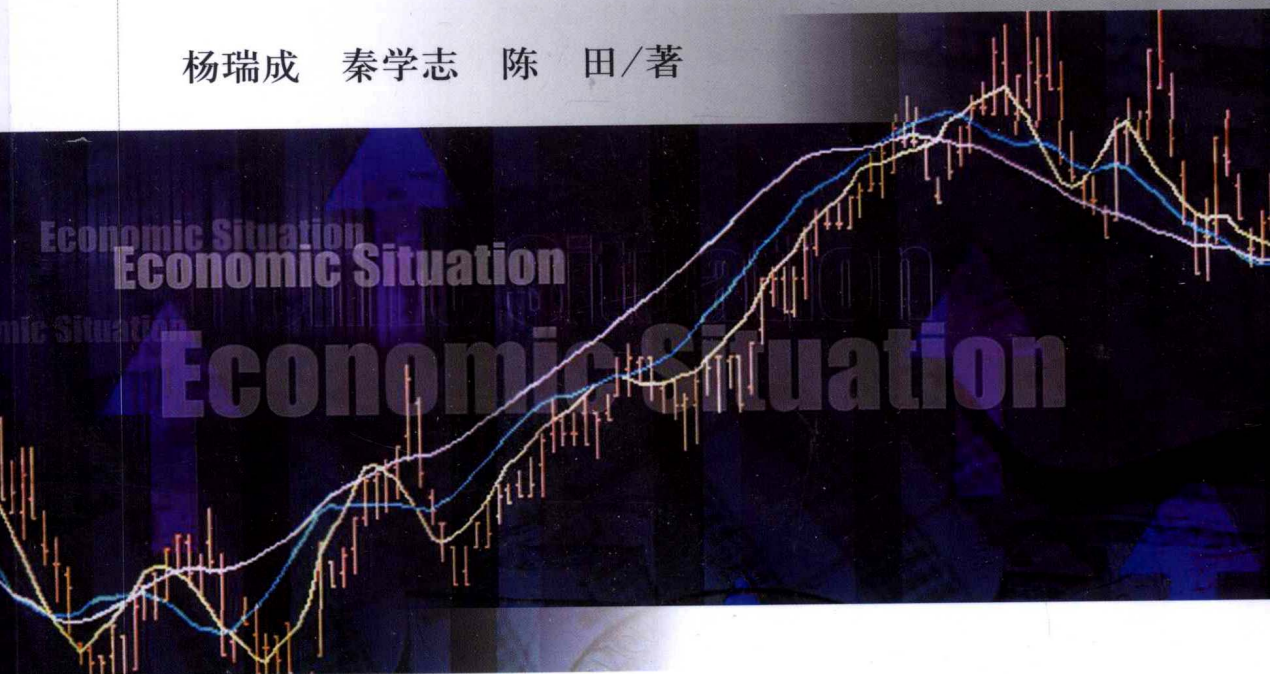


基于跳扩散和随机相关的 金融衍生产品定价模型研究

——以人民币汇率期权与债务抵押证券为对象

杨瑞成 秦学志 陈 田/著



科学出版社

www.sciencep.com

本书由国家自然科学基金(70771018)、山东省自然科学基金(ZR2009HL002)、
鲁东大学学科建设经费资助出版

基于跳扩散和随机相关的 金融衍生产品定价模型研究

——以人民币汇率期权与债务抵押证券为对象

杨瑞成 秦学志 陈 田/著

科学出版社

北京

内 容 简 介

金融创新是我国增强国际竞争力无法回避的战略选择,那么,如何对最具代表性的金融工具——金融衍生产品进行定价?怎样在金融创新中兼顾风险与收益、公平与效率?这些问题无不需缜密的思考和相关模型的论证选取以及参数的估计方法等。这些金融领域富有挑战性的热点和难点问题,正是本书的研究目标所在。

本书以兼具理论与实用价值的跳扩散和随机相关定价技术为主线,着重针对两个主题进行了较系统的研究:一是,以人民币汇率期权为研究对象,揭示了人民币汇率变化规律、非线性跳变特征及人民币衍生产品——期权的定价机理;二是,以债务抵押证券(CDO)为研究对象,探讨了债务抵押证券(CDO)的定价模型构建及定价机理。

在研究过程中,本书采取了机理分析、文献回顾、问题提出、模型构建、参数估计、(实证)模拟计算和检验等研究架构和层次递进方式,保证了研究的系统性和结论的新颖性与可信性,对我国金融产品创新、相关学者的研究和业界金融产品的设计与风险控制等,均具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

基于跳扩散和随机相关的金融衍生产品定价模型研究:以人民币汇率期权与债务抵押证券为对象/杨瑞成,秦学志,陈田著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-028527-0

I. 基… II. ①杨…②秦…③陈… III. 金融市场—价格学—研究
IV. F830.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 156837 号

责任编辑:唐璐 赵丽艳 / 责任制作:董立颖 魏谨
责任印制:赵德静 / 封面制作:耕者设计
北京东方科龙图文有限公司 制作
<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天韵彩色印刷有限公司 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年9月第一版 开本:B5(720×1000)
2010年9月第一次印刷 印张:14
印数:1—3 000 字数:200 000

定 价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



杨瑞成，男，1970年生，博士（后），鲁东大学副教授，硕士生导师。主持中国博士后科学基金、山东省自然科学基金、国家统计局与山东省统计局资助项目4项，参与国家自然科学基金1项，发表论文30余篇。

秦学志，男，1965年生，大连理工大学教授，博士生导师，入选教育部新世纪人才支持计划。主持国家自然科学基金、教育部人文社会科学基金、教育部高等学校博士点基金等4项，发表论文70余篇。

陈田，男，1981年生，博士，大连银行资金运营部研究员，在国内外学术期刊发表论文10余篇，主要研究方向为固定收益产品发行承销、销售交易与研究开发。

前 言

金融衍生产品的定价问题是衍生产品研究的难点和核心,自 1973 年 Black-Scholes 的期权定价模型问世以来,金融衍生产品在过去近 40 年间得到了长足的发展。产品种类从标准期权、期货扩展到各种奇异期权(Exotic Options)、联结票据、结构性金融产品(CDOs、CMOs)、各种互换(IRS、CDS)、能源天然气衍生产品等,各种产品交易量呈指数级增长。

尽管金融衍生产品间接推动了 2007 年的美国次贷危机及 2008 年的全球性金融危机,但是作为控制、分散、转移、规避风险的有效工具,金融衍生产品在很多方面产生了正面效用,如增强了市场的流动性和定价效率、提供了丰富的风险管理工具等,并直接推动了金融行业乃至整个实体经济的快速发展。在深刻反思本次金融危机给全球造成的巨大危害之余,更应该深刻剖析诱发金融危机的内在原因,其中,衍生产品定价模型本身缺陷而导致的定价不合理成为学术界公认的主因之一,这为金融衍生产品定价问题的深入研究提出了严峻挑战。

鉴于金融市场突发事件频发与不同市场关联度日趋增强的事实,本书立足于“跳扩散和随机相关”的视角,以人民币汇率期权和债务抵押证券(CDO)为对象,对金融衍生产品定价模型进行了探讨。旨在揭示机理的模型构建及意在校验模型效果的数据分析是本书的两大特点。利用概率论、随机分析等数学工具构建模型,采用实际数据及多种计算机软件——Mathematica、Matlab 与 Ox-Metrics 等对模型进行校验分析。

本书共分 11 章。第 1 章是绪论,接下来是本书的研究主体,含两个研究专题。

第 1 专题主要研究人民币汇率非线性跳变模型的构建及人民币衍生产品定价问题,包括第 2 章至第 6 章。其中,第 2 章对人民币汇率模型进行了概述;第 3 章在 ARFIMA-EGARCH-M 模型的基础上探讨了人民币/欧元汇率收益率的波动分析问题;第 4 章就跳扩散过程的人民币汇率收益率波动模型进行了分析;第 5 章进一步给出了跳扩散模型参数估计的跳辨识-MCMC 组合算法;在上述定价



模型的条件下,第6章就人民币汇率期权定价进行了深入研究。

第2专题主要研究债务抵押证券(CDO)的定价问题,包含第7章至第11章。其中,第7章对债务抵押证券(CDO)定价模型进行了简单概述;第8章探讨了随机相关系数下基于单因子混合高斯模型的CDO定价问题;第9章通过构建混合分布分析了单因子模型的CDO定价问题;第10章引入跳扩散过程构建CDO的结构化模型,据此给出了CDO分券层的公允价格;第11章在考虑提前偿付因素的条件下分析了CDO的定价问题。

本书是集体合作的结晶,凝结了各位作者长达四年精诚合作的研究成果。同时,在研究过程中我得到了很多志同道合的科研人员的大力支持,在此一并表示真挚的感谢。

金融衍生产品定价模型的研究发展迅速,新成果不断出现,本书研究内容只涉及其中很小的一部分,希望能给大家带来一点有益的启发。另外,限于作者的水平,本书的缺点、错误在所难免,恳请读者批评指正,再次真诚感谢。

杨瑞成

2010年6月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 引 言	2
1.2 金融衍生产品概述	3
1.3 研究内容及方法	13

第 1 专题 人民币汇率非线性跳变模型的 构建及人民币衍生产品定价

第 2 章 汇率理论及其研究概述

2.1 经典汇率理论回顾	22
2.2 时间序列非线性动态模型的进展	29
2.3 人民币汇率制度改革历程及研究概况	32
参考文献	36

第 3 章 基于 ARFIMA-EGARCH-M 模型的人民币/欧元汇率收益率 波动分析

3.1 问题的提出	40
3.2 ARFIMA-EGARCH-M 模型的建立	40
3.3 数据处理及实证分析	42
3.4 本章小结	50
参考文献	52



第 4 章 基于跳扩散过程的人民币汇率收益率波动模型

4.1 问题的提出	54
4.2 人民币汇率收益率波动统计特征	54
4.3 基于跳扩散过程的汇率收益率波动模型描述	58
4.4 模型的离散化及参数估计	59
4.5 拟合结果分析	61
4.6 本章小结	63
附录 4.1 Wiener 过程与 Itô 引理	63
参考文献	67

第 5 章 基于跳辨识-MCMC 组合算法的人民币汇率跳扩散模型参数估计

5.1 问题的提出	70
5.2 跳辨识-MCMC 组合算法	70
5.3 仿真实验与实证分析	73
5.4 本章小结	78
参考文献	79

第 6 章 人民币汇率期权定价

6.1 汇率期权定价理论的发展	82
6.2 跳扩散过程的汇率期权定价公式	85
6.3 人民币汇率期权的实证分析	92
6.4 本章小结	101
附录 6.1 Black-Scholes 欧式期权定价公式	102
附录 6.2 欧式看涨汇率期权定价 Mathematica 程序代码	108
参考文献	111



第 2 专题 债务抵押证券(CDO)定价问题

第 7 章 债务抵押证券(CDO)定价模型概述

7.1 CDO 及其市场概况	116
7.2 CDO 定价的基本模型	125
7.3 CDO 定价理论的研究进展	132
7.4 CDO 定价研究的发展趋势	141
7.5 本章小结	143
参考文献	144

第 8 章 随机相关系数下基于单因子混合高斯模型的 CDO 定价

8.1 问题的提出	148
8.2 模型介绍	149
8.3 资产池累积损失的概率分布	151
8.4 CDO 定价的半解析法	157
8.5 数值算例	159
8.6 本章小结	160
参考文献	162

第 9 章 基于 M_{G-NIG} 混合分布单因子模型的 CDO 定价

9.1 问题的提出	164
9.2 预备知识	164
9.3 模型及其累积损失的联合概率分布	166
9.4 本章小结	175
参考文献	177



第 10 章 基于跳扩散结构化模型的 CDO 定价

10.1 问题的提出	180
10.2 CDO 资产组合累积损失的概率分布	181
10.3 本章小结	188
参考文献	190

第 11 章 考虑提前偿付因素的 CDO 定价

11.1 问题的提出	192
11.2 模型介绍	194
11.3 提前偿付和违约相关的强度过程	195
11.4 基于 Lévy Copula 的 CDO 定价模型	200
11.5 数值模拟	209
11.6 本章小结	211
参考文献	213

后 记	215
-----------	-----



1.1 引言

金融衍生产品通常是指从标的资产(Underlying Assets)派生出来的金融工具,是现代金融业发展的产物。从理论上讲,衍生产品以其对应的标的资产(如债券、股票、银行定期存款单等)为基础,其价格随标的资产的价格(或数值)变动而变化。衍生产品是一把“双刃剑”,具有杠杆效应。一方面,利用衍生产品的杠杆效应,可以非常方便地对冲风险;另一方面,如果该交易被用来投机,则损失的风险也被放大。因此,金融衍生产品从诞生起就具有双重性:它在提高经济和金融体系的资源配置效率、推动经济繁荣和扩张的同时,也会因过度创新和投机而加剧金融动荡。衍生产品间接推动了2007年的美国次贷危机以及2008年全球性的金融危机,其中,衍生产品定价模型的缺陷以及定价的不合理是其主要原因,基于此,本书就衍生产品的定价模型及其定价机理展开探讨。

从标的资产的数量看,金融衍生产品可以分为单一标的资产衍生产品和多标的资产(标的资产组合)衍生产品。从标的资产的种类看,金融衍生产品大致分为指数类(如汇率、利率、股指等)、信用类(信用违约互换、债务抵押证券等)、资产类(如商品、股票、地产、贷款、债券等)和其他类(能源天气等)。本书从标的资产为跳扩散过程和随机相关的角度,以指数类衍生产品——人民币期权、信用类衍生产品——债务抵押证券(CDO)为例,分别探讨其定价模型与定价机理。研究的主要动机在于:一方面,自2005年人民币汇改以来,人民币汇率波动较大,汇率风险成了国家、企业和个人共同关注的焦点,探讨其运行规律及利用其衍生产品来规避汇率风险成为当务之急,同时,由于受重大信息的影响,货币汇率波动存在非线性跳变现象,因而汇改后的人民币汇率非线性跳变特征及其衍生产品——期权的定价,成了我们把握汇率走势、规避汇率风险必须解决的关键问题;另一方面,债务抵押证券是标的资产具有随机相关结构的代表,其定价的不合理间接引发了2007年的美国次贷危机。因此,对这两种衍生产品的定价原理进行深入研究具有深远的意义。该研究成果不仅丰富了金融衍生产品的定价



理论,而且可为市场参与者利用金融衍生产品规避风险提供了一定的决策理论支持,对推动我国金融创新具有重要的现实意义。

1.2 金融衍生产品概述

1.2.1 金融衍生产品概念与分类

金融衍生产品也叫衍生工具或衍生证券。国际互换和衍生协会在1994年对金融衍生产品做了具体的定义:衍生产品是有关互换现金流量和旨在为交易者转移风险的双边合约。合约到期,交易者所欠对方的金额由基础商品、证券或指数的价格决定。它的价值是从其他基础证券和基础变量的价值衍生而来的,因此称为衍生产品。金融衍生产品的价值取决于一种或多种基础资产或指数,合约的基本种类包括远期、期货、掉期和期权。金融衍生产品还包括具有远期、期货、掉期和期权中一种或多种特征的结构化金融产品。金融衍生产品的最大特征是依托一种投资机制来规避投资的风险,同时又具有在金融市场上投资、炒作的功能。

一般来说,金融衍生产品具备如下基本特征。

1. 不确定性

金融衍生产品的收益具有较高的不确定性。金融衍生产品所产生的收益,来自于标的物价值的变动,即约定价格与实际价格的差额,将随着未来汇率、利率、证券价格、商品价格或相应的指数变动而变动。

2. 高风险性

金融衍生产品的使用具有较高的风险性,主要体现在:①交易双方违约的信用风险;②资产或指数价格变动的市场风险;③缺乏交易对手而不能平仓或变现的流动性风险;④交易对手无法按时付款或交割可能带来的结算风险;⑤人为错误或系统故障或控制失灵的运作风险;⑥违约而造成的法律风险。

3. 联动性

金融衍生产品的联动性是指金融产品的价值与基础产品或基础变量紧密联



系,金融衍生产品的价格取决于原生金融产品的价格。

4. 跨期性

跨期性是指首先要对价格因素变动趋势的预测,约定在未来某一时间按照某一条件进行交易或选择是否交易的合约,涉及金融资产的跨期转移,交割在将来某一时刻才能履行或完成。

5. 杠杆性

在运用金融衍生产品进行交易时,只需按规定交纳较低的佣金或保证金,就可从事大宗交易,投资者只需动用少量的资金便能控制大量的资源。一旦实际的变动趋势与交易者预测的相一致,即可获得丰厚的收益;但是,一旦预测有误,就可能使投资者遭受严重损失。

国际上金融衍生产品种类繁多,活跃的金融创新活动接连不断地推出新的衍生产品。金融衍生产品主要有以下几种分类方法。

1. 根据产品形态

根据产品形态,金融衍生品可以分为期货、远期、掉期和期权四大类。远期合约和期货合约都是交易双方约定在未来某一特定时间、以某一特定价格、买卖某一特定数量和质量资产的交易形式。

期货合约是期货交易所制定的标准化合约,对合约到期日及其买卖的资产的种类、数量、质量做出了统一规定。

远期合约是根据买卖双方的特殊需求由买卖双方自行签订的合约。因此,期货交易流动性较高,远期交易流动性较低。

掉期合约是一种为交易双方签订的、在未来某一时期相互交换某种资产的合约。更准确地说,掉期合约是当事人之间签订的在未来某一期间内相互交换他们认为具有相等经济价值的现金流的合约。较为常见的是利率掉期合约和货币掉期合约。掉期合约中规定的交换货币是同种货币,则为利率掉期;是异种货币,则为货币掉期。

期权交易是买卖权利的交易。期权合约规定了在某一特定时间、以某一特定价格买卖某一特定种类、数量、质量原生资产的权利。期权合约有在交易所上



市的标准化合约,也有在柜台交易的非标准化合约。

2. 根据基础金融产品

根据基础金融产品的不同,金融衍生品可分为股权类产品的衍生产品、汇率(货币)衍生产品、利率衍生产品、信用衍生产品与其他衍生产品。

股权类产品的衍生产品,是指以股票或股票指数为基础的金融衍生产品,主要包括股票期货、股票期权、股票指数期货、股票指数期权以及上述合约的混合交易合约。

汇率衍生产品,是指以各种货币间的汇率作为基础工具的金融衍生产品,主要包括远期外汇合约、货币期货、货币期权、货币互换以及上述合约的混合交易合约。

利率衍生产品,是指以利率或利率的载体为基础的金融衍生产品,主要包括远期利率协议、利率期货、利率期权、利率互换以及上述合约的混合交易合约。

信用衍生产品,是以基础产品所蕴含的信用风险或违约风险为基础变量的金融衍生产品,用于转移或防范信用风险,是20世纪90年代以来发展最为迅速的一类衍生产品,主要包括信用互换(CDS)、债务抵押证券(CDO)、信用联结票据等。

其他衍生产品,除以上四类金融衍生产品之外,还有相当数量金融衍生产品是在非金融变量的基础上开发的,例如用于管理气温变化风险的天气期货、管理政治风险的政治期货、管理巨灾风险的巨灾衍生产品等。

3. 根据交易方法

根据交易方法的不同,金融衍生品可分为场内交易和场外交易。

场内交易,又称交易所交易,指所有的供求方集中在交易所进行竞价交易的交易方式。这种交易方式具有交易所向交易参与者收取保证金、同时负责进行清算和承担履约担保责任的特点。此外,由于每个投资者都有不同的需求,交易所事先设计出标准化的金融合同,由投资者选择与自身需求最接近的合同和数量进行交易。所有的交易者集中在一个场所进行交易,这就增加了交易的密度,一般可以形成流动性较高的市场。期货交易和部分标准化期权合同交易都属于



这种交易方式。

场外交易,又称柜台交易,指交易双方直接成为交易对手的交易方式。这种交易方式有许多形态,可以根据每个使用者的不同需求设计出不同内容的产品。同时,为了满足客户的具体要求、出售衍生产品的金融机构需要有高超的金融技术和风险管理能力。场外交易不断产生金融创新。但是,由于每个交易的清算是由交易双方相互负责进行的,交易参与者仅限于信用程度高的客户。掉期交易和远期交易是具有代表性的柜台交易的衍生产品。

1.2.2 金融衍生产品的产生与发展

布雷顿森林体系瓦解之后,西方国家的货币汇率与美元脱钩而采用浮动汇率制。同时,不少国家逐步放松对利率的管制,由于汇率与利率的双重变动,基础金融产品的价值变得很不稳定。各国为了稳定本国币值采用金融衍生产品来对冲汇率和利率的风险,这一操作的本质是将全球金融市场紧密联系在一起,形成了一体化的国际金融市场。对于投资个体而言,更希望运用这一工具转移风险,所以金融衍生产品一经产生就适应了市场的需要,取得了飞速发展。同时,各国政府逐渐放松金融管制以及通信技术、信息处理技术的进步等有利条件都促进了衍生产品的飞速发展。先进技术的出现,使实施套期保值、套利和其他风险管理策略的成本费用大大降低,从而也使衍生产品供给量大大增加。

1. 境外金融衍生产品的发展历程

早在古希腊和古罗马时期,欧洲就已经有了中央交易所,出现了易货交易和货币制度,逐步形成了按照既定时间和场所开展的交易活动,并在此基础上产生了远期合约的雏形。1848年芝加哥商品交易所的成立,标志着真正现代意义上的金融衍生产品市场的开始。20世纪70年代之前,金融衍生产品的标的物以大宗商品为主。20世纪70~90年代,是国际上金融衍生产品的发展壮大期,这一时期内诞生的主要金融衍生产品见表1.1。20世纪70年代,金融衍生产品主要是期货和期权交易,这期间产生的期权定价模型和技术对投资者更为准确地对衍生工具进行估价、风险管理提供了支持,促进了衍生工具的正常发展。到了



20世纪80年代,互换交易获得了长足的发展。进入90年代以来,出于资产或收入套期保值、风险管理、投融资管理等多种需要,越来越多的企业参与衍生产品交易,金融衍生产品的规模迅速发展,年增长率达到了116.3%。

表 1.1 20世纪70~90年代诞生的主要金融衍生产品

推出时间	金融衍生产品名称
1971年	住房抵押贷款证券(MBS)
1972年	外汇期货
1973年	股票期货
1975年	抵押债券期货、国库券期货
1977年	长期政府债券期货
1979年	场外货币期权
1980年	货币互换
1981年	股票指数期货、中期政府债券期货、银行存款单期货、欧洲美元期货、利率互换、长期政府债券期货期权
1983年	利率上限和下限期权、中期政府债券期权、货币期货期权、股指期货期权、抵押担保债务证券(CMO)
1985年	欧洲美元期权、互换期权、美元及市政府债券指数期货
1987年	平均期权、商品互换、长期债券期货和期权、复合期权、债务抵押证券(CDO)
1989年	三个月期欧洲马克期货、上限期权、欧洲货币单位利率期货、利率互换期货
1990年	股指互换
1991年	证券组合互换
1992年	特种互换
1993年	日本信孚银行发行的信用违约债券、信用衍生产品
1997年	贷款抵押证券(CLO)

部分资料来源:田超.金融衍生产品:发展现状及制度安排[M].中国金融出版社,2006年。

国际上金融衍生产品种类繁多,其交易规模呈高速增长之态,以场内衍生产品为例,2008年之前,全球场内衍生产品交易规模不仅成交量逐年增加,增长率也逐年提高。图1.1、图1.2中,2004年至2007年的交易量增长率呈明显加速上扬趋势,2004年增长率为9.27%,2005年、2006年分别为12.51%、18.53%,2007年的增长率高达30.89%。2008年,受国际金融危机影响,增速有所放缓,下降至13.69%,但成交量的绝对额依然是增加的,2008年全年成交176.53亿



份合约,与2007年相比,增加了21.26亿份。从地域分布上来看,全球场内金融衍生产品主要集中于欧美发达地区(见图1.3)。根据美国期货业协会的统计,2008年在场内成交的期货、期权合约中,北美占全球交易量的39.63%,占据龙头地位,亚太地区和欧洲位居第二、三位,各占28.18%和23.61%,拉丁美洲和其他地区发展规模较小。

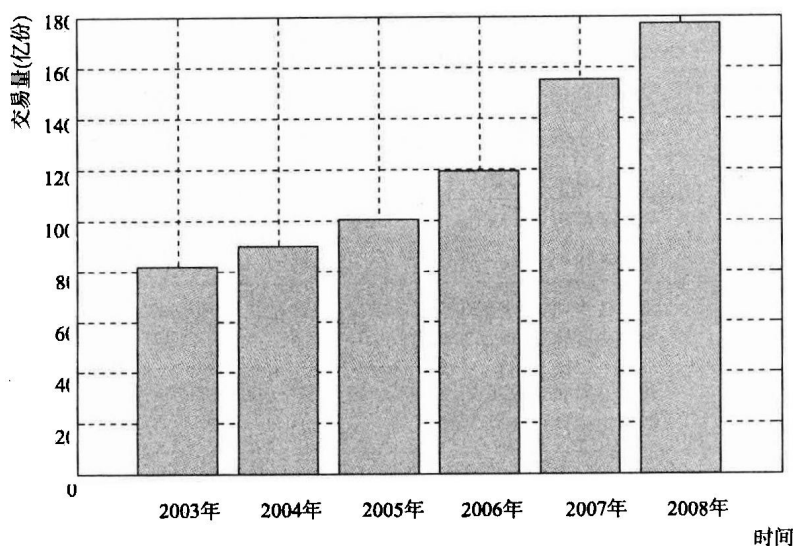


图 1.1 全球场内衍生品交易量

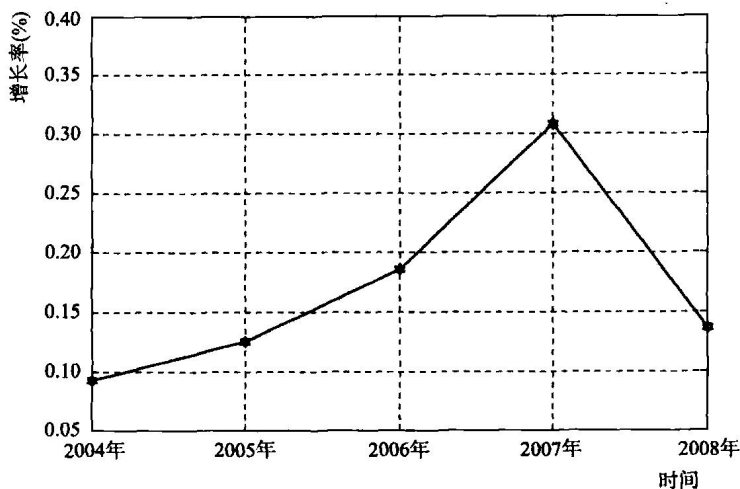


图 1.2 全球场内衍生品交易量增长率