

技术(产品)替代、创造性破坏 与周期性经济增长

钟春平 徐长生*

摘要 论文以熊彼特的创造性破坏思路为基础,将宏观经济中的长期经济增长和短期经济波动统一为周期性经济增长过程。本文追述创造性破坏概念的生态学根源,并将生态学的结论和方法引入经济学分析,其中竞争是生态学的核心,所以分析种群之间的多种关系,并对照阐述技术(产品)之间的竞争替代类型。用数值模拟方法描述的动态替代过程和美国经济增长的经验分析表明,增长更多地体现为周期性增长。

关键词 创造性破坏,周期性经济增长,竞争

一、引言

很长时间以来,宏观经济研究通常划分为长期和短期,分别考察长期趋势和短期波动,分析长期经济增长时设定短期经济波动是不重要的或既定的,主要探讨长期趋势、经济增长的根源和在区域上的差异;分析波动时又设定增长的趋势是给定的,侧重研究短期波动的幅度和成因。这种处理方式存在着明显的缺陷:宏观经济学似乎由两个没有关联的独立研究领域组成,忽略了经济增长和经济波动之间的关联,并没有将宏观经济视为一个整体有机地进行全面研究,因而将长期经济增长和短期经济波动进行结合研究成为当前一个极有挑战性的研究前沿和方向。

一个直观的想法是:长期经济增长和经济周期波动是同一问题的两个方面,都是经济动态变化过程中的动态特征,经济增长是前向趋势,经济周期则围绕趋势波动,那么用周期性经济增长来共同描绘这个动态过程会更恰当。长期经济增长趋势未必是稳定或固定不变的,通常具有不确定特征,直接体现为周期性波动,因而用周期性增长来描述动态变化过程更有意义,这样增长和周期就可归结为同一个过程,直接考虑周期性经济增长,而不是将两者割裂。或者认为经济增长过程是螺旋式攀升的过程,在此过程中,经济增长速度周期变动。

* 钟春平 招商银行博士后工作站 徐长生 华中科技大学经济学院。通讯作者及地址 钟春平 深圳市深南路 7088 号招商银行大厦 16 层 518040 ;电话 (0755) 83076508 ,E-mail :springzenith@cmbchina.com , cpzenith@163.com。

实际上早在 20 世纪 40 年代,熊彼特就指出经济增长和周期具有内在关联。熊彼特在“创新理论”中提出,创新推动经济增长过程中同时会引起不同长度的经济周期。他的经济发展理论建立在创新理论之上,主要分析长期经济增长;在此基础上进一步用创新理论来阐释经济周期,他特别采用了历史分析方法,印证了不同程度的创新在推动经济增长同时,会形成不同长度的经济周期。他认为经济增长和经济周期都可以归结于创新活动。如果将创新活动视为技术变迁,小的技术变动则可认为是技术冲击,这就是经济波动的一个重要思路;而大的技术变迁能够带来持久的经济增长,从而形成大的经济周期。总的看,经济系统往往都处于程度不等的技术冲击之中。

Finn E. Kydland 和 Edward C. Prescott (1982) 研究了技术冲击对宏观经济的影响,并形成了真实经济周期(RBC)分析框架,不仅在方法上将长期经济增长和短期经济周期进行统一,两者在内涵上也被连接起来。在方法上,对短期经济波动的分析更多地从总量方法转向长期经济增长所采用的 Ramsey 分析方法,也就是具有微观基础的一般均衡模型。Kydland 和 Prescott 对 20 世纪 80 年代以前的观点进行辨析,这些观点认为,经济波动是在经济增长过程中各种要素叠加而形成的,而且主要是货币因素在起作用。他们否定了将时间系列视为这两种因素叠加的观点。Prescott 认为,将这些数据区分为趋势和对趋势的偏离被证实是有益的,但在他自己看来,对趋势的偏离在后来称为波动主要是一种操作性的概念,而不是外界所评述的理论要素描述,他认为 RBC 的核心论点是——经济增长和经济波动同属一个现象。¹如果将他们所说的技术冲击视为技术创新过程的一种表现形式,那么可将这种波动归结到熊彼特创新理论,从而能将经济增长和经济波动更好的连接起来。但尽管 RBC 对技术冲击及其影响做了开创性的研究,却并未对技术变迁的形式做更深入的研究,只是设定技术冲击服从一个简单的随机分布。相比而言,Philippe Aghion 和 Peter Howitt (1998) 对技术变迁做了更为全面的研究。他们对近年来对增长和周期结合研究做了回顾,他们认为更恰当的描述应该是,技术的“创造性破坏”会同时导致经济增长和经济周期波动,两者具有一致的根源,而 Aghion 和 Howitt 的目标是将经济学纳入他们一直倡导的以“创造性破坏”为特征的熊彼特增长模型基础之上。

“创造性破坏”思路与创新理论具有类似之处,也都由熊彼特提出,因而在研究中时常被不加区分地使用。但“创造性破坏”比创新理论更进了一步,强调了创新是个新旧交替过程。熊彼特(1942)将发展过程定义为“不断地从内部使这个经济结构革命化,他不断地破坏旧结构,不断地创造新结构。这个创造性破坏地过程,就是资本主义的本质事实”。“创造性破坏”思路在新

¹ 这是 Prescott 给笔者来信所作的解释。

增长理论中得到更广泛应用，因为“创造性破坏”强调了结构变换；在具体含义上，更为现实地说明创新所得的垄断利润是暂时的，源于创造、源于对先前的“破坏”，最终也会被后续的创造所破坏；在表现形式上，由于厂商得垄断利润是暂时的，在创新成功之后会考虑竞争对手的行为，从而改变了厂商的利润函数和研发决策。

论文的第二部分是文献综述，对既有的将长期经济增长和短期波动进行结合研究的进展作一个说明和评述。这些文献几乎是围绕着熊彼特的思路展开的，要不就是应用了创新理论，要不就用了“创造性破坏”思路。这些思路包括了熊彼特所论述的创新中存在的集群现象（或成群，cluster）、创新过程中的调整过程、创新根据程度划分、金融和金融市场对创新的作用等。但这些文献对创造性破坏的具体形式和过程都有所忽视，而这是导致经济周期性波动的重要根源。

因而第三部分将考虑“创造性破坏”的具体形式和动态特征。追踪以“创造性破坏”为特征熊彼特增长模型所蕴涵的生态学含义，将生态学和经济学进行对比研究，围绕着“创造性破坏”的竞争和进化含义，探讨产生周期性增长在生态学上的根源，特别考虑种群关系与技术（产品）替代之间的相似性，在比较分析的基础上揭示经济增长过程中产生周期波动的原因。论文借鉴生态学上的结论和方法，对技术和产品的“创造性破坏”过程进行模拟分析，特别引入了竞争的多种类型。这些竞争类型的引入进一步丰富经济学分析的内涵，并且将经济系统的复杂特征更加真实地描述出来。第四部分则是一些经验证据，选取美国的经济增长作分析样本，在方法上则应用了一些非参数的kernel估计，拟合经济增长过程。这些经验分析表明，很难认为存在着经济增长理论中所说的均衡增长路径，而更多的应该是周期性经济增长。最后是结论，并对进一步的研究方向作一些说明。

二、文献综述：长期经济增长与短期经济波动之间的关联

将长期经济增长和短期经济波动进行结合研究成为当前经济学研究的热点，同时也是个前沿问题。这些研究主要围绕着熊彼特的思路展开，方法上主要以熊彼特内生增长模型为基础，特别是多部门的熊彼特增长模型。这些研究思路主要有：创新的集群效应、创新过程中的调整过程、对创新的强度和技术的类型进行划分及不完全市场等。绝大部分思路都源于熊彼特，部分则是对熊彼特的观点进行补充和修正，对创新过程做了更翔实的分析，特别是不完全市场思路非常独特。这些研究将长期经济增长和短期经济波动在一定程度上连接起来了。

(一) 创新过程中的集群现象：企业家一起行动与创新成群出现

Andrei Shleifer (1986) 区分了发明与对发明的实施(或类似于金融期权所描述的“执行”, implementation), 实质上是将熊彼特的发明和创新有所区别的观点进行进一步分析。Shleifer 主要讨论不同部门的企业是否会将在不同的时间内获得的发明在同一个时间一并实施和应用: 如果存在同时实施和执行的情形, 那么将存在总需求较高的时点, 并形成更高的需求、更快的经济增长, 对应地, 在不实施和执行的时间段, 增长速度比较慢。这样就形成了多个均衡点, 周期性增长由此产生。其中, 预期是形成周期性增长的重要因素, 仅当这些不同部门的企业家同时预期需求会高的情形下, 他们才会无意识地一起行动(执行)。有所不同的是, 熊彼特认为创新主要是创造需求, 而 Shleifer 则认为, 企业的创新在现实生活中更多的是适应市场, 所以导致了对总需求的共同预期和依赖, 集体行动变得更加有利可图, 进而使得周期性增长均衡存在。注意到, Shleifer 的分析潜在设定了不同技术互补条件, 但他并没对这种假设给予应有的注意。

Patrick Francois 和 Huw Lloyd-Ellis (2003) 直接将创造性破坏和动物本能(animal spirits) 联系起来, 尝试着建立内生周期增长模型, 这种分析思路很接近熊彼特的创新会呈现的成群(Cluster) 现象的观点: 创新一起出现, 同时会导致创新不断涌现并形成创新浪潮。在多部门熊彼特增长模型中, 各部门进行单独地创新活动, 但会同时形成创新活动的“集体行动”, 从而形成一般意义上的高峰和低谷, 繁荣和萧条。其实就是在 Shleifer 基础上做了进一步研究, 很多结论也类似于 Shleifer, 但在研究方法上更进一步, 同时特别考虑到了 Shleifer 在最后提到、但没有进行研究的状况——技术创新成群出现而显现出整体经济具有很强的“活力”。他们试图建立一种允许技术研发被储藏的内生周期增长模型, 它基于熊彼特的创造性破坏为特征、有 R&D 投入和创新的内生增长模型; 但他们直接用凯恩斯提出的“动物本能”特征来描述增长过程所具有的周期性增长特征, 用“创造性破坏”和“动物本能”沟通增长和周期之间的内在关联, 并试图解释是否存在经济周期对经济增长的反馈效应, 以及增长过程中的复苏(uptown) 与衰退(downtown) 是否对称等问题。

(二) 创新过程中的调整过程：市场与投资的调整

Kiminori Matsuyama (1999) 认为新古典增长模型和熊彼特增长模型描述的是增长过程中的不同方面, 新古典模型主要强调资本积累; 而熊彼特增长模型强调创新, 但实际上两者往往是周期交错的, 所以得出“在周期中增长”(growing through cycles) 结论, 这意味着经济增长过程通常是不稳定的。Matsuyama 是在两种增长模型基础上所做的进一步推论。在经济增长理论中,

新古典增长模型主要强调资本积累，所以他称该区间为 Solow 区间，在 Solow 增长模型中由于资本的边际收益递减，经济增长必然会达到定点状态之后停止；而熊彼特增长模型主要以创新（创造性破坏）为主要特征，经济系统由于研发和创新而会有均衡增长路径（balanced growth），他称此区间为 Romer 区间。他的特别之处在于：提出了第三种状态的存在——“周期波动”，它介于前两种状态，并在其中来回切换，而且经济系统主要处于第三种状态。他对不同状态作了具体分析：在 Solow 区间，由于投资较高和产出较高，经济增长速度会较高；相反，在 Romer 区间，由于部分资源投入到创新活动，经济增长速度会有所下降。导致创新活动和增长速度等发生变更的原因是市场的变化，只有市场到达一定规模时，创新才有市场；而一旦更多的厂商进行研发决策和创新，并进入市场，此时市场将会过度拥挤，单个厂商所能获得的份额和利润有限，创新逐渐变得不再有直接的诱惑。

George W. Evans, Seppo Honkapohja 和 Paul Romer (1998) 尝试解释在经济增长过程中周期出现的可能性，他们的切入点是投资决策。所采用的分析框架是垄断竞争模型，同时增添了生产领域的不同中间产品之间关系互补条件，初始新生产一个产品存在一定的固定成本。他们认为，存在着对随机干扰不同的预期，在这种状况下，经济体系会存在多重周期均衡，均衡状态具有不确定特征。他们设定了两种状态：高投资水平和低投资水平。产生投资状态变动的原因是对经济系统中随机干扰的预期。在预期不确定的条件下，经济增长就伴随着波动的过程，经济系统在两种状态之间来回变换，产生高峰或膨胀的机制在于自我加强（self-fulfilling）的预期，而在两个区间只是来回转换称为周期性增长，他们认为这就是形成大波动的机制。

（三）技术的细分

技术进步按程度可以划分为普通的技术改进（improvement）和具有强有力和推动作用的“根本性突破”（breakthrough，或 General Purpose Technology, GPT）。普通的技术改进对经济的影响有限，经济的增长速度相对平稳，但突破或根本性的技术进步则对经济系统产生根本性的影响，会形成持久而强有力的经济增长。

Elhanan Helpman 和 Manuel Trajtenberg (1994, 1998) 就用 GPT 的“播种”和“收割”形象阐述了 GPT 的研发投入和获得收益的过程，他们分析经济增长的动态过程和所具有的动态特征，特别是增长过程中会产生周期的原因及表现方式。GPT 可以视为经济增长的发动机：大的技术进步具有广泛的应用前景并能够带动后续的技术创新，所以会形成长时期的高速经济增长，推动经济的繁荣。经济周期会在 GPT 同时推动持久的经济增长过程中内生出现，其原因在于大的技术进步存在两个阶段。新一代的产品（主要是中间产品）可以细分为两个阶段：大的技术创新到来是第一阶段，主要是具有巨大

突破的技术研发成功；第二阶段是在这项大的技术进步来临之后，以补充为主要特征的技术创新随之而来。在补充为特征的产品到达一定程度时（这表明存在阈值效应，threshold effect），又一次新的技术创新浪潮会随之而来。GPT 为主要特征的经济增长可以解释历史上重大的技术进步所形成的长时间的繁荣和萧条。

Leonard K. Cheng 和 Elias Dinopoulos (1996) 则将技术细分为突破 (breakthrough) 与改进，由此分析产生周期性增长的原因和过程，他们认为所构建的是内生周期理论，由多部门的熊彼特增长理论模型自然拓展而成。新产品所蕴涵的技术含量决定了是否存在着定点状态：大的突破——GPT 的到来决定着周期的产生，如果技术改进的递减收益程度高（比如技术改进带来的成本高于技术突破所带来的成本），则存在惟一的定点状态，这时只存在大的技术突破，而没有一般的技术改进，此时也不会有经济周期；相反，如果技术改进的递减收益程度较低（如某些技术的改进相对于突破的成本要低），则不存在定点状态，此时稳定的创新模式就产生了确定性的内生经济周期。但他们这种研究对大的突破做了很强的外生设定，同时这种经济周期也不是以繁荣和萧条为特征，主要是经济波动。

Aghion 和 Howitt (1998) 在 GPT 的基础上考虑社会学习 (social learning) 因素，实际大致是 GPT 的传播和应用过程。通常的观点是将一项创新过程划分为发明和应用两个过程，而他们将创新细分为三个过程：第一，发明阶段，GPT 必须首先被发明，而且只能是大的技术进步，并具有很强的应用前景；第二，试验阶段，为了创新，企业家必须获得试验的“模板” (template)，在此基础上学会该项大的技术进步；第三，应用阶段，在试验的基础上将大的技术进步用到具体部门中。在这种划分下，所有的部门存在三种状态：第一是没有获得试验的“模板”；第二是获得了模板但尚未发现怎么实施和应用；最后是成功实现了转换，并开始大规模地应用 GPT，从旧的技术跳到新的技术层次，获得真正意义上的创新。整个过程是逐步完成的，并不是稳定的，而是在不断的波动。他们分析的着眼点是有多少部门获得了转换，并用这些部门占所有部门的比例来分析动态过程，那些处于转换过程和已经完成转换的部门的比例以及其线性自治微分方程是分析的关键和基础，在此基础上可以进行动态分析和比较静态分析。他们的研究，社会学习的过程通常比较缓慢，所以在一定的年限后才会达到一个高峰。

(四) 不完全市场

熊彼特认为，金融和货币资本在企业家实现创新过程中有着很重要的作用，熊彼特也被认为是“金融的发展与经济增长”领域的早期代表人物之一。但从现有的研究看，很难从正面印证某个要素具有重要作用，因而当前很多研究人员尝试着从另一个角度分析该问题：考察金融市场不完备状况下经济

系统所具有的特征，然后对照市场完全的理想状态进行对比分析。不完全市场问题是当前经济学的研究前沿领域之一，在这类研究中，经济增长和经济周期时常被内在连接起来。

George-Marios Angeletos 和 Laurent E. Calvet (2001) 在 Ramsey 模型基础上引入不完全市场因素，分析市场的不完全对整个经济系统所可能的影响。经济系统中通常存在着生产和技术冲击，由于金融市场是不完备的，无法对这些风险进行恰当的定价，也没有对应的资产来规避和防范此类风险，因而无法有效地抵御这些冲击。经济主体出于预防性的动机会考虑增加储蓄，从而在增长过程中会产生周期性波动。一旦有无法规避的风险存在，无效率的行为就可能存在：个体存在差异，通常所作的假设——“个体相同” (identical) 就无法满足，特别对于厂商而言，必须承受无法规避的风险。因而，汇总所得的总量水平不能到达 (cancel out) 市场完全条件下的水平。整个经济系统就可能处于低效状态：投资处于次优状态，经济处于“贫困陷阱”和内生周期波动之中。

George-Marios Angeletos 和 Laurent E. Calvet (2003) 则主要在标准的新古典模型基础上分析无法规避的生产风险对经济增长的影响。由于市场的不完全，无法规避的生产冲击引致经济增长过程中出现经济周期，并且会使得周期的幅度和维持的时间分别被放大和拉长。

John Heaton 和 Deborah J. Lucas (1996) 在金融市场角度分析了总量上和微观上的无法规避的冲击 (这些冲击包括了技术的波动和个体的收入上不确定性所构成的冲击) 所具有的影响，此时市场是不完全的，特别地，他们考虑了金融市场存在交易成本条件下经济体系中个体的行为特征和这些冲击对收益、风险及消费的影响。

(五) 文献评论

从最新的研究进展看，在创造性破坏为特征的经济增长过程中，有多种因素可以导致经济的周期波动，这种动态特征越来越多地引起了经济学的关注，周期性经济增长过程成为当前经济学研究的热点。从增长过程看，确实很难认为经济系统存在着确定性的增长轨迹，而更多的是应该是周期性增长过程；很难认为长期的经济增长和短期的经济波动 (冲击) 是分离的，经济增长和周期本身是同一经济动态过程的两个内在相联方面。经济增长的过程内生地存在着周期变换。从理论上而言，经济学在对同一个过程的两个方面做“专业化”研究之后，必须强化结合研究，特别是这两个方面的内在联系和相互影响做更进一步的研究，包括周期增长过程的特征和形成方式、增长对周期的影响与周期波动对增长过程的影响等。

这些研究广泛采用了创新理论和创造性破坏的思路，实际上就是对技术进步进行深入研究，试图揭开技术进步的“黑匣子”，但这些研究的一个明显

的缺陷是,对技术的创造性破坏所可能的形式并没有进行深入和明确的研究,往往设定新创造的技术和既有的技术之间是简单的替代关系或者是互补关系,这是个普遍采用的核心设定,但对这个核心设定表现得过于随意。正是过于简化设定和对技术与技术之间内在关系的忽略,影响了对经济系统的更深入的理解和认识。这些简化的设定在真实经济周期的研究中同样存在,真实经济周期模型对技术冲击做了更为简单设定——随机独立同分布(i. i. d)。但不同类型的技术及同类型技术之间的不同替代关系显然会产生不同形式的作用和影响,这种技术冲击直接影响着经济系统的长期和短期特征,因而有必要对经济增长的内在动力——以创造性破坏为特征的技术进步作更进一步的研究。

三、替代类型、创造性破坏过程与周期波动： 周期性增长的生态学解释

熊彼特所提出的“创造性破坏”概念直接源于生物学,这种动态竞争被认为是经济系统变化的本质特征之一,而竞争也是生态学和生态系统的核心内容,因而可以考虑生物学、特别是生态学与经济学之间的联系。同时,生态学研究具有可重复和可控制等自然科学的特点,取得了诸多有意义的论断,因而论文将借鉴生态学的结论,并应用生物数学的方法对经济系统进行分析,在此基础上更贴切地分析技术替代过程及对经济增长动态过程的影响。

(一) 生态学与经济学的内在联系

生态学(生物学)与经济学具有内在的一致性,经济系统和生态系统同样如此,在一定程度上可以说,经济系统只是生态系统的一个部分。它们在研究方法和具体内涵上都有着诸多近似之处,因而在分析创造性破坏过程中,论文将引入生态学的方法和结论。在方法上,主要以动力系统方法研究系统变化过程,用微分或差分方程刻画变量的变换过程,再从方程或方程组中分析定点状态和转换动态,这是动力系统的通用分析方法和程序,同时还采用数值模拟的方法模拟整个变化过程。在经济学中,这种范式得到了越来越广泛的应用,而生态学应用得更充分。

在含义上,生态学和经济学的很多结论有着惊人的相似之处。最基本的是“创造性破坏”的进化含义。创造性破坏概念源于生态学,旧的结构会被新的结构所替代,在生态学上这就是进化过程。随着时间的推移,环境会随之改变,总有部分个体或种群会在生态系统中会消失,只有能够适应环境变化的个体或种群才能继续生存下来——“适者生存”。在生态进化过程中,新的物种或种群会出现,一般称为“突变”过程,从微观上解释则是基因发生变异。这个进化过程就是新老更替过程,熊彼特在生物学体系之外创造了

“创造性破坏”词汇来描述这个新老更替过程。经济系统也可以认为存在进化过程：经济增长过程等同视作进化过程。之所以有经济增长是因为有了新的产品（技术），或者产品（技术）类型增加或质量提高。技术可以视为一种产品，所以论文将一般情况下不再加以区分。

竞争理论是生态经济学的核心，也是以“创造性破坏”为特征的内生增长理论的核心。张大勇和姜新华（2000）较充分地回顾和总结了生态学和进化研究中竞争理论。竞争理论往往等同于生态学理论，竞争贯穿于整个生态学，竞争机制也就是生态进化机制。生态学所研究的竞争理论远远比经济学丰富和现实，生态学研究还有种竞争，称为“似然竞争”（apparent competition），这是经济学完全没有涉及的，但在经济学上却隐含了这种竞争方式。“似然竞争”指的是物种之间通过捕食者为中介而形成的竞争方式，物种之间间接负作用，不同于上述的资源为中介形成的竞争方式，主要的形式是“捕食者—猎物（诱饵）—猎物”，在这个过程中存在着多个猎物，猎物之间存在负作用，但他们的作用方式是通过捕食者形成的。

将产品和技术等同视为物种和种群，不同的产品和技术并不是孤立存在，而更多的相互作用。它们所竞争的是生存空间，至少是在人类（或企业家）有意识作用下的竞争手段和体现方式，这种生存空间可以认为是消费者的消费份额。有生命力的产品和技术能够在竞争中取得竞争优势，会有更多的消费支持。在生态学种，物种和种群不断地进行生存空间竞争，既有的物种和种群的结构会发生变化，部分被退化。在环境等因素作用下，通过遗传而发生的基因突变会形成新的物种，逐步生长而达到一定规模后会形成新的种群。这种结构变化的微观基础是基因发生了突变，更内在的原因是环境改变加剧了竞争的激烈程度，从而天然地生成了更具生命力的新个体；同样，在经济系统中也可以进行类似描述：在经济系统中，部分产品具有绝对或相对的优势，能够在竞争中占有更多的市场，而部分产品由于竞争能力不足市场份额会逐渐下降。在既有的产品之外，总有企业家为了垄断利润会努力引入新产品，新产品总会出现。这些新产品产生过程可视为突变过程，因为产品要不就是全新的，要不就在原来的基础上做了改进而形成的，能有更强的适应能力（有着更好的“基因”），否则就不会有存在的价值。总的来看，经济系统的变化过程同样是通过竞争实现的，整个作用方式也与生态系统相似，新产品（技术）出现是关键，如同基因突变是进化的关键。

突变具有很强的随机性，因而进化过程通常不会平稳，很难预测基因会在哪一个时点会发生突变，同样很难预测究竟是哪一种基因会发生突变；对照经济系统，经济增长过程也很难认为是平稳的，增长的动力在于新产品或具有新特性的产品出现，至于哪一种产品会出现及何时出现也难以预测，经济系统尽管存在着人类有意识的控制努力，但并不表明经济增长过程能够人为地进行控制。

即使企业家有意识的研发和创新活动可以在一定程度上改变新技术和产品的到来,但技术和产品之间的创造性破坏形式同样具有多样性,正如种群之间关系并不是简单和单一的,因而考察种群之间的关系和产品之间的关系。

(二) 种群关系、技术(产品)替代及动态模型

具体刻画物种(种群)之间的关系,并对照研究技术(产品)之间的关系,在此基础上对技术的创造性破坏过程作更精细的描述。创造性破坏刻画的是不同的技术之间的相互作用过程,所以分别参照考察单个、两个和三个种群之间的多重关系。

1. 单个种群

单个种群的生存模型不考虑其他因素的影响,一般用线性增长模型表示,这是生态学上最简单的例子;如果考虑生态系统因素,则用 Logistic 模型刻画,表示为: $\dot{N} = NF(N)$, 其中 N 表示种群的数目, $F(\cdot)$ 为变化速度函数。最简单的线性增长模型中 $F(N)$ 是常数 g , 直接可以得到数目。通常物种(种群)通常会受到整个系统的资源制约,而不会无限制的增长,因而用 Logistic 模型来描述物种的变化过程更准确: $\dot{N} = \alpha N(K - N)/K$, 其中 α 表示内禀增长速度,而关键是引入了容纳量 K , 一般称为负载量(carrying capacity), 该方程的重要特征是物种密度(数量)会逐渐增大到系统的容纳量 K , 但增加的速度不断减少。这两类简单的方程在经济学中得到了充足的应用,对于线性增长模型,“平衡增长路径”就是这种形式,因而初值已知情形下物种在时刻 t 的密度为: $N(t) = N(0)e^{gt}$; 而第二类模型是存在“定点”(steady state) 状态状况下的基本形式,方程的解为: $N(t) = K/[1 + (K/N(0) - 1)e^{-\alpha t}]$, 关键的特征是该方程存在唯一的均衡点 K , 在 $N = K$ 点上系统是稳定的,整个动力系统是渐进稳定的,所以在求得定点状态之后可以求得收敛速度。这是宏观经济学、特别是增长理论在方法上的背景,同时也是生态学上最基本的处理方法和最简单的结论。因为考虑的是单个种群的变化,除了对整体系统影响外,不再考虑其他因素的作用,特别不考虑相关物种所可能的影响。但相比而言,生态学在此基础上做了进一步研究,考虑在同一个生态系统中的其他物种可能的行为和可能的作用,它继续探讨物种之间的相互作用。

2. 两个种群与两项技术(产品)

在生态学中对物种和种群的关系一般按照竞争的程度进行划分,最基本的是对两个物种或种群进行划分。可以划分为(陈兰荪, 1988): 第一,捕食者—被捕食者(诱饵)(predator-prey), 这种关系说明两种种群之间的竞争是直接的,但又是单向的,捕食者的生存至少是部分的建立在被捕食者基础之上,捕食者可能还有别的生存渠道,只是部分的捕食关系,也可能只有被捕食者一种来源,此时被捕食者种群灭绝的可能性加大; 第二,寄生物—寄主

(host-parasite),这在生态学中寄生虫就是通过这种方式生存的,特别是病虫等,主要依附于寄主,一旦寄主由于过多的寄生物而无法生存时,两者都往往可能无法生存,在“竞争中共存”是这类关系的特征之一;第三,两种种群相互竞争(competitive),但不直接发生作用;第四,两种种群互惠共存(mutualistic, commensal),种群间互相补充,体现在食物链中,两个种群以同一个食物为生,但各自获取的部分不同,所以某一种群获得了食物之后会对另一种群有益,彼此之间没有直接竞争和冲突。

生物上用微分方程描述两种种群的变化过程,最简单的是两种群互相作用的 Volterra 模型(也称为 Lotka-Volterra 模型):

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x(b_1 + a_{11}x + a_{12}y), \\ \dot{y} &= y(b_2 + a_{21}x + a_{22}y).\end{aligned}$$

其中, x, y 分别表示两种群 X, Y 的密度;而 b_1, b_2 在生态学上表示为内禀增长率(自然增长率),指的是在既有的生存环境下,没有其他因素干扰所具有的增长速度;对整个系统具有决定性作用的是参数 a_{ij} , 首先参数的符号表明种群之间相互作用的类型,而参数的大小则决定了相互作用的程度。

对于二维动力系统(2个微分方程),可以分析是否存在惟一的均衡点,并考察其稳定性。参数已知的动力系统可直接得到显示解。设定物种间的关系满足这种形式,或渐进地符合,就可以用现实生态系统所能观察到的数据进行拟合,得到拟合参数,并分析拟合优度。事实上,这种收敛过程可视为波动过程:从一个初始状态到假设惟一存在的定点状态通常需要时间,而且随着越来越逼近定点状态,收敛速度通常越慢。一旦存在着干扰,如果定点是稳定的,会继续趋向定点状态;而如果系统是不稳定的,就会偏离定点状态。这种方法依赖于定点惟一存在假设,实际是对动力系统的函数形式的设定及参数的范围。这些问题在生态学研究更为充分,生态学比较注重分析系统的稳定性问题及动态特征。

两种群相互作用的模型可以用 Kolmogorov 模型表示:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_1 F_1(x_1, x_2), \\ \dot{x}_2 &= x_2 F_2(x_1, x_2).\end{aligned}$$

陈兰荪(1988)归纳总结了 Kolmogorov 模型的稳定性问题。主要是全局稳定的充分条件,如果两种群都是密度制约的,也就是 $\partial F_1/\partial x_1 < 0, \partial F_2/\partial x_1 < 0, \forall x_1 > 0, x_2 > 0$, 那么两种群相互作用的 Kolmogorov 模型就是全局稳定的,而不会存在周期轨道。对这个基本的模型加以拓展,主要考虑存在一阶连续偏导的情形,也就是种群相互作用的程度。此时可能存在奇点,并且可能有着周期轨道,某个种群也可能被灭绝($x_i \leq 0$)。还可以进一步地考虑有投放或常数收获率的捕食者—被捕食者模型和具有时滞的两种群相互作用的

模型。随着考虑的问题越来越复杂,模型越来越接近现实,同时出现周期解的可能性加大。

可以近似地将两个种群等价于两项技术或产品。不同类型的技术(产品)之间有着几乎类似的相互关系,特别考虑存在一项技术条件下,新产生一项技术(可看着引进一项技术)。这两项技术在同一个系统和环境之中,所以一般会有着相互作用,即使没有直接的关联,也会间接地发生作用。如果这项技术表现为最终产品,它们必然要在消费市场上争取有限的消费额度。直接的作用和关系则可以类似地进行如下分类:第一,直接的生存竞争,两项技术度为了资源展开竞争,同部门和类型的技术之间的竞争属于这种类型,它们通常是抢占同一个有限的市场;第二,捕食者—被捕食者竞争,这种情形下,新技术可以认为是捕食者,而原有的技术为被捕食者,新技术逐步挤占既有的市场。如果两项技术几乎是同一个类型的,原有的技术被完全替代是可能的,如果或多或少存在着一定的差异,原有的技术还有部分的生存空间。如同在生态圈中部分种群数量会减少,但随着数量减少,密度下降,捕食者觅食难度增加和被捕食者被捕概率降低,所以总能在一定范围存在。在经济系统普遍存在着新老技术(新旧产品)共存的局面;第三,寄生物—寄主竞争,两项技术在竞争中共存,新的技术依附于原有的技术,新的技术主要以补充为特征,但这种补充也会使得原有的产品份额减少,他们之间具有竞争关系,一方处于优势地位,寄生物主要通过寄生主获取生存空间,但竞争的双方具有相互共存特征,一旦寄生物太多,寄主也无法生存。产业链上的主导技术和附加技术可以视为这种关系;第四,互惠共存,新的技术的产生使得原有的技术的市场份额能够得以加大,同时既有的技术的拓展也有利于新技术的应用,他们之间没有直接的竞争关系,可能存在间接的竞争关系,主要是对整体资源的竞争,但新的技术会拓展新的生态空间,这部分抵消了整个系统资源的竞争压力。不同的部门、行业或类型的技术是这种类型。最突出的是新出现的计算机技术与零售业,计算机技术的提高可以用于零售业从而提高零售业的效率,而零售业的效率提高会使得计算机的销售成本更低并得到更广泛的应用,这两者之间的关系是相互促进的。当然技术与技术之间的关系也不是简单和明确地属于哪种关系,往往为多个关系的交叉和混合关系。一项新的技术和在整个经济体系中的原先的技术的关系取决于技术的特征和类型。

在“创造性破坏”过程中,熊彼特主要描述了新的技术(产品)直接替代旧产品的过程,新出现的技术创新是捕食者—被捕食者之间的关系,而且这个替代过程是即刻完成的;此后的多部门熊彼特增长模型主要设定所创新的各种新技术之间没有什么关联,不考虑可能的互惠共存关系和彼此之间的相互作用;对于大的技术创新(GPT)模型中主要认为是新出现了一个“寄主”,可以逐渐地产生更多的“寄生物”,同时这些寄生物之间又是互惠共存

关系。

“创造性破坏”主要考察的是新产品替代原有产品的过程，但在这个过程中只是简单考虑了两种产品（技术）之间的关系。但更客观地看，“创造性破坏”的过程中新创新产品和多种产品之间存在复杂的作用。更具体分析变化过程有助于揭示整个经济系统所具有的动态特征，因而进一步考察生态系统中多个种群之间的关系，从而了解经济系统中多种技术（产品）之间的多维关系。

3. 多个种群与多项技术

生态系统本身是个复杂系统（complex）。最为微观的是基因，不同个体基因不同，基因在遗传过程中还可能发生变异，从而产生新的特征；不同的基因构成不同的个体，生态圈中个体的数目和品种繁多；有着相近特征的个体构成种群，类似于宏观生态学。种群首先与环境相作用，种群依赖于所生存的环境，从生态圈中获得生存的资源 and 能量，同时影响着生态环境。如果在获得外部资源同时也形成新的资源，那么将对整个生态圈有着正面的促进效应，而一旦更多的是掠夺或占有、数目膨胀，则会破坏生态圈。对种群的分类可以发现，种群之间有着多种不同的作用和影响。即使在确定性状况下，也存在复杂特征，一旦考虑到不确定因素，生态系统更为复杂。为了简单起见，初步考虑由3个种群所构成的生态系统。

设定初始时刻有两种群在生态圈中占据主导地位，分别用 x_1, x_2 表示，它们共处一个生态环境中，发生相互作用，可以用两种群相互作用的 Kolmogorov 模型描述它们的关系。在此基础上引入第三个种群 x_3 ，此时3种群之间的关系就更加丰富。一般地表示为：

$$\dot{x}_i = x_i F_i(x_1, x_2, x_3) \quad (i = 1, 2, 3).$$

设定三种群之间的作用形式可以用线性化方法来表示，则改写为三种群的 Lotka-Volterra 模型：

$$\dot{x}_i = x_i \left(c_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) \quad (i, j = 1, 2, 3).$$

c_i 表示种群 i 的内禀增长率，大于0表明内禀出生率大于死亡率，反之相反； a_{ij} 表示种群 i 对种群 j 的作用系数，大于0说明 j 种群对于 i 有正面影响。如果 a_{ji} 同样大于0表明种群 i 和 j 之间的关系是互惠的，等于0则表明没有明显作用，小于0则表明是负向作用，更多的是竞争关系；对于 $i = j$ 参数 a 的值，主要衡量种群是否是密度制约型的，大于0表明随着密度的加大反而有利于繁殖，等于0说明与密度无关，小于0则表明是密度制约型的。可以很简便地拓展到 n 种群的模型，含义和表达类似。

对于两种群存在3种类型关系：捕食—被捕食（寄生物—寄主），相互竞

争,互惠共存关系,对于三种群之间的关系会变得更为复杂。即使考虑捕食—被捕食关系,也存在着34种关系。考虑一般的关系:决定关系的主要因素主要是 a_{ij} ($i \neq j, i, j = 1, 2, 3$),而常数的内禀增长率不会影响种群之间的关系,种群是否是密度制约也不影响种群关系的种类,种群间的关系主要通过参数的符号体现。

作类似分析,新出现的技术和产品与原来技术和产品间也存在着多类型的复杂关系。新的技术和原有的技术可能是直接的寄生物—寄主(捕食者—捕食)关系,或竞争关系,或互补关系。当新技术和既有的一项技术是捕食者—被捕食者关系,而和另外一项技术是竞争或互惠共存关系情形下,所具有的动态特征特别值得关注——可以直接过渡到经济增长领域中:新出现的技术(技术3)和既有的一项技术(技术1)是替代关系,“创造性破坏”直接的破坏该项技术(技术1)的市场;而和另外一项技术(技术3)是互惠共存的关系,将有两项技术(技术1和2)和该项技术(3)保持者同样关系,至于关系的种类和原先技术1和2之间的关系。可以过渡到 n 种技术之间的关系,系统将更加丰富和复杂。

4. 功能反应与非线性特征

对种群之间的作用形式作线性设定主要从问题的简化处理角度考虑,生态学研究意识到该设定存在一些缺陷。在捕食者—被捕食关系中,保持线性设定,捕食率与食物密度成正比,当食物无限增加时,单位时间内每个捕食者吃掉的食物无限增多,捕食者永远的处于吃不饱状态(陈兰荪,陈键,1993),这与客观自然界不符。因而在生态学中,种群间引入了功能反应特征。两种群有功能反应状况下的种群数目可以用下列动力方程表示:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_1 F(x_1, x_2) = x_1 (c_1 - a_{11} x_1) - \phi(x_1) x_2, \\ \dot{x}_2 &= x_2 F_2(x_1, x_2) = x_2 (-c_2 + a_{21} \phi(x_1) - a_{22} x_2). \end{aligned}$$

其中 $\phi(x_1)$ 表示为捕食率。这样对 $\phi(x_1)$ 进行分类,一般分为三种功能反应形式:第一,具有门槛(阈值)效应的功能反应,将 $\phi(x_1)$ 表示为:1) $\phi(x_1) = \alpha x_1$, 当 $x_1 \leq \bar{x}_1$; 2) $\phi(x_1) = \alpha \bar{x}_1$, 当 $x_1 > \bar{x}_1$, 生物学的试验表明这种功能反应适合于研究低等动物的行为;第二种功能反应,功能反应形式的函数为: $\phi(x_1) = \alpha x_1 / (1 + \beta x_1)$;第三种功能反应,函数形式为, $\phi(x_1) = \alpha x_1^2 / (1 + \beta x_1^2)$ 。第一种功能反应说明初始捕食率是线性增加的,而达到一定程度后不会改变;第二、第三种功能反应说明随着密度的增大,捕食率会有所下降,这两种功能反应的变化过程有一定的差别。但这三种功能反应的引入都使得整个动力系统直接变为非线性的动力系统,非线性的动力系统产生不稳定或周期解的可能性加大。

经济系统同样存在功能反应。任何一项技术和产品都不会有无限膨胀

过程，初始扩张时速度会比较高（也可能是在途中加速），而到达一定程度后增速放缓。最直接的例子是资本的边际收益递减规律，在消费函数中也存在着边际消费效用递减规律。

考虑三个或更多种群和更多关系组合的功能反应对研究复杂的系统更有所帮助，同时分析的难度会随之增加。

（三）动力系统的动态变化过程和稳定性

动力系统是否存在稳定解、解的惟一性都是重要研究对象，对过程作具体分析则可以更多地揭示其动态特征。时常用转换动态（transitional dynamics）和收敛方法分析转换过程，但这种处理方式存在一些问题，也是经济增长理论广泛采用的动态分析方法缺陷所在：关键在于动力系统未必是稳定的，甚至未必存在惟一的均衡点（定点）或均衡增长的路径。随着动力方程数目的增加，方程的维数加大，整个系统更为复杂，系统不稳定的可能性加大。一般的经济增长理论模型由于做了很抽象的设定，得出的方程往往能够满足稳定性条件，可以得到增长速度，但即使在这种简化的设定下，随着变量逼近所假设存在的稳定均衡点，收敛速度也是递减的，在渐进稳定过程中速度变缓，有不平稳特征。所得到的增长过程同样可视为动荡过程，增长过程和周期波动本身都是这个动力系统变化过程中的特征。如果考虑到随机因素，系统受到外在的因素干扰下，出现大的波动和是周期特征的可能性增加。

考虑技术（产品）的替代过程就会使经济增长轨道具有更丰富的动态特征。“创造性破坏”通常是逐步实现的，新产品并不会马上替代（完全替代）原有产品，新技术同样逐步替代原有技术。事实上，在熊彼特的创新理论中，创新就包括了新市场的形成——一个新的产品首先是出现，然后逐步到一个新的市场，这都是创新不可缺少的过程。从小规模的产生到大规模的扩散方才构成整个创新过程，没有明确的证据表明整个过程是确定性的或者是平稳的。

周期性增长有着三种形成方式：第一，假设增长最终是稳定的，那么到达定点状态的过程是渐进的，到达均衡点位置的时间会比较长。在收敛过程中，多重因素会影响系统的动态特征，但外在的因素（冲击）一般不会破坏系统的稳定性，只是暂时性地使系统偏离原有的运动轨道，最终系统会回到原有的运行轨道。外部冲击增加了整个运动轨道上一些不规则的动态特征，但不会改变整个系统原有的运行轨迹。第二，系统是稳定的，但均衡并不是惟一的，相反的，多重均衡存在。假设系统存在多个均衡点，那么决定均衡点的一个重要影响因子是初值，初值会决定既定的动态方程会最终趋向与哪一个均衡位置。在系统运行过程中如果突然有个外部冲击，只要冲击足够大，大到改变轨道的时候，则会使得均衡点的位置发生变化，并且改变它的运动轨道。这种运动特征改变，在生态学中可以解释为：个体基因的变异会使得种群的生存条件发生了改变，其他种群的变化方程也随之改变；对应的，有

些外部冲击会改变经济系统运行轨道,最明显的是战争,同样,新技术的产生可以改变既有的经济系统,从而形成新的经济增长过程。第三,这个过程本身就是不稳定的。随着动力系统的维数增加或动力方程时间的滞后引入,产生混沌和分叉(bifurcation)的可能性加大。

经济增长理论做了很强的设定,动力系统的维数降低:在 Solow 模型中一般为一维,即资本积累的动力方程;以 Ramesy 为基准分析框架的新古典模型则是二维动力系统,即厂商的资本积累方程和消费者的消费变动方程;再考虑到有人力资本在内的动力系统则将整个系统变为三维的动力系统;而创造性破坏为特征的新增长理论将不同的产品和行业简单的汇总在一起而形成单个动力方程,加上消费的变化方程,最终主要是二维的动力系统。

如果将内生增长理论的创新的技术或产品本身加以细化,区分技术的差别和相互作用的种类,并对技术产生和扩张及被“破坏”的整个中间过程加以分析,可以看到增长过程将有更复杂的动态特征。

(四) 三项技术(产品)所构成的系统动态特征和动态过程

生态学广泛采用了数值模拟的方法,经济学也开始逐步应用,所以论文用模拟的方法分析系统变化动态特征,包括有种群变化的进化生态系统和技术相互作用的经济系统。

情形一:技术之间完全竞争关系,初始是两项技术,此后在某个时刻如同基因突变一样新产生一项新技术,整个系统由三项技术构成。该模式可以等同视为以“产品多样化”为特征的技术进步的内生增长过程。增长理论通常将该过程设定为平稳过程,但对于这个最简单的模型:

$$\dot{x}_i = x_i \left(c_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) \quad (i, j = 1, 2, 3)$$

May 和 Leonard 在 1975 年曾经研究了纯竞争的三种群模型(陈兰荪, 1988), 其中 $c_i = 1$, $a_{ii} = -1$, $i = 1, 2, 3$; $a_{12} = a_{23} = a_{31} = \alpha \neq 1$; $a_{13} = a_{21} = a_{32} = \beta \neq 1$, 在这种对称性质的特殊设定下,存在着多个平衡点,其中三种群的平衡点 $E_c(1, 1, 1) / (1 + \alpha + \beta)$ 。系统的平稳性结论是: 1) $\alpha + \beta < 2$ 时, 均衡点是局部稳定的; 2) $\alpha + \beta = 2$ 时, 任何一个大于 0 的初始值, 最终系统都会趋于三维空间平面 $x_1 + x_2 + x_3 = 1$; 3) $\alpha + \beta > 2$ 时, 再附加设定 $0 < \alpha < 1 < \beta$, 此时系统存在惟一的均衡点, 而除该点外, 在 3 维空间中, 所有轨道都在极限集内, 出现极限环。非对称竞争模型中出现极限环的可能性更大, 同时也可能出现“奇怪吸引子”(混沌解), 混沌解已经被 Vance 在 1978 年得到。

求显示解比较复杂, 论文主要通过设定一些参数并用 Matlab 软件来模拟整个过程。第二种情况趋于三维平面解, 最终显然会趋于平稳状态, 而对于第一种情况和第三种情况, 选择性地模拟, 先取参数分别为: 0.8、1.1

和初值为：0.6、0.3、0.02。整个过程模拟的结果如图1所示，在最上面的线是三个变量的算术和，简单地认为是系统总量。图中显示出整个变化过程并不平稳。初始状态最强大（数目最多）的种群变化最为独特，随着新种群出现，最强大的物种数量在初始阶段反而会增加，相反，初始处于中间状态的种群逐步趋向灭绝。但初始最强大的种群最终还是在经历高峰之后逐步灭绝。新的种群变动过程类似于 Logistic 曲线，而总和曲线则出现反复变动，这在一定程度上印证了增长过程通常是振荡的。而对于第三种情形，模拟参数 0.9、1.5，初值为 1.5、1.2、0.2 的系统特征，结果见图2。图2显示变化过程更为复杂：除了初始处于最优状态的群体出现简单的减少直至灭绝外，另外两种群的变动都出现振荡的特征。系统总量的振荡更为频繁。

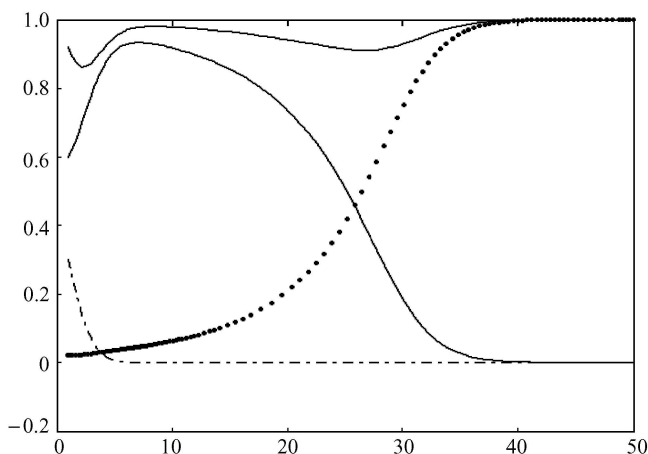


图1 三种群的竞争的过程模拟

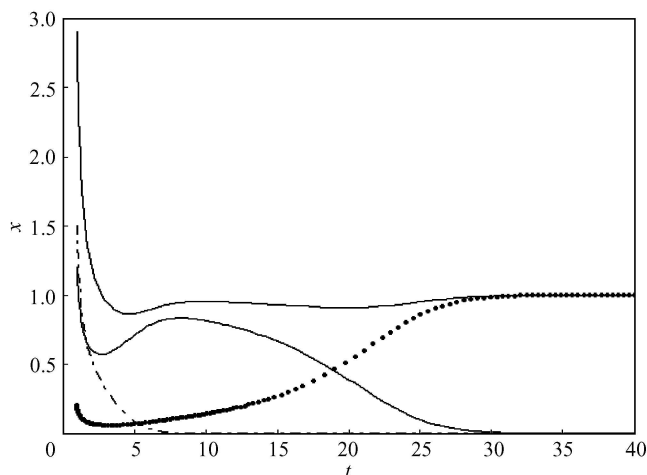


图2 三种群的竞争替代过程模拟

从数值模拟看,种群变化不是简单的平稳过程,而且再考虑新种群出现的时点不确定,整体系统容量通常会有着更多的振荡变化。

情形二:初始时刻,两项技术(产品)类似于两种群构成一个系统,分别设定为技术1和技术2,这两项技术不属于同一类型的技术,它们之间的关系属于互惠共存。在某个时刻系统再引入一项新技术(技术3),这项技术如果是不同类型的,此时与技术1、2之间主要是互惠共存的;但更多的是类似于“创造性破坏”思路,新技术和既有技术之间主要是竞争和替代关系。考虑新引入的技术3——它的产生过程如同基因突变,一旦引入新的技术,该项技术与技术2有着一定相同之处,如同同一类型或完全是比较高质量的同种技术,技术3和技术2主要的关系是竞争替代关系,而且新出现的技术3比技术2具有优势,这种优势可以体现为更高的内禀增长速度,更多的是它们之间的关系上,技术3替代技术2,最直接和容易处理的关系是“捕食者—捕食物”。这种设定下,技术2就像一种诱饵,既有的市场份额越大,新技术3的存在空间越大,正如河床越大,后面的洪水来得越快。技术2作为被捕食者,所开拓的市场对后续的相关技术有正向作用。但后续技术的出现及不断扩张将逐步减少技术2的生存空间,技术2属于被“破坏”的技术,很可能被完全替代和“灭绝”。再考虑新“创造”的技术3和技术1之间的关系,由于技术2和技术3类似,可以得到技术3和技术1同为互惠共存关系。

此时三种群构成的动力系统方程可以表示为: $\dot{x}_i = x_i F_i(x_1, x_2, x_3)$, $i = 1, 2, 3$, 其中, $a_{ii} = \partial F_i / \partial x_i < 0$, $a_{12} = \partial F_1 / \partial x_2 > 0$, $a_{21} = \partial F_2 / \partial x_1 > 0$, $a_{13} = \partial F_1 / \partial x_3 > 0$, $a_{31} = \partial F_3 / \partial x_1 > 0$, $a_{23} = \partial F_2 / \partial x_3 < 0$, $a_{32} = \partial F_3 / \partial x_2 > 0$, 暂时不考虑功能反应,并设定种群是密度制约的、可用线性逼近。

在该系统中,被捕食的群体一定条件下会灭绝,而占据捕食者地位的新种群逐渐扩张,逐步替代被灭绝种群的生存空间,替代过程通常需要时间。用一些特殊的数值模拟出整个系统的动态过程(见图3),²选择既有的两种群的初值方法是:模拟两种群的变化过程,得到趋于稳定情形的数值,然后在两种群稳定系统内再引入极小的第三种种群的初值,分析三种群系统的变化特征。很有意思的是,整个变化过程中出现了回调过程:主要出现在被捕食者趋近于被灭绝的时候,这表明对于整个系统而言,多样性是重要的。其经济含义是,过度集中所形成垄断对于整体经济不利,引入新产品会促进整体经济的增长,并提高社会福利。产品创新将会形成新一轮的经济增长,开始新的增长周期,实际上就是GPT产生后的过程。在这个简单的例子中,“创造性破坏”过程并不平稳,新的GPT带动经济增长,同时伴随着波动和振荡,新出现的GPT意味着新一轮振荡开始。

² 整个动态方程参数值分别为 0.1, -0.6, 0.4, 0.6, 0.15, 0.2, -0.5, -0.7, 0.18, 0.35, 0.8, -0.6。

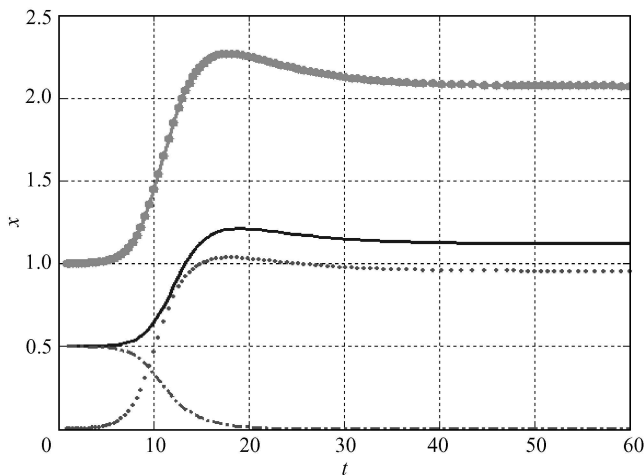


图3 三种群呈现捕食者与被捕食者关系的动态变换过程

情形三：捕食系统。既有的两种群是竞争关系，新出现的种群以先前两种群为食物。在经济系统中可以理解为：新出现的技术替代既有的两种技术。这个过程可能出现混沌解。用数值方法进行模拟可以得到图4。³在图形中可以看到整个过程是动荡的过程。而系统总量同样出现振荡特征。

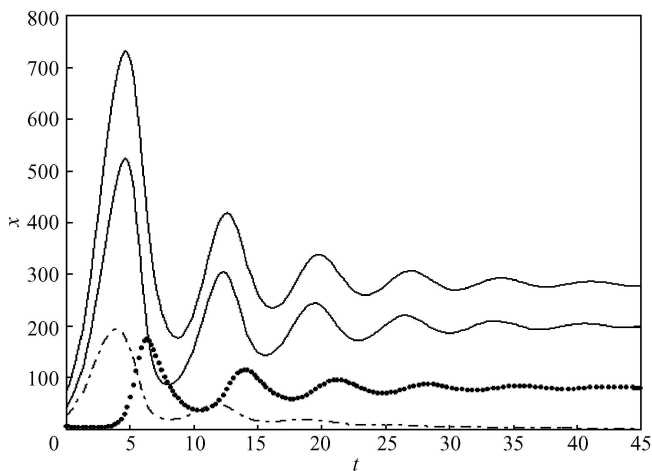


图4 捕食者—竞争者多重关系的动态振荡过程

(五) 短期冲击与长期趋势关系——环境和系统的解释

在周期性增长的分析框架下，增长和周期同属一个过程，增长过程中一

³ 整个动态方程参数值分别为： $1, -0.001, 0.001, 1, -0.0015, -0.001, -0.01$ ； $-1, 0.005, 0.0005, 0$ 。参数选择是在模拟中确定的，目的是为了揭示这种情形所可能的特征，并显示这种动态特征的可能性。

般包含了波动,这只是解释了从增长到周期之间的关系,而没有说明波动对增长的作用。

借用生态学意义来阐释短期波动对长期增长的影响:如果波动的幅度很小,可以等同视为环境污染对物种的影响;而如果冲击很大,这种冲击将改变了整个生态系统。小的环境污染会部分改变系统和物种的变化过程,对部分种群的生长形成负面影响;但某些种群在经历了短暂的环境污染后,却能从中获得更多的生存机会,种群以更快的速度增长。总体而言,很难断定小的污染对整个系统的影响,但从简单的个体生长过程中或许能得到一定的启示:短时期的小冲击有利于物种的长远的生长和增长,小冲击促使个体形成抵御外部干扰的能力,在大冲击来临时能有一定的适应能力。从人体而言,小病似乎对人体没有什么太大的损伤,反而有利于机体免疫能力的形成。

但这种分析不适于大的冲击,一旦冲击程度很高,大至改变整个生态系统时,长期趋势也会随之改变。大的环境改变曾经使得生态系统中极为强盛的恐龙灭绝;系统的破坏会使整个生态圈的种群普遍受到损伤,负面影响显著。经济学中同样可以找到类似的历史事件:“大萧条”和“石油危机”这些大的冲击改变了整个经济系统的正常运行轨道,就是改变了整个趋势,Perron(1989)的分析表明这两个特殊的“冲击”改变了整个趋势,具有结构变换效应。至于战争,特别的大规模的战争改变经济运行轨迹更为明显。同样,技术进步主要具有正面效应,这种“创造性破坏”的技术也可以改变整个趋势,原来处于平缓的“循环流转”社会在重大的技术进步推动下,形成新一轮的高速经济增长。对重大技术进步的历史分析可以找到类似的证据。

所以大致可以得到结论:不能认为长期的增长和短期的波动(冲击)是分离的,经济增长和经济周期本身是同一个经济系统动态变化过程的两个内在相联方面。

四、经验证据:美国经济的周期性增长

为了进一步证实周期性经济增长更为真实,论文用美国经济增长的历程验证周期性经济增长或增长过程具有不规则特征的结论。选取美国经济增长过程作为分析样本主要考虑到数据的可获得性和样本数目。首先分析GDP的增长速度。对于GDP的增速有着两种衡量方法:现值和价格调整。现值方法用当年价格所核算出来的总量并比较得到增长速度;而调整的GDP主要排除价格因素,美国的统计数据用1996年的价格衡量,这两种方法分别反映了相关信息,因而都用来分析经济增长过程。图5显示,现值增长速度(g)在

⁴ 严格说,这种波动不等同于周期波动,宏观经济学中涉及的周期都不是严格意义上的周期。

1930—1945年间出现了大的波动，到1952年左右出现明显反弹性波动，此后直至1980年前后都在加快，随后速度趋缓。而排除价格因素后的增长速度(g_ad)波动更为频繁。用非参数的 kernel 估计来平均增长速度，TSP 软件自动选择带宽 (bandwidth)，参数 k 分别为 28.05 和 22.35。平滑处理后的整个经济增长过程见图 5 实线部分。相对而言，用现值方法衡量的经济增长速度相对平稳，但同样有着直接的结构变换，主要表现为 1980 年后经济增长速度降低。经过价格调整的增长速度波动特征更明显，但这种波动不能等同于数学上或物理上的周期，因为它的变动规律并不完全规则。从直观判断和经过简单的处理之后，大致可以认为经济增长的过程包括了波动过程，两者具有一致特征：经济增长的长期趋势并不是确定的，即使经过 kernel 平滑处理，也很难认为长期趋势是确定的；而来回振荡和经常性的波动更为直观。

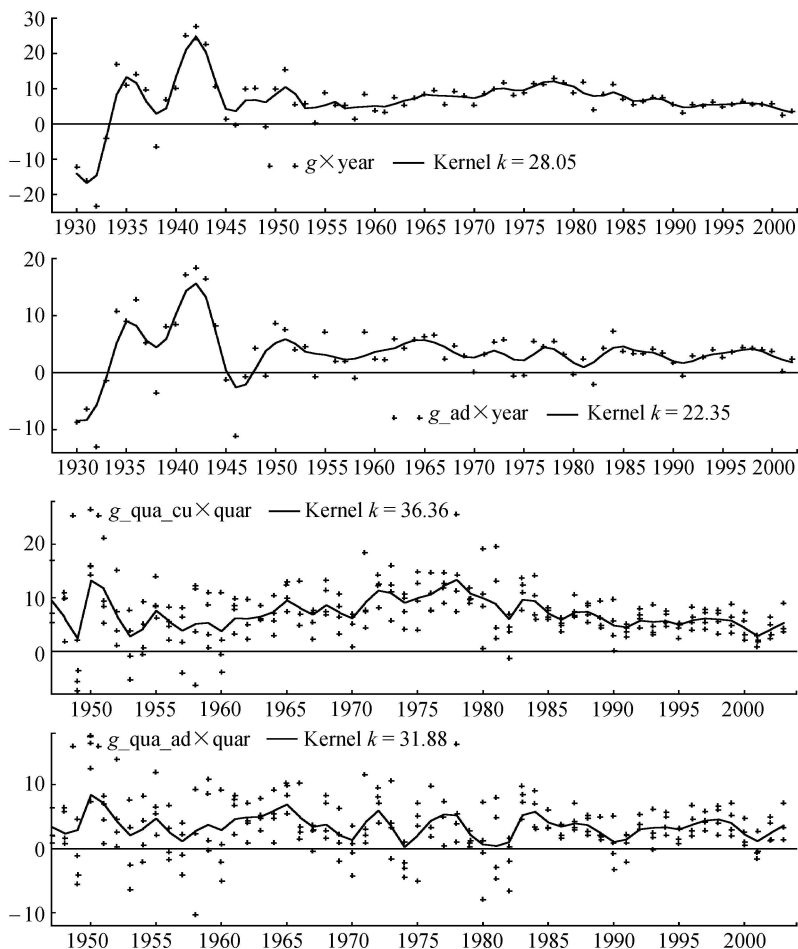


图5 美国 GDP 增长速度 (1930—2002)

数据来源：www.nber.org。

季度数据同样显示出类似特征,此时样本区间从1947年第二季度到2003年第三季度,样本数目增多。图6更清楚显示了增长速度的变化过程,波动更为明显:未经价格调整的现值增长速度在平滑后速度出现显著变化;而剔除价格因素的经济增长速度更多的表现为来回摆动。值得注意的是,这两项指标的调整时间大致为8—9年。

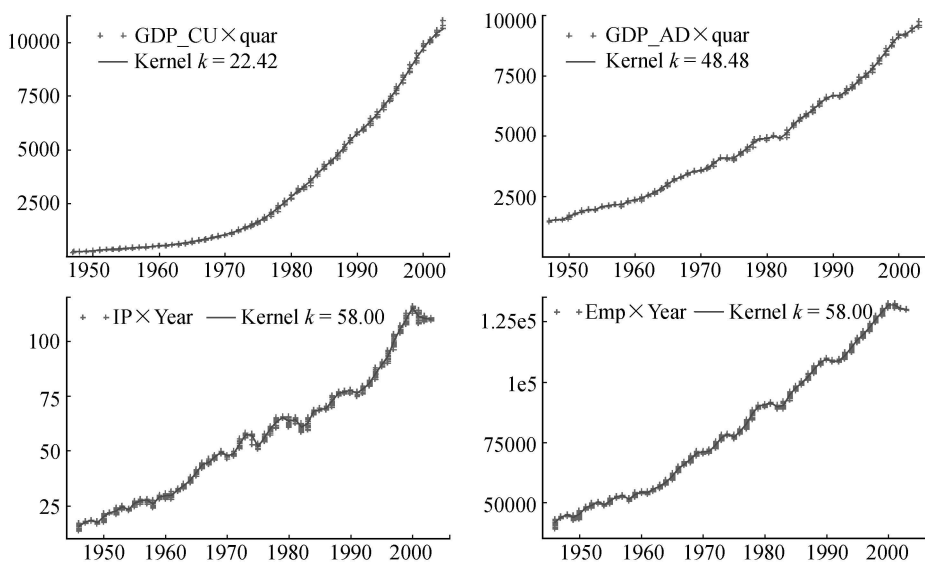


图6 美国经济总量的变动过程(GDP为季度和其他变量月度数据46.1—03.8/9)

数据来源:www.nber.org。

再分析其他经济变量的总量特征,变量包括:现值的GDP(GDP-CU)和调整后的GDP(GDP-AD)、生产指数(IP)和就业总量(Emp),它们都是季度数据。从图6可以直观发现,除了现值的GDP呈现的是抛物线增长过程外,其他变量在增长过程中都大致出现了结构的变换,体现为增长速度发生变化及数值上绝对的下调。大体上看,1970年以前、1970—1990年、1992年之后分别属于不同的增长过程。对于1970年左右发生的变化,Perron(1989)曾经做了解释,认为“石油危机”和1930年左右的“大萧条”少数几个大的短期冲击具有长期的影响,短期冲击具有长期效应的关键在于影响了整个结构,所以是否有着结构变换是分析经济增长过程中必需注意的。引起结构变化的因素通常是“大事件”,但技术变迁蕴涵其中,技术进步一旦放缓,冲击降低,而新的大技术进步则再度引起经济系统的结构变换,比如1992年后的新增长过程则由新一轮的信息技术引起的,信息技术可以视为一项GPT。结构变换意味着增长过程的改变:原有的经济增长过程结束,新一轮增长即将开始。这种结构变换在计量上也引起了特别关注:一旦存在结构变换,如

果不加以注意，很可能会得出错误的结论，对于时间系列而言，可能将一个非平稳的过程视为平稳过程；进行回归处理也可能得到各项指标都显著通过检验的回归方程，但实际上是错误的，得到的是虚假结论。

五、结 论

技术进步具有创造性破坏特征，新旧技术之间更多的是竞争替代关系，由此推动的经济增长过程可以等同视为生态学的系统进化过程，它通常会有周期特征。论文将生态学和经济学对比研究，借用生态学的结论，将物种类似看作技术或新创造的产品，而产品（技术）之间的竞争等同于种群竞争，丰富的竞争类型和关系被引入经济系统，通过竞争实现的进化过程可视同为技术进步推动的经济增长过程。该过程被证实通常并不是简单的平稳过程：“创造性破坏”无论是创造还是破坏，更多的时候是渐进的，而且通常有着直接的结构转换。即使系统能够达到定点状态、并且是稳定的，但对于具有“创造性破坏”效应的创新——它的产生通常是随机的：如同新的物种受到基因突变是随机产生的。既有的研究对研发成功的概率做了太强的设定，一般设定为 Poisson 过程，但事实上，产品和技术的创新，往往可以等同视为生态学上的基因或种群“突变”过程，很难认为这种“突变”是平稳的。退一步说，即使假设“突变”是平稳的，但新出现的物种（种群），与生态系统既有的物种（种群）存在着多重竞争和共存等相互复杂作用，这足以导致整个变迁过程具有复杂特性。

在多部门熊彼特增长模型中，对技术进步的设定要比真实经济周期模型更为真实，但对产品（技术）之间的作用同样做了过于简单的设定。在一般的多部门熊彼特内生增长模型中，所有新创造的产品和技术之间的关系都是互补的，这在生态学中看来是不恰当的，也与实际经济有所不符。新出现的产品（技术）之间的关系和种群（物种）与种群（物种）之间的关系类似，各种产品（技术）并不是简单、及时和马上完成替代或补充的，更为现实的是，它们之间存在着多种关联方式，不同的作用形式具有不同特征的变更过程，而周期性的波动几乎必然存在整个过程。一般的经济增长理论忽略了新创造产品（技术）和经济系统既有产品（技术）之间的多重关系。在“创造性破坏”的过程中，“创造”和“破坏”的作用也存在着多重形式，并且是逐步实现的，周期性经济增长就出现在这个过程之中。

对美国经济增长的经验分析印证了上述结论：经济增长过程中并没有出现完全固定的增长速度，确定性的平衡增长路径确实没有出现；相反，反复

波动是经济增长过程中一个极其显著的特征。技术创新的波动和所具有的动态竞争——创造性破坏特征使得经济系统在时间纬度上呈现出盘旋增长过程。经济增长和经济波动同属于一个动态过程——周期性经济增长。

论文重新复古了熊彼特的思想,延续熊彼特的传统而将生态学的方法和结论应用到经济学之中,进一步考察了技术变迁过程,对技术的创造性破坏过程做了更为恰当的刻画。将生态学中的多种竞争形式引入经济学,这拓宽了经济学分析的内容,技术替代过程的动态特征更丰富和真实,在此基础上将长期经济增长和短期经济波动连接起来,将经济变迁过程统一到周期性经济增长过程。当然论文只是初步揭开技术变迁的“黑匣子”,对宏观经济的动态过程做了一些尝试和探讨,而对创造性破坏的过程也做了一些设定,比如新旧技术(产品)包括不同技术(产品)的价值汇总方式并没有深入研究,这将是一个值得进一步研究的方向。

参考文献

- [1] Aghion, Philippe and Peter Howitt, "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 1992, 60(2), 323—351.
- [2] Aghion, Philippe, and Peter Howitt, *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MIT Press, 1998.
- [3] Angeletos, George-Marios and Laurent E. Calvet, *Incomplete Markets, Growth, and the Business Cycles*. MIT working paper, 2001.
- [4] Angeletos, George-Marios and Laurent E. Calvet, *Idiosyncratic Production Risk, Growth and the Business Cycle*. MIT and HIR Working Paper, 2003.
- [5] 陈兰荪《数学生态学模型与研究方法》。北京 科学出版社, 1988年。
- [6] 陈兰荪, 陈键《非线性生物动力系统》。北京 科学出版社, 1993年。
- [7] Cheng, Leonard K., and Elias Dinopoulos. "A Multisectoral General Model of Schumpeterian Growth and Fluctuations", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1996, 20, 905—923.
- [8] Evans, George W., Seppo Honkapohja, and Paul Romer, "Growth Cycles", *American Economic Review*, 1998, 88(3), 495—516.
- [9] Francois, Patrick, Huw Lloyd-Ellis, "Animal Spirits through Creative Destruction", *American Economic Review*, 2003, 93(3), 530—550.
- [10] Heaton, John, and Deborah J. Lucas, "Evaluating the Effects of Incomplete Markets on Risk Sharing and Asset Pricing", *Journal of Political Economy*, 1996, 104(3), 443—488.

- [11] Helpman , Elhanan , and Manuel Trajtenberg , “ A Time to Sow and a Time to Reap : Growth Based on General Technologies ” , Centre for Economic Research Policy , Working Paper No. 1080 , 1994 . in Elhanan Helpman . ed . *General Purpose Technologies and Economic Growth* . MA : MIT Press , 1998 , 55—83 .
- [12] Kydland , Finn E . and Edward C . Prescott “ Time to Build and Aggregate Fluctuations ” , *Econometrica* , 1982 , 50(6) , 1345—1369 .
- [13] Matsuyama , Kiminori , “ Growing through Cycles ” , *Econometrica* , 1999 , 67(2) , 335—347 .
- [14] Perron , Pierre , “ The Great Crash , the Oil Price Shock , and the Unit Root Hypothesis ” , *Econometrica* , 1989 , 57(6) , 1361—1401 .
- [15] Shleifer , Andrei , “ Implementation Cycles ” , *Journal of Political Economy* , 1986 , 94 , 1163—1190 .
- [16] Schumpeter , Joseph A . , *Business Cycles : A Theoretical , Historical , and Statistical Analysis of the Capital Process* . New York : McGraw-Hill , 1939 .
- [17] 熊彼特《经济发展理论》。北京 :商务印书馆 ,中译本 ,1990年。
- [18] 熊彼特《社会主义、资本主义与民主》。北京 :商务印书馆 ,中译本 ,1992年。
- [19] Yoshida , Takehito , Laura E . Jones , Stephen P . Ellner , Gregor F . Fussmann and Nelson G . Hairston Jr . , “ Rapid Evolution Drives Ecological Dynamics in a Predator-Prey System ” , *Nature* , July 2003 , 424(17) , 303—307 .
- [20] 张大勇、姜新华 ; “ 竞争理论 ” 载张大勇著《理论生态学研究》。北京 :高等教育出版社、施普林格出版社 ,2000年。

Technologies (Products) Substitution , Creative Destruction , and Cyclical Economic Growth

CHUNPING ZHONG

(*China Merchants Bank*)

CHANGSHENG XU

(*Huazhong University of Science and Technologies*)

Abstract This paper unites long run economic growth and short run fluctuation into unique cyclical economic growth process based on the idea of Creative Destruction by Joseph Schumpeter . Creative Destruction origin from ecology , so ecological conclusions and methodologies are used for reference , where competition is the core , therefore types of relationship between (among) pieces

are introduced , then compare these relationships with technologies (product) substitution in economic system. Both numerical simulations of dynamic substitution process and empirical analysis on US economic growth show that growth process are most likely to be cyclical growth.

JEL Classification D92 , E32 , O33