

基于演化视角的国防科技奖励与国防技术创新的协同机理

李 靖¹, 石晓川², 赵勇强³

- (1. 哈尔滨工业大学经济与管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;
2. 哈尔滨工程大学国际合作教育学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;
3. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191)

摘要: 基于演化视角研究了国防科技奖励与国防技术创新的协同机理。通过分别阐述国防科技奖励与国防技术创新演化发展的历史, 对国防科技奖励与国防技术创新的关联机理、协同机理以及协同演化趋势进行了分析。国防科技奖励制度与国防技术创新活动是国防技术进步系统的有机组成; 国防科技奖励制度有助于促进国防技术创新的发展, 国防技术创新的发展又为国防科技奖励的完善提供了信息参考, 二者之间存在相互促进的协同演化关系, 呈现出螺旋式上升的协同演化趋势。

关键词: 国防科技奖励; 国防技术创新; 演化; 协同机理

中图分类号: C 36

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1001-506X.2010.10.29

Collaborative mechanism of national defense science and technology award and defense technology innovation based on evolutionary perspective

LI Jing¹, SHI Xiao-chuan², ZHAO Yong-qiang³

- (1. School of Management, Harbin Inst. of Technology, Harbin 150001, China;
2. Coll. of International Cooperative Education, Harbin Engineering Univ., Harbin 150001, China;
3. School of Economics and Management, Beihang Univ., Beijing 100191, China)

Abstract: Based on the evolutionary perspective, the collaborative mechanism of national defense science and technology award (NDSTA) and the defense technology innovation (DTI) is studied. According to expounding on the history of NDSTA and DTI respectively, the related mechanism, the collaborative mechanism and the trend of their co-evolutionary are analyzed. The NDSTA and DTI are both integral parts of defense technical progress systems. There is a co-evolutionary relationship of mutual promotion; NDSTA promotes the development of DTI, and the development of DTI provides reference information for the improvement of NDSTA in return, which reveals a synergistic spiral co-evolutionary trend.

Keywords: national defense science and technology award (NDSTA); defense technology innovation (DTI); evolution; collaborative mechanism

0 引言

1964年, Ehrlich和Raven首次使用协同演化来描述昆虫与植物演化过程中的相互关系^[1]。德国物理学家哈肯于1970年提出了协同学问题, 并于1975年建立了协同学的基本理论框架。协同演化可以理解为在关联要素之间普遍存在的、互为因果的变化过程^[2]。当前, 协同演化理论已经广泛应用到包括产品开发领域^[3]、技术和产业领域^[4]、经

济与文化领域^[5]等众多研究领域。研究方法包括非线性方程组协同演化遗传算法^[6]、协同演化多目标粒子群优化算法^[7]、基于代理的建模方法^[8]、协同演化蚁群算法^[9]、合作协同演化分散搜索算法^[10]、产品功能演化验证模型^[11]、协同过滤算法^[12]等。

协同演化可以开展历史情境下基于时间发展的纵向研究^[13], 用来研究一个系统内部各子系统之间或者二者之间演化和协同问题。作为国防技术进步系统中的有机组成部分

收稿日期: 2009-06-01; 修回日期: 2009-08-01。

基金项目: 国家自然科学基金(70972096); 国防科技工业技术基础项目(C162009A001)资助课题

作者简介: 李靖(1985-), 女, 博士研究生, 主要研究方向为协同演化创新研究。E-mail: lijing19851219@126.com

分,国防科技奖励与国防技术创新也在分别发展演化的同时相互影响、相互促进,协同演化。一方面,国防科技奖励为国防技术创新的发展营造了良好的环境,是国防技术创新的重要驱动力;另一方面,国防技术创新的发展也会对当前的国防科技奖励制度提出新的要求。二者具有相互促进的协同演化关系。

1 国防科技奖励与国防技术创新的演化过程分析

1.1 国防科技奖励的演化过程

自新中国成立以来,我国政府就十分重视科技进步的重要作用,从法律和制度上采取了一系列措施促进科学技术的发展。根据国防领域科技奖励制度的演化发展历史,可以将其划分为初步创立阶段(1978年~1997年)、归口管理阶段(1998年~1999年)、发展完善阶段(2000年~2007年)以及改革创新阶段(2008年至今)四个阶段。1978年全国科学技术大会召开后,国务院陆续颁布了发明奖、自然科学奖以及科学技术进步奖等一系列奖励条例。初步创立阶段中,伴随军工管理体制变革,五大军工总公司成立,各总公司陆续设置了自身的部级科技奖励制度;1998年新的国防科工委成立,统一设立了面向全国国防科学技术奖,国防科技奖励制度进入了归口管理阶段;发展完善阶段中,国防科学技术奖于2000年进行了第一次评奖,并于2004年、2006年两次进行修订;2008年起,工业和信息化部、国防科工局成立,对奖励条例进行了第三次修订,科技奖励政策向科研一线人员倾斜,国防科技奖励制度步入了改革创新阶段。

从国防科技奖励演化的过程来看,国防科技奖励主要体现出了三种效能:认定效能、激励效能和导向效能。其中,认定效能主要体现在对国防科技人员的创造性能力和水平及其所创造的科研智力劳动成果的承认和肯定;激励效能主要体现在调动和提高国防科技人员进行国防技术创新的积极性和主动性等方面;导向效能则是根据国家国防战略部署等要求,通过制度来引导国防领域创新和发展的方向,提高国防技术创新的水平。

1.2 国防技术创新的演化过程

国防技术创新负载了国家的军事利益和经济效益,其中又以军事利益为主。随着科学技术的发展和进步,国防技术创新主要集中在新兴技术和高技术领域,具有涉及面广、复杂性高、综合性强的特点。

从国防技术创新的演化发展来看,主要经历了起步阶段(1949年~1977年)、调整阶段(1978年~1996年)以及飞跃阶段(1997年至今)三个阶段。起步阶段以我国第一颗原子弹、第一颗氢弹、第一颗卫星的研制成功为重要标志,实现了国防技术创新从仿制到自主创新的初步跨越;调整阶段伴随着国防科技工业规模的精简,军工管理体制的调整,在战略武器、导弹、飞机、核潜艇、光电系统等领域取得了重大成果;飞跃阶段中,国防科技工业实行战略性重组,

我国在卫星、载人航天工程等方面实现了历史性重大突破。从起步阶段到调整阶段,再到飞跃阶段,国防技术创新成果有了重大的突破,国防技术创新水平有了显著的提升,逐步实现了向全面自主创新的演变。

2 国防科技奖励与国防技术创新的关联机理

2.1 国防科技奖励与国防技术创新的演化过程关联

我国的国防科技奖励制度是国防技术创新演化的产物。新中国成立后,为了增强我国国防实力,更好地提升国防技术创新水平,国防科技奖励制度应运而生。自国防科技奖励制度创立以来,始终都在伴随国防技术创新活动的发展而调整和完善,其评审指标、权重以及奖项的设置均在发生变化。二者演化发展的方向与过去的历史相关,国防技术创新影响国防科技奖励制度的变迁,国防科技奖励制度也影响国防技术创新发展。在国防科技奖励制度演化过程中体现出的激励效能、认定效能与导向效能均对国防技术创新产生了较大影响,引导国防科技人员在科技活动中完成国家急需的、重大的、对国家经济安全和国防事业发展有重大影响的科技项目,从制度上保障和促进了国防技术创新的快速发展。国防科技奖励与国防技术创新协同演化的历史过程如图1所示。

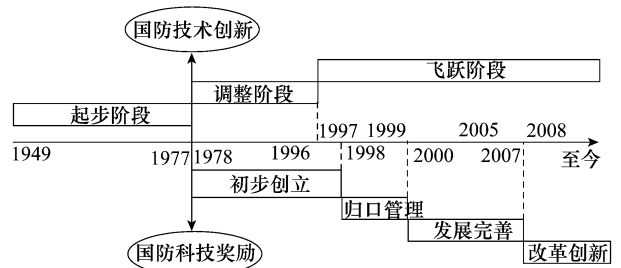


图1 国防技术创新与国防科技奖励的演化发展情况

2.2 国防科技奖励与国防技术创新的内在关联关系

按照创新对象的不同,技术创新可划分为产品创新和工艺创新两部分,其中产品创新是指一项全新或者特征与使用价值等方面存在重大改进的物品或者服务,是技术创新主体生存发展与竞争的载体。而工艺创新是指通过应用新的或重大改进的工艺、生产方法来实现新产品或新服务在生产与传输等方面的变革,以制造出现有生产方法难以制造的全新的或者具有改进的产品,或者能够提高现有产品生产效率,或者可以降低产品制造的物料和能源损耗等。结合国防科技成果的分类及其中技术创新类成果的性质,也可以将其划入产品创新或工艺创新之中,如武器装备、军民结合高技术产品以及为其配套的各种仪器、设备、器械、工具、零部件、元器件等可以划分为国防技术创新中的产品创新中;而重大设备研制和技术改造、在质量与可靠性设计、分析、实验验证以及质量与可靠性工程应用的理论、方法和技术研究等可以划分为工艺创新之中。

国防科技奖励制度与国防技术创新并不是孤立的,而是存在着相互依存、协同发展的关系,二者在各自演化发展的同时,由于二者紧密的内在关联进行着协同演化。不同类型的国防技术创新,其过程会不同程度地考虑到国防科技奖励的各项评审指标(包括技术创新程度、技术难易程度、技术与经济指标先进程度、成熟性与完备性、综合效益、应用情况与效果等),二者具有紧密的内在关联。国防科技奖励是促进国防工业发展的政策制度的体现,通过自身的不断调整来适应并促进国防技术创新活动;而国防技术创新则通过国防技术创新主体的科研劳动来获得国防技术创新成果,通过不断调整国防科技奖励制度的评审指标等,来促进国防科技奖励制度的完善,正是这是这种紧密的内在关联关系,推动着二者的协同演化。

3 国防科技奖励与国防技术创新协同机理

国防科技奖励与国防技术创新的存在着紧密的关联关系,任何一方的演化都会受到另一方的影响。由于技术创新具有非连续性的特点,国防科技奖励与国防技术创新之间的平衡也是短暂的、间断的,远离平衡并不断演化才是永久的,这种特性的存在使得国防科技奖励和国防技术创新走向协同演化。借助于生物领域的演化思想,二者同时处于国防技术进步系统之中,通过一系列过程进行着动态的协同演化,彼此影响,相互促进。参考二级演化结构体系划分的问题空间和设计/解空间^[14],可以将国防科技奖励和国防技术创新的协同演化结构体系描述为如图 2 所示的形式。

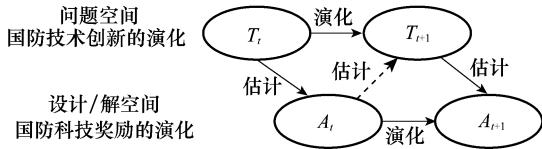


图 2 国防科技奖励和国防技术创新协同演化结构体系

从历史的角度来看,二者的演化发展可以看做是由一系列递增的时间序列构成的函数。以 A 代表国防科技奖励, T 代表国防技术创新,则 $t+1$ 时刻的国防科技奖励 A_{t+1} 是由 t 时刻的国防技术创新 T_t 和国防科技奖励制度 A_t 通过对现有状态最优化得到的结果,而 $t+1$ 时刻的国防技术创新 T_{t+1} 则是通过潜在发展趋势和现有能力共同决定的。国防科技奖励与国防技术创新的协同演化要求二者之间存在稳定性的匹配关系,是相互选择的结果。因此,可以将 $|A_t - T_t|$ 作为衡量二者协同演化的匹配度。匹配度越大,则二者的演化结构就越发散。

根据协同学原理,协同意味着系统中的多个变量会同时受到一个或少数几个序参量约束,以实现役使原理,使得整个系统形成有序结构^[15]。国防技术进步系统由包括国防科技奖励制度、国防技术创新活动、国防战略政策、国防技术环境等在内的多个子系统构成。设子系统受 n 个变化

参量的影响,以 n 维矢量 $\mathbf{p} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 来表示,其运动形式可用广义朗之万方程表示为

$$\mathbf{p} = K_j(\mathbf{p}) + \zeta(t) \quad (1)$$

式中, $\zeta(t)$ 是由各种微扰引起的随机涨落; $K_j(\mathbf{p}) = K_j(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 表示系统内部各个变化参量的非线性函数。将随机涨落 $\zeta(t)$ 略去,将 $K_j(\mathbf{p})$ 展开,则有

$$p_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} p_j + f_i(p_1, p_2, \dots, p_n), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中, $f_i(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 是非线性函数。由于系数矩阵 α_{ij} 是负定的,因而总存在某种线性变换来引入一组新的变量 $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$,使得 α_{ij} 能够对角化,即

$$q = -\beta_j q_j + g(q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (3)$$

式中, $g(q_1, q_2, \dots, q_n)$ 也是非线性函数; $j=1, 2, \dots, n$ 。

对于一般的非线性系统,各子系统变量中均包含序参量 u ,当系统超出临界值时,序参量的阻尼系数 $\beta_1 = 0$,其他变量的阻尼系数则取不为零的有限数值,而序参量 u 就会出现“临界慢化”,整个系统的演化被 u 所主导,其余变量都将受到 u 的支配。此时除 u 是软模变量外,其余的量 q_1, q_2, \dots, q_n 都是硬模变量。根据役使原理,令 $u = q_1$,则有

$$\begin{cases} \beta_2 q_2 - g_2(u, q_2, q_3, \dots, q_n) = 0 \\ \beta_3 q_3 - g_3(u, q_2, q_3, \dots, q_n) = 0 \\ \vdots \\ \beta_n q_n - g_n(u, q_2, q_3, \dots, q_n) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

联立方程组求解可得

$$\begin{cases} q_2 = h_2(u) \\ q_3 = h_3(u) \\ \vdots \\ q_n = h_n(u) \end{cases} \quad (5)$$

即所有硬模变量 q_2, q_3, \dots, q_n 均随软模变量 u 一同变化,整个系统受到了序参量的支配,成为一个有序的自组织结构,也即实现了国防技术进步系统中的国防科技奖励子系统与国防技术创新子系统的协同演化。

4 国防科技奖励与国防技术创新的协同演化趋势

在各种序参量的支配以及各种微扰引起的随机涨落影响下,国防技术进步系统会不断地进行协同演化。若将各种微扰引起随机涨落考虑进来,则式(3)可变为

$$\begin{aligned} u = & -\beta_1 q_1 + g_1(u, q_1, q_2, \dots, q_n) + \zeta(t) = \\ & -\beta_1 u + g_1(u, h_2(u), h_3(u), \dots, h_n(u)) + \zeta(t) = \\ & K(u) + \zeta(t), \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)描述了国防技术进步系统的序参量演化方程。其中, $K(u)$ 是 u 的非线性函数, $\zeta(t)$ 是各种微扰引起的随机涨落。式(6)表明国防技术进步系统在多个序参量的支配下进行协同演化。结合协同学理论与非线性随机动力学理论,可以将国防技术进步系统的序参量方程看作非线性阻尼振子

的随机运动方程,其中随机驱动力为 $\zeta(t)$, 阻尼回复力是 $K(u)$, 而 $v(u)$ 则是对应 $K(u)$ 的演化势, 即 $K(u) = -\frac{\partial}{\partial u}v(u)$ 。此时国防技术进步系统的序参量演化方程可变为

$$u' = \frac{du}{dt} = \frac{\partial}{\partial u}v(u) + \zeta(t) \quad (7)$$

国防技术进步系统将随演化势 $v(u)$ 的引导, 在各种微扰引起的随机涨落 $\zeta(t)$ 的驱动下进行演化。演化势 $v(u)$ 的形状将最终决定系统演化趋势。当到达某一临界点时, 演化方程式(3)就会出现分叉现象, 若到达临界点时指向较低序度, 则系统功能将衰退和减弱; 若到达临界点时指向较高序度, 则系统的功能将增强和扩展, 实现了由一个系统结构向另一个稳定结构的演变。

根据国防科技奖励与国防技术创新的内在关联、协同机理以及协同演化趋势的理论阐述可知, 国防科技奖励与国防技术创新之间存在密切相关的互促关系, 二者作为国防技术进步系统的子系统, 呈现出一种螺旋式上升的协同演化趋势, 如图 3 所示。

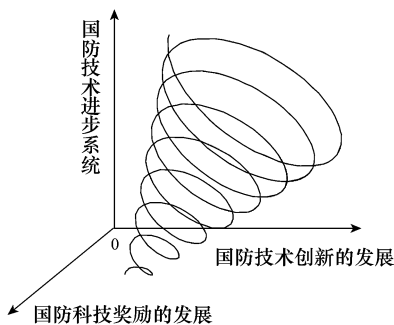


图 3 国防科技奖励与国防技术创新的协同演化趋势

在这种螺旋式上升的协同演化趋势下, 国防科技奖励的制度不断完善, 作用和影响逐渐增强, 而国防科技奖励的激励效能、认定效能和导向效能又使得国防技术创新水平和能力也得到不断提升, 反过来促进国防科技奖励制度的发展和变迁。随时间推移, 国防科技奖励与国防技术创新之间的联系会更紧密, 二者的相互影响效果也会逐渐增大。

5 结束语

伴随着国防技术创新的发展, 国防科技奖励应运而生。本文基于演化视角, 研究了国防科技奖励与国防技术创新的协同机理。由于二者同时之间紧密的内在关联, 同时受到国防技术进步系统中序参量的支配, 使得二者在各自演化过程中不断进行着协同演化, 呈现出螺旋式上升的协同演化趋势。

参考文献:

- [1] Ehrlich P R, Raven P H. Butterflies and plants: a study in coevolution[J]. *Evolution*, 1964, 18(4): 586 - 608.
- [2] Roughgarden J. Resource partitioning among competing species — a coevolutionary approach[J]. *Theoretical Population Biology*, 1976, 9(3): 388 - 424.
- [3] Panchal J H. Agent-based modeling of mass-collaborative product development processes [J]. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 2009, 9(3): 1 - 12.
- [4] 蔡宁, 潘松挺. 网络关系强度与企业技术创新模式的耦合性及其协同演化——以海正药业技术创新网络为例[J]. *中国工业经济*, 2008(4): 137 - 144.
- [5] 李建德, 程芸. 经济与文化的协同演化[J]. *经济管理*, 2007, 29(14): 9 - 12.
- [6] Mousa A A, El-Desoky I M. GENLS: co-evolutionary algorithm for nonlinear system of equations[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2008, 197(2): 633 - 642.
- [7] Goh C K, Tan K C, Liu D S, et al. A competitive and cooperative co-evolutionary approach to multi-objective particle swarm optimization algorithm design[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 202(1): 42 - 54.
- [8] Jiang G Y, Hu B, Wang Y T. Agent-based simulation of competitive and collaborative mechanisms for mobile service chains[J]. *Information Science*, 2010, 180(2): 225 - 240.
- [9] Lopez-Pascua L D C, Buckling A. Increasing productivity accelerates host-parasite coevolution [J]. *Journal of Evolutionary Biology*, 2008, 21(3): 853 - 860.
- [10] Wang Y S, Teng H F, Shi Y J. Cooperative co-evolutionary scatter search for satellite module layout design[J]. *Engineering Computations*, 2009, 26(7/8): 761 - 785.
- [11] Bouikni N, Rivest L, Desrochers A. A multiple views management system for concurrent engineering and PLM[J]. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 2008, 16(1): 61 - 72.
- [12] Liu J G, Zhou T, Che H A, et al. Effects of high-order correlations on personalized recommendations for bipartite networks [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2010, 389(4): 881 - 886.
- [13] Volberda H W, Lewin A Y. Co-evolutionary dynamics within and between firms: from evolution to co-evolution[J]. *Journal of Management Studies*, 2003, 40(8): 2111 - 2136.
- [14] 陈秋莲, 李陶深, 吴恒, 等. 利用协同演化方法实现深基坑支护的分布式优化[J]. *计算机工程与设计*, 2007, 28(11): 2702 - 2704.
- [15] Kees D, Nigel C. Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution [J]. *Design Studies*, 2001, 22(5): 425 - 437.