

产业平衡态与产业有序发展的内在思考

李娟娟¹, 张立超², 周代数³

(1. 中央财经大学 经济学院, 北京 100081; 2. 国信证券博士后工作站, 深圳 518001;
3. 中国财政科学研究院 宏观经济研究中心, 北京 100142)

摘 要:深入阐述了以热力学原理解释产业发展过程的基本思路, 引入熵的理念, 结合经典燃烧理论, 将产业温度用于模拟产业系统走向劣质化的基本表达, 企图弥补哈肯和普利高津对系统如何从有序走向无序部分缺失的遗憾。在此基础上, 围绕产业非线性与非平衡性, 给出了产业运行正负熵流机制及其定量化公式表达, 采用产业温度曲线刻画产业系统动态衍生过程, 较为完整地勾勒出从“自然关系”到“逻辑关系”再到“函数关系”的内在科学理论体系。

关键词:耗散结构理论; 燃烧动力学; 产业平衡态; 产业温度

DOI:10.6049/kjbydc.2017050434

中图分类号:F260

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2018)12-0049-08

Inherent thinking of Industrial Equilibrium State and the Orderly Development of Industry

Li Juanjuan¹, Zhang Lichao², Zhou Daishu³

(1. School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China;

2. Post Doctoral Station of Guosen Securities, Shenzhen 518001, China;

3. Center for Macroeconomics Research, Chinese Academy of Fiscal Science, Beijing 100142, China)

Abstract: The thesis deeply expounds the basic idea of how to explain the process of industry's development. Combined with classic combustion theory and the concept of entropy, the thesis introduces the industrial temperature curve to simulate and describe the dynamic combustion process of industrial system. It attempts to make up for the regret of Haken and Prigogine on how the system from order to disorder partial loss. Above these, around with non-linear and non-equilibrium on industry, the author expounds the mechanism of positive and negative entropy flow to industry's running, and gives the quantitative formula expression, sets up the industrial temperature curve to describe the dynamic derivative process of industry, outlines an intrinsic scientific theoretical system from the "natural relationship" to "logical relationship" then to "function relationship".

Key Words: Dissipative Structural Theory; Combustion Dynamics; Industrial Equilibrium State; Industry Temperature

0 引言

随着全球范围内可持续发展理念的渗透, 谋求产业持续稳定发展已经成为当前世界各国经济社会发展的重要内容和追求目标。产业发展的本质是产业系统不断调整、重组和升级, 要求探索在技术、制度、市场等因素作用下原有结构失稳和新的有序结构建立的演变发展规律。在此过程中, 如何有效解释和考量产业发展过程是有序抑或无序? 基于此, 本文提出产业平衡态理论, 企图回答产业运行发展如何从无序走向有序, 再从有序走向无序的科学命题。从热力学基本原理出

发, 笔者揭示了为什么能用热力学原理解释产业发展过程, 给出了产业系统走向劣质化的基本表达。随后, 结合产业系统的基本特性, 提出产业运行发展过程中的正负熵流机制, 并进一步采用产业温度曲线动态刻画产业系统动态衍生过程模型。

1 相关理论探讨

1.1 产业物理学理论的提出

长期以来, 学术界对产业组织、产业结构、产业分布、产业发展的描述和解释主要是遵循经济学、社会学、管理学视角与脉络展开的。近年来, 以物理学为代

收稿日期:2017-08-17

基金项目:中国博士后科学基金面上项目(2016M590769)

作者简介:李娟娟(1987—), 女, 山东日照人, 中央财经大学经济学院博士研究生, 研究方向为经济学理论与方法; 张立超(1986—), 男, 江西南昌人, 博士, 国信证券博士后工作站博士后, 研究方向为可持续发展与产业经济; 周代数(1985—), 男, 湖北黄冈人, 中国财政科学研究院宏观经济研究中心博士研究生, 研究方向为宏观经济与产业政策。

表的自然科学与以经济社会管理为重点的社会科学之间的交叉研究逐渐兴起,涌现了一批以经济物理学、社会物理学为代表的研究专题和相关学术论文^[1-2]。产业物理学研究作为一种从中观层面认识产业组织结构关系、把握企业行为方式、跟踪产业发展演化趋势的理论与方法,企图从学科交叉的视角诠释产业发展演变的客观规律,强调探讨产业组织结构、企业行为、发展演化及其相互作用关系^[3-5]。从逻辑上可以勾勒出从研究资源要素在产业之间的配置状况到产业空间布局分工,再到产业内部企业行为变化;从明确产业演进过程中“量”的积累到“质”的突破;从考察产业演化动力到分析产业运行规律,再到探讨产业发展趋势的学科谱系。产业物理学研究可引发对描述、解释和揭示产业问题的传统方法的再思考,既为产业要素、结构和功能特征及其与环境之间相互作用机制的学科交叉研究提供了新的视角,也为实现产业健康、稳定、可持续发展提供了重要理论与方法支撑。

1.2 燃烧动力学及相关理论

燃烧动力学是一门旨在描述和揭示一定条件下燃烧物质附近的高温物理化学转变过程及物质演变规律的学科。近几十年来,燃烧动力学无论是在基本概念、理论基础、研究范畴还是实证方法等方面都取得了巨大进展^[6-7]。燃烧动力学概念是基于热力学非平衡机制提出的,它认为所有热力学反应实际都遵循广义非平衡机制,在化学转变过程中会发生旧结构的解体以及新结构建立,同时伴随着无序态物质生成,如非晶、液相等。旧结构解体而新结构尚未形成的情况在燃烧高位快速反应过程中更是时有发生,尤其在有气体参与的凝聚态体系的热分解和燃烧过程中,在其旧结构被破坏后并不能形成新的结构,表现为燃烧体系的失稳与失序。

在燃烧动力学中,根据燃烧状态的稳定性,通常将燃烧过程分为稳态和非稳态燃烧两种类别:稳态燃烧是指在一定预混燃气参数和外界边界条件下,在燃烧反应区中产生稳定恒速的燃烧火焰,形成燃烧介质的稳态燃烧。如果在燃烧区内存在热力不平衡环境,燃烧反应区会以非稳定的燃烧波方式向燃烧区气流的上游或者下游区域传播,产生火焰移动,从而形成非稳态燃烧^[8]。在非稳态燃烧中,其微小扰动不随时间的推移消失而是放大,使得燃烧体系失去稳定性从而处于非稳定状态(见图1)。目前,在非稳态燃烧研究中,除了关注点火过程与燃烧行为的发生过程,以及燃烧失稳、自震荡与自旋燃烧波外,学者们将燃烧无序化过程作为重点研究内容^[9]。

2 产业系统热力学原理与正负熵流机制

态是系统在某种时候所呈现出的一种基本表现,在一定程度上具备可被识别、观测的基本特征。从热

力学角度来说,平衡是指在与外界没有物质交换的条件下,组成系统的各单元长时间内不发生任何变化,是鼓励系统在经过相当长的时间后,稳定存在的一种最均匀无序的状态。平衡态系统由于负熵流的引入,产生内外涨落力,驱动系统在时间、空间或功能上达到有序状态,并影响系统演化的结构方式。产业系统动态演进是连续性与非连续性、均衡性和非均衡性的统一。由于禀赋的非平衡配置、市场的非平衡行为、行业的非平衡组织、地区的非平衡发展,导致不同产业间的非线性关系形成,推动产业系统远离平衡态^[10]。因此,平衡态理论的核心是研究探讨系统热力学特征以及所反映出来的宏观现象,包括趋向平衡微观基础、系统稳定性条件判定以及系统走向劣质化的表达等方面。作为自然科学的重要分支,热力学以试验和观测为基础,将热力学第零定律(热平衡定律)、第一定律(能量守恒原理)、第二定律(熵增加原理)、第三定律(绝对零度极限)作为主要理论体系。研究产业平衡态理论,需要重点回答以下问题:①产业平衡态要解决的主要问题是什?②为什么能用热力学原理解释产业发展过程?③热力学原理是如何作用于产业发展的?

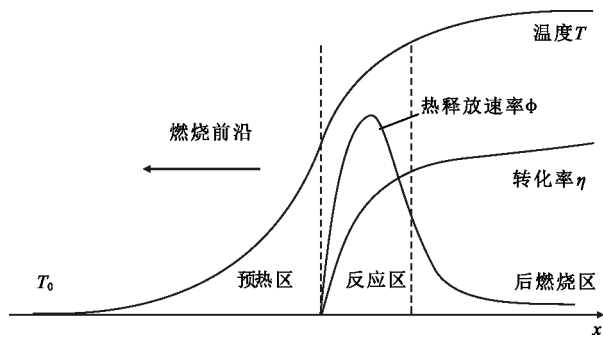


图1 燃烧动力学中温度 T 、转化率 η 以及热释放速率 Φ 示意图

2.1 产业系统相关热力学特征

作为社会分工发展的产物,产业是一个具有相对完备组织结构的系统体系。在产业发展过程中必然引起物质、能量、信息等流动,即伴随着物质流、能量流、信息流等产生,可将上述广延性的流统称为“广义流”。驱动广义流产生的力则可称为“广义力”。从物理上看,“力”是“流”产生的原因,而“流”是“力”产生的结果。产业系统通过这些“力”和“流”与外界发生物质能量交换。正如一种“力”可以引起多种形式的“流”,一种“流”也可以是多种“力”汇合加成所产生的效果之和。根据热力学原理,可将平衡态看作是非平衡定态中“力”和“流”趋于零的一种极限情况。将热力学理论引入产业系统,当产业系统的“力”与“流”相互作用之和为零时,产业系统处于平衡态,当相互作用之和不为零时,则处在非平衡态。这些相互作用是由产业系统中的“力”与“流”在时间和空间上广泛存在的差异所产生的,产业系统发展演化的根本动力是“力”与“流”的差异性,其差异性结果既可能使产业系统协同有序,也

可能使其走向杂乱无序。长期以来,人们对产业的认识一直是各种比例的平衡和稳定发展,而非均衡和不稳定的现象却未给予应有的重视。如普利高津的耗散结构理论虽然有力地说明了系统行为演化所经历的普遍范式,但缺失了完整表达系统行为运行的另一半,即当系统达到新的有序时,如何从“有序进入无序”的宏观流变。因此,产业平衡态理论就是要回答和解决产业运行发展如何从无序走向有序,再如何从有序走向无序的宏观流变。

那么,为什么能用热力学原理解释产业的发展过程?根据分子运动论,热现象主要描述的是分子杂乱运动的一种宏观表征,因此,从某种意义上来说,热力学所关心的是那些由大量粒子所组成的宏观体系。产业发展总是处在一种动态变化当中,可看作是一种不断变化的平衡状态,因广义“力”的作用而改变,因广义“流”的变化而变化,这种动态变化构成了产业行为的全部内容和基本属性。产业系统实质上可看作是由众多相互作用的微观经济元(可看作是粒子)所构成的有机复杂整体,其本身具有开放性、非平衡型和非线性等自组织特性。

(1)开放性:产业系统处在整个经济社会环境中,或多或少将与外界发生这样或那样的联系。产业系统开放性是指产业的结构、状态、特征、行为、功能等在获得时间域和空间域的发展过程中,不可避免地与产业所处的政治法律、经济发展、社会文化和科学技术环境发生作用。尤其是近年来,随着交通物流、信息通讯、数字集成、互联网络等技术快速发展,原有相对静止的

地理位置和空间范围被改变,行业之间的边界也走向模糊化,产业系统开放性特征更加显著^[11]。

(2)非平衡性:所谓平衡,其物理意义一般是指“力”的均势以及物质、能量和信息在分布上的均匀性。产业系统与外界环境相互作用是多方面的,包括系统与环境的物质、能量和信息“流”的输入输出关系以及各种广义“力”的相互作用关系等。产业系统非平衡性主要是指产业系统与外界环境存在广义“力”和广义“流”的交换,系统状态变量随着时间推移相应变化,呈现出分叉、突变、混沌等具有奇异性、非均匀和多样性的系统行为,其在资源分布、技术特点、资本流动等方面都是非平衡的(见图 2)。

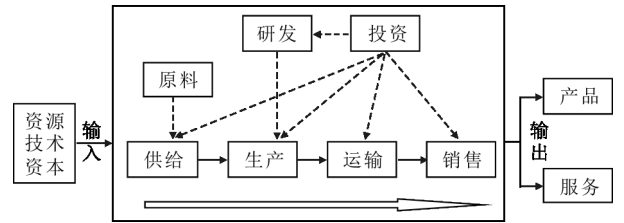


图 2 产业系统多样性构成的基本描述

(3)非线性:无论是物理世界还是现实世界,都经历着从无序到有序、从简单到复杂的各种过程,而影响该演变过程的重要因素之一就是系统要素,即各子系统间相互作用的非线性关系。事实上,在产业系统中广泛存在着包括资源、技术、产品、市场、服务等在内的物质流、能量流和信息流等交换活动,具有多方竞争、多方合作、多方监督的非线性关联,其系统组分之间的相互作用在数量特征上具有不可叠加性^[12](见图 3)。

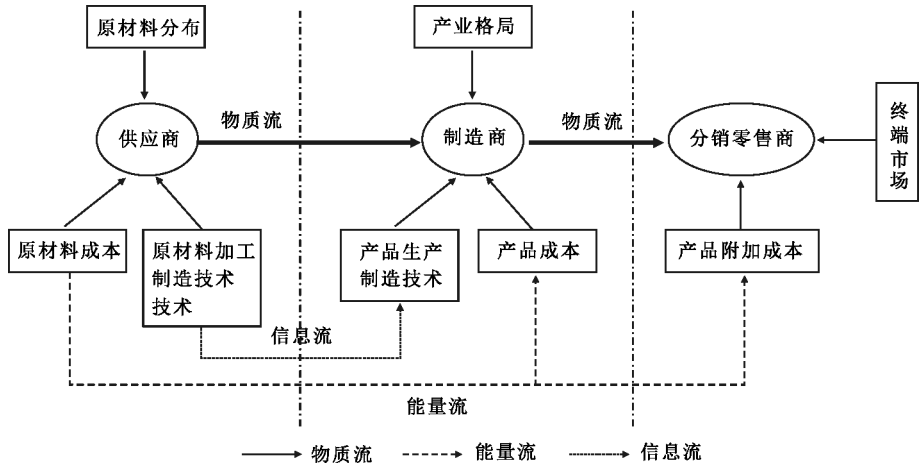


图 3 产业系统非线性机制的客观表达

2.2 产业运行正负熵流机制

在此处引入“熵”的理念,它是一个关于系统状态的函数,即态函数,其变化仅与系统宏观态变化有关,而与具体过程无关,可用于描述进而度量系统组织程度的高低^[13]。一般地,将熵(S)在一个短时间间隔(dt)中的变化写作 dS ,称为熵变化。对于开放系统来说,熵变化(dS)由两项构成:第一项 $d_e S$ 是系统和外界

环境相互作用引起的,即由物质和能量的流进/出过程引起的,该项可正可负。第二项 $d_i S$ 是由系统内部不可逆过程产生的,且恒为正值^[14]。因此,关系式如下:

$$dS = d_e S + d_i S \tag{1}$$

式(1)中, dS 代表系统总熵变化, $d_e S$ 代表系统负熵流增加, $d_i S$ 代表系统正熵流增加。

根据熵增加原理, $d_i S \geq 0$ (平衡态 $d_i S = 0$),如果

$d_e S < 0$, 且 $|d_e S| > d_i S$, 则 $dS = d_e S + d_i S < 0$, 此时系统趋于有序。这意味着若从外界流入的负熵流 ($d_e S$) 足够强, 就可以抵消系统正熵流增加 ($d_i S > 0$), 使得系统总熵减少, 逐步从无序向有序过渡, 形成并维持一个非平衡态的有序结构。

由于系统熵并不是一个守恒量, 其体系的总熵变随着时间推移发生变化。根据热力学第一定律, 其表达式为^[15]:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt} \int_v S dv = \int_v \frac{\partial S}{\partial t} dv = - \int_{\Sigma} d \sum n \cdot J_s + \int_v dv \sigma \quad (2)$$

式(2)中, J_s 表示通过单位面积的熵交换速率, n 表示微面积单元的法矢量, σ 表示单位体积中产生熵速率, 即熵源强度。

将式(2)与式(1)进行比较, 可进一步得到:

$$\frac{d_e S}{dt} = - \int_{\Sigma} d \sum n \cdot J_s \quad (3)$$

$$\frac{d_i S}{dt} = \int_v dv \sigma = \sigma \quad (4)$$

σ 作为整个系统体系中熵的产生速率, 是不可逆过程速率 $\frac{d_i Q}{dt}$ 与势函数 $(\frac{1}{T^I} - \frac{1}{T^{II}})$ 的乘积, 即:

$$\sigma = \frac{d_i S}{dt} = \frac{d_i Q}{dt} (\frac{1}{T^I} - \frac{1}{T^{II}}) \quad (5)$$

耗散结构理论表明, 系统偏离平衡的程度可由系统内产生的广义“力”和广义“流”的强弱进行刻画^[16]。类似地, 在产业系统中, 同样大量存在着广义“力”相互影响和作用, 从而保证产业系统整体宏观状态的稳定性。而这种稳定性的维持需要消耗包括物质流、能量流、信息流等在内的多种形式的广义“流”。根据系统熵理论的一般认识, 结合式(5), 可将系统熵产生率表达式中的速率 $\frac{d_i Q}{dt}$ 定义为产业系统中的广义“流”, 用 J_F 表示。而势函数 $(\frac{1}{T^I} - \frac{1}{T^{II}})$ 决定着产业发展方向和限度, 是推动产业系统走向平衡的广义“力”, 用 X_F 表示。

假设 $T^{II} = T^I + \Delta T$, $X_F = \frac{\Delta T}{T^I T^{II}}$, 因此, 产业系统熵产生率可表示成为广义“流”和广义“力”的乘积, 即:

$$\sigma_F = \frac{d_i S}{dt} = J_F \cdot X_F \quad (6)$$

式(6)可理解为: 对于一个处在非平衡态的产业系统来说, 由于能量分布存在着相应能级梯度以及与广义“力”相联系的自由能, 因而能产生消除这个分布梯度的流。因此, 产业系统将在系统给定的约束条件下自发趋向于最低分布能级和最小广义“力”的状态, 即

所谓的产业平衡态。

对于一个产业系统而言, 熵的变化可分为两部分: 一部分是产业系统本身由于不可逆过程而引发的熵增加, 为正值; 另一部分则是产业系统与外界交换物质、能量和信息引入的熵流, 可能为正也可能为负, 如果引入的是负熵流则有助于耗散结构的形成与维持, 如果引入的是正熵流则容易使产业系统走向混乱。同时, 产业系统在平衡态时会自发地趋向于无序状态。产业系统只有在远离平衡的条件下, 才有可能朝着有秩序、有组织、多功能的方向进化(见图4)。根据式(1)、(5)、(6), 结合产业系统的一般性特征, 产业经济体系正负熵流机制可阐述如下:

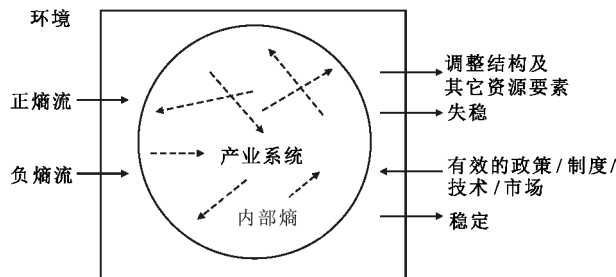


图4 产业系统运行正负熵流机制

(1) 对于产业系统内部的熵值而言, 其大小代表了产业无序程度状况。其熵值增加过程是产业逐渐由有序状态向无序状态的演化过程。根据统计物理的方法, 物理学家通过度量某一热力学系统中各单个分子排列组合方式的数量与规模, 用以描述其无序状态。在分子系统内各分支排列组合方式越多, 其状态就越无序。类似地, 可将产业系统内部熵值 S_i 定义为:

$$S_i = -k \log \Omega \quad (7)$$

$$\Omega = f(a_1 x_1, a_2 x_2, \dots, a_n x_n, t) \quad (8)$$

式(7)、(8)中, k 代表产业结构常数, Ω 为影响产业结构效率的函数, x_i 代表产业结构效率的各类影响因素, 包括产业组织发展的复杂程度、劳动生产率、技术密集度、资本增长率、资产利润率等。 t 为一定时间内对影响产业结构效率诸因素强弱程度的度量。 S_i 是对产业系统内部无序程度的综合度量, 如果一个产业组织结构效率越低, 则产业系统内部产生的熵就越大, 产业发展就表现得越无序。此时, 调整产业结构与资源要素显得尤为关键。

(2) 对于产业系统与外界交换引入的负熵流而言, 其作用是使产业系统有序化。为不失一般性, 可定义产业系统与外界交换引入的负熵流 S_e^- 为:

$$S_e^- = \sum_{j=1}^n R_j S_j \quad (9)$$

式(9)中, j 为外界向产业系统输入负熵流的各类因素, 包括政策利好、市场开拓、技术内化、舆论引导、社会宣传等。 S_j 为外界向产业系统输入各类影响因素

的负熵值, R_j 为产业系统引入的负熵流中各类因素作用程度的大小。

对于产业系统与外界交换引入的正熵流而言, 由正熵流产生的非秩序性效应推动产业系统走向混乱。尤其当正熵流累积到一定程度时, 产业系统走向无序的发展趋势不可逆转, 进而导致整个产业体系衰亡或崩溃。同理, 为不失一般性, 可定义产业系统与外界交换引入的正熵流 S_e^+ 为:

$$S_e^+ = \sum_{k=1}^n R_k S_k \quad (10)$$

式(10)中, k 为外界向产业系统输入正熵流的各类因素, 包括政策利空、市场萎缩、技术变革、舆论激化、社会变迁等。 S_k 为外界向产业系统输入各类影响因素的正熵值, R_k 为产业系统引入的正熵流中各类因素作用程度的大小。

最终, 在产业系统发展演变过程中, 产业经济体系需要有效、正确地识别外界熵流的正负, 通过与产业内其它元素以及产业外其它系统的非线性作用, 吸入负熵、拒绝正熵、排出熵增, 进而推动产业有序发展。

3 产业系统动态衍生过程模型构建

3.1 产业系统劣质化的基本表达

普利高津的《从混沌到有序》以及哈肯的《协同学导论》对于系统从无序到有序的变化, 曾经作出过精辟论述^[17-19]。基于自组织行为引发的系统熵变化, 提出了非线性动力学的解释框架, 这无疑对于系统行为轨迹的认识是十分重要的。但无论是哈肯还是普利高津, 虽然解释了在远离平衡态时自组织引发的从无序走向有序的系统重组和系统有序, 但是对于系统重组和系统有序解构, 即如何从有序走向无序的系统劣质化, 似乎理解得有些简单^[20]。基于此, 探讨产业系统如何进一步从有序走向无序尤为必要。

产业系统劣质化, 特指某个产业组织或行业领域从有序向无序的蜕变过程, 即对于当前产业系统组织性或有序性的破坏。同时, 也可理解为对未来可替代或更高层级产业系统的向往和探求, 是新的产业系统自组织能力积累与培育, 即当系统熵增过程超过临界值时失稳, 产业系统表现为不再稳定。此时, 产业系统面临选择, 既可能面临失序、崩溃的风险, 也可能跃迁到新的稳定态, 从而形成一种新的有序结构。事实上, 在产业系统发展过程中, 广泛存在着决定系统本质的广义慢变量以及激发产业形变的快变量。其中, 广义慢变量以产业发展过程中存在的自然、经济、社会、文化环境为代表, 这类基础变量用于描述决定系统本质的各类自然、经济、社会和文化差异。虽然变化较为缓慢, 但这些差异主宰着产业系统演变进程与未来方向,

且可能导致产业失衡、失序和失控。而以政策、技术、市场为主的快变量, 是激发产业系统发生形变的重要因素, 通常表现为产业系统与外界交换引入的或正或负的“熵流”。其中, 负熵流引入会促进产业有序, 而正熵流增加则容易破坏产业秩序。

经典燃烧理论把燃烧体系分为均匀燃烧体系与非均匀燃烧体系, 其中, 非均匀燃烧体系表现为燃烧过程的宏观不均匀性, 其燃烧速率受物质传输的限制, 其化学反应一般发生在固—液、固—气、液—气等相界面^[21]。类似地, 产业系统体系一般均为非均匀燃烧体系, 产业发展过程中普遍存在的“不平衡、不协调、不可持续”等问题共同构成了引发产业劣质化的基本“燃烧物质”, 发展动力的疲软性、发展效率的滞后性、发展结构的失衡性、发展速度的片面性以及发展质量的严峻性等构成了产业劣质化的“助燃剂”, 政策利空、技术变革、市场萎缩则是引发产业劣质化的“着火条件”。通过“燃烧物质”累积, 即产业系统中广泛存在的大量微观“基本粒子”由同化向异化的能量积累, 使产业系统向系统熵增大的方向演变。同时, 在“助燃剂”的催化下, 提升了产业系统无序化过程的“产业温度”, 完成了系统劣质化的能量储备。最后, 在“临界温度”阈值的点燃下, 产业系统完成了从有序到无序的转变。

图 5 为模拟产业系统走向劣质化的基本描述示意图。在热力学范畴中, 多数情况下虽然无法精确刻画和测定单个粒子在特定时刻的运动轨迹与位置, 但可以通过温度、体积、压强等宏观参量对粒子运动状态进行近似描述^[22]。产业系统是指由大小不等的众多微观粒子(企业)所构成的一种复杂的系统体系, 产业温度的引入可用于刻画产业系统内各企业的运动轨迹与活跃程度。结合经典燃烧理论, 在产业系统劣质化过程表达中, 产业系统体系一般要经历由预热区、反应区、燃烧后区等组成的燃烧过程。一般地, 设产业系统中描述某一非平衡过程时应考虑的各参量分别为: $f_1, f_2, \dots, f_i, \dots$, 后者是由时间 t 、空间 r 和企业 i 所组成的“产业相空间”的函数。为描述方便, 可将这些物理量看作为系统状态矢量 $f(f_1, f_2, \dots, f_i, \dots)$ 的各分量。这样, 对于产业系统来说, 可用一组状态矢量进行描述, 即:

$$F = \{f_i(r_i, t) \mid i = 1, 2, \dots, n\} \quad (11)$$

式(11)在某种程度上反映了产业系统状态变化。其中, 仅就产业系统所处层次而言, 时间 t 是不可逆的, 空间 r 是有限的, 具有界限、容量等约束。

如图 5 所示, 在符合一定的时间 t 、空间 r 的范畴中, 受利益驱动, 大量企业急剧涌入某一产业领域, 可导致产业温度 T 在某一时间段迅速升高, 对应为 $0 < t < t_1$ 的“预热区”; 当产业温度上升达到一定的“临界

温度”阈值 T_a 时,特别是在政策、技术、市场等产业系统着火条件的综合作用下,产业温度急剧升高,表现为产品库存急剧上升、产品价格大幅回落、产品销售呈现停滞、供求关系严重失衡、企业大面积亏损。此时,系统开始逐渐进入紊乱状态,对应于 $t_1 < t < t_2$ 的“反应区”;当产业温度达到 T_b 时,系统陷入崩溃边缘,行业效益大幅滑坡,一批企业相继倒闭、破产或者转而进入其它产业领域,产业温度持续走低,系统走向失衡、失序甚至失控状态,对应于 $t_2 < t < t_3$ 的“燃烧后区”。

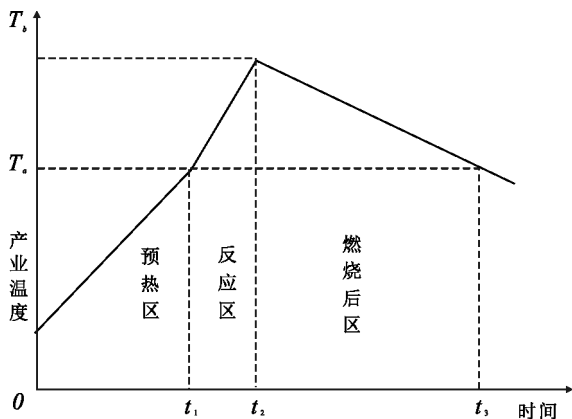


图5 对产业系统劣质化的描述示意图

3.2 产业系统动态衍生模型构建

从热力学基本原理出发,熵(S)等于转换中的热量(Q)除以温度(T),表明伴随着系统状态变化,其系统熵的变化量等于该状态变化时所交换的热量除以温度,其一般表达式为:

$$S = \frac{Q}{T} \quad (12)$$

热量作为由于温差存在而导致的在能量转化过程中所形成的能量,是系统能量的重要表达。对于开放系统的产业经济体系来说,由于其具备与外界物质、能量、信息的广义“流”交换以及各种广义“力”的相互作用关系,并从外界引入负熵流,进而能够与系统内部熵增相抗衡,推动产业系统走向深层次演变。因此,平衡态是产业经济体系中能量和系统熵两个因素相互作用的结果,其中,温度是决定其系统发展的重要变量。将式(12)推广到产业系统并进行相关转换,可得产业温度(T)关于时间 t 的表达式,即:

$$T(t) = \frac{Q_f}{\Delta S} \quad (13)$$

式(13)中,T代表产业温度,用于刻画产业系统温度随时间推移的变化趋势, Q_f 为常数,代表产业系统总能量,一般由自然、经济、社会和文化差异等决定系统本质的广义慢变量构成。 ΔS 代表产业系统熵,为系统内部熵增和外界正负熵流共同作用的结果。

联立公式(7)、(9)、(10),可进一步得到产业系统熵的表达式:

$$\Delta S = S_i + S_e^+ + S_e^- \quad (14)$$

式(14)中: S_i 代表产业系统内部熵值,用于描述产业系统组织结构效率的无序程度。 S_e^+ 代表产业系统与外界交换引入的正熵流,由其产生的非秩序性效应推动产业系统走向混乱。 S_e^- 代表产业系统与外界交换引入的负熵流,其作用是使产业系统有序化。

将式(13)与式(14)合并,可得由产业温度曲线 $T(t)$ 刻画的产业系统动态衍生模型的基本表达式,即:

$$T(t) = \frac{Q_f}{S_i + S_e^+ + S_e^-} \quad (15)$$

产业发展总是处在一种动态变化过程中,这种动态变化构成了产业行为的全部内容,产业趋势的延续是产业平衡的结果,但这种平衡不是恒定不变、永续静止的,而是处在一个不断变化的平衡状态,因发展环境变化而变化,因政策、技术、市场外力的作用而改变。动态平衡是产业平衡的本质属性,一轮新的产业趋势形成是由于趋势不平衡状态所引发的,产业趋势的延续受趋势平衡状态强有力的支持。在产业发展过程中,任何一种平衡状态都不会永无终止,在产业运行过程中必然会受各类因素的影响,从而打破原有平衡,导致新的不平衡状态产生,进而形成“平衡→不平衡→新平衡”永不停息的发展运动过程。结合燃烧动力学理论的一般性认识以及产业运行的正负熵流机制,通过对产业温度曲线的有效刻画,模拟和描述产业系统动态燃烧过程,揭示出产业系统如何从无序走向有序,再如何从有序走向无序的完整路径。即在一定的时空范畴内,在自然、经济、社会和文化差异等广义慢变量的共同作用下,围绕政策、技术、市场转变以及产业系统自身组织效率的改变,产业系统将发生如下动态衍生行为(见图6):

(1)未受热影响区。该区域是某一产业领域发展的早期阶段或初创阶段。对此阶段来说,由于这一产业领域刚形成不久,基本处于摸索阶段,并未形成有效的产业集群或领军企业,产业内部企业呈现无序化发展状态,产业系统组织结构效率表现为非组织、低效率,即产业系统内部熵值 S_i 较大。此时,产业系统与外界交换或正或负的熵流表现不是很明显,因此,该阶段产业温度 T 一直在低位徘徊。

(2)预热区。当产业系统的能量积蓄到一定阶段后,一些企业开始进入该产业领域,引发不同程度的小规模竞争与协作,并形成动态的广义“流”和广义“力”,同时造就了在特定空间范畴内具有分工合作关系的若干产业集群,使技术、标准、产品等得以传递扩散,初步建立了原材料投入与产品产出的平衡关系以及成本收益的自我补偿机制,从而实现经济实体意义上的“自组

织”,即产业系统内部熵值 S_i 开始走低。同时,伴随着产业渐进成长,国家与地方政府的产业政策开始对该产业倾斜或重点扶持,如税收优惠政策、投融资政策、出口贸易政策、信贷支持力度等,产品市场占有率逐步

走高。同时,企业也有能力进行技术攻关与开发,即此时产业系统从外界引入了大量的负熵流 S_e^- 。在上述因素共同作用下,产业温度 T 在某一时间段开始逐渐走高,产业系统开始由无序走向有序。

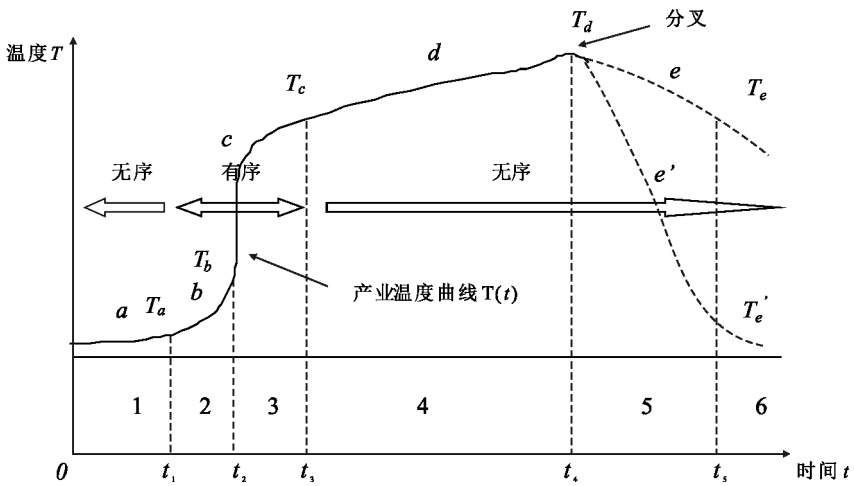


图 6 产业系统动态衍生过程模型

(3) 热影响区。在产业系统进一步发展过程中,形成了各子行业、企业主体间的竞争与协作关系,同时造就了在特定空间范畴内具有分工合作关系的不同规模等级的产业集群,加快技术、标准、产品等传播速度,打破了传统上中下游企业间的线性关系,有利于形成各子行业、企业间的非线性关系,产业系统内部熵值 S_i 持续走低,大量负熵流 S_e^- 被从外界大量引入。此时,输入系统的负熵流远远大于该系统内部所产生的熵增,产业温度 T 继续迅速攀升,产业系统基本处于正常运行态势,并由低级有序向更高层次有序发展。

(4) 过热燃烧区。当产业系统发展到一定阶段时,必然会受自然、经济、社会和文化等广义慢变量的制约,不可能无限扩张。此时,输入系统的负熵流开始小于该系统内部所产生的熵增,同时政策利空、市场萎缩、技术变革、舆论激化、社会变迁等方面的正熵流开始不断出现并被输入到产业系统中,系统开始向无序混乱的方向发展。当产业温度突破一定的“临界温度”阈值 T_c 时,即当产业系统偏离平衡态且超过某个临界值时,其平衡参考定态将失去稳定性。此时,产业系统被点燃,并震荡波动较长时间,表现为产品库存急剧上升、产品价格大幅回落、产品销售呈现停滞、供求关系严重失衡、企业大面积亏损。此时,系统开始逐渐进入紊乱状态。同时,在成本上升、利润下滑的共同作用下,产业温度达到峰值 T_d 。

(5) 冷却区。在该阶段,产业系统重新陷入紊乱状态,其内部熵值 S_i 迅速增大,外界正熵流 S_e^+ 大量增加,产业温度 T 持续走低,系统日趋混乱无序。此时,产业系统进入分叉选择:要么发生非平衡相变,输入新的物质流、能量流和信息流,产业系统主动适应新的技术、市场、政策,并根据外界环境的新特点及时调整自身战略,从而进入新的稳定态,即图 6 中 e 对应的阶段;要么在其燃烧过程中未能及时作出相应改变,即在旧的系统结构遭到破坏而新的系统结构尚未形成时就陷入了崩溃边缘,导致行业利润大幅下滑,大量企业相继倒闭、破产或转而进入其它产业领域,产业温度表现为持续走低,系统走向失衡、失序甚至失控状态,即进入图 6 中 e' 对应的阶段。

(6) 消退区。对某一特定产业来说,在一定时空和资源禀赋的约束下,不可能永续无限发展,新旧产业更替将是产业发展的常态。产业系统在经历一段时间的剧烈燃烧后,系统内部熵增迅速增加,其发展的有序性被进一步打破,混乱程度加剧,产业温度继续走低,回落到起始温度附近,从而进入产业衍生过程的“消退区”。

4 结语

对于产业发展来说,在何种条件或规制下产业经济体系将保持或失去稳定性,已成为产业平衡态理论

所研究的重要内容。产业平衡态理论就是要回答和解决产业运行发展如何从无序走向有序,再如何从有序走向无序的科学命题。本文结合燃烧动力学理论的一般性认识以及产业运行的正负熵流机制,通过对产业温度曲线的有效刻画,模拟和描述产业系统动态燃烧过程,揭示出产业系统如何从无序走向有序,再如何从有序走向无序的完整路径。结合经典燃烧理论,物质在燃烧时,燃烧点可能不是唯一的。类似地,在产业系统走向劣质化过程中,也存在着多点燃烧现象。其中,燃烧点的数目、不同燃烧点的间距及其分布都会影响产业系统燃烧行为。因此,就如何对产业系统多点燃烧行为进行描述,包括不同环境条件下多点燃烧特性及其变化规律、燃烧点相互作用的动力学机制以及相关诱发条件等,都是未来产业平衡态理论研究需要探讨的问题。

参考文献:

[1] 黄吉平. 经济物理学,用物理学的方法或思想探讨一些经济或金融问题[M]. 北京:高等教育出版社,2013.

[2] 牛文元. 社会物理学国际前沿研究透视. 社会物理学系列第1号[M]. 北京:科学出版社,2007.

[3] P BABU. Theoretical estimation of superconducting transition temperature in three oxidic systems[J]. Journal of Pure Applied and Industrial Physics, 2010, 1(1): 69-74.

[4] JOHN RUMBLE. National issues in industrial physics workshop[EB/OL]. [2014-10-06] <http://www.aps.org/units/fiap/newsletters/201503/workshop.cfm>.

[5] 张立超,刘怡君. 技术轨道的跃迁与技术创新的演化发展[J]. 科学学研究,2015,33(1):137-145.

[6] 殷声. 燃烧合成[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.

[7] MERZHANOV A G. History and recent developments in SHS[J]. Ceramics international, 1995, 21(5): 371-379.

[8] MUNIR Z A. Synthesis of high temperature materials by self-propagating combustion methods[J]. American ceramic society bulletin, 1988, 67(2): 342-349.

[9] NOVOZHILOV B V. Chaotization of the unsteady rate and combustion of propellants[J]. Khim. Fiz, 2004(3):23.

[10] 张立超,刘怡君. 面向产业安全的产业物理学研究:概念辨析、问题论域与理论基础[J]. 管理评论,2016,28(6):169-179.

[11] 魏龙,王磊. 全球价值链体系下中国制造业转型升级分析[J]. 数量经济技术经济研究,2017(6):71-86.

[12] 鲁晶晶,邓勇,张立超. 产业链视角下的产业竞争情报分析框架研究[J]. 情报杂志,2010,29(12):44-48.

[13] 任佩瑜,王苗,任竞斐,等. 从自然系统到管理系统——熵理论发展的阶段和管理熵规律[J]. 管理世界,2013(12): 182-183.

[14] 王芳,邓明然. 战略性新兴产业系统自组织条件:耗散结构研究[J]. 科技进步与对策,2016,33(1):64-68.

[15] 彭少方,张昭. 非平衡态、线性和非线性热力学进展和应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

[16] 卜华白,高阳. 企业价值网络系统低碳共生演化方向的判定模型及其检验[J]. 商业研究,2011(5):57-63.

[17] HAKEN H. Synergetics: introduction and advanced topics[M]. New York: Springer, 2004.

[18] PRIGOGINE I, VAN RYSSELBERGHE P. Introduction to thermodynamics of irreversible processes[J]. Journal of The Electrochemical Society, 1963, 110(4): 97.

[19] PRIGOGINE I. Structure, dissipation and life[J]. Theoretical physics and biology, 1969(9): 23-52.

[20] 牛文元. 社会管理学[M]. 北京:科学出版社,2013.

[21] 张瑞珠. 自蔓延高温合成技术处理放射性废物[M]. 北京:北京大学出版社,2009.

[22] 宁森,刘怡君,牛文元. 基于拉格朗日函数的和谐社会建构机制分析[J]. 中国软科学,2008(7):69-76.

(责任编辑:张悦)