4 个月 LIBOR、5 个月 LIBOR 和 6 个月 LIBOR), 采用插值法求出。

在求得期初估值日的远期利率结构 $F(0;0,90)$ 、 $F(0;1,91)$ 、 $F(0;2,92)$ 、 $F(0;3,93)$ 、 $F(0;4,94)$ …… $F(0;90,180)$ 后, 若想利用式 (5-7), 还要求出各期远期利率的波动率 $\sigma_k(t_j)$ 。由于本书考察的理财产品的期限较短, 因此, 可直接用估值日前一个月内远期利率的历史波动率来代替理财产品有效期内远期利率的波动率。为此, 需要按式 (5-8), 求出估值日前一个月, 即 2009 年 2 月 2 日至 2009 年 3 月 18 日期间每一天的远期利率结构 $F(0;0,90)$ 、 $F(0;1,91)$ 、 $F(0;2,92)$ 、 $F(0;3,93)$ 、 $F(0;4,94)$ …… $F(0;90,180)$, 进而可求出各期限远期利率在估值日前一个月内的历史波动率 σ_{90} 、 σ_{91} 、 σ_{92} 、 σ_{93} …… σ_{180} , 并且假定这一组远期利率的历史波动率在理财产品有效期内, 即 2009 年 3 月 19 日至 6 月 19 日这 3 个月内保持不变。

最后, 利用 Matlab 计算机软件, 用蒙特卡罗模拟方法对利率路径进行模拟。具体地, 对于期初 ($t = 0$) 时点的第 1 天至第 91 天之间的 3 个月期远期利率 $F(0;1,91)$, 在经过第 1 天之后, 变为 $F(1;1,91)$, 从而得到未来第 1 天的 3 个月即期 LIBOR, 这一过程只需计算一步:

$$\begin{aligned} F(1;1,91) = & F(0;1,91) \\ & \cdot \exp \left[\left(\sigma_{91} \cdot \frac{0.25 \cdot F(0;1,91) \cdot \sigma_{91}}{1 + 0.25 \cdot F(0;1,91)} - \frac{\sigma_{91}^2}{2} \right) \right. \\ & \left. \cdot \frac{1}{360} + \sigma_{91} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{1}{360}} \right] \end{aligned}$$

期初时第 2 天至第 92 天之间的 3 个月期远期利率 $F(0;2,92)$ 则在第 1 天后变为 $F(1;2,92)$, 在第 2 天后变为 $F(2;2,92)$, 即未来第 2 天的 3 个月即期 LIBOR。由此, 需要两步计算, 先由 $F(0;2,92)$ 求出 $F(1;2,92)$:

$$F(1;2,92) = F(0;2,92)$$

$$\cdot \exp \left[\left(\sigma_{92} \cdot \frac{0.25 \cdot F(0;2,92) \cdot \sigma_{92}}{1 + 0.25 \cdot F(0;2,92)} - \frac{\sigma_{92}^2}{2} \right) \cdot \frac{1}{360} + \sigma_{92} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{1}{360}} \right]$$

再由上面得到的 $F(1;2,92)$ 求出 $F(2;2,92)$ ：

$$F(2;2,92) = F(1;2,92)$$

$$\cdot \exp \left[\left(\sigma_{92} \cdot \frac{0.25 \cdot F(1;2,92) \cdot \sigma_{92}}{1 + 0.25 \cdot F(1;2,92)} - \frac{\sigma_{92}^2}{2} \right) \cdot \frac{1}{360} + \sigma_{92} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{1}{360}} \right]$$

类似地，计算 $F(3;3,93)$ ，即 $F_{93}(3)$ ，则需要三步：先由 $F(0;3,93)$ 求出 $F(1;3,93)$ ，再由 $F(1;3,93)$ 求出 $F(2;3,93)$ ，最后由得到的 $F(2;3,93)$ 求出 $F(3;3,93)$ 以此类推，经过多次递推计算，模拟得到的 3 个月即期 LIBOR 的变化轨迹。这只是完成了一次模拟，即得到了 3 个月 LIBOR 的一种可能的变动路径。通过改变随机数 ε ，可以进行多次模拟，从而得到 3 个月 LIBOR 在产品有效期内的多条可能的变化路径。图 5-15 为模拟了 10 000 次的美元 3 个月 LIBOR 的走势。

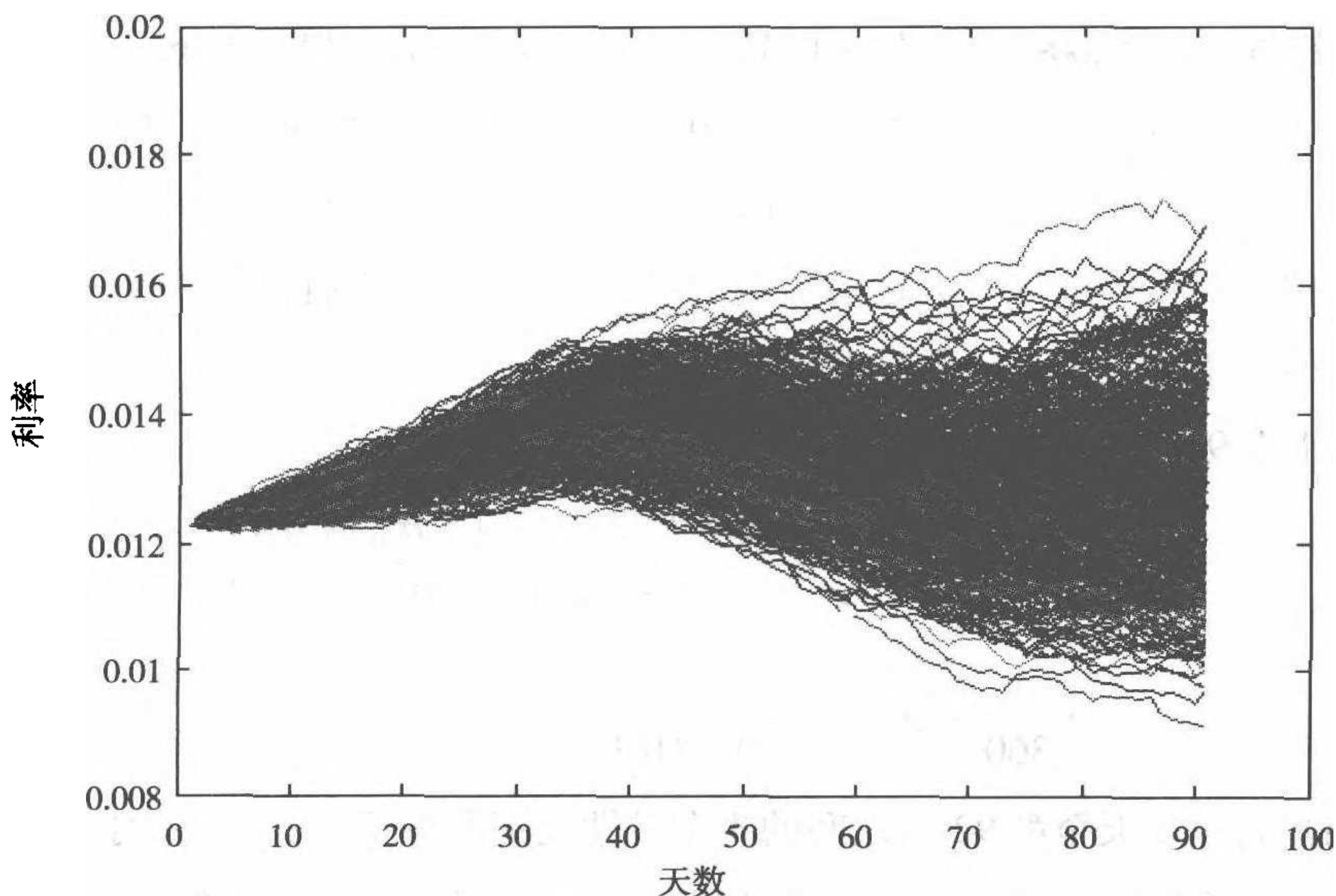


图 5-15 美元 3 个月 LIBOR 走势模拟 (2009 年 3 月 19 日至 6 月 19 日)

通过 10 000 次模拟估测出的 3 个月 LIBOR 的未来可能的变化路径全部落在理财产品所设定的参考区间 $[0, 8\%]$ 之内, 投资者预期获得的投资年化收益率为 4.8%。这与该产品到期后实际收益的表现情况完全一致。

(三) 对区间累积型利率挂钩理财产品设计的思考

在挂钩标的确定的情况下, 利率挂钩型理财产品的设计主要有两个要素: 约定的利率参考区间和约定的名义年收益率。首先, 在上述利率挂钩型产品期初日 (2009 年 3 月 19 日), 美元 3 个月 LIBOR 为 1.23%, 而挂钩利率约定的参考区间为 $[0, 8\%]$, 上限高出同期的 LIBOR 6 个百分点以上, 而且当时全球经济仍处于衰退后期、待复苏的阶段, 3 个月美元 LIBOR 由 1.23% 的水平大幅上升并突破约定区间中的 8% 这一上限的可能性非常低, 投资者很有机会获得计息公式中设定的完整的名义收益率。这也证实了前面谈到的 2008 年以来, 银行在设计区间累积型利率挂钩产品时, 往往将参考利率的变动区间放宽, 以防止市场剧烈震荡对理财产品的收益带来损失的现象。宽幅的利率区间设计使得实际挂钩 LIBOR 跳出计息区间之外的可能性极小, 从而在发行利率挂钩型理财产品时, 就有较大把握确定其到期实现的收益率即为计息公式中事先设定的名义年收益率 (也就是可能取得的最大收益率)。

其次, 本案例所研究的理财产品的计息公式中事先设定的名义年收益率为 4.8%, 而在其投资期内, 国内与这一款利率挂钩型产品同期的 3 个月美元存款利率为 0.5%^①左右, 美国国债市场上同期的 3 个月期国债收益率 (3M - Treasury Bill Rate) 为 0.2% 左右^②。可见, 这一款利率挂钩型产品所可能取得的最大收益, 从投资者的角度看, 远高于市场基准收益率水平, 显示出较高的投资价值。由于计息区间设定的幅度较宽, 投资者有较大的可能性获得完整的名义年收益率, 因此, 设定的名义年收益率较高, 意味着利率挂钩型理财产品的实际到期收益将远高于市场同期基准收益率水平。这一现象不仅出现于投资货币为美元、欧元等的外币理财产品, 许多外资银行发行的投资货币为人民币但挂钩利率为美元 LIBOR 的区间累积型产品的实际到期收益, 也都大大高于同期的人民币基准利率, 例如 2008 年一些外资银行发行的利率挂钩型产品的表现 (见表 5-16)。

① http://www.boc.cn/finadata/lilv/fd33/200903/t20090324_630317.html.

② <http://www.ustreas.gov/offices/domestic-finance/debt-management/interest-rate/yield-historical.shtml>.

表 5-16 部分外资银行发行的利率挂钩型产品的表现

发行银行	委托期限（年）	产品样本数（只）	实际/到期收益率（%）
渣打银行	0.66	51	4.38
华侨银行	0.35	9	4.10
星展银行	0.17	7	3.82

数据来源：中国社会科学院金融研究所：《2008 银行理财产品评价报告》。

由表 5-16 可见，与 2008 年的半年期存款利率平均为 2.25% 的水平相比较，这三家外资银行发行的利率挂钩型理财产品的收益率显然较高。渣打银行在 2009 年上半年持续发行了近 40 只挂钩利率为 3 个月美元 LIBOR、投资货币为人民币、投资期限为 1~3 个月的区间累积型产品，计息公式中所设定的名义收益率几乎都为 2%~2.4%，再加上较宽的计息区间，使得其到期实现的收益率（实际上也就是产品计息公式中事先设定的名义收益率）远高于 1.71% 左右的人民币 3 个月期银行存款利率。由此，通过将较宽的计息区间与较高的名义收益率相结合，外资银行设计的利率挂钩型产品可以在不承诺理财产品的收益率、不突破人民币存款利率限制的情况下，增加理财产品的实际收益率，吸引投资者购买，开拓人民币业务。

附录 各章部分案例的 Matlab 计算机程序

% AssetPaths.m 股票价格几何布朗运动模拟程序

```
function SPaths = AssetPaths(S0,mu,sigma,T,NSteps,NRepl)
% S0 为初值,mu 为漂移项,sigma 为波动率,T 为期限,NSteps 为时间间隔,NRepl 为模拟次数
SPaths = zeros(NRepl,1 + NSteps);
SPaths(:,1) = S0;
dt = T/NSteps;
nudt = (mu - 0.5 * sigma^2) * dt;
sidt = sigma * sqrt(dt);
for i = 1:NRepl
    for j = 1:NSteps
        SPaths(i,j + 1) = SPaths(i,j) * exp(nudt + sidt * randn);
    end;
end;
```

% Bank_of_China.m 挂钩单一股票资产的结构化产品定价程序

```
function P = Bank_of_China(pay,STr,Sbr,S0,r,sigma,T,NSteps,NRepl)
% pay 为最高收益支付水平,STr 为期末价格与期初价格的比例,Sbr 为障碍价格比例,S0 为标的资产初始水平
payoff = zeros(NRepl,1);
Sb = Sbr * S0
for i = 1:NRepl
    Path = AssetPaths(S0,r,sigma,T,NSteps,1);
    ST = Path(NSteps + 1);
    crossed = any(Path <= Sb);
    if ST < STr * S0
        payoff(i) = 1.0036;
    else
        if crossed == 0
            % 触发事件未发生
            payoff(i) = 1.02;
        else
            payoff(i) = pay;
        end;
    end;
end
P = mean(exp(-r * T) * payoff)
```

% fxlink.m 触发式汇率挂钩产品的定价程序

```
function Tvalue = fxlink(RH,RL,H,S0,rf,rd,sigma,T)
% RH 为触及障碍时支付收益,RL 为未触及障碍时支付收益率,H 为障碍价格,S0 为初始汇率,rf、rd 分别为外国的无风险利率和本国的无风险利率,sigma 为挂钩汇率的波动率,T 为产品期限
```

```

R=10000*(RH-RL)*T;
mu=(rf-rd-(sigma^2)/2)/sigma^2;
x=log(H/S0)/(sigma*sqrt(T))+mu*sigma*sqrt(T);
y=log(S0/H)/(sigma*sqrt(T))+mu*sigma*sqrt(T);
VUICN=R*exp(-rf*T)*(normcdf(-x)+((S0/H)^(2*mu))*normcdf(y));
Tvalue=10000*(1+RL*T)*exp(-rf*T)+VUICN;

```

% 内嵌障碍期权的汇率挂钩产品定价案例

```

function P=fx_barrier(S0,X,H,rd,rf,sigma,T,K)
% S0 为初始汇率,X 为执行价格,H 为障碍价格,T 为以年为单位的投资期,rd、rf 分别为本国
和外国无风险利率,K 为补偿率;
NK=10000*K/100
mu=(rd-rf-sigma^2/2)/sigma^2;
lamda=sqrt(mu^2+2*rd/sigma^2);
z=log(H/S0)/(sigma*sqrt(T))+lamda*sigma*sqrt(T);
X1=log(S0/X)/(sigma*sqrt(T))+(1+mu)*sigma*sqrt(T);
X2=log(S0/H)/(sigma*sqrt(T))+(1+mu)*sigma*sqrt(T);
y1=log((H^2)/(S0*X))/(sigma*sqrt(T))+(1+mu)*sigma*sqrt(T);
y2=log(H/S0)/(sigma*sqrt(T))+(1+mu)*sigma*sqrt(T);
A=-S0*exp(-rf*T)*normcdf(-X1)+X*exp(-rd*T)*normcdf(-X1+sigma*sqrt(T));
B=-S0*exp(-rf*T)*normcdf(-X2)+X*exp(-rd*T)*normcdf(-X2+sigma*sqrt(T));
C=-S0*exp(-rf*T)*((H/S0)^(2*(mu+1)))*normcdf(y1)+X*exp(-rd*T)*((H/S0)^(2*mu))*normcdf(y1-sigma*sqrt(T));
D=-S0*exp(-rf*T)*((H/S0)^(2*(mu+1)))*normcdf(y2)+X*exp(-rd*T)*((H/S0)^(2*mu))*normcdf(y2-sigma*sqrt(T));
F=K*((H/S0)^(mu+lamda))*normcdf(z)+((H/S0)^(mu-lamda))*normcdf(z-2*lamda*sigma*sqrt(T));
DOP=A-B+C-D+F;
P=10000*exp(-rd*T)+DOP/S0

```

% 区间累积型汇率挂钩产品的定价程序

```

function Tvalue=fx_range_accrual(R,Sa,Sb,S0,rd,rf,sigma,T)
% R 为基准年化收益率,Sa,Sb 为区间下限和上限,S0 为初始汇率,T 为定息日天数;rd、rf 分别为本国和
外国无风险利率
rangeprob=0
for t=1:T
da=(log(S0/Sa)+(rd-rf-0.5*(sigma^2))*(t/365))/(sigma*sqrt(t/365));
db=(log(S0/Sb)+(rd-rf-0.5*(sigma^2))*(t/365))/(sigma*sqrt(t/365));
rangeprob=rangeprob+normcdf(da)-normcdf(db);
end;
Tvalue=R*exp(-rd*(183/365))*rangeprob/133;

```

% 内嵌数字期权的商品挂钩型产品定价程序

```

function [Tvalue,V]=Comdlink_digital(RH,RL,H,S0,rd,sigma,T)

```

% RH 为高于障碍价格时支付的收益率,RL 为低于障碍价格时支付的收益率,H 为障碍价格, S_0 为初始价格,rd 为投资币种无风险利率,sigma 为挂钩标的的波动率,T 为产品期限;本程序适用于输入数据为年化收益率,且在低于障碍价格时仍有收益率补偿 RL

$R = 10000 \times (RH - RL);$

$V = R \times \exp(-rd \times T) \times \text{normcdf}(-(\log(S_0/H) + (rd - (\text{sigma}^2)/2) \times T)/(\text{sigma} \times \sqrt{T}));$

$Tvalue = 10000 \times (1 + RL) \times \exp(-rd \times T) + V;$

% BDT 模型对反向浮动型利率挂钩产品的定价程序

% 估计利率期限结构及利率波动率期限结构

clear r;

s = [];

x = [1,2,3,4,5,7,10];% 表示交换利率的期限

y = xlsread('interest swap rates')/100;

xi = [1:1/4:10];

r = xlsread('libor')/100;

for k = 1:21

 for i = 5:21

 j = 1:i-1;

 b = exp(-0.25 * j. * r(k,j));

 h = sum(b);

 r(k,i) = log((4 - s(k,i-3) * h) / (s(k,i-3) + 4)) / (-0.25 * i);

 % 根据 bootstrapping 法,求零息债券收益率

 end

end

d = [];

sigama = std(r,1) * sqrt(360);

% 求零息债券收益率的历史波动率,即利率波动率期限结构

% 求梵高理财产品利率二叉树并计算到期收益率

clear a b c;

a = [];b = [];

Compounding = 4;

ValuationDate = '04-22-2009';

StartDate = ValuationDate;

EndDates = ['07-22-2009';'10-22-2009';'01-22-2010';'04-22-2010';'07-22-2010';

'10-22-2010';'01-22-2011';'04-22-2011';'07-22-2011';'10-22-2011';'01-22-2012';

'04-22-2012';'07-22-2012';'10-22-2012';'01-22-2013';'04-22-2013';'07-22-2013';

'10-22-2013';'01-22-2014';'04-22-2014';'07-22-2014'];

Rates = r(21,:);

Volatility = sigama';

RateSpec = intenvset('Compounding',Compounding,...

 'ValuationDate',ValuationDate,...

 'StartDates',StartDate,...

```

        'EndDates',EndDates,...
        'Rates',Rates);
BDTTimeSpec = bdttimespec(ValuationDate,EndDates,Compounding);
BDTVolSpec = bdtvolspec(ValuationDate,EndDates,Volatility);
BDTTree = bdttree(BDTVVolSpec,RateSpec,BDTTimeSpec);
RateTree = cvtree(BDTTree);
treeviewer(RateTree);
RTree = cvtree(BDTTree);
for i=1:21
    a = RTree.RateTree{i};
for j=1:i
    b(i-j+1,i) = a(j); % BDT 模型利率二叉树
end;
end;
for i=6:21
    for j=1:i
        c(j,i) = 0.25 * 3 * (0.0295 - b(j,i));
% 求付息矩阵
        if c(j,i) >= 0.02
            c(j,i) = 0.02;
        else
            if c(j,i) <= 0
                c(j,i) = 0;
            else
                end
            end
        end
    end
end
c1 = sum(c,1);
for i=6:21
    m(i) = c1(i)/i;
end
m(1) = -1;m(2) = 0.01125;m(3) = 0.01125;m(4) = 0.01125;m(5) = 0.01125;
syms r;
m(21) = m(21) + 1;
CashFlow = [m];
r = irr(CashFlow) * 4
% 产品到期收益率

```


参 考 文 献

- [1] 陈松男:《结构型金融商品之设计及创新》,台湾新陆书局,2004。
- [2] 康朝锋、郑振龙:《外汇结构性存款的定价》,载《国际金融研究》,2005(5)。
- [3] 蔡向辉:《股票挂钩产品的设计、定价和避险原理》,载《证券市场导报》,2006(10)。
- [4] 林颖、徐承龙:《一种累积型理财产品的定价分析》,载《现代管理科学》,2006(1)。
- [5] 任学敏、李少华:《收益与汇率变化范围挂钩的存款产品定价》,载《同济大学学报》,2005(4)。
- [6] 刘莉亚、邵斌:《结构化金融产品》,上海,上海财经大学出版社,2005。
- [7] 李畅:《结构性金融衍生产品定价研究》,北京,经济科学出版社,2008。
- [8] 李要深等:《商业银行理财产品报告》,西南财经大学信托与理财研究所,2008—2009。
- [9] 张光平:《人民币衍生产品》,北京,中国金融出版社,2006。
- [10] 王安兴:《利率模型》,上海,上海财经大学出版社,2007。
- [11] 梁律:《结构性存款及其在中国的发展》,对外经贸大学学位论文,2005。
- [12] 冯长欢:《我国银行外汇结构性存款产品的研究》,上海交通大学学位论文,2007。
- [13] 刘一凡:《股票挂钩型结构性理财产品特征及其定价分析》,同济大学学位论文,2008。
- [14] 范雪娟:《我国商业银行与黄金挂钩的结构性存款产品研究》,暨南大学学位论文,2008。
- [15] 郑振龙、康朝锋:《中国利率衍生产品的定价和保值》,北京,北京大学出版社,2007。
- [16] 袁丽淇:《我国结构性存款产品设计研究》,华东师范大学学位论文,

2007。

[17] 张树德:《金融计算教程——Matlab 金融工具箱的应用》,北京,清华大学出版社,2007。

[18] 姜礼尚:《期权定价的模型和方法》,北京,高等教育出版社,2003。

[19] 肖峰:《论 BDT 模型在我国利率衍生品定价中的应用》,复旦大学学位论文,2008。

[20] 关韶峰:《与石油挂钩的结构性存款研究》,上海交通大学学位论文,2006。

[21] 谢明翰:《结构性商品评价——以美元双指标利率联动债与欧元逆浮动联动债券为例》,国立政治大学学位论文,2006。

[22] Wystup, U., “FX Options and Structured Products”, Wiley Finance Series, 2006.

[23] Espen Gaarder Haug, “The Complete Guide to Option Pricing Formulas”, Second Edition. McGraw – Hill, 2003.

[24] Oesterreichische National Bank, “Financial Instruments: Structured Products Handbook”, 2004.

[25] Hui, C. H., “One – Touch Double Barrier Binary Option Values”, Applied Financial Economics, Vol. 6, pp. 343 – 346, 1996.

[26] Hui, C. H., “Time – Dependent Barrier Option Values”, Journal of Futures Markets, Vol. 17, pp. 667 – 688, 1997.

[27] Rees Kam, “Structured Products”, CFC Seymour, 2005.

[28] RBS, “Interest Rate Structured Investment Products & Customized Corporate Risk Solutions”, Global Banking & Markets, June, 2006.

[29] Peter Fink, “Pricing Complex Options Using a Simple Monte Carlo Simulation”, SMBC Capital Markets, INC., 2004.

[30] Linus Kajsajuntti, “Pricing of Interest Rate Derivatives with the LIBOR Market Model”, Department of Numerical Analysis and Computer Science Royal Institute of Technology, 2004.

[31] Satyajit Das, “Structured Products and Hybrid Securities”, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

-
- [32] Stoimenov, P. A. and S. Wilkens, “Are structured products ‘fairly’ priced? An analysis of the German market for equity – linked instruments”, *Journal of Banking & Finance*, Vol. 29, 2005.
- [33] Rene Fischer, “Do investors in structured products act rationally?”, *Derivate Forum – Monthly Report*, May, 2007.
- [34] Thorsten, Hens and Marc Oliver Rieger, “The dark side of the moon: structured products from the customer’s perspective”, *Working Paper*, University of Zurich, 2009.
- [35] Brace, A. , Gatarek, D. and Musiela, M. , “The Market Model of Interest Rate Dynamics”, *Mathematical Finance*, Vol. 7, pp. 127 – 155, 1997.
- [36] John C. Hull, “Options , Futures , and Other Derivatives”, 5th Edition, Prentice Hall Press, 2000.
- [37] Chen, A. H. , Kensinger, J. W. , “An Analysis of Market – Index Certificates of Deposit”, *Journal of Financial Services Research* , Vol. 4, 1990.
- [38] Fischer Black, Emanuel Derman and William Toy, “A One – Factor Model of Interest Rates and Its Application to Treasury Bond Options”, *Financial Analysts Journal*, Vol. 46, 1990.
- [39] Hull, John and Alan White, “Pricing Interest – Rate – Derivative Securities”, *The Review of Financial Studies*, Vol. 3, pp. 573 – 592, 1990.

后 记

本书的出版受到山东省政府金融学“泰山学者”专项基金、山东省金融学重点学科建设基金、山东财政学院学位点建设专项基金、山财金融学院学术著作出版基金的资助,在此深表谢意!

银行结构化理财产品以其丰富的可设计结构,包括不同的挂钩标的、不同的收益决定方式等,较好地满足了投资者的需求。但 2008 年下半年以来,普通投资者购买的银行结构化理财产品出现零收益甚至负收益的现象屡屡发生,甚至一些机构投资者也在欧元 CMS 挂钩产品、澳元外汇衍生合约等的投资上产生巨额亏损,这些现实问题激发了我对结构化理财产品定价问题的研究兴趣。本书就是我近两年来围绕这一问题进行研究的成果。

近两年的写作是极为痛苦的,由于结构化理财产品的定价模型属于银行的核心技术,因此全面、深入的公开研究成果比较少。特别是我国的结构化理财产品市场自 2006 年下半年才开始发展,大多数的研究仅限于对结构化理财产品的概念和理论的一般性介绍,结合具体产品的可操作性较强的定量研究则更少了,而本书在试图从理论上系统梳理和总结银行结构化理财产品定价理论和方法的同时,尽可能地利用计算机程序,结合国内结构化理财产品的具体案例加以分析,以突出其可操作性和实践意义。这一出发点又使我被迫重温已放下多年的计算机编程技术。看着周围的同学和同事们大多成果卓著,有时也不禁想问问自己的得失,但最终的答案总是那句话:岂能尽如人意,但求无愧我心。能做自己喜欢做的事情,追求自己的梦想,这就够了。正是山东财政学院金融学院的领导和同事们创造了一个宽松的学术环境,正是他们始终不断的鼓励和关怀,使我能够静下心来,沉浸于自己喜欢的学术研究。

我要特别感谢我的父母、岳父母和妻子多年来默默的支持和理解。另外,我要感谢我的导师——上海财经大学金融学院的金德环教授、山东大学的于良春教授多年来在生活和学习上给我的教诲和垂范,对此我永志不忘。在本书的写作过程中,工商银行山东省分行的汪冰博士、上海证券固定收益部的何飞平博士、太平

洋保险资产管理公司的刘荆博士、中国人保资产管理公司的王上文博士、兴业证券资产管理部的朱文杰博士、浦发银行总行的于鑫博士等在数据收集方面做了大量的工作,我的研究生齐立波设计了部分程序并参与了第五章的写作,在此一并致谢。

由于结构化理财产品的定价问题仍属于较新的研究领域,加之本人的学识和研究水平、所掌握的资料和数据有限,本书还有很多不成熟或不完善之处,恳请各位专家学者批评指正!

张雪莹
二〇一〇年七月