

管理与决策

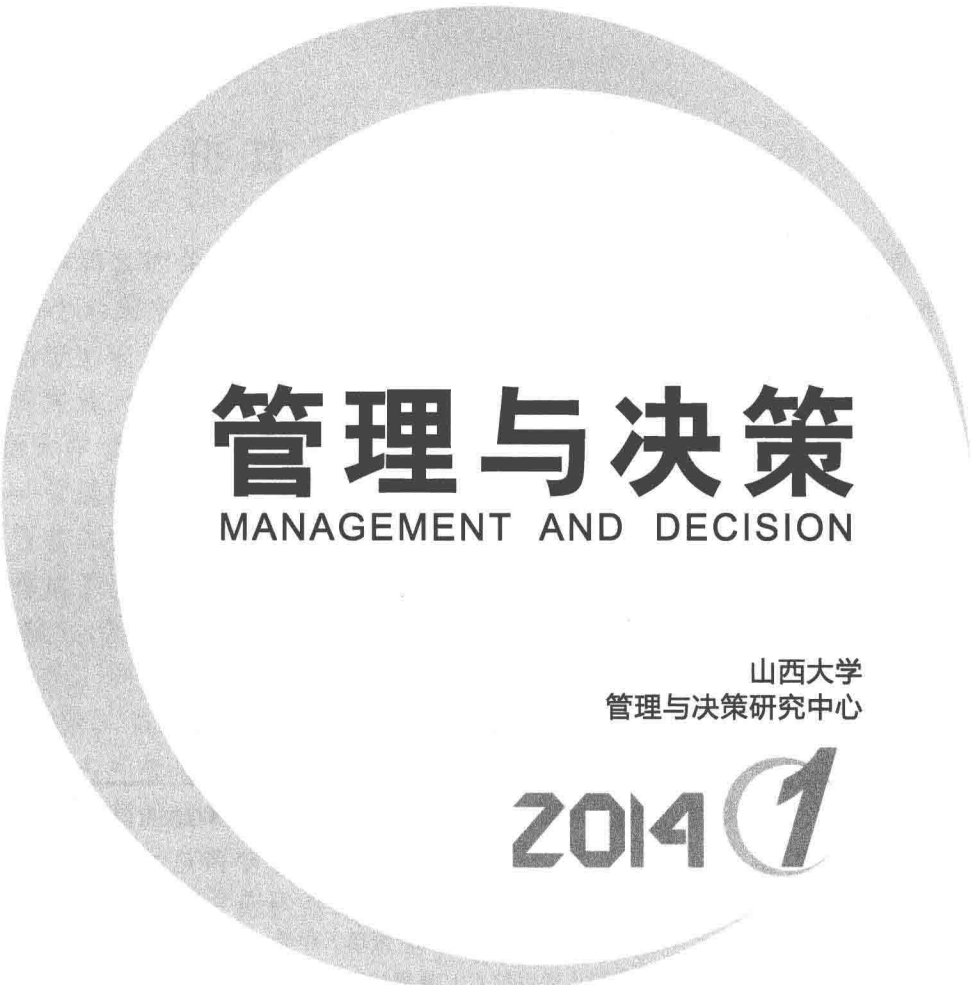
MANAGEMENT AND DECISION

山西大学
管理与决策研究中心

2014 1



科学出版社



管理与决策

MANAGEMENT AND DECISION

山西大学
管理与决策研究中心

2014 1

科学出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

管理与决策. 2014. 第1期 / 山西大学管理与决策研究中心
主编. —北京: 科学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-03-041405-2

I. 管… II. 山… III. 管理工程学 IV. C93-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 159294 号

责任编辑: 李 敏 周 杰 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 李姗姗

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年7月第 一 版 开本: 890×1240 1/16

2015年7月第三次印刷 印张: 6

字数: 250 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

管理与决策

MANAGEMENT AND DECISION

《管理与决策》是山西大学管理与决策研究中心主办的、定位于管理科学与工程领域的专业性学术刊物。本刊坚持学术公正原则，面向管理科学与工程领域的研究者和实践者，旨在搭建高层次的学术研讨和应用性成果展示的平台。

山西大学管理与决策研究中心是山西省人文社会科学重点研究基地，拥有管理科学与工程一级学科博士点及博士后科研流动站，以及山西省特色重点学科——管理科学与工程。立足于管理科学与工程学科前沿，五个稳定的研究方向，即“金融工程与风险管理”、“现代管理理论与方法”、“供应链管理”、“排队与运作管理”、“预测、决策与评价”已经形成，一支团结进取、求实创新的研究团队正在崛起，有一定学术价值的研究成果初露锋芒，服务地方经济的智库能力建设得到认可。

《管理与决策》内容涵盖（但不限于）：金融工程与风险管理、计算实验金融、行为金融、公司财务与资本市场、公司治理与组织控制、组织生态与现代管理理论、组织情绪与领导力、供应链管理、技术创新与合作创新、排队论及其应用、信息计量与科学评价、知识管理、计量经济方法等。本刊垂青国际主流的经验式研究和分析式研究，也欢迎理论探索、案例分析和调查问卷式文章，以及文献综述性文章和对国际管理学领域最新研究方法的介绍。“严谨、务实、求真、创新”是本刊的学术风格。本刊参照国际规范学术期刊的管理和编辑方式运行，实行匿名审稿制。

本刊以中文为主。稿件要求未在其他公开发行人刊或正式出版会议论文集上发表，作者投稿时必须注明其稿件满足这一条件，并把电子版以Word或PDF格式发送至《管理与决策》编辑部。电子邮箱：jmd@sxu.edu.cn。

刊首寄语

在学界各位前辈、专家和同仁的关怀和大力支持下，时值“第十二届金融系统工程与风险管理国际年会”和“第十六届中国管理科学学术年会”召开之际，《管理与决策》犹如一颗嫩芽，在大家的殷殷期盼中破土而出！她的创刊，得益于集体智慧的结晶，凝聚了大家的期望与热情，彰显了学科发展天时地利人和之气。

《管理与决策》是山西大学管理与决策研究中心主办的学术刊物。管理与决策研究中心以山西省特色重点学科——管理科学与工程为依托，拥有管理科学与工程一级学科博士点及博士后科研流动站，是山西省人文社会科学重点研究基地。管理与决策研究中心立足于管理科学与工程的学科前沿，形成了“金融工程与风险管理”、“现代管理理论与方法”、“供应链管理”、“排队与运作管理”、“预测、决策与评价”五个稳定的研究方向，汇聚了一支奋发向上、充满活力的研究团队，产出了一批具有一定学术价值的研究成果，具有较强的服务地方经济的能力。《管理与决策》以现代管理问题为主要研究范畴，涵盖理论研究、应用研究、方法探索等。刊物汇聚国内外管理科学名家的学术精品成果、管理与决策研究中心团队精英的原创性成果，以及国际管理学领域最新研究方法。《管理与决策》的宗旨是促进管理科学与工程学科领域的理论、方法和应用研究，鼓励学科前沿与热点问题的创新性研究，推出反映我国管理科学理论、方法和应用方面的高端学术性研究成果，以推动管理科学的繁荣发展和管理水平的提高。繁荣学术、服务决策，将是刊物责无旁贷的重任与使命。《管理与决策》致力于为学者们提供一个高层次的学术研讨和信息交流平台，期待有更多的管理科学前沿理论研究，期待有更多的科学方法探索，期待有更多的前瞻性观点和见解，期待有更多的创新应用性研究。

“办一流刊物”是我们不懈的追求。《管理与决策》将秉承“学术国际化、学术高端化”理念，传承科学精神、凝练真知灼见，不断提升学术刊物的公信力、竞争力和传播力，使刊物成为前沿学术成果的高端发布平台，成为引领学术发展、推动学术进步的重要载体。

正如马克思所言：“在科学的道路上，没有平坦的大道。只有不畏劳苦，沿着陡峭山路攀登的人，才有希望到达光辉的顶点”。在今后的成长和壮大中，我们将承载各位专家和众多同仁的期望，以更加饱满的工作精神和更加严谨的治学态度，直面挑战，勇往直前，为打造学术高地而奋斗。“锲而不舍，金石可镂”，我们深信，《管理与决策》一定会在大家的关怀中成长，在成长中奋进，在奋进中升华，一定会成为管理科学领域的优秀刊物。

对长期以来各位专家的关爱和同仁们不懈的支持，我们心存感激、铭记在心。特别感谢供稿人的鼎力支持和编辑人员的辛勤劳动！

主编：刘维奇

2014年7月2日

Preface to Journal of *MANAGEMENT AND DECISION*

On the occasion of the 12th International Symposium on Financial System Engineering and Risk Management, and the 16th Academic Conference for Management Science, with the concern and help of the predecessors, colleagues and experts in academia, The journal of *MANAGEMENT AND DECISION* started its publication like a shoot springing up. Her first issue benefits a lot from collective intelligence, embodies our hope and enthusiasm and manifests the development of Business discipline at the right time and right place with good human relations.

The journal of *MANAGEMENT AND DECISION* is sponsored by the Institute of Management and Decision of Shanxi University, which is the key research base of humanities and social science in Shanxi Province. The Institute of Management and Decision was supported by the key and special discipline management science and engineering of Shanxi province, and it has one first-level discipline doctoral program and one post-doctoral research station of management science and engineering. Based on the subject frontier field, it has formed 5 stable research directions such as financial engineering and risk management, modern management theories and methods, supply chain management, queuing theory and operations management, predicting, decision, and evaluation theory, and collected a striving and dynamic research team, produced batches of valuable research outputs, and had strong abilities to serve the local economy. It takes the modern management problems as its main research topics, including theory research, application-based study and methodology exploration. It aims to publish the academic achievements of management science masters, original innovations of our team members, and new methods in the international management field. The purpose is to promote the theory, method and application research in the area, to encourage the creative research of the frontier field and hot topics, and to publish academic research results of management science theory, methods and application in China, so as to promote the prosperity and development of management science. The journal aims at developing academy, serving decision making and being the domestic first-class journal with academic recognition. It will serve as a high-level platform for academic research and information exchange. We hope there will be more management science frontier theory research, scientific method exploration, forward-looking ideas and opinions, innovative and applicative studies.

We will make our consistent efforts to make the journal of *MANAGEMENT AND DECISION* as a top journal. Following the concept of making our academic researches international and high-level, inheriting the scientific spirit, gathering the condensed academic insights, we will try our best to promote the credibility, competitiveness and the propagation of academic journals and to make the publications becoming frontier academic achievements of high-end publishing platform, leading the academic development and important carrier of promoting academic progress.

As Marx says, on the way of science, there is no smooth road, and only those who do not dread of climbing the steep mountain, can hope to reach the glorious summit. In the growth and expansion of the journal, we will carry on with the expectations of many experts and colleagues to build academic highlands with more diligence and more rigorous research attitude. As the old saying goes, constant dripping wears away the stone. We believe that the journal of *MANAGEMENT AND DECISION* will grow quickly with the concern of all of you, and it will be a top journal in the management science and engineering field.

We extend our sincere thanks for the long-time concern and support of the experts. Special thanks also for the hard work of the contributors and the editor.

Editor-in-chief: *Liu Weiqi*

July 2, 2014



管理与决策 2014 1

山西大学管理与决策研究中心

目 录

综述

国内重试排队系统研究综述	王金亭 (1)
--------------------	-----------

论文

股指期货发现了什么价格？ ——以沪深 300 指数期货与现货价格发现为例	熊 熊,鲁 洋,张 维 (7)
外资银行在华分支机构的存在形式选择	曾 勇,沈晓智 (18)
中国股市信息风险定价研究	张信东,李 欣 (27)
企业合作创新中的机会主义与策略承诺研究	葛泽慧,宗 蕊 (37)
基于渠道力量结构的供应链合作创新研究	王素娟,葛泽慧 (44)
多重工作休假 M/M/1 排队驱动的流模型	田乃硕 (57)
社会网络环境下产业集群创新交互的演进	胡昌平,严炜炜 (65)
数字文献资源聚合之高维表示模型与评价	牛奉高,邱均平 (72)

方法

多元线性回归:广义矩法估计及 MATLAB 实现	董晨昱,刘维奇 (82)
--------------------------------	--------------



CONTENTS

Survey of Research on Retrial Queueing Systems in China
..... Wang Jinting (1)

What Price did Stock Index Futures Find?
A Case of the Price Discovery in CSI 300 Stock Index Futures and CSI 300 Stock Index
..... Xiong Xiong ,Lu Yang ,Zhang Wei (7)

Choice of Foreign Banks’ Mode of Existence in China
..... Zeng Yong , Shen Xiaozhi (18)

Pricing Research of Information Risk in China Stock Market
..... Zhang Xindong ,Li Xin (27)

The Opportunism and Strategy Commitment in Innovation Collaborations
..... Ge Zehui ,Zong Rui (37)

Study on Cooperative Innovation in a Supply Chain; Based on Channel Power Structures
..... Wang Sujuan ,Ge Zehui (44)

Fluid Model Driven by a M/M/1 Queue with Multiple Working Vacations
..... Tian Naishuo (57)

The Evolution of Innovation Interaction in Industry Cluster Under the Social Network Environment
..... Hu Changping ,Yan Weiwei (65)

The Evaluation of High-dimensional Representation Model for Digital Literature Resource Aggregation
..... Niu Fenggao ,Qiu Junping (72)

Multiple Linear Regression;Generalized Method of Moments and MATLAB Implementation
..... Dong Chenyu ,Liu Weiqi (82)

国内重试排队系统研究综述^①

王金亭

(北京交通大学 理学院, 北京 100044)

摘 要: 本文介绍了国内自 1990 年后重试排队研究成果。在很多的排队问题中, 顾客并非离开系统, 而是经过一段时间后又重新返回系统, 尝试被服务。重试排队的发展不仅丰富了排队理论, 而且促进了计算机和通信网络发展。本文综述了国内学者在重试排队领域的研究成果。

关键词: 重试排队; 可靠性分析; 通信网络

中图分类号: O226 **文献标识码:** A **文章编号:** (2014) 01-0001-06

0 引言

重试排队系统的研究始于 20 世纪 50 年代, Cohen^[1]首先研究了重复呼叫时电话系统的话务理论, 给出了基本的排队模型及分析。与传统排队理论中常见的先到先服务 (FIFO)、后到先服务 (LIFO) 等服务准则假设不同, 重试排队系统中假设顾客在服务台忙碌或由于其他原因 (如缓冲区满员、服务台维修、休假等原因) 不能得到即时服务时, 不是从系统中消失, 而是暂时离开系统, 经过一段随机或确定的时间之后返回系统继续尝试得到服务台的服务, 这些暂时离开服务区形成的虚拟顾客群称为重试顾客群 (retrial group), 其集合或称重试空间 (retrial orbit)。研究证明, 这些重试顾客 (呼叫) 的存在对系统性能的影响 (如延迟、拥塞等) 不容忽视。

由于重试现象的普遍存在, 重试排队系统在计算机系统、通信系统、生产管理、交通管理等领域得到了广泛的应用。国内对重试排队系统的早期研究工作见史定华^[2]著作的第六章考虑了有清理且竞争再入的 M/G/1 排队系统, 王金亭^[3]博士论文进行了生产库存模型及重试排队的可靠性分析。其后国内关于重试排队系统的研究主要集中在如下几个方面: 重试排队系统的可靠性分析, 离散时间重试排队系统, 有限源可修重试排队系统, 服务台可休假的重试排队, 重试排队系统的均衡分析。

1 重试排队系统的可靠性分析

服务台可修的排队系统兼顾排队系统和系统可靠性理论, 主要关注排队系统的排队指标和可靠性指标。Wang 等^[4]首先研究了服务员可能发生故障的重试 M/G/1 排队模型, 利用补充变量和母函数方法求出了可修重试排队系统的一些瞬态和稳态可靠性指标的解析表达式。Wang^[5]对一般重试时间分布的可修重试排队系统进行了详尽分析, 其中假设重试顾客的重试率不依赖于重试空间中的顾客数。Li 等^[6]推广了 Wang 等^[4]的工作, 考虑了 BMAP/G/1 可修重试排队模型, 得到了平行于 Wang 等^[4]中可靠性能指标。Wang 等^[7]进一步研究了具有灾难性故障的重试 M/G/1 可修排队模型的瞬态排队和可靠性问题。梁玉哲等^[8]研究了带有优先权、不耐烦顾客及负顾客的 $M_1, M_2/G_1, G_2/1$ 可修重试排队系统, 给出系统稳定性条件, 求出一些瞬态和稳态可靠性指标的解析表达式。Li 和 Wang^[9]研究了有反馈、二次多选择服务的可修 M/G/1 重试排队系统。朱翼隽等^[10]考虑了有可选到达、服务台可修的 M/G/1 重试排队系统。朱翼隽等^[11,12]分别研究了具有优先权和 Bernoulli 休假的 M/G/1 重试可修排队系统。吴锦标等^[13]讨论了具有 N

^① 基金项目: 国家自然科学基金项目 (11171019), 教育部新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-11-0568)。

作者简介: 王金亭 (1972-), 男, 河北邢台人, 博士, 北京交通大学理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 排队论与排队网络及其在无线通信中的应用, 可靠性理论、精算风险理论, 随机库存模型、随机博弈论, E-mail: jtwang@bjtu.edu.cn。

策略和负顾客的反馈抢占型的 $M/G/1$ 重试可修排队系统。朱春鹏^[14]研究了带有两类顾客，服务台可修的 $M/G/1$ 重试排队系统。Wu 和 Lian^[15]考虑了有 Bernoulli 休假机制的 $M_1, M_2/G/1$ 可修重试排队系统。目前，对重试排队进行可靠性分析已经成为排队系统指标分析的一项标准且重要的工作（见 Gao 和 Wang^[45]）。

2 离散时间重试排队系统

在当代计算机产业和宽带综合业务数字网络中，语音、数据、图像等各种业务都是通过数字化分割为固定长度的信元或数据包进行统一的处理和传输。一个业务量的大小往往用它包含的信元的个数来度量，同时一个信息占用的服务时间也是单位信元处理时间的整数倍。这些特征表现出离散时间现象的本质特征，激发研究者对离散时间参数下的排队系统的研究兴趣。Wang 和 Zhao^[16]研究了服务员具有启动失效和一般重试时间分布的离散重试可修排队模型，给出了主要排队指标和相应的可靠性问题。Wang 和 Zhao^[17]对服务员具有启动失效和二次可选择服务的离散重试排队系统进行了研究，得到了主要的排队指标。Wang 和 Zhang^[18,19]对有负顾客到达并使服务台失效的离散时间重试排队系统进行了系统的研究，把英国帝国理工学院 Gelenbe 教授提出的 G-排队系统和重试排队系统结合在一起，得到了离散可修重试 G 排队系统的排队指标，讨论了负顾客的到达导致服务台失效对系统的影响。Wang^[20]研究了有一般重试时间分布和 Bernoulli 休假策略的重试排队系统，推广了无休假机制的对应模型。Wang 等^[21]研究了服务台结束一次服务后由随机时间控制它是否休假的离散 $GI/G/1$ 重试排队系统。在早到达系统（early arrival system, EAS）和晚到达系统（last arrival system, LAS）两种机制下对相应的六种时控休假重试排队模型进行了深入研究，得到了主要的排队指标。Gao 和 Wang^[22]讨论了成批到达的、重试时间为一般时间分布的、服务台具有工作休假机制且休假可中断的离散时间 $Geo^X/G/1$ 重试排队系统。

3 有限源重试排队系统

排队论的大部分研究都假设在输入过程中顾客的来源是无限的，所以通常在建模的时候认为顾客到达系统是一个泊松过程。但在实际生活中，顾客的数量往往不是无穷多的，即顾客的到达不是泊松过程，甚至也不是更新过程，是与顾客的人数、服务的能力等因素有关。这时候我们就需要用有限源顾客到达排队系统来进行建模，即顾客总体是有限的。在有限源排队模型中，我们假设每一个顾客的到达过程是一个独立的泊松过程，那么从总体来看，顾客到达系统就是一个“伪随机”的过程。伪随机到达过程有一个重要的特性，就是当系统中顾客的人数增加的时候，系统外的顾客总到达率随之降低。关于有限源排队系统的研究工作相对于无限源排队系统来说很少，特别是关于有限源重试排队系统的研究工作就更少。

伍慧玲等^[23]研究了有负顾客的 $M/G/1$ 有限源重试排队系统，把负顾客到达导致服务台失效和有限源重试排队系统结合起来进行研究。Wang 等^[24]首先考虑了具有不可靠服务台的有限源重试排队系统，用离散变换方法和补充变量方法对此模型进行了概率分析，得到了系统排队指标，如队长分布和平均队长、等待时间分布和平均等待时间、忙期等。之后，Zhang 和 Wang^[25]把上述模型中服务台失效后顾客的服务机制由等待服务台修好变更为服务台一旦失效则顾客离开服务区并随后重试，得到了对应的系统排队指标。Wu 等^[26]研究了随机环境下有马氏到达过程的多服务台有限源重试排队系统。

4 服务台可休假的重试排队

休假排队系统研究起源于 20 世纪 70 年代，其特点为服务台在某些时候暂时中断服务，一段时间之后系统继续为顾客服务，这些暂时终端服务的时间称为休假。在实际问题中休假可以有多种多样的解释，例如，利用服务台空闲时间对服务设施进行维修、保养或能源补充；或人工服务员在闲时去休假或从事其他辅助性的工作以提高系统的经济效益。休假排队系统和重试排队系统相结合涌现出一些结合点，国内主要的工作有如下方面：Wang 和 Li^[27]研究了服务台具有 Bernoulli 休假机制的可修 $M/G/1$ 重试排队系统，其

中服务台可提供两种服务：主服务和可选服务。Zhou^[28]分析了服务台具有 Bernoulli 休假机制的重试排队系统，其中假设重试顾客在重试空间中依先到先服务（FIFO）进行重试。伍慧玲和方春锋^[29]考虑了有休假阈值 M 和顾客损失的 $M/G/1$ 重试休假排队系统。Wu 和 Lian^[30]研究了服务台具有 Bernoulli 休假机制和优先权服务的可修重试排队系统。Wu 等^[31]研究了有二次可选择服务和多重休假的 $BMAP/G/1+G$ 排队系统。Liu 和 Wu^[32]考虑了有强占型优先权继续服务和多重休假的 $MAP/G/1+G$ 排队系统。Liu 等^[33]研究了有强占型优先权继续服务、负顾客和 N 策略休假的可修 $M/G/1$ 重试排队系统。最近的工作见 Gao 等^[51]。

5 重试排队系统的均衡分析

在传统的排队论研究中，早期的工作更多的是考虑排队系统的本身统计特征，研究具体的排队模型，对服务对象来到及服务时间的统计规律进行概率分析，得出排队长度、等待时间、忙期长短等系统指标。从另一个角度看，其实在一个排队系统中，顾客和服务商也是重要组成部分，他们的自主行为将直接影响到整个系统的性能，并使得排队具有灵活性，也更符合实际情况。在通常的排队过程中，顾客希望能够及时得到服务，他的排队时间越长，相应的损失就越大，而在接受服务后能够得到一定的回报；对应的，服务商可以对服务进行定价，向顾客收取服务费，甚至在收取服务费的情况下才允许顾客排队，但是服务商也有自己的损耗，比如服务台损坏需要修理等。在这个过程中，顾客往往会自主地来选择排队策略，以使得自己的利益最大化，但是他的行为受到自身掌握的系统信息和其他顾客行为策略的影响。而服务商的目的也是使自己的得益最大，这样在对服务费等定价的时候就不得不考虑顾客将要采取的排队策略。总之，两者在做行为选择的同时都不得不考虑对方行为对自己的影响，于是就形成了双方乃至更多方之间的博弈。由于模型的多样性，比如费用结构可以根据实际情况而不同、顾客和服务商的人数以及种类的不同、排队规则的不同等，该问题在银行服务、企业订单生产、通信网络等领域都有广泛的应用。

国内这方面的工作主要有：Zhang 等^[34]考虑了有不可靠服务台和服务台休假的重试排队系统。假设服务台在工作时的寿命服从指数分布，一旦失效会马上得到修理，修理时间服从一般分布。服务台服务完一个顾客之后会保留一段随机的时间（预留时间），期间有顾客来则立即进行服务，若在预留时间内没有顾客到达，服务台进行一次休假。休假时间服从一般分布。顾客重试期间有一定等待费用，每次重试时附加重试费用，论文研究了顾客在合作和非合作两种情境下的重试率最优选择问题。Wang 和 Zhang^[35]讨论了顾客到达系统时可知晓当前服务台状态和重试顾客数（完全信息）或只是知道服务台状态（部分信息）两种假设下，顾客在一定的费用结构下衡量收益，选择进入重试空间进行重试或者不进入（止步，balking）。最近关于重试排队均衡分析的系列工作参见 Li 等的工作^[46-50]。

6 其他

Shang 等^[36]考虑了 $M/G/1$ 重试排队系统中服务时间服从次指数分布（subexponential）时队长分布的尾渐近分析，并给出了正则变化（regularly varying）尾概率渐近分析。Wu 等^[37]研究了服务期间有不耐烦顾客离去或重试的 $M/G/1$ 重试排队系统，得到了详尽的排队指标，如队长、等待时间等指标。朱翼隽等^[38-41]分别研究了一类具有两个服务阶段、反馈的 $M/G/1$ 重试排队系统，具有二次可选服务反馈的可选单重休假 $M/G/1$ 排队模型，有一般重试时间的 $Geo^X/G/1$ 重试排队系统，有 Bernoulli 休假和可选服务的 $M^X/G/1$ 重试排队系统。Li 等^[42]把顾客在重试空间中按 FIFO 排队且有一般重试时间的重试排队系统用于设计路由器的拥塞控制问题。Zhang 和 Wang^[43]考虑了服务台空闲时搜索重试空间的顾客并带有备件的一般重试时间的重试排队系统。Wang 和 Zhou^[44]考虑了成批到达、有启动失效、带有反馈机制的一般重试时间的重试排队系统的准入控制问题。

参考文献：

- [1] Cohen, J. Basic problems of telephone traffic theory and the influence of repeated calls [J]. *Philips Telecommunication Review*, 1957, 18 (2): 49-100.

- [2] 史定华. 随机模型的密度演化方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
Shi, D. The Density Evolution Method in Stochastic Models [M]. Science Press, Beijing, 1999. (in Chinese)
- [3] 王金亭. 生产库存模型及重试排队的可靠性分析 [D]. 中国科学院博士学位研究生学位论文, 北京, 2000, 6.
Wang, J. Reliability analysis of production inventory model and retry queue [D]. The Chinese Academy of Sciences Doctoral Degree Graduate Dissertation, Beijing, 2000, 6. (in Chinese)
- [4] Wang, J., J. Cao, Q. Li. Reliability analysis of retrial queuing system with server breakdowns and repairs [J]. Queueing Systems, 2001, 38 (4): 363-380.
- [5] Wang, J. Reliability analysis of M/G/1 queues with general retrial times and server breakdowns [J]. Progress in Natural Science, 2006, 16 (5): 464-473.
- [6] Li, Q, Y. Ying, Y. Zhao. A BMAP/G/1 retrial queue with a server subject to breakdowns and repairs [J]. Annals of Operations Research, 2006, 141 (1): 233-270.
- [7] Wang, J., B. Liu, J. Li. Transient analysis of an M/G/1 retrial queue subject to disasters and server failures [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 189 (3): 1118-1132.
- [8] 梁玉哲, 王金亭, 齐英. 带有优先权、不耐烦顾客及负顾客的 M1, M2/G1, G2/1 可修重试排队系统 [J]. 系统科学与数学, 2009 (6): 750-760.
Liang, Y., J. Wang, Y. Qi. Repairable M1, M2/G1, G2/1 retrial queues with priority customers, impatient subscribers and negative arrivals [J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2009, (6): 750-760. (in Chinese)
- [9] Li J., J. Wang. An M/G/1 retrial queue with second multi-optional service, feedback and unreliable server [J]. Applied Mathematics: A Journal of Chinese University: Series B, 2006, 21 (3): 252-262.
- [10] 朱翼隼, 童仁群, 王晓春, 陈佩树. 有可选到达、服务台可修的 M/G/1 重试排队系统 [J]. 江苏大学学报, 2007, 28 (1): 85-88.
Zhu, Y., R. Tong, X. Wang, P. Chen. M/G/1 Retrial queues with server option on arrival and repairs [J]. Journal of Jiangsu University, 2007, 28 (1): 85-88. (in Chinese)
- [11] 朱翼隼, 周宗好, 冯艳刚. 具有优先权的 M/G/1 重试可修排队系统 [J]. 自动化学报, 2008, 34 (2): 195-201.
Zhu, Y., Z. Zhou, Y. Feng. M/G/1 Retrial queue system with priority and repair [J]. Acta Automatica Sinica, 2008, 34 (2): 195-201. (in Chinese)
- [12] 朱翼隼, 周宗好, 冯艳刚. 具有 Bernoulli 休假的 M/G/1 重试可修排队系统 [J]. 运筹学学报, 2008, 12 (1): 71-82.
Zhu, Y., Z. Zhou, Y. Feng. M/G/1 retrial queue system with bernoulli vacation and server breakdowns [J]. Operations Research Transactions, 2008, 12 (1): 71-82. (in Chinese)
- [13] 吴锦标, 尹小玲, 刘再明. 具有 N 策略和负顾客的反馈抢占型的 M/G/1 重试可修排队系统 [J]. 应用数学学报, 2009, 32 (2): 323-335.
Wu, J., X. Yin, Z. Liu. The M/G/1 retrial G-queues with N-policy, feedback, preemptive resume and unreliable server [J]. Acta Mathematicae Applicatae Sinica, 2009, 32 (2): 323-335. (in Chinese)
- [14] 朱春鹏. 带有两类顾客, 服务台可修的 M/G/1 重试排队系统研究 [J]. 廊坊师范学院学报 (自然科学版), 2009, 9 (6): 45-49.
Zhu, C. An M/G/1 retrial queue with two types of customers and repairs [J]. Journal of Langfang Teachers College (Natural Science Edition), 2009, 9 (6): 45-49. (in Chinese)
- [15] Wu, J., Z. Lian. Analysis of the M1, M2/G/1 G-queueing system with retrial customers [J]. Nonlinear Analysis: Real World Applications, 2013, 14 (1): 365-382.
- [16] Wang, J., Q. Zhao. Discrete-time Geo/G/1 retrial queue with general retrial times and starting failures [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2007, 45 (7-8): 853-863.
- [17] Wang, J., Q. Zhao. A discrete-time Geo/G/1 retrial queue with starting failures and second optional service [J]. Computers and Mathematics with Applications, 2007, 53 (1): 115-127.
- [18] Wang, J., P. Zhang. A discrete-time retrial queue with negative customers and unreliable server [J]. Computers & Industrial Engineering, 2009, 56 (4): 1216-1222.
- [19] Wang, J., P. Zhang. A single-server discrete-time retrial G-queue with server breakdowns and repairs [J]. Acta Mathematica Applicatae Sinica-English Series, 2009, 25 (4): 675-684.
- [20] Wang, J. Discrete-time Geo/G/1 retrial queues with general retrial time and Bernoulli vacation [J]. Journal of Systems Science

- and Complexity, 2012, 25 (3): 504-513.
- [21] Wang, J., N. Wang, A. S. Alfa. Discrete-time GI/G/1 retrial queues with time-controlled vacation policies [J]. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica-English Series*, 2013, 29 (4): 689-704.
- [22] Gao, S., J. Wang. Discrete-time $\text{Geo}^X/\text{G}/1$ retrial queue with general retrial times, working vacations and vacation interruption [J]. *Quality Technology and Quantitative Management*, 2013, 10 (4): 493-510.
- [23] 伍慧玲, 尹小玲, 方春锋. 有负顾客的 M/G/1 有限源重试排队系统 [J]. *运筹与管理*, 2006, 15 (3): 59-65.
Wu, H., X. Yin, C. Fang. Finite source retrial queue with negative customers [J]. *Operations Research and Management Science*, 2006, 15 (3): 59-65. (in Chinese)
- [24] Wang, J., L. Zhao, F. Zhang. Analysis of the finite source retrial queues with server breakdowns and repairs [J]. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 2011, 7 (3): 655-676.
- [25] Zhang, F., J. Wang. Performance analysis of the retrial queues with finite number of sources and service interruptions [J]. *Journal of the Korean Statistical Society*, 2013, 42 (1): 117-131.
- [26] Wu, J., Z. Liu, G. Yang. Analysis of the finite source MAP/PH/N retrial G-queue operating in a random environment [J]. *Applied Mathematical Modelling*, 35 (3): 1184-1193.
- [27] Wang, J., J. Li. A repairable M/G/1 retrial queue with Bernoulli vacation and two-phase service [J]. *Quality Technology and Quantitative Management*, 2008, 5 (2): 179-192.
- [28] Zhou, W. Analysis of a single-server retrial queue with FCFS orbit and Bernoulli vacation [J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2005, 161 (2): 353-364.
- [29] 伍慧玲, 方春锋. 有休假阈值 M 和顾客丢失的 M/G/1 重试休假排队系统 [J]. *华南师范大学学报 (自然科学版)*, 2006 (2): 43-49.
Wu, H., C. Fang. An M/G/1 retrial queue with vacation threshold M and customer loss [J]. *Journal of South China Normal University (Natural Science Edition)*, 2006, (2): 43-49. (in Chinese)
- [30] Wu, J., Z. Lian. A single-server retrial G-queue with priority and unreliable server under Bernoulli vacation schedule [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2013, 64 (1): 84-93.
- [31] Wu, J., Z. Liu, P. Yi. On the BMAP/G/1 G-queues with second optional service and multiple vacations [J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2009, 33 (12): 4314-4325.
- [32] Liu, Z., J. Wu. An MAP/G/1 G-queues with preemptive resume and multiple vacations [J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2009, 33 (3): 1739-1748.
- [33] Liu, Z., J. Wu, G. Yang. An M/G/1 retrial G-queue with preemptive resume and feedback under N-policy subject to the server breakdowns and repairs [J]. *Computers and Mathematics with Applications*, 2009, 58 (9): 1792-1807.
- [34] Zhang, F., J. Wang, B. Liu. On the optimal and equilibrium retrial rates in an unreliable retrial queue with vacations [J]. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 2012, 8 (4): 861-875.
- [35] Wang, J., F. Zhang. Strategic joining in M/M/1 retrial queues [J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 230 (1): 76-87.
- [36] Shang, W., L. Liu, Q. Li. Tail asymptotics for the queue length in an M/G/1 retrial queue [J]. *Queueing Systems*, 2006, 52 (3): 193-198.
- [37] Wu, X., M. Hlynka, P. H. Brill, J. Wang. An M/G/1 retrial queue with balking and retrials during service [J]. *International Journal of Operational Research*, 2005, 1 (1): 30-51.
- [38] 朱翼隽, 王晓春, 童仁群. 一类具有两个服务阶段、反馈的 M/G/1 重试排队系统 [J]. *江苏大学学报*, 2006, 26 (6): 496-500.
Zhu, Y., X. Wang, R. Tong. M/G/1 retrial queueing system with two phases of services and feedback [J]. *Journal of Jiangsu University*, 2006, 26 (6): 496-500. (in Chinese)
- [39] 顾庆凤. 具有二次可选服务反馈的可选单重休假 M/G/1 排队模型 [J]. *成都信息工程学院学报*, 2009, (4): 409-413.
Gu, Q. M/G/1 queueing system with optional service and feedback and optional server vacations based on a single vacation policy [J]. *Journal of Chengdu University of information technology*, 2009, (4): 409-413. (in Chinese)
- [40] 陈佩树, 朱翼隽, 陈燕. 有一般重试时间的 $\text{Geo}^{[X]}/\text{G}/1$ 重试排队系统 [J]. *江苏大学学报*, 2008, 29 (2): 181-184.
Chen, P., Y. Zhu, Y. Chen. Discrete-time retrial queue with general retrial times [J]. *Journal of Jiangsu University*, 2008,

- 29 (2): 181-184. (in Chinese)
- [41] 陈佩树, 朱翼隼. 有 Bernoulli 休假和可选服务的 $M^X/G/1$ 重试排队系统 [J]. 江苏大学学报, 2009, 30 (4): 429-432.
- Chen, P., Y. Zhu. An $M^X/G/1$ retrial queue with optional service and Bernoulli vacation [J]. *Journal of Jiangsu University*, 2009, 30 (4): 429-432. (in Chinese)
- [42] Li, Y., W. Zhou, D. Qi. A new congestion prevention policy for the router [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 2006, 11 (3): 286-289.
- [43] Zhang, F., J. Wang. Stochastic analysis of a finite source retrial queue with spares and orbit search [M]. *Measurement, Modelling, and Evaluation of Computing Systems and Dependability and Fault Tolerance*, Springer Berlin Heidelberg, 2012: 16-30.
- [44] Wang, J., P. Zhou. A Batch Arrival Retrial Queue with Starting Failures, Feedback and Admission Control [J]. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 2010, 19 (3): 306-320.
- [45] Gao, S., J. Wang. Performance and reliability analysis of an $M/G/1-G$ retrial queue with orbital search and non-persistent customers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 236 (2): 561-572.
- [46] Li, X., J. Wang, F. Zhang. New results on equilibrium balking strategies in the single-server queue with breakdowns and repairs [J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2014, 241: 380-388.
- [47] Wang, F., J. Wang, F. Zhang. Strategic behavior in the single-server constant retrial queue with individual removal [J]. *Quality Technology and Quantitative Management*, forthcoming, 2014.
- [48] Zhang, Zh., J. Wang, F. Zhang. Equilibrium customer strategies in the single-server constant retrial queue with breakdowns and repairs [J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- [49] Yang, T., J. Wang, F. Zhang. Equilibrium balking strategies in the Geo/Geo/1 queues with server breakdowns and repairs [J]. *Quality Technology and Quantitative Management*, forthcoming, 2013.
- [50] Li, L., J. Wang, F. Zhang. Equilibrium customer strategies in Markovian queues with partial breakdowns [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2013, 66 (4): 751-757.
- [51] Gao, Sh., J. Wang, W. Li. An $M/G/1$ retrial queue with general retrial times, working vacations and vacation interruption [J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2014, 31 (2): 1-25.

Survey of Research on Retrial Queueing Systems in China

Wang Jinting

Department of Mathematics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China

Abstract: This paper presents a short review of the work performed in retrial queues since 1990's in China. In many queueing scenarios blocked customers do not leave the system but they may come back to the service facility after a random amount of time and retry for service. Significant advances in the analysis of retrial queues have enriched queueing theory and contributed to the development of many new applications in designing computer and communication networks. We focus on some aspects of the research on retrial queues which have been done in China since then.

Key words: Retrial queue; Reliability analysis; Communication networks

股指期货发现了什么价格？

——以沪深 300 指数期货与现货价格发现为例^①

熊 熊^{1,2}, 鲁 洋¹, 张 维^{1,2}

(1. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072; 2. 中国社会计算研究中心, 天津 300072)

摘 要: 首先对价格发现内涵进行了准确的分析和归纳, 并认为每个市场都有价格发现功能。其次对不同市场价格发现功能的差异进行了理论分析。最终采用 P-T 模型对沪深 300 指数期货与现货价格 5 秒钟高频交易数据进行实证分析。结果表明当前主要是沪深 300 股指期货作为价格发现主导市场, 但也出现了现货作为主导市场的情形, 这表明各个市场的价格发现功能大小是在不断波动变化的。

关键词: 股指期货; 价格发现; P-T 模型

中图分类号: F064.1 **文献标识码:** A **文章编号:** (2014) 01-0007-11

0 引言

自股指期货诞生以来, 国际金融市场上因之而发生的变化是值得关注的。作为 20 世纪 80 年代国际金融市场的金融创新, 股指期货在国际金融市场上出色地发挥着价格发现、规避风险以及套期保值的功能, 而价格发现功能的发挥则会直接影响到股指期货整体功能发挥水平。开发本国市场上的股指期货, 对完善金融市场产品结构, 促进本国金融市场创新, 增加金融市场国际竞争力等方面都具有重要意义。在中国大力发展资本市场背景下, 其作用也将更加突出。为了更为深入地了解股指期货对整个金融市场产生的影响与作用, 需要对股指期货的价格发现功能有一个全面准确的认识, 这将为股指期货价格发现功能的研究提供必要的理论指导及探索方向。

自 2010 年 4 月 16 日沪深 300 股指期货上市后, 市场对其价格发现功能的讨论可谓百家争鸣, 大体总结起来有四种不同的观点。第一种观点认为, 股票市场已经发现了价格, 股指期货不存在价格发现功能。第二种观点认为, 股指期货比现货早 15 分钟开盘, 股指期货的开盘价格是对现货指数价格的发现。这种观点在投资者中比较流行。例如, 隔夜有一个利好消息发布, 第二天期指开盘后涨了, 15 分钟后, 股票开盘也涨了, 就说股指期货发现价格。第三种观点认为, 股指期货的价格发现是指股指期货价格是现货价格的无偏估计。由于当前形成的股指期货价格是投资者对未来股指的预期, 例如 IF1103 合约当前价格为 2966 点, 这是投资者在当前所有信息下对 2011 年 3 月 18 日沪深 300 指数的预期, 所以股指期货的价格发现是指对现货价格的无偏估计。第四种观点认为, 股指期货在盘中对现货指数有引导作用, 股指期货具有价格发现功能。由此看来, 大家对于股指期货市场价格发现功能的认识的确分歧很大, 这样的现状对于后续股指期货的研究并无益处。所以需要逐其本源, 通过历史文献综述的分析, 归纳出期货市场价格发现功能究竟指的是什么含义。在对股指期货价格发现功能有了全面、准确认识的基础上, 进一步通过数理模型, 研究价格发现在中国金融市场上能力发挥的水平。

^① 基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-07-0605), 国家自然科学基金项目 (71131007, 71271145)。

作者简介: 熊熊 (1972-), 男, 湖南常德人, 博士, 天津大学管理与经济学部、中国社会计算研究中心教授, 博士生导师, 研究方向: 金融工程与金融风险管理, Email: xxpeter@tju.edu.cn; 鲁洋 (1986-), 女, 吉林长春人, 天津大学管理与经济学部研究生, 研究方向: 金融工程与金融风险管理; Email: xxpeter@tju.edu.cn; 张维 (1958-), 男, 天津人, 博士, 天津大学管理与经济学部、中国社会计算研究中心教授, 博士生导师, 研究方向: 金融工程与金融风险管理, 计算实验金融学, E-mail: zhangwei@nsfc.gov.cn。

1 文献综述

回顾历史,早在 19 世纪中期,最先在美国诞生了现代商品期货交易市场。对期货市场价格发现功能的研究也可以追溯到 1932 年。早期学者对价格发现的研究多集中在其内涵的认识上。当时 Hoffman^[1]就指出了期货市场价格发现的本质。他认为期货市场价格发现功能的本质在于新信息是否在期货价格或是在现货价格变化中率先反映出来了。而且 Schreiber 和 Schwartz^[2]指出价格发现过程是指在一个市场中,新信息以随机方式产生,投资者观察到信息后,通过交易行为将信息反映到资产价格上的过程。另外,Working^[3]提出了期货和现货贡献度的显著性依赖于期货合约价格和现货价格之间的一个密切关系。而这种密切关系表明,期货和现货市场间价格发现是一个动态的过程,并非单独一个市场能够发挥作用的,而且两个市场各自发挥的程度有所差异,这为后继研究者提供了实证研究的方向。Garbade 和 Silber^[4,5]都假设了不同市场的价格共同分享了一个共同的、暗含的有效价格,认为不同市场的资产交易是依靠套利或者短期均衡而联系起来的。1983 年两人通过建立 GS 模型分析了商品期货和现货市场,分析得出 75% 的新信息首先汇集到期货价格上,说明了期货市场发挥了较大价格发现功能,占据了市场价格变化影响程度的 75%。

但他们的模型很快被后来的研究者所质疑,因为价格时间序列通常都是非平稳过程,那么一般的线性相关分析模型的描述就会产生较大误差,容易出现伪回归问题,而 GS 模型又不能很好地给出合理的解释。Engle 和 Granger^[6]发展了协整理论并建立误差修正模型弥补了时间序列的非平稳性的弊端,也为后继的价格发现研究建立了基础。Wahab 和 Lashgari^[7]则利用协整的研究方法对 S&P500 指数和 FESE100 指数长期均衡关系进行研究。结果表明,S&P500 和 FESE100 的期货指数和现货指数之间存在长期稳定的均衡关系,期货市场的价格发现功能要强于现货市场。在协整理论与误差修正模型支持下,Hasbrouck^[8]建立了信息份额(information share, IS)模型,Gonzala 和 Granger^[9]建立了永久短暂(permanent-transitory, P-T)模型。

Harris 等^[10]考察了同时在纽约证券交易所(NYSE)、太平洋和中西部证券交易所进行交易的 IBM 股票在三个市场的价格发现关系。Coving 等^[11]用 2000 年 3-6 月的分钟高频数据研究了在东京证券交易所(TSE)的日经 225 指数以及在大阪证券交易所(OSE)、新加坡交易所(SGX)交易的日经 225 指数期货之间在价格发现上的地位。实证结果是,在价格发现上,两个期货市场合计贡献比例为 75%,其中大阪证券交易所贡献 42%、新加坡交易所贡献 33%。三人对高频数据的运用为后继的研究开辟了利用高频数据分析价格发现功能的先河。

国内价格发现研究上,鲍建平和杨建明^[12]考察了利率期货交易对债券现货市场价格发现的影响机制,并对发达和新兴市场国家开展利率期货交易对现货市场价格发现效率的影响进行了经验研究,表明利率期货交易能够有效提高现货市场的价格发现效率。夏天和程细玉^[13]利用向量自回归模型、vec 模型和方差分解等技术对大连商品交易所(DCE)、美国芝加哥商品交易所(CME)的大豆期货价格与国产大豆现货价格三者间关系进行了实证研究,结论是:三者间存在长期均衡关系,大连期货市场具备了良好的价格发现功能,居于长期价格发现的主导地位。

李帅等^[14]分别利用 Hasbrouck^[8]的信息份额模型(IS)与 Gonzala-Granger^[9]的永久短暂模型(P-T)分析了上证指数与 H 股指数、H 股指数期货之间的价格发现机制。研究表明,上证 A 股综合指数对中国的股票市场共因子的价格发现起着主导作用。熊熊等^[15]通过使用 Hasbrouck^[8]以及 Gonzala 和 Granger^[9]的价格发现模型,研究了新加坡衍生产品交易所和中国台湾期货交易所共同上市的台湾股票指数期货在两家交易所的信息传递效率,结果表明新加坡交易所的摩根台指期货合约在价格发现的过程中起到了主导作用。

目前国内的研究多集中于国外市场以及商品期货市场的价格发现研究,对国内市场价格发现研究有很大贡献,开辟了国内价格发现的研究方向,提供了一定可取的研究方法。鉴于中国股指期货市场的发展历程,对于国内市场的股指期货价格发现才刚刚开始,所以本文的研究具有开源性的意义。此外,国内人士目前对价格发现的认识上存在着多种不同看法,也使得研究进程受到了一定阻碍,所以有必要对价格发现的内涵加以总结性的描述。

本文首先归纳分析国内外价格发现历史文献，总结给出价格发现科学内涵，使国内关于价格发现的认识能够得到合理化的统一，为国内价格发现研究提供理论支持；其次通过不同模型的学习分析，选取最适合价格发现度量的 P-T 模型，采用 5 秒钟高频数据，分析中国沪深 300 指数期货现货价格发现情况，为中国股指期货市场稳步健康发展提供实际参考价值。

2 价格发现内涵

在文献全面整理综述的基础上，可以从 Hoffman^[1]的观点中得出期货市场的价格发现功能是指期货市场对新信息的反应能力，是否更加及时、有效、准确地反映新信息。而且 Schreiber 和 Schwartz^[2]论断表明从某种意义上来说，人们看到价格是市场信息的表象。从这个角度出发，自然会注意到，除了期货市场有价格发现功能之外，现货市场一样也是有价格发现功能的。推而广之，交易同一标的资产的各个市场，无论是现货市场、电子市场还是期货与期权市场，都是有价格发现功能的。只不过在有些资产上，例如大宗商品，期货市场由于交易机制灵活，投资者参与众多，使更多的信息更快地在这个市场上反映出来，从而在价格发现上更占优势而已。但在股指等金融资产上，期货市场在价格发现上是否占优势就要具体而论了。总体而言，期货市场价格发现功能是否有效发挥取决于市场规模、投资者结构、市场交易机制等诸多因素。

不同资产类别的期、现货市场在价格发现功能上是有差异的。传统的大宗商品现货交易都是在地区性的市场进行，以一定的区域为界限，不同地区间可能同时交易相同的商品。信息可以在本市场内部充分传递，本市场内部可以达到较小规模的信息汇集，交易者根据本市场中汇集起来的有用信息，对商品未来价格进行预测，最终能够对本市场商品进行合理定价，因此商品现货市场就具有价格发现功能了。但由于地域交通、信息交换等限制，不同地区的商品交易市场间相对来说是相互分散的，它们之间的联系是有限的，信息也通常只在本市场内传递，这样就限制了信息在更广范围内的传达，各个市场的交易、供求等信息就会比较分散，无法达到较高程度的聚集，也就无法达到更为集中的定价效果。

商品期货市场的产生，弥补了商品现货市场的不足。商品期货市场汇集了不同商品交易市场上交易商品的自然属性、供求关系等信息，并能够有效、快速地集中这些信息。相比分散化的商品现货市场，商品期货市场不但能聚集更多的投资者与更多的信息，而且市场对信息的反映也更加敏捷，并最终形成商品的期货价格。因此，相对于商品现货市场，商品期货市场具有更显著的价格发现功能，商品的期货价格也常常成为商品现货价格的定价依据。一个典型的例子，就是上海期货交易所（SHFE）的螺纹钢期货市场。在螺纹钢期货上市前，全国各地分布着各式钢材电子交易市场，但并没有一个权威的价格中心。螺纹钢期货上市后，各地螺纹钢现货市场唯上海期货交易所期货价格马首是瞻，其影响力甚至超出了想象。这一结论也与许多国内外对商品现货市场和商品期货市场价格发现实证的分析结果相一致。例如，Zapata 等^[16]对全球糖期货市场与糖现货市场的价格发现研究表明，糖期货市场在价格发现上占据优势地位。

不同于商品现货市场，股票市场本身是一个高度集中交易的市场。在股票市场上，大量的投资者通过对上市公司的现有状况的评价分析和对上市公司未来发展前景的预期，进行股票投资，为公司定价。股票市场的信息集中化程度比商品现货市场高得多，信息传递速度也更快，股票市场已具有很强的价格发现功能。

股指期货市场是以股票价格指数为标的物进行的期货交易。由于这个市场是用杠杆机制进行一篮子股票交易，市场的开设不但吸引了原先股票市场上的投资者，而且还吸引其他市场的投资者。投资者对各类信息的综合反映，在这个市场上形成了股票指数的另一个价格，即股指的期货价格。因此，股指期货市场也是有价格发现功能的。这样，在同一信息集下，股票市场与股指期货市场产生两个指数的价格。显然，这两个价格都是信息集的表象。由于套利者的存在，这两个价格之间保持亦步亦趋的关系。究竟哪个市场在价格发现功能上占据主要位置，要取决于两个市场的规模、投资者结构、市场微观结构等因素。在境外大部分成熟股指期货市场，如美国市场，由于股票市场的主流机构都参了股指期货市场交易，因此有研究表明，股指期货市场在价格发现功能上占据了主要位置^[17]。但在其他市场，也有研究发现，股指现货价格领先于股指期货价格^[7]。

综合以上分析，更为准确的诠释是：价格发现指在市场条件下，买卖双方通过交易活动，使某一时间和地点上某一特定质量和数量的产品的交易价格接近其均衡价格的过程。而金融资产的价格发现则是在复