“量化交易”将走向何方？

刘庆富

复旦大学经济学院教授、博士生导师

复旦－斯坦福中国金融科技与安全研究院执行院长

“量化交易”兼具两大功能：一个是投资功能，另一个是平台功能。它的发展将证券市场带入了一个“新时代”。由于学科交叉的创新，量化交易蓬勃兴起。又由于多学科、多市场和制度约束，量化交易的发展存在一定局限。然而，大数据、人工智能、区块链、数学理论和高性能计算技术的进步，使商品金融化进程加快；同时，适应性市场假说的提出成为推动量化交易实质性发展的重要力量。此外，我们还需要警惕量化交易所固有的风险，并利用当前金融领域技术性的手段对其进行有效监管。

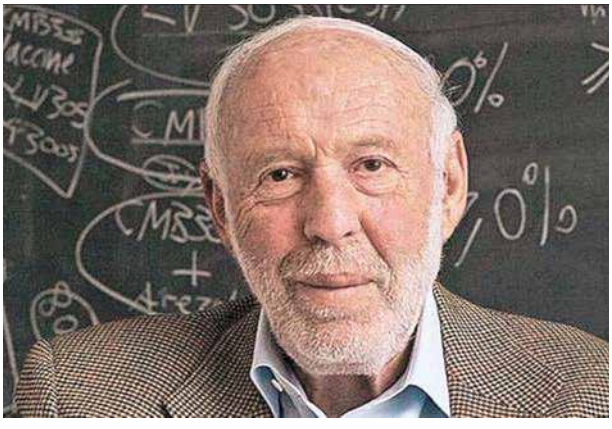
说起当前热点，最吸引眼球的无外乎“大数据”“人工智能”“区块链”“云计算”等技术在金融领域的应用。作为学科交叉的有效应用，“量化交易”一直是金融学界和业界关注的焦点，特别是在量化交易如火如荼发展的今天。关于量化交易的话题很多，本文主要谈及三个方面：第一，量化交易的发展及其局限性；第二，量化交易的创新性发展及其未来；第三，量化交易的风险与管控。

量化交易的发展及其局限性

量化交易的源起及发展

说到量化交易，不得不提及“量化投资之王”詹姆斯·西蒙斯（James Simons）。他以骄人的战绩，成为华尔街最为令人敬仰的量化投资先驱——文艺复兴基金（Renaissance Technologies Corporation），并在 2010 年达到了 260 亿美元的规模，成为《福布斯》杂志排行榜中身价 140 亿美元的全球第 76 位富豪。这里所谈的量化交易是指运用现代数学和统计方法，借助于计算机技术来进行交易的证券投资方式及其过程，也称之为“狭义”的量化交易，实际上就是“量化投资”。目前，全球量化交易多指量化投资，且近年来有了飞速发展。据不完全统计，美国股票市场的量化交易量不低于 70%，期货期权类投资不低于 80%，而其套利交易不低于 90%。对新兴的中国市场而言，截至 2012 年 9 月，我国 18 只量化基金产品总体规模为 281.7 亿元。截至 2018 年 5 月，量化投资基金市场规模已经达到 1160 亿元。

那么，量化交易应该如何实现呢？根据现代投资理论，简单而言我们一般通过投机、套利和套期保值来实现量化交易，而每一种策略又包含很多更具体的策略。例如，投机策略不仅要考虑技术层面的选股和择时，还需要从其他方面来挖掘有效信息；基本面和周期性、宏观事件和趋势等通常是量化投机策略需要考虑的，而资产定价的相对价值、定价公式、统计相



詹姆斯·西蒙斯（James Simons）

关性等通常是套利策略所关注的对象；此外，还有时间跨度为秒和毫秒量级的高频交易、交易成本及它们之间的均衡考量。

以上所提的量化交易，着重于投资，是多数金融市场从业人员追逐的目标。然而，量化交易还有更宽泛的内涵，就是量化电子交易平台的设立。从经济学角度讲，这一“量化交易”的本质是一种双向拍卖过程。事实上，在交易中买方和卖方可以对证券的价格进行竞价，提供最优价格的买方和卖方成交，此过程就是拍卖中的有效价格发现过程。在 20 世纪 70 年代之前，买卖双方只能在证券交易所通过公开喊价的方式进行场内交易。到了 80 年代，电子交易得到了有效发展，由于其具有减少交易成本、增加流动性、令市场更透明等优点，Globex 等电子交易系统迅速兴起，并用于美国 CME、CBOT、NYMEX 和 NYSE 等多家交易所。90 年代以后，我国证券市场开始兴起，采用的也是电子交易系统，并且近年来也有了长足的进步，目前的交易也已达到毫秒级。

量化交易的诸多局限

虽然量化交易能够有效提高市场效率，但也有其局限性。第一，交易品种有限，且有些品种难以标准化。我们知道交易产品（包括金融产品和大宗商品）常具有自己的特性，在产品品质、交易量、价格等方面存在差异，往往难以标准化，特别是在商品领域。此外，虽然以美国为代表的证券市场发展较为成熟，仍有很多新兴市场还不够成熟，交易品种偏少。例如，美国市场除了股票、债券及其相关金融工具外，还可以将量化交易应用到货币、外汇及其他商品领域；而新兴市场的交易品种常以股票和债券为主。交易品种受限的同时，量化交易的广泛应用也受到限制。

第二，针对量化交易的经济学理论发展相对迟缓。目前，针对量化交易的市场微观结构、量化交易策略、行为金融学、风险传染机制等理论和应用研究仍相对滞后。并且，仍需要提高资本市场的市场质量，增强其市场功能，完善市场运作机制。例如，我国资本市场主要以散户为主，机构投资者相对较少，前者约占 80%~90%，后者还不到 20%；并且，发达市场量化基金占比近 30%，而我国仅占 5%~6%。我国的投资结构需要优化。

第三，科技的发展远未满足量化交易的真实需要。虽然当前的统计方法、数学理论、计算机技术、电子通信技术等有了长足的进步，但在量化交易这一交叉性领域，仍未达到完美的地步。特别是对于新兴市场而言，足够的硬件设备和量化交易技术仍需要一定的门槛，这对大力发展以技术支持为核心的量化交易会有一定限制。

第四，复合型量化交易人才紧缺。量化交易对从业者的要求较高，不仅需要其拥有深厚的数理功底、专业的经济学和金融学素养，还需要拥有很强的计算机应用能力，甚至要懂得法律和财务。而同时拥有这些知识的量化交易人员很少，这也是影响量化交易快速发展的又一要素。

第五，证券市场的交易制度限制是量化交易的另一掣肘。国际量化交易监管法规仍不够完善。例如，自 2015 年以来，我国证券市场的交易量和保证金等交易限制频繁出台，而投资者保护、违法违规交易等法规迟迟未定等。这使量化交易在股票、期货及相关市场的交易量骤降，市场持续低迷。这些原因使量化交易的运营受限，也在一定程度上抑制了量化交易的创新和发展。

量化交易的创新性发展及未来

量化交易的发展根源于科技的进步与融合

量化交易本是就是学科交叉的产物，而量化交易的推动力自然归于多学科的进步和发展。近年来，随着信息革命的快速推进和技术的迅猛发展，包括量化交易在内的技术进步日益成为金融发展的核心驱动力。科学技术的思维、创新及其应用也正在改变着金融行业原有的竞争格局和生态系统。在这一新形势下，加速发展的互联网、大数据、人工智能、区块链和云计算等科技正重塑金融发展的模式及路径，量化交易的角色、地位和发展也正在经历新的变化。

这些科学技术的进步自然依赖于三个理论：一是熊彼特的技术创新理论，该理论认为创新是一个科技、经济一体化的过程，是技术进步与应用创新“双螺旋结构”共同催生的产物，而伴随创新的实现，经济增长才可以获得。二是企业生命周期理论，它将企业分为四个生命周期：种子期、初创期、成长阶段、成熟阶段，各个阶段对融资的需要不同。三是协同理论。该理论是德国物理学家哈肯提出的一种可以广泛应用的现代横断学科，主要研究由大量子系统以复杂的方式相互作用所构成的复合系统，如何通过子系统间的协同作用，自发地形成时间－空间的有序结构。而量化交易正是依赖于数学和统计、金融学和计算机科学

加速发展的互联网、大数据、人工智能、区块链和云计算等科技正重塑金融发展的模式及路径，量化交易的角色、地位和发展也正在经历新的变化。

的发展而自然融在一起的复合系统。

当然，许多新的理论、方法和技术正在产生，也正逐渐影响量化交易的模式、手段及绩效。第一是大数据的发展。在量化交易中，信息的搜集和处理非常重要。对投资者而言，除了传统所用的结构化数据，含有文本、声音、图像等非结构化数据的信息无疑是对投资者准确掌握交易信息、进行有效投资和风险管理等具有莫大的帮助，同时也可以有效避免信息非对称性和逆向选择问题。第二是人工智能的应用。深度学习、机器学习、人工神经网络、遗传算法、支持向量机等方法和技术的出现无疑给大数据分析和应用提供了完美的试验场，对量化交易的发展举足轻重。第三是区块链的兴起。类似于芝加哥商品交易所、塞浦路斯证券交易委员会、日本软银科技在区块链上的应用，在量化交易中，我们可引入区块链理论的共识机制（如尝试采用 PoW、PoS 或 DPoS 等），以使信息结构更加透明、实时可查及降低成本，并保证系统的安全可靠。第四是数学理论的突破性进展。近年来数学理论的发展为量化交易的进步提供了更多可以想象的空间。例如，山东大学彭实戈教授所提出的非线性期望理论为自动做市商和非线性风险测度等提供了重要的理论支撑。斯坦福大学的黎子良教授通过考虑不确定收益和风险，将传统的马科维茨投资组合问题推广到更为实际的状态。第五是高性能计算的快速发展。近年来，我国的“神威 · 太湖之光”以每秒 9.3 亿亿次的浮点运算速度成为世界运算速度最快的计算机，这为量化交易的加速计算提供了重要基础。并且，随着互联网技术的发展和应用软件的成熟，以基础设施、平台和软件为基础的云计算也将为量化交易提供更多可借鉴的服务。

大宗商品金融化进程的加快给量化交易创造了必要条件

北京当代经济学基金会中国经济学奖评奖委员会于 2018 年 7 月 12 日发布公告，将 2018 年中国经济学奖授予王江和熊伟教授，奖励其在金融学领域做出的杰出贡献。其中，熊伟教授的研究方向之一是大宗商品的金融化。近十年来，商品的金融化是资本市场关注的一个焦点，且越来越受到机构投资者的欢迎。虽然商品的金融化没有统一的定义，但从字里行间，可将其理解为金融属性在商品上的实现过程。并且，随着商品金融化进程的加快，商品和金融资产的融合度将越来越强。

为什么会出现这一状况呢？自然有其存在的基础及推动力。除了全球范围的经济一体化和金融自由化等驱动力外，一国或地区监管政策法规的放松、交易品种和手段的多样、产品越来越标准化以及现实规避风险的迫切需求是更为重要的原因。事实上，更为深层的原因可以从商品的相对定价来分析。一方面，衍生金融工具（也称衍生金融产品）的出现是商品金融化的内在推动力。我们知道除了金、银等具有货币和金融属性外，当前大部分的商品期货、商品期权等衍生产品的标的物就是商品。这些衍生金融产品就是随着标的物的价格的变动而变动的派生产品，也逐渐可以作为经济的“晴雨表”。因此，

它们之间具有严格的定价公式或内在均衡定价机制。在资本市场上，衍生金融产品及其标的商品的运动方向是基本一致的，衍生金融产品的金融交易行为会通过均衡机制传递给对应商品，这就使商品也具有了金融属性，如投资性。另一方面，不存在严格定价公式的不同商品之间或商品与金融产品之间，由于套利等要素的存在，不同交易品种之间也会存在高度的相关性。如果这样相关性长期存在，它们之间也会存在统计意义上的“均衡机制”，这也为商品的金融化提供了“实证”基础。

当然，商品的金融化自然有其不利之处，如容易引发商品价格的大幅波动，导致很多生活必需品的投机性、泡沫化等。这些可以通过适当的政策性干预得到改善，也可以通过市场化等手段进行解决。然而，商品金融化的部分“功劳”也归功于量化交易的存在。并且，量化交易的存在也使得不同商品之间的交易变得更加容易实现，随着量化交易的快速发展，也会相应地加速金融化进程。同时，商品金融化进程的加快也为量化交易提供了天然的试验场。

“适应性市场假说”是助推量化交易的重要力量

有效市场假说是 1965 年由尤金 · 法马 (Eugene Fama) 提出的，该假设的理论基础是理性预期理论。现代的很多经济学理论都是建立在这一理论基础上的。然而，行为人是有认知偏差的，这使金融市场不再是一个有效的市场。为此，行为金融学逐渐成为了有效市场假说的替代理论。然而，自 20 世纪 80 年代的崭露头角到 90 年代的繁盛之后，行为金融学在 21 世纪初有所减退。自亚洲金融危机、美国次贷危机、欧债危机接连发生之后，传统市场理论包括有效市场假说与行为金融面对如过山车般的现实金融世界已无能为力，也未能给出合理解释。

为了协调有效市场假说和行为金融理论，MIT 华裔教授罗闻全在 2004 年基于进化原则，找到了在资本市场上发挥作用且与演进和变化相类似的过程，并提出了“适应性市场假说”，并逐渐引起了学术界重视。适应性市场假说是以进化生物学的眼光来看市场运动，它认为市场中的个体一般基于自身利益来做出决策行为、且会犯错，个体只有不断地学习和适应，只有持续适应变化不定的市场环境，才能立于不败之地。他还认为是市场竞争导致了适应行为及其更新，这一进化过程造就了市场的动态过程，也是“市场生态”或“市场环境”自然选择的结果。

在现实市场中，根据进化原则，价格反映的是市场的经济状况和对冲基金经理、做市商、散户投资者等不同群体的市场参与者的天性共同决定的信息。如果有很多成员共同在一个群体中为了稀缺资源而竞争，市场可能会更有效率。而如果市场中只有少量成员在为充足的资源而竞争的话，市场的效率有可能相反。市场的有效程度会随着时间的变化而改变，且受到包括市场竞争者数量、获得的机会多少、市场参与者对于变化的环境的适应能力等“市场生态”的影响。在这一适应性市场假说下，行为金融学中与有效市场假说中的经济理性假说相违背的例子与经济行为中的竞争、适应、自然选择等进化原则就相符了。

量化交易被广泛应用于互惠基金、对冲基金和其他买方机构投资者。一些卖方投资者，如做市商、投行和一些为市场提供清算服务的对冲基金，也倾向

尤金·法马

2013 年诺贝尔经济学奖获得者
“有效市场假说”提出者

罗闻全

麻省理工学院
华裔终身教授
“适应性市场假说”提出者

于使用电子交易平台来生成和执行交易。在进行量化交易时，用于分析的机器首先需要导入数据，然后利用模型和优化程序来开发量化交易策略。这一自动交易是利用算法来在电子化交易平台上进行交易的，这一算法用来执行包含交易时间、交易价格、交易数量等信息的交易策略，并最终输出量化交易结果。除了我们常见的证券交易所，很多电商平台（如 B2B 和 B2C）也存在类似的交易适应性特性。并且，由于交易过程是动态变化的，常规的交易方式很难捕捉市场的快速变化，也很难对市场做出积极回应。因此，作为兼具即时性、快速性和准确性的量化交易义不容辞地挑起这一重担。并且，大数据、人工智能、区块链和云计算等技术的有效运用将会加速“适应性市场假说”在金融市场中的实现，也会进一步深化量化交易理论及其在金融市场中的广泛应用。

量化交易的风险与管控

无论在国内还是国外，量化交易都获得了很大发展且表现优良。但是，量化交易的建立及其近些年来在市场中的应用也存在着很多风险。接下来，我们将介绍一下量化交易风险频发的根本原因及相关的风险管控举措。

量化交易风险频发的十大诱因

第一，不同市场的关联性逐渐增强，不同市场的相关性常趋于一致。交易者可以通过套利或基于以计算为目的的同一标的物，一个市场所发生的交易行为会直接影响到与之相关联的其他市场。

第二，借助于计算机技术，高频交易和算法交易很容易实现，这将引起产品价格的快速变化和交易量的显著增加，并且随着计算机技术和算法交易等的发展，这一趋势将更加明显。并且，高频交易在短时间内会带来巨大的流动，从而对市场产生巨大冲击力，并且也会导致“多米诺”效应。

第三，直接电子访问和主机代管服务的快速发展。虽然传统的公开喊价的方式在某些交易所仍然保留，但快速、便捷、低成本的电子交易已是不可逆转的趋势，交易者可以远程登录直接进行电子交易。并且，由于主机代管服务提供了非常低的时间延迟，无疑就提高了交易的速度和执行交易策略的效率。

第四，产品交易和结算结构的新变化。为保证交易的效率和市场的有效性，在进行合约设计时采用了最小的报价单位，调整了费用结构。并且，随着市场的需要，合约设计和结算规则等也会经常变化。

第五，交易产品及其交易策略日趋复杂和多样化。为更好地管理金融风险，会有很多复杂的交易产品和复杂的交易策略问世，这些产品所依赖的定价模型和交易策略也相对复杂，这又反过来必须依赖计算机技术来实现。

第六，交易系统本身所具有的脆弱性。现在的证券交易往往采用自动撮合电子交易系统，如果出现系统故障或通信故障，自然会影响到交易的正常进行。当前的计算机交易依托于高速计算机系统与海量数据存储系统进行的，因此对计算机系统、数据存储器的稳定性、安全性要求极高，一旦支持高频交易的计算机系统与海量数据存储系统出现任何技术故障，其后果将是严重的。

第七，新技术条件下高频交易的增加，增加了市场异常情况的严重性。高频交易撤报单速度快（往往在 1 秒内完成）、持仓时间短、对系统延时要求较高，其止损机制被触发，大量的止损定单推到市场上，会让市场的买卖力量对比迅速失衡，导致市场流动性丧失，从而引发市场的雪崩式下跌，这会进一步引发更多的止损定单，陷入恶性循环。

第八，交易人员的疏忽或犯错。在频繁和时间紧促的交易中，价格、数量、订单类型交易人员有时会出现输入错误。并且，有些产品定价复杂（如机场可转债、期权），投资者对产品认识不够，在价格发生变化时，不能非常清楚地认识到它所面临的风险，也容易犯错。

第九，证券交易机制存在一定缺陷。目前，证券市场多采用高度自动化的电子系统撮合，因此对于符合现行交易规则的订单均会被系统自动撮合，虽然交易效率很高，但交易系统的稳定性和安全性不足。

第十，证券账户和托管体系不够健全。国外证券交易市场多采用二级证券账户和托管制度：证券经纪商在一级结构，投资者在二级结构。交易所仅对证券公司进行清算和监控，证券公司再为客户提供交易清算，交易系统压力较轻。而我国现行的交易托管制度采取的是一级证券账户和托管制度，所有投资者都在交易所竞价撮合，交易所系统压力较大，很难对所有投资者监控到位。以上几点也是当今金融市场发展的基本趋势，但这一趋势也成为量化交易风险频发的诱因。

量化交易的风险与管控

以上说到了量化交易风险产生的十大诱因。那么，量化交易常具有哪些风险，应如何管控呢？概括而言，需要管理好如下三类风险。

一是执行风险。这是交易者在特定的时间段内与

规模上无法执行预设订单的风险。在实践中，为了降低执行风险，大多数交易员利用有形（或主要）市场和暗池市场的组合，而作为替代交易系统的暗池在为有形市场执行大额交易时，能有效避免价格的冲击，并节省价差成本和执行成本。

二是操作风险。由于交易决策是在瞬间进行的，为确保算法和基础架构无差错，需依赖软件工程和定量分析。那些看似不明显的错误可能会对策略产生重大影响。这一风险主要包括订单传输协议风险、软件错误风险、合规风险及其他与基础架构相关的风险。

三是策略风险。对于策略实施，除了采取合理的程序之外，考虑可能对算法完整性产生不利影响的风险也是很重要的。在建模中，需要实时参数更新的模型，应该有适当的机制来监视和纠正拟合误差，否则会发生模型风险。从风险管理角度看，高频交易也有一些传统交易已经存在的常见风险参数，因此，执行头寸限制、盈亏限制、情景限制、库存调节，以及自动交易中的订单大小、订单速率、消息速率和潜在仓位等方面的检查来控制交易风险。

为系统识别和防范量化交易风险，通常的处置手段主要包括三类：一是需要建立量化交易的监控和预警系统。可以考虑从客户、账号、业务、地域和时间方面来提取用户特征，结合量化交易过程中的价格信息、交易量信息以及关联市场的交易行为，利用数理统计预测模型来识别业务和操作层面的量化交易的异常信息，并对可能出现的风险进行报警。

二是需要建立量化交易的前段控制系统。这一系统常采用价格限制、交易算法的技术修正以及为交易者制订技术或程序要求等方法。另外，为保证市场功能的公平性和有效性，交易所应适当减少使用前端控制措施，多通过市场机制的约束和市场参与人的事后追责来处理。

三是需要建立异常交易的事后处置系统。国内外金融市场一般通过法律以及交易所的业务规则来对量化交易风险进行事后处置。此外，在深入理解量化交易规律的前提下，可以尝试建立量化交易大数据平台，并在此基础上建立量化交易智能监控和处置系统。F

▶ 本文作者邮箱：
liuqf@fudan.edu.cn