

# 低碳经济背景下技术创新和 制度创新动态推进模型研究

1, 2, 1

(1. 山西大学经济与工商管理学院, 太原 030006 2 山西大学科学技术哲学研究中心, 太原 030006)

摘 要:

logistic

关键词: ; Logistic

中图分类号: G 301 文献标识码: A 文章编号: 1674- 7062( 2010) 06- 0088- 05

## 一 引 言

近年来, 能源短缺和环境污染问题成为世界关注的焦点问题, 转变传统高能耗、高污染、高排放的经济增长方式, 大力推进节能减排, 发展以低能耗、低污染、低排放为标志的“低碳经济”(Low Carbon Economy)<sup>[1]</sup>正在成为全球新趋势, 并成为越来越多国家节能减排和应对全球气候变化的战略行动。中国作为经济增长最快的新兴工业化国家, 高能耗、高污染、高排放的经济发展模式已走到十字路口, 无论是资源和环境容量, 还是能源供应安全已处于瓶颈, 低碳之路无疑为中国经济社会的可持续发展提供了一条新路径。低碳经济发展的实质是能源利用效率的提高和能源结构的转变, 核心是推进技术和制度的持续创新。

技术创新和制度创新作为推进低碳经济发展的“两翼”, 若过于强调二者中的一个而忽视另一个, 中国经济将不能实现可持续发展。在推进低碳经济

发展过程中, 技术创新影响制度创新的上限和空间, 制度创新为技术创新服务, 二者存在密不可分的相互作用关系。技术创新和制度创新之间的相互作用关系与生物种群之间的共生关系极为类似, 正如自然界中不同生物按照类别、地理条件等形成不同的生物群落, 并在一定的食物链下共同生存和协同进化一样<sup>[2][3]</sup>。由此文章将低碳经济发展过程中的核心动力要素——技术创新和制度创新, 看做是经济系统内的两大核心子系统。经济系统本身具有开放性, 技术创新子系统和制度创新子系统发生非线性的相互作用, 或是竞争或是协同推进经济发展, 使系统产生稳定平衡和不稳定发散的动态行为<sup>[4]</sup>。由于资源的有限性和需求的无限性是一切经济问题产生的根源, 子系统间的非线性相互作用必然导致各自为获取更大的优势而竞争, 而子系统的竞争必然会引致子系统间的协同。

从系统稳定性原理出发, 经济系统在外界作用下, 作为开放系统具有一定的自我稳定能力, 能够在

【收稿日期】 2010- 03- 15

【基金项目】 “ ” (2009GXQD155)

【作者简介】 (1963- ), , , ;  
(1973- ), , , ;  
(1983- ), , , .

一定范围内自我调节, 保持和恢复原来的有序状态、保持和恢复原有的结构和功能。因而, 技术创新子系统和制度创新子系统间的非线性联结作用所引致的竞争和协同行动成为推进低碳经济发展的根本动力, 促使系统内部产生更小的摩擦、更好的推进效果和更高的经济效益。正是这种竞争和协同力量使得系统的发展趋向于整体性和稳定性, 最终形成一种新的有序结构。这种稳定性是系统的一种重要维系机制, 稳定性越好, 系统的发展水平就越高。

## 二 模型的假设

为了系统地解释技术创新子系统和制度创新子系统推进低碳经济的发展过程, 文章借鉴生物学中解释不同生物种群共生现象的 Logistic 模型<sup>①</sup>, 来描述经济系统内技术创新子系统和制度创新子系统通过对影响其经济效益, 动态推进低碳经济发展的过程<sup>[5][6]</sup>, 其假设条件如下:

假设 1 子系统实现的经济效益是时间  $t$  的函数, 时间不仅含有日常意义上的含义<sup>[7]</sup>, 并且含有其他要素如组织创新、市场创新、文化创新等对经济效益的影响, 由于这些因素都可以简单地被认为是时间的函数, 本文用时间  $t$  来表达这样一个较为广义的含义。

假设 2 在一定的时间内, 影响子系统经济效益的要素如组织创新、市场创新、文化创新, 实现有效配置和利用, 这种状态被称为自然状态。在自然状态下, 子系统所带来的经济效益存在潜在极限——最大经济效益。

假设 3 Logistic 系数反映了子系统各自的自然增长饱和度对其经济效益的增长具有阻滞作用。

## 三 Logistic 模型的构建

子系统动态推进低碳经济发展的过程可以由 logistic 模型来表述, 通过对平衡点的稳定性分析, 考察子系统如何推进系统趋于稳定, 实现均衡。由此, 文章构建技术创新子系统和制度创新子系统协同推进经济发展的数学模型<sup>[8]</sup>, 并分析二者在不同的稳定性条件下的理论和经济意义。

( ) bgistic

假设技术创新子系统和制度创新子系统在独立推进低碳经济发展过程中, 分别推进实现的平均增长率分别为  $r_T$  和  $r_I$  推进过程中不同时刻实现的经济效益分别为  $T(t)$  和  $I(t)$ , 实现经济效益的最大值分别为  $M_T$  和  $M_I$   $T(t)/M_T$  和  $I(t)/M_I$  分别表示技术创新子系统和制度创新子系统实现的经济效益占能够实现经济效益最大值的比例, 即自然增长饱和度;  $1 - T(t)/M_T$  和  $1 - I(t)/M_I$  被称为 bgistic 系数, 即技术创新子系统和制度创新子系统各自尚未实现的经济效益在最大经济效益中所占比例, 反映在既定约束条件下自然增长饱和度对经济效益增长的阻滞作用。由此构建技术创新子系统和制度创新子系统独立推进低碳经济发展的 bgistic 模型, 如式 (1)、式 (2) 所示:

$$dT(t)/dt = r_T T(t) (1 - T(t)/M_T) \quad (1)$$

$$dI(t)/dt = r_I I(t) (1 - I(t)/M_I) \quad (2)$$

微分方程式 (1)、式 (2) 分别表明技术创新子系统和制度创新子系统在独立状态下实现经济效益的增长规律。令  $dT(t)/dt = 0$ ,  $dI(t)/dt = 0$  时, 可分别得出子系统的两个平衡点  $T_1 = 0$ ,  $T_2 = M_T$ ;  $I_1 = 0$ ,  $I_2 = M_I$ 。当  $T < M_T/2$  时, 技术创新子系统推进经济发展处于加速增长期; 当  $T > M_T/2$  时, 技术创新子系统推进经济发展处于负加速增长期。同理, 制度创新子系统推进经济发展也可分为两个时期, 其相图<sup>②</sup>如图 1、图 2 所示:

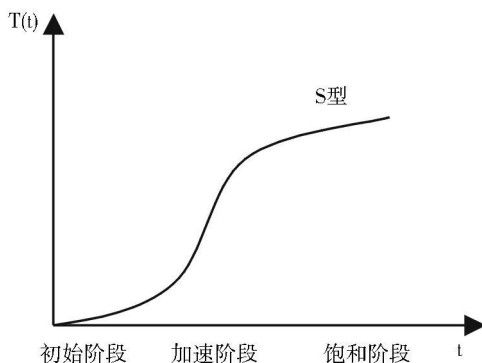


图 1 技术创新子系统独立推进曲线

① Logistic 模型常用来描述种群在有限环境中的增长规律 (其增长曲线为 S 型), 即其增长速度在环境约束较小时系统呈指数增长, 当增长到某一定值时, 一些短缺性生态因子逐渐发展为限制因子, 速度开始放慢, 直到最后减为零, 数量饱和即停止增长或称种群密度达到环境容纳量。

② 建立微分方程组并求解, 其结果表示往往比较抽象和不直观, 为此利用相图法来研究, 并采用辅助变量法使微分方程降阶, 实现定量与定性方法相结合, 直观地了解系统的整体性质。

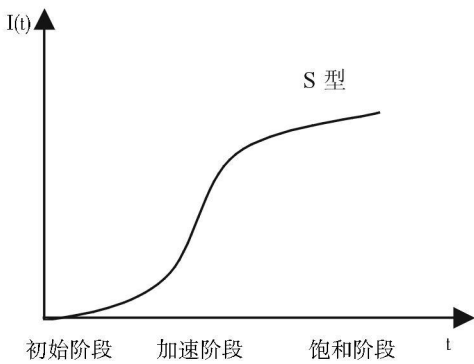


图 2 制度创新子系统独立推进曲线

图 1 所示的 S 型曲线表明技术创新子系统独立推进低碳经济的发展过程, 图 2 所示的 S 型曲线表明制度创新子系统独立推进低碳经济的发展过程, 这一发展过程割裂了技术创新子系统和制度创新子系统。而在实际发展过程中, 由于经济系统的开放性, 技术创新子系统和制度创新子系统模仿自然生态系统中生物种群之间的共生关系, 在不同子系统建立物质和能量的关联和互动关系, 二者之间既有竞争关系又存在协同关系, 竞争和协同都是子系统推进低碳经济发展的重要模式。

( ) logistic

子系统间的竞争源于系统开放条件下的资源稀缺性, 子系统为获取更大的竞争优势, 进行多途径探索, 这一过程中必然会出现信息的不对称, 导致子系统间存在竞争, 这一竞争表面上显现为紊乱无序的状态, 但实际上具有选择的过滤作用, 整体上共同推进经济的发展。由此构建技术创新子系统和制度创新子系统竞争推进低碳经济发展的 logistic 模型, 如式 (3)、式 (4) 所示:

$$\frac{dT(t)}{dt} = rT(t)(1 - T(t)M_T - \theta_T I(t)M_I) \quad (3)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = rI(t)(1 - I(t)M_I - \theta_I T(t)M_T) \quad (4)$$

其中  $\theta_T$  表示制度创新子系统对技术创新子系统的阻滞,  $\theta_I$  表示技术创新子系统对制度创新子系统的阻滞 ( $\theta_T > 0, \theta_I > 0$ )。

此时, 令  $dT(t)/dt = 0$  且  $dI(t)/dt = 0$  通过解微分方程组, 得出系统的 3 个稳定平衡点:  $Q_1(T_1, 0)$ ,  $Q_2(Q, I_1)$  和  $Q_3[(1 - \theta_T)M_T / (1 - \theta_T\theta_I), (1 - \theta_I)M_I / (1 - \theta_I\theta_T)]$ , 其稳定条件如表 1 所示。

子系统处于稳定条件下  $\theta_T < 1, \theta_I > 1$  从两个坐标全大于 0 的任意初始点出发的解  $T(t), I(t)$ ,

表 1 模型的平衡点稳态示意表

平衡点	稳定条件
$Q_1(T_1, 0)$	$\theta_T < 1, \theta_I > 1$
$Q_2(Q, I_1)$	$\theta_T > 1, \theta_I < 1$
$Q_3[(1 - \theta_T)M_T / (1 - \theta_T\theta_I), (1 - \theta_I)M_I / (1 - \theta_I\theta_T)]$	$\theta_T > 0, \theta_I < 1$

当  $t \rightarrow \infty$  时,  $T(t) \rightarrow T_1, I(t) \rightarrow 0$  其相图如图 3 所示; 子系统处于稳定条件下  $\theta_T > 1, \theta_I < 1$  从两个坐标全大于 0 的任意初始点出发的解  $T(t), I(t)$ , 当  $t \rightarrow \infty$  时,  $T(t) \rightarrow 0, I(t) \rightarrow I_1$ , 其相图如图 4 所示。

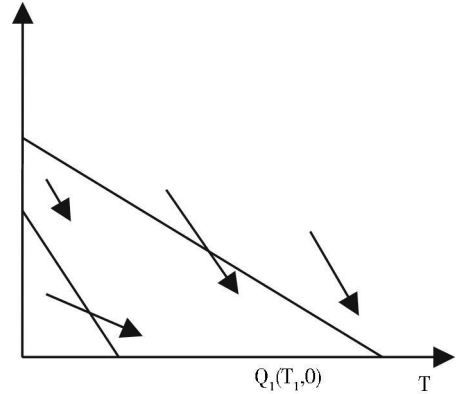


图 3  $\theta_T < 1, \theta_I > 1$  时, 子系统竞争推进模型及其稳定性

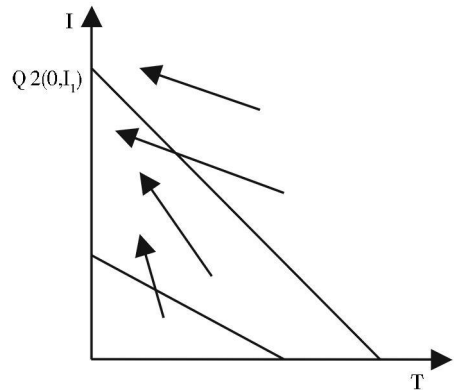


图 4  $\theta_T > 1, \theta_I < 1$  时, 子系统竞争推进模型及其稳定性

由图 3 和图 4 可以看出, 平衡点  $Q_1, Q_2$  表明处于相互竞争关系的子系统, 对于同一种经济行为, 子系统产生新的制度安排与技术安排在作用方向上发生冲突, 系统内部发生一定紊乱<sup>[9]95</sup>, 技术创新子系统 (或制度创新子系统) 会对制度创新子系统 (或技术创新子系统) 产生更大的阻碍作用, 形成特定时期内的子系统失衡状态。此时技术创新子系统 (或制度创新子系统) 具有明显的竞争优势, 它对制度创新子系统 (或技术创新子系统) 的冲击作用较大, 随着时间的推移系统会出现特定时期内技术创新子系统 (或制度创新子系统) 独立推进经济发展。同



间的推移所带来的经济效益还是很可观的。

## 四 结 论

中国要实现经济和社会的可持续发展,必须走低碳经济社会的发展道路,推进低碳经济发展是一个长期复杂的过程。由于经济系统的开放性特征,低碳经济发展过程中的核心动力要素——技术创新子系统和制度创新子系统,二者发生非线性的相互作用,竞争协同推进低碳经济发展,使系统产生稳定平衡。文章借用生物学中解释不同生物种群共生的 logistic 模型,描述技术创新子系统和制度创新子系统在独立、竞争和协同模式下动态推进经济发展达到稳定状态的过程,并给出动态均衡所需要的条件及其经济意义。

在经济发展的现实过程中,子系统独立推进经济发展将不利于系统的长期稳定,因而现实中表现为二者相互作用共同推进经济发展。然而,在经济发展的不同阶段,子系统表现为或是竞争或是协同推进。在竞争推进过程中,子系统产生新的制度安排与技术安排在作用方向上发生冲突,一系统处于绝对竞争优势时,另一系统会随着时间的推移被“驱逐”;子系统产生新的制度安排与技术安排在结构上发生冲突,短时期内一方对另一系统产生一定阻碍作用,随着经济系统整体性结构的优化,子系统在不断减少冲突的过程中逐步协调推进低碳经济发展。在协同推进的过程中,子系统各项制度安排与技术安排在作用方向和结构上相互协调并匹配,实现系统的耦合,共同推进低碳经济发展。总之,在低碳经济发展的特定阶段,不论技术创新子系统和制

度创新子系统是以独立模式、竞争模式还是协同模式推进经济发展,最终都会形成一种稳定的高度有序的状态。

## 【参 考 文 献】

- [1] UK Energy White Paper Our Energy Future— Creating a Low Carbon Economy [ R ]. British Government 2003 44—47.
- [2] Jørgen Weibull [ M ]. , : , 2006 262—266
- [3] , [ J ]. , 2005 ( 5 ): 34—37.
- [4] Taylor P, L Jonker Evolutionary Stable Strategies and Game Dynamics [ J ]. Mathematical Biosciences 1978 ( 40 ): 145—156
- [5] Scott S G, Bruce R A. Determinants of Innovative Behavior: A Path model of Individual in the Workplace [ J ]. Academy of Management Journal 1994 ( 3 ): 580—607.
- [6] . [ M ]. : , 2004 331—334
- [7] . [ M ]. : , 2005 70—80
- [8] . [ M ]. : , 2004 59—68
- [9] . [ M ]. : , 2002 93—95
- [10] Kanduri M. Evolutionary Game Theory in Economics' Advances in Econometrics Theory and Application [ J ]. Seventh World Congress Cambridge University Press 1997 ( 2 ): 243—277.

## Research on Dynamic Model of Technology Innovation and Institution Innovation Under Low Carbon Economy

LI Zhi-qiang<sup>1</sup>, YAO Xun<sup>2</sup>, WEN Jian-fang<sup>1</sup>

( 1 School of Economics and Business Administration, Shanxi University, Taiyuan 030006 China;

2 Research Center for Philosophy of Science and Technology, Taiyuan 030006 China )

**Abstract** Low carbon economy has been a new development trend. The source of the economy development is technology innovation and institution innovation. In the dynamic process, the relation of technology innovation and institution innovation is similar to the relation of creature. Based on logistic model, this paper analyses the dynamic procedure of technology innovation and institution innovation in the pattern of dependent competition and synergy, and further illustrates the dynamic stability.

**Key words** low carbon economy competition and synergy logistic model

(责任编辑 魏屹东)