布莱恩·阿瑟对复杂经济学的贡献*

——科睿唯安"引文桂冠"经济学奖得主学术贡献评介

唐任伍　刘洋　李楚翘

摘要:布莱恩·阿瑟是美国著名经济学家和复杂系统思想家,他在深刻反思新古典经济学的理论假设和研究范式基础上,创造性地构建出了以非均衡为基本假设的复杂经济学新框架。具体而言,阿瑟率先将复杂性视角与经济系统相结合,并不断追问技术的本质和进化机制,探究技术进化与经济结构性变化的复杂性联系,奠定了复杂经济学的逻辑基础;他运用更科学、更强大的研究方法和工具对经济系统中的复杂性问题进行深入探究和检验,逐步形成了系统且完整的复杂经济学框架;基于复杂经济学的分析范式,对收益递增经济学和资产定价进行了分析,为理解现实世界中的经济、金融现象提供了重要理论指导。因在复杂经济学领域的突出贡献和其研究成果产生的广泛学术影响,阿瑟荣获2019年度科睿唯安"引文桂冠奖"。

关键词:布莱恩·阿瑟　复杂经济学　正反馈　收益递增　技术进化

一、布莱恩·阿瑟简介

布莱恩·阿瑟(W. Brian Arthur)是美国著名经济学家和复杂系统思想家,新墨西哥州圣塔菲研究所外聘教授、斯坦福大学行为科学高级研究中心研究员、加利福尼亚州帕洛阿尔托市PARC系统科学实验室访问研究员。阿瑟于1946年出生在北爱尔兰贝尔法斯特,本科就读于贝尔法斯特女王大学电子工程专业,1967年获英国兰卡斯特大学运筹学硕士学位;随后去美国求学,于1969年获密歇根大学数学硕士学位,1973年同时获加州大学伯克利分校经济学硕士学位和运筹学博士学位。1983年,37岁的阿瑟成为斯坦福大学最年轻的经济学教授,后又于1987年在诺贝尔经济学奖获得者肯尼思·阿罗的引荐下进入圣塔菲研究所,投身于跨学科的复杂性科学领域。1988年,阿瑟开始主持圣塔菲的第一个研究项目"经济可看作是进化的复杂系统",该项研究后来成为复杂经济学研究的重要基础。作为圣塔菲研究所创始人协会的一员,阿瑟曾在圣塔菲研究所科学委员会任职时间长达18年,在理事会任职10年,并以复杂性科学研究所取得的丰硕成果先后荣获"古根海姆奖"(1987)、"熊彼特奖"(1990)、复杂性科学领域的首届"拉格朗日奖"(2008)等多个奖项。

阿瑟是一位高产且具有全球影响力的经济学家,其代表著作主要包括:《复杂经济学》(Arthur,2014a)、《技术的本质:技术是什么,它是如何进化的》(Arthur,2009)、《经济可看作是进化的复杂系统II》(Arthur et al,1997a)、《收益递增和经济中的路径依赖》(Arthur,1994a)等。除此之外,他还在《科学》(*Science*)、《美国经济评论》(*AER*)、《经济学期刊》(*EJ*)等国际顶尖期刊发表高质量学术论文近百篇,并在世界范围内产生广泛影响。其收录于Web of Science平台关于复杂性科学及其与经济学相结合的研究成果至今为止被全球同行引用数千次,而关于收益递增和路径依赖问题的研究成果被引频次截至2020年2月则高达2583次。正是由于对复杂经济学发展做出的开创性贡献,阿瑟于

* 唐任伍、刘洋、李楚翘,北京师范大学政府管理学院,邮政编码:100875,电子邮箱:rwtang@bnu.edu.cn。感谢匿名审稿人的修改建议,文责自负。

2019 年度入选科睿唯安评选的“引文桂冠”经济学奖得主称号。

阿瑟对复杂经济学的思考是基于与传统经济学思维方式的对话和质疑以及对世界发展变化规律的深刻观察而展开的，力图为人们提供全新的经济学观点来思考非均衡、充满不确定性的经济世界。其漫长的思想之旅沿着多条研究路线拓展开来，并逐步生成复杂经济学全貌。总体来看，阿瑟对复杂经济学的学术贡献主要体现在：第一，将复杂性视角引入经济系统，并致力于打开“技术黑箱”，深入挖掘技术的本质及技术的进化机制与经济之间的关系，理顺了贯穿于复杂经济学研究的基本逻辑。第二，审视并解释经济系统内生的非均衡和自创生机制（self-creation），推动均衡经济学向非均衡情况下的自然延伸和复杂经济学理论的最终形成。第三，在复杂经济学范式下，系统研究收益递增经济学和资产定价两个核心问题，为现实经济世界的现象解释和系统运行提供重要指导。

二、复杂经济学的逻辑基础

任何一个学科在发展过程中都可能进入一种“动荡期”。原先被认定是理所当然的许多理论似乎不再那么可靠了，从事这一学科的人们开始公开探讨能够替代它们的方案，经济学发展也同样面临着这样的现实。完全理性、均衡、收益递减等传统经济学的思想框架和知识图谱在快速变化的世界中具有的解释力日益受限，行为理性、非均衡、收益递增等受到更多关注。因此，除了标准新古典主义之外，经济学家也开始致力于开辟其他进路，阿瑟的复杂经济学就是其中之一。对经济系统中复杂性视角的挖掘是阿瑟复杂经济学研究的逻辑起点，同时，技术理论对技术进化的自创生机制及其与经济之间关系的探讨则进一步深化了经济系统作为复杂的进化系统的客观认知，理顺和巩固了复杂经济学的逻辑基础。

（一）复杂性视角下的经济系统

复杂经济学得以形成的基础就在于成功地将复杂性视角引入经济学研究。为此，阿瑟及圣塔菲研究所的经济学家曾在十余年的时间里做出了许多探索，他们尝试将非线性动力学引入经济理论和数据分析，发展正反馈理论及与之相关的路径依赖和锁定，通过构建一系列模型解释和分析金融系统运行中的非线性模式等。所有这些相互关联的主题共同构成了经济学中复杂性视角的初步含义，阿瑟将其称之为“圣塔菲研究所视角”或“过程与表现视角”。这一重要视角奠定了认识复杂经济的显著特征、分析包括经济系统在内的复杂性系统演变过程及其结果的重要依据，也对静态、均衡世界中的经济学研究方式形成了巨大挑战。

1. 复杂经济的显著特征。为便于让人们对复杂性科学研究有更系统化的了解，也更清晰地描述复杂性视角下的经济系统，阿瑟在《经济是一个复杂系统》（Arthur，1989a）一文和《经济可看作是进化的复杂系统 II》（Arthur et al，1997a）的导论中，对复杂性与经济领域相结合引发的思考及新生的研究热点进行了全面论述。

阿瑟基于“经济中的过程与表现”明确指出了复杂经济具有的六个显著特征，即分散的交互作用、没有全局性的控制者、交叉分层组织、连续适应、永恒的创新以及非均衡的动力学（Arthur，1997）。复杂理论和非线性科学的先驱约翰·霍兰德（John H. Holland）将具有这些性质的系统定义为“自适应非线性网络”，其基本要素是主体不能简单地以刺激—反应的形式采取行动（Holland，1975）。相应地，“作为自适应非线性网络的经济”则体现为经济行为主体会形成预期，他们会在建立预期模型的基础上进行预测并做出决策，而这些预期模型可能既不是明确的、连贯的，也不是相互一致的。

对复杂经济特征的挖掘和概述离不开复杂性视角下认知基础多元化、结构层次凸显以及强调过程涌现重要性等条件对客观认识经济系统发挥的重要引导作用。第一，多元化的认知基础。阿瑟指出，复杂性视角下的经济系统遵循现代认知理论，与新古典经济学理论中假定经济行为主体是理性的最优化者的一元认知基础不同，主张行为主体运用各种各样的分布式认知过程无疑是更加多元化

的(Arthur,1997)。第二,结构基础的重要性认识。通过对一般均衡理论和博弈论中简单互动结构的分析,阿瑟认为,从复杂性的视角来看,结构是非常重要的,因为不仅经济行为主体之间的重复互动模式离不开网络结构的约束,经济实体本身也是由递归结构构成的(Arthur,1989a)。第三,强调过程与涌现。复杂性观点强调过程而不仅是结果,它旨在探究"新事物"是如何在世界中产生的,因此从复杂性视角出发去研究经济或经济中的某些领域,就意味着要探究经济是如何进化的,个体行为主体的行为是如何共同形成某种结果的,即关于经济中的过程和涌现结构的描述(Arthur,1997,1999a)。除此之外,阿瑟也率先认识到,复杂性视角在经济中的引入对传统经济学使用的线性、不动点、微分方程组等数学工具带来极大挑战,"要深刻理解经济系统在各个不同层次上的结构和结构涌现的过程,势必需要将组合数学与随机过程结合起来的新型数学方法以及计算机建模"(Arthur,1997)。

2. 复杂性演变及其结果。虽然阿瑟认为,"当一个系统被开发新的功能或被修改以突破局限、适应一个更复杂的世界时,其复杂性往往会增加"(Arthur,1993a),但对于复杂性程度是否会在随时间进化的系统中变得越来越高,他则在研究中致力于寻找有力证据,用以验证进化或演变是否真的有利于复杂性的增加,以充分认识和把握复杂性进化的基本规律。因此,经过长时间对经济中涉及技术、竞争等不同进化情境下经验证据的积累,并对它们进行基于计算机的"生态构建"以实时测量复杂性在进化过程中的变化,阿瑟发现并提出了复杂性随着系统进化而增加的三种重要途径:第一是共生,即在系统的演进中,复杂性可能通过参与主体多样性的增加而增加;第二是结构深化,复杂性在单系统中可能随着结构复杂性的增加而增加;第三则是捕获软件,指外向型系统会捕获外部的一些更简单的元素,并将它们用于某些基本目的。与前两种途径不同的是,这一机制与系统整体复杂性的快速涌现联系更加密切,与缓慢增长的复杂性没有太大关系(Arthur,1994b)。在此基础上,阿瑟也进一步证实,三种途径下复杂性的增长都是间断性的、世代性的,并且前两种途径的影响是可逆转的,这也意味着复杂性坍塌的情况随时都可能发生。

阿瑟立足于多样化的情境实例对复杂性演变及其结果的深入研究有力地证明了复杂性与进化之间的联系,以及复杂性增加和随时坍塌出现的可能性,并告诉人们"任何一个系统,只要它的结构要面对提升自身性能的压力,并有一个'继承下来的、可变的结构世系',都会呈现出进化现象"(Arthur,2014a)。这不仅有助于深化和夯实人们对复杂经济系统的辩证认识基础,而且类似实例在除经济学以外的其他各领域不断涌现时,将进一步拓展复杂性科学的影响范围。

(二)技术的进化及其与经济的关系

阿瑟提出的关于技术的本质及其进化的理论是在其长达 12 年的思想探索和实验观察、检验中形成的,并因其具备的完整性和复杂性逻辑而对技术和复杂经济学研究产生了深刻影响。一方面,阿瑟开创性地将关于技术发展的许多不证自明的道理更深刻、系统性地在《技术的本质:技术是什么,它是如何进化的》(Arthur, 2009)一书中表述了出来,为人们理解技术哲学问题提供了可参照的逻辑框架;另一方面,他也将技术的复杂性进化与经济系统相联系,通过对技术与经济进化内在关系的挖掘和梳理,使其成为认识复杂性经济系统演化发展的重要逻辑依据。阿瑟后来在其《复杂经济学》(Arthur, 2014a)一书中将"技术是如何进化的"问题作为复杂经济学的思维基础进行介绍,并将技术的进化机制及其引发的经济进化相关研究成果收入进复杂经济学的理论框架中。

1. 技术的定义及其本质。阿瑟对技术的本质的挖掘始于对"技术"概念进行全新的界定。鉴于不同词典及技术思想家的著述中对"技术"一词的解释不尽相同甚至相互矛盾,阿瑟首先便将"技术"的多重含义及人们对技术的理解进行系统梳理与融合,在此基础上重新定义"技术",并以此作为分析技术结构的形成及其特征,进而追踪技术本质的基础和依据。

阿瑟关于技术的理论的整体建构是基于三条基本原理展开的:第一,技术(所有的技术)都是某

种组合;第二,技术的每个组件自身也是微缩的技术;第三,所有的技术都会利用或开发某种(通常是几种)效应或现象。三条基本原理形成了阿瑟深入观察和分析技术的根本视角,并给出了技术的三个定义:(1)技术是实现人们目的的一种手段;(2)技术是实践和元器件的集成;(3)技术是可供某种文化中利用的装置和工程实践的集合(阿瑟,2018a)。在对技术的概念进行界定后,阿瑟开始探究各种技术在结构上的共同之处,用以理解它们能够组合在一起并形成一般意义上的技术的过程。阿瑟强调,"技术是由零部件组成的组件系统或模块;技术的最基本结构,包含一个用来执行基本功能的主集成和一套支持这一集成的次集成"(Arthur,2007)。他也率先总结并提出技术结构的两个重要特征:第一,技术的结构是层级性的,体现在从整体的技术到构成技术的最基本零部件的逐层分解;第二,技术的层级结构是递归性的,即技术包含着技术,技术由不同层级的技术建构而成(Arthur,2009)。

关于技术的本质,阿瑟在对一系列技术及其所隐含和利用的现象进行深入观察和分析后,认识到现象对技术产生并得以发挥作用的重要性:从时间维度看,现象与技术之间构成一种良性的无限循环,"新现象催生出发现新现象的新技术,或者说新技术发现了导致新技术的新现象"(Arthur,2009)。因此,现象是技术赖以产生的必不可少的源泉,虽然很多时候难以察觉,但无论简单还是复杂的技术,它们实际上都应用了某一种或几种现象。基于此,相对于只将技术看作实现目的的手段,阿瑟实现了触及技术本质的探索,其准确表述为,"从本质上看,技术是被捕获并加以利用的现象的集合,或者说,技术是被编程了的现象"(Arthur,2009)。这是因为,技术能够真正成为实现某种特定目的的技术,其总是利用了某个或某些从现象中挖掘出来的核心效应,而"被编程"则强调对现象的有计划的组织,从而使其为实现使用价值而"合奏"。

2. 技术的进化机制。阿瑟对技术进化的探索是以技术进化需要和存在遗传机制为基本假设的,即"如果完整意义上的进化存在于技术中,那么所有的技术一定脱胎于之前存在的技术"(Arthur & Polak,2006),而遗传机制正是具体连接过去与现在的纽带,由此可知,技术在某种程度上是来自此前已有技术的新组合。这一技术进化的观点早在阿瑟之前便已有专家学者予以关注或在其研究中传达出相同的认识,如著名经济学家、创新理论的奠基人熊彼特在其经典著作《经济发展理论》中提到,"创新就是生产函数的变动,就是执行新的组合",以此为基础,他所强调的经济中的变化与发展则是一种"'革命性'的变化,是一种从旧组合中产生的'新组合'"(Schumpeter,1911),换言之,经济的发展源于旧技术的新组合。这种关于组合的观念为技术创新性的诞生提供了很好的思路,但由于其最初只强调了新技术与已经存在的技术之间相互联系,而并没有整体呈现出新技术是如何在已有技术的组合基础上构建出来的,所以并没有引起人们过多的关注。因此,阿瑟在这一思想的启发下对其进行更多层次的挖掘和升华,从而提出了完整的关于技术进化机制的论述。阿瑟描述的技术进化机制主要包括两个层面:

第一层面是依靠组合性和递归性的进化,简称"组合进化机制",即之前的技术形式被作为现在原创技术的组分,当前的技术又成为建构更新技术的可能的组分,以这种方式进行下去,最初很简单的技术发展出越来越多的技术形式,所有技术的集合自力更生地从无到有、从简到繁地成长起来,也可以说,技术从自身创生了自身(Arthur,2009)。但这并不意味着新技术的形成都是事先预定的,其出现还来自"对新现象的发现、新需求的产生以及对其进行掌握观察的主体的奇思妙想和时机把握"(Arthur,2007)。由此,可以引出技术进化的另一层面内容,即技术创造的机会利基(opportunity niches)对新技术的召唤。阿瑟认为,"除已有技术的组合为新技术提供的潜在供应外,新技术的诞生还来自机会利基创造的条件"(Arthur,2009)。在这里,"机会利基指技术可以有效占据的利基"(Arthur,2009),人类的需求能够促使机会利基的产生,但绝大多数机会利基的产生缘于技术自身,因为技术通常会引发间接性问题,并由此产生新的提供技术支撑或解决方案的需求或机会。所以,阿瑟也将技术的这一进化过程概括为"将某些目的或需求与可以用来满足它的新规则或行动效果联系起来的逻辑过程"(Arthur,2007)。

3. 技术进化与经济的关系。技术不是孤立的存在,而是与经济和社会有着密不可分的联系。技术的进化和新技术的出现会触发一系列级联式的事件,新的机会利基既对经济社会带来新的挑战,也会使经济的特性或内部结构发生新的变化。因此,在剖析了技术的本质及其进化机制后,阿瑟便将技术进化问题回归到经济,试图用经济的视角重新分析技术进化的步骤,从中挖掘经济进化与技术进化的内在关系以及经济中结构性变化的发生过程。

传统的定义经济的标准方式是将其定义为一个生产、分配和消费商品和服务的系统。这种定义通常将经济本身的存在视为装载了它的技术或生产手段的容器,即技术内含于经济之中,由经济的需要所决定。但在阿瑟看来,这种观点并不是普适的真理。因此,为探索结构变化,他以一种不同于标准经济学的思维方式对"经济"做出了新的界定,即"经济是一整套安排和活动,社会需要借助这一整套安排和活动来满足自己的需求"(Arthur,2009),而技术就是形成经济的一整套安排中的重要目的性系统。从这一视角出发,阿瑟将经济与技术的关系表述为,"经济不是技术的容器,而是建构在技术之上的。技术构成了经济的骨架,经济的结构是由它的技术形塑的"(Arthur,2009),更进一步,阿瑟还对二者之间的因果循环进行了描绘(如图1):当技术构成集合之后,创造出了包含决策、活动、商品流、服务流等在内的经济结构;同时,经济决定着接纳哪些技术,因而调节着新技术的创造,也持续不断地调节着自身的结构。

技术 —创造→ 经济 → 技术

图1 技术与经济进化的因果循环

基于以上思考方式,阿瑟开始通过经济的视角审视技术进化的步骤,从而描述经济的结构性变化的发生过程。根据阿瑟的总结,当一项新技术进入经济后,会召唤新的安排,即新技术和新的组织形式;新技术或新安排反过来可能引发一系列新问题;为寻找破解这些新问题的答案,又需要进一步的新安排,或通过修正现有技术来实现目的,于是便打开了更进一步的新技术的需求之门。"这种不断向前推进的'问题与解决方案'(挑战与回应)的序列,就是我们所称的结构性变化的序列"(Arthur,2009),经济也正是在这一变化过程中构成了并不断重构着自身。由此延伸,阿瑟认为,经济的结构性变化就是一个包含着技术进化及其引发的一系列对经济结构新安排、新调整的复杂过程(Arthur,2009)。

而关于技术进化和经济结构性变化的时间周期问题,阿瑟强调,"技术和经济进化的过程永远不可能停止"(阿瑟,2018a)。永无止境的需求和总有可能被发现的新现象推动技术永远向前发展,经济作为技术的表达,则随着其包含的技术集合的进化而进化。但是由于经济的结构性变化处于高度相互兼容的状态,所以短期来看接近不变,实际上,任何一个时刻经济都在建构着自身,在这种永不停息的结构性变化中,只有经济得以形成的基本法则或自明之理始终保持不变。由此,阿瑟最终明确提出并启示人们,经济系统是一个不断进化的、复杂的系统,它形成的结构永远在随时间推移而变化,因此,对经济的解释也一定要随时间推移而不断变化(Arthur,2009),而这一观点也正是其深入探究和构建的复杂经济学理论的重要基石。

三、复杂经济学的基本框架

阿瑟对复杂经济学研究的积极推动以经济与复杂性问题为核心,虽然这些问题并不是经济学研究中的新问题,但阿瑟运用更强大、更严谨的研究方法和工具进行了更具体、深入的探究和检验,从而逐步构建起了以复杂性思想为基础的、内在一致的经济学框架,并最终促成了打破传统经济学羁绊的复杂经济学的诞生。复杂经济学作为关于正在涌现事物的经济学,不断追问当经济不处于均衡状态时是如何运行的。因此,其基本假设并非直接否定传统经济学理论的一般均衡假设,而是实现了对均衡状态更一般化的超越。在此基础上,复杂经济学主张非均衡状态才是经济的自然状态,以归纳推理取代演绎推理,同时,收益递增经济学和资产定价是其关注的最具代表性的两个主要问题。

(一)基本假设和分析工具

1. 复杂经济学的基本假设。阿瑟发表于《科学》杂志上的《复杂性和经济》(Arthur,1999a)一文中首次提出了"复杂经济学"(complexity economics)这一术语。根据阿瑟的定义,复杂经济学是一门超越了均衡层面的经济学理论,认为"经济不是确定的、可预测的、机械的,而是依赖过程的、有机的、永远在进化的",其基本假设就是"经济不一定处于均衡状态"(Arthur,1999a)。这一定义与所有学科发展经历的对世界的认识和解释从静态有序到动态发展的转变相一致,因此,阿瑟认为复杂性在经济中的渗透是经济学追随时代精神的必然趋势,复杂经济学的发展不可避免。复杂经济学将经济视为一个动态系统,一个随着技术创新、制度和安排不断发展而持续进行自我计算、自我创建、自我更新的系统。与均衡经济学强调秩序、确定性、演绎推理和静态均衡不同,复杂经济学强调偶然性、不确定性和一切变化皆有可能。因此,阿瑟也指出,"复杂经济学不是静态的传统经济学理论的暂时附属物,而是更一般的、超越了均衡层面的理论"(Arthur,1999a)。

2. 复杂经济学的主要分析工具。在圣塔菲研究所与阿瑟共同从事早期复杂经济学研究的专家学者,来自概率理论、物理学、计算机科学、理论生物学等各个学科领域,因此,不同学科的思维碰撞和分析工具的整合应用促进了复杂经济学研究进路的蓬勃发展,其中,非线性动力学和计算机模拟归纳便是阿瑟在复杂经济学相关问题分析中使用的两个最基础的分析工具。

非线性动力学自20世纪80年代开始活跃于经济动态分析领域,其将非平衡、不规则、不可逆、不确定等复杂现象和系统作为研究对象,考察真实的世界图景,打破了线性分析范式在现代经济理论中的主导地位。阿瑟正是将非线性动力学引入并贯穿于复杂经济学理论和数据分析的始终,认为"经济系统中若干要素的结合对整个系统的作用不是简单地线性相加,而是相互间存在着复杂的耦合关系"(Arthur et al,1991)。在此基础上,以基于非线性动力学的非线性经济动态方程为依据,更全面地分析经济系统的内在行为机制,从而有力地解释了收益递增、集聚效应等正反馈现象的客观存在,弥补了一般均衡理论主张负反馈能够使经济趋于唯一均衡的局限。可以说,离开了非线性思维和非线性动力学的分析工具,复杂经济学研究将成为无本之木,难以开展。

计算机模拟归纳是复杂经济学研究的另一重要工具。阿瑟在分析复杂经济系统中的预期和经济主体的决策等问题中均运用到计算机模拟实验,如为人工智能的计算机程序设定一组符合现实的参数使其模拟经济行为主体的预期和行动,从而考察客观世界中复杂的股票市场运行在不同条件下出现的不同现象;在计算机中以逻辑电路的进化模拟技术被构建的过程,用以检验技术的组合进化等。"通过计算机模拟并进行反复的计算和归纳,能够在不同条件下重新得到结果,确定潜在的深层机制,层层递进地简化现象,提取现象的根本信息"(Arthur,2014a)。因此,在复杂经济学对非均衡的探讨以及对经济中所有动态现象的解释中,计算机工具的辅助作用无疑更为强大和有效,通过计算机归纳能够更全面地看到传统数学演绎推导无法看到的复杂现象。正如阿瑟所言,"计算机已经成为研究经济学的一个实验室,如果能够熟练地、有效地利用计算机,它可以成为一个强有力的理论创造器"(Arthur,2014a)。

(二)复杂经济学的核心思想

阿瑟几十年乃至毕生致力于探索构建的复杂经济学框架及其观点,集中汇集在《复杂经济学》(Arthur,2014a)一书中。其中,其核心思想可以归结为:非均衡状态才是经济的自然状态,演绎推理将被归纳推理所取代。

1. 非均衡状态才是经济的自然状态。阿瑟明确指出,复杂经济学与传统经济学最大的区别就在于,"复杂经济学认为非均衡是经济的常态和现实,经济系统从来都不可能达到均衡;而传统或经典经济学以物理学的思维方式看待经济现象,认为是在均衡的左右来回震荡"(Arthur,2019)。他认为,复杂经济学探究"经济或行为主体在动态进化中可能如何应对"这样的问题隐含地假定了经济是非均衡的。在其撰写的《复杂性与经济》(1999a)、《基于主体的建模和非均衡经济学》(2005)等文章中,阿瑟不止一次地强调非均衡状态才是经济的自然状态,不仅是因为经济总是面临着外部冲击或

外界影响,还因为非均衡本身就产生于经济的内部。而对于内生的非均衡出现的原因,阿瑟则将其概括为根本的不确定性和技术创新或技术变革两个方面。其一,经济中所有关于选择的问题都在一定程度上与未来发生的未知事情有关,且绝大多数情况下行为主体并不拥有充分的信息甚至根本不知道这些信息,也就无法估计出准确的概率分布。"对根本的不确定性的一无所知,使得'最优'行动无法存在,如果再加上更多行为主体的参与和主观信念的交互,不确定性将进一步强化"(Arthur,1999b,2014b)。其二,阿瑟认同熊彼特提出的著名观点"经济体系中由生产方式的新组合产生的力量,能够破坏任何可能达到的均衡"(Schumpeter,1911),并且认为这种技术的力量比熊彼特的设想还要强大。一项新技术并不是只会使均衡受到一次性的破坏,相反,"新技术永远都是更新技术的创造者和需求者,技术变化会内生地、不断地创造出更进一步的变化,从而使经济处于永远的变化之中"(Arthur,1999b)。

正是由于不确定性和技术变革在经济中各个层面的渗透,迫使行为主体必须摸索前行、"学习"自己面临的决策问题并对出现在眼前的机会做出反应(Arthur,1993b),而他们在解决问题过程中的每个行动还会改变当前的结果,并要求他们再次做出相应调整。所以,阿瑟坚信"我们处在一个复杂的世界当中,这种复杂性与非均衡有着密切的联系"(Arthur,2014b)。那么,我们该如何面对内生的非均衡,如何研究非均衡经济?阿瑟给出的一个思路是,以研究和把握经济的各种"当前状态"为依据,形成决定未来事件或事物的基本条件(Arthur,2014b)。在此基础上,他还提出了基于主体的计算经济学建模方法,借助于计算来考察和分析经济主体的行为、策略或期望会如何对他们创建的模式做出反应(Arthur,2005),为非均衡经济研究提供了重要借鉴和启示。

2. *演绎推理将被归纳推理所取代*。经济学中假定的理性类型是完美的、合乎逻辑的、演绎的理性,虽然在对理论问题求解时非常有效,但在面对复杂情况时这种完美理性或演绎理性就会表现得力不从心:一是因为"人类的理性是有限理性"(Arthur,1991);二则因为"有限理性的行为主体行动或决策的依据来自主观信念"(Arthur,1994c)。于是,阿瑟通过整合经济学中有限理性相关文献中有价值的思想,并结合现代心理学共识提出,在复杂或不确定的情况下,当人们不能完全依靠演绎推理或无法对问题进行完备的界定时,会利用环境提供的线索,形成具有自身特点的、可预测的假想性模式或推理方法来填补其理解中的空白,这种行为就是归纳性的(Arthur,1994c;Colander,2000)。

关于归纳推理的界定及其有效性,阿瑟在其经典的基于"爱尔法鲁酒吧问题"(EI Farol Problem)的建模中给出了详细阐述。爱尔法鲁酒吧问题的核心是,对于去酒吧还是不去酒吧,人们究竟是如何进行决策的。这是一个典型的归纳推理问题,因为"所有行为主体都无从得知其他行为主体可能选择的决策模型,因此也就不能以某种确定的方式形成自己的正确预期模型,同时,任何共同的预期都有被打破的可能性"(Arthur,2000)。基于这些现象,阿瑟构建起了一个观测酒吧到场人数动态变化的模型并通过计算机实验进行求解,其结果揭示出的一般性结论正是,人类在复杂的、可能无法界定清楚的决策环境中通常运用归纳推理,其基本逻辑是在形成各种各样工作假设的前提下,根据其中最可信的假设采取行动,并根据结果的有效性不断选择新的替代方案。而对于这种推理,可以采用多种方式进行建模,在这种建模呈现出的世界中,每一个行为主体的信念模型都要与其他行为主体的信念模型竞争以求得生存(Arthur,1994c)。除此之外,阿瑟也通过计算机人工模拟股票市场运行证明了演绎推理在金融市场中的失败和归纳推理的有效性。

(三)复杂经济学的两个主要问题

收益递增经济学和资产定价是复杂经济学的两个主要问题,也是阿瑟强调的复杂经济学的两大"杀手级应用"(Arthur,2014a)。基于正反馈的收益递增经济学是阿瑟从 20 世纪 80 年代开始发展起来的,其研究成果集中收录于文集《收益递增与经济中的路径依赖性》(Arthur,1994)之中。阿瑟的收益递增经济学阐明了均衡经济学无法解释的现象,即收益递增是如何导致"锁定",或者说市场被一个或少数几个参与者统治的。然而,由于客观强调市场可能"锁定"到某些不可预测的、较差的

结果，在当时极大地挑战了人们对传统均衡经济学的认知并不易被普遍接受，使其工作论文《技术竞争、正反馈及历史事件导致的锁定》(1989b)经历了异常艰辛的发表之路。但该文章于 1989 年发表在英国皇家经济学会主办的《经济学期刊》后，不仅成为经济学中被引用频次最多的文章之一，使收益递增经济学在学界受到日益广泛的关注，更成为复杂经济学的重要奠基之作。而复杂经济学中的资产定价理论，则在标准的有效市场金融理论与市场交易者观点相互冲突的条件下兴起，阿瑟及其团队通过计算机技术建立的人工股票市场模型模拟和检验了实际市场中出现的技术交易、泡沫和崩盘等现象，在更一般的层面上有力解释了现实世界中的金融现象。同时，他们构建的“圣塔菲人工股票市场”的经典模型也在此后发展成不同变体，广泛应用于经济学研究。

1. 正反馈和收益递增经济学。建立在收益递减基本假设之上的传统经济理论主张经济行为会产生负反馈，使价格和市场份额接近可预测的均衡，这种均衡意味着经济会在特定环境下出现资源利用和分配的最佳结果，同时，扰动或暂时性变化都会被负反馈产生的反作用力抵消，从而使经济趋于稳定。所以，给定未来技术的可能性，理论上便可以准确预测经济发展的路径，而历史事件促使经济达到不可避免的均衡状态，相对而言并不十分重要。但在阿瑟看来，这种理想化的图景与现实的不符正逐步显露，“在经济中的许多领域，稳定和均衡似乎并没有发挥作用，相反，现代复杂技术的出现和采用，往往放大了正反馈对经济变化的影响，并表现出收益递增的特性”(Arthur，1996)。

阿瑟基于对一系列技术竞争实例的观察和思考，抽象出了一个仅存在两种且对所有人开放的技术(技术 A 和技术 B)竞争模型，用以分析不同收益体制下两种技术被不同行为主体(R 型行为主体和 S 型行为主体)采用的情况，以及当引入一些“历史小事件”导致选择的顺序出现波动时，对两种技术市场份额产生的影响，从中挖掘收益递增的重要属性。通过对收益递增体制的动力学探索发现：在收益递增的情况下，尽管 R 型行为主体天生偏好技术 A，但如果其偶然采用技术 B，就可以在采用人数及收益上远远抛开技术 A，那么他们就会改换门庭，将自己的偏好切换为更喜欢技术 B(S 型行为主体的情况与之类似)(Arthur，1989b)。阿瑟将这种收益递增体制下的技术采用情况概括描述为“一种有吸收屏障的随机游走”，其动态结果是“一旦两种技术的被采用数之差跨越到屏障外的区域，两种类型行为主体的选择就不再同时涉及两种技术，而是‘锁定’到某一种技术上，并使该技术的领先优势进一步扩大”(Arthur，1989b)。

而关于正反馈循环运行和历史小事件在收益递增经济中起到的作用，阿瑟也在《经济中的正反馈》(Arthur，1990)一文中立足于与传统经济学理论的对话和反思，并结合现实中的经济现象进行了系统分析和论述。阿瑟指出，虽然新古典学派的奠基人阿尔弗雷德·马歇尔在其最主要著作《经济学原理》中提到，“如果企业的生产成本随着市场份额的增加而下降，那么一个企业只要运气足够好，在早期便占有了很高的市场份额，它就能战胜竞争对手”(Marshall，1890)，但阿瑟认为，“在其以均衡价格论为核心的理论研究中也并没有遵循这一观点，因为马歇尔不相信收益递增适用于任何地方”(Arthur，1990)。除此之外，吸收了正反馈机制的收益递增理论对传统经济学关注的可预测的均衡，以及市场选择能实现最优选择等观点的挑战，也使许多经济学家忽视或回避这一重要问题。而阿瑟正是走出了没有任何反常现象、可以进行完全分析的收益递减的束缚，来探索经济中基于随机事件和正反馈的非线性动态过程。

阿瑟认为，在现实世界中，如果几家相同规模的企业同时进入市场，那么一些偶然的小事件(如意想不到的订单、与买家的机缘巧合、管理者的突发奇想等)将有助于决定哪些公司能实现早期销售，以及随着时间的推移哪些公司将占据主导地位。虽然经济活动是通过一个个小到难以观察的个体交易来量化的，但这些小的随机事件可以累积并被正反馈放大，从而决定最终的结果(Arthur，1990)。在此基础上，阿瑟首先通过经典随机数学模型的红白球实验证明了收益递增问题中存在正反馈机制及非线性概率模式对确定其解决方案的重要意义之后，将这一实验映射到现实问题中，对正反馈和历史小事件的影响进行分析。其一，正反馈机制存在于区域、城市建设及产业自我强化的形成过程中。阿瑟分别以美国硅谷和高科技产业的国际竞争为例，阐述了正反馈作用下的区域产业

集聚和竞争优势获得原理,即如果一些地区在发展的早期阶段便偶然比其他地区吸引了更多企业,那么它的吸引力和自我强化机制会继续巩固(Arthur,1988a,1988b);而那些早期取得了市场地位得以发展高科技产业的国家或地区,也会在获得高产量和早期经验的基础上,以低成本和高质量的优势占据主导地位,将其他国家或地区拒之门外(Arthur,1990)。其二,正反馈机制的运行都包含着历史小事件的存在乃至决定性作用的发挥。阿瑟强调,虽然企业进入行业的随机历史序列决定着区域集聚的结果,但并非所有的可能性都会发生,只有在那些现有企业吸引力总是随着更多企业的加入而增加的地区,其主导地位才会持续,如果吸引力趋于平稳,其他地区共享产业的解决方案就有可能实现,这便体现了历史机遇的重要性(Arthur,1989b)。同样,在技术及产业的发展中,一系列看似琐碎、无关紧要的小事件也正是决定了竞争胜负的核心因素。例如,20 世纪初在美国起初并不被看好的汽油动力汽车在与蒸汽动力汽车的竞争中取胜(Arthur,1984)。因此,阿瑟指出,"在收益递增的情况下,各种各样的结果都是可能的,不确定的情况会因正反馈而被放大,从而提示系统进入实际选定的结果。这样一来,历史小事件就变得十分重要了"(Arthur,1989b)。如今,阿瑟的正反馈循环和收益递增经济学理论已经被普遍接受,并以此为基础指导经济系统的运行,充分体现出其理论的先见性、科学性和旺盛的生命力。

2. 资产定价理论。在 20 世纪 80 年代前,标准的有效市场金融理论主导着学术界看待金融市场运行的方式,该理论假定投资者是完全同质的,对资产的未来价格有着共同的理性预期,这些预期确定股票的价格,而平均价格又将支持这些预期。因此,"市场是理性的、机械的和有效率的,投机者无法通过技术交易(即利用过去的价格模式预测未来价格趋势)来获利,临时性价格的过度反应(如泡沫和崩盘)反映出的是资产估值的合理变化,而不是投资者情绪的突然变化"(Arthur,2014a)。然而,"市场中的交易者经常看到市场提供的投机机会,相信'市场心理'的存在,与市场新闻没有关系的'羊群效应'可能导致泡沫和崩盘"(Arthur,2014a),所以这种观点认为市场是有机的、不完全有效的。而 1987 年 10 月发生在美国创下"黑色星期一"历史记录的股市崩盘也恰恰说明"市场心理"确实存在,突然的价格变化能够反映对市场新闻的"理性调整",利用某些技术交易也能够带来统计上显著的长期利润。自此以后,有效市场理论开始受到质疑和挑战,现代金融学研究开始寻找能够替代这一理论以解释真实市场的新理论,阿瑟及圣塔菲研究团队基于复杂经济学的分析范式,通过计算机模拟市场并进行一系列严格控制的实验还原不同情况下的市场图景,进而提出的资产定价理论就是一个能够解释现实金融市场一般现象的重要理论。阿瑟与其合作者所撰写的《人工的经济生活:股票市场的简单模型》(Arthur et al,1994)和《人工股票市场中内生预期下的资产定价》(Arthur et al,1997b)等文便对其理论观点以及计算机模拟实验的过程及研究结果进行了详细阐述。

阿瑟提出的资产定价理论"假设资本市场上的行为主体是完全异质的,他们的预期需要不断适应市场,而市场本身则是他们的预期共同创造的"(Arthur et al,1997b)。这一理论认为,在异质性假设下,预期将具有"自我指涉性",即价格是由交易者的预期产生的,同时这些预期又是基于对他人预期的预期形成的。预期的"自我指涉性"排除了演绎推理形成预期的可能性,行为主体只能构造一系列个人的、假说性的预期模型,并对它们不断进行检验、据以行动或舍弃。"市场受预期的驱动,而预期则内生地适应这些预期所共同创造的生态"(Arthur et al,1997b)。为对这种内生预期市场模型进行检验,阿瑟与圣塔菲研究所的研究者们建立了一个基于计算机的人工股票市场模型,其中由各种计算机程序模拟市场"投资者",这些"投资者"在完全异质性预期假设的基础上采取行动相互竞争,并从其行动中进化出一个"生态";同时,模型中的规则都是可以改变、变异或进化的,从而使各种规则也能够相互竞争(Arthur et al,1997b)。因此,这一人工股票市场模型表现出了全然不同于传统模型的特性,它克服了标准经济学模型同质性假设和基于规则的系统使研究过分简化的弊端,再现出更多股票市场中的真实现象来探索各种可能出现的结果。

阿瑟利用人工股票市场模型分别进行了对应于行为主体对替代预期的"慢速探索"和"适中速度

探索”的两组基本实验。实验发现，在初始条件一致的情况下，即赋予交易者异质性信念，且这些信念都随机地聚集在一个接近同质性的理性预期均衡的区间里，如果行为主体根据观察到的市场行为调整自己预期的速度很慢，那么市场就会收敛到理性预期体制，此时技术交易、泡沫、崩溃、自相关行为等现象都不会出现，交易量也保持在低位。由此，有效市场理论得到验证。如果交易者以很快、也更加符合现实的速度适应观察到的市场行为，那么不同的信念将持续存在，市场也将自组织成一个涌现丰富多彩的“市场心理”，即各种各样的预期的复杂体制。这种体制下，技术交易成为有利可图的活动，市场中会不时出现暂时的泡沫和崩盘，交易量很高且交易冷清时期和交易活跃时期交替出现，这些现象证明了市场交易者观点的合理性（Arthur et al，1994，1997b）。

由此，“圣塔菲人工股票市场”的模拟实验在遵循复杂经济学从不假设存在理性预期均衡的逻辑基础上，观察投资者在市场环境中的“学习”及其内生预期对市场本身的改变，创造性地解释了金融市场标准理论与交易者观点相悖的难题，提出“在不同情况下这两种观点都可以是正确的，但实际的金融市场属于异质性的复杂体制，‘市场心理’现象或行为的涌现是不可避免的，即便在新古典条件下也是如此”（Arthur et al，1997b）。

四、复杂经济学的现实价值及政策导向

阿瑟的复杂经济学研究注重对经济学系统复杂性问题及其相关衍生问题的挖掘和探讨，从而在理论上形成复杂经济学这一新框架。与此同时，阿瑟同样高度重视理论对现实问题的解读和指导，运用复杂经济学的基本假设和分析框架剖析经济现象出现的深层原因，并提出全新的政策系统设计和运行路径等，充分发挥并实现复杂经济学的现实价值和社会使命。

（一）复杂经济学的现实价值

关于复杂经济学的现实价值及影响，最为基础的便是复杂性思维为人们理解当下所处时代环境中的经济运行提供的重要借鉴。如果说古典经济学、新古典经济学分别是人类农业文明和工业文明的结晶，那么复杂经济学就是人类信息文明的结晶。阿瑟在 20 世纪末对复杂经济学一系列问题进行的深入研究处于计算机等各类新技术涌现的时代背景下，因此，相对于新古典经济学均衡假设描述的理想经济状态，其更多地看到经济作为一个复杂进化系统在动态运行中出现的模式形成、结构变化和创造创新等现象。由此启示人们，从复杂性的视角出发去研究经济或经济中的某些领域，就意味着要探究经济是如何进化的，也就必然要深入详细地研究不同行为主体的个体行为相互作用所产生的共同结果，及其结果反过来对个体行为的改变（Arthur，2014a）。这种认识视角使经济学从传统意义上探讨生产、消费、价格等名词实体层面的变化，拓展到关注反应、预测、创新等动词行动层面的演进，从而为人们更客观、全面地研究复杂多变的经济世界提供了参照。

在阿瑟看来，相比于西方，中国在传统哲学思想的影响下似乎更易于接纳复杂经济学的观点。他曾形象地指出，《易经》等中国著作中所追求的“和谐”或“均衡”就是在不断变化、不断流动中进行的。而西方的“和谐”更多地指“没有一丝波澜的水面，或者是铺满的蜘蛛网”（Arthur，2019）。所以，即使 2008 年西方国家金融崩溃后经济学界内部开始出现一系列自我审视和修正，但其观念转变也相对缓慢，复杂经济学思想至今尚未得到西方主流经济学的完全接受。与之相反，复杂经济学对复杂经济系统运行发展的现实解释力和指导作用却在中国经济的发展中得以生动体现，当前很多学界人士将中国近四十年的经济增长奇迹视为复杂经济学的“活样本”，阿瑟也对此表示认同并曾指出，中国经济的特点在于非常擅长适应不断变化的外部环境，根据面对的问题不断调整策略。在他看来这就是经济上的生物学或生态学模式，即物种和生态在经过一段时期后会选择不同的生存和发展策略，很多选择一开始是无意识的，通过尝试来确定哪些策略是奏效的（Arthur，2019）。

同时，复杂经济学最直观的价值体现还应是其对现实世界中经济主体的发展决策产生的影响。对此，谷歌公司前董事长埃里克·施密特曾给出一个有力印证，他表示，“我们的 Java 就是根据布莱

恩·阿瑟的思想开发的”(Arthur,2014)。复杂经济学框架中的正反馈循环和收益递增的重要理论,意味着“像谷歌这样的公司,越是在市场占据领先地位,其品牌就越受欢迎,该公司也将在下一产品中投入更多资金,但单位生产成本则随着产量的增加不断下降”(Arthur,2019)。不仅是谷歌公司,这一理论同样适用于所有高新技术产业,包括中国近年来快速崛起的互联网企业。

(二)复杂经济学的政策导向

复杂经济学能够引导人们转向现实主义立场,使人们认识到经济并不是由一系列没有任何激励去改变、自然就能共同创造最优结果的行为所构成的,相反,经济就是一张激励之网,它总能激发出新的行为,诱发新的策略,并让它们共同形成“合理”的结果,从而驱动系统不断变化(Arthur,1999a)。正因为复杂经济学呈现出经济系统永远对各种各样的反应完全开放的样貌,包括预期的不确定性、结构突变、信念变化等,因此,其在政策选择层面更倾向于防控措施的出台和落实,监管过度行为,创造有利于创新的良好条件。但不容忽视的是,源于收益递增的正反馈所描述的经济结构可能因某些历史小事件固化并被锁定的现象,提醒着政策执行必须避免两个极端,即强制实现预期结果或极端放任自由,而应该设法将系统“轻轻地推到”能够生长和自然涌现出结构的那个方向上去。在这里,政策干预既不是“沉重的手”,也不是“看不见的手”,而是一只“轻推的手”(Arthur,2014c)。

另外,从国家层面来看,阿瑟指出:“适合于成功的高科技生产和国际贸易的政策应该是鼓励企业积极寻求产品和流程改进,加强国家科研基地建设,打造高新技术优势”(Arthur,1990)。对此,不仅要鼓励同一行业的企业共享资源,共同分担成本和风险,也要探索建立可能的战略联盟,使不同国家的企业共同进入一个它们无法单独应对的复杂行业。而通过补贴等方式使本国高科技企业占领外国市场的政策,其结果通常是无任何一方受益(Arthur,1990)。由此可见,不同国家的政策选择不仅关系着全球经济形态,还将决定其自身赢家或输家的地位。除此之外,阿瑟也强调了收益递增理论对着手进入新行业时选择时机的重要启示,“进入一个已经接近锁定的市场,或进入一个几乎没有成功机会的市场,是意义不大的”(Arthur,1989b)。

阿瑟另一个基于复杂经济学得到的重要政策启示便是在政策实施前引入有效的失败模式研究。他指出,“经济学理论在日新月异的发展中暴露出的一个弱点就是缺乏一种能够在政策实施之前找到可能的失败模式的系统方法”(Arthur,2014a)。由于以往经济学坚持均衡分析,假定系统会快速地向一个没有任何行为主体有动机偏离其当前行为的地方收敛,并趋于稳定,因此经济学家的普遍倾向是设计政策并对其结果进行一些模拟,不会充分探讨行为假设的稳健性和识别可能导致政策失败的系统性剥削行为(exploitive behavior)①。但是,“金融崩溃和经济危机背后揭示出的一部分小团体操纵系统谋取私利等问题在一定程度上正是剥削政策系统的行为”(Arthur,1995),而预见性的失败模式在经济理论中的缺失使这类问题无法得到解决。由此,阿瑟强调,科学的政策体系设计必须以复杂性认识为前提,审视社会系统和经济系统中不断进化的复杂网络;同时,还需预先对拟设计的政策进行压力测试,找出它们的弱点和可能存在剥削的地方,从而最大限度地克服或避免这些预见到的问题(Arthur,2014c)。将失败模式分析应用于政策制定的世界,无疑是阿瑟对传统经济学思想做出的极具创造性的修正,它引导经济学分析向着更强大、更有现实解释力和说服力的方向迈进。

五、其他贡献

除了以上涉及复杂经济学的研究贡献,阿瑟还对信息技术对经济结构转型的影响及数字经济发展等问题颇有洞见。在《为什么科技仍代表着未来》(Arthur,2003)一文中,阿瑟立足于对美国经济的考察,指出信息革命正在引发经济的深层次结构转型,并主要表现在三个方面:首先,网络化时代

①阿瑟提出的系统性剥削行为指一部分行为主体垄断或操纵金融系统以谋取私利的行为。

的到来使一切设备、系统、业务流程甚至网络本身都联系起来，而信息技术的任务就是让这些彼此联系的个体能够无缝、远程地“交流”；其次，数字技术使商业变得更加便捷和智能；再次，传统产业或领域与数字技术相结合，创造出新的活动，并催生出全新的子产业或子领域。阿瑟在此基础上强调，“信息革命的核心是转变经济运行的结构和过程，而能够从数字化转型中受益的将是经济中那些能够最智能最有效地使用新技术的企业”(Arthur，2003)。

此后，阿瑟仍密切关注信息技术及数字经济的发展进程，于 2011 年和 2017 年先后发表了两篇关于数字革命的文章，对数字经济呈现的特征、影响及其可能带来的社会问题进行了充分阐述。根据阿瑟的观点，“数字化正在创造着一个全新的经济体，它是一个庞大的、相互联系的、自治的经济体(人类可以设计它，但不直接参与它的运行)，它是远程执行的、全局的、开放的，并不断在动态中进行着自配置和自修复”(Arthur，2011)。阿瑟认为，相较于实体经济，数字经济虽然没有产生任何有形的东西，但其影响却非常广泛和强大，“它能够感知到实体经济中的变化和需求，并做出适当的智能回应；数字化的自治经济能够为商业提供存在于虚拟经济算法和机器中的外部智能，通过利用庞大的智能数据库，业务、工程和财务流程等运行都将得到极大促进”(Arthur，2011)。但是，阿瑟也客观地指出，这种变革也引领经济社会进入一个不同于以往的新时代，原则上人们不再为生产商品和服务的数量而担忧，但“分配问题将成为核心，政治、自由市场的信念、社会结构等都会发生深刻变化，并无限期地发展下去，其中一个比较突出的不利影响是有关就业的”(Arthur，2017)。凯恩斯早在 1930 年发表《我们子孙后代的经济前景》的演讲中，曾预测到 2030 年左右，生产问题将得到解决，但机器化发展会导致“技术性失业”(Keynes，1930)。在阿瑟看来，这一“凯恩斯点”如今已无限接近美国及世界上的许多国家，家庭和个体能够从实体经济和虚拟经济中获得足够产出的同时，技术性失业正在成为现实。数字化进程取代了一部分工作岗位，工人们逐渐失去接触经济的机会，并因不平等的加剧而引发政治动荡。所以阿瑟强调，“未来经济发展的目标必须从生产繁荣转向分配繁荣，既要转变政治理念，又要积极探索分配手段的优化更新，从而鼓励人们把精力更多地投入到创新性的行动中去，适应技术变革中经济发展的新规则”(Arthur，2017)。

六、简评

强调非均衡性和复杂性的观点实际上在经济学中有着很长的历史，在创新、中断、颠覆、在真正意义上的不确定性情况下的决策等主题中，熊彼特、凡勃伦、哈耶克、沙克尔等经济学家都曾经研究过，它们并不是经济学中的新问题(阿瑟，2018b)。但阿瑟借助更复杂、更强大的理论工具和计算机实验，对涉及复杂性视角下的经济系统问题进行了更严格的探索和验证。阿瑟的早期研究主要围绕收益递增经济学展开，现在收益递增经济学已成为复杂经济学的一个分支。同时，随着新古典经济学与现实的脱离日益凸显，以及所有学科都开始经历对世界的认识从静态到进化发展的重大转型，阿瑟也充分把握和顺应了这一时代精神，积极推动复杂性思维和视角与经济学相结合的一系列问题研究，并通过对研究成果内在逻辑的梳理使复杂经济学的基本框架得以形成，实现了均衡经济学向一般化的非均衡状态的扩展和延伸，阿瑟则当之无愧地成为复杂经济学的重要先驱和奠基人。

从 20 世纪 80 年代至今，阿瑟在国际顶级期刊发表了近百篇复杂经济学领域的研究成果，并被世界范围内的同行学者广泛借鉴和引用，足见其在该领域内做出的突出学术贡献和影响力。综观这些研究及文献，可以总结阿瑟的学术研究具有以下突出特点：第一，阿瑟在经济学研究中注重对新古典经济学的辩证分析和反思。他客观认识到新古典经济学的超理性、静态和均衡世界的假设存在的局限，用复杂性观点重新看待经济系统中的结构进化和涌现，但在关于非均衡经济的分析中，阿瑟并未彻底否定均衡经济学的合理性应用，而是在其解释力不足的基础上探索向非均衡状态扩展的必然性。第二，专注于复杂经济学研究。阿瑟在技术进化及其与经济进化的关系、正反馈与收益递增经济学、内生的非均衡与不确定性以及归纳推理的有效性等层面的研究，均体现和遵循着复杂经济学

的基本假设和一致性逻辑,既有助于完整经济学框架的形成,也为后续研究提供了参照标尺。第三,注重思想框架的现实解释力和政策含义。阿瑟的一系列研究结论都是根据经济社会中的实际问题进行计算机模拟后通过动态实验观察得出的,并在分析和总结这些结论时强调其对政策系统的启示和指导意义,使复杂经济学理论服务于政策系统的优化升级。第四,突出学科交叉和研究方法的综合性运用。对于复杂经济中的现象分析和现实解释,阿瑟充分吸收了经济学、社会学、心理学等学科的重要观点,以及经济学中行为经济学、演化博弈论等提出的基本主张。同时,由于自身具备的扎实数学功底,其研究中也多应用数理化建模和计算机科学的相关方法,并致力于寻找经济学中的复杂性问题与非线性物理学和概率理论的相似之处,从而辅助论证和解释。

参考文献:

[美]布莱恩·阿瑟,2018a:《技术的本质:技术是什么,它是如何进化的》,曹东溟、王健译,浙江人民出版社。

[美]布莱恩·阿瑟,2018b:《复杂经济学:经济思想的新框架》,贾拥民译,浙江人民出版社。

[美]布莱恩·阿瑟,2019:《中国相比西方更容易理解复杂经济学》,李永博采写,《新京报》10 月 19 日,第 B12 版。

Arthur, W. B. (1984), "Competing technologies and economic prediction", *Options* (4):10—13.

Arthur, W. B. (1988a), "Urban systems and historical path-dependence", in: J. Ausubel & R. Herman(eds), *Urban Systems and Infrastructure*, National Academy of Sciences.

Arthur, W. B. (1988b), "Self-reinforcing mechanisms in economics", in: K. J. Arrow & P. Anderson(eds), *The Economy as an Evolving Complex System*, Wiley.

Arthur, W. B. (1989a), "The economy as a complex system", in: D. Stein(ed), *Complex Systems*, Wiley.

Arthur, W. B. (1989b), "Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events", *Economic Journal* 99(394):116—131.

Arthur, W. B. (1990), "Positive feedbacks in the economy", *Scientific American* 262:92—99.

Arthur, W. B. (1991), "Designing economic agents that act like human agents: A behavioral approach to bounded rationality", *American Economic Review* 81(2):353—359.

Arthur, W. B. (1993a), "Why do things become more complex", *Scientific American* 268:92.

Arthur, W. B. (1993b), "On designing economic agents that behave like human agents", *Journal of Evolutionary Economics* 3(1):1—22.

Arthur, W. B. (1994a), *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, University of Michigan Press.

Arthur, W. B. (1994b), "On the evolution of complexity", in: G. Cowan et al(eds), *Complexity: Metaphors, Models, and Reality*, Addison-Wesley.

Arthur, W. B. (1994c), "Bounded rationality and inductive behavior (the El Farol problem)", *American Economic Review* 84(2):406—411.

Arthur, W. B. (1995), "Complexity in economic and financial markets", *Complexity* 1(1):20—25.

Arthur, W. B. (1996), "Increasing returns and the new world of business", *Harvard Business Review* 74(4):100—109.

Arthur, W. B. (1997), "Process and emergence in the economy", in: W. B. Arthur et al(eds), *The Economy as an Evolving Complex System II*, Addison Wesley.

Arthur, W. B. (1999a), "Complexity and the economy", *Science* 284(2):107—109.

Arthur, W. B. (1999b), "The end of certainty in economics", in: D. Aerts et al(eds), *Einstein Meets Magritte*, Kluwer Academic Publishers.

Arthur, W. B. (2000), "Cognition: The black box of economics", in: D. Colander(ed), *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*, Edward Elgar Publishing.

Arthur, W. B. (2003), "Why tech is still the future", *Fortune* 148(11):119—127.

Arthur, W. B. (2005), "Agent-based modeling and out-of-equilibrium economics", In: L. Tesfatsion & K. L. Judd(eds), *Handbook of Computational Economics*, Elsevier.

Arthur, W. B. (2007), "The structure of invention", *Research Policy* 36(3):274—287.

Arthur, W. B. (2009), *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*, Free Press.

Arthur, W. B. (2011), "The second economy", *McKinsey Quarterly* (4):1—9.

Arthur, W. B. (2014a), *Complexity and the Economy*, Oxford University Press.

Arthur, W. B. (2014b), "Complexity economics: A new framework for economic thought", In: W. B. Arthur(ed), *Complexity and the Economy*, Oxford University Press.

Arthur, W. B. (2014c), "All systems will be gamed: Exploitive behavior in economic and social systems", In: W. B. Arthur(ed), *Complexity and the Economy*, Oxford University Press.

Arthur, W. B. (2017), "Where is technology taking the economy?", *McKinsey Quarterly* (4):1—11.

Arthur, W. B. & W. Polak(2006), "The evolution of technology within a simple computer model", *Complexity* 11 (5):23—31.

Arthur, W. B. et al(1991), "Dynamics and structures", *Structural Change and Economic Dynamics* 2:1—7.

Arthur, W. B. et al(1994), "Artificial economic life: A simple model of a stockmarket", *Physica D* 75(3):264—274.

Arthur, W. B. et al(1997a), *The Economy as an Evolving Complex System II*, Addison-Wesley.

Arthur, W. B. et al(1997b), "Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market", *Economic Notes* 26:297—330.

Arthur, W. B. et al(1999), "Time series properties of an artificial stock market", *Journal of Economic Dynamics and Control* 23:1487—1516.

Colander, D. (2000), *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*, Edward Elgar Publishing.

Holland, J. H. (1975), *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press.

Keynes, J. M. (1930), "Economic possibilities for our grandchildren", in: J. M. Keynes(ed), *Essays in Persuasion*, Palgrave Macmillan.

Marshall, A. (1890), *Principles of Economics: An Introductory Volume*, Macmillan.

Schumpeter, J. A. (1911), *Theory of Economic Development*, Harvard University Press.

W. Brian Arthur's Contributions to Complexity Economics

TANG Renwu LIU Yang LI Chuqiao

(Beijing Normal University, Beijing, China)

Abstract: W. Brian Arthur is a well-known American economist and thinker of complex systems. Based on deep reflection on the theoretical hypothesis and research paradigms of neoclassical economics, he creatively constructed a new framework of complexity economics with non-equilibrium as the basic hypothesis. To be specific, Arthur took the lead in combining the complexity perspective with the economic system, constantly questioned the nature and evolution mechanism of technology, and explored the complex connections between technological evolution and economic structural change, in order to provide a logical basis for the research of complexity economics. He used more scientific and powerful research methods and tools to deeply explore and test the complexity of the economic system, and gradually formed a systematic and complete framework of complex economics. In addition, he used the analytic paradigm of complexity economics to conduct a comprehensive analysis of increasing returns and asset pricing, so as to provide important theoretical guidance for understanding economic and financial phenomena in the real world. Arthur was designated as one of the Clarivate's "Citation Laureates" in 2019 for his contributions to the field of complexity economics and the broad academic impact of his research.

Keywords: W. Brian Arthur; Complexity Economics; Positive Feedback; Increasing Returns; Technology Evolution

（责任编辑：李仁贵）

（校对：刘洪愧）